

汽水湖における塩分浸入と、その挙動に関する解析

京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗 住友電気工業 正 員 〇松原 喜之
関 西 電 力 正 員 若林 誠 京都大学大学院 学生員 佐竹 康孝

1. 概要：本研究は、青森県のむつ小川原湖を対象とし、汽水湖における塩分浸入を解析することを目指している。本報ではその第一段階として従来より湖沼の解析に適用してきた三次元数値解析法を、海域部、汽水湖および両者を結ぶ河川部を含めて解析できるように改良する方法について述べる。

2. 三次元数値解析法の適用理由：本研究の計算対象である小川原湖においては、高瀬川を通して海から塩分が浸入し、それが湖内に拡がっている。塩分の湖内の分布を知るには、海水は淡水より密度が大きいこと、つまり密度差を考慮しなければならない。したがって平面内および鉛直面内の変化を知ることが必要とされ、そのためには三次元解析法に依らなければならない。

3. 現地の格子分割：本研究では数値解析法として差分法をとる。数値計算の精度から考えれば、格子分割はなるべく細かい方がよい。しかし、長期の計算を行うには、計算時間の制約から格子間隔はなるべく粗くとることが望まれる。

①小川原湖および海域部の格子分割：小川原湖は南北に細長い汽水湖である。主な流入河川はほとんど南側に集中し、流出河川である高瀬川は北側にある。したがって小川原湖内には南北の流れが東西の流れより卓越しているとみられる。現地調査¹⁾での小川原湖における塩分濃度分布は、東西方向にほぼ一様である。したがって、小川原湖の左岸の特性と右岸の特性が区別できる程度の格子分割でよいと考えられ、湖を東西方向に二分する2kmの大きさの差分格子とする。海域部では潮汐による海面変動を考慮するため、海域部河口から、沖側へ数km程度はりだした領域をとることとする。海域部の格子の大きさは小川原湖と同じ2kmとする。

②河川部の格子分割：高瀬川および放水路では、その幅は最大でも200mに達せず河道延長が約6.0kmおよび約1.4kmであるため湖と同様に2kmの格子にすることは現実的でない。縦断的な塩分挙動の変化は湖より大きいと考えられるため、200mの格子間隔とし、横断方向は、横断幅がせまいため格子分割は行わない。以上より河川部には横断幅が縦断方向に変化する鉛直二次元計算法を適用する。

4. 断面変化を考慮した計算法：河川部における鉛直二次元計算では縦断方向がx軸であり、水深方向がz軸である。z軸方向の運動方程式は湖沼部および海域部と同様に静水圧分布で置き換えられるから、ここではx方向の運動方程式および拡散方程式の計算法について述べる。²⁾

①運動方程式の計算：図2-aのように断面幅の変化を考慮に入れて、x方向の流速 $u_{i,j+1/2}$ を求めるの

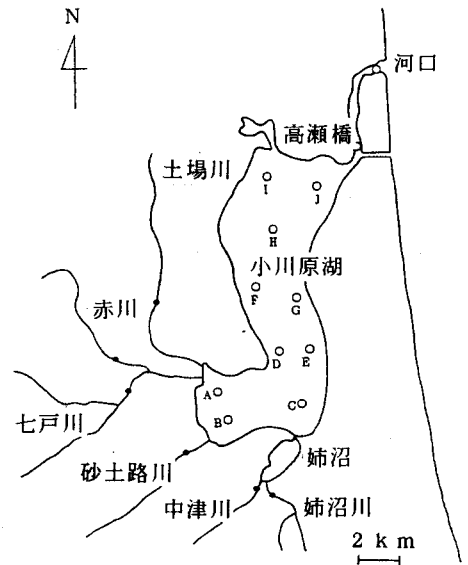


図1 小川原湖水環境関連図

Yoshiaki IWASA, Yoshiyuki MATSUBARA, Makoto WAKABAYASHI, Yasutaka SATAKE

に、格子を半分ずらせた斜線で示されたcontrol volumeを考える。計算にあたっては、運動量の移流項から生ずる $i+1/2$ 断面および $i-1/2$ 断面を通過する運動量フラックスを求める必要がある。例としてここでは $i+1/2$ 断面における運動量フラックスを考える。まず、 $i+1/2$ 断面における平均流速 $u_{i+1/2}$ が必要であり、そのためには、 $u_{i+1/2}=(u_i+u_{i+1})/2$ とするのが一般であるが、ここで断面幅が一樣でないことを考慮すると、このような単純な平均の取り方は必ずしも適切でない。よって、それぞれの流速の値はその定義点における有効幅を考慮し、断面においての流速の平均は、以下のように有効幅の加重平均をとることとする。

$$\bar{u}_{i+1/2} = \frac{u_{i+1} \times \min(\Delta y_{i+1}, \Delta y_i) + u_i \times \min(\Delta y_i, \Delta y_{i-1})}{\min(\Delta y_{i+1}, \Delta y_i) + \min(\Delta y_i, \Delta y_{i-1})}$$

ただし Δy_i ：各断面における幅である。 $i+1/2$ 断面を通過する運動量フラックスの計算にはこの平均流速を用いる。

②連続式および拡散方程式の計算：図2-bに示すように、水量および濃度を計算する場合、斜線内のcontrol volumeを考える。 i 断面および $i+1$ 断面において流入フラックス（連続式）および拡散物質のフラックス（拡散方程式）を算定するとき、運動量フラックスの場合と同様にそれぞれの断面の有効幅をとることとする。すなわち、 i 断面では $\Delta y_i, \Delta y_{i-1}$ の小さい方、 $i+1$ 断面では、 $\Delta y_i, \Delta y_{i+1}$ の小さい方をそれぞれ有効幅とする。

5. 計算条件：流れの数値計算法には、従来の方法に断面考慮を加え応用する。また水の密度は温度と塩分濃度の関数とする。境界の計算は次のようである。海境界においては、海領域を外側に囲むような海境格子を考え、それらの格子においては、密度だけを通常の格子と同様に計算し、その密度分布と境界条件である外潮位とから境界格子内の圧力を求め、これによって計算領域内との間の流速を計算する。河川境界においては流入4河川の各流入点において、河川の流入方向と直交する面の面積で流量を徐した流速を当該cellに与える。また河川水の流入密度は、淡水の密度(1000kg/m^3)を与える。

6. 課題：以上、従来の三次元数値解析法を、小川原湖、高瀬川および海域部を合わせた領域に適用するためのモデル構成を述べた。現在本報での方法により、以下の課題の検討を進めている。

- (1) 境界条件に現地資料を与え、短期間の再現計算を行う。その結果により、断面変化部の計算法、境界の計算法など現地の資料に照らして検証する。
- (2) 外潮位、流入流量などの水理量および気温、風向、日射量などの気象量を与え、長期の解析を実施し、小川原湖の現地観測結果と比較し、小川原湖における塩分浸入とその挙動について考察する。

<参考文献> 1) 建設省東北地方建設局高瀬川総合開発工事事務所、財団法人ダム水源環境整備センター；小川原湖淡水化検討業務報告書(中間報告)、1991.1

- 2) 吉村義朗；分合流部を有する河口干潮域の流れと塩分遡上の数値解析とその適用に関する基礎的研究、京都大学大学院修士論文、1986

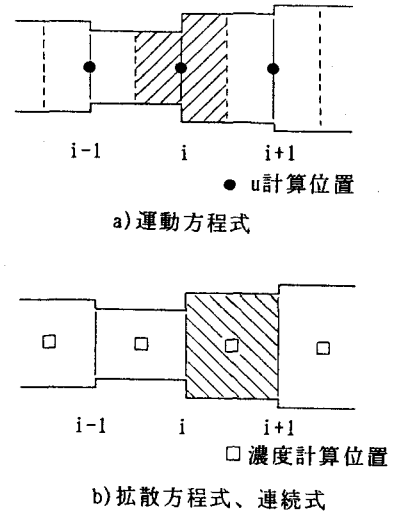


図2 断面計算モデル