

# 差圧センサーによる微細土砂濃度計測システム (SMDP) を用いた流砂系土砂動態観測

京都大学大学院工学研究科 角 哲也

## 1. はじめに

流砂系総合土砂管理の推進には、洪水時の土砂動態観測が重要である。これに応えるための新技術として、従来の光学的手法によらず、差圧センサーによって流体中の密度を直接測定することにより浮遊砂濃度を計測する手法(Suspended Sediment Concentration Measuring System with Differential Pressure Transmitter (以下 SMDP))を開発してきた。この手法は、連続測定が可能で、差圧測定であるが故に高濃度の測定が可能であることに特徴がある。

この計測システムの基本性能を把握するために、天竜川水系美和ダム貯水池を対象としたフィールド試験を行い、洪水時の高濃度の土砂流入状況を観測し、その実用性が確認された。さらに、天竜川水系小渋ダムおよび黒部川(出し平ダム - 宇奈月ダム)においても観測体制を整備してきており、これらを用いた土砂モニタリングデータの蓄積を行っていく予定である。

## 2 計測手法

測定対象とするのは、粒径 0.1~0.2mm以下のウォッシュロードである。その濃度は、通常、浮遊物質濃度(SS:単位 mg/l)と表記されているので、以下、SSで統一する。山地河川の自然洪水時やダム排砂時には数千~数万 mg/l 以上の観測が求められる。

測定原理は、図1に示すように流体中に間隔Hを一定に保った2つの固定基準点を設け、これらの圧力(P<sub>H</sub>: 高圧側、P<sub>L</sub>: 低圧側)を検出する。g, Hが既知であることより、圧力差 P を求めることにより、流水中にウォッシュロードが含まれた場合の水の平均密度( )およびSS濃度が求められる。

$$P = P_H - P_L = \rho g H$$

実際の計測システムでは、河川水を適切に測定槽内に導く必要があり、計

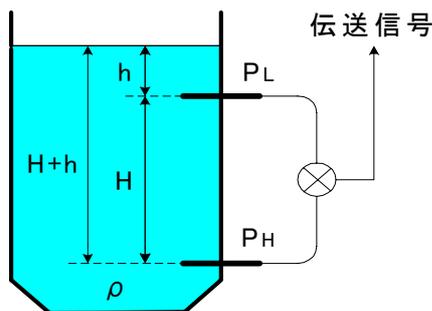


図-1 測定原理

測システムごと測定対象となる水中に入れる水中設置式(UW-SMDP: ダム貯水池内など)と、水中ポンプのみ河川水中に設置して陸上に設置した水槽との循環システムを構成する水循環式(WC-SMDP: 一般河川など)の2方式を考案した。

水中設置式は、図2に示すように上部に設置したフロートに計測システム全体を吊り下げる構造であり、構造および維持管理が簡単であることが長所である。ただし、計測中は計測システム本体が常時水中に入っている必要があるため、少なくとも常時 2.5~3.0m程度以上の水深が確保される必要がある。

一方、水循環式は、図3に示すように、計測システム本体を陸上に設置し、河川内に設置した水中ポンプから水を導水する方式であり、どこでも設置可能である反面、連続計測を行うためにはポンプの常時運転と水量管理、また、水槽内の定期的な維持管理(年1回程度の堆積土砂の排出)が必要である。

## 3 観測体制

現在、これらの計測システムを用いて下記の地点で観測体制を確立している。

- 黒部川: 出し平ダム流入点(猫又)・・・WC-SMDP
- 黒部川: 出し平ダム直下流・・・WC-SMDP
- 三峰川: 美和ダム流入点・・・WC-SMDP
- 小渋川: 小渋ダム流入点・・・WC-SMDP
- 小渋川: 小渋ダム貯水池内・・・UW-SMDP
- 小渋川: 小渋ダム直下流・・・WC-SMDP

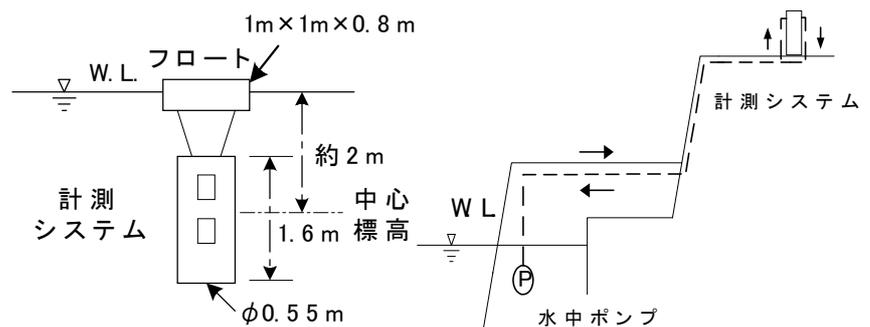


図-2 水中設置式 SMDP



図-3 水循環式 SMDP

これらは、いずれも貯水池土砂管理の先進事例としてダム排砂や排砂バイパスが実施・建設・検討されている地点であり、自然出水時の流入土砂、土砂管理実施時に流下土砂の動態の把握が重要となってきている。

特に、小渋ダムにおいては、貯水池の流入点、貯水池内（ウインチで鉛直方向にトラバースし鉛直分布を自動観測）放流点の3箇所の観測体制を敷いており、洪水時に流入する微細土砂の貯水池内における挙動の把握が可能となるものと期待される。

#### 4 観測結果の一例

水中設置式 SMDP の計測事例として、美和ダム貯水池内（図4）において平成13年5月～9月に観測したデータを図5に示す。美和ダムでは、6月、8月、9月に洪水が発生し、8、9月の主要な洪水時にSS濃度が急激に上昇し、24～48時間程度で減少する波形を繰り返していることがわかる。特に、9月の台風15号における洪水は最大流入量が300m<sup>3</sup>/sを超える規模であり、SS濃度も2時間余りの間に最高3,700mg/lまで上昇する様子が捉えられた（図6）、SS濃度ピークは流入量ピークよりもやや早い洪水の立ち上がり時期に出現しており、これを流量～SS濃度のグラフにプロットすれば時計回りのループを描くことになり、既往の知見とも一致する。

#### 5 おわりに

SMDPにより、洪水時の土砂動態の把握が可能となってきた。今後は、黒部川・三峰川・小渋川における微細土砂の流出特性を明らかにするとともに、ダム排砂や排砂バイパスの実施・運用を支援するために、排砂効果の把握、排出土砂の下流河川環境への影響評価の観点から、本計測システムのさらなる改良を進めたい。

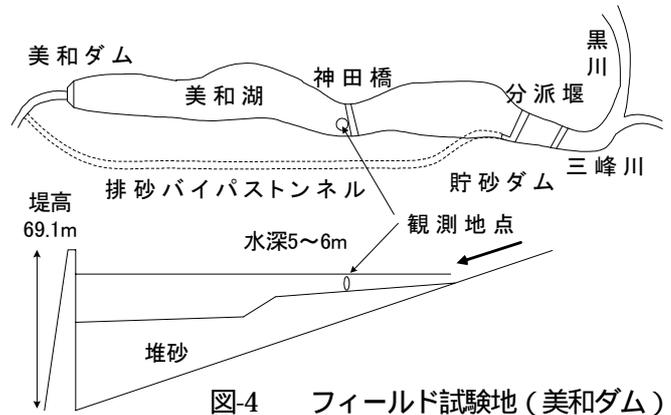


図-4 フィールド試験地（美和ダム）

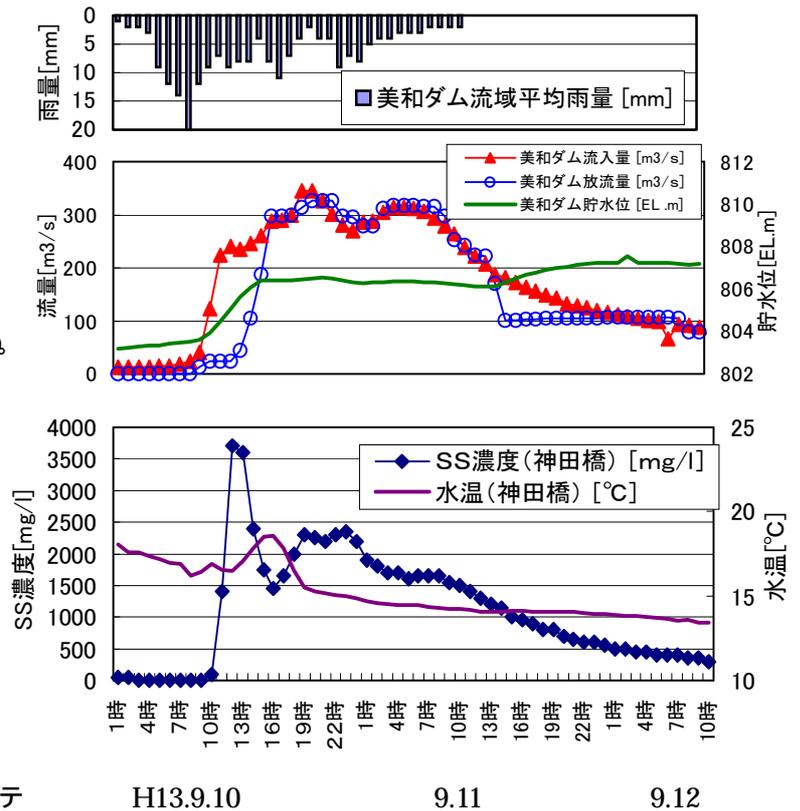


図-6 フィールド試験結果（H13台風15号）

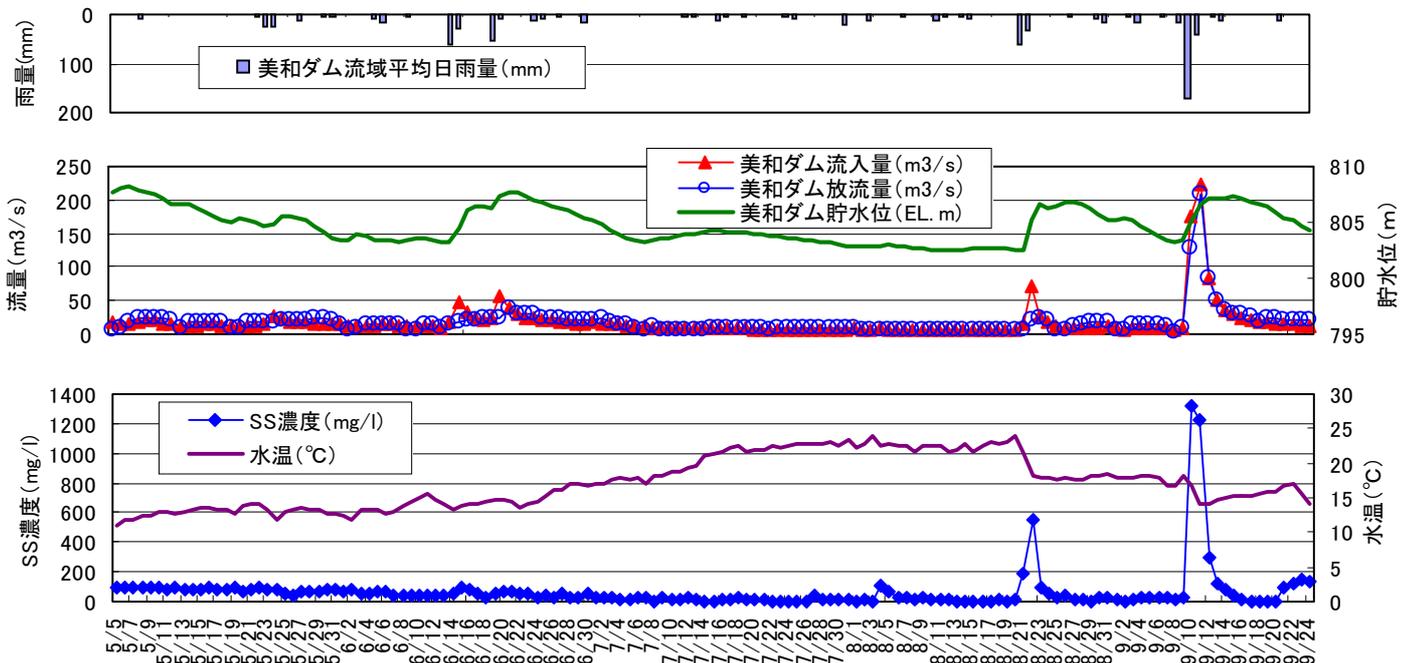


図-5 フィールド試験結果（H13年5～9月（日平均データ））