

サンゴ礁生態系レジリエンス向上のための 包括的陸源負荷対策の必要性と課題

ーサンゴ礁学会第20回大会@東工大の赤土関連テーマセッションでの講演内容を中心に

灘岡和夫

東京工業大学 環境・社会理工学院

内容：

1. 石西礁湖モニ1000データの解析から見えてきたレジリエンス低下の実態
2. レジリエンス回復に向けての陸源負荷対策の必要性
3. 沖縄県の赤土等流出防止対策基本計画での流出削減目標
4. 石垣島轟川流域での赤土流出長期連続モニタリング結果の紹介
5. “質”的観点（細粒分）も含めた対策の必要性
6. 栄養塩対策の必要性
7. 包括的陸源対策に向けての課題

More than 70 percent of Japan's largest coral reef has died

(Washington Post, Jan 13, 2017)

By Chelsea Harvey January 13

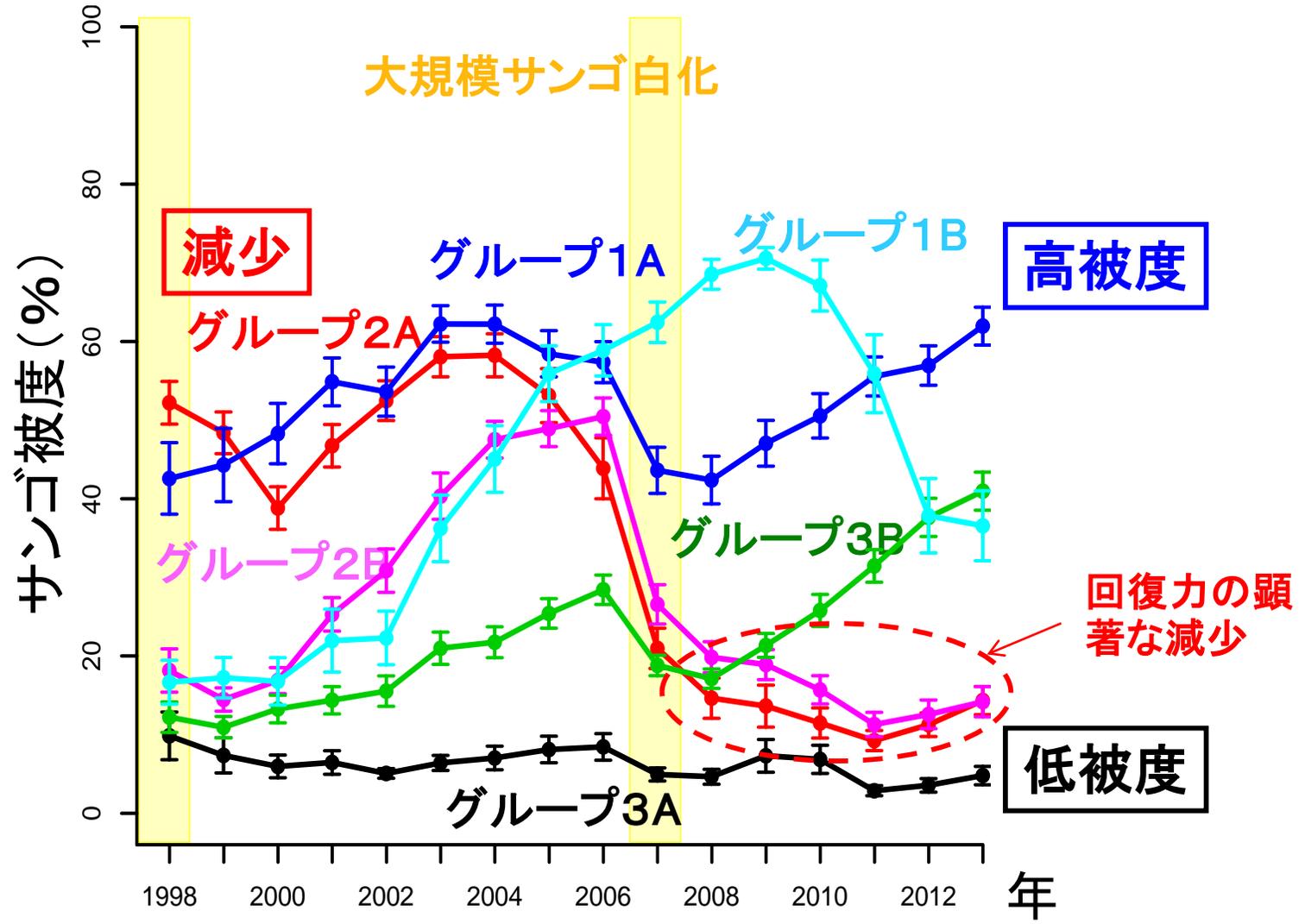


An underwater photo shows bleached coral in Sekisei Lagoon in Okinawa on Aug. 31, 2016. (Yomiuri Shimbun via AP)

Japan's largest coral reef system has become the latest casualty in a long series of coral bleaching events around the world. More than 90 percent of coral in the Sekisei Lagoon, located in the Okinawa prefecture, has bleached, according to a new survey just released by Japan's Ministry of the Environment. And a whopping 70 percent of the reef has died.

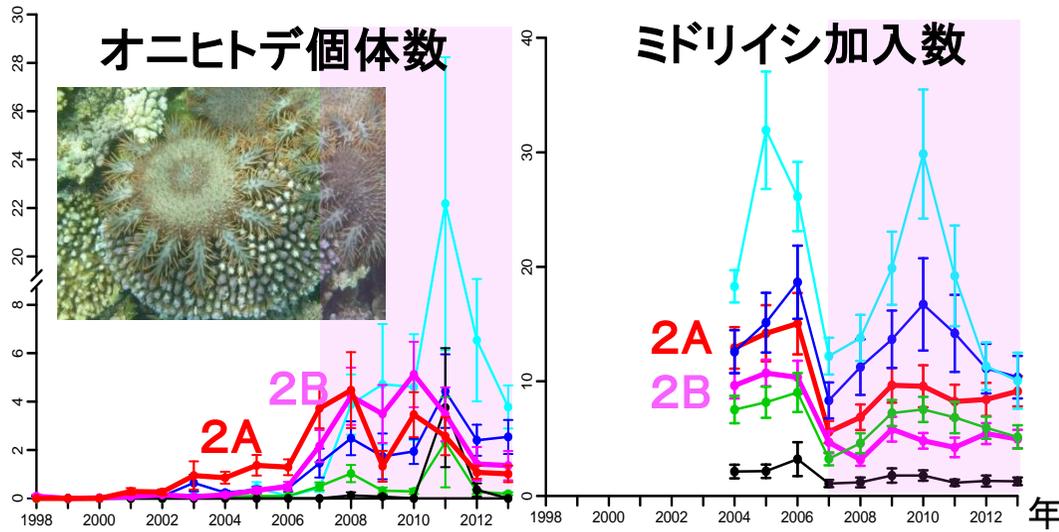
石西礁湖および周辺海域のサンゴ被度の変動パターン

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)をクラスタ解析することにより、変動パターンを下記の6グループに分類できた



環境省環境研究総合推進費プロジェクト(H25-27年度、代表:瀬岡)より

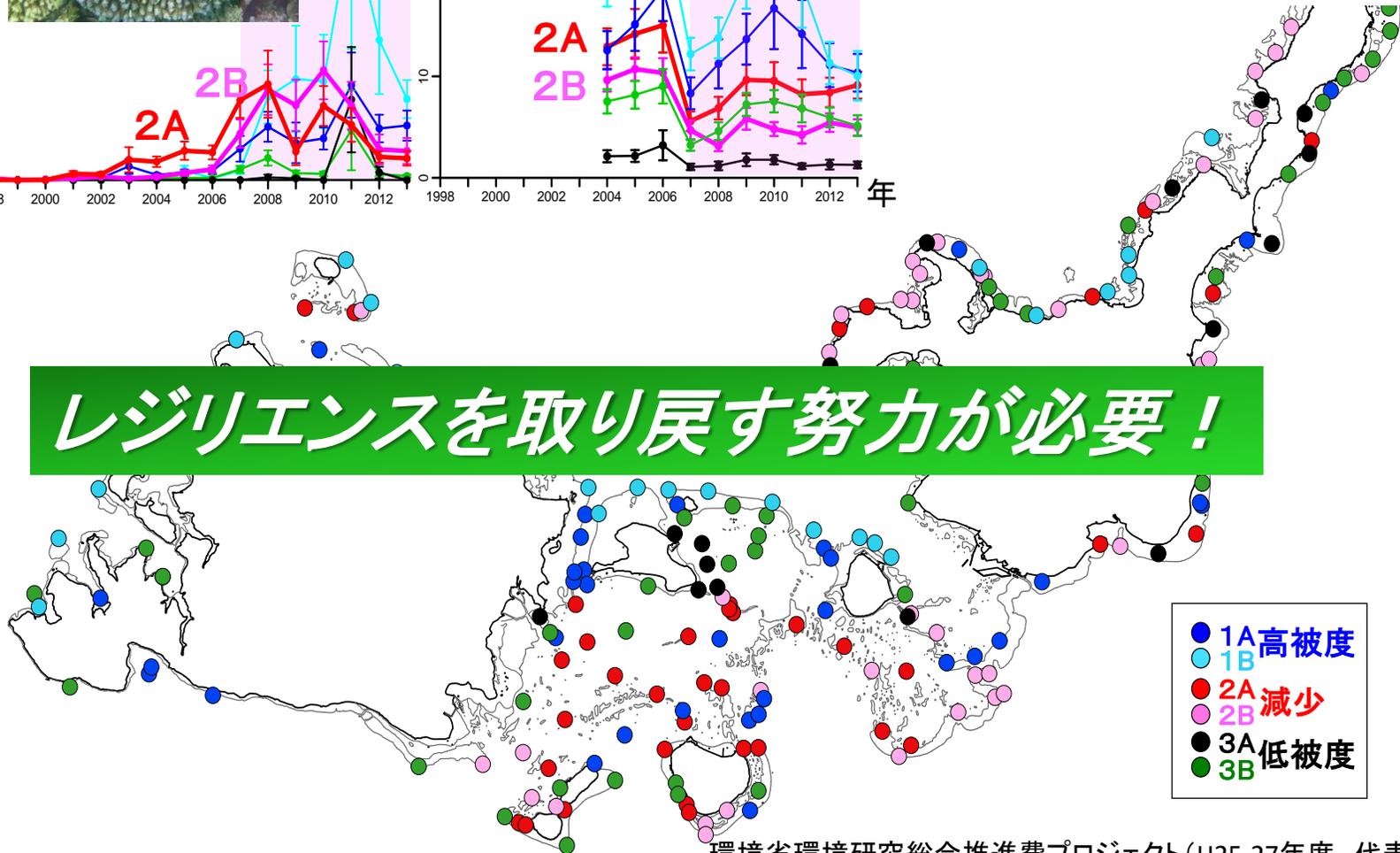
石西礁湖中南部のサンゴ回復力(レジリエンス)が減少



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

レジリエンスを取り戻す努力が必要!



沿岸生態系保全・再生に向けての 2つの基本的視点

緩和策 (Mitigation) :

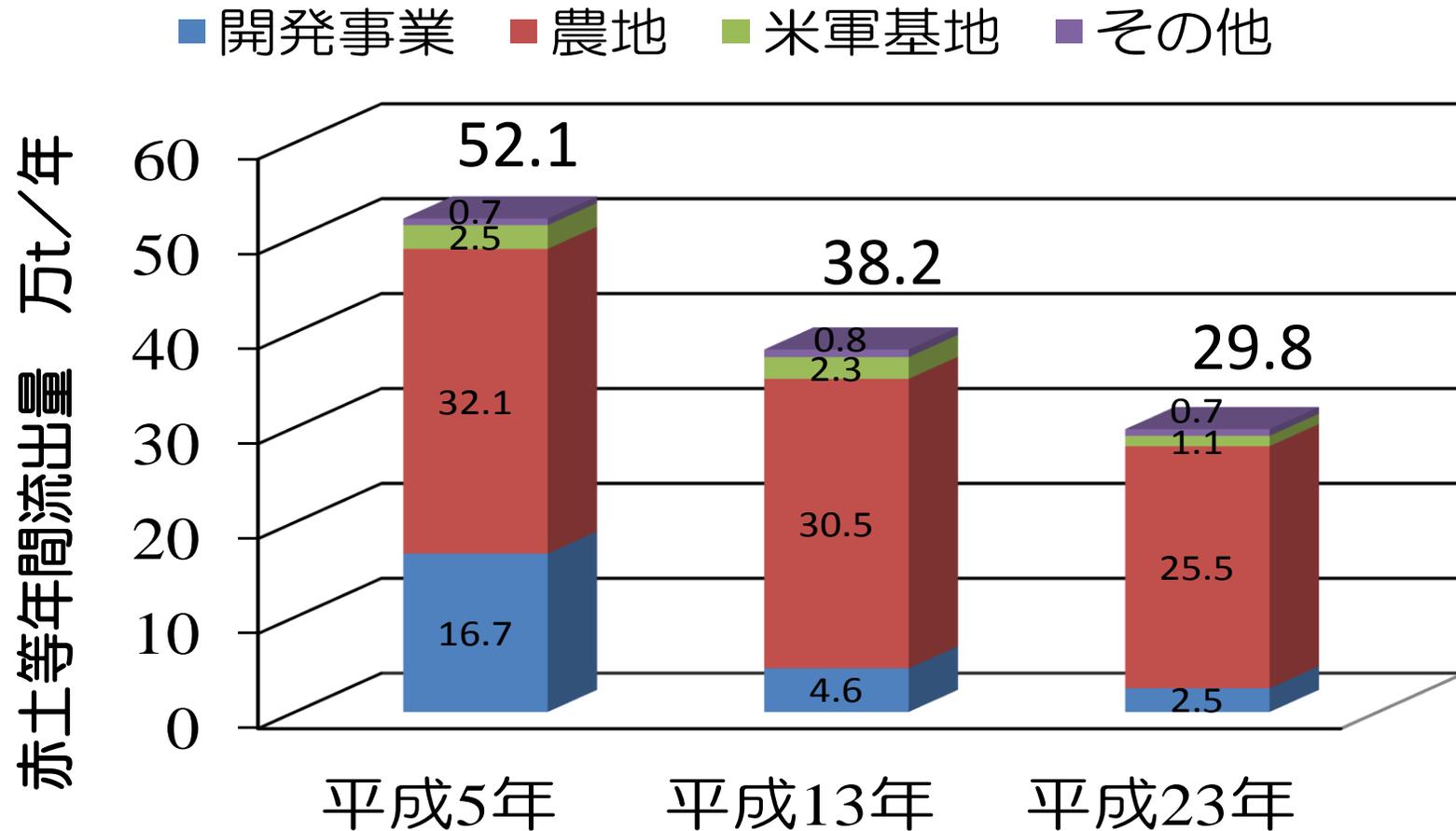
1. 生態系への様々な攪乱要因(環境負荷)を如何にして軽減・除去していくか

適応策 (adaptation) :

2. ダメージからの回復を如何にして早めるか(“レジリエンス”の強化)

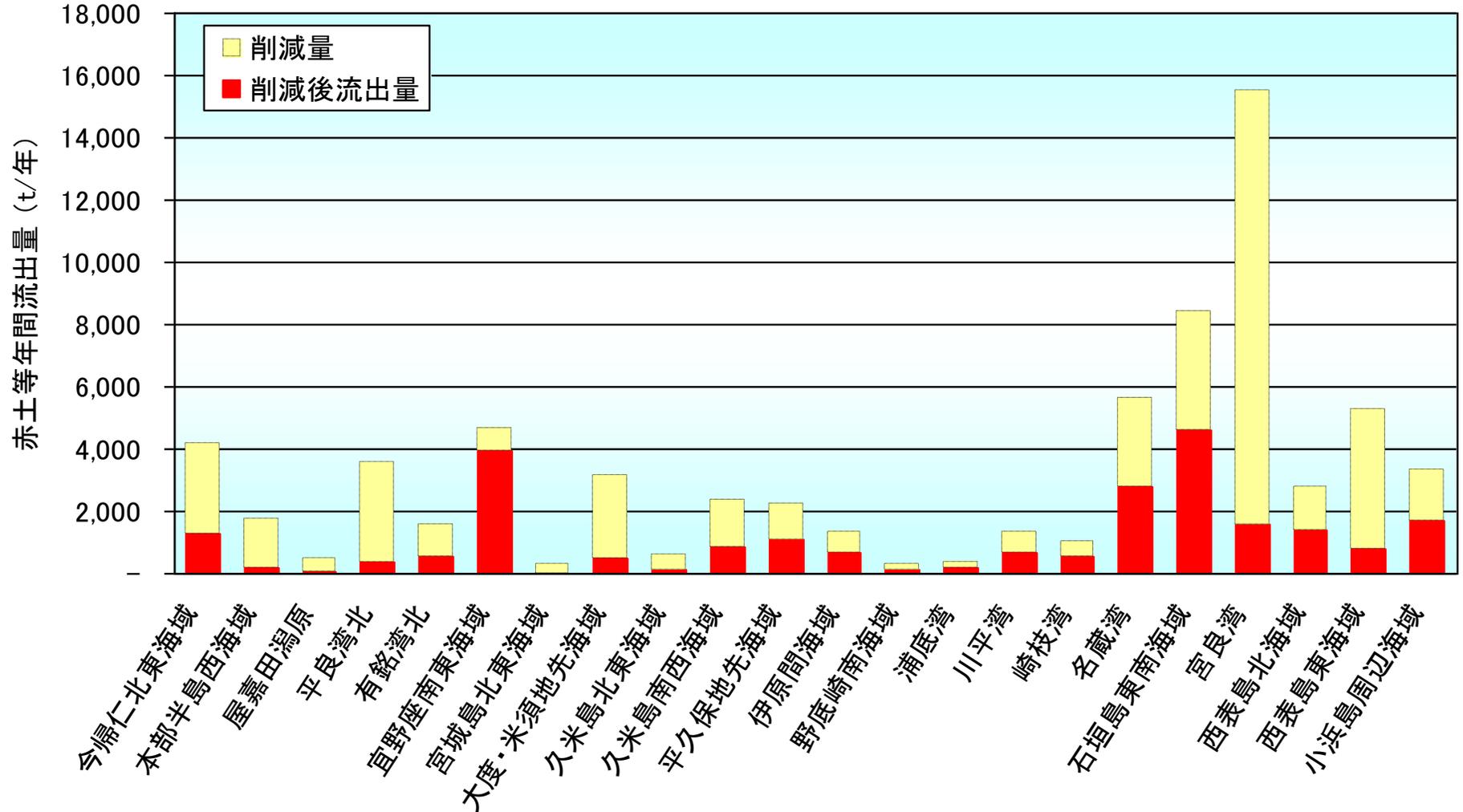
陸源負荷対策は両方に直接貢献し得る！

赤土等年間流出量の推移



Cf. 平成7年(1995年)沖縄県赤土等流出防止条例施行

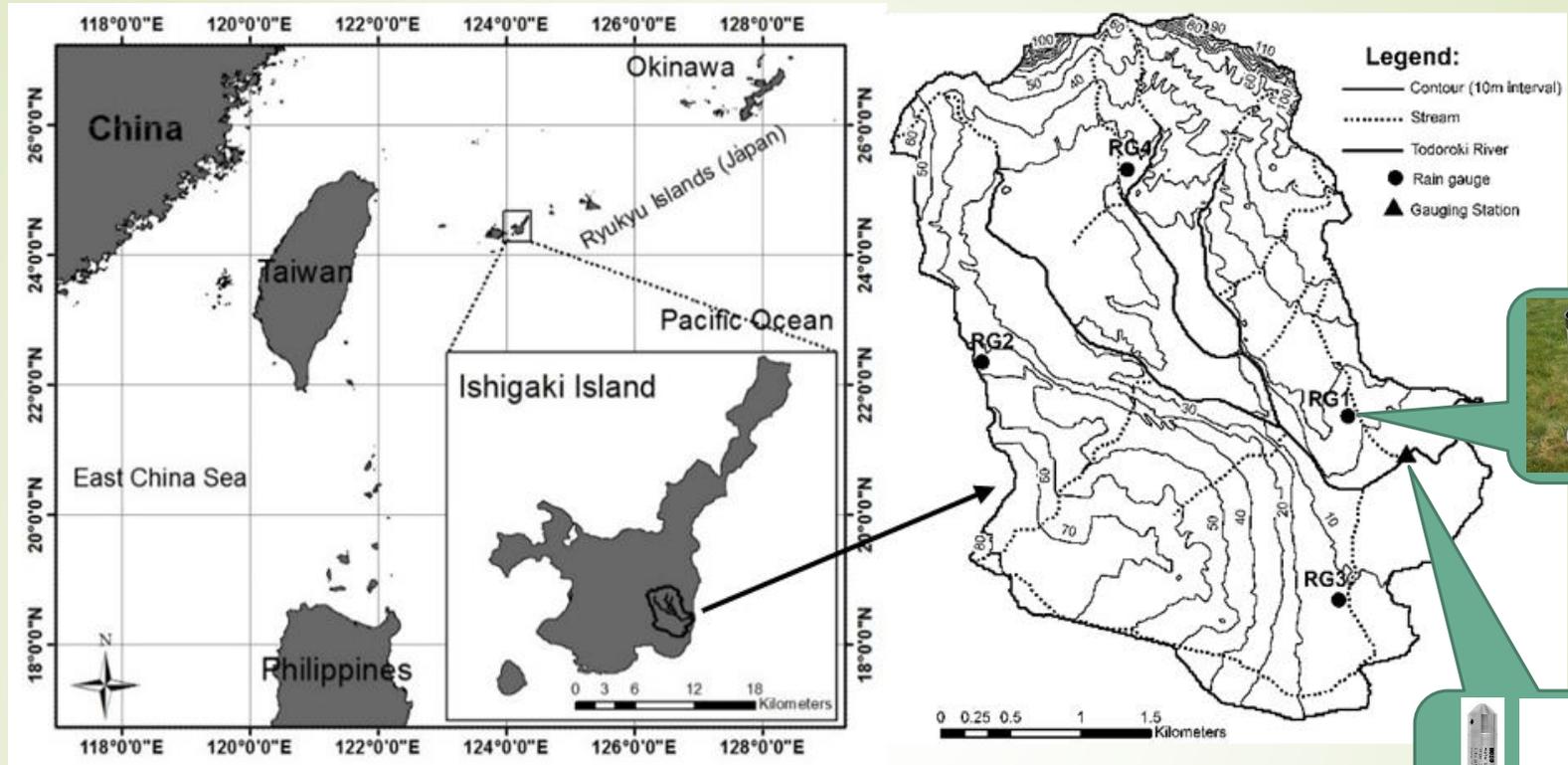
沖縄県赤土等流出防止対策基本計画(2015年度策定) による重点監視区域における流出削減目標



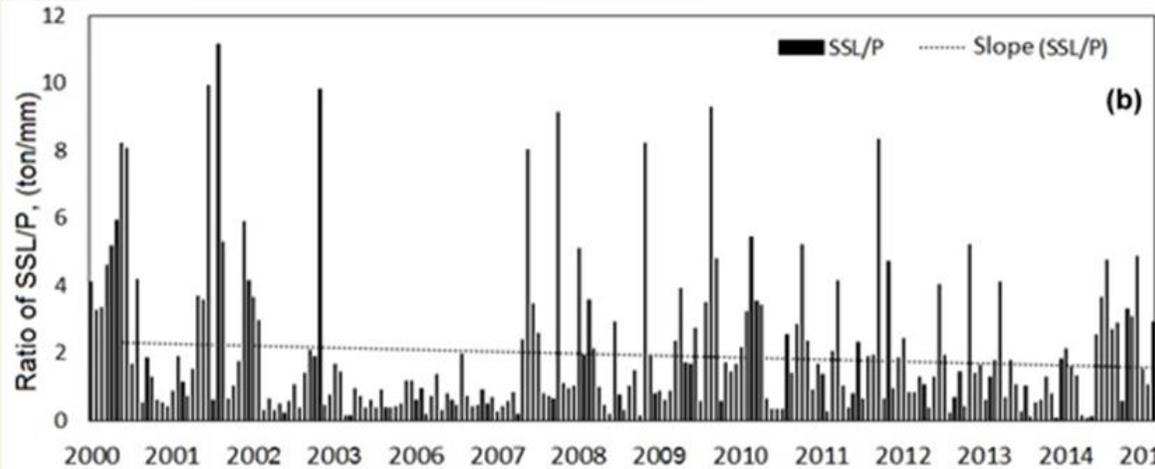
※ベースは平成23年度の調査結果に基づく (沖縄県・仲宗根氏提供図面を一部改変)

石垣島轟川流域での赤土流出長期連続モニタリング (2000-2015)

(東工大
灘岡研)



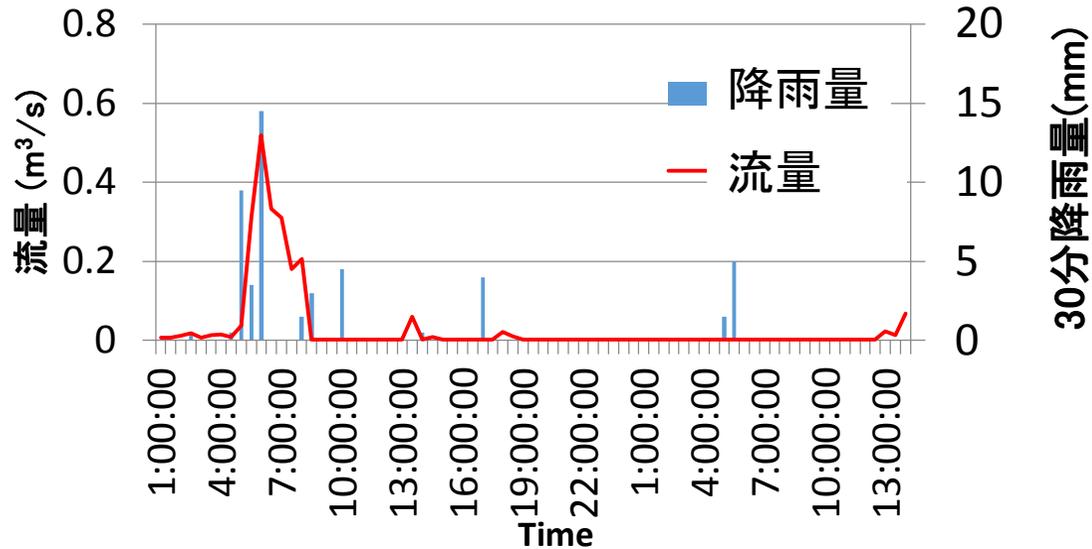
(Sith et al., 2017)



降雨出水イベント毎の赤土流出量
と降雨量の比 (SSL/P)
: 赤土対策効果の指標
~長期的に低減傾向

沈砂池での粒径画分別赤土補足率観測結果

(東工大・灘岡研、安藤航、2016)



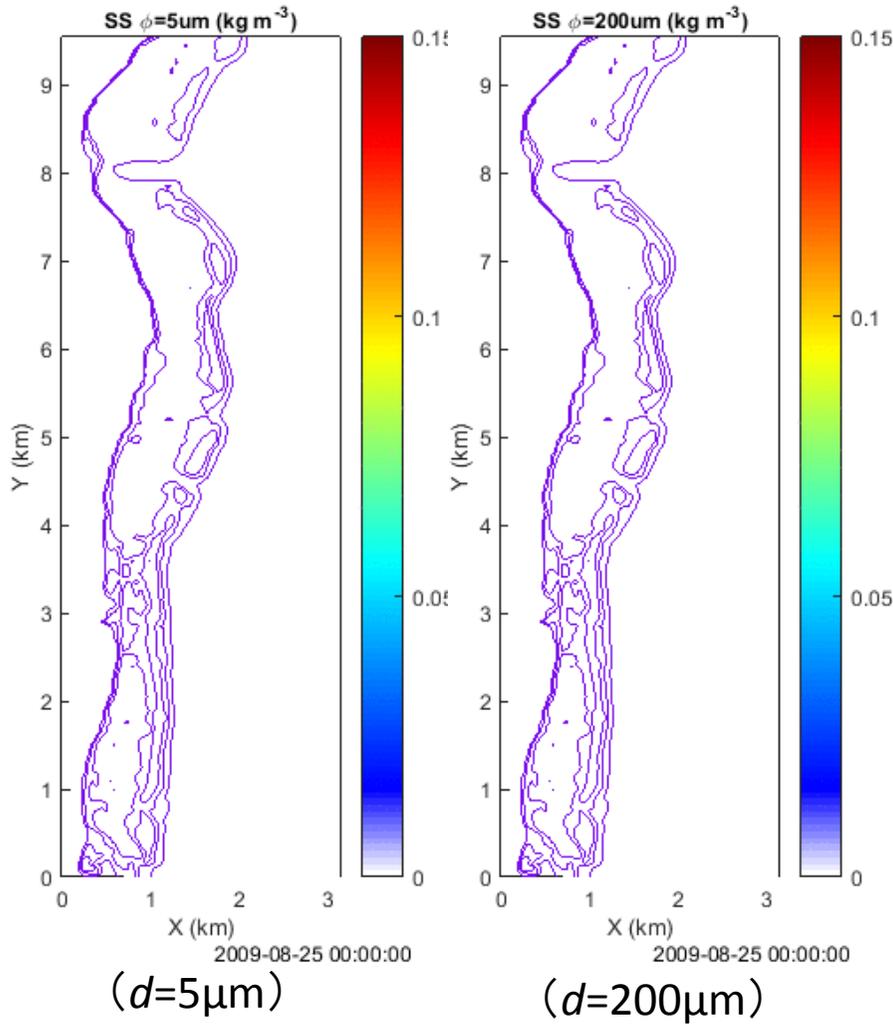
流出入土砂量

Particle size(μm)	~5	~20	20~75	75~200	200~	TOTAL
Inflow(kg)	33	120	190	72	20	481
Outflow(kg)	26	110	94	20	14	548
Reduction rate	11%	8%	51%	78%	30%	46%

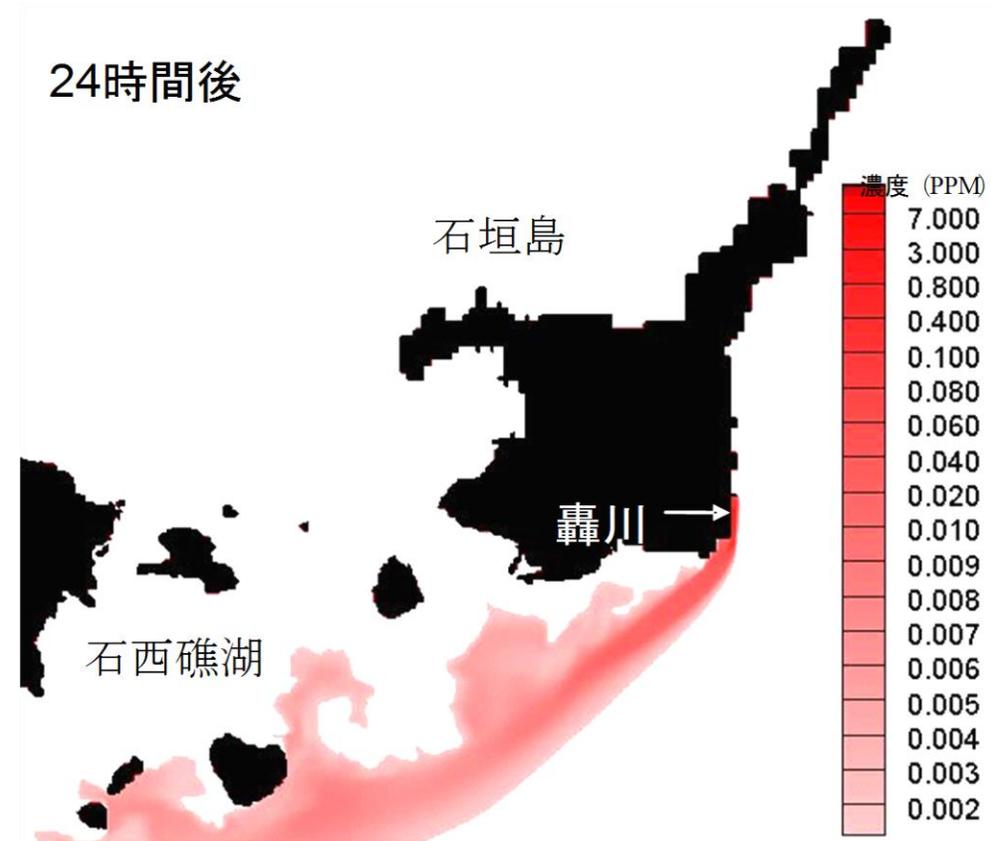
細粒分の補足率はきわめて低い

赤土の移流拡散に関するシミュレーション結果の例

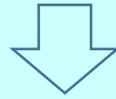
リーフスケール移流拡散



細粒分の広域移流拡散



土粒子の沈降速度 ~ 粒径dの2乗に比例 (Stokes式)



- ・微細粒子は沈降しにくく、沈砂池やグリーンベルトなどでトラップされにくい
- ・微細粒子は隣接リーフ内だけでなく遠方まで広域拡散する
- ・微細粒子は比表面積が大きい



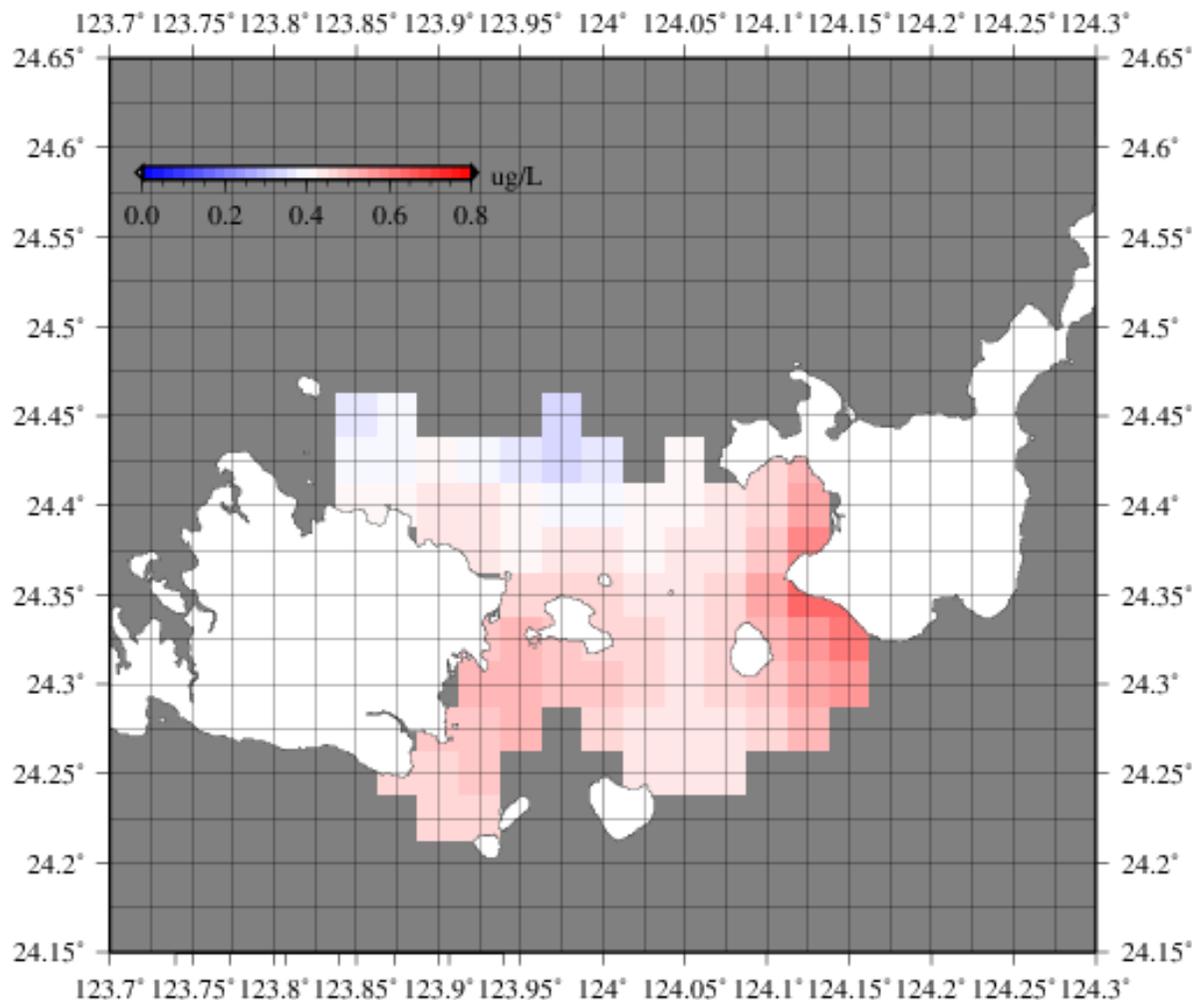
赤土の“量”的対策



“質”的観点(細粒分)も含めた対策の必要性

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)

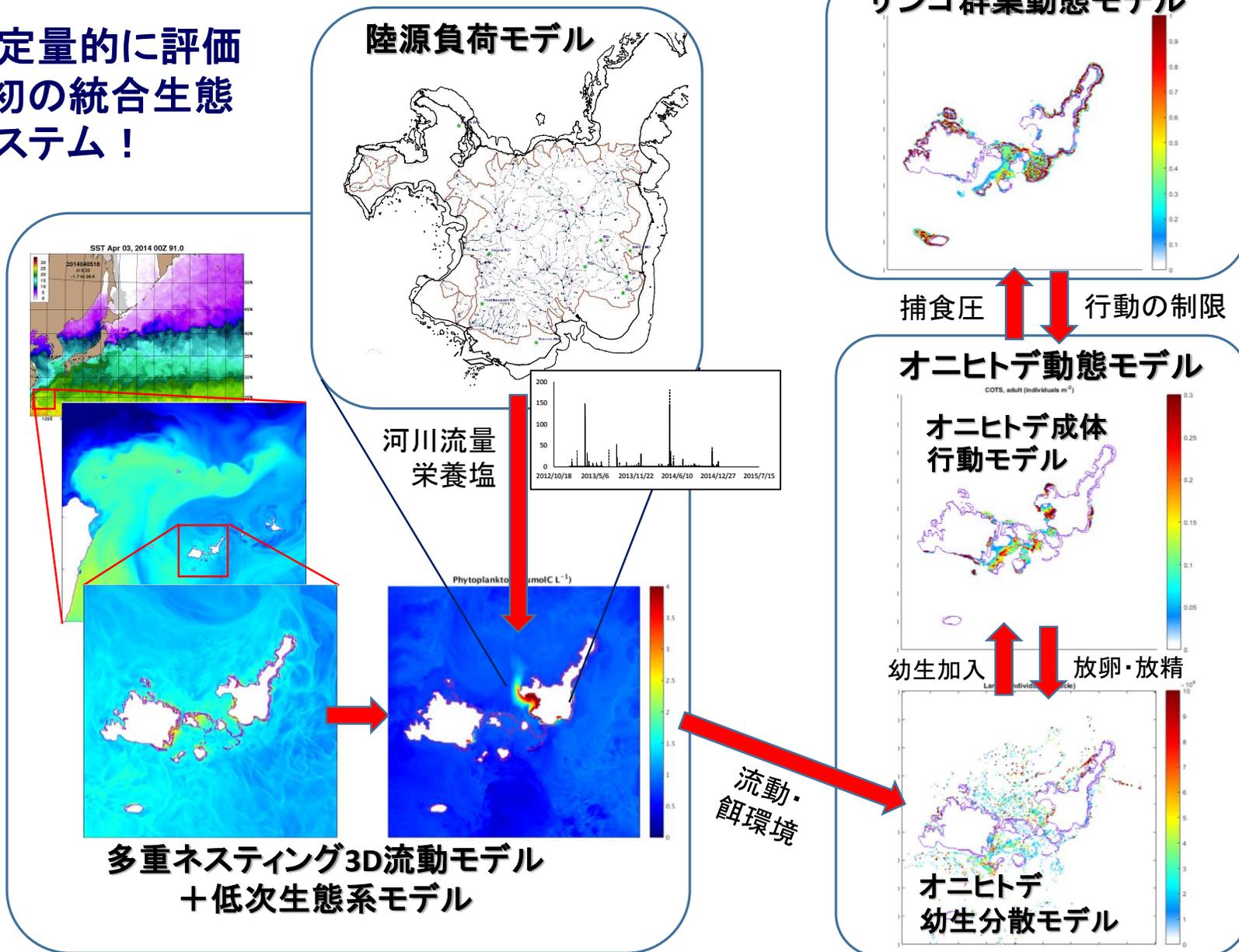


- Chl-*a*は沿岸部、特に石垣市街地周辺で高めになる傾向が認められた

- 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($0.25\mu\text{g/L}$)は超えていた

「陸域-海洋-生態系」統合型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！

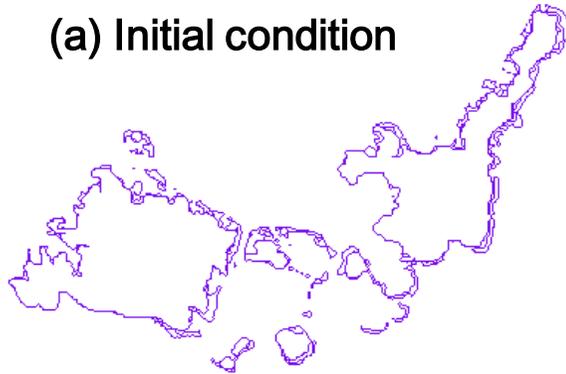


オニヒトデ大量発生に関するシナリオ分析シミュレーション

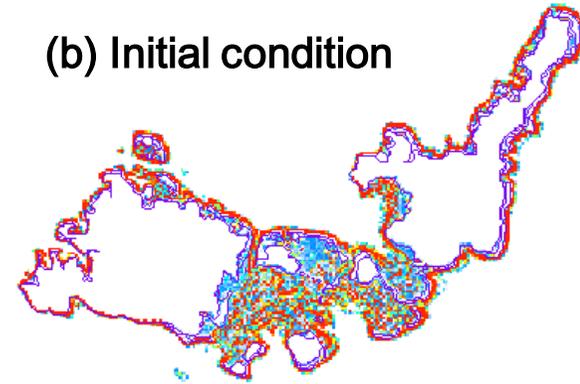
オニヒトデ成体の数密度(Indiv./m²)

サンゴ被覆率

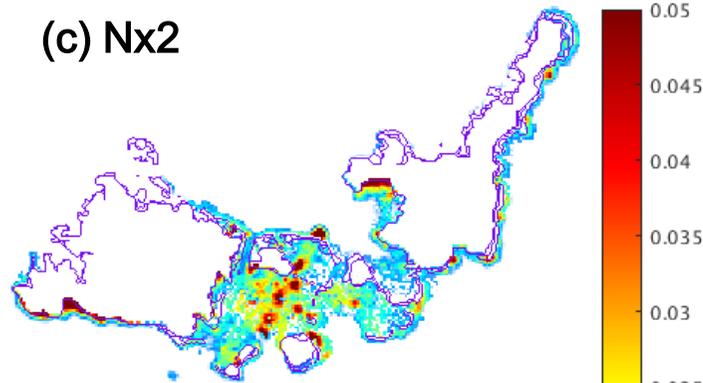
(a) Initial condition



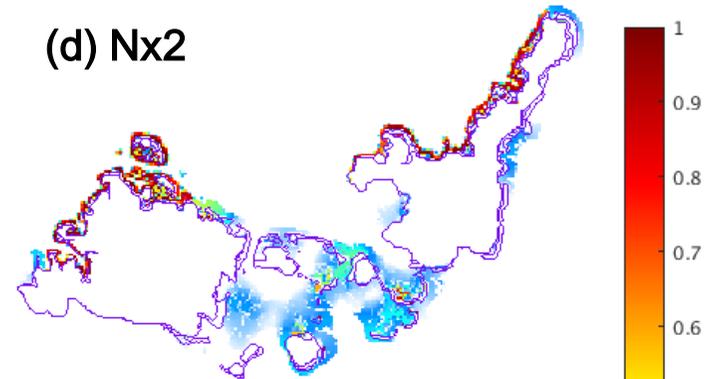
(b) Initial condition



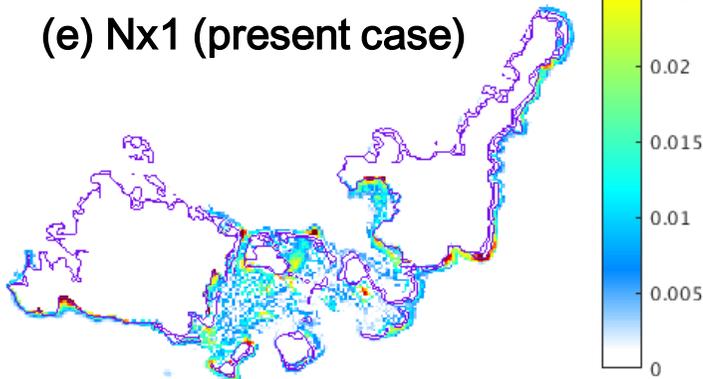
(c) Nx2



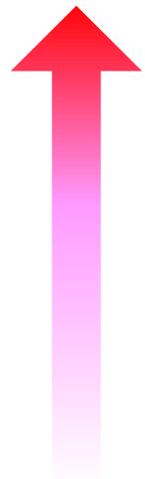
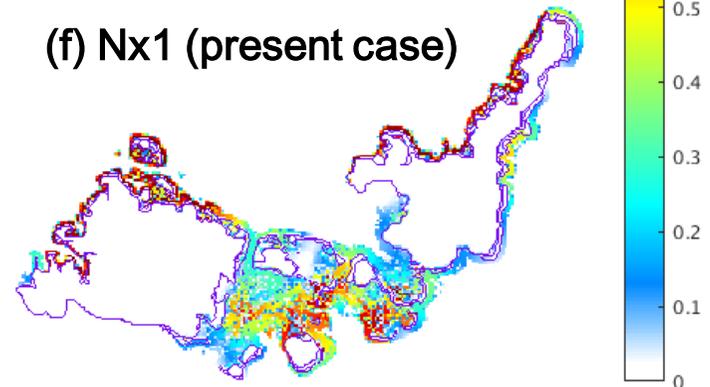
(d) Nx2



(e) Nx1 (present case)



(f) Nx1 (present case)



Higher nutrients load

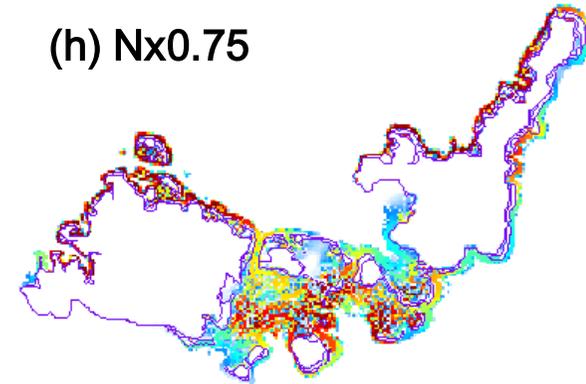
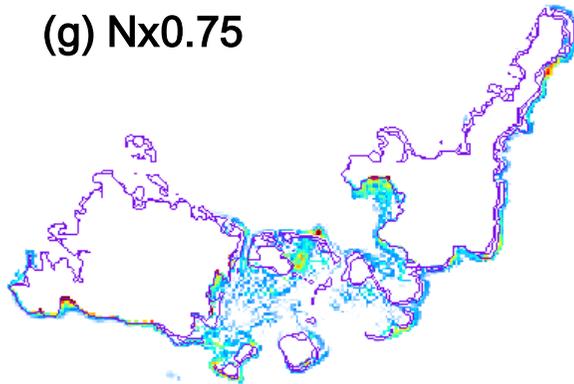
オニヒトデ大量発生に関するシナリオ分析シミュレーション

オニヒトデ成体の数密度(Indiv./m²)

サンゴ被覆率

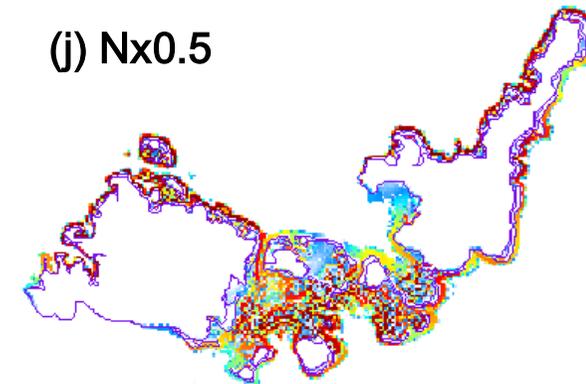
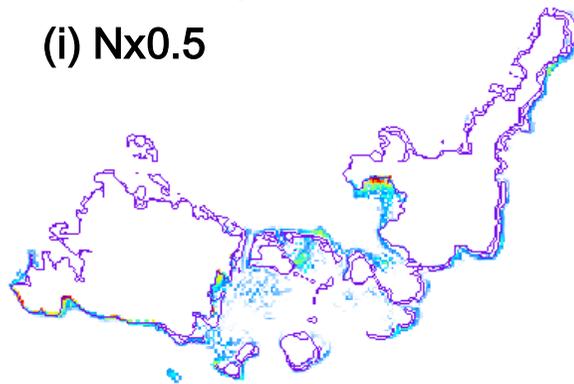
(g) Nx0.75

(h) Nx0.75



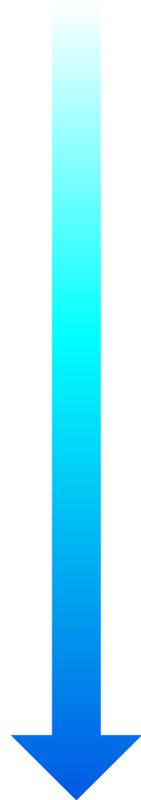
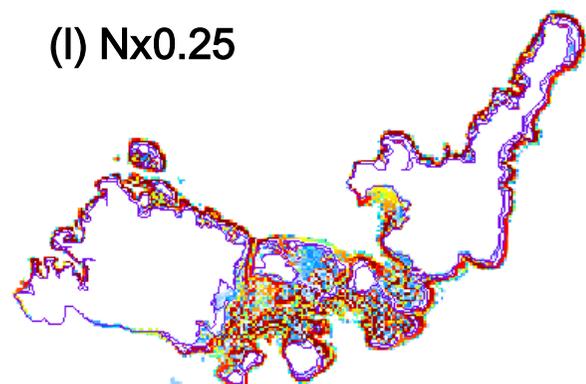
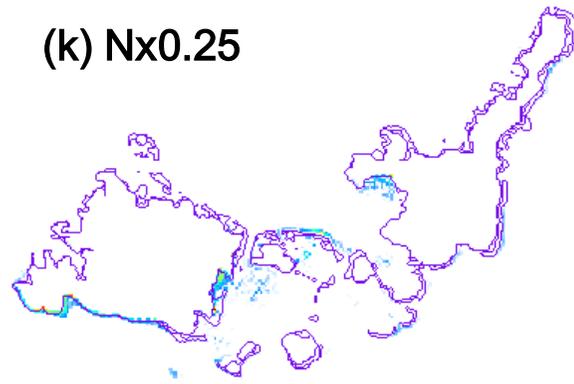
(i) Nx0.5

(j) Nx0.5

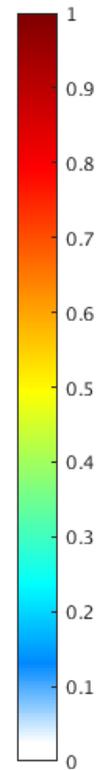
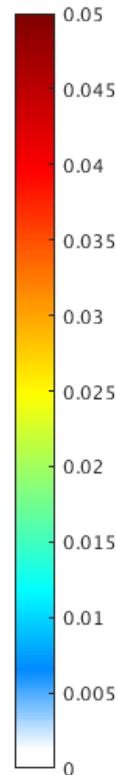


(k) Nx0.25

(l) Nx0.25



Lower nutrients load



包括的陸源負荷対策に向けての課題

1) 合理的な削減数値目標設定のための方法論開発

- 陸源負荷を含む複合的環境ストレスの下でのサンゴ礁生態系 応答評価・予測を可能とする体系の確立

2) “質”的観点(細粒分)も含めた対策の必要性

- 発生源対策の一層の進展(細粒分も含めた流出しにくい土壤づくりなど)

3) 栄養塩対策の必要性を示す事例と科学的知見の積み重ね

- 赤土に比べて栄養塩影響は「見えにくく」「わかりにくい」

4) 順応的管理のための包括的・持続的モニタリング体制の実現

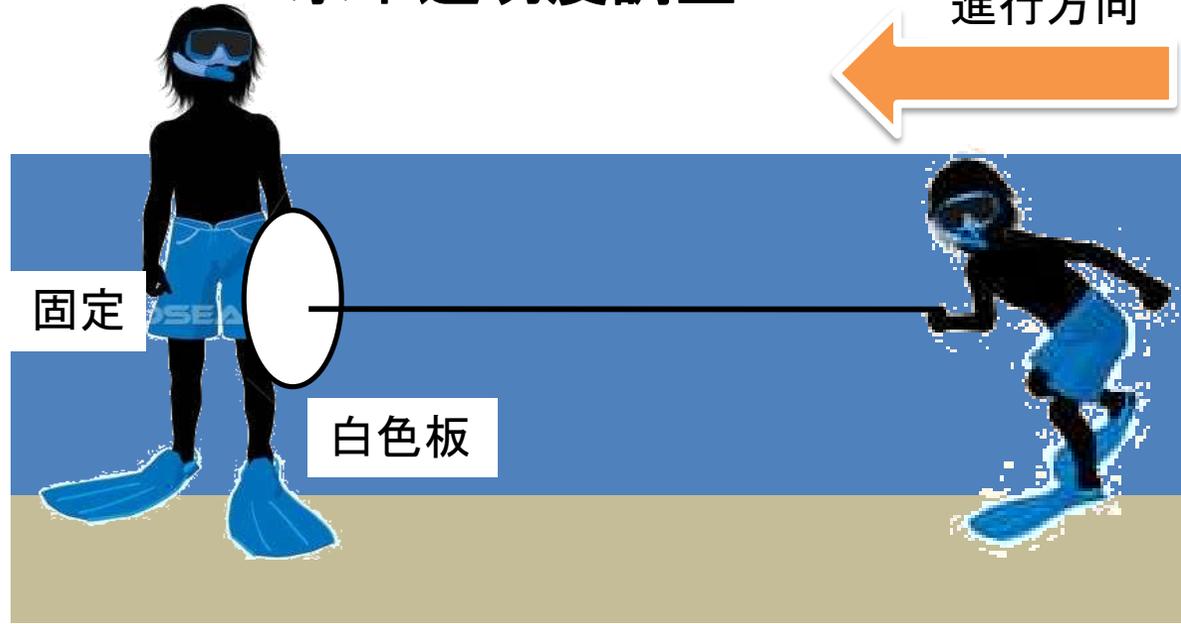
- 「結果」としてのサンゴモニタリング+「原因」としての陸源負荷モニタリングの必要性
- 特に、変動性が大きく、高価で、手間がかかる栄養塩測定・分析をどうするか
- スナップショット的指標としての栄養塩濃度 vs. 時間積分型指標としてのSPSS
- SPSSに対応する栄養塩指標(生物指標のような間接的指標も含む)の開発は可能か
- 市民参加型モニタリングの積極的展開

5) 包括的陸源負荷対策の持続的社会的実装のあり方

- 市街地も含めた総合的対策
- リサイクル型島嶼システム(耕畜連携など)の実現
- 持続的島づくりの一環としての陸源対策(効果的インセンティブのあり方など)
- 普及啓発、環境教育、人材育成プログラム

水平透明度調査

進行方向



(写真提供:内藤明氏)

補遺

オーストラリアGBR水質改善管理計画に関する岡地さんメモ

(2017.11.16のメールより)

3回目のオニヒトデ大量発生が進行していたさなかの1998年の大規模白化によりグレートバリアリーフの劣化が顕著となり、回復には陸域対策を主体とする水質改善とそのための体制・組織作りと予算が必要とされ、**2002年**に連邦政府とクイーンズランド州政府が協定をむすんで陸海を統合管理する**グレートバリアリーフ水質改善計画 (Water Quality Protection Plan)**がすすめられています。同計画は2003年、2009年、2013年と改訂が続けられ、現在は**Reef 2050 Water Quality Improvement Plan**となりました。ヘッドオフィスはブリスベンのクイーンズランド州政府ビルにあるGreat Barrier Reef Officeですが、多くのフィールド活動はDPI(一次産業省)の地方出先や農業関連団体に委託されており、計画自体はトップダウンながら現場を重点としたボトム重視の印象です。詳しくは下記ウェブサイトをご覧ください。

<http://www.reefplan.qld.gov.au/>

<https://www.qld.gov.au/environment/coasts-waterways/reef>

<http://www.environment.gov.au/marine/gbr/long-term-sustainability-plan>