

流入量が時間変化する合流点の流況と河床変動に関する考察

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 小竹利明・山田 拓  
 国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 木下篤彦・柴田 俊  
 アジア航測株式会社 ○岡野和行・井之本信  
 立命館大学理工学部都市システム工学科 里深好文

1. はじめに

土砂の生産や流出が多い支川が合流すると、本川を流下する水や土砂の量が増加するだけでなく、支川からの流入土砂による河床上昇や、合流に伴う水位上昇などが合流点で発生し、土砂・洪水氾濫のトラブルスポットになる可能性がある。さらに、合流点付近の流況変化や河床変動が、本川上下流の水や土砂の流下に影響を及ぼす可能性もある。土砂流出抑制による土砂・洪水氾濫防止を目的とした砂防事業の推進にあたり、土砂流出の多い支川と本川の合流点における流況と河床変動を予測することは、重要であると考えられる。

山地河川上流域において、多量の土砂が生産され流出する支川流域から、掃流状態で土砂が流出するような条件を持つ場合を想定した、合流角度 90° の水路実験が実施されている<sup>1)</sup>。実験の結果から、本支川から流水は合流点で大きく混合しない、合流点付近で上流から下流かけて支川側から対岸側にのびる境界線で流下する領域が区分できる、領域の境界はや河床変動高の分布や流速分布の境界と類似している、ということを示している。さらに、本支川の流量比やピーク流量時刻を変化させた複数のケースで本支川の流水の流下領域を区分し、その違いを議論している。ここでは、同様の装置や条件で、合流角度を 45° とした水路実験を実施し、本支川からの流水の流下領域について、90° で実施した結果と比較した。

2. 実験方法

模型の縮尺は 1/100 とした。実験に用いた水路は、図 1 に示すように、本川の幅 0.7m、勾配 1/100 とし、下流端から 2.5m の位置に幅 0.4m、勾配 1/25 の支川を 45° で合流させた。下流端から上流 5.0m 地点まで土砂を敷きつめ、上流端付近から土砂を供給した。支川水路は長さ 3.0m で、合流点の上流 2.5m 地点まで河床に土砂を敷き、上流端付近から土砂を供給した。平均粒径 1.5mm の粒径分布をもつ珪砂 3 号を使用した。

流入ハイドログラフは、図 3 に示す case1 を基本とした。本川に対する支川ハイドログラフのピーク流量の比は 0.1、本支川のピーク流量時刻の差は 18 分とした。

比較条件として、ハイドログラフの流量比を 0.2 とするケース、本支川のピーク流量時刻差を 9 分および 0 分とするケースを設定し、合流角度 90°、45° それぞれ 6 ケース、合計 12 ケースの実験を行った。なお、表 1 には既往研究で実施された合流角度 90° のケースも併せて記載している。

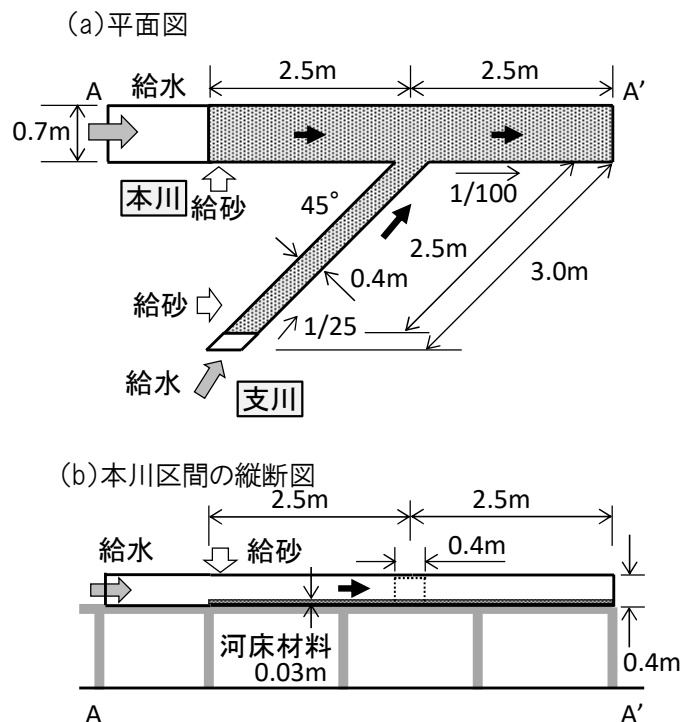


図 1 実験装置

表 1 実験条件

| ケース名      | 本川<br>ピーク流量<br>(L/s) | 支川<br>ピーク流量<br>(L/s) | ピーク流量時刻差<br>(min) | 合流<br>角度<br>(°) |
|-----------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------|
| case1_90° | 8.0                  | 0.8                  | -18.0             | 90              |
| case2_90° | 8.0                  | 0.8                  | -9.0              | 90              |
| case3_90° | 8.0                  | 0.8                  | 0.0               | 90              |
| case4_90° | 8.0                  | 1.6                  | -18.0             | 90              |
| case5_90° | 8.0                  | 1.6                  | -9.0              | 90              |
| case6_90° | 8.0                  | 1.6                  | 0.0               | 90              |
| case1_45° | 8.0                  | 0.8                  | -18.0             | 45              |
| case2_45° | 8.0                  | 0.8                  | -9.0              | 45              |
| case3_45° | 8.0                  | 0.8                  | 0.0               | 45              |
| case4_45° | 8.0                  | 1.6                  | -18.0             | 45              |
| case5_45° | 8.0                  | 1.6                  | -9.0              | 45              |
| case6_45° | 8.0                  | 1.6                  | 0.0               | 45              |

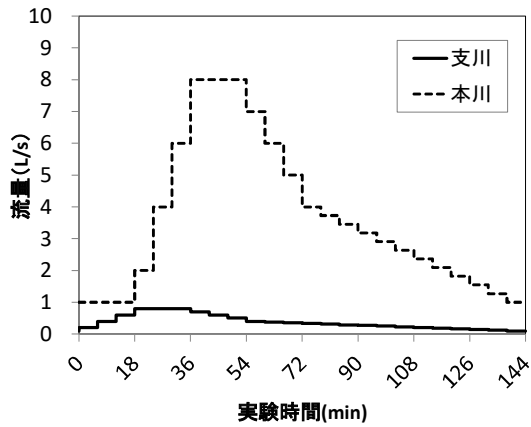


図2 実験に用いたハイドログラフ (case1 の例)

### 3. 実験結果と考察

支川および本川のピーク流量時刻にトレーサを投入し、トレーサの軌跡と1cmメッシュごとの表面流速を、PIV法を用いて計測した。その結果から、本支川流水の流下範囲の境界を確認し、合流点の中心を通過する横断測線における境界の位置を計測した(図3)。

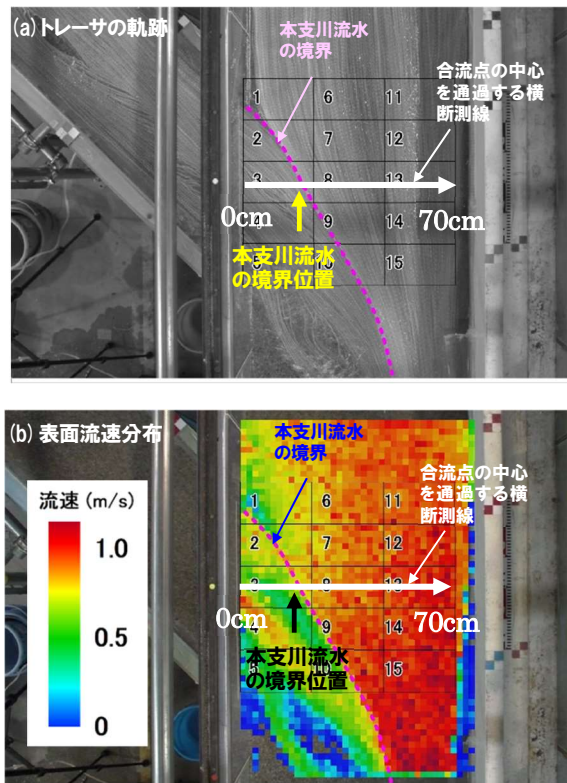


図3 本支川の流水の流下範囲境界線と計測位置 (case4\_45° : 支川ピーク流量時)

既往研究を含む全ケースの支川ピーク流量時と本川ピーク流量時について、本支川の流量比を横軸に、本支川流水の境界位置を縦軸にとったグラフを図4に示す。

合流角度45°と90°の結果を見ると、いずれも全体的に右上がりの傾向となっており、支川の

流量比が大きいと支川の流下範囲が大きくなっていることが分かる。

境界位置を流量比の累乗に近似させた式をみると、90°の場合は流量比の約1.2乗、45°の場合は約1.1乗に比例しており、両者は類似した傾向を示している。一方、係数を比較すると、45°は90°の約0.63倍である。この値は、合流角度の正弦である $\sin 45^\circ = 0.71$ に類似した値であることから、支川流水の流量の横断方向成分に関して、支川の流下範囲が決まっていると推察される。

ただし、合流角度90°の近似曲線の相関係数は45°と比較するとやや小さく、90°の実験結果には近似曲線から外れ、流量に対して境界位置の値が大きくなっているケースもみられる。これらは、支川のピーク流量が先行するcase1のやcase4の本川ピーク流量時の境界位置である。先行する支川ピーク時に土砂が合流点の右岸側に堆積し、その影響を受け、本川の流水がより左岸側に偏って流下したと推察される。

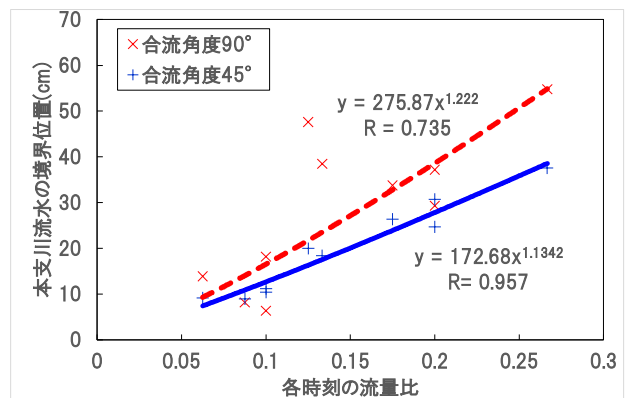


図4 各時刻の流量比と本支川の流水流下範囲の境界までの距離との関係

### 4. おわりに

本支川の流量比やピーク流量時刻が異なる合流点における、流況および河床変動に関する実験を行った。その結果、支川流水の流下範囲は、本川流量に対する支川流量の横断方向成分の比と、それに伴う河床高の変化の影響を受けることが推察された。

それらの関係をより定量的に整理するとともに、合流点とその上下流における河床変動予測につなげることが今後の課題である。

### 参考文献

- 岡野和行, 木下篤彦, 山田拓, 柴田俊, 井之本信, 上杉温子, 吉安征香, 山越隆雄, 里深好文: 山地河川の合流点における河床変動に関する実験的研究, 砂防学会誌 投稿中