



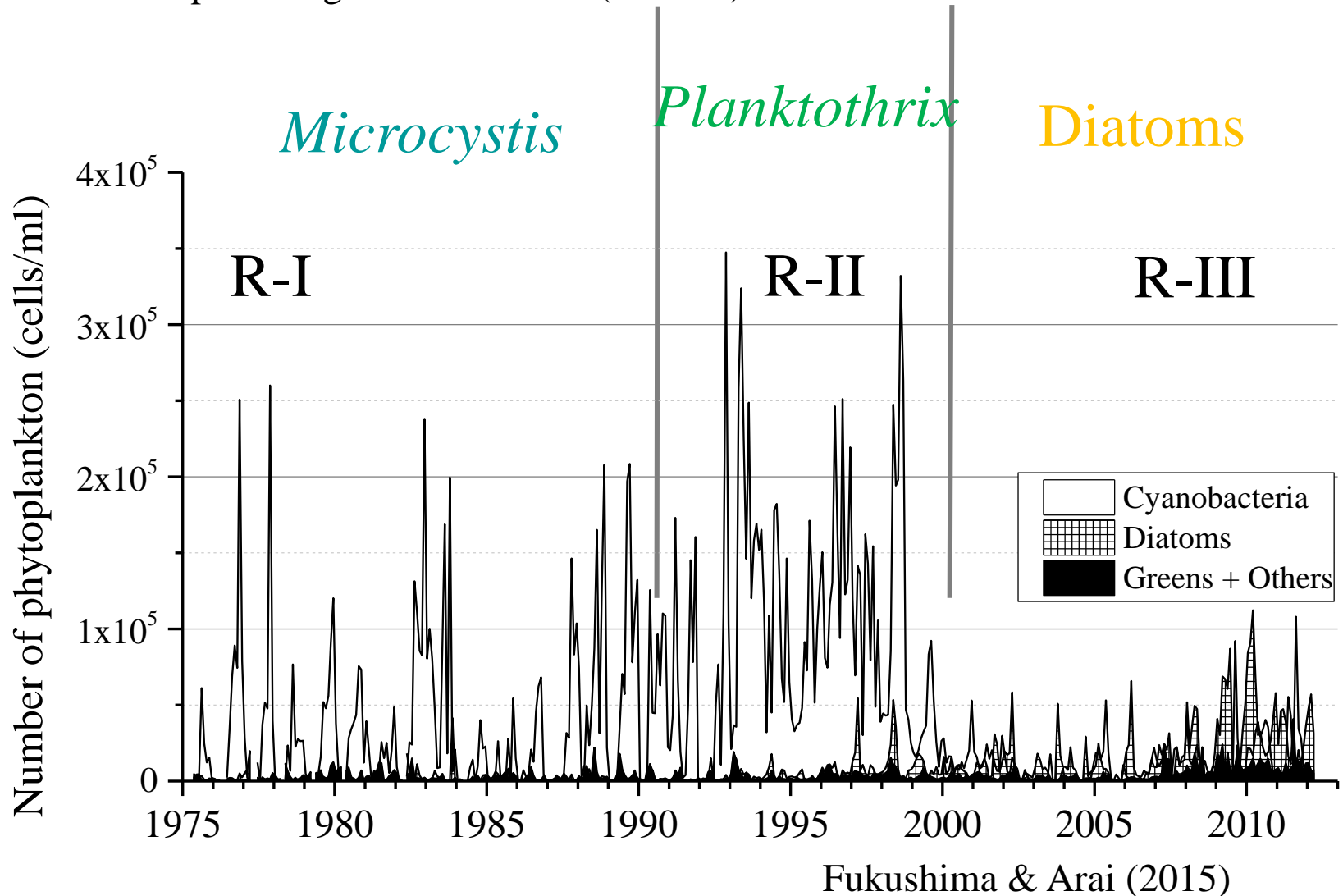
湖沼水環境の将来を考える

福島武彦（霞ヶ浦環境科学センター）



藻類経年変化(3時期に): 湖心

Fig. 4 (1) Change in phytoplankton numbers at St. 1 (center of Nishiura). Proposed regimes are shown (see text).

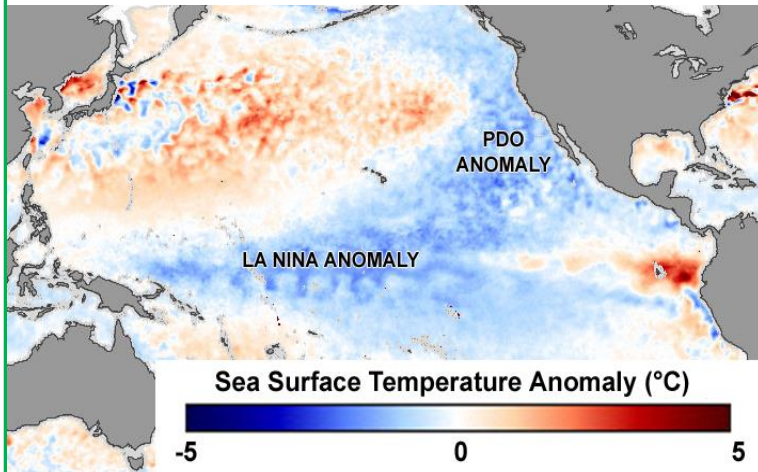


Climate index and air temperature

Climate indices: ENSO, AO, NAO, PDO,,,

In our region, PDO may be the most influential on lake environment.

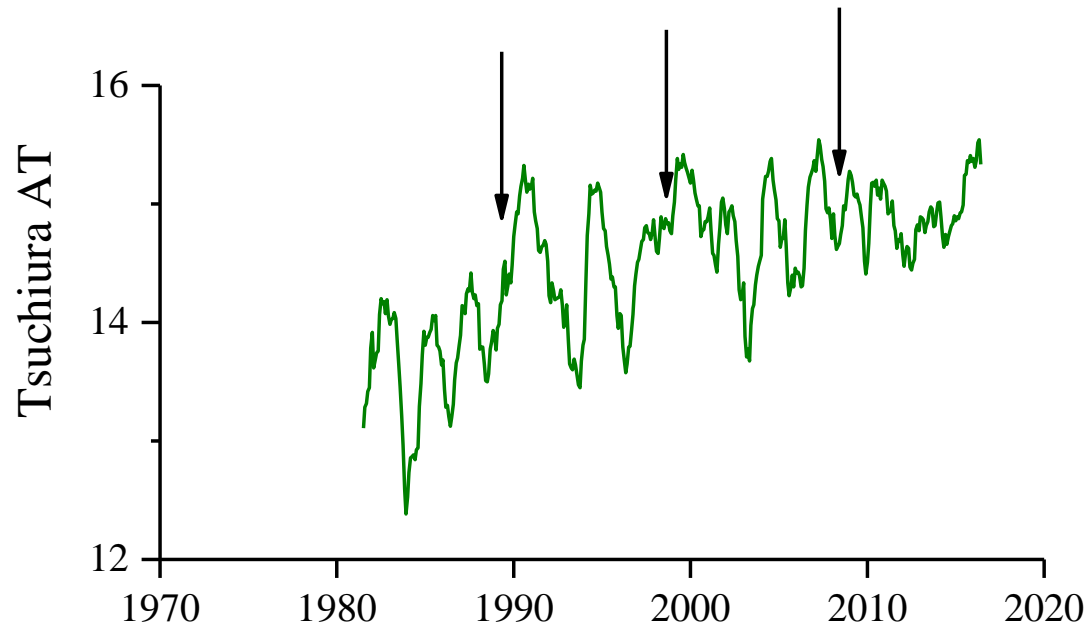
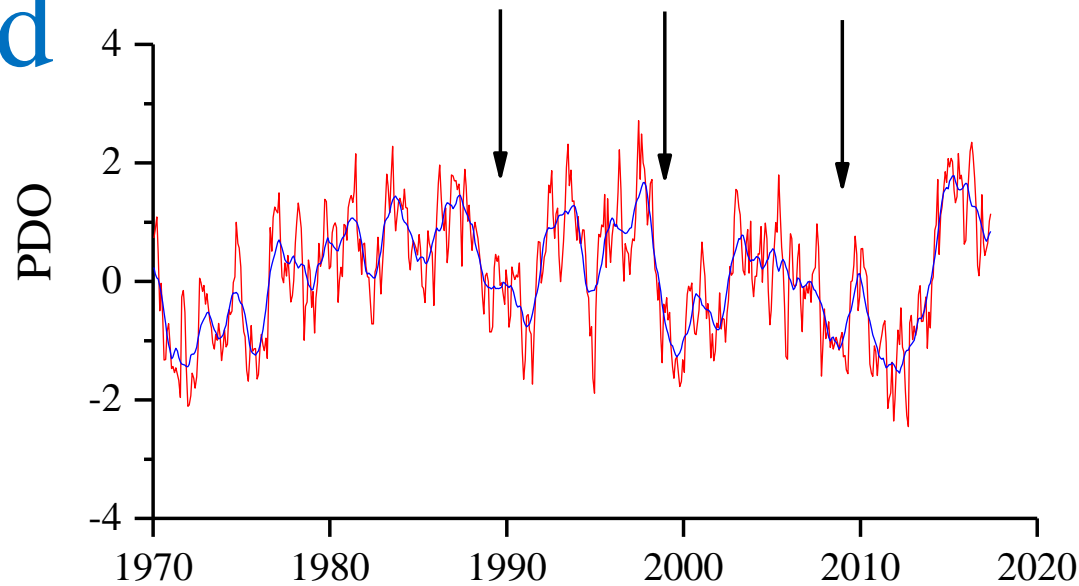
In the case of $PDO < 0$, ENSO < 0



**WT increase in the sea near Japan,
then AT increase in Japan
AT & WT decrease in western US**

by NASA

by JMA

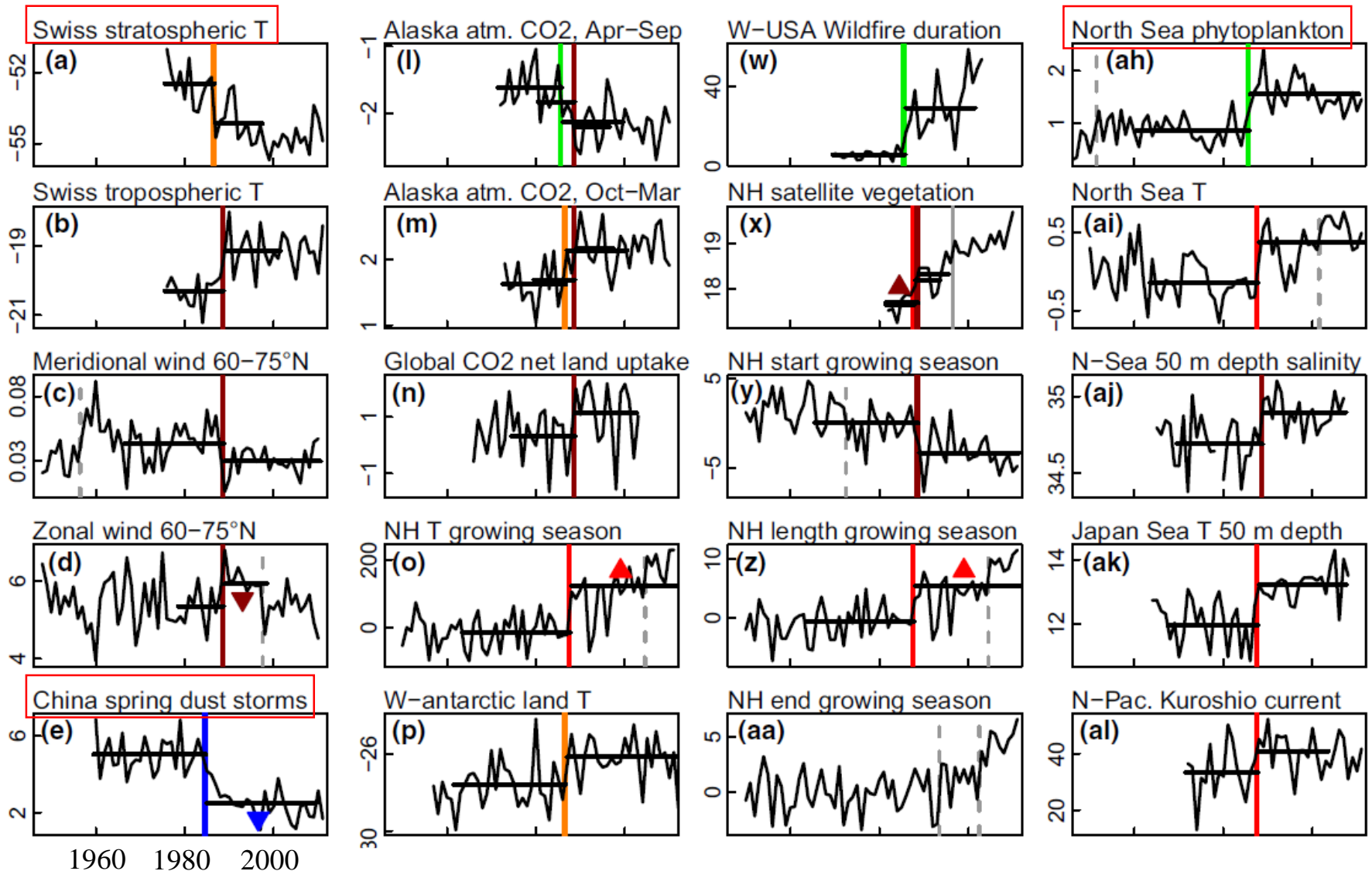


PDO vs AT: -0.429^{**}

PDO vs Max wind velocity: -0.575^{**}

The possibility of global impacts on L. Kasumigaura RSs

Reid et al. (2015)
72 time series



非回帰型？のレジームシフト

- 1985-1991年 大気から深海、北極から南極(気象変数、氷結面積、漁獲、開花時期、...)、気候変動(気温上昇)と火山活動影響(El Chichon は1982; but Pinatubo は1991)からの回復 Reid et al. (2015)

ヨーロッパの20湖沼 表面水温のシフト的上昇は気温のシフト的上昇に対応、特に春(5月) Woolway et al. (2017)

- 1997-1998年 五大湖の水温上昇、氷結面積減少、Cyclotella sp.比率の増加 PDO指数が正から負へ変化 Zhong et al. (2016)、Cleave et al. (2014)、Reavie et al. (2017)

Lake Mendota 氷結期間等 1997-1998年暖冬(エルニーニョ) Magee et al. (2016)

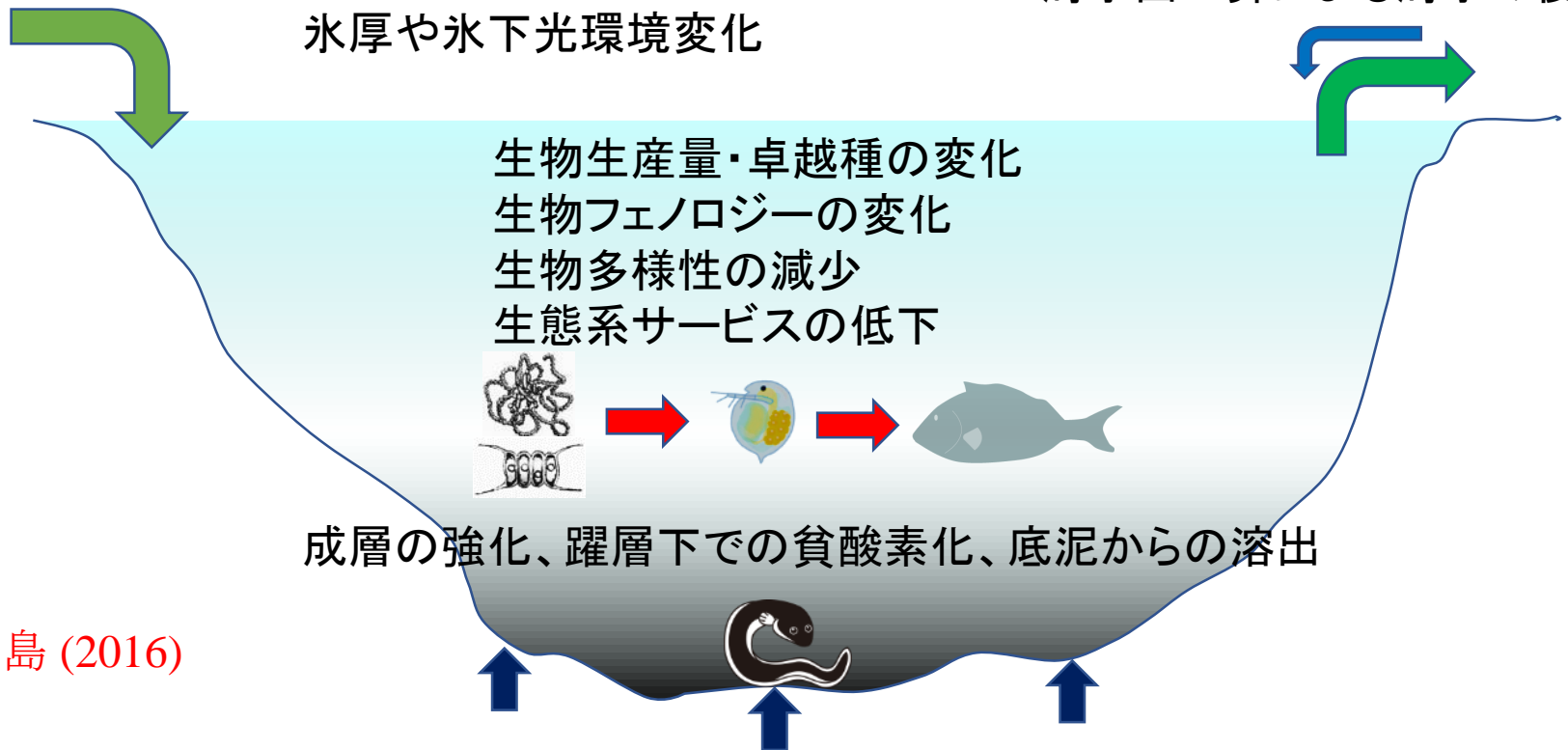
- 1989-1990年、1999-2000年 霞ヶ浦水質レジームシフト PDO指数極小 寒い期間から暖かい期間に移るとき Fukushima & Arai (2015)

地球温暖化の湖沼環境に及ぼす影響



多降水: 流入負荷の増加
小降水: 混合低下、滞留時間増加
降雪量の変化: 季節パターン変化
氷厚や氷下光環境変化

海水面上昇による海水の侵入



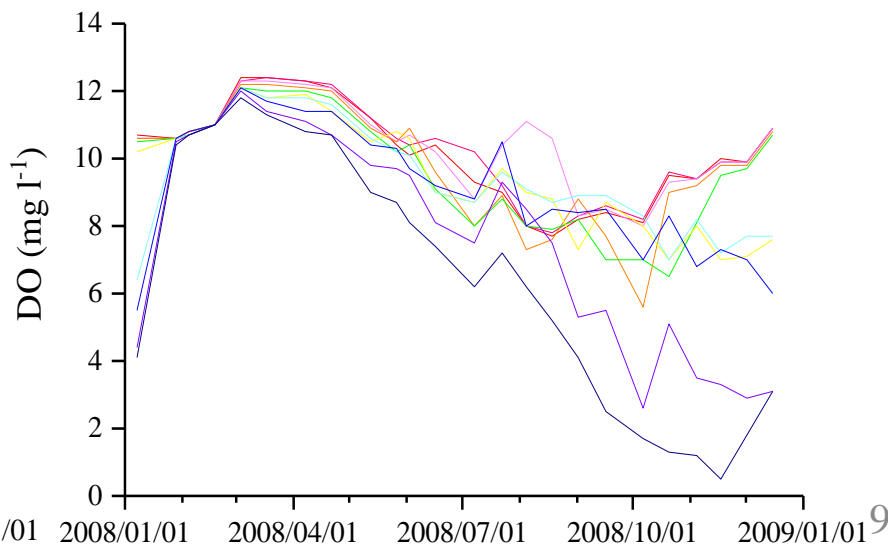
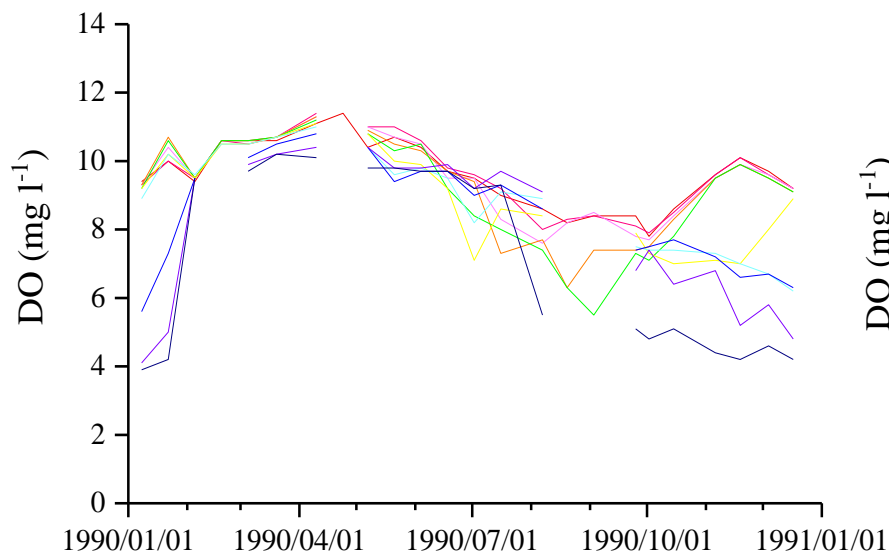
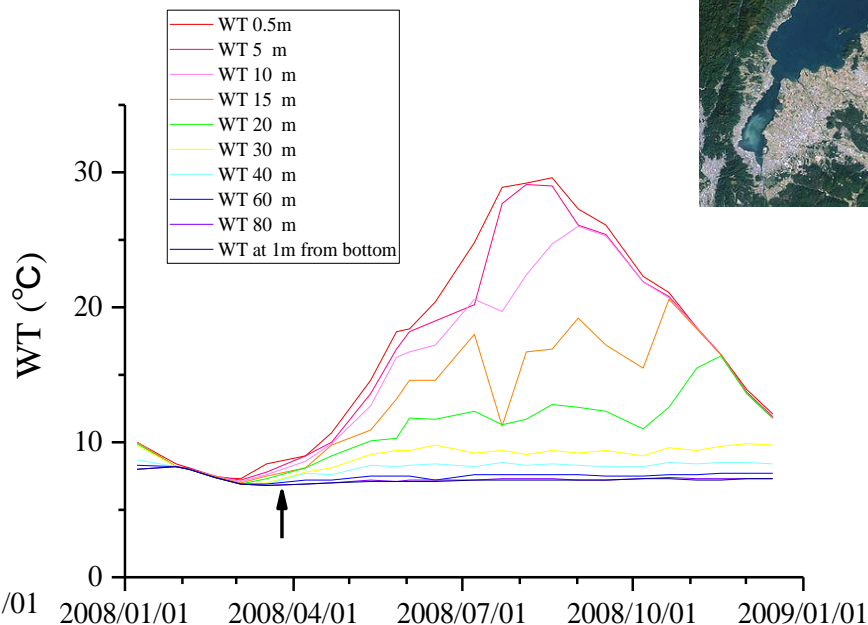
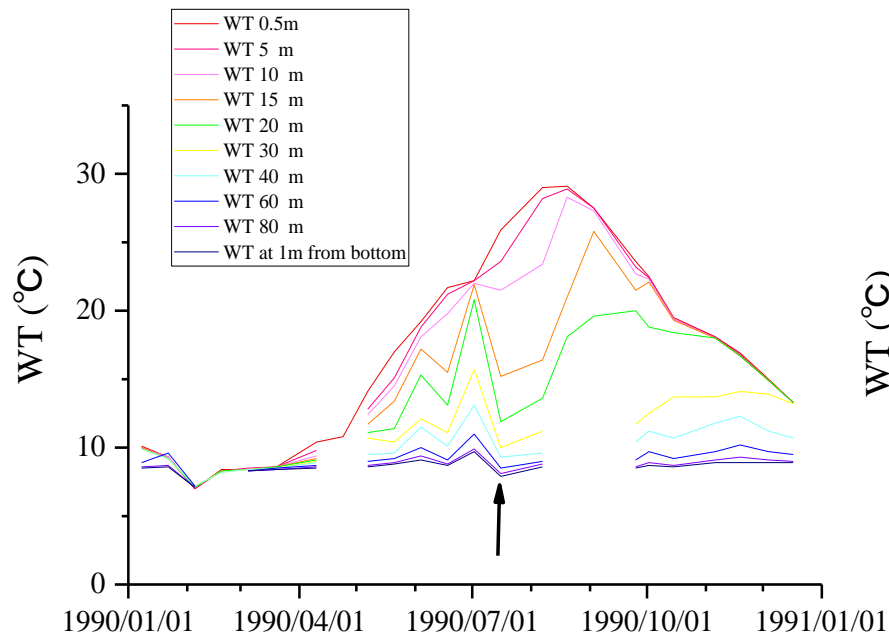
未解明な問題

- 日本海側の湖沼では水温上昇が明確には見られない。なぜか？
- 日本、アメリカの湖沼では夏、秋の水温上昇が大きいのにに対して、ヨーロッパ湖沼では春の水温上昇が大きい。気温上昇の程度に対応している？なぜか？
- 水温上昇は、透明度の変化傾向に影響を受ける。透明度の変化傾向が見られる霞ヶ浦、琵琶湖、諏訪湖での水温変化傾向に違いがある。なぜか？

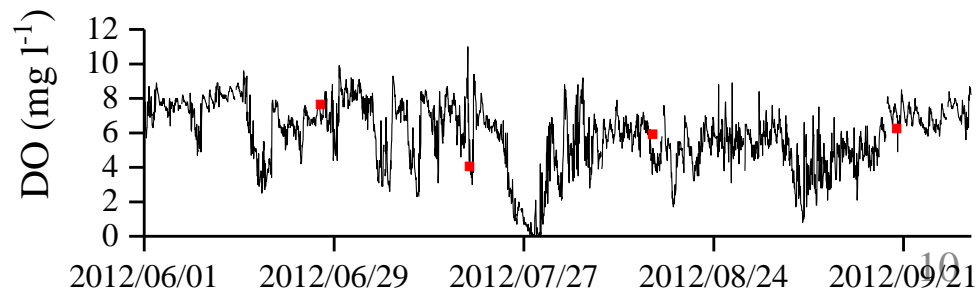
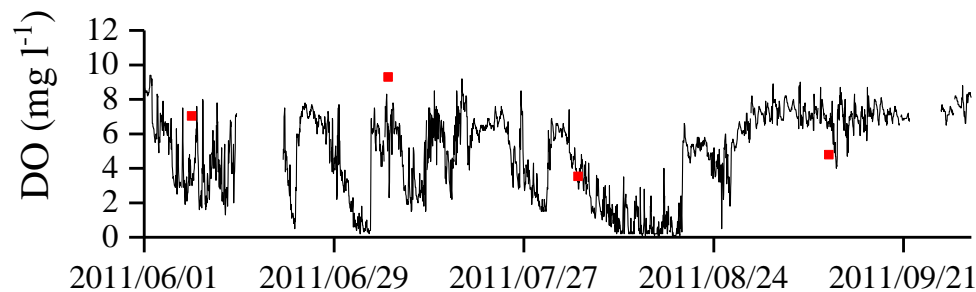
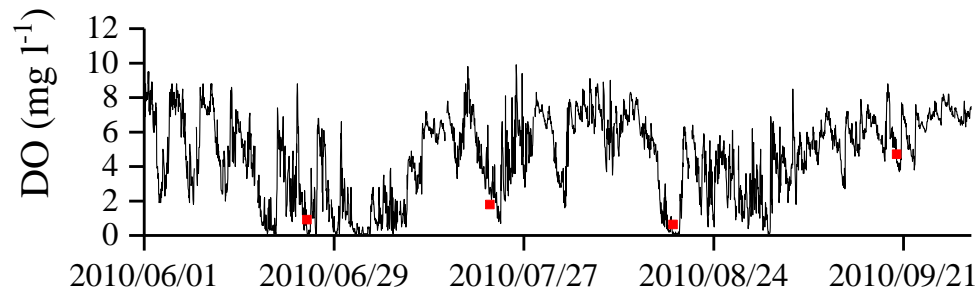
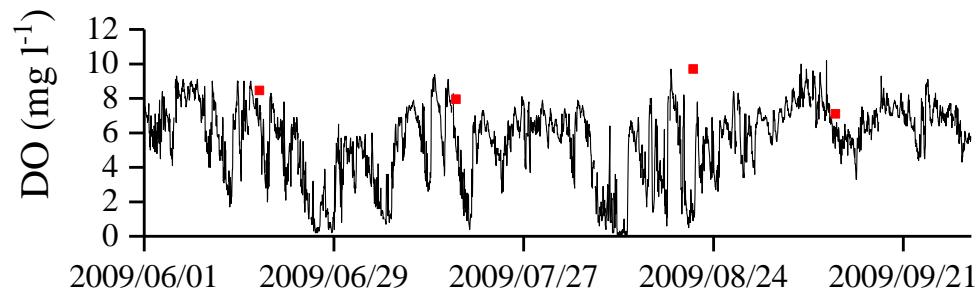
底層DO問題と湖沼間差

	最大水深	滞留時間	栄養度
琵琶湖	104 m	5 y	貧—中栄養
島地川ダム	60 m	1 y	中—富栄養
霞ヶ浦	7 m	0.6 y	富—超富栄養
インドネシア湖沼 Lakes Matano, Toba, Maninjau, Singkarak	165.– 590 m	>10 y	貧—富栄養

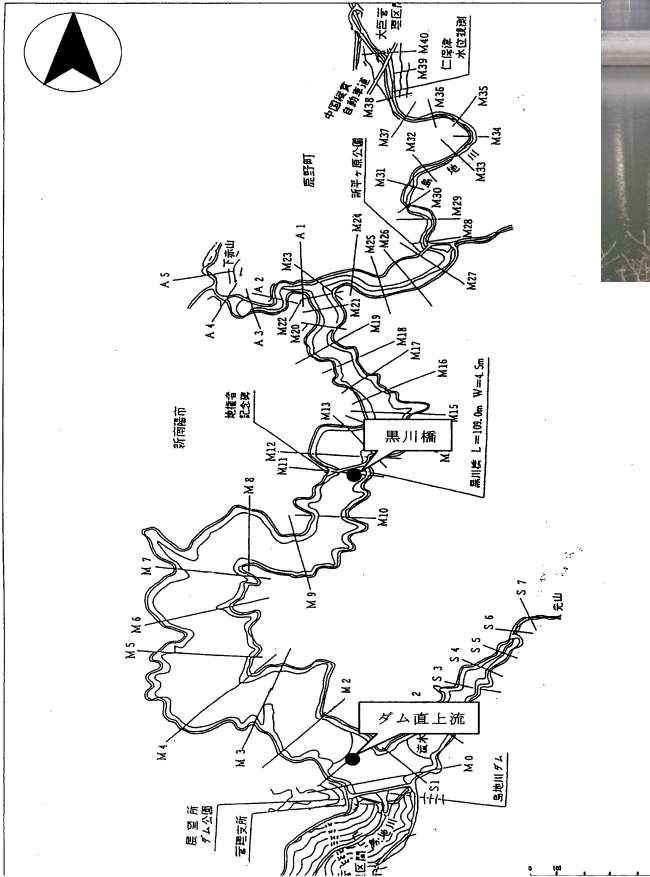
琵琶湖 (今津沖)



霞ヶ浦釜谷沖 (水資源公団 自動観測)



島地川ダム



Dimensions of dam and reservoir

Dam height: 89 m

Dam length: 240 m

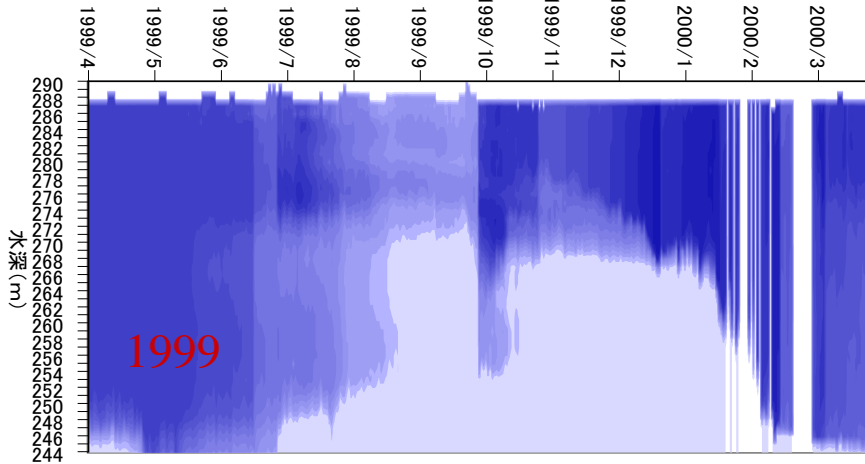
Reservoir area: 0.80 km²

Watershed area: 32.0 km²

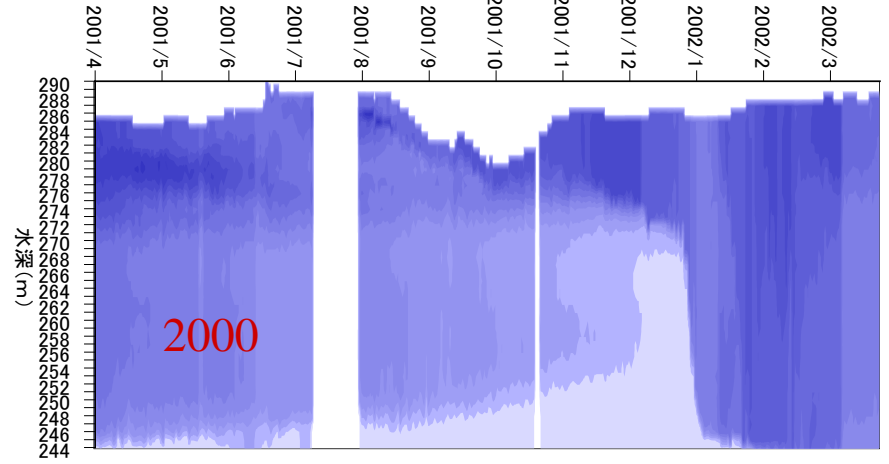
Reservoir water volume: 21 x10⁶ m³

1.2.3 DO

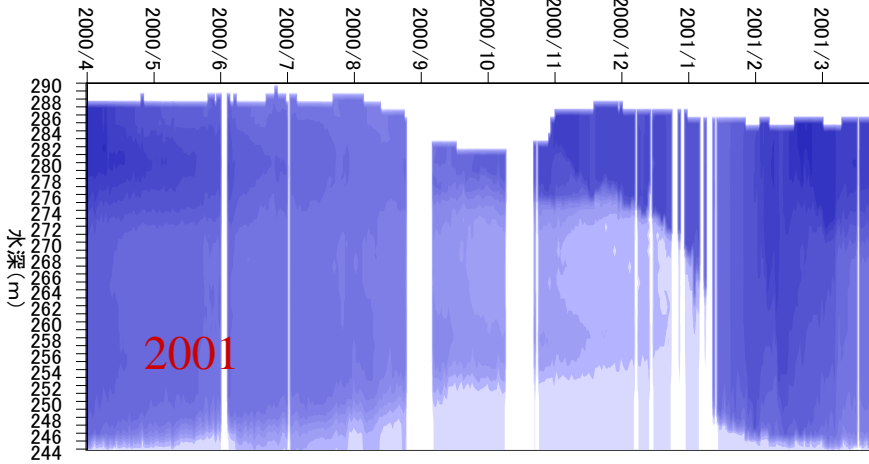
1999年度 DO(底)



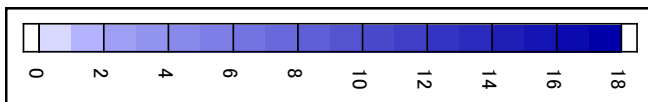
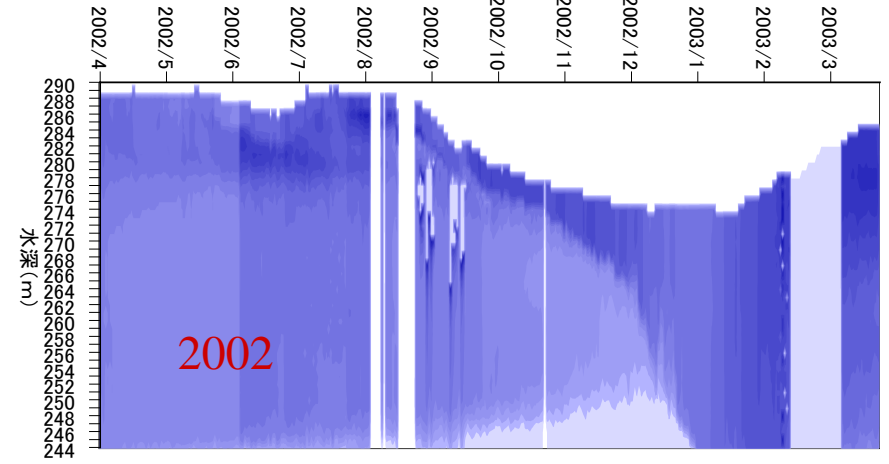
2001年度 DO(底)



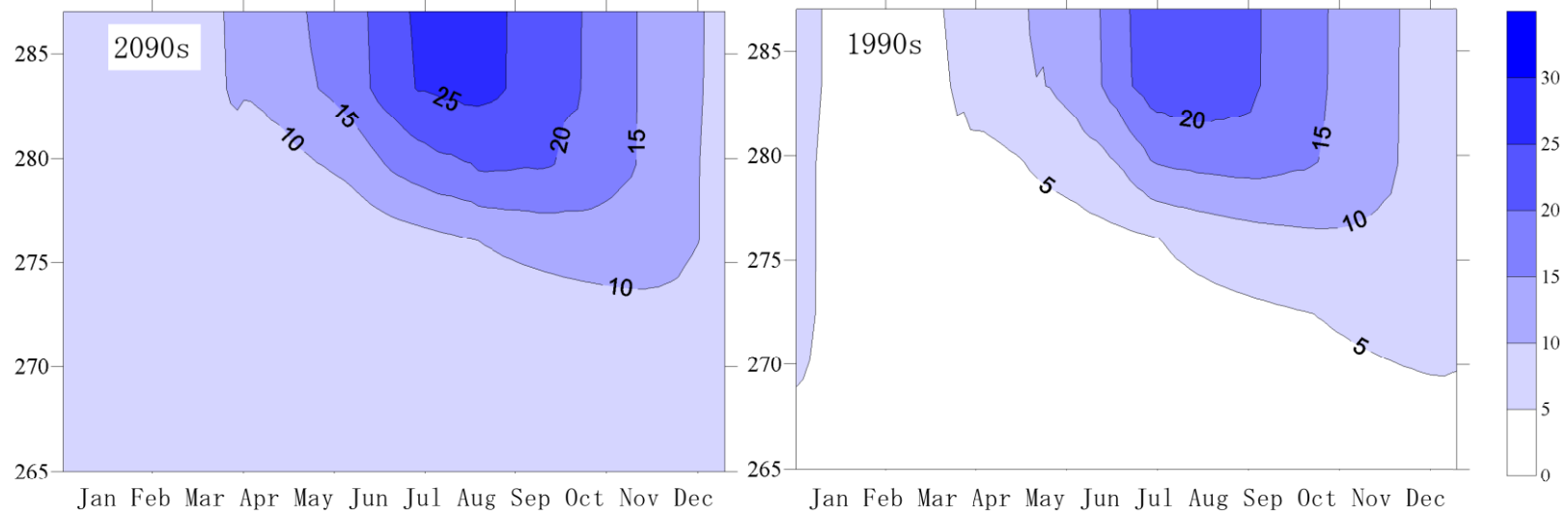
2000年度 DO(底)



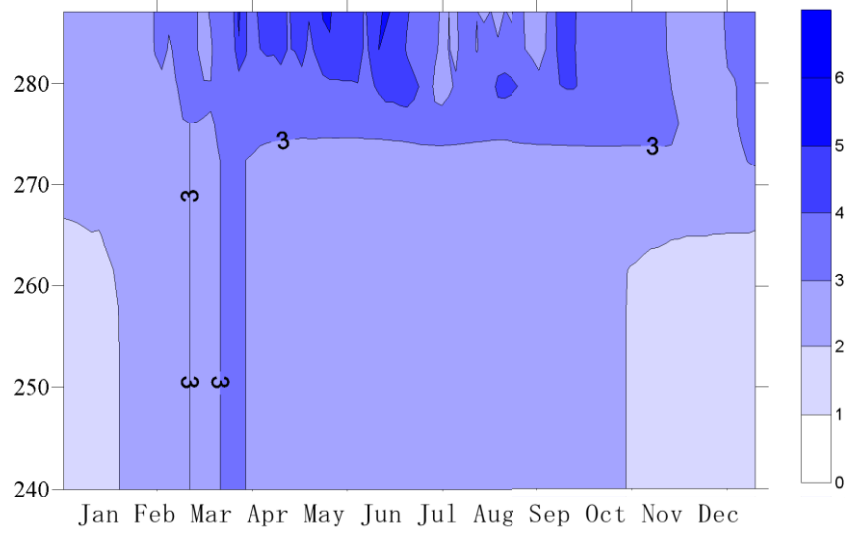
2002年度 DO(底)



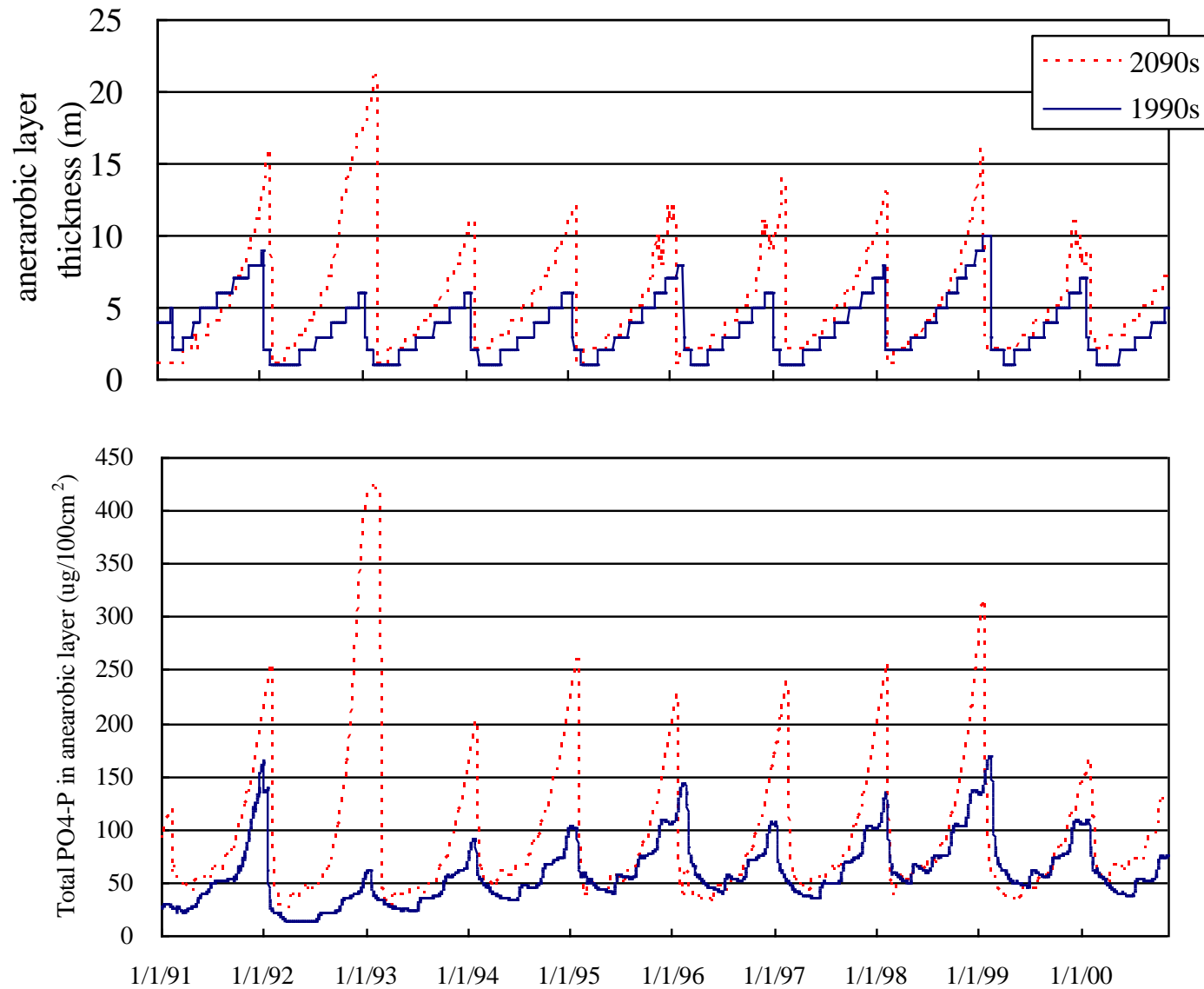
1.11 Influence on water temperature



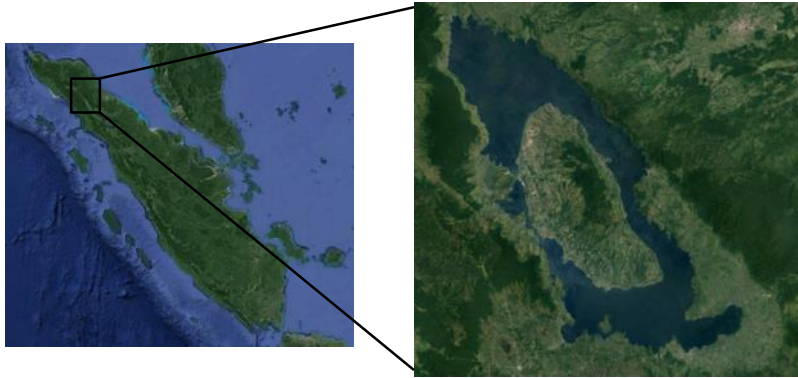
Difference between 1990s and 2090s



1.12 Influence on DO and PO₄-P

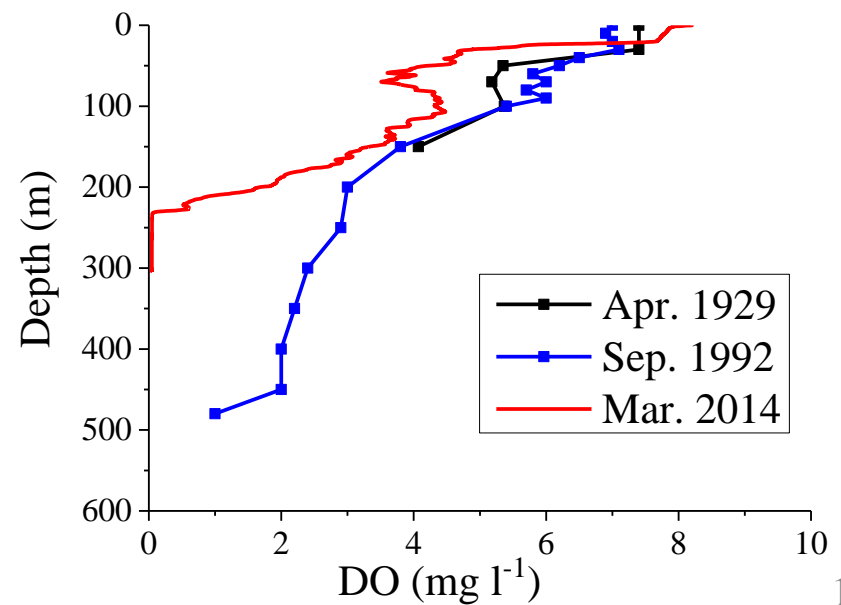
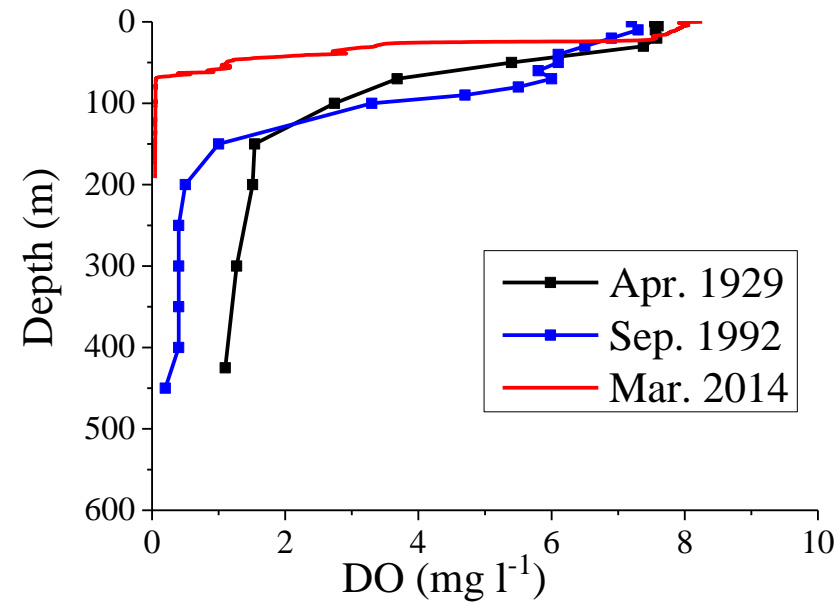


Lake Toba (1230 km², max 450 m)

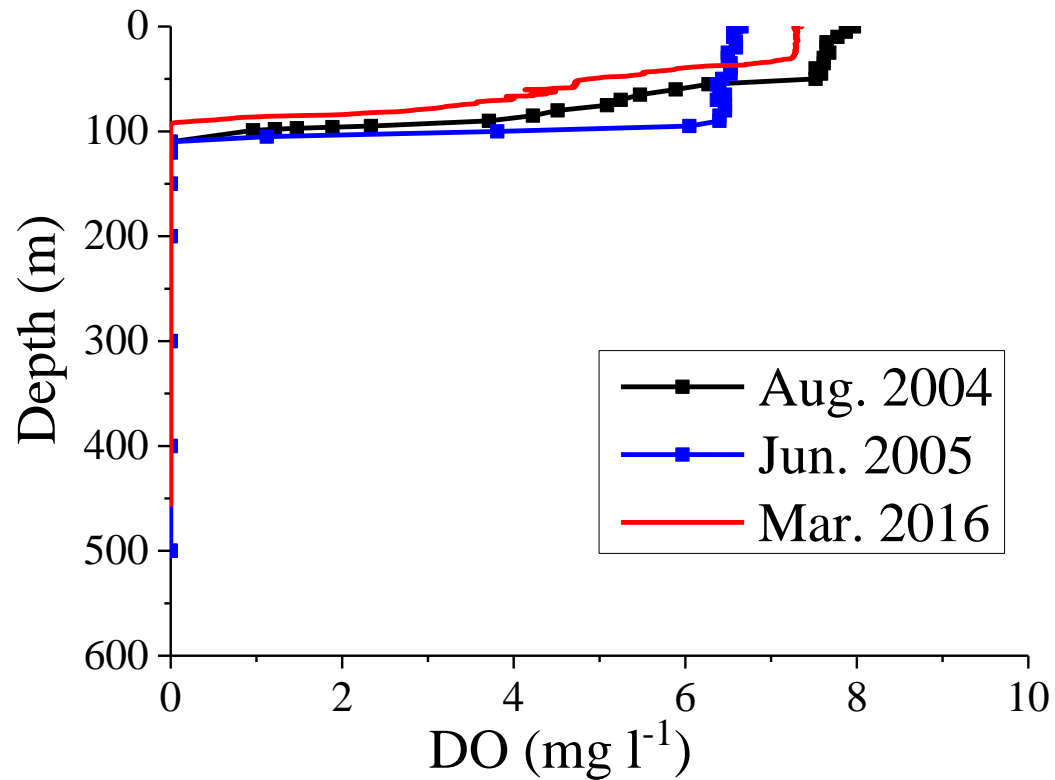
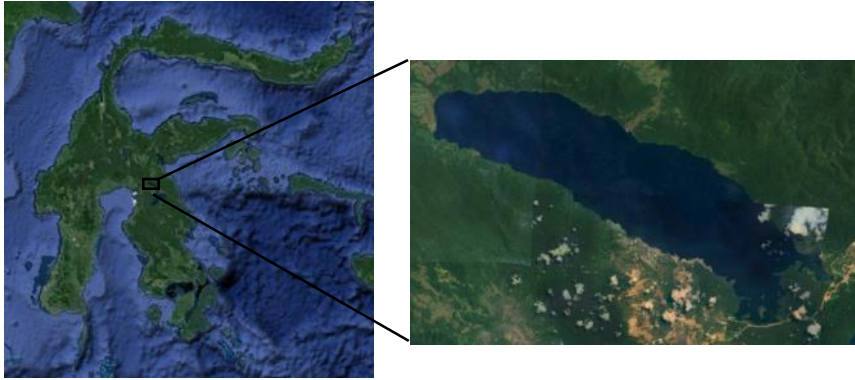


South Basin

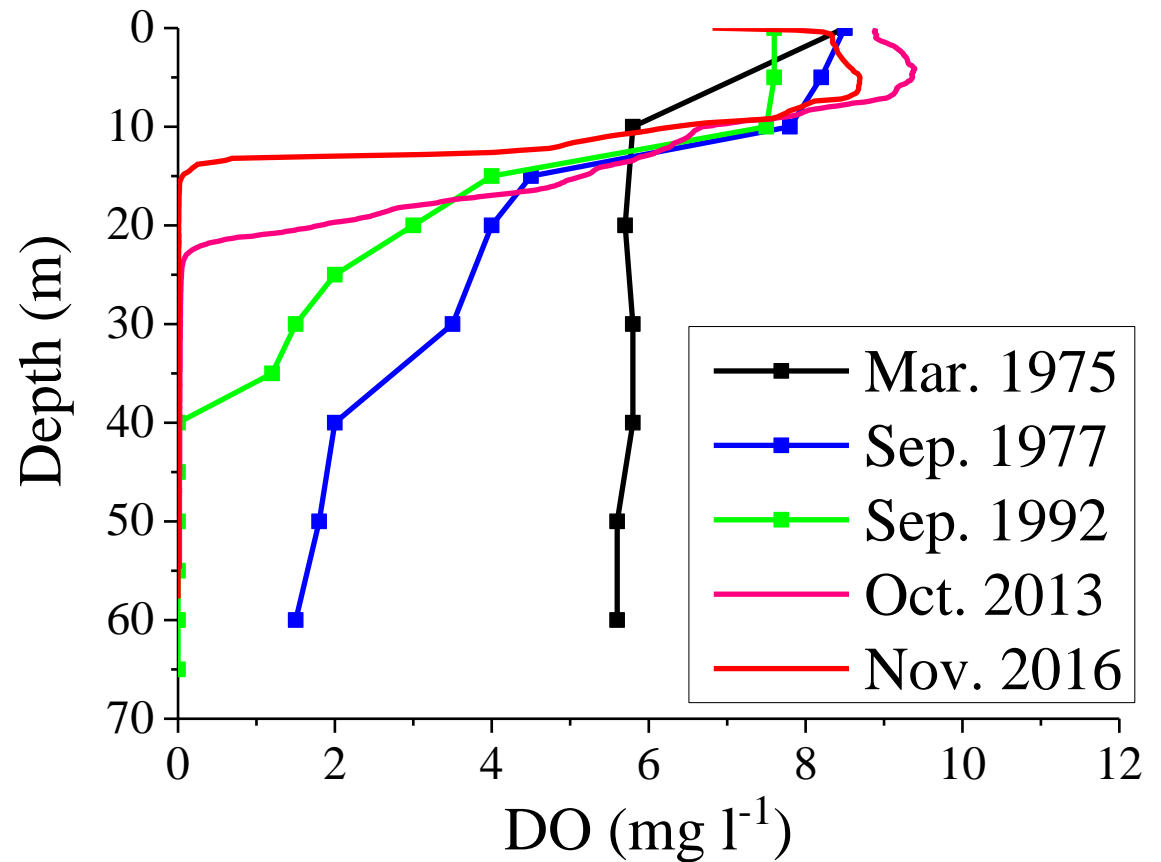
North Basin



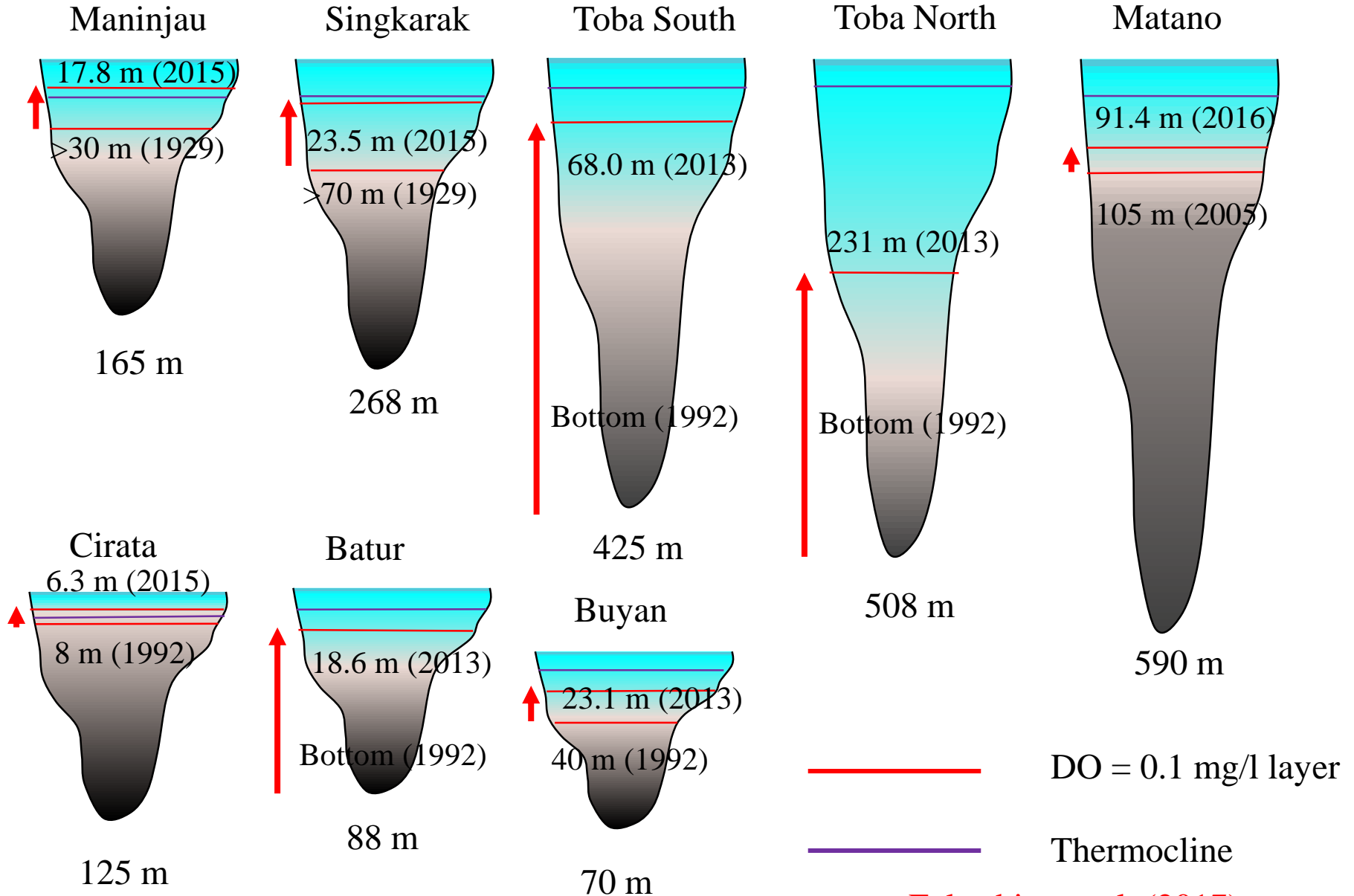
Lake Matano (164 km², max 590 m)



Lake Buyan (3.7 km², max 70 m)

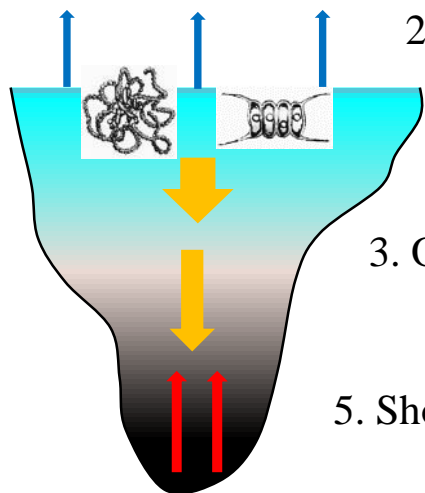


Shoaling of dissolved oxygen deficient waters



Causes and consequences

Fukushina et al. (2017)



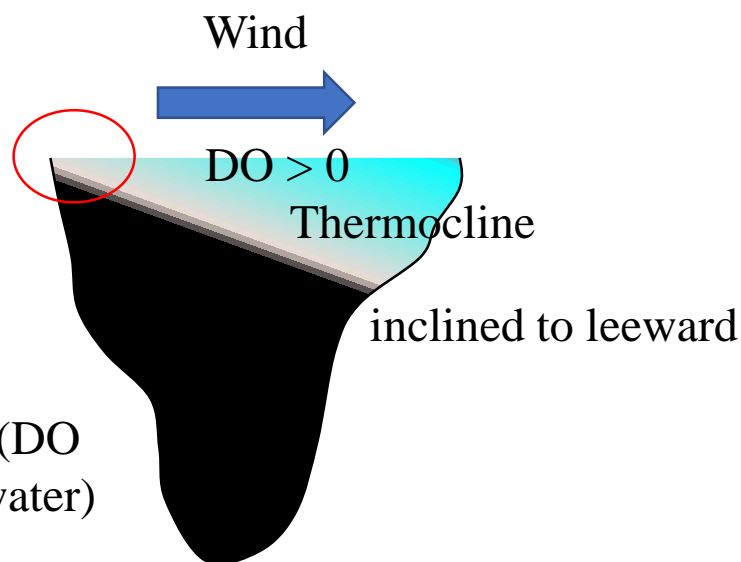
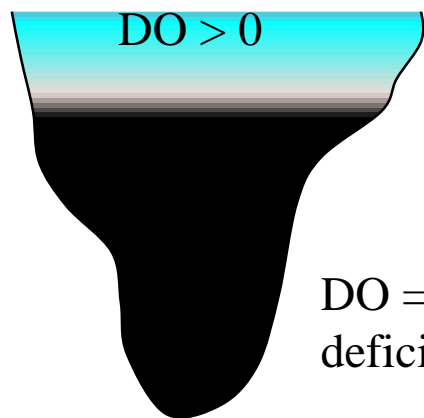
2. O₂ leak from oversaturated layer to atmosphere

1. Organic matter produced in surface layer

3. Oxidized during sedimentation process

5. Shoaling of reduced materials and their oxidation

4. Early diagenesis in the sediments

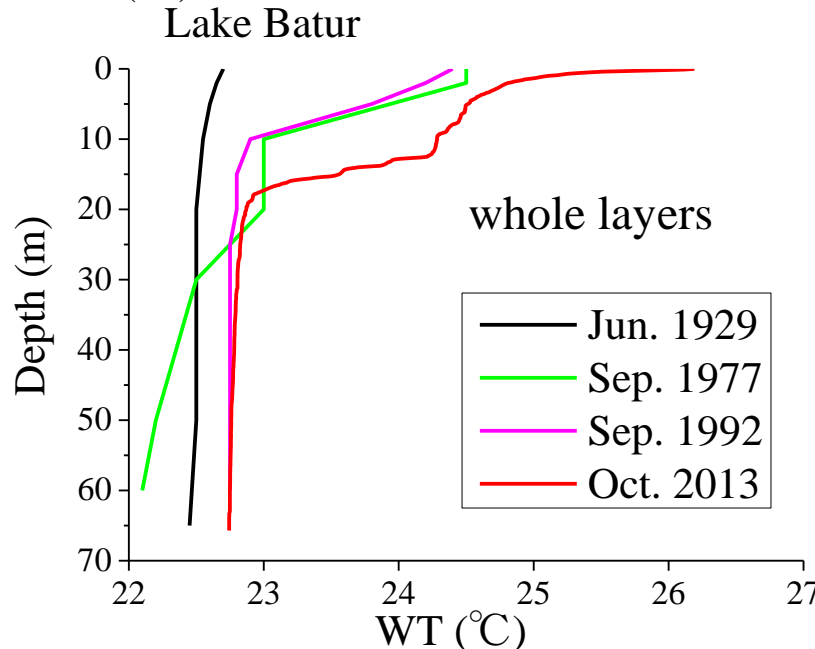
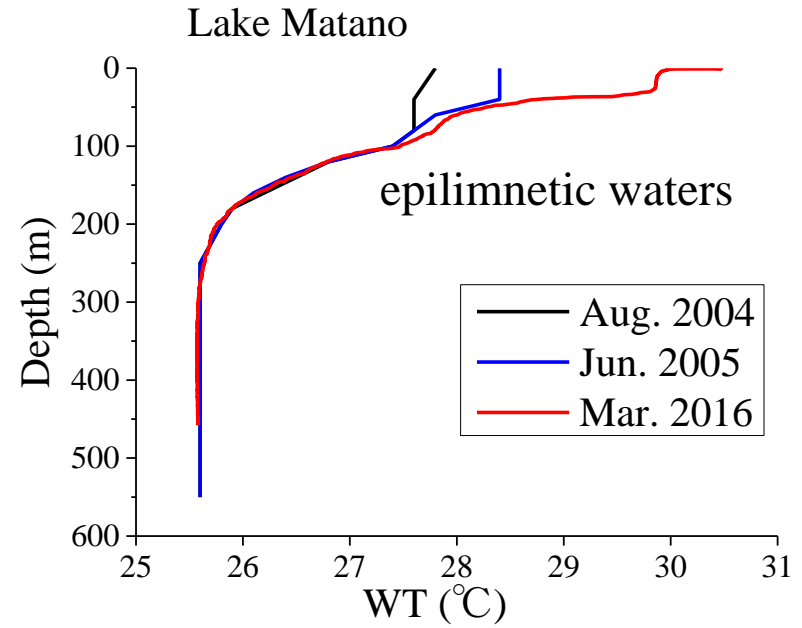
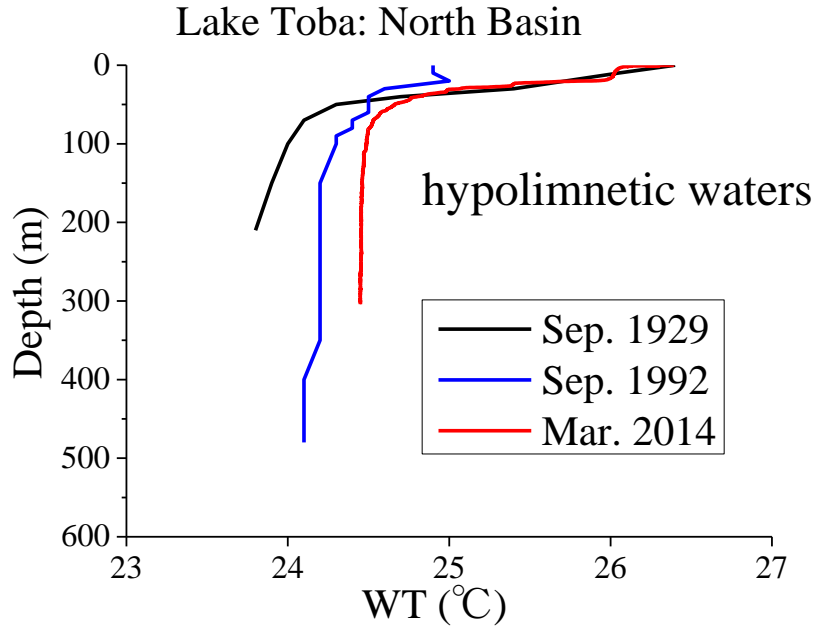


Blowing of >10 m/s wind results in shoaling of DO deficient waters into surface layer e.g. in Lake Maninjau

(Photos taken by LIPI)

Water temperature increase

Fukushina et al. (2017)



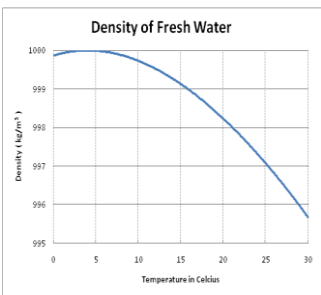
Increase in water temperature



Increase in DO consumption

Intensification of thermal stability

Eutrophication



霞ヶ浦セッションのキーワード

- 人と湖沼の共生
- 持続可能な生態系サービス
- 流域(内外)連携

過去から未来に、金銭評価、主体間の相互理解、レジリエントな生態系の特性を活かして

霞ヶ浦の生態系サービス



④ 基盤サービス **ソングザイ**

水や土壌、酸素、窒素やりんなどの栄養塩類など、生命の源や存在基盤になるとともに、光合成によって二酸化炭素と水から、有機物を合成し、それらの循環を通じて生態系を機能させます。



② 調整サービス

空気の浄化や植物による二酸化炭素の吸収により、気候を安定化する機能などがあります。

- ・気候の安定化
- ・水資源の安定化など

コト

金銭評価、

③ 文化的サービス

信仰や慣習など、各地域の固有な文化は、生態系と深く結びついています。また、絵画などの芸術にも自然は強い影響を与えています。

- ・帆引船などの観光資源
- ・水上スポーツ、釣り
- ・歴史的財産、食文化
- ・野鳥の生息場所 など

ココロ

① 供給サービス

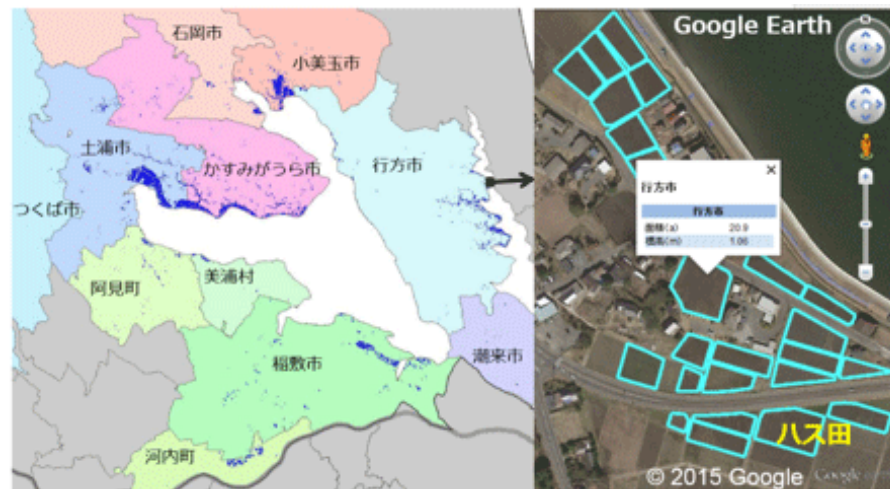
私たちの生活に必要な不可欠な食料や水の供給機能があります。

- ・水道、農業、工業用水などの水資源
- ・ワカサギなどの水産資源 など

モノ

霞ヶ浦沿岸部での生態系サービス (ハス田に注目して)

- 1,613 ha (2014)、44%は標高1 m以下に(農研機構ホームページより)
- 出荷量(推定)は19,000 t/年(野菜情報サイトより)
- 売上額(推定)は160億円/年(3,300円/4 kgとして)
- カモ類による食害は1.6億円/年(土浦・かすみがうら市農作物鳥獣被害防止計画)
- 防鳥網で死亡する個体数は2000羽/年



(農研機構)



(松下)