HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	山地河川における掃流砂観測に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	後藤, 健
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第12257号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/61920
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Ken_Goto_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　　氏名　後藤　　健

審査担当者　主査　特任教授　丸谷　知己
副査　教授　井上　　京
副査　准教授　笠井　美青

学 位 論 文 題 名

山地河川における掃流砂観測に関する研究

本論文は、図 61 枚、表 10 枚を含む総頁数 105 頁の和文論文であり、他に参考論文３編が添えられている。

山地流域から生産される土砂は、治山砂防計画によって管理されている。適切な土砂管理のためには、これらの生産土砂の時系列変化を把握する必要がある。そのため、特定期間の地形変化に基づく河床変動量ではなく、出水時を含む実際の粗粒土砂の運搬量、すなわち掃流砂量の直接観測によることが最も望ましい。本論では、出水時における掃流砂量と粒径の時系列変化を直接観測するためのシステムを開発し、その適用範囲を明らかにすることを目的とした。本研究の成果を既存の集合運搬や浮流運搬の観測成果と組み合わせることにより、流域全体での流砂量の時系列変化を把握できるので、これにより総合土砂管理が可能となる。

本論ではまず、これまでの流砂量観測手法のレビューを行い、掃流砂量とその粒径の直接観測には金属製の円管とマイクロフォンから構成される音響法（パイプハイドロフォン）が最も優れていることを示した。これを砂防堰堤の水通し部などに設置し、砂礫衝突音の波形分析より掃流砂量と粒径を同時に推定するものである。また、土砂移動量が多い場合には衝突音の分離が困難なため、河床に掃流砂の重量測定用のロードセルを設置して掃流砂移動速度を測定し、これと音響法とを併用することにより、掃流砂量へと変換できることを示した。

次に、室内実験によって、ハイドロフォンによる音響法の特性を定量的に明らかにした。まず、円管に衝突する掃流砂の運動量と音響波形の共振周波数の最大振幅値との間に線形関係が成り立つことを見出し、その線形関係を利用して掃流砂量と粒径を推定する手法を開発した。すなわち、掃流砂の衝突個数と粒径とから掃流砂の体積を求め、これに掃流砂の移動速度に乗じることで掃流砂量と粒径を推定できることを示した。

さらに、音響法を補完するためのロードセルによる掃流砂測定手法の特性についても室内実験により明らかにした。本手法は、1m×0.5m の金属製躯体の上下流端に２基のロードセルを設置し（以下、掃流砂量計）、水中重量から求めた掃流砂の体積と移動速度とを乗じ、時間積分によって掃流砂量に変換するものである。掃流砂量計は、２基のロードセルの重量波形の相互相関関係から、掃流砂の移動

速度が求まるように設計されており、仮に流砂が一様に流下し、重量波形の相互相関関係が得られない場合でも、掃流砂の移動速度評価手法により掃流砂量の推定は可能である。

掃流砂の移動速度評価手法は、固定床上における経験式から求めた。移動床上の掃流砂については、多くの知見から既に実用レベルに達しているが、固定床上の掃流砂について知見は乏しい。そこで、本論では固定床水路での河床付近の流速と掃流砂の移動速度との相関関係に着目し､掃流砂の移動速度が摩擦速度の 0.5 乗に比例することを用いて、掃流砂の移動速度評価手法を提案した。

次に、これらを踏まえて、ハイドロフォンによる音響法と掃流砂量計による測定手法について、粒径の異なる４種類の一様砂を用いた水路実験で問題点を検証した。音響法では、掃流砂が浮遊を始める領域では適用出来なくなること、設置箇所ごとに音響波形と衝突音の運動量との線形関係にキャリブレーションが必要なこと、円管背後に発生する後流による掃流砂の再衝突を防止する必要があることなど明らかにした。また、掃流砂量計では、４種類の一様砂に対して誤差 10%以内で掃流砂量を推定出来ることがわかった。

最後に、これまでの掃流砂観測手法に対して、本研究での観測手法の優位性と適用範囲を比較し、土砂移動形態や粒径の測定手法とセンサーの精度などについて、総合的に考察を行った。特に、掃流砂観測においては、任意断面を通過する掃流砂量とその粒径を時系列で把握することが必要なことから、ハイドロフォンによる音響法及び掃流砂量計による測定手法を併用することの有効性を論じた。これにより、任意断面を通過する全流砂量が把握できると、その区間内の河床変動量や粒径の情報と組み合わせて、流域内の時々刻々の土砂量の把握や流域全体での土砂管理が行えることを提案した。

以上本論文は、ハイドロフォンによる音響法と掃流砂量計による測定手法との併用により、これまで困難とされてきた山地河川の掃流砂量とその粒径分布の観測が可能になることを明らかにしたものであり、本研究成果を既存の集合運搬および浮流運搬の観測結果とあわせることにより流域全体の土砂量を把握できることを提案している。これらの成果は、治山砂防学分野の研究を具体的に前進させるだけでなく、水土砂災害軽減のための治山砂防計画の構築に大きく寄与するものとして高く評価される。よって審査員一同は、後藤　健が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認めた。