

環境省・環境研究総合推進費プロジェクト

課題番号：4-1304

**「島嶼－サンゴ礁－外洋統合  
ネットワーク系動態解明に基づく  
石西礁湖自然再生への貢献」**

**研究代表者：灘岡和夫（東京工業大学）**

研究実施期間：H25-H27年度

累積予算額：114,028千円

## 背景:

わが国最大のサンゴ礁域、石西礁湖での生態系の衰退が深刻化. それをもたらしている生態系回復力の低下やオニヒトデ大量発生・慢性化の機構が不明

## 内容:

石西礁湖自然再生に貢献し得る有用な科学的知見を提供するべく、「島嶼-サンゴ礁-外洋統合ネットワーク系」という新たな視点から、高度な数値解析モデル群や各種遺伝的解析手法、現地調査等による統合的アプローチによって機構解明を目指す

# 研究体制

**ST1: 数値シミュレーションモデル解析**と現地調査に基づく「島嶼－サンゴ礁－外洋」統合ネットワーク系の構造解明

東京工業大学 灘岡和夫・中村隆志・渡邊敦・向草世香

**ST2: メタゲノム解析**による生物多様性の把握とサンゴ礁レジリエンス過程の観察

中央水産研究所 長井敏・田邊晶史・本郷悠貴

**ST3: 石西礁湖を中心としたサンゴ礁生物のreef-scape connectivityの解明**(集団遺伝学的解析)

宮崎大学 安田仁奈

**ST4: 石西礁湖におけるサンゴ礁性生物の再生産および関連する環境動態の把握**(現地モニタリング)

西海区水産研究所・亜熱帯研究センター 鈴木豪・亀田卓彦・福岡弘紀・名波敦・山下洋

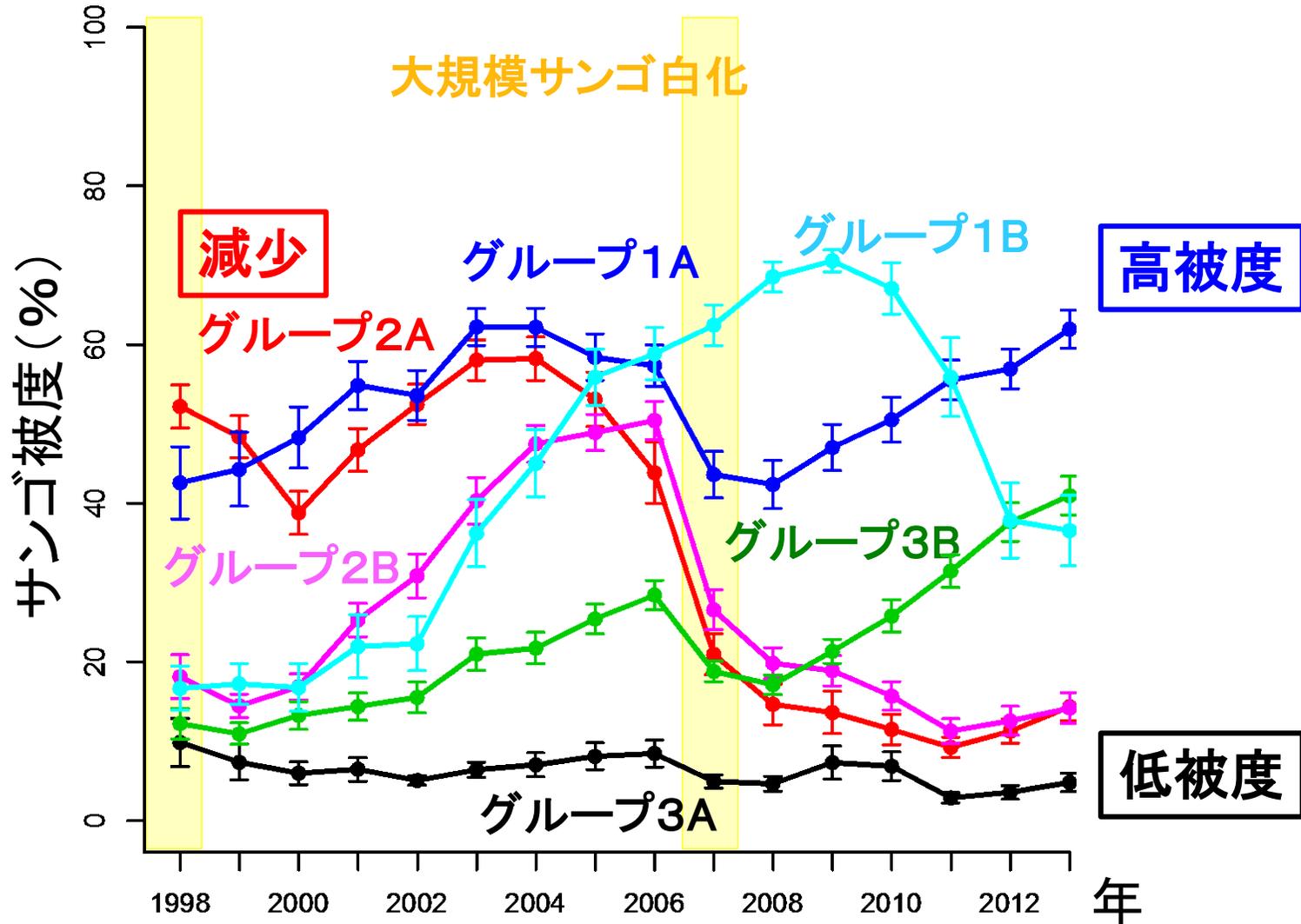


密接な連携・協働

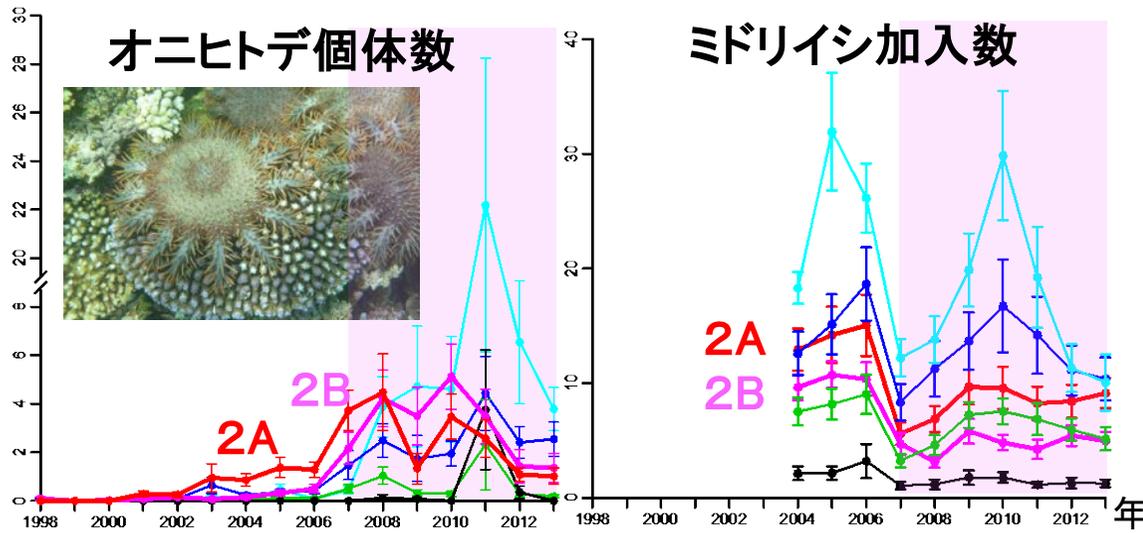
石西礁湖自然再生協議会・学術調査WG

# 石西礁湖および周辺海域のサンゴ被度の変動パターン

モニタリングサイト1000のサンゴ被度データ(1998年~2013年、202地点)  
クラスター解析し、変動パターンを6つのグループに分類した。

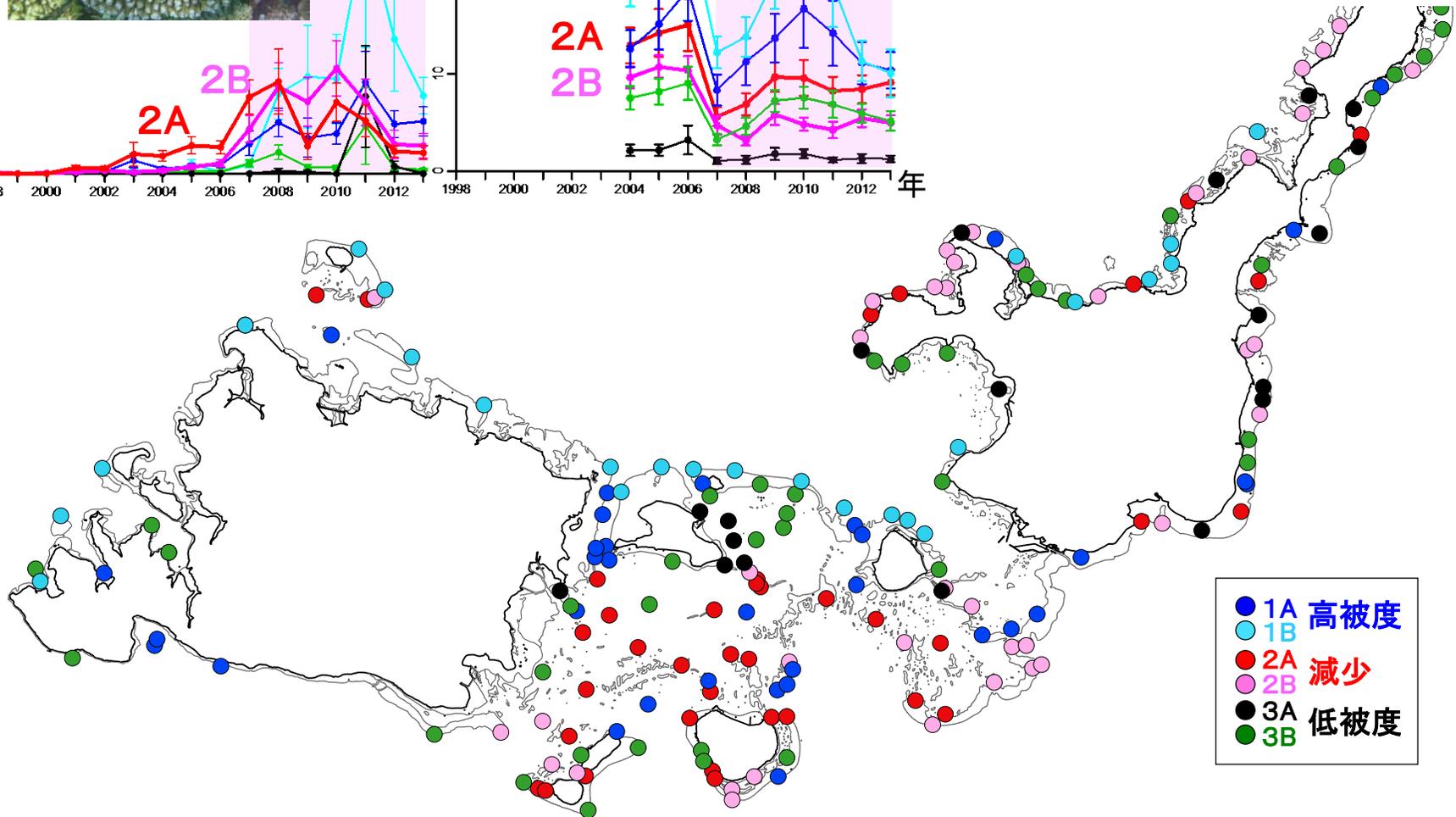


# 石西礁湖中南部のサンゴ回復力が減少



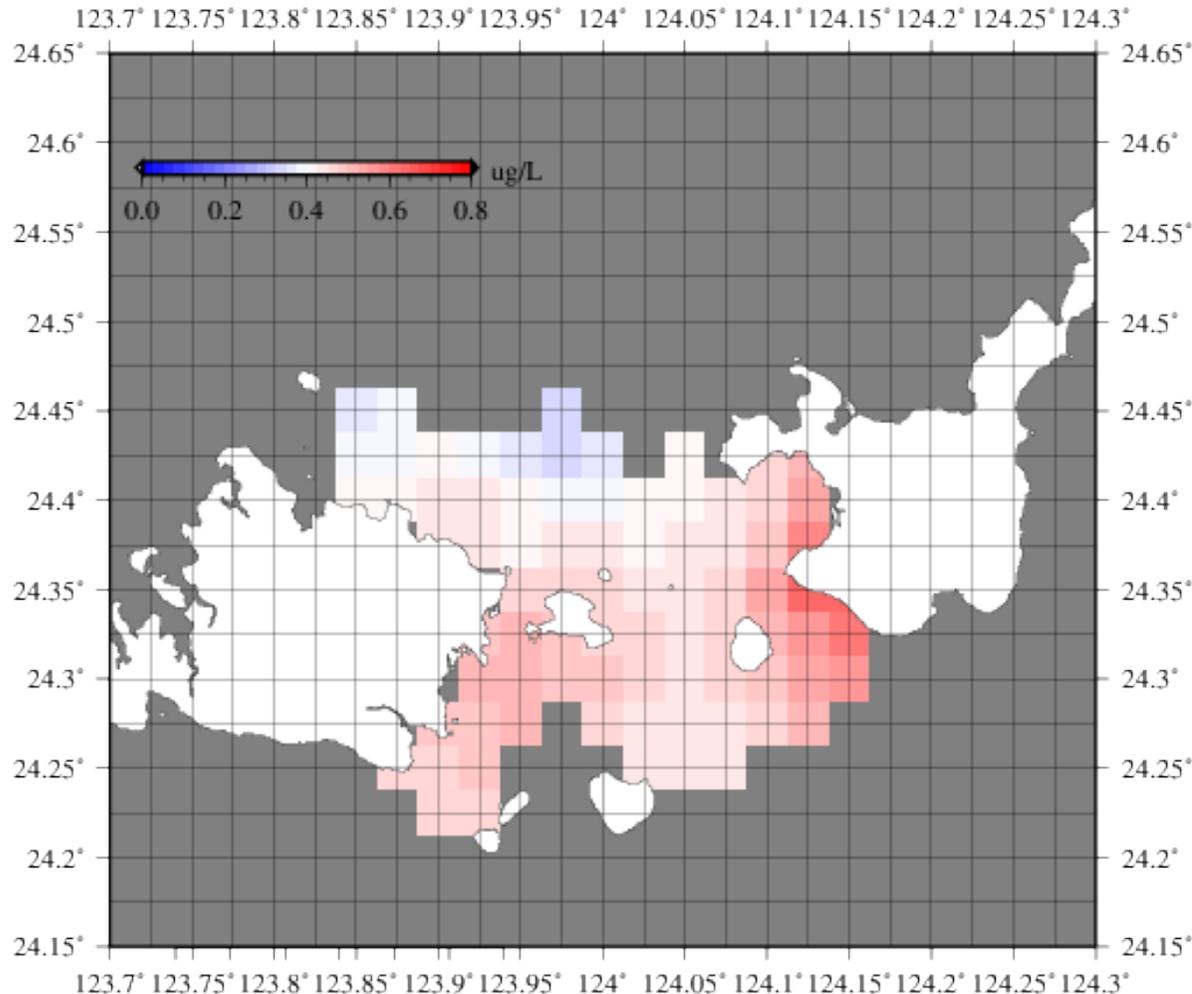
2007年以降、**サンゴが回復しない要因**が明らかとなった。

- ・オニヒトデによる捕食
- ・相対的に少ないサンゴ加入



# 石西礁湖におけるオニヒトデ幼生の餌環境 (植物プランクトン濃度の分布傾向)

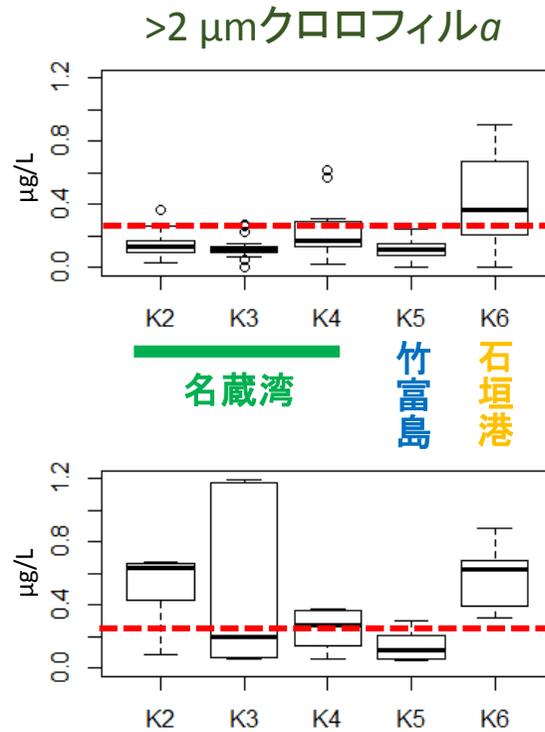
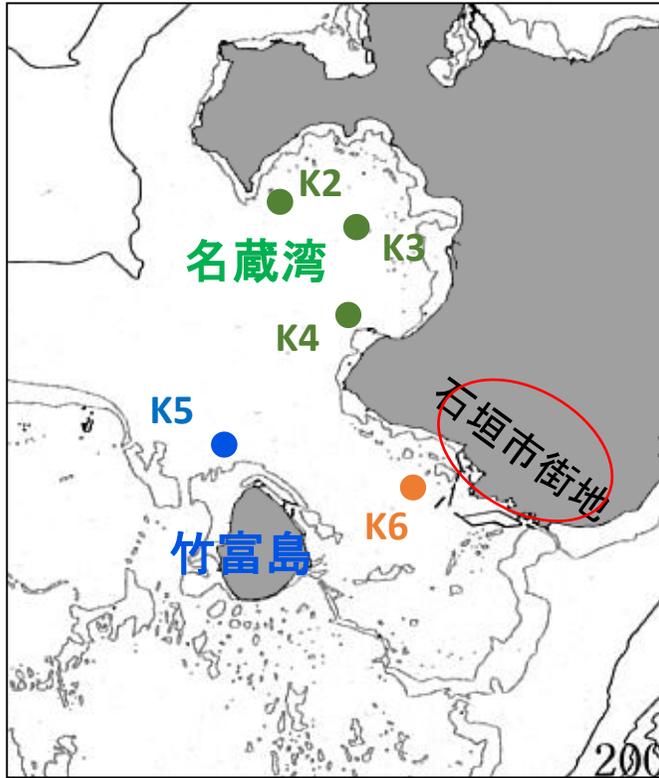
## 表層Chl-*a*・平均値(全8回の一斉調査)



- Chl-*a*は沿岸部、特に石垣市街地周辺で高めになる傾向が認められた。

- 2013年では40%以上の海域でオニヒトデ幼生が餓死する水準(0.25 $\mu$ g/L)は超えていた(Suzuki, Yasuda, et al. under review)。

# 石垣市街地周辺におけるオニヒトデ幼生の餌環境 (平常時と台風通過後のクロロフィルa濃度)



平常時

石垣港(K6)が他の測点より高い( $P < 0.05$ )

台風後

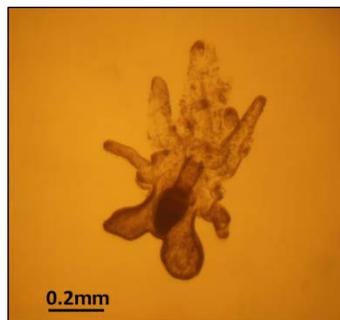
- 名蔵湾  
K2は平常時より高い( $P < 0.05$ )  
K3は変動大きい
- 石垣港(K6)  
高いまま

赤線: 飢餓するかどうかの閾値

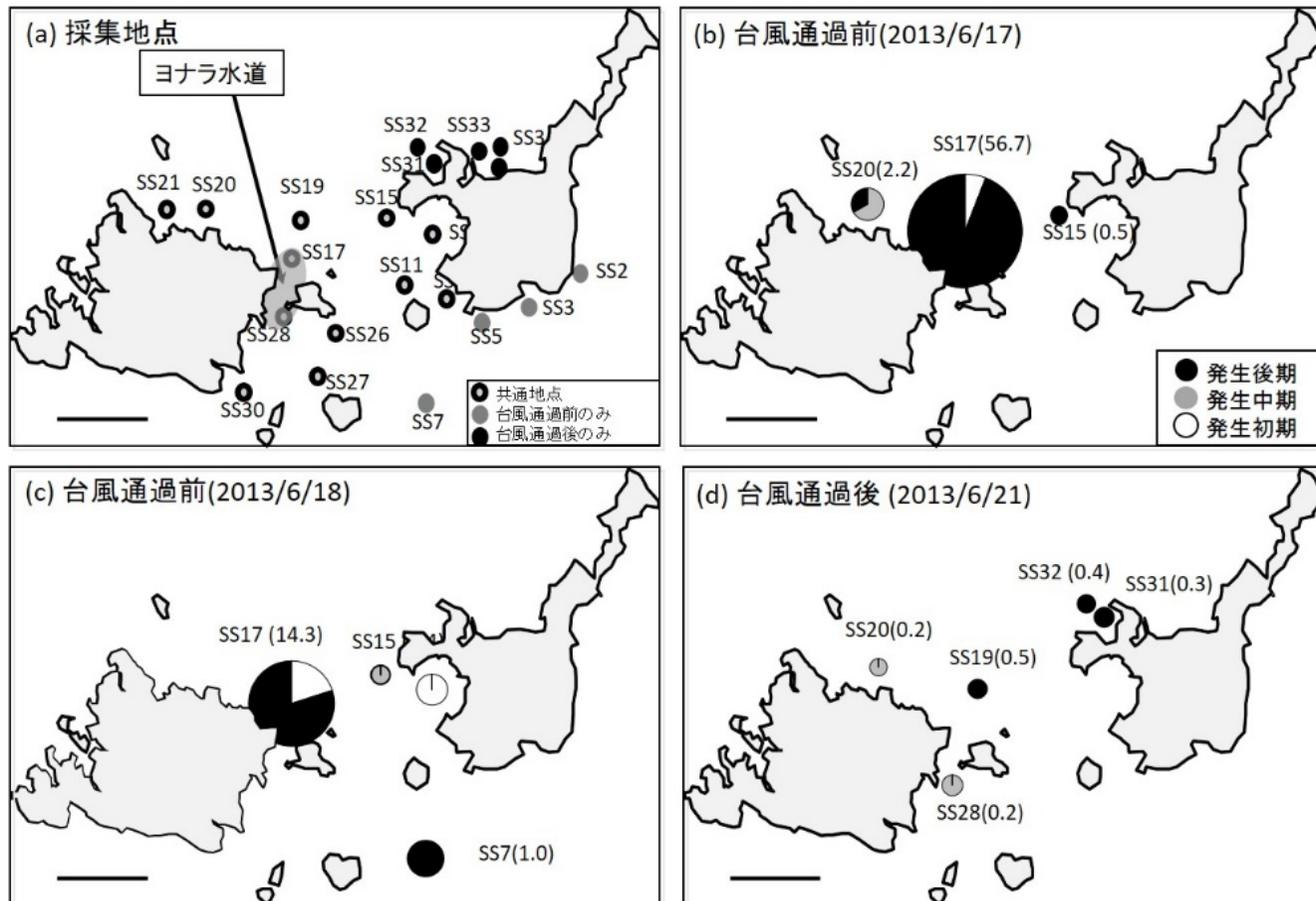
常に2  $\mu\text{m}$ 以上の植物プランクトンが多い海域(石垣港)と、台風通過に伴う出水後に多くなる海域(名蔵湾)が認められた。

→オニヒトデ幼生がこのような海域を通れば生残の可能性が高まる。

# オニヒトデ幼生の分散とConnectivityの解明

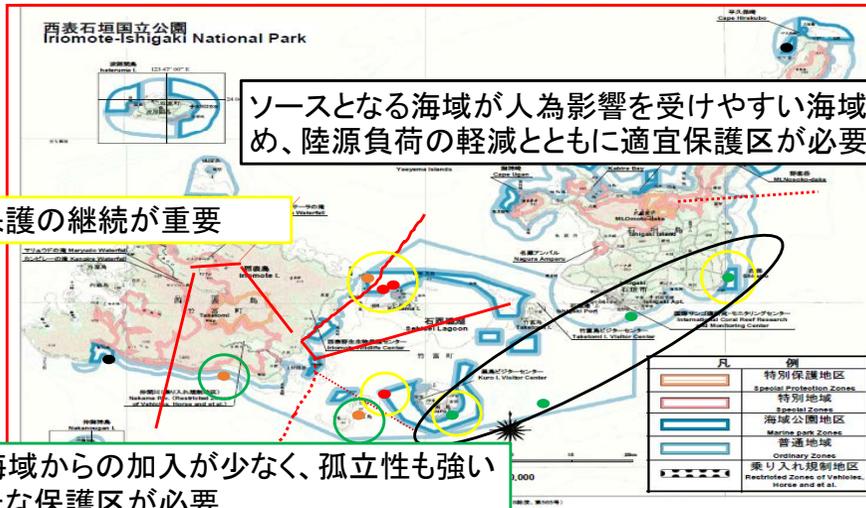
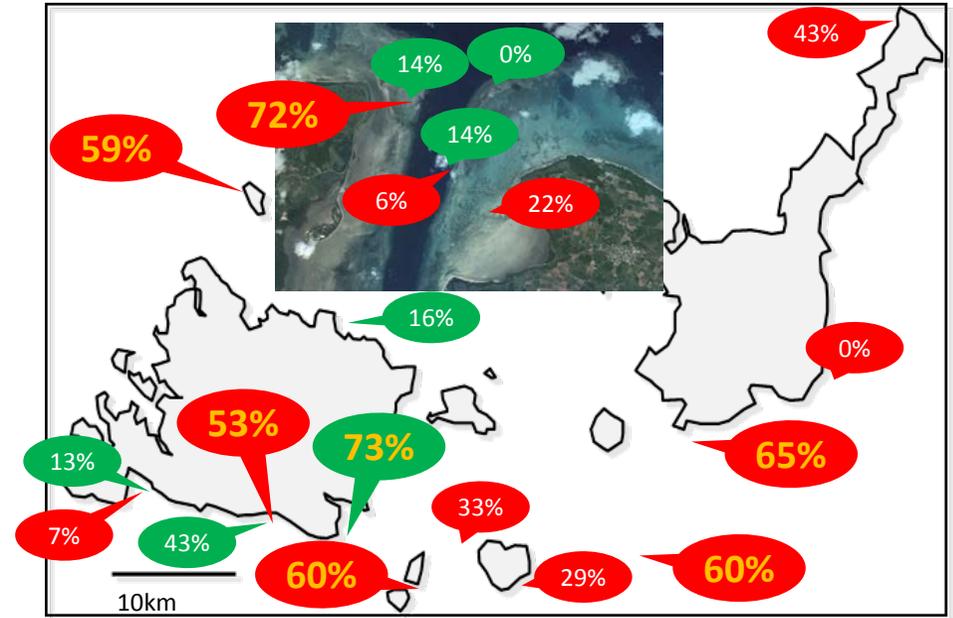
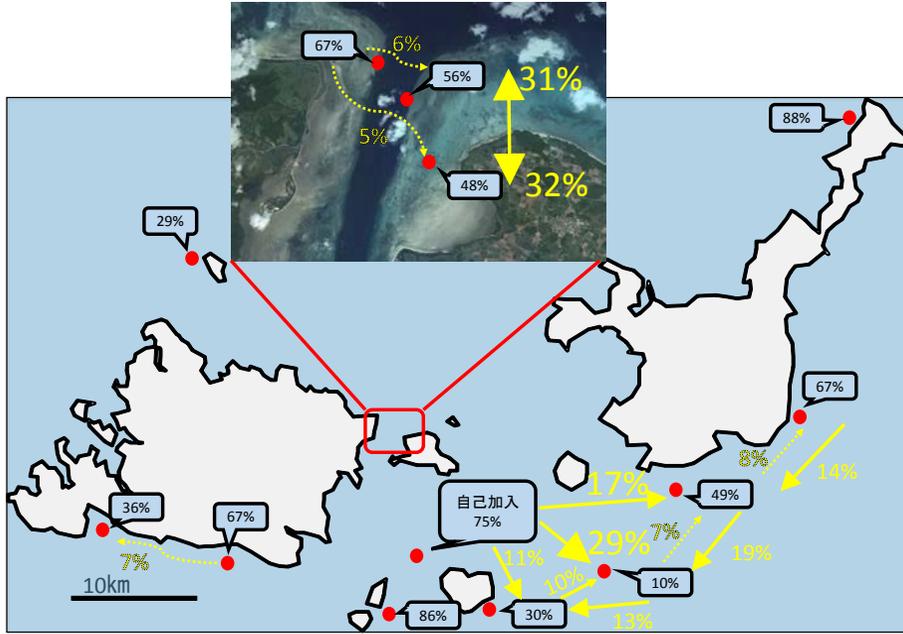


ブラキオラリア幼生



- ・ヨナラ水道で、50個体/m<sup>3</sup>を超える高密度のオニヒトデ幼生を世界で初めて発見！
- ・着底直前のブラキオラリア幼生が多い→大量に幼生加入が起これば、大量発生につながる可能性を明らかに。
- ・台風後は高密度集団が消滅→沖縄では、台風の影響で大量発生が起こる確率は低下する可能性がある。

# ソース・シンクの方向性とクローン率(遺伝的多様性)

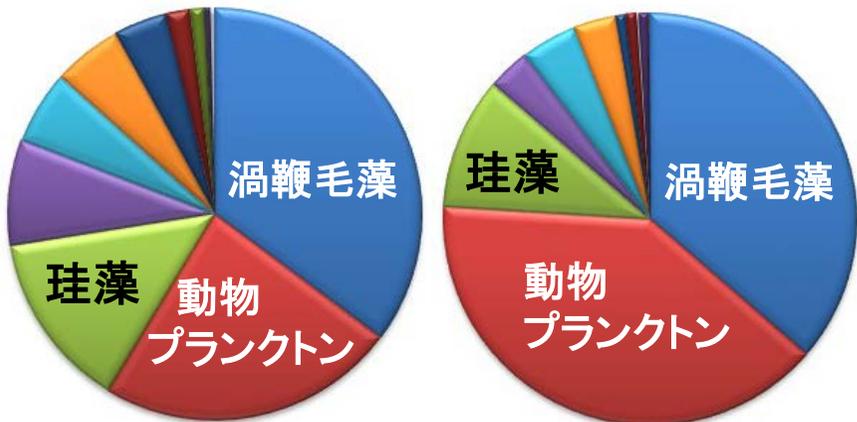


・計9種の造礁サンゴの網羅的集団遺伝解析により、connectivityの構造、遺伝的多様性やクローン生殖の割合が明らかとなった。

・新たに重点的な保全をしたほうがよい海域の抽出に成功した。

石西礁湖の南北間でconnectivity弱い  
西表側は集団が孤立  
石垣南西は南西に向かうconnectivity強い

# 海水サンプル(136個)と着底板(30個)のメタゲノム解析

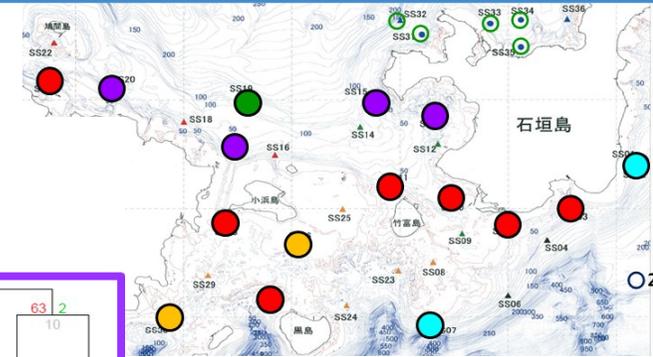
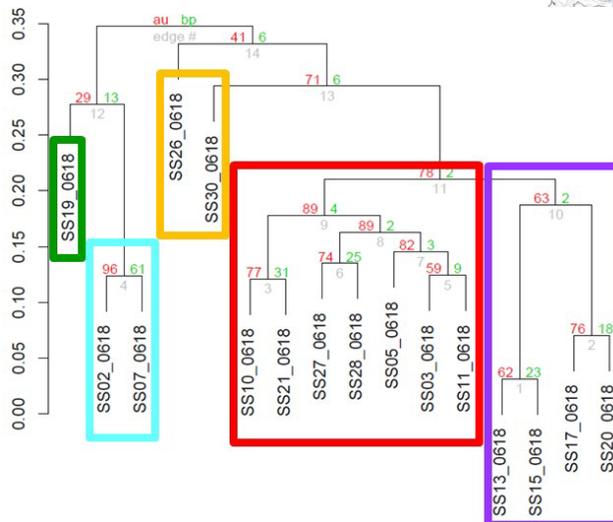


種類数

配列数

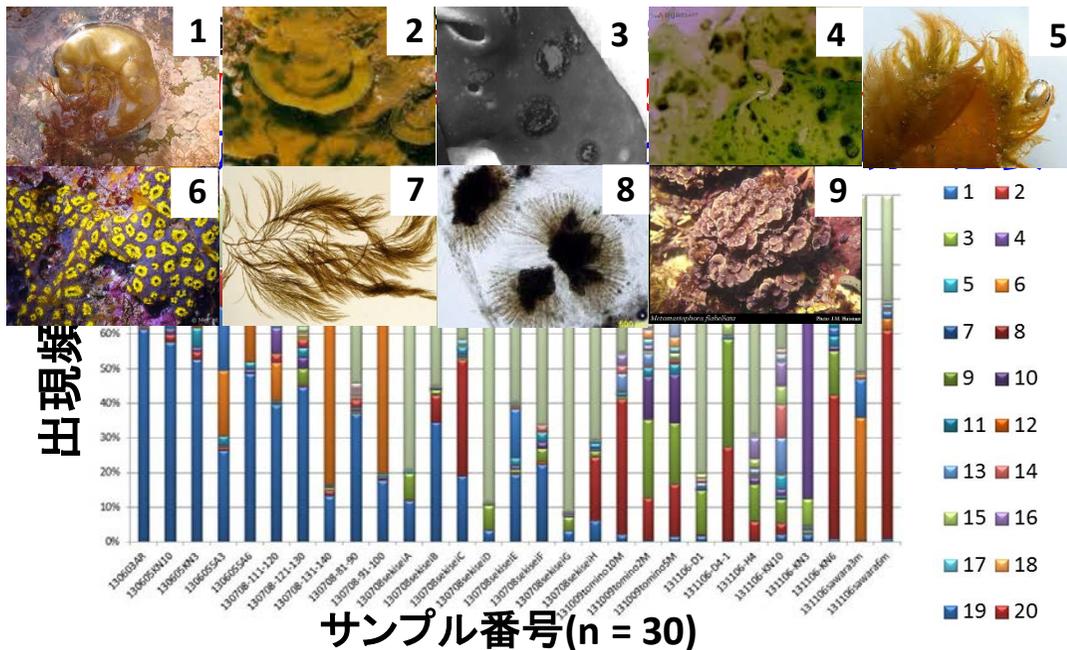
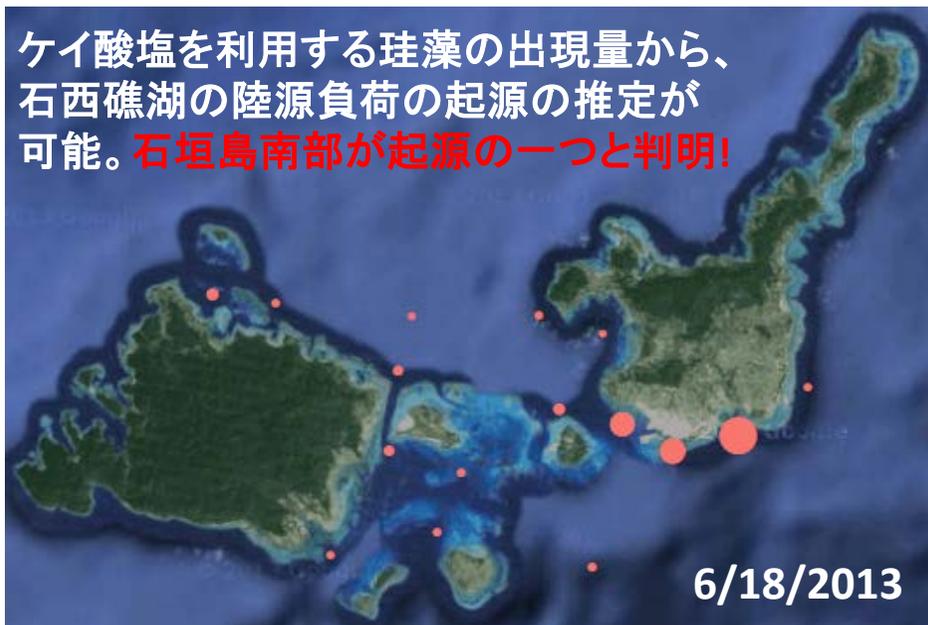
渦鞭毛藻、コペポーダ、珪藻で70-85%を占める！

2013年6月17日調査



場所により、生物叢が異なることが判明！  
海流シミュレーションの結果とも類似！

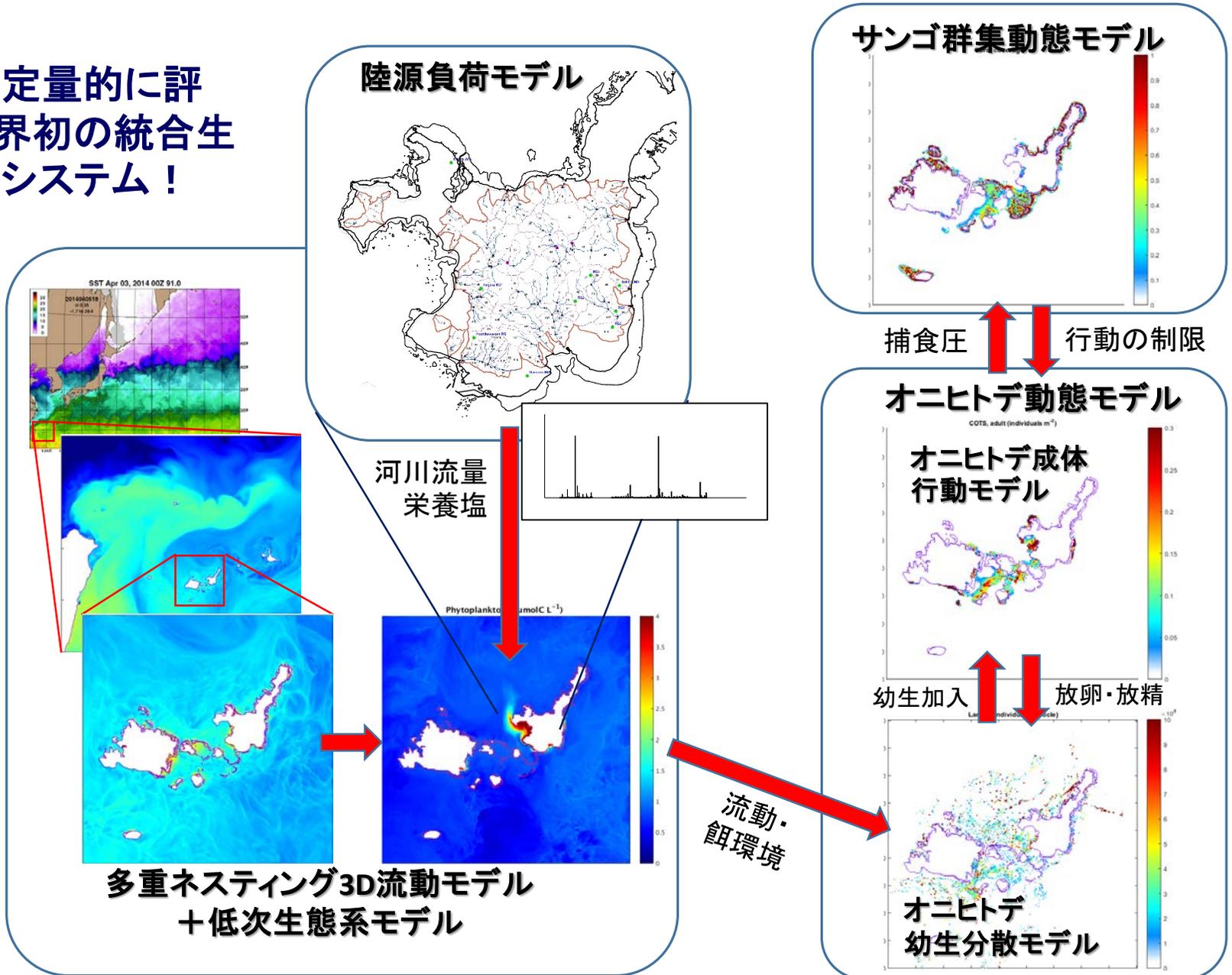
ケイ酸塩を利用する珪藻の出現量から、石西礁湖の陸源負荷の起源の推定が可能。石垣島南部が起源の一つと判明！



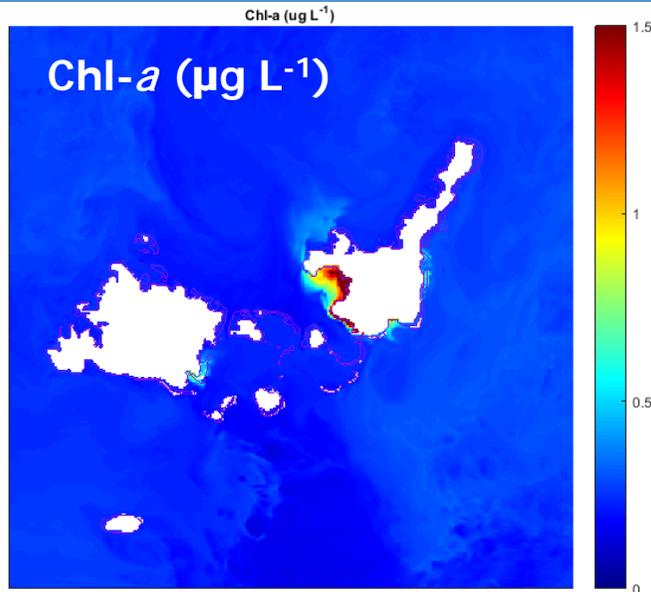
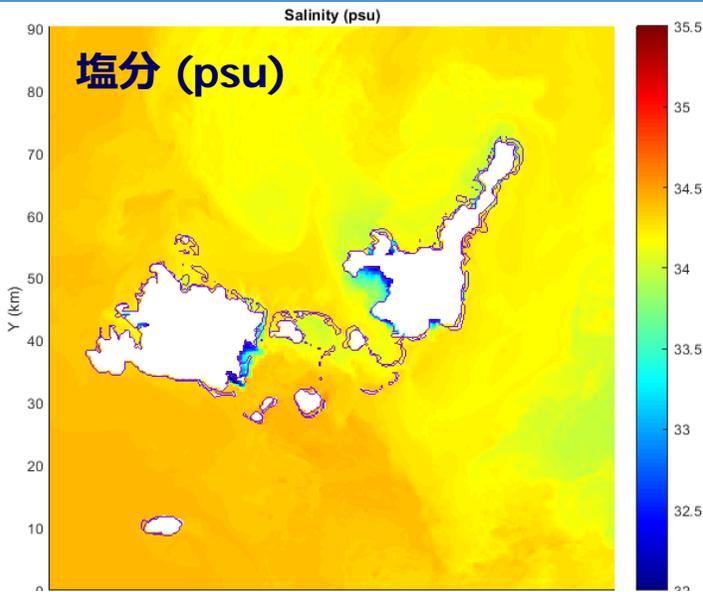
サンプル番号(n = 30)

# 陸域-海洋-生態系 統合型革新的モデルシステムの開発

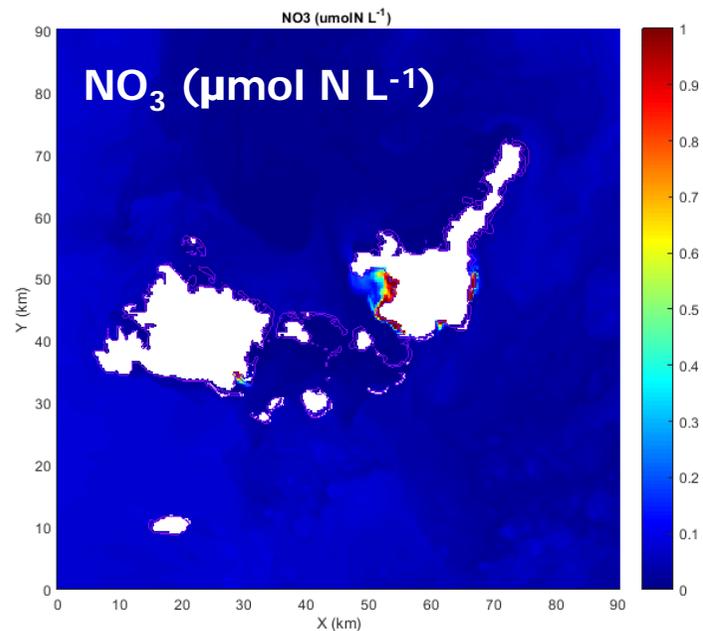
人為影響を定量的に評価できる世界初の統合生態系モデルシステム！



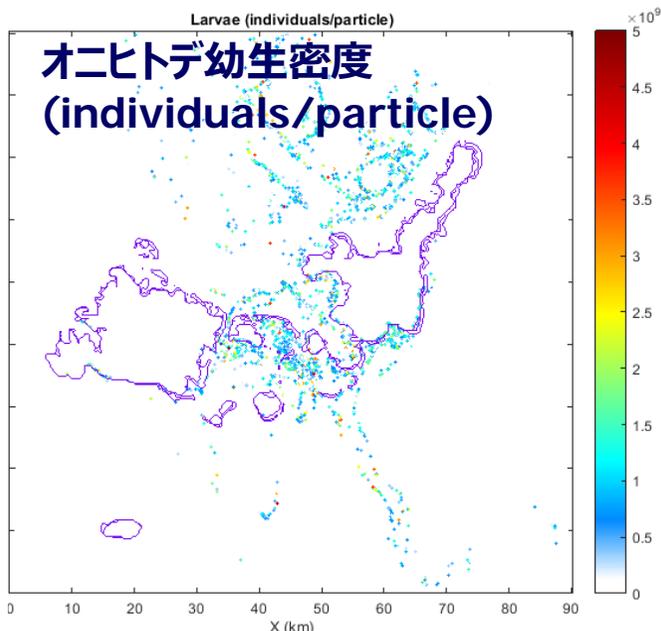
# 統合モデルシステムの結果①



台風に伴う出水後に石垣島周辺で珪藻を主とする植物プランクトンの増殖が再現された。



2013-06-23 03:00:00(UTC)

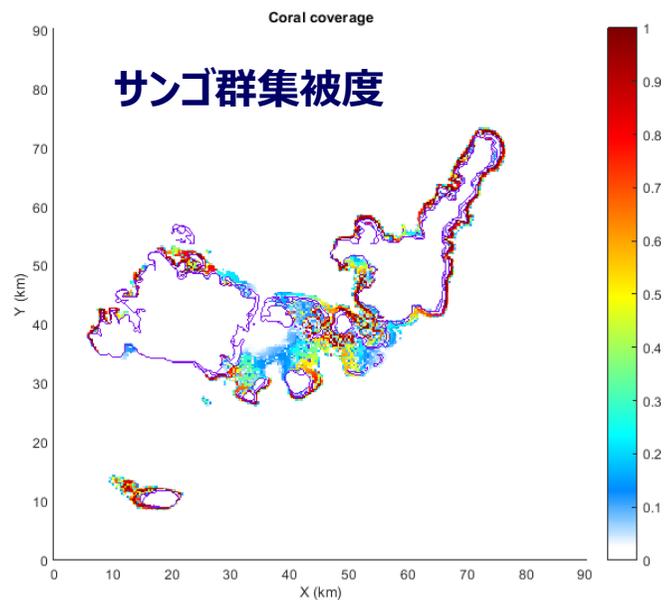


2013-06-23 03:00:00(UTC)

餌環境(植物プランクトン密度)の時空間変化に伴うオニヒトデ幼生の減耗過程を組み込んだ幼生分散過程を計算することができる。

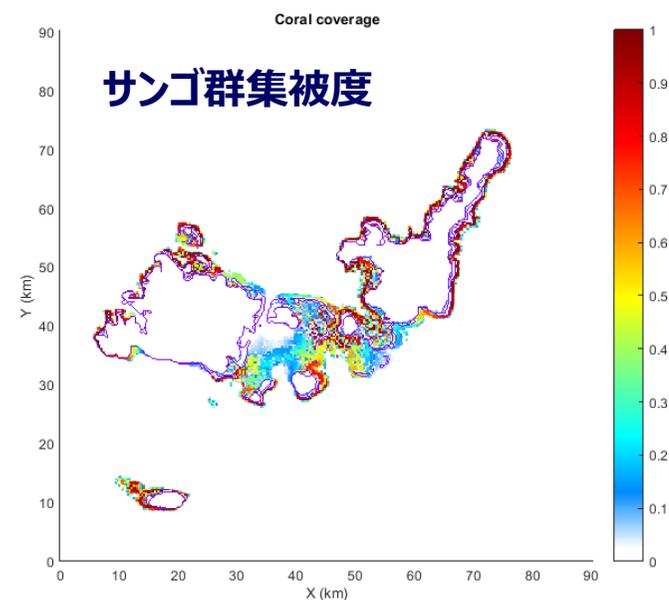
# 統合モデルシステムの結果②

## 現状



2010-12-01

## 河川からの栄養塩流入が無かった場合



2010-12-01

# 本研究の成果のとりまとめと環境政策貢献

生態系回復力の低下

- ・サンゴ被度の変遷 (ST1)
- ・遺伝的障壁 (ST3)
- ・稚サンゴの生残傾向 (ST4)

・統合モデルシステムによる、包括的な陸源負荷による生態系への影響評価 (ST1)

石西礁湖のエリアごとにレジリエンスの強さや回復への所要時間が異なる

重点的保全エリアの抽出

オニヒトデ大量発生

- ・世界初の後期幼生高密度集団の検出 (ST3)
- ・市街地周辺の恒常的な高濃度の餌の存在 (ST4)
- ・胃内容物からの餌候補特定 (ST2)

島嶼域でも栄養塩仮説は成立

陸域からの栄養塩供給を下げる (恒常的に $0.25\mu\text{g/L}$ を超えないレベルにする) 栄養塩負荷制御へ