3. 本報告の概要

本報告では、自由集会の講演者が当日の発表内容を説明し、最後にメーリングリストによるアンケートの質問内容を松政が紹介する。これらの報告は、今後の自然環境保全委員会による要望書作成などの際に活用されることが期待される。今回の自由集会で提起された問題については、後日改めて本誌において論文集（有明海研究の特集号）として出版することを目指している。

引用文献

日本生態学会上関要望書アフターケア委員会（編）2010.「奇跡の

海—瀬戸内海・上関の生物多様性」南方新社。鹿児島，237 pp.
佐藤正典 2012a.「有明海の生物多様性保全のための4学会合同シンポジウム：有明海の特異な生物相—諫早湾の環境復元の意義—」の報告。日本ベントス学会誌，66: 102-116.
佐藤正典 2012b.「諫早湾潮受け堤防内に海水を導入する「排水門開放」の早期実施を求める要望書」の提出。日本ベントス学会誌，67: 33-34.
佐藤正典 2013. 日本ベントス学会公開シンポジウム「有明海・諫早湾—日本初の大規模な環境復元の意義—」の報告。日本ベントス学会誌，67: 97-100.
佐藤正典 2015. 日本ベントス学会自然環境保全委員会から提出された3つの要望書。日本ベントス学会誌，70: 21-29.

諫早湾潮止め後20年間の有明海における底生動物変化

佐藤慎一^{1)*}・東 幹夫²⁾

¹⁾ 静岡大学理学部地球科学科。〒422-8529 静岡市駿河区大谷 836

²⁾ 長崎大学名誉教授。〒020-0556 岩手県岩手郡雫石町名子 216-7

Faunal change of macrobenthos in Ariake Sea during 20 years after the construction of dike for the Isahaya Reclamation Project

Shin'ichi SATO* and Mikio AZUMA

* Corresponding author: sato.shinichi.c@shizuoka.ac.jp

はじめに

1997年4月14日、諫早湾奥部は全長7,050 mの潮受け堤防によって閉め切れ、3,550 haの広大な干潟・浅海域が一度に失われた（東 2000, 2011）。有明海保全生態学研究グループ（代表：東 幹夫）は、諫早湾潮止め直前の1997年3月23日に第1回目の諫早湾内での採泥調査を開始した。当時は、すでに諫早湾潮受け堤防がほぼ完成し、残り1.2 kmとなった堤防の橋脚から海水が出入りしている状態であった（佐藤・東 2017）。その時、潮受け堤防の内側（後の調整池）12カ所に調査定点を設定して、エックマンバージ採泥器による堆積物と底生動物の採集を行ったのが、本研究グループによる最初の調査活動であった。

それ以降、2018年までの21年間にわたり、調整池内16定点では毎年1-3回の採泥調査を計28回、有明海奥部海域36-50定点では毎年6月（1998・2003・2004年は11月）に水質・底質・底生動物群集のモニタリング調査を計26回継続的に実施してきた（図1）。また、5-8年に1回のペースで、有明海全域88-107定点の採泥調査も続けており、これまでに1997年・2002年・2007年・2015年のそれぞれ6月に計4回実施した。

本研究の特色は、過去20年間以上にわたって同一の調

査方法で一貫した精度のもとに継続して調査を実施してきたことである。そして、今後もできれば数十年間にわたり同一レベルでの科学的実証データを蓄積することで、諫早湾潮止めから常時開門までを対象とした有明海の海底環境と底生動物群集の経年変化を明らかにしたいと考えている。これが実現すれば、現在も世界各地で問題となっている大規模干拓事業に対する保全生態学的研究のあり方について、非常に大きな貢献をもたらすものと期待される。

本論では、これまでの有明海における本研究グループによる調査内容を紹介するとともに、諫早湾潮止め後の20年間における有明海の海底環境と底生動物群集の変化について報告する。また、本研究を今後も長く継続させるため、多くの底生動物共同調査の賛同者を募集する。

調査方法

本研究グループは、1997-2018年の毎年6月（1998・2003・2004年は11月）に、潮受け堤防外の諫早湾口を含む島原半島北部の国見から長洲を結ぶ線以北の有明海奥部36-50定点（図1B）を設定し、Smith-McIntyre採泥器（採泥面積0.05m²）を用いて各定点1回の採泥調査を継続している。さらに、5-8年に1回の有明海全域調査（図1A）

図1. 有明海・諫早湾干拓調整池内外における採泥調査定点の位置図。A：有明海全域 92 定点，B：諫早湾を含む有明海奥部海域 50 定点（黒四角は 1997～2018 年，灰四角は 1998～2011 年，白四角は 2012～2018 年に採泥した定点），C：干拓調整池 16 定点および潮受け堤防外側周辺海域 15 定点。山元ら（2015）より

は、これまでに 1997 年 6 月に 92 定点，2002 年 6 月に 88 定点，2007 年 6 月に 107 定点，2015 年 6 月に 100 定点において実施しており，これら 4 回全て有明海奥部定点を含んでいる。

各調査定点位置は GPS を用いて決定し，調整池 16 定点および堤防外側周辺海域 15 定点（図 1C）では Ekman-Birge 採泥器（採泥面積 0.02 m²）を用いて数回の採泥試料を一緒にして 1 mm 目合の篩にかけた。それ以外の潮受け堤防外側海域では，Smith-McIntyre 採泥器を用いて各定点 1 回の採泥で得た試料の一部を粒度分析用に取り除き，その残りを 1 mm 目合の篩にかけて残ったすべての大型底生動物を約 10% 中性ホルマリン海水で固定した。さらに，各定点では多項目水質計（TOA DKK 社製 WQ-24）を用いて表層水と底層水の水温・塩分・溶存酸素濃度・pH・電気伝導率を船上で測定した。

海底堆積物の粒度分析は，1997 年から 2002 年までの試料は長崎大学において篩分法とピペット法を用いて行い（近藤ほか 2003），2003 年以降の試料は東北大学などで島津レーザ回折式粒度分布測定装置（SALD-3100）を用いて中央粒径値（Md ϕ ）を計測した（上杉ら 2012）。なお，手法の異なる 2 つの粒度分析方法について，10 定点分の同一試料で Md ϕ 値を比較したところ，両手法によるデータ

間に有意な差はないことが確認されている（上杉ら 2012）。

底生動物試料は実験室に持ち帰ったのち，高次分類群レベルのソーティング作業を行った。採泥試料を容器に入れ，水道水を加えて軽くかき混ぜることで底生動物などを浮遊させ，上澄みだけを 1 mm 目の篩に流し込んだ。この操作を，採泥試料中に生物が見られなくなるまで 20 回ほど繰り返した。そして篩に残った試料をシャーレに取り，含まれる底生動物を双眼実体顕微鏡（ZEISS 社製 Stemi DV4）下ですべて拾い出し，高次分類群（綱，目など）に仕分け，それぞれのタクサの個体数をカウントした。この際，多毛類は有頭のもののみ，クモヒトデ類では中央盤のあるもののみを 1 個体と数え，記録した。その他の大型底生動物群の断片においては，頭のあるものを 1 個体とみなし，カウントした。拾い出した大型底生動物は破片も含めて，すべて高次分類群ごとに 70% のアルコールにて保存した。これまでに，2018 年採集分までの全定点の試料についてソーティング作業が完了している。

その後，二枚貝類については静岡大学にて全個体を対象に種同定を行い，それ以外の分類群については綱・亜目などの高次分類群レベルのまま個体数を集計した。なお，1997・2002 年の有明海全域調査採集物のうち，ヨコエビ類は種レベルで，多毛類は科レベルの同定が完了したが，それ以外の 2007 年・2015 年の全域調査採集物や，2003 年以降の有明海奥部調査採集物については，高次分類群レベルでの個体数カウントに留まっている。また，調整池の貧毛類，ユスリカ類については，それぞれの分類学専門家に種同定を依頼しているが，それ以外の動物群については，これまでの 22 年分の標本類が高次分類群に仕分けられたまま，詳細な同定作業は残されたままである。これらの標本類の活用を是非，読者諸氏に呼びかけたい。

結果と考察

本論では，主に東ら（印刷中）に基づき，有明海奥部の調査結果についてのみ紹介する。有明海全域の調査結果については上杉ら（2012）および東・佐藤（2016）を，諫早湾干拓調整池内外の調査結果については山元ら（2015），東ら（2016），佐藤・東（2017）などを参照してほしい。

有明海奥部の堤防外側海域では，大型底生動物の平均生息密度が，潮止め直後の 1997 年 6 月から 2001 年 6 月にかけての 4 年間で次第に減少した後に，短期開門直後となる 2002 年 6 月には急激に増加した（図 2；東・佐藤 2016；佐藤・東 2016, 2017）。しかし，その後の 2004 年から 2018 年にかけて，3-4 年周期でヨコエビ類の増減が見られるものの，全体的には減少傾向が続いており，短期開門直後のような急激な変化は最近の 14 年間ではまったく見られていない（図 2）。

図2. 有明海奥部50定点における1 m²当たりの底生動物の高次分類群別生息密度の経年変化(1997～2018年). 東ら(2018, 印刷中)を一部改変

本研究では、潮止め2ヵ月後の1997年6月に最初の採泥調査を実施したが、その時に有明海奥部37定点で採集された大型底生動物の平均生息密度は7,858個体/m²であった(東・佐藤2016)。それが、1999年6月には48定点で平均5,737個体/m²、2000年6月には48定点で平均3,914個体/m²、そして2001年6月には48定点で平均3,646個体/m²と、潮止め後の4年間をかけて次第に減少した(図2; 東ら2018)。

有明海奥部では、1997年6月や2001年6月に大規模な貧酸素水が発生し、その直後に周辺海域で大型底生動物が減少したことから、この減少傾向は潮止め後に頻発するようになった貧酸素が原因と考えられている(金澤ら2005; 上杉ら2012; 東・佐藤2016; 佐藤・東2016; 東ら2018)。

その後、2002年4～5月に短期開門を実施して、5年ぶりに調整池内に海水を導入すると、その直後の2002年6月の採泥調査では32定点での大型底生動物の平均生息密度は20,387個体/m²に激増し、この値は前年2001年6月の5.6倍であった(図2)。その増加の大部分は、ヨコエビ類のドロクダムシ類と、二枚貝類のビロードマクラガイが占めており、短期開門により一時的に潮流が増加し、島原沖から長洲沖の底質が粗くなったことで、それまでは島原沖から熊本沖に生息していたヨコエビ類等が有明海奥部に北上したと考えられる(佐藤・東2016; 東ら2018)。

しかし、短期開門終了後は、計画されていた中長期開門は実施されず、調整池内への海水導入は現在まで行われていない。その間に、2003年から2004年にかけて生じた貧酸素水(Tsutsumi 2006)により、大型底生動物の平均生息密度は急激に減少した(図2)。

その後も、2018年まで大型底生動物の平均生息密度の停滞が続き、3～4年の周期でヨコエビ類の増減を繰り返しながら、全体的には大型底生動物の平均生息密度は衰退している(図2; 東ら2018)。2015年は4年ぶりにヨコエビ

類が増加したことで、一時的に底生動物の平均生息密度が50定点で3,580個体/m²まで増加したが、2016年には再び50定点の平均が1,779個体/m²に減少し、2017年には過去20年間で最低値(50定点で平均1,712個体/m²)を記録した。

本研究による採泥調査の結果からは、大型底生動物の著しい増加傾向が見られたのは、過去20年間で唯一、短期開門直後の2002年6月の1回だけであり、それ以降は現在に至るまでの16年間に明確な底生動物の増加は見られていないことが分かる(図2)。この事実は、短期開門終了後に計画されていた中長期開門を取りやめて、その代わりに実施した海底耕運などの対症療法的な「有明海再生事業」が、魚介類の主要な食料となる大型底生動物の平均生息密度の経年変化に対しては、まったく何の効果もなかったことを明確に示している(東ら2018)。

さらに言えば、過去20年間で唯一、短期開門直後の2002年にのみ、有明海奥部において大型底生動物の急激な増加が見られたことから、常時開門による諫早湾調整池への海水導入こそが、有明海再生の最も効果的な手段であることを本研究の成果は明確に示している(佐藤・東2017)。

本研究グループは、今後も調査活動を継続させることで、諫早湾干拓の常時開門を経て有明海再生が実現するまで見届けたいと強く願っている。また、そのためにも、今後の開門後にむけての底生動物共同調査の賛同者を募るとともに、これまでに拾い出された22年分の大型底生動物標本のさらなる活用を研究者らに呼びかけている。

引用文献

- 東 幹夫 2000. 諫早湾干拓事業の影響. 佐藤正典(編), 有明海の生きものたち: 干潟・河口域の生物多様性, 海游舎, 東京, pp. 320-337.
- 東 幹夫 2011. 有明海異変と開門による再生(その2) 一底生動物の経年変化から. 日本の科学者, 46: 963-969.
- 東 幹夫・佐藤慎一 2016. 諫早湾閉め切り以降の有明海底生動物の消長. 諫早湾開門研究者会議(編) 諫早湾の水門開放から有明海の再生へ, 有明海漁民・市民ネットワーク, 東京, pp. 81-92.
- 東 幹夫・深沢南己・山野紗希・佐藤慎一・市川敏弘・佐藤正典・松尾匡敏 2019. 諫早湾潮止め後20年間の有明海底生動物群集変化の総括的研究. 自然保護助成基金成果報告書, 28: 印刷中.
- 東 幹夫・佐藤慎一・佐藤正典・松尾匡敏・市川敏弘 2018. 有明海底生動物群集に対する諫早湾干拓事業の影響に関する研究. 自然保護助成基金助成成果報告書, 27: 15-22.
- 東 幹夫・山中崇希・山元綾弥香・佐藤慎一・松尾匡敏・近藤寛・市川敏弘・佐藤正典 2016. 有明海再生の実現に向けて一諫早湾の潮止めから長期開門開始までの一貫した水質・底質・底生動物群集変化の解析. 自然保護助成基金成果報告書, 23: 1-10.
- 金澤 拓・佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之・松尾匡敏 2005. 諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化.

- 日本ベントス学会誌, 60: 30–42.
- 近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之 2003. 有明海における海底堆積物の粒度分布と CN 組成. 長崎大学教育学部紀要—自然科学—, 68: 1–14.
- 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 2011. 有明海の〈変化〉を追う—なぜ開門が必要か. 科学, 81: 458–467.
- 佐藤慎一・東 幹夫 2016. イラストで分かりやすく解説! 諫早湾を常時開門すると, 魚介類はどうなる? 有明海の環境と漁業, 1: 27–30.
- 佐藤慎一・東 幹夫 2017. 潮止めから 20 年: 諫早湾干拓調整池と堤防外側海域の生物はどう変化したか? 有明海の環境と漁業, 3: 10–15.
- Tsutsumi, H. 2006. Critical events in the Ariake Bay ecosystem: Clam population collapse, red tides, and hypoxic bottom water. *Plankton and Benthos Research*, 1: 3–25.
- 上杉 誠・佐藤慎一・佐藤正典・松尾匡敏・近藤 寛・東 幹夫 2012. 諫早湾潮止め後 10 年間の有明海における主な底生動物相の変化. 日本ベントス学会誌, 66: 82–92.
- 山元綾弥香・佐藤慎一・東 幹夫 2015. 諫早湾潮受け堤防外側周辺海域における短期開門調査以降の底生動物相の経年変化: 特に北部排水門外側定点で採集されたヒナノズキン (二枚貝綱: マルスダレガイ目: ウロコガイ上科) について. *Molluscan Diversity*, 4: 29–37.

潮受け堤防による海域生態系の疲弊に追い打ちをかける調整池排水

高橋 徹^{1)*}

¹⁾ 熊本保健科学大学共通教育センター. 〒861-5598 熊本市北区和泉町 325

The drainage from Isahaya Bay reservoir has further adverse effects on the damaged ecosystem of Ariake Sound
Tohru TAKAHASHI*

* Corresponding author: tohru@kumamoto-hsu.ac.jp

はじめに

他の報告にあるように, 潮受け堤防による潮流の低下が赤潮の大規模化や貧酸素の拡大, 底質の変化と底生生物相の変化として現れている. これに加え, 現場の漁民からは, 調整池からの汚濁排水による被害を訴える声が絶えない. これに対し農水省は, 「排水の影響は諫早湾内に限られる」と主張し続けている. その科学的根拠は殆ど示されておらず, 毎日漁場に出ている漁民の実感とも乖離している見解だが, 排水と海水の明確な線引きが困難であることから, 否定も肯定もされないままの状態が続いてきた. そこで, 我々は, 調整池内で発生する有毒シアノバクテリアが産生するマイクロシスチンをトレーサーとして利用することで, 排水の拡散範囲を推定すると共に, ベントスを含む水生生物への蓄積を追跡してきた. その結果, マイクロシスチンは夏期だけでなく, 年間を通じて有明海全域の底質中に残留し, 特に分解が進まない冬期に多くの生物に残留している事が判明した. この広域汚染を解消する唯一かつ効果的な方法は調整池に海水を導入することだと考えられる.

諫早湾調整池

1997 年 4 月 14 日, ギロチンと呼ばれた 293 枚の鋼板の連続落下によって諫早湾奥部は有明海と分断され, 調整池が誕生した. 水深は平均 1.4 m と浅いが, 池とはいうもの

図 3. 諫早湾と調整池. 4 つのポイント (P1, B1, S11, B2) は, 九州農政局が設定した観測定点

の, 面積は 2600 ha と, 摩周湖 (1922 ha) よりも広く, 容積は約 3600 万 m³ ある (図 3). 約 7 km の潮受け堤防で諫早湾と仕切られているが, 防災上の理由で水位を平均潮位マイナス 1 m に維持する事となっているため, 幅 200 m の北部排水門, 50 m の南部排水門, および, 日排水量 10 万 m³ の中央排水ポンプから日常的に排水されており, 年排水量は 4 億 m³ を超える (図 4). そのため, 年平均滞留時間が一ヶ月弱となるが, 実際には 6–7 月の梅雨時の排水が約 4