

生物情報収集アプリ (バイオーム : **Biome**) を用いた  
瀬戸内海中央部因島大浜海岸における沿岸動物リストの作成

渡辺伸一

福山大学生命工学部海洋生物科学科

Listing coastal fauna in Ohama, Innoshima Island in the central Seto Inland Sea using with the living-organism correction app (Biome)

Shinichi Watanabe

Rep. Res. Inst. Mar. Biores., Fukuyama Univ., (30), 7-18 (2020)

福山大学生命工学部海洋生物科学科 (Department of Marine Bio-science,  
Fukuyama University, Fukuyama, Hiroshima 729-0292)

Tel: +81-84-936-2111,

E-mail: swatanabe@fukuyama-u.ac.jp

Bio-information on species distribution is important to assess regional biodiversity. However, it often requires a great deal of effort to correct enough bio-information. It is particularly true to correct bio-information in a coastal ecosystem composed of variety of living-organisms. Recently, the smartphone app (Biome) was developed to correct bio-information on species distribution. In this report, Biome was used in field observations for the education program of Fukuyama University. A total of 120 students joined to field observations in the coast of Innoshima Island, the central Seto Inland Sea. Field observation was carried out for ca. 80 min during near lowtide on October 23, November 11 and 25 in 2019, respectively. During the field observations, each student used Biome installed in own smartphone to identify species found in the coast. A total of 64 species in 7 phyla of coastal fauna were identified, and the bio-information data was stored in the geographic information system (GIS) database of Biome. All bio-information was shared among the students, and subsequently the species identified were confirmed as referring to other records in the database. To compare with other survey techniques, it is likely that use of Biome is more reliable for species identification and more helpful for listing the regional biodiversity.

**Keywords:** artificial intelligence (AI), biodiversity, coastal ecosystem, education program, geographic information system (GIS), regional ecosystem, smartphone app, species distribution

## はじめに

「生物多様性」(Bio-diversity)とは、地球上の生物がバラエティに富んでいること、つまり、複雑で多様な生態系そのものを示す<sup>1)</sup>。長い歳月をかけて形成された生物多様性は、人間の活動により地球上のあらゆるところで計り知れない大きな打撃を受けている<sup>2)</sup>。人間の直接の活動による自然の改変を数え上げるだけでも、そのリストは膨大なものとなる。多くの種はすでに個体数がひどく減っており、絶滅に瀕しているものもある<sup>2)</sup>。野生生物の絶滅が全地球規模で進行している現状に対して、有効な対策を講じるための第一歩として必要とされることは、どの種がどのような状態に置かれているのか、その実態を明らかにすることである。この目的のために、世界各国でさまざまな生物群について、絶滅のおそれのある種を一定の評価基準にしたがってリストアップする作業が続けられている<sup>3)</sup>。その成果として作成される絶滅のおそれのある種のリストはレッドリスト (Red List) と呼ばれている。国際自然保護連合 (IUCN) は 1969 年に絶滅の危険性を 4 ランクに定めて、全世界の野生生物を対象にレッドリストを作成した<sup>4)</sup>。その後、改訂のたびに掲載する分類群と種数は増加し、2019 年のリストには 105,700 種以上が掲載されている<sup>5)</sup>。

レッドリストを作成するには、まず、地域に生息するあらゆる分類群の生物種を同定する必要があるが、それは容易な作業ではない。地球上に現存する種数は正確にはわかっておらず、500 万種とも 5000 万種とも見積もられている<sup>6)</sup>。そのうちすでに記載されている種は 175 万種に過ぎず<sup>7)</sup>、多くはまだ名前のない未記載種である。

とくに海洋生物は、未記載種を多く含み、身近な生物にも未記載種が多くいることに驚かされる。福山大学内海生物資源研究所 (尾道市因島大浜町) から南へ約 1 km 沖合に位置する八重子島では、継続して海藻相の調査が行われている。2005 年から 2017 年に行われた調査では、周囲長わずか 120m ほどの海岸において、計 241 種もの海藻が確認されている<sup>8)</sup>。その中には、新種として記載された 4 種<sup>9-11)</sup>のほか、さらに種不明の未記載種が 10 種程度含まれているという (山岸 未発表)。このように生物種を正確に識別するためには、その分野に特化した知識が必要であり、一般には生物種を同定することは難しい。しかし、自分の眼で生物を詳しく観察して、その種名を判別することが生物を理解する上では必要な作業であり、そうして集められた情報が地域の生物多様性の評価につながると考えられる。

福山大学生命工学部海洋生物科学科のカリキュラムでは、1 年次後期の実習において、内海生物資源研究所付近の沿岸で生物を観察し、海洋生物の分類と記録方法について学ぶ。沿岸環境は、潮汐により周期的に水位が変動するため、環境が劇的に変化する。潮位が高いとき (高潮線) と低いとき (低潮線) の間の帯状の部分は潮間帯と呼ばれる。潮間帯は有光層内に位置するので、底生藻類や植物プランクトンが生育し、これを底生植食群集が摂食し、これがさらに多様で豊富な肉食群集を支える<sup>12)</sup>。潮間帯は狭い空間内でもバラエティに富んだ生物種を見つけることができ、生物多様性を理解するために適した環境といえる。従来の実習では、沿岸生物を採集し、実験室で形態を観察して、図鑑等でその生物種の同定を行っていた。多様な生物を網羅した一般向けの図鑑もないことから、形態観察と同定には時間がかかり、各自が観察できる種数は限られていた。また、発見した生物種の情報を各自が記録・保管しているだけでは、生物多様性を評価することはできない。情報を統合して、必要に応じて利

用できるリスト（データベース）を作ることが必要である。国際的には IUCN のレッドリスト<sup>5)</sup>もそのデータベースであり、日本国内では環境省のレッドリスト<sup>13)</sup>が生物情報のデータベースに挙げられる。環境省では、1991 年から『日本の絶滅のおそれのある野生生物』としてレッドリストを発表し、概ね 5 年ごとに全体的な見直しを行ってきた<sup>13)</sup>。2012 年に発表された第 4 次レッドリストには、計 3,430 種が掲載されている。しかし、そのほとんどが陸上生物または淡水生物で、海洋生物については一部の種を除き、絶滅のおそれの評価が行われていなかった。環境省は海洋生物に対する関心の高まりを受け、2012 年以降に海洋生物のレッドリスト作成の作業を進め、2017 年の改訂版には魚類、サンゴ類、甲殻類、軟体動物（頭足類）、その他無脊椎動物の 5 分類群について取りまとめた海洋生物レッドリストを公表した<sup>13)</sup>。しかし、絶滅危惧種として掲載された海洋生物はわずか 56 種（全体の 1.5%）に過ぎず、海洋生物の生息状況の実態を反映しているとは言い難い。

これまでレッドリストに情報を登録できるのは、主に各分野の専門家に限られていた。なぜなら生物種の同定を正確に行えないと、信頼できる情報が集められないからである。しかし、生物多様性の評価には、あらゆる生物の分布データを広範囲から集める必要があり、それは一部の専門家だけで行える作業ではない。生物多様性の評価には、誰もが生物種の分類を行い、生物多様性を実感できる世の中になることが理想である。

生物多様性の評価に利用される生物の分布情報には、「どの」生物が「いつ」「どこ」にいたかという基礎情報（種名・日時・場所）が不可欠である。こうした生物の基礎情報は、地理情報システム（GIS）によってデータベース化される。環境省自然環境局生物多様性センターは、2007 年より自然環境情報の GIS データの提供を開始し、現在では Web 版の GIS によって自然環境調査の結果を誰もが利用できるシステムを提供している<sup>14)</sup>。しかし、こうした生物の GIS 情報は、研究者や調査員など一部の専門家により収集されたもので、情報量が限られていた。

近年、生物の分布情報を専門家以外から幅広く収集する市民参加型の調査プロジェクトが進んでいる。その背景には、生物多様性において、オープンデータ（Open Data）という新しい考え方が定着しつつあることが影響している。オープンデータとは、データを科学に限らずに「無償かつ自由に利用可能にする」という考え方であり、データの加工と再利用を促進することで、社会や経済の活性化・効率化を図り、行政データの公開を通じた透明性の確保、市民の行政への参加促進とそれに伴う行政サービスの向上等が主要な目的とされている<sup>15)</sup>。環境省生物多様性センターは、2008 年よりウェブサイト上で生物の目撃情報を集める市民参加型調査「いきものみつけ」を運営し、さらに信頼性の高い情報を集め・提供するサービス「いきものログ」を構築した<sup>16)</sup>。「いきものログ」は 2015 年より本格的な運用が始まり、行政機関や組織に限らず、登録した個人ユーザーから生物情報を収集し、それを共有するシステムを提供している<sup>17)</sup>。

市民参加型調査が進む背景には、誰もがスマートフォンなどの情報端末を持ち歩くようになったことが大きく影響している。スマートフォンに搭載された機能（カメラ・GPS・通信）を使えば、撮影した生物の画像と関連させて、誰もが正確な日時と場所の GIS データを登録することができる。ここで課題となるのは、データをとった人の知識により種の同定の信頼性が変わることである。「いきものログ」では情報源

を一般ユーザー・専門家などとカテゴリーに分けて情報源の信頼性を上げる工夫をしている<sup>16)</sup>。しかし、それでは一般ユーザーなどから得られた GIS データの利用が進まず、市民参加型調査のメリットが生かされているとは言い難い。より信頼性の高い生物情報の GIS データを広く収集するためには、誰もが高精度で生物種を同定できるシステムの開発が望まれる。こうした背景から、近年、生物種の識別を目的とした人工知能 (AI) の開発が進んでいる。LINNÉ LENS (リンネレンズ) は、スマートフォンで水棲生物を撮影すると AI により種を判定することができるスマートフォン・アプリである<sup>18)</sup>。日本国内の水族館と連携し、魚類を中心に約 1 万種 (2019 年 11 月時点) の水棲生物に対応している。さらに多くの動植物に対応した AI 搭載のスマートフォン・アプリが Biome (バイオーム) である<sup>19)</sup>。日本国内に生息する約 7 万 9 千種 (2019 年 11 月時点) の動植物に対応している。無料アプリということもあり、リリースしてからわずか 4 カ月 (2019 年 9 月時点) でダウンロード数は 10 万件を超えている。ユーザーが多い分、集まる情報は桁違いに多い。それらの生物情報が GIS データとして登録され、AI を用いた独自のアルゴリズムで機械学習され、生物種の分類精度はさらに向上する。収集された膨大な GIS データは、生態系の保全やそれを管理するシステムの構築にも応用が期待されている<sup>20)</sup>。本稿では、生物情報収集アプリ (Biome) を潮間帯の生物観察に利用し、生物情報のデータベース化を行う試みについて紹介する。その結果から、生物多様性を学ぶための実習教材として、Biome の利用による利点や課題を検討し、さらに従来の調査手法と比較して、沿岸域の生物多様性の評価における Biome の有効性を考察した。

## 材料と方法

### 潮間帯の生物観察

生物観察の実習は、2019 年 10 月 23 日、11 月 11 日、25 日にそれぞれ行い、異なる約 40 名の学生が参加した。学生らには、事前に実習内容と手順が記された実習書の電子ファイルを配信し、各自のスマートフォンへ Biome をインストールしておくように指示した。実習当日は、内海生物資源研究所の研修室で、実習の意義と Biome アプリの使用方法を 30 分ほどかけて説明した。参加した学生全員が Biome アプリ内の同一のユーザーを用いて、発見した生物の写真をスマートフォンで撮影して、登録 (投稿) した。全員が一つのユーザーでログインしているため、すべての投稿結果をマイページから見る事ができる。なお、設定ではタイムラインに非公開 (ほかのユーザーからは見れない) に設定した。また、Biome への画像投稿には位置情報が不可欠である。そのため、各自のスマートフォンの設定で画像情報に位置情報を記録 (GPS をオンに設定) するように指示した。生物観察の際には因島の沿岸でよく見られる生物種 (動物 17 種) の写真で作った観察シートを各自に配布し、これも生物種を同定する際に役立つように伝えた。

実習内容の説明を終えて、実習生全員が調査地の海岸 (34°21'14"N、133°10'37"E、図 1) へ移動し、約 80 分間の生物観察を行った。調査地の海岸は、長さ約 120m で、砂浜を挟むように南北に岩場がある。付近の潮汐データ<sup>21)</sup>によると、2019 年 10 月 23 日 (月齢 24.4) は干潮 (12:02・93 cm) からの上げ潮、11 月 11 日 (月齢 14.0) と 11

月 25 日（月齢 28.0）は、それぞれ干潮（16:30・88 cm、16:51・82 cm）へかけての下げ潮だった。いずれの調査日でも低潮帯より上部が干出していた。

実習に参加した学生は浜辺を歩いて、スマートフォンを使って発見した生物を撮影し、Biome アプリを使って撮影した画像を投稿した。投稿の際は「動物」あるいは「植物」を選択する。海藻については Biome 内の図鑑に登録されている種数が少ないことから、今回の実習では動物のみを投稿した。通信状況にもよるが、大抵は数秒で AI による判別候補がスマートフォンの画面に示された。判定候補は、複数出ることが多いため、候補の中から最も似ている動物種を選択して投稿した。その際には、配布した観察シートの情報も参考にした。また、「観察メモを記録」に各自の学生番号と気づいた点などを入力し、種名がまったくわからなければ、「しつもん投稿」から種名「？」として投稿した。

### データ解析（レポート作成の手順）

観察後は、以下の手順で投稿したデータをもとに生物リストを作成し、各自でレポートを作成するように指示した。

投稿写真から、自分が投稿したものと同種と思われる生物種があれば、生物種名が同じかどうか確認する。もし、違う場合には、自分あるいは他者の同定結果が正しいか、Biome 内の図鑑やネットの情報などを参考によく調べる。自分の結果が正しいと判断した場合には、他者の投稿欄に意見を投稿する。Biome では、誤同定を指摘する場合は「（正しいと思う種名）を提案します」とコメントするのがルールとなっている。コメント欄に入力した場合は提案者の学生番号も記入するように指示した。その提案を見てから、投稿者は同定結果を変えてもよいし、変えない場合はそう考えた理由をコメント欄で主張する。また、「しつもん投稿」欄も確認し、種名を知っている生物がいたらその種名を「提案」し、観察日から一週間以内に種名の訂正を行うように指示した。

同日の調査で発見され、種が同定された生物種（今回は、海洋動物のみとし、植物や昆虫は除いた）のリストを作成する。生物種のリストは、分類体系（門一綱一目一科一属一種）にまとめて、標準和名の後に学名を記す。さらに、生物種 1 種を選び、その種について図鑑やネットで調べ、興味を持った点や新たに知った点を記すように指示した。

## 結果および考察

### 実習教材としての Biome の利用の意義と課題

従来の生物観察では、学生によって興味の度合いが大きく分かれ、熱心に生物観察を続ける者もいれば、すぐに飽きてしまう者もいた。おそらく海岸生物の観察の経験がない学生にとっては、生物種がわからずに観察に飽きてしまうことが多かったのだろう。今回の実習では、ほぼすべての学生が 80 分間に渡って生物観察を続けた。Biome を用いると生物観察の経験がなくても、アプリを使って生物種を判定することができる。投稿した結果は、その種のレア度に応じて、ポイントが加点される。

獲得したポイントに応じて、レベル (BLv) が上がるため、これも観察者のモチベーションを上げることにつながるようだ。

個人の投稿数は多くても 10 件ほどだったが、3 回の観察における投稿数の合計は 702 件 (1 回目: 366 件、2 回目: 220 件、3 回目: 116 件) だった。その中には昆虫や植物、さらに誤同定と思われる動物種を多く含んでいた。投稿された画像を後に見比べて再同定し、誤同定が疑われる投稿を除いて沿岸動物のリストを作成した (Table 1)。その結果、海綿動物 2 種、刺胞動物 5 種、軟体動物 25 種、環形動物 5 種、節足動物 19 種、棘皮動物 2 種、脊椎動物 (魚類) 6 種の計 64 種を同定した。観察日毎の種数は、40 種 (10 月 23 日)、35 種 (11 月 11 日)、38 種 (11 月 25 日) で、3 日間共通して確認された種数は 15 種だった。これまでの実習では、配布した観察シートにある 17 種程度が観察できる上限と考えていた。しかし、各回 40 名の観察データを統合することで、予想をはるかに上回る沿岸動物の存在を確認することができた。

各自が実習レポートとして作成した生物種のリストには、概ねこの種数と同程度が記載されるべきであるが、各回の観察では、1 回目 (3~43 種、 $22.5 \pm 10.1$  種、平均  $\pm$  標準偏差)、2 回目 (23~52 種、 $35.5 \pm 5.7$  種)、3 回目 (10~61 種、 $36.7 \pm 11.2$  種) と、とくに 1 回目の観察でその種数を大きく下回り、個人差が大きかった。今回の実習では、大勢の調査員でデータを共有し、データベース化の意義を理解してもらうことが一つの目的だった。しかし、一部の学生にはその趣旨が十分に伝わっておらず、各自が発見した種のリストのみを作成していた。2 回目以降の観察では、その趣旨をさらに強調して説明することで、提出したレポートの生物リストに記載された種数は増加したと考えられる。

Biome アプリの操作法については、作業手順自体に難しいことはなかった。スマートフォンを使い慣れた大学生であれば、誰もがすぐに使い方を修得していた。しかし、生物種を投稿するにあたり、いくつかの問題点があった。まず、繰り返し説明したものの、スマートフォンの設定で画像に位置情報を付けずに撮影 (GPS をオフに設定) していた学生がいた。撮影後すぐに投稿すれば現地ですぐに気づくが、現地で撮影した後に、自宅で投稿するつもりでいた学生はまったく投稿できなかった。また、現地で画像を投稿する際に、投稿が失敗することが度々生じた。これは一つのユーザー名で同時に投稿したために生じたためかもしれない。こうした場合には、少し時間を置くと、投稿することができた。また、アプリの初期設定で「タイムラインに公開」となっているため、各端末でこれを非公開に設定する必要があった。その指示を聴いておらず「タイムラインに公開」のまま投稿を続ける学生がおり、その投稿に全国のユーザーからコメントが寄せられることとなった。とくに問題は生じなかったが、同定結果に問題があり、異なる種の「提案」が寄せられた。

レポートには、Biome を使った生物観察と、その後の生物種の同定作業を通じて新たに知ったことについても記すように指示した。その課題として、24 種の生物種が選ばれた。多くのレポートにおいて、Biome の使用をきっかけにこれまで興味のなかった動物について詳しく調べる機会になった、と記されていた。著者自身も、Biome を用いた観察によって、さまざまな動物種を調べるきっかけとなった。実習書には、著者が知った点について以下のように記し、レポート作成の参考にするように伝えた。

### (例) イシダタミ (*Monodonta confusa*)

和名の最後に「貝」を付けて「イシダタミガイ」と呼ばれることがある。ふつうは同種と扱われるが Biome で検索すると「イシダタミガイ (*Monodonta labio confusa*)」という別種の貝類も候補に挙がる。*Monodonta labio* を Wikipedia<sup>22)</sup>で調べると、「オキナワイシダタミ」という別の和名が付いていた。また、「イシダタミ」の属名 (*Monodonta*) は「1 個の歯 (を有するもの)」で、種小名の「*confusa*」は「混乱、混合」を意味する。おそらく英語の「*confuse*」のラテン語だと思われる。亜種や変種が多く、本種の分類体系に混乱が生じていたことから、このような「種小名 (*confusa*)」が付いたのだろう。

Donald et al.が行ったミトコンドリア COI 領域の分子系統解析によると、イシダタミ (*Monodonta confusa*) とオキナワイシダタミ (*Monodonta labio*) は別種に位置づけられている<sup>23)</sup>。よって、Biome 図鑑のイシダタミガイ (*Monodonta labio confusa*) はそれ以前の分類体系における *Monodonta confusa* のことだと考えられる。ここでは、Donald et al.<sup>23)</sup>の分類体系を支持し、本種を *Monodonta confusa* として扱った。

なお、上記のようなシノニムの問題は、他の動物種においても確認された。このような図鑑の情報に関する問題については、ユーザーから Biome 社へ伝えることで、登録情報が徐々に改善されるようである。

アプリを使った印象では、生物種の判定精度は、身近な昆虫類や陸上植物と比べて、沿岸生物では低いようである。おそらく沿岸生物については、登録された情報量が少ないため、図鑑情報の更新や機械学習による生物種の同定が十分に向上していないためだと考えられる。今後、沿岸生物を対象に Biome の利用が進み、情報量が増えることで改善が期待される。

## 沿岸域の生物多様性の評価に向けた Biome の有効性

生物の分布と個体数を把握することは、生物多様性の保全のみならず生態学の基礎と言える<sup>24)</sup>。しかし、水棲生物の場合は観察が困難なことから、それが容易なことではない。近年、水棲生物の分布調査として急速に発展しつつあるのが、水中に含まれる DNA を分析することによって、生物の在・不在や生物量を推定する環境 DNA 分析である<sup>24)</sup>。環境 DNA 分析は、希少種の保全、外来種侵入の早期検出、水産有用種の生態解明、環境アセスメントなど様々な目的での応用が期待されている<sup>25)</sup>。環境 DNA 分析を用いた生物種の検出には、大きく 2 つの方法がある<sup>26)</sup>。1 つ目は、種特異的なプライマーを使った PCR 法を用いて対象種の DNA が水試料に含まれるかどうかを確認する方法である。2 つ目は、対象とする分類群に属する種の DNA をまとめて増幅できるユニバーサルプライマーを用いた PCR を行った後に、次世代シーケンサーで網羅的に塩基配列を決定し、データベースと照合して、水試料に含まれる DNA のホスト生物を決定する方法である<sup>26)</sup>。近年、この 2 つ目の手法を用いて、生物多様性を評価する研究が進んでいる。阪本<sup>27)</sup>は 2018 年 8 月と 11 月に因島大浜で採水し、魚類に特化したユニバーサルプライマー (MiFish)<sup>28)</sup>を用いた環境 DNA 分析によって、24 種の魚類の存在を確認した。一方、同時期にたも網により採集した結果では、環境 DNA 分析では検出しなかった 17 種を含む 24 種の魚類が採集された。これらの相違について、潮汐により DNA が分解あるいは外洋へ流出したことで検出できなかったことや、魚類各種の PCR 条件の違いなど、環境 DNA 分析の問題点を指摘してい

る<sup>27)</sup>。よって、環境 DNA 分析が、従来の採集による分布調査と比較して、より効果的に生物の分布情報を収集できるとは言い難い。また、ユニバーサルプライマーの開発も発展途上にあり、脊椎動物から甲殻類、軟体動物に至る、さまざまな分類群を対象とした、有効なユニバーサルプライマーはいまのところ開発されていないようである。環境 DNA 分析は、日々発展しつつあるが、未解明な部分が多く、解決すべき手法の問題点は現在も山積している<sup>26)</sup>。

今回、Biome を使った観察によって、因島周辺で 64 種の沿岸動物の生息を確認した。他の調査法により、因島沿岸でさまざまな分類群を対象とした沿岸動物の分布調査を定量的に行った資料は見つかっていない。しかし、本調査地はとくに生物多様性が高い地域ではなく、瀬戸内海のどこにでも見られる自然海岸だと考えている。この海岸で、生物分類に関する知識が乏しい大学生たちの合計 4 時間の観察によって、64 種もの沿岸動物が記録できたのは驚きに値する。潮間帯は干出している時間が短く、目視による観察が可能な時間も限られる。また、潮汐の影響で海水は流動的であり、環境 DNA による分布推定は難しいことが予想される。こうした環境では、大勢の調査員が短時間に集中してデータ収集を行うことが、効率よく生物の分布情報を得る上で有効だと言える。また、共通したアプリ (Biome) を種の同定に使用することで、調査員間の同定精度を一定に保つことができる。今後も実習を毎年、同時期、同じ場所で継続し、沿岸域の生物多様性に関する情報を長期的に収集する計画である。このように蓄積された生物情報の GIS データが、将来的に沿岸生態系の長期モニタリングデータとして活用されることにも期待したい。

## 謝 辞

本稿の執筆にあたり、株式会社バイオームの藤木庄五郎氏、福山大学生命工学部海洋生物科学科の阪本憲司氏、山岸幸正氏、および 2 名の査読者には大変有益な助言をいただいた。また、実習に参加してデータを収集してくれた同学科の 1 年次生たち、実習のサポートやデータの取りまとめに協力していただいた海洋動物行動学研究室の 4 年次生たち、ご協力いただいた皆様に心より感謝申し上げます。また、本研究は福山大学グリーンサイエンス研究センターの助成を受け、福山大学私立大学研究ブランディング事業「瀬戸内の里山・里海学」の一環として行われた。

## 文 献

- 1) WWF ジャパン. <https://www.wwf.or.jp/> (2019 年 12 月 10 日閲覧)
- 2) プリマック, R. B., 小堀洋美. 保全生物学のすすめ: 生物多様性保全のためのニューサイエンス. 株式会社文一総合出版, 東京 (1997)
- 3) 鷺谷いづみ, 矢原徹一. 保全生態学—遺伝子から景観まで. 株式会社文一総合出版, 東京 (1996)
- 4) IUCN. IUCN 世界の絶滅危惧生物図鑑 (翻訳: 岩田邦夫, 太田英利). 丸善出版, 東京 (2014)



- 5) IUCN. IUCN レッドリスト 2019. <https://www.iucnredlist.org/> (2019年12月10日閲覧)
- 6) Ehrlich, P. R., Wilson, E. O. Biodiversity studies: science and policy. *Science*, 253: 758-762 (1991)
- 7) 環境省編. 平成20年版 環境循環型社会白書. <https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/> (2019年12月10日閲覧)
- 8) 山岸幸正, 三輪泰彦. 因島および福山の海藻相の10年間の変化について. 福山大学生命工学部年報, (18) : 35-47 (2019)
- 9) Yamagishi, Y., Ohta, Y., Masuda, M., Abe T. *Dasya enomotoi* (Dasyaceae, Ceramiales), a new large *Dasya* from Japan. *Phycological Research*, 62: 63-72 (2014)
- 10) Yaegashi, K., Yamagishi, Y., Uwai, S., Abe, T., Santiañez, W. J. E., Kogame, K. Two species of the genus *Acinetospora* (Ectocarpales, Phaeophyceae) from Japan: *A. filamentosa* comb. nov. and *A. asiatica* sp. nov. *Botanica Marina*, 58: 331-343 (2015)
- 11) Sutti, S., Tani, M., Yamagishi, Y., Abe, T., Miller, K. A., Kogame, K. *Neochondria* gen. nov. (Rhodomelaceae, Rhodophyta), a segregate of *Chondria*, including *N. ammophila* sp. nov. and *N. nidifica* comb. nov. *Phycologia*, 57: 262-272 (2018)
- 12) Lalli, C., Parsons, T. *Biological oceanography: an introduction* 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford (1997)
- 13) 環境省. 環境省レッドリスト. <https://www.env.go.jp/nature/kisho/hozen/redlist/index.html> (2019年12月10日閲覧)
- 14) 環境省自然環境局生物多様性センター. 自然環境調査 Web-GIS. <http://gis.biodic.go.jp/webgis/> (2019年12月10日閲覧)
- 15) 大澤剛士, 神保宇嗣, 岩崎亘典. 「オープンデータ」という考え方と、生物多様性分野への適用に向けた課題. *日本生態学会誌*, 64: 153-162 (2014)
- 16) 竹原真理, 佐藤直人, 大谷知生, 鱸雅哉. 環境省生物多様性センターにおけるウェブサイトを活用した生物多様性情報の収集・提供の取り組み. *日本生態学会誌*, 63: 141-144 (2013)
- 17) 環境省. いきものログ. <https://ikilog.biodic.go.jp/> (2019年12月10日閲覧)
- 18) LINNÉ LENS (リンネレンズ). <https://lens.linne.ai/> (2019年12月10日閲覧)
- 19) バイオーム株式会社. Biome. <https://biome.co.jp/> (2019年12月10日閲覧)
- 20) 山口泰博. 環境問題をビジネスに変える 株式会社バイオーム代表取締役 藤木庄五郎. *産学官連携ジャーナル*, 15 (10) : 29-30 (2019)
- 21) 潮 MieYell. 尾道. <http://sio.mieyell.jp/> (2019年12月10日閲覧)
- 22) Wikipedia. イシダタミ. <https://ja.wikipedia.org/wiki/イシダタミ> (2019年12月10日閲覧)
- 23) Donald, K. M., Kennedy, M., Spencer, H. G. The phylogeny and taxonomy of austral monodontine topshells (Mollusca: Gastropoda: Trochidae), inferred from DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37: 474-483 (2005)
- 24) 内井喜美子, 源利文, 土居秀幸, 高原輝彦, 山中裕樹, 片野泉. 特集1 環境DNA分析を利用した水中生物のモニタリング 趣旨説明 環境DNA分析: 新しい水棲生物分布調査法. *日本生態学会誌*, 66 : 581-582 (2016)

- 25) 源利文, 内井 喜美子, 山中 裕樹, 高原 輝彦, 片野 泉, 土居 秀幸. 特集1 環境 DNA 分析を利用した水中生物のモニタリング 環境 DNA 分析のさらなる進展にむけて. 日本生態学会誌, 66 : 621-623 (2016)
- 26) 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子. 特集1 環境 DNA 分析を利用した水中生物のモニタリング 環境 DNA 分析の手法開発の現状 ~淡水域の研究事例を中心にして~. 日本生態学会誌, 66 : 583-599 (2016)
- 27) 阪本憲司. 環境 DNA 分析による広島県因島の藻場の魚類相. 日本生物地理学会会報, 74 : 3-7 (2019)
- 28) Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J. Y., Sato, K., Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M., Iwasaki, W. MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science*, 2: 150088 (2015)

Table 1. A list of coastal fauna observed along the coast of Ohama, Innoshima Island in the central Seto Inland Sea. Species were identified and stored in the GIS database of living-organism correction app (Biome). Each circle (○) indicates that the species was present at the observation.

門	綱	目	科	属	種	学名	10月23日	11月11日	11月25日			
海綿動物門	尋常海綿綱	単骨海綿目	カワナシカイメン科	カワナシカイメン属	ムラサキカイメン	<i>Haliclona permollis</i>		○	○			
			イソカイメン目	イソカイメン科	イソカイメン属	クロイソカイメン	<i>Haliclondria okadaei</i>			○		
			刺胞動物門	鉢虫綱	旗口クラゲ目	ミズクラゲ科	ミズクラゲ	<i>Aurelia aurita</i>	○	○	○	
	花虫綱	イソギンチャク目	ウメボシイソギンチャク科	ウメボシイソギンチャク属	ヨロイソギンチャク	<i>Anthopleura uchidai</i>	○	○	○			
					ヒメイソギンチャク	<i>Anthopleura asiatica</i>		○				
					ミドリイソギンチャク	<i>Anthopleura fuscoviridis</i>			○			
軟体動物門	多板綱	クサズリガイ目	タテジマインゲンチャク科	タテジマインゲンチャク属	タテジマインゲンチャク	<i>Haliphanella lineata</i>	○	○	○			
			クサズリガイ科	ヒザラガイ属	ヒザラガイ	<i>Acanthopleura japonica</i>	○	○	○			
			二枚貝綱	カキ目	イタボガキ科	オハグロガキ属	ケガキ	<i>Diospyros discolor</i>	○	○	○	
					マガキ属	マガキ	<i>Magallana gigas</i>	○	○	○		
						イワガキ	<i>Magallana nippona</i>	○		○		
						イタボガキ	<i>Ostrea denselamellosa</i>			○		
						アサリ属	<i>Ruditapes philippinarum</i>	○	○	○		
						クジャクガイ	<i>Septifer bilocularis</i>			○		
						ナミマガシワ属	<i>Anomia chinensis</i>	○				
						イボニシ	<i>Thais clavigera</i>		○	○		
	腹足綱	吸腔目	アツキガイ科	ヒメヨウラク属	ヒメヨウラク	<i>Ergalata contractus</i>	○		○			
オニノツノガイ科			オニノツノガイ属	コベルトカニモリ	<i>Cerithium dialeucum</i>	○		○				
ムカデガイ科			オオヘビガイ属	オオヘビガイ	<i>Serpulorbis imbricatus</i>	○		○				
					ウズラタマキビ属	ウズラタマキビ	<i>Littoraria scabra</i>	○	○	○		
					イボタマキビ属	アラタマキビ	<i>Echinolittorina radiata</i>	○	○			
					ウミニナ属	イボウミニナ	<i>Baillaria zonatis</i>	○		○		
					ヨメカサガイ科	マツバガイ	<i>Cellana nigrolineata</i>	○	○	○		
					ウツアシ属	ウツアシ	<i>Patelloida saccharina</i>	○				
					Lottia属	カモガイ	<i>Lottia dorsuosa</i>	○				
					シロガサガイ科	シロガサガイ属	シロガサガイ	<i>Lepeta caeca</i>	○			
					カラマツガイ科	コウダカカラマツ属	キュウノハナガイ	<i>Siphonaria sirius</i>	○	○		
環形動物門	多毛綱	ニシキウズ目	ニシキウズガイ科	インダタミ属	インダタミ	<i>Monodonta confusa</i>		○	○			
			サザエ科	Lunella属	スガイ	<i>Lunella coreensis</i>	○	○	○			
			フネガイ目	フネガイ科	エガイ属	アオカリガネエガイ	<i>Barbatia virescens</i>		○			
			アマオブネガイ目	アマオブネガイ科	イシマキガイ属	イシマキガイ	<i>Cithon retropictus</i>	○				
			遊在目	ゴカイ科	イソゴカイ属	イソゴカイ	<i>Perinereis nuntia</i>	○		○		
			フサゴカイ目	フサゴカイ科	Thelepus属	ニッポンフサゴカイ	<i>Thelepus setosus</i>			○		
			ミズヒキゴカイ目	ミズヒキゴカイ科	ミズヒキゴカイ属	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriformia tentaculata</i>			○		
			ケヤリムシ目	ケヤリムシ科	ケヤリムシ属	ケヤリムシ	<i>Sabellastarte japonica</i>		○	○		
				カンザンゴカイ科	イバラカンザン属	ヤッコカンザン	<i>Spirobranchus kraussii</i>			○		
				ミウガイ科	カメノテ属	カメノテ	<i>Capitulum miella</i>			○		
		節足動物門	顎脚綱	有柄目	クロフジツボ科	クロフジツボ属	クロフジツボ	<i>Tetraclita japonica</i>	○	○		
イワフジツボ科	イワフジツボ属				イワフジツボ	<i>Chthamalus challengerii</i>	○	○	○			
フジツボ科	タテジマフジツボ属				タテジマフジツボ	<i>Amphibalanus amphitrite</i>	○	○	○			
					シロスジフジツボ	<i>Balanus albicostatus</i>		○	○			
					フナムシ	<i>Ligia exotica</i>	○	○	○			
					ヒメスナホリムシ属	ヒメスナホリムシ	<i>Exciroplana chitoni</i>	○	○	○		
					フナムシ	<i>Cleantia isopus</i>	○	○	○			
					フナムシ	<i>Palaemon pacificus</i>	○	○	○			
					フナムシ	<i>Palaemon serrifer</i>			○			
					イソガニ	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	○	○	○			
					ヒライソガニ属	ヒライソガニ	<i>Gaeticus depressus</i>	○	○	○		
軟甲綱	十脚目	ワタリガニ科	イソガニ属	イソガニ	<i>Charybdis japonica</i>	○						
		ベンケイガニ科	カクベンケイガニ属	カクベンケイガニ	<i>Parasesarma pictum</i>	○		○				
		オウギガニ科	コカクイボオウギガニ属	オウギガニ	<i>Leptodius exaratus</i>	○		○				
		イワガニ科	イワガニ属	イワガニ	<i>Pachygrapsus crassipes</i>	○		○				
		ホンヤドカリ科	ホンヤドカリ属	ホンヤドカリ	<i>Pagurus filholii</i>	○		○				
						ユビナガホンヤドカリ	<i>Pagurus minutus</i>		○	○		
						ケンシホンヤドカリ	<i>Pagurus lanuginosus</i>	○				
						ムラサキウニ	<i>Helicodaris crassispina</i>		○	○		
						ヤツデヒトデ	<i>Coscinasteria acutispina</i>		○	○		
						アゴハゼ属	アゴハゼ	<i>Chaenogobius annularis</i>	○	○	○	
		棘皮動物門	ウニ綱	ホンウニ目	ナガウニ科	ムラサキウニ属	ムラサキウニ	<i>Chaenogobius gutulosus</i>	○	○	○	
マヒトデ目	マヒトデ科				ヤツデヒトデ	<i>Laciogobius gutulosus</i>	○	○	○			
マヒトデ目	マヒトデ科				アゴハゼ属	アゴハゼ	<i>Chaenogobius gutulosus</i>	○	○	○		
脊椎動物門	鱈条綱		スズキ目	ハゼ科	ミズハゼ属	ミズハゼ	<i>Laciogobius gutulosus</i>	○	○	○		
							チチブ属	アカオビシマハゼ	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>		○	○
							クモハゼ属	クモハゼ	<i>Bathygobius fuscus</i>		○	○
				イソギンボ科	ナベカ	<i>Omobranchius elegans</i>	○					

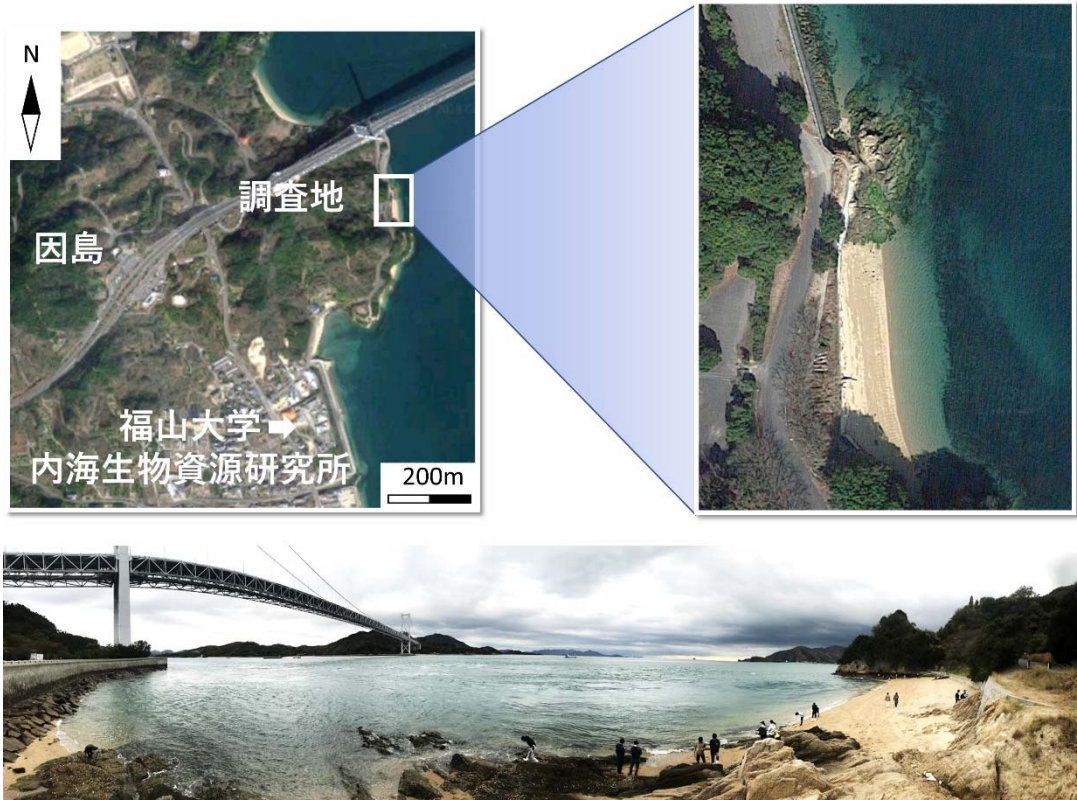


Fig. 1. Location of the study site and a panorama photo taken in the field observation in Ohama, Innoshima Island in the central Seto Inland Sea.