

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 中谷 洋明

本研究は、これまでの流砂量研究において十分に検討されてこなかった、河床及び流送土砂構成材料の粒径が大きい場合の流砂現象について、北陸地方の山地河川流域における現地観測を実施し、堅牢で安定した観測ができるハイドロフォンを用いた間接的測定手法による流砂量解析手法を構築したものである。ハイドロフォンは、流路の河床に設置した鉄管に砂礫が当たる音響を計測する装置である。

第 1 章では、山地河川の水位・流量の観測箇所は非常に限定的であり、特に、山地河川での流砂量の観測に関し、実証的な事例調査が極めて限られていることを示した。また、中規模以上の面積を持つ流域で、広い粒径範囲を持つ流砂量に対しての、短い時間間隔の連続的な解析は、実用上の高い必要性にも関わらず、これまで充分には進められていないことを示し、本研究の課題を明らかにしている。

第 2 章では、中規模流域における各個運搬の形態によって流送される土砂を研究の対象とした流砂量解析に当たっては、アーマーコートや流水のエネルギー勾配推定をはじめ困難があり、実験的に得られた流砂量式を山地河川に直接的に適用する際の課題の整理が十分でなく、本研究において体系的に整理している。

第 3 章においては、山地河川での連続的な流砂量解析法を構築するための方法論について、土砂水理因子・変数からその出力の 1 つである流砂量への写像関係の研究であると規定し、流砂関連量を導入することで、最終的な出力となる流砂量との対応関係の解明・解析の複雑さの緩和を図ることが有効であることを明らかにした。

第 4 章においては、流砂量解析手法を検討する流域及び事例の概要を整理し、観測流域及び直接法による土砂量と流砂関連量としてのハイドロフォンによる計測値を求めた観測事例が、流砂量解析のために適切な観測資料であることを示した。

第 5 章第 1 節では、直接観測資料に流砂量式を適用して検討を行い、実験系で平衡流砂量を対象に検討・検証されてきた流砂量式を平衡流砂量以下の現象である観測系に適用する際には、実験・観測手法、その計測水準、及び土砂水理条件といった諸条件の相違を適切に考慮することの重要性を実証的に確認した。

第 5 章第 2 節では、間接法の一つの統計的な組み合わせ解析式によって流砂量解析を行い、観測に対する解析の適合性を検討した。間接法に用いる観測量の 1 つであるハイドロフォンのパルス数は、下限粒径 0.85mm 以上の粒径集団に対して最も安定な感度を持つことを明らかにしたが、その感度は流量で変化するので直ちに流砂量とは対応せず、流砂量と流量の 2 因子を反映する。そこで、ハイドロフォンのパルス数、流砂量、流量の 3 つの

因子は相互相関を持っていることから、因果律を逆に解き、相対的に観測の容易な流量とパルス数とから、相対的に観測の困難な流砂量を解析する方式を検討し、単位幅流量と単位幅でのハイドロフォンパルスを変数とし、式形として単純な線形結合式を用いて、流砂量をより良く解析できることを新たに見出した。不偏度・一致度の双方を一定程度満足する流砂量推定を行うために、パルス数と流量とを組み合わせることが有効であることを実証的に説明したのは本研究が初めてである。

第5章第3節では、年間程度の期間の間接法連続観測資料を解析した比流砂量について、マクロスケールで北陸地方の貯水池堆砂資料から算出した比堆砂量との比較検証を実施し、実現象系における解析流砂量の精度を検証する手法を新たに構築した。換算率等に関して今後の検討の余地はあるものの、ほぼ近い量となることを明らかにした。

第5章第4節では、手取川水系牛首川上流細谷において、上下流方向に約1,200m程度の近さで設置した2箇所における5分間隔の観測によって、小規模な洪水事例の期間に発生した流砂波形に対し、流砂量解析手法を適用した。その結果、流出流砂量の変化を流砂波形の通過として、初めて実証的に検出することができた。また、上流地点と下流地点での波形ピーク時刻差が流砂の平均流下速度が、流水の平均流下速度の約3分の1程度であることを検出した。一洪水中にも多数の土砂波形がパルス状に移動することを把握できたのである。

第6章では、本研究を総括すると共に、流砂量解析手法の特徴を整理し、提案した解析手法を、今後蓄積される観測資料を用いて高度化する際に考慮すべき点をまとめ、本研究において構築した流砂量解析手法が、流砂の観測・解析の経済性と実用性を大きく向上させる可能性を持つことを述べた。

以上のように、本研究は学術上のみならず応用上も価値が高い。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位を授与するにふさわしいと判断した。