

II-178

波動場における吹送流の流速分布特性

東京工業大学大学院 学生員 植松 仁
東京工業大学工学部 正 員 石川 忠晴
東京工業大学工学部 正 員 田中 昌宏

1. はじめに

湖など停滞水域の流れは風による吹送流が卓越している。この流れは非常に微弱であることから、流れの観測方法が浮子法などに限られ、その実体は、精度良く把握できなかった。そこで、著者らは、霞ヶ浦湖心に室内実験用の測定装置を持ちこみ、流れと温度と波の同時測定を行い、実体の把握に務めているが、そこで得られた吹送流の流速分布が従来考えられていたものと異なった性質を持っていたため、ここにその結果を若干の考察を加えて報告する。

2. 現地観測

観測地点は茨城県霞ヶ浦建設省湖心観測所（図-1）、期間は昭和62年7月28-30日、8月3-5日及び8月24-28日である。

日中は日射により成層（最大温度差 3°C 程度）が形成され、午後には数 m/s の風で数時間で水深全体が混合するという気象条件の日が多かった。図-2に観測から得られた典型的な流速分布と温度分布を共に示す。（a）が躍層がない場合、（b）は躍層がある場合である。実験室の風洞水槽では吹送流の流速分布が対数則に従うことが良く知られているので、図中にはその場の風応力から推定される通常の対数則分布も示した。対数則であれば、本来水面に向かって流速勾配が大きくなるはずであるが、いずれの分布もそうした傾向は見られない。（a）は、全水深が一樣な分布となっている。（b）は、温度界面の上層のみが動いており界面に近づくにつれて流速勾配が大きくなっているが、水面近くでは、逆に、一樣になっている。したがって、現地の流速分布は実験室におけるものよりも表層近くにおいて、一樣化する傾向があるといえる。

このことから、水中の応力伝達機構が何らかの原因で通常のせん断流と異なっていると推測される。その原因としては、波の存在や、ラングミュア循環の効果が考えられるが、ここでは、波の存在が吹送流の分布形に与える影響について実験的に検討してみた。

3. 実験方法

現地では、波のスケールは波長で3~4mと風洞水槽で発達する風波のスケールより1オーダー大きいのが特徴的

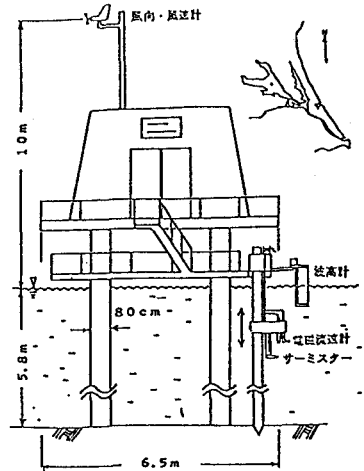
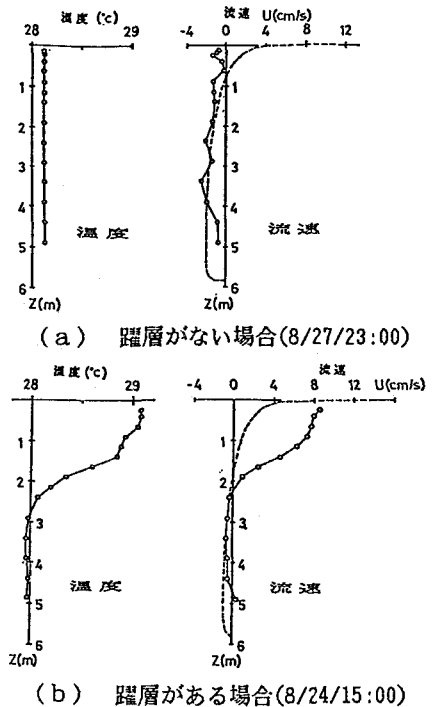


図-1 霞ヶ浦湖心観測所の側面図



(a) 躍層がない場合(8/27/23:00)

(b) 躍層がある場合(8/24/15:00)

図-2 現地の典型的な流速の鉛直分布

である。そこで、図-3に示した造波機付きの風洞水槽を用いて、現地スケールの波を造波機によって発生させそこに風をあてて流速分布の測定を行った。尚、流速分布測定には二成分光ファイバー型レーザー流速計を用いた。サンプリング周波数は50Hz、サンプリング数は1点14336個とした。測定距離は吹送距離が3.87mの断面である。実験は造波機によって起こす波の周期、波高を数種変化させて行った。

4. 実験結果および考察

周期0.69s の場合の流速分布を、造波機による波がない場合と共に図-4に示す。波のみ場合には、良く知られているように、水面変動の範囲内で大きな質量輸送がある他は平均流速はほとんど零である。また、吹送流のみの場合には、単純なせん断流の速度分布形をとる。さて、吹送流と波を同時に起こした場合には、波高の増加と共に、特に水面近くの本来流速勾配の大きなところで流速分布の一樣化が起こっていることがわかる。周期を変えた場合にも、波による軌道流速がある程度大きくなると同様な一樣化が生じた。このことから、現地のように大きな波の存在する場での吹送流は対数則分布より一樣化する傾向があると推察される。

次に、この傾向を明確に表すために図-5のように整理した。横軸は軌道流速を流れの摩擦速度で割って無次元化した値で、流れに対する波の効果の相対的な大きさを表す。縦軸は、流速分布が対数則にしたがうと仮定して実測流速をフィットさせた場合のカルマン定数 κ の値で、普通のせん断流では0.4という値をとり、値が大きくなるにしたがって流速分布が一樣化していることを表す。これを見ると、波がある程度の大きさまでは流れは普通のせん断流の特性を保っているが、ある値より大きくなると急激に一樣化が進むことがわかる。

5. おわりに

以上から現地で観測された吹送流の流速分布の一樣化は、波の運動によって鉛直方向の運動量輸送機構が単純なせん断流と異なるためと著者らは推測している。図-5中に記入したように、現地における波の軌道流速のオーダーは、吹送流速のオーダーの10倍以上であることから、このような影響があるのは当然ともいえる。今後、この現象の物理機構について検討するつもりである。

6. 参考文献

石川忠晴ら、湖面に働く風応力の現地観測、第32回水理講演会講演集、1988。

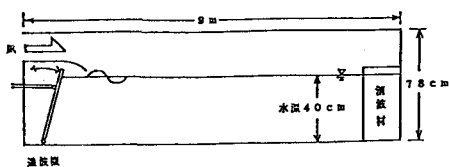


図-3 実験装置の側面図(幅:15cm)

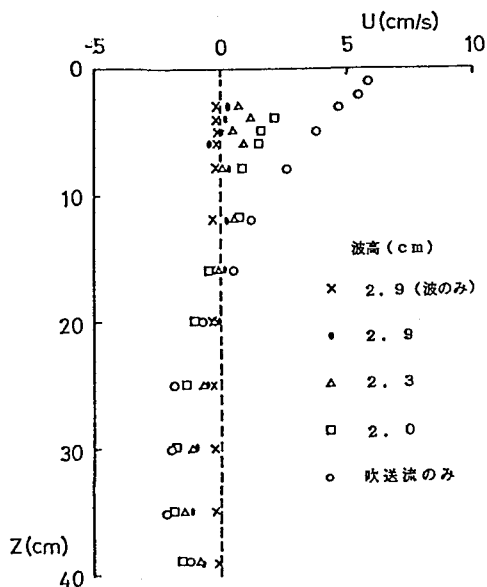


図-4 実験結果

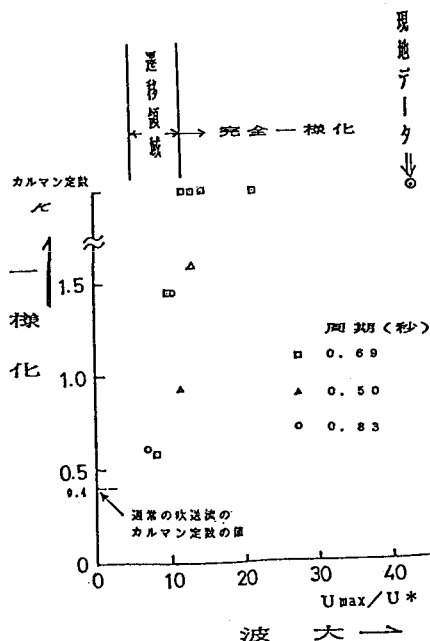


図-5 波動場における吹送流の一樣化