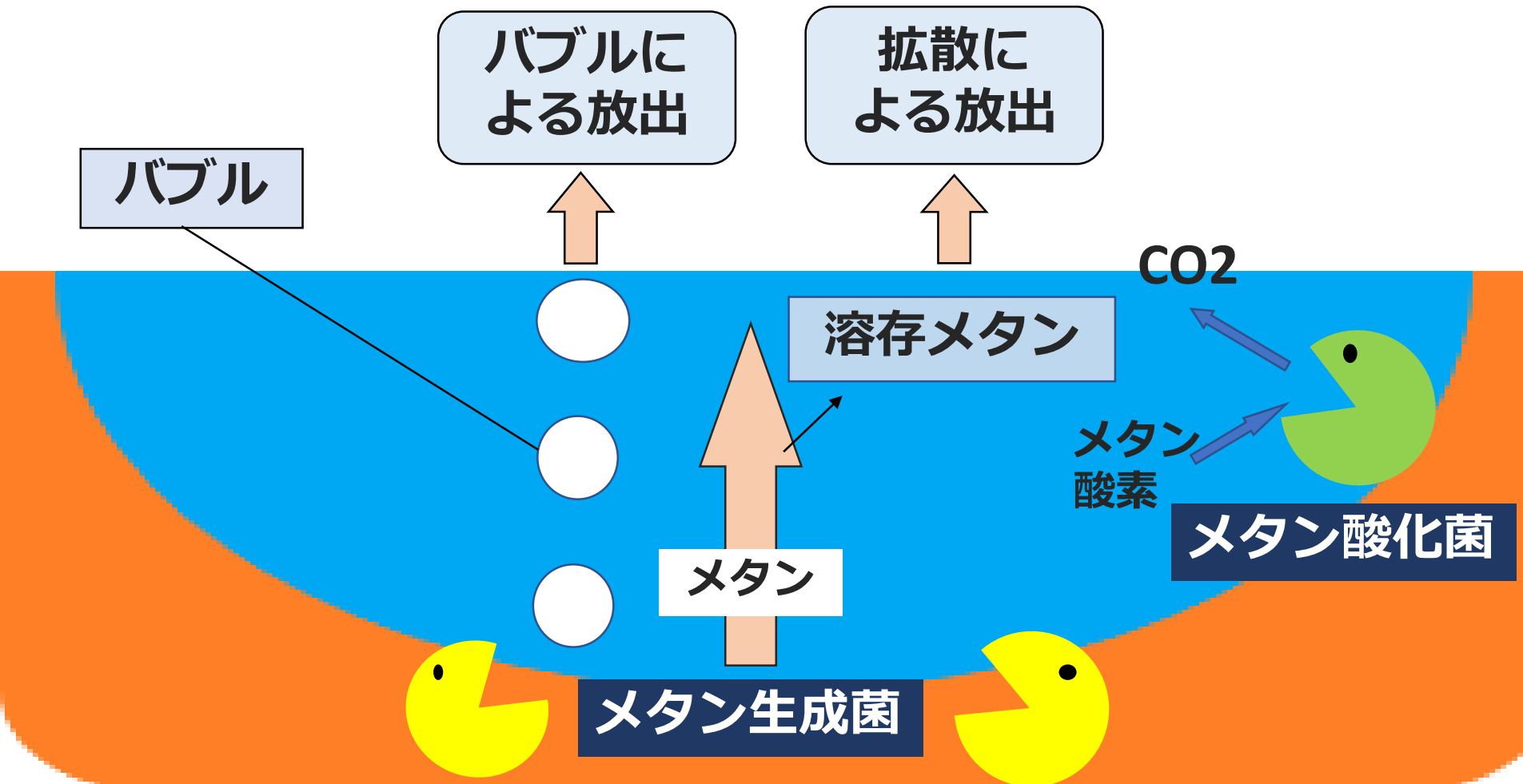


# 諏訪湖における メタン動態のシミュレーション

信州大学 理学部 物質循環学コース  
岩田研究室  
15S6017J 中野 航

# 1. Introduction (湖からのメタン)

メタン (温室効果ガス) =  $\text{CO}_2$  の25倍の温室効果  
湖からのメタン: 自然放出の6-16% (Bastviken et al., 2004)  
→ 気候シミュレーションの上で, 湖モデルが必要



# 1. Introduction (湖モデルの開発)

## 湖におけるメタン動態のモデル

### LAKE2.0モデル

( Stepanenko et al, 2016)

- 高緯度の湖で検証されてきた ( Stepanenko et al, 2011, 2016 ; Guseva et al, 2016)
- 異なる地理的環境の湖での検証が必要
- 中緯度地域では適用例がない

目的： LAKE2.0モデルが諏訪湖のメタン動態を再現できるか検証し，妥当性を判断する

# 2. LAKE2.0モデル

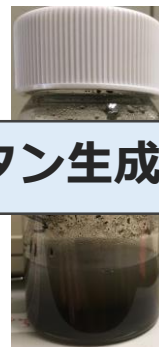
## インプットデータ

### ・ 気象データ

気温、比湿、風速、大気圧、  
入射短波放射と長波放射、降水量

### ・ 河川からの流入量、流出量

メタン生成実験



メタン酸化実験



パラメータ決定

LAKE2.0 モデル

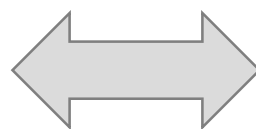
( Stepanenko et al, 2016 )

アウトプットデータ

メタンフラックス

溶存メタン濃度

比較検証



渦相関法による  
メタンフラックス

溶存メタン  
濃度測定





# 2. Study site & Methods

## 諏訪湖 (長野県)

面積 : 13.3 km<sup>2</sup>

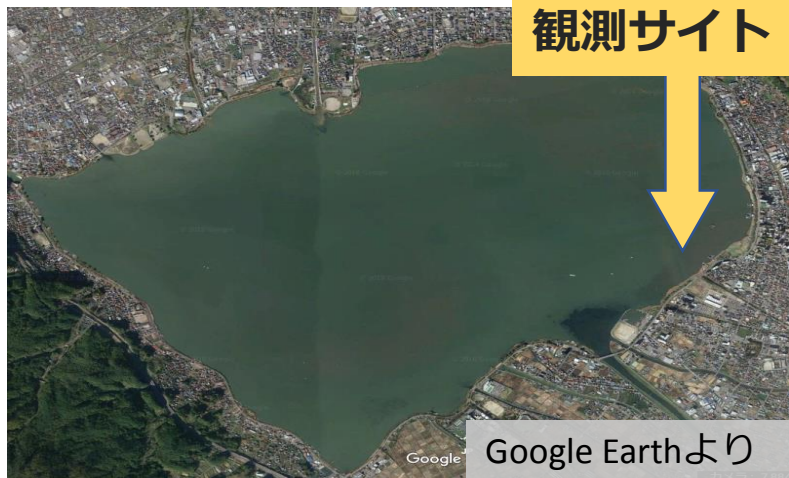
最大水深 : 6.9 m

平均水深 : 約 4 m

湖沼型 : 富栄養湖

## 観測サイト (棧橋)

水深 : 約 2.0 m



## サンプリング

- ・ 水
  - 溶存メタン濃度測定 (7深度)  
(ヘッドスペース法)
  - メタン酸化培養実験 (3深度)  
パラメータ決定に使う
- ・ 堆積物コア (メタン生成培養実験)

## 観測項目

- ・ 気象観測 (気温、風速その他)
- ・ メタンフラックス (渦相関法)
- ・ 溶存酸素 (3深度)

## 解析期間

2016年9月~2017年8月

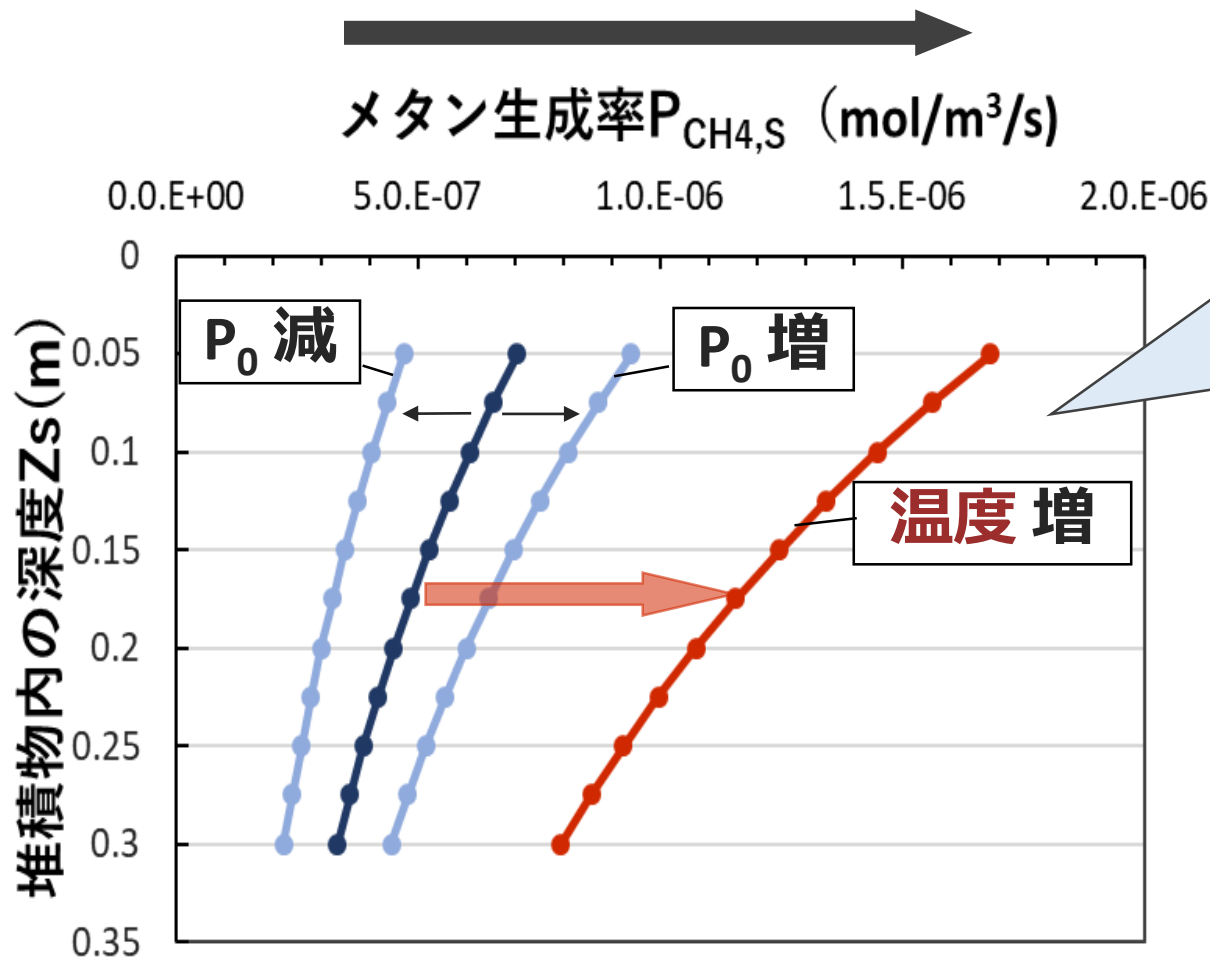
# Results and discussion

## 1. パラメータ算出

# ◎ メタン生成の式&パラメータ決定方法

## メタン生成率 $P_{CH_4,S}$ (mol/m<sup>3</sup>/s)の算出式

$$P_{CH_4,S} = P_0 \exp(-\alpha_{new} Z_s) Q_{10}^{T/10}$$



温度 $T$ と  
堆積物の深度 $Z_s$   
に伴い変化

パラメータ

$P_0$  : 堆積物表層における  
メタン生成率の最大値

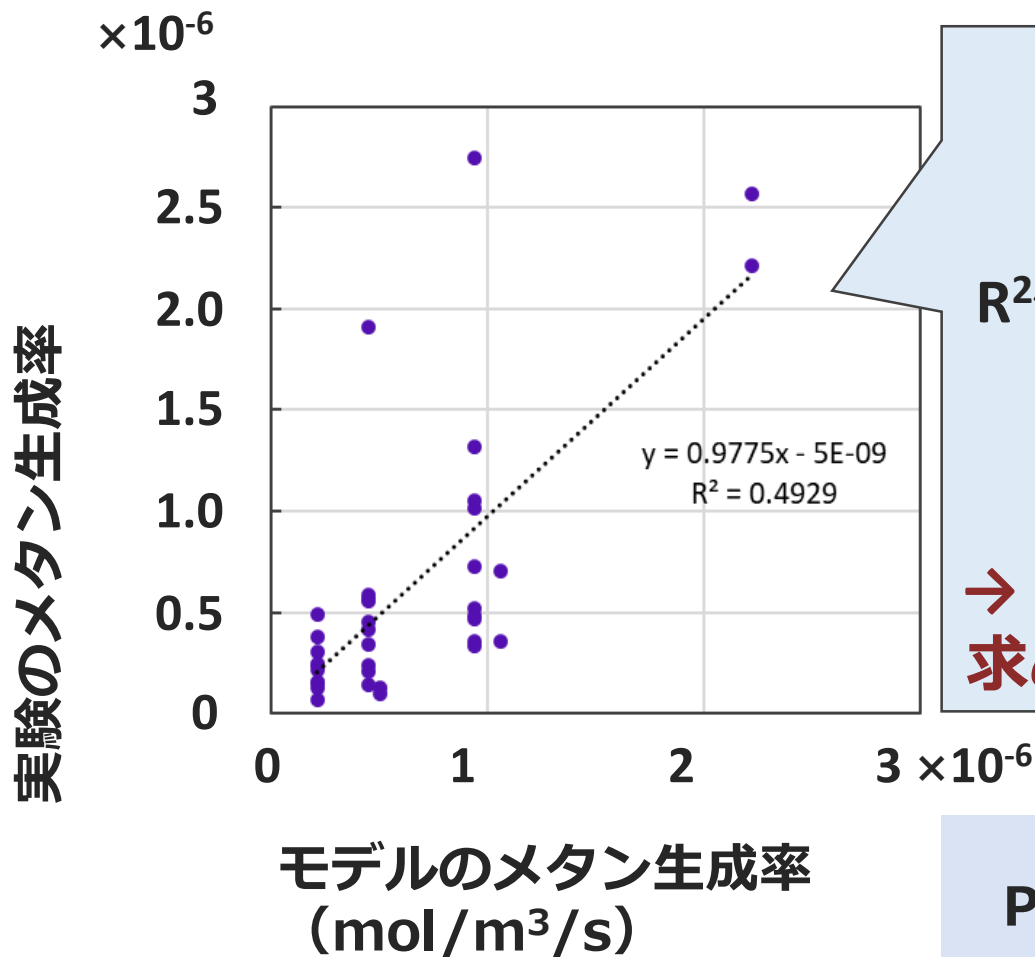
$\alpha_{new}$  : 堆積物深度による  
メタン生成率減少の定数

$Q_{10}$  : 温度依存係数

# ◎ メタン生成の式&パラメータ決定方法

## メタン生成率 $P_{CH_4,S}$ (mol/m<sup>3</sup>/s)の算出式

$$P_{CH_4,S} = P_0 \exp(-\alpha_{new} Zs) Q_{10}^{T/10}$$



### メタン生成率 実験結果とモデル結果

$R^2$ 値 = 0.49

RMSE =  $4.82 \times 10^{-7}$  (mol/m<sup>3</sup>/s)

→ ばらつきは小さく、実験から求めたパラメータ値として妥当

### 算出結果

$P_0 = 4.26 \times 10^{-7}$   $\alpha_{new} = 6.9$   $Q_{10} = 2.1$



# ◎ メタン酸化の式&パラメータ決定方法

## メタン酸化率 $O_{CH_4}$ (mol/m<sup>3</sup>/s)の算出式

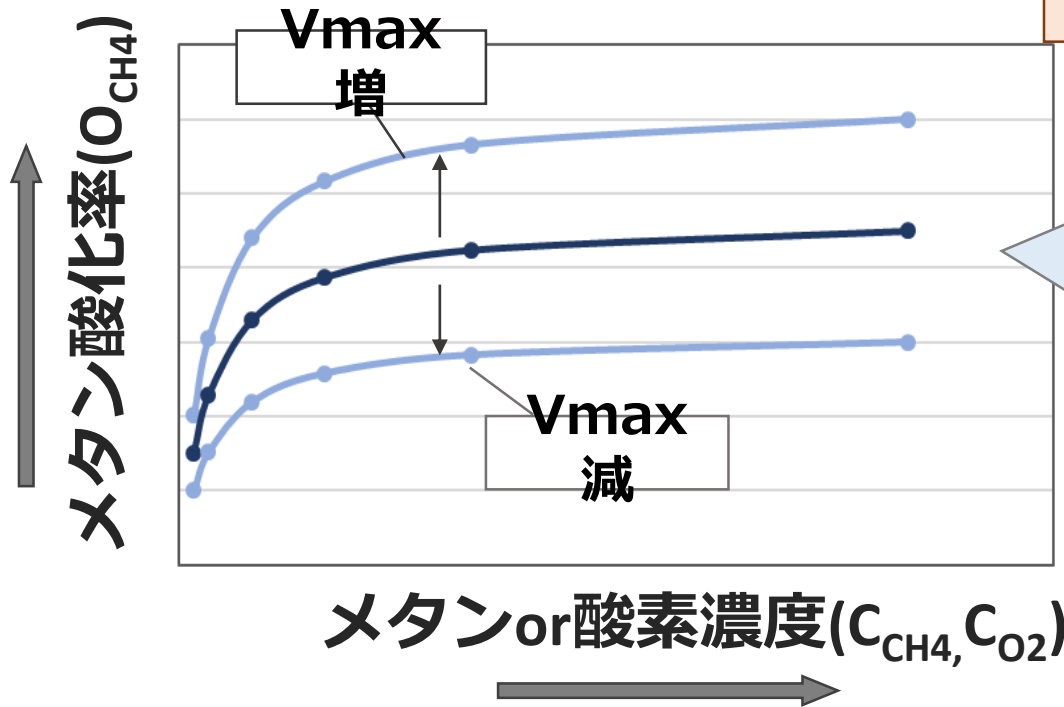
$$O_{CH_4} = V_{max} \frac{C_{CH_4}}{K_{CH_4} + C_{CH_4}} \frac{C_{O_2}}{K_{O_2} + C_{O_2}}$$

酸素濃度(mol/m<sup>3</sup>)

メタン濃度(mol/m<sup>3</sup>)

定数

定数

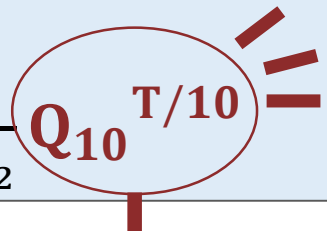


メタン濃度( $C_{CH_4}$ )や  
酸素濃度( $C_{O_2}$ )が  
上がると  
酸化率( $O_{CH_4}$ )は上昇

# ◎ メタン酸化の式への温度依存の組み込み

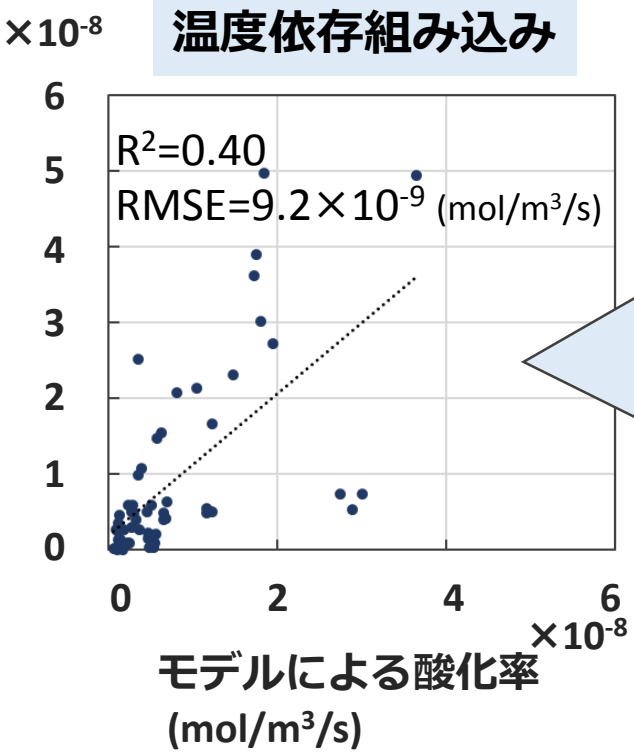
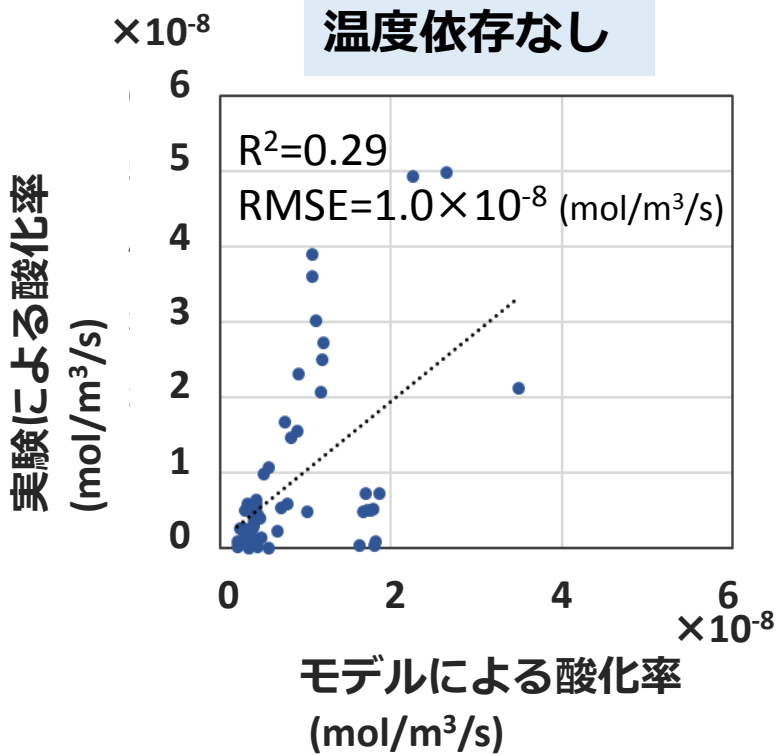
メタン酸化率  $O_{CH_4}$  (mol/m<sup>3</sup>/s) の算出式

$$O_{CH_4} = V_{max} \frac{C_{CH_4}}{K_{CH_4} + C_{CH_4}} \frac{C_{O_2}}{K_{O_2} + C_{O_2}} Q_{10}^{T/10}$$



メタン酸化率：温度に伴い上昇  
 温度依存 (Tan et al., 2015a) を式に組み込み

$Q_{10}$ ：温度依存係数  
 T: 温度 (°C)



温度依存を考慮  
 ↓  
 $R^2$ , RMSE 上昇  
 実験から求めたパラメータ値として、より妥当

算出結果  
 $V_{max}=3.97 \times 10^{-7}$   
 $Q_{10}=2.33$

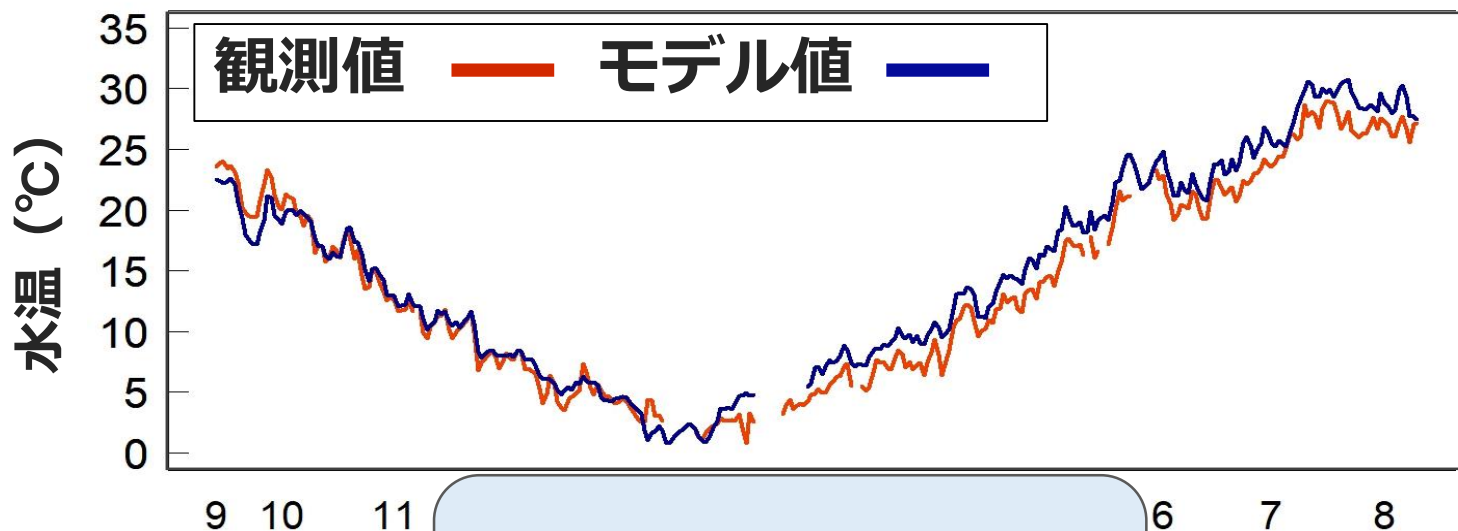
# Results and discussion

## 2. シミュレーション結果

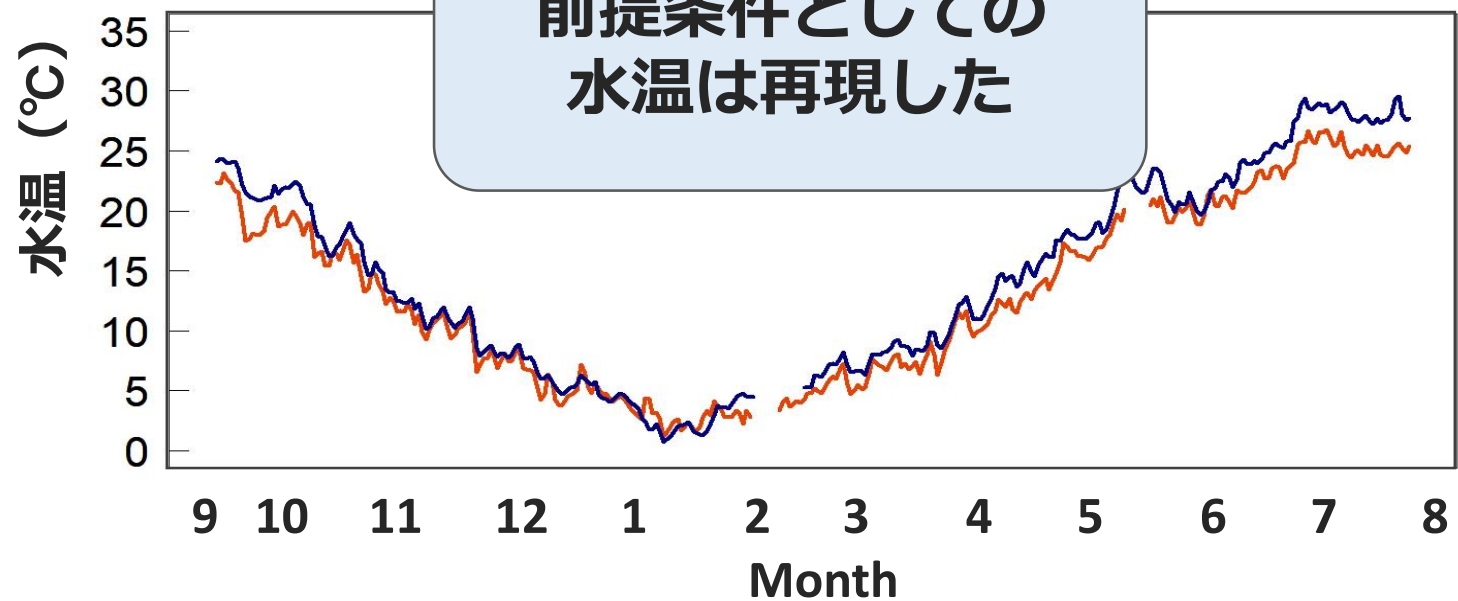
# 水温 (2016年9月~2017年8月)

## モデル (デフォルト) vs 観測値

表層



深層



前提条件としての  
水温は再現した

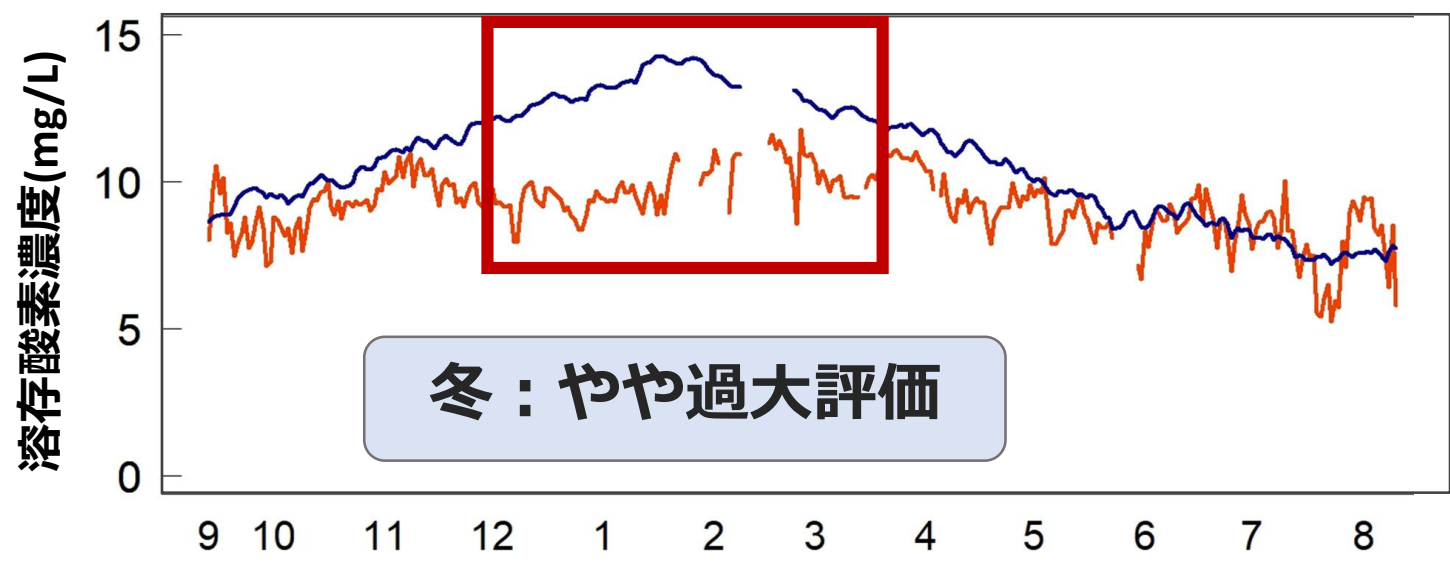
# 溶存酸素濃度の比較 (2016年9月~2017年8月)

月)

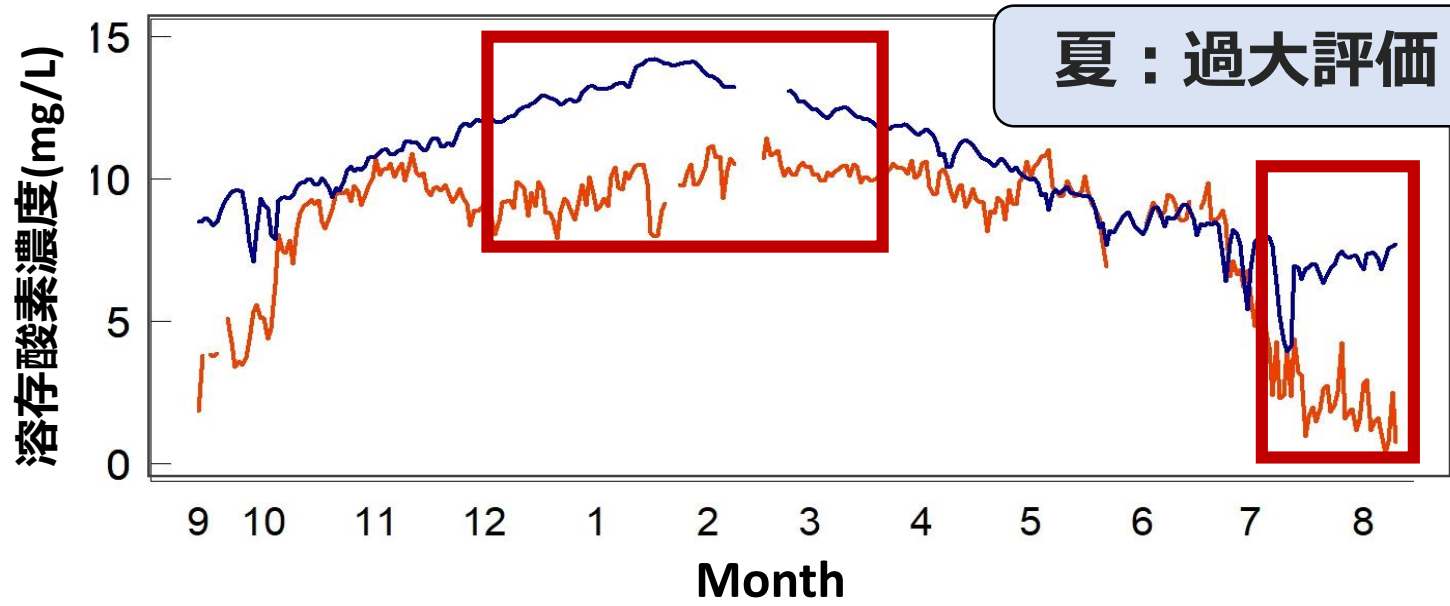
## モデル (デフォルト) vs 観測値

表層

観測値 —  
モデル値 —



深層



# 溶存酸素濃度の比較 (2016年9月~2017年8月)

月)

## モデル (堆積物酸素要求のパラメータ変更) vs 観測値

表層

観測値 —  
モデル値 —

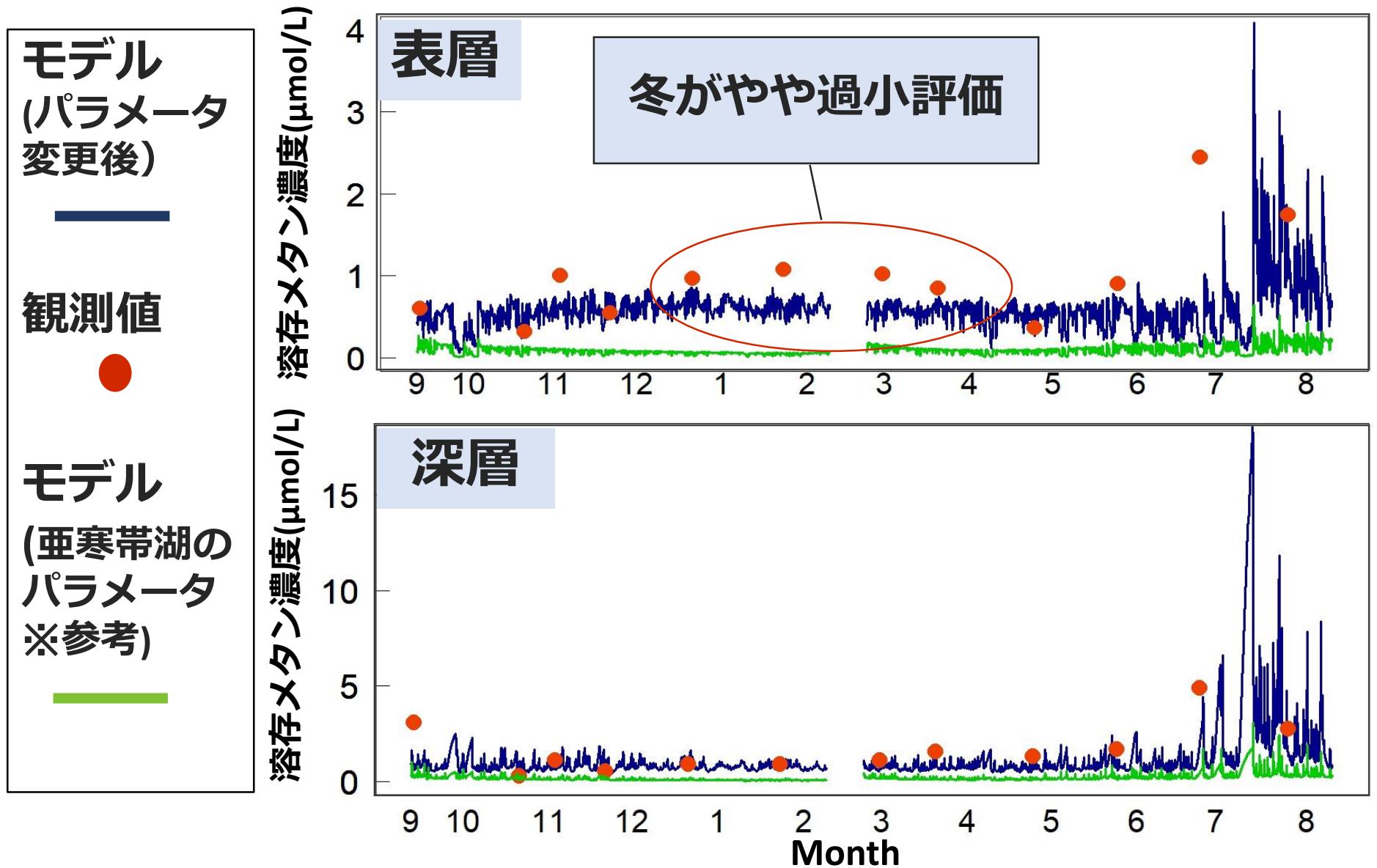


深層

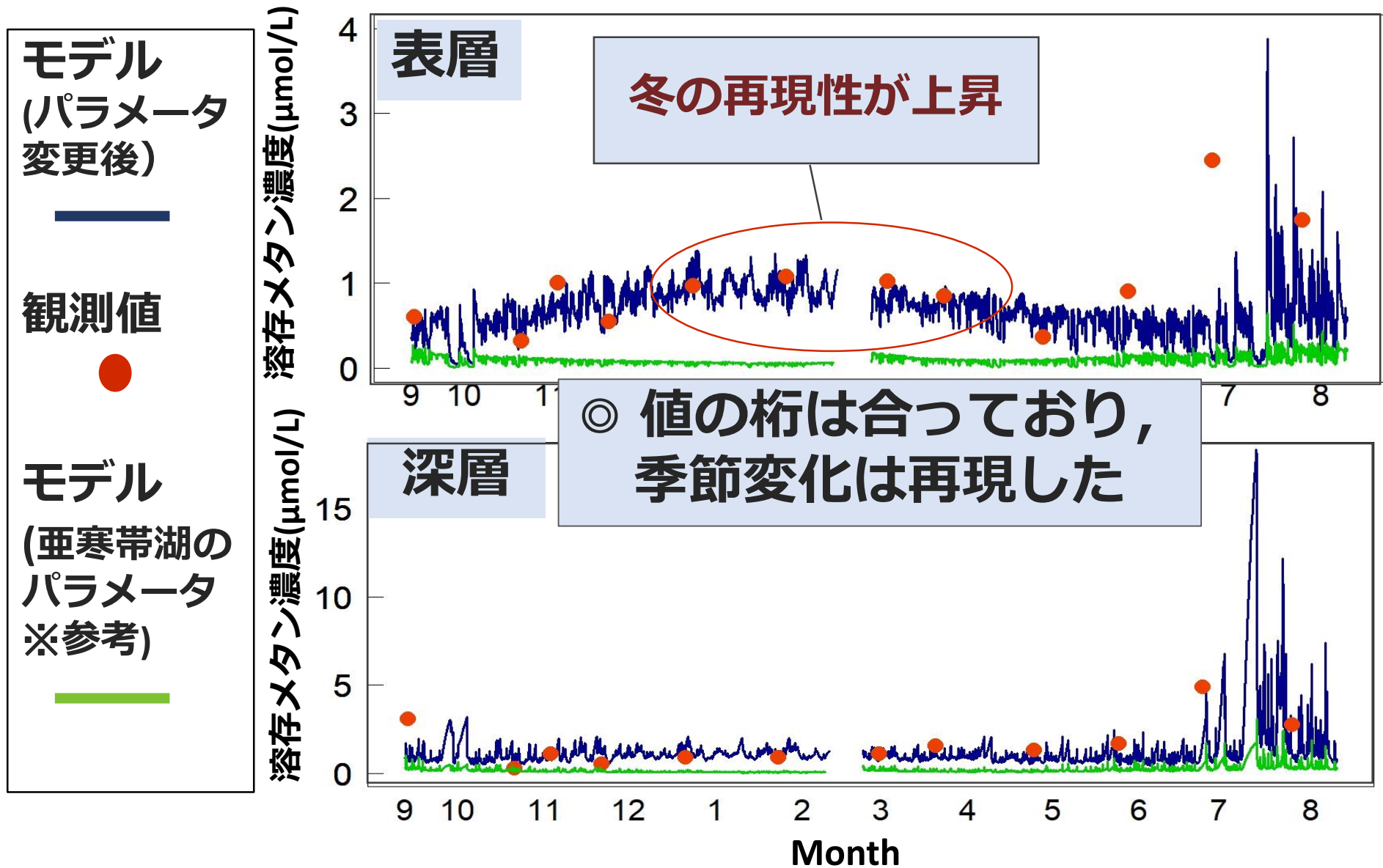




# 溶存メタン濃度の比較 (メタン酸化率温度依存なし vs 観測)



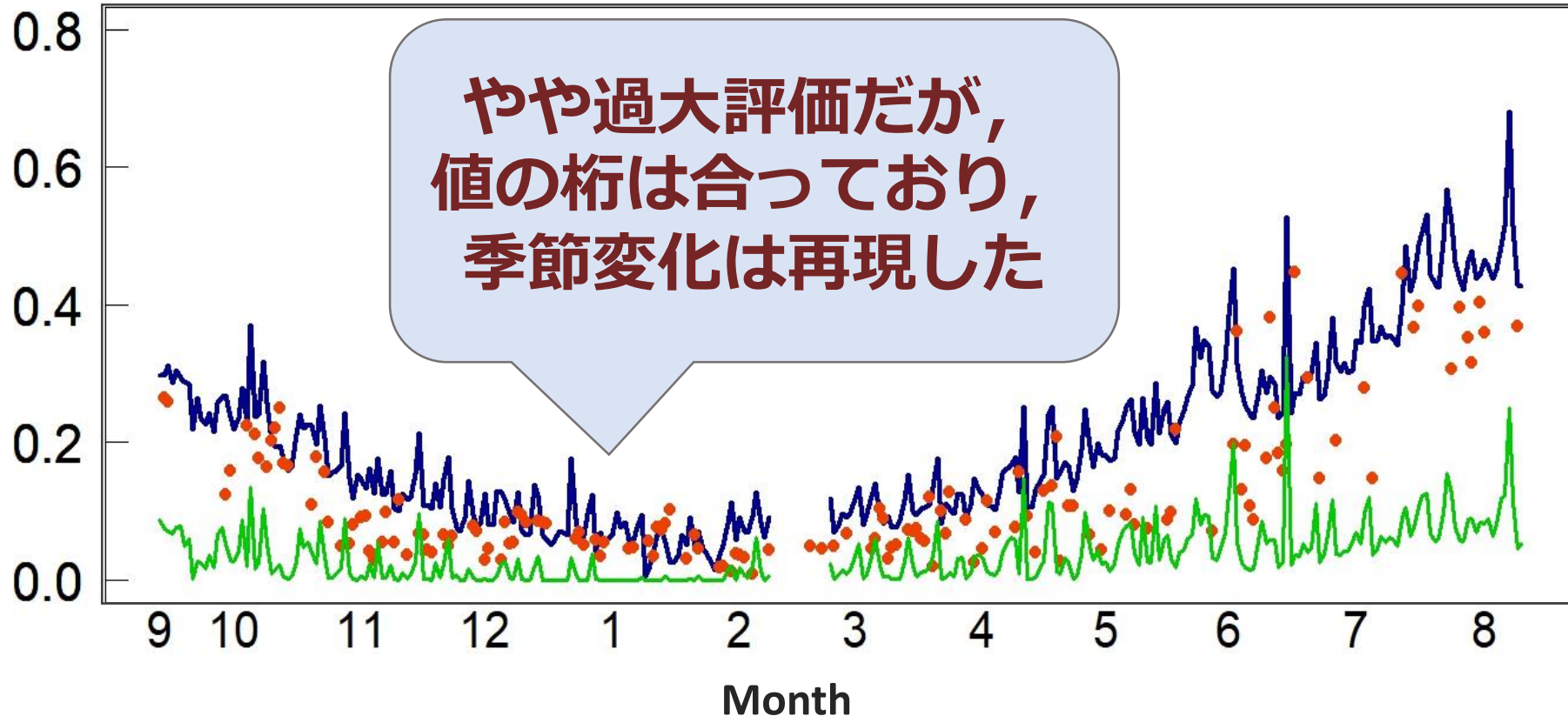
# 溶存メタン濃度の比較 (メタン酸化率温度依存あり vs 観測)



# メタンフラックス比較 (日データ) (パラメータ変更後 vs 観測)

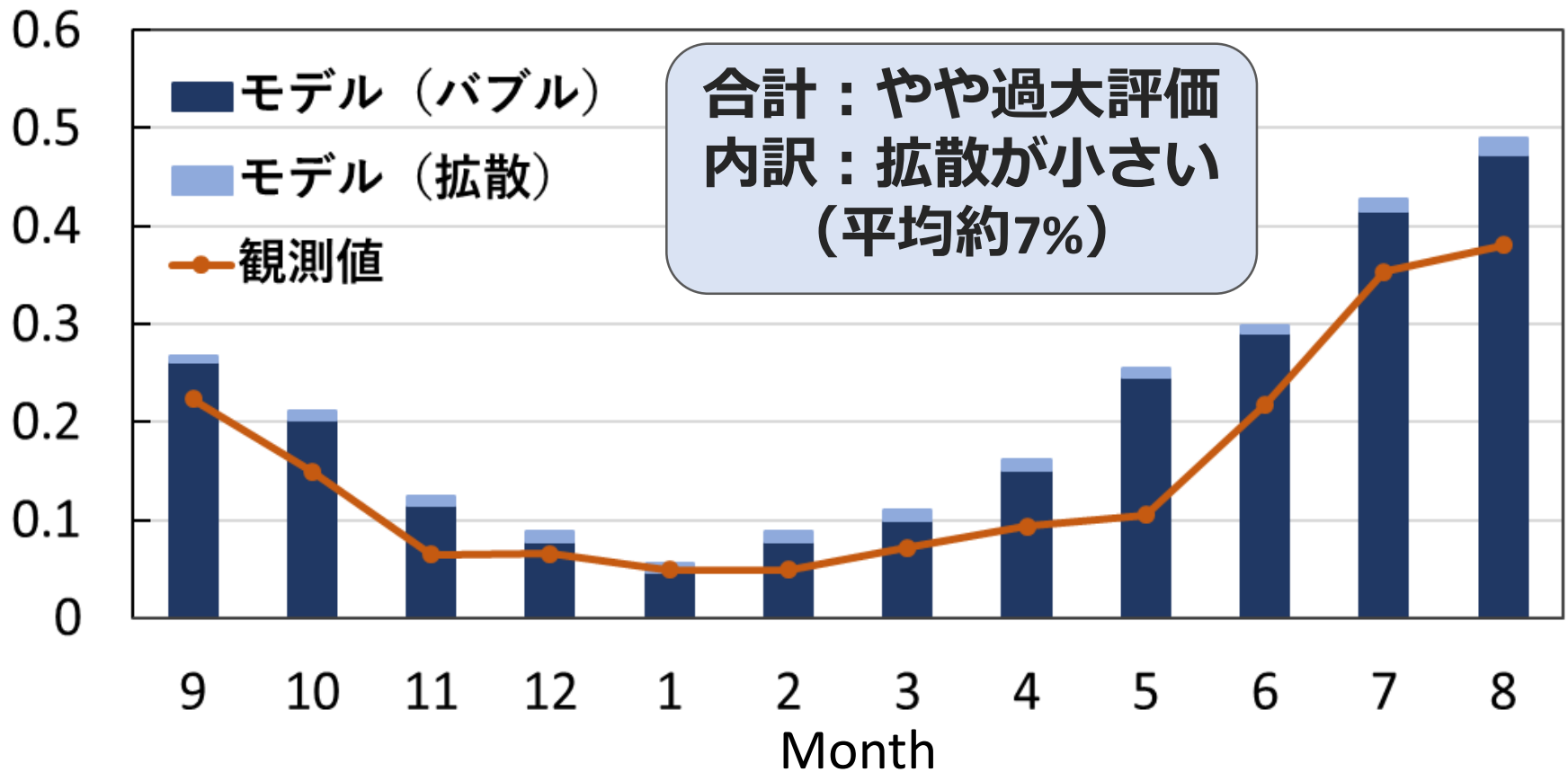
モデル (パラメータ変更後) —  
モデル (亜寒帯湖の代表値 ※参考) —  
観測値 ●

メタンフラックス ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )



# メタンフラックスの比較 (月平均データ) モデルの結果の内訳

メタンフラックス月平均値 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )



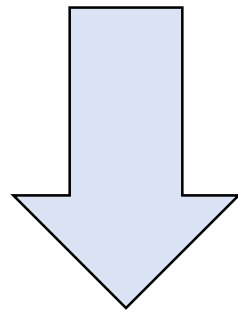
観測値の分離

拡散：20%から40%程度

# Conclusion


## LAKE2.0 : メタン動態

- ・メタン酸化には**温度依存**が必要
- ・適したパラメータを用いれば値の桁, 季節変化ともに**中緯度の諏訪湖でも再現**できる



今後, 緯度や湖沼型ごとに  
パラメータを決めていければ  
地球規模でシミュレーション可能なモデルになる





**ご清聴 ありがとうございます**