

渡良瀬川流域での有機物の発生状況について

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、有機物に関して、流域での発生と移動および河道での移動を把握しなければならない。そのため、渡良瀬川流域で発生する有機物負荷量と、それが自浄作用によって減少して渡良瀬川へ排出される際の負荷量を推定した。これを、渡良瀬川の水質調査結果から求めた流域から渡良瀬川へ流入する負荷量と比較する。これにより、渡良瀬川流域での有機物の発生状況を把握する。

2. 各自治体のCOD発生負荷量と支川での自浄作用

図1に示すように、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、表1に示す人口(下水道利用, 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。また、COD発生原単位²⁾は表1に示すものを用いた。工場排水に関しては、中分類ごとの原単位を利用した。ただし、下水道を利用する場合は排水量原単位と下水処理場の排水濃度10.9mg/Lを、工場内で処理する場合は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に示す。発生量の多い項目として、工場排水(工場内処理), 広域的な排水(山林), 家庭排水(単独浄化槽)で全発生量の約70%を占める。



図1 調査地点と流域区分

表1 各自治体の統計情報とCOD発生負荷量

		日光市	みどり市	桐生市	足利市	佐野市	岩舟町	邑楽町	原単位	COD発生負荷量 (g/s)			
統計情報	人口 (人)	下水道利用	54,962	8,786	86,437	83,296	66,024	7,356	2,764	2.5g/人・日	家庭排水	8.98	
		合併浄化槽	12,688	16,665	10,073	12,357	10,514	2,410	8,030			7.7g/人・日	6.48
		単独浄化槽	24,161	26,449	25,210	58,813	48,256	8,762	16,234			23.1g/人・日	55.58
	土地利用 (ha)	水田	5,481	223	535	2,484	4,579	1,101	1,376	42.9kg/ha・年	広域的な排出	21.47	
		畑地	1,522	1,180	1,763	601	986	762	356	19.1kg/ha・年		4.34	
		市街地	5,553	1,855	3,764	5,169	5,348	925	1,249	51.1kg/ha・年		38.67	
		山林	126,400	17,057	20,760	8,491	22,707	1,667	60	20.7kg/ha・年		129.40	
		その他	6,031	508	634	1,037	1,987	219	71	51.0kg/ha・年		16.96	
	畜産 (頭羽)	牛	2,748	1,772	4,124	1,574	855	655	1,696	15.2g/頭・日	畜舎排水	2.36	
		豚	9,276	3,044	163,108	1,389	699	732	878	5.0g/頭・日		10.37	
		鶏	551,000	16,492	146,905	36,300	24,000	16,000	23,478	0.3g/羽・日		2.83	
	工業製品出荷額 (百万円)	下水道利用	387,273	84,740	210,886	346,053	325,453	35,477	193,407	(本文参照)	工場排水	16.87	
工場内処理		135.56											
営業排水	下水道利用								(本文参照)	営業排水	2.07		
	合併浄化槽										1.49		
	単独浄化槽										12.78		
COD発生負荷量 (g/s)		175.55	33.15	56.19	75.55	83.78	9.87	32.12			466.21		

キーワード：渡良瀬川, 有機物の発生と移動, 原単位法, 統計情報, 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

当研究室では渡良瀬川の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～流域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。表1に示すように上位3項目でCOD発生負荷量のかなりの部分を占めることから、発生するCODを4種類に大別し、流域の特定地点から発生するものとした。分類と発生地点は、下水道を利用するもの(下水処理場)、山林の負荷量(山林の中心)、水田と畑地の負荷量(農地の中心)、それら以外を人間活動に起因するもの(下水道処理区を除く市街地の中心)とした。地図などを参考にしてそれぞれ渡良瀬川までの流下距離を決定し、電磁流速計を用いて測定した各流域の代表支川の流速から流下時間を求めた。また、参考文献³⁾の自浄係数 $1.91 \times 10^{-5} s^{-1}$ を使用した。ダム湖の上流域から発生するCODは、流下時間がかかなり長くなるので、ほぼ分解されるとした。このようにして算出したCOD排出負荷量を表2に示す。人間活動に起因する負荷量が全排出量の約70%を占める。

表2 各流域の発生負荷量(g/s)と排出負荷量(g/s)

		流域A	流域B	流域C	流域D
日光市	175.55	18.30			
みどり市	33.15	21.85	0.46		
桐生市	56.19	10.71	29.57		
足利市	75.55		3.71	51.79	20.05
佐野市	83.78		1.27		82.51
岩舟町	9.87				3.57
邑楽町	32.12				31.63
COD発生負荷量		50.86	35.02	51.79	137.77
人間活動	発生負荷量	14.44	19.29	38.76	97.37
	発生の主要要因	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	6450m	3900m	4950m	6825m
	流速	0.28m/s	0.35m/s	0.24m/s	0.24m/s
	排出負荷量	9.26	15.59	25.97	56.39
COD排出負荷量		16.32	27.41	35.62	73.23

3. 渡良瀬川に流入するTOC負荷量

当研究室では2007年より年間2回程度の頻度で渡良瀬川の水質調査を行ってきた。図1に示す渡良瀬川の4か所と2か所の頭首工で流量測定と採水を行い、実験室でTOC濃度の測定を行っている。河道に対して、流域からの有機物の流入、頭首工による取水、単純な水質浄化モデルを用いた自浄作用を考慮した物質収支モデルを適用し、実測値に合うように流域からのTOC流入負荷量⁴⁾を求めた。これと原単位法と支川での自浄作用によって推定したCOD排出負荷量を比較した結果を図4に示す。参考文献⁵⁾より $TOC = COD \div 1.29$ 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。

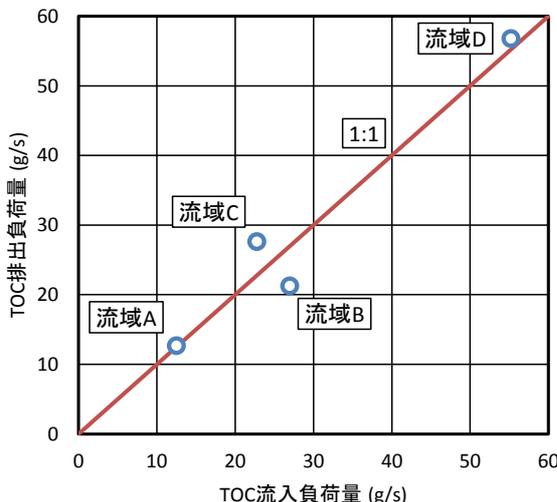


図2 排出負荷量と流入負荷量の比較

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流下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。この値は、物質収支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ほぼ一致する結果となった。よって、本研究で用いたモデルによって、渡良瀬川流域での有機物に関する発生状況が把握できたと考えられる。その結果から、人間活動に起因する有機物のうち下水処理場で処理されていないものがかなりの割合であることがわかった。

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) 長尾ら：渡良瀬川流域での有機物に関する物質循環の把握，年次学術講演会，2014。5) 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)，2003。