沿岸域の環境再生に求められる視点

沿岸海洋·防災研究部長 鈴木 武

沿岸域の環境再生に求められる視点

沿岸海洋·防災研究部長 鈴木 武

1. はじめに

背後に大きな人口・経済集積を抱えた閉鎖性の高い海域では、生活排水などが大量に流れ込むことに加え、外海との海水の循環が起こりにくいため、富栄養化による慢性的な赤潮の発生や、有機底泥の蓄積等による貧酸素水塊の形成が、水産動植物へ大きな影響を与えるなど水環境の問題が発生している.

こうした沿岸域の水環境問題を改善していくため、内閣府内閣官房都市再生本部は、平成 13 年 12 月の第三次決定において、都市再生プロジェクトに「海の再生」を位置づけた.

これを受け、海上保安庁、国土交通省、環境省、水産庁および関連地方公共団体等は、 平成15年3月、「東京湾再生のための行動計画」を策定した。その後、平成16年3月には 「大阪湾再生行動計画」が、平成19年3月には「伊勢湾再生行動計画」と「広島湾再生行動計画」が策定された。それらの行動計画では、汚濁負荷削減、海域の環境改善、環境モニタリング等の各種施策を推進することが述べられている。

これら行動計画を受け、海の環境を再生するために様々な取り組みがなされてきた. そして、平成 24 年度末で「東京湾再生のための行動計画」が作られてちょうど 10 年になる. この機会を捉え、これまでの取り組みを東京湾の再生を題材に振り返るとともに、これからの取り組みを考えていくための視点を述べることとする.

2. 東京湾再生のこれまで

東京湾は首都圏の中央部に位置する閉鎖性海域である。その臨海部や流域には人口・産業が集中し、日本を牽引する都市・産業機能が形成されている。首都圏(1都3県)の面積は14,000km²と国土の4%に過ぎないが、人口は3500万人を超え(全国の28%)、工業出荷額は47兆円を超え、国内の18%となっている。

東京湾の海域は、船舶の航行、漁業、海洋性レクリエーションなどに稠密な利用がなされている。東京湾内の6港は、年間19万隻の船舶が入港し、年間5億トン以上の貨物を取り扱い、首都圏の産業や都市の活動を支えている。また、漁獲量は年間15,000トンである。臨海部には、物流・産業施設、都市の供給処理施設のほか、レジャー・レクリエーション拠点、親水護岸、人工海浜、海釣り施設などの親水空間が整備されており、人々の海への回帰、水質の改善、そして生態系の回復が求められている。

このような東京湾に対し、「東京湾再生のための行動計画」では「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.」ことを目標とした.その目標達成をめざし、(1)陸域負荷削減、(2)海 域における環境改善,(3)東京湾のモニタリングの3つの分科会を設け、取り組みを行ってきた。各分科会の取組項目は以下の通りである。

衣 1 行力付去の取組項目					
分科会	取組項目				
陸域負荷削減	①陸域からの汚濁負荷削減のための総量削減計画の実施と効果的な事業施策の実施、②汚水処理施設の整備・普及及び高度処理の促進、③雨天時における流出負荷の削減④河川の浄化対策、⑤面源から発生する汚濁負荷の削減、⑥浮遊ごみ等の回収				
海域における環境改 善	①海域の汚濁負荷の削減、②海域の浄化能力の向上				
東京湾のモニタリン グ	①モニタリングの充実,②モニタリングデータの共有化及 び発信,③市民のモニタリング活動				

表-1 各分科会の取組項目

こうした取り組みのうち、沿岸海洋・防災研究部で関わりの深い「海域における環境改善」と「東京湾のモニタリング」について述べていく.

「海域における環境改善」には「海域汚濁負荷の削減」と「海域の浄化能力の向上」の 二つの取組項目がある。一つ目の「海域汚濁負荷の削減」については、汚泥の堆積が著し い運河等で堆積有機物をはじめとする底泥の除去、良質な土砂を用いた浅場等の造成によ る底質の改善、清掃船等による海面を漂う浮遊ゴミ等の効率的な回収、NPO や漁業者等に よる海底ゴミの回収、海浜・干潟の清掃活動等が進められた。

「海域の浄化能力の向上」については、現存する貴重な干潟や藻場等を可能な限り保全、 干潟・浅場・海浜・磯場を再生・創造、長期的な観点に立った生物学的なネットワーク化、 生物付着を促進する港湾構造物等を整備、底生生物等の生息場の創出を目指した緩傾斜護 岸への改修、青潮の発生要因のひとつとされる過去の土砂採取等による深堀跡の埋め戻し 等が進められた。

「東京湾のモニタリング」については、底層 DO と底生生物についてのモニタリングの充実、モニタリングポストや船舶等による海潮流と水質のモニタリングの強化、関連情報を集約した Web サイトの整備、地域住民と協同した海浜清掃や漂着ゴミ分類調査、東京湾で環境保全活動を行う市民や NPO との連携強化が進められた.

これら取り組みの中で沿岸海洋・防災研究部が担った主な取り組みの内容と今後の展開の方向性を以下に述べる.

3. 東京湾環境一斉調査の取り組み

東京湾の藻場の保全・再生に向けて、また、市民が体感しやすい新たな指標として、平成 23 年度の東京湾水質一斉調査において透明度調査を試行的に実施した. 実施の結果、透明度調査は空間的な指標として適性を持っていることと、時間的な変動について配慮する必要があることが示唆された.

3. 1 東京湾水質一斉調査の概要

東京湾水質一斉調査は、東京湾再生推進会議¹⁾モニタリング分科会、九都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会および東京湾岸自治体環境保全会議の連携により、平成20年度より実施されてきた。東京湾水質一斉調査は、モニタリング分科会の諮問機関である東京湾モニタリング研究会の助言を受け、多様な主体が協働しモニタリングを実施することにより、国民・流域住民の東京湾再生への関心の醸成を図るほか、東京湾とその関係する陸域の水質環境の把握およ

「関係機関が連携・協働した効率的かつ効果的なモニタ リング調査の体制づくりと実施」に向けての契機とする。

東京湾の全域及び陸域を対象として一斉での調査を通じ、青潮・貧酸素水塊の分布等を把握することで、東京湾の汚染メカニズムの理解の推進を図る。

多様な主体が協働しモニタリングを実施することにより、 国民・流域住民の東京湾再生への関心を醸成する。

図-1 東京湾水質一斉調査の目的

び汚濁メカニズムの解明を目的として実施されてきた(図-1).

実施年度		H20	H21 H22		H23	
調査日 (環境調査の対象期間)		7月2日(水) (7/1~7/4)	8月5日(水) (8/1~8/9)	8月4日(水) (7/24~8/23)	8月3日(水) (7/28~8/30)	
	国	3	5	5	5	
参加機関	地方自治体	20	39	32	32	
	市民団体等	5	10	6	8	
	大学·研究機関	12	13	14	17	
	企業等	7	81	74	77	
	計	47	148	131	139	
	陸域	381	438	394	371	
調査地点	海域	224	311	356	449	
	計	605	749	750	820	
	陸域	COD、水温、流量 (流心での観測)				
調査項目	海域	DO、水	左に加え、透明 度・生物調査を推 奨項目とする			
環境啓発活動	イベント等	7-8月に開催されたイベントを対象とする				

表-2 東京湾水質一斉調査の概要

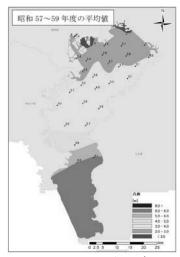
東京湾水質一斉調査が開始された平成 20 年には、47 機関・団体が海域で 224 点、陸域で 381 点の調査を実施した. 調査にあたり、共通の調査項目として海域では溶存酸素 (DO)、水温、塩分が、陸域(河川・湖沼)では化学的酸素要求量 (COD)、水温、塩分が設定された. 調査方法は、基本的に海域では観測機器による海面下 0.5m~海底上 1m までの 1m 毎の断面観測、陸域では観測機器により流心部(水面下から全水深の 20%の位置)での観測とした. また、こうした調査結果と共に、環境教育等の関連イベントについても募集し情報を収集してきた. 各調査の結果は、速報・報告書として取りまとめられ、東京湾再生推進会議の Web ページで公開されるとともに、ワークショップ開催を通して、議論・共有され、東京湾環境マップとしてまとめられてきた²⁾. 平成 23 年からは、それまでのワークショップでの議論を反映し、環境調査の推奨項目として、透明度、生物調査が追加された (表-2).

3.2 新たな指標としての透明度

環境省は平成22年に閉鎖性 海域中長期ビジョン³⁾(以下, ビジョンとする)を発表し,生 物の生息等を評価するために透 明度やDOを導入するという方 向性を示した.同ビジョンで整 理された昭和57-59年と平成 18-20年の透明度の平均値を 比べてみると,内湾域の透明度 が湾奥の北部で高く,湾口に近い南部で低いという分布をして いた昭和50年後半に比べて,透 明度が都市域を中心とする西岸

側で高く、盤洲干潟のある千葉側(東側)で低くなっているように、分布形状が変化するとともに、値の幅も広がってきているように見える。藻場との関係は、このスケールで見ている限りでは顕著でないものの、DOと共に、環境の変化を敏感に表現する指標としての妥当性が見て取れる(図-2).

透明度と湾内環境の健全性については, Howes, Williams & Rasmussen(1999)⁴⁾に, 栄養塩の湾内流入が適正であれば, 藻類



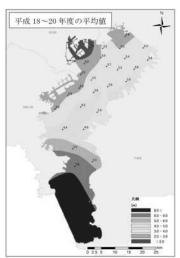


図-2 東京湾における透明度の分布

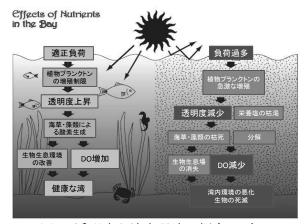


図-3 透明度と湾内環境の概念モデル

の繁殖が制限され,透明度が上昇し,DOの増加,生物環境の改善を通して,健康な湾が形成される一方で,負荷が過多であれば,藻類の急激な繁殖により,透明度が減少するとともに栄養塩の枯渇による藻類の枯死,分解が進み,DOの減少,生物影響を経て湾内環境が悪化することが概念モデル(図-3)と共に示されている.

3.3 透明度調査の結果

国土技術政策総合研究所では、平成23年度の水質一斉調査に合わせ、湾内および、港湾域を中心とする126点において透明度を観測した。平成23年8月3日の8:00から16:00の間に調査を実施した(図-4左).

東京港周辺の拡大図を図-4 右に示す. 拡大して見ると,運河域から,航路域を通って葛 西沖にいくまでに,平均的には透明度が徐々に高くなっていくことが判る. しかし,港口 や河口では,局所的に透明度の高い領域が存在し,様々な影響が錯綜している様子も見て 取れる. 図-4 からは、滑らかな透明度分布が得られており、河川からの影響域の特定等、場の特性を検討するのに適当な指標であることが推察される.

他機関において調査された透明度も合わせると、水質一斉調査当日には 273 地点で透明度が計測されていた。そのすべてを同時にプロットすると、図-5 のようになり、図-4 で見られたような滑らかな分布になっていない。これは、隣接する調査地点での観測時間が数時間以上異なることに起因している。

時間毎に分けてプロットすると、図-6のようになり、図-4に準ずる滑らかな分布が得られた.このことにより、透明度が大きな時間的変化をしていることが示唆された.

透明度の支配要因を推定するために、国土技術政策総合研究所が行った内湾での透明度 測定データを目的変数とし、水質一斉調査で得られた懸濁物(SS),クロロフィル量(Chl),

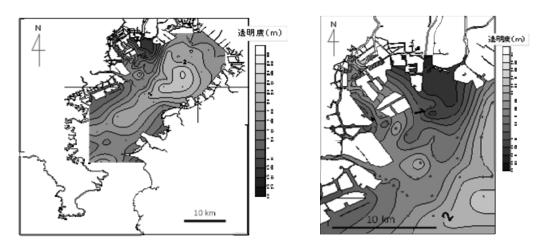


図-4 国土技術政策総合研究所による透明度調査地点と結果(左:東京湾,右:東京港周辺)

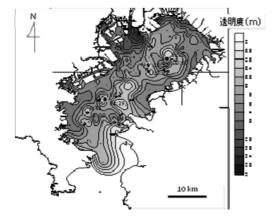


図-5 全データを使った透明度分布

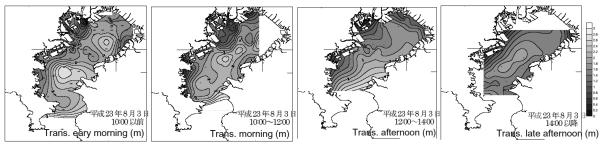
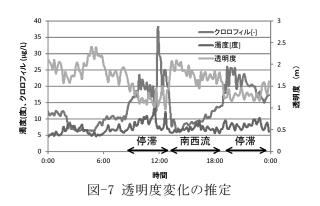


図-6 時間帯別透明度調査結果 a)10:00 以前, b)10:00-12:00, c)12:00-14:00, d)14:00 以降

有機物濃度 (COD) を説明変数として重回帰分析を行った. ただし, 国土技術政策総合研究所のデータ測定点と, 水質測定点が異なるので, 各々のデータを湾内を20×20格子状に区切ったグリッドデータとして平滑化した後, グリッド点毎にデータを対応させて回帰分析を行った. その結果, COD の寄与率は低く,式(1)のように透明度の逆数である透過率が



SS と Chl に比例するという結果になった. 前出のビジョンでの推定式を式(2)として併記すると、同様の傾向であったことが判る.

透明度 (m) =
$$1.6 / (0.084 \times SS + 0.021 \times Chl + 0.12)$$
 (1)

透明度 (m) =
$$1.6 / (0.139 \times SS + 0.04 \times Chl + 0.04)$$
 (2)

透明度を支配要因から推定する式(1)が得られたので、1日でどの程度の透明度の変化があるかについて、8月3日の東京灯標の水質観測データを用いて確認した(図-7). 透明度は、数時間で2.3mから1mまで変化していたことになる. 特に、昼間、流れが停滞していた時にクロロフィルが増加することで透明度が下がることや、潮汐流によって新たな水塊と入れ替わることや、夜間の植物プランクトンの減少が透明度を周期的、短期的に向上させている様子が推定される結果となった. クロロフィル量(植物プランクトンの増殖)や浮遊懸濁物を抑制することが透明度向上の鍵であることが示唆された.

4. マハゼ調査の意義・方法・今後

多くの人々が生活する都市臨海部の運河域などが、生物の生息場として高いポテンシャルを有し、また高い生態系サービスを提供できる場として注目されてきている。また、このような沿岸域の持続的な利用や生態系サービスの向上において、統合的沿岸域管理の重要性が、アジェンダ 21 や海洋基本法をはじめ国内外の様々なところで指摘されている。ところが現状においては、広域な沿岸域を横断的・包括的に評価できる指標および手法が不十分なため、環境評価の結果を統合的な沿岸域の管理に反映できない状況にある。

それを解決する手法として、流域を横断する生物の特性を利用して、環境を包括的に評価する手法を構築することを考えた.ここで着目したのが"マハゼ"である.マハゼは、水際から水深 15m 以浅を生息域とし、内湾域と河口域を行き来する.春に深場(水深 8m~15m)で発生し河口域へ遡上し、春から夏にかけて浅場砂泥域(水深 0m~3m)で生活し、秋に成熟とともに徐々に深場へ移動し、冬に深場で産卵する(図-8).また、マハゼは水質、底質および生息場などの環境変化の影響を強く受けている.例えば、東京湾におけるマハゼの漁獲量は、東京湾沿岸の高度成長による生物棲息環境の悪化に伴い、1962 年以前には 300t 程度あったものが、2003 年には 5t にまで落ち込でいる5).



図-8 マハゼの生活史6)

4.1 調査・分析の手法

2009 年から 2012 年夏季にかけて東京港ならびに横浜港南の各地点(図-9)において、マハゼを採取した. 採取した 4 地点 \blacksquare における全長組成分布に対して、分布の特徴を表す統計量として分散と歪度を求めた. また 9 地点 \blacksquare について、耳石の輪紋数と輪紋幅(写真-1)、Sr、Ca 含有量(EPMA 法により 3 μ m 毎)を測定し、マハゼのふ化時期および日齢ごとの塩分環境の推定を行った 7 . 海水と淡水を行き来する魚類は、高塩分下では耳石の Sr/Ca が高く、低塩分下では低い値を示す 8 . 図-8 に示したように深場で産卵し浅場に移動した場合は、塩分が高い場所から低い場所へ移動したことになり、Sr/Ca は高い値から低い値になる.

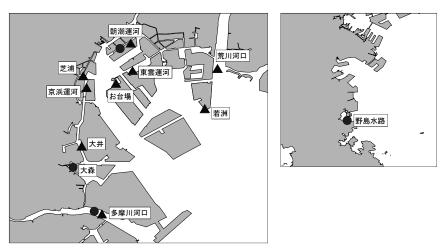


図-9 調査地点図(左:東京港,右:横浜港南)(●:全長組成分布解析地点,▲:耳石解析地点)

4. 2 調査結果から見えてきたこと

全長組成分布の分散と歪度の関係を用いて、生息・生育空間のネットワーク(生息場のつながり)の強さの評価ができる可能性が見えてきた。分散と歪度の関係には、3種類のパターンがあった(図-10)。生息・生育空間のネットワークの観点からみると、 P_A は周

辺水域に産卵時期が異なる産卵場が存在し、その産卵場からの供給の経路が形成されていること、 P_B は周辺水域には産卵時期が異なる産卵場が存在しないことと、転出の経路のみが形成されていること、そして、 P_C は周囲の産卵場や生息場がネットワーク化されておらず、孤立した状態にあると考えられている.

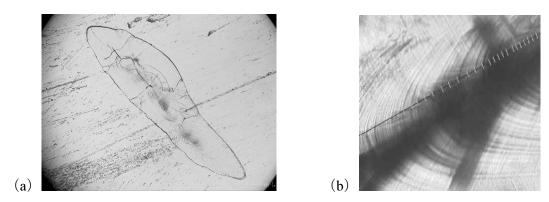


写真-1 耳石 (a) および耳石の輪紋 (b)

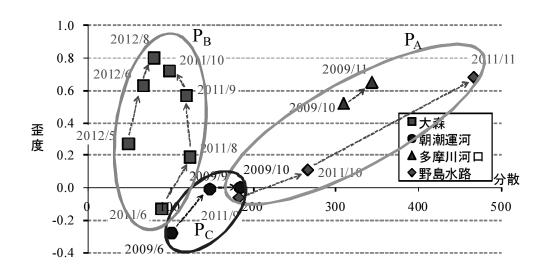


図-10 全長組成分布の分散と歪度関係 (図中の数字は採取の年月を示す.)

また耳石の主要な変動パターンに基づくグループ化を用いても、生息・生育空間のネットワークの強さを評価できる可能性が示された.グループは2つあり、一つは定説の行動パターンであるパターン1が主体である多摩川河口,大井,荒川河口,若洲のグループ(G1)、一つはパターン1がほとんどない京浜運河、お台場、東雲運河、朝潮運河の運河域のグループ(G2)である(図-11).ただし芝浦は例外的であった.運河域のグループにおいて、パターン1がないことは、運河域のマハゼは本来の生活史に沿う移動が全くできていないことを示す.

以上のような考えの下に,多摩川河口と朝潮運河に対して,生息・生育空間のネットワークを評価すると次のようになった.河口干潟が存在する多摩川河口は,自然な幅広い産

卵期間を持つ幾つもの産卵場からの供給の経路が存在することから、つながりの強い生態系ネットワークが存在している水域と考えられる.一方、人工環境に囲まれ、貧酸素水塊が11月まで続き、周辺の深場がヘドロであり産卵場として利用できない朝潮運河は、限定された産卵期間しかない産卵場からの加入しかなく、しかもそのつながりは非常に弱いことから、生息場も生態系ネットワークも劣化している水域と考えられる.

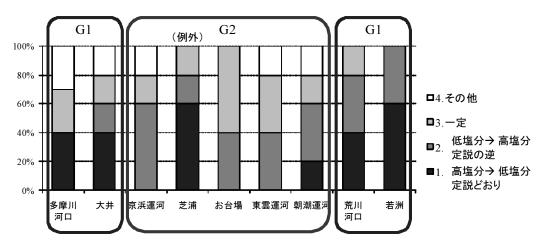


図-11 採取地点別の変動パターンの割合

4.3 今後の展開

マハゼの全長組成分布解析や耳石解析によって、生息・生育空間のネットワークの強さの観点から、沿岸域の環境を包括的に評価できる可能性があることが示された。今後はこのような指標を利用して、各水域を横断的・包括的に評価する。そして、生態系ネットワークのつながりが弱いと評価された水域に対しては、どのパスのつながりが弱いかを抽出し、広域的な観点から環境を改善する方法の提案を図っていくことが重要と考えられる。この広域的な観点からの環境改善手法は、既往の局所的・個別の環境改善手法を実施しても期待する程の成果が得ることができなかったところで効果的に機能することが期待される。

5. 環境共生護岸の取り組み9)

日本の沿岸域では、防災のための堤防等の築造や臨海部の開発による埋め立て等により自然海岸が減少し、特に流域人口の多い三大湾(東京湾、伊勢・三河湾、大阪湾)では、構造物によって人工化された水際線の割合が湾内の海岸線総延長の80%を超えている(第5回自然環境保全基礎調査報告書(1998、環境省)より試算).このような都市型の沿岸域において自然再生を推進するためには、港湾域の人工水際線を生物の生息場所として利用し、環境改善を図ることが有効な施策の一つとなる.

5. 1 生物共生型港湾構造物の実証実験

港湾域の人工構造物に対し環境修復の機能を持たせる試みは、1971年着工の四日市港霞ヶ浦地区の透水型ケーソン防波堤、1974年着工の相馬港大津地区の緩傾斜式護岸、1978年着工の輪島港輪島崎地区の擬岩防波堤、1981年着工の千葉港千葉中央地区の階段式護岸等1970年代に始まった。その後、藻場の機能を持たせたり、親水施設としての機能を持たせたりとより広範な環境(生物・親水)に配慮した形状の防波堤・護岸が全国的に整備さ

れるようになった. エコポート政 策(1994年策定)を経て,2011 年時点で完成予定を含め全国計 66 カ所において環境配慮型防波 堤・護岸が造成・着手されていた. 2009年には,老朽化した護岸を復 旧する際に,海洋生物の生息環境 としての機能にも配慮し,生物共 生型港湾構造物とする実験的な取 り組みが,秋田港(大浜地区),新 潟港(西港地区),堺泉北港(堺2 区),北九州港(洞海地区),石垣 港(新港地区)の計5カ所におい て行われた.

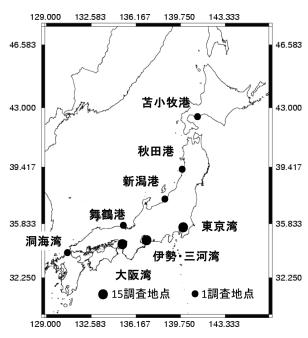


図-12 港湾構造物への付着生物調査地点

5. 2 付着生物実態調査

このような背景を踏まえ、日本全国の概況を把握するために、三大湾(東京湾、伊勢・ 三河湾、大阪湾)および地方の主要港湾域(苫小牧港、秋田港、新潟港、舞鶴港、洞海湾) を調査対象とし、

- 1) 全国の人工水際線における付着生物の現状を統一的な手法により把握し,
- 2)様々な空間スケールにおける変異、勾配と局所的な環境要因との関係性について検討するため、各海域の付着生物種組成・群集構造・多様度指数の共通性と特異性について基礎的解析を実施することを目的に調査を実施した.

現地調査は東京湾、伊勢・三河湾、大阪湾の各湾 15 カ所ずつ、苫小牧港、秋田港、新潟港、舞鶴湾、洞海湾においては各 1 ヶ所ずつの防波堤や護岸を調査地点とした(図-12). 調査は 2009 年 12 月~2010 年 2 月の間で行った. 各調査地点においては水深の上中下の 3 測点と同水深で 3 コドラート (33cm×33cm) の合計 9 コドラートを設定し、サーバーネットとスクレーパーを用いてコドラート内のすべての生物を採集し、実験室に持ち帰って同定した.

また,各地の生物分布の調査結果をもとに,広域的な要因(空間変異や緯度勾配)や局所的な要因(深度や堤防前波高)との関連性を検討し,三大湾および地方の主要港湾域における共通性と特異性を明らかにした(表-1,図-13).

表-1 付着生物調査で観察された地域・港別出現種数

調査海域	東京湾	伊勢•三河湾	大阪湾	苫小牧港	秋田港	新潟港	舞鶴港	洞海湾
調査地点数	15	15	15	1	1	1	1	1
海域に出現した種数	159	185	264	112	65	118	100	114
調査地点あたりの種数	44.5	48.7	96.9	112	65	118	100	114

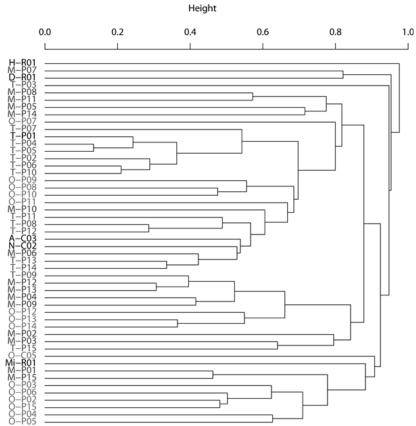


図-13 群集構造の類似度(個体数の重みづけをした解析)

(T-P:東京湾, M-P:伊勢・三河湾, O-P, O-C:大阪湾,

H-R: 苫小牧港, A-C: 秋田港, N-C: 新潟港, MI-R: 舞鶴港, D-R: 洞海湾)

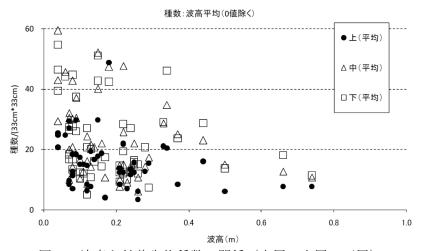


図-14 波高と付着生物種数の関係(上層・中層・下層)

港湾構造物の構造形式や数十年スケールの建設年数と付着生物の種数や多様度との関連性は無かったものの,波高が大きくなるにつれて最大出現種数が直線的に減少すること(図-14). また,水深との関係については種数は平均水面下 1.0~6.0m の範囲で最大となり,個体数は平均水面付近で最大となることなどが確認された.

5.3 生物共生型港湾構造物のあり方

調査分析の結果から、湾域の生物ネットワークが広域的な多様度を支配し、水深および 波高が群集構造を、水質や干出頻度、温度・塩分変化、光環境などが種組成を支配してい ることが推察される整理結果を得た.

生物共生型港湾構造物の企画,立案時の目標設定においては,その海域の生物ネットワークの現状や緯度勾配に起因する種の多様度を把握し,ターゲットとする生物の種組成を想定するとともに,目標とする生息生物の種数を増やそうとする時には波高に着目し,場所の選定や波向きに配慮することが重要である.波あたりが強い場所に構造物を設置する場合には,データに基づいて目標の種数を減ずることも検討すべきである.なお,多様度を上げる手法として,特定の水深帯(平均水面下1.0~6.0m)に生物の生息に配慮した構造物をつくることも有効と考えられる.しかし,平均水面付近にそのような構造物を造ると,目標とする生物の個体数,湿重量を多くすることが期待できる一方で,特定の種が繁殖することで多様性を失う危険性があることも念頭に考えておかなければならない.その場において個体数を増やすのか,多様度を増やすのか等,目的を明確にして,水深帯を考えることが重要である.

現在取り組んでいる生物共生型港湾構造物では、鉛直壁ばかりではなく、緩傾斜、テラス型の干潟等、護岸部に生物生息に適した構造を積極的に配置する試みがなされている。 複雑な構造になればなるほど、支配的となる環境要因も複雑になるものの、基本的には、 種組成を支配する環境要因、群集構造を支配する支配要因についてモデル化し、検討する ことが有効であると考えられる。

6. 海洋レーダー技術の利用

6. 1 海洋レーダーの周波数割り当てとその意義

現在,日本では約50局の海洋レーダー運用されており、潮流・海流のモニタリング、漂流ゴミのモニタリング、浮遊ゴミ回収の効率化、波浪観測、津波観測、漂流探察・救護などへの利用を目指して、実証的に実験が進められてきた。しかし、無線局運用には免許が求められるが、実験局としての免許しか付与されない状況であった。これは、有限の資源である電波の利用や衛星軌道の割り当てについて国際的な利用調整を目的とした国際規則である無線通信規則に、海洋レーダーが規定されておらず、一般的なレーダーと同様の扱いを受けており、海洋レーダーの運用の中心となっている3-50MHzの短波・超短波帯にはごく一部の例外を除いて、運用が許されていないためであった。

この無線通信規則を改定するためには、3~4年に1度開催されている世界規模の公式会議である世界無線通信会議での審議が必要であり、日本は、米国、フランスなどの海洋レーダー推進国とともに、2007年から7回にわたるアジア太平洋準備会合での合意形成会議、WRC-07での議題としての採用決議、その後4年間かけた合計8回の国際無線通信連合無線部会での技術文書(勧告・報告)の作成会合、WRC-12準備会合など、多くの関係者による共同作業を通して、規則改正に向けた働きかけを行った。

2012 年世界無線通信会議(通称: WRC-12)が、平成24年1月23日から2月17日にかけてスイス・ジュネーブで開催され、日本で配備が進んでいる海洋レーダーへの正式な周波数分配(4-39MHz 帯の中の8帯域)が決定した(表-2).

今回のWRC-12で海洋レーダーへの周波数分配が正式に認定されたことにより、今まで各国が個別に実験局として暫定的に運用してきた海洋レーダー局による周波数利用を整理することができることとなった。これは、他の電波利用者への有害な混信を軽減・回避するとともに、海洋レーダー局の安定運用に不可欠な運用免許を取得するための国際手続きをクリアしたことになる.

今回の決定により、信頼性の高い海洋モニタリングシステムとして海洋レーダーを開発・利用していくことができるようになった.今後、沿岸・海上の安全の確保、沿岸管理の高度化に寄与していくことが期待されている.

表-2 海洋レーダーに分配された周波数

帯域区分	日本の既存局運用周波数 *不連続な割り当て	日本からの提案周波数 (含: APT共同提案) × APT提案に反対 ○日本のみ提案	第3地域に対する WRC-12での分配帯域 A:5. A115, F:5. F115適用
		×3 155-3 200(s)	SUP
4.5MHz +/-1MHz		×4 438-4 488(s)	4 438-4 488(s)A
	5 032-5 047.5(15/海保)		-
		5 400-5 450(p)	5 250-5 275(s)A
9MHz +/-2MHz	9 214-9 272*(25/NICT)	○9 200-9 300(p)	-
			9 305-9 355(s)F
12MHz +/-1MHz		×12 100-12 200(s)	SUP
			13 450-13 550(s)A
	13 921-13 971(50/北大他)	13 900-14 000(s)	SUP
16MHz +/-2MHz		NOC	-
		NOC	16 100-16 200(s)F
		22 855-23 000(p)	SUP
26MHz +/-4MHz	24 465-24 565(100/港湾他)	24 450-24 600(p)	24 450-24 600(s)A
		26 175-26 325(s)	26 200-26 350(s)A
		27 350-27 500(s)	SUP
43MHz +/-4MHz		•	39 500-40 000(p)A
		41 015-41 515(s)	41 015-41 665(p/韓国)
	41750-42750(300/港湾他)		43 350-44 000(p/韓国)
		46 500-47 000(s)	SUP

6.2 海ゴミ研究の現状と今後の展開

6. 2. 1 東京湾におけるゴミ回収事業

近年,日本の沿岸域における漂流・漂着ゴミ問題が顕在化しつつあり,沿岸環境に対する影響の懸念や経済的な被害に関する数多くの報告がなされている10)、11)、12)、13)、14)、最近ではプラスチック製ゴミに含まれる化学汚染物質に着目した研究が始められている.漂流・漂着ゴミは海岸や海洋における新たな汚染物質輸送媒体として注目され始めたのである10)~13)、また,東北地方太平洋沖地震による津波に起因する漂流物150万トンのうち約4万トンが漂流物として太平洋

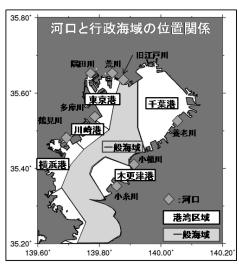


図-15 東京湾の港湾区域

を漂流し、2012年秋頃から本格的に北米大陸やハワイ諸島に漂着するのではないか、と推測されている。この本格的な漂着に先立って八戸港から流失した浮き桟橋がオレゴン州の海岸に漂着し、その解体作業に8万ドルを要したというニュースがこの夏マスコミを賑わせた。

東京湾では、港湾区域については港湾管理者が、一般海域については国土交通省関東地方整備局(以下、関東地整)が環境整備事業の一環として漂流ゴミを回収している(図-15).例えば、2008年度は港湾管理者と関東地整が回収したゴミ量は約7600m³で、その内訳について見てみると横浜港内の回収量が最も多く約3200m³、続いて東京港内の2000m³、以下、千葉港の1200m³、木更津港の900m³、一般海域の300m³の順番となっている(図-16(a)).それぞ

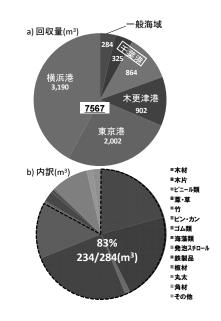


図-16 2008 年度のゴミ回収量(a)と一般海域におけるゴミの内訳(b)

れの海域に配備されている回収船の数に開きがあるため、環境整備船1隻・1日当たりの回収量でみると各海域とも大きな違いはない。回収された漂流ゴミの内訳は関東地整が継続的に整理しおり、2008年度の実績では、葦・草や竹、木片などの自然系の漂流ゴミが83%を占めていた(図-16(b))。二瓶ら¹⁵⁾は、出水時に荒川河口の橋からネットによる直接ゴミ採集を行った。その結果、ゴミのほとんどが自然系のゴミであった。それらを勘案すると、東京湾の漂流ゴミは、自然系の漂流ゴミが大半を占めていると考えられる。

漂流ゴミの湾内環境に対する影響を評価するためには、まずゴミ流入量や流入時期を把握することが必要である。また漂流ゴミの回収目標を適切に設定し、そして回収船の効率的な運用を図るためにも、ゴミの流入源、流入量や流入時期を把握することが必要である。 漂流ゴミの多くは自然系であるため河川を介して湾内に流入していると想定されるが、流入源、流入量そして流入時期が明らかになっていない。世界の閉鎖性海域においても海洋ゴミの収支が把握されている海域は存在しない可能性がある。

国土技術政策総合研究所では、環境整備事業の目標設定や環境整備船の効率的な運用に 資するため、東京湾におけるゴミ収支(流入源、流入量、流入時期や海底への沈降量、湾 外への流出量)を明らかにすることを目指している。流入時期や湾内での漂流過程を明ら かにすることで、港湾管理者と関東地整が連携をとりやすくなり、より効率的に漂流ゴミ に対処することができるようになる。現在、ゴミ収支解明に向けた第一歩として、代表的 なゴミである葦・草について湾内に流入する量を明らかにすることに取り組んでいる。

6.2.2 ゴミ流入量の推定方法

ゴミの湾内への流入量を把握するため、Kako et al.¹⁶⁾(以下、K2010)と同様な方法で流入源、流入量、流入時期を推測した。K2010は漂着ゴミ調査の結果と海洋数値モデルを用

いて東シナ海におけるゴミの流入源及び流入量を推定した.この推定方法を利用するためには、対象とする海域表層の流れ場の時空間変化と、対象海域内のいずれかの地点でのゴミ量の時間変化の情報が必要である.東京湾の場合,前者は海洋レーダーによる観測結果、後者は環境整備船による漂流ゴミ回収データによって把握することができる.東京湾では関東地整が設置した海洋レーダーによってほぼ全域が1時間毎に空間解像度1.5kmで計測されている.また、一般海域での漂流ゴミの回収量、種類及び回収日は関東地整によって把握されている.東シナ海と東京湾では表層流動場の時空間スケールが大きく異なるため、国土技術政策総合研究所ではK2010の方法が東京湾に適用可能であるかを検討し、適用可能であることを確認した¹⁷⁾.

ゴミの東京湾への流入量を推定するためには、まず、関東地整の環境整備船による航跡 データからある場所ある時刻での回収量を把握する。続いてゴミ回収時刻にゴミ回収場所 に中立粒子を配置し、レーダーによる流速データをもとに中立粒子を逆方向に追跡する。 中立粒子が河口域に到達したら、こんどはそこから中立粒子を多数放流し、実際にゴミが

回収された時刻に回収された場所 に到達するか確認する. 到達した 粒子が放出された箇所が発生源と 考える.

次に発生源からゴミをある数だけ放出して順方向の粒子追跡計算を行い、そのうちどれだけが回収場所に到達するかを計算する。そして、実際の回収量だけ回収時刻に回収場所に漂流しているためには、どれだけ流入していたはずかをラグランジュの未定定数法によって推計する。そのゴミ流入量に港湾管理者のゴミ回収量を加えることによって1年間のゴミ流入量とする¹⁸).

6.2.3 結果と今後の展開

2008年度1年間のゴミ流入量の 推定結果を図-17に示す¹⁸⁾.図の 中に流入量を推定できなかった時 期がある.これは,この時期に環 境整備船がゴミ回収作業を行って いなかったためである.推定が出 来た時期のゴミ流入量と同時期の

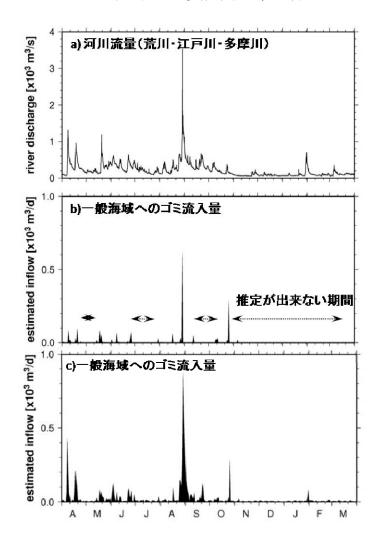


図-17 a)河川流量,b)環境整備船回収量による推定結果,c)環境整備船と河川流量からの推定結果

河川流量を比較したところ,高い正の相関関係があった。そこで,推定出来なかった時期の河川流量とこの相関関係からその時期のゴミ流量を推定した。

それらの結果,8月末から9月上旬に発生した出水時(5日間)に年間流入量の約26%が集中していることが分かった.栄養塩や土砂輸送同様に,漂流ゴミに対しても出水の影響が大きいといえる.

2008年間1年間で見てみると、河川から約450tが流入し、そのうち約40%を港湾管理者と関東地整が回収している(図-18)。海底に沈降した量は現時点では把握できていないが、湾内の環境に与える影響は特に大きいと推測される。今後の大きな課題である。

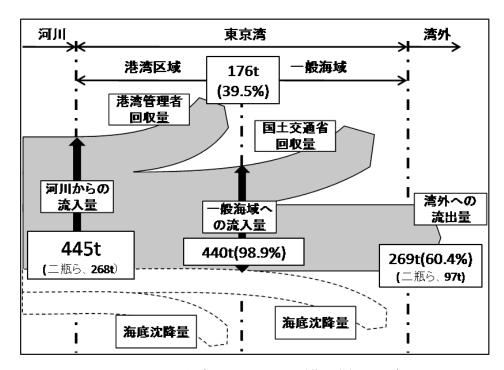


図-18 2008 年度におけるゴミ (葦・草) の収支

湾内への流入量,流入源,流入時期が把握できたので,それに対応する中立粒子を流入源から放流することによって,2008年度1年間の湾内でのゴミの漂流過程を再現することができる.そこで漂流過程の再現計算を行い,それに実際の環境整備船の航跡を重ねてみた.夏の出水時において国土技術政策総合研究所で推定したゴミ集積海域で環境整備船がゴミを回収していたことが確認できた.

ゴミ流入量は河川流入量と相関が高いため、河川流入量が分かればゴミ流入量も概ね推定できる。これと1時間毎に更新される海洋レーダーの流れを組み合わせることによって準リアルタイムで漂流ゴミ分布を推測することができる。現在は、2009年度を対象に同様の流入量計算を行う一方で、出水時における東京湾内での漂流ゴミ分布の調査を行い、海洋レーダーで予測した漂流ゴミ分布の推定精度を検証することに取り組んでいる。

東京湾に流入するゴミ量が把握されてこなかったのと同様に、日本の海岸、あるいは世界の海岸に漂着しているゴミ量、あるいは海洋に存在するゴミ量についても推定がなされていない。そのため、漂着ゴミの存在量を明らかにすべく、人工衛星画像や航空機撮影画

像の解析に基づく漂着ゴミ量の把握を試みている. そのために画像解析に基づくプラスチックゴミ量の自動計測技術を開発した¹⁹⁾. 海洋ゴミ問題を解決するためには, ゴミを削減するための施策と共に, このような基礎的な技術の開発を欠かすことはできない.

7. おわりに

低迷する日本の経済を再生するため、経済活動の多くが行われ、国家の活力の源泉であ る「都市」の魅力と国際競争力を高め、その再生を果たすという目標の下に、民間の力を 都市に振り向けることをねらいとした経済構造改革である「都市再生」が進められた.そ の一環として平成13年12月に「海の再生」が都市再生プロジェクトに位置づけられた. その後10年にわたり多くの人たちが「海の再生」に取り組んできた. 国土技術政策総合研 究所もその一翼を担い、東京湾環境一斉調査、マハゼ調査、環境共生護岸技術そして海洋 レーダー技術の研究など幾つかの取り組みを行ってきた. そうした取り組みによって「海 の再生」に向けた技術や情報の蓄積が進んできたが、「海の再生」は容易に達成することの できない大きな目標である.首都圏の中央部に位置する東京湾を自然的な快適性や生物生 産などの面から価値の高いものにしていくことは日本の経済や社会にとって明らかに恵の 多いものである、それは極めて困難な目標であるが、知識を増やし、技術を磨き、頭脳の 限りを尽くし、あきらめることなく目標に向かって挑戦をしていくことが必要である.こ こでは、近年の国土技術政策総合研究所の取り組みを紹介し、その延長線上にある取り組 みの方向性を紹介した. だがそれだけで「海の再生」が現実のものになるわけではない. こうした取り組みを踏み台にして「海の再生」にさらに一歩でも二歩でも詰め寄ることが できる取り組みに発展させていくことを心に念じ,これからの研究に取り組んでいきたい.

参考文献

- 1) 東京湾再生推進会議:東京湾再生のための行動計画,36p,2003.
- 2) 東京湾再生推進会議モニタリング分科会,九都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会,東京湾岸自治体環境保全会議:東京湾環境マップ 陸と海をつなぐ河口域・ 浅瀬,調査の発展, Ver.6, 2012.
- 3) 閉鎖性海域中長期ビジョン策定に係る懇談会: 閉鎖性海域中長期ビジョン, 環境省, 86p, 2010.
- 4) Howes, B.L., T. Williams and M. Rasmussen: Nutrient Related water quality of Buzzards Bay embayments: a synthesis of Bay waters monitoring 1992-1998. Coalition for Buzzards Bay, 127p, 1999.
- 5) 工藤貴史・吉野暢之:東京湾における人とマハゼの関係史,財団法人東京水産振興会,水産振興, No.516, 62p, 2010.
- 6) 国土技術政策総合研究所沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室:東京湾環境マップー京 浜運河編一,2008.

- 7) 上村了美:マハゼの耳石が語ること, 社団法人海洋調査協会, 海洋調査協会報, No.107, pp.15-19, 2012.
- 8) 新井崇臣: 魚類の回遊履歴: 解析手法の現状と課題, 魚類学雑誌, No.49, pp.1-23, 2002.
- 9) 上村了美・吉田潤・岡田知也・古川恵太:港湾構造物に生息する付着生物群集の全国比較,国土技術政策総合研究所報告, No.44, 51p, 2011.
- 10) 中島悦子ら:長崎県五島列島における漂着ゴミ由来の重金属の定量化,2010年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集,205,2010.
- 11) 栗山雄司ら: 東京湾ならびに相模湾におけるレジンペレットによる海域汚染の実態と その起源, 日本水産学会誌, Vol.68, No.2, pp.164-171, 2002
- 12) Endo, S. et al.: Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: variability among individual particles and regional differences, Marine Pollution Bulletin, No.50, pp.1103-1114, 2005.
- 13) Mato, Y. et al.: Plastic resin pellets as a transport medium of toxic chemicals in the marine environment, Environmental Science & Technology, No.35, pp.318-324, 2001.
- 14) 竹田春美ら: 離島生活の生命線である航路の運行再開を目指して~鹿児島県南西沖での大規模漂流木回収~,平成22年度九州国土交通研究会,2010.
- 15) 二瓶 泰雄ら:出水時大河川における浮遊ゴミ輸送特性に関する現地観測と湾内 DO 環境へ及ぼす影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.1171-1175, 2010.
- 16) Kako, S.et al: Inverse estimation of drifting-object outflows using actual observation data, Journal of Oceanography, Vol.66, pp.291-297, 2010.
- 17) 片岡智哉・日向博文:漂流ゴミ流入量に対する逆推定手法の東京湾への適用性と推定結果の水平拡散係数依存性,沿岸海洋研究, Vol.49, No.2, pp.113-126, 2012.
- 18) Kataoka, T. et al.: Numerical Estimation of Floating Macro-debris Inflow Flux into Tokyo Bay, 50th Estuarine & Coastal Sciences Association (ECSA) Conference, O4.28, 2012.
- 19) Kataoka et al.: A new technique for detecting colored macro plastic debris on beaches using webcam images and CIELUV, Marine Pollution Bulletin, Vol.64, pp.1829-1836, 2012.