

## IC レコーダーを利用した流砂観測の試み

○長谷川祐治（広島大学大学院総合科学研究科） 宮田秀介（京都大学防災研究所）  
 山野井一輝（理化学研究所） 今泉文寿（静岡大学農学部） 権田豊（新潟大学農学部）  
 中谷加奈（京都大学大学院農学研究科） 堤大三（三重大学大学院生物資源学研究科）

## 1. はじめに

山地河川ではハイドロフォンによる流砂観測が盛んに行われ<sup>1)</sup>、現地では構造物の水通し部に固定して計測することが殆どである。土砂移動現象の把握には、溪流の複数箇所での連続観測が求められるが、ハイドロフォンは機器の設置と電気系統を必要とすることや、大規模出水までを対象とするには構造物以外への設置が難しいため、そのような事例は少ない。一方で、山地河川で見られる階段状の地形を呈した河道では、土砂移動に不明な点が多く残されている。小流域で多地点を観測するには従来のハイドロフォンでは困難であり、設置や計測が簡便なシステムの方が適用しやすいと考えられる。本研究は、音を記録する機器として入手が容易な IC レコーダーを導入し、従来ハイドロフォンと同様に金属管に流砂が衝突して得られる音響信号と直接採取した土砂量の比較を行い、IC レコーダーを利用した流砂観測の妥当性を検証した。

## 2. 観測の概要

図-1 に対象区間の縦断図（数値は各区間の勾配や計測地点）を示す。観測は神通川水系足洗谷試験流域内のヒル谷で実施し、試験堰堤直下流に粒径 3mm の土砂を約 6m<sup>3</sup> を置いて人為的に供給した。写真-1 に IC レコーダーを導入したハイドロフォン（以下、ICHP と呼ぶ）の概要を示す。ICHP は長さ 50cm、

管径 5cm、肉厚 0.3cm の鉄製の金属管で、片側のキャップに IC レコーダーを取り付け、金属管に接触しないように中に入れた。キャップの内側にラバーを巻いて金属管を伝わる振動を小さくした。ICHP は 7 基用意して、金属管が縦向きになるように設置した。これは、対象流域の溪流幅が比較的狭く、横向きでは堆積で金属管が埋まる可能性があることや、横向きでは衝突粒子が多くなると管内で音が飽和する可能性があるためである。計測前に流れの方向を確認して、主流部となって設置断面で最も土砂が衝突して流砂量の代表値になると推測される位置に設置した。記録したデータ

は信号処理を行わず、衝突した粒径と得られた音響信号の時間積分値の関係性のみを確認した。ICHP での計測以外に図中に示す 2 箇所直接採取を行った。

## 3. 観測の結果

現地観測の前に空気中で ICHP にほぼ同じ高さからガラス玉や礫を衝突させて、得られた音響信号の生データの積分値を求めて、衝突粒子の質量と信号の積分値の関係を確認した。図-2 に結果を示す。粒子の質量に対して信号の積分値が大きくなるが、ガラス玉と礫では両者の傾向が異なる。音響信号の処理を行っていないことが傾向の違いを示す要因の一つと推測されるが、更なる検討が必要である。図-3、4 に ICHP から得られた音響信号の 1 分間の時間積分値の時間変化を示す。上流側 3 基の結果を図-3 に、下流側 4 基の結果を図-4 に示す。時間は全て同期化し、ノイズ除去は行って

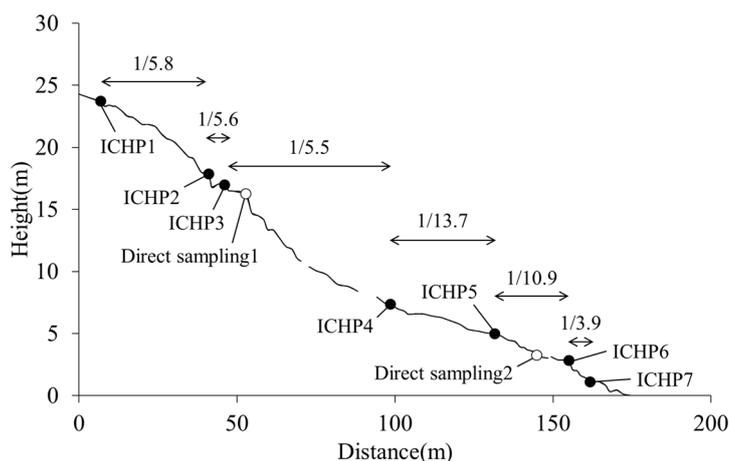


図-1 現地観測を行った河道の縦断図

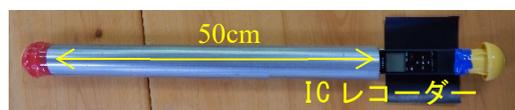


写真-1 ICHP の概要（上）と設置の状況（下）

いない。図中に直接採取で得た結果をプロットで示す。土砂流出開始後から直接採取を行ったため、プロットより前の時刻は土砂流出がない。流砂が衝突する前の積分値は、ICHP1-4 ではほぼ同じ値を示し、ICHP5 では小さく、ICHP6, 7 では大きい。これは、水の流れが影響している。音響信号の大きさは流砂の衝突速度に比例することから ICHP6, 7 は他の ICHP より流砂衝突時は大きい信号を記録する。直接採取 1 に近い ICHP3 との比較では、両者で流出ピークが二回確認できる。一方、下流側の ICHP5 との比較では、直接採取 2 の波形を表現できていない。この周辺は、他の ICHP 設置点と比べて勾配が緩く、堆積が生じて流砂の衝突による ICHP の反応が強く現れないためである。他の ICHP と比べて ICHP5 は信号が小さいことからわかる。今回は ICHP を縦方向に置くことで、一部が埋没しても金属管に流砂が衝突し続けるが、音響信号は小さくなる傾向を示した。しかし、信号を記録する IC レコーダーの位置と流砂の衝突位置が近くなることで、フィルター処理を行わない ICHP は長さ方向の周波数帯の影響を受けて、信号の大きさにも影響すると考えられることから、音響データの処理方法について検討が必要である。信号が応答する順番は、上流側の ICHP1 から始まるはずだが、ICHP1 と ICHP2, 3 では逆転している。その他は全て上流側から反応する。ICHP1 は土砂供給地点に近く、ICHP の上流で堆積が生じて、主流の方向が変化して ICHP1 への流砂衝突が少なかったことが理由に挙げられる。しかし、時間経過により侵食が生じて主流が観測前に確認した位置になることで 12 時過ぎには信号が大きくなる。ICHP2, 3 では明確なピーク値が現れる。この地点はステッププールが存在するが、実験前からプールは満砂で、急勾配のため河道に堆積が生じないことから、土砂を供給した波形がそのまま伝播したと推測される。ICHP4, 6, 7 は上流側と比べて明確なピークが現れない。ICHP4 の上流は勾配が緩く堆積が生じたこと、ICHP5 の周辺でさらに堆積が生じた影響を受けたことが理由である。なお、ICHP1 で確認されたように、堆積しても ICHP には流砂が衝突し続けていた。ICHP で、流砂の時系列的な移動現象や下流に流出することでピーク値が緩やかになる流砂の伝播特性の傾向を確認できる。

#### 4. まとめ

ヒル谷に設置した 7 基の ICHP により流砂の伝播過程を捉えることができた。定量的な観測には更なる検討が必要だが、河床変動計算で得られる流砂量等と比較し易い形のデータを得た。また、本観測手法と、レーザースキャナ等による 2 次元地形測量の差分を併用すれば、期間内通過土砂量を求めることで、より高精度かつ低コストな土砂移動解析手法に繋がる可能性がある。

#### 謝辞

本研究は、科研費 16K01326 の助成を受けたものです。ここに記して感謝致します。

#### 参考文献

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国総研資料。第 886 号，2016

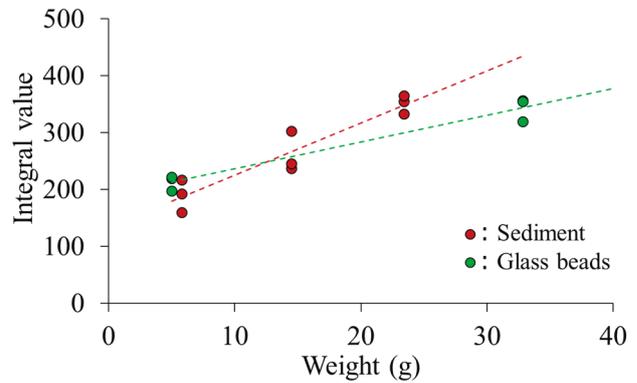


図-2 空気中における衝突粒子の質量と音響信号の関係

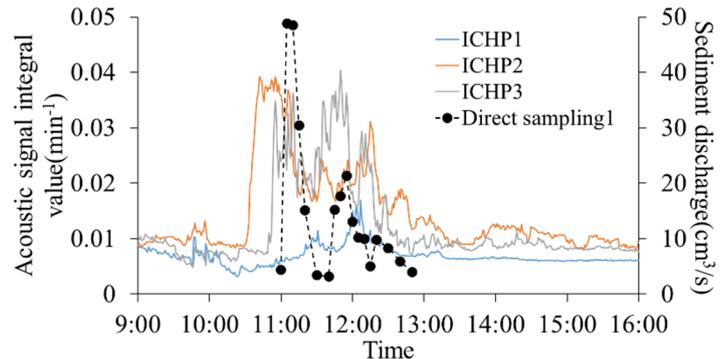


図-3 ICHP1-3 の音響信号の時系列

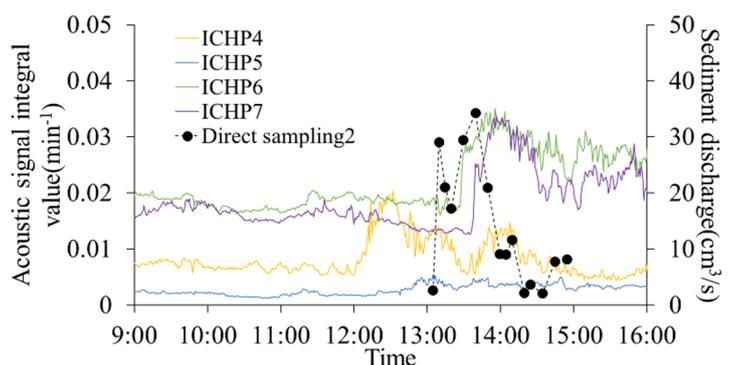


図-4 ICHP4-7 の音響信号の時系列