

ハイドロフォンによる流砂量観測 ～流域総合土砂管理に向けて～

建設技術事業本部 河川部 谷口 丞

河道内を移動する土砂量を把握することは、自然再生や保全事業、河川改修事業を検討するうえで重要です。ここでは、ハイドロフォンを用いた土砂移動量の観測手法とその可能性について報告いたします。

ハイドロフォンとは？

ハイドロフォンは、金属管に粒子が衝突する音を電圧に変換し、電圧の閾値を超えた回数や電圧そのものをデータとする流砂量観測機器です(写真1)。従来の研究により掃流砂量を相対的に評価できることが知られており、流域の土砂動態の把握には有効な手段と考えられています。



写真1 ハイドロフォンの外見

ハイドロフォンは一般的に河床変動の影響を受けない砂防ダムや床固工の水通し部に設置されています(写真2)。この水通し部を通過した土砂をハイドロフォンが感知します。その感知した結果が電圧やパルス数となって蓄積されます。



写真2 ハイドロフォンの設置例

ハイドロフォンは、2001年ごろに注目され始め、国内の研究機関で基礎的な研究が始められるとともに、徐々に全国に普及してきた観測技術です。現在では、主要な直轄砂防管理区域に設置されています。

流砂量と音圧の関係

図1に流砂量と音圧の関係を示します。これより、流砂量と音圧には高い相関関係にあり、音圧から流砂量を推定可能であることがわかります。

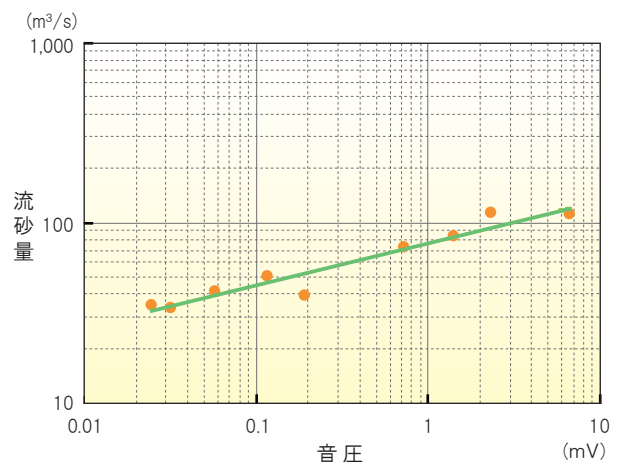


図1 流砂量と音圧の関係

音圧とパルス数の関係

音圧とパルス数の関係について、その一例を図2に示します。これより、音圧が増加するとともにパルス数も増加するとともに、両者の間に高い相関が存在することがわかります。流砂量と音圧に高い相関があることを踏まえると、流砂量とパルス数にも高い相関があり、パルス数から流砂量が推定できることを示唆しています。

ところで、図2にはパルス数に関する重要な特性が現れています。図2には2種類のパルス数を示しています。一つは増幅率が1,016倍のパルス数、もう一つは増幅率が4倍のパルス数です。増幅率は、ハイドロフォンの感度というべきものです。つまり、増幅率1,016倍のパルス数は増幅率4倍のパルス数よりもハイドロフォンの感度を良くした結果といえます。増幅率1,016倍の結果をみると頭打ちしている状態がわかります。

つまり、パルス数は、感度によって流砂量の増加に伴い頭打ちする性質を持っていることがわかります。水山らは、この性質を把握したうえで、流砂量が少ない場合はパルス数、流砂量が多い場合は音圧で観測することを提案しています。

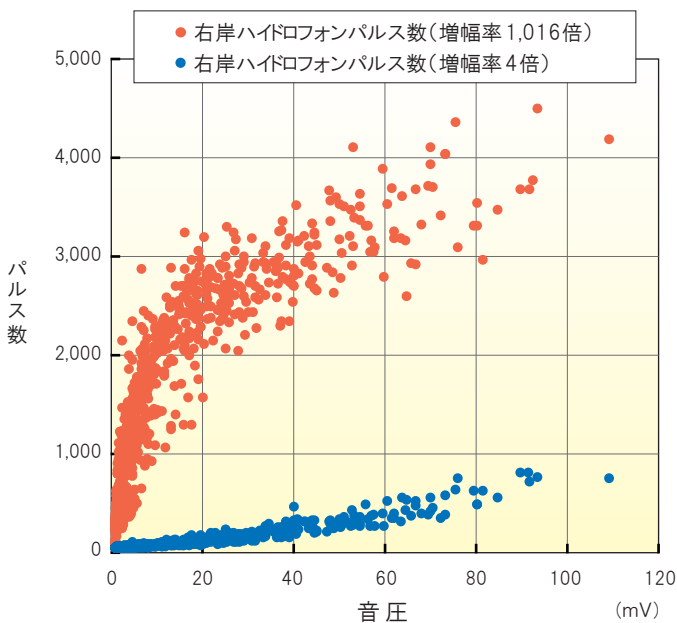


図2 音圧とパルス数の関係

ここで、パルス率=(ある増幅率のパルス数)/(最も感度の良い増幅率のパルス数)です。

パルス率と運動エネルギーの関係を示すと図3のとおりとなります。この関係をもとに粒径別流砂量を観測するアルゴリズムを考案しました(図4)。このアルゴリズムについては検証が不十分ですが、今後もハイドロフォンのデータを蓄積し、このアルゴリズムの有効性を確認するとともに、流域総合土砂管理に役立てていきたいと考えています。

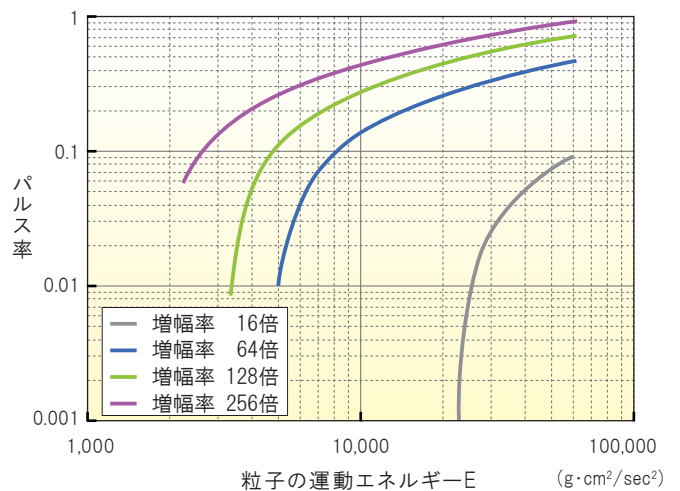


図3 運動エネルギーとパルス率の関係

ハイドロフォンの可能性

これまで、ハイドロフォンによって流砂量、特に掃流砂量が観測できることを紹介してきました。しかし、従来の手法で観測できるのは掃流砂の総量です。実際の河川の底を見るとさまざまな大きさの砂・礫が存在しており、その大きさに応じて河道地形の形成、河川の自然環境、河川が有する防災機能など役割が異なってきます。流域規模で総合的な土砂管理を行うには、やはり土砂移動量の総量ではなく、大きさ別、つまり粒径別の土砂移動量を把握する技術確立が必要です。

次にハイドロフォンで粒径別の流砂量を把握する手法について考案しましたので、その内容を説明します。

衝突という事象は粒子の運動エネルギーと関係があります。加えて粒子の運動エネルギーは粒径によって異なります。この性質に着目しつつ、パルス数の観測結果を解析すると、次の特徴に気づきました。

増幅率ごとのパルス率は粒子の運動エネルギーによって決定される

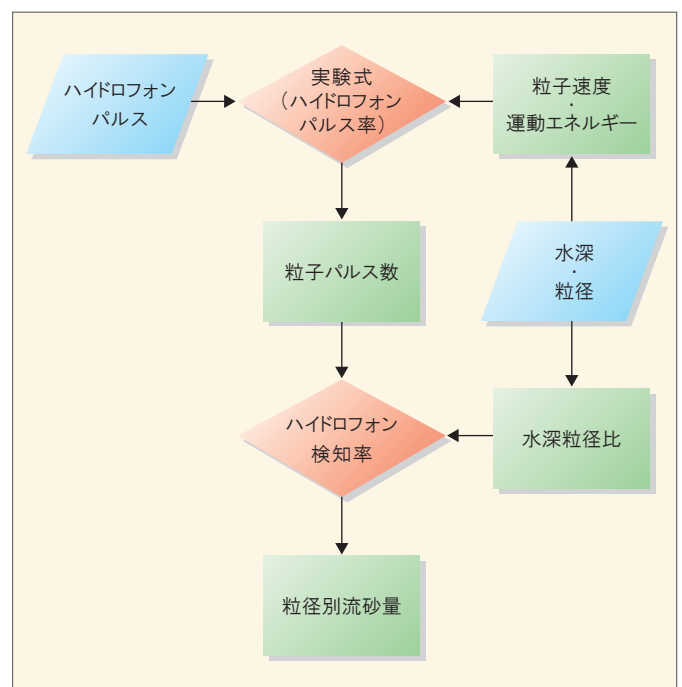


図4 考案したアルゴリズム