

研究概要書：快適に憩える美しい東京湾の形成に関する研究

プロジェクトリーダー名：沿岸海洋研究部長 小松 明
技術政策課題：(4)良好な環境の保全と創造
サブテーマ：8) 快適に憩える美しい東京湾の形成に関する研究
関係研究部：沿岸海洋研究部・環境研究部・下水道研究部・河川研究部
研究期間：平成13年度～平成16年度
総研究費：約283百万円

1. 研究の概要

背後市民が快適に憩え、多様な生物を涵養する生息場があり、健全な物質循環が保たれている東京湾の形成を目指して、本プロジェクトでは、現象の解明、広域物質循環モデルの構築、人文・社会科学的視点を取り入れた評価を研究手法の軸とする研究を推進した。

現象の解明にあたっては、河川、下水、沿岸域を一体的に把握することを課題とし、HFレーダによる表層流のリアルタイムモニタリングや、音響探査手法を活用した底質の広域モニタリング、アサリ浮遊幼生モニタリングなど、広域の環境モニタリング手法の開発、実践を課題とし、湾内の環境支配要因、自然再生のポテンシャル、生態系ネットワークなどを検討することを目指した。同時に、環境改善の目標設定、手法開発などを課題として、都市臨海部に干潟をとりもどすための実践的研究を開始した。

広域物質循環モデルの構築にあたっては、合流式下水道の改善対策を検討する際に必要な雨水・負荷量モデルの改良、湾内の広域的な海水交換を検討するモデルの開発を課題とし、湾内における短期的・長期的な環境変化の様相を解明することを目指した。

人文・社会科学的視点を取り入れた評価にあたっては、政策決定や管理のあり方についての指針を得ることを課題とし、埋め立てに関する社会的受容性の構造、地域に伝わる歴史・文化の位置づけ、地域の人々の海岸に対する思い入れなどを理解することを目指した。また、こうした評価を支える技術として、環境情報の共有・再利用の促進を課題とした、環境情報の標準化に関する検討を行った。

2. 研究の背景

近年、海浜・河口域およびその周辺を含む沿岸域においても、生活、アメニティ、自然とのふれあい、生物多様性確保等の場および水質浄化の場として、国民に強く意識されるようになってきた。特に、東京湾沿岸では、従来の水域、海浜・河口域等の水際線の自然環境の多くが失われた結果、その保全・再生が強く望まれている。

改正された河川法・海岸法・港湾法では、環境の整備と保全や環境配慮の方向性が明示された。一方、東京湾における大型プロジェクトが進行・計画中である。内湾域の総合的で広域的な環境管理が、港湾審議会答申でも要請されている。港湾法による「大臣の基本方針」への施策反映にも配慮する必要がある。

合流式下水道の改善は緊急に解決すべき社会要請である。河口域～沿岸部の自然共生は都市再生にとって重要である。東京湾の再生にあたっては、汚染源である流域圏・都市での対応、沿岸域での土地利用の改善、市民・NGO・関係行政機関の連携が特に重要である。

こうした要請、計画を背景に、国土交通省は東京湾蘇生プロジェクトを策定し、関係者との協同のもと東京湾の再生に向けた検討を行ってきた。また、平成14年に都市再生本部において「海の再生」が提唱され、より広域的・横断的な取り組みとして平成15年3月に関連省庁・周辺自治体からなる東京湾再生推進会議は、「東京湾再生のための行動計画」を発表した。

そうした東京湾再生のための目標の設定、行動計画の選定、事業の推進にあたって、東京湾全体を対象とし、かつ具体的・実践的な研究成果が必要とされた。

3. 研究の成果目標

研究の成果としては、現象の解明、広域物質循環モデルの構築、人文・社会科学的視点を取り入れた評価の3つの軸を持つ研究を推進し、以下の6点の成果を得ることを目標とした。

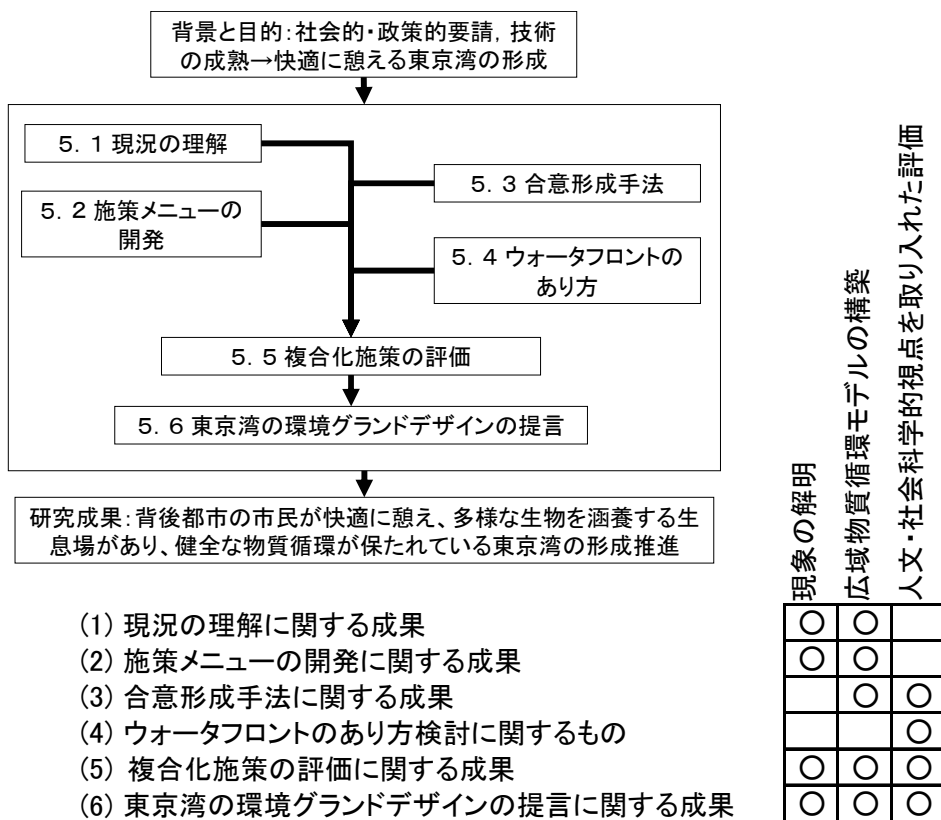


図1 「快適に憩える美しい東京湾の形成」の研究の枠組みと研究手法との関連

4. 研究の成果の活用方針

港湾環境施策や東京湾における自然再生の方向性が提示され、一快適に憩える美しい東京湾の形成（背後都市の市民が快適に憩え、多様な生物を涵養する生息場があり、健全な物質循環が保たれている東京湾の形成）の促進を支援する。

特に、合流式下水道の改善を含む諸対策の実施、湾内浄化促進施策の実施、河口部や干潟・海浜部での自然とのふれあい場の整備など、多様な自然共生施策の総合的展開に活用される。

5. 研究内容

5. 1 現況の理解に関するもの

(1) 東京湾総合環境調査

東京湾には多摩川、隅田川、荒川および江戸川などの主要河川が流れ込み、面積で7,500平方km、人口で2千6百万人を有する流域圏が形成されている。ここに社会経済活動が集中し、東京湾に対する環境負荷を与えてきたことは否めない。例えば、昭和50年代前半に劇的に改善した水質も、その後の下水道の普及、排水水質の総量規制などの努力にもかかわらず、CODによる環境基準の達成率が6割程度で横ばいとなっている。それは、湾内の物質循環のシステムが単純な入力ー出力の線形関係になっていないことを示しており、現象を把握するためには、周到に計画されたモニタリングと、それを評価するための統合的な数値モデルが必要であることを物語っている。

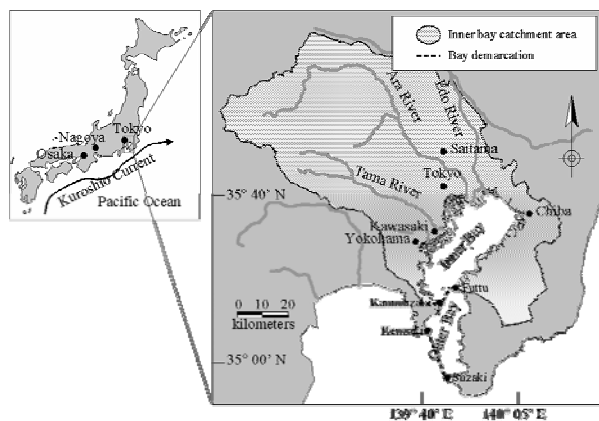


図 - 1 東京湾の流域圏

東京湾の湾外には、日本列島に沿って北上してくる暖流である黒潮が流れている。普段、湾内において外洋の環境を意識することはまれであるが、近年の研究により決して少なくない影響があることが示唆されるようになってきた。

黒潮の暖水波及という現象は、蛇行した黒潮が大島の東水道もしくは西水道から回りこんで東京湾に到達する現象であり、高温で高塩分の黒潮水が湾内に貫入して来るものである。この暖水波及は、その流速の速さから「急潮」と呼ばれ、中層において生じる「急潮」が魚網に大きなダメージを与えることもまれではない。しかし、その現象のスケールの大きさから、神奈川水産総合研究所が城ヶ島の沖においてブイによる観測を行っているものの、その全容を把握することは難しいとされてきた。

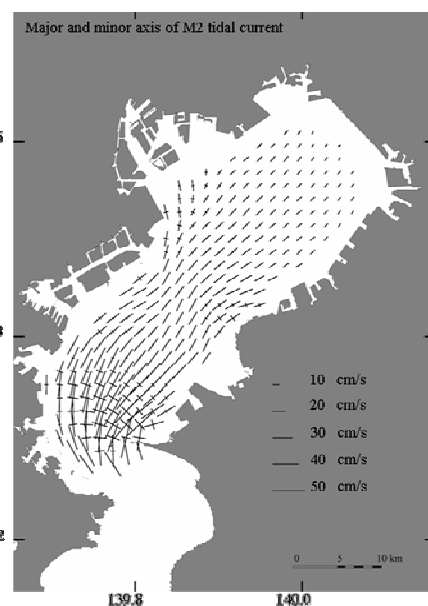


図 - 2 レーダで観測した結果得られた東京湾の潮流図

そこで、広域かつ連続的に表層流速をモニタリ

ングできる海洋短波レーダを用い、この現象をモニタリングすることに成功した。大島の西水道から波及した暖水塊は、相模湾を反時計回りに巡回する流れと、大島の背後に時計回りに滞留する流れ、そして、東京湾口に向かう強い流れに分岐し、近年最大規模の暖水波及となった。

このように、現象面からモニタリングする対象を絞り込み、それに適したスケールのモニタリングを実施することで、現象の把握が劇的に進むきっかけとなると期待される。

また、平成14年7月から1年間、東京湾広域環境調査として、水質・底質・生態系・流動についての広域調査を行った。水温・塩分の詳細な調査データ等は、東京湾における滞留時間の計算に利用されるとともに、平成15年5月に横浜で発生した貧酸素水塊の現象解明のための実測データとして広く関係機関と共有し議論を深めることができた。

(2) アサリ浮遊幼生による生態系ネットワークの構成

環境の指標となるアサリの浮遊幼生を指標とした生態系ネットワークの実証的研究を行った。アサリは現在も東京湾の主要な漁獲種であり、近年急速な資源量の減少が問題となっており、東京湾の環境の変化を示す敏感な指標ともなっている。

観測は東京湾に約3.5kmの間隔で設けた65測点で、平成13年8月2日に行った。全ての観測は日中5時間以内に、原則として干潮の潮止まり時刻の前後に行った。アサリ浮遊幼生の採集はモーターポンプによる採水法で行った。アサリの浮遊幼生は4-7mの水深に多く出現する傾向が見られる上に、夏季の東京湾では、低層は広い範囲で貧酸素状態となることから、本研究では水深12m以浅を観測の対象とした。採水は水深0-4、4-8、8-12mの3層で行い、観測点の水深に応じて採水層の数を変更した。

アサリ浮遊幼生の分類は凍結保存した50 μ mおよび100 μ mネットサンプルを用いて行った。免疫学的手法によって処理したサンプルを蛍光顕微鏡下で観察し、蛍光を発する個体をD型および殻頂期幼生に分けて計数した。免疫学的手法による分類精度はおよそ95%である。本研究では形態による

観察も併せて行い、蛍光を発するD型幼生で特異な個体については、種特異的PCRによって最終的な判別をした。アサリ幼生と判定された個体について最大100個体を無作為に選んで、その殻長を10 μ mの単位まで計測した。

D型幼生が多く出現した海域はアサリの成員の生息域と一致した。D型幼生の多くは殻長110 μ mの個体であり、これらは孵化後数日しか経っていないと考えられることから、8月2日に採集されたD型幼生は、主に上述の海域で発生したことが示唆される。殻

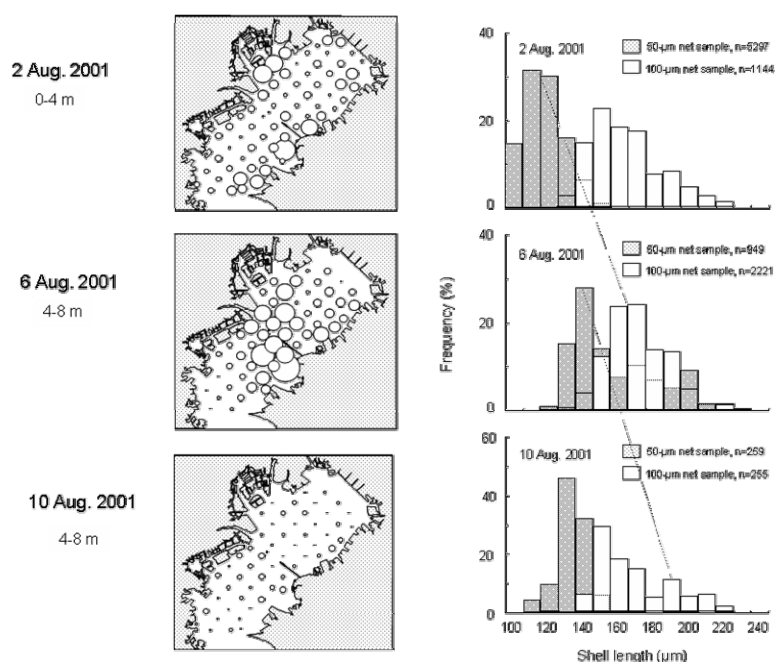


図 - 3 観測されたアサリの浮遊幼生の分布図 (左) と殻長分布 (右)

頂期幼生については、盤洲周辺で発生した幼生が拡散せずに残ったのか、他の海域で発生した幼生が集積したのかは不明である。

盤洲や富津は干潟や浅場が自然に近い状態で残っており、アサリ成貝の資源量も大きいことから、多量の幼生が発生したと考えられる。三番瀬は盤洲と並びアサリの資源量が多いことから、本研究では高密度の D 型幼生の個体群が出現することが予想されたが、その出現量は少なかった。三番瀬におけるアサリ資源は、平成 12 年夏期に起きた江戸川からの淡水の大量出水により大打撃を受けたことから、幼生の発生量が少なかったと考えられる。三枚洲や羽田、市原周辺の海域については、アサリ成貝の資源量に関する定量的な研究は極めて少ないが、アサリ D 型幼生の出現密度は盤洲や富津に匹敵することから、東京湾におけるアサリの再生産に対して大きく寄与している可能性がある。

本成果によって、東京湾においてアサリ浮遊幼生が多く発生する海域が特定され、自然再生のポテンシャルの高い領域の候補を抽出することができた。

(3) 湾内の広域的な海水交換

内湾の水環境の管理施策を検討する上で、内湾の海水交換能力、自然浄化能力および流入負荷量を定量的に評価することは、基礎となる情報で非常に重要である。ここでは、その一つである海水交換能力に着目した検討を行った。

東京湾の滞留時間に関しては、宇野木・岸野(1977)や宇野木(1998)の既往の研究によって定量的に示されている。宇野木・岸野(1977)によると、1947年から1974年の平均値として、東京湾の海水の滞留時間は、季節変動が大きく、夏季は約1ヶ月、冬季は約3ヶ月であることが示されている。宇野木(1998)によると、1961年から1970年の平均値として、河川水の湾内における平均滞留時間は、冬は2.7ヶ月、夏は1.0ヶ月であって、夏の方が短いことが示されている。そして、この理由は、東京湾の海水交換は主に河川水の流入に伴って生じる鉛直循環流に支配されており、夏季の方が冬季に比べて河川水の流入が多いためこの鉛直循環流が発達することであると述べている。東京湾に関しては、1960年以降において沿岸域の都市化に伴う人口の増加や工業化によって、湾に流入する淡水流入量は変化していることが十分考えられる。その結果、東京湾の海水の滞留時間は前述した宇野木・岸野(1977)の値から変化している可能性がある。

そこで本研究では、2002年(2002年7月から2003年6月)および過去(1947年から1974年の平均値)の海水の滞留時間を算出し、両者の海水の滞留時間を比較することによって、2002年の海水の滞留時間の特徴について検討を行った。

解析によって得られた1947-1974年と2002年の海水の滞留時間の季節変化を見ると、両者の年平均の海水の滞留時間は、1947-1974年は50日、2002年は28日であった。1947-1974年と2002年共に海水の滞留時間は9月に最も短く、秋季から長くなり、1月に最も長くなる定性的な傾向は一致した。9月の値に関しては、両者ともに20日程度であった。一方、1月の値は、1947-1974年が80日程度であったのに対して2002年は40日程度であり、約2倍に及ぶ顕著な差が見られた。

こうした変化は、主に都市化による水需要の拡大に伴い他水系からの取水・導水が原因で、東京湾への淡水供給量が増加したことによると考えている。数値計算結果によれば、増加した淡水により、東京湾の成層化が進み、上層から湾外に流出、下層から湾外水が流入というエスチュアリー循環が強化され、滞留時間が減少するというのが、その主な影響伝播の構造である。したがって、東京湾内の物質循環において、流域圏を含めた水循環の計画・管理の重要性が示された。



図-4 東京湾北岸における拡散領域（ピーク流量93時間後）

5. 2 施策メニューの開発に関するもの

(1) 合流式下水道から雨天時汚濁負荷の流出解析

合流式下水道の改善対策等を検討する際の雨天時越流水・汚濁負荷量モデルの高度化（複雑な管網を有する排水区や局所対策（オンサイト貯留など）の評価、栄養塩類（窒素，リン），大腸菌群についての計算方法）が必要である。そこで実態調査により，窒素，リン，大腸菌群を含めた汚濁負荷流出特性を把握し，流出モデルの構築のための基礎資料とし，合流式下水道からの東京湾への汚濁負荷流出解析に資することを目的とした。

下水道流域における調査と合わせて対象河川における雨天時水質および水量の把握を行った結果，感潮域で下流となる地点では，そのほとんどが分流地区で，合流下水の影響が薄まっているために，負荷量のピークが，上流地点よりも遅れており，汚濁負荷量のピークがシャープでないことがわかった。また，汚濁負荷の内訳は，「雨水放流量」の影響が最も大きく，「上流河川水」，「合流吐口」，「簡易処理水」の順となったが，SSは，「上流河川水」の影響が最も大きく表れていることがわかった。

統合解析モデルによる東京湾での合流式下水道からの雨天時流出汚濁負荷量の予測を行った結果，河口部や埋立地周辺の閉鎖的な水域では，沖合への拡散が弱く，比較的長い時間この水域にとどまっているが，開放的な水域では比較的速く拡散するという特徴があった。また，河口部付近においては，潮位拡幅に応じて徐々に拡散が減衰していくことがわかった。

(2) 都市臨海部に干潟をとりもどすプロジェクト

大阪府阪南港阪南2区造成干潟（5.4 ha）は，2004年2月末，大阪府港湾局が岸和田市沖合で実施している阪南2区整備事業（約142 haの埋立事業）地内に造成された。

この阪南2区造成干潟において，国総研が中心となり，管理主体である大阪府港湾局や，研究主体である大阪市立大学，大阪府立水産試験場，民間共同研究グループ（鹿島建設・大成建設・五洋建設・東洋建設），関係機関（近畿地方整備局，大阪府環境農林水産部，独立行政法人港湾空港技術研究所）と共に順応的管理による実証実験を大阪湾再生行動計画の社会実験として位置付けて実施している。

民間共同研究グループは，生態系の基盤となる地形の安定化工法や生態系の構成要素である生物の定着促進工法に関しての実験を行い，国総研・大阪市立大・大阪府立水産試験

場が造成干潟における総合的な地形・生態系の各種調査を行っている。

この実験を通して、地形安定化、生物定着のための技術開発が行われると共に、大阪湾再生行動計画の社会実験として順応的管理の有効性の検証が行われている。実験は今後も継続予定であり、さらなる成果の蓄積が期待されるが、まずは、プロジェクトの第1フェーズとして、こうした現地での干潟造成技術開発の有効性が示され、かつ実験実施に当たっての順応的管理の必要性が示された。

5. 3 合意形成手法の研究に関するもの

(1) 埋め立てに関する社会的受容性

近年における沿岸開発で環境への影響が関心事となることが多い海面埋め立てについて、従来、埋め立てと環境の関係は、多くの場合、埋立地ができるということを議論の出発点にして、影響を受ける可能性のある環境の各要素への影響の種類や規模などを調査・分析・予測・評価するという形で行われてきた。現在においてもこの方法の重要性に変わりはない。

しかし、環境と埋め立ての関係をトータルにみた場合、その関係は埋め立てを出発点にして環境に影響を与えるという単純な一方の関係ではなく、埋め立てについても、環境容量の制約という形で環境からの影響を受けていることや地理的要因や社会経済状態の変化による影響をさまざまな形で受けていることは明らかである。

これらの状況を考えると、埋め立てと環境の関係を掘り下げて理解するためには、埋め立てによる環境への影響を知るだけでは十分ではなく、環境容量の制約や地理的要因や社会経済状態の変化による埋め立てへの影響をあわせて理解しておくことが必要である。このため、埋め立てにどのような事柄が影響を与えているかを推測するために、埋め立ての面積と水深分布の特性について分析を行った。

その結果、平成元年～3年の港湾計画では、水深-7～-10m、-2～-5mにピークが見られたものの、平成8年～10年の港湾計画では、水深-10～-15にピークが見られた。これは、結果として、環境上重要な浅い海域の埋め立てを放棄する「島式」「大型」の埋め立てが多くなっていた。

また、埋め立ての規模と位置について、地理・経済指標との因果関係をパス解析によって分析した結果、1) バブル経済期には埋め立てに関連性を持っていた港湾区域面積という人間による積極的な利用を想定している海域の面積が、近年ではほとんど関連性を持たなくなっている。2) バブル経済期では、地価高騰によって期待土地売却収益が跳ね上がり、漁業補償が急速に進んだことによるためか、「沿岸漁業販売額が大きい。つまり漁業が

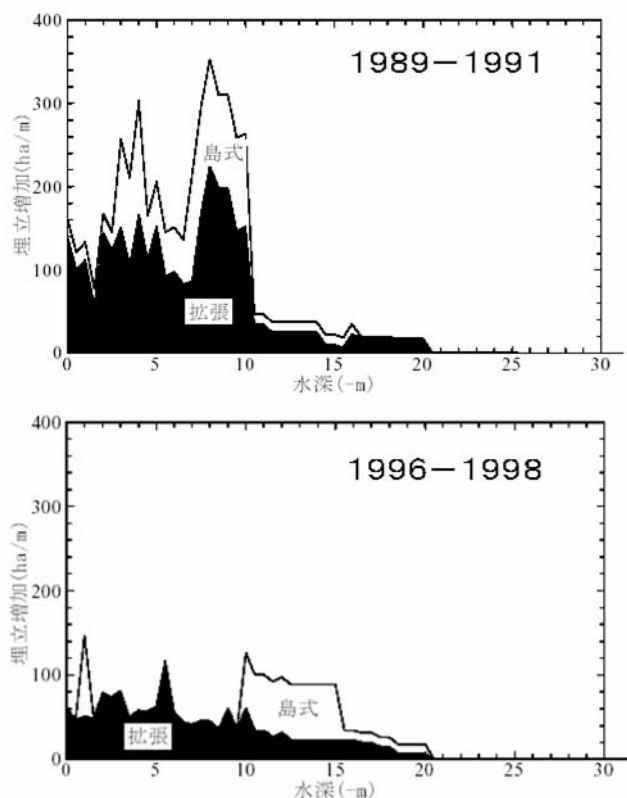


図 - 5 埋め立て計画増加面積の水深分布

盛んなところほど埋め立て計画面積の増加が大きい。」という特異な傾向が見られた。3) バブル経済終焉後には、「地価が高いところほど、埋め立て計画面積の増加が小さい。」という、一見、市場原理に反するような傾向が現れていた。

(2) 沿岸域における環境評価指標

環境の評価や環境へのインパクトを合理的に評価するために、沿岸域の生態系の代表である干潟生態系の評価を目指し、潮汐や波・流れといった地形的な特徴により生じる物理的外力環境とその場に生息する生物の活動、水質・底質などを総合的に判断する指標化を試みた。

本研究では干潟生態系モデルを構築し数値実験を行った。モデルは、浮遊生態系と底生生態系からなり、生産・分解等の物質循環と捕食・枯死等の生物の消長を再現することを目的とした。本研究では、(独)港湾空港技術研究所所有の干潟実験施設における生物群集の測定データの提供を受け、解析を行った。

まず、干潟の機能の一つとして物質循環を取り上げ、デトリタス (DET) の消費量に対する生成量の比を物質循環指標として提案、検討した。この指標が 1 以上であれば有機物ストック型の干潟であることを、1 未満であれば有機物分解型の干潟であることを意味する。いずれの水槽においても物質循環指標は 1 未満となっており、デトリタスが蓄積されるような状況にはなっておらず、有機物分解型の干潟であることがわかった。

次に、干潟生態系の構造を表す指標の一つとして、堆積物食者 (DF) と懸濁物食者 (SF) の現存量 (湿重量) 比で表される生物構成指標を提案、検討した。これは、干潟の生物相をあらわすとともに、物理外力等による生物の棲み分けを反映した指標でもある。上記の水槽 1 を対象として、波浪外力 (波による巻き上げ速度) を変化させた場合、波浪外力が大きいほど DF の割合が低くなった。これは波浪の大きな干潟ではデトリタスが巻き上がり、SF の摂食が有利になることを示している。また、海水交換頻度を変化させた場合の生物構成指標についても検討を行っている。

このように、生物群集の増減を定性的に再現する生態系モデルを構築し、提案された干潟の評価指標の有効性を生態系モデルによって確認できた。

(3) 沿岸環境情報の標準化

沿岸環境情報 (水質、底質、生態系等) の観測データは、作成者ごとのシステムの違いから効率的なデータの相互利用が困難である場合がある。また、データ作成者が情報を公開する場合、蓄積・管理している情報の所在や内容についてのメタデータも、データ同様に重要な情報である。

このように、データを流通させる際に必須のデータ構造、データ項目について、標準化することは、データの再利用・活用にとって根本的な問題である。

しかし、今まで試みられてきたような試料の採取方法や分析方法、結果を記録する帳票様式までも共通化する調査手法の統一化では、システムの柔軟性、可搬性が損なわれ、継続的・汎用的な利用が困難である。

そこで、ISO/TC211 (International Organization for Standardization : 国際標準化機構) の中に設けられた第 211 番目の地理情報の国際標準化を担当している専門委員会) の情報の共有化のルールに基づき、メタデータの作成、データ定義書 (製品仕様書) の作成、UML (Unified Modeling Language : 統一モデリング言語) によるデータ構造の記述、XML (eXtensible Markup Language : 拡張マークアップ言語) によるデータの記述を行い、環境情報標準化を関東地方整備局とともに試行、実践した。

5. 4 ウォータフロントのあり方検討に関するもの

(1) 海岸特性を踏まえた海岸管理のあり方

わが国の海岸の現状として、古来から培われた海と人の繋がりが継承されにくくなってきているとともに、海岸管理者や設計者が地域に根付いた歴史・文化には必ずしも通じていないということもあり、全国で画一的な海岸整備を実施してしまいがちである。地域の特性をふまえた海岸づくりを実施することが期待されている昨今、海岸管理者、海岸施設設計者は、地元や自治体と十分な合意形成を図り、連携しながら、地域の人々の視点に立って、今後の地域の海岸のあるべき姿を客観的にとらえることが海岸管理に求められている。そこで、地域に伝わる海岸の歴史・文化を理解し、地域にとっての海岸の位置づけ、地域の人々の海岸に対する思い入れを十分に理解することが必要である。

現代の海岸における課題（防災・環境・利用）について、その地域の歴史文化を調査し、その内容を通じてその地域の人々とコミュニケーションすることで解決できる可能性がある。

そもそも、海岸のありかたを探る規範は現在ないので、方法論として、3つの情報収集手段を用いて検討していくことが必要である（①県史、市町村史や②郷土史家や郷土資料館、地元図書館での情報収集をまず行い、基本事項を踏まえ上で、③地元住民との意見交換を行っていくこと）。

海岸に残る歴史文化や取り組みの事例を検証すると、地域に残された文学、絵画を知ることが、失われた昔の海岸の様子、風景を知り、昔の人々の海岸に対する思い入れがわかり、海岸のとらえ方を知る手がかりとなることが分かった。そこから、海岸づくりへの反映の可能性があることが期待される。

(2) 干潟・藻場再生のあり方

干出・水没を繰り返す干潟、海中に繁茂する海草藻類の群落などは、陸上の森林などの植生と異なり「極相」という概念を持たない。すなわち、時間的・空間的に変動する干潟・藻場の生態系としての再生目標は、ある一つの値（海草藻類の繁茂面積や密度等）では記述しきれない。

そうした干潟・藻場の再生の目標設定に向けた取り組みにおいては、「包括的計画」が重要であるということを提唱した。これは、「計画・設計」「施工」「管理」の各段階における関係者が情報交換・合意形成し全体の計画を立案する手法であり、関係者間の合意と協力の下、現状認識と目標設定がなされ、その実現のために、順応的に事業を実施していくものである。

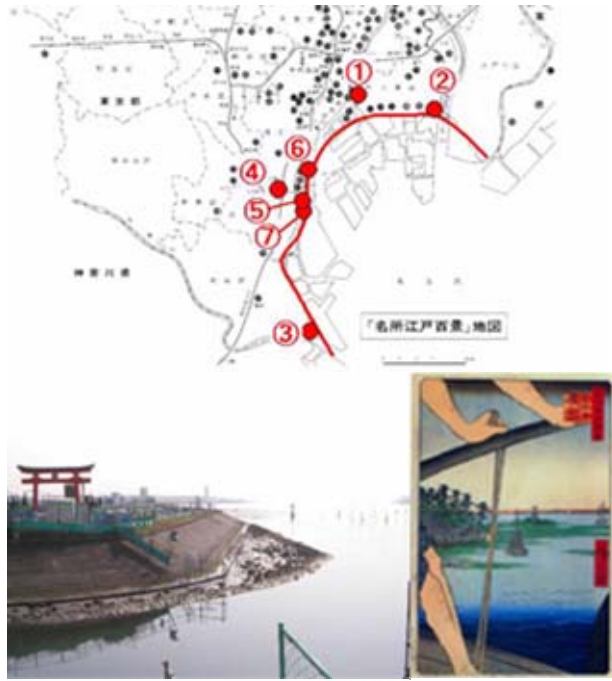


図 - 6 名所江戸百景の場所と図版の例

こうした、「包括的計画」の枠組み、順応的な管理手法における技術課題の整理を行い、「湿地再生ガイドライン（平成15年9月 国際航路会議の環境委員会第7 専門部会発行）」「自然再生ハンドブック（平成15年11月 国土交通省港湾局監修）」にその成果を反映させた。

5.5 複合化施策の評価に関するもの

(1) 東京湾における総合的な環境管理・予測システムの開発

東京湾の環境システムは、高い汚濁負荷を抱え、閉鎖性であり、内部生産も高いことから、汚濁に弱い海域であると特徴付けられる。その結果、

- ・ 有機物による汚濁（COD, N, P 環境基準の未達成）が改善されていない
- ・ 慢性的な赤潮が発生している
- ・ 夏季における底層の貧酸素化と突発的な青潮の襲来が解消されていない
- ・ 生物量の減少に見られる生態系の変化が発生している

などの問題点を持っている。したがって、注意深く計画されたモニタリングや複数のモデルを適材適所に組み合わせた数値計算などによる総合的な環境把握・管理を行っていく必要がある。

環境管理・予測システムとして、内湾における流れ場の推定、物質の移流・拡散の検討を高精度に行うことができる東京湾シミュレーションシステムが設計・開発された。

システムの設計にあたっては、湾内の微細な水理構造や短期的な変動を評価しつつ湾域全体の環境評価が行えるように、湾内の物理的現象の支配要因を検討した。

例えば、沿岸流動モデルにおいて、風の場合は内湾域表層におけるせん断応力分布に対応し、河川流量は湾奥境界における淡水の供給による密度の変化に対応している。こうした諸量は、時間的にも空間的にも変化するので、東京湾環境管理・予測システムは、以下の3つのモデルを中心として構成することとした。

- a. 沿岸流動モデル
- b. 水文流出モデル
- c. メソ気象モデル

すなわち、従来境界条件として与えられていた河川流量や風の強さ向きなどをモデルにより計算することで、必要な精度、空間的な分布を沿岸流動モデルの入力値を与えることができる One-Way のサブモデル統合型のモデルとした。

また、政策支援のために用いるモデルとして、マクロな変動を再現する生態系モデルとしてのボックスモデルの単純さと、ミクロなボックス間の水理的構造を反映させる流動の定式化を統合した MEL1D-MB モデルの開発を行った。東京湾における既往の観測結果から、水質の水平・鉛直分布、底質分布などを整理し、湾奥から湾口部に向けて、5つにボックス分割した場に対して、鉛直 2 次元の運動方程式を解くことで、密度流の効果も含めた

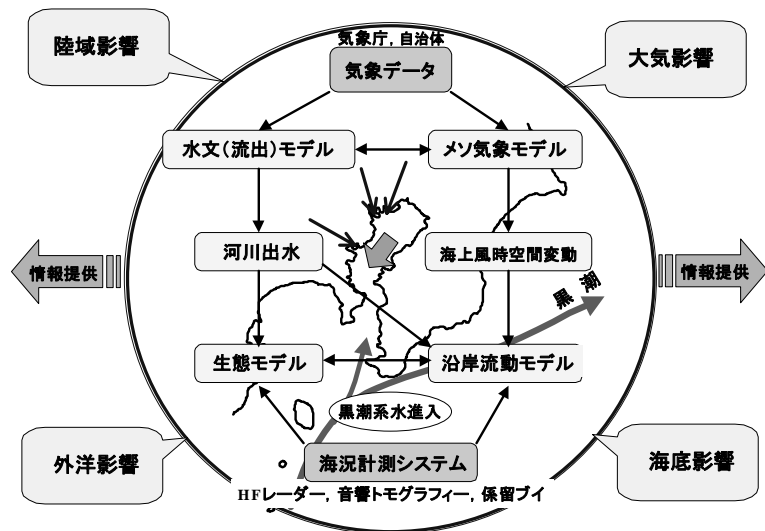


図 - 7 東京湾シミュレーションシステム概念図

海水交換を評価するとともに、簡易型の生態系モデルを併用することで、湾内の長期的環境評価を可能とした。

(2) 沿岸域における自然再生事業の評価事例

複合的な自然再生事業の取り組みを評価するためには、人と環境との係り方（方法論）とそのあるべき姿（目的論）を探る道筋が必要である。各国の取り組み例を参考にし、その中で共通的に用いられている手法、汎用化できる枠組みなどを抽出することとした。

1) 豪州の東岸に広がるグレートバリアリーフ海洋公園（南北約 2500 km に広がる 2900 のサンゴ礁、1000 の島からなる広大な海洋公園）の管理手法、2) Port2000 プロジェクトとして計画されたフランスの Le Havre 港の拡張計画における環境への影響を低減するための Compensation（代替措置）の実施例、3) 欧州の Paralia Nature という非公式共同体（informal cooperation）による自然環境の保全と港の開発の問題について関係者間の情報交換、有効な対応策の検討といった事例から以下のことが導かれた。

すなわち、複合的な施策を評価するために、

- ・ 包括的目標(Goal)の設定
- ・ 包括的目標を具体化する行動計画(Objectives)の設定と評価基準（Performance Standard）の設定
- ・ だが、いつ、どのように評価するかというシステム化

が必要である。こうした枠組みを包括的計画における順応的管理と呼ぶこととした。

5. 6 東京湾の環境ランドデザイン提言に関するもの

(1) 海洋環境施策における順応的管理

東京湾の環境ランドデザインを提言するに当たり、そのデザインの適用の仕方、考え方について整理した。

ここでは、東京湾の環境変動や歴史的な変化、地域的な特性や事業実施者の判断等により変動する環境保全・再生の目的に対してどうやってアプローチしていくのかという手段を総称して、5. 5 (2) の検討を元に、順応的管理と呼ぶこととする。

例えば、「東京湾再生のための行動計画（2003 年 3 月、東京湾再生推進会議）」における順応的管理の構造を見てみると、1) 包括的目標（環境計画）の設定、2) 具体的な行動計画・事業実施方針の策定、3) 目標達成基準による管理という 3 層構造になっていることが分かる。

すなわち、「快適に水遊びができ、多くの生物が生息する、親しみやすく美しい「海」を取り戻し、首都圏にふさわしい「東京湾」を創出する」という目的が設定されている。この目的（Goal）を実現するために、陸域負荷の削減、海域における環境改善対策、東京湾のモニタリングの 3 つの柱による行動計画（個別目標、Objectives）の明確化と重点エリアの設定による事業実施方針（目標達成基準、Performance Standard）が示されている。

このように 3 層構造の順応的管理を適用することで目的と行動計画、その評価の区分が明確になり、順応的管理が無制限に目的を変更する手段となることが抑制され、システム化が図られているのである。同時に、目的達成のための行動計画、管理手法への最新の科学技術、社会状況の反映が可能になる。このように、順応的管理は、環境緩和策や自然再生施策としての 2 面性をもつ沿岸域環境施策に対して、目的主体に取り組み、強力に推進していくツールのひとつとなる可能性を秘めていると考えられ、東京湾の環境ランドデザインの提言にあたり、基本となる考え方とした。

(2) 自然再生のポテンシャル評価

東京湾の環境の再生・復元において、現状の環境状態を忠実かつ詳細に把握し、目標を設定する必要がある。そこで本研究では、沿岸域の底質分布に主眼を置き、沿岸域の広範囲の底質分布を高解像度で把握し、詳細な底質分布から得られた良好な底質の場所においてベントスの生息状況を参考として、現状の東京湾沿岸域の生物的ポテンシャルを示すことを目標とした。

音響探査装置の反射波の形状を幾何学的に分類し沿岸域の底質分布を作成する手法による海底堆積物の調査方法が開発され、東京湾沿岸の底質マップが作成された。さらに、閉鎖的内湾域の海底堆積物の性状および、そこに棲んでいる底生生物について、検討した結果、沿岸部、特に、港湾域などに生物生息域としてのポテンシャルを依然として有している底質環境が点在することが示された。

6. 東京湾の環境ランドデザイン

上記の研究成果を受け、東京湾の環境ランドデザインを以下のようにまとめた。これは、平成17年6月2日の第6回東京湾シンポジウムにおいて発表し、東京湾再生のための取り組みに関係政府関連部局、自治体関係者、漁業者、研究者とともに討議されたものである。

包括的目標

背後都市の市民が快適に憩え、多様な生物を涵養する生息場があり、健全な物質循環が保たれている東京湾の形成推進を図る。

<背景>

- ・ 東京湾における海と人の繋がり、地域における海への思い入れが失われつつある（市民にとって、なにが快適か忘れかけている）
- ・ 湾奥部にある延長60kmにおよぶ運河は、東京湾の環境の特性のひとつとして着目すべきであり、環境再生の場として、また市民と海の接点の場として自治体などでの事業が推進されている。
- ・ 生物の生息地は点在しており、ネットワークでつながっているものもある。その実証は科学的な自然再生の根拠を与えるとともに、NPO活動へのインセンティブのひとつにもなり得た。
- ・ 生息生物は、様々な要因で変化してきている。回復傾向にある種も見受けられる。
- ・ 生息場の作り方に関して、まだ技術開発の余地がある。
- ・ 東京湾の環境を保持する上で、漁業と環境の連関、漁業者の活動は欠くべからざる視点であり、十分な情報の共有、協働が望ましい。
- ・ 東京湾の水質は、下水道からの負荷、海底面からの溶出、海水交換などの物質循環によって支配されているが、これらは自然科学的な変動機構を持つとともに、社会経済活動からの影響伝播も受けている。
- ・ 埋め立てなどの事業実施も社会経済活動と密接に関係し、時代とともに変化してきているとともに、自然科学的条件にも影響を受けていることが考えられる。
- ・ 様々なシナリオを検討し、実現していくための考え方の整理、政策判断のためのツ

ルは整ってきた。

行動計画

1. 人と海のつながりの再生

- (1) 東京湾における海と人の繋がり，地域における海への思い入れの収集・共有
- (2) 海と人の繋がりをもてる場の保全・創出・機能強化
- (3) 将来世代（子供）への継承
- (4) 行政のセクターを越えた協働
- (5) 工場跡地の再生などの陸と一体となった，地域の活力を目指した再生

2. 適材適所の生物生息場の開発

- (1) 生息場適地のリストアップ，マップ化，ゾーニング
- (2) 生息場造成・維持管理技術の開発
- (3) 水辺の特徴を生かした，様々なスケール場の作り.
- (4) 現場実験の試行（行動計画の実現）
- (5) 汽水域・干潟，二枚貝，アマモ場に着目した場作り

3. 物質循環の健全化のための施策応援

- (1) 物質循環のモニタリングの継続（HFレーダ，定点観測，特異現象の研究）
- (2) 合流式下水道の改善施策の有効性の検証の継続
- (3) 広域の連携の推進
- (4) 透明度向上のための施策，技術の開発
- (5) 漁業活動（水産資源）と物質循環（環境）との連関への着目

評価基準

1. 「東京湾」が人の話題になる回数の増加

- (子供が海に触れる機会の増大：家庭での話題，環境教育)
- (情報の得やすさの改善：
 - マスコミへの発信，環境データベースの整備，
 - シンポジウムの開催，東京湾を紹介する本の作成)

2. 東京湾における自然再生事業の実施支援

- (具体的な事業の実現箇所，面積，種類の提案，評価)
- (改善目標としての透明度，溶存酸素量のモニタリング)
- (透明度，溶存酸素量改善のための技術開発，政策ツールの開発)
- (健全な生態系の再生・創出・強化)

3. 関連研究成果の発信

- (特異現象の発見・解明)
- (検証済み技術・施策の広報・共有)

7. 研究実施体制

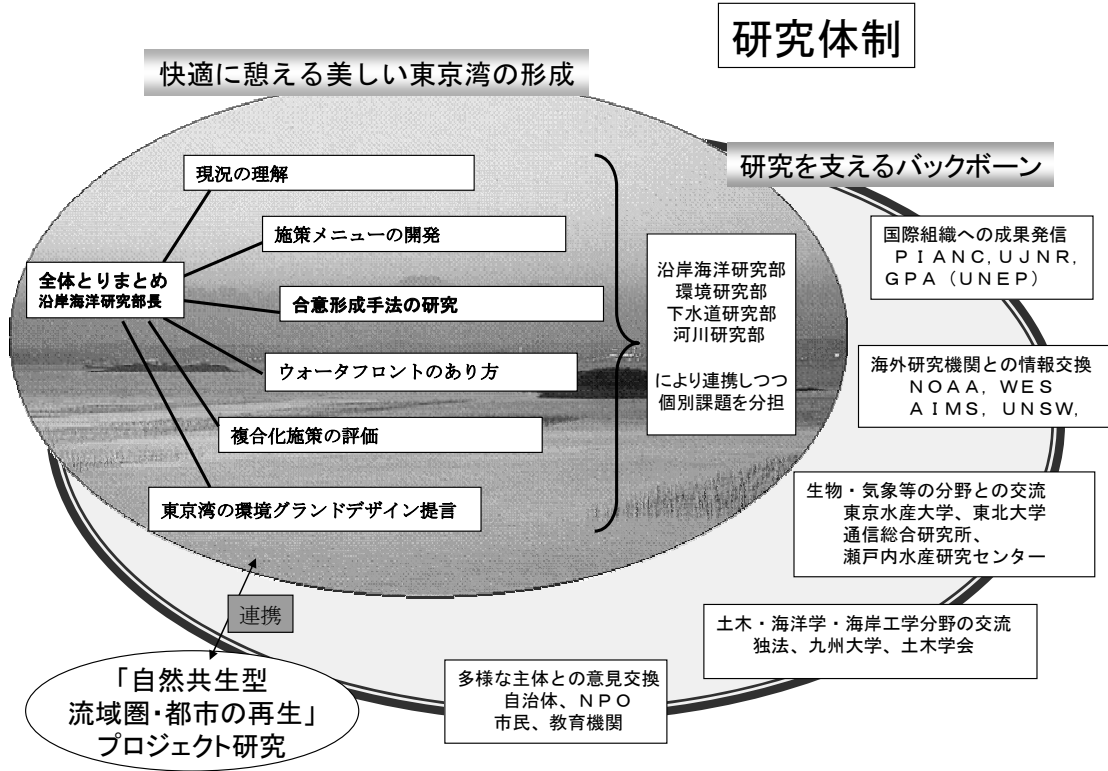


図-8 研究実施体制図（流域圏・都市等に係る部分の研究は、「自然共生型流域圏・都市の再生」に係るプロジェクト研究と連携して行った。）

また、研究を進めるにあたって、「東京湾シンポジウム」を開催し、東京湾の環境上の問題点の指摘（第1回，第2回），再生の計画や内外の事例の紹介（第2回，第4回），モデル化や評価技術の検討（第2回，第3回，第5回），自然再生の試みと評価（第2回，第3回，第4回），ソフト的アプローチ（第5回）などについて議論・話題提供し，研究の遂行・成果の発表に活用してきた。第6回において，本プロジェクト研究の研究進捗状況の発表を行うとともに，東京湾の環境ランドデザインに関する議論を行った。

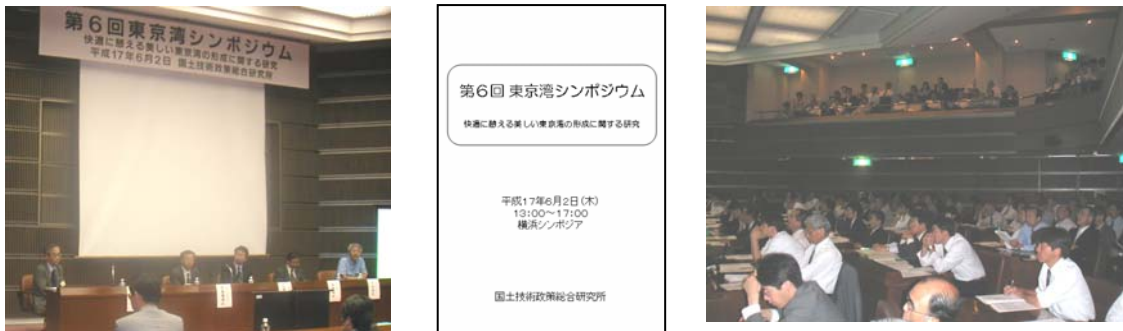


図-9 東京湾シンポジウムの様子

8. 研究の成果と目標に対する達成状況

研究の成果について、3. 目標に対しての達成状況を、下図にまとめる。

未着手の項目は無く、それぞれ、おおむね順調な研究進捗により予定した成果が得られている。特に、現象の解明においては、東京湾での広域かつ短期に発生する現象（従来のモニタリングでは捕らえにくかった現象）をHFレーダや広域観測、アサリ観測などにより捕らえ、解析した結果貴重な成果が得られた。また、複合施策の評価のためのモデル開発においても、汎用性が高い有用なモデルが開発され、他の多くの検討項目を研究する際のツールとしても活用できた。

一方、政策メニューの開発および、合意形成手法に関する研究綱目において、予定していた成果が得られなかった。政策メニューの開発については、メニューの開発には着手できたもの、十分な検証、評価を行うことができなかった。また、合意形成手法の項目のうち、人文・社会的視点を取り入れた評価の手法を用いた検討については、海外・国内事例の調査を行ったものの、独自の評価手法の検討にまでいかなかった。ウォーターフロントのあり方の検討の中で、一部を実施した。

- (1) 現況の理解に関する成果
- (2) 施策メニューの開発に関する成果
- (3) 合意形成手法に関する成果
- (4) ウォータフロントのあり方検討に関するもの
- (5) 複合化施策の評価に関する成果
- (6) 東京湾の環境グランドデザインの提言に関する成果

- × 未着手
- △ 予定していた成果を得られなかった項目
- 予定通りの成果が得られた項目
- ◎ 期待以上の成果が得られた項目

現象の解明	◎	○	×
広域物質循環モデルの構築	△	○	×
人文・社会的視点を取り入れた評価	×	○	△
	×	×	○
	○	◎	○
	○	○	△

図－10 研究の達成状況

9. 研究成果の活用状況（施策への反映等）

（1）東京湾再生のための行動計画の策定

平成13年12月に内閣府都市再生本部は都市再生第三次決定として、東京湾を対象に「海の再生」施策を取り上げた。国土交通省は、環境省・沿岸7都県市などと検討協議会を作り、翌年6月に行動計画をまとめた。本研究の成果として得られた東京湾の広域環境情報、アサリ浮遊幼生により示された生態系ネットワークの存在などを根拠とし、水質改善の重点エリアの設定などに反映された。

(2) 自然共生型海岸づくりの進め方の策定

海岸法の目的である防護、環境および利用の調和を踏まえた、生物の生息・生育環境に配慮した海岸保全のあり方について、国土交通省河川局は、「自然共生型海岸づくり研究会」を設置し、その成果を「自然共生型海岸づくりの進め方」としてとりまとめた。海岸研究室は研究会に参画し、海岸植生等に関する研究成果の反映がなされた。

(3) 下水道法施行令の改正

平成 15 年 9 月に「下水道法施行令の一部を改正する政令」が公布され、平成 16 年 4 月に施行されることとなった。基本的な理念として、地方分権への対応、合流式下水道の改善の推進、水処理の高度化による水質保全の 3 点が配慮された。国総研は、データの蓄積のほとんどない合流式下水道の雨天時放流水の負荷量の算定のため、データの整理収集を行い、合流式下水道の改善の方針を構造基準に位置づけるなど、国土交通本省の関係部局を支援した。

(4) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説の作成

海岸法第 14 条ならびに関連する省令の解釈と運用について、海岸保全施設の技術上の基準・同解説が作成され平成 16 年に出版された。防災、環境、利用の調和の取れた海岸の形成を推進するという法の目的を反映させるため、国総研河川研究部、沿岸海洋研究部、港湾研究部は研究成果などを背景に原案を執筆し、国土交通本省の関係部局を支援した。

(5) 干潟を取り戻すプロジェクトの実施と大阪湾再生行動計画への位置づけ

平成 16 年 3 月より、本プロジェクトの一環として、大阪府阪南港阪南 2 区において造成干潟における干潟の安定性実験や、ヨシ原の造成実験、水質や生物の調査等を共同実験として実施している。本実験は、順応的管理の実践事例としての成果を上げてきた。こうした成果は今後の都市臨海部における人工干潟の整備に活かされる予定である。本実験は、大阪湾再生行動計画の社会実験のひとつとしても位置付けられ、国土交通省近畿地方整備局、大阪府港湾局などの関係部局を通して大阪湾再生行動計画の策定、実施を支援した。

(6) 海洋環境データベースの標準化と利用システムの構築

関東地方整備局の設立した東京湾環境情報センターに登録される東京湾の水環境の情報について、観測情報を提供すると共に、今まで標準化が難しいとされてきた海洋環境情報の国際地理標準(ISO/TC211)に基づくデータの標準化、利用システムの構築に協力して取り組んだ。この成果は、環境情報の共有化の推進に活用され、沿岸環境技術の向上に大きく貢献することが期待される。この成果により、国総研は関東地方整備局、東京大学空間情報科学研究センターと共に 2003 年度港湾協会論文賞を受賞した。

10. 研究成果の公表状況（予定含む）

大沼克弘・藤田光一（2004）：リモートセンシング・GIS を活用した河川環境評価技術の開発。国総研アニュアルレポート。No.3, 60-61.

岡田知也（2004）：2002 年東京湾広域環境調査に基づく東京湾の滞留時間の季節変化、国土技術政策総合研究所資料, No.169, 78p.

岡田知也・中山恵介(2003)：荒川河口域における混合形態に伴う Chlorophyll-a 動態と海域への河川流入負荷量変動、国土技術政策総合研究所資料, No.87, 23p.

- 粕谷智之・浜口昌巳・古川恵太・日向博文(2003)：秋季東京湾におけるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所報告，No.12，12 p.
- 粕谷智之・浜口昌巳・古川恵太・日向博文(2003)：夏季東京湾におけるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)浮遊幼生の出現密度の時空間変動，国土技術政策総合研究所報告，No.8，13 p.
- 鈴木武(2004)：港湾埋立の動向分析－環境の視点を中心に－. 国総研アニュアルレポート. No.3, 72-73.
- 日向博文(2005)：HF レーダによる東京湾の M2 潮流観測，国土技術政策総合研究所資料，No.212, 17p.
- 古川恵太(2003)：港湾事業における環境修復への取り組み，月刊海洋，Vol.35, No.7, 502-507.
- 古川恵太(2003)：東京湾における総合的な環境管理・予測システム，港湾荷役，第 48 巻，4 号，417-422.
- 古川恵太(2003)：アサリのすむ海岸の整備に向けて，土木技術資料，Vol.45, No.7, 36-41.
- 古川恵太(2004)：東京湾内における水の循環，そのおもしろい特徴. 国総研アニュアルレポート. No.3, 54-57.
- 古川恵太(2004)：東京湾の再生，月刊下水道，Vol.28, No.1, 39-42.
- 古川恵太(2005)：16.藻場，亀山・倉本・日置編，自然再生：生体工学的アプローチ，ソフトサイエンス社，243-249.
- 古川恵太・岡田知也・東島義男・橋本浩一(2005)：阪南 2 区における造成干潟実験 -都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクト-，海洋開発論文集，Vol.21，印刷中.
- 細川恭史(2002)：快適に憩える美しい東京湾の形成に関する研究. 国総研アニュアルレポート. No.1, 14-17.
- 安田佳哉(2002)：自然共生型流域圏・都市の再生に関する研究. 国総研アニュアルレポート. No.1, 18-20.
- 吉川勝秀・安田佳哉・田中伸治(2003)：都市環境の再生，国総研アニュアルレポート. No.2, 62-62.

1 1. 新たな課題と研究の方向性

政策の効率的・効果的な実行のために，沿岸域における包括的な各種再生計画（東京湾再生計画，大阪湾再生計画等）における自然再生手法，環境モニタリング手法等の効果的な実施を目指し，その計画のあり方や技術の活用のための計画・管理システムについて，沿岸域におけるユーザドリブンな計画・管理モデルに関する研究を実施する必要がある（H17-21，新規プロジェクト研究「沿岸域における包括的環境計画・管理システム」への移行）。

例えば，「干潟・浅場・海浜・磯場の再生・創出」を推進するため，（1）海陸境界部における環境の影響伝搬（インパクト・レスポンスフロー）の解明，（2）局所生態系（マイクロハビタット）の消長観測と形成技術開発を行い，（3）これらの知見を踏まえて包括的計画の立案手法を開発していくことなどが，今後の課題および研究の方向性として考えられる（H17-20，「海辺の自然再生のための計画立案と管理技術に関する研究」の実施）。

研究マップ：快適に憩える美しい東京湾の形成に関する研究

分野	1. 現状の理解 基礎知識 物循環 流況	2. 政策メニュー の開発 水質 生態系	3. 台意形成手 法の研究 シ テム ツール	4. 水辺空間の あり方論 社会 自然	5. 複合化施策 の評価	6. 政策提言 施策 観測
背後圏						
水際、陸地						
海浜、渚						
内湾 外洋						

- 東京湾における広域物質循環の把握
- 沿岸部における劣化生態系の修復技術の開発と環境管理の手法開発
- 都市域から流出する雨水による水質汚濁の防止策の開発
- 官民を含む様々な主体による協働システムの開発
- 都市の生活空間としてのウォーターフロントのあり方の提示
- 閉鎖性内湾の環境管理技術に関する研究
- 東京湾における総合的な環境管理・予測システムに関する基礎的研究
- 都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクト
- 内湾域における総合的環境管理のための環境モニタリングシステムの研究

かなり研究が進んでいる研究領域
 いくらか研究が進んでいる研究領域
 ほとんど研究が進んでいない研究領域
 国総研で過去に取り組んできた研究領域