

のと海洋ふれあいセンター研究報告

第 26 号

Report of the Noto Marine Center, No.26

石川県生活環境部

2020



## のと海洋ふれあいセンター研究報告, 第 26 号, 2020

### 目 次

#### (原著論文)

幸塚久典・小木曾正造・中野裕昭

|                                                    |   |
|----------------------------------------------------|---|
| 能登沿岸で実施された JAMBIO 沿岸生物合同調査で得られたウニ類(棘皮動物門:ウニ綱)..... | 1 |
|----------------------------------------------------|---|

川村龍矢・中町 健・小木曾正造・岡村隆行・鈴木信雄

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 能登半島の九十九湾沿岸林周辺に生息するアカテガニ <i>Chiromantes haematocheir</i> の食性に関する研究..... | 13 |
|-------------------------------------------------------------------------|----|

坂井恵一・東出幸真

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 石川県能登町松波沖で捕獲されたイワナ <i>Salvelinus leucomaenis</i> について ..... | 19 |
|-------------------------------------------------------------|----|

中山貴将・柳井清治

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 北潟湖・鹿島の森周辺に生息するアカテガニ類( <i>Chiromantes</i> spp.)から放出された幼生の動態とそれを捕食する魚類群..... | 23 |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|

坂井恵一・東出幸真・北市 仁

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ミトコンドリア DNA 分析に基づく石川県白山手取川水系におけるイワナ <i>Salvelinus leucomaenis</i> の遺伝的集団構造の特徴-II ..... | 35 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| のと海洋ふれあいセンター年次報告..... | 47 |
|-----------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Ⅰー石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査..... | 47 |
|---------------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Ⅱー石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査..... | 55 |
|-----------------------------|----|

|                        |    |
|------------------------|----|
| Ⅲー九十九湾周辺における気象と水質..... | 67 |
|------------------------|----|





## 能登沿岸で実施された JAMBIO 沿岸生物合同調査で得られたウニ類(棘皮動物門:ウニ綱)

幸塚久典<sup>1)</sup>・小木曾正造<sup>2)</sup>・中野裕昭<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所;神奈川県三浦市三崎町小網代 1024 (〒238-0225)

<sup>2)</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設;石川県鳳珠郡能登町小木ム 4-1 (〒927-0553)

<sup>3)</sup>筑波大学下田臨海実験センター;静岡県下田市 5-10-1 (〒415-0025)

Sea urchins (Echinodermata; Echinoidea) collected in the JAMBIO Coastal Organism Joint Surveys conducted along the Noto coast, Japan

Hisanori KOHTSUKA<sup>1)</sup>, Shouzo OGISO<sup>2)</sup> and Hiroaki NAKANO<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Misaki Marine Biological Station, School of Science, The University of Tokyo, 1024 Misaki-Koajiro, Miura, Kanagawa Pref., 238-0225, Japan

<sup>2)</sup>Noto Marine Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Mu-4-1, Ogi, Noto, Hosu, Ishikawa Pref., 927-0553, Japan

<sup>3)</sup>Shimoda Marine Research Center, University of Tsukuba, 5-10-1, Shimoda, Shizuoka Pref., 415-0025, Japan

### Abstract

The 22nd JAMBIO (Japanese Association for Marine Biology) Coastal Organism Joint Surveys was held at Noto Marine Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, from November 19th to 20th, 2019. By performing dredge surveys at depths of 22–91 m off Ossaka, Shinbo and Ogi in Noto-cho, Hosu-gun, Ishikawa Prefecture, Japan, eight species of sea urchins from six families, three orders were collected; *Temnotrema sculptum*, *Toxopneustes pileolus* (specimen lost), *Laganum fudsiyama*, *Peronella japonica*, *Fibularia japonica* (denuded test), *Spatangus luetkeni*, *Nacospatangus altus* and *Eupatagus micropetalus*. *T. pileolus*, *L. fudsiyama*, *F. japonica*, and *S. luetkeni* were first recorded from Ishikawa Prefecture, and this is the first record of *E. micropetalus* from the Sea of Japan.

## はじめに

棘皮動物門ウニ綱は、赤道直下の熱帯の海から南極・北極圏の寒冷な海、潮間帯の浅海から高水圧の超深海、さらに岩礁域や砂泥底などの多様な海底環境から知られ、約 1,000 種からなるグループである(田中ほか, 2019)。これまでに日本海のウニ類についての包括的な報告はないが、HONMA and KITAMI(1978)の新潟県佐渡沿岸や鈴木(1979)の山形県沿岸における動物リスト中の報告をはじめとした多数の断片的な報告はなされており(坂下, 1955; 加藤, 1993; 又多ほか, 1995)、中でも石川県能登半島周辺海域のウニ類相は比較的報告数が多い(東出, 2002; 幸塚, 2004; 幸塚・小木曾, 2018; 幸塚ほか, 2019; 小木曾ほか, 2019)。

日本海はその海洋構造や形成に至る歴史などからみて生物地理学的に非常に興味深い海域である(西村, 1974)が、生物地理学的研究を行うための基礎となる分類学的な調査研究が近年十分になされている地域は、島根県隠岐周辺に限られるため(加藤, 1993; 幸塚・秋吉, 2007; 幸塚ほか, 2010)、日本海の各海域におけるウニ類の分類学的研究が望まれる。

JAMBIO (Japanese Association for Marine Biology, マリンバイオ共同推進機構)は、全国の水産実験所や臨海実験所をメンバーとし、海洋生物学に関する共同利用・共同研究の推進、海洋生物学分野における学術研究の発展、全国の臨海実験施設の連携活動、World Association of Marine Stations (WAMS) のメンバーとしての国際連携などを目的として活動している(JAMBIO; <http://jambio.jp/>)。その拠点戦略プロジェクトの一つである JAMBIO 沿岸生物合同調査は 2014 年に開始され、現在までに 22 回開催されている(JAMBIO 沿岸生物合同調査; [http://jambio.jp/topicsnews\\_category/research/](http://jambio.jp/topicsnews_category/research/))。

2019 年 11 月に金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設を拠点に第 22 回 JAMBIO 沿岸生物合同調査が開催され、近傍海域にてドレッジ調査を実施した。その結果、8 種のウニ類を得る事ができた。本稿では標本が紛失したラッパウニについては、撮影した画像に基づき、それ以外の採集されたウニ類については標本に基づき、外部形態の記載および種に関する若干の考察を行った。

## 材料と方法

本研究に用いた標本は、2019 年 11 月 19–20 日に実施された石川県鳳珠郡能登町周辺海域の第 22 回 JAMBIO 沿岸生物合同調査で得られたものである。越坂沖、新保沖および小木沖の水深約 22–91 m において、金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設の実習調査船「あおさぎ」より離合社製大型ドレッジ(No.5121-B、簡易ドレッジ大型、開口部幅 50 cm、高さ 20 cm)によって採集した。採集した標本は生きたまま臨海実験施設に持ち帰り、生時にデジタルカメラ(PENTAX K-5II)を用いて撮影を行った。その後、種の同定のために 99%エタノールで固定および保存した。後日、東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所において実体顕微鏡(OLYMPUS SZX7)とデジタルカメラ(PANASONIC

Lumix DMC-GH4)を用いた形態観察および標本撮影を実施した。一部の標本は裸殻を観察するため、市販の次亜塩素酸系漂白剤原液に数分間投入し、その後真水で洗浄して使用した。今回扱った標本は、大阪市立自然史博物館の登録標本(OMNH-IV)として保管されている。ウニ綱の和名と科までの配列は相模湾海胆類(重井, 1986)とウニハンドブック(田中ほか, 2019)、学名は KROH and MOOI(2020)に従った。種の同定については、重井(1986)、SCHULTZ(2005, 2009, 2011)の報告を参照した。

## 結果および考察

カマロドント目 Camarodonta

サンショウウユニ科 Tamnopleuridae

コデマリウニ属 *Temnotrema* A. AGASSIZ, 1864  
コデマリウニ *Temnotrema sculptum* A. AGASSIZ, 1863 (図 1A)

**調査標本:** OHNM-IV 8442、2 個体(有棘液浸標本、殻径 2.8–6.0 mm、殻高 1.2–2.8mm)、2019 年 11 月 20 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 70.2–91.1 m (st.6. N 37°17'12.726" / E 137°13'49.776"–N 37°16'59.352" / E 137°13'44.244")。

**形態:** 殻は小形で高く、殻高は殻径の約 2/3 である。殻径は 10 mm を超える個体は稀であり、本調査では殻径が 2.8 mm と 6.0 mm の小型の 2 個体を得た。主棘は短く、軸は先端付近でややくびれ、先端に透明突起を備える。

**色彩:** 赤褐色系および暗オリーブ色系の 2 型があるものの、本調査では暗オリーブ色系の個体しか得られなかった。主棘はオリーブ色で、通常 1–2 本の濃淡の幅広い縞があり、先端は白色で基部は濃色となる。

**既産地:** 陸奥湾から東シナ海(重井, 1986)。青森県深浦、富山湾、福井県、島根県隠岐、韓国(内田ほか, 1970; HONMA and KITAMI, 1978; SHIN and RHO, 1996; 石川県, 1998; 富永, 1998; 加藤, 1993; 幸塚, 2004; 幸塚ほか, 2010)などの日本海、陸奥湾から九州、東シナ海の潮下帯から上部陸棚帯に分布する(西村, 1995)。

**備考:** 石川県沿岸からは石川県(1998)や幸塚(2004)などで記録はあるものの、報告数は少ない。

#### ラッパウニ科 Toxopneustidae

ラッパウニ属 *Toxopneustes* L. AGASSIZ, 1841  
ラッパウニ *Toxopneustes pileolus* (LAMARCK, 1816) (図 1B–D)

**調査標本:** 標本紛失、1 個体、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 21.8–29.1 m (st.3. N 37°18'52.068" / E 137°15'48.186"–N 37°18'53.748" / E 137°15'52.944")。

**形態:** 本種は大型種であるが、本調査で得られた個体は殻径 10 mm 程度の小型個体であった。棘は

短く、やや棒状で先端が鈍い。腺囊叉棘は数が少ないものの、棘の間に生じ、極めて大きく特徴的な形を呈する。本叉棘は先端がラッパ状に大きく広がり、アジサイの花のようである。

**色彩:** 極めて派手で、主棘は朱色を帯び、先端と基部が白色を呈する。腺囊叉棘は紫色で白色の縁取りが入る。裸殻は多少ともオリーブ色または黄緑色を帯びる。

**既産地:** 相模湾以南、インドー西太平洋(重井, 1986)。日本海では島根県隠岐(幸塚ほか, 2010)、山口県(堀ほか, 2014)より知られている。

**備考:** 本個体は、色彩が極めて派手であるものの、主棘には 2 本の白色帯があること、縁が白色のラッパ状に広がる叉棘を持つことなどの特徴が重井(1986)や西村(1995)などの報告に一致することからラッパウニと同定した。本個体は標本が紛失したが、当時の画像は残っており、この個体は石川県初記録である。

#### カシパン目 Scutellina

#### カシパン科 Laganidae

#### カシパン属 *Laganum* LINK, 1807

フジヤマカシパン *Laganum fudsiyama* (DÖDERLEIN, 1885) (図 1E)

**調査標本:** OHNM-IV 8443、2 個体(有棘液浸標本 1 個体および裸殻液浸標本 1 個体、殻長 35–45 mm、殻幅 35–42 mm、殻高 5.0–7.0 mm)、2019 年 11 月 20 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 71.2–79.2 m (st.4. N 37°18'23.904" / E 137°16'09.126"–N 37°18'22.284" / E 137°16'16.674")。

**形態:** 殻長は 40 mm 程度で殻は円形。反口側の頂上系付近は突出する。反口側頂上付近の生殖孔は 5 つ。围肛部は殻後端寄りに開く。

**色彩:** 生時の体色は明るい茶色を呈する。

**既産地:** 新潟県佐渡、島根県隠岐、日本海西部(重井, 1990; HONMA and KITAMI, 1995; 島根大学理学部附属隠岐臨海実験所, 1995)などの日本海、相模湾以南の水深 50–645 m に分布する(田中ほか, 2019)。

**備考:**本個体は、反口側の頂上系付近が突出すること、反口側頂上付近の生殖孔は 5 つであること、囀肛部が殻後端寄りに開くことなどの特徴が重井 (1986) の報告に一致することからフジヤマカシパンと同定した。本種は、日本海の新潟県佐渡や島根県隠岐などでは記録はあるが、石川県では初記録である。

ヨツアナカシパン属 *Peronella* GRAY, 1855  
ヨツアナカシパン *Peronella japonica* MORTENSEN, 1948 (図 1 F)

**調査標本:**OHNM-Iv 8444、1 個体 (有棘液浸標本、殻長 14 mm、殻幅 11 mm、殻高 2.0 mm)、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 21.8–29.1 m (st.3, N 37°18'52.068" / E 137°15'48.186"–N 37°18'53.748" / E 137°15'52.944")。

**形態:**本調査では、殻長 14 mm の小型個体しか得られなかった。殻は縦長の楕円形。反口側の頂上系付近は少し盛り上がる程度。反口側頂上付近の生殖孔は 4 つ。囀肛部は殻後端寄りに開く。

**色彩:**生時の体色は通常は桃色を呈するが、本個体は小型個体であるためか明褐色を呈していた。

**既産地:**新潟県佐渡、石川県能登、島根県隠岐、韓国 (重井, 1990; HONMA and KITAMI, 1995; 又多ほか, 1995; 幸塚, 2004; 島根大学理学部附属隠岐臨海実験所, 1995; 幸塚・秋吉, 2007; SHIN and RHO, 1996) などの日本海、相模湾から九州南端までの水深 3–50 m に分布する (重井, 1986; 田中ほか, 2019)。

#### マメウニ科 Fibulariidae

マメウニ属 *Fibularia* LAMARCK, 1816  
ニホンマメウニ *Fibularia japonica* SHIGEI, 1982 (図 1 G–H)

**調査標本:**OHNM-Iv 8445、3 個体 (裸殻液浸標本、殻長 4.5–6.0 mm、殻幅 3.0–4.5 mm、殻高 2.0–3.8 mm)、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 76.8–89.2 m (st.1, N 37°17'41.844" /

E 137°14'56.994"–N 37°17'39.576" / E 137°15'11.736")。

**形態:**本調査では生体は得られず、裸殻のみであった。殻は極めて小形で、上下にわずかに平たい卵形を呈する。花紋は大きく円形で、不規則に配列し典型的な花卉を形成しない。

**既産地:**九州南端から相模湾までの日本近海から知られている (田中ほか, 2019)。日本海側からは日本海西部の島根県隠岐の水深 60 m と長崎県壱岐の水深 45 m より報告されている (SHIGEI, 1981)。

**備考:**本個体は、上下にわずかに平たい卵形であること、花紋は大きく円形で、不規則に配列し典型的な花卉を形成しないことなどの特徴が重井 (1986) の報告に一致することからニホンマメウニと同定した。本調査で得られた個体は、日本海で 3 例目、石川県より初記録となる。しかし、今回得られた標本は殻のみであり、今後は生体を確認する必要がある。

#### ブンブク目 Spatangoida

##### ホンブンブク科 Spatangidae

##### ホンブンブク属 *Spatangus* GRAY, 1825

ホンブンブク *Spatangus lutkeni* A. AGASSIZ, 1872 (図 1 I–J)

**調査標本:**OHNM-Iv 8446、1 個体 (殻破損)、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 70.0–73.4 m (st.2, N 37°18'23.940" / E 137°16'06.576"–N 37°18'25.548" / E 137°16'14.352")。

**形態:**殻は中型で反口側は適度に盛り上がる。前端は深く陥入し、上面から見た輪郭は幅広いハート形を呈する。

**色彩:**生時の色彩は、濃紫色で棘は淡色を呈する。

**既産地:**日本海側からは日本海西部 (重井, 1990) の報告があるのみである。本州北部から九州南部の水深 80–520 m に分布する (重井, 1990)。

**備考:**本個体は、殻が破損していたものの、殻の前端は深く陥入すること、生時の色彩が濃紫色であることなどの特徴が重井 (1986) の報告に一致することからホンブンブクと同定した。山形県からはミナミホンブンブク *Spatangus paucituberculatus* A. AGASSIZ

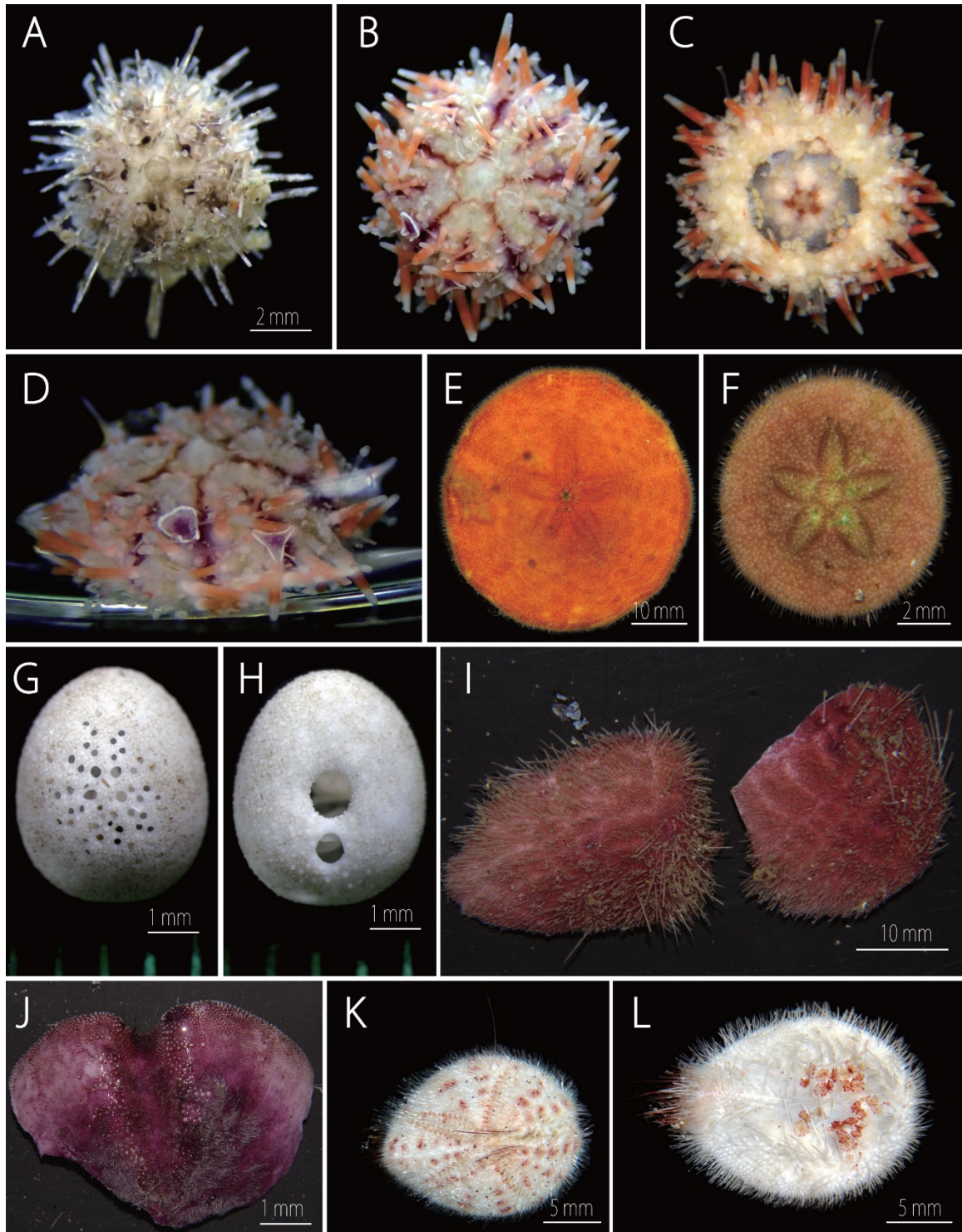


図 1 能登沿岸の JAMBIO 沿岸生物合同調査で得られたウニ類. A コデマリウニ(背面), B ラップパウニ(背面), C ラップパウニ(腹面), D ラップパウニ(側面), E フジヤマカシパン(背面), F ヨツアナカシパン(背面), G ニホンマメウニ(背面), H ニホンマメウニ(腹面), I-J ホンブンブク, K ネズミブンブク(背面), L ネズミブンブク(腹面).

Fig. 1 Echinoids collected in the 22nd JAMBIO Coastal Organism Joint Survey along the Noto Peninsula. A *Temnotrema sculptum* (Dorsal view), B *Toxopneustes pileolus* (Dorsal view), C *T. pileolus* (Ventral view), D *T. pileolus* (Lateral view), E *Laganum fudsiyama* (Dorsal view), F *Peronella japonica* (Dorsal view), G *Fibularia japonica* (Dorsal view), H *F. japonica* (Ventral view), I-J *Spatangus luetkeni*, K *Nacospatangus altus* (Dorsal view), L *N. altus* (Ventral view).

and H. L. CLARK, 1907 が報告されているが(鈴木, 1979)、本種の誤同定の可能性も否定できない。本調査で得られた個体は石川県初記録である。

ネズミブンブク属 *Nacospatangus* A. AGASSIZ, 1873  
ネズミブンブク *Nacospatangus altus* (A. AGASSIZ, 1864) (図 1 K-L)

**調査標本:** OHNM-Iv 8447、1 個体(有棘液浸標本、殻長 20 mm, 殻幅 16 mm, 殻高 8.0 mm)、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 21.8–29.1 m (st.3, N 37°18'52.068" / E 137°15'48.186"–N 37°18'53.748" / E 137°15'52.944")。

**形態:** 殻長は 40 mm に達するが本調査で得られた個体は 20 mm と小さい個体であった。前部花卉の前方の孔対は頂上付近のものは消失し、生殖孔は 3 つである。殻は非常に薄くてもろい。

**色彩:** 白色地に赤紫色の斑紋が入り混ざる。

**既産地:** 山形県、新潟県佐渡、富山湾、島根県隠岐、韓国(鈴木, 1979; 加藤, 1993; HONMA and KITAMI, 1995; SHIN and RHO, 1996; 幸塚, 2004; 幸塚・秋吉, 2007)などの日本海、相模湾から九州南端までの潮下帯から水深 204 m に分布する(田中ほか, 2019)。

#### コザルブンブク科(新称) Eupatagidae

コザルブンブク属 *Eupatagus* L. AGASSIZ and DESOR, 1847

コザルブンブク *Eupatagus micropetalus* (H. L. CLARK, 1917) (図 2)

**調査標本:** OHNM-Iv 8448、1 個体(有棘液浸標本、殻長 48 mm, 殻幅 40 mm, 殻高 20 mm)、2019 年 11 月 19 日、石川県鳳珠郡能登町小木沖、水深 70.0–73.4 m (st.2, N 37°18'23.940" / E 137°16'06.576"–N 37°18'25.548" / E 137°16'14.352")。

**形態:** 殻は中形で、殻高は低く、殻板は薄くてもろい。反口側から見た輪郭は楕円形に近く、前端はほとんど陥入しない(図 2 A–B, L)。口側は後方部が正中線に沿って顕著に隆起する(図 2 C–D, M)。

正面歩帯は殻面と水平で陥入しない。反口側の前後・側間歩帯上には頂上系寄りの領域に多数の大疣が生じる。その数は後・側間歩帯では 15 以上、同帯前板列では約 10 個生じる。前・側間歩帯では後・側間歩帯上のものとほぼ等大のものが 4–5 個生じる。大疣周溝は広い(図 2 E)。周花紋帯線は細く、不明瞭である。花紋は小型で弱く刻まれ、殻の前方寄りに偏在する(図 2 A)。花卉は殻面と水平に位置し、無孔部は幅が広く、有孔部は細い。前部花卉は短く、側方屋や前方へ伸長する。前部花卉の前部孔対列は後部孔対列よりも短く、前部孔対列は後部孔対よりも顕著に小さい(図 2 F)。後部花卉の長さは、前部花卉の 2 倍に達し、後・側方へ伸長する。口側では、葉状部の発達が弱い。周口部は三日月形とならず、円に近い半円状を呈する。口の周辺は多数の小板が皺状に配列し、その外側には多角形の大形板が配列する。口側における裸状帯域は極めて広く、後部歩帯とそれに隣接する間歩帯縁、腹板系前半部および周口部の前方と側方が裸状となり、棘のある領域は殻の側縁部と腹板系後部に限られる。囲肛部は大きく、横長の楕円形で、殻後面の中間よりもやや上側に位置する。肛下帯線の内側には各側 3 対の肛下孔対が入る(図 2 D)。頂上系は前方寄りの殻長の約 1/3 に位置し(図 2 A)、生殖孔は 4 個ある(図 2 G)。主棘は細い(図 2 H)。叉棘は 2 種が備わる。蛇頭叉棘は弁が細長い(図 2 I)。爪状叉棘には 2 型があり、弁の側縁は大型のものでは粗く波状に刻まれ(図 2 J)、小型のものでは弁の側縁は直線状を呈する(図 2 K)。

**標本の体色:** 生時では、反口側は全体的に褐色を呈するが、頂上系付近はクリーム色に近い淡褐色を呈する。副棘は淡赤褐色を帯び、主棘は濃褐色を呈する(図 2 L)。口側は全体的に淡黄緑褐色を呈する。葉状部は焦茶色、周口板周辺と後部歩帯は淡黄緑色を呈する(図 2 M)。

**既産地:** 相模灘の水深 80–400 m のみから知られている(重井, 1986)。

**備考:** 本標本は、殻板は薄くてもろいこと、反口側から見た輪郭は楕円形に近く、前端はほとんど陥入しないこと、反口側の前後・側間歩帯上には頂上系



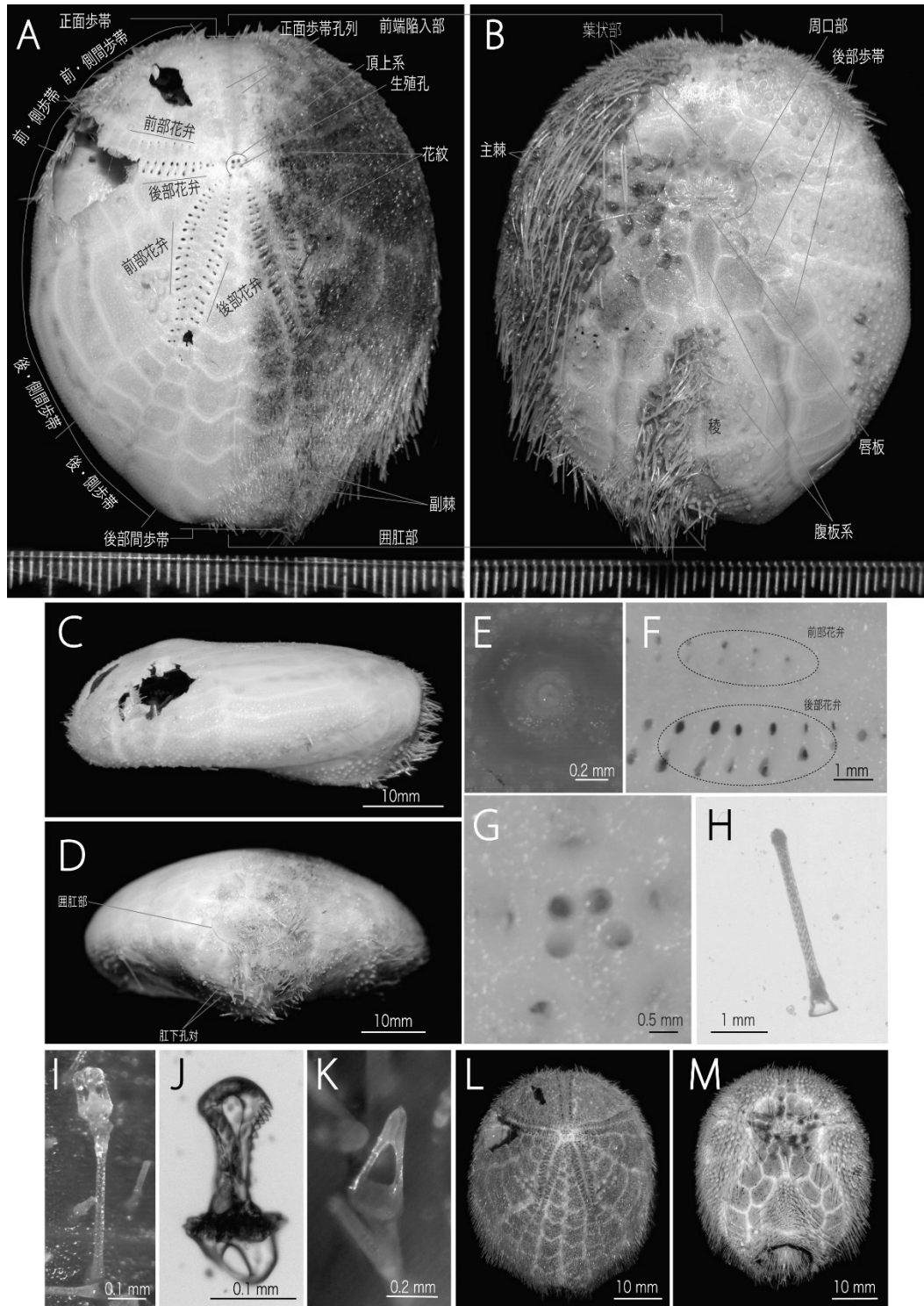


図 2 能登沿岸の JAMBIO 沿岸生物合同調査で得られたコザルブンブク. A 半分裸殻個体背面, B 半分裸殻個体腹面, C 半分裸殻個体側面, D 囲肛部付近, E 背面の主疣, F 前部花卉と後部花卉, G 頂上系, H 主棘, I 蛇頭叉棘, J 大型の爪状叉棘, K 小型の爪状叉棘, L 背面から見た生時の標本, M 腹面から見た生時の標本.

Fig. 2 *Eupatagus micropetalus* collected in the 22nd JAMBIO Coastal Organism Joint Survey along the Noto Peninsula. A Dorsal view of the half denuded test, B Ventral view of the half denuded test, C Lateral view of the half denuded test, D Periproct, E Primary tubercle, F Posterior pore-series and anterior pore-series, G Apical system, H Primary spine, I Ophiocephalus pedicellaria, J Large tridentate pedicellaria, K Small tridentate pedicellaria, L Dorsal view of a living specimen, M Ventral view of a living specimen.

寄りの部域に多数の大疣が生じること、花紋は小型で弱く刻まれ、殻の前方寄りに偏在すること、前部花卉の前部孔対列は後部孔対列よりも短く、前部孔対列は後部孔対よりも顕著に小さいこと、頂上系は前方寄りの殻長の約  $1/3$  に位置し、生殖孔は 4 個あること、主棘は細く、叉棘は 2 種が備わることなどの特徴が MORTENSEN (1951)、重井 (1986) などの報告に一致することからコザルブンブクと同定した。本種は相模湾以外から得られた初めての個体であり、日本海初記録である。

### 石川県海域におけるウニ類相の特徴

石川県沿岸のウニ類の報告は、これまでに 27 種が知られていたが(東, 1991; 又多ほか, 1995; 石川県, 1998; 東出, 2002; 幸塚, 2004; 坂井, 2011; 幸塚・小木曾, 2018; 小木曾ほか, 2019 など)、今回の調査で新たに 5 種が加えられ、合計 32 種が分布することが明らかとなった(表 1)。

石川県内で記録された 32 種のウニ類の分類群別の種数をまとめてみると、カマロドント目 (Camarodonta) とブンブク目 (Spatangoida) がそれぞれ 10 種 (31%)、カシパン目 (Scutellina) が 6 種 (19%)、オウサマウニ目 (Cidaroida) が 2 種 (6%)、ガンガゼ目 (Diadematoidea)、オトメガゼ目 (Pedinoida)、アスナロウニ目 (Arbacioida)、タコノマクラ目 (Clypeasteroida) がそれぞれ 1 種 (3%) の順であった。カマロドント目はサンショウウニ科、オオバフンウニ科、ナガウニ科およびラッパウニ科などを含んでおり、現在、種数としては最も繁栄している正形類である。また、ブンブク目はウニ類中もっとも種類の多いグループである。

石川県沿岸のウニ類相を日本海側の他海域と比較すると、山形県全域で採集された海産無脊椎動物リスト(鈴木, 1979)では 23 種中 16 種 (70%)、新潟県の新潟大学佐渡臨海実験所に所蔵されているリスト(HONMA and KITAMI, 1978, 1995)では 28 種中 21 種 (75%)、福井県の福井市立自然史博物館に保管されているリスト(富永, 1998)では 23 種中 21 種 (91%)、島根県隠岐沿岸(加藤, 1993; 幸塚・秋吉, 2007; 幸塚・永田, 2008; 幸塚, 2008; 幸塚ほ

か, 2010 など)では 30 種中 21 種 (70%) が共通していた。よって、このなかでは石川県沿岸のウニ類相は福井県のウニ類相と、もっとも高い類似性を示した。

### 要約

2019 年 11 月 19-20 日にかけて、金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設を拠点に JAMBIO (Japanese Association for Marine Biology、マリンバイオ共同推進機構)による第 22 回沿岸生物合同調査を行った。石川県鳳珠郡能登町の越坂沖、新保沖および小木沖の水深 22-91 m のドレッジによる底生生物の採集を行ったところ、3 目 6 科 8 種の以下のウニ類が得られた; コデマリウニ *Temnotrema sculptum*、ラッパウニ *Toxopneustes pileolus* (標本紛失)、フジヤマカシパン *Laganum fudsiyama*、ヨツアナカシパン *Peronella japonica*、ニホンマメウニ *Fibularia japonica* (裸殻のみ)、ホンブンブク *Spatangus luetkeni*、ネズミブンブク *Nacospatangus altus*、コザルブンブク *Eupatagus micropetalus*。このうち、ラッパウニ、フジヤマカシパン、ニホンマメウニ、ホンブンブクは石川県初記録、コザルブンブクは日本海初記録であった。

### 謝辞

本稿をまとめるにあたり、調査の機会を与えて頂いた金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設長の鈴木信雄博士、本原稿の改定に際し、有益なコメントを頂いたのと海洋ふれあいセンターの坂井恵一博士、および東京大学大学院理学系研究科附属臨海実験所の岡西政典博士、標本の登録管理を快諾して下さった大阪市立自然史博物館動物研究室の石田惣博士に厚く御礼申し上げます。

なお、本調査はマリンバイオ共同推進機構 JAMBIO の援助を受けて行われました。第 22 回 JAMBIO 沿岸生物合同調査にご協力いただいた皆



表 1 石川県海域のウニ類

Table 1 Echinoids from Ishikawa Prefecture.

| 種名                                                                    | 引用文献                            |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| オウサマウニ目 Cidaroida                                                     |                                 |
| オウサマウニ科 Cidaridae                                                     |                                 |
| 1 ダイオウウニ <i>Stereocidaris grandis</i> (DÖDERLEIN, 1885)               | 幸塚 2004; 坂井 2011                |
| 2 ボウズウニ <i>Stereocidaris japonica</i> (DÖDERLEIN, 1885)               | 幸塚 2004                         |
| ガンガゼ目 Diadematoida                                                    |                                 |
| ガンガゼ科 Diadematidae                                                    |                                 |
| 3 アサキガンガゼ <i>Diadema clarki</i> IKEDA, 1939                           | 幸塚 2004; 坂井 2011                |
| オトメガゼ目 Pedinoida                                                      |                                 |
| オトメガゼ科 Pedinidae                                                      |                                 |
| 4 オトメガゼ <i>Caenopedina mirabilis</i> (DÖDERLEIN, 1885)                | 幸塚 2004                         |
| アスナロウニ目 Arvacioida                                                    |                                 |
| アスナロウニ科 Arbaciidae                                                    |                                 |
| 5 ペンテンウニ <i>Coelopleurus maculatus</i> A. AGASSIZ & H. L. CLARK, 1907 | 幸塚 2004                         |
| カマロドント目 Camarodonta                                                   |                                 |
| サンショウウニ科 Temnopleuridae                                               |                                 |
| 6 サンショウウニ <i>Temnopleurus toreumaticus</i> (LESKE, 1778)              | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 7 ハリサンショウウニ <i>Temnopleurus reevesii</i> (GRAY, 1855)                 | 又多他 1995; 幸塚 2004               |
| 8 コデマリウニ <i>Temnotrema sculptum</i> (A. AGASSIZ, 1863)                | 又多他 1995, 本調査                   |
| 9 ニッポンコシダカウニ <i>Mespilia levituberculatus</i> YOSHIWARA, 1898         | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| ラッパウニ科 Toxopneustidae                                                 |                                 |
| 10 ラッパウニ <i>Toxopneustes pileolus</i> (LAMARCK, 1816)                 | 本調査                             |
| オオバフンウニ科 Strongylocentrotidae                                         |                                 |
| 11 サンリクオオバフンウニ <i>Strongylocentrotus pallidus</i> (SARS G.O., 1872)   | 幸塚 2004; 坂井 2011                |
| 12 キタムラサキウニ <i>Strongylocentrotus nudus</i> (A. AGASSIZ, 1863)        | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 13 バフンウニ <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (A. AGASSIZ, 1863)         | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 14 アカウニ <i>Pseudocentrotus depressus</i> (A. AGASSIZ, 1863)           | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| ナガウニ科 Echinometridae                                                  |                                 |
| 15 ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i> (A. AGASSIZ, 1863)          | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| タコノマクラ目 Clypeasteroida                                                |                                 |
| タコノマクラ科 Clypeasteridae                                                |                                 |
| 16 タコノマクラ <i>Clypeaster japonicus</i> DÖDERLEIN, 1885                 | 又多他 1995; 幸塚 2004               |
| カシパン目 Scutellina                                                      |                                 |
| ヨウミヤクカシパン科 Scutellidae                                                |                                 |
| 17 ハスノハカシパン <i>Scaphechinus mirabilis</i> A. AGASSIZ, 1864            | 幸塚 2004; 坂井 2011                |
| スカシカシパン科 Astriclypeidae                                               |                                 |
| 18 スカシカシパン <i>Astriclypeus mannii</i> VERRILL, 1867                   | 又多他 1995; 幸塚 2004               |
| カシパン科 Laganidae                                                       |                                 |
| 19 フジヤマカシパン <i>Laganum fudsiyama</i> DÖDERLEIN, 1885                  | 本調査                             |
| 20 ヨツアナカシパン <i>Peronella japonica</i> MORTENSEN, 1948                 | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011; 本調査 |
| 21 ヨツアナカシパンモドキ <i>Peronella rubra</i> DÖDERLEIN, 1885                 | 東 1991                          |
| マメウニ科 Fibulariidae                                                    |                                 |
| 22 ニホンマメウニ <i>Fibularia japonica</i> SHIGEI, 1982                     | 本調査                             |
| ブンブク目 Spatangoida                                                     |                                 |
| ブンブクチャガマ科 Schizasteridae                                              |                                 |
| 23 キツネブンブク <i>Brisaster latifrons</i> (A. AGASSIZ, 1898)              | 幸塚 2004; 幸塚・小木曾 2018            |
| 24 ブンブクチャガマ <i>Schizaster lacunosus</i> (LINNAEUS, 1758)              | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 25 セイタカブンブク <i>Moiria lachesinella</i> MORTENSEN, 1930                | 小木曾他 2018                       |
| ホンブンブク科 Spatangidae                                                   |                                 |
| 26 ホンブンブク <i>Spatangus luetkeni</i> A. AGASSIZ, 1872                  | 本調査                             |
| 27 ネズミブンブク <i>Nacospatangus altus</i> (A. AGASSIZ, 1864)              | 幸塚 2004; 本調査                    |
| ヒラタブンブク科 Loveniidae                                                   |                                 |
| 28 ヒラタブンブク <i>Lovenia elongata</i> (GRAY, 1845)                       | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 29 オカメブンブク <i>Echinocardium cordatum</i> (PENNANT, 1777)              | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| コザルブンブク科 Eupatagidae                                                  |                                 |
| 30 コザルブンブク <i>Eupatagus micropetalus</i> (H. L. CLARK, 1917)          | 本調査                             |
| オオブンブク科 Brissidae                                                     |                                 |
| 31 オオブンブク <i>Brissus agassizii</i> DÖDERLEIN, 1885                    | 又多他 1995; 幸塚 2004; 坂井 2011      |
| 32 ライオネスブンブク <i>Metalia spatagus</i> (LINNAEUS, 1758)                 | 幸塚 2004                         |

\*アラサキガンガゼはアオスジガンガゼで発表されたものと同一種(Chow et al., 2016)。

\*\*サンリクオオバフンウニは、ウスイロホクウオオバフンウニで発表されたものと同一種(TOLTAROUS and POLTAROUS, 1992)。

\**Diadema clarki* is the same species as that reported in *D. savignyi*(Chow et al., 2016)。

\*\**Strongylocentrotus sachalinicus* is the same species as that reported in *S. pallidus*(TOLTAROUS and POLTAROUS, 1992)。

様にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 東 幹雄, 1991. ウニ類数種の個体サイズの研究. 福井県高等学校理科研究会誌, (34): 110-123.
- CHOW, S., KONISHI, K., MEKUCHI, M., TAMAKI, Y., NOHARA, K., TAKAGI, M., NIWA, K., TERAMOTO, W., MANABE, H., KUROGI, H., SUZUKI, S., ANDO, D., JIMBO, 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.
- 東出幸真, 2002. ウニ, その特徴と種類の見分け方. のと海洋ふれあいセンターだより, 能登の海中林, (17): 2-5.
- HONMA, Y. and KITAMI, T., 1978. Fauna and flora in the waters adjacent to the Sado Marine Biological Station, Niigata University. *Annual Report of the Sado Marine Biological Station, Niigata University*, 8: 7-81.
- HONMA, Y. and KITAMI, T., 1995. Fauna and flora in the waters adjacent to the Sado Marine Biological Station, Niigata University. *Annual Report of the Sado Marine Biological Station, Niigata University*, 25: 13-30.
- 堀 成夫・土井啓行・園山貴之・荻本啓介・國森拓也・河野光久, 2014. 山口県日本海域の危険生物目録 (I): 外傷およびそれに付随する症候をもたらすもの. 萩博物館調査研究報告, (10): 1-30.
- 石川県, 1998. 石川の自然環境シリーズ, 石川県の浅海域の生物. 90 pp. 石川県自然史研究会, 石川.
- 加藤琢矛, 1993. 隠岐のウニ. 隠岐の文化財, (10): 54-60.
- 幸塚久典, 2004. 能登半島のウニ類. 南紀生物, 46(1): 18-22.
- 幸塚久典, 2008. 隠岐の島沿岸で得られたセイタカブンブク (棘皮動物門:ウニ綱). ホシザキグリーン財団研究報告, (10): 253-254.
- 幸塚久典・秋吉英雄, 2007. 隠岐島後における浅海産不正形ウニ類 (棘皮動物門:ウニ綱). ホシザキグリーン財団研究報告, (10): 169-197.
- 幸塚久典・木暮陽一・秋吉英雄, 2010. 島根県隠岐諸島浅海域における正形ウニ類 (棘皮動物:ウニ綱). 日本生物地理学会会報, 65: 65-74.
- 幸塚久典・永田宜裕, 2008. 島根県隠岐諸島浅海における日本海側から記録されたイイジマフロウニ (棘皮動物門, ウニ綱). 日本生物地理学会会報, 63: 223-226.
- 幸塚久典・小木曾正造, 2018. 石川県富来沖の底曳網で得られた棘皮動物. ホシザキグリーン財団研究報告, (21): 255-267.
- 幸塚久典・小木曾正造・又多政博, 2019. 石川県浅海から得られたライオンブンブク属の 1 種 *Metalia* sp. (棘皮動物門: ウニ綱). のと海洋ふれあいセンター研究報告, (24): 255-267.
- KROH, A. and MOOI, R., 2020. World Echinoidea Database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/echinoidea> on 2020-08-31. doi:10.14284/355
- 又多政博・岡本 武・山岸裕一, 1995. 能登九十九湾周辺の海産無脊椎動物. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (1): 31-38.
- MORTENSEN, T., 1951. A monograph of the echinoidea. Spatangoida II. Amphisternata II.; Spatangidae, Lovenidae, Pericosmidae, Schizasteridae, Brissidae. iv + 593 pp., 64 pls., C. A. Reitzel Publisher, Copenhagen.
- 西村三郎, 1974. 日本海の成立. 230 pp., 築地書館, 東京.
- 西村三郎, 1995. 原色検索日本海岸動物図鑑 [II]. 663 pp. 保育社, 大阪.
- 小木曾正造・幸塚久典・又多政博, 2019. 能登半島で新たに見つかったブンブクチャガマ科 (棘皮動物門, ウニ綱) のセイタカブンブク *Moiria*

- lachesinella*. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (24): 25–28.
- 坂井恵一, 2011. のと海洋ふれあいセンターに収蔵されている無脊椎動物標本. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (17): 15–34.
- 坂下栄作, 1955. 富山県動物目録. 192 pp. 自刊, 富山.
- SCHULTZ, H., 2005. Sea-Urchins, a guide to worldwide shallow water species. Xii + 1–484pp, Heinke & Partner Science Publication, Germany.
- SCHULTZ, H., 2009. Sea-Urchins II, worldwide irregular deep water species. X + 501–849, Heinke & Partner Science Publication, Germany.
- SCHULTZ, H., 2011. Sea-Urchins III, worldwide regular deep water species. 861–1338, Heinke & Partner Science Publication, Germany.
- SHIGEI, M. 1981. A new species of the fibulariid sea-urchin, *Fibularia japonica*, from Japanese waters. *Publications of Seto Marine Biological Laboratory*, 27: 11–16.
- 重井陸夫, 1986. 相模湾産海胆類. 英文 1–202, 和文 1–173, 図版 126+8, 宮内庁生物学御研究所編. 丸善, 東京.
- 重井陸夫, 1990. ウニ綱. 日本陸棚周辺の棘皮動物(上): 101–130. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京.
- 島根大学理学部附属隠岐臨海実験所, 1995. 隠岐臨海実験所周辺の動・植物リスト. 53 pp. 島根大学, 島根.
- SHIN, S. and RHO, B. J., 1996. Echinodermata. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, 36. 774 pp., 159 pls. Ministry of Education, Seoul (in Korean).
- 鈴木庄一郎, 1979. 山形県海産無脊椎動物. 370 pp., たまきび会, 山形.
- 田中 颯・大作晃一・幸塚久典, 2019. ウニハンドブック. 128 pp. 文一総合出版, 東京.
- TOLTAROUS, D. E. and POLTAROUS, A. B., 1992. Affiliation of sea urchins *Strongylocentrotus echinoides* and *Strongylocentrotus sachalinicus* with *Strongylocentrotus pallidus* based on the comparison of their genomes. *Russian journal of Marine Biology*, 17: 168–172.
- 富永英之, 1998. 福井県沿岸の棘皮動物目録 I, ウニ綱. 福井市自然史博物館研究報告, (45): 23–32.
- 内田 一・紺野一碩・千葉滋男, 1970. 深浦臨海実験所付近解散動物目録 予報第 2 部, 深浦臨海実験所報告, (2): 7–29.



能登半島の九十九湾沿岸林周辺に生息するアカテガニ  
*Chiromantes haematocheir* の食性に関する研究

川村龍矢<sup>1)</sup>・中町 健<sup>2)</sup>・小木曾正造<sup>3)</sup>・岡村隆行<sup>2)</sup>・鈴木信雄<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>金沢大学理工学域自然システム学類, 石川県金沢市角間町(〒920-1192)

<sup>2)</sup>金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設, 石川県鳳珠郡能登町小木ム4-1(〒927-0553)

<sup>3)</sup>金沢大学総合技術部環境安全部門, 石川県鳳珠郡能登町小木ム4-1(〒927-0553)

Study on the eating habits of Red-clawed Crab *Chiromantes haematocheir* inhabiting around  
the Coastal Forests of Tsukumo Bay in Noto Peninsula

Ryoya KAWAMURA<sup>1)</sup>, Takeru NAKAMACHI<sup>2)</sup>, Shouzo OGISO<sup>3)</sup>, Takayuki OKAMURA<sup>3)</sup> and  
Nobuo SUZUKI<sup>1,2)</sup>

<sup>1)</sup>School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University,  
Kakuma, Kanazawa, Ishikawa Pref., 920-1192

<sup>2)</sup>Noto Marine Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa  
University, Mu-4-1, Ogi, Noto, Ishikawa Pref., 927-0553

<sup>3)</sup>Engineering and Technology Department, Kanazawa University, Mu-4-1, Ogi, Noto,  
Ishikawa Pref., 927-0553

**Abstract**

In the present study, we conducted some experiments focusing on the eating habits of the Red-clawed crab, *Chiromantes haematocheir* DE HAAN. The Red-clawed crab is a highly omnivorous species that feeds on plant leaves, fruits, and insects. However, the feeding selectivity of this crab has not been studied in detail. Therefore, we conducted a study on feeding selectivity using Red-clawed crabs inhabiting around the coastal forests of Tsukumo Bay in Noto Peninsula. In order to investigate the feeding habits of the Red-clawed crab, the selectivity of the leaves of “Yabutsubaki” *Camellia japonica* LINNAEUS and the nuts (acorns) of “Konara” *Quercus serrata* MURRAY was examined. As a result, the preference for leaves and acorn remains unclear. On the other hand, there was a tendency in the selectivity of acorns. Namely, the acorns consumed by Red-clawed crabs were significantly shorter in major and minor axes and significantly lighter in weight than the non-feeding acorns. The relationship between acorn weight and the carapace length and scissor size of Red-clawed crabs was investigated. As a result, a positive correlation was found only in females, and no correlation was found in males. This result may be related to the fact that male scissors in Red-clawed crab are larger than those of females. Further studies are needed to confirm this phenomenon.

Key words: *Chiromantes haematocheir*, Tsukumo Bay, eating habits, acorns

## はじめに

アカテガニ *Chiromantes haematocheir* (DE HAAN, 1833) は、日本では本州から九州の海や川に近い陸地に生息する十脚目ベンケイガニ科に属するガニの一種である(豊田ら, 2019)。アカテガニの成体は、鰓呼吸した水を口から出し、腹部の脇を伝わって空気に触れさせ、脚のつけ根から再び水を体内に取り入れている(ALEXANDER and EWER, 1969)。このような水の循環をすることにより、アカテガニの成体は陸上生活に適応して、普段は森林で生活している。しかし、アカテガニの幼生は、ゾエア期からメガロパ期を経て、変態して稚ガニになるまでの成長段階において、海中を生活の場とする(北見・本間, 1981; 中山・柳井, 2019)。そのため、抱卵したアカテガニのメスは、6 月から 9 月にかけて、森林を離れて波打ち際へと移動して、ゾエア幼生を海に放つ習性を持つ(豊田ら, 2019)。

石川県鳳珠郡能登町の九十九湾周辺では、多数のアカテガニを観察することができる(近藤ら, 2017)。これは、九十九湾は溺れ谷の地形をしており、海岸線が長く、海のすぐそばに森林が広がっているため、アカテガニの成体がゾエア幼生を放つのに適した環境条件が整っているためであると思われる。以上のようなことから、能登半島の九十九湾に位置している金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設では、廃田を利用してビオトープを作り、アカテガニの生態学的な研究を行ってきた(近藤ら, 2017; 村山ら, 2019)。

アカテガニは雑食性の強い種であり、植物の新芽や果実、さらには汀線に打ち上げられた動物を摂食する(北見・本間, 1981; 伊藤ら, 2011)。しかし、植物性の餌においては、葉と果実のどちらを好むのかはあまりよくわかっていない。なお、果実食に関しては、伊藤ら(2011)に詳しいが、果実の大きさに関する好みの有無については、ほとんど研究例がない。そこで本研究では、2019 年と 2020 年の 2 年間にわたり、九十九湾に生息するアカテガニを用いて、餌の選好性を調べる研究を行った。即ち、植物の葉と堅い果皮に覆われた果実(ドングリ)のどちらを好むかを調べる実験及びドングリの大きさに対する選択性の有無を調べる実験を行った。

## 材料と方法

### アカテガニの植物の葉とドングリの選好性

能登半島九十九湾周辺で採集したアカテガニの成体を用いて、2019 年 10 月と 11 月に合計 2 回の実験を行った。

2019 年 10 月に、アカテガニのオス 5 個体を採集して実験に用いた。なお、常緑広葉樹のヤブツバキ *Camellia japonica* LINNAEUS は九十九湾周辺では優占的に生育していて、その落ち葉はほぼ周年摂餌することが可能である。またコナラ *Quercus serrata* MURRAY は九十九湾周辺では優占的に生育している落葉広葉樹だが、その果実であるドングリは、腐敗し難いのでほぼ周年摂餌することが可能である。これらの理由でこの 2 種を選定した。ヤブツバキの葉は、生育している新鮮なものを採取して、コナラのドングリは落下して、果実が乾燥していたものを用いた。

まず、ヤブツバキ葉 5 枚とコナラのドングリ 5 個を入れたプラスチックケース(23×15.5×17 cm)にアカテガニを 1 個体入れて、アカテガニにできるだけストレスを与えないようにするためにブルーシートでプラスチックケースを囲って、18.4~22 °C で 40 時間飼育した。このとき使用した葉とドングリは、全てアカテガニを採集した場所から調達した。なお、アカテガニに水分補給をするために、プラスチックケースには淡水の入ったシャーレ(外径 8 cm、深さ 4.5 cm)を入れた。実験の前に、ヤブツバキの葉をスキャナーで取り込み、ImageJ を使用して葉の面積を計測した。また、各アカテガニに与えたドングリは、ドングリの形質に関係なく抽出し、質量を計測したドングリを与えた。

アカテガニを 40 時間飼育した後、プラスチックケースからヤブツバキの葉及びドングリを回収した。ヤブツバキの葉の表面積を ImageJ で調べて、表面積

が実験前と比較して 1%以上減少していて、かつ葉に摂食した痕跡が存在していた場合、その個体はヤブツバキの葉を摂食したと判断した。一方、ドングリについては、果皮の下に位置する子葉が露出しているかを観察して、摂食の有無を判断した。

2019 年 11 月の実験では、アカテガニのオス 16 個体を採集し、10 月と同様にヤブツバキの葉とドングリの選好性の実験を行い、10 月に実施した実験の再現性を確認した。

### アカテガニのドングリの大きさの選好性

2019 年 11 月の実験で実施したドングリのみに注目して選好性を調べた。即ち、摂食されたドングリと摂食されなかったドングリの質量、長径及び短径を計測して、その後、t 検定により有意差検定を行った。さらにドングリの大きさとアカテガニの鉗脚(ハサミ)の大きさを詳細に調べる為、追試を行った。2020 年 10 月に九十九湾周辺でアカテガニのオス 8 個体、メス 4 個体の計 12 個体を採集した。まず、採集したアカテガニの甲幅、左右の鉗脚の掌節高(最大幅)及び掌節長(腕節との関節から不動指先端までの長さ)を電動ノギスで計測し、1 個体ずつプラスチックケース(23×15.5×17 cm)に入れて飼育した。アカテガニにできるだけストレスを与えないようにするためにブルーシートでプラスチックケースを囲って、20.5～24.3℃で 3 日間絶食させた。なお、アカテガニへの水分補給のために、プラスチックケースには淡水の入ったシャーレ(外径 8 cm、深さ 4.5 cm)を入れた。3 日間の絶食後、ドングリを 1 個体につき 7 個ずつ入れ、ブルーシートでプラスチックケースを囲って暗室状態にして 20.5～24.3℃で 48 時間の飼育を行った。実験に用いたドングリは、アカテガニの採集場所と同じ地点で採集したドングリを用い、また実験前に長径、短径及び質量をそれぞれ計測し、ドングリに油性ペンで番号を記載した。実験終了後、2019 年の実験と同様に、実験後に摂食した痕跡のあるドングリを摂食されたものとして判断し、摂食されたドングリと摂食されなかったドングリの形質の比較を行った。また、摂食されたドングリの形質(質量)とアカテガニの形質(甲幅、鉗脚の掌節高及び掌節長)との

関係性についても比較した。比較には t 検定を用い、有意差の有無を調べた。

## 結果

### アカテガニの摂餌の選好性

アカテガニの摂餌の選好性に関する実験結果を図 1 に示す。1 回目の実験では、5 個体中 2 個体がドングリのみを摂食しており、1 個体がドングリとヤブツバキの葉を摂食していた(図 1-A)。しかし、ヤブツバキの葉のみを摂食した個体はいなかった。一方、

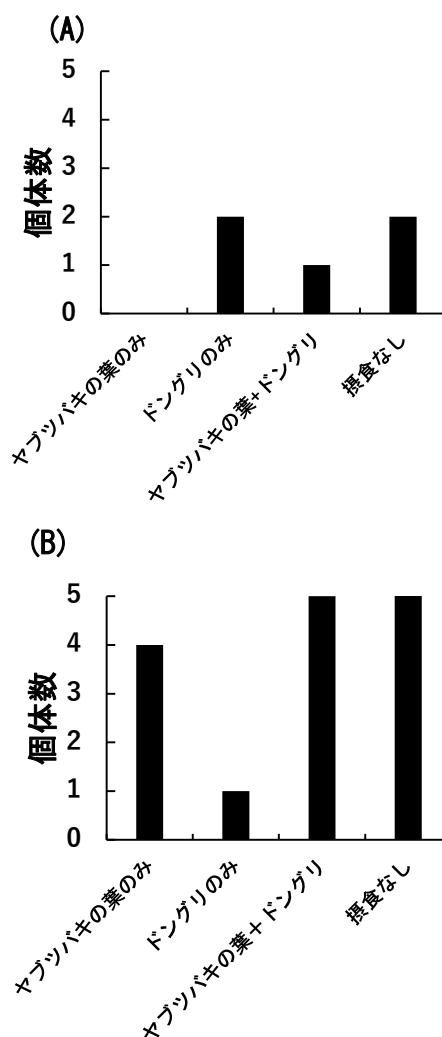


図 1 ヤブツバキの葉とコナラのドングリの選好性実験の結果. A:2019 年 10 月に実施, B:2019 年 11 月に実施

2回目の実験では、1回目とは異なりヤブツバキの葉のみを摂食した個体が16個体中4個体であった(図1-B)。ドングリとヤブツバキの葉の両方を摂食した個体が一番多く、16個体中5個体だった。なお、1回目及び2回目の実験において、摂食していない個体は、それぞれ5個体中2個体及び16個体中5個体であった。

# アカテガニが食べるドングリのサイズと鉗脚のサイズとの関係

2019年11月に実施した実験(図1-B)において、摂食されたドングリの形質(長径、短径及び質量)とアカテガニの摂食の選好性を調べた結果を図2に示す。ドングリの長径及び短径において、アカテガニが摂食したドングリは、非摂食のドングリよりも有意

に長径及び短径が短く、質量も有意に軽かった。特に質量に関して差が顕著だった。

さらに2020年にドングリの選好性について追試を実施して詳細に調べた。実験に用いたアカテガニ12個体のうち、オス7個体、メス3個体の計10個体がドングリを摂食した。平均値の比較では、長径、短径及び質量のすべての項目において、摂食されたドングリの方が有意に長径及び短径が短く、質量も有意に軽かった(図3)。2019年の実験の結果(図2)が再現された。なお、雌雄間での比較も行ったが、雌雄間での差は認められなかった。次に、アカテガニの形質(甲幅、鉗脚の掌節高及び掌節長)と、摂食したドングリの質量との相関を調べた。その結果を表1に示す。オスよりもメスの方が強い相関が見られた。

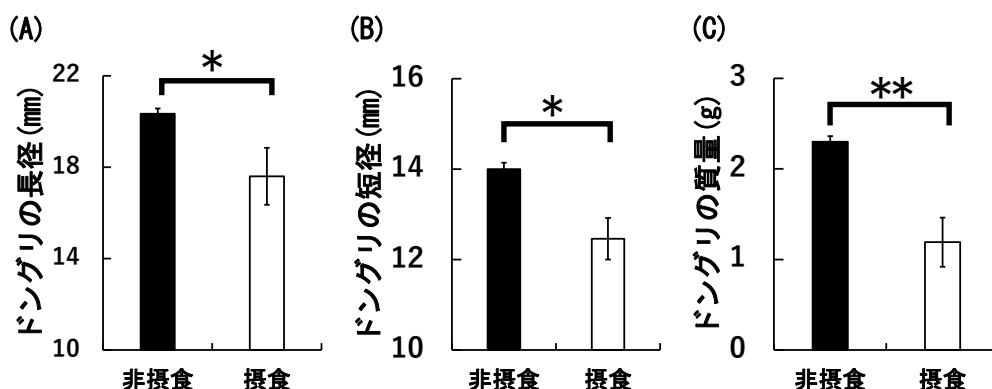


図2 アカテガニが摂食したコナラのドングリと摂食しなかったコナラのドングリの長径(A)、短径(B)及び質量(C)の比較(2019年に実施した実験). Mean ± S.E. \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$

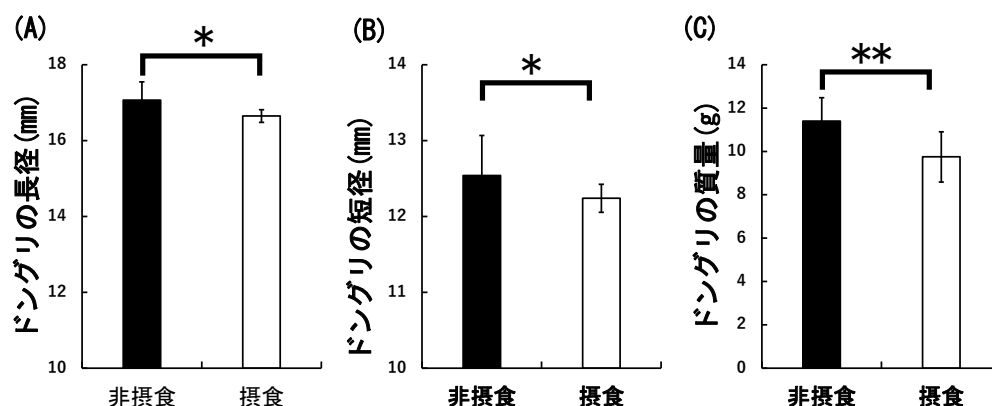


図3 アカテガニが摂食したコナラのドングリと摂食しなかったコナラのドングリの長径(A)、短径(B)及び質量(C)の比較(2020年に実施した実験). Mean ± S.E. \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$



表 1 アカテガニの形質とコナラのドングリの質量との相関関係

|                 | 形質測定値 (mm) | 相関関係値 (R) |
|-----------------|------------|-----------|
| 全個体<br>(n = 10) | 甲幅         | 0.565     |
|                 | 右掌節高       | 0.584     |
|                 | 右掌節長       | 0.557     |
|                 | 左掌節高       | 0.680     |
|                 | 左掌節長       | 0.606     |
| オス<br>(n = 7)   | 甲幅         | 0.300     |
|                 | 右掌節高       | 0.334     |
|                 | 右掌節長       | 0.204     |
|                 | 左掌節高       | 0.551     |
|                 | 左掌節長       | 0.322     |
| メス<br>(n = 3)   | 甲幅         | 0.918     |
|                 | 右掌節高       | 0.783     |
|                 | 右掌節長       | 0.799     |
|                 | 左掌節高       | 0.830     |
|                 | 左掌節長       | 0.913     |

### 考察

本研究では、アカテガニの摂食性を明らかにするため、ヤブツバキの葉とドングリの二種類の餌の選好性について調べた。その結果、アカテガニの摂食性には、ばらつきが大きく、ヤブツバキの葉とドングリのどちらを好むかを明らかにすることはできなかった。しかしながら、ドングリの形質と選好性との間には明確な差が得られた。摂食されたドングリと摂食されなかったドングリでは、摂食されたドングリの方が長径、短径及び質量が有意に小さいことから、アカテガニのドングリの摂食には選好性が存在し、複数のドングリの中から小型のものを優先して摂食する、もしくは大型のドングリを避ける傾向にあると考えられる。アカテガニが、このような選択を行うのは、選択できるドングリの中で、果皮をむく労力(コスト)や時間に対して得られる子葉の量(利益)が最大になりそうなものを選んでいるのかもしれない(最適採食理論; 口蔵, 2000 総説参照)。本研究の観察では、アカテガニはドングリを摂食する際には、

鉗脚を用いて堅い果皮を除いたのちに、栄養貯蔵部である子葉のみを食べるという採餌行動をとった。ドングリが大きければそれだけ多くの栄養(利益)を得られるが、その分皮剥きに消費するエネルギー(コスト)も増加すると考えられる。アカテガニが大きいドングリ、つまり長径及び短径が長く、重いドングリを避ける傾向にあるのは、摂食によって得られる利益をコストが上回ってしまっている。即ち、摂食に費やしたエネルギーが得られるエネルギーに釣り合っていないためかもしれない。本実験では、ドングリの食べられて減った分の質量を測定しておらず、食べた量によりアカテガニが得るエネルギーも不明である。そこで今後これらの値を正確に測り、さらにアカテガニがドングリの皮をむくのに要したエネルギーを測定し、両者を比較することが可能になれば、上の仮説を検証することができるかもしれない。

次に、ドングリの質量とアカテガニの甲幅及び鉗脚のサイズとの関係では、メスのみに正の相関が見られ、オスでは相関がみられなかった。これには、雌雄間の鉗脚の大きさの違いが影響していると考えられる。本実験で用いたアカテガニの計測では、甲幅はオスが平均 33.52 mm、メスが平均 30.15 mm と差はほとんどないのに対し、鉗脚の大きさでは、右の掌節高の平均値ではオスは 18.73 mm であったのに対して、メスは 9.27 mm であった( $p < 0.01$ )。また右掌節幅はオスが平均 29.19 mm に対して、メスの右掌節長は 17.92 mm であった( $p < 0.05$ )。また、左の鉗脚についても同様に、掌節高の平均値でオスが 18.04 mm に対して、メスは 9.59 mm ( $p < 0.01$ )、掌節高ではオスが 28.30 mm に対して、メスは 18.23 mm ( $p < 0.05$ ) であった。このことから、アカテガニはメスの鉗脚と比較してオスの鉗脚の方が大きい傾向にあることが示されており、この傾向がドングリ摂食時の選択の差に関連している可能性がある。イソガニ *Hemigrapsus sanguineus* (DE HAAN) における研究では、大きい鉗脚を持った個体は、小さい鉗脚を持った個体よりも挟む力が強いということが報告されている(PAYNE and KRAEMER, 2013)。したがって、本種においても鉗脚が大きいほど、挟む力は強いと予想できる。これらの条件から、オスのほ

うが大きな鉗脚を持ち、挟む力が強いいため、幅広いサイズのドングリの皮をむくことができ、一方、メスは力が弱く、鉗脚のサイズに見合ったサイズのドングリを選んだ可能性がある。この仮説の検証には、個体数を増やした追試実験が必要になる。

### 要約

1. 本研究では、アカテガニの食性に注目していくつかの実験を行った。アカテガニは雑食性の強い種であり、植物性の葉や果実、動物性の昆虫などを摂食する。しかしながら、アカテガニの摂餌の選好性については、研究例が数少ない。そこで本研究では、九十九湾に生息するアカテガニを用いて、摂食の選好性に関する研究を行った。
2. アカテガニの摂食性を調べるため、ヤブツバキの葉とコナラの果実(ドングリ)の選好性を調べた。その結果、葉とドングリの選好性には明確な差がみられなかった。
3. 一方、ドングリの大きさによる選好性には傾向がみられた。即ち、アカテガニが摂食したドングリは、非摂食のドングリよりも長径及び短径が有意に短く、質量も有意に軽かった。
4. 選好性が見られたドングリの質量とアカテガニの甲幅及び鉗脚のサイズとの関係を調べた。その結果、メスのみに正の相関が見られ、オスでは相関がみられなかった。この結果は、アカテガニはメスの鉗脚と比較してオスの鉗脚がより大きいことと関係している可能性がある。今後、個体数を増やして追試をする必要がある。

### 参考文献

- ALEXANDER S.J. and EWER D.W., 1969. A comparative study of some aspects of the biology and ecology of *Sesarma catenata* Ort. and *Cyclograpsus punctatus* M. Edw., with additional observations on *Sesarma meinerti* De Man, *Zool. Afr.* 4: 1-35.
- 伊藤信一・鈴木智和・小南陽亮, 2011. 温帯海岸林における陸ガニの果実採食と種子散布. 日本生態学会誌, 61: 123-131.
- 北見健彦・本間義治, 1981. 佐渡島(日本海)におけるアカテガニの習性. 甲殻類の研究, 11: 113-123.
- 近藤薫平・小木曾正造・谷内口孝治・又多政博・関口俊男・村上隆也・柳井清治・浦田慎・木下靖子・鈴木信雄, 2017. ビオトープを利用したアカテガニの生態学的研究. のと海洋ふれあいセンター研究報告, 23: 17-24.
- 口蔵幸雄, 2000. 最適採食戦略-食物獲得の行動生態学-. 国立民族学博物館研究報告, 24: 767-872.
- 村山寛記・小木曾正造・岡村隆行・柳井清治・関本愛香・丸山雄介・服部淳彦・鈴木信雄, 2019. 能登半島九十九湾に生息するアカテガニの生態学的研究. のと海洋ふれあいセンター研究報告, 25: 19-28.
- 中山貴将・柳井清二, 2019. 九十九湾におけるアカテガニ類幼生とそれを捕食する魚類. のと海洋ふれあいセンター研究報告, 25: 29-42.
- PAYNE A.R. and KRAEMER G.P., 2013. Morphometry and claw strength of the non-native Asian shore crab, *Hemigrapsus sanguineus*. *North East. Nat.* 20: 478-492.
- 豊田幸詞・関慎太郎・駒井智幸, 2019. 日本産淡水性・汽水性エビ・カニ図鑑. 緑書房, 東京, Pp. 210-211.

## 石川県能登町松波沖で捕獲されたイワナ *Salvelinus leucomaenis* について

坂井恵一・東出幸真

のと海洋ふれあいセンター, 石川県鳳珠郡能登町字越坂 3-47 (〒927-0552)

Notes about the collected White-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) from the coast of  
Noto town, Ishikawa Prefecture, Sea of Japan

Keiichi SAKAI and Yukimasa HIGASHIDE

Noto Marine Center, 3-47 Ossaka, Noto, Ishikawa 927-0552

### はじめに

石川県能登町松波の松波川河口沖の日本海から、2001 年 3 月にサケ科イワナ属の形態的特徴を示す 1 個体が捕獲された。当時イワナは体側の斑紋や斑点、有色斑の有無とその大きさなどの形態的特徴に基づき、降海して海洋における生活経験を持つ降海型のアメマス *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* (PALLAS) (陸封型がエゾイワナ)、降海せずに生涯を河川で過ごす陸封型のニッコウイワナ *Salvelinus l. pluvius* (HILGENDORF) とヤマトイワナ *Salvelinus l. japonicus* (OSHIMA)、ゴギ *Salvelinus l. imbricus* (JORDAN and MCGREGOR) の 4 亜種に分類されていた(川那部・水野, 1989; 細谷, 2000)。すなわち、降海するのはアメマスだけだとされていたので、海域で捕獲されたこの個体はアメマスではないかと考えられた。しかしながら、この個体は銀毛化が不完全で体色は青っぽく、また体側には腫大、またはそれより小さい白斑が多数認められたが、アメマスの特徴とされる眼径大の白斑は見られなかった。このため、種の同定ができないまま約 20 年が経過してしまった。その後、ミトコンドリア DNA の塩基配列を解析して日本各地のイワナの遺伝的特徴が明らかになるにつれて、亜種を識別する体側の白斑や斑紋、有色斑の有無などの形態的特徴と、遺伝的特徴が必ずしも一致しないことが明らかとなった(YAMAMOTO et al., 2004; KIKKO et al., 2008; 細谷, 2013; 他)。また、のと海洋ふれあいセンターでも 2018 年より、白山手取川水系におけるイワナのミトコンドリア DNA の解析を行い、その遺伝的特徴の把握に取り組んでいる。その手法を活用して今回、松波川河口沖から捕獲された標本のミトコンドリア DNA を解析してハプロタイプを調べたところ、既知のイワナのものとは完全に一致することが明らかとなった。そこで、この個体をイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS, 1814) と同定するとともに、海域で採捕された本標本の形態的特徴を報告する。

## 材料と方法

**観察・分析標本:** NMCI P. 1350、1 個体、体長 (SL) 345.0 mm、全長 (TL) 405.0 mm、2001 年 3 月 15 日に能登町松波の松波川河口沖の水深 3 m で刺網にて捕獲。この個体は、石川県水産総合センターの辻俊宏氏のご厚意により、のと海洋ふれあいセンターの所蔵標本 (NMCI) として保存されることになった。

新鮮時に採取し、99.5%エチルアルコールで保存した体側筋肉の一部からミトコンドリア DNA を抽出し、PCR 法で Cyt-b 領域の後半部 557 bp の塩基配列を増幅し、坂井ほか (2020) と同じ方法で塩基配列を決定した。そして、日本産イワナから知られている既知 50 種のハプロタイプ (坂井ほか, 2020) と比較した。



図 1 イワナが捕獲された場所 (●)

## 結果

**形態的特徴:** 新鮮時の計測では、体長 (SL) 355.0 mm、全長 (TL) 420.0 mm であったが、固定標本では体長 (SL) 345.0 mm、全長 (TL) 405.0 mm、頭長 (HL) 94.0 mm、体高 (BD) 81.0 mm、尾柄長 (CPL) 57.0 mm、尾柄高 (CPD) 33.5 mm であった (図 2)。

計測形質は、背鰭 (Dorsal fin) 13 軟条、臀鰭 (Anal fin) 12 軟条、胸鰭 (Pectoral fin) 14 軟条、腹鰭 (Pelvic fin) 10 軟条、側線有孔鱗数 (Lp) 129、鰓耙数 (GR) 6+10=16、鰓条骨数 (BR) 14 であった。口蓋骨歯、鋤骨は認められたが、口蓋正中線帯には副蝶形骨歯はなく、口蓋の歯帯は M 型であり、イワナ属の特徴 (細谷, 2013) と一致した (図 3)。

新鮮時の観察では、背は青みを帯びた薄い黒色で、腹は青色を帯びた白色を呈し、パースマークはなく、体側には小さな白斑 (腫と同径もしくはそれ以下) が腹部を除いたほぼ全域で認められたが、赤や橙色などの有色斑はなく、頭頂部には斑点や斑紋はない。また、各鰭は全体的に黒っぽく、目立った斑紋はなく、胸鰭と腹鰭の前縁は白色を呈していた。解剖の結果、本個体は未熟なメスであった。

**DNA 解析結果:** ミトコンドリア DNA、Cyt-b 領域の後半部 557 bp の塩基配列を解析した結果、イワナの既知 50 種のハプロタイプのうち、ハプロタイプ 17 (Hap-17) と完全に一致した。



図 2 能登町松波の松波川河口沖で捕獲されたイワナ (NMCI P. 1350, 345.0 mm SL) の側面観



図3 イワナ(NMCI P. 1350)の口蓋背面観

### 考察

イワナの降海型とされているアメマスは、体側は銀白色を呈し、眼径大の不鮮明な白斑を持ち、日本海沿岸では北海道から山形県以北(細谷, 2013; 亀甲, 2018)に分布するとされている。降海型のアメマスはハプロタイプ 1 または 2 の個体が主体であるが、ハプロタイプ 1 または 2 のイワナは、日本海に流入する河川では新潟県から鳥取県にも分布する(YAMAMOTO et al. 2004)。陸封型と思われるこれらのイワナは自然分布と考えられているが、降海しないという確証は得られていない。

石川県の白山手取川水系でもハプロタイプ 1 のイワナが見つかり、アメマスの形態的特徴を持つ個体が手取川ダムより下流域で釣獲されるとの情報も寄せられている(坂井ほか, 2020)。また、ハプロタイプ 1 のイワナは、放流種苗の中にも少なからず見つかったので、これらが白山手取川水系における自然分布か否かは、今後検討する必要があると考えている。

今回得られた個体の体色は不完全な銀毛化を呈し、斑紋の様相もアメマスのものではなく、明らかにニッコウイワナに近い特徴を示していた。降海して間もない個体だったのかもしれない。しかしながら、今回の調査でハプロタイプ 17 のイワナも降海することが明らかとなり、これ以外のハプロタイプのイワナも

降海する可能性があることが示唆される。

Web 上の情報ではあるが、東北地方の日本海沿岸ではニッコウイワナの斑紋・斑点の特徴を示す降海したイワナの釣獲情報が見受けられる(山根, 2020)。したがって、降海するイワナには、アメマスの斑紋・斑点の特徴を示すものの他に、今回報告したような、ニッコウイワナの斑紋・斑点の特徴を示すものが存在するものと考えられる。釣り人からの動画や写真などの情報だけでなく、DNA 分析用のサンプルを提供していただき、降海イワナの実態を解明できるような研究の進展が期待される。

能登半島におけるイワナの北限分布地は、七尾市と羽咋市を結ぶ邑知潟地溝帯より南のかほく市の大海川であり(図 1)、この地溝帯より以北ではイワナは自然分布しないとされている(平井, 1981; 石川県, 1996)。これまでに行なったのと海洋ふれあいセンターの河川調査でも、邑知潟地溝帯以北の能登半島の河川から、イワナは採集されていない。イワナが邑知潟地溝帯以北の能登半島に分布しない理由として、平井・田中(1975)が指摘したように、丘陵地帯が多くを占める能登半島には、白山手取川水系のような山地溪流を示す河川はごく少なく、しかも河川上流域にまで川沿いに水田が開墾されている。また、今ではほとんど利用されていないが、いわゆる雑木林は炭焼き材や薪材として利用されていた。パーシヴァル・ローエルが残してくれた明治 22 年頃の能登や信州などの山里の写真(ローエル, 1991)が伝えるように、この頃の里山は強度に伐採された雑木林であったことがうかがい知れる。このような能登の里地・里山の河川では、上流域でも河床に太陽光が行き届き、河川水の水温も上昇しやすい環境となっていたものと推察できる。このような河川環境により、夏の水温が 15℃以下の低水温を好むイワナにとって、能登半島の河川は生息に適さないものと考えられる。したがって、この個体は能登半島の河川から降海したものではないと判断できる。

一方、ハプロタイプ 17 のイワナは、福井県の九頭竜川、そして鳥取県の天神川から見つかっているが(YAMAMOTO et al. 2004)、石川県の白山手取川水系からも複数が見つかる(坂井ほか, 2020)。

したがって、今回捕獲されたハプロタイプ 17 のイワナは、日本海沿岸の少なくとも石川県から鳥取県までの河川から降海した個体ではないかと推察される。

### 謝辞

標本を提供していただいた石川県水産総合センターの辻 俊宏企画普及部長に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 平井賢一, 1981. II-5 淡水魚類, 88–99 pp. in 石川の動植物. 石川県環境部自然保護課編.
- 平井賢一・田中 普, 1975. 能登半島における淡水魚の分布. 日本海域研究所報告, (7):1–18.
- 細谷和海, 2000. サケ科, 299–304 pp. in 中坊徹次編, 日本産魚類検索—全種の同定—, 第 2 班. 東海大学出版会, 東京.
- 細谷和海, 2013. サケ科, 362–367, 1883–1835 pp. in 中坊徹次編, 日本産魚類検索—全種の同定—, 第 3 班. 東海大学出版会, 東京.
- 石川県, 1996. 石川県の淡水魚類. 石川県淡水魚類研究会編, 金沢市.
- 川那部浩哉・水野信彦編・監修, 1989. 山溪カラー名鑑日本の淡水魚. 凸版印刷株式会社, 東京.
- KIKKO T., M. KUWAHARA, K. IGUCHI, S. KURUMI, S. YAMAMOTO, Y. KAI, K. NAKAYAMA. 2008. Mitochondrial DNA population structure of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) in the Lake Biwa water system. *Zoological Science*, 25: 146–153.
- 亀甲武志, 2018. サケ科イワナ属, 130–131 pp. in 中坊徹次編・監修, 小学館の図鑑 Z 日本魚類館, 小学館, 東京.
- パーシヴァル・ローエル(宮崎正明訳・著), 1991. Noto, 能登・人に知られぬ日本の辺境. 十月社, 金沢.
- 坂井恵一・東出幸真・北市 仁, 2020. ミトコンドリア DNA 分析に基づく石川県白山手取川水系におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の遺伝的集団構造の特徴—I. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (25):43–57.
- YAMAMOTO S., K. MORITA, S. KITANO, K. WATANABE, I. KOIZUMI, K. MAEKAWA and K. TAKAMURA, 2004. Phylogeography of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Zoological Science*, 21: 229–240.
- 山根央之, 2020. 「イワナの種類」これを読めばもう迷わない! イワナ 4 亜種の見分け方や生態を詳しく紹介. <https://tsurihack.com/5509>, (最終閲覧日:2021 年 1 月 21 日)

# 北潟湖・鹿島の森周辺に生息するアカテガニ類 (*Chiromantes* spp.) から放出された幼生の動態とそれを捕食する魚類群

中山貴将・柳井清治

石川県立大学生物資源環境学研究科, 石川県野々市市末松 1-308 (〒921-8836)

The dynamics of larvae released from the land crabs (*Chiromantes* spp.) that live around Lake Kitagata and Kashima Forest and the fish that feed on them

Takamasa NAKAYAMA and Seiji YANAI

Ishikawa Prefectural University, 1-308, Suematsu, Nonoichi, Ishikawa 921-8836

## Abstract

We clarified the dynamics of zoeae and megalopa larvae released from the land crabs (*Chiromantes* spp.) inhabiting the area around Kashima Forest based on lake shore morphology. Zoeae were released into Lake Kitagata from July to October and the number of crabs visiting the beach tended to synchronize with the phase of the moon. However, the density of zoea was not related to this, and the highest density was around Kashima Forest. Megalopae were observed from late August to October and their numbers peaked twice, in late August and early October, and were the densest at the estuary stations. The released *Chiromantes* spp. zoeae were mainly preyed on by mullet in the lake. A night vision camera captured mullet swarming around *Chiromantes haematocheir* that entered the water to release zoeae. Megalopae were mainly preyed on by young Japanese sea bass. Megalopae become juvenile crabs after settling. The juvenile crab population density was the highest in wetlands where reeds flourished and lowest in artificial concrete revetments. The existence of natural forests and wetlands is important for *Chiromantes* spp. that migrate between the sea and land, and preserving this natural habitat will enrich lake and river mouth ecosystems.

Key words: *Chiromantes* spp., Kashima Forest, zoeae, Megalopae, Mullet.

## はじめに

日本には、ベンケイガニ科 *Sesamidae* アカテガニ属 *Chiromantes* に属する陸ガニとして、アカテガニ *Chiromantes haematocheir* とクロベンケイガニ *Chiromantes dehaani* の 2 種が主に生息している。前者は日本及び中国、台湾、韓国の河口・沿岸域に分布しており、沿岸域の動物相の重要な構成要員であるとされている (SUZUKI, 1981; OH et al., 2007)。また後者は同様に中国、台湾、韓国などに生息するが、アカテガニより湿った場所を好み、水辺から離れた場所に生息することは希である (蒲生, 1965; 小林, 2000)。これらの種は、他のベンケイガニ科と同じく汽水域、淡水域及び陸域を生息場所としており、幼生は海に放出される必要があり、卵を抱えた雌は、7 月から 9 月の夜に海岸へ移動し海に幼生を放出する。アカテガニの場合、交尾・産卵活動に参加する個体は生後 3、4 年経過した個体であり、少ない個体でも 1 年間に 1 回、多い個体では 3 回、平均では 2 回の放仔を行うとされている (SAIGUSA, 1980; SUZUKI, 1981)。

アカテガニ類は近年、その個体数が減少傾向にある (松田・上甫木, 2004)。その原因として人間活動による生息環境の消失・劣化が大きいと推測される。これらの種がそのライフサイクルを完了させるためには、海洋から陸域へとその生活場所を移動させる必要がある。このような水域と陸域を行き来して生活を行う生き物にとって、それらをつなぐエコトーンは重要な働きを持っている (RISSER, 1995)。特にアカテガニの場合、海から回帰してきた直後の稚ガニは、汀線付近の植生帯を生息場とすることが知られている (SUZUKI, 1981)。しかしながら、そのような連続性が維持された海岸・河岸は、コンクリートによる護岸化によって全国的に減少しているが、それがアカテガニ類にどのような影響を与えるかを示す研究は極めて乏しい (鷺谷・上甫木, 2010)。陸ガニ類から放出されたゾエアは河口域に生息する魚類に捕食されるため、夜間の大潮時に放出するように進化してきた (MORGAN, 1990; HOVEL & MORGAN, 1997)。同時に多くの陸ガニ類の幼生は、里海域の水産資源増殖に寄与する可能性があるが、そのことを示す事例は極めて乏しいのが実情である。

筆者らは前報 (中山・柳井, 2020) で、能登半島九十九湾におけるアカテガニの幼生の動態とこれらを利用する魚類について報告した。九十九湾は淡水の流入が少ない塩分濃度が高い環境である。一方、汽水湖や河川河口など塩分濃度が低い環境におけるアカテガニ類の動態については報告例がない。そこで、石川県でも有数のアカテガニの生息地とされる鹿島の森、そしてその森が接する大聖寺川河口と汽水湖である北潟湖において、アカテガニ類から放出された幼生の動態、河岸・湖岸の形態と幼生密度の関係、そして河口・湖沼生態系に生息する魚類へのアカテガニ類幼生の生態的役割を明らかにするための調査を行った。

## 調査対象地

調査地点は石川県南西部の福井県との県境に位置する北潟湖と、湖の横を流れる大聖寺川の河口も対象地とした (図 1)。北潟湖は石川県加賀市、福井県あわら市の境界部に位置する総面積 2.13 km<sup>2</sup>、最大水深 3.7 m、北東から南西方向に沿って細長くのびる全長 6 km の海跡湖である。北端は大聖寺川河口に開いており、海水が流入することができる。北潟湖は開田橋を境界に塩分濃度が北東部と南東部で異なっている。動物プランクトン組成はワムシ類が優占し (鉾碕ほか,

2001)、魚類はボラ *Mugil cephalus*、スズキ *Lateolabrax japonicus* など、汽水魚、淡水魚で、全体で在来種 36 種類、移入種 4 種類の合計 40 種が確認されている (福井県自然保護課, 1998)。また、湖岸にはヨシ *Phragmites australis* が繁茂しているが、湖周 17.3 km 中 31% の 5.4 km が完全にコンクリート護岸化されており、8% の 1.3 km が人工湖岸と植生の複合型の湖岸となっている。

鹿島の森は、石川県加賀市を流れる大聖寺川 (流域面積 196.4 km<sup>2</sup>) と北潟湖の間に位置する陸続きの島である (図 1)。面積は約 3 ha、最高点標高は 35 m で





図 1 調査地位置図

表 1 調査地の土地利用と河岸形態

| 調査地  | 場所     | 土地利用 | 河岸形態        |
|------|--------|------|-------------|
| St.1 | 北潟湖北岸  | 原生林  | 砂浜          |
| St.2 | 北潟湖東岸  | 湿地   | ヨシの生育する自然河岸 |
| St.3 | 北潟湖南岸  | 公園   | コンクリート護岸    |
| St.4 | 大聖寺川左岸 | 船着き場 | コンクリート護岸とヨシ |
| St.5 | 大聖寺川河口 | 住宅地  | コンクリート擁壁    |

ある。鹿島の森は照葉樹主体の天然林であり、国の天然記念物に指定されている。島の基部に湧水によってできた池と小川があり、特にその周辺で数多くのアカテガニ *Chiromantes haematocheir* とクロベンケイガニ *Chiromantes dehaani*、そして少数ではあるがベンケイガニ *Sesarmops intermedius* を見ることができる。この種は太平洋側では海岸林に多くみられるが(伊藤ほか, 2011)、日本海側では陸ガニ全体に占める割合は極めて低い。植生は、高木層はタブノキ *Machilus thunbergii* が優占し、他にスダジイ *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*、ケヤキ *Zelkova serrata* が多い。低木層ではヤブニッケイ *Cinnamomum japonicum*、ヤブツバキ *Camellia japonica*、シロダモ *Neolitsea sericea* が多く見られる。

調査地点は、湖最北東部の河口に近い付近に 5 地点(St.1～St.5)を選定した。St.1 は鹿島の森の南岸で北潟湖に接する地点である。アカテガニが多く生息しており、その密度が最も高くなる 7～8 月には 100 個体/m<sup>2</sup> 以上のアカテガニが確認されている(山岸, 未公

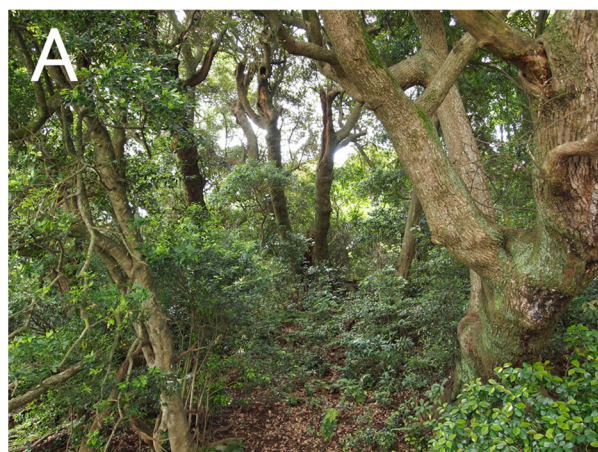


図 2 鹿島の森の原生林(A)と林内に生息するアカテガニ(B)

表資料)。St.2 は鹿島の森の東に位置するヨシ群落にあり、広範囲にヨシが自生している。ここでは常時過湿状態であり、クロベンケイガニの生息密度が高い。St.3 は北潟湖北東部の南岸で鹿島の森の対岸に位置する、コンクリート護岸された湖岸である。湖岸の背後には公園があり、芝生に覆われている。St.4 は鹿島の森の北側で大聖寺川に面した人工湖岸と自然湖岸が複合した地形である。船を引き上げるためのコンクリート斜路となっており、その周囲にヨシが生えている。St.5 は大聖寺川の河口で、川幅約 110 m で北潟湖と大聖寺川の合流点から約 500 m 下流に位置する。落差 2 m の垂直なコンクリート護岸となっていた。調査期間内での鹿島の森周辺の北潟湖の塩分濃度は、0.2～0.5 %の間を変動し、平均 0.35 %であった。

## 研究方法

### 1) 自動撮影カメラによるアカテガニ類の水辺への出現数変化

アカテガニの放仔傾向を明らかにするため、2011 年および 2012 年の 7 月～9 月までの期間に北潟湖の自然湖岸部である St.1 に夜間撮影可能な自動撮影カメラ Ltl Acom 5210B を設置し、夕方～明け方まで、水辺に訪れるアカテガニ類を撮影した。撮影インターバルは 3 分に設定した。訪れたカニの個体密度から出現傾向を推測するため、撮影された連続写真の解析を行い、個体数をカウントし、1 m<sup>2</sup> あたりの個体密度を求めた。ここに出現した個体は必ずしも放仔する雌ばかりでは無く、それを待つ雄や採餌のために訪れるものも含まれるが、出現個体として合計した値を用いた。

### 2) プランクトンネットによるアカテガニ類ゾエア、メガロパの採集

アカテガニ類から放出されたゾエアと回遊するメガロパの時間的・季節的变化を明らかにすることを目的として、プランクトンネット(口径 25 cm、目合 0.1 mm)を用いて採集し、顕微鏡により分類を行った。調査地周辺に生息する陸ガニ類は上述の 2 種であるが、その親から放出された幼生を初期段階で判別するのが困難で

あるため、ここでは一括してアカテガニ類幼生として以下に記述することとする。

調査期間は St.1～St.5 において 2012 年 8 月～10 月でほぼ 1～2 週間おきとした。採集方法は、陸からプランクトンネットを投げ、全体が水の中にもぐる程度の水深(プランクトンネットの直径)まで沈め、深さを保ったまま 5 m 曳いた。これを 3 反復行い、その平均を求めた。捕獲したゾエアとメガロパは 99.9 % のアルコールで固定して持ち帰り、冷蔵庫で保存した。

### 3) 魚類によるアカテガニ類幼生の捕食調査

放仔が始まり水際にゾエアが放出されると、ゾエアを狙って多くの小型魚類が放仔場に集まってくる。自動撮影カメラ Ltl Acom 5210B と暗視カメラ Night Owl Optics iGen NV20 を用いてこの魚類の行動を撮影するとともに、投網を使用して鹿島の森周辺で小型魚類の捕獲を行った。魚はライトを照らすと逃げてしまうため、ライトは使わず暗闇の中での作業となった。そのため、事前に投網を使用する場所の地形を把握しておき、障害物はできるだけ取り除いた(枝などがあると網と水底に隙間ができ、魚が逃げてしまうため)。次に魚が集中するポイントにできる限り近づき、投網を投げ、網を水面に近い高さを保持したまま慎重に手繰り寄せた。捕獲した魚のサンプルは袋に入れ、クーラーボックスで一時保存し、持ち帰った。その後すぐに冷凍庫で保存した。

また 2012 年の 9 月 3 日、9 月 10 日の 2 回、大聖寺川の河口である St.5 において釣りによる捕獲も行った。使用した釣具はサビキ仕掛けを繋ぎ、先端にカゴの替わりにナス型おもりをセットしたものを使用した。この際、後の胃内容物分析のため、エサは使用しなかった。捕獲した魚類はクーラーボックスで一時保存し持ち帰り、冷凍庫で保存した。

その後、冷凍保存していた小型魚類を解凍し、胃を取り出し、エタノールで固定した。エタノール固定された胃を実体顕微鏡の下で綿製のろ紙に載せ、ピンセットを使い切り開いた。胃内容物がある程度ピンセットで取り出し、内容物が胃の壁に残らないよう水で洗い流しながら、ろ紙に広げた。そして、胃内容物が確認できるかどうかを目視し、確認できた場合はさらに内容物の

詳細について、ソーティングをおこない個体数をカウントした。

#### 4) アカテガニ類稚ガニの上陸個体数

回遊後上陸したアカテガニ類の稚ガニがどこに生息するかを明らかにすることを目的として、2012 年 10 月 26 日に St.1～St.5 においてその個体数調査を行った。採集方法は、25 cm×25 cm 方形枠を利用し、これを地面上にランダムに設置後枠内に含まれる落葉層や表層土を薄く剥ぎ取った。回収したサンプルは、クーラーボックスに入れ実験室に持ち帰り、顕微鏡を用いてアカテガニ類稚ガニの数、土壌の粒度と水分状態、被覆の種類などの項目を測定した。

### 結果

#### 1) St.1 におけるアカテガニ類個体数の日変化

自動撮影カメラには、昼間には姿を見せないカニが日没とともに背後の藪から砂浜、そして水中で放仔する様子が記録されていた(図3)。2012年度に北潟湖の St.1 で撮影されたアカテガニ類の個体数の日変化(図4)をみると、7月13日に1.0個体/m<sup>2</sup>確認された後、7月17日に12.1個体/m<sup>2</sup>と、1度目のピークが確認された。8月3日に16.8個体/m<sup>2</sup>と2度目のピークが確認され、8月20日には15.6個体/m<sup>2</sup>となり、3度目のピークが確認された(図4)。8月は満月、新月に同調して個体密度の増減が確認できたものの、7月は月

齢、潮汐に従う個体密度の増加が確認できなかった。時間変化は、17:00の時点で5.8個体/m<sup>2</sup>であるが、19:00で20.0個体/m<sup>2</sup>となりピークを記録した。その後は微増微減を繰り返しながら明け方に向けて減少し、7:00には5.8個体/m<sup>2</sup>と17:00と同様の値となった。

#### 2) ゾエア密度の週ごとの変化

各定点における、2012年7～11月にかけてのゾエア密度の、週ごとの変化を示した(図5)。ゾエア密度は時期的には8月下旬と9月中旬に大きなピークがあり10月中旬には全く見るができなくなった。次に調査地点ごとにみると、St.1(鹿島の森)が最も密度が高く(8月24日1,545個体/m<sup>3</sup>)、次いで9月中旬(634個体/m<sup>3</sup>)となり、10月になるとみられなくなる。次いで St.4(鹿島の森大聖寺川左岸)において、9月9日に546



図3 夜間湖岸に出現したアカテガニ類(2011年9月, St.1)

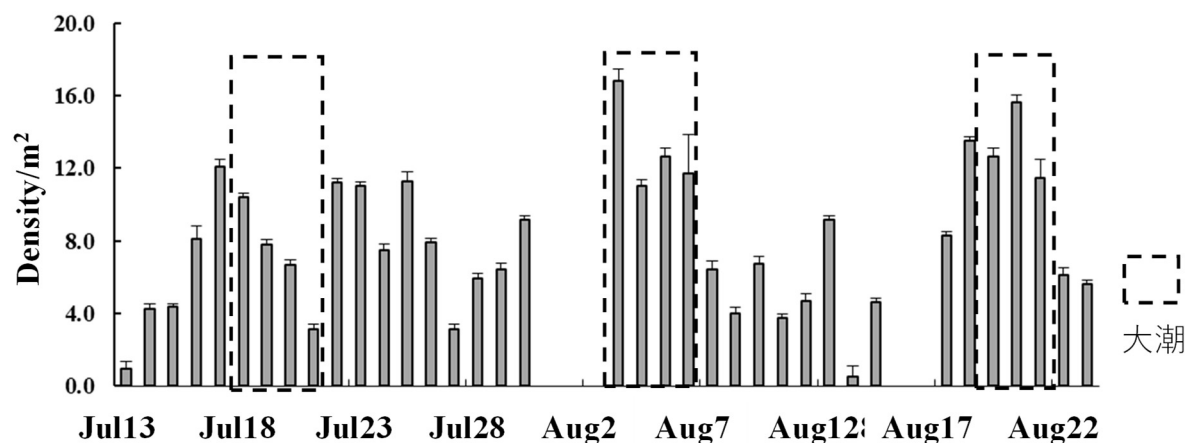


図4 St.1 に出現したアカテガニ類個体密度の日変化

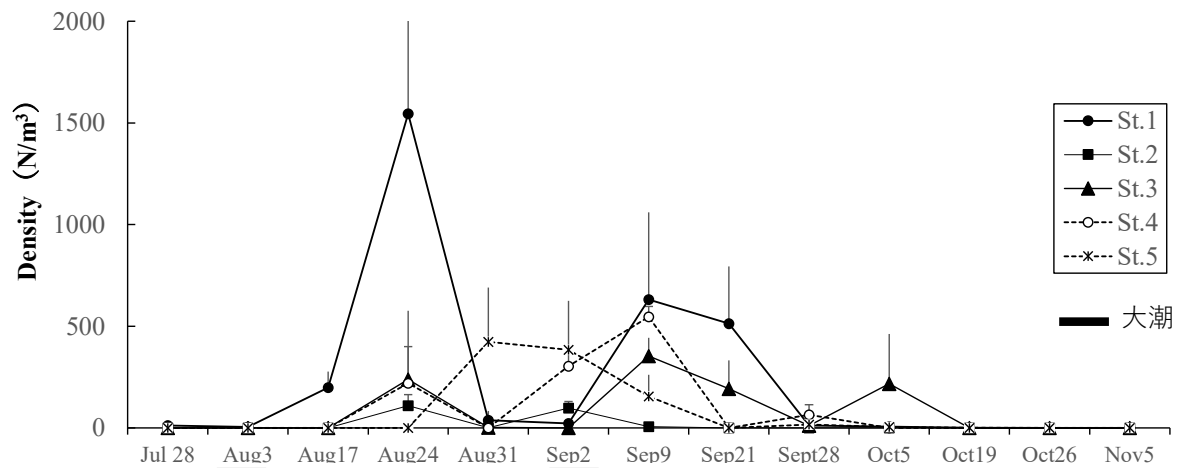


図5 アカテガニ類ゾエアの個体密度の週ごとの変化(エラーバーは標準偏差を示す)

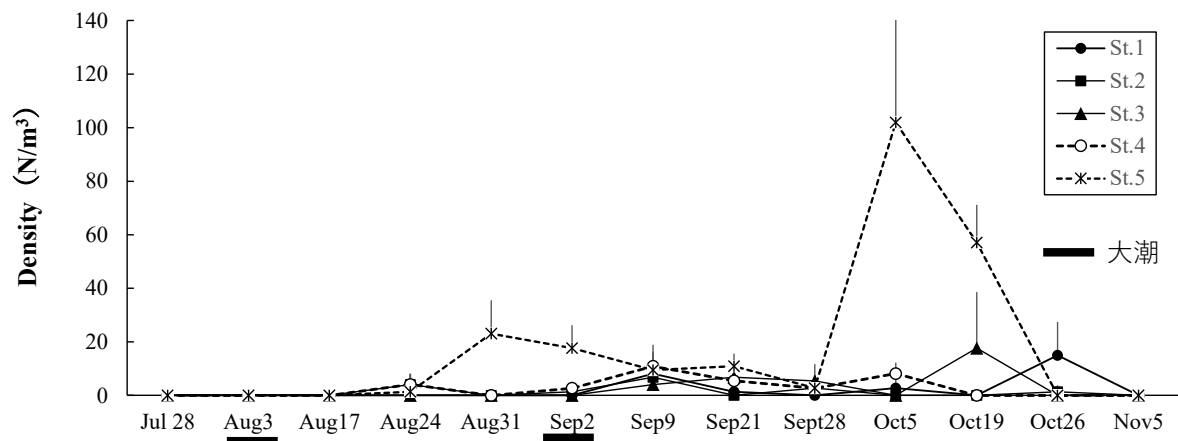


図6 アカテガニ類メガロパの個体密度の週ごとの変化(エラーバーは標準偏差を示す)

個体/ $\text{m}^3$ が観察された。また人工的な河岸である St.3 においても 9 月以降 200~300 個体/ $\text{m}^3$  の幼生が観察された。河口 (St.5) では 8 月下旬に 422 個体/ $\text{m}^3$  と比較的高い密度が観測されたが、それ以降低いレベルであった。各観測定点の中ではヨシ群落 (St.2) が一貫して低かった。

### 3) メガロパ密度の週ごとの変化

メガロパ密度の週ごとの変化について図 6 に示した。初めてメガロパが確認されたのは 8 月 24 日で、8 月 31 日に St.5 (河口) で 23 個体/ $\text{m}^3$  が観測され、その後は 9 月末に向けて減少し、10 月 5 日には 101 個体/ $\text{m}^3$  (St.5) と再び増加し、11 月以降は出現しなかった。このように 8 月下旬と 10 月上旬の 2 回のピークが観測され

た。

場所ごとにみると、St.1 では 9 月上旬と 10 月下旬に 10 個体/ $\text{m}^3$  程度のピークが見られたものの、一貫して密度は低かった。St.2 でも 9 月上旬が 6.8 個体/ $\text{m}^3$  であったがそれ以外は低い密度で推移した。St.3 は 9 月には 5 個体/ $\text{m}^3$  であり、10 月下旬に 17.7 個体/ $\text{m}^3$  の最も高い密度となった。そして大聖寺川に面した St.4 で 9 月 9 日に最も高い値 (10.9 個体/ $\text{m}^3$ ) があり、9 月が比較的高い水準で推移するが、10 月になると殆ど採集されなかった。

最もメガロパの出現が多かった St.5 (河口) での時間単位でのメガロパの出現傾向を見ると、どの日においても 21:00 頃から出現している (図 7)。9 月 2 日の調査では、21:00~6:00 まで確認されているが、21:00 にピ

ーク、23.1 個体/m<sup>3</sup>が確認された後は、ほとんど確認されていない。9 月 9 日の調査では、21:00～3:00 の間に確認されており、ピークは 21:00 で 17.7 個体/m<sup>3</sup>であった(図 7)。9 月 21 日の調査でも 21:00～3:00 に確認されており、ピークは 0:00 で 16.3 個体/m<sup>3</sup>であった。9 月 28 日の調査では 21:00～3:00 まで確認されており、ピークは 0:00 で 19.0 個体/m<sup>3</sup>であった。

#### 4)ゾエア・メガロパを捕食する魚類

2012 年 8 月 3 日～10 月 3 日までの期間に、北潟湖、大聖寺川で魚類の捕獲調査を行った結果、ボラ *M. cephalus*、スズキ *L. japonicas*、マハゼ *Acanthogobius flavimanus*、サッパ *Sardinella zunasi*、キビレ *Acanthopagrus latus*、ヌマガレイ *Platichthys stellatus*、そして魚ではないがテナガエビ *Macrobrachium nipponense* などが捕獲された(図 8)。そのうち 3 尾以上のサンプルが得られ、胃内容物の分析が可能だった 5 種の胃内容物組成を表 2 に示した。

胃内容物から確認された動物プランクトンは、ゾエア、メガロパ、カイアシ類、エビ・アミ類、その他に大別された。種類ごとにみてゆくと、まず St.1 ではボラが最も多く捕獲されたが、その胃内容物は月によって多く異なっていた。8 月には平均 1,402 個体と多くのゾエアが確認できた(図 9 A)が、14 個体中 4 個体では胃内容物がゼロだった。10 月には逆にゾエアが確認されたのが 1 個体のみで、そのほかは胃の中が空に近く、デトリタスや二枚貝の殻が少数確認された。マハゼは 8 月に

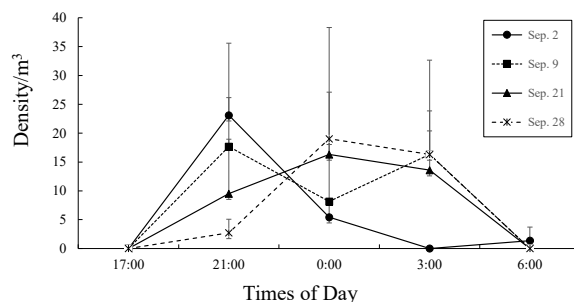


図 7 アカテガニ類メガロパの時間変化変化 (エラーバーは標準偏差を示す)

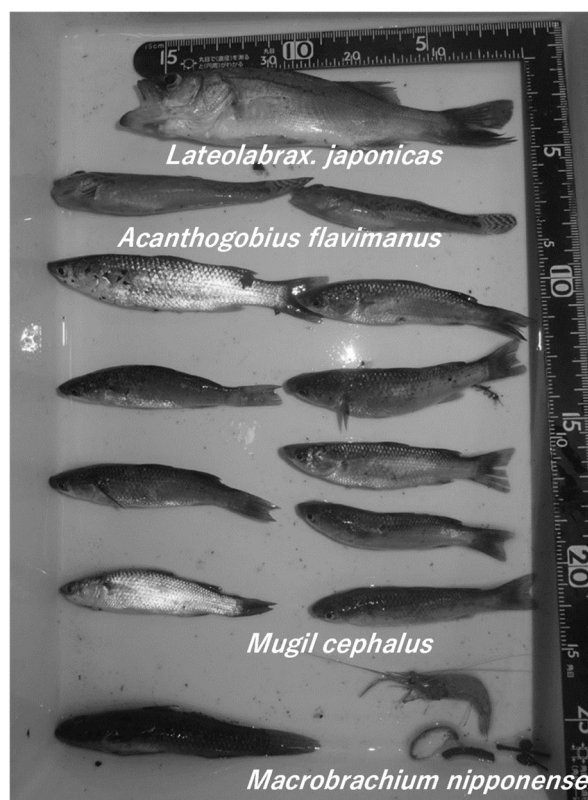


図 8 St.1 で捕獲された魚類

表 2 鹿島の森および河口で捕獲された魚類の胃内容物

| Site           | Species                         | 尾数        | ゾエア           | メガロパ      | カイアシ類   | エビ類       | その他       | 備考        |
|----------------|---------------------------------|-----------|---------------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| St.1<br>(鹿島の森) | ボラ                              | 8 月 16    | 1401.6±1446.5 | 0.0       | 0.0     | 0.0       | 1.3±2.7   | ゾエアが主     |
|                | <i>Mugil cephalus</i>           | 9～10 月 20 | 24.5±107.5    | 0.0       | 0.0     | 0.0       | 1.6±4.3   | デトリタス、二枚貝 |
|                | マハゼ                             | 9 月 4     | 1.3±2.3       | 0.0       | 0.0     | 0.0       | 0.7±1.2   | 甲殻類       |
|                | <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 9～10 月 6  | 0.0           | 0.0       | 0.0     | 0.0       | 0.0       |           |
|                | キビレ <i>Acanthopagrus latus</i>  | 8 月 3     | 0.0           | 0.0       | 0.0     | 9.0±9.0   | 0.0       | 藻類        |
| St.5<br>(河口)   | スズキの小型個体(セイゴ)                   | 9 月 11    | 0.0           | 47.0±51.7 | 3.1±6.4 | 18.7±14.4 | 12.5±14.0 | 稚魚の肉片が大半  |
|                | <i>Lateolabrax japonicus</i>    |           |               |           |         |           |           |           |
|                | サッパ <i>Sardinella zunasi</i>    | 9 月 4     | 0.0           | 0.8±1.5   | 2.5±5.0 | 0.8±0.5   | 0.3±0.5   | 小魚        |

(平均値±標準偏差)



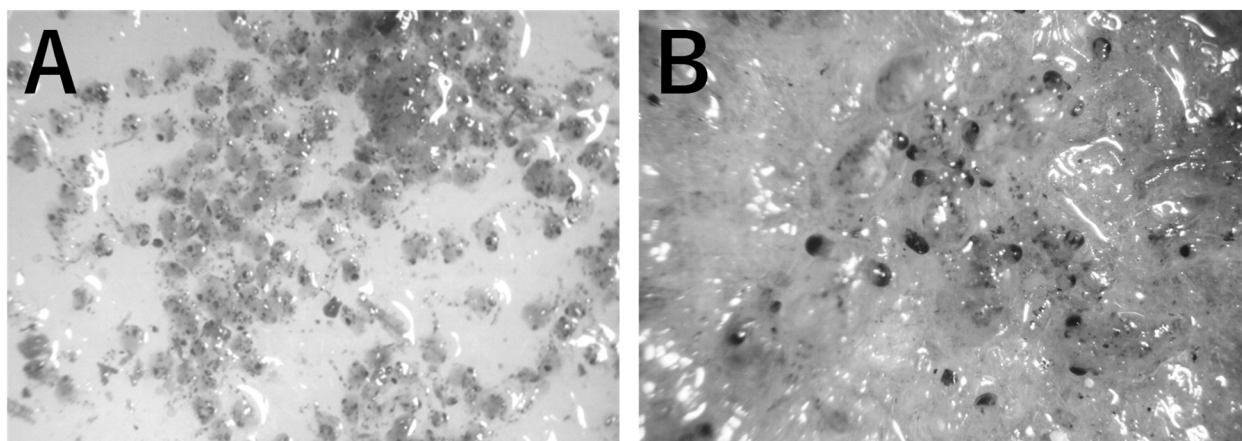


図 9 ボラ胃内容物にみられたゾエア(A)とスズキの胃内容物にみられたメガロパ(B)

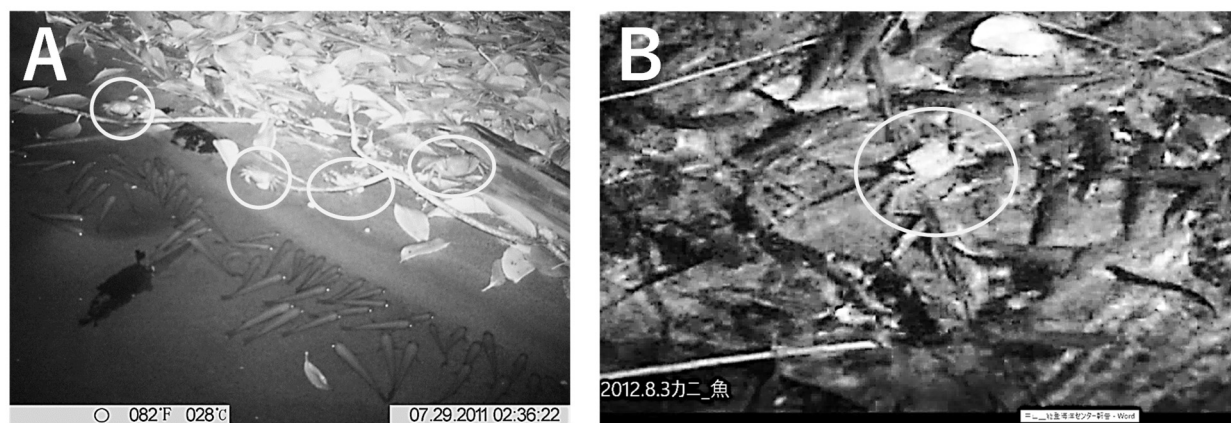


図 10 赤外線暗視カメラ・ビデオにより撮影された、アカテガニの放仔行動とボラの捕食行動(白円内がアカテガニ)

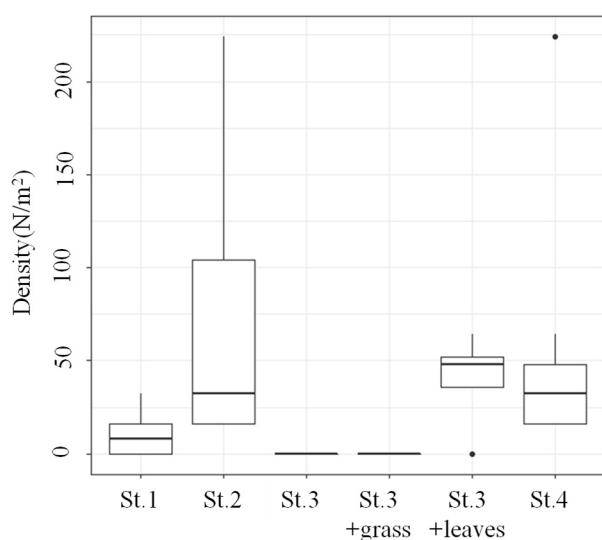


図 11 アカテガニ類稚ガニの定点ごとの生息密度

は若干のゾエアが確認されたが、そのほかは入っておらず、また 9 月から 10 月にかけては胃内容物を確認できなかった。キビレにおいてもゾエアは確認されず、エビ・アミ類が若干見られた。

次に St.5 において捕獲されたスズキの小型個体から比較的多くのメガロパ(平均 47 個体)が観察され(図 9 B)、その他エビやカイアシ類、そして稚魚の肉片が多く入っているのが確認された。サッパの胃からはゾエア以外の動物プランクトンが少量ずつ確認された。

アカテガニ類のゾエアを捕食するボラの行動は、暗視用赤外線カメラでも記録された。図 10 A は 2011 年 7 月 St.1 で観察されたものであり、水に入ろうとするアカテガニを待ち受けるように、体長 15 cm 程のボラ約 50 尾が汀線間際まで接近している様子が判読される。また図 10 B は St.1 において暗視用ビデオ Night Owl Optics で観察されたものであるが、放仔のために水中

に入ったアカテガニ(白丸内)の周囲を約 20 尾ほどのボラ(紡錘状の黒い魚体)が取り囲んでいる。この直後、ゾエアが放仔され、このボラがパクパク口を開けてゾエアを盛んに取り込んでいる様子が観察された。

#### 5) 稚ガニ密度

調査定点ごとに観察された稚ガニ密度を図 11 に示した。St.1 では密度は低いものの、2012 年に上陸したアカテガニ類稚ガニが確認できた。ここの土壌は、礫と腐植土で占められており、全体が落葉で覆われており、やや湿った場所に稚ガニが多かった。St.2 のヨシ原では多くの稚ガニが確認され、個体数密度が最も高かった。St.2 の土壌は砂状で湿っており、全体にヨシが自生していた。St.3 の護岸部分では稚ガニは確認できなかった。全体がコンクリートで覆われており、稚ガニの生息できる場所が見当たらなかった。護岸の後方の公園には芝生が植栽されていたが、こちらでもカニは確認できなかった。芝生部分の土壌は全体が乾燥しており、カバーは無かった。護岸と芝生の繋目は、コンクリートが剥がれており、落葉などが堆積しており、その下に稚ガニが確認された。St.4 の大聖寺川接岸部では、船着き場のスロープ横において稚ガニが確認できた。土壌は植壊土と礫が混在しており、植生とデトリタスがカバーの役割を担っていた。土壌の水分量は中程度～湿潤であり、特に湿潤な地点で集中的に稚ガニが捕獲された。陸ガニ全体での個体密度を見てみると、St.2 で最も高く  $69.8$  個体/ $\text{m}^2$ 、St.3 の護岸部分と芝生部分で最も低く  $0$  個体/ $\text{m}^2$  であった。

### 考察

#### 1) 月齢周期と放仔行動

アカテガニの放仔行動は月齢周期と強い関係性があり、満月・新月と、その前後の夜に多く見られる。アカテガニの放仔行動が行われる環境は、汽水湖や海岸線が多く、塩分を含む水に好んで放仔する傾向があるが、地域によっては、汽水域から  $1\text{ km}$  以上離れた完全淡水の用水路や、水溜りにでも放仔してしまうことがある。この場合の放仔個体の数も満月、新月の日に多

くなるとされている(橋本, 1965)。人工的に月齢周期を作り出して行われた実験においても月齢に従う傾向が確認されている(SAIGUSA, 1978)。満月、新月に従い放仔数が増減する理由については、大潮時の潮汐差を利用して最も効率的にゾエアを海まで届けるためであり、抱卵行動の開始も月齢周期に従うと報告されている(SAIGUSA, 1980)。また、月齢に伴う潮汐変動の少ない日本海側の地域では月齢に関わらず、天候次第で放仔個体数は増減するとされており、悪天候であれば減少し、好天であれば増加するとされており、佐渡島のアカテガニの放仔活動は月齢によらないと報告されている(北見・本間, 1981)。しかし筆者ら(中山・柳井, 2020)は同じ日本海沿岸の九十九湾では、月齢に従って海岸部へアカテガニ類の出現数が増えることを報告した。出現数に比例して放仔個体が増えることから、放仔は月齢に同調しているとみることができる。

今回の調査結果(図 4)を詳しく見ると、8 月 2～6 日までの大潮(満月)、8 月 19～21 日までの大潮(新月)ではカニ個体は明瞭に増加しているものの、7 月 19～21 日の大潮(新月)では、カニの個体数は月齢周期にも潮汐変動にも依存していない。この原因については、2012 年 7 月 19～21 日までの期間は悪天候が続いており、特に 7 月 21 日には  $6:00\sim 18:00$  の間に  $100\text{ mm}$  近い降水が記録されていることから、悪天候が原因となり出現個体が減少したと推測される。

#### 2) ゾエアの密度と湖岸環境

アカテガニ類は海岸林に生息し、落葉を摂食し(MIYAKE et al., 2019)、同時に果実を採食し種子散布などを行い生態系の中で重要な役割を果たす(伊藤ほか, 2011)。また都市公園の中の様々な景観要素でアカテガニの生息密度を比較した例では、森林に高い生息密度が観察され、人工的な護岸であっても、空隙の深い空石積みの場合アカテガニの生息密度は高い(稲飯ほか, 2014)。北潟湖の調査定点内でゾエア密度を比較すると、原生林である St.1 は親ガニの生息数が多いため最も高く、特に 8 月 24 日は他の定点の 3～5 倍以上の高い密度が観測された。9 月上旬も St.1 で多く、次いで同じく鹿島の森の大聖寺川に面した St.4 で高かった。この点からみると、鹿島の森周辺のア

カテガニ類が北潟湖内のゾエアの供給源となっているとみることができる。

一方、空隙の乏しい護岸で固められている St.3 ではアカテガニ類の生息数も少ないため、ゾエアの個体数が少なかった。だが 10 月下旬に 1 回だけゾエアが多く採集された時期がある。この時期にはアカテガニ類は放仔を終えていることから、他種から放出されたゾエアの可能性も否定できない。今回は DNA による判定を行わなかったため種ごとにゾエアを判別できなかったが、今後ゾエアレベルでの遺伝子レベルの解析が必要となる。同様にクロベンケイガニが多く生息するヨシ群落にある St.2 が最もゾエアが少なかったが、この理由として、同じ石川県犀川河口ではクロベンケイガニは放仔を早めに行う傾向があること (MATSUMOTO et al., 2020) が報告されており、8 月下旬はすでに放仔を終えていたためではないかと考えられる。

### 3) メガロパの回帰

アカテガニ類のゾエアは、鹿島の森の西側にある開口部を通して大聖寺川と合流して日本海に流出すると考えられる。一般に十脚類幼生は、塩分濃度が生残と発達に影響を及ぼすとされている (ANGER, 2003)。海洋に流出したゾエアは動物プランクトンを捕食し成長し、再び河川に戻ってくる (小林, 2000)。その期間はアカテガニとクロベンケイガニでは若干異なるが、2~3 週間程度と報告されている (寺田, 1976; BABA & MIYATA, 1971)。そしてメガロパの回帰は月齢と同調する場合が多く、橋本 (1968) も大潮の期間には河川内で多くのアカテガニ類メガロパが見られると述べている。

回帰してきたメガロパの密度は河口にある St.5 が最も高く、その密度は明瞭なふた山型の分布を示した。MATSUMOTO et al. (2020) は犀川に回帰してきたメガロパの個体ごとの遺伝子解析を行い、クロベンケイガニが 8 月中~下旬、アカテガニが 9 月中~10 月上旬に回帰し、月齢と同調して大潮時に増加することを明らかにした。この結果から解釈すると前半のピークはクロベンケイガニ、そして後半のピークはアカテガニのメガロパの回帰と対応しているとみることができる。しかし今回は月齢と明瞭な関係はみられなかったが、サンプリングが大潮時とは完全に対応しておらず、回帰のピー

クを逃していた可能性もある。

その後、メガロパは北潟湖の各地点や大聖寺川のより上流へと遡る。そのため、他の定点でのメガロパは分散し、密度は低くなると考えられる。特にゾエアの密度が最も高かった St.1 のメガロパ密度が 10 月下旬を除き極めて低く、逆に人工海岸の St.3 での密度が高い時もあった。一般にイワガニ科のメガロパが着底や変態するにあたり、親ガニのにおいや腐植、バイオフィームなどがきっかけになると考えられている (FORWARD et al., 2001)。しかし、今回の結果から見ると、鹿島の森周辺のアカテガニ類の存在が必ずしもメガロパの回帰要因とはなっていないと考えられた。

そしてメガロパの回遊時間は夜遅くなるにつれて高まり、回遊時期が遅くなるほど、回遊時間が遅くなる傾向がみられた。図 7 の週ごとの密度変化は、20~21 時に採集したデータに基づいているため、さらに遅い時間で採集を行えば、より正確な回帰数を推定することが可能となると考えられる。

### 4) アカテガニ類が魚と湖生態系に与える影響

河口域において、動物プランクトンの中で陸ガニ類の幼生は時期的に大きな割合を占めること (QIN et al., 2015)、そしてゾエアはプランクトン食の魚類によって捕食されることから逃れるため、潮位の変化が最大の時期に放仔することや防御のための長い棘を持つように進化したと考えられている (MORGAN, 1990; HOVEL & MORGAN, 1997)。前述したように、アカテガニ類の放仔が月齢・潮位に同調する傾向が見られた理由として、これはプランクトン食の魚類からの捕食から逃れるための行動とみることができる。

今回、St.1 付近で 8 月に捕獲されたボラの胃内容物を確認すると、ほぼゾエアで占められていた。北潟湖においては、調査当日の動物プランクトン組成の中に占めるゾエアは 40 %に満たない (中山, 未公表資料) にもかかわらず、高い割合で捕食していたことから考えて、放仔を狙って水際に集結していると考えられる。前報 (中山・柳井, 2020) でも九十九湾内で岸辺に集まるボラの胃内容物はゾエアで占められていたことが判明しており、自動撮影カメラに水際を埋め尽くすボラが写っていたこと (図 10) からみて、放仔期間中という限られ



た期間ではあるが、ゾエアが餌資源として集中的に利用されていると考えられる。同様に神奈川県三浦半島先端に位置する小網代でも放仔を狙ってボラが集まる様子が確認されている(矢部・岸, 2001)。そのほか、オーストラリアの塩性湿地においては、回遊してくるカレイやボラの胃内容物はほとんどゾエアによって占められる(MAZUMDER et al., 2006)ことなどから見て、ボラがゾエアの主な捕食者であることは共通した傾向と考えられる。

またメガロパを多く捕食していたスズキについてその生態を見ると、若年個体であるセイゴは動物プランクトンを捕食する傾向があり(岩本ほか, 2010)、海から回帰してきたメガロパはその格好の餌になっている可能性が高い。また大型のスズキは河口周辺食物連鎖の頂点に立つ肉食者である。実際 St.5 付近で 1 m 近いスズキをつり上げ、その胃内容物を見たところ、ボラがそのままの状態に含まれているのが観察された(中山, 未公表資料)。ゾエアを狙って集まったボラは、スズキの成魚に捕食される。さらにミサゴなどの猛禽類はボラを選択的に捕食することが報告されている(江崎・田悟, 2020)。このようにしてアカテガニ類のゾエアを起点とする食物連鎖が、河口や湖の生態系に大きく広がるとみることができる。

#### 5) アカテガニ類の保全の方向性

上陸した稚ガニの生息場に関しては、水辺の形態が大きな影響を与える。上陸後 1 年目、2 年目の稚ガニは、ヨシ原で脱皮を繰り返しながら成長するとされている(SUZUKI, 1981)。大阪府阪南市と岬町にまたがる「せんなん里海公園」において行われた調査で、アカテガニ類の稚ガニの生息に適した環境としては、樹林地の大きな分断が無いこと、遡上可能な水路が存在することが重要であり、樹林地が減少した地域に植林を施すことで、分断区間を解消することが必要であることが明らかとなっている(鷺谷・上甫木, 2010)。北潟湖周辺における上陸個体の個体密度調査においては、ヨシ原である St.2 において最も稚ガニの個体密度が高く、土壌が腐植質で湿っている St.1、4 でも稚ガニが確認できた。しかし St.3 のようなコンクリート護岸内では稚ガニは確認できなかったが、後方の隠れ場となる落葉の

下からは稚ガニが見られた。この結果から、稚ガニの生息にはヨシ原などの水際の植生や腐植土など、多様な水辺環境の保全が不可欠であると考えられる。

さらに植生に覆われた連続的な自然海岸の存在は親ガニにとっても重要であるが、そうした場合はしばしば道路などで分断され、放仔のために海岸に移動するアカテガニ類にとって大きな脅威になっている。例えば、韓国においては、山から移動し海で産卵するアカテガニ類はロードキルによりメスの個体が多く減少し、ひいては個体群全体の減少が懸念されている(RYU & KIM, 2020)。森と海を行き来するアカテガニ類の保全が湖生態系を豊かにすることにつながることを認識し、森から海へとつながる連続的な生態系の保全と修復に積極的に取り組むことが求められている。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、同研究室の荒川裕亮氏、山岸明日翔氏、金沢大学大学院の寺島佑樹氏には調査にご協力頂いた。のと海洋ふれあいセンターの坂井恵一氏には魚類分類をご教示いただいた。以上の関係各位に深謝する。

#### 参考文献

- ANGER, K., 2003. Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans. *Invertebrate Reproduction & Development*, 43: 29–45. <https://doi.org/10.1080/07924259.2003.9652520>
- BABA, K., MIYATA, K., 1971. Larval Development of *Sesarma (Holometopus) dehaani* H. MILNE EDWARDS (Crustacea, Brachyura) Reared in the Laboratory. *Memoirs of the Faculty of Education, Kumamoto University* 19, 49–68.
- 江崎保男・田悟和巳, 2020. 吉野川のミサゴ～繁殖と採餌生態～. *山階鳥学誌*, 52: 83–97. <https://doi.org/10.3312/jyio.52.83>
- FORWARD, R.B., Jr., Tankersley, R.A., Rittschof, D., 2001. Cues for Metamorphosis of Brachyuran Crabs: An Overview1. *American Zoologist*, 41: 1108–1122. <https://doi.org/10.1093/icb/41.5.1108>
- 福井県自然保護課, 1998. 北潟湖と観音川の生息魚類

- リスト. [http://www.erc.pref.fukui.jp/gbank/fr\\_fish/suikei/kitagata.html](http://www.erc.pref.fukui.jp/gbank/fr_fish/suikei/kitagata.html), 2021年1月30日確認
- 蒲生重雄, 1965. 河口産のカニ類の種類と分布について. *The Carcinological Society of Japan*, 2: 91–101.
- 橋本 碩, 1965. 河川流域に生息するアカテガニの放卵. *動物学雑誌*, 74(3): 82–87.
- 橋本 碩, 1968. アカテガニ類メガロパの河川への進入. 静岡大学教育学部研究報告, 自然科学篇 19: 55–63.
- 鉾崎有紀・塚崎嘉彦・松崎雅之・加藤賢二, 2001. 北潟湖および三方湖における動物プランクトンの変遷について(第1報). 福井県環境科学センター年報, 31: 56–63.
- HOVEL, K.A., MORGAN, S.G., 1997. Planktivory as a selective force for reproductive synchrony and larval migration. *Marine Ecology Progress Series*, 157: 79–95. <https://doi.org/10.3354/meps157079>
- 稲飯幸代・四宮隆司・河口洋一・鎌田磨人, 2014. アカテガニを指標とした都市公園緑地の景観構成要素の機能評価. *景観生態学*, 19(1): 57–68.
- 伊藤信一・鈴木 和・小南陽亮, 2011. 温帯海岸林における陸ガニの果実採食と種子散布. *日本生態学会誌*, 61: 123–131.
- 岩本有司・森田拓真・小路 淳, 2010. 太田川河口域周辺におけるスズキ仔稚魚の出現と食性. *日本水産学会誌*, 76: 841–848.
- 北見健彦・本間義治, 1981. 佐渡島(日本海)におけるアカテガニの習性. *甲殻類の研究*, 11: 113–23.
- 小林 哲, 2000. 河川環境におけるカニ類の分布様式と生態—生態系における役割と現状—. *応用生態工学会*, 3(1): 113–130.
- 松田朋子・上甫木昭春, 2004. 大阪府泉南の海岸線埋め立て部における陸ガニの生息状況と環境特性との関係に関する研究. *ランドスケープ研究*, 67(5): 537–542.
- MATSUMOTO, T., Arakawa, H., Murakami, T., Yanai, S., 2020. Settlement patterns of two sesamid megalopae in the Sai River Estuary, Ishikawa Prefecture, Japan. *Plankton and Benthos Research* 15, 306–316. <https://doi.org/10.3800/pbr.15.306>
- MAZUMDER, D., Saintilan, N., Williams, R.J., 2006. Trophic relationships between itinerant fish and crab larvae in a temperate Australian saltmarsh. *Mar. Freshwater Res.*, 57: 193–199. <https://doi.org/10.1071/MF05040>
- MIYAKE, K., URA, K., CHIDA, S., UEDA, Y., BABA, Y., KUSUBE, T., YANAI, S., 2019. Guaiacol oxidation activity of herbivorous land crabs, *Chiromantes haematocheir* and *Chiromantes dehaani*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 128: 316–322. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.02.012>
- MORGAN, S.G., 1990. Impact of Planktivorous Fishes on Dispersal, Hatching, and Morphology of Estuarine Crab Larvae. *Ecology*, 71: 1639–1652. <https://doi.org/10.2307/1937574>
- 中山貴将・柳井清治, 2020. 九十九湾におけるアカテガニ類幼生とそれを捕食する魚類. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (25): 29–42.
- OH, S.M., CHUNG, D.E., KO, H.S., 2007. Complete Larval Development of *Chiromantes haematocheir* (Crustacea Decapoda Brachyura Grapsidae), with a Key to Seven Sesarminid Zoeas in Korea. *Korean Journal of Systematic Zoology* 23, 9–20.
- QIN, H., SHENG, Q., CHU, T., WANG, S., WU, J., 2015. Import and export fluxes of macrozooplankton are taxa- and season-dependent at Jiuduansha marsh, Yangtze River estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 163: 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.11.024>
- RISSER, P.G., 1995. The Status of the Science Examining Ecotones. *BioScience* 45, 318–325. <https://doi.org/10.2307/1312492>
- RYU, M., KIM, J.G., 2020. Influence of roadkill during breeding migration on the sex ratio of land crab (*Sesarma haematoche*). *J ecology environ*, 44: 23. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-00167-6>
- SAIGUSA, M., 1978. Ecological Distribution of Three Species of the Genus *Sesarma* in Winter Season. *The Zoological Society of Japan* 87, 142–150.
- SAIGUSA, M., 1980. Entrainment of a semilunar rhythm by a simulated moonlight cycle in the terrestrial crab, *Sesarma haematocheir*. *Oecologia* 46, 38–44.
- SUZUKI S., 1981. The Life History of *Sesarma* (holometopus) *Haematocheir* (h. Milne Edwards) in the Miura Peninsula. *Researches on Crustacea*, 11: 51–65. [https://doi.org/10.18353/rcrustacea.11.0\\_51](https://doi.org/10.18353/rcrustacea.11.0_51)
- 寺田正之, 1976. カニ類, ベンケイガニ亜科9種の後期発生の比較. *甲殻類の研究*, 7: 138–169. [https://doi.org/10.18353/rcrustacea.7.0\\_138](https://doi.org/10.18353/rcrustacea.7.0_138)
- 碓井星二・加納光樹・佐野 光彦, 2014. 茨城県北浦のヨシ帯と護岸帯での魚類群集構造の比較. *日本水産学会誌*, 80: 741–752.
- 鷺谷寧子・上甫木昭春, 2010. 沿岸埋め立て部の海岸林における陸ガニの分布状況の変化. *ランドスケープ研究*, 73(5): 513–518.
- 矢部和弘・岸 由二, 2001. 小網代におけるアカテガニの放仔行動の時間特性. *Hiyoshi Review of Natural Science Keio University*, 30: 75–82.

## ミトコンドリア DNA 分析に基づく石川県白山手取川水系における イワナ *Salvelinus leucomaenis* の遺伝的集団構造の特徴－II

坂井恵一<sup>1)</sup>・東出幸真<sup>1)</sup>・北市 仁<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>のと海洋ふれあいセンター, 石川県鳳珠郡能登町字越坂 3-47 (〒927-0552)

<sup>2)</sup>石川県白山自然保護センター, 石川県白山市木滑ヌ4 (〒920-2326)

Genetic population structure of White-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) from Tedor  
River of Mt. Hakusan, Ishikawa Prefecture, inferred from mitochondrial DNA sequences – II

Keiichi SAKAI<sup>1)</sup>, Yukimasa HIGASHIDE<sup>1)</sup> and Hitoshi KITAICHI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Noto Marine Center, 3-47 Ossaka, Noto, Ishikawa 927-0552

<sup>2)</sup>Hakusan, Nature Conservation Center, Ishikawa Prefecture, Nu-4 Kinameri, Hakusan,  
Ishikawa 920-2326

### はじめに

前報告(坂井ほか, 2020)で紹介したように、石川県の白山手取川水系には、体側に白色斑点を持つ“ニコウイワナ”タイプのイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS, 1814) が分布しているが、白山市白峰地内の一支流(以後、白峰 A 支流とする)には、体側に斑紋や斑点がまったくない“無斑イワナ”、そしてパーマークが不定型の雲状斑となっていて白色や有色斑点がない“カワリモンイワナ”が生息している。この支流は、イワナの放流履歴がないとされているので、この無斑イワナとその生息域は白山市の天然記念物に指定され、保全が図られている。一方、手取川水系の最大支流である尾添川の一支流の蛇谷は、1977 年に“白山スーパー林道(現在の呼称は白山白川郷ホワイトロード)”の一般供用が始まると、イワナの生息数は激減し(中村・丸山, 1988)、1978–1980 年に養魚場で生産されたイワナが放流された経緯がある(石川県白山自然保護センター, 1989)。そして、1983 年から蛇谷の一部とその支流である途中谷の計約 9.0 km が石川県の禁漁区に指定された(丸山・斎藤, 1987; 石川県白山自然保護センター, 1989)。その後、途中谷の禁漁区は外され、蛇谷は白山手取川漁業協同組合の指定による禁漁区間も約 6 km に縮小されたものの、放流事業は行われておらず、保全が図られている。このため、蛇谷と途中谷にも手取川水系の在来イワナが生息している可能性があるかと推察されている。しかしながら、これらの水域におけるイワナの遺伝的特徴に関する研究は行われていなかった。

そこで我々は、手取川水系におけるイワナの遺伝的集団構造を明らかにすることを目的に 2018 年、同水系の各支流からイワナの DNA 分析用のサンプルを収集し、ミトコンドリア DNA の塩基配列の解析を試みた(坂井ほか, 2020)。その結果、本水系から合計 17 種類のハプロタイプ(以後、Hap とする)が見つかり、この内の 3 種類は新しい Hap であった(Hap-46、Hap-47、Hap-48)。無斑イワナの生息域である白峰 A 支流からは 4 種の

Hap が見つか、Hap-19 が構成主体、無斑イワナは 2 個体とも Hap-19、カワリモンイワナは Hap-19 と Hap-7 が各 1 個体であった。新しく見つかった Hap-46 はこの支流からだけ見つかった。蛇谷禁漁区と途中谷からはそれぞれ 3 種の Hap が見つかったが、構成は Hap-17 が主体的でこれに Hap-19 が加わり、新しく見つかった Hap-47 と Hap-48 が含まれていた。そして、白峰 A 支流は蛇谷禁漁区や途中谷と比べると生息イワナの生息域の孤立が、また白峰 A 支流と蛇谷禁漁区、途中谷との間では遺伝的分化が進行していることが示唆された。

一方、各支流から見出された Hap の構成とその水域の放流頻度などから、白峰地区のイワナの未放流支流（白峰 K 支流）、尾添川水系の丸石谷川と目附谷川、そして大日川水系の水源流の合計 4 水域に手取川水系在来イワナが残存していることが期待できるのではないかと推察された。また、蛇谷の水源流域にイワナの生息情報を得ることができた。そこで、2019 年の 5 月から 10 月において、白峰 A 支流と蛇谷禁漁区、途中谷に上記 5 水域を加えてイワナの DNA 分析用のサンプルを収集し、白山手取川水系におけるイワナの遺伝的集団構造の把握を試みたのでその結果を報告する。

## 材料と方法

### イワナの採集

イワナの採集は、石川県知事の特別採捕許可と白山市長の白山市指定文化財現状変更許可を得て、手取川本流の白峰 A 支流 (SM-A)、この支流と下流部で合流している K 支流 (SM-K)、手取川の最大支流である尾添川の蛇谷禁漁区 (JDN)、そして蛇谷の水源流 (JD-1) と途中谷 (TCD)、丸石谷川と目附谷川の本流と支流 (OZ-1 と OZ-3)、そして大日川水系の水源流 (DA-1) の合計 8 水域で行った。各調査水域の位置的概略を図 1 に示す。

イワナの採集は、執筆者らが電気ショッカーを用いて 2019 年の 5 月と 6 月、10 月に行った。採集されたイワナは可能な限り写真の撮影と体側の斑紋や斑点の観察を行い、体長と全長の測定、脂ビレの採取を行い、原則、採集した近傍に放流した。ただし、一部の小型個体は、のと海洋ふれあいセンターの登録標本として保存した。また、白山手取川漁業協同組合員らが同年 7 月に、丸石谷川本流で釣獲したイワナの脂ビレを提供していただいた。

採集調査により、2019 年に採集できたイワナは 183 個体であるが、白峰 A 支流で採集された最大個体（体長 290 mm）は前年の調査でも採集された再捕個体であった。このため、DNA 抽出用サンプルは 182 個体となる（表 1）。ここでは、2018 年に同じ水域から採集された 60 個体と合わせ、242 個体

のイワナを用いて白山手取川水系のイワナの遺伝的集団構造の解析を行なった。

このれとは別に、白峰漁協の加藤隆夫組合長から無斑イワナを親魚として生産された種苗 9 個体を提供していただき、ハプロタイプを分析した。

### DNA の分析と解析

全 DNA の抽出は、前記した DNA 抽出用サンプルから、NucleoSpin® Tissue（マッハライ・ナーゲル社製）を用いて行った。抽出した全 DNA のうち、mt DNA の Cyt-b 領域の後半部を対象に塩基配列の決定を行った。このために、プライマーセット L15285 5'-CCCTAACCCGVTCTCTTYGC-3' と H15915 5'-ACCTCCGATCTYCGGATTACAAGAC-3' を用い

表 1 2018 年と 2019 年に白山手取川水系から収集したイワナの分析用サンプル数

| 呼称(略文字)          | 2018 | 2019 | Total |
|------------------|------|------|-------|
| 白峰 A 支流 (SM-A)   | 36   | 36   | 72    |
| 白峰 K 支流 (SM-K)   | —    | 16   | 16    |
| 蛇谷禁漁区 (JDN)      | 10   | 15   | 25    |
| 蛇谷の水源流 (JD-1)    | —    | 26   | 26    |
| 途中谷 (TCD)        | 8    | 6    | 14    |
| 丸石谷川の本・支流 (OZ-1) | 4    | 21   | 25    |
| 目附谷川の本・支流 (OZ-3) | 2    | 38   | 40    |
| 大日川水系水源流 (DA-1)  | —    | 24   | 24    |
|                  | 60   | 182  | 242   |

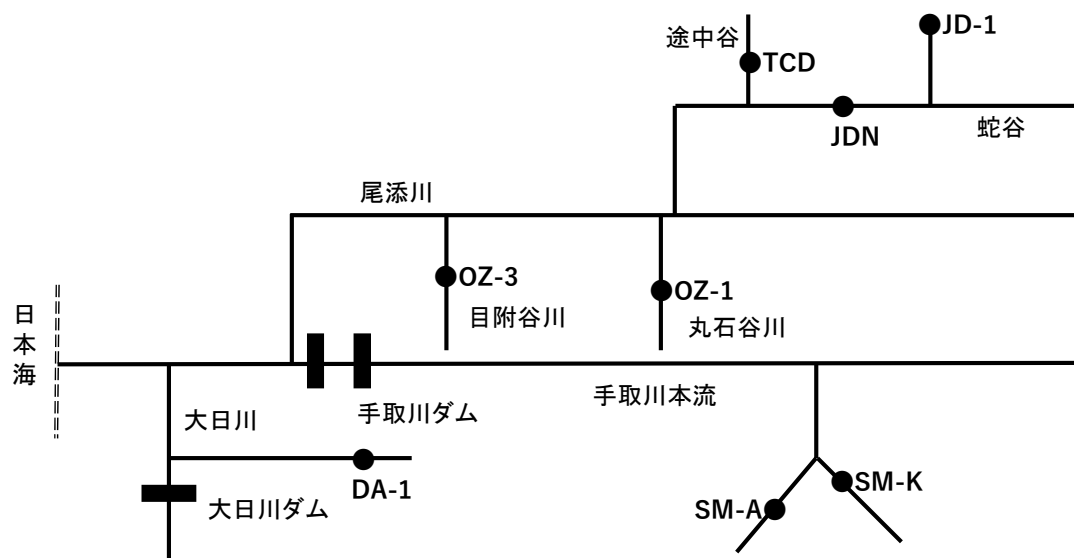


図 1 手取川水系における調査水域の概略図

てPCR法を行い、鋳型DNAの熱変性は94℃で2分、PCRサイクルについて、熱変性は94℃30秒、アニーリングは55℃30秒、伸張は72℃1分を1サイクルとし、35サイクルで行なった。試薬はGo-to DNA Polymerase(ニッポンジーン)を、サーマルサイクラーはeppendorf Mastercycler® nexus X2を用いた。塩基配列の決定はPCR産物をABI(Applied Biosystems 3130xl Genetic Analyzer もしくは 3730xl DNA Analyzer)社製のDNAシーケンサを用いて行った。反応試薬はBig Dye Terminator V3.1を用いた。得られた塩基配列はYAMAMOTO et al.(2004)、KUBOTA et al.(2007)、KIKKO et al.(2008)、山本ら(2008)、SATO et al.(2010)、樋口ほか(2011)、樋口ほか(2012)、坂井ほか(2020)、及び日本DNAデータベース(DDBJ)で報告されている全国各地のイワナの塩基配列データと照合し、ハプロタイプを決定すると共に、TCS ver.1.21(CLEMENT et al., 2000)を用いてハプロタイプの最節約ネットワークを作成した。また、ハプロタイプ多様度(h)、塩基多様度( $\pi \times 100$ )、集団間の遺伝的分化の程度を示すFstの算出と異質性検定はArlequin Ver 3.5.2.2.(EXCOFFIER and LISCHER, 2010)を用いた。異質性検定における有意水準は全て5%とした。

## 結果と考察

### 採集されたイワナの体長組成

白山手取川水系の8水域から、2019年に採集された183個体のイワナの体長組成を表2に示す。

白峰A支流では37個体が採集されたが、最大個体(体長290mm)は前年も採集されていた再捕個体であった。また、無斑イワナは1個体(体長178mm)、カワリモンイワナは2個体(体長165mmと180mm)が採集された。前年の調査では、採集された36個体のうち無斑イワナは2個体、カワリモンイワナも2個体であったので、その発見率は両者とも2.8-5.6%程度になる。

大日川水系の一元流(DA-1)で体長が20-39mmの幼魚が14個体採集されているが、これは調査中に電気ショッカーの不具合が起こり、使用できなくなったため、積極的に幼魚の採集を行い、資料の収集に努めたためである。採集した幼魚は6個体を標本として持ち帰ったが、これ以外は脂ビレの採取後、元の場所に放流した。

秋に調査した水域では体長60-99mmの個体が多かったが、春から初夏に調査した水域では体長100mm以上の個体が多かった。

### イワナのハプロタイプ構成

収集できた 182 個体のサンプルは全数の塩基配列が決定できた。先行研究により、国内のイワナから見つかっている 50 種類のハプロタイプと比較したところ、採集調査を行った 8 水域から 11 種類のハプロタイプが見つかった(表 3)。

この内、大日川水系の水源流(DA-1)から既知のハプロタイプとは異なる、新しいハプロタイプを持つ 3 個体が見つかった。このハプロタイプを Hap-49 として日本 DNA データバンク(DDBJ)に登録した(アクセッションナンバーは LC604213)。

表 2 2019 年の調査で白山手取川水系の 8 水域から採集されたイワナの体長組成

|         | SM-A         | SM-K         | JDN         | JD-1        | TCD         | OZ-1          | OZ-3          | DA-1         |
|---------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| 体長 (mm) | 5 June, 2019 | 6 June, 2019 | 2 Oct. 2019 | 1 Oct. 2019 | 2 Oct. 2019 | 14 June, 2019 | 13 June, 2019 | 25 May, 2019 |
| 20-39   |              |              |             |             |             |               |               | 14           |
| 40-59   |              |              |             | 3           |             |               | 1             |              |
| 60-79   |              |              | 7           | 4           | 1           |               | 1             |              |
| 80-99   |              |              | 3           | 1           | 5           |               | 1             |              |
| 100-119 | 3            | 2            |             | 5           |             |               | 7             | 1            |
| 120-139 | 3            | 3            |             | 7           |             | 1             | 3             | 3            |
| 140-159 | 11           | 3            |             | 1           |             | 2             | 3             | 2            |
| 160-179 | 9            | 6            |             |             |             | 3             | 7             | 3            |
| 180-199 | 6            | 2            | 1           | 2           |             | 5             | 6             | 1            |
| 200-219 | 2            |              | 2           |             |             | 5             | 7             |              |
| 220-239 |              |              |             | 1           |             | 3             |               |              |
| 240-259 | 2            |              | 1           | 1           |             |               | 1             |              |
| 260-279 |              |              | 1           | 1           |             | 1             | 1             |              |
| 280-299 | 1            |              |             |             |             |               |               |              |
| 300-319 |              |              |             |             |             | 1             |               |              |
| 合計      | 37*          | 16           | 15          | 26          | 6           | 21            | 38            | 24           |

\*印: 前年調査の再捕 1 個体を含む

表 3 2019 年の調査で白山手取川水系の 8 水域から見出されたハプロタイプ(Haplotype, 遺伝子型)と個体数

|      | Hap-3 | Hap-5 | Hap-7 | Hap-9 | Hap-10 | Hap-16 | Hap-17 | Hap-19 | Hap-22 | Hap-102 | Hap-49 | 種類数 | 合計  |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-----|-----|
| SM-A |       |       |       |       |        |        |        | 36     |        |         |        | 1   | 36  |
| SM-K |       |       |       |       |        |        | 16     |        |        |         |        | 1   | 16  |
| JDN  |       | 2     | 3     | 1     |        |        | 4      | 3      | 2      |         |        | 6   | 15  |
| JD-1 | 1     | 8     | 6     |       |        | 2      |        | 8      |        | 1       |        | 6   | 26  |
| TCD  |       |       |       |       |        |        | 6      |        |        |         |        | 1   | 6   |
| OZ-1 |       |       | 15    |       |        |        | 1      | 5      |        |         |        | 3   | 21  |
| OZ-3 |       |       |       |       | 10     |        |        | 28     |        |         |        | 2   | 38  |
| DA-1 |       |       |       |       |        |        | 21     |        |        |         | 3      | 2   | 24  |
| 合計   | 1     | 10    | 24    | 1     | 10     | 2      | 48     | 80     | 2      | 1       | 3      | 11  | 182 |
| 組成   | 0.5   | 5.5   | 13.2  | 0.5   | 5.5    | 1.1    | 26.4   | 44.0   | 1.1    | 0.5     | 1.6    |     |     |

新しく見つかった Hap-49 と既知 50 種類の塩基配列を用い、TCS で推定されたハプロタイプネットワークを図 2 に示す。ここでは、2018 年と 2019 年の調査で白山手取川水系から見出されたハプロタイプにスクリーンをかけた。また、本水系から新しく見いだされたハプロタイプに\*印を付した。この推定図から、Hap-49 は Hap-19 の系統に分類されることが明らかとなった。塩基配列を分析した結果、Hap-17 の 212 番の塩基 C が T に置き換わっていた。

今回見出された Hap-49 と、2018 年に本水系から見つかった Hap-46、Hap-47、そして Hap-48 の 3 種類のハプロタイプ(坂井ほか, 2020)の塩基置換状況を、広域分布している代表的なハプロタイプと比較して表 4 に示す。

表 3 に見られるように、2019 年の調査では Hap-17 と Hap-19 が 5 水域から、そして Hap-7 が 3 水域から採集された。これ以外のものは 2 又は 1 水域から得られたにとどまった。個体数では Hap-19 が 80 個体と最も多く、次が Hap-17 で 48 個体、Hap-7 が 24 個

体であり、これ以外は 10 個体以下であった。したがって、調査した 8 水域では、Hap-19 と Hap-17、そして Hap-7 の 3 種類が代表的なハプロタイプであると言える。

白峰 A 支流は無斑イワナ 1 個体とカワリモンイワナ 2 個体を含む 36 個体すべてが Hap-19、2018 年の調査で見つかった Hap-7、Hap-38、そして Hap-46 は含まれていなかった。ただし、再捕個体は前年の分析で Hap-7 である。なお、白峰漁協により生産された無斑イワナの種苗 9 個体は、全て Hap-19 であった。

白峰 K 支流は、白峰 A 支流と下流部で合流しているにもかかわらず、16 個体すべてが Hap-17 であった。また、白峰 A 支流では前年の調査でも Hap-17 は見つかっていない。

蛇谷禁漁区(JDN)と蛇谷の一元流(JD-1)ではそれぞれ 6 種類のハプロタイプが見つかった。蛇谷禁漁区(JDN)は Hap-17 が 4 個体、Hap-7 と Hap-19 が各 3 個体、Hap-5 と Hap-22 が各 2 個体、そして Hap-

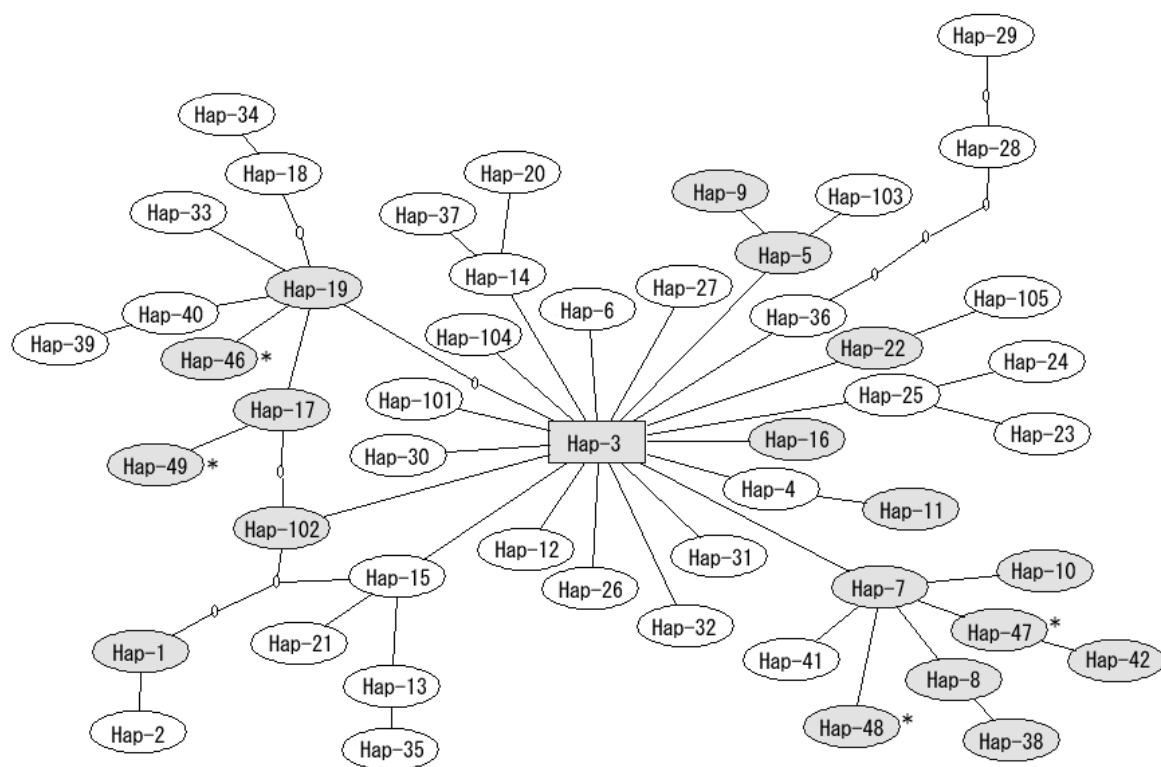


図 2 日本国内のイワナの既知 50 種と新しく見つかった Hap-49 の 51 種類のハプロタイプを用いて TCS で推定されたハプロタイプネットワーク。スクリーンは白山手取川水系で見つかったハプロタイプを、\*は本水系で初めて見つかったハプロタイプを示す。

表 4 白山手取川水系から見つかったイワナのハプロタイプの塩基置換状況

| 番号       | 19 | 42 | 103 | 184 | 211 | 212 | 214 | 254 | 310 | 328 |
|----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hap-1    | A  | G  | C   | G   | A   | C   | T   | C   | T   | G   |
| Hap-3    | G  | ・  | ・   | ・   | ・   | ・   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-17   | ・  | ・  | A   | A   | ・   | ・   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-49** | ・  | ・  | A   | A   | ・   | T   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-19   | G  | ・  | A   | A   | ・   | ・   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-46*  | G  | A  | A   | A   | ・   | ・   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-7    | G  | ・  | ・   | ・   | T   | ・   | C   | T   | ・   | A   |
| Hap-47*  | G  | ・  | ・   | ・   | T   | ・   | C   | T   | ・   | T   |
| Hap-48*  | G  | ・  | ・   | ・   | T   | ・   | C   | T   | C   | A   |

\*\*印:2019 年の調査で大日川水系の水源流 (DA-1) から新しく見つかったハプロタイプ

\*印:2018 年の調査で白山手取川水系から見つかったハプロタイプ

9 が 1 個体であった。2018 年に見つかった Hap-48 は採集されなかった。なお、本水域では頭頂部に斑紋を持った 4 個体が見つかったが、これらは Hap-19 が 2 個体、Hap-7 と Hap-17 が各 1 個体であった。

蛇谷の水源流 (JD-1) は Hap-5 と Hap-19 が各 8 個体、Hap-7 が 6 個体、Hap-16 が 2 個体、そして Hap-3 と Hap-102 が各 1 個体であった。

次に丸石谷川の本・支流 (OZ-1) では 3 種類のハプロタイプが見つかった。この内、Hap-7 が 15 個体、Hap-19 が 5 個体、そして 2018 年には見つからなかった Hap-17 が 1 個体含まれていた。

新しいハプロタイプが見つかった大日川水系の水源流 (DA-1) と目附谷川の本・支流 (OZ-3) の 2 水域は各々 2 種類のハプロタイプが見つかった。前者は Hap-17 が 21 個体と Hap-49 が 3 個体、後者は Hap-19 が 28 個体、Hap-10 が 10 個体で、2018 年の調査で見つかった Hap-47 は含まれていなかった。

#### 白山手取川水系の遺伝的特徴

岩槻ら (2020) は、国内のイワナ類約 700 個体の mt DNA の Cyt-b 全領域 (1,141 bp) を解析して約 110 のハプロタイプを見出し、その出現する地域との関係から 13 のハプロタイプグループに分類できることを明らかにした。そして、日本海沿岸では Hap-7 系統のグループは青森県から鳥取県まで、Hap-19 系統のグループは琵琶湖を含めた新潟県から福井県

に分布していることを明らかにした。一方、Hap-22 は太平洋沿岸の利根川・荒川水系、もしくは大井・天竜川水系に特有であるとしている。

今回調査した白山手取川水系の 8 水域のうち、白峰 K 支流 (SM-K) と蛇谷の水源流 (JD-1)、大日川水系の水源流 (DA-1) を除く 5 水域は、2018 年にも採集調査を行なっている (表 1)。そこで、両年の調査結果を合わせて、各水域における Hap の出現状況を表 5 にまとめた。両年の調査により、この 8 水域から 15 種類のハプロタイプが見つかったことになる (表 5)。またここでは、推定されたハプロタイプネットワーク (図 2) の結果を基に、Hap-19 系統と Hap-7 系統、そしてこれら以外の 3 グループに分け、白山手取川水系で見つかった 15 ハプロタイプのグルーピングを行った。まず第 1 は Hap-19 系統で、Hap-19 と Hap-17、そして手取川で見出された Hap-46 と Hap-49 の計 4 種類が含まれる。第 2 が Hap-7 系統で、Hap-7 と Hap-10、Hap-38、そして手取川水系から見つかった Hap-47 と Hap-48 の計 5 種類で構成される。これ以外の Hap-3 と Hap-5、Hap-9、Hap-16、Hap-22、そして Hap-102 の 6 種類は便宜的にその他のグループとした。また表 5 には、両年の分析結果を基に算出したハプロタイプ多様度 (h)、塩基多様度 ( $\pi \times 100$ ) を示した。

白山手取川水系の 8 水域では、Hap-19 系統、特に Hap-19 と Hap-17 が主体となっていて、生息個体



数も多いことが明らかである。これに Hap-7 系統が含まれる。一方、その他のグループは出現頻度が低く、しかも個体数も少ない。そして、このグループが採集されたのは蛇谷禁漁区(JDN)と蛇谷の水源流(JD-1)の 2 水域だけである。この 2 水域は見出されたハプロタイプが 6 または 7 種類と多く、ハプロタイプ多様度が 0.779 と 0.793、塩基多様度も 0.345 と 0.405 といずれも 8 水域の中では高い値を示した。

残りの 6 水域は、Hap-19 系統と Hap-7 系統のハプロタイプだけしか見つかっていない。まず、丸石谷川の本・支流(OZ-1)と目附谷川の本・支流(OZ-3)の 2 水域は、ハプロタイプ数が両者とも 3 種類で、前者では Hap-7、後者では Hap-19 の個体数が多かった。そして、ハプロタイプ多様度が 0.422 と 0.440、塩基多様度が 0.241 と 0.298 となり、8 水域の中では中程度であった。

残りの 4 水域は Hap-19 系統の Hap-19 または Hap-17 の個体数が明らかに多く、ハプロタイプ多様度は 0.275 以下、塩基多様度も 0.150 以下で 8 水域の中では低い値を示した。

まず白峰 K 支流(SM-K)は、採集された 16 個体全てが Hap-17 となり、ハプロタイプ多様度と塩基多様度はいずれも 0 であった。白峰 A 支流(SM-A)は 4 種類のハプロタイプが見つかったが、ハプロタイプ多様度は 0.207、塩基多様度は 0.099 と低かった。

途中谷(TCD)は 3 種類のハプロタイプが見つかり、ハプロタイプ多様度は 0.275、塩基多様度が 0.150 とやや高い値を示した。一方、Hap-17 と新しい Hap-49 が見つかった大日川水系の水源流(DA-1)はハプロタイプ多様度が 0.228 とやや高かったが、塩基多様度は 0.041 と低かった。

集団間における遺伝的分化の程度を示す  $F_{st}$  と異質性検定の結果を表 6 に示す。各水域間における  $F_{st}$  は、多くの水域間で有意な遺伝的分化が認められたが、白峰 K 支流(SM-K)と途中谷(TCD)、そして大日川水系の水源流(DA-1)と白峰 K 支流(SM-K)、途中谷(TCD)の 3 水域間で確率値が 0.05 を超え、有意な遺伝的分化は認められなかった。

白峰 A 支流(SM-A)は、目附谷川の本・支流(OZ-3)とは 0.144 と低い値であったが、白峰 K 支流(SM-K)や途中谷(TCD)、丸石谷川の本・支流(OZ-1)、そして大日川の水源流(DA-1)とは 0.547–0.689 の高い値を示した。

白峰 K 支流(SM-K)と大日川の水源流(DA-1)は、共に丸石谷川の本・支流(OZ-1)と目附谷川の本・支流(OZ-3)との間で 0.508–0.756 の高い値を示した。そして、途中谷(TCD)は、丸石谷川の本・支流(OZ-1)より目附谷川の本・支流(OZ-3)との間で高い値が得られた。

表 5 白山手取川水系の 8 水域で採集されたイワナのグループ別ハプロタイプの個体数組成とハプロタイプ多様度(h)、塩基多様度( $\pi \times 100$ )

| 水域名  | Hap-19 系統 |     |    |    | Hap-7 系統 |    |    |    |    | その他 |    |    |    |    |     | ハプロタイプ 塩基多様度 |     |        |                      |
|------|-----------|-----|----|----|----------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|--------------|-----|--------|----------------------|
|      | 19        | 17  | 46 | 49 | 7        | 10 | 38 | 47 | 48 | 3   | 5  | 9  | 16 | 22 | 102 | 種類数          | 個体数 | 多様度(h) | ( $\pi \times 100$ ) |
| SM-A | 64        |     | 2  |    | 5        |    | 1  |    |    |     |    |    |    |    |     | 4            | 72  | 0.207  | 0.099                |
| SM-K |           | 16  |    |    |          |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     | 1            | 16  | 0.000  | 0.000                |
| JDN  | 7         | 9   |    |    | 3        |    |    |    | 1  |     | 2  | 1  |    | 2  |     | 7            | 25  | 0.793  | 0.405                |
| JD-1 | 8         |     |    |    | 6        |    |    |    |    | 1   | 8  |    | 2  |    | 1   | 6            | 26  | 0.779  | 0.345                |
| TCD  | 1         | 12  |    |    |          |    |    | 1  |    |     |    |    |    |    |     | 3            | 14  | 0.275  | 0.150                |
| OZ-1 | 6         | 1   |    |    | 18       |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     | 3            | 25  | 0.440  | 0.241                |
| OZ-3 | 29        |     |    |    |          | 10 |    | 1  |    |     |    |    |    |    |     | 3            | 40  | 0.422  | 0.298                |
| DA-1 |           | 21  |    | 3  |          |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     | 2            | 24  | 0.228  | 0.041                |
|      | 115       | 59  | 2  | 3  | 32       | 10 | 1  | 2  | 1  | 1   | 10 | 1  | 2  | 2  | 1   | 15           | 242 |        |                      |
|      | 475       | 244 | 08 | 12 | 132      | 41 | 04 | 08 | 04 | 04  | 41 | 04 | 08 | 08 | 04  | 1000         |     |        |                      |

表 6 白山手取川水系の 9 水域にイワナ集団間の Fst(左下段)と異質性検定の確率値(右上段)

|      | SM-A   | SM-K   | JDN    | JD-1   | TCD    | OZ-1   | OZ-3   | DA-1  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| SM-A | —      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |
| SM-K | 0.689* | —      | 0      | 0      | 0.162  | 0      | 0      | 0.225 |
| JDN  | 0.227* | 0.318* | —      | 0      | 0.018  | 0      | 0.036  | 0     |
| JD-1 | 0.482* | 0.622* | 0.125* | —      | 0      | 0.018  | 0      | 0     |
| TCD  | 0.547* | 0.037  | 0.167* | 0.490* | —      | 0      | 0      | 0.072 |
| OZ-1 | 0.617* | 0.747* | 0.259* | 0.145* | 0.617* | —      | 0      | 0     |
| OZ-3 | 0.144* | 0.508* | 0.088* | 0.207* | 0.370* | 0.283* | —      | 0     |
| DA-1 | 0.685* | 0.058  | 0.351* | 0.644* | 0.065  | 0.756* | 0.529* | —     |

確率値  $p < 0.05$  の Fst に\*を付与

一方、蛇谷禁漁区(JDN)と蛇谷の一支流(JD-1)は、各水域との間の Fst は概ね低い値であった。

#### 各水域の特徴

**白峰 A 支流(SM-A)と白峰 K 支流(SM-K) :** 白峰 A 支流(SM-A)では 4 種類のハプロタイプが見つかり、個体数では Hap-19 が最も多かった。ハプロタイプ多様度は 0.207、塩基多様度は 0.099 といずれも低く、また他の水域との間の Fst が高いことから、他の水域からの生息域の孤立が進行し、遺伝的分化が進行している可能性がある。特に、下流部で合流している白峰 K 支流(SM-K)との間でも、分化が進行していることが伺える。

今回、白峰 K 支流(SM-K)ではイワナの未放流区間(最下流部の砂防堰堤の上流部)を調査したが、この水域はこの支流の最下流部に過ぎない。調査区間より上流域は未調査であるので、機会を見つけて調査したいと考えている。

**蛇谷禁漁区(JDN)とその一源流(JD-1) :** 蛇谷禁漁区(JDN)は、1978–1980 年に行なわれた養殖魚の放流の影響と上流域にある蛇谷の一源流(JD-1)の影響を受けている可能性がある。特に、Hap-22 は放流で持ち込まれたハプロタイプの可能性がある。このため、他の遺伝子領域を分析し、検討する必要がある。一方、蛇谷の一源流(JD-1)は、落差 86 m の瓢箪大滝の上流域にある。白山市尾添(白山一里野地区)在住の夏至一嗣氏によると、この源流域で

は白山スーパー林道の開通当初には、イワナは生息していなかったとのことである。この源流域のイワナは人為的移植によるものである可能性がある。

**途中谷(TCD) :** 蛇谷の一支流であり、この谷のイワナは地域住民により人為的に移植されたものとされている(中村・丸山, 1987; 中村・丸山, 1988)。しかしながら、ここでは Hap-19 系統と Hap-7 系統以外のハプロタイプは見つかっていない。蛇谷在来(在来)のイワナ集団である可能性があるため、他の領域の遺伝子を分析し、検討する必要がある。

**丸石谷川と目附谷川の本・支流 :** 両水域とも途中谷(TCD)と同様に Hap-19 系統と Hap-7 系統以外のハプロタイプは見つかっていない。しかしながら、ハプロタイプ多様度は 0.422–0.440、塩基多様度は 0.241–0.298 と 8 水域の中では中程度の値であった。この 2 水域も、他の領域の遺伝子を分析し、検討する必要がある。

**大日川水系の一源流(DA-1) :** この水域から新しい Hap-49 が見つかり、特異な水域だと思われる。しかしながら、ハプロタイプ多様度と塩基多様度は 8 水域の中では低い値であった。また、他の水域間との Fst は蛇谷禁漁区(JDN)との間を除いて 0.529 以上の値を示した。他の水域からの生息域の孤立と遺伝的分化が進行している可能性がある。



図版 1 A: NMCI T. 193, 体長 240 mm, 白峰 A 支流 (SM-A), 5 June, 2019 採集, Hap-19; B: NMCI T. 269, 体長 185 mm, 白峰 K 支流 (SM-K), 6 June, 2019 採集, Hap-17; C: NMCI P. 3785 (T. 371), 体長 69 mm, 蛇谷禁漁区 (JDN), 2nd Oct. 2019 採集, Hap-22; D: NMCI T. 339, 体長 190 mm, 蛇谷の一元流 (JD-1), 1st Oct. 2019 採集, Hap-5.

## 要約

1. 白山手取川水系におけるイワナの遺伝的集団構造を明らかにするため、2019 年の 5-10 月に無斑イワナの生息地である白峰 A 支流、尾添川水系の蛇谷禁漁区と途中谷に加え、白峰地区のイワナの未放流支流、尾添川水系の丸石谷川と目附谷川の本・支流、蛇谷の一元流、そして大日川水系の一元流の合計 8 水域でサンプリングを行い、mt DNA の分析と解析を行った。
2. 調査した 8 水域から、11 種類のハプロタイプが見つかった。この内、大日川水系の一元流から採集した 3 個体から、新しいハプロタイプが見つかった。これを Hap-49 として日本 DNA データバンク (DDBJ) に登録した。アクセッションナンバーは LC604213 である。
3. 2019 年の調査では Hap-17 と Hap-19 が 5 水域から、そして Hap-7 が 3 水域から採集された。個体数では Hap-19 が 80 個体と最も多く、Hap-17 は 48 個体、Hap-7 が 24 個体となり、これ以外は 10 個体以下であった。今回、調査した 8 水域では、Hap-19 と Hap-17、そして Hap-7 の 3 種類が代表的なハプロタイプであると言える。
4. 2018 年の調査結果を合わせると、この 8 水域から 15 種類のハプロタイプが見つかったことになった。また推定されたハプロタイプネットワークの結果を基に、これらを Hap-19 系統と Hap-7 系統、そしてこれら以外の 3 グループに分けることができた。出現頻度と採集された個体数から、白山手取川水系の 8 水域では、Hap-19 系統、特に Hap-19 と Hap-17 が主体となっていて、生息個体数が多く、これに Hap-7 系統が含まれるのが特徴である。
5. 白峰 A 支流はハプロタイプ多様度と塩基多様度がいずれも低く、また他の水域との間の  $F_{st}$  が高いことから、生息域の孤立が起り、遺伝的分化が進行している可能性がある。また、下流部で合流している白峰 K 支流との間でも、遺伝的分化が進行していることが伺えた。白峰 K 支流は調査範囲より上流域の調査が望まれる。
6. 蛇谷禁漁区は、1978-1980 年に行なわれた放流の影響が残っていることが危惧される。また、その上流域にある蛇谷の一元流は人為的移植の可能性がある。他の遺伝子領域を分析し、詳細に検討する必要がある。
7. 途中谷と丸石谷川、目附谷川の 3 水域は、Hap-19 系統と Hap-7 系統以外のハプロタイプは見つからないが、ハプロタイプ多様度と塩基多様度は中程度からやや低い値であった。これらの水域も、他の領域の遺伝子を分析し、検討する必要がある。
8. 大日川水系の一元流から新しい Hap-49 が見つかり、特異な水域だと思われる。しかしながら、ハプロタイプ多様度と塩基多様度は低く、他の水域との間の  $F_{st}$  も比較的高い値を示した。生息域の孤立と遺伝的分化が進行している可能性がある。

## 謝辞

宮崎大学農学部海洋生物環境学科の岩槻幸雄教授、国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所日光庁舎の山本祥一郎博士、近畿大学農学部水産学科の亀甲武志准教授にはハプロタイプの決定や研究に対して助言・指導をしていただいた。金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設の鈴木信雄教授には mt DNA 分析の機会と器材の提供を、また関口俊男助教には分析の助言・指導をしていただいた。石川県立大学の柳井清治教授には電気ショッカー使用の便宜を図っていただ





図版 2 E: NMCI T. 317, 体長 200 mm, 丸石谷川(OZ-1), 14 June, 2019 採集, Hap-7; F: NMCI T. 303, 体長 210 mm, 目附谷川(OZ-3), 13 June, 2019 採集, Hap-10; G: NMCI P. 3769, 体長 183 mm, 大日川水系の水源流(DA-1), 25 May, 2019 採集, Hap-17; H: NMCI T. 159, 体長 110 mm, 大日川水系の水源流(DA-1), 25 May, 2019 採集, Hap-49.

いた。石川県淡水魚類研究会の山本邦彦氏と石山尚樹氏、いしかわ動物園の那須田樹氏、高田洋之氏、大木崇裕氏にはイワナの分析資料の収集にご協力いただいた。また、前石川県立自然史資料館館長の水野昭憲博士、白山手取川漁業協同組合の代表理事組合長登敏明氏、土室真人氏と小林豊一氏、白山白峰漁業協同組合の組合長加藤隆夫氏と鶴野俊哉氏、新丸漁業協同組合の代表理事組合長村口太一氏、白山市尾添の夏至一嗣氏の各位には手取川やイワナ、白山にまつわる様々な情報とイワナの分析資料の提供をしていただいた。白山市観光文化スポーツ部文化財保護課課長補佐兼文化財係長の小中和也氏には白山市の「天然記念物」、文化財現状変更承認申請にご協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- CLEMENT M., D. POSADA, K.A. CRANDALL, 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Mol. Ecol.*, 9: 1657–1660.
- EXCOFFIER, L. and H.E. L. LISCHER, 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol. Ecol.* 10: 564–567.
- 樋口正仁・兵藤則行・佐藤雍彦・野上泰宏・河野成実, 2011. ミトコンドリア DNA 分析による信越地方産イワナの遺伝的集団構造. 日本水産学会誌, 77 (6): 1098–1100.
- 樋口正仁・佐藤雍彦・野上泰宏・兵藤則行, 2012. ミトコンドリア DNA 分析による放流河川におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の遺伝的集団構造. 新潟県内水面水産試験場研究報告, (36): 1–5.
- 石川県白山自然保護センター, 1989. 尾添川水域水生動物調査報告書. 46 pp.
- 岩槻幸雄・関伸吾・細井栄嗣・川嶋尚正・田中文也・亀甲武志・河合幸一郎・平嶋健太郎・佐藤拓哉・山本祥一郎・渡辺勝敏, 2020. ミトコンドリア DNA による日本列島におけるイワナ類の集団構造, 特に和歌山県のイワナ(キリクチ)の生息実態. 日本魚類学会年会(ウェブ大会)講演要旨, 講演番号 21.
- KIKKO T., M. KUWAHARA, K. IGUCHI, S. KURUMI, S. YAMAMOTO, Y. KAI, K. NAKAYAMA. 2008. Mitochondrial DNA population structure of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) in the Lake Biwa water system. *Zool. Sci.*, 25: 146–153.
- KUBOTA H., T. DOI, S. YAMAMOTO, S. WATANABE, 2007. Genetic identification of native populations of fluvial white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in the upper Tone river drainage. *Fish. Sci.* 73: 270–284.
- 中村智幸・丸山隆, 1987. 蛇谷のイワナ. 石川県白山自然保護センター編集“はくさん”, 14 (3): 8–11.
- 中村智幸・丸山隆, 1988. 石川県手取川水系蛇谷における禁漁後のイワナ個体群の回復過程. 石川県白山自然保護センター研究報告, 15: 49–68.
- 丸山隆・斎藤裕也, 1987. 日本のイワナ手取川のイワナ. 石川県白山自然保護センター編集“はくさん”, 14 (3): 4–7.
- 坂井恵一・東出幸真・北市仁, 2020. ミトコンドリア DNA 分析に基づく石川県白山手取川水系におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の遺伝的集団構造の特徴—I. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (25): 43–57.
- SATO T., T. DEMISE, H. KUBOTA, M. NAGOSHI and K. WATANABE, 2010. Hybridization, Isolation, and Low Genetic Diversity of Kirikuchi Char, the Southernmost Populations of the Genus *Salvelinus*. *Transactions of the American Fish. Soc.* 139: 1758–1774.
- YAMAMOTO S., K. MORITA, S. KITANO, K. WATANABE, I. KOIZUMI, K. MAEKAWA and K. TAKAMURA, 2004. Phylogeography of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Zool. Sci.*, 21: 229–240.
- 山本祥一郎・中村智幸・久保田仁志・土井隆秀・北野聡・長谷川功, 2008. ミトコンドリア DNA 分析に基づく関東地方産イワナの遺伝的集団構造. 日本水産学会誌, 74 (5): 861–863.

## I-石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査

のと海洋ふれあいセンターは、平成19(2007)年よりかほく市の高松海岸と志賀町の甘田海岸で、平成23(2011)年の秋から宝達志水町の今浜海岸と羽咋市の千里浜海岸でシギ・チドリ類の飛来時期である春と秋の2回、ナミノリソコエビ等の底生動物の生息状況についてモニタリング調査を継続しているので、2020年の調査結果を報告する。

ナミノリソコエビは、本県の主にかほく市白尾から志賀町甘田にかけての砂浜海岸の波打ち帯に生息する節足動物端脚類で、3月から11月にかけて繁殖をくりかえし、ほぼ周年にわたり個体数、現存量(湿重量)ともに優占して生息している。ところが、冬期は繁殖を行わないので、春の調査では大型の越冬群(長期世代群)と、早春に発生したばかりの小型の未越冬群(短期世代群)が混在する。一方、秋の調査では短期世代群だけとなり、発生時期が異なるさまざまな大きさの個体が認められる(環境省, 2006, 2007)。そして、この海岸に飛来するシギ・チドリ類は、このナミノリソコエビを重要な餌動物として利用していることが明らかとなっている(環境省, 2007)。

### 材料と方法

底生動物の採集はシギ・チドリ類の飛来時期である春(4月下旬から5月上旬)と秋(9月中旬から10月上旬)

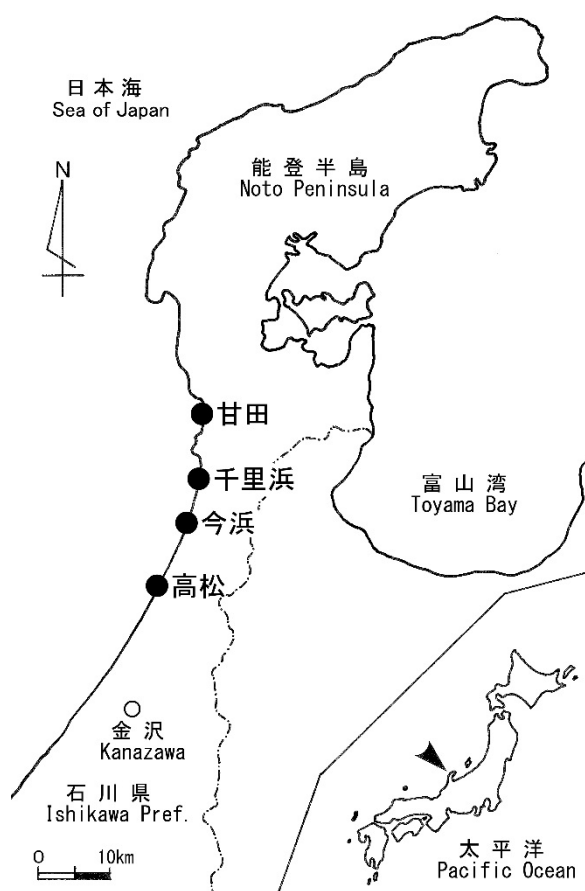


図1 砂浜海岸の底生動物モニタリング調査地点

の年2回とし、高松、甘田、今浜、千里浜海岸の4ヶ所で行った(図1)。

各海岸1ヶ所の波打ち帯中部の上部・中部・下部でアズワン(株)のスチロールT型ビン600ml(口部内径φ83mm, ポリスチレン製)を用いて深さ約7cmまでの表砂を各部それぞれ3回ずつ、計9回採集した。採集された砂と砂に含まれる底生動物を2リットルの標本ビンに収容し、クーラーボックスに入れて氷で冷やしながら研究室に持ち帰り、冷凍ストッカーに収容して約-20℃で一晩保存した。そして凍った砂と動物を流水解凍しながら1mmメッシュのふるいにかけて砂中の動物を取り出し、75%エタノール液で固定した。固定後保存液は2回程交換し、約1週間後に種類ごとの湿重量を計測した。また、底生動物の採集と同時に波打ち際の海水をポリバケツで約10リットル採水して測温し、一部を褐色遮光ビン(200ml)に入れて密栓して研究室に持ち帰り、堀場製作所製カスターニーACTpHメーターD-21を用いてpHを、赤沼式比重計で比重( $\sigma_{15}$ )を求めて塩分量(‰)に換算した。なお、波打ち帯の幅は歩測した。

### 結果と考察

各海岸において、2011年以降に採集された底生動物の湿重量と汀線付近の水質、波打ち帯の幅を表1-4に示す。なお、採集された底生動物の湿重量は平方メートル当たりに換算した。

## 高松海岸

ナミノリソコエビは春の調査では長期世代群が 1.6 g/m<sup>2</sup>、短期世代群は 24.4 g/m<sup>2</sup>であった。長期世代群はこれまでで最も少なく、短期世代群との合計においても、2011 年に次いで低位であった。なお、ここ 10 年における春の調査で採集された長期世代群の湿重量は 1.6–1,212.1 g/m<sup>2</sup>であり、この平均値 260.3 g/m<sup>2</sup>の 100 分の 1 に満たなかった。次に短期世代群は、これまでに 0.0–61.3 g/m<sup>2</sup>採集されており、平均値は 23.0 g/m<sup>2</sup>であった。長期世代群は非常に少なかったが、短期世代群においては、ほぼ平均値を示した。

次に秋の調査では、短期世代群だけが 44.4 g/m<sup>2</sup>採集され、これまでの調査の 6.9–293.0 g/m<sup>2</sup>の平均 124.7 g/m<sup>2</sup>の 3 分の 1 程度であった。また、ヒメスナホリムシが 12.4

g/m<sup>2</sup>、表にはないがキンセンガニも 36.4 g/m<sup>2</sup>採集された(表 1, 図 2, 3)。

## 甘田海岸

春の調査で採集されたナミノリソコエビは、長期世代群が 1.3 g/m<sup>2</sup>、短期世代群が 16.0 g/m<sup>2</sup>で合計 17.3 g/m<sup>2</sup>であった。長期世代群はこれまでで最も少なかった。長期世代群の平均値は 26.1 g/m<sup>2</sup>、短期世代群の平均値は 15.5 g/m<sup>2</sup>で、その合計は 41.7 g/m<sup>2</sup>となり、2 分の 1 ほどの値であった。採集時にペアになっている大型の個体(長期世代)が少ないように感じられた。

秋の調査で採集されたナミノリソコエビは、短期世代群が 18.2 g/m<sup>2</sup>で、これまでの平均値 49.6 g/m<sup>2</sup>の 3 分の 1 ほどであった(表 2, 図 4, 5)。

表 1 高松海岸で採集された底生動物の湿重量(g/m<sup>2</sup>)と汀線付近の水質、波打ち帯の幅

| 季節            |        | 春      |        |        |         |        |        |        |        |        |       |  |
|---------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|
| 調査年           | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年  | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 平均    |  |
| 月日            | 4月21日  | 5月1日   | 4月23日  | 4月23日  | 4月30日   | 4月30日  | 4月25日  | 4月27日  | 4月24日  | 4月28日  |       |  |
| ナミノリソコエビ(計)   | 23.5   | 467.1  | 113.0  | 28.0   | 1,212.1 | 98.4   | 111.2  | 611.6  | 141.6  | 26.0   | 283.3 |  |
| 長期世代(越冬)群     | 23.5   | 432.9  | 109.0  | 15.3   | 1,212.1 | 37.1   | 56.6   | 593.0  | 122.1  | 1.6    | 260.3 |  |
| 短期世代(未越冬)群    | 0      | 34.2   | 4.0    | 12.7   | +       | 61.3   | 54.6   | 18.7   | 19.5   | 24.4   | 23.0  |  |
| シキシマフクロアミ     | 1.1    | 8.2    | 0      | 0      | 0       | 0      | 1.6    | 1.1    | 8.2    | 2.9    | 2.3   |  |
| ヒメスナホリムシ      | 0.9    | 0.7    | 4.2    | 3.3    | 8.4     | 2.7    | 6.7    | 13.3   | 2.2    | 4.7    | 4.7   |  |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. | 3.1    | 0.2    | 0      | 1.3    | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0.5   |  |
| ハマスナホリガニ      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| ナミノコガイ        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| フジノハナガイ       | 0      | 11.5   | 54.0   | 0      | 0       | 17.1   | 49.1   | 12.7   | 33.3   | 8.2    | 18.6  |  |
| 多毛綱 sp.       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| 水温(°C)        | 14.2   | 19.7   | 14.1   | 15.6   | 17.5    | 14.3   | 16.8   | 16.3   | 15.4   | 16.7   | 16.1  |  |
| pH            | 8.08   | 8.07   | 8.02   | 8.18   | 8.13    | 8.08   | 8.17   | 8.27   | 8.19   | 7.96   | 8.12  |  |
| 塩分量(‰)        | 31.63  | 29.70  | 33.78  | 31.50  | 33.51   | 31.20  | 34.41  | 32.2   | 31.45  | 33.41  | 32.28 |  |
| 波打ち帯幅 (m)     | 3.5    | 2.1    | 2.8    | 2.1    | 2.1     | 3.5    | 2.8    | 2.8    | 2.1    | 2.8    | 2.7   |  |
| 季節            |        | 秋      |        |        |         |        |        |        |        |        |       |  |
| 調査年           | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年  | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 平均    |  |
| 月日            | 9月13日  | 9月20日  | 9月19日  | 9月19日  | 9月24日   | 10月3日  | 10月3日  | 9月27日  | 9月17日  | 10月1日  |       |  |
| ナミノリソコエビ(計)   | 115.4  | 293.0  | 14.9   | 198.7  | 272.0   | 6.9    | 15.1   | 75.3   | 211.3  | 44.4   | 124.7 |  |
| 長期世代(越冬)群     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| 短期世代(未越冬)群    | 115.4  | 293.0  | 14.9   | 198.7  | 272.0   | 6.9    | 15.1   | 75.3   | 211.3  | 44.4   | 124.7 |  |
| シキシマフクロアミ     | 0      | 0      | 0.4    | 0      | 0       | 0.2    | 0.2    | 0.4    | 0      | 0      | 0.1   |  |
| ヒメスナホリムシ      | 0.2    | 0      | 0      | 0.2    | 2.2     | 6.9    | 0.4    | 0.4    | 0.2    | 12.4   | 2.3   |  |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0.2    | 0      | 0      | 0     |  |
| ハマスナホリガニ      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| ナミノコガイ        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| フジノハナガイ       | 0      | 20.2   | 0      | 0      | 0       | 0      | 2.7    | 7.6    | 0      | 0      | 3.1   |  |
| 多毛綱 sp.       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     |  |
| 水温(°C)        | 28.2   | 28.0   | 26.2   | 25.0   | 22.5    | 23.5   | 22.2   | 23.5   | 26.3   | 25.7   | 25.1  |  |
| pH            | 8.00   | 8.10   | 8.12   | 7.99   | 8.01    | 8.15   | 8.25   | 8.00   | 8.28   | 8.26   | 8.11  |  |
| 塩分量(‰)        | 32.03  | 31.19  | 32.17  | 33.55  | 32.56   | 31.83  | 32.31  | 31.86  | 32.54  | 31.40  | 32.14 |  |
| 波打ち帯幅 (m)     | 2.1    | 4.2    | 2.8    | 10.0   | 1.4     | 2.1    | 5.6    | 2.8    | 3.5    | 2.8    | 3.7   |  |



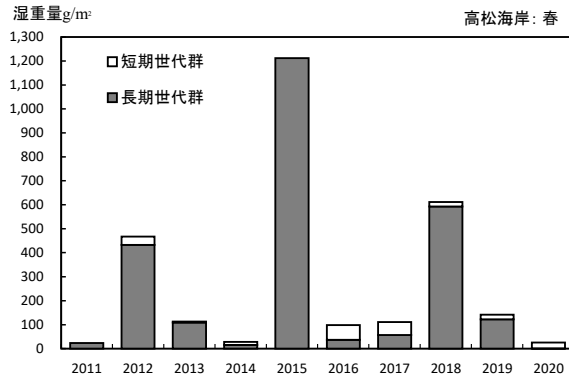


図 2 高松の春の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m²)

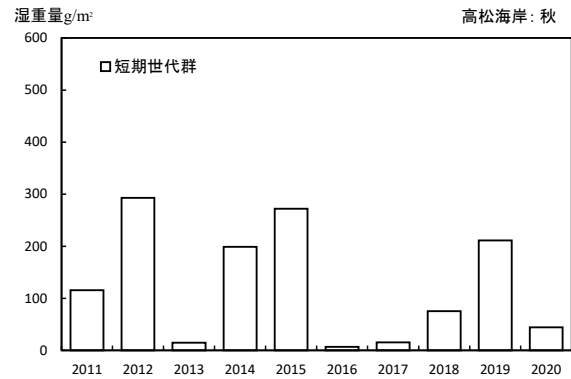


図 3 高松の秋の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m²)

表 2 甘田海岸で採集された底生動物の湿重量(g/m²)と汀線付近の水質、波打ち帯の幅

| 季節            | 春     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 調査年           | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 平均    |  |
| 月日            | 4月21日 | 5月1日  | 4月23日 | 4月23日 | 4月30日 | 4月30日 | 4月25日 | 4月27日 | 4月24日 | 4月28日 |       |  |
| ナミノリソコエビ(計)   | 40.4  | 69.5  | 10.2  | 11.1  | 102.3 | 86.6  | 10.2  | 39.1  | 30.0  | 17.3  | 41.7  |  |
| 長期世代(越冬)群     | 39.7  | 30.6  | 5.8   | 10.7  | 77.2  | 61.7  | 2.2   | 14.7  | 17.5  | 1.3   | 26.1  |  |
| 短期世代(未越冬)群    | 0.7   | 38.9  | 4.4   | 0.4   | 25.1  | 24.9  | 8.0   | 24.4  | 12.5  | 16.0  | 15.5  |  |
| シギシマフクロアミ     | 0.7   | 20.4  | 0.4   | 4.0   | 55.5  | 10.7  | 20.9  | 0.7   | 3.6   | 1.8   | 11.9  |  |
| ヒメスナホリムシ      | 2.0   | 2.0   | 2.4   | 0.2   | 0.4   | 9.8   | 8.7   | 1.6   | 2.4   | 1.1   | 3.1   |  |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| ハマスナホリガニ      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| ナミノコガイ        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| フジノハナガイ       | 10.0  | 30.0  | 0     | 0     | 10.2  | 224.9 | 9.6   | 5.1   | 0.4   | 6.4   | 29.7  |  |
| 多毛綱sp.        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| 水温(°C)        | 14.9  | 21.8  | 14.0  | 16.0  | 21.2  | 15.0  | 16.5  | 16.5  | 15.3  | 16.5  | 16.8  |  |
| pH            | 8.03  | 8.06  | 8.03  | 8.18  | 8.10  | 8.10  | 8.15  | 8.26  | 8.16  | 7.96  | 8.10  |  |
| 塩分量(‰)        | 33.19 | 30.37 | 34.19 | 33.06 | 33.10 | 33.90 | 33.71 | 31.20 | 34.16 | 33.38 | 33.02 |  |
| 波打ち帯幅 (m)     | 7.0   | 2.8   | 7.0   | 3.0   | 4.2   | 6.3   | 3.5   | 3.5   | 2.1   | 3.5   | 4.3   |  |

| 季節            | 秋     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 調査年           | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 平均    |  |
| 月日            | 9月13日 | 9月20日 | 9月19日 | 9月19日 | 9月24日 | 10月3日 | 10月3日 | 9月27日 | 9月17日 | 10月1日 |       |  |
| ナミノリソコエビ(計)   | 62.8  | 13.3  | 3.1   | 22.9  | 178.7 | 41.5  | 29.3  | 103.7 | 22.4  | 18.2  | 49.6  |  |
| 長期世代(越冬)群     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| 短期世代(未越冬)群    | 62.8  | 13.3  | 3.1   | 22.9  | 178.7 | 41.5  | 29.3  | 103.7 | 22.4  | 18.2  | 49.6  |  |
| シギシマフクロアミ     | 0     | 2.0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.2   | 0     | 0.2   | 0     | 0.2   |  |
| ヒメスナホリムシ      | 3.3   | 0     | 4.2   | 0     | 0     | 0     | 0.7   | 0.2   | 0     | 0     | 0.8   |  |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| ハマスナホリガニ      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.2   | 0     | 0     | 0     |  |
| ナミノコガイ        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 3.3   | 0     | 0     | 6.0   | 0     | 0.9   |  |
| フジノハナガイ       | 0     | 219.6 | 0     | 0     | 0     | 0.4   | 0.2   | 0     | 34.4  | 0     | 25.4  |  |
| 多毛綱sp.        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |  |
| 水温(°C)        | 29.7  | 28.4  | 27.3  | 25.0  | 23.0  | 23.7  | 22.3  | 24.2  | 26.2  | 24.5  | 25.4  |  |
| pH            | 7.97  | 8.10  | 8.12  | 7.99  | 8.07  | 8.06  | 8.31  | 8.01  | 8.25  | 8.30  | 8.12  |  |
| 塩分量(‰)        | 32.98 | 32.40 | 33.74 | 33.55 | 34.26 | 32.94 | 33.00 | 31.71 | 32.58 | 32.83 | 33.00 |  |
| 波打ち帯幅 (m)     | 2.1   | 6.3   | 6.3   | 10.0  | 1.75  | 2.1   | 4.9   | 2.8   | 4.9   | 2.1   | 4.3   |  |

## 今浜海岸

春に採集されたナミノリソコエビは、長期世代群が 6.9 g/m<sup>2</sup>、短期世代群が 276.8 g/m<sup>2</sup>で合計 283.7 g/m<sup>2</sup>となった。長期世代群はこれまででもっとも少なかった。フジノ

ハナガイは 30.2 g/m<sup>2</sup>が採集され、前年よりも若干多かった。

次に、秋の調査では短期世代群が 333.9 g/m<sup>2</sup> 採集され、2015 年について多かった(表 3, 図 6, 7)。

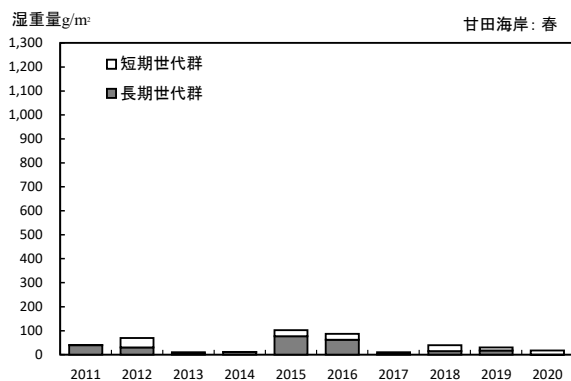


図 4 甘田の春の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

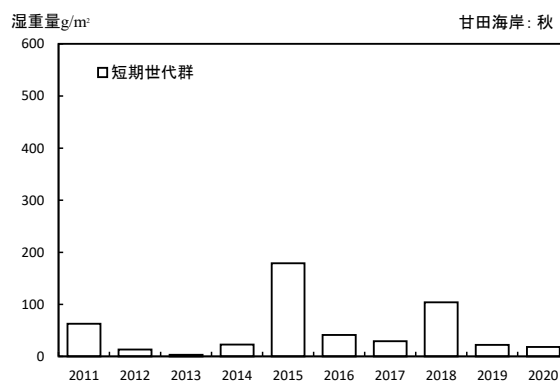


図 5 甘田の秋の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

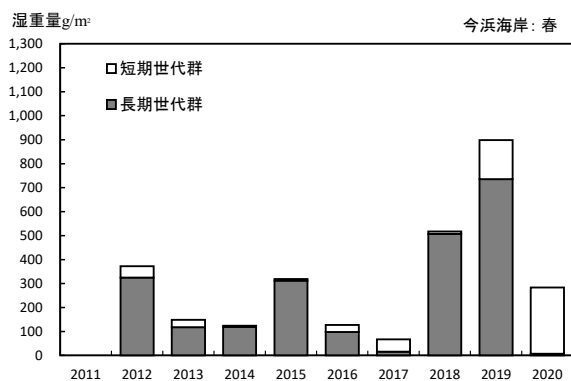


図 6 今浜の春の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

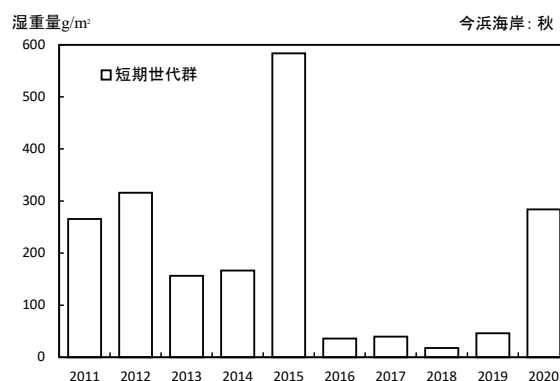


図 7 今浜の秋の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

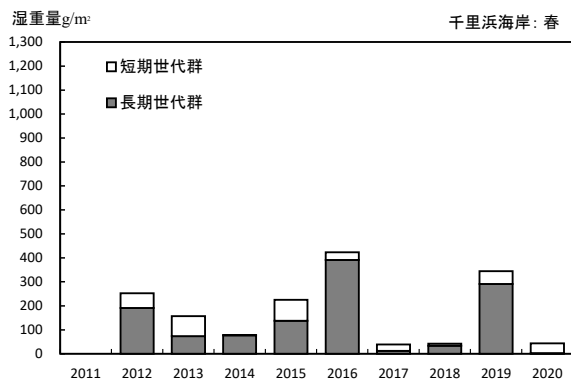


図 8 千里浜の春の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

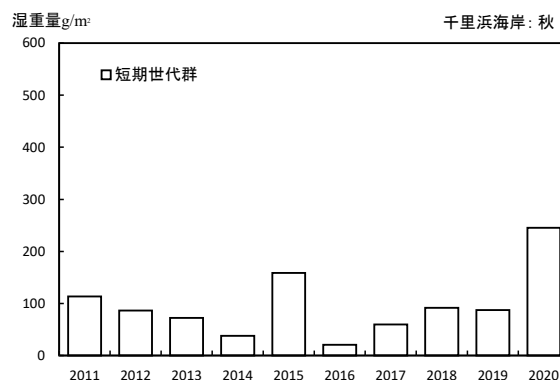


図 9 千里浜の秋の調査で採集されたナミノリソコエビの湿重量(g/m<sup>2</sup>)

表3 今浜海岸で採集された底生動物の湿重量(g/m<sup>2</sup>)と汀線付近の水質、波打ち帯の幅

| 季節            |  | 春     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 調査年           |  | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 平均    |       |
| 月日            |  | 5月1日  | 4月23日 | 4月23日 | 4月30日 | 4月30日 | 4月25日 | 4月27日 | 4月24日 | 4月28日 |       |       |
| ナミリソコエビ(計)    |  | 372.3 | 148.7 | 123.7 | 318.8 | 127.9 | 67.0  | 517.5 | 898.4 | 283.7 | 317.6 |       |
| 長期世代(越冬)群     |  | 325.0 | 118.1 | 119.2 | 311.9 | 98.6  | 16.0  | 507.3 | 735.9 | 6.9   | 248.8 |       |
| 短期世代(未越冬)群    |  | 47.3  | 30.6  | 4.5   | 6.9   | 29.3  | 51.0  | 10.2  | 162.5 | 276.8 | 68.8  |       |
| シキシマフクロアミ     |  | 0     | 0     | 3.8   | 1.6   | 4.0   | 0     | 1.6   | 3.3   | 2.7   | 1.9   |       |
| ヒメスナホリムシ      |  | 1.6   | 0     | 2.0   | 0.9   | 3.6   | 4.7   | 7.1   | 1.6   | 13.3  | 3.9   |       |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| ハマスナホリガニ      |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| ナミノコガイ        |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| フジノハナガイ       |  | 7.3   | 0     | 0     | 2.0   | 35.1  | 53.7  | 15.5  | 17.8  | 30.2  | 18.0  |       |
| 多毛綱sp.        |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 水温(℃)         |  | 20.6  | 14.0  | 17.5  | 18.0  | 14.2  | 16.6  | 16.7  | 16.2  | 17.3  | 16.8  |       |
| pH            |  | 8.05  | 8.01  | 8.17  | 8.09  | 8.09  | 8.22  | 8.26  | 8.13  | 8.02  | 8.11  |       |
| 塩分量(‰)        |  | 31.11 | 34.11 | 31.02 | 33.33 | 32.45 | 32.91 | 32.86 | 32.28 | 30.71 | 32.31 |       |
| 波打ち帯幅 (m)     |  | 2.1   | 6.3   | 2.1   | 2.8   | 5.6   | 2.8   | 2.8   | 2.1   | 3.5   | 3.3   |       |
| 季節            |  | 秋     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 調査年           |  | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 平均    |
| 月日            |  | 9月13日 | 9月20日 | 9月19日 | 9月19日 | 9月24日 | 10月3日 | 10月3日 | 9月27日 | 9月17日 | 10月1日 |       |
| ナミリソコエビ(計)    |  | 265.5 | 315.9 | 156.5 | 166.5 | 583.6 | 35.7  | 39.7  | 17.8  | 46.2  | 333.9 | 191.1 |
| 長期世代(越冬)群     |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 短期世代(未越冬)群    |  | 265.5 | 315.9 | 156.5 | 166.5 | 583.6 | 35.7  | 39.7  | 17.8  | 46.2  | 333.9 | 191.1 |
| シキシマフクロアミ     |  | 0.2   | 0.2   | 0     | 0.2   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.1   |
| ヒメスナホリムシ      |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 2.9   | 0     | 0.2   | 0     | 0     | 5.6   | 0.9   |
| ツノヒゲソコエビ科 sp. |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.7   | 0     | 0     | 0.1   |
| ハマスナホリガニ      |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.4   | 0     |
| ナミノコガイ        |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| フジノハナガイ       |  | 17.1  | 124.5 | 0     | 0     | 16.9  | 0     | 0.2   | 1.1   | 0     | 0     | 16.0  |
| 多毛綱sp.        |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.9   | 0.1   |
| 水温(℃)         |  | 29.4  | 27.7  | 26.2  | 24.8  | 22.3  | 23.4  | 22.2  | 23.1  | 26.1  | 26.0  | 24.5  |
| pH            |  | 7.98  | 8.10  | 8.11  | 8.00  | 8.07  | 8.14  | 8.21  | 8.11  | 8.28  | 8.29  | 8.13  |
| 塩分量(‰)        |  | 32.08 | 30.68 | 33.15 | 33.42 | 32.31 | 32.02 | 32.56 | 32.54 | 32.81 | 32.13 | 32.37 |
| 波打ち帯幅 (m)     |  | 2.8   | 4.9   | 2.8   | 7.0   | 1.4   | 1.0   | 4.2   | 5.6   | 3.5   | 2.1   | 3.5   |

### 千里浜海岸

春に採集されたナミノリソコエビは、長期世代群が 2.4 g/m<sup>2</sup>、短期世代群が 40.6 g/m<sup>2</sup> で、合計が 43.0 g/m<sup>2</sup> となった。また、フジノハナガイが 112.8 g/m<sup>2</sup> 採集された。一方、秋の調査では短期世代群が 245.3 g/m<sup>2</sup> 採集された。これまで 10 年の平均値 81.5 g/m<sup>2</sup> の、3 倍以上の数値であった。(表 4, 図 8, 9)。

ナミノリソコエビはこれまでの調査により、冬の気温が高く、海水温が高いと繁殖開始が早まることがわかっている。すなわち暖冬の年は春の調査時に未越冬(小型)の短期世代群が多く含まれ、その現存量が多くなる傾向にある。また、夏に高温であると秋の調査時にナミノリソ

コエビの現存量が減少する傾向にある。

2020 年は 1 月から 3 月の気温が高く、海水温も高い傾向が続いたため、予想された通り春の調査時に短期世代群がほとんどを占めた。春の調査時に短期世代群がこれほど優占することはこれまでになく、秋の調査時においてどのような結果が出るのか危惧していたが、問題なく繁殖を繰り返している様子を確認することができた。

千里浜沖では 2012 年から養浜の目的で金沢港の浚渫砂を海上投入し、汀線付近ではサンドバックを設置している。2017 年にサンドバック内の砂を抜いて高さを下げたことで、頂端が年間最低潮位よりも低い位置となった。

表 4 千里浜海岸で採集された底生動物の湿重量(g/m<sup>2</sup>)と汀線付近の水質、波打ち帯の幅

| 季節          | 春        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 調査年         | 2012 年   | 2013 年   | 2014 年   | 2015 年   | 2016 年   | 2017 年   | 2018 年   | 2019 年   | 2020 年   | 平均       |       |
| 月日          | 5 月 1 日  | 4 月 23 日 | 4 月 23 日 | 4 月 30 日 | 4 月 30 日 | 4 月 25 日 | 4 月 27 日 | 4 月 24 日 | 4 月 28 日 |          |       |
| ナミリソコエビ(計)  | 252.6    | 157.4    | 77.7     | 224.8    | 423.4    | 38.4     | 42.6     | 344.5    | 43.0     | 178.3    |       |
| 長期世代(越冬)群   | 190.7    | 73.0     | 77.5     | 137.6    | 391.4    | 12.4     | 33.1     | 291.2    | 2.4      | 134.4    |       |
| 短期世代(未越冬)群  | 61.9     | 84.4     | 0.2      | 87.2     | 32.0     | 26.0     | 9.5      | 53.3     | 40.6     | 43.9     |       |
| シギシマフクロアミ   | 3.3      | 0        | 10.4     | 0        | 1.3      | 14.7     | 44.8     | 7.1      | 9.8      | 10.2     |       |
| ヒメスナホリムシ    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0.4      | 1.8      | 2        | 3.1      | 12.9     | 2.2      |       |
| ツルゲソコエビ科sp. | 0.2      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |       |
| ハマスナホリガニ    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |       |
| ナミノコガイ      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |       |
| フジノハナガイ     | 16.9     | 9.6      | 0        | 0        | 582.8    | 133.4    | 435.3    | 29.3     | 112.8    | 146.7    |       |
| 多毛綱sp.      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |       |
| 水温(℃)       | 21.0     | 14.0     | 16.0     | 19.5     | 14.6     | 16.8     | 16.4     | 15.8     | 17.2     | 16.8     |       |
| pH          | 8.11     | 8.03     | 8.17     | 8.13     | 8.05     | 8.17     | 8.23     | 8.18     | 7.98     | 8.12     |       |
| 塩分量(‰)      | 28.72    | 33.81    | 33.52    | 31.55    | 33.34    | 34.41    | 30.5     | 33.61    | 32.34    | 32.42    |       |
| 波打ち帯幅 (m)   | 2.1      | 4.9      | 2.8      | 2.8      | 4.2      | 2.8      | 2.1      | 2.1      | 2.1      | 2.9      |       |
| 季節          | 秋        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |       |
| 調査年         | 2011 年   | 2012 年   | 2013 年   | 2014 年   | 2015 年   | 2016 年   | 2017 年   | 2018 年   | 2019 年   | 2020 年   | 平均    |
| 月日          | 9 月 13 日 | 9 月 20 日 | 9 月 19 日 | 9 月 19 日 | 9 月 24 日 | 10 月 3 日 | 10 月 3 日 | 9 月 27 日 | 9 月 17 日 | 10 月 1 日 |       |
| ナミリソコエビ(計)  | 113.4    | 86.4     | 72.2     | 37.7     | 158.7    | 20.4     | 59.7     | 91.5     | 87.5     | 245.3    | 97.3  |
| 長期世代(越冬)群   | 0.0      | 0        | 0.0      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0     |
| 短期世代(未越冬)群  | 113.4    | 86.4     | 72.2     | 37.7     | 158.7    | 20.4     | 59.7     | 91.5     | 87.5     | 245.3    | 97.3  |
| シギシマフクロアミ   | 0        | 0        | 0        | 0.2      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0     |
| ヒメスナホリムシ    | 0        | 0        | 0.2      | 0        | 0        | 0        | 0.4      | 0        | 0        | 0        | 0.1   |
| ツルゲソコエビ科sp. | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0     |
| ハマスナホリガニ    | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0     |
| ナミノコガイ      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0     |
| フジノハナガイ     | 0        | 0        | 0        | 0        | 8.4      | 0        | 2.4      | 0.2      | 22.9     | 0        | 3.4   |
| 多毛綱sp.      | 0.4      | 1.1      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0.2   |
| 水温(℃)       | 30.2     | 28.1     | 27.2     | 24.5     | 22.3     | 23.7     | 22.2     | 24.0     | 27.3     | 26.2     | 25.6  |
| pH          | 8.02     | 8.09     | 8.07     | 8.11     | 8.05     | 8.17     | 8.27     | 8.01     | 8.27     | 8.32     | 8.14  |
| 塩分量(‰)      | 32.08    | 31.73    | 34.43    | 30.9     | 33.98    | 32.59    | 31.19    | 32.61    | 29.91    | 29.22    | 31.86 |
| 波打ち帯幅 (m)   | 2.8      | 7.7      | 5.4      | 9.0      | 1.4      | 2.1      | 4.9      | 2.8      | 2.8      | 2.1      | 4.1   |

2018 年はその存在が確認できていたが、2019 年には波浪の影響により埋没したようで、どこに設置されているかわからない状態になった。2020 年の調査時も同様であった。

今後もこの調査を継続し、また必要に応じて調査回数や場所を増やし、見守りたいと考えている。

## 文献

- 環境省, 2006: 第 7 回自然環境保全基礎調査, 生物多様性調査種の多様性調査(石川県一能登地域)報告書. 環境省自然保護局, 生物多様性センター, 36pp.+資料編.
- 環境省, 2007: 第 7 回自然環境保全基礎調査, 生物多様

- 性調査種の多様性調査(石川県)報告書, 石川県の砂浜海岸における生態学的基礎調査(能登地域), 第1章. 環境省自然保護局, 生物多様性センター, pp.1-55.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2008: 石川県の砂浜海岸のモニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (13): 89-90.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2009: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (14): 42-43.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2010: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (15): 39-40.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2011: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (16): 39-42.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2012: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (17): 42-46.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2013: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (18): 45-49.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2014: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (19): 19-24.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2015: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (20): 25-30.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2016: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (21): 29-35.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2017: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (22): 21-27.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2018: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (23): 43-49.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2019: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (24): 40-47.
- のと海洋ふれあいセンター年次報告, 2019: 石川県の砂浜海岸における底生動物モニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告, (25): 58-65.



かほく市高松の調査地点, 2020年4月28日撮影



かほく市高松の調査地点, 2020年10月2日撮影



志賀町甘田の調査地点, 2020年4月28日撮影



志賀町甘田の調査地点, 2020年10月2日撮影



宝達志水町今浜の調査地点, 2020年4月28日撮影



宝達志水町今浜の調査地点, 2020年10月2日撮影



羽咋市千里浜の調査地点, 2020年4月28日撮影



羽咋市千里浜の調査地点, 2020年10月2日撮影

## II-石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査

のと海洋ふれあいセンターは石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査として、2015(平成27)年と2016(平成28)年に外浦海岸に6地点、七尾湾を含む内浦海岸に6地点の合計12地点において、各海岸に優占的に生息する代表的な種類や特徴的な動物と海藻草類について、その生息状況の概要を把握する調査を行った(のと海洋ふれあいセンター, 2016;2017)。今回、3順目となるモニタリング調査として、外浦海岸5地点と内浦海岸1地点を調査したのでその結果を報告する。

### 調査場所

調査したのは越前加賀海岸国定公園の加賀市片野、能登半島国定公園の志賀町大島と赤住、珠洲市長橋とシヤク崎、能登町越坂の6地点である(図1)。

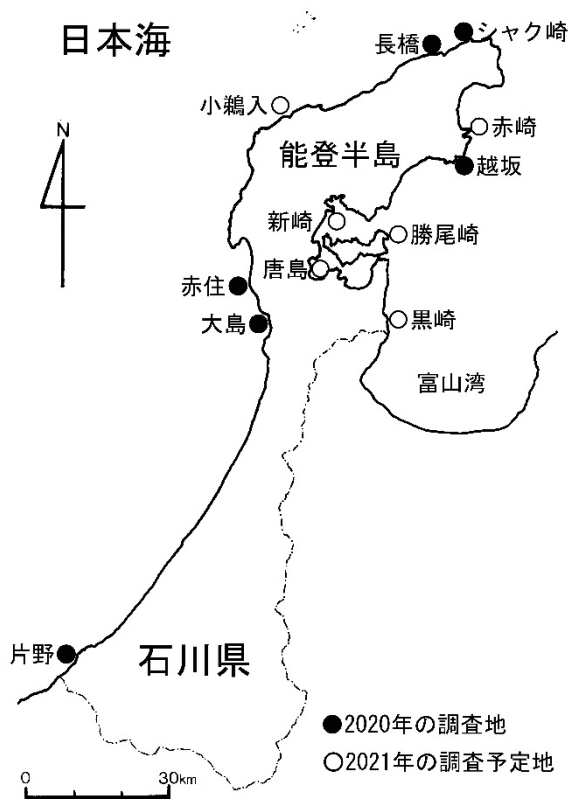


図1 岩礁海岸のモニタリング調査地点

### 材料と方法

前報告(のと海洋ふれあいセンター, 2016;2017)の方法と項目に従い、調査票(付表1-3)を使用して行った。

- (1) 海岸における調査範囲は海岸の形状や地形にあわせて各々決めた。例えば片野や長橋のような直線的な海岸は汀線と平行に約50mを、他の海岸では半径約50m以内で露出部と遮蔽部など、認められる海岸環境を網羅するように調査した。
- (2) 調査票には石川県の岩礁海岸に広く分布する動物を潮上帯、潮間帯、潮下帯ごとに列記し、各種の生息量を4段階(多い◎、よく見つかる○、探せば見つかる△、見つからない×)に分けて記録した。海藻草類の生育状況は表面的優占種と下草の観察を行い、その生育量を動物と同じ4段階で記録した。
- (3) 各海岸における特徴的な生息種は、その生息・生育状態や周囲の環境を観察・記録するように努めた。また、調査票にリストアップされていない種についても、その生息・生育状態を記録した。
- (4) 経年的な波あたりの強さの変化を把握する指標としてアラレタマキビガイの分布上限を写真撮影で記録した。
- (5) 流出油等の影響を最も受けやすい動物と考えられるカサガイ類(ヨメガカサガイやベッコウガサガイ等)は任意の50個体の殻長を測定した。
- (6) 調査地点とその周辺における海岸の改変状況等を調査票に記録するとともに、写真撮影に努めた。
- (7) 調査は調査時の海水面が年平均潮位に近く、海況の安定しやすい6月に行った。
- (8) 調査は天候や海況の許容範囲を決め、天候が雨、または波浪階級が2以上の日は調査を行わないことにした。
- (9) 調査は主に胴付き長靴を着用し、箱メガネを使って海面から約0.5mの深さまで観察した。

## 結果

各調査海岸とも前回の調査(のと海洋ふれあいセンター, 2016, 2017)以降における後背地の護岸整備や沖合での人工リーフ、消波ブロック等の設置はなかった。

各海岸の調査日と観測した水質、ならびに海岸岩礁の基質(鮎野, 1993)を表 1 に、カサガイ類の生息量を表 2

に示す。また、観察された動物と海藻草類の生息・生育状況を表 3、4 に示す。ただし、調査票に記載されていない種についてはここでは省略した。各調査地点の景観と調査範囲の概略図を図 2-7 に、各調査地点におけるカサガイ類の殻長組成を図 8 に、そしてアラレタマキビガイの分布上限を撮影した写真を図 9-14 に示す。

表 1 各調査地点の調査日と水温、塩分量、pH、ならびに海岸岩礁の基質

| 調査地点    | 標準地域メッシュコード | 調査日時           | 水温   | 塩分量(‰) | pH   | 海岸岩礁の基質   |
|---------|-------------|----------------|------|--------|------|-----------|
| 加賀市片野   | 5436-3282   | 2020 年 6 月 2 日 | 21.7 | 34.63  | 7.99 | 泥岩質堆積岩    |
| 志賀町大島   | 5536-3681   | 2020 年 6 月 3 日 | 22.3 | 34.56  | 8.11 | 安山岩質火成岩   |
| 志賀町赤住   | 5536-4567   | 2020 年 6 月 3 日 | 22.0 | 34.45  | 8.03 | 安山岩質火成岩   |
| 珠洲市長橋   | 5637-2103   | 2020 年 6 月 9 日 | 21.3 | 35.06  | 7.85 | 安山岩溶岩・火砕岩 |
| 珠洲市シャク崎 | 5637-2231   | 2020 年 6 月 9 日 | 19.5 | 35.18  | 7.90 | 安山岩質火成岩   |
| 能登町越坂   | 5537-7169   | 2020 年 6 月 9 日 | 26.5 | 34.50  | 8.29 | 凝灰岩質堆積岩   |

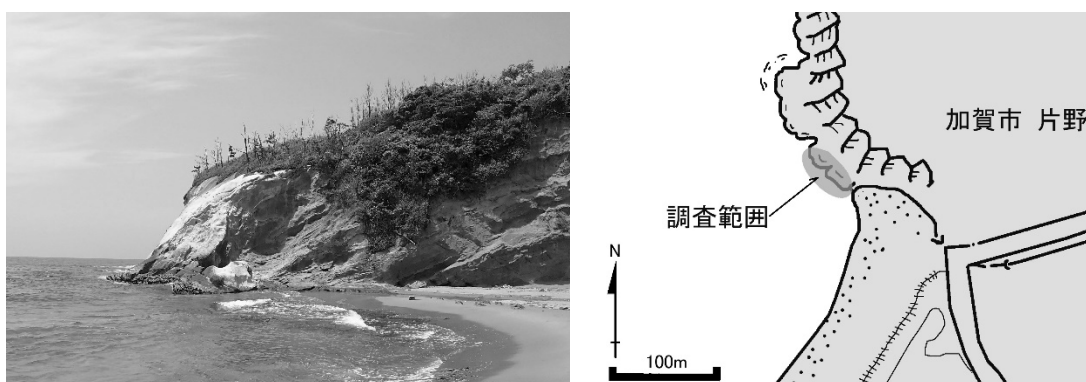


図 2 加賀市片野の調査地点

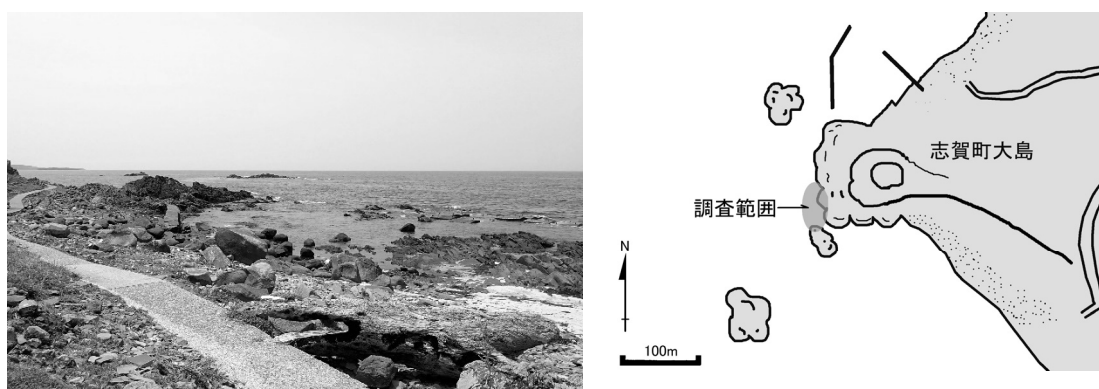


図 3 志賀町大島の調査地点



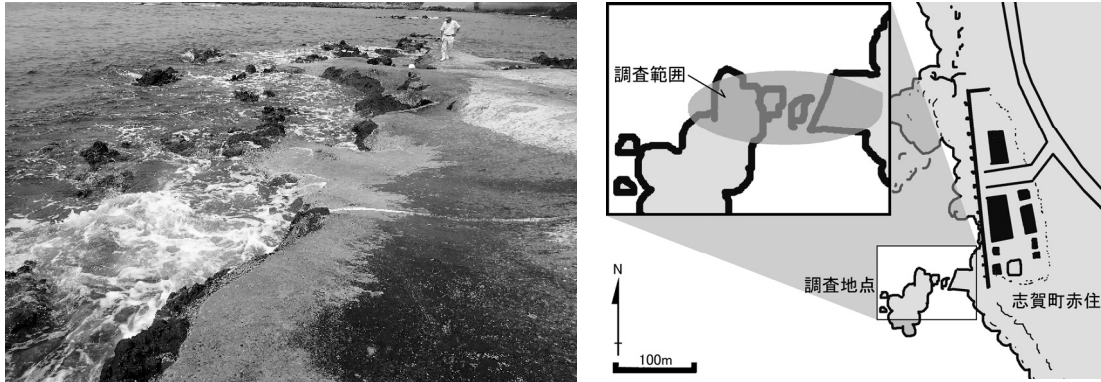


図 4 志賀町赤住の調査地点

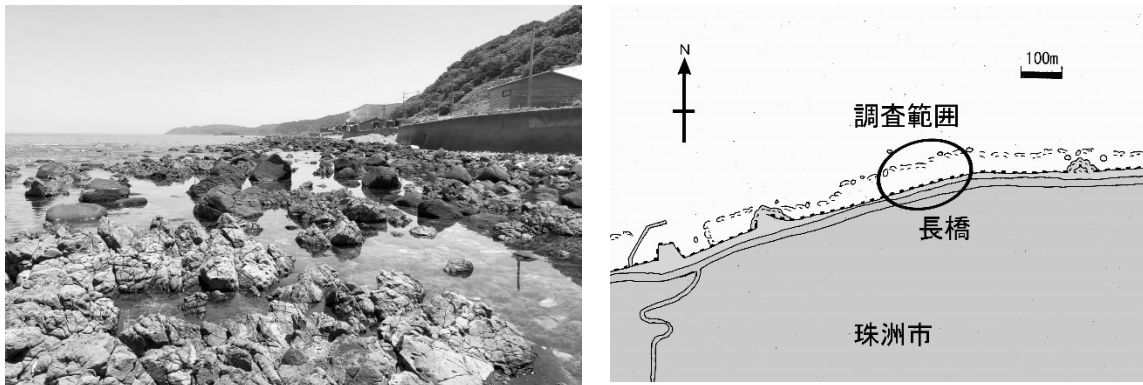


図 5 珠洲市長橋の調査地点

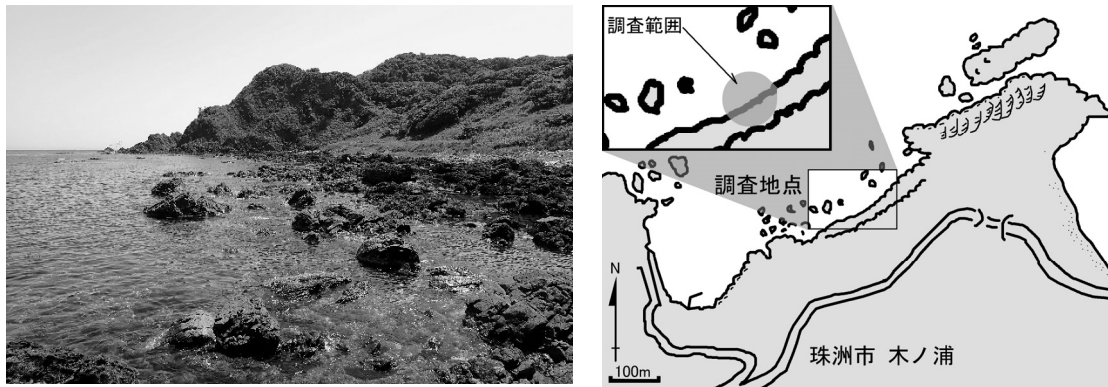


図 6 珠洲市シャク崎の調査地点

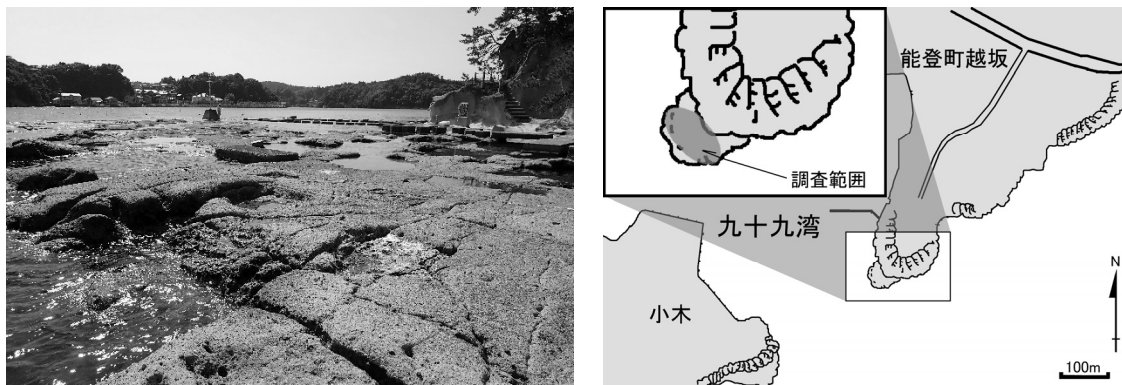


図 7 能登町越坂の調査地

表 2-1 各調査地点における 25cm 方形枠内に含まれたカサガイ類の個体数

| 種名       | 片野  |    | 大島  |   |   |     |   |   | 赤住  |    |     |   |   |
|----------|-----|----|-----|---|---|-----|---|---|-----|----|-----|---|---|
|          | 露出部 |    | 露出部 |   |   | 遮蔽部 |   |   | 露出部 |    | 遮蔽部 |   |   |
| ベッコウガサガイ | 25  | 25 | —   | — | — | —   | — | — | 7   | 14 | 13  | — | — |
| ヨメガカサガイ  | —   | —  | 4   | 4 | 6 | 6   | 4 | — | —   | —  | 6   | 4 | — |

表 2-2 各調査地点における 25cm 方形枠内に含まれたカサガイ類の個体数

| 種名       | 長橋  |   |     |    |   | シャク崎 |    |     |   |   | 越坂  |    |     |   |   |
|----------|-----|---|-----|----|---|------|----|-----|---|---|-----|----|-----|---|---|
|          | 露出部 |   | 遮蔽部 |    |   | 露出部  |    | 遮蔽部 |   |   | 露出部 |    | 遮蔽部 |   |   |
| ベッコウガサガイ | 8   | — | —   | 12 | — | 8    | 16 | 31  | — | — | 20  | 28 | 41  | — | — |
| ヨメガカサガイ  | —   | 8 | 12  | —  | 5 | —    | —  | —   | 7 | 6 | —   | —  | —   | 6 | 5 |

### 加賀市片野

調査地点の海岸岩礁の基質は泥岩質堆積岩で、南には海水浴場に利用されている砂浜がある。この砂浜と調査地点の間には小河川の流入がある(図 2)。今回の調査時は波浪がやや強かったため海水に濁りがあり、潮下帯の観察は難しかった。

潮上帯におけるアラレタマキビガイ、潮間帯のヨメガカサガイの生息量はやや少ないが、汀線付近には小型のムラサキインコが群生し、小型のベッコウガサガイが優占するという、本県の他の海岸では見られない特徴を維持していた。今回はカモガイとカメノテが良く目についた。一方、前回と同様に今回の調査でも、クロヅケガイは見つけられなかった。

潮下帯ではイソモクとワカメ、下草はピリヒバが優占していた。また、パッチ状にウミトラノオやアカモクが生育し、潮間帯には見られなかったものの近傍の岩礁の上面平坦部では、エビアマモが観察された。

### 志賀町大島

調査地点の海岸岩礁の基質は安山岩質火成岩で、中には海面に露出した岩礁があるため、調査場所の周辺は波当たりが若干弱くなっている(図 3)。今回の調査時は波浪が比較的穏やかだったため、潮下帯の観察がよくできたと考えている。

潮上帯ではアラレタマキビガイとタマキビガイ、カメノテ、カモガイが、潮間帯ではベッコウガサガイとヨメガカサガイ

イ、イシダミガイが多かった。ところが、クロフジツボとイワフジツボ、ケガキ、そしてウノアシガイの 4 種を見つけることができなかった。後日、7 月 31 日に再調査を行ったが、これらの生息は確認できなかった。本調査地点にはこれらが生息していない可能性が有るので、今後も注意して調査したいと考えている。一方、イシダミガイとクボガイが良く見つかった。波浪が弱く、水面下が良く観察できたためではないかと考えられる。前回調査と同じ潮溜りでキクメイシモドキの生息が確認できた。また、ウミナナも個体数は少ないものの生息が確認できた。

潮上帯にはウミゾウメンとシオグサ類が生育し、前回調査と同様にウミゾウメンはカサガイ類にも着生することでよく目についた。潮下帯では露出部ではワカメとイソモクが優占しており、トゲモクやアカモクなどはパッチ状に生育し、下草はピリヒバが主体であった。遮蔽部で波当たりの弱い場所ではフシスジモクやウミトラノオが優占していて、キクメイシモドキの近傍でスギモクが観察された。

### 志賀町赤住

調査地点の海岸岩礁の基質は安山岩質火成岩で、周辺の岩礁上面はアマノリ類の採取を目的としたコンクリートが打設されている(図 4)。今回の調査時は波浪が比較的穏やかだったため、潮下帯の観察がよくできたと考えている。

潮上帯ではアラレタマキビガイとタマキビガイ、カメノテが目についたが、イワフジツボが少なく、クロフジツボは

見つからなかった。また、ムラサキインコガイとケガキも見つからなかった。潮間帯ではヨメガカサガイとベッコウガサガイ、インダミガイが良く目についたが、イボニシが少なく、スガイとクロヅケガイ、ウミナは見つからなかった。このように、各種の生息数が変わるのは、環境の変化によるものなのか、調査時の波浪の影響なのか定かではないが、注意深く観察を継続したいと考えている。なお、珠洲市のシャク崎以外で、ウメボシソギンチャクの生息が初めて確認された。

波当たりの強い露出部の潮上帯ではウミゾウメンが優占し、シオグサ類とアオサ類が混生していた。潮下帯にはイソモクが優占し、アカモクやワカメ、トゲモクがパッチ状に生育し、下草はピリヒバや無節サンゴモが優占していた。遮蔽部では潮上帯をウミトラノオが、潮下帯をフシスジモクが優占し露出部と同様アカモクやワカメがパッチ状に生育していた。下草はピリヒバよりもマクサが優占しているようであったが藻体は小型のものが多くようであった。ヒジキは前回同様海岸近くの潮溜まりで直径 50 cm ほどの範囲で生育が確認できた。

### 珠洲市長橋

海岸岩礁の基質は安山岩質溶岩・火砕岩で灰色から黒色を呈している。直径約 1 から 5 m 位の岩が点在する巨礫転石浜の形態を示し、岸側は直径数 10 cm の転石が見られる。沖側は緩やかに深くなっている(図 5)。

潮上帯ではアラレタマキビガイとタマキビガイ、カメノテは多かったが、前回までと同様にクロフジツボとイワフジツボ、そしてムラサキインコガイとケガキが見つけれなかった。潮間帯ではヨメガカサガイとベッコウガサガイが前回と同様に多かった。ヒザラガイとオオヘビガイは比較的目についたが、ウノアシガイは局所的に見つかるという偏りが認められた。潮下帯ではインダミガイが多く、クロヅケガイも護岸から淡水がしみ出ている付近の直径数 10 cm の転石部に集中して多数が確認できた。

波当たりの強い露出部の潮上帯では、もっとも上部にウミゾウメンが優占し、次いでシオグサ類とアオサ類、ミツデソゴとヘラヤハズ、ネバリモなどが混生していた。潮下帯ではアカモクやワカメがパッチ状に生育し、下草はピリヒバが主体であった。遮蔽部では潮上帯でクロフノリがよく目についた。潮下帯ではヤツマタモクやイソモク、ウミ

トラノオが優占し、ヤツマタモクにはモズクの着生が見られた。

### 珠洲市シャク崎

調査地点は安山岩質火成岩で、海岸部は岩盤と巨礫で形成されている(図 6)。

潮上帯ではアラレタマキビガイとタマキビガイ、カメノテが多く、潮間帯ではヨメガカサガイとベッコウガサガイが優占していた。ただし、クロフジツボとムラサキインコガイ、ケガキが見つからず、イワフジツボも少なかった。この調査地点はカメガイの生息数が少ない場所であるが、これは海岸岩礁の基質の影響であろうと思われる。遮蔽部の潮間帯ではヨメガカサガイとベッコウガサガイ、インダミガイ、スガイが良く目についた。また、ウノアシガイも目についた。そして、岩と岩の間隙にはウメボシソギンチャク、後背地の水溜まりでウミナが生息が確認できた。

露出部の潮上帯では、広くウミゾウメンが優占し、潮間帯には波当たりの強い場所でハバノリとシオグサ類が生育していた。同様に潮下帯の最も波当たりの強い場所ではナラサモが優占し、次に強い場所ではイソモクやトゲモク、アカモクやワカメがパッチ状に生育していた。潮下帯下部にはヤナギモクが目についた。下草はピリヒバやヒライボなどの無節サンゴモが主体であった。遮蔽部ではウミトラノオが優占し、海水流動の比較的大きな場所ではクロフノリがよく目についた。岸近くで真水の流入する場所ではアオサ類やカタノリが生育していたが、藻体は全体的に小型で、目立たなかった。

### 能登町越坂

調査地点の海岸岩礁の基質は軽石凝灰岩で、波食台の随所に水路や潮だまりが形成されていて、露出海岸と遮蔽海岸の双方がモザイク状に繰り返す複雑な海岸線を形成している(図 7)。

潮上帯では生息数は少ないもののアラレタマキビガイが、潮間帯では露出部でベッコウガサガイが優占し、遮蔽部ではヨメガカサガイとウノアシガイが目についた。オオヘビガイにカラマツガイ、ウノアシガイ、インダミガイ、スガイなどの生息数が多いのもこの調査地点の特徴である。また、潮下帯のホンダワラ類の着生する随所の岩肌にはムツサンゴが密生しているが、この生息範囲や個虫

の密度に変化は認められなかった。キクメイシモドキの生息状況にも変化は見られなかった。

露出部の潮上帯はウミゾウメンが優占し、潮間帯上部にはシオグサ類とアオサ類がパッチ状に、下部にはカゴメノリやフクロノリがよく目についた。ミツデソノやヘラヤハズ、マクサやミルなどは小型のものが多かった。潮下帯ではイソモクが優占し、ヤナギモクやツルアラメはパッチ状に観察された。下草はピリヒバやヒライボなどのサンゴモ類が主体であった。遮蔽部の潮間帯上部でウミトラノオが、潮間帯下部ではフシスジモクが優占し、下草はマクサや無節サンゴモが主体であった。湾口部には幅 30 cm ほどのヒジキの群落があり、前回調査と比べてその大きさに変化はなかった。

## 総括

本調査は石川県における各地の岩礁海岸の特徴を捉えることを主な目的とし、写真撮影と優占的に生息する種を対象として簡便で省力的な方法により、各海岸の調査時間を調査員 2 名で概ね 1 時間前後で行った。ただし、調査日の天候や海況の許容範囲を決めないと、特に潮下帯における観察結果に違いが生じるので、今後はこの点にも配慮して調査を実施したいと考えている。また調査票にもあるように、各種の生息状況を露出部と遮蔽部に分けて記録するようにしているが、結果的には両者を分けることなく、各海岸の調査範囲を決めて観察・記録した。カサガイ類の生息量についても各海岸の代表的な場所で片野は露出部 2 ヶ所だけ、その他は露出部 3 ヶ所と遮蔽部 2 ヶ所で観察した。

まずカサガイ類の生息個体数について、今回の調査では大島では沖合に岩礁が点在していて、露出部とした場所も遮蔽部的な環境にあるため、ベッコウカサガイが含まれなかったものと判断できる(表 2)。なお、この大島ではベッコウカサガイの生息量は少なくない(表 3)。今回調査した 6 ヶ所におけるカサガイ類の生息個体数は比較的類似した結果が得られたものと判断できる(表 2)。

波あたりの強さの程度を把握するために行ったアラレタマキビガイの分布上限は各調査地点とも前回とほぼ変わりがなかった(図 9-14)。

前回までの調査により、カサガイ類の殻長組成は調査地点の遮蔽部と露出部の構成度合や海岸岩礁の基質に応じて変化し、その海岸の特徴を示す指標となることが明らかとなった。各調査地点におけるカサガイ類の殻長組成は特に大きな変化はなく、殻長 6 mm 程度の小型個体から殻長 40 mm 程度の大型個体が観察できた。

この中で、まず片野のベッコウカサガイは、前回の調査までは殻長が 15 mm 以下の小型個体と殻長 20-25 mm 程度の中型個体で構成される双峰型の殻長組成を示し、30 mm を超える大型個体が少ない特徴をもつ場所であると考えられていた。しかしながら、今回の調査では、前回まで観察されなかった殻長 16-19 mm の個体が最も多く、双峰型ではなく三峰型とも思われる殻長組成を示した。ただし、殻長 32 mm 以上の個体が見つからない点は同じであった。大型のカサガイ類が少ないのは、海岸岩礁が砂岩質であるからだと考えられる。今後も注意して観察を続けたいと考えている。これ以外の 5 ヶ所はヨメガカサガイを観察し、いずれの調査地点も殻長組成の大きな変化は認められなかった。ただし、長橋では前回の調査で殻長 42 mm 以上の大型個体が多数見つかったが、今回は殻長 42 mm 以上の個体は観察されなかった。

前回の調査から特に越坂では継続的に海藻のマクサについての生育状況を観察している。冬期、潮位が下がり干出したサンゴモ類が枯死するが、同様にマクサなどの潮下帯に生育する海藻類も枯死もしくは生育が制限されるようである。その消長は年によって変化するため、越坂のマクサの状況は前回調査とほとんど変わらないものの、その状況を把握しつつ観察し続ける必要があると考える。

今後も改良を加え、本県における岩礁海岸の動植物の生息状況と海岸の改変状況について、モニタリング調査を継続して行いたいと考えている。

## 文献

- 鮎野義夫, 1993: 石川県地質誌. 321 pp., 金沢市。  
 のと海洋ふれあいセンター, 2009: のと海洋ふれあいセンター年次報告, II-石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報

告 (14):45-52.

のと海洋ふれあいセンター, 2012: のと海洋ふれあいセンター年次報告, I-石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告 (17):35-41.

のと海洋ふれあいセンター, 2016: のと海洋ふれあいセンター年次報告, II-石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告

告 (21):36-44.

のと海洋ふれあいセンター, 2017: のと海洋ふれあいセンター年次報告, II-石川県の岩礁海岸におけるモニタリング調査. のと海洋ふれあいセンター研究報告 (22):28-36.

吉田忠生・吉永一男, 2015. 日本産海藻目録(2015 年改訂版). 藻類, 63(3):129-189.

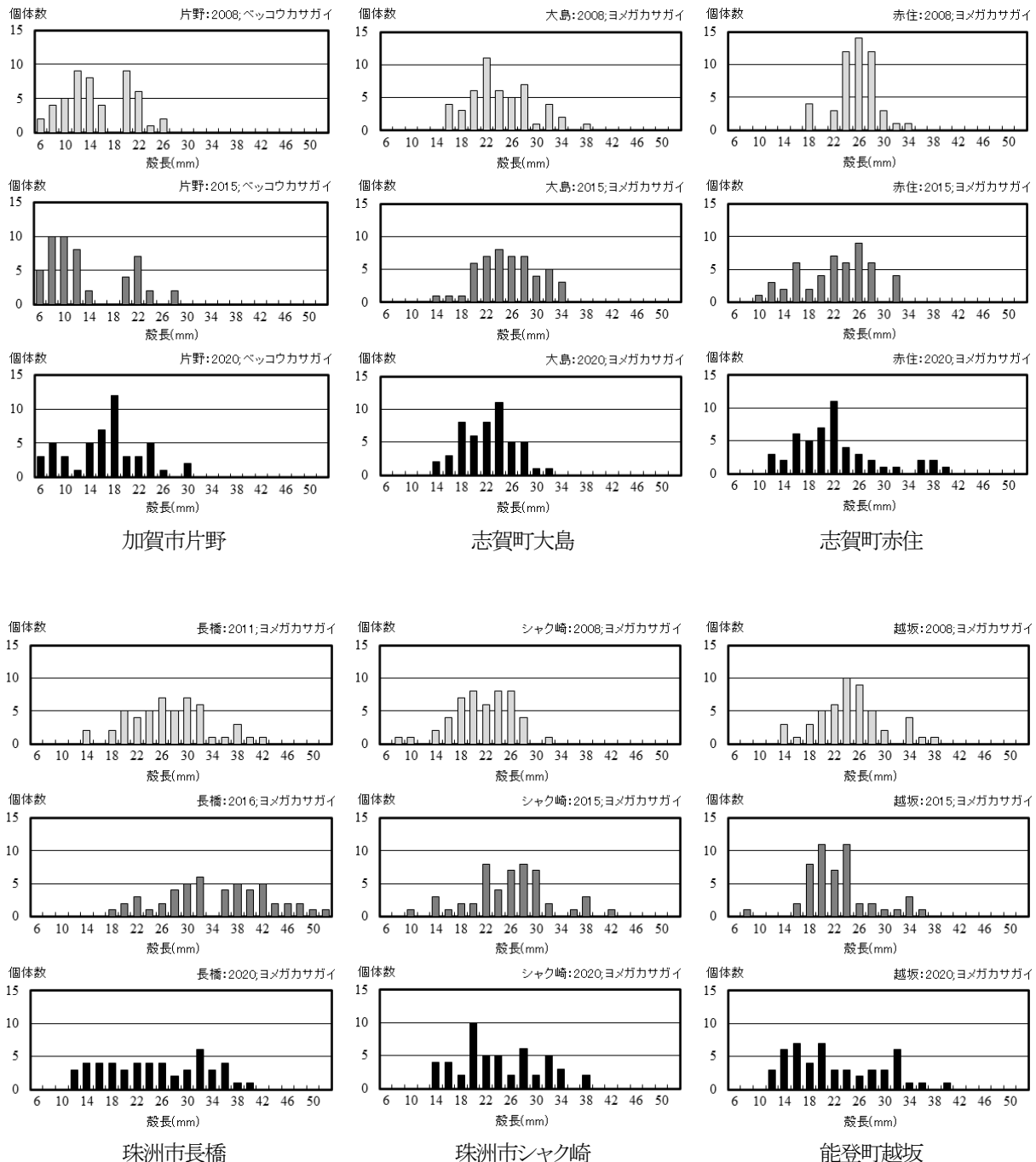


図 8 岩礁海岸で観察されたカサガイ類の殻長組成の変化



図 9 加賀市片野におけるアラレタマキビガイの分布上限



図 10 志賀町大島におけるアラレタマキビガイの分布上限



図 11 志賀町赤住におけるアラレタマキビガイの分布上限



図 12 珠洲市長橋におけるアラレタマキビガイの分布上限



図 13 珠洲市シャク崎のアラレタマキビガイの分布上限



図 14 能登町越坂におけるアラレタマキビガイの分布上限

表 3 各調査地点で観察された石川県の潮間帯における主要な動物の生息量

| 調査地点                    | 片野   |      |      | 大島   |      |      | 赤住   |      |      | 長橋   |      |      | シヤク崎 |      |      | 越坂   |      |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 種名／調査年                  | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2011 | 2016 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 |
| 1 アラレタマキビガイ             | △    | ○    | △    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    |
| 2 タマキビガイ                | ×    | ×    | ×    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    |
| 3 クロフジツボ                | △    | ○    | △    | △    | △    | ×    | ○    | ○    | ×    | ×    | ×    | ×    | ○    | ○    | ×    | △    | ○    | △    |
| 4 イワフジツボ                | ○    | △    | △    | ○    | ○    | ×    | ◎    | ◎    | △    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | △    | ○    | △    | △    |
| 5 カモガイ                  | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | △    | △    | △    | ○    | ○    | △    |
| 6 カメノテ                  | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | △    | △    | △    |
| 7 ムラサキインコ               | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ×    | △    | △    | △    |
| 8 ケガキ                   | △    | ×    | ×    | △    | △    | ×    | △    | △    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ×    | ○    | ○    | ○    |
| 9 オオヘビガイ                | △    | ×    | ×    | △    | △    | ○    | △    | △    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    |
| 10 カラマツガイ               | ○    | ○    | ○    | △    | △    | ×    | △    | △    | ○    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | △    | ○    | △    | ◎    |
| 11 ヒザラガイ                | ○    | ○    | △    | △    | △    | △    | ○    | ○    | △    | ×    | △    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 12 <i>Anthopleura</i> 属 | ○    | ○    | ◎    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    | △    | △    | ○    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    |
| 13 ミドリイソギンチャク           | ×    | △    | ×    | ×    | △    | ×    | ×    | △    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ×    | ○    | ○    | ○    |
| 14 ヨメガカサガイ              | ○    | ×    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    |
| 15 ベッコウカサガイ             | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    |
| 16 ウノアシガイ               | △    | ○    | ○    | △    | △    | ×    | △    | ○    | ○    | ×    | △    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ◎    |
| 17 インダタミガイ              | ×    | ×    | ×    | ○    | ○    | ◎    | △    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    |
| 18 イボニシ                 | △    | △    | ×    | ○    | △    | △    | ◎    | ○    | △    | △    | △    | ○    | △    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    |
| 19 スガイ                  | ×    | ×    | ×    | △    | △    | △    | △    | △    | ×    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    |
| 20 オオコンダカガナガラ           | △    | ×    | ×    | △    | △    | ○    | △    | △    | ○    | ◎    | ○    | ○    | △    | △    | ○    | ○    | △    | ○    |
| 21 コンダカガナガラ             | —    | —    | ×    | —    | —    | △    | —    | —    | △    | △    | ○    | ○    | —    | —    | △    | —    | —    | ○    |
| 22 クボガイ                 | △    | ×    | ×    | △    | △    | ◎    | △    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | ○    |
| 23 アオガイ                 | —    | —    | ×    | —    | —    | △    | —    | —    | △    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | △    |
| 24 コウダカアオガイ             | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 25 レインガイ                | ○    | ○    | ×    | △    | △    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | △    | ○    | △    | △    | △    | ○    | △    | ○    |
| 26 アサリ                  | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ×    | △    | △    | ×    | —    | —    | ×    | △    | △    | ×    | △    | △    | ×    |
| 27 ムラサキウニ               | △    | △    | ×    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ×    | ×    | ×    | ○    | △    | △    | ○    | ○    | ○    |
| 28 ウミナナ*                | ×    | ×    | ×    | △    | △    | △    | △    | △    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ○    | △    | ×    | △    |
| 29 ホソウミナナ*              | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 30 カリガネエガイ*             | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 31 キクメイシモドキ*            | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ◎    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ○    | △    | △    |
| 32 クロヅケガイ*              | △    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ○    | △    | ×    | ×    | ◎    | ◎    | ○    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    |
| 33 ウミボシイソギンチャク*         | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | ○    | ×    | ×    | ×    |

\* 印は調査地における特徴的生息種、または希少種を示す

表 4 各調査地点で観察された石川県の潮間帯における主要な海藻草類の生育量

| 調査地点       | 片野   |      |      | 大島   |      |      | 赤住   |      |      | 長橋   |      |      | シヤク崎 |      |      | 越坂   |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 種名／調査年     | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2011 | 2016 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 | 2008 | 2015 | 2020 |
| 1 シオグサ属    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 2 アオサ属     | ○    | ○    | ○    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | △    | ○    | ○    | ○    | ×    | ○    | ◎    | ◎    |
| 3 ウミゾウメン   | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    |
| 4 イソダソウ    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | △    | ○    | ○    | ○    | ×    | ×    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 5 ビリヒバ     | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ×    | ○    | △    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 6 ヒライボ     | ×    | ×    | ×    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ×    | ○    | △    | ○    | △    | △    | ○    | △    | ○    |
| 7 無節サンゴモ類  | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    |
| 8 ハバノリ     | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    | ×    | ×    | ×    | ○    | △    | △    | ×    | ×    | ×    |
| 9 ナラサモ     | △    | △    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    | △    | ×    | ×    | △    | ◎    | ○    | △    | ×    | ×    | ×    |
| 10 ミツデソノ   | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 11 フクロノリ   | △    | ○    | ×    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 12 カゴメノリ   | △    | ×    | ×    | ○    | ×    | △    | ○    | ○    | ○    | ×    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ◎    |
| 13 ミル      | △    | ○    | ×    | △    | ○    | ×    | △    | △    | △    | ×    | △    | △    | △    | △    | △    | △    | △    | △    |
| 14 マクサ     | ○    | △    | ×    | ○    | ○    | △    | ◎    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | ◎    | ○    | △    |
| 15 ウミトラノオ  | △    | △    | △    | ○    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ◎    | △    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 16 イノモク    | ◎    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | △    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ◎    | ◎    | ○    |
| 17 アカモク    | △    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ×    | ×    | ○    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ○    |
| 18 トゲモク    | △    | △    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 19 フシスジモク  | ×    | ×    | △    | ○    | ○    | ○    | △    | ○    | △    | ◎    | ◎    | ○    | △    | △    | ○    | ◎    | ○    | ○    |
| 20 ワカメ     | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ◎    | ○    | ○    | ×    | ○    | ◎    | ◎    | ◎    | ○    | ○    | ○    |
| 21 ジョロモク   | ×    | ×    | ×    | —    | —    | △    | —    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | —    | △    | △    | —    | △    | △    |
| 22 ミヤベモク   | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | ○    | ○    | ○    | —    | —    | ×    | —    | △    | △    |
| 23 マメタワラ   | ×    | ×    | ×    | —    | —    | △    | —    | —    | △    | ○    | ○    | ○    | ○    | △    | △    | —    | △    | △    |
| 24 ヤツマタモク  | ×    | ×    | ×    | —    | ○    | △    | —    | —    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    | ○    |
| 25 ヨレモク    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    | △    | △    | △    | —    | —    | ×    | △    | △    | △    |
| 26 ツノマタ属   | ×    | ×    | ×    | —    | ○    | ◎    | —    | ○    | △    | ×    | ○    |      | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 27 アミジグサ   | ×    | ○    | ×    | —    | ○    | △    | —    | ○    | △    | △    | ○    | ×    | —    | ◎    | △    | ○    | △    | △    |
| 28 クロソノ    | ×    | ×    | ×    | —    | ×    | ×    | —    | △    | △    | ×    | ○    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 29 ウスユキウチワ | ×    | ×    | ×    | —    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | ×    | ×    | ×    | —    | —    | ×    | —    | —    | ×    |
| 30 アマモ     | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    |
| 31 スゲアマモ   | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    |
| 32 エビアマモ*  | △    | ○    | ○    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | ×    | ×    | ×    |
| 33 ヒジキ*    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ○    | ○    | ○    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | ×    | △    | △    | △    |

\* 印は調査地における特徴的生息種、または希少種を示す



付表 1 岩礁海岸モニタリング調査の調査票 ①（一般項目とカサガイ類）

[illegible]

付表 2 岩礁海岸モニタリング調査の調査票 ② (動物)

原稿

| 調査日時：                                             |    | 調査場所： |            |  |  |
|---------------------------------------------------|----|-------|------------|--|--|
| 岩礁モニタリング調査 野帳                                     |    |       |            |  |  |
| <br>動物の生息状況<br>(◎：多い、○：よく見つかる、△：探せば見つかる、×：見つからない) |    |       |            |  |  |
| 種名                                                | 露出 | 遮蔽    | 備考         |  |  |
| 種名                                                | 露出 | 遮蔽    | 備考         |  |  |
| <b>主要種</b>                                        |    |       |            |  |  |
| アラレマキビガイ                                          |    |       | ヨロイソギンチャク  |  |  |
| タマキビガイ                                            |    |       | ミドリソギンチャク  |  |  |
| クロフジツボ                                            |    |       | ヨメガカサガイ    |  |  |
| イワフジツボ                                            |    |       | ベッコウカサガイ   |  |  |
| カモガイ                                              |    |       | ウノアンガイ     |  |  |
| カメナラ                                              |    |       | インダネミ      |  |  |
| ムラサキイシコ                                           |    |       | イホニシ       |  |  |
| ケガキ                                               |    |       | スガイ        |  |  |
| オオヘビガイ                                            |    |       | オオコンダカガンガラ |  |  |
| カラマツガイ                                            |    |       | クボガイ       |  |  |
| カラマツガイの群塊                                         |    |       | レイソガイ      |  |  |
| ヒザラガイ                                             |    |       | アサリ        |  |  |
|                                                   |    |       | ムラサキウニ     |  |  |
|                                                   |    |       | コンダカガンガラ   |  |  |
|                                                   |    |       | アオガイ       |  |  |
|                                                   |    |       | コウチカアオガイ   |  |  |
| <b>希少種</b>                                        |    |       |            |  |  |
| ウミニナ                                              |    |       |            |  |  |
| ホソウミニナ                                            |    |       |            |  |  |
| カリガ木エガイ                                           |    |       |            |  |  |
| <b>特徴的生息種</b>                                     |    |       |            |  |  |
| クロツケガイ                                            |    |       |            |  |  |
| キクメイシモドキ                                          |    |       |            |  |  |
| ウメボシイソギンチャク                                       |    |       |            |  |  |
| <b>備考欄</b>                                        |    |       |            |  |  |

調査日時：

調査場所：

岩礁モニタリング調査 野帳

海藻草類の生息状況

(◎：多い, ○：よく見つかる, △：探せば見つかる, ×：見つからない)

| 種名     | 露出 | 遮蔽 | 備考 | 種名     | 露出 | 遮蔽 | 備考 |
|--------|----|----|----|--------|----|----|----|
| 主要種    |    |    |    |        |    |    |    |
| シオグサ属  |    |    |    | カゴメノリ  |    |    |    |
| アオサ属   |    |    |    | ヘラヤハズ  |    |    |    |
| ウミゾウメン |    |    |    | ミル     |    |    |    |
| イソダンツウ |    |    |    | マクサ    |    |    |    |
| ビリヒバ   |    |    |    | ウミトラノオ |    |    |    |
| ヒライボ   |    |    |    | イソモク   |    |    |    |
| 無節サンゴモ |    |    |    | アカモク   |    |    |    |
| ハバノリ   |    |    |    | トゲモク   |    |    |    |
| ナラサモ   |    |    |    | フシスジモク |    |    |    |
| ミツデソゾ  |    |    |    | ワカメ    |    |    |    |
| フクロノリ  |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
| 希少種    |    |    |    |        |    |    |    |
| ヒジキ    |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
| 特徴的生息種 |    |    |    |        |    |    |    |
| エビアマモ  |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
|        |    |    |    |        |    |    |    |
| 備考欄    |    |    |    |        |    |    |    |

### III-九十九湾周辺における気象と水質

#### 1 気象観測

2019年1月1日から12月31日までの1年間、毎週月曜日と年末年始の休館日を除く毎日午前9時に、気象観測として天候、気温、最高・最低気温、降水量、風向、風力、波浪、うねり、潮位の10項目を観測した。また、磯の観察路に定点を定め(図1)、海水の水温と塩分量、pHを測定した。塩分量は赤沼式比重計を用いて比重( $\sigma_{15}$ )を求めて換算し、pHは堀場製作所製カスターニ- ACT pHメーターD-21を用いた。これらの観測結果のうち、気温と降水量、水温、塩分量、pHの5項目については、2019年の月別平均値、ならびに1995年から2018年の24年間に観測した月別平均値の平均値を平年値として、表1と図2-6に示した。表1には磯の観察路で赤潮が観察された日数と荒天のために磯の観察路を通行止めにした月別日数も示した。

2019年の月別平均気温は、平年値と比べて3月と5月、8月、9月、12月が平年より1℃ほど高かったが、4月に約0.8℃低くなったものの、ほぼ平年なみであった。したがって、この年の気温は平年値より高く推移したことになる(表1、図2)。

1月から3月に最低気温は2月14日に-2.2℃が観測



図1 気象観測と水質調査の観測定点

☆、百葉箱設置点;○, 磯の観察路の水質観測定点;●, 水質調査定点;枠内は内浦海城公園地区

されたが、氷点下を記録したのは10日間だけであった。最高気温が0℃未満の真冬日は一日もなかった。2月中旬に寒気の南下があつて約6cmの積雪があつたが、これ以外には1月に2日間だけ2cm未満の積雪を見ただけであった。前年末にまとまった積雪があつたものの、それ以降は積雪が少なくて雨の日が多い、暖かい冬であったと言える。ただし、降水量は少なかった。春一番は立春直後の2月5日に、ウグイスの初鳴きは平年より10日前後早い2月14日に観測された。3月下旬に最低気温が氷点を記録したが、気温は平年より高めに推移した。3月20日に能登町市ノ瀬でツバメが観察された。

4月は特に上旬の気温が低めに推移し、九十九湾園地のソメイヨシノは4月5日に開花、満開は17日頃であった。4月25日に40.0mmの雨量を観測したが、これを除くと降水日と降水量は平年並みであった。ところが、5月になると気温の高い状態が続き、最高気温は7日に22.5℃、27日に27.5℃を観測した。5月21日に33.4mmの雨量を観測したが、好天の日が続き、降水日そして降水量も少なかった。

6月になると曇りまたは雨の日が多くなり、気温の上昇も鈍く、7日頃に梅雨入りとなった。これは平年より5日ほど早かった。そして、6月8日に64.5mm、28日に50.0mm、30日に112.8mmの降水量を観測した。

7月になると、4日に21.6mmの降水量を観測したもののまとまった雨は少なく、曇りや小雨の日が続き、気温は平年並みに推移した。梅雨明けは平年並みの7月24日頃であった。

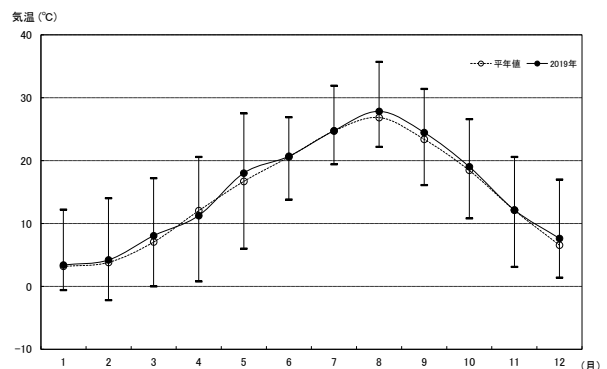


図2 2019年の月別平均気温

●, 2019年(実線は月別の最高気温と最低気温の範囲を示す);○, 1995-2018年の月別平均値

表1 2019年に観測された月別の気温と降水量、磯の観察路における水温と水質、赤潮観察日数、および通行止めの日数と各々の平年値

| 月     | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 気温    | 最高気温の最高値      | 12.2  | 14.0  | 17.2  | 20.6  | 27.5  | 26.9  | 31.9  | 35.7  | 31.4  | 26.6  | 17.0  |
|       | 最低気温の最低値      | -0.6  | -2.2  | 0.0   | 0.8   | 6.0   | 13.8  | 19.4  | 22.2  | 16.1  | 10.8  | 1.4   |
|       | 平均気温          | 3.4   | 4.2   | 8.1   | 11.3  | 18.0  | 20.7  | 24.8  | 27.8  | 24.5  | 19.0  | 12.2  |
|       | 平均気温の平年値      | 3.2   | 3.8   | 7.1   | 12.1  | 16.7  | 20.6  | 24.7  | 26.9  | 23.4  | 18.5  | 6.6   |
| 降水量   | 総降水量          | 119.9 | 73.3  | 105.2 | 113.3 | 54.7  | 279.2 | 72.5  | 177.0 | 34.6  | 144.5 | 90.4  |
|       | 総降水量の平年値      | 204.7 | 125.3 | 129.8 | 115.5 | 112.7 | 156.2 | 234.5 | 157.1 | 207.2 | 140.5 | 197.0 |
|       | 1mm以上降水日数     | 17.0  | 13.0  | 15.0  | 12.0  | 4.0   | 12.0  | 8.0   | 12.0  | 5.0   | 14.0  | 14.0  |
|       | 1mm以上降水日数の平年値 | 19.8  | 16.2  | 14.1  | 10.8  | 9.0   | 8.7   | 10.7  | 8.4   | 11.0  | 9.8   | 19.1  |
| 磯の水温  | 最高水温          | 13.8  | 12.4  | 11.5  | 15.7  | 22.5  | 23.6  | 27.3  | 30.2  | 28.1  | 24.2  | 16.2  |
|       | 最低水温          | 8.2   | 8.4   | 8.0   | 8.6   | 14.0  | 19.8  | 22.5  | 25.6  | 22.7  | 19.6  | 12.8  |
|       | 水温平均          | 12.3  | 10.4  | 10.6  | 12.7  | 17.9  | 21.6  | 24.6  | 28.0  | 25.7  | 21.7  | 14.8  |
|       | 平均水温の平年値      | 11.3  | 9.5   | 9.7   | 12.2  | 16.3  | 20.6  | 24.3  | 27.2  | 25.0  | 21.2  | 14.3  |
| 磯の水質  | 塩分量(%)の平均値    | 3.415 | 3.432 | 3.430 | 3.445 | 3.466 | 3.493 | 3.480 | 3.439 | 3.363 | 3.421 | 3.428 |
|       | 塩分量(%)の平年値    | 3.376 | 3.385 | 3.398 | 3.373 | 3.383 | 3.408 | 3.359 | 3.339 | 3.304 | 3.338 | 3.342 |
|       | pHの平均値        | 8.20  | 8.34  | 8.32  | 8.30  | 8.07  | 7.81  | 7.96  | 8.02  | 8.16  | 8.25  | 8.21  |
|       | pHの平年値        | 8.27  | 8.33  | 8.32  | 8.30  | 8.13  | 8.02  | 8.14  | 8.15  | 8.17  | 8.22  | 8.23  |
| 赤潮    | 観察日数          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|       | 観察日数の平年値      | 0     | 0     | 0.5   | 1.5   | 6.1   | 3.8   | 4.0   | 0.4   | 0     | 0     | 0     |
| 磯の観察路 | 通行止日数         | 0     | 0     | 2     | 0     | 0     | 1     | 0     | 5     | 3     | 9     | 0     |
|       | 通行止日数の平年値     | 2.3   | 1.4   | 1.2   | 0.5   | 1.0   | 1.0   | 1.2   | 1.6   | 2.8   | 2.3   | 2.5   |

(注意) 各平年値は1995年1月から2018年12月までの月毎の平均値、観測は午前9時に行った

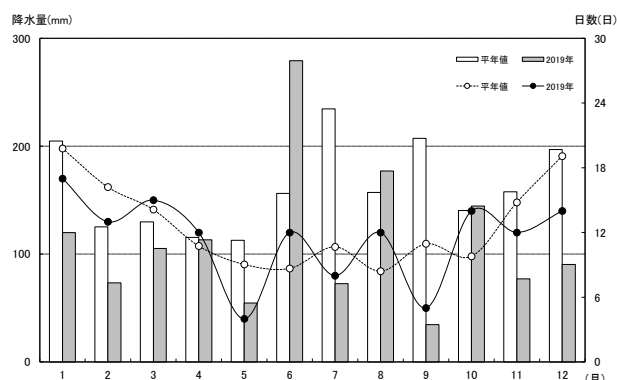


図3 2019年の月別の総降水量と1mm以上の降水日数。総降水量(左目盛り):■, 2019年;□, 1995-2018年の平均値;降水日数(右目盛り):●, 2019年;○, 1995-2018年の平均値

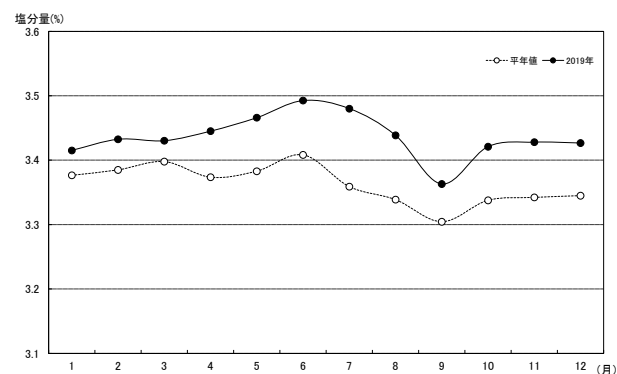


図5 2019年の磯の観察路における月別平均塩分量 ●, 2019年;○, 1995-2018年の月別平均値

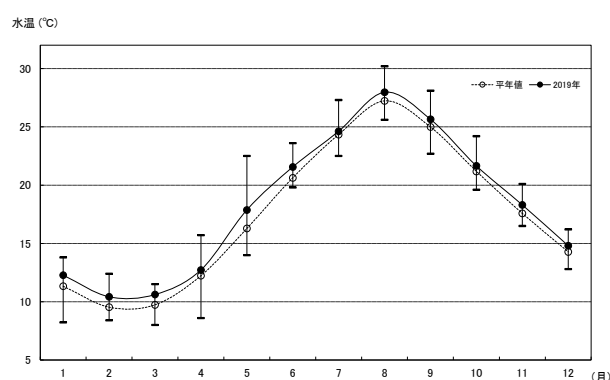


図4 2019年の磯の観察路における月別平均水温 ●, 2019年(実線は月別の9時における最高と最低水温の範囲を示す);○, 1995-2018年の月別平均値

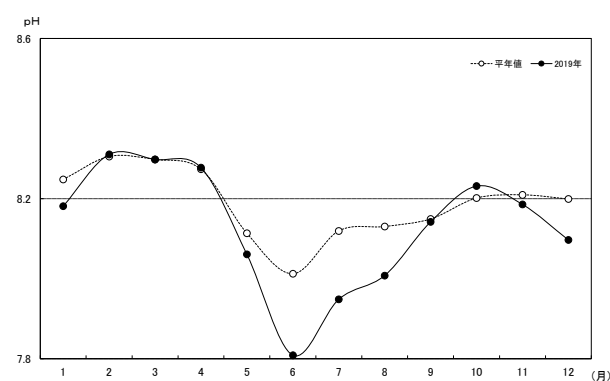


図6 2019年の磯の観察路における月別平均pH値 ●, 2019年;○, 1995-2018年の月別平均値

梅雨明け以降、7月26日から8月17日までの22日間に、最高気温が30℃を超える真夏日は8月17日を除く21日間、最低気温が25℃を超える熱帯夜は8月3日を除く21日間に観測された。そして、8月16日にはこの年の最高気温の最高値である35.7℃を観測したが、この日を境に雨の日が続くようになり、最高気温も30℃を割るようになった。秋雨前線の影響を受け、8月23日には42.8mmの降水量を観測し、降水日数と降水量は平年並みであった。

9月に入ると5日までは秋雨前線の影響を受けてぐずついた日が続いたが、6日以降は好天の日が続き、気温も高い状態が続いた。9日に千葉県を直撃した台風15号の影響はほとんどなかったが、9月10日には31.4℃、24日にも31.2℃の最高気温が観測された。雨の日は少なく、降水量も極端に少なかった。

10月は再び秋雨前線の活動が盛んになり、雨の日が続いた。そして、10月12日夕方、大型で強い勢力で静岡県伊豆半島に上陸し、関東地方と福島県を縦断した台風19号(令和元年東日本台風)は、関東地方や甲信地方、東北地方などに記録的な大雨と甚大な被害をもたらした。この台風による直接的な被害はなかったが、12日と13日の2日間、磯の観察路を通行止めとした。また、13日には52.3mmの降水量を記録した。その後、10月24日から25日にかけて、信濃川流域から流出したと思われるリンゴや流木などが磯の観察路に漂着した。10月は降水日数こそやや多かったものの、気温と降水量は平年並みで推移した。

11月と12月の2か月間は、気温はやや高めに推移したが、降水日数は平年より若干少なかったものの、降水量は約半分にとどまった。12月28日に初雪を観測したが、積雪には至らなかった。

月別総降水量は、平年値と比べると6月だけが特に多かったが、7月と9月が特に少なく、また1月と5月、11月、12月も少なかったが、それ以外はほぼ平年並みであった。一方、1mm以上の降水日数は5月と7月、9月、そして12月がやや少なかった(図3)。

磯の平均水温はほぼ週年にわたり平年値より高めに推移した。特に5月は気温が高く推移したことに同調し、水温は高くなった。また、真夏日と熱帯夜が続いていた8月8日には、年間の最高水温である30.2℃が観測さ

れた。なお、朝9時の観測時に磯の水温が28℃を超えたのは、8月2日から16日までの15日間であった(図4)。一方、年間の最低水温は3月2日に観測された8.0℃、したがって、2019年における年間の年較差は22.2℃であった。

月別の平均塩分量は、平年値と比べると年間を通じて高く推移し、いずれも月別平均値よりも高かった。中でも4月から8月、10月から12月が高かった。6月には降水量が多かったものの、塩分量の低下はなかった。

月別の平均pHは6月から8月の3か月間を除けば、平年値とほぼ同じ値で推移していた。6月の降下は磯の観察路周辺に漂着した藻類が腐敗した影響が海水のpHを低下させたものである。6月25日と26日には磯の観察路周辺で漂着藻類が腐敗し、異臭を放っていたこと、そして海水が白濁している様子が観察されている。なお、pHの最低値は例年6月頃であるが、この年は特に降下し、その影響が8月まで続いたものと考えられる(図6)。

九十九湾周辺で4月以降に見られる赤潮は、夜光虫の異常増殖によるものである。2019年、磯の観察路周辺では6月に1回だけ観察された。赤潮の大規模な接岸はなかったが、前述したように、漂着した大量の海藻草類が磯の観察路の一部に留まり、それが腐敗して悪臭と海水の白濁を起こすという被害があった。

磯の観察路の通行止め日数は8月が5日間、9月が3日間、10月が9日間、そして2月が2日間、6月と12月が各1日間の合計21日間であった。8月から10月の通行止めは、いずれも台風接近による影響である。

2011年2月からの各月の日射量と発電量を表2に示し、2019年の各月の日射量と2011年から2018年の各月の平均値(平年値)との比較を図7に示す。

2019年の日射量は、5月が好天に恵まれたために特に多かったことを除けば、2011年から2018年の平均日射量の変化と良く似た推移を示した。すなわち、3月-5月と8月-10月にかけて二峰型のピークを示し、11月から翌年の2月までの冬季と6、7月の梅雨に少なくなる。2019年は、前述したように7月と9月は降水量が少なかったものの、日射量はそれほど低くならなかったことが、特徴的であった。

表 2 2011 年から 2019 年の日射量(kWh/m<sup>2</sup>)と発電量(交流発電電力量, kWh)

| 表 2 2011 年から 2019 年の日射量 (KWh/m <sup>2</sup> ) と発電量 (交流発電電力量, KWh) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |         |        |         |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
|                                                                   | 2011 年 |        | 2012 年 |        | 2013 年 |        | 2014 年 |        | 2015 年 |        | 2016 年 |        | 2017 年 |         | 2018 年 |         | 2019 年 |         |
|                                                                   | 日射     | 発電     | 日射     | 発電     | 日射     | 発電     | 日射     | 発電     | 日射     | 発電     | 日射     | 発電     | 日射     | 発電      | 日射     | 発電      | 日射     | 発電      |
| 1 月                                                               |        | -      | 46.5   | 391.7  | 54.2   | 469.9  | 57.0   | 526.3  | 48.9   | 451.5  | 36.4   | 340.4  | 54.6   | 493.5   | 38.8   | 292.0   | 45.5   | 423.5   |
| 2 月                                                               | 91.6   | 797.4  | 64.8   | 562.5  | 65.6   | 572.3  | 56.9   | 538.1  | 61.7   | 559.1  | 60.3   | 577.1  | 70.0   | 617.7   | 68.1   | 578.1   | 62.7   | 553.8   |
| 3 月                                                               | 103.2  | 982.2  | 82.7   | 856.6  | 101.8  | 984.2  | 96.6   | 900.6  | 97.8   | 966.5  | 95.8   | 975.7  | 102.0  | 1001.7  | 120.3  | 1075.6  | 106.4  | 969.6   |
| 4 月                                                               | 109.9  | 1122.2 | 111.6  | 1161.2 | 101.2  | 1108.4 | 134.4  | 1345.3 | 102.3  | 1030.0 | 108.8  | 1121.4 | 116.1  | 1124.2  | 105.1  | 1042.4  | 116.2  | 1128.2  |
| 5 月                                                               | 91.5   | 1181.3 | 98.2   | 1269.0 | 107.5  | 1374.1 | 102.8  | 1291.8 | 118.3  | 1439.8 | 109.2  | 1322.0 | 111.3  | 1287.5  | 91.6   | 1067.9  | 125.4  | 1420.6  |
| 6 月                                                               | 65.9   | 1059.2 | 76.6   | 1269.7 | 75.6   | 1275.2 | 77.2   | 1187.8 | 65.8   | 1047.3 | 73.3   | 1166.6 | 66.2   | 1041.6  | 65.4   | 1054.3  | 64.3   | 1001.6  |
| 7 月                                                               | 86.5   | 1185.0 | 85.3   | 1104.2 | 74.4   | 988.2  | 81.8   | 1101.4 | 86.9   | 1095.5 | 87.8   | 1071.1 | 83.7   | 1060.4  | 103.2  | 1277.7  | 89.1   | 1070.3  |
| 8 月                                                               | 115.8  | 1156.1 | 146.4  | 1365.9 | 121.3  | 1158.0 | 86.8   | 902.3  | 107.0  | 1086.5 | 134.7  | 1224.4 | 109.2  | 1009.5  | 112.9  | 1057.4  | 113.2  | 1056.9  |
| 9 月                                                               | 101.7  | 906.1  | 124.6  | 1063.3 | 110.7  | 976.2  | 124.5  | 1099.5 | 97.1   | 861.6  | 75.6   | 723.0  | 112.0  | 944.7   | 84.7   | 741.3   | 116.0  | 938.9   |
| 10 月                                                              | 104.6  | 928.4  | 103.2  | 914.4  | 86.8   | 749.7  | 112.6  | 928.1  | 120.4  | 984.8  | 100.3  | 823.0  | 66.4   | 574.4   | 108.8  | 863.5   | 88.5   | 744.2   |
| 11 月                                                              | 70.6   | 655.7  | 57.4   | 539.7  | 56.2   | 508.2  | 59.7   | 557.3  | 52.7   | 482.9  | 74.3   | 617.3  | 63.2   | 545     | 76.6   | 646.8   | 73.7   | 660.8   |
| 12 月                                                              | 38.9   | 374.4  | 43.0   | 398.1  | 30.6   | 313.1  | 33.2   | 313.8  | 50.6   | 485.5  | 47.5   | 444.3  | 35.9   | 322.5   | 41.4   | 367.9   | 56.4   | 513.4   |
| 合計                                                                | 980.1  | 10348  | 1040.2 | 10896  | 986.0  | 10478  | 1023.4 | 10692  | 1009.5 | 10491  | 1004.0 | 10406  | 990.7  | 10022.7 | 1016.7 | 10064.9 | 1057.4 | 10481.9 |

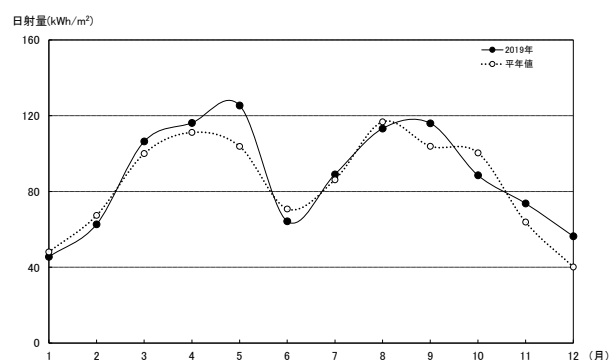


図 7 2019 年(●)と平年値(○, 2011 から 2017 年の平均値)の月別日射量(kWh/m<sup>2</sup>)

## 2 九十九湾の水質

内浦海域公園九十九湾地区(以下、海域公園地区とする)と九十九湾内に 13 の定点を定め(図 1)、2018 年の毎月中旬に 1 回、水温、塩分量、pH、および透明度の観測を行った。調査方法は前年までと同様である。なお、水深が 10 m 未満の地点(7-13)では通常海底が確認できるので、透明度の測定は行っていない。

各定点で観測された水温、塩分量、pH を表 3 と表 4、透明度を表 5 に示す。また、2019 年の海域公園地区(St. 1)における表層の水温と塩分量、pH の月別変化を、同定点における過去 24 間(1995 年から 2018 年)の月別平均値を平年値として比較した(図 8, 9, 10)。

水温は 1 月から 4 月は平年並みであったが、5 月と 6

月は平年値より 1.6–2.0℃、8 月が平年値より 3.2℃高く、7 月は 1.3℃ 低かった。9 月以降は平年値に近い値で推移した(図 8)。5 月の好天と 8 月の猛暑の影響が表れた形になった。塩分量は磯の観察路における推移とよく類似していた(図 5, 9)が、pH はなぜか 10 月だけが平

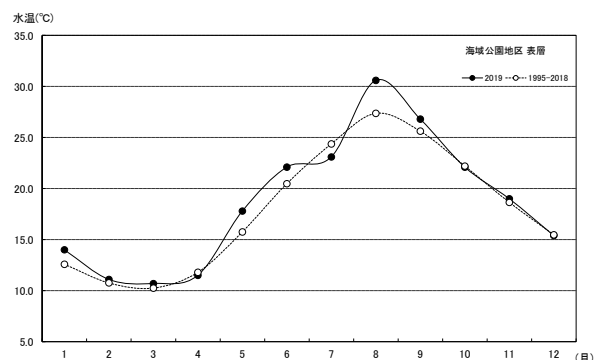


図 8 海域公園地区(St. 1)における表層の水温 ●, 2019 年; ○, 1995–2018 年の平年値(月別平均値)

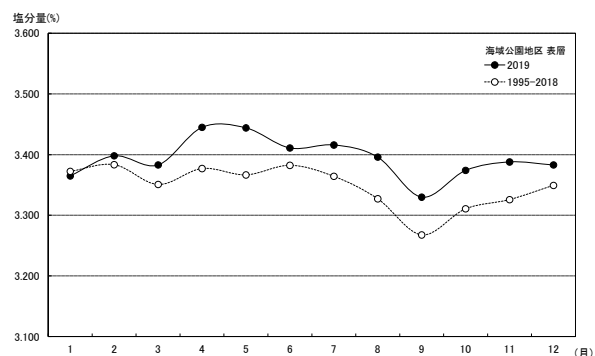


図 9 海域公園地区(St. 1)における表層の塩分量 ●, 2019 年; ○, 1995–2018 年の月別平均値

表 3 2019 年に観測された海域公園地区と九十九湾内における表層の水温(℃)と塩分量(%)、pH

|     |        | 定点    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 区分  | 観測日    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 平均値   |
| 水温  | 1月12日  | 14.0  | 14.3  | 14.1  | 14.0  | 13.4  | 13.4  | 13.1  | 13.6  | 13.0  | 13.7  | 13.0  | 12.9  | 13.6  | 13.5  |
|     | 2月14日  | 11.1  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.5  | 11.4  | 11.0  | 11.5  | 11.4  | 11.3  | 11.2  | 11.3  | 11.6  | 11.3  |
|     | 3月14日  | 10.7  | 10.0  | 11.0  | 10.9  | 11.0  | 11.0  | 10.7  | 11.0  | 9.0   | 8.8   | 10.7  | 10.0  | 11.5  | 10.5  |
|     | 4月12日  | 11.5  | 11.5  | 11.5  | 11.5  | 11.6  | 11.8  | 11.7  | 11.5  | 11.0  | 10.7  | 11.9  | 12.0  | 11.9  | 11.5  |
|     | 5月17日  | 17.8  | 17.8  | 18.0  | 18.4  | 19.0  | 18.7  | 19.0  | 18.4  | 19.5  | 19.5  | 18.8  | 20.5  | 19.0  | 18.8  |
|     | 6月15日  | 22.1  | 22.4  | 22.3  | 22.4  | 22.4  | 22.5  | 22.3  | 22.5  | 22.5  | 22.4  | 22.4  | 22.5  | 22.4  | 22.4  |
|     | 7月13日  | 23.1  | 20.4  | 23.2  | 23.0  | 22.8  | 23.2  | 23.0  | 23.0  | 23.2  | 23.5  | 23.6  | 24.2  | 24.0  | 23.1  |
|     | 8月14日  | 30.6  | 30.5  | 30.2  | 30.5  | 30.8  | 30.6  | 30.6  | 30.3  | 30.8  | 31.0  | 30.7  | 30.2  | 30.6  | 30.6  |
|     | 9月14日  | 26.8  | 27.0  | 27.0  | 27.0  | 27.1  | 27.1  | 27.2  | 27.0  | 27.2  | 27.3  | 27.0  | 27.5  | 27.5  | 27.1  |
|     | 10月15日 | 22.1  | 22.0  | 22.0  | 21.9  | 21.9  | 21.9  | 21.7  | 22.0  | 21.9  | 22.0  | 21.9  | 22.0  | 22.0  | 21.9  |
|     | 11月12日 | 19.0  | 19.0  | 19.0  | 18.8  | 18.6  | 19.0  | 18.9  | 18.8  | 19.0  | 17.6  | 18.5  | 18.5  | 18.8  | 18.7  |
|     | 12月15日 | 15.4  | 15.4  | 15.0  | 15.3  | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 14.5  | 15.0  | 14.9  | 15.0  | 15.0  |
| 塩分量 | 1月12日  | 3.365 | 3.391 | 3.340 | 3.405 | 3.363 | 3.385 | 3.339 | 3.405 | 3.349 | 3.408 | 3.365 | 3.142 | 3.365 | 3.356 |
|     | 2月14日  | 3.398 | 3.367 | 3.407 | 3.374 | 3.387 | 3.397 | 3.380 | 3.420 | 3.401 | 3.397 | 3.383 | 3.387 | 3.337 | 3.387 |
|     | 3月14日  | 3.383 | 3.320 | 3.421 | 3.408 | 3.380 | 3.407 | 3.361 | 3.363 | 3.287 | 3.008 | 2.713 | 3.203 | 3.360 | 3.278 |
|     | 4月12日  | 3.445 | 3.410 | 3.480 | 3.412 | 3.450 | 3.432 | 3.425 | 3.453 | 3.388 | 3.244 | 3.428 | 3.370 | 3.322 | 3.405 |
|     | 5月17日  | 3.444 | 3.453 | 3.432 | 3.426 | 3.426 | 3.426 | 3.430 | 3.418 | 3.378 | 3.311 | 3.371 | 3.361 | 3.426 | 3.408 |
|     | 6月15日  | 3.411 | 3.364 | 3.405 | 3.388 | 3.411 | 3.430 | 3.411 | 3.437 | 3.468 | 3.473 | 3.460 | 3.405 | 3.431 | 3.423 |
|     | 7月13日  | 3.416 | 3.522 | 3.473 | 3.486 | 3.420 | 3.367 | 3.420 | 3.428 | 3.310 | 3.062 | 3.367 | 3.256 | 3.229 | 3.366 |
|     | 8月14日  | 3.396 | 3.367 | 3.394 | 3.366 | 3.363 | 3.394 | 3.366 | 3.379 | 3.366 | 3.379 | 3.412 | 3.394 | 3.394 | 3.382 |
|     | 9月14日  | 3.330 | 3.339 | 3.334 | 3.330 | 3.330 | 3.364 | 3.339 | 3.304 | 3.330 | 3.364 | 3.358 | 3.330 | 3.364 | 3.340 |
|     | 10月15日 | 3.374 | 3.378 | 3.371 | 3.371 | 3.387 | 3.334 | 3.394 | 3.364 | 3.387 | 3.358 | 3.426 | 3.490 | 3.340 | 3.383 |
|     | 11月12日 | 3.388 | 3.405 | 3.375 | 3.431 | 3.405 | 3.423 | 3.365 | 3.419 | 3.378 | 3.234 | 3.378 | 3.341 | 3.359 | 3.377 |
|     | 12月15日 | 3.383 | 3.380 | 3.407 | 3.370 | 3.420 | 3.418 | 3.397 | 3.445 | 3.370 | 3.355 | 3.391 | 3.397 | 3.391 | 3.394 |
| pH  | 1月12日  | 8.06  | 8.07  | 8.06  | 8.06  | 8.06  | 8.07  | 8.06  | 8.07  | 8.05  | 8.08  | 8.06  | 8.06  | 8.05  | 8.06  |
|     | 2月14日  | 8.19  | 8.20  | 8.18  | 8.19  | 8.20  | 8.19  | 8.21  | 8.19  | 8.19  | 8.19  | 8.20  | 8.18  | 8.19  | 8.19  |
|     | 3月14日  | 8.07  | 8.10  | 8.09  | 8.10  | 8.09  | 8.06  | 8.09  | 8.08  | 8.10  | 8.09  | 8.12  | 8.05  | 8.08  | 8.09  |
|     | 4月12日  | 8.11  | 8.12  | 8.14  | 8.12  | 8.19  | 8.12  | 8.12  | 8.13  | 8.13  | 8.14  | 8.12  | 8.12  | 8.13  | 8.13  |
|     | 5月17日  | 8.17  | 8.17  | 8.17  | 8.16  | 8.17  | 8.16  | 8.16  | 8.16  | 8.15  | 8.15  | 8.17  | 8.18  | 8.15  | 8.16  |
|     | 6月15日  | 8.11  | 8.09  | 8.07  | 8.09  | 8.06  | 8.10  | 8.08  | 8.09  | 8.07  | 8.07  | 8.10  | 8.07  | 8.10  | 8.08  |
|     | 7月13日  | 8.02  | 8.09  | 8.04  | 8.03  | 8.01  | 8.02  | 8.02  | 7.98  | 8.01  | 8.01  | 8.02  | 7.99  | 8.02  | 8.02  |
|     | 8月14日  | 8.15  | 8.14  | 8.13  | 8.15  | 8.14  | 8.14  | 8.14  | 8.13  | 8.14  | 8.12  | 8.13  | 8.15  | 8.15  | 8.14  |
|     | 9月14日  | 8.12  | 8.10  | 8.10  | 8.11  | 8.11  | 8.05  | 8.11  | 8.11  | 8.10  | 8.03  | 8.11  | 8.11  | 8.09  | 8.10  |
|     | 10月15日 | 8.33  | 8.32  | 8.32  | 8.31  | 8.30  | 8.31  | 8.32  | 8.33  | 8.31  | 8.31  | 8.38  | 8.29  | 8.31  | 8.32  |
|     | 11月12日 | 8.12  | 8.14  | 8.15  | 8.14  | 8.14  | 8.13  | 8.16  | 8.14  | 8.15  | 8.13  | 8.15  | 8.15  | 8.16  | 8.14  |
|     | 12月15日 | 8.23  | 8.24  | 8.23  | 8.24  | 8.23  | 8.24  | 8.23  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  |

表 4 2019 年に観測された海域公園地区と九十九湾内における 5m、10m、および 20m 層の水温(℃)と塩分量(%)、pH

|     |        | 5m層   |       |       |       |       |       |       | 10m層  |       |       |       |       |       |       | 20m層  |       |       |       |  |  |  |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
|     |        | 定点    |       |       |       |       |       |       | 定点    |       |       |       |       |       |       | 定点    |       |       |       |  |  |  |
| 区分  | 観測日    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 平均値   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 平均値   | 4     | 5     | 6     | 平均値   |  |  |  |
| 水温  | 1月12日  | 13.7  | 13.7  | 13.8  | 13.5  | 13.4  | 13.1  | 13.5  | 13.9  | 13.7  | 13.8  | 13.2  | 13.4  | 13.0  | 13.5  | 13.3  | 13.3  | 13.0  | 13.2  |  |  |  |
|     | 2月14日  | 11.0  | 10.8  | 10.5  | 11.0  | 11.1  | 11.4  | 11.0  | 10.9  | 10.8  | 10.5  | 11.0  | 11.1  | 11.4  | 11.0  | 11.3  | 11.4  | 11.6  | 11.4  |  |  |  |
|     | 3月14日  | 10.9  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.1  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  | 11.0  |  |  |  |
|     | 4月12日  | 11.3  | 11.4  | 11.5  | 11.5  | 11.6  | 11.8  | 11.5  | 11.4  | 11.3  | 11.4  | 11.5  | 11.7  | 11.6  | 11.5  | 11.4  | 11.5  | 11.6  | 11.5  |  |  |  |
|     | 5月17日  | 16.2  | 16.3  | 16.6  | 16.5  | 17.3  | 16.9  | 16.6  | 16.3  | 16.3  | 16.5  | 16.7  | 16.4  | 16.4  | 16.4  | 16.2  | 16.5  | 16.3  | 16.3  |  |  |  |
|     | 6月15日  | 20.0  | 20.4  | 20.2  | 20.6  | 20.8  | 20.5  | 20.4  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | 19.3  | 19.2  | 19.1  | 19.2  |  |  |  |
|     | 7月13日  | 23.0  | 23.0  | 23.0  | 23.0  | 22.8  | 22.9  | 23.0  | 23.0  | 23.0  | 22.7  | 22.7  | 22.5  | 22.8  | 22.8  | 21.8  | 21.7  | 21.4  | 21.6  |  |  |  |
|     | 8月14日  | 29.7  | 29.7  | 29.7  | 30.0  | 29.8  | 29.7  | 29.8  | 29.8  | 29.7  | 29.7  | 29.7  | 29.6  | 29.7  | 29.7  | 25.3  | 24.7  | 25.0  | 25.0  |  |  |  |
|     | 9月14日  | 26.7  | 26.7  | 26.7  | 26.9  | 27.0  | 26.9  | 26.8  | 26.7  | 26.8  | 26.6  | 26.7  | 26.8  | 26.9  | 26.8  | 24.9  | 25.0  | 25.5  | 25.1  |  |  |  |
|     | 10月15日 | 21.8  | 21.8  | 21.6  | 21.6  | 21.4  | 21.5  | 21.6  | 21.8  | 21.7  | 21.6  | 21.5  | 21.4  | 21.5  | 21.6  | 21.4  | 21.4  | 21.4  | 21.4  |  |  |  |
|     | 11月12日 | 18.8  | 18.8  | 18.8  | 18.6  | 18.6  | 18.8  | 18.7  | 18.8  | 18.8  | 18.9  | 18.5  | 18.6  | 18.8  | 18.7  | 18.4  | 18.5  | 18.7  | 18.5  |  |  |  |
|     | 12月15日 | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 14.8  | 14.7  | 14.8  | 14.9  | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 14.8  | 14.6  | 14.7  | 14.9  | 14.7  | 14.5  | 14.5  | 14.6  |  |  |  |
| 塩分量 | 1月12日  | 3.388 | 3.444 | 3.405 | 3.365 | 3.363 | 3.388 | 3.392 | 3.388 | 3.402 | 3.360 | 3.412 | 3.359 | 3.391 | 3.385 | 3.402 | 3.391 | 3.428 | 3.407 |  |  |  |
|     | 2月14日  | 3.395 | 3.367 | 3.364 | 3.453 | 3.394 | 3.390 | 3.394 | 3.401 | 3.403 | 3.403 | 3.412 | 3.403 | 3.394 | 3.403 | 3.397 | 3.415 | 3.416 | 3.409 |  |  |  |
|     | 3月14日  | 3.450 | 3.419 | 3.464 | 3.327 | 3.399 | 3.410 | 3.412 | 3.397 | 3.405 | 3.392 | 3.428 | 3.395 | 3.434 | 3.409 | 3.340 | 3.450 | 3.448 | 3.413 |  |  |  |
|     | 4月12日  | 3.420 | 3.432 | 3.472 | 3.435 | 3.459 | 3.435 | 3.442 | 3.428 | 3.440 | 3.453 | 3.505 | 3.453 | 3.375 | 3.442 | 3.435 | 3.440 | 3.453 | 3.443 |  |  |  |
|     | 5月17日  | 3.464 | 3.440 | 3.457 | 3.446 | 3.444 | 3.453 | 3.451 | 3.471 | 3.471 | 3.467 | 3.473 | 3.436 | 3.411 | 3.455 | 3.411 | 3.457 | 3.484 | 3.451 |  |  |  |
|     | 6月15日  | 3.502 | 3.522 | 3.471 | 3.599 | 3.490 | 3.464 | 3.508 | 3.486 | 3.446 | 3.496 | 3.394 | 3.517 | 3.520 | 3.477 | 3.493 | 3.520 | 3.543 | 3.519 |  |  |  |
|     | 7月13日  | 3.434 | 3.500 | 3.450 | 3.280 | 3.380 | 3.522 | 3.428 | 3.421 | 3.486 | 3.478 | 3.446 | 3.416 | 3.444 | 3.449 | 3.490 | 3.414 | 3.446 | 3.450 |  |  |  |
|     | 8月14日  | 3.398 | 3.412 | 3.406 | 3.412 | 3.406 | 3.366 | 3.400 | 3.398 | 3.426 | 3.385 | 3.406 | 3.385 | 3.383 | 3.397 | 3.406 | 3.398 | 3.426 | 3.410 |  |  |  |
|     | 9月14日  | 3.338 | 3.391 | 3.364 | 3.338 | 3.358 | 3.338 | 3.355 | 3.360 | 3.330 | 3.346 | 3.330 | 3.371 | 3.330 | 3.345 | 3.346 | 3.383 | 3.397 | 3.375 |  |  |  |
|     | 10月15日 | 3.365 | 3.436 | 3.361 | 3.380 | 3.374 | 3.380 | 3.383 | 3.424 | 3.394 | 3.371 | 3.374 | 3.387 | 3.387 | 3.390 | 3.411 | 3.411 | 3.420 | 3.414 |  |  |  |
|     | 11月12日 | 3.405 | 3.435 | 3.333 | 3.435 | 3.365 | 3.378 | 3.392 | 3.448 | 3.437 | 3.457 | 3.432 | 3.359 | 3.431 | 3.427 | 3.395 | 3.352 | 3.352 | 3.366 |  |  |  |
|     | 12月15日 | 3.412 | 3.380 | 3.391 | 3.391 | 3.405 | 3.430 | 3.402 | 3.407 | 3.394 | 3.397 | 3.412 | 3.425 | 3.407 | 3.407 | 3.407 | 3.397 | 3.405 | 3.403 |  |  |  |
| pH  | 1月12日  | 8.05  | 8.06  | 8.06  | 8.06  | 8.07  | 8.06  | 8.06  | 8.07  | 8.07  | 8.07  | 8.07  | 8.07  | 8.06  | 8.07  | 8.07  | 8.06  | 8.07  | 8.07  |  |  |  |
|     | 2月14日  | 8.20  | 8.19  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.18  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.20  | 8.19  | 8.19  | 8.19  | 8.19  |  |  |  |
|     | 3月14日  | 8.05  | 8.09  | 8.09  | 8.09  | 8.06  | 8.07  | 8.08  | 8.10  | 8.09  | 9.10  | 8.09  | 8.08  | 8.09  | 8.26  | 8.09  | 8.08  | 8.09  | 8.09  |  |  |  |
|     | 4月12日  | 8.14  | 8.11  | 8.11  | 8.11  | 8.11  | 8.12  | 8.12  | 8.11  | 8.11  | 8.12  | 8.11  | 8.11  | 8.12  | 8.11  | 8.12  | 8.11  | 8.11  | 8.11  |  |  |  |
|     | 5月17日  | 8.10  | 8.17  | 8.18  | 8.19  | 8.19  | 8.16  | 8.17  | 8.18  | 8.19  | 8.18  | 8.18  | 8.17  | 8.15  | 8.18  | 8.18  | 8.17  | 8.15  | 8.17  |  |  |  |
|     | 6月15日  | 8.11  | 8.09  | 8.07  | 8.11  | 8.10  | 8.10  | 8.10  | 8.10  | 8.08  | 8.10  | 8.10  | 8.09  | 8.04  | 8.09  | 8.09  | 8.09  | 8.08  | 8.09  |  |  |  |
|     | 7月13日  | 8.03  | 8.03  | 8.04  | 8.01  | 8.00  | 8.03  | 8.02  | 8.00  | 8.04  | 8.02  | 8.02  | 8.03  | 8.01  | 8.02  | 8.02  | 8.00  | 8.01  | 8.01  |  |  |  |
|     | 8月14日  | 8.13  | 8.13  | 8.13  | 8.11  | 8.14  | 8.15  | 8.13  | 8.13  | 8.06  | 8.10  | 8.13  | 8.13  | 8.14  | 8.12  | 8.13  | 8.12  | 8.12  | 8.12  |  |  |  |
|     | 9月14日  | 8.09  | 8.10  | 8.09  | 8.07  | 8.11  | 8.10  | 8.09  | 8.11  | 8.11  | 8.10  | 8.11  | 8.02  | 8.11  | 8.09  | 8.09  | 8.09  | 8.08  | 8.09  |  |  |  |
|     | 10月15日 | 8.32  | 8.32  | 8.32  | 8.33  | 8.31  | 8.33  | 8.32  | 8.33  | 8.32  | 8.33  | 8.30  | 8.31  | 8.31  | 8.32  | 8.33  | 8.31  | 8.31  | 8.32  |  |  |  |
|     | 11月12日 | 8.14  | 8.14  | 8.15  | 8.14  | 8.15  | 8.15  | 8.15  | 8.13  | 8.13  | 8.14  | 8.12  | 8.14  | 8.14  | 8.13  | 8.14  | 8.15  | 8.15  | 8.15  |  |  |  |
|     | 12月15日 | 8.24  | 8.23  | 8.23  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.23  | 8.23  | 8.23  | 8.24  | 8.25  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  | 8.24  |  |  |  |

年値より高かっただけで、これ以外は平年値を下回り、しかも乱高下を示した(図 10)。このような状況が今後も続くのか、注意深く観測を継続したいと考えている。

透明度は九十九湾中央(St. 4)で 1 月に 19 m、2 月に 20 m の高い透明度を観測したが、9 月に 7.5 m、10 月に 9.0 m と低かった。これ以外の月は 13–16 m の範囲を示し、おおむね良好な結果がえられた。

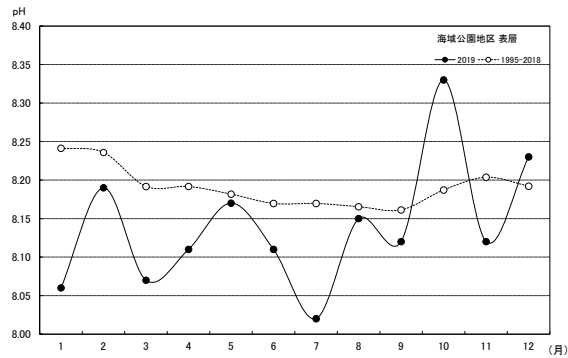


図 10 海域公園地区(St. 1)における表層の pH 値  
●, 2019 年; ○, 1995–2018 年の月別平均値

表 5 2019 年に観測された海域公園地区と九十九湾内における透明度(m) >D は透明度が水深以上を示す

| 観測日       | 定点   |     |     |      |      |      |
|-----------|------|-----|-----|------|------|------|
|           | 1    | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    |
| 1 月 12 日  | >D   | >D  | >D  | 19.0 | 16.0 | 17.0 |
| 2 月 14 日  | >D   | >D  | >D  | 20.0 | 18.0 | 19.5 |
| 3 月 14 日  | >D   | >D  | >D  | 13.0 | 13.5 | 13.5 |
| 4 月 12 日  | >D   | >D  | >D  | 16.5 | 15.5 | 17.0 |
| 5 月 17 日  | >D   | >D  | >D  | 16.0 | 15.5 | 15.5 |
| 6 月 15 日  | >D   | >D  | >D  | 14.5 | 13.0 | 14.5 |
| 7 月 13 日  | >D   | >D  | >D  | 14.0 | 12.0 | 14.0 |
| 8 月 14 日  | >D   | >D  | >D  | 16.0 | 12.0 | 13.5 |
| 9 月 14 日  | >D   | >D  | >D  | 7.5  | 7.0  | 7.0  |
| 10 月 15 日 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 9.0  | 9.0  | 9.5  |
| 11 月 12 日 | >D   | >D  | >D  | 14.5 | 12.0 | 13.5 |
| 12 月 15 日 | >D   | >D  | >D  | 14.5 | 13.5 | 16.5 |



## 「のと海洋ふれあいセンター研究報告」投稿規定

### 1 内容に関すること

日本海域および能登半島周辺の海の自然環境と動植物、そこに暮らす人の生活に関するオリジナルな内容を含む総説・論文・短報・研究情報・標本目録および文献目録等とする。総説・論文・標本目録および文献目録は刷り上がり 10 ページ以内、その他は 2 ページ以内とする。

### 2 原稿作成に関すること

和文、英文ともにワードプロセッサ(Windows 対応ソフト、または互換ソフト)で作成したものに限る。

- (1)和文原稿は、引用、固有名詞など特殊な場合を除き、新仮名づかい、当用漢字とする。A-4 版用紙に 1 行全角 35 文字(欧文文字は半角 70 文字)、1 ページ 25 行(約 2 ページで刷り上がり約 1 ページに相当)とする。原稿は、表題、著者名、所属、英文要旨(付けなくてもよい)、本文、文献、図表説明の順に配置する。第 1 頁は、表題、著者名、所属、英文表題、英著者名だけを記す。第 2 頁は英文要旨だけとし、本文は第 3 頁(英文要旨のない場合は第 2 頁)から始める。第 1 頁から末尾の図表説明まで一連のページ番号を付す。なお、和文原稿の場合でも、句読点(。、)以外の数字と記号(例: ( ) 「 」 ; : . , 等)は半角文字とし、その後に半角スペースを挿入すること。
- (2)英文原稿および英文要旨は、A-4 版用紙にダブルスペースでタイプする。英文原稿の構成は、和文原稿に準ずるが、本文の後に和文要旨を入れる。
- (3)英文要旨は、250 語以内とする。第 1 段目は、英文で著者名、所属、年号、表題、雑誌名を記す。第 2 段目を内容とし、改行しない。
- (4)英文原稿の和文要旨は、著者名・表題を冒頭に入れ、800 字以内とする。
- (5)英文氏名は 2 文字目以降をスモールキャピトルとし、学名はイタリック体、和名はカタカナ書きとする。本文中での文献の引用は、能登(1960)、能登・加賀(1973)、NOTO(1975)、(NOTO & KAGA, 1989;NOTO et al., 1990)、(能登ら, 1994;加賀, 1995)のようにする。なお、スモールキャピタル指定は下線 2 重線で、イタリック指定は下線 1 重線で、原稿中に記すこと。
- (6)文献は、著者名のアルファベット順に配列し、下記の形式によって記す。雑誌巻番号はゴシックとし、その指定は下線 1 波線とする。雑誌の場合は著者名(姓前名後)、年号. 表題. 雑誌名, 巻(号): ページ.、単行本の場合は著者名(姓前名後)、年号. 表題. ページ数, 発行所, 発行地。
- (7)図(写真を含む)は、1 つずつ別紙に台紙を貼るか、ファイルに挟んでおく。図は、印刷されるときの大さきの 1.5 ないし 2 倍大(長さで)に黒インクを用いて鮮明に描き、そのまま印刷できる完全なものとする。写真も同様の大きさとし、光沢平滑印画紙に焼きつけること。デジタルファイルの場合は、300dpi 以上とする。なお、カラー写真は編集委員会が認めたとき以外は、原則として載せない。
- (8)表は、1 つずつ別紙に書く。1 表の大きさは、原則として 1 ページに印刷できる限度以下とする。1 ページを越える表については、2 つ以上に分割する。ただし、編集委員会の判断によって、折り込み表などを認める場合がある。なお、表中の罫線はできる限り省くものとする。
- (9)図表の説明は、英文原稿の場合は Fig. 1 または Figure 2、Table 1 とする。和文原稿の場合は和文・英文いずれ

でもよいが、和文では第 1 図、表 1 等とし、各図表の説明は一括して原稿の末尾に書くとともに、本文中にその図表を置きたいおよその位置の原稿右欄外に記入すること。なお、和文原稿で図表の説明が英文の場合は、本文でも Fig. 1 とか Table 1 と書く。

### 3 投稿等に関すること

(1)投稿原稿は、2 部(コピーでもよいが、図や写真のうちの 1 部は原図)を下記宛に送付すること。ワードプロセッサで作成した原稿は CD 等(表題と著者名およびワードプロセッサの機種またはソフト名を記入)に TXT スタイルのファイルと併せて保存し、送付すること。この時、手元に同じ内容のファイルを必ず保存しておくこと。

#### (2)投稿先

〒 927-0552 石川県鳳珠郡能登町越坂 3-47  
のと海洋ふれあいセンター普及課  
「のと海洋ふれあいセンター研究報告」編集事務局

(3)著者による論文等の校正は、原則として 1 回とする。校正は、印刷のミスについてだけ行い、本文や図表の変更はしないこと。

(4)別刷の実費は、著者負担とする。必要部数(10 部単位)は、初校返送の際に表紙右上部に赤字で書くこと。

(5)原稿掲載の採否は編集委員の査読により決定する。また、図表の縮小率、印刷、校正等の最終的な判断は、原則として編集委員会に一任のこと。

(6)「のと海洋ふれあいセンター研究報告」に掲載された図表等の著作権は、のと海洋ふれあいセンターに帰属する。

のと海洋ふれあいセンター研究報告  
第 26 号

令和 3（2021）年 3 月 25 日 発行

編集 のと海洋ふれあいセンター研究報告編集事務局  
のと海洋ふれあいセンター

〒927-0552 石川県鳳珠郡能登町字越坂 3-47  
TEL (0768) 74-1919

発行 石川県生活環境部  
〒920-8580 石川県金沢市鞍月 1 丁目 1 番地  
TEL (076) 225-1476

印刷所 田中昭文堂印刷株式会社  
〒920-0377 金沢市打木町東 1448 番地

## Report of the Noto Marine Center, No.26, 2020

### Contents

Hisanori KOHTSUKA, Shouzo OGISO and Hiroaki NAKANO

|                                                                                                                                              |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Sea urchins (Echinodermata; Echinoidea) collected in the JAMBIO Coastal Organism Joint<br>Surveys conducted along the Noto coast, Japan..... | 1 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

Ryoya KAWAMURA, Takeru NAKAMACHI, Shouzo OGISO, Takayuki OKAMURA and Nobuo  
SUZUKI

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Study on the eating habits of Red-clawed Crab <i>Chiromantes haematocheir</i> inhabiting<br>around the Coastal Forests of Tsukumo Bay in Noto Peninsula ..... | 13 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Keiichi SAKAI and Yukimasa HIGASHIDE

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Notes about the collected White-spotted charr ( <i>Salvelinus leucomaenis</i> ) from the coast of<br>Noto town, Ishikawa Prefecture, Sea of Japan ..... | 19 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Takamasa NAKAYAMA and Seiji YANAI

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| The dynamics of larvae released from the land crabs ( <i>Chiromantes</i> spp.) that live around<br>Lake Kitagata and Kashima Forest and the fish that feed on them..... | 23 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

Keiichi SAKAI, Yukimasa HIGASHIDE and Hitoshi KITAICH

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Genetic population structure of White-Spotted Charr ( <i>Salvelinus leucomaenis</i> ) from<br>Tedoru River of Mt. Hakusan, Ishikawa Prefecture, inferred from mitochondrial DNA<br>Sequences—II..... | 35 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Annual Report of the Noto Marine Center ..... | 47 |
|-----------------------------------------------|----|