

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5 月 15日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760372

研究課題名（和文） 感潮河道における藻類増殖が懸濁粒子の沈降速度増大に与える影響の
解明研究課題名（英文） Effect of the algal growth in the estuary on enhance of the settlement
of suspended particles

研究代表者

山本 浩一 (YAMAMOTO KOUICHI)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：50355955

研究成果の概要（和文）：

独自開発した水中ビデオ顕微鏡カメラを用いて現地におけるフロック密度関数および沈降フラックスを明らかにすることを目的とし、フロックカメラを用いて筑後川感潮域でのフロック沈降特性の観察を行った。

SS 中の chl-a, pheo-a 含有量が増加すると沈降速度が減少傾向にあること、SS 中の EPS 含有量が増加すると沈降速度が増加傾向にあることがわかった。これは、藻類が粘土粒子に比べて密度が小さいために藻類の増加が平均沈降速度を減少させる一方で、EPS 自体は粘土粒子同士の接触結合を促進して沈降速度が増加することを表しているとみられた。

研究成果の概要（英文）：

Under water micro video scope was developed to measure floc settling velocity and applied to the suspended sediment floc in the Chikugo River estuary. The effective densities of the flocs were measured successfully. The floc density distribution function was proposed from the floc settling speed and their diameters. The floc density distribution function varied with tide. In ebb tide, floc densities were smaller than in flood tide. This fact shows that the flocs in flood tide mainly consists of the mud which was suspended from the river bed. Mass settling flux was also calculated. When suspended sediment contains algae or algal residuals, the settling velocity showed lower value. On the other hand, containing high concentration of extracellular polymeric substances (EPS) made settlement velocity high.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：環境工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：水理学・環境水理学

1. 研究開始当初の背景

有明海のような潮位差が4mを超える macrotidal estuary に河口を持つ感潮河道では、高濁度水塊の発生がよくみられる (Uncles, 2002). 筑後川は有明海に河口を持つが、河口から8km~16km付近に高濁度水塊が発生する。高濁度水塊が発生する原因は、潮汐による底面剪断応力の増大と、懸濁物質が塩分と接触することにより懸濁物質の凝集が起こり沈降速度が飛躍的に増大するからであるといわれている。しかし、単に塩分だけでは粘土粒子の凝結は起こるものの、感潮域で観測されるような1mmに達する大きな凝集体（フロック）まで成長することはない (小田ら, 2002). 最近になって、懸濁物質の凝集に対して、主に藻類が生産する細胞外ポリマーが主要な役割を果たしていることが明らかにされつつある (Ayukai ら, 1997).

植物プランクトン等から発生する多糖類などの細胞外ポリマー (Extracellular Polymeric Substances; EPS) あるいは透明細胞外高分子粒子 (Transparent Exopolymer Particles; TEP) は懸濁粒子や藻類同士を結合させて凝集させる。凝集は懸濁粒子の沈降速度の増加につながり、懸濁物質を感潮河道に留める働きをする。また、TEPやEPSはその粘着性によって懸濁粒子が堆積した後の再懸濁を抑制する働きをする。このため、ますます感潮河道に懸濁粒子が堆積しやすくなる。

TEPやEPSは藻類に由来するが、河口堰での藻類増殖や淡水流量の減少による滞留時間の増加により感潮域へ供給される植物プランクトンは増大する傾向にあるといえる。強混合の感潮域でも小潮期には濁度が低下して光環境が良くなることにより藻類が増殖する。よってEPSはこの時期に盛んに生成すると考えられる。増殖した藻類は大潮期の濁質・塩分の混合に伴い死滅して行くと考えられるが、このとき濁質にEPSとともに藻類が付着して沈降速度が増大すると考えられる。その一方で濁質にEPSとともに藻類が付着した凝集体は、動物プランクトンや魚類にとって格好の餌料となるため、スズキが高濁度水塊の沖側外縁部に高密度で存在するこ

とが知られている。凝集体は水域生態系にとっても重要な役割を演じていると言える。

2. 研究の目的

懸濁物質の沈降速度の年間における変動特性、上記に関連した、クロロフィル-aの年間を通じた濃度変動特性、感潮域の藻類増殖によるEPS生産速度、生産されたEPSが懸濁物質に付着する過程、EPSが付着した状況とそうでない状況との沈降速度や粒径の差を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

調査地点は筑後川感潮域（河口から10km, 12km, 14km付近, 図-1）であり、高濁度水塊の運動により微細土砂の堆積が顕著である。2010年9月11日, 10月9日, 12月22日, および2011年9月14日の大潮時に上げ潮を中心に船上よりフロックカメラ（図-2）による繰り返し観測を行い、多項目水質系計による水質測定と採水を行った。2010年9月11日, 2011年9月14日については一潮汐間の観測を行った。カメラの画像処理より求めた沈降速度、フロック粒径およびストークスの式より粒径100 μ mにおけるフロック有効密度を算出した後、フロック粒径dとの関係から α, β を定数としてフロック密度関数 $\rho_e(d)$ を $\rho_e(d)=\alpha d^\beta$ より算出した。分析はSS濃度, EPS濃度, chl-a濃度, pheo-a濃度, 粒度分析を行った。

2011年7月18日, 8月30日, 9月14日, 11月13日の筑後川感潮域（河口から14km付近）の底泥をコアサンプラーによってコアを採取した。このうち, 11月13日については全長90cm以上のコアを新たに開発したコアサンプラーによって採取した。サンプリング後, コアを2cmごとにカットし, 非擾乱/擾乱時のベーンせん断強度, ORPを測定した。底泥サンプルは, 含水比, 底泥中の好気性・嫌気性従属栄養細菌, EPS含有量, 強熱減量を測定した。採水は筑後川の河口から14km地点と豆津橋（瀬の下地点）の2地点で採水を行い, SS濃度, 強熱減量, DO, EPS濃度を測定した。

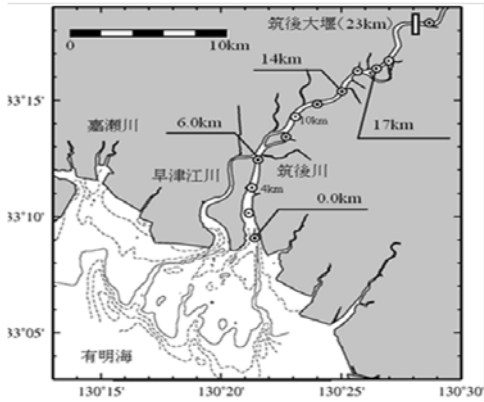


図-1 調査対象水域

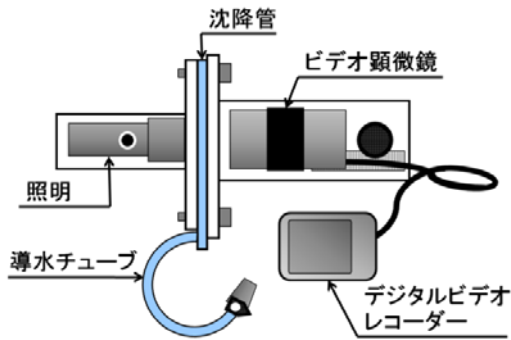


図-2 フロッカカメラ

4. 研究成果

フロッカ密度関数 $\rho_e(d)$ はそのフロッカの含水率に関係しており、乗数 β が小さいことは同粒径であればよりフロッカの含水率が高く一次粒子が含まれる割合が低いことを意味する。フロッカ密度関数自体は、解析するフロッカのデータ数に依存するので、 β の傾向を見出すことは困難であったが、2010年9月11日、2011年9月14日(図-3, 図-4, HT: 満潮時, HT-1h: 満潮1時間前)河床上1.0mにおいて、上げ潮時(HT-3h~HT)には β が-1.5~-0.9であり、大粒径におけるフロッカの密度が高めになっていることが分かる。フロッカの密度 ρ_e と沈降フラックスを基準とした中央沈降速度(フラックス基準中央沈降速度 w_{sf})の結果(図-5, 図-6)より、底層において ρ_e , w_{sf} ともに塩分の増加が始まる上げ潮により満潮直前に最大となっており、上げ潮前に比べて重いフロッカとなっていることがわかる。これは上げ潮時に底泥が再懸濁されて重いフロッカを形成し、憩流時に重いフロッカが沈降したと推測される。満潮時から下げ潮時にかけてフロッカの密度、沈降速度ともに減少しているが、これは一度堆積した重いフロッカは下げ潮時には再懸濁されないで堆積したままだと考えられる。フロッカの沈降速度と各分析項目について相関を比較したが、その関係から一般的に示す

ことは困難であったため、重回帰分析を用いた β , ρ_e , w_{sf} について定式化を行った。回帰式を示すことはできたが再現性は低かった。この原因は測定誤差や画像解析におけるフロッカのデータ数不足も考えられるが、今回測定していないせん断応力によるフロッカ形成の影響も考えられる。

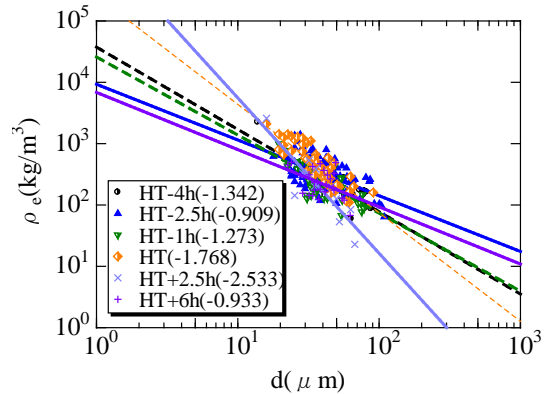


図-3 14km地点におけるフロッカ密度関数(数字は β を示す, 2010/9/11, 底面上1.0m)

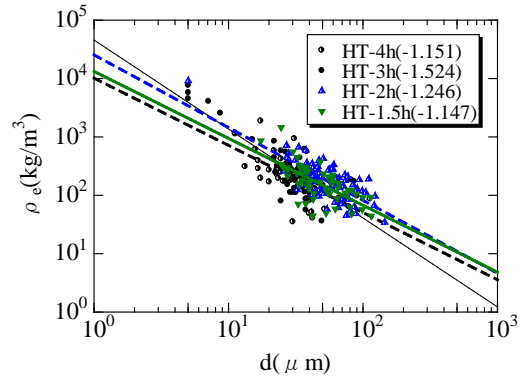


図-4 14km地点におけるフロッカ密度関数(数字は β を示す, 2011/9/14, 底面上1.0m)

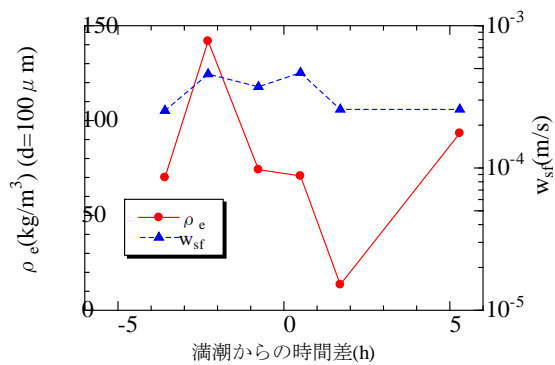


図-5 $\rho_e(d=100 \mu\text{m})$, w_{sf} の時系列変化(2010/9/11, 14km地点, 河床上1.0m)

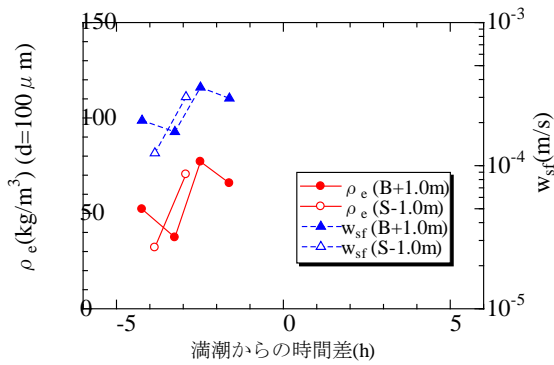


図-6 ρ_e ($d=100 \mu\text{m}$), w_{sf} の時系列変化
(2011/9/14, 14km 地点, 河床上 1.0m, 水面下
1.0m)

懸濁物質のEPS含有量は非感潮域で最も高かった。次いで感潮域表層, 感潮域底層であった。懸濁物質中のEPS含有量は藻類含有量が高い瀬ノ下地点で最も高かった(図-7)。また, 感潮域の懸濁物質中のEPS含有量は, フェオフィティン含有量と相関が高く, 藻類の影響が明らかであった(図-8)。この傾向は底泥についても同様であった(図-9)。従って, 感潮域のEPSの起源は浮遊藻類であり, 感潮域を懸濁物質が浮遊するうちに死んだ藻類がEPSごと附着して懸濁物質ごと底泥に移行するといえる。EPS含有量は嫌気的条件下で低下することも明らかになった。図-10に72日間の嫌気的培養前後のEPS含有量を示しているが, 培養後, EPS含有量が明らかに減少していた。なお, 好気性従属栄養細菌は減少する一方で, 嫌気性従属栄養細菌数は培養後に全層でほぼ2倍になった。

図-11に底泥中の含水比, EPS濃度とせん断強度の関係を示す。同じ含水比でもEPS濃度の上昇とともにせん断強度が上昇していることがわかる。

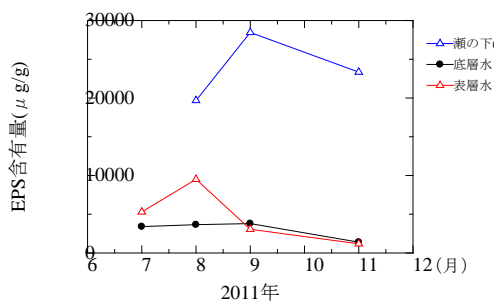


図-7 筑後川瀬ノ下地点 (Δ), 感潮域表層水
(●), 底層水 (\triangle) EPS含有量の季節変動

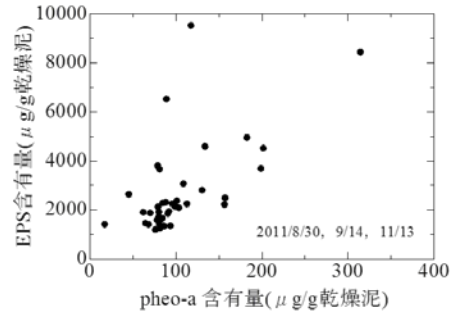


図-8 筑後川 14km 地点における SS 中の EPS
含有量と pheo-a 含有量の関係

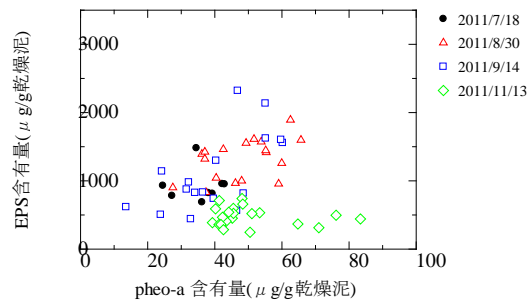


図-9 筑後川 14km 地点における底泥中の EPS
含有量と pheo-a 含有量の関係

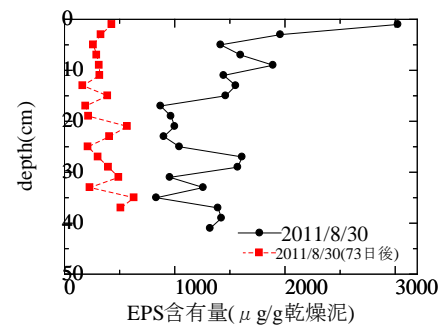


図-10 筑後川感潮域の底泥の嫌気条件下に
おける培養実験前後のEPS含有量

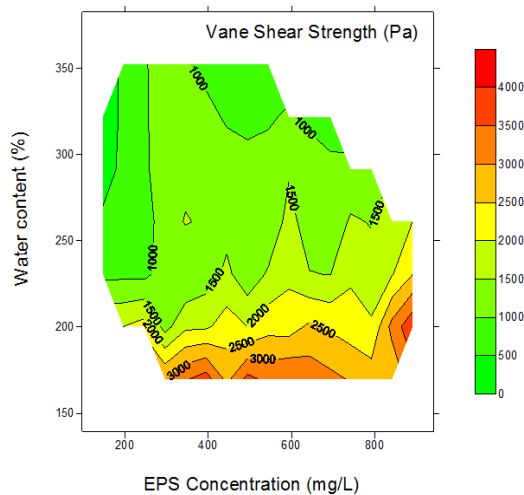


図-11 底泥中のEPS濃度と含水比とせん断強度の三次元解析(筑後川14k底泥)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

①横山 勝英, 金子 祐, 山本 浩一, 感潮河道の湾曲部における高濁度水塊の横断分布特性と浮泥層の挙動, 土木学会論文集B1 (水工学), Vol. 67 (2011) No. 2, 60-69, 2011 (査読有)

②横山 勝英, 岩附 豊佳, 児玉 真史, 岡村和麿, 山本 浩一, 池ノ谷 直樹, 春季の高濁度感潮域における栄養塩分布特性に関する調査研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 67 (2011) No. 2, I_901-I_905, 2011 (査読有)

③内山 卓也, 山本 浩一, 古谷 貴子, 横山勝英, 関根 雅彦, 濱田 孝治, フロックカメラを用いた筑後川感潮域における懸濁物質の沈降特性に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 67 No. 2, I_881-I_885, 2011 (査読有)

④西村 翔太, 山本 浩一, 横山 勝英, 内山卓也, 関根 雅彦, 塩分および有機物が底質の再懸濁・沈降に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 67 No. 2, I_846-I_850, 2011 (査読有)

⑤内山 卓也, 山本 浩一, 横山 勝英 筑後川

感潮域塩水フロント付近における懸濁物質の沈降速度増加現象に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, 1001-1005, 2010 (査読有)

⑥横山 勝英, 野間口 芳希, 山本 浩一, 岡村和麿, 児玉 真史 濁度感潮域における植物プランクトンの変動特性-夏期の筑後川感潮域を対象として-, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 66, 1006-1010, 2010 (査読有)

[学会発表] (計2件)

①山本浩一, 横山勝英, 速水祐一, 濱田孝治, 内山卓也, 古谷貴子, 感潮域・沿岸域における懸濁物質の沈降フラックス測定方法の開発, 第14回日本水環境学会シンポジウム, 2011年9月10日, 東北工業大学, 仙台市

②山本浩一, 古谷貴子, 内山卓也, 横山勝英, 筑後川感潮域における粘土粒子と藻類の沈降特性, 日本水環境学会第45回年会, 2011年3月, 札幌市 (震災のため中止・誌上発表)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 浩一 (YAMAMOTO KOUICHI)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 50355955