濁水発生に関係する素因の抽出とその評価手法に関する検討

九州大学工学部　学生会員　○尾崎隼一　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　田中亮介
九州電力株式会社　正会員　江藤芳武　九州電力株式会社　正会員　溝上　健

1. はじめに

大規模ダムの建設により，長期間，貯水池内に濁質物質が滞留したり，下流河川が長期にわたり濁水化する問題が顕在化している．このような問題に対して，貯水池内において様々な濁水軽減対策が施されているが，濁質物質の発生源対策，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．

本研究では，濁水の発生源である貯水池上流域に着目し，濁水発生に関係する可能性のある要因の空間分布特性を把握し，それらの濁水発生に対する影響を評価する手法について検討を行った結果を示す．

2. 濁水発生に影響する素因の評価方法

濁水発生の原因は基本的に自然の営力による侵食作用である．侵食は水文的要因，地形的要因，地質的要因，土地被覆的要因，人為的要因等の諸要因およびそれらの相互作用によって発生する．そこで貯水池上流域のこれらの要因を分析するために，GIS(Geographic Information System，地理情報システム)を用いて，これらの要因の中から濁水発生に関係するであろう素因を定量化し，それらと濁水発生の関係を調べる．その方法を **Fig. 1** のフロー図に示す．図に示すように，まず関連するベースデータを収集し，このデータをもとに諸要因を具体的に表現する様々な素因を抽出する．そして，素因データを統合して，総合的な分析をするための分析単位を選択する．ここでは，林班を分析単位とし，各素因のデータを作成する．また，これらの素因と比較するために，現場において濁度を測定する．最終的に各素因と濁度との相関性を空間的かつ定量的に検討し，各素因が濁水に与える影響を把握する．

3. 素因の抽出

3.1 水文的要因

水文的要因を定量化する素因として河川密度，河川湾曲度，河川勾配を選定する．河川密度が高いと濁質物質を集約する能力が高く，出水時に濁水が発生する可能性が高いと考えられる．また，河川湾曲度は河川に堆積する土砂，河岸侵食を表現するための一つのパラメータと考えられるため，直接的な土砂の生成ではなく，２次的な発生源となりうる可能性がある．河川勾配については濁質物質の流下の速さを表し，勾配が小さいほど，滞留時間が長いと考えられる．

3.2 地形的要因

地形的要因については平均傾斜角，傾斜方向，斜面密度，地形起伏量を選定する．特に傾斜角は侵食の発生と関連性が高いと考えられ，傾斜角が大きいほど濁水の発生が顕著になる可能性がある．また，傾斜方向は濁水が流下する方向を示し，また地質構造との相関が著しいと考えられる．斜面密度については地形のうねりの程度を表し，値が大きければ，その林班における起伏が激しいことを示す．地形起伏量は領域内の凹凸の状況を示し，地形起伏量が大きいと斜面としては

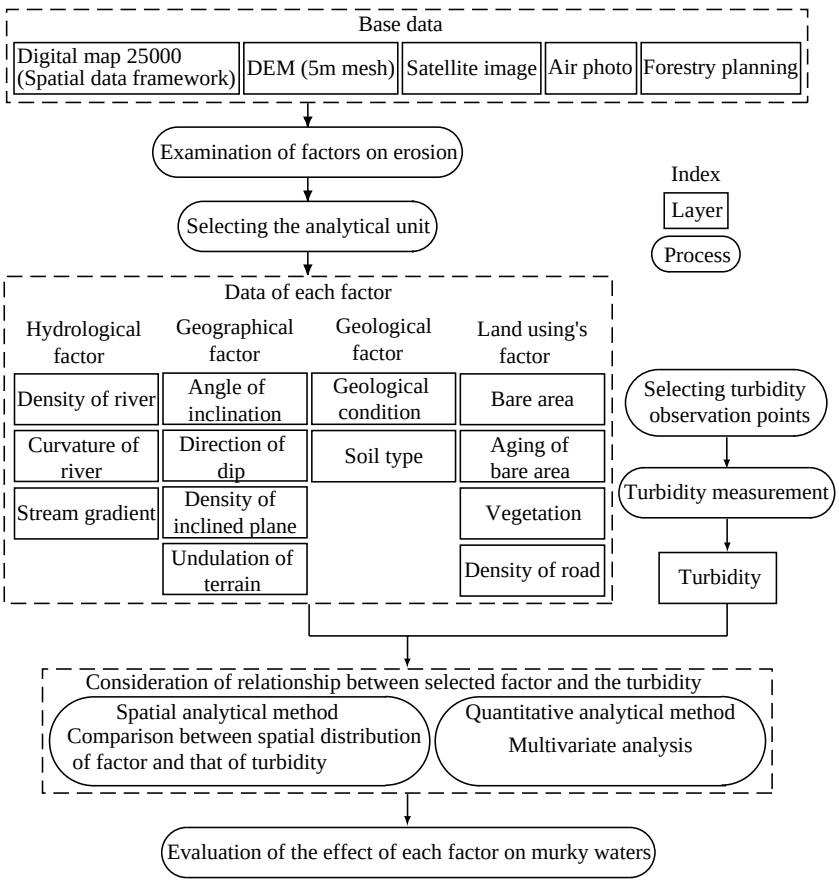

Fig. 1 Flow of this research.

険しく，侵食も著しいと考えられる．

3．3 地質･土壌的要因

森林計画図の帳票データを用いて，林班毎に地質型および土壌型を整理する．地質と土壌の性質によって濁水発生への影響が異なると考えられる．

3．4 土地被覆的要因

土地被覆的要因を評価するため，衛星画像を用いて対象地域における裸地を抽出し，林班単位に整理する．植生の乏しい裸地は，濁質物質の生産に関係があると考えられる．

3．5 人為的要因

定量化できる人為的要因として人工林の卓越性，道路密度を選定する．これらの素因は人工的な開発の程度を評価できると考えられ，値が高いほど本来の植生状態が乱された領域を示す．

4． 濁度測定

各素因と濁水発生の相関性を検討するため，濁度の測定データが必要となる．例として平成 16 年 10 月 21 日の濁度測定結果を **Fig. 2** に示す．その結果 A 領域，次いで B 領域において高い濁度を観測した．その他の領域は 50 ppm 以下の濁度が観測されている．

5． 各素因と濁度の相関性

抽出した各素因と濁水の発生状況を比較する．その結果，比較的高い濁度を示す地域に平均傾斜角の大きい林班が多く分布する傾向が見られた（**Fig. 3**）．また濁度が高い領域を含む対象地域西部に裸地面積の大きい林班が分布しており（**Fig. 4**），濁水の発生と比較的顕著な相関性があることがわかる．

さらに定量的な分析として，濁度を目的変数として，量的な数値として表すことができる 7 つの因子を用いて多変量解析を行う．裸地のデータが平成 16 年 10 月のデータであることから，同時期の濁度の測定結果を用いて検討を行う．その結果を **Table 1** に示す． 9 月 30 日の濁度データに対して裸地面積が 1.03，河川湾曲度が 0.58，10 月 21 日の濁度データに対して裸地面積が 0.88 と比較的強い正の相関が確認できる．

6． おわりに

本研究では，濁水発生に関与する可能性のある素因を抽出し，各素因が濁水発生に及ぼす影響を評価する手法を検討した．その際，提案した評価方法をある対象領域に適用し，各素因と濁度との相関性を空間的，かつ定量的に分析した結果，裸地面積と濁度との相関性が比較的高いことが明らかとなった．今後，素因データの精度の向上，濁度測定データの充実などにより，各素因と濁度との相関をさらに明確にする予定である．

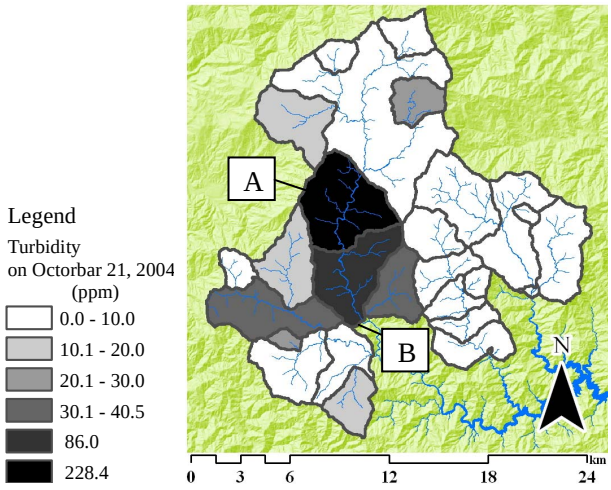

Fig. 2 Turbidity distribution.

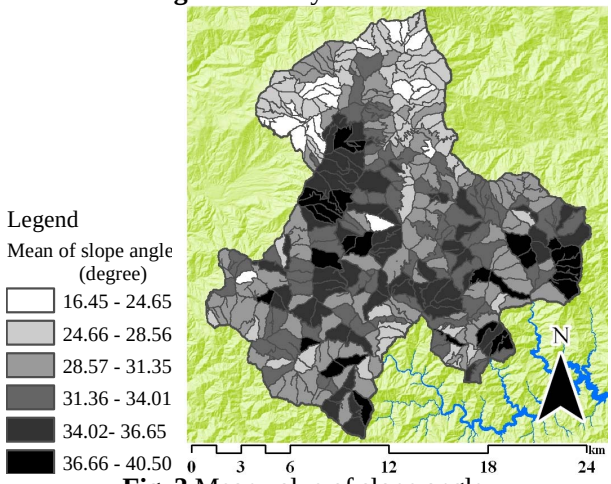

Fig. 3 Mean value of slope angle.

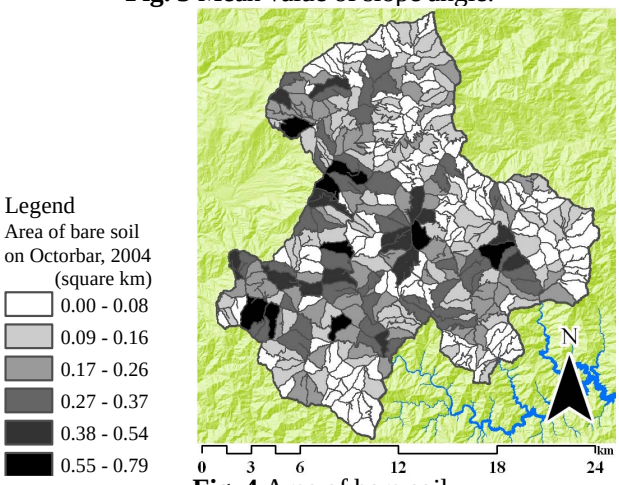

Fig. 4 Area of bare soil.

Table 1 Result of multiple regression analysis.

Date		9/30	10/21
Standardized partial regression coefficient	Mean of slope angle (degree)	0.18	0.35
	Area of bare soil (km^2)	1.03	0.88
	Density of slope (quantity/km^2)	0.12	0.01
	Degree of river curvature	0.58	0.38
	Density of river (km/km^2)	-0.02	-0.21
	Undulation of terrain (km/km^2)	0.43	0.48
	Density of road (km/km^2)	0.07	-0.04