

自動監視データからみた汚濁物の流出特性に関する研究 (II)

立命館大学理工学部 正員 ○西本 安範

山田 淳

1. まえがき 公共用水域の保全のために、汚濁負荷流出挙動に関する実態把握とモデル化に関する研究がおこなわれている。とくに最近では、既存モデルの整理や汎用性¹⁾についての検討もおこなわれている。一方、著者らも下水道未整備地域の小排水路での実測結果²⁾や、大河川での自動監視の資料^{3), 4), 5), 6)}をもとに、流出挙動の特性や、モデルについての検討をおこなっている。今回は、淀川水系桂川で実測した結果⁷⁾と同期間に自動監視装置によって測定された資料をとりあげ、晴天時ならびに雨天時での流出挙動を述べるとともに、シミュレーションモデルについて検討を加えた。

2. 解析資料 測定点は、桂川流域末端部に位置する宮前橋である。水質資料は、従来より検討を加えている自動監視装置によって測定された濁度と実測した蒸発残留物、SSと溶解物(蒸発残留物-SS)をとりあげた。流量は、納所の量水標によって読みとった水位のデータより、建設省のH~Q曲線を用いて換算し、降雨量は、淀川ダム統合管理事務所の資料を利用した。

3. 流出挙動の特性 図-1、図-2に晴天時ならびに雨天時における流出挙動を、同図期間での流量と負荷量との相関係数を表-1に、3降雨分の流量と溶解物、

SS負荷量との経時変動を図-3に示す。特徴を要約して述べると、①晴天時における流量は、24時間の周期変動を示すが、日曜日から月曜日にかけの変化は緩慢で休日特性がみられる。

②溶解物は、晴天時において、全汚濁物量の9割前後を安定して占めるため、晴天時の挙動は、溶解物の挙動で代表される。また、流量との相関性は、全天候的に安定して高く、図-3に示すループ性も小さくて、無限供給型のモデルが適していることがわかる。③

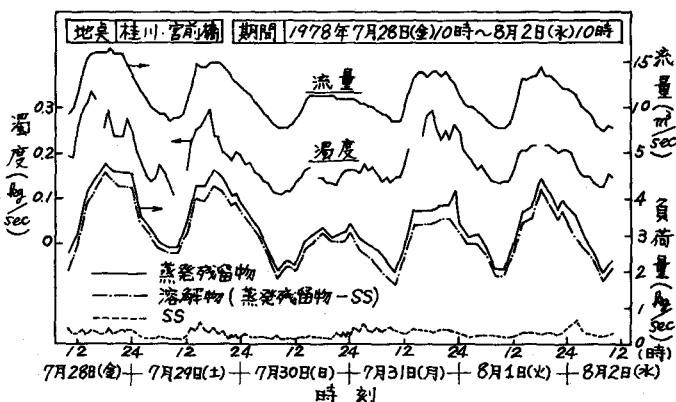


図-1 晴天時における流出挙動

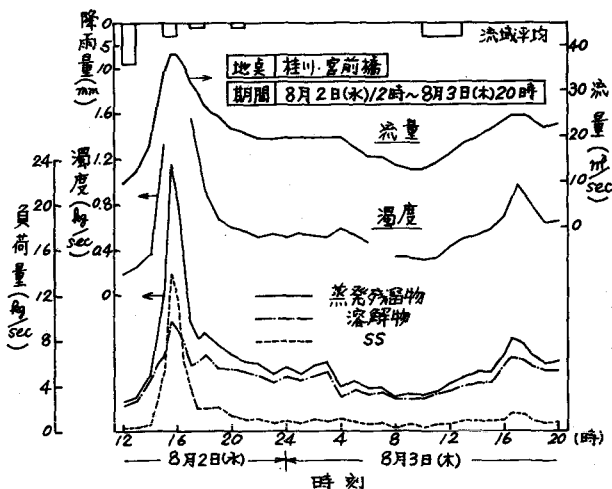


図-2 雨天時における流出挙動

SSは、晴天時においては、ランダムな挙動が目立ち、流量との相関が低い。雨天時では、表-1に示す相関係数 r の値が0.811と高いが、79数の降雨を含めて評価すれば低いものになる。また、図-2の流量ピーク時での負荷量は、極めて大きく、晴天時に流域に堆積していた浮遊性の汚濁物が集中的に流出していることがわかる。図-3の7月降雨に典型的にみられるようにループ性が大きく、浮遊性汚濁物のモデルには、有限な堆積量を考慮する必要がある。④蒸発残留物は、当然のことながら、上述した溶解物とSSの特性をあわせてもつため、晴天時には流量との対応がよいが、雨天時では、浮遊性汚濁物の流出の程度に応じて変化する。⑤濁度は、晴天時に流量と対応しない小さなピーク変動があることと、 r の値から推定して、蒸発残留物よりは、浮遊性に近い挙動を示すと考えられる。

4. $Q_s = KQ^n$ モデルによるシミュレーション結果

3. で述べたことより、ここでは、 $Q_s = KQ^n$ (Q_s : 流出負荷量, Q : 流量, K, n : 定数) モデルをとりあげ、晴天時ならびに雨天時での適合性及定数の変化等について検討を加えた。図-4に、晴天時における濁度のシミュレーション結果を示す。計算では、実測総流出負荷量 ($\sum RQ_s$) と計算総流出負荷量 ($\sum CQ_s$) が等しく ($PT = \sum CQ_s / \sum RQ_s = 1.000$)、かつ $F = [$

$(\sqrt{\sum (RQ_s - CQ_s)^2 / N} / (\sum RQ_s / N))$ (N : データ数) の値が最小となる K, n を選び、これによって Q_s を求めたものを計算値Ⅰとした。計算値は n が 1.2 で流量の変動と大差のないもので、ランダムなピークをとらえていないが、全体的

にみれば変動をとらえているといえる。図-5には、雨天時におけるシミュレーション結果を示す。計算値Ⅱは、晴天時で定めた定数を用いて計算した結果、計算値Ⅲは、図-5の期間で PT が 1.000, F が最小になる場合の結果である。計算値Ⅱは、 $PT = 0.622$ で実測値に比べて全体的に小さく、 F の値も大きくて適合性が悪い。計算値Ⅲでは、当然のこ

表-1 流量と汚濁負荷量の相関係数

水質項目	晴天時		雨天時	
	相関係数 r	データ数 N	相関係数 r	データ数 N
蒸発残留物	0.947	66	0.907	39
溶解物	0.935	66	0.941	39
SS	0.426	105	0.811	39
濁度	0.878	114	0.934	32

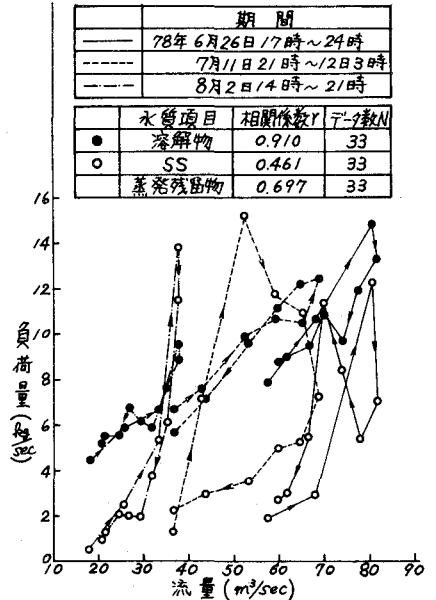


図-3 雨天時における流量と負荷量との関係

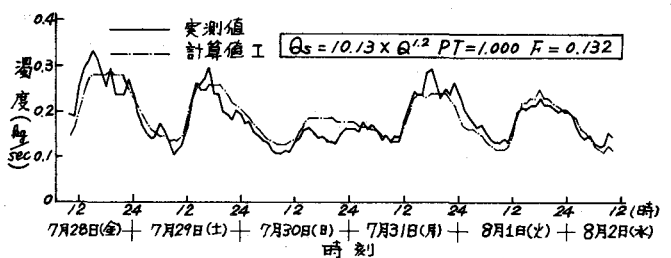


図-4 晴天時におけるシミュレーション結果

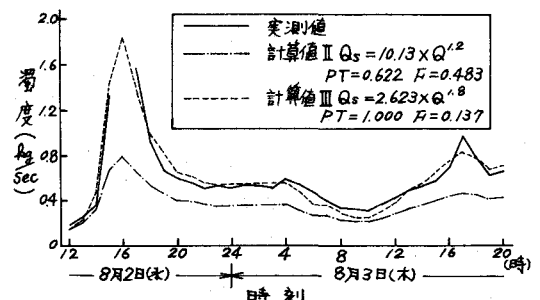


図-5 雨天時におけるシミュレーション結果

とながら適合性がよくなるが、 n の値は1.8と大きくなる。このように、雨天時では定数を変える必要がある。表-2は、図-4、図-5に示したと同様の計算結果をまとめたものである。要約して述べると、①溶解物は、晴天時、雨天時を通して適合性がよく、定数 n の値も安定していて、1.0~1.1程度の値であり、全天候的に $Q_s = KQ^n$ モデルで表現できる。②SSは、晴天時と雨天時での定数の値が大きく変化し、 F の値も大きくて適合性が悪い。晴天時には、ランダムな挙動の評価が、雨天時には、流域に堆積している汚濁物を考慮したモデルが必要である。③蒸発残留物や、濁度の結果にみられるように、汚濁物の全体量の挙動は、晴天時には、溶解性物質の割合が高いため、 $Q_s = KQ^n$ モデルで表現が可能である。 n の値は晴天時においては1.1~1.2程度、雨天時には、浮遊性物質の流出状況に応じて変化する。

5. 提案モデルの概要 著者らは、既に、自動監視の資料(濁度)をもとに、雨天時用のモデルとして、汚濁物が均一な一種類のものとして表現されるのではなく、大きくは2種類のもので構成されていると考えたモデル式の提案と若干のシミュレーションをおこなっているが、ここでは、3. 4. で述べたことより、汚濁物全体量の挙動を、溶解性物質挙動と浮遊性物質挙動で表現するモデルを提案する。モデル式はまとめて右に示す。また、図-6に流出概念図を示す。式(1)は、全体量(TQ_s)が溶解物(SQ_s)と浮遊物(PQ_s)の和であることを示す。このうち、 SQ_s は、全天候的に流量と対応することより、式(2)で表現する。 PQ_s は、晴天時に流量に対応して流出すると考えられる PQ_{SF} (図-3)、(式(4))と雨天時に集中的に流出する PQ_{SR} と晴天時にランダムな挙動をとる RPQ_s とで構成されている(式(3))と考えられる。式(3)の RPQ_s は流量の安定時に出現することより、浮遊物の挙動と推定した。 PQ_{SR} は、流域に堆積している汚濁物を考慮して式(5)で示した。式(5)の Q_R は降雨の影響によって堆積汚濁物が流出し始める流量である。式(6)は浮遊物の連続式で、 S_{op} は初期堆積量、 S_{PF} は流入量である。 n 、 K 、 m は定数である。このモデルによるシミュレーション結果は講演時に報告する。

資料の入手ならびに宮前橋自動監視室の利用にあたって建設省の便宜を得た。また、本学卒研主、長田正章、堤茂、富永隆明、森田一也、平松善勝君らの協力を得た。

表-2 $Q_s = KQ^n$ モデルのシミュレーション結果

水質項目	計算	n	K	PT	F
蒸発残留物	I	1.1	2300	1.000	0.079
	II	1.1	230.0	0.987	0.334
	III	1.9	18.50	1.000	0.203
溶解物	I	1.1	210.1	1.000	0.092
	II	1.1	210.1	1.245	0.295
	III	1.0	230.7	1.000	0.114
SS	I	0.8	41.33	1.000	0.349
	II	0.8	41.33	0.253	1.611
	III	4.4	0.003/3	1.000	0.381
濁度	I	1.2	10.13	1.000	0.132
	II	1.2	10.13	0.622	0.484
	III	1.8	2.623	1.000	0.137

モデル式

$$TQ_s = SQ_s + PQ_s \quad (1)$$

$$SQ_s = K_s Q^n \quad (2)$$

$$PQ_s = PQ_{SF} + RPQ_s + PQ_{SR} \quad (3)$$

$$PQ_{SF} = K_{PF} Q^{n_{PF}} \quad (4)$$

$$PQ_{SR} = K_{PR} S_P^{m_{PR}} (Q - Q_R)^{n_{PR}} \quad (5)$$

$$S_P = S_{op} + \int S_{PF} \cdot dt - \int PQ_{SR} \cdot dt \quad (6)$$

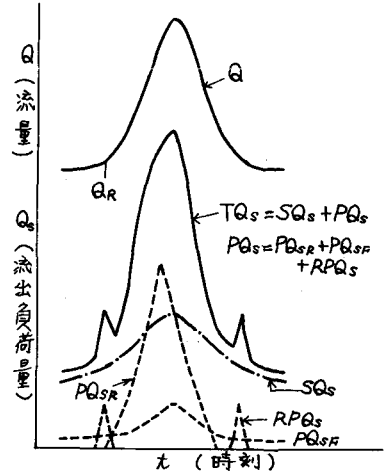


図-6 流出概念図

1) 和田：第14回衛生工学研究会，2) 山守：土木学会第32回年講，3) 山田・西本：土木学会第32回年講，4) 西本・山田：土木学会第32回年講，5) 西本・山田：昭和53年度土木学会関西支部講演，6) 西本・山田：土木学会第33回年講，7) 西本・山田：第16回下水道研究発表会