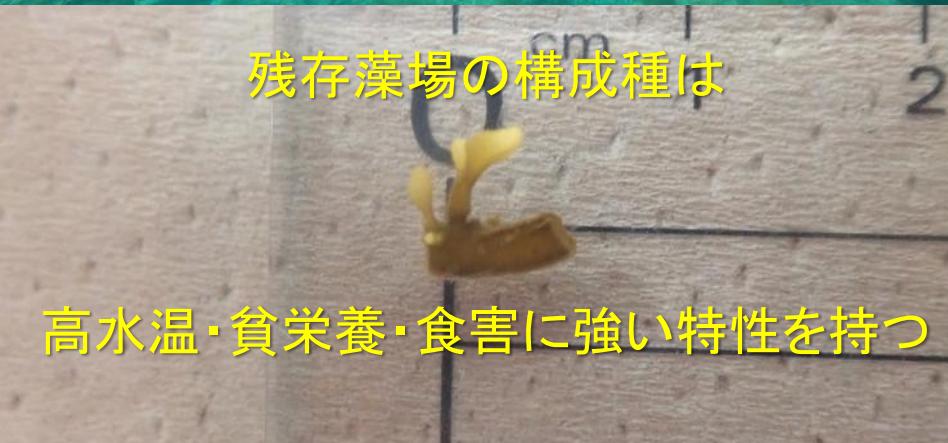


鹿児島県の残存藻場における栄養塩環境と構成種の生理生態学的特性

鹿児島県では藻場が縮小しているが、残存している場所もある



残存藻場の構成種は



高水温・貧栄養・食害に強い特性を持つ



川からの栄養供給が多い地点で
藻場が残存していた事例

鹿児島大学水産学部 遠藤 光

藻場

→ 海草(うみくさ)藻場 →



海藻(かいそう)藻場



ヒジキなど
ホンダワラ科褐藻の藻場



東北地方～九州南部

アマモ場



マコンブなど
コンブ属褐藻の藻場

北海道～東北地方

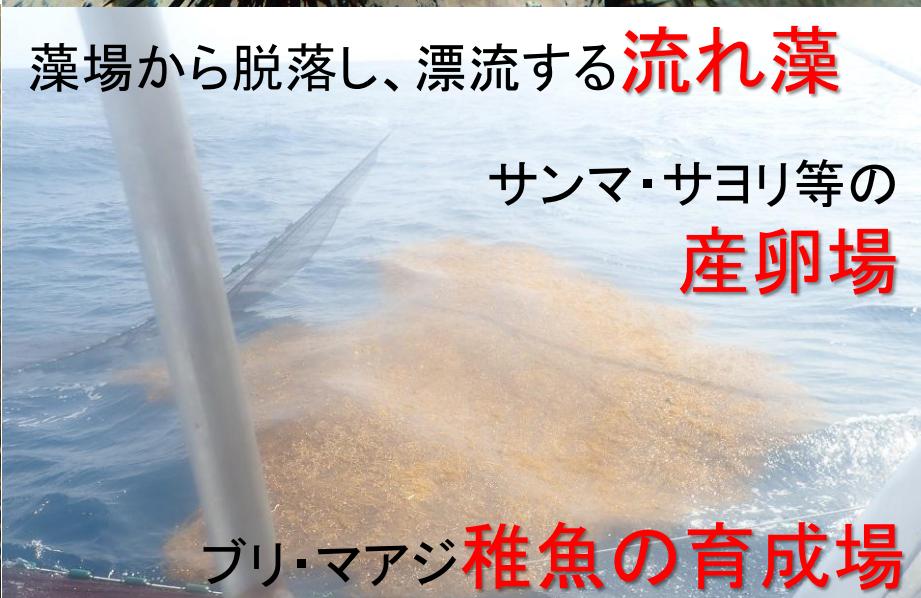


アラメ・カジメの藻場
(コンブ目褐藻)

東北地方～九州北部



海藻藻場の重要性1



海藻藻場は水産業にとって重要！

海藻藻場の重要性2: 気候変動を緩和する可能性

大気中の二酸化炭素(気候変動の主要因)



海に溶け込み、海の植物や藻類等に吸収された後に
大気から100年以上隔離(貯留)された炭素=ブルーカーボン

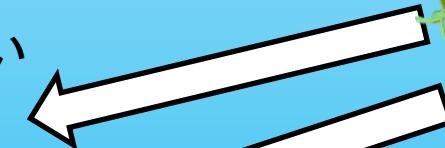
海藻養殖



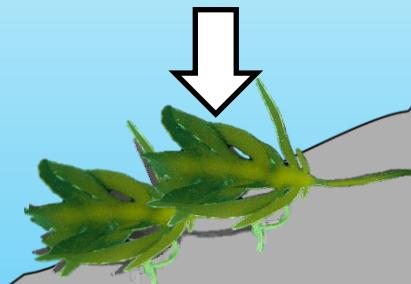
海藻が炭素を吸収しても数年で枯死して放出したら
炭素貯留に貢献しないが…

海藻が炭素貯留に貢献している
可能性を示す根拠(※)

①炭素を分解されにくい
物質として放出
(Watanabe et al. 2020)



海藻藻場



③砂泥底に蓄積
されている可能性

②深海に蓄積されている可能性
(Filbee-Dexter et al. 2024)

日本ではブルーカーボンクレジット取引開始
→藻場保全事業等に対価を払うことで
CO₂排出者がCO₂排出量を相殺する取引

※海藻の炭素貯留には批判的根拠も多い(Nishihara et al. 2025)

海藻藻場の縮小=磯焼け



磯焼けの発生・持続要因は…

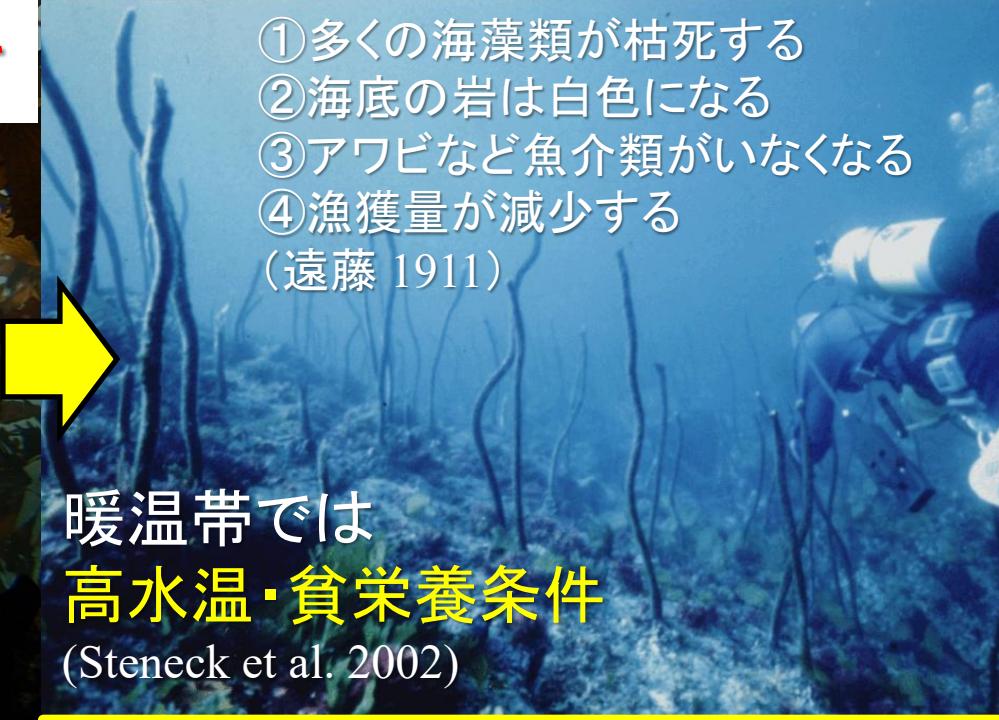


寒温帯では
ウニの摂食活動

(Steneck et al. 2002,
Filbee-Dexter & Scheibling 2014)

対策：
ウニ駆除

(Eager et al. 2022)



- ①多くの海藻類が枯死する
 - ②海底の岩は白色になる
 - ③アワビなど魚介類がいなくなる
 - ④漁獲量が減少する
- (遠藤 1911)

暖温帯では
高水温・貧栄養条件
(Steneck et al. 2002)

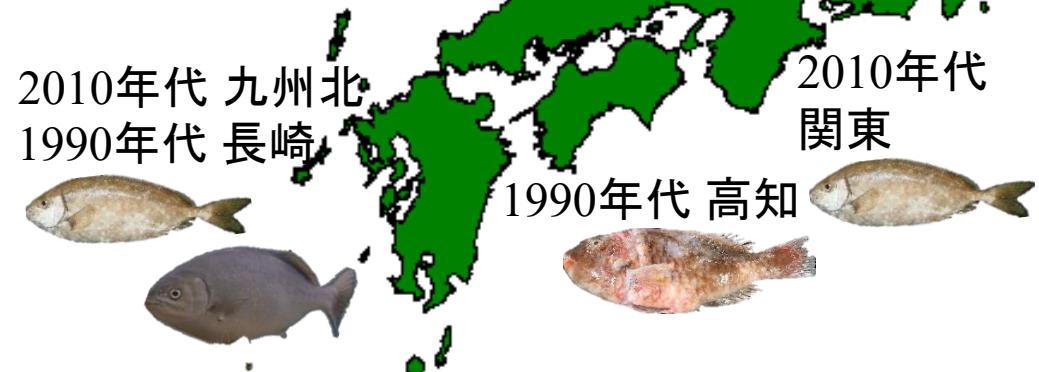
南日本など温暖化が
顕著な暖温帯では
植食魚の摂食活動
(Vergés et al. 2014)



対策1) 網囲い → 網の長期管理が困難
対策2) 漁獲駆除 → 大量漁獲はまだ困難

植食魚の食害による 日本の藻場の縮小

(熊谷 2020)



1960-70年代 鹿児島→魚による磯焼けの最前線！

鹿児島県の藻場は…



日本のコンブ目・ホンダワラ科
20種の分布は1970-2000に北上
⇒ヒジキ・タマナシモク等10種の
分布は南下orあまり変化せず！

(Kumagai et al. 2018)

ヒジキ等ホンダワラ科複数種は
主枝を
失っても
付着器(=根)から
新しい主枝を発芽
(伊藤ら 2009, 八谷ら 2012)

残存藻場の構成種
ヒジキ・タマナシモクの
生理生態学特性と
藻場残存地点の環境条件

→藻場再生のヒントが
得られるのでは？

本日の発表

スライド
5枚

1. ヒジキの幼胚と付着器の高水温・貧栄養耐性

Endo et al. (2021) Plants

2. 残存藻場の環境条件とタマナシモクの特性

Endo et al. (2024) Plants

6枚

3. 貧栄養条件による磯焼けと貧栄養化の事例

Agatsuma et al. (2014) J Appl Phycol

1枚

4. 栄養添加(施肥)の可能性と注意点

Endo et al. (2021) ICES J Mar Sci

Endo & Gao (2022) Front Mar Sci

1枚

1. ヒジキの幼胚と付着器の高水温・貧栄養耐性

鹿児島湾のヒジキの季節的消長



春に繁茂→初夏に古い主枝を脱落

夏は高水温(約30°C)・貧栄養
夏～秋に摂食圧が強い(未公表)



冬から主枝が成長



高水温・貧栄養で
摂食圧が強い
鹿児島の夏には
有性生殖と
栄養繁殖の
どちらが有利？

幼胚と付着器に対する水温・栄養・食害等の影響を評価

ヒジキ幼胚の成長に対する高水温・貧栄養の影響

幼胚の成長率: $20^{\circ}\text{C} < 30^{\circ}\text{C}$ (馬場2007)

※ 富栄養なPESI培地で評価

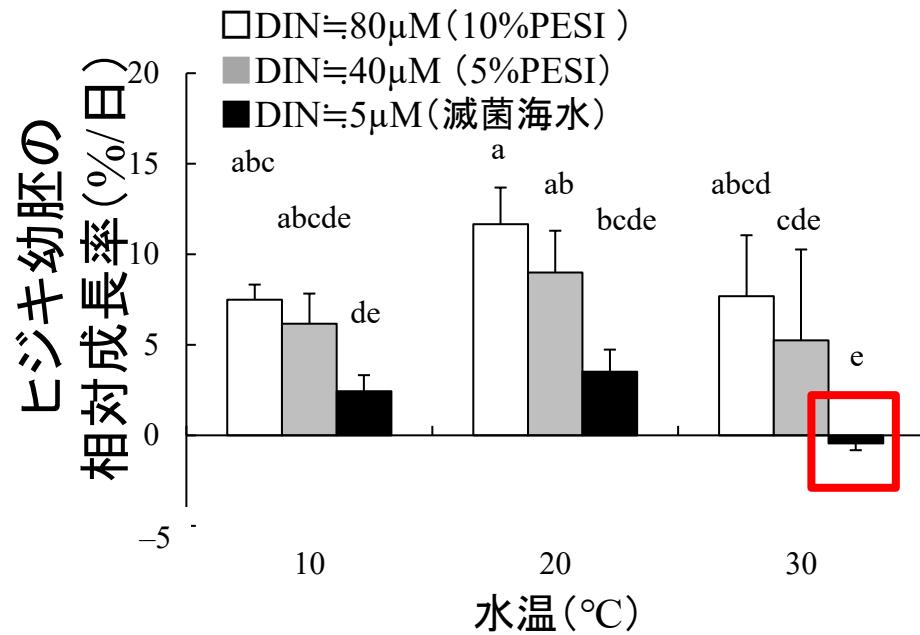
→ 溶存無機態窒素 $\text{DIN} \approx 800 \mu\text{M}$

⇒ 鹿児島湾のDINは約3-7 μM
→ 鹿児島湾の夏の高水温 30°C 、
かつ、貧栄養 $\text{DIN} 3-7 \mu\text{M}$ でも成長？

鹿児島湾産ヒジキの
幼胚54個



水温3×栄養3の
9条件で21日培養
→ 培養前後の面積
→ 相対成長率



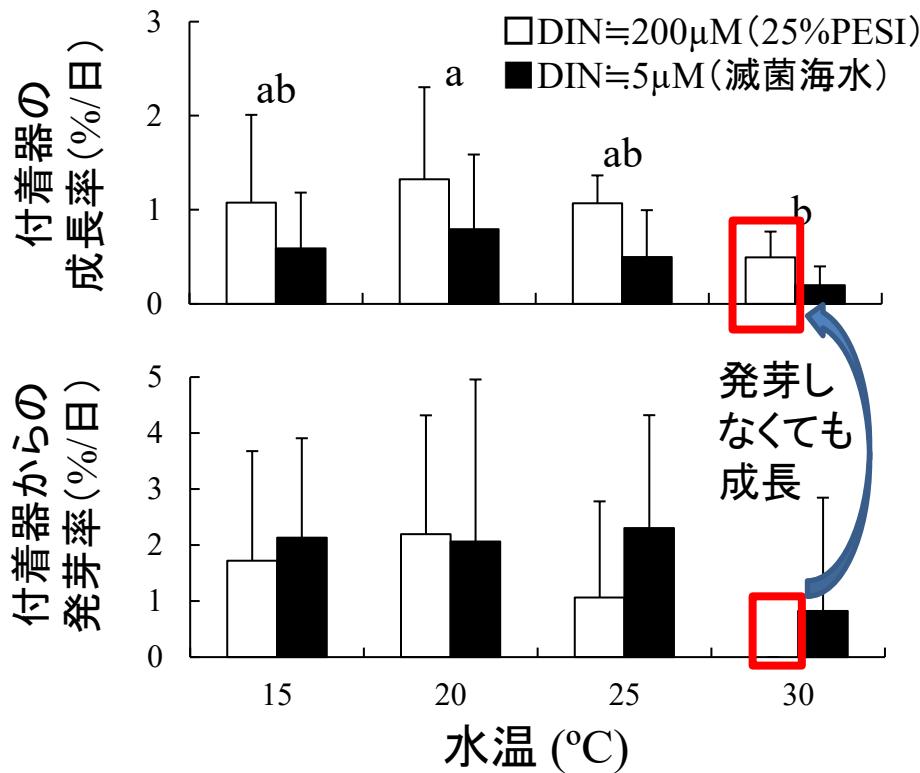
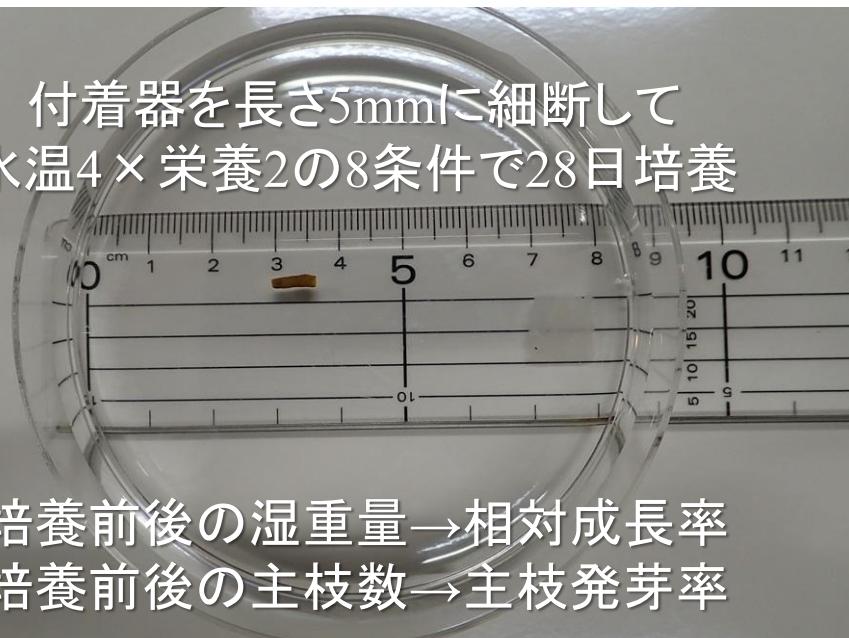
DIN40-80 μM : $20^{\circ}\text{C} \approx 30^{\circ}\text{C}$
DIN5 μM : $20^{\circ}\text{C} > 30^{\circ}\text{C}$
 $30^{\circ}\text{C} \times \text{DIN} 5 \mu\text{M} \rightarrow \text{負の値} !$

鹿児島湾の夏の高水温では
貧栄養だと成長できないが
栄養塩濃度が高ければ成長

付着器の成長と主枝発芽に対する高水温・貧栄養の影響

付着器からの発芽主枝数は
水温 $17^{\circ}\text{C} < 23^{\circ}\text{C}$ (伊藤ら2009)

付着器は主枝がなくても
高水温・貧栄養条件でも
成長して主枝を発芽する?



成長: $20 > 30^{\circ}\text{C}$ 、DIN5 < 200 μM
発芽: 水温・栄養の影響なし
発芽なしでも成長 (30°C 富栄養)

付着器は主枝がなくても
高水温・貧栄養条件でも
成長して主枝を発芽!

付着器の成長と主枝発芽に対する細断・弱光の影響

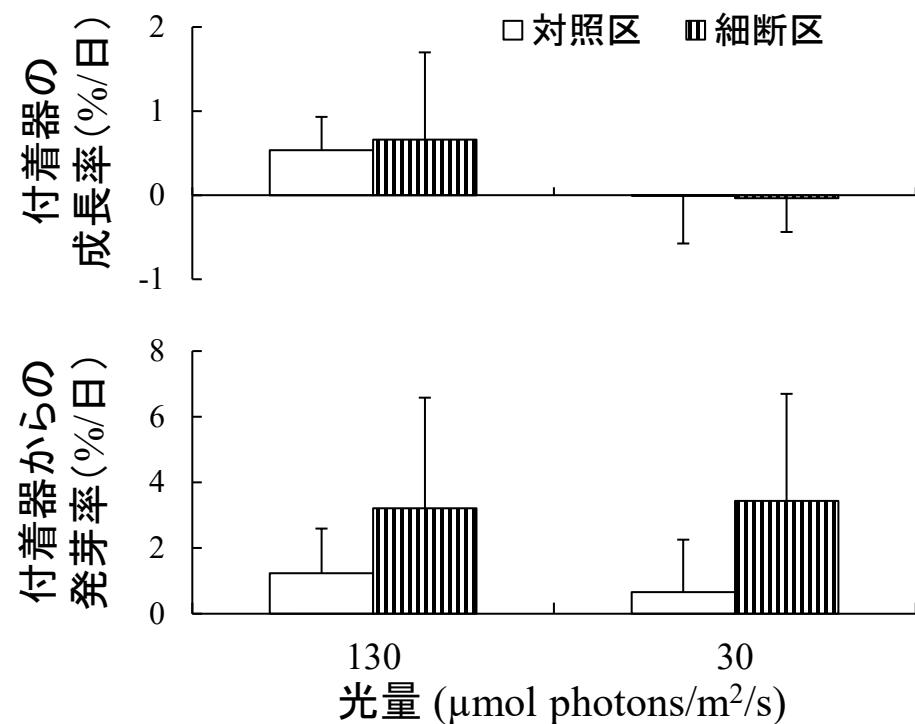
付着器からの発芽主枝数は
細断1mm>5mm(伊藤ら2009)

魚の食害で細断されても
魚に食われにくい岩の隙間の弱光でも
成長して主枝を発芽する?

付着器を長さ5mmに細断して
細断2(5mm対照区、1mm細断区)
×光量2の4条件で28日間培養

1mm細断区(培養後)

培養前後の湿重量→相対成長率
培養前後の主枝数→主枝発芽率

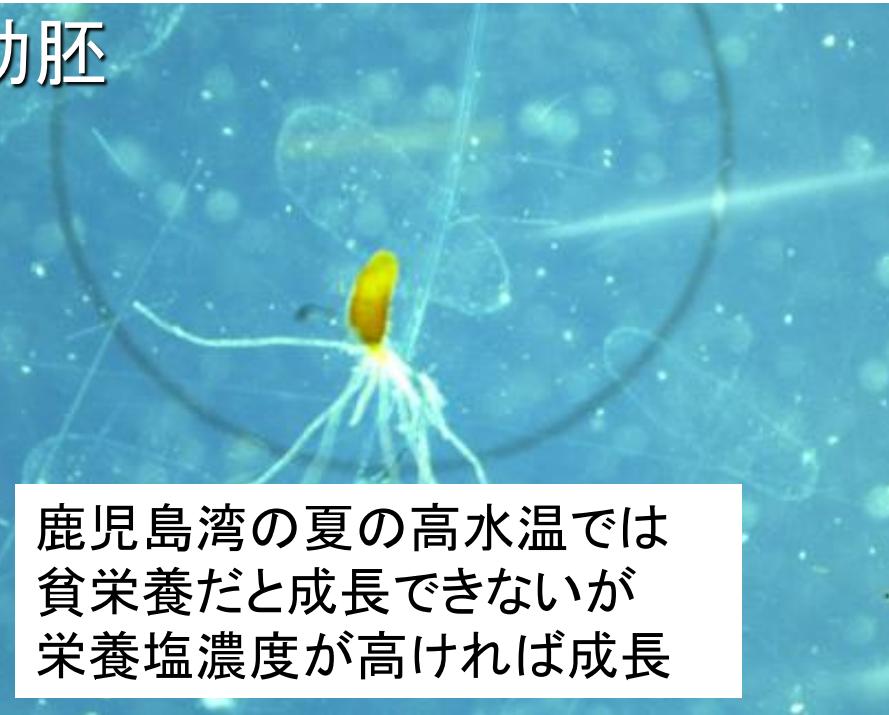


細断→成長不变、発芽促進
弱光→成長抑制、発芽不变

魚に食われにくい岩の隙間など
弱光条件だと成長はできないが
1mmが食われずに残れば
主枝を発芽できる!

1. ヒジキの幼胚と付着器の高水温・貧栄養耐性

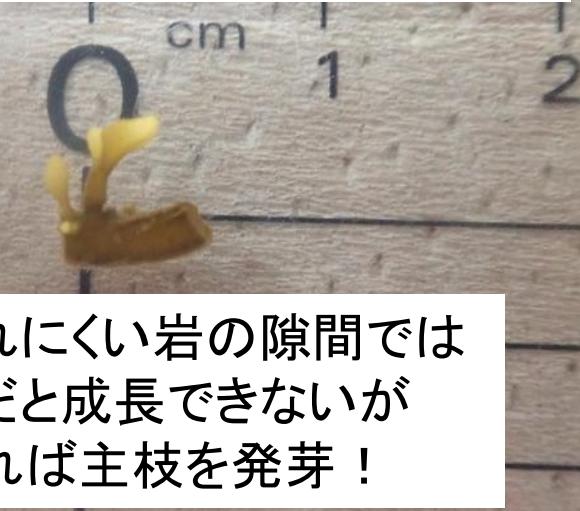
幼胚



鹿児島湾の夏の高水温では
貧栄養だと成長できないが
栄養塩濃度が高ければ成長

付着器

高水温・貧栄養条件でも
成長して主枝を発芽！



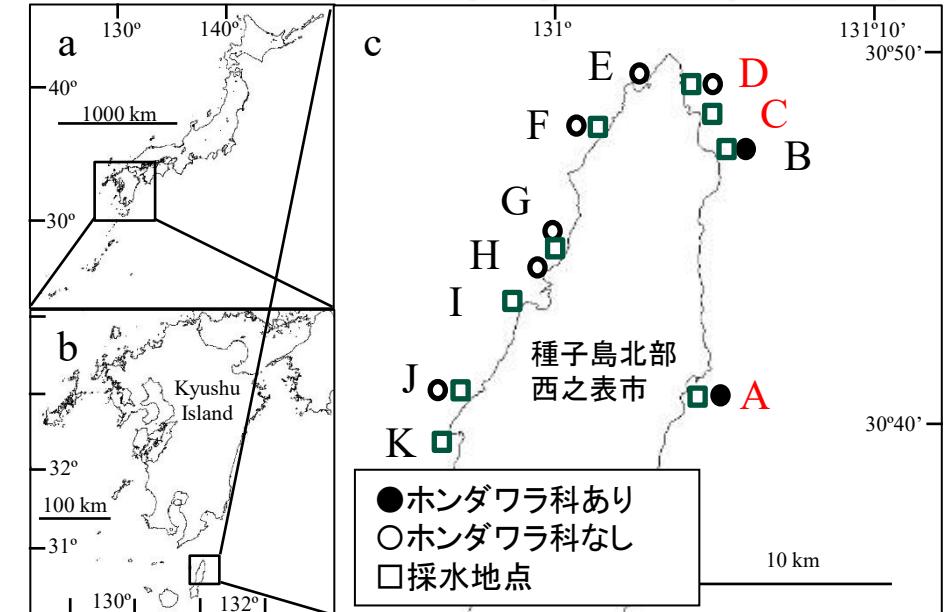
魚に食われにくい岩の隙間では
弱光条件だと成長できないが
1mmが残れば主枝を発芽！

高水温・貧栄養・食害下では有性生殖より栄養繁殖が有利

藻場消失地点で幼胚が
夏に成長するか否かには
夏の栄養塩環境が関連！

一度付着器が形成されれば
高水温・貧栄養・食害にも
頑健な藻場になる可能性！

2. 残存藻場の環境条件とタマナシモクの特性



A地点では
ホンダワラ科タマナシモクが繁茂
(B地点でもわずかに生育)



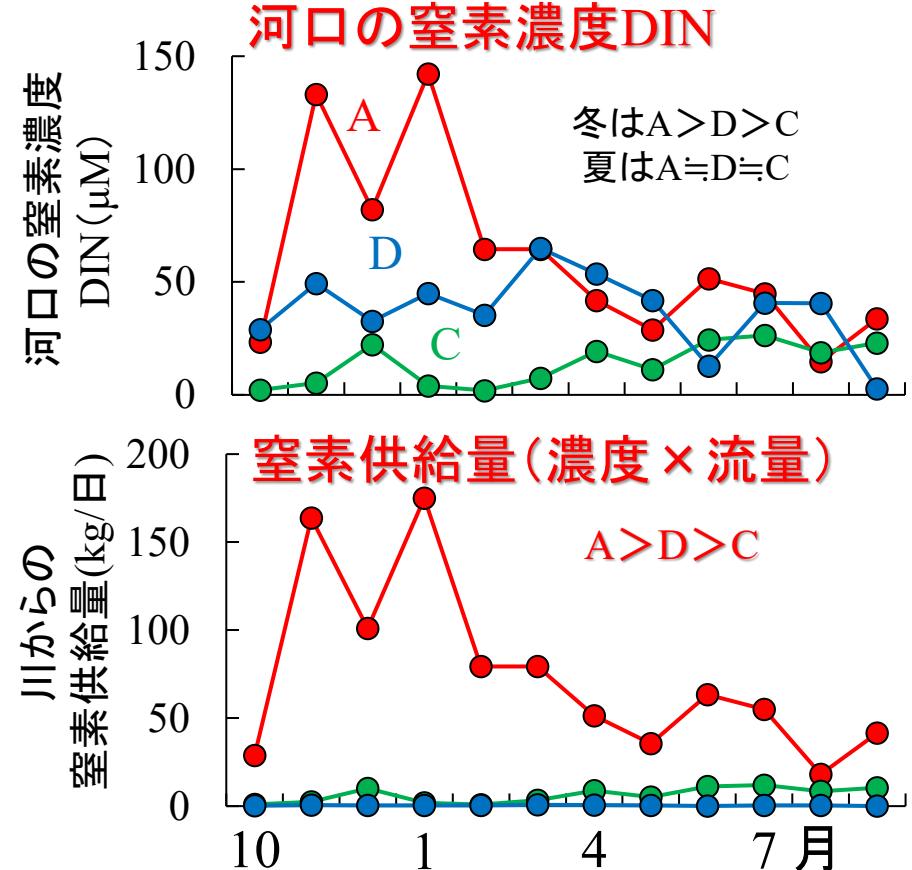
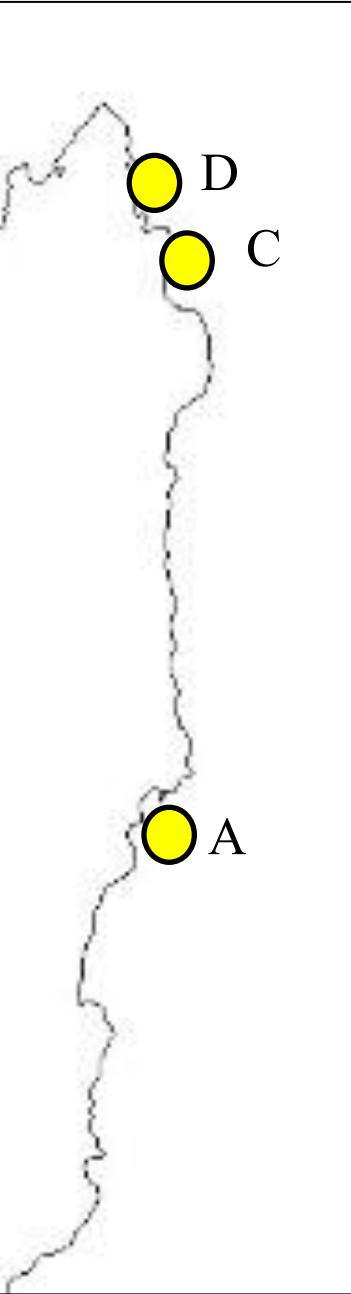
ほとんどの地点では
ホンダワラ科は見つからず

イスズミ類、ブダイ類、ニザダイ類が多数生息

A地点の藻場の近くには河口！
川から栄養が供給されている？

河川があった
A, C, D地点で採水
→河口の窒素濃度DIN
流量(河口断面積×流速)×DIN
→川からの窒素供給量を概算

河口の窒素濃度DINと川からの窒素供給量



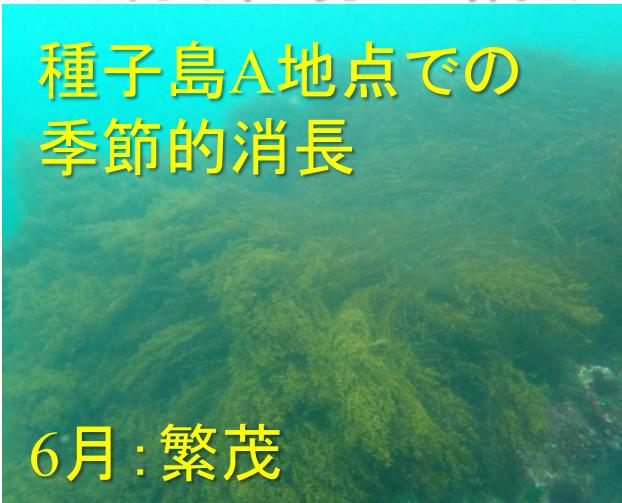
藻場残存地点Aでは他地点より
川からの窒素供給量が多かった

※藻場に寄与しているかはまだ不明
(周囲に藻場がない→同位体比の比較困難)
→藻場構成種の生理生態学的特性を検討

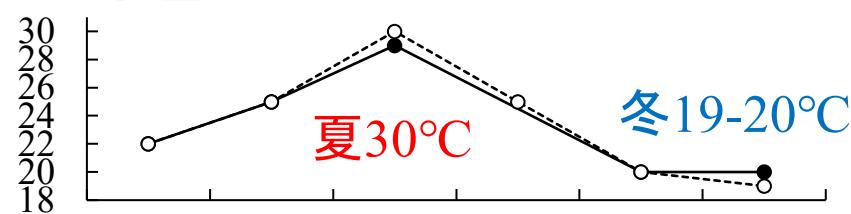
残存藻場の構成種タマナシモク

波当たりの強い場所に生育

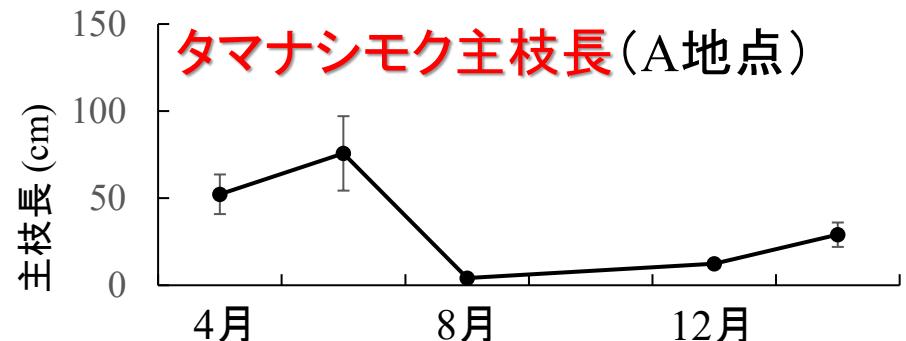
種子島A地点での
季節的消長



水温 (A地点とD地点)



タマナシモク主枝長 (A地点)



付着器を培養→ヒジキと同様に
主枝を発芽！

高水温・弱光でも？

栄養が少ないと成長できない？

付着器と主枝に対する水温・光量・栄養の影響を評価

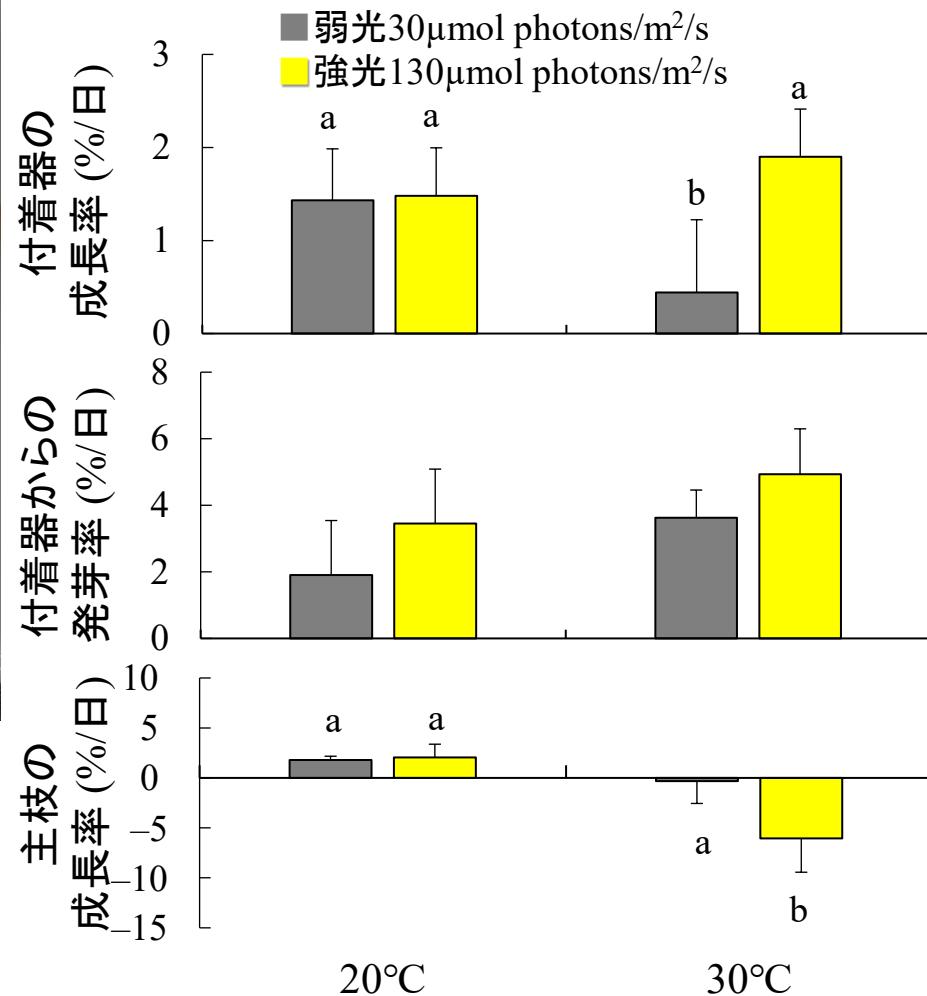
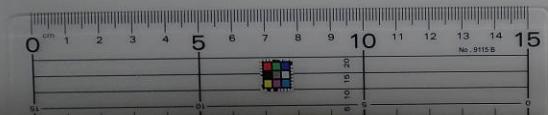
付着器の成長・発芽・主枝の成長に対する高温・光量の影響

高水温30°Cや魚に食われにくい
岩の隙間の弱光条件で…



- ①付着器が成長するか？
- ②付着器から主枝を発芽するか？
→水温2×光量2の4条件で4週間培養

- ③主枝が成長するか？
→主枝を同4条件で1週間培養



夏の高水温30°Cでは
付着器は成長・主枝発芽するが
主枝は成長できない！

付着器は高水温・弱光で成長が
抑制されるが、主枝は発芽可能！

付着器の成長・発芽・主枝の成長に対する栄養塩濃度の影響

栄養供給量が少ないと…

①付着器が成長しない？



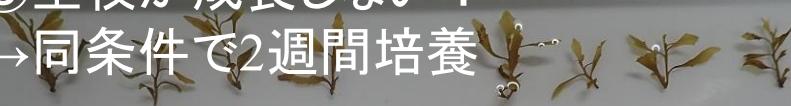
②付着器から主枝を発芽しない？

→窒素濃度4条件で4週間培養

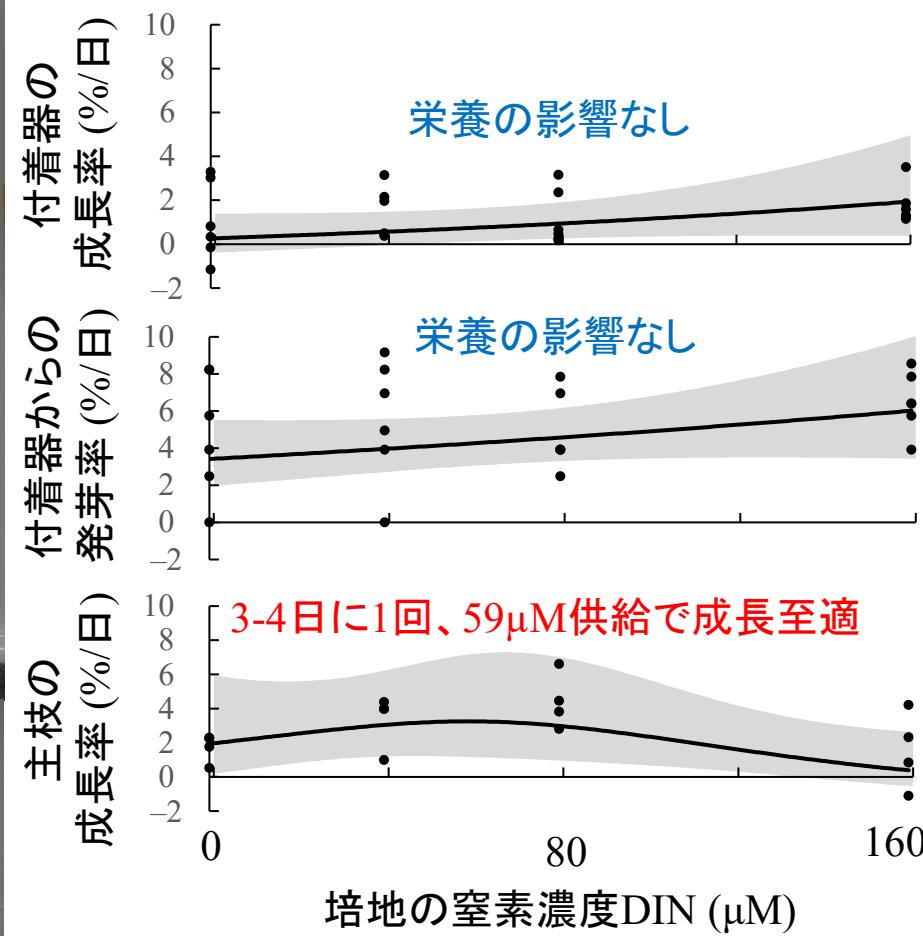
(リンは窒素の1/10濃度に調整)

③主枝が成長しない？

→同条件で2週間培養



※培地は3-4日に1回交換
=栄養は3-4日に1回供給



DIN:海水0.3 -3.6 μM、河口15-142 μM

主枝の成長には
海水の窒素だけでは足りない！
川からの窒素供給も
必要である可能性

2. 残存藻場の環境条件とタマナシモクの特性

藻場残存地点では他地点より
川からの栄養供給量が多かった



タマナシモクの付着器は
高水温でも成長・主枝発芽するが、
主枝は成長できない！



魚の食害があっても栄養供給量が多ければ藻場が形成される？

→川からの栄養供給が藻場残存に貢献しているか否かはまだ不明

強波浪や河川水流入による水温低下・透明度低下などによって魚の食害が抑制された？

現在：他の藻場残存地点を探索中

今後：複数地点で栄養供給と魚の食害の両方を定量化

3. 貧栄養条件による磯焼けと貧栄養化の事例

北海道西岸の磯焼け域

ウニ駆除ではマコンブは生えず

ウニ駆除 + 液肥滴下で藻場回復

→磯焼け持続要因は**貧栄養条件**！

(Agatsuma et al. 2014)

瀬戸内海では川から海への

窒素排出規制で海が**貧栄養化**

→過疎化や産業の衰退でも

川からの窒素供給が減り

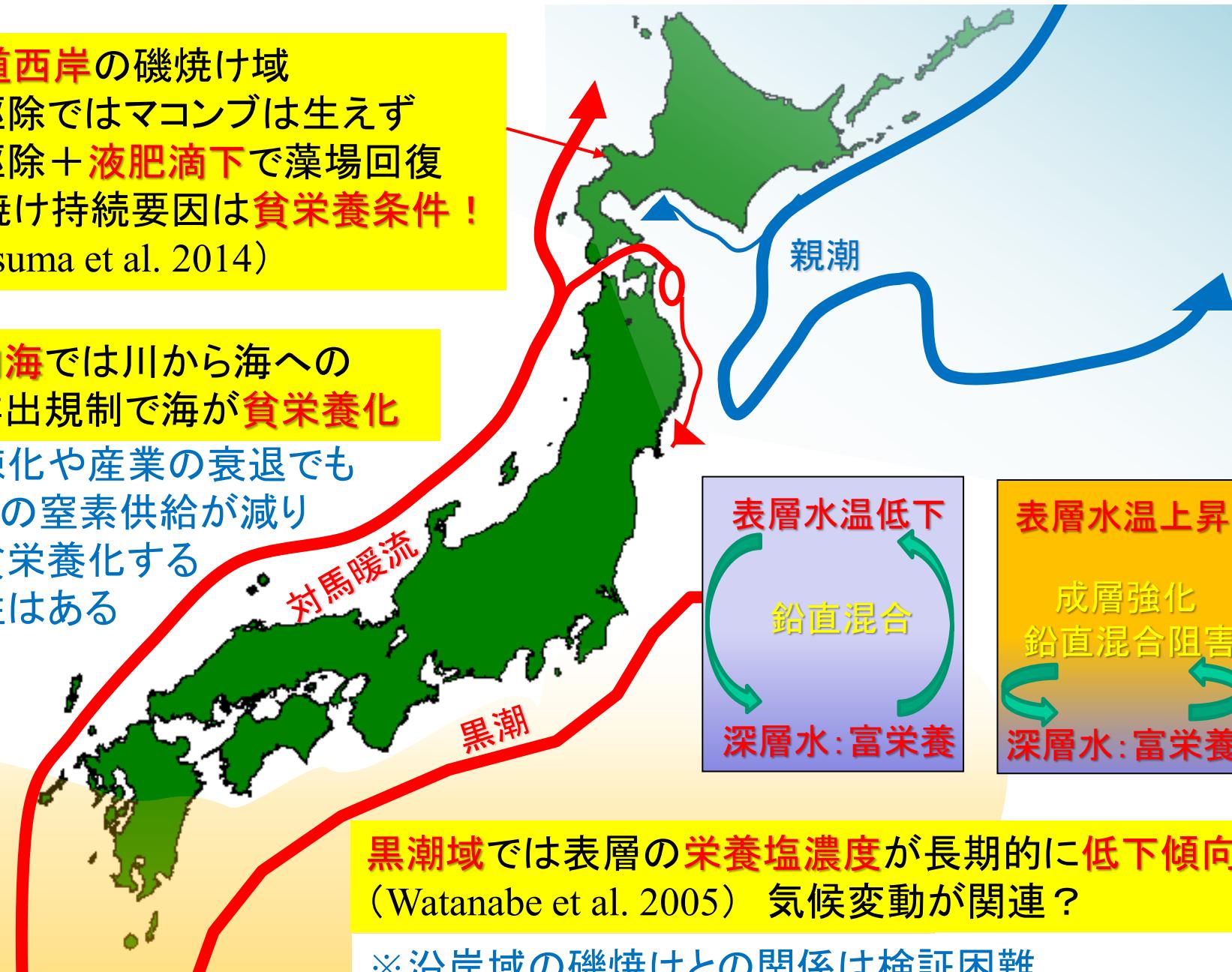
海が貧栄養化する

可能性はある

黒潮域では表層の**栄養塩濃度**が長期的に**低下傾向**

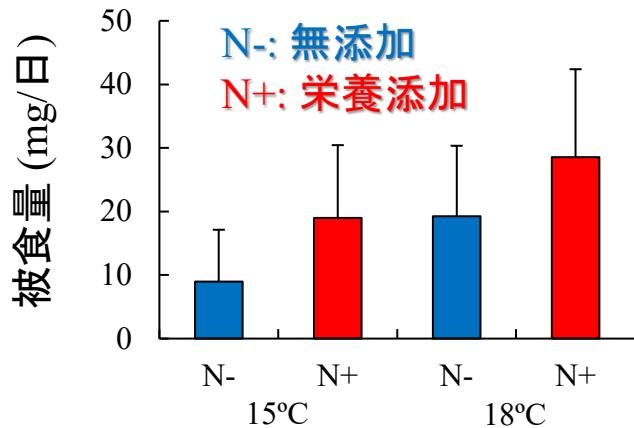
(Watanabe et al. 2005) 気候変動が関連？

※沿岸域の磯焼けとの関係は検証困難



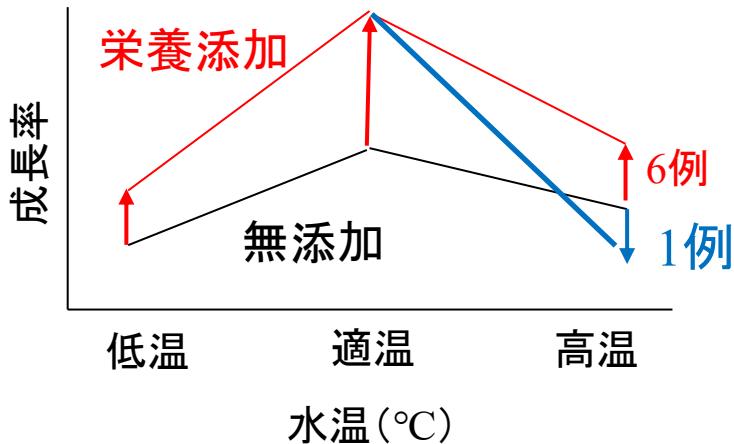
4. 栄養添加(施肥)の可能性と注意点(最後)

海藻の被食量に対する水温と栄養の影響(Endo et al. 2021 ICES J Mar Sci)



栄養を添加すると…
植食動物から摂食されやすくなる
→栄養を添加する際には
植食動物の食害防除も
組み合わせたほうが良い！

海藻の成長に対する水温と栄養の複合作用(Endo & Gao 2022 Front Mar Sci)



栄養を添加すると…
適温ではもっとも成長促進！
高温でも成長を促進するが、
高温で栄養過剰だと成長を抑制！
→夏の栄養添加には注意が必要

今後: 海藻の窒素・リン要求量に対する水温の影響→水温別の肥料