

# 懸濁物質の粒径と濃度による水中超音波の減衰特性

## Attenuation characteristics of underwater ultrasonic for different particle sizes and concentration of suspended solids

○浦畑 夢, 岡島 賢治

URAHATA Nozomu, OKAJIMA Kenji

### 1. はじめに

近年, 農業用開水路では摩耗による通水性能の低下が問題となっており, 超音波による粗さ計測技術が注目されている. 新井ら(2008)は, 懸濁物質の粒径と濃度が大きいほど水中超音波の減衰も大きいことを指摘している. また, 佐藤ら(2013)は, 農業用排水路を流れる懸濁物質の平均粒径は 8 $\mu\text{m}$  程度と報告している. したがって, 本研究は懸濁物質の粒径と濃度による水中超音波の減衰特性を明らかにし, 濁水中での水中超音波による粗さ計測の有効性を明らかにすることを目的とした.

### 2. 計測方法

懸濁物質として粒径 0.5 $\mu\text{m}$  のカオリン, 粒径 2, 4, 8 $\mu\text{m}$  のアルミナを用意した. 水槽に 164L の水道水を入れ, 水中超音波センサ(周波数 83kHz)を計測面から 400mm の距離に設置した. 計測面の粗さが減衰に影響する可能性もあるため, 粗さの異なる滑面, 粗面(1), 粗面(2)の 3 種類の計測面を用意した. そこにそれぞれの懸濁物質を投入し, 浮遊懸濁物質濃度(ppm) (以下, 濃度) の異なる懸濁液を 18 種用意した (Table1). その後, それぞれの懸濁液で計測面に対して水中超音波を 63 回照射して最大振幅 (V) を計測し, その平均値を計測値とした. 実験の概略図を Fig.1 に示す.

Table1 浮遊懸濁物質濃度(ppm)  
Suspended solids concentration (ppm)

No.	1	2	3	4	5	6
浮遊懸濁物質濃度 (ppm)	0	3.05	6.10	9.15	12.20	18.29
No.	7	8	9	10	11	12
浮遊懸濁物質濃度 (ppm)	24.39	30.49	36.59	42.68	48.78	54.88
No.	13	14	15	16	17	18
浮遊懸濁物質濃度 (ppm)	60.98	91.46	121.95	152.44	182.93	213.41

減衰特性を調べるために, (1)式に示す計測減衰比を用いた. 計測値の 0ppm 時の最大振幅  $I_0$  と, それぞれの濃度 (ppm) で計測した最大振幅  $I$  より, 計測減衰比を求めた. また, 新井ら(2008)の提案する減衰式から解析減衰比を(2)式のように求めた.

$$\text{計測減衰比} = \frac{I}{I_0} \dots (1)$$

$$\text{解析減衰比} = e^{-2\alpha r} \dots (2)$$

ここで,  $I$ : それぞれの濃度での最大振幅 (V),  $I_0$ : 濃度 0ppm の最大振幅 (V),  $r$ : 往復の計測距離 (mm),  $\alpha$ : 減衰係数

### 3. 結果と考察

結果 (Fig2) より計測減衰比はいずれの粒径でも同じような減衰がみられ, 解析減衰比とは異なった. また, 計測面の粗さは減衰に影響しないことが明らかとなった.

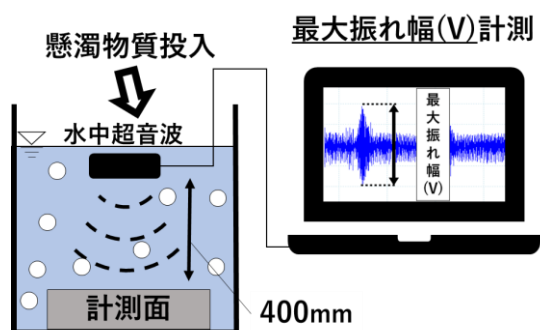


Fig.1 実験概略図

Schematic of experiment

\*三重大学大学院, Mie University キーワード:水中超音波, 減衰特性, 懸濁物質, 粒径, 濃度

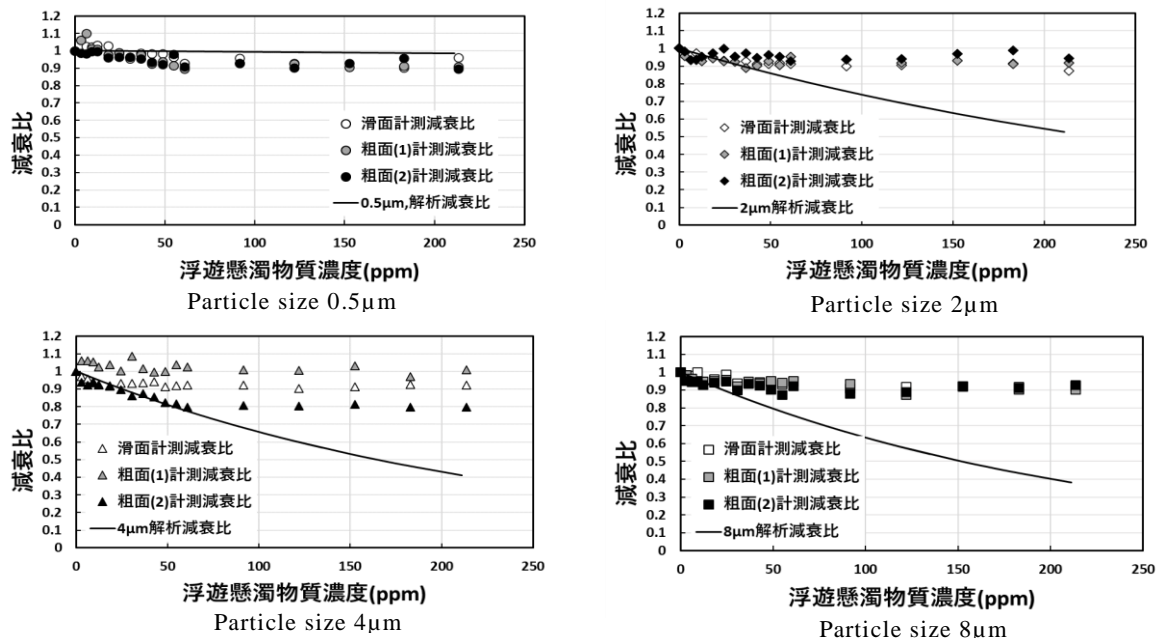


Fig2 計測減衰比と解析減衰比  
Measured attenuation ratios and computed attenuation ratios

結果より，粒径による差の有無を調べるため，Kruskal-Wallis 検定による統計解析を行った．1つの濃度において粒径別に比較した結果，18種すべての濃度において， $p>0.05$ で有意差は認められなかった．そのため，水中超音波の減衰には濃度のみが影響していると結論付け，それぞれの濃度での計測減衰比すべてを平均した．そこにロジスティック曲線の式をフィッティングした減衰式を(3)式として提案した (Fig.3) ．

$$N = \frac{0.916}{1 - 0.084e^{-0.031t}} \quad \dots (3)$$

ここで， $N$ ：減衰比， $t$ ：浮遊懸濁物質濃度 (ppm)である．決定係数は $R^2=0.977$ と高い値を示した．(3)式と計測減衰比の(1)式より，次の(4)式に示す変換式が得られる．

$$I_0 = \frac{I}{N} \quad \dots (4)$$

(4)式より，任意の濃度において計測した最大振幅を，濁りの無い0ppmの最大振幅に変換できる．最大振幅と粗さの関係式が既知である場合，得られた0ppmの最大振幅から粗さを求めることができる．そのため，懸濁物質の粒径0.5~8μm，濃度0~213.41ppmの場合，濁水中での粗さ計測は有効であることが示された．

#### 4. まとめ

本研究は，濁水中での水中超音波による粗さ計測の有効性を明らかにすることを目的に研究を行った．結果より，減衰には懸濁物質の濃度のみが関係していることが確認された．提案した減衰式と変換式より濁水中での粗さ計測に可能性が示された．

参考文献：新井ら(2008)：海域モニタリングに適した ADCP を用いた濁度の鉛直分布計測手法，日本船舶海洋工学会論文集，7，pp.23-30，佐藤ら(2013)：代かき・移植期に猪苗代湖に流入する排水路に流出した水田土壌の性質，日本土壌肥科学雑誌，pp473-477

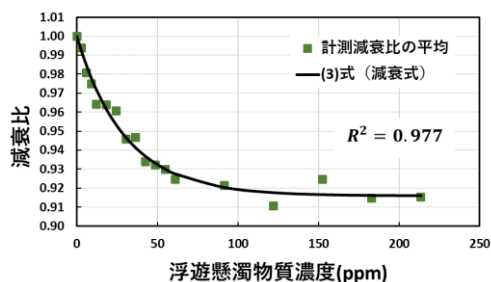


Fig.3 減衰式  
Attenuation formula