

# 富栄養湖における温室効果ガス 溶存濃度の連続測定と 拡散放出モデルの検証

微気象学研究室

19SS605A

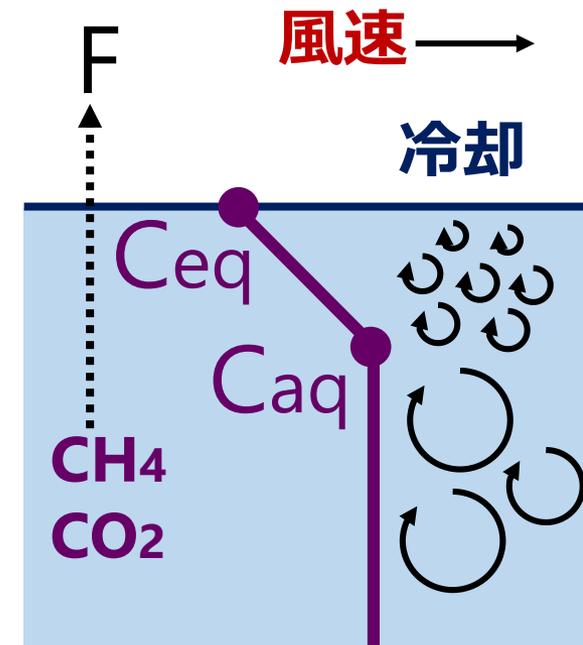
田岡 作

## 拡散放出モデル

拡散  
フラックス →  $F = k \times (C_{aq} - C_{eq})$

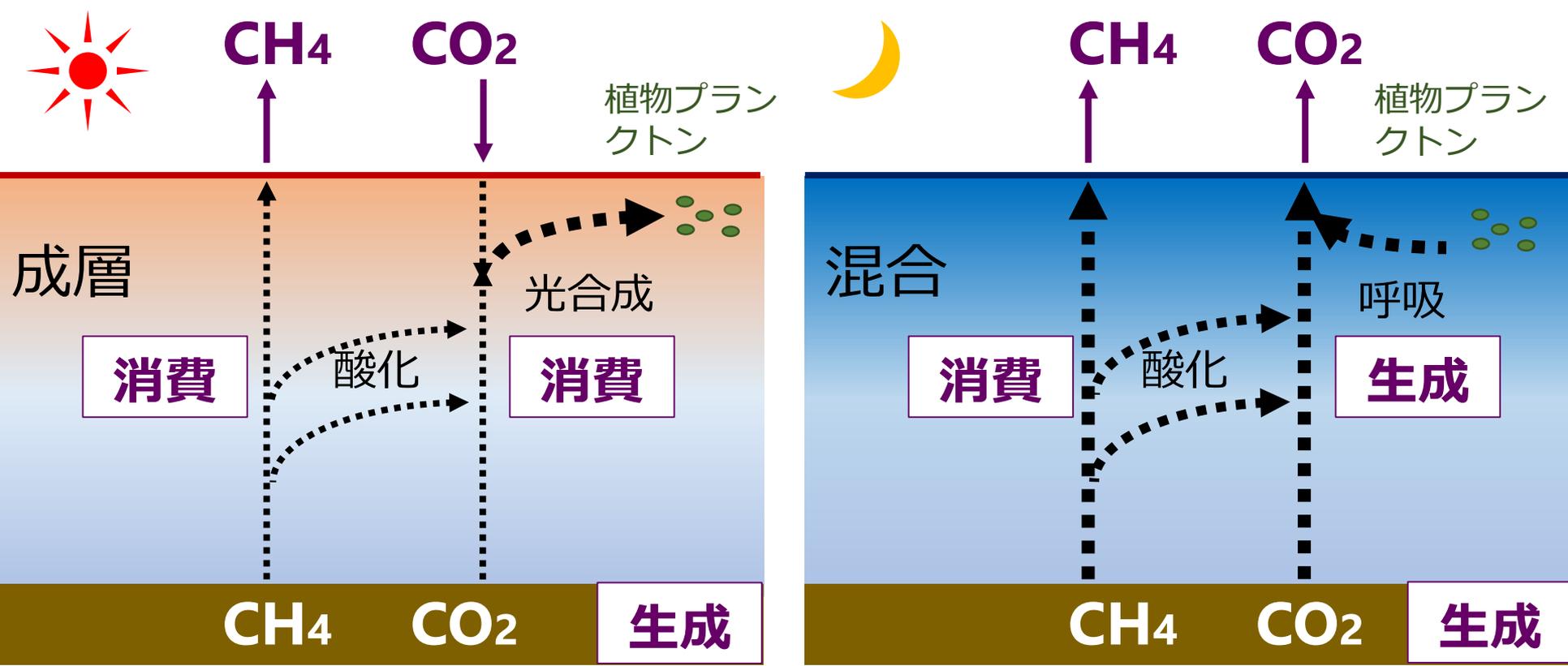
(i) 表層溶存濃度  $C_{aq}$       平衡濃度  $C_{eq}$

(ii) ガス輸送効率  $k$



正確な放出量推定には、

- (i) 表層溶存濃度  $C_{aq}$  の制御機構の解明
- (ii) ガス輸送効率  $k$  のモデルの高精度化 が重要.



長期連続測定の不足 ➡ 日内変動の条件による違いが不明

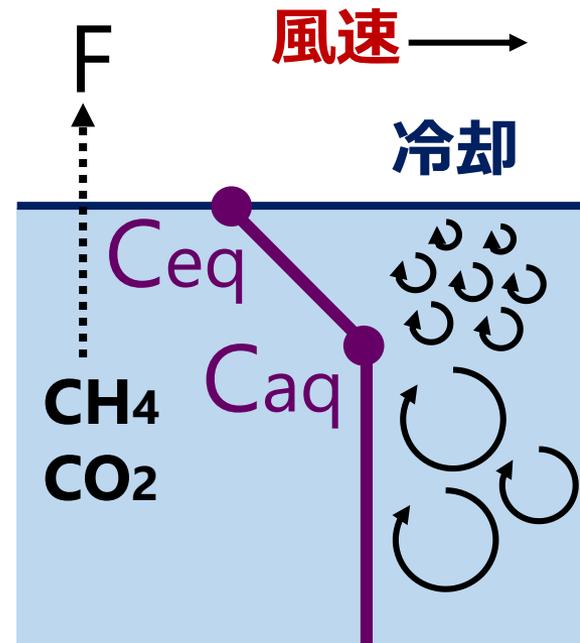
**目的 (i) 富栄養湖における表層の温室効果ガス溶存濃度の日内変動の条件による違いの解明**

## 拡散放出モデル

拡散  
フラックス →  $F = k \times (C_{aq} - C_{eq})$

↑ 表層溶存濃度      ↑ 平衡濃度

↓  
ガス輸送効率  $k = (\text{風速項} + \text{冷却項})$



[Rutgersson & Smedman (2010); Tedford *et al.* (2014); Heiskanen *et al.* (2014)]

水面冷却による制御は主に北方湖でCO<sub>2</sub>について報告.

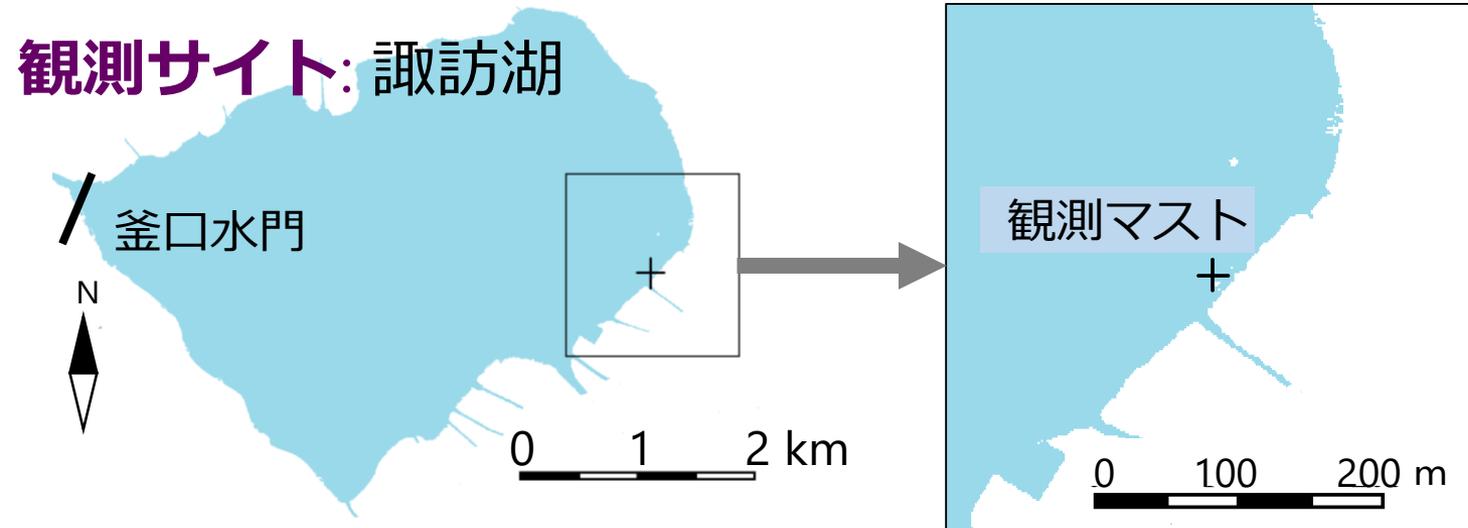
➔ 中緯度湖における拡散放出モデルの検証例は不足.

目的 (ii) 中緯度湖における拡散放出モデルの検証

## (i) 溶存濃度の連続測定

- 方法
- 結果と考察

## (ii) 拡散放出モデルの検証

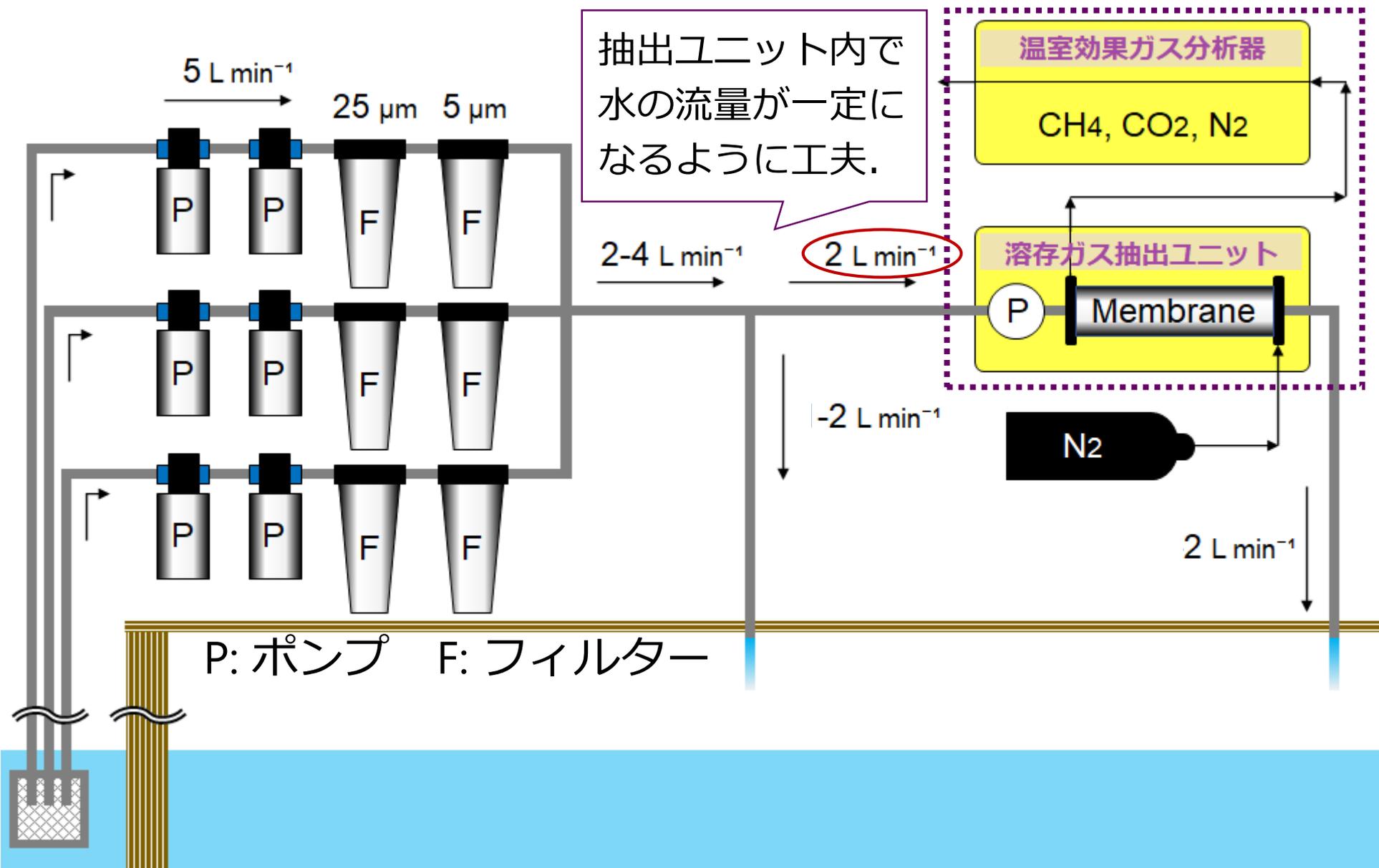


## 観測項目:

- **表層の溶存濃度 (CH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub>)** **解析対象: 2020/9/13-10/29**  
自動: 溶存ガス抽出ユニットと温室効果ガス分析器を使用。  
手動: バイアルに湖水を採取。ヘッドスペース法により分析。
- CH<sub>4</sub>およびCO<sub>2</sub>フラックス (渦相関法)
  - ↳ 拡散とバブルの分離 [Iwata et al. (2018); Taoka et al. (2020)]
- 気象・湖内環境

# 方法-溶存濃度の自動測定-全体図

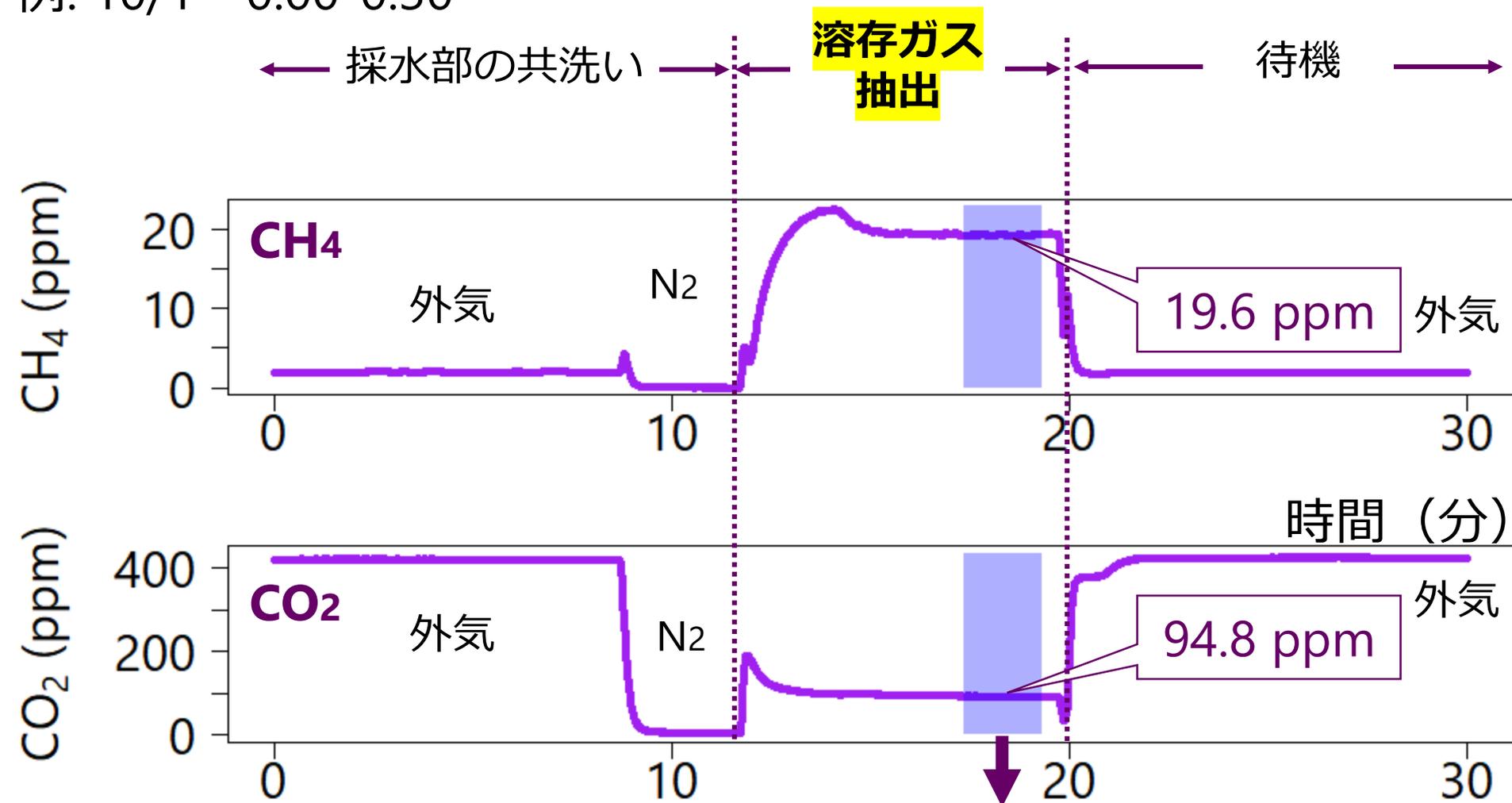
3つのラインを1時間ごとに切り替えて測定。



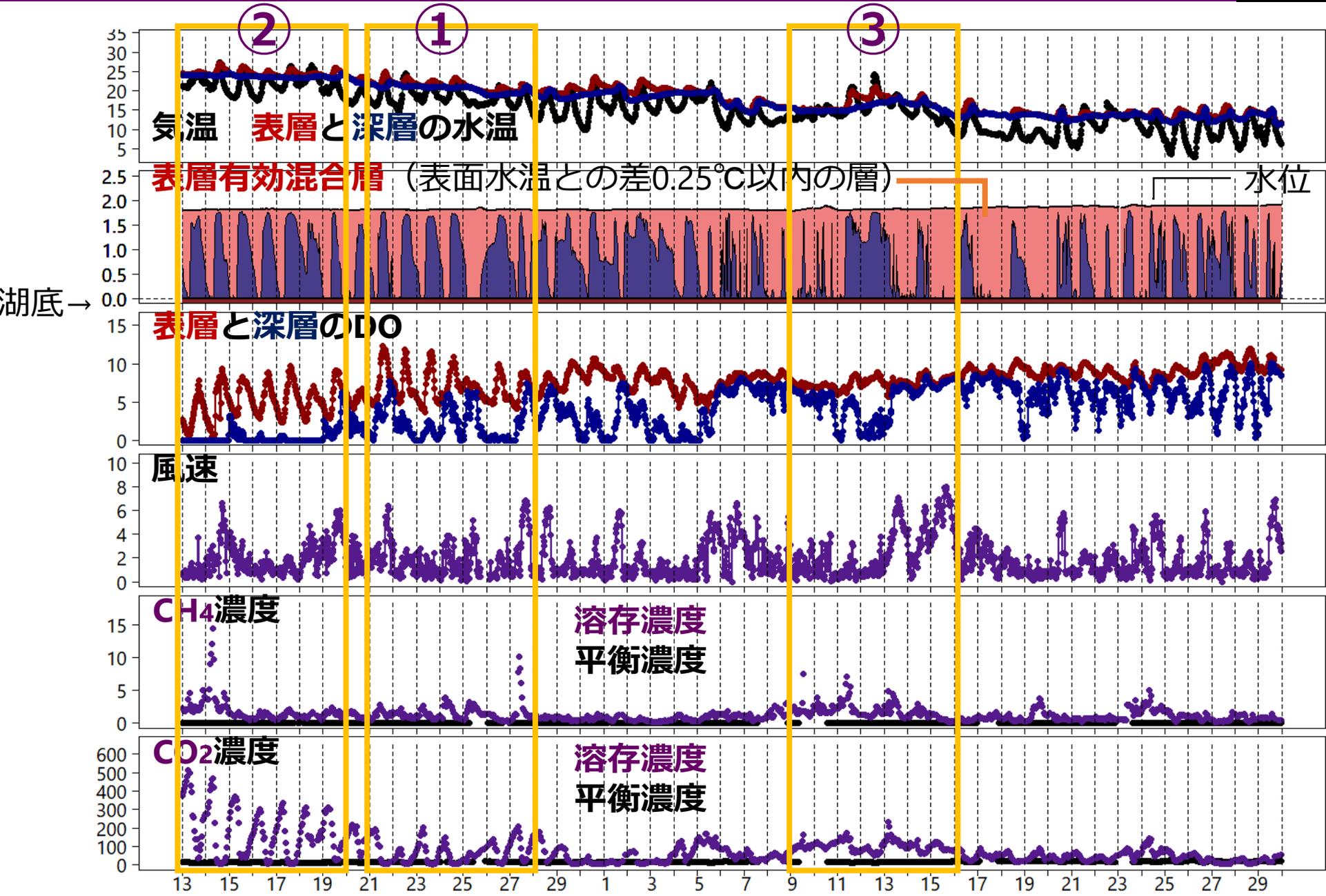
# 方法-自動測定によるガス濃度

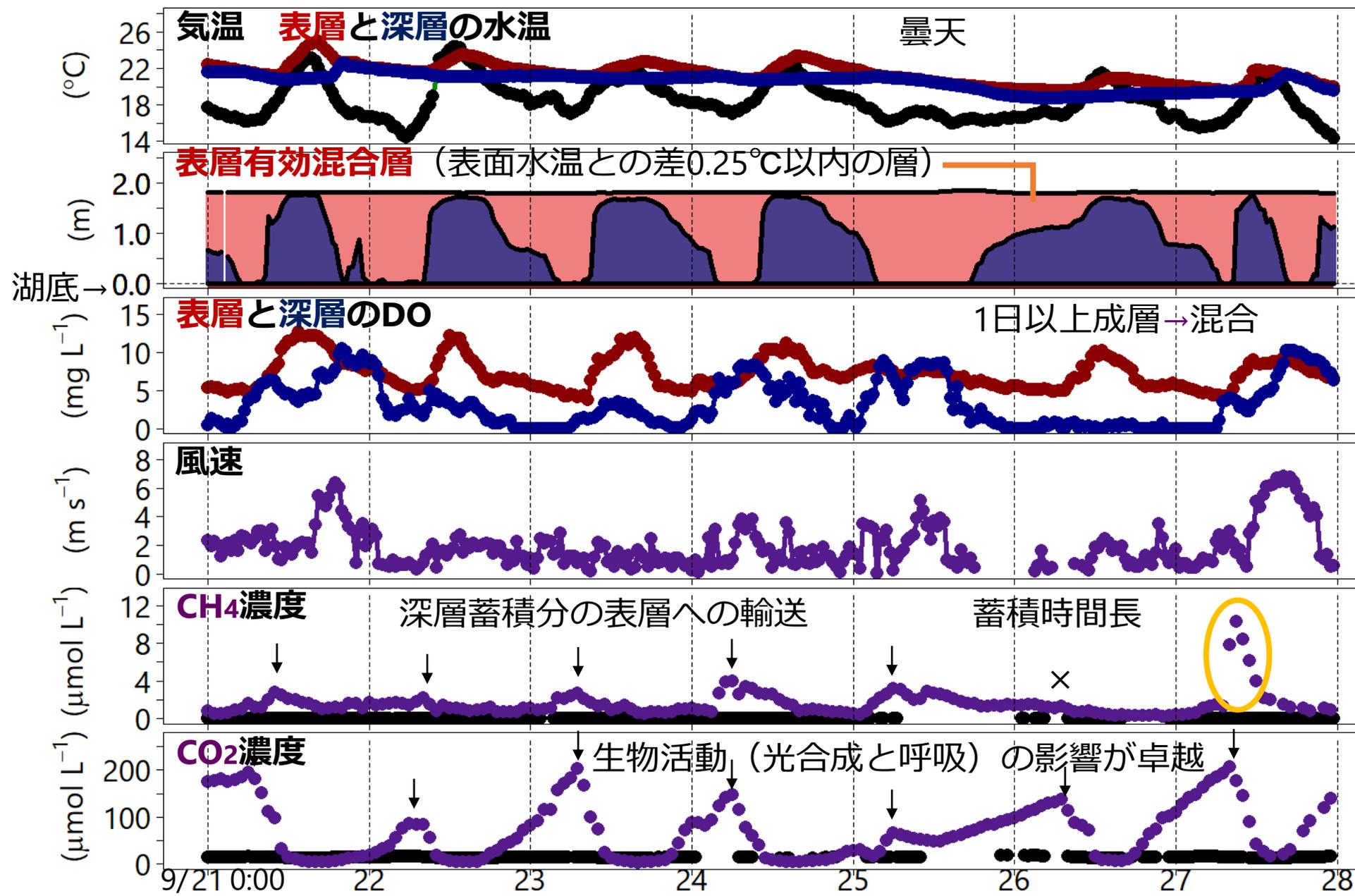
1サイクル (1時間) = 溶存濃度測定 (約20分) + 待機 (約40分)

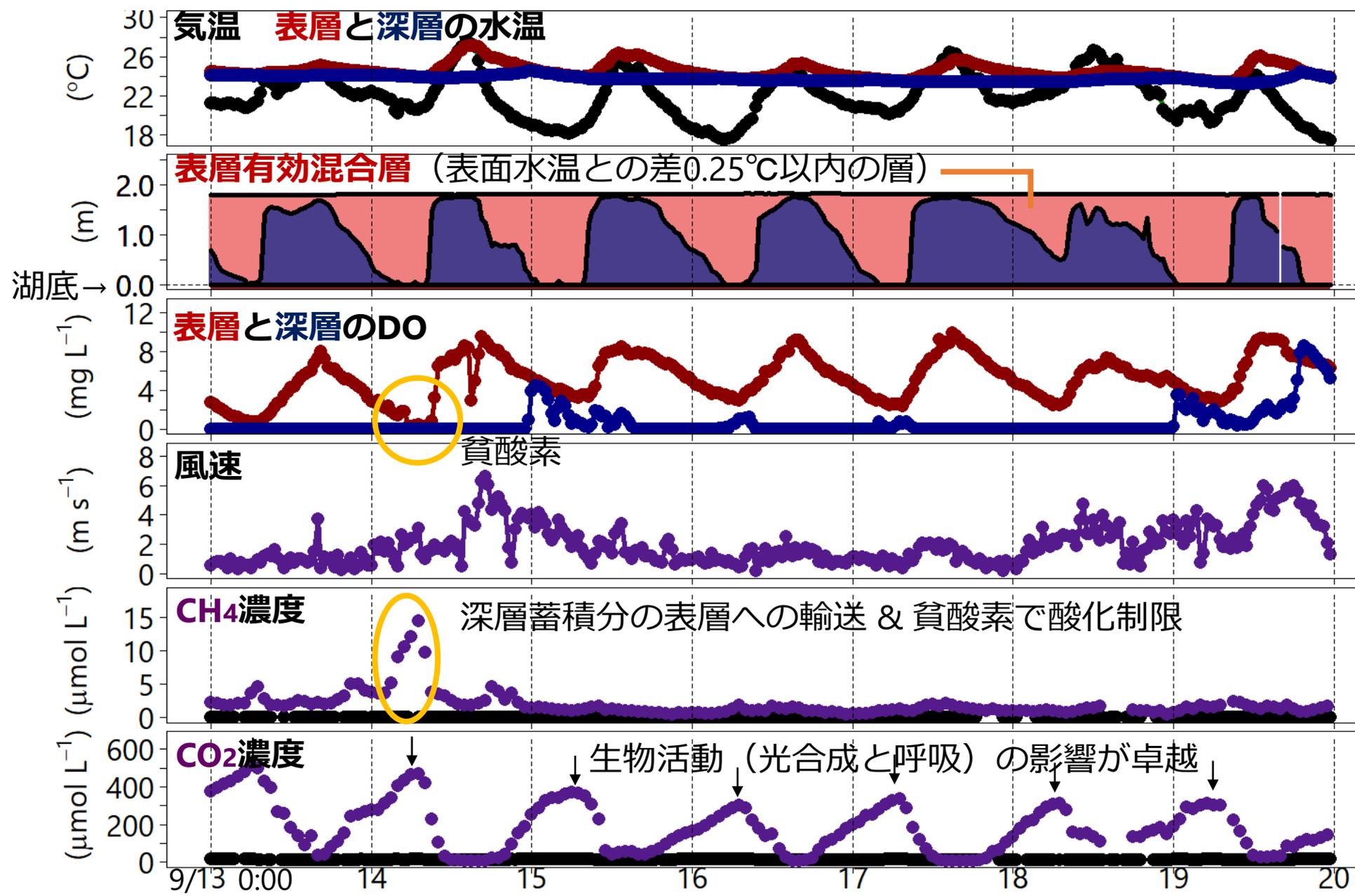
例: 10/1 0:00-0:30

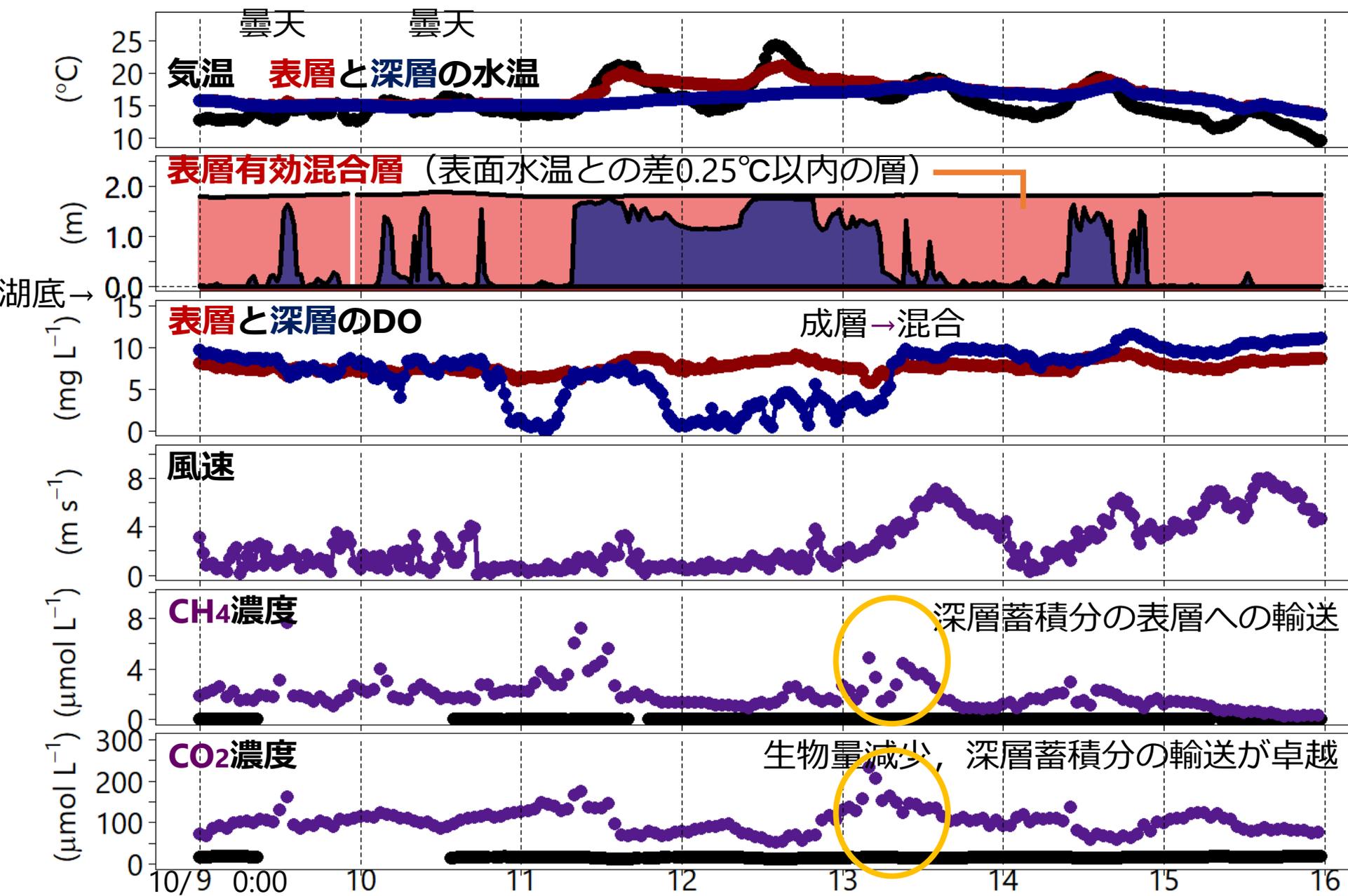


ガス濃度から溶存濃度への変換: 溶解度の温度依存性を考慮.









条件により変化する表層 $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ 濃度の日内変動を検出.

## 典型的な日内変動

湖水混合と生物活動の日変化パターンが日内変動を形成.

## 条件による日内変動の変化

**$\text{CH}_4$** : 蓄積時間が長いときや酸化制限が起こるときに急上昇.

**$\text{CO}_2$** : 生物量が多い9月は日周期性が明瞭→10月は不明瞭化.

## (i) 溶存濃度の連続測定

## (ii) 拡散放出モデルの検証

- 方法
- 結果と考察

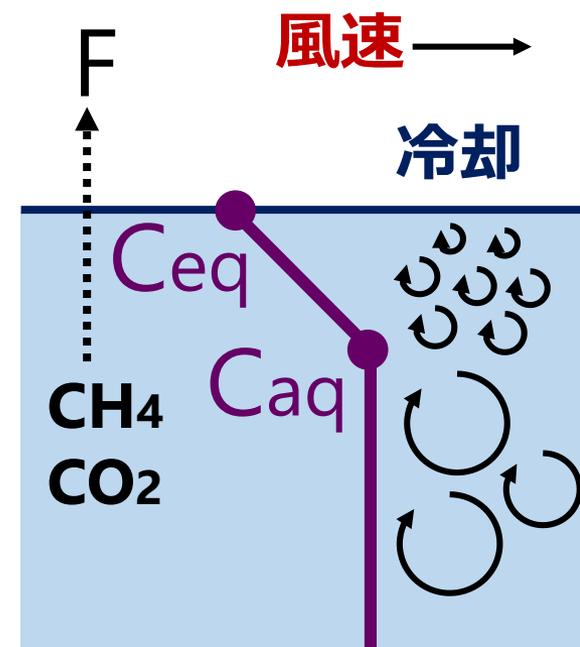
## 拡散放出モデル

拡散  
フラックス →  $F = k \times (C_{aq} - C_{eq})$

↑ 表層溶存濃度      ↑ 平衡濃度

ガス輸送効率  $k = (\text{風速項} + \text{冷却項})$

[Rutgersson & Smedman (2010); Tedford *et al.* (2014); Heiskanen *et al.* (2014)]



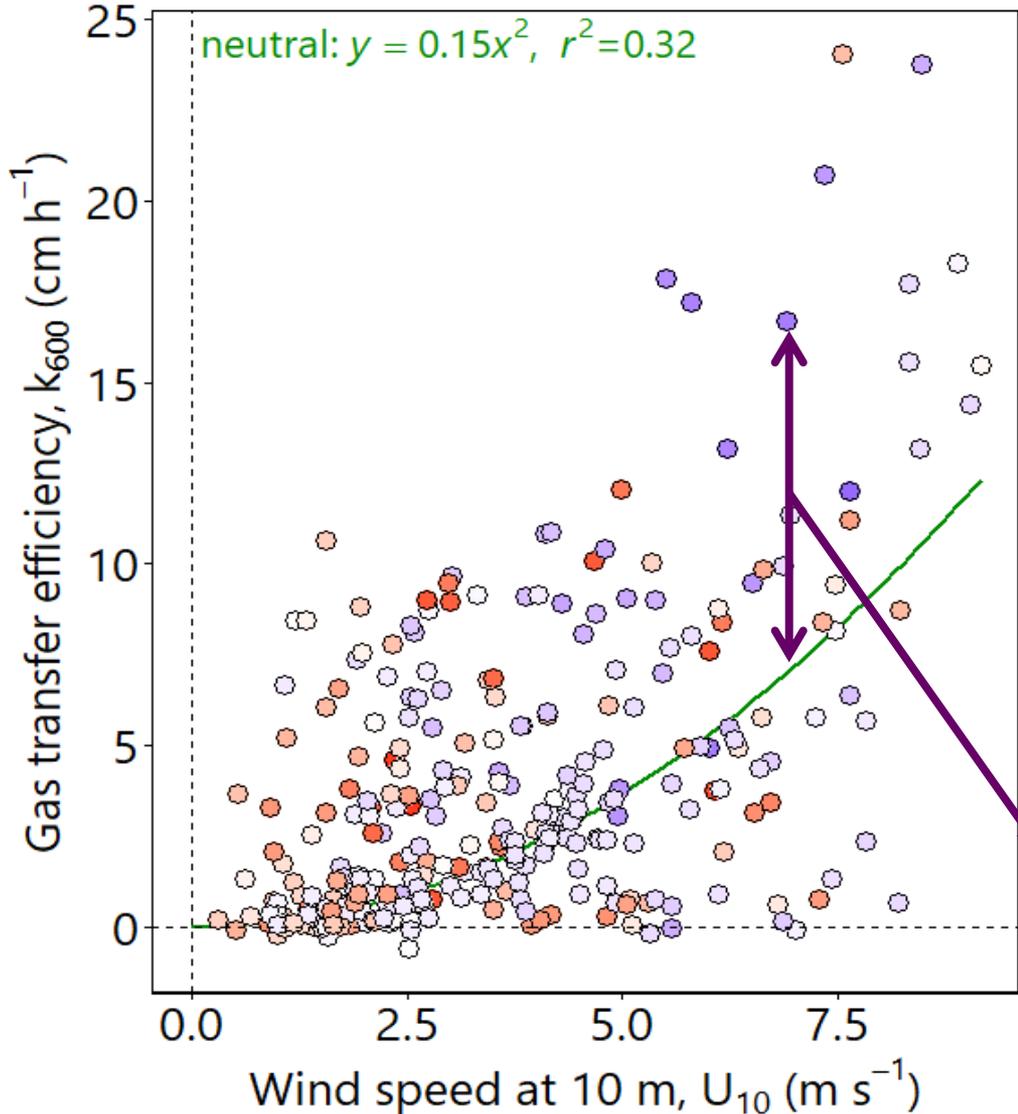
💡 中緯度湖でも北方湖と同様の制御が働いている？



**CH<sub>4</sub>**に関して、ガス輸送効率kの**風速**と水面**冷却**への応答を調査。

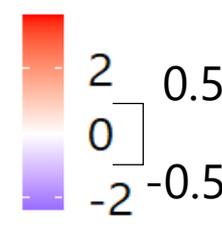
渦相関法フラックスFと表層溶存濃度C<sub>aq</sub>から逆算。

実測から逆算したガス輸送効率



浮力フラックス

Buoyancy flux  $J_{BO}$  ( $10^{-7} m^2 s^{-3}$ )

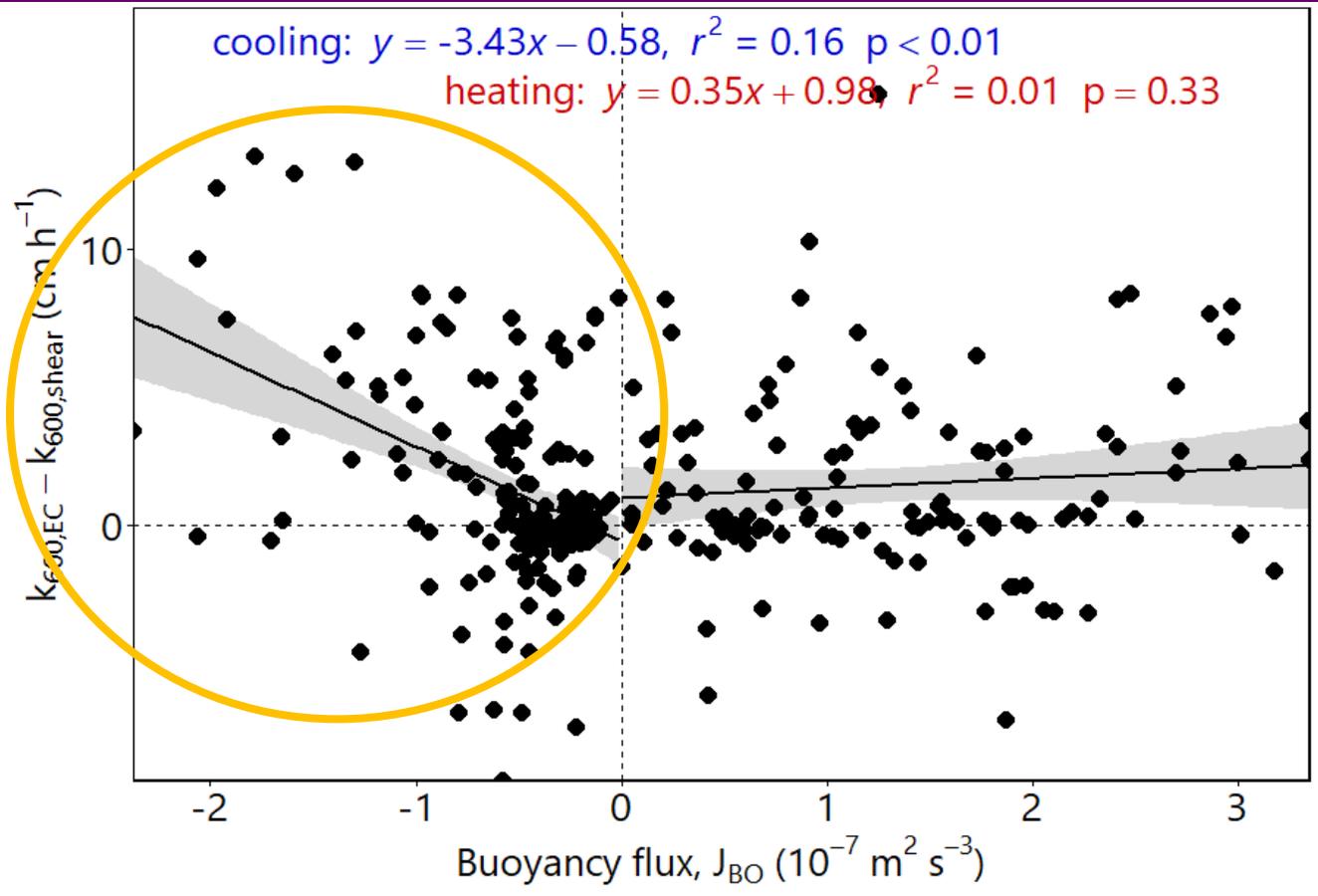


水面**加熱**時  
→**中立**時の回帰式  
水面**冷却**時

回帰式との残差を計算し、  
水面の**冷却** / **加熱**度  
に対する応答を調べた。

10 mでの風速

風速による回帰式との残差



←水面**冷却**時    浮カフラックス    水面**加熱**時→



中緯度湖でCH<sub>4</sub>に対しても水面**冷却**による制御を確認.

## (i) 溶存濃度の連続測定

条件により変化する表層CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>濃度の日内変動を検出.

## (ii) 拡散放出モデルの検証

中緯度の湖でも水面冷却によりガス輸送効率が増大.

→従来主に北方湖で報告 [e.g. Heiskanen et al. (2014)]

浅い富栄養湖では表層の溶存濃度が日内スケールで変動大.

➡ 湖からの温室効果ガスの拡散放出の正確な評価には,

(i) 濃度変動と (ii) ガス輸送効率の変化 の考慮が重要.