

複合閉鎖水域に生ずる二成層内部セーシュに関する研究

大阪大学工学部 正 員 室田 明
 大阪大学工学部 正 員 道奥 康治
 大阪大学大学院 学生員○狭間 滋

1 まえがき； 水温成層化した貯水池・湖沼や内湾部においては、風による密度境界面の吹き寄せとそれに続く長周期の内部セーシュがしばしば観測されている¹⁾²⁾。こうした長周期内部振動は底面境界粗度との相互作用によって、水質混合をもたらしたり、躍層の上下動により取放水温等に少なからぬ影響を与える。単一長方形水域で近似できるような単純な平面形状の場ではその振動周期を予測することは容易であるが、入り江や谷から成る複雑な場に生ずる内部振動の特性は現在のところ明らかにされていない。本研究は複雑な水域で生ずる内部セーシュの特性を明らかにするために、長方形水域が複合した二成層場に生ずる密度界面セーシュに関する模型実験を行ない、別途行なった理論解析との整合性を検討したものである。

2 実験装置および実験条件； 実験は複合水域の一例として図-1のように4本の長方形水域から成る模型水槽で行った。明瞭な二層系を作成するために上層流体としてテレビン油($\rho_1 = 0.851$)を、下層流体として淡水($\rho_2 = 0.999$)および塩水($\rho_2 = 1.183$)を用いる。層厚は波動が長波性を呈するように水路長との比を考慮して上下とも $h_1 = h_2 = 2.0$ (cm)とする。起振の方法に応じて様々なモードの振動が起り得るが振動周期に関して理論値との比較を行なうことが目的であるため、基本モードのみが生起するように図-1の斜線で示すような底板を敷き、これを中央で連結し、上下させることにより内部振動を発生させる。基本モードが生じていることを検証するため、波形は2台のサーボ式水位計を密度境界面位置に設定して記録する。周期は同一条件の実験を数回行ない、それらの平均値より求める。相対密度差および各水路部の長さとは幅は表-1に示すような条件で変化させこれらを適当に組み合わせて実験を行なう。(m=1-4)

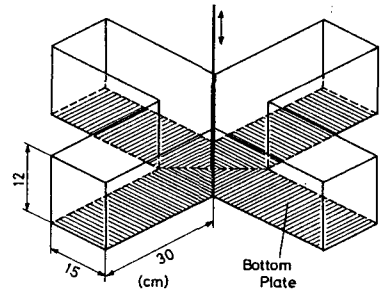


図-1 実験水槽

表-1 実験条件

ϵ	0.149, 0.281
l_m	0, 15, 30 (cm)
b_m	8, 12 (cm)

3 実験結果と考察； 界面位置の時間波形の記録例を、図-2に示す。振動は十数回程度で減衰する。いずれのケースにおいてもほぼ整った正弦波を得ることはできるが、水路が3本の場合には向い合った2本の水路方向の振動が卓越し、系全体としての振動は生じにくいいため、振動周期をとらえることは困難であった。

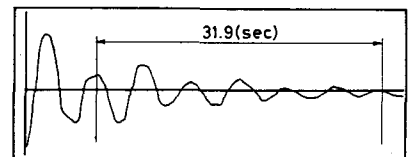


図-2 出力波形の例

Akira MUROTA, Kohji MICHIOKU and Shigeru HAZAMA

こうした複合水域での内部振動周期に関する理論解析の概略を述べる。表面振動に関する概略の理論を二層系の表面および内部界面に対して適用し、理論解析を行なう。まず微小振幅の長波理論を用いて自由表面を有する二層系での分散関係式を誘導する。次に図-3のような複合長方形水域を対象として、上下層の流量および表面・界面変位の連続条件を課すことによって、系全体としての振動周期が、次式のように算定される。

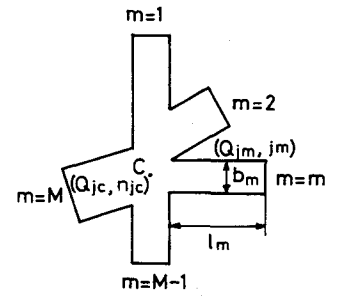


図-3 複合水域の例

$$\sum \frac{\tan k_{1m}}{Z_{1m}} = 0 \quad \sum \frac{\tan k_{2m}}{Z_{2m}} = 0 \quad k_m = \frac{4\pi/T}{g(D_m + \sqrt{D_m^2 - 4\epsilon D_{1m} D_{2m}})}$$

ここに、 l_m は各水路部の長さ、 D_{1m}, D_{2m} は m 番目の水路部における上下層の水理学的水深、 $D_m = D_1 + r_b(1-\epsilon)D_2 + \epsilon D_2$ 、 r_b は界面幅 b_i と水面幅 b_s の比、 ϵ は上下層の相対密度差、 g は重力加速度、 $Z_{1m} = k_m/\sigma$ 、 $Z_{2m} = k_m/\sigma$ 、 $\sigma = 2\pi/T$ である。また正号は外部振動、負号は内部振動に対するものである。上式より周期 T が算定される。図-4 は水路の長さに伴う周期の変化、図-5 は水路幅に伴う周期の変化を示している。いずれも縦軸は水路長が水槽全長 L_0 かつ幅が水槽全幅 B_0 の場合の周期 T_0 で除して無次元化している。各々の横軸は L_0, B_0 で無次元化している。図中の数字は長さを短くした水路の本数である。図-4 よりある水路長の長さが短く、また短い水路の数が多くなるほど周期が低減している。一方、図-5 を見ると幅が減少することによる影響はほとんどあらわれていないことがわかる。特に理論においては各水域間の運動量の連続性が考慮されていないため、縮幅の影響が実験値ほどにはあらわれないと考えられる。図-6 は実験値と理論値を比較したものである。横軸は実験値、縦軸は理論値である。下層が淡水、塩水の両ケースにおいて、実験値と理論値がよく一致している。これより理論の妥当性が検証された。

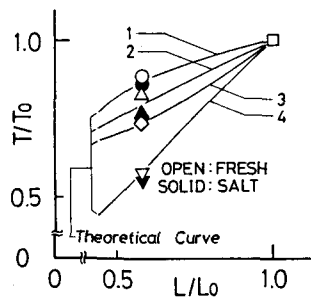


図-4 長さに伴う周期の変化

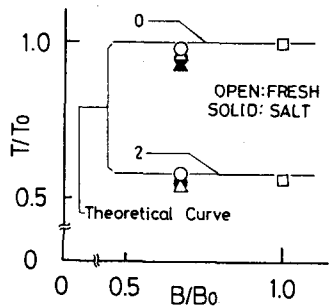


図-5 幅に伴う周期の変化

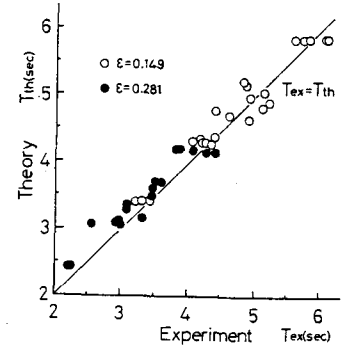


図-6 周期の理論値と実験値の比較

4 結 論： 複合閉鎖水域の一例ではあるが、内部振動特性に関する基礎実験を行い理論値との比較検討の結果、良い一致を得た。今後、実水域での観測例との整合性を検討する必要があると考える。

(参考文献) 1) 上森；人工貯水池の湖水の流動と水質に関する研究、56-57年度、科研費報告書 2) 村岡・平田；中禅寺湖の内部波、27回水講演文集、1983 3) 堀川；『海岸工学』、東大出版会、1973。