

渡良瀬川流域での有機物に関する物質循環の把握

足利工業大学工学部 正会員 ○長尾昌朋
 足利工業大学工学部 正会員 上岡充男

1. はじめに

渡良瀬川は、日光市と沼田市の境にある皇海山を源流とし、主に群馬県と栃木県の県境を流れる、全長107.6km、流域面積2,621km²の一級河川である。水質汚濁が懸念される支川を抱えているものの、現在の渡良瀬川本川の水質は環境基準 A または B を満たしている。この水質を守るためには、流域および河道での有機物の移動を把握しなければならない。そのため、まず、渡良瀬川流域で発生する有機物負荷量を推定し、自浄作用を考慮して渡良瀬川へ排出される負荷量を推定した。次に、当研究室で行ってきた渡良瀬川の水質調査結果から、流域から渡良瀬川へ流入する負荷量を推定した。そして、これらの負荷量の一致を確認することで、渡良瀬川流域での有機物の移動について把握する。

2. 各自治体の COD 発生負荷量と支川での自浄作用の影響

渡良瀬川の流域には、日光市、みどり市、桐生市、足利市、佐野市、岩舟町、邑楽町の全部または一部が含まれる。自治体での COD 発生負荷量を推定するために原単位法を用いた。自治体の統計情報¹⁾として、人口(下水道、農業集落排水処理等、合併浄化槽、単独浄化槽)、土地利用(水田、畑地、市街地、山林、その他)、畜産(牛、豚、鶏)、工業製品出荷額(中分類)を用いた。COD 発生原単位²⁾として、家庭排水の場合、下水道利用では 2.5g/人・日、農業集落排水処理等では 5.0g/人・日、合併浄化槽では 7.7g/人・日、単独浄化槽では 23.1g/人・日を用いた。広域的な発生については、水田 42.9kg/ha・年、畑地 19.1kg/ha・年、市街地 51.1kg/ha・年、山林 20.7kg/ha・年、その他 51.0kg/ha・年を用いた。畜産排水は、牛 15.2g/頭・日、豚 5.0g/頭・日、鶏 0.3g/羽・日を用いた。工場排水は、中分類ごとの原単位を利用した。ただし、下水道を使う場合は排水量原単位と下水処理場の排水濃度 10.9mg/L を、工場内処理の場合は COD 発生原単位と工場での処理率 81%を用いた。営業排水は、家庭排水の 23%とした。統計情報と原単位とを乗じて推定した各自治体から発生する COD 負荷量を表 1 の自治体名の右欄に示す。

当研究室では渡良瀬川本川の4か所で水質調査を行っている。調査地点を基に流域を図1のように流域A~Dに区分した。自治体で発生するCOD負荷量を、流域での人口比率や面積比率を参考にして流域区分ごとに配分した。各流域で発生したCODは、支川を流下しながら自浄作用によって減少し、渡良瀬川に排出される。この自浄作用の評価には単純な水質浄化モデル $dL/dt = -KL$ を用いた。そのため、発生するCODを要因ごとに4種類に大別し、流域の特定地点から発生するものとし、



図1 調査地点と流域区分

表1 各流域の発生負荷量 (g/s) と排出負荷量 (g/s)

流域	A	B	C	D
日光市	275.7	32.7		
みどり市	51.2	35.8	0.4	
桐生市	55.4	17.2	30.2	
足利市	82.3		4.2	39.9
佐野市	91.5		0.3	89.0
岩舟町	13.9			5.1
邑楽町	25.2			24.1
COD 発生負荷量	85.7	35.1	39.9	146.0
人間活動の要因	みどり市	桐生市	足利市	佐野市
主な支川	渡良瀬川	桐生川	袋川	秋山川 旗川
流下距離	1900m	1900m	3800m	8300m
流速	0.32m/s	0.30m/s	0.19m/s	0.21m/s
COD 排出負荷量	26.4	26.5	26.9	68.0

キーワード：渡良瀬川，有機物の循環，原単位法，自浄作用

連絡先 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学 Tel. 0284-62-0605

地図や航空写真を参考にしてそれぞれの渡良瀬川までの流下距離を決定した。分類は、下水道を利用するもの（下水処理場から）、家庭の浄化槽や工場など人間活動に起因するもの（市街地の中心から）、山林の負荷量（山林の中心から）、それらに分類できないその他の負荷量（流域の中心から）とした。さらに、水質浄化モデルには、電磁流速計を用いて測定した渡良瀬川上流と各流域の代表支川の流速と、参考文献³⁾より自浄係数 $1.91 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ を使用した。このようにして算出したCOD排出負荷量を表1に示す。

3. 渡良瀬川本川での TOC 流下負荷量の変化の要因

図1に示す渡良瀬川本川の4か所と2か所の頭首工で水質調査を行ってきた。現地では流量測定と採水を行い、実験室で水質測定を行った。有機物の指標としてTOCを用い、流量とTOC濃度の積からTOC流下負荷量を求めた。2007年から2013年までの実測結果を図2に示す。ただし、頭首工に関しては渡良瀬川から取水される値である。

このようなTOC流下負荷量の変化は、自浄作用、流域からの有機物の流入、頭首工による取水が要因と考えられる。そこで、河道を細分してそれぞれの区間に単純な水質浄化モデルを適用した。水質浄化モデルには、図3に示す本川での断面平均流速、地図から測定した流下距離、前項と同じ自浄係数を用いた。また、流域からの流入負荷量を細分した区間の間に均一に加えると同時に、頭首工では取水分の負荷量を減じた。そして、図2の実測値に合うように流域からのTOC流入負荷量を求めた。

原単位法によって推定したCOD排出負荷量と実測値から求めたTOC流入負荷量を比較した結果を図4に示す。参考文献⁴⁾より $\text{TOC} = \text{COD} \div 1.29$ を利用してCODをTOCに換算した。図4からこれらはほぼ一致していることがわかる。

4. まとめ

各自治体の統計情報をもとに、原単位法を用いて有機物の発生負荷量を決定した。さらに、この有機物が渡良瀬川に達する過程で自浄作用を受けるので、簡単な水質浄化モデルを適応して渡良瀬川への排出負荷量を算出した。一方、自浄作用を考慮して渡良瀬川での実測値から求めた流入負荷量と比較したところ、ほぼ一致する結果となった。よって、原単位法および水質浄化モデルを用いて、渡良瀬川流域の有機物に関する物質循環が把握できたと考えられる。

謝辞 本研究の遂行にあたり当研究室の卒研生、田代健太氏、飛田和磨氏、樋口和洋氏、宮下純氏の協力を得た。ここに記して感謝する。

参考文献 1) 各自治体のホームページ。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) 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。4) 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>。

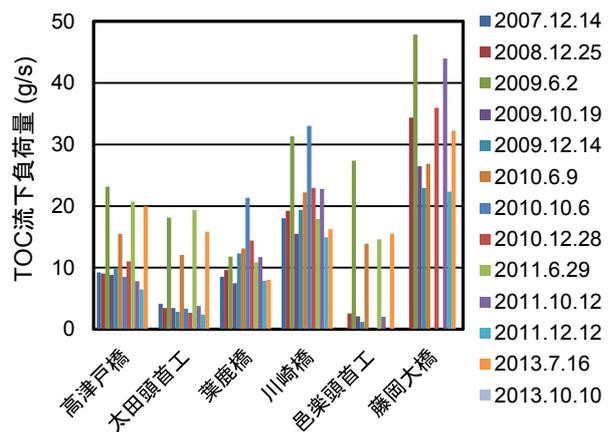


図2 渡良瀬川の TOC 流下負荷量

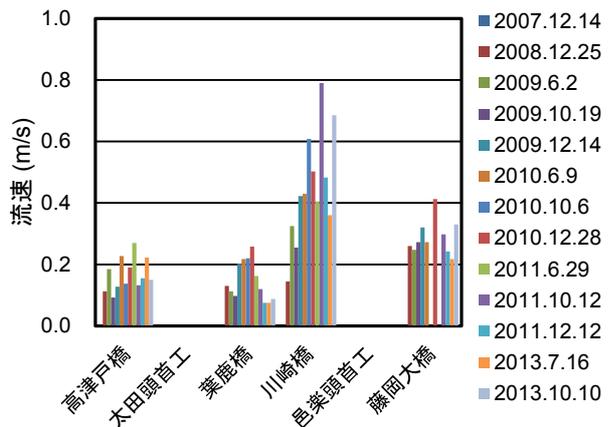


図3 渡良瀬川の流速

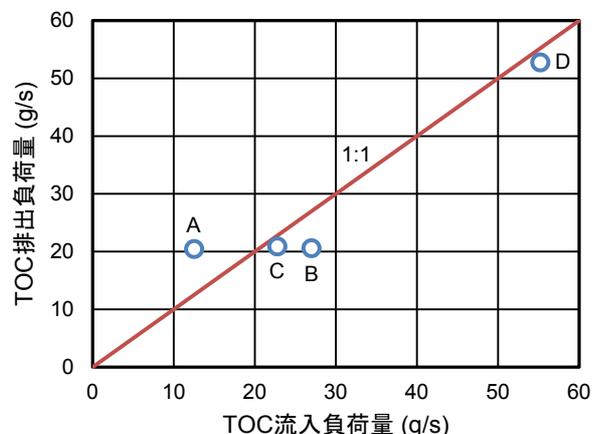


図4 TOC 負荷量の確認