

4. 沿岸域生態系の造成技術

どんなに優れた沿岸域の管理目標であっても、それを実現する手法やメニューが無くては、「絵に書いた餅」になってしまう。干潟・藻場・サンゴ礁など海域における重要な生態系の修復、保全、再生手法については、産学官民など多様な主体が取り組み、現在ではパイロットプロジェクトとして、研究プロジェクトとして、また個別技術開発として様々な技術が開発されている。

国総研では、都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクトおよび、内湾域における水辺環境再生事業アピールポイント強化プロジェクトの一環として、阪南2区における干潟創造実験、東京湾の新芝浦運河に面した芝浦アイランドの護岸における生物の棲み処づくりを推進した。

4.1 阪南2区における干潟創造実験

大阪府港湾局が実施している岸和田市沖合の埋立事業において、平成16年2月に総面積5.4haの干潟が造成された。この阪南2区造成干潟において、平成15年度より産官学の共同研究プロジェクト「都市臨海部に干潟を取り戻すプロジェクト（阪南2区干潟創造実験）」が進められている。このプロジェクトは、市民が親しめる干潟を都市臨海部に再生しえることを実証するために、干潟、海草・海藻場、ヨシ原が持つ海水浄化機能や生物生息機能等を再生・強化する自然再生技術の確立を目指したものである。

造成された干潟の状況を勘案して、干潟全域を対象として貧酸素水塊の発生や波浪・流れ・水質などの干潟環境の基礎調査（国総研）、干潟を取り巻く物質循環の調査（大阪市立大）、侵食・堆積・地盤沈下などの干潟地形の変化過程の調査（堺LNG、大阪市立大、国総研）、干潟で出現する幼稚魚、エビ・カニなどの水生生物調査（大阪府立水試）、日本野鳥の会の協力による干潟に飛来する鳥類の調査（大阪府港湾局）を実施することとした。また、民間共同研究グループでは、干潟地形の安定化、干潟土壌の最適化、生物の多様化など干潟造成技術の高度化に関する技術開発を行うため、河川水の供給がほとんどない干潟におけるヨシ移植実験（鹿島建設・大成建設）、竹、石などの自然素材による干潟地形安定工法の実験（鹿島建設・大成建設）、造成干潟の上に浚渫泥を充填したミニ泥干潟を設置し浚渫土砂を利用した泥干潟の性能を調べる実験（五洋建設）、礫、玉石、混合土などの各種材料で置換した干潟の地形変動や生物定着を調べる実験（東洋建設）、造成干潟の地先浅海部におけるアマモ造成実験（東洋建設）を図-4.1に示すように配置し、実施することとした。

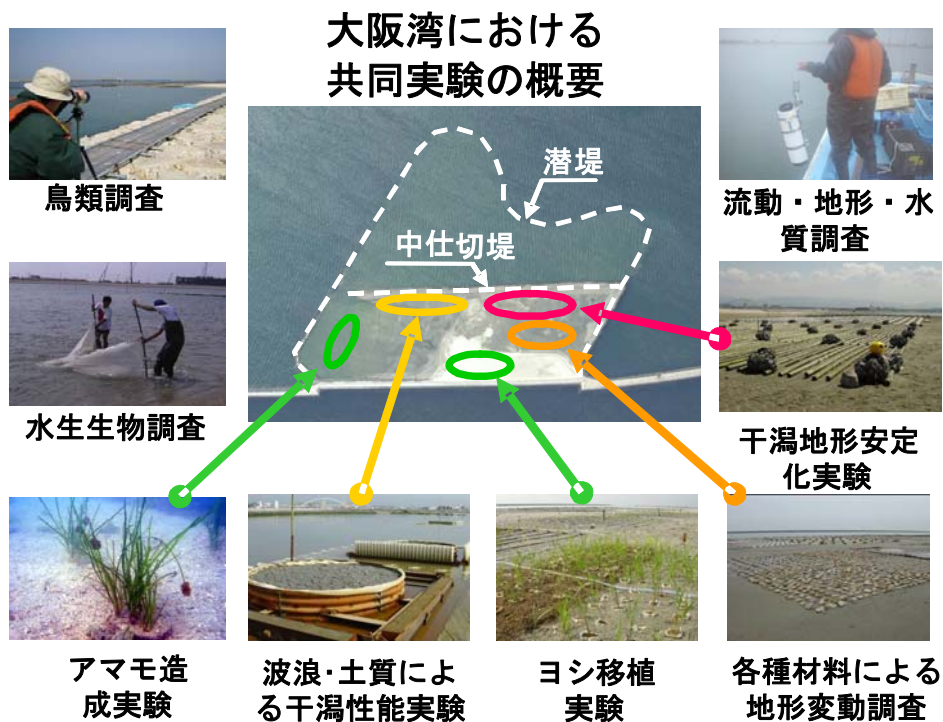


図-4.1 阪南2区における干潟創造実験の概要

本造成干潟は水深約 10m の海域に埋立て造成され、干潟部と浅場部からなっており、干潟部と浅場部 (DL=-3m) は中仕切り堤 (Y=100m) によって区切られている (図-4.2 参照)。中仕切り堤の標高は干潟面とほぼ同じである。X=220m 付近は周辺よりも標高が高く、右側 (X>260m) がマイクロテラス型干潟 (以下、テラス型干潟)、左側 (X<200m) が砂浜型干潟になっている。本造成干潟は浚渫泥の上に覆砂をした構造をしており、この透水係数の低い浚渫泥によって、テラス型干潟の 280<X<310 では干潮時にタイドプールが形成されている。造成当初より、想定された圧密沈下の進行とともに、台風の襲来による地形の浸食などを受けた。その結果、干潟部は一定の潮間帯面積を保ちながら、北部では平坦な地盤で一部泥分の多い場所や干出時の潮溜りなどが形成され、南部では LWL から HWL へと続く連続的な地形が形成された。

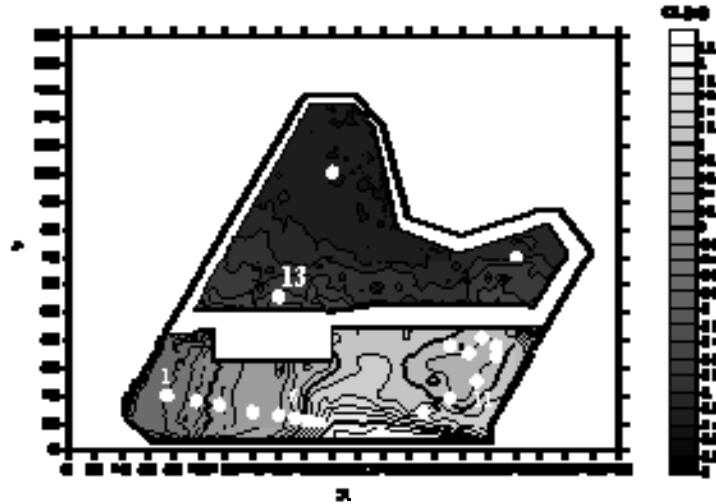


図-4.2 阪南 2 区造成干潟の地形および採泥地点。コンターは干潟の地盤高を示す。干潟周りの白抜き部は石積護岸、その外側は海域である。

図中の 19 地点において、2005 年 9 月に採泥を行った。各地点において、3 回採泥し (0.05×3m²)、これらを混合して 1 検体とした。Stn.1, 13 では 3 検体採取した。Stn.6, 11 では台風等の短期的な変動を取り除くために、3 検体を 1 週間おきに 3 回実施した。底質の分析項目として、含水比、TOC、TN、TP、S、Chlorophyll a、フェオ色素およびバクテリアを分析した。ベントスの分析項目として、メイオベントス、マクロベントス、大型ベントスの種類数、個体数および湿重量を分析した (図-4.3)。

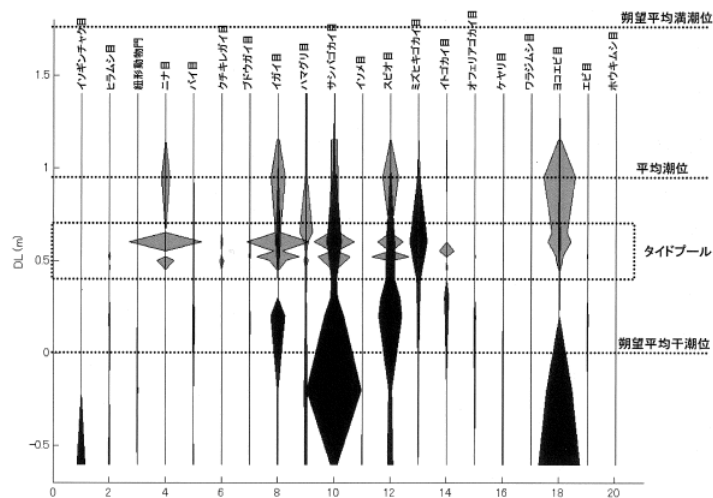


図-4.3 阪南 2 区におけるテラス型干潟 (黒) および、勾配型干潟 (グレー) における標高別底生生物分布 (個体数) の比較

テラス型干潟と砂浜型干潟に出現したベントス種はほぼ同じであった。両干潟ともに卓越種はイガイ、ゴカイ、スピオ、ヨコエビであった。それら卓越種は、砂浜型では DL=0.2 から-0.4m の範囲に、テラス型ではタイドプールの範囲 (DL=0.4 から 0.7m) で個体数のピークをとった。このように、テラス型上のタイドプールは砂浜型の朔望平均干潮位付近の生物相と類似していた。同じ標高 (DL=0.6m) に対して、砂浜型 (Stn.6) とテラス型 (Stn.11) を比較すると、テラス型の方が種類数、個体数および湿重量ともに大きかった。両地点の含水比および TOC 等の底質指標はほぼ同じであった。

この、北部の潮溜まりを中心とする領域は、当初、日和見種 (*Musculista senhousia*, *Prionospio pulchra*, *Capitella* sp.等) を中心とする多くの個体数(約 $2 \times 10^4/m^2$)と少ない種類数(約 20)で特徴付けられる場となった。その後、種数は増加し、南部の領域同様の生物群が見られる場となった。こうした場はテラス型干潟と名づけられ、その中に形成されるタイドプールの可能性が注目されている。こうしたタイドプール付きのテラス型干潟は、都市臨海部における自然再生(干潟創出)における場所的制約を打破するひとつのメニューとなりえる可能性があることが示された。

4.2 芝浦アイランドの護岸における生物の棲み処づくり

そうした潮溜まりの実証実験として、国総研、東京都港湾局、港区芝浦港南地区総合支所、運河ルネッサンス協議会等が連携し、東京都港区芝浦アイランドにおいて、潮溜まりを活用した干潟を軸とする生き物の棲み処づくりの実験が開始された。これは、まさに土木工学的な場づくりのアプローチであり、生物生息の場として幼稚魚の彙集効果とベントス・底生藻類の定着場としての効果を期待しているものである (図-4.4、写真-4.1)。



写真-4.1 東京都港区芝浦アイランド護岸を利用したテラス型干潟

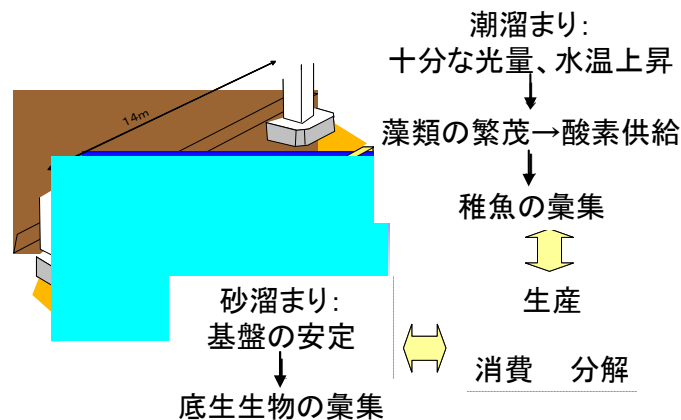


図-4.4 東京都港区芝浦アイランド護岸を利用したテラス型干潟の概念図

当該護岸は、2005年2月に着工し、2006年12月に全体工事が完了した。この内、テラス部分の潮だまり等は2006年3月に完成し、潮の満ち引きに応じて生き物が入り始めた。潮だまり完成後、生き物が入り始めたことを2006年5月に確認した。7月と9月には低潮時独立した潮だまりの水を全て抜いて目標生物の生息調査を行った。7月の調査結果は図-4.5に示す通りであり、多くの幼稚魚が確認できた。9月の調査では、マハゼ・ウナギとも7月より大きく、潮だまりで成長していることが認められた。潮だまりの機能として、酸素生産を確認するため、冠水時の運河水と干出し潮だまり水が独立した時の溶存酸素、水温、塩分の測定を行った結果、潮だまりで酸素生産が行われていることが確認された。



図-4.5 東京都港区芝浦アイランド護岸を利用したテラス型干潟における稚子魚の生息状況
(整備後2ヶ月：2006年7月調査)

| 潮溜まり | | | |
|--------|----------|--------|--------|
| | 項目 | A池(北側) | B池(南側) |
| 水質 | 水温(°C) | 25.0 | 25.2 |
| | 塩分(psu) | 6.0 | 5.0 |
| | DO(mg/l) | 5.4 | 3.8 |
| 個体数(匹) | ボラ | 180 | 400 |
| | ハゼ | 154 | 350 |
| | ウナギ | 2 | 1 |
| | エビ | 5 | 23 |
| | フナ | 0 | 1 |

東京港内芝浦アイランド南地区、西護岸において、テラス型護岸および、テラス上の潮だまりからなる生き物の棲み処づくりが実践された。本現場においても、前面の運河水から浸水・排水を通して潮溜まり部の環境が変化しており、その特性は、テラス部の高さ、潮だまりの深さにより規定されている可能性が観察から示唆されていた。そこで、テラス前面の芝浦運河の水質特性との関係も含めて把握するため、運河部および潮だまり内の塩分、DO濃度、水温の連続観測をJFEアドバンテック製メモリー式CT計、DO計により観測した(図-4.6)。

潮だまりでのDO濃度変化を予測するモデルとしては、底生藻類と植物プランクトンによる酸素生成と、水中のデトリタスおよび底質による酸素消費をモデル化した簡易モデルに潮だまり内と運河水の海水交換率を考慮した改良型簡易数値モデルを用いた。また、今回用いる底質・水中の酸素消費・生成速度については、昼・夜のDOの連続観測値を明ビン・暗ビンによる酸素消費速度実験値と読み替え、実測値に合わせて改めて設定した。

潮溜まりのDO濃度を指標とした設計指針の検討のために、潮溜まり底面の酸素生産速度、潮溜まり底面の酸素消費速度、透明度、流入水のDO濃度、海水交換率および水深の5項目をパラメータとして、改良型簡易数値モデルを用いた感度解析を行った。さらに、潮溜まりの維持管理の手法として、覆砂の効果を覆砂前後の水質・生物モニタリング結果をもとに検証した。

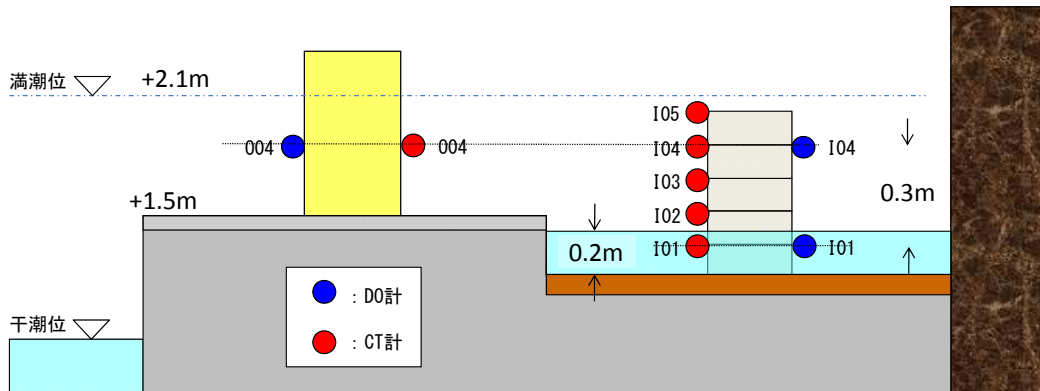


図-4.6 芝浦アイランドテラス型護岸の概略断面図と機器設置状況

テラス護岸前面の運河では、淡水の影響により年間を通じ水深 0.5-1.0m の付近に強い塩分躍層が形成されていた。また、夏季には運河上層付近（水深約 0.5-1.0m）まで貧酸素水塊が及んでいた。潮溜まり内の DO 濃度の変動は、昼に過飽和し、夜に貧酸素となる日周変動が顕著だった。加えて、潮溜まり内の DO 濃度は、上げ潮時に運河水が流入すると、直ちに運河水の DO 濃度と同じ値となり潮だまり内の海水交換が良好であることを示していた（図-4.7）。

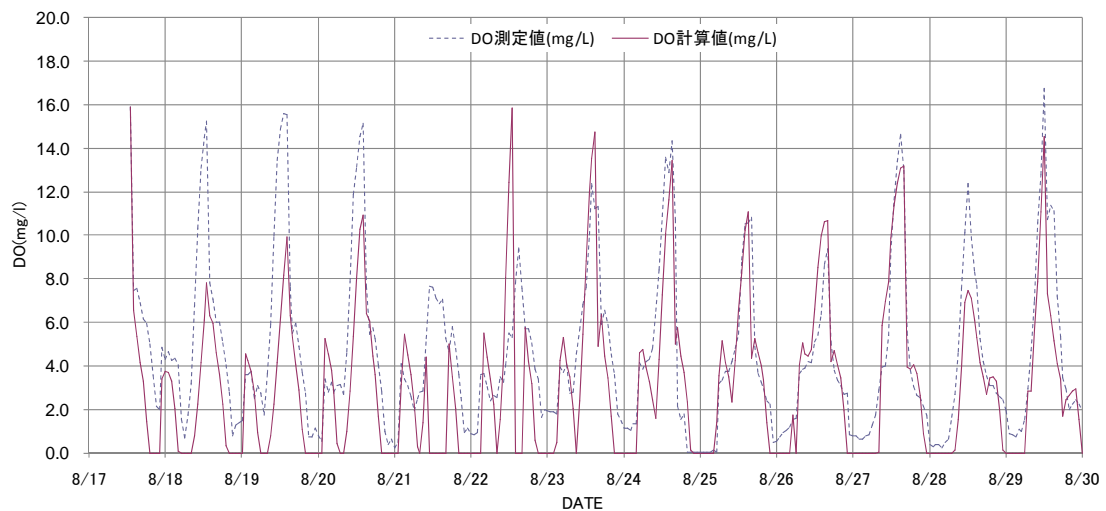


図-4.7 芝浦アイランドテラス型護岸上潮だまりの DO 測定値（点線）と改良型簡易モデルによる計算値（実線）

数値モデルによる感度解析の結果を、各パラメータに対する潮溜まり内の貧酸素水塊（DO 濃度：3mg/l 未満）の発生の時間割合で整理した（図-4.8，図-4.9）。

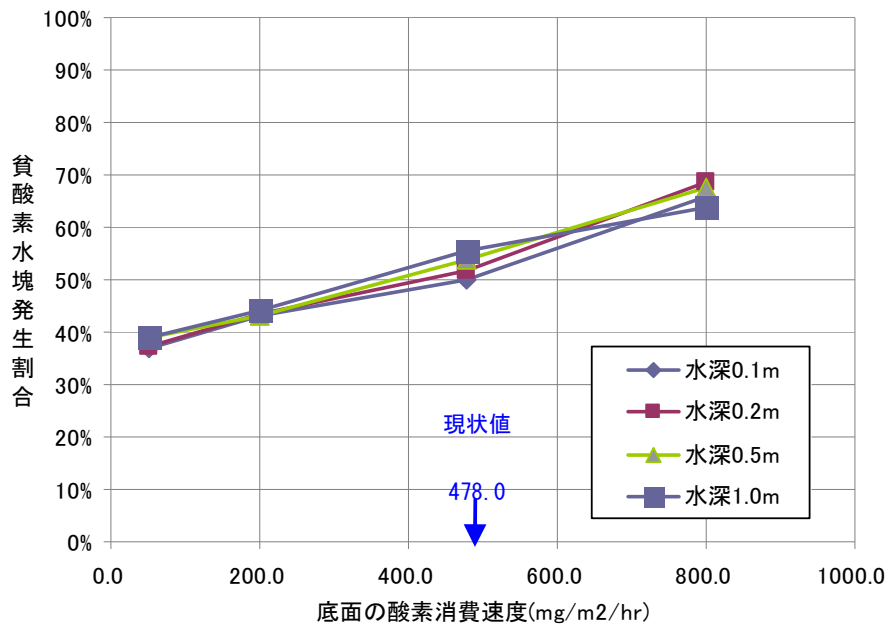


図-4.8 底泥の酸素消費速度と貧酸素水塊発生割合

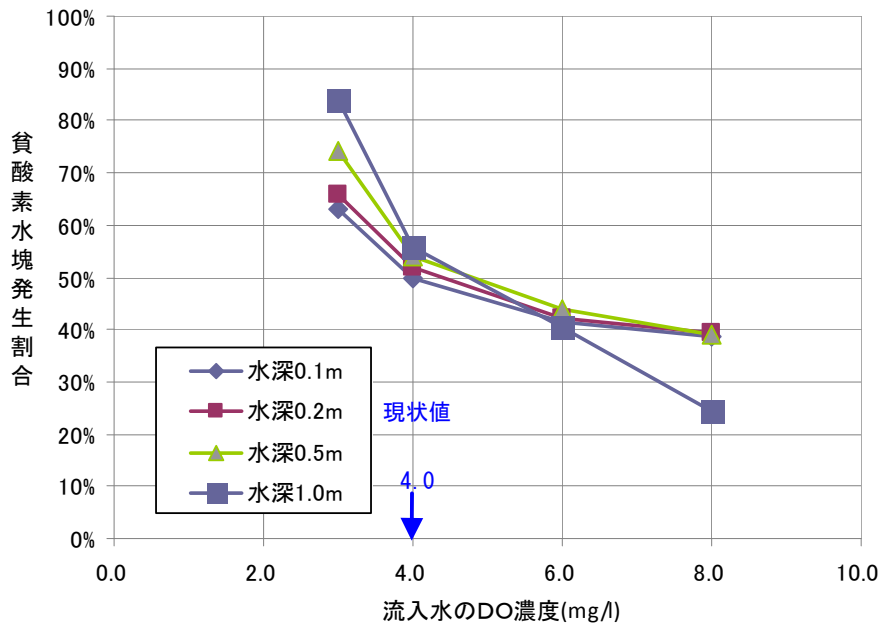


図-4.9 流入水の DO 濃度と貧酸素水塊発生割合

底泥の酸素消費速度の変化，運河水の DO 濃度は，貧酸素水塊の発生割合を顕著に支配しており，感度解析の入力値により 40-70%，30-90%と大きく値が変化した．一方，水深の変化による影響は，支配的となる状況が限られており，流入 DO が低い場合や，底泥の酸素生成速度が遅い場合（図面未掲載）等において，水深を浅くすることで貧酸素水塊の発生割合を減ずる効果があることが示された．このことは，環境が良好な場合には，潮だまりの水深の変化で生き物の棲み処としての適正が大きく損なわれることがないものの，内湾域の運河部のように，貧酸素水塊の発生が見込まれる場合や，隣接するビルや護岸の向きなどによっては日照不足等により底泥の酸素生成が十分に行われない場合も考えられるため，水深の設定が重要な設計条件となりえることを示している．