山地河川における高水流量観測手法の検討

パシフィックコンサルタンツ(株)　正会員　○建口 沙彩　　パシフィックコンサルタンツ(株)　正会員　桑原 正人
パシフィックコンサルタンツ(株)　非会員　鬼頭 伸治　　パシフィックコンサルタンツ(株)　非会員　豊福 恒平
パシフィックコンサルタンツ(株)　正会員　巽 隆有　　パシフィックコンサルタンツ(株)　非会員　梅田 侑子
パシフィックコンサルタンツ(株)　非会員　野中 大樹　　近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター　非会員　小杉 恵
近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター　正会員　竹下 航　　近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター　非会員　北本 楽

１．はじめに

那智川流域では，平成 23 年の紀伊半島大水害により，各支川で多くの斜面崩壊が発生した．流れ出た土石流により多くの人的被害，物的被害が発生したことを受け，緊急対策工事により主要 8 渓流にて計 15 基の砂防堰堤が整備された．さらに，ハード対策だけではなく，山地水文（地下水・土壌水分）・流量（河川水位・流速）・流砂量観測（濁度・掃流砂）等のデータを蓄積し，土砂移動監視体制の構築へ向けた検討を実施中である（**図-1**）．

本稿では，土砂動態の基礎資料である流出土砂量を推定する際に必要となる「水位流量曲線」を把握することを目的として，山地河川である那智川流域における高水流量観測の実施結果を述べる．

２．那智川流域における高水流量観測の課題と目的

平成 28 年度～令和元年度は，一般的な流速計測手法である浮子観測を実施して水位流量曲線（H-Q）を求めていた．ただし，浮子投下時の単発観測である（非連続である）ため，流量観測データ数が乏しく，観測データの無い高水位については H-Q の外挿をする必要があり，水位流量関係の精度を担保することが困難であった．そこで，高水位における水位・流量データを取得し，高水位の水位流量曲線の精度を向上することを目的に，本稿に示す検討を進めた。

３．流速観測・流量算出手法の選定

(1) 流速観測手法

上記の課題に加え，出水時には河川に近づくことが危険な場合があることを踏まえて，非接触かつ自動連続的に流速観測が可能な手法を検討した．ここで，河川流量観測における実用化されている流速計測手法を**図-2** に示す．このうち，非接触・自動連続の要件を満足する手法は電波流速計および画像解析手法となるが，動画データは長期間のデータ蓄積には不向きであることから，流速計測手法として電波流速計を採用した．

(2) 流量算出手法

浮子測法では，流量算出手法として区分求積法を用いることが一般的である．区分求積法とは，流速観測データと更正係数から得られた水深平均流速と，同流速が受け持つ区分の断面積を掛け合わせた区分流量を算出し，各区分流量を積分することで流量とする手法である．

【写真出典】大規模土砂災害対策技術センター

図-1　那智川流域　土砂動態観測地点

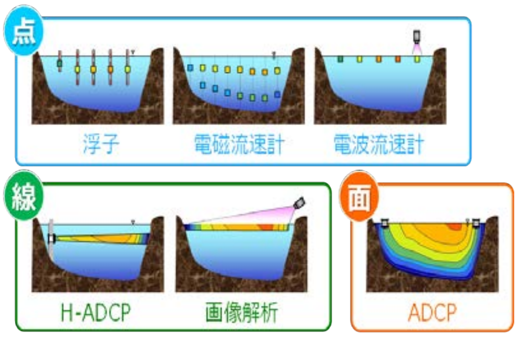

図-2　流速観測手法

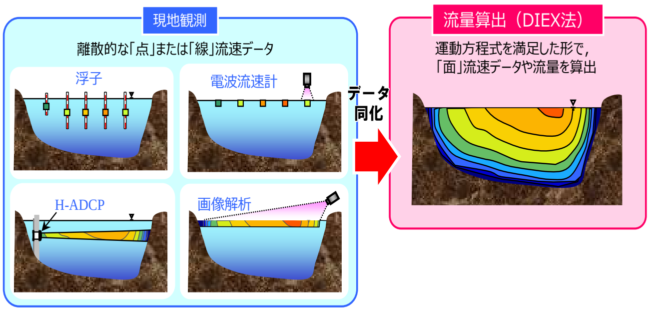

図-3　DIEX 法の概要

ただし，前述の電波流速計は設置できる台数に限りがあり，横断方向の流速データ数が限られる．そこで，現地観測により得られた離散的な点流速データから，流体の運動方程式に基づいて面流速データおよび流量を算出することが可能な数値解析手法として，DIEX 法（Dynamic Interpolation and Extrapolation method，力学的内外挿法）[1)2)] を用いることとした（**図-3**）．

キーワード　高水流量観測　電波流速計　DIEX 法　水位流量曲線　流出土砂量
連絡先　〒530-0004 大阪市北区堂島浜一丁目 2-1 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 06-4799-7351

© Japan Society of Civil Engineers

４．流量観測の実施

令和２年度～令和４年度の３年間で，那智川本川の２箇所（陰陽橋，源道橋）と渓流出口の４箇所（内の川，樋口川，鳴子谷川，金山谷川）の計６箇所で，電波流速計による流速計測及び DIEX 法による流量算定を実施した．流速観測は，可搬式電波流速計の常設観測に加え，豪雨時は観測地点を移動して複数地点での単発観測を実施した．

例えば，源道橋では常設の電波流速計１基と可搬式電波流速計 １ 基により，２ 点の流速データを取得し（**図-4**），DIEX 法により面的な流速分布を把握した（**図-5**）．

５．水位流量曲線の作成

河川水位と前述で算定した流量を用いて，水位流量曲線を作成した．本稿では，那智川本川の源道橋における水位流量曲線を**図-6** に示す．令和元年度の浮子観測では，最高水位は約 1.3m であったが，電波流速計を用いた連続的な流量観測により，最高水位約 2.5m までの連続的なデータを取得することができ，高水位における水位流量曲線の精度向上を図ることができた．

６．河川流量と流出土砂量の関係

一般に流量 Q（m^3/s）と浮遊砂量 Qs（m^3/s）の関係は式（１）で表現でき，αの範囲は 4×10^{-8}～6×10^{-6} とされている [3]．各地点のαを把握することができると，水位流量曲線にて水位から流量を推定し，式（１）より流量から浮遊砂量を推定することが可能となる．

$$Qs = \alpha \times Q^2 \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

上記の水位流量曲線式から推定した流量と，現地で直接採水（バケツ採水）した SS に流量を掛け合わせて算出した浮遊砂量の関係（Q-Qs）を**図-7** に示し，作成した水位流量曲線の活用を図った．ここで，Q-Qs 図では，左へシフトするほど上流のデータを示す．那智川本川にあたる陰陽橋では，一般的な範囲（$\alpha=4\times10^{-8}$～6×10^{-6}）内となった．一方，山地部に近い上流の観測地点である金山谷川２号堰堤では，一般的な範囲よりも左側のプロットとなり，αの値の範囲は整合が取れているものと考えられる．

７．おわりに

本稿では，山地河川である那智川流域において，電波流速計による連続的な流速観測，及び，DIEX 法による限定的な点流速データを用いた流量算定を実施することで，既往流量観測では観測できなかった高水位における流速・流量データを取得し，高水位における水位流量曲線の精度向上を示した．

今後は，流量観測地点を増やし，那智川流域における面的な水位・流量データを蓄積することで，土砂移動監視体制の構築に向けた基礎資料の充実を図りたい．また，単断面区間では，マニング式を用いた流量換算等の理論値と実測値の流量比較を行い，山地河川における流量観測の必要性を引き続き検討していきたい．

図-4　電波流速計による流速観測（那智川本川：源道橋）

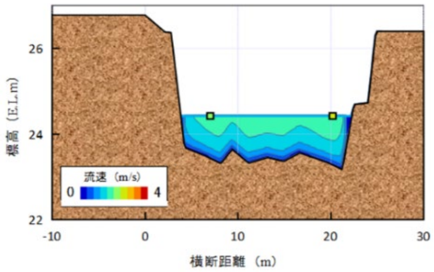

図-5　流速横断面分布（那智川本川：源道橋）

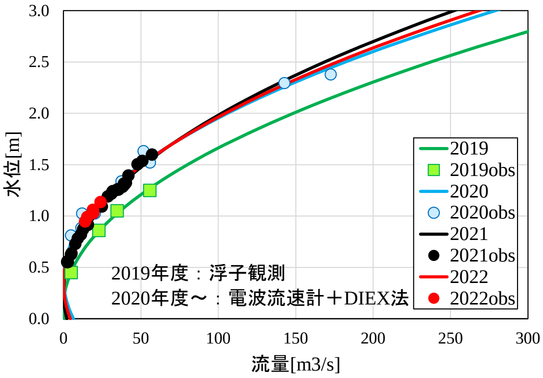

図-6　水位流量曲線（那智川本川：源道橋）

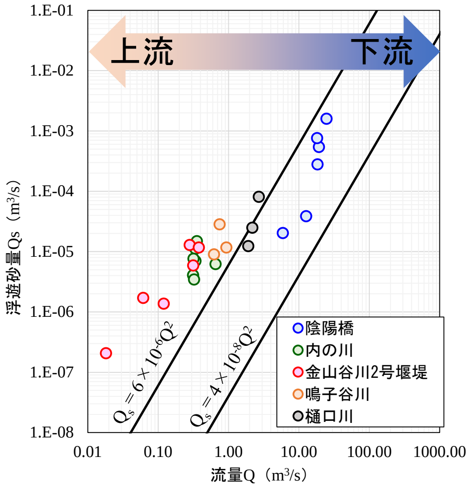

図-7　流量 Q と浮遊砂量 Qs の関係図

参考文献

1) 柏田仁，二瓶泰雄，髙島英二郎，山﨑裕介，市山誠：力学的内外挿法（DIEX 法）に基づく「点」から「面」流速データ推定法の構築，河川技術論文集，Vol.17，pp.23-28，2011
2) 柏田仁，二瓶泰雄：幅広い条件下における力学的内外挿法の流速・流量推定精度の検証，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.71，No.4，pp.I_835-840，2015
3) 社団法人土木学会：水理公式集［平成 11 年度版］，p. 170―171，1999

© Japan Society of Civil Engineers