

京都大学防災研究所 正 員 村 本 嘉 雄
 京都大学防災研究所 正 員 大久保 賢治
 京都大学工 学 部 学生員 ○森 川 浩

1. はじめに 琵琶湖における濁度・水温観測値を用いて懸濁物濃度の変動機構を検討した。まず、南湖の吹送流による底泥の巻上げの基本的な特徴を示し、浅水湖の濁度変動に対して水温成層が強く影響するという従来の知見を湖流解析によって検証した。このように浅水湖で形成される濁質を含んだ混合水塊は密度流によって北湖へ輸送され、そこで内部静振によって水温躍層上部に中間高濁度層を形成しながら湖心部へ運ばれていくという懸濁物の輸送機構について観測結果を用いて示した。

2. 浅水部における懸濁物の輸送過程 南湖の吹送流観測結果によれば、成層時の濁度変動が下層内に限られ水温成層が濁度鉛直分布に影響することが認められた¹⁾。懸濁物濃度は平面的にも変化し、浅い東岸で高濁度となることが多い。これは南湖の湖流が気象や放流量の影響を受け、大きく変動することによる。とくに、濁度分布は風による日成層の破壊と密接に関係すると考えられた。そこで湖流と関連づけて濁質の浮上・堆積特性を平面的に理解するため、500m格子の3層モデルを用いて、南湖の湖流解析を代表的な気象・水理条件で行った。図. 1 に示すように日射が弱く風が強い場合は成層が破壊され、濁度が15mg/l程度まで増加し、成層が強く風が弱い場合は鉛直混合がほとんど進まないことが計算でも確認された。なお、懸濁物の比重は2.65、粒径 $10\mu\text{m}$ と仮定した。また、平均的な成層状態で、風向をNNEとSSWに変化させた場合、南風の場合に濁度が増加することがわかった。これは放流量が固定されており、南風時には第1層の流れが弱められ、第2、3層の南流の流速が増加するためと考えられ、長軸方向の風に対応して鉛直循環流が発達することに関係している。

このように浅水湖で成層破壊による鉛直混合が進むと、南湖水の密度は冷却や巻上げにより増大し、北湖水との密度差を生じる。北湖へ流入する下層密度流は、密度調節過程として境界混合で生じた密度の水平分布を解消する方向に働く。琵琶湖大橋の密度流観測値から水平フラックスの時間的な平均値は南湖にとって熱流入、濃度流出の効果をもたらすことがわかり、懸濁物の濃度差がもたらす密度差は水温差による密度差の約3%程度に保たれることがわかった。

3. 深水区における濁質の輸送過程 一方、深水区である琵琶湖北湖の内部静振は旋回性の内部ケルビン波として発生し、その周期は成層状態により、40~70時間の範囲で変化する。内部静振は風応力の変化によって発生し、定常状態に移行する過程の遷移的な流れを伴い、その振幅は底面抵抗よりむしろ界面抵抗により急速に減少する。この長周期の内部波は湖流として最大級の流速(30cm/s程度)を伴うので、巻上げが起り得ると予想されたが、水温と濁度の同時観測はなく、新たに観測を行う必要があった。

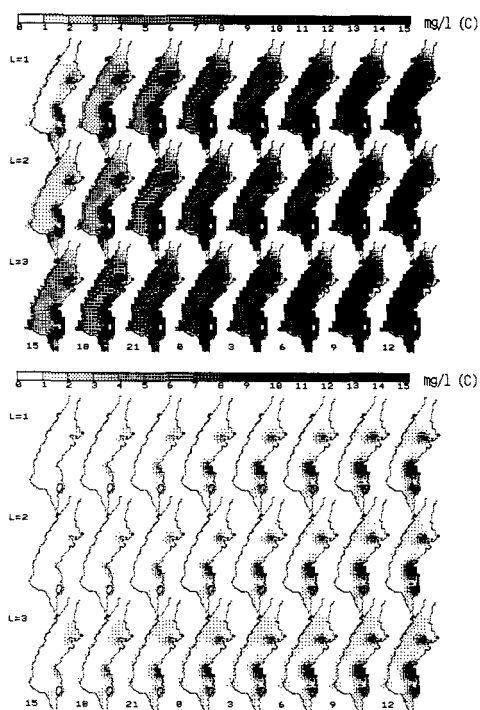


図. 1 3層モデルによる濁度解析結果

上: 成層が弱く風が強い (SSW 8m/s, 日射量: 100 W/m²)

下: 成層が強く風が弱い (SSW 3m/s, 日射量: 500 W/m²)

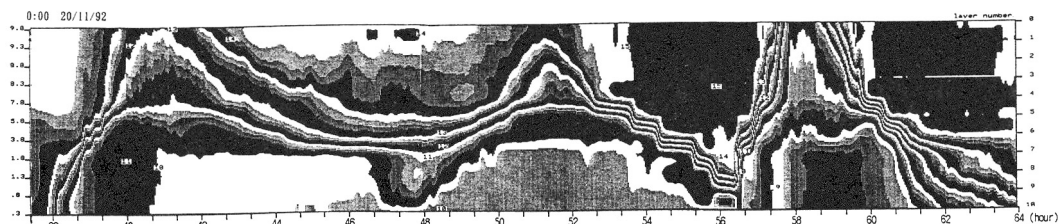


図. 2 水温観測記録（水深35m） 1992年11月20日0:00～ 28時間

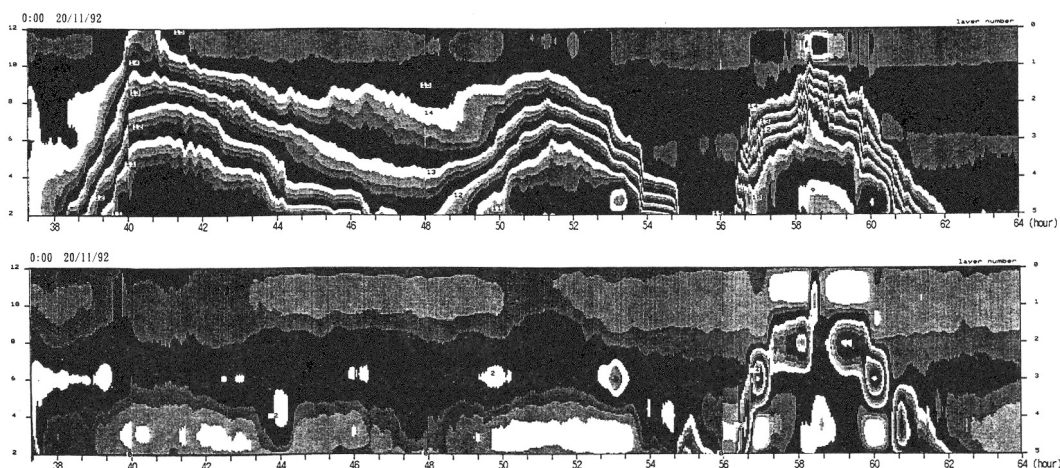


図. 3 水温・濁度観測記録（水深32m） 1992年11月20日0:00～ 28時間

図. 2 は1992年11月の北湖の水深35m点における水温記録の一部である。下軸は観測開始時からの時系列である。これよりわかるように、卓越する内部静振の周期は約12時間程度と短く、内部ケルビン波ではなく横振動としての内部ポアンカレ波と考えられる。このように北湖の南部水域では、内部ケルビン波と内部ポアンカレ波が混在した水温変動が卓越するようである。さらに、図. 3 は図. 2 の測点から約200m離れた地点における水温・濁度観測記録（滋賀県琵琶湖研究所による）である。これによると、20日22時頃に発生した内部ポアンカレ波には高周波の水温変動がみられ、対応する濁度記録は、懸濁物が水温躍層上部の厚さ2m程度の層内で拡散・混合し中心に向かい濃度が高くなっている。別の時点における観測記録から、内部静振に伴って浅水部に遡上するフロントの上昇過程においては、微細土砂を浮上させるのに十分なせん断応力は発生せず、むしろ後退時に巻上げが発生することがわかった。すなわち、水温成層が存在するときには底泥の浮上は抑制されているが、ケルビン波の北上りのセットアップとして低温水塊が北方に後退することで、水温差に基づく密度差のほとんどない状態となり、また、一般にこうした場合には風も強いので、底泥は巻上がりやすい状態となる。こうして次の内部静振が発生し、フロントが遡上する際に底近くの濁水が持ち上げられて中間高濁度層が形成される。遡上時にフロントを減速させているのは、底面よりもむしろ躍層付近での大きなせん断応力であり、そこでは強い密度勾配が形成され、浮力振動数が増加して種々の高周波内部波を引起くことと考えられる。その結果として躍層下降時には、階段状に水温が下降することが認められた。

4. まとめ 南湖における観測および数値解析結果から、水温分布と濁度分布は相互に関連をもち、成層が湖水の混合を抑制していることが示された。また、琵琶湖においては、内部ケルビン波と内部ポアンカレ波が混在しその挙動は水温・濁度分布に大きく影響を及ぼす。今回は、南湖の湖流解析を行ったが、琵琶湖全域にモデルを発展させれば、内部静振に伴う水温・濁度変動が把握できると考えられる。

参考文献：1) 大久保賢治・村本嘉雄：琵琶湖南湖の湖流観測、京都大学防災研究所年報、第29号B-2、pp. 549-560、1986。