

# 有明海底泥および筑後川底泥中の全糖量とその底泥安定化に及ぼす影響

## Influence of Carbohydrate for Stabilization in Sediment at Ariake Sea Tideland and at Cikugo River Estuary

原田浩幸<sup>1</sup>・横山勝英<sup>2</sup>・天野佳正<sup>3</sup>・吉野健児<sup>4</sup>・川喜田英孝<sup>5</sup>

Hiroyuki HARADA, Katuhide YOKOYAMA, Yosimasa AMANO  
Kenji YOSHINO and Hidetaka KAWAKITA

In the sediment of the estuary of the Chikugo River where inflow load quantity to Ariake Sea was bigger ,the carbohydrate was measured. The carbohydrate in the sediment surface of the estuary of the Chikugo River quantity was around 10 times higher than Ariake Sea sediment. Carbohydrate quantity to the time of edd tide is increased and to the times of a high-tide was decrease, it based on dissolubility carbohydrate caused by an adhesion alga. The dissolubility carbohydrates have chesion effect, and stabilization of sediment increased.

### 1. 緒言

有明海異変は、最近、諫早干拓水門の開門の問題でさらに混迷を深めている状態にある。異変の問題を解決すべく組織された佐賀大学の有明海研究総合プロジェクトでは、異変の要因を整理しており、その中のひとつとして透明度の増加をあげている(濱田ら, 2009)。透明度が高くなる原因として一番考えられるのは、流れの方向や流速の変化である。その他には、干潟から浅海における生物学的要因が影響している可能性も十分にある。外国の研究では、干潟域での付着藻類生物膜が分泌する細胞外ポリマー (EPS) が底質を安定化して洗掘防止となっている報告があり、濃度との関係を議論している(Reginald, 2003)。このような観点からEPSの影響を有明海や影響を及ぼす流入河川域を対象に検討することは意味がある。有明海へ影響を及ぼす河川としては一級河川である筑後川があげられる。この河川は土砂輸送を含め、有明海への流入負荷が大きい。横山ら(2008)は筑後川の浸食を調査し、その中で現地底泥は凝結作用により粘着性が高いとした。このことからEPSが影響している可能性がある。そこで本論文では、筑後川底泥と有明海底泥のEPSの状況を調べ、実験室的にはその底泥に対するEPSの剪断応力や粒径への影響を検討した。

### 2. 実験方法

#### (1) 底泥

EPSの供給源である底泥の採取を、有明海および筑後

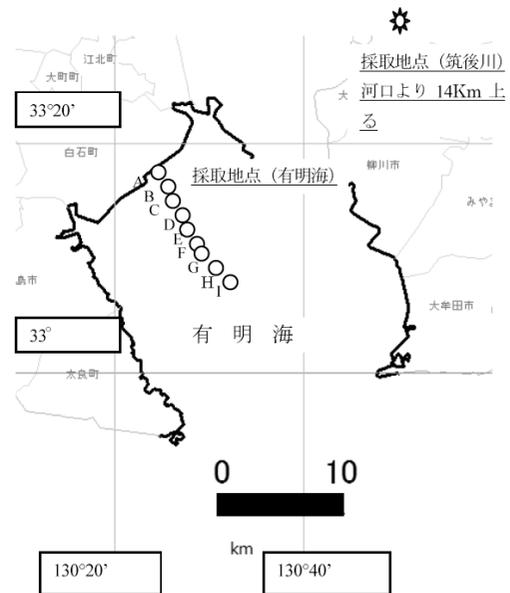


図-1 筑後川および有明海採泥地点

川の地点で行った。採泥地点を図-1に示す。

採泥は、筑後川では河口より14km上った場所でおこなった。有明海は佐賀県白石町の海岸干潟から沖向にむけて9地点で行った。

表-1 HPLC条件

カラム	Honenpack C18(74mm×4.6mmI.D)
移動相	0.2M ホウ酸カリウム緩衝液 (pH8.9) /アセトニトリル (93/7)
流量	0.8ml/min
温度	40℃
検出器	UV(305)nm

1 正会員 学術 佐賀大学准教授  
2 正会員 工学 首都大学准教授  
3 正会員 工学 千葉大学助教  
4 非会員 水産 佐賀大学有明海研究総合プロジェクト  
5 非会員 工学 佐賀大学准教授

(2) EPSと関連分析項目

干潟の生物マットについて de Brower ら (2002) は、EPS を細胞外に溶出する水溶性と細胞に強く結合している結合型に分類した。底泥の凝集には水溶性が関係すると思われるので、水溶性EPS抽出および関連分析を以下の方法でおこなった。

- 全糖 : 硫酸フェノール法でグルコース換算
- ウロン酸 : カルバゾール硫酸法
- クロロフィル a : 海洋観測法

水溶性EPS抽出: 溶解性の糖を底泥から溶出させた。

吸着実験では、エタノールを加えて固形化したEPSを用いた。

Mg (Ca) : イオン分析計を利用

単糖組成分析: J-オイルミルズ社製ABEE試薬を用いて分解、アセチル化後、表-1の条件で分析した。

(3) 凝集性の評価

底質3gを人工海水8mlに懸濁させた。このサンプルにEPSを0~6mg添加し、その任意のずり速度(0~264s<sup>-1</sup>)におけるずり応力を同心円筒回転粘度計DV-II+Pro(BROOKFIELD)を用いて測定した。また、SHIMADZU社製レーザ式粒度分布計SALAD2000を用い粒度の変化を調べた。

3. 結果と考察

(1) 現地の状況

a) 筑後川的全糖量

図-2は潮位と全糖量の関係、図-3にはクロロフィル a (Chl-a) との全糖量の関係を示す。底泥は同じ地点で時間ごとに採取した。潮位は7時12分頃のほぼ3mから減少し12時には0.9mと最も低くなって、その後、潮位が増加し始める。全糖量は潮位と逆の関係にあり、潮位の低下の伴って増加し始め、潮位が最も低いときに最大となり、潮位の増加とともに減少した。Chl-aは全糖量が最も高いときから2時間後の14時24分にピーク値となった。茂木ら(2004)は干潮時には捕食される付着藻類が多いとしている。

このことから干潮時に生産される水溶性EPS由来の全糖量は多いが、捕食された分Chl-aは濃度が低い。潮位が高くなると底生生物の活動も少なくなるので、Chl-a濃度は高くなるが、海水の移動によって全糖量は低くなると考えている。Hirstら(2003)が全糖量が有機物の関係が逆SINで表現されるとしているのは、物理的にはこのような現象が反映されている可能性がある。図-4には筑後川底泥の干潮時と満潮時における深さ方向の全糖量分布を示している。De Brower J.F.C(2002)らは生物膜マットのごく薄い2mmの範囲において分布を示したが、図-4からは数cmオーダの測定においても表層で高く、深

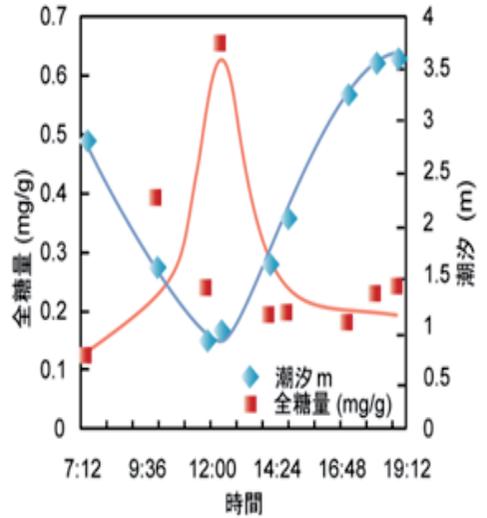


図-2 潮位と全糖量の関係

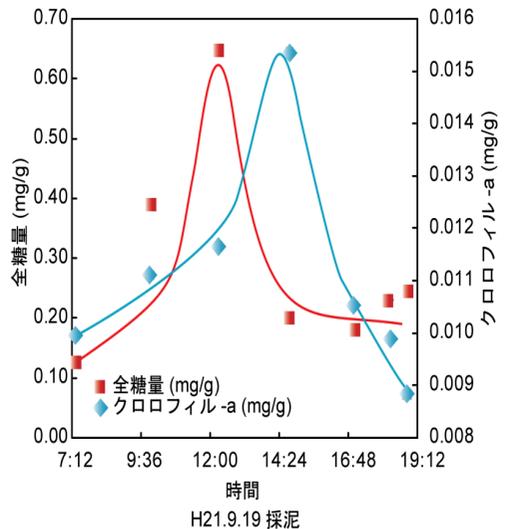


図-3 筑後川底泥のクロロフィルaと全糖量の関係

さに伴って減少する傾向を見ることができた。また、満潮時には表層からの深さ方向での変化はほとんど見られなかった。

b) 有明海の状況

図-5は採取地点における全糖量とChl-aとの関係、図-6には底泥の全糖量と底泥生物湿重量との関係を示す。岸のAからC地点までは湿重量が少ないが、全糖量が多い。このことからこの区間は糖の起源が付着藻類に起因する。D地点からF地点までは湿重量が観測されるので、全糖は付着藻類と底泥生物の両方に起因する。そして水位が深くなるF地点では、湿重量は少ないが、Chl-a濃度は維持される。しかしながら全糖量が減少しているため、

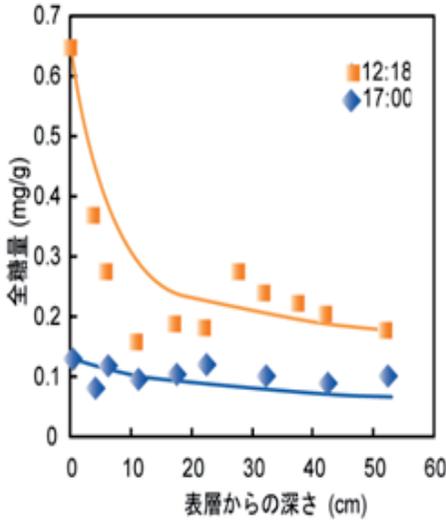


図-4 筑後川底泥の干潮時と満潮時における全糖量の分布

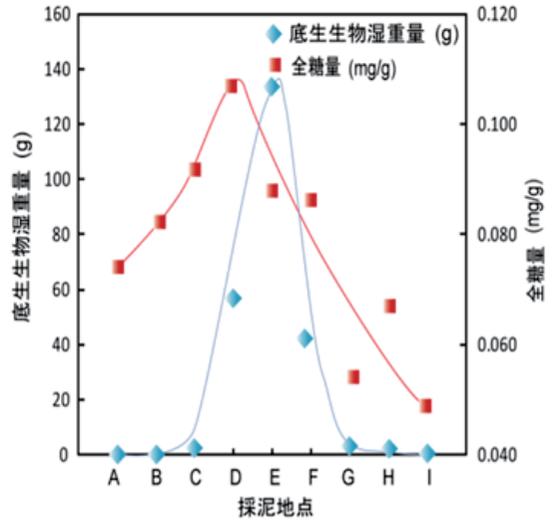


図-6 有明海底泥の全糖量と底泥生物湿重量との関係(11月5日)

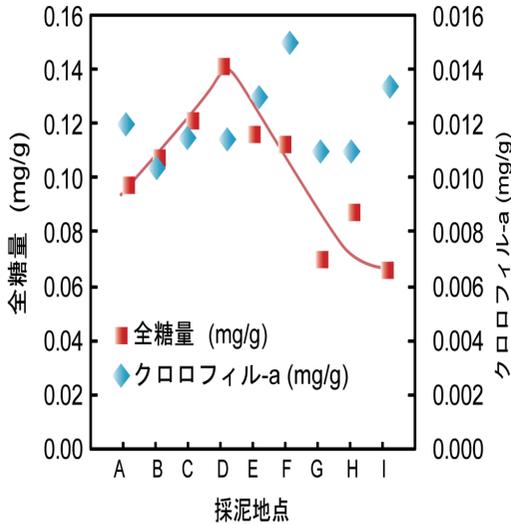


図-5 採泥地点サンプルの全糖量クロロフィル-a との関係

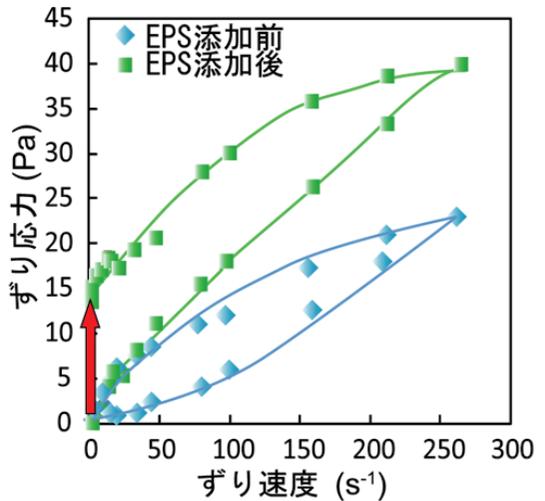


図-7 ずり速度とずり応力との関係

Chl-aの内容が現位置での付着藻類だけを反映しているのではなく、岸から輸送されてきた種々の植物プランクトンなどがカウントされていると考えている。

(2) 凝集への効果

乾燥した筑後川底泥を蒸留水に懸濁させて、それに回収した固形物EPSを添加して、流動特性を測ることで評価をおこなう。図-7には添加した後の懸濁液の流動特性を測定した結果を示す。EPSの存在の有無にかかわらず、速度の増加から減少の操作によって対応する応力が異なるチキソトロピー特性を示した。EPSの添加により粘度は増加して、ある程度力を加えないとまた流動が開始しない限界せん断応力を示すようになる。また処理の前後

において粒子径を比較した。結果を図-8および図-9に示す。両者を攪拌前後で比べると0~0.4 μmの小さな粒子が減少し、4~5 μmの大きな粒子が大幅に増加したことが分かる。これはEPS中の成分が凝集を促進させたためだと考えられる。図-10には、4~5 μmの粒子に着目し、4~5 μmの粒子の相対粒子量と全糖量との関係を示した。攪拌時間の増加に伴い、全糖量および相対粒子量は増加している。凝集の効果についてM.Wloks (2004) らはCaを添加して、その影響を見ている。すなわち、EPSとCaは結合して底泥の凝集を促進する。そこで操作前後の全糖量およびMg濃度を測定した。結果を表-2に示す。EPSおよびMg、Ca濃度とも処理の前後で濃度が減っており、底泥に吸着したことがわかる。CaおよびMgとい

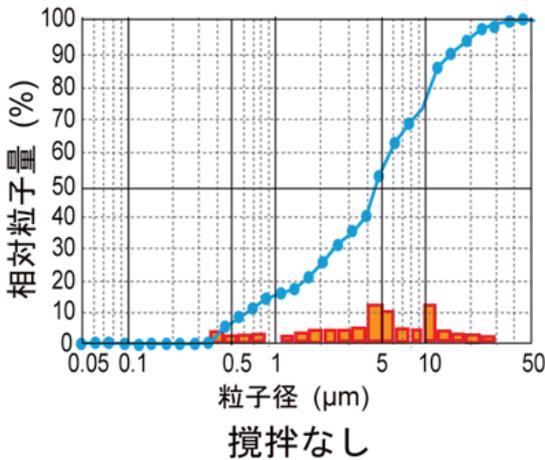


図-8 粘度測定の前ロータ開始前の粒度分布

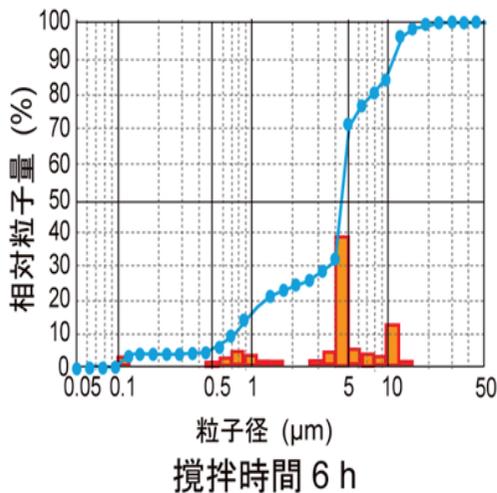


図-9 6時間ロータで攪拌した後の粒度分布

った2価の金属の存在は、糖鎖の分子間における多点の多角的な架橋を促進させることにより、EPSに対して硬度と安定性を与える役割を持つと考えられる。

また糖鎖のネットワーク形成には特にウロン酸が重要である (Chin-Chang Hung (2009))。本実験でも単糖構成を調べた。結果を図-11に示す。今回の測定では、EPS中から4種類の中性糖および1種類のウロン酸が検出された。この中のウロン酸であるグルクロン酸が5%検出されたので、これが起因しているものと考えられた。

4. まとめ

干潮時に潮位が1mある筑後川の底泥では、水抽出法により糖 (EPS) が検出され、その濃度は底泥中の含有量は潮位や深さに依存することがわかった。また有明海の奥湾部の測線での調査から、浅海域までの範囲で底泥

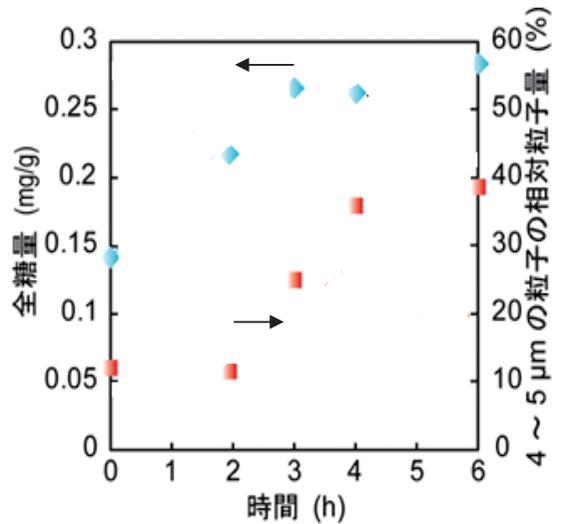


図-10 全糖量と相対粒子量の関係

表-2 底質への吸着における成分の変化

	吸着前溶出量 (mg/l)	吸着後溶出量 (mg/l)	吸着量 (mg/l)
全			
糖	223	36	187
量			
K	818	88	730
Mg	1063	227	836
Ca	556	106	450

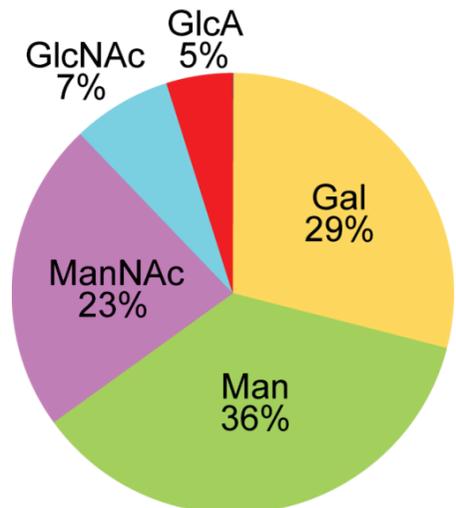


図-11 単糖構成

からEPSが検出されている。これは生物湿重量の相関から、検出されたEPSは藻類やバントスによるものと考えられた。

底泥に水抽出により回収したEPSを添加することで、生じることや粒径が増加することからEPSは粒子の凝集性に影響することがわかった。この凝集性はウロン酸や二価金属が影響する。直接的な証明ではないが、これらのことから底泥の安定化に寄与しているものと推察できる。

謝辞：本研究は日本学術振興会科学研究費基盤研究(C) No.2156072の助成を受けておこなった。記して感謝いたします。

#### 参 考 文 献

天野 佳正・原田浩幸・大石明広・川喜田英孝・大渡啓介 (2009)：有明海における海苔の分泌する粘性有機物が透明度および底質の安定化に与える影響土木学会論文集B2 (海岸工学) Vol.65, No.1, pp.1001-1005  
 茂木裕介・山西博幸・荒木宏之・高 哲煥 (2004)：アゲマキ生息環境に及ぼす底泥付着藻類の影響に関する研究，土木学会第59回年次学術講演会（平成16年9月），7-120, pp.239-240

濱田孝治・山本浩一・速水祐一・山口創一・吉野健児・片野俊也・吉田 誠 (2009)：有明海を対象とした懸濁物モデルの構築とその成果，佐賀大学有明海総合研究プロジェクト，第5巻，pp.69-76  
 横山勝英・山本浩一・金子 祐 (2008)：筑後川感潮河道における洪水時の底質浸食過程と有明海への土砂輸送現象，土木学会論文集B, Vol. 64, No. 1 pp.71-82  
 Chin-Chang Hung, Gwo-Ching Gong, Kuo-Ping Chiang, Hung-Yu Chen, Kevin M. Yeager (2009)：Particulate carbohydrates and uronic acids in the northern East China Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 84,(4), pp. 565-572  
 De Brower, J.F.C. and Stal L.J. (2002)：Daily fluctuations of exopolymers in cultures of the benthic diatoms *Cylindrotheca closterium* and *Nitzschia* sp., J. Phycol., Vol.38, pp.446-472  
 Hir C.N., H.Y.Cyr. and L.A.Jordan (2003)：Distribution of Exopolymeric substances in the Littoral sediments of Oligotrophic Lake Micobial Ecology, Vol46, pp.22-32  
 Reginald J. J.U., Anthony, D B.Mary., B. Particia, E.Frickers, C. Harris, R.E.Lewis, N. D.Pope, F. J.Staff, J.A.Stephens, C.M.Turley, J. Widdowd (2003)：Intertidal mudflat properties, currents and sediment erosion in the partially mixed Tamar Estuary, UK, Ocean Dynamics, 53, pp.239-251  
 Wolka M., H.Rechage, H.C.Flemming, J.Wingender (2004)：Rheological properties of viscoelastic biofilm extracellular polymeric substances and comparison to the behavior of calcium alginate gels, Colloid Polym. sci, Vol.282, pp.1067-1076.