

京都大学 正. 松岡 譲
 京都大学 正. 岩井 重久
 京都大学 学. 清水 嘉彦

びわ湖における水質汚濁の問題は、従来より種々の分野において取り上げられてきたが、1972年に制定された総合開発特別措置法を一つの契機として、その端点は、湖底下を伴う湖氷の量的関係、質的保全の拮抗に及ぼされるものになってきた。この観点から本研究は水位低下による水量、水質の变化について、特に流量特性といふ点から数値解析を中心にして検討を進めている。

1. 基礎式

びわ湖南湖に関する従来の研究によれば、本湖においては、その寸法として、Navier-Stokesの運動方程式、連続式を鉛直方向に積分した、いわゆる一層の浅水方程式を採用してよいとされている。そこで、本研究においても、とりあえず、これを踏襲することとし、次式系を基礎式系として採用した。

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \left| \frac{r_x^2}{H+\eta} \sqrt{U^2+V^2} + 2 \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{U}{H+\eta} \frac{\partial(H+\eta)}{\partial x} \right| M + \left| -f_x + \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{U}{H+\eta} \frac{\partial(H+\eta)}{\partial y} \right| N + g(H+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial x} - \rho \frac{r_x^2}{\rho} Q_x, |Q|=0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \left| f_x + \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{V}{H+\eta} \frac{\partial(H+\eta)}{\partial x} \right| M + \left| \frac{r_y^2}{H+\eta} \sqrt{U^2+V^2} + 2 \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{V}{H+\eta} \frac{\partial(H+\eta)}{\partial y} \right| N + g(H+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial y} - \rho \frac{r_y^2}{\rho} Q_y, |Q|=0$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial B}{\partial t} + U \frac{\partial B}{\partial x} + V \frac{\partial B}{\partial y} - \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} h D \frac{\partial B}{\partial x} + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} h D \frac{\partial B}{\partial y} - k B, \quad h = H + \eta$$

ただし、 $M=U(H+\eta)$ 、 $N=V(H+\eta)$ は右のx方向(東北方向)の流量、 U, V は深さ方向の平均流速、 η は基準水面からの水位、 H は水深、 Q_x, Q_y はx, y方向の風速成分、 $Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}$ 、 g は重力加速度、 f_x, f_y はCoriolis係数、 ρ_w, ρ_i は空気と氷の密度、 $\delta = 1 \sim 1.5$ の修正係数、 η_0, η_1 は水底水面における摩擦係数であり、右の右の0.0026, 0.0013を採用している。またBは水質濃度、Dは拡散係数であり10m²/sとしている。上式系を解析する方法としては差分法、有限要素法など種々の方法が考えられるが、ここでは、地形変化、境界条件の取り扱いなどにおいて有利とされる有限要素法を

図-1.

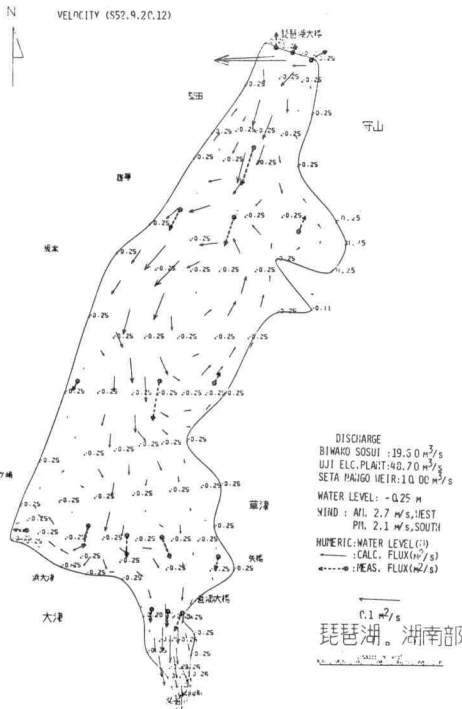
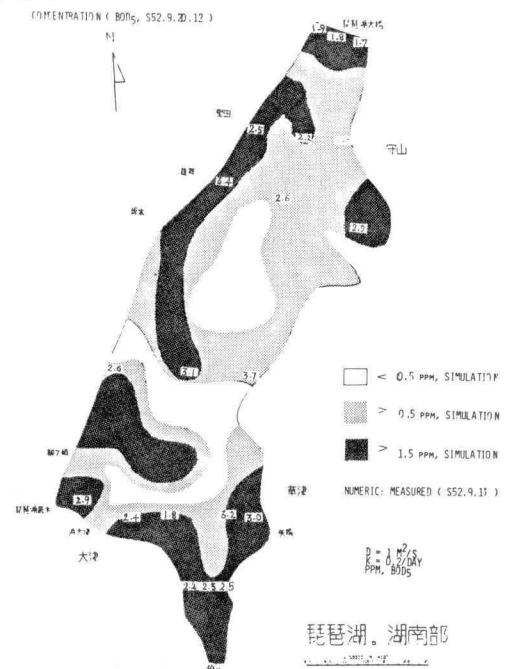


図-2.



利用した。このさい各変数の形状関数としては一次多項式を、要素としては三角形とし、Codenkin法により算定数とした。さらに非線形項については、各時間ステップ毎に逐次近似法を繰り返し使用している。境界条件としては琵琶湖大橋の水位を、瀬川、疏水及び他の流入河口(全18河川)には観測流量をあたえ、その他の境界については $M=N=0$ とした。また水位低下に伴う河床変化は考慮していない。

2. 観測結果との比較

図-1,2は昭和52年9月において観測された流速及び濃度値と、それらの計算値との比較をおこなった例である。この際、濃度計算に関する境界条件としては各流入河川に水質負荷(観測値)として、北端には濃度値として設定している。また計算は、初期条件の影響を除去するために目的とする時刻より1~2ヶ月前の計算を開始している。このように、またここに示さない他の例においても、観測値、計算値間には、ある程度の適合をみたが、いっぽう、一観測中に風向、風速、さらには流向、流速が互いの多変に変化する場合もあり、本モデルに採用した全朝一様風速では明らかに追従し難い例も多くみられた。

3. 湖面低下に伴う流動状況の変化

湖面低下に伴う水質状況の変化については、ここで取り扱おうとする流動状況のマクロ的な変化の他に、湖底からの汚染物の再浮上などの問題もあり、種々の見地からの検討が必要であることは論を待たないが、ここでは特に湖面が平均より-1.5m低下(F.P.82.9m)した際の湖水流動、湖水質の滞留状況のほかに焦点を絞る。検討は各種の風向、風速及び放流量下における流動パターン及び水質応答特性について考察した。流動パターンについては、若干の午下において、図3,4に認められるような環流パターンの変化が現れたが、絵画的にはそれほど変化はしておらず、水質減少に伴う南向恒流成分の増加が認められる程度である。また水質の応答特性については現況の利水、汚染負荷放流状況から数点の仮想的な放流及び取水点(仮観測点)を設定し、その水質応答曲線の変化について検討している。図-5は、天神川河口を放流点とした場合の各代表的な取水場取水点における水質応答の例であるが、洪水時における環流の捕捉効果がよくあらわれている。しかもこの傾向についても各水理、気象条件を通じ一貫しているわけではなく、現段階では一概に論ずることはできないように思われる。

4. おわりに

びわ湖南湖における湖面水位低下に関して、各種の水理気象条件のもとで湖内流動に対する影響を検討した。その結果、マクロ的な流動状況に対しては大きな影響を及ぼすことはないことが示唆された。しかも局部的には変化することも示され、これらの点については現在検討中である。なお、本研究は京都大学佐々恒助教授の指導を仰ぐ。観測においては、水産学研究室各位の助力を得た。

図-3

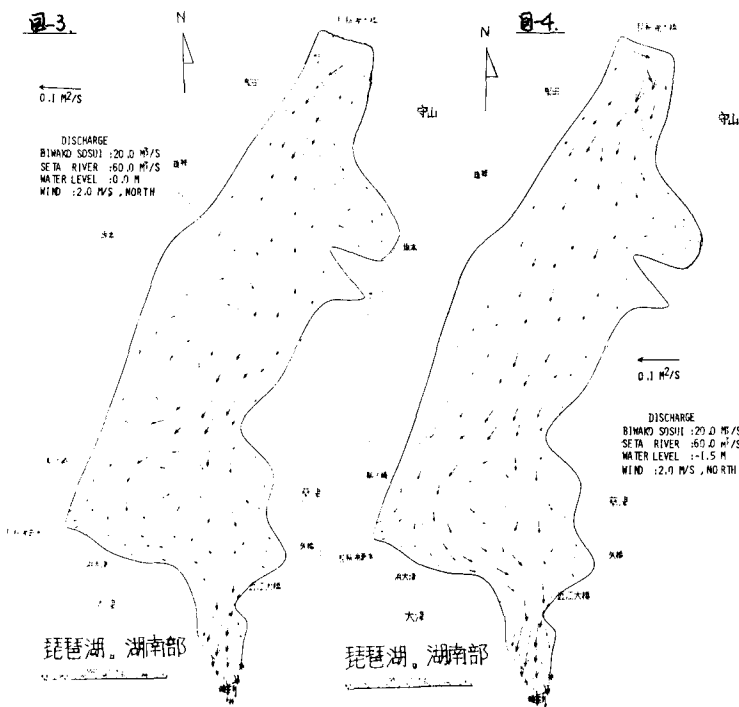


図-4

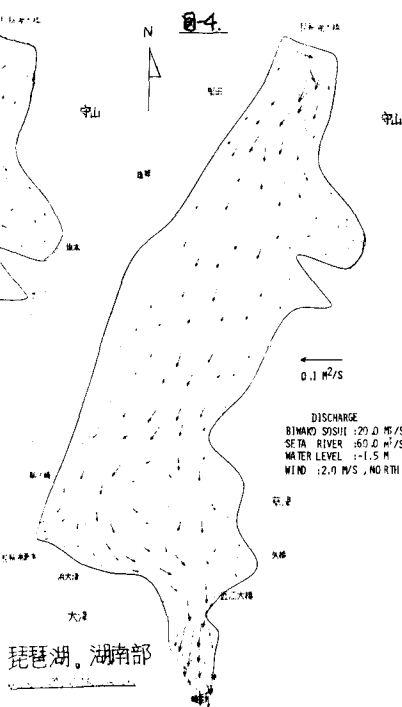


図-5

