

富山県立技術短期大学

正 奥 川 光 治

正 能 登 勇 二

正 安 田 正 志

1. はじめに 湖沼・内湾などの閉鎖性水域や沿岸域の富栄養化の防止のため、流域の物質循環を解明することが焦眉の課題となっており、とくに河川を通じての有機物や栄養塩などの汚濁負荷が重要視されてきている。ところが、河川を通じての汚濁負荷量は従来、工業・農業など産業活動から発生する量や生活排水に由来する発生量等を統計資料から算出し流出率を乗じて求めること（原単位法）が多い。したがって、それは臆測されたものではなく、流域の物質循環における河川の役割を正しく評価するには不十分である。本研究は一定流域の物質循環を解明することを目的とするが、その第一歩として今回は農村域小河川の3地点での調査結果をもとに、河川における汚濁流出について流量と負荷量の関連を中心に解析したのでここに報告する。

2. 調査概要 調査対象の河川は富山県内農村域の小河川である下条川である。調査は予備調査を含めて1980年6月18日から行っており、現在も継続中である。採水は隔日に行っており、採水地点は9月2日までは3地点、それ以後は2地点（A、C）である。下条川流域の概況を図-1及び表-1に示す。A地点より上流の流域Iは山林が66.8%を占め、農耕地がそれに次いでおり、集落が散在している。A、B両地点間の流域IIは農耕地が39.4%を占めているが、人口10,000人弱のニュータウンが丘陵地に造成されほぼ完成している。団地の下水は活性汚泥法で処理されB地点のすぐ上流で下条川に放流されている。B、C両地点間の流域IIIは農耕地が46.8%を占めているが、小杉町の旧市街が位置しており、中小工場も数多く存在している。一部都市下水路は敷設されているが処理はなされていない。調査の項目は表-2に示すとおりであり、表-3の計算式を使ってデータを処理している。

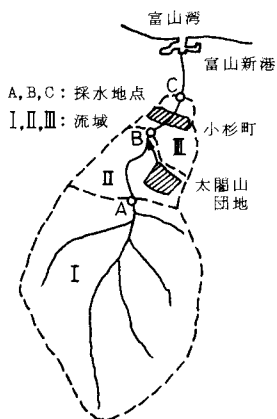


図-1 下条川流域図

表-1 下条川流域概況 () 内は流域面積に占める% 面積単位 km²

流域	流域面積	山林	田	畑	市街地	工業地	その他	人口	牛	鶏
I	26.6	17.77 (66.8)	4.16 (15.6)	0.60 (2.3)	0.60 (2.3)	0.0075 (0.0)	3.46 (13.0)	2019 ⁴	61 ⁵	5010 ⁶
II	5.0	0.37 (7.4)	1.92 (38.4)	0.05 (1.0)	0.85 (17.0)	0.005 (0.1)	1.81 (36.2)	11588	20	0
III	3.7	0.02 (0.5)	1.73 (46.8)	0.00 (0.0)	0.94 (25.4)	0.15 (4.1)	0.86 (23.2)	8710	4	0

3. 流量と負荷量 河川の流出負荷量は流域の土地利用や地質、降雨量、降雨強度、先行無降雨日数、河川流量等に規定されると考えられる。ここでは簡単に、従来から用いられている経験式 $L = R_n \cdot Q^n$ (L: 負荷量、Q: 流量、 R_n , n : 定数) で河川の流量と負荷量の関係を

表-3 データ計算法

$P-COD = T-COD - S-COD$
 $T-N = T-Org.N + Inorg.N$
 $S-N = S-Org.N + Inorg.N$
 $P-N = T-N - S-N (= P-Org.N)$
 $T-Org.N = T-Kje.N - NH_4^+-N$
 $S-Org.N = S-Kje.N - NH_4^+-N$
 $Inorg.N = NH_4^+-N + NO_2^--N + NO_3^--N$
 $P-P = T-P - S-P$
 T-: 全試料 S-: 溶解性区分
 P-: 浮遊性区分 Org.: 有機態区分
 Inorg.: 無機態区分

表-2 調査項目

項目	方法
流量	流速計または浮子により流速を測定
水温	メータ
DO	メータ
電気伝導率	メータ
pH	比色pH計
SS	上 (メンブランフィルター法)
Chl.a	アセトン抽出
T-COD	下 (重クロム酸法)
S-COD	リウムによる方法
T-Kje.N	下 (ケルダール法)
S-Kje.N	フェノール次亜塩素酸法
NH ₄ ⁺ -N	上 (GR法)
NO ₂ ⁻ -N	上 (フェノールジスルホン酸法)
NO ₃ ⁻ -N	上
T-P, S-P	上

上: 上水試験方法, 下: 下水試験方法

表示することを試み、定数 R_n , n が同一河川でも採水地点によりいかに変動するが検討することにする。なお、解析には3地点で採水を行っていた1980年7月2日~9月2日のデータを用いることにする。表-4は各水質項目ごとの R_n , n の値、相関係数 r 、データ数 N を示している。まず流量と負荷量の相関につ

いてみると、ほぼ全項目、3地点とも相関は強く ($r \geq 0.7$)、 $r < 0.7$ となるのはC地点のP-CODのみである。P-COD以外でも、SS、Chl. a、T-COD、P-N、 NO_3^- -NではC地点のrがA、B地点より小さくなっている。これらの項目は浮遊性物質または NO_3^- -Nなどnの大きい項目であり、降雨時の汚濁流出の態様が日によって違っていることや都市下水の影響を受けていることなどによりデータがばらつくのではないかと考えられる。A地点の NO_2^- -Nのrが小さいのは低濃度のためのデータのばらつきによると思われる。次にnの値についてであるが、 $n > 1$ は流量増加より負荷量増加が大きいことを示しており、 $n < 1$ はその逆を示している。COD、N、Org.Nそれぞれについて全試料(T)、溶解性区分(S)、浮遊性区分(P)のnの値を比較してみると $P > T > S$ となっており、 $P: n = 1.1 \sim 1.7$ 、 $T: n = 1.0 \sim 1.3$ 、 $S: n = 0.8 \sim 1.1$ の値となっている。ちなみに、SS、Chl. aでは $n = 1.4 \sim 1.9$ となっている。同様に、3態のInorg.Nについてnの値を比較すると、 NO_3^- -N $>$ NH_4^+ -N $>$ NO_2^- -Nとなっており、 NO_3^- -Nでは1.2前後を示している。以上から、流量増加より負荷量増加が大きいという傾向は浮遊性物質や NO_3^- -Nで強いといえる。最後に、nの値を3地点間で比較検討する。図-2はn、nの値の3地点での大小関係を模式的に示したものである。SS、Chl. a、P-COD、P-Nという沈殿などの自浄作用を受ける浮遊性物質ではnの値が3地点間で $A > B > C$ という大小関係になっている。nの値はC地点ではばらついているが $B > A$ となっている。T-COD、S-COD、T-Org.N、S-Org.Nという都市下水の影響が出ると考えられる有機性物質ではnの値が $A > C > B$ 、nの値が $B, C > A$ となっている。都市下水の影響が出ただけでなく有機物の分解で生成すると考えられる NH_4^+ -N、 NO_3^- -Nやそれらに規定されているT-N、S-N、Inorg.Nではnの値が $C > A > B$ 、nの値が $B > C > A$ となっている。流域からの発生量は多くなく NH_4^+ -Nの酸化で生成すると考えられる NO_2^- -Nではnの値が $C > B > A$ 、nの値が $B > C > A$ となっている。

4. おわりに 河川における汚濁流出を $L = k \cdot Q^n$ で表示した場合、k、nの値が流下方向でいかに変動するが農村域小河川の3地点での調査をもとに検討し、若干の興味のある結果が得られた。今後も同様の調査を継続してデータを蓄積し季節変化等について検討するとともに、流域からの発生負荷量など社会的・自然的環境との関係も詳細に検討していく予定である。なお、リンのデータについては検討中であり別の機会に報告する予定である。最後に、調査に御協力いただいた小杉町役場関係者各位に謝意を表したい。

表-4 $L = k \cdot Q^n$ 1980.7.2-9.2 (L: g/sec, Q: m³/sec)

	地点	k	n	r (N)		地点	k	n	r (N)
SS	A	21.6	1.62	0.91 (32)	P-N	A	0.143	1.10	0.78 (28)
	B	18.5	1.81	0.95 (32)		B	0.107	1.44	0.87 (27)
	C	12.9	1.85	0.90 (32)		C	0.101	1.35	0.71 (31)
Chl. a	A	0.0146	1.42	0.95 (29)	T-Org.N	A	0.524	1.00	0.90 (30)
	B	0.0115	1.55	0.95 (29)		B	0.416	1.15	0.92 (31)
	C	0.00829	1.61	0.88 (30)		C	0.440	1.18	0.91 (31)
T-COD	A	10.0	1.04	0.94 (32)	S-Org.N	A	0.356	0.88	0.78 (30)
	B	7.29	1.31	0.96 (32)		B	0.291	0.95	0.80 (31)
	C	7.93	1.26	0.93 (32)		C	0.296	1.10	0.81 (32)
S-COD	A	6.75	0.89	0.91 (32)	Inorg.N	A	0.360	1.09	0.96 (32)
	B	4.67	1.08	0.87 (32)		B	0.323	1.24	0.98 (32)
	C	5.81	1.10	0.88 (32)		C	0.596	1.11	0.96 (32)
P-COD	A	2.18	1.58	0.81 (32)	NH_4^+ -N	A	0.0863	0.91	0.84 (32)
	B	1.92	1.66	0.85 (31)		B	0.0606	1.20	0.95 (32)
	C	1.55	1.46	0.67 (32)		C	0.191	0.92	0.88 (32)
T-N	A	0.899	1.05	0.94 (30)	NO_2^- -N	A	0.00524	0.65	0.76 (32)
	B	0.758	1.19	0.96 (31)		B	0.00617	1.03	0.93 (32)
	C	1.05	1.14	0.96 (31)		C	0.0226	0.80	0.85 (32)
S-N	A	0.746	1.01	0.93 (30)	NO_3^- -N	A	0.256	1.19	0.96 (32)
	B	0.640	1.11	0.95 (31)		B	0.254	1.26	0.98 (32)
	C	0.926	1.10	0.95 (32)		C	0.375	1.20	0.96 (32)

r: 相関係数 N: データ数

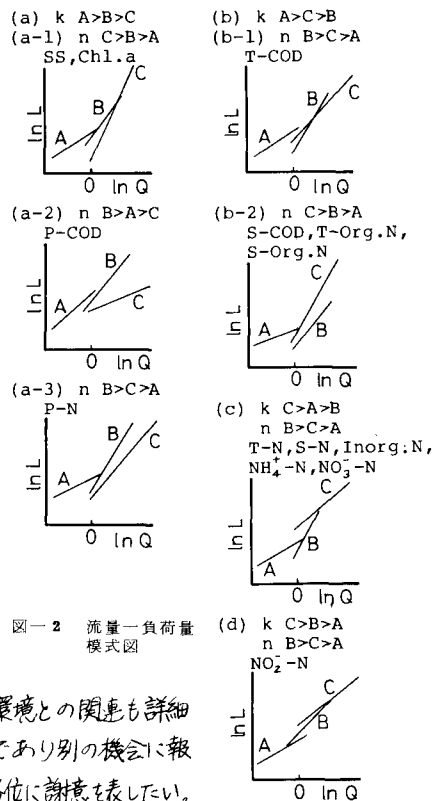


図-2 流量-負荷量 模式図