

特 集

現生生物を対象とした古生物学的研究 その1—干潟貝類の人新世古生態学
の研究例—

佐藤慎一*・千葉友樹**

*静岡大学理学部地球科学科・**千葉県船橋市印内3-23-28-211

Studies on the living organisms for paleontology, part 1: Case studies for
molluscan paleoecology of Anthropocene tidal flats.

Shin'ichi Sato* and Tomoki Chiba**

*Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529, Japan (sato.shinichi.c@shizuoka.ac.jp); **Independent researcher, 3-23-28-211 Innai, Funabashi, 273-0039, Japan.

Abstract. Many paleontological researchers have often treated living organisms for their paleoecological and paleobiological studies. In the “Fossils”, a Japanese journal published by the Palaeontological Society of Japan, a total of 647 papers have been published from no. 1 in Sep. 1960 to no. 100 in Sep. 2016, and 140 papers treated mainly living organisms. Since Kobayashi introduced actuopaleontology as “paleontology of beaches and lagoons” in 1967, the Palaeontological Society of Japan have held various symposia based on paleobiology and paleoecology. In the present paper, we review the paleontological studies on the living mollusca published in the journal, and show some examples of studies on the molluscs in tidal flats from a viewpoint of Anthropocene paleoecology.

Key words: Anthropocene, mollusca, paleobiology, paleoecology, Fossils (Palaeontological Society of Japan)

はじめに

日本古生物学会の和文誌「化石」には、1号（1960年9月）から100号（2016年9月）までの間に、全部で647編の特集・論説・総説・解説・口絵などの研究報告文が掲載されている。そのうち、現生生物（現生遺骸を含む）を主な研究対象とした報告文は140編ある（図1）。

最古は3号の「海棲生物の古生態研究」と題されたシンポジウム報告に、菊池（1962）「内湾生物群集の研究（特別講演）」と氏家（1962）「有孔虫生態学の現状と今後の発展方向」が掲載されている。その後も、内田（1964）「魚類の個体発生と進化（特別講演）」や、西脇（1966）「鯨目動物の分類について」など、主に生物学の研究者が大会シンポジウムで特別講演を行い、その報告文を寄稿するケースが多かったようである。

その中であって、13号の小林（1967）「日本古生物学界30年を省みて」では、「化石の多角的研究」の一例として、「所謂なぎさの古生物学（Aktuo-Palaeontologie）」を取り上げている（p.12）。

Actuopaleontologyは、Richter（1928）によって提唱され、日本語では「考現古生物学」（例えば、矢島, 1982; 北

里, 2001; 速水, 2003; 鎮西・北里, 2010 など）や「現在古生物学」（鮎野, 1988）, 「現在主義の古生物学」（長田, 2006）などと翻訳されている。おそらく、小林（1967）の「所謂なぎさの古生物学」も、Richterによる一連の論文の主タイトルである“Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie”からGeologieを除いたものの訳語に相当すると考えられる。

Actuopaleontologyは、「現在の生物やその遺骸に関連する様々な問題を、古生物研究の基礎となる情報を得るという視点から研究する分野」（鎮西・北里, 2010）である。早坂（1964）は、「潮間帯における生態学と地質学（Aktuo-PaläontologieおよびAktuo-Geologie）」において、古生物学や地質学の分野で「干潟における観察（Flachseebeobachtungen）」の重要性を説いている。Kowalewski（1999）によると、Actuopaleontologyで扱う現生生物の研究は、古生物学にとって単なる“the key to the past”ではなく、化石だけでは生み出すことができない新たな仮説を導き出す可能性のある非常に重要な手段のひとつとされる。

その後、Paleobiology（生物学的古生物学）の隆盛に伴い、日本古生物学会でも様々な分野で現生生物を扱う研

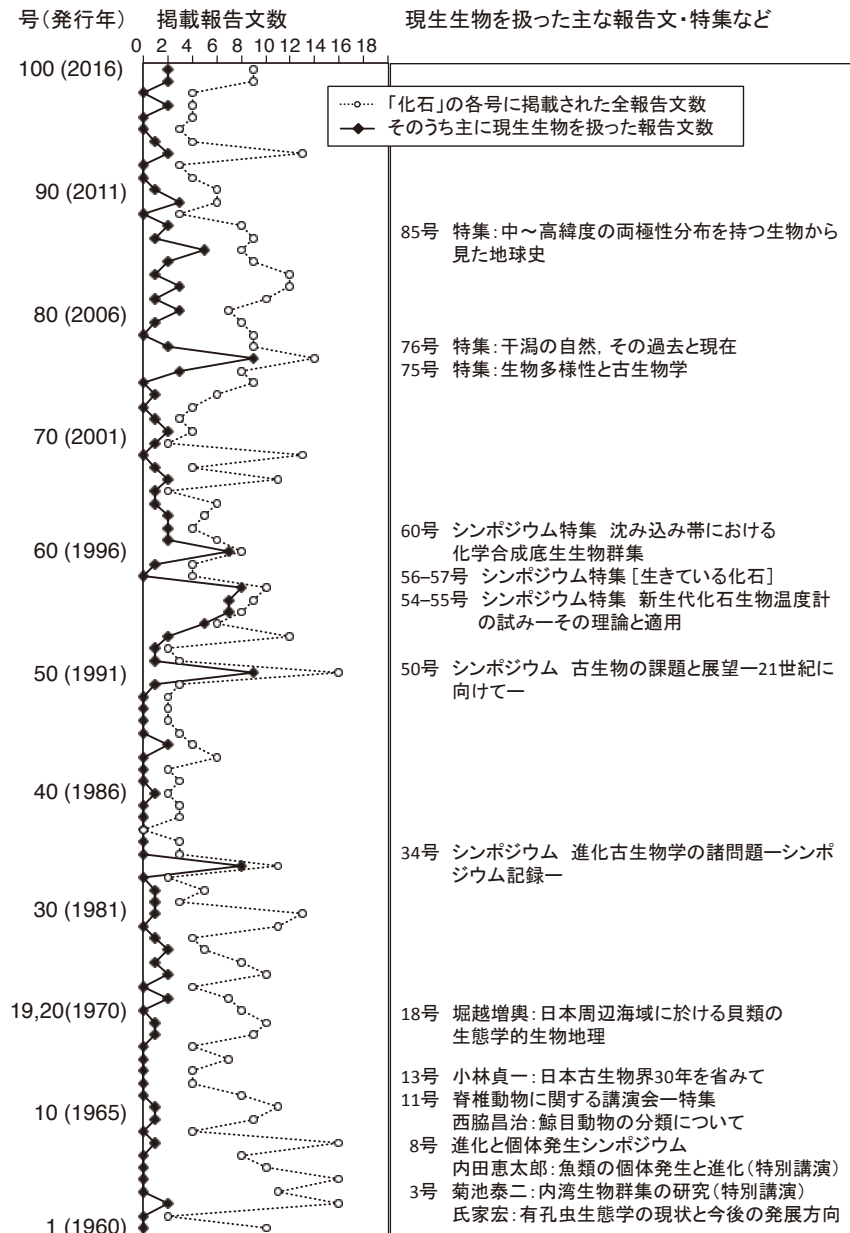


図1. 日本古生物学会の和文誌「化石」1-100号に掲載された報告文（特集・論説・総説・解説・口絵など）のうち、現生生物を研究対象とした報告文数と報告文の表題。

研究者が増え、「進化古生物学の諸問題」（1983年）、「古生物学の課題と展望—21世紀に向けて—」（1991年）などのシンポジウムが開催された。そして、それらのシンポジウム報告記事が「化石」に掲載されることで、現生生物を扱った研究報告文が大幅に増加した（図1）。この傾向は現在も続いており、「化石」54-57, 60, 75, 76, 85号などの特集でも、現生生物を扱った多くの研究報告文が掲載された。

Paleobiology は、古生物を生物学的に研究する手法を確立し、現在では古生物学者が現生生物を扱うのは当然のこととなった。その研究対象も多岐にわたっており、それらの研究成果は池谷（1997）や池谷・棚部（2001）

などで詳しく紹介されている。

一方、最近では Conservation paleobiology（保全古生物学）という学問分野が、Flessa（2002）やKowalewski（2004）などによって提唱されている。これは、化石記録や地球化学的手法を用いて、人為的影響を受ける以前の生態系や環境条件を定量的に示すことで、それを環境修復に対するベースラインとして提供することを目的としている。

Flessa（2002）は、保全古生物学を絶滅危惧種の有史以前の状態を知るために硬組織の古生物学的・地球化学的解析を行うことと定義したが、その後 Foote and Miller（2007）は研究対象を拡張して人為的影響を含む

現在の社会問題に対して古生物学的データを活用することと再定義した (Dietl and Flessa, 2009)。

浅海域の貝類とその遺骸を用いた事例研究では、富栄養化 (Kidwell, 2007), 石油資源の開発 (Albano *et al.*, 2016), 漁業 (Edgar and Samson, 2004; Casey *et al.*, 2014), ダム建設 (Schöne *et al.*, 2003; Smith and Dietl, 2016), 浚渫土砂の海洋投入 (Bizjak *et al.*, 2017) などの人為起源の環境変化が生態系に及ぼす影響を評価する研究が進められている。

このように保全古生物学では、化石記録を現在の人為的影響の度合いを定量的に見積もるための道具として利用する。しかし、その一方で、私たちの目の前で起こっている人為的影響による環境や生態系の変化を題材にして、それらを化石記録の検証や考察に用いる Acturopaleontology のアプローチがあっても良いと考えている (佐藤, 2000)。そこには、Anthropocene (人新世) の古生物学とも言うべき新たな研究対象が存在するであろう (Kidwell, 2015)。そこで本稿では、人為的影響に伴う環境・生物相の変化を、「古生物研究の基礎となる情報を得る」という視点から研究する分野 (鎮西・北里, 2010)」として、Anthropocene paleoecology (人新世古生態学) を提唱する。

もちろん、鎮西・北里 (2010) が指摘するように、現在の現象を地質時代の現象と比較するには、地層中の時間平均化の取扱いや、現在には存在しない特殊な過去の環境への誤用など、様々な問題があることは間違いない。しかし、それらの問題を差し引いても、私たちの目の前で起こっている地球規模での人為的環境変動とそれに伴う生物群集の変遷は、古生物学的に見ても大いに示唆的であることは間違いないであろう。

本稿では、現生生物を対象とした古生物学的研究に注目し、特に干潟貝類を中心とした人新世古生態学の研究例を紹介する。また、続報 (塚越, 2017) では、これまでの現生貝類を対象とした古生物学的研究を概観し、今後の研究の可能性について論じる。

日本の古生物学における現生貝類の研究例

日本における現生生物を対象とした古生物学的研究は、早坂 (1931) や高橋 (1932) などの現生カニ類の生痕研究に始まり (早坂, 1951), 浅野 (1955) などによる一連の『福島縣相馬市松川浦の生態学的並に堆積学的研究』で総合的研究へと発展した (早坂, 1964)。彼らは、東北地方の代表的な潟湖干潟である福島県松川浦を舞台として、現代の干潟で見られる現象を、地質学的・古生物学的に様々な角度から研究を行った (三位, 1955; 高柳, 1955; 小高ほか, 1955; 今泉, 1955; 野村ほか, 1955; 北村ほか, 1955)。

古生物学者による現生貝類・遺骸の研究例は、その後

も古生態学や進化古生物学の分野などで多く見られた。「化石」に掲載された論文の例としては、波部 (1969) 「貝殻の生体群集と遺骸群集」、鎮西 (1982a, b) 「カキの古生態学 (1), (2)」, 小沢 (1983) 「キサゴ類にみられる進化過程」、棚部 (1983) 「機能からみた頭足類の進化」、岩崎 (1983) 「古生態学的アプローチでわかること」、下山 (1983) 「巻貝の殻サイズ頻度分布形における古生物学的初期情報の保存」などが見られる。

さらに、分類学や系統進化など様々な分野で発展を見せ、間嶋 (1988) 「日本産 *Glossaulax* (Gastropoda: Naticidae) の進化—第一部: *G. didyma*, *G. vesicalis*, *G. bicolor* および *G. reiniana* の進化—」、速水 (1990) 「“中生代の海洋変革”と二枚貝類の進化」、近藤 (1991) 「古生物情報を利用した地球環境の解析」、千葉 (1991) 「形態レベルの進化と分子レベルの進化」、佐藤 (1994) 「貝類が受ける捕食現象とエスカレーション」、速水・松本 (1998) 「イタヤガイ類の系統分類と分類形質の評価」、松本・速水 (2001) 「リュウキュウサルボウ亜科 (Anadarinae) の分子系統と分類形質」、北村ほか (2001) 「二枚貝 *Nitidotellina hokkaidoensis* (Habe) (サクラガイ) の緯度分布と温度耐性」、田島・近藤 (2003) 「ニオガイ科二枚貝の機能形態と穿孔基質の関係」などで、現生貝類を素材とした古生物学的研究例が紹介された。

「化石」1号から100号までに、現生貝類・遺骸に関する報告文は33編あり、1980年代前半までは群集解析や古生態に関する研究例が多く、1980年代後半から1990年代にかけて生物進化や系統分類に関する研究例が多く見られるようになり、2000年代以降は保全、形態解析、鯨骨群集などに関する研究例が見られるのが特徴である。

大規模干拓に伴う環境変動と貝類相の変化

2004年1月の日本古生物学会第153回例会 (会場: 熊本県御所浦白亜紀資料館) では、公開シンポジウム「干潟の自然、その過去と現在」が企画・開催され、その特集が「化石」76号 (2004年9月発行) に掲載された (図2)。本シンポジウムでは、干潟生物の多様性やその保全の重要性について、生物学・古生物学双方の立場から行われた研究例が紹介された。これらの研究は、私たちの目の前で生じている干拓などの人為的行為による干潟・浅海域の縮小と、それに伴う生物群集の変化を古生物学的な視点からとらえる機会を提供した。

佐藤・金澤 (2004) は、諫早湾干拓予定海域において、1997年4月の潮受け堤防閉切り後に見られた、調整池の急激な塩分減少に伴う貝類相の変化や、堤防外側海域において貧酸素水塊の発生が二枚貝類の分布に及ぼす影響などを紹介した。諫早湾では、潮受け堤防閉切り前には、15種類の海生二枚貝類が確認されたが、潮止め後4ヵ月で塩分が5 (単位なし, ‰に相当) 以下となった時点でほぼ消滅したこと、その後には有明海では人為的移入集団

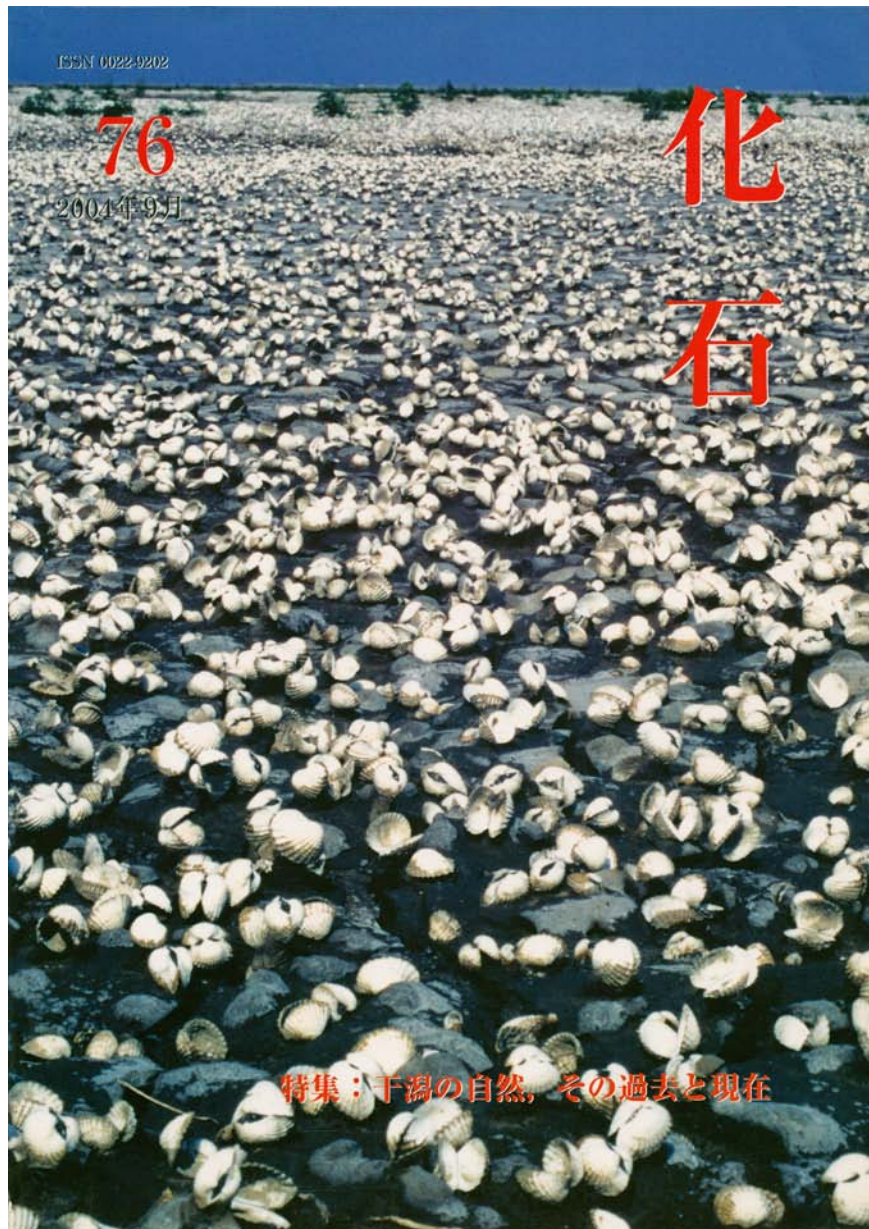


図2. 「化石」76号の表紙写真.

とされるヒラタヌマコダキガイ *Potamocorbula* sp. が一時的に増加した（Sato and Azuma, 2002）ことなどを明らかにした。

また、諫早湾と同様に、韓国中西部にあるセマングム干拓予定海域内の潮間帯と潮下帯においても、潮受け堤防建設後にヒラタヌマコダキガイが急激に増加したことを明らかにした（佐藤, 2002; Sato *et al.*, 2007）。さらに、これと同じ種がアメリカ合衆国のサンフランシスコ湾においても、1986–1987年に人為的移入種として急激に増殖したことが知られている（Carlton *et al.*, 1990; Nichols *et al.*, 1990）。これらの事実から、本種は急激な環境変化や人為的な移入によって競争種の少ない環境におかれた場合には、1種だけで爆発的に増殖する生態的特徴を持つ

ていることが明らかになった。

この「ヒラタヌマコダキガイ」は、その後の詳細な形態解析や遺伝子解析の結果、日本でも北海道や青森県の汽水湖に原産する「ヌマコダキガイ」と同一種であることが明らかになった（Owada *et al.*, 2013）。今後、タイプ標本の確認と学名の整理が必要となるが、少なくとも「ヌマコダキガイ」の化石を古環境復元に使用する場合には、本種の産出を寒冷・汽水種の出現とは決めつけずに、共産する貝化石の種構成を検討するなどの注意が必要である。

日本各地の更新統・完新統において、「ヌマコダキガイ」の化石が多産することが知られている（佐藤・金澤, 2004）が、特に西日本の完新世化石集団では、殻長10mm未満

の本種の小型個体が1種だけで密集して産出する（高安ほか, 2000; 佐藤ほか, 2001）。これらの特徴は、諫早湾や韓国セマングム干拓予定海域における潮受け堤防建設に伴う貝類群集の変化と非常によく類似している（佐藤・金澤, 2004）。これらの人為的環境変動に伴う生物群集の変化を、化石貝類群集変化の解釈に応用することで、過去にも砂州などの発達により内湾が閉塞する際には、現在の干拓予定海域と同様に急激な塩分低下に伴い「ヌマコダキガイ」が1種だけで急激に増殖する現象が、日本各地で共通して見られていたことが明らかにされた（佐藤ほか, 2001）。

この結果は、侵略的外来種を検証する上でも非常に示唆的である。通常、日本国内で過去数十～数百年間に生存が確認されていない種が、短期間に高密度で出現して在来種を駆逐した場合に、その種は侵略的外来種とみなされる。しかし、さらに過去に遡れば、海水準の上昇や低下の度に日本各地の内湾で一時的に高密度で分布していた種が、その後に国内では自然消滅し、再び人為的移入などにより侵略的外来種として「再登場」する可能性があることを、この「ヌマコダキガイ」の研究例は明示している（佐藤・金澤, 2004）。

一方、国内の更新統や完新統から産出する貝類はほとんどが現生種であるため、現生の貝類図鑑に基づいて日本国内に分布する種のどれかに同定されがちである。しかし、上記のケースを考えると、国内だけでなく、少なくとも沿海州やオホーツク海沿岸に加え、黄海や東シナ海などの周辺海域に分布する種を比較対象としないと、誤同定となる恐れがある。近年では、ロシア・韓国・中国などでカラー写真の鮮明な貝類図鑑が出版されている（例えば、関, 2004; 張, 2008; Lutaenko and Noseworthy, 2012 など）。第四紀の貝化石の研究においても、これらの図鑑を揃えて慎重に種の同定を行うことが望ましいと言える。

人為的移入集団による貝類相への影響

他にも、人為的移入集団による捕食圧の増加を、貝殻の捕食痕から識別することができる。東日本では、2000年以前には生存が確認されていなかったタマガイ科肉食性巻貝サキグロタマツメタ *Laguncula pulchella*（学名は鳥越・稲葉, 2011による）が、2002年以降に各地の干潟で急速に増加することで、アサリ *Ruditapes philippinarum* などの貝殻に残される捕食痕の比率が大幅に増加したことが確認されている（Sato *et al.*, 2012; Chiba and Sato, 2012, 2013, 2014）。

宮城県東松島市の東名浜には、松島湾奥部東岸に位置する砂泥干潟が存在する。この干潟では、2001年6月から2010年6月までの間、東北大学理学部地圏環境科学科の「古生物学実習」の一環として、毎年6～7月に貝類相と貝類遺骸集団の定量調査が実施されていた。Sato *et*

al. (2012) は、これら10年間のデータを基に、東名浜では2001年にはアサリ・ヒメシラトリ *Macoma incongrua*・ウメノハナガイ *Pillucina pisidium*・ホソウミニナ *Batillaria cumingii* が優占種として見られたが、2002年に初めてサキグロタマツメタの生きた個体が得られて以降は、急激にそれらの貝類が減少したことを明らかにした。さらに、優占種の中でも、アサリとヒメシラトリが2002年から2004年にかけて急激に減少し、その後これらの種が少なくなると2004年以降にウメノハナガイが捕食の対象となったことを明らかにし、それが水槽内でサキグロタマツメタに捕食される二枚貝類の種の順序と同じであることを確認した。

Chiba and Sato (2013, 2014) は、同じ定点で同時に得られた遺骸集団の解析を通して、それぞれの二枚貝遺骸に見られる捕食痕の比率から少なくともアサリの35%とヒメシラトリの20%がサキグロタマツメタによって捕食されたと推定した。また、サキグロタマツメタの密度が高い場所ほど、アサリ遺骸に見られる捕食痕の比率が高い傾向を見出した。ただし、得られた遺骸の数が少ないヒメシラトリではこの傾向は明瞭ではなかった。さらに、サキグロタマツメタの移入後では、殻長2–10 mmの未成熟のアサリ遺骸の比率が大きくなり、サイズ頻度分布は右方向に強く裾を引く分布へと変化した。このサイズ頻度分布の変化は、アサリの多くが成長する前にサキグロタマツメタによって捕食されたことを示している。

サキグロタマツメタに関する一連の人新世古生態学的研究は、化石記録においても十分な数の貝化石を検証すれば、捕食痕の比率やサイズ頻度分布に基づいて、タマガイ科肉食性巻貝による捕食圧の変化を捉えられる可能性を示している。日本各地の海成層には、タマガイ科の肉食性巻貝が残したと思われる捕食痕の化石が普遍的に見られる。例えば、Chiba and Sato (2016) は、秋田県男鹿半島に分布する鮪川層（更新統）から産したエゾタマキ *Glycymeris yessoensis* 化石に見られる捕食痕を定量的に解析した。サキグロタマツメタの一連の人新世古生態学的研究と他のタマガイ科肉食性巻貝の研究から得られた知見を総動員することで、氷河性海水準変動に伴う海水温の低下により暖流系タマガイ科肉食性巻貝が減少した結果、エゾタマキへの捕食圧が低下したことを突き止めた。貝類遺骸集団は、現生干潟で定量的に採集することができる。これら肉食性巻貝類の人為的移入集団による捕食痕の解析は、古生物学の研究対象としても非常に重要であると言える。

東北地方太平洋沖地震と津波に伴う環境変動と貝類相の変化

大規模干拓事業による潮受け堤防閉切りでも、侵略的外来生物の出現でも、さらには地震と津波に伴う急激な環境変化でも、それらのカタストロフィックな出来事が

生じる以前の「通常状態」の生物相に関するデータが無いと、その後どのように生物相が変化したのかが分からない。しかし、国内の干潟では、これら通常状態の情報が多くないのが現実である。研究者は、急激な環境変動が発生した時点から、科研費などを申請して調査を開始するが、それでは環境変動が生じる以前の定量データは得ることができない。保全古生物学は、その欠測データを補うために提唱された学問分野であるが、それよりも常日頃から研究者が「通常状態」の調査を心がけておけば、そこから得られる情報量は保全古生物学で得られるデータよりもはるかに多い。

前述の通り、宮城県東松島市の東名浜では、2001年から2010年まで10年間にわたり、学生実習により干潟貝類の定量調査が継続的に実施されていた（Sato *et al.*, 2012）。その場所が東北地方太平洋沖地震の影響で大規模な環境改変を受けた（図3）。そこで、著者らは2011年6月以降も毎年同じ16定点で定容試料を採集することで、地震前10年間と地震後5年間の底生動物群集の変化を調べている（Sato and Chiba, 2016a, b; 佐藤, 2016）。

それによると、地震前10年間で多くみられたアサリ・ヒメシラトリ・ウメノハナ・ホソウミニナ・サキグロタマツメタの5種は、地震4ヵ月後の2011年7月には大幅に生息個体密度が減少した。一方、地震前には見られなかったホトトギスガイ *Musculista senhousia* とオオノガイ *Mya (Arenomya) arenaria oonogai* は、地震直後に急激に生息個体密度が増加した。これら2種は殻長10mm以下の小型個体がほとんどであり、地震後4ヵ月の間に浮遊幼生がいち早く着底して増加したことが明らかである。しかし、2012年以降は再び減少傾向にある。

それに対して、地震前の優占種5種のうちで、まずアサリが2011年から2012年にかけて増加し、次にヒメシラトリが2012年から2013年に増加、それらを餌とするサキグロタマツメタが2013年に増加すると、今度はアサリが一時的に減少するという、地震前10年間に繰り返し見られた増減関係が地震後に再び見られるようになった。しかし、ウメノハナガイとホソウミニナは地震後5年が過ぎても生息個体密度はほとんど回復しなかった。主に潮間帯に生息するホソウミニナは、地盤沈下と堤防の存



図3. 東北地方太平洋沖地震直後の宮城県東松島市東名浜の様子（2011年7月撮影）。

在によって地震後に生息地が狭められ、個体群の回復が遅れている可能性がある (Sato and Chiba, 2016b). このように、急激な環境変動後の生物相の回復過程は、種によってパターンが異なることが明らかになった. 現在は、静岡大学の卒論テーマとして、同じ定量試料中の貝類遺骸集団における地震前後の変化に関する研究を継続している.

現在と将来の人新世古生態学に望まれること

これまで、古生物学者が現生生物を扱う場合には、できる限り人為的な影響は避けて、人の手の入っていない「聖地」を探し出して、それを研究対象とすることに心血を注いできた. しかし、すでに現代の自然環境は多かれ少なかれ、ほとんどの場所は人為的な影響を受けてしまっている. そのため、本稿における人新世古生態学では、むしろそれを逆手にとって、積極的に人為的な影響による変化を古生物学的に扱えないだろうかという思いから、大規模干拓や人為的移入種に関する研究を展開してきた (佐藤, 2000, 2001). これらの研究のキーワードは、「人為的影響」「環境改変」「外来種」などとなる.

例えば、前述の大規模干拓により湾奥部が閉め切られて海水から汽水、淡水へと変化する現象は、時間的・空間的なスケールの違いはあるにしても、第四紀の氷河性海水準変動に伴う環境変動でも見られる (佐藤, 2002). また、現在の富栄養内湾で見られる大規模な貧酸素水塊の発生に伴う底生動物の激減も、古生代や中生代で見られる海洋無酸素事変とその発生メカニズムは同じである. そのため、これらの人為的影響による環境や生物相の変化も、化石の解析に比較可能な研究対象として古生物学でも扱うことが出来るかも知れない (佐藤・金澤, 2004).

さらに、侵略的外来生物による地域生態系への影響は、現代の世界各国における共通の社会問題であるが、これと類似の現象は、地質時代にも例えば氷期・間氷期サイクルに対応した海流の変化などによる生物の拡散とそれに伴う在来種の衰退・地域的絶滅として確認することが出来る. これらに在来優占種の大量死滅とその後の生物の侵入過程の解明は、古生態学における重要な関心事のひとつであり、今後のさらなる発展が期待される.

また、日本各地の干潟・浅海域において、古生物学者らによる現生生物の調査研究がこれまでも盛んに行なわれてきた (例えば、現生貝類では Nomura and Hatai, 1935, 1936; 大島, 1963, 1966 など、貝類以外の干潟生物では Matoba, 1970; Ikeya and Hanai, 1982; 大場・服部, 1992; 亀丸, 1996 など). これらの研究成果は、数十年前の干潟生物の様子を我々に教えてくれる. 東北地方太平洋沖地震以降の干潟生物の回復過程を調べるための比較対象として、これらの貴重な過去のデータを使用することがで

きた (例えば、藤原ほか, 2014 など).

同様のことは、将来の人新世古生態学でも重要となるに違いない. いま現在の生物群集の様子は、現在に生きている我々にしか調査が出来ない. しかも、その重要性を本当に理解できるのは、時間軸の概念を常に意識する古生物学者であろう. かつての古生物学者が、当時の現生生物の分布調査をして、それらのデータを将来の世代が活用できたように、我々もまた目の前の現実を直視して、そのデータを将来世代に残すことも、現在を生きる古生物学者としての重要な役割の一つであろう.

謝辞

本稿をまとめるにあたり、「化石」編集委員長の佐藤たまき博士と編集委員の上松佐知子博士にお世話になった. また、2名の査読者 (近藤康生博士、松原尚志博士) に有益な助言をいただいた. これらの方々に厚くお礼申し上げます.

文献

- Albano, P. G., Filippova, N., Steger, J., Kaufman, D. S., Tomašových, A., Stachowitsch, M. and Zuschin, M., 2016. Oil platforms in the Persian (Arabian) Gulf: Living and death assemblages reveal no effects. *Continental Shelf Research*, **121**, 21–34.
- 浅野 清, 1955. 福島県相馬市松川浦の生態学的並に堆積学的研究 (その一) —総合報告—. 東北大学理學部地質學古生物學教室研究邦文報告, (45), 1–4.
- Bizjack, M. T., Kidwell, S. M., Velarde, R. G., Leonard-Pingel, J. and Tomašových, A., 2017. Detecting, sourcing, and age-dating dredged sediments on the open shelf, southern California, using dead mollusk shells. *Marine Pollution Bulletin*, **114**, 448–465.
- Carlton, J. T., Thompson, J. K., Schemel, L. E. and Nichols, F. H., 1990. Remarkable invasion of San Francisco Bay (California, USA) by the Asian clam *Potamocorbula amurensis*. I. Introduction and dispersal. *Marine Ecology Progress Series*, **66**, 81–94.
- Casey, M. M., Dietl, G. P., Post, D. M. and Briggs, D. E. G., 2014. The impact of eutrophication and commercial fishing on molluscan communities in Long Island Sound, USA. *Biological Conservation*, **170**, 137–144.
- 千葉 聡, 1991. 形態レベルの進化と分子レベルの進化. 化石, (50), 22–23.
- Chiba, T. and Sato, S., 2012. Size-selective predation and drillhole-site selectivity in *Euspira fortunei* (Gastropoda: Naticidae): Implications for ecological and palaeoecological studies. *Journal of Molluscan Studies*, **78**, 205–212.
- Chiba, T. and Sato, S., 2013. Invasion of *Laguncula pulchella* (Gastropoda: Naticidae) and predator-prey interactions with bivalves on the Tona coast, Miyagi prefecture, northern Japan. *Biological Invasions*, **15**, 587–598.
- Chiba, T. and Sato, S., 2014. Invasion of a naticid predator and associated changes in death assemblages of bivalve prey in northern Japan: Implications for palaeoecological studies. *Lethaia*, **47**, 4–14.
- Chiba, T. and Sato, S., 2016. Climate-mediated changes in predator-prey interactions in the fossil record: A case study using shell-drilling gastropods from the Pleistocene Japan Sea. *Paleobiology*, **42**, 257–268.
- 鎮西清高, 1982a. カキの古生態学 (1). 化石, (31), 27–34.

- 鎮西清高, 1982b. カキの古生態学 (2). 化石, (32), 19–27.
- 鎮西清高・北里 洋, 2010. 考現古生物学. 日本古生物学会, 古生物学事典第2版, 157. 朝倉書店.
- Dietl, G. and Flessa, K. W. (eds.), 2009. *Conservation Paleobiology: Using the Past to Manage for the Future*. 285p., Paleontological Society, Boulder.
- Edgar, G. J. and Samson, C. R., 2004. Catastrophic decline in mollusc diversity in Eastern Tasmania and its concurrence with shellfish fisheries. *Conservation Biology*, **18**, 1579–1588.
- Flessa, K. W., 2002. Conservation paleobiology. *American Paleontologist*, **10**, 2–5.
- Foote, M. and Miller, A. I., 2007. *Principles of Paleontology*. 354p., W.H. Freeman and Company, New York.
- 藤原 治・谷川晃一郎・佐藤慎一, 2014. 津波による貝殻集積層の形成—2011年東北地方太平洋沖地震津波の例を中心に—. 月刊地球, **36**, 36–41.
- 波部忠重, 1969. 貝殻の生体群集と遺骸群集. 化石, (17), 2–5.
- 速水 格, 1990. “中生代の海洋変革”と二枚貝類の進化. 化石, (49), 23–31.
- 速水 格, 2003. 古生物学の今昔. 化石, (74), 81–84.
- 速水 格・松本政哲, 1998. イタヤガイ類の系統分類と分類形質の評価. 化石, (64), 23–35.
- 早坂一郎, 1931. 蟹の穿つ孔. 科学, **1**, 273–274.
- 早坂一郎, 1951. 古生物学・層序学1, 2の課題. 地質学雑誌, **57**, 247–254.
- 早坂一郎, 1964. 潮間帯における生態学と堆積学 (Aktuo-Paläontologie および Aktuo-Geologie). 地学雑誌, **73**, 351–365.
- 池谷仙之, 1997. 特集I・化石の生物学：パレオバイオロジー. はじめに：パレオバイオロジーの潮流. 遺伝, **51**, 14–16.
- Ikeya, N. and Hanai, T., 1982. Ecology of Recent ostracods in the Hamana-ko region, the Pacific coast of Japan. *The University Museum, the University of Tokyo, Bulletin*, (20), 15–59.
- 池谷仙之・棚部一成 (編), 2001. 古生物の科学3 古生物の生活史. 278p., 朝倉書店.
- 今泉力蔵, 1955. 松川浦のカニ類. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (45), 65–68.
- 岩崎泰顕, 1983. 古生態学のアプローチでわかること. 化石, (34), 13–15.
- 亀丸文秀, 1996. 1960年代から1990年代の松島湾における底生有孔虫群集の変化. 化石, (61), 1–20.
- 鮎野義夫, 1988. 現在古生物学. 地学団体研究会地学事典編集委員会, 増補改版地学事典, **335**. 平凡社.
- Kidwell, S. M., 2007. Discordance between living and death assemblages as evidence for anthropogenic ecological change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**, 17701–17706.
- Kidwell, S. M., 2015. Biology in the Anthropocene: Challenges and insights from young fossil records. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **112**, 4922–4929.
- 菊池泰二, 1962. 内湾生物群集の研究 (特別講演). 化石, (3), 33–38.
- 北村晃寿・池原 研・片山 肇, 2001. 二枚貝 *Nitidotellina hokkaidoensis* (Habe) (サクラガイ) の緯度分布と温度耐性. 化石, (70), 18–22.
- 北村 信・柴田豊吉・上田 朗, 1955. 松川浦周辺地域の地質及び構造. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (45), 84–96.
- 北里 洋, 2001. 有孔虫類の形が持つ意味：考現古生物学のアプローチ (特集：古生物の科学). 学術月報, **54**, 1170–1174.
- 小林貞一, 1967. 日本古生物学界30年を省みて. 化石, (13), 1–16.
- 近藤康生, 1991. 古生物情報を利用した地球環境の解析. 化石, (50), 9–11.
- 小高民夫・鎌田泰彦・早坂祥三, 1955. 松川浦の軟体動物. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (45), 53–64.
- Kowalewski, M., 1999. Actuopaleontology: The strength of its limitations. *Acta Palaeontologica Polonica*, **44**, 452–454.
- Kowalewski, M., 2004. Conservation paleobiology. In Geller, E., ed., *McGraw-Hill 2004 Yearbook of Science and Technology*, 60–62, McGraw-Hill, New York.
- Lutaenko, K. A. and Noseworthy, R. G., 2012. *Catalogue of the Living Bivalvia of the Continental Coast of the Sea of Japan (East Sea)*. 247p., Dalnauka, Vladivostok.
- 間嶋隆一, 1988. 日本産 *Glossaulax* (Gastropoda: Naticidae) の進化—第一部：*G. didyma*, *G. vesicalis*, *G. bicolor*および*G. reiniana*の進化—. 化石, (44), 13–23.
- Matoba, Y., 1970. Distribution of Recent shallow water foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, northeast Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Second Series, Geology*, **42**, 1–85.
- 松本政哲・速水 格, 2001. リュウキュウサルボウ亜科 (Anadarinae) の分子系統と分類形質. 化石, (69), 25–34.
- 三位秀夫, 1955. 松川浦附近の底質. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (45), 5–17.
- 関德基 (編), 2004. 韓國貝類圖鑑 (新原色韓國貝類圖鑑 改訂増補版). 566p., 関貝類研究所.
- Nichols, F. H., Thompson, J. K. and Schemel, L. E., 1990. Remarkable invasion of San Francisco Bay (California, USA) by the Asian clam *Potamocorbula amurensis*. II. Displacement of a former community. *Marine Ecology Progress Series*, **66**, 95–101.
- 西脇昌治, 1966. 鯨目動物の分類について. 化石, (11), 2–11.
- 野村七緑・白杵 格・白石景秀, 1955. 松川浦の底棲生物とその棲息環境—底質環境を中心として—. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (45), 69–83.
- Nomura, S. and Hatai, K., 1935. Catalogue of the shell-bearing Mollusca collected from the Kesen and Motoyosi Districts, Northeast Honshu, Japan, immediately after the Sanriku Tsunami, March 3, 1933, with the descriptions of five new species. *Saito Hon-Kai Museum Research Bulletin*, (5), 1–47.
- Nomura, S. and Hatai, K., 1936. The geologic significance of the Recent Mollusca from the vicinity of Isinomaki, Rikuzen. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan*, (5), 109–114.
- 大場忠道・服部竜哉, 1992. 房総半島沖の日本海溝域における現生浮遊性有孔虫群集. 化石, (52), 12–19.
- 大島和雄, 1963. 北海道有珠湾の生態学的研究 第1報 底質と採集動物. 水産庁北海道区水産研究所研究報告, (27), 32–51.
- 大島和雄, 1966. 北海道有珠湾の底質と底棲動物群集. 地質学雑誌, **72**, 439–449.
- 長田敏明, 2006. 早坂一郎：日本における現在主義の古生物学の先駆者 (地学者列伝). 地球科学, **60**, 513–516.
- Owada, M., Kasai, Y., Sato, S. and Hong, J. S., 2013. Shell morphology and genetic characteristics of *Corbula* (*Potamocorbula*) spp. (Bivalvia: Corbulidae) from the waters adjacent to Japan, Korea and San Francisco Bay. *Aquatic Biology*, **19**, 297–305.
- 小沢智生, 1983. キサゴ類にみられる進化過程. 化石, (34), 3–4.
- Richter, R., 1928. Aktuopaläontologie und Paläobiologie, eine Abgrenzung. *Senckenbergiana*, **10**, 285–292.
- 佐藤慎一, 2000. 諫早湾干拓地の現世古生態学 (口絵). 地質学雑誌, **106**, V–VI.
- 佐藤慎一, 2001. 有明海諫早湾干拓地の貝類相—泥干潟における貝類の带状分布—. 第四紀研究, **40**, 43–51.
- 佐藤慎一, 2002. 大規模干拓堤防建設に伴う貝類群集の変化. 日本ベントス学会誌, (57), 106–118.
- 佐藤慎一, 2016. 干潟の貝類はどう変わったか—十五年にわたる宮城県東名浜の定点観測の結果より. 日本生態学会東北地区会編, 生態学が語る東日本大震災—自然界に何が起きたのか, 65–71, 文一総合出版.
- Sato, S. and Azuma, M., 2002. Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula* sp. after the construction of a reclamation

- dike in Isahaya Bay, western Kyushu, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **185**, 369–378.
- 佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之, 2001. 有明海諫早湾干拓地の貝類相—調整池における貝類相の時間的变化—。第四紀研究, **40**, 85–95.
- Sato, S. and Chiba, T., 2016a. Ecological impacts and recovery of molluscan populations after the tsunami struck around Matsushima Bay and Sendai Bay, Miyagi Prefecture, northeastern Japan. In Urabe, J. and Nakashizuka, T. eds., *Ecological Impacts of Tsunamis on Coastal Ecosystems: Lessons from the Great East Japan Earthquake*, 179–207, Springer, Tokyo.
- Sato, S. and Chiba, T., 2016b. Structural changes in molluscan community over a 15-year period before and after the 2011 Great East Japan Earthquake and subsequent tsunami around Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, northeastern Japan. *PLoS ONE*, **11**, e0168206.
- Sato, S., Chiba, T. and Hasegawa, H., 2012. Long-term fluctuations in mollusk populations before and after the appearance of the alien predator *Euspira fortunei* on the Tona coast, Miyagi Prefecture, northern Japan. *Fisheries Science*, **78**, 589–595.
- 佐藤慎一・金澤 拓, 2004. 干拓堤防締切り後の諫早湾および有明海中央部における二枚貝類の変化。化石, (76), 90–99.
- Sato, S., Yamashita, H., Kim, K. W. and Matsuo, M., 2007. Human impacts on coastal communities: A case study of benthic faunal changes after dike construction in Saemangeum, South Korea. *The Quaternary Research*, **46**, 265–274.
- 佐藤武宏, 1994. 貝類が受ける捕食現象とエスカレーション。化石, (57), 50–63.
- Schöne, B. R., Flessa, K. W., Dettman, D. L. and Goodwin, D. H., 2003. Upstream dams and downstream clams: growth rates of bivalve mollusks unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado River Delta, Mexico). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **58**, 715–726.
- 下山正一, 1983. 巻貝の殻サイズ頻度分布形における古生物学的初期情報の保存。化石, (34), 16–17.
- Smith, J. A. and Dietl, G. P., 2016. The value of geohistorical data in identifying a recent human-induced range expansion of a predatory gastropod in the Colorado River delta, Mexico. *Journal of Biogeography*, **43**, 791–800.
- 田島知幸・近藤康生, 2003. ニオガイ科二枚貝の機能形態と穿孔基質の関係。化石, (73), 5–19.
- 高橋定衛, 1932. ツノメガニの孔に就いて。科学, **2**, 329–335.
- 高柳洋吉, 1955. 松川浦附近の有孔虫。東北大學理學部地質學古生物學教室研究邦文報告, (45), 18–52.
- 高安克己・田中秀典・佐藤慎一, 2000. 宍道湖コアSJ96に見られるヌマコダキガイ密集層の古環境的意味—サンフランシスコ湾の例との比較から—。島根大学地球資源環境学研究報告, (19), 37–45.
- 棚部一成, 1983. 機能からみた頭足類の進化。化石, (34), 9–13.
- 鳥越兼治・稲葉明彦, 2011. 現生タマガイ科の分類検討。西宮市貝類館研究報告, (7), 1–133.
- 塚越 哲, 2017. 現生生物を対象とした古生物学的研究その2—現生貝形虫類の古生物学的研究—。化石, (102), 15–30.
- 内田恵太郎, 1964. 魚類の個体発生と進化 (特別講演)。化石, (8), 33–36.
- 氏家 宏, 1962. 有孔虫生態学の現状と今後の発展方向。化石, (3), 43–45.
- 矢島道子, 1982. 考現古生物学を大学教育課程教育へ導入する試み。地学教育, **35**, 159–167.
- 張素萍 (編), 2008. 中国海洋貝類図鑑。383p., 海洋出版社。

(2017年2月22日受付, 2017年6月29日受理)

