

超音波と赤外線散乱特性を利用した浮遊砂泥の粒径測定

広島大学工学部 学会員 ○ 山本 洋久
 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

湖沼や湾・内湾等の水域において浮遊砂泥の挙動を把握することは、それ自身が汚れの指標となるばかりでなく、様々な有害物質を吸着して輸送拡散されることもあり環境問題を考える上で重要な研究課題である。従来の浮遊砂泥の粒径測定方法は、断続的に採水したサンプル溶液を用いて実験室で測定していたが、本研究では、超音波を発するADV(超音波ドップラー流速計)と赤外線を発するOBS(散乱光式濁度計)を用いて測定したそれぞれの散乱強度と、同位置・同時刻に採取したサンプルをレーザー回折散乱式粒度分布計によって求めた粒径とを比較し、それらの関係を明らかにする。そして、この関係を用いて現地観測での連続的な浮遊砂泥の粒径と濃度の測定を試みる。

2. 散乱強度試験概要

試験試料を現地観測を行なった広島湾の沿岸で採取し、カオリンと共に散乱強度試験を実施する。フレームを組みADV, OBS, サンプル溶液採水のためのチューブを固定する。カオリン又は広島湾堆積物を水槽(110 l)の中へ入れ攪拌する。攪拌する際気泡の発生に注意し、カオリンの場合、フロックの形成を防ぐためにヘキサメタリン酸ナトリウムを添加した。カオリン試験を2回、広島湾堆積物試験を1回行なった。レーザー回折散乱式粒度分布計によって粒径を求めたのは1回目のカオリン試験のみであるので、2回目のカオリン試験、広島湾堆積物試験は理論式 $\log(I_{ADV}/I_{OBS}) = 4\log d + m$ (I_{ADV} : ADVの散乱強度, I_{OBS} : OBSの散乱強度, d : 粒径, m : 定数)を用いて粒径を求めることができない。そこで、1回目のカオリン試験において浮遊物質(SS)の重量測定を行ない、OBSの散乱強度との比 SS/I_{OBS} を考え、それとレーザー分析によって求めた粒径との関係を定式化する。この式に2回目のカオリン試験及び広島湾堆積物試験によって求まる SS/I_{OBS} を代入し、粒径を予測する。そこで予測した粒径と SS/I_{ADV} , I_{ADV}/I_{OBS} の関係を求める。

3. 散乱強度試験結果

Fig.1は沈降試験におけるADVとOBSの散乱強度とサンプル溶液の浮遊物質(SS)重量の経時変化を示したものである。ADVは、時間が経つにつれて実際の濃度に比べ低い値を示し、OBSは、濃度の過大評価という結果になった。これは、粒径によってADVとOBSの感度が変化しているからである。

Fig.2は1回目のカオリン試験におけるOBSの感度 SS/I_{OBS} と粒径の関係を示したものである。この図から、

$SS/I_{OBS} = 0.11854d$ (d : 粒径) の関係が得られる。この関係を用いてADVの感度 SS/I_{ADV} と粒径の関係を示したのがFig.3, I_{ADV}/I_{OBS} と粒径の関係を示したのがFig.4である。Fig.3において SS/I_{ADV} は対数をとった場合、理論上以下に示す通り $-3\log d$ に比例する。

$$I_{ADV} = C_1 d^3$$

$$\log(SS/I_{ADV}) = \log SS - \log C_1 - 3\log d$$

$$= -3\log d + \log C_1 \quad (1)$$

結果としては2回目のカオリン試験は $-2.86\log d$ 、広島湾堆積物試験は $-3.11\log d$ となり、ほぼ理論通りの結果となっている。また、Fig.4において I_{ADV}/I_{OBS} は対数をとった場合、理論上以下に示す通り $4\log d$ に比例する。

$$I_{ADV}/I_{OBS} = C_2 d^4$$

$$\log(I_{ADV}/I_{OBS}) = 4\log d + \log C_2 \quad (2)$$

2回目のカオリン試験は $3.87\log d$ 、広島湾堆積物試験は $4.11\log d$ とな

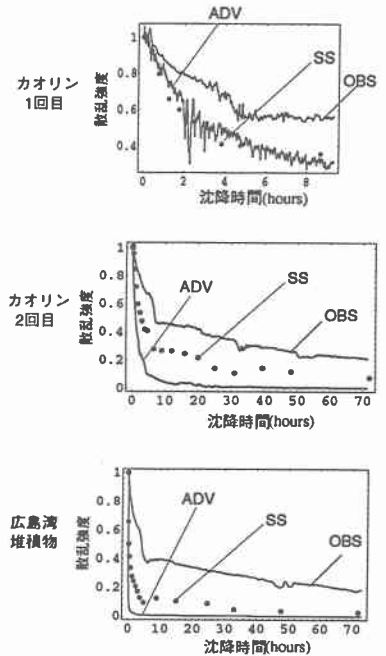


Fig.1 散乱強度とSSの経時変化

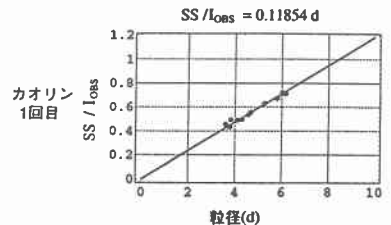


Fig.2 OBSの感度と粒径の関係

り、ほぼ理論通りの結果となっている。理論値と推定値との微小な誤差は、ADV及びOBSの測定誤差、SSの重量測定誤差等が考えられる。

4. 現地観測

観測は、太田川放水路河口域の草津漁港沖合い2.2kmにて船上で行なった。観測日は1996年11月10日で当時は大潮(満潮9時44分、干潮15時49分)であり、データ収集は8時30分より17時に至るまでの約半潮汐間行なった。観測方法は、ADV、OBS、サンプル溶液採水のためのチューブを固定したフレームを船から沈め底に固定し、連続観測を行なった。(2)式より粒径 d を求めるために最小二乗法により定数を求めると

$$d = 7.72 (I_{ADV}/I_{OBS})^{0.25} \quad (3)$$

となる。この式に観測された I_{ADV}/I_{OBS} 代入すると、粒径 d が連続的に求まる。Fig.5に(3)式によって求まる粒径 d の経時変化を示す。また、(1)式より浮遊物質濃度(SS)を求める式は最小二乗法により定数を求めると

$$SS = 435.1d^{-3} \times I_{ADV}$$

となる。この式に、(3)式によって求まる d と観測された I_{ADV} を代入すると、浮遊物質濃度(SS)が連続的に求まる。Fig.6に採水したサンプル溶液のSSと推定したSSの経時変化を示す。

Fig.6は、推定値が採水データより12 ppm 大きな値を示している。これはSSの重量測定を行なう際、粒子保持能 $1.6 \mu m$ のろ紙を用いたためそれ以下の粒子が含まれているという可能性が考えられる。

5. 結論

実験から定式化したSSの関係式と現地観測のデータとを比較すると、両者の間に大きな差はなく、SSの関係式は信頼性が高いと考えられる。また、定式化した粒径の関係式は、SSの関係式の基となっていることから比較的信頼性は高いと考えられるが、粒径の精密な分析を行っていないため、粒径の関係式については確証は得られない。

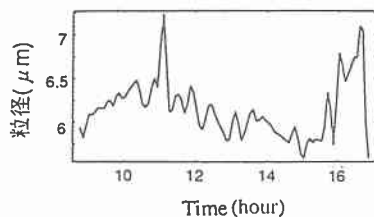


Fig.5 粒径の経時変化

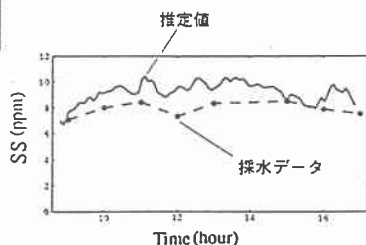


Fig.6 SSの経時変化

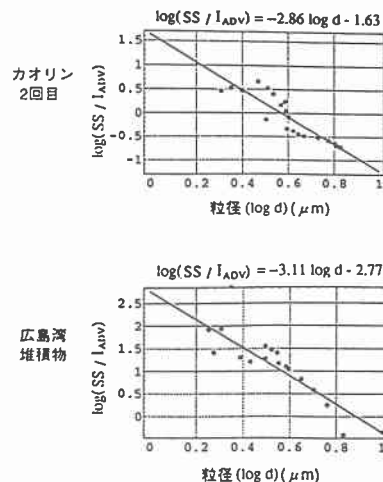


Fig.3 ADVの感度と粒径の関係

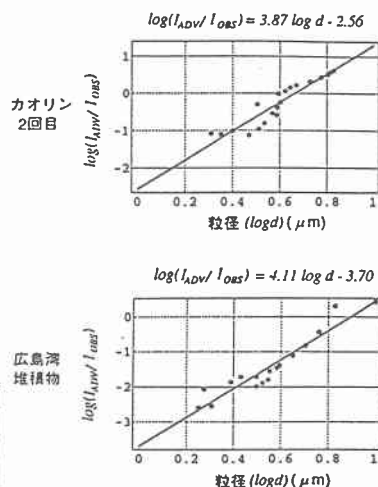


Fig.4 I_{ADV}/I_{OBS} と粒径の関係

6. 参考文献

- 1) James F. Lynch, et al : Determining suspended sediment particle size information from acoustical and optical backscatter measurements, Continental Shelf Research, Vol.14, No.10/11, 1994
- 2) 宇野木 早苗 : 沿岸の海洋物理学, 東海大学出版会, 1993
- 3) 杉森 康宏 坂本 亘 : 海洋環境光学, 東海大学出版会, 1985
- 4) R. J. Urlick : 水中音響の原理, 共立出版社, 1978
- 5) 増沢 諒太郎 編 : 海洋物理1, 東海大学出版会, 1970