

大阪湾奥の閉鎖性水域に造成した捨石堤で囲われた 干潟の効果と課題

石 垣 衛* ・大塚 耕 司** ・桑江朝比呂***
中村由行****・上月康則*****・上嶋 英 機*****

尼崎港の環境修復を目的に、『捨石堤で囲われた干潟』の造成効果について現地実験を実施した。尼崎港のような富栄養化の進行した海域では、水質浄化や生物生息空間の再生に加え、市民が憩う親水域の創出が望まれている。本論では、捨石堤で囲われた実験海域を造成し、透明度の高い親水域の創出を試みた。さらに、堤内域に多様な物質循環機能を付加する目的で干潟を造成し、その効果を現地調査結果より評価した。その結果、透明度の高い親水域の創出は可能であるものの、堤内域に対して底生生物の加入が遅れることで付着藻類が繁殖し、有機物が蓄積されやすいという課題が抽出された。

1. 緒 論

大阪湾奥の沿岸域では、高度成長期以降の大規模な埋立により多くの浅海域が消失し、自然浄化能が低下した海域が形成されている。このような海域の環境修復には、水質浄化や生物生息場としての浅海域機能を再生することに加え、人と海が触れ合う透明度の高い親水空間を創出することが望まれている。大阪湾奥部に位置する尼崎港は昭和初期から大規模な埋立が進み、閉鎖性の強い海域が形成された場所である。港内は、運河や処理場を通じて陸域からの負荷が流入し続け、水質・底質が悪化しており、港内底層部では夏季に強い貧酸素水塊が形成されている。このような尼崎港において、2001 年度より港内の環境修復を目的とした各種技術の実証実験が実施され、各技術の最適な組み合わせによる港内の環境修復効果が検証されている。

本研究では、尼崎港内に透明度の高い親水空間を創出することを目的に、赤井 (1984) が提唱した多空隙を有する堤体で囲った海域を造成し、その効果を追跡調査した。さらに、透明度が高いと期待される堤内域に干潟を造成することで、富栄養化の進行した海域に『捨石堤で囲われた干潟 (以下、捨石堤干潟と表現)』を造成する効果を評価した。評価に際し、隣接して造成した『従来型の人工干潟 (以下、人工干潟と表現)』の追跡調査結果との比較を行った。

2. 実験施設および調査概要

(1) 実験施設

実験施設は、図-1 に示すように尼崎港内の南西域の隅角部に捨石堤干潟と人工干潟を隣接して造成した。施設の形状・規模を図-2 および、図-3 に示す。図-2 より、捨石堤干潟実験施設を構成する堤体は、粒径 150 mm

～200 mm の礫を蛇籠にて積み上げることで築堤した。堤体延長は約 41 m、堤体幅は、堤体前面で 4 m、堤体側面 で 1.5～2 m とした。また、堤体を通じて行われる堤内外域の海水交換は、堤体前面のみで行うことを目的に堤体側面に遮水シートを敷設した。堤内域は、幅 5 m、奥行き 10 m の矩形状の干潟を造成し、水深が満潮時には、最大 O.P.+2.1 m、干潮時には全域が干出する構造となっている。ここで、干潟地盤高を O.P.+0.75 m～O.P.+1.5 m の間で 4 段に造成し、各段毎に 25 cm 段差を設けることで隣接する人工干潟と同じ水深帯に潮間帯を設定したことに施設の特徴がある。

人工干潟実験施設の規模は長さ 35 m、幅 8 m、勾配 1/50 である (図-3)。施設は当該地区が軟弱地盤であることから、沈下による地形変化を最小にすることを目的に、既設の緩傾斜護岸の上に載せる方式で造成した。当該干潟は、既設護岸に囲まれた形状であることから、創出する干潟像を磯場の延長にある砂質干潟とし、二枚貝の生息に適した造成材 (粒径: 1 mm 以下、砂泥分: 砂 80%、泥 20%) を選択した。また干潟の地盤高は、二枚貝の生息に適するように、干潮時にも総面積の 1/3 が冠水するように設定した。

(2) 調査方法

実験施設造成直後から 1 年間 (2002 年 4 月～2003 年 3 月) で、水質・地形・底質・底生生物の調査項目を設け、

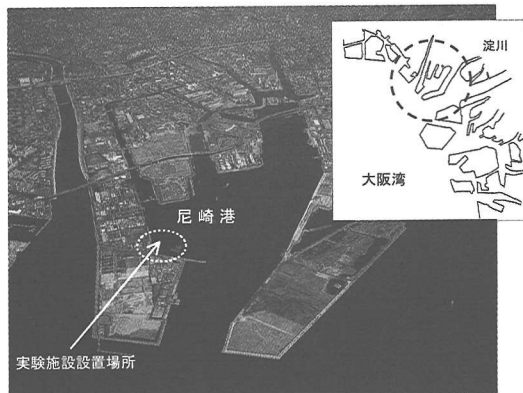


図-1 尼崎港位置図および実験施設設置場所

* 正会員 博(工) 関大林組 技術研究所
** 正会員 博(工) 大阪府立大学大学院 工学研究科
*** 正会員 博(農) (独法) 港湾空港技術研究所 海洋・水工部
**** 正会員 工 博 (独法) 港湾空港技術研究所 海洋・水工部
***** 正会員 博(工) 徳島大学大学院 工学研究科
***** 正会員 工 博 (独法) 産業技術総合研究所 中国センター

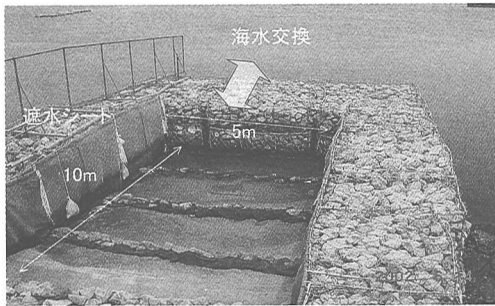


図-2 捨石堤干潟施設形状・規模

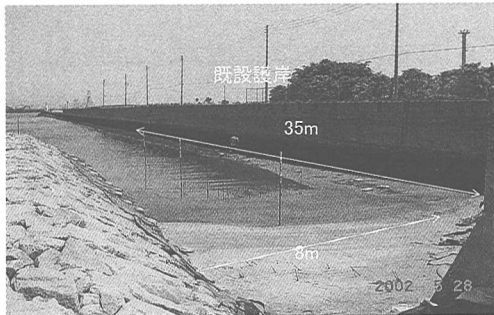


図-3 人工干潟施設形状・規模

表-1 水質調査項目

項 目	調査地点	計測方法
水温・塩分 pH・DO 電気伝導度	堤内外水域1点	・多項目水質計 ・表層から50cm間隔
濁度・SS Chl. a	堤内外水域1点	・採水後室内分析 ・O.P.+1.75で採水
TOC・DOC T-N・T-P	堤内外水域1点	・採水後室内分析 ・O.P.+1.75で採水

各項目について初期動態の追跡調査を実施した。調査頻度は、水質・地形・底質について1回/月とし、底生生物は四季調査(4回/年:5月,8月,11月,2月)とした。

a) 水質調査

捨石堤による懸濁物質除去を中心とした水質浄化効果を確認する目的で水質調査を実施した。調査は、堤内外域に各1測点を設け、各測点にて多項目水質計(堀場U-10)または、バンドン採水器を用いた採水によりに表-1に示す項目について計測・分析を実施した。

b) 地形測量

図-4に示すように捨石干潟に12測点、人工干潟に161測点を設置し、水準測量によって地形の経時変化を把握した。基準面は、尼崎港内における潮位観測結果をもとに大阪港工事基準とした。

c) 底質調査

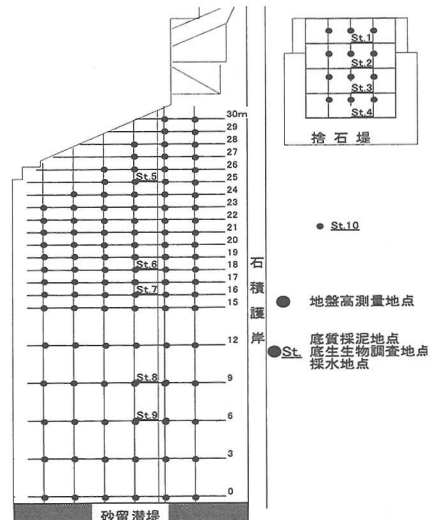


図-4 捨石干潟・人工干潟の調査地点

干潟表層下約20mm層までを図-4に示すように、捨石干潟で4地点(St.1~St.4)、人工干潟で5地点(St.5~St.9)採掘した。採取試料は、粒度組成、全硫化物濃度、強熱減量の各分析に供した。粒度は、粘土分(5 μ m以下)、シルト分(5 μ m~75 μ m)、細砂分(0.075mm~0.25mm)、中砂分(0.25mm~0.85mm)、粗砂分(0.85mm~2mm)、礫分(2mm以上)の6分類の値を求めた。強熱減量は底質の調査・試験マニュアル(底質浄化協会,1995年)に基づき、全硫化物濃度は検知管法によりそれぞれ分析した。

d) 底生生物調査

先に図-4に示した底質の採掘地点と同一の場所において底生生物調査を実施した。調査は、30cm $\times$ 30cmの枠を用いて採取した泥を目あい1mmのふるいに通し、ふるいに残った試料を分析室にて測定した。測定項目として種の査定、生物種類別個体数、湿重量を設定した。このほかにも底質上の付着藻類量(Chl. a)についても分析した。

3. 調査結果および考察

(1) 水質変化

捨石堤による水質浄化効果を確認するために、図-4に示したSt.4, St.10の採水地点で水温、塩分、DO、濁度、Chl. aを2002年4月から毎月測定した。水温、塩分、DOについては、多項目水質計を用いて昼間に現地計測した。濁度、Chl. aは、採水後に室内にて分析測定した。現地計測の結果を図-5~図-7に示す。水温は各測点で差はなくSt.10の表層と底層にも顕著な差は見られない。塩分は港内の処理場および、淀川の影響を強く受けること

で値にばらつきが大きく、特に St. 10 (表層) では平均して 25 程度と低かった。なお、7 月の調査時には降雨の影響のために各測点とも低い値となった。DO は St. 4 の値が St. 10 (表層) に比較して低くなっており、礫間接触酸化の効果が発現していることがわかる。

次に、採水後の室内分析結果を図-8、図-9 に示す。濁度、Chl. a とともに夏場まで内外の値に大きな差が確認されなかったものの、8 月以降に St. 4 の値が St. 10 の値に比較して低い傾向にあり、現地では真夏に堤外域の海水がコーヒー色に懸濁した時にでも、堤内域は透明感のある水域を形成していた。ここで、懸濁物質の除去率は堤外域の濃度が高いほど大きく、最大約 75% の除去率を得ることができる。以上のことより、捨石堤で囲ったことにより透明度の高い水域が創出されたことがわかった。

(2) 地形変化

2002 年 4 月から 2003 年 3 月までの 1 年間に実施した地形測量結果より、捨石堤干潟および、人工干潟の基準面からの地盤高の変動量を求めた。図-10 に各施設の縦断方向の中心断面での地盤高の経時変化を示す。図は、2002 年 3 月、4 月、8 月、11 月、および 2003 年 2 月の結果を抽出して示したものである。人工干潟の地形変化について、造成直後の 2002 年 3 月の断面を基準とすれば、約半年後の 8 月末には砂留め潜堤背後から 9 m までの範囲で最大約 20 cm の地形変化が確認された。また、1 日を通じて最も波当りの時間が長いと推定される潜堤から 18 m 以上離れた地盤においても、約 10 cm ~ 20 cm の地形変化が確認された。しかし、潜堤からの距離が 9 m ~ 18 m の範囲の地盤では、造成当初に設定した高さに比較して 1 cm ~ 2 cm の地形変化で収まっていることから、測量誤差を考慮した場合、地盤はほとんど変動していないと考えられる。

次に、捨石堤干潟の地形変化については、造成から 1 ヶ月後の 4 月のデータを基準とすれば、St. 2 では最大 5 cm 程度の地形変化が確認された。しかし、その他の計測地点では変化量が 2 cm 以下程度であり、捨石堤干潟の地

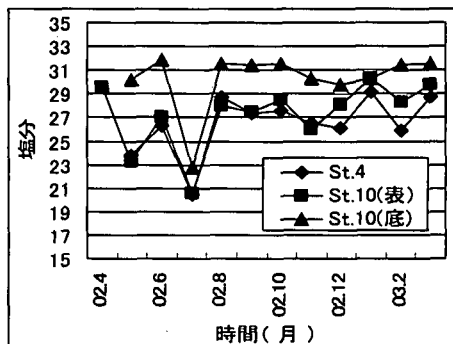


図-6 塩分測定結果

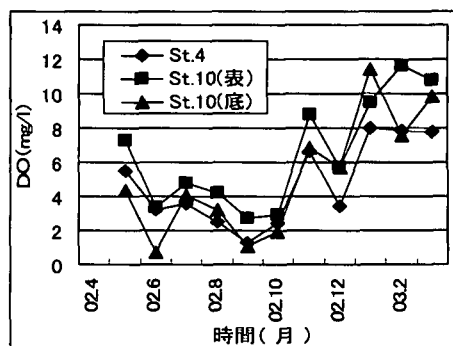


図-7 DO 測定結果

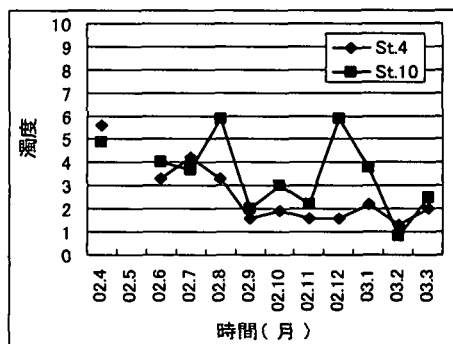


図-8 濁度測定結果

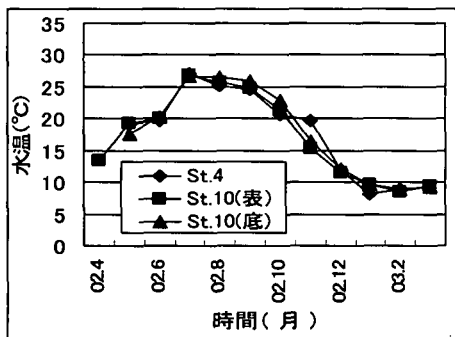


図-5 水温測定結果

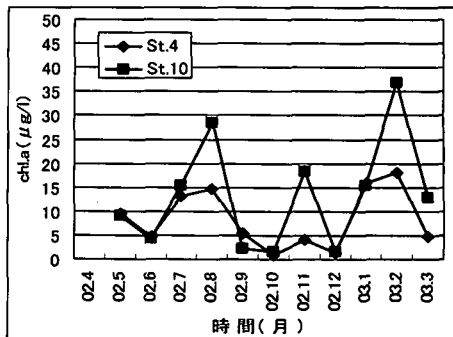


図-9 Chl. a 測定結果

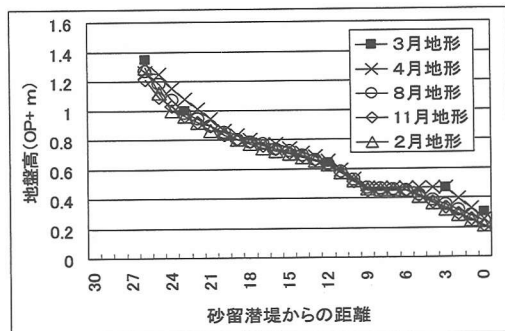
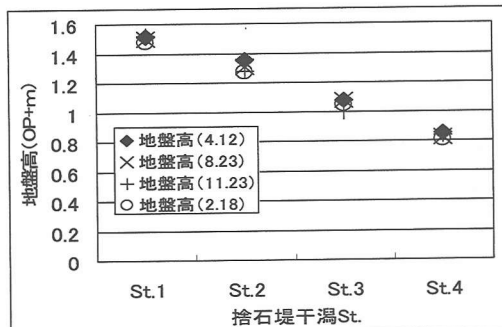


図-10 干潟地盤形状変化の測量結果



形は、ほとんど変動していないと考えられる。

(3) 捨石堤干潟・人工干潟の底質変化

施設造成後の2002年4月～2003年3月までに、前掲の図-4に示すSt.1～St.9にて採泥を行い、各地点における粒度分布の経時変化を求めた。図-11に捨石堤内のSt.3および、人工干潟内のSt.6の粒度分布の経時変化を示す。ここで、St.3とSt.6は造成時には同じ地盤高であった。2つの調査地点の粒度分布を比較すると、St.3では、施設が完成して約1年経過後も当初と比較して大きな変化はない。一方、St.6では、完成当初に比較して細粒分が減少する傾向にあり、同じ時期に、同じ材料で施工したSt.3の方が細粒分の割合が多い。この結果と前述の(2)で示した地形変化の結果より、捨石堤で干潟を囲むことで、当初の干潟域の設計条件である材料粒径、勾配、地盤高が安定して確保されることが示された。

(4) 生物の出現状況

a) 付着藻類

図-12に各調査地点で採取した付着藻類の現存量をChl. aで表し、その経時変化を示す。調査地点別の比較では、捨石堤干潟に設定したSt.2, St.3の現存量が他と比較して多い傾向にある。St.3の8月の出現量に着目すれば、同じ地盤高にあるSt.6に比較して2倍以上確認された。また、現地での目視調査でも捨石堤干潟の付着藻類は夏場以降に密生していることが確認されている。これは、堤内域の底質が安定することで付着藻類が着生しやすくなったことや、堤内域の透明度が高くなったために、付着藻類の一次生産量が人工干潟に比較して大きくなったためと推測できる。

b) 底生生物

図-13～図-15に捨石堤干潟および、人工干潟の底生生物調査結果を示す。まず、人工干潟では各調査地点とも種類数は増加傾向にある。個体数については、干潟造成後の初期には節足動物(ヨコエビ)が優占しているものの、8月以降に軟体動物(二枚貝類)が確認された。

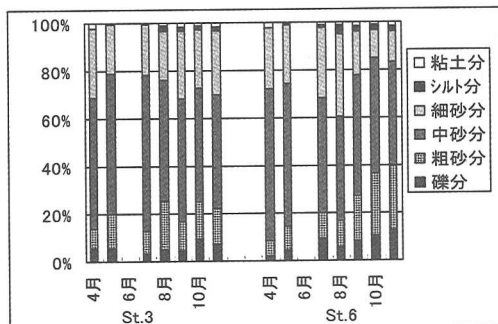


図-11 捨石堤干潟および人工干潟の粒度変化

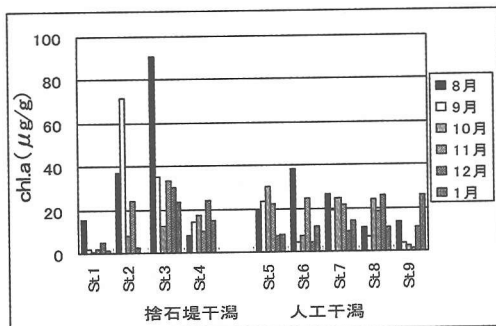


図-12 捨石干潟および人工干潟における付着藻類量

また、軟体動物の個体数は、水深が深い場所では増加傾向を示し、浅い場所では減少傾向を示していた。

捨石堤干潟では、底生生物の種類数・個体数ともに人工干潟に比較して極めて少ない。これは、捨石堤で干潟を囲ったために底生生物の加入が減少した、又は遅れる傾向にあるためと考えられる。

この結果から、今後も付着藻類を摂餌する底生生物の加入がなければ、捨石堤干潟ではさらに付着藻類が繁茂し、堤内域で有機物が蓄積されることが予想された。

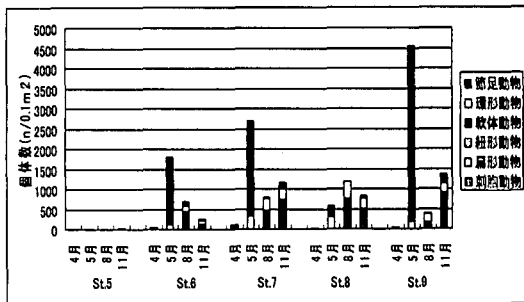
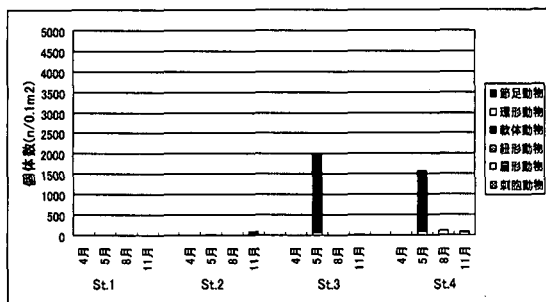


図-13 捨石干潟および人工干潟における底生生物個体数

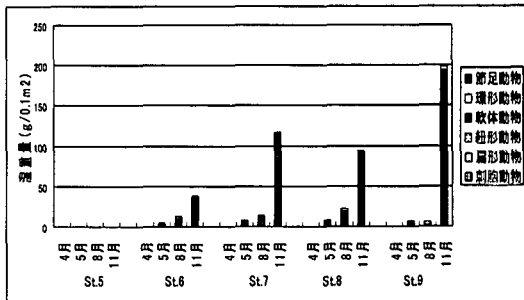
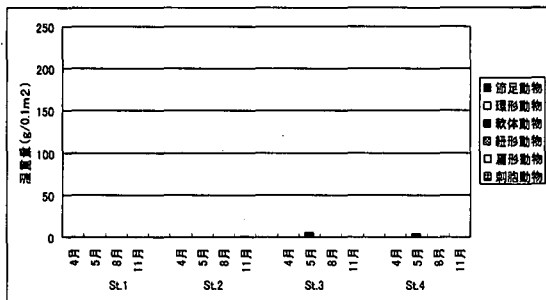


図-14 捨石干潟および人工干潟における底生生物湿重量

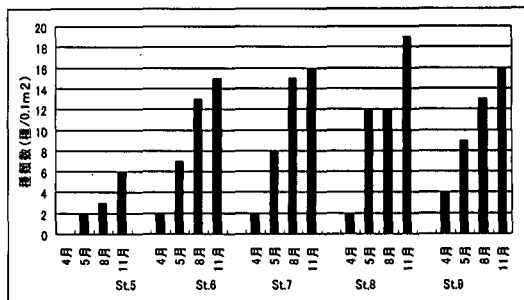
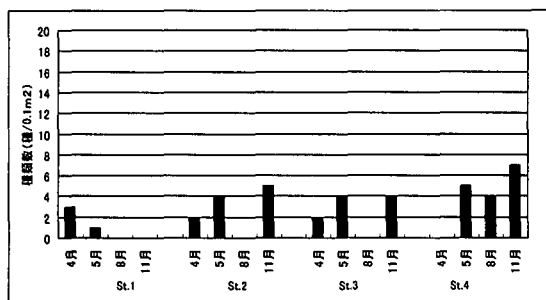


図-15 捨石干潟および人工干潟における底生生物種類数

4. 結 論

捨石堤で囲われた干潟の造成後1年間の調査より、富栄養化の進行した大阪湾奥でも本工法にて透明度が高く、形状の安定した空間の創出が可能であることを示すことができた。ここで、堤内域の物質循環に着目すれば、透明度が高くなることで付着藻類が繁殖し、海域の栄養塩を固定することも可能と考える。その一方で、堤内では付着藻類を摂餌する底生生物の加入が少なく、その結果、付着珪藻が繁殖することで有機物の蓄積される水域が形成されるという課題が抽出された。

謝辞：本研究は環境省の平成14年度環境技術開発等推進費助成を受けて(財)国際エメックスセンターが推進

している研究プロジェクト『閉鎖性海域における最適環境修復技術のパッケージ化』の一環として実施したものであり、謝意を表す。

参 考 文 献

- 赤井一昭(1984): 水域の浄化システム, 第11回建設技術発表会論文集, pp. 76-79.
- 辻 博和・石垣 衛・小林 真・喜田大三・宮岡修二・藤井慎吾(1994): 石積み浄化堤による海水浄化工法の開発—東海域の浄化堤実証施設における水質浄化特性—, ヘドロ, No. 61, pp. 47-52.
- 桑江朝比呂・三好英一・小沼 晋・中村由行・細川恭史(2002): 干潟実験生態系における底生動物群集の6年間にわたる動態と環境変化に対する応答, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1296-1297.