



5-3 海水温上昇等による瀬戸内海の水産生物や養殖への影響調査

分野：水産業、海洋生物 対象地域：岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県

実施者：広島大学、一般財団法人日本気象協会、株式会社地域計画建築研究所
アドバイザー：広島大学 環境安全センター 教授 西嶋 渉

目的

- 近年の海水温上昇により、瀬戸内海の養殖漁業では、現在も養殖期間の短期化や成育不良等の影響を受けているが、今後、海水温上昇がますます進むと、養殖漁業に多大な影響を与える可能性がある。
- そこで、気候変動による海水温上昇量を予測し、それらが瀬戸内海の養殖漁業（カキ、ワカメ）に与える影響を予測・評価し、今後も養殖漁業を持続的なものにするための適応策について検討した。

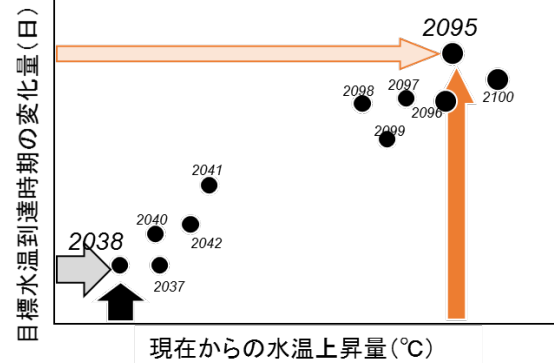
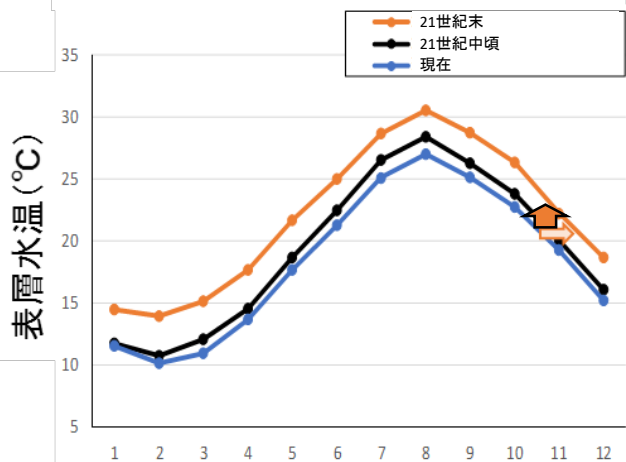
気候シナリオ基本情報

- 気候モデル（1つ）×排出シナリオ（2つ）×予測期間（2つ又は1つ）の計3パターンの予測を行った。

項目	瀬戸内海の水産生物や養殖への影響
気候シナリオ名	海洋近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ by SI-CAT ver.1
気候モデル	MRI-CGCM3
気候パラメータ	海水温
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5
予測期間	21世紀中頃（RCP8.5のみ）、21世紀末

- MRI-CGCM3では瀬戸内海中国四国沿岸の養殖域で年平均海面水温において、21世紀中頃までに0.5～1.3℃、21世紀末までにRCP2.6で0.9～1.7℃、RCP8.5で3.4～4.1℃の水温上昇が算定されている。

目標水温到達時期の変化量(日)



季節別の水温上昇量(°C)と養殖適水温の開始・終了日との関係

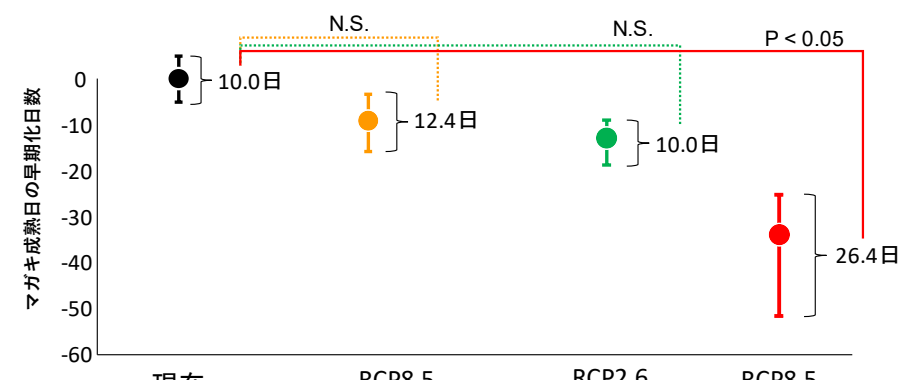
* 1996～2005年 表層水温から作成
【使用観測値】
・浅海定線調査データ（山口県水産研究センター、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、香川県水産試験場、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所）
・瀬戸内海総合水質調査（国土交通省）
・公共用水域水質調査（広島県・徳島県：環境省、国立環境研究所）

気候変動影響予測結果

カキ養殖の採苗作業の早期化の進行とばらつき増加

- 21世紀末のRCP8.5では、年によって水温の変動がかなり大きくなることから、水温上昇によりマガキの採苗開始時期が早期化するのみならず、採苗実施時期が年によって、今よりもはるかに大きく変動する恐れがある。

現在（10年平均）に比べてのマガキ成熟日の早期化日数

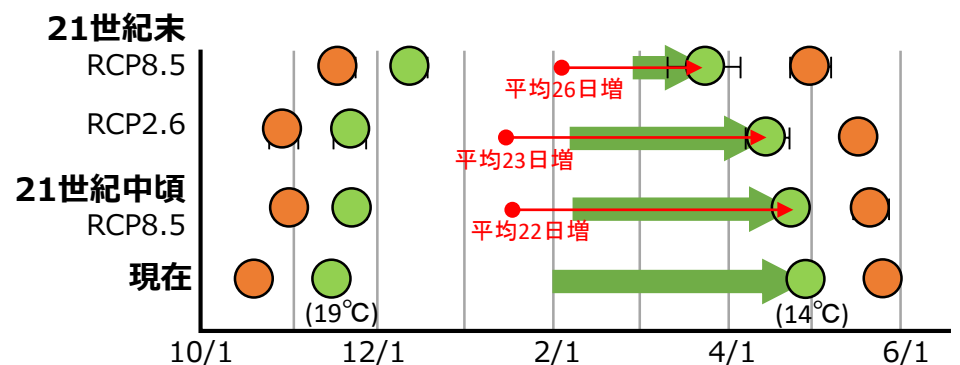


※グラフ中の日数は、10年間で観測される日数の範囲。

水温上昇によるワカメ養殖開始日の遅延と終了早期化に伴う収穫期間の短縮

- 備讃瀬戸での予測例では、高水温に適した徳島株のワカメを使用し、現在よりも早期に、水温23℃から養殖を開始できた場合、21世紀中頃で22日、21世紀末で26日、収穫期間を改善しうる可能性がある。(RCP8.5)
- 21世紀末（RCP8.5）には、冬期の水温上昇により、養殖が困難になる地域が現れると見込まれている。

- 報告されている適水温到達日（23℃以下に低下、18℃超えるまで）
- 現在の実際の養殖タイミングにおける水温への到達日（19℃以下に低下、14℃超えるまで）
- ➡ 収穫期間：摘採開始日から終了日



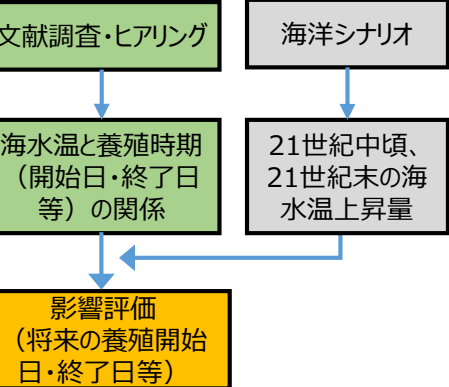
備讃瀬戸での例

海面育苗開始水温を上げることで見込まれる収穫期増加効果

● 適温23℃から開始した場合

出典:カキの成熟水温は「大泉ほか1921」の知見から。ワカメの適水温情報は「下茂ら 2000, Gao et al. 2013」、養殖時期は「平成30年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議の関連資料」から。

気候変動影響予測手法



- 季節別の水温上昇量と、養殖適水温の開始もしくは終了日の変化の対応関係を解析した。

カキ成熟日	水温最低ぶった後10℃を超えてから、(日平均水温10)の積算値が600を超える日
ワカメ適水温	水温が低下し始め9日以上23℃以下を維持し始める日から、水温が上昇し9日以上18℃以上を維持する日まで
ノリ適水温	水温が低下し始め9日以上27℃以下を維持し始める日から、水温が上昇し9日以上16℃以上を維持する日まで
備讃瀬戸ワカメ適水温	養殖開始時期水温 19℃、収穫終了時期水温14℃

出典:カキ成熟日「大泉ほか1921」、ワカメ適水温「下茂ら 2000, Gao et al. 2013」、ノリ適水温「下茂ら 2000」、備讃瀬戸ワカメ適水温「H30年度瀬戸内海ブロック水産業関係研究開発推進会議関連資料、香川県水産試験場および岡山県水産研究所 浅海定線調査結」から。

成果の活用（留意点）について

- 水温に基づく予測結果であり、特に、藻類の色落ちに影響を与える栄養塩等の要因を考慮していない。成果の活用の際にはこれらに留意する必要がある。

適応オプション

①高水温に強い養殖ワカメの開発

- 徳島県では、県の太平洋岸に自生する高水温耐性株と既存株から、高水温に強いワカメを開発。特産の鳴門ワカメのブランド維持を図っている。



出典：徳島県立農林水産総合技術支援センターHP

②カキ養殖に関するモニタリングの充実

- 産卵日が水温に大きく規定されることが分かっているため、海水温のモニタリングに基づく、最適な採苗時期の予報技術の開発が必要。

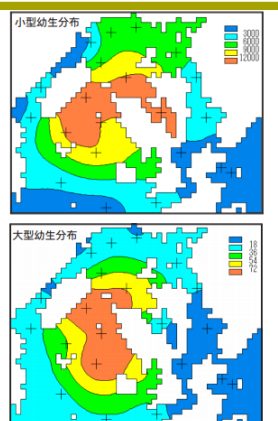


図2 広島湾におけるかき幼生の分布図。平成17,18,19年に実施した計9回の幼生分布調査結果(幼生計測)をもとに、小型幼生(上:水深150μm以下)と大型幼生(下:水深200μm以上)の分布を示した。+は調査点。数値は9回の調査(5m垂直変速、約200L中)で得られた幼生数の各調査点の平均値。

広島湾におけるかき幼生の分布図 出典：広島県水産海洋技術センター「すいさんとかいよう」No.11、3-4.



5-3 海水温上昇等による瀬戸内海の水産生物や養殖への影響調査

分野：水産業、海洋生物 対象地域：岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、鳥取県、島根県

実施者：広島大学、一般財団法人日本気象協会、株式会社地域計画建築研究所
アドバイザー：広島大学 環境安全センター 教授 西嶋 渉

目的

- 近年の海水温上昇により、瀬戸内海におけるワカメやノリの養殖漁業に対し多大な影響を与えるアイゴ等の食害魚の活動が活発になり、以前は活動がなかった冬期においても侵入・定着しつつあるとされている。
- そこで、瀬戸内海におけるアイゴ等の食害魚の分布実態の調査を実施し、アイゴ等食害魚の侵入に対する水温条件を確認し、将来的な侵入・冬期定着について予測・評価する。さらに、今後も養殖漁業を持続的なものにするための適応策について検討した。

気候シナリオ基本情報

- 気候モデル（1つ）×排出シナリオ（2つ）×予測期間（2つ又は1つ）の計3パターンの予測を行った。

項目	瀬戸内海の水産生物や養殖への影響
気候シナリオ名	海洋近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ by SI-CAT ver.1
気候モデル	MRI-CGCM3
気候パラメータ	海水温
排出シナリオ	RCP2.6、RCP8.5
予測期間	21世紀中頃（RCP8.5のみ）、21世紀末

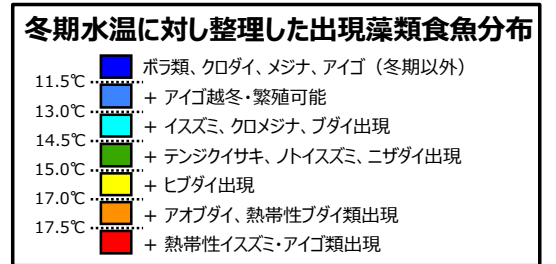
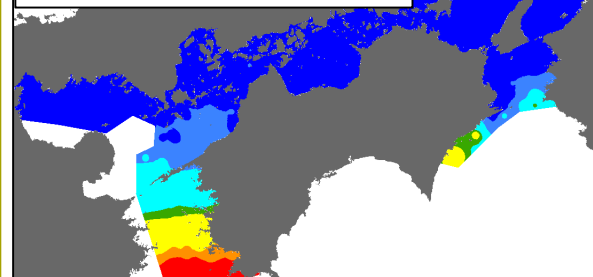
- MRI-CGCM3では瀬戸内海中国四国沿岸の養殖域で年平均海面水温において、21世紀中頃までに0.5~1.3℃、21世紀末までにRCP2.6で0.9~1.7℃、RCP8.5で3.4~4.1℃の水温上昇が予測されている。

気候変動影響予測結果

藻類養殖漁場において、今後対策を練るべき食害魚の特定

- RCP8.5での21世紀末は、瀬戸内海のほとんどの地域で冬期最低水温が11℃を超え、アイゴが越冬・繁殖可能になるだけでなく、イスズミ、ブダイ等の新たな暖海性の食害魚が出現すると見込まれる。

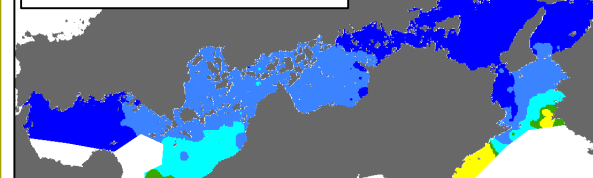
現在冬期水温*に対し整理した出現藻類食魚分布



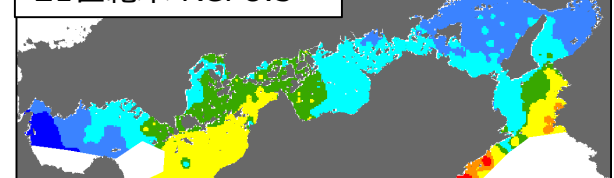
21世紀中頃 RCP8.5



21世紀末 RCP2.6



21世紀末 RCP8.5



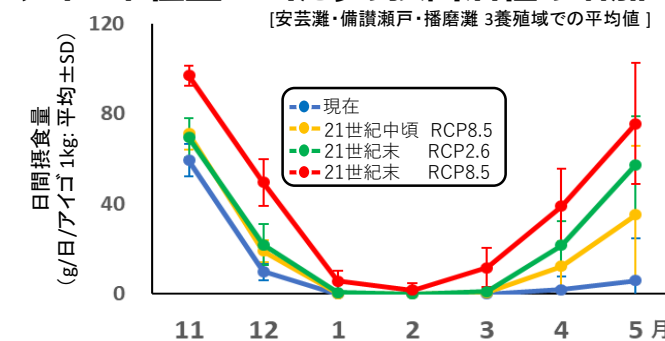
瀬戸内海で越冬したアイゴによる食害の発生

- 瀬戸内海の主要な養殖域で越冬したアイゴによる春先の食害被害は、現在はほぼないと考えられるが、21世紀末のRCP8.5ではほぼ確実に、RCP2.6でも地域によっては発生する見込み。
- また、水温上昇に伴うアイゴの摂食量増加とともに、個体数増加やアイゴ体サイズの増加も懸念され、相乗的に食害被害が高まる恐れがある。

春（3~5月）における越冬アイゴによる食害の発生割合（%：10年あたり）

	現在	21世紀中頃	21世紀末 RCP2.6	21世紀末 RCP8.5
安芸灘	10	60	100	100
備讃瀬戸	0	0	20	100
播磨灘沿岸(徳島県)	0	0	20	100

アイゴ単位重量当たりの摂餌活性の増加



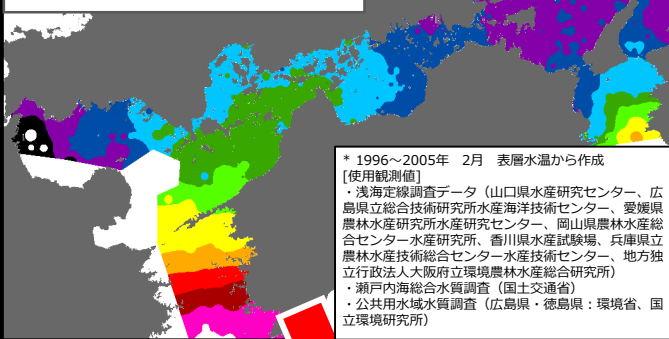
成果の活用（留意点）について

- 将来の水温は年による変動も大きく、食害魚の発生に関しては、年によるばらつき等も大きい可能性がある。
- 水温だけでの評価であり、塩分等その他の生息地環境の影響についても今後検討が必要

気候変動影響予測手法

- 捕獲、潜水目視、環境DNA分析、文献調査結果を合わせ、海水温上昇に伴い分布が拡大する懸念の高いアイゴ等の暖海性食害魚（藻類食魚）の、冬期水温と生息状況の対応を整理した。その結果と将来の冬期水温の予測結果から、将来の瀬戸内海への暖海性食害魚の侵入・冬期定着を評価した。

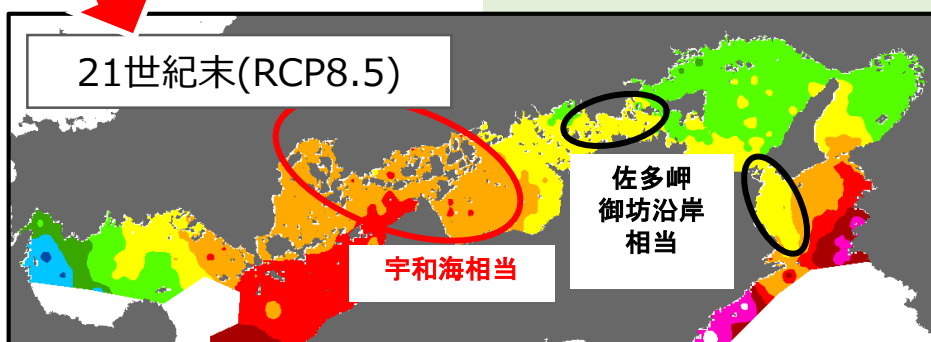
現在冬期水温分布*



冬期最低水温月の水温分布から見た藻類養殖域の気候帯変化

・将来の安芸灘・燧灘西部は現在の宇和海相当に、将来の備讃瀬戸・播磨灘は現在の佐多岬・御坊沿岸相当になると見込まれる。

21世紀末(RCP8.5)



暖海性食害魚出現予測に用いた基準

海水温	出現する暖海性食害魚(藻類食魚)
11.5℃未満	ボラ類、クロダイ、メジナ、アイゴ(冬期以外)
11.5~13.0℃	上記+ アイゴの越冬・繁殖可能
13.0~14.5℃	上記+ イスズミ、クロメジナ、ブダイ
14.5~15.0℃	上記+ テンジクイサキ、トイスズミ、ニザダイ
15.0~17.0℃	上記+ ヒブダイ
17.0~17.5℃	上記+ アオブダイ、熱帯性ブダイ類
17.5℃以上	上記+ 熱帯性イスズミ類、熱帯性アイゴ類

アイゴ食害影響予測で用いた基準

越冬アイゴによる春の食害の有無	アイゴの低温致死水温である11.1℃以下になる年は「食害なし」、11.1℃を下回らない年は「食害あり」と判定
日間摂食量と水温の関係	アイゴ日間摂食量(g/日/アイゴ1kg) = 11.77 × 日平均水温 - 163.89 (R2 = 0.457)

出典:アイゴ低温致死水温「上田・棚田 2018」。アイゴの日間摂食量と水温の既報値「長谷川ほか 2018, 木村ほか 2007, 野田ほか 2017, 上田・棚田 2018, 山田 2006」。

適応オプション

①アイゴの利用

- 沖縄特産のスクガラスは、近年加工用原料の約9割をフィリピン等からの輸入に頼っている。
- 瀬戸内海のアイゴをスクガラスにして利用することで、アイゴの漁獲圧を高め、抑制に繋げることができる。



スクガラス



②食害魚の物理的な防除

- ネットを設置する、養殖筏を沖合に設置するなどにより食害魚を近接させないなど、さまざまな防除手法が検討されている。

出典：水産庁HP「藻場を守る漁業者の活動（藻場環境保全の取り組みの紹介）」