

# 環境総合推進費プロジェクトの 現状報告

ST1: シミュレーションと現地データに基づく構造解析

# 主要テーマ:

「島嶼－サンゴ礁－外洋統合ネットワーク系」解析に基づく

A) サンゴ礁生物の幼生分散・加入によるsource-sink多重連結構造の実態解明と環境影響評価、それによる”負の連鎖構造”の解明

B) 幼生分散過程での餌料環境や稚ヒトデの生残率制御要因の把握に基づくオニヒトデ大量発生・維持機構の解明

石西礁湖のサンゴ群集の衰退を引き起こしている主要因の一つである、  
**オニヒトデの大発生**の原因を究明する。



# オニヒトデ大量発生 of 仮説: 栄養塩仮説

植物プランクトンは硝酸やアンモニウム、リン酸などの栄養塩を用いて増殖する

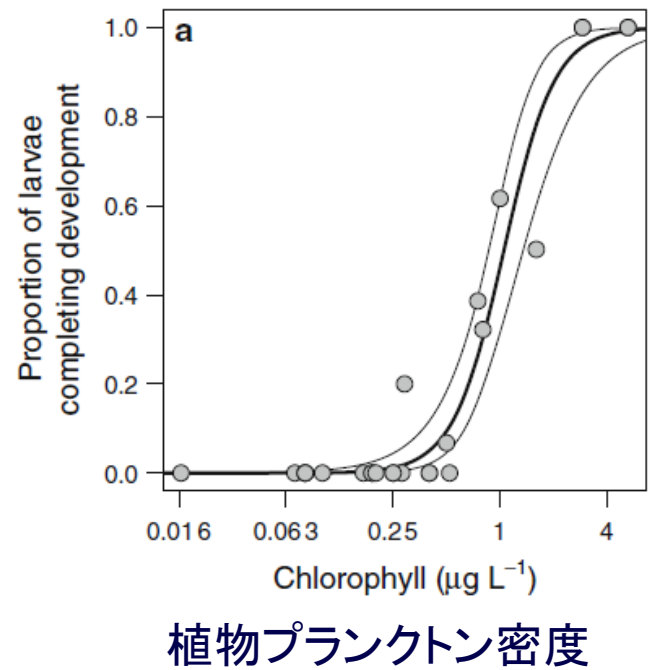


オニヒトデ幼生の生残率は餌となる植物プランクトンの増加に伴い、急激に上昇する。



陸からの栄養塩の負荷が増えることでオニヒトデの大量発生が起きやすくなる??

オニヒトデ幼生の生残率



(Fabricius et al., 2010)

# オニヒトデ大量発生でキーとなる(と思われる)プロセス

## ① 放卵した卵の受精確率

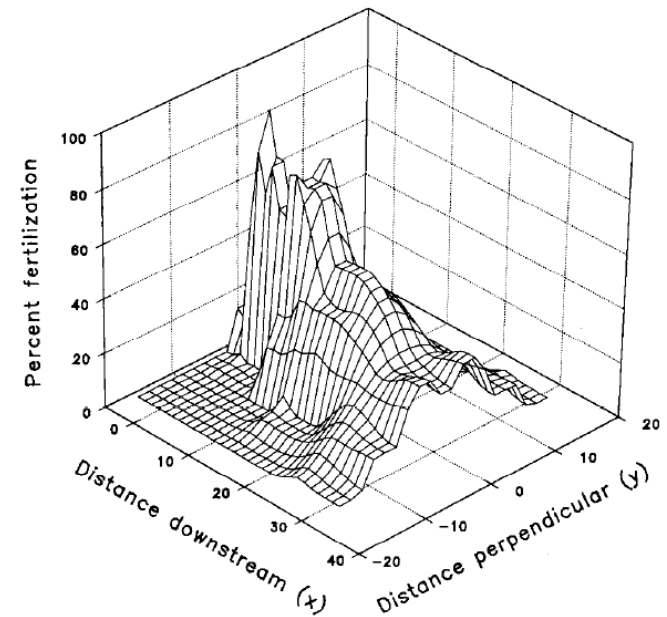
放卵・放精した親ヒトデから離れれば離れるほど受精確率が下がる。



親ヒトデの密度が高いほど、受精確率が上がる。



一度大発生が起こると、次世代の大発生が起こりやすくなる。



(Babcock et al., 1994)

## ② 幼生期間の餌となる植物プランクトンの獲得率 (栄養塩仮説に対応)

# 現地観測による現象の理解・把握

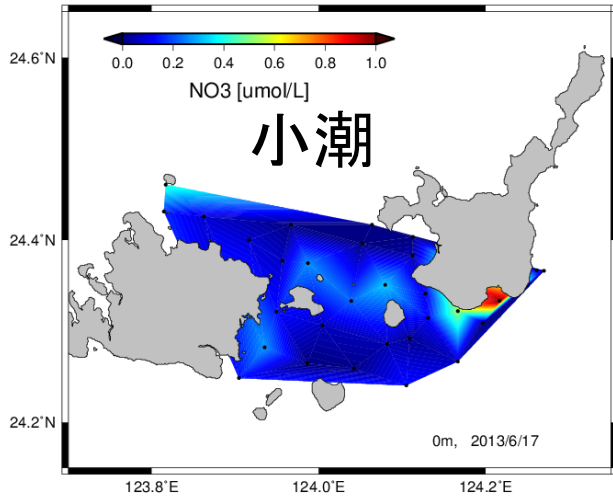
## 石西礁湖一斉採水(30地点)



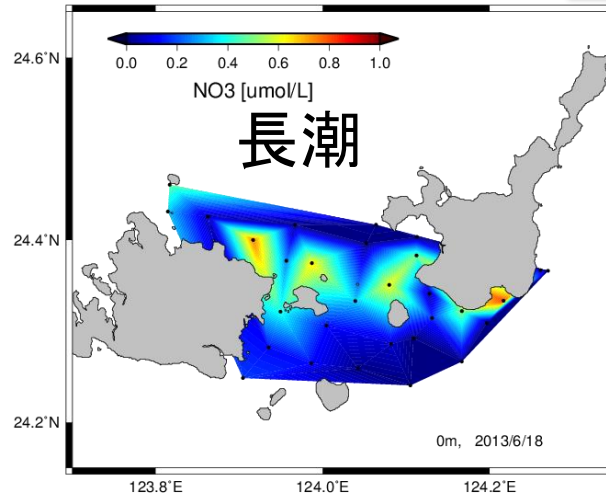
- ・2013/6/17, 6/18, 6/21, 8/27, 9/5, 2014/6/7, 6/13 の計7回実施
- ・採水項目は、栄養塩( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ )、TDN・TDP、DOC、炭酸系(TA, DIC, pHなど)、Chl-a、メタゲノム用サンプリング
- ・プランクトンネットによるオニヒトデ幼生サンプリング
- ・各地点でのAAQ/CTDによる鉛直プロファイル測定

# NO<sub>3</sub>濃度 (表層)

2013年6月17日

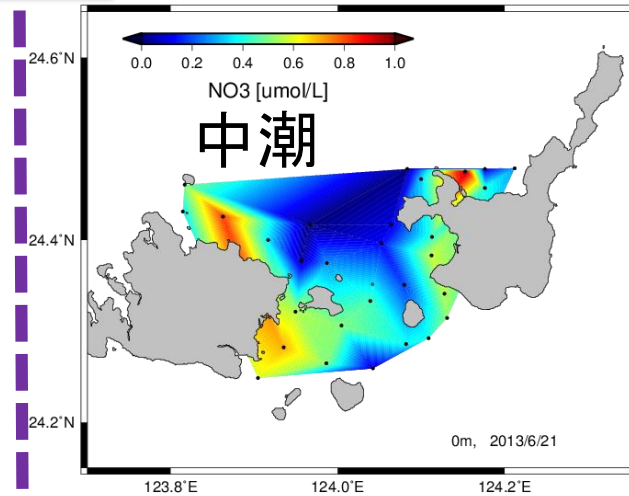


6月18日

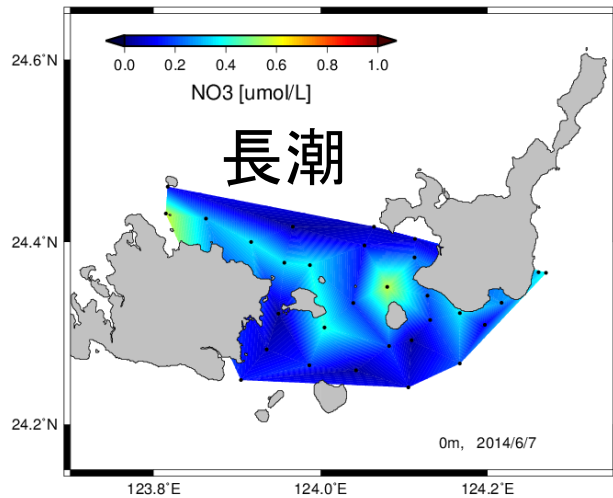


台風

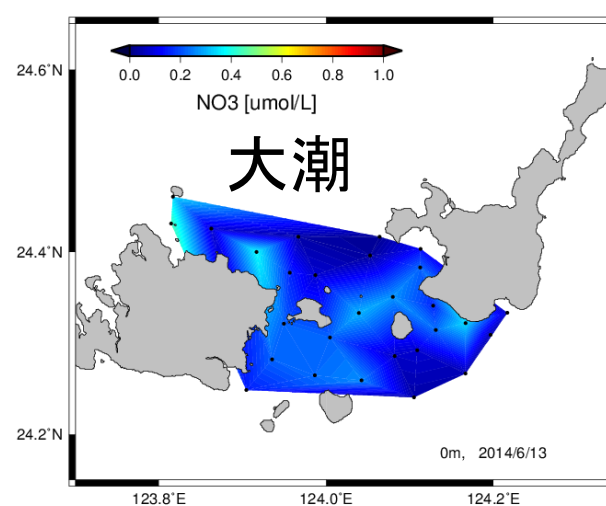
6月21日



2014年6月7日



6月13日



陸源負荷の指標の一つである硝酸態窒素

- 平常時は北礁から西表北部に掛けてやや高め。
- 台風による出水後は、河口周辺を中心に石垣・西表両島付近で高濃度。

# 現地観測による現象の理解・把握

## 石西礁湖一斉採水(30地点)

その他、

- ・植物プランクトンの密度(クロロフィルa濃度) (ST4)
- ・オニヒトデ幼生の分布 (ST3)
- ・メタゲノム解析による詳細なプランクトン群集の調査(ST2)

などが行われている。

これらの解析結果や、モニタリングサイト1000などのデータを活用し、オニヒトデ大量発生メカニズム解明につなげていく予定。

さらに、オニヒトデの胃内容物の分析(ST2)によって、より詳細な検討を進める。

# オニヒトデ大量発生モデル化:ステップ①

## オニヒトデ幼生の浮遊期間に経験する流動環境や餌環境のモデル化

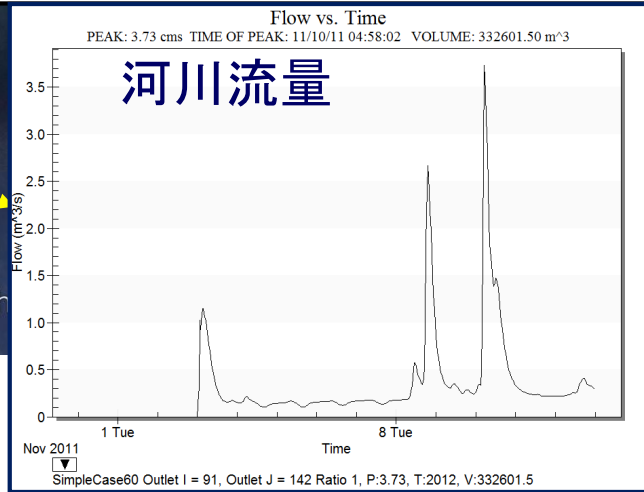
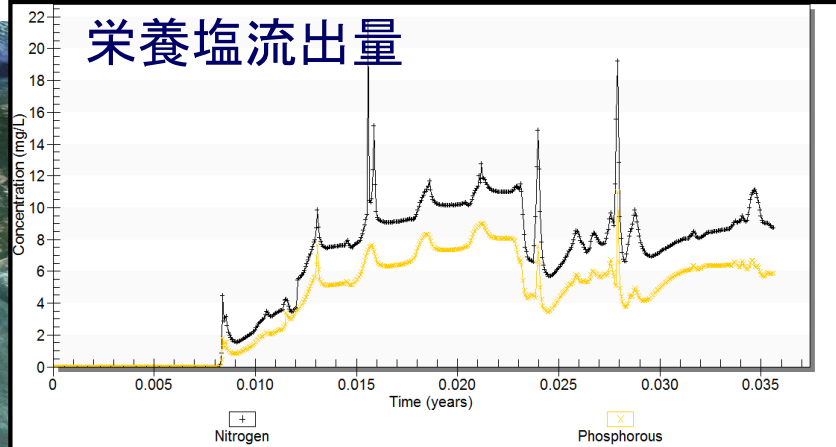
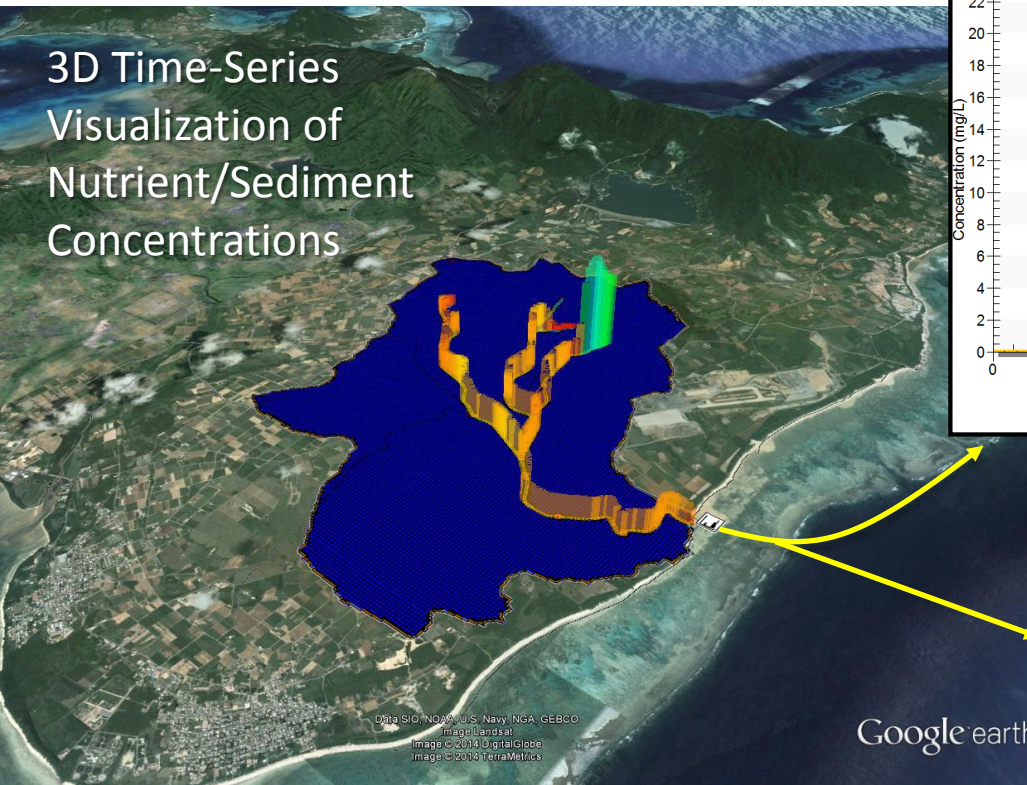
- ①陸域でどのような質や量の負荷(栄養塩など)が発生し、海域へ流出するか？
- ②石西礁湖の海流はどのような構造になっているか？
- ③海域に流出した栄養塩はどのように海域に広がっていき、どのような場所でどのぐらいの規模で植物プランクトンの増殖するか？

これらを評価できるモデルが必要！



# 陸源負荷のモデル化

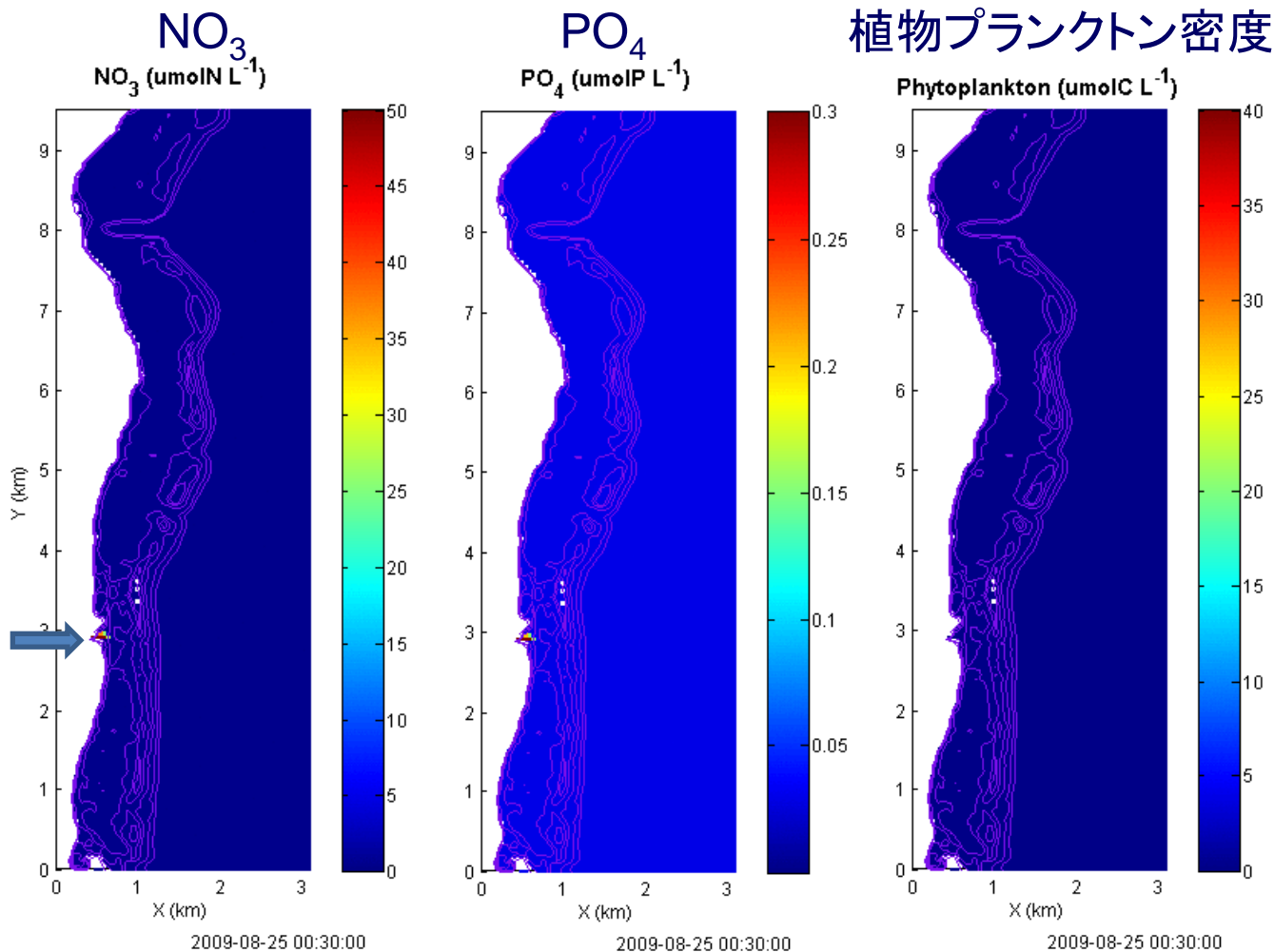
3D Time-Series Visualization of Nutrient/Sediment Concentrations



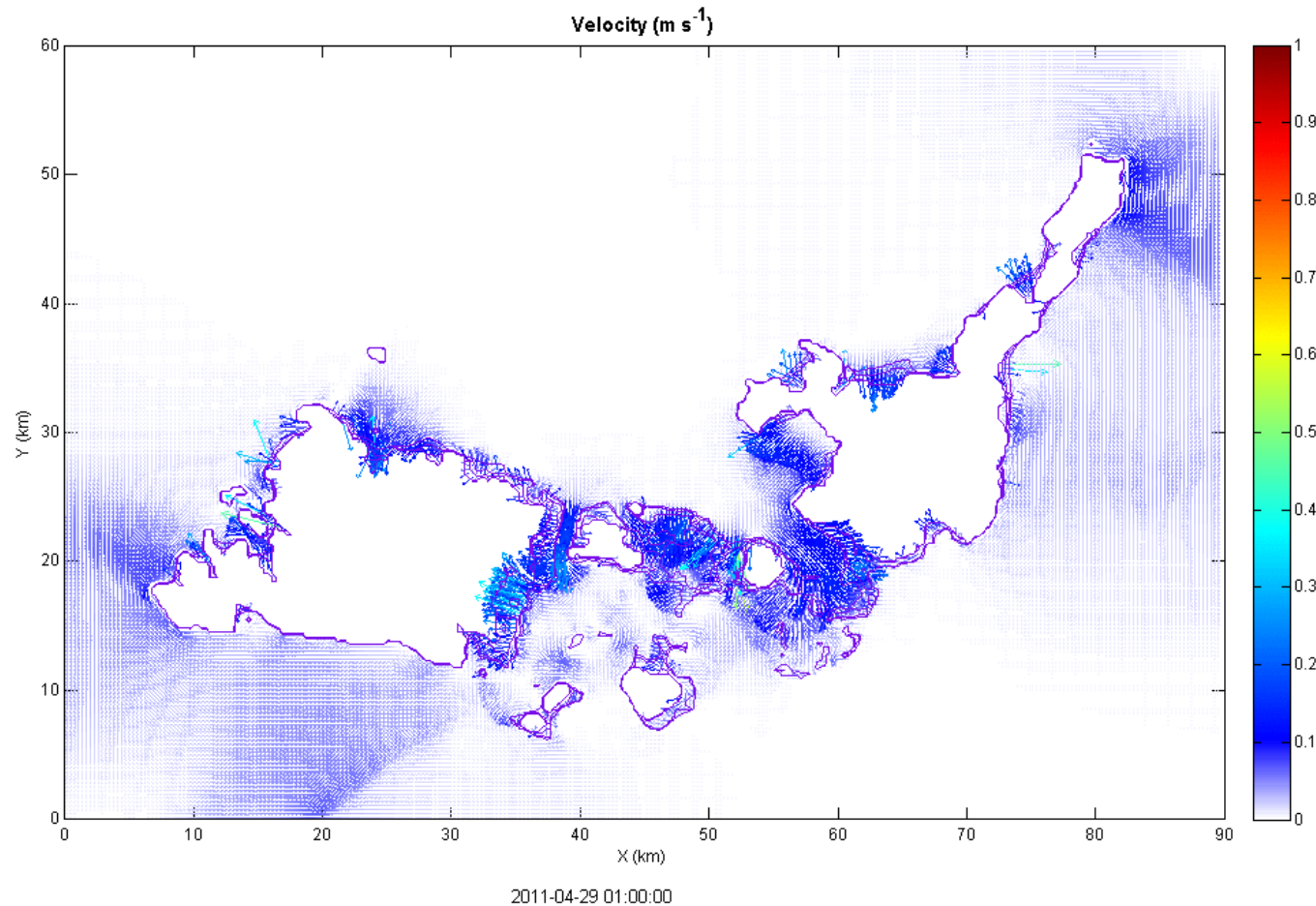
- ・河川からの出水等による陸源負荷過程をモデル化することにより、陸源負荷の質や量を明らかにする
- ・この陸源負荷モデルは、轟川の他に石西礁湖に流入している主要河川(宮良川、新川川、名蔵川、仲間川)で開発中

# 流動モデル-低次生態系モデル

陸域から流出した栄養塩等が、どのように海域に広がっていき、  
どのような場所でどのぐらいの規模で植物プランクトンの増殖するか推定する。



# 石西礁湖スケールでの流動モデル開発



石西礁湖の流動モデルを開発し、ここに、陸域負荷モデル、低次生態系モデルを乗せることで、石西礁湖で物(幼生など)がどのように流れるか？や陸からの負荷がどのように石西礁湖に広がり、植物プランクトンの増加を招くか？など推定する。

## オニヒトデ大量発生モデル化:ステップ②

### オニヒトデの生態学的側面のモデル化

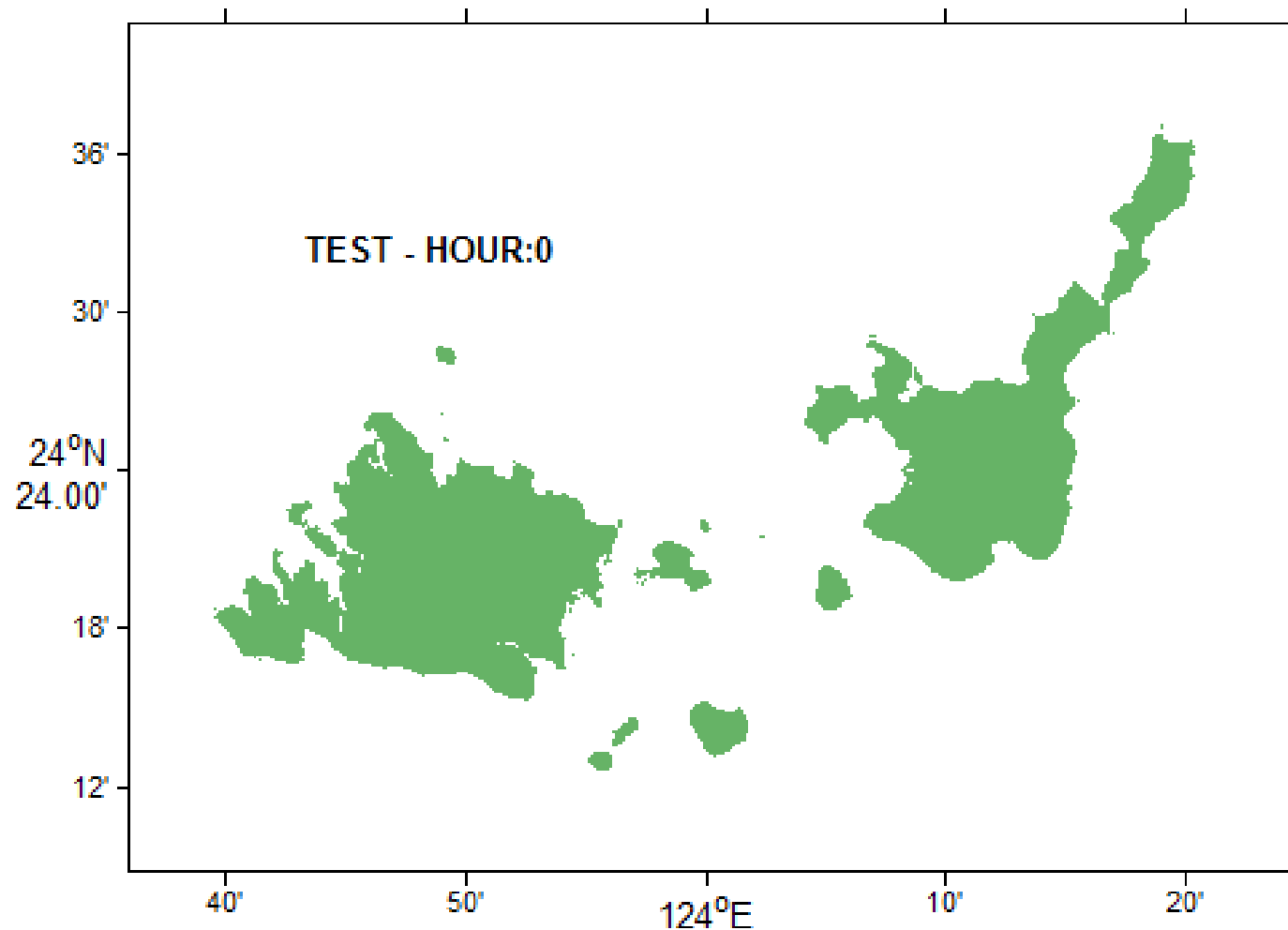
①放卵されたオニヒトデの卵が、どのぐらいの確率で受精に成功して幼生となり、それらがどのように流れて、どのぐらい生き残るか？（どれぐらい餌となる植物プランクトンにありつけるか？）どこに流れ着いて着床し、稚ヒトデとなるか？

②稚ヒトデが成長し、サンゴを食べながら、どのように移動し、どのぐらいの成体の密度でどこで産卵するか？

これらのポイントを押さえたモデル化が必要！

# オニヒトデの幼生分散シミュレーション:

①放卵されたオニヒトデの卵が、どのぐらいの確率で受精に成功して幼生となり、それらがどのように流れて、どのぐらい生き残って着床し、稚ヒトデとなるか？

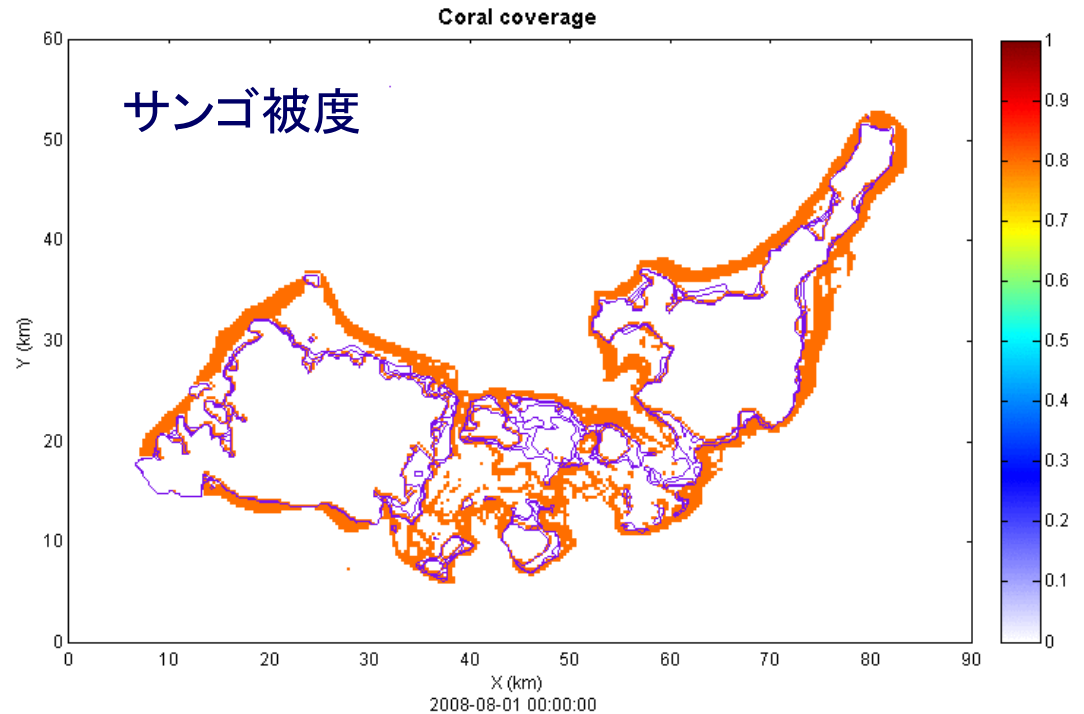
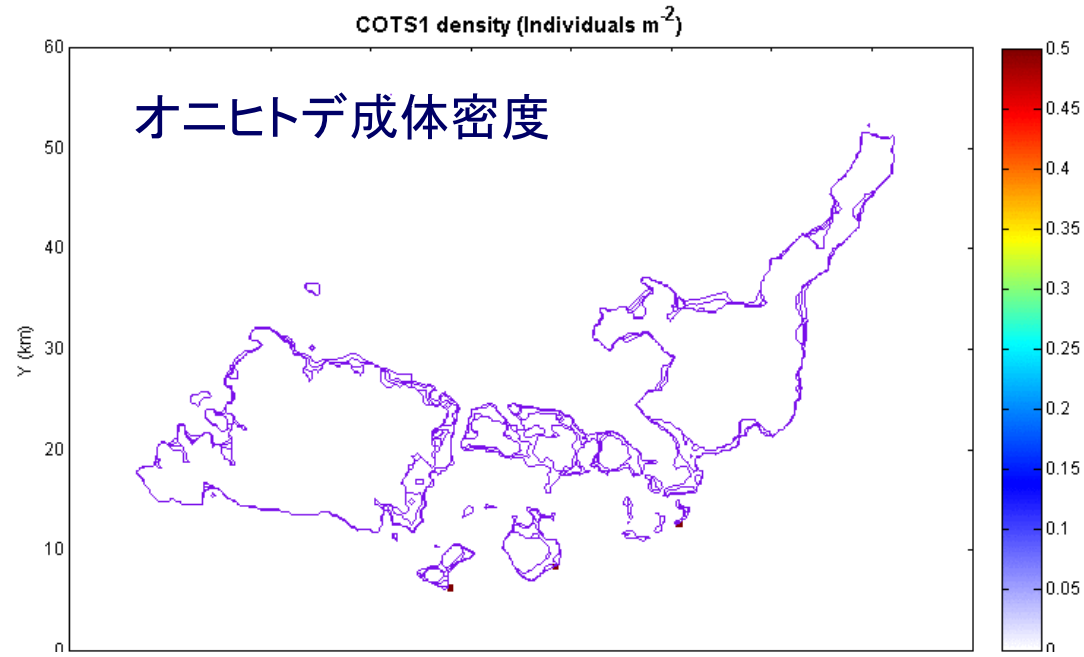


# オニヒトデ成体の行動予測モデル:

②稚ヒトデが成長し、サンゴを食べながら、どのように移動し、どのぐらいの成体の密度でどこで産卵するか？

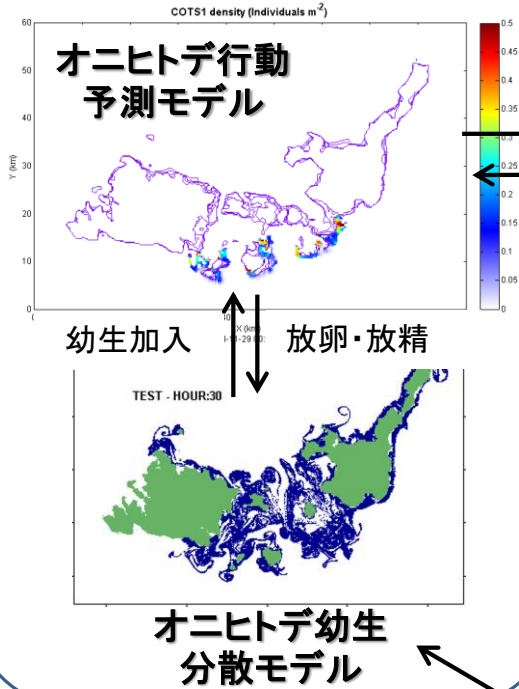


オニヒトデによるサンゴの被食

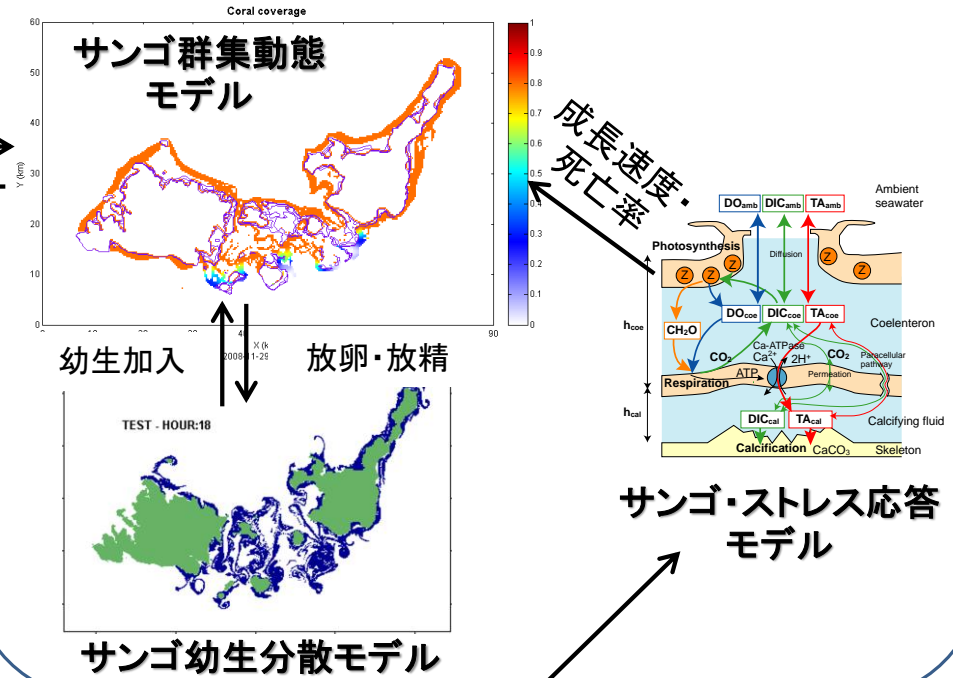


# 統合モデルシステム開発

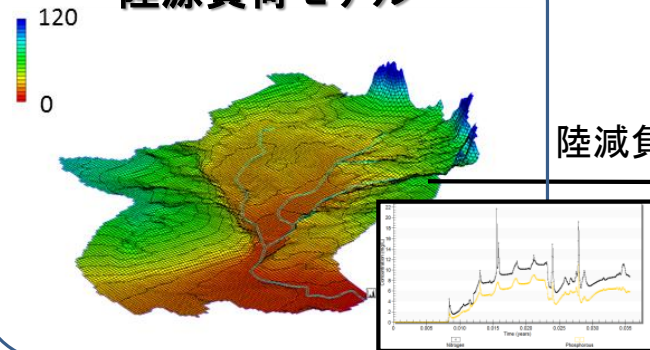
## オニヒトデ動態モデル



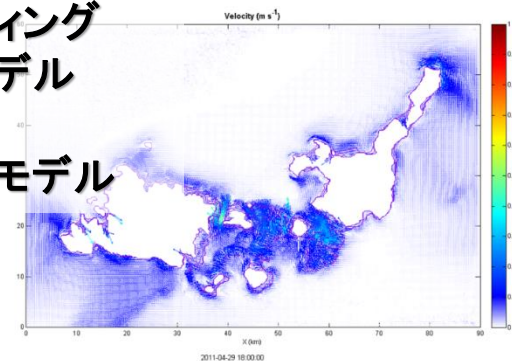
## サンゴ群集動態モデル



## 陸源負荷モデル



## 多重ネスティング 3D流動モデル + 低次生態系モデル



流動・環境  
パラメータ

流動・環境  
パラメータ

# まとめ

## 本研究の目指すところ

- 石西礁湖のサンゴ群集の衰退を引き起こしている主要因の一つである、オニヒトデの大発生の原因を究明する。
- オニヒトデの生活史を詳細にモデル化した数値シミュレーションツールを開発することによって、オニヒトデの大発生を予測する。



これまでのオニヒトデ対策は対処療法的（発生後に駆除）であるが、このツールによって発生時期や発生源を予測することで、先手を取れるようになるかもしれない。



# モデルシステムの今後の発展

- サンゴについてもオニヒトデと同様に生活史をモデル化することで、サンゴ群集の変遷を再現し、将来予測につなげる。
- 有効な保全策の検討

そのためには、

サンゴ幼生の分散～着底までの空間的なつながり(コネクティビティ)の検証(ST3と共同)

サンゴ着底基盤の環境を評価し、モデルに取り込む(ST4と共同)

白化や栄養塩に対する応答などをサンゴのモデルに組み込む。

オニヒトデによるサンゴの捕食をモデル化する