河川の汚濁負荷流達率に関する研究（その５）
晴天時における減少係数について

山口大学工学部　正員○浮田正夫　正員　関根雅彦
正員　中西　弘

１．はじめに

最近，閉鎖性水域の水質管理に関連して流入負荷量を正確に予測する方法の開発の必要性が高まっている。本研究は河川におけるポルートグラフの予測モデルにより，流入負荷量の季節変化を含めた予測を行う研究の一環として，晴天時における汚濁物質の減少，あるいはみかけの浄化係数の評価を試みたものである。

２．研究目的

研究目的は晴天時における汚濁負荷（ＣＯＤ，ＢＯＤ，Ｎ，Ｐ）の流達率を調べ，これを流程の関数として表現して，減少係数を求めることである。今回は主として流出段階の減少係数について述べる。

３．研究方法

(1) 晴天時流出負荷の実測　宇部，山口周辺の中小河川１３流域（表１）について，２～５回の通日調査を行った。昭和５６年１２月～翌１月（１０流域2時間毎），昭和５８年８月（１２流域3時間毎），昭和５９年８月（１０流域3時間毎分析はコンポジット）等，延４０回の調査である。分析項目はＳＳ，ＢＯＤ，ＣＯＤ（JIS酸性法），Ｋｊ-Ｎ，ＮO2,3,-Ｎ，ＴＰ等である。

(2) 排出負荷量の計算　原単位法により点源，面源に分けて求めた。使用した主な原単位は表２に示すとおりである。

(3) 晴天時流出率解析法　晴天時流出率（f_1）は次式により求める。

$f_1 = (C - C_o) \cdot Q / L$　‥‥‥ (1)　ここで，　Ｃ，Ｃo：河川水質，バックグランド水質（g/m3）
Ｑ：河川流量（10 m3）

流域外から農業用水の流入がある場合には，ｆ1 は(1)式にかえて次式によった。

$f_1 = (C - C_o) \cdot Q / (L + (C_a - C_o) \cdot Q_a)$　‥‥‥ (2)

ここで，Ｃa，Ｑa：農業用水の水質，流量　Ｌ：排出負荷量（点源のみ，あるいは点源＋面源）（kg/d）
流出率に係る減少係数ｋ1 は次式により求める。

$k_1 = -\log_e f_1 / x$　‥‥‥‥ (3)

ここで，　ｋ1 ：流出率に係る減少係数（1/km）　ｘ：平均流程（km）であり。ｘは各行政区ごとの流下距離を１万分の１または２．５万分の１地形図上で測定し，人口荷重平均して求めた。なお，一部については流域面積から山林原野面積を減じた可住地面積（Ｂ）の平方根で代用した。

(4) 晴天時流下率　晴天時流下率ｆ2 および流下率に係る減少係数ｋ2 はなるべく途中に流入のない河川上下２地点において流下時間を考慮した採水を行い，次式により算出した。

$f_2 = ((C_2 - C_o) \cdot Q_2) / ((C_1 - C_o) \cdot Q_1)$ ‥‥‥ (4)　ここで，Ｃ1，Ｑ1：上流地点の水質および流量，Ｃ2，Ｑ2：下流地点の水質および流量である。流下率に係る減少係数ｋ2 は次式で算出する。

$k_2 = -\log_e f_2 / y$　‥‥(4)　ここで，ｋ1 ：流出率に係る減少係数（1/km）ｙ：流下距離（km）

(5) バックグランド水質　河川水中には自然性負荷由来のそれ以上減少しないバックグランド水質があると考え，COD，BOD，TN，TPそれぞれ0.6，0.4，0.15，0.015(g/m3)の値を用いた。

４．研究結果

(1) 流出率に係る減少係数　表３に流出率に係る減少係数の算出結果を，点源排出負荷量のみに対する場合と，点源＋面源排出負荷量に対する場合の２ケースについて示す。BODやPについては両者であまり大きく違わないが，CODとNについては晴天時においても農業排水などの面源の影響が無視できないことがわかる。

中央値で比較してみると，前者の場合，COD 0.16，BOD 0.69，TN 0.23，TP 0.36となり，後者の場合は，それぞれ，0.33，0.70，0.41，0.43となる。すなわちBODが最も減少しやすく，TP，TN，CODの順にCODが最も減少しにくいことを示している。冬と夏では，BOD，TN，TPについては夏が減少しやすい傾向があるのに対して，CODは夏にむしろ悪くなる傾向がある。これは夏期，農業用水利用のためほとんどの河川で堰上げによる内部生産の増加や河床植物による生産の影響があるためではないかと推定される。

（2）減少係数と流域特性の関係　減少係数として得られる値はかなりばらついており，ここでは河川の汚濁度と整備状況に関連すると思われる排出負荷密度（L/B）と減少係数の関係をみるにとどめる。図１はこの関係をBODについて示したものである。溜池による減少が大であること，工場排水負荷の見積りが困難なことなどから明確な関係は見られないが，排出負荷密度が大きいほど減少係数が小さい傾向が伺える。

（3）流出段階と流下段階の減少係数の比較　表４は流出率に係る減少係数ｋ1と流下率に係る減少係数ｋ2の比較を示したものである。各項目とも概ね流出段階での減少係数の方が大きいことがわかる。これは流出段階における溜桝や溜池の存在，水の浸透効果などからうなずけることである。ｋ2 においてもＮの値が小さいのは農業排水の影響であると考えられる。

５．まとめ

中小河川の汚濁負荷流達率調査から以下のことが明らかになった。

1）晴天時流出率は平均流程の指数関数で表現可能で，０．３～０．７（1/km)程度の値が得られ，ＢＯＤで高く，ＣＯＤで低かった。

2）流出段階のｋ1より流下段階のｋ2の方が値が低く，流出段階での減少の方が大きいことを確認した。

3）晴天時においても農業排水等面源負荷の影響はとくにＮについて無視できない事を指摘した。

６．謝辞　最後に，協力いただいた徳丸敦君，上之園慎一君はじめ研究室の方々に深謝いたします。

表１　調査対象流域(1983)

流域名	流域面積 A(ha)	B(ha)	平均流程 X(km)	人口 （人）
厚南	1534	1061	3.0	29090
真締川	1206	473	1.5	14110
塩田川	503	487	2.1	21980
江頭川	145	58	1.4	4620
沢波川	547	164	1.5	3460
五反田川	367	110	1.4	3160
植松川	567	326	1.3	2750
小郡新川	466	247	1.6	13050
錦川	1050	500	2.2	17200
吉敷川上	2005	247	3.2	1540
吉敷川下	4014	1175	4.8	28730
一之坂川	1109	222	2.0	13850
九田川	1932	720	4.2	10100

表２　点源の排出負荷原単位（ｇ／人・日）

発生源の種類		排出負荷原単位 COD	BOD	TN	TP
家庭し尿	汲み取り	2.2	1.3	4.3	0.52
	単独浄化槽	7.2	4.3	6.2	0.74
	合併浄化槽	3.6	2.2	4.4	0.61
	自家処分	0.2	0.3	1.3	0.02
	下水処理	3.0	1.4	4.8	0.52
家庭雑排水	無処理	12	24	1.5	0.40
	合併浄化槽	3.6	2.4	0.9	0.28
	下水処理	3.0	2.4	1.0	0.24
業務し尿	汲み取り	1.1	0.75	3.5	0.34
	単独浄化槽	3.8	2.3	5.1	0.48
	合併浄化槽	1.9	0.75	3.6	0.39
	下水処理	1.6	0.75	3.9	0.34
業務雑排水	無処理	8.3	16.7	1.04	0.21
	合併浄化槽	2.5	1.7	0.62	0.15
	下水処理	2.1	1.7	0.68	0.13
食品工業排水(S52ｺｽﾄ) (kg/d／億円/y)		1.5	3.0	0.5	0.1

表３　晴天時流出率に係る減少係数算出結果(1/km)

	ｋ1(点源のみ考慮) COD	BOD	TN	TP	ｋ1'(点源と面源を考慮) COD	BOD	TN	TP
中央値	0.16	0.69	0.23	0.36	0.33	0.70	0.41	0.43
平均値	0.25	0.76	0.23	0.42	0.36	0.79	0.45	0.46
冬(n=14)	0.30	0.68	0.13	0.32	0.43	0.70	0.39	0.39
夏(n=26)	0.22	0.80	0.29	0.47	0.33	0.85	0.49	0.50
s.d.(n=40)	0.32	0.50	0.34	0.40	0.36	0.54	0.39	0.34

表４　流出過程および流下過程の減少係数の比較(1/km)

		COD	BOD	TN	TP
流出過程の減少係数(ｋ1)	中央値	0.33	0.70	0.41	0.43
流下過程の	S50.3(n=17)中央値	0.12	0.22	0.01	0.14
減少係数(ｋ2)	S58.8(n=20)中央値	0.07	0.18	0.06	0.09
	両中央値の平均	0.10	0.20	0.04	0.12

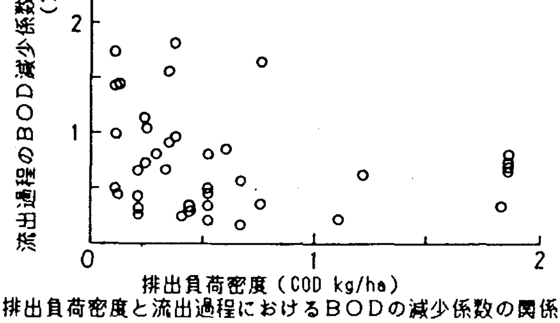

図１　排出負荷密度と流出過程におけるＢＯＤの減少係数の関係