

海水導入工による底質と底生動物相の 改善効果に関する研究 —大阪南港野鳥園 南池—

IMPROVEMENT EFFECTS OF SEAWATER SLUICE PIPES ON THE QUALITY
OF BOTTOM SEDIMENT AND FAUNA OF BENTHIC ANIMALS —THE SOUTH
POND OF OSAKA NANKO BIRD SANCTUARY —

矢持進¹・神保幸代²・藤原俊介³・小林愛実²・前畑友香²・清水広之²

Susumu YAMACHI, Sachiyo JIMBO, Syunsuke FUJIWARA,
Aimi KOBAYASHI, Yuka MAEBATA and Hiroyuki SHIMIZU

¹正会員 農博 大阪市立大学大学院工学研究科 都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

²非会員 大阪市立大学大学院工学研究科 都市系専攻 (〒558-8585 大阪市住吉区3-3-138)

³非会員 工修 国土環境株式会社 (〒550-0002 大阪市西区江戸堀3-2-23)

Field surveys were conducted at the South Pond of Osaka Nanko Bird Sanctuary to examine the effect of sluice pipes on salinity, quality of bottom sediment and fauna of benthic animals. The installation of sluice pipes caused salinity increase with decreasing indicators of organic pollution of the bottom sediment. The fauna of benthic animals became rich in accompanied with salinity increase and a change from anaerobic sediment to aerobic one, which led to decreasing *Chironomidae* larvae and increasing gammarid animals. These findings suggest that the benthic fauna is still in the middle of biological succession and further observation should be done to confirm the restoration of benthic ecosystems of the pond.

Key Words: Osaka Nanko Bird Sanctuary, sluice pipe, restoration of benthic ecosystems

1. はじめに

我々人間にとって、干潟や浅場は、生き物に触れ、食料をとり、水と戯れることで、最も身近に「海」を感じることでできる空間である。また、貝やエビ・カニなどの底生動物の生息場所であり、それらを啄む鳥達の餌場でもある。干潟域はこのような多様な生物の活動により、沿岸域からの汚濁物質を吸収・除去し、水質を浄化されている。このような干潟や浅場などの自然海岸は、護岸整備や埋め立て事業などによって急速に失われ、現在では全国の海岸延長約3.3万kmのうち、26%にあたる約0.9万kmが人工海岸となった。

失われた干潟や浅場を取り戻す手段の一つとして、人工干潟の造成が行われている。また近年、都市部の沿岸陸域において増加している低未利用地を有効に活用した人工干潟や湿地の造成も注目されている。しかしながら、埋め立て地内における人工干潟や塩性湿地の造成事例は少な

く、その機能や特性ならびに造成効果については不明な点が多い。

本研究では1983年9月に大阪港の埋立地に造成された大阪南港野鳥園(図-1)をモデルケースとして調査を行った。

大阪南港野鳥園湿地は、大阪港周辺に飛来する野鳥観

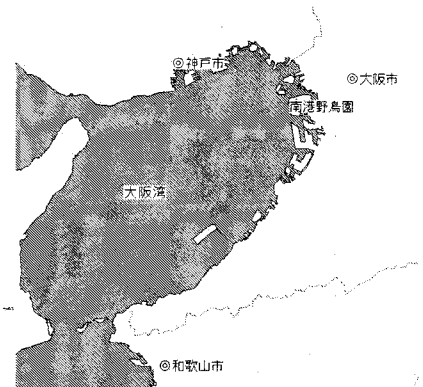


図-1 南港野鳥園の位置

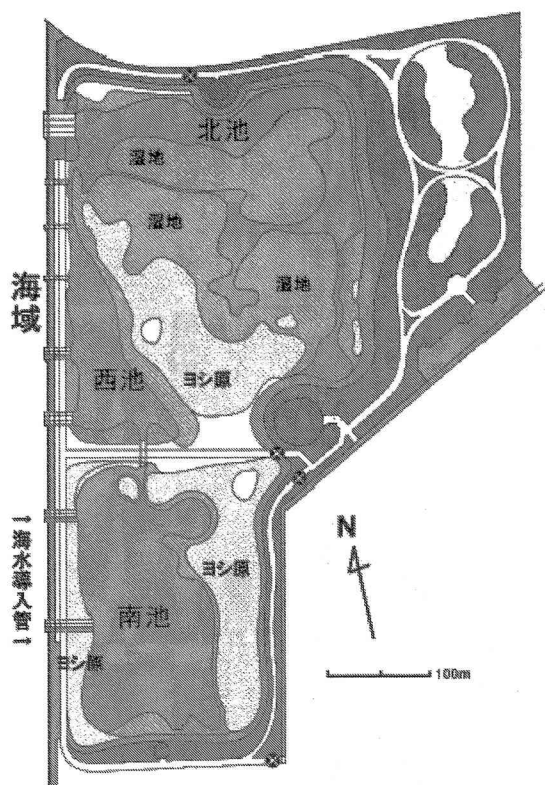


図-2 大阪南港野鳥園湿地の概略

察と渡り鳥たちの採餌・休息場の確保を目的として造成された。本湿地にはシギ・チドリ類をはじめ多くの鳥類が飛来し、2001年には環境省の日本の重要湿地500に、また、2003年7月にはWWF(World Wildlife Fund)の東アジア・オーストラリア地域シギ・チドリ類重要生息地ネットワークに登録され、毎年約10万人もの人々が来園する。ただ、園内の南池は外海との水交換が少なく閉鎖的であるためか、水質や底質が劣化し、ユスリカ科幼虫など汚濁指標生物が優占するなどの環境保全上の問題が生じていた。そこで、これらを改善し、湿地生態系の再生を図るため、2004年5月に南池と外海とを隔てる護岸に海水導入管を敷設する工事が行われた。本研究では、この海水導入工による南池の水質・底質の変化と、これに伴う小型底生動物相の変遷を精査し、沿岸陸域の埋め立て地に近自然的環境を再生・創出する場合、海水導入工が有効かどうかを検討した。

2. 工事と調査の概要

(1) 工事概要

今回モデルケースとした大阪南港野鳥園は、12.8haの湿地部と6.5haの植栽部からなり、湿地部分には北、西、南の3つの池とヨシ原が存在する(図-2)。このうち面積3.8haの南池は、浚渫土砂を基礎地盤とし、その上に40cmの厚みで海砂を敷き詰め造成された。池の地盤高はおおよそO.P.+0.79~1.84m(D.L.+0.39~1.44m)である。今回の工事

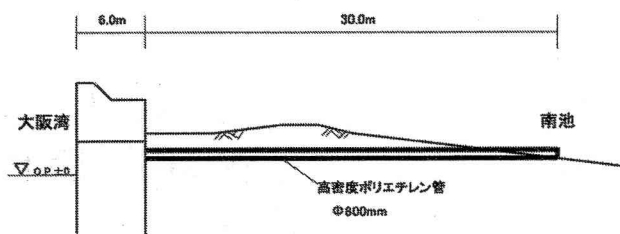


図-3 海水導入管断面図



図-4 南池に敷設された海水導入管

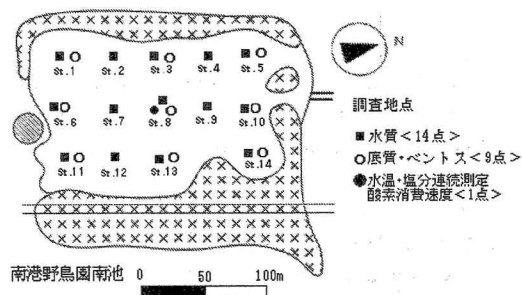


図-5 南池調査定点

は、2004年5月17日から約1週間にわたって行われ、南池の海側護岸北端部と同中央部の2箇所に直径80cm、長さ36mのポリエチレン管2本ずつ計4本がO.P.+1.0mの地盤高に敷設された(図-3、図-4)。

(2) 調査概要

本研究では、工事前の2003年12月、2004年5月および工事後の2004年7月、10月、12月の計5回の調査を行った。調査項目は水質が水温、塩分(14定点)、底質が粒度組成、強熱減量、炭素・窒素濃度、酸化還元電位、全硫化物濃度(9定点)、そして小型底生動物に関しては種類数、個体数、湿重量(9定点)である。この他に、2004年7月7日から21日までの2週間は南池中央部の1点で塩分を連続的に計測した(図-5)。なお、小型底生動物相の多様性を示す種多様度指数については、次式に示す。Shannon-Weaver関数(H')を用いた。

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \dots \dots \dots (1)$$

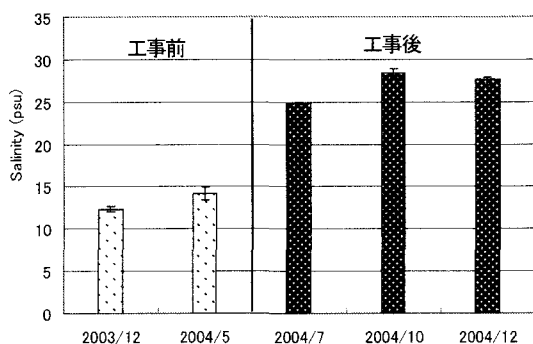


図-6 南池での平均塩分の推移
(図中の縦線は最大値と最低値の範囲を示す)

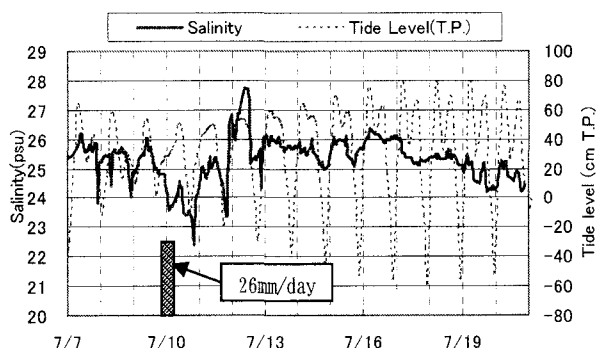


図-7 南池の塩分連続観測結果と大阪港の潮位

ここで、 S :各定点サンプル中の総種類数、 N :各定点サンプル中の総個体数、 n_i :種の個体数である。

H' は種数の豊富さと個体数の均衡性を表現する指数であり、 H' が大きい場合には群集構造は複雑であり、小さい場合は単純ということになる¹⁾。

3. 調査結果

(1) 水質

図-6に南池内14定点の平均塩分の推移を示す。野鳥園造成当時の南池は、雨水のたまった淡水池であったが、外海と通じる西池との水交換により徐々に塩分が上昇した。このため海水導入工事前でも、南池の塩分は12～15psuと汽水であった。

工事が行われてから約2ヵ月後の7月の調査時までには塩分は25psuに上昇し、10月以降は隣接する大阪湾奥表層と同程度の27～28psuとなった。通常、大阪湾奥表層の塩分は、降水量の多い夏季のほうが冬季よりも低い。これは淀川河川水の流入で上層の海水が希釈されるためである。海水導入工事後の南池の塩分は、池への直接の降雨に加えて、導水管から流入する外海水からの影響を受けていると考えられる。図-7に2004年7月7日から21日の南池中央部での塩分連続測定結果と、大阪港の潮位を示す。大阪管区気象台によると、観測期間中の7月10日に26mmの降雨があった。

南池の塩分は11日の満ち潮時に潮位が上がるのにも

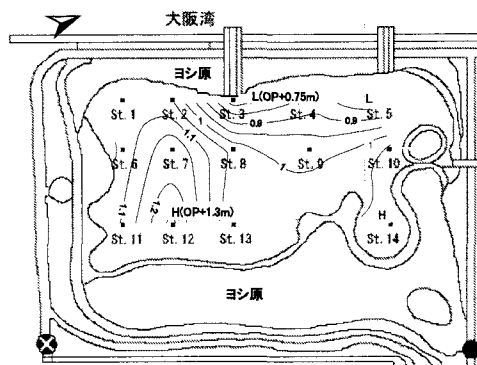


図-8 南池の地盤高

なって上昇し、下げ潮時にはやや下がっている。12日も同様に潮位の変化に対応して塩分も上下した。この後13日からは、それまでの2日間のような潮位変動に伴った塩分の増加や減少が見られなくなった。柳川²⁾は、南港野鳥園北池の塩分は、淀川大堰での河川放流水が多くなると、これから約1-2日遅れて低下するとしている。これは野鳥園近傍域の表層海水が、出水により希釈されるためであるが、今回の観測中においても、降雨後1-2日目は、満ち潮の初めに低塩分な外海表層水が南池に流入したため塩分が低く、その後塩分がやや高い少し深い層の海水が南池に入ってきたため池内の塩分が上昇したと思われる。

(2) 底質

図-8に南池の地盤高を示す。値はO.P.面からの高さであり、この池はSt.1からSt.14までのほぼ全定点が常時冠水する。図からわかるように、池の西側の大阪湾に近い部分(Sts.1～5)は比較的地盤高が低く、陸域に近い東側(Sts.11～14)で高地盤となっている。

図-9に今回行った5回の調査の平均粒度組成を定点別に示す。粒度組成から海側のSt.3とSt.5で泥分が多く、池中央部で比較的分の多い傾向が見てとれる。なお、海水導水管の設置にともなう粒度組成の著しい変化は見られなかった。

底質の有機汚濁と関連する項目については、St.3とSt.5で含水率、強熱減量、炭素・窒素濃度が他の定点に比べ高い値を示していた(図-10～図-15)。このうち、強熱減量や炭素濃度は堆積物中に含まれる有機物量の指標になることから、この定点の堆積物には有機物が多く含まれていたことが分かる。St.3とSt.5は、全定点中で最も地盤高の低い定点であり、導水管設置前から常時冠水し、水の交換があまり良くない場所であった。このため酸素供給が少なく、未分解の有機物が堆積物中に蓄積していたものと考えられる。また、両定点の西側に分布するヨシ原の有機物沈澱効果で、さらに有機物の堆積が進み、その結果、有機物含有量が多くなったものと推察できる。

楠田³⁾によれば、一般的に泥質のように粒径が細かく透水性・通気性が悪い底質では、好気性の微生物による有機物分解能が低下するとされている。堆積物への溶存酸素の

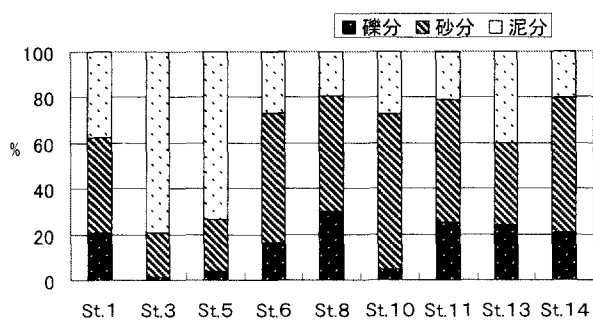


図-9 粒度組成(平均値)

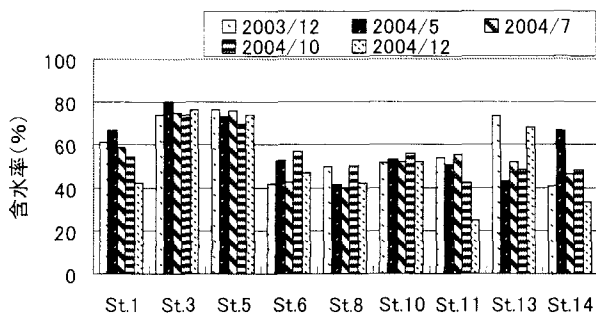


図-10 水底堆積物の含水率

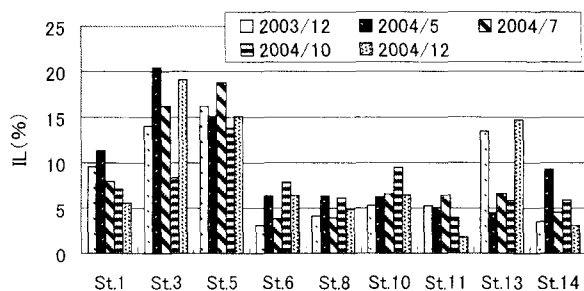


図-11 水底堆積物の強熱減量

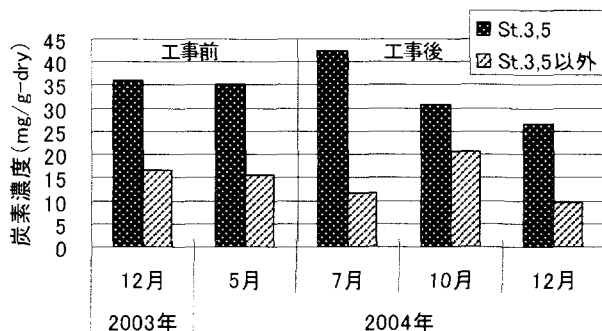


図-12 Sts.3, 5とそれ以外の定点の炭素濃度の比較

供給が少なく、好気性微生物の活性が低下したSt.3とSt.5では、沈澱した有機物が未分解のまま多く残存していたと考えられる。

しかしながら、St.3とSt.5でも、海水導入工前の2003年12月や2004年5月と比較して、工事後5ヶ月から7ヶ月経過した2004年10月と12月は、堆積物の炭素濃度と窒素濃度が減少していた。これに対して、St.3とSt.5以外の調査定点では濃度の減少が明瞭でなかった。この差違については、St.3およびSt.5が海水導入管の池側開口部から最も近い定点であるため、管から流入してくる比較的酸素濃度の高い外海

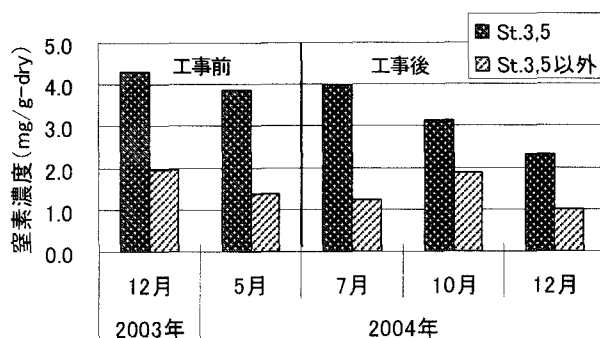


図-13 Sts.3, 5とそれ以外の定点の窒素濃度の比較

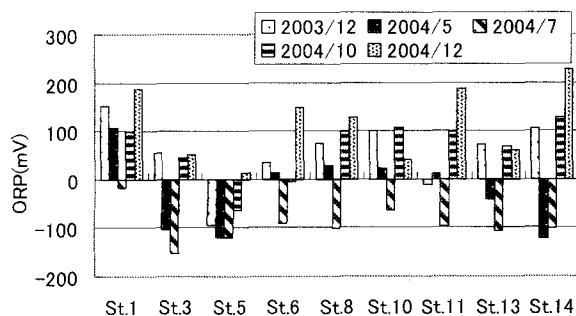


図-14 水底堆積物の酸化還元電位

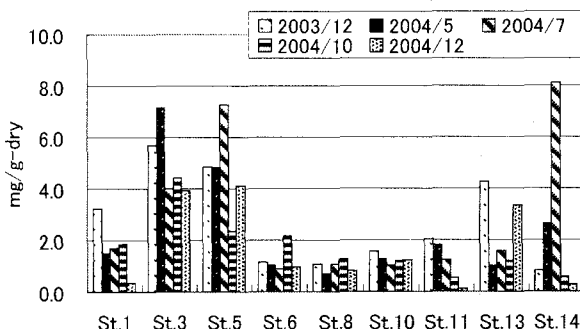


図-15 水底堆積物の全硫化物濃度

水の影響を工事終了後は他の定点よりも強く受け、堆積していた有機物が分解され始めたためではないかと考えられる。なお、有機物量の減少に一因し、St.8における底質の酸素消費速度は、2004年7月の606mgO₂/m²/hから同年12月には114mgO₂/m²/hにまで低下した。

堆積物中の還元性物質と関係する酸化還元電位や全硫化物濃度は、St.3とSt.5が他の定点よりも酸化還元電位では低く、全硫化物濃度は高かった。左山・栗原⁴⁾によれば、水底に沈降する有機物の90～99%は多様な代謝機能を持つ微生物群集のエネルギー獲得のための酸化還元反応によって分解される。また、細菌の増殖にともなって細菌細胞の外圍の酸化剤が還元されるので、利用できる酸化剤の量が限られている底泥のような環境では細菌の増殖にともなって還元化が進み酸化還元電位が低下する。

また、好気性細菌の増殖が良好な電位は100mV付近であるのに対して、嫌気性細菌のそれは-200mV前後で、代謝に係わる反応系は前者が400mVから-200mV、後者が100mVから-400mVの範囲で作用し、電位が下がるととも

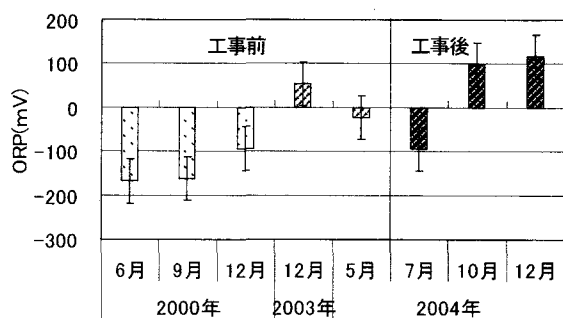


図-16 酸化還元電位の変化
(図中の縦線は最大値と最低値の範囲を示す)

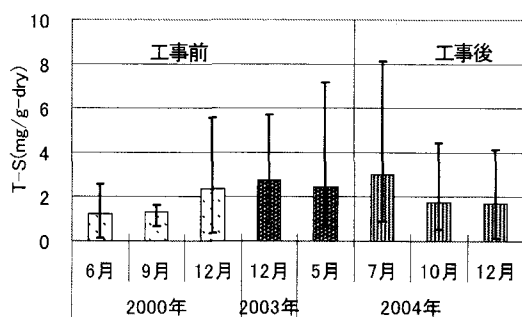


図-17 全硫化物濃度の変化
(図中の縦線は最大値と最低値の範囲を示す)

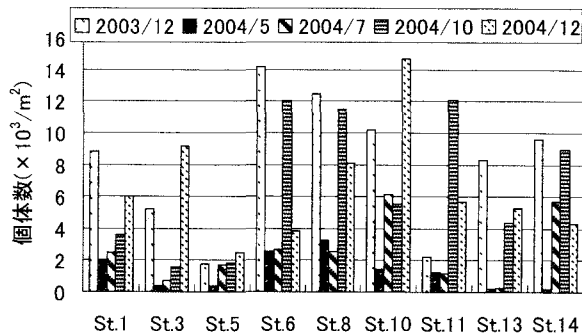


図-18 小型底生動物の個体数

に代謝形式は酸素呼吸(好氣的分解), 硝酸還元, 鉄還元, 硫酸還元, メタン生成へと変化する。他方, 硫化物については上層水の SO_4^{2-} が還元層で硫酸還元細菌によって還元され S^{2-} となり生成されることが知られている。これらのことから, St.3やSt.5では, 底質が還元的な状況にあり, 他の定点よりも硫化物濃度が高いため, 硝酸還元, 鉄還元, 硫酸還元などの反応系の卓越していたことが推察される。

調査定点の全点平均値を用い, 南池堆積物の酸化還元電位および全硫化物濃度について検討した。図-16と図-17に, 柳川²⁾による2000年の酸化還元電位と全硫化物濃度についての調査結果と本調査による2003年と2004年の結果を示す。海水導入工前の夏季は底質が悪化する傾向にあり, 2000年6月および9月の酸化還元電位は-160mV前後と還元的であった。これに対して, 工事後の2004年7月は, 夏季の電位低下がやや緩和され, -95mVと2000年6月や9月と比べると電位は高かった。同じ季節で比較すると, 工事前の

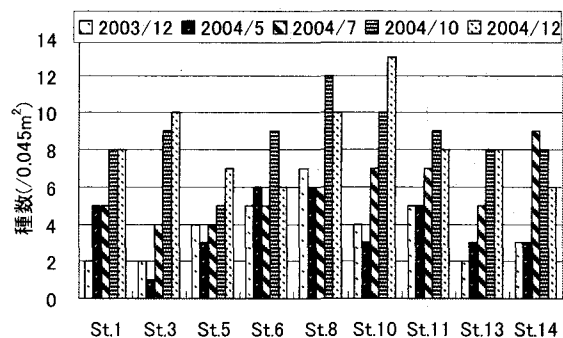


図-19 小型底生動物の種類数

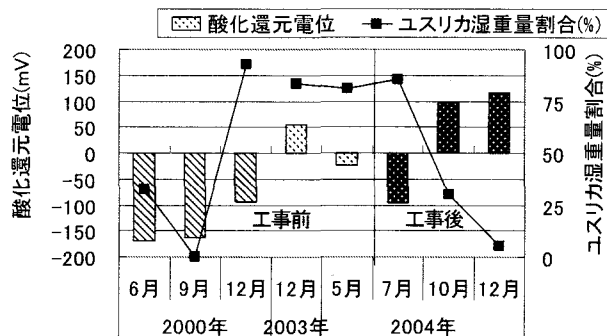


図-20 酸化還元電位とユスリカ科幼虫の湿重量割合の推移

2000年12月は-94mV, 2003年12月が54mVであるのに対して工事後の2004年12月には115mVにまで上昇した。また, 全硫化物についても2000年と2003年の12月に比べて2004年12月は値の減少が認められた。

2000年の南池は, 外海からの海水交換が少なく, 堆積物への酸素供給はわずかであるため, 嫌氣的な有機物分解が進行し還元性物質の生成によって酸化還元電位の低い底質になっていたと考えられる。底質の酸化還元電位には年変動や季節変化の影響が考えられるものの, 工事の前後で地盤高は大きく変わっておらず, 調査定点のほとんどが常時冠水していることには変わらないことなどから, 今回の海水導入管の敷設により池水と外海水の交換が行われ, 堆積物に以前よりも酸素が供給されるようになり, 工事終了後5ヶ月目には酸化還元電位の上昇と全硫化物濃度の低下が見られるようになったと考えられる。そして, これら底質の酸化還元状況に関する化学的指標での改善効果は, 12月に絞って見た場合に明瞭に現れていた。これは, 2004年10月以後の電位上昇に伴って, 底泥中の微生物群集の主要な代謝様式が嫌氣的分解卓越型から好氣的分解と嫌氣的分解併存型に変化したことに関連しているのかもしれない。

(3) 小型底生動物

図-18と 図-19に定点別の小型底生動物の個体数と種類数を示す。図から出現個体数は砂分が比較的多い池中央部(Sts.6,8,10)で高い値を示していることが分かる。また,

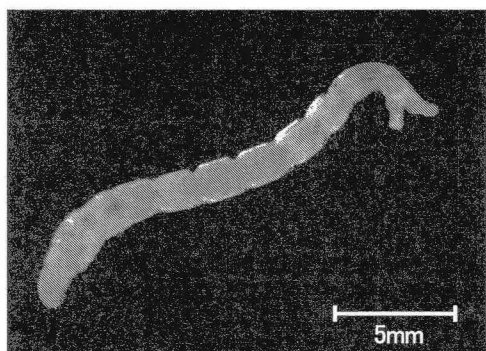


図-21 ユスリカ科幼虫

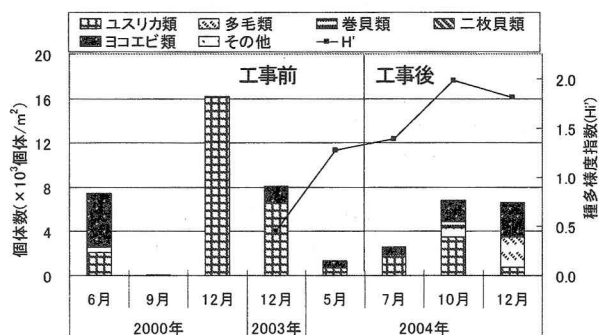


図-22 小型底生動物の個体数と種多様度指数(H')の変化

種類数については個体数ほど明瞭ではないが、やはり中央部で種数が豊富である。これに対して地盤高が低く、泥分の多い海側の定点は相対的に小型底生動物相が貧困である。この傾向はSt.5において顕著に見られ、これには底質の過度の有機汚濁と還元化の進行が関与しているのであろう。このように、南池の小型底生動物相には定点による違いが認められたが、全点を通しての優占動物はユスリカ科幼虫(図-21)であった。

図-20に2000年6月から2004年12月にかけての酸化還元電位と小型底生動物の湿重量に占めるユスリカ科幼虫の割合を示す。酸化還元電位が -160mV まで低下し、底質の強い還元化が続いていたと推察される2000年9月は、底生動物相が極めて貧困で、南池は殆ど無生物となっていた。その後、同年12月にかけて貧酸素に比較強いユスリカ科幼虫が増殖し、総湿重量の95%、総個体数の99%以上がこの動物によって占められるようになった。2003年12月や2004年5月についても、工事前で海水交換がほとんど行われなかったためか、南池での出現種類数は7種と少なく、ユスリカ科幼虫が全底生動物湿重量の80%程度を占めた。工事は2003年5月に終了したが、同年7月は底質の酸化還元電位がまだ低く、全硫化物濃度が高いためかユスリカ科幼虫の卓越状況は保たれたままであった。海水導入から5-7ヶ月が経過し、酸化還元電位が上昇し塩水化が持続すると、ユスリカ科幼虫の割合が減少し、ブドウガイやヨコエビ類など他の生物が数多く現れるようになった。このようにユスリカ科幼虫が優占

していた南池の小型底生動物相は、海水導入工に伴う底質環境の好転と塩水化により大きく変化した。そこで、次に生物相の豊かさについて検討した。

図-22に2000年および2003年から2004年にかけての小型底生動物の分類群別個体数と種多様度指数(H')の変化を示す。なお、2000年については分類群別の査定のみ実施したため種多様度指数(H')は計算していない。

図から海水導入前の南池は、春季から初夏にかけてヨコエビ類の繁殖が認められるものの、ユスリカ科幼虫が優占するため多様性に欠ける底生生態系であった。これに対して海水導入後の2004年7月には、個体数は少ないが、出現した各種の個体数が均衡したことによって種多様度 H' がやや上昇した。さらに10月にはこれまで確認できなかったブドウガイやホトギスガイなどの軟体類が出現し、種数も18種類と増加して、種多様度 H' は5回の調査で最も高い値($H':2.1$)を示した。そして、導入工から7ヵ月後の12月にはヨコエビ類の個体数が増え、これまで優占していたユスリカ科幼虫の個体数が大きく減少した。ただ、10月に出現した軟体類は12月にはほとんど見られず、これらのことから南池の生物相は、未だ遷移段階にあると推察された。このように、大阪南港野鳥園南池の種多様度指数の推移には生物の生活史や塩水化による影響が含まれるものの、工事後の改善が認められた。

4. 結論

海水導入工により、劣化した大阪南港野鳥園南池の底質に改善の兆しが見られた。特に、底泥の酸化還元電位の上昇に代表されるように、底質が好氣的になったことにより生物相にもさまざまな好影響が現れた。ただ、南池の底生動物相については、種多様度指数が上昇したものの、現時点はまだ遷移段階にあり、改善を十分に確認できるようになるまでには今後さらに時間を要すると考えられた。

参考文献

- 1) 木元新作:動物群集研究法 I—多様性と種類組成—, 共立出版株式会社, pp.61—78, 1976.
- 2) 柳川竜一:大都市河口域に位置する人工塩性湿地生態系の生物生息・水質浄化・物質循環機能に関する研究, 大阪市立大学博士論文, pp.1—140, 2005.
- 3) 楠田哲也:自然の浄化機構の強化と制御, 技報堂出版, pp.223—242, 1994.
- 4) 左山幹雄, 栗原 康:河口・沿岸域の生態学とエコロジー, 東海大学出版会, pp.32—42, 1988.