

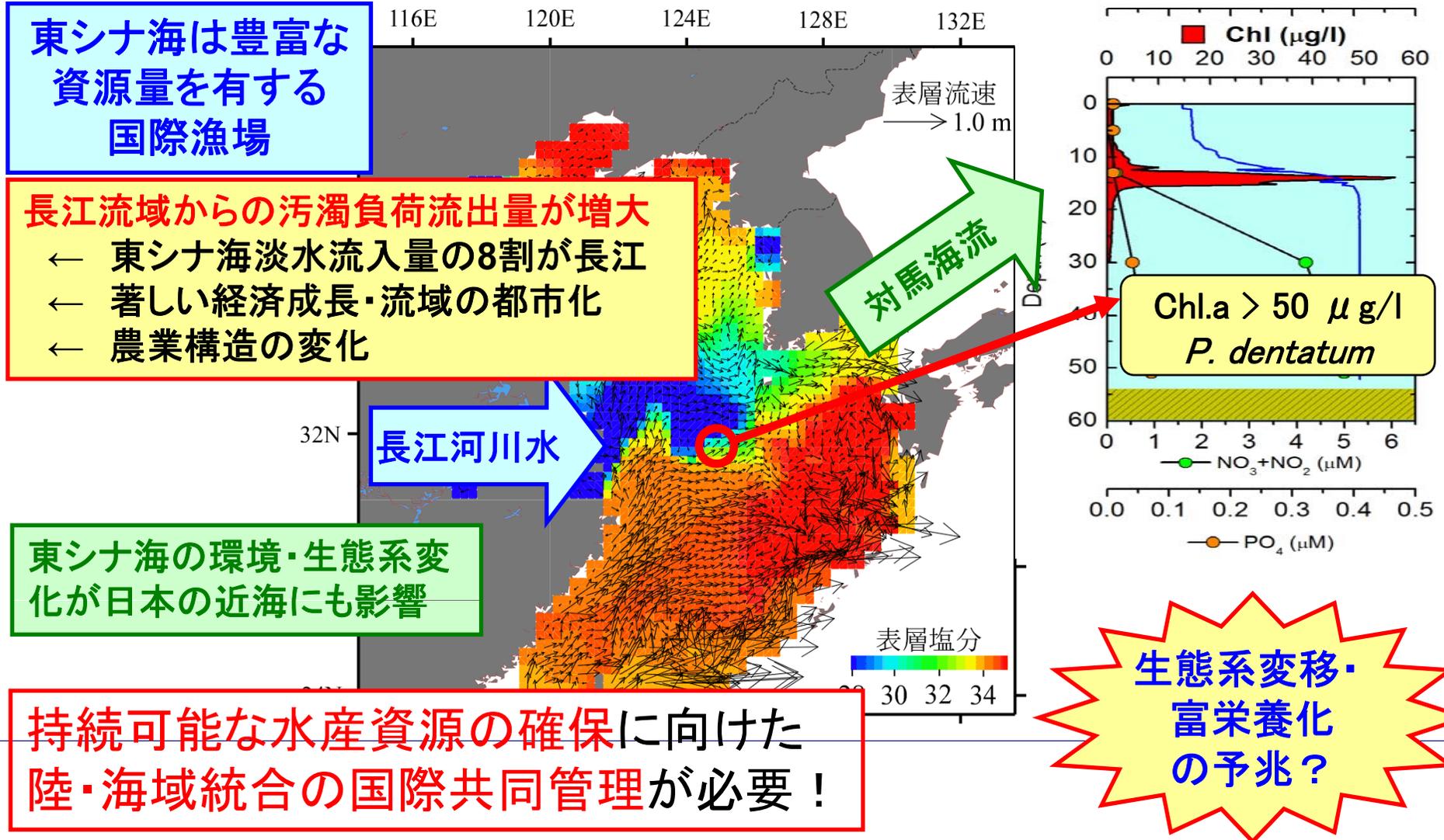
# 流域環境管理に関する国際共同研究

## 風速場の経年変化と 沿岸・海洋環境の長期変動傾向

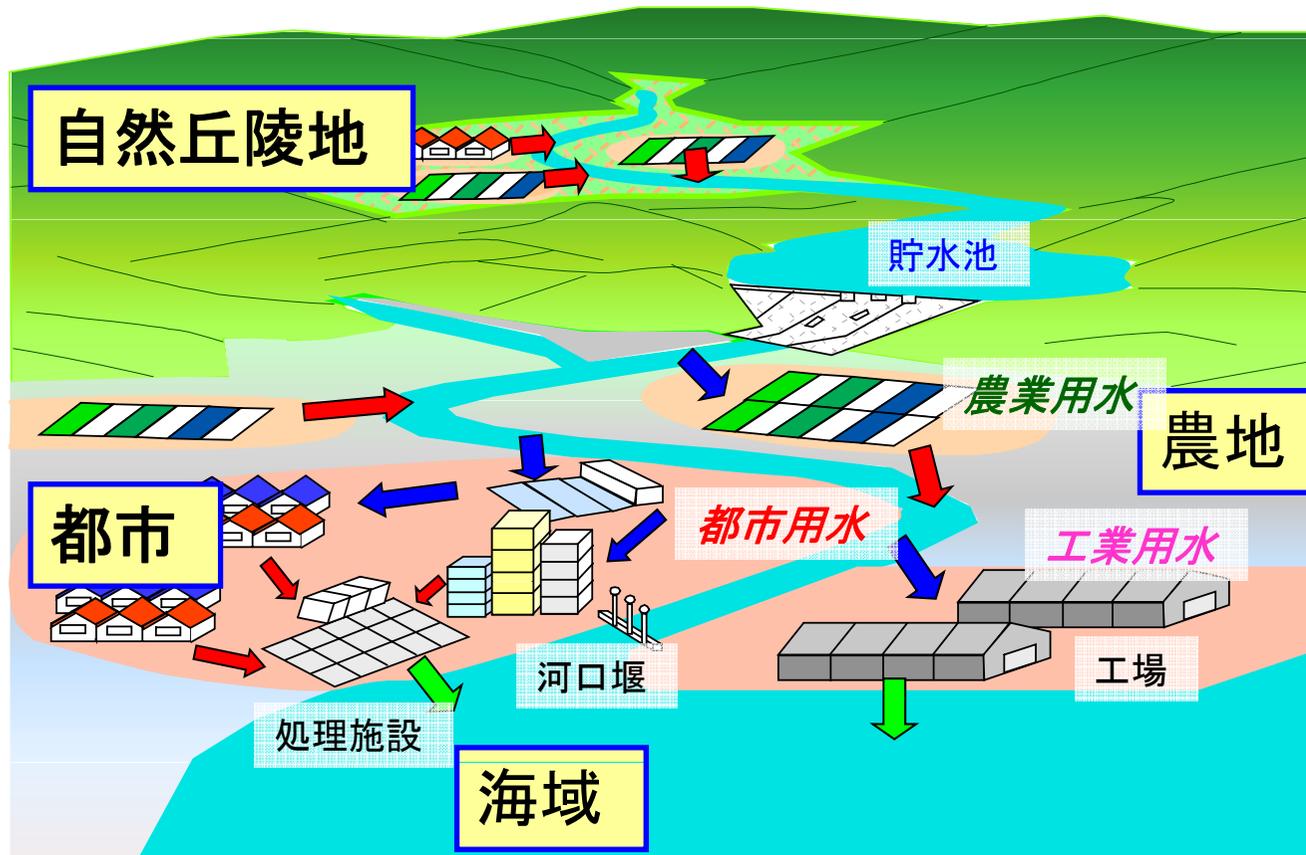
国立環境研究所

アジア自然共生研究グループ 村上正吾(課題代表)  
水士壤圏環境研究領域 林 誠二, 中嶋恵子  
アジア自然共生研究グループ 東 博紀

# 研究背景・目的: 長江流域と東シナ海



# 研究背景・目的: 統合沿岸・河川域管理(ICARM) (Integrated Coastal Areas & River basin Management)



## 流域都市化

→ 汚濁負荷流出量の増加  
(C, N, P増加)

## 河川構造物

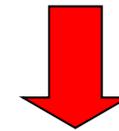
→ 土砂流出量の減少  
(Si減少)

## 農業構造変化

→ 栄養塩流出量の増加  
(N, P増加)

## 気候変動

→ ???



## 下水処理能力向上

→ 汚濁負荷流出量の減少  
(C, N, Pの減少)

## 干潟の再生

→ 水質の自然浄化  
(C, N, Pの減少)



影響評価・予測手法  
の確立が不可欠

# 研究目的

## 陸域：分布型流域水文モデル (H20発表：林)

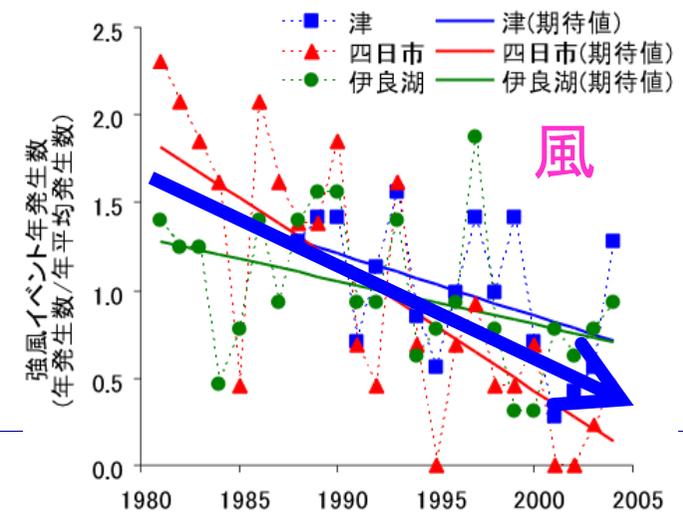
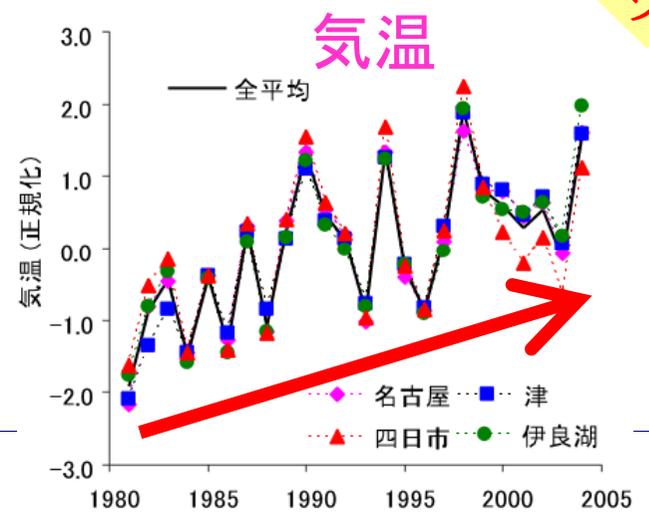
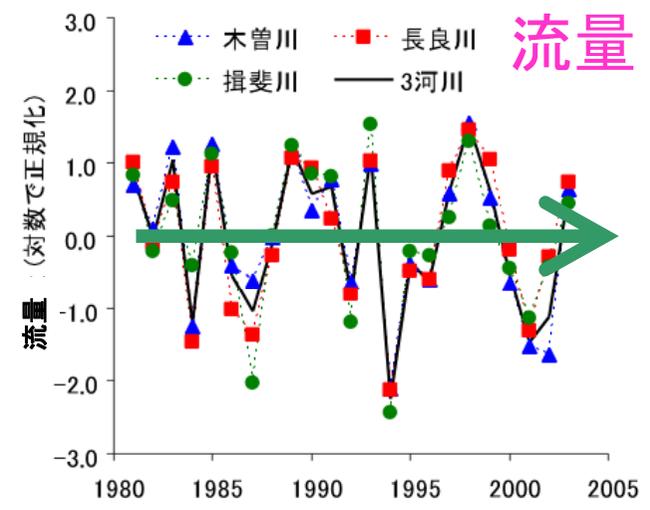
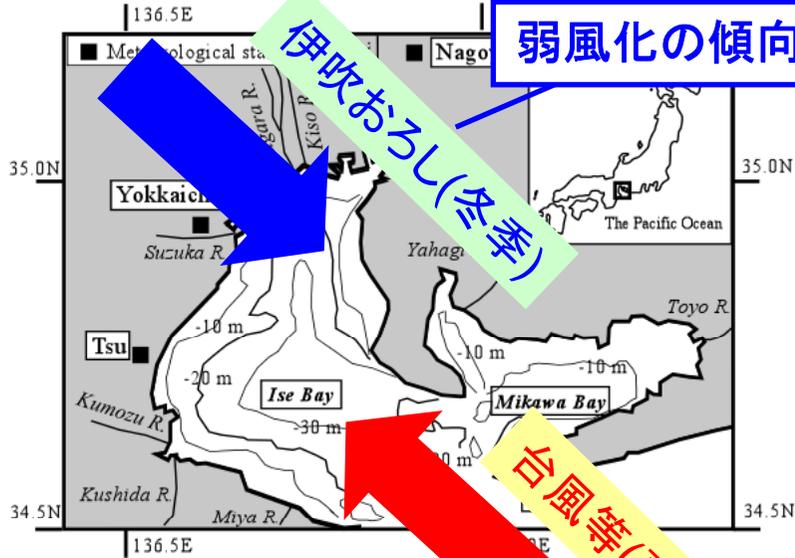
- 洞庭湖周辺の退田還湖による流出形態の変化
- 三峡ダムの放流調節・本流から洞庭湖への分洪操作による長江流域の洪水防御効果

## 海域：3次元流動・水質・生態系モデル (本発表：東)

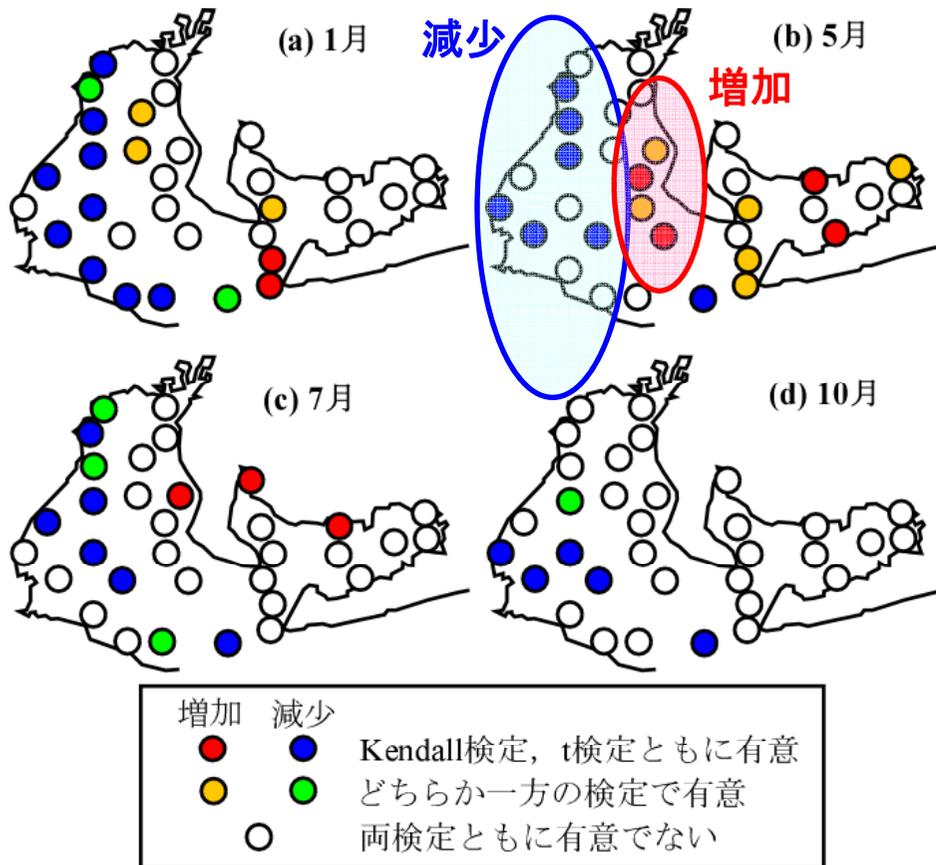
目的：陸域からの汚濁負荷物質流出形態の変化や気候変動が海域（東シナ海）の水質環境・生態系に及ぼす影響を評価する数理モデルを構築する。

本発表：データが蓄積されている伊勢湾でモデルの検証を行う。同海域における水質の長期変動傾向とその要因を数値シミュレーションで考察する。

# 伊勢湾周辺における気象の変化



# 伊勢湾の水質の経年変化

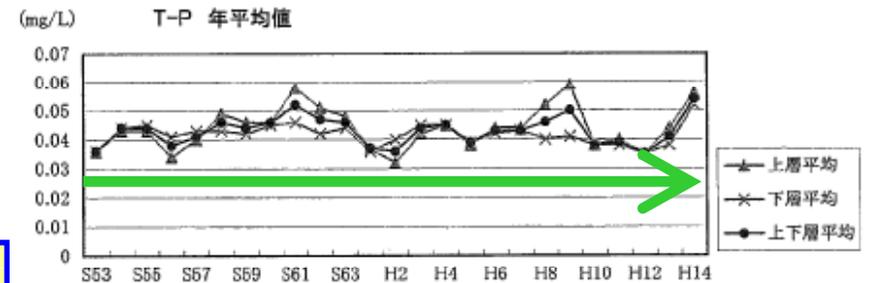
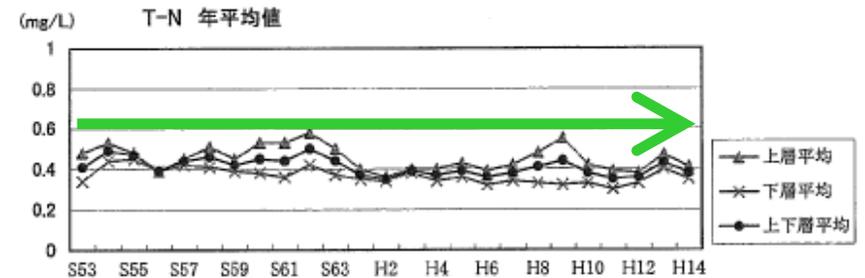
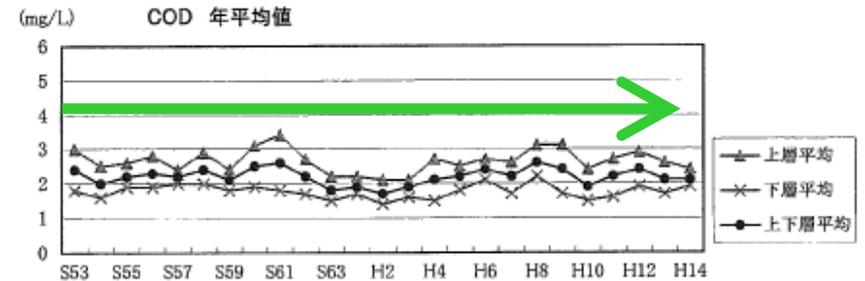


伊勢湾の底層CODのトレンド(1981~2004)

データ: 広域総合水質調査(環境省)

底層CODは西側で減少, 東側で増加 ← 気温の上昇 風速場の変化 影響?

全湾平均水質はほぼ変化なし.



伊勢湾の水質変化 (全域平均)

出典: 広域総合水質調査(環境省)

# 準3次元流動・水質・生態系モデル

## 流動モデル

### σ座標系準3次元FEMモデル

$$\text{水深} \quad \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial uD}{\partial x} + \frac{\partial vD}{\partial y} + \frac{\partial \omega D}{\partial \sigma} = S_D$$

$$\text{流速} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \omega \frac{\partial u}{\partial \sigma} = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial P}{\partial x} + \gamma_x \frac{\partial P}{\partial \sigma} \right) + fv + F_u$$

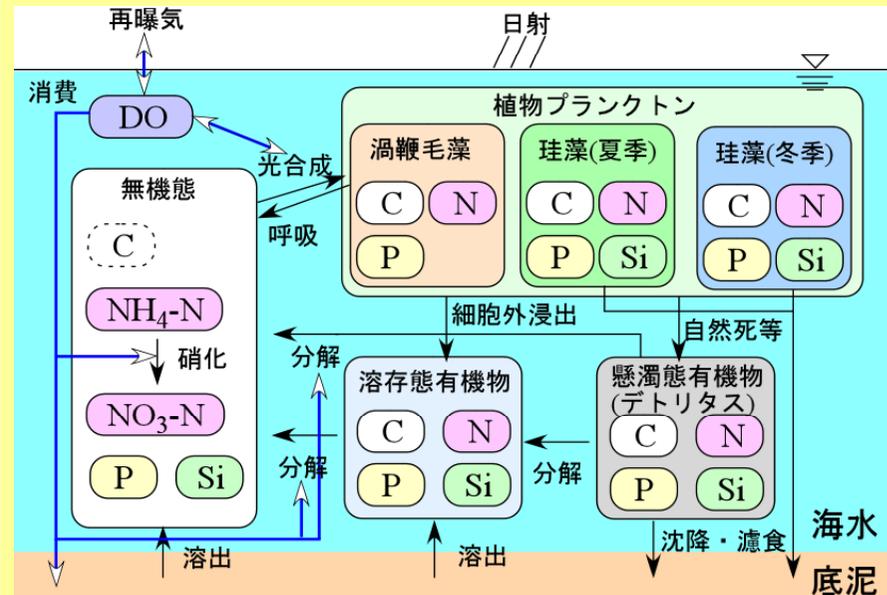
$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \omega \frac{\partial v}{\partial \sigma} = -\frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial P}{\partial y} + \gamma_y \frac{\partial P}{\partial \sigma} \right) - fu + F_v$$

$$\text{水温} \quad \frac{\partial D\theta}{\partial t} + \frac{\partial uD\theta}{\partial x} + \frac{\partial vD\theta}{\partial y} + \frac{\partial \omega D\theta}{\partial \sigma} = F_\theta + S_\theta$$

$$\text{塩分} \quad \frac{\partial DC}{\partial t} + \frac{\partial uDC}{\partial x} + \frac{\partial vDC}{\partial y} + \frac{\partial \omega DC}{\partial \sigma} = F_c + S_c$$

移流項: CIP法, 海水密度: UNESCO状態方程式,  
鉛直混合: Mellor (2001), 海面フラックス: Kondo (1975)

## 水質・生態系モデル



珧藻(夏季): *Skeletonema costatum* (安藤ら, 1985)  
珧藻(冬季): *Eucampia zodiacus* (西川, 2002)

**河川** 雲出川, 宮川, 櫛田川, 揖斐川, 長良川, 木曾川, 庄内川, 矢作川, 豊川の日流量(流量年表)

**外洋** 潮位(鳥羽), 水温・塩分(月別統計値)

**気象** 風速, 気温, 比湿(地上観測値, 距離の自乗の逆数で重み付け平均), 下向き短波放射量(名古屋気象台), 下向き長波放射量(名古屋の気温, 蒸気圧, 雲量より算定)

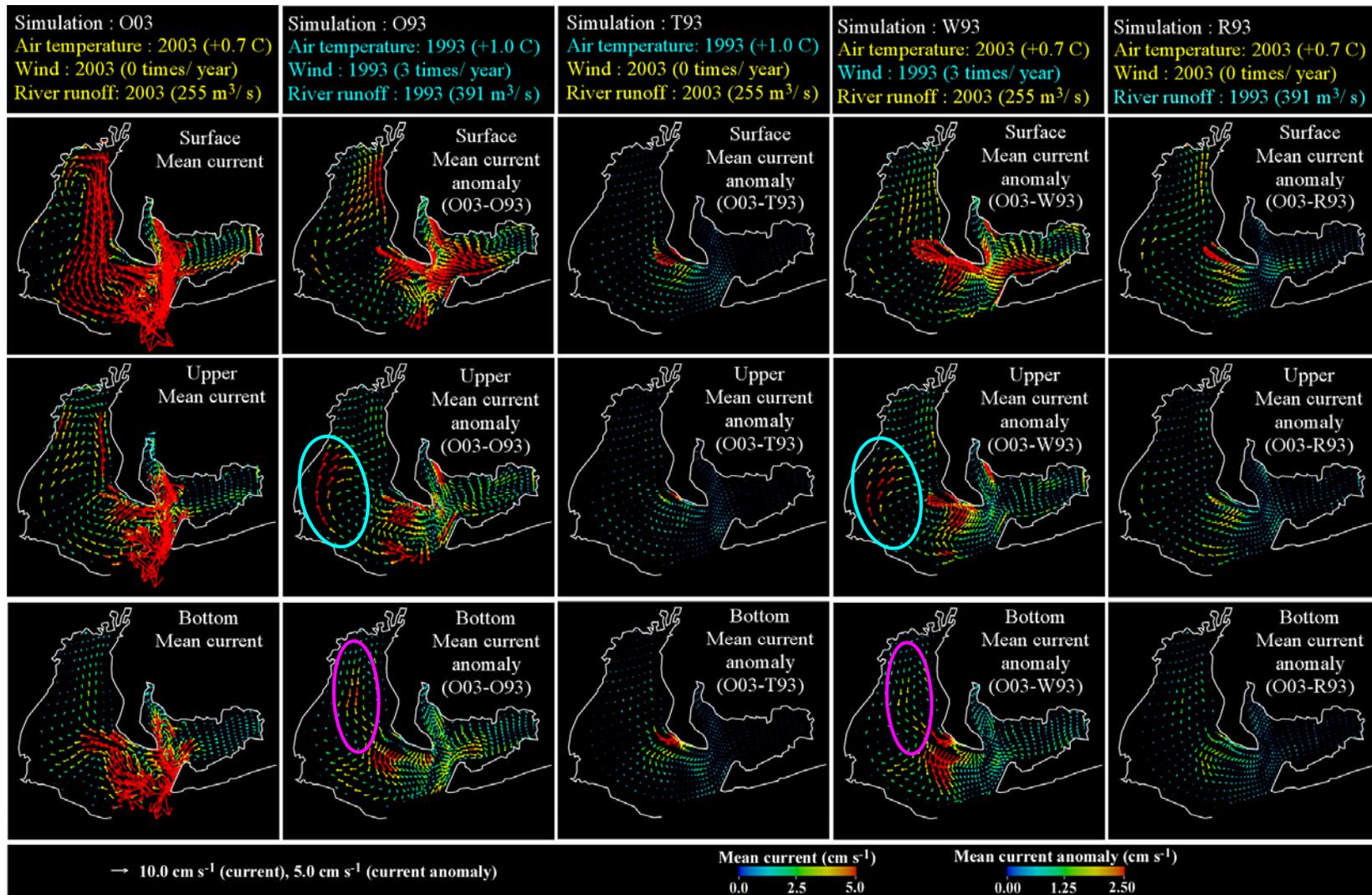
**河川** 月別水質測定値(水質年表)

**下水** 各事業所の年処理水量・水質(1級河川の水質測定点より下流域, 2・3級河川流域内, 及び海域直接流入域)

**外洋** 月別観測値(三重県科学技術振興センター)

**底泥-海水のフラックス** 固定値(調整パラメーター)

# 気象の経年変化が湾内流動に及ぼす影響



冬～春季の北西風が弱まることによって……

- ・ 底層の湾口から湾奥に向かう北上流は減速する。
- ・ 湾西側上・中層の北上流(時計回り循環流の一部)は加速する。

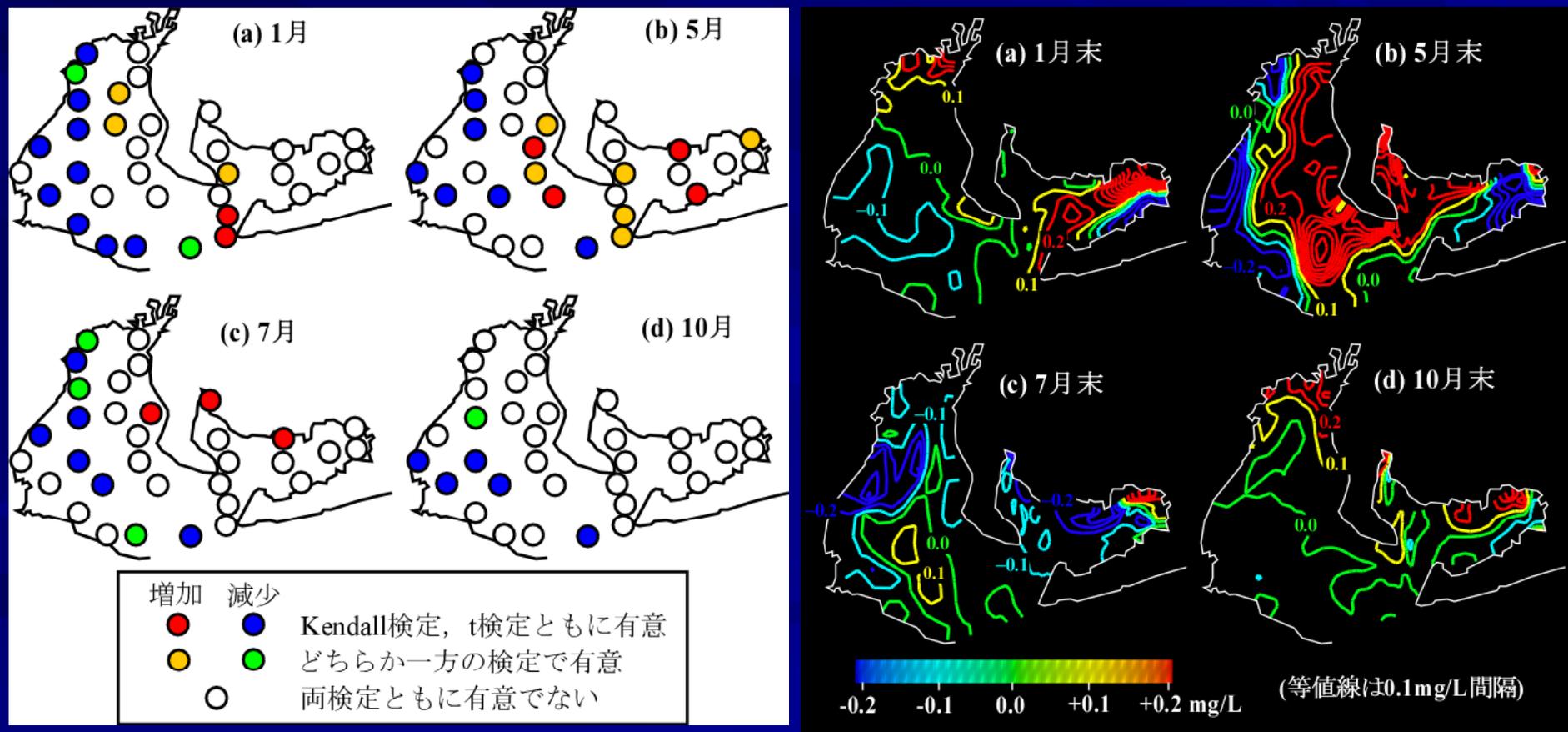
# 風速・風向の変化による底層水質への影響

## 数値シミュレーション条件

W03 : 2003年の河川・気象・外洋・流入負荷条件(再現計算と同じ).

W88 : 風向・風速のみ1988年. 他はW03と同じ.

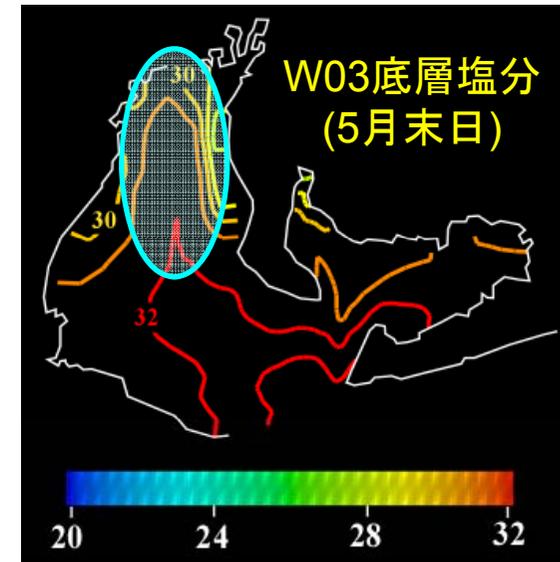
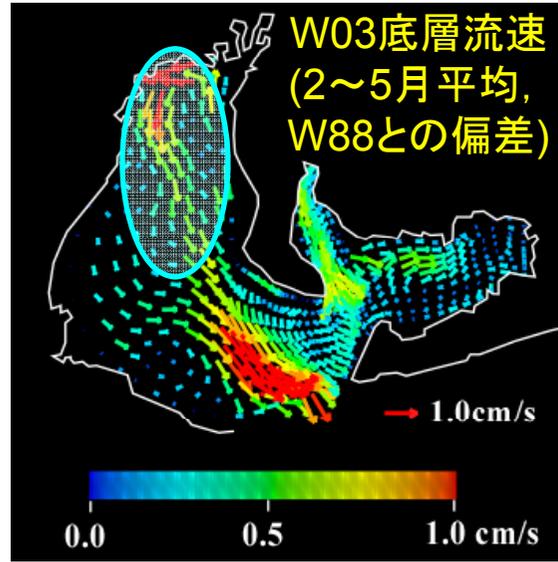
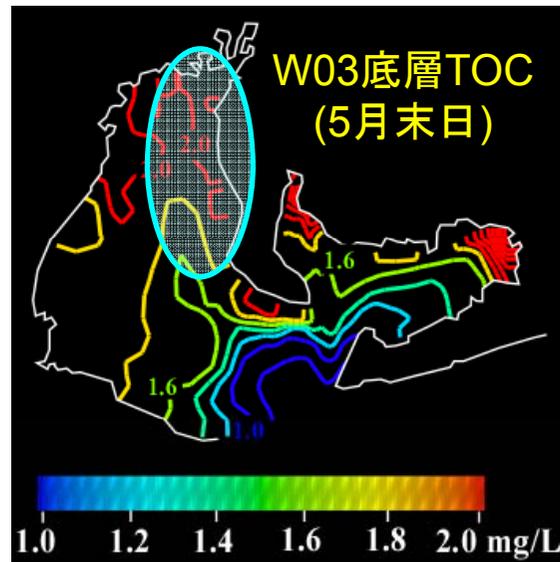
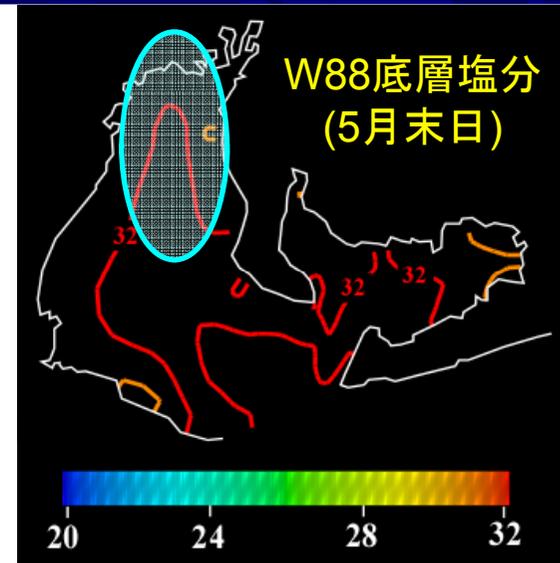
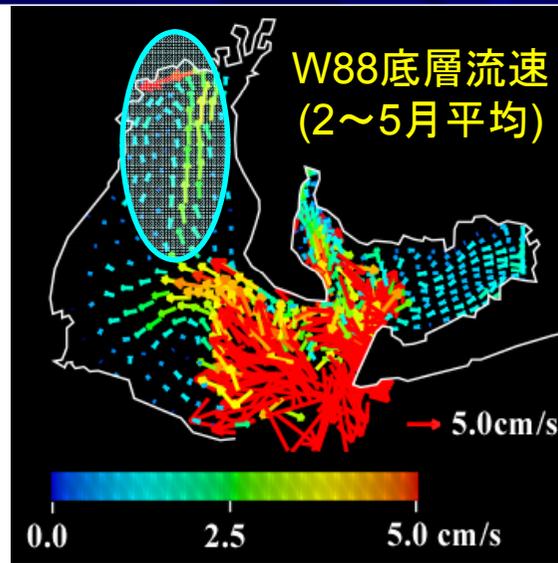
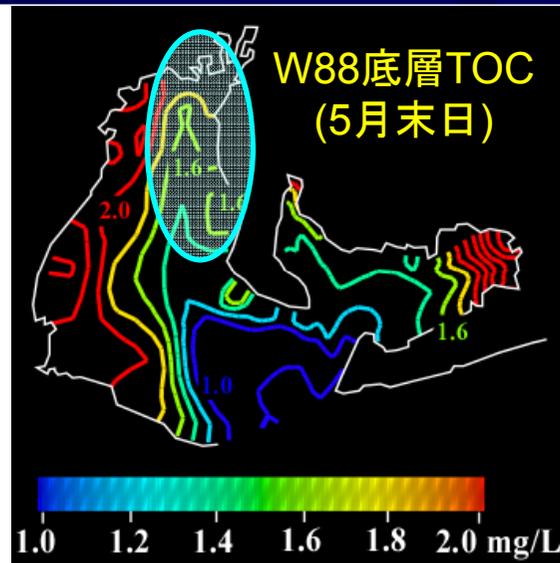
→ 両シミュレーションの流入負荷量は同じ.



観測値の底層CODのトレンド(1981~2004)

W03とW88の底層TOCの差 (W03-W88)

# 湾東部における有機物濃度の増加傾向の要因

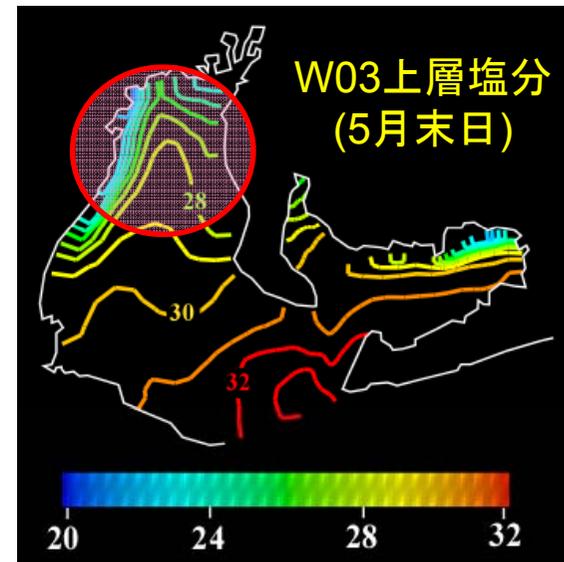
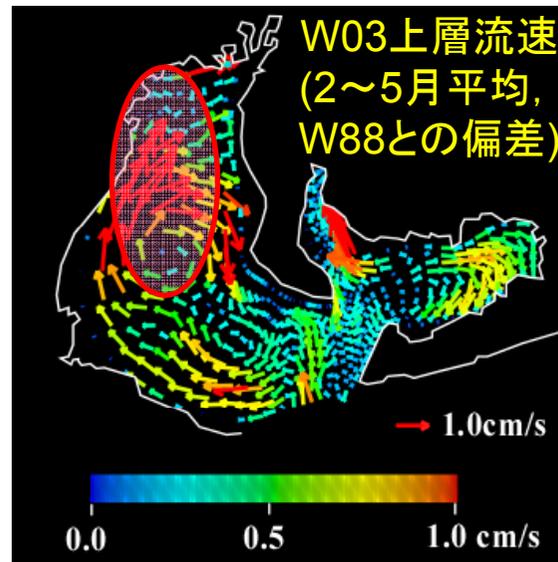
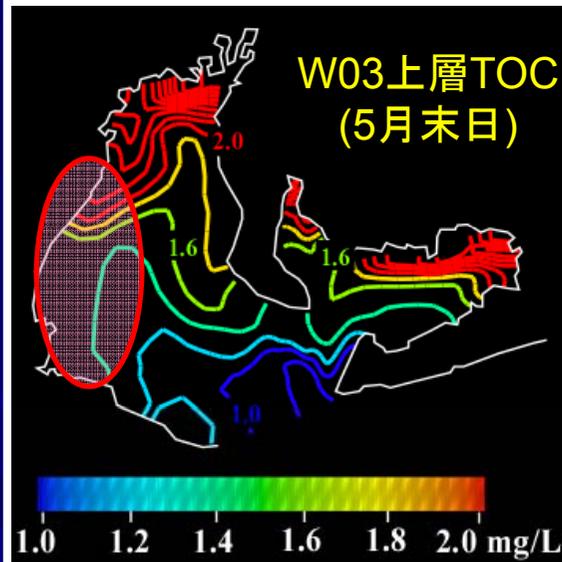
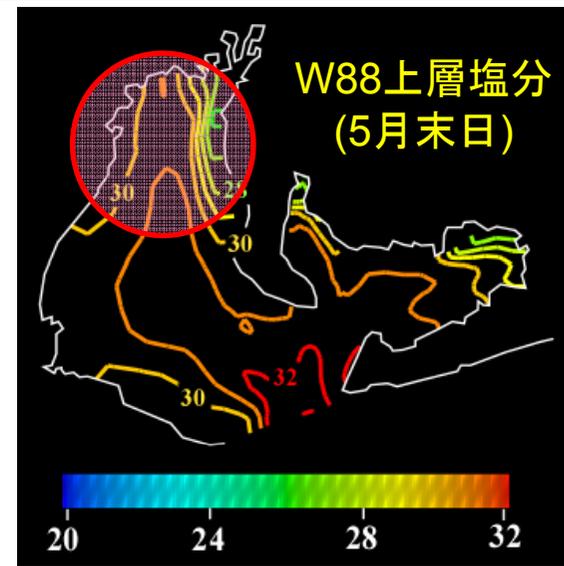
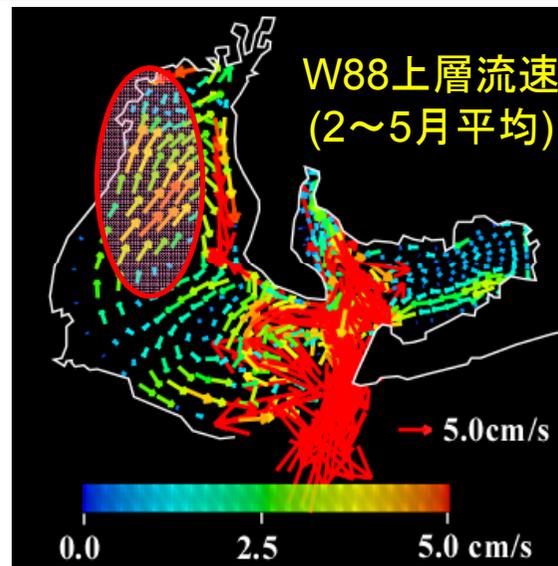
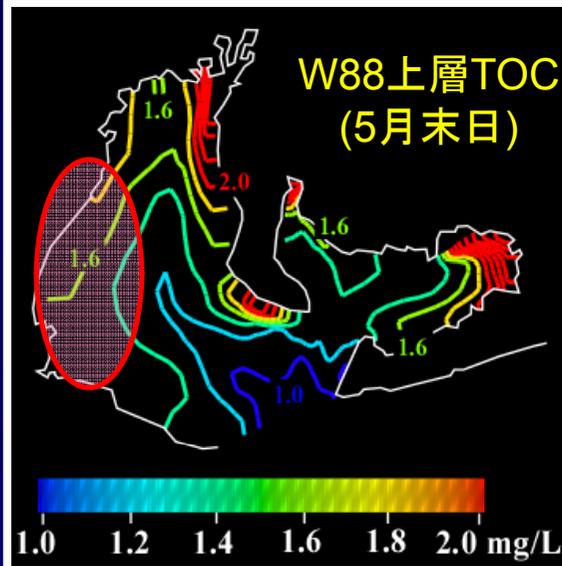


湾口から湾奥に向かう北上流の減速(海水交換速度の低下)



伊勢湾東側の底層有機物濃度の増加トレンド

# 湾西部における有機物濃度の減少傾向の要因



湾奥から湾西側への水・物質輸送量の減少

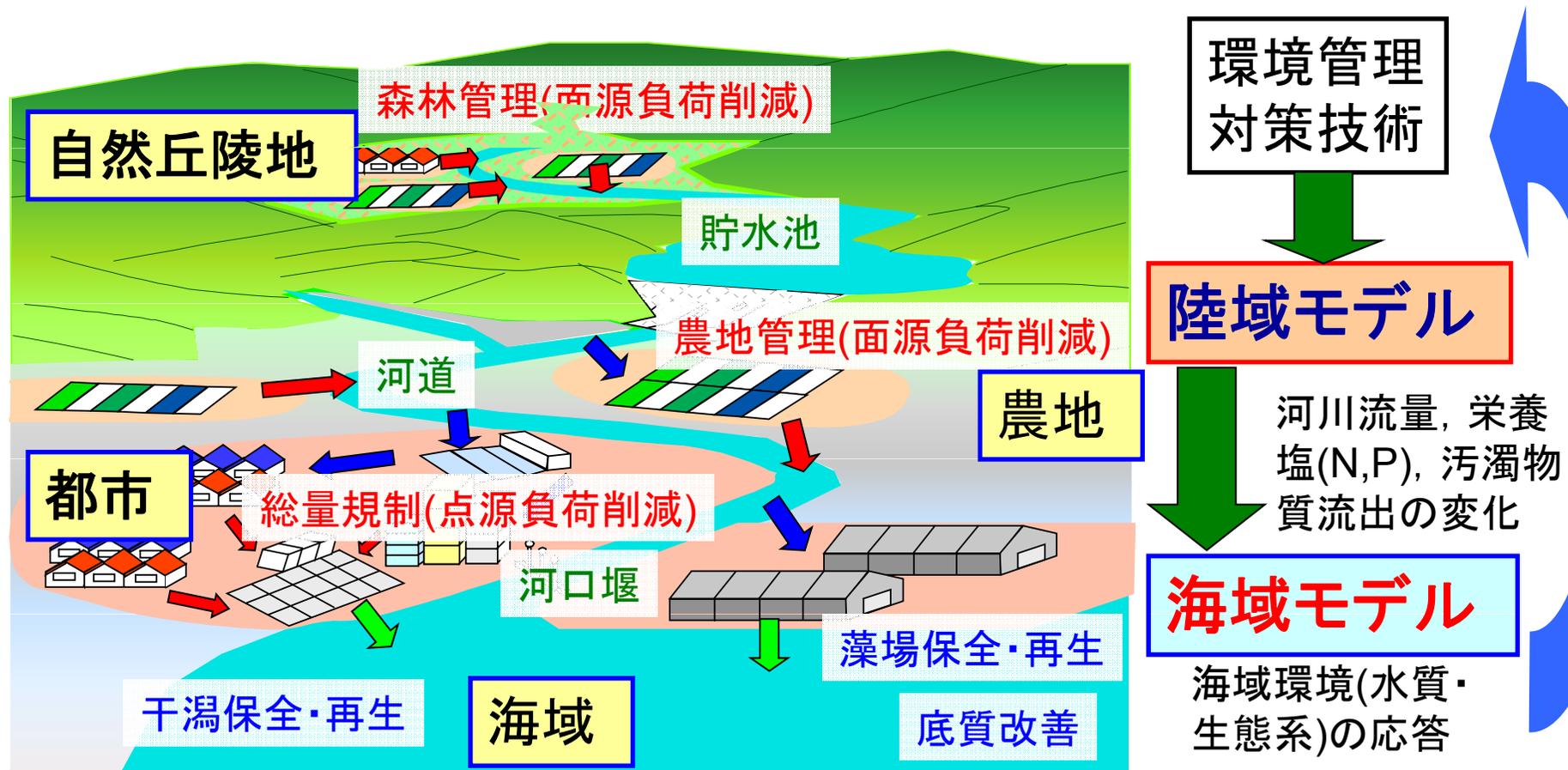


伊勢湾西側の底層有機物濃度の減少トレンド

# 結論(伊勢湾)

- 1981～2004年の底層CODは三重県側で有意な減少, 愛知県側で増加のトレンドが認められる. この空間分布の傾向はとくに1, 5月で顕著である.
- 風向・風速条件のみを変化させて3次元流動・水質・生態系シミュレーションを行ったところ, 2003年の風向・風速を与えたときの底層TOCは2～5月の北西風がより卓越する1988年の結果よりも三重県側で低く, 愛知県側で高くなる傾向が見られた. この傾向は観測値の底層CODの長期変動傾向と一致しており, 風向・風速の経年変化が底層CODトレンドの重要な要因の一つになっていると考えられる.
- 上記の愛知県側における底層TOCの増加は, 北西風が弱まることにより, 底層における湾口から湾奥に向かう外洋水の浸入量が少なくなり, 海水交換速度が遅くなることが原因である.
- 三重県側の底層TOCの減少は, 北西風が弱まるに伴って表層における湾全域の南下流が遅く, 上層の津から四日市に向かう北上流が早くなるため, 陸域から流入した栄養塩濃度が高い水が湾奥部より流出しにくくなり, 三重県側の海域において内部生産量および有機物沈降量が少なくなるのが原因である.
- 本研究では風の経年変化が湾内水質に及ぼす影響を数値解析により明らかにしたが, 今後は他の気象要素や河川流入水・負荷量および外洋条件についても検討を重ね, 伊勢湾における水環境の経年変化の原因を考究する予定である.

# 今後の計画



## 海域モデルの課題

- ・生態系サービス(資源量, 水質浄化機能など)の定量評価・予測モデルの導入
- ・伊勢湾から東シナ海への発展

An aerial photograph of a coastal region. On the left, a river delta flows into a large body of water. The land is green and brown, indicating vegetation and terrain. To the right, a series of islands are visible in the blue sea. The text 'ご清聴有り難うございました。' is overlaid in orange at the bottom.

ご清聴有り難うございました。