

## 音響式 SS 測定装置の開発に関する研究

首都大学東京大学院 学生会員 ○和田 昌行  
 首都大学東京大学院 正会員 横山 勝英

## 1. はじめに

近年、河川において土砂の堆積・流出による様々な問題が発生しており、適切な河道管理のためには土砂動態を把握する必要がある。浮遊土砂の測定には、採水分析や濁度計を用いた方法が用いられているが、労力、安全性、測定レンジ等の点で問題もある。

そこで洪水時のウオッシュロードおよび浮遊砂（SS と総称する）の濃度の鉛直分布を安全に測定する手法を提案するために、魚群探知機を改良した安価な超音波センサーを用いた実験を行った。

## 2. 実験方法

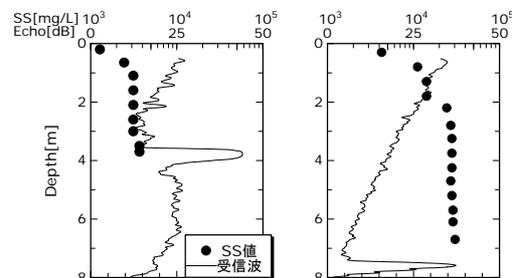
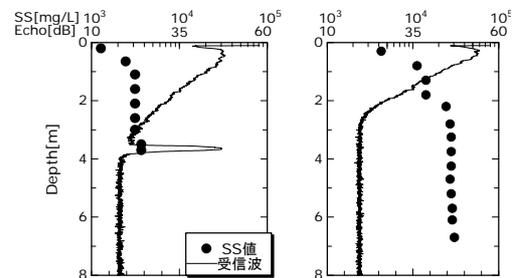
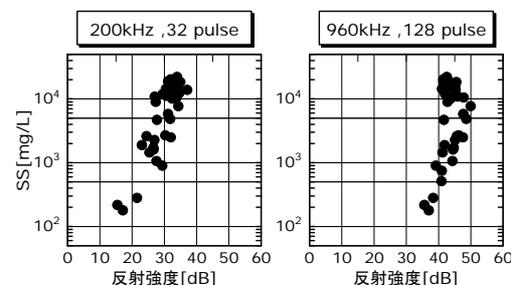
音波は発振周波数が大きいほど波長は短くなるので距離分解能が向上するが、エネルギー減衰が著しくなる。また出力が大きければ到達距離が長くなり長距離の測定が可能だが、媒質中で起こる微弱な変化に対する反応が低下する。さらにパルス数が多くなるほど透過能力が向上し長距離測定が可能だが、空間分解能が低下する。そこで洪水時の SS 測定に最適なパラメータを探るために、表-1 に示す各種ケースの実験を実施した。

実験は佐賀県の六角川河口域で、平成16年3月10日および11日に行った。六角川は有明海の潮汐の影響で日常的に強く濁っているので、本研究には最適なフィールドである。測定内容は、特注センサーによる超音波測定、濁度計（アレック電子製 ATU-3D）による濁度測定および採水ポンプ（ISCO 製ポータブルポンプ）による採水、さらに多項目水質計（アレック電子製 AAQ1183）および超音波流速計（RDI 製 ADCP）を用いた流況測定を行った。なお流況に関する説明は紙面の都合上省略する。

超音波センサーはブランク領域の短縮化のために送・受信分離型を用い、センサー部を水面から20cm程水没させて船舷に固定した。センサーからのアナログ信号は、10MHzのAD変換装置によってデジタル化し、PCに記録した。得られた生データからピーク包絡線を作成して移動平均をとり、さらに電圧値を(1)式によりデシベル値に変換した。

表-1 超音波測定の設定

発振周波数	出力	パルス数
200[kHz]	4.3[w]	128
		64
		32
		16
960[kHz]	2.5[w]	128
		64
		32

図-1 反射強度と SS 値の鉛直分布図の例  
(200kHz 測定)図-2 反射強度と SS 値の鉛直分布図の例  
(960kHz 測定)図-3 反射強度と SS の関係  
(水深 1.05m)

キーワード 反射強度, SS 濃度, 周波数, 伝搬損失, SS による減衰項

連絡先 〒192-0372 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL0426-77-1111

$$\text{Echo} = 20\log_{10}\left(\frac{MV}{BV}\right) \quad (1)$$

ここで、Echo：反射強度[dB]，MV：測定電圧[mV]，BV：基準電圧[mV]である。

### 3. 実験結果

SS と超音波信号の鉛直分布を図-1 および図-2 に示す。それぞれの左側の図は、低濃度時の波形で、右側の図は高濃度時の図である。図の中で、反射強度が急上昇するのは河床からの反射である。これより濃度が高くなると反射強度が強くなるのがわかる。また 960kHz では減衰が激しく、高濃度時には河床まで到達していない事がわかる。

次に、SS と反射強度の相関関係を図-3 に示す。200kHz は 20,000mg/L あたりまで線形性を保持しているのに対し、960kHz は 5,000mg/L あたりで折れ曲がっており、超高濃度時の測定には 200kHz が適していることがわかった。また、パルス数については図示していないが、200kHz では 32 波が、960kHz では 128 波が SS への応答が良かった。

### 4. SS の推定

そこで以上の結果を用いて反射強度から SS を推定する式を作成する。推定式は以下の通りである。

$$10\log C = I - B + k \log r + 2\alpha r + \beta f(C, r) \quad (2)$$

ここで、C：SS 濃度，I：反射強度，B：基準音圧，k：拡散損失係数，r：センサーからの距離，α：吸収係数，β：濁質による損失係数である。k は 10 か 20 が一般的に用いられる。

この中で、f(C, r) は本研究で新たに提案する SS による減衰項であり、図-4 に示すような 5 パターンが考えられる。各パターンを式(2)に代入して SS を推定し、水深毎に相関を調べたところ、(c) について図-5 が、(d) について図-6 が得られ、この 2 式が最も相関が高かった。

(c) と (d) 式によって推定した SS の鉛直分布図を図-7 に示す。(c) 式では全水深で良く合っているが、(d) 式では深い場所で再現性が悪い。

次に、観測で得られた全データを比較すると、図-8 のようになった。これより、一部に再現性の悪い所もあるが、全体としてみれば 200~20,000mg/L の広い領域で整合性が良いと言える。ただし、(c) 式を用いると計算可能な水深が限定され、今回のケースでは 12.5m を越える領域は理論的に推定できない。このような問題点について今後検討する必要がある。

$\log(C \times r)$	… (a)
$C \times \log(r)$	… (b)
$r \times \log(C)$	… (c)
$C \times r$	… (d)
$\log(C) \times \log(r)$	… (e)

図-4 SS による減衰項

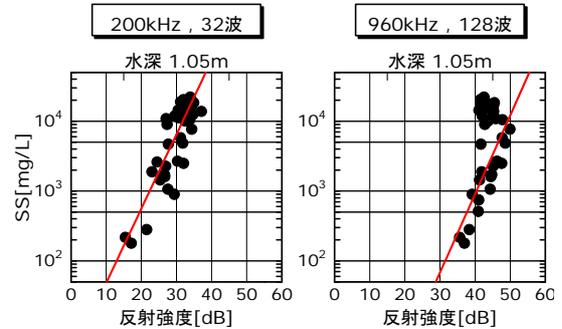


図-5 反射強度による SS 推定式 ((c) 式, k=10)

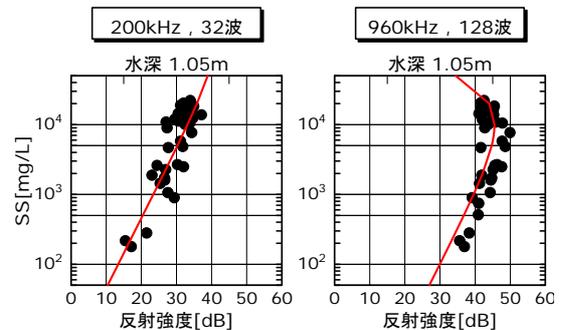


図-6 反射強度による SS 推定式 ((d) 式, k=20)

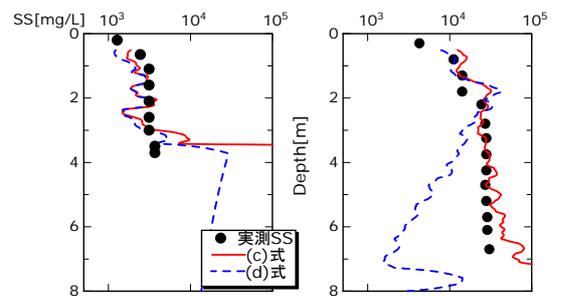


図-7 推定および実測 SS 値の鉛直分布図の例 (200kHz)

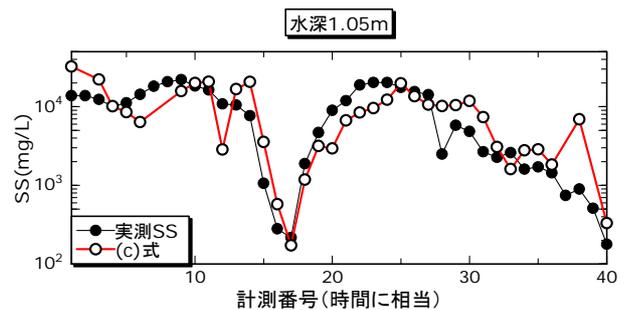


図-8 200kHz, 32 波での SS 値の時系列変化