九州地域（有明海・豊前海）における浚渫土砂を用いた干潟造成実験

The Field experiment of the artificial tidal flat with the reused dredged soil in Kyusyu sea area

石貫國郎¹・中島謙二郎²・榎元真一³・二原和教⁴
岡本恭明⁵・楠田哲也⁶・林 重徳⁷・岡田光正⁸

Kunirou ISHINUKI, Kenjiro NAKASHIMA, Shiniti ENOMOTO, Kazunori NIHARA
Yasuaki OKAMOTO, Tetsuya KUSUDA, Shigenori HAYASHI and Mitsumasa OKADA

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 3 sites — 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.

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高波浪や高潮など過酷な自然条件にある地域が多いが、一方で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（環境省, 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3海域（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

図-1 干潟実証実験海域

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。

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、福岡県荻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

1	九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所長
2 正会員	九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所環境課課長
3	九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所環境課係長
4	九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所環境課係長
5 正会員	財団法人港湾空間高度化環境研究センター第2調査研究部
6 フェロー 工博	北九州市立大学 教授 大学院 国際環境工学科
7 フェロー 工博	佐賀大学 教授 低平地研究センター
8 正会員 工博	広島大学 教授 大学院 工学研究科

建設リサイクル法の施工(平成12年度)
建設発生土の有効利用に関する行動計画(平成15年度)
(指定処分の徹底) (工事間利用の促進等)

有明海・八代海再生特別措置法(平成14年度)
有明海及び八代海の再生に関する基本方針(平成15年度)
「漂流物の除去等」「覆土・浚渫等による底質改善」「調査研究等の推進」

海洋汚染防止法の改正(平成19年度より施行)
海洋処分可能な廃棄物(浚渫土砂)に関し、有効利用可能なものについては
海上保安庁長官への確認が必要。また、有効利用できないものについては
これに加えて環境大臣の許可申請が必要

新規土地利用計画の要請の変化
臨海部の土地利用の充足、事業の効率化

図-2 浚渫土砂を取り巻く社会情勢

図-3 浚渫土砂を有効利用した人工干潟造成のイメージ

「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)。

(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まとめられているが、有明・八代海域に代表される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3海域(図-1)に、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(下関港湾空港技術調査事務所, 2009)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)。

3. 干潟実証実験の概要

(1) 実験海域の地盤環境

干潟地盤環境は、大浦港はシルト・粘土分(以下、泥分率)80%~100%、中央粒径(D50)が75 μ mを下回る泥質干潟である。三池港は、泥分率20%~80% 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。

(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」とし、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)。

各海域の実験施設は、海域の環境特性を考慮して、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、アサリ等の生息環境の創出、生息機能の向上を目的とした実験を行うため、事前の現地調査結果や文献(社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, 1997; 社団法人日本水産資源保護協会, 1996)からアサリの生育に適した泥分率・地盤高等を抽出し、浚渫土砂等と砂の混合比率を数ケース設定した(図-4~6)。

具体的には、泥分が卓越する三池港では現地底泥と砂の混合比率を5:5(泥分率50%)、2:8(泥分率20%)、及び対照区(現地地盤)を設定するとともに、地盤高による生物生息状況の相違を確認するため、地盤高+0.3mと+0.6mの2区域に実験区画を設置した。同じく泥分が卓越する大浦港では浚渫土砂と砂の混合比率が5:5(泥分率50%)、2:8(泥分率20%)の区画を設定し、さら

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
三池港	H18.7~ H21.3	地形:干潟地盤高 海象:流況,波浪 水質,水質連続観測
		底質:泥温,COD 他 地盤:粒度組成,せん断強度, サクシオン他
大浦港	H18.9~ H21.3	生物:底生生物,アサリ成貝 稚貝他
中津港	H18.9~ H20.11

図-4 三池港における実験施設の概要

図-5 大浦港における実験施設の概要

図-6 中津港における実験施設の概要

に干潟材料の安定性検証のため、目合いが10mmの干潟材料流出防止ネットの敷設区域、未敷設区域を設定した。砂分の卓越する中津港では泥分率が15%、7.5%、及び対照区を設定した。

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、地盤高のモニタリング調査を行った。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、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いる。実験施設設置後約2ヶ月にあたる平成18年9月に台風による高波浪が発生し、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20cm程度の侵食がみられたが、ネットを敷設した区域では侵食がなかったことから、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-7）。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～

※図中の棒グラフは築堤の高さを示す

図-7 干潟地盤高の状況（大浦港，中津港）

図-8 実験区と対照区におけるCOD・硫化物の関係（三池港）

+0.3mと低下した。このため、潮位が低下する大潮干潮時に築堤を越波した波により底質攪乱が発生し、実験区内で50cm程度の地盤の侵食、地盤侵食に伴う放流アサリの施設外へ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、以降の波浪による底質攪乱を抑制することができた。

(2) 生物生息環境の評価

a) 水質

水温・塩分・DOの水質連続観測結果によると、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、後述するアサリ生残率低下の要因の一つと考えられた。

b) 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、底質を好気的環境へ改善し、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。浚渫土砂等に砂を混合させている実験区と、現地地盤である対照区のCODと硫化物を比較した結果、COD・硫化物ともに実験区で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-8）。以上の結果より、浚渫土砂と砂を混合させた造成干潟では、好気的環境への

図-9 飼育ケージ内アサリの生残率の推移

表-2 周辺他地区の実験におけるアサリ生残率 (%)

地区 観測時期	大分県中津市 (伊藤他,1999)	長崎県小長井 (山本他,2004)	福岡県みやま市 (上田他,1997)
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

底質改善効果があったと考えられた。

(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

アサリ生残率の計測は、飼育ケージ内の同一アサリの生残状況を確認することで行った。アサリ生残率は、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・中津港におけるアサリ生残率について、実験区と対照区を比較すると、両実験施設とも実験区で継続的に高い生残率で推移した (図-9)。

また、アサリ生残率について、各実験海域近傍で行われた実験結果をみると (表-2)、実験開始後12ヶ月後の生残率は10~30%の値を示している。本実験では貧酸素による斃死がみられた大浦港を除くと、実験区で40%以上の値を示しており、高い生残率が維持されていたと考えられた。これらの結果より、本実験で造成した実験区画は、アサリの生残に良好な環境であったと考えられた。

b) アサリ肥満度

アサリの成長度合いを確認するために、実験区画に放流したアサリのサイズ計測 (殻長・殻幅・殻高・湿重量) に加え、剥き身重量を測定して肥満度を計測し、アサリの成長度について評価した。各実験施設におけるアサリ肥満度は、海域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)。この要因を把握するために、採取したアサリの生殖腺の発達状況を目視観察した結果、肥満度が高い時期に生殖腺の成熟度が高い結果が確認された。これより、各実験施設でみられた肥満度の季節変化は産卵による増減と考えられるとともに、実験施設内

図-10 アサリ肥満度の変化
肥満度(%)=剥き身重量/殻付き湿重量×100

※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 三池港実験施設における多様度指数の変化

のアサリは産卵でき得るまで十分に成長していることが確認された。

c) アサリ浮遊幼生の着底と成長

各実験施設内では、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すると、着底稚貝の生息密度が最大約1,500個体/m² (20mm以下の個体) であり、着底後は個体数が減少するものの、次第に殻長が増加し、成長していく状況が確認された。

中津港では、浚渫土砂に多くの礫が含まれており、実験施設の表面には浚渫土砂由来の礫が多く分布している。アサリの着底稚貝は、同一の底質性状の区画においても、礫の密度が高い場所で個体数が多く、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 (生嶋, 2008)、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) 水産有用種 (アサリ) の生息状況の分析・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 (現地盤) 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 (図-11, 12)。

※多様度指数は Shannon-Weaver の式より算出した

図-12 中津港実験施設における多様度指数の変化

図-13 干潟地盤の安定に必要な施設のイメージ

5. 主要な結論測

(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、本実験で設置した目合い10mmの干潟材料流出防止ネットは地盤攪乱を抑制する効果を有することが確認された。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则认为られた(図-13)。

(2) 浚渫土砂を有効活用した泥質干潟造成の有効性

浚渫土砂等と砂を混合した干潟材料による造成干潟は、砂の混合比率が高いほど好氣的底質環境への改善効果があり、CODや硫化物を低減させたと考えられた。

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たこと、産卵でき得るまで成長したこと、アサリの浮遊幼生の着底、着底後の成長が確認されたことから、浚渫土砂等と砂を混合した干潟材料による造成干潟は、アサリ生息環境として良好な場であったと考えられた。

底生生物の生息状況は、施設設置から一定期間が経過すると対照区と同等以上の種類数・個体数・多様度指数が確認されたことから、浚渫土砂等と砂を混合した干潟材料による造成干潟は、底生生物の生息環境として現地地盤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、水産有用種であるアサリの生息と底生生物の多様性に良好な環

境が形成されると考えられた。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と考えられた。

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。浅海域を多く抱える九州地域では浚渫事業に関連した多くの技術課題があり、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。

謝辞：本研究開発では、有明海（三池港）干潟再生技術検討調査委員会、有明海（大浦港）干潟再生技術検討調査委員会、豊前海（中津港）浚渫土砂有効活用検討調査委員会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（港湾空港技術研究所，2007）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，江口秀之係長，末次広児係長，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

- 生嶋 登 (2008) : 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.
- 伊藤龍星・小川 浩 (1999) : ネット被覆によるアサリ人口種の育成試験, 大分海水研調研報No. 2, pp. 23-30.
- 上田 拓・山下輝昌 (1997) : アサリ漁場の造成事例, 水産工学Vol. 33 No. 3, pp. 213-218.
- 環境省 (2006) : 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.
- 港湾空港技術研究所 (2007) : 泥質干潟地盤環境の評価手法に関する技術検討調査報告書, 30p.
- 下関港湾空港技術調査事務所 (2009) : 有明・八代・豊前海干潟造成技術検討調査報告書, 459p.
- 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会 (1997) : 増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編 平成8年度版, pp. 136-144.
- 社団法人日本水産資源保護協会 (1996) : 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, pp. 53-54.
- 山本憲一・前迫信彦・藤井明彦・池田義弘 (2004) : 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.