

II-260

風による湖水の流動とシアーの生成

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○佐野 俊幸

大阪大学大学院工学研究科 正会員 西田 修三

1.はじめに

湖沼では熱的鉛直循環の他に、風に起因した大きな流動や内部波の発生も見られ、湖沼の混合に大きな役割を果たすことが知られている。しかし、現地スケールでの現象の把握と混合過程の定量化は未だ十分にはなされていない。本研究では、1998 年夏に小川原湖（青森県）で実施した現地観測データを基に、風に起因した湖水の内部流動と混合現象の実態を明らかにするとともに、混合現象を支配する水理量の時空間特性の解析を行った。

2.観測方法

1998 年 7 月 21 日～8 月 20 日にわたり、小川原湖の湖心部（全水深 25m）に超音波ドップラー流速計(ADCP)を設置し、表層から水深 20m までの流速と反射強度の鉛直分布を 10 分間隔で計測した。水深 1m には電磁流速計も設置し表層流動の観測も行った。同時に、同地点において 1m 間隔に水温計と塩分計を設置し、成層の変動も併せて計測した。（図-1）また、観測期間に STD を用いた水温・塩分の鉛直分布観測も実施した。気象データは建設省高瀬川総合開発工事事務所から提供を受け、また湖北に位置する湖内総合観測所で定時観測されている水質データも解析に利用した。

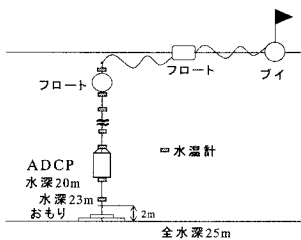


図-1 観測方法(水中係留式)

3.観測結果と考察

図-2 は、連続観測された水温と流速データを基に描いた水温等値線と水平流動の変動である。また、図には総合観測所で観測された風向・風速も併せて示している。8/7 前後と 8/15 前後の強い南東風に連動して、水温

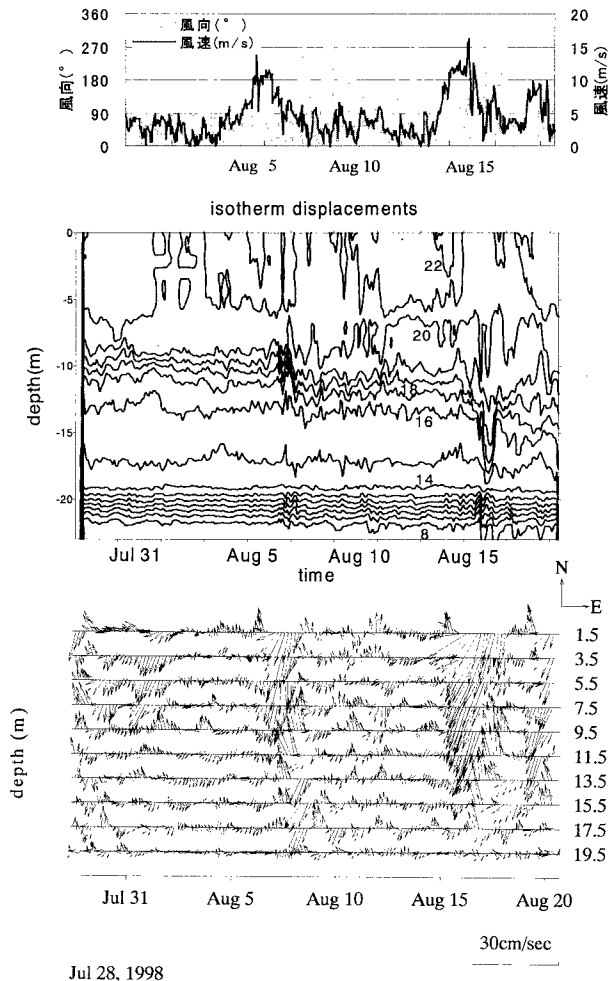


図-2 風向・風速、水温と流動の測定結果

Keyword 風, 湖水理, 内部流動, 成層構造

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL.06-6879-7605 fax.06-6879-7607

等値線が急変する現象が生じるとともに、成層の強度の差異により水温躍層の変動規模に相違が見られる。風停止後も、躍層部では風によって誘起された内部セイシュや内部波が長期間継続している。水温躍層の急変現象後に躍層降下が回復しなかったことから、風による大きな混合現象が生じていることがわかる。流動構造は水温成層の影響を受けて、内部セイシュの発生とともに水深方向に位相変化している。特に、躍層付近では上下で逆転した流動を示し、大きなシアが生じていることがわかる。

成層強度を表すパラメタとしてバイサラ振動数 N ($N = -g/\rho \cdot d\rho/dz$) の変動を示したのが図-3 である。内部波動が生じると躍層はダイナミックに変動するとともに、密度勾配が内部波動に応じて規則的に変化している。

ADCP によって得られた 1m 間隔の流速分布を基に、流速勾配の分布を求めたのが図-4 である。吹送流発達段階では、表層における直接的なせん断により強いシアが生じている。風速が減衰し始めると、内部セイシュの発生とともに躍層付近で流向が反転し、内部で強いシア域が規則的に生じている。こうしたシアは冬季には生じないことから、成層化した夏季の湖水流動の特徴といえる。内部波動と内部流動の相互作用によって引き起こされるせん断不安定を定量的に評価するため、勾配型局所リチャードソン数 J ($J = N^2/(du/dz)^2$) の鉛直分布の経時変化を算定した。図-4 には、不安定条件である $J < 0.25$ の領域を図示した。図からせん断不安定の出現領域は3つに大別できる。第1は吹送流発達段階における不安定域の出現で、風の発達とともに浅い水深で生じる。第2は内部セイシュの発生に伴う不安定域で、風の減衰とともに中層で出現している。その他、風停止後にも長期間持続する内部流動により不安定域が発生している。以上のように、風による混合が水表面からの直接的な乱れの供給とシアの発生による他、風減衰時に発生した内部波動による強いシアが内部の混合に大きく作用していることが予想される。

4.おわりに

小川原湖での観測データをもとに、夏季における湖水の流動現象の解析を行い、その実態把握と定量的評価を行った。成層化した湖では流向の反転による大きなシアが発生していることと、風に起因した内部波や内部セイシュがかなりの頻度で発生し、その碎波の可能性があることから、水表面からの混合とは別の混合形態の存在を示唆している。また、こうした混合形態が風停止後も生じている可能性も明らかになった。

今後、数値実験による再現計算との比較検討を行い、空間構造の解明を行うとともに、混合現象の精度の高いモデル化を進めるつもりである。

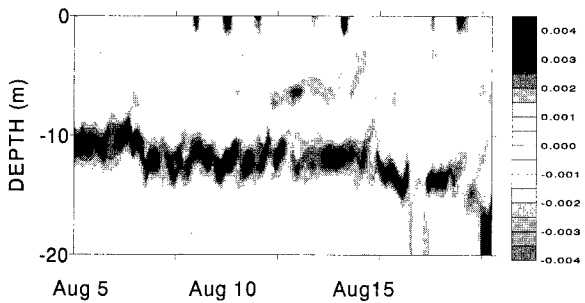


図-3 バイサラ振動数の経時変化

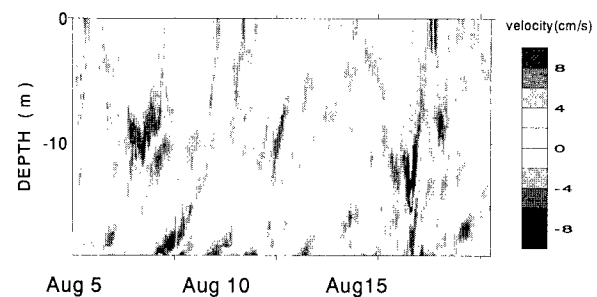


図-4 流速シアの経時変化

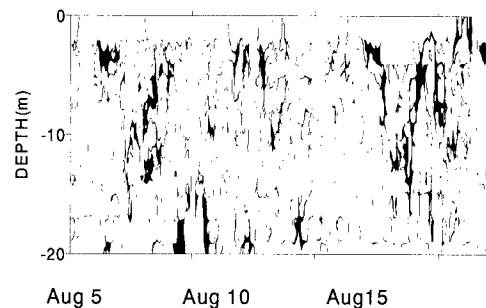


図-5 勾配型局所リチャードソン数の経時変化