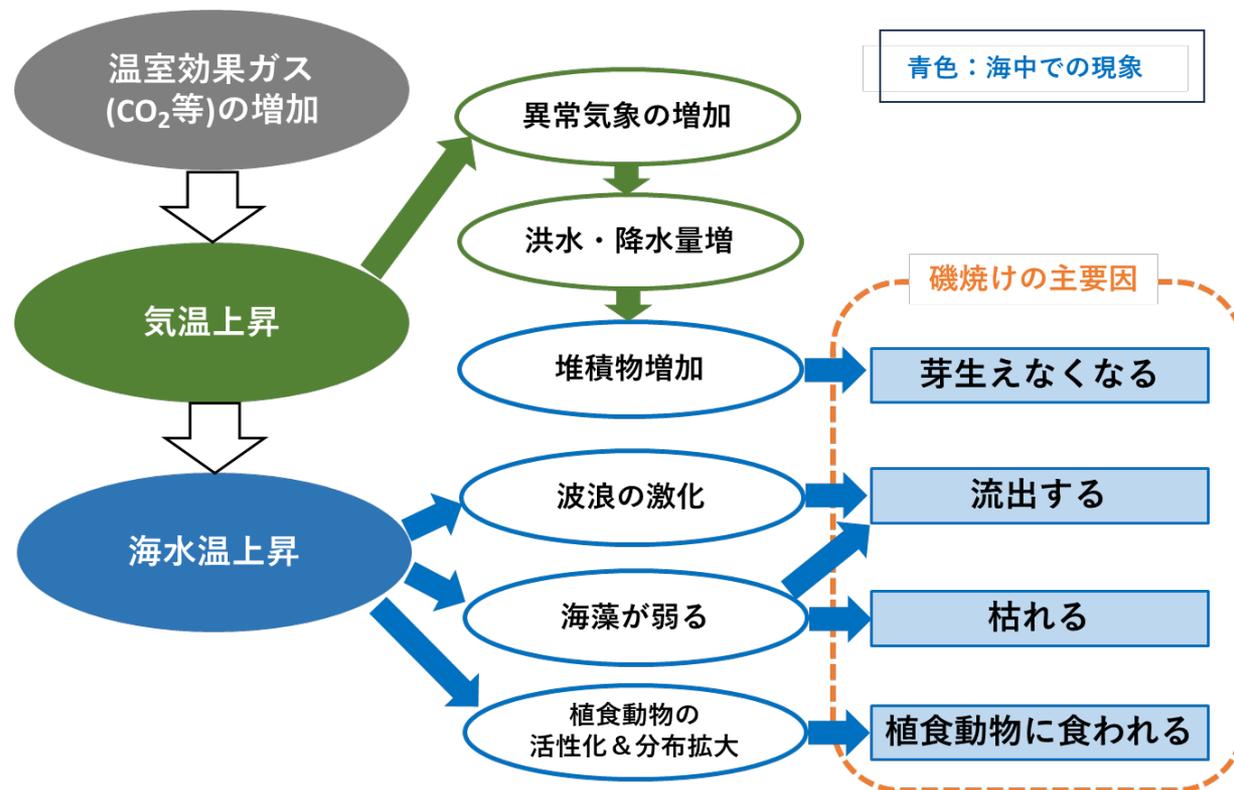
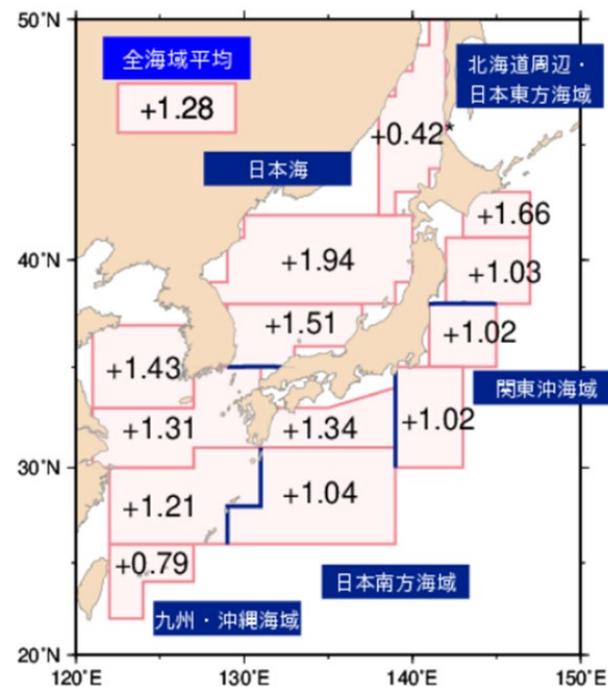


海水温上昇に対応した藻場造成手法 について

海水温上昇が藻場に及ぼす様々な影響



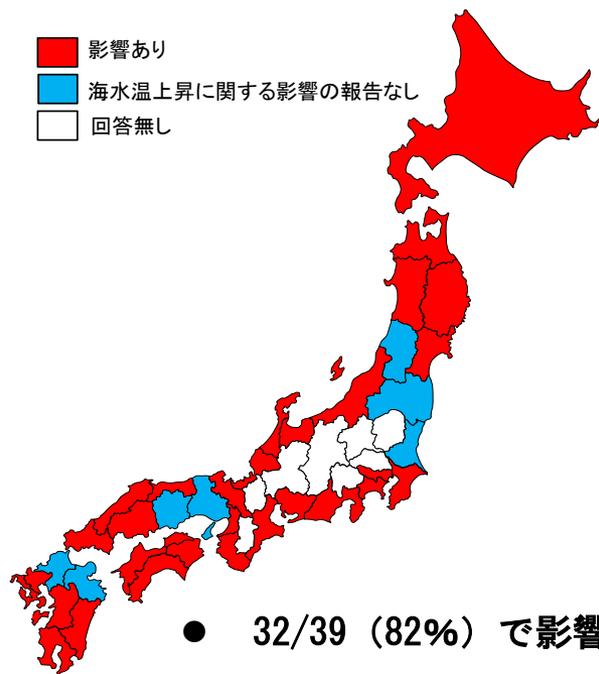
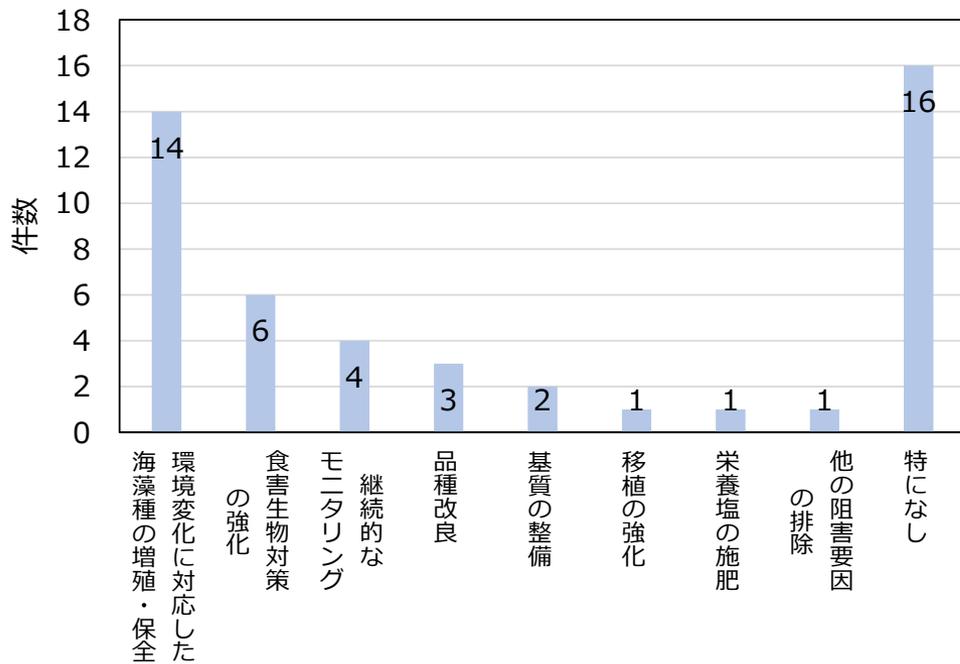
温暖化や海水温上昇が藻場に及ぼす主な影響（藤田（2015）を改変）

- 日本近海ではこの100年間で1.28°Cも海水温が上昇したとされている
- 海水温の上昇は今後も継続する見込み
- 「植食動物に食われる」「枯れる」「芽生えなくなる」「流出する」といった磯焼けの発生・持続要因は温暖化・海水温上昇によって増幅される

海水温上昇が藻場に及ぼす様々な影響（一例）



アンケートによる全国の状況把握（R2年度実施）



- 32/39（82%）で影響あり
- 8割は海水温上昇を意識した対策を未実施

現行ガイドラインにおける海水温上昇の取り扱い



- ☑ 藻焼けの発生・持続と温暖化の関係性を記載
- ☑ 植食動物（魚類含む）の分布・生態等を整理
- ☑ 植食性魚類の調査・対策手法を強化
- ☑ 植食性魚類に関する新たな対策事例を紹介

海水温上昇の影響による藻場の衰退・藻焼け
に対して具体的な対策までは記載していない

説明したような状況に対して具体的にどうすれば良いのか・・・
海水温上昇に対応した藻場保全・造成対策が必要とされている

基本的な考え方

海水温上昇で磯焼けが進行しているようだ...

高水温に耐えられる海藻を増やせば良いのでは？

海水温が上がりにくい場所があるのでは？

食圧も高まっているし食害対策も必要では？

高水温自体の影響への対策

高水温により高まる食圧への対策

高水温自体の影響への対策



- 高水温下でも生育可能な海藻種を用いる
- 海水温上昇が抑えられている場所を活用する

高水温により高まる食圧への対策

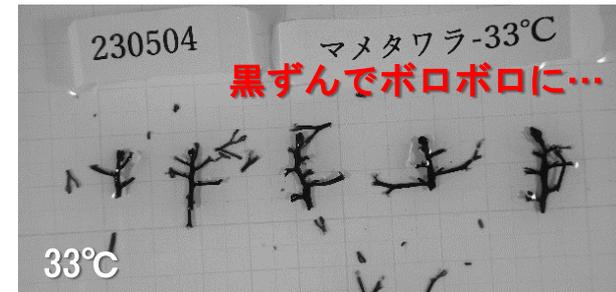
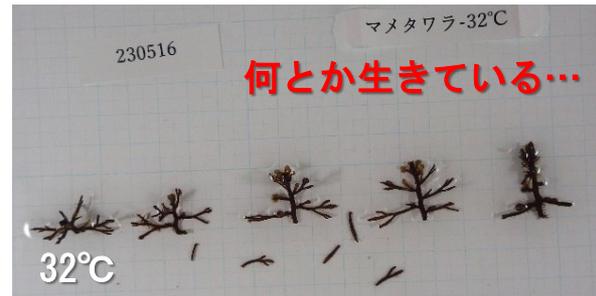
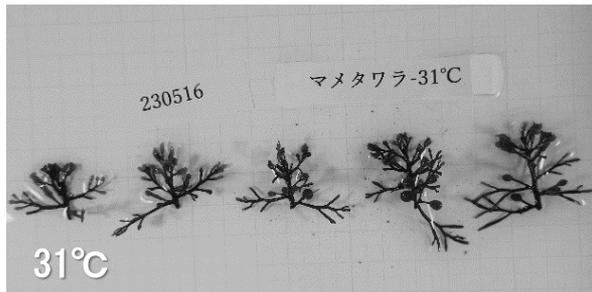


- 必要に応じて食害対策を実施

海域の状況に応じてどの対策が適しているか検討の上で実施する

生育上限温度

- ☑海水温は海藻の地理的分布を制限する大きな要因である
- ☑海藻が枯死せず生育できる上限の温度（生育上限温度）が一部明らかとなっている
- ☑海水温上昇に対応した磯焼け対策で対象種を検討する際の参考にできる



生育上限温度把握の室内実験結果の例（マメタワラ）

表：主な海藻種の生育上限温度（既存知見と室内実験結果をまとめた）

	生育上限温度（°C）						
	26	27	28	29	30	31	32
種名 (部位)	ワカメ幼体 (養殖株) ^{※1}	アカモク ^{※2} ワカメ幼体 (天然株) ^{※1}	クロメ (成体) ^{※3} クロメ (幼体) ^{※5}	アラメ (成体) ^{※3}	マメタワラ ^{※2} ホンダワラ ^{※2} ジョロモク ^{※2} ノコギリモク (基部) ^{※5}	ヤツマタモク ^{※2} ノコギリモク ^{※2,5} ジョロモク ^{※2} ヨレモク ^{※5} ヨレモク (基部) ^{※5}	ヒジキ ^{※4} マメタワラ ^{※5} キレバモク ^{※5} マジリモク ^{※5}

注1：特に部位の記載がないものは主枝

注2：本表におけるクロメは日本海側の個体で、Akita et al. (2020) ではツルアラメとされる

文献 *1, 村瀬ら (2021), *2, 原口ら (2005), *3, 村瀬・野田 (2018), *4, 村瀬ら (2015), *5, 調査委託事業の結果

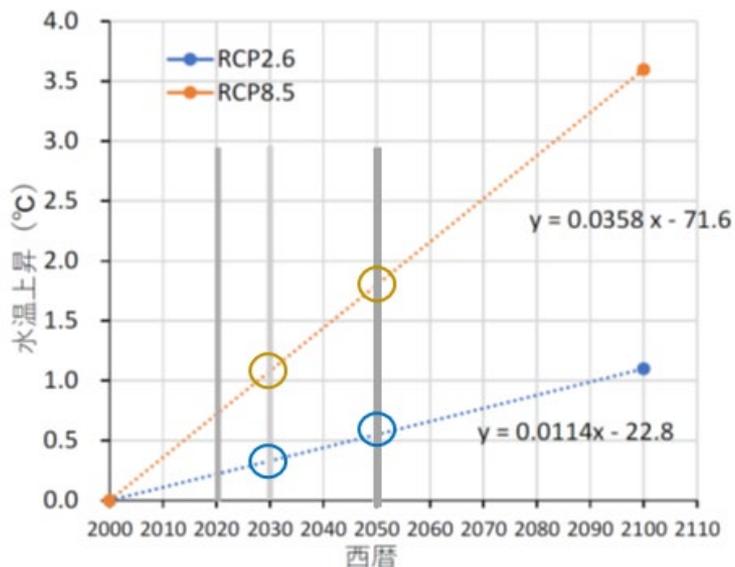
藻場分布変化の予測（将来的なハビタットマップ）

- ☑海水温の上昇は今後も数十年単位で継続する見込み
- ☑現在海域に分布している海藻も10年後20年後に分布できるとは限らない
- ☑将来的分布を考慮した上で海藻種を選定する中長期的な考え方もある

【予測の方法】

- ★海藻種毎の現状の分布域をアンケートやヒアリングによって作成
- ★IPCCの気温上昇シナリオRCP2.6(2℃上昇/100年)、RCP8.5(4℃上昇/100年)で検討
- ★現状分布境界(南北限)の高水温期（8月）、低水温期（2月）の表面水温から各シナリオで予測される水温上昇分だけ分布を北上させる

※注：表面海水温が一律に上昇すると仮定し、現状の藻場の分布を北上させる予測となる



経過年数	10年後	30年後
西暦	2030	2050
RCP2.6	0.3	0.6
RCP8.5	1.1	1.8

出典：令和3年度魚種変化に対応した漁場整備検討調査

【考え方】4°C上昇シナリオ(RCP8.5)30年後における対象海藻の分布予測

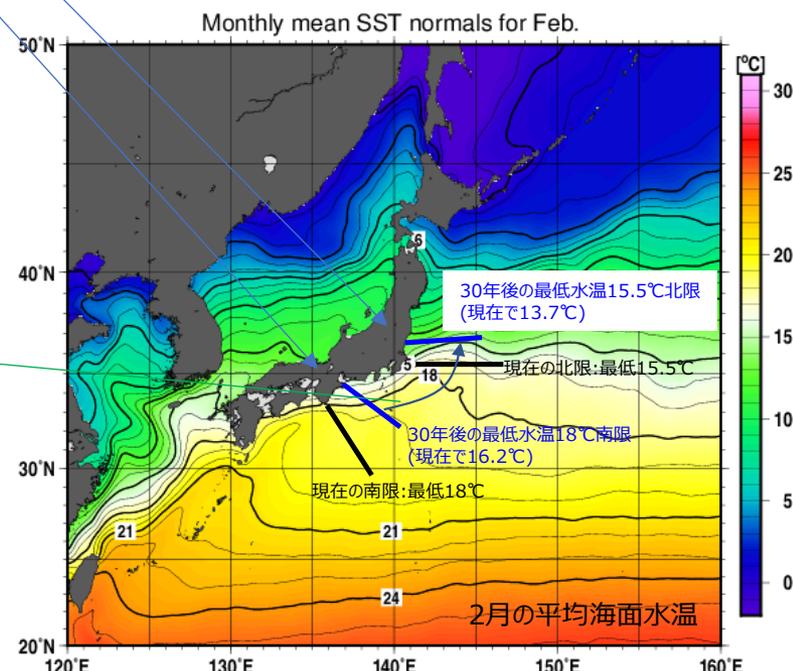
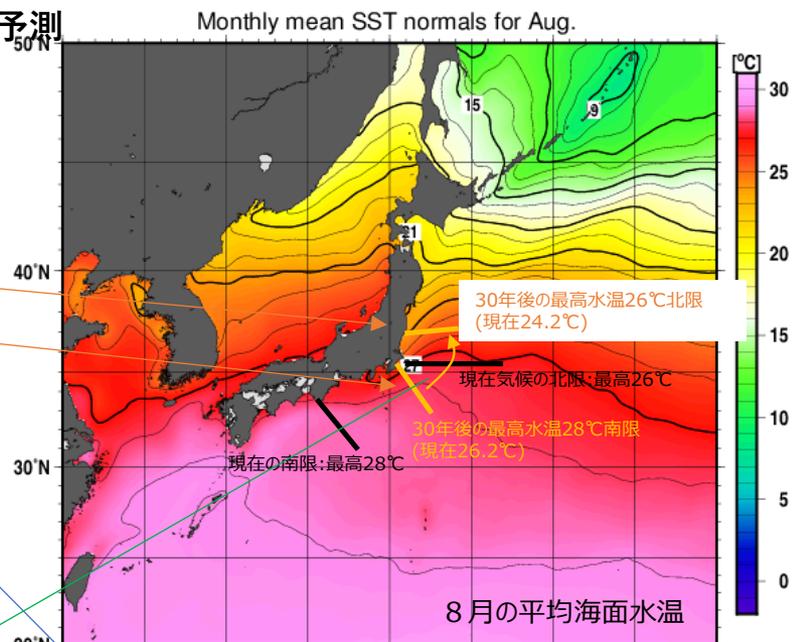
4°C上昇シナリオ(RCP8.5)における海藻が分布可能な等温線位置

区分	現在		30年後(+1.8°C)	
	最高	最低	最高	最低
北限	26.0°C	15.5°C	24.2°C	13.7°C
南限	28.0°C	18.0°C	26.2°C	16.2°C

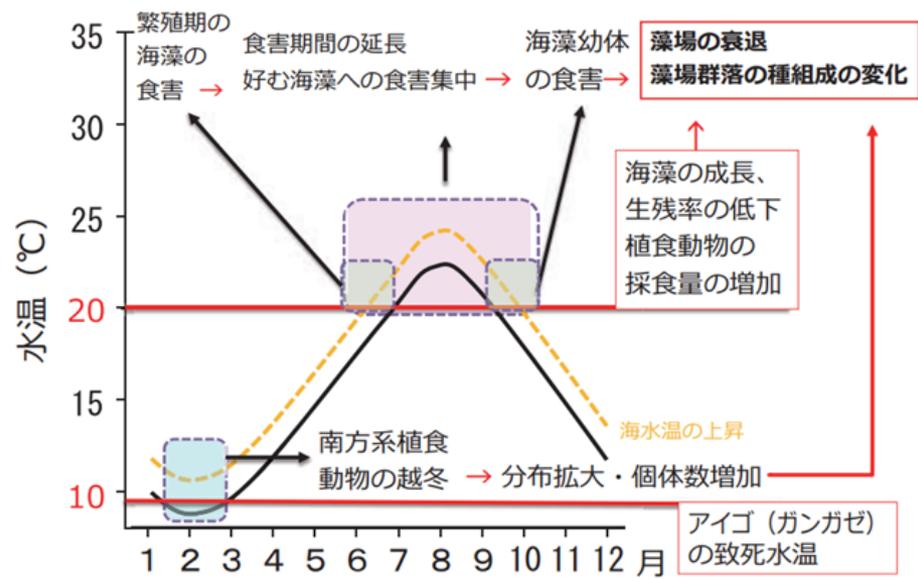
現在の南北限の最高水温・最低水温の関係が維持できる地点
(海水温上昇時の南北限として設定)



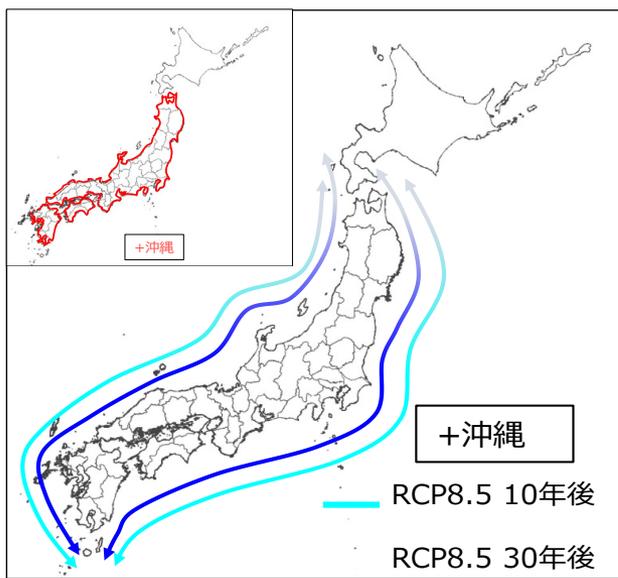
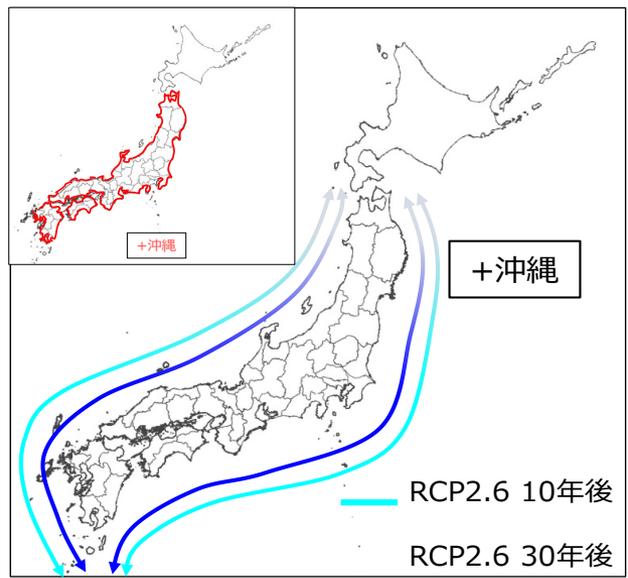
カジメの例 (RCP8.5における30年後予測)



検討する上で有益な知見 ～植食性魚類の活性化～



- ☑海水温上昇で摂食活動が盛んな期間が延びる
- ☑冬期に死滅していた海域でも越冬可能となる
- ☑分布拡大はわずかに見えても食害増加の予測



【例】 アイゴの分布予測 (左: RCP2.6 右: RCP8.5) ※表面海水温のみからの予測である点に留意のこと

海水温上昇に対応した磯焼け対策

実施フロー

概要

現状把握

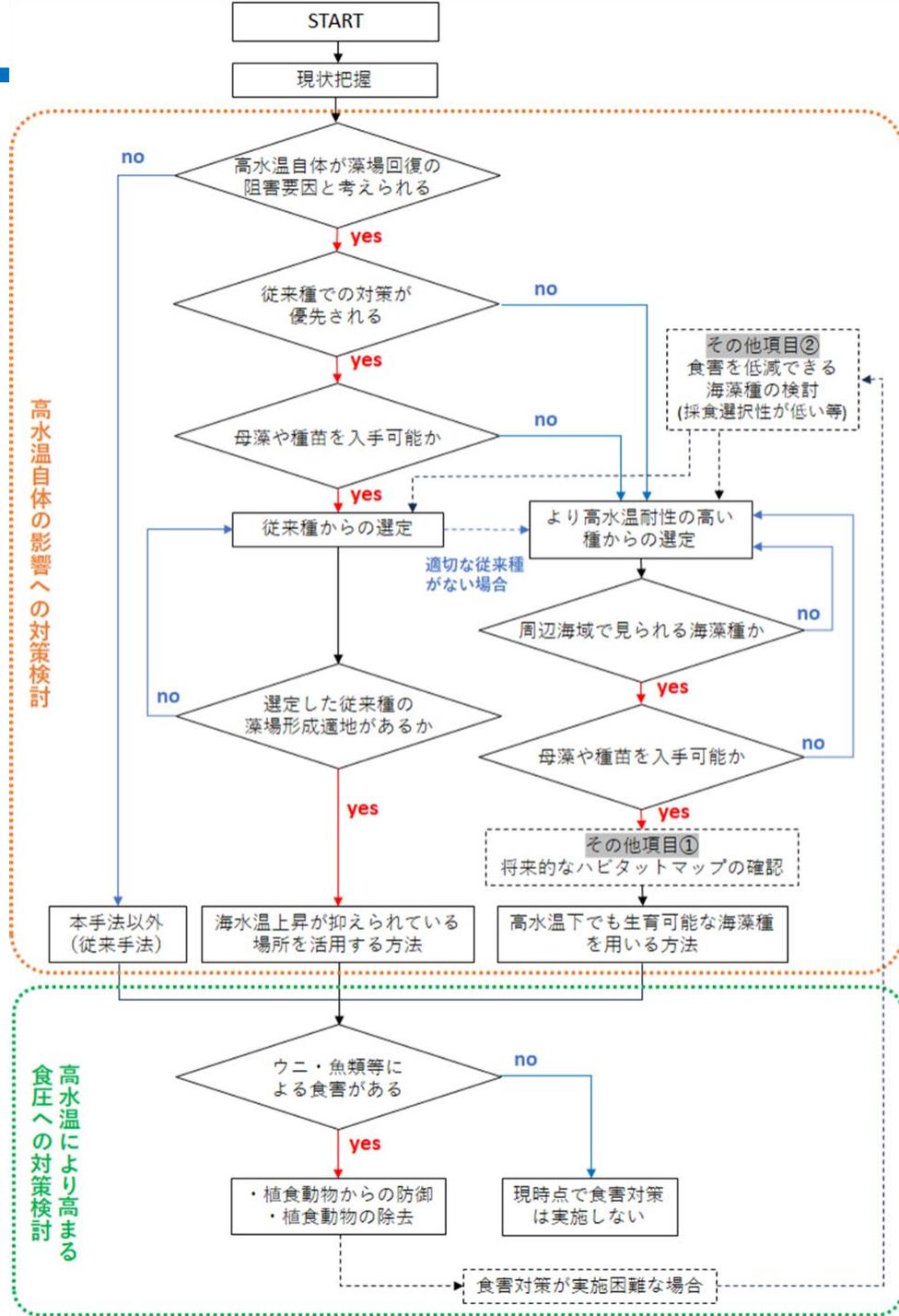
- ☑ 海域の海水温はどの程度か？
- ☑ 藻体に高水温による異常はないか？
- ☑ 植食動物（特に魚類）はいないか？

高水温自体の影響への対策を検討

- ☑ 高水温下でも生育可能な海藻種を用いる
- ☑ 海水温上昇が抑えられている場所を活用する
- ☑ 従来手法（高水温が磯焼け原因でなければ）

高水温により高まる食圧への対策

- ☑ 必要に応じて食害対策を実施



現状把握

海水温上昇の影響で磯焼けが発生・継続しているのか？

① 海水温情報の取得

水温計を設置する



ロガータイプの水温計

他機関の海水温データを活用

名称	リアルタイム海洋情報収集解析システム	気象庁海面水温データ
発信機関	国立研究開発法人 水産研究・教育機構	気象庁
URL	https://buoy.nrifs.affrc.go.jp/top.php	https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/sst_HQ.html
備考	取得データは水産資源調査・評価推進事業による	—

② 藻体の異常の確認



藻体が黒ずむ



藻体が溶けるように凋落



藻体が倒れる

現状把握

海水温上昇の影響で磯焼けが発生・継続しているのか？

③植食動物の有無の確認

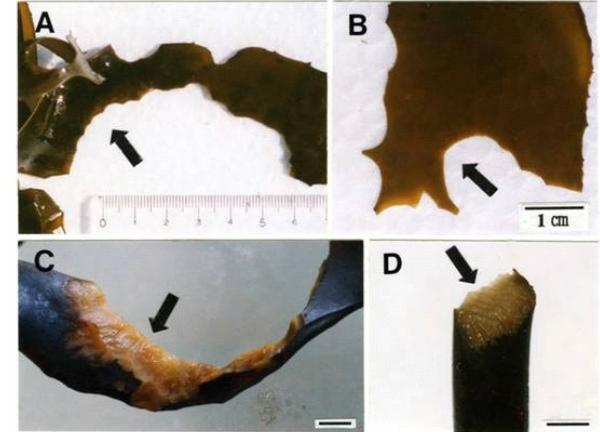
潜水目視



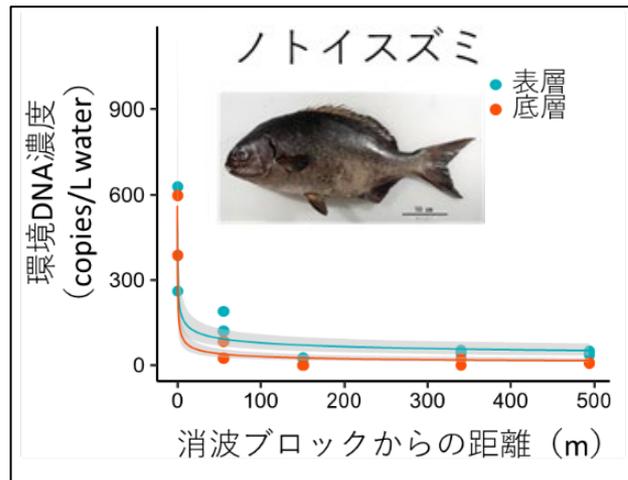
カメラを設置する



植食性魚類の食痕を確認する



参考：環境DNAの活用



- 海水に含まれる生物のわずかな体組織から、対象生物の有無を判定する環境DNA技術が近年は生物モニタリングに活用されている
- 植食性魚類においても有効である
- 専門家に相談の上で検討すると良い

海水温上昇に対応した磯焼け対策

海藻種の検討

従来から分布する海藻を対象とするか、環境変化に合わせて変えていくか

(海水温上昇が抑えられている場所を活用する)

(高水温下でも生育可能な海藻種を用いる)

- 関係者（漁業者等）の意見を踏まえた上で調整
- 従来から生えていた海藻を増やしたい ⇒ 現在・今後も増やせる環境なのか？
- 海水温上昇に耐えられる海藻を増やす ⇒ 周辺で見られない海藻は避ける等の配慮を

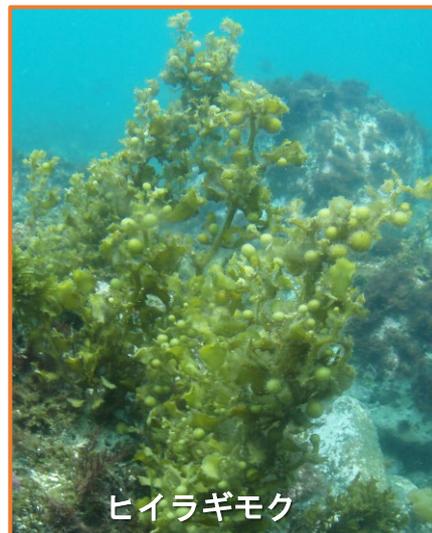


クロメ（カジメ）

温帯性カジメ類・ホンダワラ類
といった代表的な従来種



ノコギリモク



ヒイラギモク



キレバモク

生育限界温度の高く分布域を広げ
ている南方系ホンダワラ類の例

例えば…

昔は生えてたクロメ
(生育上限温度28度)
が減ったから増やそう！



しかし、近年は夏場に水温
29°Cを超える日が多い…

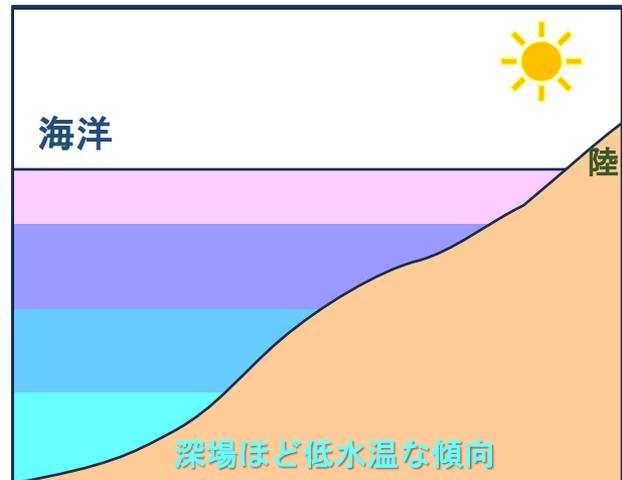


高水温に耐えられる海藻にするか…
水温が上がりにくい環境はないか…



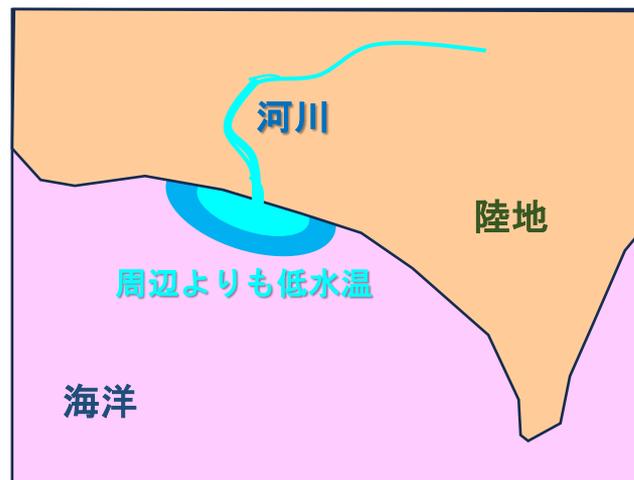
従来種の適地の探索

海水温が高い・上昇する海域で従来種を対象とするなら
水温が抑えられる適地を探す必要がある



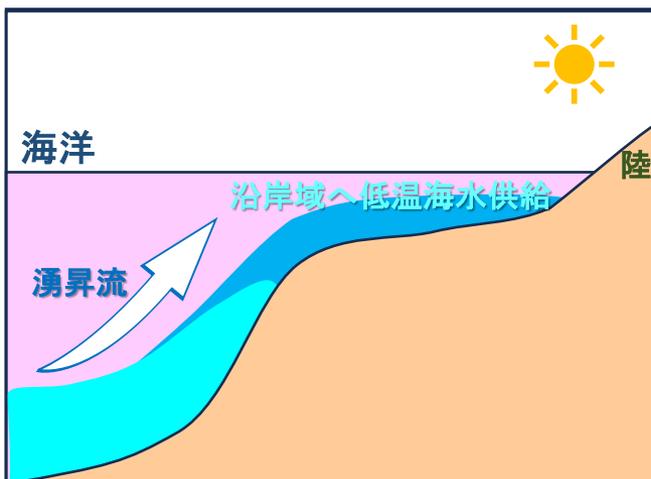
深場

- 基本的には深場程水温が低い傾向
- 活動を考慮すると深くても15m程度
- 深くても水温低下が小さい場合も



河口周辺の沿岸域

- 河川水や湧水により海水温が抑えられることがある
- 塩分濃度が下がり過ぎることもある
- 必要な場合は塩分濃度を把握



湧昇流による低温域

- 深場の冷たい海水が上がって
る沿岸域がある
- このような場所を活用する考
え方もある

海藻種の選定と入手

必要事項を考慮した上で海藻種を選定 → 対策に必要な海藻を入手

海藻種の選定

- 前述の生育上限温度（前述）と対象海域の高水温期の水温を考慮する
- 周辺海域に見られない海藻をいきなり持ち込むことは避ける

母藻の入手

- 天然に繁茂する海藻、流れ藻、寄り藻 を活用する
- 対策に必要な一定量が入手できる海藻種とする

種苗の入手

- 天然採苗（天然海域に着生基質を置く）
- 人工種苗を購入することもできる
- 購入する場合も欲しい種類が必要なだけ手に入るとは限らない



天然採苗（ガイドラインより）

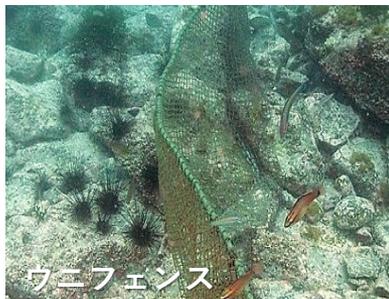


人工種苗の例（長崎県）

食害対策

必要に応じて防御・除去を実施する
磯焼け対策ガイドラインに詳しく記載されている

防御



ウニフェンス



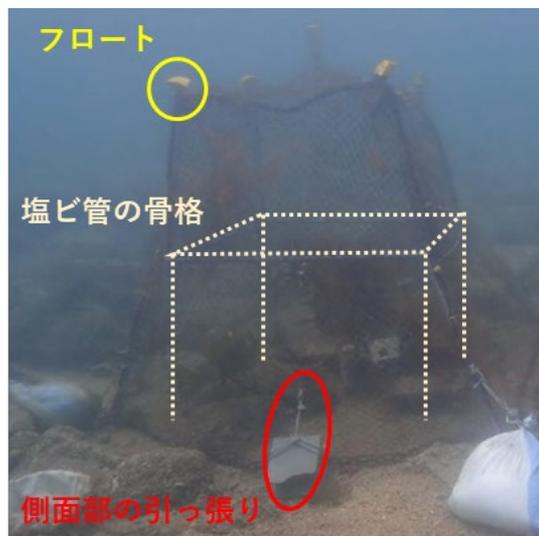
簡易藻場礁



仕切網

ガイドラインに記載の技術

簡易食害防止ネットの紹介



- 植食性魚類からの防御に活用可
- 比較的簡単に作成・設置が可能
- 重石やチェーンで固定しブイ等の浮力で形状が安定する

除去



潜水によるウニ除去



延縄によるブダイ除去



刺網によるノトリスズミ除去

ガイドラインに記載の技術

その他

対策を考える際の、その他の検討項目

将来的なハビタットマップの確認

- 前半に記載の将来的なハビタットマップを考慮した対策とすることで中・長期的な対策ができる可能性が高まる
- ただし、現状分布と表面海水温を元に一律的に海水温が上昇すると仮定している点に留意

食害を軽減できる海藻種の検討

- 相応の労力を要する植食性魚類対策は実施できないことも有り得る
- 海藻種による食べられ易さ（採食選択性）の違いを考慮して、対象とする海藻種を選定する考え方もある
- ただし、食べられにくい海藻でも周囲に海藻が少ない、食圧が高い場合には効果が薄れる点に留意

採食選択性の違いの例（海域実験の結果から）

区分	海藻種	採食選択性
温帯性カジメ類	クロメ	高い
温帯性ホンダワラ類	ヨレモク	低い
	ノコギリモク	やや低い
	マメタワラ	高い
亜熱帯性ホンダワラ類	キレバモク	やや高い
	マジリモク	やや低い

将来的分布の例（高知県）

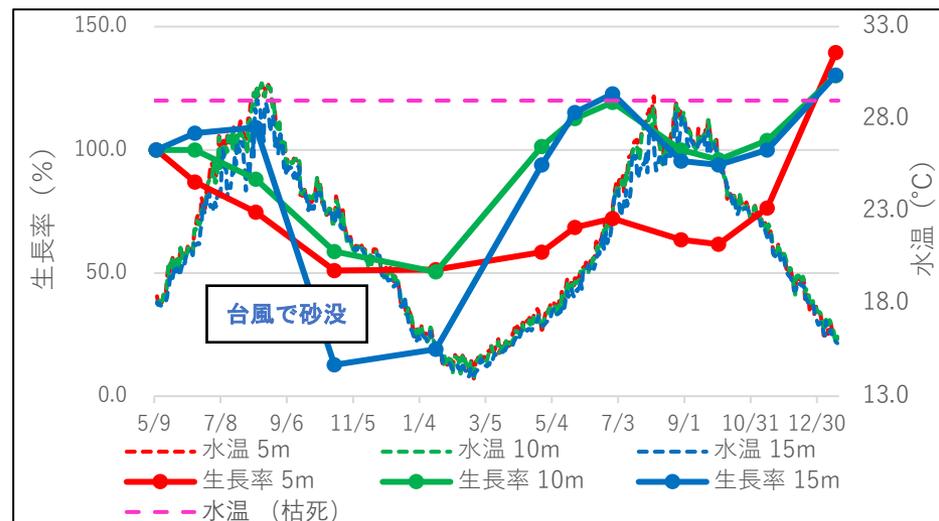
RCP2.6（2°C上昇シナリオ）

	高知県		
	現在	2030年	2050年
カジメ	○	×	×
クロメ	○	△	△
ヒジキ	○	○	○
マメタワラ	○	×	×
ノコギリモク	○	×	×
ヨレモク	○	×	×
キレバモク	○	○	○
ヒロメ	○	○	○
ワカメ	○	○	○
アカモク	○	○	△
トゲモク	○	○	△
エンドウモク	○	○	○
コナフキモク	○	○	○
コブクロモク	○	○	○
シロコモク	○	○	○
ツクシモク	○	○	○
ヒイラギモク	○	○	○
マジリモク	○	○	○
ヤツマタモク	○	○	○
マクサ	○	○	○
オバクサ	×	○	○
アイゴ	○	○	○
ブダイ	×	○	○
イヌズミ類	○	○	○

海水温上昇が抑えられている場所を活用する事例

①クロメの海域実証結果

- 生育上限温度の低い（28℃）クロメによる実証
- 水深 5、10、15m に移植し生長を記録
- 水深による水温差有り（15mが最大1.5℃程低い）
- 水深差（水温差）によるクロメの生長に違い有り



水深の違いとクロメの生長

②土佐湾におけるカジメ分布

- 水温上昇と植食動物（特に魚）によって、カジメ分布は大きく縮小している
- 現存の2地点はいずれも河口近く
- 仁淀川河口の分布域では実際に周辺より0.5-1.0℃程度水温が低いとの報告あり

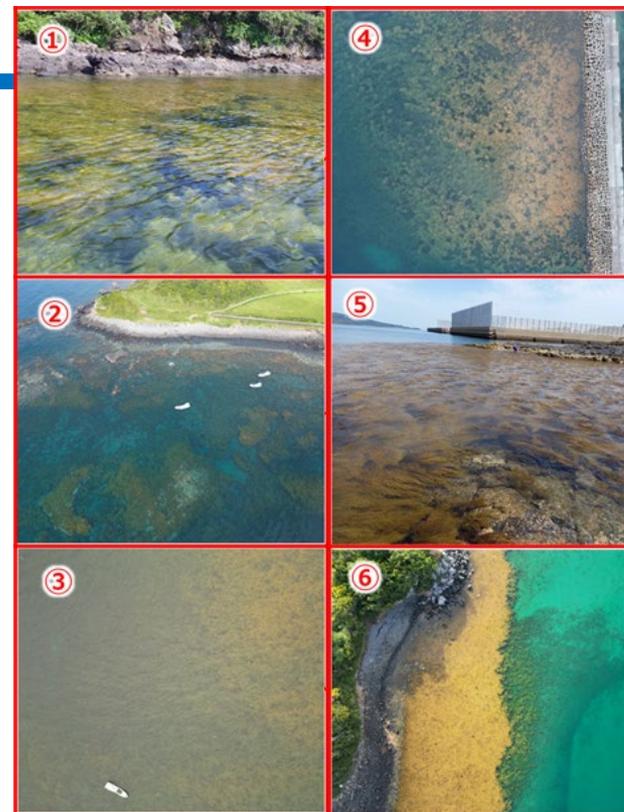


高知県の一級河川の河口

徹底した植食性魚類対策の成功事例

③ 壱岐市の徹底したイスズミ除去

- 海水温上昇とともに植食性魚類（イスズミ類）が増加・活性化し、深刻な磯焼け状態に
- 市によるイスズミ買取制度が始まり徹底的に除去された
- R5年度には276haものヨレモク藻場が回復

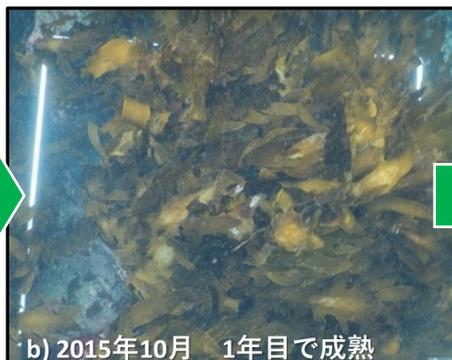


ヨレモク藻場の繁茂状況

新たな観点で植食性魚類に対応する事例

④ 早熟性カジメの可能性

- 1年以内に成熟する早熟性のカジメ藻体を確認
- 植食性魚類の食圧が高まる夏までに遊走子を放出し、群落を維持再生できている
- 神奈川県水試では早熟性カジメの種苗生産を開始している



手法の充実に向けて

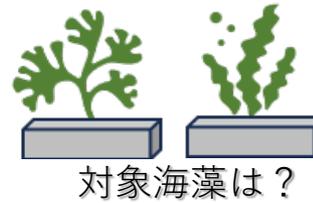
提案手法の海域での実証



植食魚の摂食選択性の把握



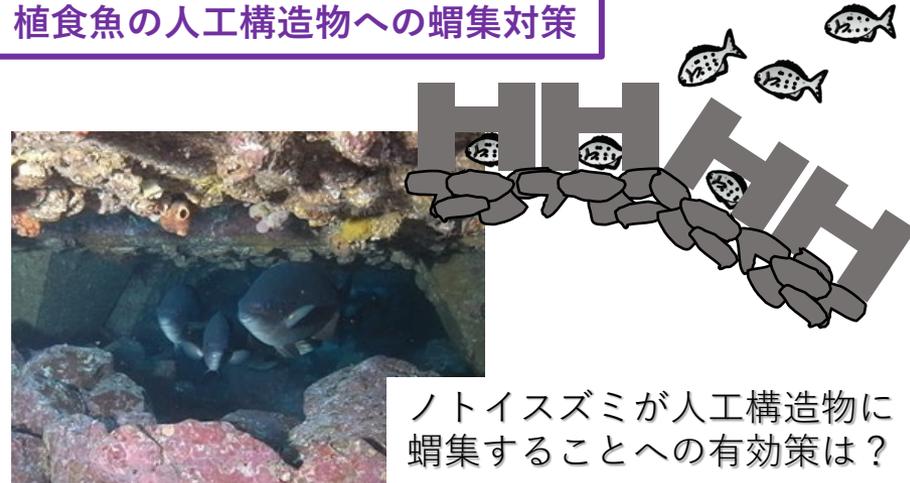
藻場造成計画の立案



その他

モデル地区で計画立案を実施することで
本手法の検討プロセスを把握

植食魚の人工構造物への蛸集対策



水産庁事業にて本手法の充実を図るための実証・調査を実施中 → 現行版を補強