

IV-3

二層流の内部波と乱れについて

九大工 学生員 小松 利光
 九大工 正 員 ○木寺佐和記
 九大工 学生員 神谷誠一郎

1. まえがき

二層流の界面現象については、過去数多くの研究があるが、今だ統一した結論は得られていないようである。

我々は図-1に示す実験水路において、下層流の等流状態をつくり、界面の安定不安定問題、濃度分布の特性、内部波の特性について、若干のデータを得た。

2. 実験装置及び実験条件

実験装置は図-1に示す。実験条件は、測定点の塩分濃度の間点を境界として決定した水深(ℓ)、水路底近傍塩水と淡水の密度差(ε)、塩水供給量(Q)、塩水の水温より換算した動粘性係数(ν)、水路幅(b)を持ちると、レイノルズ数 $Re=330 \sim 1000$ 、内部フルード数 $Fi=0.5 \sim 2.2$ 、 $\varepsilon=0.003 \sim 0.030$ の範囲である。

3. 内部波の安定不安定

界面の安定不安定の実験は、Keulegan, Ippen-

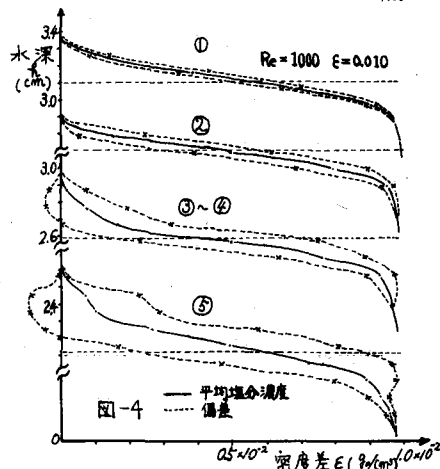
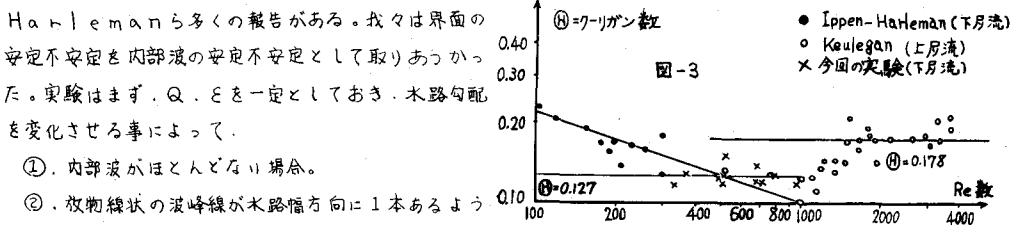
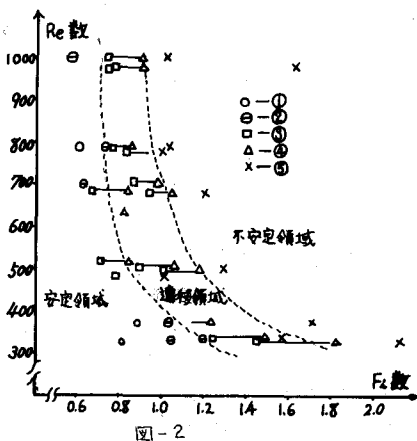
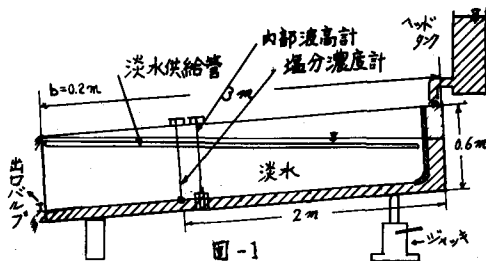
Harlemanら多くの報告がある。我々は界面の安定不安定を内部波の安定不安定として取りあつた。実験はまず、Q、εを一定としておき、水路勾配を变化させる事によって、

- ①. 内部波がほとんどない場合。
- ②. 放物線状の波峰線が水路幅方向に1本あるような安定した内部波がある場合。
- ③. 波峰線が2〜3本になり、たまに研波がある場合。
- ④. 波峰線がランダムなうろ二状になり研波がめだつ場合。
- ⑤. 境界面が波というよりも、渦に見える状態。

の順につくり出し、内部波を視覚で追って行き、①②〜③と安定領域、③④と遷移領域、④⑤と不安定領域と定義した。

これらと Fi 、 Re でプロットすると、図-2になる。Ippen-Harlemanの言う $Fi \approx 1.0$ で整理するのは無理と思われ、むしろ Re を考慮したクーリガン数 $\Theta = 1/\nu$ で整理する方が妥当と思われた。前述の③④⑤の Θ の平均値をプロットすると図-3になる。Keuleganが上層流 $Re < 450$ で提案した $\Theta = 0.127$ 付近に集まった。

5. 塩分濃度分布の特性



塩分濃度分布は受感部約2mmの白金電極で電圧伝導度を測定し、ペン書きオシログラフで読み取った。1例として図-4を示す。番号は4の内部波の状態の番号に対応する。①は受感部直径を考慮すると、実際はもっと不連続な分布をしていると思われる。②になると平均塩分濃度は①と大差ないが内部波による偏差が大きくなってきている。③~④では平均塩分濃度の変化部分の幅が大きくなり、偏差も又大きくなってきている。偏差が淡水側で大きいのは、塩水の巻き上げが起っている事を示していると考えられる。⑤では③~④の状態がさらに強調されている事を示している。

6. 内部波の特性

内部波は白金電極の内部波高計を2本、2.5cm離して測定した。測定値は一度、アナログテープに入れ1/30秒の読み取り間隔でデジタル化した後F.F.T.でフーリエ展開し、三角形フィルターを通し、パワースペクトルを出した。又、上下の内部波の位相角のずれより、周波数ごとの波速を計算したスペクトルを図-5、図-6に示す。卓越周波数は $Re=700$ では明確ではないが、第1のピークは0.3サイクル、第2のピークは4サイクル近傍に出ている。第1のピークはいわゆるC-の波、第2のピークは時々観察された C_T の波に対応していると推定している。エネルギーの総和は $P_{1000} > P_{700}$ となっている。 Re =一定として Fi の変化によるスペクトルの様子を見ると、低周波側では前述の遷移領域でエネルギーが最大となっており、高周波側では不安定領域に近づくにつれて増大している。スペクトルの形についてはPhillips, 橋、日野らの論文があるが、安定領域も非混合型、不安定領域を混合型と考えるならば、安定領域では日野の f^{-5} に従うし、不安定領域ではPhillips, 橋、日野らの f^{-3} に従っている。

図-6の場合の周波数ごとの波速を図-7に示す。実線は平均波速を断面一定流速として用いた場合のKelvin-Helmholtzの内部波であるが、単純な仮定をした判には実測値と一致している。

7. あとがき

安定不安定問題は視覚にたよらない明確な規準が必要であろう。塩分濃度分布はその規準の一つとして今後も検討して行きたい。内部波については $E=0.010$ のデータしかなかったのがスペクトルの形を決定するまでにはいかなかった。また第2のピークについても測定方法等について問題があるかも知れないので多くのデータを必要とするであろう。今回は記述できなかった乱れについても検討して行こうと思っている。

参考文献

- Keulegan: Interfacial instability and mixing in stratified flows, Jour. of Res. of the National Bureau of Standards, Vol. 43 (Nov.), (1949)
- Ippen-Hanleiman: Steady-State characteristics of subsurface flow, Gravity wave symposium, Nat. Bur. of Stands. Circulation, 521, (1951)
- Tsubaki, Hamamura, Hashimoto: On the statistical properties of internal waves formed at the interface of arrested saline wedge, Proc. 13th Congress. IAHR, Vol. 3, 1969
- 日野幹雄, 谷 順一: 二層密度流に関する一実験, 第24回年次学術講演会講演集土木学会 1968

