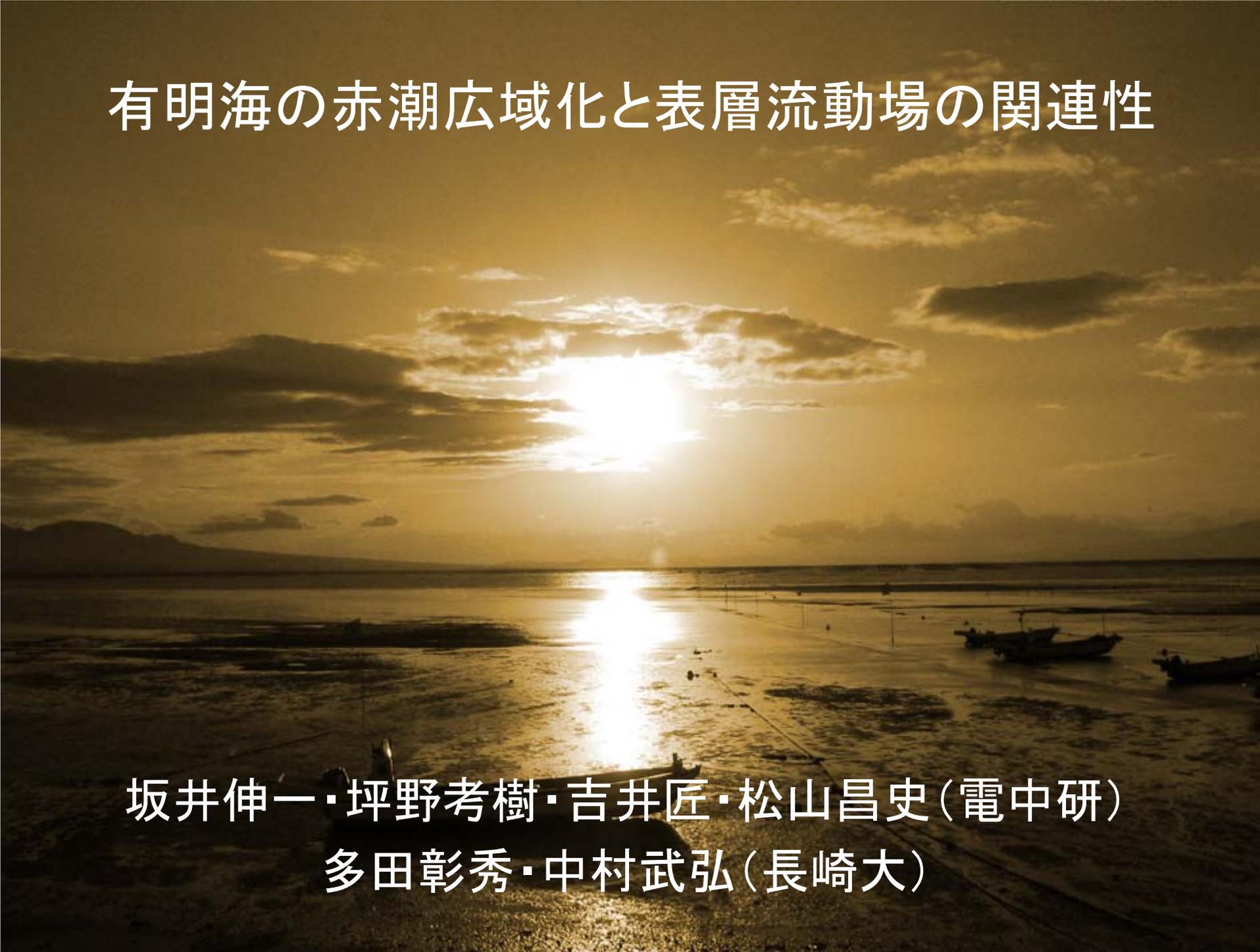
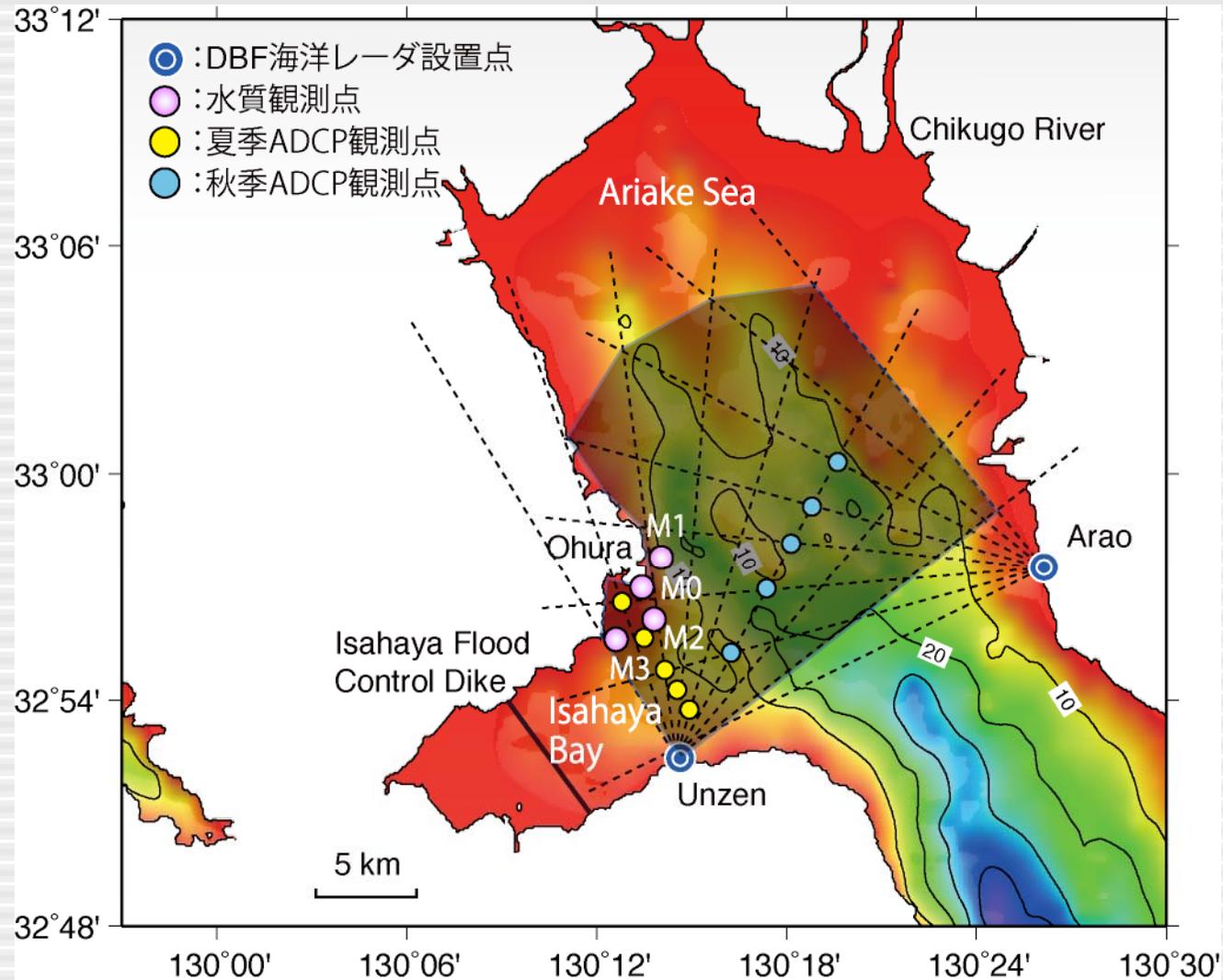


# 有明海の赤潮広域化と表層流動場の関連性

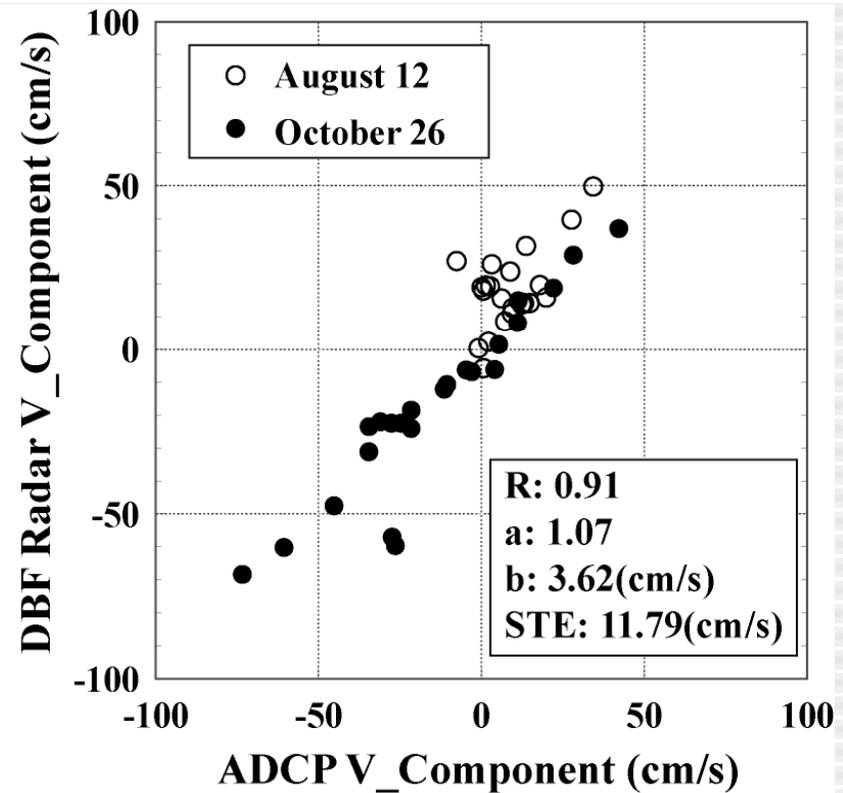
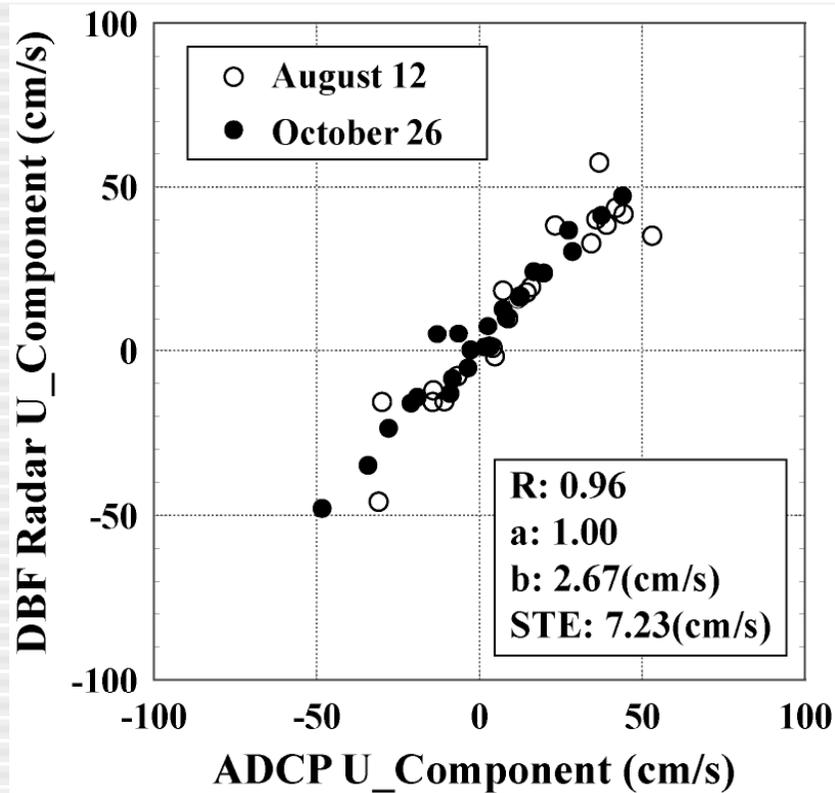
A photograph of a sunset over a body of water, likely a bay or inlet. The sun is low on the horizon, creating a bright, shimmering reflection on the water's surface. The sky is filled with soft, golden clouds. In the foreground, several fishing boats are visible, some with nets or equipment extending into the water. The overall scene is peaceful and captures the end of a day in a coastal setting.

坂井伸一・坪野考樹・吉井匠・松山昌史(電中研)  
多田彰秀・中村武弘(長崎大)

# 有明海の観測範囲 (2007/04/07-2008/02/29)

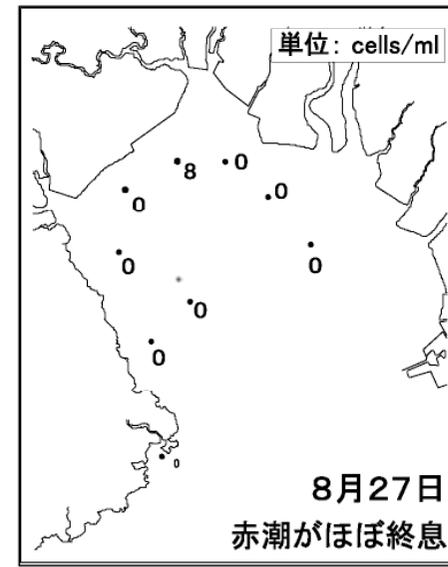
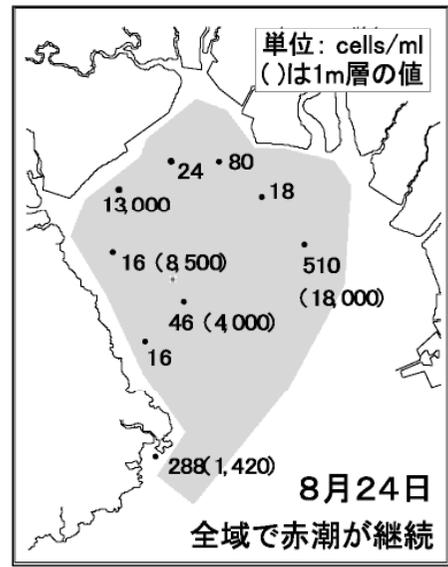
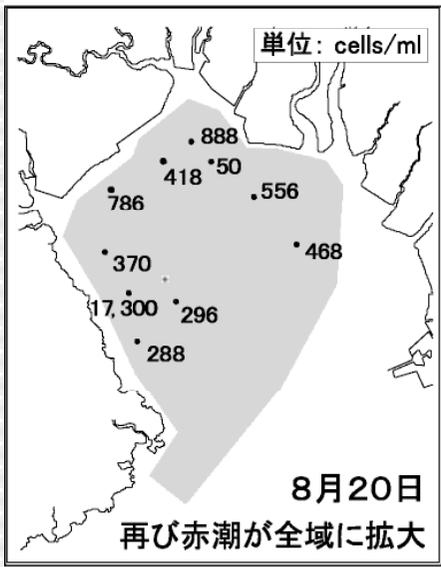
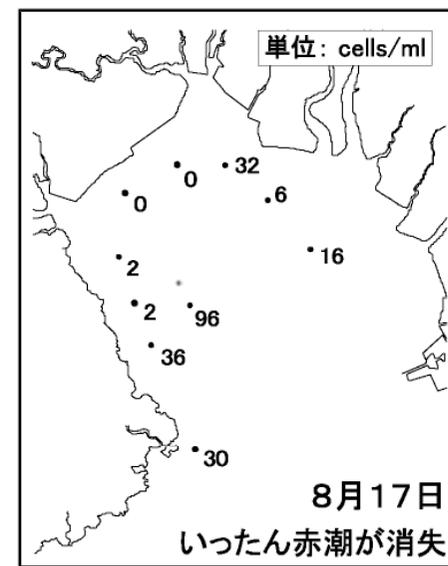
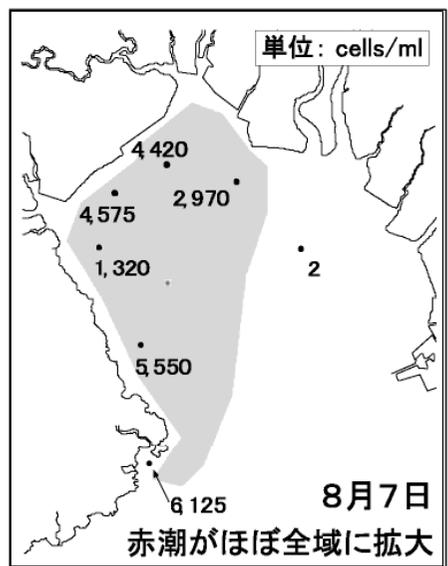


# DBF海洋レーダとADCPの比較(2007年夏季および秋季)

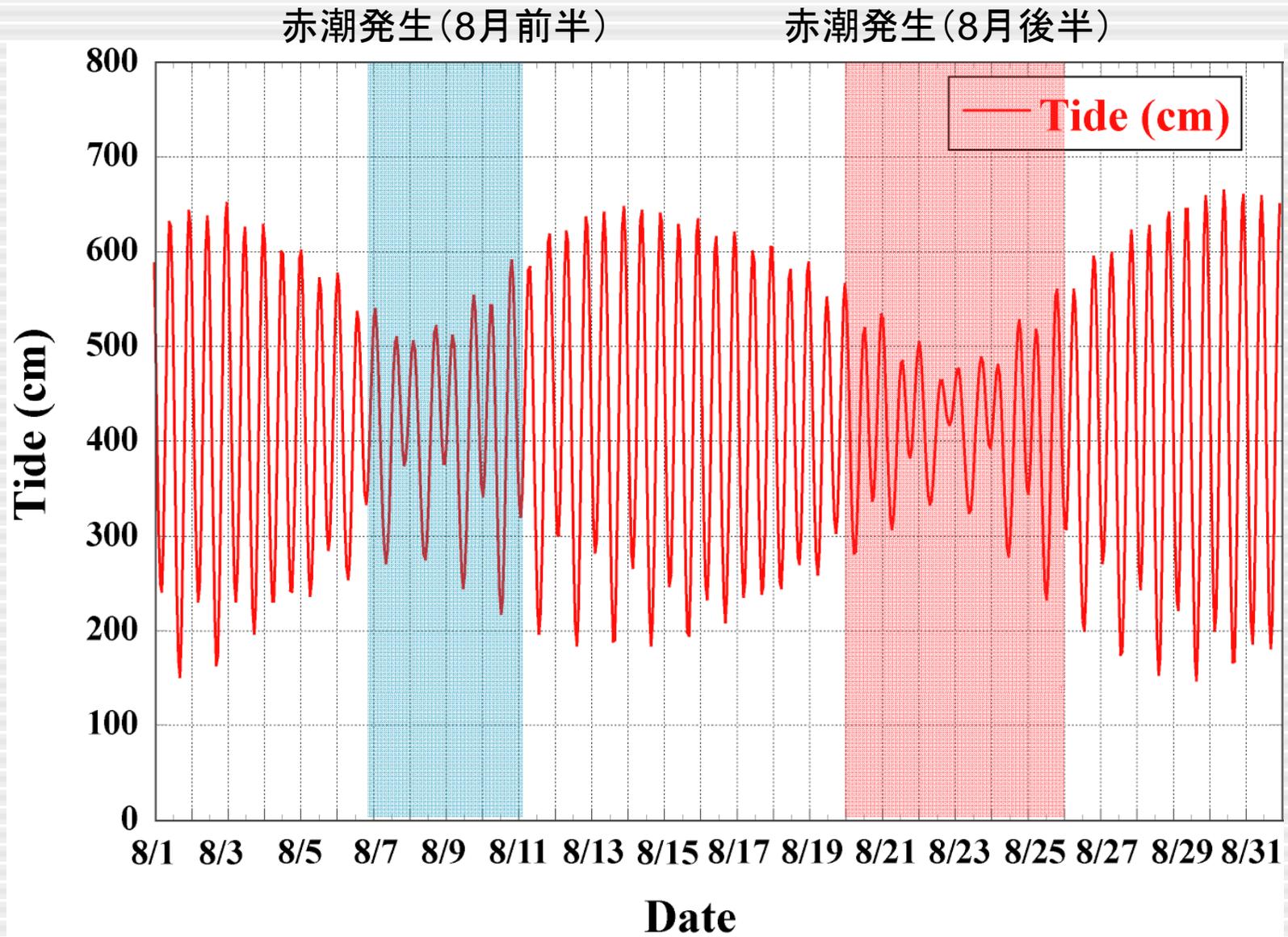


# 2007年夏季に有明海で発生したシャトネラ赤潮

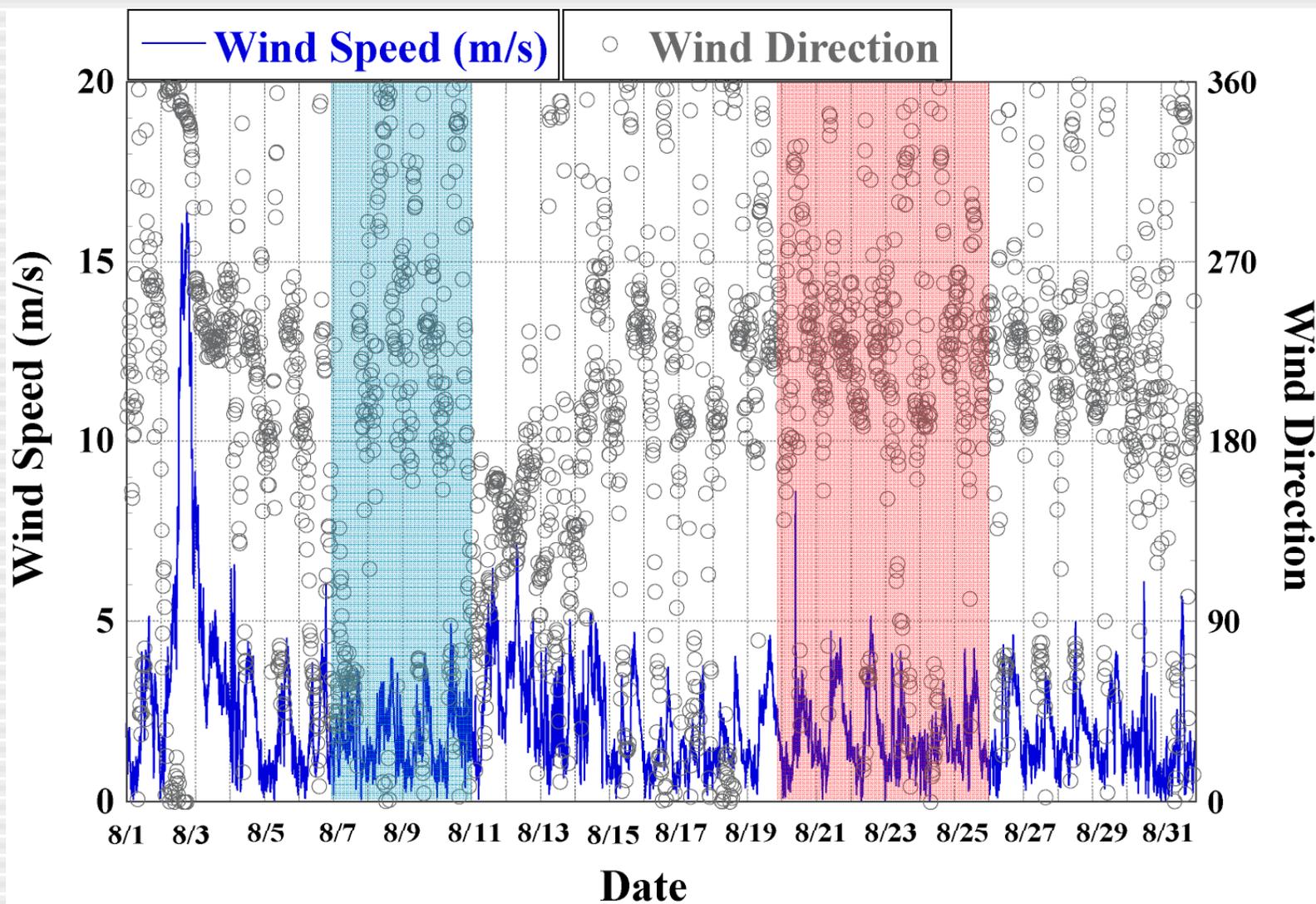
平成19年シャトネラ赤潮の発生状況の推移（有明水産振興センター調査結果）



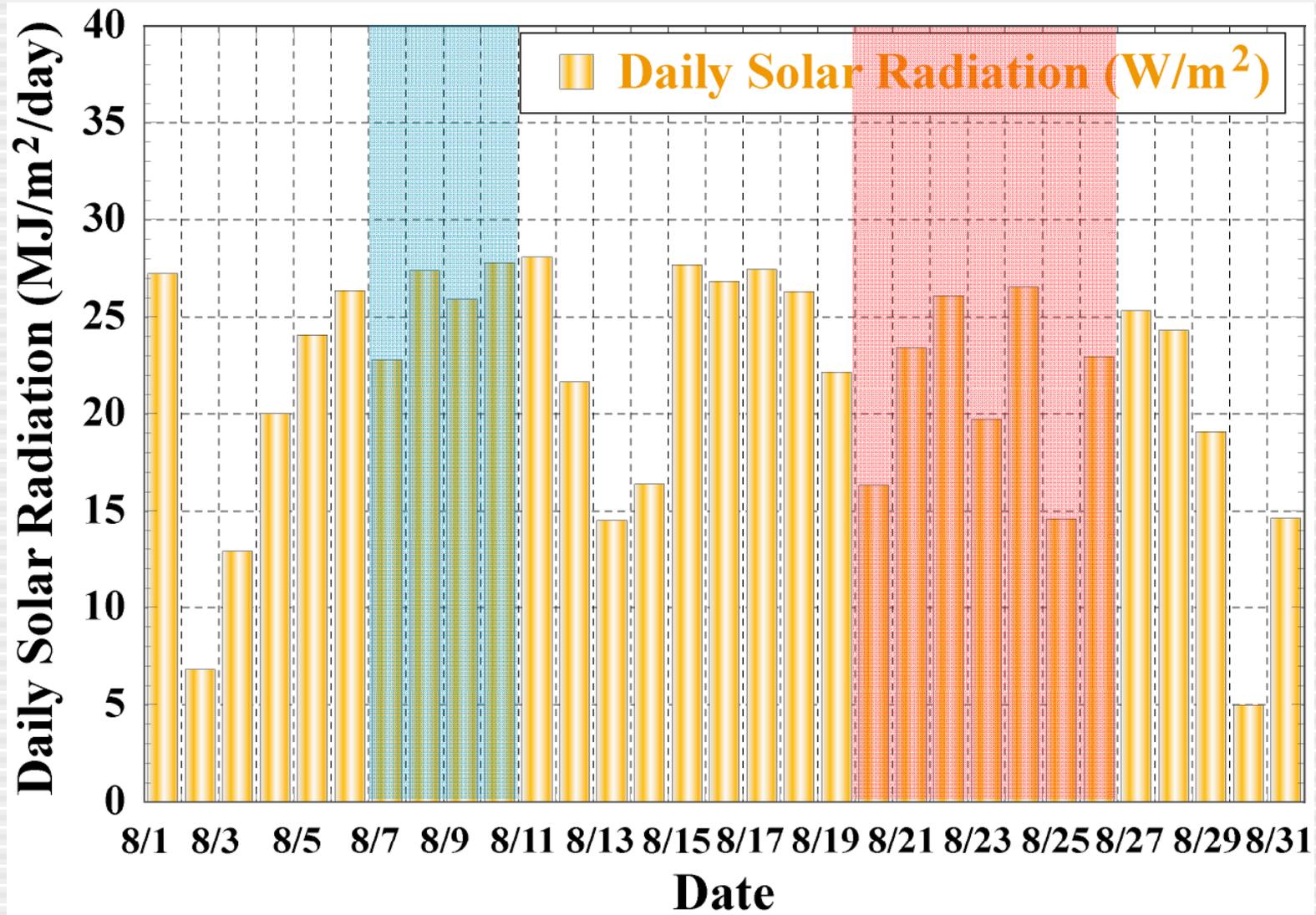
# 2007年8月の大浦地点の潮位



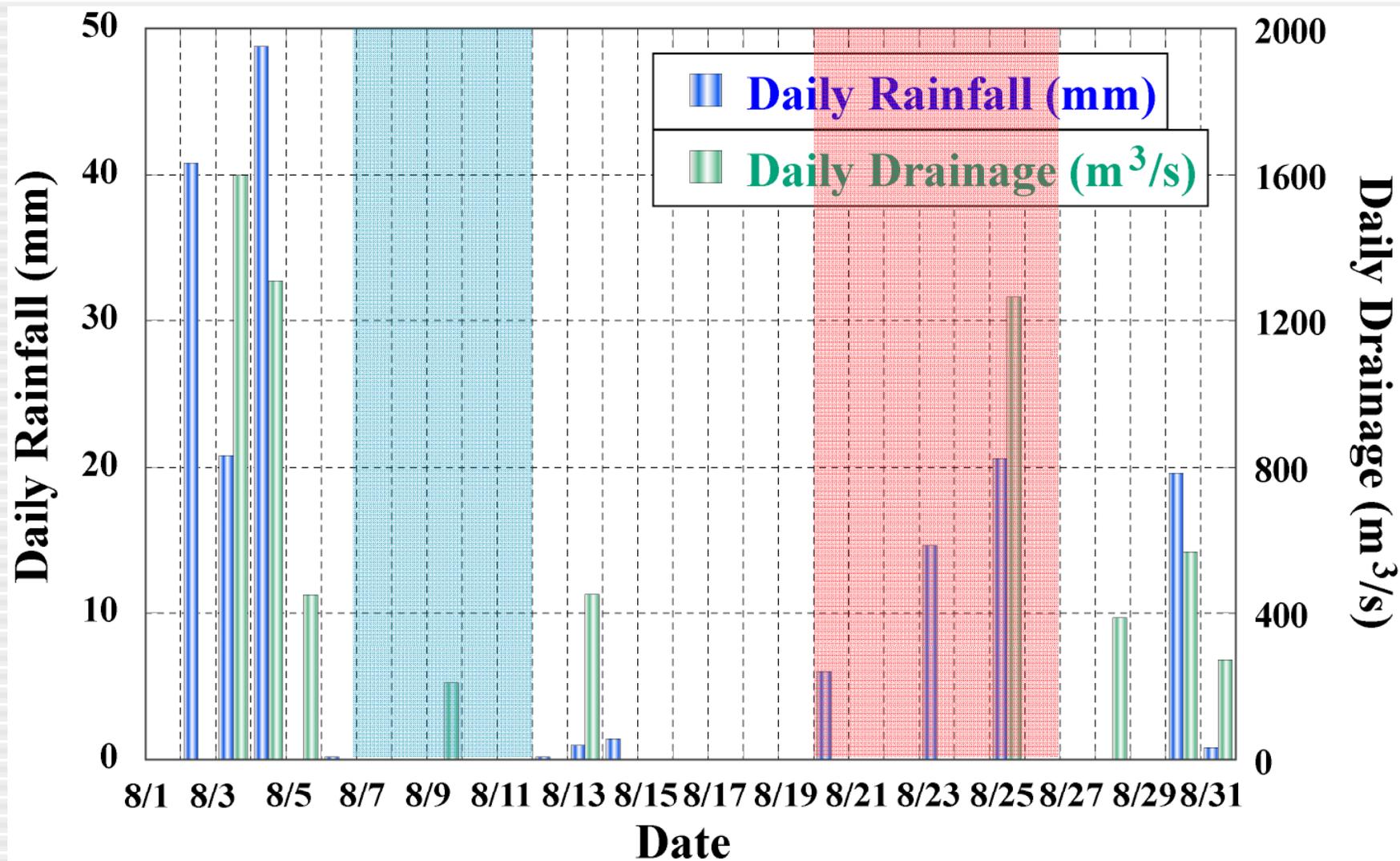
# 2007年8月の瑞穂地点の風速・風向



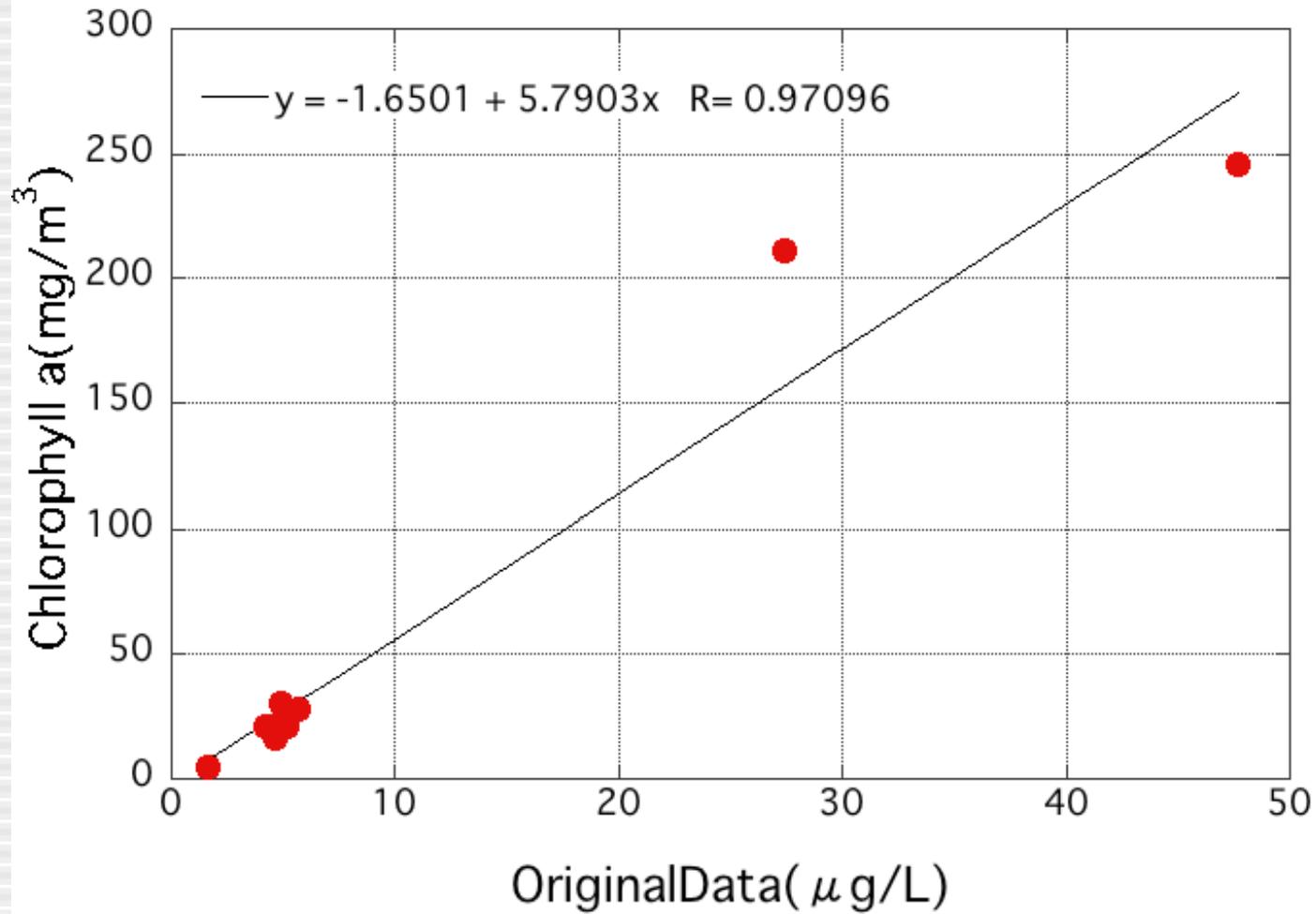
# 2007年8月の瑞穂地点の日射量



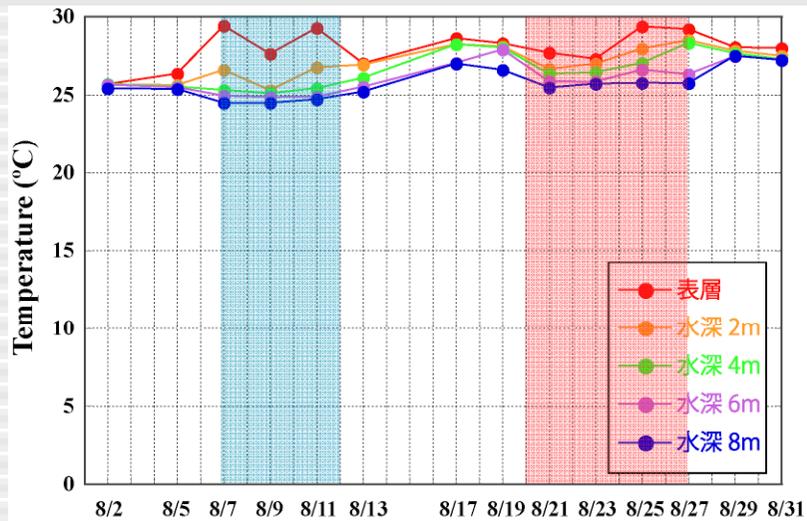
# 2007年8月の瑞穂地点の降雨量と潮受け堤防の排水量



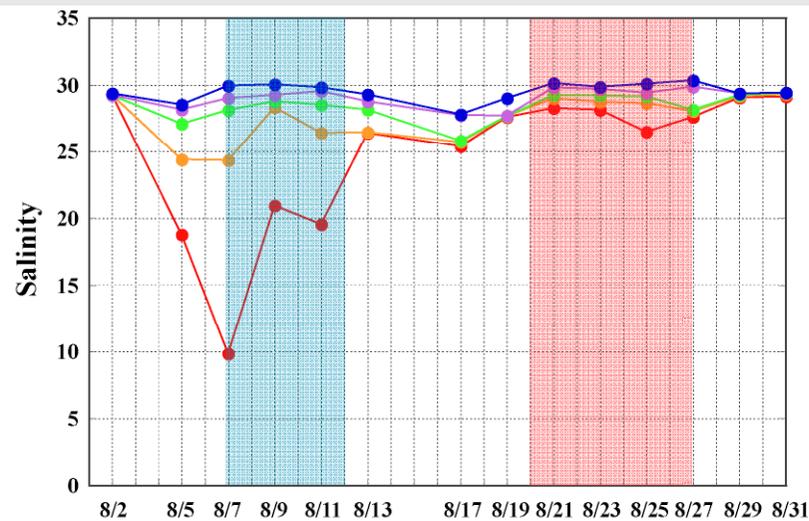
## 代用したクロロフィルaの検定曲線(2008年夏季)



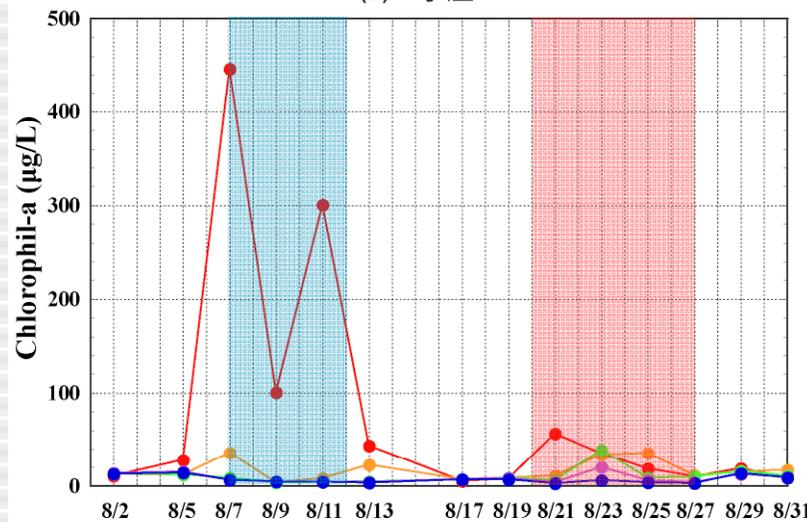
# 測点M1におけるT、S、Chl-a、DOの時系列(2007年8月)



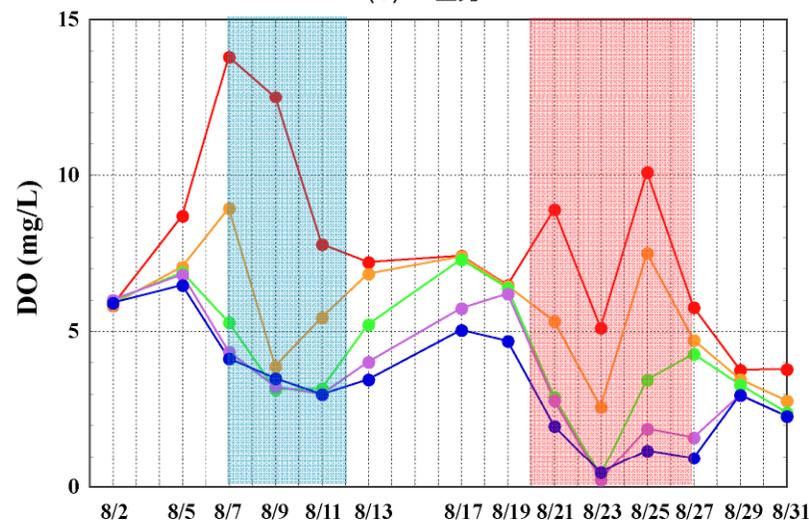
(a) 水温



(b) 塩分

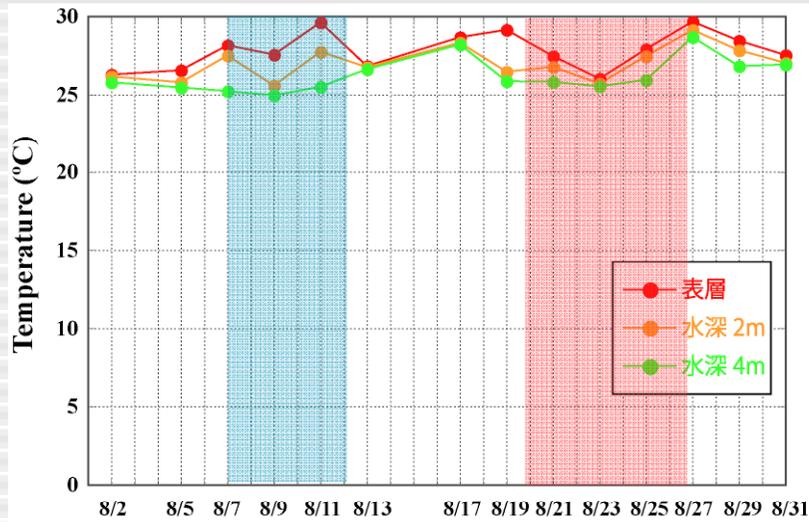


(c) クロロフィル a

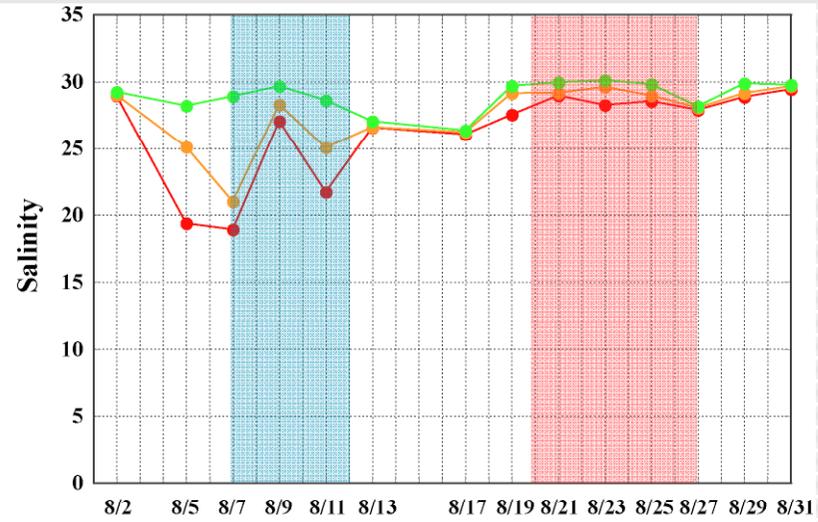


(d) DO

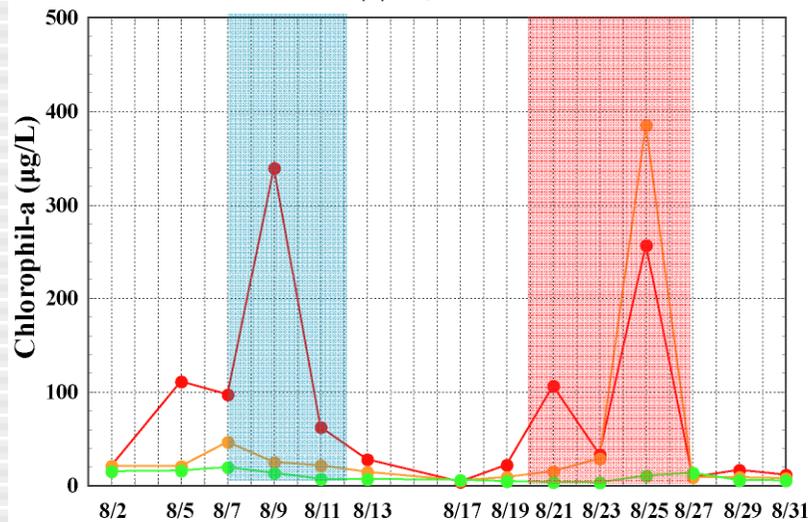
# 測点M3におけるT、S、Chl-a、DOの時系列(2007年8月)



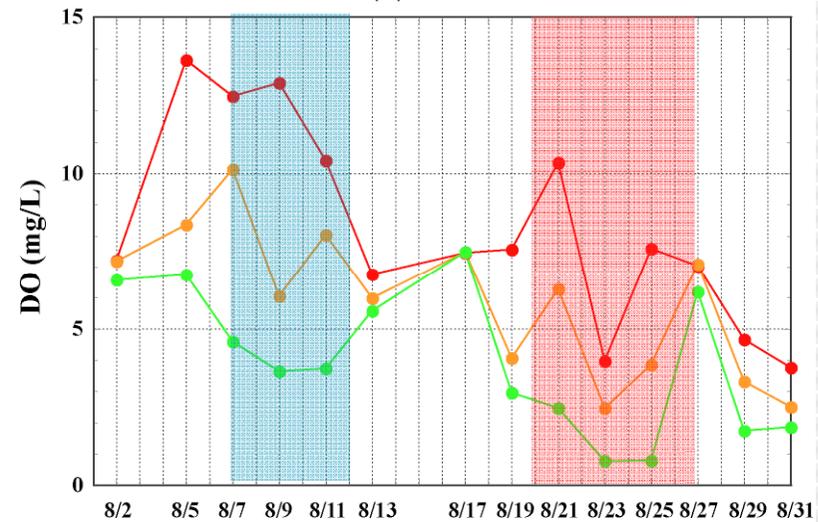
(a) 水温



(b) 塩分



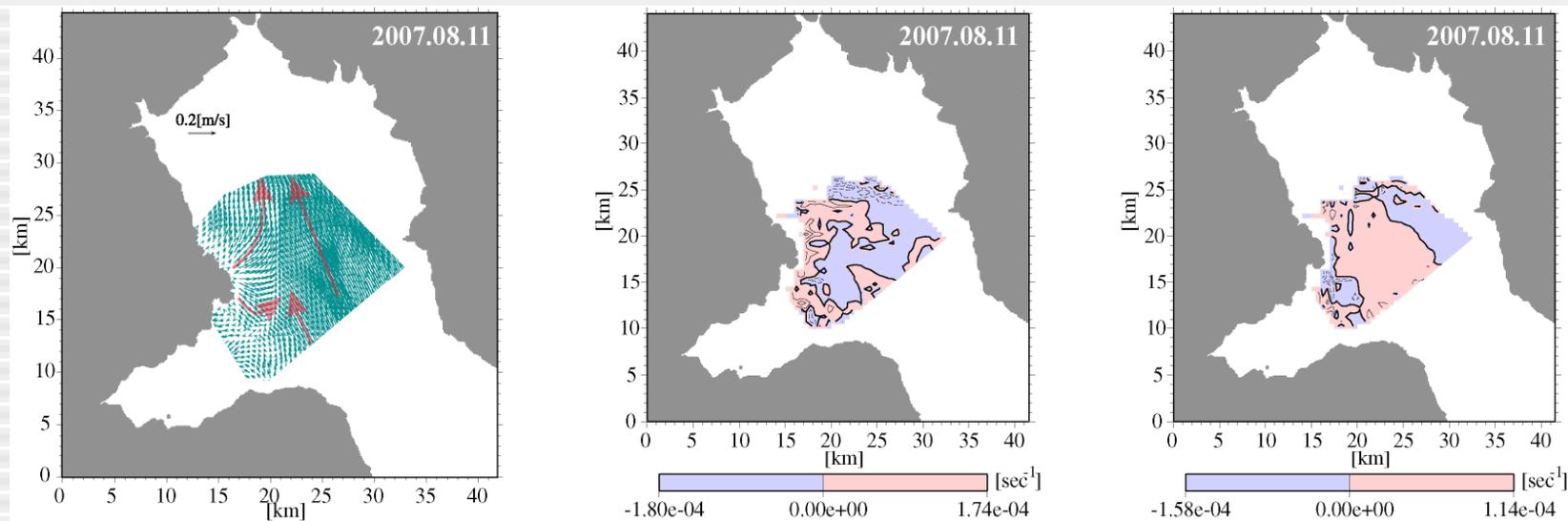
(c) クロロフィル a



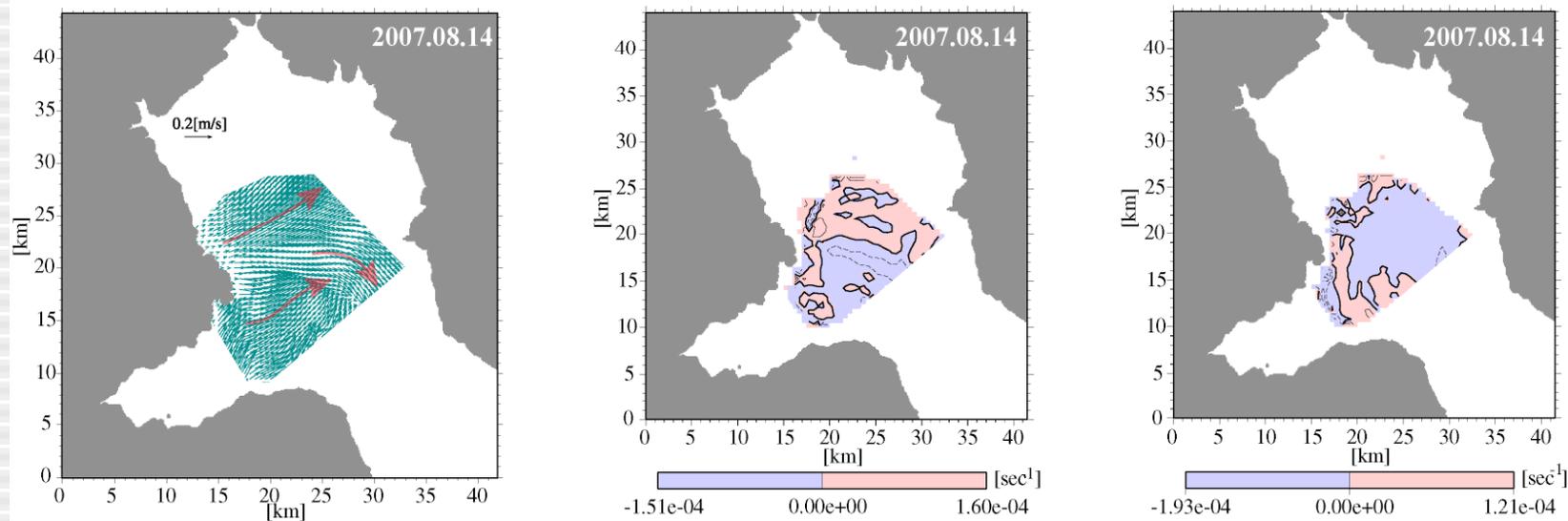
(d) DO

# 2007年8月上旬の赤潮衰退時の日平均流速、発散、渦度

コンター間隔:  $5 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$



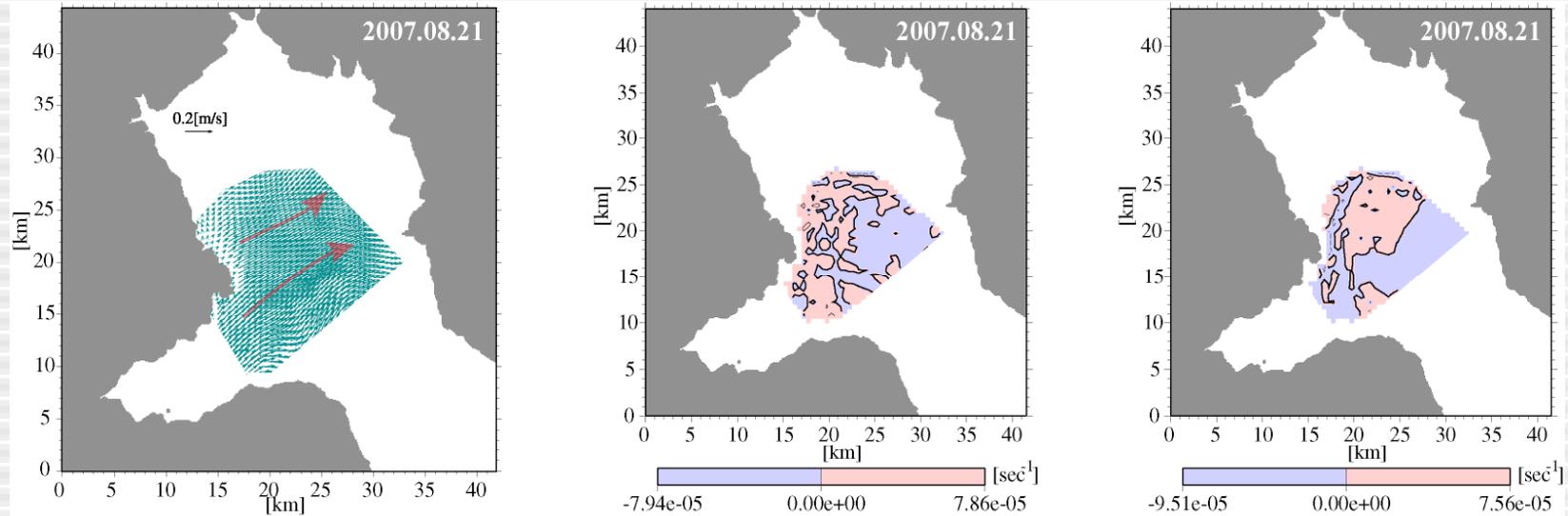
(a) 8月11日の日平均流 (左)、発散 (中)、および渦度 (右) の空間分布



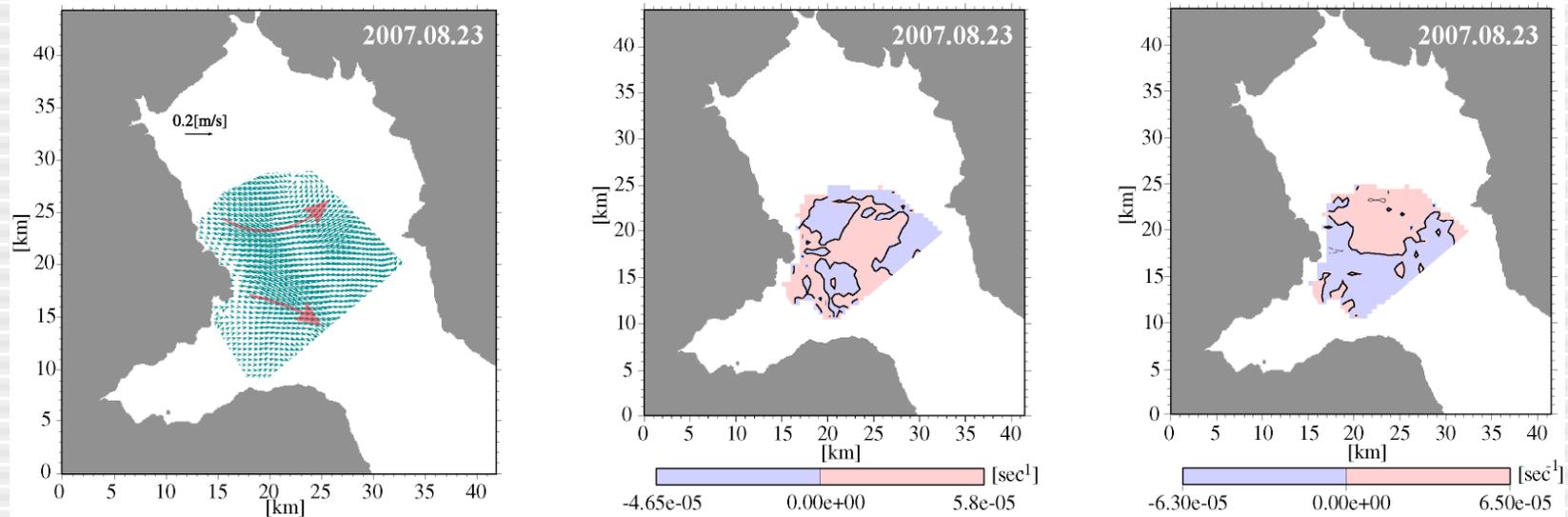
(b) 8月14日の日平均流 (左)、発散 (中)、および渦度 (右) の空間分布

# 2007年8月下旬の赤潮拡大時の日平均流速、発散、渦度

コンター間隔:  $5 \times 10^{-5}(\text{sec}^{-1})$



(a) 8月21日の日平均流 (左)、発散 (中)、および渦度 (右) の空間分布



(b) 8月23日の日平均流 (左)、発散 (中)、および渦度 (右) の空間分布

## 赤潮の発生・拡大・消滅状況と日平均流との関連性

- 前半の赤潮最盛時は、降雨後に当たっており、表層から2m層まで高温低塩分の成層が発達し、表層近傍で赤潮が発生していた。後半の発生時には、降雨や密度成層の影響は小さく、表層よりも2m層での発生量が多かった。また、諫早湾湾口北部では、水深6m付近まで赤潮となった。
- 赤潮発生後、表層では植物プランクトンの光合成による酸素供給でDOが上昇したと考えられる。一方下層では、成層の発達により下方への酸素供給が制限されたこと、プランクトンの死骸の沈殿・分解により酸素が消費されたこと、ならびに諫早湾内・外の密度差による重力循環流による水塊移動などで、DOが低下したと考えられる。
- 赤潮は、いずれも小潮期を中心に発生しており、赤潮が消滅する中潮から大潮期にかけては、流速の増加に伴って発散と渦度が小潮期より半オーダー一程度大きくなった。
- 後半の赤潮発生時において、諫早湾湾口北部から大浦沖にかけて発散場が卓越する傾向にあり、底層からの栄養塩供給が赤潮発生に影響している可能性が示唆された。

## 粒子追跡モデル(1次マルコフ連鎖)

- 広域流動場のデータは、15分毎のDBF海洋レーダによる観測結果を基に、空間100m、時間1分で内・外挿した流動分布を使用

$$x_{t_{i+1}} = x_{t_i} + u(x_{t_i}, t) \cdot \Delta t + [\nabla_i u(x_{t_i}, t) \cdot \{u(x_{t_i}, t) \cdot \Delta t\}] \cdot \Delta t + u' \cdot \Delta t$$

$$u'_{t_i} = \rho u'_{t_{i-1}} + \gamma_{t_{i-1}}$$

$$K = \overline{v^2} \cdot T_*$$

$$\rho = \exp\left(-\frac{\Delta t}{T_*}\right)$$

$\gamma$  : 平均0、標準偏差  $\sigma$  の正規乱数

積分時間スケール:  $T_* = 42 \text{ min}$

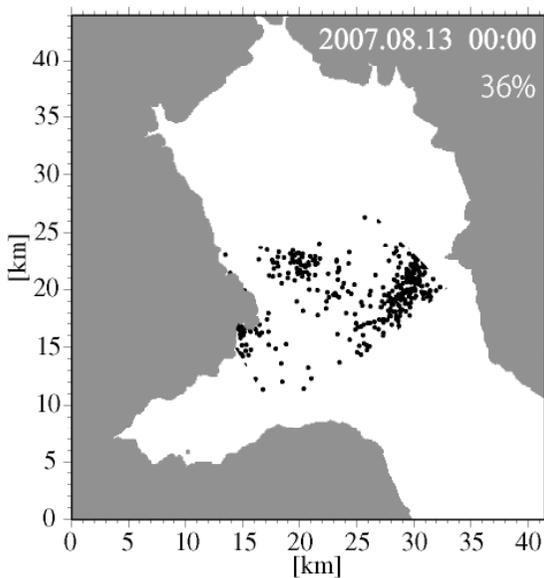
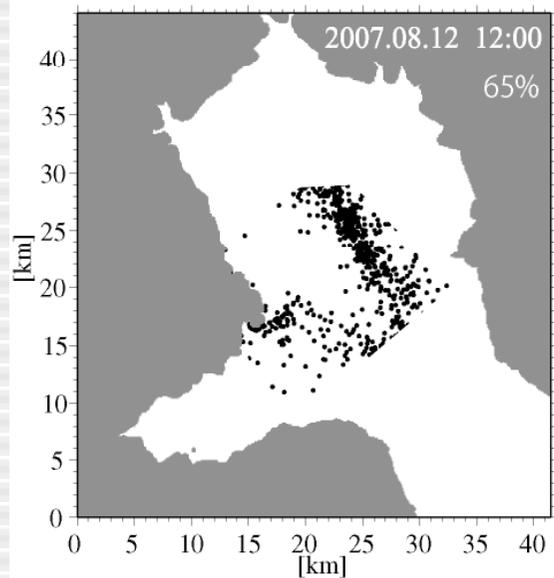
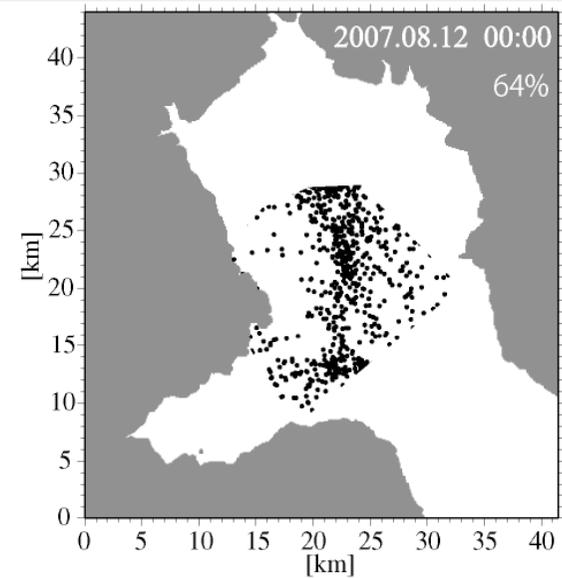
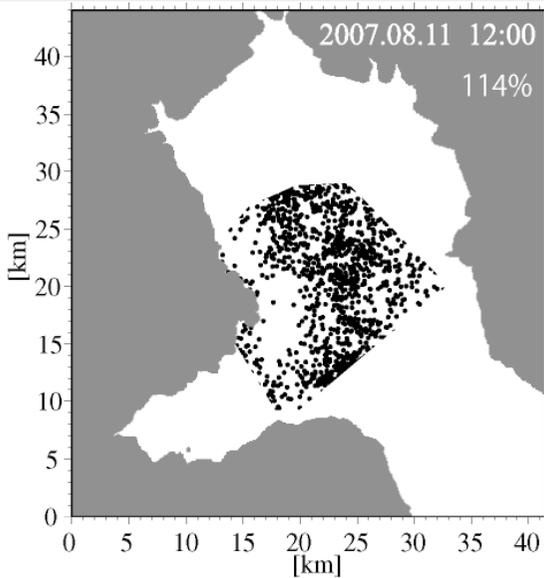
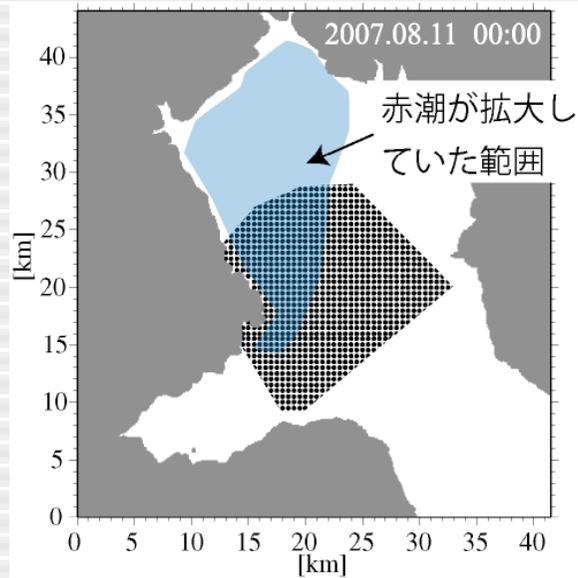
拡散係数:  $K = 5 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$

$$\rho = 0.976$$

$$\sigma = 0.96$$

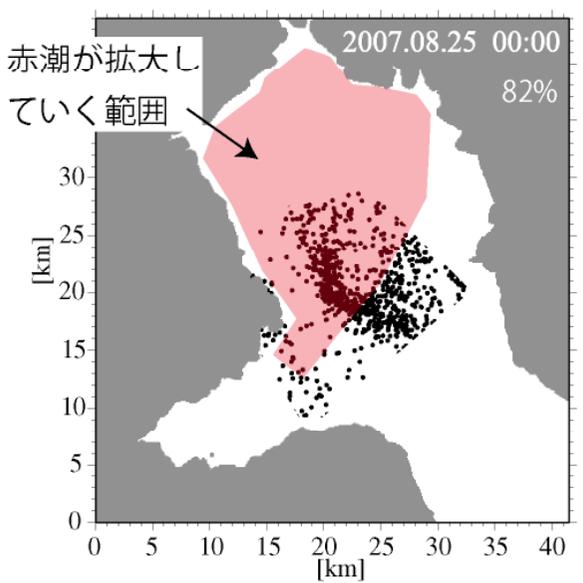
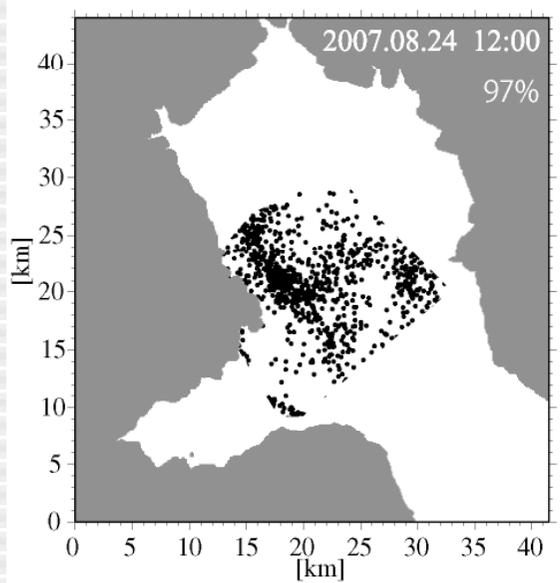
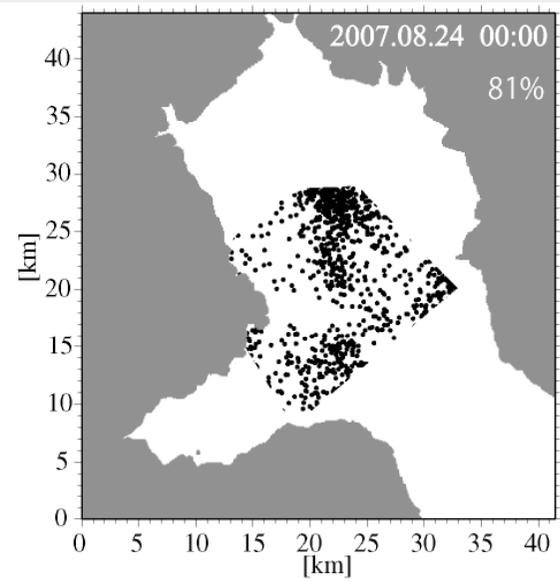
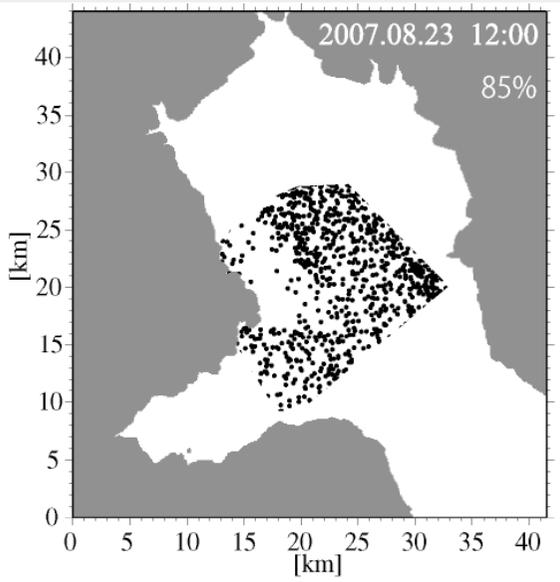
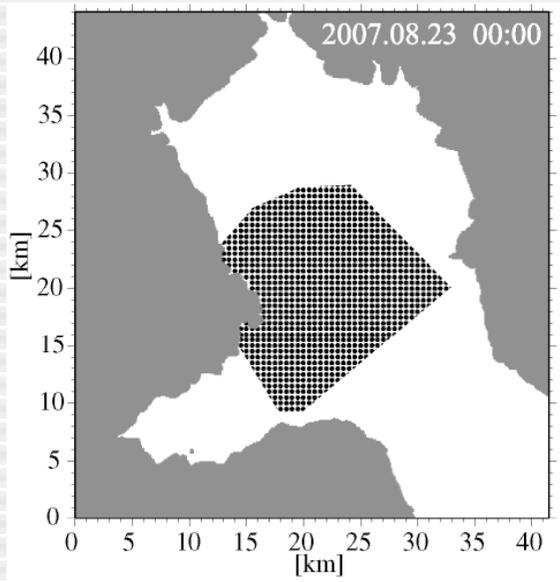
- シャトネラは自己遊泳能力があり鉛直移動(0.04~0.06cm/s)するが、鉛直方向の水平流速シア効果がある場合は、考慮できない

# 赤潮消滅期の12時間毎の粒子追跡結果(8/11-8/13)



粒子専有率  
1日後:64%  
2日後:36%

# 赤潮最盛期の12時間毎の粒子追跡結果(8/23-8/25)

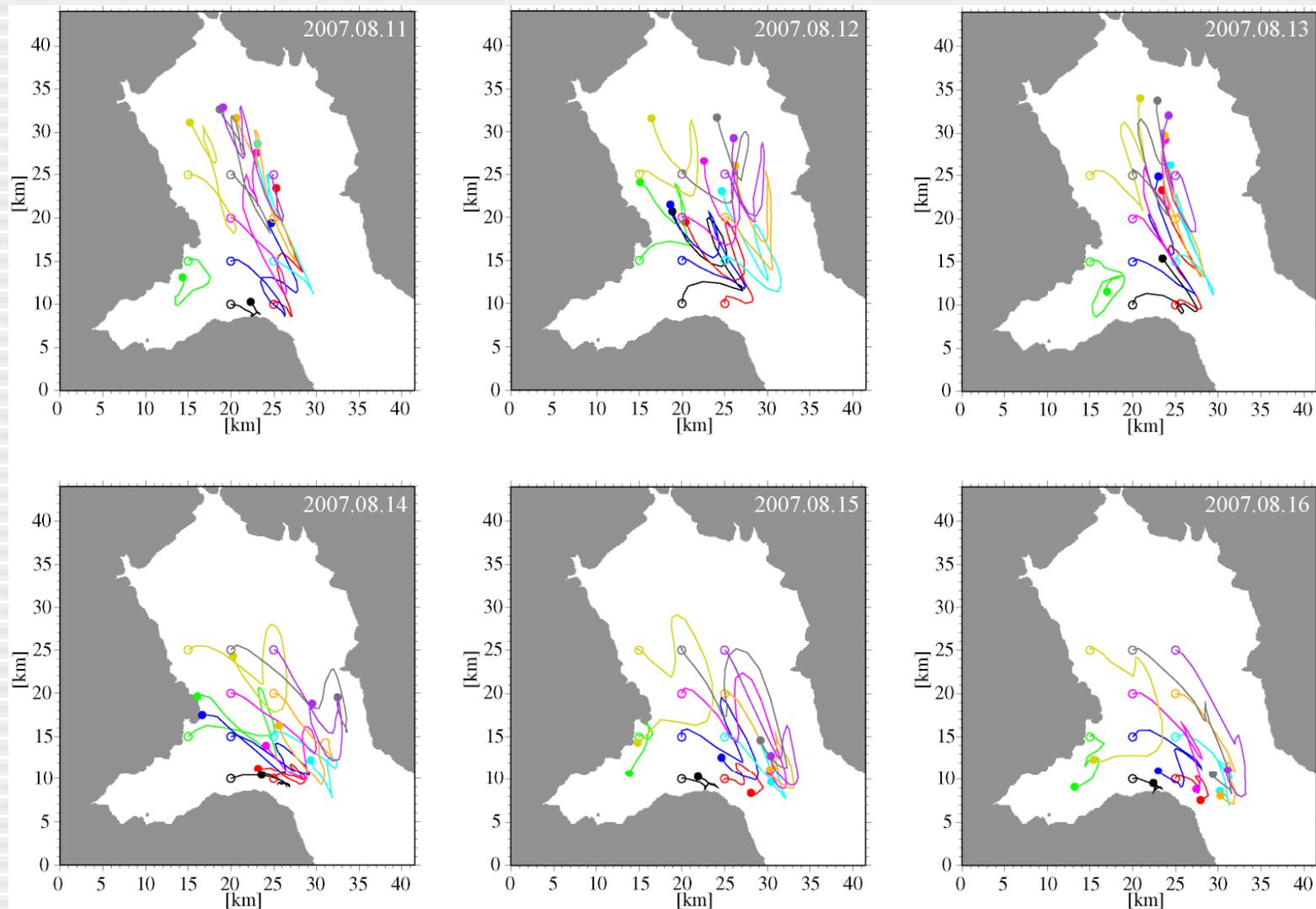


粒子専有率  
1日後:81%  
2日後:82%

# 赤潮消滅期の1日毎の個別粒子の軌跡(8/11-8/16)

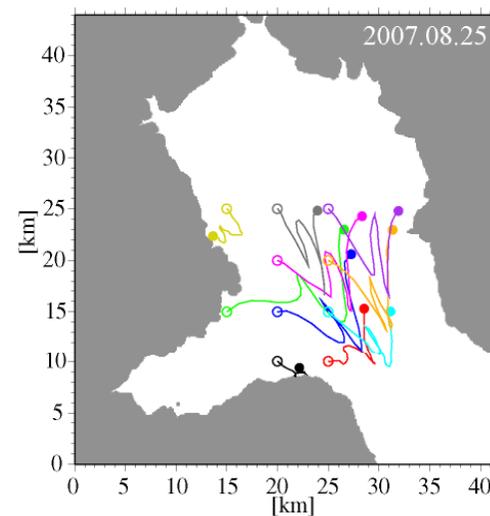
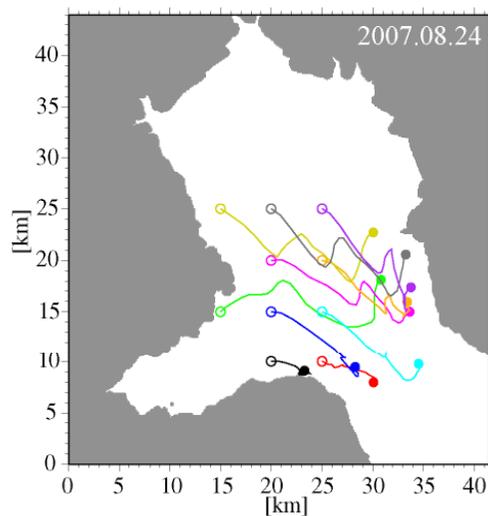
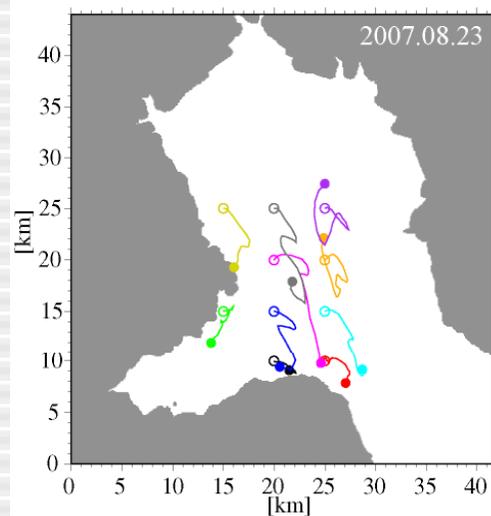
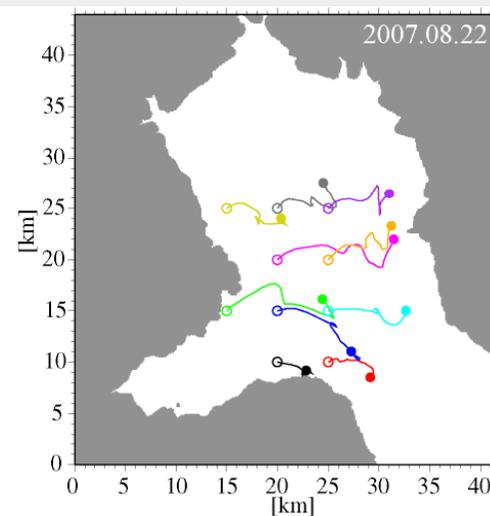
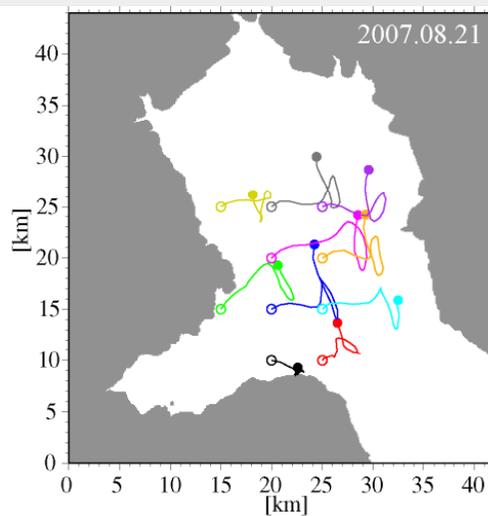
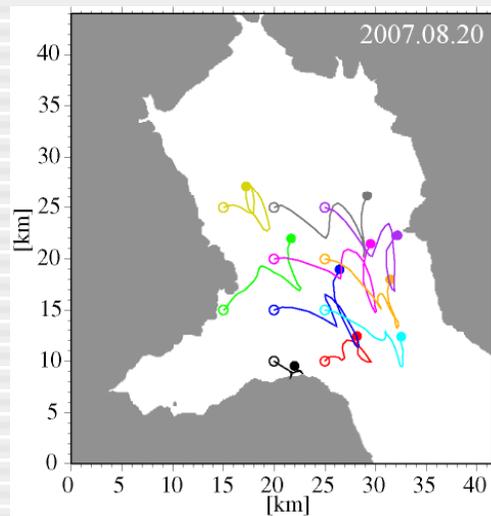
8/11 - 13: 平均約2m/sの南東風

8/14 - 16: 平均約1m/sの南西風



# 赤潮成長期の1日毎の個別粒子の軌跡(8/20-8/25)

8/20 - 25: 平均約1m/sの南西風  
(8/23のみほぼ無風)



## 粒子追跡シミュレーションによる赤潮発生時の物質移動特性

- 後半の赤潮が増殖した小潮期では、48時間の粒子追跡において、解析領域内に82%の粒子が残存し、同時間経過した大潮期（36%の残存）に比べて、水平方向の移流・拡散が小さいことが確認された。
- 個別の粒子の軌跡を追跡した結果、各粒子は期間中の風速の影響を強く受けることが確認された。
- 赤潮増殖時である小潮期は、移動距離が大潮期に比べて短く、ほぼ同一の水質条件下で滞留することで、赤潮が増殖しやすい状態を維持していると考えられる。