

低平地幹線排水路における排水に伴う流況特性
Properties of flow in main drainage channel on low-lying area

○坂上卓*・近藤雅秋*・伊藤良栄*・西正*・加治佐隆光*

Taku Sakaue, Masaaki Kondo, Ryohei Ito, Tadashi Nishi, Takamitsu Kajisa

1 はじめに

三重県桑名郡木曾岬町周辺は低平地であり、同町を流れる幹線排水路の流況は機械排水に依存する。そのためポンプ稼働時には水路内の水が滞留することで、生活排水・農業排水の流入等による幹線排水路内の水質悪化が問題となっている。そこで排水路に流入する汚水を早急に水路外へ排出することがこの問題の解決につながる。そのためには汚水に含まれる窒素やリンなどの動態に大きく影響する水路内の流況を知ることが重要だと考えた。そこで、まず現場において超音波ドップラー多層流向流速計(ADCP)を用いた流況測定を行い、次に過去の流況データ(浮子観測)を基に排水時における次元開水路モデルを作成し、モデルの有用性を検討した。

2 ADCP 観測

ADCP とは超音波のドップラー効果を応用した流速計で、連続した多層の流向流速を同時に計測出来ることと、ADCP を航走させながら断面の流速分布を計測できることが特徴である。2013年10月30日にADCPを用いて木曾岬幹線排水路の流速測定を行った。排水ポンプは近江島排水機場のポンプ(最大取水流量 0.5 m³/s)のみを稼働させた。測定はポンプの非安定出力時を避けるため、ポンプの稼働開始から十分に時間が経過してから行った。

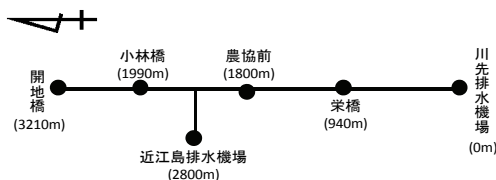


Fig.1 幹線排水路における観測点

Rocation of Observation points in channel

3 数値計算

3.1 支配方程式

1次元開水路流れの計算において、支配方程式は次の(1)、(2)式である。流れ方向に x 軸座標をとると連続方程式は

$$\frac{\partial h}{\partial t} + v \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

である。また、運動方程式は

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_0 - S_f) \quad (2)$$

である。このとき、 v :断面平均流速、 h :水深、 S_0 :水路勾配、 S_f :摩擦勾配、 g :重力加速度、 t :時間である。

また、(2)式の S_f はManning式に基づいて

$$S_f = n^2 v |v| / R^{4/3} \quad (3)$$

を与える。ここで n :Manningの粗度係数、 R :径深である。

3.2 数値計算法

1次元開水路モデルにおいて特性曲線法で解を求めた。

3.3 モデルの計算条件

当モデルを用いて2008年11月13日に行われた流況観測時(浮子観測)と同じ排水ポンプの稼働条件で計算値を求めた。つまり、川先排水機場の排水ポンプ1台(最大取水流量 2.3 m³/s)を4時間稼働させた時の水路内の流速 v と水深 h の時間変化を求めた。Fig.1に木曾岬幹線排水路の概略図を示す。開水路モデルは直線水路(本線)とその水路の下流端から2000mの位置に別の水路(近江島線)を連結させたT字型水路となっている。水路断面は長方形断面とし、Manningの粗度係数は現場の様子から考え得る範囲で試行錯誤的に0.022とした。初期条件、境界条

* 三重大学大学院生物資源学研究所 (Graduate School of Bioresources, Mie University)

キーワード: 低平地, 機械排水, 流況観測, 1次元開水路モデル

件は実測値に基づいて与えた。

4 結果と考察

4.1 1次元開水路モデル

Fig.2, Fig.3 に水路内の各地点における水深変化の計算結果の一部を示す。小林橋に関しては、ほぼ実測値に即した値を得ることが出来た。そのため、水深変化に関して当モデルにおけるパラメータの設定は妥当であるといえる。栄橋に関しても計算値はわずかに振動しているもののおおよそ有用な値が得られた。これらの結果は境界条件から離れるほど値の振動が大きくなる傾向があることから、計算時間間隔をより小さくする必要があると考えた。

4.2 ADCP による流況

Fig.4 はその時の水路横断面方向の流速分布を示したコンタ図の一部である。小林橋地点以外の地点における流速は、排水機場に向かう流向が中層から下層に掛けて発生するという共通点があった。しかし小林橋地点の流向に関しては、栄橋地点などの流向の特徴とは異なり表層と中下層の流向が逆転していた。つまり、表層が排水機場方向(南)へ、中下層が開地橋方向(北)に流れていた。また、各地点における断面平均流速は排水機場方向に $0.003\text{m/s} \sim 0.029\text{m/s}$ という微小な流速が発生しており、ポンプに近い箇所ほど大きな流速値が得られた。

また、流速分布と同時に水路断面形状も知ることが出来た。主線と近江島線の T 字合流付近である小林橋地点において、水路底の形状は平坦ではなかった (Fig.4(a))。また、近江島線においては横断距離の短い低水路を持つ複断面形状であった (Fig.4(b))。その他の地点ではおおよそ長方形断面であった (Fig.4(c))。

5 おわりに

本研究では目視では確認出来ないような微小な流速を ADCP により可視化することが出来たことと、1次元開水路モデルにおいて水深変化に限り実測値に適合する計算結果を得られたことが成果として挙げられる。

謝辞 流況観測では三重県ならびに木曾岬町の関係者の方々に御尽力頂いた。また、同じ研究科の水域環境学研究室より ADCP を貸して頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

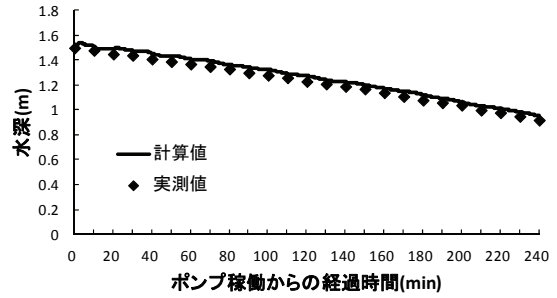


Fig.2 小林橋における水深変化
Variation of water depth at Kobayashi Bridge

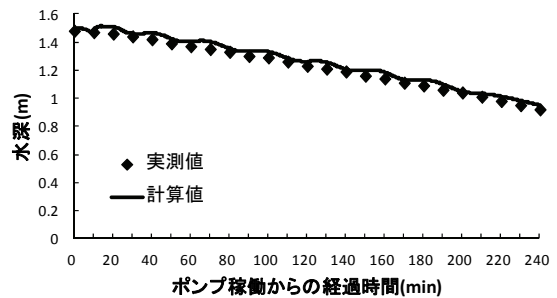


Fig.3 栄橋における水深変化
Variation of water depth at Sakae Bridge

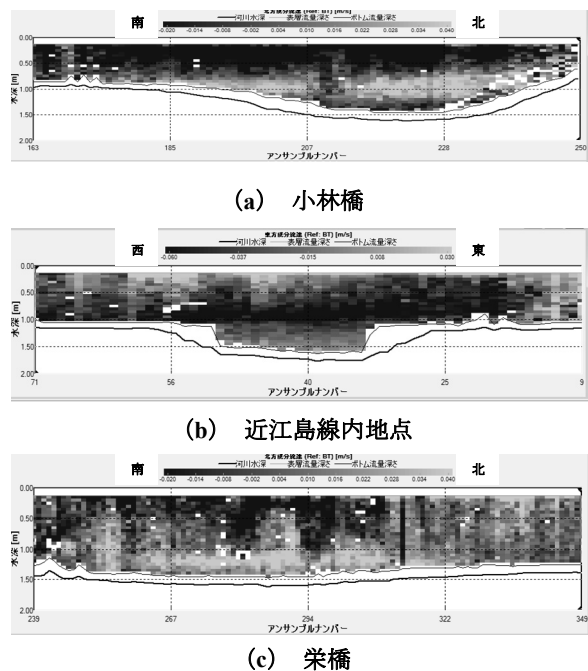


Fig.4 ADCP による流速分布
Flow velocity distribution with ADCP

※Fig.4 の左右は水路の左右岸に対応しており、近江島排水機場を下流端としている