

平成 27 年 10 月 24 日

「生き物生息場つくりに関する提案書」補足説明資料

生き物生息場つくり PT

1. はじめに

平成 27 年 10 月 24 日の東京湾再生官民連携フォーラム総会において、生き物生息場つくり PT より、「生き物生息場つくりに関する提案」を行う。本補足説明資料では提案の背景や意図についてやや詳細な説明を加えることで、提案の趣旨を補足説明することを目的としている。

「生き物生息場つくりに関する提案」は「生き物生息場つくりの基本的な考え方と進め方についての提案」および「東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場の底質改善の提案について」の二部構成となっており、前者は具体的なプロジェクト提案を検討する際の理念や方向性を示したものであり、後者は具体的なプロジェクト提案の一つとして提示しているものである。本補足説明資料においては、主に前者を補足するものとして、「2. 東京湾における生き物生息場つくりの長期的な視点と留意点」を、後者を補足するものとして、「3. 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場の底質改善の提案について」をまとめている。本補足説明資料が「生き物生息場つくりに関する提案」のより深い理解の一助となれば幸いである。

2. 東京湾における生き物生息場つくりの長期的な視点と留意点

(1) はじめに

東京湾再生推進会議（2013）の発表した「東京湾再生のための行動計画（第二期）」（以後、二期計画）には行動計画としての「東京湾再生の理念」が述べられている。そこには、東京湾の環境悪化が人間活動によってもたらされ、その影響が景観や住環境の悪化、癒しや憩いの空間の喪失、自然の恵みが与える豊かな経験や文化伝承の機会の減少など、わたしたちの文化や生活などに広く及び、その代償は私たちや次世代が払うことになることが認識されている。そしてこうした影響を軽減し、子供たちや孫たちの世代にも持続的に東京湾からの恩恵を受けられるように多様な英知を結集して、陸域・海域一体で協働する取り組みを行うことが述べられている。さらに、最終的には、巨大都市を擁する東京湾として新たな文化や魅力等を発信できる、世界に憧れられる東京湾の再生を目指すという目標がかかげられている。加えて、東京湾再生の意義として「1. 豊かな海の保全回復（共生する）」「2. 持続型社会の実現（食べる）」「4. 人と海との繋がり（癒やす）」の3項目が、生き物生息場つくり PT のミッションと関連すると考えられる。

二期計画で示された東京湾再生の理念は 10 年という期間を念頭においた政策を方向付けるものである。生き物生息場つくり PT の活動自体も同じ期間に実施される。そこでここでは、東京湾の多面的機能を考慮しつつ、江戸前を始めとする多くの生き物が住みやすい生態系の姿を、生き物の生息場という側面から 10 年という期間に縛られない長期的視点で述べる。そうした視点を

踏まえて上で、本 PT 活動の実施に、壮観的な東京湾再生の理念に生態学的知見を加味することで、どのような留意点があるか、東京湾の過去をふり返りつつ以下に示す。

(2) 生き物の生息場としての東京湾の変遷

東京湾の地形、地質や流域を含めた水・土砂・栄養塩等の物質循環は、東京湾にすむ魚介類や動植物にとっての生息環境、すなわち生息場そのものであり、どのような生態系が形成されるかを特徴づけている。自然的、人為的な要因によってその生息場は大きく変化してきており、その結果として東京湾の生き物の構成種や生態系も大きく変化してきている。ここでは生き物の生息場としてみた東京湾の変遷を概観する。

東京湾の海面は縄文前期（約 6,000 年前）には今日より約 3m 高く（縄文海進最盛期）、縄文後期から弥生にかけては現在よりも低下し、古墳時代にかけて一時的に上昇した後、現在の海面となった（貝塚、1979；貝塚、1993；松田、2013）。東京湾北部の台地では、岬は波にけずられ、入江には土砂が埋まってなめらかな海岸線がつくられた一方、南部では元々の地層が固かった上に河川からの土砂供給が少なかったことから今でも入江がよく保存されている。（貝塚、1979）。河川からの土砂供給は三角州をつくり、前置斜面を発達させながら三角州を広げるが、多摩川や盤州干潟をつくった小櫃川は河川勾配が大きいことから、搬出土砂が粗く動きにくいいため、粗い砂の層が厚く 15m 程度も堆積してきた。一方、東京低地をつくった利根川や荒川は緩勾配なため、細かい砂の層が 5m 程度と薄く形成された（貝塚、1979）。三角州が発達前進すると自然堤防や後背湿地も前進し、塩性湿地を含む汽水域、干潟、浅場、前置斜面から沖に向かう連続的な景観が形成され、それらが生き物の生息場となって、水産物の安定的な供給の場となり、類例のない高密度な貝塚の分布となって現れた（中村、2011）。一方、河川から供給された土砂の多くは河口部で堆積し、砂は動きにくいいため、沖合では泥だけがゆっくりと堆積してきた（貝塚、1979）。

東京湾で人為の影響が顕著になるのは徳川家康が江戸に入国した 1590 年以降であり、海岸線は今より内陸側にあり現在の東京下町のかなりの部分は海で、低地の多くは茅原の塩性湿地であった。当時の利根川は東京湾に注いでいたが、1654 年に完成した利根川東遷事業によって、東京湾への河川水や土砂の流入量は減少し、東京湾の自然は大きな変化を受けたと考えられる（近藤、1979）。一方、江戸時代の活発な新田開発は流域の発生土砂を増大させ、干潟の発達を促した可能性もある。同時に現在の江東区の大部分を含む海域の埋立や干拓が活発に行われて市街化や新田開発が進められ、江戸時代後半には漁業やノリ養殖業が発展し、豊かな江戸前の恩恵にあずかった。

幕末から明治にかけては横浜の開港に始まり、大正から昭和初期にかけて、横浜から東京にかけての京浜地区の埋立、東京港の開発が進められ、戦後は千葉県沿岸も含む東京湾の海岸線の約 9 割が埋立てられ、干潟や浅場の多くが失われた。さらに、地下水の汲み上げによって、中でも 1950 年から 1970 年頃にかけての南関東ガス田の水溶性天然ガス採取における揚水によって、千葉市・東京・川崎市にかけての沿岸一帯で深刻な地盤沈下が起こり、干潟の消失や浅場の水深が深くなるといった影響を与えた。

高度経済成長期以前は多様性の豊かな生物相が存在していた。それを水産生物で見てみる。年間漁獲量が高水準であった 1935 年前後は、ボラが 1000 トン、ウナギ、カレイ・ヒラメ類がそ

れぞれ 400～500 トン、クロダイ、マハゼ、コノシロがそれぞれ 100～200 トン、シラウオが 50～60 トン、漁獲量の多い貝類でアサリが 6～7 万トン、ハマグリが 8000 トン、カキが 600 トン、ほかにタコとエビ類もそれぞれ 600 トン、シャコ 400 トン、カニ 300 トンが記録され、アサリと養殖ノリは長く日本一を誇っていた（清水、2003）。

これらの中にはシラウオなどのように今日では東京湾から消失した個体群もある（荒山、2011）。ハマグリも遺伝子で見ると東京湾地域個体群はほぼ消失し（浜口、未発表）。シャコやエビ類、そしてウナギなどは特に減少が目立ち、近年ではハゼも減少傾向が著しくなっている（大富、2011；柿野ら、2011；中央ブロック水産業関係研究開発推進会議・東京湾研究会、2013）。高度経済成長期以前には、水産業に加え、海水浴や潮干狩り、今は失われたがアオギスの脚立釣りといった行楽があり（野村・風間、2011）、人と自然のかかわりが折り合った生態系景観が存在していたことは明らかである。

東京湾に自生している生き物にとっての大きなインパクトは、埋立による生息場の消失と陸域からの過大な栄養負荷である。一般に内湾で見られるこうしたインパクトの波及の様子を図 2 に模式的に示す。川島（1993）によれば、東京湾への窒素の流入負荷は 1940 年代中頃から増加した。おそらく経済活動の活発化に伴い栄養塩の流入負荷はこの頃から大きくなっていったと推測される。1950 年代の終わり頃、東京湾における植物プランクトンの生産力（最大光合成速度）がはじめて測定されたが、その時点ですでに自然界でみられる最高値に達していたとされる（Hogetsu ら、1959；山口・有賀、1988）。このことは植物プランクトンの増殖が十分な栄養塩に支えられ、赤潮状態を呈しやすくなったことを示し、実際、栄養塩濃度の上昇と赤潮発生件数のそれはよく似た変動傾向であった。植物プランクトンにより生産された過剰な有機物は湾奥中央の海底に降り積もって堆積し、底層水の溶存酸素濃度がゼロまたはゼロに近い大規模な貧酸素水塊を発生させた。干潟や浅場の減少が植物プランクトンなどの有機物を捕食してきた多くの底生動物のすみかを奪い、その結果より多くの有機物が湾奥中央部の海底に堆積し、貧酸素水塊の規模を拡大してきたものと推察される。

今日、東京湾における晴天時の汚濁発生負荷の 6 割弱は家庭からの生活排水が占めている。神田ら（2008）は東京湾中央部の 2 定点における観測結果を解析し、1990 年前後から表層の窒素・リン濃度が低下傾向にあることを示し、それが第 5 次以降の陸域発生負荷の総量削減計画による規制の成果と指摘している。このように定常的な発生汚濁負荷量は高度成長期のピーク時に比べかなり低減してきている。その一方で、豪雨による雨水が合流式下水道に流れ込み、処理能力を超えて生下水と共に直接環境中に放流される越流水が発生する。現在、その発生抑制として雨天時貯留槽の設置が進められているが設置場所は限られているうえ、近年の豪雨頻度は上昇傾向にあり、貯留槽設置が急がれているところである。また、見落とされがちだが、都市人口や産業活動が増し、集水したことで、湾に放出される淡水が増え、さらに給湯による加熱で特に冬季の淡水は温排水として多量の熱を湾に供給する（木内、2003、2004；Kinouchi、2007）。これらの物理的变化も生物相に影響を与えるものと考えられる。

埋立の進行と相対してアサリ漁獲量が減少した（図 3）。東京湾では 1965 年以降、年平均 6 万トン（東京都と神奈川県 1 万トン、千葉県 5 万トン）の漁獲が埋立によって失われたと試算されている（松川ら、2008）。植物プランクトンを捕食するアサリなどの底生動物が減少したことは、

赤潮を抑え有機物の過剰生産を抑制する機能が低下したことを示唆している。湾全体の埋立面積は江戸時代には約 2,700 ha (主に東京都)、明治から 1996 年の間で約 25,000 ha (東京都約 6,000 ha、神奈川県約 7,000 ha、千葉県約 12,000 ha) となっている (国土庁大都市圏整備局編、1993 ; 東京湾環境情報センターホームページ)。総漁獲量の変化を 5 年毎で見ると 1950 年代後半が最も高く、総漁獲量に占める貝類の割合が高いことから見て (清水、2003)、水産生物への影響は 1960 年代以降の埋立によるものが大きいと考えられる (図 3)。ただし、これはこの時期の埋立前の干潟・浅場が貝類の主要な漁場であったためと考えられ、東京湾における貝類の生息場は江戸時代以降の長期的な埋立の結果として徐々に失われてきたことに留意する必要がある。

干潟は潮汐による水位差の大きな太平洋岸の内湾で、河川からの土砂の堆積作用と波による浸食作用のバランスで形成される。土砂の流入が減ったり、潮位振幅が小さくなれば、干潟は小さくなる。一方、埋立の影響の一つとして湾奥での潮位振幅の減少が挙げられる。図 3 には潮汐の主要成分である月に起因する M2 分潮の湾奥での振幅が埋立の進行に伴って低下している様子が見て取れる。これは埋立によって湾長が短くなり、外海から進入する潮汐波の共振効果が弱まるためであり (岸ら、1993 ; 宇野木・小西、1998 ; 柳・大西、1999)、その結果、1936 年と 1991 年では潮流と潮汐残差流が 10% 程度低下したと計算されており (岸ら、1993 ; 宇野木・小西、1998)、一部の漁業者によれば、富津と観音埼を結ぶ付近では流れが緩くなったとも言われている (大野・大野、1986)。また、潮流が弱くなったことで、小さい粒子が堆積しやすくなることが数値シミュレーション実験で示されている (柳・大西、1999)。このことは埋立が底質粒径に影響を与えることを示唆している。

東京湾では、生物群集がこれまで体験したことのない短期間に地形が改変された。広大な汽水域から海への連続性をもつ生態系において、水質の側面 (淡水～汽水～海水) と地形的側面 (陸域～湿地・干潟～浅場～沖合) の連続性が分断された結果として、生息場を失った塩性湿地にすむトンボや鳥類から、ウナギ、アオギス、ハマグリといった魚介類にいたるまで、さまざまな自生種個体群が減少し、淘汰された。一方で遠浅であった地形の護岸化は新しい付着基盤を作り出した。港湾整備の始まったばかりの明治期から 1930 年頃までは、付着生物相は東京湾在来種で構成されていたとされる (梶原、1977)。その後 1950 年頃までは数種の移入種が見られたものの著しい増殖は記録されておらず、おおむね在来種からなる群集であったが、1960 年代以後に水質汚濁に耐性のあるマンハッタンボヤなどの移入種が増殖してきたと考えられている (堀越・岡本、2011)。

埋立の拡大、底質の変化、底層貧酸素水塊の大規模化は、それまでとは全く異なる生息環境を生物群集に提供することになった。例えば幼生期の付着基盤の増加と人為的富栄養化の促進によるエサ生物の増加や、自らの高い貧酸素耐性によってミズクラゲは個体群を拡大できたと考えられる (野村・石丸、1998 ; 石井、2011)。また貧酸素耐性の高い外来種のホンビノスガイが移入し (Murakami ら、2012)、現在では漁業の対象種として水揚げされている。他にもイッカククモガニ、チチュウカイミドリガニ、ムラサキイガイなど様々な種が移入し個体群を拡大しているが、いずれも高度経済成長期以前の東京湾環境では脇役であった自生種や自生種が放棄した生息場に入り込んだ外来種である。

(3) 生き物生息場づくりにおける留意点

長年にわたる東京湾流域圏の人口増加や経済活動の発展に伴う汚濁負荷の増大や水循環の変化、そして埋立の影響により、貧酸素水塊の拡大や干潟・浅場の減少を招き、様々な生き物の生息場の面積や多様性が低下し、生態系の空間的なネットワークが分断されてきた。

東京湾再生のための行動計画（第二期）における目標を達成するための水環境改善の道筋と施策との関係を見ると、目標達成のための施策として、干潟・浅場・藻場等の再生・創出が効果発現箇所としてもっとも多く効果が見込まれている（東京湾再生推進会議、2013）。こうした施策の実施には、埋立地の人口の動向、インフラの老朽化や更新の必要性、低未利用地の動向、自然に対する社会全般のニーズ変化などを調査しつつ、長期的な取り組みが必要である。その際には既述のとおり、塩性湿地を含む広い汽水域から干潟・浅場を経て海に至る連続性の重要性を強く意識する必要がある。

こうしたことと同時に今必要なのは、将来的な自然再生に向けた生物種の保全のために、小規模でも多様な生き物の生息場を増やしていくことであり、小規模な実証試験を積み重ねながら、生き物生息場づくりを進めていくことが有効であると考えられる。以下ではこのような生き物生息場づくりにおける留意点について整理する。

a) 生き物生息場づくりの実証試験の在り方

生き物生息場づくりは小規模な実証試験から取り組むのが現実的であり、試験の効果を評価し、予期せぬ影響を見極めながら進めていくのが有効である。また、実証試験の対象とする生き物生息場の選定においては、生活史の一部のボトルネックを解消することが再興再生に繋がるといったような、実証試験の効果が期待できる生き物を優先し、長期的な環境再生の視点とも矛盾しないものを選定するのが望ましい。また、その生息場の意図した機能が長期的に持続可能な、安定した場の選定が不可欠であり、海象条件の急変などで一時的に機能が失われたとしても、それが自然に回復するような動的平衡の保たれる場の選定が必要である。

b) モニタリング

東京湾再生推進会議においてもモニタリング分科会が立ち上げられ、2008年から東京湾水質一斉調査が実施されており、さまざまな事業の中でモニタリングの重要性が広く知られるようになっている。また市民参加の水質や生物モニタリングは、東京湾の現状と環境再生への課題を共有する活動としても重要である。

生き物生息場づくりに際してはその効果を把握評価すると同時に、予期せぬ影響が生じないかを見極めるため、事業の実施前から事後の十分な期間にわたるモニタリングが不可欠である。また、モニタリングを通じた実証試験の評価を、長期的な環境再生目標の達成に向けた課題整理の素材として活用していくという視点も重要である。

c) 東京湾の在来種の保全

二期計画における主要な目標の一つである、江戸前の再興を実現するには、当時の生態系の構成種（在来種）のうち、現在では著しく減少し、絶滅が危惧される種を保全していくことも重要であると考えられる。この保全対象となる干潟ベントスの希少種の多くが、埋立以前の旧海岸線沿いの一部に残る小規模な泥干潟や塩性湿地にかろうじて維持されており、これらの場の保全が求められる（柚原ほか、2013）。一方、東京湾再生の過程で形成される生態系や生物相は開発以前

のものと同一ではないことも理解しておく必要がある。

d)生態系の連続性の回復

東京湾を代表する海岸地形である河口湿地を含む汽水域や干潟はそのほとんどが埋立で消失し全体で連続性が横方向で分断され散在的になると同時に、陸から海への縦方向の環境勾配の連続性も失われており、こうした地形の分断は、生物の生息空間を分断し、結果として生物種個体群の縮小を招いている（風呂田、2011）。加えて、貝類などで幼生期をプランクトン生活する種では、プランクトン期後の着底し成長できる生息空間の細分化や貧無酸素水塊の有無や強弱で着底の成否が左右されている。さらに生息空間のネットワークが分断されることで、個体群の維持自体が困難になっているものも多くなっているとされる（風呂田、2000）。こうした生息地の分断によって、群集構造が変化し生態系の構造も変わってきていると考えられる。

東京湾流域圏まで含めた生き物の生息場をつくるということを長期的な視点からみると、生態系の連続性を回復するということである。この回復を目指す際に市民にわかりやすい総合的な評価指標となるモデル生物を設定することは有効である。例えば、ウナギは河川や湖沼にもすむが、河口の湿地から干潟につながる淡水と海水が混ざり合うような汽水域に生息している。もともと江戸前とはウナギの呼称で、隅田川の河口で盛んに漁獲されていた。ウナギは海から流域圏全体を利用する生物である。したがって東京湾とその流域圏を含めて環境の再生、水循環の再生を評価する上で、ウナギ個体群の回復は再生目標の達成を測る一つの尺度となりうる。

(4) おわりに

さまざまな主体が知恵を合わせ取り組む体制が出来るならば、それは東京湾再生を進める大きな一步になる。繰り返しになるが、小規模な浅場造成が広大な自然が残っていた当時を考えるための素材として、自然再生への気運を一層高めるための材料とすることが重要である。

東京湾において自然な景観や生態系を再生するには、社会の動向やニーズの変化をモニタリングし、必要に応じて同じ問題意識を共有する官民一体の体制で対応していくことが大切である。また埋立地事業者の社会への貢献も考慮する必要がある。埋立地を自然海岸に戻すなどの再生事業を試行する中で生態系や社会的な波及効果を見極め、自然と共生した世界に誇れる首都圏を成立させ「首都圏にふさわしい東京湾」という新しい価値を作り出す発想が必要である。

参考文献

- 荒山和則（2011）：東京湾から消えたシラウオ．東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，195-198.
- 石井晴人（2011）：c. クラゲ類．東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，134-136.
- 伊東和憲（2001）：ゴミ問題と埋立．月刊海洋，33，876-881.
- 宇野木 早苗，小西達男（1998）：埋め立てに伴う潮汐・潮流の減少とそれが物質分布に及ぼす影響．海の研究，7，1-9.
- 大富 潤（2011）：B 甲殻類（シャコ）．東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，144-148.
- 大野一敏，大野敏夫（1986）：東京湾で魚を追う（加藤雅毅編）．草思社，東京，255 pp.
- 貝塚爽平（1979）：東京の自然史（増補第二版），紀伊國屋書店．
- 貝塚爽平（1993）：第1章東京湾の生い立ち 古東京湾から東京湾へ．東京湾の地形・地質と水（貝塚爽平編），築

- 地書館，東京，1-19.
- 柿野 純，片山知史，堀 義彦（2011）：2. 4. 1 漁業. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，165-176.
- 梶原 武（1977）：東京湾における付着動物群集. 海洋科学，9，58-62.
- 川島博之（1993）：3. 流域と湾内での窒素の動き. 東京湾 -100 年の環境変遷-（小倉紀雄編），恒星社厚生閣，東京，123-137.
- 神田穰太，チョムタイソン・パチャラー，堀本奈穂，山口征矢，石丸隆（2008）：東京湾 2 定点における栄養塩類濃度の経年変動. 水環境学会誌，31，559-564.
- 岸 道郎，堀江 毅，杉本隆成（1993）：4. 東京湾をモデルで考える. 東京湾 -100 年の環境変遷-（小倉紀雄編），恒星社厚生閣，東京，139-153.
- 木内 豪（2003）：都市が東京湾に与える影響-水・熱輸送の視点から-. 月間海洋，35，508-515.
- 木内 豪（2004）：都市の水・エネルギー利用が水域に及ぼす熱影響のモデル化と東京都区部下水道への適用. 水文・水資源学会誌，17，13-21.
- 国土庁大都市圏整備局編（1993）：東京湾—人と水のふれあいをめざして.
- 清水 誠（2003）：漁業資源から見た回復目標. 月刊海洋，35，476-482.
- 武井弘一（2015）：江戸日本の転換点 水田の激増は何をもたらしたのか. NHK 出版，東京，276 pp.
- 中央ブロック水産業関係研究開発推進会議・東京湾研究会（2013）：江戸前の復活！東京湾の再生をめざして. 33 pp. Web pdf 版 <http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/Teigen.pdf>（2015 年 7 月 1 日閲覧）
- 東京都環境局ホームページ：http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/red_tide/index.html（2015 年 7 月 1 日閲覧）
- 東京湾海洋環境研究委員会（2011）：東京湾 人と自然のかかわりの再生. 恒星社厚生閣，東京，389 pp.
- 東京湾環境情報センターホームページ：「東京湾における埋立面積の変遷」データ <http://www.tbeic.go.jp/kankyo/mizugiwa.asp>（2015 年 7 月 1 日閲覧）
- 東京湾再生推進会議（2013）：東京湾再生のための行動計画（第二期）. 39 pp.
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB_Renaissance/action_program_2nd.pdf（2013 年 5 月 31 日発表）
- 中村俊彦（2011）：第 3 章東京湾と人のかかわりの歴史. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，215-229.
- 野村英明（1995）：東京湾における水域環境構成要素の経年変化. La mer，33，107-118.
- 野村英明（1998）：1990 年代における東京湾の赤潮と植物プランクトン群集の変遷. 海の研究，7，159-178.
- 野村英明（2011）：第 4 章再生の目標：自然の恵み豊かな東京湾. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，232-250.
- 野村英明，石丸 隆（1998）：東京湾におけるクラゲ類（刺胞動物および有櫛動物）の最近 15 年間の出現状況. 海の研究，7，99-104.
- 野村英明，風間真理（2011）：2.4.2 水辺の行楽. 東京湾 -人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，177-185.
- 古川恵太（2011）：1. 8 海底地形の変遷. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，52-56.
- 風呂田 利夫（2000）：内湾の貝類，絶滅と保全，東京湾ウミノナ類の衰退からの考察. 月間海洋号外，20，74-82.
- 風呂田 利夫（2011）：2. 3. 2 小型底生動物. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，136-143.
- 堀越彩香，岡本 研（2011）：2.3.3 付着生物. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，150-157.
- 松川康夫，張成年，片山知史，神尾光一郎（2008）：我が国のアサリ漁獲量激減の要因について. Nippon Suisan Gakkaishi，74，137-143.
- 松田磐余（2013）：対話で学ぶ江戸東京・横浜の地形. 之潮，東京，247 pp.
- 松村 剛（2000）：東京湾における栄養塩の収支に関する研究. 東京水産大学大学院博士学位論文，69 pp.
- 村松修次，野村英明（2011）：1. 5 首都圏のゴミ問題と最終処分場-東京都の取組を中心に-. 東京湾 人と自然のかかわりの再生（東京湾海洋環境研究委員会編），恒星社厚生閣，東京，35-44.
- 柳 哲雄，大西和徳（1999）：埋め立てによる東京湾の潮汐・潮流と底質の変化. 海の研究，8，411-415.

- 山口征矢, 有賀祐勝 (1988): 東京湾における基礎成案の変遷. 沿岸海洋研究ノート, 25, 87-95.
- 柚原 剛, 多留聖典, 風呂田 利夫 (2013): 東京湾における干潟ベントスの分布と希少種を含む生物多様性保全における人工水路の重要性. 日本ベントス学会誌, 68, 16-27.
- Hogetsu, K., M. Sakamoto & H. Sumikawa (1959): On the high photosynthetic activity of Skeletonema costatum under the strong light intensity. Botanical Magazine Tokyo, 72, 421-422.
- Kinouchi, T. (2007): Impact of long-term water and energy consumption in Tokyo on wastewater effluent: implications for the thermal degradation of urban streams. Hydrological Processes, 21, 1207-1216.
- Murakami-Sugihara, N., T. Furota & K. Okamoto (2012): Genetic structure of the exotic hard clam Mercenaria mercenaria in Tokyo Bay, determined using mitochondrial DNA. Fisheries Science, 78, 569-575.

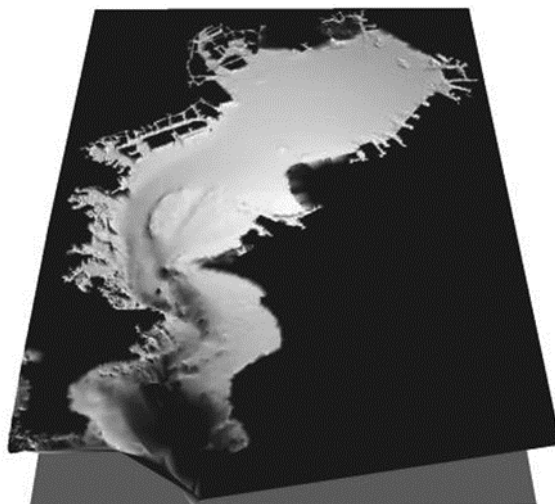


図1 東京湾の海底地形 (古川、2011).

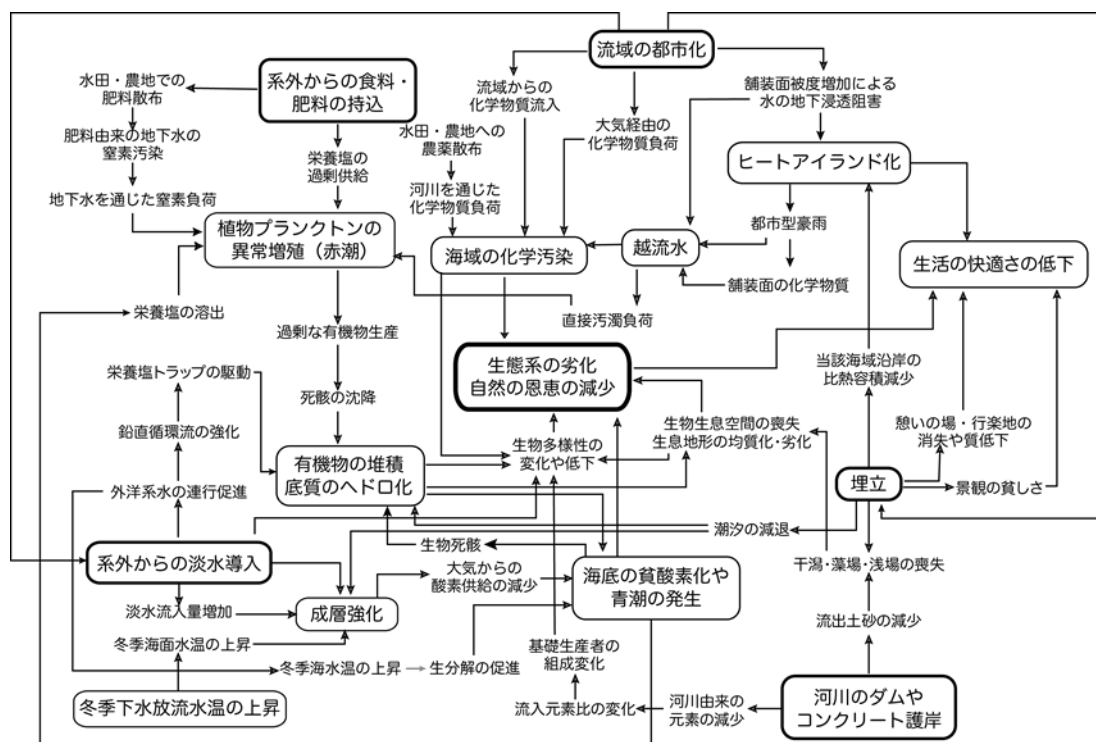


図2 人間活動の影響が波及していく様子の一例 (野村、2011)

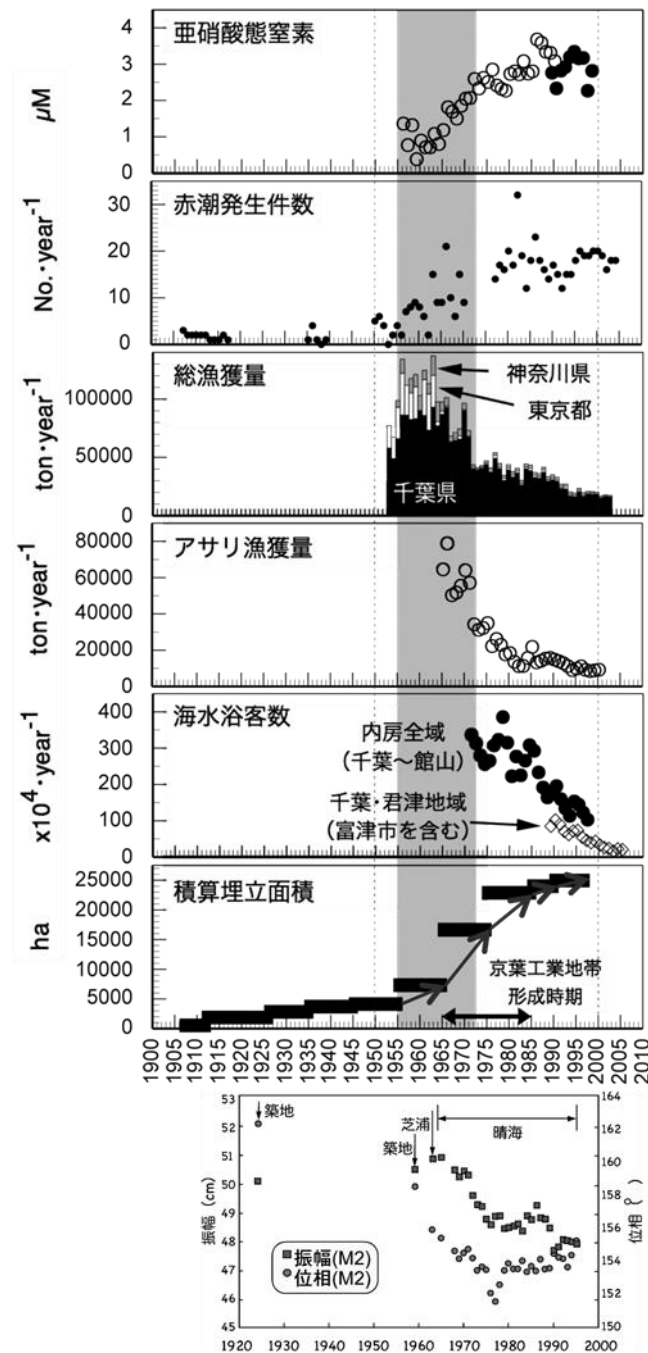


図 3 亜硝酸態窒素で示す栄養塩濃度、赤潮の発生件数、年間漁獲量、アサリの漁獲量、海水浴客数、埋立の積算面積、最下段は月に起因する M2 分潮の振幅と位相の経時変化。1955 年から 1972 年までの灰色帯は、日本経済の高度成長期を表す。

出典：亜硝酸態窒素（1990 年まで、野村（1995）。1989-1998 年は、松村（2000））、赤潮発生件数（1995 年まで、野村（1998）、1996-2004 年は東京都環境局ホームページのデータ）、総漁獲量とアサリ漁獲量（清水誠東京大学名誉教授のご厚意により拝借し作成）、海水浴客数（野村・風間、2011）、積算埋立面積（東京湾環境情報センターホームページのデータ）、M2 分潮の振幅と位相（宇野木・小西、1998）。

3. 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場の底質改善の提案について

(1) 東京湾の環境変化と江戸前の魚の変遷

江戸前の魚については、多くの種が減少し、一部の種は絶滅していると考えられている。その原因として貧酸素水塊（青潮）の発生と干潟・浅海域、藻場などの場の消失が大きく関与し、その他に冬季の高水温化や餌生物の減少、過剰漁獲などがあげられている（中央ブロック水産業関係研究開発推進会議東京湾研究会、2013）。

東京湾で絶滅したと考えられているアオギスとシラウオを含め、クルマエビ、ハマグリ、マハゼ、イシガレイ、アカガイ、タイラギ、ガザミ類、シャコなどの種は、貧酸素水塊の拡大と、汽水域、干潟・浅海域の消失、底質環境の悪化によって生息可能な水域が大きく減少したと考えられる。アユは河川域および汽水域の環境悪化と陸から海への連続性の消失により減少したが、近年では水質改善や河川内での魚道整備などにより、多摩川などに多く遡上していることが確認されている。東京湾外から稚仔魚が来遊して資源が造成されているマアナゴとウナギも資源の減少が見られるが、その原因については明らかでないものの来遊資源量の減少と生息場の環境悪化が考えられている。

一方、東京湾中央～南部が主分布域となっていたマダコ、タチウオ、ミルガイ、サルエビ、コノシロ、コウイカ、サヨリなどの種は、環境悪化の影響を受けたもののその度合いは小さい。また、スズキは、1990年代後半に漁獲量が増加し（加藤・池上、2004）、近年も高水準が続いている（千葉県のスズキの漁獲量は全国1位でその大半は東京湾）。これは、スズキの産卵場が東京湾口の高塩分の海域であり（渡部、1965）、ふ化後に内湾に輸送されて餌が豊富で隠れ場所の多い沿岸域で成長した後、内湾全域に分布が広がることによる。貧酸素水塊の発生している海域でも上層に浮上すれば酸素が豊富なので死亡することではなく、生活史全般が現在の東京湾の環境に適応している事例である。

トリガイ、コウイカ、ホンビノスガイも、漁獲量が増加する傾向がみられる種である。トリガイは、アカガイ、タイラギなどの二枚貝と同様に内湾の沖合に生息するため、夏季に貧酸素水塊が発生することで死亡する。これらの種は毎年のように稚貝の発生が確認されているが、夏季の貧酸素水塊の分布と重複するため、発生、全滅を繰り返す（石井ほか、2015）。このうち、アカガイとタイラギは成長が遅く稚貝のほとんどが貧酸素化で死亡する。一方、トリガイは成長が速く、貧酸素水塊解消後に着底した稚貝は貧酸素水塊が再び拡大する前に漁獲される大きさまで成長し、産卵を行っている（大畑ほか、2013）。このため、近年では数10トン～100トン前後の漁獲が続いている。コウイカは、1996年に富津の漁業者が人工産卵床の設置を開始し（石田、1997、榎本、2001）、周辺海域の漁業者にも活動が広がった頃から漁獲量が増加している。資源量が増加したこととの因果関係は明らかではないが、近年では東京湾西部や北部の海域にも活動が広がっており、環境改善の効果が期待される事例である。ホンビノスガイについては、環境が悪化した後の1990年代に出現した外来種であり、現在では漁業利用が行われるまでに増加した特異な事例である。

東京湾で見られるカレイ類（マコガレイ、イシガレイ等）については、1970年代まではイシガレイが主体で漁獲されたが、近年ではマコガレイが主体となっている。カレイ類は貧酸素化と底質悪化の影響を受けたことにより減少したのと考えられているが、イシガレイは1980年代から

減少が見られたのに対し、マコガレイは 1990 年代後半からの減少が顕著である（図 1）。

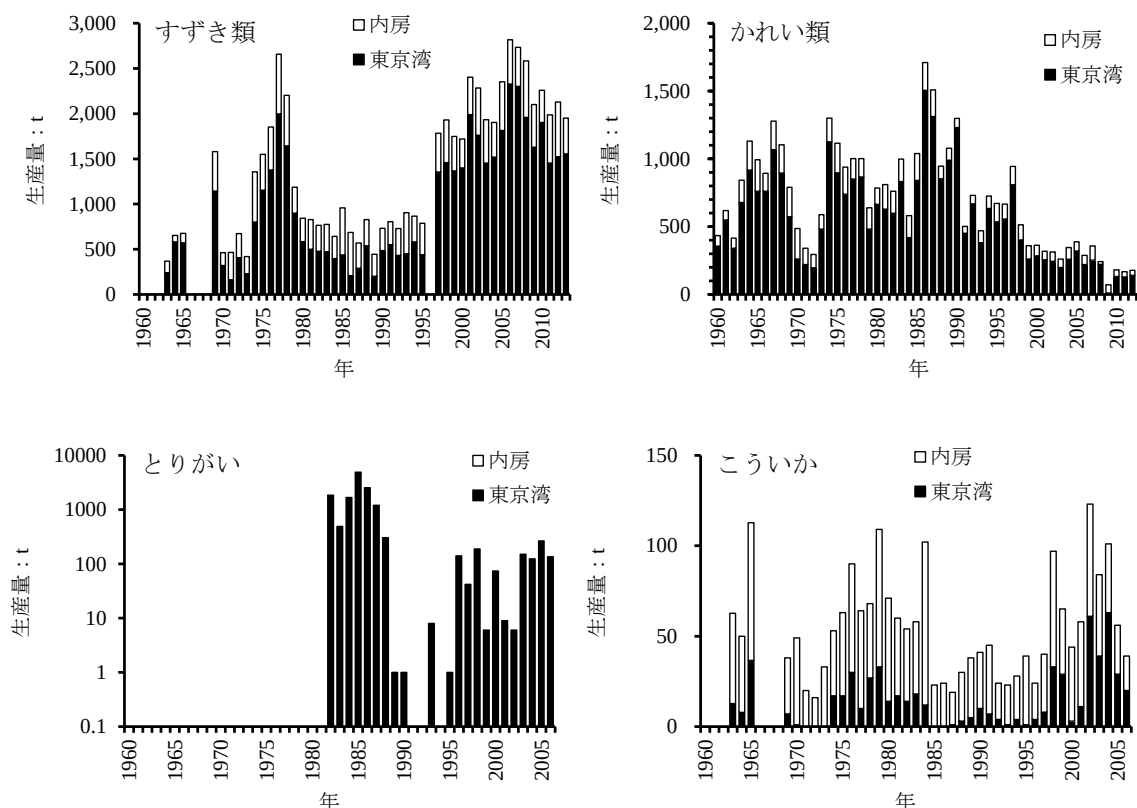


図 1 東京湾におけるスズキ、カレイ類、トリガイ、コウイカの漁獲量
（千葉農林水産統計年報）の経年変化
（1960～1968 年の一部に未集計の年あり）

(2) 生き物生息場づくりの対象となる魚種の選定

今回の生き物生息場づくり PT では、10 年スケールで取り組む試みを想定している。このため、貧酸素水塊の全面的な解消や広大な干潟・浅海域、藻場の造成など、問題解決に長期的な施策が必要な魚種の選定は行わず、生態的な研究が進み情報の多い魚種の中から、生活史の一部でボトルネックになっている部分について生息場を改善することで増殖の可能性のある魚種を選定することが望ましいと考える。

この視点において、東京湾内で生活史が完結し、生態と生息場の関係についての研究が進んでいるのはマコガレイとアサリである。アサリについては全国的な減少が見られる中で、東京湾においても明確なボトルネックとその対策は明らかではない。マコガレイは生態系の上位にあり、取組みの効果を判断しやすく、また、近年の東京湾での研究によって減少原因の一部が明らかにされ、その対策も検討されている。減少原因の一つとして挙げられているのは、産卵場の環境で、その環境改善が資源量の増大に有効であると考えられている。この産卵場については、小規模でも底質を好適な環境に改善することで効果が見込まれることから、マコガレイを生き物生息場づくりの対象に選定することが適当であると考えられる。

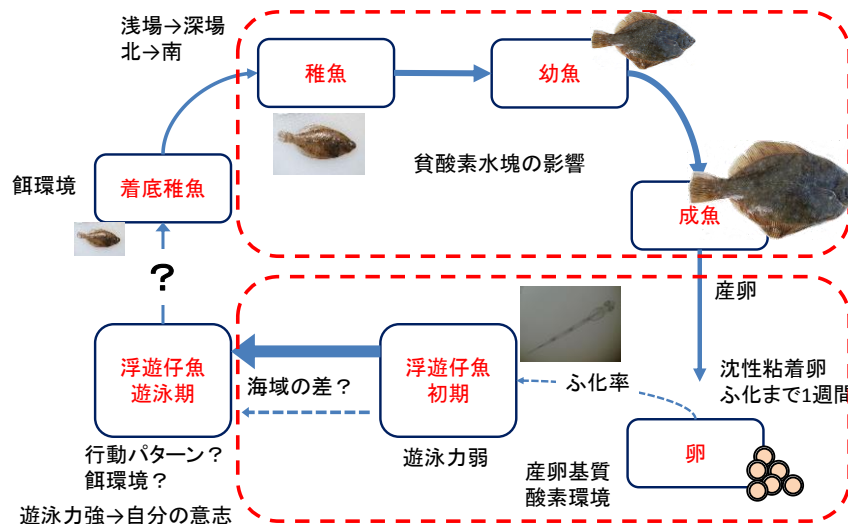


図 2 マコガレイの生活史

(3) 東京湾北部沿岸におけるマコガレイ産卵場の底質改善の提案

東京湾のマコガレイは一生を湾内で過ごし、産卵は冬季に東京湾北部沿岸や、東京湾西部及び内房北部沿岸の一部で行われていると考えられている。卵は沈性粘着卵で、ふ化後 1 か月程度浮遊生活を送ったのち、着底して底生生活に移る（図 2）。浮遊仔魚の多くは湾の北部沿岸に着底していると推定され、着底後の稚魚は成長に伴い沖合に移動し、その後の貧酸素水塊の発生により湾の南部に分布を移す。貧酸素水塊が解消する秋季には再び北上し産卵親魚はさらに湾の北部沿岸に集まる（図 3）。

マコガレイの生活史を見渡すと、産卵場所の環境悪化、浮遊仔魚の着定場所の減少、貧酸素水塊による稚魚の死亡や餌生物（ゴカイ等）の減少及び生息水域の制限などが減少要因として考えられる。また、湾内の流れによる浮遊仔魚の移動・分散の検討により、底質環境が良好な盤洲や富津地先で産卵が行われてもふ化した仔魚は湾内に滞留しづらいため、湾北部の沿岸で産卵された群が重要である可能性が示唆されている（図 4）。

しかし、マコガレイの卵は沈性粘着卵のため、産卵親魚が多く集まる北部沿岸で見つかった産卵場は、泥が多く卵の生残には不適な環境であると考えられる。また、東京湾以外の海域でマコガレイが産卵する場所は礫や粗砂の底質であり、東京湾とは大きく異なっていることから、産卵場の底質がふ化率低下の原因になっていると考えられる。このため、産卵場の底質を改善しふ化率向上を図ることが、重要であると考えられる。

産卵場の改善については、卵が付着しやすい底質が必要であるが、湾奥の海底はふ泥が多く、特に窪んだ所にたまりやすい。冬季に北部沿岸に集まった親魚は、海底にできた窪みの中に多く集まっていることから、この窪みの周辺に良質な底質環境を創出することが適当と考えられる。底質の改善手法としては、産卵基質として砂～砂礫を投入し海底に緩やかな斜面や盛り上がったマウンドを作ること、表面は流れや波浪によりふ泥がたまりにくくなり、粒度の粗い底質環境を維持できることが考えられる（図 5）。

以上のように、本施策は東京湾再生の理念と全体目標の一つに掲げられた「江戸前」をはじめ

多くの生物が生息する東京湾の創出」に合致し、生き物生息場としての効果が見込まれる。モニタリングを通して効果や再生の理念との整合性も検証しながら、生き物生息場づくりの一手法として、マコガレイ産卵場の底質改善を提案するものである。

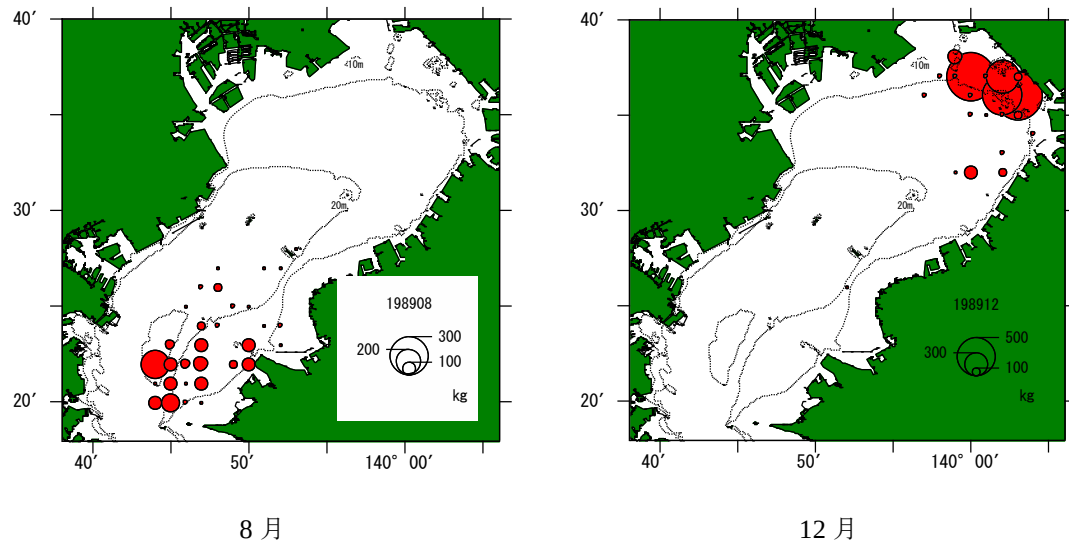


図3 小型底びき網によるマコガレイ漁獲密度分布（単位；kg/網）

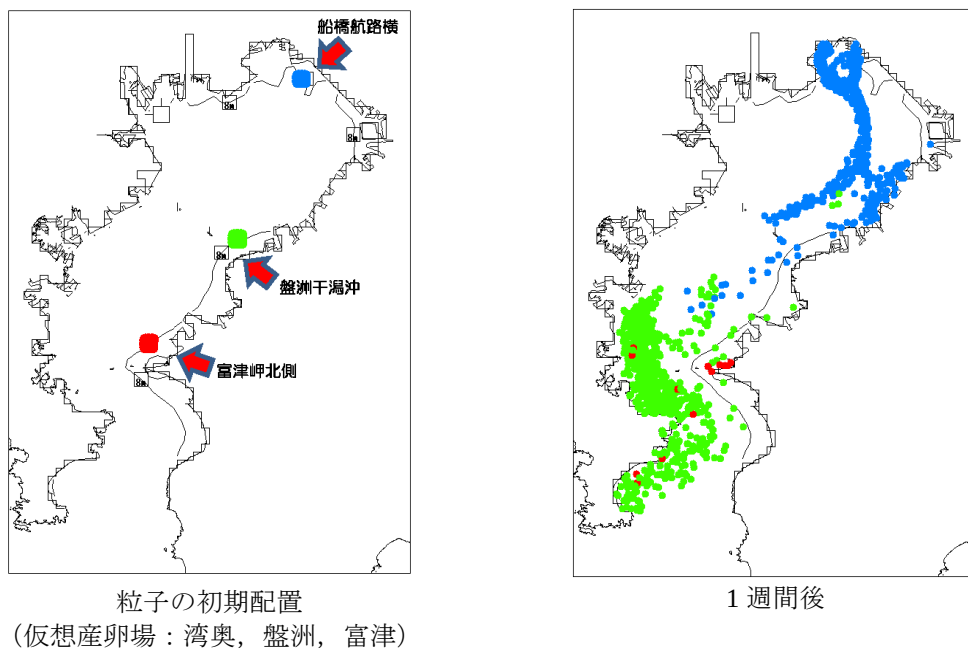


図4 流動モデルによるマコガレイ浮遊仔魚の移動・分散推定結果

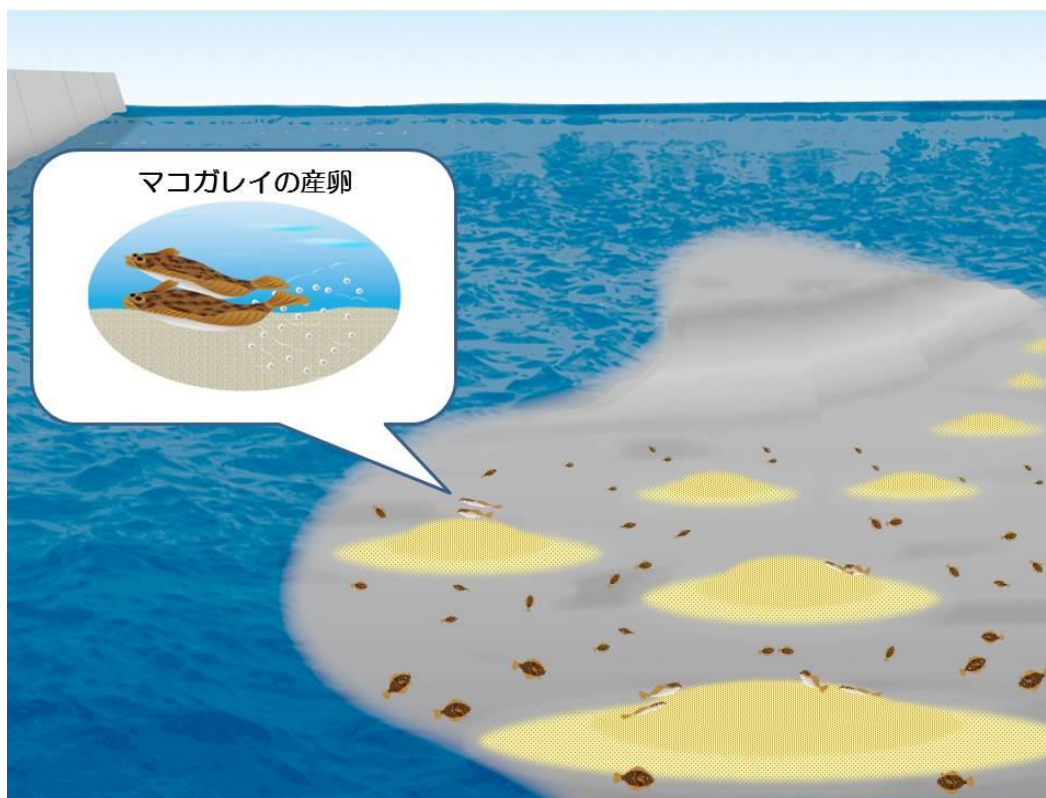


図5 マコガレイ産卵場の底質改善イメージ

参考文献

- 大畑 聡・石井光廣・梶山 誠（2013）東京湾におけるトリガイ稚貝の着底時期と成長．日本水産学会誌，79（6），977-986.
- 加藤正人・池上直也（2004）東京湾の小型底びき網漁業からみたスズキの資源動向と分布．千葉水研研報，3，17-30.
- 石井光廣・加藤正人（2005）東京湾の貧酸素水塊分布と底びき網漁船によるスズキ漁獲位置の関係．千葉水研研報，4，7-15.
- 石田文雄（1997）スミイカの人工産卵床設置試験について．第43回千葉県水産業青壮年女性活動実績発表大会資料，11-20.
- 榎本進（2001）スミイカ資源の増大を目指して．第47回（平成12年度）千葉県水産業青壮年女性活動実績発表大会資料，20-26.
- 中央ブロック水産業関係研究開発推進会議東京湾研究会（2013）江戸前の復活！東京湾の再生をめざして．東京湾の漁業と環境，4，A-1-A-32.