

二成層流における内部波の特性について

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正員 井上 和也
 和歌山県工本部 正員 ○竹林 征三

本報は浸塩水よりなる二成層流の境界面に生ずる内部波の発達過程について、静止した塩水に接して淡水が流下する場合を対象として風波との比較を中心に実験的に考察しようとしたものである。

実験装置および測定方法は既報¹⁾のものと同様であるので省略する。

1. 内部波高の発達

図-1は、内部波の記録から Zero-up Crossing 法により求められた最大 $1/3$ 波高 $H_{1/3}$ の発達状況を示すものである。ここで、 U_1^2 : 上層の平均流速、 $\varepsilon = (\rho_2 - \rho_1)/\rho_2$ である。この図より内部波は風波とは異なり、流下距離の増加とともにつねに増加するのではないことが見られる。図-2は実験ケースごとに求めた $\varepsilon g H_{1/3} / U_1^2$ の平均値と Keulegan 数 ψ ($\psi = U_1^3 / \varepsilon g \nu$) との関係を示すもので、 ψ によって内部波高は変化することが認められる。

ここで、 $\varepsilon g H_{1/3} / U_1^2 \sim (\varepsilon g x / U_1^2)^p$ と表わし、 p と ψ の関係を示すと図-3のようになる。この図より ψ が小さいとき、すなわち境界面の安定性が高いときには内部波は流下するとともに減衰し、逆の場合に増加することが明らかである。内部波の発達過程を考える場合

波高を減衰させる要素として粘性に $\frac{\varepsilon g H_{1/3}}{U_1^2}$ による逸散および境界面における、下二流体の場合が挙げられるが、以上のことはこれらが、内部波を発達させる因子(垂直応力など)にくらべ ψ の増加とともに減少することを意味し、 ψ が内部波の発達あるいは減衰を支配する重要な指標であることを示している。

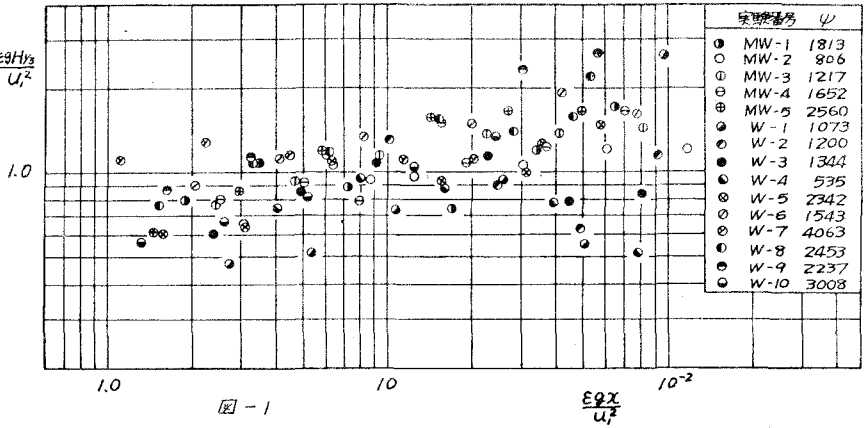


図-1

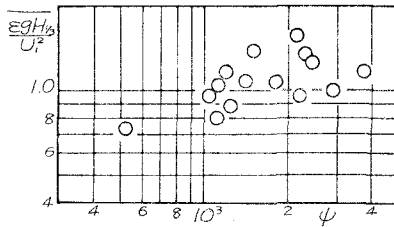


図-2

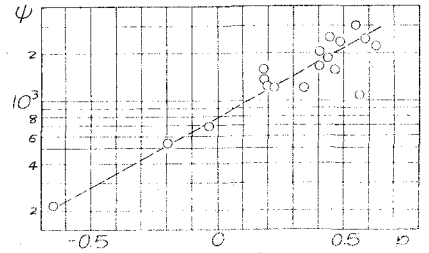


図-3

2. 波速の変化

波速および波長の測定は一般にきわめて困難である。本報では異なる二点で同時測定された内部波の記録の相互相関に最大値の現われる時間差より波速 C を算定した。図-4 は $\beta (=C/U_1)$ と流下距離との関係を示すものであるが、明らかに β の増加の割合は風波の場合より小さいことが見られる。波速の算定方法にも問題はあろうが、このことは上層流から内部波に与えられるエネルギーが波高と波速の増加に分配される比率の違いと混合現象によるものと考えられる。

3. Steepness

図-5 は Zero-up Cross 法により求められた周期の平均値 $\bar{T}$ と平均波高 $\bar{H}$ を用いて求められた steepness $S (= \bar{H}/\bar{C}\bar{T})$ の発達状況を示す。この図より、流下距離の小さいところでは S は増加し、流下距離の大きいところで風波と同様に減少する傾向が見られる。このことはさきに述べたことと関連しており、とくに流下距離の小さい間は上層流から与えられるエネルギーが波長の増加より波高の増加により多く分配されることを表わしている。図-6 は S と β との関係を図-4 の結果とともに示したもので図中の実線は Sverdrup, Munk が風波に対して求めた関係である。岡崎は波速および波長の算定にあたって上層流速の影響を無視した微小振幅波理論を用いているため、それらは過小に評価されていると思われる。 S と β との間に Sverdrup, Munk が風波について認めているような一義的な関係が存在するかどうかは現段階では結論できない。

内部波の発達過程は風波と類似な現象と考えられるが、以上のようにより多くの問題点を含んでおり、とくに境界面の安定性や波速に上層流が強く影響することは考慮されなければならないであろう。

参考文献 1) 若佐義朗, 井上和也, 竹林征三, "成層密度流における内部波の特性について" 才 23 回土木学会年次学術講演会講演概要 (1960) 2) 岡崎幸良, "成層した二層流の境界面における内部波と混合に関する実験的研究," 理化学研究所報告, 才 38 巻, 6 号 (1962)。

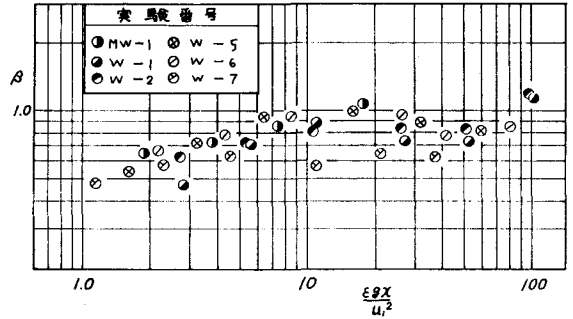


図-4

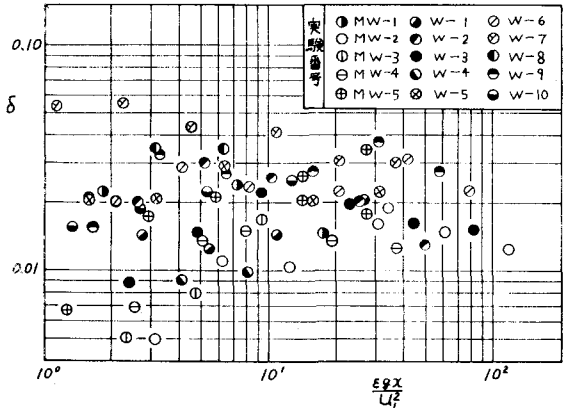


図-5

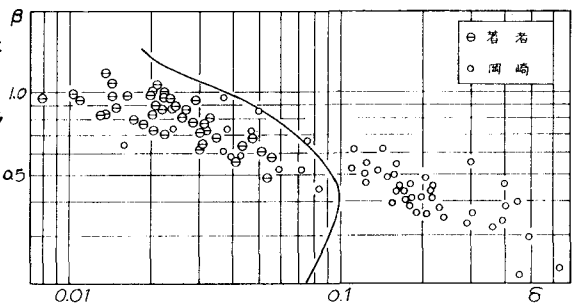


図-6