

## 電極板を用いた非接触型土砂移動計測における精度向上のための補正手法に関する検討

信州大学大学院 ○河合鈴, 信州大学 早川碧, 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、流砂量の実測が不可欠であるが、現在主流であるパイプハイドロフォンは、大規模出水時に巨礫の衝突等により変形・破損し、計測できない場合があることが問題となっている。こうした背景から、従来の接触型の計測手法に代わる非接触型の計測手法として、電気的な手法を用いた新たな土砂移動計測手法(図-1)が提案され、これまでの検討において、静水条件下<sup>2)</sup>、流水条件下<sup>1)</sup>において、土砂量の推定が可能であることが示された。これらの成果を踏まえ、穂高砂防観測所の観測水路(以降、穂高)において本手法を適用し、実河川においても計測が可能であることが確認された<sup>3)</sup>。しかし、土砂濃度が過大評価される課題が確認され、その原因の一つとしてコンクリート水路への漏洩電流が考えられる。そこで本研究ではコンクリート水路に流れる電流を定量化することを目的に模型実験を行い、その結果を用いた現地観測データの補正方法について検討を行った。

## 2. 計測原理

本手法では以下の式(1)、(2)によって土砂濃度を算出する。

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

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

ここで、 $I$ : 測定電流値[mA]、 $E$ : 電圧値[V]、 $h$ : 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]、 $\sigma_m$ : 河川水の電気伝導度[mS/m]、 $\sigma$ : 電極板で計測した電気伝導度[mS/m]、 $C_s$ : 土砂濃度[-]である。また、通電範囲の補正係数  $r$ [-]を以下のように定義する(式(3))。

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

ここで、 $l_e$ : 電極板幅[m]である。

## 3. 実験方法

穂高のコンクリート製水路をモデルとし、1/10スケールのコンクリート製模型水路(水路長156cm、水路幅60cm、水路高17cm、流路高7cm)を作成した(図-2)。水路上下流端にアクリル板を取り付け、電極板と

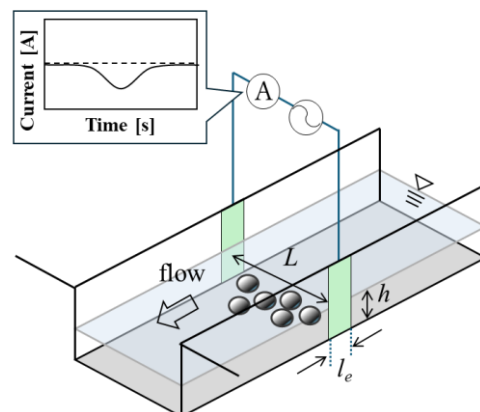


図-1 電極板を用いた非接触型土砂移動計測手法の概念図



図-2 模型水路

してステンレス板(長さ8cm、幅5cm、厚さ0.5mm)を水路壁面中央に対面するように設置した。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。本実験では水深および水の電気伝導度を段階的に変化させるとともに、絶縁条件や周辺土壌の有無が漏洩電流に与える影響について検討を行った。

## 4. 実験結果と考察

実験より得られた水深と電流値の関係を図-3に示す。絶縁なし条件では水深0cmにおいても通電し、コンクリートへの漏洩電流が確認された。一方で、完全絶縁条件では水深と電流値の間に比例関係が見られ、コンクリート水路に対し絶縁を行うことで、より高精度な土砂移動量の計測が可能になると考えられる。電極板背面およびコンクリート河床への漏洩電流は水深の上昇とともに増加し、ある一定値に漸近する傾向であ

った(図-4)。そのため高電気伝導度では低電気伝導度と比較して全体の電流値が大きいため相対的に漏洩電流の影響が小さくなった。図-5に水路下に土壌を敷設した場合の水深と漏洩電流値の関係を示す。土壌含水率による漏洩電流の差は見られなかった。また土壌への漏洩電流については、電極板絶縁、完全絶縁ではおよそ0mAとなり、現在現地観測において採用している電極板絶縁条件下では土壌の影響は無視できると考えられる。

### 5. 現地データの補正検討

実験結果に基づき、計測電流値を補正する手法について検討を行った。補正手法を以下に示す。 $h/L$ (水深/電極間距離)に対する漏洩電流  $I_0$  [mA] を、式(4)によって定式化し、実験結果へのフィッティングにより係数について  $h' = 0.18$ ,  $b = 34.4$  と設定した。次に近似式(4)を用いた現地計測電流値の補正を行った。本実験は1/10スケールであるため、現地スケールに合わせ漏洩電流を10倍し、各時間における計測電流値  $I_t$  から漏洩電流を減算することで、水だけに流れる電流値  $I'$  [mA] を算出した(式(5))。補正電流値  $I'$  を用いて、電気伝導度  $\sigma$  および土砂濃度  $C_s$  を算出し、2025年9月19日から22日の穂高での出水イベントに適用した結果を図-6に示す。

$$I_0 = h' \tan^{-1} \left( b \frac{h}{L} \right) \quad (4)$$

$$I' = I_t - 10 \cdot I_0 \quad (5)$$

グラフより、漏洩電流に対して水深変動が過度な影響を及ぼしていることが確認された。また、土砂流出時における土砂濃度は補正前と比較し、増大する傾向が見られた。これは計測電流値から漏洩電流を単純に差し引くことで計算上の電気伝導度が低下し、土砂濃度が高くなるアルゴリズムの特性によるものと考えられる。そのため、本補正手法による計測精度の向上にはつながらなかった。したがって今後は、現地においてコンクリート水路に完全絶縁を行い、漏洩電流をなくすことと、他の要素の影響について検討を行っていく。

**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

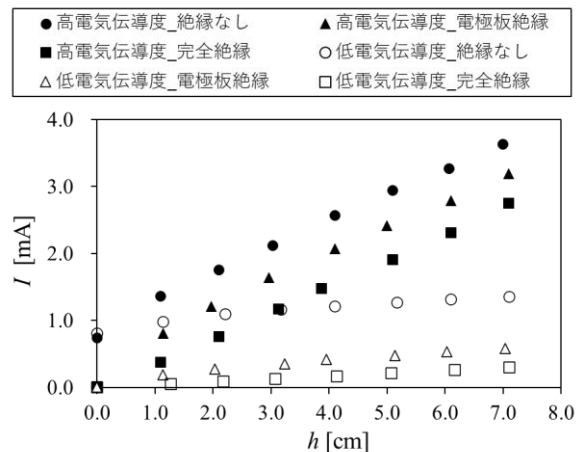


図-3 水深と電流値の関係

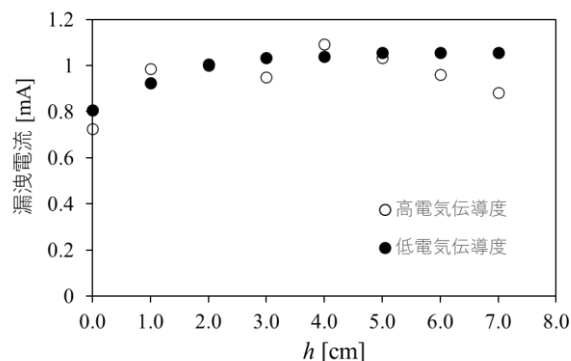


図-4 漏洩電流と水深の関係

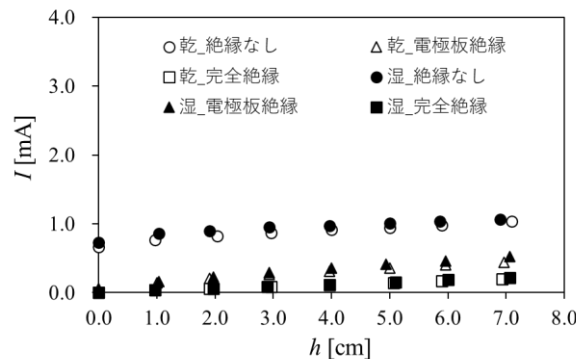


図-5 水路下の土壌の影響

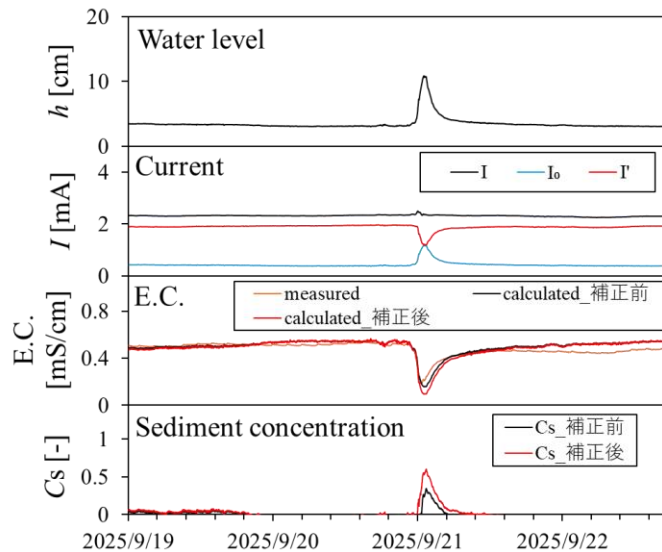


図-6 補正前後の結果