

木曽川中流域における降雨時濁質流出特性

岐阜大学大学院工学研究科 学生員 ○ 鈴木 誠
 岐阜大学流域環境研究センター 正員 篠田成郎
 岐阜大学工学部 前田澄枝
 岐阜大学流域環境研究センター 正員 湯浅 晶

1. 緒言

河川水中の無機懸濁質の大半は山間部土壌表層や市街部路面などからの土砂や粘土の降雨流出によるものであり、河川の濁度の時間変化は降雨に伴う河川流量の時間変化と密接に関連している。一方、近年問題となってきた河道部や貯水池における濁質長期化現象やこれに伴う生態系への影響を検討する場合、年や季節といったオーダの長期的な濁質流出特性だけでなく、1時間とか2時間といった時間単位の短期的な流出特性を把握することが不可欠となる。そこで、本研究では、木曽川中流域において観測された降雨時濁度・流量の時間データを用いて、両者の応答関係を明確にするとともに、降雨量の時間データを利用した濁度変化モデルの提案を通じて、集水域ごとの濁質生産能と流下時間が濁質流出の時間変化特性に大きな影響を及ぼすことを明らかにする。

2. 降雨量、流量および濁度の観測地点と時間データ

本研究では、1990年3月～1992年8月の観測記録から抽出した9つの出水期間を解析対象としている。1つの出水期間は1ヶ月前後であり、1出水期間の中には数回の降雨が含まれている。なお、ここでは紙数の関係上、1991年9月12日～1991年10月27日の出水期間を具体例として以下の議論を進めることにする。

図-1は、降雨量・流量・濁度の観測地点を示したものであり、これらの時間変化記録の一例を図-2に示す。なお、降雨量および流量はそれぞれ気象台および建設省による観測記録である。一方、濁度は名古屋市水道局春日井浄水場犬山取水口におけるものであり、観測位置が本川河道から数km離れているため、以下の解析では、本川河道での時間変化に換算したデータを用いることにする。図-2には、こうした補正濁度 (Modified turbidity) を破線で示してある。

3. 流量と濁度の応答関係

図-2には、流量と濁度との間にはある程度の応答関係が存在するかのように見える。図-3および図-4は、それぞれ流量と濁度との相互相関関数およびコヒーレンスを示したものである。これらから、時間軸上・周波数軸上のいずれから見ても、さほど顕著な応答関係を有しているわけではないと判断される。また、流量と濁度との相互相関関数における遅れ時間を表-1に示す。なお、表中の出水ケース番号は、1990年3月の第1降雨を‘9003-1’などとして表したものである。流量と濁度の観測地点は約200mしか離れていないにもかかわらず、両者の遅れ時間は出水ケースごとに大きく異なり、1時間単位の変動として捉えた場合、明確な応答関係が現れなくなることがわかる。これは、濁質生産の源となる上流集水域ごとの濁質生産能の相違および出水ケースごとの降雨分布の相違によって、流量と濁度の出現時間が毎回異なってくるためと予想される。また、上流でのダム操作の影響も無視できないと考えられる。

4. 濁度の時間変化特性

上述の濁質生産能および降雨の空間分布の影響を評価するために、濁度の時間変化を集水域ごとの降雨量の関数としてモデル化してみる。まず、第 k 集水域の降雨量 $R_k(t)$ の時間変化を、 $\sum_n r_{kn} \delta(t - t_n)$ と表すことにする。ここに、 δ はDiracのデルタ関数および r_{kn} は時刻 t_n における第 k 集水域の時間降雨量を表す。第 k 集水域の最下流端では、集水域内の降雨流出応答特性に従って降雨量 r_{kn} に応じた濁質が流達すると考えられるので、このときの濁度を T_{kn} とすれば、 $T_{kn}(t) = A_k r_{kn} \frac{t - t_n}{B_k} \exp \left[-\frac{(t - t_n)^2}{2B_k} \right] \quad (t \geq t_n)$ と表現できる。この関数は $t = t_n \sim \infty$ の積分に対して、常に $A_k r_{kn}$ となる性質を持っている。このため、 A_k は単位降雨量に対する濁質生産能を表すパラメータとなっている。また、 B_k は濁質流出の速さに対応するパラメータであり、 B_k が大きくなるほどゆっくりとした流出となる。これらより、下流(今の場合、犬山)での濁度 $T(t)$ は、 $T(t) = \sum_k \sum_n T_{kn}(t - \tau_k)$ と表されることになる。ここに、 τ_k は第 k 集水域の最下流端から濁度観測点までの到達遅れ時間である。

こうしたモデルにより推定した濁度の時間変化と上述の補正濁度との比較を図-5に示す。なお、この図には、比較のために、図-1に示した集水域1～6の平均降水量を併せて示してある。これより、かなり良好に濁度の時間変化を表現できていると判断できる。また、このケースのパラメータ推定結果を表-2に示す。上述のように、パラメータ A_k および B_k は集水域に固有のパラメータであり、これらの値と土地被覆状態との関係を検討することにより、濁質流出特性に及ぼす空間的諸情報の影響を明らかにすることができる。さらに、紙数の関係で示すことはできないが、時間遅れパラメータ τ_k は平均流量との相関が高く、このパラメータを媒介として、流出遅れやダム操作の影響を取り込むことができると考えられる。

5. 結語

以上、本研究では、1時間単位の短いスケールで濁質流出特性を検討した結果、濁度が必ずしも同一地点での流量と良好な時間・周波数応答を示すわけではなく、降雨および濁質生産能の空間的分布特性と降雨ごとの流出遅れを考慮した多元的応答として評価する必要があることを明らかにすることができた。

なお、本研究で用いた濁度データおよび流量データは、それぞれ名古屋市水道局および建設省中部地方建設局木曾川上流工事事務所より提供していただいたものであり、ここに記して深謝の意を表す。

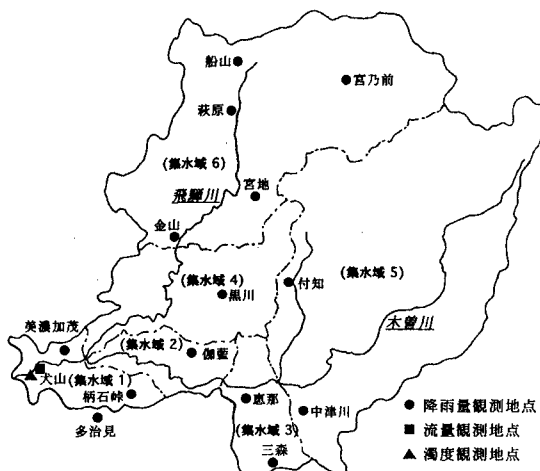


図-1 降雨量・流量・濁度の観測地点

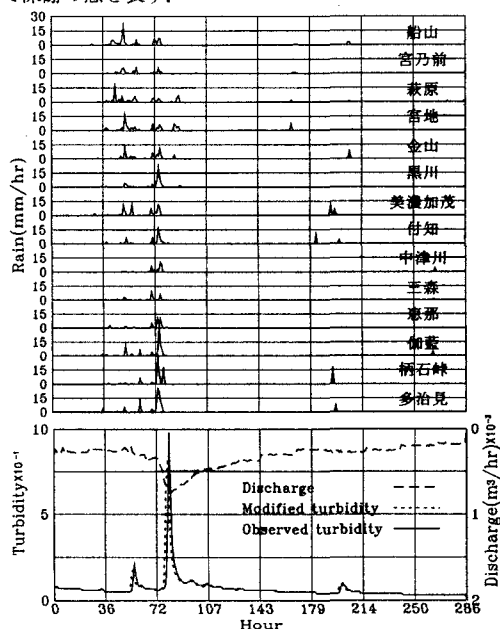


図-2 降雨量・流量・濁度の時間変化記録の一例

表-1 流量と濁度との相互相関関数における遅れ時間

出水期間番号	ピーク値	遅れ時間
9003-1	0.905	-4
9003-2	0.849	11
9006-1	0.757	-3
9009-1	0.843	-2
9009-2	0.953	1
9106-1	0.651	-2
9106-2	0.641	-1
9106-4	0.783	0
9106-7	0.830	1
9108-1	0.633	-2
9109-1	0.902	8
9109-2	0.866	0
9109-3	0.799	13
9109-4	0.728	-2
9109-5	0.803	-4
9111-1	0.873	5
9204-1	0.839	-4
9208-1	0.699	-3
9208-2	0.417	-1

表-2 濁質流出モデルにおけるパラメータ推定結果

集水域番号	A_k	B_k	τ_k
1	6.41	13.68	1
2	1.95	0.01	5
3	3.01	0.02	9
4	5.22	237.00	12
5	0.05	0.02	5
6	8.82	5546.68	14

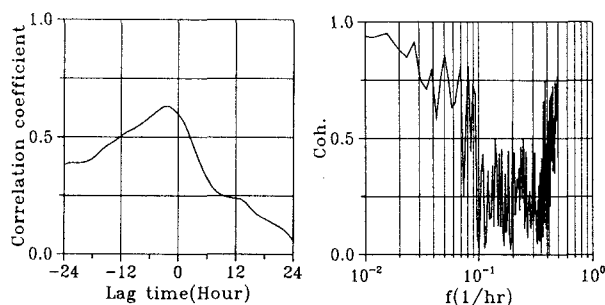


図-3 流量と濁度との相互相関関数 図-4 流量と濁度とのコヒーレンス

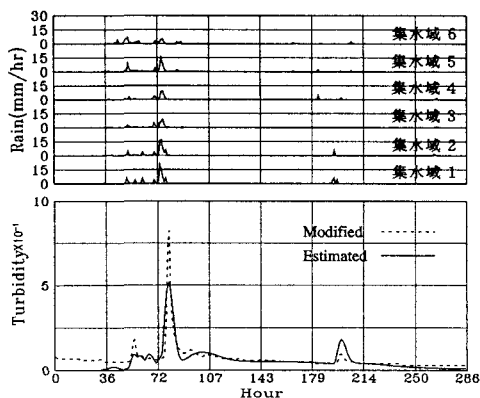


図-5 濁度の時間変化の推定結果