

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 学術WG 2月18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？

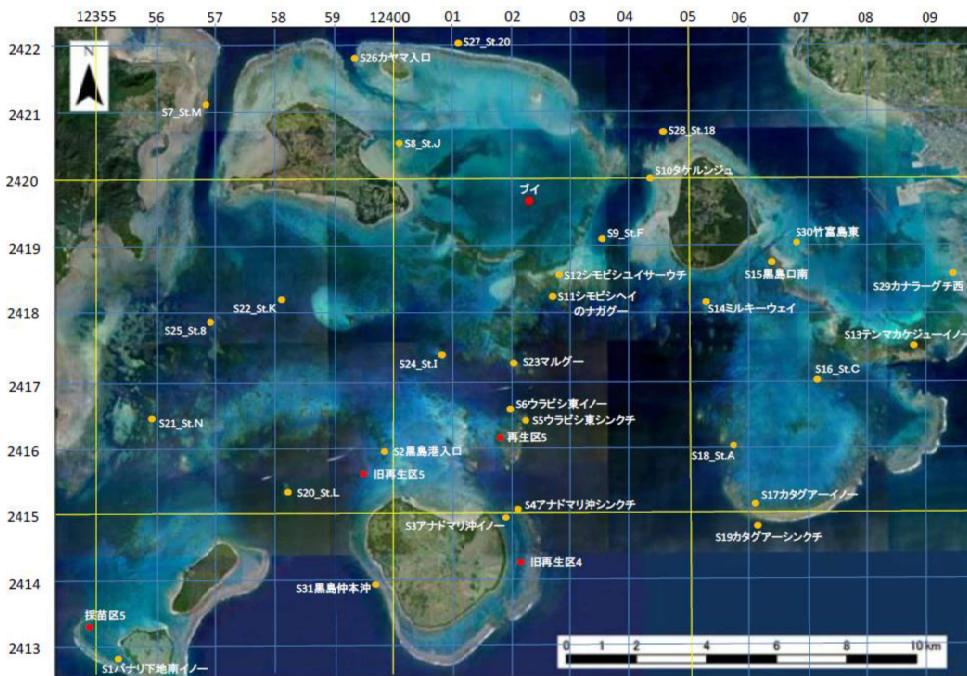


1. 調査概要【種別白化調査】

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グエ	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 マルグー	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 カナラーグチ西	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】

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>	
ショウガサンゴ	<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>	
コカメノコキクメイシ	<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(遠くまで流れいく)
成長が早いがストレスに弱い

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</u> になる。	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)	調査地点での群体の全体もしくは大部分が完全に白化。	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



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)

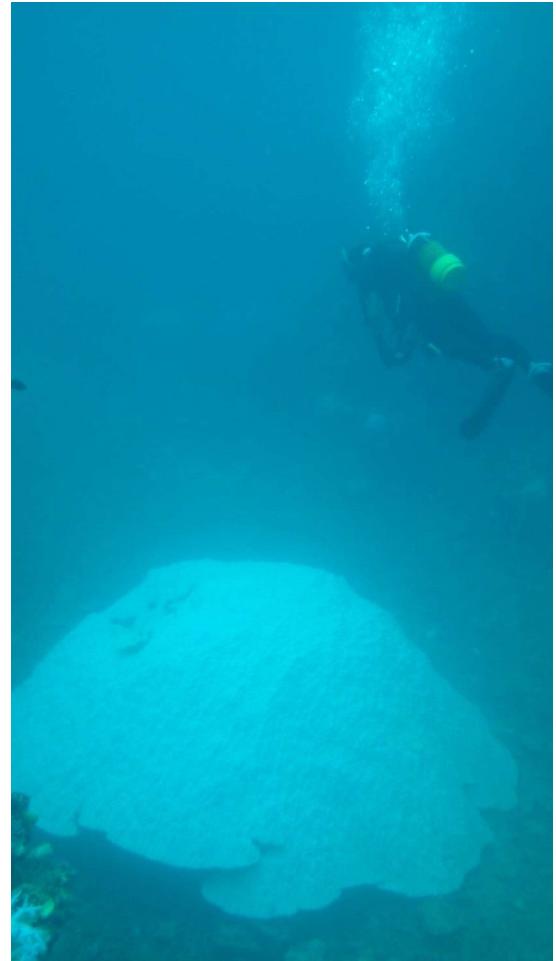
2016年9月時点で

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】

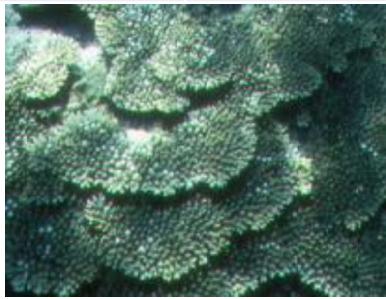
2016年の種別白化結果

※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	58.5	

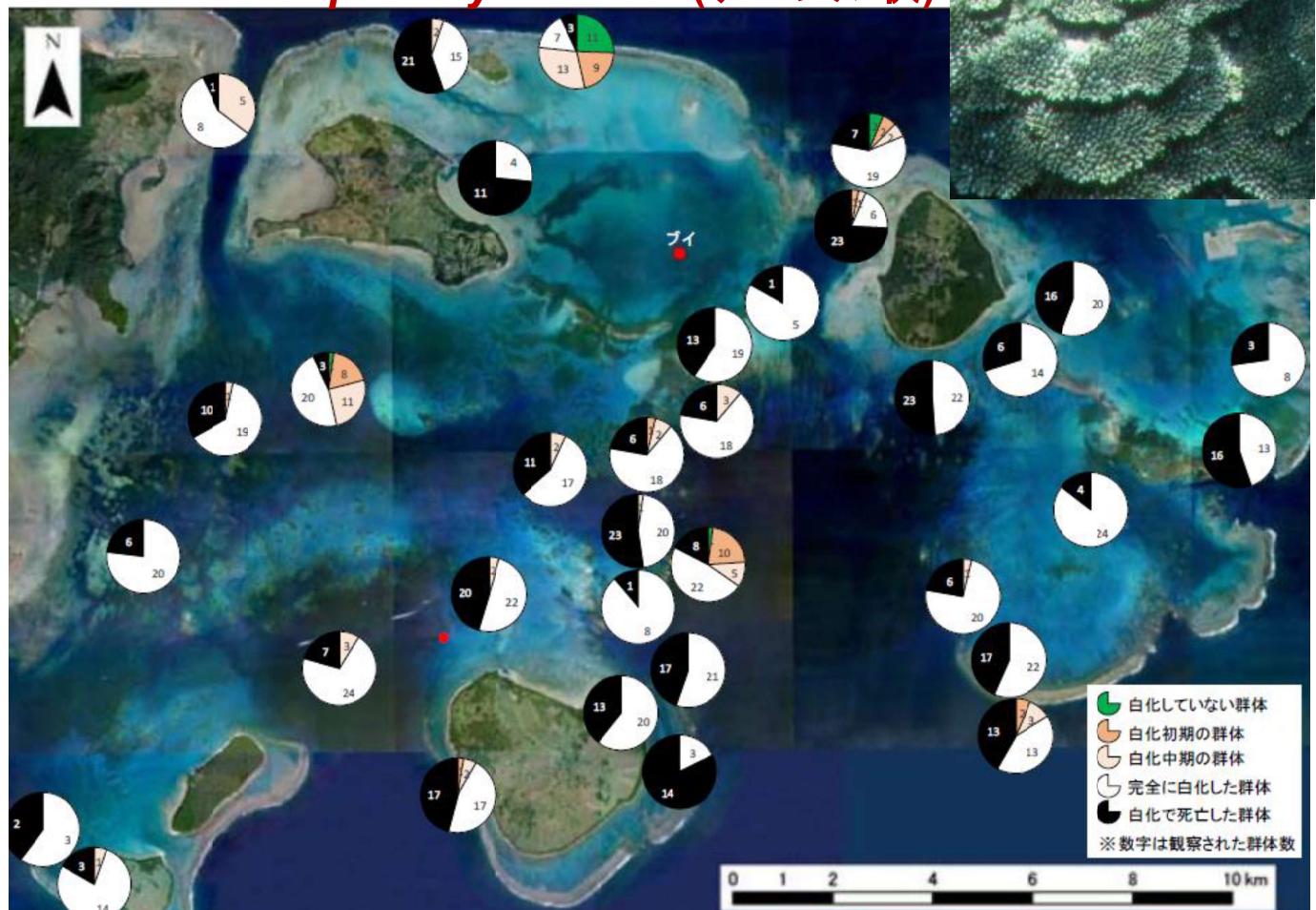
2016年の種別白化結果

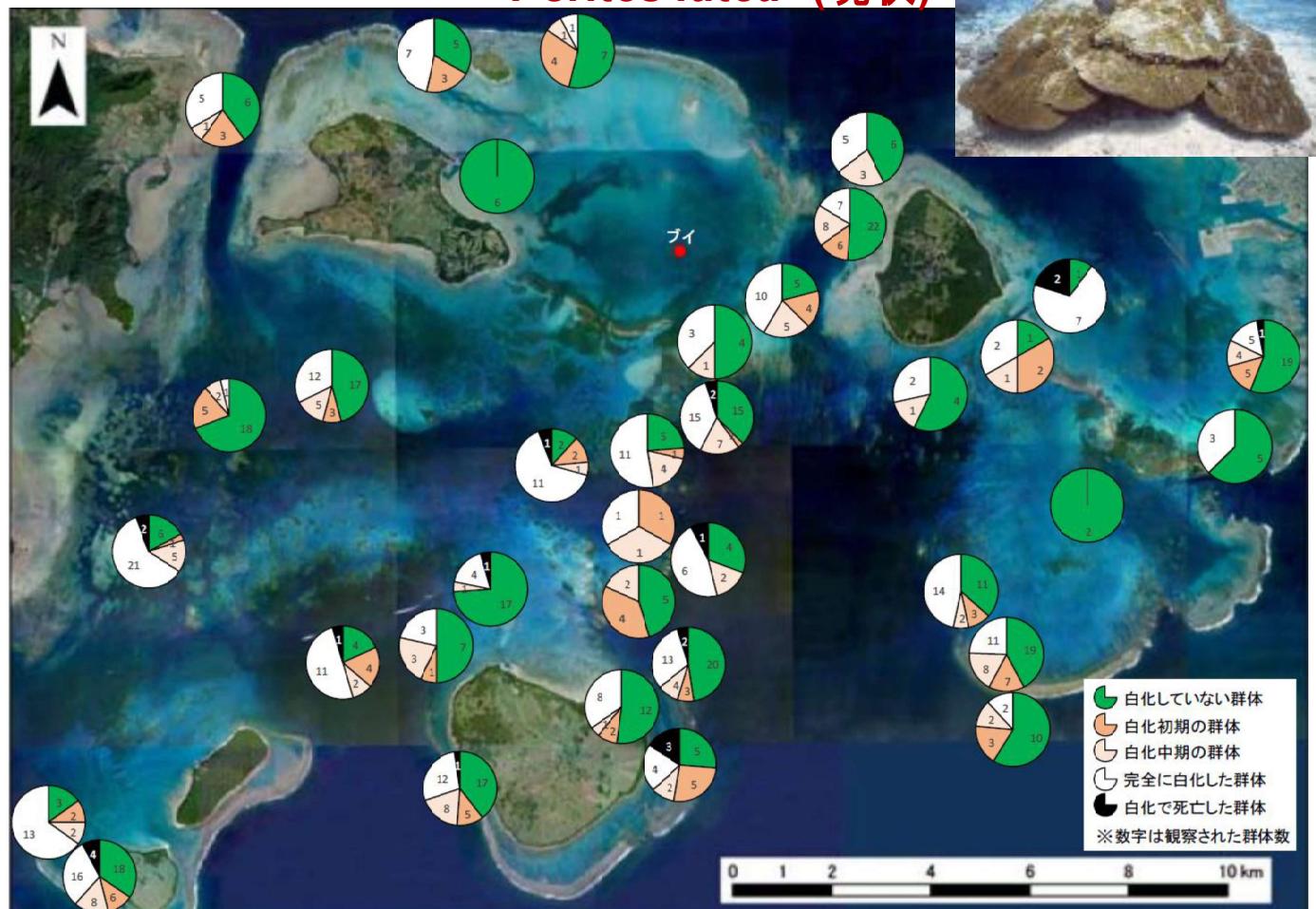
※表中の数値は観察された群体数、白化率は白化あるいは死亡が確認された群体数／観察群体数

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)

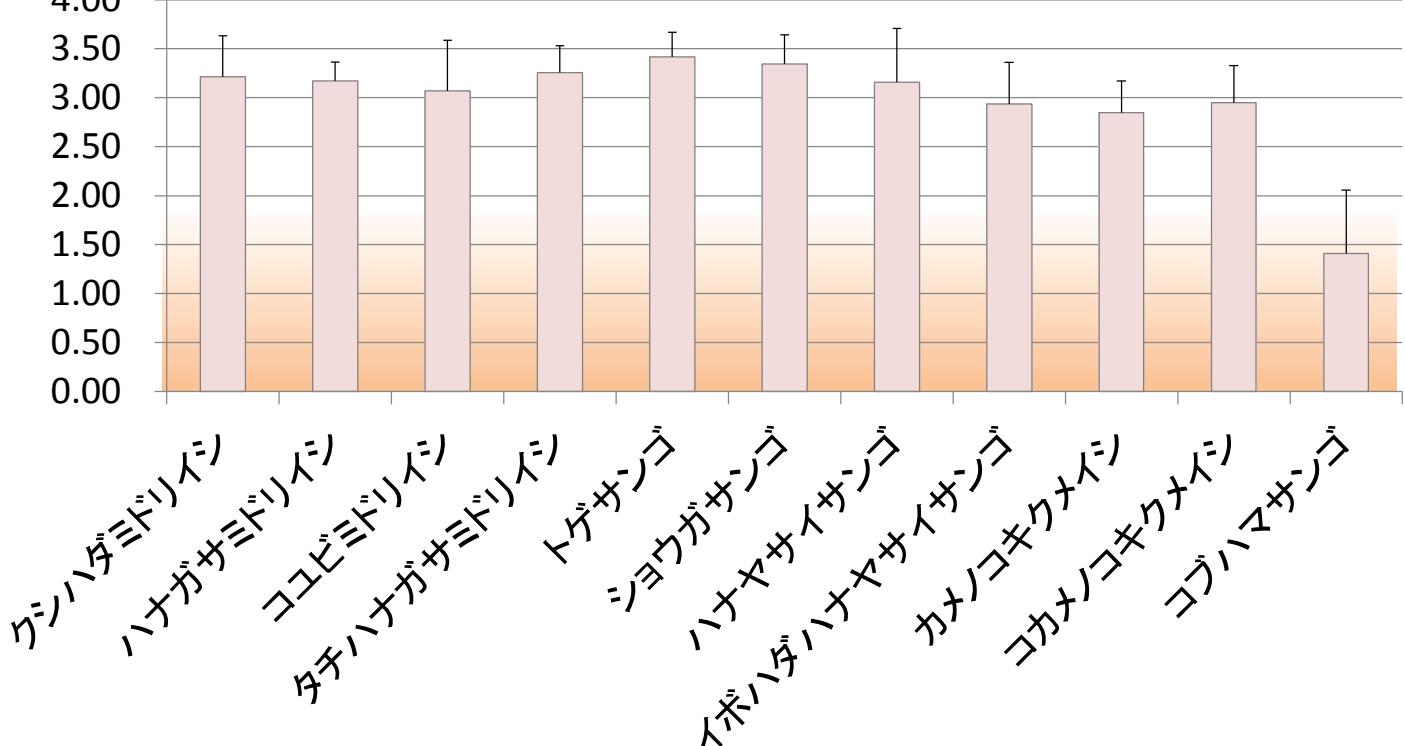




2. 2016年度【種別白化調査】

白化指数でみた2016年度種別白化種別白化指数平均 2016

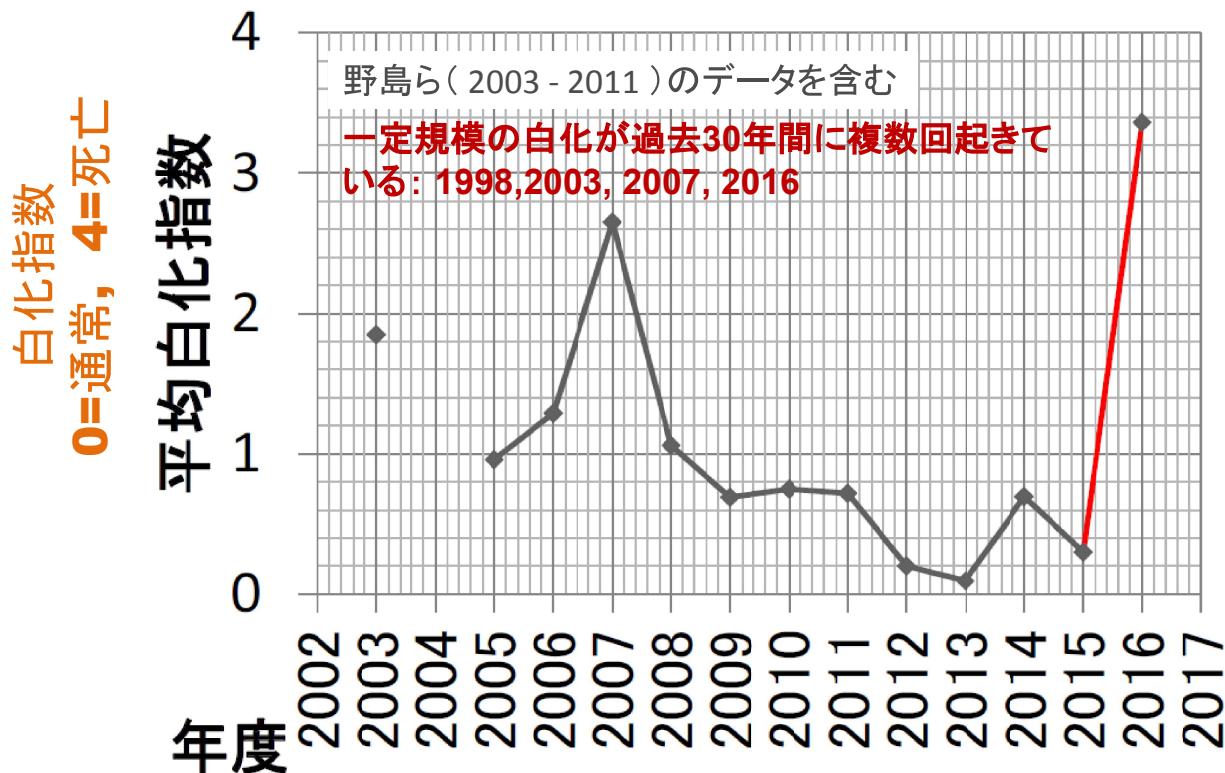
※平均白化指数とは、白化段階を0～4ポイントで評価した点数の全種・全地点の平均



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

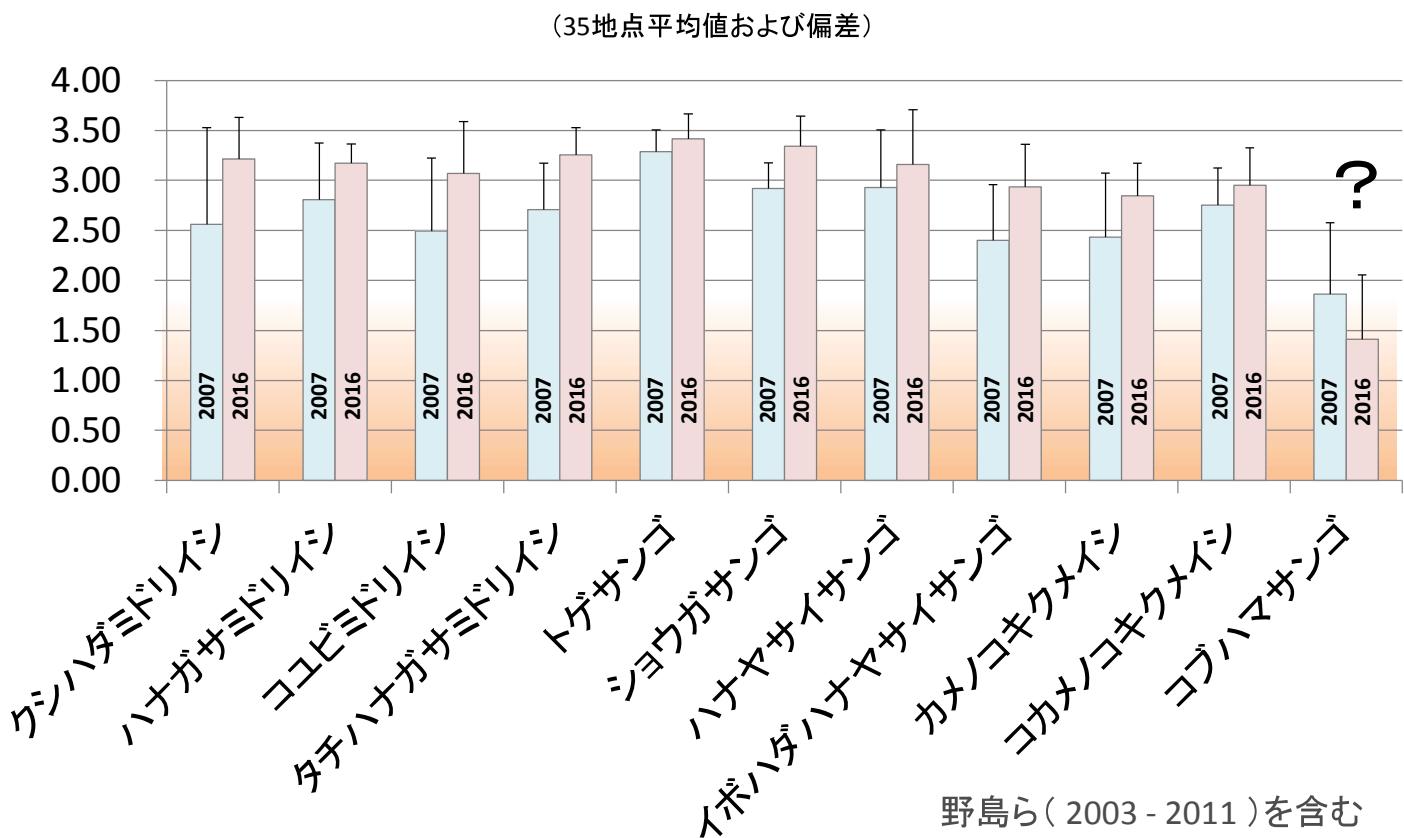
3. 2007年度との比較

(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



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

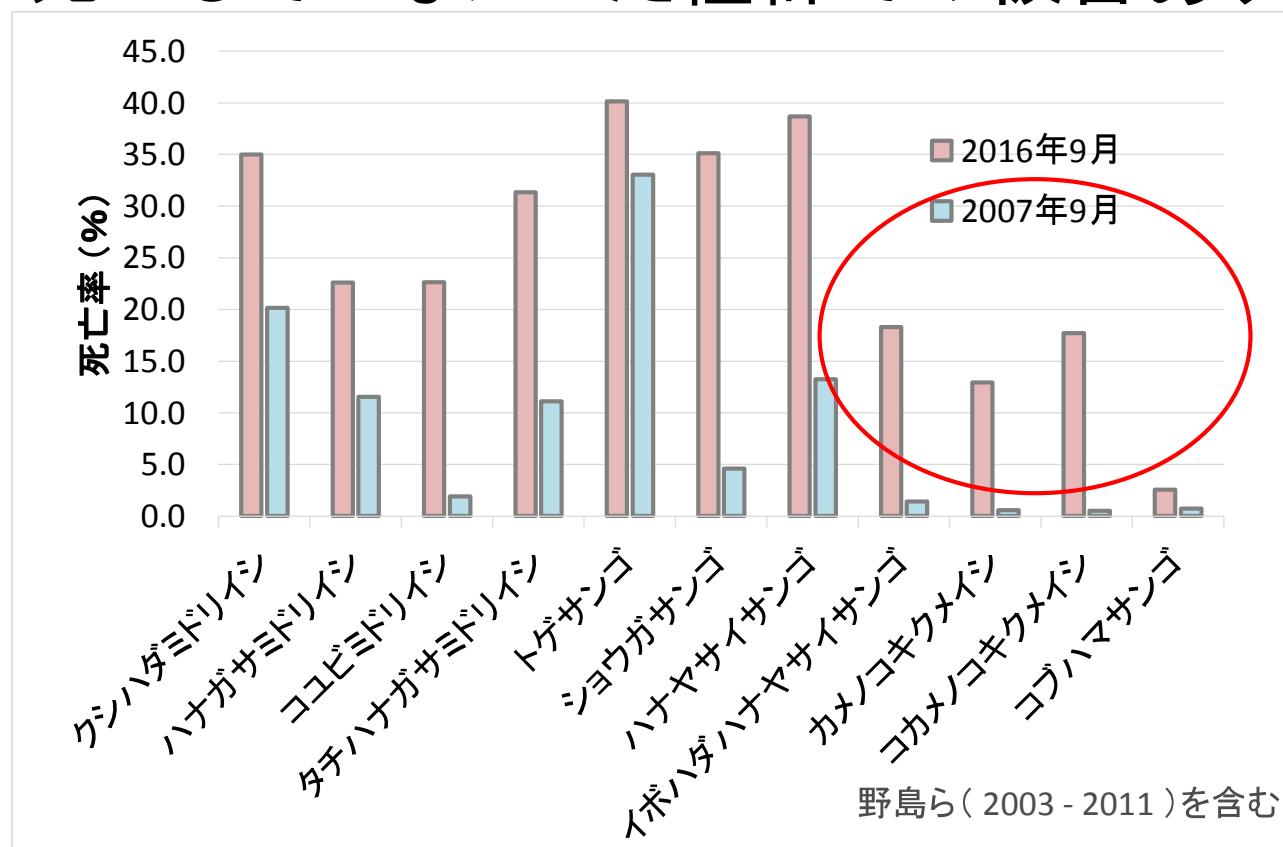
特徴: 9月時点の死亡率が高い

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. hystric</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 (群集数)	94.8	22.9
				10.9

野島ら(2003 - 2011)より

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

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



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？



McClanahan et al. (2004)

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

死亡率を2007年10月期と比較

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

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

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？

白化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

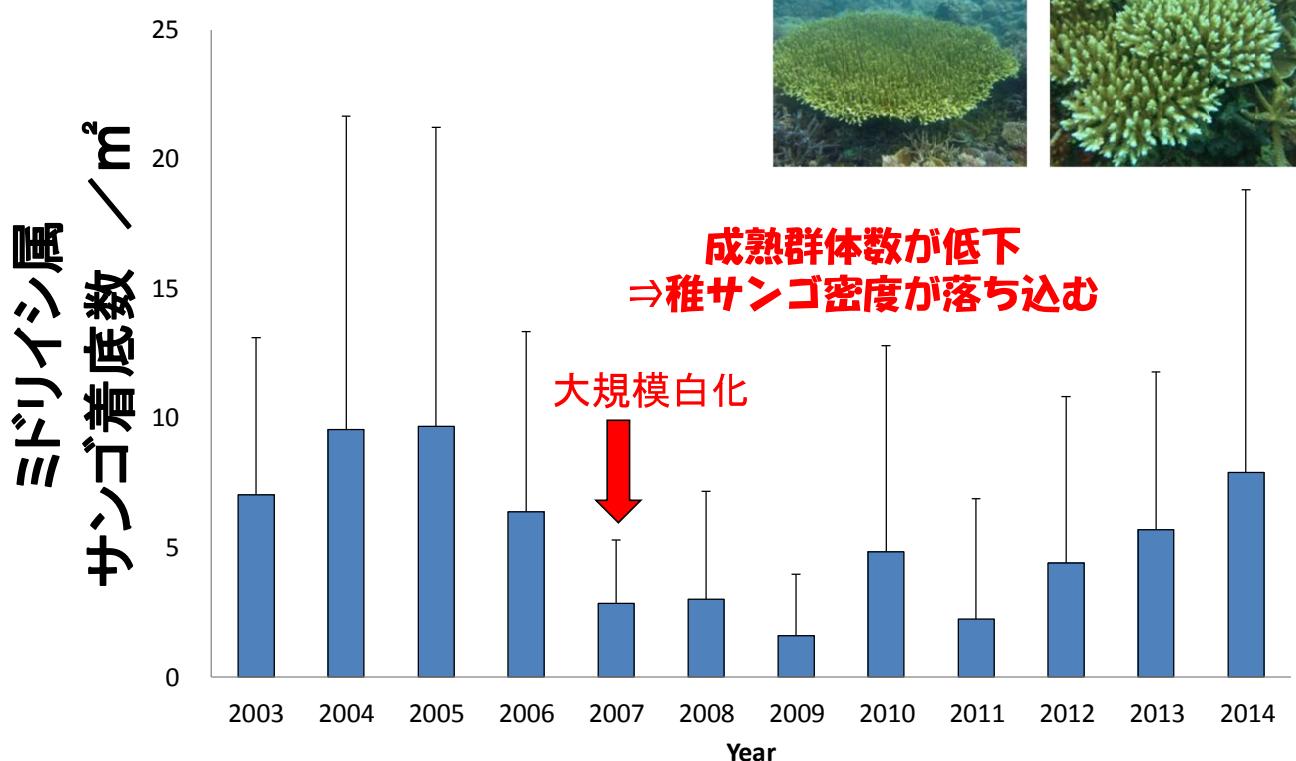


これまで被害が目立たなかった種群での死亡率上昇にも着目すべき

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



今後の回復が

幼生の供給【低下】

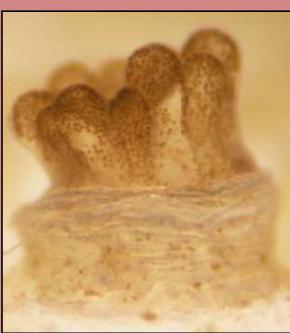


サンゴ群集の
維持サイクル

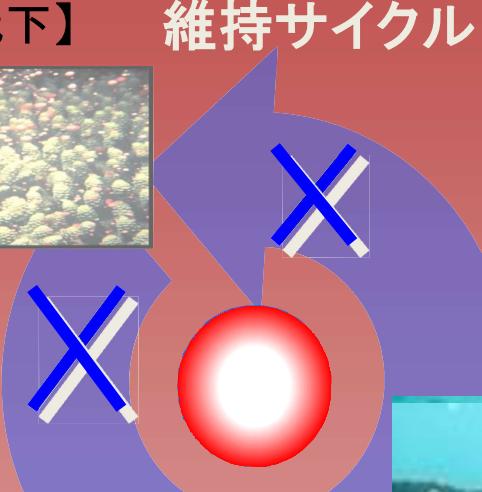


大規模サンゴ白化
による大量死

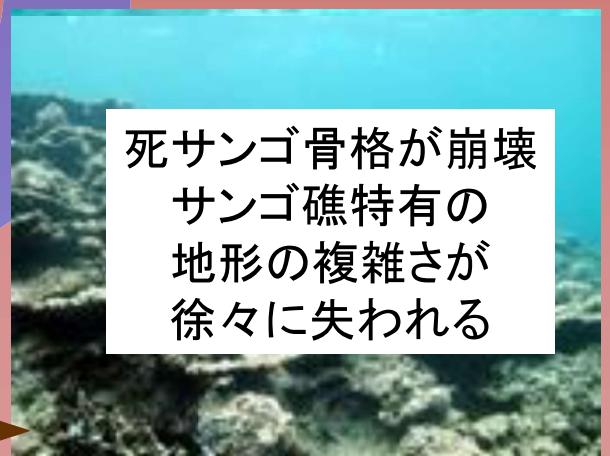
着床・変態【?】



成長?



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

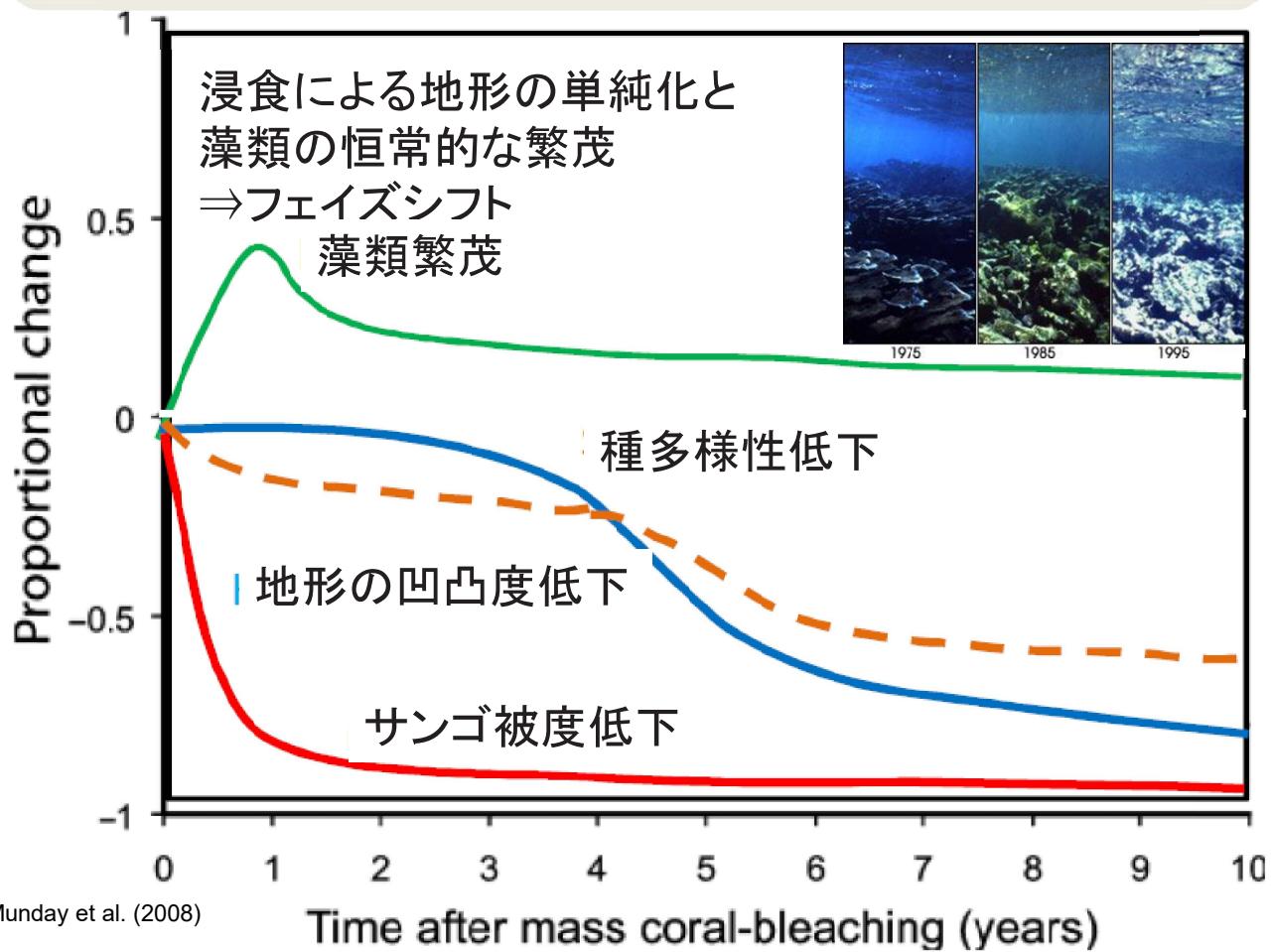


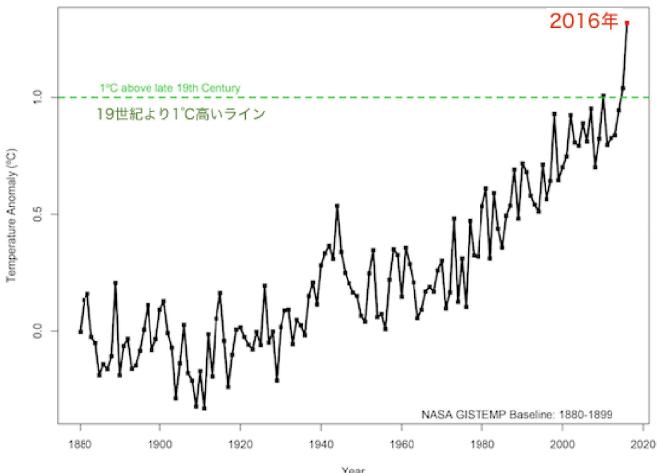
さらに栄養条件・生物条件などがそろうと…



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

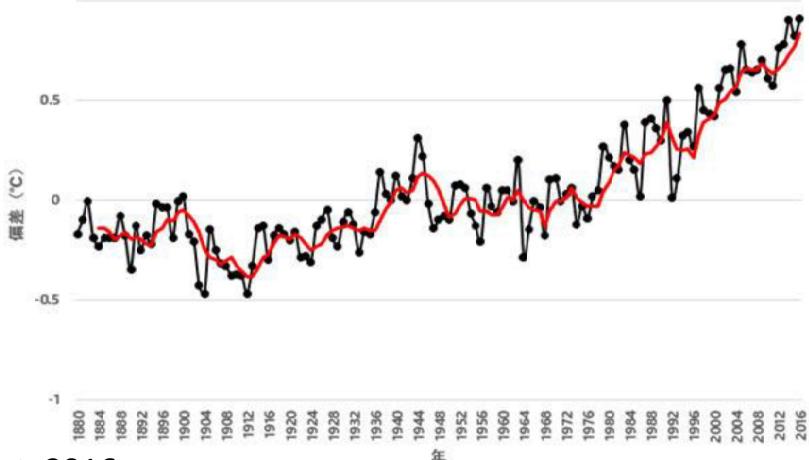
群集レベルでの大規模白化影響の例





2016年を稀な現象としてとらえるか？

【NASA】世界の9月平均気温偏差（基準年: 1951年～1980年）



今後も繰り返される大きな変化の一つだととらえるか？

NASA GISS: Global temp anomaly report 2016

今後もサンゴ礁生態系は維持されるのか？

おそらく形を変えた群集が維持される
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
回復が見込めるかどうかはサンゴ礁保全(維持管理)体制の維持・向上が重要



方形区による調査

測線による調査



次の大規模白化までのシナリオ

サンゴ種群について、

- ・長距離分散／成長速い種群(ミドリイシ属など)については母集団が残っていれば回復が早い可能性あるが、最初は低確率で局所的に起こる程度と思われる
- ・回復したサンゴ個体群から2次的に周囲に分散が起こる可能性あり
- ・短距離分散／成長が遅い種群については、短世代では到達できず、飛び石状に回復するか、もしくは深場の個体群からの回復が起きえるが、ほとんどの場合は回復自体が起こらない可能性あり。
- ・大型のハマサンゴ群体が果たしていた生態的機能が数十年単位で失われてしまった可能性あり。群体は残っているが、再生産(特に有性生殖)が維持されているか不明。

維持できる場所やサンゴを探る

大きく被害を受け景観が変わってしまった地点の継続調査を重点的に行う必要あり
⇒地域ストレスの確認と回復過程阻害への関与を明らかにする

- ・特に藻類被度増加や生物多様性低下、微地形の凹凸減少など
- ・どの程度藻類や他の生物の被覆優占状態が続くのか、地点・時期毎に明らかにする
- ・多地点における継続した海水の採取、モニタリング(水質)を実施する

今回被害が少なかった地点について、サンゴ群集組成や環境との関連性を検討する。