

貯水池上流域における懸濁物質流出の評価方法に関する研究

九州大学工学部 学生会員 ○馬場奈津子 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間滞留し、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、貯水池内では様々な濁水軽減対策が施されているが、懸濁物質の発生源、すなわち貯水池上流域の地形、土地被覆、地質等の地理条件と濁水との関連性について、定量的、かつ、総合的に検討された事例はほとんどない。

そこで本研究では、貯水池上流域において、濁度計を用いて懸濁物質の流出状況を計測し、濁水発生に影響を及ぼす因子について明らかにすることを目的として、広大な貯水池上流域の中から、濁水発生に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出し、GISを用いてそれらの因子を統計的に処理することで、特徴を把握しやすい、濁度計設置のための濁度測定流域を選定する。さらに、得られた濁度データを基に、降雨量を考慮した懸濁物質の流出予測モデルの構築を試みる。

2. 濁度計設置位置の選定

濁水発生の原因は基本的に自然の営力による浸食作用である。浸食は水文的要因、地形的要因、地質的要因、土地被覆的要因、人為的要因などの諸要因、およびそれらの相互作用によって発生すると考えられる。そこで、まずこれらの諸要因について **Table 1** に示すような素因を GIS を用いて整理する。そして、得られた情報を基に最適な濁度計の設置位置を選定する。

最初に濁度計を設置する測定流域として、他の流域からの影響を受けない 1 次河川流域に着目する。これらを GIS を用いて抽出したところ、対象区域には 150 個の 1 次河川流域が存在する。これらの流域の中から、任意に濁度測定流域を選定したとしても、濁水発生に影響を及ぼす素因を特定することは困難である。そこで、類似した特徴を有する流域にグループ分けし、分類されたグループを代表する各流域を選定することとする。

ここで地質、土壌、植生については林班単位のデータしか存在しないため、分析単位を林班とする。分類方法は対象区域における林班数が 339 個、整理した素因が 12 個と変数が多いこと、各素因が濁水発生に及ぼす影響が不明確であることなどから、多変量解析の手法の 1 つであるクラスタ分析を用いる。

分類するクラスタ数については、各クラスタにおける

特徴の把握やクラスタ間における特徴の比較のしやすさを考慮し、クラスタ数を変化させても分類に変化が生じないように最小のクラスタ数を検討したところ、素因数と同程度のクラスタ数が最適であると判断し、クラスタ数を 12 とした。また、対象区域は主に 4 つの流域で構成されるが、河川の方向、斜面の向き、地層の層向などからそれぞれ特徴が異なると考えられるため、流域ごとにクラスタ分析を行う。その分類結果を **Fig. 1** に示す。隣り合う林班や位置的に近い林班が同じグループに分類されるが、左岸と右岸で特徴が異なることが分かる。これは傾斜方向の違いが影響の一つと考えられる。

次に、林班単位で整理されているクラスタ分析結果に河川流域の境界をオーバーレイし、同様の特徴を有するグループに分類される流域で、かつ、1 つの河川流域に複数の林班を含まない 1 次河川流域を抽出した。

さらに、抽出した 1 次河川流域において現地調査を行

Table 1 Type of each factor and parameters.

Type of each factor	Element
Hydrological factor	Density of river, Curvature of river, Stream gradient
	Angle of inclination, Density of inclined plane, Undulation of terrain
Geographical factor	Direction of dip
	Geological condition, Soil type
Land using's factor	Bare area, Density of road
	Vegetation

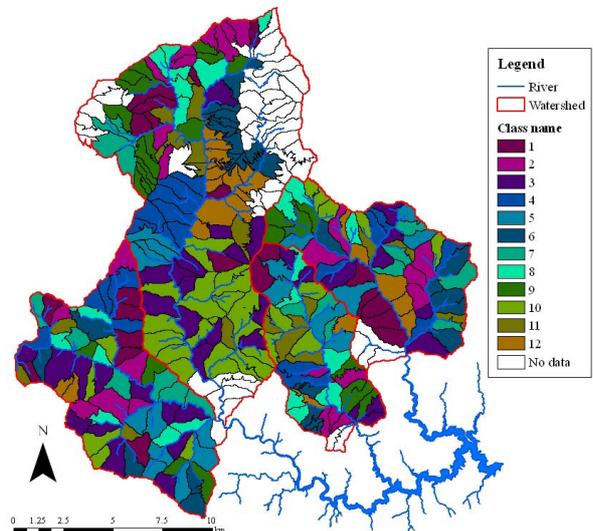


Fig.1 Result of cluster analysis.

い、クラスタの特徴の現地確認、濁度計設置の可能性の検討を行った。その結果を基に、最終的に選定した濁度測定流域を Fig. 2 に示す。このような特徴の異なる1次河川流域の最下地点に後方散乱光方式の濁度計を固定設置し、5ヶ月間にわたって断続的に濁度を計測する。この濁度計のセンサは測定範囲が0~5000 ppm, 分解能が0.01 ppm, 精度が測定値の±2%と高精度な測定を行うことが可能である。

3. 懸濁物質の流出予測モデル

3.1 モデルの概要

計測された濁度は、河川中に含まれる懸濁物質の濃度であるため、懸濁物質の流出量を評価するためには、計測位置における流量を考慮することが必要となる。今回濁度計を設置した位置は1次河川であり、他の流域からの河川水の流入はなく、川幅もほぼ同程度の箇所を計測を行っているため、単純に流域間の降雨量を考えれば、濁度の値を懸濁物質の流出量として評価することが可能と考えられる。そのため、得られた濁度データを基に、降雨量を考慮して懸濁物質の流出量を評価するために、流出解析に用いるタンクモデルの考え方をベースとしたモデルを構築した。

このモデルは縦に直列に配置した4段のタンクから構成され、側面および底面に流出孔を持つ。最上段のタンクに降雨量を与えると、タンク内の水の一部は側面の流出孔から濁水として外部に流出し、一部は底面の浸透孔を通して一段下のタンクへ移行する。タンクの径と深さ、各タンクの流出孔、浸透孔の係数を変えることで側面の流出孔から流出する時間遅れの濁水状況を表現できる。

モデルの各種係数は濁度測定流域ごとに流域近傍の実降雨量を与え、濁度測定結果と予測値がほぼ合致するように調節する。作成した予測モデルの例を Fig. 3 に示す。このモデルを各濁度測定流域ごとに作成する。その結果、まとまった降雨が観測されている期間においては、濁度の実測値と予測値がほぼ一致するモデルを構築できた。

3.2 モデルの評価

開発した予測モデルによる懸濁物質の流出量の再現性を検証するために、対象領域全体に20mm/hの一様な降雨が24時間連続して降った場合を仮定し、3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の例を Fig. 4 に示す。測定流域1と2では降雨が長時間続くほど、懸濁物質の流出量は高い値を示すが、測定流域3では比較的低い値を維持する。また、測定流域2では、懸濁物質が流出し始めるまでの時間が他の流域より遅いことが分かる。こうした測定流域間による違いこそが、個々の測定流域が持つ懸濁物質の流出特性を表していると考えられる。

4. おわりに

本研究では、懸濁物質の流出状況を測定するための流域の選定方法、および得られた濁度データから懸濁物質の流出量を予測する手法について検討した。

このような手法を用いて領域内の降雨の影響を除いた懸濁物質の流出特性を相対的に比較することで、濁水発生に影響を及ぼす因子の検討を行うことができると考えられる。

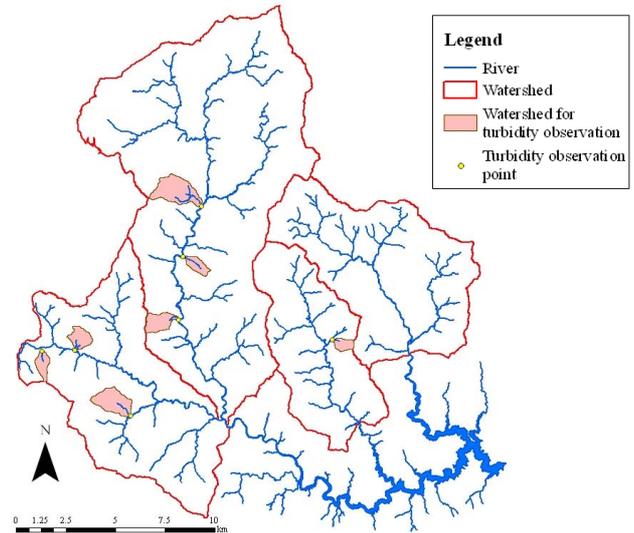


Fig. 2 Selected watershed of turbidity measuring.

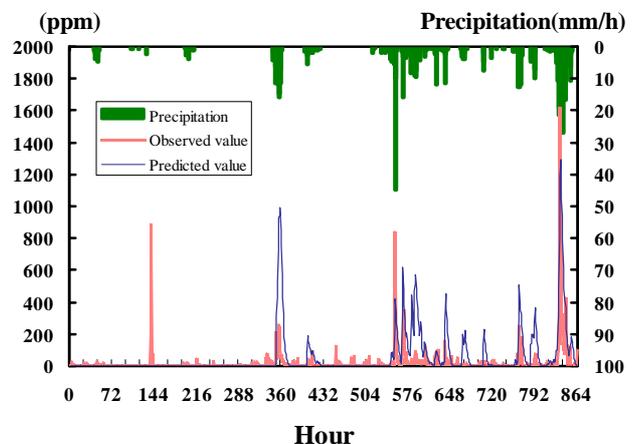


Fig. 3 Interface of turbidity model.

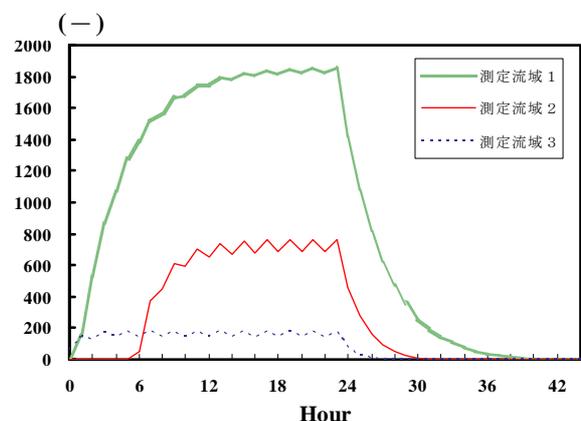


Fig. 4 Predicted value by turbidity model.