

複雑な互層構造をなす筑後川感潮域における河床変動と有明海への土砂流出量

清水建設株式会社 正会員 鈴木 健太

中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所 正会員 島元 尚徳

1. 序論

近年，有明海で海苔の変色やアサリ等の魚貝類の漁獲量が減少し社会問題化している．この漁業問題の原因として，有明海に注ぐ河川流量のうち約 35%を占める筑後川からの砂分供給量の減少が主なものであると考えられてきた．横山らによると，1910 年頃から植林や治山工事が積極的に行われたこと，また，1960 年代に砂利採取が多く行われたことにより，河道内に流入，堆積する砂量が減少したと言われている．そのため，自然流域で生産された砂は，砂利採取等により低下した河床高を復元するために河道内に堆積し，有明海への砂流出量は 50 年前と比べると激減していると述べている<sup>1)</sup>．これまでに筑後川では，粘着性を有したガタ土に着目した研究が主であり，数多くの成果が報告されているが，実際に筑後川から有明海への流砂量は科学的に示されていない．そのため近年になり，筑後川流域を 6 つに分割し，それぞれの流域毎に土砂生産量，砂利採取量，河道内堆積量等を求め，上流域から下流域までの連続性のとれた土砂収支を計算することで，年間に約 129 千<sup>3</sup>mの砂が筑後大堰を通過していることが明らかになってきた<sup>2)</sup>．本論文では，これらの検討を踏まえ，複雑な互層構造を有する筑後川感潮域での河床変動解析のモデル化について検討を行い，筑後川から有明海への砂流出量を見積もることを目的としている．

2. 検討区間と対象期間

筑後川から有明海への流砂量を把握するため，対象区間は図-1 に示す有明海から筑後大堰までの区間とした．洪水前後の縦横断鉛直方向の河床材料分布，河床縦横断形，洪水中の水面形の時空間分布等の観測が詳細に行われており，年平均最大流量を超える 3850 m<sup>3</sup>/s,3650 m<sup>3</sup>/s の 2 洪水が観測された 2009 年について検討を行う．観測された 2 洪水と，洪水の影響を無視することができる平水時に対して，観測水面形の時間変化を解とした準三次元洪水流<sup>3)</sup>と河床変動の一体解析を適用し，筑後川河口の砂流出量をそれぞれ見積もり，合算することで年間排砂量を明らかにする．

3. 互層をなす筑後川感潮域での河床変動の考え方

ガタ土層と砂層が互層構造をなしている筑後川感潮域での河床変動の考え方を図-2に示す．(a)に示すように，初期条件としてコアサンプリング調査の結果を基に鉛直方向10cm毎の粒度分布，水含有率の情報を取り込む．これまでの含水比と粒径の検討から，含水比が概ね70%を超えると細粒分が卓越し，砂の流砂形態とは大きく異なると思われる．そこで，(b)に示す様に含水比が70%を超える層に達した場合，関根らによる粘着性土の浸食速度式<sup>4)</sup>

$E_{s} = \cdot R_{wc}^{2.5} u_*^3$ を用いて地盤高を解析した．浸食が進み，(c)に示すように含水比が70%を下回る砂層に到達した時

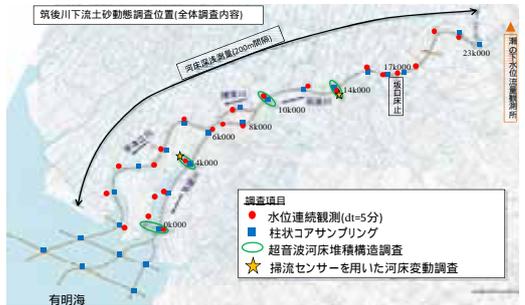


図-1 対象区間と観測項目

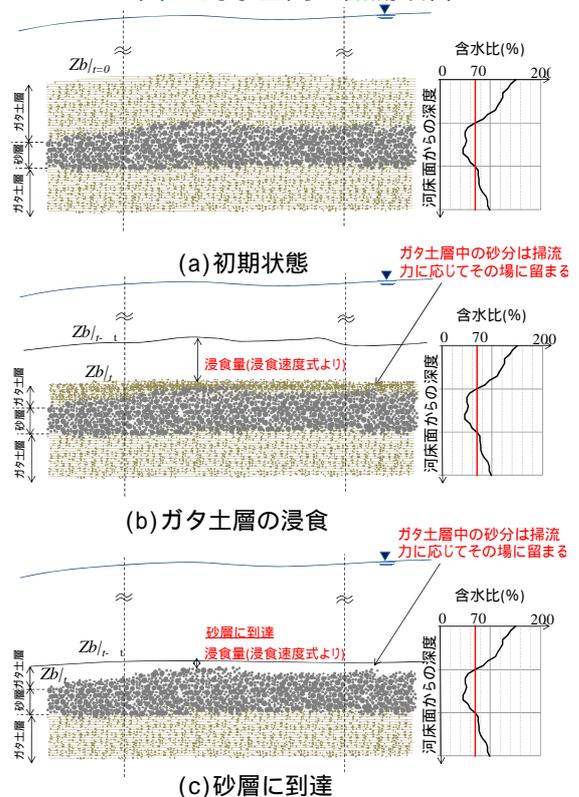


図-2 互層河床における河床変動の概念図

点で河床変動解析を浸食速度式から掃流砂の流砂量式に切り替え、流砂量と河床高変化を計算した。洪水中の時々刻々の地盤高変化は、観測された水面形の時間変化に影響が現れているため、掃流砂量式の係数は、水面形の時間変化、洪水前後の河床変動量の実測値からのズレがそれぞれ最少になるように85に決定し、式(1)を用いた。

$$q_{Bk} / P_k u_* d_k = 85 \tau_{*k} \left( 1 - \frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}} \right) \left( 1 - \sqrt{\frac{\tau_{*ck}}{\tau_{*k}}} \right) \quad (1)$$

図-3に解析水面形と観測水面形の時間変化の比較を示す。観測水位と解析水位は、有明海が満潮時で水面勾配がほぼ水平になる時間帯で若干の差異がある。しかし、洪水ピークを含むその他の各段階において解析水面形は観測水面形を再現できている。次に河床変動量コンターの比較を図-4に示す。(a)は23km～14km、(b)は14km～6km間である。それぞれ上段が実測、下段が解析を示している。河床材料特性は、日々の潮位変化により河床が互層構造をなしている9km～17kmの区間と、砂分が卓越している18km～23kmに大別できる。詳細に測られた鉛直方向粒度分布、水含有率を取り込み、それぞれの層に応じた掃流、浸食形態を考慮し、観測水面形の時間変化に解析値がほぼ一致するように流砂量式の係数を同定することで解析値は観測値の洗掘、堆積傾向を良好に再現している。図-5に解析により求めた流量時系列と河口から有明海への単位時間断面通過砂量と累加断面通過砂量の関係を示している。(a)に洪水期間中(b)に小潮～大潮を含む平水時の15日間分を示している。洪水時の排砂量は潮位変動と共に時間的に増減し、洪水ピーク時に多く排出されていることが分かる。平水時は潮位変動と共に砂が順流・逆流を繰り返し、流量が増える大潮時に多くの砂が排出されている。一方で、小潮時の排砂量は大潮時に比して小さいことが明らかになった。以上の解析結果から、洪水時に約45000m<sup>3</sup>、平水時に約67000m<sup>3</sup>の砂が排出しており、合算すると年間10万m<sup>3</sup>を超える砂が筑後川から有明海へ流出していることが明らかになった。

4. 結論

互層構造をなす筑後川感潮域での河床変動を再現するため、それぞれの材料特性に応じた浸食・掃流形態を考慮し、モデル化することで、洪水中の河床変動を定量的に説明した。河床変動解析を基に砂流出量を概算すると、年間で10万m<sup>3</sup>を超える砂が排出されていることが明らかとなり、これまで報告されていた12万9千m<sup>3</sup>と同程度の結果であった。

参考文献

- 1) 河川の土砂堆積が有明海沿岸に及ぼす影響について沿岸に及ぼす影響について-白川と筑後川の事例-、応用生態工学8(1),61-72,2005
- 2) 第5回筑後川土砂堆積調査に関するワーキンググループ報告資料 国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所2011
- 3) 内田龍彦, 福岡健二: 浅水流方程式と渦度方程式を連立した準三次元モデルの提案と開水路合流への適応, 水工学論文集, 第53巻, pp.1081-1086, 2009
- 4) 西森研一郎, 関根正人: 粘性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究, 土木学会論文集B, Vol.65, No.2, pp.127-140, 2009.

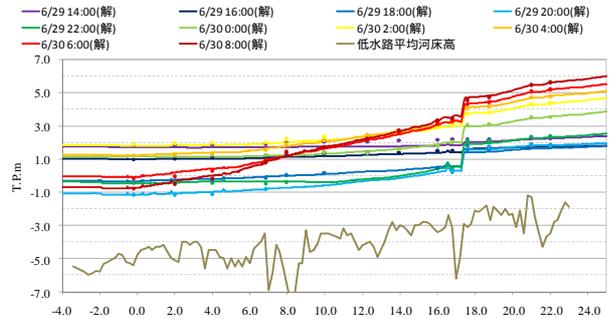


図-3 水面形の時間変化

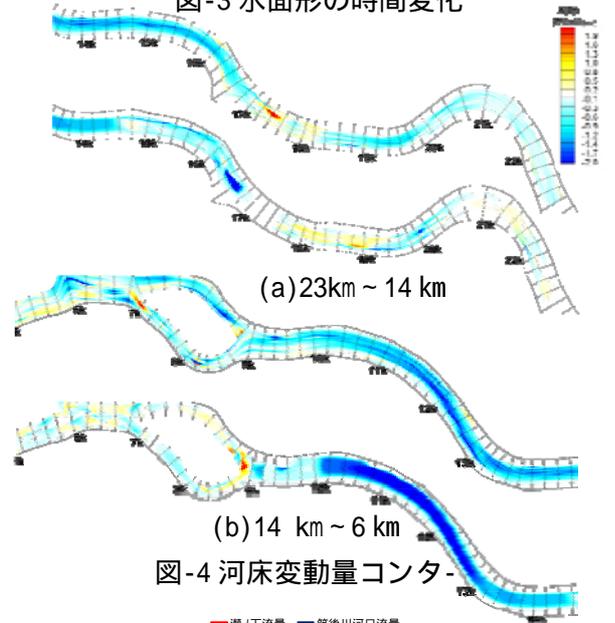


図-4 河床変動量コンター

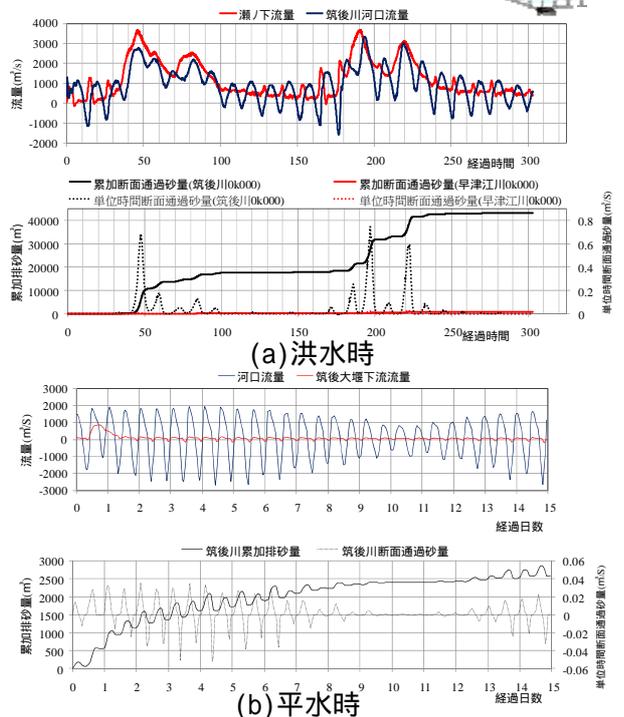


図-5 流量時系列と排砂量の関係