

第24回 東京湾シンポジウム

～海生生物の移動によって形成される
生息場のネットワークに関する研究～

2024年10月18日（金）

横浜大さん橋国際旅客ターミナル 大さん橋ホール

主催：国土交通省 国土技術政策総合研究所

後援：東京湾再生官民連携フォーラム

東京湾の環境をよくするために行動する会

目次

第24回東京湾シンポジウム～海生生物の移動によって形成される生息場のネットワークに関する研究～

●開会挨拶

国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部 研究マネジメント統括官 中本 隆

●趣旨説明

国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部 秋山吉寛

■講演

◆第一部 講演：ネットワークのつながりに着目した研究◆

1. 遺伝的構造からみた半陸生カニ類の地域個体群間の交流についての検討

国立環境研究所 柚原 剛

2. 横浜・金沢湾におけるブルーカーボン動態

港湾空港技術研究所 渡辺謙太

3. 鳥の目に風車はどう映る？—洋上風力開発と鳥類の関係と課題—

電力中央研究所 白井正樹

◆質疑応答①

■第二部 ポスターセッション ライトニングトーク

-市民・NPO 部門-

1. 波の力で海面冷却＝波動式湧昇ポンプ NPO ESCOT 数メートル下の冷水汲み上げで

海洋の循環支援

環境機器開発部会 藤本治生

2. 栄養塩類負荷の季節変動

生き活き東京湾研究会 亀田泰武

3. 篠志観測船による海洋モニタリング活動 この一年を振り返って

特定非営利活動法人 ヴォース・ニッポン 関谷忠夫

4. お台場水中調査

日本水中科学協会 須賀次郎

-大学・研究機関・省庁・地方自治体部門-

1. 産業技術総合研究所・環境調和型産業技術研究ラボ（E-code）での沿岸域を対象とした環境影響評価技術の概要

産業技術総合研究所 井口 亮

2. Eco PARI シミュレータを用いたお台場周辺海域における合流式下水道雨天時越流水（CSO）由来の糞便汚染の数値解析

横浜国立大学 大学院都市イノベーション学府 都市地域社会専攻 有井瑞稀

3. 東京湾におけるグレー/グリーンインフラの生態系サービスと人間の福利を考慮した地域特性の空間的評価

横浜国立大学 大学院 海岸・水圏環境研究室 小林航汰朗

4. 湾岸埋立地の再生塩性湿地クリークの植生管理は魚類・エビ類にどのような影響を及ぼすか？

茨城大学 水圏環境フィールドステーション 加納光樹

5. 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場調査報告

千葉県水産総合研究センター 資源研究室 西脇土歩

6. 東京湾東岸における貧酸素水塊の影響軽減を目的とした漁場環境改善策の検討

千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所 宇都康行

7. 2024年度 実習艇「ひよどり」による東京湾合同水質調査

横浜国立大学 比嘉紘士

8. 「潮彩の渚」で炭素吸収・固定能力の基礎調査に着手しています

国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 大坪貴明

9. 市民参画による再生ビジョンの構築と価値評価 沿岸環境・生態系デジタルツインの開発と実践

国土技術政策総合研究所 岡田知也

10. 港湾域における堆積物標本試料を用いた鉛直分布特性

国土技術政策総合研究所 内藤了二

1.1. 全国の海草・海藻藻場の分布およびCO₂吸収量の推定

港湾空港技術研究所 茂木博匡, 水産研究・教育機構 須藤健二,

(株) サイエンス アンド テクノロジー

柳田圭悟・菊田将平, 水産研究・教育機構 堀正和, 港湾空港技術研究所 桑江朝比呂

1.2. 海の蒼さをいつまでも 清掃兼油回収船 “べいくりん”

国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課 遠藤正洋

-民間企業部門-

1. 海藻を利用した資源循環

アルジェカルチャーテック合同会社 岡本 優

2. 東京湾におけるブルーカーボン生態系に関する取り組み

東亜建設工業株式会社 富田尚道

3. お互いに歩み寄り、穏やかに対話できる東京湾へ

水と食とエネルギーにやさしい社会研究所 近藤 茂

■講演

◆第三部 講演：ネットワークでつながる場に着目した研究◆

1. 東京湾奥部の干潟の魚類生育場としての機能～運河域に造成した干潟と多摩川河口干潟の事例～
多摩川河口干潟ワイスユース PT 竹山佳奈

2. クラゲの近年の動向と付着場所

東京海洋大学 石井晴人

3. 千葉県内房沿岸における磯焼けの現状と磯根資源の動向

千葉県水産総合研究センター 小宮朋之

◆質疑応答②

●閉会挨拶

国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部長 吉江宗生

開会挨拶

国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部 研究マネジメント統括官 中本 隆

皆さんこんにちは。只今ご紹介いただきました国土交通省国土技術政策総合研究所の中本です。東京湾シンポジウムの開催にあたりまして主催者を代表して一言ご挨拶を申し上げます。本日はご多用の中、多くの皆様方にご参加いただきまして誠にありがとうございます。2000年に本シンポジウムがスタートしてコロナ禍での開催見合わせやWEBのみ、あるいは併用での開催を経て今回第24回目の開催となります。これまで多くのご支援ご協力をいただきまして継続してきたことに重ねて感謝を申し上げます。



さて本シンポジウムは東京湾の再生に向けて関係する多様な主体がより多面的な観点から議論することを目的として開催しております。東京湾は約3000万人の流域人口を有する経済圏であり、物流、エネルギー、生産、レジャーなどさまざまな面で首都圏の機能を支える役割を担っております。かつては沿岸域の食を支える水産物など、多様な生物の生息域でしたが、高度経済成長期に入ると埋め立てや流域からの栄養塩類等の増加に伴い水質が悪化し、生物にとって過酷な生息環境となりました。

東京湾の環境を改善するため平成15年に東京湾再生のための行動計画が策定され、第2期第3期計画と続き、東京湾再生に向けたさまざまな取り組みが継続的に進められております。また国土交通省港湾局ではブルーカーボン生態系を活用したCO₂吸収源の拡大によるカーボンニュートラルの実現や、生物多様性による豊かな海の実現を目指し、ブルーインフラの拡大を進めているところです。CO₂吸収や生物多様性の豊かさは生物の生息域が大きく影響するため、生物の移動を考慮したブルーインフラの配置等の研究が必要になります。

そこで本日はテーマを海生生物の移動によって形成される生息域のネットワークとして、生息域のネットワークに着目したさまざまな分野の研究を紹介していただきます。

本日のシンポジウムが皆様にとって有用な機会となることを祈念して開会の挨拶とさせていただきます。どうぞよろしくお願ひいたします。

趣旨説明

国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部 秋山吉寛

私より本日のシンポジウムの狙いについて説明いたします。よろしくお願いします。まず近年の環境に関する社会動向、いろいろなキーワードになるものを集めてみました。その中には 30 by 30 ですかネイチャーポジティブ、あと TNFD などもありますが、私ども国土交通省で今推進しているのが左上のブルーインフラ拡大の推進です。このブルーインフラというのを何かと申しますと、藻場・干潟等および生物共生型港湾構造物のことです。こういったブルーインフラを拡大することによって何を目指しているかと言いますと、ひとつは CO₂ 吸収源の拡大によるカーボンニュートラルの実現への貢献。もうひとつは生物多様性による豊かな海の実現です。これらの目標を達成するためには単にブルーインフラを作るだけではダメで、ブルーインフラに生き物がやってきて、そしてそこで生活してくれないといけないというところが重要なポイントです。そういう生物が移動してきて住みついてくれることが重要ということから、今回のシンポジウムではテーマの中に生息場のネットワークという言葉が出てきます。生息場のネットワークとは生物の移動によって形成される生息場間のつながりのこととして、生き物が移動してネットワークを形成するのですが、それはプランクトンみたいな受動的に移動するものでもありますし、また魚のように自分で泳いで移動するネクトンのような生き物でもあります。



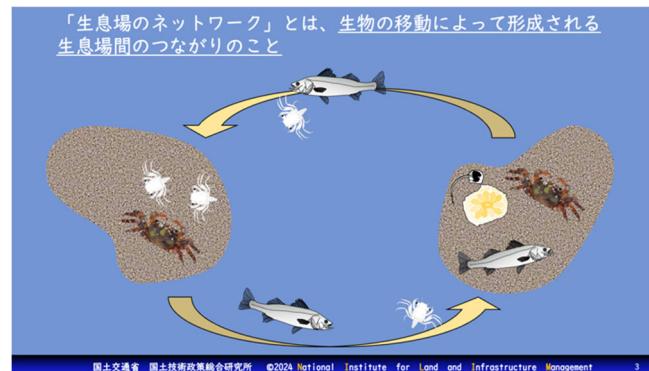
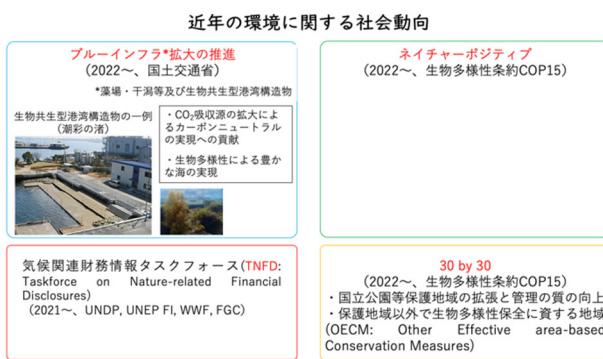
第24回東京湾シンポジウム (2024年10月18日13:05～13:20、横浜港 大さん橋 国際客船ターミナル2階 大さん橋ホール)

第24回東京湾シンポジウム
—海生生物の移動によって形成される生息場のネットワークに関する研究—

趣旨説明

国土交通省 国土技術政策総合研究所
秋山 吉寛

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 1



国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 3

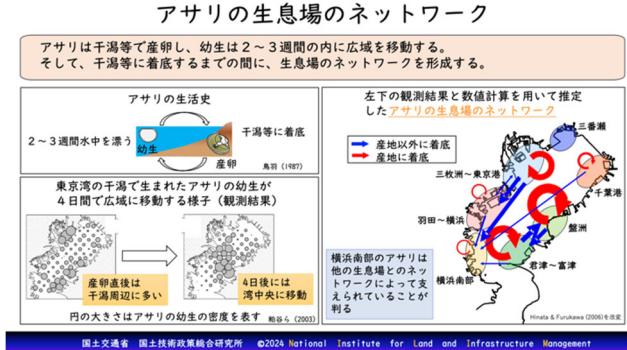
ここでネットワークの例としてアサリの話をします。アサリの親は干潟等に生息していまして、卵を産んで、そして幼生が2、3週間ほど水中を漂います。生まれて最初の頃は干潟周辺に、この左の図のようにたくさん幼生が集中分布しているのですが、4日も経ちますと、このように湾の中央に移動していたりする様子がデータを取ると伺えまして、長距離を移動していることがわかります。

こうした観測結果と数値計算を用いて推定したアサリの生息場のネットワークの図がこの右の絵になっております。ここで着目していただきたいのが青い矢印ですね、産地以外に着底するケースですけれども、青い矢印の多くが左下、横浜南部に向かって集中しています。これは横浜南部のアサリが他の生息場とのネットワークによって支えられていることを示しています。

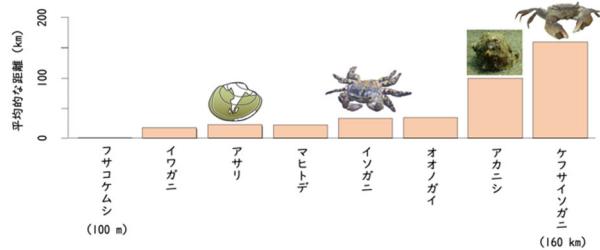
こうして移動する距離というのは生物の種類によって異なっておりまして、フサコケムシですと短い100メートル程度、一方で長い距離を移動するケフサイソガニでは160キロ程度移動します。

このように東京湾で暮らしているさまざまな生物の種類ごとに、いろいろな距離を移動していくわけですね。こうして形成される生息場のネットワークの重要性としてまずひとつ挙げられるのが、生涯を全うするために必要であるということです。マハゼを例に挙げますと、マハゼは深場に住んでいまして、深場の底泥に巣穴を掘って、その中に卵を産みます。そしてその卵が孵化しますと稚魚は干潟へ移動していく、干潟で大きくなっていくわけですね。干潟は栄養が豊富ですし、あと濁りもあって捕食者回避が容易であるということから生残率が高い良い場所で、そして成長もしやすいというマハゼに適した場所です。

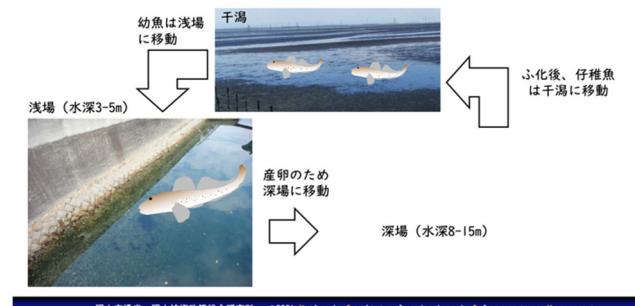
そしてもうちょっと大きくなってきたと餌のメニューが変わってきまして、適した環境が変わってくるということで、幼魚になりますと干潟から浅場に移動していきます。そして浅場でまた十分に成長して成体になりますと、産卵のためにまた深場に移動していきます。こうした卵から大人になるまでの間に、成長のステージに応じて必要な環境が変わってくるということから、それいろいろな生息場を移動していくわけですね。こういうところでネットワークがひとつ重要と考えられます。



さまざまな移動距離



生息場のネットワークの重要性Ⅰ：生涯を全うする(マハゼ)



もうひとつは個体群の持続性を高めるということですけれども、ここではマテガイを例にご説明いたします。

まず左側の図、ネットワークでつながっているマテガイの生息場があると、幼生が分散していくことによって個々に分散している干潟どうしがつながって、幼生のやりとりをしているん

ですね。ところがよくあるのですが、東京湾の湾奥のほうで青潮が発生することによってマテガイが全滅してしまうようなリスクがあります。実際にこのようなことが湾奥で起きるわけですが、その場合であっても残りの青潮の影響を受けていないこちらの局所個体群から幼生が供給されていって、1回絶滅してしまった局所個体群もまた回復してきます。

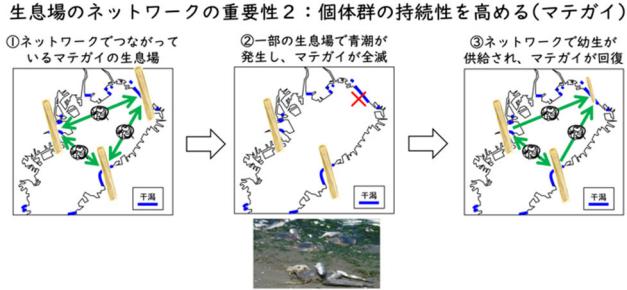
こういう青潮のようなリスクがどこの局所個体群で起きるかわからない状況下では、こうしてさまざまなものに分散している生息場がネットワークでつながっていることによって、個体群全体の持続性が高まっていきます。

そしてネットワークを調べる利点の一例として、ここではホソウミニナのネットワークを挙げます。こうして左の図のように絵を描いて、この図の個々の生息場について一体何本の線でつながっているのかなというのを青バーのように調べたり、その下はネットワークの太さですね、太さに着目したり、あとは生息場間の中継点としての重要性の値で見てみると、いくつかのオレンジの色で色分けされた生息場がこのホソウミニナの持続性にとってより重要な場だということがわかります。

そうしますとこういう場所を積極的に保全したり、こうして太いネットワーク、多くのネットワークでつながる場所を人為的に作るようなことも考えられると思っております。

そして今回講演は前半と後半に分かれて3題ずつあって、その間にポスターセッションがあります。前半はどんなお話かと言いますと、ネットワークのつながりに着目した研究ということで、この矢印でつながっている部分のお話が中心になってきます。キーワードをオレンジ色で色分けしてみましたが、半陸生カニ類、地域個体群間の交流、ブルーカーボン動態、あと洋上風力開発、鳥類といったようなキーワードが挙がってきております。

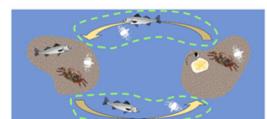
そして後半になりますと、ネットワークでつながる場所のほうに着目した講演が3題あります。同様にキーワードを見てみると、干潟、魚類生育場としての機能、クラゲ、動向と付着場所、磯焼け、磯根資源といったようなキーワードのお話があります。



講演プログラム

■ 前半(13:20-14:30)【ネットワークのつながりに着目した研究】

- ・遺伝的構造からみた半陸生カニ類の地域個体群間の交流についての検討
　　国立環境研究所　　柚原　剛
 - ・横浜・金沢湾におけるブルーカーボン動態
　　港湾空港技術研究所　渡辺　謙太
 - ・鳥の目に風車はどう映る?—洋上風力開発と鳥類の関係と課題—
　　電力中央研究所　　白井　正樹
 - ・質疑応答



講演プログラム

■ 後半(16:00-17:10)【ネットワークでつながる場に着目した研究】

- ・ 東京湾奥部の干潟の魚類生産場としての機能
～運河域に造成した干潟と多摩川河口干潟の
事例～
多摩川河口干潟ワイルドユースPT 竹山 佳奈
 - ・ クラゲの近年の動向と付着場所
東京海洋大学 石井 晴人
 - ・ 千葉県内房沿岸における磯焼けの現状と磯根
資源の動向
千葉県水産総合研究センター 小宮 朋也



講演の進め方です。発表は1題20分です。

終了3分前にベル1回、終了時にベル2回を鳴らします。試しにベルを鳴らしてみてください。この音が鳴ります。そして質問についてですが、前半3件と後半3件、それぞれ終わったあとに質問の時間があります。

次にポスターセッションです。ポスターセッションでは東京湾または沿岸域の環境に関する取り組みの紹介を幅広な分野で行っていただくことになっております。部門が3つあります。市民NPO部門は4件ですね。これもキーワードを色分けしてみましたが、波動式湧昇ポンプ、海洋循環回復、栄養塩負荷、海洋モニタリング活動、お台場水中調査となっており、先ほどの講演よりもより幅広な内容になっております。

次に大学・研究機関・省庁・地方自治体部門、こちら12件あります。環境影響評価技術、合流式下水道雨天時越流水、糞便汚染、グレー/グリーンインフラ、生態系サービス、人間の福利、再生塩性湿地クリークの植生管理、魚類、エビ類というふうに続いていまして、さらにマコガレイ産卵場、貧酸素水塊の影響軽減、漁場環境改善策、東京湾合同水質調査、炭素吸収・固定能力といったような内容になっております。

さらに再生ビジョン、価値評価、沿岸環境生態系デジタルツイン、堆積物標本、鉛直分布特性、全国の海草・海藻藻場、CO₂吸収量の推定、清掃兼油回収船「べいくりん」といったような内容になっております。

次に民間企業ですが、これは3件ですね。海藻、資源循環、ブルーカーボン生態系、歩み寄り、穏やかに対応できる世の中、というような内容になっております。

講演の進め方について

(ア) 発表について

- ・発表は1件20分です
- ・終了3分前に「ベル1回」、終了時に「ベル2回」を鳴らします

(イ) 質問について

- ・前半3件と後半3件の、それぞれの終わりに受け付けます

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 10

ポスターセッション(14:40-15:50)

■東京湾または沿岸域の環境に関する取組みの紹介

●市民、NPO(4件)

- 01 波の力で海面冷却=波動式湧昇ポンプNPO ESCOT—数メートル下の冷水汲み上げ海洋循環回復 環境機器開発部会 藤本 治生

- 02 栄養塩負荷の季節変動 活き活き東京湾研究会 亀田 泰武

- 03 篤志観測船による海洋モニタリング活動—この一年を振り返って 特定非営利活動法人ヴォース・ニッポン 関谷 忠夫

- 04 お台場水中調査 日本水中科学協会 須賀 次郎

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 11

●大学・研究機関・省庁・地方自治体(12件)

- 01 産業技術総合研究所・環境調和型産業技術研究ラボ(E-code)での沿岸域を対象とした環境影響評価技術の概要 産業技術総合研究所 井口 亮

- 02 Eco PARI シミュレータを用いたお台場周辺海域における合流式下水道雨天時越流水(CSO)由来の糞便汚染の数値解析 横浜国立大学大学院都市イノベーション学府都市地域社会専攻 有井 瑞稀

- 03 東京湾におけるグレー/グリーンインフラの生態系サービスと人間の福利を考慮した地域特性の空間的評価 横浜国立大学大学院 海岸・水圏環境研究室 小林 航汰朗

- 04 湾岸埋立地の再生塩性湿地クリークの植生管理は魚類・エビ類にどのような影響を及ぼすか? 茨城大学水圏環境フィールドステーション 加納 光樹
東邦大学東京湾研究センター 中山 聖子
行徳自然保護くらぶ 野長瀬 雅樹

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 12

●大学・研究機関・省庁・地方自治体(12件)

- 05 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場調査報告 千葉県水産総合研究センター 資源研究室 西脇 土歩

- 06 東京湾東岸における貧酸素水塊の影響軽減を目的とした漁場環境改善策の検討 千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所 宇都 康行

- 07 2024年度実習艇「ひよどり」による東京湾合同水質調査 横浜国立大学 比嘉 紘士

- 08 「潮彩の渚」で炭素吸収・固定能力の基礎調査に着手しています

国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 大坪 貴明・志茂香・佐藤裕紀
復建調査設計株式会社 三戸勇吾・西本祐汰

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 13

●民間企業(3件)

- 01 海藻を利用した資源循環 アルジェカルチャーテック合同会社 岡本 優

- 02 東京湾におけるブルーカーボン生態系に関する取り組み 東亜建設工業株式会社 富田 尚道

- 03 お互いに歩み寄り、穏やかに対話できる世の中へ 水と食とエネルギーにやさしい社会研究所 近藤 茂

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ©2024 National Institute for Land and Infrastructure Management 15

ポスターセッションの進め方について説明します。まずライトニングトークという時間があつて、ここではステージで1件あたり1分間発表をしていただく時間があります。1分過ぎましたらベルが1回鳴ります。そしてこの発表で、ポスター発表の内容の全体を把握していただいたあとで、あちらにポスター発表の会場がありますので、そちらでコアタイムの時間があります。そこで興味深い発表について、より深い話を聞きながら、質問などもぜひしてください。以上です。

ポスターセッションの進め方について

- (ア) ライトニングトーク
 - ・ステージにて1件あたり1分間のポスター発表をしていただきます
 - ・終了時に「ベル1回」を鳴らします
- (イ) コアタイム
 - ・各ポスターの前でポスター発表をしていただきます
 - ・ご質問はコアタイムの間にお願いします

ご紹介いただきました国立環境研究所の柚原と申します。

す。本日は遺伝的構造から見た半陸生ガニの地域個体群間の交流についての発表をさせていただきます。まず簡単に自己紹介をさせていただきます。私は基本的には干潟ベントス群集の研究をずっと続けておりまして、約10年前なんですがこの東京湾シンポジウムで発表させていただきました。その当時はこの東京湾の干潟ベントス群集について発表させていただきました。

あと南伊豆でもカニ類相の研究を取り組んでまいりました。

昨年までは東北大において、仙台湾の津波の影響を受けた干潟ベントス群集について研究をしておりました。

今年度から国立環境研究所に着任いたしまして、現在は大阪湾の干潟、阪南セブンの海の森を中心にフィールドとしてベントス群集研究をしています。

基本的にはフィールドで研究していく、その合間に干潟のカニ類のこういった自然史的な研究も行っておりまして、特に集団遺伝学的な解析はエンドユーザーなんですが、本業と並行してずっと継続しておりますので、今回はその話をさせていただきます。



2024年10月18日 第24回東京湾シンポジウム
横浜市・大さん橋ホール

【ネットワークのつながりに着目した研究】

遺伝的構造からみた半陸生カニ類の地域個体群間の交流についての検討

柚原 剛^{1,2}

1. 国立環境研究所 地域環境保全領域
海域環境研究室 特別研究員
2. 東邦大学理学部
東京湾生態系研究センター 訪問研究員

自己紹介：干潟ベントス群集の研究

①東京湾沿岸干潟域：絶滅危惧生物の保全生態学的研究（2008年～）

調査地点（26地点）

東京湾ベントスの種組成パターン

Group A 河口干潟・塩性湿地を含む水路

多変量解析 (nMDS) の結果

東京湾の干潟域の絶滅危惧底生動物の保全：
大河川の河口干潟の保全を前提としつつ、
小規模な人工水路干潟内の塩性湿地を
確保することが必要である。
(柚原ら2013, 柚原ら2016, Yuhara et al 2014; Yuhara & Furata 2014)

小規模な人工水路干潟内の塩性湿地（相津川）

10年前の第15回東京湾シンポジウムで講演
タイトル：都市部の小さな干潟に「埋もれていた」絶滅危惧種の貝類・カニ類

自己紹介：干潟ベントス群集の研究

③仙台湾沿岸域：震災・津波影響を受けた干潟の生物群集についての研究（2015～2023年）

仙台湾は東日本大震災の大津波による擾乱を受け、その後の防潮堤等の防災設備により大きく変貌
沿岸域の生態系や生物多様性に震災がどのような影響を及ぼしたかを評価すること目的
(Yuhara et al 2019, Yuhara et al 2023, 増澤ら 2023)

仙台湾沿岸の8カ所の干潟：ボランティアと協働し、市民参加型調査手法（延べ人数500名）による
調査を約10年かけ実施 (Yuhara et al 2022)

2011年

2018年

松川浦鶴の尾の景観

8つの干潟で観察された生物群集の変化。図中のシンボルの位置が
古い干潟やほど生物群集が保たれていることを示す。

●震災から7～8年後には、ほぼすべての干潟で震災前と
区別がつかない生物群集に戻っていた（Yuhara et al 2022）。

ボランティアと協働した市民参加型調査手法

自己紹介：干潟ベントス群集の研究

②南伊豆河口域：底生動物相と生物地理学的研究（2014～2018年）

南伊豆は南方種カニ類の生息地として機能
(Yuhara et al 2017) 南伊豆と紀伊半島南端部のカニ相が類似
(Yuhara & Yokoo 2019) (柚原ら2023)

分布北限の更新記録種を含む24種の絶滅危惧種が確認
(Yuhara et al 2021)

南方種の出現が予測されるが、詳細な生息研究が実施されていなかった。

南伊豆の影響を強く受ける南伊豆

マングローブを伴う干潟

南伊豆と紀伊半島南端部のカニ相が類似
(Yuhara & Yokoo 2019) (柚原ら2023)

南伊豆は南方種カニ類の生息地として機能
(Yuhara et al 2017)

南伊豆と紀伊半島南端部のカニ相が類似
(Yuhara & Yokoo 2019) (柚原ら2023)

南伊豆は南方種カニ類の生息地として機能
(Yuhara et al 2017)

南伊豆と紀伊半島南端部のカニ相が類似
(Yuhara & Yokoo 2019) (柚原ら2023)

自己紹介：干潟ベントス群集の研究

iv

今年度から国立環境研究所で雇用され、大阪湾の干潟（阪南セブンの森：OECMサイト）をフィールドとして研究



自己紹介：干潟性カニ類の自然史的研究

v

分子マークを使用した集団遺伝学的研究

ウモレベンケイガニ日本集団の遺伝学的研究
(Yuhara et al. 2014)

砂浜性スナガニ類の3種の判別簡易マークの開発
(Yuhara et al. 2023)

半陸生ガニ3種の日本列島における集団遺伝学的研究
(Yuhara et al. 2024)

個体数と甲幅サイズを計測する生活史研究

ウモレベンケイガニの生活史
(Yuhara & Furuta 2014)

フジガニの生活史
(Yuhara & Yokokawa 2019)

アリアケマドキの生活史
(Yuhara & Kato in revision)

エンドユーザーであるが、カニ類の集団遺伝学的研究も継続して研究している

はじめに 半陸生カニ類の生活史特性

ネットワークのつながりに着目した研究

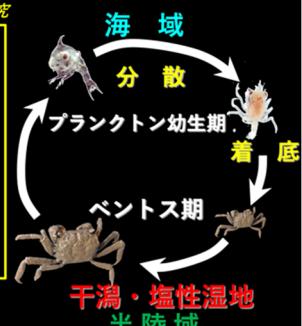
東京湾で生活する多くの生物

成長と共に生息場を移動することで生活史を全う

生息場間を多くの生物が行き来することで、生物の持続性を高める

生物の移動によって形成される生息場のネットワークは、生物が生存・存続する上で重要

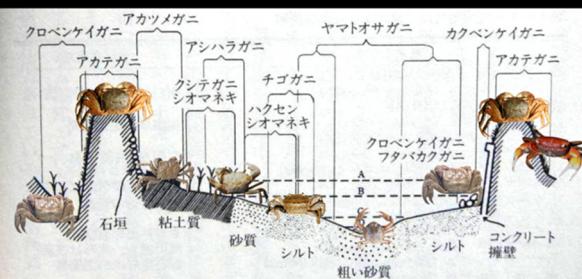
第24回東京湾シンポジウム案内より



干潟・塩性湿地に生息する半陸生カニ類は、全てプランクトン幼生期を持ち分散する。

半陸生カニ類とは

干潟、塩性湿地などの潮間帯に生息するカニ類



福岡県多々良川の事例 (Ono, 1959)

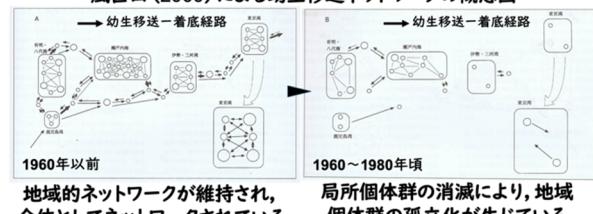
幼生移送ネットワーク (風呂田 2000)

プランクトン幼生分散により形成される局所個体群(集団)

幼生移送ネットワークが各種ベントス個体群維持に重要

20世紀後半よりネットワークが衰退

風呂田 (2000)による幼生移送ネットワークの概念図



1960年以前

地域のネットワークが維持され、全体としてネットワークされている

1960～1980年頃

局所個体群の消滅により、地域個体群の孤立化が生じている

早速お話をさせて頂きますが、まず左側の図なんですが、公開されているパンフレットに書いていたものなんですけども、この中で成長と共に生息場を移動することとか、あとは生息場を行き来すること、こういったキーワードがカニの生活環と合致しております。まずカニ類というのは、ベントス期は干潟にいるのですけども、卵を産んで幼生プランクトンになって、ご存知だと思うのですが、海域で分散し、また干潟に着底する生活を繰り返しています。カニ類はサワガニを除いて、ほとんどすべてプランクトン幼生になるので、こういった研究には適していると思います。

半陸生ガニと言うのですけども、こういった潮間帯の干潟や塩性湿地に生息するカニ類を指します。ここがたとえば水場だとすると、水場から近いようなところにいろんなカニがいます。

ネットワーク、これは遺伝子流動：コネクティビティとも言うのですが、今回ネットワークというお題目なので、一番わかりやすい例として、風呂田さんが2000年に発表された「プランクトン幼生によって形成される局所個体群が各種ベントス個体群の維持に重要」という概念を紹介します。概念図としては、かつてはこのようにどの湾でも幼生分散を通して日本中でコネクティビティというか、ネットワークでつながっていたのが、それが衰退してしまっているということを表しています。

今回、遺伝的解析法によって半陸生ガニのネットワークを検討しています。なんで良いかというと海域のベントスは基本的に遺伝的均一性を示すことが多いんですけども、なぜかというと海洋には物理的障壁がないこと、あとはプランクトン幼生の分散力が高い。ネットワークが形成されているかどうかということをこの半陸生ガニ、この6種類ですね。お配りしたものは5種類なので1種類加えまして検討いたしました。これは東京湾シンポジウムですので、この結果を元に東京湾に生息しております半陸生ガニ絶滅危惧種の2種については、東京湾の分布状況と生息環境の関係から、ちょっと大袈裟なんですけども生息の保全策なども述べたいと思います。

早速ですけどもどういった解析をしたかというと、基本的にはまず一般従来的な手法のミトコンドリアDNAのCOI領域を使用しました。こちらの領域の遺伝子配列を各個体で比較しました。

次にもっと高解像のネットワークを調べようとしますと、このSNP(スニップ)という一塩基多型ですね。こちらでたとえば各個体の遺伝子座に、これは全部クロベンケイの個体なのですが、一塩基だけ置換されているのがいっぱいあります。それをMIG-Seq法というのを使いまして、実際に次世代シーケンス技術を用いて、私はエンドユーザーなので詳しいことはわからないんですけども、このように数百から数千の置換領域、すなわち一塩基多型を検出できます。それを比較できるので従来手法と比べまして非常にマーカーとしての解像度が高いことが知られております。

対象としたのはこちらの6種類ですね。干潟や塩性湿地に生息しているカニ類で、アシハラガニ、アカテガニ、クロベンケイガニとかですね。あとこの2つは日本ベントス学会のレッドデータブックで絶滅危惧IB類と指定されているウモレベンケイガニ、ベイケイガニもII類と指定されている希少種です。

遺伝的解析手法により半陸生ガニのネットワークを検討

海洋生物は遺伝的均一性を示すことが多い (Hauser & Carvalho 2008)

海洋環境：物理的障壁がない

海洋生物は分散力が高い（幼生プランクトン期を持つ）

▶ 生息場間の幼生移送ネットワークは形成されているか？

● 本講演では、半陸生ガニ6種を対象に

日本列島 (or 東京湾) 生息場間の

ネットワークを遺伝子解析により検討

● 絶滅危惧種 半陸生ガニ2種については、

東京湾内の分布状況と生息環境の関係から、東京湾個体群の生息場保全策を提言したい

遺伝的解析法1：ミトコンドリアDNA COI領域の遺伝子配列

クロベンケイ DNA抽出 mtDNA mtDNA COI領域 約600塩基対の配列を比較する

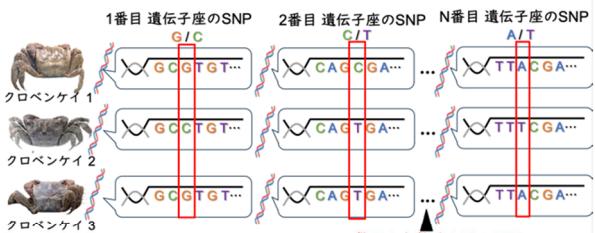


ハプロタイプネットワーク 特定のDNA領域の多型を検出する方法で、ゲノム内の単一の座位を対象とする。

▶ 従来型の手法であるが大まかにネットワークを検証できる

遺伝的解析法2：一塩基多型 (SNP) 解析

SNP (一塩基多型)：個体間においてゲノムDNA上の1塩基が異なる現象



MIG-Seq法を使用：次世代シーケンサーを使い、ゲノム全体の中の複数領域からアノニマス（単一座位に特定せず）に、一塩基多型(SNPs)を数百から数千カ所を検出する。

▶ 従来手法と比べ、マーカーとしての解像度が高い。

MIG-seq : multiplexed inter-simple sequence repeat genotyping by sequencing (単純反復配列領域の並列配列決定による遺伝子型解析)

半陸生ガニの地域間の遺伝的交流の事例紹介

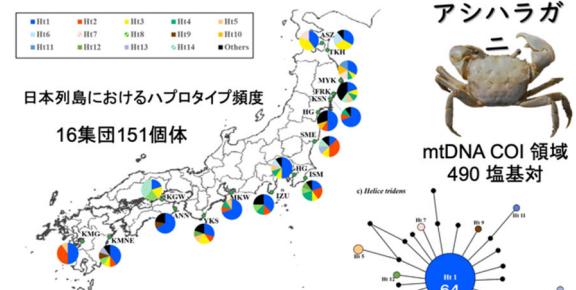
	mtDNA COI	MIG-Seq	
アシハラガニ	16集団151個体	16集団145個体	
アカテガニ	21集団252個体	21集団183個体	Yuhara et al. 2024
クロベンケイガニ	18集団184個体	18集団154個体	
ウモレベンケイ 絶滅危惧IB類	17集団418個体	未実施	Yuhara et al. 2014
マメコブ シ	15集団180個体	未実施	
ベンケイガニ 絶滅危惧II類	4集団11個体	未実施	

早速結果から6種のカニの事例を説明させていただきます。まずこのアシハラガニですね。こちらのアシハラガニというのは東京湾にも生息しておりまして、全国的には太平洋側を中心に生息しているカニです。まずミトコンドリアDNAの結果ですが、このまったく同じ配列（ハプロタイプ型）を示したのが151個体中64配列もあり、かつその配列が全国的に散らばっているということで、基本的には遺伝的な分化、地理的な障壁などは無く、全国的にネットワークが形成されている感じであります。

アシハラガニの高解像度のマーカーMIG-Seqでの結果です。1025個の一塩基多型を使って解析したものがこの図です。ストラクチャー解析の結果ですが、この図は2つの祖先集団のミックス（混血）が現在の集団を仮定しているとしまして、それがオレンジ色と青色を表しています。この棒ひとつひとつが各1個体でそれがどれぐらいの割合で、現在のゲノムに寄与しているかを示しています。この棒はサンプル数と同じく145個あるんですね。それを見てみると別にどちらかの色に偏っているわけでもなく、祖先集団2つが両方あるので、基本的には現在も遺伝的交流しているということです。同じ1025遺伝子座を使って主成分判別分析、2次元座標にプロットしたものなんですが、このひとつひとつのプロットが1個体を表していますので145プロットあります。これを見てもわかるように全部同じような場所にあるので、遺伝的な交流が進んでおりまして、アシハラガニに関しては幼生移送ネットワークが確立されているということがわかりました。

同じようにアカテガニ、これも東京湾を含めて日本全国、日本海側も含めて分布しているのですけども、こちらに関してはまずミトコンドリアDNACOI領域での解析結果でもほとんど同じ、あるいはまったく同じ配列（ハプロタイプ型）が3つぐらいからなっております。それが全国で散らばっているので、基本的には遺伝的分化はない。

高解像度マーカーであるMIG-Seq解析の結果は、先ほどと同じように、これも祖先型を2集団と仮定しているのですけども、基本的には全部混ざり合っているということですね。こちらの主成分判別



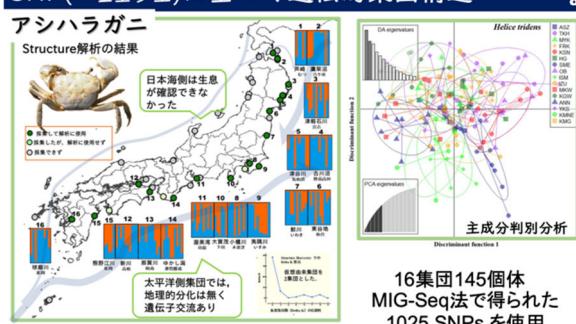
日本列島におけるハプロタイプ頻度

16集団151個体

COI領域での解析結果では

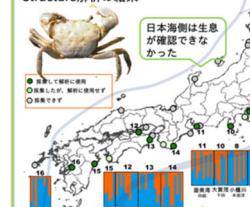
日本列島の各集団間で地理的な遺伝的分化は無い

▶日本列島では幼生移送ネットワークが確立ハプロタイプネットワーク



アシハラガニ

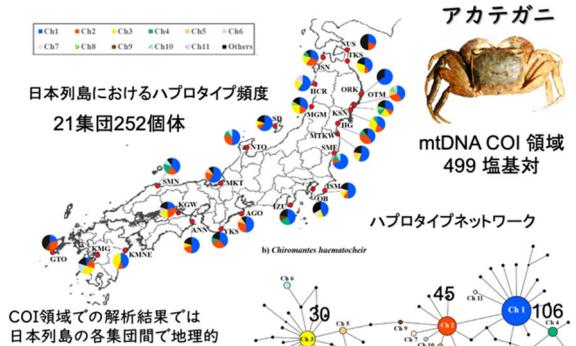
Structure解析の結果



日本海側は生息が確認できなかった

太平洋側集団では、地理的な分化は無く遺伝子交流あり

▶日本列島においては幼生移送ネットワークが確立



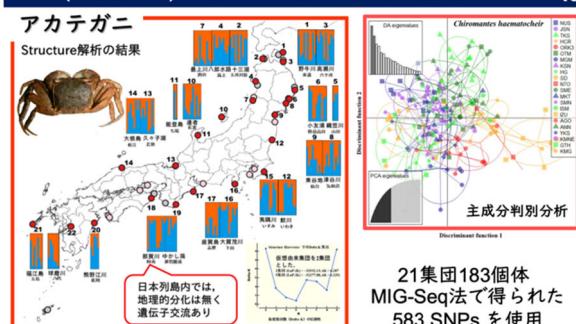
日本列島におけるハプロタイプ頻度

21集団252個体

COI領域での解析結果では

日本列島の各集団間で地理的な遺伝的分化は無い

▶日本列島では幼生移送ネットワークが確立



アカテガニ

Structure解析の結果



日本列島内では、地理的分化は無く遺伝子交流あり

▶日本列島では幼生移送ネットワークが確立

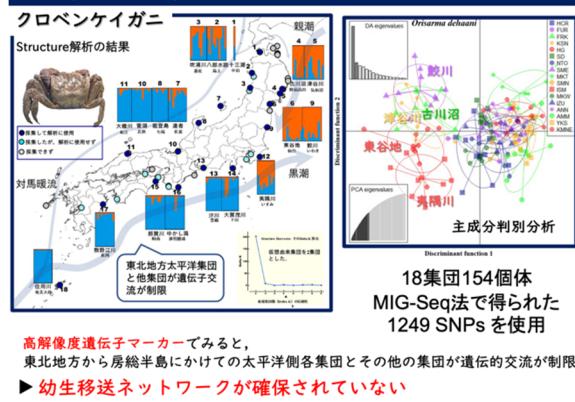
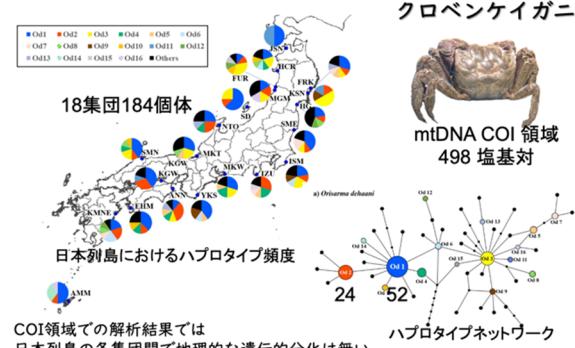
分析を見てもこのプロットが特にどこかに偏っているということはないので、アカテガニに関しても幼生移送ネットワークは確立されているということがわかりました。

今度はこのクロベンケイガニですね。クロベンケイガニ、これも東京湾でワラワラいるカニなのですが、こちらに関してもミトコンドリア DNACOI 領域だとこのまったく同じ配列（ハプロタイプ型）を示したのが184個体中52個体、それがこうやって全国に散らばっておりますので、基本的には遺伝的な分化はなく、ミトコンドリア DNA の COI ではそういう結果が得られました。

ただ MIG-Seq 解析での高解像度マーカーの結果では、実は意外なことにクロベンケイガニが、こちら、この伊豆あたりまではこの青い祖先集団から由来されているものなんですが、こちらの千葉の外房

（夷隅）から東北にかけてはオレンジ色で示され、このあたりに遺伝的障壁がありました。実は残念なことに予算の関係上、東京湾の集団では解析できていなかったので、東京湾の結果が示されていないんですけども、大まかに言うと東北の太平洋側だけが、こちらの主成分判別分析の2次元座標でもそうなんんですけど、第1軸の左側ですね、こちらが鮫川（福島）だったり、岩手だったり、宮城の複数河川、夷隅川で、こちら側に集中的に配列されています。

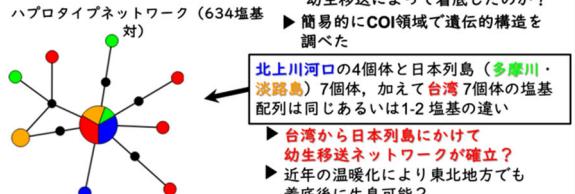
次のスライドはミトコンドリア DNACOI 領域での、絶滅危惧種ウモレベンケイガニの話なんですが、今度は先ほどとはパターンが違いまして、あまり解像度が高くないミトコンドリア DNACOI 領域での解析でも、ハプロタイプがピンクと青しかほぼなくて、その頻度が東京湾ではピンクばっかりなのです。こうやって黒潮で流れているはずなので、幼生分散も黒潮に乗っているはずなのですが、ここの大分県、すなわち一番近い分布域とはハプロタイプ頻度のパターンが違うんですね。だからあんまりここから交流していないんじゃないかということは推察されました。ただ東京湾内に関してはものすごく交流しているということで、この色（九州・南四国集団）と東京湾は一緒でしたが、これはあとで説明いたします。



最後に予報なんですけどもベンケイガニというカニですが、従来は利根川が北限だったのです。それが2020年に北上川河口で突如として見つかりまして、それ以降毎年見つかって、抱卵メスもいたので、繁殖しているらしいことがわかりました。この集団が実は昔からいたのか、最近たとえば温暖化などで南から黒潮などに乗って上がってきたのかを確かめるために、ものすごく個体数も少なく、簡易的なのですがミトコンドリアDNAのCOI領域で遺伝構造を調べたものです。そうすると台湾も含めて、あと調べたのは淡路島、多摩川、北上川なのですが、ほとんど一緒のハプロタイプ型（同じ配列）の中に入っていたので、ベンケイガニは東北地方太平洋側にいつ入ってきたかはわからないのですけど、遺伝的にはそんなに差がないということがわかりました。

これをまとめますと、日本列島において基本的に幼生移送ネットワークが確立されており、遺伝的分化はしていないことが分かりました。ただ、ウモレベンケイガニはあまり幼生移送ネットワークが十分じゃない感じがしました。あとで申しますのですが、ゾエア期が短い幼生の期間が短いものはあまり分散していないんじゃないかということが示唆されました。

これを踏まえまして、後半のスライドなんですけども、東京湾での絶滅危惧半陸生ガニの生息場保全について、こちらの絶滅危惧IB類のウモレベンケイガニ、絶滅危惧II類のベンケイガニのことについて述べていきます。こちらはフィルターモデルの概念図なんですけども、たとえば記号は生物種として、これがたとえばカニだったら、九州のカニ類群集が、最後の位置が、局所群集としての東京湾とすると、これらの幼生が黒潮に乗って分散するも、到達できなく脱落する。東京湾に仮に到達しても気候環境条件が悪くて脱落し、結果的には、これだけのカニ類の種数がいるとしてます。



まとめ 半陸生ガニの地域間の遺伝的交流 16

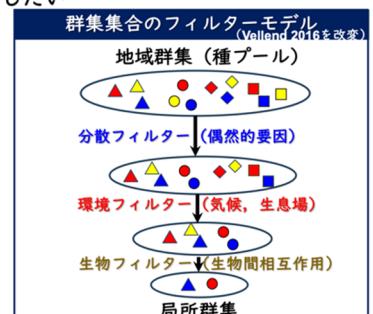
半陸生ガニ類	遺伝的交流		
	日本列島	東京湾	生息場
アシハラガニ	○	○	塩性湿地・干潟
アカテガニ	○	○	塩性湿地・後背地
クロベンケイ	△	○	塩性湿地・後背地
ウモレベンケイ 絶滅危惧IB類	×	○	塩性湿地
マメコブシ	×	○	干潟
ベンケイガニ 絶滅危惧II類	○	○	塩性湿地・後背地

クロベンケイガニ、ウモレベンケイガニ、マメコブシガニに
関しては、地域間のネットワークが強固ではない。

▶ 地域個体群（例：東京湾）を生息場を含め保全することが望まれる

東京湾での絶滅危惧種半陸生ガニの生息場保全 17

遺伝解析の結果を踏まえ、群集集合のフィルターモデルから、絶滅危惧種の半陸生ガニ類 2種の東京湾での生息場保全策を提言したい



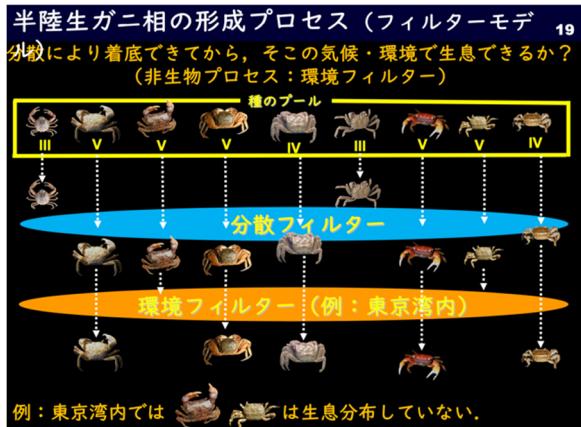
次に絵で見せます。こんな感じのプロセスなんですが、たとえば九州や南日本でこれだけの種類のカニ類が生息しています。それらの幼生プランクトンが黒潮に乗って東京湾に来れるのと来れないのがいます。先ほど見たように浮遊幼生期（ゾエア期）が長ければ長いほど、遠くまで分散できることができます。日本列島では、ほとんどのカニだとおそらくはネットワークが安定していると思います。

このフィルターを突破して東京湾に幼生プランクトンが来ても、実はこの2種類のカニは東京湾では見れないんですね。これらのミナミアシハラガニやカワスナガニというのは東京湾では分布していない。東京湾にいくら幼生プランクトンが到達しても、環境フィルターを突破できません。

この場合、環境フィルターは幼生の着底場なので、たとえばマングローブ林やハマボウ林は東京湾にはありません。これらの場所をミナミアシハラガニは好みます。カワスナガニは砂礫干潟が生息場なのですが、これも内湾構造の東京湾ではないので生息せず、砂礫干潟のある房総の南側には生息しています。あと環境フィルターとして温度要因ですね。基本的にはミナミアシハラは南方種で、分布域が東南アジアから始まり一番北限が伊豆半島あたりですので、東京湾には温度環境的な要因で生息できないとも考えられます。

あと、今回は割愛するんですけど、こういった生物、捕食者の影響もありまして、そういうものの影響を受け最終的に東京湾でカニ類の種組成が決まってくるというモデルです。

このモデルを前提として保全策を考えてみます。東京湾のウモレベンケイガニというのは先ほども申しました通り、東京湾内ではこのピンク色の遺伝子型（ハプロタイプ型）が優占していて、おそらく遺伝的に交流しているだろうと。ただ近傍の愛知県あたりとは遺伝的な交流をしてない。愛知県付近は青色の遺伝子型が優占しているので、ここから来ている感じはしません。だだ、ピンク色の遺伝子型が優占している九州から来ている可能性もあるんですけど



ども、ちょっとわからないです。たとえばかつて1回何かの拍子でピンク色の遺伝子型の個体が東京湾に分散し、到達し、それが由来となっている創始者効果の可能性が高いかもしれません。ただとにかく東京湾内では現在のところ遺伝的交流はあります。そしてその結果、本種は絶滅危惧種なんですが、東京湾内沿岸塩性湿地にはいろんなところにいるんです。ただこういった河川河口の奥のほうにはいません。それでどういった生息場の環境がウモレベンケイガニの分布に関係しているのかを調べました。

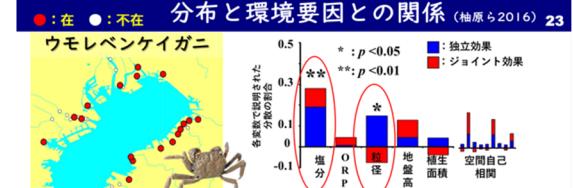
ある場所でのウモレベンケイガニの「いる・いない」という情報を目的変数として、その場所の塩分や土壤粒径などの環境データを説明変数として、それを一般化線形モデルで解析いたしました。その結果なんですけども、東京湾に生息している環境要因として、塩分が高いこと。あとは粒径ですね。中央粒径が低いほど生息していることがわかりました。すなわち高塩分で泥っぽい塩性湿地にウモレベンケイガニというのは生息しているということがわかりました。こういった場所があれば良いんですけども、無くなってしまうと東京湾外から幼生が入ってきても、生息場が無いので存続が難しいんじゃないかなと思います。こういった場所はとにかく残すべき場所だと思います。

次にベンケイガニですね。ベンケイガニにはかなりサンプル数が少ないですけども、おそらく湾外からもかなり幼生が分散しており、移送ネットワークが確立されているだろうということがおそらくわかりそうです。ただ、実際の東京湾にベンケイガニというのはこのあたり、横浜あたりはいるんですけども、千葉県も湾奥はいるんですけども、東部側はほとんど生息していないです。幼生が分散しているのに、その到達する生息場は東部にはないという可能性があると。だからどんな環境要因が生息場を規定しているのかを、また同じように調べました。



分散フィルター：
 ●東京湾集団は湾外と遺伝的交流少
幼生移送ネットワークが不安定
 ▶ゾエラ幼生がIII期と短いことが影響?
 ●東京湾集団はボトルネック集団?
 ▶湾内では遺伝的交流がある

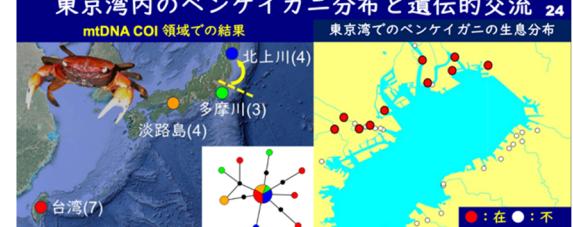
環境フィルター：
 全域分布→着底場が多くある
 ▶どのような生息場の
環境要因が分布と関係?



環境要因：高塩分で泥分が多い塩性湿地

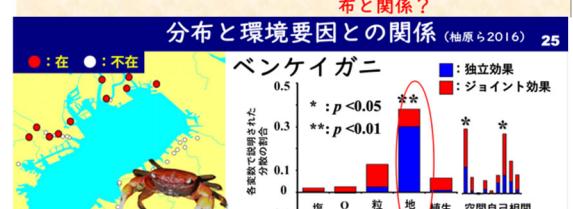


●目的変数：各調査地点の在・不在 ●説明変数：塩分, ORP, 中央粒径値, 地盤高, 植生面積, 空間的自己相関
 ●一般化線形モデル（GLM）で解析▶「階層分割」でそれぞれ変数の説明力を評価



分散フィルター：
 ●幼生移送ネットワークは確保
 東京湾集団は湾内外と遺伝的交流がありそう
 ▶ゾエラV期と分散期間が長いことが影響?

環境フィルター：
 湾奥部・西部に偏在分布
 ▶幼生が着底できる生息場
 が東部には無い?
 ▶どのような環境要因が分布と関係?



環境要因：地盤高と関係
 江戸川, 荒川, 多摩川, 鶴見川の河川河口域の高い地盤



結果なんですけども、東京湾のベンケイガニが生息している場所は地盤高が高いことがわかりました。このような地盤高が高い場所は、東京湾の西部、大河川のいわゆる河川敷に多くみられます。これは多摩川河口なんですが、このような河川敷に巣穴を掘っているので、こういった環境がない限りは幼生分散してきても、着底して成長できる場所がなかなか無いのではということがわかりました。こちら千葉県側というのをそういうのはほとんどないんですね。あとで申しますけどいいたんまとめます。

ウモレベンケイガニは湾内では遺伝的交流がありますが、湾外からの幼生移送はなさそうなので、今ある場所がなくなってしまうとおそらく東京湾内のネットワークも崩壊してしまうと思うので、今ある生息場を保全しなければならない。また、ベンケイガニは幼生ネットワークが東京湾外からも確立されていると思うので、より着底場である地盤高の高い干潟域を増やすことによって個体群存続を確保できると思います。

具体的な方法なんですけども、千葉県東岸というのを、こういったヨシ原があるんですけど、満潮時になつたら全部護岸で陸域との連続性がシャットダウンされてしまうんですね、全部水没しまうので。こういったいわゆる地盤高が高い、エコトーンがないんですね。だからこういったエコトーンを、護岸をセットバックしたりして確保できれば良いんですけども…。実はこれって東京湾西岸では結構創出されているんですね。

こういった感じでいろんなところで、例えば隅田川、これは南千住なんんですけども、細かい感じでヨシ原を伴う干潟が創出されています。これは横浜駅近くのポートサイド公園なんんですけども、地盤高の高いヨシ原が創出されています。ただ色々な場所で言えることなのですが、創っただけでモニタリング調査はその後されていないというか、実際の生物データがないので、もしそういったことに予算をつけて頂くどこにどんなカニ類がいることが分かりますので、より現在まで調べられている遺伝的なネットワークの結果と絡んで、保全がうまくいくんじやないかと思います。以上です。ご清聴ありがとうございました。

東京湾での絶滅危惧種半陸生ガニの生息場保全²⁶

湾内では遺伝的交流があるが、湾外からの幼生移送はなさそう

生息場の高塩分で泥分が多い塩性湿地を保全する

湾外との幼生移送ネットワークが確立されている

着底場（生息場）である河口域の高地盤を東京湾東岸側に確保する

東京湾での生息場保全策の提言²⁷

塩性湿地の現状
(東岸の例: 椎津川)

エコトーンの確保

潮上帯との連続性の確保する護岸をセットバックすれば…

護岸による物理的分断

高地盤の干渉

▼

東京湾西岸では新規創出されている

東京湾西岸では場（取り付く島）の創出²⁸

隅田川, 南千住, 荒川, 横浜, 竹芝干潟, Dash海岸, 各野鳥公園など

生息場（取り付く島）の創出は表在性ベントスの保全には有效埋在性ベントスは課題が多い?

ベントス専門家による継続的なモニタリング調査を望まれる

ご清聴ありがとうございました

私は、横須賀にあります港湾空港技術研究所の渡辺と申します。本日は他の皆さんみたいに動物のネットワークという話ではないんですけれども、ブルーカーボンといつて藻場とか海の植物がCO₂を吸収する機能に関する東京湾で行った研究の紹介をさせていただきます。こちらの写真は横浜の金沢八景のところにある遊園地があるんですけれども、そのジェットコースターが映っています。その脇のところでコンブの養殖なんかをしていて、そこで研究を行いました。

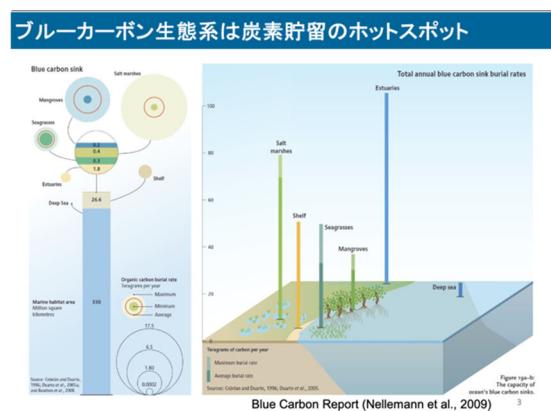
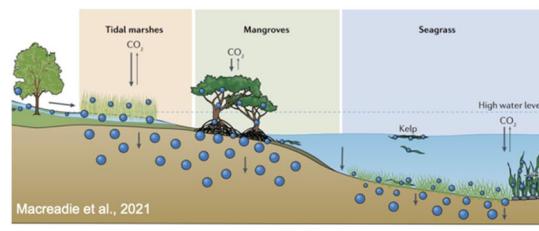
まずこのブルーカーボンなんですけれども、最近耳にされることもニュースとか新聞とかで増えてきたかもしれません、定義としては海洋生物によって捕捉され、海洋中に貯留される炭素のことを言います。2009年に国連環境計画のブルーカーボンレポートというものでこのブルーカーボンという言葉が森林とか陸上のグリーンカーボンに対してブルーという色がつけられました。こういったブルーカーボンの生態系、たとえばマングローブとか先ほどの塩性湿地、それから藻場とかですね。こういったものの保全再生がCO₂を吸収することにつながるので気候変動の緩和策として注目されています。

このブルーカーボン生態系というのは右側で示す棒グラフの長さが泥の中に炭素を溜め込んでいる各生態系ごとの量になるんですけども、海というのは非常に深い深海とか水深が深いところが面積的にはほとんどで、沿岸生態系というのはごくわずかな面積しか占めていないんですけども、面積あたり炭素が溜まっていくスピードが非常に早いので、面積をすべて掛け合わせても炭素を溜めしていくスピードというのは非常に大きなものがあるということで注目されました。



ブルーカーボン(BC)とは

- ・海洋(生物)によって捕捉され、貯留される炭素
- ・国連環境計画のBC Reportで命名(2009年)
- ・BC生態系の保全再生が気候変動緩和策として注目



こういったブルーカーボンの保全再生なんですけれども、今回は東京湾シンポジウムということで、たとえば横浜市でもこういった取り組みが行われてきました。これは横浜の海の公園ですね。これも金沢八景のところにある人工的な海浜の公園なんですけれども、ここで20年ぐらい前からだと思いますがNPOの方などがアマモの移植などをして再生活動を行ってこられました。

そういった結果増えてきたこのアマモ場で毎年どれぐらいCO₂を吸収しているかというのを横浜市さん中心で過去に計測されていました。

こういったものを使ってカーボンクレジットと書いていますが、実際に横浜市の企業さんがこうやって作り出されたCO₂分をお金として買い取って、自社のCO₂を排出している活動からオフセットすると。そのクレジットで得たお金を使ってまたこの活動をしている人たちなんかにお金が還元すると。こういった結果も行われてきました。

この横浜市のクレジット自体はもう終了てしまっているんですけども、今、日本全国版で国土交通省とも連携しながらジャパンブルーエコノミー技術研究組合がJブルークレジットというシステムを運営しています。

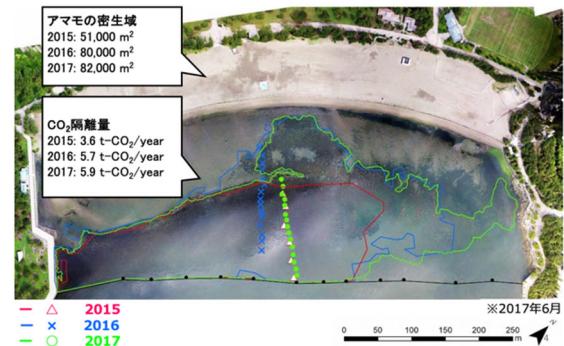
そのJブルークレジット、横浜でも創出されたプロジェクトがあって、こちらは横浜のベイサイドマリーナというところで藻場の再生をしているかたたちがクレジットを創出して、それを全国の企業が購入したということがあります。

このようにブルーカーボンは社会実装も進んでいくわけなんですけれども、研究が先行している生態系もあれば、まだよくわかつていない生態系もあります。このブルーカーボンの研究が先行しているのは先ほども書いたようなマングローブとか湿地とか海草藻場といって、この生態系の下に堆積物、いわゆる泥が溜まっているような生態系です。こういう生態系では光合成をして吸収されたCO₂が体として大きくなっている、それが枯れた後も一部泥の中に積もっていくことでCO₂として吸収された炭素が直接的に堆積物に貯留されるということで非常にわかりやすいです。

一方こういった泥場にできるようなブルーカーボン生態系以外に海藻、藻と書く海藻ですね、の藻場があって、日本でも世界でも海藻の藻場、たとえばコンブとかワカメみたいな海藻ですね。の藻場

横浜ブルーカーボン(2014~2022年度)

横浜海の公園の人工海浜にてアマモ移植
→経年的な拡大を毎年定量化し、クレジットとして取引



横浜でのJブルークレジット®創出プロジェクト

多様な主体が連携した横浜港における藻場づくり活動

横浜市漁業協同組合、NPO海辺つくり研究会、金沢八景・東京湾アマモ場再生会議

◆プロジェクトの概要

国・自治体、市民団体、学校、漁業者、企業など多様な主体が連携して取り組む「東京湾Jブルークレジットプロジェクト」

<https://www.paj.kmlit.go.jp/yokoh/5nengen/uniproj/uniproj.htm>

平成25年からアマモ場の再生に取り組み、横浜ベイサイドマリーナ横浜港の浅場で10haを超えるアマモ場が再生され、多様な生きものと育む豊かな海がなりました。

また、平成22~24年度の開拓地盤の藻場造成実験により形成されたアマモ場を、

横浜市漁業協同組合が種苗の供給を行なう仲介機能で、横浜の新たな産品しています。

◆プロジェクトの特徴・PRポイント

豊かな東洋海を取戻すためのアマモ場再生活動や持続可能な漁業は、「生物多様性の向上」「生物資源の増強」「地域コミュニティの再生」に加えて、ブルーカーボンの貢献により「地球温暖化の抑制」にも貢献します。

<http://www.paj.kmlit.go.jp/yokoh/5nengen/uniproj/uniproj.htm>

令和2年度にJブルークレジットで得た資金は、東京湾内外のアマモ場再生に活用するアマモ場再生事業、ベイサイドマリーナでの見学や活動、金沢八景付近での再生活動などに活用しています。

◆海辺の藻場や干潟などが有する多様な価値

アマモ場やカモク場などの豊かな干潟などの生態系が持つ多様な価値は、以下の通りです。

ある試算によると、横浜ベイサイドマリーナ横浜の藻場は以下のような価値を持っていることなどがわかつています。

年間約1800万円に相当すると評価されました。



専門家による経済価値の解析では、年間約1800万円に相当すると評価されました。

“Traditional” blue carbon ecosystems

研究が先行するブルーカーボン生態系

マングローブ林、塩性湿地、海草藻場

→堆積物への直接的な炭素貯留が顕著



マングローブ
Mangrove forest



塩性湿地
Tidal marsh



海草藻場
Seagrass bed

6

が面積的にも非常に大きく、これのCO₂吸収というのは非常に大きいんじゃないかなというふうに見積もられています。

こういった藻場があります。たとえばホンダラ類を中心としたガラモ場、日本ではガラモ場と言われる藻場や、海藻であるので我々食用にしていますから養殖なんかも盛んに行われています。その他アラメ場とか、いろいろな種類が混成したものとか、いろんな海藻、藻があります。

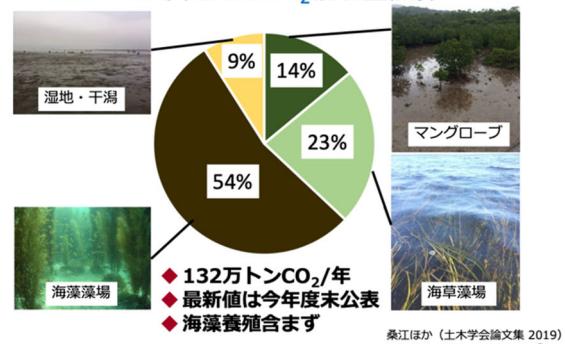
海藻の藻場はブルーカーボンとしてちょっと難しいところがあります。先ほど言ったような土壌がある生態系では吸収したCO₂が泥の中に溜まっているので長期的にCO₂が海洋中に貯留される、大気から除去されるというのがわかりやすいです。

一方こういった大型海藻というのはたとえば岩礁、岩とか、たとえば港湾構造物とかそういうところに根を張るので、下に土壌がないんですね。そうなると枯れたあとに溜まっていく余地がその場にはないので、これまでブルーカーボンの効果はあまり期待されていなかったんですけれども、これは最近の研究で実は横方向に枯れたあとに流れていったりして、たとえば深海に輸送されたり、あるいは分解されない物質が海の中に残ったり。そういう過程を経てCO₂吸収に寄与しているんじゃないかなということがわかつきました。

これは我々の研究ですが、こういった海藻場でもいろいろな生物代謝によって大気CO₂が吸収されているということがわかつきました。これは瀬戸内海にある平郡島という島で実験したもので、実際にこういう海藻にごみ袋をかけて、この海藻がどれぐらい炭素を吸収して分解されにくい物質として水中に出しているか、イメージはコンブが出汁を出すようなイメージで、目に見えないんですけども溶けている成分を出しています。こういうのを調べていくと炭素の流れというのが見えてきて、大気CO₂を吸収して光合成によって体を作り、その後DOCと書いていますが、溶存態の水に溶けている成分を出していく。それが1年間とか、あるいは最近の研究では100年ぐらい残るものもあると

“海藻”藻場が主要な吸収源？

日本国内のCO₂吸収量試算



大型海藻藻場(Macroalgae/Seaweed bed)

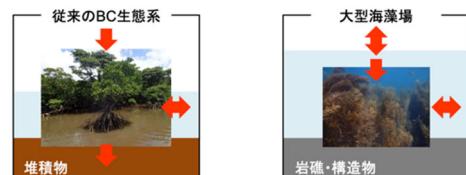
代表的な海藻藻場



8

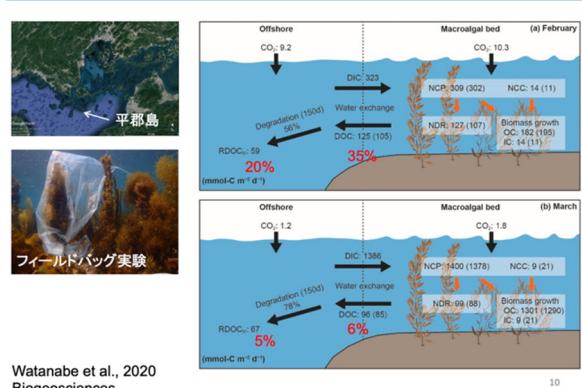
大型海藻場における大気CO₂吸収過程

- 沿岸植生域の炭素隔離機能の保全・活用が、吸収源対策として注目
- マングローブ・塩性湿地・海草場など、植生内の堆積物中にCを貯留する生態系で研究が進んできた (Nellemann et al., 2009; Miyajima et al., 2019)
- 大型海藻場(e.g., コンブ場・ガラモ場)は岩礁・構造物に生息する
→CO₂ガス交換、横方向の炭素輸送(無機・有機)が重要
- ブルーカーボンのCO₂除去効果はその場にとどまらず！？



9

海藻藻場でも生物代謝によって大気CO₂吸収が促進



10

我々は見ていますが、分解されずに残って海洋中に貯留されると、こういう仕組みが大型海藻にはあるんじゃないかなというふうに考えられています。

そこで今日お話しするのは東京湾で行った結果ということで、東京湾は非常に人がたくさん住んでいるので、人の手が入ったブルーカーボン生態系というのがあります。そういった人の手が入ったブルーカーボンの生態系が大気CO₂の除去、大気からCO₂を除去して気候変動の緩和に貢献しているのか、どの程度効いているんだろうというのを調べました。

分析しているのは先ほど言った溶存態の炭素とかCO₂とか目に見えないものなんですけれども、そういうのを化学分析をして調べています。

実験サイトは先ほどご紹介した横浜にある金沢八景という京急の駅がありますが、その近くの湾状になっている金沢湾と呼ばれている場所です。この場

所では水色で書いていますが、ワカメやコンブの養殖をしています。このコンブというのがちょっとおもしろくて、普通は北海道とか東北とか北方系の種類、天然としてはそういうところに分布しているんですが、冬の水温が下がる短い間であれば東京湾の中でも養殖できること。しかも東京湾は人がたくさん住んでいるので栄養塩が多くて、成長自体は早く、出汁を取るような分厚いコンブはなかなかできないんですけども食用としては非常においしいコンブができるということです。こういったワカメ・コンブ養殖が2.4ヘクタールぐらいあったり、あとは緑で書いてある先ほどの再生されたアマモ場が分布しています。

比較対象として大阪の阪南というところでも同じように養殖場と再生活動を行っているアマモ場というセットで調査をしています。本日のメインは横浜のお話をします。

これが金沢湾での調査の様子ですが、このようにロープにワカメやコンブが養殖されていて、そのロープを使わせていただいて先ほどのゴミ袋をかぶせて炭素、CO₂をどれぐらい吸収しているのかという調査をしたり、どれぐらい生物量があるのかという調査をしたり、あるいは採水水質分析をして、ここに養殖されている海藻が実際にどれぐらい海の水に影響を与えているのかというのを調べました。

研究の目的

人の手が入った海藻・海草藻場は大気CO₂除去に年スケールでどの程度寄与しているのか？

- ①海藻養殖・海草藻場で炭素パラメータの季節観測
- ②養殖海藻の炭素代謝(生産速度, DOC放出速度)計測



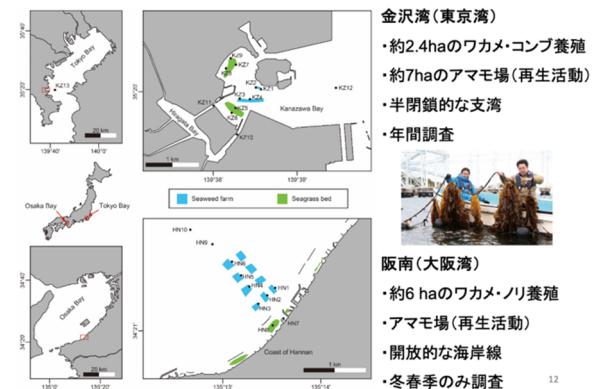
・沿岸域への人為介入による大気CO₂除去の可能性

・湾スケール・年スケールでの効果の評価

・藻場のCO₂除去効果は広がる？

11

実験サイトとサンプリング地点



これは結果ですが、まずこれは金沢湾のCO₂分圧とCO₂のフラックスというものを見ています。この分圧というのは今現在大気、空気中のCO₂濃度が屋外だと410とか20とかそれぐらいになります。今ここでプロットしているのは海の値、特に青が表層なんですけれども、これが400を下回っているときは海がCO₂を大気から吸収しているということになります。結果から言うと、この201

7年から19年にかけて1年以上調査していたんですけども、ほとんどの調査回で大気のCO₂よりも海のほうが低い。つまりCO₂を吸収していることがわかりました。

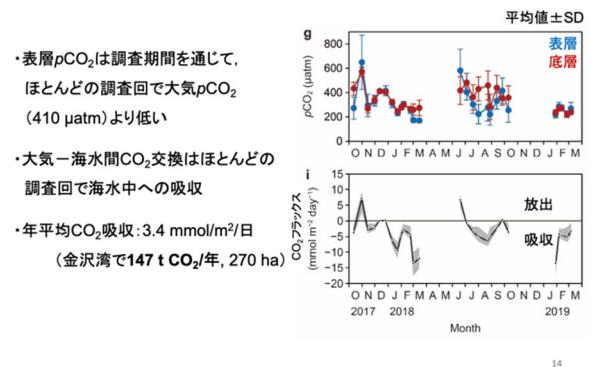
このCO₂の分圧から計算されるフラックスというのはCO₂がどれぐらい海と大気の間でどっち方向に移動しているのかという量ですけれども、ほとんどの期間吸収をしていて、金沢湾、全部で270ヘクタールあるんですけども、年間で147トンのCO₂を海に溶け込ませているということがわかりました。

これだけCO₂を吸収しているのでさぞ海藻の効果があるんだろうというふうに思われるかもしれないんですけども、そういった海藻の効果がこのうちどのぐらいなのだろうというのを見積もっているわけです。

ここで一般化線形モデルという統計解析をしています。水中のCO₂やDOCは先ほど言った水中に溶け込んでいる有機炭素なんですけれども、そういったものが塩分や水温、クロロフィル、クロロフィルは植物プランクトンという水中に漂っている微少な植物、基本的に海の光合成の主役はこのプランクトンなので、そういったものも説明変数に加えて、あとは生態系タイプとして養殖している場所、アマモ場、干潟、沖合。こういったものを入れて、ちゃんと海藻養殖がCO₂とかの変動に効いているのかどうかというのを調べてみました。

これをやって結果的にわかったことは、上の図がCO₂に対して各月でどれが主に効いているのかというのを書いてますが、CO₂の規定要因として緑で書いたクロロフィルが一番効いているということがわかりました。つまりCO₂を吸収していると言っていますが、このCO₂吸収は主に植物プランクトンの効果が強いだろうということです。

金沢湾は大気CO₂の正味の吸収源



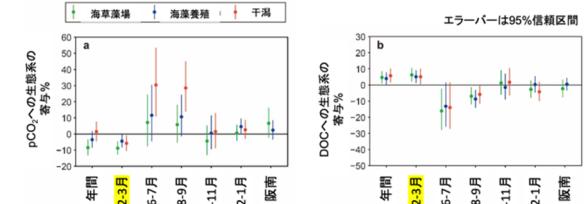
14

7年から19年にかけて1年以上調査していたんですけども、ほとんどの調査回で大気のCO₂よりも海のほうが低い。つまりCO₂を吸収していることがわかりました。

このCO₂の分圧から計算されるフラックスというのはCO₂がどれぐらい海と大気の間でどっち方向に移動しているのかという量ですけれども、ほとんどの期間吸収をしていて、金沢湾、全部で270ヘクタールあるんですけども、年間で147トンのCO₂を海に溶け込ませているということがわかりました。

これだけCO₂を吸収しているのでさぞ海藻の効果があるんだろうというふうに思われるかもしれないんですけども、そういった海藻の効果がこのうちどのぐらいなのだろうというのを見積もっているわけです。

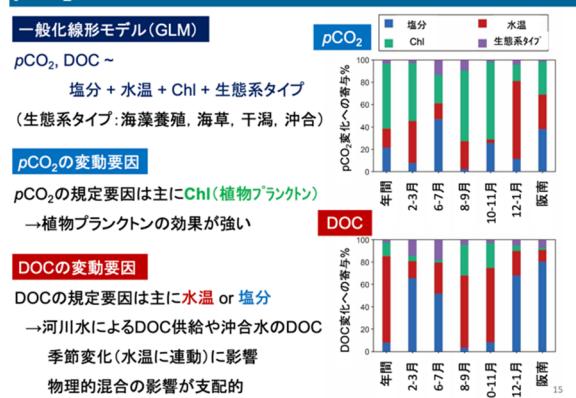
pCO₂, DOCへの海藻・海草の影響



- 年スケールでは海草がpCO₂減少に寄与, DOCは全生態系で放出
- 海藻養殖: 海草の成長期である2-3月は金沢湾の全生態系でpCO₂が減少・DOC放出, 開放的な阪南では効果なし
- 2-3月は大気CO₂吸収を有意に強化した
- 海草場: 0.8 / 5.7 mmol/m²/日, 海藻養殖: 0.4 / 6.7 mmol/m²/日

16

pCO₂, DOC変動の規定要因



15

もう1個、先ほど言った溶存態の炭素に関しては赤とか青で示した水温とか塩分の効果が大きいです。これは何を示しているのかというと、生物の影響は当然あるんですけれども、それよりも河川水、塩分というのは塩分が低いほど淡水が多いということなので。河川水とか沖合の水が混ざり合うことによって決まってくる要因が大きいということです。東京湾の中で生物によって生み出される炭素、それがめちゃくちゃDOCの変動に効いているというわけではないということです。

とは言っても海藻の効果はあるんじゃないかということでもう少し細かく見てみます。これは左側が先ほどのCO₂に与えるいろいろな生態系の効果を、何%効いているのかというのを調べています。このエラーバーというのが95%この範囲に入るということで、このエラーバーがゼロから離れていくと統計的に有意な効果があるということになります。この結果からいくと年間スケールでは、この年間と書いているところですね。緑の海草はCO₂の減少に効いていたんですけども、海藻養殖とかはゼロの線にかかっていて、年間スケールで見ると効果は見られないということになります。

一方2月の結果、黄色で書いていますが、この2月に関してはいずれの生態系もゼロより下がっていて、溶存態の有機炭素に関してはプラスになっていると。つまり海藻養殖や海草の成長期である2月ではこの金沢湾のすべての生態系でCO₂を下げる効果が具体的に見られたということです。

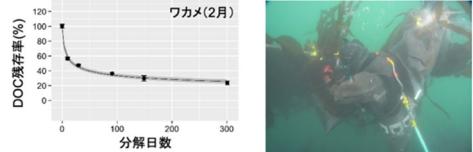
この2月から3月は大気CO₂吸収を優位に強化していく、海草場では0.8 mmol/m²/日程度CO₂吸収を強化していると。ここで書いている5.7 mmol/m²/日というのがその場全体の吸収なので、それに対して10%から20%ぐらいはこういった生態系で吸収が強化されているということがわかりました。

こういった海水を調べる実験の他に先ほど言ったダイバーさんに潜ってもらって海藻にバッグを被せてという実験もしています。これで結果として生産速度と書いていますが、これは光合成によって水中のCO₂を取り除く量というふうにも読み替えることができると思いますが、16 mmol/m²/日から成長期だと260 mmol/m²/日ぐらい取り除いていました。

この有機炭素ですね、出汁のようなものに関しても多いときは80 mmol/m²/日ぐらい出しているというような結果がわかりました。ここで光合成でこれぐらい炭素を海藻というのは動かしているわけなんすけれども、先ほどガスフラックスですね、CO

養殖海藻の炭素代謝(生産速度とDOC放出速度)

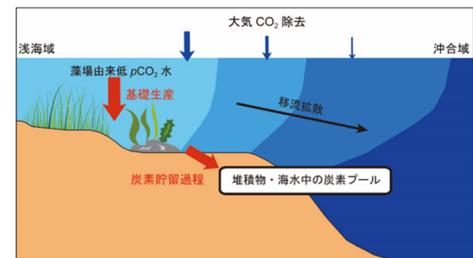
- ・フィールドバッグ実験:養殖時期(冬春期)の炭素代謝を計測。現場で4時間程度培養し、培養前後での各態炭素濃度の変化から計算
- ・正味でDIC(溶存無機炭素)吸収、同化量の一部をDOCとして放出
NCP(生産速度): 16~264 mmol/m²/日
DOC放出: 1.2~82.3 mmol/m²/日
- ・* 分解実験: 海藻DOCの20~30%が1年後も残存(100年後も数%残存と推定)
- ・養殖場でのCO₂吸収量(0.4 / 6.7 mmol/m²/日)と比べてずっと大きい



17

18

炭素貯留量 = 大気CO₂除去量?



- ・藻場代謝に起因する海水のCO₂吸収分はどのくらいの時間をかけて大気と平衡に達するか(大気CO₂を除去するか)
- ・縦横方向への移流拡散やガス交換速度等の物理現象も鍵

まとめと今後の課題

- ・都市内湾である金沢湾は年スケールでCO₂吸収源
- ・pCO₂: 植物プランクトンによる光合成の効果が大きい
- ・DOC: 河川水・沖合水の混合が支配的
- ・藻場の効果は季節限定的だが、最盛期(2-3月)では有意に海水のpCO₂を減少(~10%), DOCを増加(~10%)
- 2-3月のCO₂吸収量(6.2±4.0 mmol-C/m²/day)の10%が藻場の寄与とすると、NCP(~264)やDOC放出(~82)と不釣り合い
- ・BC生態系にとどまらず広く拡散する炭素を追跡する必要
- ・年間スケールでの炭素貯留量vs大気CO₂除去量の調査が必要

【謝辞】データの一部は横浜市のCNCA Innovation Fund Project(Yokohama Blue Carbon Project)にサポートいただきました。厚く御礼申し上げます。

19

CO_2 をどれぐらい吸収しているのかというのを見るとこの程度だったわけです、海藻の効果というのは。この海藻によって強化された CO_2 の吸収の量と比べると、水中で CO_2 を取り除いている量というのは桁が違うぐらい多くて、これは何を意味しているかというと、ブルーカーボンで水中から CO_2 を取り除いているんですけども、同じ1日という時間で見るとそれに見合った量は大気から CO_2 を除去できていないということなんですね。ここですごいギャップがあるということがわかりました。

これまでブルーカーボンというのは炭素を泥の中とか、あるいは分解しにくい物質として海の中に貯留する、その効果イコール、大気から CO_2 を取り除いて直接温暖化対策に効くというふうに見ていました。

しかし実際、このイコールになるためには結構時間と場所のスケールが必要なんじゃないかということが最近言われています。どういうことかというと、特にマングローブとか塩性湿地の植物は体が水の上にあるので光合成をすると直接大気の CO_2 を取り除きます。そういう生態系はこのイコールがリアルタイムでイコールになるのでわかりやすいんですけども、藻場の場合は水中の CO_2 を取り除いて、水中の CO_2 濃度が減ったぶん、徐々に海面の揺らぎとかの乱れとかの影響を受けて吸収されていくわけです。

ここで水は当然どんどん外に広がっていって、外の水と混ざり合いながら広がっていきます。これが徐々に徐々に吸収していくんですけども、それにはもしかしたら1年間で藻場が光合成したものと釣り合うためには何年も、もしくは10年ぐらいかかるんじゃないかというようなこともわかつてきていて、こういったものを広く追っていく必要があるわけです。つまりブルーカーボンといえどもその生態系を見ているだけでは特に藻場の場合は不十分なことがあって、外に流れていくもの、大気との相互作用、こういったものをしっかりと見ていくことが大事だということがわかつてきました。

最後まとめです。都市内湾で金沢湾で年間スケールでしっかりと CO_2 を吸収していることがわかりました。この CO_2 吸収に一番効いているのは植物プランクトンによる光合成です。ただそういった中でも海藻の養殖の時期とか藻場が元気な時期というのはしっかりとこういったブルーカーボン生態系が CO_2 を減らしていて、それによってしっかりと CO_2 吸収量が強化されているということがわかりました。

ただ一方、同じような1日のスケールで見ると、これと大気 CO_2 の吸収と光合成などの効果はイコールにはなっておらず、もう少し長いスケール、長い広いスケールでこういったものを追いかける必要があるということで、今こういった研究は世界でも行われていますし、日本でも進めていこうというふうに思っています。以上になります。ありがとうございます。

ご紹介いただきありがとうございます。電力中央研究所の白井と申します。まずはこのような発表の機会をいただきまして、国土技術政策総合研究所の皆様には大変ありがとうございます。私自身は鳥の研究をずっと学生の時代から続けておりまして、今、電力の研究所ではあるんですけども、そちらでも続けております。意外と電気事業において鳥の問題というのはたくさんありますし、送電線にカラスが巣を作るとか、送電鉄塔に巣を作るとか、逆に希少種をどう保全するかという観点であるんですけども、その中でも特に近年注目されているのが洋上風力開発との軋轢というところで本日は発表させていただきたいと思います。

まず発表に先立ちまして少し自己紹介を含めながらデータ、鳥類の移動ですとか、今回のテーマであるネットワークについて紹介していければと思います。

皆さんもイメージとしてはあるかと思うんですけども、移動能力の高い鳥類においては繁殖地、いろいろなところで繁殖をしますが、ずっとそこにとどまる種もいれば、そこから長距離の渡りを行つて別の場所で冬期を過ごす、いわゆる越冬ということが知られています。その一例が、私が調査をしております新潟県栗島浦村というところで繁殖をしているウミネコのデータです。こちら夏ぐらいまではウミネコはずっと新潟の海にいるわけなんですけれども、こちらから繁殖が終わると、しばらく経つと南下をしていって、このときは2羽しか周年のデータは取れなかったんですけども、1羽は瀬戸内で、1羽は韓国の周辺の海域で越冬してまた栗島に戻ってくるということが確認できました。

このように繁殖地周辺だけではなくて、当然越冬先ですとか、あるいは移動中の渡りルートというのも鳥類にとって非常に重要な場となるわけです。

同じような形で、伊豆諸島の利島で生息するオオミズナギドリという海鳥にGPSをつけて追跡をしました。この追跡軌跡というのは実は渡りではなくて繁殖期間中にエサを取りに行くための軌跡になります。利島で生息しているんですけども、そこからエサを取るために遠くは北海道まで移動するということが確認されています。近くで言うと利島から東京湾周辺でも当然採餌はするんですけども、より採餌環境の良い北海道のほうまで移動するというところまでわかっています。

このように1年という単位ではなくて短い期間の中でも鳥類は長距離の移動をしているわけで、その移動ルート、あるいは移動先というところをどう保全していくかというところが重要となると考えております。



電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部

白井 正樹

第24回東京湾シンポジウム

海生生物の移動によって形成される生息場のネットワークに関する研究

2024年10月18日

電力中央研究所

1

今は少し私の専門としている海鳥を例で挙げさせていただきましたが、東京湾ですとかあるいはその周辺海域多くの鳥類にとって繁殖期あるいは越冬期の重要な生息場となっているというふうに考えられます。実際に先ほど紹介したウミネコも、青森で繁殖している個体が冬季は東京周辺で越冬しているなど、そういうことも追跡データからわかっています。

こうした生息場、あるいはネットワークというのはさまざまな人間活動によって影響を受けると考えられておりまして、その中のひとつとして近年注目を集める洋上風力発電になります。大型の海洋開発が鳥類の構築されたネットワークや生息場にどう影響を与えていたか不明な点が多いので、いろいろと調査が必要となっている状況になります。

こちらは非常に有名な図ですけども、デンマークの洋上風力発電所をレーダーで観測し、水鳥の飛翔軌跡を取ったものになります。見ていただくと風車周辺を避けるような飛翔軌跡が得られています。これはバリア効果などと表現されますけれども、こういった効果が実際にどれくらいの影響を鳥類に及ぼすかというところが、鳥側の観点から言うと重要になってくるわけです。

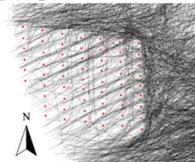
一方で、今度は風車側の現状というものをご紹介しながら話を進めていきたいと思います。こちらも皆さんニュースなどでよくご存知かと思うのですが、気候変動とその影響をどう防ぐかという観点で、温室効果ガス削減を目指す再生可能エネルギーへの期待というのは非常に高いというところが現状としてあります。

もともと風力発電と言うと陸地上が中心ではありましたけれども、やはり適地というものはなかなか多くありませんでした。一方で周辺を海に囲まれた日本では洋上風力発電のポテンシャルというものが非常に期待されています、実際に全国各地において洋上風力の導入計画というものが進められております。東京湾周辺の海域でも複数の洋上風力発電の開発計画、あるいは検討が進められておりまして、銚子沖ですとか九十九里のほうですとか、千葉のほうというのは促進区域として指定されております。あとは計画段階としては静岡の他、東京都のほうでも島嶼部、伊豆大島ですとか新島のほうでは検討も開始されているということが公表されています。

一方でこれまでにない規模で海洋の開発というものが進められるというと、海にこれだけ大きな建造物が多数建つということはこれまでなかったことなので、建設あるいは運用によって海洋生物に影

IR電力中央研究所 鳥類において“つながる”ことの重要性

- ◆ 東京湾ならびにその周辺海域も、多くの鳥類にとって繁殖期や越冬期の重要な生息場となっている
- ◆ こうした生息場あるいはネットワークは様々な人間活動によって影響を受けると考えられる
- ◆ 近年注目を集める洋上風力発電による海洋開発も鳥類の構築されたネットワークに影響を与える可能性が指摘されている



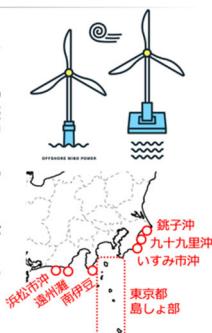
デンマークの洋上風力発電所「赤丸」と水鳥の飛翔軌跡〔黒線〕
出典: Desholm & Kahlert (2005) Biology Letters

© CRIEPI

2

IR電力中央研究所 日本における洋上風力発電開発の現状

- ◆ 気候変動による生物多様性の喪失を防ぐため、温室効果ガス削減に有効とされる再生可能エネルギーへの期待は高い
- ◆ 周囲を海に囲まれた日本では洋上風力発電のポテンシャルが高いと見込まれており、実際に全国各地において洋上風力の導入計画が急増している
- ◆ 東京湾周辺の海域でも複数の洋上風力発電の開発計画や検討が進められている
- ◆ 一方、これまでにない規模の海洋開発であるため、建設や運用による海洋生物への影響が懸念される
- ◆ そのうち、鳥類は洋上風力の影響を大きく受けないと考えられている生物の一つになる



© CRIEPI

3

響が懸念されているわけです。そのうちのひとつというのが鳥類でして、洋上風力の影響を大きく受ける可能性があると考えられています。

じゃあ実際にどういうふうに影響が及ぶのかというところですけれども、基本的には3つのプロセスが指摘されています。ひとつは風車との衝突、これはいわゆるバードストライクです。残りは間接的な影響でして、風車を回避することによって、本来であれば一番近道ができたところが風車あるいは風力発電所があることによって迂回しなければいけない。先ほどのレーダーの図もそうですけれども、迂回することによって本来使わなくともよかつたエネルギーを使わなければいけないという回避影響が指摘されています。

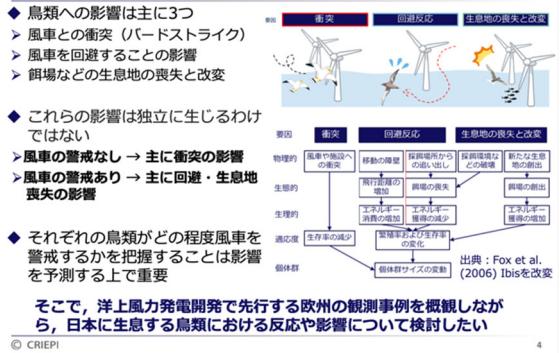
もうひとつは、風車が立った場所がもともと良い餌場であれば、そういった餌場などの生息地の喪失が考えられるわけです。

こういった影響というのは通常よく独立で議論されるんですけれども、この影響というのは決して独立で生じるわけではありません。わかりやすい例で言うと、回避反応するということは逆に言えば衝突のリスクは鳥にとっては下がるわけで、そういった直接的な影響と間接的な影響の度合いは鳥類が風車に対してどういう反応をするかでも変わってくるわけです。鳥類がどの程度風車を警戒するのか、どのように反応するのかということを把握するということは、風車が建ったあとの影響を予測するといううえで非常に重要なと考えるんですが、当然日本の海ではまだまだこれから計画段階も多いというところで事例が少ないので現状となっています。

そこで洋上風力発電開発で先行する欧州の観測事例を対象に情報収集をしながら、日本に生息する鳥類における反応ですとか影響について検討するということを行っております。

今回その中の一部をご紹介できればと思っています。早速ですけれども、欧州の事例を2つほどご紹介します。まず、ドイツのアルファベントス洋上風力発電所というところなんですが、こちらは運転開始から3年間鳥類の調査を実施したという研究がまとめられています。こちら右側の図なんですけれども、真ん中、黒いバーが風車の建っている場所の鳥類の数になります。一方でまわりの灰色のバーというのが東西南北、風車から少し離れた場所の空間にいる数となります。見ていただくと6グループ、アビ科ですかカツオドリ科、ヒメカモメ、ミツユビカモメ、アジサシ科、ウミスズメ科というところは、真ん中がくぼんだ形になっているのがご覧いただけるかと思います。つまり風車が建つことによって、その風車近傍を忌避して、そのぶん周囲に分散したことが示唆されます。

洋上風力発電開発と鳥類との軋轢



そこで、洋上風力発電開発で先行する欧州の観測事例を概観しながら、日本に生息する鳥類における反応や影響について検討したい

© CRIEPI

4

© CRIEPI

5

鳥類の風車に対する反応：欧州事例①

◆ ドイツのアルファ・ヴェントス
洋上風力発電所では、運転開始
から3年間、鳥類調査が実施され
ている

◆ 観測された鳥類のうち、6種につ
いては風車近傍の出現率が低い
傾向を示した

◆ 一方、カモメ科の2種は逆に風力
発電所内の利用が高くなること
が確認された

出典：Welcker & Nehls (2016) Marine Ecology Progress Seriesを改変

一方で下の2種、オオカモメですとかニシセグロカモメというのはむしろ真ん中が立ち上がっていいるような図になっています。このカモメ2種というのは風力発電所内の利用がむしろ高くなるという傾向を示したという非常に先進的な事例になるかと思います。

続いて、もうひとつ欧州の事例をご紹介したいと思うんですけども、欧州の場合2015年ぐらいの断面で20以上の洋上風力発電所が建設されておりました。建設後の調査を整理して、33種の海鳥について移動、つまり場所が変わるとか、あるいは誘引されて増えるというようなことを5段階で評価したという研究がございます。こういった研究で、それらの生データをさらに分類群ごとにまとめたものになるんですけども、見ていただくと、先ほどと同様にカツオドリ科ですとかアビ科、あるいはカイツブリ科というものは風車に誘引されにくい、忌避しやすいという傾向が見て取れます。

一方で図の右側ですね、カモメ科ですとかウ科というのは誘引度合いが非常に高いという傾向が得られています。こういったところから一貫して強い回避行動を取る種と、かなり洋上風力発電所に強く誘引される種というものがあるということがわかつてきます。

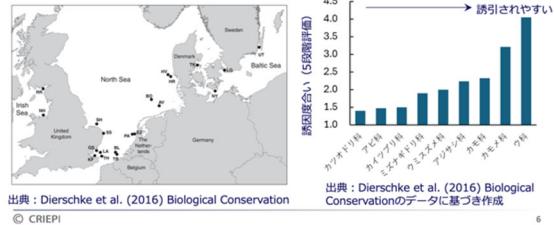
こういった事例が国内ではまったく得られていないかというとそんなことはなくて、実は国内事例としてもわずかですけれども観測がされています。そのうちのひとつとして、銚子沖での洋上風力発電実証研究、こちらはNEDOの実証研究として建てられた洋上風車ですけれども、こちらで船舶用レーダーを使った観測というものが行われて公表されています。風車の近くの観測タワーに船舶レーダーを設置して、風車まわり、風車を中心に鳥の動きを記録したというものなんですけれども、レーダーの軌跡記録と、あとは目視で船上センサスによって種の確認が行われていて、その中でミズナギドリとウミネコというものが主に観測されました。

こちらを見ていただくとミズナギドリというのは風車からおよそ数百メートルから1キロ近く離れた場所を通っています。ちなみに目視で種まで確認できたもののはほとんどがオオミズナギドリということで、こちらはおそらく利島ですか、あるいはその周辺の御藏島ですか、そういう個体群かなと思うんですけども、そういうミズナギドリ類というのが風車から離れた場所で確認されています。

一方でウミネコはどうかというと、風車近傍で飛ぶということが確認されました。先ほどご紹介したような風車に対してミズナギドリ科は比較的誘引されないのに対して、カモメ科は誘引されやすいこと、これが国内でも同様のことが観測されています。これだけで欧州の事例がすべて当てはまるとは言えないんですけども、日本の鳥類でも同様の傾向が得られています。

JR電力中央研究所 鳥類の風車に対する反応：欧州事例②

- ◆ 欧州では20の洋上風力発電所を対象に、海鳥の建設後調査を整理し、33種の海鳥について移動あるいは誘引を5段階で評価・分類されている
- ◆ 一貫して強い回避行動を示した種として、カツオドリ科やアビ科、カイツブリ科が挙げられ、逆にカモメ科の一部とウ科は洋上風力発電所に強く誘引される傾向を示した



出典：Dierschke et al. (2016) Biological Conservation
© CRIEPI

6

JR電力中央研究所 鳥類の風車に対する反応：国内事例

- ◆ 銚子沖での洋上風力発電実証研究として、洋上風車に対する鳥類の反応が調査されている
- ◆ 風車の約300m東側の観測タワーに船舶用レーダーを設置し、風車を中心に鳥の動きを記録
- ◆ レーダーの飛行軌跡のうち、目視により種の確認がされたものはミズナギドリ類（152例）、ウミネコ（47例）、サギ類（1例）
- ◆ ミズナギドリ類は風車から離れた場所を主に飛行するが、ウミネコは風車のそばも飛ぶ

日本の鳥類でも欧州の観測と同様の傾向があることを示唆

© CRIEPI

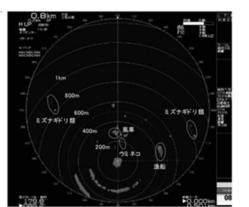


図1 レーダーに映る風車や鳥のスコープ (2013年8月28日調査)

出典：島田ら (2015) 風力エネルギー利用シンポジウム



7

こういったところが少しづかってくると風車が建ったあとにその場所が鳥にとってどういう場所になるのか。ある種にとっては除けるべき、除けようとする、警戒するというところがあるかと思いますが、一方で寄ってくるものもいると。なぜ寄ってくるのかというところなんですかけれども、これもいろんな影響はあるかと思います。ただひとつの仮説としては風車建設によって底質変化ですか流況変化、あるいは水中構造物への餌集によって風車の基礎周辺で魚の密度が変化する可能性が考えられます。たとえばデンマークの事例なんですかけれども、イカナゴの密度が風車設置後に300%増加したということが記録されています。

ですので、カモメ科ですとかウ科など、非常に我々としても馴染みがある海鳥かと思うんですけれども、こういったエサの増加によって新規の物体である風車を気にせず接近しているのではないかと考えられます。

あとは河川や海岸でウが羽根を広げて乾かしている行動を見られたかともいらっしゃるかと思うんですけども、ウ類の場合、潜水して餌を取るため、こういう羽毛を乾かすという行動が結構重要になってきます。それが洋上に構造物が建つことによって、新たな休息場所としても機能しているのではないかというふうに考えられるわけです。こういった鳥が風車に対してどう振る舞うかというところを少し理解していくと、たとえば風車の計画地で鳥がいるとわかった場合に、そういったものが今後建設後にどういうふうに変化していくかという予測ですか評価につながるというふうに考えています。

今回は欧州の話ばかりをさせていただいて申し訳ないんですけども、たとえば東京湾で観測されているような鳥類がもし風車が建ったときにどういうふうに反応するか、これを欧州の事例と照らし合わせながら整理をすることもできると考えています。たとえば東京都の環境局のほうで公表されているデータに基づいて、東京湾の葛西の沖合いで確認されている鳥類を整理しましたけれども、たとえばカツブリとかカモとか、カモメ、ミズナギドリ、ウ、サギということが記録されていました。こういったデータを照らし合わせると、たとえばカツブリなんかですと強く風車を警戒しそうだとか、逆にウミネコですかカワウといったものはそういった人工的な場所にむしろ誘引にされるのではないかということが予測につながるというふうに考えております。

最後にまとめさせていただくと、洋上風力発電開発というのは鳥類の既存ネットワークに影響するという一部ネガティブな影響も考えられるんですけども、逆に一部鳥類の新たなネットワークの起点になるという可能性もあるということが考えられたと思います。ただこういった風車に対する反応はほと

電力中央研究所

ウ科やカモメ科はなぜ風車近傍を利用?

◆ 風車の建設による底質変化や流況変化、水中構造物への餌集によって、風車の基礎周辺における魚類の密度が変化する場合がある(例えば、デンマーク Horns Rev offshore wind近傍では設置前に比べてイカナゴの密度が増加)

◆ 風車近傍の餌が増加した場合、鳥類にとっては新たな餌場の出現となることから、カモメ科やウ科が風車へ接近することもこの餌の存在関連している可能性が考えられる



◆ その他、潜水性でかつ親水性の高い羽毛をもつ鳥類は、洋上に構造物が設置されることにより羽毛を乾かす場所などとして利用することも考えられる

© CRIEPI

8

電力中央研究所

まとめと今後の課題

◆ 欧州における洋上風力発電と鳥類の関係から、洋上風力発電は鳥類の既存のネットワークに影響を及ぼすだけでなく、新たなネットワーク形成に寄与する可能性が考えられた

◆ 日本において、今回検討したような鳥類の風車に対する反応はほとんど得られていない

◆ 多くの種の反応を把握することができれば、飛行高度などの情報とあわせてことで、衝突し易い種の検討などに活用できるかもしれない

◆ 開発による影響予測の精度を高め、海域の適切な利用を進めためには、発電所の運用開始前後に継続的なモニタリングを行うことが重要となるだろう

© CRIEPI

9

んど日本では得られていないので、今後継続的なモニタリングというものが非常に重要となってくる
というふうに考えております。

すいません、ちょっとオーバーしましたが発表は以上になります。ご清聴ありがとうございました。

質疑応答①

秋山：白井さん、ありがとうございました。ここからは質疑応答に入りたいと思います。ご講演いただいた3題についてご質問等のあるかた挙手をお願いいたします。そして講演者3名の方達は今椅子が上がって参りましたが、その椅子のところまで来てください。ではよろしくお願ひします。ご質問のあるかたは挙手をお願いいたします。古川さん、お願ひします。



古川：海辺つくり研究会の古川と申します。ご講演どうもありがとうございました。渡辺さんにご質問させていただきたいと思います。ブルーカーボンの生態系をなんとか守ったり再生したりしようとすることで我々も一生懸命活動していますけれども、そのときに水中のカーボンが減るということだけではなくていろんなところにブルーカーボンの生態系が効いてくるんだろうということに注目したいなと思っているんです。質問なんですが、最後のほうで水中の炭素は減っているけれども、それが大気の二酸化炭素を減らすということにはならないんじやないかというようなお話がありました。一方で水中の二酸化炭素が減れば、今もうひとつの地球温暖化問題と言われている海洋酸性化への対応策になるんじやないかということで、ブルーカーボンの生態系の再生の重要性のひとつとして海洋酸性化への適応というのが対策というふうに考えているのですが、もし大気からの二酸化炭素が平衡状態になるためにまた入ってきてしまうと海洋酸性化の対策にはなり得ないというようなこともご発表を聞いて懸念されたんですが、この点に関してのご見解を、追加でコメントいただけたらと思います。

渡辺：ありがとうございます。ご指摘の通り減ったCO₂がすべて大気から吸収されれば当然酸性化抑制効果はなくなることになるんですけども、幸い今回の研究もそうですけれどもタイムラグがあるということで、そのタイムラグの間は抑制効果が効いていて、そういった海水が沖に出て行って、海洋酸性化で我々がターゲットにするのが沿岸の生物だとすると、沿岸から離れたところで吸収するということになれば、どちらの効果も取れるということになると思います。

一方そういった沖合の生物に対する酸性化抑制効果としてはあまり意味がないということになるとは思いますが、沿岸に限ればある程度pHを上昇させる効果はあるんじゃないかとは思います。

古川：そこらへんを検討するときにどれぐらいのタイムスケールでそれが起こるのか、酸性化に関しては2070年ぐらいまでにいろんなことが対策できないと水中がかなり厳しい。温暖化対策については2030年を目標にみんなが頑張っている。そこらへんのところの検討の優先順位を考えるため

にもぜひ時間スケールの定量化のご研究が進むことを祈念しております。どうもありがとうございます。

秋山：ありがとうございます。他にご質問のあるかた、いらっしゃいますか？お願いします。

石倉：ご講演ありがとうございました。東京の江戸川区の西葛西から来ました石倉と言います。近いところに葛西海浜公園があるのでよく行くんですが、冬はまだしも夏はだいぶ透明度が低いんですが、できればもっときれいな水が、透明度が高いほうが良いなというふうに思っています。ただ、豊かな海と透明度が高いということは必ずしも一致しないことは承知しているつもりなんですが、やっぱり葛西臨海公園があるあたりは100年前とかはアマモ場がしっかりしていて、それがいわゆる江戸前の漁場を作り出していたというようなことを聞いたんですけども、その頃は水もきれいだと聞いていたんですが、そういうアマモ場を葛西海浜公園のところに復活させるためにはどのようにすれば良いのか、もっと平たく言えば、特に夏場の海水の透明度をできれば上げたい、どうしたら良いんでしょう。よろしくお願ひします。

渡辺：私も藻場再生とかの専門家ではないと思うんですけども、今東京湾で結構アマモは北上していると。要はアマモの一番多いのが富津とかあのあたりでしたけれども、徐々に東京湾の奥のほうに広がっているという話は聞きます。主な要因は透明度が向上しているからだというふうに言われていますが、現状まだ西葛西のあたりは難しいと思いますが、透明度が上がってくれればアマモの生息可能範囲も広がるというのは間違いないことだと思います。ただ、透明度を下げるためには基本は栄養がなくなるとか、そういう方向に行く必要はあると思うので、いろんな相互作用を考えながら良い姿を考えていく必要はありますね、アマモだけが良いわけではないという場所もあると思うので。

石倉：たとえば昆布とか鉄腕ダッシュなんかでもやっていますけど、ワカメを植えたりもしたほうが良いものなんでしょうかね。

渡辺：それも適材適所だとは思いますね。結構湾の奥のほうは塩分も低いので海藻にとっては厳しい環境だったりすると思いますし。どちらかというとアマモのほうがそういった環境にはまだ強いとは思います。

石倉：わかりました。ご教示いただければと思いますが、そういうものに詳しい人で、この人に聞いたらアマモ場とか、要するに別の言葉で言えば葛西海浜公園のあたりの水の夏の透明度を上げるにはこうしたら良いよみたいなアドバイスをいただける人がいたらご紹介いただけとありがたいです。

渡辺：透明度を上げるためにきっと淡水側の、要は下水処理とか、もうちょっと広い視野で考えないといけないと思うので、生態系を再生する活動をされているかたたちはもちろんのこと、流域管理

とかをしているかたたちも含めて議論をしなきやいけないと思いますね。誰が良いというのはパッと
思い浮かばないんですけれども。

秋山：他にご質問のあるかた、いらっしゃいますか？お願いします。

尾島：日本水中科学協会の尾島と申します。今日はどうも有意義なお話をありがとうございます。一
番最初の柚原さんにお伺いしたいんですが、カニの幼生、日本の中でネットワークがつながっている
というお話だったんですけど、基本的に東京湾の中だけというのはだいたい想像つくんですが、そ
れ以外の西日本からずっと東北までつながっている種類に関しては、それは黒潮とか海流を介して幼
生が上のほうに北上するということなんですか？

柚原：ご質問ありがとうございます。もちろんそういう形ですね。たとえば先ほど言ったベンケイガ
ニもそうなんですけども、それ以外に東京湾が北限であったオサガニというのが去年今年ぐらいから
東北地方の複数地点で見つかっているんですね。なぜかというと黒潮がかなり北まで、去年とか今年
は東北まで、三陸沖まで行っているので、幼生が分散されて、また温度も暖かいので定着した可能性
があります。カニ類は東北地方に分布北限域が広がり、かなり北進している状態になっています。

尾島：たとえば東京湾の中であれば最初のお話の趣旨のところで説明があった通り、たとえばどこか
で青潮が発生したときに他の地域から幼生がもう一度運ばれてきて増えるというのはあったんですけど、
逆に言って北側から南のほうに幼生が降りるという可能性というのはあるんでしょうか？

柚原：基本的に干潟のカニ類はもともと中国南部や東南アジアとかあのへんがオリジンというか、そ
れでだんだん北に行っている種が多いんですね。たとえば北から南への方向性、北方の種というの
はズワイガニなど、北にしかいないのは南に来るかもしれないんですけど、基本的には親潮に乗ってきて
も限界があるので、基本的には方向的には南から北で考えています。

秋山：ありがとうございました。もうちょっとだけ、あと1問ぐらい受け付けたいと思います。いか
がでしょうか。

八木：防衛大学校の八木と申します。大変興味深くお話を聞きしました。最後の白井さんのやつ、
非常に興味深かったので教えていただきたいんですけども、鳥によっては近づいてくるやつもいると
いうことで非常に、その原因としてエサが原因じゃないかということで興味深かったんですが、一方
で風力発電って漁礁効果を期待するようなところもあって、そうするとちょっとトレードオフみたい
な気が、お聞きしたんですけど、そのあたりはどういうふうに考えていいかとか、そういうの
というのがあったら教えていただきたいなと思いまして、よろしくお願いします。

白井：ありがとうございます。そのあたりは非常に難しい問題だなと私自身も感じているところで、当然鳥の餌場として水産有用種がどれくらい集まつてくるかとか、鳥目線で良い魚がどれくらい集まつてくるか、また少しずつ違うところもあるかと思います。あとはまだはっきりしないところとしては風車直下をどういうふうに、今度は事業者側が管理していくかというところ、つまりそこをどう利用できるのか、あるいは立ち入りができなくなるのかというところもいろいろと考え方があるかと思います。はっきりしない回答で申し訳ないんですけども、今回鳥のモニタリングと最後お伝えしましたが、それだけではなくて餌場としてのモニタリング、あるいは魚目線でのモニタリングというのも非常に重要になってくるかなとは思っているところです。

八木：このあたりの細かい調査というのは日本では結構やられているものなんでしょうか？

白井：環境影響評価に関連してモニタリングをするという場合もありますし、自主的にやられているところもあるかと思います。あとは建設前の状態がちょっとわかりにくいというところに課題があるかと思います。建ったあとというのはある意味観測しやすいところもあるんですけども、事前の状態がわかりにくいように感じます。そのあたり、調査技術についてはカメラですとか、あるいはAUV（自律型無人潜水機）などの調査技術自体は進んでいるので、そういうものをどう組み合わせていくかという段階には来ているかなと思っています。

秋山：それでは時間になりましたのでこのあたりで質疑を締めたいと思います。ありがとうございました。

藤本：NPO法人エスコット代表藤本と申します。本日はよろしくお願いします。

2019年の房総半島台風を機に海面水温を冷やす装置の開発に着手しました。

それと並行して鉛直水温の調査を千葉県の勝浦とその隣の御宿町の2か所で行いました。その結果、勝浦では海面水温と水深8メートルの水温の間に最大8度の水温差があることがわかりました。御宿では水深10センチと水深2メートルの間で2から3度の水温差があることがわかりました。

この水を効率的に汲み上げ海水を攪拌するのが波動式湧昇ポンプの役割です。

波の上下運動を利用して逆止弁が開閉し海水を汲み上げる井戸水汲み上げとほぼ同じ原理の装置です。

仮に波の振幅が10センチの場合、一日に約270トンの海水を汲み上げる事が出来ます。現在モニター販売を開始しましたが制作指導のワークショップなども行う予定です。以上です。



亀田：活き活き東京研究会の亀田と申します。内湾の奥部の貧酸素水域ですね、これの改善のために栄養塩の削減というのが大きな課題なんですが、沿岸の自治体、埼玉県とか東京都にとって財政的に非常に今厳しい状況にあるのと、それからもうひとつ大きな温暖化防止のためにCO₂削減を迫られています。下水処理場はだいたい1立方メートルの下水を処理するのに0.45キロワットアワーの電力を使いますが、これを削減しなきゃいけないというようなこともあって、なかなか改善が進まないというような状況で、各自治体努力しているんですけれども。それでじゃあ今後どうしようかということで、実は東京の内湾というのは平均水深が15メートルで、1日2メートルの海水の出入りがありますから結構海水交換が良いんですね。ということで、生物活動が収まる1月から3月までに処理の程度を、今リンの処理程度というのがだいたい流入水の77%ぐらいは取っているんですけど、通常の下水処理ですと5割ぐらいなんです。ということで、5割ぐらいにリンの除去率を落とすとそのぶん電力が減らせますし、生物活動が鈍りますので、余ったリンが外洋に出て行ってブルーカーボンの生成に寄与するということで、そういうものもあって冬季に栄養塩除去を減らして、そのぶん資源が回せたら夏の処理程度を上げるというのは、そういう検討も良いんじゃないかなということで、大まかな検討ですが、そういう冬季に栄養塩の処理程度を下げる、そういう試算をしたものでございます。



03

篠志観測船による海洋モニタリング活動 この一年を振り返って

NPO法人 ヴォース・ニッポンの活動紹介



【東京湾内の基本航路】
図は、東京湾中央防波堤から北緯35度まで



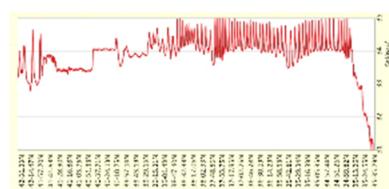
【海洋観測装置をメンテナンスするボランティアスタッフ】

篠志観測船「ひまわり8」



「ひまわり8」は、日本通運株式会社様が運航する高速RoRo船で、東京港の中央防波堤と北海道の吉小牧／釧路間を航行。ヴォース・ニッポンは、同社のご協力をいただき、海洋環境のモニタリングに取り組んでいます。

★トラブル発生(その1)：「塩分計の記録異常」



【2023年11月28日の東京・苦小牧間の塩分値グラフ】

2022年から確認される塩分計の記録異常。
いったん収まるも、2023年も同時期に発生。
電磁波防止シートを巻くことで、現在は回復
しています。



【塩分計】
Sea-Bird Scientific社
SBE45



【電磁波防止シートを周囲に巻くことで、現在は回復】

解決！

★トラブル発生(その2)：「データ欠損(時刻飛び)発生」



【GPS測位システム】

ケーブル接合部の劣化が原因



【GPSに起因する、データ収率の低下】
1日の24時間に1440件分となるデータ記録。その一部が記録されないデータ
欠損(時刻飛び)が、2024年1月13日から確認されました。
GPS下部、ケーブル接合部の劣化が原因で、ステンレス製の接合部(ジャン
クションBOX)に変更。現在は、安定した記録を維持しています。



【ケーブル接続箱(ジャンクションBOX)にて復旧】

解決！



【問い合わせ先】

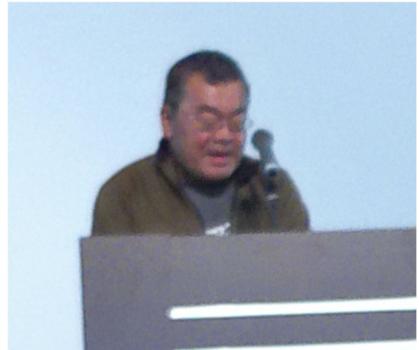
特定非営利活動法人 ヴォース・ニッポン

〒250-0011 神奈川県小田原市栄町1-18-7 エムズタワー1001 / TEL 0465-21-6105

URL : <http://vos-nippon.jp> / E-mail : vos-npn@vos-nippon.jp



山本：日本水中科学協会、山本と申します。代表理事の須賀次郎に代わりまして発表させていただきます。お台場水中調査、1996年から約30年近く毎月1回、基本的には最終日曜日に潜水して調査しています。ちょうどフジテレビの前あたりですね、そこを見ています。2020年ぐらいから覆砂もされていまして、その覆砂の影響の調査などもカメラなどで撮りながらデータを残しています。興味があるかたはぜひご連絡ください。ポスターーション、よろしくお願いします。



04

お台場水中調査 (特定非営利活動法人：日本水中科学協会)



イシガニ：お台場に生息する蟹の類で、現在、最も目立っている。

撮影 山見徹

1996年(人工砂浜がオープンした年)港区が主催するクリーンアップを企画し、水中撮影調査も始めました。2003年から隔月、20011年からは月例になり、現在 225回になります。

メンバー各自、自分のテーマを持つとともに、ライン撮影調査を行い、結果を港湾局に提出しています。この大感謝祭にも、図鑑的な映像を発表しています。

【2024 メンバー】

尾島智仁(運営:海洋測定調査 底生生物)尾島雅子(魚類、スポット撮影) 風呂田利夫(研究指導)多留聖典(研究指導
底棲生物) 山本徹(ライン調査C) 小林正昭(ライン調査D) 清水義昭:三ツ橋知沙(海草) 山田康和:臼島多美子
(底生生物) 依田浩太郎(バクテリアマット 東大大学院) 深谷真央(撮影訓練 東京海洋大学潜水部)
須賀次郎(責任者 日本水中科学協会 代表理事)



【問い合わせ先】

特定非営利活動法人 日本水中科学協会 須賀次郎
〒135-0046 東京都江東区牡丹3-9-1 TEL 03-3820-6756 E-mail : jaus2010@gmail.com

産業技術総合研究所・環境調和型産業技術研究ラボ（E-code）での沿岸域を対象とした環境影響評価技術の概要

産業技術総合研究所 井口 亮

井口：ご紹介ありがとうございます。産総研の井口と申します。私たち産総研はさまざまな領域が融合した融合ラボというものが設立され、私たちは主に環境関係の社会課題解決に資するE-codeに所属しております。実際には100人ぐらい所属していて私はその1人なのですが、私たちは環境の沿岸チームとしてさまざまな環境課題に取り組んでまいりました。その中で環境DNAとかシロギスの研究とか、東京湾とも少しゆかりのある研究もございますので、それらをぜひ紹介させてもらえればと考えております。どうぞよろしくお願ひいたします。



Eco PARI シミュレータを用いたお台場周辺海域における合流式下水道雨天時越流水 (CSO) 由来の糞便汚染の数値解析

横浜国立大学 大学院都市イノベーション学府 都市地域社会専攻 有井瑞稀

有井：横浜国立大学海岸・水圏環境研究室修士2年の有井と申します。お台場周辺海域において合流式下水道越流水 (CSO) に起因する糞便汚染の数値解析を3次元流動生態系モデルを用いて行っています。雨量の実測データから算出したCSO発生量をもとに、海域におけるCSO由来の大腸菌の挙動を解析します。モデルには紫外線や塩分による大腸菌の死滅を組み込み、降雨後に海域の大腸菌濃度が上昇し、その後徐々に減少する様子を再現します。当初大腸菌の減少傾向が強すぎる課題がありましたが、高塩分耐性を有する大腸菌を考慮したところ、計算値が実測値に近づき精度が向上しました。ご興味のあるかたはポスターをご覧いただけますと幸いです。



02

Eco PARIシミュレータを用いたお台場周辺海域における合流式下水道雨天時越流水(CSO)由来の糞便汚染の数値解析

1)はじめに

お台場海滨公園は都市近郊の貴重な親水空間である。しかし、合流式下水道雨天時越流水(Combined Sewer Overflow, CSO)の影響を受けやすく、降雨後に水浴場を越える糞便性大腸菌群数が検出されている。水辺利用者の健康リスクを低減することを念頭に、お台場周辺海域において海水へ放出されたCSOを考慮した大腸菌濃度の時間的変動の再現、及び評価が3次元流動水質モデルを用いて行われてきた。本ポスターでは、河川水を介した大腸菌の海への流入をより高精度で再現するため、お台場周辺海域を対象に新たに流動場の3次元非静水圧(Full 3D)モデルに基づくEco PARI(Ecological hydrodynamics simulation system of the PARI)を使用した解析について報告する。

2)CSO量算出

CSOは大量の雨水が合流式下水道に流れ込んだ際に、未処理のまま河川に放流される下水(雨水+汚水)のことである。本研究では、都市河川16本、ポンプ場29箇所、雨水セイター6つからの海へのCSO流入を考慮した。CSO量は合流式合成法を用いて東京都区部の降雨データから各ポンプ場、水再生センターで発生するCSO量を算出した。雨水吐き口で発生するCSO量は河川排水区全体での量を求めた。

3)現地調査

お台場海滨公園において採水調査を2023年、2024年に実行した。

調査項目	2023年	2024年
・塩分、水温(2023年のみ)	実施	実施
・大腸菌群、大腸菌	実施	実施
・糞球菌(2023年のみ)	実施	実施

調査期間

2023年: 2023年7月24～26、28日、8月1～7日
2024年: 2024年7月27～29日、8月1～4日

2024年の調査結果

4)3次元流動水質モデル概要

本研究では港湾空港研究所が開発したEcoPARI-simulatorを用いた。EcoPARI-simulatorは水温、塩分、流速、貯酸素水塊、栄養塩、赤潮(藻プランクトン濃度)、粒子追跡による潮流ごみ、二枚貝・魚の資源量の再現・予測を実現することができる。算出したCSO量をinputに計算を実施した。

5)結果

塩分の観測値と計算値の比較

降雨直後に河口付近で過小評価になるが、お台場海滨公園周辺では実測値に概ね一致する。

大腸菌時系列変化 @東京国際クルーズターミナル

降雨後に大腸菌濃度が上昇し、その後減少していく様子が再現されている。塩分耐性を有する(晴天時に環境中に存在する)大腸菌を考慮した計算結果の方が採水調査に近い値を示した。

【問い合わせ先】

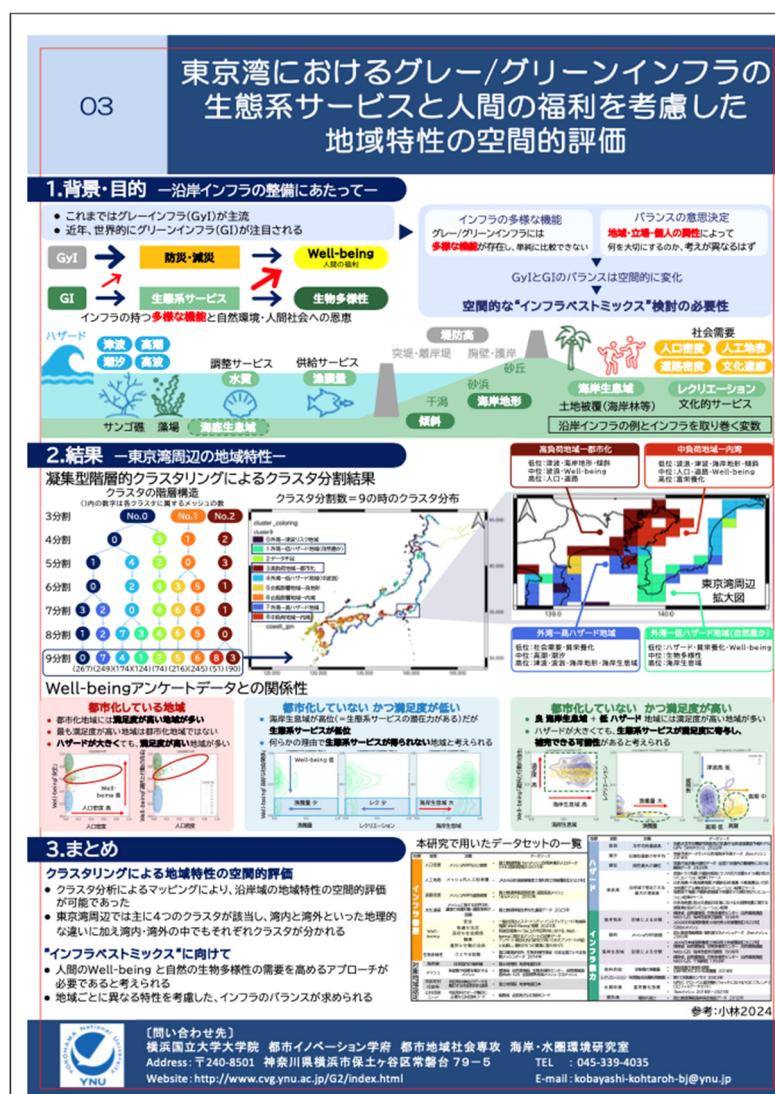
横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 都市地域社会専攻 海岸・水圏環境研究室
〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 TEL 045-339-4238
E-mail: arii-mizuki-gb@ynu.jp <http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/index.html>

-41-

東京湾におけるグレー/グリーンインフラの生態系サービスと人間の福利を考慮した地域特性の空間的評価

横浜国立大学大学院 海岸・水圏環境研究室 小林航汰朗

小林：横浜国立大学大学院修士1年の小林です。私の研究では自然や生態系を活かしたグリーンインフラとコンクリート等の構造物を用いたグレーインフラ、こうした沿岸インフラの一体的な評価について取り組んでおります。また特にグリーンインフラがもたらす生態系サービス、また生態系サービスから我々人間が受ける人間の福利、ウェルビーイングといったものも評価の対象に加えて検討を行っております。本日のポスター発表では、ポスターの前でちょっとした生態系サービスに関するアンケート調査を行いたいと思っておりますので、もし協力いただけるかたがいらっしゃいましたらご協力いただければと思います。どうぞよろしくお願ひいたします。



湾岸埋立地の再生塩性湿地クリークの植生管理は魚類・エビ類にどのような影響を及ぼすか？

茨城大学 水圏環境フィールドステーション 加納光樹

加納：こんにちは、茨城大学の加納です。私たちの研究グループでは塩性湿地の生物群集を回復させるために、2017年に湾岸埋立地に非常に大きなクリークを造成して、そこでモニタリングを継続してきています。だいぶ環境が安定しほぼ完成したクリークで、今度はどういうふうにそのクリークを管理していくかを調べる実験を重ねています。今日はとくに植生を管理したとき、つまり、植物を刈り取ったときに群集がどう変わるかというあたりを発表させていただきたいと思います。よろしくお願いします。



西脇：千葉県水産総合研究センターの西脇と申します。よろしくお願いします。東京湾官民連携フォーラムの生き物生息場作りプロジェクトチームがマコガレイ産卵場の底質改善改善を政策提案し、令和元年度から土砂が投入される形で社会実装されました。その効果と持続性について千葉県とプロジェクトチームが毎年調査を行っております。土砂を入れる前のもとの底質は泥なのですが、泥があると卵に酸素が十分供給されずに孵化率が低下することが推察されております。そこで土砂を入れて泥の溜まらない産卵場に改善しました。結果としては、卵密度が高くなった調査点がみられることから改善の効果が現れてきていると考えられます。



05 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場調査報告

マコガレイの産卵は、主に東京湾の北部沿岸で行われています。泥質分の多い底質は、沈性粘着卵であるマコガレイ卵のふ化率を低下させ、資源の減少要因の一つになっていると推察されます。

そこで、東京湾再生官民連携フォーラムのプロジェクトチームの一つである生き物生息場つくりPTは、「東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場の底質改善」を東京湾再生推進会議に政策提案し、令和元~4年に留志野市西浜地先の泥質の産卵場に、細砂主体の良質な浚渫工事で小規模な山状地形を複数造成する形で社会実装されました。

千葉県水産総合研究センターは、生き物生息場つくりPTと共に産卵場の追跡調査を実施しています。また、内湾底びき網研究会連合会、国立環境研究所と共同で稚魚の分布状況調査も実施しています。

調査内容

- ・採泥・底生生物を把握するため、船上から採泥器を投入
- ・マコガレイ卵の採集・卵密度を把握するため、船上から採卵ネットを曳網

底質改善場所の中央粒径

地點別中央粒径の推移

マコガレイの産卵状況

地點別平均卵分布密度の推移

未改善区では斜面・窪地で卵がみられ、平場ではほとんどみられなかった
※底質は粒径が小さく産卵に不適
卵の卵が発ちやすかった

改善区では頂上・窪ともに卵がみられた

改善前：粒径が小さく（泥質）、産卵に適さない状態 ⇒ 改善後：粒径が大きく（砂質）、毎年卵がみられる状態に

産卵場の底生生物相

最近のマコガレイ稚魚の発生状況

生き物生息場つくりPT、千葉県水産総合研究センターは、マコガレイ産卵場の底質改善効果の持続性を検証するため、今後も関係機関と連携しながら調査を行う予定です。

東京湾再生官民連携フォーラム生き物生息場つくりプロジェクトチーム・千葉県水産総合研究センター
〔地合わせ先〕
東京大学院新領域創成科学研究科・社会文化環境学専攻 佐々木 洋(ささき りょう)
TEL:047-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL:047-316-4812 E-mail:jssak@k.u-tokyo.ac.jp

千葉県水産総合研究センター・資源研究室 西脇 土歩(にしづか どっぽ)
TEL:047-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5 TEL:047-45-1231 E-mail:d.nishik@pref.chiba.lg.jp

宇都：千葉県水産総合研究センターの宇都と申します。千葉県ではなかなかならない貧酸素水塊とどううまく付き合いながら漁業を継続していくかという観点で貧酸素水塊の影響軽減策という研究に長年取り組んできています。今日のポスター発表では私たちが近年注目をしている東京湾の東岸にある天然のマウンド状の浅場について環境調査を行いましたのでその結果をご報告します。また将来的にはこういった浅場を人為的に作ることで水産生物の餌場ですとか避難場を作れないかというふうに考えています。そういったところについても言及していますのでぜひポスターをご覧にいらしてください。よろしくお願いします。



06 東京湾東岸における貧酸素水塊の影響軽減を目的とした漁場環境改善策の検討

背景と目的

2024年1月1日 貧酸素水塊

貧酸素水塊：底層酸素量2.5 mL/L以下 (W, 1999)

東京湾の現状把握と貧酸素水塊対策の方向性

流入負荷は減っても、海底には堆積した有機物が多量に存在するため貧酸素水塊は減少していない

貧酸素水塊と付き合いながら、漁業を継続していく対策が必要

研究目的

貧酸素水塊から底生生物を守る、浅場・マウンド造成の効果検証

方法

調査点の概略図

結果

底層DOは7月、9月に低下

養老5m、五井5m、北袖マウンド上は貧酸素化しにくい

中央粒径は水深が深いほど小さく、養老5m、五井5m、五井10m、北袖マウンド上で大きい

強熱減量は水深が深いほど大きく、五井5m、五井10m、北袖マウンド上で小さい

多毛類分布密度は養老5m、五井5m、北袖マウンド上で高い

考察と展望

なぜマウンドの上で生物が生き残るのか？

周囲よりも3~4m深い

水深が浅いため、潮汐や風などによる流れの影響を受けにくい、底層直上で酸素が消費されても、同じ水深帯の海水を混合するため、底層DOが低下しにくい

周囲に傾斜がある

浮泥がマウンドの上へ落ちるため、上には有機物が堆積りにくく、酸素消費量が小さい

傾斜により流れの変化が生じやすくなる

これらのことから、マウンドの上で生物が生き残ると思われる

貧酸素水塊と付き合いながら漁業を継続していくための対策

水深10m付近に生息している底生生物の全羅を防ぐため、マウンド造成が効果的ではないか。※造成には詳細な条件把握が必要

まとめ

北袖マウンド上は、マウンド下や同水深の岸寄りの地点に比べて、夏季でも貧酸素化しにくく、中央粒径が大きく、強熱減量が小さく、多毛類の分布密度が高いといった特性がみられた

北袖マウンド上は年間を通して良好な底質が保たれ、一定量の底生生物の分布が認められた

周囲より3~4m深いため底層溶存酸素量が低下しにくく、傾斜により底質が悪化しにくいと考えられた

底生生物を守るためにマウンド造成が効果的、今後は造成に必要な詳細条件を検討していきたい

問い合わせ先

千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所 宇都(うと)・渡邊(わたなべ)・石井(いしい)

〒293-0042 千葉県富津市小久保3091 TEL0439-65-3071 E-mail : ut@pref.chiba.lg.jp

<https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/index.html>

河野：横浜国立大学比嘉の代理でお話させていただきま
す。同じく横浜国立大学修士1年の河野と申します。我々
横浜国立大学と東京海洋大学、あと電力中央研究所、東京
電気大学の4つの研究機関で実習艇「ひよどり」による東
京湾合同水質調査を行なっています。本調査によって植物
プランクトンの変遷や生態系モデルの開発、性質測定手法
の開発、炭素循環の解明といった研究を展開しています。
今後も月1から2回で観測を継続していく予定です。詳
しくはポスターを見てくださると幸いです。よろしくお願ひします。



07 2024年度 実習艇「ひよどり」による
東京湾合同水質調査

■ 合同水質調査の目的
2023年より東京海洋大学所有の実習艇「ひよどり」により、東京海洋大学（代表：宮田恭輔）、電力中央研究所（代表：岡田釋久）、東京電気大学（遠藤栄実）、横浜国立大学（代表：比嘉紘士）の共同で東京湾の合同水質調査を実施しています。本調査により、東京湾の植物プランクトンの変遷、生態系モデル開発、人工衛星・水中カメラ・多波長励起蛍光光度計による水質測定手法の開発、炭素循環の解明に資する研究を展開しています。月に1~2回の定期調査を継続予定であり、今後多くの研究成果が発表される予定です。本ポスターでは、2024年度における合同水質調査の成果の一部を報告します。

■ 調査地点と測定項目
図：2024年6月11日における調査地点の一例

■ 合同調査の実施による成果の一部

1. 3次元流動・生態系モデルによる水底間相互作用を考慮した硫化物・鉄・マンガン循環の解析

図：水底間物質循環の概念図

従来の東京湾における流動・生態系モデルでは、浮遊系・底質系モデルは結合は行われているが、簡易的にモデル化されており、水底間の相互作用を考慮する上では不十分と考えられる。

本研究では、適切な内の物質循環のバランスの把握や、環境改善策の影響評価を目的として、水底間の相互作用に着目した3次元流動・生態系モデルの構築を目指している。

2. 船舶と人工衛星との同期観測の実施

JAXAの第3回地球観測研究プロジェクトに参画しており、「しきさい」衛星の東京湾での利用に関する研究を展開している。本調査によりマッチアップデータを取得し、東京湾の水質推定精度を向上させ、衛星データを用いた恒常的な環境モニタリングを実現する。

図：2023年9月18日の「しきさい」クロロフィルデータ

3. 水中カメラによる東京湾内の鉛直構造映像

上図：湾中央部（地点6'）における海中映像2023年9月10日 13:00
左図：カメラ設置の様子

水中カメラを使用した水質鉛直構造の測定を行っている。表層は鮮やかな緑色、中層までに光は届かず、暗闇の中に突如として白濁層が現れ、海底まで続く。白濁層の原因は無酸素水塊に含まれる硫化物が有酸素水塊との界面で、コロイド状の堆積硫黄が生成されたためと考えられる。

4. 東京湾浦安沖塩地における多波長励起蛍光光度計MFLによる鉛直分布測定値と主成分分析

図：多波長励起蛍光光度計MFLの測定結果によると、各波長の蛍光強度の鉛直分布はクロロフィルと類似。蛍光強度が波長を主成分で分解する第一主成分（PC1）が約8%を占めている。PC1には全波長が等しく寄与している。PC1とクロロフィルとのR²は0.95、PC1の蛍光スペクトルは珪藻のものと考えられる。

5. プランクトンネットNORPAC (a twin NORth PACific standard net)による植物プランクトン調査

2種類の組み合のナイロンネット、動物用NGG54 (330μm、通称GG)と植物用NX113 (100μm)を使用。

上図：ゴム管を止めてネットを洗い、残ったプランクトンを採取。上図2：2023年6月5日ヤムシが多く見られた。ヤムシ類(Sagittoidae)：体長-20mm肉食でカイアシ類などを丸呑みする。右図：ネット使用の様子。

問い合わせ先
横浜国立大学 都市科学部 都市基盤学科 海岸・水環境研究室
〒240-8501神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4238
E-mail : higa-h@ynu.ac.jp Website : <http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/>

大坪：国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所の大坪でございます。本日はよろしくお願ひします。私どもは、横浜港の一番奥まったところに瑞穂ふ頭がございますが、その対岸の極めて閉鎖性かつ汽水も入ってくるような場所に人工干潟を造成しております。先ほど秋山様のスライドの1枚目でもご紹介いただいた人工干潟でございますが、その干潟で微細藻類の活動に着目した炭素吸収固定についての調査に着手しました。2年やってみたのですが、本当に目の前に人工干潟があり、とても恵まれた環境で仕事をしているのですが、こんなところで微細藻類が活動してくれているのだろうかと思ったものの、調べてみるとそれなりの数値が出てくるものでして、その調べ方が妥当なのだろうかと思っているところです。これからこの成果の発展やどのようなところに適用していくかというところも踏まえて調査を進めていきたく思っております。皆様とポスターを通じてでございますが、意見の交換もしくはご助言いただければと思います。よろしくお願ひいたします。



08 「潮彩の渚」で炭素吸収・固定能力の基礎調査に着手しています

1. 背景・目的

・近年、ブルーアイフラーの保全・再生・創出を通じたブルーカーボンの活用の推進を目指し、沿岸生態系のCO₂吸収機能に着目したCO₂交換に関する調査が発効に行われています。

・横浜技術の潮彩の渚では、閉鎖性水域かつ汽水にもあたる人工干潟において炭素吸収・固定の能力を定量的に把握するための基礎調査を実施しています。

2. 干潟によるCO₂吸収の仕組み

・潮彩の渚上には微細藻類が多数生育している

・微細藻類は光合成し、ブルーカーボンとして機能

・光合成によるCO₂の吸収量、呼吸による放出量を計測

・潮彩の渚のCO₂吸収・固定量（能力）を評価できる

3. 計測手法（底生系チャンバー法）

・泥面でのCO₂濃度の変化を直接計測するシステム

・明条件では、微細藻類が光合成せしCO₂を吸収

・暗条件では、微細藻類が光合成せしCO₂を吸収しない

・両条件の差から微細藻類のCO₂吸収量が算出可能

4. 調査から分かった潮彩の渚のCO₂吸収・固定能力

・CO₂濃度を重層に換算し、単位時間当たりのCO₂交換量を算出

・計算モデルによる算定の結果、潮彩の渚のCO₂吸収・固定能力は自然の干潟と同等と判明

【明条件のCO₂濃度変化】

【暗条件のCO₂濃度変化】

【CO₂吸収・固定能力の比較】

対象	CO ₂ 吸収・固定速度 (t CO ₂ /ha/year)
潮彩の渚①	上段 2.6
	中段 1.0
干潟（全国平均）②	2.6
スギ人工林③	8.8

【今後の展望】

・調査を継続し、推計精度を向上

・人工干潟における炭素固定能力の向上策を検討

（問い合わせ先）

国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所
大坪貴明、志茂香、佐藤裕紀
TEL_045-461-3896 E-mail_info-y83ab@mlit.go.jp

（連絡先）

復建調査設計株式会社 東京支社
三戸勇吉、西本祐汰
TEL_03-5835-2631 E-mail_y-mito@fukken.co.jp

岡田：皆さんこんにちは。今日は司会者でなく発表者ということで参加させていただいている。ポスターですが、国環研の東さんをリーダーとした本プロジェクトは沿岸域および生態系のデジタルツインの開発というのを目指しています。このシステムは、沿岸域の環境がさまざまな施策や気候変動に対してどのように変化するかを予測し、ビジュアル化して見せるというシステムです。このシステムの実用性を高めるために、今日は皆様のニーズをたくさん吸収したいと思い、皆さんにこのようなチラシを配布させていただいている。ここにアンケートがありますので、ぜひ皆さんにはアンケートにお答えいただいて皆様のニーズを我々に与えていただければなと思っておりますのでよろしくお願ひいたします。



09

市民参画による再生ビジョンの構築 と価値評価 沿岸環境・生態系デジタルツインの開発と実践

沿岸環境・生態系デジタルツイン

沿岸域では、総量削減等の水質改善に向けた従来施策に加え、栄養塩類管理や藻場・干潟の保全・再生等の豊かな海に向けた新たな施策・取組みが重層的に行われているが、**生物多様性・生産性**への効果は明らかにされておらず、定量的評価手法の開発が求められている。また、ナイチャーポジティブに向けたOECM・自然共生サイトの促進のため、**その効果や価値を市民・民間等に分かりやすく伝える「見える化」**も必要とされている。

沿岸域の様々な施策・取組みの効果や気候変動の影響等を予測・評価するとともに、予測・評価結果をバーチャル空間上で分かりやすく可視化する沿岸環境・生態系デジタルツインを開発する。

市民参画による再生ビジョンの構築

デジタルツインの実用性を高めるため、**市民・民間等からのニーズを幅広く収集して、デジタルツインの開発に反映する。**

- 「市民参画プラットフォームにおける再生ビジョンの構築」の実践の場を設け、再生ビジョンの検討に必要となる社会科学的な情報やツールを整備・開発
- 構築された再生ビジョンと検討の過程においてステークホルダーの構成やデジタルツインの影響・効果を解析する。
- 大阪湾で3か所、東京湾で3か所の市民参画プラットフォーム構築を目指す。

【問い合わせ先】
海辺つくり研究会 古川 勝太（サブテーマ4 リーダー）
環境研究総合推進費 沿岸環境・生態系の統合的管理のためのデジタルツインプラットフォームの構築
サブマ1: 沿岸環境・生態系デジタルツインの開発と実践、サブマ2: 市民参画による再生ビジョンの構築と価値評価

10

港湾域における堆積物標本試料を用いた鉛直分布特性

はじめに

- 港湾域は、都市や産業集中地を沿岸背後に控えているため、**人間の諸活動の影響を受ける人口**となっている。
- 港の堆積物は、**人間起源の活動の影響**を受けた負荷の終着場所であり、堆積物にはその活動記録が残されている。
- 港の海底は、人々の目に触れにくい場所であり、堆積状況が不明である。
- 標本試料には、**堆積物の鉛直特性を視覚的に把握できる**という利点があり、展示物や地理教育の教材として活用が期待できる。

研究目的

港湾域の運河および航路の堆積物標本試料を用いて人為活動による堆積特性を明らかにする。

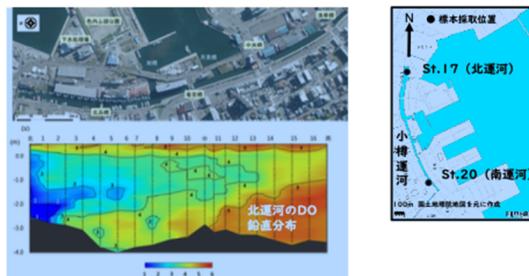
標本作製・剥ぎ取り法



結果と考察

■小樽港 運河の特徴

- 100年前（1923年）に海面を埋立して建設された
- ヘドロの堆積が顕著、貧酸素水塊の発生による水底質悪化



調査概要

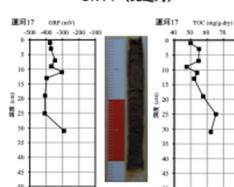
■堆積物試料の採取（2023年：7月～9月実施）

- 小樽港（運河）、釧路港（航路）で未搅乱堆積試料を採取。
- 標本試料は、半割アクリルコア（内径5cm、長さ1m）を用いて採取。
- 分析試料は、層切・分取を行い、冷蔵輸送して分析に供した。
- 全有機炭素は、酸処理後にCHNコードを用いて測定した。

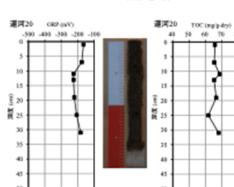
■現地観測・化学分析

- 酸化還元電位（ORP）は、現地で電極を用いて測定した。
- 有機炭素は、酸処理後にCHNコード（950°C）を用いて測定した。
- 水質は、多項目水質計を用いて鉛直方向に測定した。（小樽運河）

St. 17 (北運河)



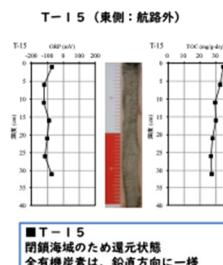
St. 20 (南運河)



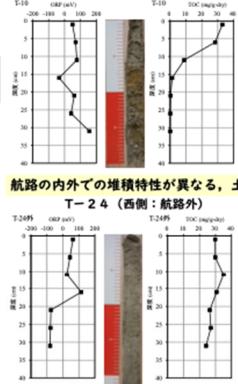
北運河（幅40m）、南運河（幅20m）では、背景条件により堆積特性が異なっていた

■釧路港 航路の特徴

- 西港区では、工業用施設が立地
- 船舶通航に必要な水深確保の航路整備
- 河川・港内からの堆積物により航路が埋没する
- 水深を確保するため浚渫を定期的に実施

■T-15
閉鎖海域のため還元状態
全有機炭素は、鉛直方向に一様

T-10 (西側: 航路内)

■T-10
表層10cmは、浚渫後
1年で堆積
全有機炭素は表層か
ら15cmまで変化して
いる
15cm以下は砂質土の
ため一様

航路の内外での堆積特性が異なる、土砂埋没の影響が顕著

T-24 (西側: 航路外)

■T-24
有機炭素の堆積は鉛直
方向で変化なし
表層より20cm以深さ
から還元状態

結論と課題

- 鉛直方向の堆積物の外観の観察により、港湾域の航路・運河での堆積特性が明らかになった。港湾背後での人為活動の影響把握が可能であると考えられる。
- 港湾域の堆積物は、陸域の土壤試料と異なり高含水比（100%以上）である。採取時の質感を保持することが可能な標本作製が今後の課題である。



[問い合わせ先]

国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部 海洋環境・危機管理研究室 内藤 了二

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 TEL 046-844-5023 E-mail : naitou-r852a@mlit.go.jp

<https://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/engan/kaiyou/kenkyu/tkbs-reports.html>

全国の海草・海藻藻場の分布およびCO₂吸収量の推定

港湾空港技術研究所 茂木博匡, 水産研究・教育機構 須藤健二 (株) サイエンス アンド テクノロジー

柳田圭悟・菊田将平, 水産研究・教育機構 堀正和, 港湾空港技術研究所 桑江朝比呂

11

全国の海草・海藻藻場の分布およびCO₂吸収量の推定

茂木博匡¹・須藤健二²・柳田圭悟³・菊田将平³・堀正和²・桑江朝比呂¹



¹港湾空港技術研究所, ²水産研究教育機構, ³サイエンスアンドテクノロジー



ハイライト

- ◆日本のブルーカーボン生態系の中で海草や海藻藻場はもっとも広く分布する生態系であるが、インベントリ(温室効果ガスの吸収量)には未だ含まれておらず、世界でも登録した国は未だ無い状況
- ◆本研究では、インベントリのための日本全国の海草・海藻藻場におけるCO₂吸収量を算定できるシステムを開発
- ◆藻場面積は1990年から現況にかけて約38万haから16~17万haと半減、CO₂吸収量は約52万トンCO₂/年から約35万トンCO₂/年と約33%減少した可能性
- ◆今年度に、世界初として国際機関UNFCCCに藻場CO₂吸収量を含めたインベントリを報告

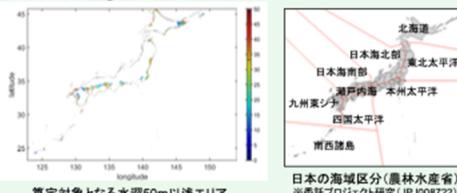
1.はじめに

- 浅海生態系(海草・海藻藻場、マングローブ、塩性湿地等)のブルーカーボン(海洋生態系に貢献された炭素)は海洋全体の73~79%を占めている(Duarte et al., 2005; Nelleman et al., 2009; Kuwae and Hori, 2009)。
- 日本の浅海生態系では、海藻・海藻藻場がもっとも広く分布しているため(桑江ら, 2019)、気候変動緩和策において我が国では藻場の役割に注目が集まっている。
- 国際機関に報告すべき温室効果ガスの吸収量(インベントリ)においては、世界においても、藻場のCO₂吸収量を登録した事例はない状況。
- 理由として、藻場は分布の短期変動が非常に大きいため、経年的な広域観測が困難であることが考えられる。
- 現地観測データのみならず、数値モデルと組み合わせることが、藻場分布およびCO₂吸収量を推定できる有効手法の一つ。
- 本研究では、海草・海藻藻場におけるCO₂吸収量をインベントリに登録するため、日本全国の藻場面積とCO₂吸収量を算定できるシステムを開発した。

2.方法

対象範囲 インベントリへの報告では、日本全体の海草・海藻藻場におけるCO₂吸収量を報告する必要があるため、対象海域は全沿岸域となる。その内、海藻の分布が主に確認できる水深50m以浅の沿岸藻場を対象とした。

また、藻場面積とCO₂吸収量は9海区ごとにまとめた。



算定対象となる水深50m以浅エリア

数値モデルに適用したデータ

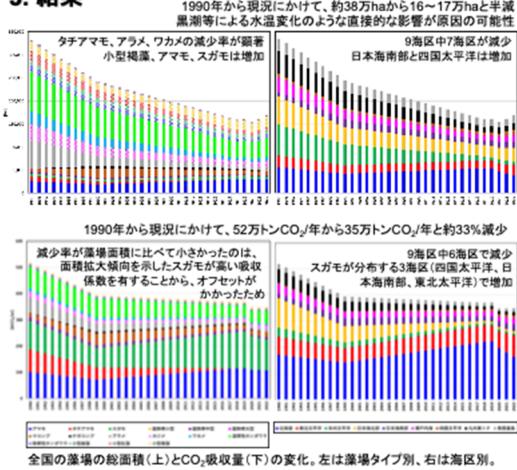
項目	使用したデータ
地形 (空間解像度: 250m)	・日本海における大規模地震に関する調査検討会(国交省 水管・国土保全) ・Global tsunami Terrain Model ・日本海潮・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(内閣府) ・南シナトラフ巨大地震モデル検討会(内閣府)
底質	dbSEABED (INSTAAR)
クロロフィル(光透過率の変数)	JAXA GCOM-C
海表面水温 (SST)	JAXA GCOM-C
全国の藻場分布(現況)	農林水産技術会議委託プロジェクト研究(JP1087222) (観測期間: 2018~2020)
全国の藻場分布(1990年~1999年)	環境省 自然環境保全基礎調査 第4.5回

藻場分布の推定手法 底質データは、海草と海藻のそれぞれの分布域を推定するうえで重要な指標(海草: 主に砂泥・海藻: 主に岩礁からなる底質に分布)。光透過率は、光合成にもっとも起因する可能性のある変数。海表面の光量を100%として、海底部の光透過率を算定した(Gattuso et al. [2006]を基に)。

$PAR = \exp(-K_{PAR} \cdot h) \times 100$, K_{PAR} : 海底部での光透過率 [%], K_{PAR} : 光消散係数 [m^{-1}], h : 水深 [m], Ch : クロロフィル濃度 [$mgCh/m^3$]

海底部における光透過率の月別の最低値が各種の成長可能最低光透過率(右表)以上となつた場合には、生育に適した光環境と判断。SST(においては、GCOM-Cデータから現況の藻場分布の観測期間(2018~2020年)の月別気候値を作成し、それぞれの種の分布域に該当する分布可能最高水温を決定(右表)。上述のデータとアルゴリズムから、観測期間と同様の2018~2020年で海藻・海草藻場の海区ごとの分布可能面積数(D_p)を算定し、基準値に設定。その後、GCOM-Cのデータが利用可能な2018年以降の分布可能面積数(D_p)を算定し、基準値との比を観測値(E_p)に乘じて、各年の藻場面積(E_p)を算定(Mori et al. [2023]の手法に基づく)。

3.結果



全国の藻場の総面積(上)とCO₂吸収量(下)の変化。左は藻場タイプ別、右は海区分。

$E_p = E_p' (D_p/D_p')$

1990~1999年の藻場分布は環境省の藻場分布に基づいて推定、2000~2017年においては有用なデータが無いため、1999年と2018年の藻場分布推定値で内挿した。2022年においては、算定時にGCOM-Cデータが十分に利用可能ではなかったことから、2020年から2021年にかけて変化率で外挿した。

CO₂吸収量の推定手法 農林水産技術会議委託プロジェクト研究(JP1087222)で観測・推定された海藻・海草それぞれの種ごとの単位面積当たりの吸収速度(吸収係数)を算定した藻場面積(E_p)に乘じることで、藻場全体のCO₂吸収量を算定した。

藻場タイプ別の成長可能最低光量と分布可能最高水温

藻場タイプ	成長可能最低光量 [%]	分布可能最高水温 [°C]
1 アマモ	18.0 ^a	25
2 タチアマモ	18.0 ^b	25
3 スガモ	13.9 ⁱ	20
4 垂熱帯小型	6.6 ⁱ	27
5 垂熱帯中型	6.6 ⁱ	27
6 垂熱帯大型	6.6 ⁱ	27
7 マコンブ	1.3 ⁱ	20
8 ナガコンブ	1.3 ⁱ	15
9 アラメ	4.2 ⁱ	25
10 ガジメ	1.3 ⁱ	25
11 ワカモ	1.3 ⁱ	25
12 温帯性ホンダワラ	2.9 ⁱ	25
13 垂熱帯性ホンダワラ	2.9 ⁱ	27
14 小型緑藻	2.0 ⁱ	27
15 小型紅藻	2.5 ⁱ	27
16 小型褐藻	2.9 ⁱ	27

^aLee et al. (2007), ^bEggerl (2012), ⁱ大型藻類の区分としては、海草: 1~6、海藻: 7~16である。^aアマモを代用。^bマコンブを代用。ⁱ小型緑藻を代用。

問い合わせ先

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域 沿岸環境研究グループ
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 TEL 046-844-5046 E-mail: moki-hi@pmpat.go.jp
<https://www.pari.go.jp/unit/ekanky/>

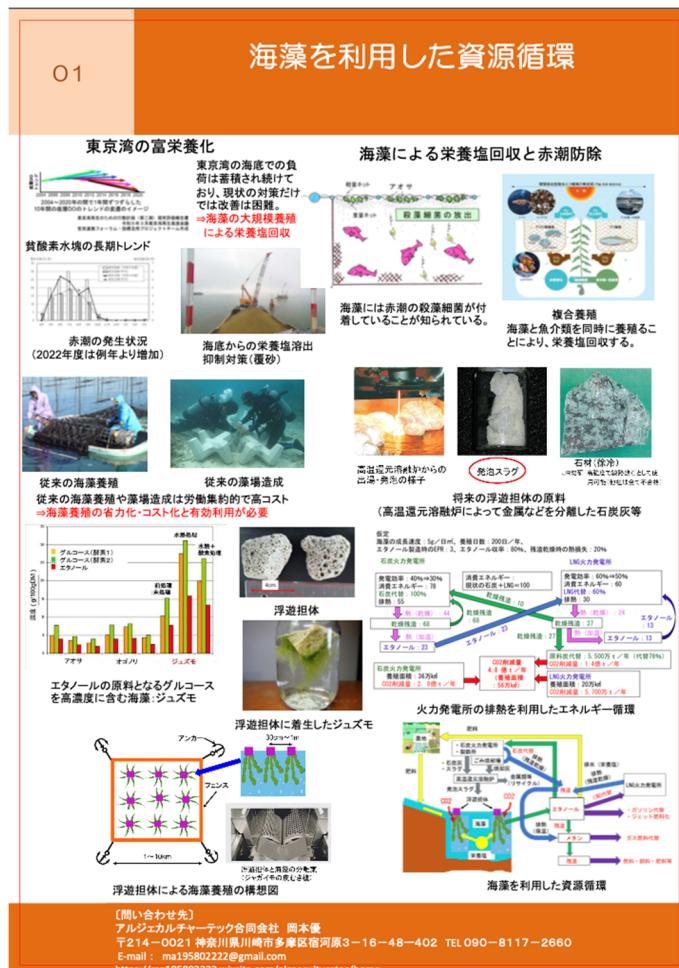


遠藤：関東地方整備局の遠藤です、よろしくお願ひいたします。皆さん「べいくりん」という船をご存知でしょうか。東京湾内でイベントがあるときに乗船見学できるというようなことを行っておりますので、ご存知のかたがいらっしゃるかもしれません、本日はその「べいくりん」という船の活動の紹介ということで参りました。「べいくりん」は東京湾の浮遊ごみ、それと浮遊油、これを回収するために整備された船であり、令和5年度におきましては浮遊ごみで約5000m³、ゴミ収集車に換算しますと1200台ほどの回収を行ったということで、主には流木ですか草木、それと時には家電製品、タイヤ、業務用冷蔵庫、ソファーなどさまざまなものが揚収されるというところです。パネルのほうではいつ発生するか、それとそれがどんな影響を及ぼすかといったことについて紹介し、「べいくりん」が重要な役目を果たしているといったところをご理解いただければと思います。どうぞよろしくお願ひいたします。



岡本：東京湾は皆さんもご存知の通り世界一過密な海です。栄養塩はどんどん溜まり続けていて、過去何十年か対策が取られてきましたけども改善はされていません。東京湾を再生するためには栄養塩を回収しなければいけないと考えています。そのために大規模に海藻を養殖する必要があるんですけども、従来の海藻養殖では労働コストが高くとても採算が取れません。それをいかに安くするか。もうひとつはできた海藻をどう利用するかということです。

従来のバイオ燃料のエネルギー収支はマイナスなんです。作れば作るほどエネルギーを消費してしまいます。エタノールの原料となるグルコースを高濃度に含む海藻が見つかっています。この海藻を浮遊担体によって省力化・低コスト化して養殖します。火力発電所の排熱を利用してエタノール発酵残渣を乾燥させて石炭代替とすることによってエネルギー収支をプラスにできると試算しています。今日はこのような技術があるということを皆さんに伝えたくて参加させていただきました。



富田：東亜建設工業の技術研究開発センター、ブルーグリーンインフラ技術グループに所属しています富田でございます。今回は東京湾におけるブルーカーボンに関する取り組みということでポスターを出展させていただいています。当社では木更津の金田でアマモ場の調査をしたり、関東地方整備局の東京湾 UMI プロジェクトで館山アマモ場造成の活動に参加したり、また港湾構造物に海藻を繁茂させるような技術、生物共生護岸の研究開発をしております。このような取り組みをポスターで紹介させていただきます。ぜひポスターのほうにお立ち寄りいただければ幸いです。よろしくお願ひいたします。



02

東京湾における ブルーカーボン生態系に関する取り組み

ブルーカーボン生態系の保全・創出

海草（アマモ等）や海藻（コンブ等）が繁茂している場所・藻場は多様な生物に生息場を提供し、海水を浄化するなど重要な役割を果たしています。さらにCO₂を吸収するなど脱炭素への貢献も期待され「ブルーカーボン生態系」として注目されています。当社はブルーカーボン生態系の保全や創出に取り組んでいます。

アマモ場の調査

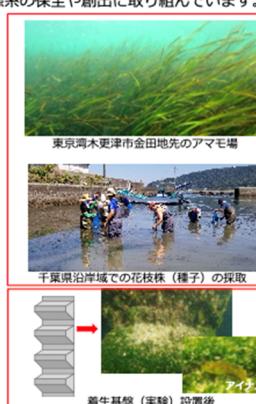
ブルーカーボン生態系の保全や創出に関する研究開発の一環として、**東京湾木更津市金田地先**においてアマモ類の調査を継続しています。

地域におけるアマモ場再生への取組

国土交通省港湾局 東京湾再生推進会議 海域対策分科会が公募する**東京湾UMIプロジェクト**に参加し、アマモ花枝株（種子）を探取し、千葉県の館山港内への移植に向けて苗を育てました。地域とのコミュニケーションを通じて、地域の環境課題に取り組んでいます。

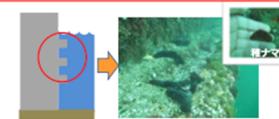
港湾構造物における海藻繁茂の技術

関東地方整備局の実海域実験場提供システムを活用し、横浜港南本牧ふ頭の直立港湾構造物に**海藻の着生及び生育を促す着生基盤**を設置して、その効果を検証しました。その結果、着生基盤の上面部や角部にアオサ属等の緑藻類の着生とイソギンチャク等の生物の付着やアイナメ等の魚類の生息も確認されました。



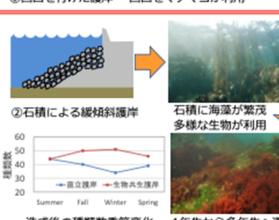
地域の自然資本を守り活かします

世界規模の異常気象や生物多様性の損失などが深刻化し、ネイチャーポジティブが注目される中、当社は脱炭素社会や循環型社会、自然共生社会など持続可能な社会の実現に貢献する取り組みを推進しています。



生物共生護岸

当社は、護岸の形状を工夫して多様な生物に生息場を提供する「生物共生護岸」の創出に長年取り組み、実績を重ねてきました。たとえば、①餌場として凹凸を護岸に付けたり、②海藻が繁茂できる緩傾斜を取り入れなど、**多様な生物に餌場や隠れ場、産卵場等を提供**することができます。老朽化した護岸や耐震強化が必要な護岸を改修する際などに、護岸の一部を取り入れることも可能です。高潮などの災害から私たちの暮らしを守り、かつ水産生物など多様な生物をも育む生物共生護岸は、ブルーカーボン生態系である干潟や藻場と同様に、「ブルーアイフラ」としてその全国的拡大が期待されています。



【問い合わせ先】
技術研究開発センター ブルーグリーンインフラ技術グループ
〒230-0035 横浜市鶴見区安普町1-3 TEL: 045-503-3741
海の相談室
〒163-1031 東京都新宿区西新宿3-7-1 TEL: 03-6757-3842
<http://www.toa-const.co.jp/>



近藤：ご説明がありました水と食とエネルギーにやさしい社会研究所の近藤茂と申します。私の仕事は元々配管工で、その後メーカーで今日の会場みたいな建物に使用する配管支持金物の製造・販売の仕事をさせていただいています。その中において一番今やっていきたいことがひとつあって、それがこちら（用意したファイルを見せ）の葛西臨海公園の西渚と東渚の間にある牡蠣礁（牡蠣床）を……。簡単に言ってしまうと人間の体で言えばポリープみたいなものが東京湾の環境を悪化させています。これをなんとか皆さん之力を借りて牡蠣礁を駆除して、それと同時に竹炭で東京湾を再生したいと思っています。皆さんご協力をお願いいたします。



03

お互いに歩み寄り、穏やかに 対話できる東京湾へ

アサリの減耗要因には、高水温化や貧酸素水塊の湧昇などが挙げられておりますが、ホンビノスガイの出現で元々干潟汚濁の赤信号だったのにアサリやハマグリが獲れなくなつたから外来種を獲ろうという安易な選択が三番瀬ホンビノス貝が取れなくなつたと私は思います。

ホンビノスガイは酸素欠乏でも強く、海の汚染が進んで酸素不足となる海底でも生き残れるので、海の汚染が拡大し、魚介類が生存できなくなりに溶存酸素濃度が低下。

元々採れるはずのハマグリやアサリなどといった在来生物資源が生きて活けるための環境を復活させ、維持させていくことだとおもいます。先ずは、牡蠣床（牡蠣礁）は駆除して、竹炭と牡蠣殻を活用し、東京湾再生を目指しましょう。

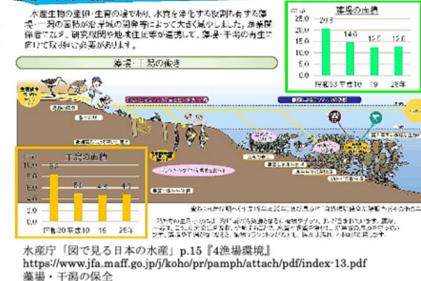


〔竹炭の灰分の元素量〕

元素	竹炭		灰分	
	モクタケ	モクタケ灰分	マダラ	マダラ灰分
カリウム	0.85	1.69 (0.02)	0.76	0.65 (16.29)
珪素	0.02	1.63 (0.17)	0.34	19.50 (0.96)
（テラヘルツ）				17.80 22.90
ナトリウム	0.01	0.04 (0.17)	0.01	0.59 (0.96)
カルシウム	0.05	0.02 (0.17)	0.04	1.38 (0.26)
マグネシウム	0.01	0.01 (0.17)	0.01	0.26 (0.43)
鉄	0.01	0.02 (0.17)	0.01	0.12 (0.14)
マanganese	0.05	0.02 (0.17)	0.01	1.38 (0.50)
アルミニウム	0.05	0.05 (0.17)	0.05	<0.05 (0.05)

竹炭の灰分の元素量の測定結果。
参考文献: 1999年10月25日

漁場・干潟の保全



水産庁「図で見る日本の水産」p.15『漁場環境』
https://www.jfa.maff.go.jp/koho/pr/pamph/attach/pdf/index_13.pdf



水と食とエネルギーにやさしい社会研究所

〒194-0014 東京都町田市高ヶ坂6-1-15
E-mail : kypqj244@ymail.ne.jp TEL 090-9967-3652

東京湾奥部の干潟の魚類生育場としての機能～運河域に造成した干潟と多摩川河口干潟の事例～

多摩川河口干潟ワイルズユース PT 竹山佳奈

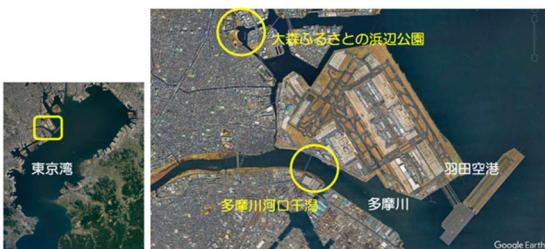
ご紹介に預かりました多摩川河口干潟ワイルズユースPTの竹山です。多摩川河口干潟ワイルズユースPTは、東京湾再生官民連携フォーラムで新しく2022年に結成されたプロジェクトチームになっております。基本的には、この多摩川河口干潟のところで多摩川河口干潟の保全と持続的利用について提示することを目的としたPTになっております。今、研究者の方々と一緒に調査をするだけでなく、今後、市民のかたやNPOのかたと一緒に調査をできないかということを考えているところです。本日の発表は、この多摩川河口干潟ワイルズユースPTの竹山と丸山、指田の研究について報告したいと思います。

本日の発表の場所は、ここの大森ふるさとの浜辺公園ですね、ここが羽田空港になっておりまして、こちらは多摩川河口干潟になっているのですが、まず大森ふるさとの浜辺公園のほうの魚類相について報告をさせていただきたいと思っております。基本的には東京湾内湾干潟域の魚類について、マハゼだったりとかマサゴハゼ、これは東京湾のレッドレターに載っている小さいハゼですが、そういった形のハゼ類を中心として、それ以外にも水産有用種のアユだったりニホンウナギだったりとか、そういった様々な魚類が出現しております。特に稚魚にとって大事な場所になっております。またここ数年、このシラウオという東京湾で絶滅したと言われている白魚も60年ぶりに発見されておりまして、本日はトピック的な話で最後、こちらのシラウオについてもご紹介したいと思っております。実際に干潟域に生息する魚類の研究というのはこれまでたくさんされておりまして、干潟の話だったり、干潟では内湾性魚類の成育場として重要であるとか、



東京湾奥部の干潟の魚類成育場としての機能 ～運河域に造成した干潟と多摩川河口干潟の事例～

東京湾再生官民連携フォーラム 多摩川河口干潟ワイルズユースPT
(一財)漁港漁場漁村総合研究所 竹山 佳奈
東京海洋大学 丸山 啓太
(株)沿岸生態系リサーチセンター 指田 穩



本日のキャスト：東京湾奥部の干潟域の魚類たち P1



干潟域に生息する魚類の研究 P2

干潟 内湾性魚類の成育場として重要 (郡原ら,1996;加納ら,2000;辻井,2009)	汽水域 内湾・汽水性魚類の生息場 海水魚・遡河性回遊魚の初期成育場 (大森ら,1988;本田ら,1997)
微地形 (タイドプール) 特定の魚類にとって主要な生息場 浅場とは異なる機能を有する (内田ら,2008;加納ら,2009;辻井ら,2018)	造成された干潟 水産有用種や絶滅危惧種が出現 重要な生息場として機能 (辻井ら,2002;桑原ら,2003;河野ら,2006)
微地形 (潮) 上げ潮と共に仔稚魚等が出現 水産有用種含む内湾性魚類の成育場 (Kneib,1997;Kanou et al,2005)	東京湾の運河域 ハゼ科魚類の成育・生息の場 夏季の貧酸素時の避難場として機能 (辻井ら,2007;辻井ら,2007;丸山ら,2020)

多摩川河口干潟ワイルズユースPTメンバー（丸山、指田、風呂田、竹山ら）が
携わった研究成果について紹介

汽水域の特性だったりとか、あとは造成した干潟にどういった魚類が出ているのかとか、干潟の効果だったりとか、あとは微地形のタイドプールや瀬など干潟上にできる微地形の重要性だったりとか、そういったものに関してはこれまでさまざまな研究が行われております。今回の発表では、運河域のかなり奥の狭まったところに造成した大森ふるさとの浜辺公園の調査と、その結果についてメインでお話したいと思います。そのあとに多摩川干潟のシラウオについてご説明させていただきたいと思っております。

こちらの写真は、1951年、昭和31年の大森の上空写真になっております。大森はご存知の通り日本のノリ養殖の発祥の地であり、1951年の段階でも沖合にずっと海苔ひびが写真で写っているのがわかると思います。この赤枠で囲まれたところが2015年のGoogleの写真ですが、現在ではこのような形でほとんどが埋め立てられています。そのような中で海域と運河を通じて魚類がやってくるというような場所のネットワークについてのお話をしたいと思います。

こちら大森ふるさとの浜辺公園ですが、2005年と2002年にそれぞれ干潟部と海浜部が大田区さんによって造成されております。この干潟域で調査をしていました。調査項目としましては水質の調査と魚類だったりとか、その他いろいろとベントスだったりとかしているのですが、今回は魚類の調査結果を紹介したいと思っております。

採集方法はこちらにありますように干潟の汀線のところをこういった小型の地曳網で人力で引いてその中の魚を取るというのを、だいたい大潮のときに干潟汀線で2014年から2019年まで、年によって変わるんですけどだいたい月に1回調査を行っておりました。こちらは東京海洋大学との調査になっております。その他にタイドプール、こういった干潟上に形成されている小さい微地形のタイドプールでたも網を用いて2012年から毎月1回調査をしていたりとか、瀬のところで定置網を仕掛けて調査をしたりとか、さまざまな魚類の調査を行ってきました。

発表内容

P3

1. 運河域に造成した干潟（大森ふるさとの浜辺公園）

- ①調査方法
- ②干潟周辺の環境
- ③干潟汀線の魚類
- ④タイドプールの魚類
- ⑤運河域に造成された干潟の魚類生息場としての機能

2. 多摩川河口干潟のシラウオ

1. 運河域に造成した干潟（大森ふるさとの浜辺公園）

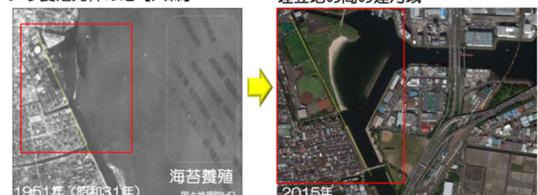
P4

ノリ養殖発祥の地【大森】



1951年（昭和31年）
海苔養殖
国土地理院HP

埋立地の間の運河域



2015年
造成



海浜（砂質）



干潟（砂泥質）

①調査方法

P5

◆調査項目

- ・水質調査：水温、塩分、DO
- ・魚類調査：種の同定・個体数の計数・体長測定

◆採集方法

- ・1回/月大潮前後の扁間の干潮時
- ・干潟汀線：小型地曳網
(2014年5月～2019年4月)
- ・タイドプール：たも網
(2012年4月～12月)
- ・瀬・浅場：小型定置網
(2016年4月～2019年1月)



干潟汀線（地曳網）



タイドプール（たも網）



浅場・瀬（小型定置網）

まず水質の結果ですね、ここが干潟の浅いところになっていて、水深2.5メートルぐらいですが、このまわりは全部4.5メートルぐらいの運河、ちょっと深くなっています。塩分とDOの鉛直分布ですね、水深が縦軸で深くなっています、5メートルぐらいまでですね。横軸が塩分とDOになっていますが、青色が夏場の状態になっています。運河の水深4.5メートルのところを見ますと、塩分は表層10ぐらいで非常に淡水の影響が強くなっています。一方、底のほうでは塩分30ぐらいと塩分躍層ができているのがわかります。同様にDOも表層は酸素があるのですが、水深1.5メートルから急激に減って、ほとんど2メートルを超すと酸素がないような状態がこのまわりの運河の夏場の環境になっています。この浅いところは水深2メートルになっていますので、基本的にはギリギリですけども貧酸素の影響を受けていないというような環境になっています。ですので、運河域でもこのような浅いところを作ることによって、周年酸素がある、夏場の避難場とも言えると思うのですけれども、そういった場所が重要になってくるのかなと思っています。逆にこの運河域で深いところに何か構造物を作ったとしても夏場酸素がない状態ですのでほとんど生物が生息できないのかなというような環境になっています。

次に魚類ですね、地曳網で引いた魚類の調査の結果になっています。こちらは丸山さんの論文の転載になっているのですけれども、出現した魚類の特徴としては先ほどの大森の干潟の汀線の地引網を引いた結果ですが、だいたい19種から38種類の魚が出現しております。特徴をみてみると、だいたい横軸が1月から12月となりますが、春に多く出現していて、種数個体数ですね、徐々に冬にかけて減っていくというような傾向になっています。

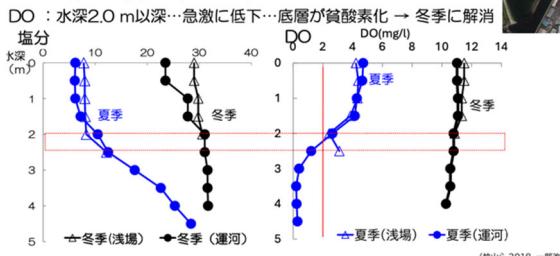
出現した魚について、海水魚、ボラとかギマとか海水魚と、あとは河口魚、ほとんどハゼですね、ここでは。ハゼ科の魚類と、あとは遡河回遊魚でアユ、そしてウグイとかマルタの河川の回遊魚。そういうものに分けて月別に見てみるとほとんどがハゼ類、河口魚で占められているのですが、季節ごとにこういった、アユが出現したりとか、さまざまな魚類が出現していることがわかりました。

基本的にこれらの結果からアユなどの水産有用種にもこういった湾奥のかなり狭まった運河域の干潟でも水産有用種にとって生息場を提供しているということがわかりました。次に今度は周辺の干潟と比較をしてみました。多摩川河口で調査した事例や、だいぶ開放的ですけど羽田と京浜、城南島、ふるはま、こちらの調査結果を比較してみると、先ほどと同じカテゴリーで海水魚と河口魚で分けて、それらの割合を示してみると、基本的には周辺の干潟とこのふるはま、ほとんど同じような傾

②干潟周辺の環境：水質

◆塩分・DOの鉛直分布（夏季・冬季）

塩分：夏季…水深1.5~2.0m付近に躍層（表層約10、底層約30）
冬季…躍層解消（25~30）

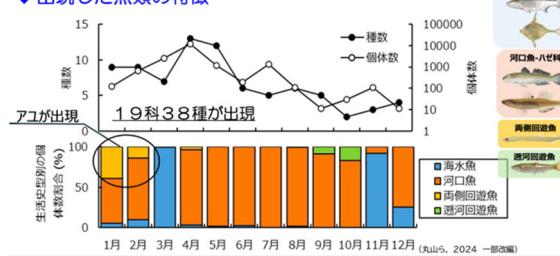


水深2.0m以浅の範囲…夏季の貧酸素化の影響を受けない
⇒運河域でも周年生物の生息可能な水深

竹山ら(2018)東京湾奥部の都市部干潟河口に造成した千葉・海浜環境の長期的な変遷.土木学会論文集B3,Vol.74(2),p.510-515

③干潟汀線の魚類（地曳網）：魚類出現状況

◆出現した魚類の特徴



・東京湾内湾の干潟域の特徴である河口魚（ハゼ科魚類）の優占に加え、季節ごとに様々な魚類が出現
・アユなど水産有用種にも生息場を提供
⇒運河域に造成した干潟は、多様な魚類に生息場を提供

丸山昌太・鈴木光裕・河野伸(2024)人工干潟で江戸前の魚は復活するか？現代おさかな資料 第二版。石原元(編)。エヌ・ティー・エヌ、東京。1320-1324
生活史型区分加納映 2000. 魚類学雑誌. 47. 115-129

向が見られているのですが、羽田については海水の影響が大きいので海水魚が多いというような結果にはなっています。しかし、ほとんど河口魚が8割を占める、ハゼ類がほとんど8割を占めるような環境になっていて、造成した干型、このへんに造成したんですけども、造成した干型としてはまずはまずまずの環境を魚類に提供をしているというふうに考えられました。

次に多様度指数を見てみると、こちらは年代ごとにそれぞれデータが違うのですが、基本的に多様度が高いほど多様性に富んでいるというふうに評価しています。羽田が一番多くて、ふるはまはどちらかというと他の自然干潟や造成干潟と同等かちょっと低いような状態になっています。これは先ほどの写真にもありますように運河のかなり奥に立地している影響で特定の魚類しか来遊できない可能性があるのかなというようなことが示唆されました。これらの結果から、様々な魚類にとって、ふるはまは造成した干潟ですけども、利用される一方で立地の条件、運河域の最奥部にあるということで魚類の来遊を制限している可能性があるということがわかりました。

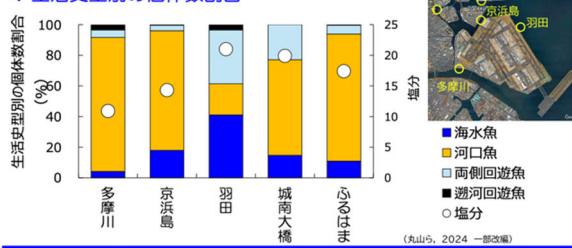
今度は干潟上に造成したタイドプール、小さいタイドプールで出現した魚類を見てみると、4月から12月までの春から冬までの調査でだいたい12種類ぐらいが干潟で採取されました。毎月だいたい平均して5種類から8種類がずっと出現しているような状態になっています。

どんな種が出ていたのかというと、基本はマハゼが春から夏にかけて多いんですけども、そこから先はマサゴハゼ、これは先ほどの小さいハゼですが、あとはアベハゼというハゼが数年ずっと出現しているのがわかります。マサゴハゼやアベハゼは、冬は稚魚が出現していて夏は成魚で、マハゼとは異なり、マハゼは春に稚魚が来てだんだん大きくなっていくんですけど、マサゴハゼは夏におそらく産卵してそこから大きい魚になって成魚になっているというような状態になっておりました。

基本的に季節によってここに示されるように優占種は異なるんですけども、出現種数はだいたい一定しているということから、春から冬までハゼ科を中心とした多様な魚類が利用をしているタイドプールということがわかりました。あとは魚種によって利用状況は異なりますが、成育場だったりとか一時的な生息場として機能しているということがわかりました。

③干潟汀線の魚類（地曳網）:周辺の干潟との比較

◆生活史型別の個体数割合



周辺の干潟と出現している生活史型の個体数割合は羽田を除いて似ており河口魚が8割を占めていた
⇒周辺と同様の出現傾向であり、造成干潟としてますますの環境を魚類に提供していると考えられた

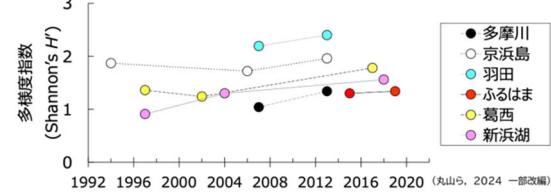
丸山信太・加納光樹・河野博(2024)人工干潟で江戸前の魚は復活するか?現代おさかな事典 第二版、石原元(編)、エヌ・ティーワークス、東京、1320-1324.

③干潟汀線の魚類（地曳網）:周辺の干潟との比較

◆多様度指数 Shannon's H'

（種数が多く各種の個体数の均勝度が高いほど大きい値となる。特に、個体数の少ない稀種の貢献度を高める）

・内湾5地点の干潟との比較



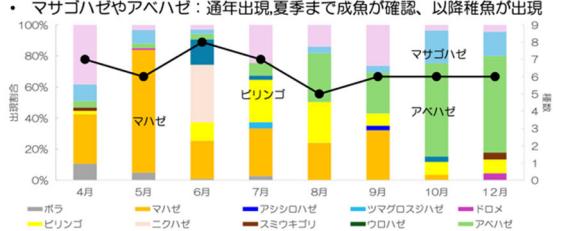
・魚類群集の多様度：他の自然・造成干潟と同等か低い
・運河の奥に立地している影響で、特定の魚種しか来遊できない可能性
⇒様々な魚類に利用される一方、立地条件（運河域の最奥）が魚類の来遊を制限している可能性がある

丸山信太・加納光樹・河野博(2024)人工干潟で江戸前の魚は復活するか?現代おさかな事典 第二版、石原元(編)、エヌ・ティーワークス、東京、1320-1324.

④タイドプール（たも網）

◆魚類出現状況と利用状況

- ・4月から12月の調査で2科12種、毎月5~8種が4月~12月まで出現
- ・マハゼやビリング：冬季にはほとんど出現しない稚魚～成魚まで出現
- ・マサゴハゼやアベハゼ：通年出現、夏季まで成魚が確認、以降稚魚が出現



季節により優占種が異なるが出現種数は一定
⇒春季～冬季まで、ハゼ科を中心とした多様な魚類が利用
⇒魚種により利用状況は異なるが、成育場、生息場として機能

次に周辺の干潟の比較ということで、加納先生の多摩川河口の調査結果と、ふる浜の先ほどのデータの比較をしてみますと、両地点ともマハゼがほとんどを占めていました。あとはビリングオだったりマサゴハゼという種類が出現しています。

多摩川では、ふるはまでは出現していないエドハゼ、あとはボラが出現していました。基本的には自然干潟のタイドプール、多摩川河口の自然干潟のタイドプールと同様の魚類層が形成されているということがわかりました。ただエドハゼについては塩分の違いなのか地形的な影響なのかがわからなかつたんですけども、低塩分が分布制限要因となってふるはまには出現していなかつたのかなとも考えられます。

結果ですが、運河域に造成した干型の機能としては基本的に水深が浅いので貧酸素の影響を受けて1年を通して生物の生息が可能な場所であるということ、あとは自然干潟と同様に内湾性のハゼ類を中心とする魚類の成育場や生息場として機能しているということ、あとはアユなどの水産有用種の生息場としても利用されていることが分かりました。ただ立地条件が非常に閉鎖的だったり、あとは低塩分が魚類の来遊

を制限している可能性があるということだったりも考えられます。基本的には周辺の干潟と同様の出現傾向なので、稚魚にとってもますますの環境であるということがわかりました。

干潟上に造成したタイドプールの機能としては、春から冬まで多様な魚類が利用する場として機能していること、あとは希少種を含む汽水生のハゼの成育場、おそらく産卵もしているかなということで、1年を通してマサゴハゼは出現していたので、産卵場だったり成育場として機能しているということ。あとは浅場と異なる種類が出現していて、タイドプール特有の魚類が出現しているということですね。あとは同じような形で浅場とは異なる成長段階の種類が利用する場として機能しているということがわかりました。また最後になりますが、自然干潟のタイドプールと同様の魚類層が形成されているということがわかりました。ここまでがふる浜の造成した干潟の、運河域に造成した干潟の魚類の生息状況の特徴についてご説明させていただきました。

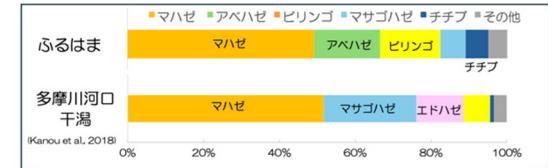
④タイドプール（たも網）:周辺の干潟との比較

P11

◆出現種の割合

・両地点ともマハゼが50%以上を占め、ビリングオ、マサゴハゼが出現

・多摩川ではエドハゼ（ふるはま出現なし）や海水魚のボラが出現 (Kanou et al. 2018)



自然干潟のタイドプールと同様の魚類相が形成

*多摩川では多數出現したエドハゼ (内田ら, 2018; Okazaki et al., 2012 など多くの論文) が出現しながった
→成魚の定着するアナジャコ類の巣穴の有無、地形的に来遊の可能性低い (村井ら, 2016)

*多摩川のエドハゼ…塩分17-20（出水時期）の海側のタイドプールのみ出現 (内田ら, 2008)

→同時期のふるはまタイドプールの塩分は低い（5-11）ため、地形あるいは塩分が分布制限要因の可能性も示唆

④運河域に造成された干潟の魚類生息場としての機能

P12

造成された干潟の機能

◆水深が浅く貧酸素化の影響を受けず周年生物の生息が可能

◆自然干潟と同様に内湾性魚類の成育場・生息場として機能

◆アユ等の水産有用種の生息場としても利用

◆立地条件（閉鎖的）や低塩分が魚類の来遊を制限している可能性がある

◆周辺の干潟と同様の出現傾向であり、仔稚魚にとってますますの環境

タイドプールの機能

◆春季～冬季まで多様な魚類が利用する場として機能

◆希少種を含む汽水性のハゼ科魚類の成育場（産卵場）、生息場として機能

◆浅場と異なる種が出現

◆浅場とは異なる成長段階・種が利用する場

◆自然干潟のタイドプールと同様の魚類相が形成

次が多摩川河口干潟のシラウオということ
で、東京湾で約60年ぶりに確認されたシラウ
オについて簡単にご紹介したいと思っておりま
す。このシラウオですが、東京都では多摩川河
口から江戸川河口にかけての汽水域でかつては
広く漁業が営まれておりまして、明治9年のデ
ータですと、水揚げ金額で、1位がシバエビ、
2位がアサリで3位がシラウオだったというぐ
らい非常に採れていた魚になっています。徳川將軍の好物でもあって、このシラウオを運ぶ為のシラ
ウオの箱があつたり、とても馴染み深い江戸前の代表的なお魚でした。これが基本的に60年代まで
は漁業として成り立っていたのですが、それ以降漁獲量が激減して、そこからは先ほどありましたよ
うに、色々と東京湾では魚類調査をされていたのですけれども、出現は見られないということから、
東京湾では絶滅したというふうに考えられてお
りました。今回このシラウオは、多摩川のスカ
イブリッジを建設するにあたって、川崎市さん
が環境調査を実施しておりました。その環境調
査を、データを公表してアドバイザーミーティ
ングという有識者を集めてその結果について検討した
結果、シラウオが確認されたということで、もう少
し深い調査を多摩川河口干潟ワイスユースPT
で行っております。詳細な結果については、まだ
今回の発表ではご説明はできていないですが、概要だけざつと説明したいと思っております。

先ほど述べましたように多摩川スカイブリッジ建設に伴う環境調査を川崎市さんが実施して、調査結果というものを基本的にはホームページ上でも公表しております。有識者と共に検討・精査・公表しております。2021年の2月にこの魚類の調査で、スカイブリッジ周辺の調査で2月に雌が3個体、雄2個体が調査で採集されました。その翌年も冬季にそれぞれシラウオが確認されております。さらにPTで2022年の3月とその翌年23年の3月でシラウオが採集されたあたりの干潟の砂を取って、そこから顕微鏡で分析して小さい1ミリぐらいの卵なのですが、そちらのほうを採取して、ほとんどここに見えますね、ほとんど孵化間近のシラウオだったりとか、発達途上の卵だったりとか、そういう卵が200個ぐらい採集されております。

2. 多摩川河口干潟のシラウオ

P13

◆ 東京湾で約60年ぶりに確認されたシラウオ

シラウオ *Salangichthys microdon*

東京都では多摩川河口から江戸川河口にかけての汽水域で広く漁業が営まれていたが、1960年代に漁獲量が激減し、**東京湾では絶滅したと考えられる**。かつての江戸では徳川將軍の好物であり献上されていた。



多摩川で採集されたシラウオ
川崎市提供

*東京都レッドデータブック
<https://tokyo-rdb.metro.tokyo.lg.jp/%E3%82%87%E3%83%A9%E3%82%A6%E3%82%AA/>

非常に採れていた魚になっています。徳川將軍の好物でもあって、このシラウオを運ぶ為のシラ
ウオの箱があつたり、とても馴染み深い江戸前の代表的なお魚でした。これが基本的に60年代まで
は漁業として成り立っていたのですが、それ以降漁獲量が激減して、そこからは先ほどありましたよ
うに、色々と東京湾では魚類調査をされていたのですけれども、出現は見られないということから、

2. 多摩川河口干潟のシラウオ

P14

▶ 多摩川スカイブリッジ建設に伴う環境調査を実施（川崎市）

▶ 調査結果は環境アドバイザーミーティングにて有識者と検討・精査・公表

▶ 多摩川河口干潟ワイスユースPTにて追加調査・分析

✓ 多摩川河口干潟域で再生産の可能性

✓ どこからやってきたのか? ⇒ ミトコンドリアDNAによる解析



2. 多摩川河口干潟のシラウオ

P15

まとめ

◆ 東京湾でのシラウオの復活初確認は2021年2月

◆ 多摩川河口でのシラウオの生息環境（特に産卵環境）

- ・シラウオは砂地で産卵する魚
- ・現在の東京湾には、多摩川河口など局所的ではあるが砂地の干潟や浅場が存在している
- ・2019年の洪水による多摩川河口の川床の変化も産卵場の形成にプラスに働いた可能性

◆ 由来について

- ・2019年の記録的洪水による印旛沼等からの自然流入か？
- ・他地域からの人の為の放流か？
⇒ ミトコンドリアDNA解析の結果、由来は特定できなかった

◆ 環境影響調査における公表性と研究者あるいは研究機関との協働が有効

◆ 今後もPTでは継続した調査を実施予定

（原田ら,2024）

原田,原内,竹山,長谷川,島原田,中丸山,黒田 (2024) 東京湾で約60年ぶりに確認されたシラウオ,魚類学雑誌DOI:10.11369/JJL.23-040.

<https://www.istasei.tohoku.ac.jp/article/jjl/advpub/0/advpub.23-040/article-char/ja>

このシラウオ、今までいなかったのにどこから来たのかというのをまずきちんと把握したうえで公表に当たるべきだということで、追加でDNA調査を実施しました。多摩川で発見されたシラウオ、あとはもともと今もシラウオが生息しておりますので印旛沼のシラウオと霞ヶ浦のシラウオ、あとは山口県の椹野川と、隅田川のほうで青森の小川原湖産のシラウオを放流したというようなニュースも新聞で確認しておりますので、こちらの小川原湖のほうに行ってシラウオを持ってきて、これらのシラウオのミトコンドリアDNAについて解析をおこない、どこからこの多摩川のシラウオがやってきたのかというのを調査しました。

その結果ですけれども、まず東京湾におけるシラウオの復活確認というのは2021年の2月の調査ということと、あとは多摩川河口でのシラウオの生息域というのは、砂地で産卵する魚であるということ、そして現在の東京湾には局所的ではありますけども砂地の干潟や浅場が存在しているのでそういう場所がシラウオの産卵に適しているので、そういうところが増えてきたったりとか、そういう影響もありましてシラウオが産卵して再生産しているのではないかというふうに確認されております。

あとは2019年に多摩川の過去最高水位を示すような非常に大きい台風があって、そのときに洪水でかなり多摩川河口の地形が変わりましたので、そういう影響もあるのかなと考えております。

先ほど途中になってしまったのですけど、DNA解析の結果ですが、結論から言いますと今回の調査では由来は特定できませんでした。なぜかというと、シラウオは基本的に海域では河口域等に限定して分散をあまりしない魚です。どちらかというと個別のDNAの集団群が形成されやすいのですが、今回の結果、多摩川の河口のシラウオのDNAは独立した集団を形成しており、各地も固有のハプロタイプが多く見られていました。多摩川と印旛沼とあと小川原湖がそれぞれひとつハプロタイプは同じだったのですが、それ以外が異なるということで、必ずしもこれが印旛沼から来たのか、それとも小川原湖からの放流個体の由来なのかということが今回の調査の結果からはわからないような状態になっていました。引き続きDNAを採取する部位だったり、分析方法を変えながらこちらの推定のほうは続けていきたいなとは思っております。最後に、基本的には環境調査における公表性と、あと研究者だったりとか研究機関との共同が今回のシラウオの発見と同じような形で非常に有効であったのかなと思っております。今後もPTのほうでは継続した調査を実施予定で考えております。以上になります。ありがとうございました。

謝辞

- ◆ 多摩川河口干潟ワズユースPTメンバー
 - ・(株)沿岸生態系リサーチセンター 宮内康子様
 - ・東邦大学名誉教授 風呂田利夫様
- ◆ 東京海洋大学 河野博名誉教授
- ◆ 東京海洋大学魚類学研究室OB・OGのみなさま
- ◆ 茨城大学 加納光樹教授
- ◆ 五洋建設(株)
- ◆ 東京湾遊漁船組合 飯島正宏様
- ◆ 大田区地域基盤整備課のみなさま
- ◆ 川崎市広域道路整備室のみなさま

ご清聴ありがとうございました

千葉県水産総合研究センターの小宮と申します。本日は千葉県内房沿岸における磯焼けの現状と磯根資源の動向について説明をさせていただきます。本日お話する内容ですが、主にこちらの4つで、初めに磯焼けの発生状況。そして2番目に藻場がなぜ消えているのかという磯焼けの原因について。3番目に磯焼けの磯、磯根資源への影響についてご紹介し、最後にこのなくなってしまった、もしくは残っている藻場を守るために千葉県内で行われている対策等の取り組みについて説明いたします。



本日お話しする内容

令和6年10月18日
東京湾シンポジウム

千葉県内房沿岸における磯焼けの現状と磯根資源の動向

千葉県水産総合研究センター
小宮 朋之

- 1 千葉県における磯焼けの発生状況
- 2 なぜ藻場は消えるのか？
- 3 磯焼けの影響～磯根漁業への影響～
- 4 藻場を守るために～保全・回復対策～

(1) 磯焼けとは？

「磯焼け」の定義

→ 浅海の岩礁・転石域において、海藻の群落（藻場）が季節的消長や多少の経年変化の範囲を超えて著しく衰退または消失して貧植生状態となる現象（藤田, 2002）

藻場の衰退が確認されている都道府県の推移



引用：第3版 磯焼け対策ガイドライン（水産庁 令和3年3月）

1 千葉県における磯焼けの発生状況

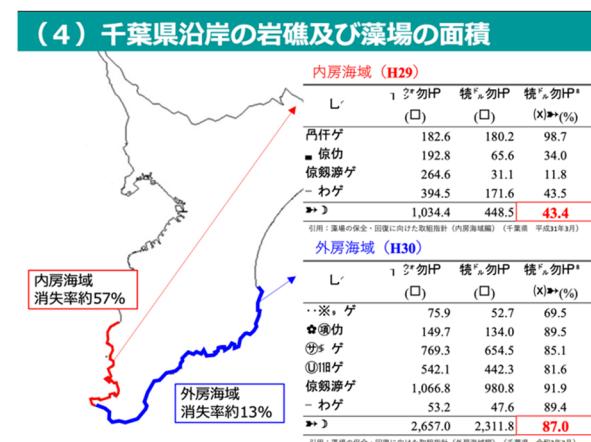
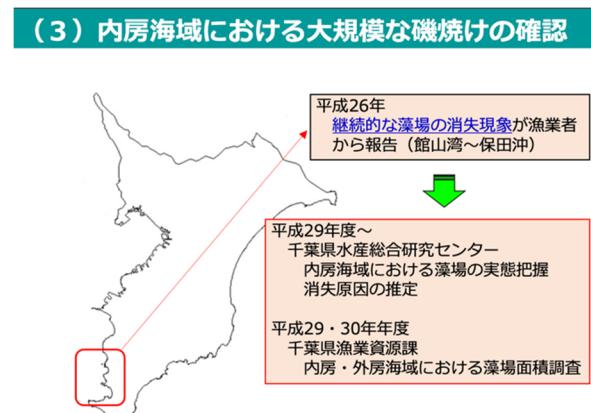
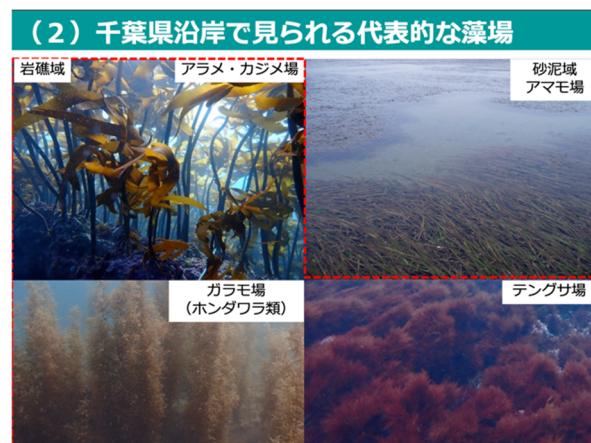
まず千葉県における磯焼けの発生状況についてですが、そもそも磯焼けとは何かというところですが、こちらに示すような言葉で定義付けされていて、簡単に説明しますと、海藻も生物ですので季節的に多くなったり少なくなったりする季節的な消長があるんですけど、この季節的な増減の範囲を大きく超えて、長期間にわたって海藻がない状態が続いてしまう現象のことを磯焼けと言っています。この藻場の衰退自体はかなり古くから報告をされていて、磯焼け対策ガイドラインを見てみると古くは1900年から国内では報告されていて、そのときはかなり狭い範囲での報告だったんです

が、その後この藻場の衰退が見られる範囲が広がっていって、1980年には北海道と太平洋側の広い範囲、そして2013年には海に面している県のほとんどの海域で、日本海側も含めて藻場の衰退が確認されているというような状況になっております。

では続きまして千葉県沿岸ではどのような藻場が見えるのかというところですが、まず砂泥域ではこちらに示すようなアマモ場が広がっています。その他の岩礁域においては左上に示すような昆布の仲間のアラメカジメが主に生えているアラメカジメ場と、ホンダワラ類で構成されるガラモ場、また紅藻類のテングサ類で構成されるテングサ場などが分布しております。この中で特に重要なのが千葉県沿岸でもっとも広い範囲に生えていて、なおかつアワビやサザエ、イセエビといった沿岸の磯根資源の住み場であり餌場となるアラメカジメ場がもっとも重要な位置付けになっております。

このアラメカジメ場ですが、現在特に東京湾側ですね、外房よりも内房側のほうで消失が問題視されていて、この藻場の衰退が特に問題となるレベルで確認され始めたのが平成26年ぐらいで、このタイミングで館山湾から保田沖にかけての漁師さんたちから海藻がないところがあるということを報告を受けるようになりました。その後事前調査なども含めてさらに詳しく水産総合研究センターで調べるようになったのが平成29年からで、このときに内房の藻場の実態把握と、なぜなくなっているかという消失原因の推定に取り組むようになりました。

またほぼ同じタイミングで千葉県庁の漁業資源課のほうで内房と外房の藻場の面積調査というのを実施しました。こちらが藻場の面積調査の結果を簡単に示したものなんですが、まず内房については平成29年に調べられておりまして、このときこの赤で示した範囲なので、北は富津市から南は館山市の範囲ですが、かつて岩礁をすべて藻場が覆っていたと仮定すると、この内房沿岸では藻場の57%が消失しているということがこのときにわかりました。また青で示した外房海域においては、これは平成30年度に調べたんですが、消失率は13%ということで、内房のほうが広い範囲で海藻がなくなっているということが伺えました。続きましてこの内房の状況についてもう少し詳しく見ていきますと、調べた範囲はこの富津市から館山市の南側にかけてなんですが、その中でも特に藻



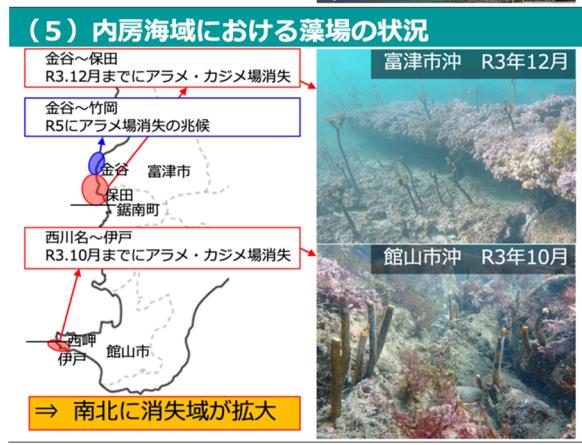
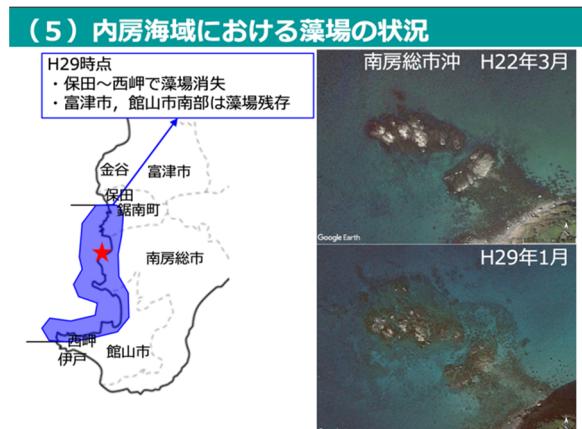
場の消失が確認されたのが、この青で塗り潰してある保田から館山市の西岬地先にかけて広い範囲でアラメカジメ場がなくなっているということが確認されました。

このときの景観についてなんですかと、海中の景観はのちほど出すとして、航空写真なんかで見てみると、海藻が生えている状況ですとこの右上に示したように黒く塗り潰したように見えるのが海藻が生えているところで、これはまだ海藻があったときなんですかと、その後同じポイントについて航空写真で見てみると海藻がないところの黒い部分がなくなって白い範囲が広がっているような状況になるんですけれど、こういった変化が航空写真などからも見て取れます。

先ほどご説明したのは平成29年の状況なんですが、その後もこの海藻の消失、藻場の消失自体は広がっていますと、令和3年度に確認したところ、北側は富津市の金谷地先までアラメカジメ場が消失しているのが確認され、南側は館山市の西川名から伊戸地先にかけてもアラメカジメ場が消失しているのが確認されました。さらに昨年、もう少し北側の範囲までアラメ場の消失の兆候が見られている、具体的には秋口に魚の食害を受けて海藻の葉っぱの部分がかなり削れてしまっているのが確認されて、その後春先にある程度回復はしていたんですけど予断を許さない状況になっているということで、南北方向に藻場の消失が現在進行形で進んでいるということがわかっておりま

す。

そうしましたらこの藻場が消えるのはなぜかというところを考えてみると、主なきっかけは2つあると考えておりますと、1つは強い波浪等による物理的な影響があると考えています。実際にこれが水産総合研究センターで調査中に見られた事例なんですが、令和元年の館山市の船形地先の画像なんですが、5月の時点では写真に示したようにホンダワラ類とアラメカジメがかなり濃密に生えている、混生藻場が分布しているのが確認されたんですが、その後この年9月と10月にかなり大きい台風が通過しました。先ほど竹山さんか



2 なぜ藻場は消えるのか？



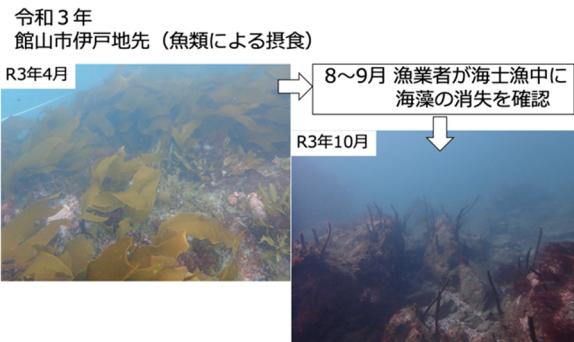
らの話にあったような多摩川が氾濫してしまったようなタイミングでもありましたし、千葉県の房総半島だと長期にわたって停電が発生した年のものになります。このとき陸上だけでなく海の中でも強い波浪の影響がかなりあったと考えられて、その後状況を確認したときに12月には海藻の根っここの部分からすべてなくなって岩肌しか見えない状況が広がっていました。なのでひとつの原因としてはこういった物理的な要因というのがきっかけとしては考えられます。

もうひとつは植食生物による摂食ということで生物的な要因になります。こちらも研究センターの調査中に観測された事例なんですが、令和3年の館山市の伊戸地先になります。これが4月の状況で、4月の時点ではホンダワラ類とアラメカジメが生えている、混生藻場が形成されていたんですが、これがこのあと7月に調査したときもだいたい同じような状況で観察されました。しかしその後8月9月は調査を行わなかったんですけど、漁師さんたちがあま漁で出たときに海藻がすごい勢いでなくなっているということを聞いていたので、10月に改めて見に行ったところ、こちらの右の写真に示すように、アラメカジメは葉っぱがすべてなくなって、針山状の景観が広がるといった事例が見られました。ということで2つのきっかけとしてはこのような植食生物による摂食というのがあると考えられます。もちろんこの2つだけではないとは考えられるんですけど、大きく影響しているのはこの2つだったんだろうというように考えております。

この2つ目に紹介した植食生物による接触の事例なんですが、この西川名地先において磯焼けが起つてしまつた地先にあらかじめの藻体を持ち込んで、あと同時にカメラも設置して、何が食べに来ているのか、またどのぐらいのスピードでなくなっているのかというような調査を実施しました。このときに観察されたのはブダイによる摂食で、この場のセッティングをしてダイバーがいなくなつて10分後ぐらいにはブダイが現れて、この右上の写真に示すようなわりと大きな群れですごい勢いで海藻を食べていき、5時間後には葉っぱがすべてなくなるというような状況が確認されました。その後設置していたものをすべて回収して重さの変化なんかを見たところ、1時間あたり2.5キログラムの速度で減少しているということが確認されました。

(1) 藻場消失のきっかけ

② 植食生物による摂食



(2) 植食生物による摂食例 ~ブダイ~

ブダイの摂食速度 (館山市西川名沖)

令和3年7月14~15日
9:30 アラメ、カジメを設置



ブダイによる摂食



- ・ブダイによる摂餌を確認
- ・最大で25尾が映り込む
- ・設置5時間後に全ての葉状部が消失
⇒ $2.0\text{kg}/\text{時間}$ の速度で減少

こちらがそのときの映像になるんですけど、置いてだいたい20分後ぐらいの状況です。まず葉っぱとしては残っているんですけど、結構な量のブダイがこちらに寄ってきて、断続的に葉っぱをかじっていっているのがわかるかと思います。積極的にかじっているのもいるし、かじらずに海藻の中で休んでいるものもいるということです、本来の生態としてはおそらくもっと豊かな藻場が広がっている中でそこを棲み場としつつ、な

おかつ餌場としても機能していたのではないかと考えられるんですけど、あまりにある海藻の量が少なくなってくると、この食べるスピードに伸びるスピードのほうがつり合いが取れずにどんどん海藻自体がなくなってしまっているのだろうということが伺えます。

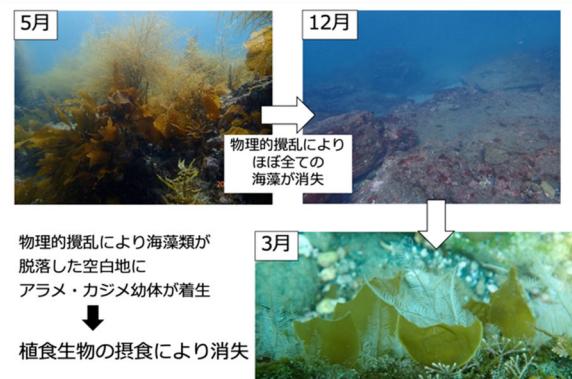
先ほどお見せした数字だと一度に撮影された最大の25尾ということで述べたんですけど、実際にはもっと多くいたのではないかと考えていて、資材の回収に設置の翌日に海に入ったときには50匹ぐらいの群れが形成されていて、海藻がもうなくなっているにもかかわらずそこにずっと群れがどまっていたのが確認されています。

ここまでご紹介したような理由で海藻が、藻場がまず消失するきっかけがあって、今度はそれが季節的な消長を超えて、消えた状態で続いてしまう原因についてなんですかね、これは主に先ほどお見せしたような魚だとか、あとはウニの場合もあるんですけど、こういった植食生物の摂食による消失なのではないかと考えております。最初にご紹介した館山の状況なんですかね、1回冬になくなつた状態にはなつたんですけど、翌春にかけて海藻の新芽が一応生えてきてはいました。生えててはいるんですけど、写真に示したようにすべて先っぽが欠けてしまっているのが確認されていて、これは5月にはすべてなくなつてしまっていました。この先っぽの欠けている状態というのは魚がかじったあとになっていて、周辺の刺し網での漁獲状況ですかね、見ているとおそらくブダイだとかアイゴなんだろうというふうに考えているんですけど、たくさんの海藻が、大きい海藻がたくさん広い範囲で生えていれば食べる圧にも耐えられると思うんですけど、1回なくなつてしまつて、新たに生えてきた芽も小さいので、そういう状態だと摂食圧に対して非常に弱いということでなかなか回復できない状態になつてしまつということが考えられます。

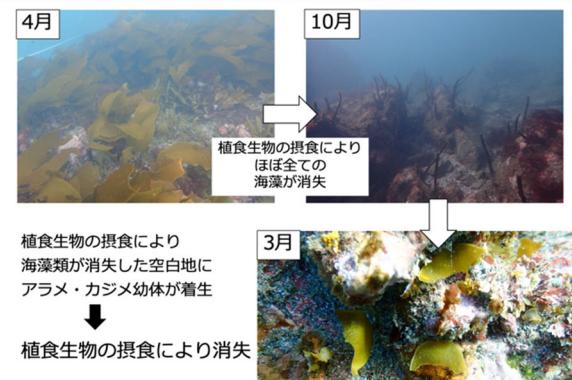
(2) 植食生物による摂食例 ~ブダイ~



(3) 消失が続く理由



(3) 消失が続く理由



藻場の消失が続く理由について、2つ目にご紹介した事例の、生物によって食べられてなくなってしまった藻場についても、同様にその後も植食生物の接触が続いて消失状態が続くというように考えています。やはりなくなった直後というのは冬から春にかけて新たなアラメカジメですとかホンダワラ類の芽生えはあるんですけど、これもやはり写真に見られるように先が欠けた状態のがほとんどで、その後1、2か月の間にすべて消失してしまうというようなことが確認されましたので、種が着生して、それがちゃんと芽が生えて育つような、たぶんおそらく環境条件としては整っているんだけど、生き物側の摂食にあってしまって育たない。それによって消失状態が続くというのは共通して見られるので、これが一番大きな原因ではなかろうかと考えています。

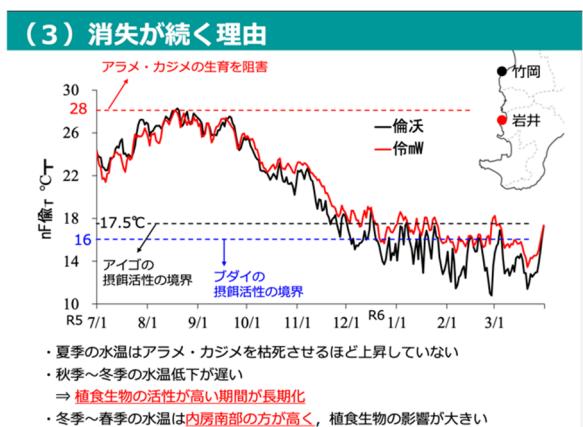
海域によっては腐泥がたくさん溜まっていたりして芽生え自体も生えてきにくいうなところもあるんですけど、主なより広い範囲で見ると生物による摂食のほうが原因としては大きいのかなと考えております。

この1回なくなった年というのは、新たな芽生えというのはある程度まとまって見られるんですけど、このない状態が続いてしまうと新たな芽生えというのは翌年その翌年ってだんだん少なくなってしまうので、母藻がない状態だと当然の話ではあるんですけど、1回なくなってしまうとかなり回復が難しいというような原因になっていると考えております。

この植食生物の接触なんすけれど、先ほどご紹介したようなアイゴやブダイ、他にイスズミなんかも魚類としてはいるんですけど、これらは千葉県が昔からいました。いたんですけど、なぜここに来てそういうものの影響が強く見られてきたのかというのを考えてみると、ひとつは水温による影響があるのではないかと考えています。こちらに示した水温のグラフは昨年度の7月から今年の4月にかけての水温の推移なんすけれど、この赤で示しているのが南房総市の岩井地区、黒で示しているのがちょっと北側の富津市の竹岡地区的数字になるんですが、夏場の水温はあまり変わっていないです。上限がだいたい28度ぐらいで、これはアラメカジメの生育できる限界ぐらいの水温になるんですが、これを超えて長い期間持続するような状況は見えていなかったので、水温が直接的に影響してアラメカジメを枯らしているということはないのかなと考えております。

注目すべきは秋以降の水温で、先ほど石井先生からの話もあったように、秋冬の水温がなかなか下がらなくなっている状況にあるんですが、実際の水温で見てみると、若干南側の地区のほうが水温が高い状態で推移しているのがわかると思います。

ここでさらに注目していただきたいのが、ここの黒と青の点線で示した17.5度と16度の水温なんですが、これが17.5度というのがアイゴの摂餌活性の境界で、16度がブダイの摂餌活性の



境界。これを下回るとそれぞれの魚については活性が下がってあまりエサを食べなくなるという報告があります。

これで見てみると特に南側の海域においてはブダイの摂食の影響を受ける期間がかなり長く続いてしまっていて、水温の低下が遅くなつたことで植食生物の活性が高い期間が長くなり、それが原因で藻場の維持にも影響してきているのではないかということを考えております。

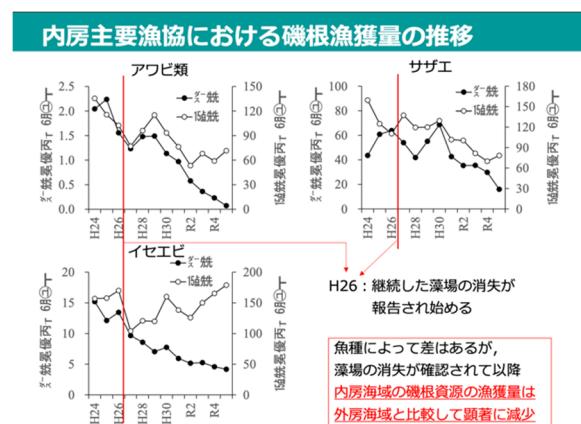
このような原因でなくなつてしまつてゐる藻場なんですが、それが磯根漁業に対してどう影響しているのかということを考えていきます。主にこの藻場に生息している資源としてはアワビ類とサザエ、イセエビなどが重要な資源としては挙げられるんですが、これらいずれの魚種についても魚種によって差はある程度あるんですけれども藻場の消失が確認されて以降、漁獲量が下がつてしまつてます。それぞれのグラフで黒丸で示したのが内房、白丸で示したのは外房になるんですが、外房海域よりもやはり藻場がなくなつてしまつてゐる内房海域のほうが顕著に水揚げが減少してゐるということがわかるかと思います。

当然のことではあるんですけど、生態系のベースとなる棲み場であり餌場である藻場がなくなつてくると、消費者である貝類や甲殻類なんかも減つてくるというのが数字として現れてゐるということがわかります。

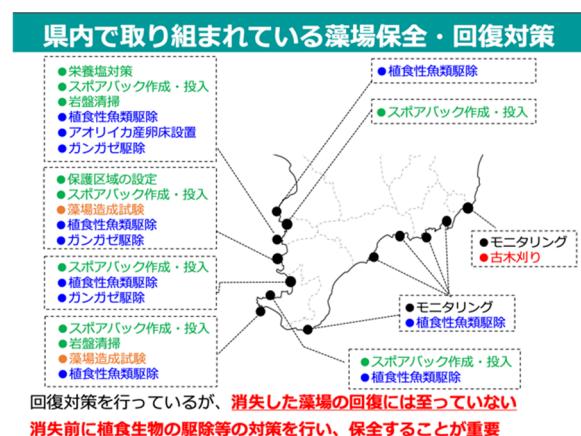
このようになくなつてしまつて磯根の漁業に対してもかなり影響が出てきてしまつてゐる中で、実際の漁業の現場ではこの藻場を回復させるだとか、残つてゐるところについては守るための取り組みが各地で実施されています。

たとえば内房についてはもうかなりなくなつてしまつてゐるところが多いので生産力を強化するためにスポアバックを作成し投入をしたり、あと岩盤清掃をして着生できる場所を増やすための取り組みをやってみたり、場所によっては保護区を設定してみたりといったような取り組みを行つてゐるところです。また原因となつてゐる植食生物を除去するための取り組みとして積極的な漁獲を行つたり、ウニの駆除を行つたりというのも積極的に行っております。

また外房においてはまだ海藻が残つてゐるところも多いので、しっかり現状を把握しようといふ



4 藻場を守るために ～保全・回復対策～



ことでモニタリングをやって、また外房でもそれなりに植食性魚類というのは多いので、それを積極的に漁獲するための取り組みを行っています。

広い範囲でいろいろやっているところではあるんですけど、なかなかなくなってしまった藻場を回復させるのは難しくて、いまだに消失した藻場が回復するというようなことには至っておりません。なのでこのなくなってしまう前に植食性魚類、植食生物の駆除などの対策を行って保全することがかなり重要になると考えております。

まとめますと、内房沿岸だと平成26年ぐらいからかなり広い範囲で藻場がなくなってきたてしまい、それが磯根漁業への影響として今現れてきていると。そういう状況で保全回復の取り組みをやっているんですけど、1回消えてしまうとなかなか回復させるのが難しいということで、やはり消えてしまう前に保全することが重要であるということがひとつ。また地先ごとに消失する原因というのが違うこともありますので、それに対応した対策というのをしっかりと見てやることが重要であり、また回復対策というのは根気強く続けることが必要ですので、なかなか効果が出てこないで歯がゆいこともあるかと思うんですけど、粘り強く続けることが非常に重要となると考えております。

以上です。

まとめ

1 藻場の消失の実態と原因

- ・平成26年頃から確認
- ・平成29年までに内房海域では57%が消失し、
現在も拡大中
- ・物理的攪乱・植食生物による食害等で始まった消失が、食害の継続等で回復しない

2 磯根漁業への影響

- ・磯焼けの発生以降、アワビ、サザエ、イセエビの漁獲量が減少
- ・藻場の残存する外房域に比べ、顕著に減少

まとめ

3 保全・回復対策の取り組み

- ・保全 — モニタリング、植食性魚類の駆除
- ・回復 — スポアバッギ、岩盤清掃、種苗の設置 等
- ・一度消えると回復させるのは非常に難しい

4 今後に向けて

- ・消失前に対策をとり、保全することが重要
- ・地先ごとに、消失原因に対応した対策を実施
- ・回復対策は根気強く続けることが必要

質疑応答②

秋山：小宮さん、ありがとうございました。ここからは質疑応答に入ります。ご講演いただいた3題についての質問となります。まずは講演者の方々、ここに用意しております椅子のところまで上がってください。それではご質問のあるかたは挙手をお願いいたします。ではそちらのかた、お願いします。



尾島：日本水中科学協会の尾島です。竹山さんにお伺いしたいんですが、ふるはまでたも網とか網で魚類調査を行った際に、アユの稚魚とかが出現したというところだったんですが、結構そのときには出たけれども、そこにしばらく着底してある程度の期間を過ごすというのとかっていうのは確認とかはされているんでしょうか。

竹山：アユに関しては一時的に稚魚が地曳網の調査で2月とかそのあたりに出るんですけども、あくまで本当に浮遊しているようなシラスアユみたいなのが出てくるだけで、そのあとはすぐに、出現しなくなります。なので調査でいうと1年間で1回か2回連続で出るか、そのぐらいの頻度になっております。アユに関してはですね。他の魚類はいろいろと魚種によって出現状況はさまざまなんですね。

尾島：ふる浜に、確か運河側のほうに造成された干潟があると思うんですが、そちらのほうの魚類とかはどういうふうな調査を？

竹山：実はタイドプールの調査について、説明をきちんとしていなかったんですけども、運河側の沖側に造成した干潟のタイドプール上の調査になっております。干潟のほうも造成した干潟と海浜の両方とも実施しています。沖側の干潟と、あとは手前の海浜です。地曳網の写真は海浜のところの写真だったんですけども、海浜側と沖側に造成したそれぞれの干潟の汀線でどういう魚類が出るかというのを丸山さんが中心となって海洋大メンバーで実施しているような状態になっております。

尾島：たも網とかになると小型魚類だけで大型の魚類とかは特にはされていないんですか？

竹山：今回結果については説明はしなかったんですけども、写真で示した小型の定置網を濬とあと浅場のところに設置していくまして、そちらのほうも定期的に調査しております。そこでは大きいスズキ

ですか、あとウナギの成魚だったりとか、そういった大きい魚が出てきます。なのでふるはまでは地曳網は目合いがすごい細かいので、1ミリ2ミリとか小さい仔稚魚を中心とした調査をしていて、タイドプールはたも網で目合いが3ミリとか4ミリとある程度大きいので、ちょっと大きめの魚だったりとか、ハゼの稚魚レベルですかね、というのを採集していて。定置網ではそれより大きい回遊性の魚だったりとか、そういった魚を中心としてそれぞれ比較をして調査をしておりました。

秋山：他に質問のあるかた、いらっしゃいますか？質問のあるかた、挙手でお願いいたします。

高橋：関東地方整備局の高橋と申します。小宮さんにお伺いいたしたいと思います。2点あります。1点目ですが、藻場が内房で50何%か消失したということで、もしかしたらご説明があって聞き落としているかもしれないんですが、もともとあったはずの面積というのを何を持って面積を示しているか、その面積としたかということが1点目、2点目が先ほど食害の原因がブダイとアイゴということであったかと思うんですけど、何か最近またさらにこういうのも追加されて増えてきているみたいな、そういう気配を感じる種類があれば教えてください。

小宮：まず1点目の藻場の面積についてですが、一応浜の聞き取りではかつては岩礁すべてを藻場が覆っていたということで聞いていたので、面積調査の際に観察された岩礁の面積を分母として求めていきます。2点目の植食生物についてですが、西日本のほうでもわりと影響の大きい魚種として知られているノトイヌズミが千葉でも場所によってはかなり高密度で生息しているのが確認されていて、そういうものの影響もある程度あると考えています。実際に報告として上がってきているわけではないんですけど、現場からの聞き取りだと場所によってはイヌズミを以前より多く見るようになったということも聞かれますので、そういうものも魚種としては挙げられますし、今日の中ではお話がなかったんですけど、内房のわりと静穏な地域では一部ガンガゼ類がかなり高密度で生息しているところもありますので、そういうところはガンガゼの影響も受けて、それがきっかけとなって藻場が消失してしまったところも実際にありました。

秋山：それでは時間となりましたのでこのあたりで質疑を締めたいと思います。ありがとうございました。これですべての講演とポスター発表が終了いたしました。では講演者の方々、お戻りください。ありがとうございます。

皆さんお疲れ様でした。今日の講演、大変おもしろかったのではないかと思います。只今ご紹介いただきました国土交通省国土技術政策総合研究所の吉江でございます。本日は遠いところをこのシンポジウムにご参加いただきまして皆様誠にありがとうございました。主催者を代表いたしまして関係者の皆様へのご挨拶と感謝とともに今日の講演について私的な感想を一言ずつ述べさせていただきます。

まず講演1では国環研の柚原様に遺伝的構造からのアプローチで、カニがどのようにネットワークを組んでいるというか、カニの親戚の追跡みたいな感じですかね。そういうことを解析されて、大変興味深いお話だと思いました。

次に港空研の渡辺様には近年非常に注目されているブルーカーボンについて横浜での具体的なお話を聞かせていただきました。それから電中研の白井様には洋上風力発電の風車が好きな鳥、嫌いな鳥、衝突してしまう鳥など、鳥の行動の観点からわかりやすい解説をいただき大変おもしろく拝聴いたしました。船舶用レーダーで鳥の観測をされたというところにも興味が湧いたところでござります。

講演2に移りまして、多摩川河口干潟ワズユースP.T、長い名前ですけれども、竹山様から東京湾奥部に形成された貴重な干潟の機能が自然の干潟に近いという評価をいただきました。やはり干潟とか構造物を作るようなことも多い国土交通省の私としては大変うれしく感じました。それとともに改めて環境への思いを強くさせていただいたものです。またシラウオが60年ぶりに発見されたというお話も大変興味深いお話でありました。それから東京海洋大の石井先生からは水族館で随一の人気者のクラゲのお話をさせていただきまして、クラゲというとよく知っているような気がしていましたけれども、あのような非常に複雑な生態を持った生き物であって、非常に環境に左右されるものだということを初めて知りました。本当にクラゲのことなんか何も知らなかつたんだということを思い知ったというか、認識した次第でございます。最後に千葉県水産総合研究センターの小宮様からは磯焼けの状況について、千葉でも磯焼けがあるというところをご紹介いただき、さらに藻類が魚に食べられてしまうということ、そしてその魚の食欲が水温に左右されて、最近の水温の上昇が影響しているのではないかという大変おもしろいお話でございましたけれども、深刻な状況であることも認識いたしました。私事なんですけども、私、北海道で育ちまして、目の前が海というところで、子供の頃は本当に石をひっくり返してカニを取ったりツブを取ったり、昆布をむしったりワカメをむしったりして過ごしていたんですけども、本当にそれが10年ぐらいで真っ白の非常にきれいな海になってしまっ



たんですね。まさにそれが磯焼けだったということなんですけれども、なんとかそういうものを元に戻すことができたらなと思いました。

東京湾は我が国最大の陸海空の物流の拠点であり、工業・商業・観光業の発展する場であるとともに、過去には危機もあったんですが、豊かな自然を取り戻して、あらゆる生物を育み育てる恵みの湾でもあると思います。本日のシンポジウムでもわかる通り、多彩な研究や活動が繰り広げられている場でもあるというところがとても重要であると私は思います。

そしてなおまだ今日のシンポジウムは終わっていません。このあと意見交換会がありますので皆さんぜひコミュニケーションを取ってネットワークを広げて、我々のこの東京湾について熱く語るきっかけになればと思います。

最後に、講演いただきました先生方、またポスターセッションにご参加いただいた先生方につきましては準備も含めて大変貴重な時間をいただきました。大変ありがとうございました。また会場にお越しいただいた、ご参加いただきました皆様にも改めて厚く御礼申し上げます。そしてこの会をつつがなく、ちょっとマイクの不調ということはありましたけども、つつがなく催された関係者の皆様にも深く厚く感謝する次第であります。以上、閉会の挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

The 24th Tokyo Bay Symposium

Research on habitat networks formed by the migration of marine organisms

The Tokyo Bay Symposium is held every year to discuss the environments of Tokyo Bay, with private companies, nonprofit organizations, citizens, universities, research institutes, and national and local governments presenting their latest findings and sharing information with various stakeholders. The aim of the symposium is to consider a better environment and future for Tokyo Bay.

Various kinds of marine organisms in Tokyo Bay migrate between distant habitats as they grow. In addition, many marine organisms migrate between multiple habitats, which increases their persistence in the face of local catastrophic phenomena such as blue tide. Thus, the habitat network within which organisms migrate is vital for the survival of individuals as well as the continued existence of marine species in Tokyo Bay.

In this symposium, presenters will discuss research on habitat networks from various perspectives, including engineering, environmental studies, and fisheries science. The poster session will feature presentations on environments in coastal areas including Tokyo Bay. This symposium will offer attendees an opportunity to collect and exchange information about the environments of Tokyo Bay and other enclosed inland bays and to communicate with other participants.

Date and time: 13:00–17:15 on 18 October 2024

Location: Osanbashi Hall on the 2nd floor of Osanbashi Yokohama International Passenger Terminal

第24回 東京湾シンポジウム報告書

編集・発行 国土技術政策総合研究所 港湾・沿岸海洋研究部

発行日 2025年2月

本報告書に関する問い合わせ

国土技術政策総合研究所
港湾・沿岸海洋研究部 海洋環境・危機管理研究室
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1
TEL:046-844-5023 FAX:046-844-1145