

小河内貯水池における地形効果が流動に及ぼす影響

首都大学東京大学院 学生会員 ○小林真之
 首都大学東京大学院 正会員 新山雅紀 横山勝英 小泉 明 山崎公子
 東京都水道局 非会員 増子 敦 田村聡志 小林康浩

1. 研究目的

小河内貯水池では高度な水質管理が求められ、分画フェンスや選択取水による流動制御により、水質保全対策が実施されている。このような水質管理を行うには、貯水池の流動特性を把握し、水質変化を精度よく予測する数値計算モデルが必要となる。一般に縦長形状の貯水池では鉛直 2 次元モデルが使用されるが、形状が複雑な場合は地形の 3 次元性が湖流に影響を及ぼす可能性がある。

本研究では小河内貯水池において現地観測を行い、貯水池の形状と風応力が流動に及ぼす影響と水温変化の特徴について調べ、さらに 3 次元流体モデルの適用に関する問題点を検討した。

2. 観測方法

本研究では湖内の流動特性を把握するために、図 1 に示す A, C, D 地点で水温と流速の計測を行った。小型水温計 (ONSET 社製, TIDBIT) を水深 0m から 20m まで 1m ごとに設置して水温鉛直分布を計測した。また、水深 0.5m, 1.5m を電磁流速計 (JFE アレック社製, COMPACT-EM) で、水深 3m から 60m までの範囲を超音波流速計 (RDI 社製, ADCP) で流速鉛直分布を計測した。また、B 地点における風速・風向の自動観測データ (東京都水道局) を用いた。観測期間は 2009 年 6 月 13 日～10 月 9 日である。

3. 風と湖流の特性

貯水池に吹く風の傾向をみるため、2009 年 7 月～10 月の B 地点における風向・風速の特徴を調べた (図 2)。西から吹く風と北東から吹く風にはほぼ分かれる傾向を示している。図 1 より、地形の曲がり具合が散布図による風の傾向と類似しているが、上流から吹く西風は北西から南西まで約 90 度の風向変動が見られ、上流部で 2 つの入り江が合流している影響があると考えられる。このように周囲を山に囲まれた貯水池では、風の分布が地形の影響を受けていると推察される。

図 3 に 7 月 12 日～15 日の風速 (B 地点) と水温変化 (C 地点) を示す。下流方向の風 (西風) の吹く時間では等水温線が上昇し、上流方向の風 (東風) の吹く時間は下降しており、風に対



図 1 小河内貯水池の平面図と観測地点

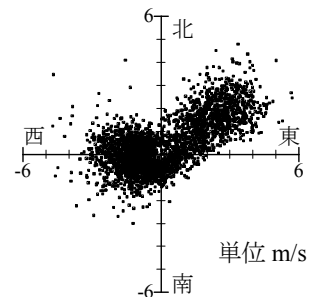


図 2 風速の散布図 (B 地点, 7~10 月)

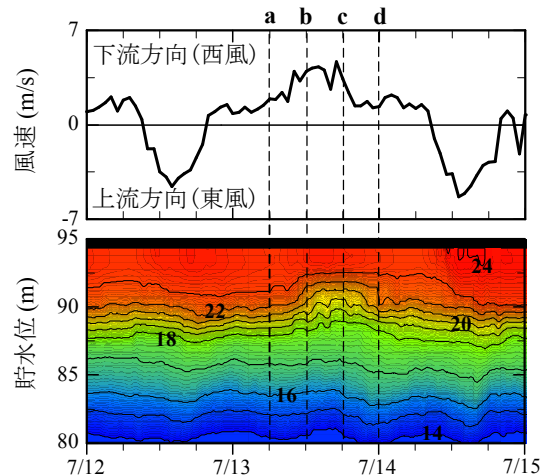


図 3 風速時系列図, 水温コンター図

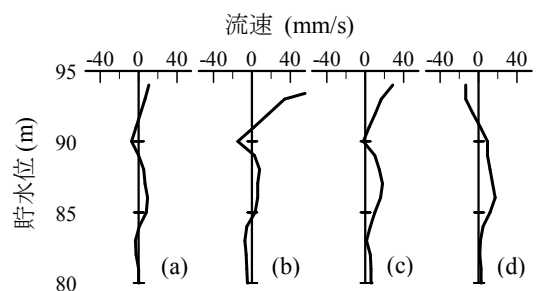


図 4 流速鉛直分布 (C 地点: +が下流方向)

キーワード 貯水池, 地形, 風, 水温変動, 流動, 3 次元流体モデル

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL 042-677-1111

応して水温が変動していることがわかった。図4に7月13日の6時間おきの流速の鉛直分布を示す。表層の流速は風速変動と対応しており、6時(a)、12時(b)、18時(c)に下流方向の流れ(東向き+)、24時(d)には上流方向の流れが発生している。以上より、下流方向に吹く風が強い時間では表層の温水が下流に流され、温水層が薄くなって下層の冷水が表層付近まで到達していると考えられる。また、風が弱まると下流に流された表層の温水が戻り、再び温水層の厚みが増していると考えられる。

図5に地点ごとの表層流向と風向の変化を示す。①の9時ほどの地点でも風と同様に下流に流れている。②の12時になると風が上流に変化し、全地点で転流する。③の15時はC地点で風向と同じ上流方向の流向だが、A地点では風とは逆方向に転流している。これは15時までに上流に吹き寄せられた表層水が分画フェンスによって遡上を遮られ、逆流し始めたものと推察される。また、D地点では北方向に転流している。これは貯水池幅が広い地点では風の空間分布が異なり、3次元的な流れが生じやすいためと考えられる。

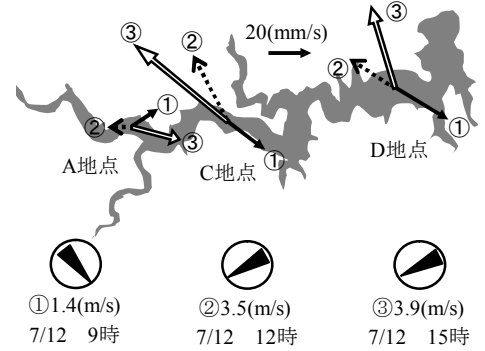


図5 表層流向(A, C, D地点)と風向(B地点)

表1 3次元流体モデル¹⁾²⁾の概要

基礎方程式	Navier-stokes式
顕熱・潜熱フラックス	近藤のバルク式
乱流モデル	LESモデル
境界条件	気象・流入・流出データ
グリッドサイズ	50 (m)
タイムステップΔt	20 (sec)

4. 3次元流体モデルを用いた再現性の検討

次に、3次元流体シミュレーション(表1, 図6)により、風の効果について調べる。従来の3次元計算では、3次元グリッドで作成した貯水池地形に一樣風を与えることが多く、これをCase1とする。一方、2次元計算では軸方向に縦断面をとったグリッドを使用するため、ここではCase1の地形を軸方向に直線化した2次元的なグリッドを作成した。これに風を軸方向に与えた(Case2)。

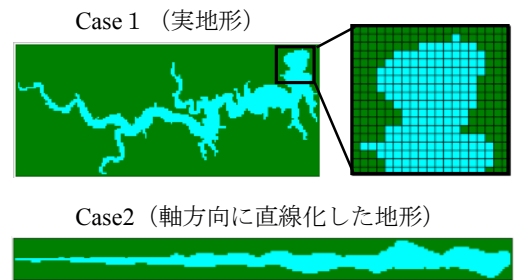


図6 計算に用いた地形

図7に水深5mの水温変動を示す。観測値では水温が18度から21度まで変動しているが、再現性はCase2の方が高い。また水温躍層位置もCase2の方が実測値との誤差が少なかった。図8に流速鉛直分布を示す。観測値では表層に風による吹送流が、その下部(90m付近)には逆流が生じているが、Case2は値が大きくCase1の方が適合性が高い。このように3次元的な実地形に一樣風を与えた場合は、水温分布の再現性が低いものの、流速は比較的良好に計算され、直線化した地形では逆の傾向になり、どちらも現地水温・流れを正確に表すのは難しいことがわかった。

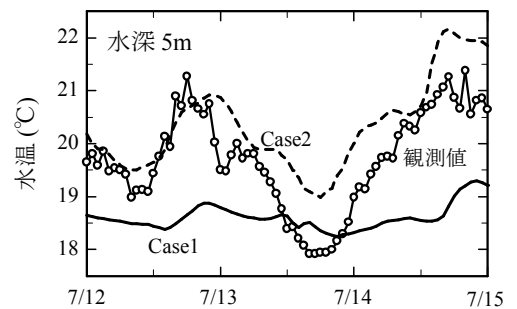


図7 水深5mの水温変動(C地点)

5. まとめ

現地観測により、山間部の貯水池では地形の影響で複雑な流動が発生し、水温変化に影響を及ぼすことがわかった。また、シミュレーションの結果より、貯水池において3次元流体モデルを使用する際には、分岐や湾曲を考慮した地形で風の空間分布を考慮した設定が必要であると考えられる。

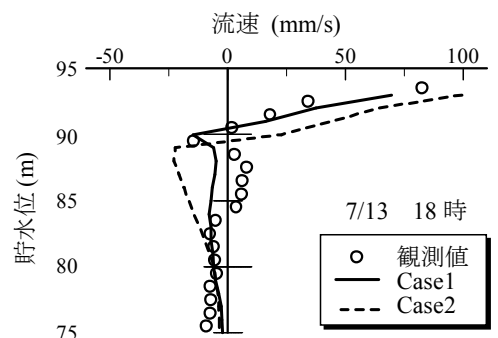


図8 流速鉛直分布(C地点)

1)新谷哲也, 中山恵介: 環境流体モデルを目的としたオブジェクト指向型流体モデルの開発と検証, 水工学論文集, 第53巻, pp.1267-1272

2)http://www.comp.tmu.ac.jp/shintani/