

TDR と濁度計の相関に着目した濁度計測

日本工営株式会社 ○川瀬 遼太・橋本 憲二・松岡 暁・伊藤 隆郭
 国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 藤平 大・野坂 隆幸※1・唐木 理富※2
 京都大学 藤田 正治・宮田 秀介・信州大学 堤 大三・筑波大学 内田 太郎

※1：現 関東地方整備局 河川計画課

※2：現 関東地方整備局 利根川下流河川事務所 管理課

1. はじめに

富士川水系の早川の支川の一つである春木川は、荒廃地である七面山を抱え土砂流出が活発な河川である。春木川では平成 27 年以降、栃原砂防堰堤において浮遊砂・掃流砂観測が行われている。

春木川における土砂濃度観測は濁度計を用いて実施されてきた。しかし、令和元年台風 19 号出水時には観測値が検出上限未満で頭打ちとなる現象が発生するなど、観測上の課題が生じている¹⁾。既往の濁度計では土砂容積濃度が高濃度な環境での計測が困難であったが、近年、時間領域反射法 (TDR : time domain reflectometry) を利用した濁度計測手法が開発され²⁾、0.02 を超えるような高い土砂濃度での計測が行われてきた³⁾。栃原砂防堰堤では令和 2 年 11 月より TDR による観測を開始した。

本稿では令和 5 年の出水時に既往の濁度計と TDR による計測の両者の計測結果の相関に着目した結果を報告する。

2. TDR の計測原理

TDR はケーブル先端に取り付けた電極ロッドタイプのプローブを用いて比誘電率を測定する手法である。河川水が水と浮遊する土砂のみで構成されると仮定すれば、河川水の比誘電率 (ϵ_{obs}) は水 (比誘電率 : ϵ_w) と土砂粒子 (比誘電率 : ϵ_s) の体積比で表されることが知られている⁴⁾。

$$\sqrt{\epsilon_{obs}} = C\sqrt{\epsilon_s} + (1 - C)\sqrt{\epsilon_w} \dots\dots\dots(1)$$

ここで C は土砂容積濃度である。水と土砂粒子の比誘電率は既知の値であるため、河川水の比誘電率を観測することで土砂容積濃度を求めることができる。

3. 観測概要

富士川水系の早川の支川の春木川に位置する栃原砂防堰堤 (図 1) で、観測を行った。春木川の流域諸元を表 1 に、栃原砂防堰堤での観測機器の配置状況を図 2 に、出水時の降雨量と各観測機器での観測結果を図 3 に示す。栃原砂防堰堤の TDR は上下 2 段に設置・観測しているが (図 2)、本稿では上方に設置した TDR の計測結果について報告する。本稿で対象とした出水の概要を以下に示す。

- ・令和 5 年台風第 7 号
- ・最大時間雨量 (春木川観測所) : 36mm/h (8/15 14 時)
- ・累積雨量 (春木川観測所) : 219mm (8/14~15)



図 1 観測位置

表 1 春木川の流域諸元

項目	値
流域面積	20.9 km ²
延長	9.5 km
平均河床勾配	1/10
60%粒径 (栃原砂防堰堤)	D ₆₀ = 11mm 程度

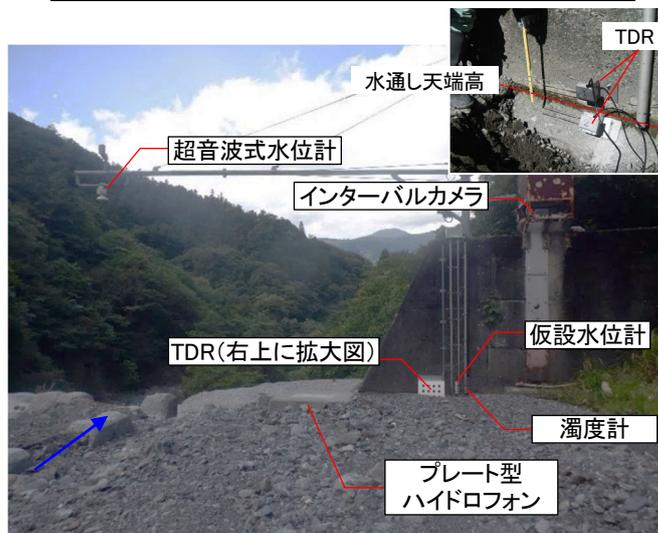


図 2 栃原砂防堰堤 観測機器配置状況

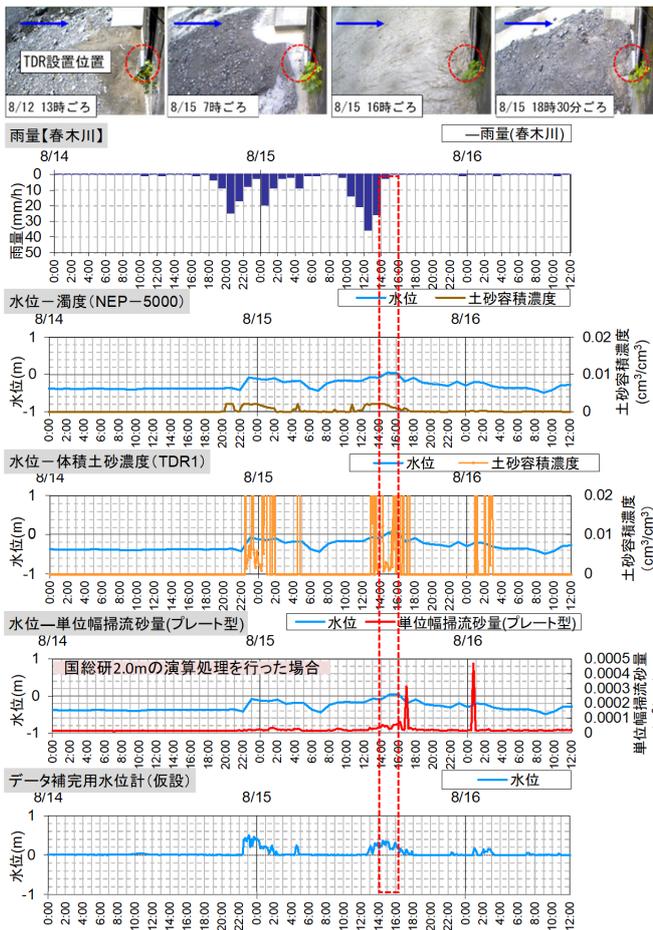


図3 出水時の観測結果

4. 観測結果

4.1 濁度計とTDRでの観測データ

8月14日18時～15日24時の期間におけるTDRと濁度計の計測データを図4に示す。濁度計の値が約0.002 cm³/cm³で横に並んでいるのは、濁度計の計測上限値が約0.002 cm³/cm³のためである。また、TDRの値が0 cm³/cm³で縦に並んでいるのは、TDRに濁水が十分に浸かっていたためTDRによる計測ができていない期間であると考えられる。TDRでの観測値が0でなく、かつ濁度計の計測値が上限に達していない期間のデータは15日14時～15時に集中している(図3・4赤破線)。

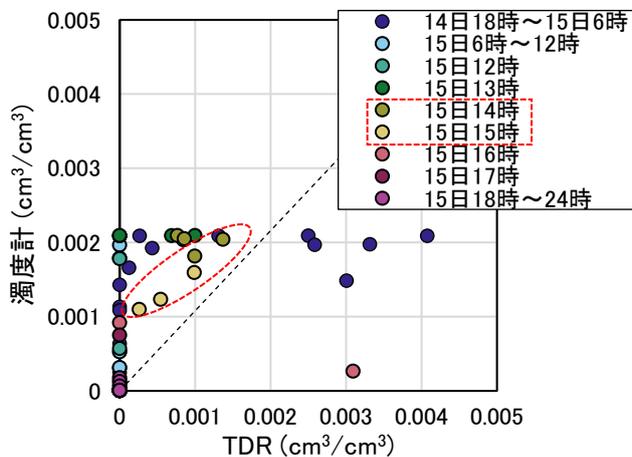


図4 濁度計とTDRの計測値の関係

4.2 濁度計とTDRの相関

15日14時～15時の期間のデータを抽出し、時系列で色分けした結果を図5に示す。15時ごろから概ね1:1の割合でTDRと濁度計の観測値が下がっていった。15日14時40分～15時40分の期間では、濁度計の値を正とした場合の土砂容積濃度が概ね0.001～0.002 cm³/cm³において、TDRと濁度計に非常に良い相関が得られた。

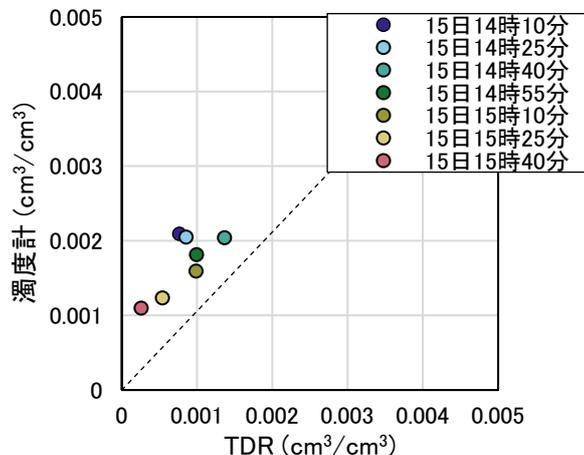


図5 15日14時～16時における濁度計とTDRの相関

5. おわりに

令和5年台風第7号に伴う出水時に得られたデータを基に、0.001～0.002 cm³/cm³程度の土砂容積濃度でTDRと濁度計の計測値に良い相関が確認された。なお、本稿においては得られたデータが少なく、また、直接採水との比較を行っていないため、精度や確度の面で課題が残っている。一方で14日18時～15日6時のデータはTDRでの計測値が濁度計よりも高い値を示しており、濁度計では計測できていない高濃度域の観測が、TDRでできた可能性がある。今後、さらに高濃度域も含めた観測データの蓄積が図られ、TDRと濁度計が相互に補完することでより広い濃度域での高精度の濁度計測が望まれる。

参考文献

- 1) 植野利康・赤澤史顕・松岡暁・川瀬遼太・五十嵐和秀・橋本憲二・木村詩穂・伊藤隆郭, 富士川流域における流砂量観測の取り組み, R4 年度砂防学会研究発表会概要集, p637-638, 2022
- 2) 宮田秀介・藤田正治, TDRを用いた土砂流出計測手法の開発, 平成30年度砂防学会研究発表会概要集, p29-30, 2018
- 3) 内藤秀弥・宮田秀介・岸本昌之・服部浩二・石塚忠範・永田葉子・小菅尉多・藤田正治, TDRによる土砂濃度計測を用いた山地河川での浮遊砂鉛直分布の観測, 砂防学会誌 Vol.71 No.4 p.3-12, 2018
- 4) Dobson, M. C., Ulaby, F. T., Hallikainen, M. T., and El-Rayes, M.A. (1985): Microwave dielectric behavior of wet soil-Part II: Dielectric mixing models, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vo. GE-23, No. 1, p.35-46