

超音波ドップラー流速計にを用いた浮遊懸濁物質濃度の現地観測

広島大学工学部 学会員 ○ 小谷 英史
 広島大学工学部 正会員 川西 澄
 広島大学工学部 正会員 余越 正一郎

1. はじめに

浮遊懸濁物質の挙動を知ることは港湾構造物や河口構造物の設計、水質汚濁・海浜変形などの環境問題を考える上で大変重要である。従来の研究では流速計と濁度計を組み合わせた測定が行なわれているが、測定領域が異なるため、乱流フラックス等の正確な測定が行えないおそれがある。また、底面近傍での測定も困難である。そこで、同時に同じ測点の流速と浮遊懸濁物質濃度を計測できる方法として、超音波のドップラーシフトを利用した流速計(ADV)に注目した。ADVは流速とともに、超音波の散乱強度を得ることができる。散乱強度と浮遊懸濁物質濃度の関係が明らかになれば、同じ測点の流速と浮遊懸濁物質濃度の同時測定が可能となる。そこで、濃度試験を行い散乱強度と浮遊懸濁物質濃度との関係を検定するとともに、現地観測を行ない浮遊懸濁物質濃度と流速との関連について考察した。

2. 濃度試験

試験試料を現地観測を行なった広島県大野町の海岸で採取し、以下の3種類にふるい分ける。さらに、小さい粒径の物質としてカオリン(白陶土)を使用した。

A. 0.088mm 以下, B. 0.088 ~ 0.15mm, C. 0.15 ~ 0.30mm, D. 0.002mm(カオリン)

フレームを組みADVを固定する。電子天秤で土粒子の重量を量り水槽(25 l)の中へ入れ、攪拌棒で濃度をほぼ一定に保つように攪拌した。測定時間は2分間として、濃度を2~40(ppm)の間で約10回変化させ、それぞれ3セット行なった。回帰直線をFig.1に示す。散乱強度は濃度に比例した。粒径ごとにグラフの傾きが異なるのは超音波の波数 k と粒子の半径 a の関係、つまり感度の変化によるものと考えられる。感度は $ka=1$ が成り立つとき最大となる。

感度を変化させる要因は粒径のほかに粒子の密度の変化が考えられる。そこで、混合懸濁物質を水槽に入れ攪拌後、数十分沈殿させると密度が小さい粒子だけが浮遊する。溶液のサンプルを取り浮遊物質の重量測定を行い、散乱強度と濃度の関係を求めた。以上の試験から得られた散乱強度と濃度の関係をFig.2に示す。

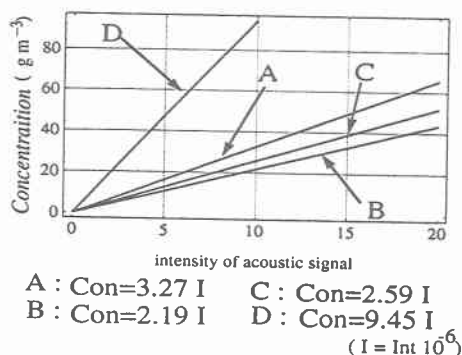


Fig.1 土粒子の濃度と散乱強度の関係

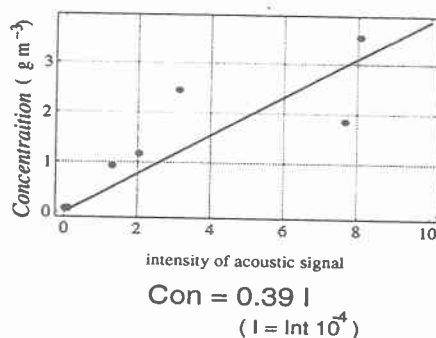


Fig.2 密度の小さい粒子の濃度と散乱強度の関係

3. 現地観測

太田川放水路観測

観測地点は河口から約2.5km上流の庚午橋と新旭橋の間に架かる水道管橋のほぼ中央で行った。ADVと共に2軸傾斜方位角センサーをステンレス製のフレームに取り付け水道管橋からロープで吊るして観測を行った。データはサンプリング周波数25Hzで同時AD変換し、コンピューターに記録した。測点は相対高さ $z/h=0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ の7点である。測定は1測点あたり5分間行なった。

Fig.3に流速、Fig.4に浮遊懸濁物質濃度の経時変化、Fig.5に流速と濃度の関係を示す。放水路内の土粒子はおおよそ $70 \mu\text{m}$ なので浮遊懸濁物質濃度は検定式Aを用いた。上げ潮の最大流速時に最大濃度を記録している。河床付近の流速の大小によって濃度が増減するのがわかる。これは平水時、太田川放水路にはほとんど河川水が流入しな

いため放水路内の浮遊懸濁物質の大部分が河床堆積物の浮遊によるためと考えられる。下げ潮時、表層の平均流速は40m/s 近くになるが浮遊懸濁物質濃度は、ほとんど上昇しない。これは河床付近の流速が弱く底面剪断応力が小さいためである。

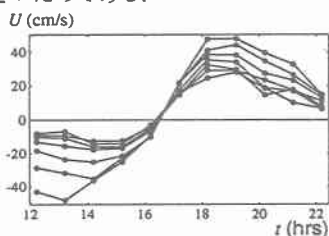


Fig.3 流速の経時変化

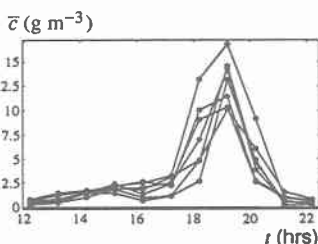


Fig.4 浮遊懸濁物質濃度の経時変化

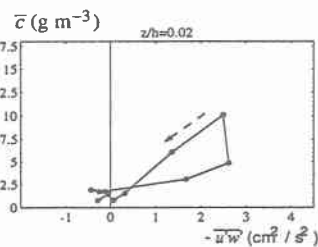


Fig.5 レイノルズ応力と濃度の関係

大野瀬戸観測

大野瀬戸は、広島湾西北部に位置し、宮島とその対岸の大野町に挟まれた厳島神社が面している海域のことである。観測は瀬戸南部の西南海区研究所の沖合およそ400 m程に係留されているかき筏の上にて行った。観測方法は太田川放水路観測と同様である。

この観測で得られた散乱強度は太田川放水路のデータに比べてかなり小さい値であったため、浮遊物質は通常の土粒子より密度が小さい物と考えられる。そこで Fig.2 に示した検定式を用いて濃度分布を求める。Fig.6 に流速、Fig.7 に浮遊懸濁物質濃度の経時変化を、Fig.8 に流速と濃度の関係を、Fig.9 に浮遊懸濁物質濃度の鉛直分布を示す。濃度は底面付近と表層で高濃度となる、表層が濃度が高くなる原因としては、プランクトンの影響だと考えられる。底面付近は大部分が堆積物の再浮上と考えられる。

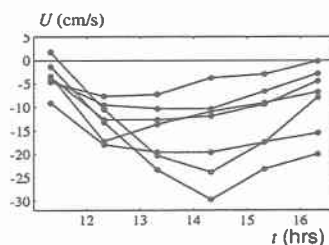


Fig.6 流速の経時変化

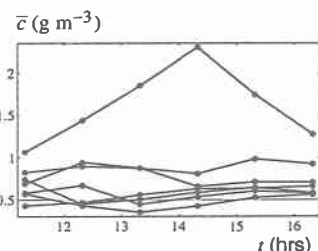


Fig.7 浮遊懸濁物質濃度の経時変化

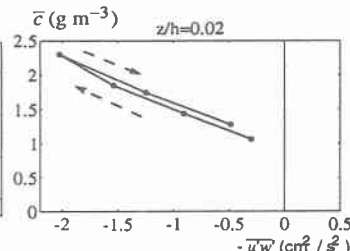


Fig.8 レイノルズ応力と濃度の関係

4. 結論

本研究は超音波ドップラー流速計の散乱強度と濃度の関係を検定し、現地観測を行ない、浮遊懸濁物質濃度と流速の同時測定を行なった。

濃度試験の結果より、濃度と散乱強度の間には比例関係が認められた。感度を変化させる主な要因は散乱体の粒径、密度によるものと考えられる。現地観測のデータは有効なものであった、したがって、ADV を用いれば底面近傍まで濃度と流速の同時測定が可能だと考えられる。

5. 参考文献

- 1) R.A.Young.et al.: Acoustic profiling of suspended sediments in the marine bottom boundary layer, Geophysical Research Letters, Vol. 9(March), pp. 175-178,1982
- 2) D.m.Hanes.et al.: Acoustic measurements of suspended sand concentration in the C_2S_2 experiment at Stanphope lane.Prince Edward Island,Marine Geology, Vol. 81, pp. 185-196, 1988.
- 3) A.Lohrmann.et al.: Acoustic-Doppeler Velocimeter for laboratry, Hydraulic mesurements and experimentation, Vol. 1-5(August), pp. 351-365, 1994.

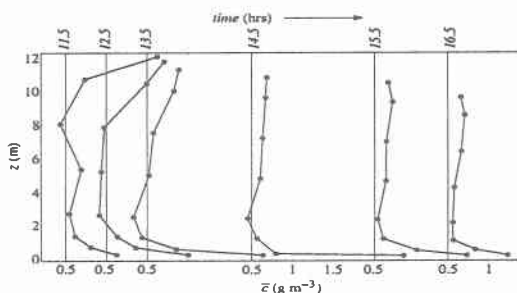


Fig.9 浮遊懸濁物質濃度の鉛直分布