

気候変動によって変化する 日本の沿岸

高知県竜串にて撮影

山野博哉(国立環境研究所)



山野博哉

国立環境研究所

生物・生態系環境研究センター長

専門: 自然地理学

1993: 沖縄に行く、卒論開始

1999: 東京大学大学院

理学系研究科地理学専攻修了

1999-現在: 国立環境研究所

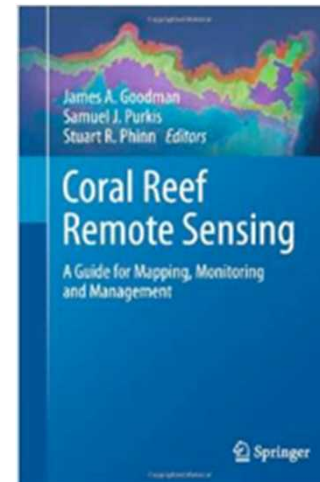
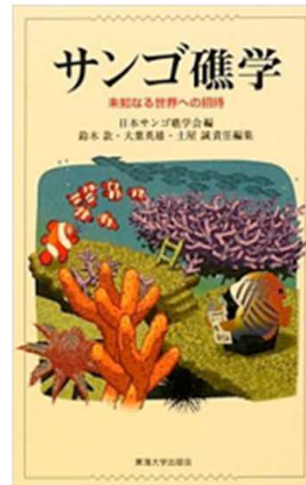
2005-2007: ニューカレドニア

フランス開発研究所(IRD)で在外研究

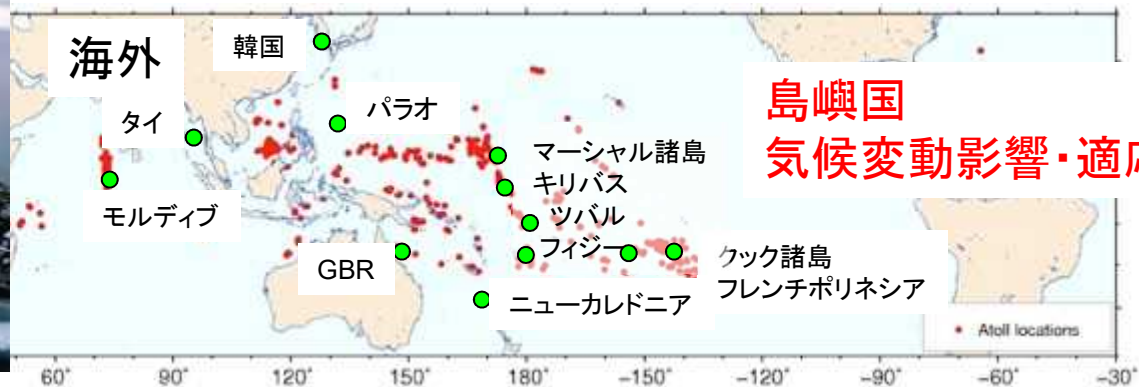
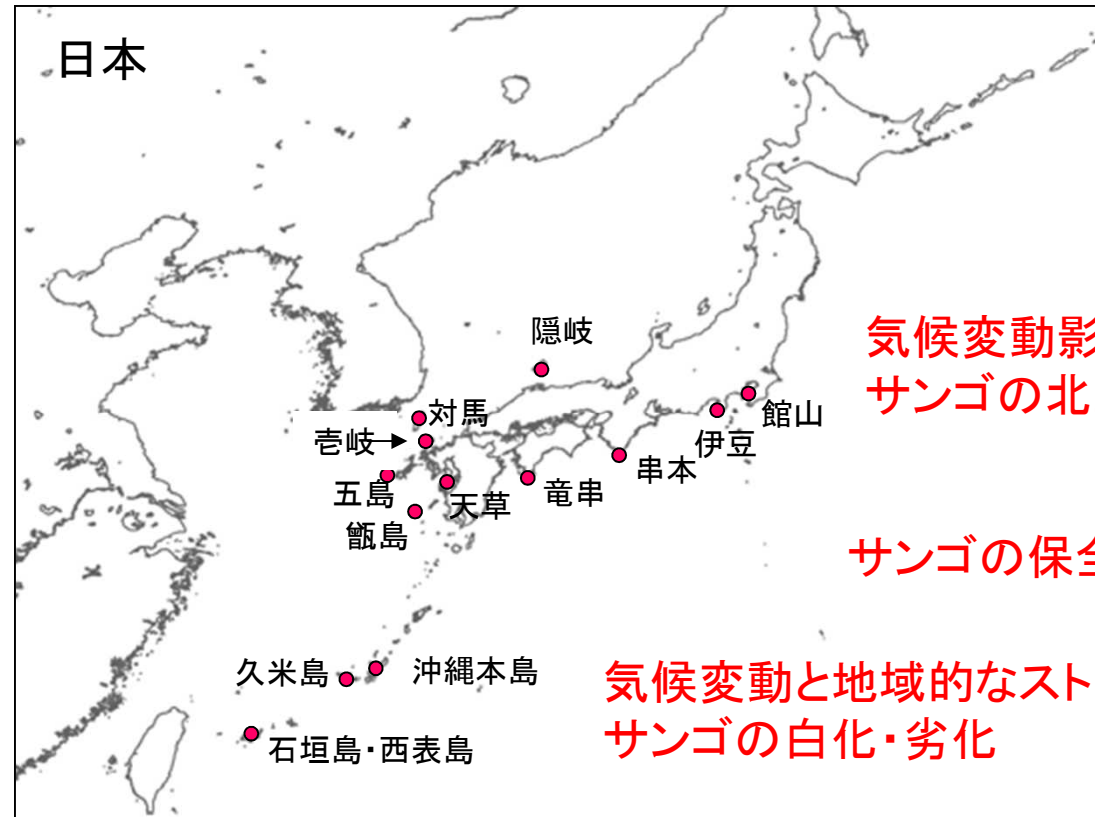
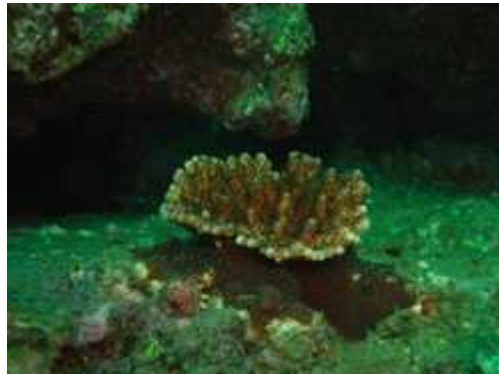
研究内容

サンゴ礁の...

- ・造礁生物分布
- ・地形形成史
- ・リモートセンシング
- ・気候変動影響評価(データマイニング、モニタリング、将来予測)
- ・保全計画(重要海域選定、保護区配置、陸域負荷の低減)



研究対象地



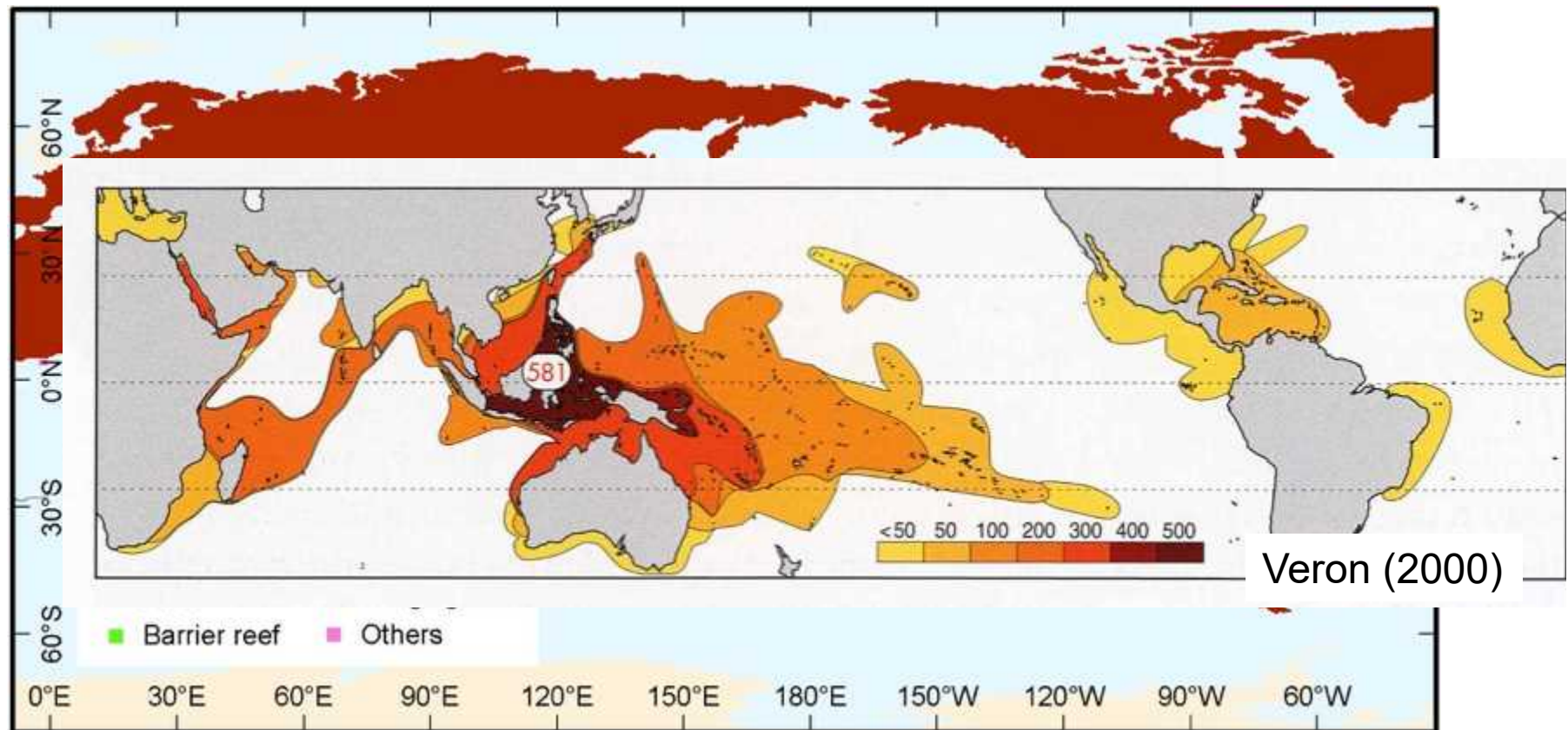


石垣島平久保崎



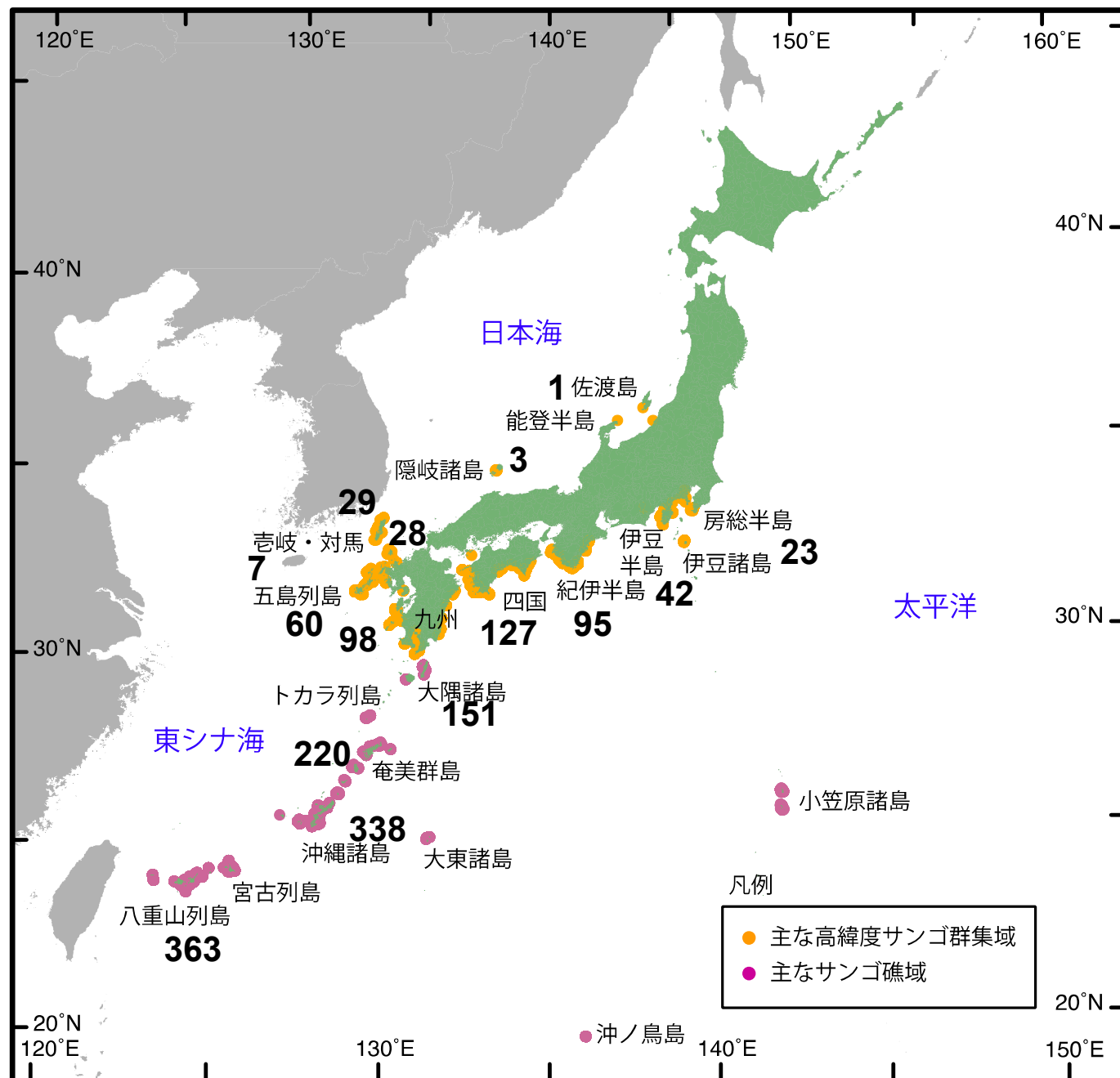
サンゴに共生するサンゴガニ(写真: 中井達郎)

日本はサンゴとサンゴ礁分布の北限域にあたる

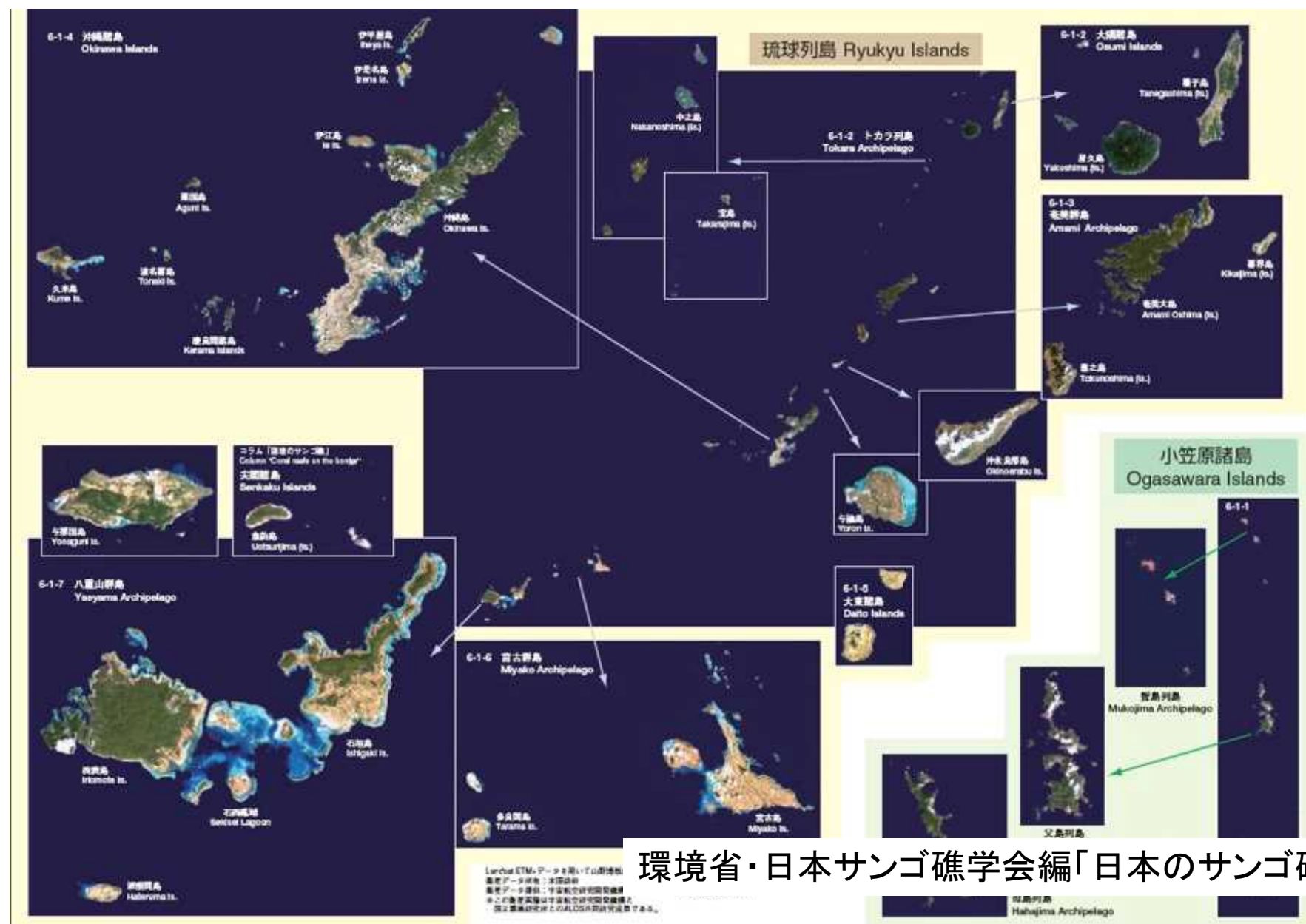


ReefBase (<http://www.reefbase.org>)

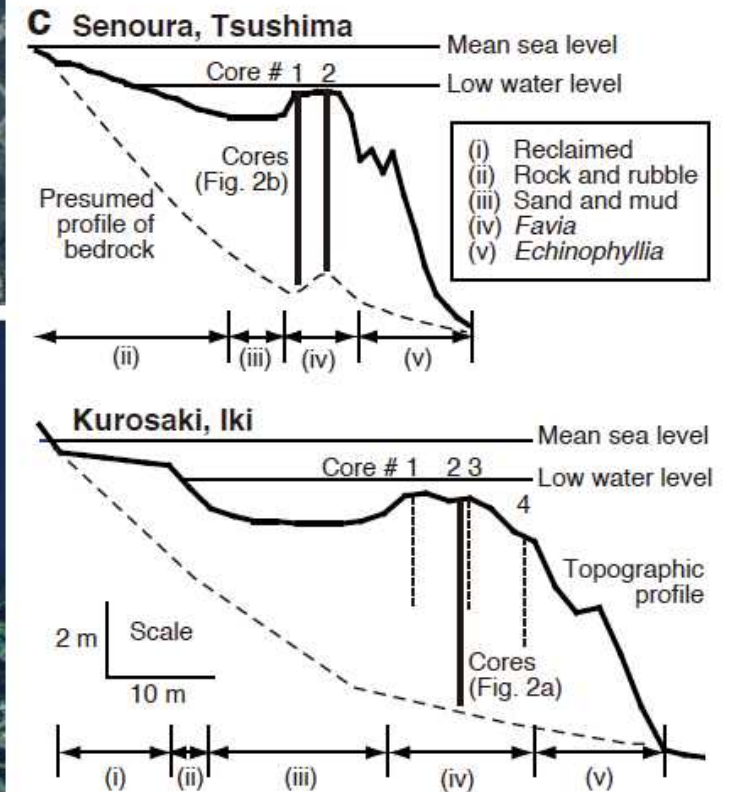
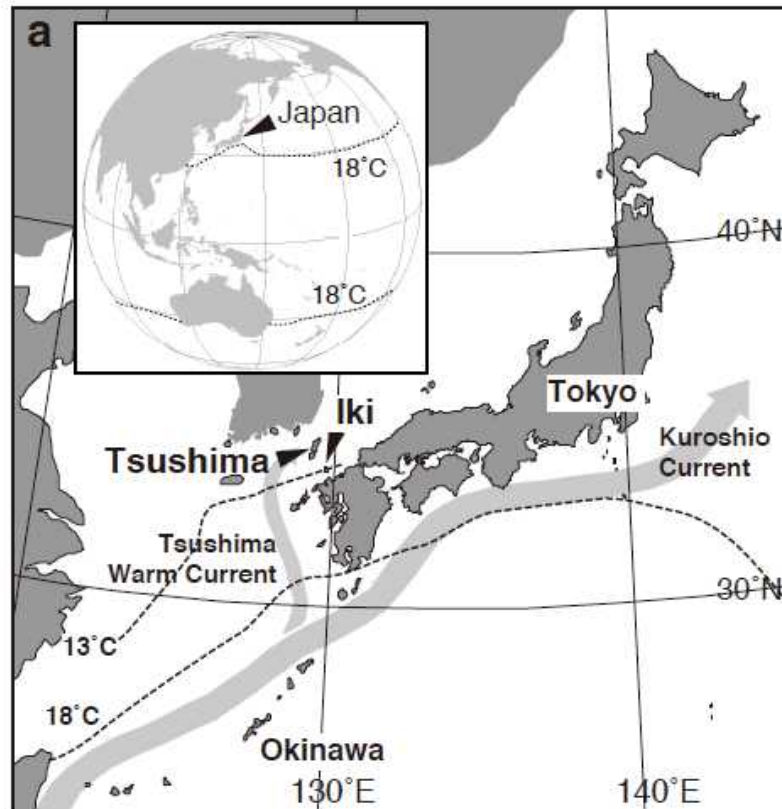
黒潮の影響で、サンゴの種数は多い



日本のサンゴ礁の緯度変化



長崎県壱岐と対馬のサンゴ礁



Yamano et al. (2012)

世界最北限のサンゴ礁

壱岐・対馬のサンゴ

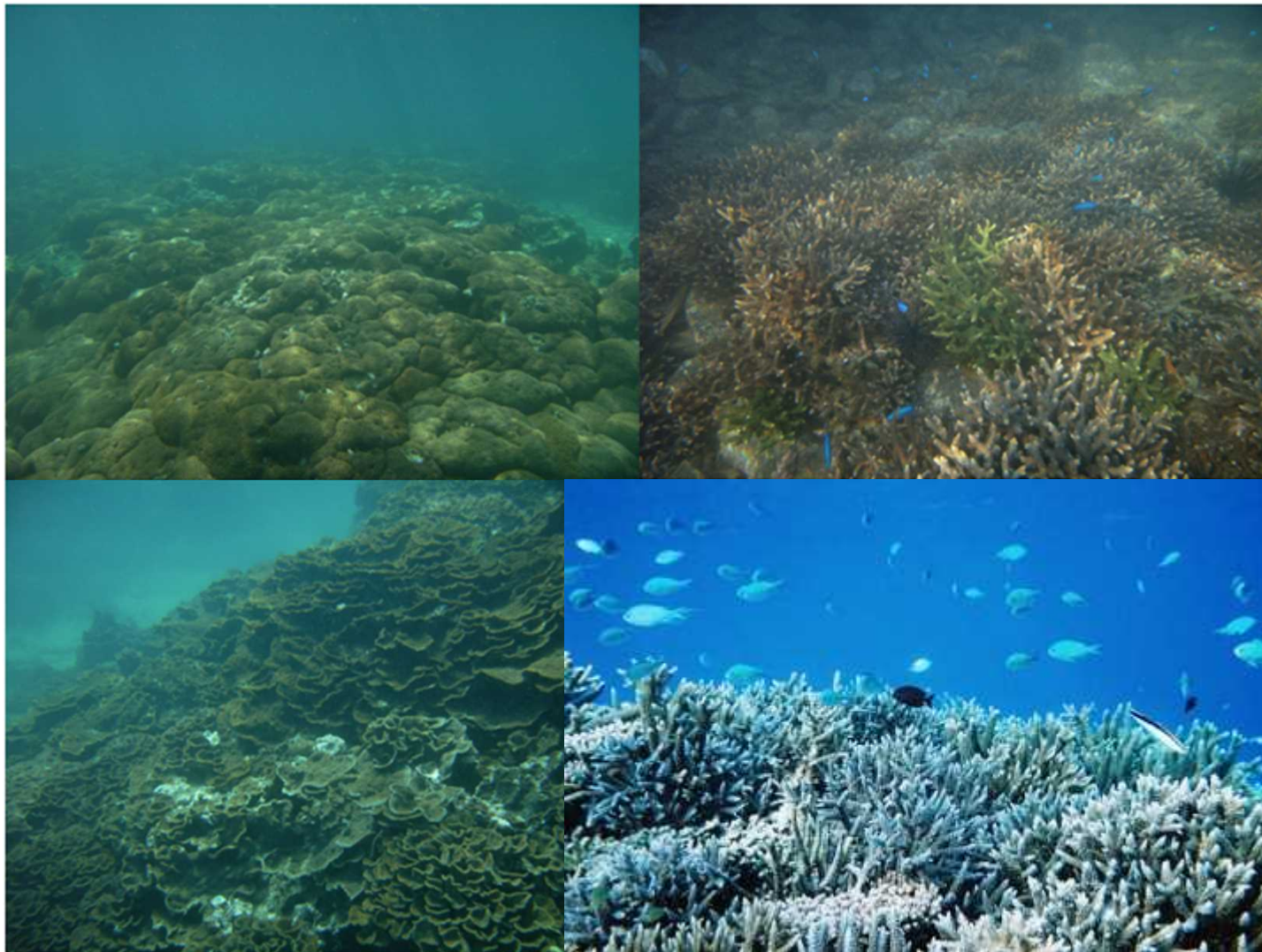


写真: 杉原 薫

最近のサンゴ礁の変化

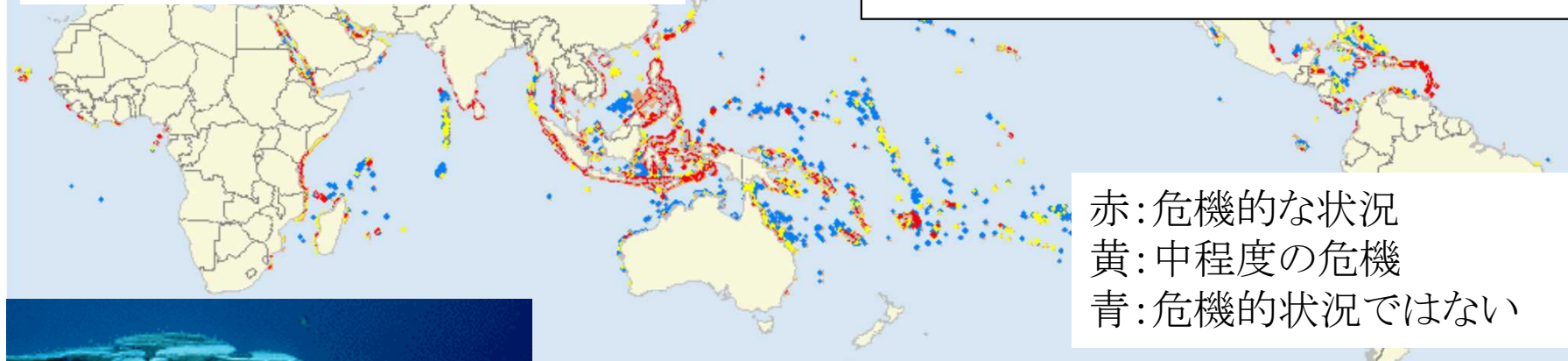
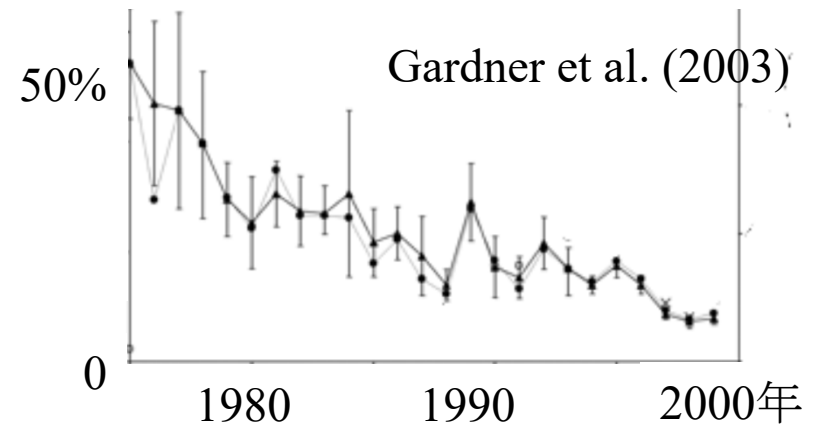
海水温上昇による

- ・白化
- ・高緯度での種変化

海洋酸性化による石灰化阻害

ローカルなストレスとの複合影響

カリブ海のサンゴ被度の推移



赤:危機的な状況
黄:中程度の危機
青:危機的な状況ではない



和歌山・串本沿岸に熱帯サンゴ、本州で初めて発見

本州最南端の和歌山県・潮岬（串本町）沿岸で21日、沖縄以南の熱帯に分布する「リュウキュウキッカサンゴ」を、串本海中公園センターの野村憲一学芸員（49）が本州で初めて確認した＝写真は野村学芸員撮影。国内の北限は高知県足摺岬周辺だった。潮岬沿岸は黒潮の接近に加え、海水温も上昇。専門家は黒潮で運ばれた幼生が地球温暖化の影響もあって成長した可能性があるとしている。

野村学芸員は、潮岬西約100メートルの海底（水深約6メートル）でオニヒトデを駆除中、緑褐色の同サンゴ1群落（長さ約3メートル、幅約2メートル）を発見した。大きさから、1990年ごろに幼生が定着したとみられる。

温帯から亜熱帯の潮岬沿岸では、2月の水温がここ数年、約1度上昇し、91年以降は黒潮が接近。

家戸敬太郎・近畿大水産研究所助教授（水産増殖学）は「水温上昇が要因では。特にこの冬は高く、これまで越冬できなかった魚や貝の生存も確認されている」と指摘している。

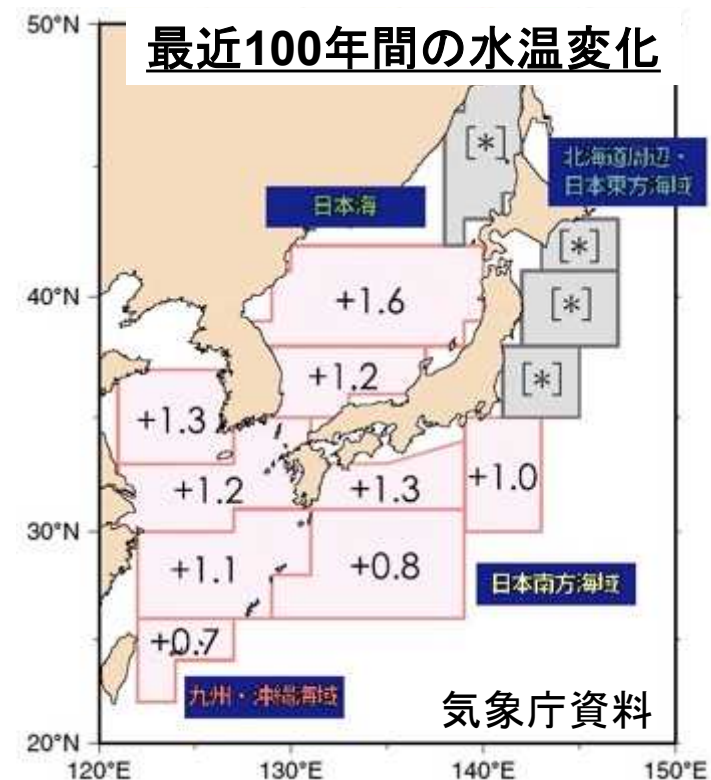
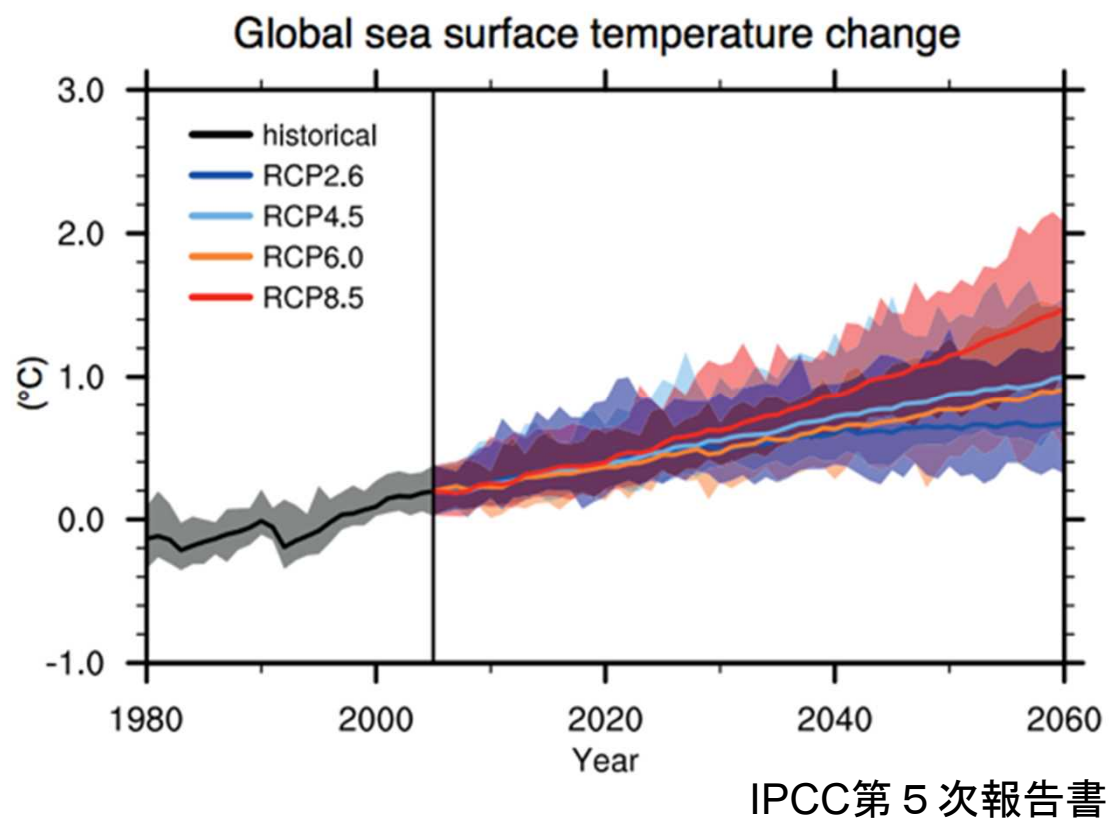
（2007年2月22日 読売新聞）

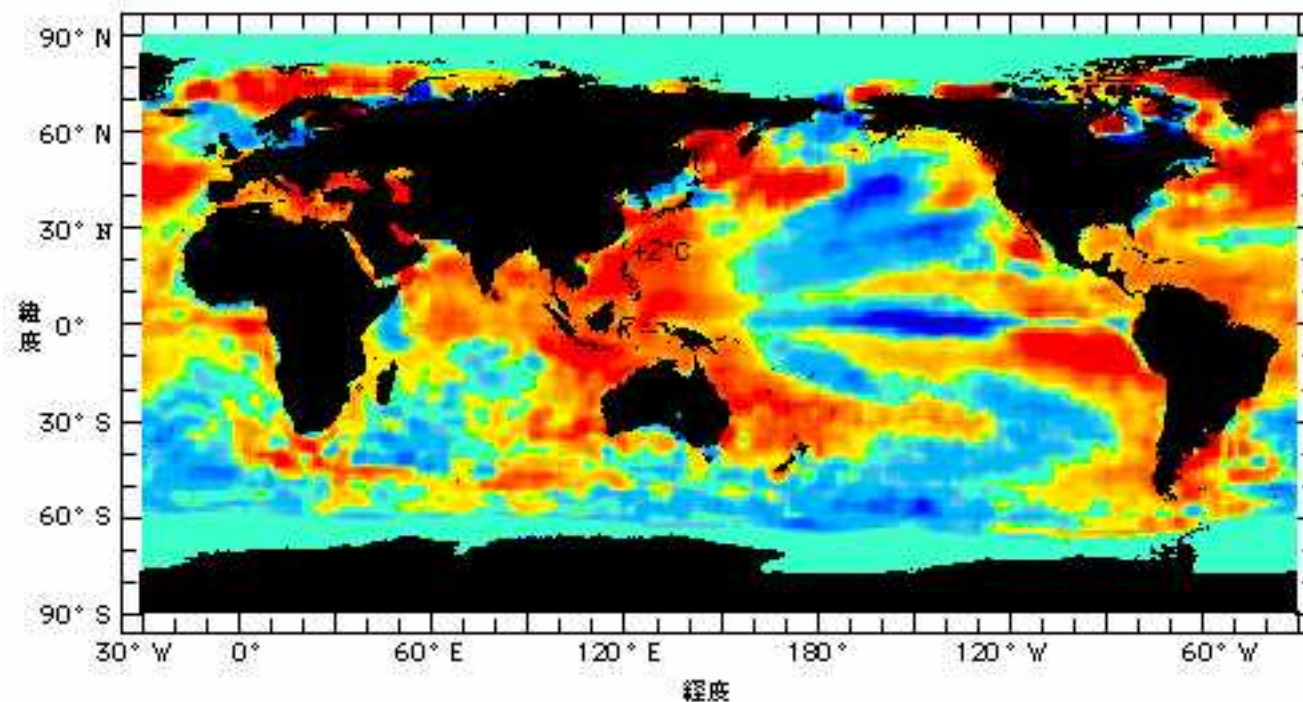


“Reefs at Risk”

(<http://www.reefbase.org>)

海水温は上昇を続けている



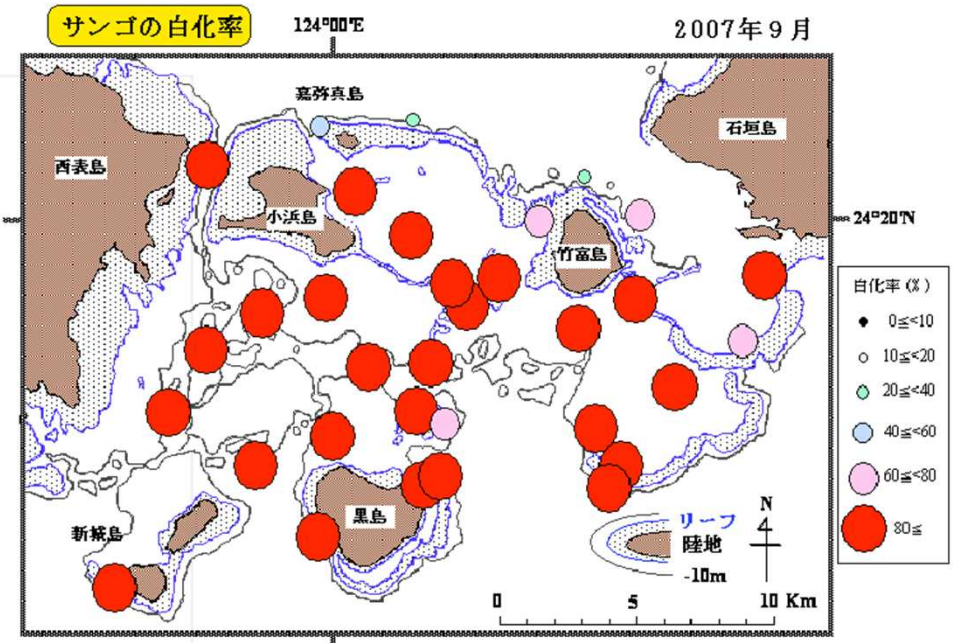
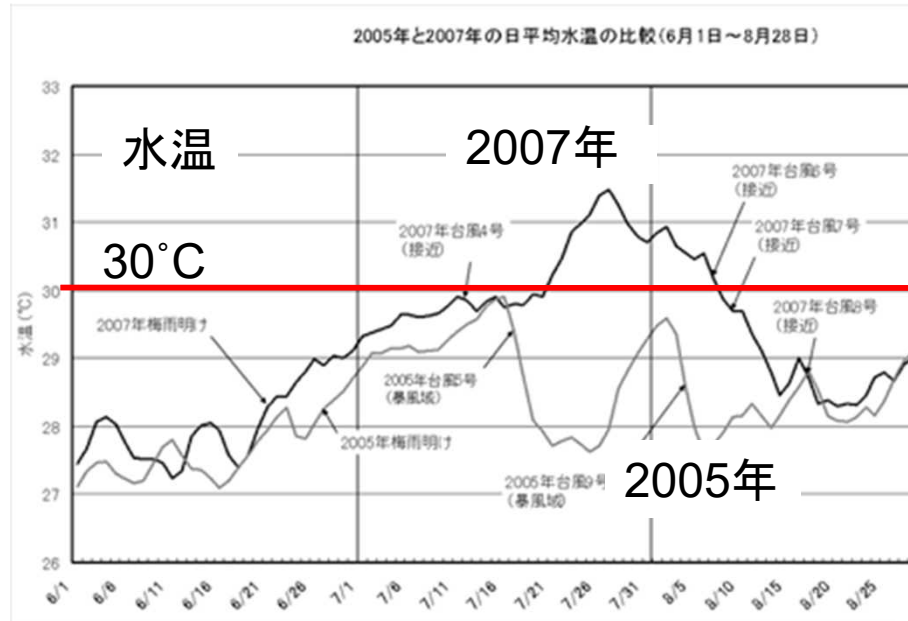


1998年夏の高水温 とサンゴ白化



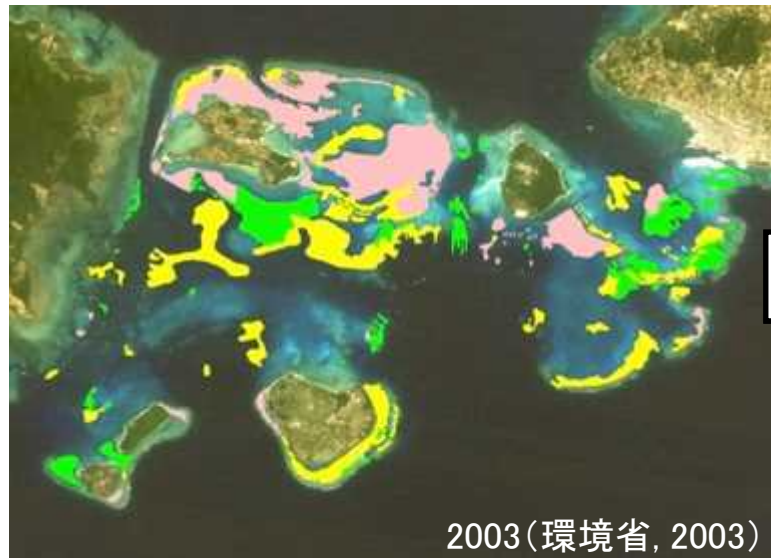
日本サンゴ礁学会ウェブサイト (http://www.jcrs.jp/wp/?page_id=622)

2007年の白化



データ: 環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター

緑: 50-100 %
黄: 5-50 %
ピンク: <5 %



石西礁湖内のサンゴが1/3に減少



2016年夏の大規模サンゴ白化



サンゴの市民参加型調査
<http://www.sangomapp.jp>
2008年～





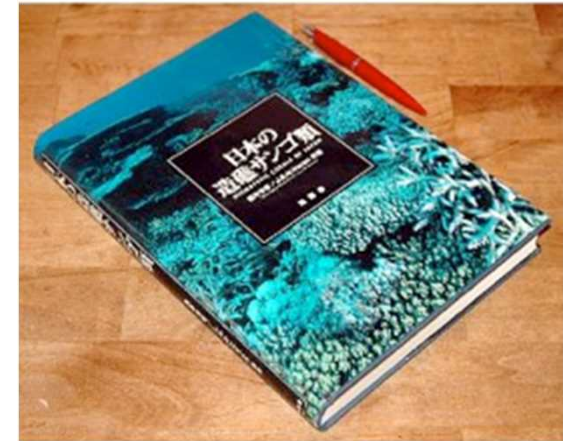
分布記録のデータベース化



1930年代
東北大博物館所蔵標本



1960-1970年代
海中公園調査報告



1980年代
造礁サンゴ図鑑
(西平・Veron, 1995)



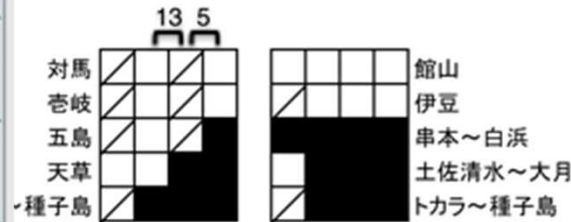
2000年代
自分たちで調査
(OWSとの共同調査)

サンゴの分布北上

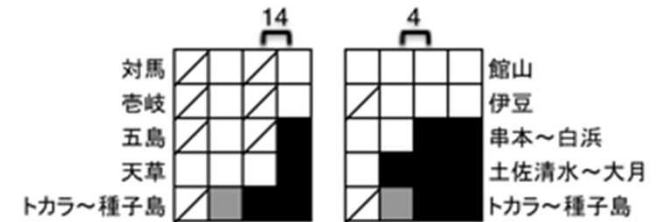
4種が北上、速度は最大14km/年
(他の生物より2桁大きい)



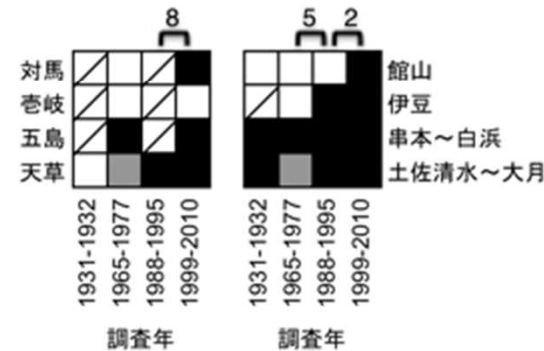
クシハダミドリイシ



スギノキミドリイシ



エンタクミドリイシ



シコロサンゴ



サンゴガニが共生
(北限記録！)



スギノキミドリイシ@五島



エンタクミドリイシ@館山

Yamano et al. (2011, 2012)

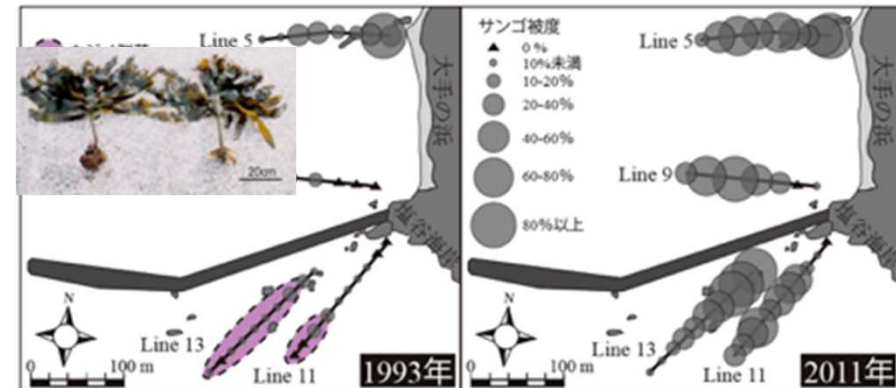
海藻からサンゴへ



Kumagai et al. (2018a)

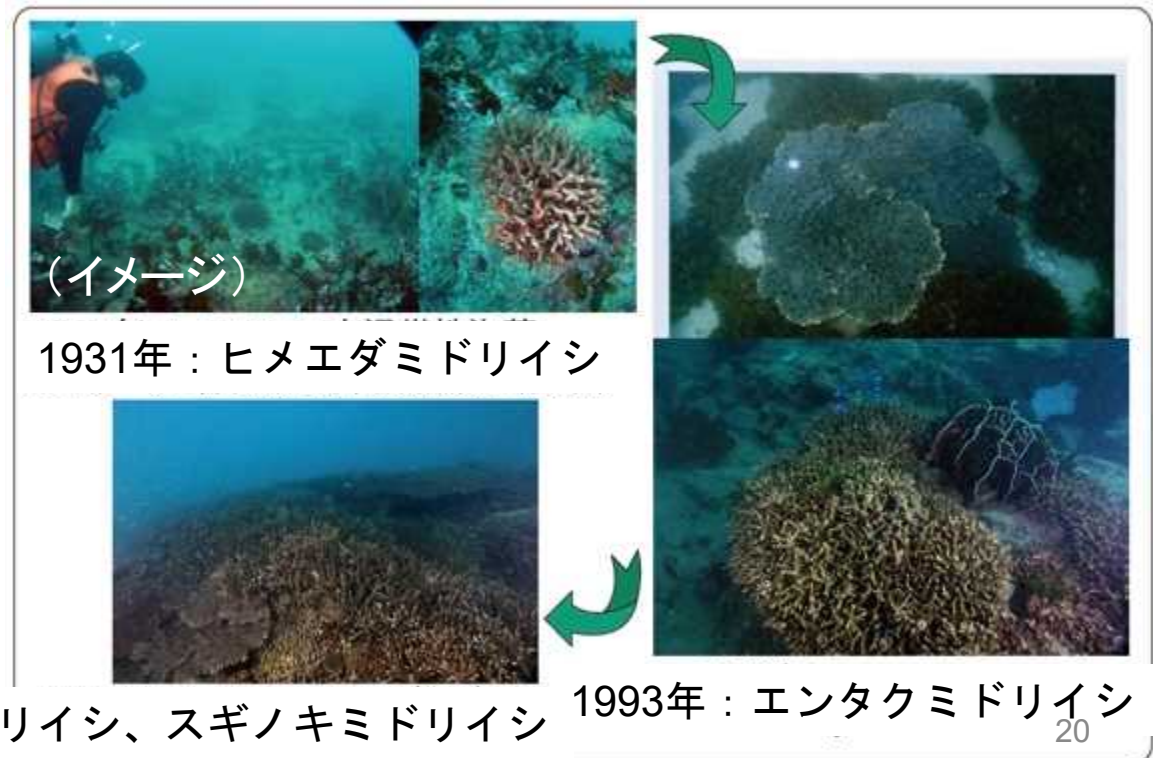
カジメ

サンゴ被度



サンゴ
温帯性→暖温帯性
→亜熱帯性へ

目崎ほか(2012)



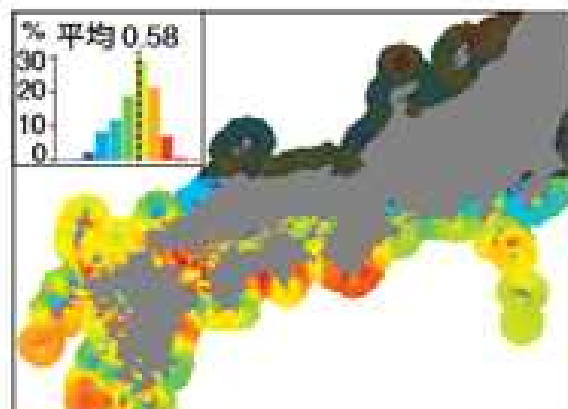
生態系の“熱帯化”：温帯で海藻藻場からサンゴ群集への置き換えりが進行するメカニズムを世界で初めて解明 －気候変動、海流輸送、海藻食害による説明－

2018年8月21日

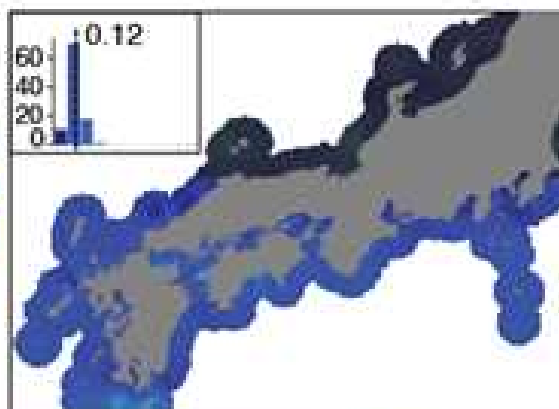
(筑波研究学園都市記者会、環境省記者クラブ、環境記者会、文部科学記者会、科学記者会、北海道教育庁記者クラブ、立川市政記者クラブ同時配付)

海藻食害魚の駆除

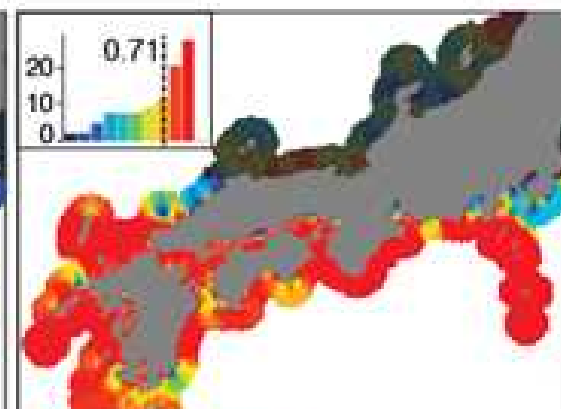
A 海藻藻場からサンゴ群集へと移行する潜在確率



B サンゴの増加によってサンゴ群集へと移行する確率



C 魚が海藻を食害することでサンゴ群集へと移行する確率



潜在的確率



国立環境研究所
温暖化影響評価のための
海洋モニタリング



2008年～

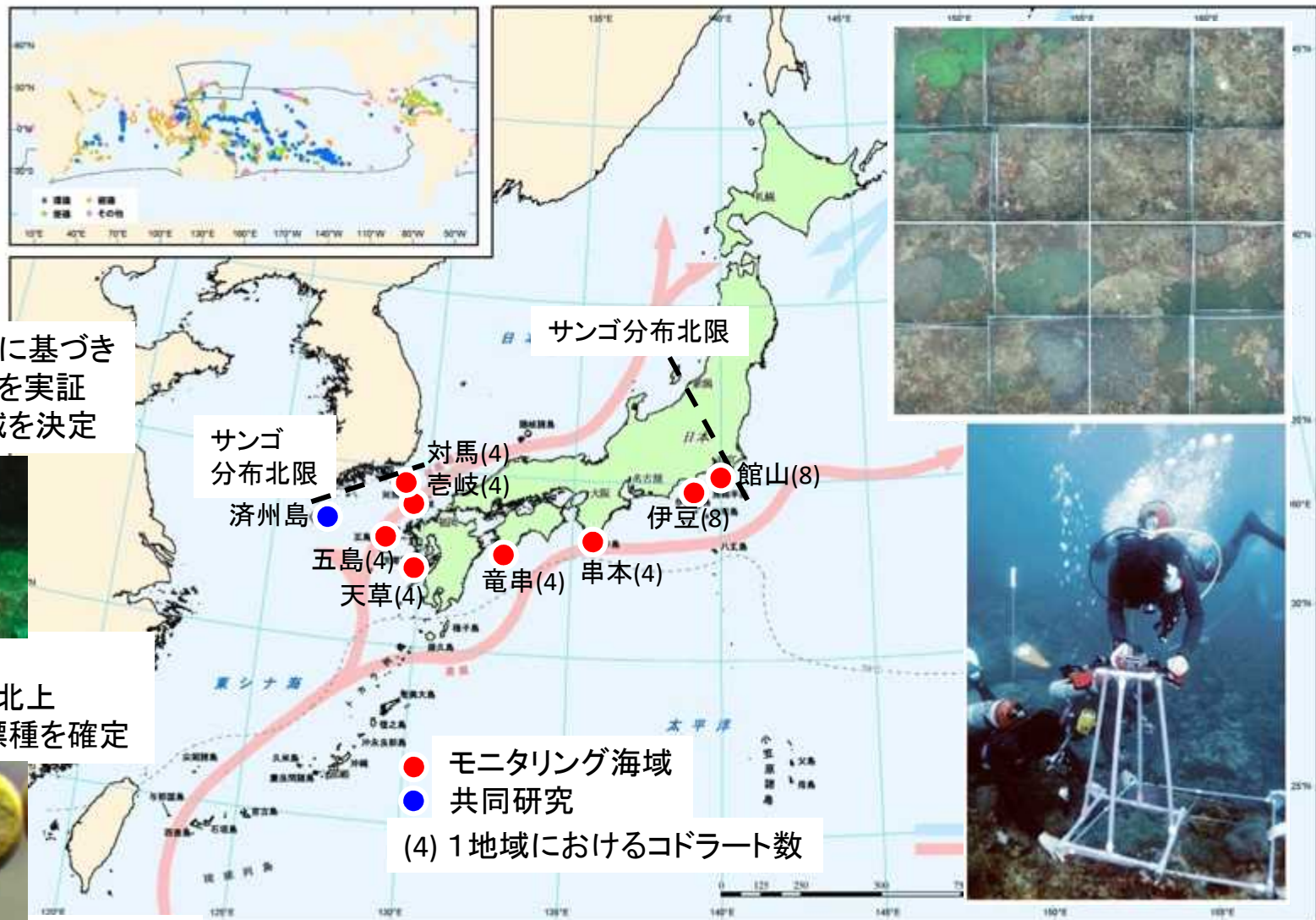
過去からの記録に基づき
サンゴ分布北上を実証
モニタリング海域を決定



造礁サンゴ
水温上昇により北上
温暖化影響指標種を確定



サンゴ共生藻(褐虫藻)
水温上昇により共生関係変化
遺伝子識別技術開発



臨海試験所などの沿岸に定点を定め、コドラートを設置して長期観察
北上して成長するサンゴの観察とともに、共生藻の変化を遺伝子レベルで決定

OWS 造礁サンゴ調査プロジェクト

市民参加型調査



MENU

HOME

プロジェクトの概要

造礁サンゴ探索調査

モニタリング調査

保全のための普及啓発

造礁サンゴフィールド図鑑

観察できたサンゴのデータ

違法採取への取り組み

協力者・協力団体一覧

協力研究者より

参加メンバーのページ

造礁サンゴフィールド図鑑 ～伊豆・三浦・房総編

伊豆・三浦・房総の海域には40種以上の造礁サンゴが生息しているといわれています。

この地域で観察できた造礁サンゴのデータを記録し、オリジナルのフィールド図鑑「造礁サンゴフィールド図鑑 ～伊豆・三浦・房総編～」を制作しました。

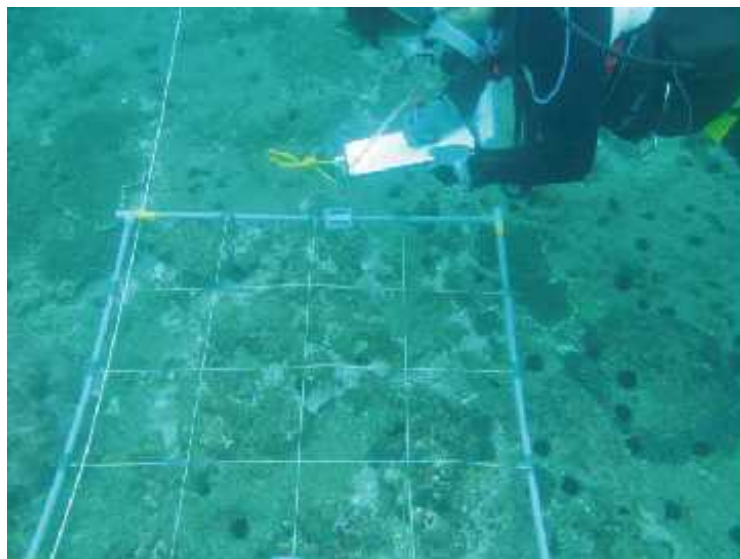
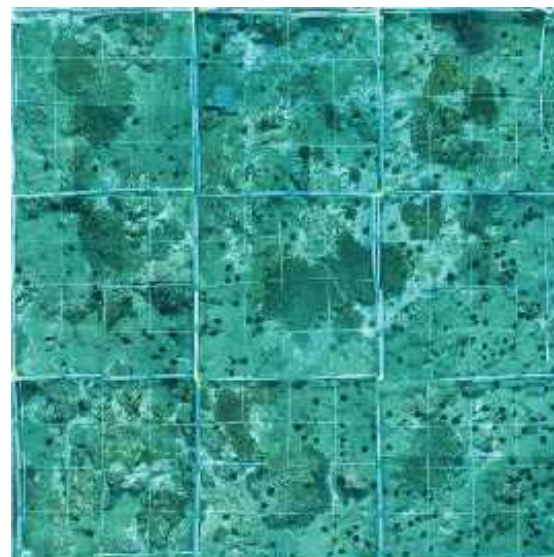
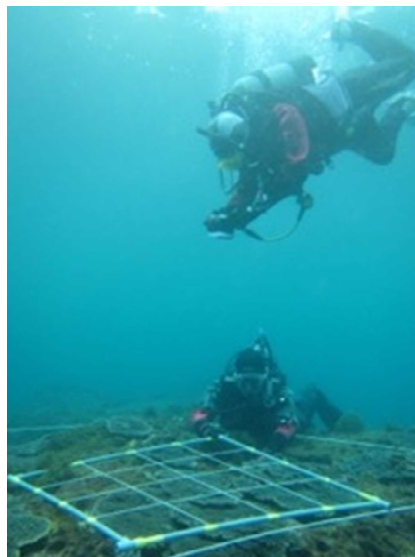
主に探索調査で観察したデータを掲載しており、OWSメンバーを中心とした調査参加者が実際に撮影した写真が採用されています。

研究者用の専門書ではなく、一般のダイビングやシュノーケリング愛好者が野外で観察する場合に役立つ実用的な図鑑として制作しました。

この図鑑は、原稿執筆・写真撮影・監修等、全てプロジェクトの参加者、協力者によって行われました。



サンゴのモニタリング



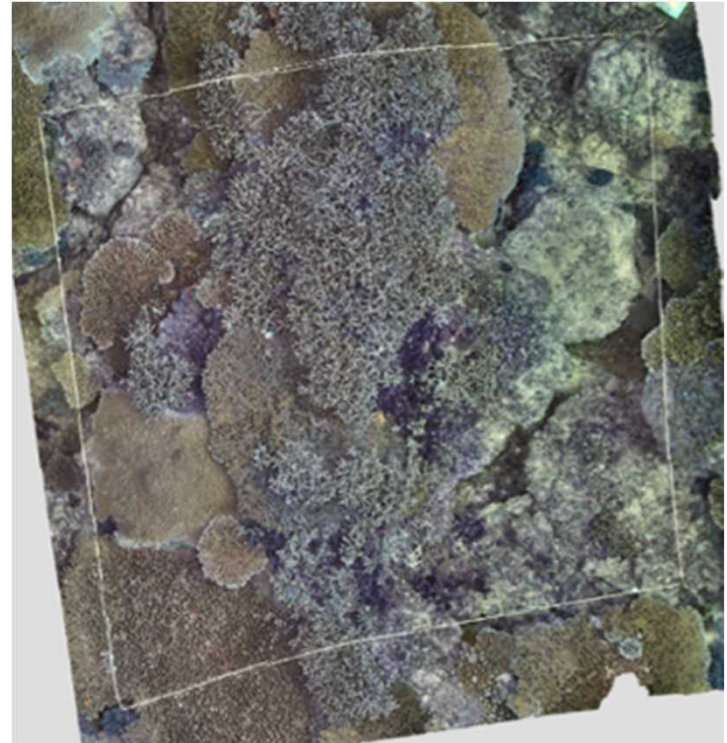
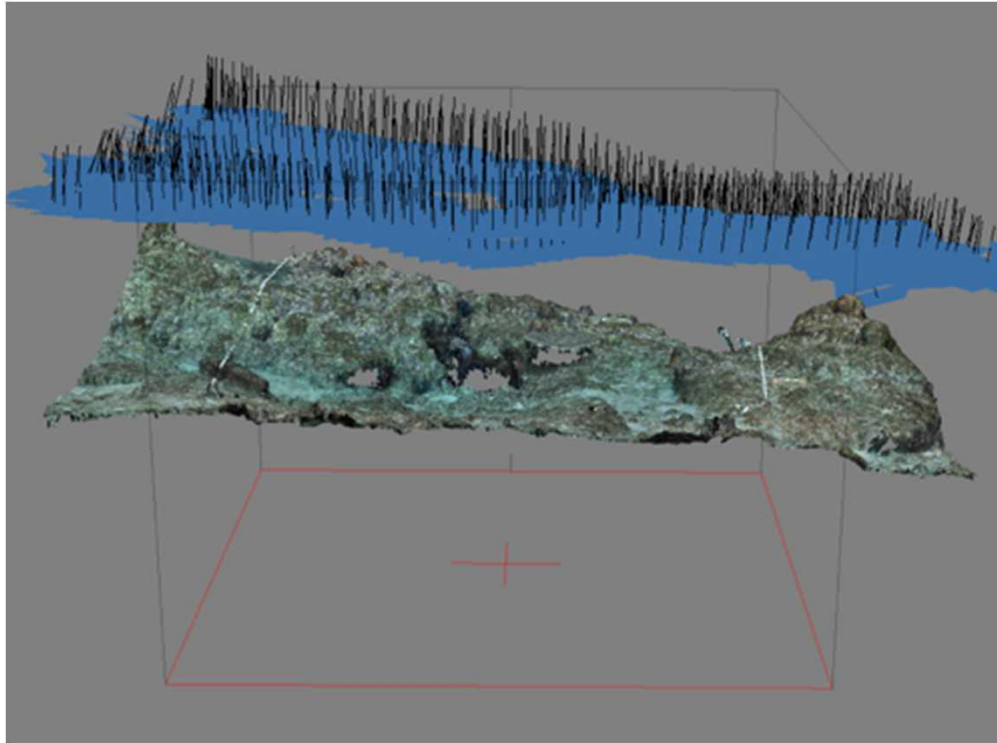
↑
3m
↓

← 3m →



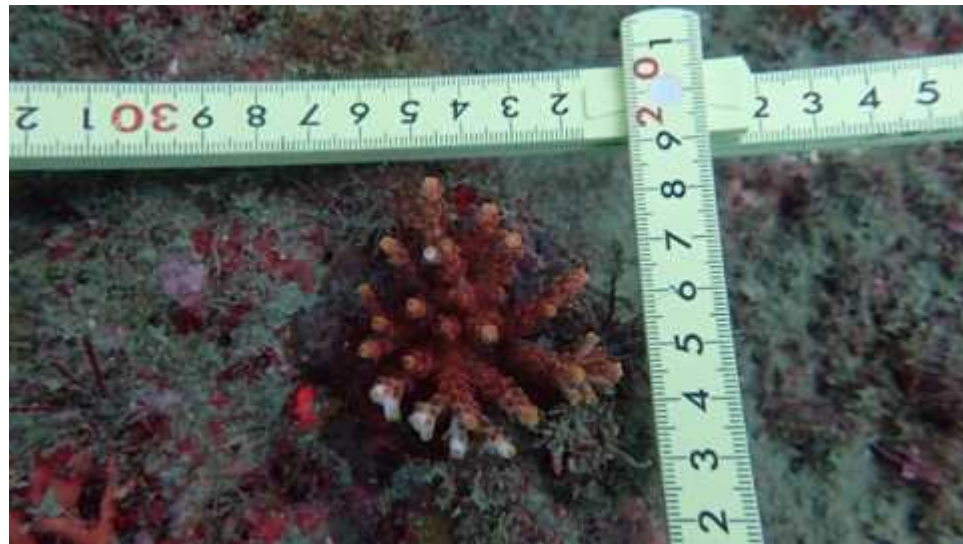
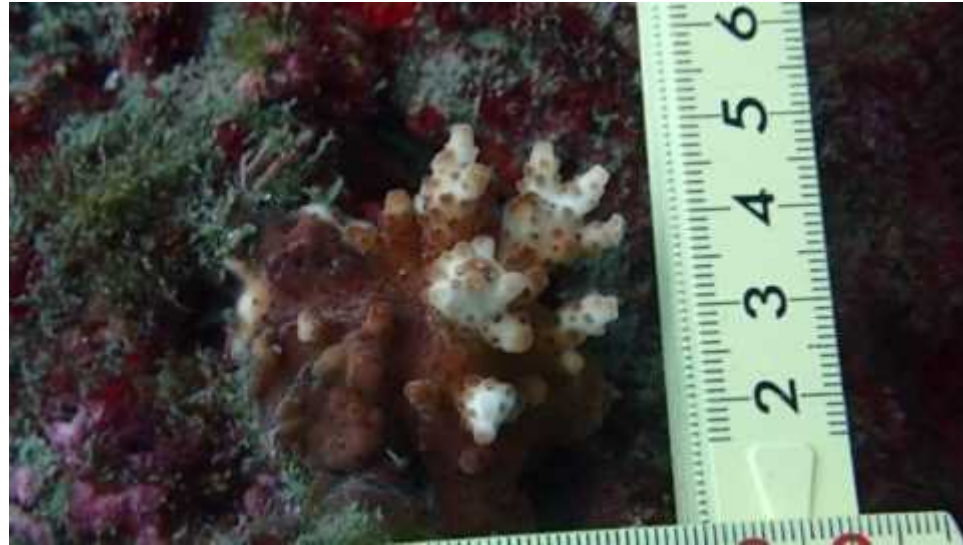
ビデオ画像撮影: 1コドラートあたり再設置・撮影30分、画像処理半日
現地調査2〜3日→1日に短縮

SfMを用いたビデオ画像処理



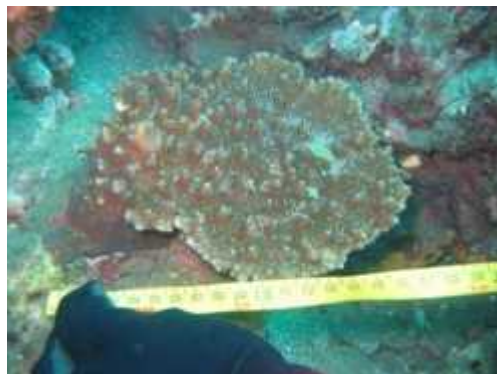
Structure from Motion技術を用いた三次元形状とオルソ画像作成

千葉県館山にエンタクミドリイシが新規加入



千葉県館山のエンタクミドリイシが低水温で斃死

2007/11/07



2008/09/24

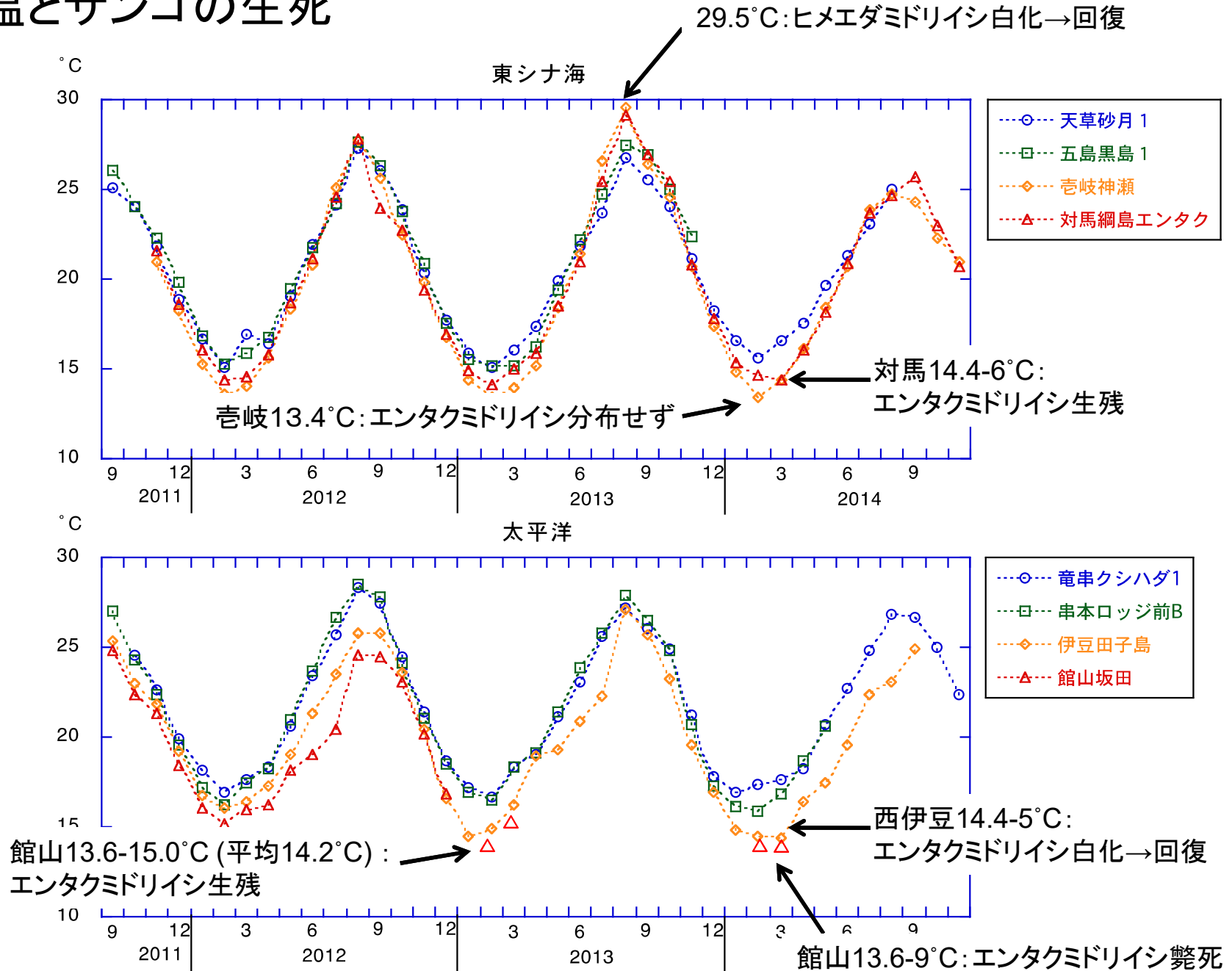


2009/06/05



山野・浪崎(2009)

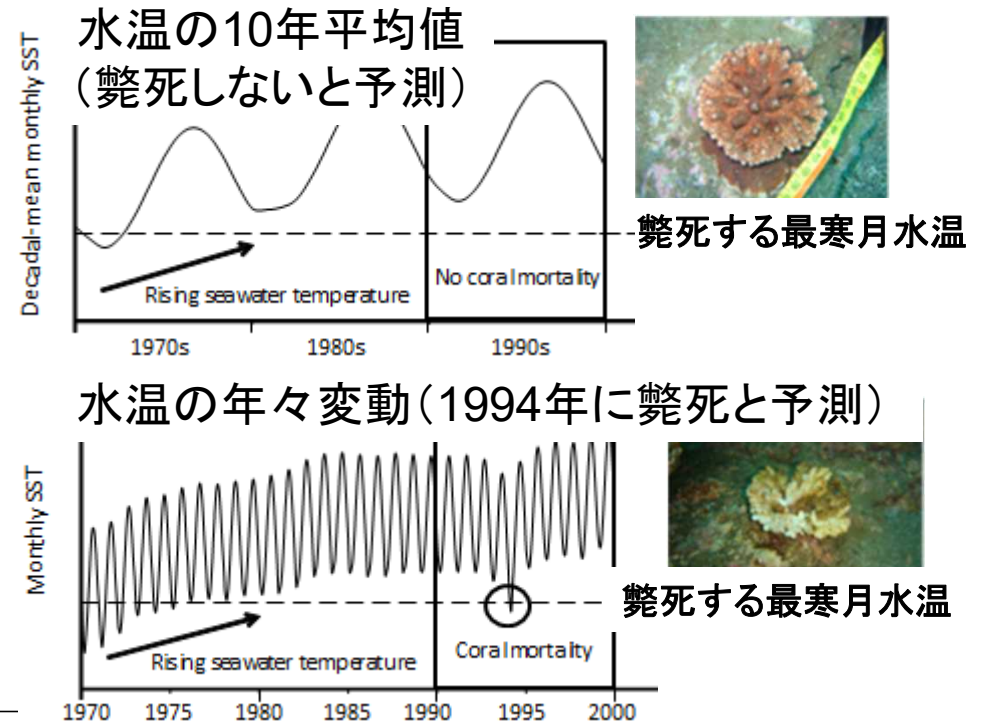
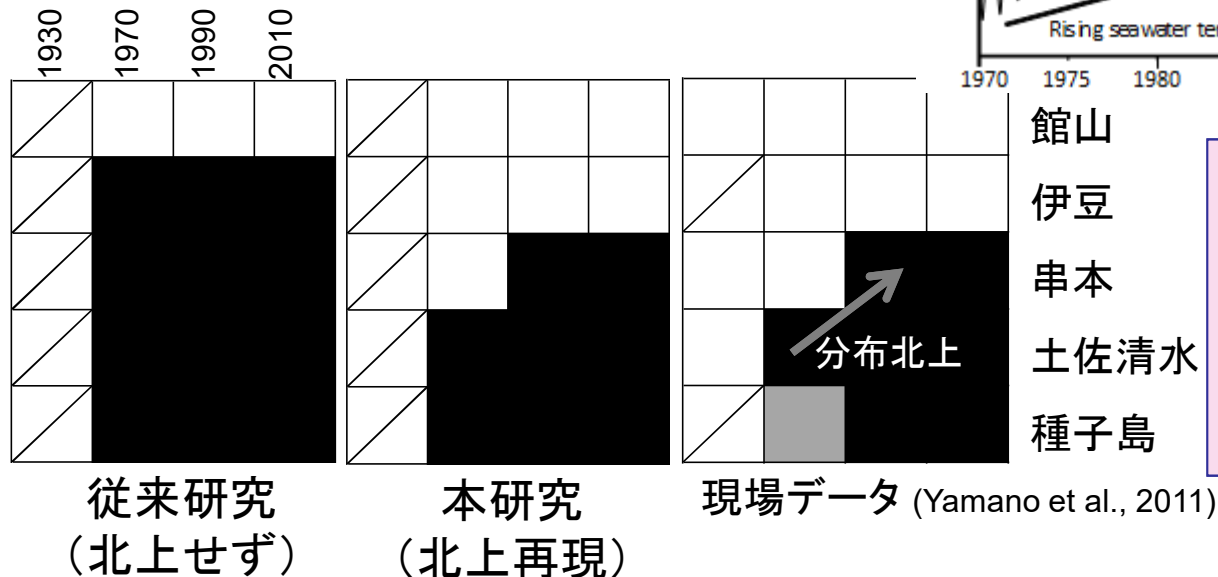
水温とサンゴの生死



水温の年々変動を考慮したサンゴ分布北上予測の高度化

10年平均水温値を用いた従来のモデル研究結果ではサンゴ種の北上を再現できなかった

CGERモニタリング結果から得られたサンゴ種ごとの低水温耐性値と、月ごとの水温変動を計算できる気候モデル(miroc4h)を用いて、過去80年間のサンゴ北上を再現

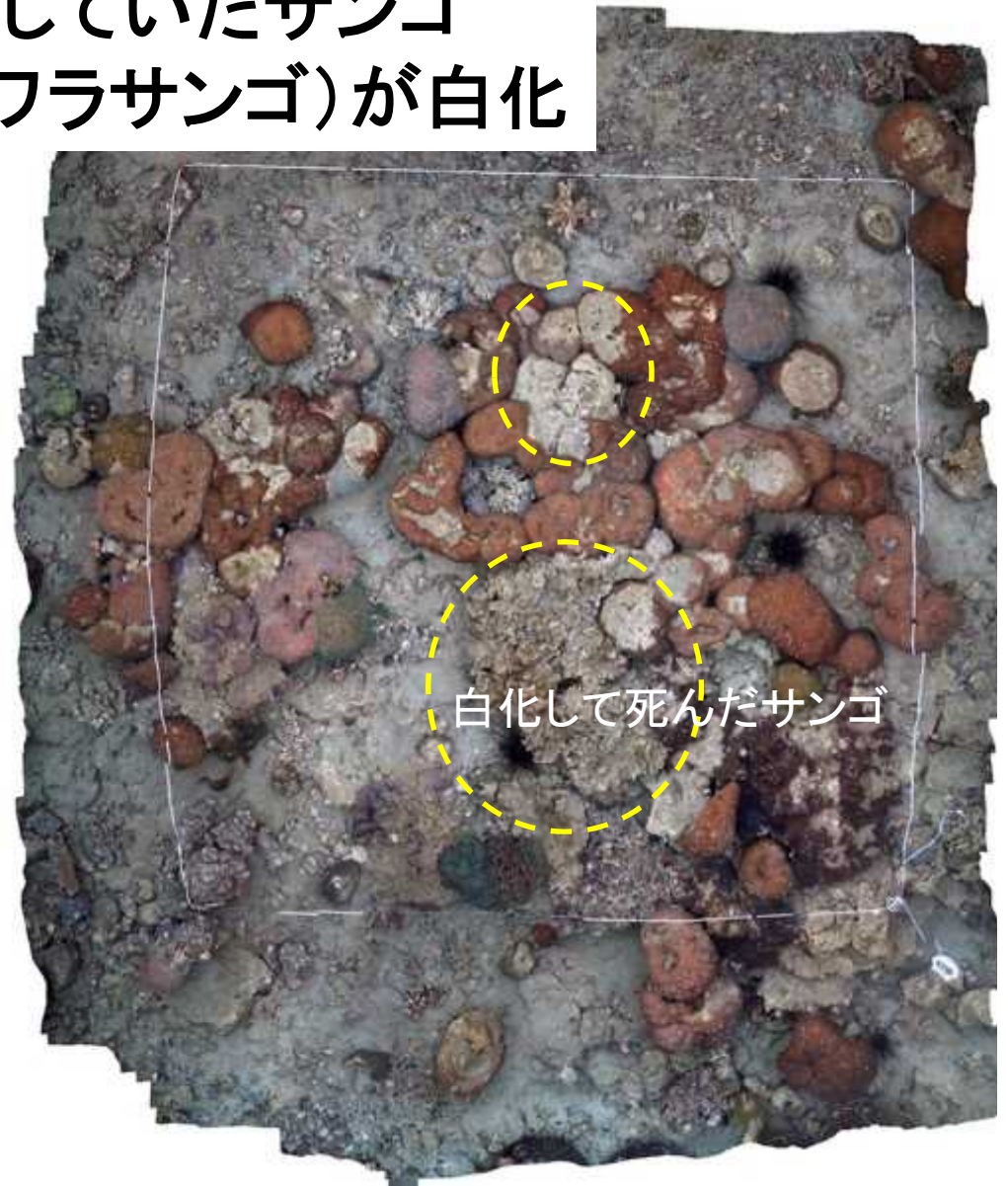


最寒月水温の年々変動とサンゴの斃死水温を考慮することでサンゴ種ごとの北上を再現 → 将来予測の高度化 (Takao et al., 2015)

対馬：従来生息していたサンゴ
(キクメイシ、カワラサンゴ)が白化



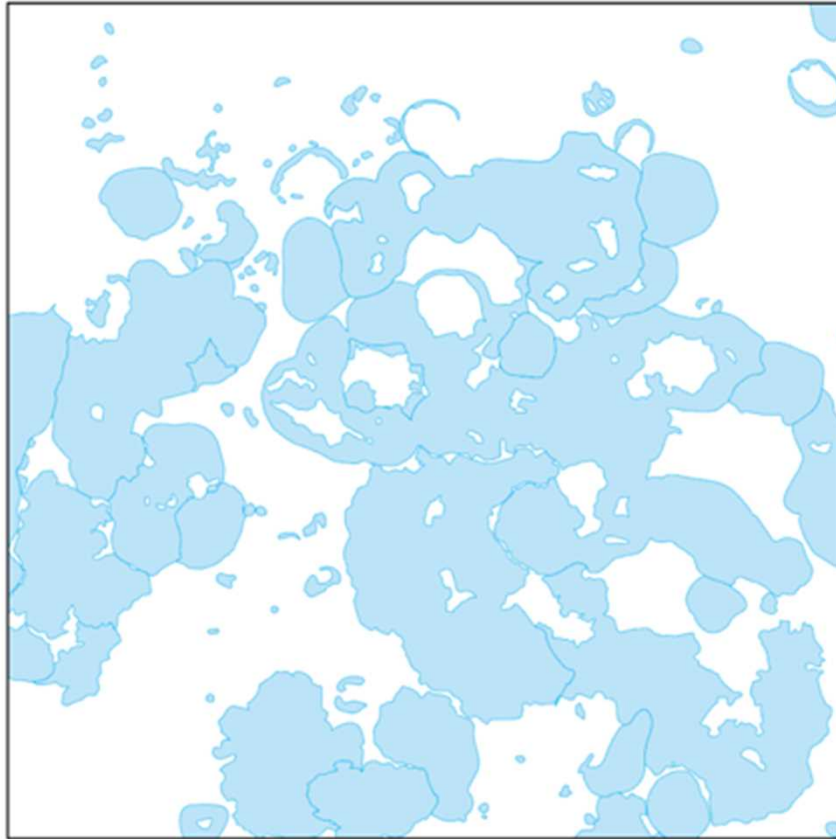
2016年1月



2016年12月

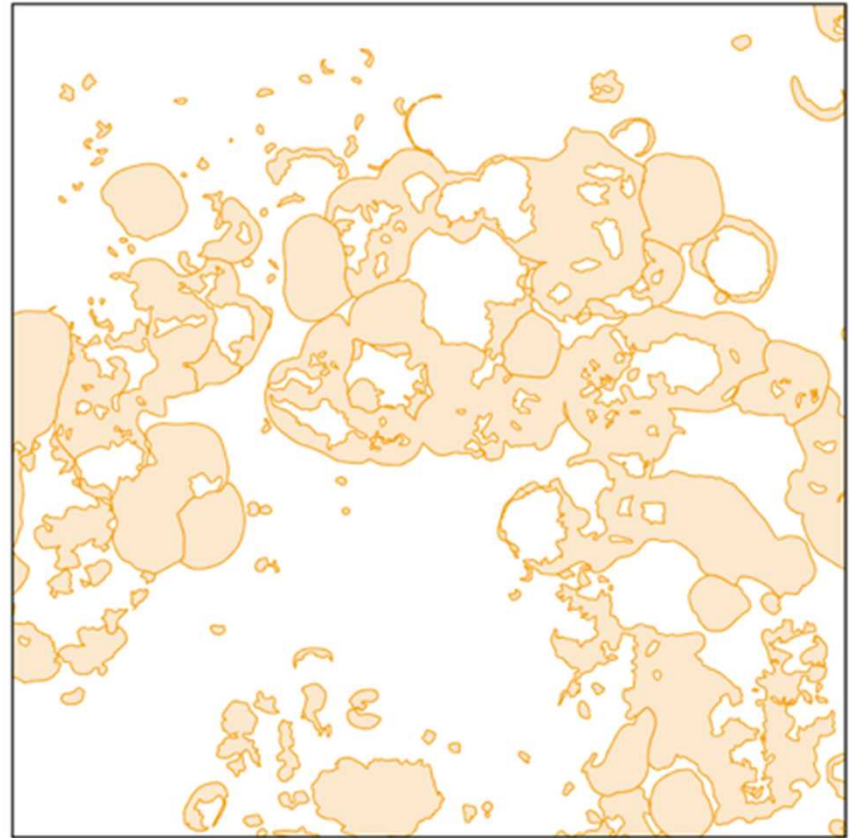
対馬：従来生息していたサンゴ (キクメイシ、カワラサンゴ)が白化

トレース:2015年 対馬D 3×3



2016年1月

トレース:2016年 対馬D 3×3

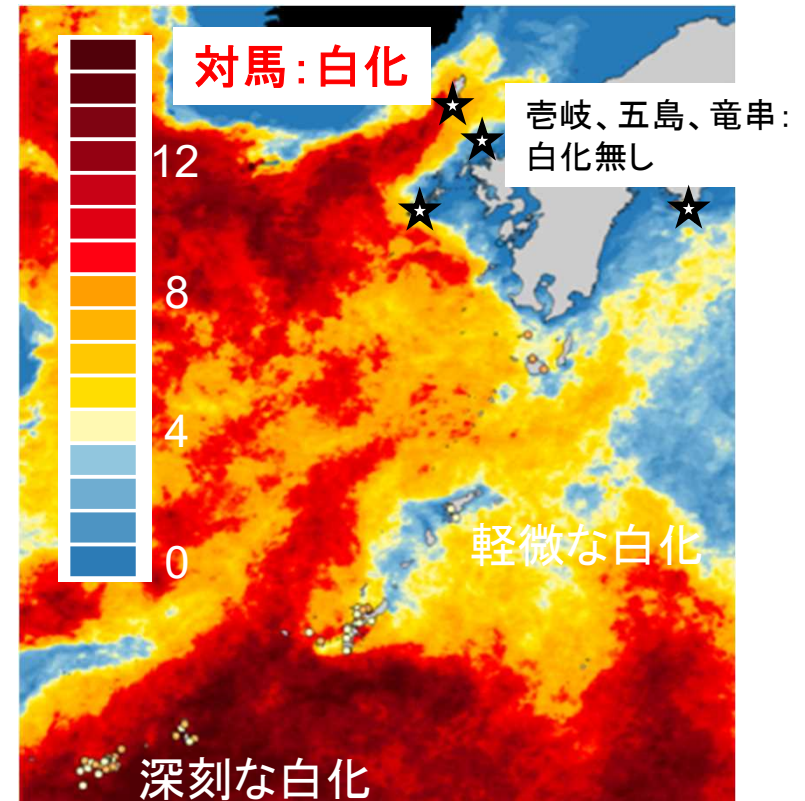


2016年12月

2016年夏 長崎県対馬：白化，他のサイト：白化無し



サンゴ白化予測



サンゴ白化水温指標の構築
→ 温帯について検証

日本のサンゴ白化現象発生海域の広域モデリング

サンゴ白化データ

市民参加型調査：「日本全国みんなでつくるサンゴマップ」の投稿データ（2008-2016年）



+ モニタリングデータ

環境要因

水温： 最適化DHW（値水温を統計学的に最適化したDHW、MUR-SST）

水温： DCW（基準水温を下回る側を積算したdegree cooling weeks）

紫外線： 月平均UV-B、MODIS-Aqua & Terra（JASMES解析）

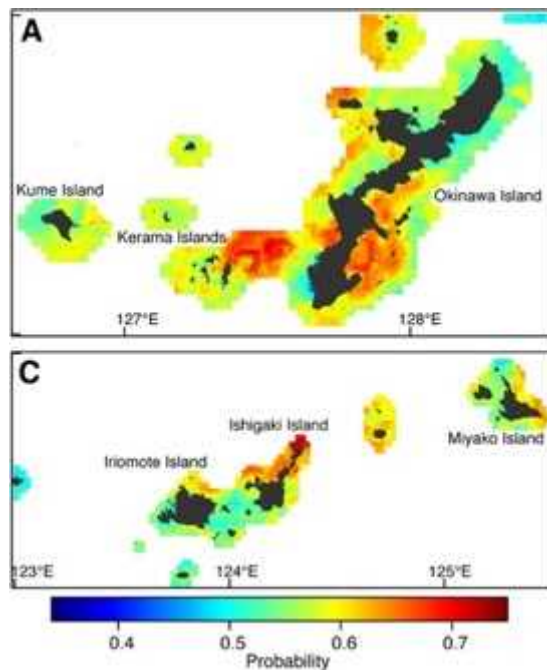
濁り： k490、7-9月の気候値、MODIS-Aqua（NOAA解析）

モデリング

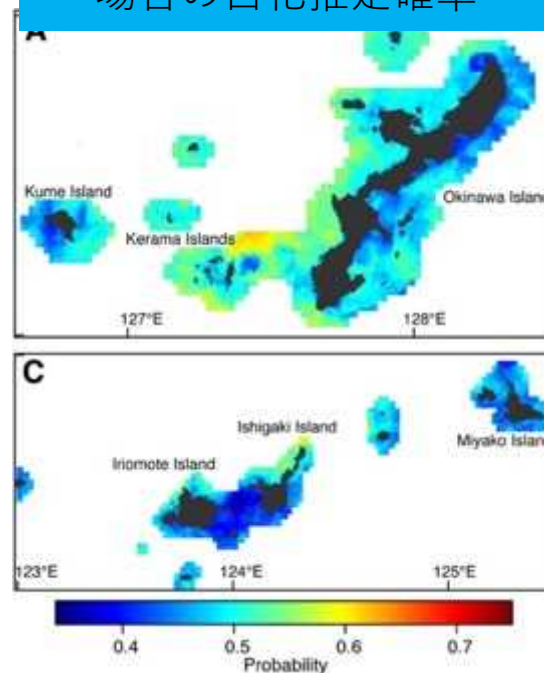
Random forest（機械学習）の10回クロスバリデーションにより白化確率を計算

脆弱性評価とともに、白化の起こりにくい場所（保全・再生の優先海域）を抽出可能
適応策の評価が可能

白化推定確率



適応策（遮光）を講じた場合の白化推定確率



沖縄県サンゴ礁再生事業の重点課題として採択

Kumagai et al. (2018b)

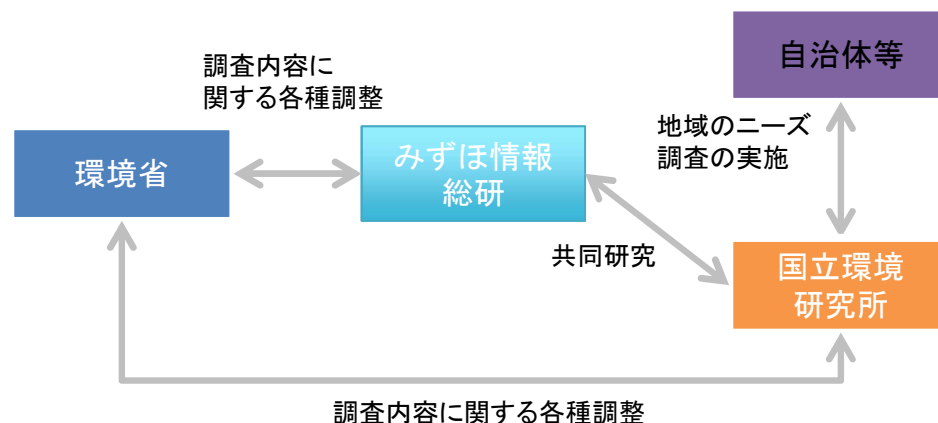
【計画】0-3 国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査

■ 調査目的

- 近年、国立公園等の自然保護区における生態系及び生態系サービスへの気候変動による深刻な影響が観測されている。
- 4地域における生態系及び生態系サービスを対象に、気候変動による影響評価を実施し、実現可能な適応策を具体的に検討する。

■ 調査計画

年度	主な調査項目
H29年度	<ul style="list-style-type: none"> 対象地域の基盤情報の収集・整備 現地関係者や有識者へのヒアリング
H30年度	<ul style="list-style-type: none"> 上記調査とその結果にもとづき対象とする指標を選定 現地の生態系の把握 影響評価モデルの作成、試験的な影響評価の実施
H31年度	<ul style="list-style-type: none"> 現地の生態系の把握 影響評価の実施 適応策の検討



出典
写真: 環境省HP
白地図: 国土地理院 (<http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>)

0-3 国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査(2)

■ 評価対象の選定

- 対象生物および対象生物により構成される生態系
- 上記の生態系に関わる主な産業・生態系サービス

白神山地世界遺産

ブナ原生林



白神山地ビジターセンターFacebook

観光業(紅葉等)



妙高戸隠国立公園

ライチョウ・
高層湿原植生



http://chubu.env.go.jp/shinetsu/pre_2017/post_31.html

観光業(登山、
紅葉、スキー等)



足摺宇和海国立公園

サンゴ群落、藻場



<https://www.env.go.jp/park/ashizuri/guide/view.html>

観光業(ダイビング
等)、漁業・養殖業



奄美群島国立公園

サンゴ礁



<https://www.env.go.jp/park/amami/index.html>

観光業(ダイビング
等)、漁業



0-3 国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査(1)

■ 基盤情報の収集と整備

➤ 行政文書等の収集

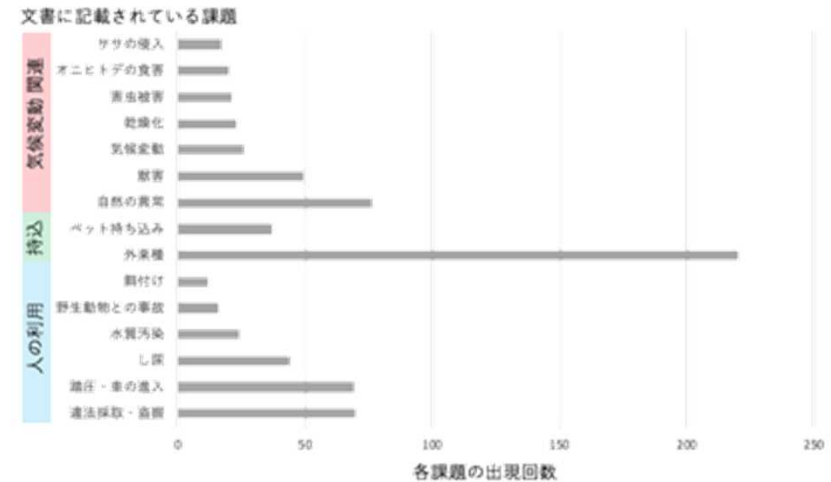
- ・ 環境省HP
- ・ 国立公園管理計画書
- ・ 国立公園計画・指定書
- ・ 地方自治体の観光計画書等
- ・ 法律・条例

➤ 有識者・現地関係者へのヒアリング

- ・ 環境省自然保護官
- ・ 行政担当者(観光、環境、水産)
- ・ 大学
- ・ 研究機関
- ・ NPO
- ・ 観光業者
- ・ 漁業関係者
- ・ 地元住民

行政文書に記載されている自然への脅威

全国の国立公園の管理計画書をテキスト化して内容を分析した。各公園で認識されている課題を抽出し、文書中の出現回数(総数)を示す(一部)。



足摺宇和海国立公園におけるヒアリングの結果

足摺宇和海国立公園およびその周辺で実施した有識者・現地関係者へのヒアリング内容について、当該地域を5つに分けた上で発言内容のテキスト分析を行い、出現単語(名詞)を可視化した。発言中に出現する回数の多い単語ほど大きく表示されている。

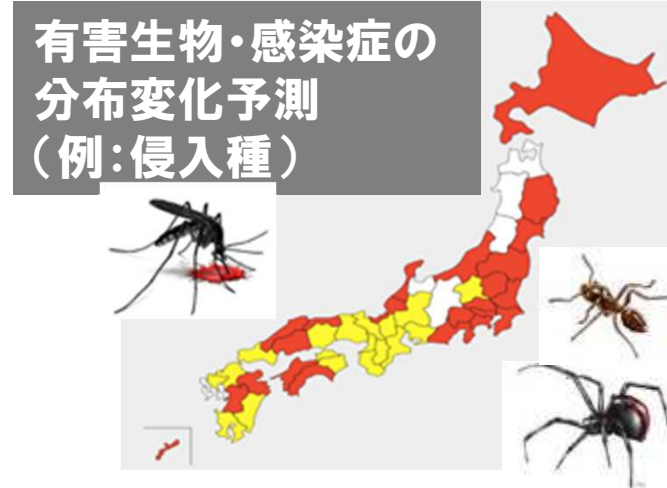
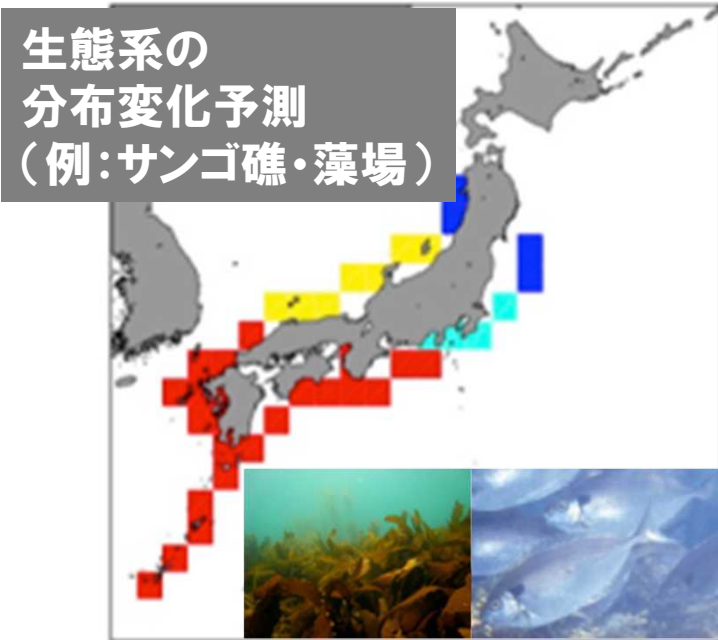


まとめ

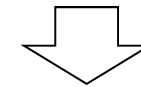
- 日本はサンゴの分布の北限域にあたり、水温上昇の影響を受けやすい、まさに環境変化の最前線
- サンゴ分布は北上、大型藻類は衰退：すでに変化は現れている
- 変化の実証と予測には、過去からのデータの掘り起こしやモニタリングなど地道な活動が必要不可欠
- 変化にどう適応するか
 - 元の生態系を維持する・・・藻場保全のための藻食魚の駆除
 - 変化に備える・・・南の管理情報の北への提供

気候変動の生物・生態系影響と適応計画

気候変動要因(温度・降水量)+気候変動以外の要因(土地利用)
+生態学的要因(環境適応度、繁殖・分散様式)の統合モデル化による予測



✓ 現在の生態系・種を維持するための管理



- ✓ 気候変動の影響が少ない地域の特
定と優先的な保全
- ✓ 移動・分散経路の確保、生態系ネッ
トワークの形成
- ✓ 気候変動以外の負荷低減
- ✓ 生態系を活用した適応策の推進



国～自治体での適応計画策定支援

- 駆除活動の指針
- 検疫・防除手法開発
- 保護区設計
- 人間活動の負荷低減