

電極板を用いた非接触型流砂計測法開発のための水路実験

三重大学生物資源研究科 ○石坂光, 堤大三
国土交通省中部地方整備局 今井惣一郎

【はじめに】

日本や欧米各国では、過去30年間、プレートジオフォンやパイプハイドロフォン(堤ら, 2015)といった間接的手法による土砂移動計測が精力的に行われてきている。しかしこれらの手法は、土砂の衝突を検知する接触型の計測手法であるため、大粒径の砂礫や高速移動する土砂の衝突によって機器そのものが破損してしまうことがあるため、最も重要な大規模土砂移動現象を計測できないという問題点がある。

そこで、我々は非接触型の新たな流砂量計測手法の開発を行っている。この手法は、河川兩岸に電極を設置し、交流電圧を与えた際の水の中を流れる電流を計測して電気伝導度を求め、土砂濃度に依存して電気伝導度が低下することを利用して土砂濃度を求めるものである(図-1)。

【土砂移動計測原理】

土砂濃度 C_s は、式(1)により求められる。ここで、 σ_{st} は計測から求めた電気伝導度 σ [mS/m] を水自体の電気伝導度 σ_m [mS/m] で標準化して求めるものであり(式(2))、 σ を求める際の電極幅には、後述する、実際の電極幅 l_e [m] の外側の通電範囲を考慮した見かけ電極幅 l_a [m] を用いている(式(3))。ここで、 V [V]: 電圧, I [mA]: 電流, l_e [m]: 電極間距離である。

$$C_s = 1 - \sigma_{st} \quad (1)$$

$$\sigma_{st} = \frac{\sigma}{\sigma_m} = \frac{1}{\sigma_m} \left(\frac{I}{V} \frac{b_e}{h l_a} \right) \quad (2)$$

$$l_a = \frac{1}{\sigma_m} \left(\frac{I}{V} \frac{b_e}{h l_e} \right) l_e \quad (3)$$

【実験方法】

計測そのものが可能かを検証する静水条件における実験と、より現地計測に近い条件での検証を目的とした流水条件における実験を行った。流水実験の実験装置の概略図を図-2に示す。

(1) 静水実験

水槽の両端に電極板を設置し、電圧をかけた際に計測される電気伝導度が、土砂濃度に依存して変化する

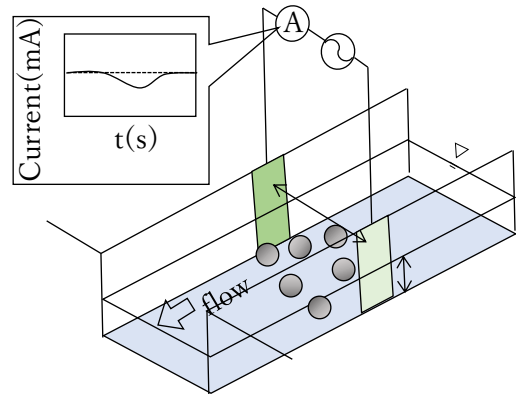


図-1 土砂移動計測のイメージ図

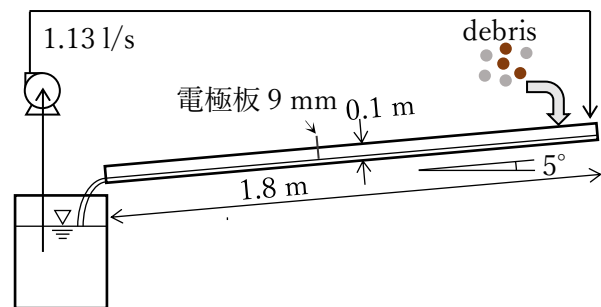


図-2 実験水路概略側面図

かを検証する実験を行った。その際、電極幅と水槽幅が一致する条件と一致しない条件で比較をした。電極は両実験ともに幅:19 cm, 高さ:10 cm である。水槽幅と電極幅を一致させた実験では、水槽は幅・奥行・高さ:19 cm で、使用した土砂は平均粒径 4.75 mm, 間隙率 0.39 である。水槽幅と電極幅が一致しない条件では、幅:35 cm, 奥行:21 cm, 高さ:26 cm の水槽を用い、土砂は水槽幅と電極幅を一致させた実験と同じものを用いた。

(2) 水槽幅を変化させる静水実験(土砂無し)

実験(1)を踏まえて、水路型水槽を用いて電極幅に対して水槽幅 L (cm) を変化させ、電極幅外側の通電領域を定量化する実験を行った。使用した水槽は、最大幅:180 cm, 縦長さ:9 cm, 高さ:10 cm である。

(3) 流水実験(土砂供給なし)

流水条件において、土砂が存在しない状態で電流を流した際に、計測される電気伝導度の変化を検証した。この際、水位変化がない場合(Run1)と水位変化を発生させた場合(Run2, 3, 4)で実験を行い、水位変化が計

測結果に影響を及ぼすかどうかを比較した。

(4)土砂移動計測実験(50 V)

高い電源電圧(50 V)を与えた場合、流水条件において計測が可能かどうか検証するための実験を行った。土砂供給量を 150, 300, 450 cm³(Run5, 6, 7)として各投入量 1 回ずつ実験を行った。土砂はベルトコンベアによって供給し、ベルトコンベア上の土砂設置区間はすべて 90 cm で統一した。

(5)低電圧土砂移動計測実験(10 V)

現地計測への適用を想定し、電源電圧を小さくした状態で計測が可能かどうかを検証した。実験条件は、電源電圧以外はすべて実験(4)と同一であるが (Run 8, 9, 10), ここでは各条件で3回繰り返した。

【結果と考察】

実験(1)で求められた標準化電気伝導度を図-3 に示す。どちらの場合でも土砂濃度に依存して電気伝導度が低下することが示された。ただし、水槽幅が電極幅よりも大きい条件では、電極幅と水槽幅が同じ条件と比較して電気伝導度が大きく計測されることから、電極幅の外側に通電領域が存在することが示された。

実験(2)で得られた見かけ電極幅と水槽幅の関係を図-4 に示す。ここから電極幅外側の通電領域には限界があり、一定の見かけ電極幅が存在することが判明した。

実験(3)から(5)の結果を図-5 に示す。流水のみの計測結果を見ると、土砂量がマイナスと計算される場合もあるものの、0 に近い値となった。

高電圧(50 V)の結果を見ると、土砂量の推定値は実際の投入量に近い値となり、全体としても両者の関係は 1:1 の直線に乗っていることがわかる。よって、流水条件下での土砂移動量計測において、本手法が高い精度で有効であることが分かった。

低電圧(10 V)の結果を見ると、供給土砂量 300 cm³以下の場合では、実験の繰り返し間でのばらつきや、土砂量の推定値と実際の投入量との誤差が見られるが、450 cm³の場合では、精度よく土砂量が推定できている。このことから、電圧を低く設定すると、土砂濃度が低い場合は計測精度が低下する可能性もあるが、土砂濃度が高ければ 50 V の場合と同様に、高精度での推定が可能であることが分かった。

【まとめ】

本研究で行った水路実験で、静水条件下、流水条

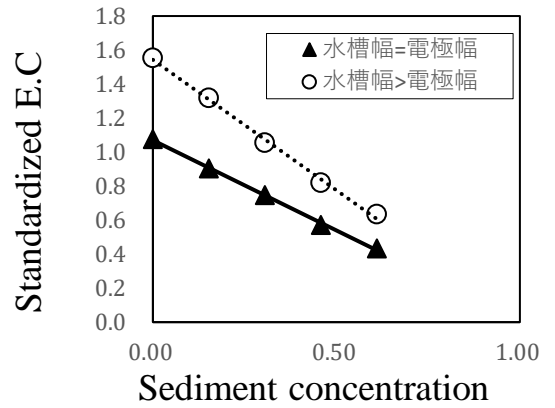


図-3 実験(1)における標準化電気伝導度と土砂濃度の関係

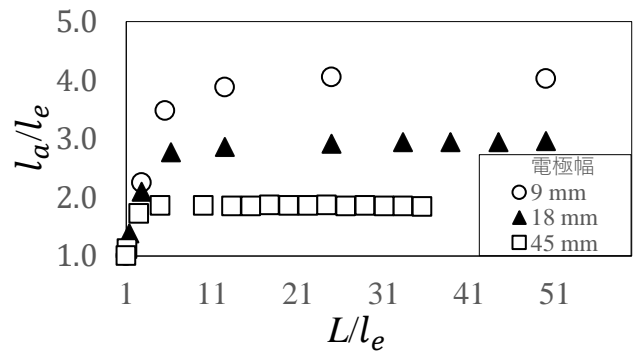


図-4 見かけ電極幅と水路長の関係

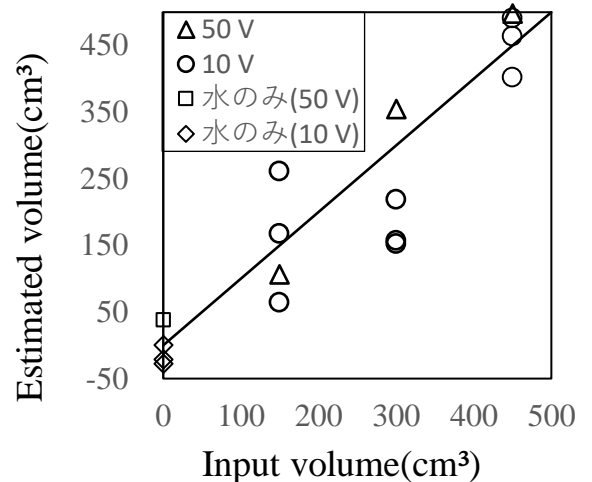


図-5 投入土砂量と推定土砂量の関係

件下ともに電気的手法による土砂移動計測が有効であること、負荷電圧を低くした場合でも計測が可能であることを確認した。また、計測精度に関しても、パイプハイドロフォンなどでは5~1/5 倍の範囲であると言われており、それと比較しても劣らない精度であるため、有効な手法であることが判明した。今後も水路実験によりさらに多くの条件での検証を継続するとともに、現地実験による計測手法の確立を目指していく。