

貯水池上流域における懸濁物質質量流出予測モデルの改良

九州大学工学部 学生会員 ○柴田 徹 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 非会員 尾崎隼一
九州電力株式会社 正会員 溝上 建 九州電力株式会社 正会員 芦田広喜

1. はじめに

近年、豪雨などの降雨後に貯水池内に懸濁物質が長期滞留し、下流河川が長期にわたり濁水化することが問題となっている。この問題に対して、ダム湖内ならびにダム下流域では濁水軽減対策が施されているが、ダムへの懸濁物質の供給が根本的な原因であり、懸濁物質の発生源の特定及びその根拠的な対策が求められている。

そこで、これまで濁水の発生源である貯水池上流域に着目し、懸濁物質の流出状況を計測すると共に GIS 技術を用いて濁水発生に関与する可能性のある要因を整理し、その空間分布特性を把握した¹⁾。そして、タンクモデルを用いた懸濁物質の流出予測モデルを開発し、降雨条件が異なる測定流域間の懸濁物質流出特性を明らかにすることで、発生する懸濁物質質量と各種要因との相関を分析し、濁水発生に影響を与える因子として「崩壊面積」が最も相関が高いこと、さらに、「河川長」、「斜面数」、「地形起伏量」、「崩壊占有率」、「森林以外の面積」と比較的相関が高いことを示した¹⁾。

本研究では、これまでの成果を基に、より精度の高い懸濁物質流出予測モデルを構築することを目的として、モデルによる予測結果から濁度計を設置する測定流域を新たに選定し、モデルの妥当性の検証も兼ねて濁度の計測を行う。また、濁度計測データと流量データを用いて、モデルの改良を行う。

2. 濁度測定流域の選定

これまでに開発した懸濁物質流出モデルによる各測定流域の予測結果を整理すると、発生する懸濁物質質量はFig. 1に示すように、大、中、小、極小の4つのグループに分類できる。

そこで、他の流域の影響を受けない1次河川流域を対象として、濁水発生と相関の高い前述した6個の素因を用い、これらの素因で考えられる全ての組み合わせを用いて対象流域を4つのクラスタに分類する。その際、クラスタ分析によって分類されたグループごとと同程度の懸濁物質が流出すること、また、4つのグループはそれぞれ懸濁物質質量の大、中、小、極小のいずれかに対応していることを考慮すると、この条件を満たす素因の組み合わせは存在しなかったが、小と極小を1つのグループとして考えると、崩壊面積と地形

起伏量の2つの素因でクラスタ分析を行った場合、懸濁物質の予測に最適なグループ分けができる。そこで、崩壊面積と地形起伏量を分類基準としたクラスタ分析の結果を用いて、対象流域内の全ての1次河川流域を懸濁物質流出予測モデルの大、中、小のいずれに相当するかを決定する。次に現地調査を行い濁度計設置の可否、崩壊面積の大小、および流域面積の大きさに着目し、測定流域A～Hを選定する (Table. 1)。

3. 懸濁物質の流出予測モデルの構築

(1) モデルの概要

これまでは、濁度測定地点の流量のデータがなかったため、ラショナルの式²⁾より流域内の総流量を近似し、濁度に面積比を乗じることで懸濁物質の流出量を相対的に算出していたが、この流出量は無次元量であり、懸濁物質の流出量を正確には予測できない。そこで今回、濁度を計測する地点に水位計を設置し、計測位置の断面と流路勾配から流量を求め、流量データを取得する。ここで、実測の濁度と流量を乗じて懸濁物質質量とすることも可能であるが、この場合、開発したモデルを他の流域へ適用することが困難となるため、濁度と流量のそれぞれの予測モデルを構築し、それらの予測値同士を乗じることで新しい懸濁物質の流出量予測モデルを作成する。

(2) モデルの構築

a) 流量予測モデル

流域特性により河川への水の流出過程は測定流域ごとに異なるため、流量の予測にはタンクモデルを用

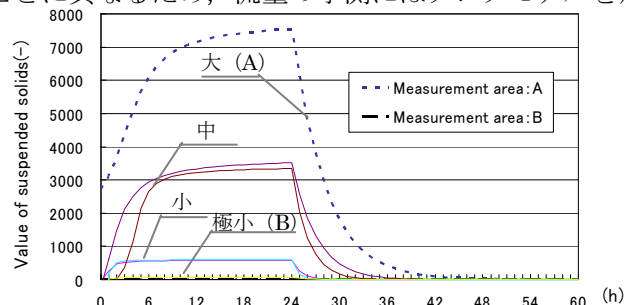


Fig. 1 Predicted suspended solids on tank model.

Table. 1 Parameter of selected area on measuring turbidity.

Area	Drainage area (km ²)	Landslide scar (m ²)	Prior predicted suspended solids	Peak flow (m ³ /s)	Newly predicted suspended solids
A	2.50	95,948	Hight	25.0	Hight
B	1.18	11,545	Low	8.3	Low
C	3.82	36,836	Middle	22.0	Hight
D	1.56	4,441	Middle	12.8	Middle
E	0.97	230	Low	7.2	Middle
F	3.50	75,540	Hight	25.7	Low
G	1.98	19,500	Middle	14.7	Middle
H	1.64	25,391	Middle	8.4	Middle

いる。まず、最適なタンク数を把握するために、タンクの数をも1段から4段へと変えて、モデルを試作し、流量の予測値と実測値との誤差の比較を行う。その結果、タンクの数も4段の場合には誤差の平均値が0.1、標準偏差が0.42と最も小さい値となり、実測流量に最も近似していることが分かった。そのため、タンク数4段のモデルを用いて、実測流量の結果と予測値がほぼ合致するようにパラメータを調節し、流量の予測モデルを構築する。その結果の一例をFig. 2に示す。なお、流出過程を再現する際には、蒸発散の影響も考えなければならず、モデルには濁度測定流域ごとに流域近傍の実雨量から蒸発散量を引いた値を与える。

b) 濁度予測モデル

濁度についても、降雨量と密接な関係がみられるため流量予測モデルと同様に、タンク数4段のモデルを用いて、実測の濁度データと合うようにパラメータを調節し、濁度予測モデルを構築する。その結果の一例をFig. 3に示す。

c) 懸濁物質流出予測モデル

開発した流量予測モデルから単位時間あたりの流量を、濁度予測モデルから単位体積あたりの懸濁物質量を求め、両者を乗じることで、懸濁物質量の流出予測モデルを構築する。

3. 新しい懸濁物質流出予測モデルの評価

ここでは、同じ降雨条件下での比較を行うため、30 mm/h の様な雨が24時間連続して降った場合を仮定し、8箇所の測定流域で懸濁物質の流出量の予測を行った結果を整理しFig. 4に示す。新しいモデルの予測結果は、従来のモデルと同様に、懸濁物質は指数関数的に増加し、降雨終了後、急激に減少する。しかし、測定流域間において懸濁物質が流出し始めるまでの立ち上がり時間や流出量が最大値を示してから収束過程といった流出状況が異なることがわかる。また、従来のモデルと同様に、懸濁物質を大、中、小とグループ分けすることもできた (Table. 1)。これらの懸濁物質のグループ分けは概ね、崩壊面積の大きさと整合的であり、崩壊面積の大きさに依存することがわかる。しかしながら、流域Cでは、従来のモデルによる予測値よりも、懸濁物質が多く流出しており、これは崩壊面積だけでなく、崩壊地のその他の情報も濁水発生においては考える必要があることを示唆している。流域Eでは、従来のモデルでは流域面積から評価した流量の評価が不十分で、従来のモデルと異なる結果が得られた。また、流域Fでは、流量が大きく、崩壊面積も大きいにも関わらず、予測結果では懸濁物質の流出量は小さい値となった。これは、流域Fの測定箇所におい

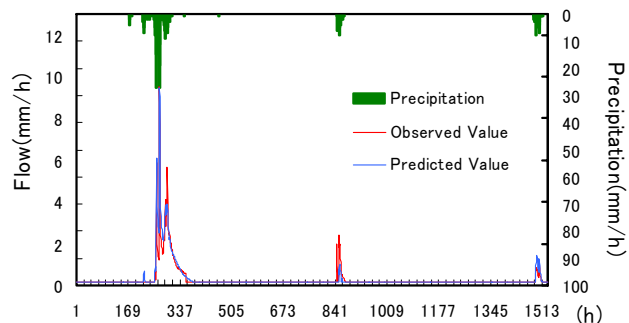


Fig. 2 Predicted flow on tank model.

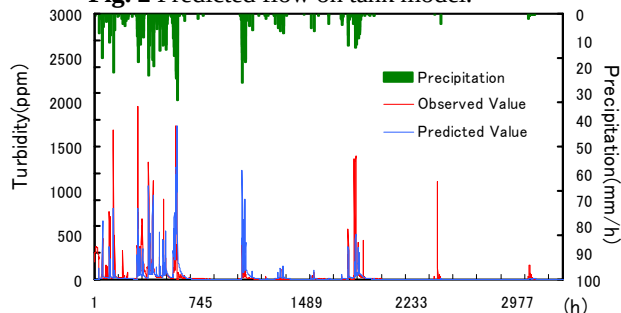


Fig. 3 Predicted turbidity on tank model.

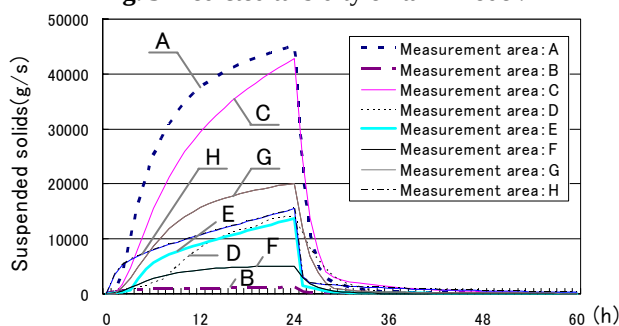


Fig. 4 Predicted suspended solids on tank model.

て、河川の流れが著しく、濁水の滞留が少なく、濁度の計測が困難であったことも要因の1つとして考えられ、濁度の計測状況について確認する必要がある。しかし、降雨条件が異なる測定流域間において、これまでの予測モデルでは懸濁物質の流出量を相対的にしか予測できなかったが、今回のモデルでは、流量を考慮することで、懸濁物質の流出量を定量的に比較することができ、より精度の高い予測が可能となった。

4. おわりに

本研究では、懸濁物質の流出特性を比較するための流域の選定方法、および流量予測モデルと濁度予測モデルから懸濁物質の流出量を予測するモデルを新たに構築した。

その結果、これまでのモデルによる予測結果と本研究のモデルによる懸濁物質流出量はおおむね整合的である。しかし、崩壊面積と流出量に相関がない流域も存在し、崩壊面積以外の影響因子についても、より詳細な分析が必要であると考えられる。

<参考文献>

- 1) 馬場奈津子：西部支部技術発表会論文集，pp183-184，2006。
- 2) 本間仁，安芸皎一：物理数学，岩波書店，1962