

平成22年 5月14日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760334
 研究課題名 (和文) 河川感潮域における底泥の堆積プロセス及び強度発現メカニズムの解明
 研究課題名 (英文) Sedimentary process and strength of cohesive sediment
 in an estuarine channel
 研究代表者
 横山 勝英 (YOKOYAMA KATSUhide)
 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科・准教授
 研究者番号：10347271

研究成果の概要(和文):河川感潮域における地形と底質の形成過程を解明することを目的として、筑後川において河床変動に関する長期広域的な検討を行い、さらに底泥の堆積過程を詳細に調べた。塩水遡上が活発に生ずる領域では底泥の堆積と洪水時の浸食が毎年繰り返し生じていた。湾曲部では二次流が発生して懸濁土砂が内岸側に輸送され、約半年間で最大2mの堆積が見られた。SSの堆積が始まってから数日後には粘着力が新規に獲得されており、日数に比例して獲得粘度は増大していた。

研究成果の概要(英文):The river bathymetry and distribution of the riverbed material were frequently analyzed during 2002-2009 in the estuarine channel of the Chikugogawa River. The bed material was mainly composed of silt and clay during low flow periods; however, it was eroded and flushed away, and after the storm runoff, it changed to sand. Furthermore, over a period of several months, the sand bed was gradually covered with fine sediment, and the thickness of the muddy layer became 1-2 m after half a year. The acquired cohesiveness could be observed within a few days after the particles were deposited on the bed, and it increased linearly with time. It accounted for approximately 67% of the natural sediment cohesiveness.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：環境水理学

1. 研究開始当初の背景

内湾に流入する沖積河川の河口域には人口、産業、農業などが集積しており、従来の河川利用は主に利水・治水が主であったが、

近年は生態環境の保全・創造が求められている。河川感潮域では河川流量と潮汐により土砂輸送、栄養塩輸送、地形底質変化が支配されており、1年間の約9割は潮汐流に起因す

る現象が、約1割は洪水に起因する現象が生じて、そのバランスによって環境の変動量が決まる。したがって、生態系に配慮した河口域管理を行うためには、基盤となる河道地形と底質材料の形成メカニズムや変動特性を解明する必要がある。

ここで既往の研究は、沖積平野の形成過程（地質学的スケール）、高濁度水塊の発生（数日オーダー）、底泥の巻上げ速度、侵食速度、底泥の圧密などに細分化されており、諸要因による1年間の地形底質変動を総合的・統一的に説明した研究はほとんど見あたらない。

2. 研究の目的

河川感潮域では塩水遡上に伴って高濁度水塊が発生するが、本研究では高濁度水塊が輸送する微細土砂(SS)の沈降・堆積と、それによる底泥の形成過程を解明することを目的としている。特に、横断方向の堆積構造を把握することで、生態系にとって重要な干潟的斜面(河岸)の形成プロセスを明らかにすることとする。

3. 研究の方法

研究対象地は九州北部に位置する筑後川の感潮河道である。筑後川は有明海に流入する最大の河川であり、水・土砂の供給状況が河口干潟や海域の底質・生態環境に影響をおよぼしていると考えられている。感潮区間は筑後大堰までの23kmであり、表層河床材料は0~6kmと18kmより上流では砂分が多く、中間の8~16kmではシルト・粘土分が多い。筑後川の洪水期は主に6月下旬から7月中旬までであり、このときに平均年最大流量程度の洪水が発生する。

本研究では広域調査と定点モニタリングを実施した。広域調査はシルト・粘土が堆積している10~17kmを対象として、2002年から2009年にわたって1kmごとに年に数回の河床材料採取と横断測量を行った。定点モニタリングは14km断面を対象に選び、河床測量と表層材料の採取、コアサンプリング、流速計測を行った。得られた試料に対して、粘着性や強度の時間変化・空間分布を調べる目的で回転粘度試験を行った。現地ではコアを切り分ける前の不攪乱状態で粘度測定を行い、その後、試料をポリ容器に切り分けて実験室に輸送し、十分に攪拌してから粘度を計測した。底泥の粘着性が最も発揮される回転初期の最大粘度を読み取った。

4. 研究成果

(1) 広域河床変動

低水路平均河床高を計算したところ、10.2 kmから16kmの範囲では洪水後に概ね1mの河床低下が生じ、その後、全体的に復元してゆく様子が分かった。17 km地点は床固め直下

であって常時洗掘されているため、変動はわずかであった。

図1に調査区間の断面積変動量の季節変化を示す。非洪水期の4月25日を初期断面として、そこからの差分を取っている。7月の洪水後には断面積が150~220m²拡大し、8月の洪水では20m²増大している。低水路断面積(T.P. 2m以下)は2,500~3,300m²であり、2007年の洪水期には低水路が5~9%拡大したことが分かった。8月30日になると10~12kmで堆積しており、その後は堆積領域が上流側の13~16kmにシフトし、14km地点で最も堆積速度が速い。

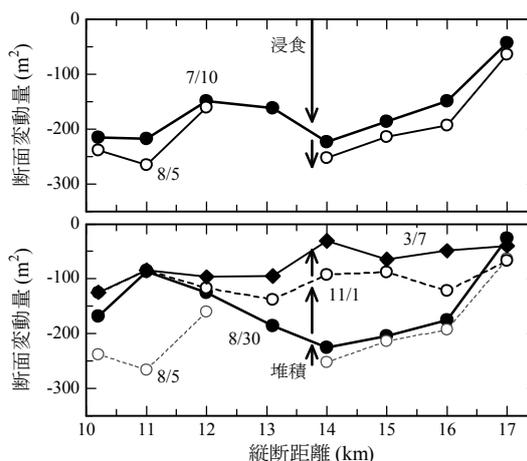


図1 断面積変動量の季節変化(2007~2008年)

(2) 経年変化

14km断面における2002年~2003年、2005年~2009年の合計7年間の河床変動状況を調べた。2002年6月を初期河床として断面変動量を計算した。河床は毎年6月から7月にかけて低下しており、2,000m³/sを超える出水が発生すると浸食が生ずると考えられる。そして、流量が100m³/sを下回るころから堆積が始まっている。河床材料は非洪水期には左岸、中央、右岸のいずれの箇所でも中央粒径が0.01~0.02mmのシルト・粘土であるが、洪水により河床が低下すると0.5~2mmの砂に変化する。そして、断面の回復とともにシルト・粘土に変化する。

したがって、洪水期の底泥浸食と河床の砂質化、非洪水期のシルト・粘土堆積という現象は毎年周期的に繰り返されていることが分かった。低水路断面が洪水によって常に約20%拡大することは、自律的に洪水疎通能力が向上することを示している。

測量成果から得られた洪水時の断面浸食量と u_*^3 の洪水期積分値の関係を調べたところ、両者は比較的良好に対応していた。したがって、シルト・粘土河床の断面浸食には u_* と積分期間が関係していることが示された。

(3) 横断堆積構造

コアサンプルの含水比、含泥率などから推定した 14km 横断面の堆積構造図を図 2 に示す。河床下部の破線は洪水直後の河床面であり、表面は 1 年後（洪水前）の河床面である。左岸最深部では含水比が 200%以上の軟泥層が大半を占めているが、中央から右岸にかけて含水比が 200%以下の層がほとんどとなり、また右岸側では砂混じりシルトが互層になっている。14km 地点では底泥が右岸に多く堆積して緩傾斜をなしているが、右岸の方が堆積量が多いために圧密が進行しやすいというだけではなく、SS が堆積する際に横断方向に土粒子の分級が生じている可能性が考えられる。

堆積面が形成された期間には目立った洪水は発生しておらず、細砂成分が流域から供給されたとは考えにくい。そこで、SS の断面通過量と底質堆積量の対応関係を調べた。14 km 地点で通年計測している流速鉛直分布から断面流量を求め、これに濁度連続データから換算した SS を乗じて SS 通過量を求めた。累積 SS 通過量のうち正味の逆流量が堆積に寄与すると考えて最終値で基準化し、季節ごとの堆積量配分を計算した。また、コア各層の単位面積あたり粒子質量を計算し、全量で基準化して堆積物の鉛直方向の質量配分を求めた。

その結果、10 月から 11 月までの 1 ヶ月間で全体の 57 % が堆積しており、その後は約 5 ヶ月をかけて 43% が堆積したと推測された。このことから、短期間に一気に堆積した下層では濁水中の SS がそのまま封じ込められてシルト・粘土層を形成したと考えられる。一方、上層では往復流の影響を受けながら徐々に堆積している。高濁度水塊の遡上時には二次流の影響で右岸に SS 粒子が集積して沈降し、順流時にはそれらが再懸濁することで相対的に細かい粒子が洗い出され、結果として粗い粒子が残留・堆積すると説明される。

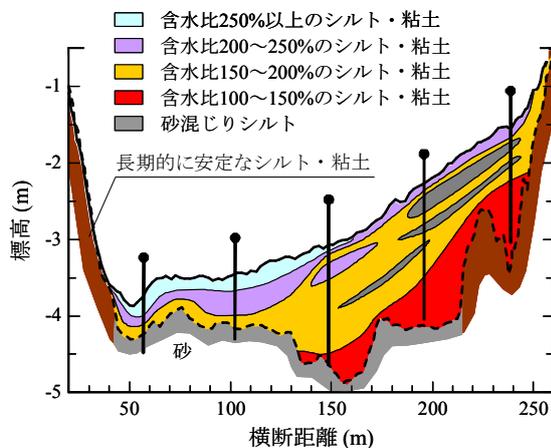


図 2 底質の横断堆積構造 (4 月)

(4) 粘着性の鉛直分布

コアサンプル (図 3) から含水比と粘着性の関係を考察すると、堆積が始まってから 1 ヶ月以内と考えられる 9 月のコアは含水比が概ね 300%であり、空中に試料を引き上げた際に自立しない程度の柔らかさであった。不攪乱の回転粘度値は 9~26 Pa·s であった。堆積厚さは 0.5m であるが、この時点で表層と底層では物性が異なっており、底層の方が含水比が低く粘度が高いことから、圧密や粘着性が生じていると考えられる。

2 ヶ月後の 11 月には表面から 0.5m の範囲で 9 月コアと似た分布になっており、下層では 9 月コアよりも含水比が低下し、粘度は約 5 倍大きくなっている。11 月以降も堆積は継続すると考えられる。浸食前のコア調査 (4 月) を安定状態と考えて将来予測の参考にすると、底泥面には 11 月以降も SS が降り積もることによって内部の圧密が進み、含水比はさらに低下すると推測される。同様にして粘着性も増大すると推測される。

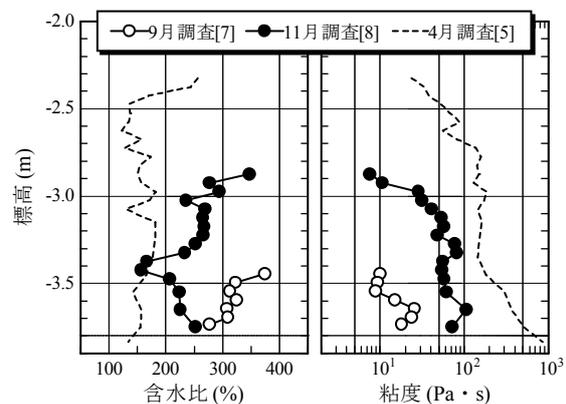


図 3 底泥コアの物性鉛直分布の季節比較

(5) 底泥粘着性の増加状況

現地泥の粘着性の時間変化を調べるために、コア各層の堆積時期を (3) の方法を用いて推定した。洪水後に底泥の堆積が生じていないことが確認されている 8 月 3 日をスタートとして、流速・濁度データから累積 SS 通過量を計算し、11 月 1 日時点の全量で基準化した。これより、9 月 1 日頃、9 月 13 日頃、9 月 28 日頃、10 月 26 日頃に 3~5 日をかけて SS が堆積していることが分かった。次に、コア各層を単位面積あたり質量に換算し、全長で基準化した。以上の 2 つの結果から、基準化 SS 質量が等しい層を比較して堆積時期を推定した。

粘度については、自然堆積状態の不攪乱粘度と機械的に攪乱した状態の粘度に差があることが分かっている。攪乱粘度は粒子の形状や間隙量に依存すると考えられ、これらに

何らかの粒子間結合（電氣的・生物的効果）による粘度を加味したものが不攪乱粘度になると考えられるため、本研究では両者の差を「獲得粘度」と定義した。

コアサンプルについて、層ごとに推定堆積時期と獲得粘度の関係を調べた（図 4）。SSの堆積が始まってから数日後には獲得粘度が現れており、日数に比例して獲得粘度は増大していた。また、不攪乱粘度に占める獲得粘度の割合を計算したところ平均値は 67% になった。この結果は、感潮河道の底泥の耐浸食性は粒子間の結合・粘着力に負うところが大きく、粒子間結合は堆積直後から生じて時間と共に強化されることを示している。

堆積土の研究が盛んな内湾との違いを考えると、例えば東京湾多摩川沖の堆積速度は 4mm/yr、有明海の粘土層は 10~30m で堆積期間は 6,000~10,000 年であるから、堆積速度は 1~5mm/yr となる。これに対して筑後川感潮河道の堆積速度は最大で 4,000mm/yr になり、内湾の 1000 倍である。河道は内湾よりも面積が狭いために単位面積への土砂供給量が多いとはいえ、内湾に比べて潮汐往復流が速い感潮河道においてシルト・粘土が活発に堆積することは興味深い。すなわち感潮河道では、内湾で降り積もるように粒子が堆積するのではなく、潮汐往復流に耐えながら河床にへばりつくように堆積してゆくと推測され、図 4 に示した短期的な粘着力発現のメカニズムが重要であると言える。

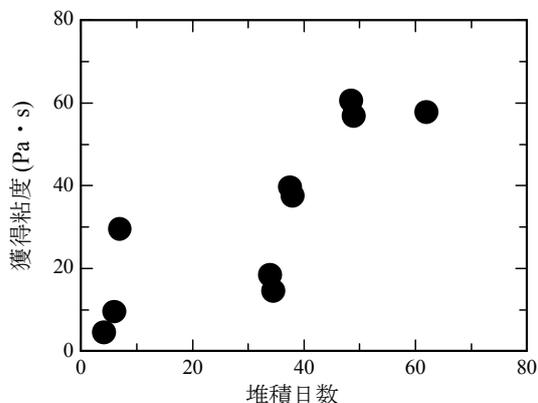


図 4 底泥の推定堆積日数と獲得粘度の相関

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 7 件）

- ① 横山勝英，長屋光彦，金子祐，山本浩一，高島創太郎，筑後川感潮河道における河床地形・材料の変動特性に関する長期連続調査，水工学論文集，査読有，第 54 巻，2010，pp. 685-690

- ② 山本浩一，速水祐一，笠置尚史，濱田孝治，吉野健児，大串浩一郎，平川隆一，横山勝英，有明海・諫早湾における底泥の再懸濁速度の分布特性に関する研究，環境工学研究論文集，査読有，第 46 巻，2009，pp. 613-621
- ③ 平川隆一，速水祐一，山本浩一，横山勝英，大串浩一郎，濱田孝治，筑後川感潮域における水理特性と物質輸送，水工学論文集，査読有，第 53 巻，2009，pp. 1399-1404
- ④ 横山勝英，金子祐，長屋光彦，山本浩一，筑後川感潮河道の蛇行部横断面における SS 粒子の挙動とフラックスに関する考察，水工学論文集，査読有，第 53 巻，2009，pp. 1411-1416
- ⑤ 横山勝英，山本浩一，金子祐，高島創太郎，筑後川感潮河道における底泥の横断堆積構造，水工学論文集，査読有，第 53 巻，2009，pp. 1405-1410
- ⑥ 山本浩一，横山勝英：筑後川感潮河道における懸濁粒子の凝集・沈降フラックスに関する調査，海岸工学論文集，査読有，第 55 巻，2008，pp. 1431-1435
- ⑦ 金子祐，横山勝英，山本浩一，筑後川感潮河道の蛇行部における高濁度水塊の横断分布特性，海岸工学論文集，査読有，第 55 巻，2008，pp. 521-525

〔学会発表〕（計 8 件）

- ① 横山勝英：強混合・緩混合型の感潮河道における物質動態と地形形成について，国土技術政策総合研究所，河川汽水域環境に関するワークショップ，2010. 3. 13，東京国際フォーラム
- ② 山本浩一，横山勝英，岡村和磨，児玉真史：筑後川感潮域の藻類の底泥の寄与率と TEP 含有量，第 44 回水環境学会年会，2010. 3. 16，福岡大学
- ③ 金子祐，横山勝英，山本浩一：筑後川感潮河道の蛇行部横断面における懸濁粒子の沈降特性，第 64 回土木学会年次学術講演会，2009. 9. 2，福岡大学
- ④ 長屋光彦，横山勝英，金子祐，山本浩一：筑後川感潮河道の蛇行部における SS 輸送と地形形成について，第 64 回土木学会年次学術講演会，2009. 9. 2，福岡大学
- ⑤ 奥野功太郎，横山勝英，山本浩一，金子祐：筑後川感潮河道における底泥の粘着性について，第 64 回土木学会年次学術講演会，2009. 9. 2，福岡大学
- ⑥ 横山勝英：河川感潮域における土砂動態～ADCP を利用したフラックス計測～，国立環境研究所メコンセミナー，2009. 7. 14，国立環境研究所
- ⑦ 横山勝英，山本浩一，金子祐：筑後川感潮河道における高濁度水塊の横断分布と SS 沈降に関する研究，佐賀大学有明海総合研

究プロジェクト成果報告集，第 5 卷，
2009. 5. 23，佐賀大学

- ⑧山本浩一，速水祐一，濱田孝治，吉野健児，
山口創一，吉田誠，片野俊也，横山勝英：
有明海奥・諫早湾における底質の再懸濁・
沈降特性に関する研究，第 43 回水環境学
会年会，2009. 3. 17，山口大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横山 勝英 (YOKOYAMA KATSUhide)
首都大学東京大学院 都市環境科学研究
科・准教授
研究者番号：10347271

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

山本 浩一 (YAMAMOTO KOICHI)
山口大学工学部社会建設工学科・准教授
研究者番号：50355955