

港湾域に存在する浅場の生物生息場としての活用 Effective utilization of shallow water habitats in Port and Harbor Regions

岡田知也*・井芹絵里奈*・古川恵太**・渥美雅也***
Tomonari OKADA, Erina ISERI, Keita FURUKAWA, Masaya ATSUMI

要旨：港湾域に存在する浅場の生物生息場としての活用の可能性を検討するために、東京港内の運河域において、レーザ測量と音響測深機を併用して詳細地形を計測し、浅場の存在量と空間分布特性を把握した。その結果、-3 m以浅の浅場が $7.1 \times 10^5 \text{ m}^2$ あることが判った。これは、対象面積の18.0%であり、三番瀬干潟の約5割に相当した。また、これらの浅場は一箇所に集中せず、広域に点在していた。これらのことから、東京港内において、広域的な生態系ネットワークの構築および生物の生活場や生活史を考慮した広域的かつ持続可能な生物生息場の創造の可能性があることが示された。

キーワード：浅場, 生物生息場, 深浅測量, 運河

1. はじめに

戦後から高度成長期にかけて原料の輸入や製品の輸出に便利な臨海部に工業地帯が発達し、沿岸域の開発が進められてきた。東京港においても、物流機能の強化、工業用地の確保等のために埋め立てが継続的に行われ、現在、数多くの運河や水路が存在している。かつて工場地域として限られた人しか出入りできなかった運河や水路周辺のこれらの場所は、住居や商業区域として再開発が進められ、都市の中において水辺に近づくことが可能な場所へと変化してきている。これに伴い、運河域では遊歩道が整備されているほか、海上交通やレクリエーションの場所として、さらなる利用が期待されている¹⁾。

運河域は、多くの人が海に近づくことができ

るため、海域がもたらす生態系サービスを提供する場所として高いポテンシャルを持っている。例えば沿岸域に関連する生態系サービスには、供給（漁業）、基盤（水環境、栄養塩循環）、調整（気候、栄養塩循環）、文化的（散策、環境学習、釣り）等がある²⁾。

このような生態系サービスを多く得るためには、豊かな生態系および良好な環境が求められるが、現状における都市部の運河内の水底質環境は、十分な生態系サービスを提供するにあたっては必ずしも適切な状態ではない。東京港内の運河では、夏期にはほぼ全域において貧酸素水塊が発生し³⁾、生物の生息に大きな影響を与えている。生物の生息にとって貧酸素水塊の解消・改善は非常に有効であるが、その実現には、運

* 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所, ** 正会員 海洋政策研究財団・横浜国立大学,

*** 一般財団法人 東京水産振興会

河域外の東京湾を含む広域において長期にわたる継続的な取り組みが必要であり、局所的・短期的な取り組みでは貧酸素水塊の解消・改善といった水質の向上は困難であると考えられている^{3), 4)}。そこで、現状の水質状況下で、機能する自然再生の手法が求められている。

東京港内の運河域においては、貧酸素水塊が7月から10月まで継続して底面から水深-3 m付近まで発達するために、水深-3 m以下は生物の生息に適していない^{3), 4)}。そのため、水深-3 mよりも浅い水域を生物生息場として保全、または再生することが重要であると考えられる。既往の調査によって、運河域には土砂が堆積している水深の浅い場所が点在しており、その浅場にはアサリなどのベントスが存在していることも示されている⁵⁾。これらのことから、効果の高い自然再生手法として、この砂が自然に溜まって形成された浅場の有効活用が提案されている^{4), 6)}。

ところが港内および運河内において、環境の



図1 浅場算出対象範囲。

視点から浅場の現存量の把握を実施した例はなく、港内や運河内のどこにどの程度の浅場が存在するのか定量的な情報が全くない。航路維持のための測量は多く実施されているが、潮間帯を含む浅場は船舶航行等に係わる水域の外側にある場合が多く基本的には測量対象外である。

そこで本研究では、浅場を活用した運河域の自然再生のための基礎資料として、潮間帯を含む陸域から水域までの連続的な地形把握を目指した詳細な地形情報を計測し、浅場の存在量と空間的な分布特性を把握すること、および今後の運河域における浅場の有効活用について検討することを目的とした。なお、一般的には-5 m以浅の水域を浅場と呼ぶことが多いが、本研究では-3 m以浅を浅場と呼ぶこととする。水深の基準面は、東京湾平均海面(TP=0.0 m)とした。

2. 地形データ取得方法

データの取得は東京港の運河域で実施した。東側の境界は荒川、南側の境界は平和島周辺とした(図1)。調査は2010年1月5日から2月22日まで実施した。

水中部の測定には、スワス音響測深機(インターフェロメトリ音響測深機)(C3D:Benthos社製、測深分解能:5.5 cm)を用いた。スワス音響測深機とは、扇状の音波で面的に測深する機器の総称であり、マルチビーム音響測深機とインターフェロメトリ音響測深機に分類される。今回使用したインターフェロメトリ音響測深機は時間毎に角度の異なる音波を発信し、水深の10倍程度のスワス幅がある。水深が浅い水域では、スワス幅の大きさは作業効率に大きな違いをもたらす。

陸上部の測定には、船上に設置した地上レーザ(LMS-Z420:RIEGL社製、方位・ピッチ・ロール精度:±0.01°)を使用して測定した。

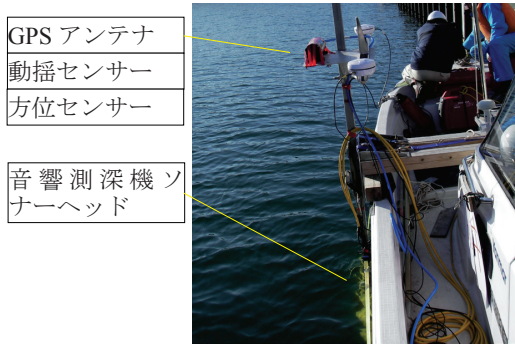


写真1 計測機器の調査船への設置状況。

計測機器は小型船舶（総トン数：1.8 ton，船舶の長さ：6.99 m）の舷側に固定した（写真1）。測量機器とあわせて，調査船の動揺状況を把握する動揺センサー，船首方向を観測する方位センサー，船位の決定と誘導のための D-GPS 測位システム，測深データの音速度補正のためのデータ取得を行う水中音速度計を設置した。

護岸部の測定は，音響測深機と地上レーザを個別の調査船に設置して行った。これは，陸域と海域の境界付近のデータの欠測をなるべく少なくするためである。図2に示すように，満潮時に音響測深機による調査，干潮時に地上レーザによる調査を実施することによって，陸域と海域の境界付近のデータの欠測を極力減らすことができると考えた。

音響測深機を用いた計測は，小型船舶により約3～4ノットの速度で護岸に沿って測定した。小型船舶が近寄れない浅海域では，船外機付きゴムボートを使用した。地上レーザ計測は，地上レーザを搭載した小型船舶を約6～8ノットの速度で護岸との離隔を10～15 m程度に維持し護岸に沿って測定した。

浅場面積の算出は，東京港の運河域とした（図1）。本調査で対象とする浅場は自然に形成された浅場であるため，人工海浜，造成干潟等の浅場の造成を行っている水域（お台場海浜公園，

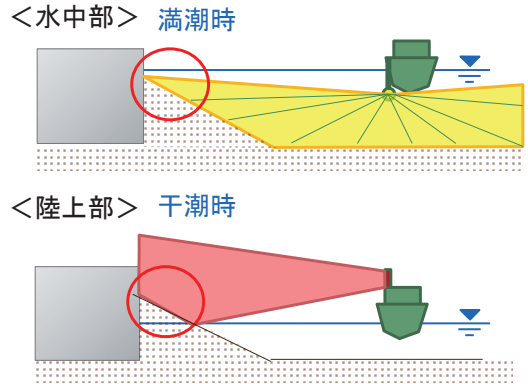


図2 観測イメージ。（水中部を満潮時に，陸上部を干潮時に計測を行う。丸印部分が潮間帯に相当する。）

大井ふ頭中央海浜公園，東京港野鳥公園，大森ふるさとの浜辺公園，城南島海浜公園）は範囲から除いた。

3. 結果

測定結果は3次元点群画像として表示が可能である（図3）。表示例では，水深0 m付近のデータの空白は小さく，海域から陸域までほぼ連続した地形を確認することができる。一部において空白が生じてしまった主な要因は，①調査期間の制約上，全ての水域において理想的な潮位条件下の調査ができなかったこと，②調査船が近付けないような浅瀬で地形が凸形状になっている箇所があり，その背後に音波が届かなかったことが挙げられる。しかし，そのデータの空白は相対的に小さく，以下の浅場の面積計算には，大きな影響は与えていなかった。

対象水域に対して浅場の面積は $7.1 \times 10^5 \text{ m}^2$ だった（図4）。 $39.5 \times 10^5 \text{ m}^2$ の対象水域の面積に対して，浅場の面積は約18.0%だった。浅場と干潟の違いがあるものの，この浅場の面積を東京湾に存在する干潟の面積と比較すると，多摩川河口干潟の約7割の面積であり，三番瀬干潟の約5割に相当した。参考として，東京湾に現存する

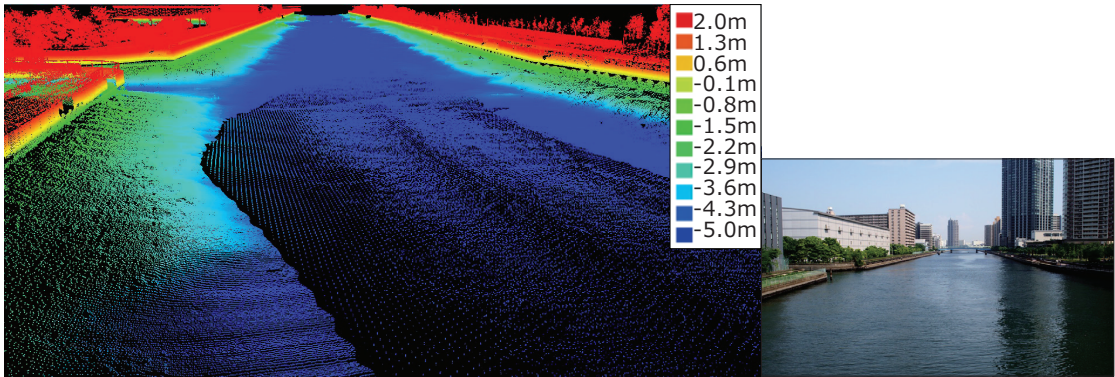


図3 3次元点群画像表示例と写真（豊洲運河）。

干潟の面積を表1に示す⁷⁾。

水深帯毎の内訳は0～-1 mの水深帯の面積が2.5%、-1～-2 m、-2～-3 mの水深帯で、それぞれ5.6%、10.0%だった。水深別で最も面積が多かったのは、-5～-6 mの水深帯で28.0%だった。

調査域を400 mのメッシュに区切り、各メッシュ内の水域面積に対する浅場面積の割合を求めた。約8割のメッシュにおいて、浅場の割合が10%を超えていた（図5）。この浅場の割合が10%以上を示すメッシュは、対象水域のほぼ全域に渡っていた。また、浅場の面積割合が20%以上になるメッシュの割合は、約5割だった。こ

の浅場の割合が20%以上のメッシュは、陸域に近い側の運河や河口に近い運河に多かった。

浅場割合が高かった場所について、運河と浅場の特徴をいくつか紹介する。砂町北運河では、運河が行き止まりになっており、浅場は奥部の全体にみられた。朝潮運河では、運河が隅田川河口に位置しており、浅場は護岸沿いに存在し、干潮時には干出する場所もあった。新芝運河では、運河が陸域に近く幅が狭く、浅場は運河の全体に存在していた。平和島運河では、運河が多摩川河口域に位置しており、浅場は護岸沿いに存在し、干潮時には干出する場所もあった。

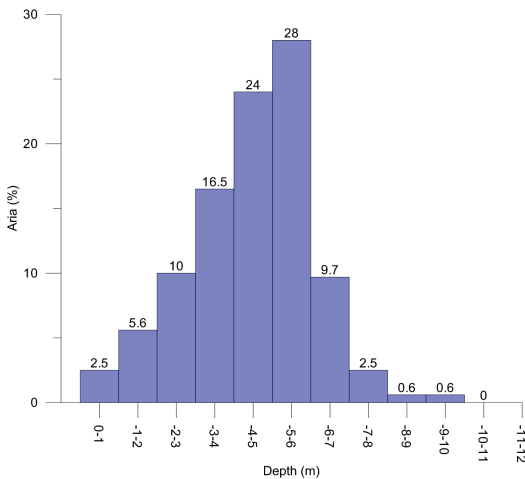


図4 全水域に占める水深帯毎の割合

表1 東京湾の干潟の面積⁷⁾（平成16年3月時点）

名称	面積 ($\times 10^6 \text{ m}^2$)	干潟タイプ
盤洲干潟(小櫃川河口)	125.0	河口・前浜干潟
富津干潟	17.4	前浜干潟
三番瀬*	13.0	前浜干潟
多摩川河口干潟	9.5	河口干潟
三枚洲*	6.4	浅場
谷津干潟	4.0	潟湖干潟
稲毛海浜公園	2.4	前浜干潟
海の公園	2.0	前浜干潟
野島海岸	1.0	前浜干潟
東京港野島公園	0.5	潟湖干潟
大井ふ頭中央公園海浜公園	0.1	前浜干潟

*三番瀬は、船橋海浜公園の面積を含む。三枚洲は、葛西臨海公園の面積を含む。

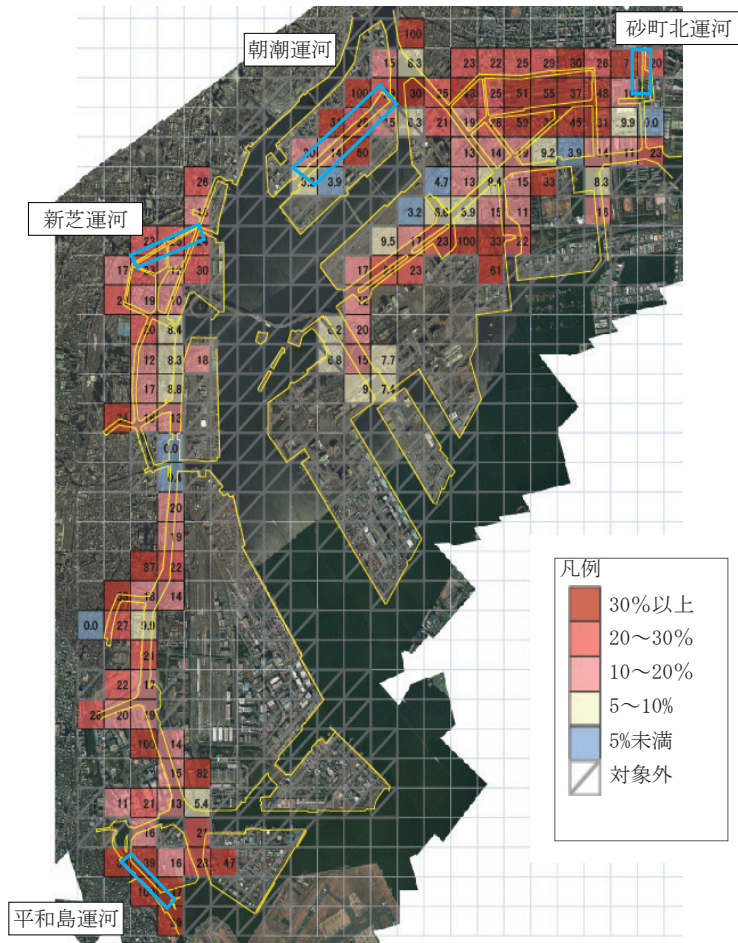


図5 浅場の分布.

4. 考察

東京港内の運河域では -3 m 以浅の浅場が水域面積に対して約 18.0% を占めていた (図 4)。その面積は約 $7.1 \times 10^5 \text{ m}^2$ であり、多摩川河口干潟の約 7 割、三番瀬干潟の約 5 割に相当し、東京港野鳥公園の 14 個分だった。浅場と干潟で機能は同じではないので単純な比較はできないが、東京港内の自然再生に対して十分寄与できる面積であると考えられる。東京湾全体に対しては、小さいかもしれないが、現存する東京湾の干潟面積 $16.4 \times 10^6 \text{ m}^2$ ⁸⁾ の 4% に相当することを考えると、貴重な浅場であると考えられる。

調査域を 400 m のメッシュで区切った場合、約 8 割のメッシュで浅場割合が 10% を超えており、そのメッシュは対象水域のほぼ全域に渡っていた (図 5)。このことは、浅場が東京港内の一部に偏在しているのではなく、広域的に存在していること示す。広域的な浅場の存在は、生態系ネットワークを効率的に構築できる可能性を示しており、生物の生息場や生活史を考慮した効果的な自然再生につながると考えられる。

一方で、この広域的な存在は、一つ一つの浅場の規模の小ささを意味する。この規模の小さい浅場が、生物生息場として十分機能するか？、生態系ネットワークの起点として十分機能する



写真2 干出した砂質の浅場（京浜運河）



写真3 干出した泥質の浅場（平和島運河）



写真4 干出した浅場（朝潮運河）工事前

か？等については今後検討が必要であると考えます。

質の面に目を向けると、浅場の底質は礫混じりの砂、砂、シルト混じりの砂等、存在箇所ごとに異なっており（写真2、写真3）、場所によっては、ヘドロ状の底質もあった。本調査では、底質の調査は行っていないため目視による評価であるが、現状において、この 7.1×10^5

m²の全てが健全な生物生息場として機能している訳ではないと推測している。したがって、この浅場のポテンシャルが十分に発揮するためには、浅場にもかかわらずヘドロ化している底質は、生物生息場として機能するように、底質改良など適切な対策を検討することが必要であると考えます。また、ヘドロではない箇所に対しても、より一層の生物生息機能を促進させるために微地形等を施す工夫も有効であると考えます。

管理の視点では、造成干潟・浅場の最も重要な検討事項の一つは、外力に対する浅場地形の持続可能性である⁸⁾。これらの浅場は自然に形成されたものであるため、持続可能性はむしろ高いと考えられる。この点は、通常の造成干潟・浅場と比較して、管理の面で非常に高い利点である。

5. 浅場を活用した護岸整備事例

朝潮運河は、明治から昭和初期にかけて隅田川の河口に埋め立てられた新佃島、月島、勝ちどき、および晴海ふ頭間に位置している。現在、その周辺は護岸の端部まで住宅が立ち並び都市化が進んでいる。大正期以前に造られた既存の石積護岸は老朽化が進んでおり、地震や高潮に対する対策と合わせた改良が必要とされていた。一方で、石積護岸の前には土砂が堆積している場所があり（写真4）、これらの浅場がハゼの生活場となっていることから、夏から秋にかけて護岸や船上からハゼ釣りを楽しめる場所として多くの人でにぎわっている。また、朝潮地区では、運河等の水域利用とその周辺におけるまちづくりが一体となって、地域のにぎわいや魅力等を創出することを目的とした「運河ルネサンス」の取り組みが行われている。ハゼ釣りや稚魚の放流などのイベントが開催されており、浅場が生物の貴重な生息場所となってい

ることが周辺住民にも認識されている。

今回、老朽化した護岸の改修を行うにあたり、運河の浅場を維持した整備を行うことが町会やNPOなどで組織される運河ルネサンス朝潮地区の協議会より提案され、浅場の保全が行われた。通常工法では、護岸前面の土砂は作業のために除去が必要であり浅場はなくなってしまうが、既に施工済みの隣接護岸前に除去した土砂を移動させることで浅場を保全する工夫が行われた。護岸整備における浅場保全の施工ステップを図6に示す。なお、ステップ4は、今後も浅場保全が物理的に可能であることを示しており、朝潮地区の協議会からも引き続き同様の施工により、浅場が保全される計画となることが期待されている。このように既存の浅場の土砂を活用した利点は、生物に対する生息環境が変わらないこと、周辺環境に対する影響が小さいこと、浅場の持続可能性が期待できることである。既存の浅場の土砂を活用した類似例としては、大森ふるさとの浜辺公園が挙げられる⁹⁾。

これまで護岸の老朽化対策等の工事が行われると護岸前面の浅場は除去されてしまうことが多かった。この理由の一つとして、港湾域の浅場が生物生息場として貴重であることが広く知られていないことが考えられる。朝潮運河では、浅場が生物生息場として重要であるとの地元の認識が既存浅場の保全につながった。環境学習やイベントなどを通じて、港湾域にも生き物が生息していること、浅場が貴重な生息場になっていることが他の地域においても認識されている¹⁰⁾。都市部の水辺に近づくことができる場所、または目に触れる機会の多い場所において、このように浅場が生物生息場所として理解されていることは、自然とふれあえる場所としての期待がより高いためではないだろうか考える。

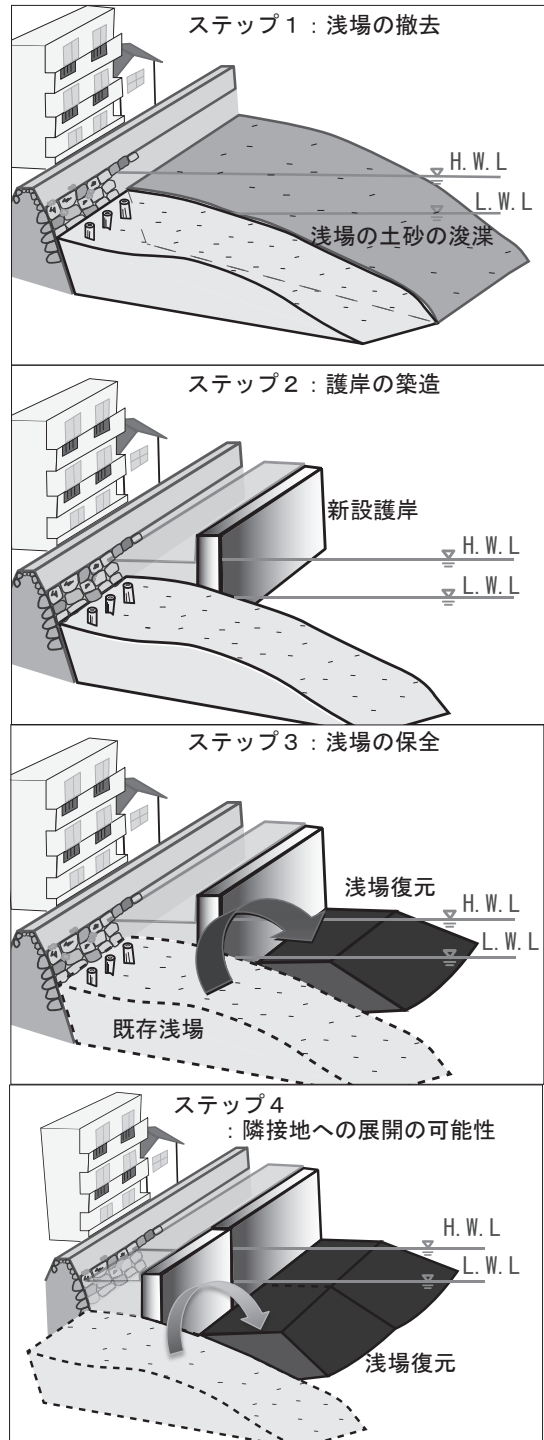


図6 護岸整備における浅場保全の施工ステップ。

6. おわりに

本研究では、東京港の運河域の詳細な地形情報を取得し、浅場の存在量および空間分布の把握を行った。約 $7.1 \times 10^5 \text{ m}^2$ (三番瀬干潟の5割と同じ面積) の浅場が東京港の運河域に広範囲にわたって存在していた。この浅場は、東京港内の自然再生に対して十分寄与できる面積であると考えられる。また、この浅場は東京港内の一部に偏在しているのではなく、広域的に存在しており、生態系ネットワークを効率的に構築できる可能性を示していた。ただし、浅場にもかかわらずヘドロ化している底質もみられ、この浅場のポテンシャルを十分に発揮するためには、底質改良など適切な対策を検討することが必要であると考えられる。

今後、運河域の自然再生を図っていく上で、また、運河域を東京湾全体の自然再生の一つの核とするためには、運河域の自然再生技術を様々な観点から総合的に考える必要がある。運河域は生態系サービスの高いポテンシャルを持つが、サービスの提供のためには、どのようなニーズがあり、どのような場所を提供するのか? を考慮する必要がある。また、沿岸域の生態系サービスの持続可能な使用のために、適切な生物生息場を効率的、経済的につくる環境技術を向上させる必要がある。さらに、今後ますます増加が見込まれる老朽化護岸の改修において、浅場の活用に加えて、生物共生型護岸^{11,12)}との組み合わせも考えられる。どのような生物共生型護岸をどの場所につくるのか? という適切な空間配置を行うことが今後必要となる環境技術であると考えられる。生物の生活史を考慮した生物生息域の創造が生物の生息環境の改善に不可欠であり、個別の環境技術だけではなく様々な環境技術の組み合わせによって、広域的な生物生息域をデザインすることが今後の課題と考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京都港湾局、(株)アーク・ジオ・サポート、朝日航洋(株)、(株)フォーラムエイト、運河を美しくする会には有益な助言を頂いた。また、本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(課題番号:2356615, 研究代表者:岡田知也)の支援によって実施された。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東京都, 東京の水辺空間の魅力向上に関する全体構想, 106p, (<http://www.metro.tokyo.jp/URBAN/keizai.htm>), 2006
- 2) 国連ミレニアムエコシステム評価, 生態系サービスと人類の将来, 訳 横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会, 241p, オーム社, 2007.
- 3) 岡田知也, 古川恵太, 運河部の貧酸素水塊に及ぼす内湾部の貧酸素水塊の影響, 海洋開発論文集, 26, pp663-668, 2010.
- 4) 岡田知也, 生物生息場の視点から見た運河域の底泥環境およびその底泥の輸送に関する新たな解析技術, (社)底質浄化協会, HEDORO, 110, pp45-51, 2011.
- 5) 佐藤千鶴, 古川恵太, 岡田知也, 京浜運河における底生生物から見た自然再生の可能性, 海洋開発論文集, 22, pp211-216, 2006.
- 6) 岡田知也, 古川恵太, 水際の環境情報の可視化に向けた水際線環境閲覧システムの開発, 日本沿岸学会研究討論会, 2011.
- 7) 国土交通省港湾局, 環境省自然環境局, 干潟ネットワークの再生に向けて, 国立印刷局, 117p, 2004.
- 8) 国土交通省港湾局, 海の自然再生ハンドブック第2巻干潟編, ぎょうせい, 138p, 2003.
- 9) 中瀬浩太, 金山進, 木村賢史, 山本英司, 都

市内湾域に再生された浅場・干潟の環境モニタリング, 海洋開発論文集, [24], pp765-770 (2008) .

- 10) 吉田潤, 古川恵太, 岡田知也, 上村了美, 梅山崇, 早川修, 芝浦アイランド生き物の棲み処づくりプロジェクトの記録, 国総研資料, 第706号, 98p, 2012.
- 11) 上村了美, 吉田潤, 岡田知也, 古川恵太, 秋田港大浜地区生物共生型護岸における初年度モニタリング調査, 国総研資料, 第648号, 22p, 2011.
- 12) 国土交通省港湾局, 海の再生プロジェクト, 海域における環境改善事例集, 29p, 2010.

井芹絵里奈 (正会員)

国土技術政策総合研究所 (横須賀市長瀬 3-1-1), 1978 年生まれ, 2003 年 3 月熊本大学大学院修了, 2002 年 4 月国土交通省九州地方整備局, 現在 国土技術政策総合研究所研究官, e-mail : iseri-e89qt@ysk.nilim.go.jp

古川恵太 (正会員)

海洋政策研究財団 (東京都港区虎ノ門 3-4-10), 1963 年生まれ, 1988 年 3 月早稲田大学大学院, 同年 4 月運輸省港湾技術研究所, 1994 年 6 月豪州海洋科学研究所にて在外研究, 2001 年 4 月国土技術政策総合研究所海洋環境研究室長, 現在 海洋政策研究財団海洋グループ主任研究員, 博 (工), 土木学会・日本海洋政策学会, 日本マングローブ学会, e-mail : k-furukawa@sof.or.jp

渥美雅也 (非会員)

一般財団法人東京水産振興会 (東京都中央区豊海町 5-1), 1953 年生まれ, 1978 年 3 月東京水産大学修士課程修了, 大洋漁業株式会社 (後マルハ株式会社) 入社, 現在 一般財団法人東京水産振興会専務理事, e-mail : atsumi-kyfish@blue.ocn.ne.jp

著者紹介

岡田知也 (正会員)

国土技術政策総合研究所 (横須賀市長瀬 3-1-1), 1969 年生まれ, 1998 年 3 月九州大学大学院工学研究科水工土木学専攻博士後期課程修了, 1998 年 10 月運輸省港湾技術研究所, 2001 年 4 月国土技術政策総合研究所, 現在同研究所海洋環境研究室長, 博 (工), 土木学会, 沿岸域学会, 海洋学会, e-mail : okada-t92y2@ysk.nilim.go.jp

Effective utilization of shallow water habitats in Port and Harbor Regions

Tomonari OKADA, Erina ISERI, Keita FURUKAWA, Masaya ATSUMI

ABSTRACT: We measured the area and distribution of shallows in the port and harbor regions to investigate the effect to which these shallows serve as habitats for organisms. The measurements were carried out at the canals in Tokyo Port in 2011. We used a wide swath bathymetry system to measure the topography below sea level and a laser measurement system to measure the topography above sea level. Shallows (< 3 m depth) covered an area of $7.1 \times 10^5 \text{ m}^2$, 18.0% of the canals. This area was equal to about 50% of the area of the Sanbanze tidal flat. The percentage of water area with a shallow above 10% was about 80% of the total water area. The high percentage indicated that the shallows were widely distributed in the canals. The results suggest that we can create a wide-ranging ecosystem network and sustainable habitat in consideration of the life cycle of organisms in the canals.

KEYWORDS: shallow water, habitat of organisms, bathymetry survey, canal area.