

佐賀大農彙 (Bull. Fac. Agr., Saga Univ.) 92 : 25 ~ 32 (2006)

有明海湾奥部で施工された覆砂の効果の持続性について

加藤 治・瀬口 昌洋*・原口 智和・郡山 益実*

(水環境工学研究室, *浅海干潟環境学研究室)

平成18年10月25日 受理

THE DURABLE EFFECT OF THE SAND BANKING METHOD OF BOTTOM SEDIMENT IN THE INNER AREA OF THE ARIAKE SEA

Osamu KATO, Masahiro SEGUCHI*, Tomokazu HARAGUCHI and Masumi KOORIYAMA*

(Laboratory of Water Environmental Engineering, *Laboratory of Environment of Shallow and Tidal Flat)

Received October 25, 2006

Summary

In the inner area of the Ariake sea, the bottom sediment were improved by the sand banking. The sand banking method appears to be useful for improvement of bottom sediment in the Ariake Sea. But, it is usually thought that its effect become less after only a few years.

The present study investigates the change of the bottom sediment in sand banking area constructed by Saga Prefecture from 2001 to 2003.

Key Words: Ariake clay, the sand banking, improvement of bottom sediment, analysis of tidal current

1. 緒 言

有明海は、湾口から湾奥までの距離が約96km, 平均幅が約18km, 平均水深約20mの内湾である。このような地形のために、潮汐の干満差はわが国最大で、特に湾奥部の住之江港では最大約6mにも達する。また、有明海は筑後川をはじめとする100本の河川群から年間約100億トンの河川水が流入し、それに含まれる浮泥が年間約40万トン流入している。これらの浮泥が、潮汐残差流によって、湾奥部の全域に運搬され、堆積して広大な干潟を形成している。このような干潟域には、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、近年種々の環境問題が深刻化し、漁業高も減少し続けている。たとえば、アサリの漁獲高は1984年に一時回復したものの、1980年頃から減少傾向が続いている。この原因として、湾奥部を中心に底質の環境変化が進んでいることが一因ではないかと云われている¹⁾。このため、漁場環境の改善のために、覆砂、耕耘、作零、堆積物除去等の対策が実施されている。しかし、こうした改善策に対する効果については、十分な追跡調査がなされていない。覆砂については、その効果が2、3年で薄れてしまうという報告や、熊本県のある漁場では非常に良い効果を10年近く保っているという報告もある。

本研究は、二枚貝等の漁場環境の重要な施策の一つである覆砂の効果について、様々な角度

Table 1 主要二枚貝類の生息環境と分布域

種 類	生息環境と分布域
アサリ類	泥の混じった砂質の干潟を好み、湾奥部の東側沿岸で多い
サルボウ	湾奥部の干潟線に近い干潟域から沖合の水深7m付近で多い
タイラギ	湾奥部をはじめとする水深5~20mの砂泥半々の比率を中心に幅広い範囲の底質地域に多い
アゲマキ	河川水の影響を強く受ける湾奥部各河口域の地盤の高い軟泥干潟域に分布する

Table 2 漁場改善事業 (佐賀県)

事業項目	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
覆砂 (ha)	16	18.01	17.6	16	10.72	18
耕耘 (ha)						2000
カキ殻除去 (ha)	18.3	23.8	33.2	12.1	12.8	4.2
削土 (ha)		0.9				
作濇 (m ²)	74663	12154				

から検討しようとするもので、まず、覆砂地点の粒度分布の経時変化を調べた。

2. 二枚貝の生息環境

宝の海といわれた有明海においてアサリをはじめとする二枚貝の漁獲量が1980年ごろから減少してきた。この原因としては、さまざまな要因が指摘されている。たとえば、

- (1) 湾奥部を中心に底質の泥化 (底質環境の変化) が進んでいること、
- (2) 稚貝の着底域が限られ、浮遊幼生の移動・集積に関する流況の変化、
- (3) 貧酸素の環境ストレス、
- (4) ナルトビエイなどによる食害等

である。このうち、底質環境の変化についてみると、有明海に生息する二枚貝はそれぞれ生息に適した環境 (水深や底質) が異なる (Table 1)³⁾。したがって底質をはじめとする環境の変化は、二枚貝類の分布や成長に大きな影響を及ぼす。Fig. 1 に示すように、佐賀県有明水産振興センターの調査によると、1989年には有明海湾奥部の底質のうち中央粒径値 (Md) が7以上の海域は、佐賀県地先を中心に湾奥部西岸域に限られていたものが、2000年にはMd 7の海域は湾奥部の中央部まで拡大していることが明らかとなった⁴⁾。一方タイラギの生息は、年による分布や量の変化が大きいが、1989年には、佐賀県地先から対岸の福岡県地先まで広く分布していた。しかし、2000年の調査では、密度の高い分布域は福岡県地先が中心となっていた。また福岡県側においても、1980年頃には二枚貝類の漁獲高が高く、漁場の広がりもあったが近年では漁場面積の縮小と稚貝の発生量の低下が懸念されている。これらは底層の環境変化が、二枚貝類の漁獲量の減少と種組成の変化に一定の影響を及ぼしているものと推察される。一方着底した稚貝の分布密度も年々大きく変動しており、漁獲量の減少や種組成の変化の要因が、こうした二枚貝類自身を持つ個体群変動の特性に起因しているかもしれない。

3. 佐賀県が実施した底質改善事業

沿岸各県は漁場の底質環境を改善するために、覆砂、耕耘、作濇、堆積物除去等の対策を実施してきた。Table 2 は佐賀県が平成8年から平成13年までに実施してきた漁場改善

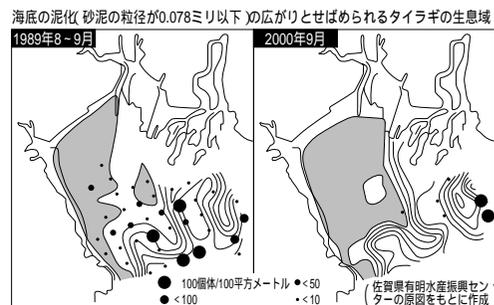


Fig. 1 有明海奥部底質のMd とタイラギ生産量の推移 (佐賀県有明水産新興センター)

策の内訳である。このうち覆砂については、(1)栄養塩などの溶出を防ぐ、(2)汚染底質の巻き上げを防ぐ、(3)溶存酸素の消費量の削減、(4)生物相の回復、などの効果が見込まれているが、それらの効果をいかに長く維持させるかが大きな課題である⁵⁾。

佐賀県が平成13年から15年に実施した覆砂地点を Fig. 2 に示す。一区画の規模は、100 m × 400 m × 0.28 m で、覆砂面積 40,000 m²、海砂量 12,320 m³ である。H14 東南工区は 360 m × 100 m (面積：36,000 m²、土量：10,080 m³)、H15 東南工区は 390 m × 100 m (面積：39,000 m²、土量：10,920 m³)、H15 東南 2 工区は 40 m × 100 m (面積：4,000 m²、土量：1,120 m³) で施工されている。図において、地点名につけている H は施工年度を表す。

各地点は、⑦ 西北工区は肥前七浦沖、⑧ は太良町沖、①、②、③ は住之江港沖・六角川澇筋沿い、④、⑨、⑤、⑥ は筑後川の澇筋沿いの地点である。

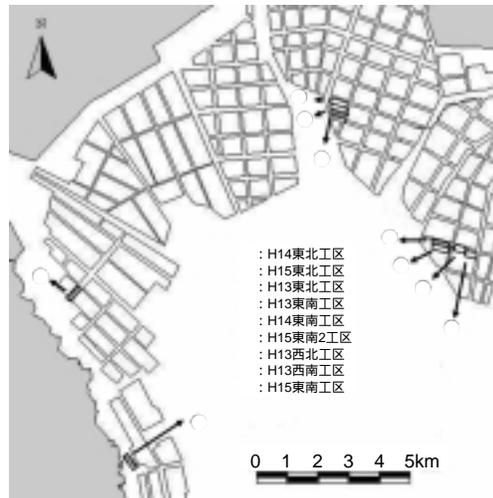


Fig. 2 平成13年～平成15年に施工された覆砂地点

4. 覆砂の効果と持続性の問題

一般に、覆砂の効果を持続しない理由として Fig. 3 に示すように、①覆砂した砂が汚染底質層と入れ替わってしまうため、②覆砂が流亡してしまうため、③覆砂した砂の上に浮泥が堆積するため、の3点が考えられる。有明海湾奥部ではこのいずれによる影響が大きいかわかることは、今後の底質改善策をおこなう上で重要なことである。覆砂の効果の持続性を阻害する理由として前述したもののうち①と③については、底質表層のシルト・粘土質を掃流するだけの流体力(掃流力)があれば問題はない。そのためには、覆砂する地点での流体力の予測が出来るならば施工地点の妥当性についての判断材料となる。特に、流動解析から浮泥が集積すると考えられる地点については覆砂をさけることが好ましい。

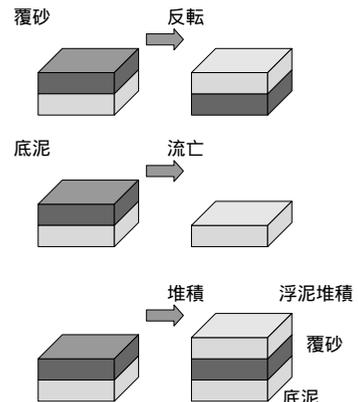


Fig. 3 覆砂効果の低減理由

5. 覆砂地点の潮流解析

覆砂が施工された地点における大潮時の潮流解析を行った。覆砂地点の水深が小さいので、次の水平二次元の運動方程式と連続の式

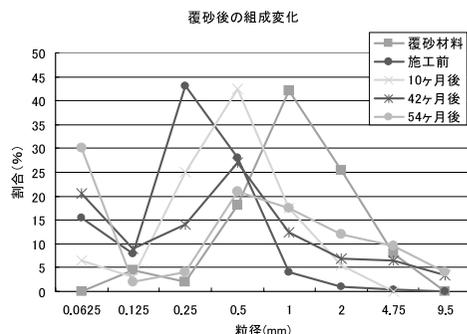


Fig. 4 覆砂地点の粒度分布の経時変化

を用いて、シミュレーションを行った。差分間隔は、Fig. 5 に示すように、 $x = y = 200\text{m}$ とした⁶⁾。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{q_x}{h+\eta} \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{q_y}{h+\eta} \frac{\partial q_x}{\partial y} = -g(h+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial x} - f \frac{q_x q}{(h+\eta)^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{q_x}{h+\eta} \frac{\partial q_y}{\partial x} + \frac{q_y}{h+\eta} \frac{\partial q_y}{\partial y} = -g(h+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial y} - f \frac{q_y q}{(h+\eta)^2} \quad (3)$$

ただし、 q_x, q_y : x, y 軸方向の単位幅あたりの流量、 η : 水位、 h : 平均水深、 $q = (q_x^2 + q_y^2)^{1/2}$ 、 $f = n^2 g / (h + \eta)^{1/3}$ 、 n : 粗度係数

である。境界条件は、2006年4月8～9日の大潮時の潮汐を調和解で求めて与えた。

覆砂地点での一潮汐間の流速の変化を Fig. 6 に示す。

図から明らかなように、最大流速は、①、②、③地点で45.6cm/s、④、⑤、⑥、⑨地点で50.0cm/s、⑦地点で、29.4cm/s、⑧地点で44.3cm/sであり、著者らの室内実験では、流速50.0cm/sを巻き上げの限界流速とする含水比は310%程度となっている。

6. 調査方法とその結果

覆砂地点での覆砂後の状況を把握するために、覆砂地点2箇所とその近傍の覆砂が施工されていない地点1箇所をあわせて1地点3本の柱状サンプリャによる採土を行い、その分析を行った。

平成8年に佐賀県が覆砂したときの覆砂地点の粒径分布の経時変化を Fig. 4 に示す。覆砂材料の中央粒径は $D_{50} = 0.78\text{mm}$ 、均等係数：3.10、曲率係数：1.04であった。覆砂する前の底質は $D_{50} = 0.188\text{mm}$ 、覆砂10ヶ月後では $D_{50} = 0.32\text{mm}$ となっていた。その後粘土・シルト質の浮泥が徐々に堆積している様子がわかる。

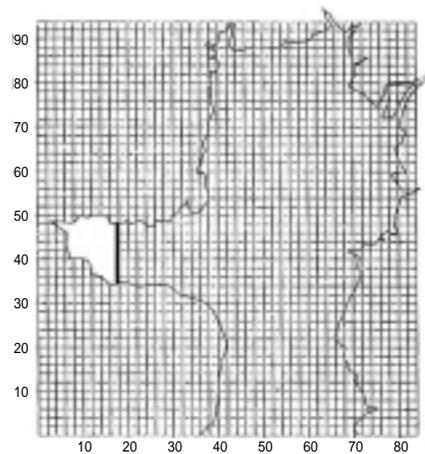


Fig. 5 計算メッシュ

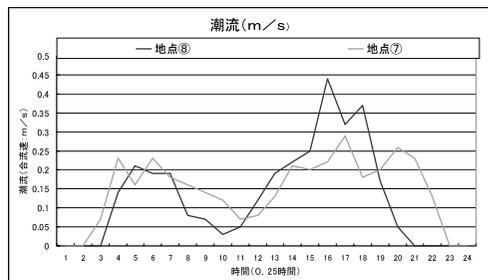
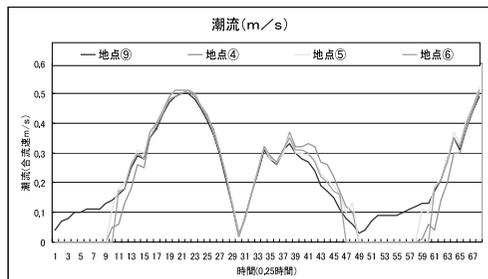
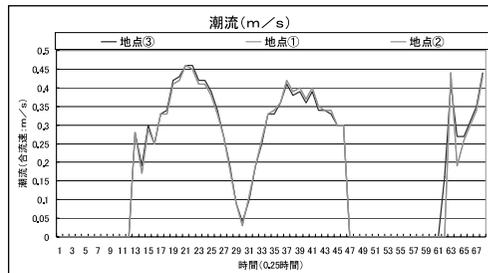


Fig. 6 潮流解析結果

6.1. 西北工区および西南工区

有明海の湾奥部では反時計回りの環流がある。有明海東岸域に流れ込む筑後川等の河川群によって運搬されてきた浮泥のうち粒径の比較的大きいものは東岸域に、粒径の細かいものはこの環流によって西岸域に運ばれ堆積する。従って、湾奥部西岸域の底質は有明海のなかでも最も粒径の細かい粘土・シルト質で構成されている。西北工区・西南工区はこのような状況のもとで覆砂が平成13年に施工された。Fig. 7に西北工区における覆砂工区と覆砂対象外での表層（0から5cm）の粒径組成分布を示す。

この図から、覆砂対象外では中砂分が8.5%に対して覆砂工区では中砂分が28.8%，シルト・粘土分が覆砂対象外で84.5%に対して覆砂工区では51.4%となっている。覆砂材がFig. 4に類似したものと仮定すると、覆砂工区は中砂が覆砂材の60%は残留しているがシルト・粘土分も相当堆積していることを示している。

西南工区の粒度組成分布をFig. 8に示す。

この図から、覆砂工区では粗砂分11.2%，中砂分42.1%，シルト・粘土分31.6%に対して、覆砂対象外では粗砂分3.5%，中砂分23.0%，シルト・粘土分62.6%となっている。前述のように、この地域は有明海の環流によって浮泥が運搬される場所であるがシルト・粘土分の堆積は避けられないが、覆砂後4年経過していても覆砂の効果が結構持続していると考えることが出来る。これは潮汐による流れの影響とみることができる。

6.2. 東北工区

東北工区は住之江港沖約6.8kmの六角川澁筋で施工された。この地域では平成13年から3年間にわたって覆砂が施工されている。透明のサンプラーでの目視の結果から底泥表面から2～6cm間隔で粒度分析をおこなった。

Fig. 9に平成13年東北覆砂工区、Fig. 10に覆砂対象外の粒径組成の深度別変化を示す。

覆砂工区では、表層でシルト・粘土分が堆積し始めているが、深さ3～18cmまでは中礫分が12.0～12.3%，細礫分で15.2～20.7%，粗砂分で19.1～24.1%，中砂分で34.6～34.3%，シルト・粘土分は9.9～1.1%に対して、覆砂対象外では表層から13.5cmまででみると、中礫2.0～2.8%，細礫分0.9～1.5%，粗砂分1.8～3.6%，中砂分34.3～51%，シルト・粘土分17.1～21.9%となっており、覆砂の効果が持続していることがわかる。

Fig. 11に平成15年に施工された東北工区の粒度組成深度別変化を示す。また、Fig. 12に覆砂対象外の区域における結果を示す。

この地域の特徴は、表層において、覆砂工区のシルト・粘土分が52.5%，対象外のシルト・

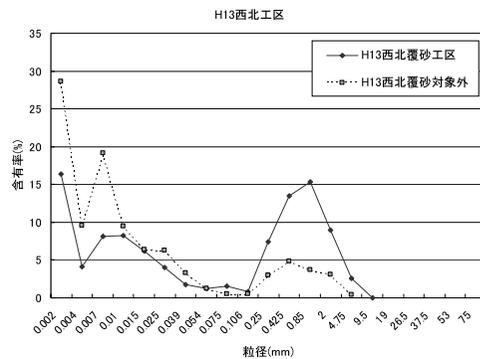


Fig. 7 西北工区覆砂地点（H13年）

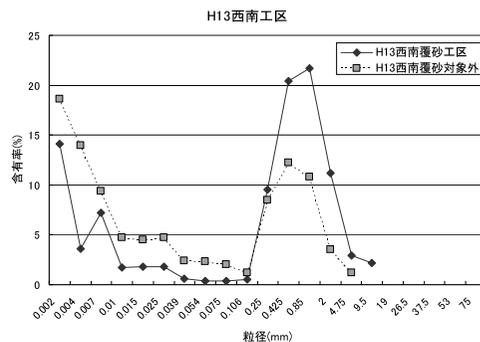


Fig. 8 西南工区覆砂地点（H13年）

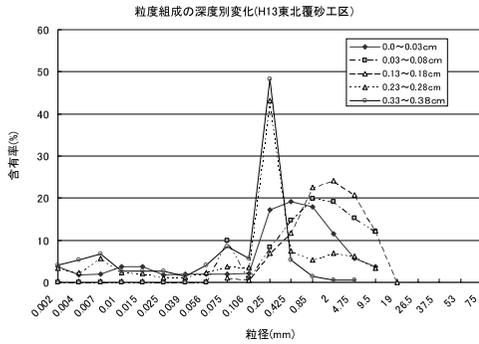


Fig. 9 東北工区覆砂地点 (H13年)

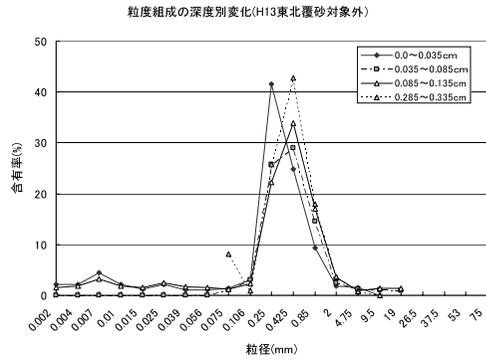


Fig. 10 東北工区覆砂対象外 (H13年)

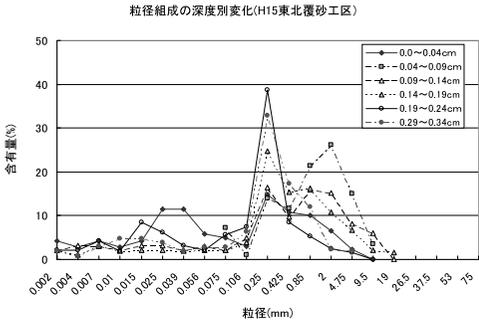


Fig. 11 東北覆砂工区 (H15年)

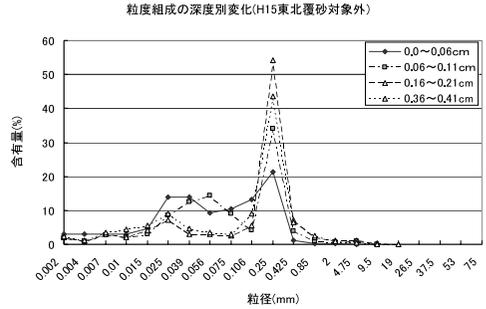


Fig. 12 東北覆砂対象外 (H15年)

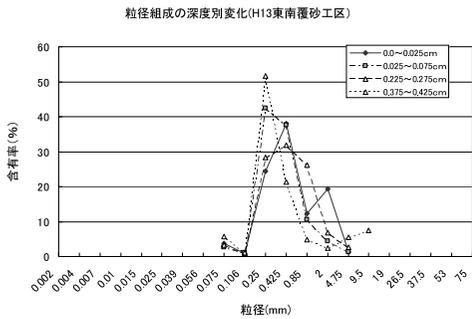


Fig. 13 東南覆砂工区 (H13年)

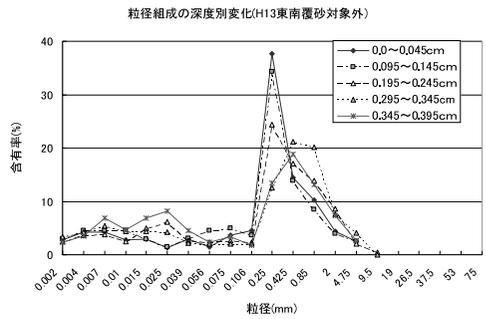


Fig. 14 東南覆砂対象外 (H13年)

粘土分が64.1%と高い値を示している。しかも両者のシルト・粘土領域の分布形が良く似ていることである。これは、覆砂材が下層の汚泥層に沈み込んだことによると考えられる。深さ4cm以上では覆砂材が残っていることがわかる。表層の状況は、平成15年の結果より平成13年の結果の方が持続性が良いと考えられる。

6.3. 東南工区

東南工区は、川副町佐賀空港沖約8.2kmの筑後川澗筋で施工されている。平成13年～平成15年の間に11.9haの面積で覆砂が施工された。Fig. 13に平成13年の覆砂工区における粒度組成の

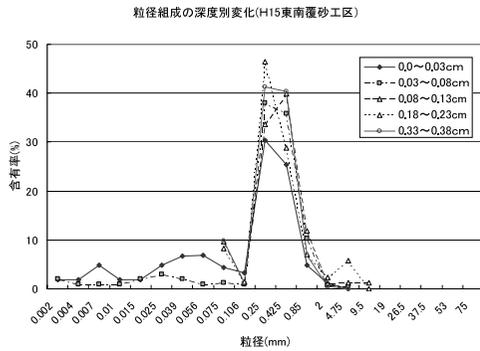


Fig .15 東南覆砂工区（H15年）

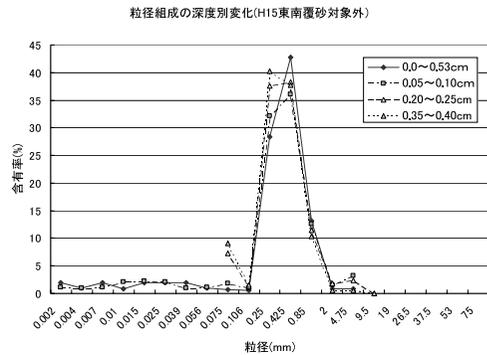


Fig .16 東南工区覆砂対象外（H15年）

深度別変化を，Fig .14に覆砂対象外の変化図を示す．表層では，覆砂工区でシルト・粘土分が3.8%に対して，覆砂対象外では2.6%となっており，施工後シルト・粘土分の堆積が少ないことを示している．深さ20cm前後では，覆砂工区で中礫分が58.1%に対して対象外では30.9%となっている．覆砂工区では全ての深さでシルト・粘土分が10%以下であるのに対して対象外では，30～40%含有しており，覆砂の効果が持続しているといえる．

この地域は筑後川の滞筋に近いので，流れは最大流速が50cm/sとなっている．その結果，覆砂工区のシルト・粘土分の含有量が少ないことは理解できるが，それから僅かにはずれた覆砂対象外の区域ではシルト・粘土分の含有量が著しく増加することに対しては，流れ構造，粘土分の土質力学的性質の詳細な検討が必要である．

Fig .15に平成15年に施工された東南工区の粒径組成の深度別変化を示す．Fig .16に東南工区覆砂対象外の変化図を示す．

この地域の特徴は，表層において覆砂工区のシルト・粘土分は35.2%に対して，覆砂対象外では13.4%と覆砂によりシルト・粘土分の堆積が増加したことになる．ある意味では環境悪化を招いたともいえる．深さ10～20cmでは覆砂工区の中砂分で35.8～51.8%，細砂分で35.1～47.8%含有しているのに対して，覆砂対象外では中砂分が48.6～49.7%，細砂分で33.1～49.7%とほとんど含有量変わらない．すなわち覆砂の効果はほとんどない，と考えられる．

なお，Fig .2において調査した，H14東北工区，H14東南工区およびH15東南2工区における表層（深さ0～5cm）での覆砂工区と覆砂対象外地区の粒径組成分布をそれぞれFig .17，Fig .18およびFig .19に示す．

Fig .17から覆砂によってシルト・粘土分は減少したがアサリの着床に良いと云われる中砂分は覆砂対象外の方が含有量が多い結果となっている．Fig .18から覆砂により中砂分の比率が増えていることからこの地区は覆砂の効果が持続していると考えることが出来る．

Fig .19からは覆砂工区地点と覆砂対象外とを比較すると，細砂，中砂分は覆砂，覆砂対象外両者の比率がほぼ同じであるが，覆砂工

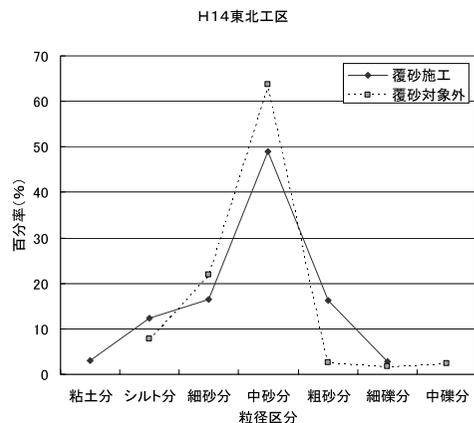


Fig .17 東北工区覆砂の有無による粒度変化

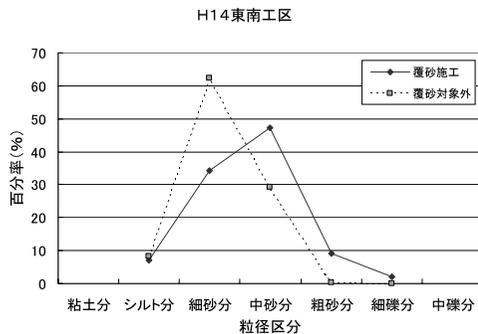


Fig. 18 東南工区覆砂の有無による粒度変化

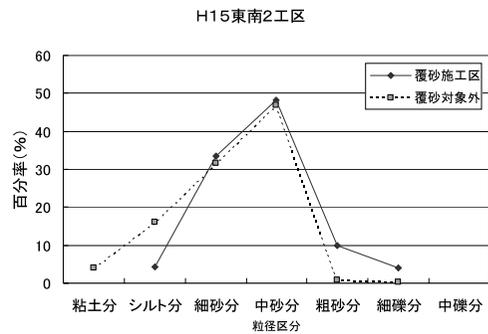


Fig. 19 東南2工区覆砂の有無による粒度変化

区はシルト，粘土分が13.4%，覆砂対象外は4.5%，粗砂分+細礫分は覆砂工区で15%，覆砂対象外は6.2%で，表層では覆砂と覆砂対象外とではほとんど変化がない．流れの速さによるのかもしれない．

おわりに

本研究では，有明海で各県が取り組んでいる覆砂についてその効果の持続性を検証するために，佐賀県が実施した覆砂地点で採土し，粒度組成分布から考察をおこなった．地点によりその効果が充分持続していると考えられるものや覆砂によって底質の悪化が懸念されるものがあった．

より緻密な覆砂の効果・影響の評価のためには，底泥有機物量の変化，底泥硫化物量の減少，底泥粒径の変化，栄養塩類の溶出量変化，DO消費量の変化，底生生物の多様化の検証，底生魚類の多様化および生物群集の多様化等の検証も必要である．

摘要

有明海湾奥部では，覆砂によって底質改良が施工されている．覆砂は底層改良に非常に効果があると見られている．しかし，施工後2，3年でその効果が衰退するという報告もある．

本研究では，2001年から2003年まで佐賀県によって施工された覆砂工区で粒径分布がどのように変化しているかを，実測調査で明らかにした．

参考文献

- 1) 加藤 治・原口智和・瀬口昌洋・郡山益実: 佐賀県沖有明海の覆砂による底質の経時変化について, 佐賀大学有明海総合研究プロジェクト成果報告, 第2巻, 2006
- 2) 岩男 昂: アサリ漁場の環境特性, 大分海水研調研報, no. 4, pp57-63, 2003
- 3) 藤本敏昭・中村光治・小林 信・林 功・滝口克己・尾田一成・鶴島治市: アサリの漁場形成について, 昭和58年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 34-106, 1983
- 4) 環境省, 有明海・八代海総合調査評価委員会資料, 2006
- 5) シップ・アンド・オーシャン財団: 沿岸域における海洋環境改善技術に関する調査研究報告書, 2000
- 6) 加藤 治・戸原義男・森 健: 有明海の潮流解析, 浅海干潟総合実験施設研究紀要, 第3号, 25-34, 1989