

人工干潟における底生動物生息環境の改善に関する実証実験

市村 康¹・木幡邦男²・木村賢史³
小泉知義⁴・樋渡武彦⁵

干潟等の浅海域は、多様な生物の生育・生息の場、高い水質浄化機能を有する場として近年特に注目を集めている。そこで、これらの機能の創出について検討するために、人工的に干潟を東京都内湾の運河沿いに造成し検討を行ってきた。本実証実験では、底生動物の生息環境の改善を目的として、人工干潟（以下：干潟）の潮上帯より岸側の潮汐の影響を受けない地盤高の位置に貯水槽を設け干潟内に常時給水する装置を導入することにより、その効果を検証した。その結果、潮上帯上部に設けた給水装置により、干潟潮上帯付近における砂泥の保水性を高め地温の変動を抑えることができ、底生動物の生息環境の改善につながることがわかった。

1. はじめに

日本の都市の多くは沿岸域に位置あるいは隣接しており、都市機能の発達に伴い、沿岸域の開発が求められており、その様相が大きく変化してきている。近年、自然との共生と再生を目指した自然再生法が制定され、多くの地域で干潟や藻場等の自然環境の保全（現状の自然を維持すること）・再生（過去の自然を回復すること）・創出（変化した環境条件や社会条件に応じて新たに自然を創り出すこと）が行われてきており、その機能についても明らかにされつつある（木村ら、1992；西村ら、1998；桑江ら、1999）。

干潟等の浅海域は、多様な生物の生育・生息の場、高い水質浄化機能を有する場として近年特に注目を集めている。そこで、これらの機能の創出について検討するために、人工的に干潟を東京都内湾の運河沿いに造成し検討を行ってきた（木村ら、2002；東京都環境局ら、2005）。

都市近郊に造成される人工干潟などは、造成の場所や費用の関係から、自然干潟に比べて広大な面積を有することは少なく、比較的小規模の面積であり、しかも造成費用や場所の制約から自然干潟に比べ急勾配となることが多い。よって、潮下帯から潮上帯にかけての環境勾配が急となり、生物相の変化が著しい。特に、潮上帯付近の冠水時間の短い砂質を多く含んだ干潟の底面表層においては、保水性が少なく、更には地温の変化が激しく、底生動物の生息に大きな影響を与えている。

そこで、本実証実験では、底生動物生息環境の改善を目的とし、人工干潟（以下：干潟）の潮上帯より岸側の潮汐の影響を受けない地盤高の位置に貯水槽を設け干潟内に給水する装置を製作し、その効果を検証した。

2. 実験概要

(1) 地点概要

干潟は、東京都立大井中央海浜公園の地先に幅 20 m、長さ 30 m 馬蹄形で造成し、波浪による侵食を防ぐために直径 30～80 cm の自然石の堤で囲んだ（図-1）。干潟は、底質の粒径の大きさによる違いをみるために山砂と洗砂で 1999 年 7 月に造成した。山砂はシルト・粘土分が多く比較的細かい砂が多く、洗砂はシルト・粘土分が山砂より少なく比較的粗い砂が多い。なお、干潟の勾配は 1/10 である。

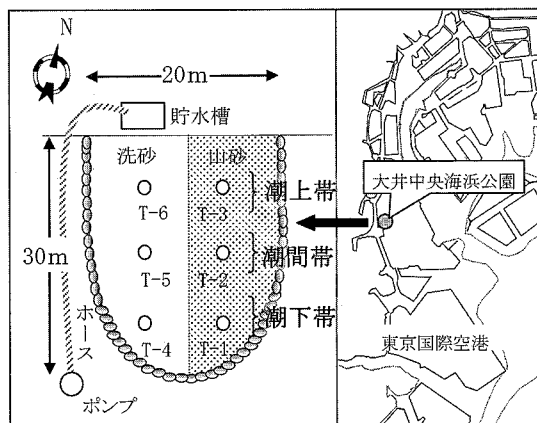


図-1 人工干潟

(2) 給水装置概要

給水装置は、図-2 に示すように山砂と洗砂の干潟中心境界に仕切り板を設け、洗砂側の潮上帯より岸側の潮汐の影響を受けない位置に 1 m³ の貯水槽を設置した。また、干潟外の常時冠水場所より 80 l/min の給水ポンプを設置した。給水は、貯水槽水位がある一定以下になるとはじめ、ある一定以上になると停止するように製作し、7 月～10 月まで給水実験を行った。

1 正会員 博(工) 日本ミクニヤ(株)事業本部長
2 理博 (独) 国立環境研究所水圏環境研究領域長
3 正会員 工博 東海大学教授海洋学部海洋生物学科
4 日本ミクニヤ(株)情報部
5 農博 (独) 国立環境研究所水圏環境研究領域

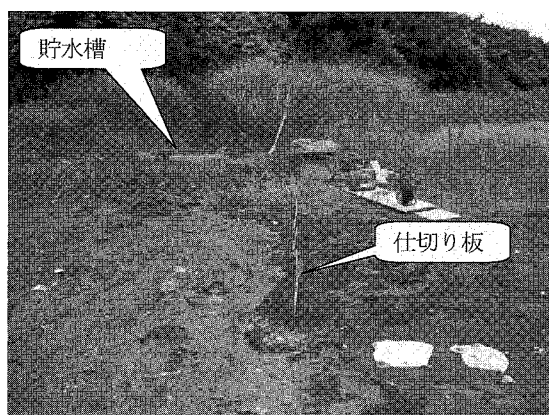


図-2 貯水槽と仕切り板

(3) 測定概要

測点は、山砂の潮下帯 (T-1)、潮間帯 (T-2)、潮上帯 (T-3)、洗砂の潮下帯 (T-4)、潮間帯 (T-5)、潮上帯 (T-6) に底質別に各3地点設定した。

地温の測定は、各測点の表面から -3 cm、-5 cm において 2001 年にデジタル温度計 (Tidbit) で、2005 年にデジタル温度計 (サーモクライン) でそれぞれ潮間帯および潮上帯の測点で測定した。なお、気温・水温もあわせて測定した。測定は、2001 年の 8 月～9 月と 2005 年の 7 月～10 月に行った。

また、底生動物は、各測点において 0.22 m × 0.22 m の枠を用いて 3 回採取し、種類数・個体数・湿重量の分析を行った。

3. 結果と考察

(1) 底生動物の変遷

a) 個体数

図-3 は底生動物の個体数の経年変化を示す。図には、潮下帯の T-1、T-4、および潮上帯の T-3、T-6 の 4 点を示す。造成後 1 年目の 2000 年夏期には T-6 の測点を除いて観測期間の最大値を示し、その後減少する傾向にあった。2002 年以降、潮上帯の T-3 では 200 個体数/0.15 m²以下で、潮上帯の T-6 では 150 個体数/0.15 m²以下で推移しており、いずれの測点も潮下帯の測点より少ない値で推移していた。このことは、潮上帯は潮下帯に比べて潮汐の影響を受けにくく、干出する時間が長く、底生動物の生息環境の変化が激しく生息環境としては不適であることを示している。

b) 湿重量

図-4 は底生動物の湿重量の経年変化を示す。図には T-1、T-3、T-4 および T-6 の 4 点の変化を示す。造成後 1 年目の 2000 年夏期に、T-6 の測点を除いては観測期間の最大値を示した。その後、T-4 の測点を除いては 10 g/0.15 m²以下で推移しているが、T-4 ではしばしば 30 g/0.15 m²を超える値が認められた。これは、マガキ、コウロエンヒバリガイの堤からの脱落やアサリなどの影響によるものであった。

個体数および湿重量は、潮上帯にあたる T-3 および T-6 では、ともに潮下帯の T-1 および T-4 に比較して

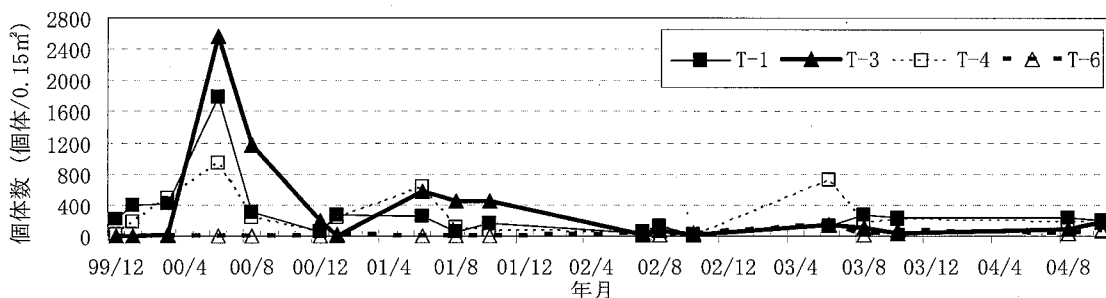


図-3 底生動物の個体数の経年変化

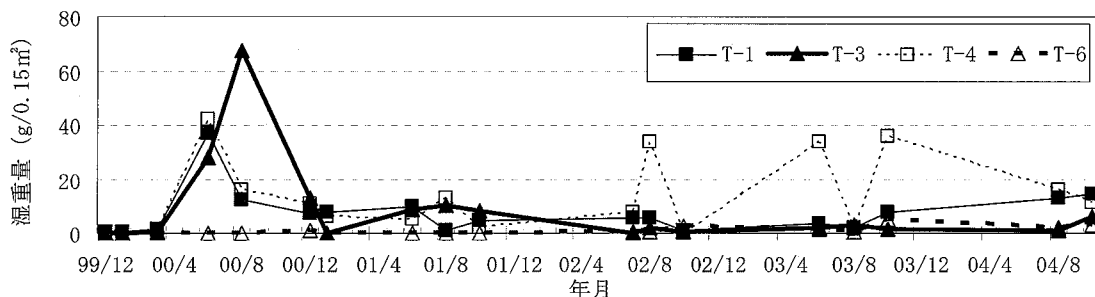


図-4 底生動物の湿重量の経年変化

数および量ともに少なく生息環境としては不適であることを示している。

(2) 実験による底生動物の変化

a) 個体数

図-5は、給水装置を設置稼動させた2005年における結果を示す。図に示すようにT-6の洗砂における個体数は9月に向け減少しているものの、9月20日で345個体数/0.15m²を示し、2002年以降150個体数/0.15m²以下で推移していた値(図-4)を上回った。また、T-3の山砂においては7月22日に165個体数/0.15m²と200個体数/0.15m²を下回るものの、その後増加し9月20日には384個体数/0.15m²とT-6よりやや多い個体数となった。装置稼動時の7月8日においてT-6で1,157個体数/0.15m²と2000年からの観測結果で最も多い値であった。T-3でも597個体数/0.15m²と2000年6月の2560個体数/0.15m²について多い値であり、これまでより個体数が多かった。T-3においては図-3に示すように夏期に個体数の多い年もみられるが、T-6にはみられず、これまでと比べて大きな変化であったといえる。ここで、7月8日以前の2週間の降水量をみると、2000年からの5年間で最も多く170mmと2003年の約3倍、2004年の約7倍と多い年であり、この結果、実験開始の7月8日の個体数の観測結果が多くなったものと考えられる。しかし、その後の降水量をみると、図-6に示すように2005年が特

に多いわけではなかった。T-6における個体数は徐々に減少しており、T-3のように7月下旬に3分の1になるようなことはなく、急激な変化はみられない。

図-7は、2000年より行っている8月のデータを抽出したものである。T-3の山砂では2000年に最も多く1,182個体数/0.15m²で、2002年に最も少なく68個体/0.15m²を示した。一方、T-6の洗砂では2001年は出現がみられず、2000年は1個体数/0.15m²であった。給水装置を設置した2005年では、T-3で255個体/0.15m²と2004年の93個体数/0.15m²の約3倍、貯水槽を設置した側のT-6で780個体数/0.15m²と2004年の40個体数/0.15m²の約20倍と両測点で増加した。特に、T-6の増加は著しく、これはゴカイ類の著しい増加によるものであった。

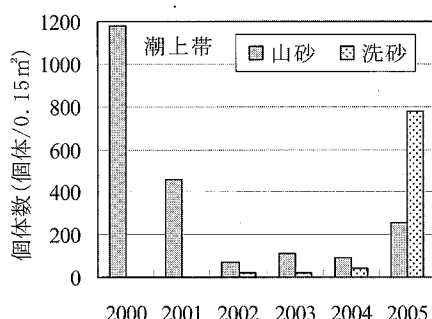


図-7 2000～2005年における8月の個体数の経年変化

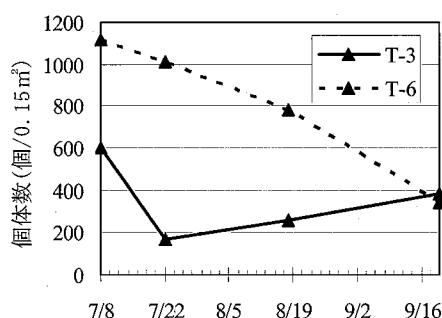


図-5 2005年における個体数の経日変化

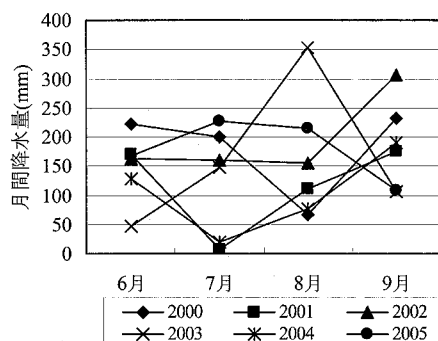


図-6 2000～2005年の6～9月までの月間降水量

2005年は2004年と比較して、T-3、T-6いずれも個体数は増加しており、降雨量との関係も考えられるが、T-6の増加は約20倍とT-3の増加の約3倍に比べて大きく、しかも、T-3よりT-6で個体数が上回り、これまでとは逆の傾向であり、貯水槽を設置し干潟に給水を行った効果が少なからず現れていると推察された。以上のことから、貯水槽を設置したことにより、常時に干潟面に給水が行われ、生息環境の著しい変化を抑えることができ、底生動物の個体数の急激な変動を抑制できたものと考えられる。

b) 湿重量

図-8は、給水装置を設置稼動させた2005年における結果を示す。図に示すようにT-3およびT-6ともに8月にかけて減少し、8月18日および9月20日にはこれまでと同様に10g/0.15m²以下となった。装置稼動時の7月8日においては、T-6では48.4g/0.15m²とこれまでの観測結果で最も多い値であり、T-3においては14.2g/0.15m²と2000年6月の67.3g/0.15m²に次いで多い値であった。これは7月8日以前の2週間の降水量により個体数同様多くなったものと考えられる。8月18日以降は、2000年の観測結果と変わりなく10g/0.15m²以下の値となった。

図-9は2000年より行っている8月のデータを抽出したものである。T-3の山砂では2000年に最も多く67.3

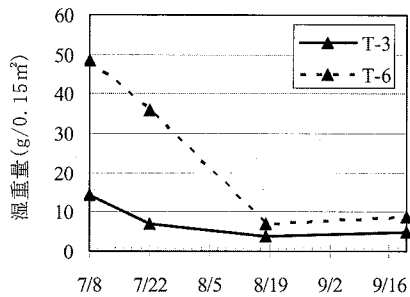


図-8 2005年における湿重量の経日変化

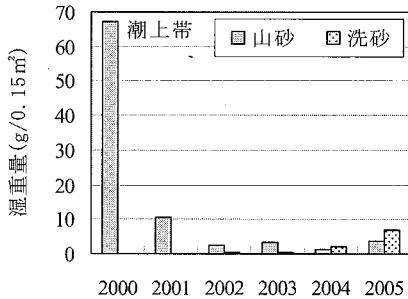


図-9 2000～2005年における8月の湿重量経年変化

g/0.15 m²で、2004年に最も少なく1.0 g/0.15 m²を示した。T-6の洗砂では、給水装置を設置した2005年で、6.8 g/0.15 m²と最も多い値を示した。

2005年は2004年と比較してT-3およびT-6でも湿重量は増加しているが、T-6で4.6 g/0.15 m²程度の増加であり、著しい増加とはいえない。これらのことより、給水装置を設置した効果は、ゴカイなどの比較的小さな生物に影響を及ぼしたため、湿重量への影響は小さかったものと考えられる。

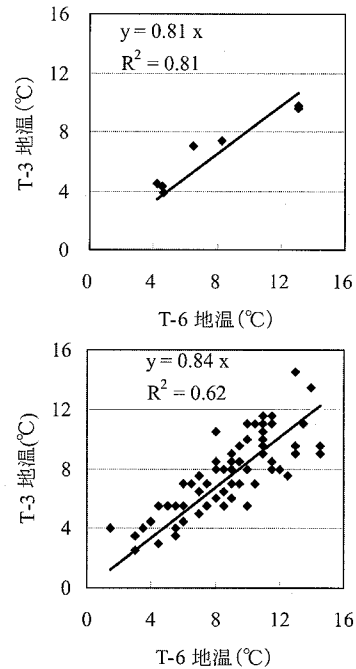
(3) 干潟表面地温

山砂と洗砂の2004年に行った土質試験結果は、密度は山砂 2.70 g/cm³、洗砂 2.72 g/cm³とほぼ同じ値を示した。シルト・粘土分は山砂 12.7%に対して洗砂 8.7%で、砂分は山砂 81.3%に対して洗砂 85.3%であった。山砂と洗砂の密度は同じであるが、シルト・粘土分の含有量に4%程度の違いがあるといえる。

図-10は、洗砂と山砂の地温の2001年と2005年における日較差の相関を示したものである。傾きをみると、2001年では洗砂と山砂で0.81になっており、2005年では、洗砂と山砂で0.84となった。2005年は、2001年に比べてわずかではあるが洗砂と山砂の日較差が小さくなった。このことは、2005年に、給水装置を設置し干潟に給水を行った結果、比熱の大きい海水が干潟底面に供給されたためと考えられる。しかしながら、シルト・粘土分の4%程度のわずかな違いが底質の比熱に影響を及ぼし、どの程度生物の生息に影響を与えるかの詳細につ

いては今後の課題である。

これらの結果より、貯水槽を設け干潟に給水を行うことが、保湿性を高め地温の変動を抑えることになり、結果的に干潟の底生動物の生息環境を改善することにつながったものと考えられる。特に、生息環境に大きく影響を受けるゴカイなどの底生動物にはプラスの影響を与え、個体数の増加を招いたものと考えられる。

図-10 T-6（洗砂）とT-3（山砂）の地温の日較差
上段：2001年，下段：2005年

自然干潟の後背地の湿地帯などは、干潟に給水する機能があり、このことが生物の生息域を広げることにつながっているといえる。都市近郊に造成される干潟においては用地確保などの難しい問題はあるが、多様な生物の生育・生息の場、高い水質浄化機能を高めるのであれば、後背地を確保し干潟に何らかのシステムで給水できるようにすることが望ましいと考えられる。

4. モデルによる検討

地温は、底生動物の生息に大きく影響を与えている。そこで、給水施設の設置による環境の改善が、地温に与える影響を検討するため、地点T-3とT-6の2005年の地温についてシミュレーションを行った。給水装置の影響は、含水率によって検討した。モデルは山本ら（1994）の鉛直1次元温度予測モデルを参考にした。モデルは土層条件、気象条件、潮位などを入力し、水面に対する熱量の授受計算ならびに熱伝導差分式を計算し、一定時毎に地温を出力する。水面の熱収支量 Q_n を次式で求めた。

$$Q_n = (Q_s - Q_{sr} + Q_a - Q_{ar}) - (Q_{br} - Q_e + Q_c) \quad (1)$$

Q_n : 水面の熱収支, Q_s : 日射量, Q_{sr} : 日射の反射量
 Q_a : 長波放射量, Q_{ar} : 長波反射量, Q_{br} : 長波逆放射量
 Q_e : 蒸発潜熱量, Q_c : 熱伝導顕熱量

$$Q_{sum} = Q_n * 2^{z_2} / (z_1 + z_2) \quad (2)$$

$$\Delta H_a = (z_2 - z_1) * (H_{off} - H_1) / z_2 \quad (3)$$

$$H_2 = H_1 + \Delta H_a + Q_{sum} * \frac{\Delta t}{z_2} \quad (4)$$

Q_{sum} : 下げ潮時の表面水温熱収支, z : 水深, H : 水温,
 ΔH_a : 上げ潮時の水温上昇量, H_{off} : 沖の水温, Δt : 計算時間間隔

なお, 干潟面は湿潤状態にあり, 底質の含水率が飽和状態から 20% までは水面の蒸発と同程度とみなせることから, 山本ら (1994) と同様に, 干出時も干潟表面に 1 cm の水深があると仮定した. 下層への熱伝導は差分化した次式を用いた.

$$u_i^{n+1} = k_i / c_i \rho_i \Delta t / (\Delta z)^2 * (u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n) + u_i^n \quad (5)$$

u : 地温, i : 層数, c : 比熱, ρ : 密度, k : 熱伝導率
 Δz : 層厚, Δt : 時間間隔, η : 計算ステップ数

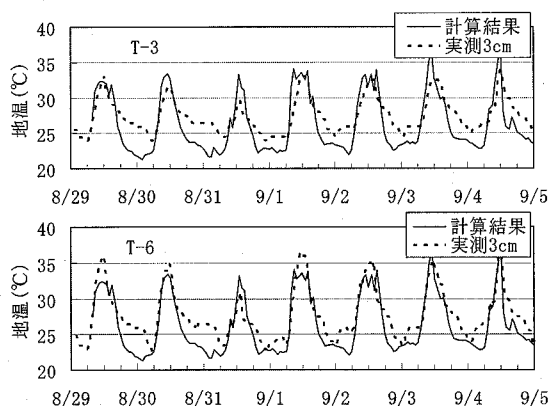


図-11 T-3, T-6 の地温再現結果

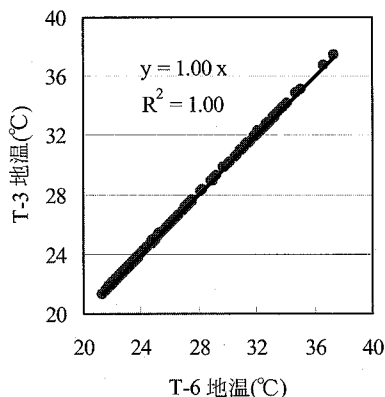


図-12 地温再現計算のT-3, T-6 の相関

再現計算結果を図-11 に示す. 地温が上昇する日中は再現性が良いといえるが, 夜間にかけて実測値より低下した. これは, 風速などの入力条件が, 東京 (都心) のデータを用いたため, 現地の条件と特に風速などが異なり, 夜間の干出時には蒸発による温度低下などが過大に評価されたためと考えられる.

本モデルに用いた係数の中で含水率の差は, 比熱, 熱伝導率等に影響を与えるが, 今回は T-3 (含水率 25.5%), T-6 (30.4%) の地温計算結果に差が現れなかった (図-12). これは, 給水装置による干潟底面への給水は水平的な流れであり, 鉛直 1 次元モデルでは水平方向の熱の移動など, 干潟における熱収支を完全に再現していないことなどが原因と考えられる. 今後 2 次元モデルを用い, さらに検討を行う必要がある.

5. ま と め

本実証実験では, 底生動物生息環境の改善を目的とし, 人工干潟 (以下: 干潟) の潮上帯より岸側の潮汐の影響を受けない地盤高の位置に貯水槽を設け干潟内に給水する装置を製作し, その効果を検証した.

その結果から, 潮上帯上部に設けた給水装置により, 干潟における保湿性を高め地温の変動を抑えることができ, 底生動物の生息環境の改善を行えることがわかった.

干潟の生物の生息環境を改善するためには, 後背地からの給水が重要であると考えられる. 都市部に造成されることが多い人工干潟においても, 用地確保など難しい問題があるが, 生物生息を目的とするのであれば, 干潟に給水ができるような後背地や施設が必要であるといえる.

謝辞: 大井人工干潟における実験では, 東京都港湾局防災事務所には人工干潟の占有を許可して頂き, (財) 東京都埠頭公社には使用にあたり便宜を図って頂いた. また, 多くの関係の方々に協力を頂いた. ここに, 記して感謝する.

参 考 文 献

- 木村賢史・三好康彦・島津暉之・紺野良子・赤澤豊・大島奈々子: 人工干潟 (干潟) の浄化能について, 東京都環境科学研究所年報, pp. 124-134, 1992.
- 木村賢史・市村康・坂巻隆史・西村修・稲盛悠平・木幡邦男・須藤隆一: 人工干潟における水質浄化機能に関する解析, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 1306-1310, 2002.
- 桑江朝比呂・中村由行・三好英一・野村宗弘・細川恭史: メソコスム実験による水底質変化に対する沿岸干潟生態系応答に関する研究, 環境保全研究成果集, Vol.1999, No.3, pp. 79.1-79.9, 1999.
- 東京都環境局, 日本水環境学会: 自然を活用した水環境改善実証事業評価検討調査報告書, 2004.
- 西村 修・木村賢史・山田満男・稲盛悠平・須藤隆一: 人工干潟が水質浄化機能に及ぼす影響の数値モデルによる解析, 日本沿岸学会論文集, No.10, pp. 137-149, 1998.
- 山本正昭・川俣茂: 干潟の物理環境 (地温と地盤高の変動) の観測, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 1021-1025, 1994.