

東京湾沿岸域における 付着生物および底生生物の空間分布特性

CHARACTERISTICS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF BENTHOS AND SESSILE ORGANISMS AT TOKYO BAY SHORE

五十嵐学¹・古川恵太²
Manabu IGARASHI and Keita FURUKAWA

¹正会員 工修 東亜建設工業株式会社 技術研究開発センター 環境技術グループ
(〒160-0004 横浜市鶴見区安善町1-3)

²正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部海洋環境研究室
(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

For strategic planning of habitat restoration at Tokyo Bay, a basic data set of habitat had been corrected by field work at March and September, 2006. The targeted species are sessile organisms and macro benthos at seawalls and tidal flats. We found 1) even in the inner part of the bay where over eutrophicated area, tidal flats had kept rich benthos diversity, 2) sessile organisms diversity had been attributed by the spatial structure of water quality such as transparency or salinity. A hypothesis of predominant factors for the spatial distribution of benthos and sessile organisms at Tokyo Bay shore is formulated.

Key Words : Tokyo Bay, habitat restoration, tidal flats, seawalls, the spatial distribution of benthos and sessile organisms

1. はじめに

生物生態系の再生・復元を目的として環境共生型護岸整備や干潟造成といった自然再生事業を計画する場合、対象海域において生物の生息環境や生態系ネットワークの状況などを参考に適地を選定することが望ましい。そのためには、事業対象候補地の生物分布および底質・水質といった生物生息環境を出来るだけ同時期かつ同一手法によって把握する必要がある。しかし、これまで東京湾では古瀬・風呂田¹⁾や堀越・岡本²⁾が付着生物を対象として、小林ら³⁾が底生生物を対象として広域な調査を行った例はあるが、東京湾全域の護岸と干潟に生息する生物を対象として調査が網羅的に行われた例は少ない。

以上の背景から、本研究では東京湾再生のための自然再生事業の適地選定およびこれからの調査・研究に利用できる基礎的資料の作成を目的として、東京湾の護岸・干潟それぞれにおいて同一時期、同一手法で調査を行い、東京湾に面する沿岸域の空間的な生物分布特性の解明を試みた。その具体的な方法としては、調査結果により生物分布を明らかにし、底質および水質データによりその分布要因について考察した。底質データは現地調査の結果を、水質データは東京湾の公共用水域水質測定結果を用いた。

2. 現地調査および水質データ概要

現地調査は、2006年3月と9月に図-1に示した護岸(14箇所)および干潟(10箇所)にて行い、公共用水域の水質測定地点はそれらの近傍の地点(21地点)を選んだ。なお、調査地点等の現地調査の詳細については、3月の調査結果のみではあるが東京湾環境マップ⁴⁾に取りまとめている。

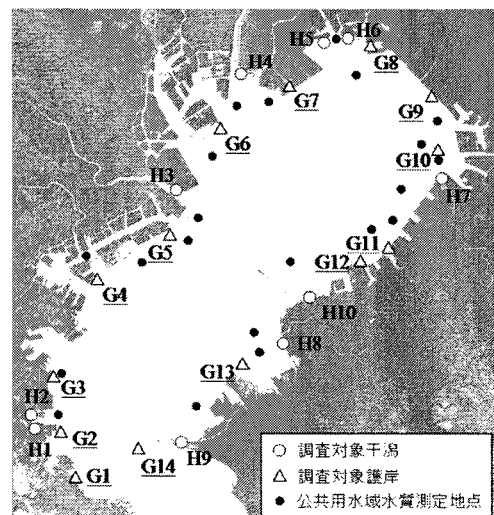


図-1 護岸・干潟調査箇所および水質測定地点位置図

(1) 護岸調査

今回調査対象とした護岸は、外力条件を揃えるために全て直立護岸とし、港外もしくは港外に近い場所に位置する場所から選定した。3月にはG1～G14の計14箇所を選定し、9月には3月の調査対象護岸からG2とG12を除いた計12箇所を選定して、それぞれの護岸側面にA.P.+2.0mの点とA.P.-6.0mを結んだ調査測線を1本設定してその測線上50cm×50cm枠を用いたベルトトランセクト法による付着生物調査を行った。観察水深はA.P.+2.0m, A.P.+1.0m, A.P.+0.5m, A.P.0.0m, A.P.-0.5m, A.P.-1.0m, A.P.-2.0m, A.P.-4.0m, A.P.-6.0mの計9測点であり、それぞれの測点において出現した動物および植物の種類数と被度または個体数を記録した。

(2) 干潟調査

干潟調査は、3月にはH1～H9の計9箇所、9月にはH1～H10の計10箇所にて行い、各干潟につきA.P.+2.0mの点とA.P.-2.0mの点を結んだ調査測線を1本設定して、その測線上で地盤高調査と採泥による底生生物調査および底質調査を行った。採泥にはスミス・マッキンタイヤ採泥器（採泥面積0.05m²）を用い、A.P.+0.5m, A.P.0.0m, A.P.-1.0mの計3地点にて採泥を行った。

底生生物は、採泥試料を1mm目のふるいにかけ、その残渣を底生生物試料として採取し、種類数と個体数を記録した。なお、3月と9月の底生生物調査では採泥回数が異なるため（3月：2回、9月：3回）、本研究で用いた個体数のデータは、それぞれの調査結果について1m²当たりの値に換算している。底質は含水比、強熱減量、含泥率および中央粒径を測定項目とした。

(3) 水質データ

公共用水域水質測定結果は、東京湾全域の定点にて定期的に測定が行われており、広域的な水質の変動特性を捉えるには有用なデータといえ、安藤ほか⁵⁾によって東京湾の水質分布の推定が試みられている。本研究では、2002年度から2005年度までの3月と9月に測定されたデータを簡易な方法により干潟や護岸の調査地点へ内挿して、季節を代表する値を決定した。

本研究の考察に用いた水質測定項目は、水温、塩分、DO、透明度、COD、クロロフィルa、T-N、T-Pである。塩分とDOに関しては、生物に及ぼす影響が大きいと考えられるため、3月と9月を代表する値は4年間のデータにおけるそれぞれの最小値とし、その他の項目に関しては平均値とした。これらの値を干潟や護岸の調査地点の季節を代表する値として内挿するために、(1)式を用いて調査地点から最も近い水質測定地点2点による距離依存の加重平均を行った。

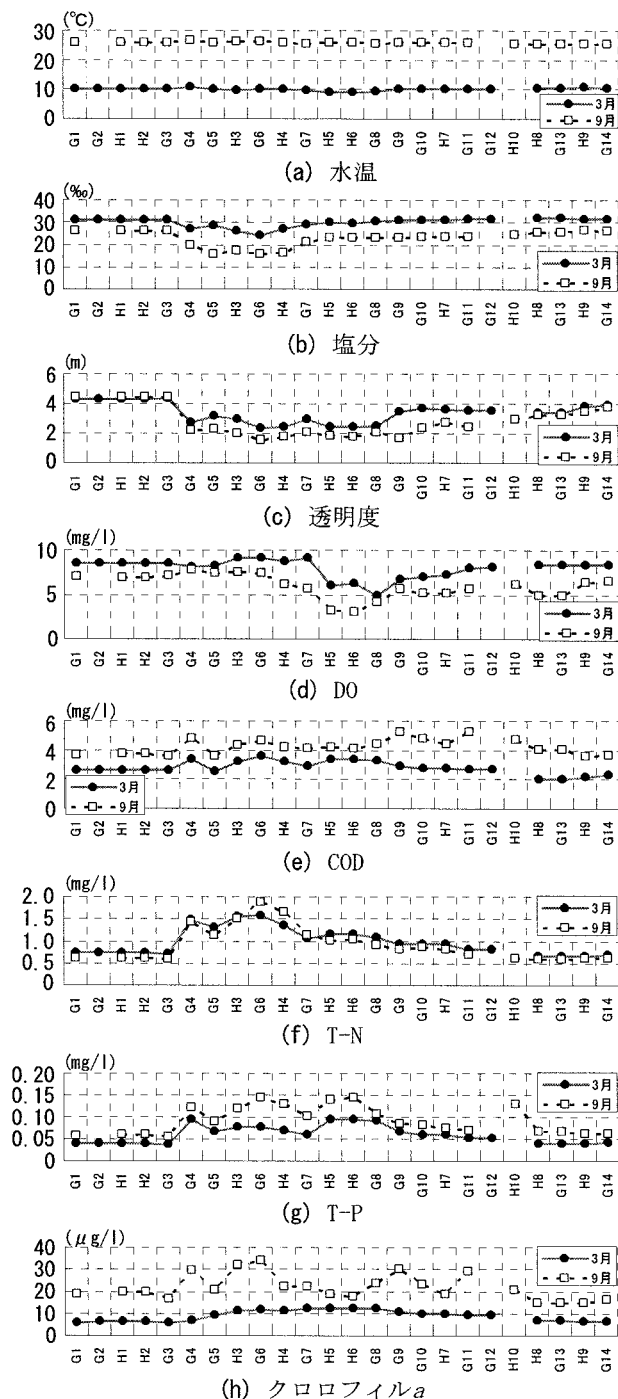


図-2 護岸・干潟調査箇所における水質データ

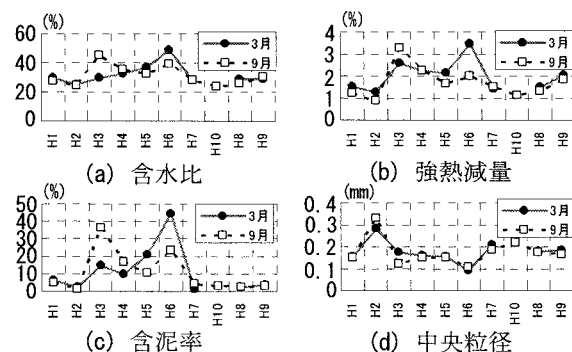


図-3 干潟調査箇所における平均底質データ

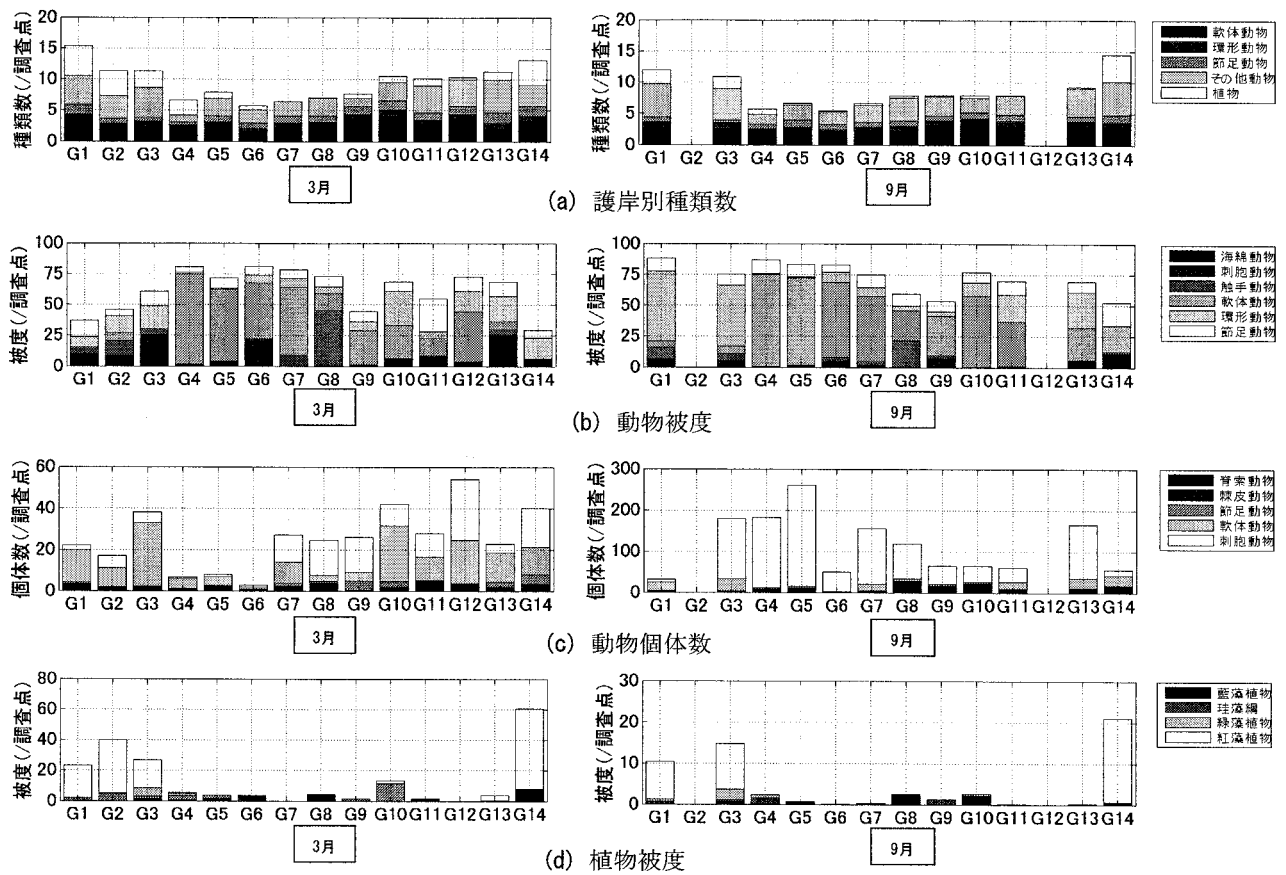


図-4 護岸における生物種類数および被度・個体数

$$X_i = \frac{1/d_A \cdot x_A + 1/d_B \cdot x_B}{1/d_A + 1/d_B} \quad (1)$$

ここに、 X_i ：調査地点*i*における内挿後の水質データ、 d_A 、 d_B ：調査地点とそれに最も近い水質測定地点*A*、*B*との距離、 x_A 、 x_B ：水質測定地点*A*、*B*における水質データである。

3. 調査結果と考察

(1) 水質および底質項目の分布特性と季節変動特性

護岸と干潟双方の水質データの分布特性を同時に明らかにするために、横軸を図-1のG1からG14までの沿岸域に沿ってとった、水質項目の分布図を図-2に示す。

9月は3月と比較して透明度やCODといった水質項目が悪化しており、その傾向は1級河川の河口近傍のG4～H4で特に顕著に見られた。しかし、DOはその傾向によらず、H5やH6といった最も湾奥の調査地点において値の低下が顕著だった。これは、水質悪化の要因が河川からの流入負荷を起源としたものと湾内の堆積物を起源としたものという2通り考えられることによるものと推察される。

図-3に、干潟の各採泥点において底質項目を平均した底質分布図を示す。この図からは図-2の水質項目のように連続的な分布特性は見られず、底質は各干潟で独立した特徴を持つと考えられる。

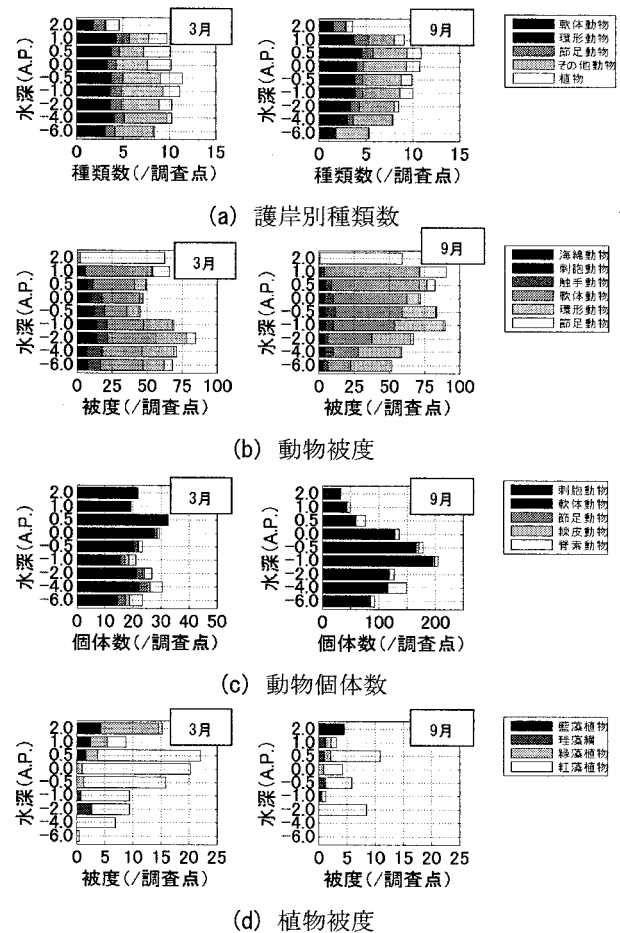


図-5 護岸における水深別生物種類数および被度・個体数

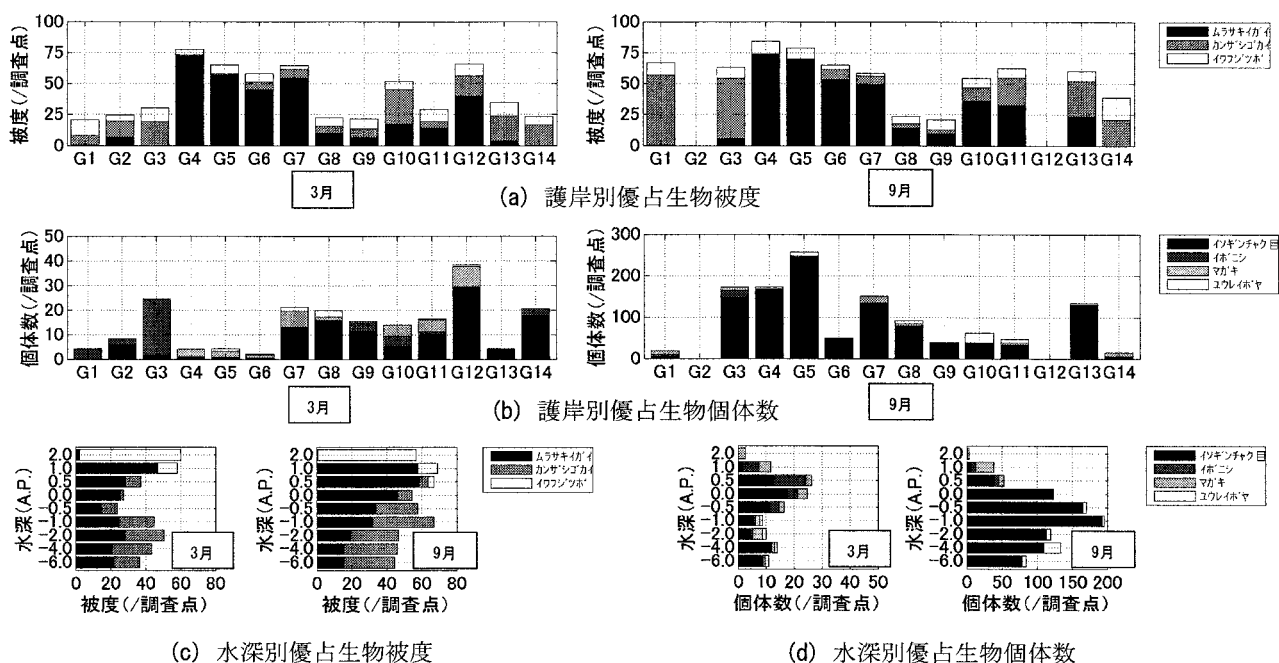


図-6 護岸における優占生物の被度・個体数

(2) 護岸における付着生物の空間分布特性

a) 付着生物の水平分布

図-4 に付着生物の水平分布図を示す。図-4(a)の種類の分布は、3月、9月いずれも比較的水質が悪い G4~G6 付近に極小値を持ち、付着動物については種類数の変動は見られなかった。付着植物については、9月は3月と比べて全体的に種類数が減少していた。これは、付着動物は水質の分布特性に大きく依存しており、水質の変動による影響は小さいためと推察される。付着植物については、水質の分布特性に影響を受けつつ、加えて水質の変動による影響も受けているためと考えられる。また、付着植物の分布は図-2(c)の透明度の分布に良く一致していることから、付着植物の分布は透明度に大きな影響を受けていると推察される。

図-4(b)、(c)の動物被度と個体数の分布について、9月は3月に比べて動物の生物量は軟体動物、環形動物、および刺胞動物の増加が顕著だった。

図-4(d)の植物被度については、3月、9月共に湾口に近い護岸において被度が大きい傾向が見られ、全体的に9月は3月よりも被度が小さくなっていた。これは種類数の分布特性と同様に、水質の分布特性と変動特性の双方からの影響を受けていると考えられる。

b) 付着生物の鉛直分布

図-5 に付着生物の鉛直分布図を示す。図-5(a)の種類の鉛直分布について、A.P.+2.0mを除き3月は付着生物の全種類数が鉛直方向に様に分布しているのに対し、9月は水深が増すにつれて全種類数が減少する傾向が見られた。これは、9月は底層環境が悪化しており、それが底層の付着生物の生息を

制限していると推察される。

図-5(b)、(c)、(d)の付着生物量の鉛直分布について、3月における動物の被度分布では、A.P.-0.5m~A.P.+0.5mにかけて被度が小さくなっている。これは、植物の被度がピークとなる水深と一致しており、種間競争の結果であると考えられる。一方、9月の動物の被度分布は、表層では軟体動物が優占し、水深が増すにつれて環形動物が優占しており、結果として全動物の被度は底層で極小となった。これも種類数の結果と同様に底層の水質環境の悪化によるものと推察される。

c) 護岸における優占生物分布

図-6 に護岸における優占生物分布を示す。図-6(a)の護岸別優占生物被度分布では、3月、9月いずれも G4~G7 にかけてムラサキガイの優占が顕著であり、9月には G1, G3 でカンザシゴカイが大幅に増加し、G10, G11 および G13 でムラサキガイが増加した。いずれの生物も懸濁物食であり、9月に水質環境が特に悪化する調査地点においてムラサキガイが優占し、湾口部の比較的水質環境が良い調査地点ではカンザシゴカイが優占していた。このことから、水質環境の変化による浮遊懸濁物の増減に応じてこれらの優占生物の分布が変動し、水質環境により両者が棲み分けていると考えられる。

図-6(b)の優占生物の個体数について、9月には G3~G8 にかけてイソギンチャク目が大幅に増加していた。イソギンチャク目も懸濁物食であることから、9月の浮遊懸濁物の増加に伴って個体数が増加したものと考えられる。

図-6(c)の水深別優占生物被度分布について、特に9月において優占するムラサキガイ、カンザシ

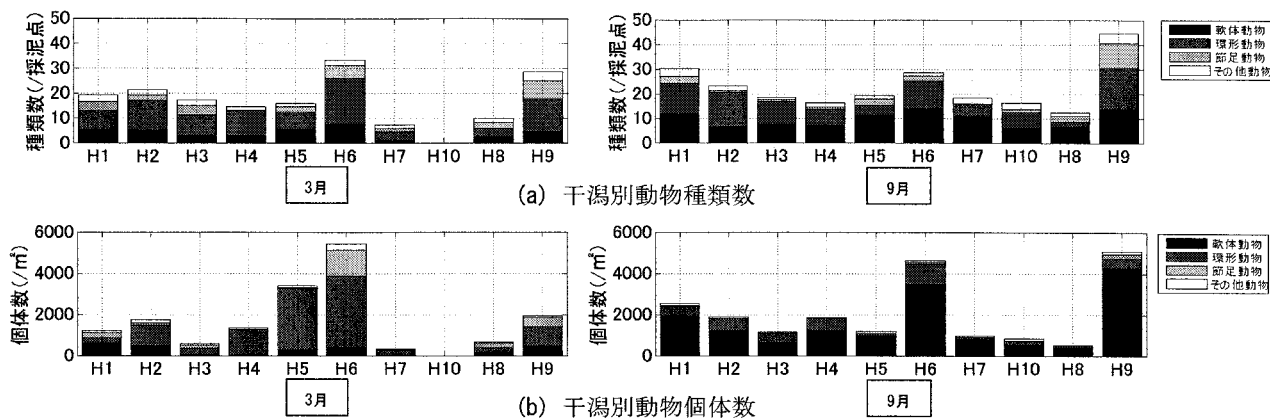


図-7 干潟における動物種類数・個体数

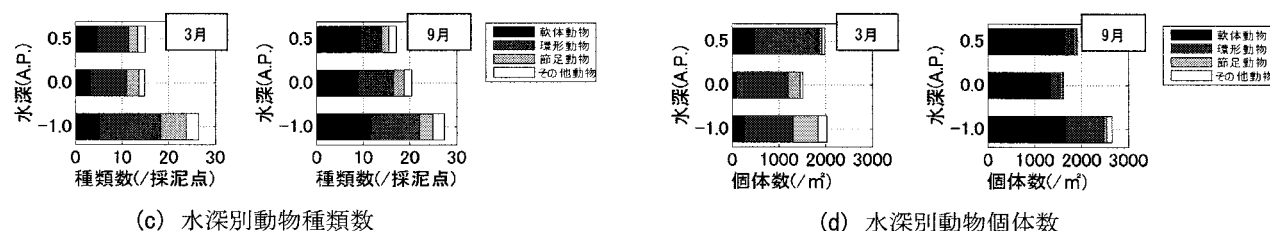


図-8 干潟における水深別動物種類数・個体数

ゴカイおよびイワフジツボの明確な棲み分けが認められた。

図-6(d)の水深別優占生物個体数分布については、9月においてA.P. -1.0m付近にピークをもつ山なりの分布が見られた。これは、表層では干出、底層では水質悪化の影響を受けていると考えられる。

(3) 干潟における底生生物の空間分布特性

a) 底生生物の水平分布

図-7に干潟における底生生物の種類数・個体数の水平分布図を示す。干潟では水質や外力に依存する分布は見られなかった。全体的な傾向として、3月は環形動物が優占し、9月には軟体動物が優占していた。

H5では3月に環形動物の1種が独占的に生息しており、種類数と個体数のバランスが悪く、生物多様性が低い場となっていた。一方、その近傍にあるH6では種類数と個体数のバランスが良く、他の干潟と比較して最も多様な生物の生息が観察され、9月においてもH6は3月と同程度の生物多様性を維持していた。この結果は、図-3に示した平均底質分布図より、3月、9月共にH6が比較的泥分の多い有機物に富んだ干潟であるため、底生生物の摂餌に適した環境によるものと推察される。底質環境について、9月にはH3でもH6と同様の傾向が見られるにも関わらず、H6ほどの生物多様性は見られなかった。これは、H3のA.P. -1.0mの採泥点における値が突出していた結果であることを付記しておく。また、H3は河口干潟であるために塩分濃度の変動が大きく、それが生物の生息を制限していると考えられる。

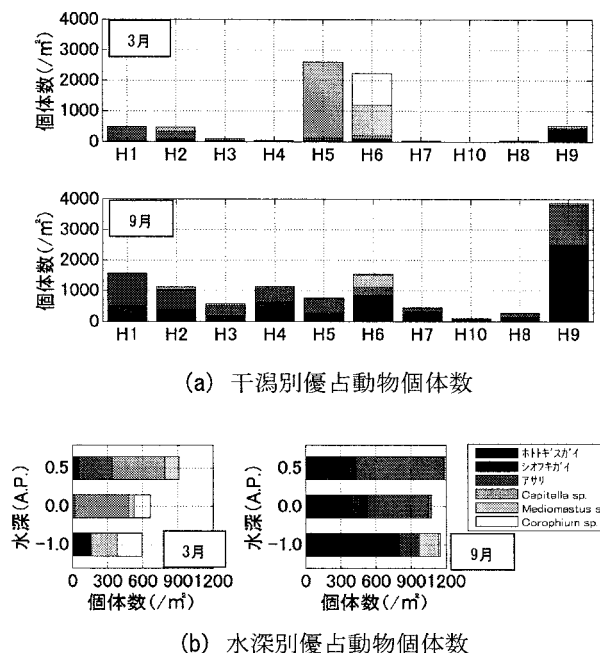


図-9 干潟における優占動物の個体数

b) 底生生物の鉛直分布

図-8に底生生物の鉛直分布を示す。潮間帯であるA.P. 0.0mとA.P. +0.5mでは種類数、個体数いずれもほぼ同数となり、潮下帯であるA.P. -1.0mでは、潮間帯に比べて種類数、個体数いずれも増加する傾向が見られた。また、水深が増すにつれて環形動物や節足動物の種類数や個体数が増加する傾向も見られ、潮間帯の生物分布は干出による制限を受けていると考えられる。

c) 干潟における優占生物分布

図-9 に干潟における優占生物分布を示す。図-9(a)の干潟別優占生物分布では、3月にH5において *Capitella* sp. が独占的に生息していた。この種は富栄養化や貧酸素により他のベントスがなくなった堆積物底にて爆発的に増加することが知られている⁶⁾⁷⁾。また、湾口に近い干潟ではアサリやホトトギスガイといった二枚貝が優占していた。9月には全体的にアサリやホトトギスガイの優占が目立った。

図-9(b)の水深別優占生物分布では、3月にはアサリの生息水深がA.P. +0.5mにほぼ限られていたものの、9月には全水深に生息範囲を広げ、A.P. +0.5mにて最も個体数が多くなり、水深が増すにつれて個体数は減少した。3月は水温が低く、餌も少ないためにアサリの活性が低いことによるものと考えられ、9月はホトトギスガイの個体数が増加するにつれてアサリの個体数が減少していたことから、アサリの生息分布がホトトギスガイとの種間関係の影響を受けていると推察された。既往の知見では、地盤の高い場所は河口域や干潟の岸側に位置していることが多く、塩分が低下したり、流れが弱く沖側に多く分布する濾過食者に餌を取られるために餌の量が少なくなる⁸⁾という、地盤が高いことによるアサリの生息環境に対する影響が指摘されているが、本研究の対象領域のように、比較的浅い場所に限定して、アサリの生息分布について解析すると、東京湾では地盤が高いことによって生息環境に生じる影響よりも種間関係による影響が強いという可能性が示唆された。

4. おわりに

本研究では、東京湾沿岸域の護岸と干潟において現地調査を行い、水質データと底質データから付着生物と底生生物の空間分布特性の把握を試みた。以下に主要な結論を示す。

- 1) 護岸における付着動物の水平分布は、水質の分布特性に大きく依存し、水質の変動による影響は小さい。一方、付着植物の分布はいずれの影響も受けていることが示唆された。
- 2) 付着植物の水平分布と透明度の水平分布は良く一致しており、付着植物は透明度の分布に大きな影響を受けていると推察される。
- 3) 護岸における付着動物の鉛直分布は、表層では干出による制限を受け、底層では特に9月において水質悪化の影響が大きいことが推察される。
- 4) 湾奥部においてもH6のように地域によっては豊かな生態系を維持できる高いポテンシャルを有していることが明らかとなり、その要因としてH6が比較的泥分の多い有機物に富んだ干潟であるため、

底生生物の摂餌に適した環境であることが考えられる。

- 5) 干潟にて優占する底生生物の鉛直分布について、9月には東京湾の干潟ではアサリ、シオフキガイおよびホトトギスガイが優占し、アサリはA.P. +0.5mにて最も個体数が多くなっていたことから、東京湾の比較的浅い領域におけるアサリの生息分布は、地盤が高いことによって生じる生息環境の変化による影響よりも、種間関係（競合）に強く影響を受けている可能性が示唆された。

本研究のように護岸・干潟における生物の生息を支配している要因を整理することにより、環境特性に合った自然再生の計画、立案およびモニタリング方針検討への活用が期待される。

なお、本研究は著者の一人（五十嵐）が国土技術政策総合研究所に交流研究員として在籍中に行った現地調査の結果を用いたものであることを付記する。

謝辞：現地調査を実施するにあたって、干潟調査では東京湾沿岸域における漁業協同組合の関係者の皆様にご協力頂いた。また、護岸調査では護岸の所有者の皆様にご調査場所への立ち入り、調査の実施の了解を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古瀬浩史，風呂田利夫：東京湾奥部における潮間帯付着動物の分布生態，付着生物研究，5巻，第2号，pp.1-6，1985。
- 2) 堀越彩香，岡本 研：東京湾海岸部における潮間帯付着生物群集の現状，Sessile Organisms，24巻，第1号，pp.9-18，2007。
- 3) 小林達明，野田泰一，鈴木美津子，稻田陽介，清水良憲，桑原茜，高橋輝昌：東京湾の自然渚・人工渚における底生動物群集のハビタット分析，日本緑化工学会誌，第29巻，pp.62-67，2003。
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 海洋環境研究室：東京湾環境マップ，ver.1，<http://www.meic.go.jp/kowan/kenkyu/tokyo061110/tokyobaymap.ppt>，2006。
- 5) 安藤晴夫，柏木宣久，二宮勝幸，小倉久子，山崎正夫：東京湾における水質平面濃度分布の変遷と特徴，東京都環境科学研究所年報，2002。
- 6) Grassle, J. F. and J. P. Grassle. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. *Journal of Marine Research*, vol. 32, 253-284, 1974.
- 7) Tsutsumi, H. Population persistence of *Capitella* sp. (Polychaeta; Capitellidae) on a mud flat subject to environmental disturbance by organic enrichment. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 63, 147-156, 1990.
- 8) 秋山章男：底生動物の挙動と食物連鎖。潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究，昭和59年度研究成果報告書。東海区水産研究所・南海海区水産研究所，pp. 99-104。