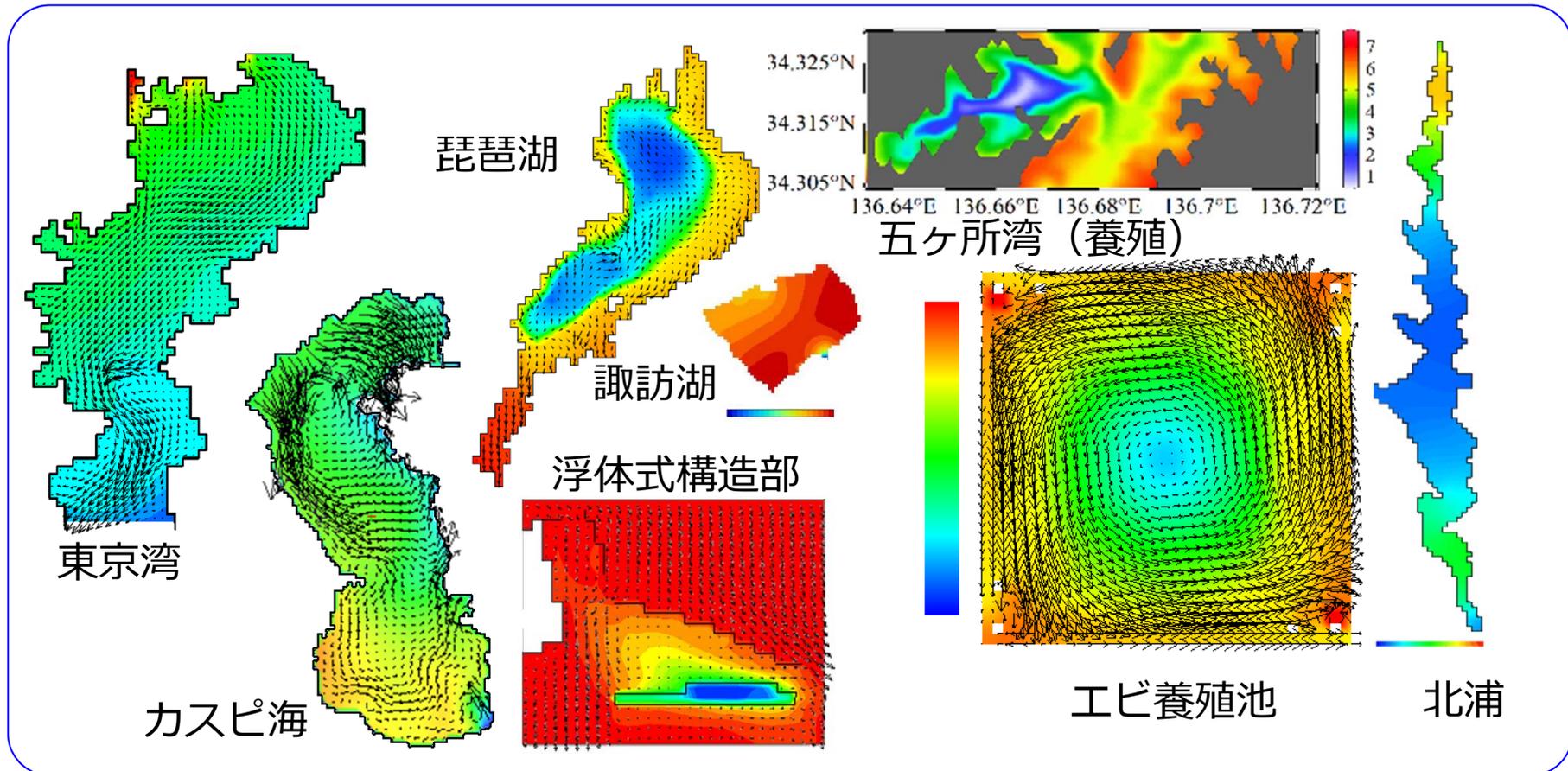


スパコンを知る集い in 大津

スパコンで琵琶湖の環境を観る



平成30年3月10日 (土) 13:20~16:00 @ピアザ淡海 ピアザホール
東京大学生産技術研究所 (大学院工学系研究科システム創成学専攻)

北澤 大輔

Email : dkita@iis.u-tokyo.ac.jp, Web: <http://mefe.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html>

講演の流れ

琵琶湖の環境問題

琵琶湖における富栄養化問題、低酸素化問題について概説します。

数値シミュレーションの役割

観測と数値シミュレーションの関係、数値シミュレーションの役割について説明します。

流れ場・生態系結合モデル

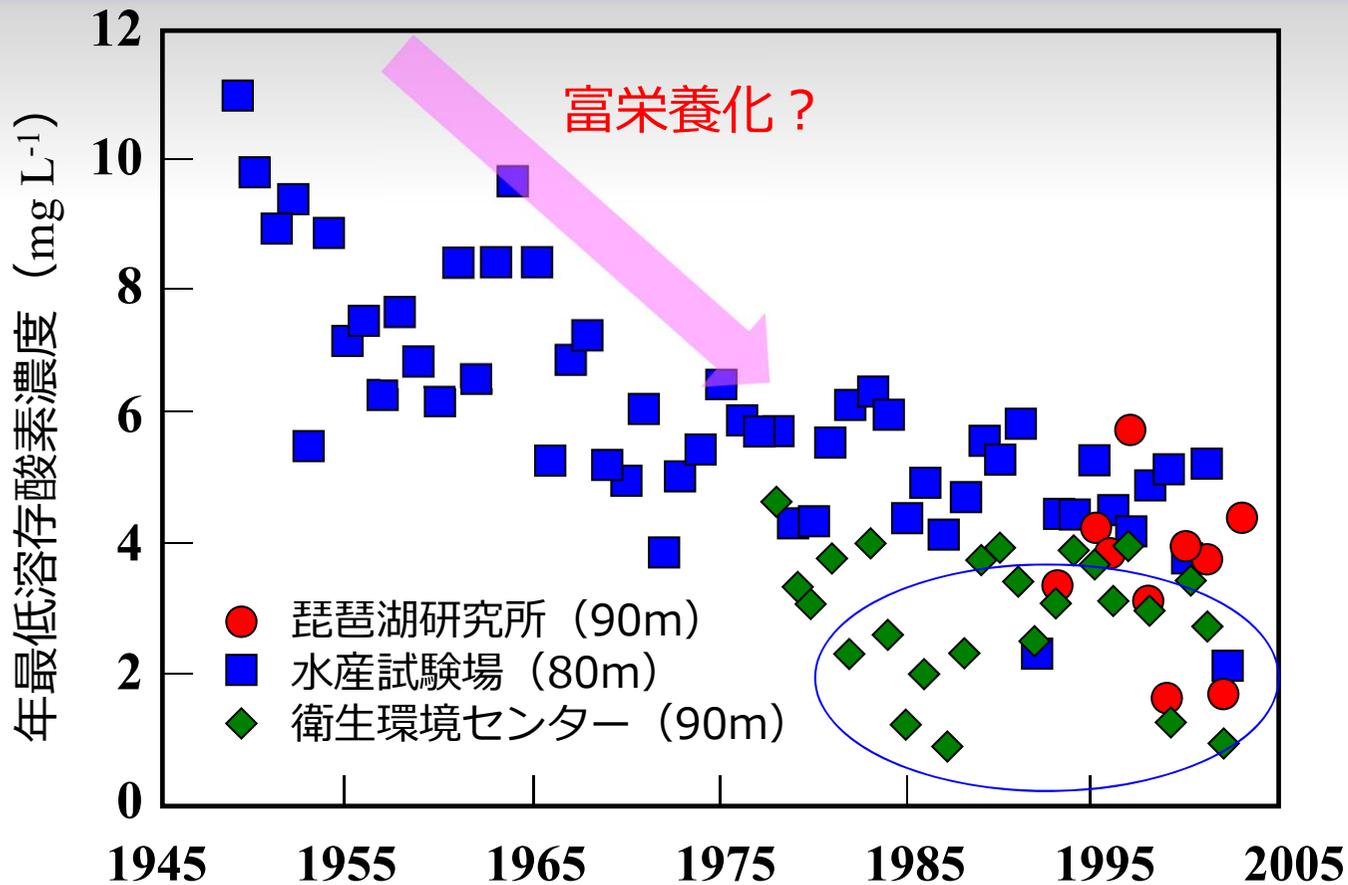
流れ場モデルと生態系モデルを概説します。

数値シミュレーションの例

数値シミュレーションの実施例を紹介します。

今後の課題

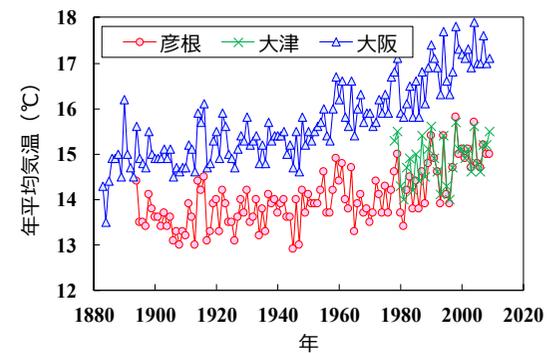
琵琶湖の環境問題



富栄養化（ふえいようか）：栄養塩類（主に窒素・リン）が湖水に加わることにより、植物プランクトンの光合成やバクテリアなどの分解活動が活発化する現象。赤潮、アオコや底層水の貧酸素化が発生する。

琵琶湖の底層で観測される年最低溶存酸素濃度は、1970年代まで低下し続け、近年は横ばいとなっているものの、年によっては低くなる様子が見られる。

気候変動（地球温暖化）？

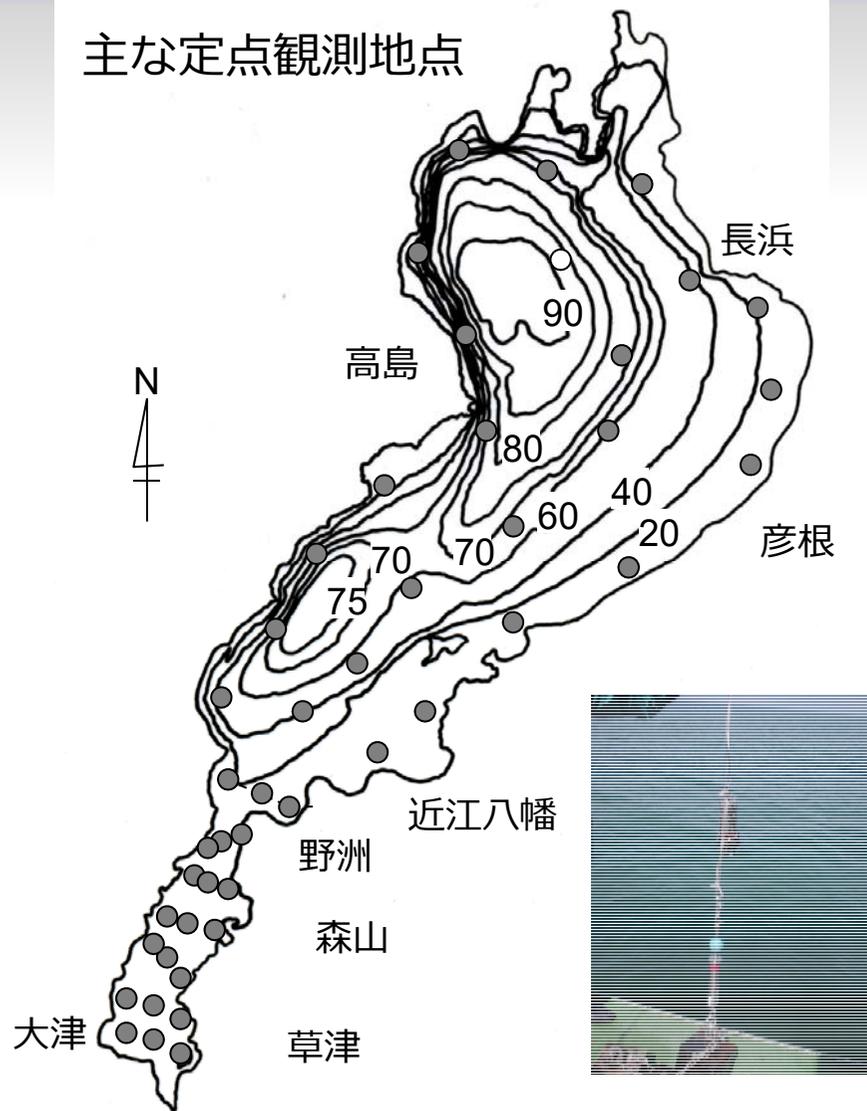


琵琶湖の全循環

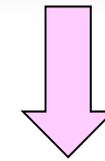


数値シミュレーションの役割

主な定点観測地点



時空間的に密な観測は極めて困難
将来の変化を予測することが困難



•観測データの補間

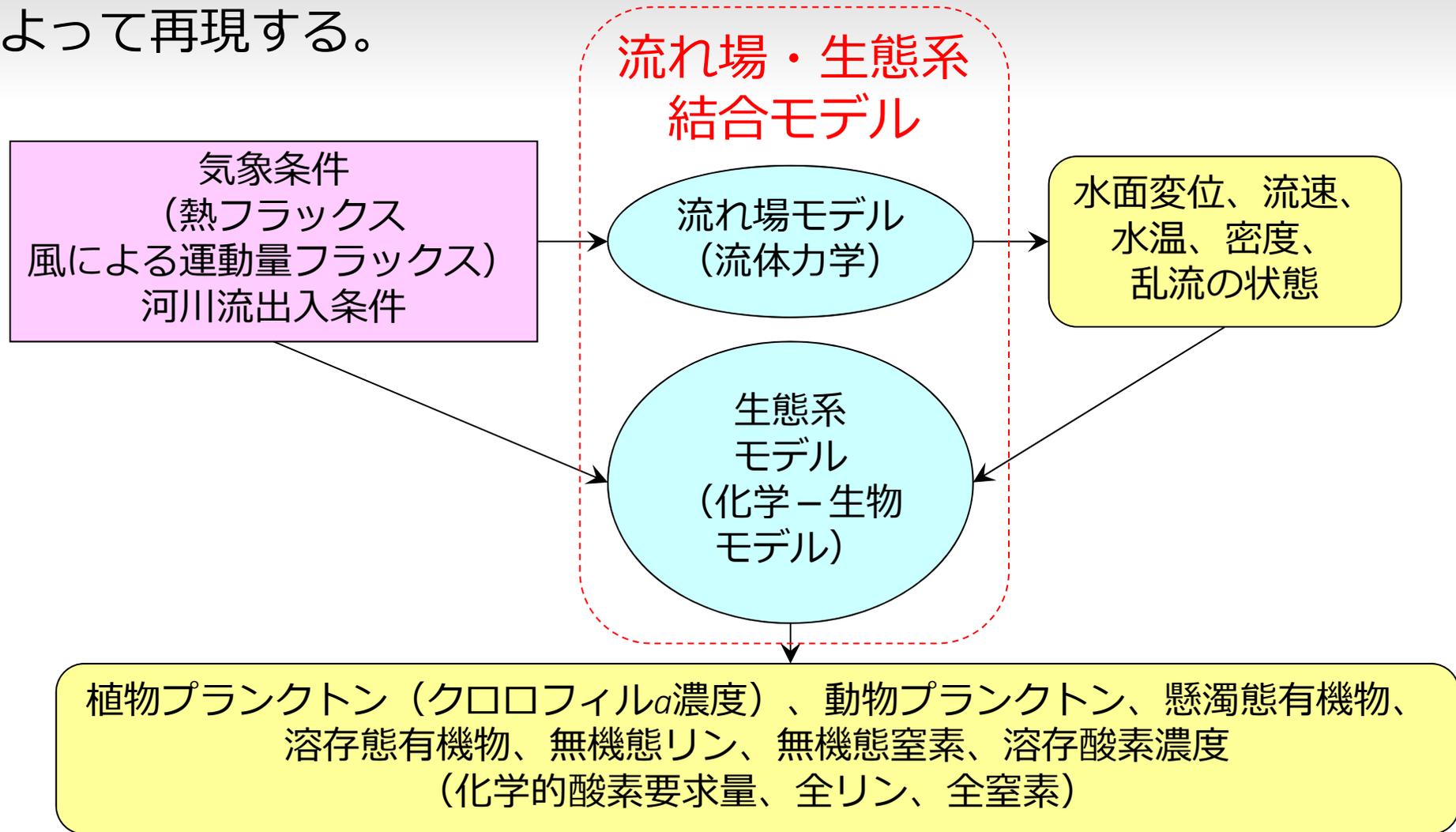
観測結果と一致するようにパラメータを調節 (チューニング・キャリブレーション)
生態系の時空間変動を把握

•将来予測

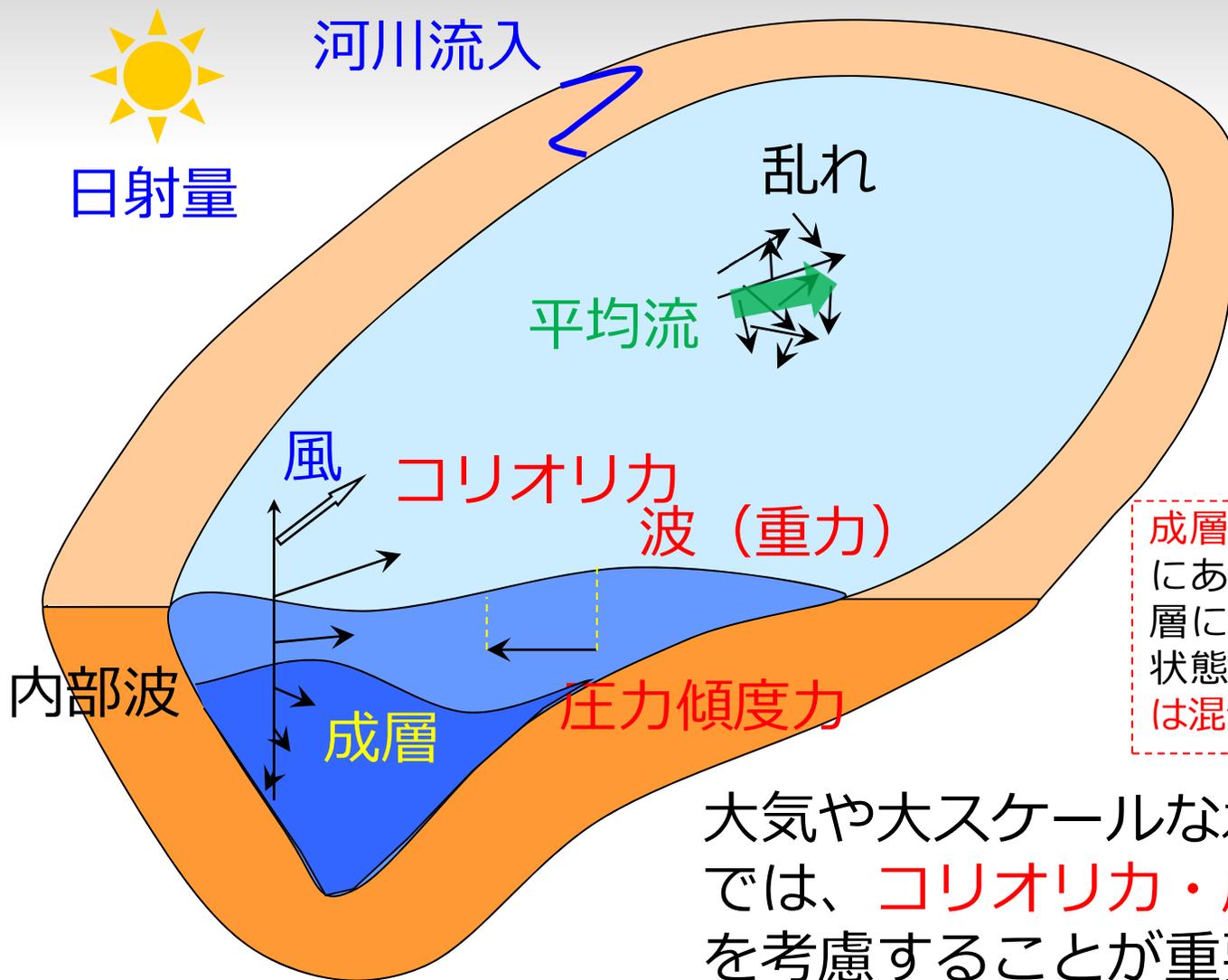
気候変動による影響の予測
水質保全施策の効果予測

流れ場・生態系結合モデル

目的：琵琶湖における様々な現象を流れ場・生態系結合モデルによって再現する。



流れ場モデル

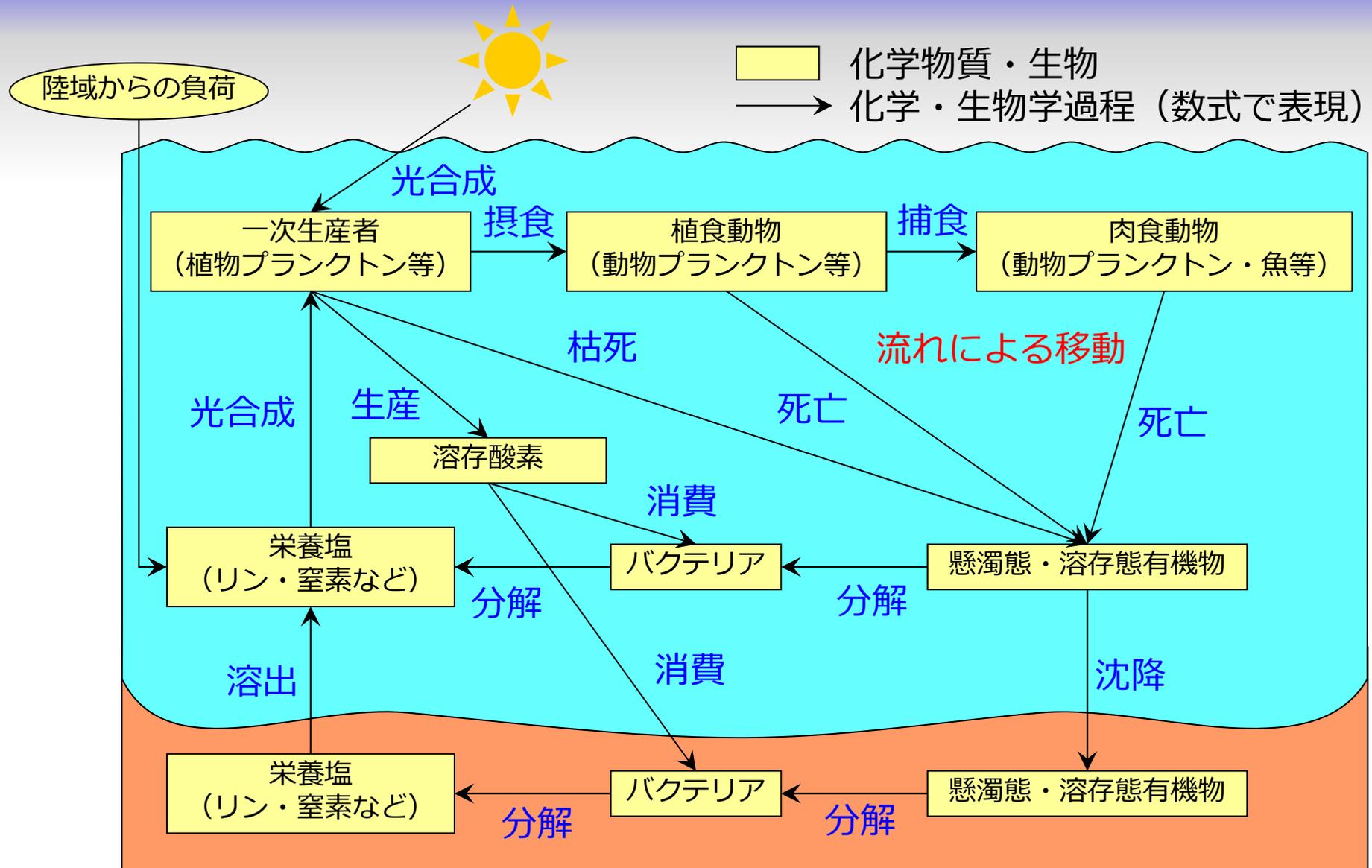


コリオリカ：地球の表面は、地軸に対して回転している。地球表面に固定した回転座標系上で水粒子が移動したときに、**移動方向と垂直な方向に移動速度に比例した見かけ上の力**が発生する。

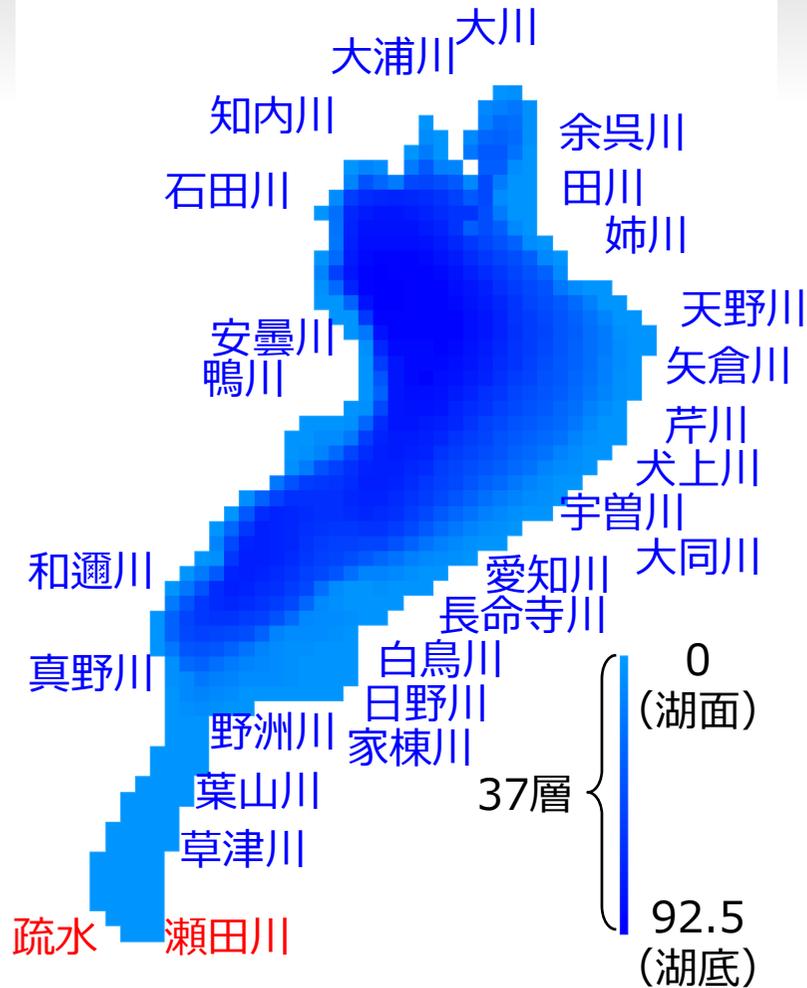
成層：密度の大きい水が下層にあり、密度の小さい水が上層にあって、層を成している状態。**上層と下層の水や物質は混合・拡散は弱くなる。**

大気や大スケールな水域の流れの解析では、**コリオリカ・成層・重力**の効果を考慮することが重要である。

生態系モデル (物質循環)



数値シミュレーションの方法



シミュレーション期間：1年間

(ただし、安定的な解を得るために、事前に2年間のシミュレーションを実施)

気象条件：彦根気象台で1時間ごとに計測された気温、大気圧、全天日射量、雲量、相対湿度、降水量、風速、風向

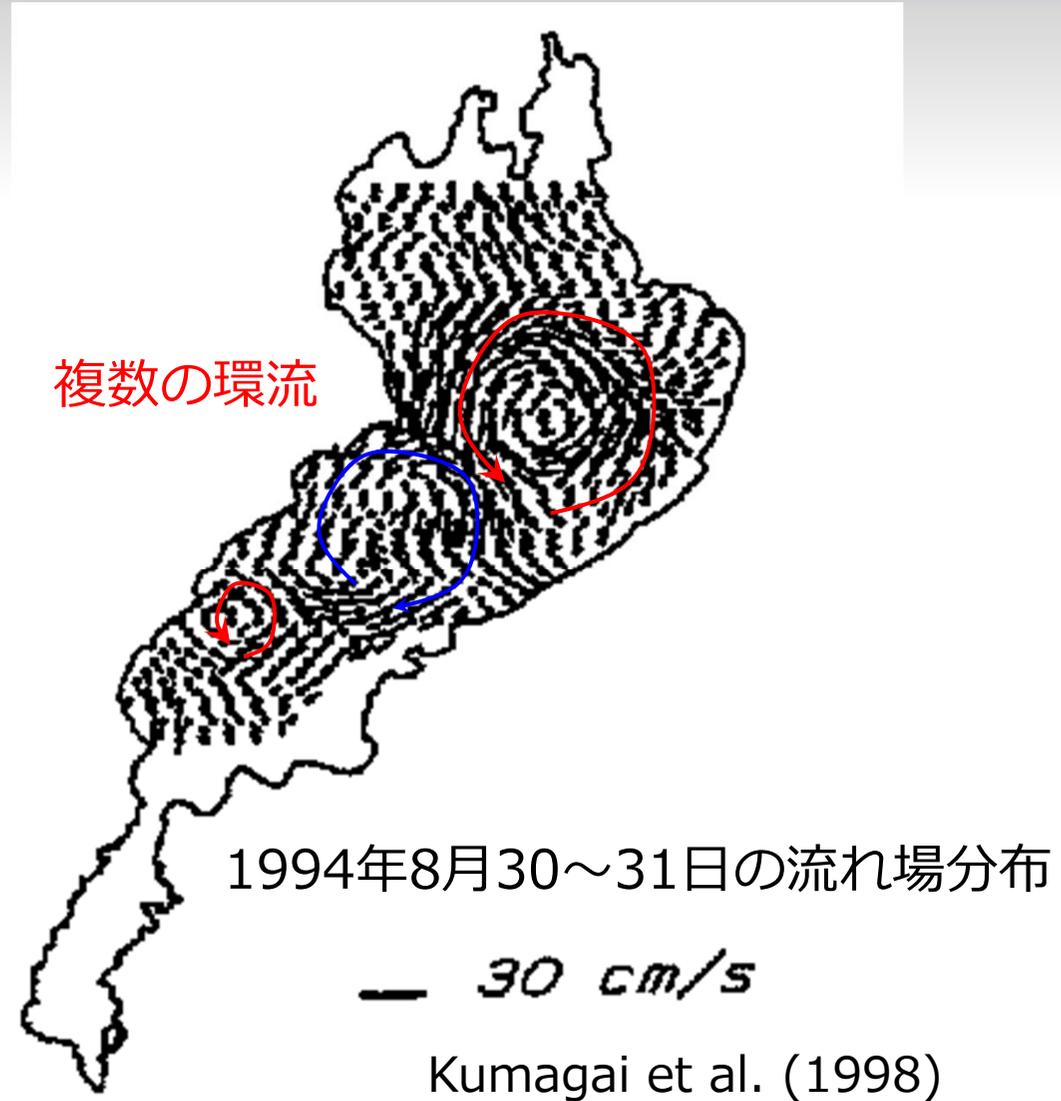
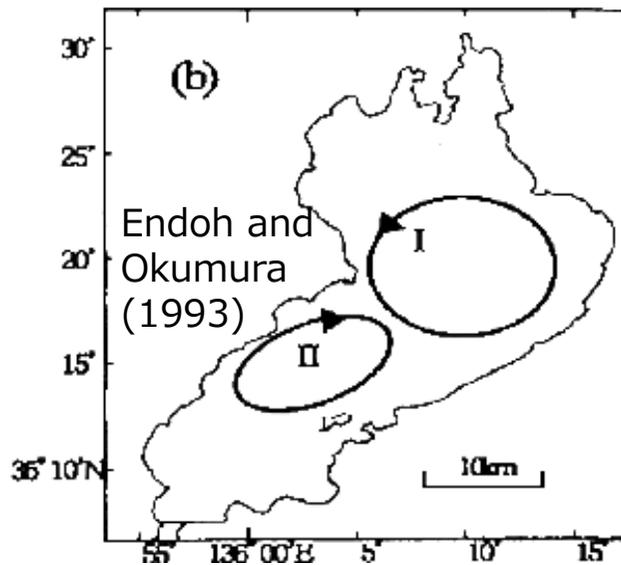
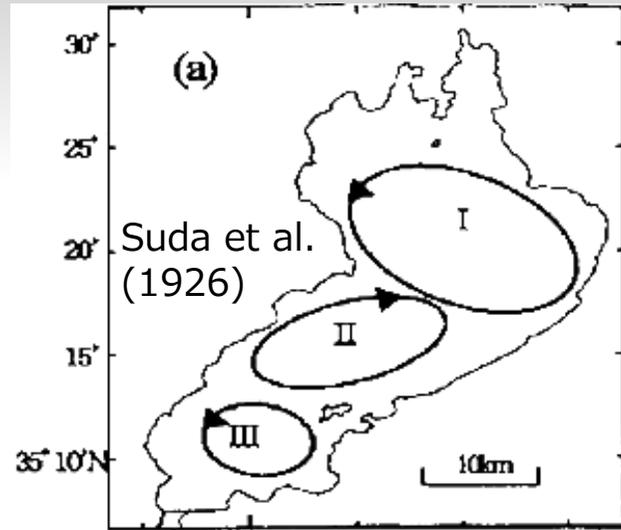
河川流出入条件：25個の流入河川と2個の流出河川で近似。流量は降水量と各河川の流域面積により決定。水温は計測値。溶存酸素濃度は飽和。有機物、栄養塩などのデータは流域下からの汚濁負荷量をもとにして予測。

初期条件：湖面変位、流速はそれぞれ0m、0m/s。その他変数は一定値。

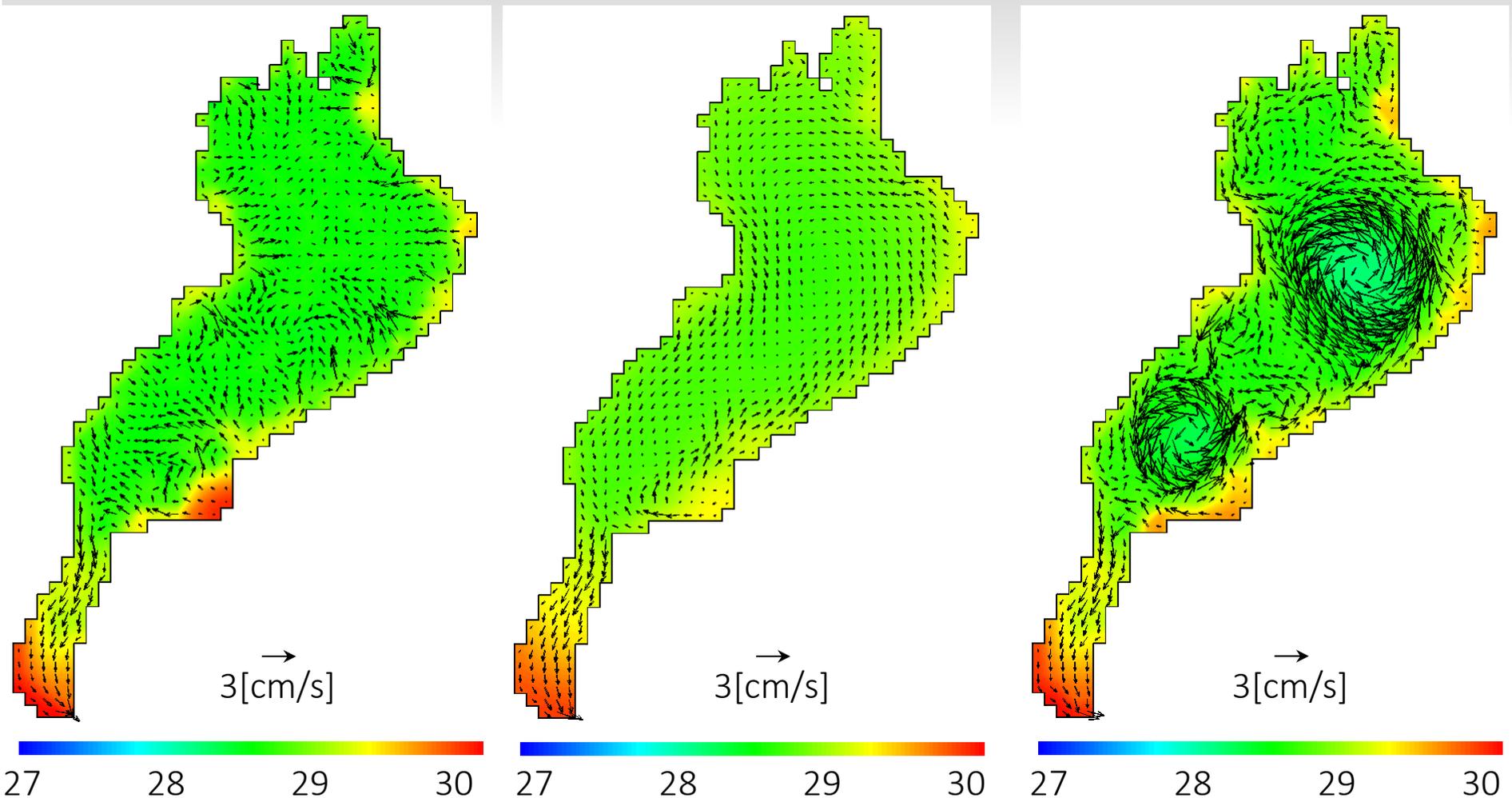
数値シミュレーションのイメージ



琵琶湖表層流れ場の観測結果

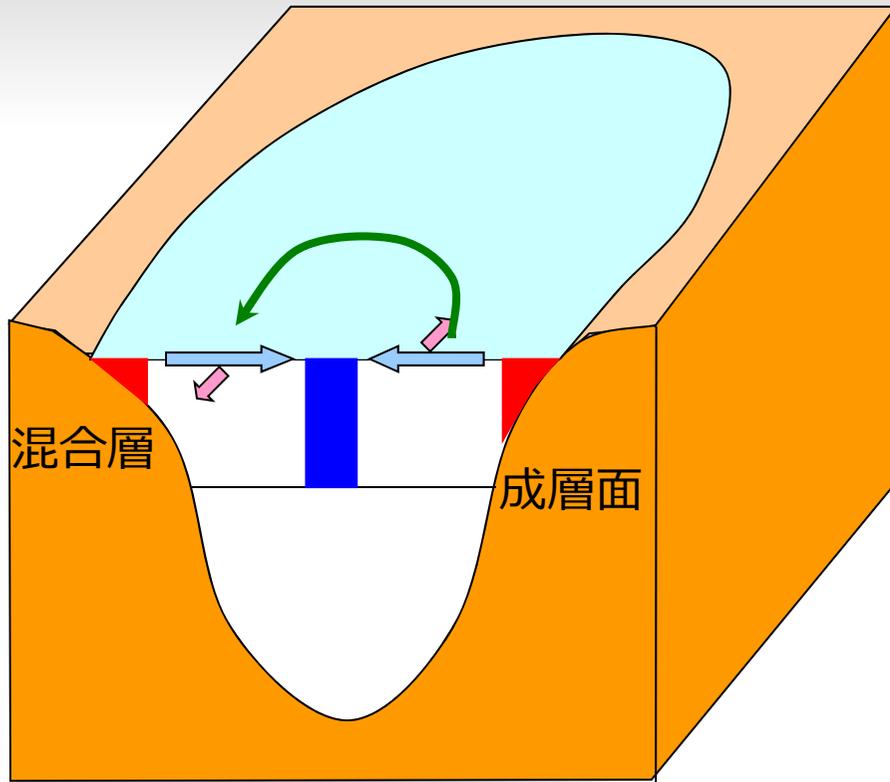


夏季の表層流れ場

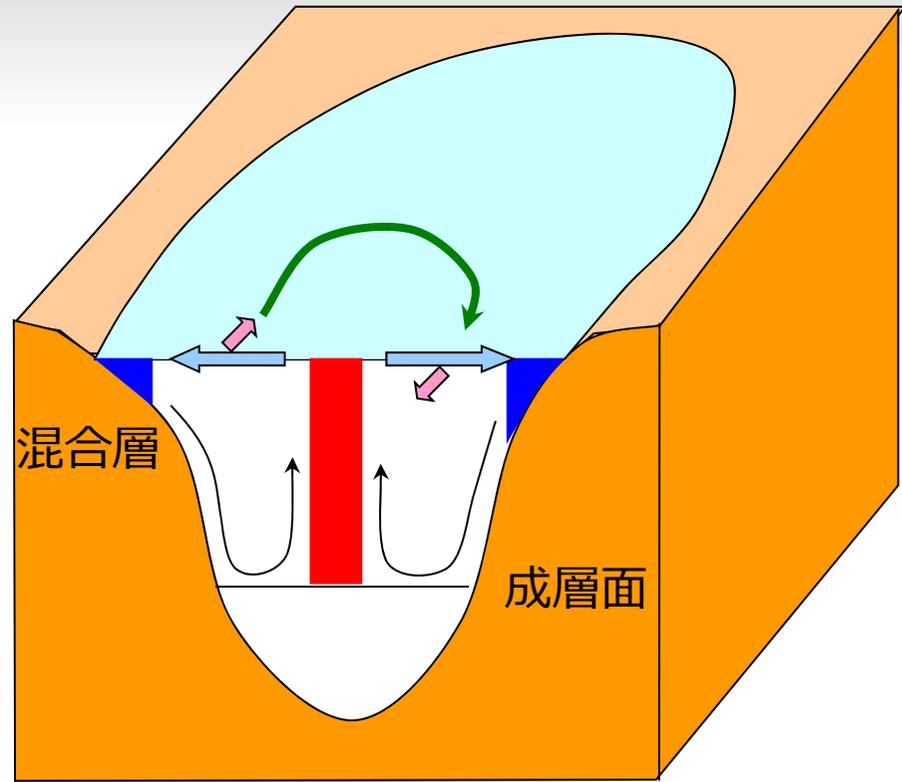


地球の自転を考慮しない場合 水平方向に拡散しやすい場合 再現結果（風なし）

流れ場と水温場の形成メカニズム



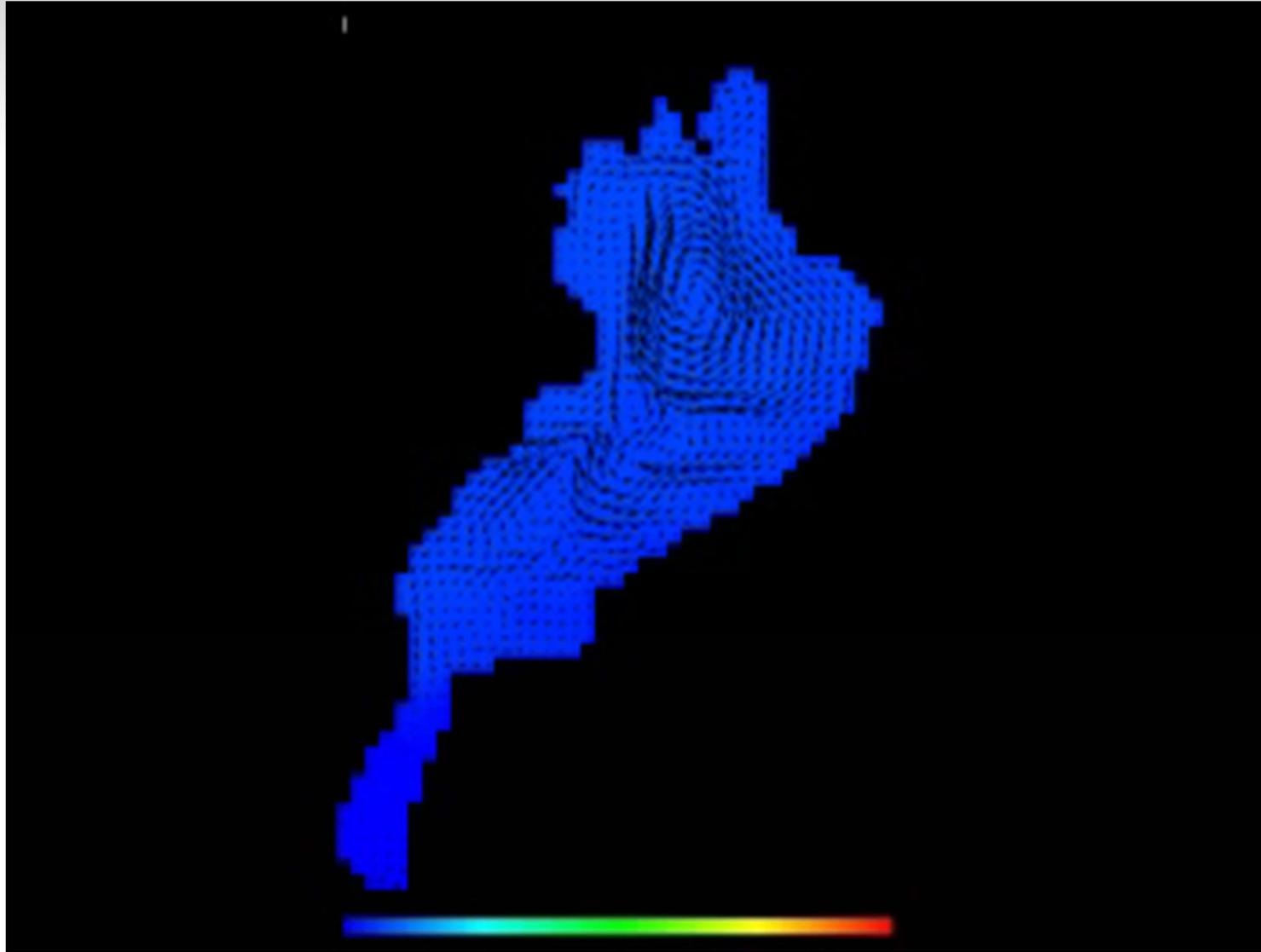
加熱期の循環



冷却期の循環

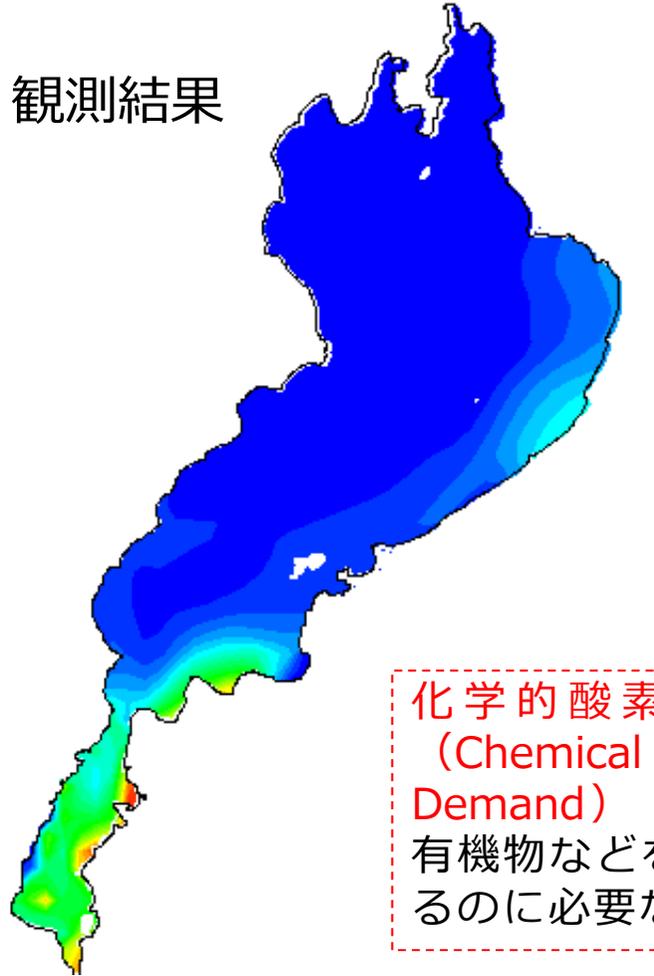
上記の**熱循環**と**風成循環**によって、環流が形成される

表層流れ場の変動



化学物質濃度の分布

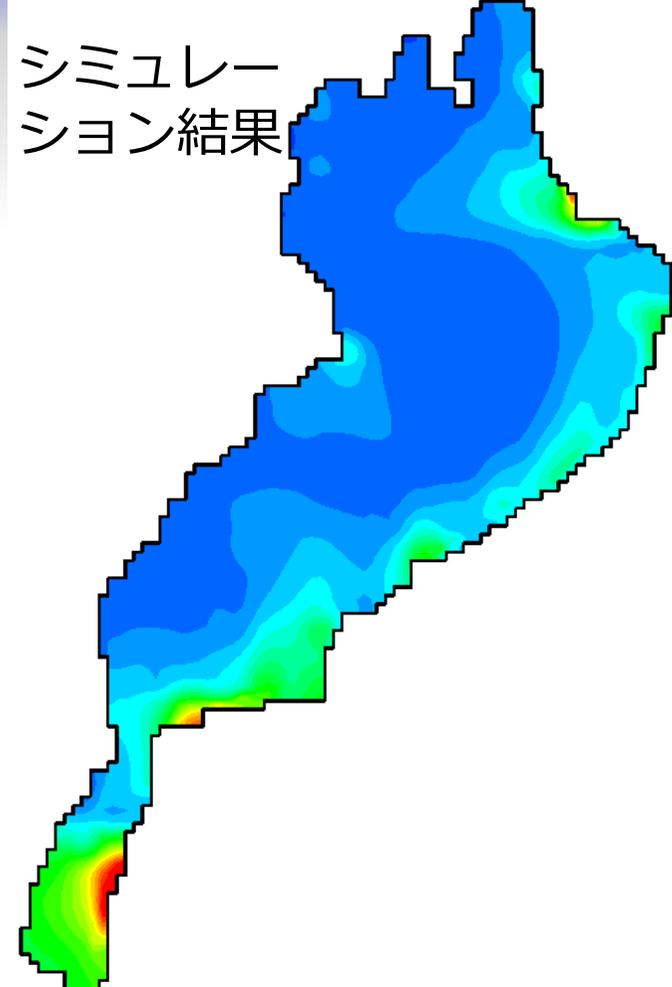
観測結果



2.3 3.5
化学的酸素要求量 (COD: mg L^{-1})

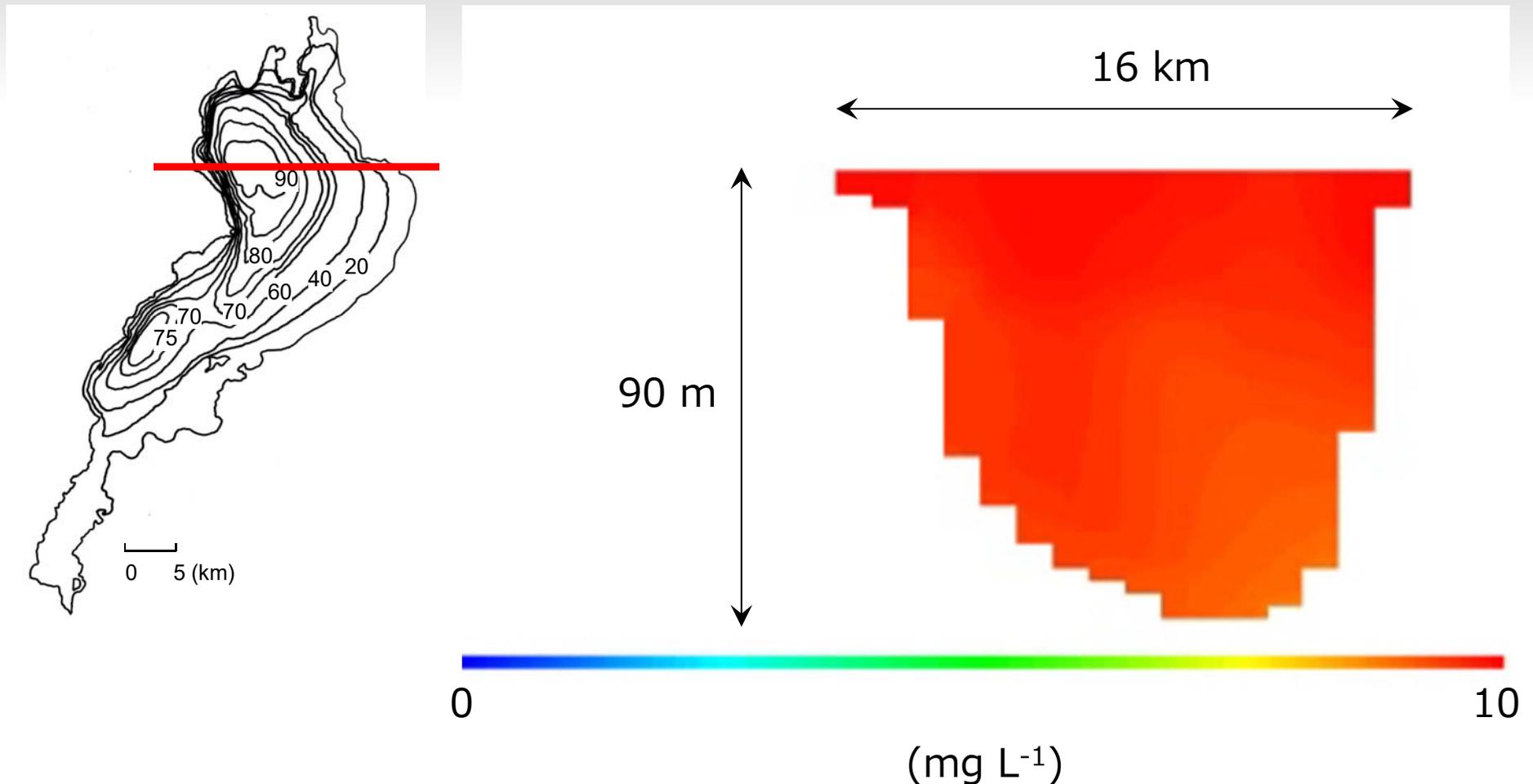
化学的酸素要求量
(Chemical Oxygen Demand) : 水中の有機物などを酸化するのに必要な酸素量。

シミュレーション結果



1.2 2.2
全有機炭素濃度 (mg L^{-1})

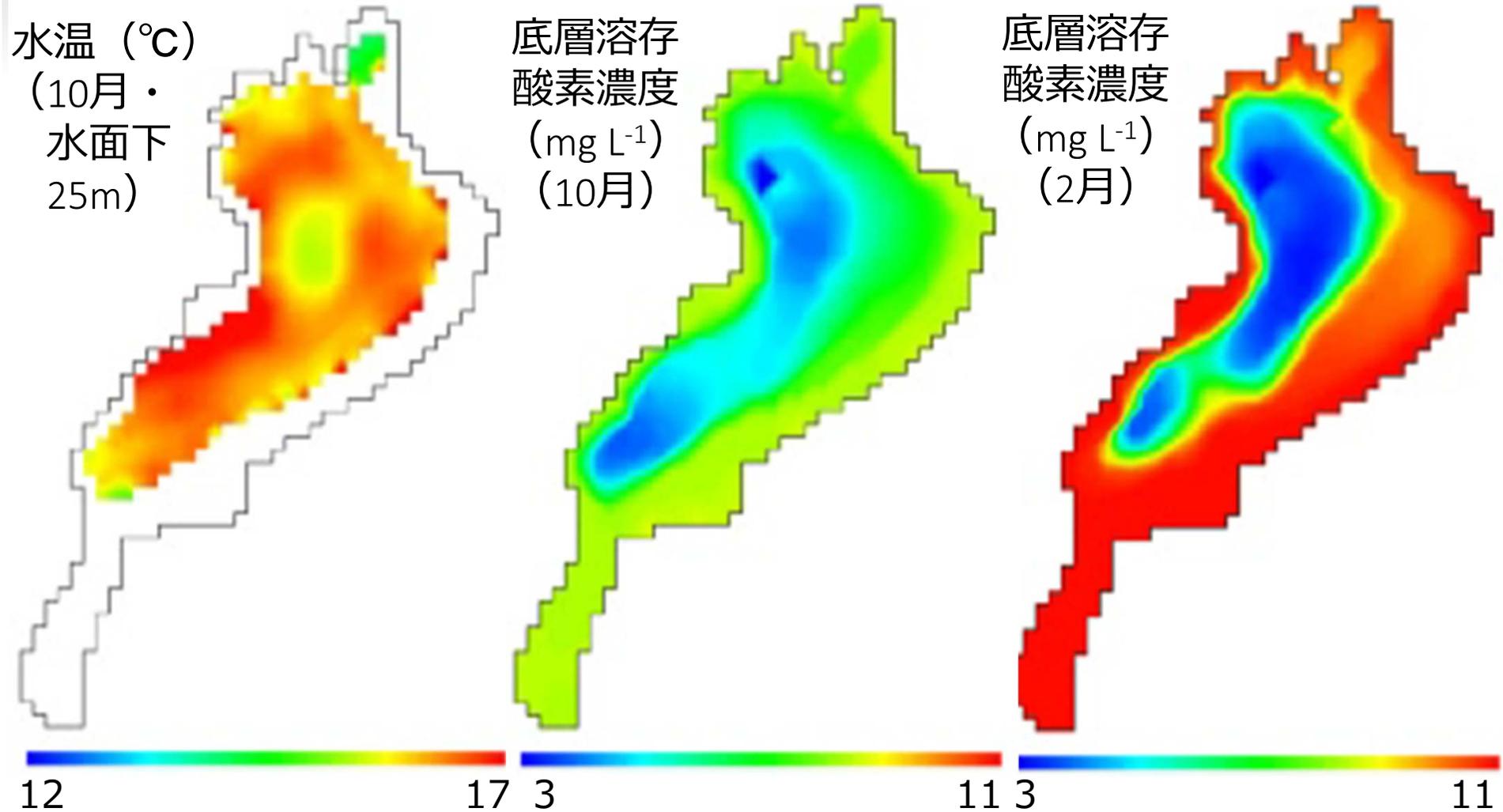
溶存酸素濃度の鉛直断面分布



内部波の影響が見られる

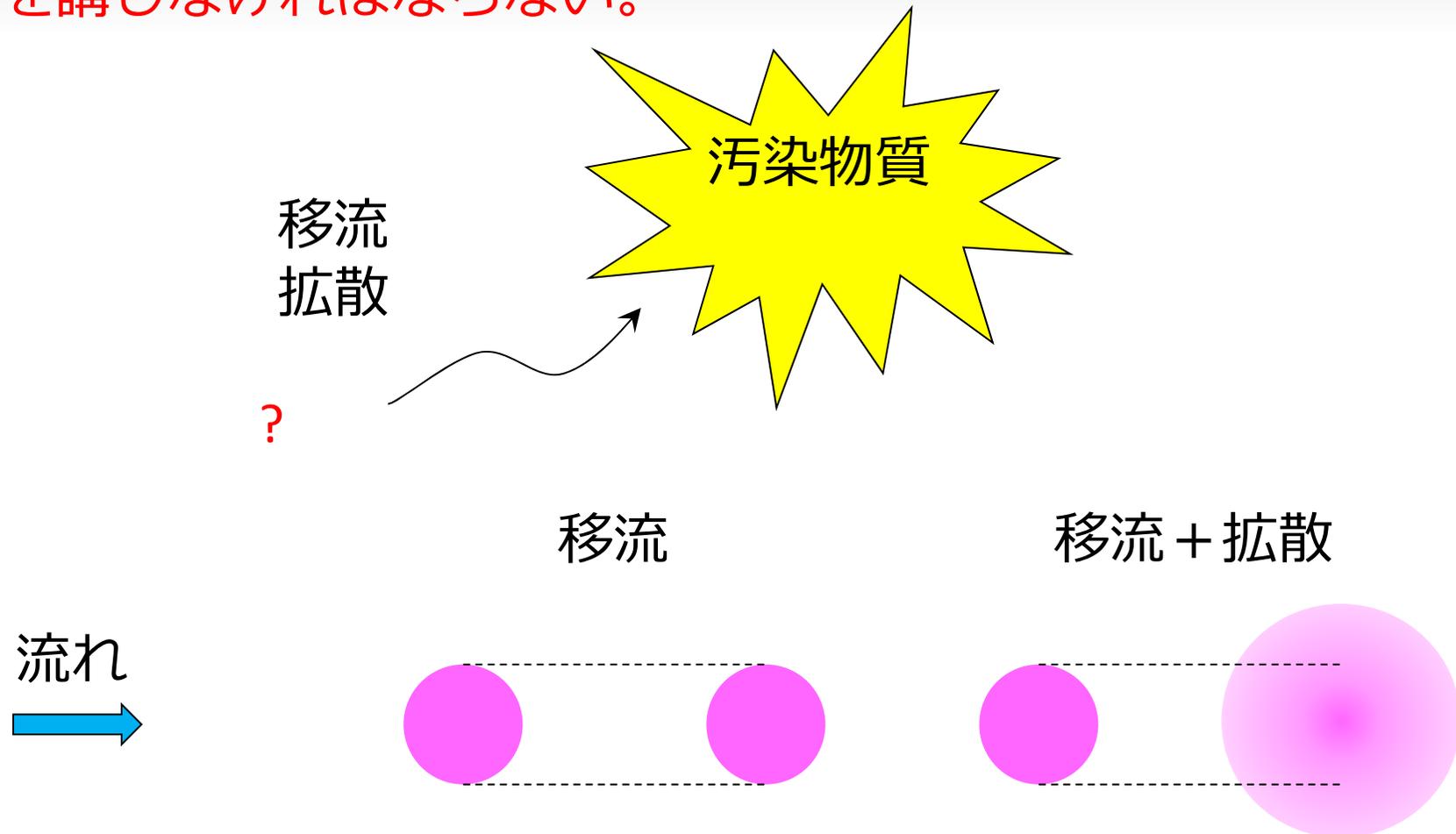
溶存酸素濃度の鉛直断面分布

成層面・底層水質の変化



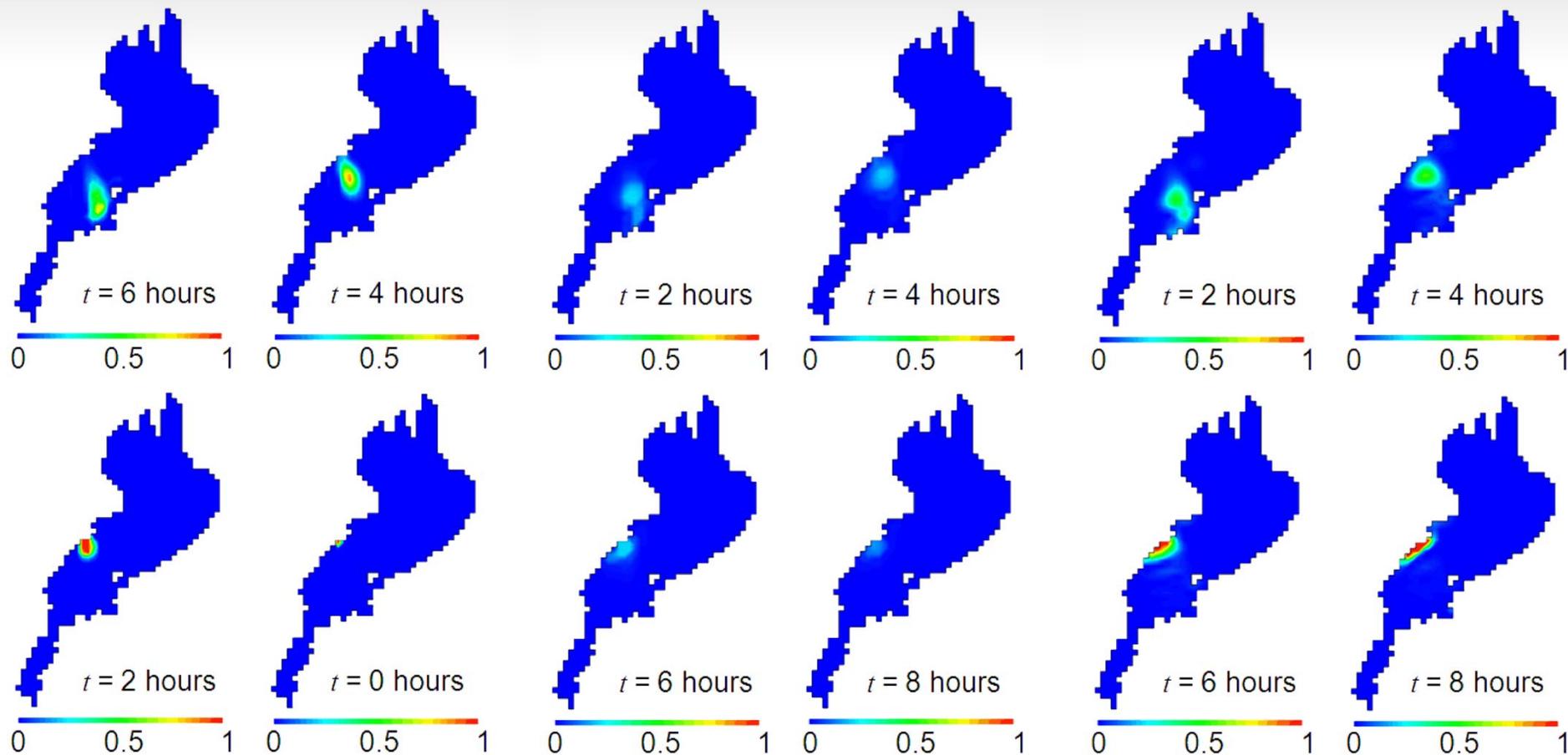
汚染源の推定

水域で汚染物質が発見された場合、**汚染源をただちに特定し、対策を講じなければならない。**



汚染源予測シミュレーション

琵琶湖西岸で汚染物質が発生し、北西風が8時間吹いた後に汚染物質が発見された場合を想定



順方向計算

安定化操作1

安定化操作2

今後の課題

- スパコンの発達とともに、複雑なシステムの計算へ移行
- データ同化手法を用いた予測モデル・高解像度モデル・高次生態系モデルへ向けた取り組み
- 生態系モデルでは、極力多くの文献を参照にして、最適なパラメータ値を試行錯誤の上決定
- 気象条件、陸域からの栄養塩供給量などの境界条件データの収集、あるいはこれらのモデルとの結合
- 観測データとの比較による精度検証

今後は、どのように利用するか、利用のしやすさが課題となる