

実河川における電極板を用いた非接触型土砂移動計測の精度向上のための実験的検討

信州大学 ○河合鈴, 堤大三, 福山泰治郎

1. はじめに

山地流域での土砂移動量の把握のためには、流砂量の実測が必要不可欠であり、日本では主にパイプハイドロフォンが用いられてきた。しかし、巨礫や高速で流れる砂礫の衝突によってパイプが変形、破損、最も重要な大規模な出水時の観測データが取得できない場合があることが問題となっている。上記の背景から、従来の接触型の計測手法に代わる非接触型の計測手法を開発するため電氣的な手法を用いた新たな土砂移動計測手法が提案され、検討が進められている。

これまでの検討において水路の兩岸に設置した電極板に電圧を印加し、計測される電流値から電気伝導度を算出し、土砂濃度との関係から土砂量を推定する手法が提案され(図-1)、静水条件下²⁾、流水条件下¹⁾において、土砂量の推定が可能であることが示された。このような成果を踏まえて岐阜県高山市奥飛騨温泉郷の火山流域と和歌山県田辺市熊野の深層崩壊地の流域内の山地河川にこの手法が適用され、計測が可能であることが確認された³⁾。

これまでの検討では次章で説明する見かけの電極幅を実際の電極幅で除した比 r を一定値と仮定している。この r は測定結果の精度に関わる重要な指数であり、現地計測への適用の成否を左右するものでもある。そこで本研究では、流速、水質、土砂濃度、周波数などの条件を変化させて水路実験を行い、それらの条件が見かけの電極幅に影響するかを検証した。

2. 手法

本手法では以下の式(1), (2)によって土砂濃度を算出する。ここで、 I : 測定電流値[mA], E : 電圧値[V], l_e : 電極板幅[m], h : 水深[m], L : 電極間距離(河川幅)[m], l_a : 通電範囲(見かけ電極幅)[m], σ_m : 河川水の電気伝導度[mS/m], σ : 電極板で計測した電気伝導度[mS/m], C_s : 土砂濃度[-]である。本研究では、先行研究で明らかとなった、電極板の外側の領域にも電流が流れる点に着目する。電極板間の通電範囲を電極板幅と想定し、算出される電気伝導度は河川水の電気伝導度よりも大きく算出されるため、通電

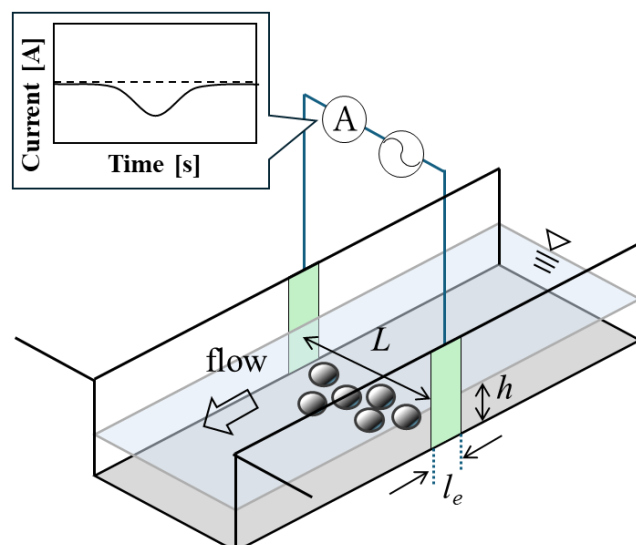


図-1 電極板を用いた非接触型土砂移動計測手法の概念図



図-2 現地観測の様子(奥飛騨温泉郷)

範囲の補正が必要である。本研究では、この補正を、通電範囲を設置電極板幅で割った値である見かけの電極幅比 r で定義する（式(3)）。

$$\sigma = \frac{I}{E} \frac{L}{hl_a} \quad (1)$$

$$C_s = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_m} \quad (2)$$

$$r = \frac{l_a}{l_e} \quad (3)$$

3. 実験方法

実験には、長さ 120 cm、幅 18 cm、高さ 10 cm、勾配 0°の模型水路を用いた。水路底面は木製で、シリコンシーラントを塗布した。水路側壁はアクリル製の板を用いた。電極板として両側壁にステンレス製の金属シール（長さ 10 cm、幅 1.8 cm、厚さ 0.1 mm）を水路上端から 70 cm の位置に設置した。ファンクションジェネレータ（JUNTEK：JDS660015M）を用いて、電極間に正弦波の交流電圧を印加し、水路の水に流れる電流値を計測した。また、別途設置した EC 計で水の電気伝導度を計測した。本検討では、流速、水深、水の電気伝導度、土砂濃度、周波数の 5 つの要素について、それらを変化させた際の、 r への影響を検証した。

4. 結果と考察

図-3 に周波数を変化させた実験の結果を示す。周波数が 1200 Hz を超えると r は一定値に漸近している。このことから、1200 Hz 以上を設定することで r 値は安定すると考えられるため、以降の実験では周波数を 1200 Hz 以上に設定し行った。図-4 に水の電気伝導度を変化させた実験の結果を示す。水の電気伝導度の増大に対して r 値がやや減少する傾向がみられるが、減少率はわずかであり、水の電気伝導度が r に及ぼす影響は小さいと考えられる。図-5 に土砂濃度を変化させた実験結果を示す。この図より土砂濃度の増大に対して比 r の変化は見られず、先行研究で得られた r 値ともおおむね一致している。水の電気伝導度、土砂濃度と同様に、流速、水深が見かけの電極幅に及ぼす影響を検討する実験を行ったが、いずれの場合も比 r はそれらの要因にはほとんど依存しないことが確認された。

これらの結果から、安定した精度での測定のためには周波数を 1200 Hz とすることが望ましいと考えられる。また、そのような条件下で見かけの電極幅 r を一定値とすることは本手法を用いた土砂濃度の推定において適当であると考えられる。

引用文献 1) 石坂光 (2024)：電極板を用いた非接触型土砂移動計測手法の開発—水路実験による計測精度の検証—，三重大学修士論文，2) 今井惣一郎 (2021)：電気的手法による土砂移動計測法の開発に向けた基礎的研究，三重大学卒業論文，3) 田原滉己 (2024)：電極板を用いた非接触型土砂移動計測法の現地適用による検討，三重大学卒業論文

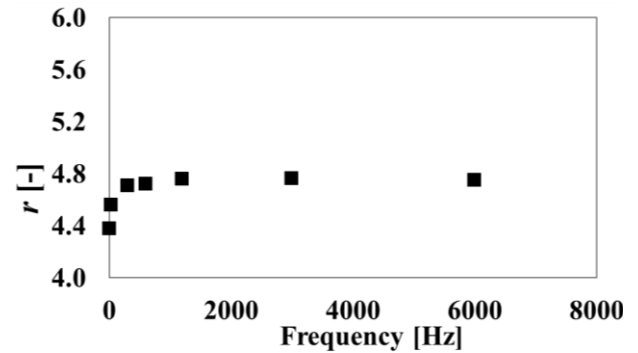


図-3 周波数と r の関係

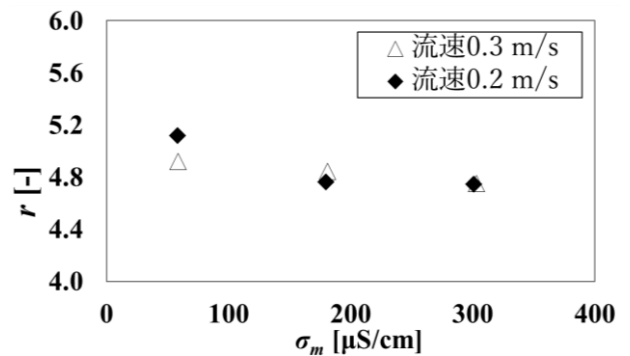


図-4 水の電気伝導度と r の関係

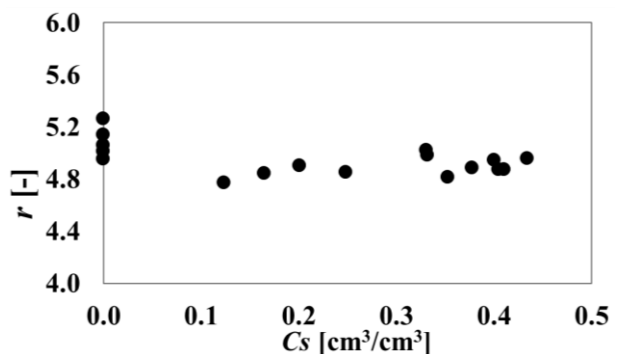


図-5 土砂濃度と r の関係