

自浄作用を考慮した水質モデルを用いた矢場川流域での物質循環の把握

フジタ道路（株） ○古谷津 和希

足利工業大学工学部 上岡 充男

足利工業大学工学部 長尾 昌朋

1. はじめに

矢場川は太田頭首工に源を発し、栃木・群馬両県の県境に位置する栃木県足利市、群馬県太田市、邑楽町、館林市を流れる一級河川である（図-1）。流域面積は 81.1km²、流路延長は21.3kmである。かつての矢場川は水質状況が悪く、清流ルネッサンスなどの水質改善事業が行われていた。現在は、目標を達成したため事業は終了している。今後も矢場川の水質は維持されると期待しているが、その動向には着目しなければならない。そこで、本研究では、矢場川の物質循環を把握することを目的とし、図-2 のような有機物の発生、流域内での流下と河川への排出、河道での流下の過程について検討する。

2. 原単位法を用いた TOC 排出負荷量の推定

矢場川流域の北部は足利市渡良瀬川以南とほぼ同じなので、足利市南部の統計データ¹⁾を基に原単位法を用いてこの地域から排出される有機物を推定する。この地域には一部下水道が普及しているが、下水処理場から渡良瀬川に排出されるので、ここでは除外する。表-1 の統計データに COD 発生原単位²⁾を乗じ、単位を換算した結果を要因毎の COD 発生負荷量として表-2 に示す。家庭排水の原単位は、し尿 9g/人/日、雑排水 15g/人/日、単独浄化槽処理率 61%を使用した。商業排水は家庭排水の 23%とした。面源の原単位は、水田 42.9kg/ha/年、畑地 19.1kg/ha/年、宅地 51.1kg/ha/年、山林 20.7kg/ha/年、その他 51kg/ha/年を使用した。畜舎排水の原単位は、牛 15.2g/頭/日、豚 5g/頭/日、鶏 0.3g/羽/日を使用した。工場排水には、中分類毎の原単位と工場内処理率 81%を使用した。足利市南部からの COD 発生負荷量の合計は 12.754g/s と推定された。参考文献³⁾より TOC=COD/1.29 を用いて TOC に換算すると 9.887g/s となった。

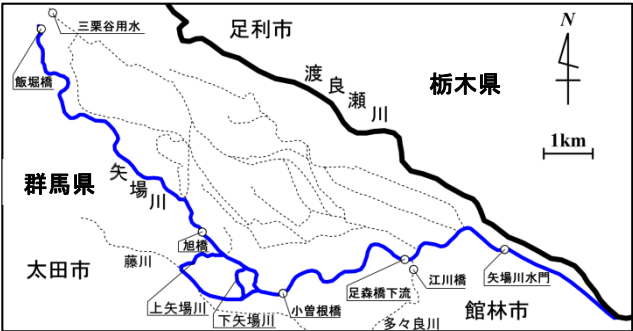


図-1 対象流域と調査地点

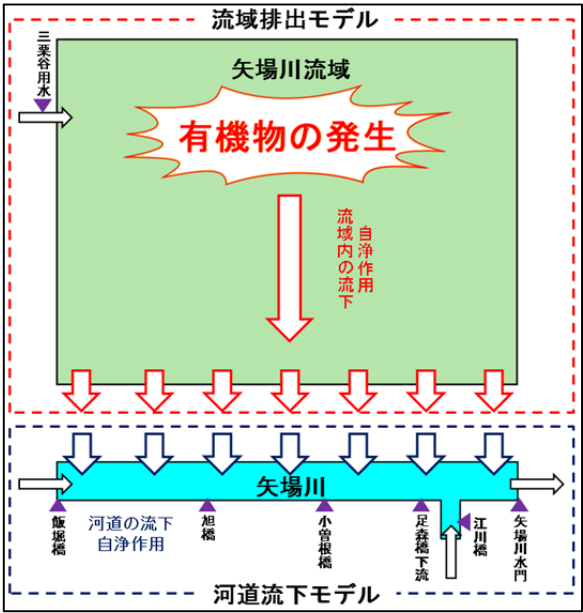


図-2 流域での有機物の移動

表-1 足利市南部の統計データ（推定値を含む）

人口	土地利用					畜産			工業製品出荷額
浄化槽利用	水田	畑地	宅地	山林	その他	牛	豚	鶏	工場内処理
人	ha	ha	ha	ha	ha	頭	頭	羽	百万円
13,334	1,353	365	979	39	645	1,637	1,384	0	22,642

表-2 矢場川流域からの COD 発生負荷量 (単位: g/s)

家庭排水	広域的な排水					畜舎排水			工場排水	商業排水
浄化槽利用	水田	畑地	宅地	山林	その他	牛	豚	鶏	工場内処理	浄化槽利用
2.857	1.840	0.221	1.586	0.026	1.043	0.288	0.080	0.000	4.156	0.657

3. 矢場川の水質状況

対象流域と調査地点を図-1 に示す. 調査地点は矢場川本川上で 5 地点と, 影響の大きいと考えられる支川, 流域への農業用水路の合計 7 地点で測定を行った. 各地点において現地では流量の測定を行い, 試料を採水した. 採水した試料は実験室に持ち帰り, TOC などを測定した. 各測定地点の TOC 濃度と流量を掛け合わせると, 河川を単位時間に流下する有機物の質量が得られる. このようにして求めた矢場川における TOC 流下負荷量を図-3 示す. TOC 流下負荷量は流下するにつれて値が大きくなっていることがわかる. これは, 流域からの有機物の排出によるものと考えられる.

4. 自浄作用を考慮した水質モデルの適用

河川や小水路では流下過程において自浄作用を考慮する必要がある. 河道内の流下過程における水質変化は式(1)で表わされる.

$$U \frac{dL}{dx} = -KL + L_0 U \quad (1), \quad L_E = L_G e^{-\frac{K}{U}\ell} \quad (2), \quad L_0 \ell = \frac{K}{U} \ell \frac{L_D - L_U e^{-\frac{K}{U}\ell}}{1 - e^{-\frac{K}{U}\ell}} \quad (3)$$

ここで, x は流下距離, L は TOC 負荷量, U は平均流速, K は自浄係数, L_0 は流入する TOC 負荷量である. 流域で発生する TOC は 9.887g/s , 他流域から三栗谷用水を通じて矢場川流域に供給される TOC は 1.135g/s なので, その合計の $L_G = 11.022\text{g/s}$ が, 図-2 の流域排出モデルのように, 流域の中心から排水路を通じて矢場川に流下し, 流下の過程において浄化されると考える. 式(1)は式(2)に変形できるので, 流域の中心からの距離を $\ell = 6000\text{m}$, 流域内の主な排水路で測定した平均流速として $U = 0.231\text{m/s}$, 参考文献⁴⁾に記載した我々の研究から $K = 1.91 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ とすると, 矢場川へ排出される TOC 排出負荷量は $L_E = 6.704\text{g/s}$ となった. また, 図-2 の河道流下モデルのように, 流下に伴う自浄作用と均等に流入する有機物を考慮すると, 式(1)は式(3)に変形できるので, 図-3 の実測値から矢場川へ流入する TOC 流入負荷量を求められる. 計算は飯堀橋から旭橋, 小曾根橋から足森橋下流, 足森橋下流から矢場川水門の 3 区間にわけて考え, 流下距離はそれぞれ $\ell = 6800\text{m}$, 3500m , 2500m とした. 矢場川の平均流速として $U = 0.35\text{m/s}$, K は前述の値を使用した. 水質調査の実測値から求められた矢場川へ流入する TOC 流入負荷量は 7.318g/s となる. 両者は概ね同じ値となった.

5. まとめ

原単位法を用いた結果, 足利市南部からの TOC 発生負荷量は 9.887g/s と考えられる. 用水路を通じて供給される TOC 負荷量 1.135g/s と合わせて, 流域排出モデルを使用すると矢場川に排出される TOC 排出負荷量は 6.704g/s となった. また, 矢場川の水質調査で得られた実測値を利用すると, 河道流下モデルより, 流域から矢場川に流入する TOC 流入負荷量は 7.318g/s となった. 流域から矢場川へ移動する有機物に関して両者は概ね同じ値となった. そのため, 本研究のモデルを用いて矢場川流域の物質循環を把握できることがわかった.

参考文献

1) 足利市: 統計あしかが 2010 年 (平成 22 年度版), 2011. 2) 流域別下水道整備総合計画制度設計会議編: 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説, 社団法人日本下水道協会, 2008. 3) 厚生労働省: 有機物の指標について (TOC の基準値案について), <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2003/02/s0217-5d.html>. 4) 古谷津ら: 矢場川中流における合流・分流の流下過程と水質予測モデルの検討, 関東支部技術研究発表会, 2012.

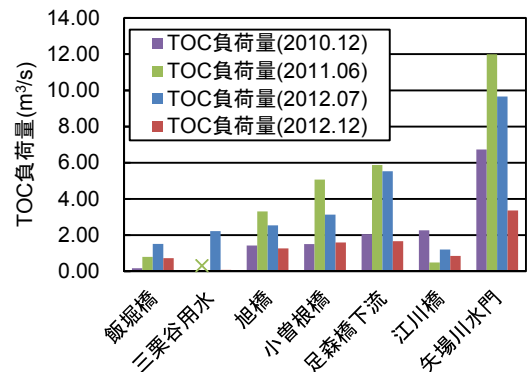


図-3 TOC 流下負荷量の分布