

阪南2区における干潟造成実験 - 浚渫土への生物加入状況と周辺海域の 生物群集との関係 -

DEVELOPMENT OF BENTHIC COMMUNITIES ON CONSTRUCTED TIDAL
FLAT AT HAN-NAN 2ND. SECTION
- RELATIONS OF BENTHIC RECRUITMENT TO DREDGED MATERIALS WITH
BENTHIC COMMUNITIES OF A PERIPHERAL SEA AREA -

竹山 佳奈¹・岩本 裕之²
Kana TAKEYAMA, Hiroyuki IWAMOTO

¹水修 五洋建設(株)技術研究所 環境研究所(〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

²正会員 五洋建設(株)技術研究所 環境研究所(〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

Development of benthic communities were investigated at the Han-Nan 2nd. constructed tidal flat constructed by use of muddy dredged materials in Kishiwada city Osaka prefecture. In this paper, we compared a natural muddy tidal flat with constructed tidal flat about the succession of benthic communities. As the result, benthic communities adapted to muddy substratum were estimated in these experiments. The observed benthic communities resemble to those of natural muddy tidal flat. However, a problem is left unresolved in the use of dredged materials constructed tidal flat in terms of stability of sediment under influence of high waves.

Key Words: *Dredged materials, Muddy tidal flat, Benthic communities, Water retentivity, Han-Nan 2nd. section*

1. はじめに

干潟は高い生物生産力を持ち、内湾の生態系の維持および海域の環境浄化における重要な役割を担っている。これまでの開発等により失われた沿岸域環境の回復・再生を目標として、生態系に配慮した自然環境の改善事業が各地で実施されつつある。沿岸生態系の保全・修復のための技術開発の一環として、人工干潟造成による新たな環境の創造があげられる。一般的に人工干潟の造成は、浚渫土を内部材料として使用し、表層に覆砂をおこなう工法が用いられており、砂質干潟となることが多い。自然の干潟には砂質干潟、砂泥質干潟そして泥質干潟など様々な底質の干潟が形成されており、それぞれの環境に適した多様な生物が生息している。なかでも有明海など自然の泥質干潟は生物生産

量も高く、多様な生物が生息しており、内湾における重要な生物生産の場所となっている。一方、年間約3000万 m^3 もの浚渫土が発生しており、これらの再利用方法の考案が急務となっている。今後、浚渫土を泥干潟造成の材料として用いることが可能になれば、自然再生事業と浚渫事業の課題を解決する一つの方法となり、また干潟材料を順応的に管理する選択肢の一つとなる。細粒分含有率の高い浚渫土を底質材料として使用するためには、その特性を把握し、材料の流出や沈下、造成に適した地盤高や生物加入状況等を指標として、その場を順応的に管理する具体的手法を検討する必要がある。そこで、細粒分含有率の高い浚渫土を利用した泥質干潟造成の可能性を明らかにするために、大阪湾の阪南2区人工干潟で実証実験をおこなった。本報告では、浚渫土を底質材料とした際の生物相の形成過程お

よび、生物生息に適した地盤高についてまとめた。また、これまで造成された人工干潟および天然の干潟の底生生物群集と比較し、浚渫土を使用して造成した泥質干潟で形成された生物群集について評価した。

なお、本実験は阪南2区人工干潟において自然再生技術の構築を目指したプロジェクトの一環としておこなっている。本プロジェクトは、国土交通省国土技術政策総合研究所を中心として、国土交通省近畿地方整備局、独立行政法人港湾空港技術研究所、大阪府、大阪府立水産試験場、大阪市立大学、堺LNG株式会社、民間共同研究グループ（鹿島建設（株）、大成建設（株）、東洋建設（株）、五洋建設（株））が参加しており、産官学が共同して実施している。

2. 現地周辺概況および調査方法

(1) 阪南2区人工干潟の概要

実験区を設置した阪南2区人工干潟（以下人工干潟）は、2004年4月に大阪湾南部に位置する阪南港の沖合約1kmに造成された人工干潟である（図-1, 2）。人工干潟は、2004年2月に堺市で発生した浚渫土（シルト・粘土分90%前後）に、海砂（シルト・粘土分5%以下）を覆砂した2層埋立形式となっており、面積約5.4ha、潮間帯面積約1.6haの規模の干潟である。

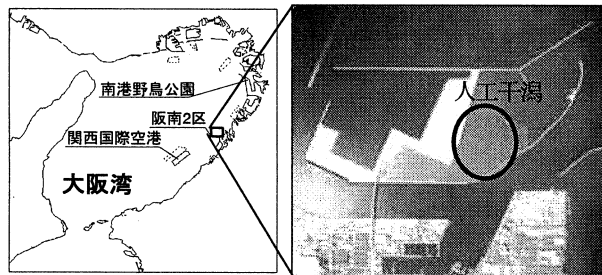


図-1 実験区設置位置図

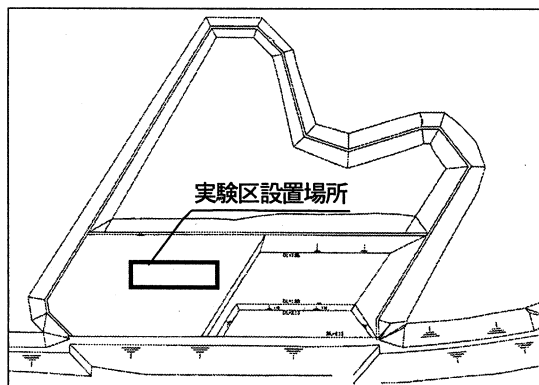


図-2 人工干潟平面図

(2) 実験概要

2004年4月に人工干潟上に直径3.0m、深さ0.5mの円柱状の鉄製枠を設置した。設置高は潮間帯の3地点（DL+0.7m、DL+1.0m、DL+1.3m）とし、各地点2つずつ設置

した。鉄製枠内に浚渫土を0.4mの厚さになるように投入し、実験区とした（図-3、図-4）。また、実験開始1年後の2005年4月に、St.3とSt.5の実験区を、砂混合率50%になるように変更した。比較対照区として、人工干潟上の3地盤高（DL+0.7m、DL+1.0m、DL+1.3m）に定点を設けた。また、DL+1.3mの地盤高に設置したSt.1の実験区に、直径約20cmの礫を浚渫土の表面に設置し、礫による保水性の効果および生物生息状況の関係を把握するための実験をおこなった。

今回の実験で使用した浚渫土の諸元を表-1に示す。

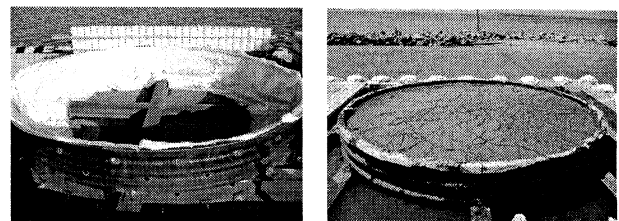


図-3 実験区全景

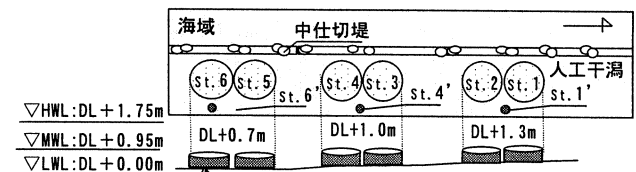


図-4 実験区模式図

表-1 浚渫土諸元

項目	単位	測定値
シルト分以下含有率	%	90以上
中央粒径	mm	0.00198-0.00354
含水比	%	108.02
せん断力	kN/m ²	0.253
液性限界	%	95.9
塑性限界	%	36.9
土粒子密度	g/cm ³	2.6
COD	mg/g	8.3
T-N	mg/g	24.4
T-P	mg/g	0.29
強熱減量	%	7.4

(3) 調査方法

定期調査は2004年4月～2005年12月にかけて約1～2ヶ月に1回の頻度で実施した。調査項目を表-2に示す。

なお、調査は大潮の干潮時に実施した。

表-2 調査項目

	調査項目
地形変化	水準測量
底質	T-N
	T-P
	COD
	ORP
	粒度分析
	地盤せん断強度
底生生物	目視調査
	定量調査(コドラート法)

a) 地形変化

実験区の底質材料の地形変化を把握するために、各実験区のあらかじめ設定した5地点について水準測量を実施した。

b) 底質

底質調査は、T-N、T-P、COD、ORP、粒度分析および地盤せん断力を測定した。分析用の試料は、各実験区の任意の3箇所から採取し平均値を求めた。地盤せん断力はハンドベンにより測定した。なお、各試料採取および測定は表層～約10cmの深さで実施した。

c) 底生生物

底生生物調査は、各実験区と人工干潟上の定点で実施し、目視調査およびコドラート法を用いた定量調査を行った。なお、コドラートは0.1m×0.1mを使用し、表層から深さ10cmまでの試料を採取し、1mmメッシュの篩でふるって残った底生生物をサンプルとした。採取した試料は10%ホルマリンで固定後、種の同定、種類別個体数、湿重量の測定をおこなった。

重による圧密沈下は発生しないものと考えられる。したがって、含水比の低下による沈下のほぼ全てが乾燥収縮によるものであると推測できる。なお、乾燥収縮の沈下以外の変化量については、波浪による浚渫土の流出が原因であると考えられる。特に、冠水時間が長いSt.4、St.6は、年間を通じて著しく沈下した。なお、浚渫土区の粒度分布は1年を経過してもほとんど初期状態と変化していなかった(図-8)。

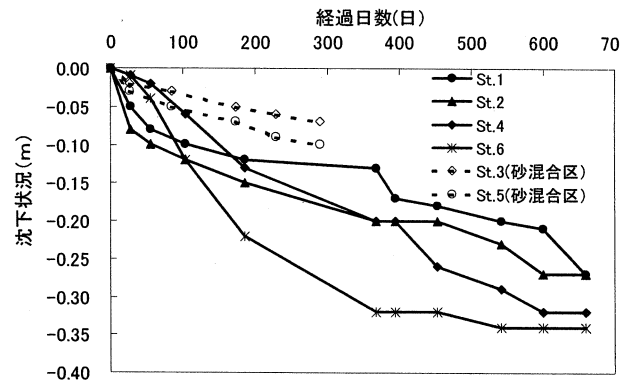


図-6 沈下の経時変化

3. 調査結果および考察

(1) 地形変化・底質

各実験区の冠水時間を比較すると、地盤高約DL+1.3mに設置したSt.1、St.2は年間約20%以下の時間しか冠水しておらず、底質の乾燥が激しい環境であると考えられる。一方、地盤高DL+0.7mに設置したSt.5、St.6は年間約80%の時間冠水している状態であり、常時湿潤状態であると考えられる(図-5)。

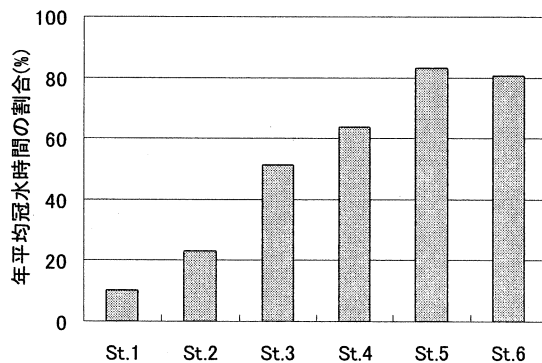


図-5 実験区の冠水時間割合

実験区の底質の沈下状況を図-6、含水比の経時変化を図-7に示した。浚渫土区においては、実験開始から約60日後にかけて、特に高地盤域のSt.1、St.2の実験区で急激な沈下が起きていた。そこで含水比の低下による沈下量を算出したところ、St.1、St.2では沈下量は約6cmとなり、低地盤域のSt.4、St.6では沈下量は約3cmとなった。浚渫土の沈下量は、圧密沈下と乾燥収縮の合計値である。しかしながら、本実験区においては浚渫土の層厚が0.4mと薄く、初期含水比が120%以下の低含水比で設置しているため、実験開始時から過圧密状態であり、自

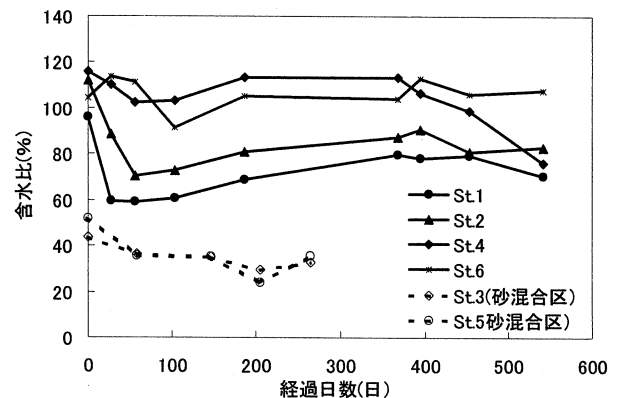


図-7 含水比経時変化

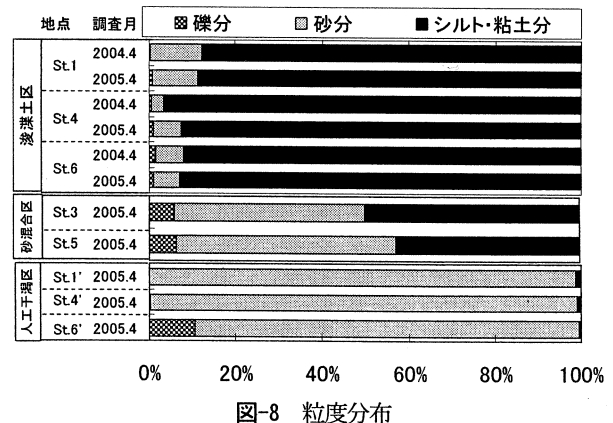


図-8 粒度分布

(2) 底生生物

a) 底質による底生生物の出現特性

実験区を設置してから約1ヵ月後の2004年5月以降、小型甲殻類のドロクダムシの一種の巣穴が多数出現してお

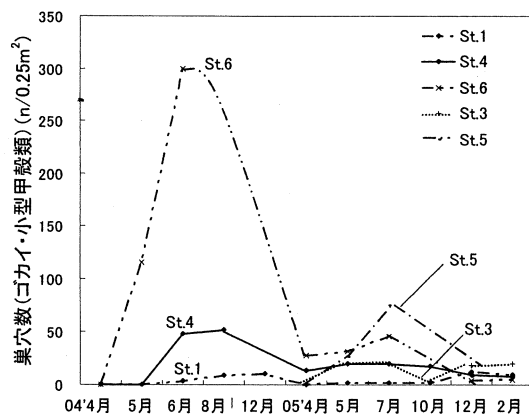


図-9 巣穴数経時変化

表-3 優占種

浚渫土区		4月	7月	12月
平均出現種数		9	11	18
出現上位3種(n/m²)		コンボソコエビ科(甲殻類) ドロクダムシ科(甲殻類) ヒゲナガヨコエビ科(甲殻類)	コンボソコエビ科(甲殻類) アシナガヨコエビ科(多毛類) スピオ科Polydora sp.(多毛類)	イトエラスピオ(多毛類) ヒゲナガヨコエビ科(甲殻類) アシナガヨコエビ科(多毛類)
人工干潟区		4月	7月	12月
平均出現種数		11	9	9
出現上位3種(n/m²)		ドロクダムシ科(甲殻類) ホトトギスガイ(二枚貝類) コンボソコエビ科(甲殻類)	ホトトギスガイ(二枚貝類) コンボソコエビ科(甲殻類) ドロクダムシ科(甲殻類)	イトコガイ科Capitella sp.(多毛類) イトエラスピオ(多毛類) ヒメコガイ(多毛類)
砂混合区		4月	7月	12月
平均出現種数		-	11	11
出現上位3種(n/m²)		-	コンボソコエビ科(甲殻類) アシナガヨコエビ科(多毛類) ドロクダムシ科(甲殻類)	コケコガイ(多毛類) アシナガヨコエビ科(多毛類) コンボソコエビ科(甲殻類)

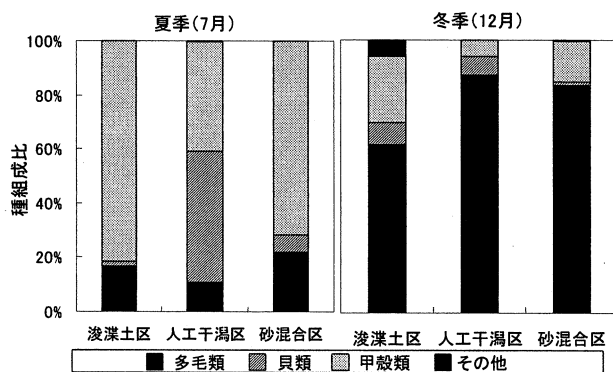


図-10 種組成の季節変化

り、夏季にかけて急増した(図-9)。巣穴数は冬季には再び減少したが、翌年の春季～夏季にかけて再び増加していた。

各実験区で出現した生物の優占種の季節変化を表-3、種組成比を図-10、出現生物の経時変化を図-11に示す。その結果、どの底質においても春季～夏季にかけて甲殻類が優占し、冬季には多毛類が優占する傾向がみられた。また、2001年の阪南2区人工干潟上での実験報告¹⁾においても、今回の結果と同様の傾向が示されており、ドロクダムシの一種の春季～初夏の個体数増加に関しては、大阪湾中南部沿岸域海域における底生生物相の季節変動パターンの特徴であることも報告されている²⁾。浚渫土区における生物出現状況の経時変化は、砂混合区や人工干潟区とほとんど同様の傾向を示したが、12月に種数が

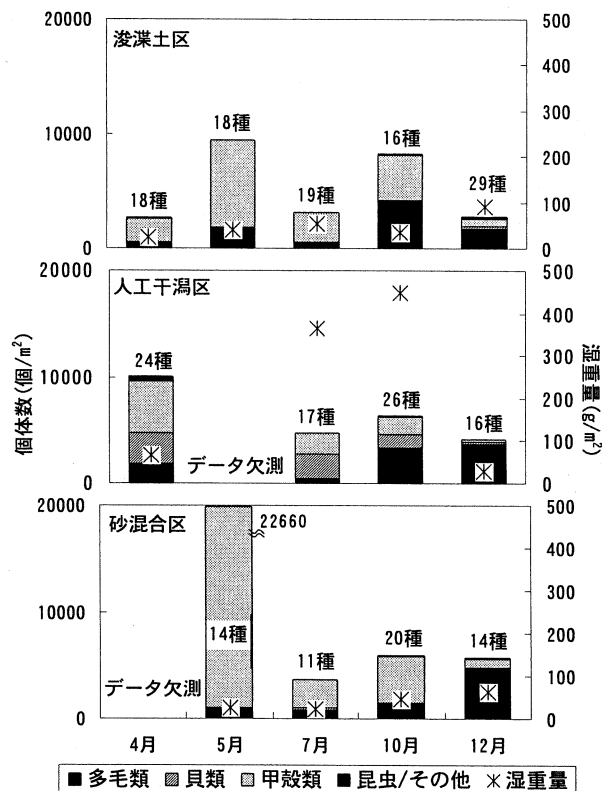


図-11 底質別の生物出現状況

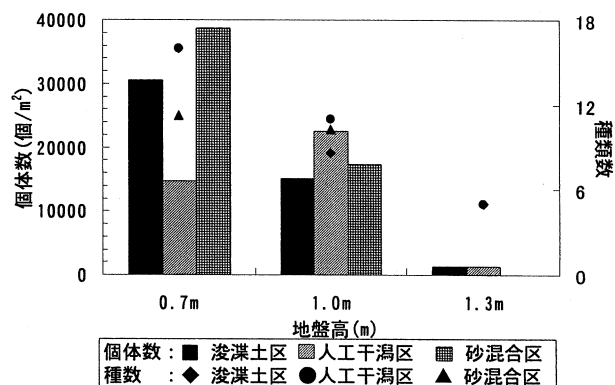


図-12 地盤高別の生物出現状況

最も増加した。人工干潟区では4月～10月までホトトギスガイが優占しており、湿重量は本種の成長により夏季以降増加していた。浚渫土区に加入した生物の特徴として、沖合の汚染指標種であるイトエラスピオ³⁾が優占しており、泥質環境に生息するテッポウエビ(甲殻類)の一種やイソギンチャク(腔腸動物)の一種などが、時間の経過と共に増加していたことから、浚渫土区は泥質干潟の生物群集を形成する過程にあることが示唆された。

b) 地盤高の違いによる底生生物の出現特性

干潟に生息する底生生物にとって、干出時の保水性の低下は生物の分布に影響を与えるため、地盤高によって生物相は大きく異なっている。本実験の地盤高別の生物出現状況についても、DL+1.3mの地盤高の浚渫土区および人工干潟区では、生物の種数および湿重量は急激に減

少しており、一方で地盤高が低くなるほど種数および湿重量が増加していた（図-12）。また、目視調査の結果、St.1の礫を設置した箇所では小規模なタイドプールが形成されており、保水性が保たれていた。なお、人工干潟区は、DL+1.0mの地盤高でホトトギスガイが多く出現しており、他の地盤高よりも個体数が多くなっていた。

4. 周辺の干潟・海浜との生物群集の比較

(1) 使用データ

本実験結果について、大阪湾内の干潟（和歌川河口干潟、男里川河口干潟、南港野鳥公園）、有明海の泥質干潟（田古里川河口干潟）および平和島で実施した浚渫土の実験区で出現した生物群集と比較するために、データを収集した（表-4）。

(2) 評価方法

実験区の各底質で出現した生物群集について、実験区間における共通性、実験区と他の干潟との類似性、種の豊富さや、種間個体数分布の均一性に関して評価をおこなった。類似性および共通性については、Jaccardの共通種数（ CC ）を使用し、類似性の評価については、Kimotoの類似度（ C_n ）を使用した。また、種の豊富さや、種間個体数分布の均一性に関しては、男里川³⁾および田古里川⁶⁾の報告で使用しているSimpsonの多様度指数（ D ）および相対優占度を使用した。なお、相対優占度は、各種の湿重量がそれぞれの干潟の底生生物全体の湿重量に占める割合を用いて順位付けをおこない相対優占度曲線で示した。

$$\text{Jaccard } (CC)^9 \quad CC = \frac{c}{a+b-c} \quad (1)$$

CC : Jaccard共通係数 a, b : 種数 c : 共通種数

$$\text{Kimoto } (C_n)^9 \quad C_n = \frac{2 \sum_{i=1}^s n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\sum_{i=1}^s \Pi_1^2 + \sum_{i=1}^s \Pi_2^2) N_1 \cdot N_2} \quad (2)$$

$$\sum \Pi_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{1i}^2}{N_1^2}, \quad \sum \Pi_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^s n_{2i}^2}{N_2^2}$$

N_1, N_2 : 地点1, 地点2の総個体数

N_i, n_{2i} : 地点1, 地点2の i 種の個体数

$$\text{Simpson } (D)^{10} \quad D = 1 - \sum_i \frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \quad (3)$$

S : 出現種類数 N : 出現総個体数 ni : i 番目の種の個体数

(3) 評価結果

底質間のJaccardの共通係数は小さく、底質ごとに出現生物種は異なっていることを示していた（表-5）。また、干潟間の類似性の評価の結果、阪南2区の実験区と他の干潟との類似性は非常に低い結果となった。（表-6）また、多様度指数（ D ）は南港野鳥公園北池と田古里川以外は0.5以上で、特に浚渫土区や男里川で大きい値を示した（図-13）。

相対優占度曲線の形は主に全種数（種の豊富さで、曲線の長さを決める）と種組成の均等度（傾き）によって決定される。図-14に示したグラフから、種の順位が5位

表-4 比較した干潟の諸元

地点	所在地	干潟概要	調査月	地盤高(m)	底質	出典
浚渫土区	阪南2区人工干潟上	直径3mの鉄製枠に浚渫土を投入した実験区	4月, 7月	DL+0.7, 1.0, 1.3	シルト粘土分90%	-
砂混合区	阪南2区人工干潟上	直径3mの鉄製枠に浚渫土を投入した実験区	4月, 7月	DL+0.7, 1.0, 1.3	砂分50%	-
人工干潟区	岸和田沖合1km	浚渫土に覆砂した人工干潟(阪南2区人工干潟)	4月, 7月	DL+0.7, 1.0, 1.3	砂分95%以上	-
和歌川(1998)	和歌川河口干潟	生活排水流れ込み、砂や泥は堆積傾向	8月	0.39-0.88	砂分90%以上	4)
男里川(1997)	男里川河口干潟	男里川河口部右岸に広がる1.7haの天然干潟	6月	0.4	砂泥+粘土	3)
南港野鳥公園北池(1996)	大阪南港の埋立干潟	95年に干潟化された面積2.4haの人工干潟	5月	-	-	5)
田古里川河口干潟(1999)	田古里川河口	有明海の河口干潟で非常に軟泥	8月	-	泥質	6)
平和島(2003)	大田区大森東	箱状の装置に浚渫土を投入した実験区	7月	AP+0.4, 0.7, 1.0, 1.3	シルト粘土分78%	7)

表-6 類似度

表-5 実験区の共通性の評価

共通係数(Jaccard)	
浚渫土区-砂混合区	0.58
浚渫土区-人工干潟区	0.38
砂混合区-人工干潟区	0.42

類似度(Kimoto)	
浚渫土区-砂混合区	0.302
浚渫土区-人工干潟区	0.695
砂混合区-人工干潟区	0.201
浚渫土区-和歌川	0.001
浚渫土区-南港(北)	0.000
浚渫土区-平和島	0.026

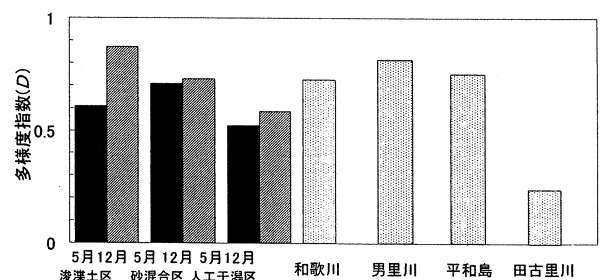


図-13 多様度指数

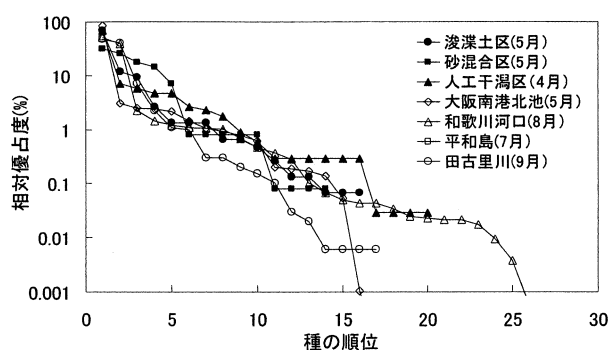


図-14 相対優占度曲線

以上の各干潟の傾きに着目すると、泥質の田古里川河口干潟は傾きが大きく種編成の偏りが大きい。一方、大阪湾の和歌川河口干潟および浚渫土区は傾きが小さく、種組成は比較的均等であることが示された(図-14)。

以上の結果より、底質によって出現する生物の種は異なっており、それぞれの底質に適した生物が加入していた。また、実験区は沖合に位置しているため、浚渫土区の生物相は表-4の河口干潟の生物相とは異なる種で構成されていたものの、種の多様性および均等度は他の干潟同様に評価が高く、豊かな生物相を築くことが可能であると考えられる。

5. まとめ

今回の実験結果から、浚渫土区、砂混合区、人工干潟区の実験区において、生物量や種構成が異なる結果が得られた。また、生物群集を他の干潟と比較したところ、実験区内に多様性のある生物相が築かれていたことを確認することができた。

生物相の形成過程は、造成直後からドロクダムシの一種が出現しており、生物の加入が可能であることが明らかとなった。また、テッポウエビの一種なども確認され、徐々に加入する生物サイズは大きくなっており、泥質干潟特有の生物相の形成過程にあることを示していた。これらの種は人工干潟区では出現しておらず、泥質干潟に生息する生物の浮遊幼生が来遊した際に、浚渫土区に着底し、泥質干潟特有の生物特性を築くことができたものと考えられる。この結果より、浚渫土でも環境に適応した生物群集が形成されることが明らかとなった。また、浚渫土区で形成された生物相を阪南2区人工干潟や他の干潟と比較した結果、種の豊富さや均等度は同等かそれ以上であることが確認された。しかしながら、浚渫土区は多毛類や甲殻類などを中心とする小型種によって構成されており、泥性二枚貝類などの大型種が加入するまでには時間を要するものと思われる。

底質の保水性の低下は、干潟に生息する底生生物の生息制限要因となり、生物分布に大きな影響をおよぼす。実験結果から、地盤高により生物出現状況が大きく異なった。この原因として、日中の長時間の干出、それに伴う地盤の温度上昇の結果、高地盤域で乾燥が著しく進行したことが考えられる。一方、MWL以下の調査地点で

は、設置1ヶ月後には多くの生物が出現しており、生物生息に適した地盤高であると考えられる。本実験において、St.1に直径20cm程度の礫を設置した結果、石の下に水溜りが形成され保水性が高まり、礫のない場所と比較して巣穴数や生物種も多いことが確認された。また、タイドプールを配備した場合でも保水性が高まり、高地盤域においても多様な生物相が形成されることが考えられる。このように、保水性が低下するM.W.L以上の場所では、保水性に配慮した整備が必要である。

今回の実験は、小規模(約7m²)な実験区を設定しており、材料特性の違いによる生物生息に有意な差が確認できるか明確ではなかった。しかし各実験区において、生物量や種構成が異なる結果が得られ、実験規模としては十分な規模であることが確認できた。今後の順応的管理を目的とした実験としては適した手法であると考えられる。また、モニタリングは1回/2ヶ月の頻度で実施したが、大きな変化は認められず、1回/3ヶ月の頻度で十分な結果が得られると思われる。実験期間は2年間実施したが、生物群集は小型種により構成されており、最終的な生物相を把握するためには、少なくとも3年～5年はモニタリングが必要であると考えられる。

本実験に残された課題は、低地盤域において材料の流出が著しかったことがあげられる。今後、波浪のデータと比較しながら流出状況を把握し、これらの課題を解決するための実験を継続する予定である。

6. 参考文献

- 1) 岡本庄市ほか：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。
- 2) 大阪府立水産試験場：泉南海域埋立による南大阪湾流域下水道南部処理建設計画に関する環境アセスメント調査報告書，pp.62-73，1977。
- 3) 渡部哲也・山本佳紀：男里川河口部干潟における底生生物の分布，南紀生物 No.40(2)，pp.205-208，1998。
- 4) 高橋周平・永田博章：和歌川(和歌山県)河口部干潟の底生動物調査，1998年度近畿大学農学部水産学科水産生物学専攻卒業論文，pp.1-34，1998。
- 5) 夏原由博ほか：大阪港の人工干潟拡大による生物相の変化，国際景観生態学会日本支部会報，No.4(3)，pp.46-49，1998。
- 6) 古賀庸憲ほか：マクロベントス相における種の豊富さ，現存量，多様度指数，絶滅危惧種を用いた干潟の評価，保全生態学研究，Vol.10，pp.35-45，2005。
- 7) 岩本裕之，岡村知忠：浚渫土を有効利用した人工干潟造成について，ヘドロ，No.91，pp28-34，2005。
- 8) 岡村知忠ほか：大都市沿岸に再生された干潟・海浜の生物群集の評価，海洋開発論文集，Vol.21，pp.647-652，2005。
- 9) 木元新作，武田博清：群集生態学入門，共立出版(株)1989。
- 10) 宮下直，野田隆史：群集生態学，東京大学出版会，東京，2003。