

粘性土よりなる浚渫土砂の 干潟への適用性に関する研究

A STUDY OF ADAPTIBILITY OF SILT CLAY DREDGED MATERIALS AS THE TIDAL FLAT SUBSTRATUM

中瀬浩太¹・鵜飼亮行²・岩本裕之¹

Kota NAKASE, Akiyuki UKAI, and Hirohyuki IWAMOTO

¹正会員 五洋建設(株) 土木部門 土木本部 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

²工博 正会員 五洋建設(株) 土木部門 土木本部 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8)

Recently dumping grounds for dredged materials, especially consist of silt and clay, are much insufficient. Therefore the effective use of dredged silt and clay are strongly required.

Expose experiments in open environment, using dredged silt and clay to make tidal-flat were carried out in Keihin Canal in Tokyo bay and Han-Nan 2nd. in Osaka bay. In this study revealed that dredged silt and clay are suitable substratums for benthic fauna. This fauna were mainly consist of surface organic sediment feeders.

Key Words: macro benthos, dredged materials, tidal flat, feeding, surface erosion

1. はじめに

我が国では毎年2,694万m³の浚渫土砂が毎年発生している(過去15年間の平均;財団法人港湾空間高度化環境研究センター調査)。これらの浚渫土砂は工事等に用いたり、海域等に処分している。一方、1996年に廃棄物その他の物質の海洋投棄による汚染防止を目的とするロンドン条約の規制が強化された。これを受けて、我が国の海洋汚染防止法が改正され、浚渫土砂は有効利用の検討を行うことになっている。浚渫土砂のうち、砂については三河湾の大規模な覆砂事業や人工干潟造成事業に見られるように自然再生の資材として活用されている。しかしながら、粘性土については、図-1に示すように、処分場や埋立に用いられることが多い(過去15年間の平

均;財団法人港湾空間高度化環境研究センター調査)。しかし、今後の処分場の逼迫や埋立計画自体の減少により、これらの処分はますます困難になると予想される。

浚渫土砂の有効利用方策として、人工干潟の材料として利用することが多い。これらの事例としては五日市人工干潟¹⁾や、尾道糸崎港²⁾、大阪港阪南二区地区³⁾の人工干潟に見られるように、浚渫土砂を干潟の内部充填材料として用い、表面は覆砂を行うことによって砂質干潟を造成することが殆どである。

有明海の干潟に見られるように、ほとんどが細粒分からなる底質でも、その場所に適応した生物が分布し、干潟らしい景観と生物相を形成している。また、干潟に分布する生物種によっては底質内に適切な細粒分や有機物が含有する方が有利なことは良く知られている。

しかし、粘性土を主体とする浚渫土を生物の生息基質として用いる検討はあまり多くはない。過去5年間における浚渫土の干潟利用の主な研究報告には表-1に示すようなものがある。浚渫土砂の干潟材料への活用は、浚渫土砂を人工干潟の内部充填材として用いるもの、あるいはこれらに砂などを混合したり、造粒する等して、性質を改良した上で人工干潟の材料に用いるものが大部分である。しかし、粘性土からなる浚渫土砂を直接生物が生息する干潟表面の材料として用いた事例は少ない。

粘性土に砂や貝殻等をブレンドしたり、各種改良

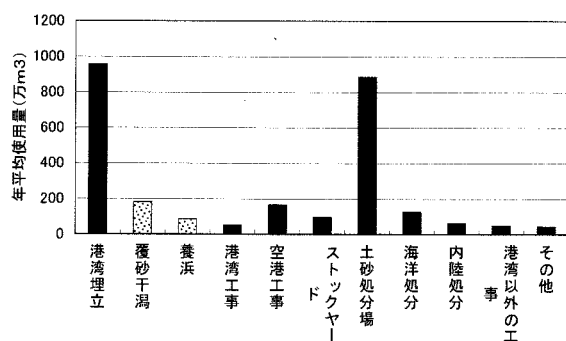


図-1 港湾における浚渫土砂の発生処分実績

表-1 過去5年間の泥質干潟に関する研究（海洋開発論文集・海岸工学論文集）

対象地点	浚渫土使用方法	土砂の性質		出典
		シルト・粘土成分割合	中央粒径	
三重県伊勢湾	浚渫土＋現地盤土(砂質土)	91.9%(浚渫ヘドロ)		4)5)
有明海河川内漁港	造粒固化	軟弱土(シルト以下100%)		6)
三河湾	表面材料		0.16～0.30mm	7)
熊本港親水緑地公園野鳥の池	直接利用	粘土10%以下 シルト60～85%		8)9)
東京湾港内曙北運河	直接利用	80～90%	0.02mm	10)
笠戸湾(山口県)	表面は覆砂		0.1～1.0mm	11)
尾道糸崎港人工干潟	表面は覆砂	浚渫粘土		12)
阪南2区人工干潟現地実験場	表面覆砂(浚渫土上に海砂を覆砂)	泥分1-71% 砂分25-99%	63μm～2mm	13)
東京港京浜運河 大森ふるさとの浜	泥質干潟移設	40%以上		14)

材を混合すれば、生物の生息にとって好適な底質環境が形成されることは明らかであるが、浚渫により発生する大量の粘性土を混合処理するにはコストの問題が発生する。

粘性土からなる浚渫土砂を人工干潟の材料にする場合、アサリ等特定種の生息を特に考慮せず、その場所に自然に形成される生物相を再生させる場合には、干潟表面の材質が粘性土でもかまわないと考えられる。そこで、浚渫により発生した粘性土を無処理で干潟材料として海域に配置する実験を行なった。

これらの実験結果より、浚渫された粘性土を干潟材料として用いた場合の生物相の発達状況を確認し、干潟材料としての有効性及実際に使用する上での課題の整理を行った。

投入土砂は、京浜運河に堆積していたもので、表-1に示すように、粒子が細く、かつ有機物を多量に含む土砂であった。また、投入時には強い硫化物臭

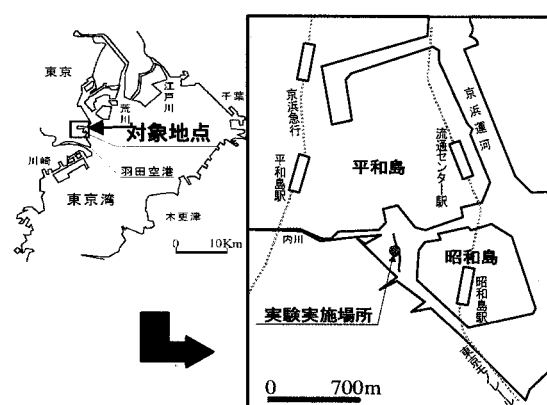


図-2 京浜運河平和島地区実験場所

2. 浚渫土砂配置実験

(1) 調査地点

浚渫土の配置実験は、東京湾と大阪湾各1箇所
実施した。

有機物に富む浚渫土砂を対象とした実験は図-1に示す東京都大田区大森東地先の京浜運河平和島地区で実施した。実験場所は当時行われていた埋立工事の工事区域内で実施した。

有機物の少ない浚渫土砂を対象とした実験は、図-2に示す大阪港内の阪南二区人工干潟で実施した。この実験は、当該人工干潟における自然再生技術構築を目指したプロジェクトの一環として実施した。

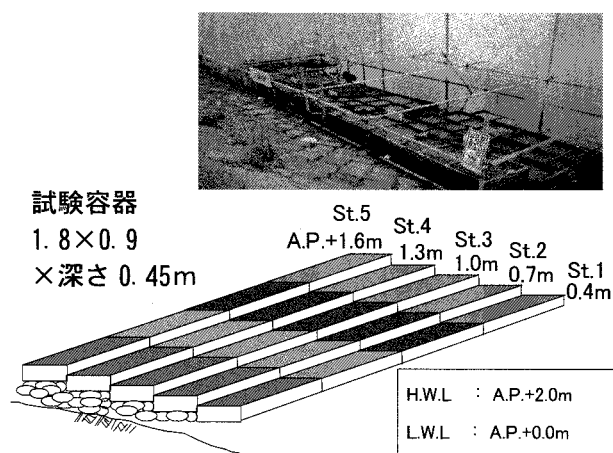


図-3 京浜・渾河平和島地区実験施設

(2) 実験材料

a) 京浜運河 (有機物に富む浚渫土)

京浜運河の人工干潟建設工事区域内に図-3に示すように、1.8m×0.9m×深さ0.45mの容器を潮間帯に相当する部分に階段状に配置し、この中に工事中に発生した浚渫土砂を投入した。また、比較材料として、千葉県産の購入山砂および長崎県産の購入海砂も同じ施設の別の区画に配置した。

や腐泥臭がした。

実験は2001年11月から2003年10月まで実施し、この間7回のベントス調査と、3回の地盤高測量を行った。

各地点のサンプリングは 15 cm×15 cmの底面を持

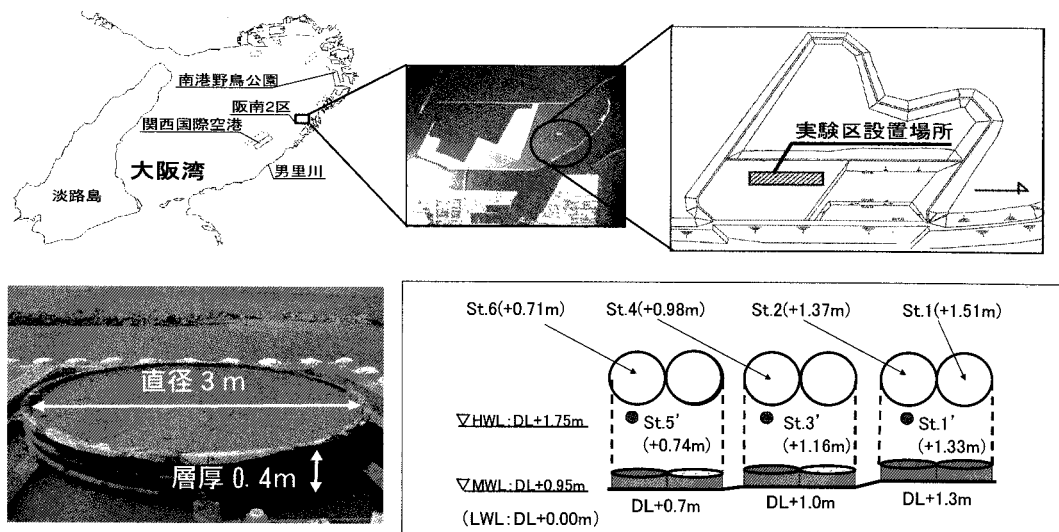


図-4 大阪湾阪南二区地区実験施設（設置位置と実験施設）

つ採泥器を用いて、表層から 10 cm までの土砂を 1 つの地点につき各 2 回採取した。これらのサンプルを混合したものを分析に供した。底質の化学分析として強熱減量を計測した。また、各調査回ごとに、底質サンプルの粒度組成分析を行った。

b) 阪南二区（有機物の少ない粘性土）

阪南二区地区における実験は、2004 年 4 月～2006 年 2 月まで実施し、期間中に 6 回の調査を実施した。

実験に用いた土砂は、大阪港内の工事で発生した浚渫土で、表-3 に示す比較的有機物の少ない土砂であった。この土砂は、ほとんど無臭であった。

浚渫粘性土は、図-4 に示す干潟上の潮間帯に相当する部分に配置した、直径 3 m のコルゲートパイプ内に、層厚 0.4 m で配置した。また、比較対照として実験区域周辺の覆砂区域にサンプリング地点を設けた。この部分の覆砂材は山口県産の購入山砂で、表-3 に示すように、中砂から細砂が主成分である。

本地点でのサンプリングは各実験区画内の各 1 箇所、20 cm × 20 cm のコドラート（鋼製枠）を配置して、コドラート内の表面から 10 cm の土砂を採取した。

土砂のサンプルは、1 mm メッシュでふるい、残留

するマクロベントスの種類別個体数・湿重量の計数を行った。また、投入した土砂の流出状況を把握するため、土砂投入容器の地盤面の高さを計測した。

底質の化学分析は、T-N、T-P、COD、ORP について実施した。また、各調査ごとに粒度組成の分析を行った。

（3）検討方法

ベントスの出現傾向は湿重量を用い 1 m² あたりに換算して検討した。また、1 個体のサイズが大きく、かつ移動性の強い種（イソガニ類、テッポウエビ、トゲアメフラシ、ニシキウスガイ科の種）は出現量を 1 m² あたりに換算する場合に影響が過大になると考え、計数から除外した。

出現重量や種組成の他に、ベントスの摂食様式も検討対象とした。ベントスの食性判断は、風呂田によるマクロベントス摂食様式¹⁵⁾を用いた。

3. 底生生物調査結果

（1）京浜運河（有機物に富む浚渫土）

京浜運河地区は水質汚濁の激しい水域であり、ま

表-2 京浜運河平和島地区で使用した材料

材質	産地	粒度 (%)			中央 粒径 (mm)	含水比 (%)	強熱減量 (%)	化学成分			
		礫分	砂分	シルト 以下				COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)	T-N (mg/g)	T-P (mg/g)
山砂	千葉県産	3.7	95.8	0.5	0.196	15.60	0.70	0.8未満	0.05未満	0.3未満	0.16
海砂	長崎県産	13.3	86.6	0.1	0.840	10.60	0.80	0.8未満	0.05未満	0.3未満	0.08
浚渫土	現地発生泥	0.0	22.1	77.9	0.008	208.00	24.60	91.0	31.00	6.9	4.30

表-3 阪南二区地区で使用した材料

材質	産地	シルト 以下	中央 粒径 (mm)	強熱 減量 (%)	化学成分		
					COD (mg/g)	T-N (mg/g)	T-P (mg/g)
浚渫土	大阪港内	90%以上	0.002～0.004	7.4	8.3	24.4	0.29
覆砂	山砂（購入）	0.48～0.97	0.55～0.19		0.73	0.110	0.130

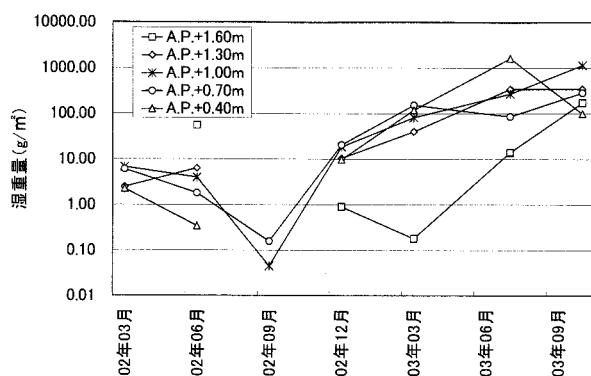


図-5 京浜運河地区浚渫土ベントス出現量

た、河川水や下水処理場処理水の影響も大きい。このため加入してくる生物種も限られている。

京浜運河の浚渫土のベントスは、図-5 に示すように、設置 1.5 年が経過した後は、100～1000 g/m² 程度出現していた。また、地盤高別の出現量では

A. P. +0.4m (St. -1), A. P. +0.7m (St. -2) の M. W. L. 以深の場所では出現量が多い傾向が見られた。

主要な生物は、ゴカイ・アシナガゴカイ・スピオ科の一種 (*Pseudopolydora* sp.), ホトトギスガイ, コウロエンカワヒバリガイ, ソトオリガイ, ドロクダムシが主要出現種で、これらだけで湿重量比 90% 以上出現することもある。山砂と海砂が配置された区画では、これに加えアサリとコケゴカイが出現する。なお、現在ゴカイはカワゴカイ属 (*Hediste* spp.) に再分類されているが、ここでは従来通りとした。

食性別の出現傾向では、図-6 に示すように、表面堆積物食者が増加していることがわかる。これらの主体をなす種はゴカイ・アシナガゴカイ・スピオ科の一種 (*Pseudopolydora* sp.) である。M. W. L. 以深の場所では時間経過とともに懸濁物食者の割合が増加していることがわかる。

基質の相違による出現傾向を図-7 に示す。これは実験開始後約 1 年後の 2003 年 3 月の調査結果を用いたものである。この時点では浚渫土の生物が最も多く出現している。浚渫土区では大部分表面堆積物食者であるが、山砂・海砂区では、懸濁物食者の割合が多くなっている。

(2) 阪南二区(有機物の少ない粘性土)

阪南二区地区は、京浜運河地区に比較して、河川の影響が少なく、周辺の埋立地護岸ではホンダワラ類等の群落が形成可能な水質が維持されている。

図-9 に示すように、ベントスの出現量は最大でも 160 g/m² である。また、地盤高が高いほど、出現量が少ない傾向が見られた。主要出現種はアシナガゴカイとコケゴカイであった。これらの優占 2 種で湿重量は 30 g/m² で、出現重量の 50～90% 以上を占めていた。ただし、2004 年 12 月のと 2005 年 2 月の St. -6 は、ブドウガイ、アラムシロガイといった移動性の

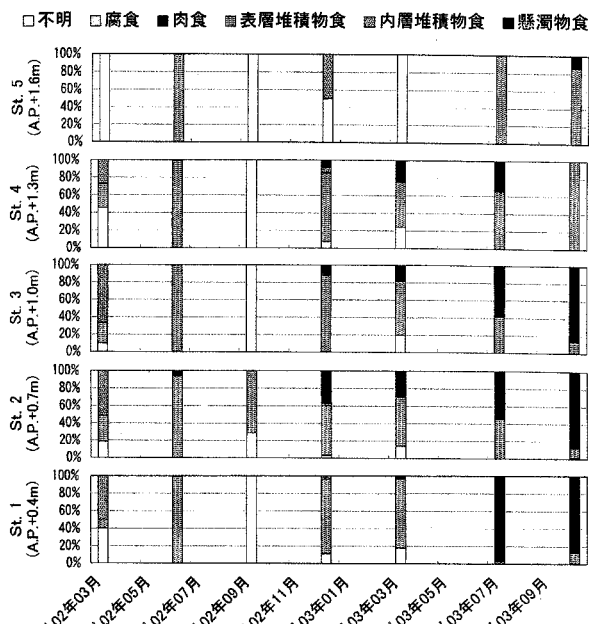


図-6 京浜運河地区浚渫土ベントス食性組成

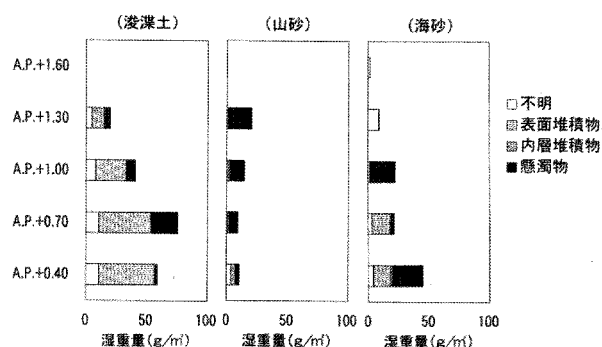


図-7 京浜運河底質性状別食性食物出現状況

ある巻貝の出現率が高く、20～50 g/m² を占めていた。

出現生物の食性別出現傾向を図-9 に示す。実験開始後 1 年間程度は、没水時間の長い St. -6 以外は出現種の大部分は表面堆積物食者で、時間経過とともに懸濁物食者や腐食者が出現した。

基質の相違による出現傾向を図-10 に示す。これは実験開始後約 1 年後の 2005 年 5 月の調査結果を用いたものである。この地点では周辺覆砂区の生物量は浚渫土区の 10 倍程度であった。

食性別出現傾向では、浚渫土区では大部分表面堆積物食者であるが、周辺覆砂区では懸濁物食者が圧倒的に多い。これらの主体はホトトギスガイとアサリであった。一方、堆積物食者の重量は浚渫土区の最大約 40 g/m² に対して周辺覆砂区では 40～60 g/m² とほぼ同等であった。

4. 浚渫土の浸食状況

各調査地点の浚渫土砂投入場所における地盤高の経時的変化と、実験期間中の地盤高低減率を図-11, 12 に示す。図中の最左側のプロットが初期値で

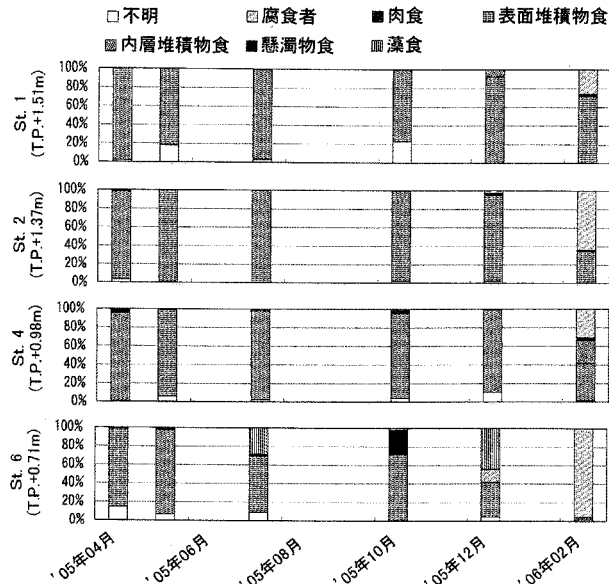


図-9 阪南二区地区浚渫土ベントス食性組成

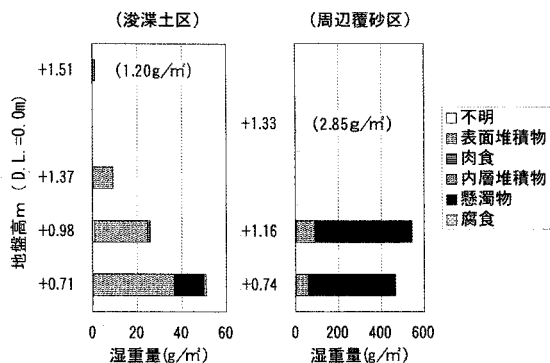


図-10 阪南二区底質性状別食性物出現状況

ある。各ケースとも、実験施設に投入した浚渫土砂地盤高は時間経過につれて減少する。また、投入土砂は、設置水深が増大するにつれて浸食率も増大する。これは、潮位が高く水没している間に浸食を受けていることを示す。特に、阪南二区地区において M. W. L. 以下に設定した St. -4, 5 では実験期間中に大部分の投入土砂が流出してしまった。

5. 考察

(1) ベントス群集の発達

粘性土からなる浚渫土が干潟表面にあるとき、浸食を受ける干潟表面では堆積物が流失する。このような状態では、底質表面上の堆積物を摂餌する表面堆積物食者には不利になる。

一方、底質粒子や底質表面の微細藻類などは外力による浸食にともない懸濁浮遊するので、濾過食者の摂餌には有利な状態となる。このため、波浪等の外力により底質表面が浸食する状態になると、堆積物食者の比率が減少することになる。このことは、物理外力を考慮した干潟生態系モデル¹⁶⁾による予

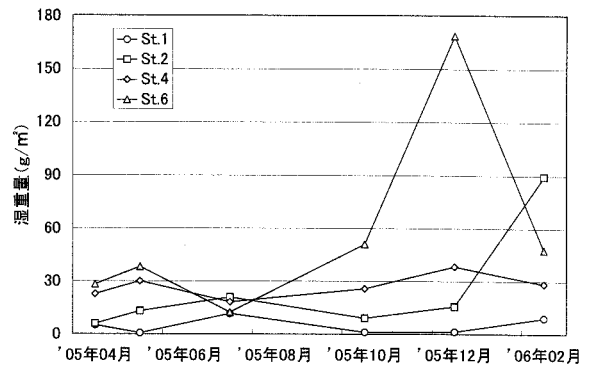


図-8 阪南二区地区浚渫土ベントス出現量

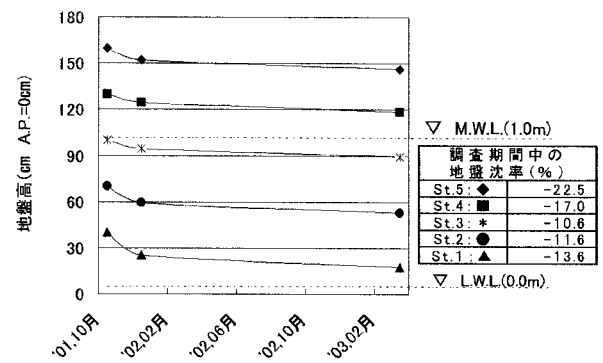


図-11 京浜運河地区の浚渫土の浸食傾向

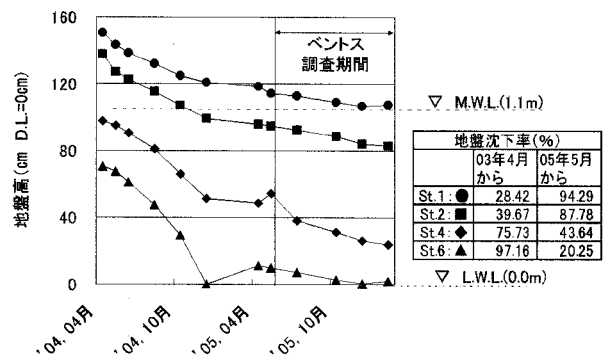


図-12 阪南二区地区の浚渫土の浸食傾向

測計算とよく整合している。

干潟の基質が砂質である場合には、懸濁物食者の割合が多い。干潟表面が砂質である場所は、細粒分が流失した結果、砂が残存しているを考えると、細粒分が流失する場所では、干潟上の表面堆積物が流失するので濾過食者の割合が増加し、堆積物食者が減少するのは当然のことといえる。

(2) 外力による表面浸食と生物相

粘性土は波浪により容易に流失してしまうので、粘性土により構成される浚渫土砂を用いた干潟造成には適切な波浪制御を行うか、潟湖のような波浪の影響を受けない場所、あるいは適切に波浪が制御さ

れた場所に適用することが望ましい。

波浪作用下での粘性土は局所的に含水比が顕著に低下することが水理実験によって確認されており、これは波の作用により生じる引張クラックのドレーン効果が生じていると推定されている¹⁷⁾。このことから、適度な波浪を作用させることで、粘性土からなる干潟面の早期の安定化や、粘性土内の環境改善への寄与が期待できる。ただし、このような干潟では堆積物食者の活動が制限されるようになると考えられるので、ホトトギスやソトオリガイのような懸濁物食者が多い干潟になると想像される。

また、砂泥質土では波浪が作用することにより分級が生じ粗粒化するが、この粘土混じりの砂の底質は流れに対して強い移動抵抗力を持つことが実験的に確認されている¹⁸⁾。

これらのことから、将来的には干潟面を適切な波浪条件下に置くことで、生物相のコントロールと干潟面安定化が期待できると考えられる。しかし、一般的に構造物による波浪制御は高コストとなるので、波浪の影響を受け易い場所については、浚渫土砂に砂やリサイクル材などを混合して適切な粒度組成とした混合材を投入することで耐波浪性の向上を図り、その背後など、波浪の影響が少ない場所において、浚渫土のみの干潟面を配置することが考えられる。もちろん、潟湖干潟もその対象となる。これらの場合、海水浄化機能をもつ懸濁物食者からなる干潟生物群集の形成も期待できる。

したがって、アサリなど特定の種の出現を期待しない、自然再生的な干潟を造成する場合に、波浪制御や若干の工夫を施すことで、手を加えない浚渫土砂を活用することは十分に可能と考えられる。

参考文献

- 1) 羽原浩史, 大下 茂, 高濱繁盛, 今村 均 (1996) : ミチゲーションを目的に造成した人工干潟の機能評価, 海岸工学論文集, Vol. 43, pp1161-1165.
- 2) 大山洋志 (2003) : 浚渫土を用いた干潟・藻場再生事業, 土木施工 Vol. 44, No. 7, pp38-43
- 3) 古川恵太, 岡田知也, 東島義郎, 橋本浩一 (2005) : 阪南2区における造成干潟実験, 海洋開発論文集, Vol. 21, pp659-664.
- 4) 片倉徳男, 高山百合子, 上野成三, 小林峯男, 国分秀樹, 奥田圭一 (2005) : 浚渫ヘドロを用いた干潟再生工法におけるヘドロ混合の設計・施工計画, 海洋開発論文集, Vol. 21, pp885-890.
- 5) 国分秀樹, 奥村宏征, 高山百合子, 湯浅城之, 上野成三 (2004) : 英虞湾における浚渫ヘドロを用いた干潟造成実感から得られた干潟底質の最適条件, 海岸工学論文集, Vol. 51, pp1191-1195.
- 6) 沼野祐二, 中泉昌光, 瀬戸口喜祥 (2004) : 有明海河川内漁港における浚渫土漁業造成等への有効利用に関する研究, 海洋開発論文集, Vol. 20, pp1191-1195.
- 7) 西村大司, 岡島正彦, 加藤英紀, 風間崇宏 (2002) : 浚渫土を用いた干潟造成による環境改善効果について, 海洋開発論文集, Vol. 18, pp25-30.
- 8) 滝川清, 増田龍哉, 田中健路, 弥富裕一 (2004) : 創生された人工干潟における環境変動のメカニズムに関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 51, pp1201-1205.
- 9) 森本剣太郎, 滝川 清, 古川恵太, 増田龍哉, 幸田亜紀, 山下絵里子 (2006) : 人工潟湖干潟における生態系発達機構と物質収支に関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 53, pp1241-1245.
- 10) 田中ゆう子, 岡村知忠, 岩本宏之, 鈴木秀男 (2004) : 東京湾の護岸部における小規模な生物生息場の創出に関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 51, pp1206-1240.
- 11) 浅井正・米原吉彦・吉川茂樹・相原昌志・大島巖・岡田光正 (2006) : アサリ干潟の成立条件とその順応的管理手法の構築について—大島地区干潟を例に—, 海洋開発論文集, Vol. 22, pp217-222.
- 12) 渡部要一, 佐々木真志 (2006) : 干潟堆積構造の地球物理学的評価と形成要因, 海岸工学論文集, Vol. 53, pp1236-1240.
- 13) 竹山佳奈, 岩本裕之 (2006) : 阪南2区における干潟造成実験, 海洋開発論文集, Vol. 22, pp57-62.
- 14) 岡村知忠, 中瀬浩太, 里見 勇, 藤沢康文, 木村賢史 (2004) : 人工干潟造成工事にともなう干潟環境の変遷について, 海洋開発論文集, Vol. 20, pp419-424.
- 15) 風呂田利夫 (1996) : 干潟底生生物の分布と摂食様式, 月刊海洋, Vol. 28, No. 2, pp166-176.
- 16) 杉田茂樹, 中瀬浩太, 古川恵太, 重松孝昌, 青木伸一 (2002) : 物理外力を考慮した生態系モデルによる干潟生態系の評価, 海岸工学論文集, Vol. 49, pp1236-1240.
- 17) 土田 孝, 熊谷隆宏, 池野勝哉, 渡辺要一, 五明美智男 (2005) : 波浪作用下の底泥の挙動に関する解析手法について, 海岸工学論文集, Vol. 52, pp451-455.
- 18) 熊谷隆宏, 池野勝哉, 土田 孝 (2006) : 波浪作用下における砂泥質土の粗粒化および液状化特性について, 海岸工学論文集, Vol. 53, pp426-430.