

特集 フィールドシンポジウム「海岸生物の長期変遷からみえる近年の兆候」

田辺湾島島の海洋生物の長期変遷

京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所

中 野 智 之

Long term changes of marine species in Hatakejima Island. Tomoyuki Nakano* (*Seto Marine Biological Laboratory, Field Science Education and Research Centre, Kyoto University*)

はじめに

平成 30 年 10 月 6 日に京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所において、関西自然保護機構主催のフィールドシンポジウム「海岸生物の長期変遷からみえる近年の兆候—田辺湾を中心として—」が開催され、大阪湾および田辺湾における長期モニタリング調査をテーマとした 4 件の講演があった。本稿は、著者がその際に行った田辺湾島島における海洋生物の長期変遷に関する講演の概要である。なお本研究は著者が単独で行ったものではなく、故・大垣俊一博士を中心とした歴代の研究者および関係機関の協力者の方々による連綿と続く調査と努力の結果であることを申し添えたい。

紀伊半島の海洋環境と生物相

紀伊半島は、本州中央部から太平洋側に突き出た日本最大の半島である。フィリピン沖から流れてくる暖流である黒潮が紀伊半島の先端をかすめるため、紀伊半島沿岸部は黒潮の強い影響を受ける。そのため、様々な海洋生物の分類群において、温帯性種と熱帯性種が混在していることで特徴づけられる。紀伊半島沿岸部は、紀伊水道区、紀伊水道外域区、熊野灘区の 3 つの海域に区分され、

それぞれの地域で海洋環境が異なっている。大阪湾入口の友ヶ島水道と播磨灘入口の鳴門海峡から和歌山県の日ノ御埼にかけての地域を「紀伊水道区」、そこから南の潮岬までの地域を「紀伊水道外域区」、潮岬を越えて三重県志摩半島の大王埼付近までを「熊野灘区」として区分している（図 1）。紀伊水道区は、比較的水深の浅い半閉鎖的水域で、外洋水に比べて水温は冬により低く、夏により高くなる。また栄養塩に富む反面、赤潮が発生しやすい。生物相は、温暖要素は紀伊半島の 3 海域の中で最も少ない地域である。紀伊水道外域区は、黒潮の強い影響下にあり、冬季水温、塩分濃度、透明度が紀伊半島の 3 海域の中で最も高い地域である。生物相は最も温暖要素が強く、加えて熱帯性種がよく見られる。熊野灘区は、黒潮の影響を受けにくい地域であり、水質や生物の種組成は、紀伊水道区と水道外域区の間である。大垣（2011）では、紀伊半島における貝類の分布についてまとめている。オハグログキは、紀伊水道外域区には多く分布するが、紀伊水道区および熊野灘区にはほとんど分布しない。レイシガイは紀伊水道区には多く分布するが、紀伊水道外域区および熊野灘区には少数しか分布していない。サザエは、紀伊水道区および熊野灘区には分布しているものの、紀伊水道外域区には分布していないなど、貝類の分布から見ても紀伊半島において 3 つ

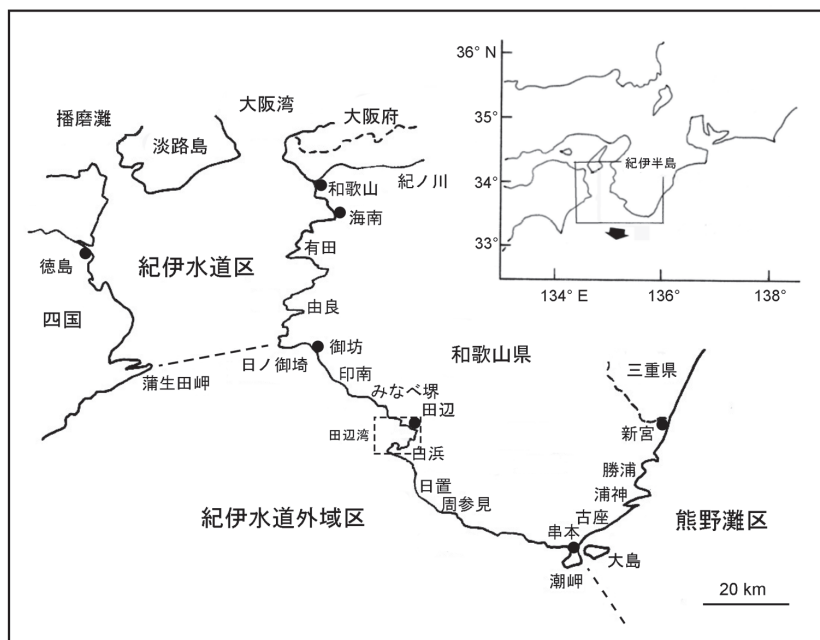


図 1. 紀伊半島南西部の海洋区分. 大垣 (2011) 図 1-1 を改変.

の海域に区分されることが示唆されている。

和歌山県の田辺湾周辺には長期モニタリングサイトが3つあり（畠島，番所崎，内之浦），その全てが紀伊水道外域区に含まれている（図 2A）。紀伊水道外域区には南方の海域から幼生が運ばれてくることにより，突如として熱帯性の種が現れることがあり，昨今の温暖化による影響等をモニタリングするには最適な地域とも言える。

畠島の自然

畠島は，和歌山県の田辺湾の南側ほぼ中央に位置する無人島である（図 2A）。現在は京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所が管理する島であり，研究・教育の拠点となっている。畠島は約 2.6ha の本島と隣にある約 550m² の小丸島と一括管理されている。干潮時には広大な潮間帯が姿を現し，島の面積に匹敵するほどの岩礁や砂礫地，砂泥地が露出する（図 2B）。島の

東側は田辺湾奥部を向いており，岩礁および小さな砂浜があるものの，ところどころは砂泥地となっている。また南東側では岩場が棚状になっており，陰になっている部分を覗くと，チゴケムシやホヤの群体が見られる（図 3A）。島の南端を越えると島の南西側には砂浜が広がっている。砂浜のところどころには岩が突出し，場所によっては岩盤が平らになっており，その中にタイドプールが点在する。このようなタイドプールの中にはシロカラムツなどの有肺類が歩いた跡が見つかり，その跡を辿っていくとやがて本体が見つかる（図 3B）。畠島本島と小丸島の間には砂州が広がり，ワダツミギボシムシの糞塊（図 3C）やツバサゴカイの棲管（図 3D）が見られる。小丸島に近づくにつれ礫がだんだんと多くなっていき，小丸島を超えたあたりから転石下にムラサキクルママコやムラサキグミモドキなどが密集している様子が見られるようになる（図 3E）。島の最西端は田辺湾湾口に向いており，非常に波当たりが激しく

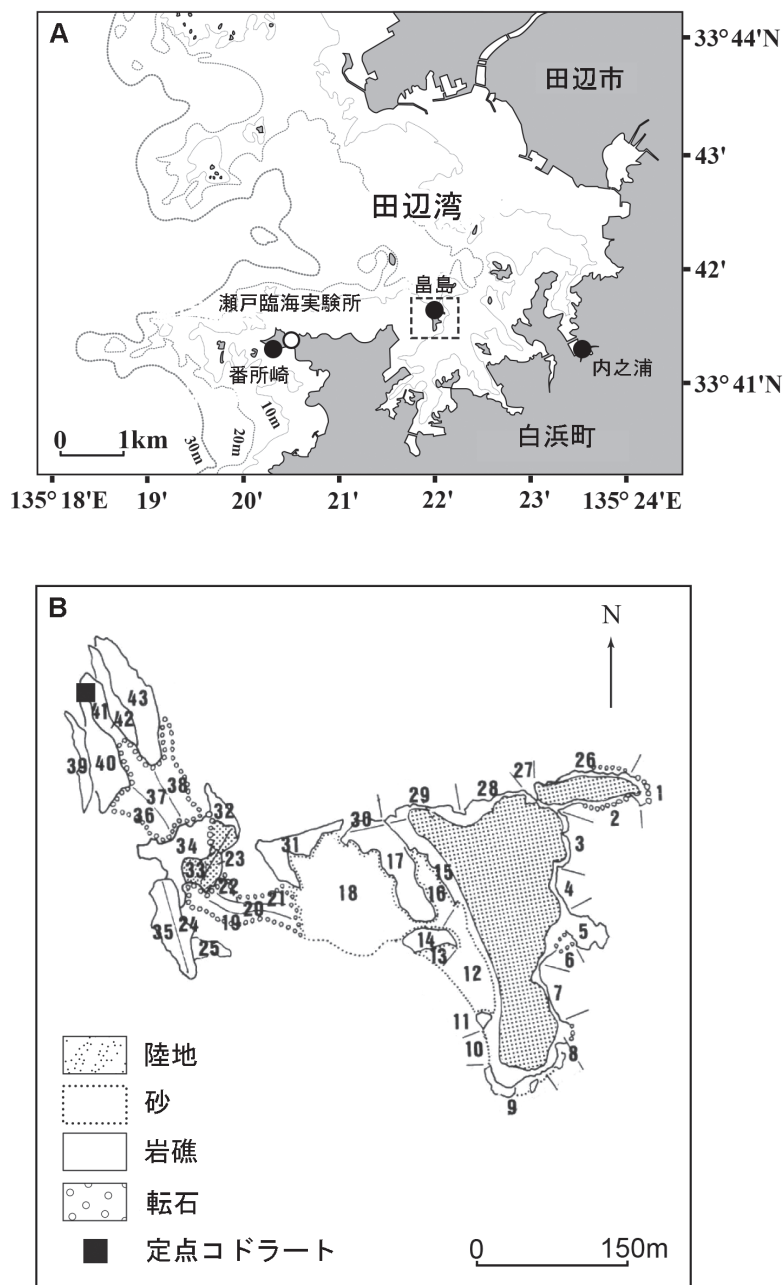


図 2. 田辺湾周辺の長期モニタリングサイトの位置 (A) と島島の底質と 43 の調査区分 (B). Ohgaki et al. (2019) Fig.1 を改変.

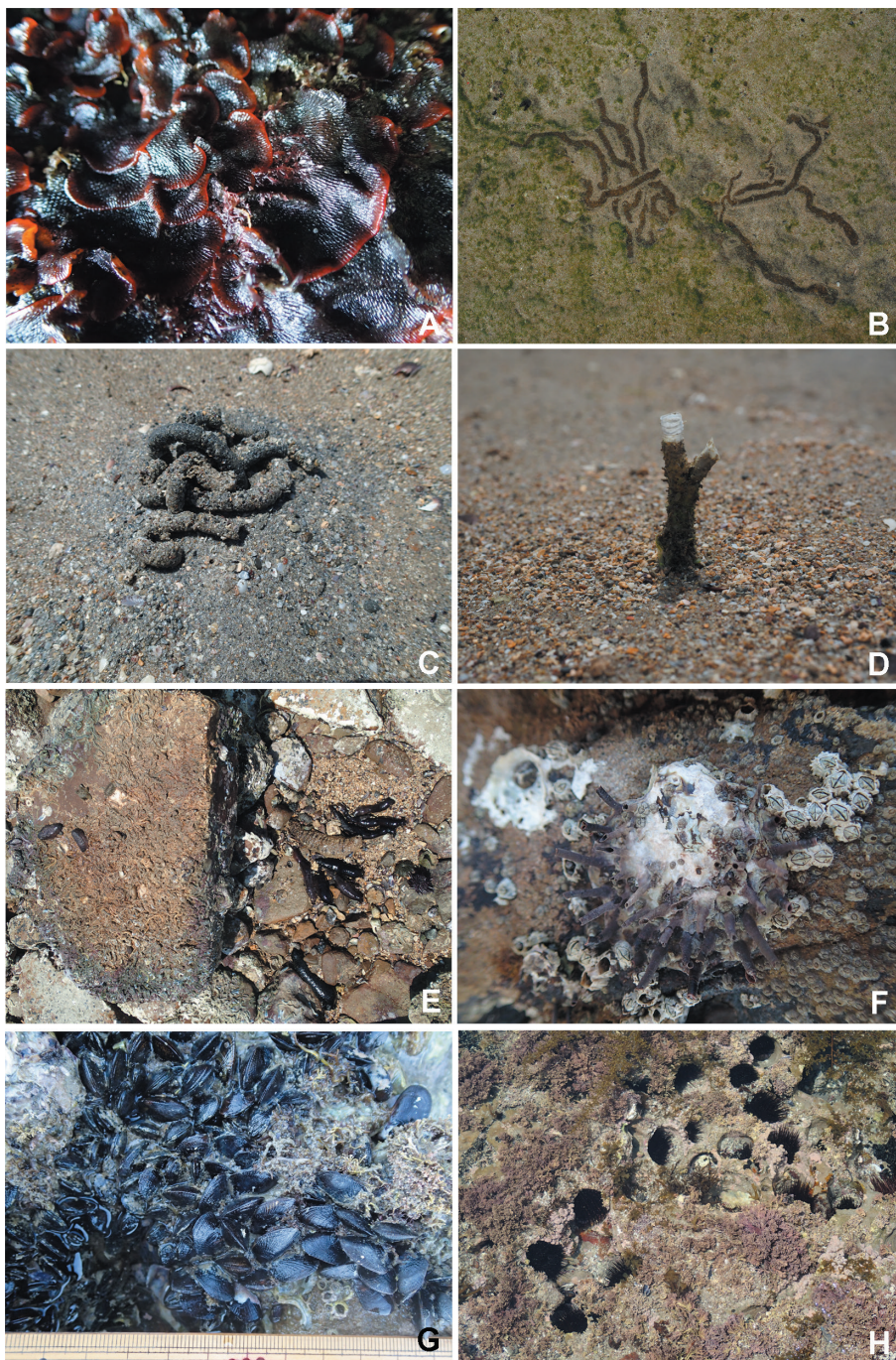


図 3. 青森県で見られる海洋生物の例 (写真は河村真理子博士撮影). A. チゴケムシ. B. シロカラマツと這い跡. C. ワダツミギボシムシの糞塊. D. ツバサゴカイの棲管 (二股に分かれた奇形). E. 転石下のムラサキグミモドキ(左)とムラサキクルマナマコ(右). F. ケガキ. G. ムラサキインコ. H. タイドプール内のタワシウニ.

なる。岩礁表面にはケガキやヒバリガイモドキが密生しており（図 3F, G）、タイドプール内には多数のウニが生息している様子がすぐに発見できる（図 3H）。このように島内には、岩礁・転石・砂浜・砂泥地などの多様な底質が存在し、島を一周するだけで田辺湾周辺の海洋生物相を一通り観察できる素晴らしい場所となっている。しかしながら 1960 年代半ばに、白浜ハワイアイランド計画という大規模開発が計画され、この島の自然が失われる危機があった。対岸から橋をかけ、島の大部分はコンクリートで覆われるという途方もない計画であったが、当時の瀬戸臨海実験所の所長である時岡隆博士を中心に反対運動が行われ、最終的に島の買い取りがなされた。それ以来、京都大学瀬戸臨海実験所が島を管理し、海洋生物の研究・教育に活用している。また、これらの目的以外では島への上陸を禁止している。

海岸生物群集一世紀間調査

島が京都大学所有の土地となってから、自然保護区・実験地として、海岸生物群集の変遷を一世紀間モニタリングするという大目標が掲げられた。モニタリング調査は、「ウニ調査」、「島島南岸調査」、「島島全島調査」の 3 つがある。ウニ調査は、島島買い取り前より始められており、1963 年から毎年（途中数年の中断期間あり）行われており、2018 年も 6 月に調査を実施した。この調査は、1963 年に起きた世界的寒波によって島島周辺でナガウニが全て死滅した事をきっかけに、その回復過程をモニタリングするという目的で始まった。この調査では、島島西岸に 2.5m × 3.0 m の定点コドラートを設置し（図 2B）、年一回コドラート内のすべてのウニの個体数を数える。島島南岸調査は、島島の南西部に広がる岩礁帯を 16 区画に分け、その中の全ての海洋生物の種名

とその個体群密度を記録する。この調査では全ての種を記録するので、偶発的に出現した種などが記録されることが期待される。この調査は 1969 年より開始し、5 年毎を目標に調査が行われている。島島全島調査は、1983 年から始まり、この調査も 5 年毎を目標に行われており、これまでに 1983 年、1993 年、1998 年、2003 年、2008 年、2013 年、2018 年と 7 回の調査が行われた。この調査では、島島を 43 区画に分け（図 2B）、あらかじめ設定した 86 種の底生生物について、その最大密度を記録する。対象となる種には軟体動物、節足動物、棘皮動物、刺胞動物、環形動物などから、普通種、島島で特徴的な種、今後個体数が増えると予想された熱帯性種などが含まれている。また、一世紀の調査の間には調査メンバーの交代が想定されるため、新しい調査メンバーでもこれまでの調査と同じように生物種を同定できるようにするため、この 86 種を含む白浜周辺で観察できる海岸生物観察ガイドを近年、写真付きで出版した（朝倉ほか, 2018）。このガイドブック内では、島島全島調査対象種を「島」のマークをつけ区別している。

ウニ調査

ウニ調査については、京都大学瀬戸臨海実験所の歴代メンバーと同志社大学を中心に、大阪市立自然史博物館、奈良女子大学等の共同研究グループが行い、国立環境研究所がデータ解析に参加した。1963 年から 2014 年までのデータをまとめ、奈良女子大学の遊佐陽一博士を中心として執筆を行い、大垣博士を第一著者とした論文が今年の 4 月に公開された（Ohgaki et al., 2019）。島島における優占種は、ムラサキウニ、タワシウニ、ナガウニ類である。ナガウニは、昔は一種とされていたが、現在ではツマジロナガウニ、ホンナガウニ、

ヒメクロナガウニ、リュウキュウナガウニの4種に分けられることが分かり、そのうち広島にはツマジロナガウニとホンナガウニの2種が分布している。調査初期にはこれらを区別していなかったため、本調査ではナガウニ類として一括して取り扱った。調査の結果、これらのウニは1960年代から1970年代にかけて個体数が多かったものの、1970年代後半から1980年代初めにかけて急激に個体数を減らし、1995年以降徐々に個体数が回復してきた。この1960年代から1970年代は田辺湾において魚の養殖が盛んになるとともに、富栄養化による赤潮の多かった時期である。このようなウニの個体数の変動がどのような環境要因の影響を受けているかについて統計学的な処理を行ったところ、ウニの種によって影響を受けている環境要因が異なることが分かった。ムラサキウニは赤潮の発生日数に反映される水質悪化の影響を強く受けていた。また、小林直正博士によって並行して行われた広島周辺で採集した海水を用いたムラサキウニの初期発生に関する実験からも、赤潮がムラサキウニの幼生の正常発生率を大きく低下させている事が分かった。熱帯性であるナガウニ類は、冬季の水温の影響を強く受けていたことが分かった。年々、冬季水温が上昇してきており、近年のナガウニ類は個体数が増加傾向にあった。タワシウニは、最も影響を受けていた要因は前年度の個体数で、あまり環境変化に影響を受けていないことも分かった。水質悪化による赤潮も温暖化のような気候変動も人間活動の影響を受けていることから、ウニ類の長期変動には人間活動の間接的な影響があることが明らかになった。

ウニをとりまく生態系

ウニ類は藻類への摂食を通して海洋生態系への影響が大きい動物群である（図4）。例えばウニ

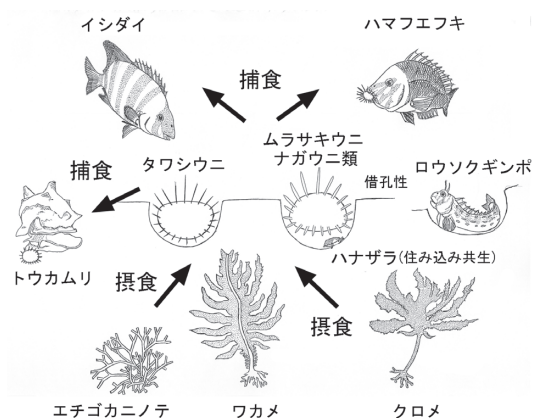


図4. ウニを取りまく生態系。

が増えすぎた場合、周辺の海藻類を全て食べ尽くしてしまい、石灰藻のみが繁茂する磯焼けの原因となる。しかしながら、ウニ類はそのような環境でも無節石灰藻を摂食し細々と生き残り、実入りの悪い痩せたウニとなる。逆にウニが減少すると、ウニを専食する貝類のトウカムリや、ウニを好んで食べるイシダイやハマフエフキなどの大型魚に影響が出る可能性がある。また、タワシウニは自ら岩場に穴をあけ生息しやすい場所を作り、その個体が死んだあとはムラサキウニやナガウニ類が使用し、ギンボなどの小型の魚やハナザラなどの小型の貝類も利用している。もしウニ類が消えてしまうと、住処を失った小型の生物種に影響が出るであろう。このようにウニ類は海洋生態系において重要な種であり、人間活動によるウニ類への影響は海洋沿岸生態系に波及する可能性が非常に高いと考えられる。また今回の調査で得られた結果から、環境が悪くなればたった数年でウニの個体数が激減してしまうのに対し、その回復には非常に時間がかかることが判明した。ムラサキウニやタワシウニは15年かけて徐々に個体数を回復させているが、過去50年間の中で記録された最大個体数の半分程度までにしか回復していない。

つまり環境や生態系を一度破壊してしまうと、容易には元に戻らないという事を示している。

畠島全島調査

畠島全島調査は1983年に始まり、今年2018年までに計7回の調査が行われた。2003年までのデータは大垣博士によって出版されているが(Ohgaki, 2001, 2002, 2003), その後のデータについては詳細な解析および公開はされていない。ここでは、大垣(2011)でまとめられた全島調査の概要について簡単に紹介する。1980年代～1990年代にかけて、水質の悪化により南方性種の割合が低下し、富栄養水域を好む種が増加した。この水質悪化は、田辺湾で盛んであった養殖に伴う海への有機物負荷や干潟の埋め立て、護岸整備によって引き起こされたと考えられている。また防汚剤として船底や生け簀網に使われた高毒性の有機スズ化合物が海岸生物の生殖や初期発生に影響を与えた可能性も指摘されており、特にアキガイ科の貝類が減少した。貝類のうちアマオブネ、アマガイ、ウネレイシダマン、カヤノミカニモリ、ゴマフニナ、シマレイシガイダマン、ヒメヨウラク、レイシガイダマン、クジャクガイ、ケガキは1984年に畠島で生息が確認されなくなった。その後、1990年以降は、養殖漁業の縮小や防汚剤の規制強化により徐々に田辺湾の水質は改善され、それに伴いケガキは1998年、ゴマフニナは2003年、アマオブネは2008年までに再び生息が確認されるようになった。1990年以降の傾向としては、南方性種の割合が増加している。特に興味深いのはケガキとマガキの関係である。1994年には畠島においてケガキは分布していなかったものの、1998年を境に少しずつ増え始め、それに伴いマガキの個体数が減り始めたのである。その後もケガキが増えるにつれマガキが個体数を減

らしており、それは2013年と2018年の直近の調査でも同様で、現在ではマガキは畠島の一部で少数個体が見られるのみである。今回のシンポジウムでの講演では、大阪湾と瀬戸臨海実験所近くの番所崎におけるモニタリングの事例も話されたが、そこでも同様にケガキが増え、マガキが減っているという傾向にあった。ケガキとマガキの関係は畠島だけでなく、もっと広い地域で見られるようである。

長期モニタリング調査

モニタリング調査は、やはり長く続けなければ適切な議論はできないと思われる。例えば、ウニ調査において、5年間のデータだけ切り取ってみても増えているか減っているかの変化ぐらいしか分からず、少なくとも10年、20年の単位で継続すべきで、理想的には50年ぐらいのデータが必要だろう。畠島での調査は100年間の継続調査を目指しているので、今後も継続していく予定であるが、やはり長期間継続させることが一番難しい。長期調査は結果が出るまでにどうしても時間がかかるためにすぐに成果が出るものではなく、そのため研究評価につながらず、資金不足で研究が止まることもある。また一人の研究者が研究できる期間には限りがあり、後継者不足によって研究が終了してしまう場合がある。実際に、ウニ調査は時岡博士らが始めたものの、後継者不足で途中4年間の中断期間がある。その後、大垣博士を中心として調査が再開され、現在、瀬戸臨海実験所に縁の深い研究者達が引き継いだ。大垣博士が亡くなった際には、ウニ調査については引き継ぎされたものの、畠島南岸調査と畠島全島調査については引き継ぎされていなかった。当時の教員会議で、「担当者がいなければもうやめていいだろう」という声があったほどである。その際に、著者が

「やめるのはいつでもできるので、一旦これまでの調査参加者に連絡をして、協力してもらえようであれば調査を継続すべき」と主張し、その結果、多くの協力者に集まってもらうことができ、2013年に無事に調査が行われ、今年の2018年の調査も引き続き実施することができた。現在では瀬戸臨海実験所の盛大なイベントの一つとなっているが、調査初期は非常に人数が少なかったようである。当時の様子与时岡博士と大垣博士のやりとりが残されている。大垣（2002）によると、「島の買い取りは時岡博士が単独でやったもの」という冷ややかな評価もあったようで、調査はしばしば時岡博士単独で行われたようである。その後の調査を引き継いだ大垣博士とのやりとりでは、時岡博士の「結局、最後は一人だと思ってますから」という発言があり、大垣博士も「そうだ、私もそう思ってやってきた」と心情をつづっている。両博士が孤独を感じていたとも読み取れる場面があるが、現在では島全島調査および南岸調査には総勢30名ほどの協力者が集まり、両博士の遺志を多くの人が引き継いでいる。もし両博士が、多数の協力者が島中に散らばって一斉に調査している様子を見たらどのように思うか想像に難しいが、今後も調査を継続させつつ、次世代の研究者に研究手法とデータを引き継ぎ、両博士が目指した一世紀間の調査を完遂させたいと思う。

おわりに

以上のように数多くの研究者および協力者の支援を受け、世界レベルの研究がなされている島であるが、近年、無断上陸し、釣りやバーベキューなどを行い、生物の無許可採集やゴミの放置などが問題化している。ウニ調査では、ウニ類に対する人間活動の影響が明らかになったものの、直接的な生物への攪乱があつては正しいデータを取る

ことができなくなってしまう。瀬戸臨海実験所では、これまでに新聞広告やビラ配りなどで注意喚起を行っているが、それとともに島島で行っている研究を一般の方にも分かるように周知することで、島島が京都大学所有の大切な自然保護区・調査区として広く認知されるように努めなければならない。島島は単に上陸が禁止された厳しい島では無く、世界的な研究が行われている後世に誇れる島であると認識して頂ければ幸いである。

引用文献

- Ohgaki, S. 2001. Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakijima Island, 1993. *Argonauta*, 5 : 32-47.
- 岡西政典・中野智之・加藤哲哉・原田桂太・山内洋紀・千徳明日香・小泉智弘・中山凌・中町健・吉川晟弘・高橋陽子（著）・朝倉 彰（監修）・河村真理子（編著）. 2018. 白浜の海岸生物観察ガイドー動物・海藻・陸上植物ー. 94pp, 瀬戸臨海実験所／白浜水族館, 和歌山.
- 大垣俊一. 2002. チョコレート・クランシー時岡隆さんのこと. *Argonauta*, 6 : 3 - 5.
- . 2002. Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakijima Island, 1998. *Argonauta*, 6 : 15-31.
- . 2003. Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakijima Island, 2003. *Argonauta*, 9 : 21-34.
- . 2011. 浅海生物相の長期変動ー紀州田辺湾の自然史, 136pp. 光楽堂, 京都.
- Ohgaki, S., T. Kato, N. Kobayashi, H. Tanase, N.H. Kumagai, S. Ishida, T. Nakano, Y. Wada & Y. Yusa. 2019. Effects of temperature and red tides on sea urchin abundance and species richness over 45 years in Southern Japan. *Ecological Indicators*, 96 : 684-693.