

## 6-1 霞ヶ浦の湖流

### ～ 湖流と湖上風の関係について～

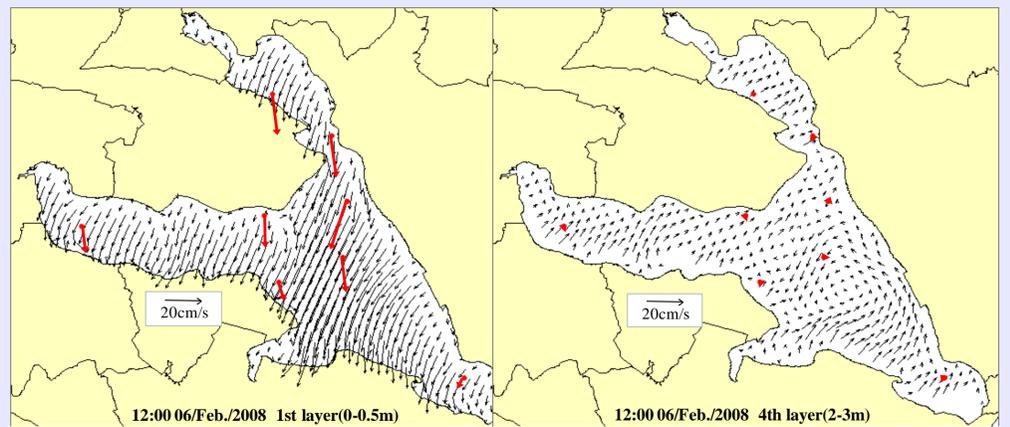
湖水は、潮汐、密度、風等の様々な要因により流動します。霞ヶ浦の湖流は、風により湖面近くの水が風下に吹き寄せられて生じる吹送流により形成されていることが明らかとなりました。

### 西浦の湖流

上層の水は風で風下に流され、沿岸部よりも湖中央部で流速が大きくなっています。

また、中層では上層とは逆向きの流れが発生するとともに流速は小さくなっています。

このことは、風が吹いて湖面が波立っても、その影響は湖底まではなかなか届かないことを示しています。



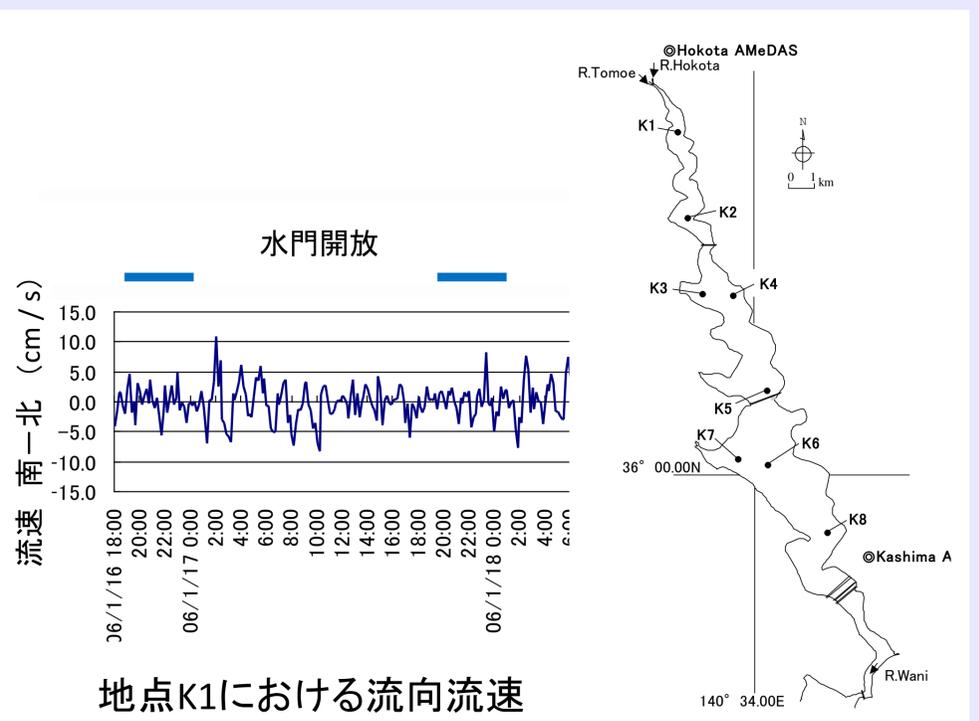
シミュレーションモデルによる湖流解析  
左:上層, 右:中層, 赤線:観測結果

### 北浦の湖流

北浦の湖流も西浦と同様に主に風によって形成されますが、北浦では常陸利根川に設置された水門の開閉操作による流動が、水域の幅が狭くなる鰐川の下層で明確に現れます。

水門を開けると南向きの流れが、閉じると北向きの流れが生じます。この時の流速は、10～20 cm/sにも達し、通常の流速である5 cm/sよりも大きいことが分かりました。

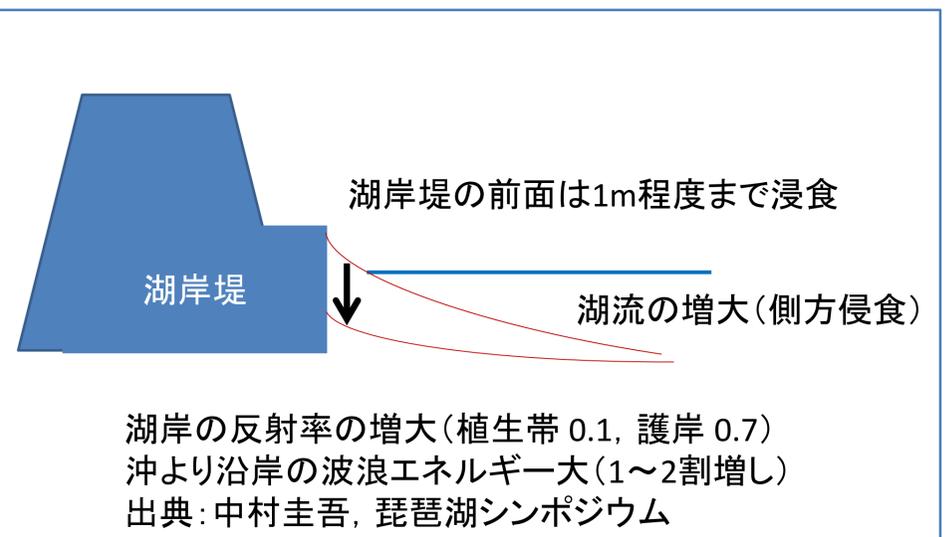
また、水門を閉じた後も湖水が振動する静振(せいし)と呼ばれる現象も発生していることが分かりました。



地点K1における流向流速

### 波と湖岸堤

霞ヶ浦はコンクリート製の湖岸堤で囲われています。この湖岸堤に波がぶつくと反射して湖岸流をつくります。この湖岸流は湖岸を侵食する作用があり、湖岸の植生帯の衰退の一因と考えられています。



## 6-2 霞ヶ浦の貧酸素水塊

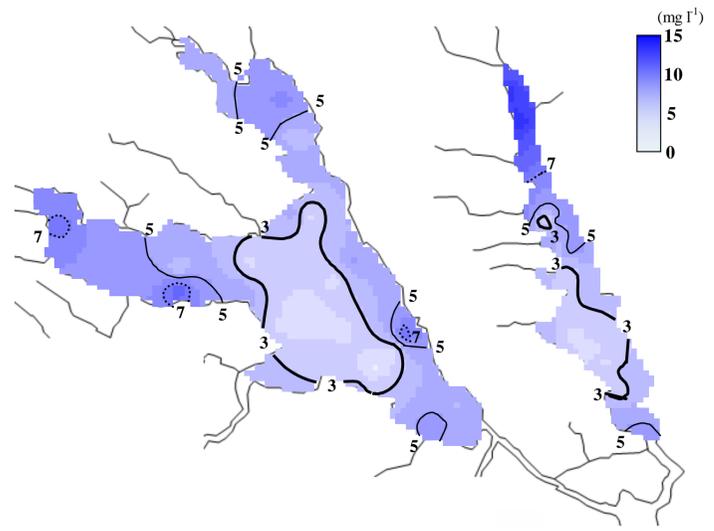
### ～ 貧酸素水塊～

従来、水深の浅い湖沼では下層の溶存酸素濃度の低下は発生しにくいとされてきましたが、霞ヶ浦の様な水深の浅い湖沼においても溶存酸素濃度の低下現象が発生していることが明らかとなりました。また、その原因として水温成層の形成が示唆されました。

### 下層の溶存酸素濃度の分布

西浦では、高浜入りにおいて度々、溶存酸素濃度の低下が記録されていますが、平成19年8月17日は湖上風の影響が小さく、湖心域においても溶存酸素濃度の低い水域(貧酸素水塊)が見られました。

一方、北浦では、貧酸素水塊は水深の深い湖央部付近で発生する傾向にあり、この日以外でも頻繁に観測されています。



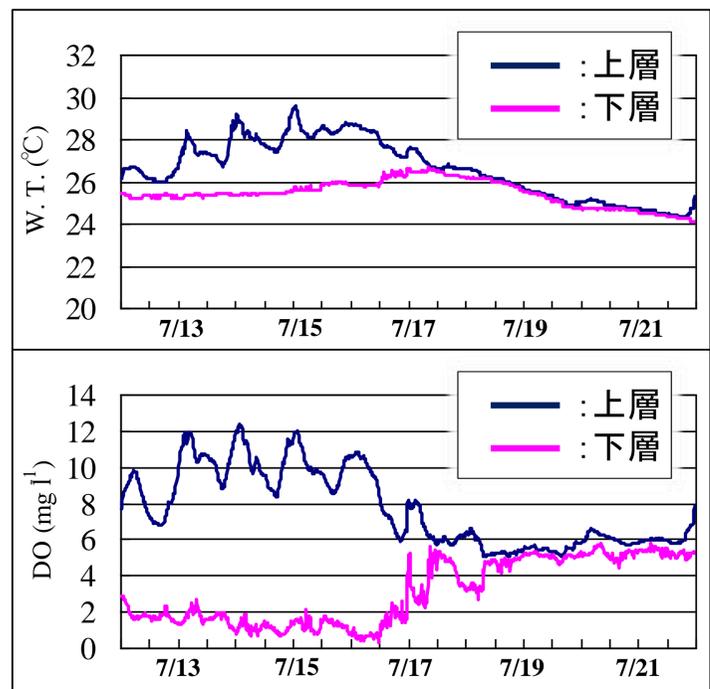
下層の溶存酸素濃度分布の例(平成19年8月17日観測)

### 貧酸素水塊を発生する要因は何か？

日射の多い夏季では上層の水は暖められ下層と水温差が生じます(水温成層)。

上層と下層の水温差が2～3日継続すると下層は貧酸素状態となり、湖上風によって鉛直混合が起こると、溶存酸素濃度(DO)は一様になり、下層は貧酸素状態を脱します。

霞ヶ浦における貧酸素水塊は、上層に水温が高く軽い水が、下層に水温の低い重い水が居座る(水温成層が形成される)ことにより生じることが明らかになりました。

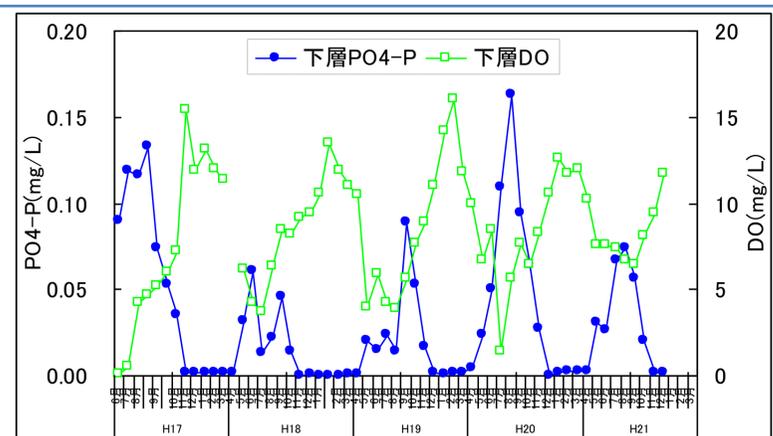


平成18年7月の釜谷沖の水温と溶存酸素濃度の推移

### 溶存酸素濃度の低下が水質に与える影響

湖水中のりん濃度は、底泥から溶出するりんの過多によっても上下します。底泥中のりん(PO<sub>4</sub>-P)は、下層の溶存酸素濃度が低下することで溶出し、水中に拡散すると考えられています。

下層の溶存酸素濃度の低下は、夏季にしばしば発生するので、底泥から溶出したりんが植物プランクトンの増殖に利用され、湖内の有機物量の増加につながります。



釜谷沖の下層の溶存酸素濃度とPO<sub>4</sub>-P濃度の推移

# 6-3 水質予測モデルの構築とその利用

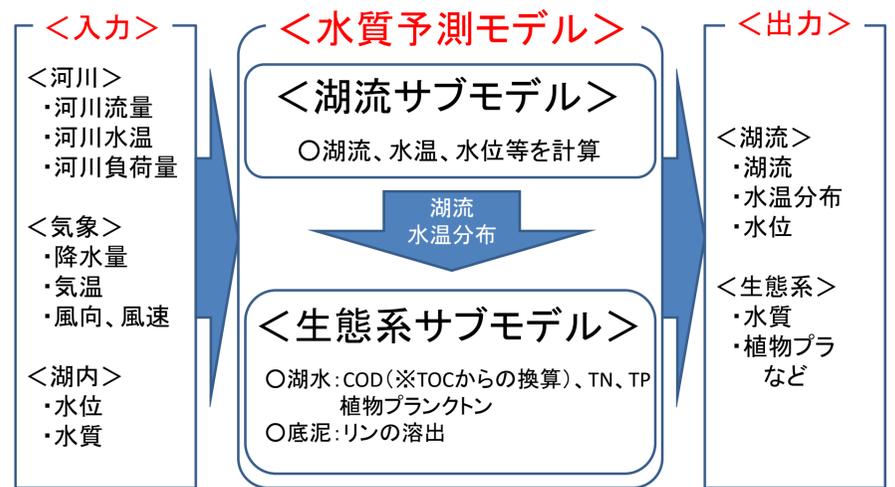
## ～ 水質予測モデルの概要 ～

水質予測モデルは、湖内の流れや水位、水温を計算する湖流サブモデルと、湖内の動・植物プランクトンの生産や栄養塩・有機物などの底泥・湖水循環を計算する生態系サブモデルの2つのモデルから成り立っています。

### 水質予測モデルによる計算の流れ

計算するには、河川のデータ(流量や水温, 負荷量), 気象データ(降水量, 気温, 風向・風速), 湖内の初期水位, 水質が必要になります。

それらのデータを基に、先に湖流サブモデルにより湖流, 水温, 水位などを計算します。その計算結果を生態系サブモデルの条件に使用して、植物プランクトンや栄養塩の計算を行います。

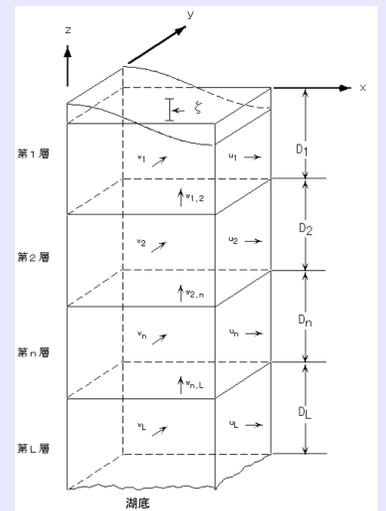
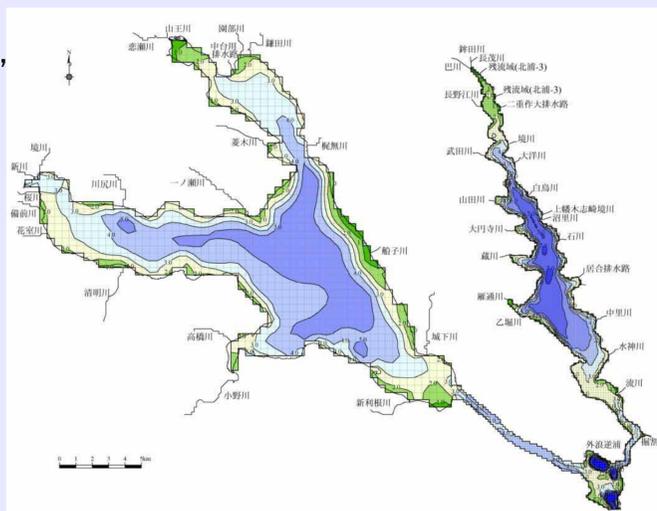


### 湖流サブモデルの概要

湖流サブモデルは、霞ヶ浦湖内の流れや水位, 水温を計算するモデルで、以下で示す流体力学の基礎方程式を利用しています。

- (1) 連続の式
- (2) 運動方程式
- (3) 水温の保存式
- (4) 状態方程式

計算は、西浦では450 m四方, 北浦では150 m四方, 厚さ0.5 mのボックス毎に行います。

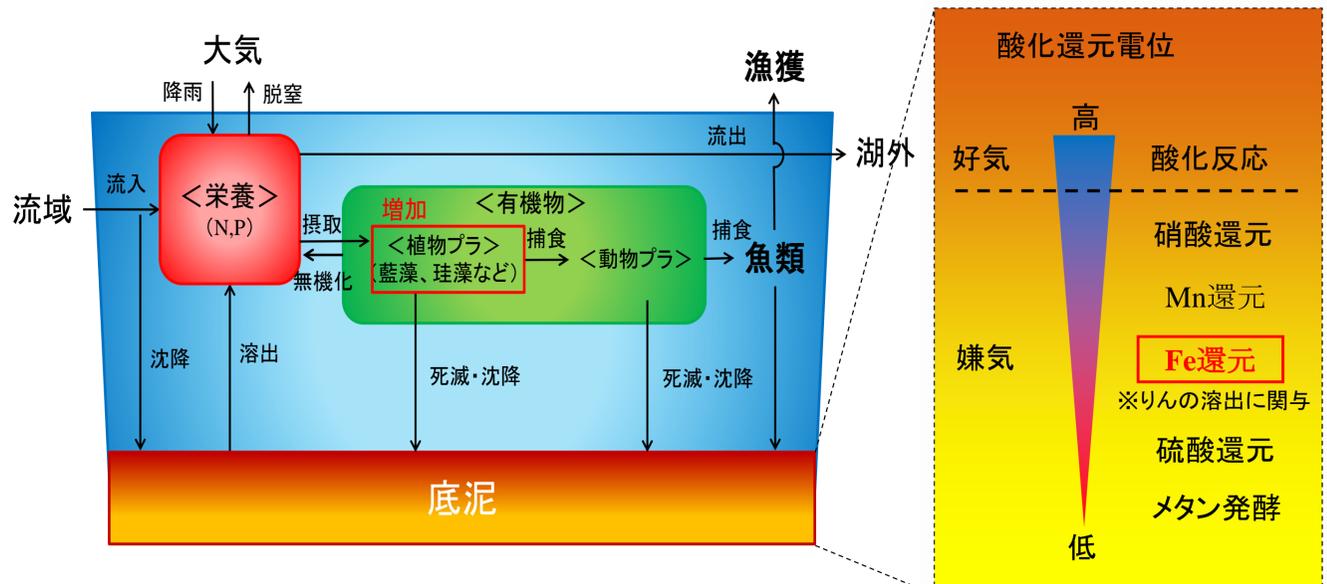


### 生態系サブモデルの概要

生態系サブモデルは、水中の動・植物プランクトンの生産や、栄養塩や有機物などの底泥・湖水循環を再現するモデルです。

特に本モデルでは、底泥からのリンの溶出に係る、底泥中の酸化還元電位に係る機構を詳細に組み込んでいます。

計算は、湖流サブモデルで設定したボックス毎に行います。



## 6-4 水質予測モデルの構築とその利用

### ～ 水質再現結果 ～

構築した水質予測モデルにより再現計算を実施したところ、湖流サブモデルでは非常に高い精度で、また、生態系モデルでは概ね再現できていることが確認されました。今後はこのモデルの精度を高め、具体的な対策の効果を検討し、より効果的な対策を選定していきます。

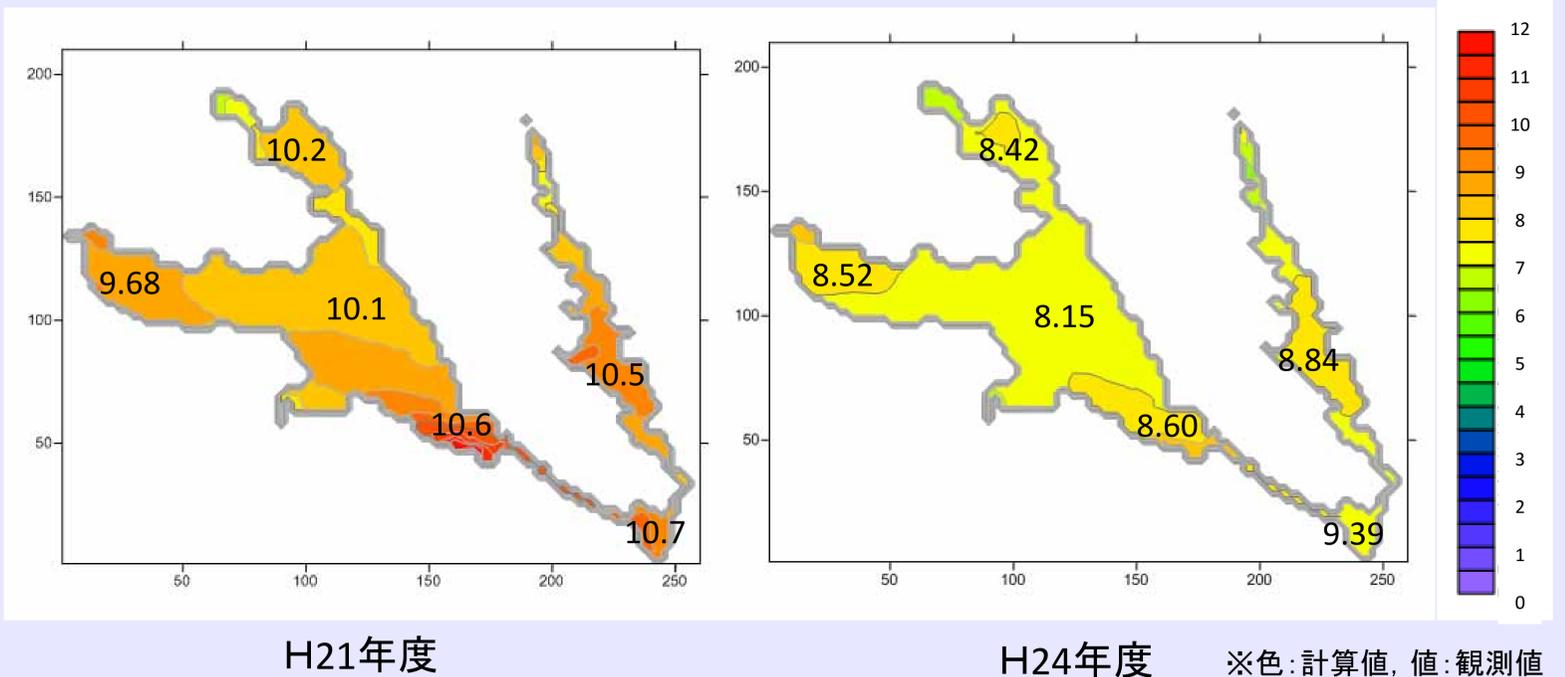
### 湖流サブモデルによる再現結果

湖流サブモデルによる水位と水温の計算結果が、どれほど観測値を再現できているかを西浦湖心の結果を用いて確認したところ、非常に高い精度で再現されていることが確認されました。



### 生態系サブモデルによる再現結果

近年の霞ヶ浦のCODは、H21年度に最も悪化し、それ以降は改善されつつあります。そこで、最も悪化したH21年度と、改善されてきたH24年度のCODの空間分布を計算したところ、概ね現場観測結果を再現していることが確認されました。



### 水質予測モデルの活用方法

観測値を再現できる水質予測モデルができれば、様々な流入対策や湖内対策を実施した場合の将来水質が予測できます。

将来の水質予測値の精度を高めるためには、現在のモデルの精度をより高める必要があります。対策効果の検証と併せて精度を高めていきます。