

2016年石西礁湖 大規模白化現象における サンゴ種別差

野島ら(2003~2011)の調査によって記録された
2007年大規模白化との比較

中村 崇

理学部・海洋自然科学科
准教授

2017 石西礁湖自然再生協議会 2月19日

アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】
2. 2016年度
3. 2007年度との比較

(九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用)

4. 将来および対策？



アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】

2. 2016年度

3. 2007年度との比較

(九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用)

4. 将来および対策？

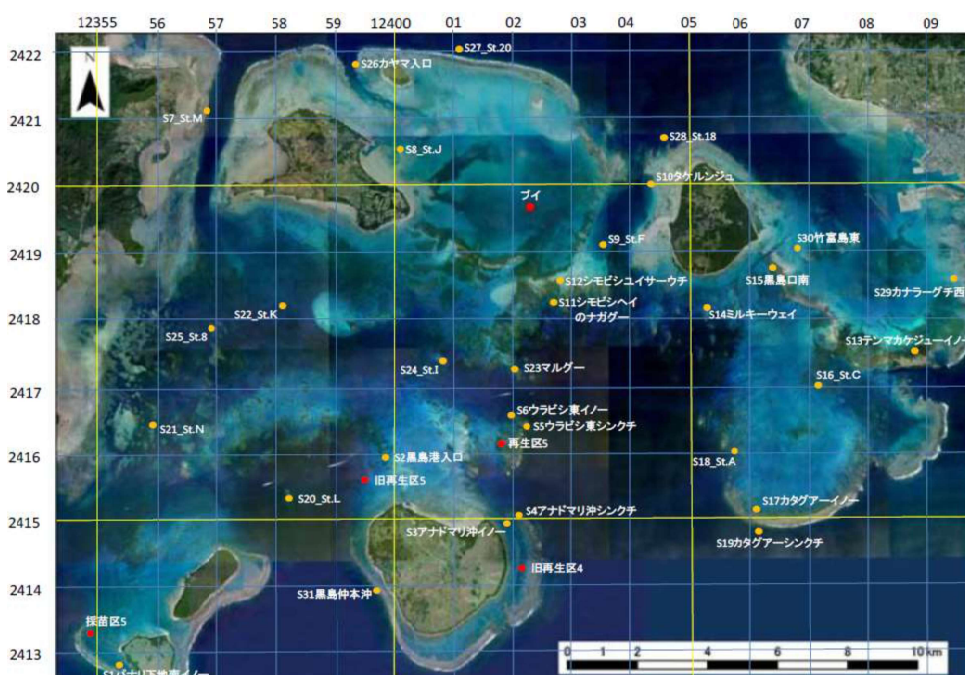


1. 調査概要【種別白化調査】

石西礁湖におけるサンゴ種別白化状況調査

1. 調査内容 (実施期間: 2016年[平成28年] 9月3日~12日)

- 石西礁湖の35地点でサンゴ群集モニタリング調査と並行して実施した(調査地点図、調査日表)



調査地点	調査日
S1 パナリ下地南イノー	2016年9月4日
S2 黒島港入口	2016年9月10日
S3 アナドマリ沖イノー	2016年9月8日
S4 アナドマリ沖シンクチ	2016年9月9日
S5 ウラビシ東シンクチ	2016年9月9日
S6 ウラビシ東イノー	2016年9月8日
S7 St. M	2016年9月5日
S8 St. J	2016年9月11日
S9 St. F	2016年9月11日
S10 タケルンジュ	2016年9月6日
S11 シモビシヘイのナガゲー	2016年9月3日
S12 シモビシユイサーウチ	2016年9月3日
S13 テンマカケジュのイノー	2016年9月12日
S14 ミルキーウエイ	2016年9月6日
S15 黒島口南	2016年9月3日
S16 St. C	2016年9月11日
S17 カタグアイノー	2016年9月9日
S18 St. A	2016年9月11日
S19 カタグアシンクチ	2016年9月9日
S20 St. L	2016年9月10日
S21 St. N	2016年9月4日
S22 St. K	2016年9月6日
S23 マルゲー	2016年9月3日
S24 St. I	2016年9月12日
S25 St. 8	2016年9月4日
S26 カヤマ入口	2016年9月5日
S27 St. 20	2016年9月5日
S28 St. 18	2016年9月5日
S29 カナラグチ西	2016年9月12日
S30 竹富東	2016年9月6日
S31 黒島仲本沖	2016年9月10日
採苗区5 / 新城島下地礁池	2016年9月4日
再生区5 / ウラビシ礁湖	2016年9月8日
旧再生区4 / 黒島東礁池	2016年9月8日
旧再生区5 / 黒島西沈水離礁	2016年9月10日

1. 調査概要【種別白化調査】

そもそも、なぜ種別調査をおこなうのか？

サンゴ種・属間で白化／死亡のしやすさが異なるから



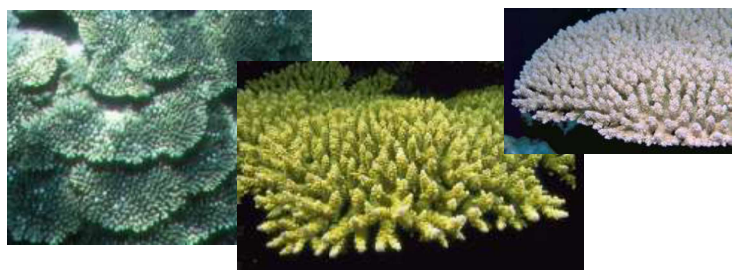
McClanahan et al. (2004)

1. 調査概要【種別白化調査】

石西礁湖におけるサンゴ種別白化状況調査

1. 調査内容

- 主要サンゴ11種を対象にしている:



和名	学名
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>
ハナガサミドリイシ	<i>A. nasuta</i>
コユビミドリイシ	<i>A. digitifera</i>
タチハナガサミドリイシ	<i>A. selago</i>
トゲサンゴ	<i>S. hystrix</i>
シウガサンゴ	<i>S. pistillata</i>
ハナヤサイサンゴ	<i>P. damicornis</i>
イボハダハナヤサイサンゴ	<i>P. verrucosa</i>
カメノコキクメイシ	<i>F. abdita</i>
ココメノコキクメイシ	<i>G. pectinata</i>
コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>

枝状ミドリイシ科の代表種群
 放卵放精で分散距離が長い(遠くまで流れていく)
 成長が早いですがストレスに弱い

枝状ハナヤサイサンゴ科の代表種群
 多くが放卵放精ではなく幼生保育型で
 世代間の分散距離が短い(地元志向)

塊状群体の代表種群
 成長が遅めだが、比較的白化・死亡しにくい。
 コブハマサンゴは自動車サイズの群体に成長すること
 で知られる(長生き)。



1. 調査概要【種別白化調査】

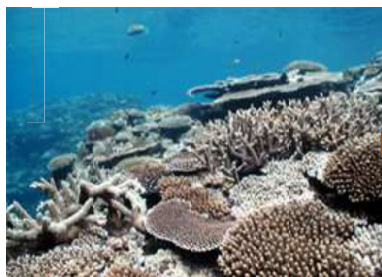
石西礁湖におけるサンゴ種別白化状況調査

1. 調査内容

- 白化の段階を目視で判定(各種一地点あたり20個体を目安とした)

白化の段階	状況	ポイント
正常	白化の兆候が見られない群体。	0
白化初期	一般の褐色の群体では <u>少し色あせてくる</u> 、また青色、黄色、ピンク色等の枝状ミドリイシ類やコモンサンゴ類では正常な状態に比べ <u>より鮮やかになる</u> 。	1
白化中期(部分的白化)	色が <u>明らかに薄くなる</u> 。テーブル状群体の多くで周縁部、または <u>一部が白化</u> 。塊状サンゴの <u>頂部白化</u> 。	2
白化(完全白化)	調査地点での <u>群体の全体もしくは大部分が完全に白化</u> 。	3
白化による死亡	白化後に群体が完全に死亡した状態。	4

非白化群集



白化群集



1. 調査概要【種別白化調査】

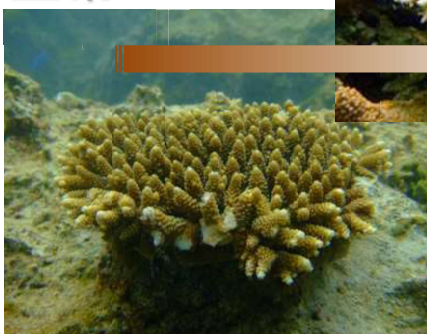
白化段階の例



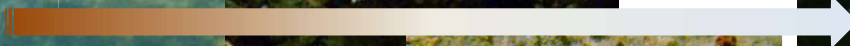
白化初期

白化(完全白化)

正常



白化中期
(部分白化)





アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】
2. 2016年度
3. 2007年度（九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用）
4. 比較と考察
5. 将来および対策？

2. 2016年度【種別白化調査】

2016年の種別白化調査結果

白化状況(35地点・約6400群体)

2016年9月時点で

コブハマサンゴを除く10種

>98%が白化

*コブハマサンゴでは

>58%が白化



2. 2016年度【種別白化調査】

2016年の種別白化結果

※表中の数値は観察された群体数、白化率は白化あるいは死亡が確認された群体数／観察群体数

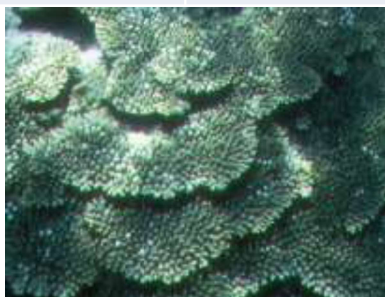
石西礁湖サンゴ白化調査 2016.9.3-12		白化の段階（2016年9月）					白化率
和名	学名	正常	白化初期	白化中期	完全白化	死亡	(%)
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>	15	34	60	511	334	98.4
ハナガサミドリイシ	<i>A. nasuta</i>	0	3	22	561	171	100.0
コユビミドリイシ	<i>A. digitifera</i>	9	27	40	334	120	98.3
タチハナガサミドリイシ	<i>A. selago</i>	0	4	13	380	181	100.0
トゲサンゴ	<i>S. hystrix</i>	0	0	2	280	189	100.0
ショウガサンゴ	<i>S. pistillata</i>	0	2	11	109	66	100.0
ハナヤサイサンゴ	<i>P. damicornis</i>	1	6	5	53	41	99.1
イボハダハナヤサイサンゴ	<i>P. verrucosa</i>	7	40	115	414	129	99.0
カメノコキクメイシ	<i>F. abdita</i>	11	21	125	488	96	98.5
コカメノコキクメイシ	<i>G. Pectinata</i>	6	18	106	452	125	99.2
コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>	288	74	88	226	18	58.5
11種の合計(群体数)		337	229	587	3,808	1,470	94.8
11種の合計(%)		5.2	3.6	9.1	59.2	22.9	

2. 2016年度【種別白化調査】

2016年の種別白化結果

※表中の数値は観察された群体数、白化率は白化あるいは死亡が確認された群体数／観察群体数

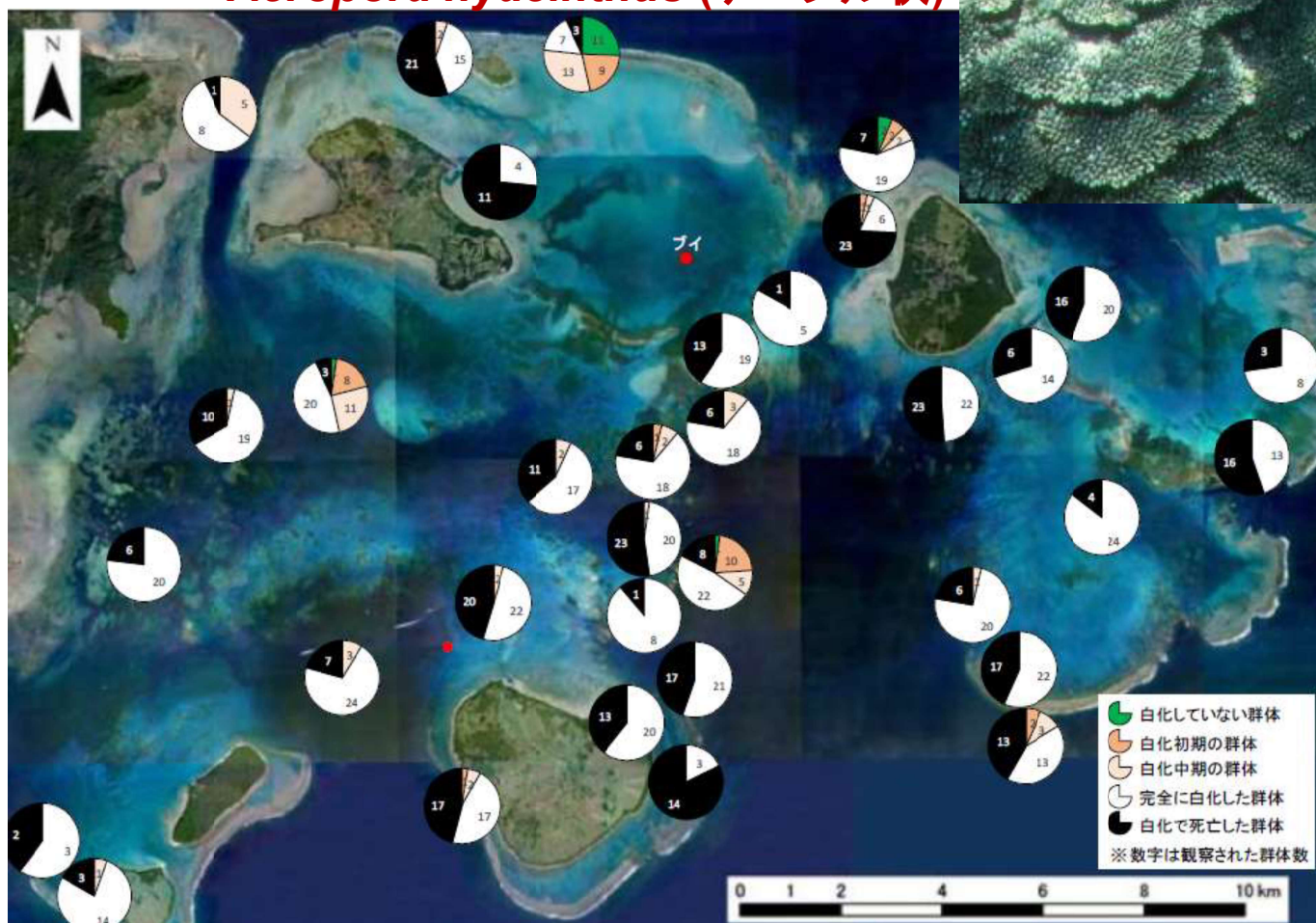
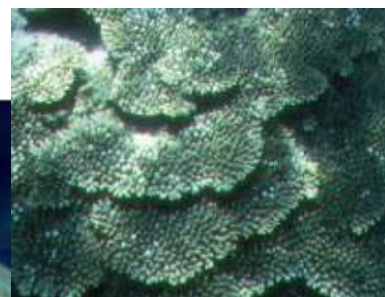
石西礁湖サンゴ白化調査 2016.9.3-12		白化の段階（2016年9月）					白化率
和名	学名	正常	白化初期	白化中期	完全白化	死亡	(%)
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>	15	34	60	511	334	98.4



コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>	288	74	88	226	18	58.5
---------	-----------------	-----	----	----	-----	----	------

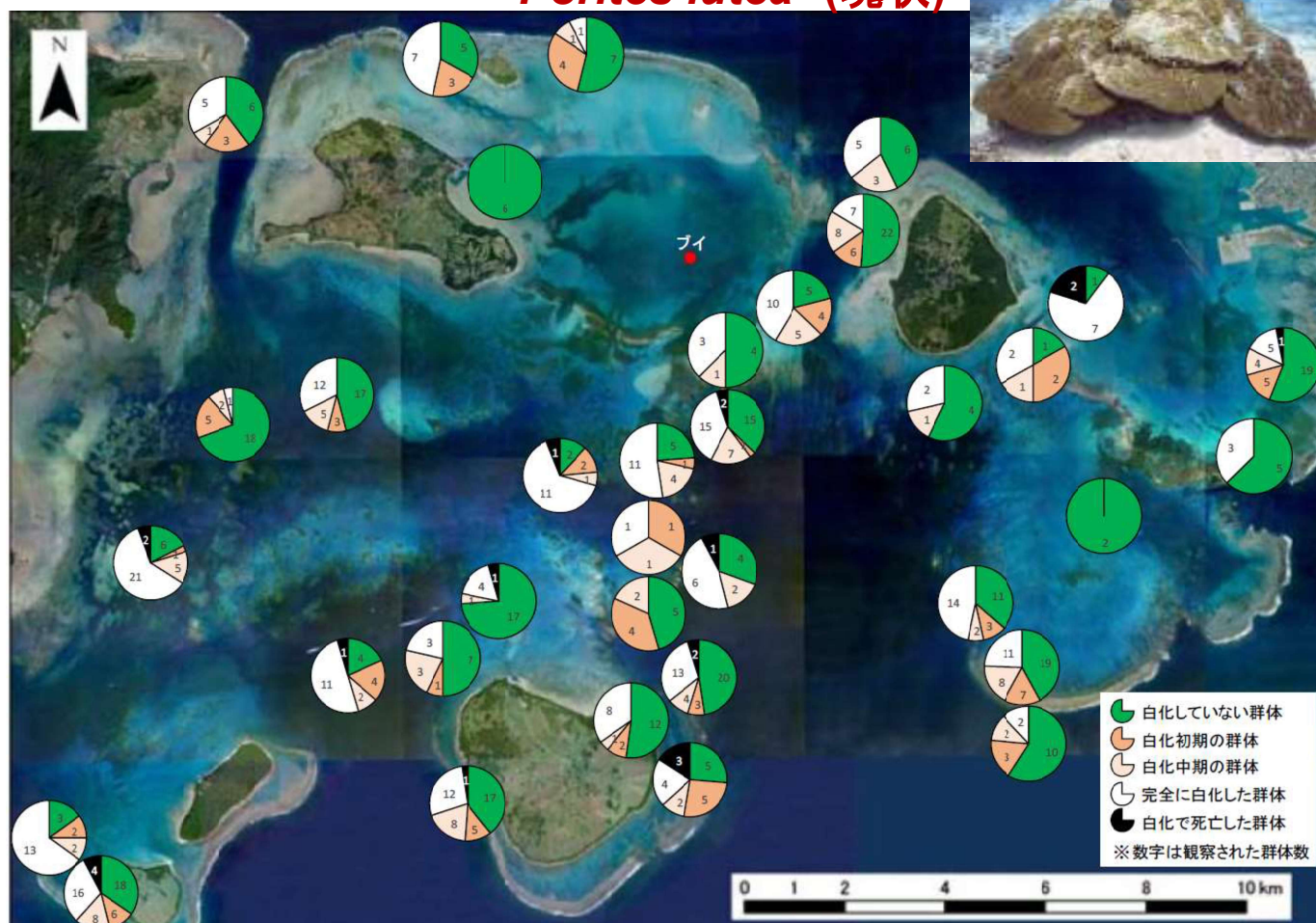
2. 2016年度【種別白化調査】クシハダミドリイシ: 白化率98.4%

Acropora hyacinthus (テーブル状)



2. 2016年度【種別白化調査】コブハマサンゴ: 白化率58.5%

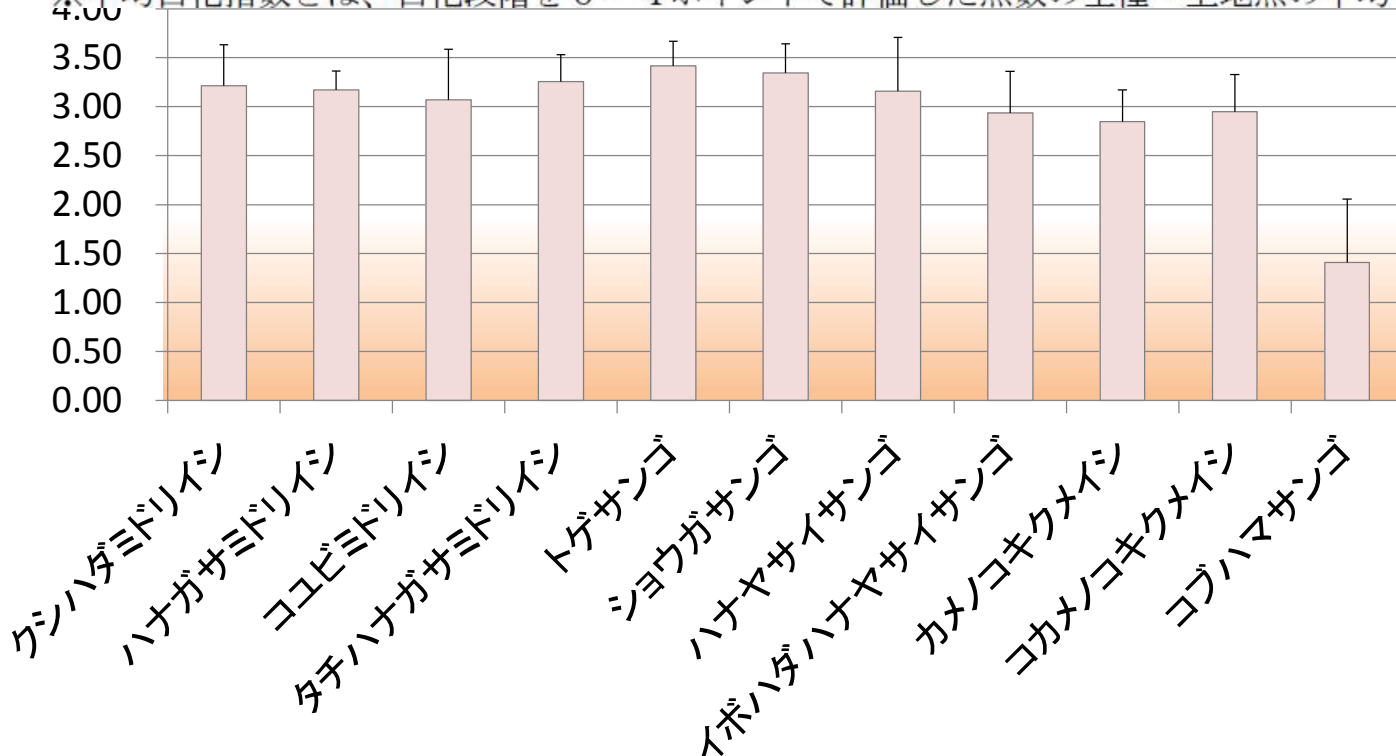
Porites lutea (塊状)



白化指数でみた2016年度種別白化

種別白化指数平均 2016

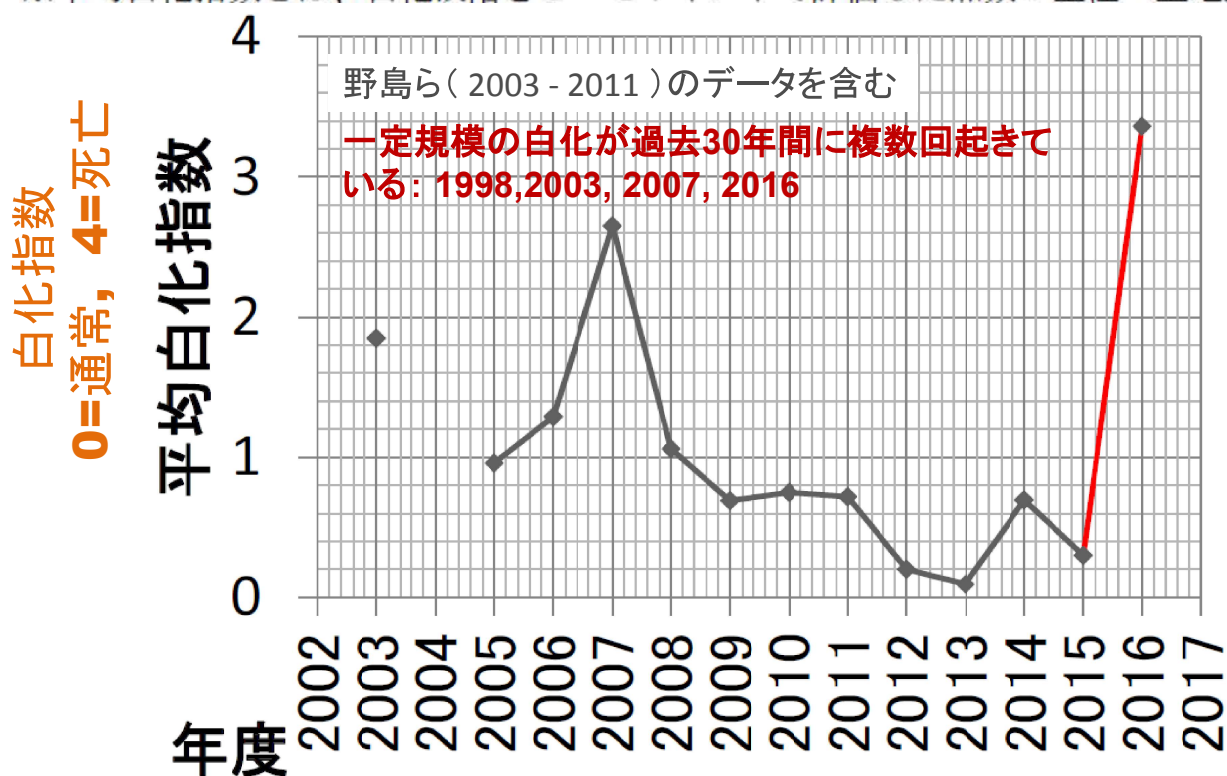
※平均白化指数とは、白化段階を0～4ポイントで評価した点数の全種・全地点の平均



過去の白化指数との比較

2003年以降の記録では最大値

※平均白化指数とは、白化段階を0～4ポイントで評価した点数の全種・全地点の平均



アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】
2. 2016年度
3. 2007年度との比較

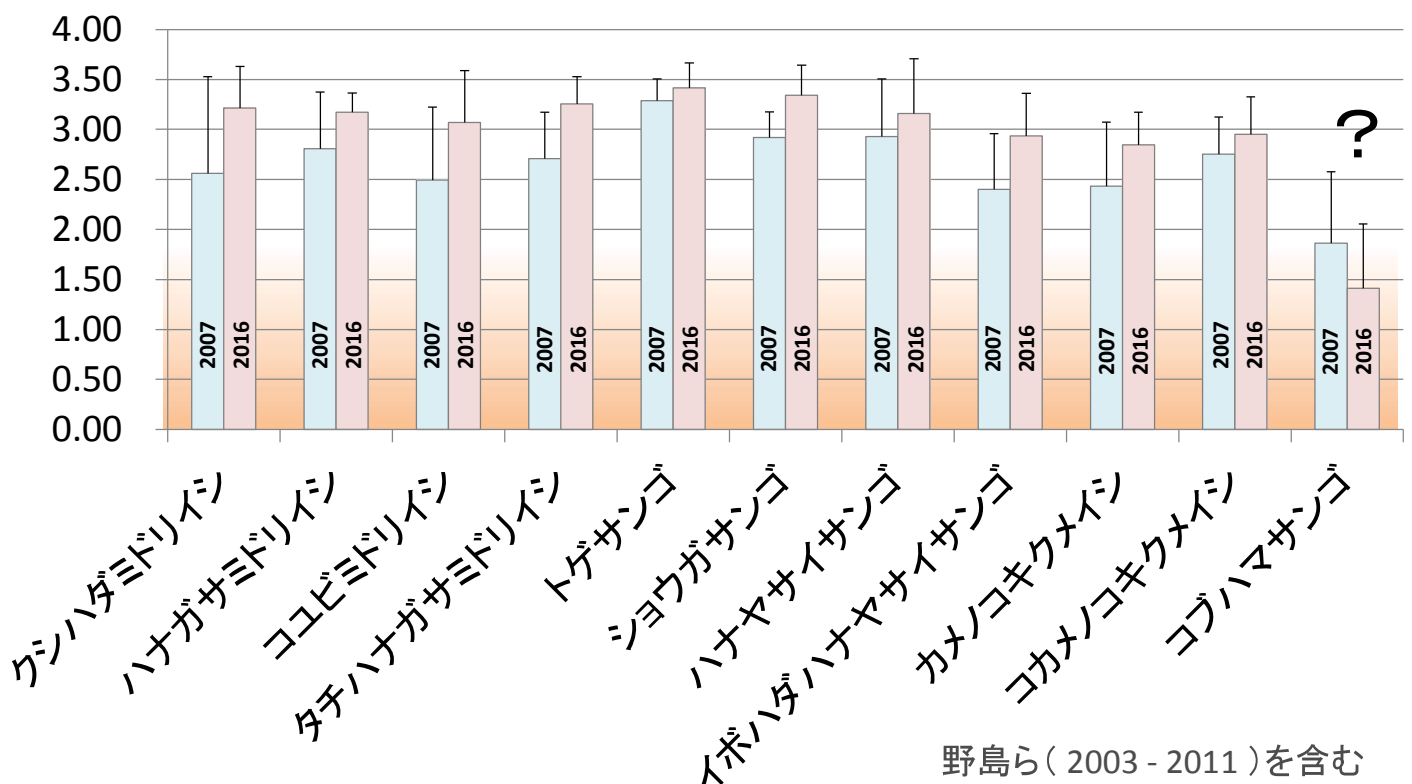
(九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用)

4. 将来および対策？

3. 2007年度 (九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用)【種別白化調査】との比較

種別白化指数比較: 2007年 < 2016年

(35地点平均値および偏差)



野島ら(2003-2011)を含む

白化サンゴは生き残れるのか？



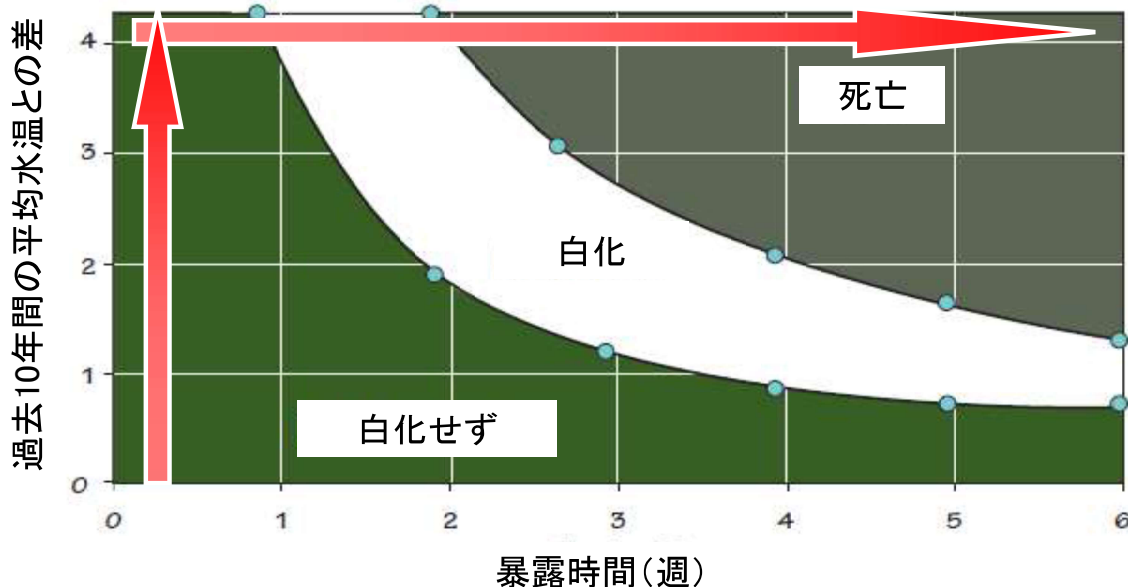
白化は不可逆的ではない!!

⇒白化しても元に戻る

（環境ストレスが弱い・短い場合）

白化＝死亡ではない!!

水温と暴露時間とサンゴ白化～状態変化の関係



- ・過去と比べてどれだけ高温か？
- ・暴露時間がどれだけ長い？ などで決まる

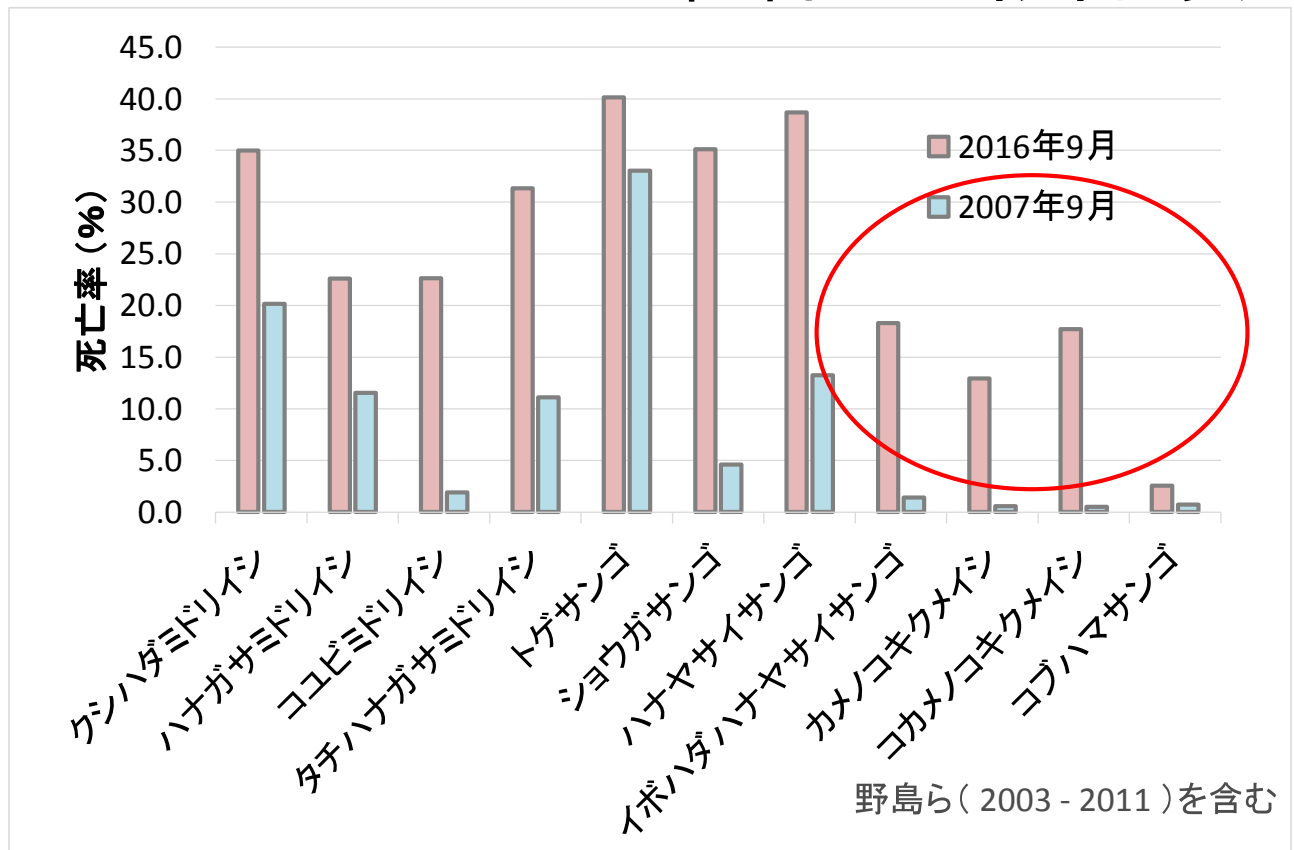
NOAA(2006)

特徴：9月時点の死亡率が高い

石西礁湖サンゴ白化調査 2016.9.3-12		2016年9月	2016年9月	2007年9月
和名	学名	白化率 (%)	死亡率 (%)	死亡率 (%)
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>	98.4	35.0	20.2
ハナガサミドリイシ	<i>A. nasuta</i>	100.0	22.6	11.5
コユビミドリイシ	<i>A. digitifera</i>	98.3	22.6	1.9
タチハナガサミドリイシ	<i>A. selago</i>	100.0	31.3	11.1
トゲサンゴ	<i>S. hystrix</i>	100.0	40.1	33.0
ショウガサンゴ	<i>S. pistillata</i>	100.0	35.1	4.6
ハナヤサイサンゴ	<i>P. damicornis</i>	99.1	38.7	13.3
イボハダハナヤサイサンゴ	<i>P. verrucosa</i>	99.0	18.3	1.4
カメノコキクメイシ	<i>F. abdita</i>	98.5	13.0	0.6
コカメノコキクメイシ	<i>G. pectinata</i>	99.2	17.7	0.5
コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>	58.5	2.6	0.7
11種の合計 (群体数)		94.8	22.9	10.9

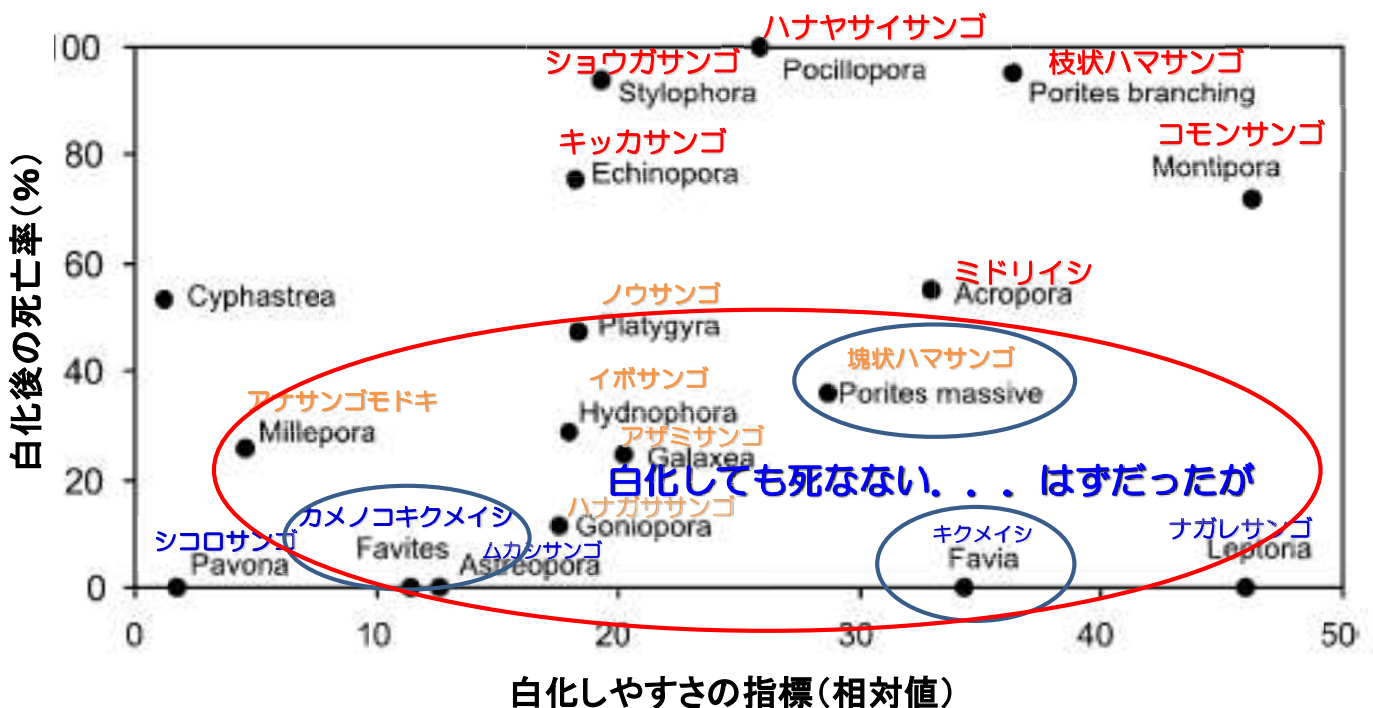
野島ら(2003 - 2011)より

死亡率: 2007年9月調査ではほとんど死亡していなかった種群での被害あり



種間や属間で白化/死亡のしやすさが異なる

白化しやすく死にやすいサンゴ種群だけでなく、白化しにくく、死亡しにくいはずの種群が影響を受けている？



死亡率を2007年10月期と比較 白化・死亡しにくい種群に被害あり

石西礁湖サンゴ白化調査 2016.9.3-12		2016年9月	2016年9月	2007年9月	2007年10月
和名	学名	白化率 (%)	死亡率 (%)	死亡率(%)	死亡率(%)
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>	98.4	35.0	20.2	52.4
ハナガサミドリイシ	<i>A. nasuta</i>	100.0	22.6	11.5	38.6
コユビミドリイシ	<i>A. digitifera</i>	98.3	22.6	1.9	19.7
タチハナガサミドリイシ	<i>A. selago</i>	100.0	31.3	11.1	43.7
トゲサンゴ	<i>S. hystrix</i>	100.0	40.1	33.0	89.3
ショウガサンゴ	<i>S. pistillata</i>	100.0	35.1	4.6	25.7
ハナヤサイサンゴ	<i>P. damicornis</i>	99.1	38.7	13.3	43.1
イボハダハナヤサイサンゴ	<i>P. verrucosa</i>	99.0	18.3	1.4	15.2
カメノコキクメイシ	<i>F. abdita</i>	98.5	13.0	0.6	8.5
コカメノコキクメイシ	<i>G. pectinata</i>	99.2	17.7	0.5	16.7
コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>	58.5	2.6	0.7	3.6
11種の合計 (群体数)		94.8	22.9	10.9	35.7

5種のサンゴで、2007年10月期の 死亡率を上回る被害

石西礁湖サンゴ白化調査 2016.9.3-12		2016年9月	2016年9月	2007年9月	2007年10月
和名	学名	白化率 (%)	死亡率 (%)	死亡率(%)	死亡率(%)
クシハダミドリイシ	<i>A. hyacinthus</i>	98.4	35.0	20.2	52.4
ハナガサミドリイシ	<i>A. nasuta</i>	100.0	22.6	11.5	38.6
コユビミドリイシ	<i>A. digitifera</i>	98.3	22.6	1.9	19.7
タチハナガサミドリイシ	<i>A. selago</i>	100.0	31.3	11.1	43.7
トゲサンゴ	<i>S. hystrix</i>	100.0	40.1	33.0	89.3
ショウガサンゴ	<i>S. pistillata</i>	100.0	35.1	4.6	25.7
ハナヤサイサンゴ	<i>P. damicornis</i>	99.1	38.7	13.3	43.1
イボハダハナヤサイサンゴ	<i>P. verrucosa</i>	99.0	18.3	1.4	15.2
カメノコキクメイシ	<i>F. abdita</i>	98.5	13.0	0.6	8.5
コカメノコキクメイシ	<i>G. pectinata</i>	99.2	17.7	0.5	16.7
コブハマサンゴ	<i>P. lutea</i>	58.5	2.6	0.7	3.6
11種の合計 (群体数)		94.8	22.9	10.9	35.7

アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】
2. 2016年度
3. 2007年度との比較

(九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用)

4. 将来および対策？

4. 将来および対策？

死亡を免れたサンゴについても影響が残る可能性

・成長が遅くなってしまう

・病気や怪我に弱くなる

・元気な卵や精子を作れなくなってしまう

・死亡してしまう

共生藻の光合成から得ていたエネルギーが得られなくなる



これまで被害が目立たなかった種群での白化率や死亡率が高い点にも着目すべき

4. 将来および対策？

回復に一段と時間がかかる可能性と白化頻発化

サンゴ群集の 維持サイクル

幼生の供給【低下】

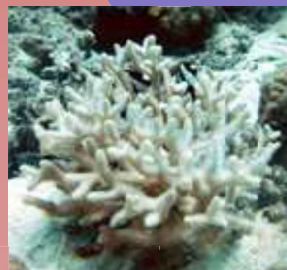


放卵・放精



幼生期

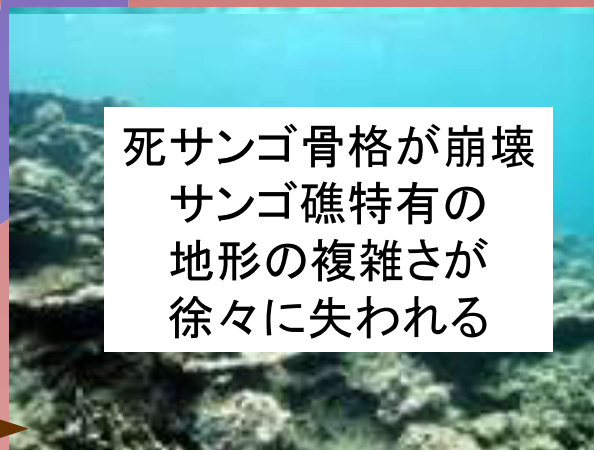
着床・変態【？】



成長？



大規模サンゴ白化
による大量死



死サンゴ骨格が崩壊
サンゴ礁特有の
地形の複雑さが
徐々に失われる

4. 将来および対策？

さらに栄養条件・生物条件などがそろくと・・・

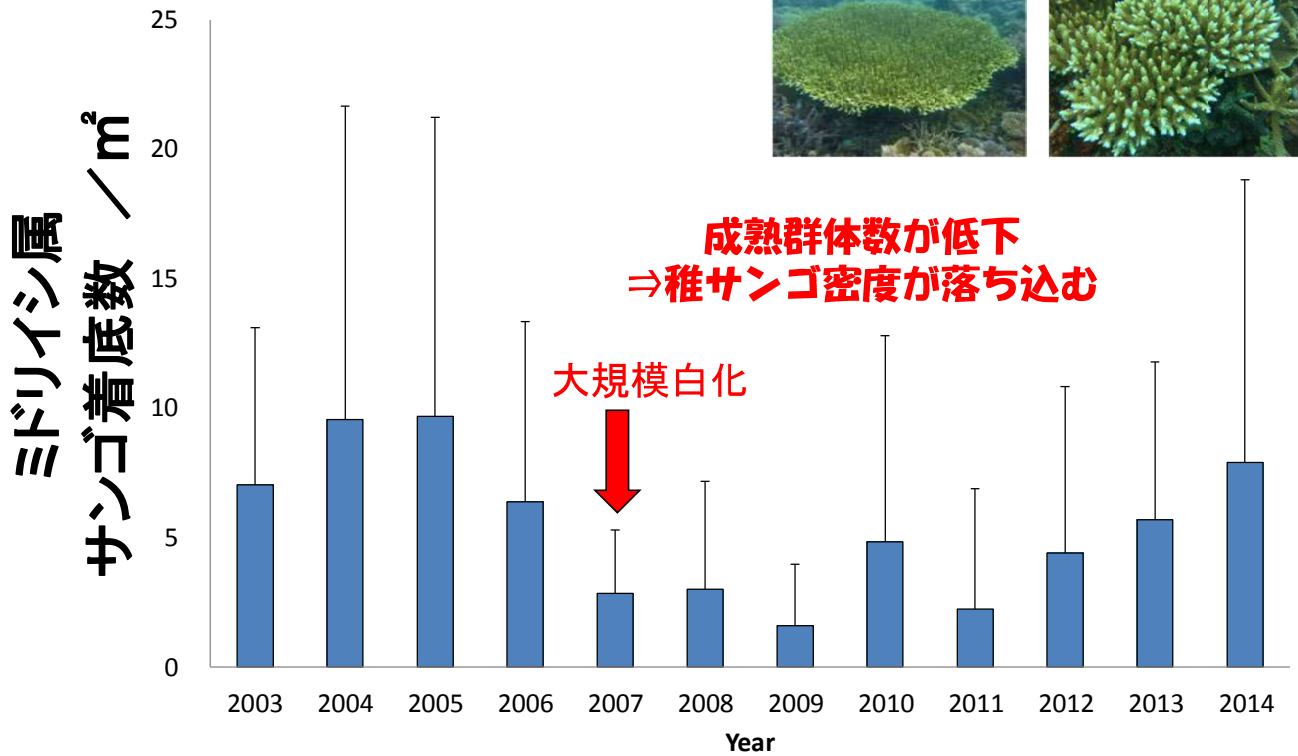


ホンダワラ、ラッパモク、サボテングサの仲間
などが海底一面を覆い・・・元に戻りにくくなる

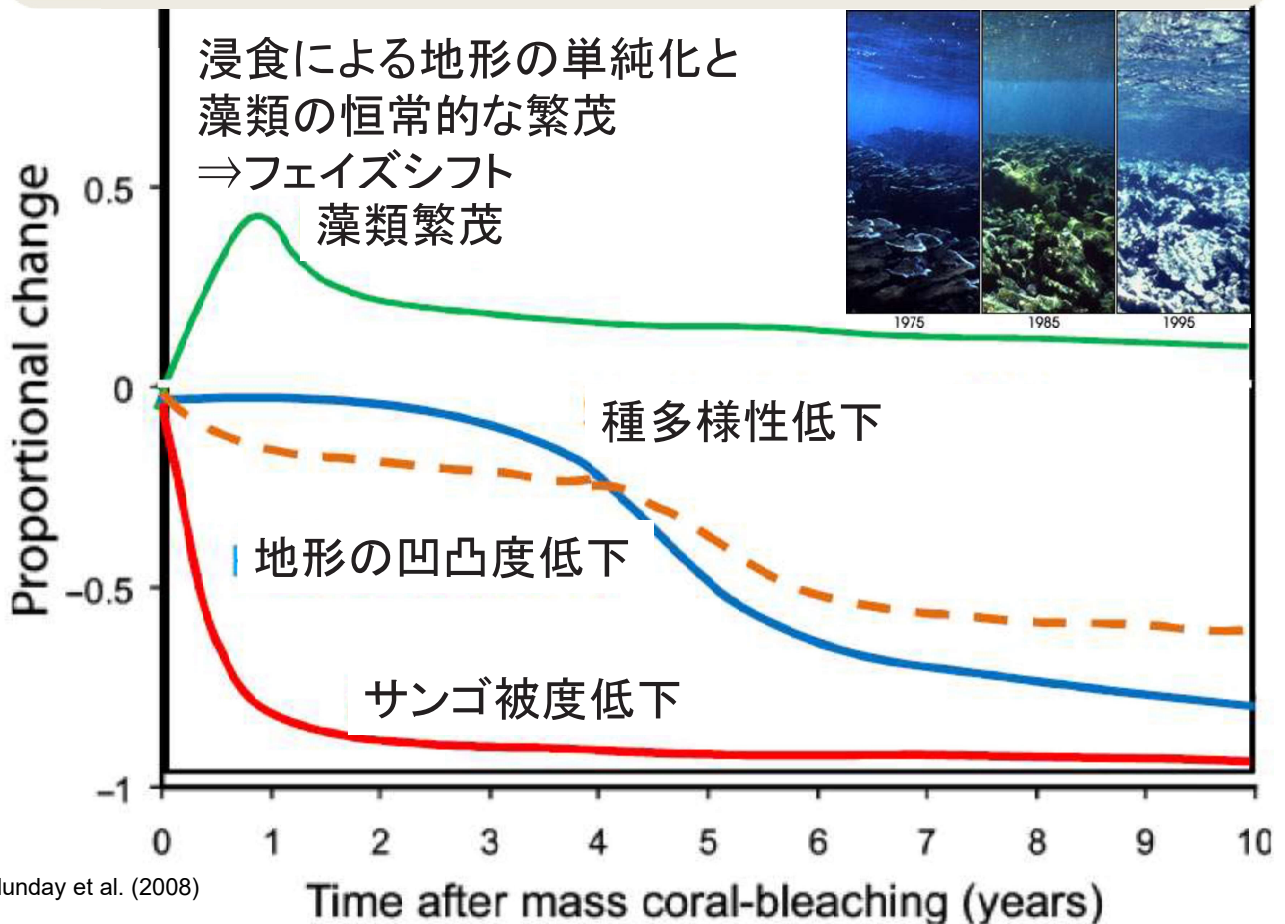
大規模白化後の影響は？

被害の大きかったミドリイシ属サンゴ着底密度の変動

野島ら(2003-2011)および中村ら(2012-2014)のデータを参考とする



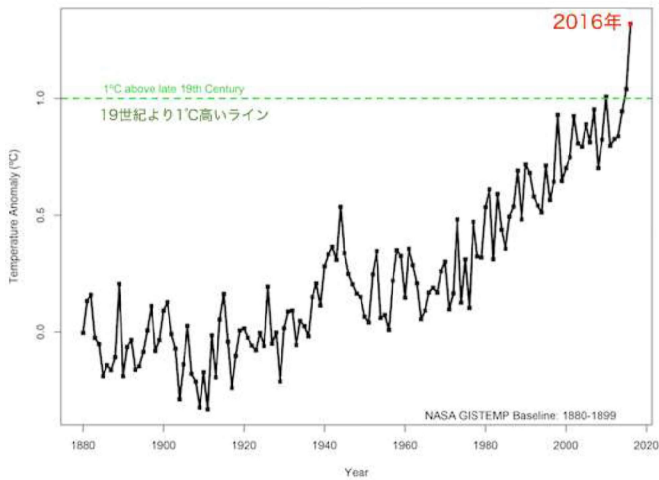
群集レベルでの大規模白化影響の例



4. 将来および対策？

NASA のゴダード宇宙科学研究所 2016年7月19日

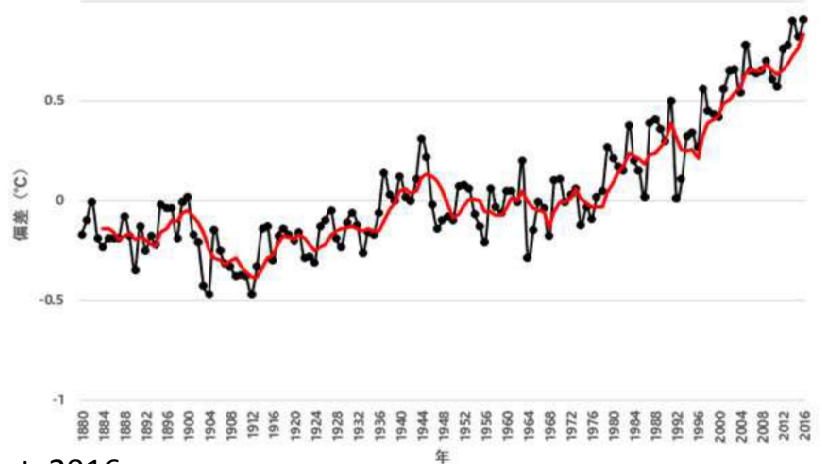
世界の地表の平均気温（1月-7月）



2016年を稀な現象としてとらえるか？

今後も繰り返される
大きな流れの一つだ
ととらえるか？

【NASA】世界の9月平均気温偏差（基準年: 1951年～1980年）



NASA GISS: Global temp anomaly report 2016

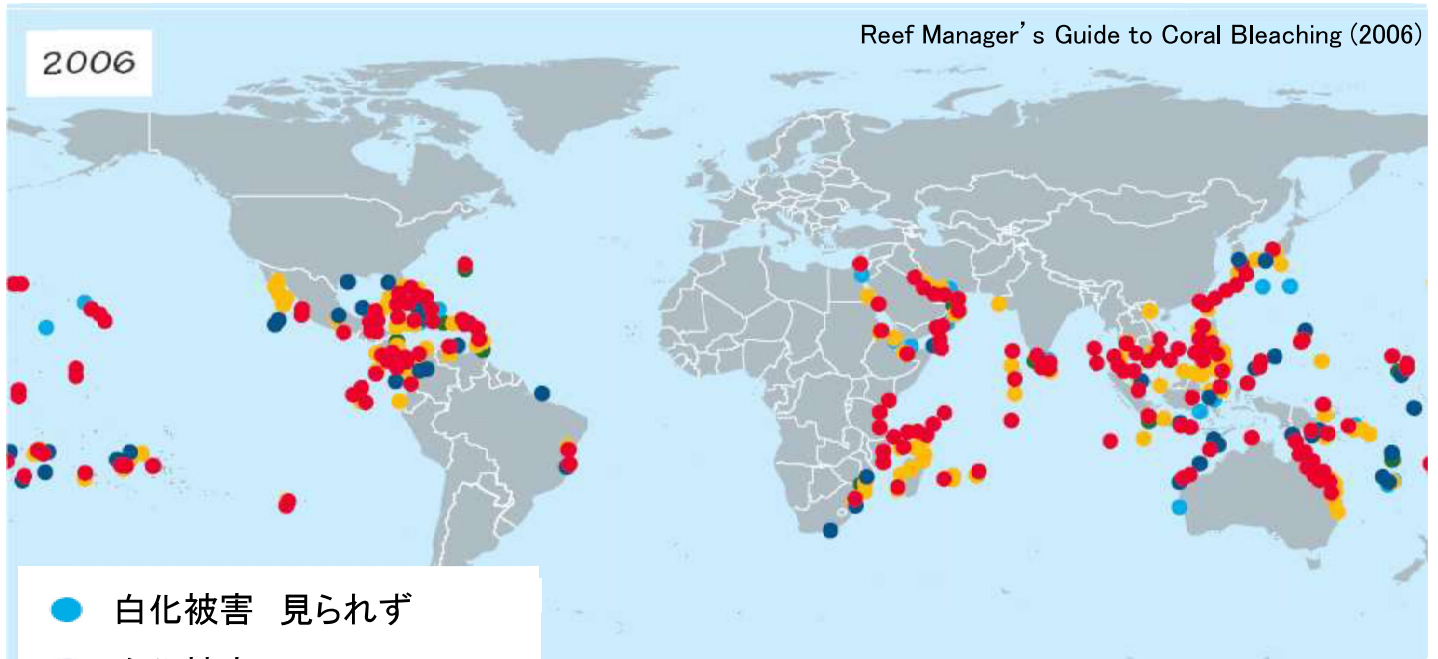
アウトライン

1. 調査概要【種別白化調査】
2. 2016年度
3. 2007年度との比較

（九州大学 野島哲先生らの調査結果を引用）

4. 将来および対策？
最後に

世界中で大規模被害が報告されている



世界中で白化が報告されている

1980-2010年の30年間で白化報告があった国の数



今後もサンゴ礁生態系は維持されるのか？

限られた種群のサンゴ群体がまばらに存在するような景観が続く可能性あり。

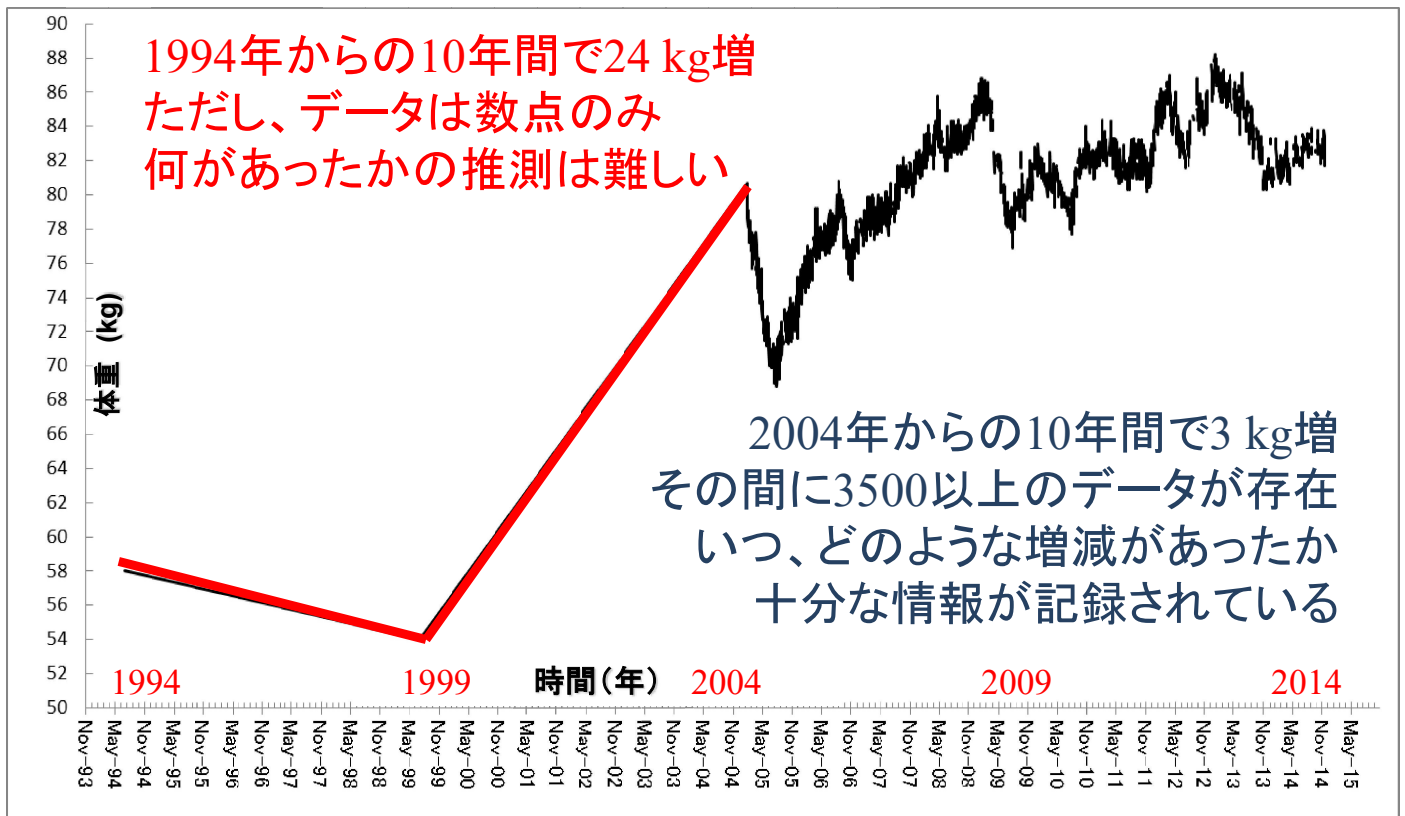
モニタリングによる客観的な数値データの継続的な取得とサンゴ礁の保全(維持管理)体制の維持・向上が重要

八重山：状況を把握しつつ、対策を立てられる可能性を持つ数少ないサンゴ礁海域の一つ



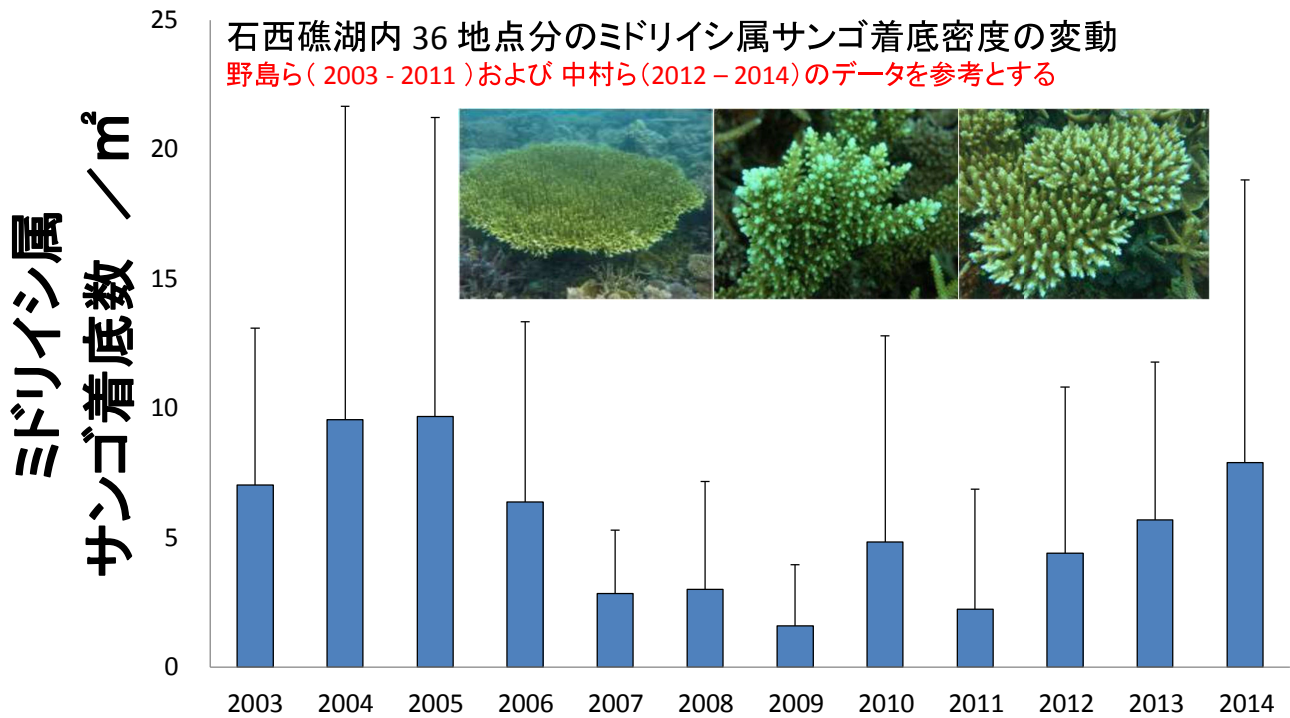
しかも、長期的かつ定期的なモニタリングが重要

1994年から20年間での私の体重変化の記録をみると



八重山のサンゴ礁

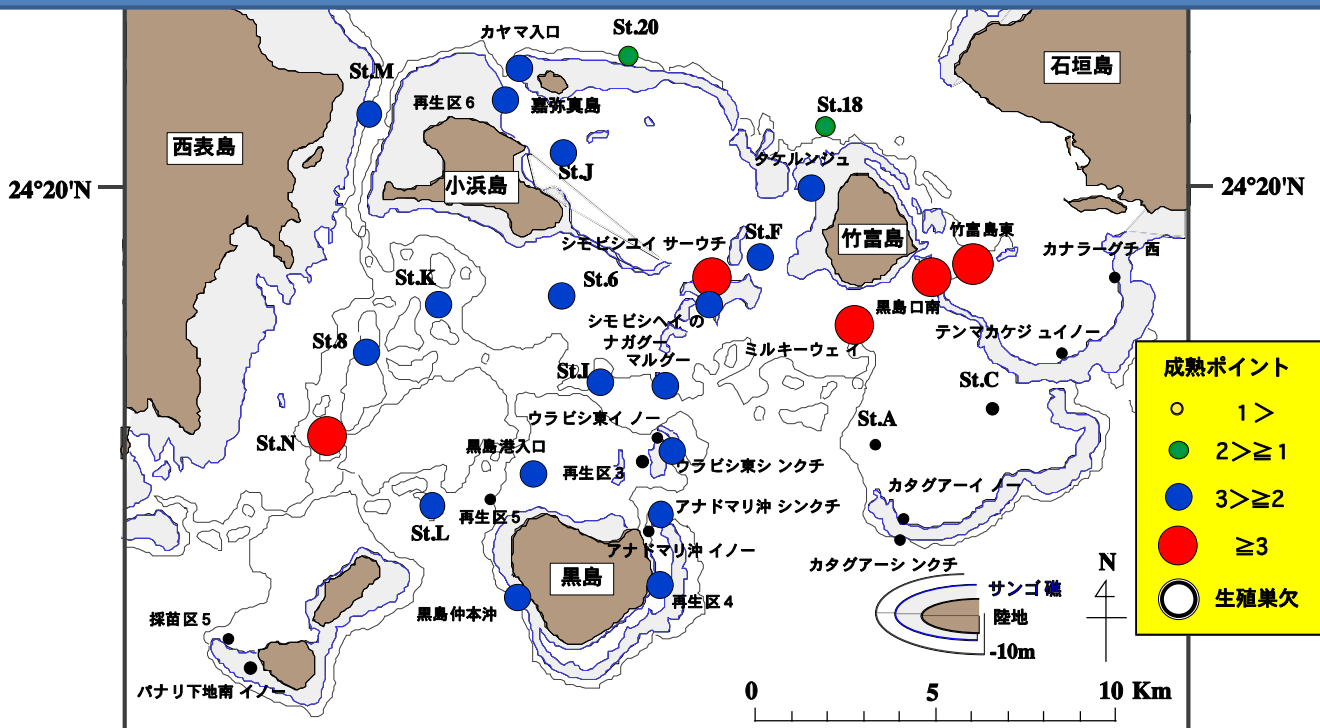
自然界：“時間的”変動が存在



石西礁湖の過去12年間のミドリイシ属サンゴの着底密度変化

なぜ多くの地点を調査するのか?

自然界：“空間的”な違いがあるから



2014年の石西礁湖内36地点におけるクシハダミドリイシ *Acropora hyacinthus* の卵成熟状況

中村ら(2014)のデータを参考とする

モニタリング:時間と費用が大きい 日常の生活活動のついでに行う 「パトロール」も必要

自分たちで「見守る」「変える」ための仕組み

マングローブ、海草藻場、サンゴ礁などの急変

- 赤土流入や浚渫による濁度増加など
- 病気や特定生物の爆発的な増加
- 観光利用マナーやルールの見直し

八重山から健全なサンゴ礁生態系が消えたら？

どのような事態が起きえるのか？
誰が困るのか？

を想像しながら地域で対策を考える必要がある



最後に・・・

美しいサンゴの海を未来に残していくため
現在かかえる問題の理解と解決にむけて



ご自身の視点から考え、出来る事
を探してみてください