

II-49 進行波による底質の浮遊について(2)

鳥取大学工学部 正員 野田英明
〃 〃 岩佐敏博

1. まえがき

従来から波による浮遊濃度については、波の一周期平均濃度について、種々検討を行なってきた。今回は、浮遊砂濃度の時間的変動を測定するために、フォト・セル形濃度計を試作して、若干の実験を行なった。その結果について報告する。

2. 実験装置および方法

実験は、波動水槽(片面がラス張り)で行なったが、水槽中央の測定区間には、豊浦標準砂(粒径0.18mm)を5cmの厚さに水平に敷き、水深は40cmとした。実験に使用した波は、周期T=1.36sec~2.07sec、波高H_h=11.40cm~15.00cm、およびレイノルズ数R_h=82~172のものである。

浮遊砂濃度の測定は、水平床上の砂が砂れんを形成し、定常状態に達した後に行なった。電気抵抗式波高計は、フォト・セル形濃度計と同一断面に設置して、濃度変動と同時に波高を電磁オシログラフに自記させるようにした。濃度測定は、砂れん峠上、谷上鉛直方向に1cm間隔で行なった。

3. 濃度計の較正

図-1は、フォト・セル形濃度計の較正曲線である。較正は、搅拌水槽を用いて、定常な状態における浮遊砂濃度をサイフォン式濃度計で測定し、一方、フォト・セル形濃度計の電圧変化を読み取った。較正に用いた底質は、塩化ビニール粒(比重1.15)、および豊浦標準砂である。

4. 濃度変動と水面変化との関係

図-2は、実験結果の一例である。この図は、波高H=14.4cm、周期T=1.48sec、Re=128の波による浮遊砂濃度の時間的変動を示すものであり、Zは砂面上の高さを示している。なお、図中のR-T曲線は、水面の時間的変化を示している。この図は、砂れん谷上における変化を示すもので、最大濃度は、Z=1cmの場合、波谷の通過直前、あるいは直後に現われZ=3cmの場合、波谷および波峠の通過直前に、また、Z=5cmの場合、波峠通過直前に現われている。さらに、波峠および波谷の通過時には、濃度が著しく減少する。一般的にいって、濃度の変動特性は、砂れん谷上と峠上とではかなりことなり、かつ底面からの高さによっても、相違するようである。現在のところ、これらを系統的に示すまでにはいたっていない。

図-3は、以前にサイフォン式濃度計を用いて測定した濃度と類似の実験条件を有する今回の測定値を、一周期にわたって平均した濃度の鉛直分布を比較したものであって、サイフォン式とフォト・セル形の濃度には、大きな差異は認められず、濃度の鉛直分布もほぼ、指數関数的に減少していることがわかる。

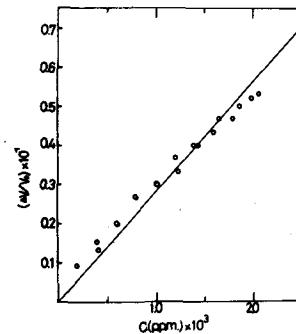


図-1 較正曲線

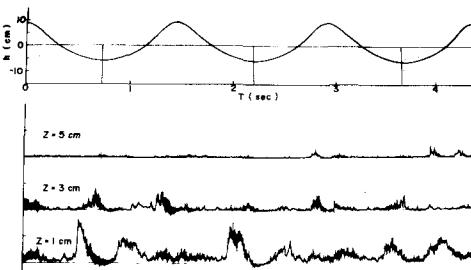


図-2 濃度の時間的変化

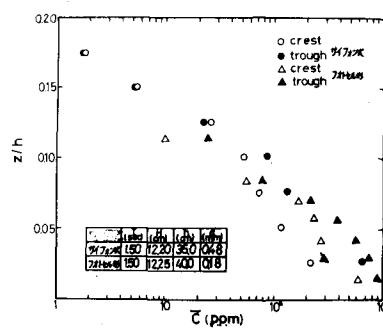


図-3 平均濃度の鉛直分布の比較

5. スペクトル解析の結果および考察

スペクトル計算は、Tukeyの方法によった。データ数Nは1000個、時間間隔 Δt は0.05secである。その結果、分解能M=50として自由度は約40である。図-4は、図-2に示した資料にとづいて、それぞれの高さにおける濃度のスペクトル解析の結果である。波の周波数は、 $f = 0.68 \text{ sec}^{-1}$ であり、この図から明らかなように、底面近くでは、2倍および3倍周波数成分が卓越しているが、上層では、こうした傾向は顕著でない。

図-5(a), (b)は、それぞれ砂れん谷、および峯上における E/E_{\max} と f との関係を示すのである。 $(T=2.08 \text{ sec}, H_i=14.45 \text{ cm}, Re=172)$ 、(a)から明らかなように、高周波領域では、底面からの高さにかかわらず、 $E/E_{\max} \sim f^{-5/3}$ となることがわかる。一方、(b)の場合も E/E_{\max} は $f^{-5/3}$ に比例するが、さらに高周波領域になると、ホワイト・ノイズ的なスペクトル構造がみられる。これは、レイノルズ数が小さくなると、低周波領域にも現れてくる。さらに、この傾向は、砂れん峯上で著しい。以上の結果から、レイノルズ数、および底面形状が濃度のスペクトル構造に、大きな役割をはたしていることが推定できる。

6. スペクトル密度と平均濃度について

スペクトル図より、スペクトルの下側の面積 E_a を求め、その平方根 $\sqrt{E_a}$ と平均濃度 \bar{C} との関係を示したのが図-6である。この図には、すべての実験結果に対する $\sqrt{E_a}$ と \bar{C} との関係を示してある。低濃度の場合、 $\sqrt{E_a} = \bar{C}$ となって $\sqrt{E_a}$ が、平均濃度を表わすことがわかる。しかし、100 p.p.m.以上になると、この値が $\sqrt{E_a}$ のそれよりも大きくなり、 $\sqrt{E_a}$ が \bar{C} そのものを表わさなくなることがわかる。

図-7は、最大スペクトルの最大値を用いて、濃度に換算した $\sqrt{E_{\max}/\Delta t}$ と平均濃度 \bar{C} との関係を示したものである。高濃度になると、 $\sqrt{E_{\max}/\Delta t}$ の値は、平均濃度 \bar{C} にほぼ一致する傾向がみられる。これは、一周期平均濃度 \bar{C} が、低濃度において、 $\sqrt{E_a}$ で表わされることを、また、高濃度になるとそれは $\sqrt{E_{\max}/\Delta t}$ で表わされることを示している。こうした相違の原因は、濃度スペクトルの構造に關係すると考えられるが、現在のところよくわからぬ。

今後、さらに実験を続け、詳しく検討していくつもりである。

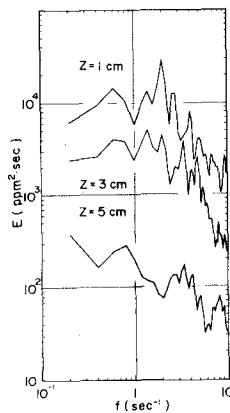


図-4 濃度スペクトル

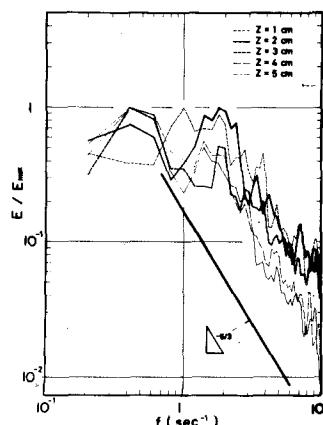


図-5(a) E/E_{\max} と f の関係
(砂れん谷)

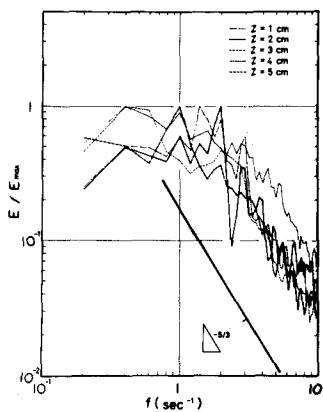


図-5(b) E/E_{\max} と f の関係
(砂れん峯)

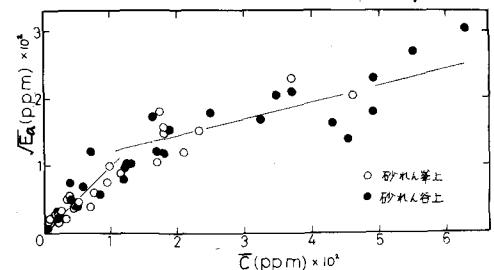


図-6 $\sqrt{E_a}$ と \bar{C} の関係

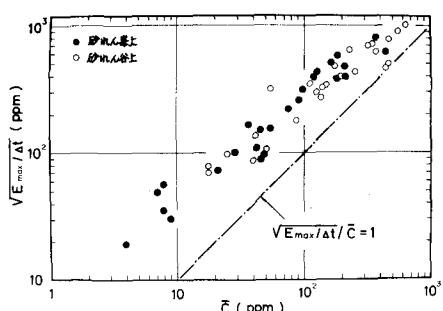


図-7 $\sqrt{E_{\max}/\Delta t}$ と \bar{C} の関係