

日野市上田用水路の粗度係数及び水位流量曲線に関する考察

明星大学 学生会員 ○青木 瞭我
明星大学 正会員 藤村 和正

1. 研究の背景と目的

日野市には、多摩川と浅川が合流する平地が広がっており、地理的に利水に有利な条件から歴史的に灌漑用水が開発されてきた。今日では、都市化と区画整理により用水路は減少しているが、2008年時点で約116km、14本存在している¹⁾。日野市では、用水を利用した小水力発電導入の可能性について市民が主体となり検討している。小水力発電の導入にあたり、まずは発電量を適切に算定することが重要で、そのためには、用水路の水理、水文特性の把握が肝要となる。本研究では、日野市の上田（かみだ）用水路において流量観測と水面形測定を定期的実施し、等流計算と不等流計算からマニング粗度係数を算定し、用水路の水理特性を表すことを目的とする。また、観測区間の3か所において作成した水位流量曲線の考察も行う。

2. 日野市上田用水路における流量観測

日野市万願寺中央公園北側の上田用水路において2017年6月から2018年1月まで合計9回の流量観測を行った。観測水路区間の縦断の概要図を図2に示す。110.35mの区間のA、B、E地点3か所において、水路幅2.5mの断面の3測点で6割水深の流速を測定し、流水断面積を乗じて流量を算出した。一方、水路床勾配の測定のために水準測量を行ったところ、区間全体の勾配は1/323となり、この値を水路勾配として粗度係数算出のために用いる。

3. 粗度係数の算出

(1) 等流計算

観測流量を(1)式に示すマニング式に代入して粗度係数 n を算出する。この場合は、水面形は変化しない等流と見なしている。

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots(1)$$

ここに、 Q : 流量、 n : 粗度係数、 A : 流水断面積、 R : 径深、 S : 河床勾配。

(2) 不等流計算

測点Bの下流4mの位置に落差工があり、B地点と落差工の区間を20cm間隔で水深を測定した。水面形の算出は、B地点の観測流量から求めた限界水深を落差工地点での初期値とし、(2)式の常微分方程式

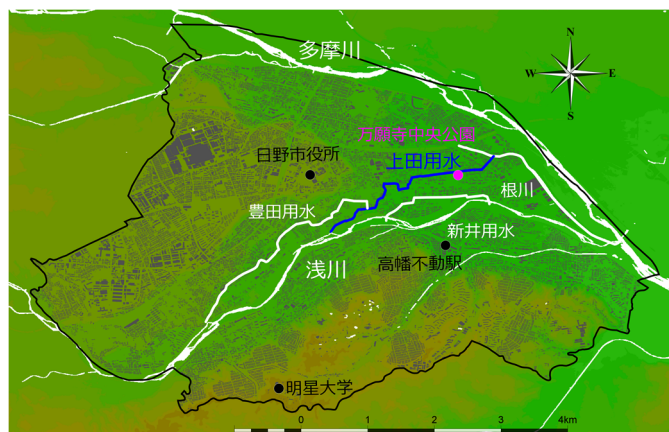


図1 日野市内の主な用水路と上田用水の位置

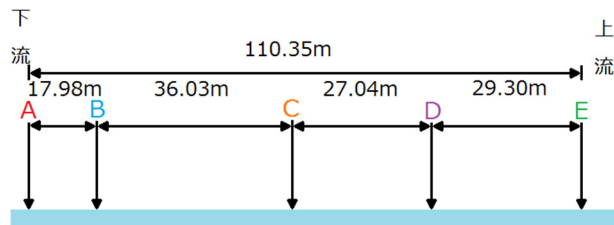


図2 流量及び水位観測点の区間距離

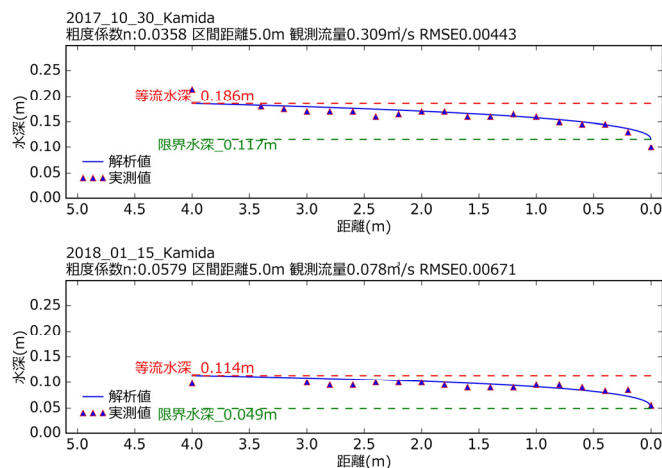


図3 粗度係数の算出結果

キーワード マニングの粗度係数、農業用水路、不等流計算、水位流量曲線

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部 TEL 042-591-5111

を用いて上流側に向けて水深の逐次計算を行う。

$$\frac{df(h)}{dh} = 1 + \frac{1}{2g} \left(-3 \frac{Q^2}{B^2} \times \frac{1}{h^3} \right) - \frac{2n^2 Q^2}{3B^2} \times \frac{\left(1 + 2 \frac{h}{B}\right)^{\frac{1}{3}}}{h^{\frac{10}{3}}} \times \left(4 - \frac{5 \left(1 + 2 \frac{h}{B}\right)}{h} \right) \dots (2)$$

ここに、 h ：水深、 Q ：流量、 g ：重力加速度、 B ：水路幅。この際、最適な粗度係数 n 値の設定には、水面形の計算値が実測値に適合するように平均二乗誤差法 (RMSE) を用いる。なお、常微分方程式の解法はニュートン法を用いた。水面形解析の 2 例を最大流量と最小流量について図 3 に記す。

(3) 解析結果と考察

等流計算と不等流計算により得た粗度係数と流量の関係を図 4 に表す。流量が増加すると粗度係数の値が低下する傾向が認められる。次に、粗度係数の分布を図 5 に記す。農業用水路のライニングした現場打コンクリートの場合、粗度係数は 0.012～0.016 が設計値として示されている²⁾。しかし、水路壁面の摩擦耗などによる表面の粗化が指摘されており³⁾、本研究で得た値も設計値より大きい。粗度係数が小さいと流量及び発電エネルギー量が過大に算出される可能性がある。計画において粗度係数を使用する場合、流量観測で得た値を用いることが重要だと考えている。

4. 水位流量曲線

合計 9 回の流量観測結果を地点別に水位流量曲線として整理した。図 6 左は測点 A のみ、図 6 右は 3 地点の水位流量曲線を両対数グラフにより表す。図中にプロットされている観測結果を近似して水位流量曲線を得た。10 月 30 日と 1 月 15 日の幅のある観測値を含んでいるにも関わらず決定係数は 0.9 以上となっており、良好な精度の水位流量曲線が得られたと考えている。観測区間内の水路断面形状、材質は同じであり、横流入量や流出等の損失量はなく、3 地点の水位流量曲線も同一になると考えられる。しかし、実際には、観測場所の水路床や壁面の状態の違いから曲線に若干の違いが表れたものと考えている。

5. おわりに

本研究では、上田用水路の粗度係数を流量観測に基づいて等流計算と不等流計算により算定し、ほぼ同様の値を得て、設計値より大きい値が示された。その原因として水路の粗化が考えられる。

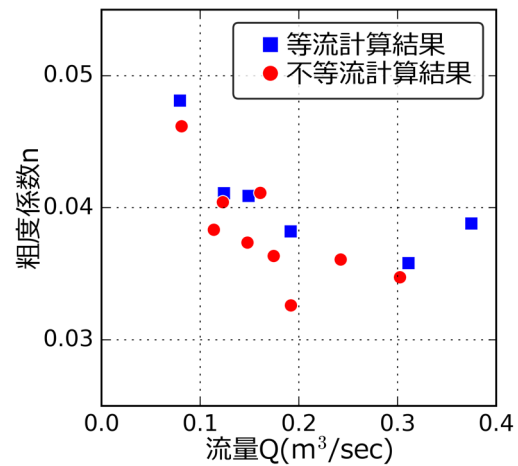


図 4 流量と粗度係数の関係

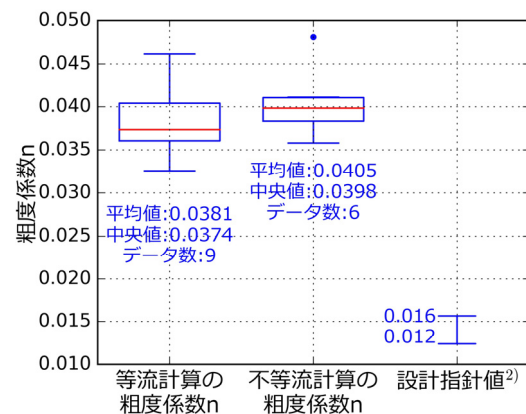


図 5 粗度係数の分布

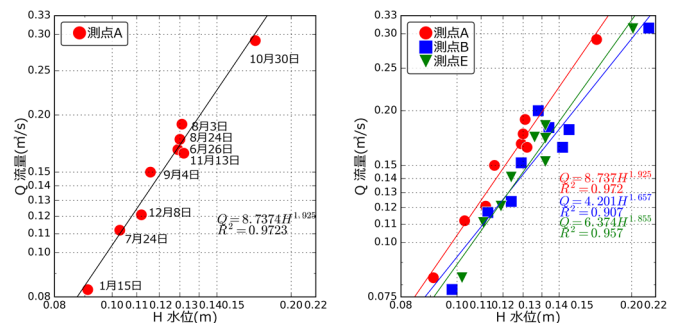


図 6 観測地点別の水位流量曲線

本研究は、日野市及び(株)協和コンサルタンツの支援により実施された。関係各位にここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) ミツカン水の文化センター：水の郷・日野を歩く～用水路を活かしたまちづくり～、里川文化塾、<http://www.mizu.gr.jp/bunkajuku/houkoku/> (2018.1.15)
- 2) 農林水産省農業農村整備部会技術小委員会：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き、第 5 章設計・施工、p.73,2002.2
- 3) 北村浩二、本間新哉、加藤 敬：農業用水路における壁面粗化による劣化予測の定量的評価、農業農村工学会誌 76(9)、823-828、a2、2008。