

# モデルを用いた諏訪湖の熱環境の再現及び 気候変化に対する応答評価

信州大学総合理工学研究科  
理学専攻・理科学分野

17SS602J 小林大曙

# はじめに

## 湖の熱環境の変化

湖周辺大気，湖内生態系，地球規模の炭素循環に影響を与える。

## 気候変化に対する湖の応答

### 気温上昇

気温上昇率 < 水温上昇率

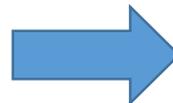
(e.g., Austin and Colman, 2007; O'Reilly et al, 2015)



大気状態の不安定化

湖水の熱的安定化

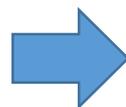
(e.g., Peeters et al., 2002; Schwefel et al., 2016)



湖底層の貧酸素化の促進

浅い湖

現在は，夏にも混合が起こる



混合の抑制は，深い湖より水質や生態系に影響を及ぼす

### 目的

湖モデルによって浅い諏訪湖の熱環境の再現及び気候変化に対する応答を評価する

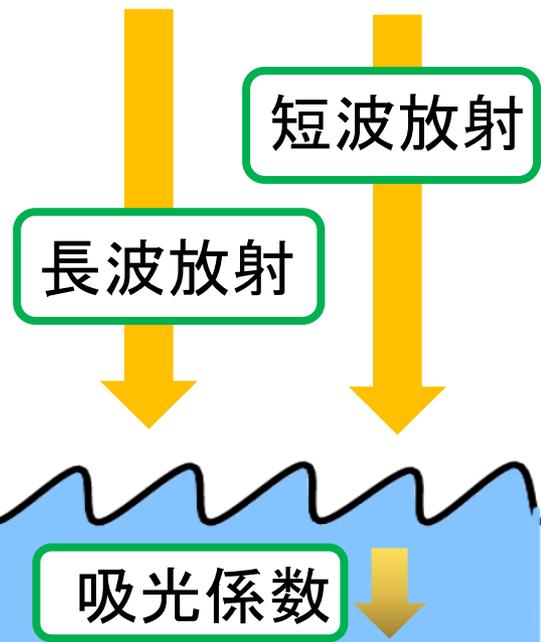
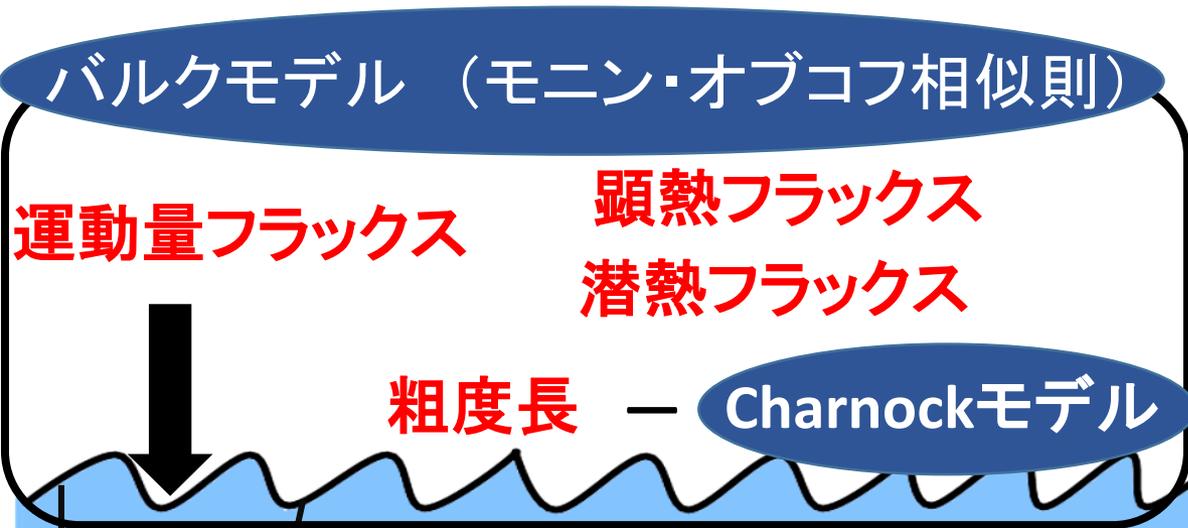
# モデル説明

LAKE2.0 (鉛直一次元) (Stepanenko et al., 2016)

風速, 降水, 気温, 気圧, 比湿

□ : インプットデータ

赤字 : 観測値と比較



# 観測サイトと気象観測

## 観測サイト

- ・諏訪湖(長野県)
- ・面積 13.3 km<sup>2</sup>
- ・最大水深 6.9 m

## 観測期間

- ・2015年4月—現在

## 観測データ

- ・気象データ  
長波・短波放射  
気温, 比湿, 風速, 気圧
- ・フラックスデータ(渦相関法)  
運動量・顕熱・潜熱フラックス



# 熱収支シミュレーションの設定とデータ

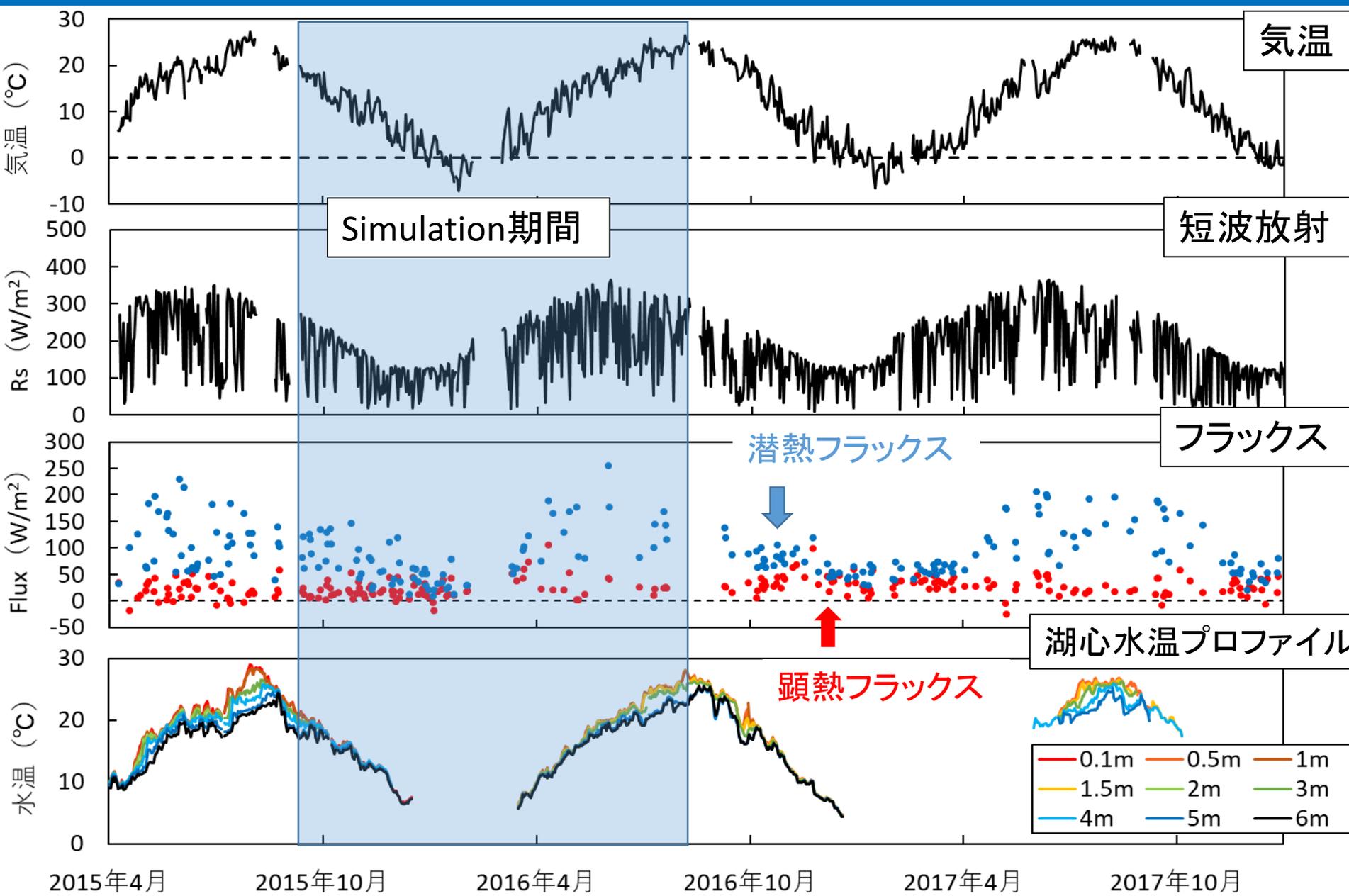
		現在のシミュレーション	感度実験	過去のシミュレーション
期間		2015年9月～2016年7月		2000年3月～2017年12月
目的		物理パラメータの修正	気候変動への 応答評価	水温の年々変動のモデル 再現性の調査
気象データ	気温	栈橋上での観測値 (30分データ)	+1 °C ~ +4 °C	AMeDAS(諏訪)の観測値 (1時間データ)
	風速		-10% ~ +10%	
	気圧		栈橋上での 観測値 (30分データ)	
	短波放射		AMeDAS(諏訪)の日照時 間より算出(二宮ほか, 1996; Masaki et al., 2010)	
	長波放射			
	降水量		AMeDAS(諏訪)の観測値 (30分データ)	
吸光係数		2016～2017年の平均値		

---

# 結果と考察

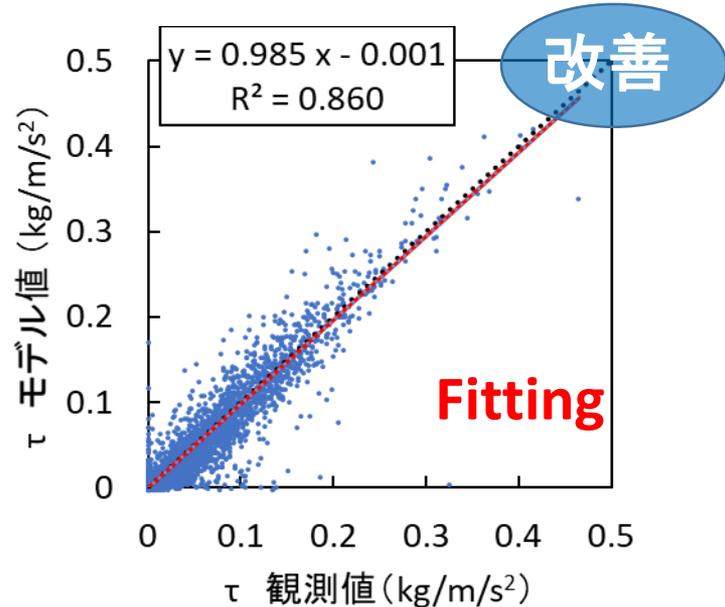
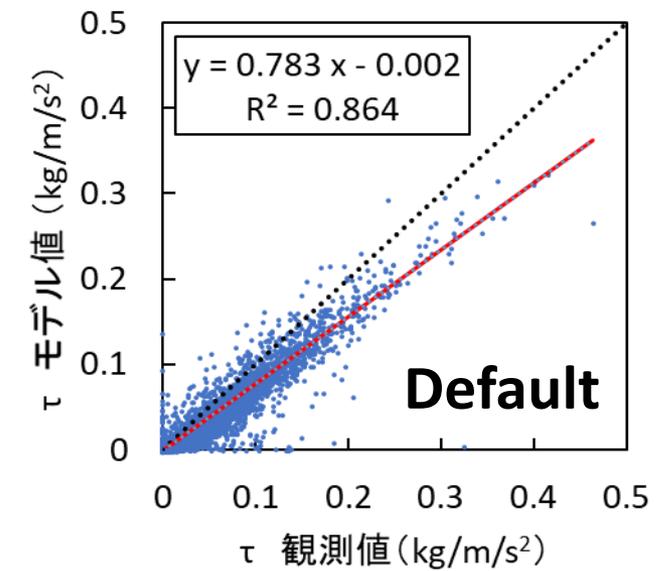
---

# 水温プロファイル・乱流フラックスの観測値の概要

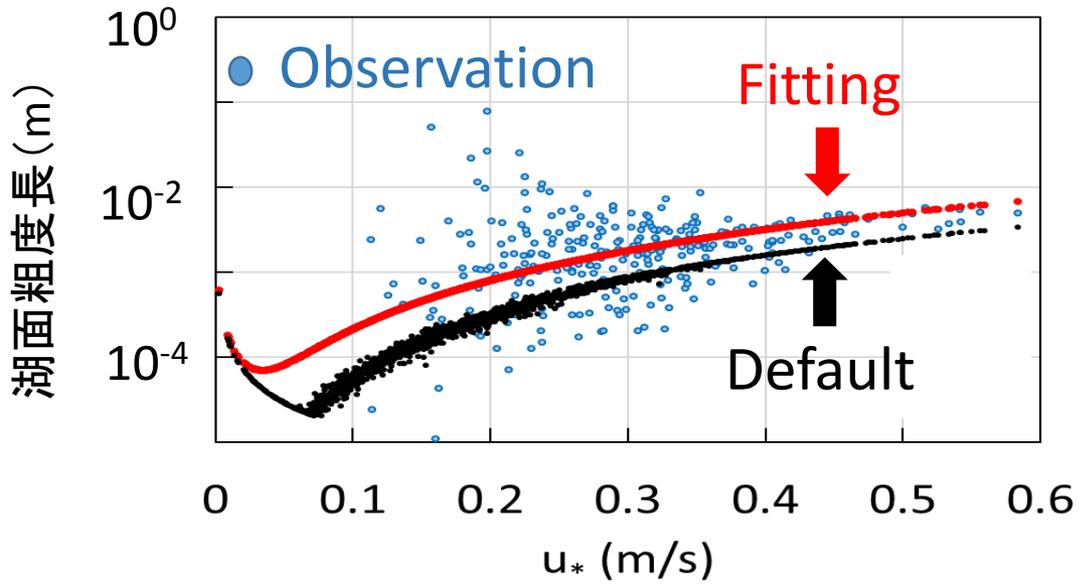


# モデルの修正 —運動量フラックスの改善—

## 運動量フラックスの再現性



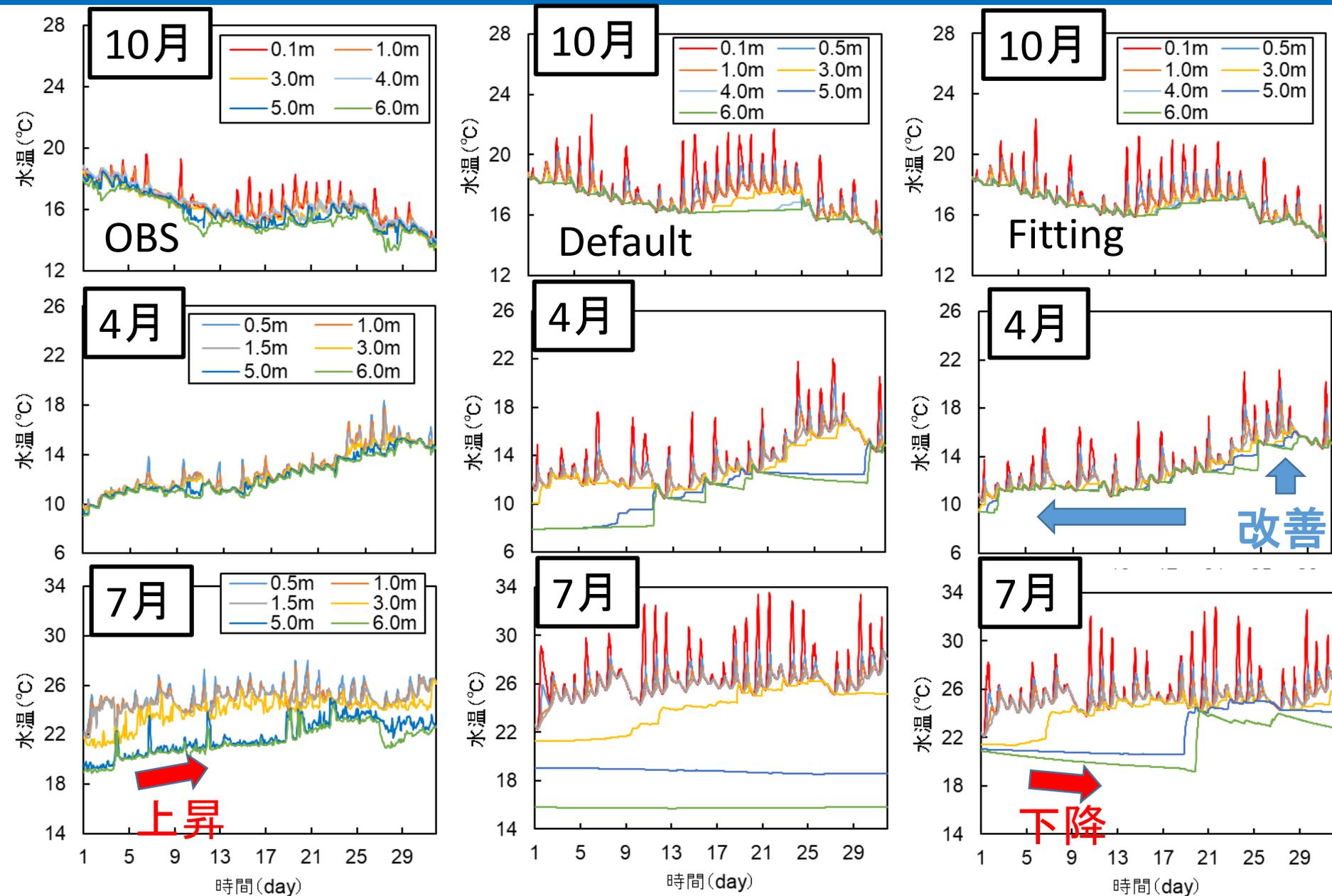
## 運動量粗度長のモデル値の改善



Charnock 定数 (0.20: 本研究)  
 海: 0.012—0.035 (Garratt, 1992)  
 小さな湖: 0.38 (Heiskanen et al., 2015)

海より湖は風速が小さい。しかし、運動量フラックスは理論値よりも大きい。  
 ⇒ 波齢が小さい波が卓越 + 陸域起源の乱流渦の影響？

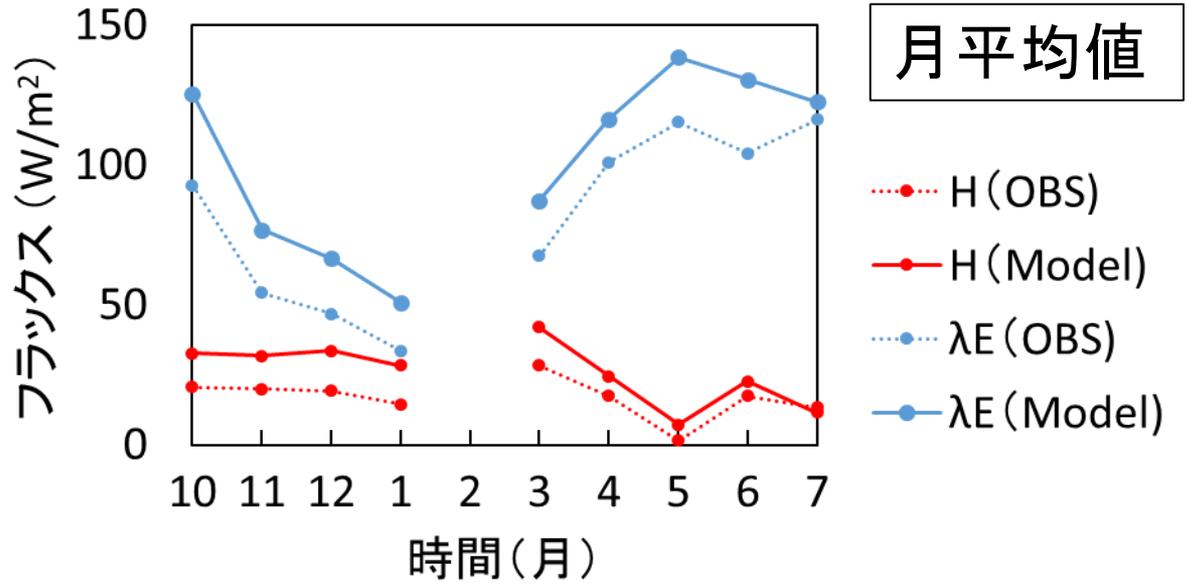
# 湖心での水温プロファイルの観測値とモデル値の比較



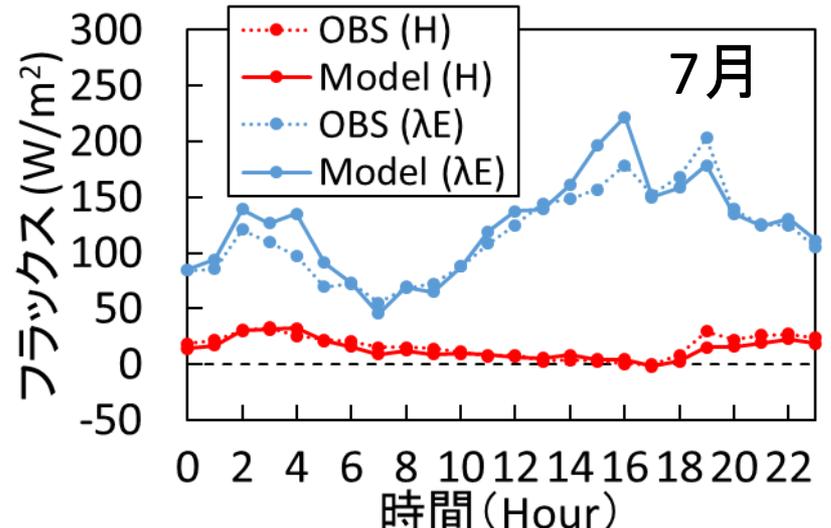
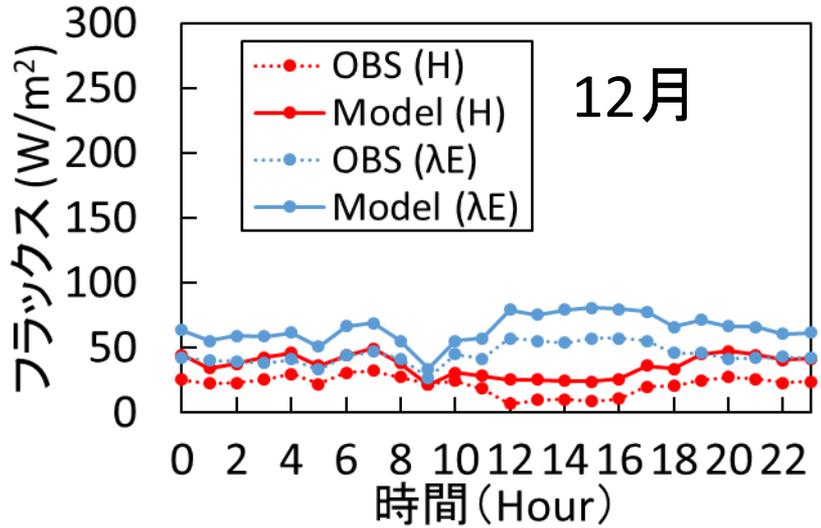
# 乱流フラックスの再現性 (2015/9/19 – 2016/8/2)

## 季節変化

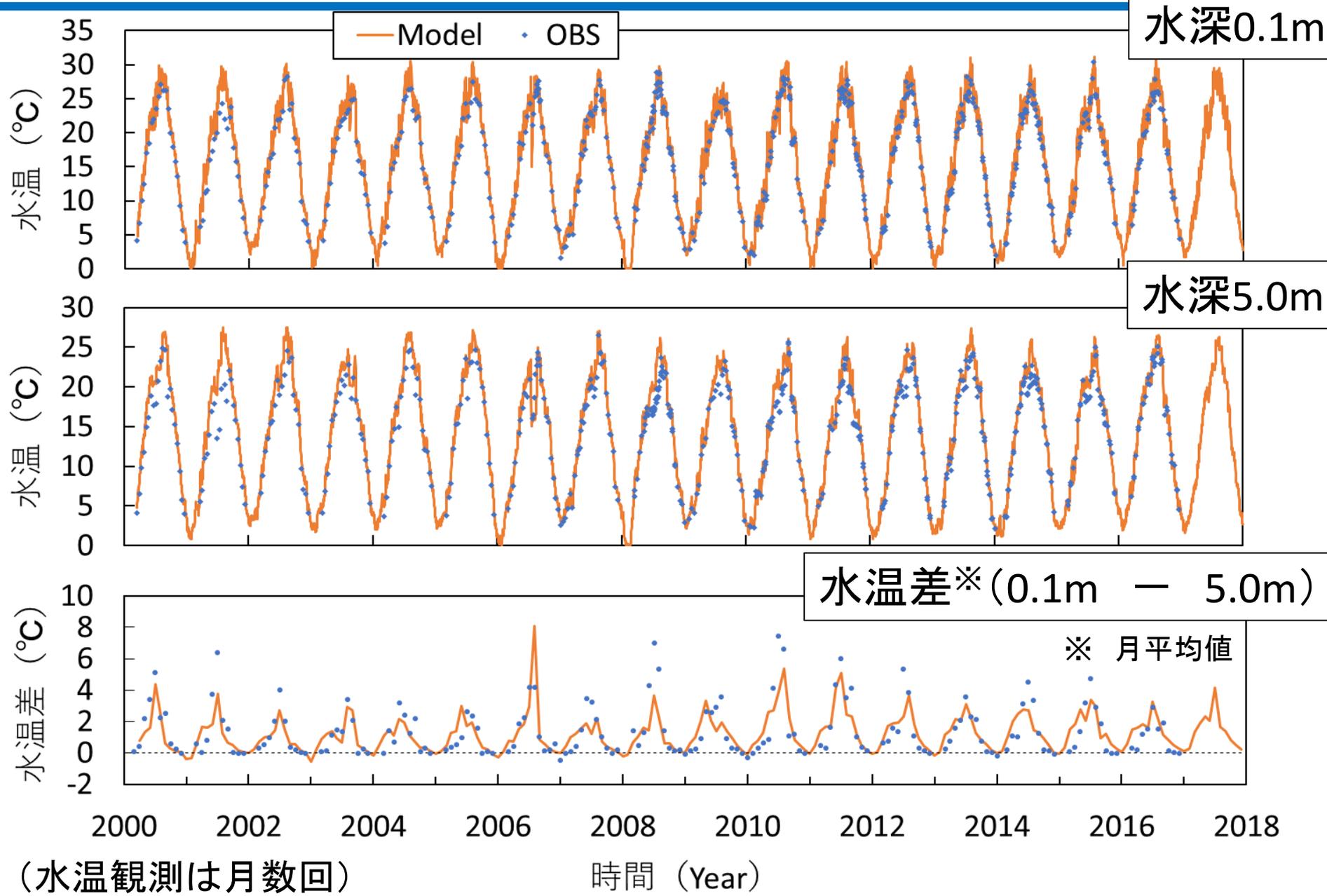
乱流フラックスの再現性は高い



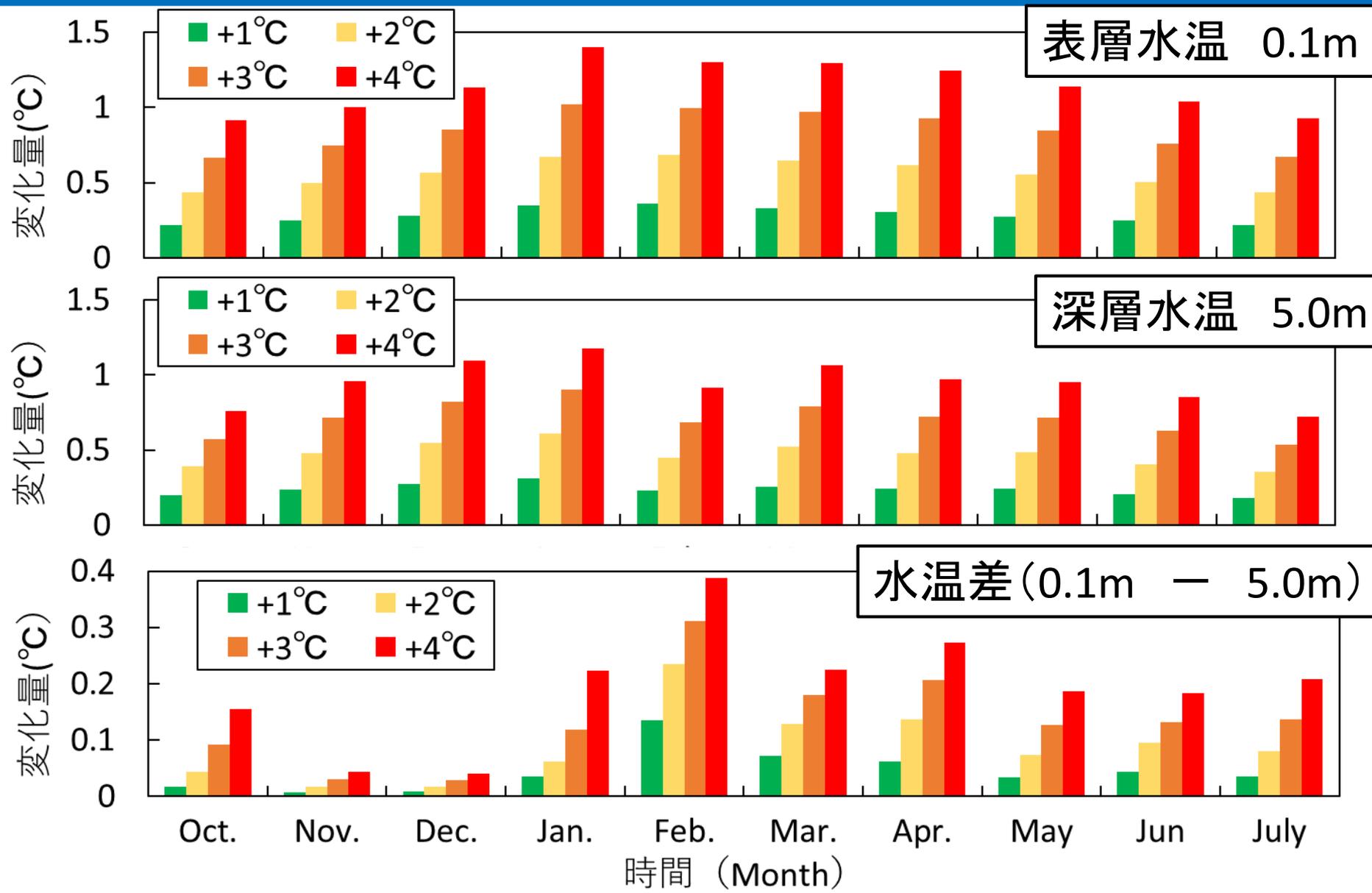
## 日変化



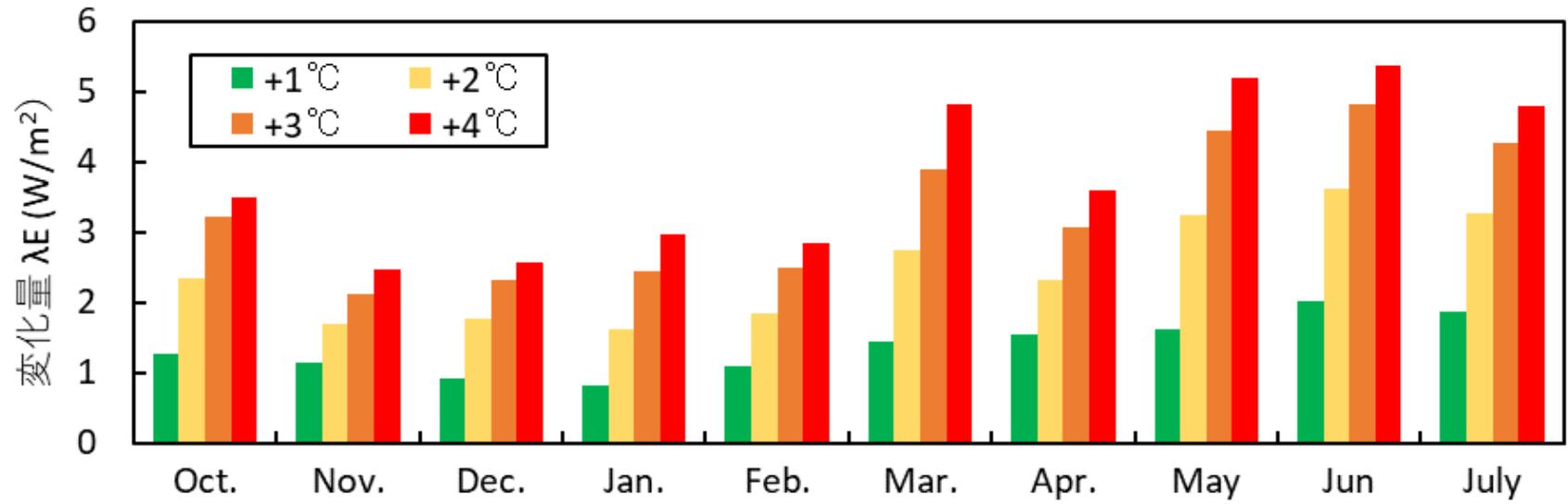
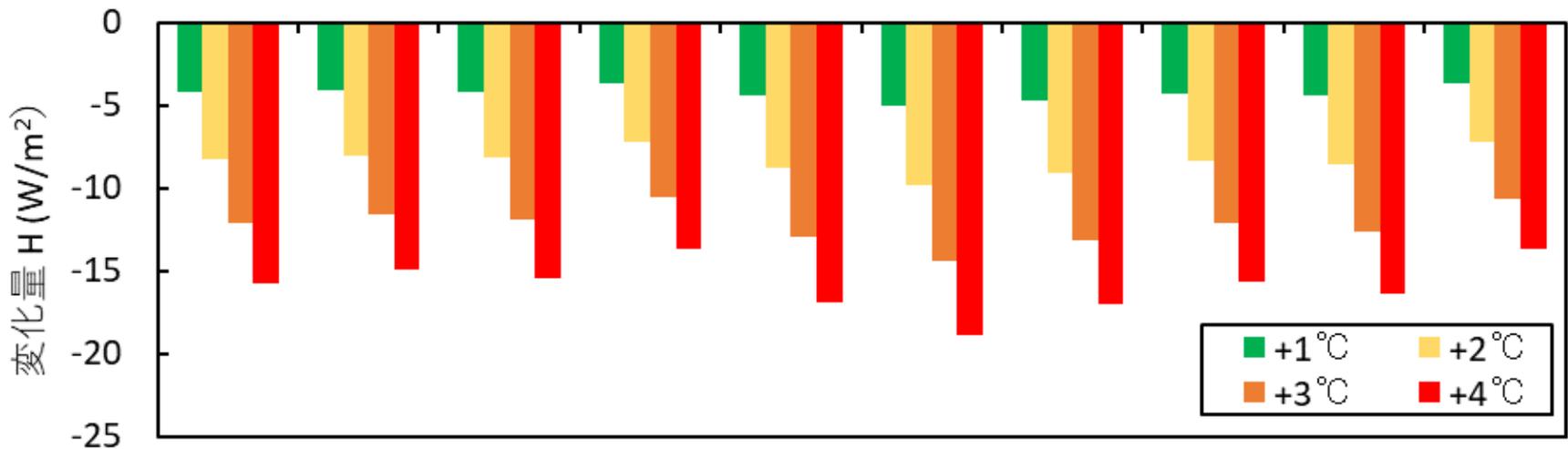
# 2000年～2017年の水温シミュレーション



# 気温上昇に対する熱環境の応答



# 気温上昇に対するフラックスの応答

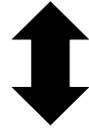


時間 (Month)

# 総合考察 ー気候変化に対する諏訪湖の熱環境の応答ー

## 先行研究

気候変化によって、ドイツの浅い湖では循環型が変わる。(Kirillin, 2010)  
(多循環湖 ⇒ 二回循環湖 ⇒ 一回循環湖)



## 本研究

諏訪湖では、鉛直方向の水溫差は拡大するが、循環型は変化しない  
(夏季にも全循環が起こる)



面積が大きい湖ほど、大気から与えられる運動量が大きくなり、  
湖水混合が促進される (Magee and Wu, 2017)

# まとめと結論

## モデルの評価

・湖面及び底面の粗度長モデルの改良



運動量フラックス  
水温プロファイル

○水温の季節変化と顕熱・潜熱フラックスの再現性は良好

●日中の表層水温のピーク及び夏季の深層水温の再現性に課題

○2000年～2017年の表層及び深層水温の年変化の傾向を再現

気候変化への湖の熱環境の応答評価にLAKE2.0の活用は有効

## 気候変化への応答

【気温上昇への応答】 表層水温の上昇 > 深層水温の上昇  
湖⇒大気への熱輸送 H:減少 λE:増加

気温上昇によって、諏訪湖では、表層水温と深層水温がともに上昇し、水温差も拡大する。しかし、循環型が変わる湖よりは、緩やかに熱環境が変化する。