

嘉瀬川・石井樋の土砂輸送特性に関する考察

佐賀大学理工学部都市工学科 学生会員 谷 陽介
佐賀大学大学院工学系研究科 正会員 大串浩一郎

1. はじめに

脊振山の西方を源とする嘉瀬川は、嘉瀬川水系の本川であり、佐賀平野を南流し、有明海に流れ込む。流域面積 368km^2 、幹線流路延長 57km 、流域内人口は13万人の一級河川である。上流山地は大部分が花崗岩であることから、洪水時には土砂の流出が多く、また佐賀城下では頻繁に干ばつの被害を受けてきた。この被害を抑えるために、1623年頃に肥前佐賀藩士の成富兵庫茂安によってつくられたのが石井樋である。石井樋は、嘉瀬川14km地点に位置し、洪水被害を抑え、農業用水や水道用水を多布施川へ分流させた。¹⁾その後、約350年間役割を果たし続けた石井樋は、1960年に川上頭首工(図-1)の完成によって取水施設としての役割を終え、1963年に洪水で流出し砂に埋もれた。しかし、1994年に皇太子ご成婚記念事業として、約10年かけて2004年に復元された。復元された石井樋は、土木遺産にも登録されており、歴史的・文化的な価値が高い土木遺産であるが、復元後の石井樋に関する研究は少ない。また、石井樋の重要な機能である、きれいな水を多布施川に流すための機能についての定量的な評価が行われた事例が少なく、土砂輸送の把握が石井樋システムを検証する上での効果的な指標になると考える。

本研究では、1次元流れ解析を行うことによって、出水の有無による比較を行い、土砂輸送の特性の把握を試みた。



図-1 解析対象区間

2. 石井樋システムの概要

石井樋は川から水を取り入れる施設である井樋を石で作ったものであるが、天狗の鼻、象の鼻、大井手堰、出鼻、野越、兵庫荒籠、遷宮荒籠などが設置されており、これらの施設全体を総称して石井樋と呼んでいる。

全体システムとしては、²⁾洪水時に土砂の流出が多く、その土砂対策に工夫がある。嘉瀬川の大井手堰で堰と

められた流れの一部を「天狗の鼻」と「象の鼻」と呼ぶ水制工の間を逆流・迂回させ、その間に土砂を沈殿させることで、多布施川に砂が流入するのを防ぐ。また洪水時には、逆流・迂回してきた流れに、象の鼻の根元の野越から越流してきた流れをぶつけることで、流速を緩め土砂を沈めている。図-2に越流時の流れを示す。



図-2 石井樋概略図

3. 研究方法

本研究における解析対象区間を図-1に示す。嘉瀬川は6.4～16.6kmまで、嘉瀬川14km地点で分流する多布施川は0～3km、嘉瀬川8.6km地点で合流する祇園川は0～6.2kmとした。

解析期間は、2012年6月～7月とし、嘉瀬川の流況について解析を行った。この期間内である7月13日の降雨は、総雨量 372.0mm であり、池森観測所では最大流量 $375.27\text{m}^3/\text{s}$ (正常流量 $2.5\text{m}^3/\text{s}$)、最大水位 4.24m に達している。

1次元流れ解析には、DHIのMIKE11を使用した。1次元流れ解析の基礎式として、連続の式および運動量保存の方程式を用いた。

河道の再現は、ブランチ・ノード(図-3)の作成と、ノードに断面を関連付けることで再現している。解析の際に用いる断面は表-1の200m毎の横断測量データを使用した。

表-1 横断測量データの入力区間と測量年

河川名	下流端	上流端	測量年(西暦)
嘉瀬川	6.4m	16.6km	2012
多布施川	0km	3.0km	2012
祇園川	0km	6.2km	2003

象の鼻からの越流した流れの再現には、野越を堰とみなし、嘉瀬川本川から導水路へブランチをつなげることで行った(図-3)。越流する流れは、本間の式³⁾を適用し、流量係数1.55と設定した。

また、大井手堰、石井樋の再現は、九州地方整備局武雄河川事務所提供の石井樋付近の計画平面図、縦断面図の図面から実測値を与えて堰と樋門の設定を行った。

境界条件には、上流端に川上・祇園観測所の実測流量、下流端に徳万・植木観測所の実測水位をそれぞれ与えた。

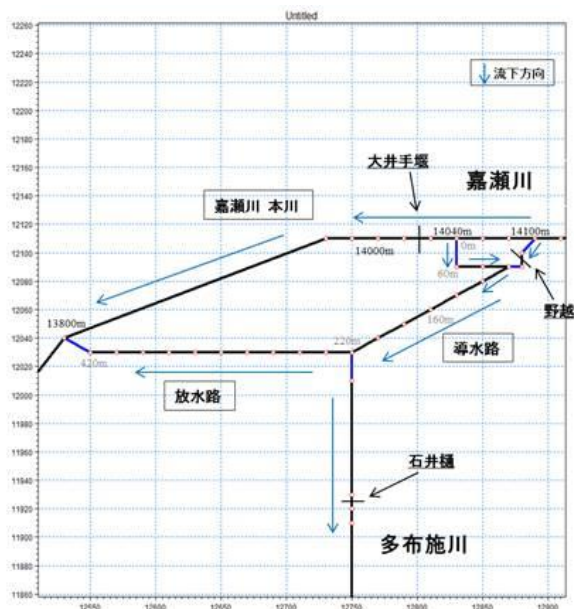


図-3 石井樋付近のブランチ・ノード

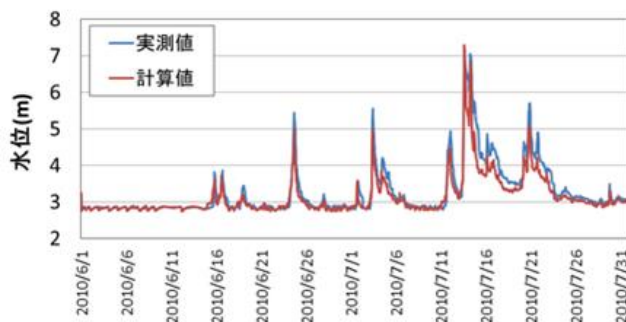


図-4 実測値と計算値の比較（池森観測所水位）

4. 計算結果および考察

図-4に池森観測所地点における計算値と実測値の水位の比較を示す。出水時は0.4mほどの誤差が生じたが、評価方法としてNash-Sutcliffe Efficiency (NSE)を用いた結果0.87と概ね再現できたと考えられる。したがってこの結果をもとに、摩擦速度を求めた。

図-5, 6に出水の有無での嘉瀬川本川と導水路・放水路の縦断距離ごとの摩擦速度を示す。また、その値を用いて、石井樋平面図上で摩擦速度を矢印の太さと色で出水の有無、長さで大きさを表現した（図-7）。

図-7より、平水時においては、大井手堰付近(14100 - 14000m)で摩擦速度が減少し、導水路へ向かう途中で一度上昇しているが、導水路を迂回後に再び減少しており、断面幅が広がることによって土砂を沈めていると考えられる。放水路では、一定の摩擦速度を保ちつつ、嘉瀬川本川へと放流している。

出水時においては、象の鼻の野越からの越流が起きており、導水路を迂回後に摩擦速度が上昇している。これは、越流した流量と迂回した流量が合流することによって摩擦速度が上昇し、土砂を輸送していると考えられる。また、図-6より多布施川分流地点(220m)で一度、摩擦速度が減少している。これは220m地点における断面が分流のために広がっているためと考えられる。

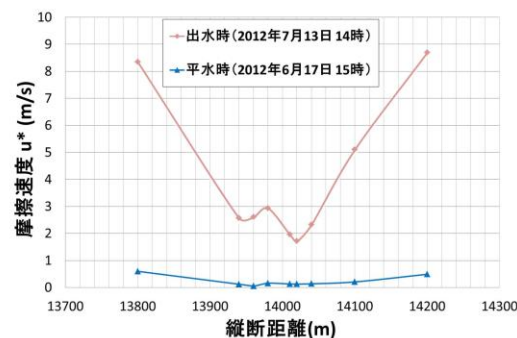


図-5 嘉瀬川本川の摩擦速度

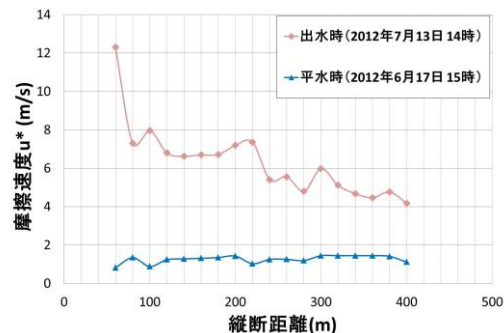


図-6 導水路・放水路の摩擦速度

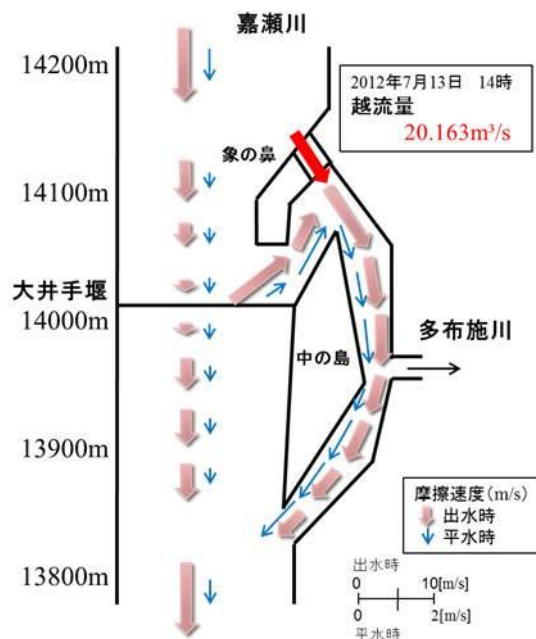


図-7 石井樋付近の摩擦速度平面分布

5. まとめ

石井樋付近において平水時には、導水路内で摩擦速度を減少させることによって土砂を堆積させ、出水時に野越からの越流と迂回した流量の増加によって、摩擦速度が上昇し、堆積した土砂を輸送させていることがわかった。

参考文献

- 1) 吉村伸一ほか：嘉瀬川・石井樋の水システムに関する考察, 土木史研究講演集 Vol. 28, 2008
- 2) 大波修二：現存する日本最古の取水施設, Civil Engineering Consultant, VOL.254, January, 2012
- 3) 土木学会：水理公式集, 昭和 60 年版, 1985