

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07821

研究課題名(和文)大規模クリーク造成による塩性湿地生物群集の回復：東京湾岸の原風景再生の新モデル

研究課題名(英文) Rehabilitation of saltmarsh fish and invertebrate assemblages by construction of a large-scale creek: a case study for archetypal landscape restoration in the coastal area of Tokyo Bay

研究代表者

加納 光樹 (Kanou, Kouki)

茨城大学・広域水圏環境科学教育研究センター・准教授

研究者番号：00527723

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：東京湾奥部の埋立地に造成した大規模な塩性湿地クリークで、環境変量と魚類・底生無脊椎動物の群集構造の経時的変遷を調べた。クリーク造成後の3年間で、絶滅危惧種や水産有用種を含む魚類27種と底生無脊椎動物35種以上(主に多毛類、カニ類、エビ類)が出現した。造成クリークでの魚類の種数や個体数、種組成といった群集構造と優占種数種の体サイズにおける季節変化は、天然塩性湿地クリークで認められる傾向と似ていた。本研究の結果から、大都市圏の埋立地に造成された大規模クリークが塩性湿地生物群集の回復において重要な役割を果たす可能性があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温帯域の塩性湿地に形成されるクリークは絶滅危惧種や水産有用種を含む魚類・無脊椎動物にとって重要な生息基盤であるが、開発等によって劣化・消失が続いており、その保全・再生が急務となっている。本研究は湾岸埋立地に天然クリークと同等の規模を有する大規模クリークを創出することで、塩性湿地の魚類・無脊椎動物群集をある程度回復させられることを示したものであり、わが国の生物多様性保全のほか水産資源の持続的利用にも役立つ知見である。

研究成果の概要(英文)：Temporal and seasonal changes of fish and invertebrate assemblage structures with environmental variables in the large salt-marsh creek, which was constructed in a reclaimed bay area in the innermost part of Tokyo Bay, were examined. For three years after creek construction, a total of 27 fish species, including 3 threatened and 8 fisheries important ones, and more than 35 invertebrate species (e.g., polychaetes, crabs and shrimps) occurred. Seasonal changes in fish assemblage structures (numbers of species and individuals, and species composition) and body sizes for several abundant fishes in constructed creek were similar to those in natural creeks. These results suggest that constructed large creek in a reclaimed land of metropolitan areas may play an important role for rehabilitation of salt-marsh fish and invertebrate assemblages.

研究分野：魚類学、保全生物学

キーワード：塩性湿地 大規模クリーク 魚類群集 無脊椎動物群集 再生

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

諸外国では塩性湿地(汽水域にある抽水植物からなる湿地)の内部に形成されるクリークが様々な魚類・無脊椎動物の生息場所であることが示されており、水産資源保護のほか生物多様性保全の観点から塩性湿地クリークの保全・再生事業も多く実施されてきた。一方、日本では昭和初期までの干拓や埋立てによって塩性湿地の大半が消失してしまったこともあって、塩性湿地クリークの魚類・無脊椎動物の研究はあまり実施されてこなかった。このような状況下で、近年、国内に局所的に残存する塩性湿地の大規模クリーク(長さ150 m以上、幅2 m以上)で年間を通じた定量採集が実施され、ニホンウナギやマハゼ、ボラ、スズキ、エビ類などの水産有用種、汽水性メダカやハゼ類、カニ類、貝類などの絶滅危惧種が多く生息することが確認された。さらに、天然のクリークの環境条件を参考にして、複数の小規模クリーク(長さ5 m、幅50 cm)を造成し、水産有用種や絶滅危惧種を含む様々な魚類・無脊椎動物の生息基盤を短期的に創出する試みにおいても一定の成果が得られている。諸外国と同様に国内でも塩性湿地クリークが沿岸域の生物生息基盤として重要な役割を果たす可能性が高いため、国内に現存する天然塩性湿地クリークを極力保全するとともに、同等の規模を有するクリークを創出する方策の検討も急務と考えられた。しかしながら、これまでに国内では大規模クリークの造成実験がほとんど実施されておらず、大規模クリーク造成の効果を科学的に予測しにくい実状がある。

世界では地球温暖化による海面上昇や開発による塩性湿地の劣化・消失が続いているが、これは日本も例外ではない。さらに、日本の沿岸各地では、東日本大震災を契機に、津波被害防止のために陸域と海域の境界に構造物が増設されているが、一方で、それが塩性湿地の劣化を引き起こし、生物多様性のほか水産資源の持続的利用に悪影響をもたらすおそれがある。生物多様性保全のみならず水産業復興のために、大規模クリークを造成する実験を行い、環境条件の変化や魚類・無脊椎動物群集の回復過程を具体的に調べておく必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、東京湾岸の埋立地に天然塩性湿地クリークと同等の規模を有する大規模クリークを造成したうえで、3年間にわたって以下の3つの調査を実施することにより、大規模クリーク造成による塩性湿地生物群集の回復過程を明らかにしていく。

(1) 大規模クリークにおいて環境調査を実施し、造成後に環境変量がどのように変動するのかについて明らかにする。

(2) 大規模クリークにおいて底生無脊椎動物の生息状況を調査して、造成後の種数や個体数の変化や環境による出現種の違いなどについて明らかにする。

(3) 大規模クリークにおいて魚類群集の経時的な変遷を調査して、種数や個体数、優占種の個体数や体サイズ組成がどのように変化するのかを明らかにする。また、絶滅危惧種や水産有用種の生息・成育状況も把握する。

以上をとりまとめ、環境修復・水産資源回復に役立つ大規模クリークの再生方策について検討するとともに、東京湾岸の原風景の構成要素である塩性湿地生物群集を回復させるモデルケースを構築する。

### 3. 研究の方法

本研究では、様々な開発の影響を受けてきた東京湾岸の埋立地の内陸性人工湿地(千葉県市川市の行徳鳥獣保護区内)をモデル調査地とし、クリーク造成実験・野外調査を行った。なお、本調査地は、かつて広大な天然クリークが見られた江戸川河口に近接していること、埋立地に囲まれた閉鎖海域に面しており波浪の影響が少ないこと、一般の人々の立入制限があり人為的攪乱を受けにくいことなどから、湾岸原風景再生の実験地として適していると判断し選定された。

クリーク造成作業に際しては、2016年12月下旬から2017年1月中旬(ヨシ等の抽水植物が枯死している時期)の間、周辺から人工湿地に流入する水を板柵や土嚢等によって堰き止めるとともに、降雨等によって湿地内に溜まる水をポンプで排水することで干出処理を施した。その後、1月下旬から2月中旬にかけて、千葉県小櫃川河口デルタや茨城県潤沼に現存する天然塩性湿地クリークの地形を参考にしながら、パワーショベルと人力によるスコップ作業で掘り下げ、複数の蛇行区間をもつ大規模クリーク(長さ約150 m、幅約3~4 m、干潮時の水深約10 cm)を造成した(図1a)。そのうえで板柵や土嚢等を取り除き、上流側に位置する既設の人工淡水池とクリーク最上流部をつないで淡水を流入させ、また、クリークの下流部を海域とつなげて上げ潮時に海水を流入させることで、潮汐作用によって水位や塩分が変動する汽水性のクリークとした。クリーク造成後は自然の潮汐作用を維持し、ヨシ等の抽水植物については自然の遷移に任せて植生管理は実施しないこととした。造成後のクリークにおいて、次の3つの調査を実施した。

### (1) 造成クリークの環境調査

湾岸埋立地に造成したクリークの環境の経時的変遷を明らかにするために、2017～2019年の各年の5月（春）、7月（夏）、9月（秋）、12月（冬）の干潮時と満潮時に、クリーク内に設定した5地点において、水質（水温、塩分、溶存酸素量、濁度など）、水深、流速、底質の粒度組成と酸化還元電位、抽水植物のヨシの生育状況などを調べた。

### (2) 底生無脊椎動物の生息状況調査

造成クリークにおける底生無脊椎動物の生息状況の経時的変遷を明らかにするために、2017～2019年の各年の5月（春）と9月（秋）の干潮時にクリーク内の5地点において、コアサンプラー（直径10cm、深さ20cm）を用いて底質中の多毛類、貝類、小型甲殻類などの定量採集（各地点につき3コア×5回）を、また、目視で方形区内（0.25m<sup>2</sup>）の大型甲殻類（カニ類等）の巣穴数の計数（各地点につき4回）を実施した。また、2017～2019年の各年の5月（春）、7月（夏）、9月（秋）、12月（冬）の干潮時から満潮時にかけて、クリーク内の5地点に小型定置網（網口幅2m、目合4mm）を設置し、上げ潮とともにクリーク内を移動するエビ類の採集も実施した。これらの採集調査で得られた底生無脊椎動物の種数、総個体数、優占種の個体数、種組成などがどのように変遷していくのかを解析した。

### (3) 魚類の生息状況調査

造成クリークにおける魚類群集構造の経時的変遷を明らかにするために、2017～2019年の各年の5月（春）、7月（夏）、9月（秋）、12月（冬）の干潮時から満潮時にかけて、クリーク内の5地点に小型定置網（網口幅2m、目合4mm）を設置し、クリーク内に生息する魚類を定量的に採集した。また、2017～2019年の各年の5月（春）と9月（秋）の干潮時にクリーク内の5地点において、仕切り網（目合1mm）を用いて一定面積（5m<sup>2</sup>）の魚類を採集した。これらの採集で得られた魚類の種数、個体数、種組成、優占種の個体数と体長組成がどのように変遷するかを調べた。

## 4. 研究成果

### (1) 造成クリークの環境の経時的変遷

造成直後の2017年5月以降、大規模クリークには周辺に抽水植物が繁茂し、砂泥質から泥質の底質環境が形成され、東京湾岸に局所的に残存する天然クリークに近い景観が創出された（図1b）。2017年5月において、大規模クリーク内の平均水深は干潮時に10cm未満、満潮時に60cm以上で、平均塩分は干潮時に9.1、満潮時に24.8であり、潮の干満によって水位と塩分が大きく変動する環境が形成されていた。このような水深と塩分の潮汐変動は、調査日の潮位や直近の降雨量などの条件によって多少の差異はあるが、概ね3年間にわたって確認され、クリーク自体の構造も維持された。環境変数の季節変化についてみると、干潮時の塩分については春から秋にのみ5未満の低い値が認められたのに対し、冬には7.2～18.1と常に高かった。水温は春から秋に高く、冬に低くなる傾向が明瞭であった。溶存酸素量については2.7～11.2mg/Lの間で大きく変動したが、多くの魚種が酸素不足で斃死するとされる2mg/L未満の著しく低い値は記録されなかった。

### (2) 底生無脊椎動物の生息状況の経時的変遷

調査期間中にコアサンプラーで底質中から採集された底生無脊椎動物は、31種以上の計1710個体であった。分類群別にみると、種数・個体数は多毛類が14種1499個体と最も多く、次いでカニ類が5種163個体と多かった。多毛類ではイトゴカイ、カワゴカイ、イトメが、十脚目ではチゴガニがそれぞれの総個体数の85%以上を占めていた。底生無脊椎動物の経時的変遷をみると、平均種数は造成直後の2017年5月に4.2種が確認され、その後はわずかに変動しながら推移し、2019年5月に11種でピークに達した。平均個体数の変動パターンも似た傾向を示し、2019年5月に183.4個体でピークに達した。5月には春季までに加入した個体が夏の高温による減耗前に採集されやすく、また造成後3年を経て底質環境が安定してきたことで様々な無脊椎動物が生息するようになった可

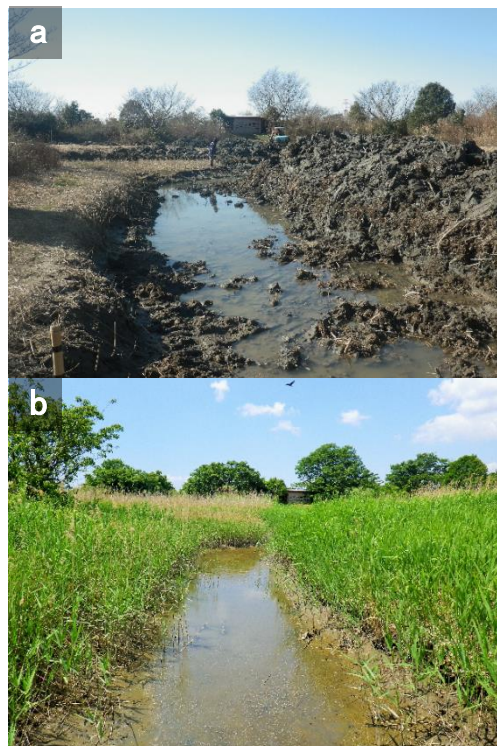


図1 造成された大規模クリークの画像  
(a) 2017年2月(造成中)、  
(b) 2019年5月(造成後2年経過)

能性が示唆された。これらの無脊椎動物は塩性湿地や干潟域において高次捕食者である魚類の消化管内からよく出現することが知られているため、造成クリークはそれらの餌場としての機能も有するようになったと考えられた。

なお、定置網調査で採集されたエビ類は4種 42572 個体で、シラタエビが総個体数の 96%を占めていた。本種については1年目に最も多く、年を経るごとに徐々に減少していく傾向が認められたが、その理由は環境要因からは説明がつかなかった。

### (3) 魚類群集構造の経時的変遷

調査期間中に小型定置網で採集された魚類は、ニホンウナギやコノシロ、サッパ、アユ、ボラ、スズキ、クロダイ、マハゼなどの水産有用種、トビハゼやマサゴハゼなどの絶滅危惧種を含む計 27 種 9455 個体であった。魚類の群集構造の経時的変遷をみると、累積種数については造成直後の 2017 年 5 月にはニホンウナギを含む 11 種の新規加入が確認され、2017 年 12 月には 19 種、2018 年 9 月には 25 種となり、2 年目秋までに大半の種の生息が認められた。平均種数は 2.4~10.4 種、平均個体数は 17.8~351.2 個体の範囲で大きく変動し、平均種数・平均個体数ともに造成後 1 年目から 3 年目のいずれにおいても 5 月から 9 月で 12 月よりも高いという季節的な傾向が認められた

(図 2)。各年各月の魚類の種組成の類似度に基づくクラスター分析の結果、採集年に関わらず 5 月から 9 月と 12 月は異なるグループに分かれた。優占種のうち、マハゼやボラなどでは、例年、クリーク内で成長している傾向も認められた。これらの結果は、国内の他の天然塩性湿地クリーク（涸沼や小櫃川河口）での魚類の季節的な出現と似ており、本研究で造成した大規模クリークでは 3 年間にわたって安定的な魚類群集構造が維持されているとみなされた。

なお、調査期間中の囲い網調査では、絶滅危惧種のマサゴハゼとトビハゼの稚魚から成魚が 3 年間にわたって優占種として出現し、造成クリークがこれらの希少ハゼ類の生息場所となっていることも示された。

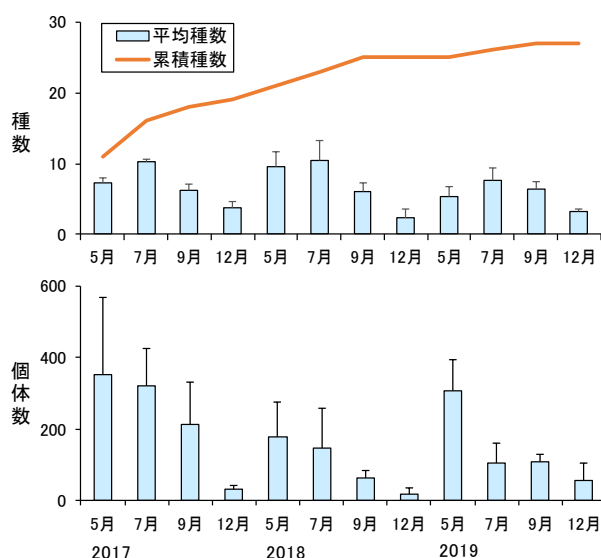


図2 大規模クリークにおいて小型定置網で採集された魚類の累積種数と定置網1ヶ統あたりの平均種数・個体数の経時的変遷

\* エラーバーは標準偏差を示す。

以上のことから、東京湾岸の埋立地に淡水と海水の流入する大規模クリークを造成することによって、水産有用種や絶滅危惧種を含む魚類やその餌となる底生無脊椎動物の生息基盤を創出することができた。ただし、今後、周辺からの海水・淡水供給のバランスが変化したり、堆積作用によって徐々に地形が変化したりすることも想定されるため、この大規模クリークの塩性湿地生物群集が長期にわたりどの程度維持されるかについては継続的にモニタリングする必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kaneko S., K. Kanou and M. Sano	4. 巻 85
2. 論文標題 Comparison of fish assemblage structures among microhabitats in a salt marsh in Lake Hinuma, eastern Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 113-125
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaneko S., K. Kanou and M. Sano	4. 巻 85
2. 論文標題 Comparison of predation risks for small fishes in salt marsh microhabitats in Lake Hinuma, eastern Japan, using tethering experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 457-463
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanou K., T. Yokoo and H. Kohno	4. 巻 56
2. 論文標題 Spatial variations in tidepool fish assemblages related to environmental variables in the Tama River estuary, Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 La mer	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 酒井 卓・加納光樹・瀬能 宏	4. 巻 72
2. 論文標題 東京湾におけるガンテンイシヨウジHippichthys penicillusの採集記録と北限個体群の確立の可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本生物地理学会会報	6. 最初と最後の頁 5-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加納光樹・中山聖子・風呂田利夫・野長瀬雅樹
2. 発表標題 湾岸埋立地での塩性湿地クリーク 造成実験の取り組み
3. 学会等名 第19回東京湾シンポジウム - 沿岸域の環境改善に向けた新しい技術・考え方 -
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加納光樹・中山聖子・風呂田利夫・野長瀬雅樹
2. 発表標題 湾岸埋立地に造成した塩性湿地クリークの魚類・エビ類群集の変遷
3. 学会等名 日本魚類学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加納光樹・中山聖子・風呂田利夫・野長瀬雅樹
2. 発表標題 湾岸埋立地での大規模な塩性湿地クリークの造成実験 造成後半年間の魚類・エビ類群集
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加納光樹・中山聖子
2. 発表標題 江戸前海岸環境再生の取り組み 大規模クリーク造成による生物群集回復を目指して
3. 学会等名 行徳生物多様性フィールドミュージアム研究会活動報告会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加納光樹・中山聖子・風呂田利夫・野長瀬雅樹
2. 発表標題 湾岸埋立地での塩性湿地クリーク造成実験 造成後2年間の生物の生息状況
3. 学会等名 第20回東京湾シンポジウム～これまでの東京湾を振り返り、今後の東京湾を考える～
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	中山 聖子  (Nakayama Satoko)		
研究協力者	風呂田 利夫  (Furota Toshio)		
研究協力者	野長瀬 雅樹  (Nonagase Masaki)		
研究協力者	金子 誠也  (Kaneko Seiya)		