

有明海湾奥部における覆砂による底生生物生息への効果

原口 智和*・吉永 直弘**・鶴丸 雅之*・加藤 治***

(*水環境工学研究室, **ケー・エム・テクノロジー株式会社, ***佐賀大学名誉教授)

平成22年9月27日 受理

Effect of Sand Banking on Benthos Habitation in the Inner Area of the Ariake Sea

Tomokazu HARAGUCHI*, Naohiro YOSHINAGA**, Masayuki TSURUMARU*, Osamu KATO***

(*Laboratory of Water Environmental Engineering, **Knowledge Management Technology Co., Ltd.,

***Professor Emeritus, Saga University)

Accepted September 27, 2010

Summary

Environmental issue has intensified in Ariake Sea recently. Reduction in a catch of fish including bivalves is especially remarkable. Measures such as sand banking have executed for improving a habitat of bivalves. In this study, samplings of sediment and benthos were conducted to examine the effect and its durability of sand banking. It was shown that the effect remained for seven to eight years from constructions depending on location.

Key words: Ariake Sea, sand banking, benthos habitation, mud content, ignition loss

緒 言

有明海は福岡、佐賀、長崎、熊本の4県に囲まれた平均幅が18km、奥行きが約96km、面積が約1700km²の内湾である。このような地形のために、潮汐の干満差は我が国最大で、とくに湾奥部では最大約6mにも達する。また、筑後川をはじめとする流入河川群から大量の浮泥が還流によって湾奥部全部に堆積し、広大な干潟が形成される。全国の干潟の40%を占める有明海沿岸域は、陸と海から多くの栄養物質が集積し、良好な漁場として活用されてきた。しかし、近年、さまざまな環境問題が深刻化しており、とりわけ二枚貝類を中心とする漁獲高の減少は顕著である。二枚貝類は沿岸域における水産資源の中でも、干潟、浅場の浄化機能を支える主要生物であり、これらが激減すると、内湾生態系の物質循環の速度に著しい変化が及ぶものと懸念される。

二枚貝類の漁獲高減少については、湾奥部を中心に底質の泥化が進んでいること、底層水の貧酸素化、浮遊幼生の移動・集積に関与する流況の変化、ナルトビエイなどによる食害など、様々な原因が考えられる。有明海沿岸域では、底質環境の改善や貝類漁場の整備を目的に、覆砂、耕耘、作滞、堆積物除去等が対症的に実施されてきたが、これらの効果については十分な追跡調査がされていない。

本研究では、佐賀県がアサリの養殖場の改良を目的として実施した覆砂地点において、底質調査および底生生物調査を行い、粒度組成などの物理的環境および生息状況の時空間変化より、

覆砂の効果とその持続性を検証した。

調査方法

平成20年9月から平成21年9月にかけて、図1に示す有明海奥部の①H14東北工区（以下、東北工区）、⑤H14東南工区（以下、東南工区）、⑦H13西北工区（以下、西北工区）、および⑧H13西南工区（以下、西南工区）の4つの覆砂工区において、工区内（以下、覆砂区）および近くの未施工地点（以下、対照区）で試料を採取し、底質調査（粒度試験、強熱減量試験）と底生生物調査を実施した。なお、工区名に付けた「H〇〇」は施工年度を表す。覆砂材は、熊本県天草郡有明町大浦沖の底質が用いられ、その粒度分布は採取地点により若干異なるが、粘土+シルト分（粒径0.075mm以下）1.6~5.4%、細砂分（同0.075~0.25mm）30.7~41.6%、中砂分（同0.25~0.85mm）42.4~54.9%、粗砂分（同0.85~2.0mm）9.6~14.5%、細礫分（同2.0~4.75mm）0~1.9%と、細砂分、中砂分が大半を占める。

平成20年9月に東北工区と東南工区において、また、平成21年3月に西北工区と西南工区において、内径78.6mm、長さ1mの亚克力パイプを用いて柱状試料を採取した。この柱状試料を海底面から5cm厚さに切り分け、各深さにおける2mmふるい通過試料を用いて粒度試験を行った。ふるいの目の大きさは、0.850、0.425、0.250、0.106、0.075mmである。なお、採取した柱状試料の数は、覆砂区で2体、対照区で1体である。

強熱減量試験では、粒度試験でふるい分けした6段階の粒径（0.075mm未満、0.075-0.106mm、0.106-0.250mm、0.250-0.425mm、0.425-0.850mm、0.850-2.000mm）の試料を110℃で一定質量になるまで炉乾燥し、それらを550℃で1時間強熱後、さらに850℃で1時間強熱し、各温度での強熱減量を測定した。任意の粒径の試料の550℃および850℃での強熱減量を $IL550_k$ および $IL850_k$ で表わし、それぞれ、次のようにして算定した。

$$IL550_k(\%) = \frac{m_{110} - m_{550}}{m_{110}} \times 100 \quad (1)$$

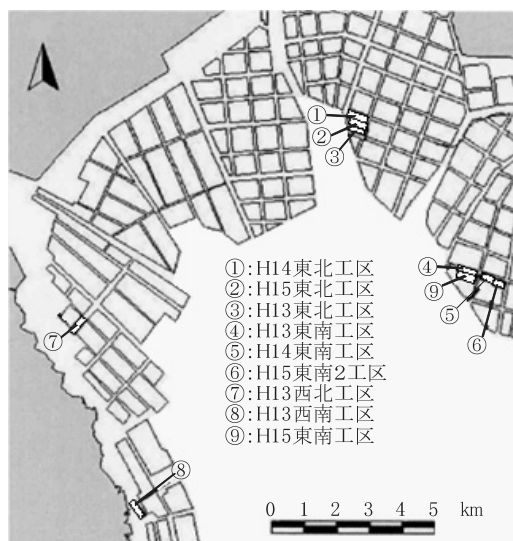


図1 平成13年から平成15年に施工された覆砂工区
(有明水産振興センターの図より作成)

$$IL850_k(\%) = \frac{m_{550} - m_{850}}{m_{110}} \times 100 \quad (2)$$

ここで m_{110} , m_{550} , m_{850} , は、それぞれ110, 550, 850℃で加熱後の試料の質量である。6段階全ての粒径を含んだ試料の強熱減量 (IL550またはIL850) については、各粒径での強熱減量 (IL550_kまたはIL850_k) に、その粒径の質量分率を乗じたものを足し合わせて求めた。

有機物と炭酸カルシウムを含んだ乾燥粉末試料を強熱する際、有機物はおよそ550℃で完全に焼却され、炭酸カルシウムからの二酸化炭素の放出は800℃付近より始まって850℃に達すると大部分が放出される¹⁾ことから、IL550およびIL850は、それぞれ、有機物および炭酸カルシウムの含有率を代表すると考えられる。よって、測定されたIL550およびIL850より、有機物および炭酸カルシウムを主成分とする貝殻片の含有割合の時空間的変動を知ることが可能となる。

底生生物の生息状況調査は、東北工区、東南工区、西北工区および西南工区の4工区において、平成21年3月、6月、9月の3回実施した。エクマンバージ型採泥器 (面積0.0225m²) またはプラスチック容器 (面積0.0188m²) を用いて採取した厚さ約0.1mの表層底泥を1mmふるいにかけて、残った生物の門別種数、湿重量、大きさを計測した。なお、底泥の採取は、覆砂区および対照区において、各3地点で行った。

覆砂による底生生物生息環境改善効果の定量評価

近年、干潟における底生動物の生息環境の定量評価や浅場造成適地の評価に、HEP (Habitat Evaluation Procedure) で用いられる HSI (Habitat Suitability Index, 生息場適合度指数) の適用が検討されている^{2,3,4)}。評価対象生物種の生息に関わる各環境因子 (ハビタット変数) について、理想的な条件での生息量に対する割合である SI (Suitability Index, 0~1で変化) を求め、それらを統合して HIS が求められる。SI を求めるには、ハビタット変数と生存量との関係を調べておく必要があるが、本調査では十分なデータの蓄積ができなかった。そこで、既往の研究をもとに、覆砂の効果について検討する。

アサリを評価対象種とした場合、田中³⁾はハビタット変数として中央粒径、強熱減量、含泥率 (粒径0.075mm未満の質量割合)、地盤高を選んでいるが、中央粒径と強熱減量は含泥率との相関が高いことを考慮し、本研究では含泥率を用いて覆砂効果の評価を行った。SI の算定には、島多と袋²⁾の提案したモデル (図2) を用いた。

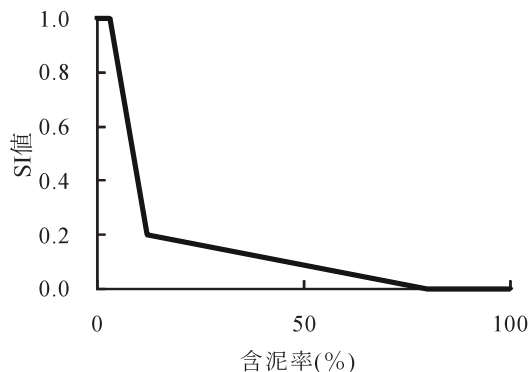


図2 含泥率とSI値の関係

結果および考察

1 粒度組成

表1に、平成20年と平成21年に行った調査結果を平成17年および平成18年の調査結果と併せて示す。平成17年と平成18年に行った調査では、図1に示した全域において覆砂施工の有無にかかわらず、この間に有明海を縦断した台風の影響と思われる粒度組成の変化がみられた⁵⁾。この変化は、とくに西岸域の工区で顕著であり、表層(0-5cm)の含泥率は大きく低下している。その後の2、3年の間に、西南工区では覆砂区、対照区ともに0-5cm層の含泥率が大きく増加しているが、これに比べ他の工区では変化が小さい。このことから、西南工区近辺では泥分が堆積しやすい条件であることが示唆される。なお、東北工区では細砂分以下の小さな粒子が5cm程度、東南工区では細砂分が10cm以上、覆砂材の上に堆積しており⁶⁾、東岸域では比較的粒径の大きい粒子が堆積しやすい条件にある。

深さ方向の変化を見てみると、西北工区では、対照区の15cmまでの全層で87%以上と含泥率が極めて高いのに比べ、覆砂区の含泥率は10~20%程度と比較的小さいことから、覆砂材の流亡が少なく、覆砂材の上への堆積も少ないことで、覆砂材が表層に保持されていると推察される。西南工区においては、覆砂区の含泥率は表層に近づくにつれて高くなっており、0-5cm層の値が対照区とほぼ同じであることから、覆砂材の上に5cm程度浮泥が堆積しているものと考えられる。東北工区と東南工区においては、覆砂区と対照区で差が小さく、深さ方向の変化もほとんどなかった。

2 強熱減量

東北工区の10-15cm層の覆砂区と対照区における粒径別強熱減量を表2に示す。これらの含泥率はそれぞれ、13.1%と14.5%でほぼ等しい。IL550は、覆砂区、対照区ともに、粒径が0.075

表1 含泥率(%)の変化

調査年	深さ (cm)	地点							
		西北工区		西南工区		東北工区		東南工区	
		覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
平成17年	0-5	51.4	84.5	31.6	62.6	10.1	7.9	8.5	9.8
平成18年	0-5	9.4	54.7	3.3	6.9	16.1	19.9	3.4	12.4
平成20年 or	0-5	19.0	97.1	92.8	94.4	28.1	12.6	8.5	14.0
	5-10	12.3	98.7	25.7	37.3	19.0	9.7	8.6	12.2
平成21年	10-15	10.5	87.2	8.6	80.8	13.1	14.5	6.7	4.5

表2 粒径別強熱減量(東北工区, 10-15cm層)

粒径 (mm)	覆砂区			対照区		
	質量分率	IL550 _s (%)	IL850 _s (%)	質量分率	IL550 _s (%)	IL850 _s (%)
~0.075	0.131	11.9	4.8	0.145	12.5	3.9
0.075~0.106	0.030	2.4	0.9	0.022	2.6	1.8
0.106~0.250	0.254	2.4	3.3	0.253	1.8	0.9
0.250~0.425	0.192	1.9	7.1	0.379	1.9	0.9
0.425~0.850	0.195	1.9	14.3	0.167	2.0	2.6
0.850~2.000	0.198	2.7	25.4	0.034	2.8	23.6
全粒径		3.5	10.7		3.5	2.4

mm未満の粒子で約12%と高く、他の粒径では1.8~2.8%と比較的小さいことから、0.075mm未満の泥分の有機物含有率が高いことが分かる。IL850は、粒径が0.075mm未満の粒子は覆砂区で4.8%、対照区で3.9%、粒径が0.850~2.000mmの粒子は覆砂区で25.4%、対照区で23.6%と、これらの粒径では覆砂区と対照区でほとんど差がない。しかし、これらの間の粒径においては、対照区では0.9~2.6%と変化が小さいが、覆砂区では粒径が大きくなるにもなってIL850も大きくなる傾向がある。各粒径の強熱減量と質量分率から算定した全粒径からなる試料の強熱減量は、IL550が覆砂区で3.5%、対照区で3.5%、IL850が覆砂区で10.7%、対照区で2.4%となった。

図3に各工区の覆砂区および対照区における強熱減量の鉛直分布を示す。覆砂区と対照区を比べると、西北工区の5-10cm層を除き、いずれの工区においても覆砂区でIL850が高い。これは、覆砂材が貝殻片を多く含む海砂であるため、その影響によるものと考えられる。また、東岸域のほうが西岸域に比べIL550が少なく、これは表層の含泥率の分布(表1)と似ている。

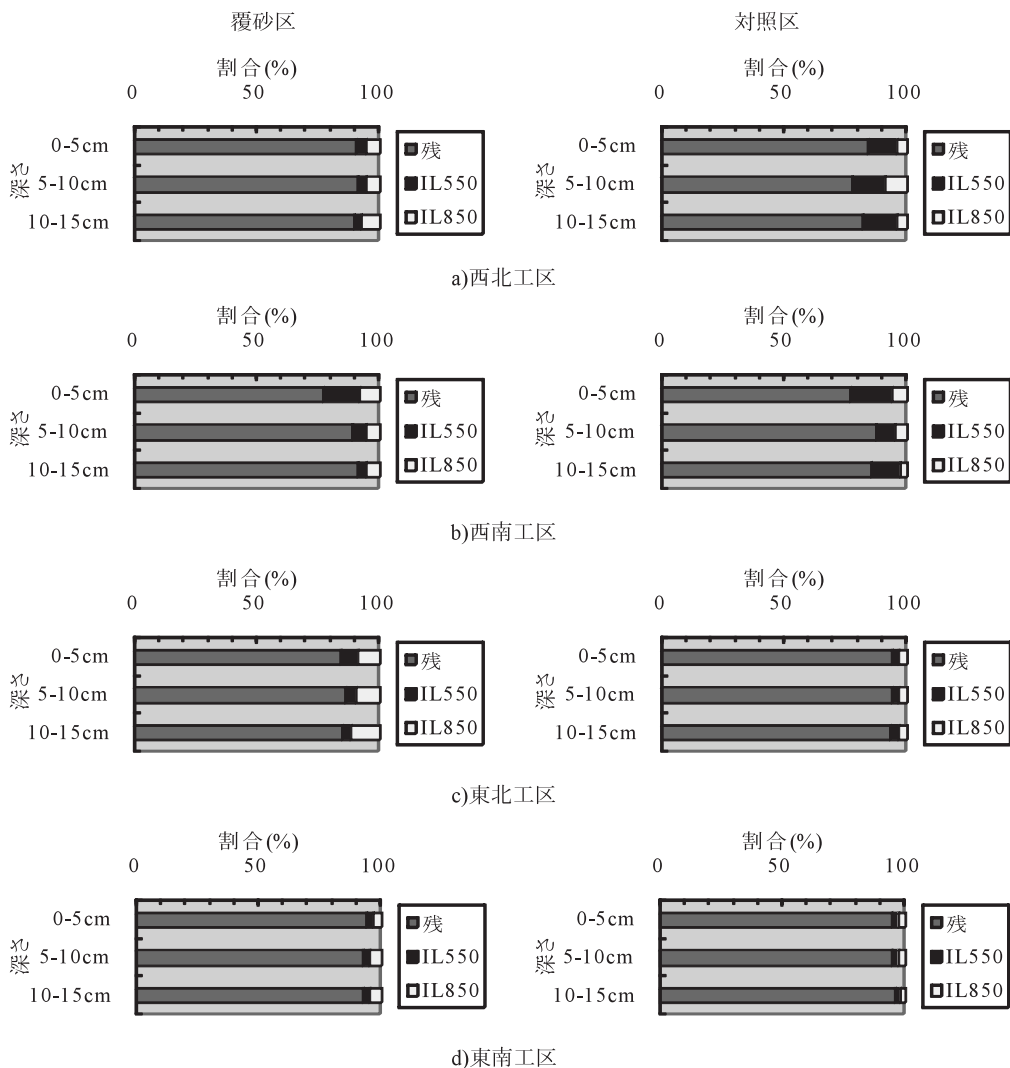


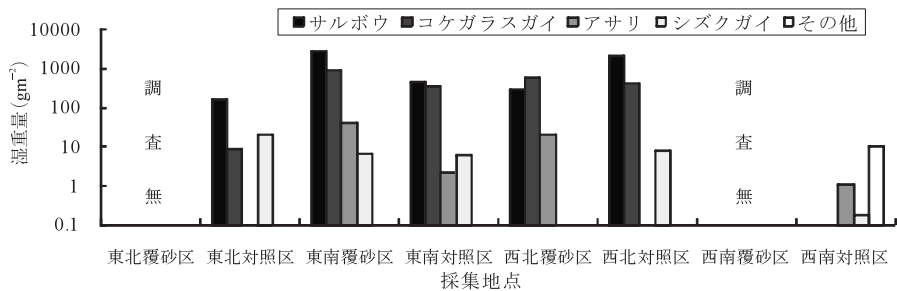
図3 各工区における強熱減量(左列が覆砂区、右列が対照区)

IL550が有機物含有率を表しているものとする、西岸沖では、堆積した有機物が微生物等の作用により分解される際、溶存酸素濃度が多く消費されると推察され、貧酸素水塊の発生と関係していることがうかがえる。

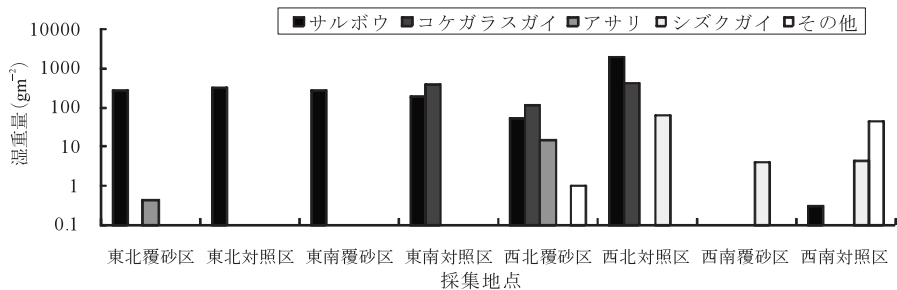
以上より、この地域における覆砂の持続性（覆砂材の流亡の有無、堆積の程度）の判断に、IL850を指標として適用することの有効性が示唆された。

3 底生生物

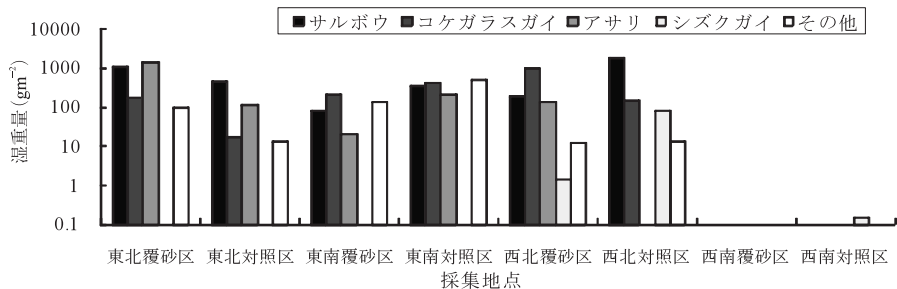
図4に二枚貝類の湿重量の季節変化を示す。いずれの調査においても、優占種はサルボウであった。西北工区においては、覆砂区ではアサリが確認されたが対照区では採取されなかった。また、底質の環境汚染指標種であるシズクガイは、同工区の対照区では全調査で確認されたが、覆砂区では3月と6月では確認されず、9月の調査でも 1 g/m^2 と極めて少なかった。これら



a)平成 21 年 3 月



b)平成 21 年 6 月



c)平成 21 年 9 月

図4 二枚貝類の湿重量

ことから、西北工区においては覆砂によって好气的環境が保たれているものと考えられる。西南工区では覆砂区、対照区ともに生息量が少なかった。東北工区においては、覆砂区では対照区の約12倍の 1 kg/m^2 のアサリが確認され、また、覆砂区のほうが対照区より二枚貝類の生息量が多かった。同工区においては、過去の調査においても同様の結果が得られており⁷⁾、覆砂による二枚貝類生息環境の改善の効果が持続していると推察される。東南工区では、対照区の二枚貝類総重量は覆砂区よりも3倍ほど大きかったが、過去の調査においても対照区のほうが覆砂区より二枚貝類の生息量が多い⁷⁾ことから、覆砂効果の有無は判断できない。

東南工区の覆砂区においてサルボウの湿重量が3月から6月にかけて10分の1に減少している。図5に示すとおり、3月には殻長35~40mmをピークに大きい個体が多く確認されたが、その後、漁によって大きな個体が獲られ、6月にかけて個体数が激減したものと推察される。9月になると稚貝が多く採集されており、この区域では、夏期に着生した稚貝が翌年春季にかけて成長し、捕獲されるというサイクルを繰り返しているものと思われる。

なお、底生生物の生息状況のみならず、底質環境についても覆砂施工前あるいは直後からの経年調査ができていないため、覆砂の効果がどのように変化（消失）するのかを捉えることはできていない。

4 底生生物生息環境改善効果

表3は表1に示した含泥率を図2のモデルに用いて求めたSI値である。東北工区以外の工区では、いずれの調査年においても、覆砂区のほうが対照区よりもSI値が高いことから、これらの工区では覆砂の効果が持続していることがうかがえる。また、東南工区の覆砂区を除いて表層（0-5cm）のSI値は低く、深くなるにつれてSI値が増加する傾向がある。

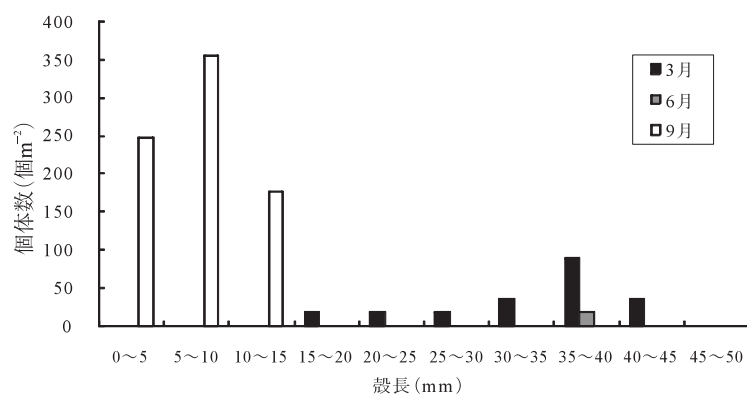


図5 サルボウの大きさ別個体数の変化（東南工区）

表3 含泥率を変数としたSI値の変化

調査年	深さ (cm)	地点							
		西北工区		西南工区		東北工区		東南工区	
		覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区	覆砂区	対照区
平成17年	0-5	0.08	0.00	0.14	0.05	0.51	0.86	0.77	0.55
平成18年	0-5	0.62	0.07	1.00	1.00	0.19	0.18	1.00	0.20
平成20年 or 平成21年	0-5	0.18	0.00	0.00	0.00	0.15	0.20	0.76	0.19
	5-10	0.20	0.00	0.16	0.13	0.18	0.57	0.74	0.20
	10-15	0.44	0.00	0.74	0.00	0.20	0.19	1.00	1.00

結 言

有明海湾奥部における覆砂の底生生物生息に対する効果とその持続性を検討するため、底泥の物理的因子（粒度組成，強熱減量）ならびに底生生物の生息状況の調査を行った結果，以下のことが明らかとなった．

- ・西岸域における泥分の堆積速度は東岸域より大きい．
- ・粒径別の IL550は，覆砂区，対照区ともに，粒径が0.075mm未満の粒子で約12%と比較的高く，他の粒径では1.8~2.8%でほぼ等しい．
- ・この地域においては，覆砂の持続性の判断に IL850を指標として用いることが有効である．
- ・施工から8年経過した西北工区において，覆砂によって好気的環境が保たれている．
- ・施工から7年経過した東北工区において，覆砂区の二枚貝類の生息量は未施工区より多い．

摘 要

近年，有明海ではさまざまな環境問題が深刻化しており，とりわけ二枚貝類などの漁獲高の減少は顕著である．二枚貝類の生息環境の改善を目的に，覆砂等の対策が実施されてきた．本研究では，覆砂地点において底質調査および底生生物調査を行い，覆砂の効果とその持続性を検証した．調査の結果，施工地点による差はあるが，施工から7，8年経過後も覆砂の効果が持続していることが明らかとなった．

引 用 文 献

1. 鎌田泰彦，西岡幸一，木寺久美子 (1978)．長崎県諫早湾の干潟堆積物の強熱減量（海底堆積物の強熱減量一その1）．長崎大学教育学部自然科学研究報告 29, 81-90.
2. 島多義彦，袋 昭太 (2004)．干潟再生による生物生息環境改善効果の定量評価手法に関する研究．フジタ技術研究報告 40, 57-62.
3. 田中 章 (2008)．順応的管理による人工干潟造成のための HEP 適用に関する研究—尾道糸崎港の4つの干潟におけるケーススタディ．武蔵工業大学環境情報学部紀要 9, 50-62.
4. 西田芳浩，小林健二，城山顕伸．山口県瀬戸内海沿岸域における浅場造成適地の評価方法の検討について．平成20年度国土交通省国土技術研究会，<http://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h20giken/program/kadai/pdf/ippan/ippan4-05.pdf>，(2010. 1. 7 アクセス)
5. 加藤 治，原口智和，瀬口昌洋，郡山益実 (2007)．佐賀県沿岸域における覆砂効果について．佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集 3, 39-46.
6. 原口智和，加藤 治，鶴丸雅之，瀬口昌洋，郡山益実 (2009)．佐賀県沿岸域における覆砂の効果と持続性について．佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集 5, 47-52.
7. 原口智和，加藤 治，瀬口昌洋，郡山益実 (2008)．佐賀県沿岸域における覆砂の効果と持続性．佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告集 4, 49-52.