

天竜川上流域で実施した流砂量観測における工夫

国土交通省中部地方整備局 天竜川上流河川事務所 吉田桂治、岡本明、福山喜英[※]、室井亮人
株式会社コルバック ○吉村暢也、遠藤哲雄
株式会社建設技術研究所 家田泰弘、井内拓馬、清野真義、中西宏彰
([※]現 中部地方整備局河川部河川工事課)

1. はじめに

天竜川上流域では、与田切川流域および小渋川流域において、移動土砂の時系列的な実態を把握するために流砂量観測を実施している。しかし、観測対象が砂礫粒子の移動であることから観測環境が厳しく、観測装置の破損による欠測や性能劣化による観測精度の低下が生じている。

本報告は、観測装置の高耐久化および観測精度確保について、その対応と結果および課題について紹介するものである。

また、使用している観測装置と観測開始年を表-1、観測位置図を図-1に整理した。

表-1 天竜川上流域での流砂量観測

観測箇所	観測開始 (蓄積年)	観測装置	設置位置
与田切川	2006.1 (19)	水位計、濁度計、流速計、 ハイドロフォン、 トロンメル施設(2000/9～2023/6)	砂防堰堤 水通し部
小渋川(大河原、 鹿塩川、生田)	2015.4 (10)	水位計、濁度計、流速計、 ハイドロフォン	床固工 水通し部
天竜川本川宮ヶ瀬	2010.7 (14)	水位計、濁度計、浮遊砂サン プラー	護岸位置

(蓄積年)：2024.12 末までの観測データ蓄積年数

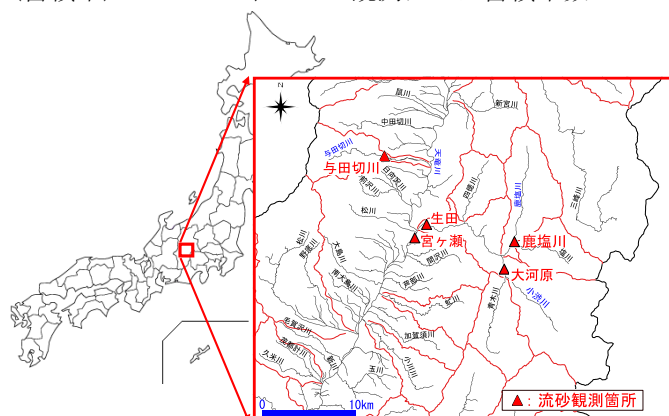


図-1 観測位置図

2. 高耐久性への対応

(1) 当初の対応

掃流砂量の観測には、パイプ型ハイドロフォン（φ48.6×t3mm）を用いてパルス方式で記録する方法を採用した（与田切川、大河原、鹿塩川 図-2 参照）。また、流砂による衝撃からハイドロフォン固定部を保護する目的で固定部に堤冠コンクリートと同等の耐摩耗強度を持つエポキシ系耐摩耗材を使用した。

浮遊砂・ウオッシュロード濃度の観測には、後方散乱タイプの高濁度計を採用した（全箇所）。また、流砂外力および太陽光の影響を受ける箇所については保護カバー等を設置して対応するようにした。太陽光の影響の確認については、鹿塩川箇所では保護カバーをなしで1ヵ月間観測を行い、その後保護カバーを設置して

観測を行い、両者を比較することにより太陽光に対する異常値発生の低減効果を確認した¹⁾。

(2) 観測により生じた主な不具合

小渋川流域の大河原および鹿塩川に設置したパイプ型ハイドロフォンについて、出水時にパイプ部が大きく損傷して欠測状態となった。また、与田切川においてもパイプ部が最大約4mm変形し、センサー感度の特性が変化して観測精度に影響した²⁾。

濁度計については、生田および大河原において途中の配線部で断線・漏電が生じて欠測となった。一方、鹿塩川では、出水時の土砂により濁度計が一時的に埋没して欠測状態となったが、保護カバーの効果で濁度計の損傷が免れて、土砂除去後に観測を再開することができた（図-4を参照）。

(3) 不具合に対する対策

ハイドロフォンの損傷が大きい小渋川流域について、高強度タイプのプレート型ハイドロフォン（500×200×t12mm）に交換することとした。パイプ型の板厚t=3mmに対してプレート型は板厚をt=12mmとしており4倍の厚みとしたものである³⁾（図-2を参照）。また、ハイドロフォン周辺部の摩耗が特に激しい、大河原右岸および生田については、ラバースチールによる摩耗対策を実施した⁴⁾（図-3を参照）。また、与田切川については、大きな損傷が生じていないのでパイプ型からの変更はしていない。

濁度計については、設置スペースの関係で保護カバー設置が難しい生田箇所については、直上流に保護用H鋼を設置して対応した（図-5を参照）。また、断線した配管部については、埋設配管にして流砂外力に対応した。

(4) 対策結果および課題

高耐久化への対策により、機器損傷による交換頻度が低減した。また、下記に示す課題があることが分かった。

- ・与田切川流域において、平成30年に飯島第6堰堤が満砂状態になり、それ以降流砂量が増加傾向⁹⁾にある。その影響でパイプ型ハイドロフォンの変形が進行しつつある。そのため、次期機器更新においては流砂外力の変化に応じた機器選定を行う必要があることが分かった（高強度タイプのプレート型など）。
- ・耐摩耗対策としてラバースチールを使用したのが、設置境界付近のコンクリート部で摩耗が進行する傾向となることが生じ、設置範囲および境界部処理に課題があることが分かった。



図-2 ハイドロフォン



図-3 ラバースチールによる耐摩耗対策(生田)



図-7 簡易打撃試験(大河原)



図-4 濁度計保護カバー(鹿塩川)



図-5 保護用H鋼(生田)

3. 観測精度確保への対応

(1) ハイドロフォン

ハイドロフォン計測値から流砂量に換算する校正係数は、現地水路実験を実施して設定した^{5) 7)} (図-6を参照)。またハイドロフォンの特性として、パイプ部の変形や経年劣化の影響で特性が変化することが既往の検討結果⁶⁾から分かっており、定期的に校正係数を見直す必要であった。しかし、現地水路実験の実施は、河道の仮締切や簡易水路の準備が必要であり容易ではない。そこで、点検作業時でも実施可能な簡易打撃試験を行い、定期的(2～3年間隔)に実施して校正係数の補正を行った⁷⁾ (図-7を参照)。

計測値の検証は、掃流砂量と浮遊砂・ウォッシュロード量の合計で行い、与田切川についてはLPデータの差分解析結果と比較し計測値は0.9～1.4の範囲⁹⁾、小渋川流域については小渋ダムバイパス運用時の流入土砂量と比較し計測値は平均約0.67倍⁹⁾であった。

(2) 濁度計

濁度計計測値から土砂濃度に換算する校正係数は、現地試料を用いた現地校正試験を実施して設定を行い、さらに粒径による補正を行った⁸⁾。補正に使用した粒径は、宮ヶ瀬箇所については浮遊砂・ウォッシュロードサンプラーの捕捉土砂の粒度分布、与田切川についてはトロンメル運用時の採取試料の粒度分布、小渋川流域については小渋ダムバイパス運用時の流入地点の粒度分布を使用した。

計測値の検証は、与田切川のトロンメルによる観測値と比較して土砂濃度は平均約1.2倍であった。



図-6 現地水路実験(鹿塩川)

4. 今後の方針

(1) 高耐久化手法の使い分け

高耐久化によって欠測の発生が低減したものの、常にフルスペックの対策を行う必要はなく、現地の流砂外力に合わせた対策を行うことが重要と考える。

今後の方針は、既に高耐久化の対策を実施した箇所を対象として、追跡調査により効果評価を行い、ライフサイクルコストが低減するような手法の使い分けを整理する。

(2) 簡易作業による校正係数を設定する方法

ハイドロフォンの校正係数を調べるための現地水路実験(図-6)は、仮締切等の作業が必要となることから大がかりな作業となる場合があり、実施可能な箇所が限られてしまう。そのため、点検作業時でも実施可能な簡易打撃試験(図-7)による方法を今回提案した。

今後の方針は、簡易打撃試験による方法をマニュアル化するとともに、さらに解析手法についても簡易化を進めて点検作業時に実施可能な方法を整理する。

(3) CCTV画像の利用

現在の流砂観測装置では、流砂を河道内で直接観測しているため、高耐久化しても欠測となるリスクがあり対策に限界があると考えられる。

今後の方針は、CCTV画像等を利用した間接的な情報を利用して、ハイドロフォン等と併用して欠測発生を極力減らすようにする。また、最終目標としては、CCTV画像等のみで流砂量を観測することを考える。

参考資料・文献

- 1) 濁度計保護カバー資料：国総研砂防研究室 HP、https://www.nilim.go.jp/lab/rbg/tech_info/ryuus-a/dakudokei.pdf
- 2) 吉村ら：ハイドロフォンの破損が流砂観測に及ぼす影響, H24 砂防学会研究発表会
- 3) 吉村ら：プレート型ハイドロフォンの流砂量換算法に関する提案, H30 砂防学会研究発表会
- 4) 清野ら：天竜川水系における新技術を用いた耐久性の高い流砂観測計画, R5 砂防学会研究発表会
- 5) 中谷ら：山地河川における流砂解析手法の改良事例、砂防学会誌, Vol.69, No. 5 (2017)
- 6) 泉山ら：ハイドロフォンの劣化等が掃流砂観測結果に与える影響に関する研究, R2 砂防学会研究発表会
- 7) 吉村ら：天竜川上流域で実施した掃流砂観測装置の現地校正試験について, R4 砂防学会研究発表会
- 8) 泉山ら：濁水の直接採水結果を用いた濁度計の特性把握, R1 砂防学会研究発表会
- 9) 遠藤ら：天竜川上流域で実施した流砂量観測の分析(続報), R5 砂防学会研究発表会