

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1242

March 2023

造成干潟の基盤材として有効活用した浚渫土砂中の 有機炭素の残存率に関する基礎調査

内藤了二・秋山吉寛・岡田知也・桑江朝比呂

Basic Survey of Organic Matter in the Dredged Soil Used to Create Tidal Flats

NAITO Ryoji, AKIYAMA Yoshihiro B., OKADA Tomonari, KUWAE Tomohiro

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

造成干潟の基盤材として有効活用した浚渫土砂中の有機炭素の残存率に 関する基礎調査

内藤了二*・秋山吉寛*・岡田知也**・桑江朝比呂***

要 旨

干潟の造成基盤として浚渫土砂を活用し、完成から17年が経過した阪南2区造成干潟において、浚渫土砂に含まれる有機物を覆砂によって封じ込めた場合の有機炭素の残存率を調査した。覆砂層下の浚渫土砂層の鉛直試料は2地点で採取され、それぞれの干潟表層面からの深さは1.7mと2.6mであった。浚渫土砂層の酸化還元電位はほぼ一様に還元状態であり、強熱減量はほぼ一様に約7%であった。有機炭素の残存率は、強熱減量を有機炭素の代替指標とし、浚渫時の強熱減量と本調査によって得られた強熱減量の差から求められ、2地点の平均の有機炭素の残存率は82%であった。浚渫土砂を造成干潟の基盤材として活用することは、効果的に炭素を貯留できる可能性が示された。

キーワード：浚渫土砂，造成干潟，炭素貯留，鉛直試料，全有機炭素，強熱減量

* 沿岸海洋・防災研究部 主任研究官

** 沿岸海洋・防災研究部 海洋環境・危機管理研究室長

*** 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域長
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

Basic Survey of Organic Matter in the Dredged Soil Used to Create Tidal Flats

NAITO Ryoji*
AKIYAMA Yoshihiro B. *
OKADA Tomonari**
KUWAE Tomohiro***

Synopsis

Dredged soil is often used as the base material for the construction of created tidal flats. We investigated the percentage of residual organic carbon contained in dredged soil 17 years after the soil had been incorporated into the tidal flats of the Hannan Second District. We collected samples of the dredged soil underneath the sand cover at depths of 1.7 m and 2.6 m below the surface of the tidal flat. The redox potential of the dredged soil was almost uniformly negative, and the ignition loss was almost uniformly about 7%. The percentage of residual organic carbon and the ignition loss were used as alternative metrics of organic carbon content. Based on the difference between the ignition loss at the time of dredging and the time of this survey, we concluded that 86% of the organic matter initially present in the dredged soil had been retained. Our results showed that the use of dredged soil as the base material for a tidal flat may be an efficient way to store organic carbon.

Key Words: Dredged soil, Tidal flats, Carbon sequestration rate, Depth profiles, TOC, Ignition loss

* Senior Researcher, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

** Head of Coastal Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

*** Director of Department Coastal and Estuarine Environment Department, Port and Airport Research Institute
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone: +81-46-844-5019 Fax: +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 方法	2
2.1 造成干潟の諸元	2
2.2 現地調査	2
2.3 土質試験	3
2.4 化学分析	3
2.5 堆積物中の強熱減量と全有機炭素の関係	4
3. 結果と考察	5
3.1 鉛直試料の土相，粒度分布および中央粒径	5
3.2 含水比・ORP・有機物の鉛直分布	6
3.3 浚渫土砂中の有機炭素の残存率	6
3.4 浚渫土砂により貯留された炭素量	6
4. 浚渫土砂の有効利用による炭素貯留に関する今後の展望	8
5. 結論	9
謝辞	9
参考文献	9
付録 A 造成干潟の施工方法の概要	11
付録 B 鉛直試料における各測定項目の結果一覧及び鉛直試料の採取機材	12

1. はじめに

地球温暖化に対する緩和策として温室効果ガスの削減は重要な課題である。国際的な取り組みとして、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させ、現在および将来の気候を保護することを目的に、「気候変動に関する国際連合枠組条約」(UNFCCC)が1994年3月に発効された(環境省, 2023a)。1997年12月に京都議定書(COP3)が採択され、2005～2012年以内に目標値を達成することが定められた(環境省, 2023a)。同条約下では、2010年のカンクン合意(COP16)にて2020年までの目標値が、2015年のパリ協定(COP21)にて2030年までの目標値が設定されている(環境省, 2023a)。パリ協定では、日本は2030年のCO₂排出量は2013年比で46%減を目標としており(環境省, 2023b)、このうち森林・土地利用部門での吸収量を3700万トン(2013年度排出量の2.6%相当)と見込んでいる(環境省, 2023b)。

海域においては、海草や海藻等の海洋生態系により固定される炭素(ブルーカーボン)が温室効果ガスの吸収源として注目されている(桑江ら2019, 渡辺ら2021)。また浅場や内湾も、系内で生産(光合成)された植物プランクトンが底泥に堆積するため、有機炭素を貯留する場と考えられている。

一方、港内の航路・泊地では、港湾機能の維持のため底泥の浚渫が実施されている。国内の浚渫土砂量は約1900万m³であり、また浚渫土砂中の平均TOCは1.5%である(内藤ら2008a)。そして、この浚渫土砂は、港湾埋立に25%、土砂処分場に40%、覆砂・干潟等に11%活用され

ている(内藤2010)。この中で、造成干潟および覆砂は、環境改善・自然再生を目的として実施されているが、造成干潟・藻場の基盤材として浚渫土砂に含まれる有機炭素を安定的に封じ込めることは、炭素貯留の役割を果たす可能性がある(Sugimura et al., 2022)(図-1)。この炭素貯留効果を定量的に示すことができれば、浚渫土砂の活用に脱炭素の観点から付加価値を付けることができる。また、この付加価値によって干潟・藻場の造成が促進されれば、干潟・藻場に生育する海草・海藻などのブルーカーボン生態系の増加につながり、より一層の脱炭素への貢献が期待できる。有機物を多く含み一般的にはヘドロと呼ばれるような浚渫土砂は、有効利用先が限定されており、維持浚渫が必要な港湾では浚渫土砂の処分先の確保が課題であった。しかし、脱炭素の観点から浚渫土砂に付加価値が加わることにより、浚渫土砂の利用先の選択肢が増えることが期待できる。

浚渫土砂の封じ込めが炭素貯留として効果的に機能するか否かは封じ込めた有機炭素の残存率に強く依存する。しかし、封じ込められた浚渫土砂中の有機炭素の残存率を調査した研究事例はない。そこで本研究では、基礎検討として、浚渫土砂を干潟の基盤材として造成し完成後17年経過後の阪南2区干潟において、浚渫土砂中に含まれる有機炭素の残存率を推定することを目的とする。

なお、本稿は、内藤ら(2022)の内容を改変し補足説明したものである。そのため、本研究を引用する際には、内藤ら(2022)も参考文献に挙げられたい。

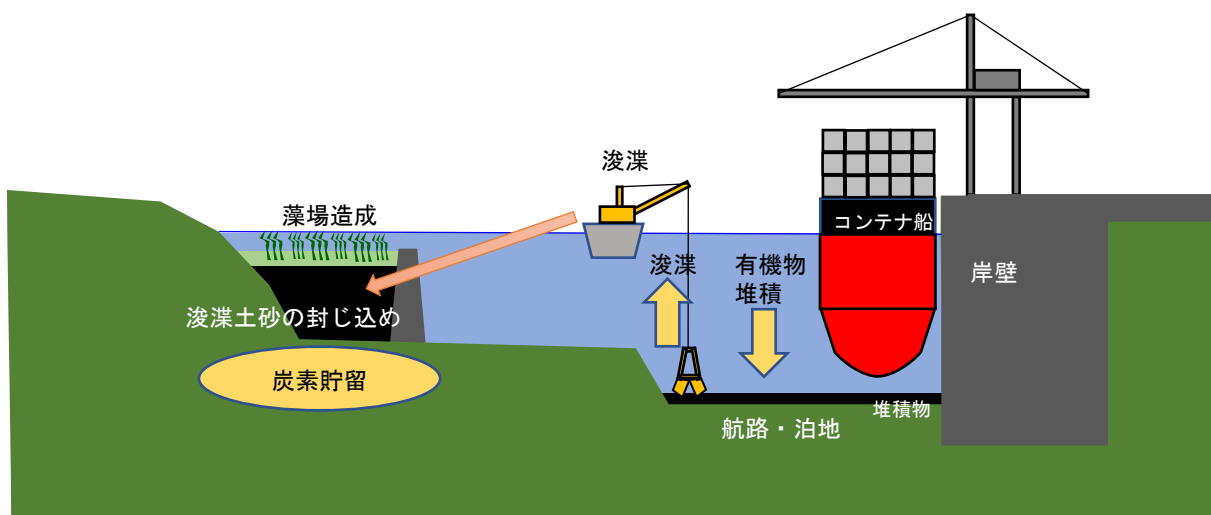


図-1 浚渫土砂を利用した炭素貯留の考え方。

2. 方法

2.1 造成干潟の諸元

図-2に造成干潟の基盤材として用いた浚渫土砂の採取場所および阪南2区干潟の位置、図-3に浚渫範囲における浚渫土砂の性状（強熱減量）の調査位置を●印で示す。阪南2区干潟は、大阪府岸和田市沖の埋立地内に造成された干潟である。干潟の基盤材に用いられた浚渫土砂は、堺市の関西電力LNG栈橋の泊地浚渫工事で発生した浚渫土砂である（古川，2008）。

図-4に造成干潟の概観および鉛直試料の採取位置を示す。平成16年2月に完成し、面積は全体が5.4 ha、干出部1.7 haである。基盤材に用いた土量は33万m³である。基盤材の浚渫土砂の上には約30 cmから70 cm覆砂が行われている。浚渫土砂と覆砂の間には生分解性シートが敷かれ、浚渫土砂と覆砂の混合が抑制されている（高橋ら2004，佐藤ら2004）。図-5に干潟表層の地盤高さを示す。図中の潮上帯，潮間帯，潮下帯の地盤高は，それぞれ潮上帯（DL+1.75 m以上），潮間帯（DL+1.75 m-0 m），潮下帯（DL 0 m 以下）である。造成干潟の概略断面の一般図を図-6に示す。原地盤より約10 mまで浚渫土が投入された構造である。付録Aに造成干潟の施工方法の概要を示した。

2.2 現地調査

鉛直試料の採取に先立ち、ハンドオーガー（DIK-104A，採土部100 cm，φ30 mm，大起理化工業（株））を用いて覆砂層厚および浚渫土砂層の表層の土相に関する現地踏査（令和3年10月7日）を実施した。鉛直試料を採取する地点について，以下の3つの条件を満たす場所を選定した。①鉛直試料採取の作業性の観点から，干出時の干潟表層部が露出していること。②浚渫土砂試料の採取の観点から，砂層による覆砂厚が1 m未満であること。③鉛直試料の採取において，生分解性シートが敷設されていない区域とすることとした。

選定された2地点で，ジオスライサー（長さ：3.0 m，幅：96 mm，厚さ：30 mm）を用いて造成干潟の基盤材の鉛直試料を令和3年11月1日採取した。ジオスライサーは，サンプラー打ち込み時の抵抗を少なくすることで堆積構造の乱れが小さい試料の採取が可能である（高田ら，2002）。試料採取板を調査地点に立てパイプレータを用いて打ち込みを行い，その後に蓋板を試料採取板に沿って打ち込みを行なった（図-7（a）から（c））。試料採取板と蓋板の引き抜きはウインチを取り付けた三又を立て，ウインチの鎖を引っ張ることで行なった。St.1は潮

汐により表層が冠水状態の地点であったため，下端からの鉛直試料の抜け落ちに注意を要した。付録Bに鉛直試料の採取に用いた機材を示した。

採取後直ちに，酸化還元電位（ORP）計（IM-32P，東亜ディーケーケー（株））を用いてORPを表層から20 cm毎に計測すると共に，土質性状を観察した。計測後，表層から10 cm毎に分割し，土質試験および化学分析用の試料に供した。試料は試験室まで冷蔵輸送した。

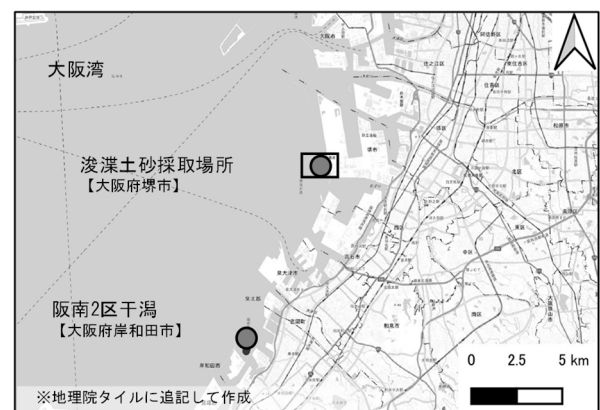


図-2 浚渫土砂採取場所および造成干潟の平面位置

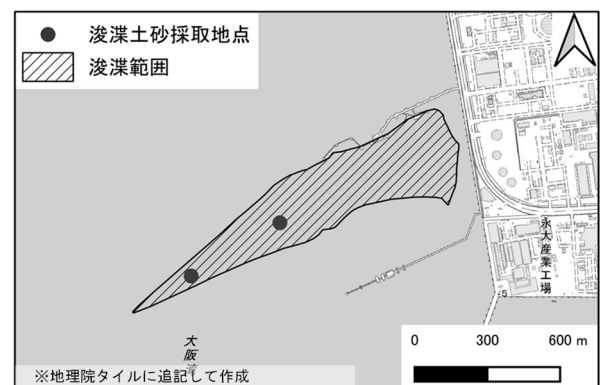


図-3 泊地の浚渫範囲および土砂性状の調査位置



図-4 造成干潟の概観と鉛直試料の採泥地点

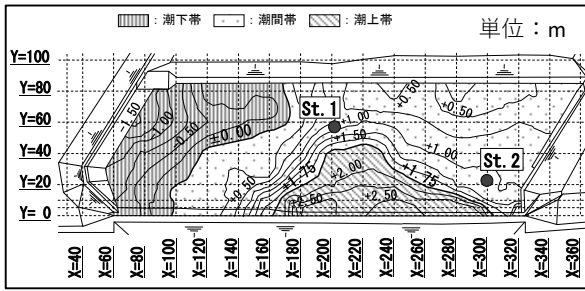


図-5 造成干潟の表層地盤高さ。単位は m 表示。

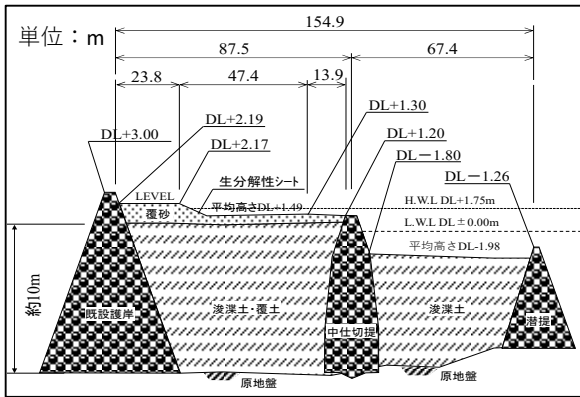


図-6 造成干潟の概略断面の一般図。平面方向の単位は m 表示，鉛直方向は模式図として示す。

2.3 土質試験

土質試験としては，粒度組成，含水比，土粒子密度の各試験を行なった。粒度組成は，レーザー式回折散乱式粒子径分布測定装置（LA-950，HORIBA社製）を用いて測定した。含水比は，土の含水比試験方法（JIS A 1203）に基づき分析した。土粒子密度は，土粒子の密度試験方法（JIS A 1202）に基づき分析した。

2.4 化学分析

化学分析としては，強熱減量（IL），全有機炭素（TOC）の分析を行なった。ILは，乾燥試料を600℃で2時間強熱する前後の質量を測定することにより求めた（環境省，2012）。TOCは，試料を均一にするために，事前にマルチビーズショッカー（PM2000，安井器械（株））により微粉碎を行った。測定機器の諸元を表-1から表-2に示す。微粉碎した試料の脱炭酸処理前後の全炭素（TC）を元素分析計（Flash EA1112，Thermo Fisher Scientific）により測定し，その差分からTOCを算出した。酸処理は，試料を1.2 mol/L塩酸に発泡が確認できなくなるまで浸潤させた後，超純水により洗浄・乾燥させた。酸処理後TCは，処理前後の試料重量を測定して酸処理による試料減少分を確認し，減少分の補正を行なった試料重量を使用し

て算出した。

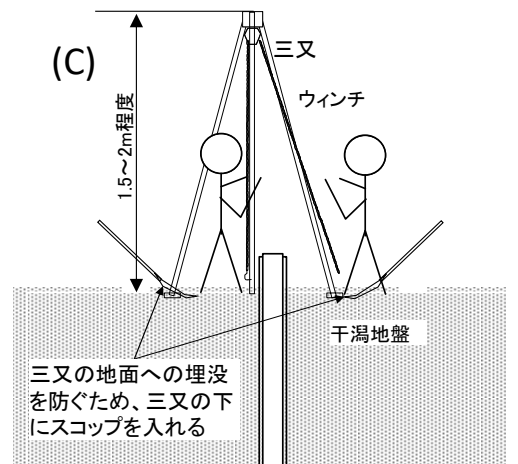
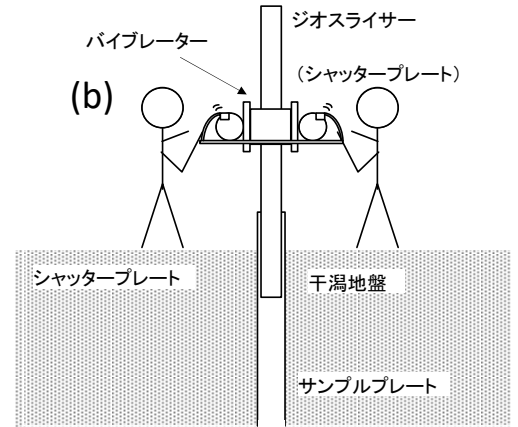
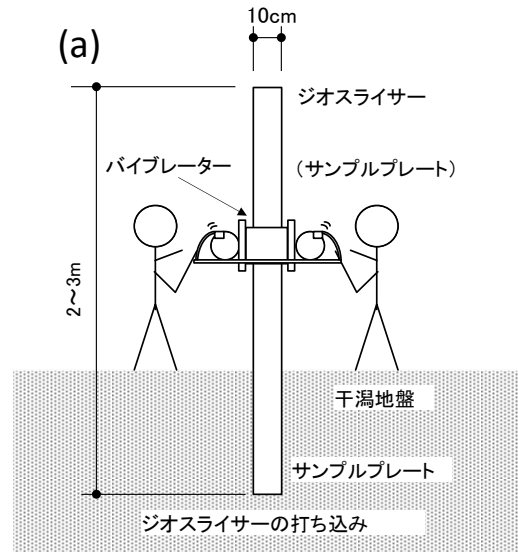


図-7 鉛直試料の採取手順の模式図。(a) サンプルプレートの挿入 (b) シャッターレイの挿入，(c) 鉛直試料の引き上げ。

表 - 1 粉碎装置（マルチビーズショッカー）の諸元

項 目	内 容
メーカー	安井器械株式会社
形式	PM2000
サンプル処理数	2ml/3ml×6検体／10ml/50ml×3検体
粉碎方式	立体8の字運動（特許）
モーター回転数	0～4500rpm（1rpm単位設定）
外寸法 幅×奥行×高さ(mm)	422W×468D×451H
電源	AC100V 50/60Hz 10A
重量(kg)	約32kg

表 - 2 元素分析計の諸元

項 目	内 容
メーカー	Thermo Fisher Scientific
形式	Flash EA1112
装置構成	酸化・還元部 水トラップ部 燃焼ガス分離カラム部 オートサンプラー
酸化炉温度(℃)	1000
還元炉温度(℃)	680
He キャリアガス流量 (mL/min)	100
分離カラム(m)	3
分離カラム温度(℃)	35
検量線作製使用 スタンダード	Acetanilide (キシダ化学製)

2.5 堆積物中の強熱減量と全有機炭素の関係

浚渫土砂により封じ込められた有機炭素の残存率の推定に際しては、浚渫時の浚渫土砂中の全有機炭素（TOC）データが無かったため、既往文献よりTOCと強熱減量の相関性を調べることにした。図-8(a), (b)に堆積物中の強熱減量とTOCの関係を示す。図中には、岡田ら（2005）の東京湾の堆積物データ（ただし、湾口部を除く）および内藤ら（2008b）の名古屋港の堆積物データ（ただし、河川および下水からの過剰な栄養塩負荷がある地点を除く）を用いている。東京湾と名古屋港の両方で、TOCはILの増加と共に単調増加する傾向が認められた（図-8）。そこで、TOCとILとの関係をKendallの順位相関係数を用いて調べた。その結果、両海域ともILとTOCとの間に有意な相関関係が認められた（東京湾 $\tau_b = 0.867, p < 2.0 \times 10^{-16}$ ；名古屋港 $\tau_b = 0.90, p < 2.0 \times 10^{-16}$ ）。

なお、有機炭素の残存率の推定値は、TOCの代替指標となるILから求められることとし、浚渫時の浚渫土砂中のILに対する干潟完成から17年後の浚渫土砂中のILの比を算出して求めた。

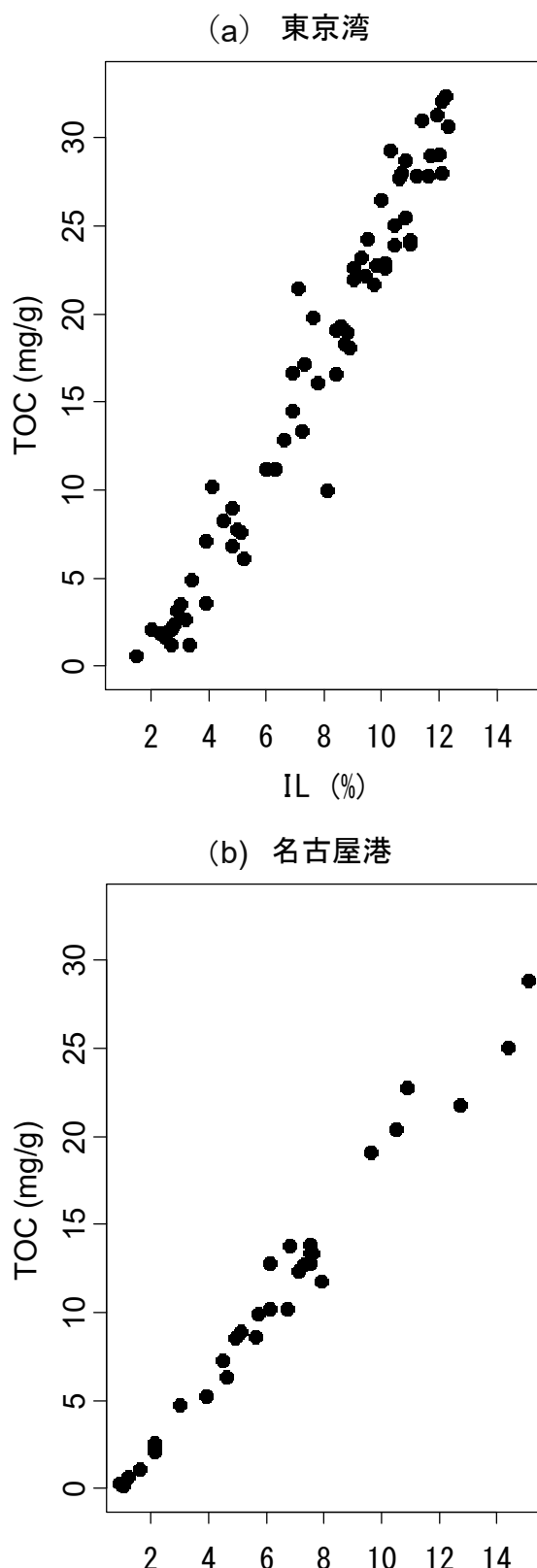


図-8 堆積物中の強熱減量と全有機炭素量の関係。
(a) 名古屋港 (b) 東京湾。

3. 結果と考察

3.1 鉛直試料の土相、粒度分布および中央粒径

St.1では260 cmの鉛直試料が採取された。表層から深度120 cmまでは、砂質土であり、泥色は上層よりオリーブ黒、灰オリーブであった（図-9(a)）。深度120 cmから130 cmまでは、シルト混じり粘土であった。深度130 cmから260 cmまでは、粘土であり、泥色はオリーブ黒であった。St.2では170 cmの鉛直試料が採取された。表層から深度80 cmまでは、砂質土であり、泥色はSt.1と同様であった。深度90 cmから120 cmまでは、砂混じりシルトの間に粘土、砂泥の互層であった。深度120 cmから170 cmまでは、粘土であり、泥色はオリーブ黒であった（図-9(b)）。

図-10から図-11に粒度分布、図-12に中央粒径の鉛直分布を示す。St.1では、深度5 – 105 cmは500 – 700 μm にピークを持っており、中央粒径が300 – 500 μm の粒度分布、深度 145 – 225 cmは約10 μm にピークを持っており、中央粒径が約9 μm の粒度分布であった。両者の間の深度125 cmは10 μm と700 μm の2つのピークを持つ中央粒径が201 μm の粒度分布であった。これらの深度に伴う粒度分布の違いから、深度5 – 105 cmは覆砂層、深度145 – 225 cmは浚渫土砂層、深度125 cmは覆砂と浚渫土砂との混合層と考えられた。同様の考察から、St.2では、深度5 – 65 cmは覆砂層、深度85 – 115 cmは混合層、深度110 cm以深は浚渫土砂層と考えられた。また、付録Bに鉛直試料の土質性状の観察記録を示した。

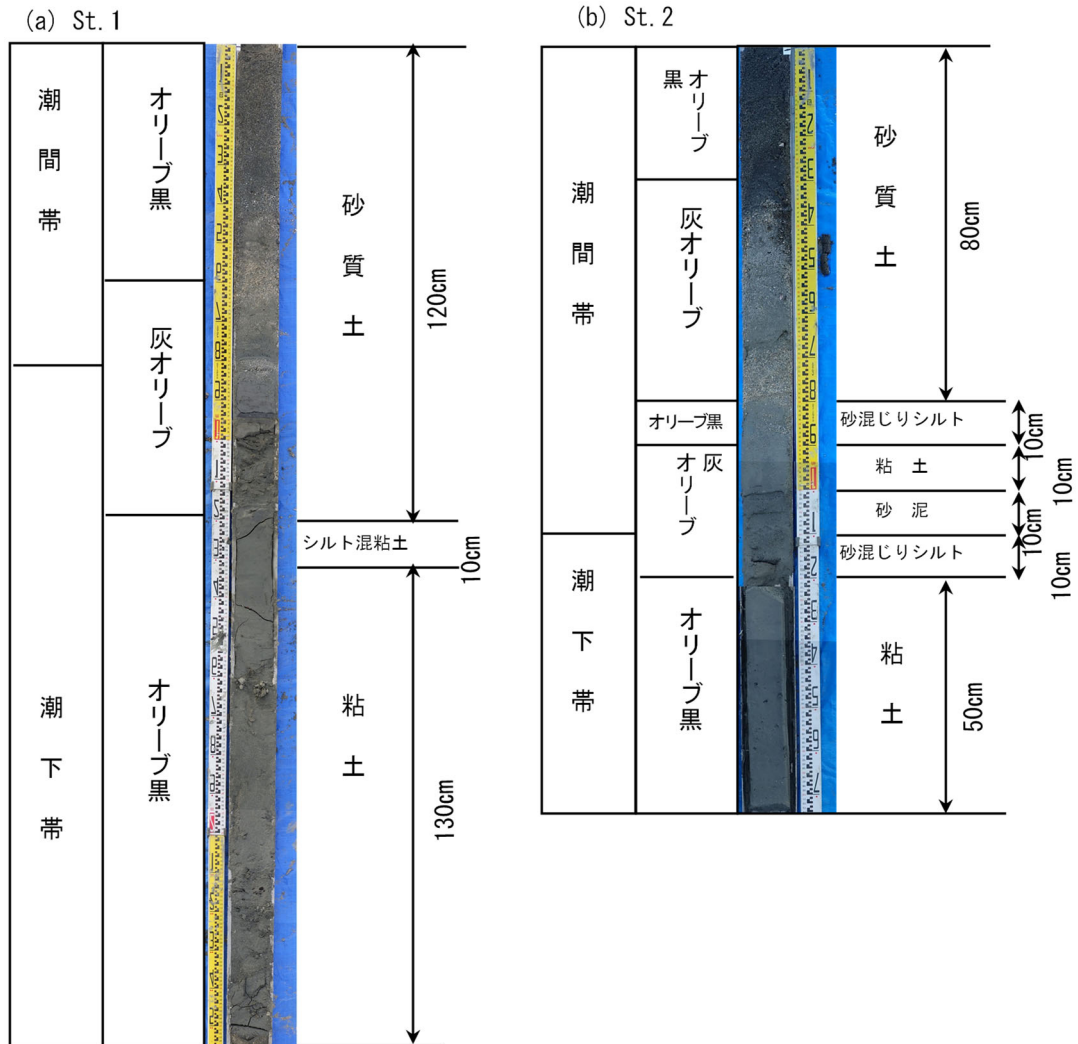


図-9 鉛直試料の外観状況。(a) St.1, (b) St.2

3.2 含水比・ORP・有機物の鉛直分布

St.1において、浚渫土砂層中の強熱減量は一様で平均値は7.0%であった（図-12、詳細は図-B.1～B.2参照）。TOCの浚渫土砂層中の平均値は1.1%であった。St.2における浚渫土砂層中の強熱減量の平均値は6.6%、TOCの平均値は1.2%であった。ORPの鉛直分布より、St.1およびSt.2ともに、覆砂層は全域に渡って酸化的环境であるものの、浚渫土砂層では還元的環境となっていた（図-12）。このことから、浚渫土砂層内では海水および酸素の交換が妨げられ、有機物は分解しにくい環境となっていると考えられる。なお、酸化的环境と還元的環境での有機物の分解速度の差異については、室内実験を今後実施して定量化する予定である。

3.3 浚渫土砂中の有機炭素の残存率

泊地浚渫時の浚渫土砂中の強熱減量は2地点で調査されており、それぞれ8.1%と8.5%（平均：8.3%）であった。そこで、浚渫土砂の強熱減量の初期値を8.3%として有機

炭素の残存率を計算すると、St.1では84.3%、St.2では79.5%、St.1とSt.2の平均は82%であった。つまり、18%の有機炭素は分解されていたが、82%は貯留されていることを意味する。

3.4 浚渫土砂により貯留された炭素量

本干潟に投入された浚渫土砂は施工記録から33万 m^3 ということが判っている。浚渫土砂層のSt.1とSt.2の平均TOC=1.1%、含水比=81.6であった。含水比（重量比）と土粒子の比重から浚渫土砂の体積割合および浚渫土砂の体積を求め、乾燥状態の土粒子重量を算出し、土粒子の重量に対して炭素の分子比を乗じて炭素量を推定したところ、本干潟の炭素貯留量は $1.2 \times 10^4 \text{ t-CO}_2$ であった。なお、施工時に干潟に投入された炭素量は、浚渫土砂のTOC値が無いため3.3節で示した有機炭素の残存率（82%）から施工時の炭素量を推定すると $1.5 \times 10^4 \text{ t-CO}_2$ であった。

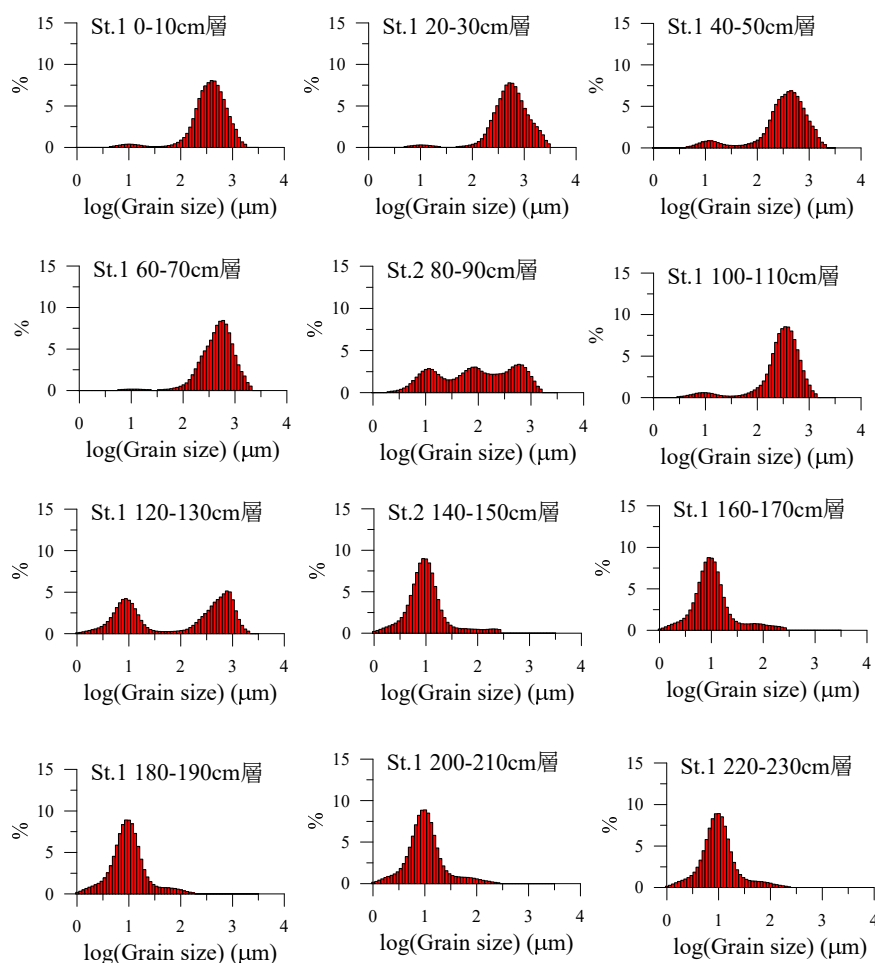


図-10 鉛直試料の粒度分布（St.1）

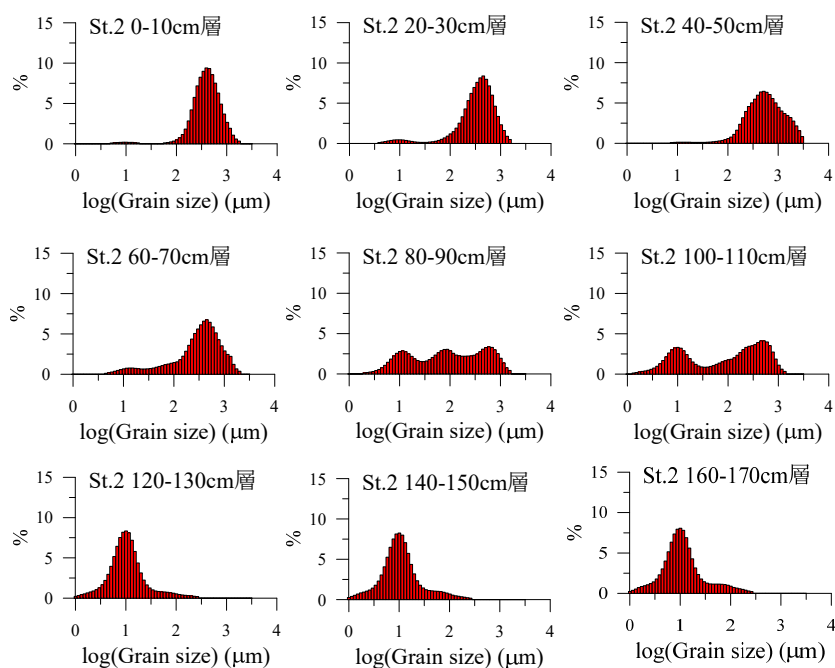


図-11 鉛直試料の粒度分布 (St.2)

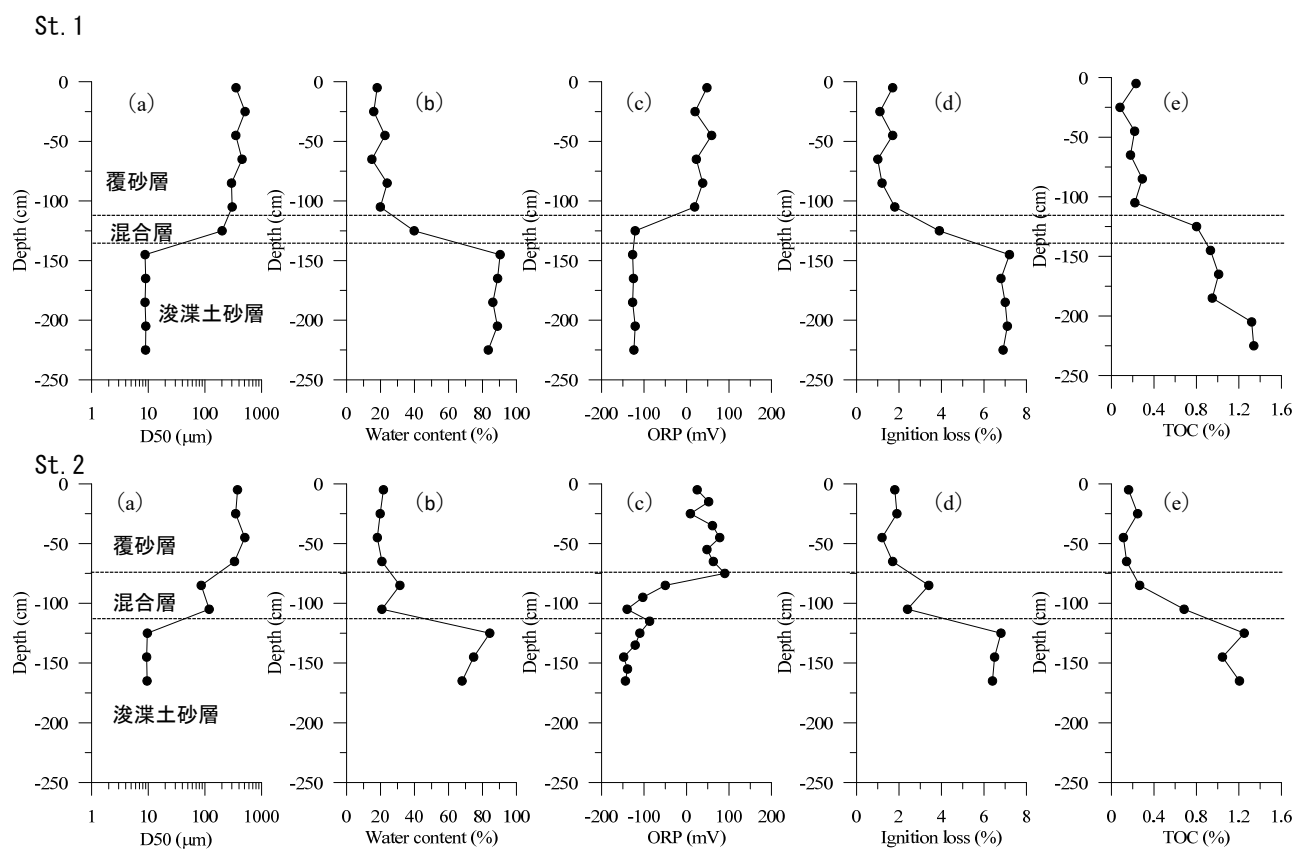


図-12 各測定項目の鉛直分布. (a) 中央粒径, (b) 含水比, (c) ORP, (d) 強熱減量, (e) TOC

4. 浚渫土砂の有効利用による炭素貯留に関する今後の展望

本調査では、浚渫土砂の有効利用による炭素貯留として、浚渫土砂を造成干潟の基盤材として活用したケースについて検討した。しかし、浚渫土砂を有効利用して炭素貯留が期待できるケースは、造成干潟だけではない。例えば、藻場としての浅場造成や深掘り埋め戻し材、海面での埋立材等が考えられる。

図-13に陸上処分、海面埋立処分、干潟・藻場造成、深掘り跡修復の4ケースの炭素残存率の概念を示す。陸上処分の長所は、浚渫土砂処分の大きな容量が確保できることである。一方、常に大気と浚渫土砂が触れるため有機物分解が起りやすいと考えられ、二酸化炭素の排出が比較的大きいと考えられる点が短所である。海面埋立処分の長所は、陸上処分と同様に容量が大きいこと、平均海面水位以下では湛水状態が維持されるため陸上処分よりは有機物の進行が遅くなることが期待できるこ

とである。一方、短所は埋立に要する造成期間が長く施工中に大気と触れる時間が長いことため有機物分解が起りやすいと考えられることである。干潟・藻場の長所は、干潟・藻場造成によって新たに創出される海藻の生育により長期的なブルーカーボン生態系の場となることが期待できる点である。さらにグリーンインフラとして多様な環境価値を生み出す点である。一方、短所は浚渫土砂を受け入れ可能な容量が陸上処分や海面埋立処分と比較すると小さいことである。深掘り跡修復の長所は、浚渫土砂の受け入れ容量が多いことと、深掘り跡は、周辺海域より水深が局所的に深いため貧酸素化している海域のため、有機物分解は起り難い場所と考えられることである。ただし短所としては水深が深く光量が不足するため、藻場等の海藻が生育する環境でなく、干潟・藻場と比較すると長期的なブルーカーボン生態系の場とならない点である。

本調査では、1事例の結果であるものの有機物を多く含む浚渫土砂を造成干潟の基盤材として有効利用する

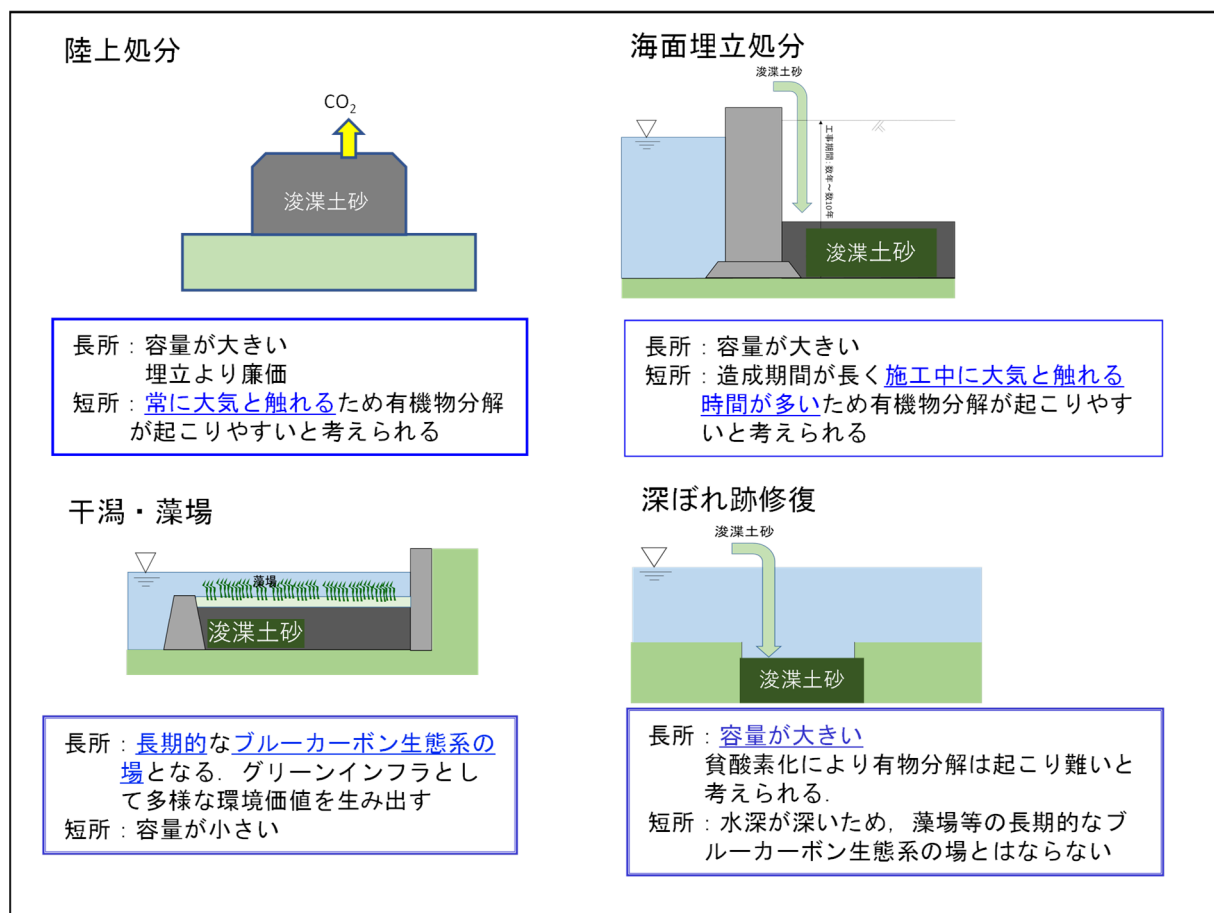


図-13 浚渫土砂の用途により貯留される炭素の概念図

ことは、炭素貯留の役割を果たす可能性があることが判ってきたが、他のケースについては全くの推測に過ぎない。今後は、浚渫土砂の様々な利用形態に対して、炭素貯留量を新たな評価軸とできるように、それぞれの利用形態の有機炭素の残存率を定量化していくことが課題である。

5. 結論

本研究では、浚渫土砂を干潟の基盤材として造成し完成後17年経過後の阪南2区干潟において、浚渫土砂中に含まれる有機炭素の残存率を推定することを目的として調査を実施した。本調査では、基礎調査として、潮間帯の2地点（St.1, St.2）のみで調査を実施した。得られた主要な結果を以下に列挙する。

- ・造成干潟の基盤材として利用した浚渫土砂の試料採取に際し、1m以上の鉛直試料を採取できる振動型の採取方法は有効であった。
- ・覆砂層と浚渫土砂層は比較的に明確に分かれていた。覆砂層と浚渫土砂層の混合層は、St.1で10 cm, St.2で20 cmであった。
- ・St.1およびSt.2共に、覆砂層は全域に渡って酸化的環境であるものの、浚渫土砂層では還元的環境となっていた。
- ・浚渫土砂層中の強熱減量の鉛直平均値は、St.1で7.0%, St.2で6.6%であった。
- ・浚渫土砂層中のTOCの鉛直平均値は、St.1で1.1%, St.2で1.2%であった。
- ・浚渫土砂中に含まれる有機炭素の残存率は、St.1で84.3%, St.2で79.5%, 両地点の平均値は82%であった。
- ・本造成干潟の炭素貯留量を推定したところ、 1.2×10^4 t- CO_2 であった。
- ・有機炭素の残存率の推定結果から、浚渫土砂を造成干潟の基盤材として活用することは、効果的に炭素を貯留することができる可能性が示された。

しかし、上記の結果は2地点のみの結果であり同じ干潟でも潮上帯や潮下帯等の空間的な条件の違いによる差異が予想されること、また異なる性状の浚渫土砂を用いた造成干潟では異なった結果が予想されるなど、定量的には不十分である。本干潟における詳細調査や異なる別の干潟・浅場での調査を今後実施し、有機物分解の影響要因を解明しつつ定量的な信頼度を高める必要がある。

(2023年2月15日受付)

謝辞

大阪港湾局泉州港湾・海岸部関係各位には、泊地浚渫および阪南2区干潟の工事に関する資料を提供いただきとともに、現地調査の実施にご協力をいただきました。大阪府都市整備推進センター阪南事業所の関係各位には、現地調査の実施にご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 岡田知也 (2005)・古川恵太：東京湾沿岸域における音響装置を用いた詳細な底質分布図の作成とベントス生息状況，土木学会海岸工学論文集，第52巻，pp.1431-1435.
- 環境省 HP (2023a)：気候変動の国際交渉世界中で何が起きているの？～地球温暖化対策の国際交渉の概況～，<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop/column.html>.
- 環境省 HP (2023b)：日本の約束草案（2020年以降の新たな温室効果ガス排出削減目標）<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2020.html>.
- 環境省 (2012)：底質調査方法，平成24年8月環境省水・大気環境局，pp.37-38.
- 桑江朝比呂・吉田吾郎・堀正和・渡辺謙太・棚谷灯子・岡田知也・梅澤有・佐々木淳 (2019)：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.75, No.1, pp.10-20.
- 佐藤毅・鶴ヶ崎和博・庄田明宏・大石富彦・原口和靖 (2004)：生分解シートを用いた人工干潟造成，土木学会第59回年次学術講演会，6-250，pp.499-500.
- 高田圭太・中田高・宮城豊彦・原口強・西谷義数 (2002)：沖積層調査のための小型ジオスライサー (Handy Geoslicer) の開発，地質ニュース，579巻，11号，pp.12-18.
- 高橋武一・工藤公秀・鶴ヶ崎和博・大石富彦・原口和靖 (2004)：浚渫粘土を用いた人工干潟造成における地表面勾配の検討，土木学会第59回年次学術講演会，6-247，pp.493-494.
- 内藤了二・中村由行・浦瀬太郎 (2008a)：港湾域の底泥中化学物質濃度と底生生物叢の関係，港湾空港技術研究所資料，No.1174，pp.1-32.
- 内藤了二・中村由行・浦瀬太郎・奥村浩幸 (2008b)：名古屋港の港湾堆積物に含まれる PAH 類の環境動態，水環境学会誌論文，第31巻，第9号，pp.549-557.
- 内藤了二 (2010)：港湾域における堆積物中の有害化学物質管理，京都大学博士論文，pp.1-171.

内藤了二・岡田知也・秋山吉寛・三戸勇吾・大西晃輝・
桑江朝比呂 (2022) : 干潟造成に活用した浚渫土砂中
に含まれる有機物の残存についての基礎調査, 土木
学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.78_I_913ー I_918.
古川恵太 (2008) : 阪南 2 区干潟創造実験報告, 国土技
術政策総合研究所資料, 第 449 号, pp.1ー17.
渡邊 敦 (2021) : 東京財団政策研究所 HP, 論考資源エネ
ルギー問題, ブルーカーボン生態系を通じた持続
可能な沿岸利用~世界と日本の議論と実践, [https://w
ww.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=3790](https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=3790).

Sugimura, Y., Okada, T., Kuwae, T., Mito, Y., Naito, R.,
Nakagawa, Y. (2022) : New possibilities for climat
e change countermeasures in ports: Organic carbon
containment and creation of blue carbon ecosystems
through beneficial utilization of dredged soil, Marine
Policy, 141, 105072. [https://doi.org/10.1016/j.marpol.
2022.105072](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105072).

付録A 造成干潟の施工方法の概要

泊地浚渫および造成干潟の工事に使用された主要船舶・機械一覧表を表-A.1に示す。造成干潟の基盤材として用いた浚渫土砂はグラブ浚渫船（15 m³級および23 m³級グラブ）で浚渫した後、海上運搬を押船式土運船（1500 m³級）、押船（2000 PS）で行なった。基盤材の投入では底開式土運船（1500 m³積）より-4 mの水深まで直接投入された。なお、-4 m以浅から表層までは空気圧送船（6000 PS級）で基盤材を揚泥後に排砂管（直径560 mm）を通じて護岸内に投入された。表層の覆砂には海砂（中央粒径0.5 mm以上）を用いて約30 cmから70 cm厚さで仕上げられている。

表 - A.1 泊地浚渫および造成干潟工事に於いて使用した主要な船舶機械

作業区分	機材名	規格	台数
浚渫	グラブ浚渫船	15m ³	1
	グラブ浚渫船	23m ³	1
	揚錨船	15t吊	1
運搬	土運船（底開式）	1500m ³	2
	押船	2000PS	2
潜堤	ガット船	499t	2
	潜水土船(指示)	D70PS 3-5t吊	3
	潜水土船(均し)	D70PS 3-5t吊	15
帆布	クレーン付台船	50t吊	1
	引船	500PS	1
	台船	200t	1
	潜水土船	D70PS 3-5t吊	2
投入①	土運船（底開式）	1500m ³	2
	押船	2000PS	2
投入②	土運船（底開式）	1500m ³	2
	押船	2000PS	2
	空気圧送船	6000PS	1
	台船	5×5×1m	1
	揚錨船	15t吊	1
	引船	3000	1
覆砂	ガット船	499t	2
	空気圧送船	2000PS級	1
	台船	5×5×1m	1
	揚錨船	15t吊	1
	引船	2000PS	1

付録B 鉛直試料における各測定項目の結果一覧及び鉛直試料の採取機材

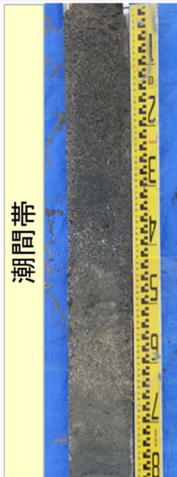
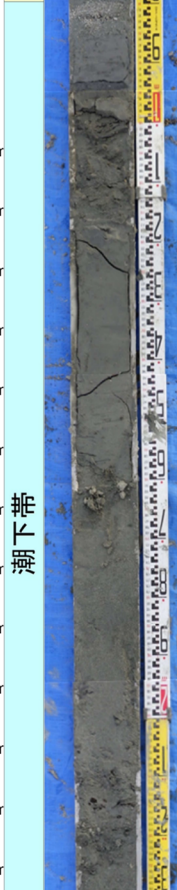
St.1		2021/11/1		E 135.360° W 34.478°		晴れ		気温18.8℃									
柱状泥試料		土相写真		観察結果				泥温	pH	ORP	含水比	土粒子密度	間隙率	湿潤密度	IL	TOC	
No.	層			性状	臭気	泥色	夾雑物	℃	-	mV	%	g/cm ³	-	g/cm ³	%	%	
1	0～10cm		潮間帯	砂質	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/2	なし	24.5	7.83	48	18.0	2.664	0.33	2.12	1.7	0.231	
2	10～20cm																
3	20～30cm			砂質	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/2	貝殻	24.0	8.21	20	16.0	2.662	0.30	2.16	1.1	0.080	
4	30～40cm																
5	40～50cm			砂質	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/2	貝殻片	24.4	8.24	59	22.6	2.659	0.38	2.04	1.7	0.218	
6	50～60cm																
7	60～70cm			砂質	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/2	貝殻片	23.7	8.26	23	14.9	2.674	0.29	2.20	1.0	0.179	
8	70～80cm																
9	80～90cm		潮下帯	砂質	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/2	なし	23.5	8.30	38	23.9	2.665	0.39	2.02	1.2	0.290	
10	90～100cm																
11	100～110cm			砂質	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/2	なし	22.7	8.25	19	19.9	2.657	0.35	2.08	1.8	0.220	
12	110～120cm																
13	120～130cm			砂混じり シルト	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/1	なし	22.2	8.01	-121	39.8	2.645	0.52	1.80	3.9	0.601	
14	130～140cm																
15	140～150cm			粘土	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/2	なし	22.4	7.79	-127	90.4	2.690	0.71	1.50	7.2	0.932	
16	150～160cm																
17	160～170cm			粘土	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/1	なし	22.6	7.68	-125	88.9	2.665	0.71	1.50	6.8	1.009	
18	170～180cm																
19	180～190cm			粘土	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/1	なし	22.5	7.6	-127	86.1	2.692	0.70	1.52	7.0	0.949	
20	190～200cm																
21	200～210cm			粘土	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/2	なし	22.1	7.6	-121	88.8	2.663	0.71	1.50	7.1	1.320	
22	210～220cm																
23	220～230cm			粘土	なし	オリーブ 黒 7.5Y 3/2	なし	22.1	7.7	-124	83.4	2.678	0.69	1.53	6.9	1.343	

図-B.1 鉛直試料 (St.1) の測定記録

St.2 2021/11/1 E 135.360° W 34.479° 晴れ 気温17.8℃

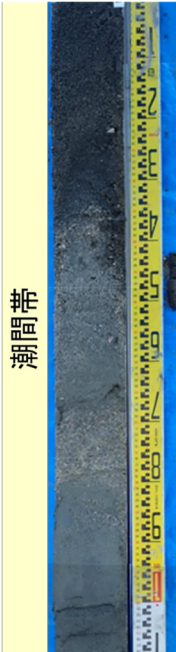
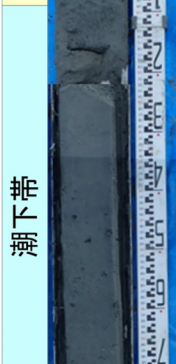
柱状泥試料		土相写真	観察結果				泥温	pH	ORP	含水比	土粒子密度	間隙率	湿潤密度	IL	TOC
No.	層		性状	臭気	泥色	夾雑物	℃	-	mV	%	g/cm ³	-	g/cm ³	%	%
1	0~10cm		砂質	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/1	なし	26.2	8.1	25	21.7	2.702	0.37	2.07	1.8	0.161
2	10~20cm		砂質	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/1	なし	25.6	8.2	52						
3	20~30cm		砂質	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/1	なし	25.1	8.2	9	19.6	2.690	0.35	2.11	1.9	0.246
4	30~40cm		砂質	なし	灰オリーブ 5Y 5/2	貝殻	24.8	8.2	61						
5	40~50cm		砂質	なし	灰オリーブ 5Y 6/2	貝殻片	24.5	8.2	78	18.1	2.657	0.33	2.12	1.2	0.112
6	50~60cm		砂質	なし	灰オリーブ 5Y 6/2	貝殻片	24.8	8.2	48						
7	60~70cm		砂質	なし	灰オリーブ 5Y 5/2	粘土片	24.6	8.1	63	20.8	2.651	0.36	2.06	1.7	0.142
8	70~80cm		砂質	なし	灰オリーブ 5Y 4/2	なし	24.1	8.1	90						
9	80~90cm		砂混じりシルト	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/2	なし	22.4	8.1	-50	31.4	2.671	0.46	1.91	3.4	0.265
10	90~100cm		粘土	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/1	なし	23.1	7.8	-103						
11	100~110cm		砂泥	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/1	なし	21.8	7.7	-140	20.8	2.655	0.36	2.07	2.4	0.684
12	110~120cm		砂混じりシルト	なし	灰オリーブ 7.5Y 4/2	なし	22.1	7.9	-87						
13	120~130cm		粘土	なし	オリーブ黒 10Y 3/2	なし	22.8	7.7	-110	84.3	2.661	0.70	1.52	6.8	1.250
14	130~140cm		粘土	なし	オリーブ黒 10Y 3/2	なし	22.8	7.7	-121						
15	140~150cm		粘土	なし	オリーブ黒 7.5Y 2/2	なし	23.1	7.6	-148	74.8	2.702	0.67	1.57	6.5	1.045
16	150~160cm		粘土	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/2	なし	22.9	7.8	-139						
17	160~170cm		粘土	なし	オリーブ黒 7.5Y 3/2	なし	22.9	7.6	-144	68.0	2.703	0.65	1.61	6.4	1.205

図-B.2 鉛直試料 (St. 2) の測定記録

造成干潟での鉛直試料採取に用いたジオスライサー（図-B. 3）およびバイブレーター（図-B. 4）を示す.

- サンプリングトレイ・シャッター
- ・サイズ: 2000 mm × 96 mm × 30 mm (サンプリングサイズ)
 - ・重さ: 15 kg
 - ・材質: ステンレス



図-B. 3 ジオスライサーのサンプリングトレイおよびシャッタープレート（高田ら 2002 を参考に作成）

- バイブレータ
- ・サイズ: L=1100mm W=340mm H=290mm
 - ・重さ: 40kg
 - ・出力: 100VA × 2
 - ・入力電源: AC100V

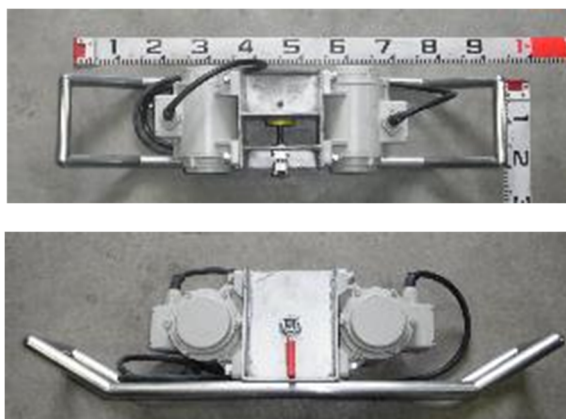


図-B. 4 鉛直試料採取に用いたバイブレーター（高田ら 2002 を参考に作成）

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1242

March 2023

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019
E-mail:ysk.nil-46pr@gxb.mlit.go.jp

造成干潟の基盤材として有効活用した浚渫土砂中の有機炭素の残存率に関する基礎調査