

氏名	さと ふか よし ふみ 里 深 好 文
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3579 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	山 地 河 川 の 変 動 と そ の 制 御 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査)  
教授 高橋 保 教授 今本博健 教授 井上和也

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、山地河道で生じる網状流路の変動、それに伴って変動する下流河川への土砂流出量とその粒度分布、流路変動および流出土砂量の変動制御について水路実験、理論的考察、および数値シミュレーションによって詳細に検討し、それらの予測モデルを与えたもので、緒論、6章および結論からなっている。

緒論では、多くの河川で低頻度のカタストロフィックな土砂生産現象と、その後の長期にわたる緩和現象的な流路変動を伴う土砂流出現象が生じていることを指摘し、後者の過程での土砂流出予測に網状流路の変動過程予測が不可欠であるのにもかかわらず研究が立ち後れている現状を概観して、本論文の意義を明らかにしている。また、論文の構成について述べている。

第1章では、水路実験によって、網状流路の変動過程を分析している。その結果、網状流路の変動プロセスは、流路の集中、拡幅、分裂の素過程の循環から成り立っていることが明らかになり、流砂量変動は流路変動と密接に関係していることが明らかになった。また、網状流路における平均的な流砂量は、流水が集中し一本の水みちのみが形成されている状態での流れの諸量によって予測可能であることと、水みち幅は中規模河床形態の形成条件から推定されることを示した。

第2章では、流路変動の素過程のうち、一本の流路が拡幅から分裂にいたる過程に着目して、水路実験と数値シミュレーションによる解析を行っている。一様な幅をもち、側岸が侵食可能な材料で構成されている水みちに給砂・給水を行うと、空間的に周期性を持って拡幅部と集中部が交互に現れる。拡幅部で流下方向の掃流力低下に呼応して土砂が堆積し、やがて浮き州が形成されて流路分裂が起こる。このことから、拡幅部を模した漸拡水路を用いた水路実験を行い、一本の水みちが分裂するまでの距離を検討して、その距離とフルード数との間に関係のあることを見出した。次いで、漸拡水路における砂州の発達過程を再現できる非定常2次元浅水流モデルを開発している。これによっても、水みち分裂に至る距離が求められ、それが水路実験の結果と同様の傾向を示していることに基づいて、水みち分裂に至る距離とフルード数との間の関係式を求めている。

第3章では、流量、河床砂の特性、地形勾配、および河道幅が与えられたときに、河道内部に形成される流路の形態や流砂量を予測する2通りの方法を提案している。第一の方法は、流路分裂に至る距離を与える式を基に、流路分裂点での流量配分比、各水みちの振れ角の確率分布などを与えて網状流路のパターンと流砂量を求める方法である。この方法によれば、比較的短時間の計算で、簡便に流路パターンと流砂量の最大・最小の変動範囲が予測できるが、流砂量の時間的変動を求めするためには、流路網パターンが伝播する位相速度を別途与える必要がある。第二の方法は、2次元浅水流モデルを用いて網状流路の発生・変動過程を再現する方法である。この方法では、比較的長い計算時間が必要であるが、平坦河床からの網状流路の発達・変動過程と任意地点での流砂量の時間的変動を計算できることを実験との比較によって検証している。また、この方法を用いて、上流端での給砂・給水条件の変化が下流部の土砂流出量変化に与える影響を定量的に評価できることを示している。

第4章では、河道内部に存在する巨石が流路変動に及ぼす影響を検討している。その結果、水みちの側岸に沿って、水流

によって移動することがない巨石がある限界値より小さな間隔で存在すると、水みちの横断方向変動が抑制されること、その限界の間隔は巨石の大きさに関係することを明らかにしている。

第5章では、幅広い粒度分布を持つ場の河床変動過程を論じている。まず、掃流砂を対象として、混合砂礫床における侵食・堆積速度を与えている。これは侵食・堆積速度が平衡土砂輸送濃度と実際の流砂濃度との差、および摩擦速度と各粒子の移動限界摩擦速度との差に比例するとの考えに立脚するもので、その妥当性がこの式を用いた1次元数値シミュレーションを水路実験に適用することで検証されている。数値モデルを2次元場に拡張して混合砂礫床の水みち侵食に関するシミュレーションを行い、河床材料の平均粒径が同じでも粒度分布の範囲が広がると河床侵食量が増加すること、大きい河床粒子の存在率を全領域に均等に与える方法に比べ、その存在位置を特定する方法では河床侵食量が小さくなることを示している。

第6章では、砂防ダムと遊砂地の流出土砂調節機能について検討している。まず、上流河道幅より狭い水通し幅を持つ砂防ダムによって洪水時の流出土砂量のピーク値が抑えられることを明らかにしている。しかし、ダム下流に顕著な土砂堆積が生じる場合のあることも指摘している。また、遊砂地内部では水みちが形成され、その変動に伴って土砂堆積が進むこと、遊砂地の長さが長いほど、かつ、上流河道勾配に対し遊砂地の勾配が緩いほど、遊砂地内に堆積する土砂量が増加することが確認されている。

結論では、以上の結果を要約している。

#### 論文審査の結果の要旨

山地河川は不安定な網状流路を形成しており、河床構成材料の粒度分布が非常に広いことと相まって、その変動予測と下流への土砂流出量の予測を困難にしている。本論文は、山地河川の流路変動過程とそれによる土砂流出変動を定量的に評価できるモデルの構築、および災害の原因となる流路変動と土砂流出の制御方策に関して行った水工学的研究をとりまとめたもので、その主な成果は以下のようである。

1. 網状流路の変動過程が、流路集中、拡幅、および分裂の三種の素過程の循環から成っており、流砂量変動が流路変動と密接に関連していることを明らかにした。
2. 流路拡幅から分裂に至る過程では、流下方向に周期的に現れる拡幅部で浮き州が形成されることによって分裂することを見出し、一本の流路が分裂に至るまでの距離を与える式を示した。
3. 初期の平坦な河床から複雑な網状流路へ、時間的に次第に発達していく過程を再現できる二次元浅水流モデルを与え、これによって流路網発達の各段階での空間的な流路分布の統計的性質が説明できることを明らかにした。また、このモデルによって、上流の給水・給砂条件の変化が流路網と下流への土砂流出量に与える影響を評価できることを示した。
4. 河道内に散在する巨石が流路変動に影響を与えることを示し、巨石を並べて流路変動を制御できる可能性を示すとともに、有効な巨石間隔を与えた。
5. 幅広い粒度分布をもつ河床の変動過程を予測する際に必要になる侵食・堆積速度式を与えた。
6. 河床材料の平均粒径が同じでも、粒度の分布範囲が広がると河床侵食量が増加することを示した。また、特に大きい粒子個々の存在位置を計算に反映するか、しないかによって河床侵食量の予測値に差が生じることを示した。
7. 砂防ダムと遊砂地の土砂調節機能を本論文で提案したシミュレーション法によって検討し、砂防ダムの下流に顕著な土砂堆積が生じる場合があることを指摘した。

以上要するに、本論文は山地河道に発達する網状流路の変動、下流河川へ供給される土砂の量ならびに粒度分布の変動、流路変動制御の方法、および流出土砂制御の方法とその問題点について議論し、詳細な検討を可能にする方法を与えたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年1月29日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。