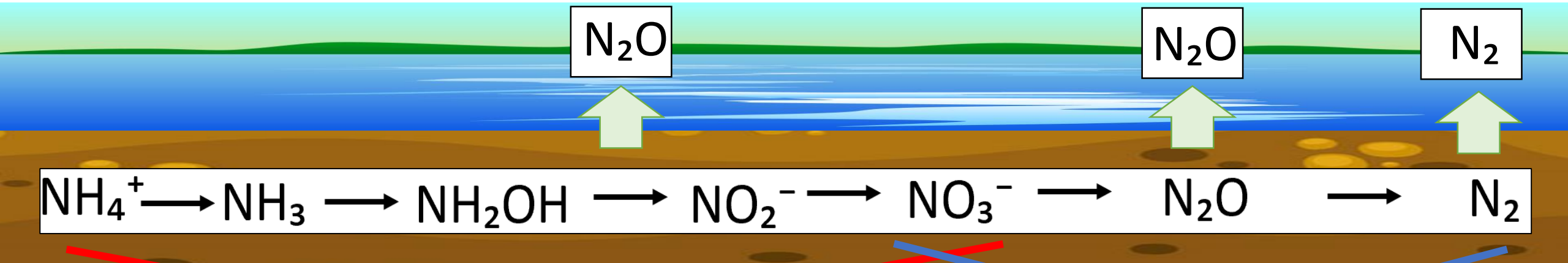


諏訪湖における一酸化二窒素の放出量の 日変化と変動要因

はじめに

➤ N₂Oは温室効果気体の1つであり、また、成層圏オゾンの破壊に寄与する



硝化 (好氣的)

脱窒 (嫌氣的)

フィンランドの湖

● 0.101nmolm⁻²s⁻¹

● 0.006~0.043nmolm⁻²s⁻¹

北海道の湖

● 0.012nmolm⁻²s⁻¹

ケバトン湖の平均

フィンランドの湖71個の放出範囲

クッチャロ湖の平均

(Huttunen et al., 2003)

(Kortelainen et al., 2020)

(吉田ら, 2011)

研究背景 目的

季節変化 { 夏季に放出が大きい (Huttunen et al., 2003)
冬季に放出が大きい (Liang et al., 2022)

日変化 { 一般的に湖からのガス放出は湖上の風速の変化や湖の混合によって日内で変化することが考えられるが
日変化に注目した研究はまだ行われていない

最終目的

現場でN₂O濃度がリアルタイムで分析できる機材を駆使して諏訪湖からのN₂O放出と溶存N₂O濃度の日変化を測定し、日変化の変動要因およびその季節間の違いを明らかにする

方法（観測サイト）

諏訪湖(長野県)

- 面積 13.3km²
- 平均水深 4m
- 横河川、砥川など
合計31の流入河川がある
- 周辺河川からの栄養塩の
流入が豊富な富栄養湖
- 夏季にはヒシが繁茂



(OpenStreetMap, 国土数値情報より引用)

方法（観測サイト）

諏訪湖(長野県)

- 面積 13.3km²
- 平均水深 4m
- 横河川、砥川など
合計31の流入河川がある
- 周辺河川からの栄養塩の
流入が豊富な富栄養湖
- 夏季にはヒシが繁茂



(Google Earthより引用)

方法（測定内容）

チャンバー測定日

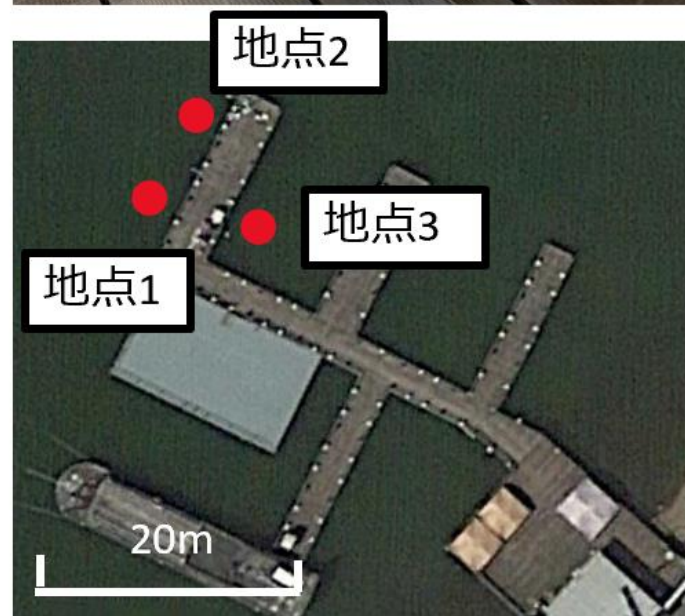
- 7月7日
 - 7月14日
 - 8月25日
 - 8月28日
 - 10月12日
 - 11月16日
- 6時～13時
- 6時～18時
- 6時～17時
- 8時～13時

全て1時間おき

溶存N₂Oも3深度で同時に観測

気象と湖内環境

- 堆積物温度
- 波高
- 風速
- 溶存酸素

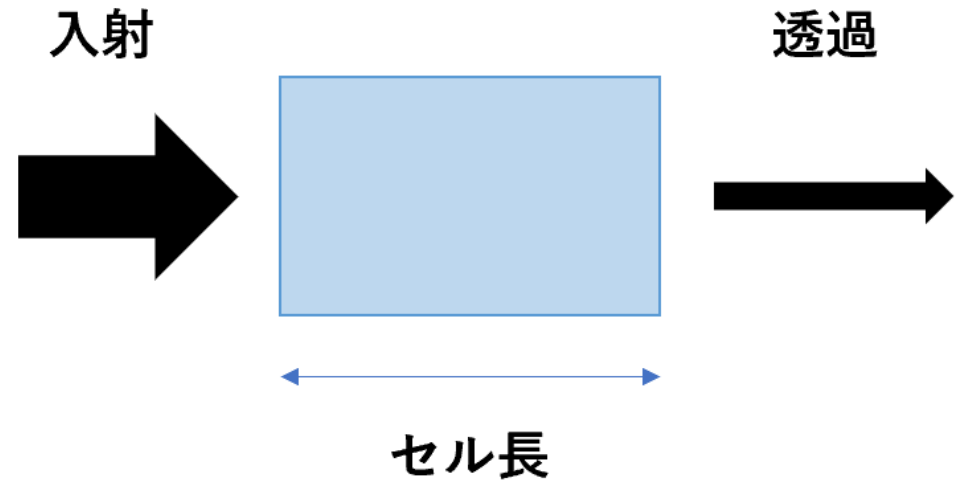


N₂O分析計「Aeris Technologies社」の概要



測定原理

- Beerの法則に基づく吸収分光法によって測定

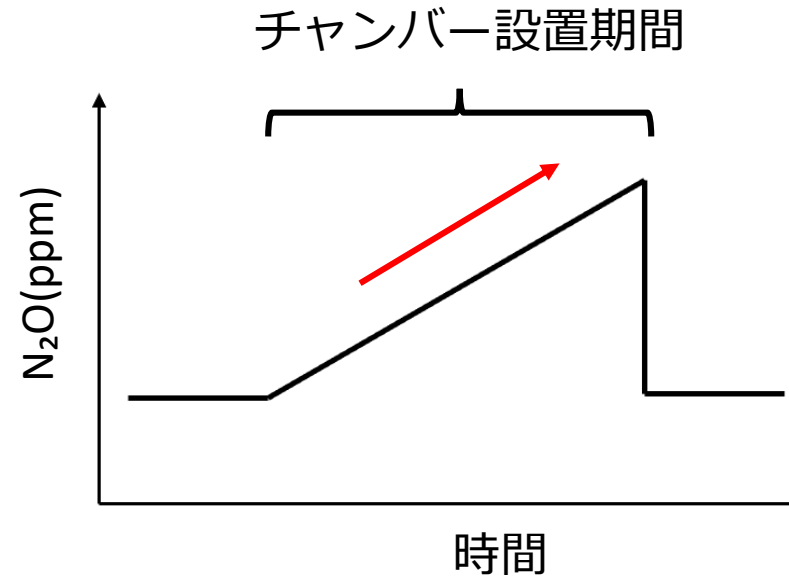
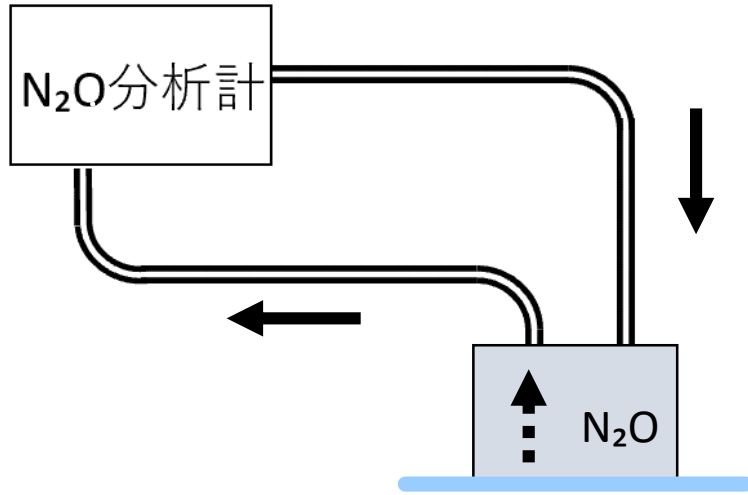


特徴

- 野外で高精度で測定することができる
- 濃度を1 Hzで測定することができる

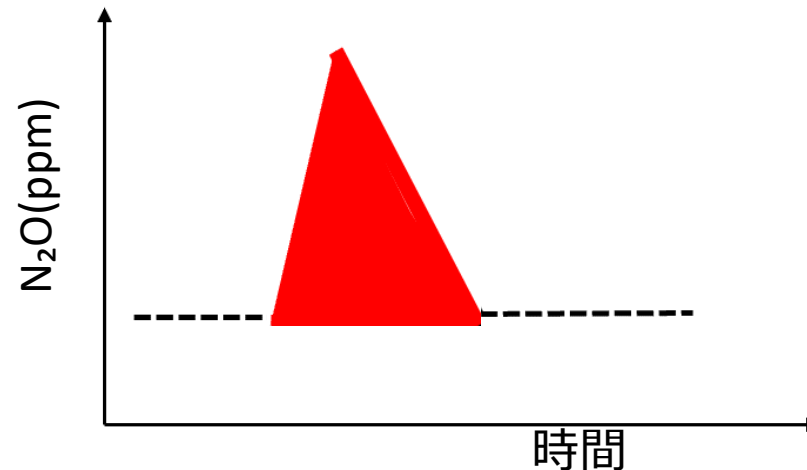
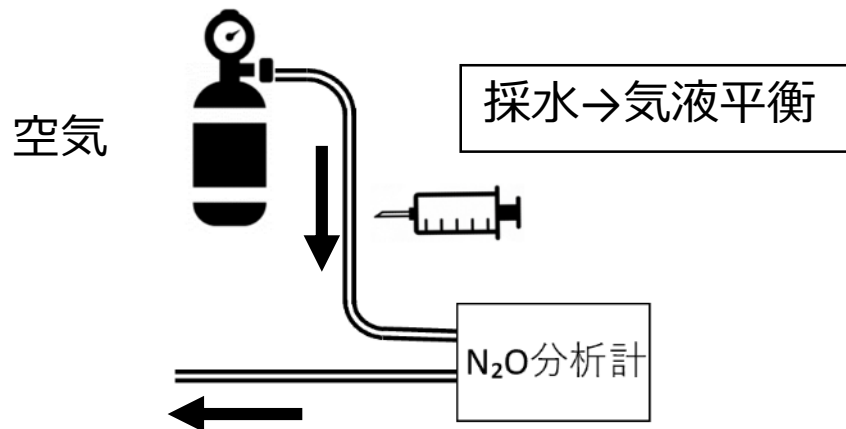
方法（測定から計算）

□ チャンバー測定時



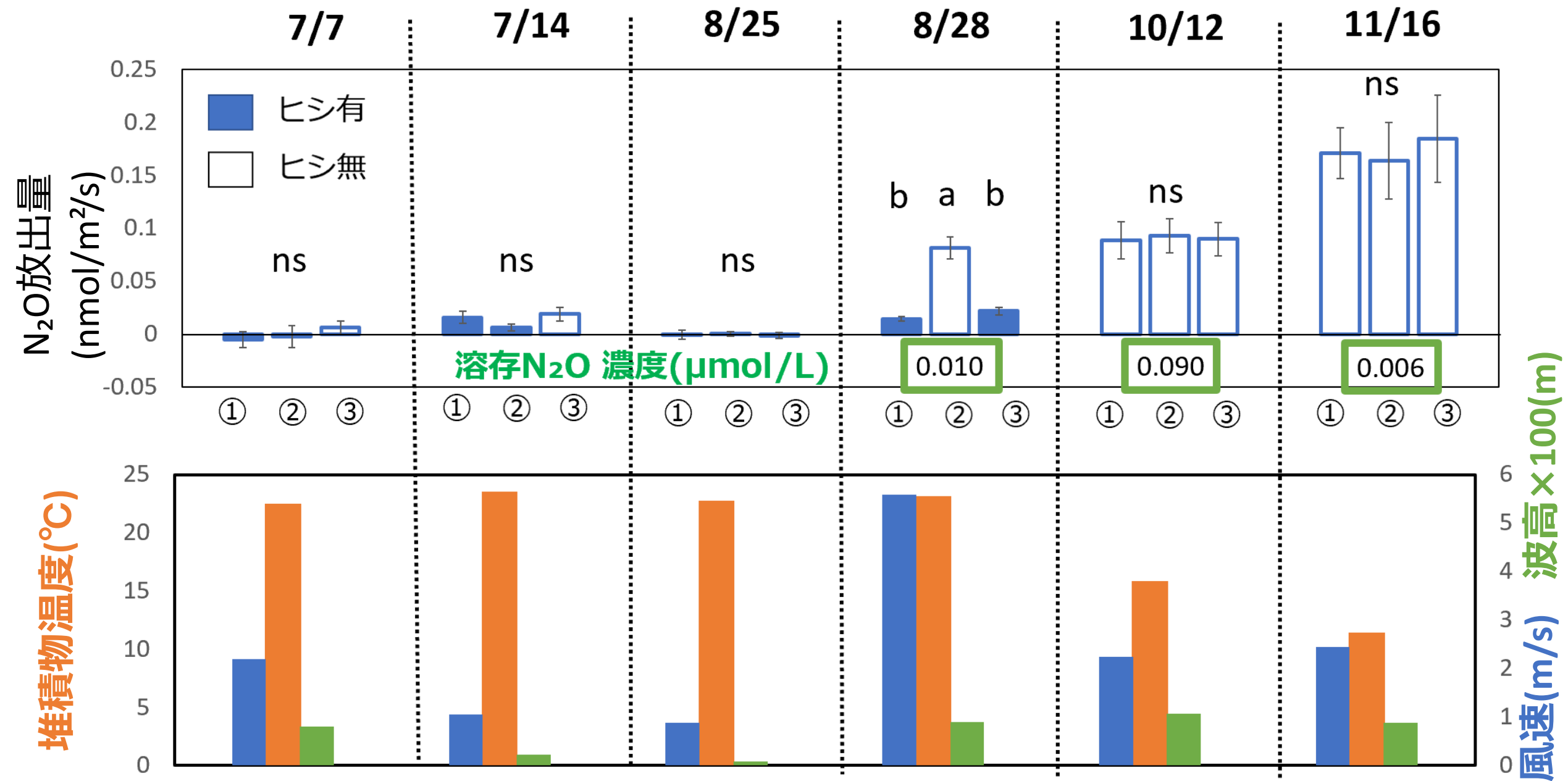
- 測定時間内の傾きから放出量を算出

□ 溶存N₂O測定時

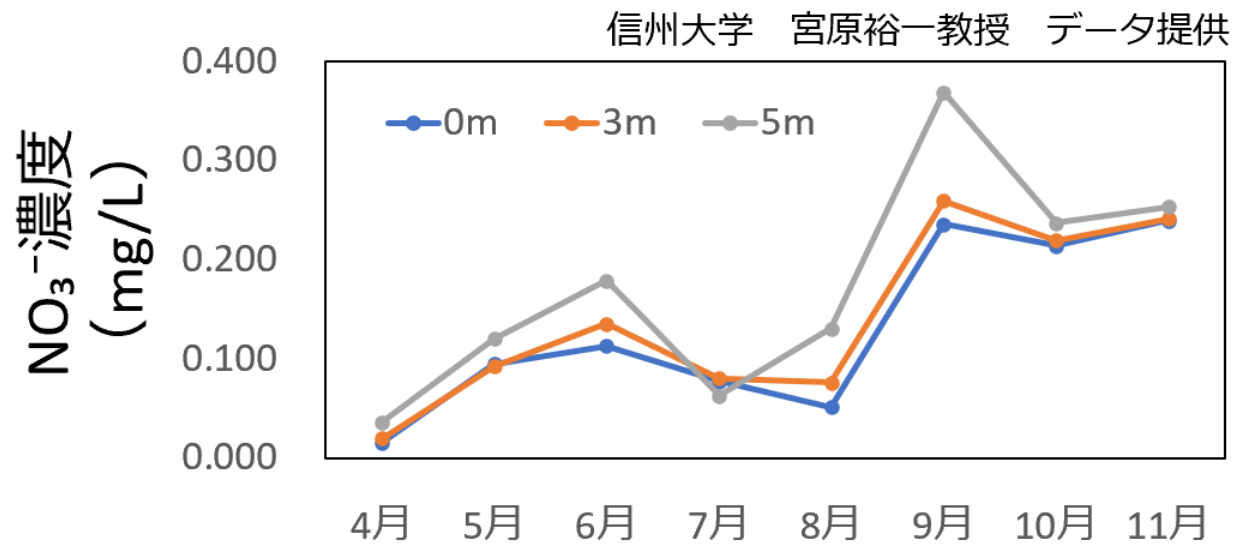
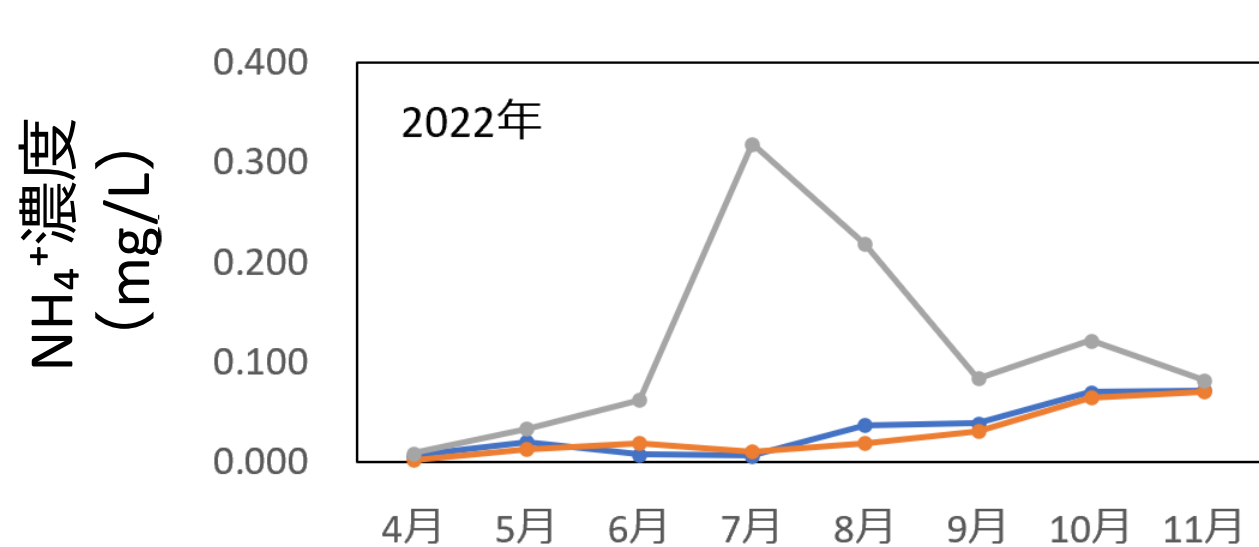
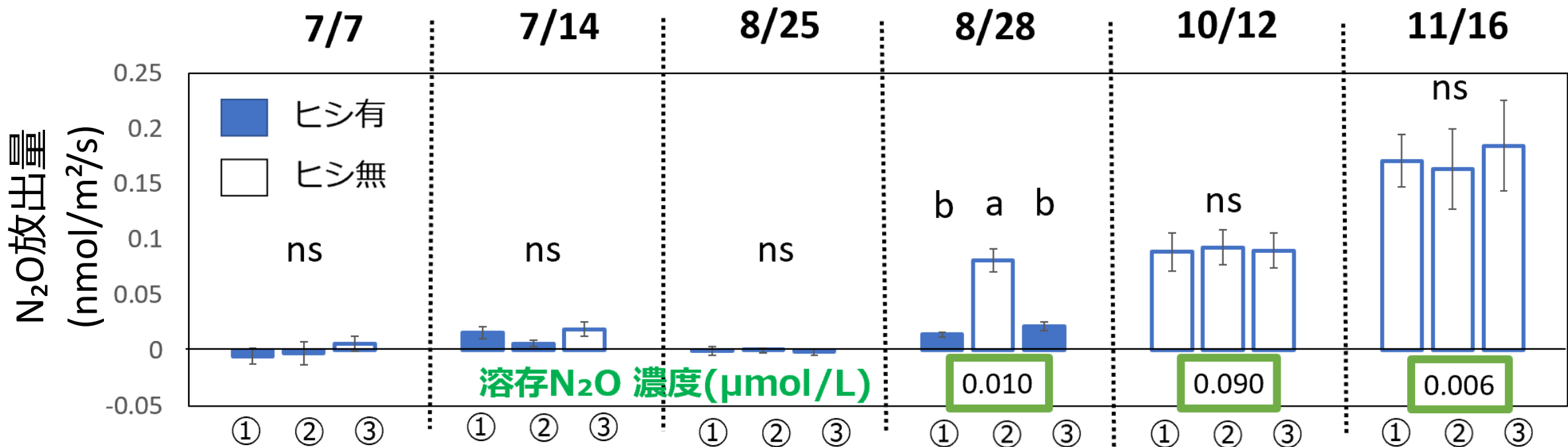


- ピークの面積を計算
- 標準ガスを用いて定量

結果 (日平均)

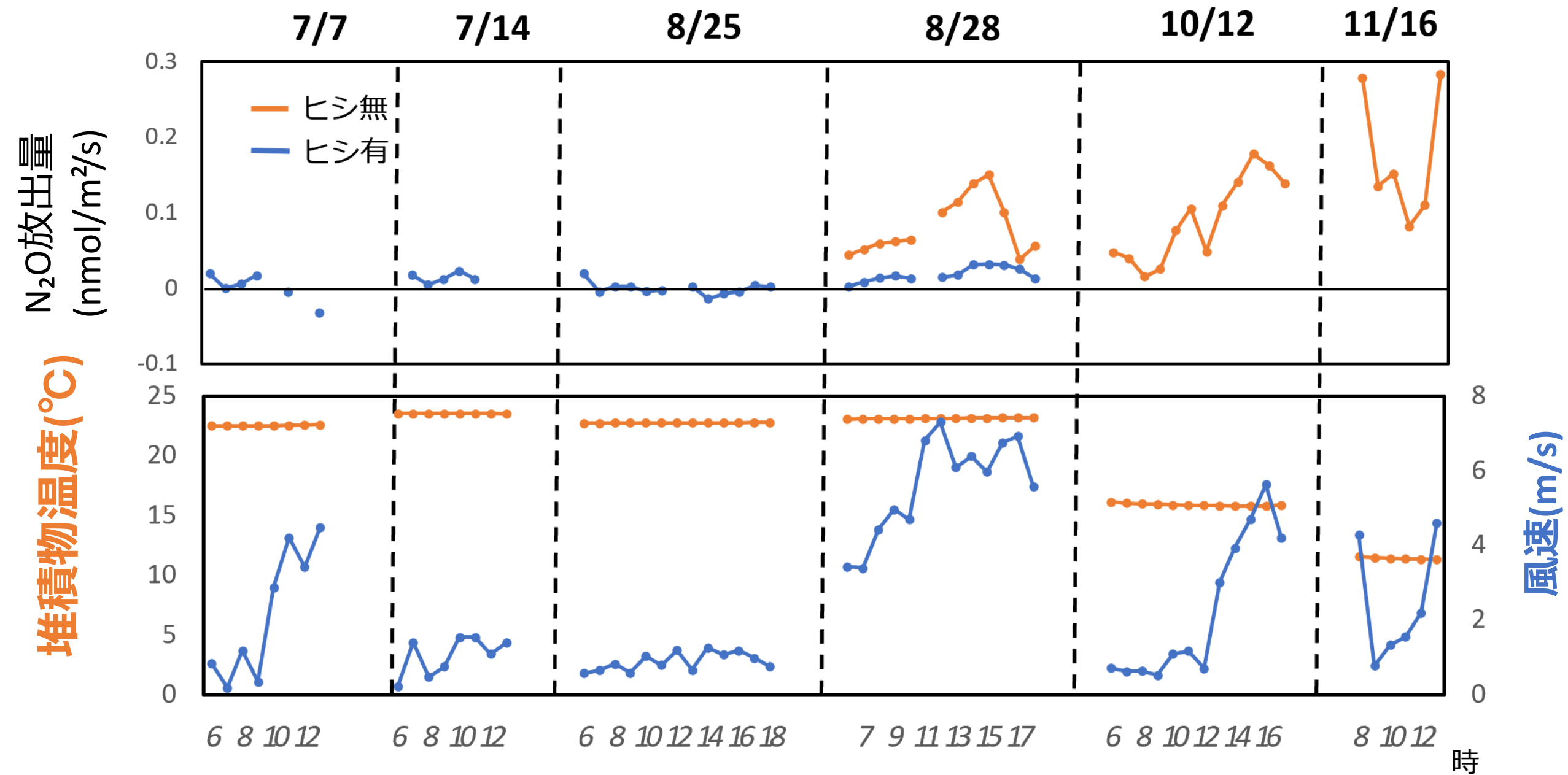


結果 (日平均)

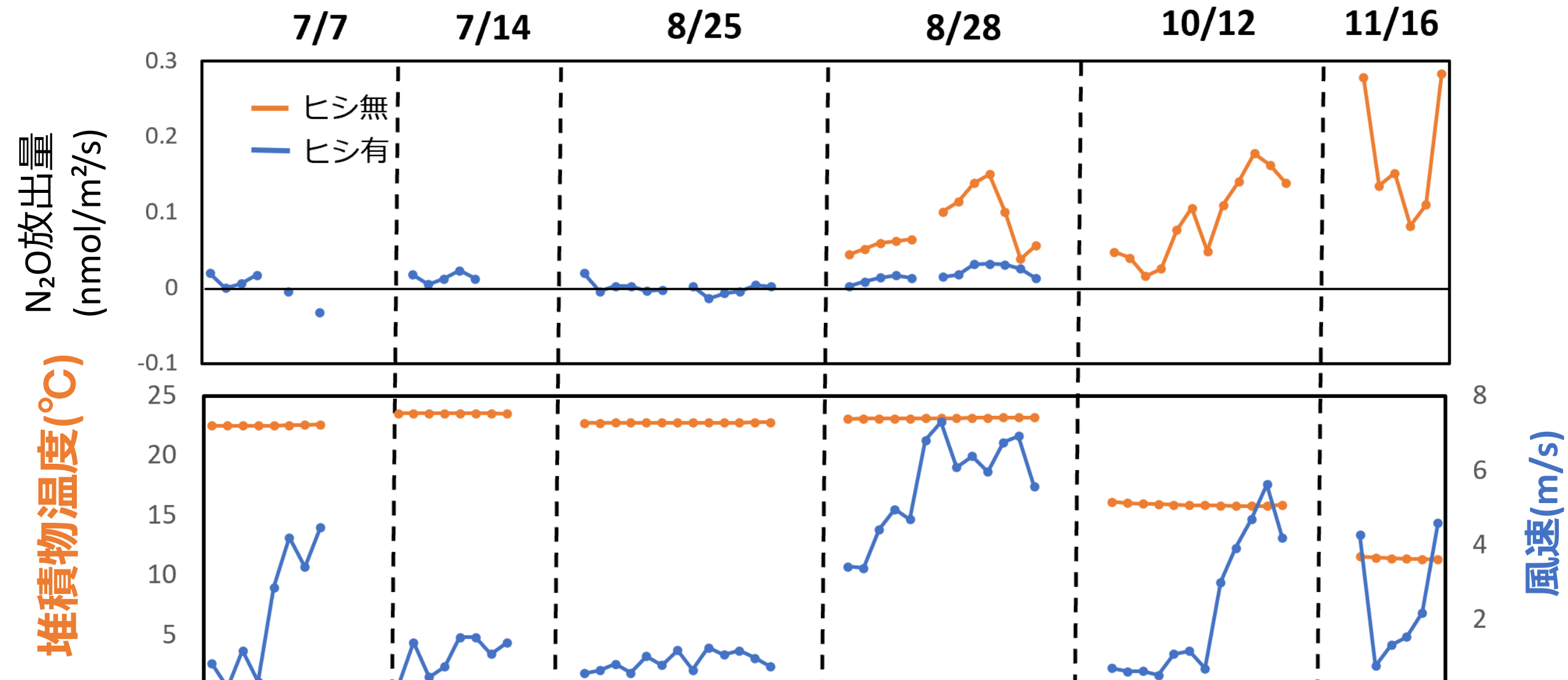


信州大学 宮原裕一教授 データ提供

結果 (日内変化)



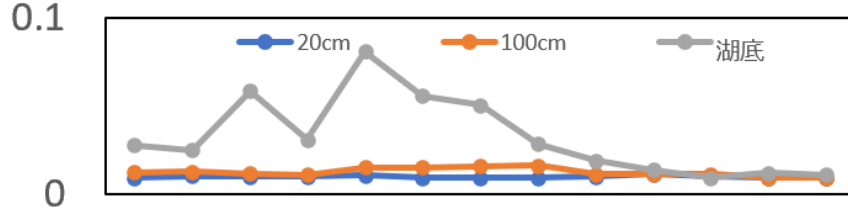
結果 (日内変化)



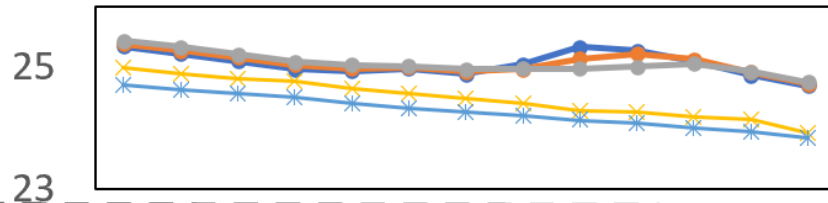
風速が大きくなり湖水 - 大気間での交換速度が増加している

結果 (溶存N₂O濃度をふまえた放出量)

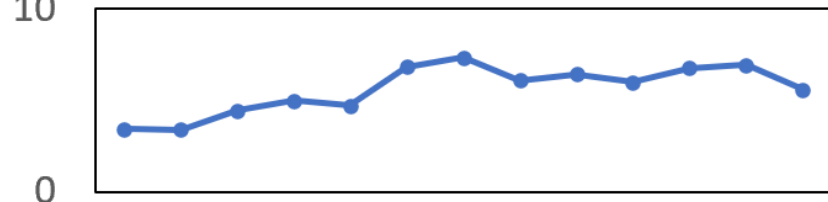
溶存N₂O 濃度
($\mu\text{mol/L}$)



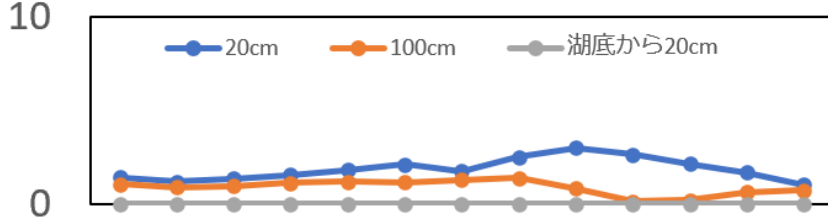
水温
($^{\circ}\text{C}$)



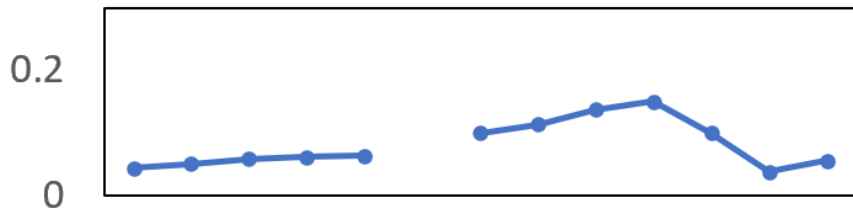
風速
(m/s)



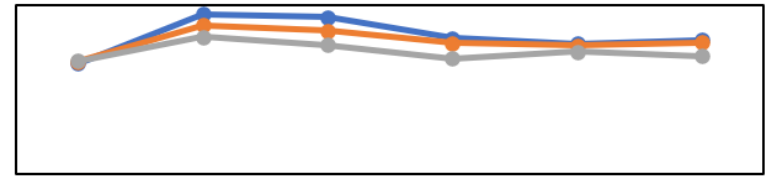
溶存酸素
(mg/L)



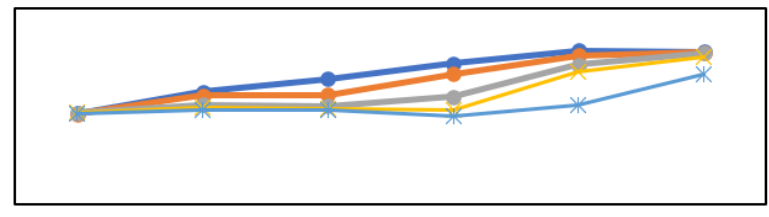
N₂O放出量
($\text{nmol/m}^2/\text{s}$)



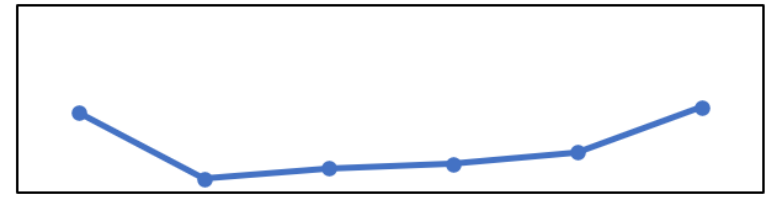
0.02



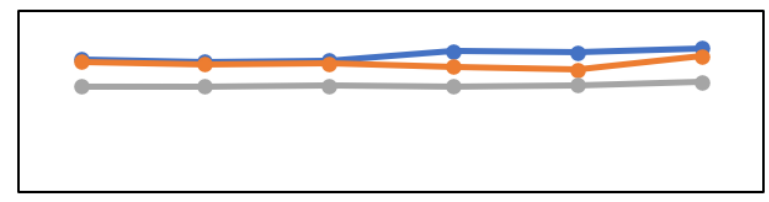
12



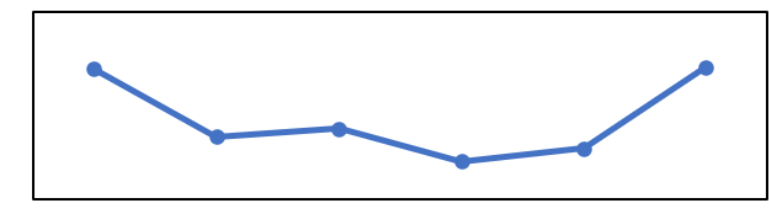
10



10



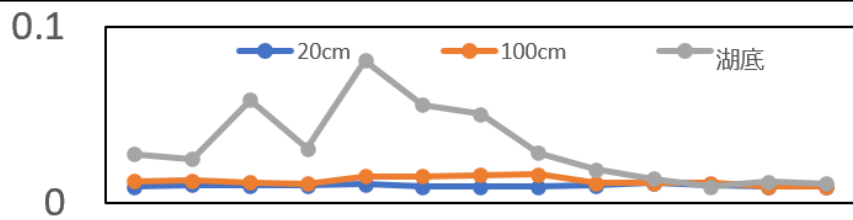
0.4



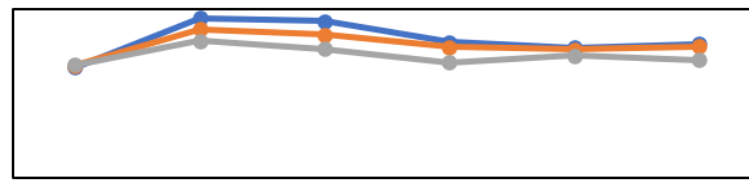
時

結果 (溶存N₂O 8/28 をふまえた放出 11/16)

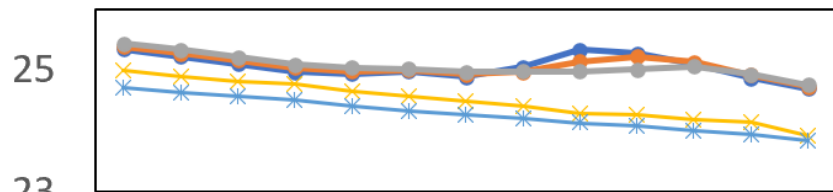
溶存N₂O 濃度
($\mu\text{mol/L}$)



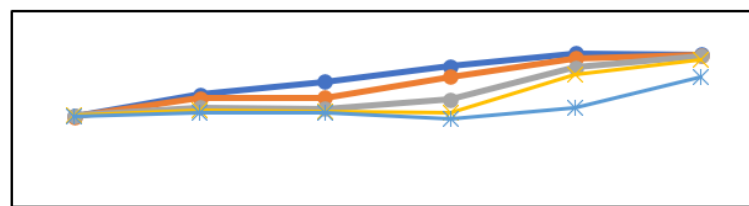
0.02



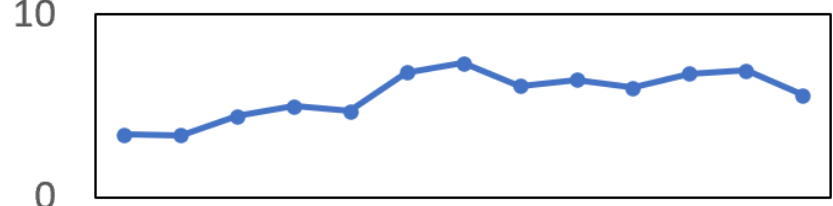
水温
($^{\circ}\text{C}$)



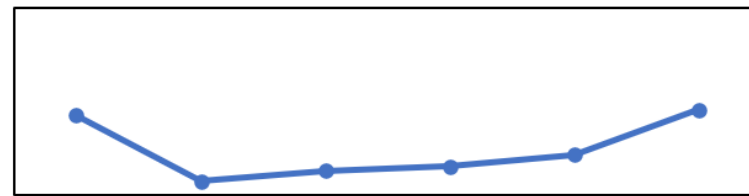
12



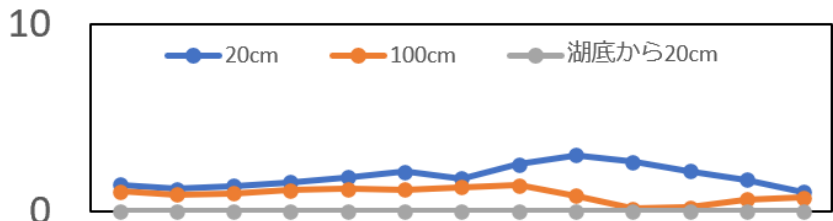
風速
(m/s)



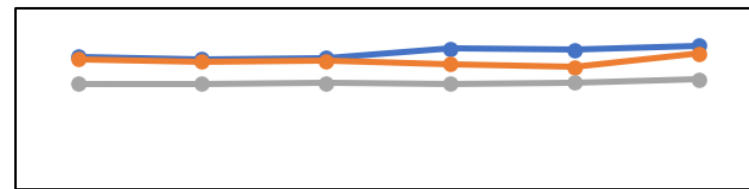
10



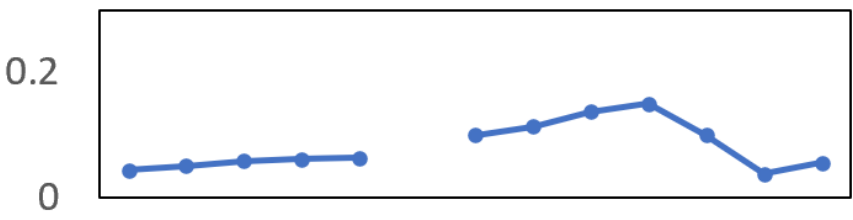
溶存酸素
(mg/L)



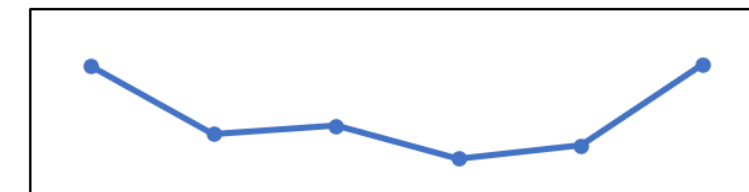
10



N₂O放出量
($\text{nmol/m}^2/\text{s}$)

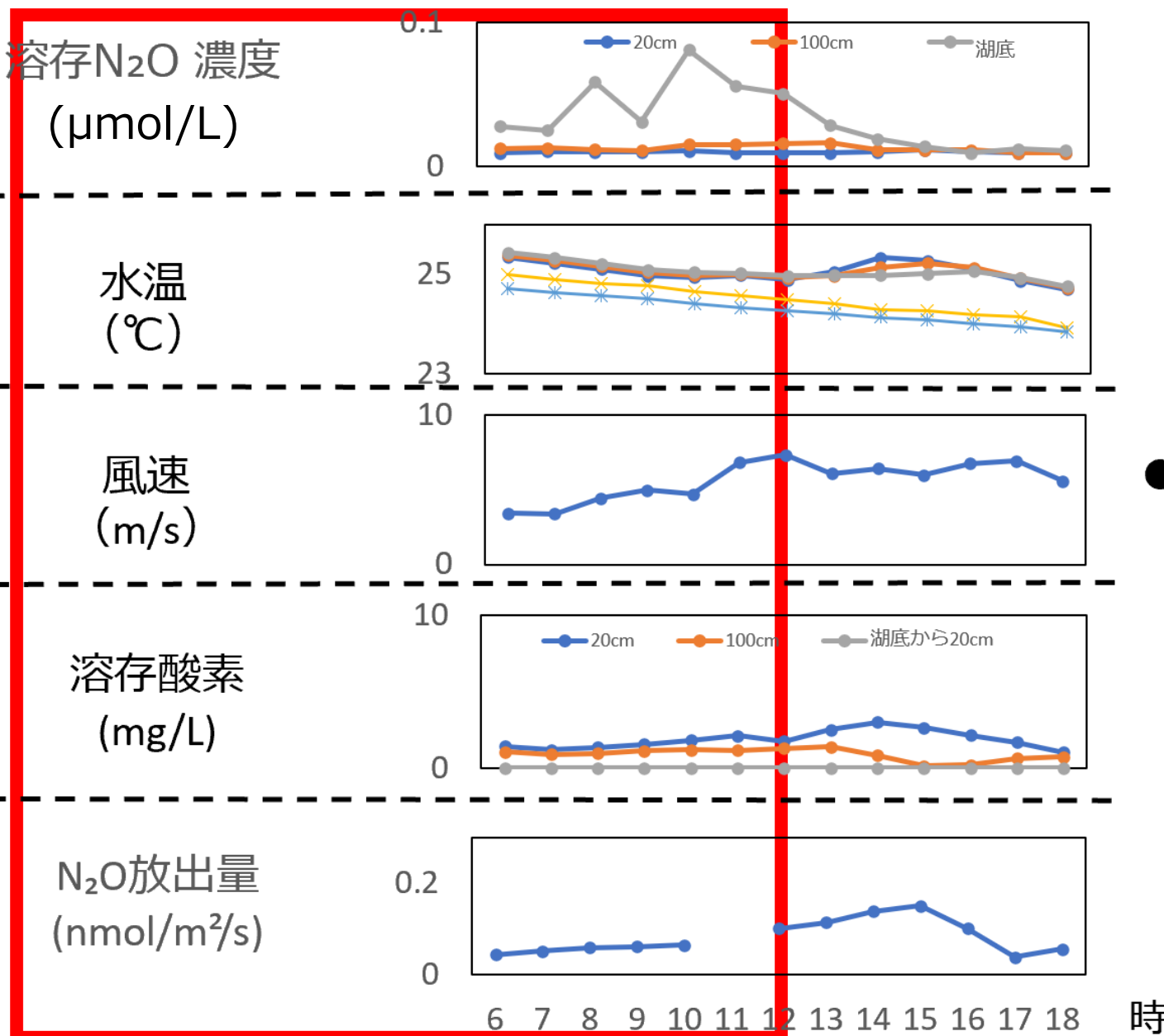


0.4



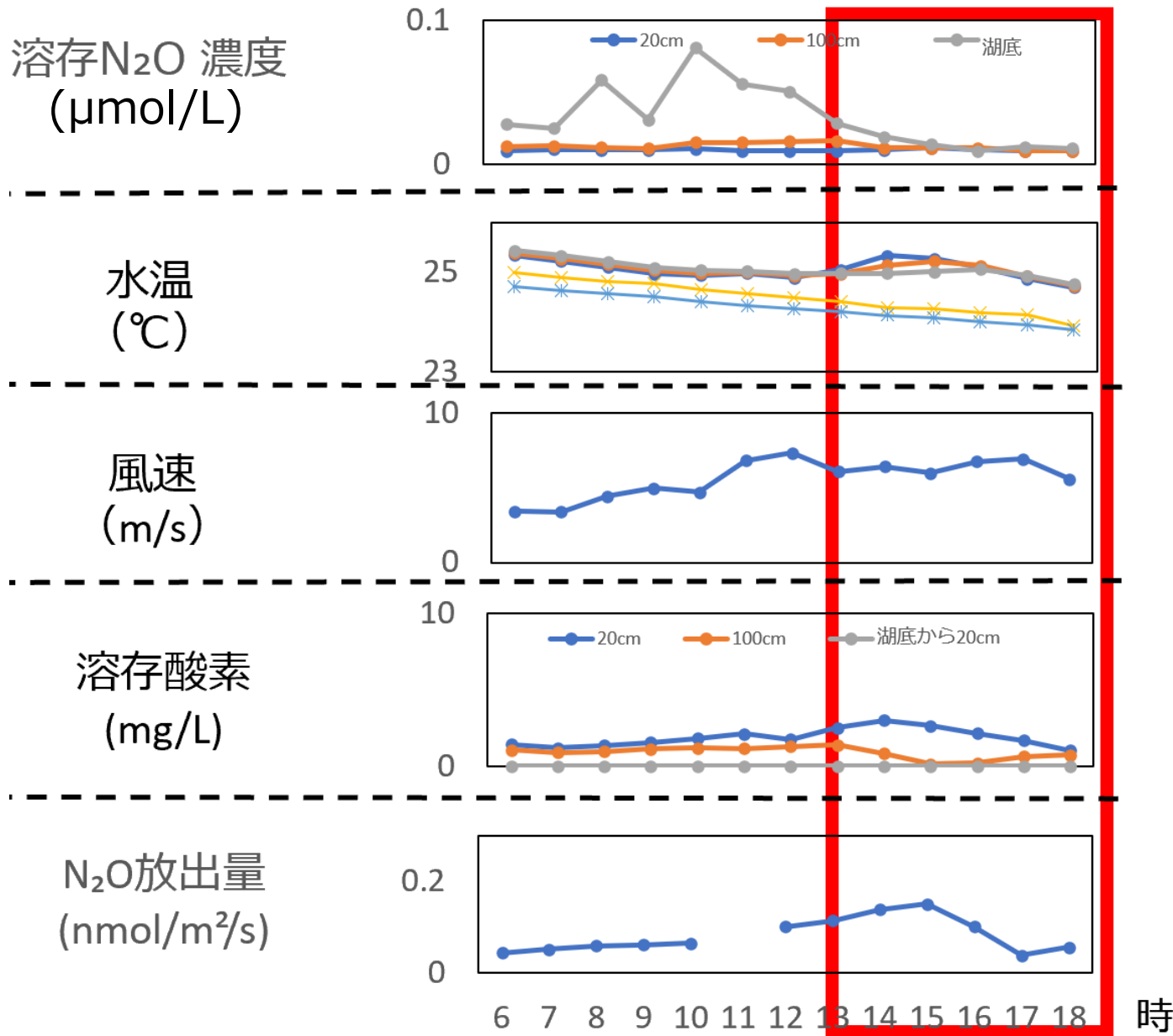
時

結果 (溶存N₂O 8/28 をふまえた放出量)



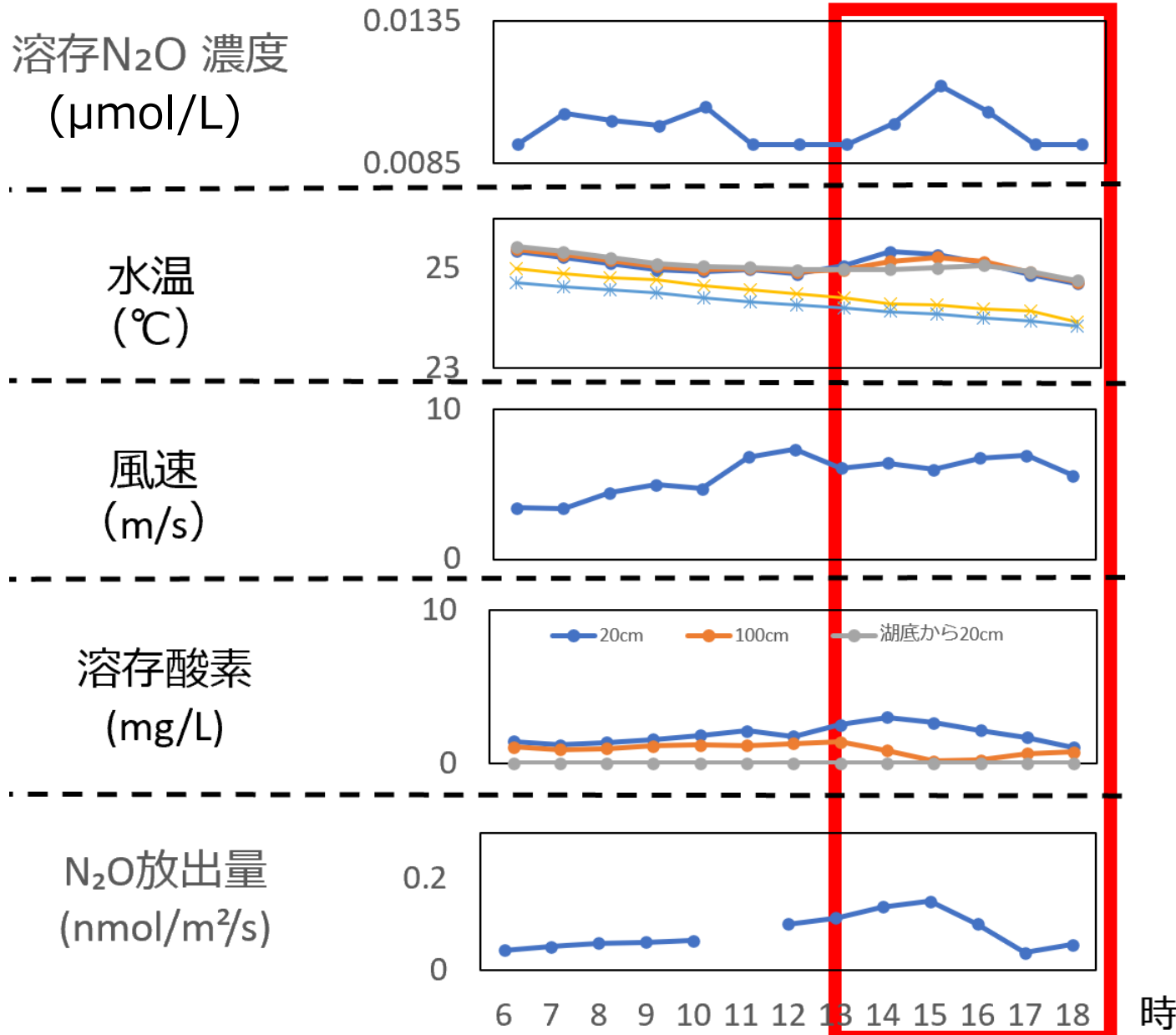
● 湖は安定成層で溶存N₂O濃度は午前中に湖底で大きい

結果 (溶存N₂O 8/28 をふまえた放出量)



- 午後に向けての風速の上昇とともに表層の湖水混合が発生し湖底の濃度が低くなった
- 湖底の溶存酸素が減少することで脱窒が進行してN₂OがN₂まで変換された可能性がある

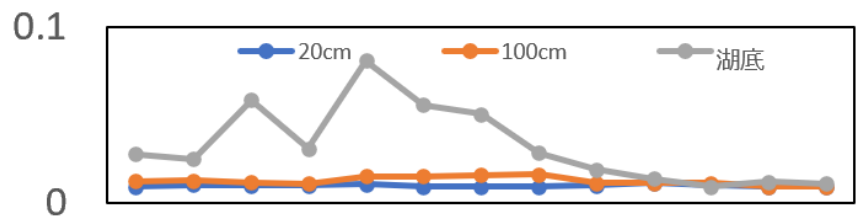
結果 (溶存N₂O 8/28 にふまえた放出量)



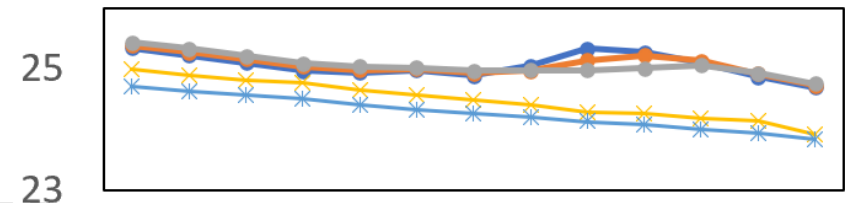
- 湖底で生成されたN₂Oの一部は表層に輸送されたのではないかと
- 午後のN₂O濃度の増減と応答して放出量も変動を示した

結果 (溶存N₂O濃度をふまえた放出量) 11/16

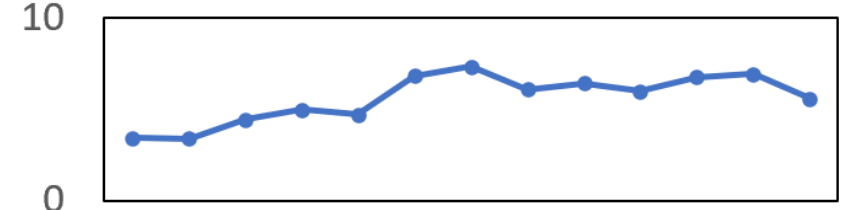
溶存N₂O 濃度
($\mu\text{mol/L}$)



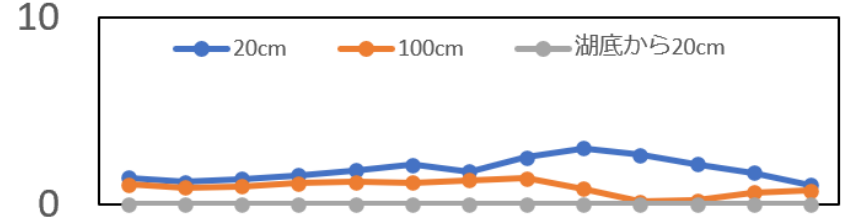
水温
($^{\circ}\text{C}$)



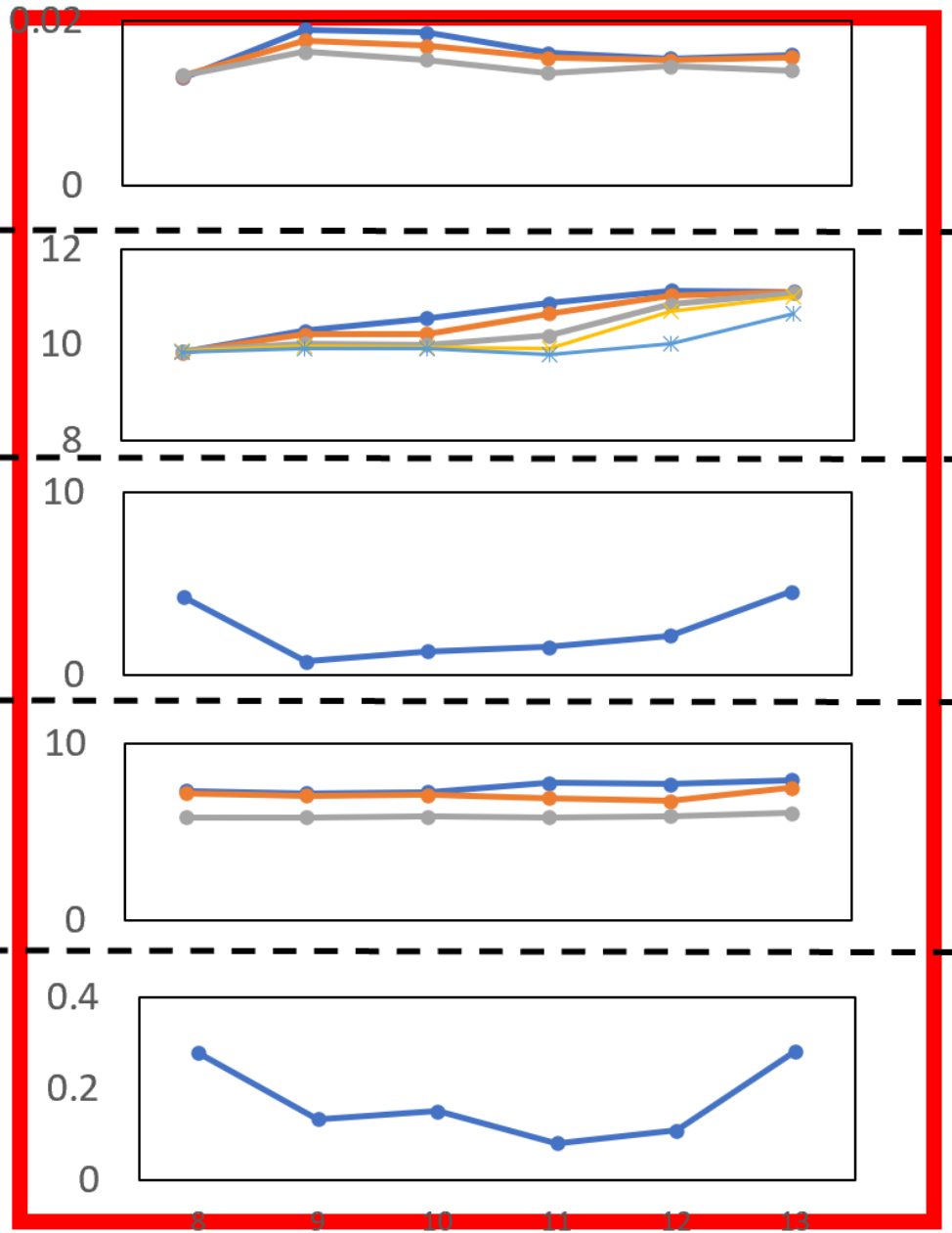
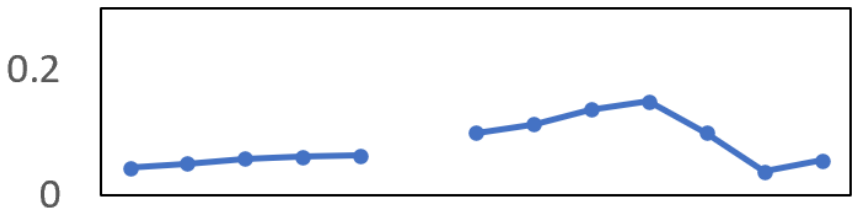
風速
(m/s)



溶存酸素
(mg/L)



N₂O放出量
($\text{nmol/m}^2/\text{s}$)



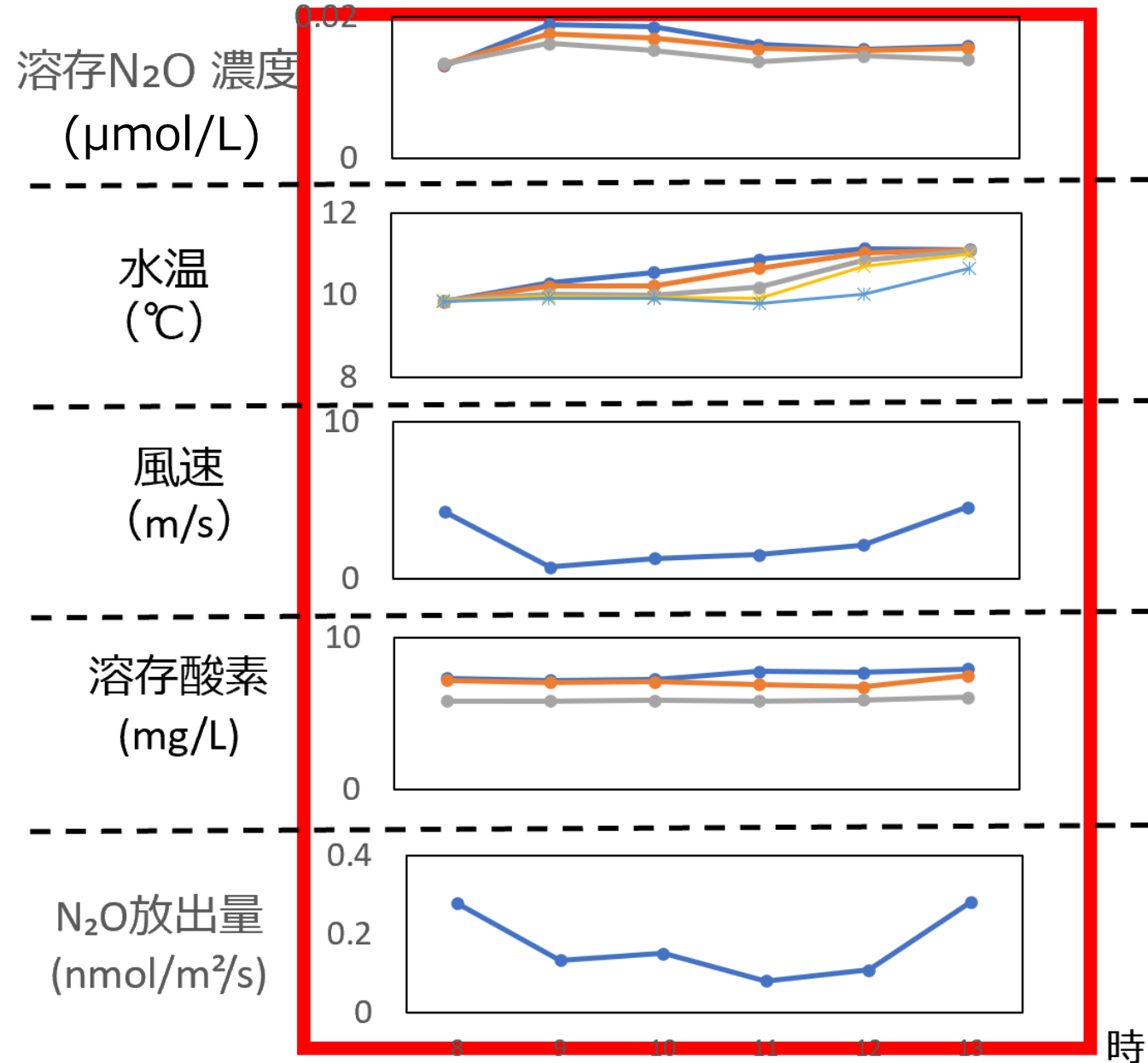
時

結果 (溶存N₂O濃度をふまえた放出 11/16)

湖水が混合していて
溶存N₂O濃度の日変化が小さい



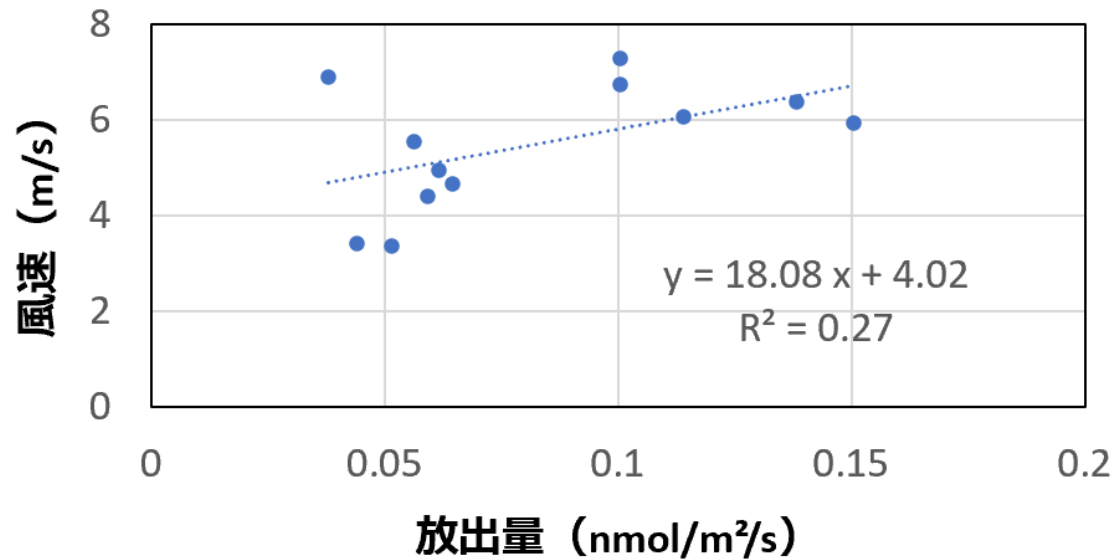
N₂O放出量の日変化は
風速変動に従う



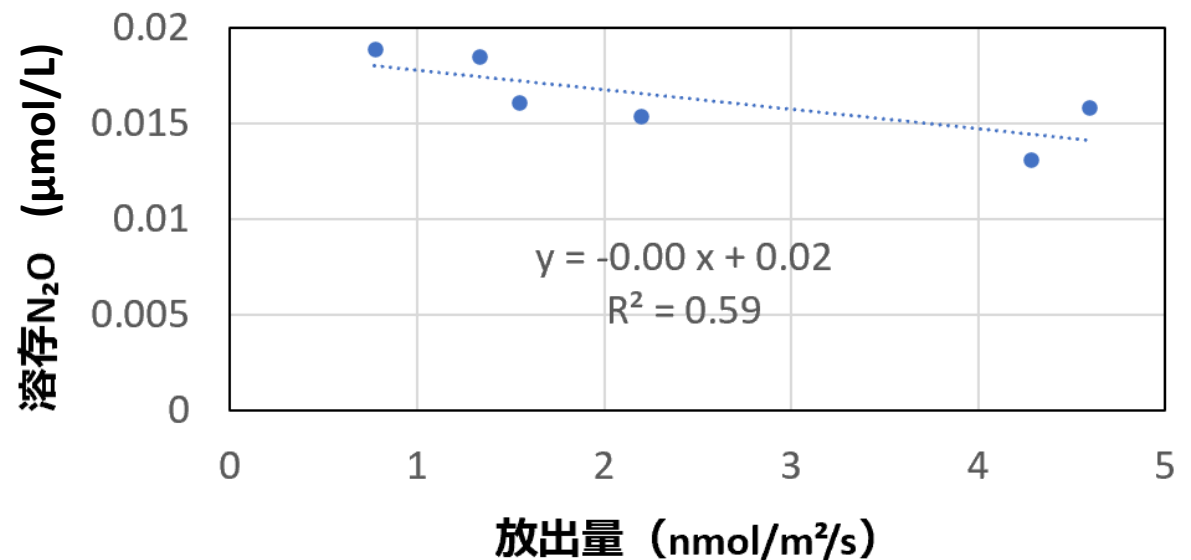
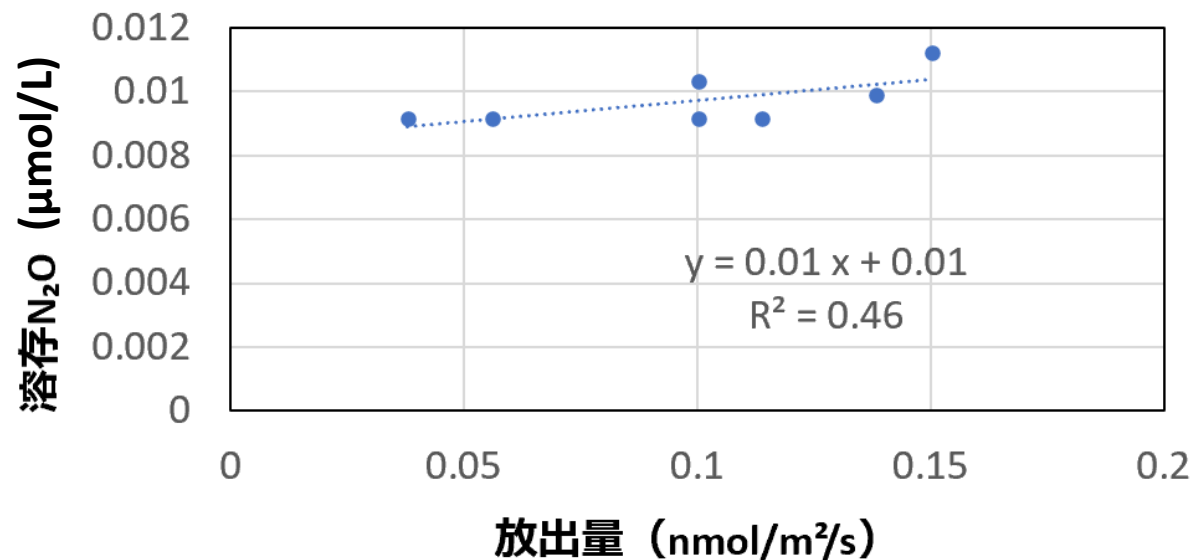
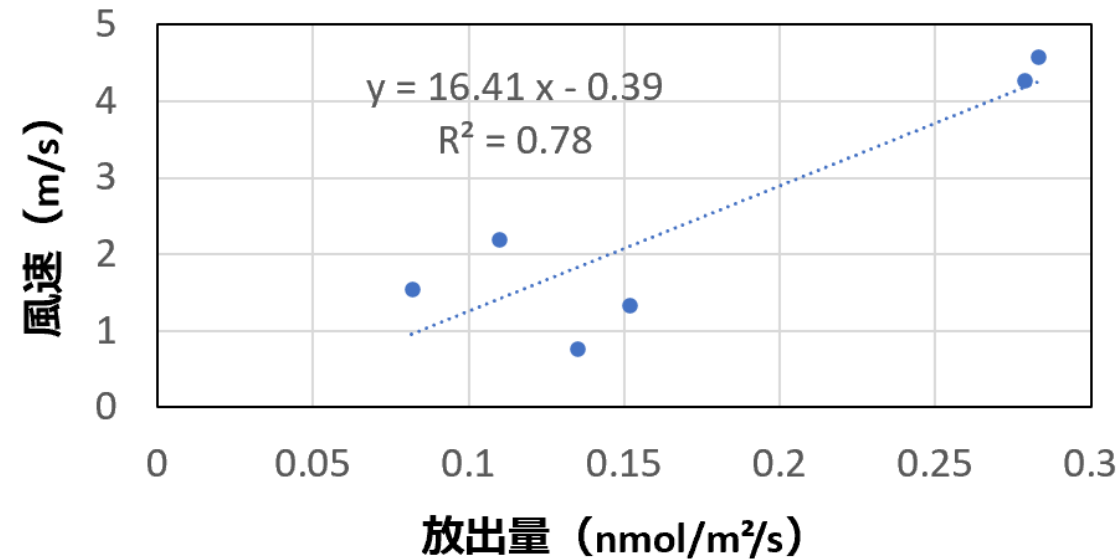
時

結果 (放出量と風速・溶存N₂Oの相関)

8/28

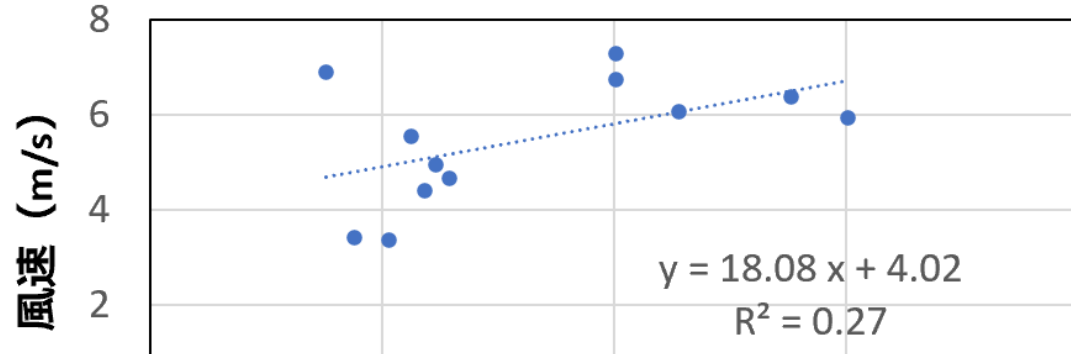


11/16



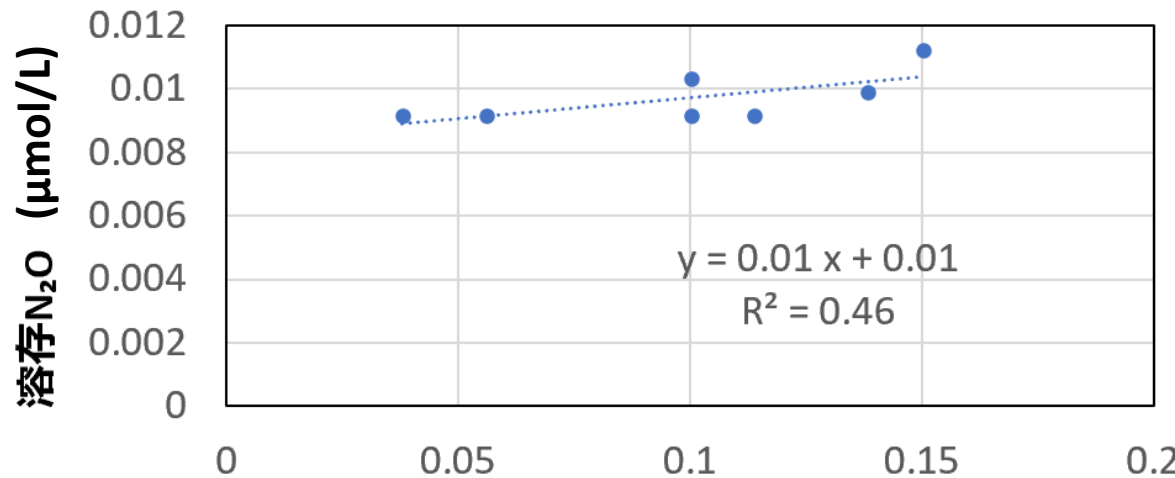
結果 (放出量と風速・溶存N₂Oの相関)

8/28



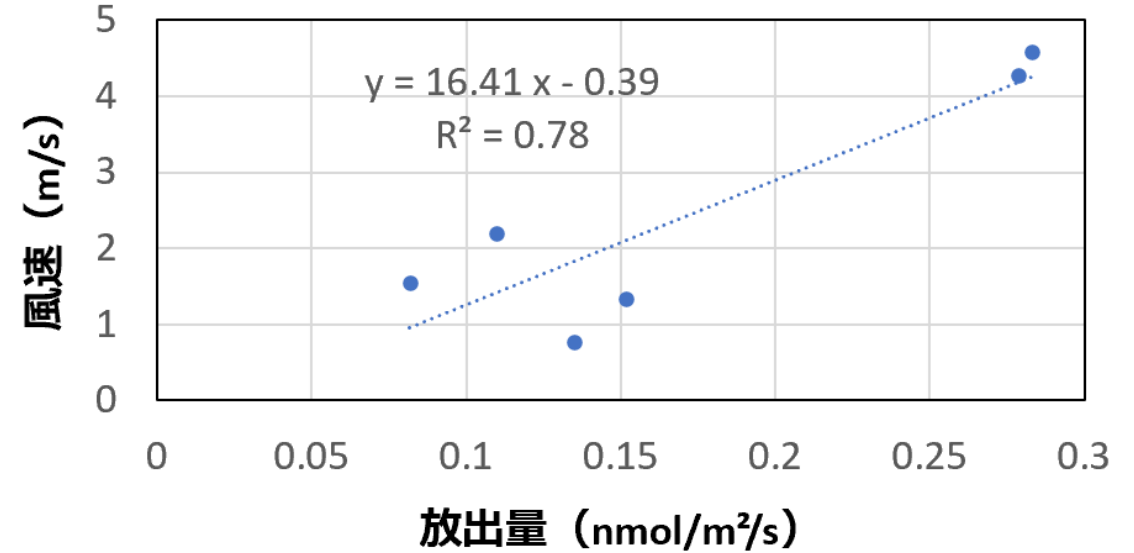
表層の溶存N₂O濃度と有意に相関

放出量 (nmol/m²/s)

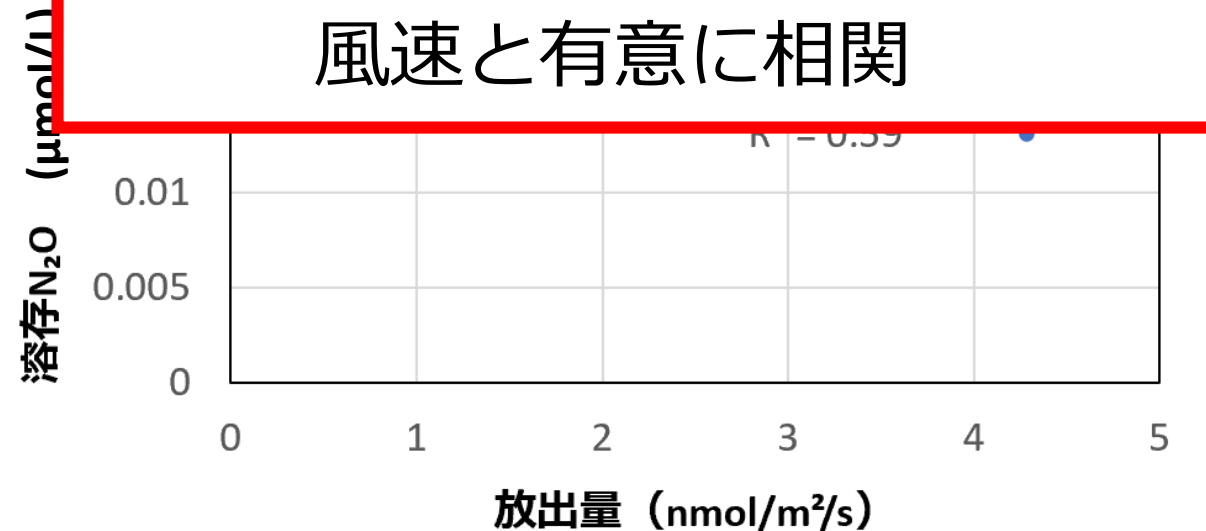


放出量 (nmol/m²/s)

11/16



風速と有意に相関



まとめと結論

日変化まとめ

- 夏 . . . 放出量は基本的には風速に従った変化を見せるが、湖水混合によって表層の濃度が変化するとその変化に沿った変動をする
- 秋 . . . 溶存 N_2O が混合した状態で濃度の日変化が小さいため
放出量は風速に従った変動

結論

- N_2O 放出の日変化は基本的には風速変動に従う
- 諏訪湖沿岸域では夏季に湖底に存在する N_2O が湖水混合によって表層に輸送されることも放出の日変化に影響を与えることがわかった