

モデルを用いた諏訪湖の熱環境の再現及び気候変化に対する応答評価

17SS602J 小林 大曙

1. はじめに

気候変化に伴う湖の熱環境の変化は、大気-湖間の熱及び物質交換の変化を通じて、湖周辺地域の大气だけでなく、地球規模の炭素循環にも影響を与えることが考えられる。これまでに、深い湖では、長期間の水温観測やモデル研究により、気温上昇に伴う成層期間の延長と深層の貧酸素化の進行が指摘されている (e.g., Schwefel et al., 2016)。一方で、夏季の成層状態が風速の影響を強く受ける浅い湖では、気候変化に対する湖の熱環境の応答を定量的に評価した研究例は少なく、将来の熱環境の変化について十分に議論されていない。そこで、本研究では湖モデルを用いて、浅い湖である諏訪湖の熱環境の再現と気候変化に対する応答を明らかにした。

2. モデル

本研究で利用した湖モデルである LAKE2.0 (Stepanenko et al., 2016) は、気象データ、湖内外への流入出水量及び流入水温データから、鉛直一次元方向の大気-湖間の熱交換と湖内の熱拡散を計算する流体力学モデルである。

2015年9月から2016年7月までの期間を対象として、湖心の水温プロファイルの観測値（提供：信州大学山岳科学研究所、宮原氏）と湖岸での渦相関法によるフラックス観測値からモデルパラメータを調整した。パラメータ調整後、モデルによる18年間の水温プロファイルの再現性の検討とモデルの感度実験を行った。感度実験では、現在（2015年9月から2016年7月）よりも気温を $+1^{\circ}\text{C}$ から $+4^{\circ}\text{C}$ 、風速を -10% から $+10\%$ まで変更した場合の湖の熱環境の応答を調査した。

3. 結果と考察

3.1 モデルの改良と妥当性の評価

デフォルトのモデルは、特に成層が強くなる夏季の水深5.0m以深の水温変化を再現できなかった。このことから、モデルが湖水混合を過小評価していると考え、観測した乱流フラックスから運

動量、熱及び水蒸気輸送に対する粗度長を逆算し、粗度長の計算式中のパラメータを最小二乗法により調整した。さらに、湖底粗度長を湖底水温の感度実験から調整した。以上の操作によって、モデルによる水温プロファイルの再現性が向上した。また、モデルによる顕熱フラックス (H) と潜熱フラックス (λE) の再現性は、良好であった。

3.2 過去18年間のシミュレーション

表層水温及び深層水温のモデル値と観測値は似た年変化を示しており、モデルは年ごとの湖の熱環境の変化を良く再現したと考える。また、2005年から2015年にかけて、ボーエン比が小さくなった。これは、湖面からのHの減少と λE の増加に原因があると考えられる。

3.3 感度実験

気温上昇に対する応答性は、表層水温のほうが深層水温よりも高く、気温を現在よりも 4°C 上昇させると、鉛直方向の水温差はすべての月で拡大し、年平均で 0.19°C 拡大した。風速を現在よりも10%小さくすると、鉛直方向の水温差は夏に顕著な拡大を示し、7月には、月平均で 0.53°C 拡大した。夏は、湖表層が加熱され、湖水が安定化するため、風成混合の弱化による深層への熱伝達の抑制作用が大きくなり、鉛直方向の水温差の顕著な拡大がみられたと考える。

4. 結論

LAKE2.0 は、湖面粗度長式のパラメータと湖底粗度長の調整により、諏訪湖の水温プロファイルの季節変化を再現した。さらに、モデルは、年ごとの諏訪湖の表層水温及び深層水温の変化を良く再現しており、諏訪湖の短期間及び長期間の熱環境の推定に、パラメータ調整をしたLAKE2.0を用いることは有効である。諏訪湖での鉛直方向の水温差は、気温変化だけではなく、風速変化にも影響を受けた。将来気候では、弱風時に現在よりも強い水温成層が発達し、湖水の安定化によって、湖底での貧酸素化が進行する可能性がある。