

浮子観測と解析を用いたトレーサーによる検証

パシフィックコンサルタンツ(株) ○正会員 河崎 昇司 浅野 寿雄 桑原 正人 建口 沙彩
 近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 非会員 長坂 健 中辻 忠
 北海道大学大学院工学研究院教授 フェロー 清水康行

1. はじめに

淀川水系上流の木津川支川名張川に、家野水位流量観測所(第1種)が設置されている(図-1 木津川合流点から20.64km, 高山ダム上流20.1kmに位置)。同観測所では、1962年11月の観測以降浮子による高水流量観測が行われてきたが、平成30年8月23日に上陸した台風20号の影響により、高水流量観測の途中で浮子投下装置が故障し、暫定的に電波流速計にて流量観測を実施している(表-1)。



図-1 位置図

表-1 家野水位流量観測所における観測方法

年度	観測方法
～平成29年度	浮子による測定
平成30年度	8月出水: 浮子により測定(8月23日23時と24時の2回) 9月出水: 電波流速計による測定
令和元年度	電波流速計による測定
令和2年度	— (高水観測無し)

観測位置は、川幅約100mの山地河川であり、浮子投下機を用いて5地点で観測を行っている(図-2)。近年最も規模の大きい洪水である平成29年10月22日出水(Q=2640m³/s)の観測では、5測線のうち第1測線が欠測であった。



図-2 浮子投下位置

一方で、従来からの浮子による高水流量観測は、観測精度、安全性、迅速性や担い手不足などの課題がある。このような中、図-3のような高度化された観測手法(ADCP・電波・画像解析等)は、安全性・迅速性・確実性の面で、従来の浮子観測の課題を補う有効な手法と考えられている。

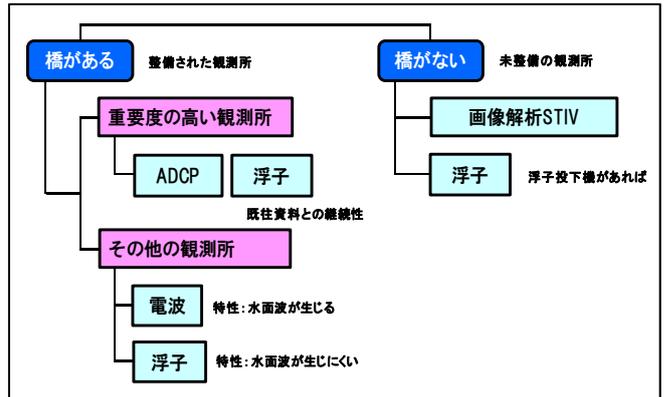


図-3 場所に応じた流量観測手法¹⁾

これらの手法は、革新的河川技術プロジェクト(第四弾)の「オープンイノベーション型(異分野連携型)技術開発【流量観測機器】」にて、信濃川水系信濃川小千谷観測所・雲出川水系中村川島田橋観測所・太田川水系太田川飯室観測所において現地実証実験中であり、適用範囲や留意点がまだ示されていない状況である。

そのため、現時点では第1種観測所の家野にて電波流速計に切り替えることは時期尚早と考えられる。よって、従来の浮子観測継続が現実的と考えられるが、第1測線が欠測する課題がある。

以上を踏まえ、本論文では、実測によるトレーサー手法である浮子の実測結果を、解析によるトレーサーより検証し、浮子観測を継続する妥当性の評価を試みた。

2. 解析条件

検証洪水は、第1測線が欠測した平成29年10月22日出水とする。解析区間は、平面二次元解析を行い下流の高山ダムの背水を受けないことを確認し、射流が発生する19.8k地点から浮子投下位置上流の21.2kまでの1.4km区間とした。メッシュ地盤高は、当該区間がグリーンレーザーの地形計測範囲外であったため、最新の横断測量であるH28年定期横断測量データを用いた。メッシュサイズは横断方向を約2m、縦断方向は横断方向の約2倍の5mとした。下流端水位は等流とし、流量は

キーワード 浮子観測, 解析によるトレーサー追跡, 高水流量観測, iRIC UTT

連絡先 〒530-0004 大阪市北区堂島浜一丁目2番1号 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL 06-4799-7351

当該出水のピーク流量を定常で与え、タイムステップは0.02sとした。当該区間にて逆算粗度は設定されていないが、近傍の同一セグメント（セグメントM）にて設定されている粗度係数 $n=0.030$ を用いた。水理計算手法は表面流速を算定可能な準三次元解析とした。水理計算プログラムは、多様なソルバーやインターフェイスを有し、水工学に係る数値シミュレーションを無償で利用可能な iRIC ソフトウェアを用いた。解析条件を表-2に示す。

表-2 水理解析条件一覧

項目	設定内容
検証洪水	平成 29 年 10 月 22 日出水
解析区間	名張川 19.8k~21.2k (L=1.4km)
メッシュ地盤高	H28 年定期横断測量
メッシュサイズ	横断方向約 2m×縦断方向約 5m
下流端水位	等流
流量	2,640m ³ /s (定常)
タイムステップ	0.02 秒
粗度係数 n	0.030 (セグメント M)
水理計算手法	準三次元解析
水理計算プログラム	iRIC Nays2d+ ²⁾
トレーサープログラム	iRIC UTT(Universal Tracer Tracker) ³⁾

3. 解析結果と考察

iRIC UTT (Universal Tracer Tracker)²⁾は流れとともに輸送される物質の輸送、移動特性を追跡するモデルである。この UTT を用いて表面流に比重 1 のトレーサーを 60 秒間流下させた。なお、表面流速は流心付近で 6~7m/s、浮子は 2m 吃水位置の流速であるが、解析結果では水面下 2m の流速が表面流速の 0.96 倍 (図-4) と表面流速と大きな差は生じていないことを確認した。

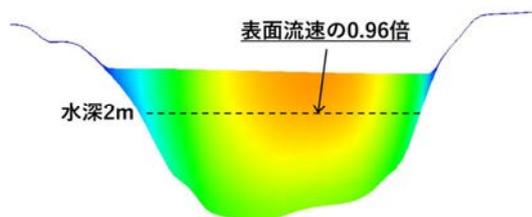


図-4 場所に応じた流量観測手法

トレーサーが第1見通しから第2見通しまでの100mを流下する時間を測定し、トレーサーの流下速度を求めた(第1測線のトレーサーは60秒間に100m流下しなかったため60秒間に流下距離より流速を算定)。この結果、2~5測線について浮子の流速と同程度となり、浮子観測のトレーサー結果が、解析による表面流のトレーサー結果が概ね再現された(図-5、表-3)。

第1測線の欠測であるが、表面浮子を使用したものの滞留し、欠測している。想定される理由は、投下位置が河岸に近く、植生等により補足された可能性がある。

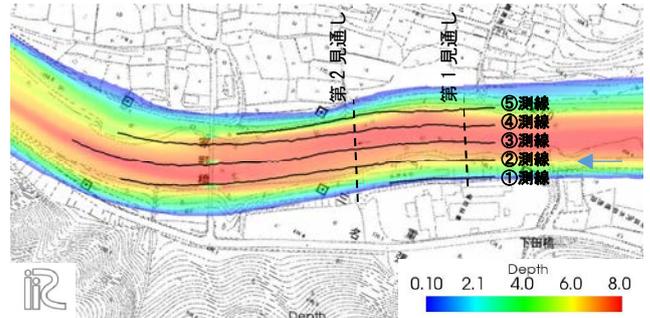


図-5 トレーサー軌跡図(水深コンター)

表-3 トレーサーの比較

測線 No	観測トレーサー		解析トレーサー	
	流下時間 (秒)	流下速度 (m/s)	流下時間 (秒)	流下速度 (m/s)
1	-	-	60.0	1.67
2	14.2	7.0	15.0	6.7
3	14.1	7.1	14.0	7.1
4	15.8	6.3	17.5	5.7
5	36.0	2.8	27.5	3.6

一方、解析では渦を巻く滞留現象は生じず、トレーサーは流速 1.67m/s で流下した。準三次元解析による第1測線の流下方向平均流速は 0.9m/s であることを踏まえると、トレーサーが横断方向に移動し速度が上昇したと推察される。観測で欠測した第一測線の横断面積 48m²に解析値の表面流速 $v=1.67\text{m/s}$ と更生係数 0.85 を乗じると約 68m³/s (ピーク流量の約 2.5%) であった。

4. おわりに

当該箇所において、浮子によるトレーサーと解析によるトレーサーが概ね同傾向であり、解析モデルの地形等の精度を向上させれば浮子観測の欠測補正等への活用の可能性もあるため、当面は浮子観測を継続し、観測データを蓄積することが望ましいと考えられる。

今後、第一測線の滞留要因をより詳細に確認することによる投下位置の微調整や、高度化観測によるデータ取得・分析を踏まえた中長期的な視点の観測計画立案を行い、観測の空白が無い安定的な水文観測に繋げていきたいと考える。

謝辞 本検討は、国土交通省近畿地方整備局木津川上流事務所からデータの提供を受け実施した。ここに記し謝意を表す。

参考文献

1)橋場他: 河川流量観測の高度化に対する観測実務者からの視点、河川流量観測の新時代、第4巻、2014.2
 2)清水康行: Nays2d+で用いられている基礎式, iRIC-UC.
 3)McDonald, R.R., and Nelson, J.M., 2020. A Lagrangian particle-tracking approach to modelling larval drift in rivers, Journal of Ecohydraulics, DOI: 10.1080/24705357.2019.1709102