

降雨条件に応じた懸濁物質流出量予測モデルの提案

九州大学工学部 学生会員 ○石丸 真也 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩 九州大学大学院 学生会員 柴田 徹
 九州電力株式会社 正会員 池田 博嗣 九州電力株式会社 正会員 檀 博

1. はじめに

昨今、異常豪雨による大規模な出水が頻発しており、ダム上流域から貯水池に大量の懸濁物質が流入し、下流河川では放水による濁水の長期化が問題となっている。この問題に対し、ダムを管理する電力会社や自治体が様々な対策を検討し実行しているが、根治的な対策は講じられておらず、未だ問題は顕在化している。著者らはこれまで、懸濁物質の発生源である貯水池上流域に着目し、タンクモデル法を用いて懸濁物質流出量予測モデルを構築することで、懸濁物質流出量を予測し、その流出挙動が降雨条件により異なる傾向を明らかにしてきた^{1), 2)}。

本研究では、降雨条件を特徴づける指標として総雨量と降雨継続時間に着目し、この2つの指標を基に降雨条件を設定する。さらに、それに応じた懸濁物質流出量予測モデルを構築し、これまでの仮想的な降雨条件から、より現実的な降雨における新しい懸濁物質流出量予測モデルを提案する。

2. 懸濁物質流出量予測モデルの構築

2.1 モデルの概要

2007 年から貯水池上流域の複数の1次河川流域の流末に観測地点を10箇所設け(流域1~10)、水位・濁度の計測を行った^{1) 2)}。水位・濁度は、10分毎の瞬間値を計測しており、雨量は、2004年度より貯水池上流域の12箇所で10分間積算値を計測した。

これまでの懸濁物質流出量予測モデルでは、10分間計測した流量・濁度を平均して1時間の代表値として算出し、1時間の流量・濁度に対してタンクモデルを適用し、各々の予測値を乗じることで、予測懸濁物質流出量を算出していた。本研究では、この手法を改良して、まず10分間計測した実測の流量と濁度を乗じて実測の懸濁物質流出量とし、累計して1時間の累積懸濁物質流出量とし、この値に合致する予測モデルの構築を行う。

2.2 降雨条件の設定

(1)降雨データの抽出

同一観測期間においても、流域間で降雨の状況が異なるため、同一降雨条件下における流域間の懸濁物質の流出特性を把握することはできない。そこで、これまでに蓄積した降雨データから降雨の特性が類似した期間のデータを抽出し、流域間で降雨条件を統一し、予測モデルを構築することを考える。

これまでの降雨データから、梅雨前線や台風など季節性の降雨でさえ年毎に降雨の特徴が異なり、特定の固定された期間を解析対象とすることはできない。そこで、解析対象を降雨が開始し、終了するまでの期間、すなわち、一雨の期間を解析の最小単位とした。なお、一雨の時間間隔が6時間未満のときは前後の降雨を一雨として取り扱った。また、一雨が連続した場合で、前の一雨によって生じた懸濁物質の収束過程と、次の一雨による懸濁物質の発生過程が重なり、それぞれの一雨に対する懸濁物質の応答が読み取れない場合には対象から除外した。その結果、3135件の降雨データを抽出した。

(2)グループ化の指標

抽出された降雨データから、懸濁物質流出量と総雨量、最大雨量、降雨継続時間との相関性を検討した結果、**Fig. 1**に示すように、総雨量と降雨継続時間が比較的相関性が高いことから、これらをグループ化の指標とする。

(3)閾値の設定

降雨データの総雨量を昇順に並べ、データの変化量が比較的大きい部分で分類を行う自然分類法により総雨量の閾値を設定する。この際、閾値の数を多く設定すると、グループに含まれる一雨の個数が少なくなり、データの信頼性が損なわれる。逆に、閾値の数を少なく設定するとグループ内の総雨量にバラつきが生じる。また、降雨継続時間については、

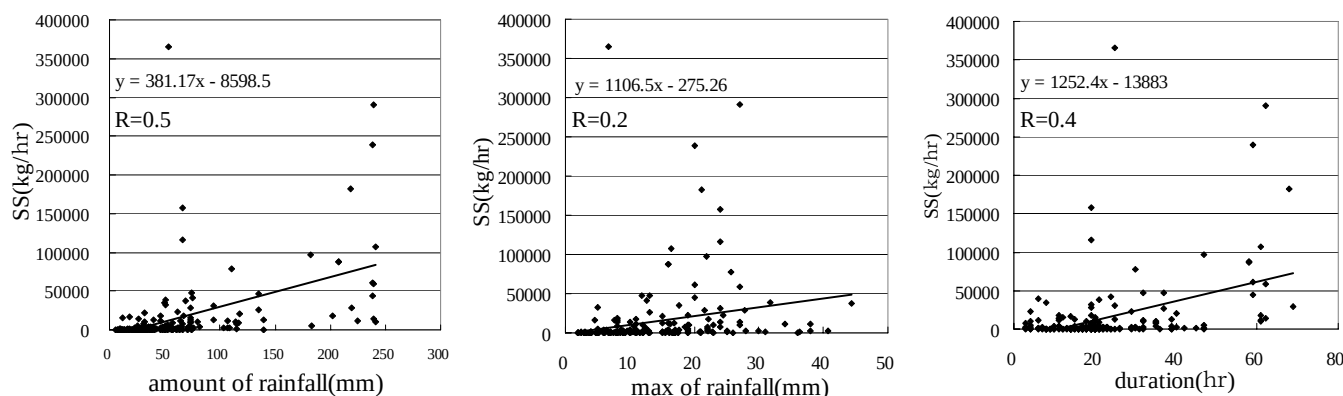


Fig. 1 Correlation among rainfall, suspended solids and duration.

ダム運用面での管理を行うことを考慮して設定した。その結果として、Table 1 に示すような総雨量と降雨継続時間について最適な閾値の設定を行い、特性の類似した 20 個の降雨グループを作成した。

2.3 懸濁物質流出量予測モデルの構築

分類した 20 グループの中で、前後の降雨による影響を受けておらず、かつ、懸濁物質流出量を計測できている降雨が 10 流域全てで存在する BA, CB, DC, DD, EC の 5 グループにおいて発生する懸濁物質流出量を時系列データとして整理する。その際、各一雨で観測時期や河川環境が異なることを考慮し、観測した懸濁物質流出量から恒常的な懸濁物質流出量を無視し、降雨に応答する懸濁物質流出量についてのみ整理を行った。タンクモデル法を用いて、一雨の時系列データを入力降雨とし、その入力降雨に対応した懸濁物質流出量に合致するようパラメータの同定を行う。さらに、現実的な降雨での観測流域間の相対的な懸濁物質流出量を比較するために、降雨グループ毎に降雨状況の類似した降雨を平均化し、各グループでの代表的なハイドログラフを作成し、予測モデルに入力する。

結果の一例として BA グループで作成したハイドログラフと予測モデルによる観測流域間の懸濁物質の流出応答を Fig. 2 に示す。これによると流域 9 や流域 10 は小さい降雨に対しても懸濁物質流出量は大きく、降雨が終了した後も長時間にわたって懸濁物質の流出が継続している。一方、流域 7 や流域 8 は小さい降雨に対して懸濁物質流出量は小さいが、雨量強度で 20mm/h に達したときに懸濁物質流出量が増加する。

また、得られた計測結果から予測が可能であったグループの各流域での予測懸濁物質流出量を Fig. 3 に示す。ここで、BA グループの予測懸濁物質流出量を CB グループの予測懸濁物質流出量で除すことで変化率として算出したところ、流域 7、流域 5、流域 8 の順で大きい値を示す。このことから、これらの流域は BA グループのような総雨量が 200mm 程度で、継続時間が 50 時間を越えるような降雨条件の大きい降雨に対して懸濁物質が発生しやすい流域であるといえる。また、流域 7 と流域 8 で予測懸濁物質流出量を比較すると、全降雨条件においてほぼ同じ値

を示す。しかし、流域 9 と流域 10 の予測懸濁物質流出量を比較すると、CB, DC, DD, EC グループでは同程度の値であるが、BA グループでは流域 10 の値が流域 9 の値と比較すると、約 1.5 倍大きい。

3. おわりに

本研究では降雨条件を特徴づける指標として、総雨量と降雨継続時間を用い、それぞれに閾値を設定することで降雨条件を 20 個に分類し、そのうち現時点で検討可能な 5 グループに対して、降雨と懸濁物質流出量のデータをタンクモデルに入力し、降雨条件に応じた懸濁物質流出量予測モデルを提案した。また、各グループの代表的なハイドログラフから現実的な降雨状況を再現し、構築した予測モデルにこの降雨を入力することで、同一の降雨条件下における流域間の相対的な懸濁物質の流出応答を比較することができた。さらに、流域単位で降雨条件に応じた絶対的な懸濁物質流出量を予測することが可能となった。その結果、観測流域に本モデルで検討可能な 5 グループの降雨条件に相当する降雨があった際には、新たなモデルの構築を行うことなく、懸濁物質流出量を予測することができる。

<参考文献>

- 1) 柴田徹他:平成 19 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp219-220, 2008.
- 2) 郭めい他:平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp231-232, 2009.

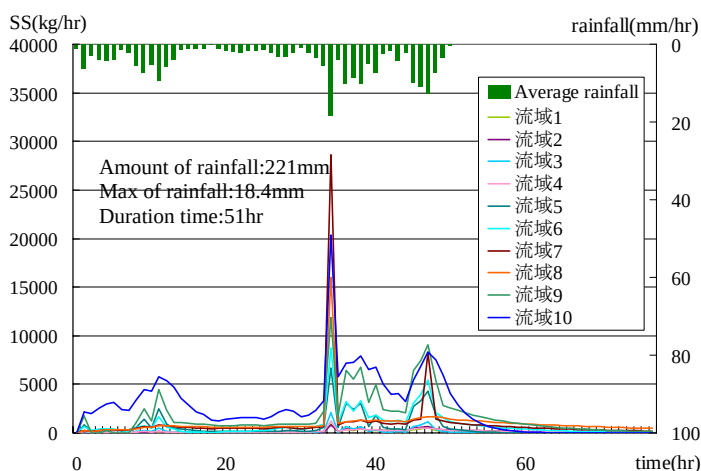


Fig.2 Predicted suspended solids runoff by prediction model inputting typical hydrograph.

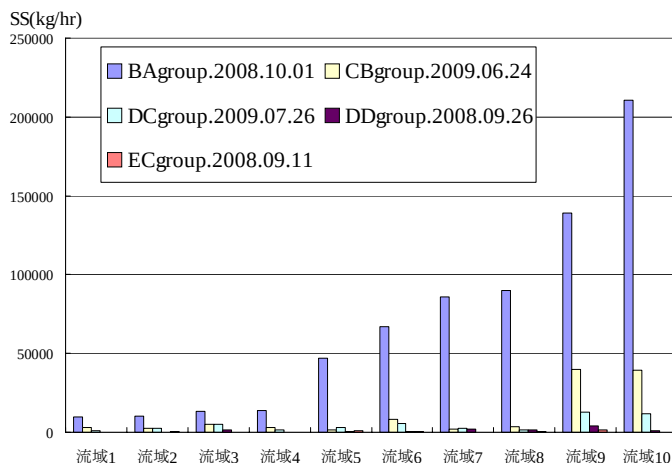


Fig. 3 Predicted suspended solids runoff of 10 watershed.

Table 1 Similar group of rainfall classified by the amount of rainfall and duration.

継続時間 (h)	総雨量 (mm)			
	A. $t \geq 48$	B. $24 \leq t < 48$	C. $12 \leq t < 24$	D. $0 \leq t < 12$
A. $\text{Rain}_{\text{sum}} \leq 10$	AA	AB	AC	AD
B. $190 \leq \text{Rain}_{\text{sum}} < 510$	BA	BB	BC	BD
C. $85 \leq \text{Rain}_{\text{sum}} < 190$	CA	CB	CC	CD
D. $25 \leq \text{Rain}_{\text{sum}} < 85$	DA	DB	DC	DD
E. $0 \leq \text{Rain}_{\text{sum}} < 25$	EA	EB	EC	ED