

II-202

水位変動および風系に伴う閉鎖性水域での流れ場の数値実験

運輸省港湾技術研究所 正 日比野忠史 広島大学工学部 正 福岡 捷二
建設省出雲工事事務所 正 池内 幸司

1. はじめに

日本海に隣接する水域では季節や天気の変化に伴って変わる気圧配置の影響が極めて強い^{1,2)}。気圧配置の変化は日本海沿岸域の水位を変化させるとともに、風を引き起こす。著者らは、閉鎖性汽水湖である中海において気圧配置の変化と水位変化、風向との関係から湖内部の流れ場について検討し、①低気圧に伴う水位の上昇時には西方向の風、高気圧に伴う下降時には東方向の風が卓越しているとして水位変化と風の間関係を考えれば良いこと、②界面運動は気圧配置の変化に伴う水位変動と風によって起こる湖内部の流れが起動力となっていること、③気圧配置によって形成された界面勾配は天気(気圧)の転向に伴って数時間以内に回復することを明らかにしている³⁾。本報告では水位変化と風によって起こる湖内の流れ場数値実験を行ない湖内での流れ場の機構を検討している。

2. 計算領域と計算条件

(1) 計算に用いた地形 計算に用いたのは水平領域は9km×9kmの正方形水域(以後、主部と呼ぶ)に3km×9kmの閉鎖性の湾(以後、湾部と呼ぶ)をたし合わせた図1に示す地形である。湖底地形は外海との接続点付近で最も深くなっており、水深は最深部で10m、湾奥方向には7mで、湾を除いた水域(y=3~9km)では1/3000の勾配で一様の傾斜を付けている(y=9kmで6m)。計算は2層モデルと単層モデルを用い、2層モデルでは閉鎖湖、単層モデルでは連結湖を対象として計算を行った。2層モデルの場合の内部界面の位置は湖内全域において水面下3.5mとし、下層密度は1030kg/m³、上層密度は1010kg/m³とした。単層モデルでは密度を1020kg/m³とし、隣接水域とは0.8km(図1,A地点)、0.3km(B地点)の間で連結している。水平拡散係数は10m/sec²、境界では反射波を通過させている。

(2) 外海の水位変化と風の場の特性 中海水位は気圧配置の変化に伴う日本海の水位変動と天文潮によって決定されているが、天文潮に比較して気圧配置の変化に伴う水位変動量は2倍程度あり、その周期は数日に亘る。風速は気圧配置の変化と同周期で変化し、かつ風向は気圧配置の状態決定される。すなわち、中海水位と風は気圧変化と良く対応しており、気圧の変化から水位、風向・風速を推測することもできる。ここでは、実測結果をもとに外海での水位変動と風系をモデル化して与え、気圧配置の変化に伴う内部界面、水位変動、流れ場の変動等について数値実験を行った。なお、気圧変化の周期は6日として高、低気圧に対応する風系および水位変動をsin波で与えている。風系は振幅10m/secとした水位変動は振幅70cmを与えている。

i) 風のみを外力とした場合(2層モデル) --- 上下2層に成層した閉鎖湖とし、風のみを外力として与えた。

ii) 水位変化と風の周期が等しい場合(単層モデル) --- 高気圧の去来に対しては水位を低下させ、東風、低気圧の去来に対しては水位を上昇させ、南風(図1のモデル地形の場合)を吹かせて計算を行った。

(3) 2層モデルでの界面の扱い 著者らはこれまでの現地観測から塩分濃度や水温のダイナミックな変化は気圧配置に伴う風あるいは気圧(水位)変化によって界面が運動していることに依るものと考えており、界面の運動に伴って上下層間での混合もしくは、連行の量は極めて小さく、密度の鉛直分布にはほとんど影響していない⁴⁾として上下層間においての連行は考慮に入れていない。

3. 計算結果 図2は図1に示したlineC~F断面での水面および界面水位が示されている。上段に2層モデル、下段に単層モデルでの計算結果が示されている。太線は0→ピーク(風速、水位)、細線はピーク→0に向かう期間の水面(界面)形を示しており、実線がピーク時(36時間後)、破線は計算開始(ピーク)後12時間、一点鎖線は24時間後を表わしている。図(a),(c)は東風が吹いた場合でlineCとD、(b),(d)は南風が吹いた場合でlineEとF断面の計算結果が示されている。図3には東風および南風吹送開始から(a)24時間後と(b)48時間後(風速ピーク後12時間)の界面水位と上下層の流速分布を示している。

(1) 水面および内部界面変動 図2(a),(b)から両ケースとも水面および界面勾配は主部、湾部とも同勾配となっており、最短のフェッチ長さでなく、最長のフェッチ長さによって決定されることがわかる。静止水面(界面)との交点は原点方向、すなわち、幅広方

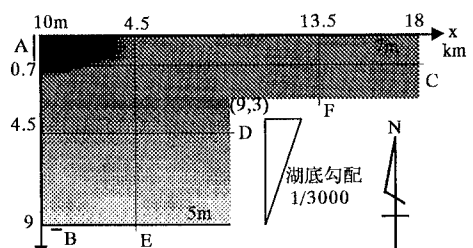


図1 座標系および湖底地形
(水深はA地点で10m、湾部は7m、y=3~9kmで1/3000勾配、y=9kmで5mである。濃い場所ほど水深は深い。)

Key Words ; Enclosed brackish lake, Atmospheric Pressure, Winds, Numerical experiment

港湾技術研究所海洋環境部 〒239 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1, TEL 0468-44-5018, FAX 0468-44-6243

向にずれており、東（長軸）方向に風が吹く場合には静止界面との交点は湾口($x=9\text{km}$)付近になっている。風速の減少期間には界面勾配の回復速度は水面勾配の回復速度よりも遅い。水位の変化が加わると傾斜の中心(静止水面との交点)が風上方向にずれることがわかる(図2(c),(d))。高気圧通過に伴う水位、東風のピーク後の水位上昇期にこの傾向は強くなっている。また、水面勾配は東風の場合には水位の低下に伴って大きく変化しないが、南風の場合には水位上昇に伴って4倍程度になっている。

(2) 流速分布 図3から東風吹時の流速は南風吹走時の数倍あること、主部においては上下層とも流向は等しく、湾部において上下層で流向が異なっているのがわかる。主部では東・南風に関わらず時計まわりに流れている。湾部では、東風に対して反時計まわり、南風に対して時計周りに流れる傾向がある。東風の場合には風速が遅くなると、流れ場が変化(湾部では流向が逆転)するが、南風の場合にはピーク後12時間経っても流れの傾向はピーク以前と比較して変化が小さい。図2(b)で48時間後の界面が風速ピーク時($t=36$ 時間)の界面勾配よりも大きくなっているのはこのためである。

4. まとめ 高気圧去来時に中海湖心(本計算では $(4.5\text{km}, 4.5\text{km})$)に対応において湖底上1mまで淡水が及ぶ現象

が観測されている³⁾。本計算結果から内部界面は風の吹く方向に最長幅をフェッチとして界面が傾くことを明らかにできた。この結果から中海で観測される塩分濃度の変化は躍層界面の運動によって起こっていると言える。

参考文献 1)日比野忠史：連結系汽水域での流動・気候・気象の変化が流れに及ぼす影響，第32回水工学に関する夏季研修会講義集，Aコース，pp.A-7-1-20,1996, 2)日比野忠史，福岡捷二，池内幸司：連結系水系での水位変化と気圧配置，土木学会論文集投稿中, 3)日比野忠史，福岡捷二，池内幸司：季節および日々の気圧配置の変化に伴う閉鎖性汽水湖内部での流れ場の特性，土木学会論文集投稿中

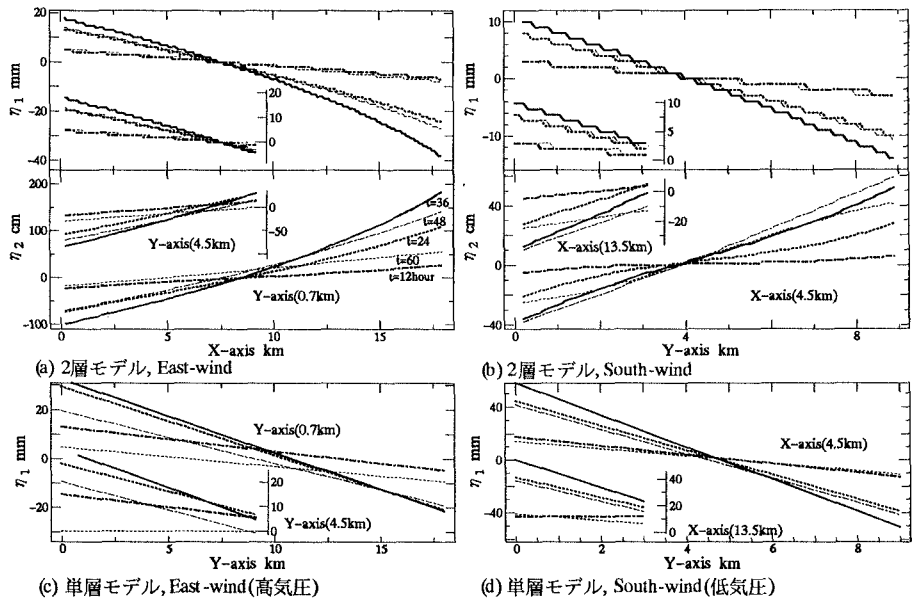


図2 水面および内部界面の変化(線種はすべて(a)と同様の時間を表す。)

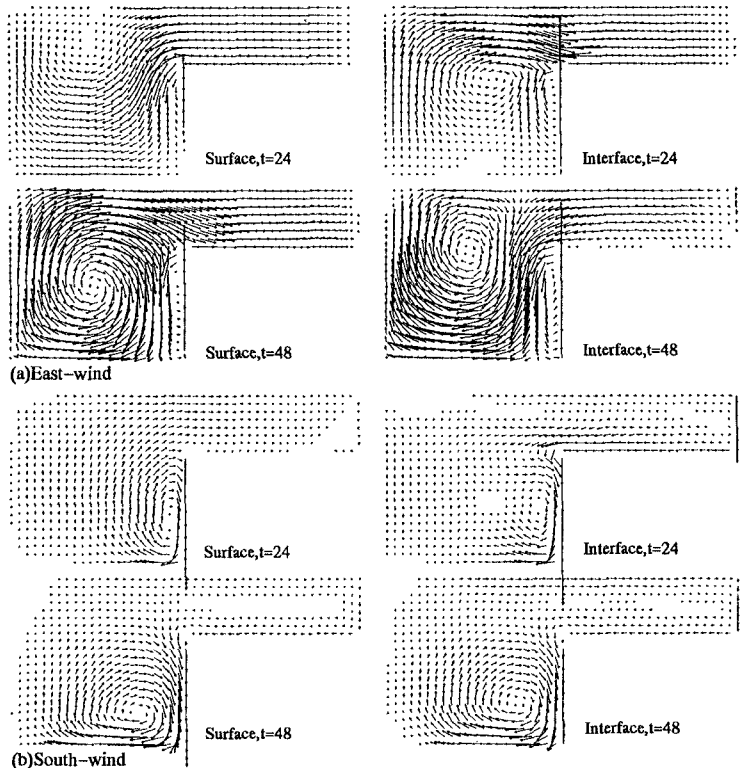


図3 流速分布 (2層モデル)