

中国太湖における風によるアオコの移動に関する数値シミュレーション

九州大学工学部 学生会員 ○喜多村晃平
山口大学大学院理工学研究科 正会員 朝位孝二
上海交通大学環境科学与工程学院 張 振家

九州大学東アジア環境研究機構 郝愛民
九州大学大学院工学研究院 正会員 久場隆広

1 はじめに

近年、中国の太湖ではアオコが頻繁に発生し、水資源の利用に深刻な支障を与えている。この問題を解決するためには、アオコの発生源対策を可能な限り講じる必要があるが、太湖のような浅くて広大な水域においては種場から発生したアオコ及びその集積作用のみで、広範なアオコを形成する可能性がある。このような現状において栄養塩削減対策のみではアオコの除去対策は望めない。アオコは主に藍藻類の植物プランクトンが大量に増殖したものであり、風速及び風向の条件はアオコの移動にとって主な動力要因である。また、アオコは栄養塩を吸収しながら水面近くに浮いているため、対象水域の地形や気象条件等を踏まえた物理的集積作用は、流動特性及び集積域の挙動を把握する上で重要である¹⁾。さらに、移動特性を捉えることができれば、アオコ回収量の算定を科学的、理論的な知見で行うことが出来る。そこで、本研究では、太湖のアオコの移動特性及びその集積域を明らかにすることを目的とし、太湖の地形条件と気象特性を考慮し、3次元流動モデル ODEM による集積場所の計算を行った。また、計算結果と衛星画像、現地調査結果とを比較してモデルの正確性について検討した。

2 太湖の概要



図1 太湖の地形

太湖は東経 119°53'32"~120°36'10"、北緯 30°55'40"~31°32'58"、湖面面積 2338 km²、最大水深 2.6 m、平

均水深 1.89 m である。北部は無錫、東部は蘇州、南部は湖州、西部は宜興の 4 都市に囲まれており、南西部には主流入河川、東部には主流出河川がある(図 1)。太湖周辺の地形は西部と北部の標高が少し高くなっており、それに比べ東部、南部が低くなっている。太湖は季節風気候に属し、年平均気温 15~17℃であり、冬季は乾燥寒冷、夏季は高温多湿、総降水量の約 60%が 5~9 月に集中する。

3 太湖表面の風速、風向

湖沼の風向、風速の気象条件はアオコの移動を解析する上で最も重要な要素である。太湖の風向頻度と風速の統計によると¹⁾、風向の割合は南東風が年間風向頻度の 39.5%を占めている。また、年平均風速は 3.6 m/s で、0~3.3 m/s の低風速が多く、年間風速出現頻度の約 54.2%を占めている。本研究に用いた 2011~2012 年の太湖周辺の 4 都市の風向及び年間平均風速の結果も風向は南東風の頻度が最も多く、風速は上述と類似した。図 2 は例として本研究で統計した 2012 年の蘇州市(太湖東部)の風向頻度を 8 方向で示したものである。

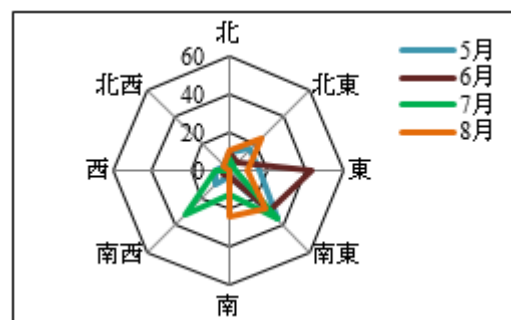


図2 アオコ発生期における蘇州の風向頻度

4 解析方法

本計算に用いた数値計算法については開発された 3次元流動 ODEM (Osaka Daigaku Estuary Model) モデル²⁾を基に太湖でのアオコの移動の挙動を解析するため、粒子移動計算ルーチンを新たに追加し、水平方向には矩形の計算メッシュ、鉛直方向にはレベルモデルを採用している。また、本研究ではアオコは水

面に常に存在するものとしたため浮力効果は取り扱わなかった。基礎方程式として 3 次元レイノルズ方程式と非圧縮性流体の連続式を用いた。

計算区域内の水平方向の計算格子については太湖水域を $70 \times 70 \text{ km}$ で表し、格子間隔は 1 km とした。鉛直方向には 0.5 m 厚で 6 層に分割した。地形条件及び水深を入力し、前述したように太湖の実際の年平均風速は 3.6 m/s 、アオコの発生期で最も割合が多い南東風を計算条件として入力した。アオコを粒子群として表し、表層に配置した。粒子の初期配置場所は 2013 年 7 月に太湖の衛星画像でアオコが確認された東太湖、西部沿岸の 2 箇所に粒子を初期配置し、数値計算による解析を行なった。

5 解析結果

東太湖と西部沿岸を発生源として風速 3.6 m の南東風を作用させ、8 時間ごとにアオコの移動場所を示したものが図 3 (a-d) と図 4 (a-d) である。

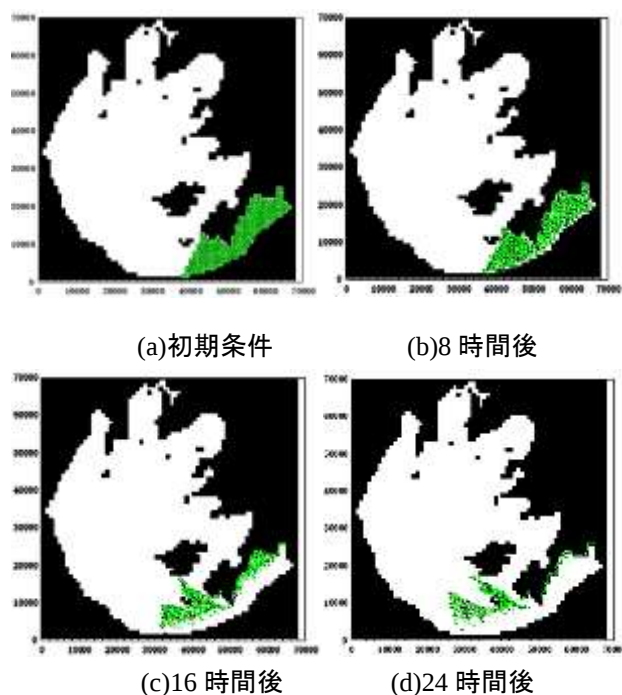


図 3 東太湖水域での南東風下のアオコ移動

東太湖水域では南東風的作用下で、初期には表面流場が東太湖の北部沿岸へ寄せられ集積しているが、その後、吹送流により比較的速いスピードを保ちながら北西方向へ移動していることがわかった。

西部沿岸では南東風的作用下で、表面流場がほとんど西部沿岸の付近で寄せられ、湖岸に集積した状況になると予測できる。また、東太湖で発生し、吹送流の影響を受けながら移動してきたアオコと合流し

西部沿岸部に集積したと予測できる。

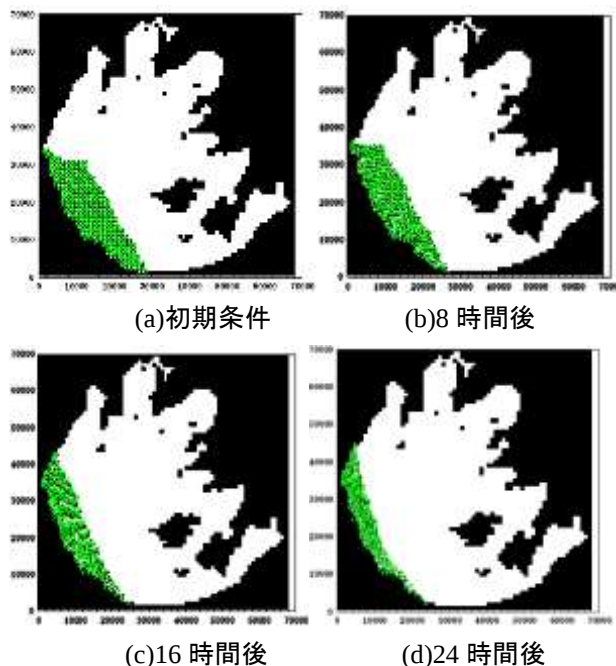


図 4 西部沿岸水域での南東風下のアオコ移動

西部沿岸では東太湖と比較して、初期の配置場所からあまり移動していない。これらの過程から西部沿岸やその延長上の梅梁湾水域がアオコの集積域になっていると推察された。

6 まとめ

太湖において南東風の吹送流作用下で東太湖では北西方向へ吹送流が形成され、アオコが北西湖岸に集積される解析結果になった。この結果は、東太湖の北西湖岸沿岸で吹送流に伴ってアオコが風下側に移動して湖岸に集積する過程を示している。また、このシミュレーション結果は現場調査結果と同様な現象が表せたことからこのシミュレーションの正確性が示された。

参考文献

- 1) 崔広柏, 劉凌, 姚琪ら: 太湖流域一富栄養化控制機理研究, 中国水利水电出版社, pp.19-26, 2009
- 2) 田中昌宏, 石塚正秀, 竹下彰, 水鳥雅文, 中辻啓二: 沿岸海域流動モデルの計算精度と問題点の把握, 土木学会海岸工学論文集, Vol.46, pp.456-460, 1999

謝辞

本研究は九州大学百周年記念事業と三菱商事の助成により行われたものである。ここに感謝の意を表する。