

1. はじめに

河川の自浄作用、換言すれば、流達率（流出率）の評価は、流下区間の物質収支の取り方およびその精度に左右される。河川の自浄作用が場所の関数であることは理解されているものの、時間の関数であることにはあまり注意が払われていたとは言えない。どういう流量状態で、かつ、どの程度の期間の自浄作用あるいは流達率であるのか明確に定義されないまま用いられることが多い。もちろん、河川の流下過程で微生物によって有機物が分解され、水質が形態変化する作用を究明することは重要であるが、一旦、沈殿・吸着した物質が底質と係わり合う場合は現象が複雑になり、一過的に流下する物質の反応時間（接触時間）より残存物質の実質的な変化や滞留時間が問題となる。とくに、流下距離が短いあるいは流下時間の小さい場合は、後者の問題が重要となる。ここでは、霞ヶ浦流入河川で、市街地を流下する山王川と備前川における晴天時および降雨時の流下に伴う負荷量変化と流達率（流出率）の関係について検討を行なうことにする。

2. 対象河川の流域特性

山王川は中流部で石岡市街地を流下し、霞ヶ浦高浜入に流入する流域面積13.7km²、流路長 7.8kmの小河川で、生活排水と工場排水が流量の半分近くを占める都市排水路的な河川である。備前川は中・下流部で土浦市の近郊住宅街を流下し、霞ヶ浦土浦入に流入する流域面積 7.3km²、流路長 5.7kmの小河川で、中流部が人工的な堀割水路であり、生活排水の流入量が多い。山王川の河床勾配は約 3‰であるのに対して、備前川のそれは 0.5‰とさらに小さい。流域人口は山王川では22,408人、備前川では14,483人であり、既成市街地の山王川流域に対してまだ住宅開発の行なわれている備前川流域とでは、流域内地表面の安定度が異なる。山王川は河川幅4.2mで、両側面コンクリート板、底面床固めの水路である。解析対象とした市街地下流2地点の流下区間は2.85kmで、途中小さな堰止め構造物が存在する。晴天時の平均流速は上流側地点で 0.55m/sec、下流側地点で 0.30m/secで、平均流下時間は 120～160 分である。備前川の観測区間の大半は両側面が鋼矢板の水路であり河川幅6.6m、晴天時の平均流速は上流側地点で 0.12m/sec、下流側地点で 0.26m/secで、平均流下時間は2.32kmを 120～240 分である。下流側地点の100m直前に高い堰止め構造物が一つ存在する。

3. 流下に伴う流出負荷量の変化

山王川の場合、石岡市街地下流端を上流側地点、霞ヶ浦への流入端に近い地点を下流側地点とし、両地点の流出負荷量とその差を2回の晴天時24時間調査の平均値と、58mmの降雨の32時間調査の流出負荷量として示したのが表-1である。晴天時24時間調査は 100mmを超える豪雨の4日後の高流量時と長期間晴天が継続した冬季の低流量時の2回である。両地点間は水田・

表-1 山王川市街地下流区間2地点の流出負荷量とその増減

	上 流		下 流		増 減	
	晴天時	降雨時	晴天時	降雨時	晴天時	降雨時
流 量	38,900	173,000	43,200	208,000	4,300	35,000
SS	779	17,000	837	22,000	58	5,000
Cl	1,240	2,299	1,236	2,762	- 4	463
T-COD	346	2,552	317	3,117	-29	565
P-COD	135	1,914	123	2,177	-12	263
T-N	173	612	181	776	8	164
PTN	30.3	279	22.8	300	- 7.5	21
T-P	28.8	94	26.7	153	- 2.1	59
PTP	10.2	71	9.8	129	- 0.4	58

[流量 (m³/日) ; 晴天時負荷量 (kg/日) ; 降雨時負荷量 (kg/32時間)]

[調査期間: 1979年 6月～1980年 8月]

畑地の流域で河川からの取水はなく、少量ながらその排水を受けて流量は若干増加する。晴天時の場合は、SSと T-Nを除いて、流下に伴い流出負荷量が減少している。冬季の低流量時はほとんどの水質項目で減少となり、豪雨後の高流量時はほとんどの水質項目であまり差がないが、若干下流で多いものがあった。降雨時の場合、下流側地点では全ての水質項目で増加しており、晴天時の河床の沈殿・堆積物質や河床付着生物の流出の寄与の大きいことが原因と考えられる。とくに、流量ピークまでの降雨時流出部での懸濁物質の流出負荷量のウェイトの大きさは、この事実を反映している。

備前川の場合、上流部の台地上の宅地開発に伴う裸地化により、土粒子を主とする無機態の懸濁物質の流入が多い。さらに、中流部の比較的密集度の高い市街地から有機態の懸濁物質の流入があるが、下流側地点の 100 m 上流までの河川幅 6.7 m の堰止められた状態の水路床に沈殿・堆積することが推測される。下流側地点での流出負荷量に加えてこの流下区間における相当量の排出負荷量の存在が考えられるが、表-2 のように上流側地点での流出負荷量と同程度の増加であった。両地点間の流量の増加や家庭排水・事業所排水の流入を考えると、晴天時にははるかに多くの流入負荷量があり、水路が沈殿池の役割を負っていることがわかる。降雨時の例は、2 時間半の間に 40mm の豪雨があった場合で、観測時間は 26 時間である。この降雨強度の強い降雨によって、上流側地点には大量の土砂が流入したが、下流側地点ではそれをはるかに下回る流出負荷量となり、流下区間での沈殿量の大きさが予想できる。

4. 結果の検討

両河川の流域特性や負荷の違いのほか、流下区間の水路形状や水理特性の違いの影響も大きいと考えられる。山王川は一部を除き水深は浅く流速は大きいのに対して、備前川は流量に比して水路断面が大きく、堰止め効果によって水深が深く流速も小さい。中流部までに大量の負荷量が流入した山王川の下流区間、中・下流部が堀割のように沈殿池の役割を有した備前川のいずれも、晴天時のみの流出負荷量による自浄作用あるいは流達率（流出率）は、見掛け上あるいは一時的な値として算定できるが、一定の期間における長期的な自浄作用あるいは流達率（流出率）とはかなり異なるものと考えられる。降雨時に河川に流入する負荷量を正確に押えれば、河床内の沈殿・堆積物質の寄与を精度よく求めることができるが、かなり長い流下区間ではそれも困難である。また短い流下区間でも、河床内の沈殿・堆積物質を正確に捉えることはむずかしいが、河床内での沈殿・堆積物質量の不均一さをカバーするサンプリング数の多さでこれを捕う必要がある。

5. おわりに

ここでは、注目した物質の流下過程における水質変化に触れなかったが、注目物質の実質的な流下時間を明らかにすることが、流下過程の反応時間あるいは貯留時間と、期間流達率（流出率）を求める期間の長さを設定する上で極めて重要であると考えられる。大きな降雨流出で河床が一新されて、次の大きな降雨によって河床がまた一新されるまでが、最も短い期間の長さとして考えるのも、この種の問題では一案ではなかろうか。

表-2 備前川市街地上下流区間 2 地点の流出負荷量とその増減

	上 流		下 流		増 減	
	晴天時	降雨時	晴天時	降雨時	晴天時	降雨時
流 量	2,030	14,000	6,830	46,300	4,800	32,300
SS	36.7	5,549	68.0	3,125	31.3	-2,424
Cl	97.0	216	321	954	225	738
T-COD	30.8	289	84.3	565	53.5	275
P-COD	12.0	207	25.8	280	13.8	73.0
T-N	13.9	58.0	30.9	258	17.0	200
PTN	1.60	15.0	1.96	102	0.36	86.0
T-P	3.04	10.1	7.89	36.2	4.85	26.1
PTP	0.34	8.0	1.71	15.7	1.37	7.71

〔流量 (m³/日) ; 晴天時負荷量 (kg/日) ; 降雨時負荷量 (kg/32時間) 〕

〔調査期間：1982年 7月～8 月〕

【引用文献】

- 1) 海老瀬ほか：水質汚濁研究, Vol. 6, No. 2, pp. 25～35, (1983)