

大阪湾湾奥の自然海浜“御前浜”に新たに 設置された浅場の環境改善効果に関する一考察

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL REMEDIATION
ON ARTIFICIAL TIDAL FLAT IN INNER PART OF OSAKA BAY

大谷壮介¹・上月康則²・中西敬³・石垣衛⁴・鈴木嘉一⁵・村上仁士⁶
Sosuke OTANI, Yasunori KOZUKI, Takashi NAKANISHI
Mamoru ISHIGAKI, Yoshikazu SUZUKI and Hitoshi MURAKAMI

¹学生会員 修(工) 徳島大学大学院工学研究科博士後期課程 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1)

²正会員 博(工) 徳島大学大学院教授 ソシオテクノサイエンス研究部
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1)

³正会員 博(工) 総合科学株式会社 (〒540-0024 大阪市中央区南新町1-4-8)

⁴正会員 博(工) 株式会社大林組 土木技術本部 環境技術第二部
(〒108-8502 東京都港区港南2-15-2)

⁵兵庫県阪神南県民局 (〒660-8588 尼崎市東難波町5-21-8)

⁶フェロー 工博 徳島大学環境防災研究センター客員教授
(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島2-1)

The aim of this study was to contemplate the guidelines for environmental remediation based on creating artificial tidal flat in inner part of Osaka Bay. Hence, we investigated tidal flat constructed on November at 2005, in Omaehama, over a period of one year. Four months after creating artificial tidal flat, shift in abundance of macrobenthic communities was observed. Population of *Ruditapes philippinarum*, was higher than that of *R. philippinarum* in control area. Nevertheless, the number of species and individuals of macrobenthos decreased greatly in summer due to impact of seasonal hypoxia water. Results based on the macrobenthos pattern and shift in their relative abundance imply that remedial measures in Omaehama. Yet, available data suggest is important to enlarge shallow area of the tidal flat and thereby secure more aerated habitat for benthic species. Citizen participation in some phases of this project pointed out that is easy for them to understand meaning and importance of environmental monitoring.

Key Words : Artificial tidal flat , dissolved oxygen, *Ruditapes philippinarum*, monitoring, anaerobic sediment

1. 緒論

浅場の大半が埋立てられてしまった大阪湾にも、甲子園浜と御前浜(図-1)といった天然の海浜がわずかに残っている。高度経済成長期にはこれらの浜も埋立てによって消失する危機にあったが、地元市民の熱心な保護運動によって守られたという経緯がある。しかし、その後、浜の前面に埋立地が造成され、より閉鎖性が強くなったことなどから、“ヘドロ”の堆積や青潮の発生などと環境悪化の著しい水域となっている。近年、このような劣化しつつある当干潟域の環境を保全・再生する関心が高まっており、多様な生物生息空間の創出や親水空間の提供などが市民から切望されている。

そこで、本研究では阪神地区で唯一残る自然海

浜である御前浜において、環境改善を目的に2005年11月に設置された小規模な人工海浜で約1年間に

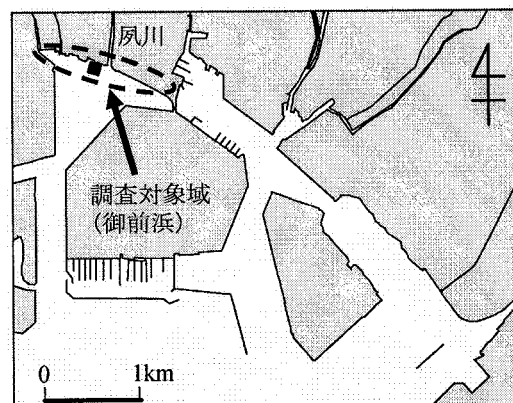


図-1 調査対象地域

わたるモニタリングを行った。本研究では、新たな浅場造成による環境改善効果について検討し、考察を加えた。

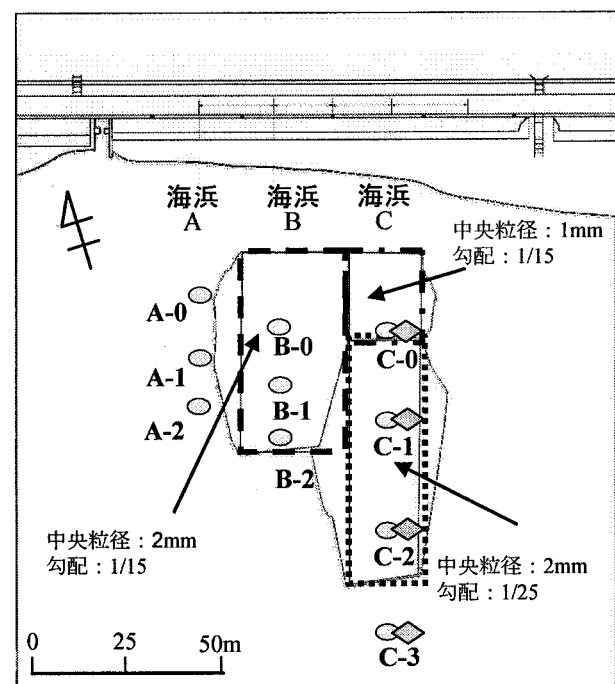
2. 調査概要

(1) 目的と評価項目

御前浜での浅場造成の目的は、潮干狩りで人気のあるアサリを指標とし、(1)底生生物の生息に適した空間を創出することと、(2)良好な親水空間を創出することの2点とされている¹⁾。そこで、浅場の評価項目には以下の3点を挙げてモニタリングを行った。

- ①造成した浜の地形は安定しているか？
- ②嫌気化・“ヘドロ”化しない浜であるか？
- ③潮干狩りの対象であるアサリは定着しているか？

底質が嫌気化することはアサリの生息に悪影響を及ぼすため、嫌気化しない場の創出を目指すことになるが、このことは底質の“ヘドロ”化・黒色化を防ぐことになり、親水性を高めることにもつながる。さらに、ホトトギスガイのマット化によって底質は嫌気化し、アサリの生息を阻害していることが報告されており²⁾、この点も評価項目のひとつである。また、本研究では、児童を含む市民と一緒にモニタリングを行うことにより、地元市民の意識向上や環境教育の場の提供という目的がある。



DL±0m:潮間帯, DL-1.0m以深:潮下帯

○:底質環境, 底生生物調査地点 ◇:溶存酸素調査地点

図-2 造成浅場の調査地点

(2) 造成した浅場の概要

2005年11月に夙川の西側に造成した浅場（図-2）では、底生生物の生息に適した空間を広く創出することを考慮した。表層の有酸素層に触れる海浜の面積を拡大するために浜の勾配を元あった海浜A（1/10）より、より緩やかな海浜B（1/15）と海浜C（1/15と1/25）を造成した。なお浅場の勾配については、基本設計時に当水域の安定勾配は1/15の結果を得ており、海浜Bに採用した。その比較対象区となる緩勾配の試験区（海浜C）については、潮間帯（DL±0m）、潮下帯（DL-1.0m以深）の面積に有意な差が生じること、土量が多くならないことを考慮して、勾配は1/25とした（図-2）。また浅場造成に際して、勾配1/25の海浜Cでは元の浜と比べて、1.6倍の有酸素層が増加している。

次に良好な親水空間を創出することに対しては、粒径の異なる2つの海浜B（中央粒径：2mm、10mm以下の粒径が約80%）と海浜C（中央粒径：1mm、5mm以下の粒径が約70%と中央粒径：2mm、10mm以下の粒径が約80%）を設け、当水域で嫌気化されにくい海浜の特性について検討を行った。粒径については、アサリが浮遊期から着底する時の砂の粒径は0.7mm以上で、1～2mmが適している³⁾ことから、中央粒径が1mm、2mmの2種類の造成材料を選定した。本浅場の材料は、御前浜に近接している武庫川の土砂を用いて造成しており、それぞれ海浜Bは1650m²、海浜Cは1800m²の面積の浅場である。

(3) 調査方法

2005年10月14日、2006年3月14日、5月18日、8月11日、11月21日に図-2に示した10調査点において、底質環境（粒度組成、AVS濃度、酸化還元電位）と底生生物の調査を行った。調査地点は、各海浜でDLを基準に水深0m、1m、2mとし、海浜Cのみ水深3mまで調査を行った。なお、浅場造成前の2005年10月の調査は、図-2に示す海浜BとCの間の地点の各水深帯で合わせて調査を行った。また、地形変化を把握するために2005年10月、2006年1月、8月に各海浜で地形測量を行った。底質は径100mm、高さ500mmの透明アクリルパイプを用いて柱状採泥した試料を陸上で0-5cm、10-15cm、20-25cmの3層について酸化還元電位を測定し、各層に分別した試料を分析に供した。特にDL±0m地点は、毎月1回の底質環境調査を行った。粒度組成はシルト・クレイ（0～75μm）、細砂（75～250μm）、中砂（250～850μm）、粗砂（850～2000μm）、細レキ（2～4.75mm）、中レキ（4.75～19.5mm）にふるいわけ、それらを重量比で表した。酸化還元電位は酸化還元電位差計（東亜電波工業製RM-12P型）、AVS濃度は検知管法を用いてそれぞれ測定した。底生生物調査は25cm方形枠を用いて深さ10cmまでの底質を採取し、1mm目のふるいにかけて、ふるい上に残った生物を採集し、試料中の生物を選別後、種ごとに個体数の計数および湿重量を測定し

た。底生生物調査と同時に船上で溶存酸素の測定も行い、調査は海浜C上において各地点上の溶存酸素を水深0.5m毎に測定し、さらに沖方向については50m毎に同様に溶存酸素の測定を行った。なお、本水域では9月11日～13日に青潮の発生が確認されている。

他にも市民とともに「わかりやすいモニタリング」を目指して、指標種としたアサリを対象に生存実験を行った。2006年8月にマーキングしたアサリ100個体をステンレスカゴ(40cm×40cm×30cm)に入れ、水深帯DL-2.0mまでの各地点に設置し、5～10cm程度埋設した。また、A-0、B-0、C-0については毎月1回の生残率と成長量を測定した。

3. 調査結果および考察

(1) 地形変化

2005年10月、2006年1月、8月に実施した各海浜の

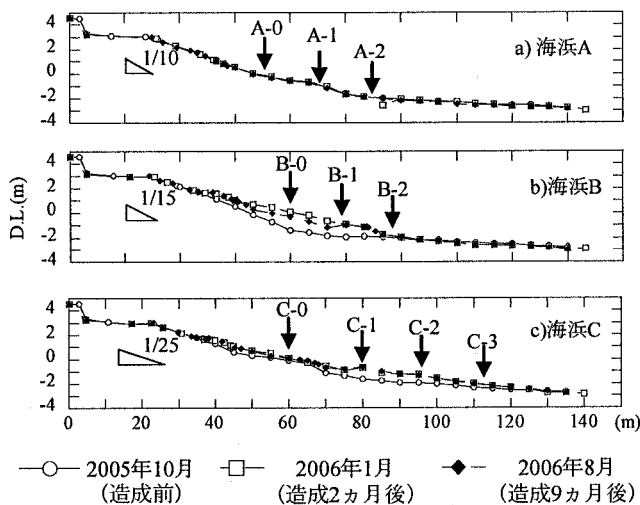


図-3 各側線の地形断面

地形断面を図-3に示す。2006年1月と8月の結果から、造成直後の2006年1月(造成後2ヵ月後)には元の浜の海浜Aでは大きな地形変化は認められなかった。造成から9ヵ月後の2006年8月には、海浜Cでは地形変化は認められなかったものの、海浜Bでは水深1m付近で最大0.53mの低下が認められた。岡本ら⁴⁾は海砂と浚渫土砂の違いより、海砂では土圧分だけ地盤沈下が起きたことを報告している。本浅場において、海浜Bで地形変化が認められたのは、勾配が1/15と比較的大きいことと、土圧分に局所的な滑り移動や侵食影響など複合的な影響が重なったものと思われる。

(2) 底質環境の性状の変化

底質環境の化学的性状に関して、“ヘドロ”化と黒色化の指標であるAVS濃度と酸化還元電位に着目し、毎月調査を行ったDL±0m地点のAVS濃度とORPの経月変化を図-4、図-5に示す。水産用水基準で「正常泥」であるAVS濃度は0.2mg/g以下であることを考えると、図-4のAVS濃度の経月変化より、元の海浜A-0では上層から下層までの25cmにわたって嫌気化しており、その傾向は特に夏期に顕著で、AVS濃度は最大で0.58mg/gを示した。造成した浜でも海浜C-0では、浅場造成4ヵ月後(2006年3月)には下層で嫌気化が始まり、夏期には上層でもAVS濃度は0.22mg/gを示したものの、元の浜の海浜A-0の半分程度であった。一方、海浜B-0では嫌気化の傾向は認められず、AVS濃度は常に0.02mg/g以下であった。図-5より、ORP(酸化還元電位)は海浜B-0、C-0では概ね酸化的な状態を維持していたが、海浜C-0では2006年8月にAVS濃度と対応して、特に下層で-143mVと還元状態を示し、上層と下層において、ORPとAVS濃度と間に相関関係が認められた($p < 0.01$)。また、海浜B-0では9月に上層で55mVを示した以外は、中層および下層でも、常に200mV以上を示しており、底質環境は酸化的な状態であったといえる。一方、

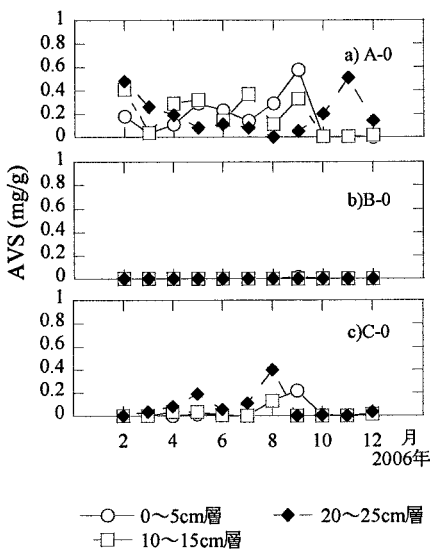


図-4 AVS濃度の経月変化

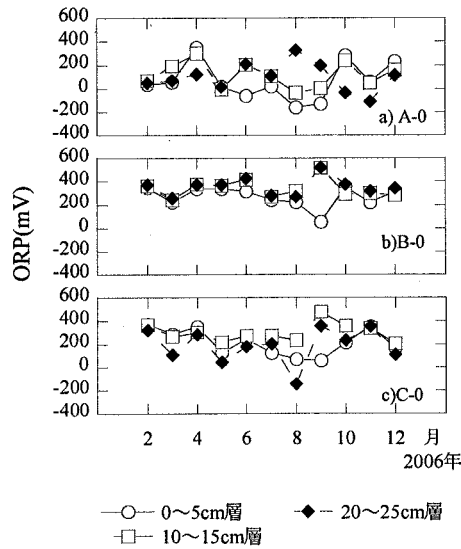


図-5 ORPの経月変化

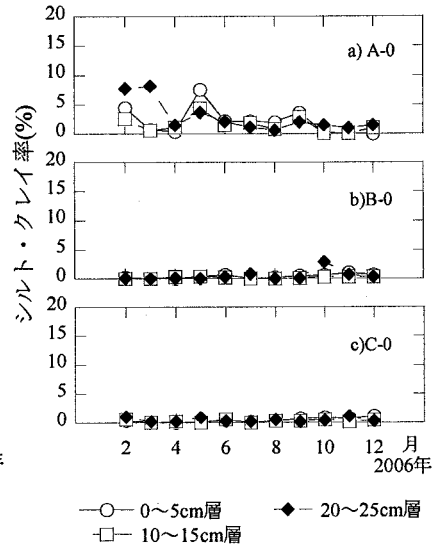


図-6 シルト・クレイ率の経月変化

表-1 優占種上位3種の変化(個体数: ind./0.0625m²)

地点	2005年10月 種名 個体数	2006年3月 種名 個体数	2006年5月 種名 個体数	2006年8月 種名 個体数	2006年11月 種名 個体数
A-0	ウスカシオツカイ 1619 ミスヒキコカイ 189 コウロエンカリヒバリ 178	ミスヒキコカイ 142 <i>Capitella</i> sp. 84 アシナガコカイ 50	ミスヒキコカイ 69 アシナガコカイ 47 アサリ 31	アシナガコカイ 10 アサリ 4 <i>Polydora</i> sp. 1	ミスヒキコカイ 95 アシナガコカイ 41 コケコカイ 15
A-1	ウスカシオツカイ 1183 コウロエンカリヒバリ 75 イソギンチャク目 30	<i>Polydora</i> sp. 141 <i>Capitella</i> sp. 115 ウスカシオツカイ 90	<i>Capitella</i> sp. 36 トンガリドロクダムシ 25 ウエノドロクダムシ 25	アサリ 12 アシナガコカイ 5 <i>Eusyllis</i> sp. 4	イトエラスピオ 65 ウスカシオツカイ 60 アシナガコカイ 58
A-2		<i>Pseudopolydora</i> spp. 228 <i>Polydora</i> sp. 123 <i>Capitella</i> sp. 110	<i>Capitella</i> sp. 67 <i>Polydora</i> sp. 33 トンガリドロクダムシ 23		<i>Capitella</i> sp. 19 イトエラスピオ 8 ヨツバネスピオA型 6
B-0	ウスカシオツカイ 1041 ミスヒキコカイ 159 コウロエンカリヒバリ 54	<i>Pseudopolydora</i> spp. 531 <i>Capitella</i> sp. 273 <i>Polydora</i> sp. 121	ウエノドロクダムシ 355 <i>Pseudopolydora</i> spp. 270 トンガリドロクダムシ 155	アシナガコカイ 26 <i>Polydora</i> sp. 5 ドロクダムシ属 2	アシナガコカイ 33 ミスヒキコカイ 31 ウスカシオツカイ 20
B-1	ウスカシオツカイ 776 ヨツバネスピオA型 210 コカイ 16	<i>Pseudopolydora</i> spp. 1083 <i>Capitella</i> sp. 183 コカイ 36	トンガリドロクダムシ 170 <i>Polydora</i> sp. 164 <i>Capitella</i> sp. 152	<i>Polydora</i> sp. 9 アシナガコカイ 5 ホトトギスガイ 4	アシナガコカイ 30 ヨツバネスピオA型 22 ホトトギスガイ 14
B-2	ヨツバネスピオA型 41	<i>Pseudopolydora</i> spp. 200 <i>Capitella</i> sp. 150 <i>Polydora</i> sp. 55	<i>Capitella</i> sp. 351 <i>Polydora</i> sp. 234 <i>Pseudopolydora</i> spp. 101	アサリ 2 スナホリムシ属 1 イトエラスピオ 3	<i>Capitella</i> sp. 5 ヨツバネスピオA型 4 イトエラスピオ 3
C-0	ウスカシオツカイ 1041 ミスヒキコカイ 159 コウロエンカリヒバリ 54	<i>Capitella</i> sp. 243 <i>Pseudopolydora</i> spp. 46 ミスヒキコカイ 36	ウエノドロクダムシ 129 ミスヒキコカイ 78 トンガリドロクダムシ 24	アシナガコカイ 25 アサリ 3 <i>Polydora</i> sp. 3	ミスヒキコカイ 56 アシナガコカイ 23 コケコカイ 17
C-1	ウスカシオツカイ 776 ヨツバネスピオA型 210 <i>Polydora</i> sp. 16	<i>Pseudopolydora</i> spp. 350 <i>Capitella</i> sp. 95 コカイ 50	ウエノドロクダムシ 190 トンガリドロクダムシ 82 <i>Capitella</i> sp. 54	<i>Polydora</i> sp. 32 アシナガコカイ 31 アサリ 25	ウスカシオツカイ 49 アシナガコカイ 43 ホトトギスガイ 20
C-2	ヨツバネスピオA型 41	<i>Pseudopolydora</i> spp. 431 <i>Capitella</i> sp. 103 アサリ 44	<i>Capitella</i> sp. 352 トンガリドロクダムシ 150 <i>Polydora</i> sp. 123	アサリ 1 モズミヨコエビ 1	ヨツバネスピオA型 30 アシナガコカイ 14 <i>Polydora</i> sp. 5
C-3	ヨツバネスピオA型 9	<i>Pseudopolydora</i> spp. 402 <i>Capitella</i> sp. 263 <i>Polydora</i> sp. 29	<i>Capitella</i> sp. 96 <i>Polydora</i> sp. 62 ニホトギスガイ 8	アラムシロ 1	ヨツバネスピオA型 39 <i>Capitella</i> sp. 17 イトエラスピオ 5

海浜A-0においては、夏期に上層で-62mV~-158mVと還元状態を示し、全層でORPとAVS濃度との間に相関関係が認められた($p<0.05$)。これらの結果より、中央粒径が1mmの海浜C-0では間隙が小さく、嫌気化しやすいものの、中央粒径が2mmの海浜B-0では酸化的な状態が維持されていた。また図-6に示したシルト・クレイ率の経月変化より、海浜A-0ではシルト・クレイ率は0.1~7.5%の間で変動していたが、海浜B-0、海浜C-0ではシルト・クレイ率は概ね1%未満で大きな変動は認められなかった。以上のように、海浜Bでは地形変化を生じるものの、底質は良好な状態が維持されており、生物の生息状況や親水性を考えると好ましい環境にあるといえる。

(3) 底生生物の出現状況

表-1に示した優占種上位3種の変化より、浅場造成4ヵ月後(2006年3月)には海浜B、Cでは、多毛類の*Pseudopolydora* spp., *Polydora* sp., *Capitella* sp.が優占する生物相となっていた。元の浜の海浜Aも同様に、これらの多毛類が優占する生物相であり、浅場造成後4ヶ月で元の浜と同様の生物相が形成されていた。また2006年5月には多くの地点で*Corophium uenoi*(ウエノドロクダムシ)や*Corophium insidiosum*(トンガリドロクダムシ)といった*Corophium* sp.(ドロクダムシ科)が卓越し、春から初

夏にかけてのこれらの生物種の個体数の増加は大阪湾阪南2区に造成された人工干潟での岡本らの報告⁴⁾と一致する。その後、8月、11月にはアシナガコカイが多くみられる生物相に変化していた。各季節の底生生物の種数および個体数は、浅場造成後には海浜B、Cの種数(10~21種)は海浜Aの種数(22~27種)の約半分程度であった。しかしながら、貧酸素化する夏期には3つの海浜ともに種数および個体数は大きく激減した(図-7、図-8)。

造成後1年を経ずに生物相が周辺のものと同じになったのは、本環境が貧酸素や青潮の影響を毎年受け、絶えず生物相の初期の遷移にとどめられていることを示唆している。ここで、本水域の溶存酸素の鉛直分布(図-9)を見ると、2006年3月を除いて、沖方向に水深2m以深の底層では溶存酸素が3mg/l以下と貧酸素化しており、2006年11月においても、本水域では貧酸素化の傾向が認められた。つまり、本水域の底生生物は貧酸素化の影響を大きく受けていたと考えられる。また本浅場の生物相は阪南2区の人工干潟の生物相と似ており、今後、阪南2区と同様の傾向を示すならば、ホトトギスガイやヨツバネスピオA型が優占するような生物相になる可能性もある。特に浅場造成1年間では、ホトトギスガイが優占するような生物相ではないが、2006年11月には優

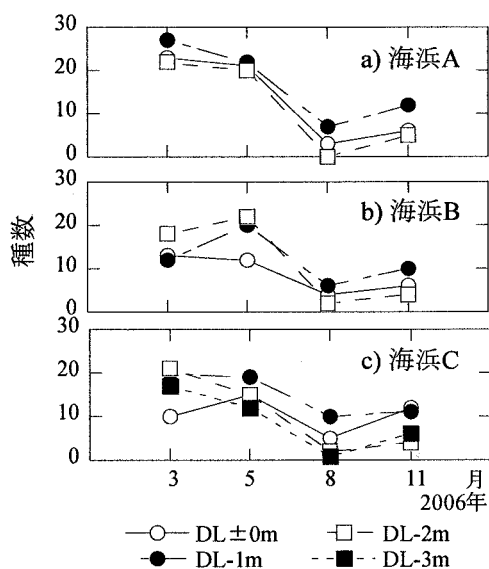


図-7 種数の季節変化

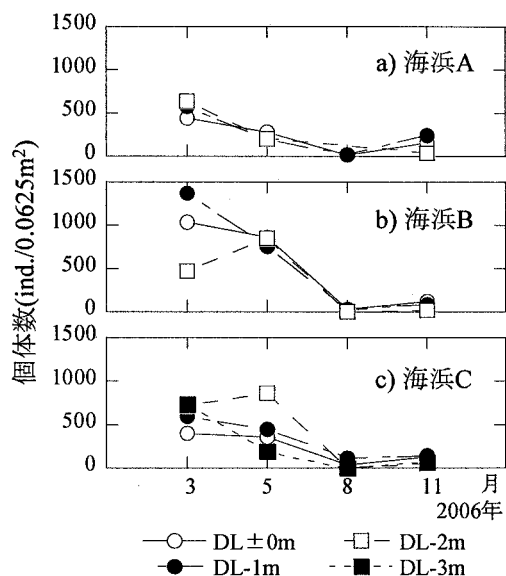


図-8 個体数の季節変化

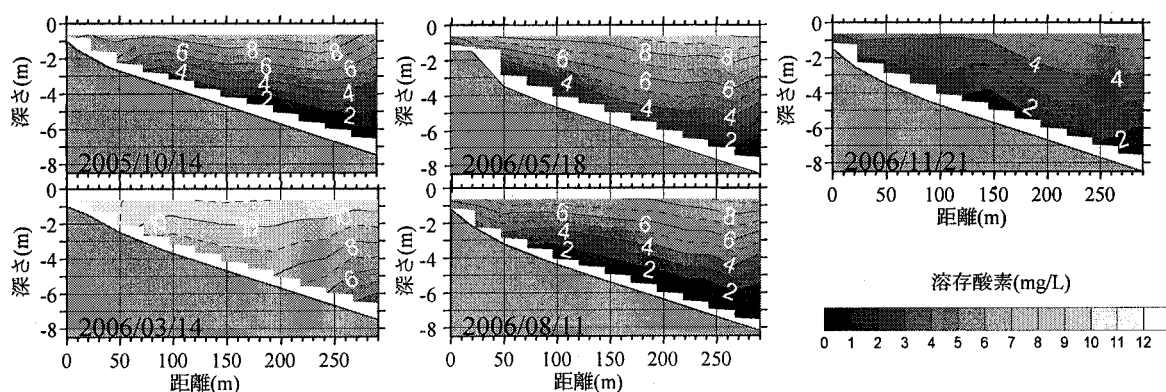


図-9 溶存酸素の鉛直分布

占上位3種に認められる地点もあり(表-1), 今後ホトギスガイのマット化にも注意を払う必要がある。

また指標種であるアサリに着目すると(図-10), 造成直後の2006年3月には海浜C-2で最大44個体が確認され, 造成した浅場の各地点でアサリの定着が確認できた。それぞれの海浜の面積当たりのアサリの個体数を比べると, 海浜Cは元の浜の1.6~3.3倍のアサリが生息していた。また2006年11月には各地点で他の調査月と比べるとアサリの個体数は少ないが, これは9月11日~13日に青潮が発生したためである。ただし, そのような環境にあっても全滅しているわけではなく, 比較的貧酸素化しにくいDL-2.0mまでの有酸素層での生物生息域を広げることには意義があると思われる。

(4) 市民参加型の環境モニタリング

8月に設置したカゴのアサリは, 貧酸素化や青潮の影響で1カ月で全個体が死亡した。そのため9月と11月に再度, 同様の実験を実施した。9月に設置したカゴのアサリは, およそ10日後には生存率が約60%にまで減少し, 2ヶ月間後の生存率は平均15%で

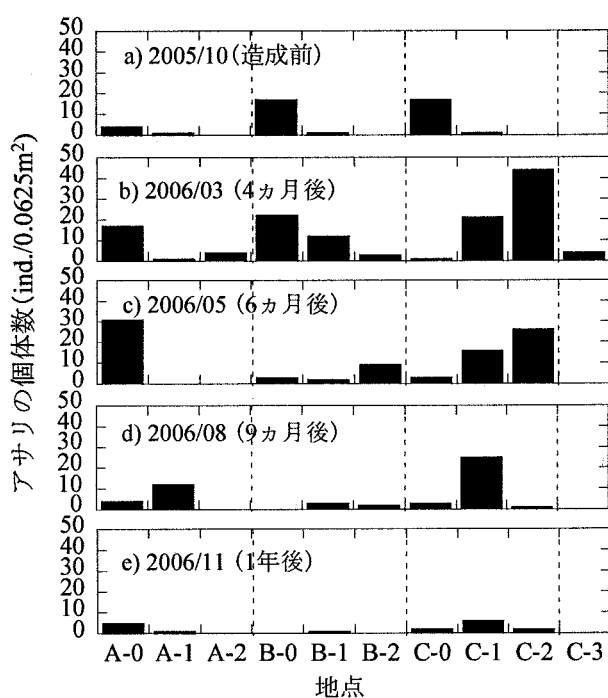


図-10 アサリの個体数の調査結果

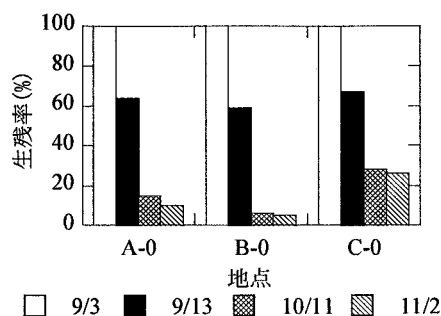


図-11 9月から11月のアサリの生存実験

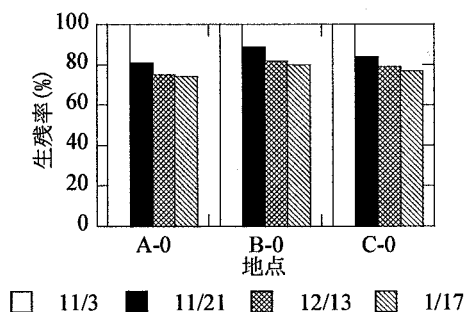


図-12 11月から1月のアサリの生存実験

あった(図-11)。特に、この設置期間中に青潮の発生もあり、DL-1.0m以深に設置したカゴのアサリは全滅した。その一方で、11月に設置したカゴのアサリは、2ヵ月後でも生存率は8割を超えていた(図-12)。表-2、表-3の9月と11月のアサリの成長量の結果からアサリが成長している様子を伺え、夏期の貧酸素状態を生きのびた個体は成長していることが伺える。

このようなアサリの生存実験は、本水域の環境の問題点を非常にわかりやすく表しており、一緒に実施した児童を含む参加者から、実際に「生物を指標としたことで御前浜の環境の現況やその変化、貧酸素が生物に及ぼす影響などが良くわかった」といった声が多く聞かれ、継続意識を醸成するように作用していた。

4. 結論

閉鎖性の強い大阪湾湾奥のある御前浜において、環境改善を目的に小規模な浅場を造成し、約1年間にわたるモニタリングを行い、本水域での新たな浅場造成による環境改善効果について検討した。以下に、主要な結論を示す。

1. 評価項目①の地形変化については、勾配が1/15の海浜の水深1m付近で最大0.53m低下したが、勾配が1/25と緩やかな海浜では地形変化は認められなかった。評価項目②の“ヘドロ”化については中央粒径1mmの海浜Cではやや嫌気化したが、粒度の変化は認められなかった。

表-2 9月から11月のアサリの成長量(g)

地点	2006/9/3	2006/9/13	2006/10/11	2006/11/2	成長率(%)
A-0	6.03	6.18	6.35	6.86	1.14
B-0	9.76	10.04	10.08	10.67	1.09
C-0	5.70	5.92	6.23	6.77	1.19

表-3 11月から1月のアサリの成長量(g)

地点	2006/11/3	2006/11/21	2006/12/13	2007/1/17	成長率(%)
A-0	8.03	8.31	8.31	8.72	1.09
B-0	6.89	7.19	7.20	7.71	1.12
C-0	6.73	7.11	7.14	7.67	1.14

2. 造成後1年間の初期のモニタリングから、海浜の大きな環境の劣化は認められず、特に中央粒径が2mmで、勾配を1/15にした海浜では嫌気化する傾向もなかった。また、貧酸素の影響を避けることはできないものの、その影響の及ぶにくい水深帯での生息域を増やすことには意味があり、アサリの生息密度は元の浜と比べると海浜の面積当たり1.6~3.3倍に増加していた。評価項目③のアサリについては、造成後4ヶ月で個体が認められ、元の海浜を上回る個体数が認められた。しかし、貧酸素や青潮の影響を受けて、秋には個体数は激減していたものの全滅することはなかった。
3. 市民にもわかりやすい参加型モニタリングには一定の評価が得られ、リピーターもあったが、より多くの人々が参加できる方法を考えることは今後の課題のひとつである。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、菊池貝類館の菊池典男博士、兵庫県阪神南県民局、財団法人国際エメックスセンター、総合科学株式会社の皆様には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 財団法人国際エメックスセンター：御前浜水環境再生実証事業報告書－実証実験施設（浅場）造成編－，pp. 1-91，2006。
- 2) 中村由行，村上晴通，細川真也：尼崎港に造成された人工干潟における順応的管理手法の適用性に関する研究，港湾空港技術研究所資料，No. 1127，pp. 1-32，2006。
- 3) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会：沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ偏，pp. 123-304，1996。
- 4) 岡本庄市，矢持進，大西徹，田口敬祐，小田一紀：大阪湾阪南2区人工干潟現地実験場の生物生息機能と水質浄化に関する研究－浚渫土砂を活用した人工干潟における地形変化と底生生物の出現特性－海岸工学論文集，第49巻，pp. 1286-1290，2002。