

# 九州地域における干潟の保全・再生の取り組み

## THE FIELD EXPERIMENT OF THE ARTIFICIAL TIDAL FLAT WITH THE REUSED DREDGED SOIL IN KYUSHU SEA AREA

石貫國郎<sup>1</sup>・中島謙二郎<sup>2</sup>・榎元真一<sup>3</sup>・二原和教<sup>1</sup>・岡本恭明<sup>4</sup>・浦野芳司<sup>5</sup>  
 Kunirou ISHINUKI, Kenjiro NAKASHIMA, Shiniti ENOMOTO, Kazunori NIHARA,  
 Yasuaki OKAMOTO and Yoshiji URANO

<sup>1</sup>国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所（〒750-0066 下関市東大和町2-29-1）

<sup>2</sup>正会員 国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所（〒750-0066 下関市東大和町2-29-1）

<sup>3</sup>国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所（〒861-5274熊本市新港1-4-14）

<sup>4</sup>正会員 財団法人港湾空間高度化環境研究センター（〒108-0022 東京都港区海岸3-26-1）

<sup>5</sup>いであ株式会社（〒812-0055 福岡市東区東浜1-5-12）

As a part of MLIT's efforts for "Restoration and construction of tidal flats by reused dredged soil", an experimental tidal flat had been created in Kyushu sea area for developing the utility of the dredged soil. In order to evaluate and verify the improvement effect on the environment, we carried out monitoring research on the habitat environment, habitat situation and the condition of the sea area at 4 sites - Inner bay of Yatsushiro, Port of Miike, Port of Ooura, and Port of Nakatsu. As a result, environment improvement in the sea bottom was observed in the artificial tidal flat with reused dredged soil, and it was confirmed that such artificial environment served as a suitable habitat for marketable species and the diversity of benthos.

**Key Words :** Ariake sea, Yatsushiro sea, Suo rough sea, ocean environmental reproduction, artificial tidal flat, field experiment, reused dredged soil

### 1. はじめに

九州地域は、軟弱地盤、台風常襲地帯であるための高波浪や高潮など過酷な自然条件である地域が多いが、また、浅海域を有する沿岸域が多く豊かな自然環境に恵まれ生物の育成にとって貴重な場となっている。特に閉鎖性海域である有明・八代海と周防灘は、潮位差が大きく全国でも有数の泥質を主とした広大な干潟と独特の生態系を有する海域である。

これらの海域では、二枚貝その他底生生物の減少や海域環境の悪化など環境問題が生じており、海域環境の保全・再生等の取り組みが求められている<sup>1)</sup>。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は、浚渫土砂の有効利用による干潟再生・造成に取り組んでいる。

本研究開発では、管内の4海域（八代湾奥・三池港・大浦港・中津港）に（図-1）、浚渫土砂等を干潟材料の一部として有効利用する干潟実験施設を造成し、海域環境や干潟地盤の安定、生物生息環境・生息状況についてモニタリング調査を行い、浚渫土砂の有効利用による「水産有用種（アサリ）・底生生物の生息環境の創出及び生物生息機能の向上」の効果の検証のための分析・評価を行った。

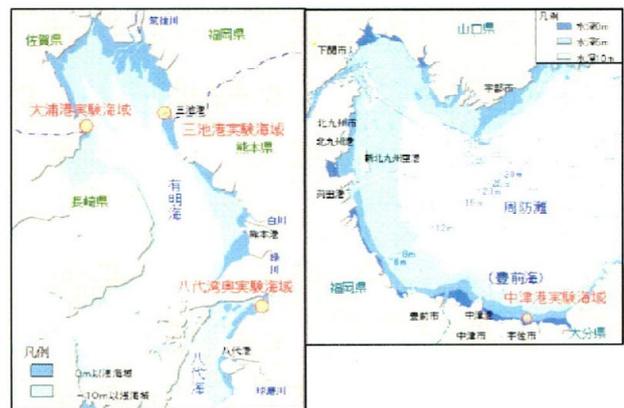


図-1 干潟実証実験海域

### 2. 浚渫土砂の有効利用による干潟の造成

#### (1) 浚渫土砂の有効利用

港湾・航路工事の浚渫事業において発生する浚渫土砂は、従来は港湾計画段階における浚渫土量と用地造成土量を考慮し、埠頭用地、工業用地の造成に有効利用してきており、北九州港響灘地区の国際コンテナターミナル事業、新北九州空港整備事業などが代表的事例である。また、海域環境整備事業への活用事例として、福岡県苅田港沖合では、関門航路

の浚渫土砂を有効利用したシーブルー事業による覆砂工事、大分県佐伯湾では、佐伯港岸壁築造工事の浚渫土砂を有効利用して、良質な砂で覆った浅場と藻場を造成し、海域環境改善を図っている。

近年の浚渫土砂を取り巻く社会情勢として、平成15年度に「建設発生土の有効利用に関する行動計画」及び「有明海及び八代海の再生に関する基本方針」、平成19年度より海洋汚染防止法が改正・施行され、建設発生土と浚渫土砂に関し、有効利用の促進が定められているなど、浚渫土砂の利用に関する多様化と、従来の浚渫土砂の利用形態である土地利用計画の要請の変化もあり、新たな浚渫土砂の有効利用方策が求められている（図-2）。

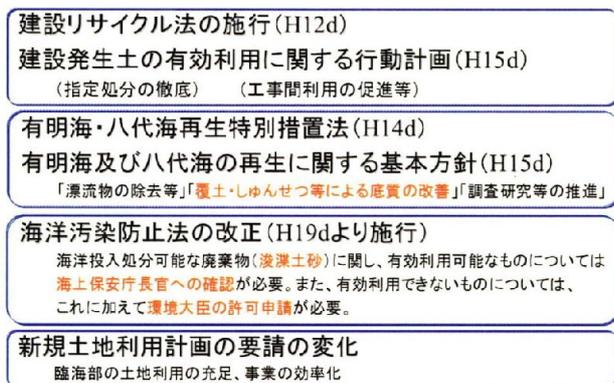


図-2 浚渫土砂を取り巻く社会情勢

## (2) 浚渫土砂を有効利用した人工干潟の造成

人工干潟の造成については、「海の自然再生ハンドブック干潟編」に技術マニュアルとして取りまとめられているが、九州地域においては、有明海及び八代海海域等に代表される泥質干潟が多く存在し、これらの泥質干潟における造成技術については知見が集約されていないことが課題となっている。

国土交通省九州地方整備局では、「海域環境の保全・再生に資する泥質干潟造成技術の開発」の取り組みとして、管内の4海域（八代湾奥部・三池港・大浦港・中津港）に（図-1）、浚渫土砂等を干潟材料の一部として有効利用する干潟実験施設の造成と、学識経験者による委員会<sup>1)</sup>を設置し、モニタリング調査結果の分析・評価を行い、浚渫土砂を有効利用した泥質干潟造成技術の確立と、「順応的管理による海辺の自然再生」など技術マニュアル等への反映を行う等により、泥質干潟の保全・再生事業の効果的な展開を目指している（図-3）。

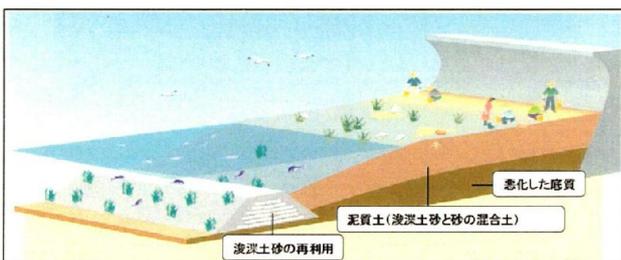


図-3 浚渫土砂を有効利用した人工干潟造成のイメージ

## 3. 干潟実証実験の概要

### (1) 実験海域の環境特性

干潟地盤環境は、八代湾奥、大浦港はシルト・粘土分（以下、泥分率）100%～80%、中央粒径

(D50) 75 $\mu$ を下回る泥質干潟であり、特に八代湾奥では含水比150～200%と非常に軟弱な状態を保持しており、サクシジョンの発達も見られない。三池港は、泥分率80%～20% D50 0.03～0.2mmと細砂分が多く、中津港は、泥分率3%以下D50 0.3～0.5mmと砂質干潟である。底質は、三池港と中津港は水産用水基準をほぼ下回っており、大浦港と八代湾奥でCODと硫化物で一部を上回る値が確認された。

生物生息状況では、八代湾奥は、ムソゴロウなど有明特産種、シオマネキなど準特産種など希少な種が生息する。三池港、大浦港、中津港では、実験施設近傍又は海域周辺で、アサリ他二枚貝が確認されている。

### (2) 実証実験の概要

干潟実証実験は、浚渫土砂・現地底質土と自然砂の混合土（以下：混合土）を材料として、「水産有用種（アサリ）・底生生物の生息環境の創出及び生物生息機能の向上」を目標とした実験である。実験の指標は、「水産有用種（アサリ等）の生残率、成長度とその他底生生物の生物量」であり、モニタリング項目は「水産有用種や底生生物の生息環境」・「混合土による底質改善効果」・「干潟地盤の安定」を検証するための項目とした（表-1）。

各実験海域の環境特性を考慮して、施設の構造は、現地盤土を混合土に置き換えるフラット構造と、波浪・潮流の影響を干潟地盤面に与えないよう築堤で囲んだ潜堤構造とした。実験ケースは、水産有用種であるアサリを指標としていることから、水産資源に関する文献等<sup>2)3)</sup>より報告されている適切なアサリの生息条件（泥分率と地盤高・干出時間等）より、浚渫土砂等と砂の混合比率と干潟地盤高を数ケース設定した（図-4）。

造成した干潟において安定した生物生息環境が形成されるには長い期間が必要であるが、ここでは干潟造成初期(造成後約2～2.5年間)の環境・生物相の形成過程におけるモニタリング調査結果としてとりまとめた。

表-1 各海域の実験期間と主な調査項目

実験海域	実験期間	主な調査項目
八代湾奥	H17.9～ H20.1	地形:干潟地盤高 海象:流況,波浪
三池港	H18.7～ H21.3	水質,水質連続観測 底質:泥温,COD他
大浦港	H18.9～ H21.3	地盤:粒度組成,せん断強度,サクシジョン他
中津港	H18.9～ H20.11	生物:底生生物,アサリ成貝 種貝他

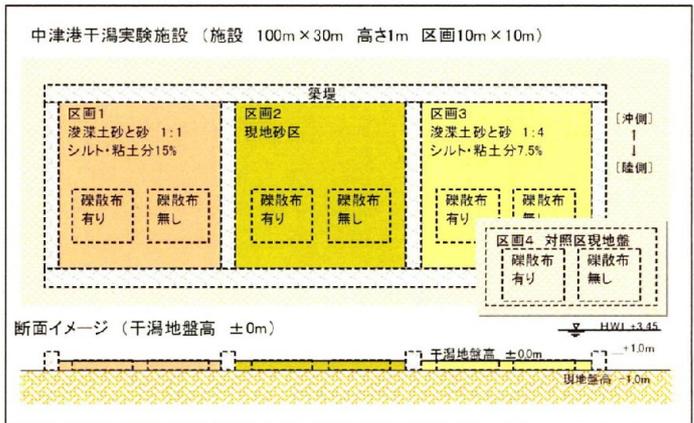
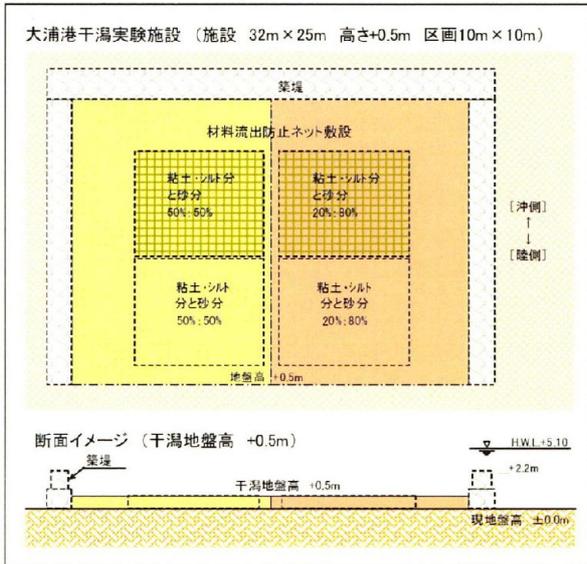
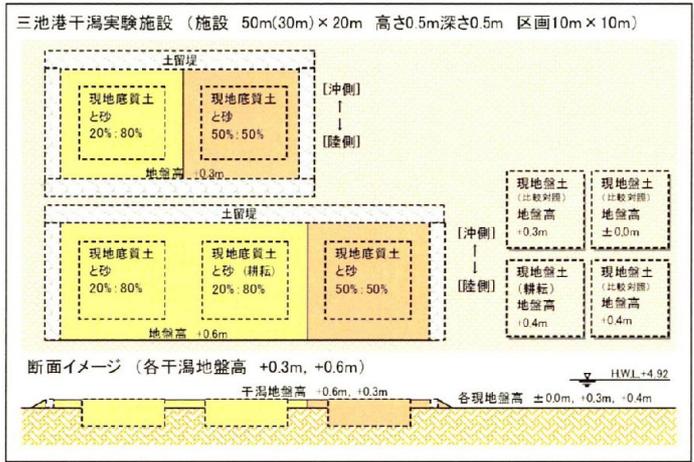
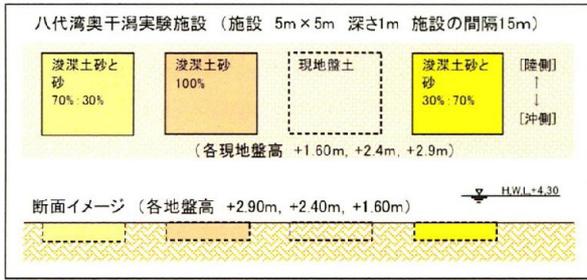


図-4 各実験施設の概要図

#### 4. 干潟実証実験結果の分析評価

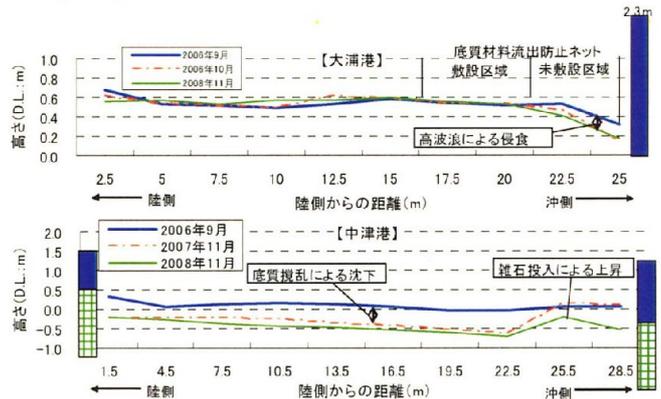
##### (1) 干潟地盤の安定と浮泥堆積

アサリの生息環境にとって干潟地盤面の安定が重要であるため、干潟地盤面のモニタリング調査を行った。八代湾奥部では、実験施設を造成した現地盤の圧密沈下と考えられる沈下が確認され、その影響により+1.6mの実験区では現地盤土が10cm程度堆積した状況が確認された。三池港実験干潟では、造成直後は地盤高の変化の度合いがやや大きいですが、一定期間が経過した後は、台風等のイベント発生時を除くと、概ね安定していた。

大浦港では、干潟地盤面+0.5mに対し天端高が+2.2mの築堤と干潟材料流出防止ネットを設置しており、平成18年9月に実験施設前面で有義波高2.65mを記録した。この際、干潟材料流出防止ネットを設置していない緩衝区では侵食がみられたが、ネットを敷設した区域では侵食が無かったことから、干潟材料流出防止ネットによる底質攪乱抑止効果が確認された(図-5)。浮泥厚は1cm未満と概ね横ばいで推移しており、浮泥堆積はみられない。

中津港では、干潟地盤面±0.0mに対し天端高が+1.0mの築堤を設置したが、築堤の洗掘沈下により沖側築堤天端高が+0.7m~+0.3mとなった。このため、潮位が低下する大潮の高波浪時に築堤を越波した波により底質攪乱が発生し、実験区内の地盤の侵食、放流したアサリの流出が確認された。対策とし

て、実験区内の沖側築堤付近に洗掘防止対策として雑石を投入したところ、以降の底質攪乱は確認されておらず、干潟地盤面の底質攪乱を抑制することができた(図-5)。



※図中の棒グラフは築堤の高さを示す  
図-5 干潟地盤の状況(大浦港, 中津港)

##### (2) 生物生息環境の評価

###### a) 水質

水温・塩分・D0の水質連続観測結果によると、八代海湾奥部では夏期の出水期に塩分が10を下回る状況が数日継続し、アサリの斃死が確認された。これについて、アサリの塩分低下への耐性を確認するために室内実験を行ったところ、塩分が10では10日後に80%斃死、塩分5では3日で全滅した結果が得られ

ており、塩分低下はアサリ斃死原因であると考えられた。また、大浦港では平成19年8月と平成20年8月に溶存酸素が2mg/L以下の貧酸素状態が確認され、アサリの斃死要因の一つと考えられた。三池港・中津港における調査結果では、アサリの生息に影響を与える項目は確認されなかった。

### b) 干潟地盤環境

海域における干潟帯の干潟地盤環境は、佐々・渡部<sup>4)</sup>により「干潟土砂の保水場、土砂の安定性、ならびに巣穴生物の住環境において、干潟地盤表層のサクシオンを核とした土砂環境動態が重要な役割を果たしている」と解明されており、生物生息と干潟地盤の強度の関連性が示唆されている。以上のことから、実験区のせん断強さとサクシオンについて動態観測を行い、干潟地盤環境の変化を分析した。

八代湾奥部の実験施設では、せん断強さが現地盤土は1kN/m<sup>2</sup>未満と非常に軟弱であるのに対して、浚渫土砂を用いた実験区ではせん断強さが大きい(硬い)状態にあり、地盤高が高い区画で顕著であった。これは、地盤高が高い実験区では地下水位が低く、高いサクシオンが発達したことによると考えられた。大浦港の実験施設においてもせん断強さの増加傾向がみられたが、設置後2年経過した平成20年8月以降は減少傾向が確認されたが、実験区で生物生息孔が増加していることから、生物攪乱による効果と推測された(図-6)。

本調査においてもサクシオンは冠水時間や地下水位により変動し、シルト・粘土分とサクシオンの発達及びせん断強さとの関連が確認された。アサリの生息環境としては、佐々・渡部<sup>5)</sup>の研究結果から冠水状態では潜砂可能であり干出時間を考慮しても問題ないと評価された。

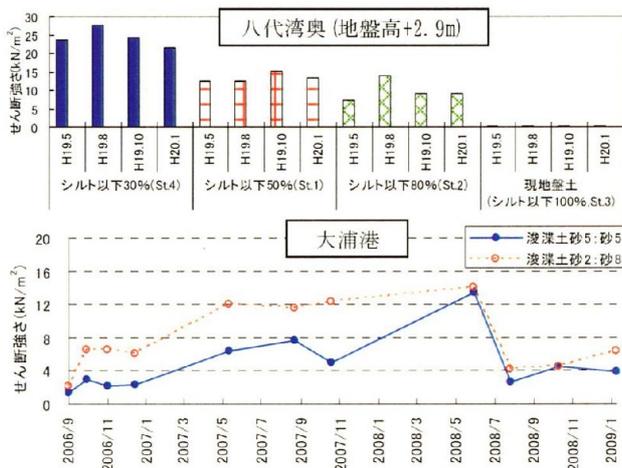


図-6 実験区における地盤表層のせん断強さ

### c) 混合土による底質改善効果

浚渫土砂や現地底質土に砂を混合することで、底質を好気化し有機物分解の促進や底質環境を改善する効果が期待できる。実験区と対照区のCODと硫化物を比較検証した結果、干潟材料を混合土とした実験区では対照区よりも低い値であった。

また、混合比率の違いによる関係は、浚渫土砂と砂の混合比率が5:5(泥分率50%)および2:8(泥分率20%)を比較したところ、両海域とも砂分の多い2:8(泥分率20%)の混合比率の土砂でCODと硫化物は低い値であった(図-7、図-8)。

以上の結果より、混合土による造成干潟では、好氣的底質環境への改善効果があったと考えられた。

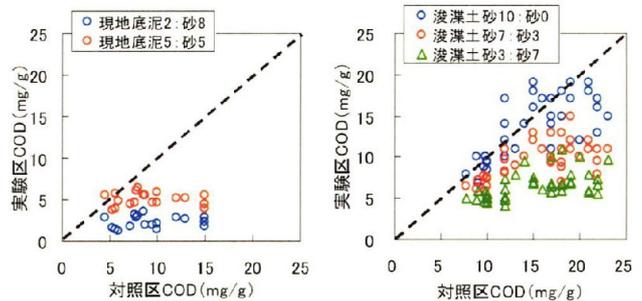


図-7 実験区と対照区(現地盤土)におけるCODの関係(左図:三池港,右図:八代湾奥部)

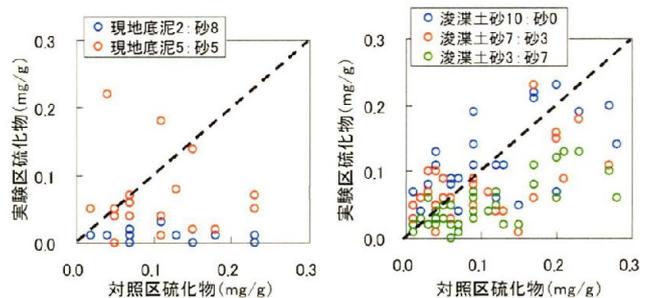
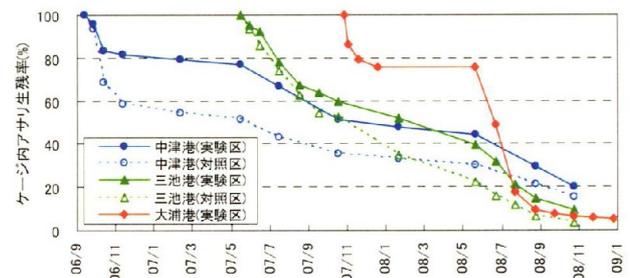


図-8 実験区と対照区(現地盤土)における硫化物の関係(左図:三池港,右図:八代湾奥部)

### (3) 水産有用種(アサリ)の生息状況の分析・評価

#### a) アサリ飼育ケージ調査の生残率

アサリの飼育ケージ調査による生残率は、各干潟ともアサリ投入後1~2ヶ月後までは初期減耗と考えられる生残率の低下がみられ、その後は緩やかな低下を示した。三池港、中津港では、実験区と対照区を比較すると、ともに実験区で高い生残率で推移しており、混合土を干潟材料とした実験区画はアサリの生息環境として良好であったと考えられた。なお、大浦港の実験干潟では、平成20年8月に生残率が大きく低下したが、これは前述の貧酸素が要因の斃死によるものである(図-9)。



※生残率は当初放流個体で、新規加入個体は除外した

図-9 飼育ケージ内アサリの生残率の推移

また、周辺アサリ漁場等と実験区における生残率の比較で12ヶ月後までの結果では、大浦港の貧酸素の影響を除外すると、実験区では同程度等以上の生残率であった(表-2)。

表-2 周辺他地区の実験におけるアサリ生残率(%)

地区	大分県 中津市 <sup>6)</sup>	長崎県 小長井 <sup>7)</sup>	福岡県 みやま市 <sup>8)</sup>
観測時期			
3ヵ月後	約35	約75~90	約70
6ヵ月後	約25	約60~75	約50
9ヵ月後	約25	—	約40
12ヵ月後	約10	—	約30

### b) アサリ肥満度

アサリ成長の指標であるアサリ肥満度は、実験区によりピークの時期やその値に違いがみられるが、概ね6月~7月、1月~2月に高くなる季節変化がみられた(図-10)。また、アサリ生殖腺発達状況を目視観察した結果、肥満度が高い時期に成熟度が高い結果が得られていることから、肥満度の季節変化は産卵による増減と考えられた。これより、実験干潟はアサリが産卵できるまで成長できる良好な環境であったと考えられた。

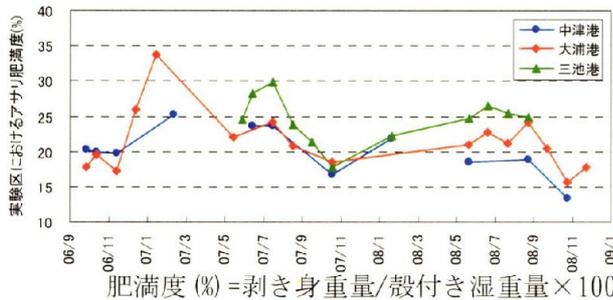


図-10 アサリ肥満度の変化

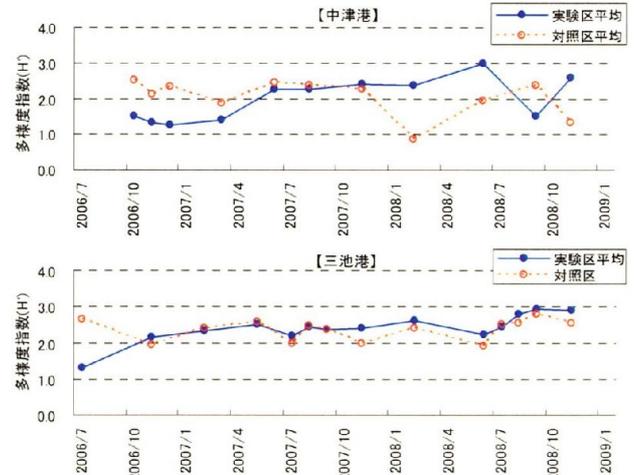
### c) アサリ浮遊幼生の着底と成長

三池港、大浦港、中津港の実験区内と飼育ケージ内において、施設設置約1年後からアサリ浮遊幼生の着底と成長が確認された。特に大浦港実験区では多くのアサリ浮遊幼生の着底と成長が確認され、浚渫土砂と砂の混合比率が2:8(泥分率20%)の実験区では、コドラートによる採取結果から推定される生息密度が約2,000個体/m<sup>2</sup>(内20mm以上の個体約500個体/m<sup>2</sup>)の生息状況であった。

中津港の実験区では、同一の底質性状の区画においても、表層の礫の密度が高い場所で着底稚貝の個体数が多く、礫の密度が低い場所ではアサリの着底稚貝はほとんど確認されなかった。熊本県緑川河口部で行われた調査結果においても、砕石放流区ではアサリの着底稚貝が多く確認される調査結果が得られていることから<sup>9)</sup>、表層に散布した礫は、アサリの浮遊幼生の着底に有効に機能すると考えられた。

### (4) 底生生物生息状況の分析・評価

その他の生物として底生生物の調査を行った。底生生物は、各実験施設とも実験開始直後は対照区(現時盤)よりも種類数、個体数、湿重量、多様度指数ともに少なかったが、一定期間が経過すると対照区と同等以上の値が確認された。これより、浚渫土砂を用いた干潟材料でも、造成後一定期間が経過すると底生生物の生息環境として対照区と同等の多様性を持つ場が創出できると考えられた(図-11)。



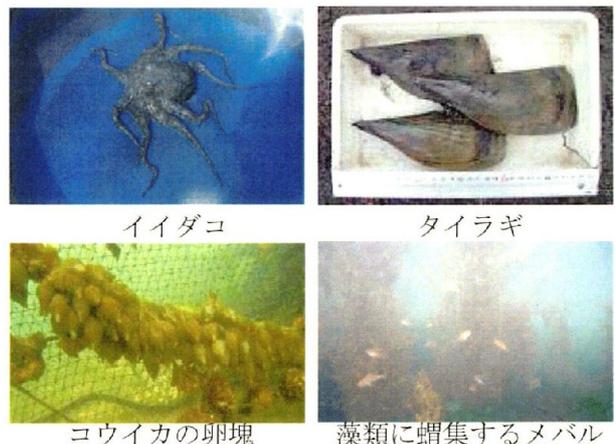
※多様度指数はShannon-Weaverの式より算出した

$$\text{多様度指数} H' = -\sum p_i / \ln p_i \quad (i = 1 \text{ to } S)$$

図-11 多様度指数の変化

### (5) 大型生物の蝸集・増殖効果

実験施設設置の効果について、目視観察を行った結果、築堤や実験干潟内に多くの大型生物の蝸集が確認された。特筆事項として、水深が他地区の干潟よりも深かった中津港実験施設では、築堤にホンダワラ類などの藻類が付着し、そこにメバルなどの多くの魚類稚魚が確認されるとともに、コウイカ類の産卵が確認された。これは、実験施設内で産卵・孵化していることを示している。また、大浦港では実験区内に多くのタイラギの生息が確認された。以下に、確認された一部の大型生物の写真を示した。



イイダコ

タイラギ

コウイカの卵塊

藻類に蝸集するメバル

写真-1 実験施設で確認された蝸集生物

## 5. 主要な結論

### (1) 干潟地盤の安定

干潟地盤の安定は、アサリをはじめとする底生生物の生息に重要な要素であるが、本実験で設置した干潟材料流出防止ネットは地盤攪乱を抑制する効果が確認された。また、中津港の実験結果を踏まえると、干潟地盤の安定は海域特性に応じた天端高で築堤を設置することで効果が発揮されると考えられた(図-12)。

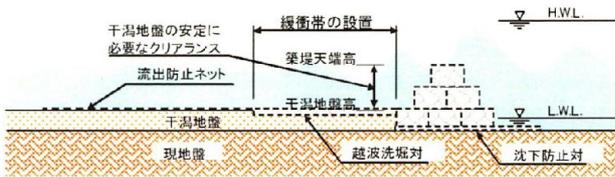


図-12 干潟地盤の安定に必要な施設のイメージ

### (2) 浚渫土砂を有効活用した泥質干潟造成の有効性

浚渫土砂(現地底質土)と砂を混合した干潟材料による造成干潟は、好氣的底質環境への改善効果があったと考えられた。

アサリの生息状況は、生残率が対照区よりも実験区で高い生残率で推移していたこと、各実験施設ともアサリの浮遊幼生の着底が確認されていることから、アサリの生息環境として良好であったと考えられた。

底生生物の生息状況は、各実験施設とも実験開始直後は対照区(現時盤)よりも種類数、個体数、多様性指数ともに少なかったが、一定期間が経過すると対照区と同等以上の値が確認されたことから、浚渫土砂を用いた干潟材料でも底生生物の生息環境として対照区と同等の多様性を持つ場が創出できると考えられた。

### (3) まとめ

浚渫土砂等を材料の一部として有効利用した干潟造成地盤では、底質改善効果が認められるとともに、水産有用種の生息と底生生物の多様性に良好な干潟地盤環境が形成される。また、造成干潟に築堤や干潟材料流出防止ネットを設置することで変動の少ない地盤が確保できる。

## 6. おわりに

九州地方整備局では、「九州港湾・空港技術開発ビジョン」の技術開発テーマにより、港湾空港部、各港湾(空港)事務所と一体となって、国土技術政策総合研究所及び(独)港湾空港技術研究所の協力を得て、産学官連携による技術開発を推進している。

九州地域特有の有明・八代海に代表される浅海域を多く抱える海域には、浚渫事業に関連した多くの技術課題があり、「海域環境の保全・再生に資する泥質干潟造成技術の開発」の取り組みについては、今後も関係機関と連携し技術的課題の解決に努めて

いく。また、各実証実験の成果については、八代湾奥<sup>10)</sup>で報告しており、三池港、大浦港、中津港の成果についても、別稿にて報告する予定である。

**謝辞:**本研究開発では、泥質干潟再生手法検討調査委員会(委員長:滝川清熊本大学教授)<sup>11)</sup>、有明海(三池港)干潟再生技術検討調査委員会(委員長:楠田哲也北九州市立大学教授)<sup>11)</sup>、有明海(大浦港)干潟再生技術検討調査委員会(委員長:林重徳佐賀大学教授)<sup>11)</sup>、豊前海(中津港)浚渫土砂有効活用検討調査委員会(委員長:岡田光正広島大学教授)<sup>11)</sup>の委員長と委員を始め、国土技術政策総合研究所古川恵太室長、(独)港湾空港技術研究所渡部要一室長、中村由行研究主監、中川康之主席研究官、調査・解析・現地調査を担当された多く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、本業務を担当した元下関港湾空港技術調査事務所環境課の川野泰広係長と江口秀之係長と末次広児係長、熊本港湾・空港整備事務所、博多港湾・空港整備事務所、唐津港湾事務所、別府港湾・空港整備事務所の関係職員には調査の実施に尽力していただいた。ここに関係委員及び関係各位に改めてお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 環境省、有明海・八代海総合調査評価委員会:有明海・八代海総合調査評価委員会報告書、165p、2006。
- 2) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会:増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成8年度版、1997。
- 3) 社団法人日本水産資源保護協会:水産増殖叢書 42 ワシントン州におけるアサリ養殖ガイドブック、1996。
- 4) 佐々真志・渡部要一・川野泰広・中島謙二郎・吉田秀樹:泥質干潟再生に向けた土砂環境動態評価手法の開発:自然泥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、2007。
- 5) 佐々真志・渡部要一:アサリの潜砂限界強度について、海岸工学論文集、第54巻、pp.1196-1200、2007。
- 6) 伊藤龍星・小川浩:ネット被覆によるアサリ人口種苗の育成試験、大分海水研調研報No.2(1999)、pp.23-30
- 7) 山本ほか:諫早湾貝類資源回復技術開発研究、平成15年度長崎県総合水産試験場事業報告、pp.107-114、2004
- 8) 上田拓・山下輝昌:アサリ漁場の造成事例、水産工学 Vol.33 No.3、pp.213-218、1997
- 9) 生嶋登:熊本県アサリ漁場における漁場造成の試み、平成20年度日本水産工学会 学術講演会、pp.282-283、2008。
- 10) 野村茂・中島謙二郎・榎元真一・宮石晶史・滝川清・高橋真・青木博:八代湾奥部における浚渫土を有効利用した干潟造成実験、海岸工学論文集、第55巻、pp.1166-1170、2008。
- 11) 下関港湾空港技術調査事務所:有明・八代・豊前海干潟造成技術検討調査報告書、2007、2008、2009。
- 12) 港湾空港技術研究所:泥質干潟地盤環境の評価手法に関する技術開発報告書、2006、2007、2009。