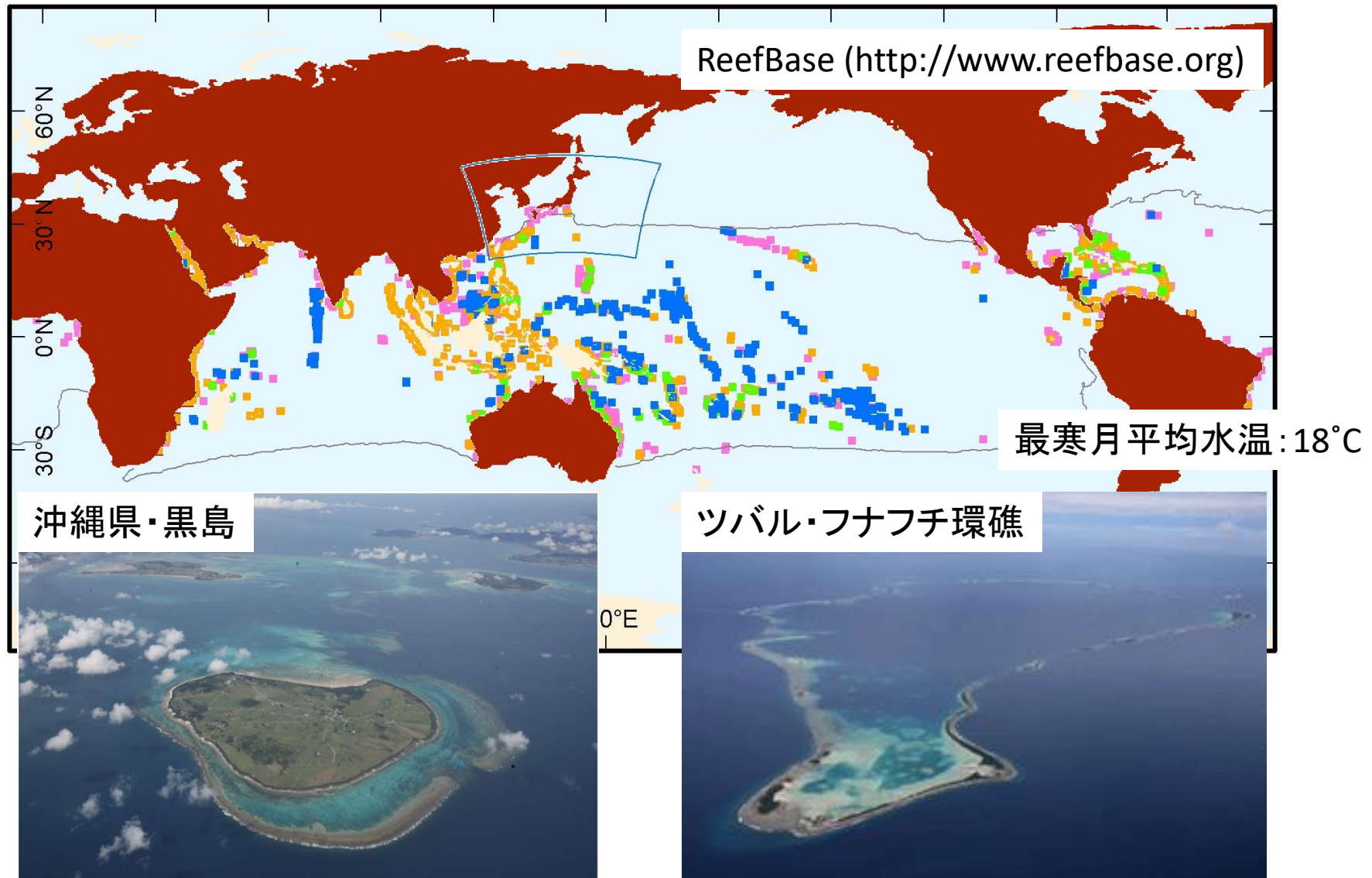


世界におけるサンゴ礁生態系の動向、 今後の予測、適応策に向けた取組

山野博哉(国立環境研究所)

2016年夏 沖縄県宮古島、八重干瀬(日本全国みんなで作るサンゴマップ提供)

サンゴとサンゴ礁の分布



サンゴ礁: 熱帯・亜熱帯の沿岸を構成する

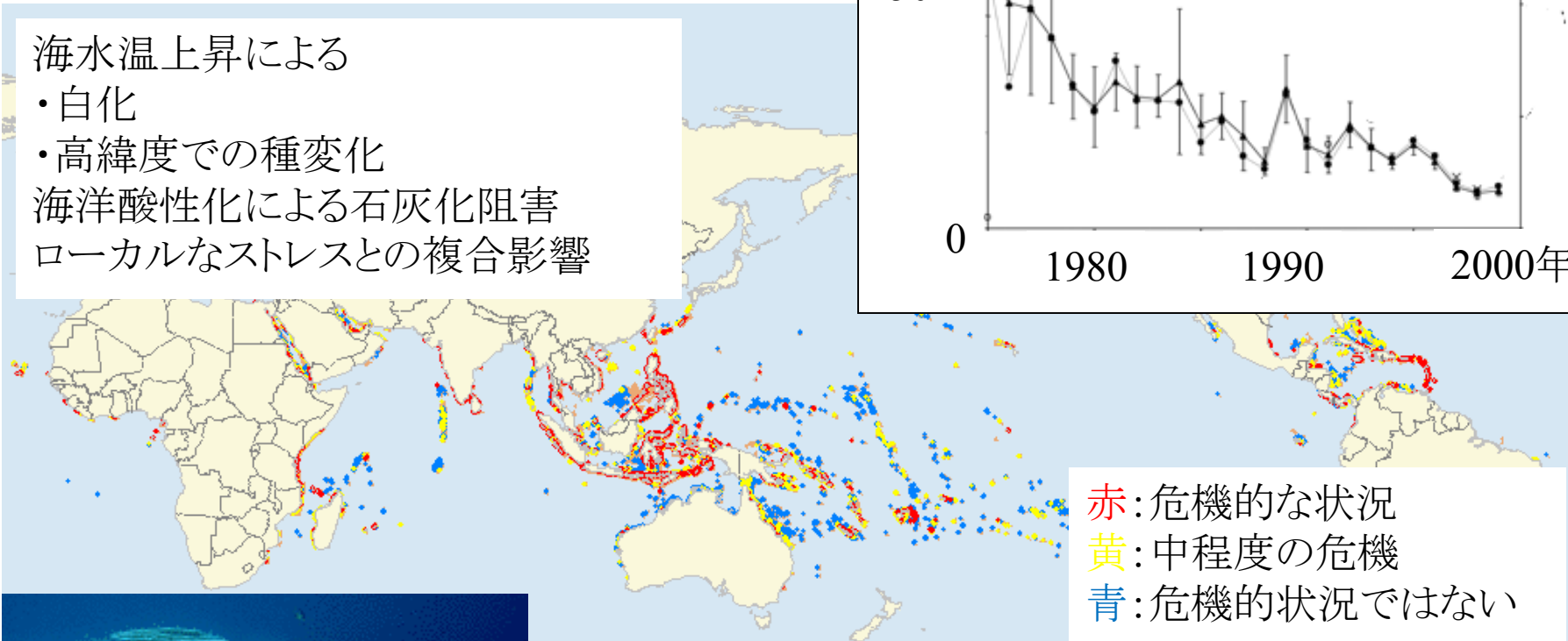
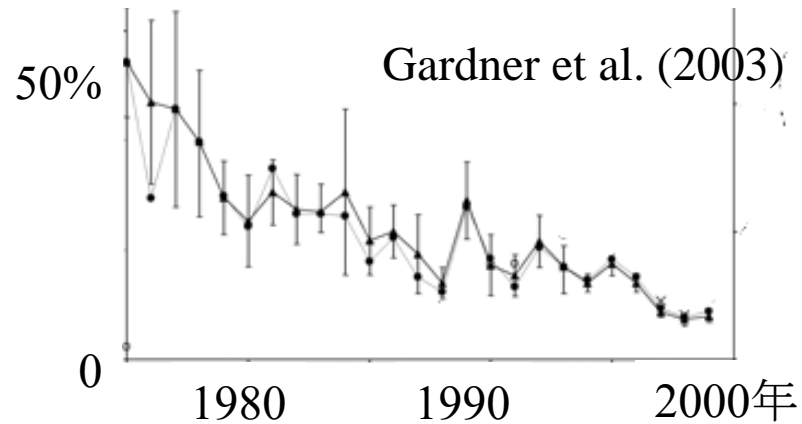
最近のサンゴ礁の変化

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



サンゴ白化

“Reefs at Risk”
(<http://www.reefbase.org>)

サンゴ北上

naturenews

nature news home news archive specials opinion features news blog nat

comments on this story

Published online 21 January 2011 | Nature | doi:10.1038/news.2011.33

News

Coral marches to the poles

Reefs may simply move house when the oceans heat up.

Nicola Jones

Corals around Japan are fleeing northwards, according to a new study. One type has been spotted 'sprinting' at 14 kilometres a year, thanks to a lift from ocean currents. That means ocean ecosystems could shift rapidly in the face of

Stories by subject

- Ecology

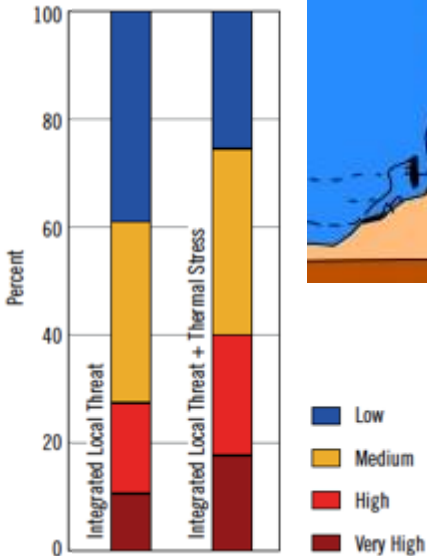
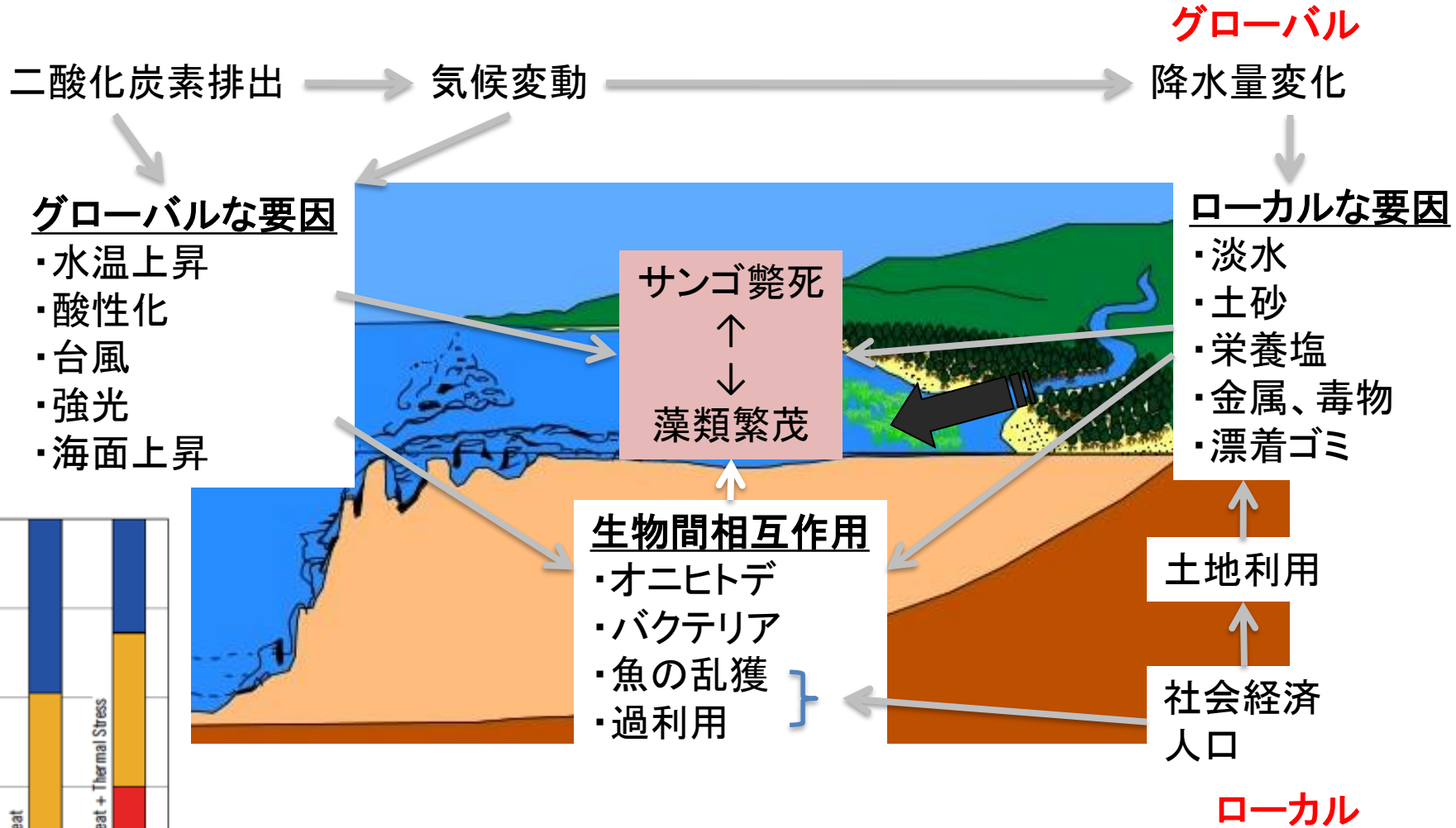
Stories by keywords

- coral
- coral reefs
- climate change

This article elsewhere

Blogs linking to this article

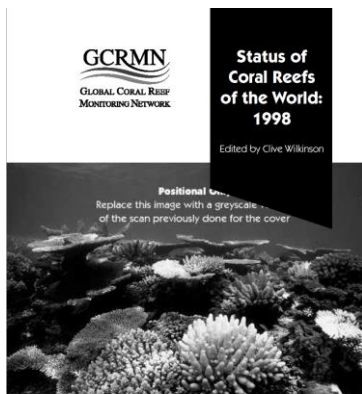
サンゴ礁が受けているストレス



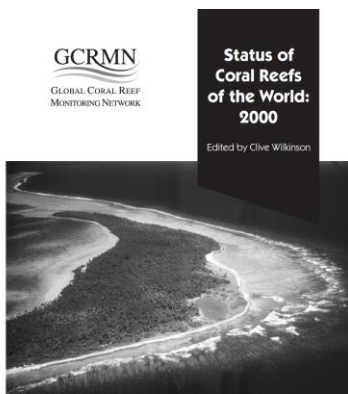
Reefs at Risk revisitedより

ローカル (30%が危機的) ローカル+グローバル (40%が危機的)

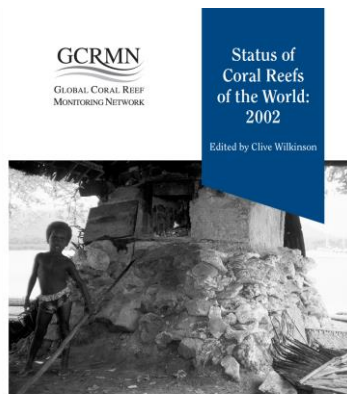
世界のサンゴ礁の状況 Status of Coral Reefs of the World



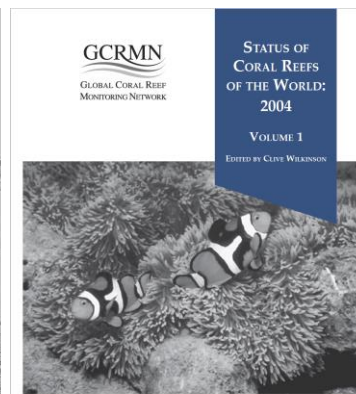
1998年



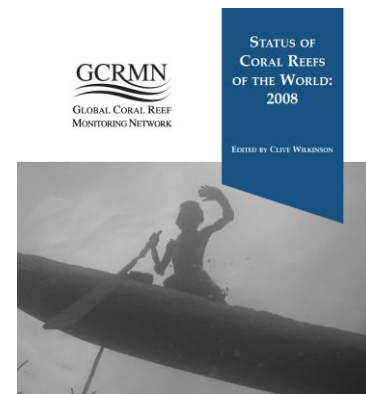
2000年



2002年

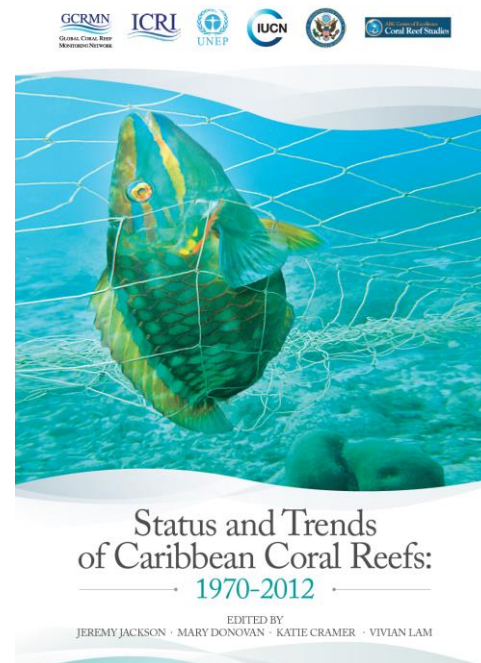
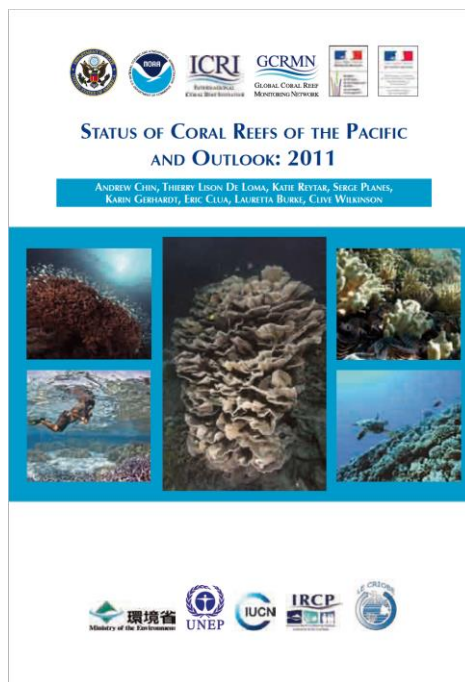


2004年



2008年

国際サンゴ礁イニシアティブ(ICRI)の総会決議を受けて地球規模サンゴ礁モニタリングネットワーク(GCRMN)が立ち上がった



世界のサンゴ礁の現状(2008年現在)

Region	Coral Reef Area km ² ¹	Effectively Lost Reefs (%) ²	Reefs at Critical Stage (%) ³	Reefs at Threatened Stage (%) ⁴	Reefs at Low Threat level (%) ⁵
Red Sea	17 640	4	4	10	82
The Gulfs	3800	70	15	12	3
Eastern Africa	6800	15	22	28	35
SW Indian Ocean	5270	9	24	39	29
South Asia	19 210	25	20	25	30
SE Asia	91 700	40	20	25	15
E & N Asia	5400	20	22	18	40
19%がすでに失われ、35%が危機的な状況にある					
Polynesian Islands	6733	3	2	5	90
Micronesian Islands	12 700	8	7	15	70
Hawaiian Islands	1180	2	4	8	86
US Caribbean	3040	21	31	19	29
North Caribbean	9800	12	13	30	45
Central America	4630	14	24	22	40
Lesser Antilles	1920	13	31	22	34
S Tropical America	5120	13	40	17	30
TOTAL	284 803	19	15	20	45

生物多様性条約第10回締結国会議 (CBD/COP10) 愛知ターゲット



- 目標10：2015年までに、**気候変動**又は**海洋酸性化**により影響を受ける**サンゴ礁**その他の脆弱な生態系について、その生態系を悪化させる複合的な**人為的圧力を最小化**し、その健全性と機能を維持する



生物多様性国家戦略：生物多様性の4つの危機

第1の危機：開発など人間活動による危機

第2の危機：自然に対する働きかけの縮小による危機

第3の危機：外来種など人間により持ち込まれたものによる危機

第4の危機：地球温暖化や海洋酸性化など地球環境の変化による危機

しかし、目標達成には遠い……

目標



気候変動に脆弱な生態系

2015年までに、気候変動又は海洋酸性化により影響を受けるサンゴ礁その他の脆弱な生態系について、その生態系を悪化させる複合的な人為的圧力が最小化され、その健全性と機能が維持される。

目標の重要性

気候変動と海洋酸性化（空気中の二酸化炭素の増加に起因）は、生態系及び生態系サービスに対する一層重大な脅威になってきている。サンゴ礁、山地、河川等一部の生息地は、これらの圧力の一つ又は双方に対し特に脆弱である。気候変動の緩和は明らかに長期的な重要優先課題であるが、その他の圧力を軽減するための緊急的な措置をとることで、このような生態系の回復力を高め、生物多様性、及び生態系に依存する何百万もの人々の生計を保護することができる。これは喫緊の課題であり、本目標の期限が他のほとんどの目標における2020年ではなく2015年に決定されたのはそのためである。

目標に向けた進捗の概要

目標の要素（2020年まで）	状況
サンゴ礁への複合的な人為的圧力が最小化され、その健全性と機能が維持される	<p>1</p>
気候変動又は海洋酸性化により影響を受けるその他の脆弱な生態系への複合的な人為的圧力が最小化され、その健全性と機能が維持される	未評価 海草生息地、マングローブ、山地等の脆弱な生態系についての評価に必要な情報が不十分

地球規模生物多様性概況第4版
Global Biodiversity Outlook 4

グレートバリアーリーフの白化: 2016年

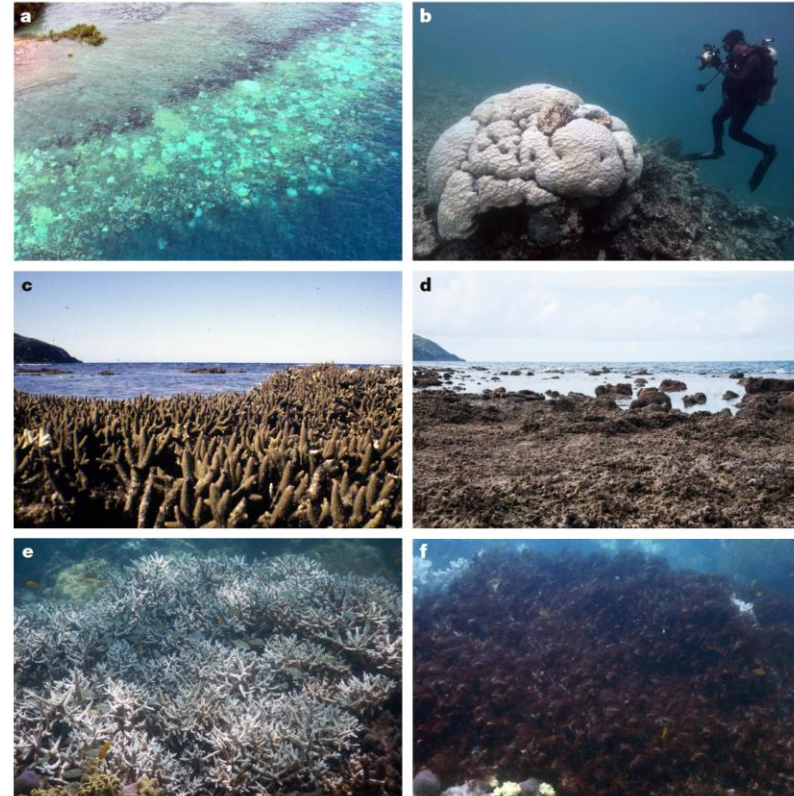
ARTICLE

doi:10.1038/nature21707

Global warming and recurrent mass bleaching of corals

Terry P. Hughes¹, James T. Kerry¹, Mariana Álvarez-Noriega^{1,2}, Jorge G. Álvarez-Romero¹, Kristen D. Anderson¹, Andrew H. Baird¹, Russell C. Babcock³, Maria Beger⁴, David R. Bellwood^{1,2}, Ray Berkelmans⁵, Tom C. Bridge^{1,6}, Ian R. Butler⁷, Maria Byrne⁸, Neal E. Cantin⁹, Steeve Comeau¹⁰, Sean R. Connolly^{1,2}, Graeme S. Cumming¹, Steven J. Dalton¹¹, Guillermo Diaz-Pulido¹², C. Mark Eakin¹³, Will F. Figueira¹⁴, James P. Gilmour¹⁵, Hugo B. Harrison¹, Scott F. Heron^{13,16,17}, Andrew S. Hoey¹, Jean-Paul A. Hobbs¹⁸, Mia O. Hoogenboom^{1,2}, Emma V. Kennedy¹², Chao-yang Kuo¹, Janice M. Lough^{1,9}, Ryan J. Lowe¹⁰, Gang Liu^{13,16}, Malcolm T. McCulloch¹⁰, Hamish A. Malcolm¹¹, Michael J. McWilliam¹, John M. Pandolfi⁷, Rachel J. Pears¹⁹, Morgan S. Pratchett¹, Verena Schoepf¹⁰, Tristan Simpson²⁰, William J. Skirving^{13,16}, Brigitte Sommer⁷, Gergely Torda^{1,9}, David R. Wachenfeld¹⁹, Bette L. Willis^{1,2} & Shaun K. Wilson²¹

During 2015–2016, record temperatures triggered a pan-tropical episode of coral bleaching, the third global-scale event since mass bleaching was first documented in the 1980s. Here we examine how and why the severity of recurrent major bleaching events has varied at multiple scales, using aerial and underwater surveys of Australian reefs combined with satellite-derived sea surface temperatures. The distinctive geographic footprints of recurrent bleaching on the Great Barrier Reef in 1998, 2002 and 2016 were determined by the spatial pattern of sea temperatures in each year. Water quality and fishing pressure had minimal effect on the unprecedented bleaching in 2016, suggesting that local protection of reefs affords little or no resistance to extreme heat. Similarly, past exposure to bleaching in 1998 and 2002 did not lessen the severity of bleaching in 2016. Consequently, immediate global action to curb future warming is essential to secure a future for coral reefs.

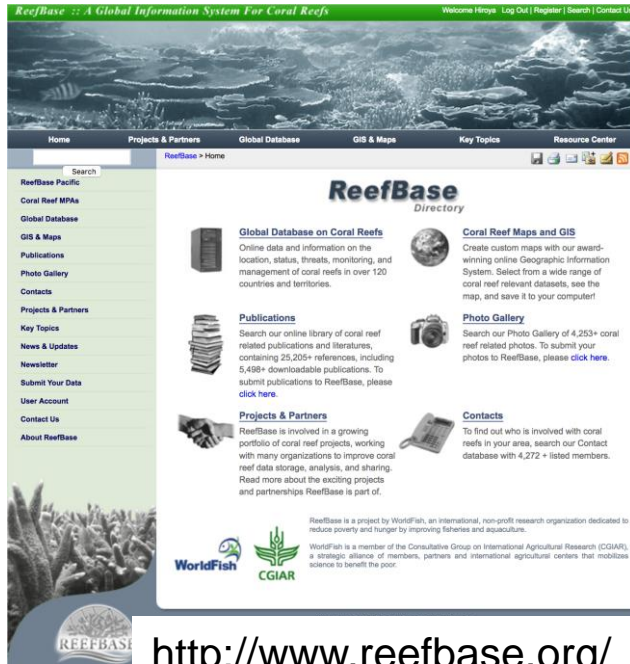


Hughes et al. (2017) *Nature*

グレートバリアーリーフの白化: 2016年と2017年

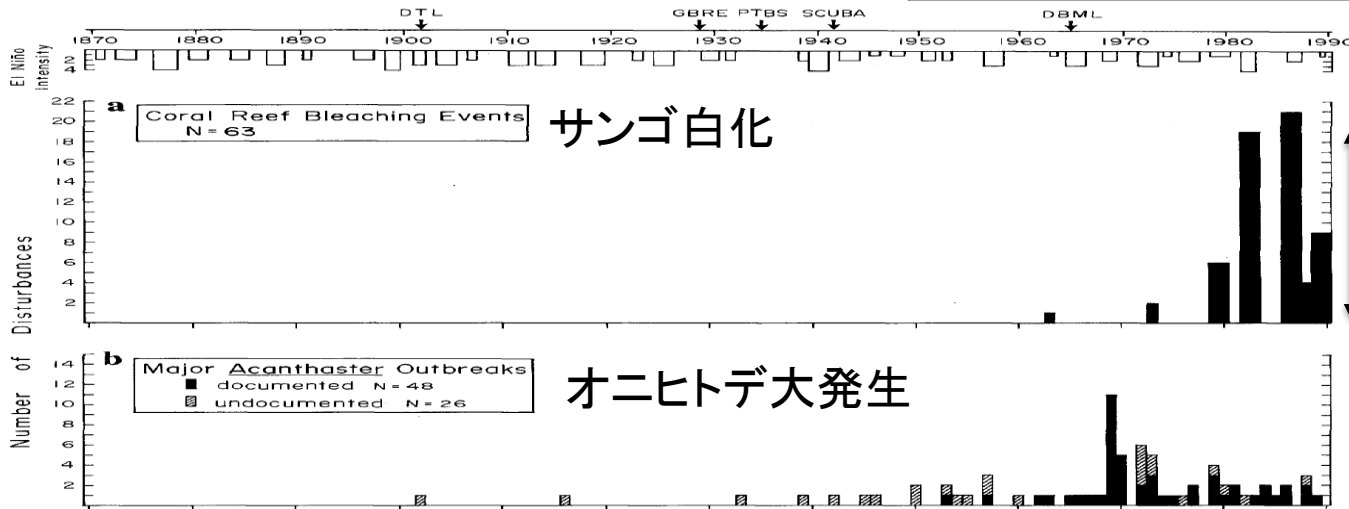
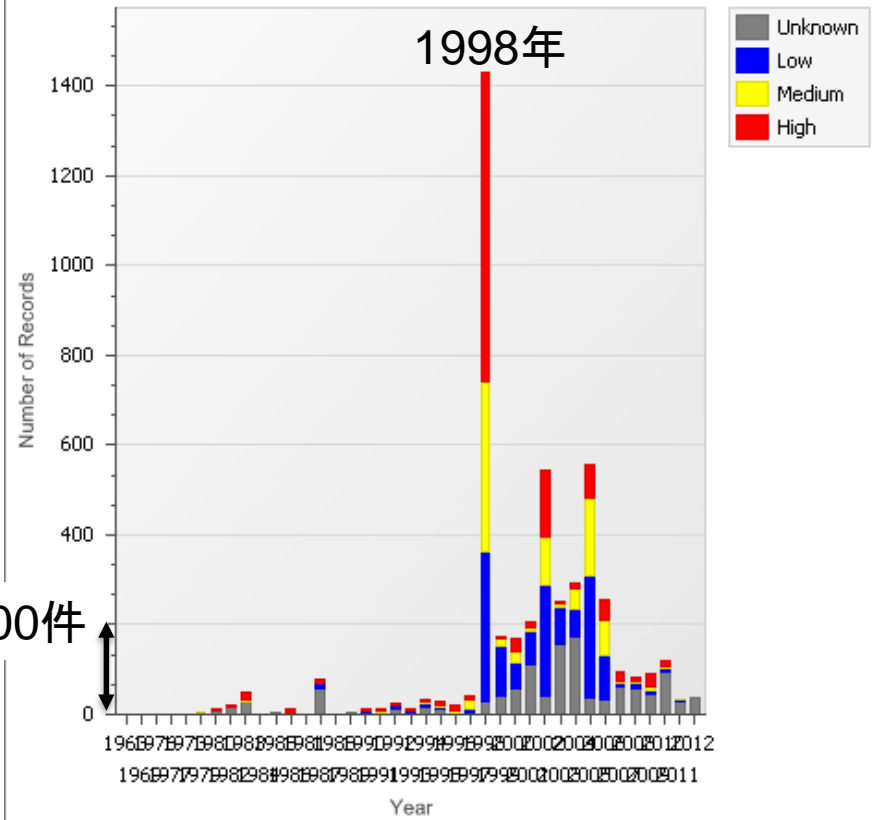


全世界のサンゴ白化記録



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

Bleaching Records For Global (By Bleaching Severity)



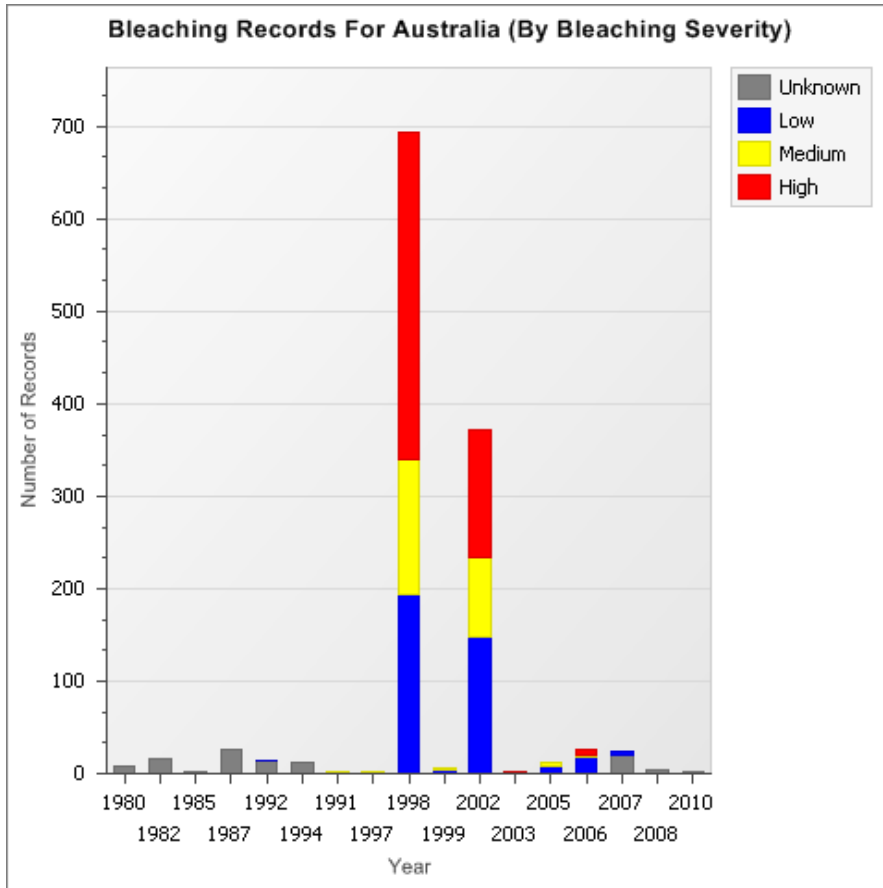
ReefBaseへの
白化報告数

20件

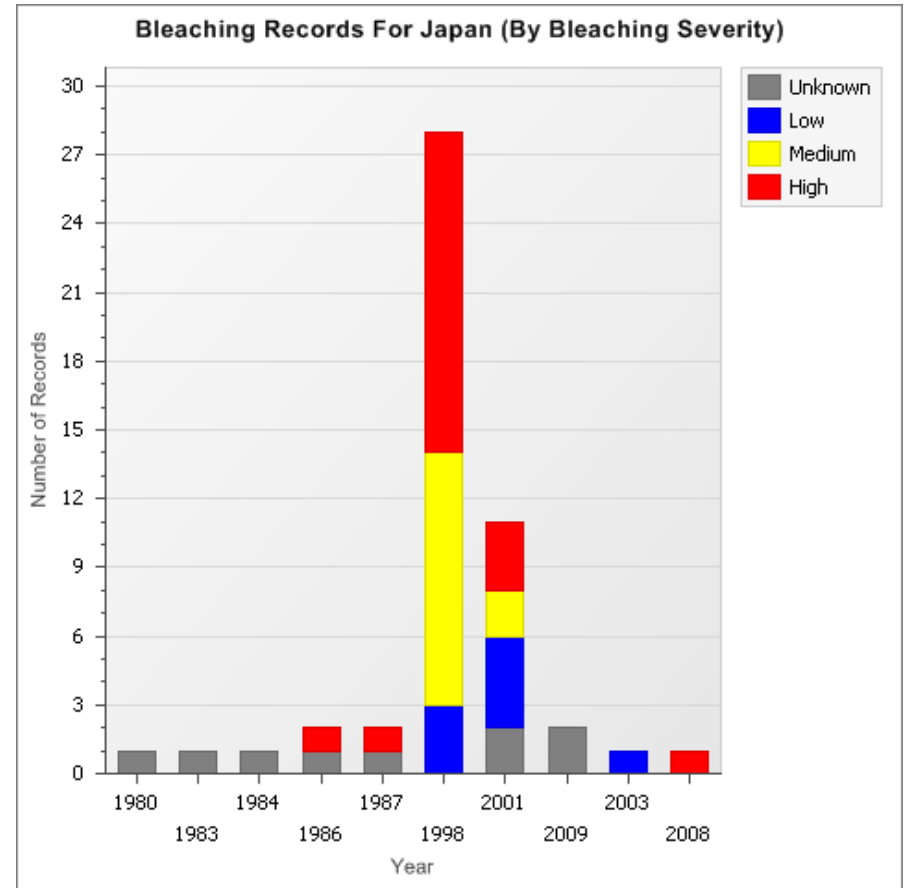
Glynn (1993)

グレートバリアーリーフと日本のサンゴ白化記録

グレートバリアーリーフ



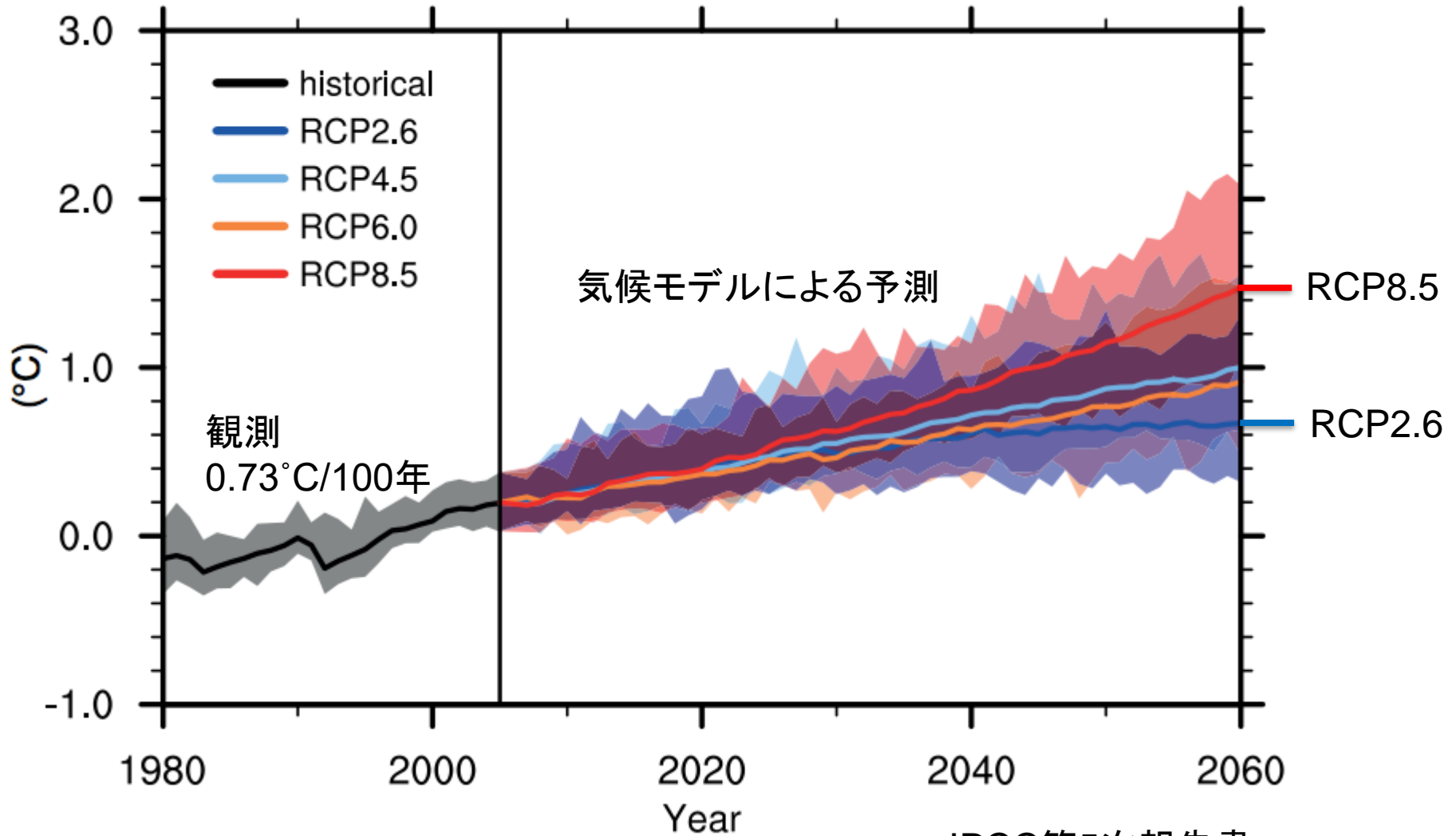
日本



ReefBaseへの白化報告数

水温変化

Global sea surface temperature change

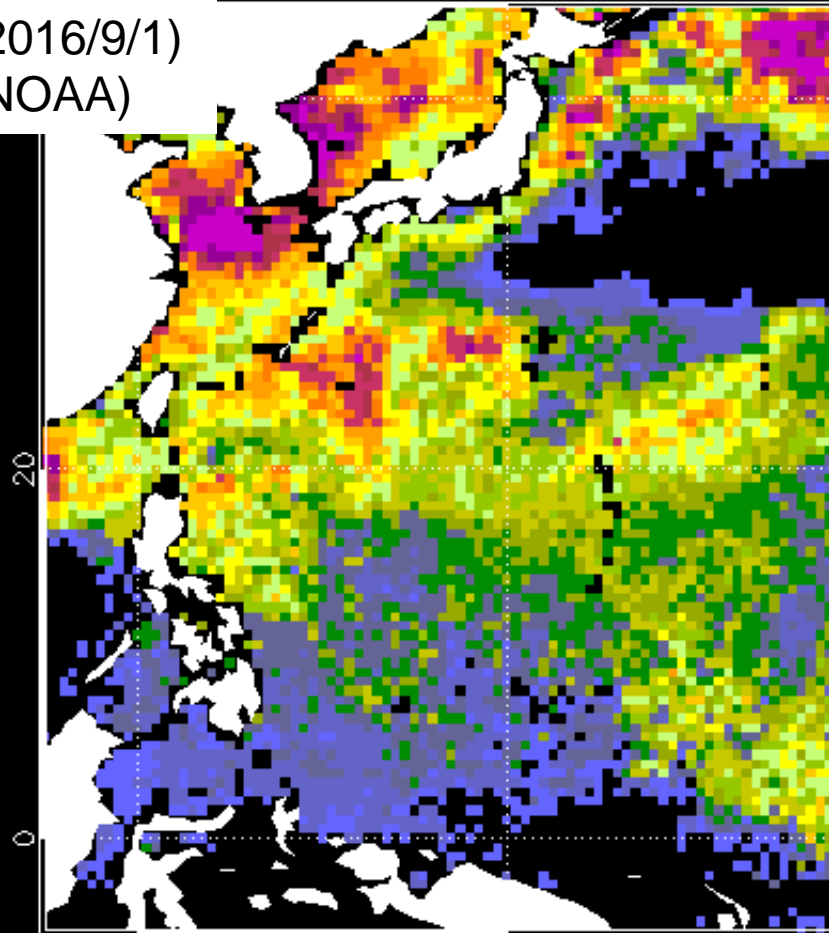


水温指標

DHW
(2016/9/1)
(NOAA)

ESDIS Degree Heating Weeks for last

140



120

140

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16.

DHW (Degree Heating Week) NOAAが公開、警報

平年値(1985-1993年; 1991,1992年はピナツボ火山噴火のため除く)より高い水温とその期間のかけ算(1°C高い期間が2週間続くと $1 \times 2 = 2$)

DHW > 4で白化、DHW > 8で斃死をともなう深刻な白化(Liu et al., 2013)

DHM (Degree Heating Month) 将来予測で用いられる

平年値(1985-2000年)より高い水温とその期間のかけ算(1°C高い期間が2ヶ月続くと $1 \times 2 = 2$)

DHM > 1で白化、DHM > 2で斃死をともなう深刻な白化(Donner, 2009)

水温指標DHMを用いた将来予測

nature
climate change

ARTICLES

PUBLISHED ONLINE: 16 SEPTEMBER 2012 | DOI: 10.1038/NCLIMATE1674

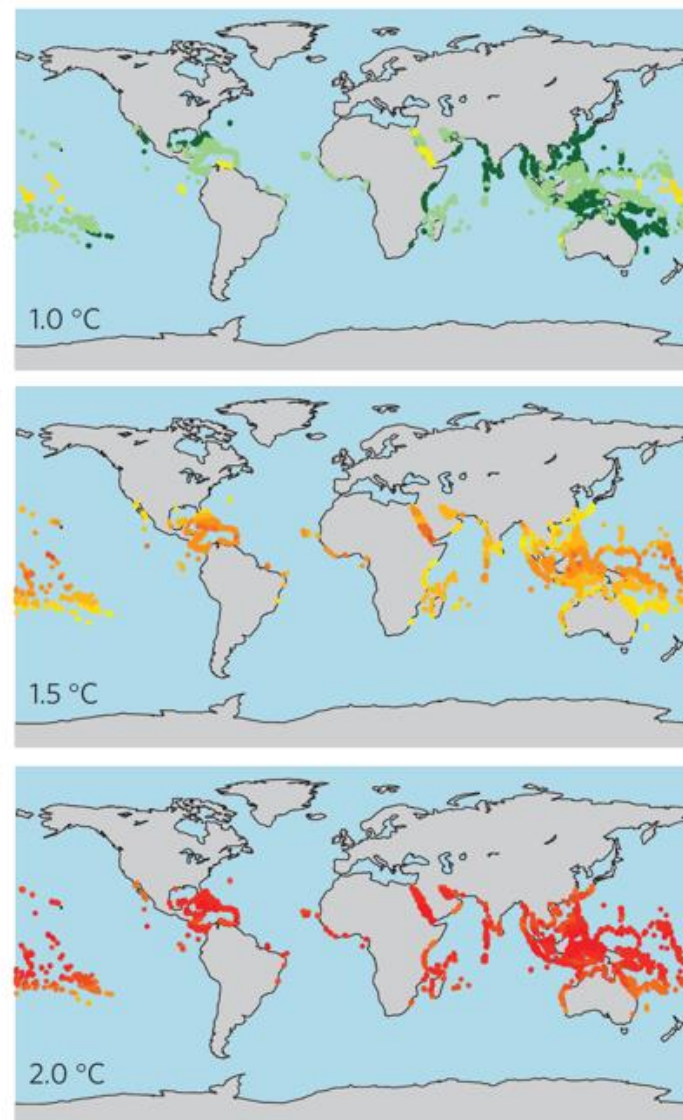
Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs

K. Frieler^{1*}, M. Meinshausen^{1,2}, A. Golly¹, M. Menge¹, K. Lebek¹, S. D. Donner³
and O. Hoegh-Guldberg⁴

Mass coral bleaching events have become a widespread phenomenon causing serious concerns with regard to the survival of corals. Triggered by high ocean temperatures, bleaching events are projected to increase in frequency and intensity. Here, we provide a comprehensive global study of coral bleaching in terms of global mean temperature change, based on an extended set of emissions scenarios and models. We show that preserving >10% of coral reefs worldwide would require limiting warming to below 1.5 °C (atmosphere-ocean general circulation models (AOGCMs) range: 1.3–1.8 °C) relative to pre-industrial levels. Even under optimistic assumptions regarding corals' thermal adaptation, one-third (9–60%, 68% uncertainty range) of the world's coral reefs are projected to be subject to long-term degradation under the most optimistic new IPCC emissions scenario, RCP3-PD. Under RCP4.5 this fraction increases to two-thirds (30–88%, 68% uncertainty range). Possible effects of ocean acidification reducing thermal tolerance are assessed within a sensitivity experiment.

サンゴ礁の10%以上を保全するためには、水温上昇を1.5°C以下にすることが必要

Frieler et al. (2012) *Nature Climate Change*



Frequency of
DHM > 2 °C × months
events (1 yr⁻¹)



海洋酸性化—地球温暖化と同時に進行するCO₂問題

温室効果ガス排出

気温上昇

水温上昇

海洋酸性化

海洋酸性化によりソフトコーラルに変化



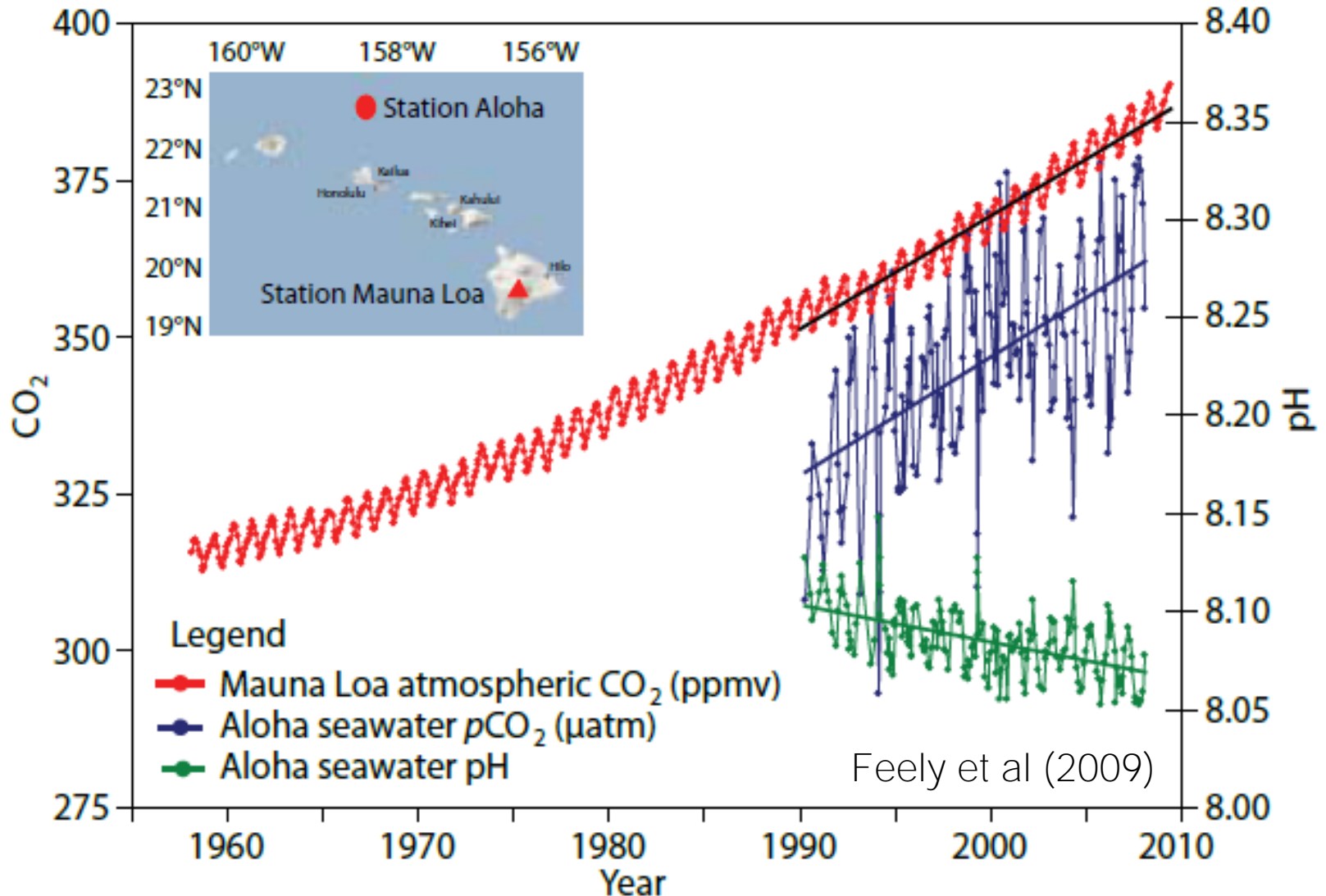
Inoue et al. (2013)



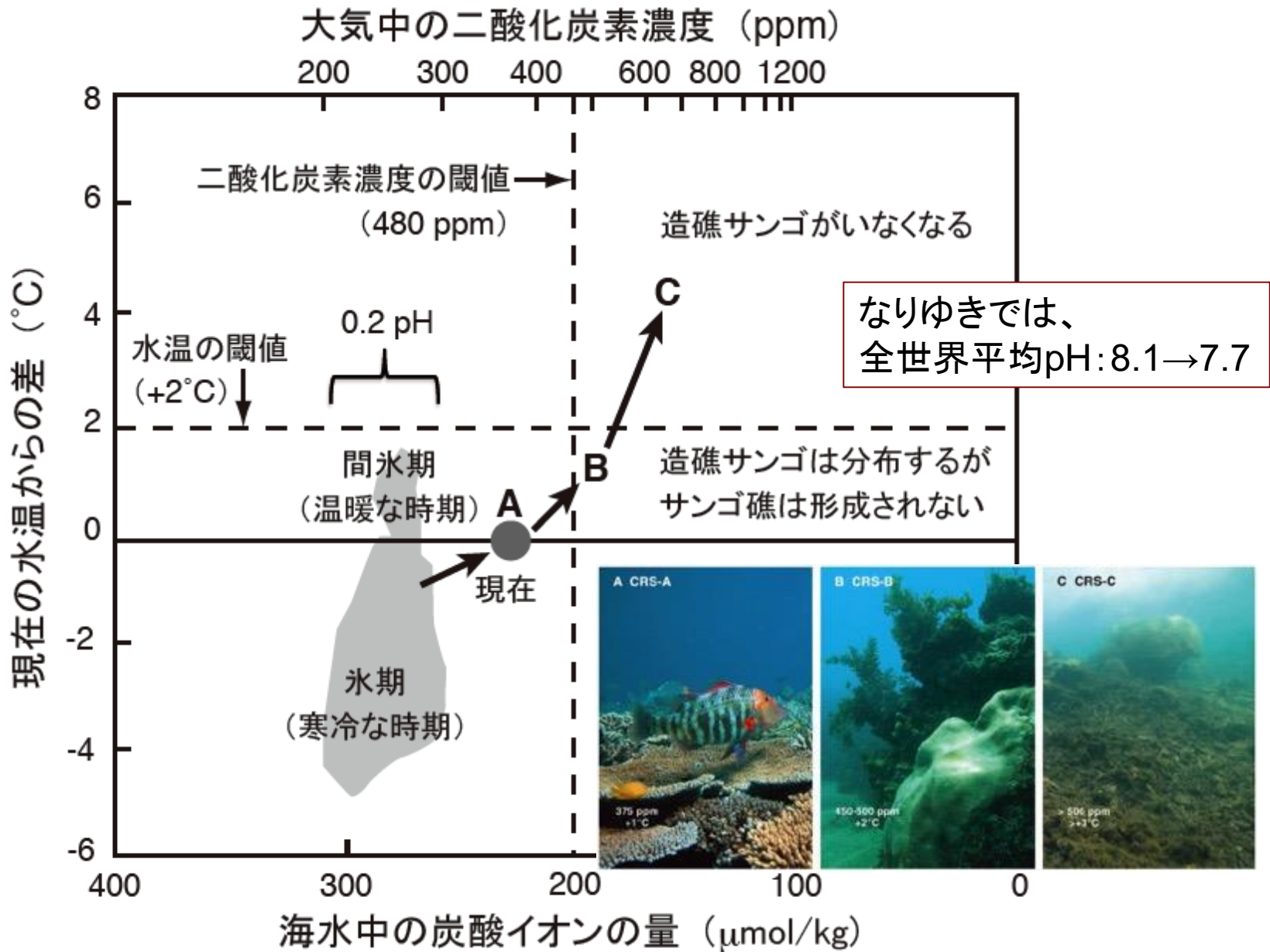
Hoegh-Guldberg et al. (2007)

海洋酸性化

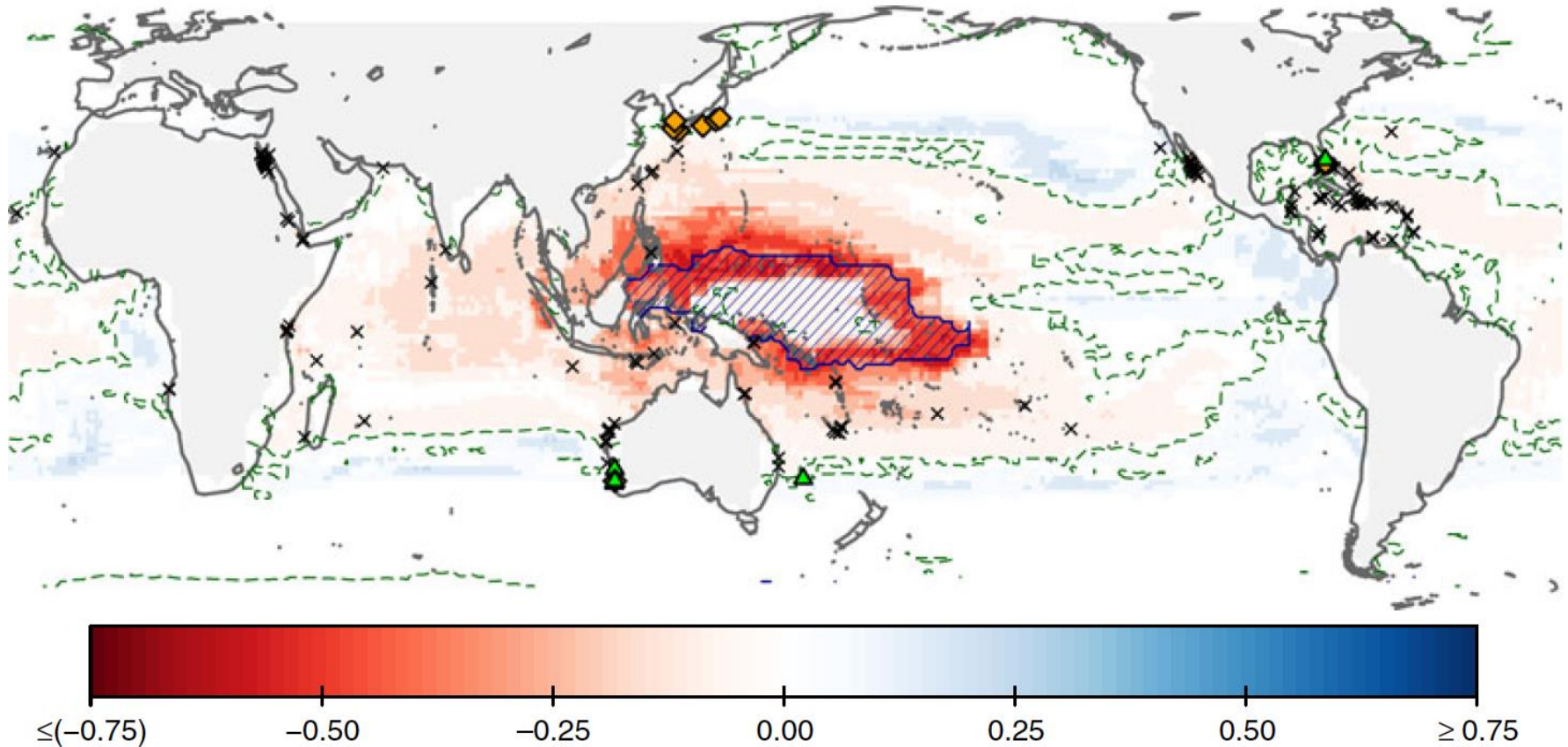
—地球温暖化と同時に進行する問題—



水温上昇と海洋酸性化両方を考慮する必要がある



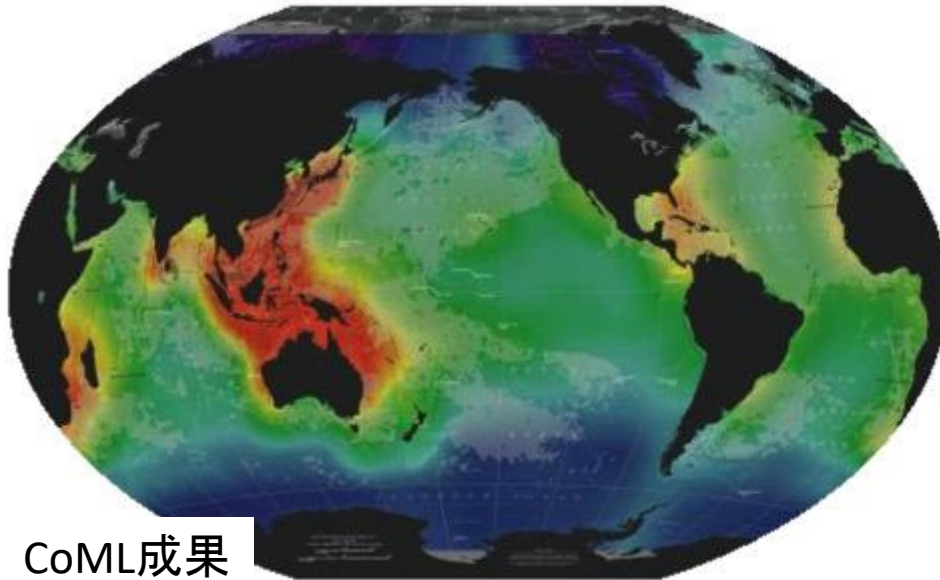
将来(2070年)のサンゴ分布確率の変化



Couce et al. (2013)

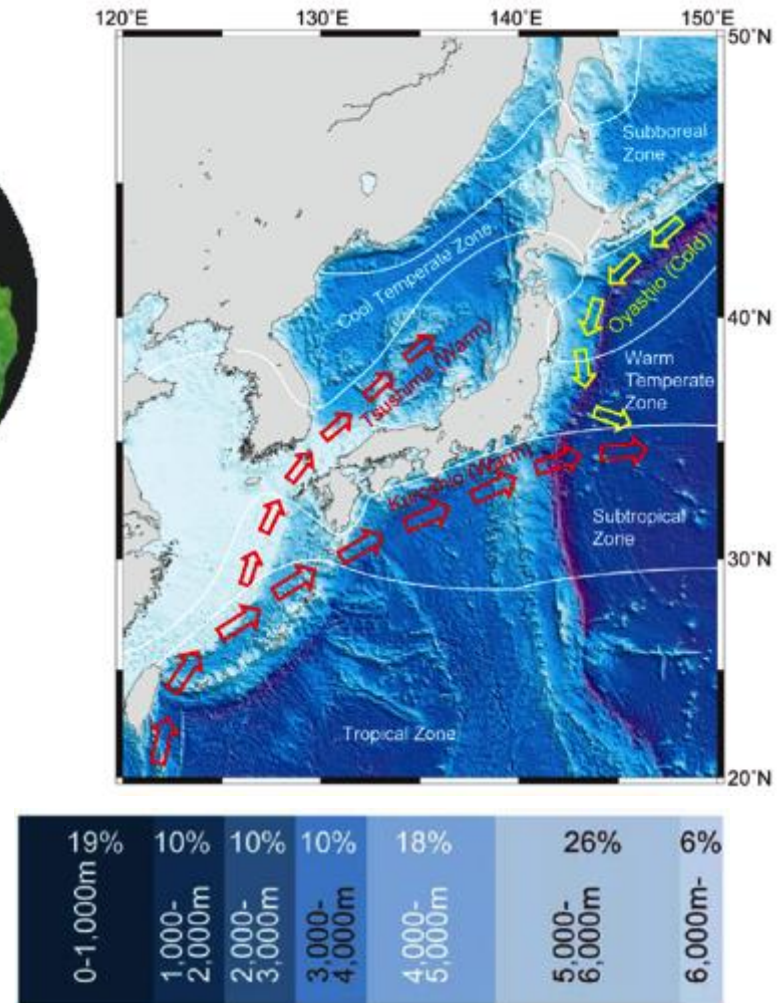
水温と海洋酸性化と現在のサンゴ分布の関係を求め、
それを基に将来予測(A2シナリオ)

日本近海は海洋生物多様性のホットスポット



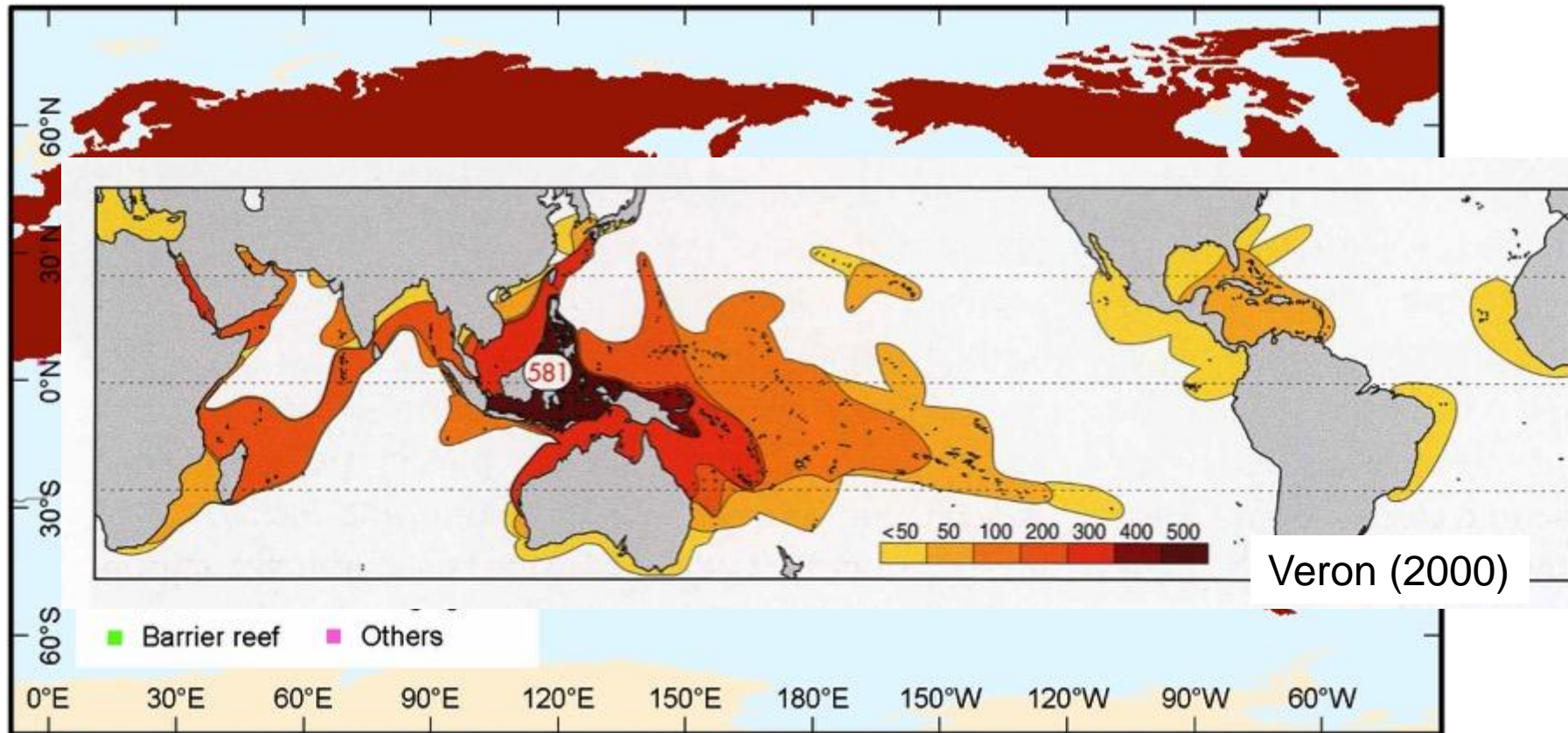
日本近海には全海洋生物種数
約25万種の13.5%が出現

地形、水深帯、水温、潮流、
気候区分など環境が多様



Fujikura et al. (2010)

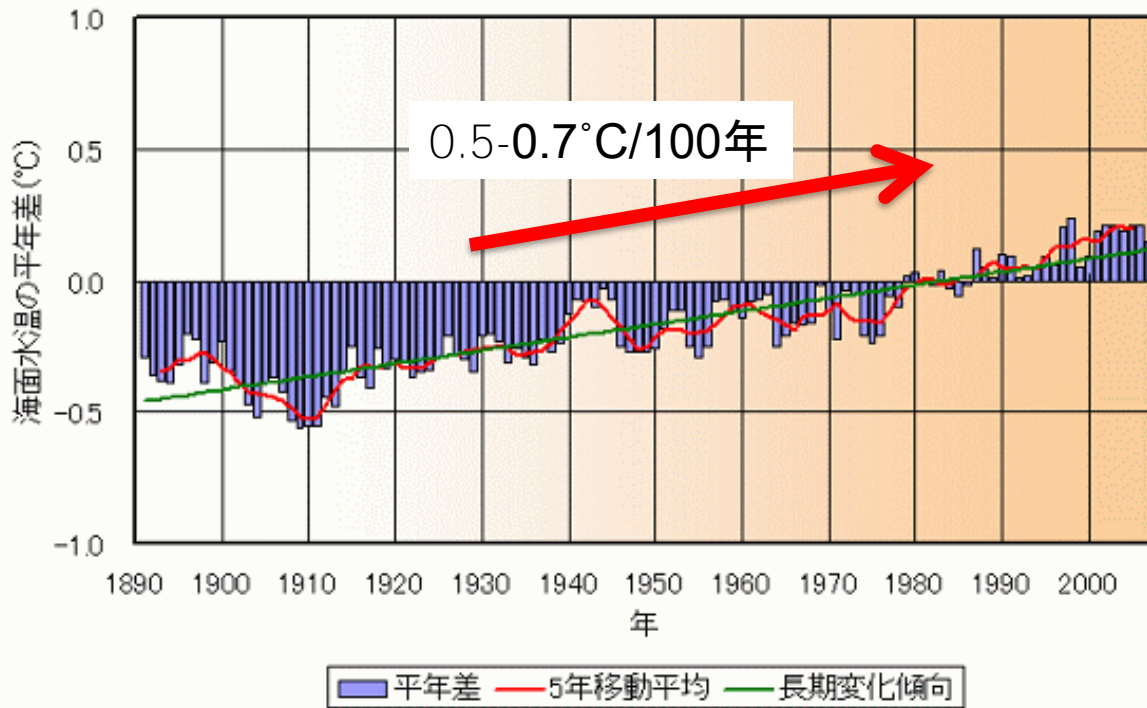
サンゴとサンゴ礁の分布



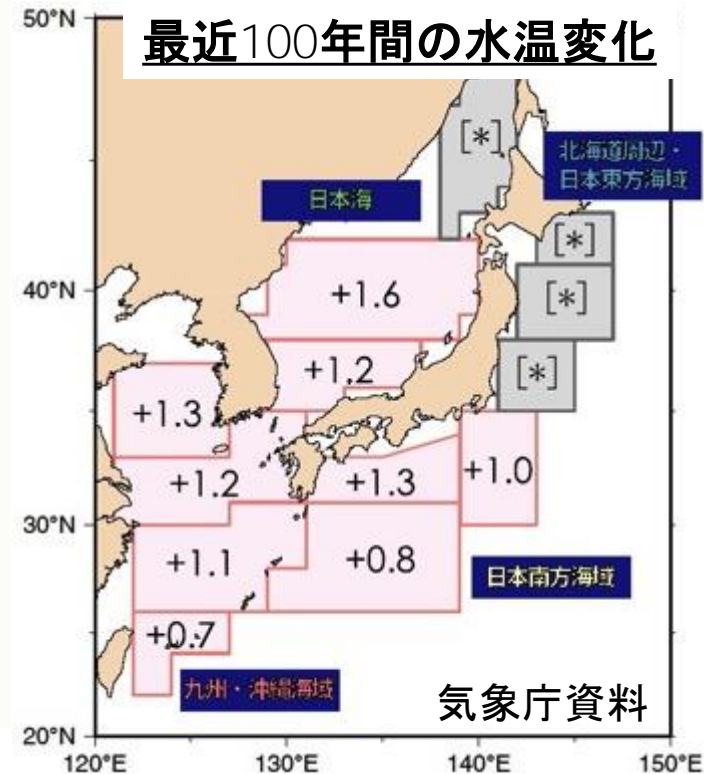
ReefBase (<http://www.reefbase.org>)

日本は、黒潮の影響で、サンゴの種数は多い

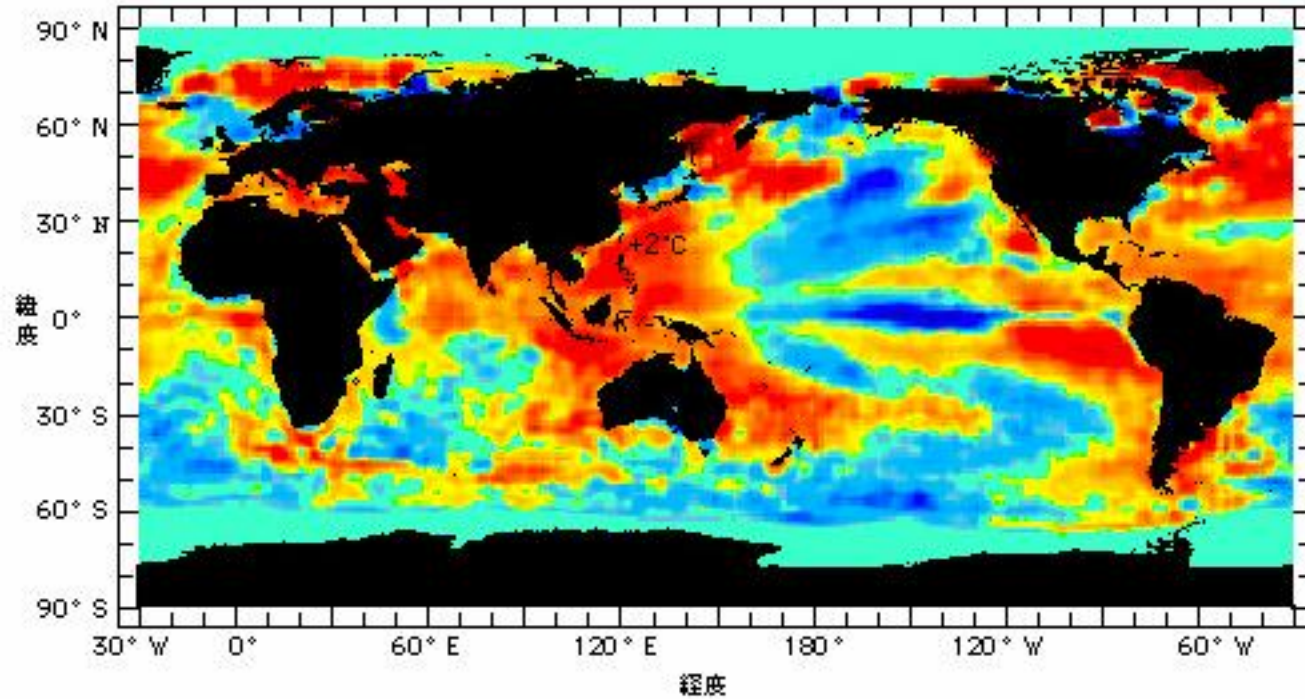
海水温は上昇を続けている



IPCC第4次報告書

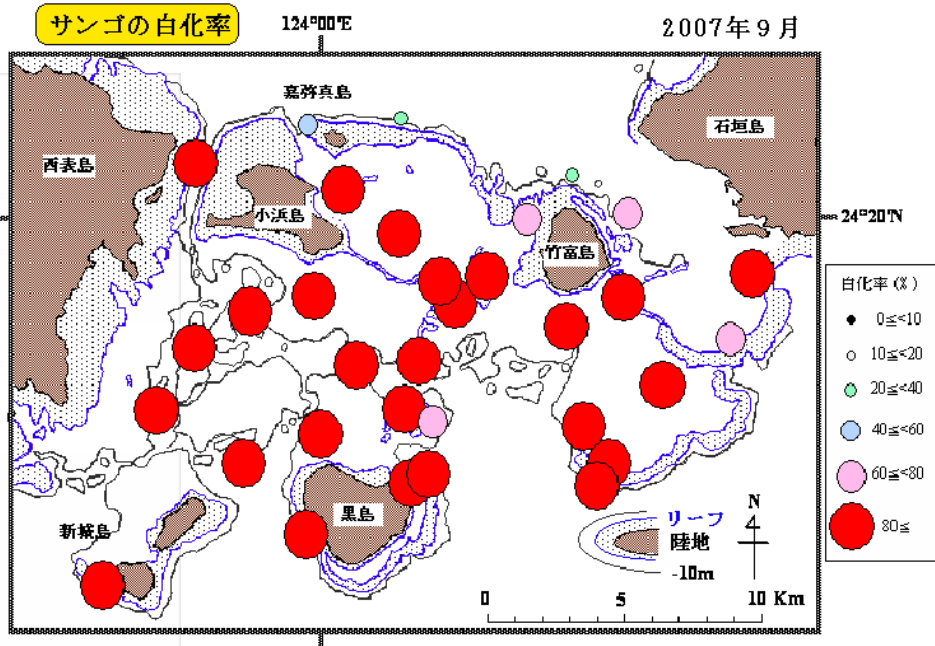
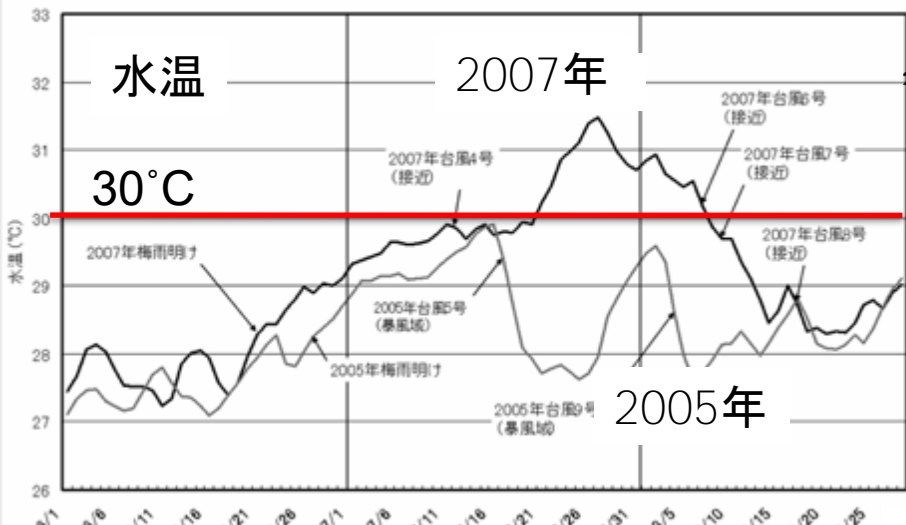


1998年夏の高温とサンゴ白化



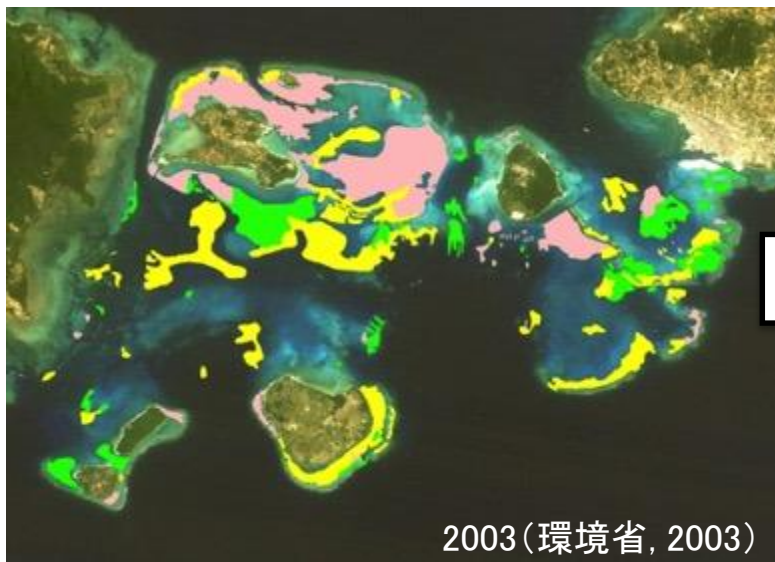
2007年の白化

2005年と2007年の日平均水温の比較(6月1日～8月28日)

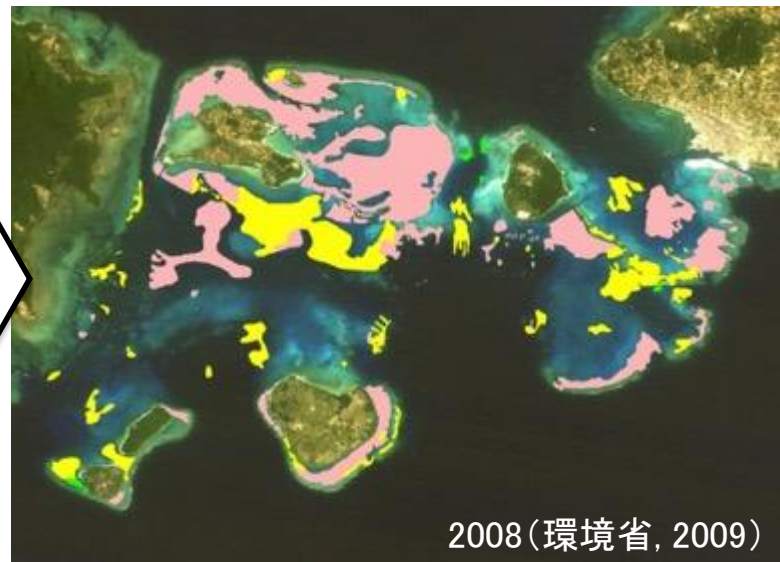


データ: 環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター

緑: 50-100 %
 黄: 5-50 %
 ピンク: <math>< 5</math> %

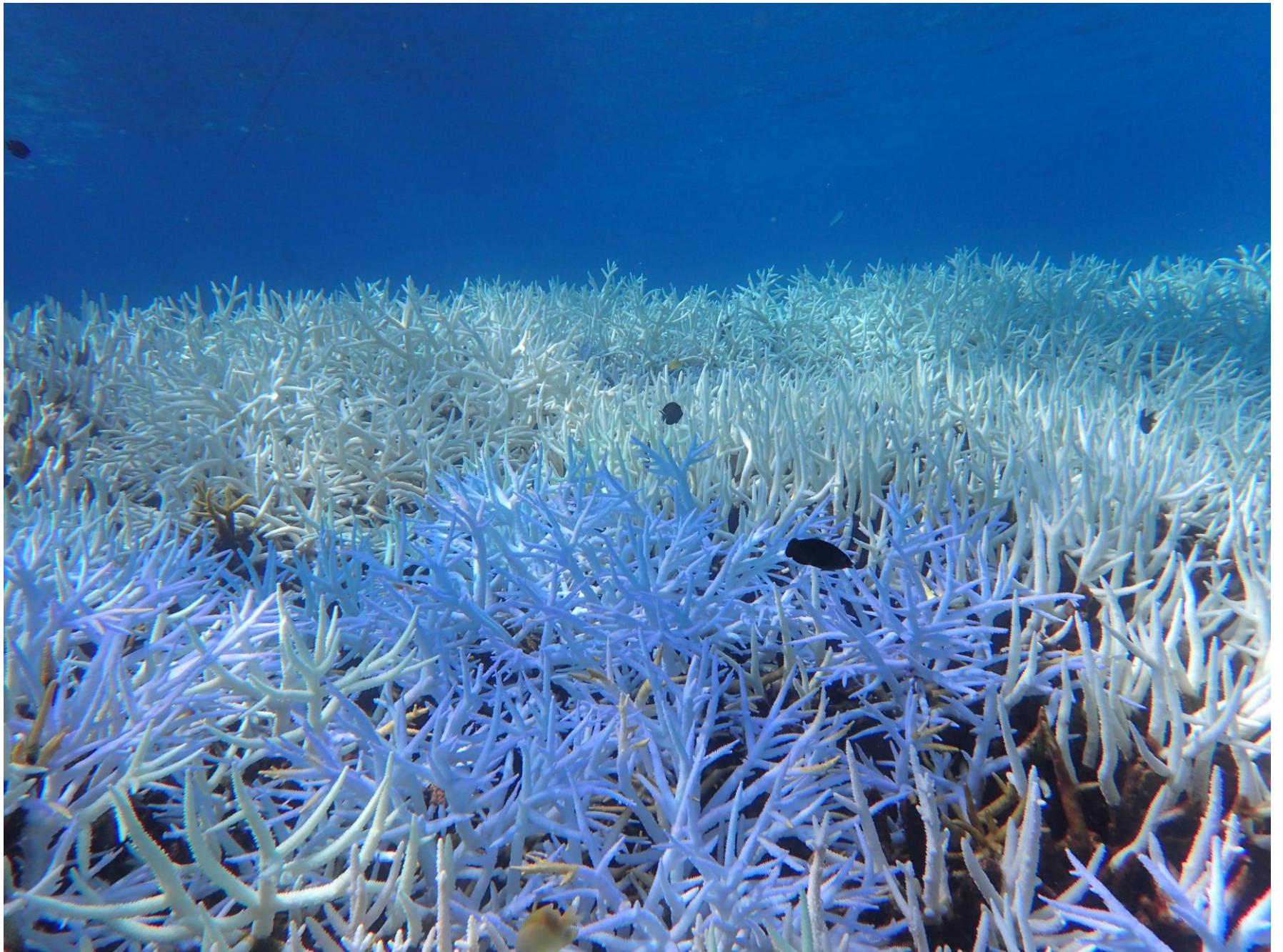


2003 (環境省, 2003)



2008 (環境省, 2009)

石西礁湖内のサンゴが1/3に減少



2016年の白化

サンゴの9割近くが白化

環境省調査35カ所 沖縄「石西礁湖」

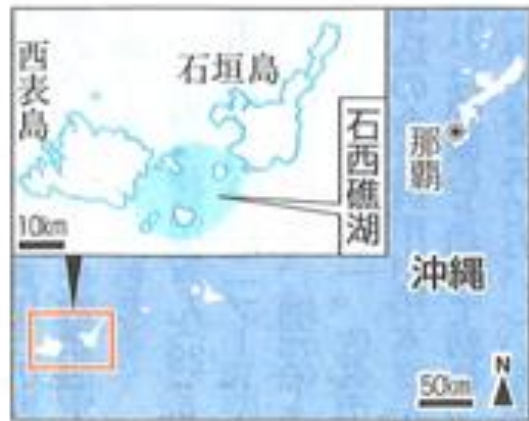


沖縄・石垣島の北端で8月18日に撮影されたサンゴの一種ミドリイシ。手前右と奥の部分が白化している(サンゴマップ提供)

石垣島と西表島の間にある国内最大のサンゴ礁「石西礁湖」で起きている大規模な白化現象で、環境省が調査した35カ所での9割近くのサンゴが白化していることが27日分かった。

海水温の上昇が原因とみられ、石垣島の北部や鹿児島県の屋久島付近で白化が起きているとの報告もある。研究者や保全に取り組む市民団体はさらなる拡大を警戒。ダイバ―らにサンゴの生息域や白化

の状況などが投稿できるウェブサイトを「サンゴマップ」への情報提供を呼び掛けている。環境省那覇自然環境事務所は7月下旬から8月中旬にかけて、石西礁湖で水面近くからサンゴの健康状態を調査。高温や汚染などのストレスに弱いサンゴの一種ミドリイシに加え、ストレスに強いハマサンゴも一部が白化していた。





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)



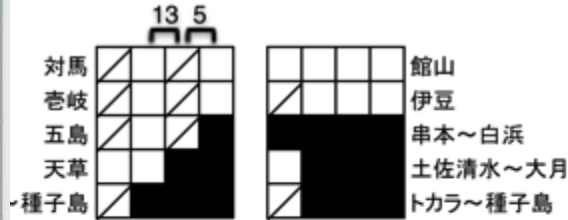
2000年代
自分たちで調査

4種が北上、速度は最大14km/年
(他の生物より2桁大きい)

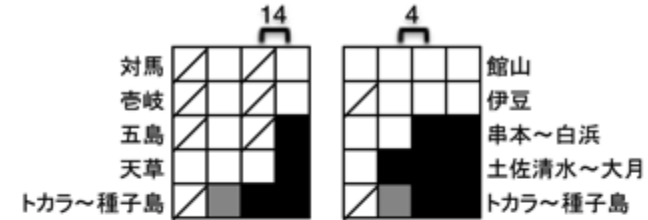
サンゴの分布北上



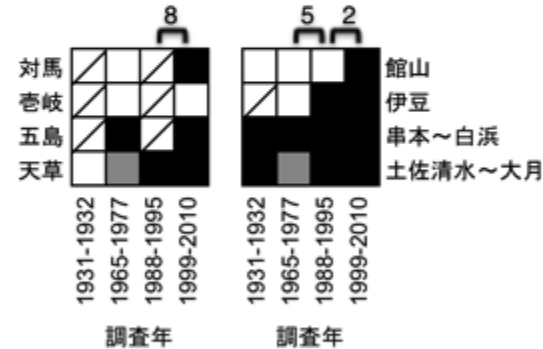
クシハダミドリイシ



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!)



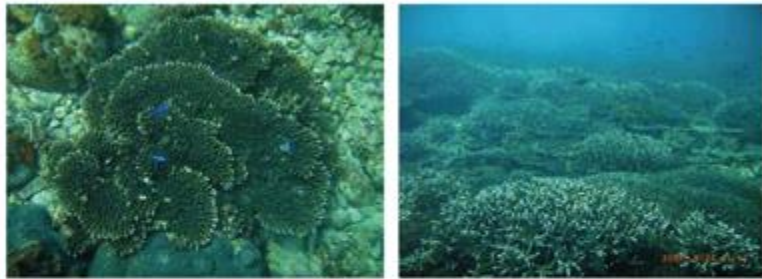
スギノキミドリイシ@五島



エンタクミドリイシ@館山

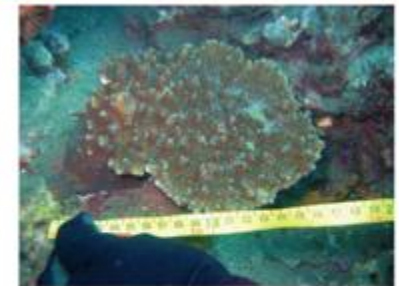
水温上昇によって日本で起こっていること

北: サンゴの分布北上、南: サンゴの白化



分布北上が確認された
クシハダミドリイシ(左)とスギノキミドリイシ(右) (長崎県五島)
撮影: 杉原薫

分布拡大が確認された
エンタクミドリイシ (熊本県天草)
(野島・岡本, 2008)



分布北上が確認された
エンタクミドリイシ (千葉県館山)
撮影: 萩原慎司


20種が新たに出現 (和歌山県串本)
(野村ほか, 2008)



高水温により白化した
ユビエダハマサンゴ (沖縄県石垣島)
撮影: 波利井佐紀

サンゴ礁、海の酸性化で消える 沖縄・硫黄鳥島で確認




ソフトコーラルが覆った硫黄鳥島の海底=井上志保里さん提供 

【波多野陽】海の酸性化が進むと、サンゴ礁が姿を消し、魚などにすみかを提供しないソフトコーラルというサンゴの仲間が増えることを、東京大などが沖縄県の硫黄鳥島で確認した。将来、気候変動で海の酸性化が進むと予測されており、未来の海の姿が垣間見えた形だ。

硫黄鳥島の東の浅瀬では、海底から二酸化炭素（ CO_2 ）のガスが噴き出すため、 CO_2 が海水に濃く溶け込み、酸性化した場所ができる。



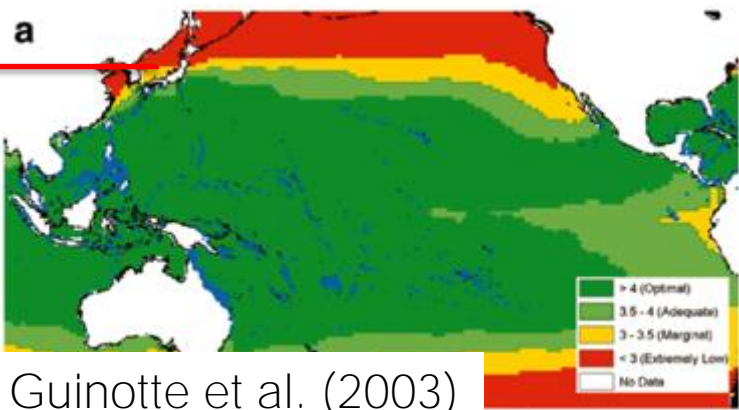
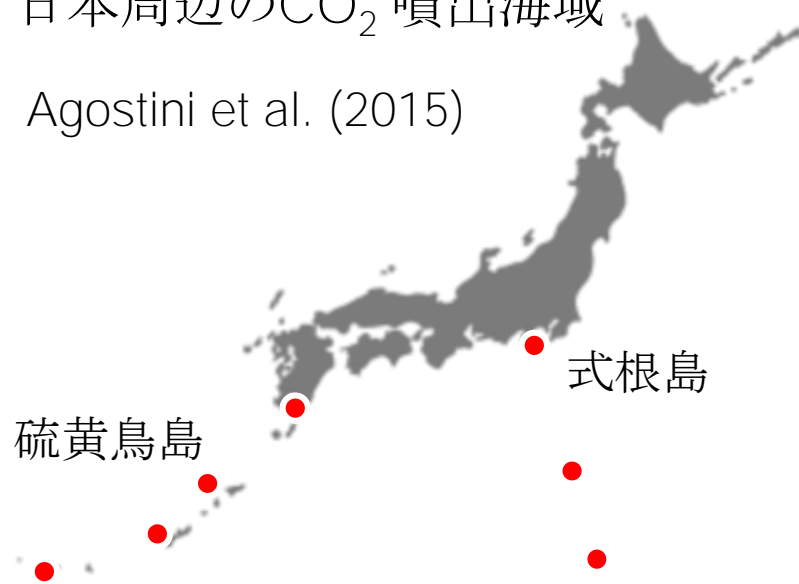
サンゴに覆われた硫黄鳥島の海底=井上志保里さん提供 

東京大と琉球大が2011年、この付近を調べると、 CO_2 濃度が一般的な海の倍以上の場所では、サンゴ礁をつくる硬い種類のサンゴが消え、ソフトコーラルが底を埋めていた。濃度が3倍以上の場所では、ソフトコーラルもいなくなった。一方、近くにある一般的な濃度の場所では、サンゴのみが生息していた。

海洋酸性化指標

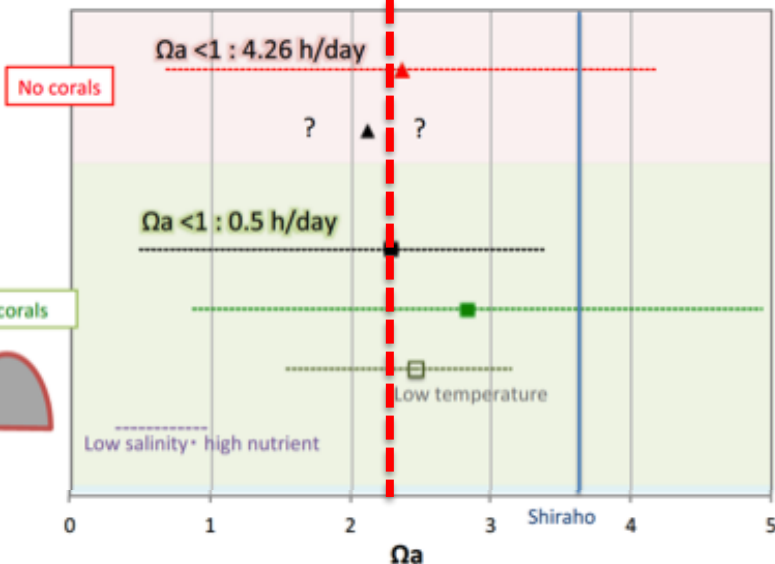
日本周辺のCO₂ 噴出海域

Agostini et al. (2015)



Guinotte et al. (2003)

サンゴの生息限界: $\Omega = 2.3$



- ▲ High pCO₂ in Iwatorishima Island
- ▲ High pCO₂ in PNG
- Medium pCO₂ in PNG
- Medium pCO₂ in Iwatorishima Island
- Galapagos
- Mexico

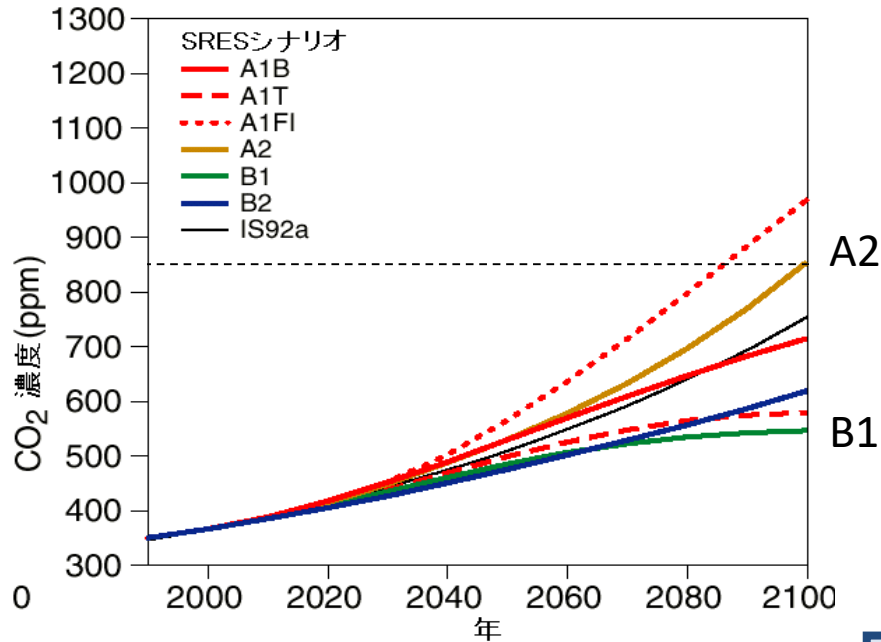
海洋酸性化により
ソフトコーラルに変化



Inoue et al. (2013)

Meta-analysis by Inoue (2015)

気候モデルを用いた予測 Future projection based on a climate model



気候モデル Climate model

NCAR-CSM1.4

CO₂排出シナリオ

CO₂ emission scenarios

SRES A2 [高排出 high-mid emission]

SRES B1 [低排出 low emission]



地球温暖化(水温上昇)と海洋酸性化(アラゴナイト飽和度)予測

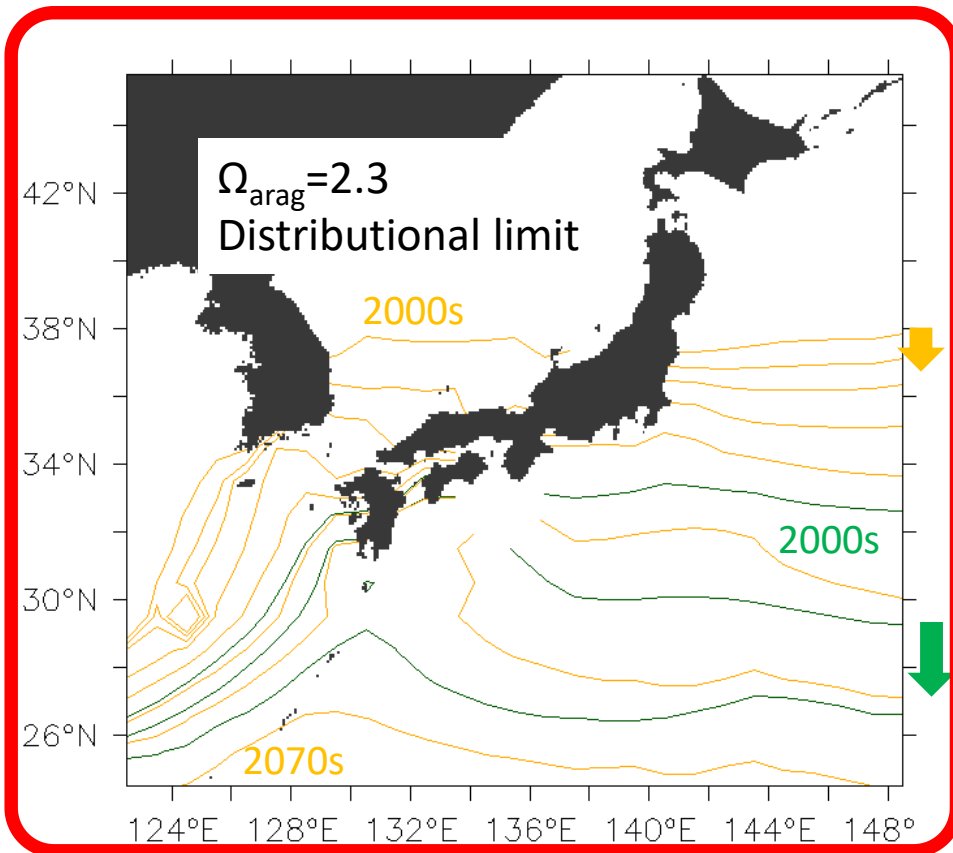
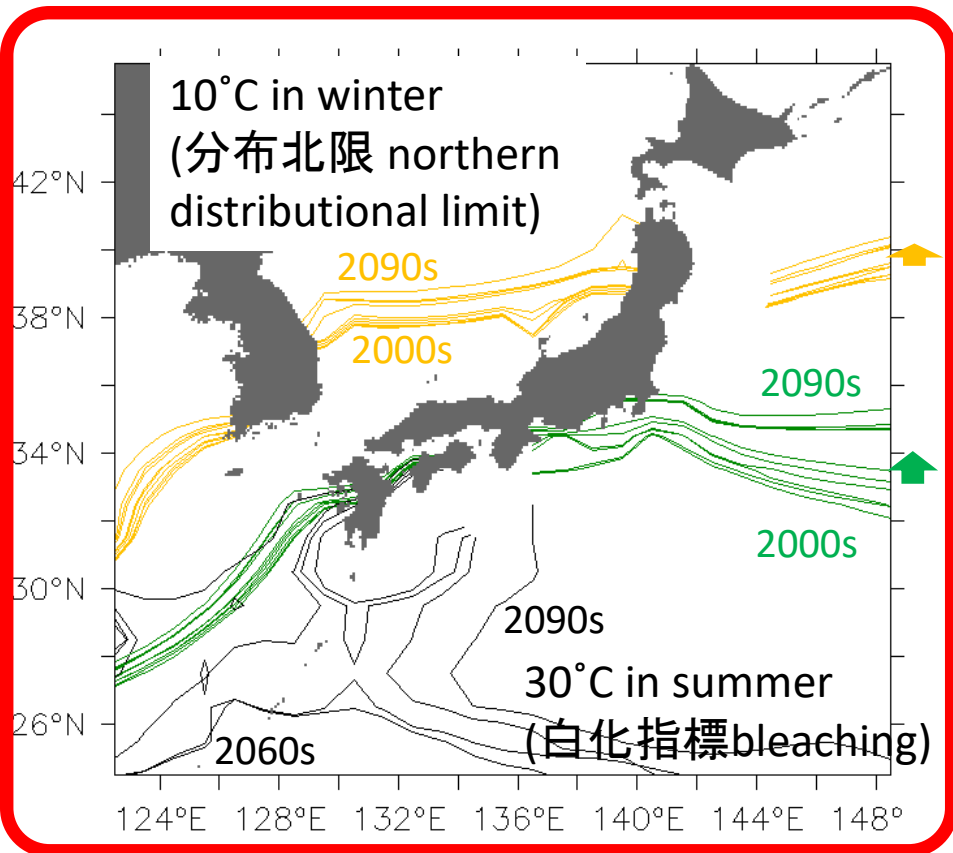
Projection of global warming (SST warming) and ocean acidification
(aragonite saturation state; Ω_{arag})



将来のサンゴ分布域予測

Projection of future coral habitats

CO₂高排出(SRES A2) シナリオによる予測

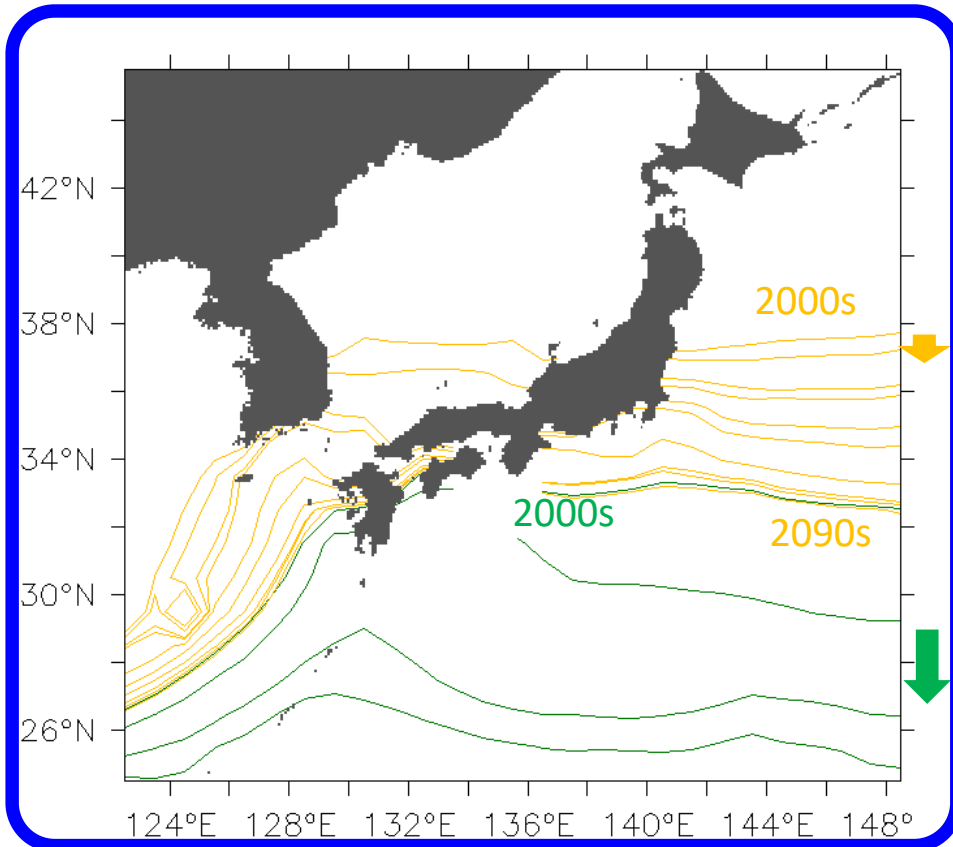
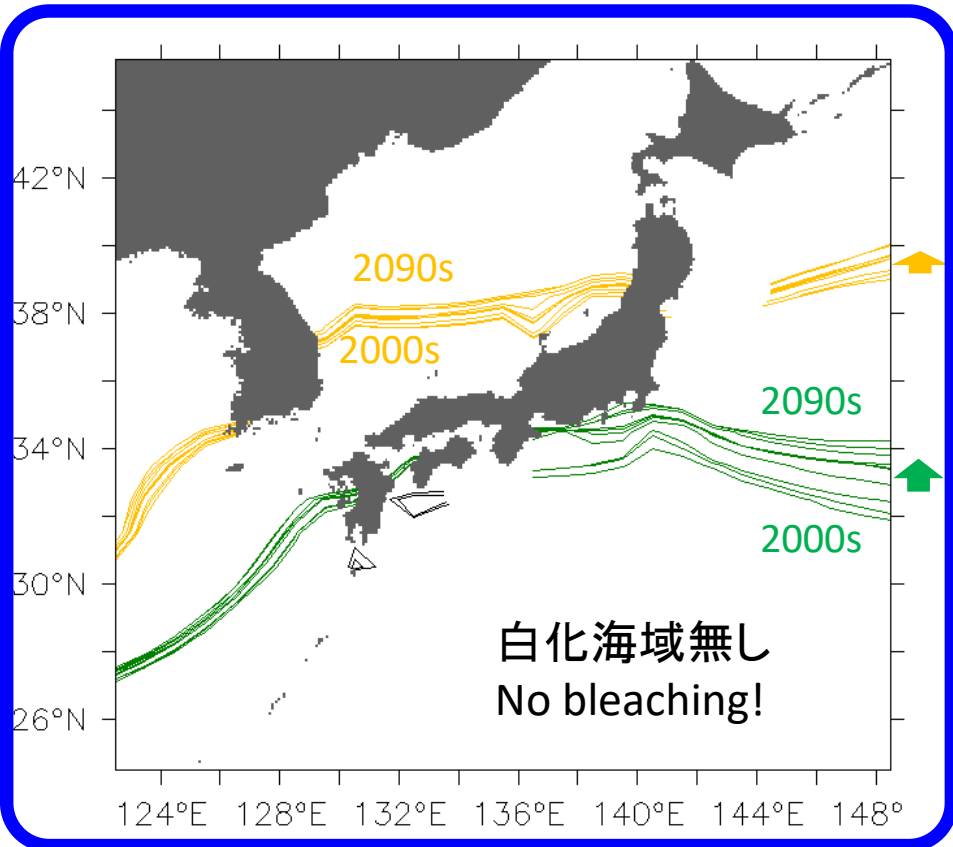


地球温暖化(水温上昇)によるサンゴ分布変化
Coral habitat change due to SST warming

海洋酸性化によるサンゴ分布変化
Coral habitat change due to ocean acidification

高水温(夏の水温>30°C)と海洋酸性化により、2070年代には日本近海からサンゴ消滅
Coral will disappear in the 2070s due to high SST and ocean acidification

CO₂低排出(SRES B1) シナリオによる予測



地球温暖化(水温上昇)によるサンゴ分布変化
Coral habitat change due to SST warming

海洋酸性化によるサンゴ分布変化
Coral habitat change due to ocean acidification

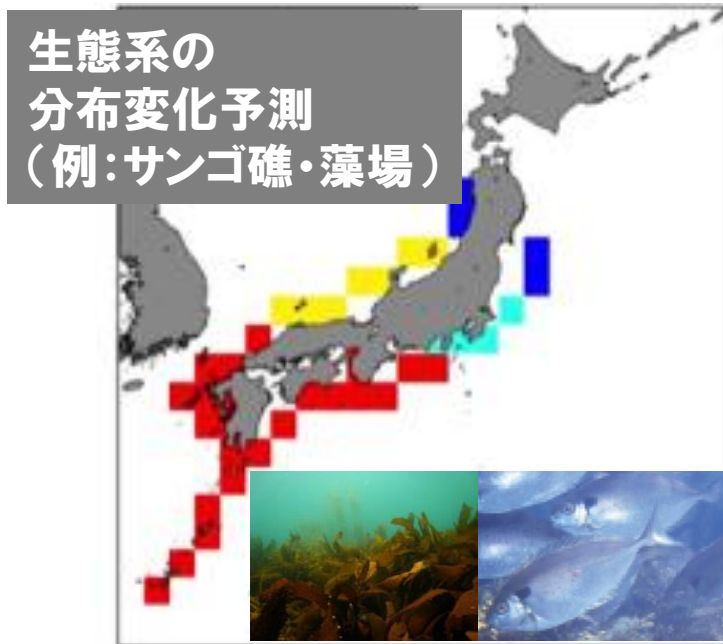
高水温は無く、海洋酸性化の影響は九州～四国まで

No bleaching, and the effect of ocean acidification would be limited to higher latitudes

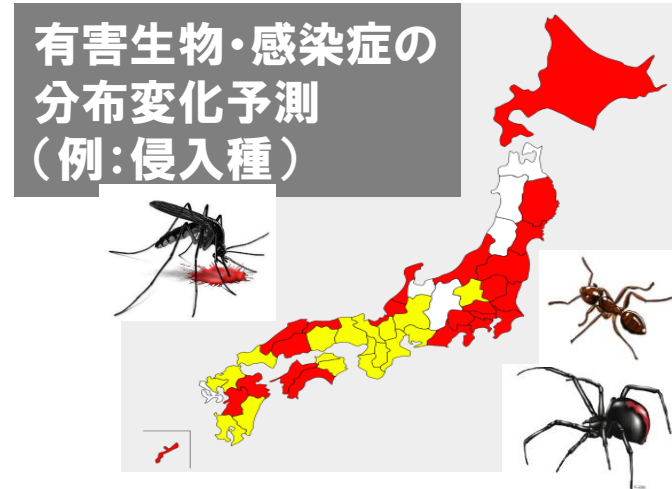
生物・生態系影響と適応計画

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方;平成27年7月環境省自然環境局

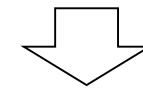
気候変動要因(温度・降水量)+気候変動以外の要因(土地利用)
+生態学的要因(環境適応度、繁殖・分散様式)の統合モデル化による予測



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



- ✓ 現在の生態系・種を維持するための管理



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



持続可能な未来のために今必要なこと

気候変動適応情報プラットフォーム

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

ADAPTATION FOR THE FUTURE



[HOME](#) [このサイトについて](#) [更新情報](#) [よくあるご質問](#) [お問い合わせ](#) [リンク集](#) [地方公共団体会員ページ](#) [English](#)

[気候変動の影響への適応とは？](#) [適応計画](#) [分野別影響&適応](#) [気候変動の影響に適応しよう！](#) [全国・都道府県情報](#) [海外情報](#) [ツール](#)

気候変動の影響に **適応!** しよう

Climate Risk Management

気候リスク管理

気候変動にどう備えるか？

事業者の取組

2016.12.2 OPENしました!

NEW

Adaptation Business

適応ビジネス

「適応」が創造する未来



NEWS

国内外の
適応情報

EVENT

イベント
情報

VIDEO

気候変動
動画

気候変動への影響に
適応しよう!

地方公共団体の方や個人の方向けの
「適応」に関する情報ページです。

全国・
都道府県情報

気候変動影響、将来影響予測などを
グラフや画像でご覧いただけます。

地球温暖化観測推進事務局

リーフレット

気候変動が生物多様性に与える影響を低減するための適応策

環境省自然環境局(平成27年7月)

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方

■適応策の種類と具体例

施策の種類	方針	具体的取組の例
モニタリングの拡充と評価	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響の把握 ◎研究と技術開発の推進 ◎生態系サービスへの影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響を把握し、生態系サービスの評価 ◎生物多様性のモニタリング、適応推進に関連した研究と技術開発の加速・推進 ◎知見が不足する生物多様性の変化による生態系サービスへの影響に関する重点的な取組 <p>① 観察とモニタリングの継続 データベース化と発信</p>
気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全 ◎気候変動以外のストレス低減 ◎移動・分散経路の確保 ◎生態系ネットワークの形成 	<ul style="list-style-type: none"> ◎健全な生態系を維持するための、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減 ◎生態系を健全な状態に維持するため、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減 ◎保護地域の拡大と接続 ◎保護地域の拡大と接続 <p>② 広域のデータ収集と予測</p> <p>③ 赤土等の流入や汚染の低減</p> <p>② 広域のデータ収集と予測</p>

※以下の適応策については、保全目標との関係、生態系や生態系サービスへの影響等について干渉を行った場合と行わなかった場合の得失、有効な対策の有無、実施可能性、コスト・ベネフィット等の観点から、必要性を個別に判断

積極的な干渉	現在の生態系・種を維持するための管理	<ul style="list-style-type: none"> ◎生態系の維持・再生 ◎再導入・補強 	<ul style="list-style-type: none"> ○現状を維持することが望まれる国立公園の主要な景観 ○種の保存のための現在の生態系への個体の導入等への補強
	生息域外保全	◎生息域外保全	○生息や生育適地が失われる等生息域内での保全が困難と考えられる場合には、動物園や植物園などの生息域外で保全
	気候変動への順応を促す管理	<ul style="list-style-type: none"> ◎生態系の再構築 ◎保全的導入 	<ul style="list-style-type: none"> ○分断などによって一部の種が欠けるなど群落の変化が健全に進まない場合の、人為的な移殖を伴う生態系の再構築 ○高標高地に島状に分布したり、人為的に生息域が分断されたりすることにより移動・分散できず、絶滅のおそれが高まる種については、種毎に保全的導入の必要性を相当慎重に検討

④サンゴ増養殖・移植

各施策における気候変動の主流化	<ul style="list-style-type: none"> ◎各施策における気候変動の考慮 ◎合意形成を行う場の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ○国 ○
-----------------	---	---

⑤サンゴ礁保全行動計画と気候変動対策の推進

気候変動が生物多様性に与える影響を低減するための適応策

環境省自然環境局(平成27年7月)

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方

■適応策の種類と具体例

施策の種類	方針	具体的取組の例
モニタリングの拡充と評価	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響の把握 ◎研究と技術開発の推進 ◎生態系サービスへの影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響を把握し、生態系サービスへの影響を評価する ◎生物多様性のモニタリング、生態系サービスの評価、影響のモニタリング、適応推進に関連した研究と技術開発の加速・推進 ◎知見が不足する生物多様性の変化による生態系サービスへの影響に関する重点的な取組
気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響が少ない地域の特選と優先的な保全 ◎気候変動以外のストレス低減 ◎移動・分散経路の確保 ◎生態系ネットワークの形成 	<ul style="list-style-type: none"> ◎健全な生態系を維持し、気候変動の影響を軽減する ◎生態系を健全な状態に維持するため、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減を図る ◎赤土等の流入や汚染の低減 ◎生物多様性のモニタリングと予測される気候変動の影響を加味し、より一層推進 ◎保護地域の拡大と接続 ◎健全な生態系を維持し、気候変動の影響を軽減する ◎人々の生活と調和した形で、自然環境を保全・再生し、生態系ネットワークを形成する ◎人口減少等で維持管理が困難となる地域を自然環境に戻し、保護地域や生態系ネットワークとして活用

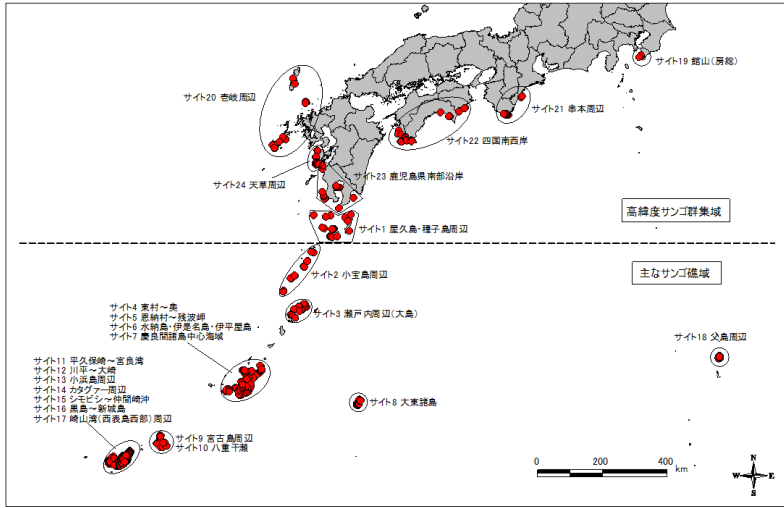
① 観察とモニタリングの継続
データベース化と発信

② 広域のデータ収集と予測

③ 赤土等の流入や汚染の低減

② 広域のデータ収集と予測

サンゴの調査・モニタリング



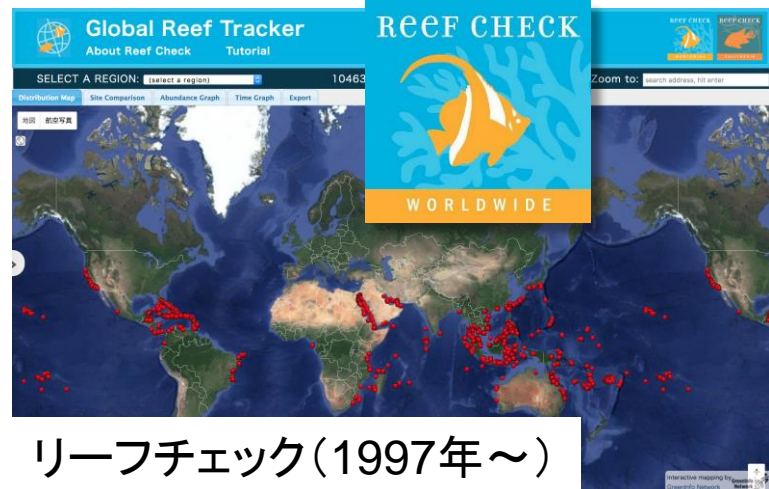
環境省モニタリングサイト1000(2003年～)



沖縄県サンゴぷらほ(2009年～)



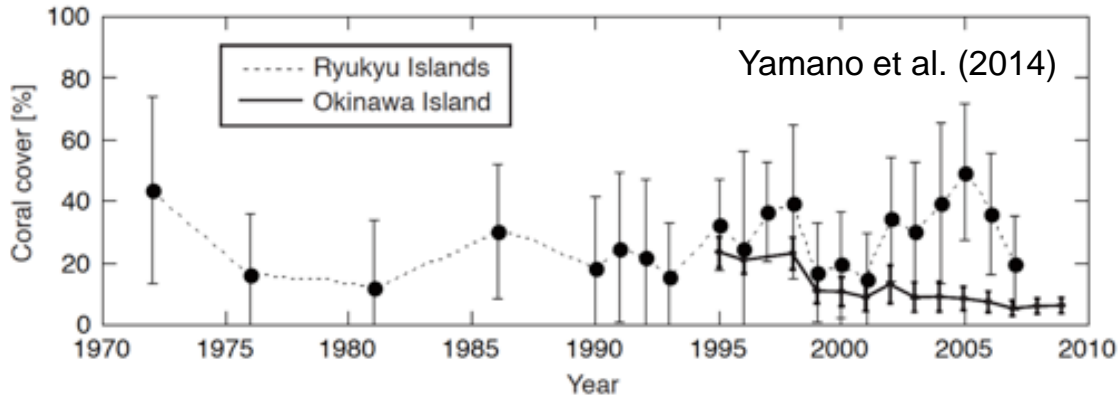
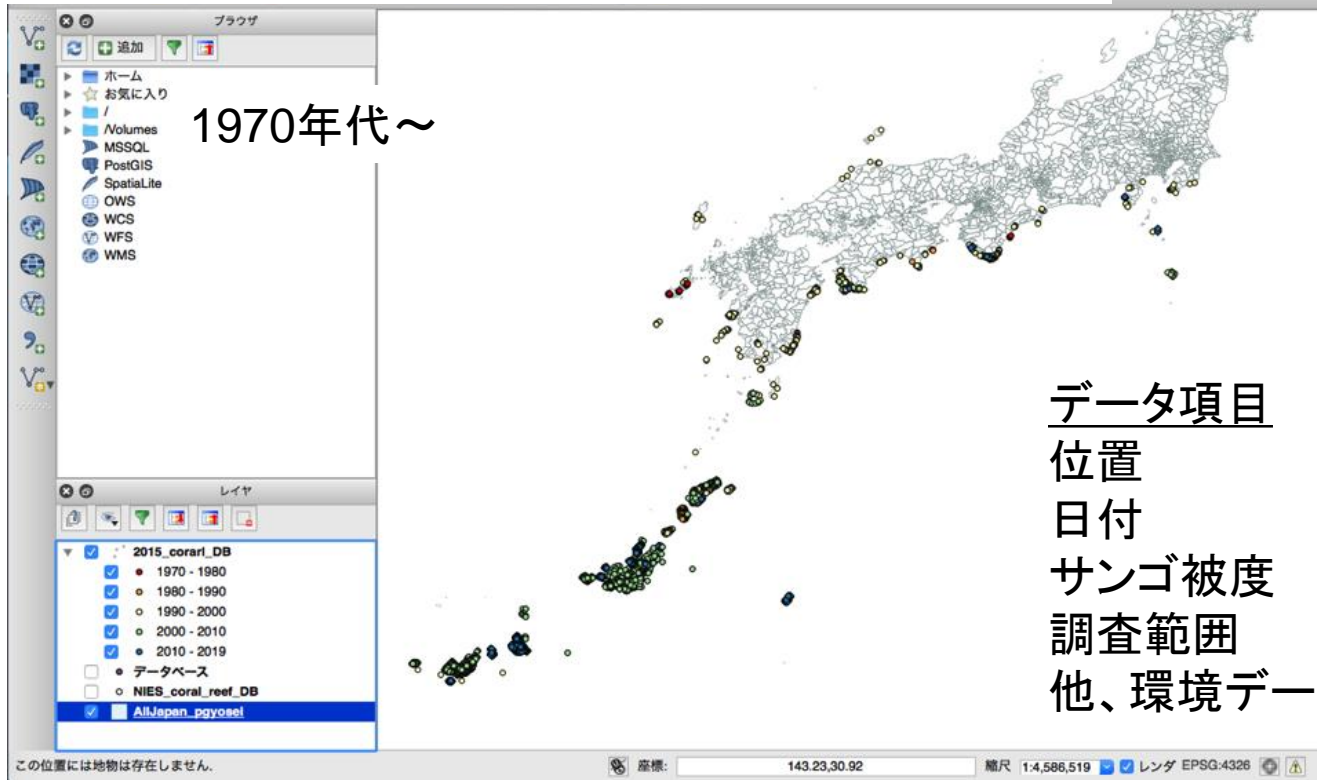
環境省自然環境保全基礎調査(1990年)
サンゴ礁分布図(2008年)



リーフチェック(1997年～)

+ 各種調査報告書(1970年代～)

サンゴ被度データベース(構築中)



長期間の変化を明らかにするために、種分布、被度など統一的なデータベースが必要

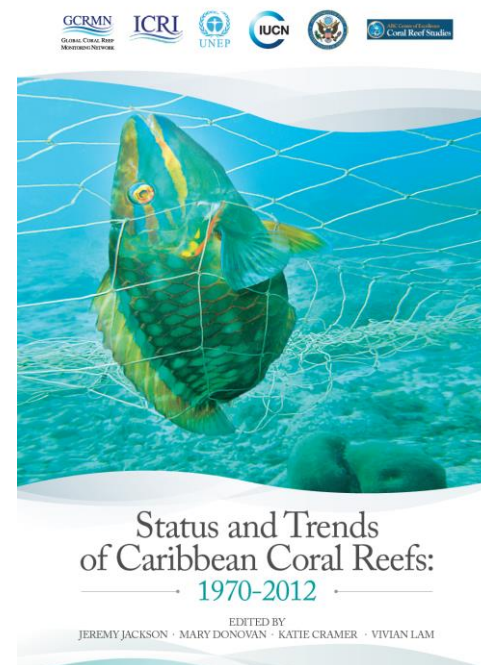
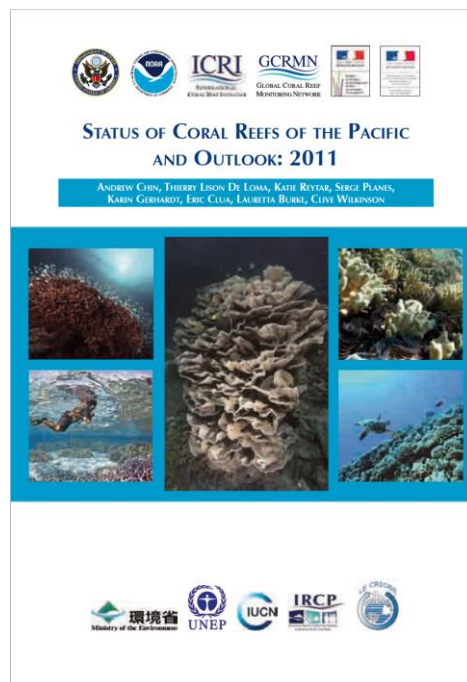
世界的な保全に向けた情報提供と共有



GCRMNレポート
最近活動が止まっている

ReefBaseの白化データ
は2012年以降更新無し

世界的な保全に向けた情報提供と共有が必要



気候変動が生物多様性に与える影響を低減するための適応策

環境省自然環境局(平成27年7月)

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方

■ 適応策の種類と具体例

施策の種類	方針	具体的取組の例
モニタリングの拡充と評価	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響の把握 ◎研究と技術開発の推進 ◎生態系サービスへの影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響を把握し、生態系サービスへの影響を評価する ◎生物多様性モニタリングの継続 ◎生態系サービスの評価、影響のモニタリング、適応推進に関連した研究と技術開発の加速・推進 ◎知見が不足する生物多様性の変化による生態系サービスへの影響に関する重点的な取組
気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全 ◎気候変動以外のストレス低減 ◎移動・分散経路の確保 ◎生態系ネットワークの形成 	<ul style="list-style-type: none"> ◎健全な生態系を維持・回復し、気候変動の影響を軽減する ◎生態系を健全な状態に維持するため、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減を図る ◎赤土等の流入や汚染の低減 ◎生態系ネットワークの形成を促進し、気候変動の影響を軽減する ◎保護地域の拡大と接続

① 観察とモニタリングの継続
データベース化と発信

② 広域のデータ収集と予測

③ 赤土等の流入や汚染の低減

② 広域のデータ収集と予測

市民の力:サンゴの状況の調査



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



サンゴの9割近くが白化

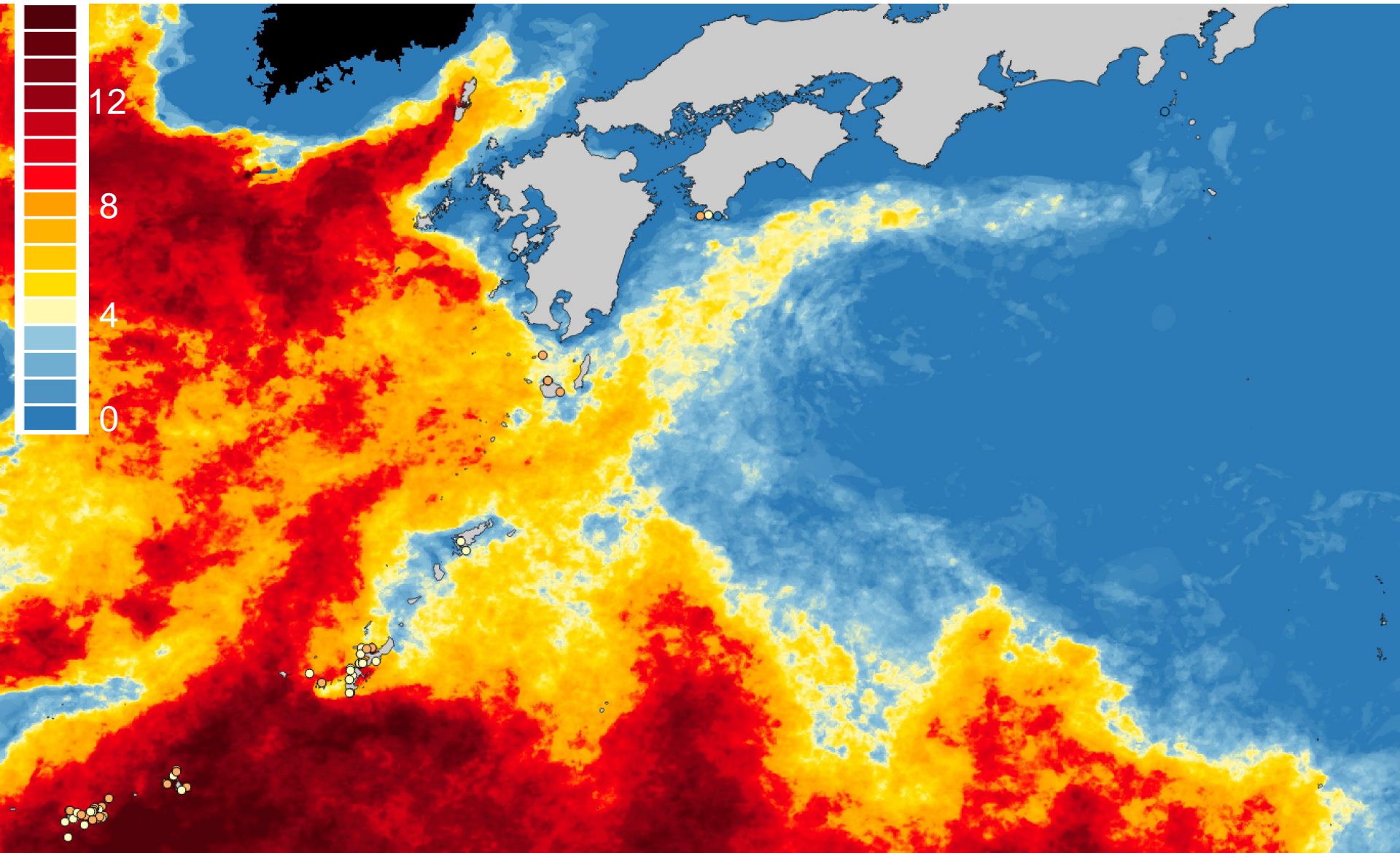
環境省調査35カ所 沖縄「石西礁湖」

沖縄・石垣島の北端で8月18日に撮影されたサンゴの一種ミドリイシ。手前右と奥の部分が白化している(サンゴマップ提供)

石垣島と西表島の間にある国内最大のサンゴ礁「石西礁湖」で起きていた大規模な白化現象で、環境省が調査した35カ所で見つかったサンゴが白化していることが27日分かった。

海水温の上昇が原因とみられ、石垣島の北部や鹿児島県の屋久島付近で白化が起きていたとの報告もある。研究者や保全に取り組む市民団体はさらなる拡大を警戒。ダイバーらにサンゴの生息域や白化の状況などが投稿できるウェブサイト「サンゴマップ」への情報提供を呼び掛けている。環境省那覇自然環境事務所は7月下旬から8月中旬にかけて、石西礁湖で水面近くからサンゴの健康状態を調査。高温や汚染などのストレスに弱いサンゴの一種ミドリイシに加え、ストレスに強いハマサンゴも一部が白化していた。

2016年夏の水温



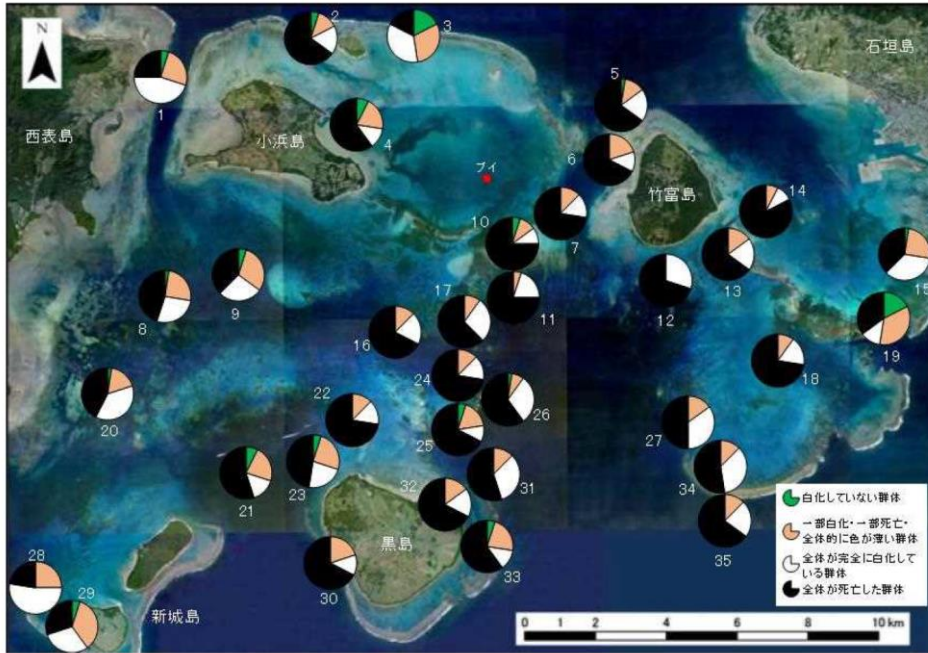
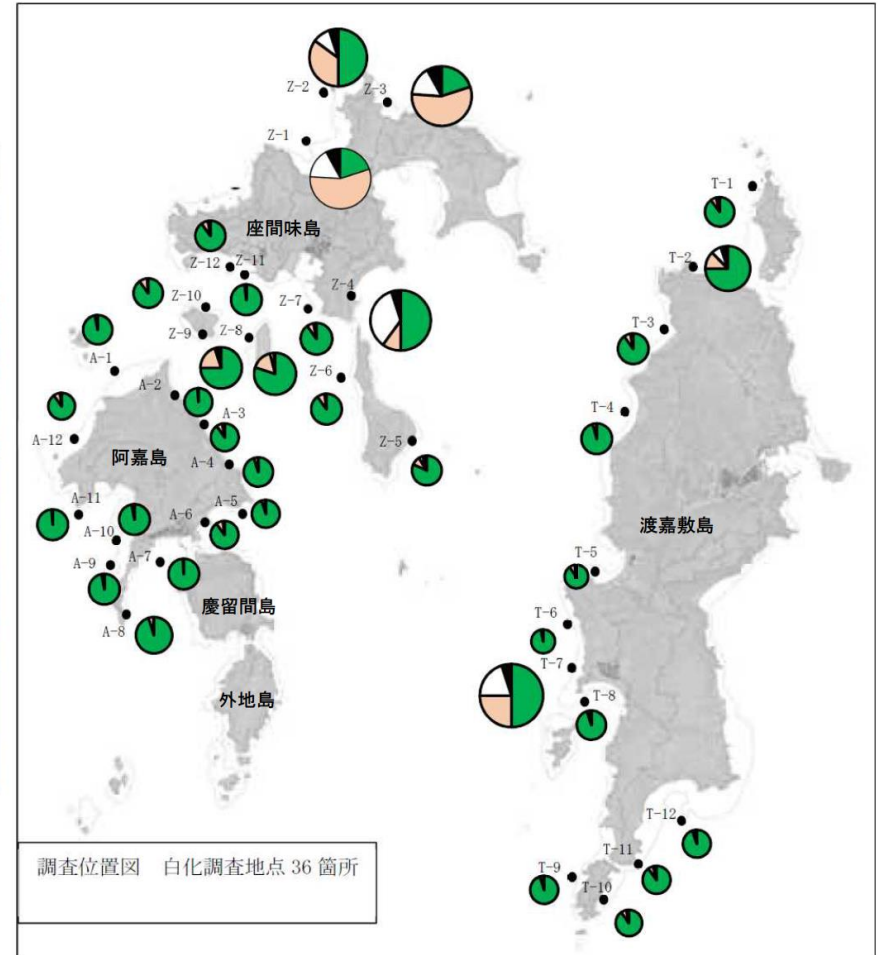


図2(2) 調査結果(2回目:9月下旬~10月上旬)

石西礁湖:7割が斃死



調査位置図 白化調査地点36箇所

慶良間:ほとんど白化していない

環境省プレスリリース資料より

地図 航空写真

2013年夏のサンゴ白化 慶良間はrefugia(逃避地)になり得る？



※環境省プレスリリースでも、
2016年の慶良間の白化は軽微

Google

地図データ ©2016 ZENRIN 画像 ©2016 TerraMetrics 利用規約

気候変動が生物多様性に与える影響を低減するための適応策

環境省自然環境局(平成27年7月)

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方

■ 適応策の種類と具体例

施策の種類	方針	具体的取組の例
モニタリングの拡充と評価	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響の把握 ◎研究と技術開発の推進 ◎生態系サービスへの影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響を把握し、生態系サービスへの影響を評価する ◎生物多様性モニタリングの継続 ◎生態系サービスの評価、影響のモニタリング、適応推進に関連した研究と技術開発の加速・推進 ◎知見が不足する生物多様性の変化による生態系サービスへの影響に関する重点的な取組
気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響が少ない地域の特定制と優先的な保全 ◎気候変動以外のストレス低減 ◎移動・分散経路の確保 ◎生態系ネットワークの形成 	<ul style="list-style-type: none"> ◎健全な生態系を維持・回復し、気候変動の影響を軽減する ◎生態系を健全な状態に維持するため、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減を図る ◎赤土等の流入や汚染の低減 ◎生態系モニタリングを実施し、気候変動の影響を加味し、より一層推進 ◎保護地域の拡大と接続

① 観察とモニタリングの継続
データベース化と発信

② 広域のデータ収集と予測

③ 赤土等の流入や汚染の低減

② 広域のデータ収集と予測

気候変動が生物多様性に与える影響を低減するための適応策

環境省自然環境局(平成27年7月)

生物多様性分野における気候変動への適応についての基本的考え方

■適応策の種類と具体例

施策の種類	方針	具体的取組の例
モニタリングの拡充と評価	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響の把握 ◎研究と技術開発の推進 ◎生態系サービスへの影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動による影響を把握し、適応策を推進 ◎生物多様性モニタリングの継続 ◎生態系サービスの評価、影響のモニタリング、適応推進に関連した研究と技術開発の加速・推進 ◎知見が不足する生物多様性の変化による生態系サービスへの影響に関する重点的な取組
気候変動に順応性の高い健全な生態系の保全・再生	<ul style="list-style-type: none"> ◎気候変動の影響が少ない地域の特定と優先的な保全 ◎気候変動以外のストレス低減 ◎移動・分散経路の確保 ◎生態系ネットワークの形成 	<ul style="list-style-type: none"> ◎健全な生態系を維持し、気候変動の影響を軽減 ◎生態系を健全な状態に維持するため、開発、環境汚染、過剰利用、外来種等の気候変動以外のストレス低減 ◎生態系ネットワークの形成 ◎保護地域の拡大と接続 ◎健全な生態系を維持し、気候変動の影響を軽減 ◎生態系ネットワークの形成 ◎健全な生態系を維持し、気候変動の影響を軽減 ◎生態系ネットワークの形成

① 観察とモニタリングの継続
データベース化と発信

② 広域のデータ収集と予測

③ 赤土等の流入や汚染の低減

② 広域のデータ収集と予測

サンゴ礁が受けているストレスは、気候変動だけではない

グローバル

二酸化炭素排出 → 気候変動 → 降水量変化

グローバルな要因

- ・水温上昇
- ・酸性化
- ・台風
- ・強光
- ・海面上昇

ローカルな要因

- ・淡水
- ・土砂
- ・栄養塩
- ・金属、毒物
- ・漂着ゴミ

サンゴ斃死
↑
↓
藻類繁茂

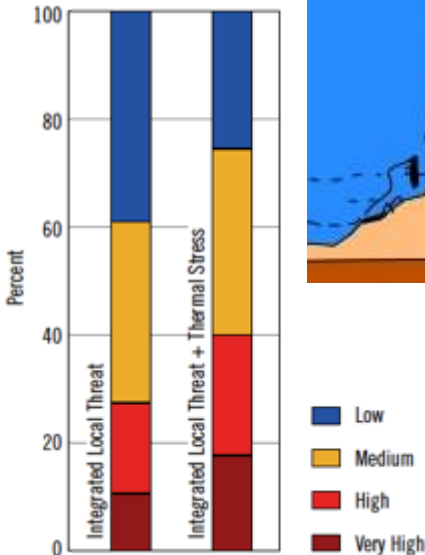
生物間相互作用

- ・オニヒトデ
- ・バクテリア
- ・魚の乱獲
- ・過利用

土地利用

社会経済人口

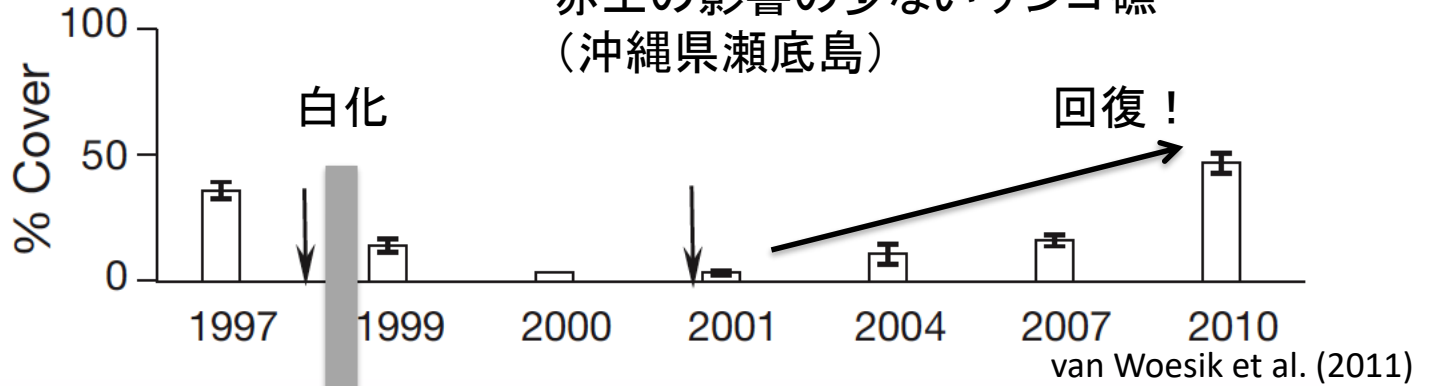
ローカル



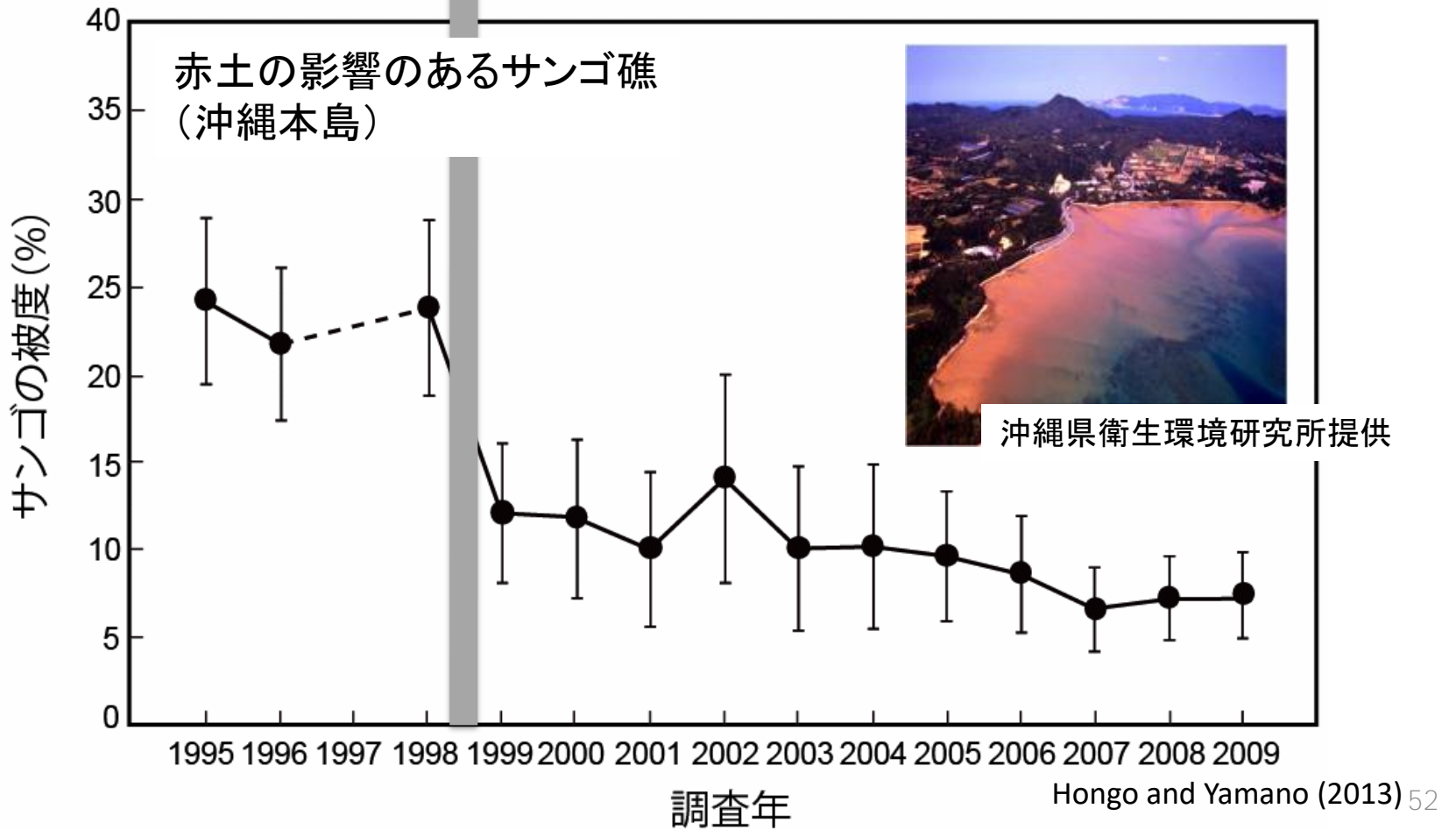
Reefs at Risk revisitedより

ローカル (30%が危機的) ローカル+グローバル (40%が危機的)

赤土の影響の少ないサンゴ礁 (沖縄県瀬底島)



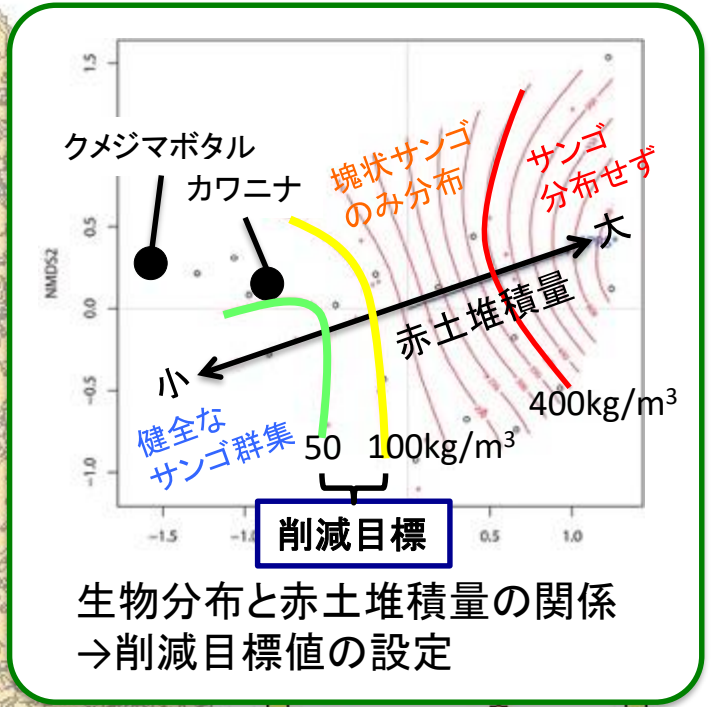
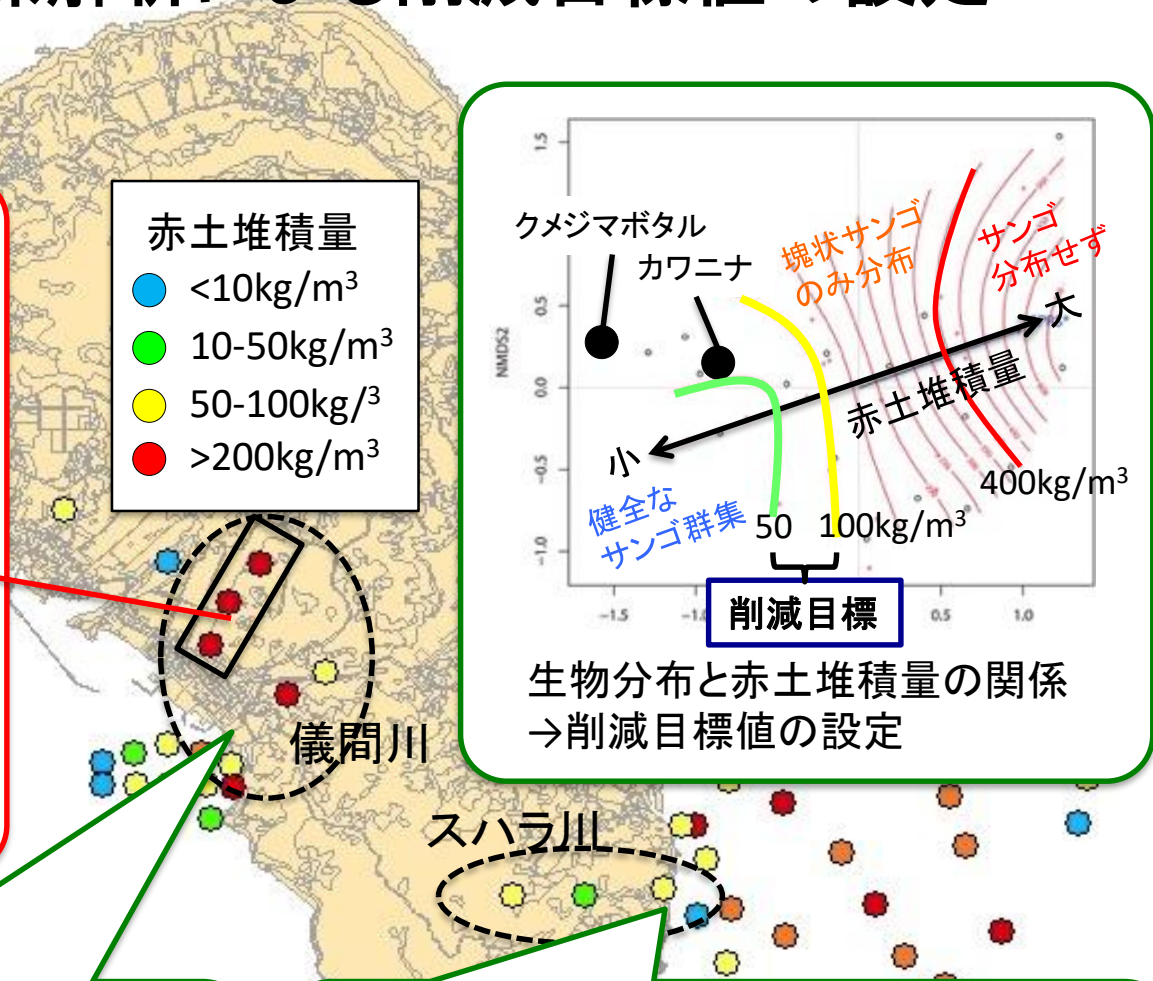
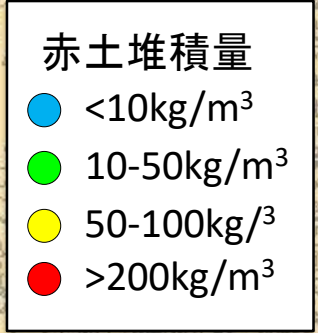
赤土の影響のあるサンゴ礁 (沖縄本島)



生物と赤土の関係解析による削減目標値の設定



定点カメラによる農地モニタリング
 →土砂流出モデルとの統合
 →発生源の特定



クメジマボタル、カワニナ
生息なし



サンゴ被度<5%
ミドリイシ生息なし



クメジマボタル、カワニナ
生息



サンゴ被度~10%
ミドリイシ生息

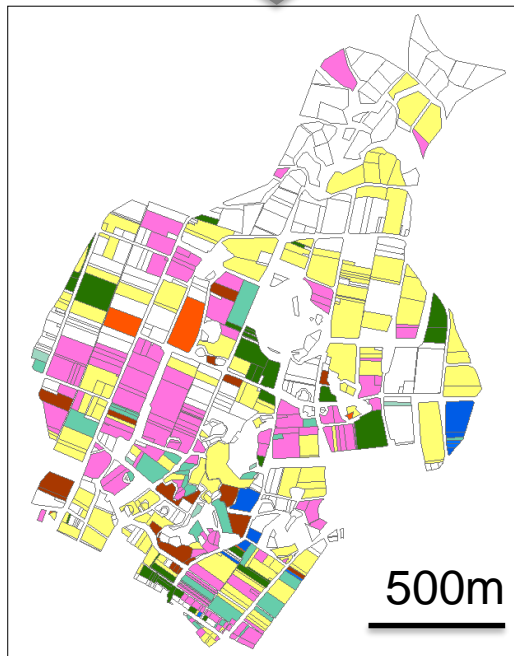
定点カメラ情報と土砂流出モデルの統合による 要対策農地の抽出



定点カメラから検出した
刈り取り日(裸地化)情報

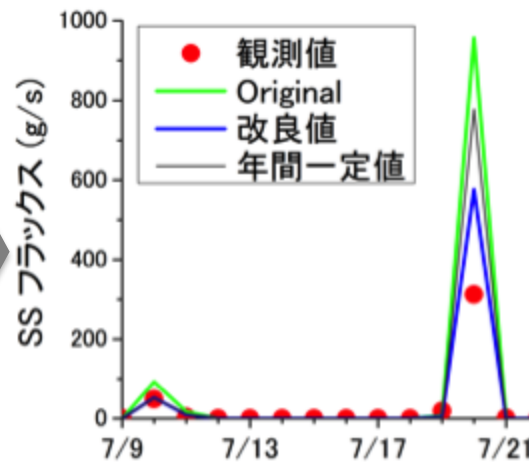


正射投影

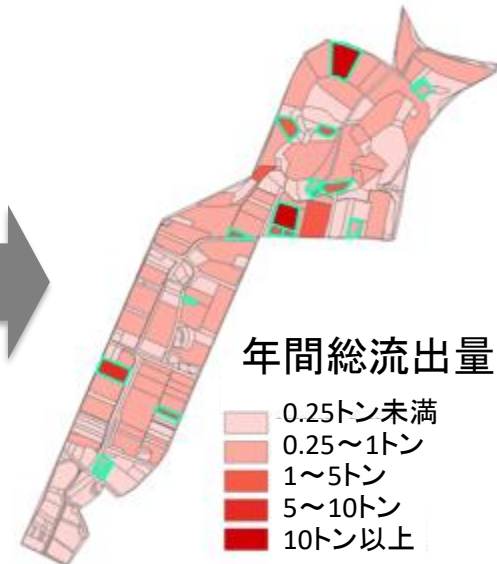


刈り取り日

- 2 - 10
 - 11 - 20
 - 21 - 30
 - 31 - 40
 - 41 - 50
 - 51 - 60
 - 61 - 70
 - 71 - 80
 - 81 - 90
 - 91 - 100
 - 101 - 110
 - 111 - 120
 - 121 - 130
- DOY



土砂流出モデルへの入力
赤土流出計算結果の向上



農地一筆ごとの
流出量算出

年間総流出量

- 0.25トン未満
- 0.25～1トン
- 1～5トン
- 5～10トン
- 10トン以上

農家へのアンケート調査

～ 6/12 までの回収率 = 99 / 317 = 31.2%

H26年産さとうきび圃場植付調査 (OCR) 日程表

時間 : 午前9:00^{2.5h}～11:30 午後 1:30^{1.5h}～3:00

調査年月	2014年6月
調査対象	沖縄県久米島のサトウキビ農家
調査場所	甘味資源作物交付金受給の生産者要件審査申請(各地域(字)の公民館)
調査方法	対面式
調査項目	出荷している作物と面積、赤土流出対策実施状況、農業・産業・環境に対する考え方、学歴、農業従事者の構成など
回答数	280

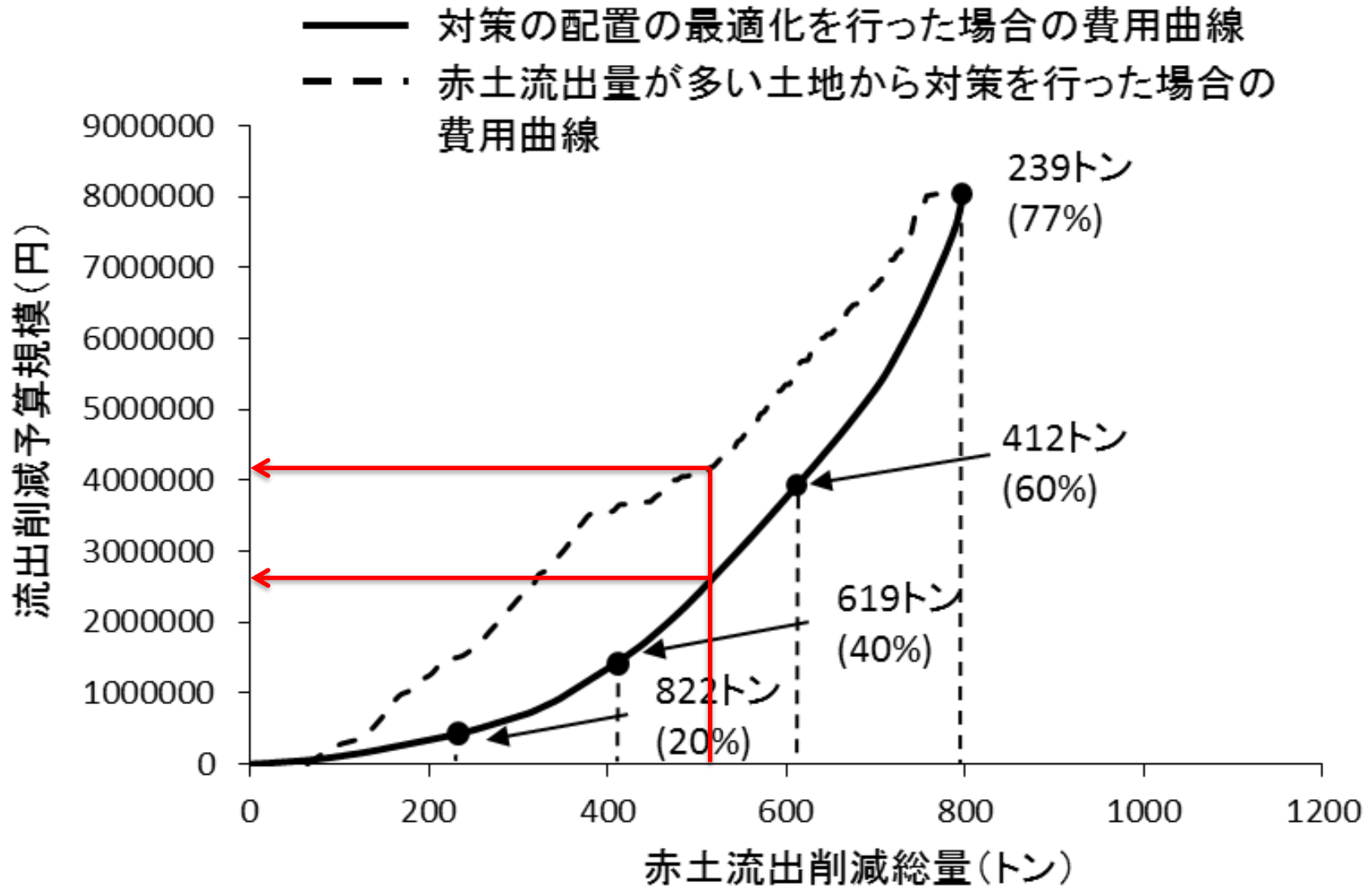
日付	曜日	時間帯	地区	予定対象者数	開催場所(公民館等)	支部長	支部長携帯電話	開催地区区長	区長電話	JA職員
6月9日 100	月	午前	久間地	7	西銘					7/6
			西銘	39						
			上江洲	6						
		午後	山里	14	仲地					21/62
			仲地	34						
6月10日 60	火	午前	鳥島	26	鳥島					11/6
		午後	仲泊	34	仲泊					8/34
6月11日 77	水	午前	仲村渠	28	仲村渠					11/28
		午後	大原	59	大原					18/59
6月12日 70	木	午前	兼城	16	JA経済センタ					10/21
			大田	11						
			字根	33						
		午後	真泊	9	字根					13/43
奥武	1									
6月13日 120	金	午前	嘉手苅	63	嘉手苅					99/317
		午後	儀間東	57	儀間					21
6月16日 74	月	午前	山城	29	山城					
			午後	儀間西	45	儀間				
6月17日 108	火	午前	謝名堂	50	謝名堂					
			泊	8						
			午後	銭田						
		午後	真我里	26						
6月18日 92	水	午前	宇江城	52	宇江城					
			午後	比屋定	27	比屋定				
			上阿嘉	4						
		午後	下阿嘉	9	40					
6月19日 164	木	午前	真謝	64	真謝					
			島尻	28	島尻					
		午後	比嘉	72	比嘉					
6月20日 65	金	午前	具志川	36	具志川					
			午後	北原	29	北原				

938名

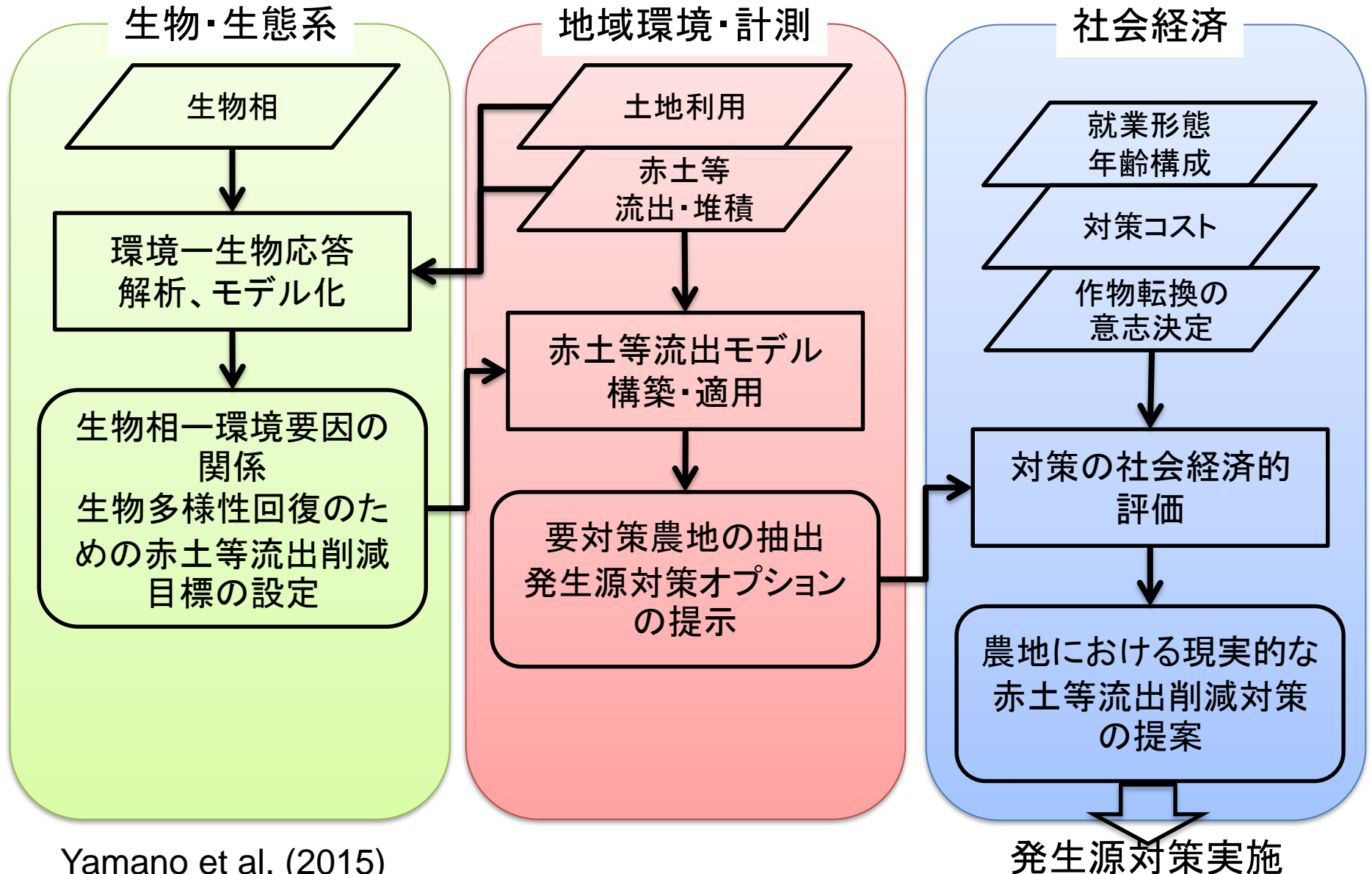
※調査日時および開催場所(公民館等)は変更になる場合があります。



対策の費用対効果の最適化



分野横断・地域連携アプローチによる赤土等流出防止対策



Yamano et al. (2015)

発生源対策実施
琉球列島・島嶼国への⁵⁷応用

<p>※以下 わなか</p>		<p>系や生態系サービスへの影響等について干渉を行った場合と行 性、コスト・ベネフィット等の観点から、必要性を個別に判断</p>
<p>現 維</p>		<p>○現状を維持することが望まれる国立公園の主要な景観 力 ④サンゴ増養殖・移植</p>
<p>積 極 的 な 干 渉</p>		<p>○種の保存のための現在の生息地への個体の移植等への補 強</p>
<p>生 気 促</p>		<p>○生息や生育適地が失われる等生息域内での保全が困 難と考えられる場合には、動物園や植物園などの生息 域外で保全</p> <p>○分断などによって一部の種が欠けるなど群落の変化が 健全に進まない場合の、人為的な移植を伴う生態系の 再構築</p> <p>○高標高地に島状に分布したり、人為的に生息域が分断 されたりすることにより移動・分散できず、絶滅のおそれ が高まる種については、種毎に保全的導入の必要性を 相当慎重に検討</p>

<p>各施策における気候変動 の主流化</p>	<p>◎各施策における気候変動 の考慮</p> <p>◎合意形成を行う場の設置</p>	<p>◎国 ◎ ◎</p> <p>⑤サンゴ礁保全行動計画と 気候変動対策の推進</p>
-----------------------------	---	--

謝辞

環境省環境研究総合推進費S9, S15
文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム
日本全国みんなで作るサンゴマップ
国立環境研究所分野横断型研究

沖縄県衛生環境研究所
北海道大学
上智大学
国立環境研究所

金城孝一
山中康裕・藤井賢彦・高尾信太郎
堀江哲也
林 誠二・小熊宏之・日引 聡・
岡川 梓・須賀伸介・熊谷直喜

ご清聴ありがとうございました