

東京工業大学 正員 奥島基良

〃 〃 〇 大槻茂雄

〃 〃 横田和之

1. はじめに 砂を含んだ濁水の流速・含砂率あるいは、砂の粒径等を超音波で測定するには、砂粒の超音波反射特性および、濁水中の超音波伝搬減衰特性¹⁾を知っておく必要がある。今回は、その基礎資料として反射特性を測定したので報告する。

2. 試料 単一微小平動剛球(半径 a)の超音波反射特性は、 a と波長 λ との比で定まることが理論的に考察されている²⁾。それによれば、反射波の音響強度 I_r は次式で与えられる。

$$I_r = a^2 I / r^2 \times 1 / k^2 a^2 \sum_{m,n=0}^{\infty} (2m+1) \cdot (2n+1) \cdot \sin \delta_m$$

$$\times \sin \delta_n \cdot \cos(\delta_m - \delta_n) \cdot P_m(\cos \theta) \cdot P_n(\cos \theta)$$

ただし、 r は球からの距離、 δ_m は ka と m で決まる定数
そこで多数個の砂粒から試料を作り、それからの反射を測定した。砂粒を水中に浮遊させるために、寒天を利用した。砂は、比重2.69で、ふるい分けした4種類の粒径のものを用了。

3. 装置 図1に示されている構造で、受波器は試料の周りに360°回転できる。この装置を使って、受信信号の確認をするために、まず送波器・試料・受波器を一直線上に並べて、受信信号の立ち上り点をブラウン管上で読み、つぎに受波器を回転させて受信信号を観察すると、どの角度のときでもほぼ同じ点で立ち上っている。これ

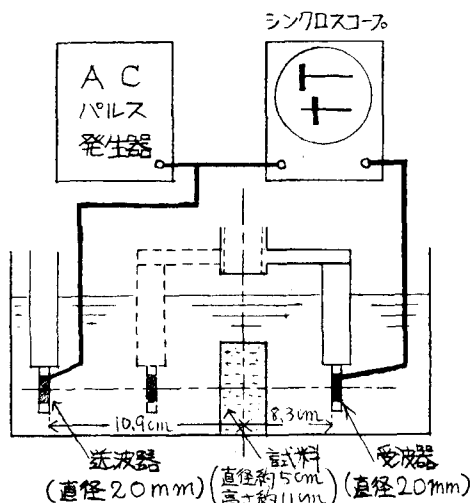


図1. 浮遊砂の超音波反射測定装置

から試料表面からの反射波は送受波器の指向性ビームの外にはずれていて、受信信号は試料の中心部の砂粒からの反射波のみによって生じていることが確かめられた。送信パルスの繰り返し周波数は300 Hz, パルス化された正弦波の周波数は2.2 MHz, パルス幅は80 μ secである。

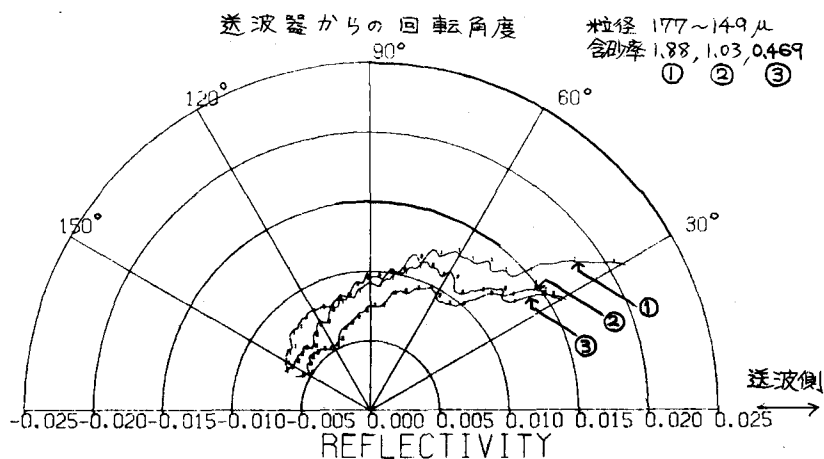


図2. 粒径一定で含砂率を変えた場合の反射特性

4. 実験方法および受信信号のデータの処理 測定は、受波器を送波器側（これを 0° 方向とする）から、 180° まで回転して行なった。実際には、 $0 \sim 20^\circ$ までは送・受波器が重なるために、 $165 \sim 180^\circ$ は透過波が大きいために測定ができなかった。〔処理1〕試料中を伝搬する超音波は、試料中の砂粒によって減衰する。この減衰を補正して反射レベルの大きさを求めるためには、試料を置いた場合の 180° 方向における受波電圧との比をとればよい。〔処理2〕反射されるパワーは砂の粒子数に比例するはずであるから、受波電圧を含砂率の平方根で正規化することによって、粒子数の差異による影響をなくす。〔処理3〕受信される反射パワーは、各粒子からの反射パワーの和であるが、実際には、試料中の砂粒の位置関係から、反射波には位相差があって互に干渉し、その結果受信電圧の大きさは、受波器の回転角度によって著しく変動する。そこで送波器の入射方向をかえて、1個の試料から多種

類のデータを取り、各データについて $20 \sim 40^\circ$ までの受波電圧を自乗平均してその値を 30° の値とし、つぎにデータを 1° ずつずらして同じ処理を繰り返す。そしてさらに、送波の入射方向が異なる多種のデータのうち、同じ角度のもののみを再び自乗平均する。このようにしてすべての角度に対する反射の大きさを確定した。以上3段階を経た結果が図2～図4である。

5. 測定結果 図2は粒径一定で、含砂率を変えた場合の結果である。これからわかるように、正規化された反射レベル、反射指向性の形はともにほぼ同じである。図3は含砂率をほぼ一定とし、粒径を変えた場合の結果である。これらを基にして、特定方向への反射レベルと、平均粒径とを表わしたものが図4である。この測定では反射レベルは平均粒径にほぼ比例している。なお、文献³⁾によれば理論的には反射レベルは、図4の実線のように変化するとされており測定された傾向とかなり違っている。この相違の原因についてはまだよくわかっていない。

⑥. 文献 1)大槻茂雄, 山沢潤三, 奥島基良: 土木学会講演集'77-10, P.153 2)P.M.Morse and K.U.Ingard: Theoretical Acoustics (McGraw-Hill, 1968) P.418 3)奥島基良: 音響学会講演集'69-10 P.27

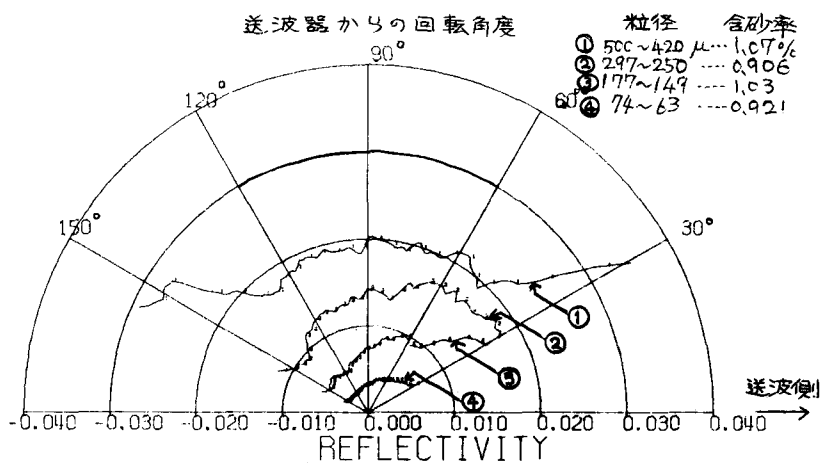


図3. 含砂率は一定で粒径を変えた場合の反射特性

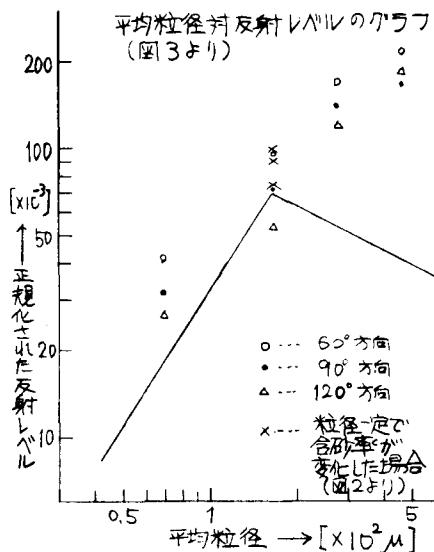


図4. 特定方向への反射レベル