

洪水時における筑後川下流域の流れや土砂輸送に及ぼす若津港導流堤の影響の定量的評価

佐賀大学大学院 工学系研究科 学生会員 古賀 勇氣
佐賀大学大学院 工学系研究科 正会員 大串 浩一郎
佐賀大学大学院 工学系研究科 正会員 押川 英夫

1. 序論

筑後川下流域では、大きな潮差や上流からの土砂流入により河口付近で土砂が堆積しやすく、土砂堆積が原因で航路が塞がれるという問題が生じていた。そこで、土砂の堆積を防ぎ、航路維持を目的として若津港導流堤が 1890 年に建設された¹⁾(図-1)。

若津港導流堤周辺の流れと土砂輸送に関して、著者ら²⁾は流動解析及び河床変動解析を行い、導流堤の有無による比較に基づいて導流堤の定量的な機能評価を行っている。しかしながら、有明海の潮汐や上流から土砂流入等について十分な考慮が出来ていなかったことから、導流堤が土砂輸送特性に及ぼす影響を把握するまでには至っていない。そこで本研究では、洪水時の筑後川下流域の流れや土砂輸送に及ぼす導流堤の影響を数値実験により検討した。

2. 解析方法

本研究では、DHI の MIKE3 FM^{3),4)}を用いて導流堤を含めて準 3 次元の流れ解析を行った。解析期間は 2007 年 7 月 1 日～31 日だが、ここでは 2007 年 7 月 1 日～15 日の出水時の結果を示す。

2.1. 3 次元流れ解析の境界条件

境界条件として上流端の流量は筑後大堰直下の実測値を、下流端の水位として佐賀大学有明海観測タワーの潮位の実測値を与えた(ケース A)。図-2 に計算に用いた境界条件を示す。また比較計算として上流端の流量は筑後大堰直下の実測値、下流端の水位として潮差が小さい小潮時の一周期間を繰り返し与えた計算を行った(ケース B)。なお、水温と塩分濃度の上下流端の境界条件として、筑後大堰直下と佐賀大学有明海観測タワーにおける実測値を与えた。

2.2. 土砂輸送モデルを用いた河床変動解析

初期条件となる地形データは準 3 次元流動モデルと同じものを使用した。堆積過程の予測には以下の Krone(1962)の式を用いた⁵⁾。

$$S_D = w_s C_b \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}\right), \quad (\tau_b < \tau_{cd}) \quad (1)$$

ここで、 S_D :堆積フラックス(kg/m²/s)、 w_s :沈降速度(m/s)、 C_b :河床近傍の土砂濃度(kg/m³)、 τ_b :河床のせん断応力(N/m²)、 $\tau_{cd}=0.13\text{N/m}^2$:堆積の限界せん断応力である⁶⁾。沈降速度は粒径 0.1mm の土粒子⁷⁾を仮定して Stokes の式より算出した 0.009m/s を用いた。また、浸食過程の予測には Parchure and Mehta(1985)の式を適用した⁸⁾。

$$S_E = E \left(e^{\alpha\sqrt{\tau_b - \tau_{ce}}}\right), \quad (\tau_b > \tau_{ce}) \quad (2)$$

ここで、 S_E :浸食フラックス(kg/m²/s)、 E :浸食率(kg/m²/s)、 $\tau_{ce}=0.74\text{N/m}^2$:巻き上げ限界せん断応力、 α :係数(m/N^{1/2})である⁶⁾。また、上流端の浮遊砂濃度の流入条件については、「有明海水域に係る下水道整備総合計画に関する基本方針策定調査報告書」(有明流総)⁹⁾のデ

ータを使用して筑後大堰地点における L-Q 式¹⁰⁾を基に算定した。海域の浮遊砂濃度の境界条件については、平川ら¹¹⁾が行った現地調査の実測値を利用して算定した佐賀大学有明海観測タワー地点における値を与えた。

3. 結果・考察

3.1. 導流堤の有無による流速分布の比較

以下、筑後川本川の河口から 2km の区間を下流部、2～3km の区間を中流部、3～6km の区間を上流部と呼ぶこととする。

図-3a), b) にケース A, B のそれぞれについて導流堤の有無による筑後大堰流量最大時(図-2 の F1 の時点)の主流流速分布の比較を示す。

ケース A とケース B の河口から 2km 地点の導流堤が有る場合の左岸側の流速を比較すると 0.23m/s の流速差が、右岸側では 0.09m/s の流速差が見られた。一方、同地点の導流堤が無い場合の左岸側の流速を比較すると 0.16m/s の流速差が、また右岸側では 0.15m/s の流速差が見られた。ケース B の導流堤が有る場合の左岸側では潮差が小さいために河口付近の流速が遅くなっており、一方導流堤が無い場合では、潮差が小さいことに加え中流部の河川幅の増大による断面積の増加によって流速が減少していることが考えられる。以上より、ケース B において筑後川左岸側の河口付近まで速い流速を保つことが出来ていないことから、上流の流れは筑後川左岸側の流速に影響を及ぼしていないことが考えられ、大きな潮差により流速が増加していると考えられる。



図-1 筑後川下流域と導流堤の位置

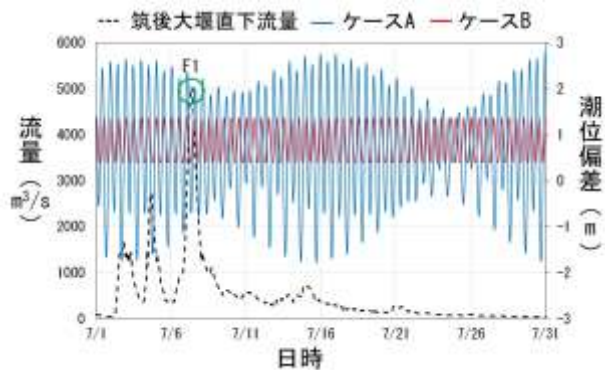
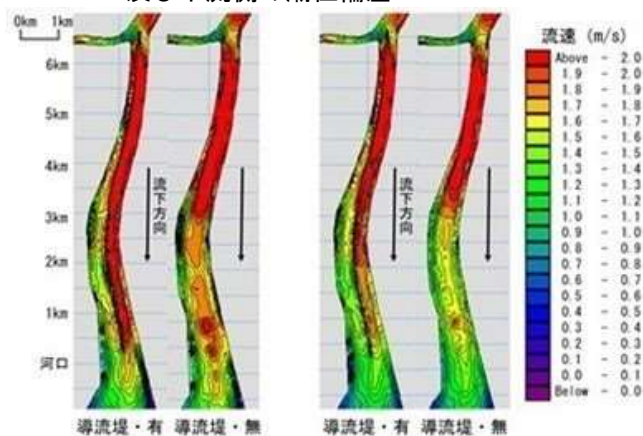


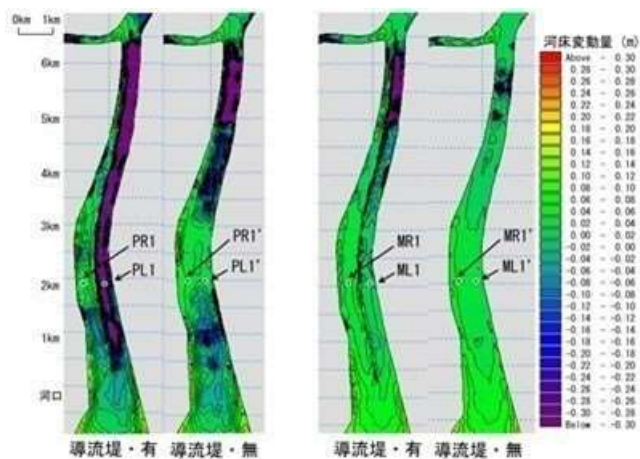
図-2 境界条件として用いた上流側の流量及び下流側の潮位偏差



a) ケース A

b) ケース B

図-3 導流堤の有無による主流流速分布図の比較 (筑後大堰流量最大時)



a) ケース A

b) ケース B

図-4 累積河床変動量の空間分布



図-5 河口から2km地点の河床変動量の時間変化

3.2. 導流堤の有無による河床変動量の比較

図-4 には 2007 年 7 月 1 日～15 日の期間の導流堤の有無による累積河床変動量の比較を、図-5 には図-4 に示す PL1, PR1, PL1', PR1', ML1, MR1, ML1', MR1' における河床変動の時間変化を示す。

図-4a) から導流堤が有る場合は左岸側が洗掘傾向、導流堤が無い場合は河道の中央部が洗掘傾向であることが分かった。一方、図-4b) より導流堤の有無によらず中流部から下流部にかけて堆積傾向であることが分かった。

図-5 から導流堤が有る場合 (PL1) の最終日の洗掘深は 0.30m, 他の 7 地点においては 0.030m 程度の堆積が見られた。

図-4a) と図-4b) の導流堤が有る場合の左岸側の河床変動量を比較すると、0.32m の差が見られた。図-4b) において筑後川河口付近が堆積傾向であることから、洪水の影響により上流から大量の土砂が輸送されるが、小潮時の小さな潮差により流速が減少するため、河口付近まで速い流速を保つことが出来ていないために下流部に土砂が堆積しやすくなっていると考えられる。以上より、筑後川下流域の土砂輸送には導流堤の効果と洪水や有明海の潮位差の影響により筑後川左岸側が洗掘傾向を示していると考えられる。

4. 結論

以下に本研究で得られた主要な知見を示す。

- 1) 主流流速分布の比較から、導流堤が有る場合の左岸側においてもケース B はケース A よりも 0.23m/s の流速の減少が見られ、上流の流れは筑後川左岸側の流速にそれ程影響を及ぼしていないことが考えられる。
- 2) 累積河床変動量の比較から、ケース A, B の導流堤が有る場合の左岸側においても 0.32m の河床変動の差が見られた。またケース B では堆積傾向を示すことが分かった。このことから、導流堤と有明海の大きな潮差の影響により筑後川左岸側が洗掘傾向を示すことが考えられ、それにより航路維持の目的を果たしていることが考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所：筑後川水系河川整備計画，2006。
- 2) 古賀勇気ほか，水工学論文集，Vol.59, pp.703-708, 2015。
- 3) DHI：MIKE21 & MIKE3 FLOW MODEL FM Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation, 58p., 2011。
- 4) DHI：MIKE21 & MIKE3 FLOW MODEL FM Mud Transport Module Scientific Documentation, 46p., 2011。
- 5) Krone, R.B., Univ. of California, Berkely, California, Final Report, 1962。
- 6) 横山勝英ほか，土木学会論文集 B, Vol.64, No.1, pp.71-82, 2008。
- 7) 有明海ガタ土と河口に関する調査検討委員会報告，2007。
- 8) Parchure, T. M. and Mehta, A. J., Journal of Hydraulic Engineering, Vol.111. (10), pp.1308-1326, 1985。
- 9) 国土交通省九州地方整備局：有明海水域に係る下水道整備総合計画に関する基本方針策定調査報告書，2005。
- 10) 手塚公裕ほか，水工学論文集，Vol.57, pp.1735-1740, 2013。
- 11) 平川隆一ほか，水工学論文集，Vol.53, pp.1399-1404, 2009。