

諏訪湖における拡散およびバブルによるメタン放出の制御要因

15S6013F 田岡 作

1. はじめに

湖底堆積物中で生成したメタンが大気中へと放出される過程には、水中の拡散、バブル、植物の通気組織を通じた輸送がある (Bastviken et al., 2004). 風速が増大するとガスの輸送効率が上がり、拡散フラックスが大きくなる (Cole and Caraco, 1998). バブル放出は、堆積物中にバブルが蓄積しているという条件 (Walter and Heimann, 2000) 下で、減圧 (Kellner et al., 2006) や湖底における剪断応力 (Joyce and Jewell, 2003) といったトリガーが加わることによって起こる。しかし、バブル放出は散発的で時空間変動が大きい (Wik et al., 2013) ため、これまでのバブルトラップなどの観測では定量化と詳細な制御機構の解明が困難であった。

渦相関法は広域にわたる連続観測ができるため、時空間変動が大きいメタン放出の測定に有効である。さらに近年、渦相関法フラックスを拡散フラックスとバブルフラックスに分離する方法が提案されている (Iwata et al., 2018)。そこで本研究では、渦相関法で測定した諏訪湖からのメタンフラックスを拡散フラックスとバブルフラックスに分離し、それらの制御機構の詳細を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

諏訪湖の南東部にある栈橋上で、メタンフラックス、気象、湖内環境を測定した。メタンフラックスは、オープンバス型メタン計 (Li-7700) と超音波風速計 (CSAT3) の 10 Hz データより算出した。得られたフラックスは、Iwata et al. (2018) の方法で拡散フラックスとバブルフラックスに分離した。気象データとしては、気温、気圧、風向風速などが、湖内環境のデータとしては、水温、水位などがある。本研究では、2016年6月4日～2018年8月30日のデータを取得した。

3. 結果と考察

拡散フラックスの頻度分布は、季節によらず正規分布に近い形を示し、比較的時空間変動は小さかった。また、拡散フラックスは、午後に大きくなる平均日変化を示し、風速との正の相関が見られた。これは、風速が大きくなるほどガスの輸送効率が上がるためである。このことは、フローティングチャンパー法による測定などで既に報告されていること (e.g. Erkkila et al., 2018) であり、Iwata et al. (2018) の分離手法の妥当性を示すものである。風速の上昇への応答性は、夏のほ

うが冬よりも高く、夏のほうが冬よりも表層の溶存メタン濃度が高いためだと考えられる。

バブルフラックスの頻度分布は、0 付近の値が多い偏った分布となり、その傾向は冬のほうが夏よりも顕著であった。日内変動においては、フラックスは、冬では明け方から昼前にかけて、夏には朝から昼過ぎにかけて大きくなる傾向を示した。風速との対応では、季節によらず低風速時にフラックスのレンジが大きくなった。風速階級ごとに風速の変化傾向との対応を見たところ、低風速の階級 (風速 4 m/s 以下) では風速の上昇時にフラックスが大きくなる傾向があったが、高風速の階級 (風速 4 m/s 以上) では風速変化との対応は不明瞭であった。一方、風速階級ごとに全静圧の変化との対応を見ると、夏の高風速時には特に減圧量が大きい階級 (30 分間で -0.02 kPa 以下) でバブル放出が大きくなる傾向が見られた。両季節において明け方から昼前にかけてバブルフラックスが大きくなる傾向を示したのは、風速が弱い夜間にバブルが蓄積し、明け方から午前中に風が吹きはじめることでトリガーが加わるためだと考えられる。夏の昼過ぎの高風速時には、堆積物中に湖水の安定成層が強いために湖底への運動量輸送が小さくなり、主に減圧によってバブル放出が起こるのだと考えられる。冬においては、午後にバブルフラックスが小さくなった。これは午前中にバブルが放出された後は堆積物中のバブル蓄積量が放出量を制限するほど少なくなっていることを示唆している。さらに、冬において低気圧が通過する場合には、風速の上昇時に大きなバブル放出が起こった後は指数関数的に減少するトレンドが見られ、バブル蓄積による放出制限が裏付けられた。

4. 結論

本研究の成果は、第一に、拡散フラックスの風速との対応が季節によらず見られたことから、Iwata et al. (2018) による分離手法の妥当性を確認できたことである。第二に、バブルフラックスについては、従来圧力の閾値や剪断応力、バブル蓄積による個別のモデル化が試みられてきたが、本研究では、フラックスの日内変動について、堆積物中のバブル蓄積量が比較的多い夏では成層が弱いときには風が、強いときには減圧がバブル放出を制御し、冬では風の吹きはじめである明け方にバブルが出た後は、堆積物中のバブル蓄積量が放出量を制限するほど少なくなることが示唆された。