

国土交通省黒部河川事務所；進藤裕之・葭本孝央・塙田光博  
 国土交通省黒部河川事務所（現・富山河川国道事務所）；松本清則  
 財）砂防・地すべり技術センター；榎木敏仁・○飛岡啓之

## 1. はじめに

流砂系に及ぼす土砂移動の影響を把握し解決していくためのモニタリングが各流域で実施されている。その中でも掃流砂の観測は各種の方法が試みられているところであり、そのひとつに流下時に発生する音の観測から間接的に流砂量を推定することを目的とした研究、検討がなされており、いくつかの実河川で出水中の連続データが得られている。

一方、将来的な土砂移動予測には、河床変動計算が用いられる。河床変動計算は、実際の流砂現象を表現できるようなモデルとするため、実測値（観測値）によるキャリブレーションの必要がある。しかし、一般には、出水後の河床測量結果による検証であり、出水中の土砂の動きに対しての検証はなされてはいない。

そこで、本報では、平成14年7月に発生した出水を対象として、水路固定床に埋設した音圧センサーにより得られた連続データと河床変動計算を実施し得られた土砂ハイドログラフについて、流量との対応、波形、移動開始時間、ピーク発生時間など時系列変化に着目して比較検討を行ったものである。

## 2. 検討方法

### 2.1 音圧観測

音圧センサーは、図-1に示すとおり、国土交通省黒部河川事務所管内愛本橋地点（流域面積667km<sup>2</sup>）の河道中央部の水叩き底面コンクリート内部（深さ5cm）に1箇所埋設されている。設置地点の平均河床勾配は1/60、河道幅は30mで、直上流には流路工（L=104m、帶工6基）が設置されている。

なお、音圧センサーにより得られる音圧値は、礫径3~30mmに対し有効であることが既往検討報告<sup>1)</sup>により示唆されている。

### 2.2 一次元河床変動計算

不等流計算による一次元河床変動計算を実施した。流砂量は浮遊砂と掃流砂を対象とし、浮遊砂量は移流・拡散方程式、掃流砂量は芦田・道上式により求め、河床材料の調査結果を用いて7区分の混合粒径（代表粒径、①361mm、②118mm、③37mm、④12mm、⑤3.7mm、⑥1.2mm、⑦0.3mm）を設定した。各粒径階ごとの無次元掃流力は修正エギザロフ式により算定した。

### 2.3 比較検討方法

既往の実験報告<sup>1) 2)</sup>を参考に、得られた音圧値から流砂量への換算を行った。しかし、換算にあたっては実際は現地において流砂の直接採取等により粒径設定や換算係数等を同定する必要がある。そのため、今回は流砂量としての比較は行わず、得られた10分ピッチ音圧値を時間平均に換算し計算粒径別流砂量と比較した。

また、粒径別に得られた流砂量のうち、浮遊砂と掃流砂の粒径①361mm②118mm⑥1.2mm⑦0.37mmについては、先に示したとおり今回の音圧値で有効とされる礫径3~30mmではないことから比較対象外とした。

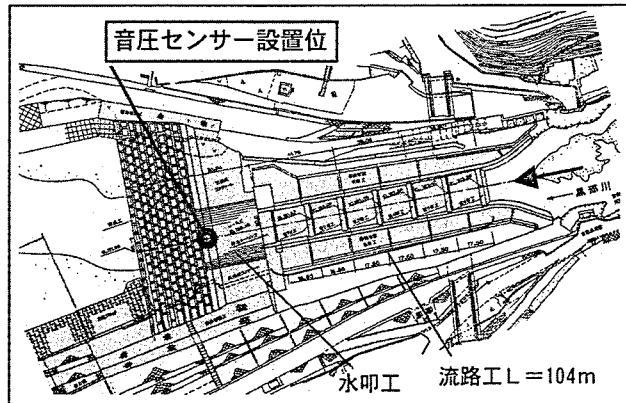


図-1 音圧センサー設置位置図

## 3. 検討結果及び考察

### 3.1 音圧観測結果

既往の実験報告<sup>1)</sup>において、1Hz、10Hz、100Hz、1000Hzを基準周波数としたバンド域音圧値のう

ち、100~1000Hzの間において、流砂発生音の卓越周波数であると考えられることから、バックグラウンド値（水のみの流れによる音）を減じて、100Hzと1000Hz音圧値の相乗平均を有効音圧値  $P$  ( $\mu\text{Pa}$ ) としてデータ整理を行った。同時計測された電波流速計による流量とあわせて図-2に示す。増水期では流量  $200\text{m}^3/\text{s}$  に達した時点から徐々に増加しはじめ、18時間後に急激な増加の山がみられた。減水期では  $200\text{m}^3/\text{s}$  を下回る程度から音圧の減少が確認された。

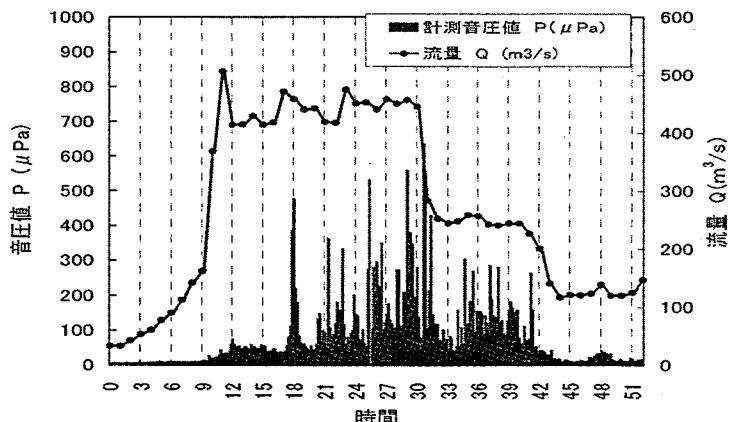


図-2 音圧値時系列図（10分データ）

### 3.2 河床変動計算との比較結果

河床変動計算による流砂量と音圧値の時系列比較を図-3に示す。

比較の結果について、以下に評価する。

**【流量との対応】** 計算値は流量に応じた変化を示しているものの、音圧値は増水期流量との対応が悪く、減水期では対応がよい。

**【移動開始時間】** 各粒径計算値及び音圧値とも流量  $200\text{m}^3/\text{s}$  を超えた時点（9時間目）から土砂の移動が開始している。音圧値と計算値が一致している。

**【波形】** 計算値は、移動開始から流量に応じ急激な増加に移るもの、音圧値は5~7時間のタイムラグがある波形となっている。この明確な理由については不明であり今後の検討課題である。

**【ピーク時間】** 音圧値は、減水直前（30時間目）にピーク値を示しているが、計算値は各粒径とも音圧値より7時間程度前に発生している。直上流の流路工での土砂貯留による2次移動の影響も考えられるが明確な理由は不明である。

## 4. おわりに

本報告では、音圧センサーから得られた音圧値と河床変動計算による土砂ハイドログラフの時系列的な変化に着目して比較検討行った。その結果、減水期における流量との対応、土砂の移動開始時間については整合しているものの、増水期の波形（特に立上がりのタイムラグ）やピーク発生時間について違いが見られた。

今後も引き続き、観測データを蓄積し、様々な波形や大規模出水に対する検討を行い観測値やモデルの検証、評価を行っていく必要がある。

また、音圧センサーに関しては、現在河道中央1箇所のみの設置であるが、横断方向での複数設置や上流域での観測により、横断的な土砂移動や流域全体としての土砂移動の把握も可能であると考えられる。

今回の検討は時系列的变化（定性的な評価）に着目したが、掃流砂の直接採取等により流砂量への変換精度向上を図った上で、計算値との定量的な比較検証を行いモデルの評価を行う必要があると考えられる。

最後に本調査、検討にあたりデータ収集、解析にあたってご協力頂いた、（株）CTIサイエンスシステムの斎藤秀晴氏、（株）ナックスの近藤真啓氏及び（株）ニュージェックの南修平氏に感謝の意を表します。

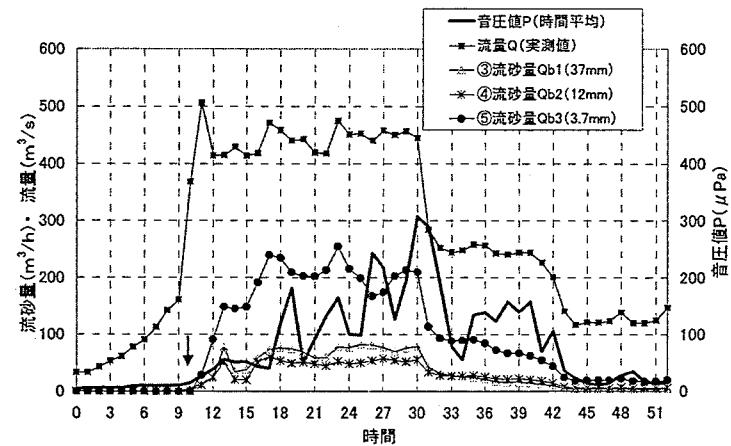


図-3 計算値、音圧値比較図

### 参考文献：

- 1) 桑村ら（2002）；音圧を利用した掃流砂量観測手法の開発、水工論文集 第46巻
- 2) 山口ら（2002）；音圧測定による掃流砂量観測手法の開発、土木学会第57回年次学講演会論文集