

諫早湾潮止め後 23 年間の有明海底生動物群集の経年変化

東 幹夫¹・佐藤 慎一²¹ 有明海保全生態学研究グループ

〒 020-0556 岩手県岩手郡雫石町名子 216-7

² 静岡大学理学部地球科学科

〒 422-8529 静岡市駿河区大谷 836

要約：本研究は、諫早湾潮受け堤防閉め切り前（1997 年 3 月）から現時点（2019 年 6 月）まで毎年実施している諫早湾干拓調整池 16 定点と有明海奥部 50 定点の採泥調査の結果に加えて、有明海全域 88–107 定点で 5 年に 1 回（過去 4 回）採集した生物試料のソーティング作業を完成させることで、潮止め後 23 年間の諫早湾を含む有明海全体の海底環境と底生動物群集の経年変化を明らかにした。これらの調査結果を、将来的に必要となる諫早湾の常時開門後に実施される生態系影響解析への比較可能な基礎資料として提供する。

キーワード：有明海、諫早湾干拓、底生動物群集、海底環境、常時開門

はじめに

有明海では 1997 年 4 月 14 日の諫早湾干拓事業に伴う諫早湾潮受け堤防の閉め切り（潮止め）により、約 3,550 ha の広大な干潟・浅海域が失われ（図 1）、諫早湾のみならず有明海全域の生態系に重大な影響を及ぼしている（東, 2000, 2005, 2011; 佐藤・金澤, 2004; 佐藤・東, 2011, 2020; 東・佐藤, 2015, 2016; 山元ほか, 2015; 東ほか, 2016, 2018, 2019, 2020）。有明海保全生態学研究グループ（代表：東 幹夫／森下浩史）は、諫早湾潮受け堤防内側の干拓調整池 16 定点（図 1C）において、潮止め直前（1997 年 3 月）から現時点（2019 年 6 月）まで、年 1–3 回の頻度で通算 29 回の採泥調査を継続的に実施してきた（東, 2000; 佐藤ほか, 2020a）。さらに、潮受け堤防外側の有明海奥部海域 50 定点（図 1B）では、毎年 6 月または 11 月に年 1–2 回の頻度で通算 27 回の水質・底質・底生動物群集のモニタリング調査を行い、そのうち 5 年に 1 回程度の調査時には、有明海湾口部までを含む全域 88–107 定点（図 1A）に範囲を広げて、同様の採泥調査を過去 4 回（1997, 2002, 2007, 2015 年）実施してきた。

これらの活動は、過去 23 年間にわたり同一の手法で、一貫した精度のもとに継続的に実施されてきた保全生態

学的調査であり、今後も途絶えることなく数十年間レベルで科学的実証データを蓄積することによって、有明海再生の過程を科学的手法で明らかにできると期待される（東ほか, 2019）。今後、諫早湾の常時開門が実施され、海域の潮流速度が回復し、貧酸素や赤潮発生が抑制されれば、2002 年の短期開門時と同様に急激な底生動物の個体数密度の増加が見込まれる（後述）。その時に、常時開門に伴う生態系影響解析を行うためには、比較対象として同一手法で常時開門以前から継続的に実施されてきた現地調査による基礎資料が必要不可欠であり、そのため本調査を常時開門後まで継続されることは極めて重要性の高い課題である。

そこで本稿では、これまでに実施された諫早湾干拓調整池を含む有明海全域における長期採泥調査で得られた研究成果を包括的に紹介するとともに、これらの研究成果から諫早湾潮止め後に有明海で何が起こったのかを考察し、さらに今後の常時開門によって生じる現象を予測する。なお、本研究の調査方法については、既報（調整池：佐藤ほか, 2020a, 有明海奥部：金澤ほか, 2005, 有明海全域：上杉ほか, 2012; 佐藤ほか, 2020b など）を参照してほしい。

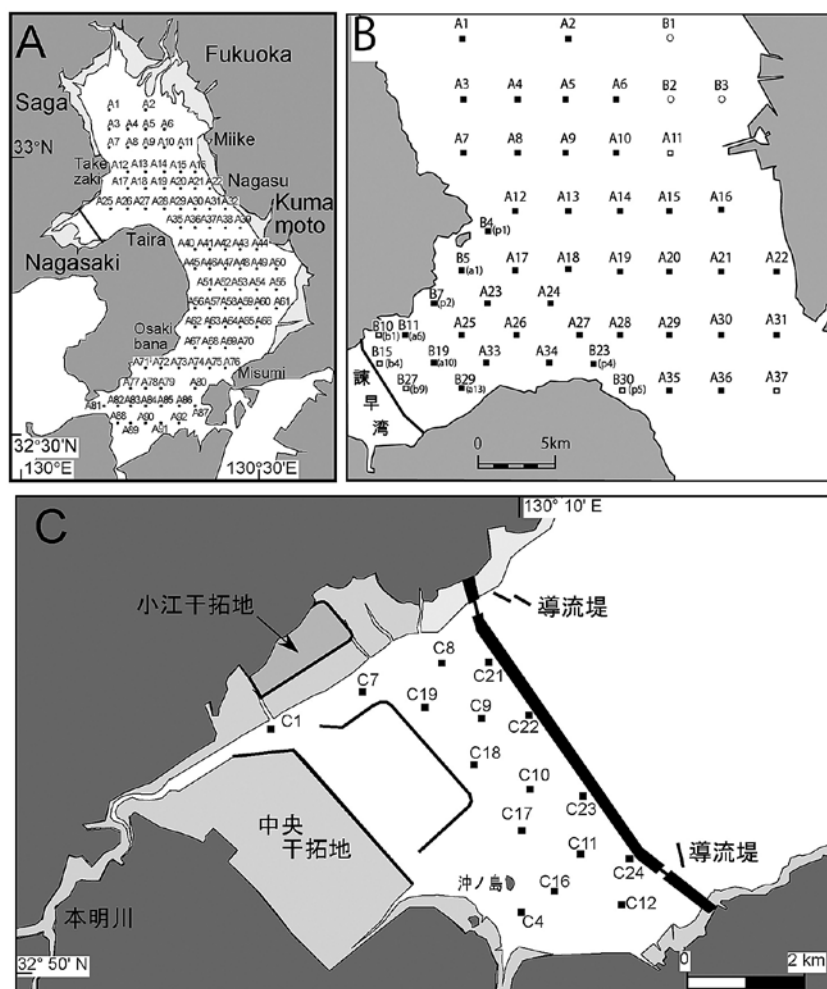


図1. 有明海全域 88 定点・奥部海域 50 定点・諫早湾干拓調整池内 16 定点における採泥調査定点の位置図(東ほか, 2018 を改定). A: 有明海全域 (A1 ~ A37 は B 図と同一地点, A38 ~ A92 は 1997, 2002, 2007, 2015 年に採泥した定点; ただし 2015 年は A81 ~ A86 は採泥せず), B: 諫早湾を含む有明海奥部海域 (黒四角は 1997 ~ 2019 年, 灰四角は 1998 ~ 2011 年, 白四角は 2012 ~ 2019 年に採泥した定点), C: 干拓調整池 (C1 ~ C24 は 1997 ~ 2019 年に採泥した定点).

諫早湾干拓調整池内の変化

諫早湾干拓調整池内の調査結果については、佐藤ほか (2020a) で総説としてまとめた。それによると、定点観測を行なった 16 定点では、潮止め後に底層水の平均塩分が急激に減少し、それに伴い多毛類・ヨコエビ類・二枚貝類・巻貝類の海産種の多くが潮止め 4 ヶ月後の 1997 年 8 月にほぼ消滅した (図 2)。その後は、汽水生のヨコエビ類であるタイリクドロクダムシ *Sinocorophium sinensis* と二枚貝類の 1 種であるヌマコダキガイ *Potamocorbula* sp. などが一時的に高密度 (1000 個体 m^{-2} 以上) で生

息した (佐藤ほか, 2001, 2020a)。特に、2002 年 4 ~ 5 月に短期開門調査が実施され、わずかながらでも調整池内に海水が導入されると、その直後の 2002 年 5 月にタイリクドロクダムシの平均個体数密度が 2000 個体 m^{-2} 以上と急増した (松尾, 2006; 松尾ほか, 2007a, b)。しかし、短期開門終了後は海水導入がなくなることで再び調整池内の塩分が低下した結果、2002 年 9 月以降は汽水生のヨコエビ類・多毛類・二枚貝類などの大型種はほとんど見られなくなり、その後は 2004 年 8 月から淡水生の貧毛類やユスリカ幼虫が増加して現在に至っている (佐藤ほか, 2020a)。しかも、貧毛類はユリミズ

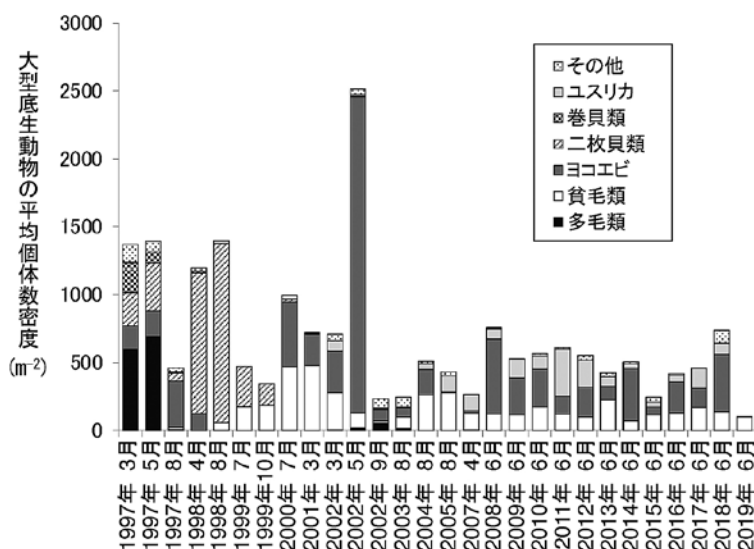


図 2. 諫早湾干拓調整池 16 定点における 1 m^2 当たりの大型底生動物の平均個体数密度に見られる経年変化（東ほか，2020・佐藤ほか，2020a を一部改変）。

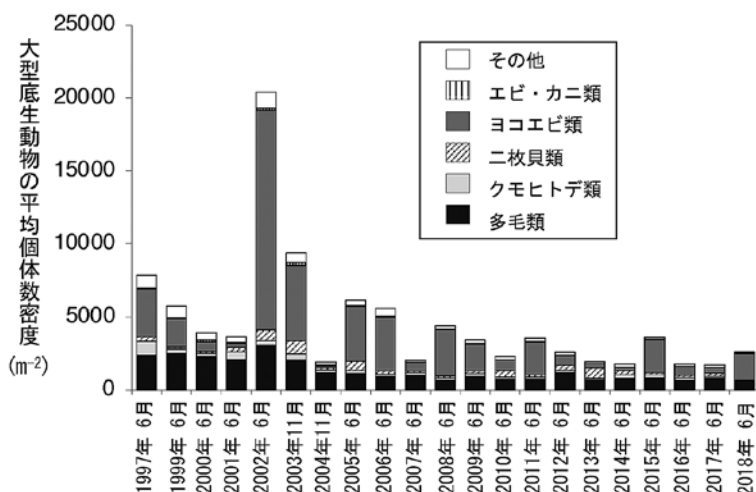


図 3. 有明海奥部 50 定点における 1 m^2 当たりの大型底生動物の高次分類群別の平均個体数密度の経年変化（佐藤・東，2018・東ほか，2020 を一部改変）。

Limnodrilus hoffmeisteri の 1 種で大半を占め、ユスリカ幼虫のほとんどはオオユスリカ *Chironomus plumosus* とタバルコガタユスリカ *Microchironomus tabarui* が独占する歪な生物相が残されている（佐藤・東，2017；大高ほか，2019；近藤ほか，2020）。九州農政局はホームページにおいて、諫早湾干拓調整池の成果を「新たな生態系の創造」と強調している（<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11489298/www.maff.go.jp/kyusyu/>

seibibu/isahaya/outline/seitaikei.html）。しかし、実際の調整池には貝類や多毛類など 1 cm 以上の底生動物がまったく生息しておらず、わずかな種のイトミミズ類とユスリカ類幼虫（ボウフラ）だけが生息する「新たな生態系」が、どれだけ税金をつぎ込んでも改善できないまま取り残されているのが現実である（佐藤・東 2017；東ほか 2019，2020）。

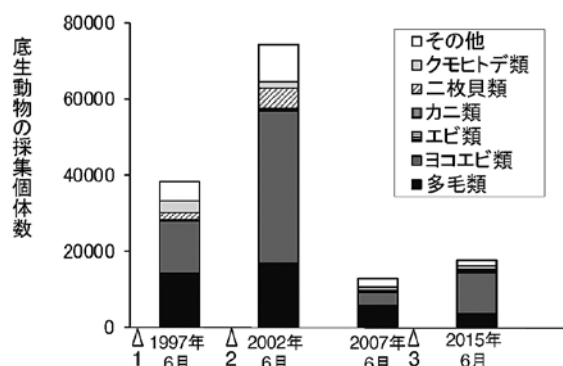


図 4. 1997, 2002, 2007, 2015 年に有明海全域共通 88 定点 (2015 年は A81 ~ 86 を除く 82 定点) で採集された底生動物の総個体数変化 (東ほか, 2018 を一部改変). 白三角は 1. 諫早湾閉切り (1997 年 4 月 14 日), 2. 短期開門調査 (2002 年 4 ~ 5 月), 3. 干拓事業完工 (2007 年 11 月) を示す. 1997, 2002, 2007 年のデータは, 上杉ほか (2012) の Fig.4 を改変, 2015 年のデータは A81 ~ 86 を除く 81 定点で集計した.

有明海奥部海域の変化

有明海奥部の諫早湾潮受け堤防外側海域 50 定点では, 潮止め直後の 1997 年 6 月や 2001 年 6 月に大規模な貧酸素が発生し, その影響で大型底生動物の平均生息密度が次第に減少したが, 短期開門が実施された直後の 2002 年 6 月にはヨコエビ類のドロクダムシ類と二枚貝類のピロードマクラガイ *Modiolus comptus* などが突如として急激に増加した (図 3, 金澤ほか, 2005; 松尾, 2006; 松尾ほか, 2007a, b; 東・佐藤, 2016; 佐藤・東, 2016, 2017; 山中ほか, 2019; 首藤ほか, 2020). しかし, その後は 2004 年から 2019 年にかけて, ヨコエビ類による約 3 年周期での個体数密度の変動は継続的に見られたが, 全体として有明海奥部海域では大型底生動物群集の衰退傾向が続いており, 短期開門直後のような底生動物の急激な増加は最近の 18 年間ではまったく見られていない (図 3). 2002 年 6 月の短期開門直後に見られた急激な底生動物の増加は, 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などが有明海奥部に北上したものと考えられている (佐藤・東, 2016; 東ほか, 2018; 山中ほか, 2019).

これらの採泥調査の結果からは, 大型底生動物の著し

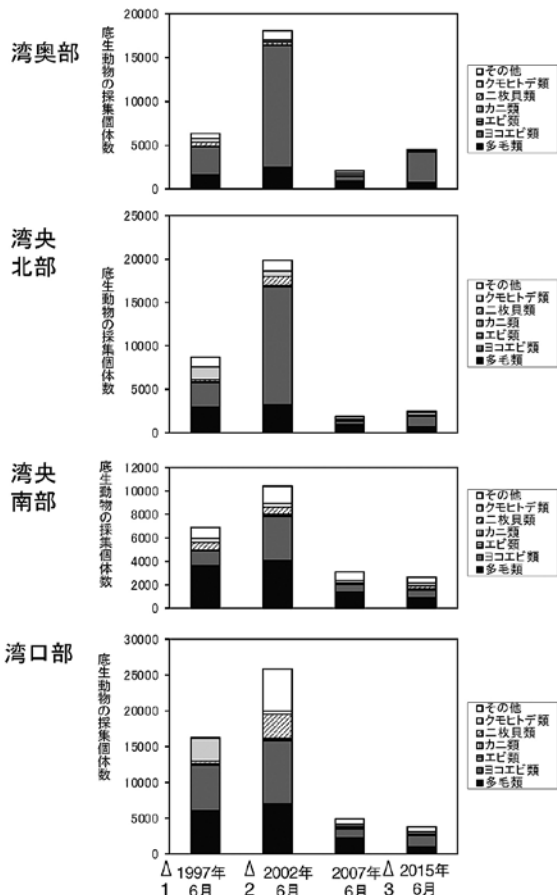


図 5. 有明海の 4 海域 (湾奥部・湾央北部・湾央南部・湾口部) における 1997, 2002, 2007, 2015 年に共通する定点で採集された底生動物の総個体数変化 (東ほか, 2018 を一部改変). 有明海の湾奥部 20 定点 (図 1A の A1 ~ A17, A25 ~ A27), 湾央北部 15 定点 (A18 ~ 22, A28 ~ 39), 湾央南部 27 定点 (A40 ~ 66), 湾口部 26 定点 (A67 ~ 92, ただし 2015 年は A81 ~ 86 を除く 20 定点) で採集された底生動物の総個体数を比較.

い増加傾向が見られたのは, 過去 23 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 18 年間に明確な底生動物の増加は見られていないことが明らかである. この事実は, 短期開門終了後に中長期開門を中止し, 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」は, 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, まったく効果がなかったことを明確に示している (東ほか, 2018, 2019). さらに言えば, 過去 23 年間で唯一, 短期開門直後の 2002 年 6 月に

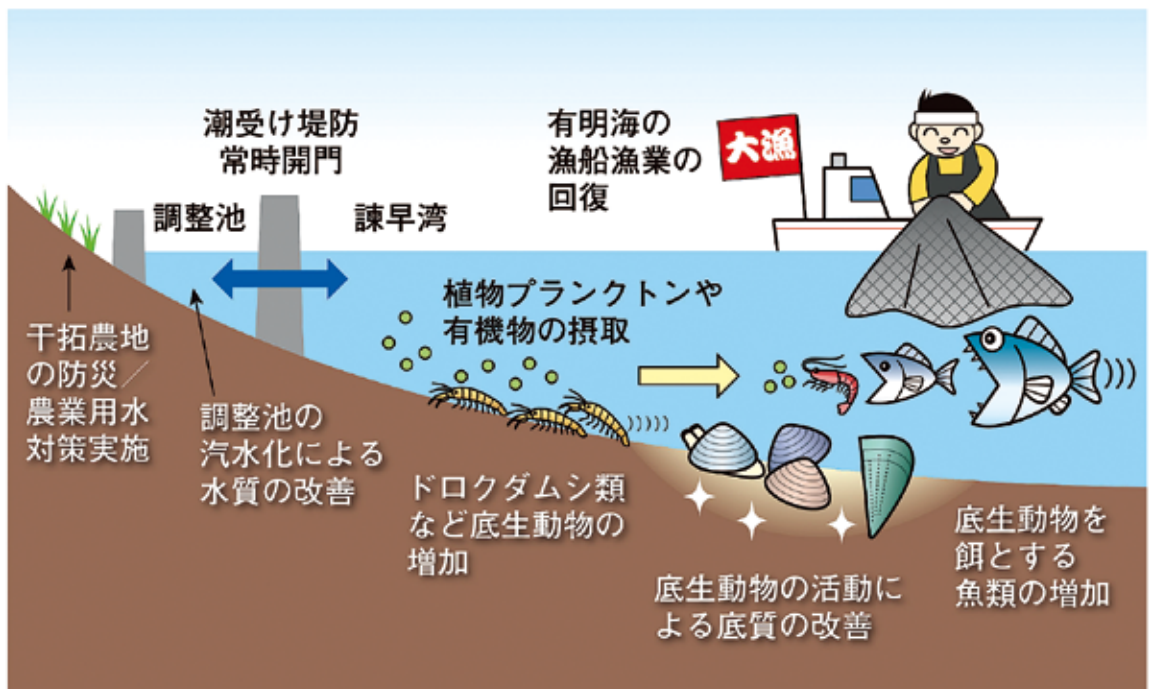


図 6. 諫早湾の常時開門が実施されるところなる（佐藤・東, 2016 より）。

のみ、有明海奥部海域で大型底生動物の急激な増加が見られたことから、もはや有明海再生事業が万策尽きた現時点では、常時開門による諫早湾調整池への海水導入こそが、最後に残された有明海再生の最も効果的な手段であることを本研究の結果は明確に示しているとも言える（佐藤・東 2017；東ほか, 2019）。

有明海全域の変化

有明海全域の採泥調査では、過去 4 回（1997, 2002, 2007, 2015 年）で共通する 88 定点を対象とした。その結果、有明海全域 88 定点（2015 年は A81～86 を除く 82 定点）で採集された大型底生動物の総個体数は、潮止め直後の 1997 年 6 月の約 4 万個体から、短期開門直後の 2002 年 6 月には約 7.5 万個体に激増したが、2007 年 6 月には約 1.3 万個体まで減少、そして 2015 年 6 月には局所的なヨコエビ類の増加により 2007 年をわずかに上回った程度であったことが明らかになった（図 4, 東ほか, 2018）。驚くことに、短期開門直後の 2002 年 6 月の調査では、諫早湾干拓調整池内や有明海奥部海域だけでなく、有明海全域においても同様

に底生動物の急激な増加が確認されたのである。東ほか（2018）は、有明海全域を湾奥部・湾中央部・湾中央南部・湾口部の 4 海域に分けて、海域ごとに共通する定点で採集されたマクロベントス総個体数を比較した結果、全ての海域で同様に 1997 年から 2002 年にかけて大型底生動物の急増が見られ、その後 2007 年に激減して 2015 年は微増または微減の傾向にあることを示した（図 5）。

さらに分類群ごとに種レベルでの調査を行うと、多毛類・ヨコエビ類・二枚貝類など複数の分類群において共通して、1997 年 6 月から 2002 年 6 月にかけて種数と平均個体数密度が急激に増加し、その後は 2007 年 6 月に激減したことが確認されている（金澤ほか, 2005；松尾ほか, 2007a,b；上杉ほか, 2012；折田ほか, 2019；山中ほか, 2019）。有明海全域の中でも、特に潮受け堤防から遠く離れた湾口部の海域で見られた大型底生動物の増減までもが、短期開門による影響によるものなのかどうかは現時点では不明だが、今後に常時開門が実施されるならばそのメカニズムが実証されるものと期待される（東ほか, 2018；佐藤ほか, 2020b）。現時点では、短期開門による底生動物群集への影響は、農水省が想定している以上に広範囲に見られている可能性を指摘するにとどめ

ておく。今後のモニタリング調査では、諫早湾潮受け堤防周辺の海域だけを調べて潮止めによる影響はないと安易に決めつけるのではなく、有明海奥部から湾口までの全海域を調査対象とすることが必須である。

まとめ

諫早湾を含む有明海全域では、1997年4月の潮受け堤防閉め切り以降、大型底生動物は減少傾向にあったが、2002年4～5月に実施された短期開門直後に干拓調整池内・有明海奥部海域・湾口を含む有明海全海域において、共通して底生動物の急激な増加が見られた。そして、短期開門が終了して諫早湾干拓調整池への海水導入がなくなると、一転して調整池内だけでなく有明海奥部から湾口までの全海域で共通して大型底生動物の個体数密度が激減し、それから現時点（2019年6月）に至るまでの18年間に明瞭な回復傾向は全く見られていない。これらの底生動物群集の挙動の同時性は果たして偶然と言い切れるであろうか？ 今後、常時開門が実施されれば、そのメカニズムが実証されるであろう。さらに、2002年の短期開門ではわずか27日間で海水導入を終了してしまったため、その後の1～2年で調整池内および堤防外側海域の大型底生動物は再び減少したが、今後の常時開門では段階的な開門を進めることで、短期開門では見られなかった大型底生動物の優占種の変遷過程を明らかにすることができ、それが漁船漁業の対象となる魚介類の増加にもつながることが大いに期待できる（東ほか、2018；佐藤ほか、2020a）。

それでは、もし今後、常時開門を実施したとしたら、有明海でどのようなことが起こるだろうか？ その答えは、佐藤・東（2016）で詳しく説明した（図6）。以下に、その概要を一部改変した東ほか（2020）を引用して紹介する。まず、常時開門の直後には、2002年6月の短期開門直後と同様に、島原沖や熊本沖などの海域において、タイリクドクロダマシなどの日和見種の顕著な増加が見られる。これらの底生動物は、植物プランクトンや海水中の有機物などを摂餌し、さらには漁船漁業の対象となるような魚介類の重要な食物資源としての役割を果たす。そして、これらの底生動物が活動することで、底質の酸化が促進され、より大型の底生動物類の生息が可能となる。その結果、有明海の底生動物は次第に生息密度と多様性を回復できると考えられる。2002年の短期開門調査では、わずか

27日間で開門を終了してしまったため、その後1～2年で元の状態に戻ってしまったが、さらに長期的な開門を実施すれば、底生動物の質的变化も見られ、それが漁船漁業の対象となる魚介類の増加にもつながることが予測される（図6）。

本研究グループは、今後も有明海における採泥調査活動を数十年間レベルで継続させることで、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を見届けたいと強く願っている。

謝辞

長崎大学教育学部の近藤 寛名誉教授と元長崎大学水産学部の西ノ首英之氏、長崎大学・鹿児島大学・東北大学・静岡大学の卒業生の皆さん、ならびに諫早市の土井博満氏と島原市の松本正明氏には、有明海採泥調査において多大なご協力をいただいた。これらの皆様に心より感謝申し上げます。本研究費の一部として、東は有明海保全生態学研究グループ代表として、（財）自然保護助成基金創立10周年記念助成とプロ・ナトゥーラ・ファンド国内研究助成を使用させていただいた。佐藤はJSPS 科研費 JP13740297, JP15740308, JP1965021, JP21500861, JP25440229, JP17K07564 と（財）水・クリタ環境科学振興財団助成金（萌芽的研究）、高木仁三郎市民科学基金の研究助成金を使用させていただいた。ここに記して感謝の意を表します。最後に、本稿を執筆する機会を与えていただいた永坂正夫教授およびNPO 法人河北潟湖沼研究所の皆さまに厚く御礼申し上げますとともに、2019年9月には東が体調不良のため自由集会での発表を断念してご迷惑をおかけしたことを心よりお詫び申し上げます。

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. 2005. 底質の変化. 日本海洋学会（編）、有明海の生態系再生をめざして、恒星社厚生閣、東京、pp. 94-104.
- 東 幹夫. 2011. 有明海異変と開門による再生（その2）－底生動物の経年変化から、日本の科学者、46：

- 963-969.
- 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. 自然保護助成基金助成成果報告書. 28:1-10.
- 東 幹夫・佐藤慎一. 2015. 有明海の底生動物の長期定点調査から見えてきたこと. 日本の科学者. 50:65-69.
- 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・佐藤慎一・深沢南己・松尾匡敏・佐藤正典・市川敏弘. 2020. 諫早湾の常時開門後まで続く有明海奥部海域の底生動物群集変化の研究. 自然保護助成基金助成成果報告書. 29:72-82.
- 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 27:1-8.
- 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—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. 自然保護助成基金助成成果報告書. 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.
- 近藤繁生・桃下 大・佐藤慎一・東 幹夫. 2020. 1998 年から 2018 年までに諫早湾干拓調整池から得られたユスリカ幼虫. 日本ベントス学会誌. 74:109-114.
- 松尾匡敏. 2006. 有明海の人為攪乱に伴うヨコエビ群集の変化. 長崎大学大学院生産科学研究科博士学位論文. 208 pp.
- 松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫. 2007a. 有明海潮下帯の底質区分とヨコエビ群集—1997 年と 2002 年の比較. 長崎大学水産学部研究報告. 88:1-42.
- 松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫. 2007b. 諫早湾奥部締め切り後の有明海潮下帯ヨコエビ群集構造の変化. 日本ベントス学会誌. 62:17-33.
- 折田 亮・佐藤正典・佐藤慎一・近藤 寛・松尾匡敏・東 幹夫・山西良平・Yusuf Shuaib Ibrahim・松下聖・下村真美. 2019. 有明海における多毛類 24 種の分布:1997 年・2002 年・2007 年の調査に基づく 10 年間の変化. 日本ベントス学会誌. 74:43-63.
- 大高明史・佐藤慎一・東 幹夫. 2019. 潮受け堤防締め切り後の諫早湾干拓調整池における水生貧毛類群集の経年変化. 日本ベントス学会誌. 74:75-80.
- 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.
- 佐藤慎一・東 幹夫. 2018. 諫早湾潮止め後 20 年間の有明海における底生動物変化. 日本ベントス学会誌. 73:120-123.
- 佐藤慎一・東 幹夫. 2020. 有明海の将来を見つめて. 岩波科学. 90:860-863.
- 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変化. 第四紀研究. 40:85-95.
- 佐藤慎一・東 幹夫・松尾匡敏・大高明史・近藤繁生・市川敏弘・佐藤正典. 2020a. 諫早湾干拓調整池における水質・底質ならびに大型底生動物群集の経年変化. 日本ベントス学会誌. 74:115-122.
- 佐藤慎一・東 幹夫・山中崇希・依田優介・松尾匡敏・佐藤正典. 2020b. 1997 - 2015 年における有明海全域の底質とマクロベントス群集の変化. 日本ベントス学会誌. 75:54-64.
- 佐藤慎一・金澤 拓. 2004. 干拓堤防締め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.
- 首藤宏幸・松尾匡敏・佐藤慎一・東 幹夫. 2020. 諫早湾潮受け堤防の締め切り後 5 年間の有明海中央部における底生端脚類群集の変化. 日本ベントス学会誌. 74:100-108.
- 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.
- 山中崇希・佐藤慎一・松尾匡敏・佐藤正典・東 幹夫. 2019. 諫早湾潮受け堤防閉切り後の有明海全域における水質・底質変化と二枚貝類・ヨコエビ類・多毛類の群集構造変化. 日本ベントス学会誌. 74: 67-74.