

野中兼山 三又分水路における分流特性

高知 高専 専攻科 学生会員 ○藤井秀徳
高知工業高等専門学校 正会員 岡田将治

1. 序論

三又は江戸時代初期に野中兼山が開いた用水路であり、現在でも野市台地への用水の要として、十善寺溝、町溝、東野溝の主要三支川と原田溝、武市溝を加えた五つに分水する。三又の流量は農業用水の需要量に合わせて1年を通して大きく変動するため、流量や水位条件、あるいは水路幅や河床粗度等の条件の変化により、各水路への分水率は異なると考えられる。そこで、本研究では三又の分流特性を明らかにするために、分水路の下流端水位、粗度係数に着目し、これらの違いが各溝への分水率(分流量の割合)に及ぼす影響を明らかにする。

2. 一般座標系を用いた平面2次元流況解析

三又分水路の平面形状と笹岡ら¹⁾が ADCP を用いて測定した流速ベクトルおよび各溝への分流量、分水率を図-1に示す。図より、流量約 1.5m³/s 時の各溝への分水率は東野溝 35%、町溝 44%、十善寺溝 21%であった。

解析に用いた流れの基礎方程式は、平面二次元流れの連続式と運動方程式である。現実の河川は長方形ではなく曲がりくねった複雑な形状を有するため、そのような平面形状をもつ水路において流れの数値解析モデルを適用する際には、計算格子数に対する流路形状の表現能力、計算格子形成の容易さ等から一般座標系を用いたモデルの構築が有利であると考えられる。一般座標系の基礎式を図-2に示す。本研究では長田ら²⁾の解析手法を用いる。この数値解析プログラムは、河道条件として3次元水路形状と河床粗度を、流れの境界条件として解析領域の上流端流量(本研究では ADCP で計測された流量)と下流端水位の時系列データを入力データとして計算を行う。本研究では表-1に示す河床の粗度係数と東野溝の下流端水位をパラメータとして計9ケースの条件で解析を行う。町溝、十善寺溝に通じる本川の河床粗度係数、下流端水位をそれぞれ 0.02、20.37m の一定値として、東野溝の粗度係数は河床がコンクリートあるいは土であることを考慮して 0.02-0.03、下流端水位を 20.32-20.37m の範囲で変化させた。

3. 解析結果と考察

図-3に Case1 上流、Case7 上流と Case1 下流の解析結果の水位コンターと流速ベクトル、各溝への分水率を示す。Case1 は図-1の ADCP で計測した際の水利条件とほぼ同じ条件を与えて解析しており、東野溝への分水率は 31%と実測値に近い値をとっていることがわかる。下流では上流の解析結果から得た町溝・十善寺溝への流

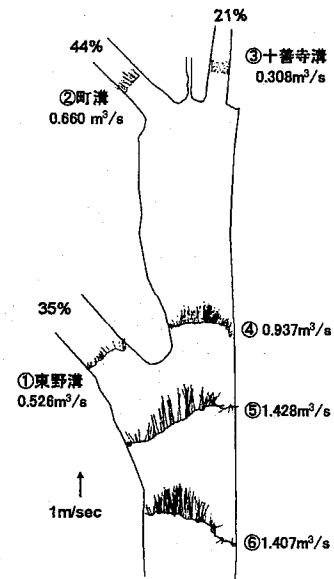


図-1 ADCP で測定した流速ベクトル、流量および各溝への分水率¹⁾

連続式

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{Uh}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{Vh}{J} \right) = 0$$

運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{M}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UM}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VM}{J} \right) = & -gh \left(\frac{\xi_z}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_z}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho J} \\ & + \frac{\xi_z}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-u^2 h) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-u^1 v^1 h) + \frac{\eta_z}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-u^2 h) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-u^1 v^1 h) \\ \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{N}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{UN}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{VN}{J} \right) = & -gh \left(\frac{\xi_z}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \xi} + \frac{\eta_z}{J} \frac{\partial z_s}{\partial \eta} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho J} \\ & + \frac{\xi_z}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-u^1 v^1 h) + \frac{\xi_y}{J} \frac{\partial}{\partial \xi} (-v^2 h) + \frac{\eta_z}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-u^1 v^1 h) + \frac{\eta_y}{J} \frac{\partial}{\partial \eta} (-v^2 h) \end{aligned}$$

図-2 一般座標系の基礎式

表-1 解析条件

	河床粗度係数		下流端水位(m)	
	東野溝	本川	東野溝	本川
Case1	0.02	0.02	20.36	20.37
Case2	0.025	0.02	20.36	20.37
Case3	0.03	0.02	20.36	20.37
Case4	0.02	0.02	20.34	20.37
Case5	0.025	0.02	20.34	20.37
Case6	0.03	0.02	20.34	20.37
Case7	0.02	0.02	20.32	20.37
Case8	0.025	0.02	20.32	20.37
Case9	0.03	0.02	20.32	20.37

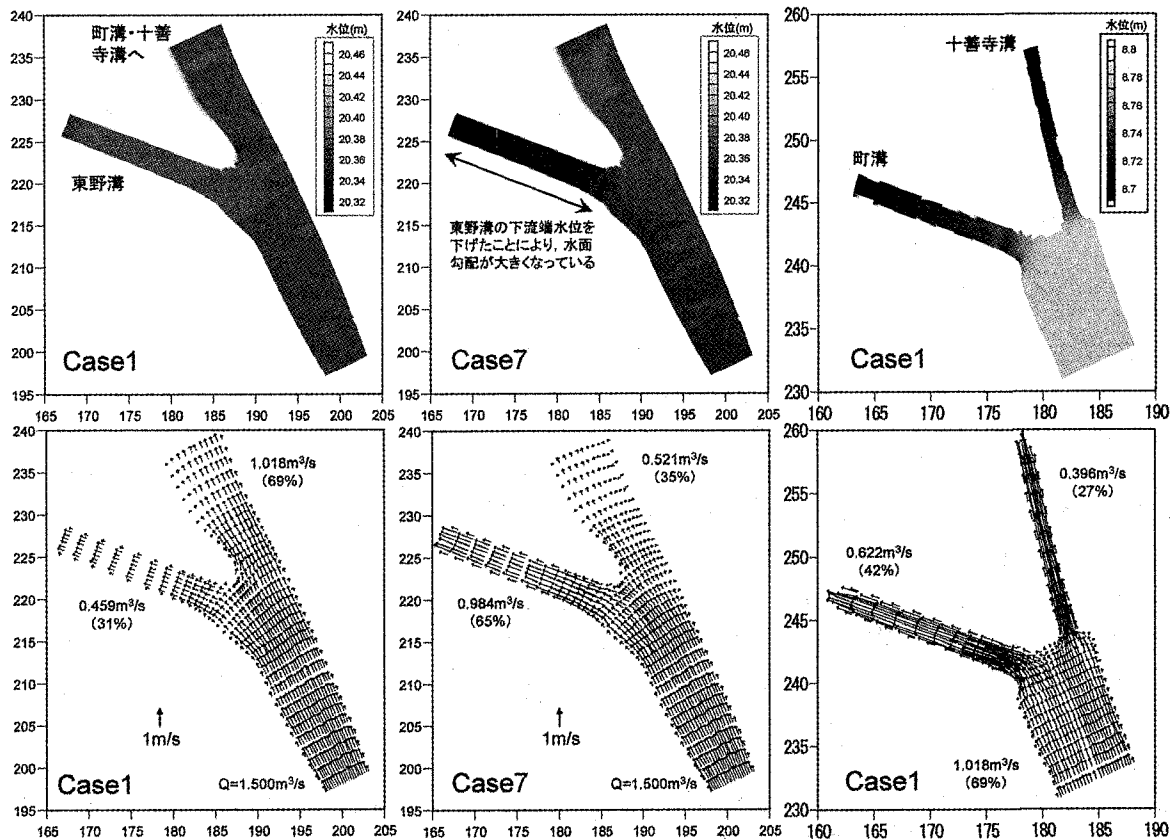


図-3 Case1 上流(左), Case7 上流(中)と Case1 下流(右)の水位コンターと流速ベクトル

量を上流端流量として与え解析を行ったが、町溝への分水率は 42%、十善寺溝への分水率は 27%となり実測値に近い値となった。この結果に基づいて両ケース上流で比較をすると、Case7 において東野溝の下流端水位を 5cm(水深に対して約 10%)低下させたことにより、東野溝の水面勾配が Case1 の場合約 1/5000 であったのに対し、約 1/650 と大きくなった。その結果、流速ベクトルから明らかなように東野溝への分流量が増加し、分水率は 65%に増加している。図-4 に各ケースの解析結果から得られた粗度係数および下流端水位の違いによる東野溝への分水率の変化を示す。下流端水位が等しい場合の分流量は粗度係数の大きさにかわらず 30%程度となった。東野溝の下流端水位を下げたケースでは、水深 30cm において 3cm(水深に対して 10%)下げたとき約 20%、5cm(水深に対して約 10%)下げたとき約 30%分水率が変化した。したがって、下流端水位の変化が分水率に大きく影響を与えることが明らかとなった。

4. 結論

本解析手法を用いて三又分水路の流況の予測が可能となった。今後は、年間を通して流量の異なる時期に流況計測を行って本研究の解析結果の妥当性を検証するとともに、1 年間の総分流量の解析を行う。また、ADCP による断面内の詳細な流速分布計測に加えて、ビデオ画像を用いた PIV 解析による表面流速分布の計測を行い、簡易に分流量が計測できる手法の検討も行う予定である。

5. 参考文献

- 1) 笹岡良治, 岡田将治, 山崎利文: 野中兼山 三又分水路の流況計測と二次元解析, 平成 18 年度 土木学会四国支部 第 12 回技術研究発表会 講演概要集 II-20, pp.146-147
- 2) 細田尚, 長田信寿, 村本嘉雄: 移動一般座標系による開水路非定常流の数値解析, 土木学会論文集 No.533/II-34, pp.267-272

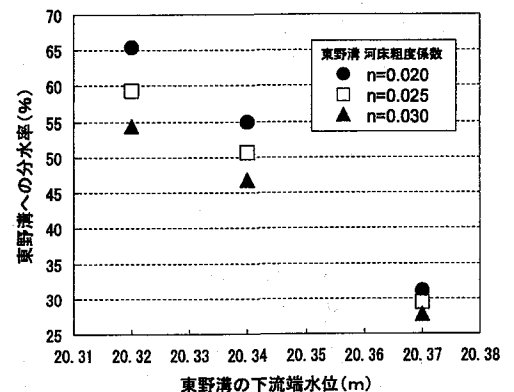


図-4 粗度係数および下流端水位の違いによる東野溝への分水率の変化