

論文の内容の要旨

氏名：古川 仁志

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：超音波による河川濁水の浮遊砂濃度と粒度分布の現地計測に関する研究

河川上流に建設されているダムは、治水や利水に重要な役割を果たしている。しかし、大量の水を貯めると同時に大量の土砂を貯めており、流砂系における土砂の連続性を遮断してダムの上流では河床の上昇を招き、下流へは土砂供給量を減少させて、河床の低下や河口付近の海岸浸食の原因となっている。そのため、出水時にダムの目的を損なうことなく、ダムから適正に土砂を流すことがダム貯水池の堆砂対策と流砂系の総合土砂管理に共通する課題となっている。これには濁水に含まれる浮遊砂濃度や粒度分布などリアルタイムでの土砂動態のモニタリングが求められるが、浮遊砂濃度と粒度分布は採水分析で測定するため連続測定が困難で、しかも測定結果に時間差が生じる欠点があり円滑な対応を困難にしていた。この問題の解決のために、現地で浮遊砂濃度と粒度分布をリアルタイムで同時測定ができるように、1つの超音波振動子で周波数1~10MHzを発生させることができるプラノコンケーブ型超音波減衰スペクトル計を作製して、その有用性を明らかにした。

第1章では、本研究の背景となる河川の土砂総合管理におけるダムの堆砂や排砂、河道の変動予測、放射性物質の環境動態などにおける浮遊砂濃度と粒度分布のリアルタイム測定の意義を示すとともに、本研究の目的を示した。

第2章では、浮遊砂濃度と粒度分布の測定方法について、現状と課題が述べられている。測定方法には光学式濁度計、ドップラー式超音波流速計、差圧計、レーザ回折・散乱法、超音波減衰スペクトル法などがあるが、高濃度の測定が可能で、浮遊砂濃度と粒度分布の同時測定ができるのは超音波減衰スペクトル法であり、それを現地で測定できるように小型化するためには本研究で用いたプラノコンケーブ型超音波振動子が適切であることを示した。

第3章では、超音波と粒子の相互作用により生じる超音波の減衰スペクトルから、濁水中の浮遊砂濃度と粒度分布を求めるための測定原理が示されている。

第4章では、プラノコンケーブ型超音波振動子を採用して作製した超音波減衰スペクトル計の詳細と、この装置を用いて粒径1~250 μm の範囲で粒径の異なる10種類の均一球形粒子の減衰スペクトルを測定して減衰係数を求め、理論値と測定値が一致することが示され、球形粒子における本装置の有用性を実証した。

第5章では、超音波減衰スペクトル計で測定される減衰スペクトルは水温や塩分の影響を受けることから、それらを考慮した浮遊砂粒子を含まない濃度ゼロの減衰スペクトルの実験式を提案するとともに、流速の影響について、流速を考慮したレイノルズ数とマッハ数の関数となる係数を乗じて減衰スペクトルが求められることを検証し、測定時の環境変化にも対応できるようにした。

第6章では、超音波減衰スペクトル計の実用化のために河川より採取した30~300 μm の非球形粒子を10種類の粒径にふるい分けたものを用いて実験を行い、第4章で得られた結果に、非球形粒子の粒径や体積を情報として考慮した等価粒径係数を導入することで浮遊砂濃度と粒度分布の測定に適用できることを検証した。

第7章では、第6章で提案した等価粒径係数について、粒径の情報は非球形粒子の粒径を減衰スペクトルが同じ球形粒子の粒径に換算する係数、体積の情報は非球形粒子の体積を減衰スペクトルが同じ球形粒

子の体積に換算する係数であり，それらの決定方法を示した。

第8章では，超音波減衰スペクトル計により河川上流に設置されたダムの放流時と河口の汽水域における大潮時の2カ所で長期間の連続測定を行い，採水による測定結果を基準値として本装置の測定結果を比較検討した。測定は10分間隔で河川上流のダム放流時では3日間，河口の汽水域では18時間行い，両地点における浮遊砂濃度と粒度分布とも採水による結果と一致することを確認し，本装置の有用性を検証した。

第9章では，本研究で得られた主な結果を各章ごとにまとめるとともに，今後の課題について示した。

以上のべたように，本研究はこれまで現地で浮遊砂濃度と粒度分布の同時測定ができなかった課題について，それを可能にした装置を作製してその有用性を検証したことは実用価値が高く，当該課題の解決に大きく寄与するものと判断される。