

八代海湾奥部における浚渫土を有効利用した干潟造成実験

The field experiment of the artificial tidal flat with the reused dredged soil in Yatsushiro Sea

野村 茂¹・中島 謙二郎²・榎元 真一¹・宮石 晶史³・滝川 清⁴・高橋 真⁵・青木 博⁶

Shigeru NOMURA, Kenjiro NAKASHIMA, Shiniti ENOMOTO, Akifumi MIYAISHI,
Kiyosi TAKIGAWA, Makoto TAKAHASHI, Hiroshi AOKI

As a part of MLIT's efforts for "Restoration and construction of tidal flats by reused dredged soil", the availability of the dredged soil was evaluated and verified for an experimental tidal flat created at the head of bay in Yatsushiro Sea. 12 sections with different ground heights and soil types were created in the tidal flat, and the habitat environment and the appearance trend of benthos were monitored at the experimental tidal flat and the natural tidal flat for 27 months from 2005 to 2007. As a result, it was confirmed that the artificial tidal flat with reused dredged soil served as a comparable or more suitable habitat for benthos. Besides, based on the analysis of relationship between major benthos species appeared in the tidal flat and their habitat environment, the appearance trends of benthos were categorized into 5 types in most cases.

1. はじめに

有明・八代海は、水域面積約2,900km²のうち230km²の干潟を有する平均水深20~22mの浅い閉鎖性海域である。しかしながら近年、干潟・藻場の減少、底質の泥化、二枚貝をはじめとする底生生物の減少等の問題が指摘されている(有明海・八代海総合調査評価委員会, 2006)。このため、国、地方自治体、大学等関係機関は協働で、総合的な海

域環境の保全・再生に取り組んでおり、国土交通省九州地方整備局では、浚渫土の利活用による干潟再生・造成の取り組みを進めている。

本研究では、八代海湾奥部(図-1)に干潟実験施設を造成し、浚渫土と砂の混合土砂を干潟材料として、異なる地盤高と底質性状(浚渫土と砂の混合割合)を条件として、実験施設において形成される干潟の特性とそこに生息する生物の状況を明らかにすることにより、浚渫土の有効利用の観点からみた泥質干潟再生の可能性についての評価・検証を行った。

2. 泥質干潟造成実験の概要

(1) 有明・八代海再生と泥質干潟造成技術の取組

九州地方整備局は、平成15年度に環境整備船「海輝」を配備し、①環境整備船による有明・八代海の再生のための「海洋清掃」及び「環境調査」の実施、②港湾事業による「浚渫土の利活用による干潟再生・造成」の2つを大きな柱として取り組みを進めており、「有明・八代海環境情報システム」で環境調査等情報の公開を行っている(<http://www.ariake-yatsushiro-system.jp/>)。

浚渫土の利活用による干潟再生・造成では、有明海及び八代海の湾奥部に広く分布する泥質干潟の造成技術につ



図-1 有明海・八代海海域と実験位置(八代海湾奥部)

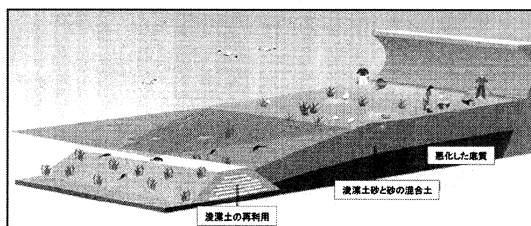


図-2 人工泥質干潟造成のイメージ

- | | |
|-----------|--------------------------------|
| 1 | 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所
所長環境技術係長 |
| 2 正 会 員 | 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所
環境課長 |
| 3 | 国土交通省熊本港湾・空港整備事務所所長 |
| 4 フェロー 工博 | 熊本大学教授沿岸域環境科学教育研究セン
ター |
| 5 | (財)港湾空間高度化環境研究センター研究
員 |
| 6 | いであ(株)主査研究員 |

いての知見が十分に集約されていないことが課題となっていることから、有明・八代海の3海域(図-1参照)において、学識経験者による委員会を設置し、浚渫土を有効活用した泥質干潟再生手法の確立(図-2)及び知見の集約・充実を図ることを目的に検討を行っている(下関港湾空港技術調査事務所, 2005, 2006a, 2006b, 2007a, 2008a)。

(2) 実験海域と実験施設の概要

実験海域は熊本県宇城市不知火町地先の八代海の最奥部に位置し、潮位はH.W.L.+4.30m, M.S.L.+2.15m, 地盤高は護岸付近でD.L.+2.8m前後、沖合約2kmでD.L.±0.0mの泥質干潟が広がる海域である(図-3)。現地地盤は極めて軟弱な状態(佐々ら, 2007)で、底質の粒度組成はシルト・粘土分が80~100%であり、流速は平均で10cm/s未満の非常に静穏な海域である。実験海域を含む大野川河口の干潟域は、「日本の重要湿地500」(環境省, 2001)において、底生動物や渡り鳥の重要な生息地とされており、実験開始前に実施した現地調査(熊本港湾・空港整備事務所, 2005, 2006)においてもウミマイマイ、ムツゴロウ等の有明海特産種やシマヘナタリ、シオマネキ等の有明海準特産種も確認され、実験海域はこれら希少な底生動物も生息する生物の良好な生息場となっている。

実験施設は平成17年9月に造成し、各実験区の規模は5m×5m, 深さ1m, 地盤高3ケース(+2.9m, +2.4m, +1.6m)と底質性状は4ケース(浚渫土100%, 浚渫土70%+砂30%, 浚渫土30%+砂70%, 比較対照区として現地盤土(自然干潟))を実験条件として、合計で12の実験区を設置した(図-3)。

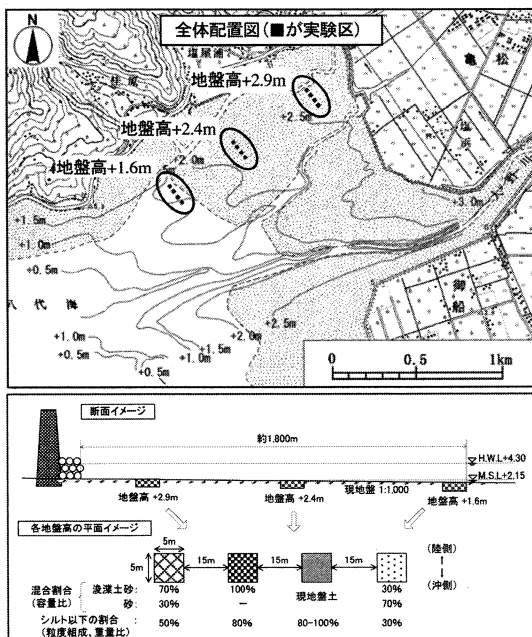


図-3 八代湾奥干潟実験海域と実験施設

(3) モニタリング調査の概要

モニタリング調査は、実験施設が完成した平成17年9月から平成20年1月までの約27ヶ月間、定期的実施した(下関港湾空港技術調査事務所, 2006c, 2007b, 2008b)。調査項目は各実験区における地盤高、底質(粒度組成、強熱減量、COD、硫化物)、地盤のせん断強さ、地下水位、底生生物(マクロベントスの種数、個体数及び湿重量)、目視観察によるカニ類等の生息孔数とし、概ね2ヶ月に1回の頻度で調査を行った。また、梅雨時期の塩分低下や夏季の水温上昇、貧酸素の発生等が生物生息に影響を及ぼす可能性が考えられたため、各年の6~9月に実験海域内の1地点において水温・塩分及びDOの連続観測を行った。これらの調査結果に基づいて、異なる地盤高及び底質性状において形成される干潟の特性とそこに生息する生物の状況を確認し、浚渫土の有効利用の視点からみた泥質干潟再生の可能性について検証した。

3. 実験施設の施工と造成結果

干潟材料の施工は、浚渫土は八代港の仮置土砂、混合する砂は八代市沖産の海砂(購入砂)を用い、陸上の作業ヤードに設置した水槽内に1ロット75m³(1実験区25m³×3実験区)、混合割合は容積比で管理し、攪拌混合装置を取り付けたバックホウで攪拌混合した(図-4図)。

実験施設の施工では、台船による干出時の陸上(水上)作業により、実験区内の現地盤を1m掘削して鋼製の型枠及び透水性の防砂シートを設置した中に、周辺地盤より30cm程度高くなるよう余盛をして干潟材料を設置し、型枠は干潟材料設置後に撤去した(図-4)。

各実験区における干潟材料の浚渫土と砂の混合容積比と混合後の粒度組成は、表-1のとおりである。



干潟材料攪拌混合状況 施工時の型枠と防砂シート 施工完了時の実験施設 St.8

図-4 施工状況と施工完了時の干潟実験施設

表-1 各実験区における浚渫土と砂の混合割合と粒度組成

実験区	混合容積比	粒度組成
+2.9m	(浚渫土:砂)	(シルト以下重量率)
St.2	100:0	80%
St.1	70:30	50%
St.4	30:70	30%
St.3	現地盤土	100%
St.7	現地盤土	80%

4. モニタリング調査結果

(1) 各実験区における底生生物の生息環境

a) 底質性状

各実験区における底質の粒度組成(シルト・粘土分)と含水比, 中央粒径, 硫化物及び COD との関係を図-5 に示す。浚渫土を用いて造成した実験区の含水比は, 地盤高にかかわらず30~40%であり, 現地盤土に比べて低く, 比較的硬い地盤であった。中央粒径は底質性状により0.05mm 未満~0.2mm 前後であった。硫化物及び COD は概ね水産用水基準を下回っており, シルト・粘土分が多いほど高い傾向にあった。なお, このような傾向は強熱減量, T-N 及び T-P についても同様に認められた。これら底質の各項目については, 地盤高による大きな差はなく, 実験期間を通じて比較的安定していた。

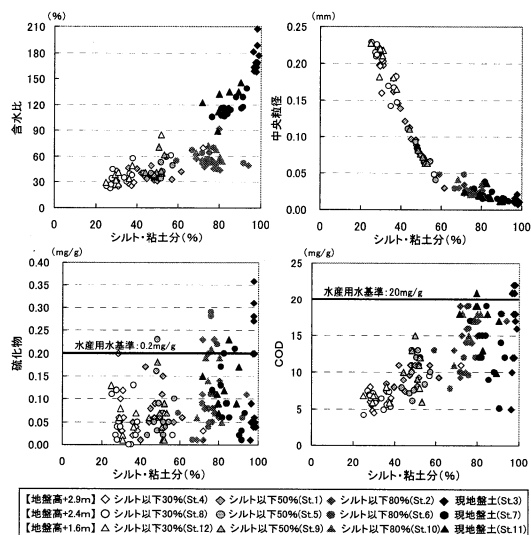


図-5 各実験区における底質のシルト・粘土分と含水比, 中央粒径, 硫化物及び COD との関係

b) 地盤のせん断強さ

実験開始から1年後及び2年後の各実験区における地盤のせん断強さを図-6 に示す。せん断強さの測定は, 最干潮の前後15分以内に, ハンドベーンを用いて表層地盤(深さ0~4cm)を対象として行った。なお, 地盤高+1.6m では平成18年11月以降, 表層に現地盤土が5~10cm 堆積したため, 平成19年10月の測定値は示していない。

現地盤土(自然干潟)では1kN/m² 未満と非常に軟弱な地盤であった。一方, 浚渫土を用いた実験区においては, 地盤高+1.6m では現地盤土に近い状態にあるのに対して, 地盤高+2.4m 及び+2.9m ではせん断強さが非常に大きく, 地盤が非常に硬い状態にあることが伺われた。造成直後のせん断強さは測定していないものの, 造成時の土砂性状や施工方法には地盤高による違いはなかったため, 造成直後はすべての地盤高で同等であったものと推測される。また, 底質性状の違いによる差は地盤高ほどではないものの, 砂分の混合割合が高い実験区ほどせん断強さは大きい(地盤が硬い)傾向にあった。

また, 地下水位(干潮時に底泥表面を掘削し, 間隙水が浸み出した深さ)は, 現地盤土ではいずれの地盤高においても0cm 付近で干潮時にも底質中の水分が飽和状態であったが, せん断強さが大きい地盤高+2.4m 及び+2.9m の浚渫土を用いた実験区では, 50cm の深さでも間隙水が確認されないことが多く, 水分が不飽和な状態にあった。

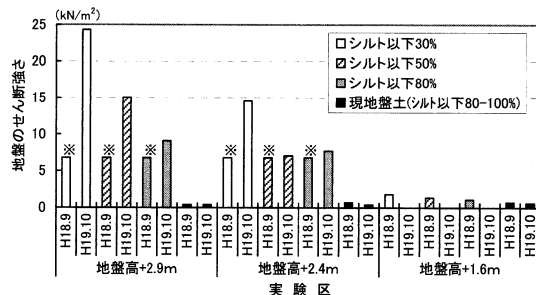


図-6 実験開始から1年後(平成18年9月)及び2年後(平成19年10月)の各実験区における地盤のせん断強さ

注)平成18年9月の調査では測定限界値が6.82kN/m²のハンドベーンを用いており, このときの地盤高+2.4m 及び+2.9m の浚渫土を用いた実験区のせん断強さ(*)は測定限界値を超過した。

(2) 現地盤土における底生生物の出現状況

モニタリング調査結果による現地盤土における底生生物の出現状況を図-7 に示す。底生生物の調査では, 直径10cm のアクリル製コアサンプラーにより, 表層から10cm までの不攪乱柱状泥を1地点につき6本採取し, 混合したものを篩い分け(目合い0.5mm)して試料を得た。各調査時の出現種数は平均で6~8種, 個体数は平均で500~1,000個体/m²であり, 種数, 個体数ともに秋~冬に減少し, 春~夏に増加する季節変動が認められた。地盤高+2.9m ではカワグチツボ, シズクガイ等の軟体動物門を主体とした特定の種が優占し, 個体数は1,000個体/m² 前後と他の地盤高に比べて多い傾向にあった。地盤高+2.4m 及び+1.6m では調査時により様々な種が出現し, 個体数も変動が大きかった。

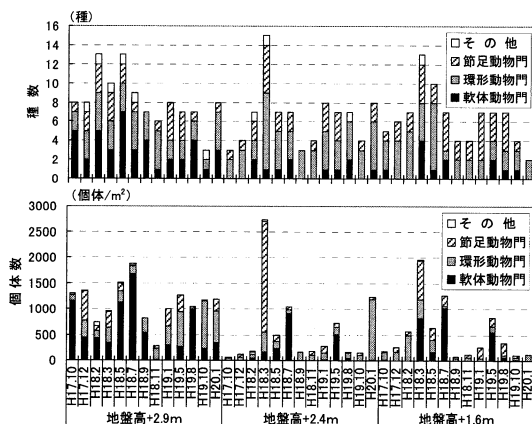


図-7 現地盤土における底生生物の種数(上段), 個体数(下段)

(3) 各実験区における底生生物の出現状況

各実験区における底生生物の種数及び多様度指数の現地盤土に対する相対値を図-8及び図-9に示す。多様度指数とは種の豊富さ、種数と個体数のバランスなどの生物の多様性を数値的に表現した指数で、ここでは Shannon-Weaver の式より算出した。なお、地盤高+1.6mの実験区では平成18年11月以降、表層に現地盤土が5~10cm堆積したため、底生生物の加入があったと考えられる平成18年11月までの調査結果を示した。底生生物の出現状況を地盤高ごとに比較すると、地盤高+1.6mにおいて最も早く現地盤土に近い生物相が形成され、実験開始から3ヶ月後の平成17年12月には種数が、12ヶ月後の平成18年9月には個体数が現地盤土と同等以上となった。種数と個体数をもとに算出した多様度指数は実験開始後から増加傾向を示し、8ヶ月後(平成18年5月)には現地盤土と同等程度な

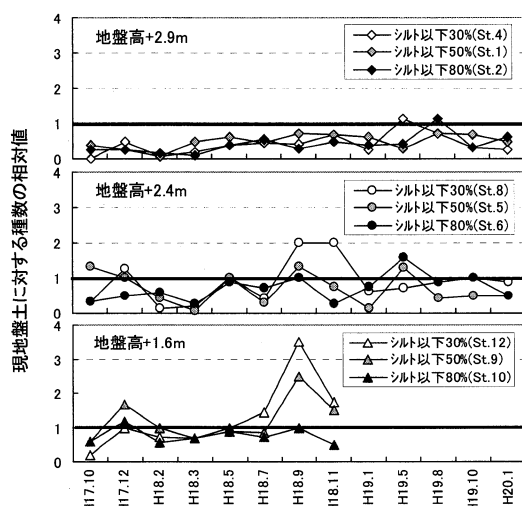


図-8 底生生物の種数の現地盤土に対する相対値

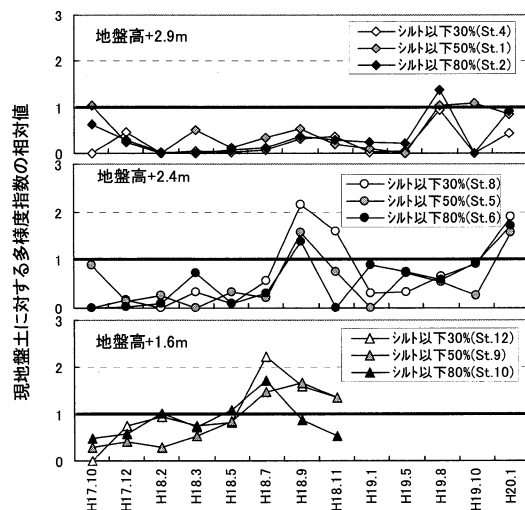


図-9 底生生物の多様度指数の現地盤土に対する相対値

り、10ヶ月後(同年7月)にはすべての実験区で現地盤土の1.5倍以上の値を示した。

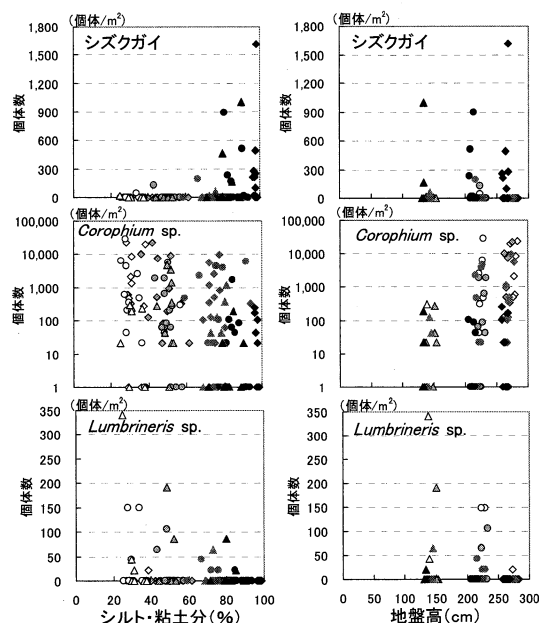
一方、地盤高+2.9m及び+2.4mの実験区では、実験開始当初から節足動物門で表在性の *Corophium* sp. が突発的に出現する点が特徴的であった。地盤高+2.4mでは、8ヶ月後以降に種数や個体数が現地盤土と同等以上に確認される実験区もあったが、調査時期を通じて変動が大きく、地盤高+1.6mに比べて不安定な状況にあると考えられた。また、地盤高+2.9mでは1年以上を経過しても種数、個体数ともに現地盤土を下回っており、多様度指数は現地盤土の5割以下の状況が続いていた。

底質性状の違いによる差については、地盤高+1.6mにおいて実験開始10~14ヶ月後(平成18年7~11月)にシルト以下30%、50%、80%の順で種数が多く、かつ多様度指数が大きい傾向が認められたが、他の地盤高も含めた実験期間を通じた効果は明確ではなかった。

5. 底生生物の主な出現種の出現特性

(1) 主な出現種の出現特性

モニタリング調査で確認された計93種の底生生物のうち、比較的個体数の多かった18種を主な出現種として選定し、各種の出現個体数と生息環境(粒度組成:シルト・粘土分、地盤高、せん断強さ等)との関係を整理した。その一例としてシズクガイ(軟体動物門ニマイガイ綱)、*Corophium* sp.(節足動物門甲殻綱)及び *Lumbrineris* sp.(環形動物



【地盤高+2.9m】○シルト以下30%(St.4) ●シルト以下50%(St.1) ▲シルト以下80%(St.2) ●現地盤土(St.3)
 【地盤高+2.4m】○シルト以下30%(St.8) ●シルト以下50%(St.5) ▲シルト以下80%(St.6) ●現地盤土(St.7)
 【地盤高+1.6m】△シルト以下30%(St.12) ▲シルト以下50%(St.9) ▲シルト以下80%(St.10) ▲現地盤土(St.11)

図-10 底生生物各種の出現個体数と生息環境(左:シルト粘土分の割合、右:地盤高)との関係の例

門ゴカイ綱)の出現個体数とシルト・粘土分及び地盤高との関係についての整理結果を図-10に示す。

これらの整理に基づく検討の結果、底生生物各種の出現特性は、表-2に示す5つに区分されると考えられた。

表-2 本実験における底生生物の主な出現種の出現特性

出現特性の区分	底生生物の主な出現種
①主に現地盤土に出現し、浚渫土を用いた実験区にはほとんど出現しなかった種	カワグチツボ、シズクガイ、 <i>Siganbra</i> sp., ミミズ綱、レウコン科
②生息環境条件に関わらず、浚渫土を用いた実験区にも出現した種	<i>Prionospio</i> sp., <i>Pseudopolydora</i> sp., <i>Capitella</i> sp., <i>Heteromastus</i> sp., <i>Corophium</i> sp., イシクヨコエビ科, ヤマトオサガニ, オサガニ属
③底質性状や硫化物に関わらず、地盤高+2.4m以下の軟弱な地盤に出現した種	<i>Glycinde</i> sp., ムツバアリアケガニ
④地盤高+2.4m以下の浚渫土を用いた実験区に多く出現した種	<i>Lumbrineris</i> sp., ウミイサゴムシ
⑤ほとんどが地盤高+2.9mでの出現であるが、浚渫土を用いた実験区でも出現した種	トライミズゴマツボ

(2) 浚渫土を用いた実験区における出現状況

地盤高+2.9mの現地盤土では、カワグチツボ、シズクガイ等の特定の種が優占しており、これらの種は浚渫土を用いた実験区にはほとんど出現しなかった。このような底生生物の出現特性に加えて、水没時間が短い(底生生物が加入する時間が短い)こと、現地盤土とは異なる地盤環境(せん断強さが大きく含水比が低い)が形成されたことにより、種数や多様性指数は調査時期を通じて現地盤土を下回る結果となったと考えられた。

一方、地盤高+2.4m及び+1.6mでは、現地盤土においても時期により様々な種が出現し、個体数の変動も大きいという特性に加え、それらの種の中にはせん断強さが大きく含水比が低い環境においても生息する種が存在したため、浚渫土を用いた実験区においても現地盤土と同等以上に底生生物が出現したと考えられた。特に地盤高+1.6mでは、周囲の現地盤土により多くの種が生息していたこと、浚渫土を用いた実験区においても生息できる種がより多く存在していたこと、水没時間が長い(底生生物が加入する時間が長い)こと、より早い段階で現地盤土に近い地盤環境が形成されたことなどが作用した結果、現地盤土と同等以上の生物が出現したと考えられた。

6. 干潟造成実験のまとめ

浚渫土により形成された干潟は、底生生物の出現状況からみて、自然の泥質干潟と同等以上の生物の生息場となることが確認されたことから、浚渫土は泥質干潟再生に有効利用することができると考えられた。また、地盤高と底質性状(浚渫土と砂の混合割合)からみた有効性については、以下の点を考慮することが有効と考えられた。

地盤高について：浚渫土を活用した泥質干潟再生は、以下の理由により、平均水面以下の場所において行うことが

有効と考えられた。

①水没時間が長く確保されるため、より早い段階で底生生物が加入・定着するとともに、造成当初の地盤環境(地盤のせん断強さが大きく、含水比が低い)が、より早い段階で現地盤土に近い状態に変化する。

②周囲の現地盤土により多くの種が生息しているため、浚渫土により形成された干潟においても生息できる種が、より多く存在する。

底質性状について：シルト・粘土分が卓越する浚渫土に砂を混合することによる効果は、本実験では実験期間を通じた効果は明確ではなかった。

7. おわりに

九州地方整備局は、「九州港湾技術開発ビジョン」を策定し、「海洋環境の保全・再生に資する泥質干潟造成技術の開発」に産学官連携による技術開発を推進している。

本実証実験は九州管内で先駆的な取組であり、干潟造成やモニタリングの手法は、別途実施している三池港及び大浦港(図-1)の実証実験へ反映され、継続されている。

今後は、これら3海域の実験成果を検証することにより、浚渫土砂の有効利用による泥質干潟の保全・再生の効果的な展開と、関係機関と連携した、有明・八代海の総合的な海域環境の保全・再生に資するものである。

謝辞：本研究開発は、泥質干潟再生手法検討調査委員会の委員を始め、調査、解析、現地調査を担当された財団法人港湾空間高度化環境研究センター、いであ株式会社、熊本港湾・空港整備事務所有明・八代海海洋環境センターの関係者による御指導・御助言及び協働作業により成果が得られたものです。また、独立行政法人港湾空港技術研究所の渡部要一室長、佐々真志主任研究官には干潟地盤における調査・評価手法で御指導いただいた。ここに関係委員及び関係各位に、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 有明海・八代海総合調査評価委員会(2006)：有明海・八代海総合調査評価委員会報告書，環境省，165p.
- 環境省(2001)：日本の重要湿地500.
- 熊本港湾・空港整備事務所(2005,2006)：八代海干潟環境調査報告書.
- 佐々真志・渡部要一・川野泰広・中島謙二郎・吉田秀樹(2007)：泥質干潟再生に向けた土砂環境動態評価手法の開発：自然干潟および干潟実験施設への適用，海洋開発論文集，第23巻，pp.507-512.
- 下関港湾空港技術調査事務所(2005,2006a)：泥質干潟再生手法検討調査報告書.
- 下関港湾空港技術調査事務所(2006b)：有明海干潟再生技術検討調査報告書.
- 下関港湾空港技術調査事務所(2007a,2008a)：有明・八代・豊前海干潟造成技術検討調査報告書.
- 下関港湾空港技術調査事務所(2006c,2007b,2008b)：泥質干潟再生モニタリング調査報告書.