

II-311

波作用下における浮遊泥の濃度分布の測定法に関する研究

NTTデータ通信 正会員 斎藤友秀
 東京大学 正会員 磯部雅彦
 東京大学 正会員 渡辺 晃

▶1. はじめに

本研究では、波動水槽内で底泥の浮遊濃度の時間的変化を測定するための、実用的かつ簡易な測定装置の開発を行った。測定手段として底泥濃度による電気抵抗の変化を用い、測定対象はカオリナイトに限定している。

▶2. 測定装置

抵抗値の測定方法として、電極の両端に決まった周波数の交流を加え、その時流れる電流の大きさから電極両端の抵抗値を求めるようにしている。抵抗値を測定するだけならば直流でそのまま抵抗値を測ることもできるが、直流を用いた場合、電気分解により電極の腐食が進み好ましくない。また、決まった周波数の交流を用いた場合、バンドパスフィルタによりその周波数成分のみ通過するように波形を整形することが可能であり、ノイズ等の影響を少なくすることができる。このような理由からこの測定装置では1kHzの正弦波を用いている。

作成した抵抗式濃度計の基本回路図を図1に示す。濃度計は大きく分けて以下の4つの部分で構成されている。

2.1 正弦波発生回路

両電極に加える1kHzの正弦波の発生を行う。正弦波発生専用IC ICL8038Cを用いて作られている。発振周波数 f は、図中の R と C により、 $f = \frac{0.3}{RC}$ として与えられる。

2.2 電流測定回路

電極に電圧を加えて流れる電流を測定して、それを取り出す回路である。電極間の抵抗値が変化しても加える電圧は一定となるような回路構成を取っている。正弦波発生回路から出力された信号を図中の10kΩの可変抵抗により分圧して電極に加えるべき電圧を決めている。後の実験ではこの値は0.1V_{p-p}としている。この電極電圧を V_i 、図中の100kΩの可変抵抗の値を R_{ref} 、求めるべき電極間の抵抗値を R とすれば、出力電圧 V_o は以下の式で示される。

$$V_o = V_i \frac{R + R_{ref}}{R} \approx V_i \frac{R_{ref}}{R} \quad \text{但し、} R \ll R_{ref}$$

出力波形の適正電圧は、濃度最大で3V_{p-p}程度である。

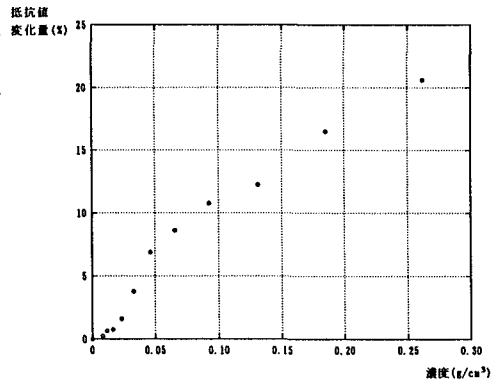


図2 濃度-抵抗値変化

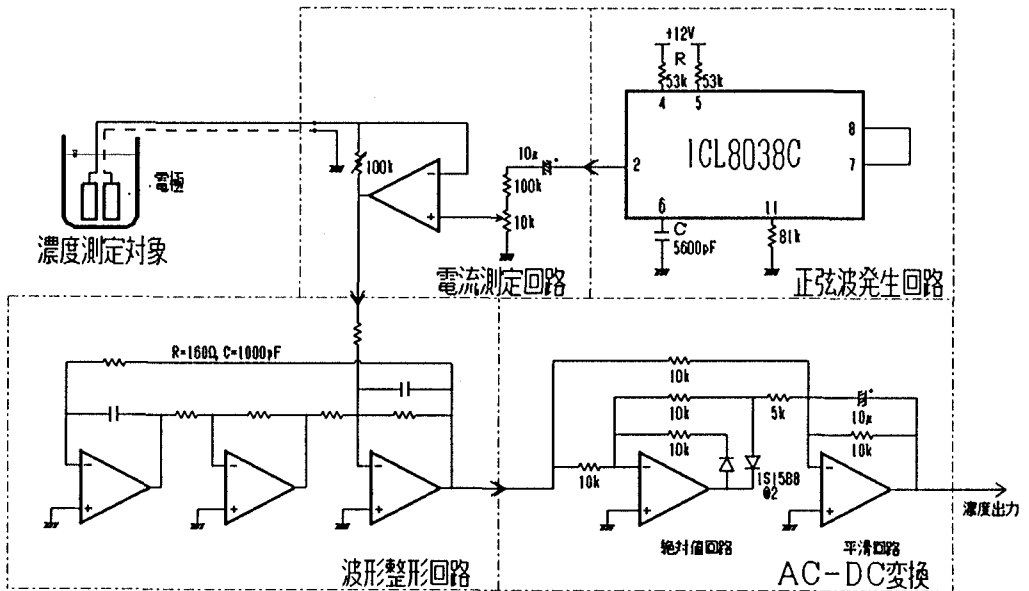


図1 濃度計基本回路図

2.3 波形整形回路

出力波形には、外来ノイズや非線形成分の影響などにより1kHz以外の不必要な周波数成分が含まれている。それをこの回路で除去することにより、精度の良い測定を行うようにする。回路はバイカッド型バンドパスフィルタであり、図中の抵抗 R およびコンデンサ C の値により、中心周波数 $f = \frac{1}{2\pi RC}$ 、選択度 $Q = 1$ となる。この回路では $R = 160\text{k}\Omega$ 、 $C = 1000\text{pF}$ にして、 $f = 1\text{kHz}$ としている。

2.4 交流直流変換回路

整形された1kHzの正弦波を絶対値回路と平滑回路を用いて直流に変換している。平滑回路は10Hzのハイカットフィルタとなっている。正弦波の周波数が1kHzの場合、リップル成分は0.1%以下となる。

3. 測定結果

この装置を用い、カオリナイトの濃度を変化させたときに、電極間の抵抗値がどのように変化するかを測定する実験を行った。結果は図2のようになり、濃度の薄い領域に多少不感地帯があるが、濃度が濃くなってもあまり頭打ちとならずに測定できる。

4. 実験

この濃度測定装置により実際に波動実験を行い、水槽内のカオリナイト濃度変化を測定した。

実験装置は長さ10m、幅20cmの二次元規則波造波水路であり、その中央部にカオリナイトの底泥を導入してある。(図3)濃度測定装置の電極構造は、皮膜線を0.5mm間隔で平行に張り、その一部の皮膜をとるという線電極構造としている。実験条件は、水深 $h=16\text{cm}$ 、底泥層の厚さ3.3cmで、波高 $H=3.26\text{cm}$ 、周期 $T=0.96\text{s}$ の規則波を用いた。濃度の測定は水面から15.7cm(底泥から3mm)の地点である。

4.1 一周期内の濃度変化

波に対応した周期的濃度変化の様子を図4に示す。測定開始から約10分経過後のものである。図中細線で示されたものは、水面変動から微小振幅波理論を用いて計算した濃度測定地点での水平流速である。

4.2 濃度の長時間変化

実験開始からほぼ定常状態となるまでの50分間の濃度変化を図5に示す。データは、周期10秒のローパスフィルタにより処理し、濃度を平均化して長時間の変化のみを示したものである。

4.3 定常状態の濃度拡散

定常状態となった約100分経過後に、水面からいろいろな深さでの濃度を測定したものが図6である。測定結果は片対数グラフ上でほぼ直線に乗っており、これより拡散係数を求めると、 $\epsilon_s = 0.00060\text{cm}^2/\text{s}$ となった。

5. まとめ

浮遊泥の濃度計を開発し、その実用性を確認した。なお、この測定装置の使用に際しては以下の点に注意すべきである。

- 実験水槽内の水はできるだけイオンが少なくなるようにする必要がある。特に水槽に錆などが発生している場合、そこから錆が溶け出して測定結果を狂わせることになる。
- カオリナイト中の塩分を考える必要がある。市販の粉末状カオリナイトにはあらかじめ塩分が含まれていて、それを除去するなり水槽中に一様にするなりしないと正確に測定できない。このような理由から底泥の生成方法としては沈澱に限られてしまい、低含水比の底泥が作りにくいことも問題である。
- カオリナイトが電極に付着し、これが測定抵抗値の経時変化になってしまう可能性がある。この現象は一時間程度での測定では見られなかったが、電極を伴った装置では必ず発生する問題であり、留意する必要があると思われる。

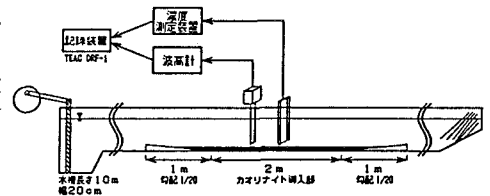


図3 実験装置図

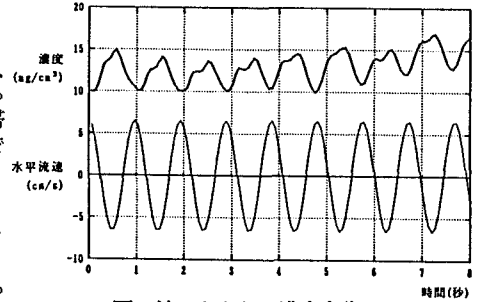


図4 波にともなう濃度変化

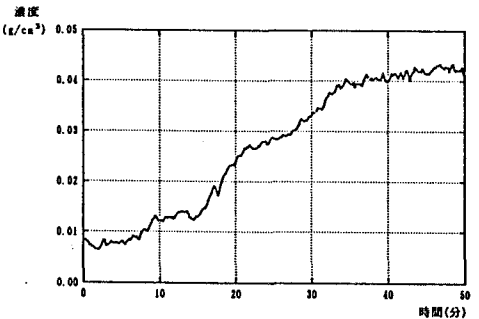


図5 濃度の長時間変化

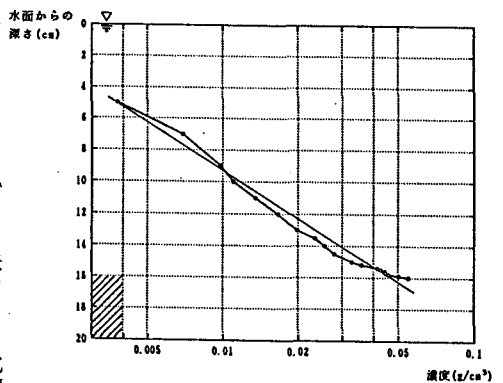


図6 濃度拡散