

人工潟湖干潟が水質変化に及ぼす影響

INFLUENCE OF THE ARTIFICIAL LAGOON TIDAL FLAT ON WATER QUALITY

秦野拓見¹・村上和男²・中瀬浩太³・金山進⁴・葉山政治⁵

Takumi HATANO, Kazuo MURAKAMI, Kota NAKASE,
Susumu KANAYAMA and Seiji HAYAMA

¹学生会員 武蔵工業大学 工学部都市基盤工学専攻 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

²フェロー 博(工) 武蔵工業大学 工学部都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)

³正会員 五洋建設(株) 土木部門 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

⁴正会員 博(工) 五洋建設(株) 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市氏四区町1534-1)

⁵(財)日本野鳥の会 サンクチュアリ室 (〒151-0061 渋谷区初台1-47-1 小田急西新宿ビル1F)

A tidal flat is an important place for sea environments. In recent years, creation of an artificial tidal flat has increased to restore the lost natural environments by developments in the past. We investigated the environmental characteristics of the artificial lagoon tidal flat in "Wild-Bird-Watching-Park in Tokyo Port", and compared the characteristics with other tidal flats in Tokyo Bay. Then we measured the water quality in the channels between tidal flats and Tokyo Bay for two tidal cycles at every one or two hours. From the study, we found that the value of ignition loss is high and benthic polychaeta are dominant species of the tidal flats. And then, we found the nutrient fluxes of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ pass through the channels were flow out from the tidal flat to Tokyo Bay. We thought that quantity of primary production was low in the artificial tidal flat in Tokyo Port.

Key Words: Flux of nutrient, Macrobenthos, Artificial lagoon tidal flat, Wild-Bird-Watching-Park in Tokyo Port

1. はじめに

日本では明治以降工業化に伴い、各地の沿岸部の埋め立てが急激に進行していった。埋め立てられた土地には港・工場・倉庫が立ち並び、ゴミや土砂の処分場としても埋め立ては進行していった。それによって沿岸部の干潟や浅場等の自然環境は激変していった。東京湾では元の干潟面積の88.4%が埋め立てによって消失したと言われている¹⁾。

干潟は海域環境において重要な場である。干潟は生物の多様性が高く、生物生産力が高い地域とされており、アサリ・海苔等の養殖場や釣り場、バードウォッチングや潮干狩り等のレクリエーションの場所として多岐に渡って利用されている²⁾。また、水質・底質の浄化槽としても干潟の重要性は認識され、干潟の減少による東京湾の水環境の悪化が問題視されている。

近年、過去の開発や埋め立てにより失われた干潟環境を取り戻す試みとして、人工干潟や人工海浜の造成事業が数多く行われている。しかし一方

で、人工的に造られた干潟は、自然干潟と有する能力が異なることが指摘されている。

本研究では、東京湾内に造成された人工潟湖干潟(東京港野鳥公園 潮入りの池)の調査を行った。干潟が水質にどのような影響を及ぼしているのかを明らかにする為、夏季において干潟を流入出する水質の2潮汐間連続観測を行った。また、潮入りの池がどのような干潟であるのかを把握する為、底質、マクロベントスの採取を行い、東京湾内の人工干潟との比較を行った。

2. 調査概要

(1) 対象人工干潟の概要

東京港野鳥公園(東経 $139^{\circ} 44'$ ~ $139^{\circ} 51'$ 北緯 $35^{\circ} 31'$ ~ $35^{\circ} 41'$)は東京都の臨海部大井埠頭の南端に位置する公園である。図-1 に所在位置を、図-2 に野鳥公園の全体図を示す。

東京港野鳥公園は水域における自然環境の保全、及び回復を図るとともに、水に親しむ空間として

都民の利用に供することを目的として設立された。1989年に開園され、2000年には、シギ・チドリ類重要生息地ネットワークの参加湿地となり、野鳥（シギ・チドリ類）の生息地として重要な場所であることが認められている。調査干潟は野鳥公園内の潮入りの池（図-2 参照）を対象とした。潮入りの池は約 57000m² の面積を有し、東京湾から幅 2m 程の 2 つの開水路でつながれた非常に閉鎖性の高い干潟である。潮汐によって潮間帯が形成され、海水が溜まる潮下帯が存在する。後背地にはヨシ原と淡水池が存在し、降雨によって淡水池の水が溢れると干潟に水が流れ込むようになっている。



図-1 東京港野鳥公園所在位置と施設内地図⁵⁾

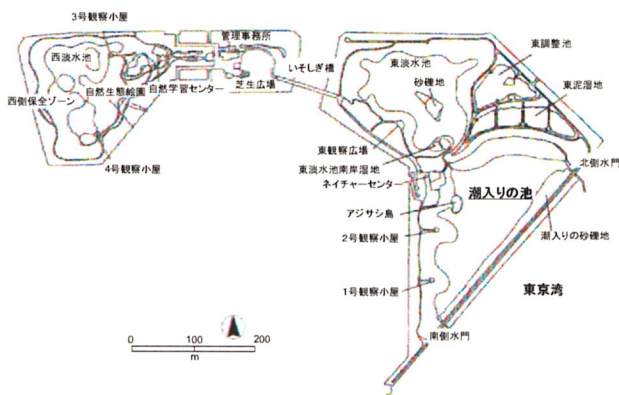


図-2 東京湾野鳥公園全体図⁵⁾

(2) 調査内容と方法

調査は東京港野鳥公園の潮入りの池（以下、野鳥公園干潟とする）にて行った。調査地点と項目を図-3に示す。調査は2006年6月26日、8月20～21日、12月11日に行い、マクロベントス（1mmメッシュの篩を通過しない底生生物）、底泥、海水のサンプリングを行い、分析室に持ち帰り分析を行った。

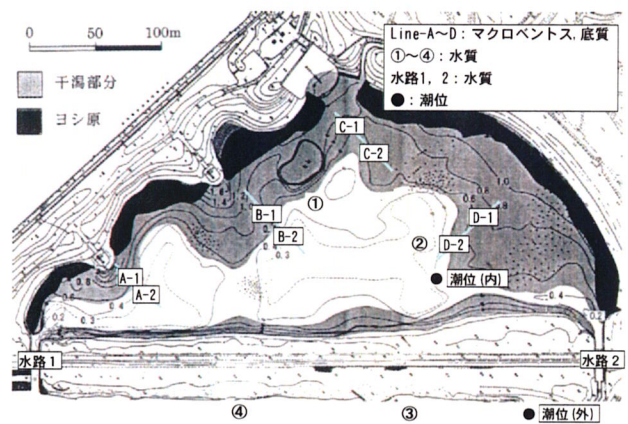


図-3 調査地点と項目

a) マクロベントス

マクロベントス調査は6月26日、8月21日、12月11日の計3回実施した。図-3のように、干潟内にLine-A~Dを設置し、潮間帯中部を1，“潮間帯下部から潮下帯上部の範囲”を2として地点を設置した。調査地点の決定は、岩、杭等を基準とし、歩測により行った。上記の地点において、25×25×25cmの底泥を採取し、篩（1mmメッシュ）にかけ、篩に残った生物をエタノールで固定し、多毛類、二枚貝類、甲殻類、腹足類に分類し、湿重量を調査した。

また、文献⁵⁾を参考にし、マクロベントスの種類数を調査し、生物の多様性について評価した。

b) 底質

底質調査は8月21日に実施した。調査地点はマクロベントス調査と同じ地点で行った。表層（25cm以内）の底質を適当量採取し、強熱減量（JIS A 1202）、組成粒度（JIS A 1204）、土粒子密度試験（JIS A 1226）を実施した。

c) 水質

水質調査は6月26日、8月21日、12月11日の計3回実施した。図-3中の地点①～④において、採水と水質計によって、干潟内と干潟外の水質を比較した。

また8月20～21日にかけて、2潮汐間に水路を流れる水の水質観測を行った。水質計による調査と目視による表層の流向の観察を1時間毎に、採水を2時間毎に行った。水質計はアレック社製の多項目水質計AAQ1183を使用し、電気伝導度、塩分、溶存酸素量（DO）、pH、クロロフィルa、濁度を測定した。採取した水は保冷して分析室に持ち帰り、化学分析（吸光光度法）によって、リン酸態リン（PO₄-P）、アンモニア態窒素（NH₄-N）の分析を行った。

図-3中に示す●の地点においては、干潟内外の潮位を比較する為に、観測器（堀場製作所製：W-22XD）を設置し、2潮汐間（8月20～21日）の潮位変動と水温、DO、塩分を測定した。

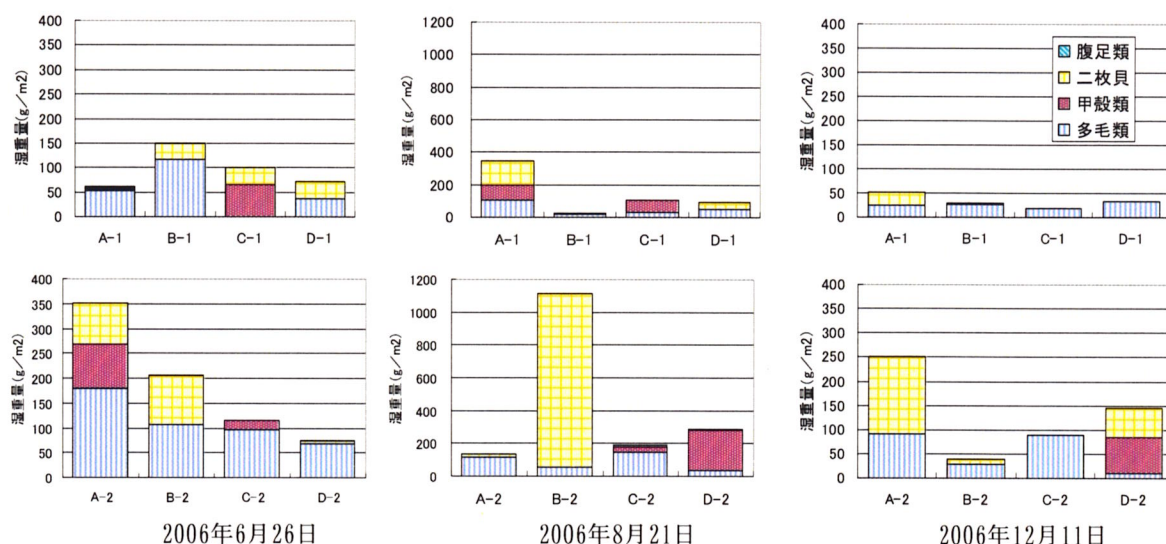


図-4 マクロベントス地点別湿重量（上段：潮間帯中部，下段：潮間帯下部から潮下帯上部の範囲）

3. 調査結果と考察

(1) 干潟のマクロベントス相の観測

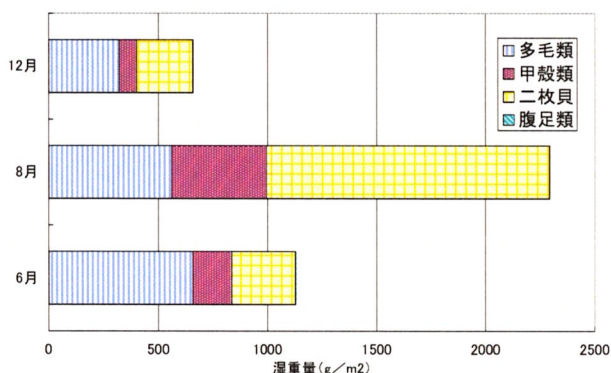


図-5 マクロベントス湿重量の季節変動

図-4に示すとおりマクロベントスは概して、“潮間帯下部から潮下帯上部の範囲”に多く出現する傾向が見られた。また、図-5に示すように干潟全体の季節的な変動を考えると、夏季にホンビノスガイ、ムラサキガイ等の大型の二枚貝類が出現し、湿重量が最大になった。冬季には全種類の生物の出現率が低くなり、湿重量は最小となった。年間を通して安定した湿重量を保っていたのが、多毛類であった。夏季においては二枚貝類が湿重量において多毛類を上回ったが、個体数はさほど多くなかった。このことから、野鳥公園干潟の優占種は多毛類であると言える。また、目視観測によりヤマトオサガニやチゴガニ等の甲殻類も数多く確認できた。腹足類については、殆ど確認することが出来なかった。この理由として、マクロベントスは後述する底質の粒度特性に影響を受けていることが推察される。野鳥公園干潟は夏季においては二枚貝類が増加するが、概ね堆積物摂食者

（多毛類や甲殻類）が繁栄しやすい環境が形成されていると言える。

(2) 東京湾内の干潟との比較

対象人工干潟の環境を明確にする為、東京湾内に存在する干潟を対象に、マクロベントスと底質の比較を行った。比較対象は文献⁶⁾を参考にし、葛西沖人工渚、お台場海浜公園、城南大橋、森が崎の鼻の4つの人工干潟を選定した。図-6にそれぞれの所在地を示す。調査結果は出来る限り同じ時期のものを選定した。

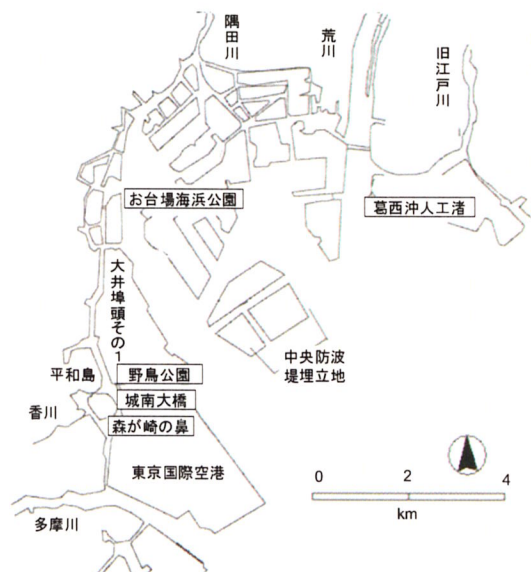


図-6 比較対象干潟の所在図⁶⁾

a) 底質の比較

それぞれの干潟底泥の粒度組成と強熱減量の比較を図-7に示す。これによると野鳥公園干潟は比

較的泥分が多い砂泥質の干潟であり、強熱減量の値が高い干潟であることが分かる。野鳥公園干潟は閉鎖性の高い水域であることから、波浪の影響を受けにくく、泥分が沖合に流されず、有機分が堆積しやすい環境が形成されていることが考えられる。

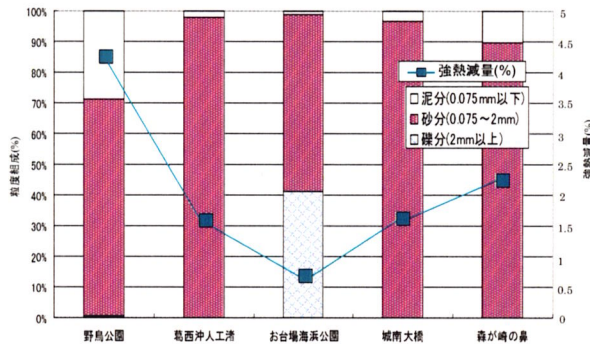


図-7 底質の比較⁵⁾

b) マクロベントスの比較

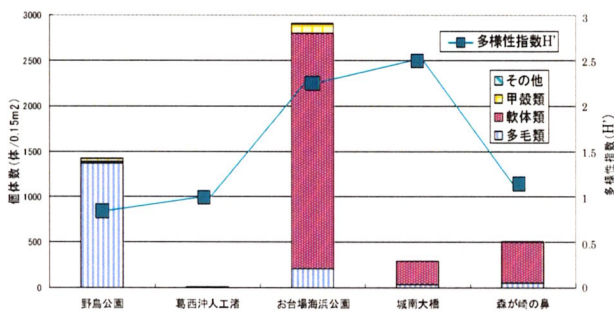


図-8 マクロベントスの比較 (夏季) ^{5), 6)}

それぞれの干潟の単位面積当たりのマクロベントスの個体数と、生物多様性指数の比較を図-8に示す。野鳥公園干潟のマクロベントス個体数については文献⁵⁾を参考にした。

生物多様性指数に関しては、次に示すShannon-Weaverの関数 (H') を用いた。

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

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 i の個体数である。 H' は種類の豊富さと個体数の均衡を表す指数であり、 H' の値が高いほど種の多様性が高く安定した生物群集であることを示す⁴⁾。

図-8から野鳥公園干潟はマクロベントスの個体数は多いが、多毛類の占める割合が非常に高く、生物多様性指数 H' が1.0を下回ることから、多様性が著しく低い干潟であることが分かる。野鳥公園干潟は底質中の有機分が高い為、二枚貝類等の軟体類が少なく、堆積物摂食者、特に多毛類が繁

栄しやすい環境を形成していることが考えられる。

(3) 2 潮汐間における水質変化の観測

夏季 (2006年8月20~21日) における干潟内外での潮位観測の結果を図-9に示す。このグラフから海水は、上げ潮時に干潟内に流入し、下げ潮時に干潟内から流出するが、干潟外の潮位が、干潟内の最干潮位に達しないと、干潟内に水が流入しないことが分かる。また、干潟外の潮位が干潟内の最干潮位を下回る場合は、少量ではあるが流出していくことが分かる。

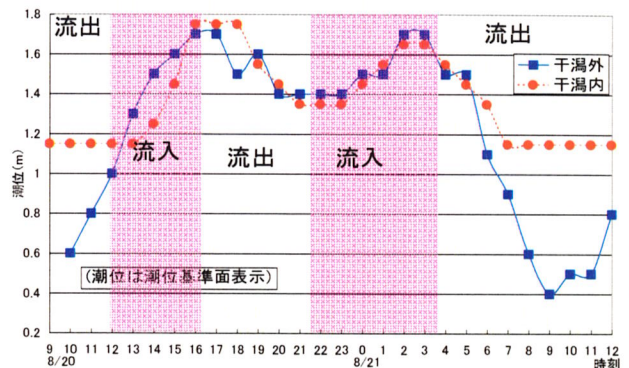


図-9 干潟内外の潮位変動と水路内の流向

夏季に行った水路内における 2 潮汐間水質連続観測の結果を図-10 (a), (b), (c), (d), (e), (f) に示す。水温は流出時には高い値を示すが、流入時には減少する傾向が見られた。また塩分に関してはほぼ一定の値を示しているが、水温の減少に伴い僅かに減少する傾向が見られた。これにより、干潟内に流入してきた海水は日射光によって温められ、水温・塩分が上昇し流出していくことが分かる。

DO, pH, クロロフィルaに関しては同様の変動傾向を示し、流入時に上昇、流出時に下降傾向が見られた。これは干潟外から、DO, pHの高い海水が干潟内に流入するが、ベントス、魚類の呼吸や、底質中の有機物やバクテリアによって、干潟域でDOが消費され、干潟外へ流出していることが考えられる。また、クロロフィルaもDOと同様に、濃度の高い海水が流入し、干潟域で動物プランクトン、ベントス等によって摂食され、流出していくことが考えられる。よってこの結果から、干潟外では植物プランクトンの光合成によりDO, pH, クロロフィルaが生産されるが、干潟内は、ベントス、魚類、動物プランクトン等の活動や底泥の巻上げの影響により、植物の1次生産能力が低い環境であることが推察できる。

濁度については、干潟外が最干潮位に達し、上げ潮時に移行する時間帯に高い値を示した。これは水路内の水深が低くなり、SS濃度が高くなったことが原因と考えられる。

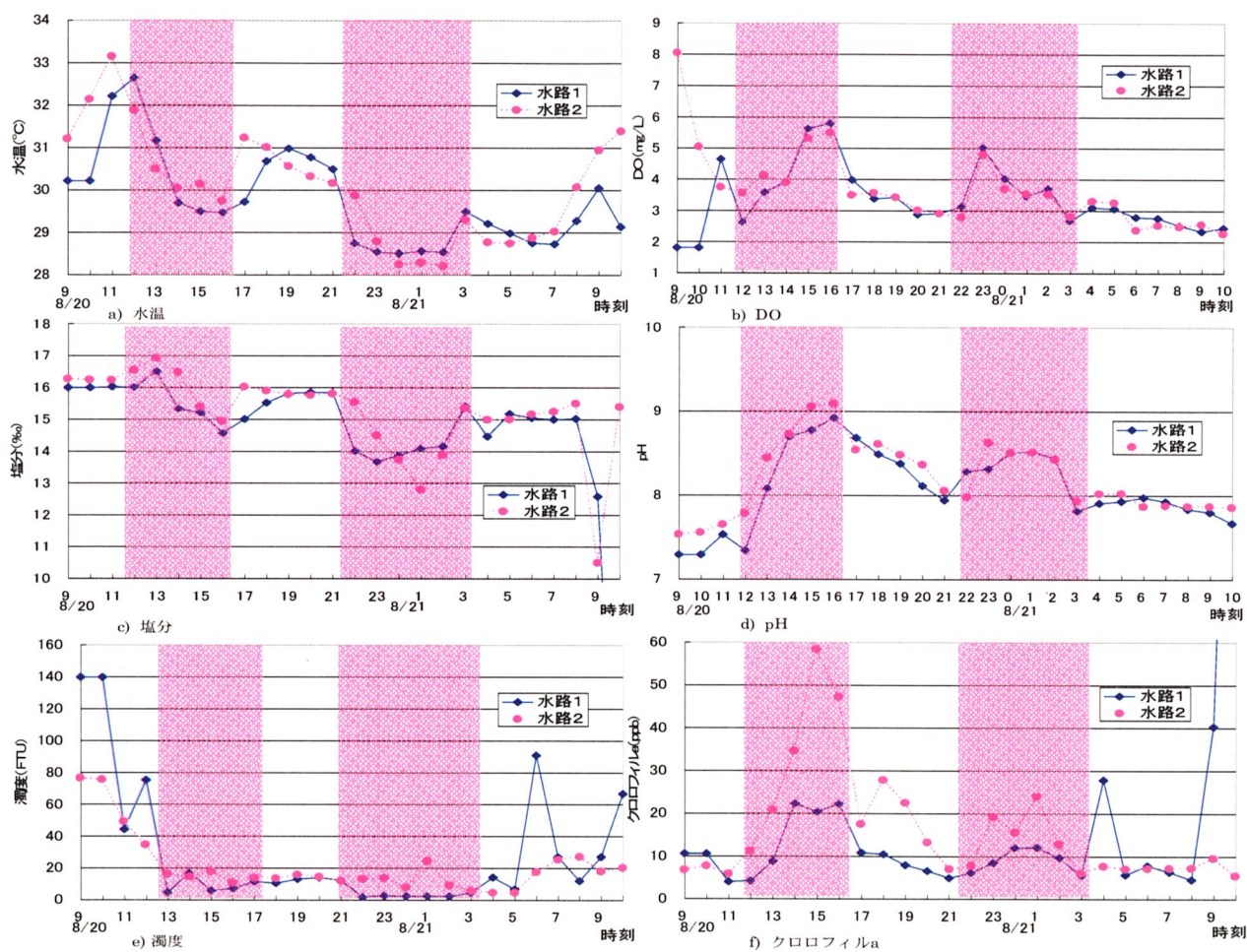


図-10 潮汐に伴う水路内の水質変化

(3) 干潟域における物質 Flux

図-9の干潟内潮位と図-3の干潟地形図により、単位時間あたりに干潟に流入出する水量を求めた。さらに、観測によって求めた水質の濃度から $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、クロロフィルaのFlux量を計算した。

a) Fluxの計算方法

図-3の干潟地形図を基に、プランニメーターを使用し、各地盤高に応じた干潟面積を読み取った。面積と地盤高から次式を利用し、干潟容積 V を推定した。

$$V_n = \frac{h_n}{3} (A_n + A_{n+1} + \sqrt{A_n A_{n+1}}) \quad (2)$$

ここに、 A ：干潟面積、 h ：地盤高、 V ：干潟容積とする。式(2)は図-11のように潮間帯の干潟地形を地盤高に応じて n 層に分割して容積を求める計算式である。この式が成り立つ条件は上面積と下面積が相似($A_n \propto A_{n+1}$)である。実際にはこの条件は成立していないが、近似計算として式(2)を用いて干潟の容積計算を行った。

以上の計算から、図-12のような容積 V と潮位 h との関係が得られた。ただし、干潟内最干潮位(=1.15m)で基準容積(=0 m^3)としたものである。

図-9の干潟内潮位の変動から、干潟に存在する水量の変化量を求め、単位時間あたりに干潟に流入出

する水量のFlux量を計算した。

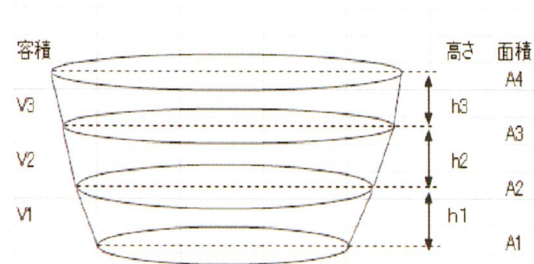


図-11 干潟地形(潮間帯)の近似モデル図

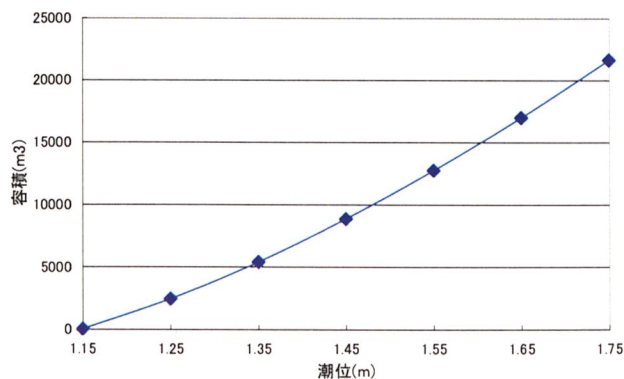


図-12 容積 V と潮位 h との関係(潮間帯)

さらに、水路1, 2において同時刻で出入りする流量は等しいもの（1つの水路の流量は全流量の1/2）として、水路内の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、クロロフィルa濃度の観測結果から、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、クロロフィルaのFlux量を計算した。

b) 物質Fluxの計算結果

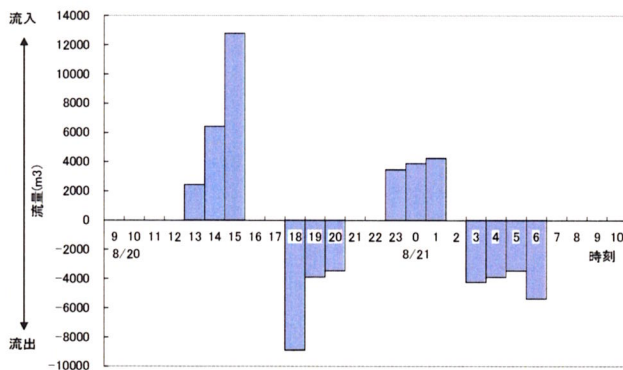


図-13 干潟域における水量のFlux計算結果

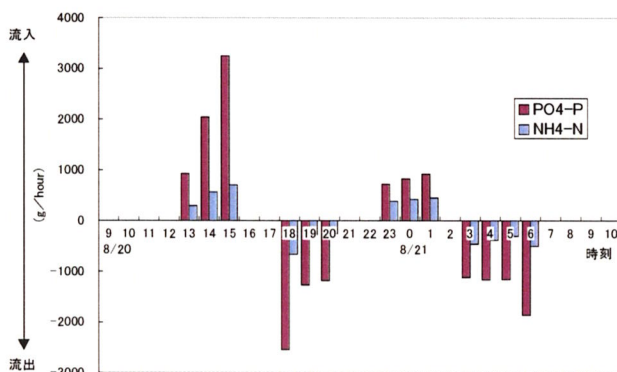


図-14 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ のFlux計算結果

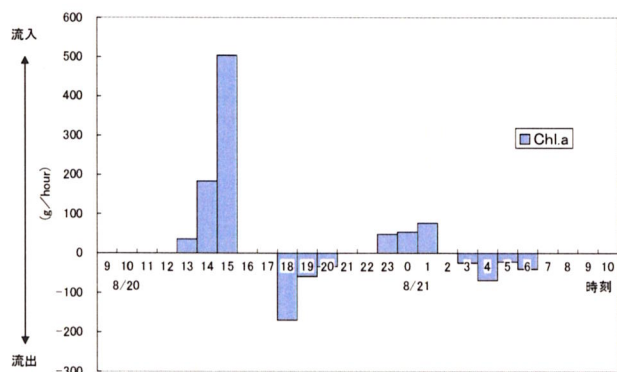


図-15 クロロフィルaのFlux計算結果

図-13に1時間あたりに流入出する水量の計算結果を示す。流入量をプラス(+)とし流出量をマイナス(-)としている。図-14に $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ のFluxの計算結果を示す。これらの物質の2潮汐間でのFlux量を計算すると、 $\text{NH}_4\text{-N} = -27 (\text{g}/25\text{hour})$ 、 $\text{PO}_4\text{-P} = -1624 (\text{g}/25\text{hour})$ となり、値はマイナスとなった。つまり、無機栄養塩は流入量より流出量の方が大きく、干潟内で生産されていることが分かった。

また、クロロフィルaについては図-15のようになり、クロロフィルa = $+481 (\text{g}/25\text{hour})$ となった。クロロフィルaについては流入量が多く、干潟内で消費されていることが分かった。干潟内は濁度が高く、有光層が狭いことから、植物の1次生産が低い環境であることが考えられる。その為、干潟内は植物プランクトンや微細藻類による無機栄養塩の吸収が少なく、ベントスや魚類、鳥類の排泄・呼吸や、底泥からの無機栄養塩の溶出効果が高い環境であることが考えられる。

5. まとめ

本調査研究で得られた主要な結果を以下に示す。

(1) 環境特性について

野鳥公園干潟は、砂泥質の人工潟湖干潟を形成しており、閉鎖性が高く波浪の影響が少ない為、底質中に有機分が堆積しやすい。その為マクロベントス相においては堆積物摂食者である多毛類が高い割合を占めていた。また、生物の現存量は高いが、多様性が低い干潟であることが言える。

(2) 水質変化について

干潟域での2潮汐間におけるFlux計算の結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ については流出量が多く、干潟域で生産されており、クロロフィルaについては流入量が多く、干潟域で消費されていることが明らかになった。このことから、野鳥公園干潟は1次生産量が低く、動物からの排泄、底泥からの無機栄養塩の溶出効果が大きい環境であることが考えられる。

謝辞：水質分析にあたって港湾空港技術研究所の三好英一氏にご指導を頂いた。また現地調査にあたり、東京港野鳥公園関係者の方々、武蔵工業大学水圏環境工学研究室村上班（2006年度卒、及び修士）のメンバーに、多大なる協力を得たことを深く感謝致します。

参考文献

- 1) 香原知志：科学で環境探検 どうなる東京湾の干潟の生き物、大日本図書、1999。
- 2) 海の自然再生ワーキンググループ著：海の自然再生ハンドブック：その計画・技術・実践 第2巻干潟編、pp. 5-33、ぎょうせい、2003。
- 3) 国分秀樹・奥村宏征・高山百合子・湯浅城之・上野成三：英虞湾の浚渫ヘドロを用いた人工干潟における潮汐に伴う水質変動の連続観測、海岸工学論文集、第53巻、pp. 1231-1235、2006。
- 4) 矢持進・神保幸代・藤原俊介・小林愛実・前畑友香・清水広之：海水導入工による底質を底生動物相の改善に関する研究—大阪南港野鳥公園 南池—、海洋開発論文集、第21巻、pp. 653-658、2005。
- 5) 日本野鳥の会：平成17年度 東京港野鳥公園環境調査指導等業務委託実施報告書、pp. 42-45、2006。
- 6) 東京都環境科学研究所 編：東京都環境科学研究所年報、pp. 41-64、85-95、2006。