

白河市南湖の底層 DO に及ぼす吹送流の影響に関する試算

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○秋山 祐介
日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進

1. 目的

湖沼や閉鎖性海域における底層 DO（溶存酸素濃度）の枯渇，すなわち底層の貧酸素化は富栄養化の原因となり得るリンの溶出の助長や底棲生物の死滅などの問題を引き起こすことがあり，本研究で対象とする福島県白河市の南湖でも同様の問題が指摘されている．南湖には河川流入がなく，基本的には灌漑のために流入出する農業用水のみが湖内流速場を形成する停滞性の水域であり，底層 DO の枯渇の原因の一つと推定されるが，一時的にでも底層 DO の回復が見込まれる可能性の一つとして吹送流による混合が考えられる．本研究では，準 3 次元モデルを用いた解析により，吹送流場が底層水の停滞解消に及ぼす効果について検討したものである．

2. 解析方法

吹送流の数値計算には静水圧近似の準 3 次元モデルを用いた．南湖の地形図を元に水平方向には 5m×5m 格子とし，水深は最大で 1.8m 程度であることから，表層から 1.6m までを 0.2m 間隔で 8 等分し，それ以深を第 9 層とした．表層には風によるせん断応力を与えて吹送流を発生させた．風の条件は福島県白河市のアメダスのデータを元に，代表として一番長く風が吹いていた南南西の風の 3.5m を使用した．今回の計算では，同じ風が 12 時間程度吹き続けたものとして扱う．初期条件として第 1 層および第 2 層に，DO を模擬した中立トレーサーを濃度 100 として配置したうえで吹送流を発生させた．これによって，昼間に表層で光合成により発生した DO が夜間から明け方にかけて底層に流送されることによって，底層における DO の枯渇を抑制する可能性について検討した．南湖においては浮遊水生植物の繁茂が底層 DO の低下の一因となっていることが指摘されているが，この効果を反映するため，植物の繁茂が多いとされる北西側の領域のみ吹送を受けてもせん断応力が作用しないように設定した計算も行った．

3. 解析結果

南南西の風が吹いた場合の水生植物が繁茂している場合と繁茂していない場合の表層，および底層の流速図を図-1 に示す．水生植物が繁茂していない場合は，表層の吹送流は風の方角とほぼ同じ流れ方となっており，底層では，湖沼壁面で押し下げられた水が動いているため，表層とは逆向きに流れている．水生植物が繁茂している場合は，表層では水生植物が繁茂していない湖沼右側は風と同じ方向に吹送流が流れているのが見て取れるが，水生植物が繁茂している湖沼左側は，風によるせん断力が作用しないため，水生植物が繁茂している場所としていない場所の境界付近で流れが渦となっている．底層では，湖沼右側はほぼ水生植物なしの場合と同様の流れ方をしているが，表層の流れが渦となっている場所ではその流れに引っ張られるように流れていることがわかる．

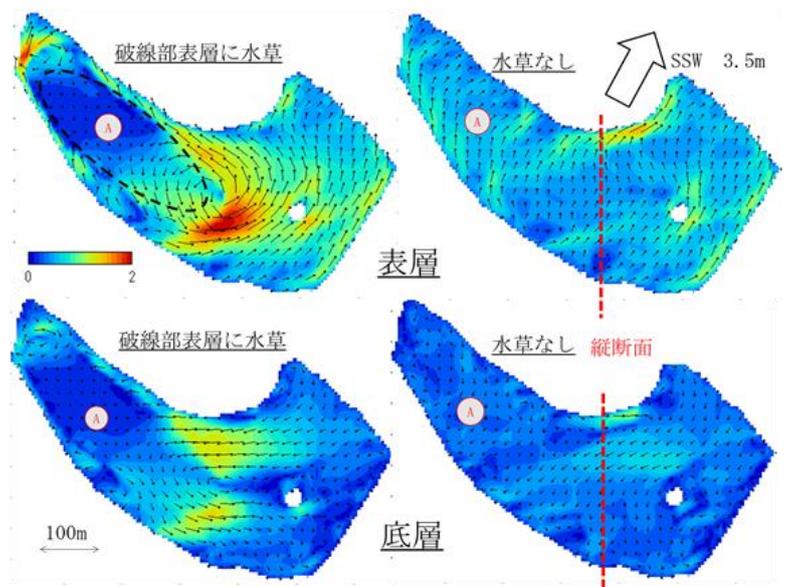


図-1 流速図

キーワード 底層貧酸素，吹送流，水生植物

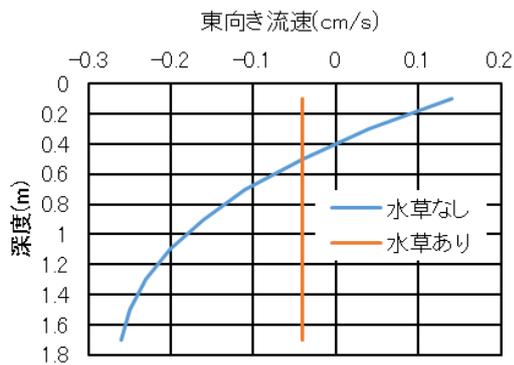


図-2 A点での東西流速の鉛直分布

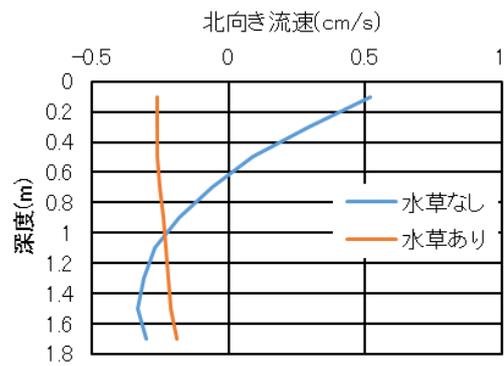


図-3 A点での南北流速の鉛直分布

次に、図-1のA点での水生植物が繁茂している場合と繁茂していない場合の東西方向および南北方向の流速の鉛直分布を図-2および図-3に示す。これらから、水生植物が繁茂していない場合では深度が深くなるにつれ、壁面で押し下げられ戻ってきた水によって東西方向および南北方向への流れの方向は逆となっており、流速は表層では東向きに0.14cm/s、北向きに0.52cm/sで、底層では西向きに0.23cm/s、南向きに0.31cm/sとなっている。それに対して、水生植物が繁茂している場合は、風によるせん断力が働かないため吹送流が発生せず、壁面で戻ってくる水はほとんどない。流速は、表層から底層まで西向きに0.04cm/s、南向きに0.22~0.26cm/sと、水生植物が繁茂していない場合に比べて小さい。

また、図-1のA点での時間による表層、および底層のトレーサーの濃度の経時変化を図-4に示す。これによれば、水生植物が繁茂していない場合は約5時間後から大きく変化し始め、最終的に表層の濃度は5程度となり、底層の濃度は67まで上昇した。水生植物が繁茂している場合、流速は水生植物が繁茂していない場合よりも小さいため、底層の濃度変化が大きくなり始めたのが約9時間後であり、最終的に表層の濃度が66、底層の濃度が8と、あまり変化が見られなかった。

最後に、図-1の赤色の破線を代表断面とし、水生植物が繁茂していない場合で、代表の風を12時間程度連続して吹かせた場合のトレーサー濃度の経時変化を表した断面図を図-5に示す。時間の経過とともに吹送流で表層のトレーサーが北側へ流され、壁面で押し下げられることで底層へも拡散していくのがわかる。しかし、12時間後でも、南側の濃度はほぼ0となっており、湖沼全体へは拡散しきらないことがわかる。

4. まとめ

平時の風では湖面表層の水が湖沼全体へ行き渡らないため、底層DOの回復は難しいことが確認された。また、表層に水生植物が繁茂している場合、吹送流が抑制されるため、底層DOの回復はさらに難しくなることがわかった。

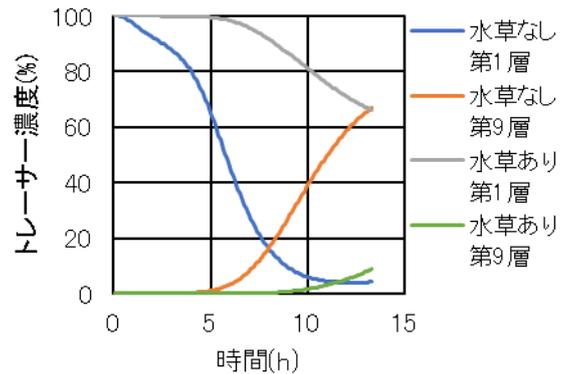


図-4 A点でのトレーサー濃度経時変化

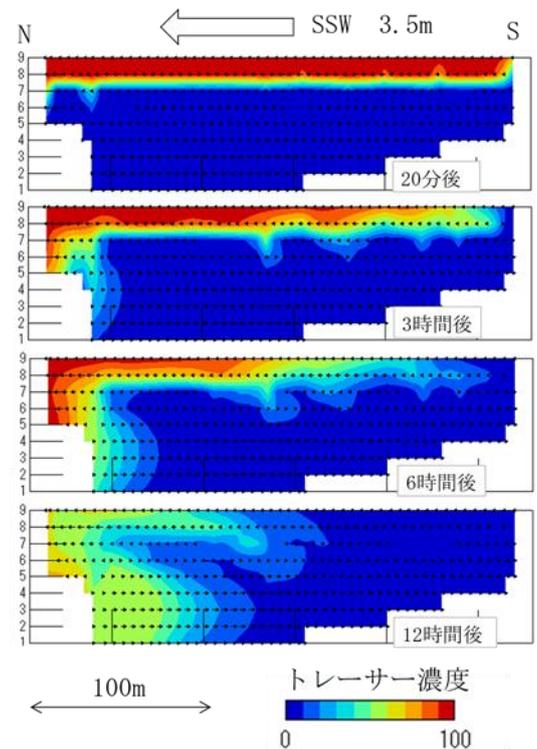


図-5 断面図