

II-217 琵琶湖南・北湖の交流の数値解析

京都大学大学院 学生員 佐竹 康孝
 京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
 建設省 正 員 広瀬 昌由

1. はじめに; 本報は、湖水の汚染が問題となっている琵琶湖において、汚染の進んだ南湖水の北湖への輸送に大きく関わる、南北湖間の冬季密度流の数値解析を行い、その挙動を明らかにすることを目的としている。計算法として、解析の対象となる南北湖の境界領域を詳しく解析するために、従来著者らの用いている差分法を拡張し、対象領域では細かい格子、それ以外の領域では計算規模を膨大にしないため粗い格子をそれぞれ用い、両者をその境界で組み合わせる細粗格子法¹⁾をによって解析を行った。細粗格子法は、今回扱うような大規模水域において一部の領域で卓越する流れを差分法によって解析するのに有効である。

2. 計算条件; 琵琶湖の南湖及び北湖では、水深が著しく異なるために、秋から冬にかけての冷却期になると、冷却速度の差によって両湖の境界に水温の不連続帯が生じ、密度流が発生する。現実の琵琶湖では、風、日射、気温などさまざまな要因がこの密度流に影響していると思われるが、本報では、その基本的な特性を考察するため条件を単純化し、以下の2つの場合について数値計算を行った。

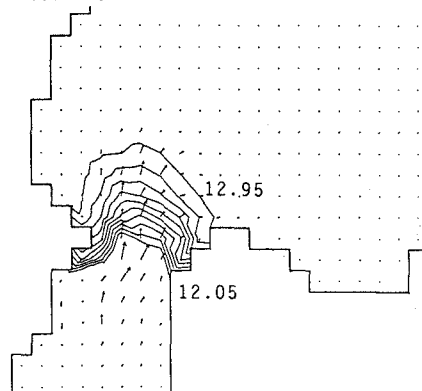
(1) CASE 1: 初期条件として全湖の水位が基準面に一致する水位で静止した状態を想定する。水温は南湖では11℃の一樣水温、北湖では表層が13℃の弱成層した状態を想定する。流入、流出流量はいずれも0とし、風の吹送も考えない。つまり密度差のみに起因する流れの特性を把握しようとしたものである。

(2) CASE 2: CASE 1と同じ条件で、瀬田川及び琵琶湖疏水の流出流量をそれぞれ $100\text{m}^3/\text{s}$ 、 $22\text{m}^3/\text{s}$ とし、その合計が流入河川から流入するとする。ただし流入河川は、野洲川、日野川、愛知川、安曇川、姉川の5河川を想定しているので、それぞれの流量は、それらの流域面積比で全流入流量を配分した。河川の流出入が、CASE 1の密度流に及ぼす影響を考察したものである。

3. 計算結果

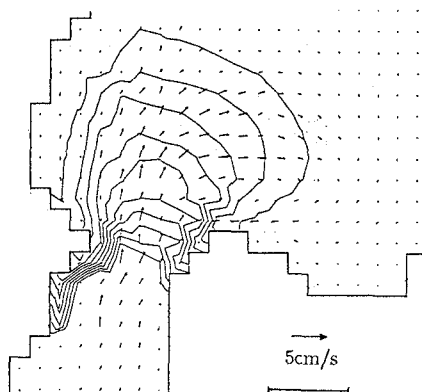
(1) CASE 1: 琵琶湖大橋付近の、計算開始後12時間及び48時間の等温線と流速分布を合わせて示したものが、図1及び図2である。計算開始直後は、流れは南北湖の境界付近のみで卓越しているが、時間の経過とともにその流れが南北両湖に広がっていく様子がうかがえる。また、琵琶湖大橋付近の長軸方向の鉛直面内の等温線と流速分布を合わせて示したものが、図3である。上層では北湖から南湖に、下層では南湖から北湖に向けて流れており、典型的な密度流による南湖及び北湖の水交換がみられる。また、この流れには地球の自転の影響つまりCoriolis力の影響が大きいといわれている²⁾とおり、図1に比べ図2では流れが東に転向しており、Coriolis力の影響が現れているといえる。

(2) CASE 2: 琵琶湖からの流出河川は瀬田川と琵琶湖疏水である。これによって発生する流れは恒流と呼ばれ、水深の浅い南湖では、特に顕著にみられる流れである。したがって、



12 時間後

図 1



48 時間後

図 2

琵琶湖大橋付近では恒流成分は南流であるが、密度流が発生している場合には、それによる北流と恒流の南流野大ききの差が北湖へ進入する密度流に影響すると考えられる。琵琶湖大橋付近の長軸方向の鉛直面において、計算開始後12時間及び48時間の等温線と流速分布を合わせて示したものが図4及び図5である。計算開始直後には、下層に北流がみられるが、時間の経過とともに恒流によって引き戻され、流れは南流となっている。また、初期条件として濃度1のトレーサーを南湖のみに与え、トレーサーの北湖への流入率の時間的变化を示したものが図6である。CASE 1では単調増加であり、CASE 2でははじめのうだけ増加するが、その後変化がなくなりさらに時間が経過すると減少の傾向がみられる。このような密度流による交流量は、観測によると約200万 m^3 /日程度といわれているが、今回の計算では、CASE 1で約330万 m^3 /日、CASE 2で約50万 m^3 /日とCASE 1に比べてかなり小さくなっており、恒流を考慮した場合には密度流の北湖への進入はかなり抑制されることがうかがえる。ただし、観測では密度流は湖底に接したきわめて底に近い範囲をうようにして北湖に進入するとされているのに対し、今回計算に用いた格子の高さは2.5mであるため、湖底近くを進行する流れは十分に再現できていないと思われるので、交流によって密度流の北湖への進入が少なくなる効果を定量的に把握するにはなお検討が必要である。

4) おわりに； 瀬田川及び疏水による恒流成分が、密度流の進行に大きく影響を与えていることがわかった。これらの流出河川の流量によって密度流による交流量が変化すると予想される。今後は、複雑な自然外力を取り入れるとともに、格子をさらに鉛直方向に細分化して、密度流のより現実に近い再現を図っていくことが課題と考えている。

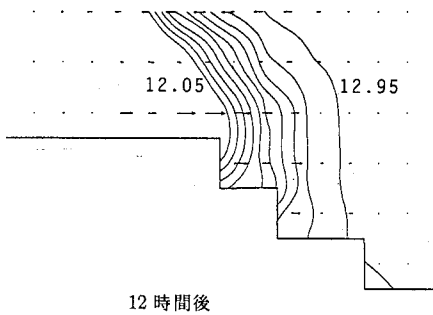


図 3

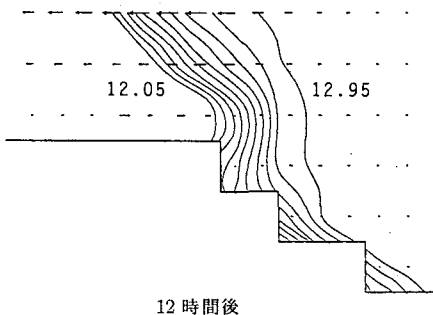


図 4

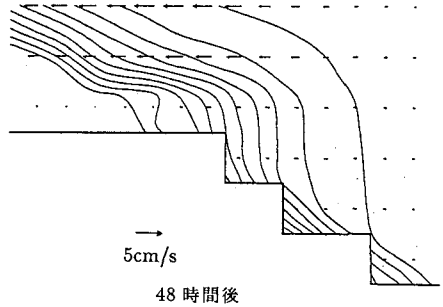


図 5

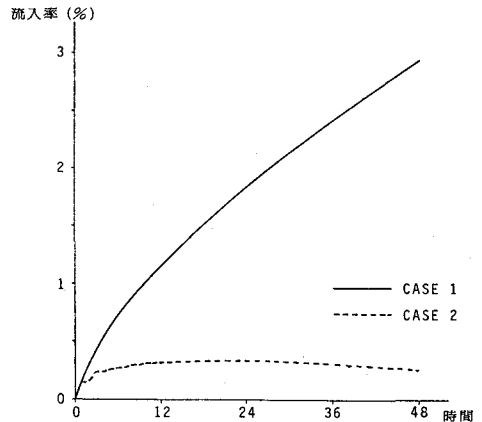


図 6

（参考文献）

- 1) 広瀬昌由；細粗格子を用いた湖流の数値解析法の研究、京都大学大学院修士論文、1990
- 2) 大西行雄、大久保賢治、原島省、村本嘉雄；密度流におけるコリオリ効果に関する研究、京都大学防災研究所年報、第23号 B-2、pp. 351-371、1980