

都市内湾域に再生された浅場・干潟の 環境モニタリング

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE SHOAL AND TIDAL FLAT REPRODUCED BY CITY CLOSED WATER AREA

中瀬浩太¹・金山 進²・木村賢史³・山本英司⁴
Kota NAKASE, Susumu KANAYAMA, Kenshi KIMURA
Hideshi YAMAMOTO

¹正会員 五洋建設株式会社 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

²正会員 博(工) 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

³正会員 博(工) 東海大学 海洋学部 海洋生物学科 (〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1)

⁴大田区 南地域行政センターまちなみ整備課 (〒144-8621 東京都大田区蒲田5-13-14)

A tidal flat, sand beach and shoal which were built in the inner part of the Keihin canal. In this area, environmental monitoring is continued from 2002. Benthos and sediments were investigated several times for a year. Flow velocity observation including continuously measurements were carried out in summer in 2006.

Although the sight where was constructed is low-salinity, low-oxygen, and high nutrition, a benthic community is formed here. This community is mainly consists of Polychaetas and Bivalves. Biomass of this community is unstable and is changed seasonally. And dominant species change every year.

In this sight, benthic communities are often reset by the attack of low salinity and low DO water-mass. From the continuation observation result of current, salinity, and DO, it was presumed that bottom water of a surrounding canal advances into a shoal.

Key Words: *Benthos, tidal flat, Shoals, Monitoring.*

1. はじめに

背後地に都市を擁する沿岸域では、かつての沿岸開発行為によって市民が気軽に自然にふれあうことのできる海浜が極めて少なくなっている。そこで、埋立地や護岸に自然を再生して、積極的に自然再生をしようという動きが見られるようになってきた。

これらの立地する海域は、かつてよりも改善されたとはいえ、水質は依然として過栄養状態であり、夏期には貧酸素状態が発生しやすい。また、降水後に都市河川や下水処理場より一挙に放出される淡水の影響を受けることもある。

このような過酷な環境においても、身近な場所に海辺を求める市民のニーズに応えるべく、海浜や干潟が再生されている。2007年4月1日にオープンした東京都大田区の「大森ふるさとの浜辺公園」も、そのような自然再生事例の一つで、産業構造が変化したために遊休化した内湾部の運河周辺の海域を5.0ha埋立て、1.2haの海浜(汀線延長400m)と1.0haの

干潟、4.6haの浅場を造成したものである。

この公園は計画発表から着工まで20年におよぶ論議が行われ、施工前から周辺区民、漁業・遊魚関係者、NPO、学識経験者と事業者と協働して施工方法などを検討し、公園完成後も区民団体が公園のありようを協議し、管理も行ってゆくなど、住民参加型の公園として取り上げられてきた¹⁾。また、この公園は、竣工前から様々な主体が環境のモニタリングを行っており、情報蓄積も大きい。すなわち、「大森ふるさとの浜辺公園」は、順応的管理に不可欠なモニタリングが行われ、また環境管理組織も存在していることに特徴がある。

本研究では1992年より行われたベントス・底質調査結果および、2007年に実施した水質連続観測結果を中心に、ベントス・底質状況の経時変化、および水質等連続観測結果による干潟内外への水塊交換について検討を行い、「大森ふるさとの浜辺公園」の干潟・海浜・浅場の環境特性や完成後の環境変化より、周辺環境から受ける影響を評価する事を試みた。

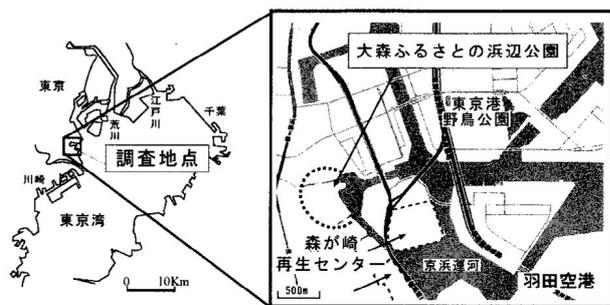


図-1 調査地点位置図

2. 調査地点の概要

調査対象の「大森ふるさとの浜辺公園」は、東京都西部の工業地帯に位置する京浜運河の一部に造成された。周辺は埋立地と運河に囲まれており、波浪の影響はほとんど無い。

この公園には都市河川である内川が隣接し、豪雨時には周囲の雨水が放水される。また、近傍約1000m付近には118万 m^3 /日の下水を処理する「森が崎水再生センター」の処理水が放流されている。

周辺は水底の地盤高がA.P. -4.0~-5.0mの運河であり、水底には有機物に富む粘性土が堆積しているが、「大森ふるさとの浜辺公園」は、天端水深A.P. -1.0mの潜堤に囲まれた、A.P. -1.5mの浅場と干潟・砂浜で形成されている。この干潟は建設前に存在した干潟（ガス工場の波除堤にコークスガラや土砂が堆積して形成された干潟）を移設したものである。また、砂浜は千葉県君津市産の山砂（ $d_{50}=0.2mm$ ）で養浜されている。なお、砂浜のA.P. +1.0mより地盤の高い部分は、周辺への飛砂防止を目的として $d_{50}=4.0mm$ 程度の礫（香川県小豆島産）を散布してある。

「大森ふるさとの浜辺公園」は、着工は2001年12月に着工され、図-2に示す作業工程で干潟・浅場・海浜が造成され、2007年4月1日に開園した。

3. 調査方法

検討に用いた調査ポイントを図-3に示す。これらの地点では、ベントス分析、化学成分分析および粒度組成分析を目的とした底質採取と、自記式計測器を配置して、水質等の連続観測を行った。

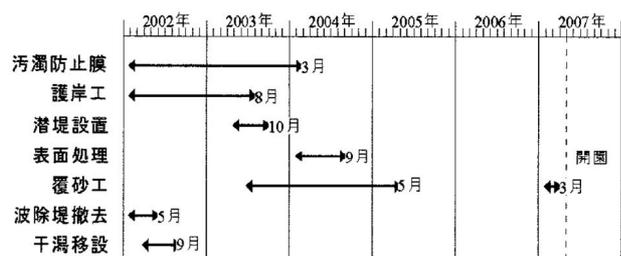


図-2 主要作業工程

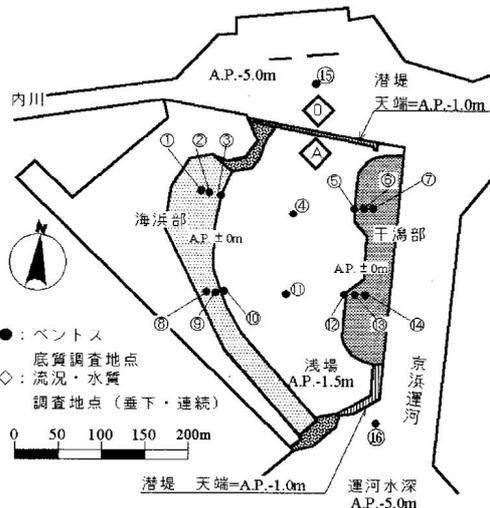


図-3 サンプルングポイント配置図

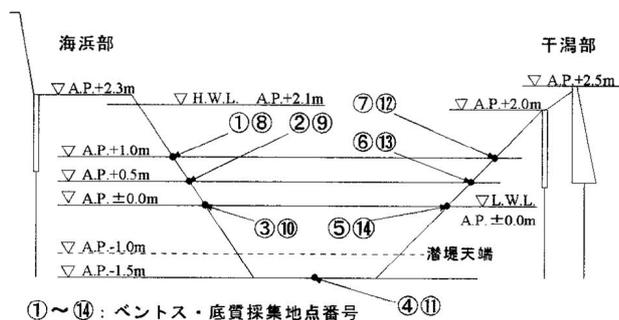


図-4 サンプルングポイントの地盤高

前述の通り当該公園では施工時より様々な目的で、各種の方法で環境調査等を行われてきた。2004年より、図-3, 4に示す調査地点が用いられているので、過去の調査結果もあわせて整理した。整理に当たっては、各調査地点の地盤高を整合させるようにした。

底質の分析は、粒度組成、強熱減量、および硫化物について実施した。底生生物は1mmメッシュに残存するベントス（マクロベントス）の種別個体数・湿重量を計測した。なお、調査によって底質の採取量が異なっていたので、各データを比較するため、湿重量および個体数は1 m^2 あたりに換算した。

水質については、図-3に示す地点のうち、St-4, 11, 15, 16で水温・塩分・DOの水面から1mピッチで計測器を用いた断面調査を行った。

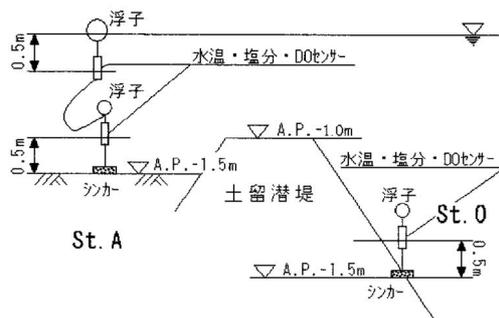


図-5 水質連続観測時計測器設置要領

St-0, Aでは、貧酸素や低塩分濃度などにより生物への影響が大きくなる時期と思われる梅雨明けから夏にあたる2007年7月6～24日に、図-5に示す要領で磁気式水温・塩分・DO計測器を配置して、10分間隔で連続観測を行った。また、大潮に当たる7月17日には電磁流速計を垂下し、流速の断面分布の計測を行った。

4. 調査結果

(1) 底質調査結果

a) 粒度組成

海浜および干潟部分の底質粒度組成の経時変化を図-6に示す。ここでは、A.P.+1.0mにおける調査結果を示している。

干潟は移設によって礫分が減少している。これは、移設に当たっては元々存在していたコークスガラが流失してしまったことによると考えられる。

海浜においては、逆に礫分が増加している。これは、海浜表面に飛砂防止用に散布した中央粒径約4mmの礫が混入したためと考えられる。

b) 化学分析

人工干潟および海浜の強熱減量および硫化物の経時変化を各サンプリング地点で得られた数値を、干時変化を図-7に示す。ここで示した値は、干潟および海浜の別に平均したものである。

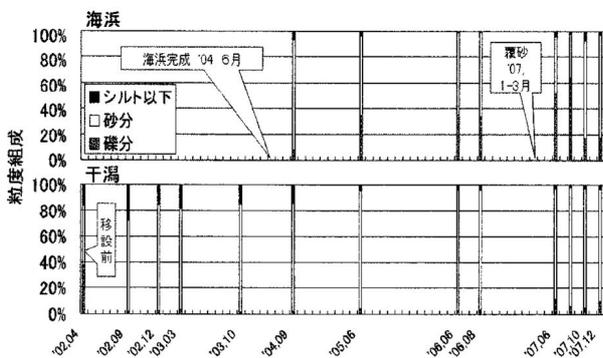


図-6 干潟・海浜の粒度組成変化 (A.P.+1.0m)

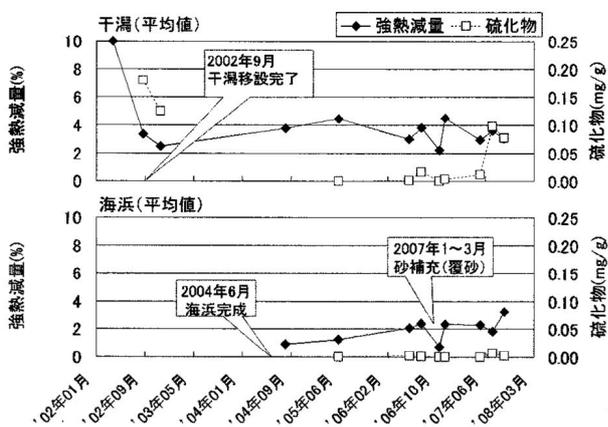


図-7 干潟・海浜の強熱減量、硫化物の経時変化

干潟では、移設時にグラブで攪拌するかたちになるので、強熱減量は大幅に減少し、それ以降、徐々に強熱減量が増加しつつある。硫化物も当初は減少していたが、2007年の夏季以降、上昇傾向を示すようになった。

(2) 底生物調査結果

a) 湿重量

地点別の湿重量 (1 m²あたりに換算) の経時変化を図-8～10に示す。湿重量のピークが見られる時には、その時の最多出現種名をグラフ上に記入した。

湿重量は各地点ともA.P.±0.0mの部分が多い。また、A.P.-1.5m浅場部分は出現量が干潟や海浜に比べて少なく、しばしば無生物であった。

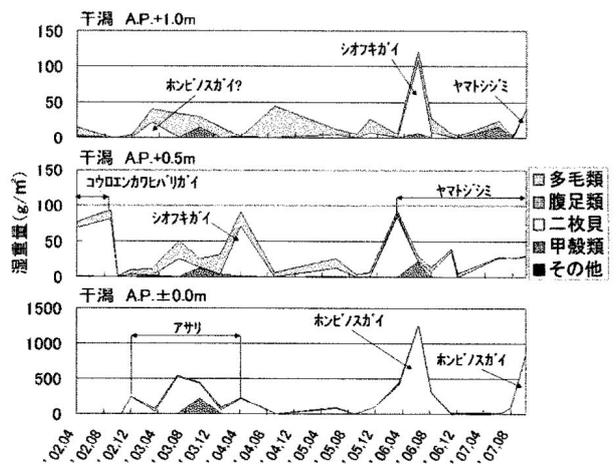


図-8 干潟部分のベントス湿重量

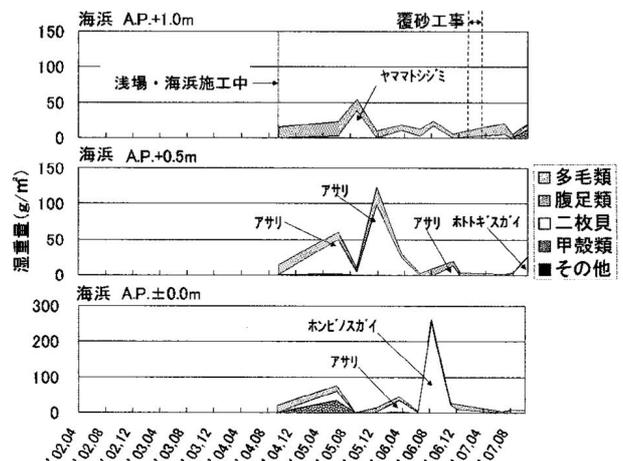


図-9 海浜部分のベントス湿重量

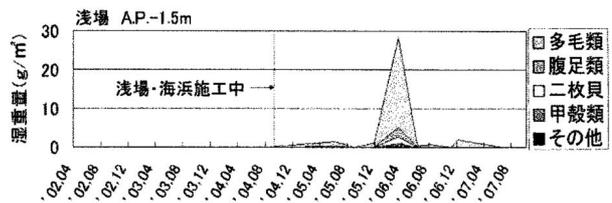


図-10 浅場部分のベントス湿重量

干潟部分では、各地盤高とも20~30g/m²程度のベントスが常に出現している。地盤高別の生物出現傾向は、A.P.+1.0mでは多毛類が、A.P.+0.5m以下では二枚貝類の出現が多い。しかし、加入した二枚貝類は、夏期から秋期にかけて急激に減少して、翌年の加入シーズンに再び出現するというサイクルが見られ、群集のバイオマスが時間とともに増加する状況は観察されなかった。

なお、この干潟では施工中にはアサリが毎年100~200g/m²程度出現していたが、2005年以降はホンビノスガイとヤマトシジミが増加し、アサリはほとんど見られなくなった。

砂浜部分でもA.P.+1.0mでは多毛類が多く見られた。砂浜完成(2004年)翌年および翌々年にA.P.+0.5mにアサリが50~100g/m²出現した。しかし、2007年1~3月に、調査地点を含む部分に侵食した部分の補修と安全対策のため補充の覆砂をした。このため、砂浜のベントス出現量は、2006年の覆砂工事ののち急減した。

浅場の海底部分は、2006年の4月を除いて出現量は少なく、しばしば無生物状態となることがあった。

湿重量より判断される各地点の代表的出現種は表-1に示す通りである。

b) 出現種数

各調査地点における出現種数を図-11に示す。ここでは海浜および干潟に出現した、延べ出現種数を表した。干潟、海浜、浅場を通じての全出現種は106種であり、これらのうち79種が2002年の干潟移設以降に見られた種である。各調査時とも出現種の半数以上が多毛類であった。

表-1 各地点の主要生物

場所	地盤高	主要生物(湿重量)	備考
干潟	A.P.+1.0m	多毛類(ゴカイ類)	
	A.P.+0.5m	二枚貝(ヤマトシジミ)	
	A.P.±0.0m	二枚貝(ホンビノスガイ)	アサリから変化
砂浜	A.P.+1.0m	多毛類+二枚貝(ヤマトシジミ)	
	A.P.+0.5m	二枚貝(アサリ)	ホトギスガイに変化
浅場	A.P.±0.0m	ホンビノスガイ	
	A.P.-1.5m	多毛類	しばしば無生物化

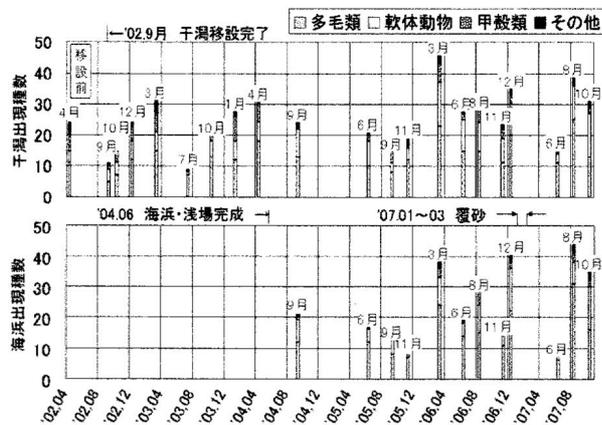


図-11 干潟・海浜の出現種の経時変化

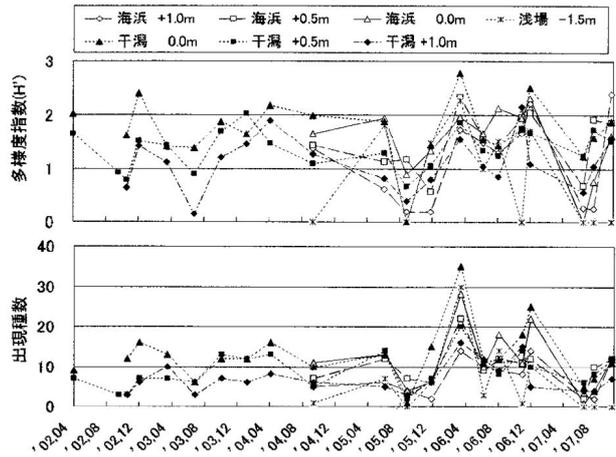


図-12 地点別多様度指数と種数の経時変化

干潟・海浜とも2005年以降に出現種が多くなる傾向が見られた。なお、出現種数は干潟完成約半年後にはすでに10種程度出現している。本調査地点の干潟は、既存の干潟表土を移設して施工しているが、生物加入の上でその効果があったと考えられる。

人工干潟では移設前の2002年4月時点では27種であったものが、移設工事に伴い一旦減少し、その後は9~46種の範囲で夏期には出現種が減少し、冬~春期は増加するという季節的増減を繰り返していた。

海浜部分は、2002年9月の直後で21種の出現が見られた。海浜部分は2004年1月から順次造成されていったため、この期間も生物が加入したためであると考えられる。海浜部分でも干潟同様に、出現種数は季節的増減を繰り返している。なお、干潟補修のための覆砂後の2007年6月の出現種数は4種と極端に減少したことは、湿重量と同様の傾向である。

それぞれの調査地点の出現種数の経時変化、および各地点別の多様度指数(H')の経時変化を図-11に示す。多様度指数には(1)式に示すShannon-Weaverの多様度指数²⁾を用いた。

$$H' = -\sum (ni/N) \ln(ni/N) \quad (1)$$

(ここに、ni=i番目の出現個体数、N=総個体数)

多様度指数(H')は出現種数の変動と概ね同じ挙動を示していた。2005年の夏期には出現種と多様度指数が急減したが、2006年4月には両者とも増加しており、再び2006年夏季に減少した。浅場は出現種数も多様度指数が少なく、出現種数がみられず、このため多様度指数H'=0になることが、しばしば見られた。

当該地区では、上位出現種が調査ごとに交代している。また、二枚貝類も質重量が増えていないことから、生物群集がリセットされ、個体生長は行われなれなかったと思われる。

(3) 水質調査

a) 断面調査

2006年に実施した水質断面調査結果のうち、浅場内 (St. 4) と周辺運河 (St. 16) の塩分およびDOの鉛直分布状況を図-13 に示す。

塩分濃度は水面下1.5m程度までは15~20psuと低いですが、水面下1.0~2.5mにかけて急に上昇し、水面下3.0m以深では約30 psu程度となった。これより、周囲の河川水や下水処理水の影響が強く示唆された。

DOについても塩分同様に水面下1.0m~2.0mで急減しており、特に夏季の躍層発達が著しい。

b) 連続観測結果

水質連続観測結果を図-14に整理した。干潟の北側の外縁部外側の底層は、測定期間を通じて干潟内よりも高塩分・低水温となっており、ほとんどの時間帯でDOが2mg/Lを下回っている。干潟内の底層はこれに比較すると多少は貧酸素の症状は軽減されているがDOが2mg/Lを下回る期間が連続して2日以上継続することがある。

このような激しい環境変動が浅場内の内部生産・消費のみで生じているとは考えにくく、都市部運河域である周辺海域の影響を受けている可能性が高いと考えられた。この観点から、周辺の運河域と浅場

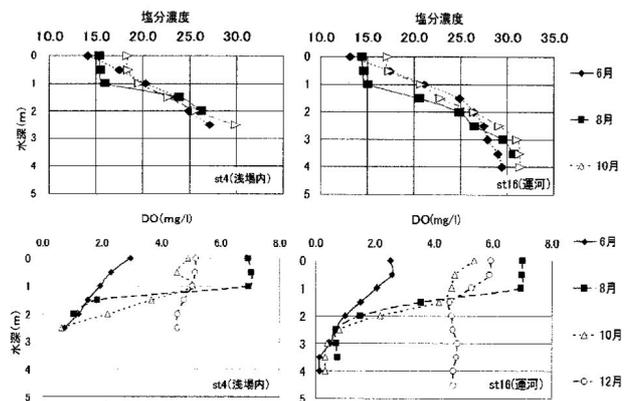


図-13 水質断面調査結果

間の海水交換機構を調べる目的で、連続観測期間中の大潮日の上げ潮最強時と下げ潮最強時に、電磁流速計による流速の鉛直分布の測定を行った。上げ潮・下げ潮時における流況断面分布調査結果を図-15 に示す。浅場と運河を仕切る潜堤をはさみ、図-16のように上げ潮時には底層を中心に高密度水が差し込み、下げ潮時には表層を中心に流出が起こることが確認され、干潟内の水質環境は周辺運河の影響を受けやすい状況となっている可能性が認められた。

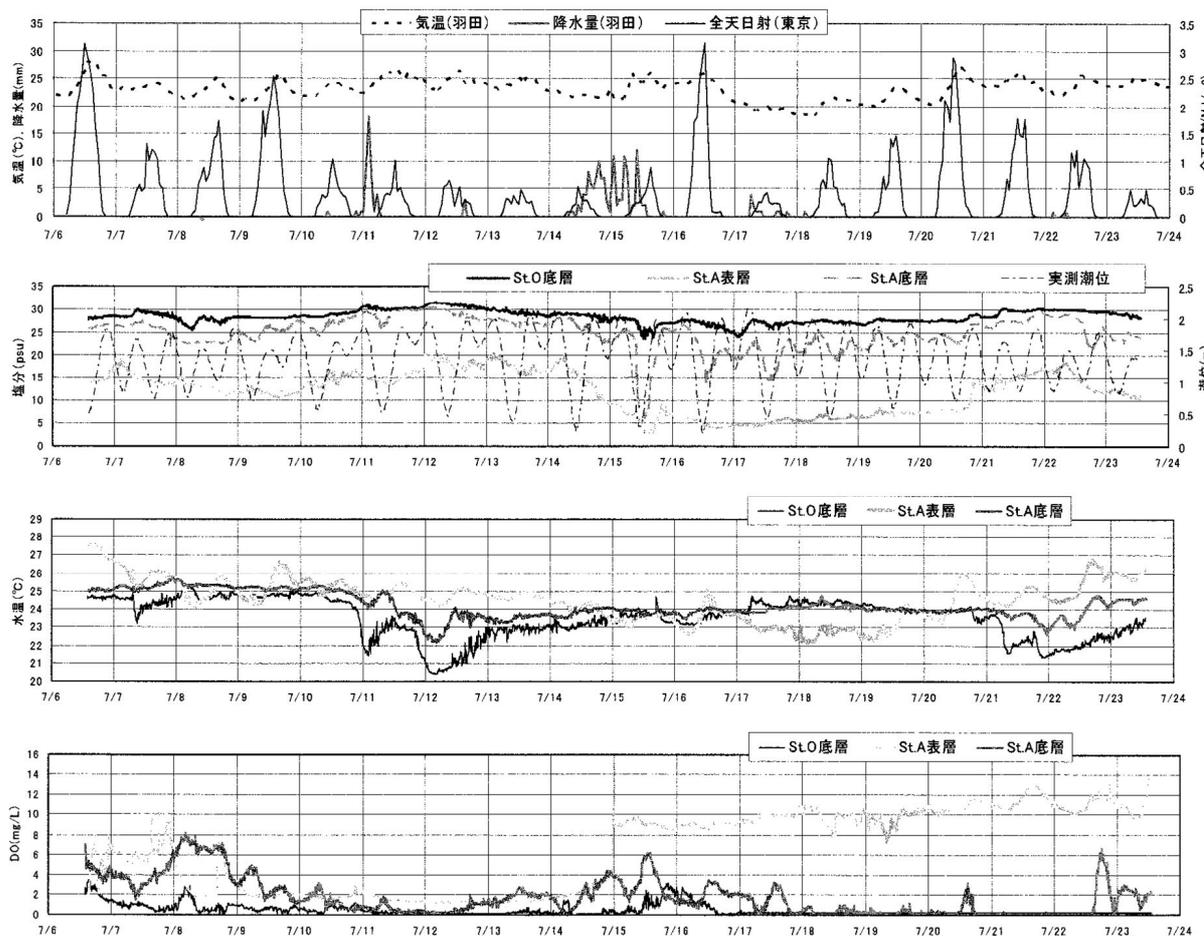


図-14 連続計測結果

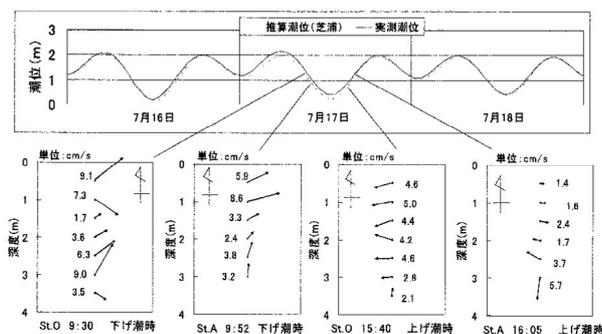
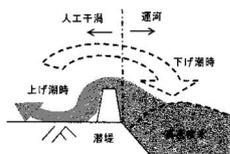


図-15 大潮上げ潮・下げ潮最強時の流速鉛直分布

推定される潮流変動パターン



干潟と周辺水域の海水のやりとりは単純な往復流ではなく、方向性を持った交換が行われている可能性が高い

図-16 推定される潮流変動パターン

c) アメダスデータとの比較

長期的な水質変化の生物への影響を評価するため、気象庁アメダスのデータ(羽田)を整理した。2002年から2007年の降水量や気温の変化状況を図-17に示す。降水量では毎年台風シーズンに100mm/日を超える降水が見られたが、2005年から2006年8月までは100mm/日以上降水が見られなかった。しかし2006年度は月合計降水量が毎月150mm程度観測され、通年では降水量が多かったことになる。

これらをベントス出現状況と比較すると、日最大降水量が150mm/日を超える豪雨が見られなかった2005、2006年は出現種数が増加し、シオフキガイやホンビノスガイの大量の加入が見られた。

一方2007年は、通常降水量が少ない冬季でも月150mm以上の降水がみられた。この翌年の2007年の春期(6月)には、ベントスは種数・多様度指数も減少しており、淡水流入の影響が示唆された。

5. まとめ

大森ふるさとの浜辺は、当初の環境変化予測では、造成後1~3年はコンクリートの影響や底質が不安定であることから、ヒモムシ、ゴカイ、スピオ等ごく限られた種のみが出現する。3日目からは、不安定な底質にも生息可能なゴカイ類中心の生物相が形成され、イトゴカイ、アサリ、底質付着性二枚貝(コウロエンカワヒバリガイ、ホトトギスガイ)が出現する。さらに5~10年後には周辺のシルト堆積が卓越した生物相と同等になると考えられていた³⁾。

実際は、予測より早く周辺の大井中央海浜公園の干潟やお台場海浜公園の砂浜で見られるような生物相が形成されていることが報告されている⁴⁾。しかし当初予測されたベントスのうち、アサリは定着して

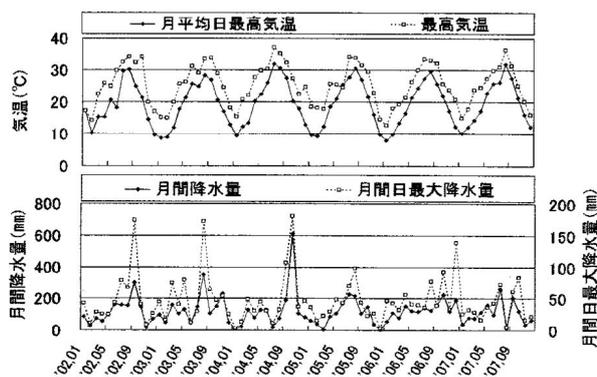


図-17 アメダス気温・降水量データ(羽田)

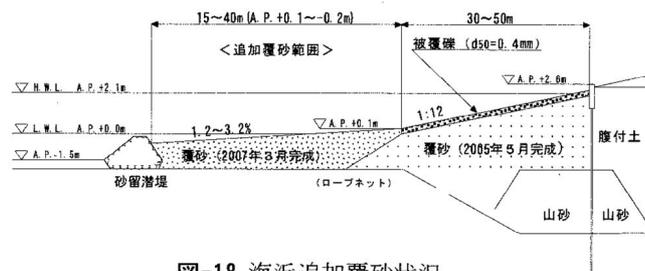


図-18 海浜追加覆砂状況

いない。これは、低塩分や貧酸素の影響のためと推察される。すなわち、周辺の環境水の流入により、生物相が不安定であると考えられる。

流速観測結果からも、浅場内の底層の水質は周辺運河域の底層水の影響を受けやすいことが示されており、浅場外縁の潜堤の嵩上げなどの順応的管理を検討する必要性も示唆された。

図-2に示したように2007年1~3月にかけて、「大森ふるさとの浜辺公園」のオープンに先立ち、沈下した海浜部分の補修を行った。図-18に示すように、2004年6月時点の海浜のA.P. +0.1mより沖側に幅約15~37mにわたり水深がA.P. -0.2m以浅で勾配1.4~3.2%になるよう追加覆砂を実施した。これは浅場の海底嵩上げに相当し、生物の少なかった浅場が、二枚貝類の多く分布可能な場に改善されたといえる。

ここに形成された浅場の生物相や底質状況を追跡してその効果を確認し、今後の地形改善等の管理に活かしてゆくことが望まれる。

参考文献

- 1) 里見 勇, 藤澤康文, 五十嵐美穂: 大森ふるさとの浜辺整備事業-事業実施と合意形成のプロセス-, 海洋開発論文集, Vol. 20, pp299-304, 2004.
- 2) 木元新作, 武田博清: 群集生態学入門, pp126-129, 共立出版株式会社, 1992.
- 3) 東京都大田区: (仮称) 平和島運河その2埋立整基本計画環境調査委託報告書, pp29-30, 1992.
- 4) 岡村 知忠, 中瀬浩太, 里見 勇, 藤澤康文, 木村賢史: 大都市沿岸に再生された干潟・海浜の生物群集的評価, 海洋開発論文集, Vol. 21, pp647-652, 2005.