

はじめに

湖の混合は湖水中の物質の再分配を通して、メタンなどの温室効果ガス交換や湖内環境に影響を与える重要なプロセスである。混合には2つの制御要因が知られている。1つ目は大気から湖への運動量輸送であり、湖表層と深層の流速差で混合が生じる。2つ目は湖水の水温成層状態である。表層が冷却され不安定状態になると密度差により対流が生じて混合する。一方、安定状態では混合が抑制される。これまでの大気-水面間のフラックス研究は海で多く行われてきたが、近年では湖でも行われている。湖は海に比べ浅く、対岸までの距離である吹走距離が短い。また水生植物が存在する。これらの影響により水面の波立ち方は湖と海で異なり、それに伴い輸送効率は異なってくる事が考えられる。

本研究では湖特有の要素が運動量輸送に及ぼす影響を明らかにし、運動量輸送と水温成層が湖水混合へ与える影響を示すことを目的とした。

方法

観測は長野県諏訪湖の南東部にある栈橋上で実施し、気温、風速風向などの気象と、水温、水位、流速流向などの湖内環境、渦相関法による運動量フラックスの測定を行った。運動量フラックス τ は以下の式で表される： $\tau = \rho_a C_D U^2$ 。ここで、 ρ_a は空気密度、 C_D は大気から湖への運動量の輸送効率を表す運動量輸送係数、 U は風速である。運動量輸送係数を観測した運動量フラックスと風速を用いて上式から逆算により求め、その変化の要因を調べた。また水温、溶存酸素濃度などの観測データを用いて、水温成層状態が混合に及ぼす影響を調べた。解析には2018年1月1日～2019年8月31日のデータを用いた。

結果と考察

湖内の成層状態は湖表面の熱収支に応じて、夏

に安定、冬に混合している様子が見られた。夏の水生植物の存在も日射透過と流速を減少させ安定成層を強化している可能性がある。日内においては、混合は風速増大時や夕方の湖表層水温の低下に伴い生じていた。

風速に対する運動量輸送係数の変化は外洋における先行研究と同様に、高風速時で波高増大により増加していた。また湖における輸送係数は海よりも大きかった。これは浅瀬に波が近づくほど、また吹走距離が短いほど波の傾斜が大きくなり輸送係数が増加するためだと思われる。実際に、諏訪湖における輸送係数は吹走距離が短い風向において大きいことが示された。

諏訪湖では7-9月頃にヒシやクロモなどの水生植物が繁茂し、波高制限が確認できた。しかし輸送係数には波高制限による低下は見られず、水生植物の存在が輸送係数を減少させることを示した先行研究とは異なる結果であった。諏訪湖では水生植物が波高制限に加えて、波の傾斜を増大させることで輸送係数が小さくならなかったのではないかと考えた。

湖水の水温成層状態が混合に及ぼす影響については、表層の酸素が混合の発生により深層へ供給されることから、水温、溶存酸素濃度などの日変化より確認した。例えば風速が増大し同程度の運動量輸送であっても湖水の水温差が大きいと深層への酸素供給が小さく、安定成層の強さにより混合の程度が異なることが示された。

以上の結果より、運動量輸送に対して浅瀬や吹走距離といった地形的特徴は、先行研究と同様に波立ちに影響を及ぼし運動量輸送係数を変化させることが分かった。しかし、水生植物の存在が及ぼす影響は明らかにできなかった。これを解明するためには、水生植物が波の傾斜に与える影響について、波高だけでなく波形の観測を加え複合的に考える必要がある。