

はじめに

メタン (CH_4) と二酸化炭素 (CO_2) は重要な温室効果ガスであり、これらのガスの湖からの拡散放出は地球規模の温室効果ガス収支において重要な寄与を持っている。湖からの温室効果ガス放出量の予測には、(i) 湖表層の温室効果ガス溶存濃度の制御機構の解明と、(ii) 湖と大気間のガス輸送効率のモデル検証および高精度化が重要である。

CH_4 と CO_2 は堆積物中や水中の生物学的プロセスにより生成、消費される。そして、湖水の混合の強さが表層への輸送と湖底での蓄積を制御する。本研究の第一の目的は、(i) 富栄養湖においてこれまでにない長期連続測定を実施し、表層の温室効果ガス溶存濃度の日内変動の条件による違いを解明することである。

湖と大気間のガス輸送は、風や水面冷却により生成する乱流が駆動する。しかし、水面冷却による制御は主に北方湖で報告されてきたものであり、中緯度の湖でも同様の制御が働いているかはわかっていない。本研究の第二の目的は、(ii) 湖と大気間の拡散放出モデルの検証と高精度化である。

(i) 溶存ガス濃度の動態

(方法) 諏訪湖を対象として、疎水性メンブレンによる溶存ガス抽出を利用した CH_4 および CO_2 の溶存濃度の連続測定を行った。2020年6月から12月にかけて湖沿岸で、湖表層の溶存 CH_4 、 CO_2 濃度、渦相関法によるフラックス、気象・湖内環境の連続データを取得した。連続測定の溶存 CH_4 、 CO_2 濃度は、ヘッドスペース法により手動測定した濃度で校正した。

(結果と考察) 表層の溶存 CH_4 濃度は、典型的には夜間に高くなる日変化の傾向を示した。これは対流により日中の深層蓄積分の表層への輸送が起こったためだと考えられる。9月の一部の日では数時間スケールの濃度急上昇後の急下降が見られた。そのような変化は、安定成層により蓄積量が多かったと考

えられる後や、低い溶存酸素 (DO) による酸化制限が示唆されるときに見られた。濃度上昇後の急激な濃度低下は CH_4 が高濃度になることで酸化が促進されたことに加えて、日中の DO 上昇による酸化制限の解消のためだと考えられる。表層の溶存 CO_2 濃度は、9月には日周期的な変化を示し、植物プランクトンと水生植物による光合成と呼吸を反映した。生物量が減少した10月には、湖水の混合に対応した濃度上昇パターンが卓越し、表層の溶存 CH_4 濃度と似た変化を示した。

(ii) 拡散放出モデルの検証

(方法) CH_4 について、渦相関法フラックスと表層溶存濃度からガス輸送効率を逆算し、風速と水面冷却への応答を調査した。

(結果と考察) ガス輸送効率は風速の増加に対して指数関数的に上昇した。そこでまず、水面熱収支が中立に近いときのガス輸送効率を風速の2乗で回帰した。次に、各データと回帰式との残差を計算して水面熱収支に対する応答を調べた。すると、水面冷却度が強いときにガス輸送効率が促進されるという傾向が見られた。このことから、中緯度湖においても、ガス輸送効率は風速に加えて水面冷却による制御が働いているといえる。

結論

(i) 浅い富栄養湖では深層蓄積分の表層への輸送に加え、水中の生物学的な生成、消費プロセスも、温室効果ガス溶存濃度変化に重要な影響を及ぼす。これにより、表層溶存濃度の日内変動は季節によっても変化した。(ii) CH_4 に対するガス輸送効率は、中緯度湖においても風速と水面冷却による制御が重要であることがわかった。

特に浅い富栄養湖では表層の溶存濃度が日内スケールで大きく変動するため、その変動及びガス輸送効率の変化を考慮することが湖からの温室効果ガスの拡散放出の正確な評価において重要である。