

海水温上昇に対応した
藻場保全・造成の手引き（案）

令和8年3月

水産庁漁港漁場整備部

目 次

はじめに	1
(1) 背景	1
(2) 本書の使い方	3
1章 海水温上昇と藻場の関係	5
(1) 海藻の生育上限温度	5
(2) 海水温上昇による藻場分布の変化	6
2章 海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法	13
(1) 検討フロー	13
(2) 計画立案	17
(3) 現状把握	19
(4) 海藻種の検討（従来種での対策を優先するかの検討）	30
(5) 従来種を採用した場合の適地の探索	32
(6) 海藻の選定と入手	35
(7) 食害対策	40
(8) その他の検討項目	49
3章 海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法の事例	52
参考資料	
(1) ホンダワラ類の同定	72

(2) 海水温上昇の条件下でも増加傾向にある大型海藻	73
(3) 将来的な分布予想	77
(4) 代表的なウニの分布	98
引用文献	109
参考情報 A：海水温上昇による植食性魚類の生息分布の変化	10
参考情報 B：水温検知技術の紹介	23
参考情報 C：環境 DNA による植食性魚類の分布把握	28
参考情報 D：高温耐性海藻株開発の取り組み	30
参考情報 E：光環境が海藻の生育に及ぼす影響	34
参考情報 F：湧昇流が磯焼けの改善に貢献した例	35
参考情報 G：海藻バンクプロジェクト	40
参考情報 H：人工構造物に蝸集するノトイヌズミの行動	46
参考情報 I：カゴトラップでのイヌズミ類の漁獲	48
参考情報 J：ノトイヌズミが好む海藻	50

はじめに

(1) 背景

藻場は、重要な漁場であるだけでなく、水産生物の産卵、幼稚仔魚の成育などの資源生産の場としての機能や、窒素や燐といった栄養塩の取込みによる水質の浄化などの様々な機能を有している。また、2050年のカーボンニュートラルを目指す我が国では、藻場の二酸化炭素吸収源としての貢献に対する期待も大きくなっている。しかしながら、長く藻場の減少傾向が継続している状況にある。

水産庁では、磯焼けや藻場の最新知見や新たな磯焼け対策技術が盛り込まれた「磯焼け対策ガイドライン」(平成19年策定、令和3年改訂)(以下、ガイドラインという)を公表し、藻場回復への取組みを後押ししている。これまでに多くの海域で、ガイドラインを活用した磯焼け対策(海藻のタネ不足、ウニによる食圧、栄養塩の不足等への対策)が行われてきた。

一方で、近年注目されている海水温上昇の傾向は長く継続しており、気象庁による2025年の診断(海面水温の長期変化傾向(日本近海))においては、世界ではこの100年間で平均して0.63℃海水温が上昇したとされている。季節によって海面水温の上昇率は異なるが、通年で見ると日本近海では海面水温の上昇率が1.36℃と世界平均を大きく上回っている(図1)。海域別では北日本の海域で海面水温の上昇傾向が強い。そんな中、ガイドラインでも海水温上昇による藻場への影響について触れられているが、有効な対策は少ないのが現状である。気候変動による水産生物への影響は、「気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン」(令和4年改訂)に示されており(図2)、特に藻場への影響に注目すれば、「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・持続要因が増大することが懸念されている(図3)。既に海水温の上昇による藻場への影響事例も多く見られているが、海水温上昇の傾向は今後も数十年から百年単位で続くと考えられていることから、その影響も拡大すると見込まれる。

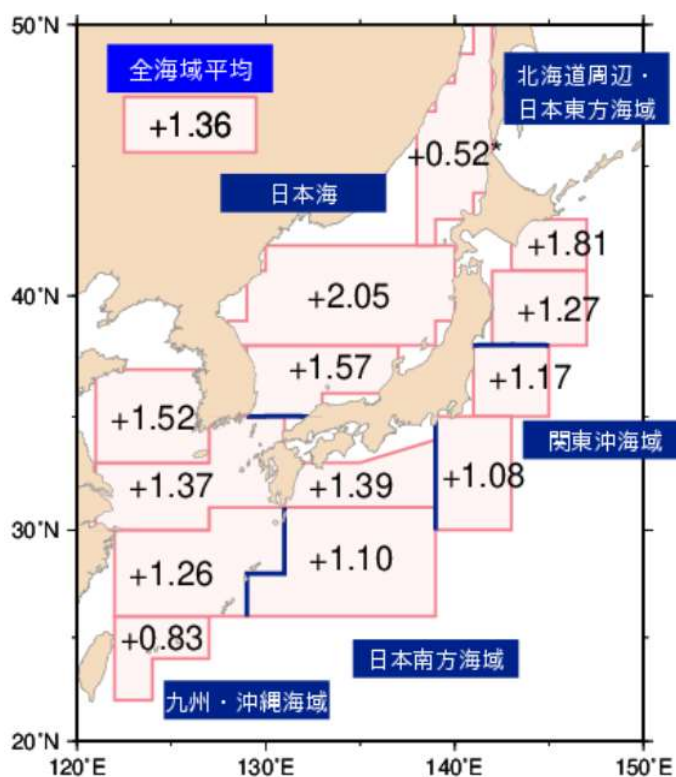


図1 日本近海の海水温上昇(°C/100年)
(気象庁(2025))

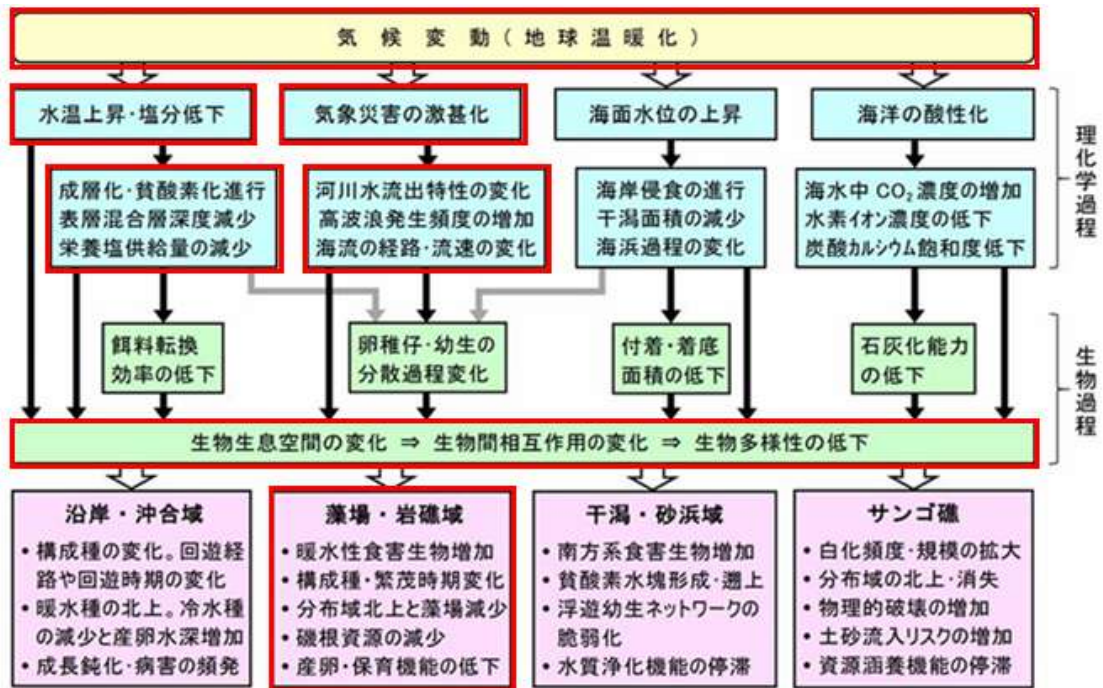


図2 気候変動の水産生物への様々な影響

（気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン（令和4年6月）より）

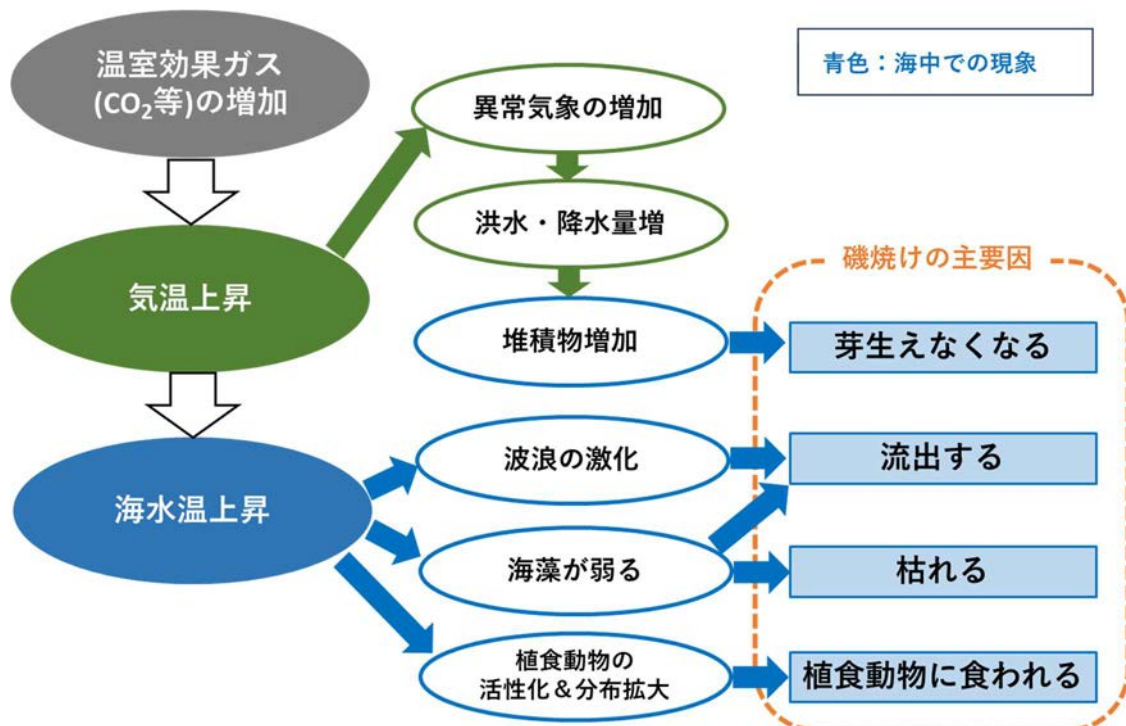


図3 温暖化や海水温上昇が藻場に及ぼす主な影響（藤田（2015）を改変）

海水温の上昇は、一般的に温室効果ガスによる温暖化の熱エネルギーが、海水（陸地に比べて冷めにくい性質）に吸収されることにより進行する。また近年は、気象や海流の影響で局所的・短期的に海水温が上昇する海洋熱波が日本近海で頻発している。日本近海の季節別の海面水温の上昇率は、多くの海域で海藻が芽生え始める秋季・冬季に大きく、夏季に小さくなる傾向がみられる。本手引きでは、海藻の成長阻害や枯死、植食動物の活発化等により海藻群落に衰退をもたらす「夏～秋」の海水温上昇に着目している。例えば、図4は近年藻場の衰退が顕著な五島灘（長崎県沖）における日別海面水温の1991～2020年の30年間の平均値からの差を、2023～2025年について示したものである。近年は年間を通して海水温が高い傾向があるが、特に夏～秋の水温が1～2℃程度上昇していることがわかる。

他にも、台風等による海水の攪乱の発生頻度が低いため、高水温が維持されることがある。

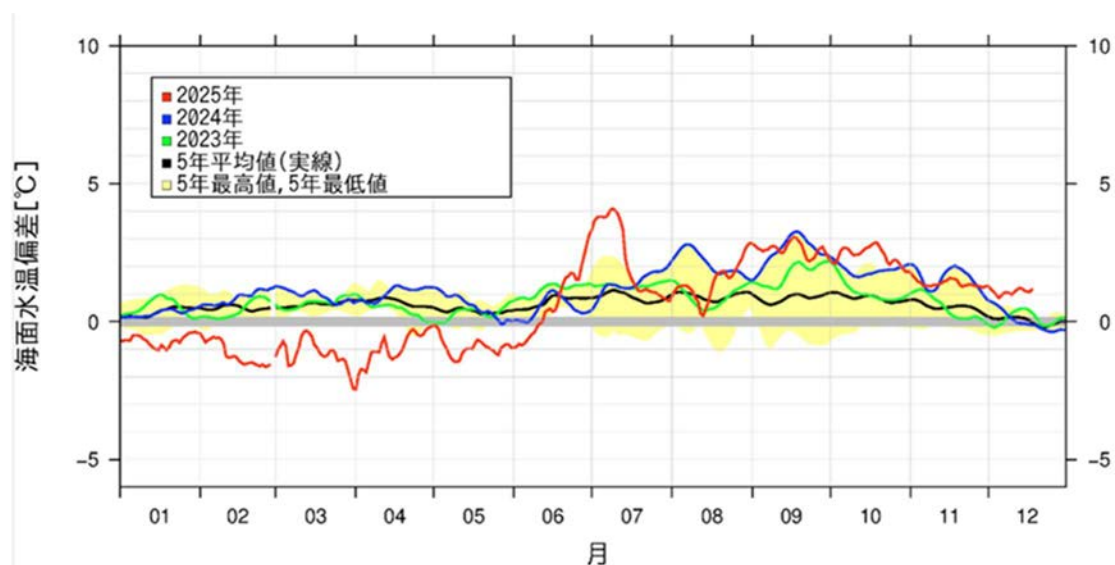


図4 五島灘における海面水温偏差（気象庁 HP より）

（2）本書の使い方

海水温上昇の藻場への影響は西日本を中心に、大量の海藻流出（図5）や藻場構成種の南方系種（亜熱帯性海藻種）への置き換わり（図6）、植食性魚類による摂食活動の活発化（図7）等が既に顕在化している。海水温上昇の傾向は今後も数十年から百年単位で続くと考えられており、これから磯焼け対策や藻場造成を考えていくうえでは、その影響を考慮した対策が必要となる。今回とりまとめた「海水温上昇に対応した藻場保全・造成の手引き」（以下、本手引きという）では前述した4つの磯焼けの要因のうち、「枯れる」（＝高水温の海藻への直接的影響）、「植食動物に食われる」（＝高水温により高まる食圧の影響）への対応に焦点を当てた対策を計画立案・実施する「海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法」（以下、本手法という）を紹介している。

「高水温の海藻への直接的影響」への対策として、大きく2つの方法、「高水温下でも生

育可能な海藻を用いる方法」と「海水温上昇が抑えられている場所を活用する方法」を紹介している。いずれの方法も、従来の磯焼け対策を検討する場合と同様に、現状をよく把握した上で、藻場が衰退、消失した要因を踏まえることが重要であるとともに、対策実施後のモニタリングによって対策の効果を把握し、取組を継続しつつ、改善を図ることが必要である。さらに、海水温の上昇が今後も続くと想定すると生育可能な海藻種も変化していくことが予想される。本手引きでは簡易的な予測方法を用いた将来的なハビタットマップを掲載（第1章（2））しており、今後の変化も見据えて対策手法を検討することもできる。

「高水温により高まる食圧の影響」への対策として、既存のガイドラインに記載されている防御・除去手法の効率化を図った。今後も植食性魚類の食圧が全国的に高まることを見込まれるため、植食性魚類のトラップによる漁獲や新たな防御技術を紹介している。

本手引きはガイドラインを補完するものとしてとりまとめており、ガイドラインと併用しながら、今後の水温上昇への対策の一助とされたい。ただし、コンブ属等の寒海性の海藻については海水温上昇の影響の更なる知見が必要と考え、本手引きにおいては大きく触れられていない。また、本手引きの活用にあたっては、海水温や植食性魚類の影響、将来的な海藻分布等の多様な要因を考慮しなければならない場合や、漁業者には馴染みのない機器を活用すべき場合がある。そのため、漁業者のみならず、専門的な知識や機器を有する専門家、研究者、関係行政機関等と連携した体制を構築し検討・実施することが望ましい。



図5 大量に打ち上げられたカジメ類（壱岐市）



図6 南方系種のヒイラギモクに置き換わった藻場（宿毛市）



図7 アイゴによる海藻の摂食（唐津市）

1章 海水温上昇と藻場の関係

(1) 海藻の生育上限温度

海藻が枯死せず生育できる上限の温度を生育上限温度という。主な藻場構成種である大型褐藻の生育上限温度は亜熱帯性ホンダワラ類で最も高く、次いで温帯性ホンダワラ類、温帯性カジメ類の順である。生育上限温度が高いほど海水温上昇に対応できる可能性がある。

【解説】

実海域における海水温上昇の藻場への影響は前述の通り多岐にわたるが、海藻の地理的分布を制限する大きな要因として生育上限温度が考えられる。実海域では高水温に耐えられなくなった海藻は枯れてしまう（立ち枯れ）ことが報告されている（藤田，2002）。

表 1-1 に、令和 4 年度および 5 年度水産基盤整備調査委託事業「海水温上昇に対応した藻場整備における検討調査」（以下、調査委託事業という）における培養実験結果を既往知見に加えた海藻ごとの生育上限温度をとりまとめた。実験では 1°C 間隔で水温を調整した複数の水槽で、最長 15 日間海藻片を培養してその変化を観察することにより生育上限温度を決定した。例えば図 1-1 のマメタワラ^{※5}においては、32°C ではわずかに生長が見られ、33°C では藻体が黒化・崩壊したことから、32°C を生育上限温度としている。同種の海藻でも採取地によって生育上限温度が異なる可能性や、室内実験条件が実海域の環境と異なる点に留意する必要があるが、生育上限温度は亜熱帯性ホンダワラ類で最も高く、次いで温帯性ホンダワラ類、温帯性カジメ類の順で高いことがわかる。生育上限温度の情報は、海水温上昇に対応した磯焼け対策において対象種を選定する際に参考とすることができる。

表 1-1 培養試験による主な海藻の生育上限温度（赤字は亜熱帯性(南方系)海藻）

	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}	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}	ヒジキ ^{※4} マメタワラ ^{※5} クレバモク ^{※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

注 3：マメタワラ^{※2} は山口県田布施町産、マメタワラ^{※5} は佐賀県唐津市産である

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

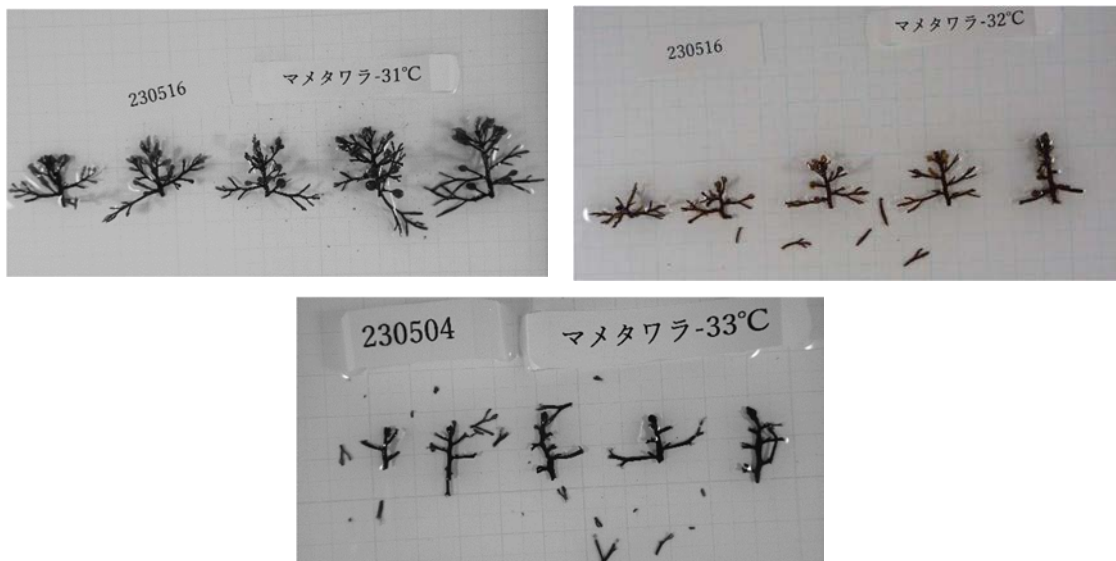


図 1-1 マメタワラを用いた室内培養実験の結果
(上段左 31°C・培養 15 日目、上段右 32°C・培養 15 日目、下段 33°C・培養 3 日目)

(2) 海水温上昇による藻場分布の変化

現状の分布および将来の海水温上昇を考慮し、我が国沿岸に分布する主要な藻場構成種 34 種を対象に、将来の分布を予測したハビタットマップを作成している。その結果、関東以西に分布する温帯性ホンダワラ類やカジメ類では分布域の縮小や北上が顕著であり、南方系種は分布拡大の傾向を示す。一方、北日本沿岸では海水温変化の勾配が大きく、分布の地理的変化は比較的小さい。藻場造成では、将来の分布変化を踏まえた対象種選定が重要である。

【解説】

全国各海域で、藻場の保全・創造対策を推進するための基本的な考え方を整理した「藻場ビジョン」が策定されている。藻場ビジョンや関係者へのヒアリングを踏まえ、我が国沿岸に分布する主な海藻種 34 種について、将来の分布を予測したハビタットマップを作成した（巻末に「参考資料」として掲載）。

主な傾向として、関東以西の沿岸域では現状で等水温線の間隔が広く、海岸線に沿った水温変化が緩やかである（図 1-2）。このため、海水温上昇が生じた場合、適水温帯は大きく北方へ移動し、海藻の地理的分布域の変化が広範囲に及ぶ傾向である。温帯性ホンダワラ類やカジメ類では、分布域の北上により、分布が狭小化する種が多く認められる。

北日本沿岸では等水温線の間隔が海岸線に沿って狭く、わずかに北上または沖合に移動するだけで海水温が大きく変化する海域特性を有している（図 1-2）。このため、海水温上昇が生じた場合でも、海藻の適性水温域の移動は比較的限定され、地理的な分布変化は相対的に小さい傾向を示す。コンブ類などの冷水性種では、この傾向が顕著である。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、世界の CO2 排出量削減戦略として、2100 年における地球の平均気温の上昇を産業革命前より 2°C未満に抑えることを目標とした 2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）と 4°C未満に抑える 4°C上昇シナリオ（RCP8.5）を設定している。気象庁(2020)によると、21 世紀末の日本近海の海面水温は、全海域平均で 20 世紀末と比べて、2°C上昇シナリオでは 1.1°C、4°C上昇シナリオでは 3.6°C上昇すると予測されている。この予測値を用いて線形近似式により、2030 年と 2050 年の温度上昇値を内挿した（図 1-3）。

なお、本手引きのハビタットマップは、海面水温が一律に上昇すると仮定して予測したものである。下記に、その予測方法および利用に当たっての留意点を示す。ハビタットマップは、予測手法の前提条件を十分に理解した上で活用することが望ましい。

【海水温上昇時の海藻分布の予測方法】

- 1991～2020 年の日本沿岸の月別平均海面水温に基づいて作成された 8 月および 2 月の水温分布図（図 1-2）を、2020 年の代表的な海面水温と仮定した。
- IPCC シナリオに基づき、2100 年の海水温上昇量を RCP2.6 で+1.14°C、RCP8.5 で +3.58°C と設定し、2000～2100 年に向けて海水温が直線的に上昇すると仮定した（図 1-3）。
- 図 1-3 より、2030 年および 2050 年の 8 月と 2 月の将来海水温を推定した。
- 対象とする海藻種の現状の北限および南限を、2020 年の 8 月および 2 月の水温分布から推定した。
- 各将来シナリオの水温上昇量に応じて、海藻の生育温度範囲を満たす分布限界を海岸線に沿って移動させ、8 月および 2 月の将来分布域をそれぞれ推定した。
- 推定した 8 月と 2 月の将来分布域を重ね、両月に生育可能条件を満たす範囲を将来の海藻の潜在分布域とした。

【留意点】

- 海水温以外の要素や局所的な環境等は考慮していない
- 海水温の等温線図から目測で将来水温を予測した

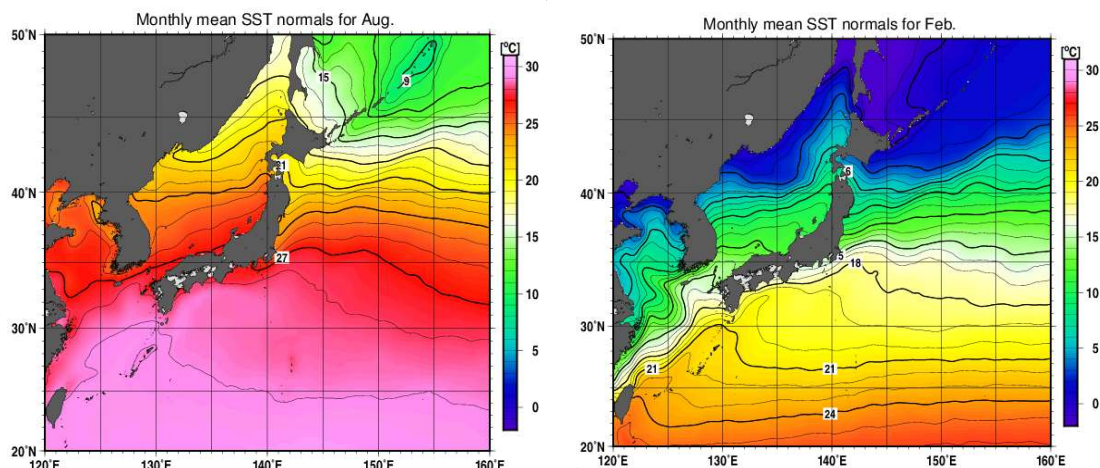
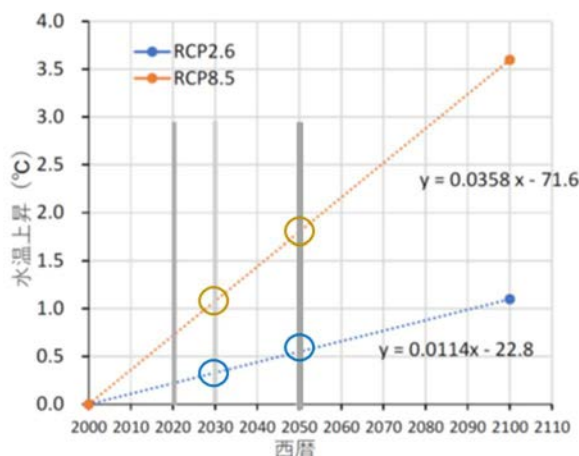


図 1-2 高水温期（左：8月）と低水温期（右：2月）の海面水温平均値



我が国周辺の海水温度の上昇値

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

図 1-3 両シナリオにおける 2030 年と 2050 年の予測水温上昇（°C, 2000 年比）

将来的なハビタットマップの予測結果の一例として、温帯性のアラメおよび亜熱帯性ホンダワラ類のキレバモクの分布予測を、図 1-4 および図 1-5 に示す。挿入図中の赤線は現状の分布域を、水色線は 2030 年の予測分布、青色線は 2050 年の予測分布を示す。

アラメでは、海水温上昇に伴い分布域が大きく北上することが示唆され、西日本における分布は限定的となる可能性が高い。このため、関東以西の沿岸域においてアラメを主要対象種とした藻場造成は将来的には制約を受けることが想定される。

一方、キレバモクは、海水温上昇に伴い分布が拡大し、西日本から関東沿岸まで広がる予測となっている。このことから、将来的には西日本から関東にかけての沿岸域において、キレバモクをはじめとする亜熱帯性ホンダワラ類が藻場造成の有力な対象種となる可能性がある。

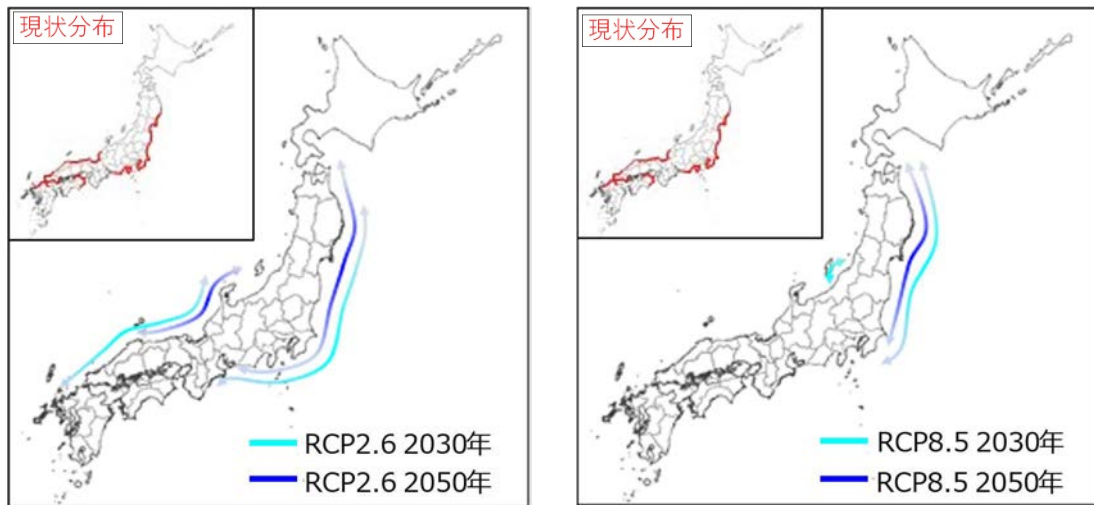


図 1-4 アラメ・サガラメの現状分布と将来分布予測（左：2℃上昇、右：4℃上昇シナリオ）

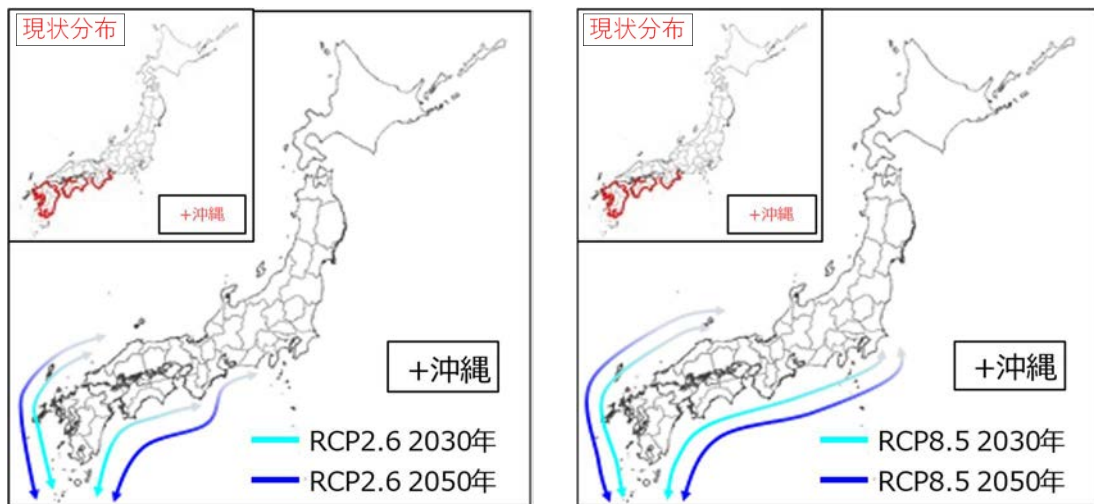


図 1-5 キレバモクの現状分布と将来分布予測（左：2℃上昇、右：4℃上昇シナリオ）

参考情報 A：海水温上昇による植食性魚類の生息分布の変化

海水温の上昇により、藻場の形成・維持に影響を与える植食動物（ウニ、魚類、巻貝）の分布も変動する。中でも、アイゴやイスズミ類、ブダイといった植食性魚類による食害報告が近年増えており、西日本や中部太平洋岸ではすでに磯焼けの発生・継続の主要因となっている場合がある。そのため、藻場構成種のみでなく植食性魚類（アイゴ、イスズミ類、ブダイ）も対象に将来的なハビタットマップを作成した。

予測方法は海藻と基本的に同様であるが、現在の分布を把握する際に、季節的分布か周年分布かを考慮できず、高水温期にわずかに確認されただけでも分布しているとみなした。したがって、北日本においては分布域となったからといって食害が直ちに強まるとは限らない。

予測された将来的なハビタットマップ（巻末の参考資料（2）将来的な分布予想）ではすでに東北地方にまで分布するとされるアイゴとイスズミ類に対し、ブダイの分布拡大が目立つ。ただし、分布域がさほど拡大しない予測のアイゴやイスズミ類においても、海水温上昇による摂食行動の活発化や個体数の増加によって食圧が高まることが懸念される。

図 A-1 には海水温の上昇と植食動物による食害への影響を模式的に示している。海水温が上昇すると、10°C程度が致死水温とされるアイゴ等の南方系植食動物の冬期の生き残りが助長される。さらに植食動物の摂食が活発となる 20°C以上の水温の期間が長くなると、摂食が活発な期間も長期化する。これに高水温による海藻の生長低下が加わることで、磯焼けが拡大すると推測される（(財)海洋生物環境研究所，2012）。

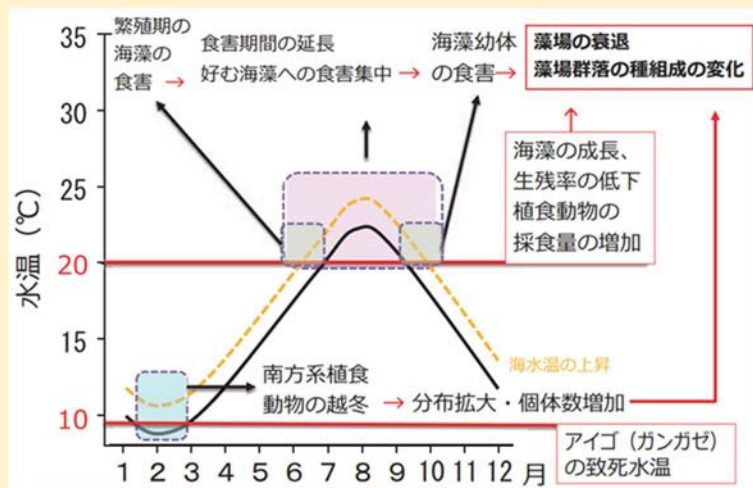


図 A-1 予想される海水温上昇が海藻と植食動物に及ぼす影響
(海生研ニュース No. 138, 2018)

前述の藻場構成海藻種の分布と同様に、植食性魚類の分布を予測した例としてブダイの結果を図 1-7 に示す（主要な植食性魚類の予測結果は巻末の参考資料に記載）。図中の赤線は現状の分布域を、水色線は 2030 年の予測分布、青色線は 2050 年の予測分布を示す。参考情報 A のとおり、ブダイの分布拡大は大きく、特に日本海では 2°C 上昇シナリオで青森県、4°C 上昇シナリオでは北海道まで分布を拡大すると予測された。

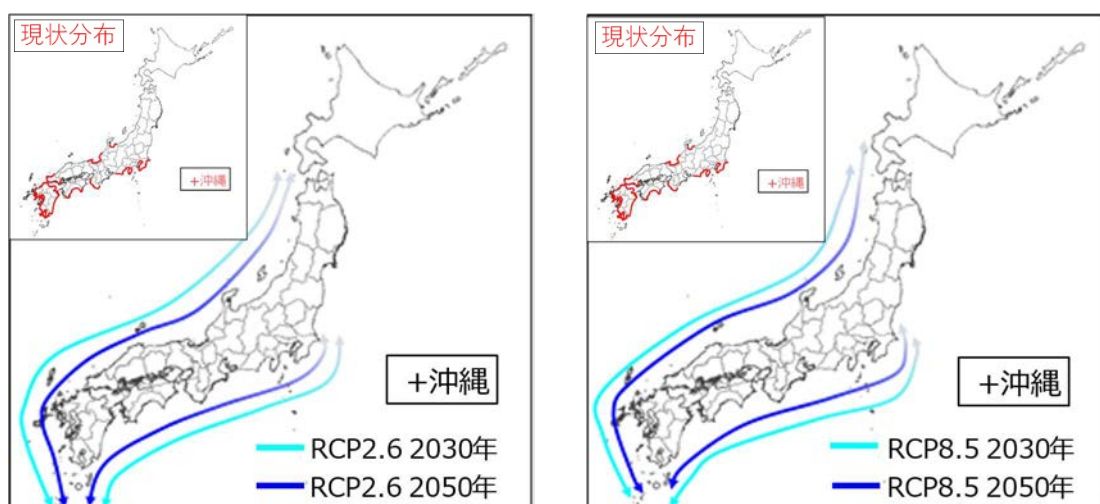


図 1-7 ブダイの現状分布と将来の分布予測の例（左：2°C 上昇、右：4°C 上昇シナリオ）

海藻と植食性魚類のハビタットマップを参考に、各都道府県における 2030 年および 2050 年において生育可能な種や困難な種を表にまとめた。ここでは、地理的に代表的な 6 県の結果を表 1-2 と表 1-3 に示した。RCP2.6 (2°C 上昇) の条件では、2030 年には長崎県で 7 種、高知県では 3 種が生育困難となる可能性がある(表 1-2)。RCP8.5 (4°C 上昇) の条件では、黒潮や対馬暖流の影響域である長崎県や高知県では 2050 年に多くの種が生育困難となり、亜熱帯性のホンダワラ類の僅かな種が生育可能となるものと予想された。一方、東北地方以北では種構成の大きな変化はそれほどない(表 1-3)。

これらの表は、海水温上昇により遷移する藻場の優占種を一覧できるので、現在の藻場構成種の衰退予想、新たな藻場構成種の選択や今後の種苗生産技術開発の方針作りの参考にするによい。

表 1-2 RCP2.6 シナリオ (2°C上昇シナリオ) で変化する藻場の遷移表の例

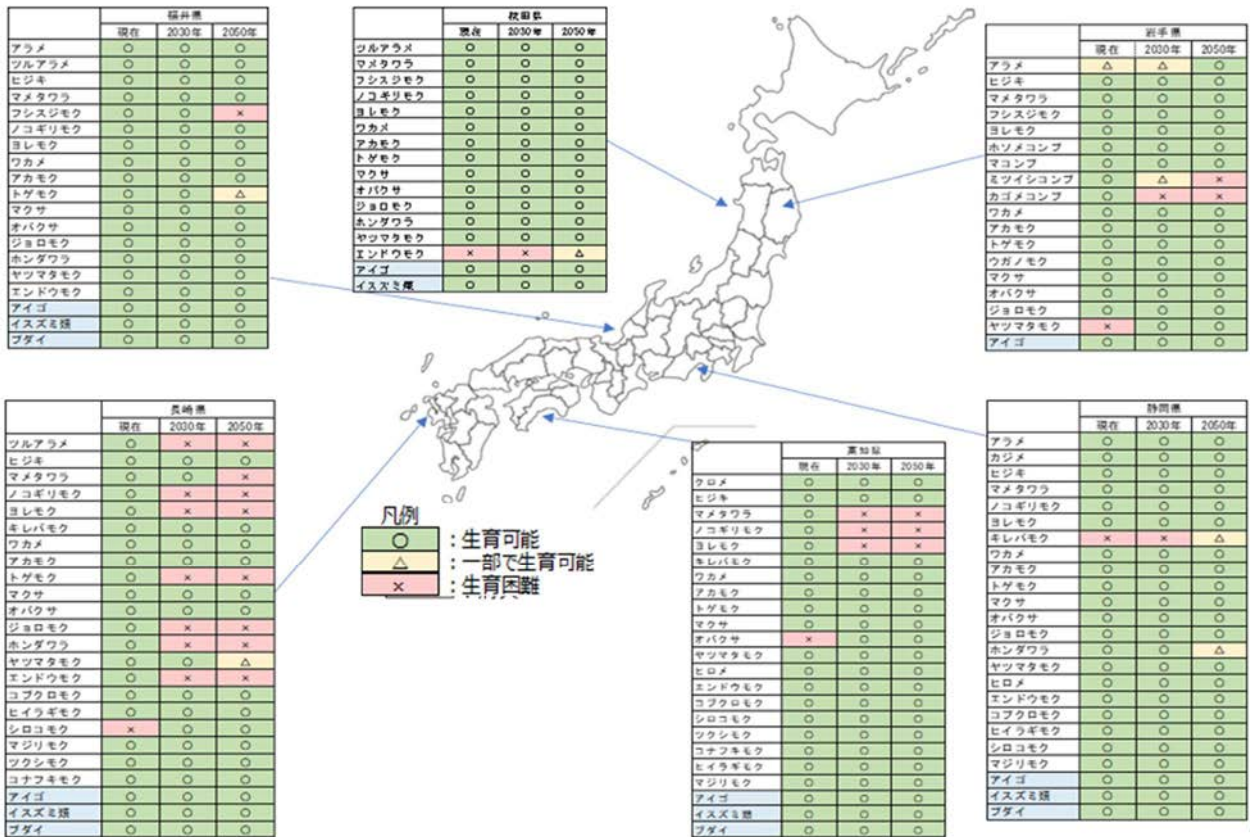
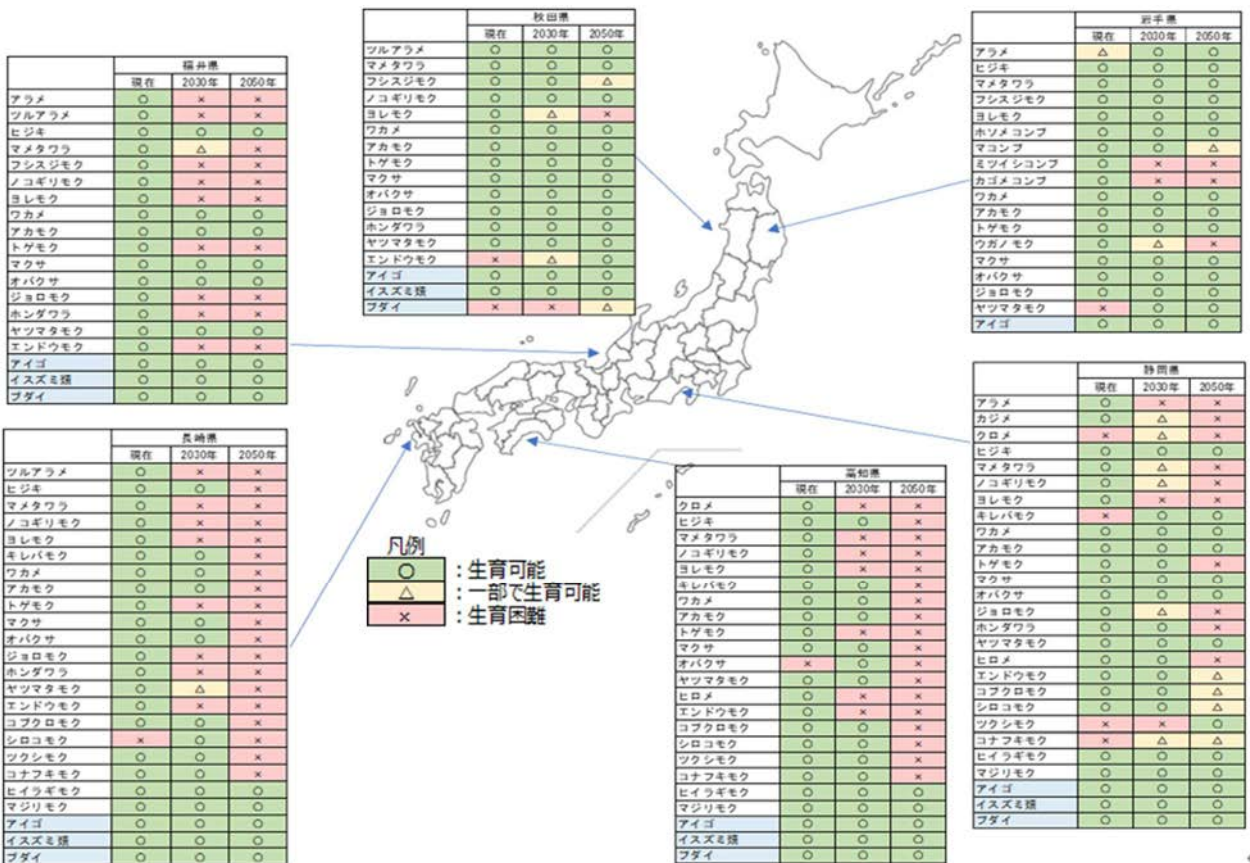


表 1-3 RCP8.5 シナリオ (4°C上昇シナリオ) で変化する藻場の遷移表の例



2章 海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法

(1) 検討フロー

高水温が直接藻体に与える影響を踏まえて、この環境に対応するためには、「高水温下でも生育可能な海藻を用いる方法」と「海水温上昇が抑えられている場所を活用する方法」の2つが考えられる。必要に応じて、高水温により高まる植食動物の食圧への対策を加えることとなる。

【解説】

既存の磯焼け対策手法と同様に、本手法を実施する場合においても、ガイドラインに記載のPDCAサイクルに沿って計画を立案し、その後のサイクルを回すことが基本となる。

本手法における対策を検討・計画づくりを進める際には図 2-3 の検討フローを参考にできる。検討フローは、「高水温の海藻への直接的影響」への対策検討と「高水温により高まる食圧の影響」への対策検討の2段階に分かれている。本検討フローはガイドラインに記載のPDCAサイクルにおける「A.磯焼けの感知」から「C.計画づくり」に該当し、検討フローを活用することにより計画づくりの大まかな方針が決定できる。

なお、本手引きのキーワードである「高水温」については一定の考え方が存在しない。近年は地球規模の温暖化に伴う水温上昇傾向が顕著で、夏の最高水温の上昇、秋～冬の水温下降の遅延、冬の最低水温の上昇、春の水温上昇の早期化、さらには海洋熱波など、様々な場面で「高水温」が表れる。日本の大半を占める温帯域では「高水温」が海藻の生育不良や植食動物の活発化を引き起こすことが多いが、同じ水温でも北日本と南日本ではその影響が異なり、暖温帯域の生物と冷温帯域の生物では高水温耐性にも差がある。したがって、本手引きにおいては具体的な水温帯を「高水温」として定義しないが、具体的には、各海域において平常的な水温環境よりも高めに推移し、在来海藻種の生育上限温度付近に達したり、南方系の海藻や植食動物の北上が認められたりしているような状況を、その海域における高水温であると捉えている。

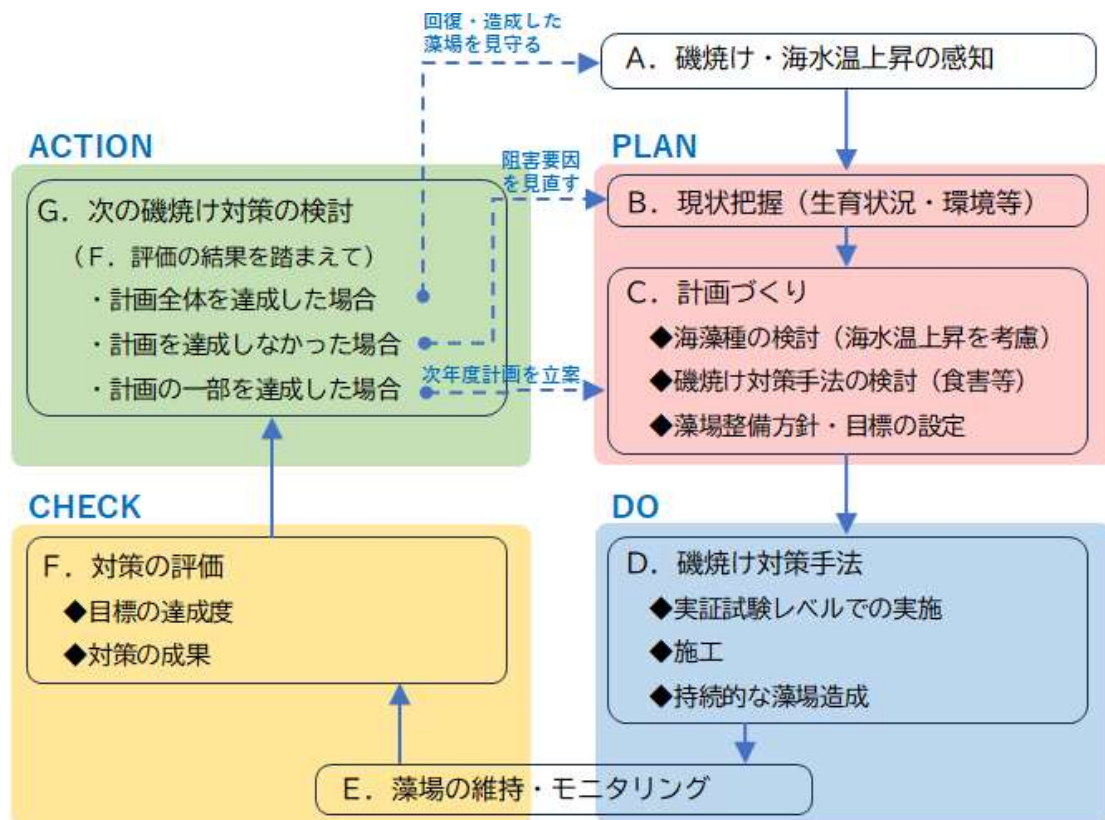


図 2-1 本手法による PDCA サイクル

(ガイドライン「PDCA サイクルで回す磯焼け対策フロー」を改変)

「高水温の海藻への直接的影響」への対策検討においては、まず、海水温等の現状把握を実施する。高水温自体が海藻の生育の障害要因であると判断された場合は、「高水温下でも生育可能な海藻を用いる方法」もしくは「海水温上昇が抑えられている場所を活用する方法」の実施を検討する。また、高水温自体が藻場回復の障害要因でないと判断され、かつ将来的な海水温上昇を考慮しない場合は、ガイドライン等を参考にして従来手法による対策を検討することになる。高水温自体が要因であると考えられた場合は、以前から対象海域に分布している（または分布していた）従来種を用いるか、より高水温耐性の高い（生育上限温度が高い）種や高温耐性株を用いるか、をフロー図に沿って検討することになる。

従来種を用いる場合にポイントとなるのは、従来種にとっての藻場形成適地（生育可能な環境）があるかどうかである。従来種は生育上限温度が比較的低い場合が多いため、夏期の海水温上昇を抑えられる場所を見つける必要がある。これらのポイントをクリアできれば「海水温上昇が抑えられている場所を活用する方法」を採用できる。

高水温耐性の高い種や高温耐性株を用いるには、対象とする海藻種が当該海域やその周辺で既に生育している（または生育していた）か、加えてその母藻や種苗を対策に必要な量だけ入手できるか、がポイントとなる。周辺海域を含めて全く生育していない海藻種を人為的に持ち込むのは生態系保全の観点から望ましくない。また、対象海域に分布していない海

藻種を用いる場合には、必要量の母藻や種苗の入手に十分な準備が必要となることが多い。これらのポイントをクリアできる場合には「高水温下でも生育可能な海藻を用いる方法」を採用できる。

これらの検討に加えて、ウニ・魚類等による食害が現状把握で確認されれば、「高水温により高まる食圧の影響」への対策を検討することとなる。様々な植食動物の除去方法や、基質の形状を工夫して防御する方法（図 2-2）がガイドラインで紹介されているほか、本手引きにおいても新たな技術や知見を掲載（第 2 章（7））しているので参考にいただきたい。

以降、検討フローのポイントごとに解説する。

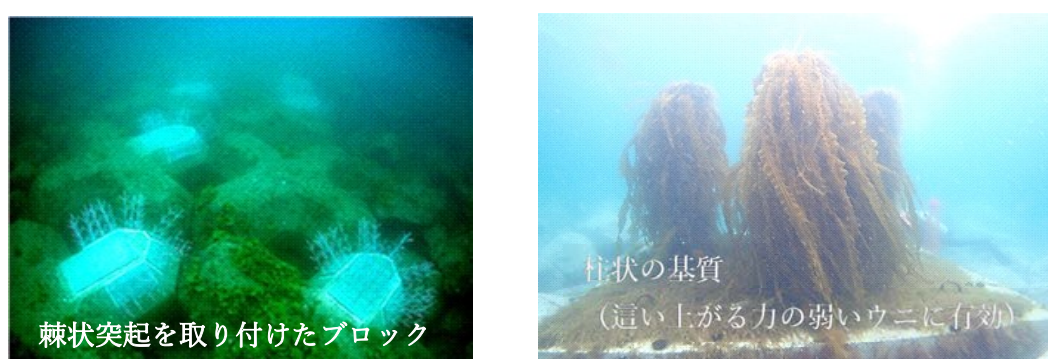


図 2-2 基質の形状を工夫した食害防御の例（ガイドラインより）

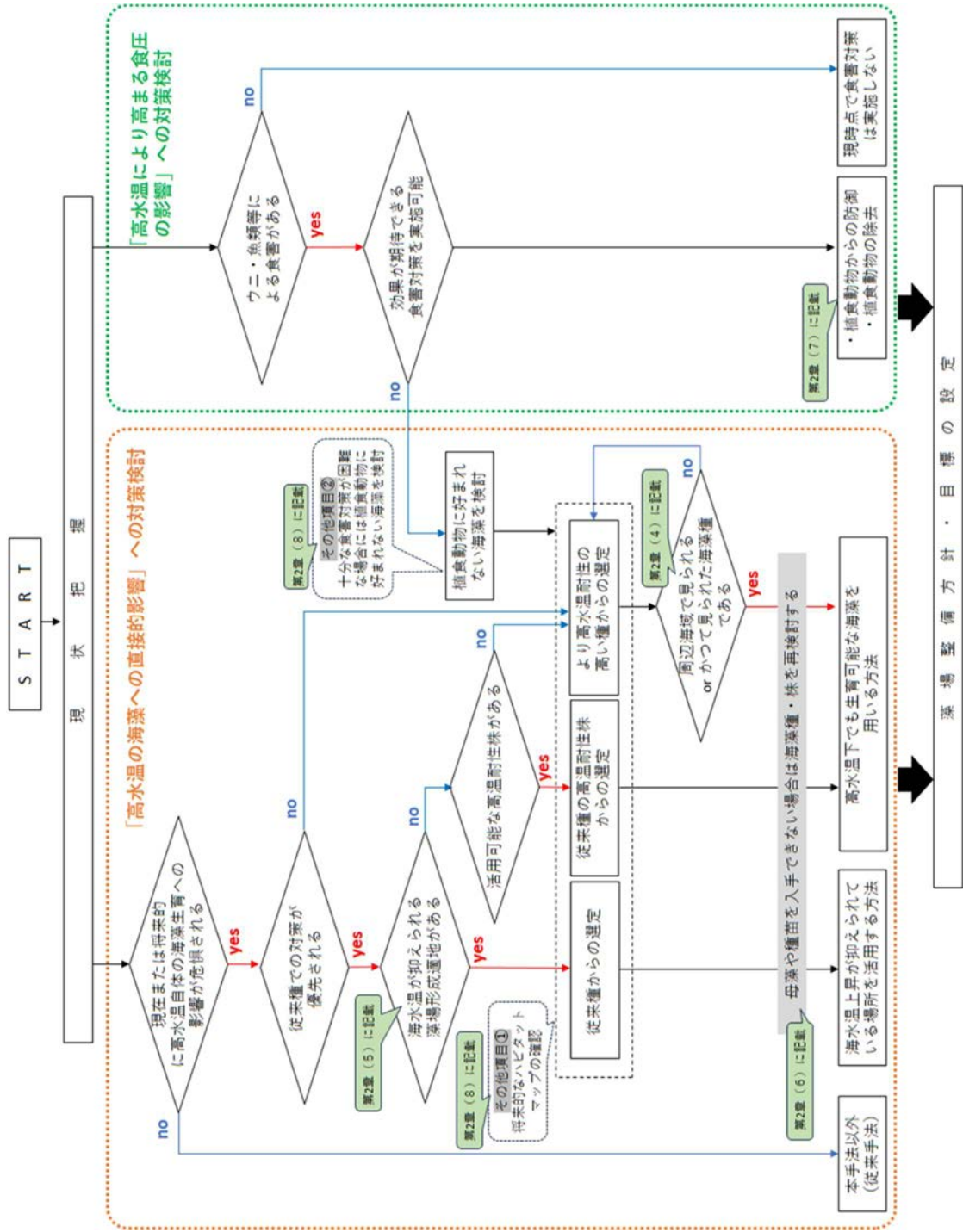


図 2-3 本手法を検討する際のフロー

(2) 計画立案

前述したフローに沿って検討を進めるにあたり、そのベースとなる計画立案が必要となる。具体には、現状把握を行ったあとに、「対象海藻種」、「保全・造成場所」、「保全・造成手法」、「目標設定」、「作業計画（体制含む）」等を設定する。策定する計画は、実際に活動を担う組織の規模（人員や予算）に応じて、実現可能な内容とすることが重要である。また、人手不足や環境変化等により計画の見直しが必要となる場合も想定し、評価・改善が行えるよう、あらかじめ PDCA サイクルの考え方を取り入れておく。なお、各々設定する際の観点については、後述する「(4)海藻種の検討」～「(8)その他の検討項目」を参考にすることができる。

【解説】

図 2-3 に示した検討フローは藻場保全・造成の技術的な進め方を示したものであるが、実際の事業の実施にあたっては、地域の漁業者、漁協、行政等の関係者が連携し、合意形成を図ることが不可欠である。このため、計画立案にあたっては、以下の点に留意することが望ましい。

1. 体制の確保

計画立案に先立ち、漁業者、漁協、行政、研究機関等の関係者が参画する協議会を設立する。協議会は、地域の実情を踏まえた藻場保全・造成の方針を協議し、合意形成を図る場として機能する。なお、既に別の事業等で協議会を設立しており、藻場造成に関わるメンバーが含まれる場合、既存の協議会を優先的に活用する。

2. 地域の漁業活動との調和

藻場造成が地域漁業に与える影響を事前に評価し、漁業活動との両立が可能な計画とする。漁業者の意見を反映し、漁場利用との調整を図ることが重要である。

3. 保全・造成候補地の環境把握

候補地の選定にあたっては、水質（水温、光量）や海藻の生育状況等の環境条件を可能な限り調査し、藻場の定着・維持が可能な場所を選定する。過去の藻場分布や漁業実績も参考とする。

4. 実施体制と役割分担

造成作業の実施にあたっては、関係機関・団体の役割分担を明確にし、責任体制を構築する。漁業者による施工が中心となる場合は、技術支援体制の整備も必要である。

5. モニタリングと評価

造成後の藻場の定着状況や生物多様性の変化を把握するため、定期的なモニタリングを実施する。評価結果は、次期計画へのフィードバックや地域への情報提供に活用する。

6. 維持管理と持続可能性の確保

藻場の維持管理には継続的な人材・資金・技術が必要であり、地域での管理体制の構築が求められる。漁業者による自主的な保全活動の促進や、行政の支援制度の活用も検討する。

7. 長期的視点（例）

今後、海水温の上昇に伴い、植食性魚類の行動範囲がさらに拡大する可能性が高く、特に食害を受けやすい海藻種については、計画的かつ継続的な管理体制の構築が不可欠となる。こうした長期的な環境変化を踏まえると、藻場の維持・拡大に向けた新たな視点として、管理の行き届く小規模な藻場を複数配置し、それらをネットワークとして機能させる手法が有効と考えられる。

このアプローチでは、各小規模藻場が孢子・配偶体等の“タネ”を周辺海域へ供給する拠点として役割を担い、複数の拠点が連携することで、広域的な藻場の再生力・回復力を高めることが期待される。また、小規模藻場は、限られた人員・資源でも管理しやすく、環境条件の変化や食害状況に応じた柔軟な対応が可能であるといった利点を有する。

これらの特徴を踏まえ、将来的な藻場形成においては、単一の大規模造成に依存するのではなく、地域の状況に応じた複数拠点型の藻場ネットワーク構築を計画段階から視野に入れておくことが望ましい。

(3) 現状把握

磯焼けの発生・継続の要因として、高水温の海藻への直接的影響や食害が疑われる場合には、海水温情報の取得、藻体の異常の確認、植食動物の有無の確認等によって、海水温上昇に関連する影響を確認することができる。その結果は対策適地や海藻種を選定する際等に活用することが望ましい。

【解説】

海水温自体の影響を把握するには、「海水温情報の取得」や「藻体の異常の確認」が有効であり、加えて「植食動物の有無の確認」によって海水温上昇に関連する影響の現状を把握できる。「植食動物の有無」においては、潜水目視や設置式のカメラによるウニ・植食性魚類の生息や藻体の観察による食痕の確認が有効である。加えて、近年活用域が広がっている、環境DNAによる植食性魚類の分布把握（参考情報C）も参考にできる。

これらの結果は、藻場保全・造成の適地や用いる海藻種の選定に活用できるだけでなく、植食性魚類の分布や食害が確認された場合には植食性魚類除去の適地選定にも活用できる。

①海水温情報の取得

海水温自体の影響による磯焼けの発生・継続を把握する手段の中でも、海水温情報の取得は直接的かつ定量的で確度が高いデータである。継続的に海水温（特に高水温期）データを蓄積することで、その変化から海水温変動の傾向を把握することが出来る。新たに海水温データを収集する場合には、以下に示す方法が挙げられる。

i) 公開データの活用（地域選定に有用な情報）

海水温を把握する情報として研究機関や水産試験場が記録・公開している観測データの活用が有効である。ただし、これらのデータは代表的な観測地点に限られており、局地的な水温変化の傾向を把握するには限界がある。

そのため、以下のような情報を活用して補完することが推奨される。

◆衛星画像による海面水温の広域把握

衛星リモートセンシングにより、広範囲の海域の水温分布を把握することが可能であり、季節変動や異常高温域の検出にも有効である。

◆数値シミュレーションによる水温予測

海洋モデルを用いたシミュレーションにより、将来的な水温変化や局地的な水温傾向を予測することができる。特に、地形や潮流の影響を受けやすい沿岸域では有効な手法である。

これらの情報を組み合わせることで、藻場の保全・造成に適した海域の選定精度を高めることができる。

表 2-1 海水温データの一例 (1)

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	—

表 2-2 海水温データの一例 (2)

名称	しきさい流れ藻モニター	データ統合・解析システム (DIAS)
発信機関	宇宙航空研究開発機構	国立研究開発法人海洋研究開発機構ほか
URL	https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/FAI/index.html	https://diasjp.net/
備考	—	データのダウンロードには会員登録が必要

表 2-3 海水温データの一例 (3)

名称	JCOPE2 (日本近海の海洋変動予測システム)	DREAMS (ドリームズ)
発信機関	JAMSTEC (独立行政法人海洋研究開発機構)	九州大学応用力学研究所
URL	https://www.jamstec.go.jp/jcope/htdocs/home.html	https://dreams-d.riam.kyushu-u.ac.jp/simple.html
備考	—	高解像度データは九州北部～西部に限定

ii) 地元関係者へのヒアリング（対策候補地の選定に有用な情報）

藻場の分布や海域の環境特性については、地元の漁業者や漁協などの関係者が豊富な知見を有しており、季節ごとの水温変化や海藻の生育状況、過去の藻場保全・造成の成果と課題などを把握している場合が多い。

そのため、以下のような情報を地元関係者へヒアリングすることが推奨される。

- ・ 現在藻場が残っている場所や、過去に藻場が存在した場所の情報収集
- ・ 水温が上がりにくいとされる海域の経験的知見の確認
- ・ 地元での藻場保全・造成事例や失敗事例の共有
- ・ 対策候補地の選定に対する地元の意見や懸念の把握

iii) 水質計・水温計による計測（地点検証に有用な技術）

公開データや地元関係者の知見等を活用して藻場保全・造成の候補地を選定した後は、実際にその海域で水温上昇が抑えられているかを現地で検証することが重要である。

本検証には、以下のような計測機器の活用が有効である。

◆多項目水質計

水温だけでなく、塩分、溶存酸素、濁度などの複数の水質項目を同時に測定でき、鉛直分布も確認できる。なお、表 2-4 に示す機器は高価であるため、比較的安価な表 2-5 のペンダントロガーを複数台ロープ等で水深別に設置することで、代用できる。

表 2-4 水温観測機器の一例

名称	多項目水質計
外観	
計測項目	水温、照度、濁度、光量子等

◆ペンダントロガータイプ



表 2-5 に示す「ペンダントロガータイプ」は、水中に設置することで一定時間毎の水温データを数カ月～2 年程度（記録間隔による）記録する事が可能である

◆ブイタイプ

表 2-5 に示す「ブイタイプ」は、ブイと設置して一定時間毎の水温データを取得できる。こちらはソーラーパネルで給電するタイプであるため、メンテナンスを行うことで、数年単位で記録である。

なお、ブイタイプの観測機器は水面に常在するので、漁業者らの関係者と調整を行う必要がある。また、届け出や申請が必要な場合があるので、関係機関に確認する必要がある。

表 2-5 水温観測機器の一例（定点観測）

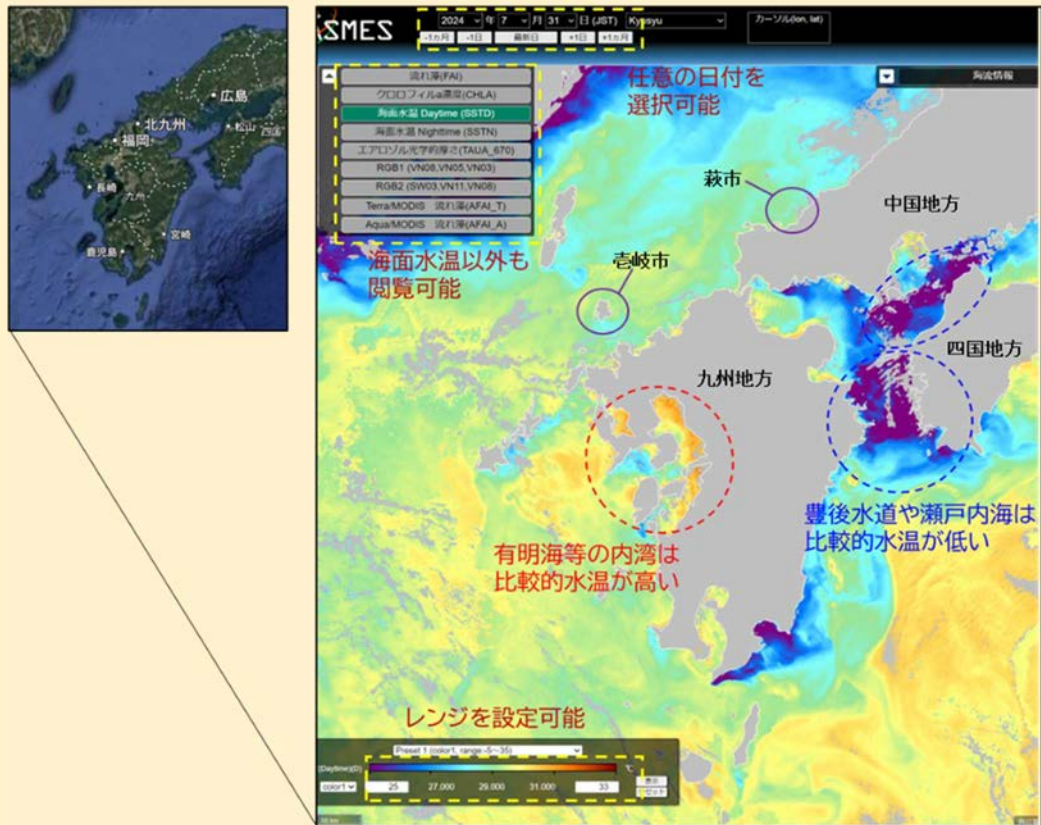
名称	ペンダントロガータイプ	ブイタイプ
外観		
計測項目	水温、照度	水温

参考情報 B：水温検知技術の紹介

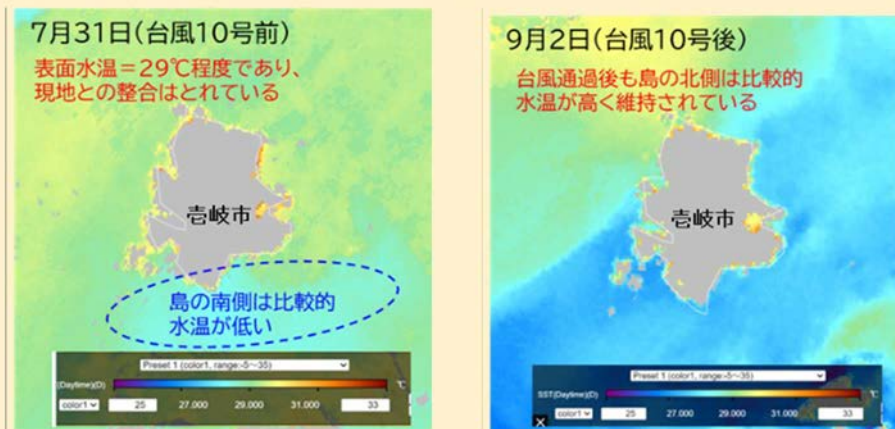
◆しきさい流れ藻モニター

- ・人工衛星の取得結果より、任意の日付の水温データ（表層）を確認できる。
- ・GIS 上に描画されるため、水温上昇が抑えられる地域の選定に活用できる。
- ・ただし、天候によってはデータが欠損している日付もあるため、注意が必要である。

◆空間的な水温差の確認（一例：九州・中国・四国地方）



◆時系列的な水温差の確認
（一例：2024年の台風10号前後 長崎県壱岐市周辺）



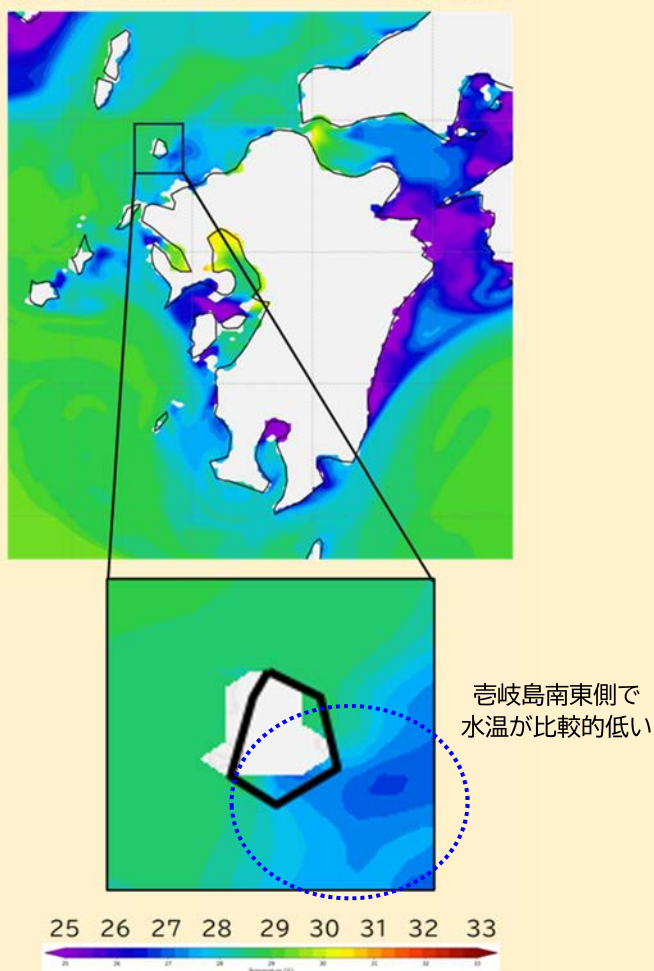
出典：https://www.eorc.jaxa.jp/JASMES/FAI/index.html を基に加筆

図 B-1 人工衛星を活用した水温情報の取得例

◆データ統合・解析システム (DIAS)

- ・様々な海洋環境のシミュレーションデータが公開されており、水温データを描画して確認できる。
- ・こちらも地図上にプロットできるため、水温上昇が抑えられる地域の選定に活用できる。
- ・衛星データと異なり、表層から下層まで表示層を任意に選択でき、天候に左右されることがない。
- ・また、将来の水温上昇の予測結果 (2°C・4°C上昇シナリオ) も描画可能である。
- ・使用するデータは「日本近海域 2km 将来予測データ FORP-JPN02 version4」又は「北太平洋海域 10km 将来予測データ FORP-NP10 version4.5」等が挙げられ、各々のデータでシナリオ別の予測年が異なることに注意が必要である。

2050年夏季表面水温の一例
(4°C上昇シナリオによるシミュレーション予測結果より)



出典：https://diasjp.net/

図 B-2 シミュレーションデータ (DIAS) を活用した水温情報の取得例

②藻体の異常の確認

高水温に晒された際には、ホンダワラ類では藻体が黒化する、カジメ等のコンブ科海藻においては藻体が溶けるように凋落する・付着器付近の茎状部が弱くなり倒れたり流出する、といった状態が見られることがある（図 2-4）。

上記の異常の確認は、高水温期に実施することが望ましい。また、生育上限温度の比較的低い海藻種（温帯性カジメ類等）の方が、藻体の異常を把握しやすい。



藻体の黒化

藻体が溶けるように凋落

藻体の倒れこみ

図 2-4 高水温による藻体の異常

③植食動物の有無の確認

高水温による高まる食圧の影響を把握するには植食動物の有無を確認する必要がある。その方法としては、最も一般的な潜水目視による確認、設置式カメラによる確認、植食性魚類の食痕による確認、があげられる。また、近年では環境 DNA を活用して植食性魚類を把握する技術も開発が進んでいる。

i) 潜水目視で確認する

最も一般的に実施されるスキューバ潜水による方法である。コドラート枠による調査やベルトトランセクト調査によって、ウニ密度を把握することが出来る。植食性魚類においてはダイバーから目視できた範囲内での確認となり、その分布や数を把握することは簡単ではなく、ダイバーの手間や熟練が必要となる。

ii) カメラを設置して確認する

海中に一定期間カメラを設置することで、植食性魚類の有無や出現頻度を把握し、種を特定することが可能である。ビデオカメラであれば動画を撮影することも可能であるが、数時間程度の撮影となることに留意が必要である。一方、タイムラプスカメラ（図 2-5）では任意の間隔で静止画を撮影することが可能で、撮影間隔によっては1か月以上のデータが得られる。植食性魚類の摂餌傾向が時間帯によって異なる可能性を考慮すると、植食性魚類の有無や出現状況を把握するにはタイムラプスカメラが有効と考えられる。タイムラプスカメラの前に人為的に藻体を設置してより確実に確認することもできる。活用法についてはガイドライン第7章B項に更に詳しく記載されている。



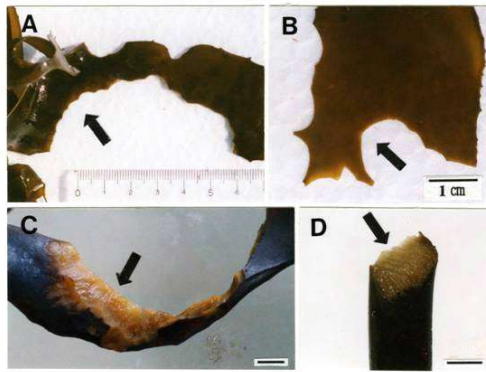
図 2-5 タイムラプスカメラの例
(ガイドラインより)

iii) 植食性魚類の食痕を確認する

海水温上昇によって、アイゴ、イスズミ類やブダイといった植食性魚類の個体数増加や活発化が予測され、分布域が広がる（北上する）可能性もあるため、植食性魚類の食痕（図 2-6）が多数見られるようになった場合も海水温の上昇を示唆している。

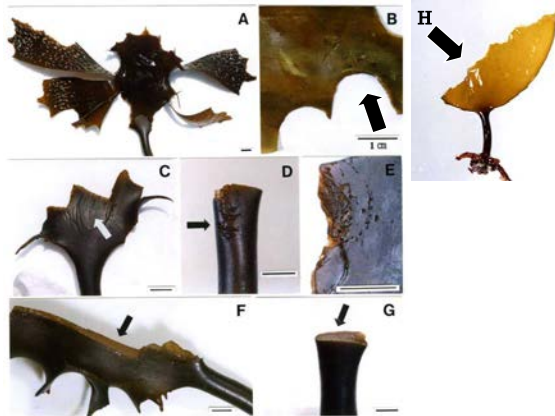
植食性魚類の食痕を調査する場合は、ホンダワラ類よりもカジメ類やコンブ類の方が葉部を平面的に確認しやすい。また、水温変化や魚の成熟時期によって、食痕を確認しやすい時期があることにも留意が必要である。アイゴ、イスズミ類、ブダイともに低水温期を除く春～秋は恒常的に摂食活動を行っているが、成熟時期を過ぎた秋季に特に食圧が高まるため、食痕を確認しやすい。

また、海域で天然藻体の食痕を観察する方法以外に、採取もしくは育生した藻体を海域に設置して定期的に観察し、引き上げてから食痕を確認する方法もあり、任意の場所とタイミングで食痕を確認することができる。



アイゴ（全長 33 cm）の採食痕

- A：葉状部縁辺の連続した弧状の痕跡
 B：葉状部縁辺の尖頭の弧
 C,D：中央葉と茎に見られた筋状の痕跡
 ※矢印は主な採食痕、スケールはいずれも 1 cm



ブダイ（全長 42 cm）の採食痕

- A：側葉と中央葉を採食されたクロメ
 B：深く湾入した楕円弧
 C,D：葉・茎状部表面の筋状の痕跡
 E：葉状部表面の歯形
 F,G：中央葉の直線的な痕跡
 H：葉状部縁辺の不規則な凹凸
 ※矢印は主な採食痕、スケールはいずれも 1 cm

図 2-6 クロメの採食痕（ガイドラインより）

iv) 簡易な現地実験を行う

前述以外に植食動物の影響を把握する方法として、簡易な現地実験がある。詳細はガイドラインに掲載されているが、図 2-7 のような実験によって藻場形成の阻害要因を確認する方法がある。左から、①対策なし、②母藻の移植、③植食動物の侵入防止カゴの設置、④は②+③の複合対策であり、実験開始時（上段）と観察結果（下段）を示している。

実験により、②の母藻は消失するが④の母藻は生育し続ける結果となった場合には、水質は問題なく植食動物の食害が要因と予想されることになる。

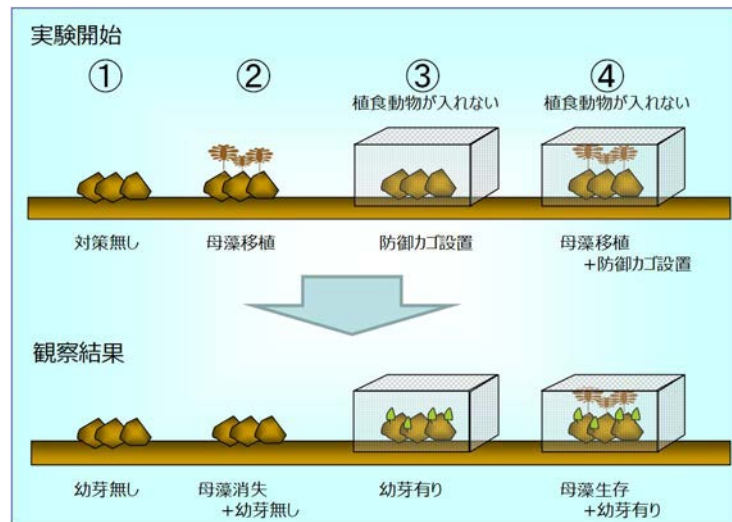


図 2-7 藻場形成の阻害要因の確認（簡易な現地実験）

参考情報 C：環境 DNA による植食性魚類の分布把握

植食性魚類の確認方法としては、一般的に潜水によるトランセクト調査や海藻に残る食痕の観察やカメラ撮影で確認する方法が選択されることが多いが、広範囲や多地点を調査するには時間がかかり、温帯域において透明度が低い夏季には魚類の観察自体が難しいこともある。

近年、水域生物のモニタリング技術として、淡水や海水を採水・ろ過し、その中に含まれる DNA を分析することで生物の在/不在や生物量を推定する環境 DNA 技術が開発・利用されている（図 C-1）。環境 DNA の採水は軽作業であり短時間で行うことができるため、作業負担の軽減や調査時間の短縮といった利点を持ち、定期的なモニタリングや多点での調査において有効である。五島市崎山地区で植食性魚類のノトイヌズミを対象とした環境 DNA 調査を潜水観察と同時に実施したところ、ノトイヌズミの消波ブロックへの蝟集とその出現時期を把握することができた（図 C-2）。

この技術は水中に残った対象生物（植食性魚類）の DNA を PCR によって増幅することにより、植食性魚類の在/不在や生物量を推定する手法であり、特定の機器や技術を要する。そのため、専門家・研究機関の協力体制を考慮したうえで、実施方針を決めることが望ましい。例えば、漁業者は採水とろ過までを実施し、検体を専門機関に送り解析を依頼する（図 C-3）。

なお、環境 DNA による調査・解析を実施する際には、一般社団法人環境 DNA 学会が公表している「環境 DNA 調査・実験マニュアル」を参考にできる。

https://ednasociety.org/wp-content/uploads/2022/06/eDNA_manual_ver2_2.pdf



図 C-1 環境 DNA 分析のための 採水 (左) と ろ過 (右) の様子

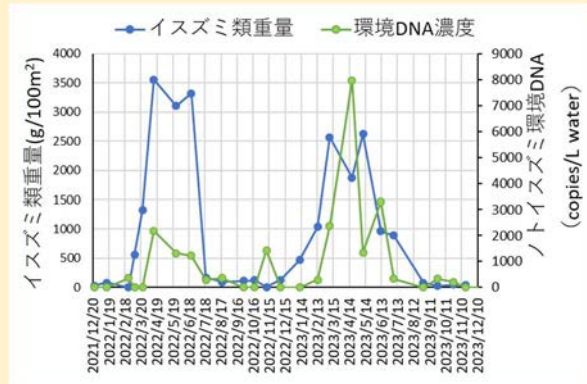
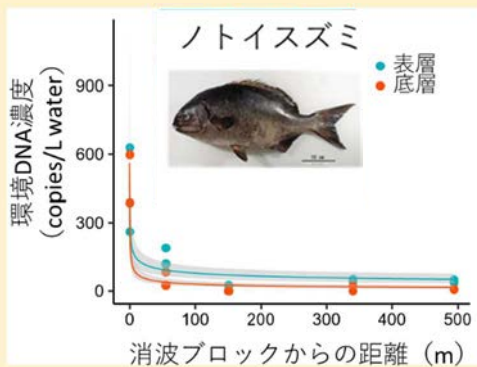


図 C-2 消波ブロックからの距離とノトイスズミの環境 DNA 濃度の関係 (左) と消波ブロック周辺でのイスズミ類重量とノトイスズミの環境 DNA 濃度の時系列変化 (右)

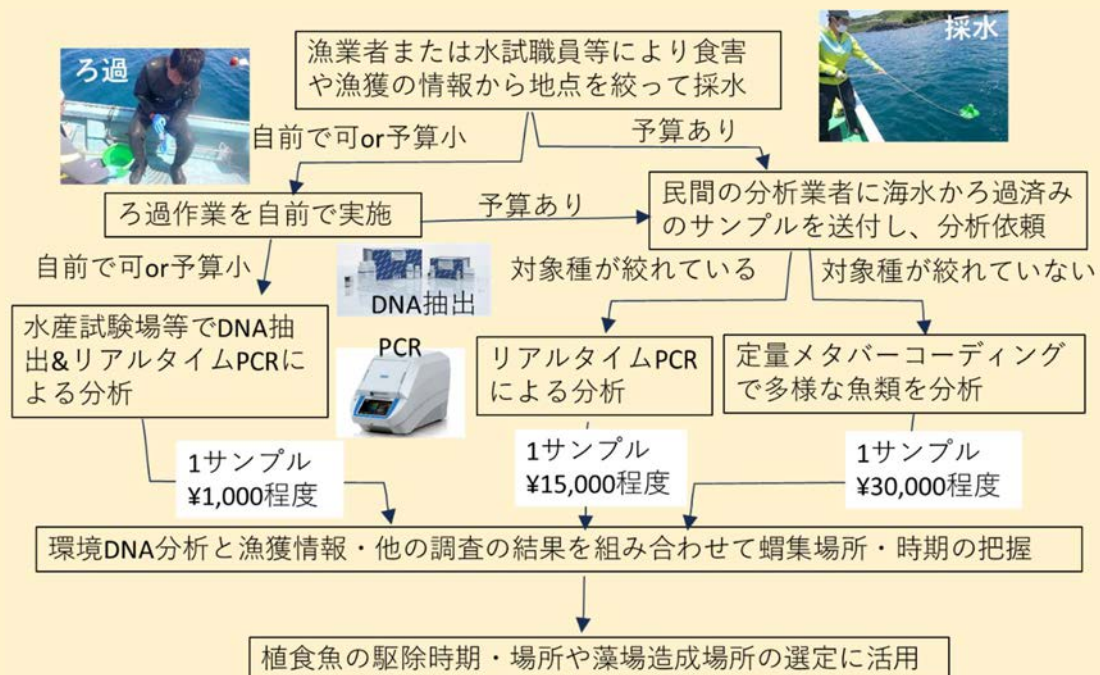


図 C-3 植食魚の分布把握のための環境 DNA 活用のフロー

(4) 海藻種の検討（従来種での対策を優先するか検討）

海水温等の現状把握を実施した上で、海藻種の検討の際には漁業関係者等の意見を踏まえて、調整することが基本である。温帯性カジメ類に代表される従来種での対策を念頭に置く場合は、対策による効果が見込まれるか、藻場保全・造成にかかる負担等を考慮した上で検討する。

【解説】

従来種での対策を優先するかどうかは、藻場保全の活動主体や水産業への影響を踏まえて漁業関係者等から意見を聞き取り藻場保全・造成の目的を考えたいうで調整する。これまでであった藻場が海水温上昇により衰退している場合は、従来種での対策を優先するためには、海水温が低く抑えられている適地の探索・確保が必要になる。一般的には、有用水産資源の餌料効果が高い温帯性カジメ類が望まれることが多く、ホンダワラ類の場合でも、年間を通して藻場を形成できる温帯性ホンダワラ類の藻場が望まれやすい。ただし、このような海藻が対象海域にほとんど残っていない、または既に見られない場合は、対策による効果が期待できるのか、また、継続的な藻場保全・造成対策を実施することによる負担等にも留意する。

一方で、生育上限温度を踏まえ、高水温下でも生育可能な海藻種を利用する場合は、周辺で当該種が見られるか、など生態系への配慮と母藻・種苗の確保について合わせて検討する必要がある。

参考情報 D：高温耐性海藻株開発の取り組み

高水温自体が藻場保全・造成の阻害要因と考えられる状況で、従来種による藻場保全・造成適地が見つからない海域では、高水温耐性の高い種を用いることが検討フローにおいて示されている。ただし、従来種においても高温耐性株を作り出すことにより、海水温上昇に対応しようとする取り組みもあり、2つの事例を紹介する。なお、高温耐性海藻株の別海域での導入を検討する場合には、遺伝的攪乱の観点から有識者や開発者、都道府県担当者等の地域関係者と事前に相談することが望ましい。

① 生長の速い高水温耐性ワカメの開発（徳島県）

徳島県においては海水温上昇によって養殖ワカメの生育期間が短くなること等によって、2016年には生産量が最盛期の4割程度まで減少した。徳島県立農林水産総合技術支援センターでは2012年より高水温耐性株の開発を始め、県南部のオス配偶体を用いることで、従来の鳴門ワカメの品質を維持したまま高水温でも生長が早い新たな株を作り出した。重量は従来株に比べ1.2～2.1倍となることがわかっており、2015年より本格的に導入されている。



図 D-1 高水温耐性株（左）と従来株（右）の生長の比較

② 高水温耐性クロメ株の作出（和歌山県）

和歌山県では海水温上昇によってクロメ（カジメの亜種）が減少している。そこで、県内の産地別のクロメを用いた交配試験を実施し、高水温でも生長の良い株の作出を試みた。

結果、県北部の比井崎産クロメ（雄株）と目津崎産クロメ（雌株）を交配した株は高水温化（27.5℃）でも高生長を記録し、高水温耐性株として有望であると考えられた。

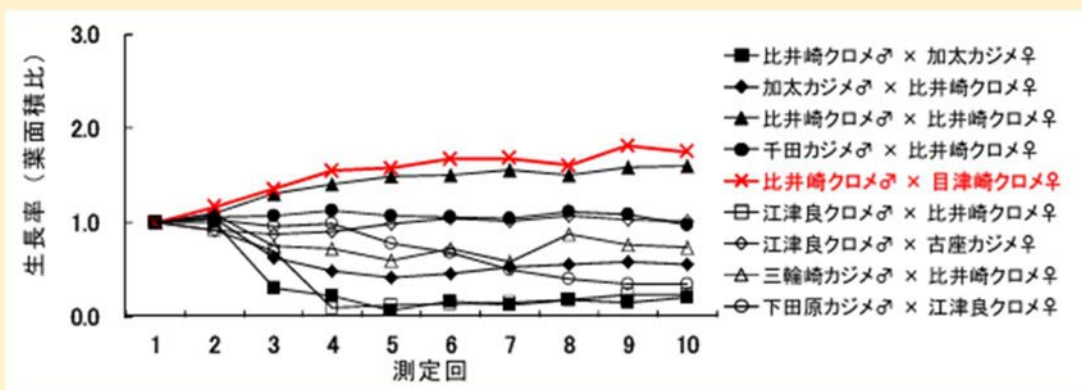


図 D-2 新規株と従来株の生長の比較

(5) 従来種を採用した場合の適地の探索

高水温自体が藻場保全・造成の阻害要因と考えられる状況で、従来種を対象に対策を実施する場合、高水温期の海水温が抑えられる適地を探索する必要がある。そのような場所としては、深場や河口周辺の沿岸域、湧昇流による低温域が考えられる。

【解説】

温帯性海藻種などの従来種を採用した場合には、南方系種等に比べ生育上限温度の低いことが想定され、従来種が生育できる場所を探索する必要がある。すなわち、高水温期の海水温が抑えられる場所を見つける必要があるが、海水温の上昇が抑えられる可能性のある場所としては主に以下のような場所が考えられる。他にも海底湧水の周辺では海水温が抑えられている可能性がある。

- ① 深場
- ② 河口周辺の沿岸域
- ③ 湧昇流による低温域

なお、適地を探索する際は、候補地を絞り込んだうえで、実際に海水温情報を取得して、適地かどうかを判断することが望ましい。

【候補地の絞り込み】

- ◆海水温が抑えられている可能性はあるか
 - ・関係者ヒアリング
 - ・海藻分布状況
 - ・衛星画像による海面水温
 - ・数値シミュレーションによる水温予測
- ◆海水温以外の環境が対象海藻に適しているか
 - ・水深、流況、波当たり等

【絞り込んだ候補地での海水温情報取得】

- ◆水質計・水温計による計測

※第2章(3)現状把握「①海水温情報の取得」を参照

図 2-12 適地を探索する際のフロー

①深場

一般的に水深が深いほど水温が低くなるので、高水温期の海水温を抑制できる深場を利用する。実際の対策実施やモニタリングを考慮して最大でも水深 15m 程度までの深さとすることが望ましい。ただし、場所によっては深場であっても浅場との水温差がほとんどない場合もあるので、事前に水温データを取得して海水温が抑制されているのを確認する必要がある。第3章③の事例を参考にできる。

②河口周辺の沿岸域

河口から近い沿岸域では河川水によって水温が抑制されることがあり、壱岐海域での実証において低水温域が確認された事例(第3章②を参照)がある。

ただし河口周辺の沿岸域を利用する場合には海水温だけでなく、海藻の生育に影響を及

ばす可能性のある塩分も事前に把握しておくが良い。例えば、分布海域における塩分下限値はアラメで 30.0psu、カジメで 30.9psu とされている（須藤，1992）。

③湧昇流による低温域

過去の調査から、湧昇流によって深場の冷たい海水が沿岸域に運ばれ、海水温が抑制される場所があることが示されている（水産庁，2013）。このような場所も従来種を用いる場合に活用できる可能性がある。

我が国は複雑な海岸線が多く見られるため、小規模な沿岸湧昇が多く見られると言われる。湧昇の大まかな成因は風によるもの（風成湧昇）と地形によるもの（地形性湧昇）がある。特に、夏期の本州東

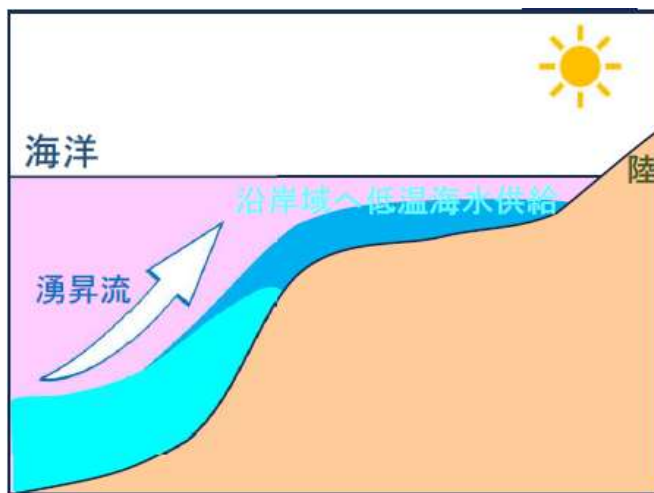


図 2-● 湧昇流による沿岸水温抑制のイメージ

岸においては季節風による表層水の移動による沿岸湧昇が多く発生しているとされている（柳澤ら，2025）。また、海岸地形と風向が一致した際に顕著に発生することが確認されている（柴田ら，2025）。このように、場所によっては夏期に沿岸域の海水温が低下する可能性が示唆されている。

また、湧昇流は低層の栄養塩豊富な海水を表層へ運ぶため、海藻の生育に好影響をもたらす効果も考えられる（栄養塩の海藻生育への影響はガイドラインの P.171-172 を参照）。

更に、海水温が周辺海域に比べて低いことは植食性魚類にも影響を及ぼすと考えられる。第一章の参考情報 A（海水温上昇による植食性魚類の生息分布の変化）に記載しているように、「植食性魚類が低水温域を避ける」「食害期間が短縮される」「越冬できず死ぬ」ことが考えられる。

参考情報 E : 光環境が海藻の生育に及ぼす影響

海水温の上昇が抑えられる可能性のある場所の 1 つとして、深場があげられている。ただし、深場は浅場に比べ届く光が減衰するため、海藻の生育への影響を考慮する必要がある。

光量を調整可能な実験装置と水槽を用いて、マメタワラ、ヨレモク、ノコギリモク、キレバモク、クロメ（カジメ）の 5 種の海藻について培養実験を実施し光環境の影響を把握した。実験は 120, 60, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の光条件、12 時間周期にて生長点を含む海藻断片を培養し、15 日後の生長率によって評価した。なお、各光条件 (120, 60, 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) は壱岐市実証海域の水深 5m, 10m, 15m を想定して設定している。

実験の結果、基本的に光量が多いほど成長率が良い傾向となったが、マメタワラ、ヨレモク、ノコギリモク、クロメは水深 15m を想定した 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の環境下でも一定の生長が見られたため、深場での生育が可能と考えられる。特にクロメは生育上限温度が 28°C と低く高水温の影響が顕在化しやすいため、深場での藻場造成に適した海藻であると言える。逆にキレバモクでは 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の環境下では全ての藻体が枯死した。そのため深場での生育に不適であると言える。

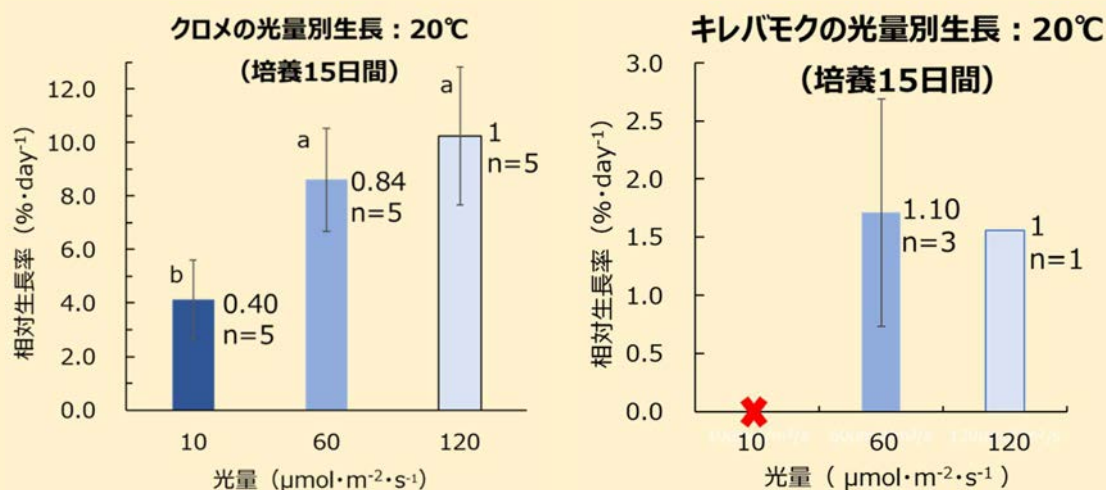


図 E-1 培養実験の結果の一部 (左 : クロメ、右 : キレバモク)

参考情報 F：湧昇流が磯焼けの改善に貢献した例

平成 20～24 年度に実施された水産基盤整備調査委託事業「人工湧昇流による磯焼け改善手法確立調査」において、湧昇流を引き起こし浅海域の水温を抑制する検討が実施された。その中で、海底地形によって自然と湧昇流が発生し表面水温度 (SST:Sea surface temperature) が恒常的に低い領域が見つかった。

調査の中では大分県佐賀関海域が低 SST 域であり、対象として同県米水津海域と比較された。その結果、低 SST 域である佐賀関では大型褐藻の濃密な藻場が形成されているのに対し、米水津海域は磯焼け状態であった。また、両海域の水深 3 m ごとの水温度測定結果 (図 F-1) を見ると、佐賀関では湧昇流による鉛直混合が盛んなため、水深による水温度差が小さく高水温度期でも 24°C 程度であった。これに対して、米水津海域では水深による水温度差が大きく、その差は最大 4°C に達している。

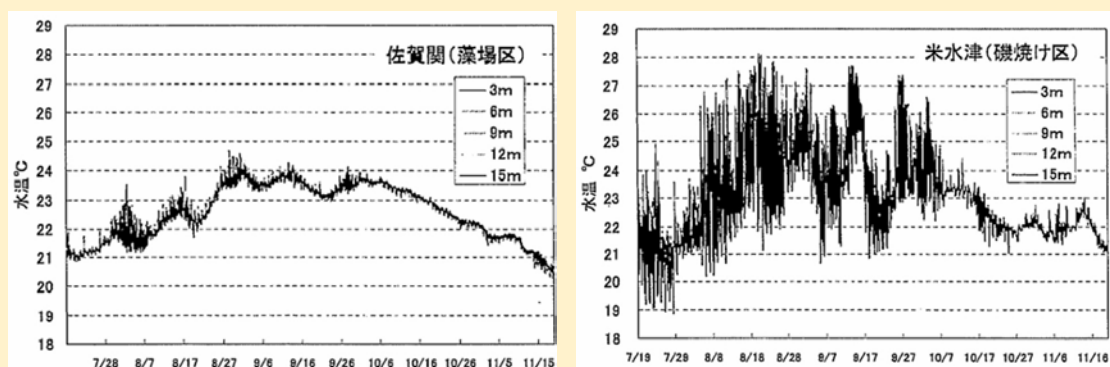


図 F-1 佐賀関と米水津の水深 3～15m の水温度変化 (左：佐賀関、右：米水津)

(6) 海藻の選定と入手

高水温度下でも生育可能な海藻種・株を利用するにあたっては、対象海藻の生育上限温度や将来的な分布予測を考慮した「海藻の選定」や、タネの供給源となる「母藻または種苗を入手」について方法を事前に検討する。

【解説】

磯焼け対策において、対策の対象とする海藻を適切に選定することが重要である。海水温など、その海域の環境条件を踏まえて適切な海藻を選定するとともに、効率的に藻場を保全・造成するためには、「海藻のタネの供給」が重要で効果の高い技術であることから、母藻や種苗を入手できるかどうかを十分に検討する必要がある。実施にあたって検討すべき 3 点について解説する。

① 海藻の選定

本手法において対象とする海藻を選定する際は、対象海域の海水温において生育可能な

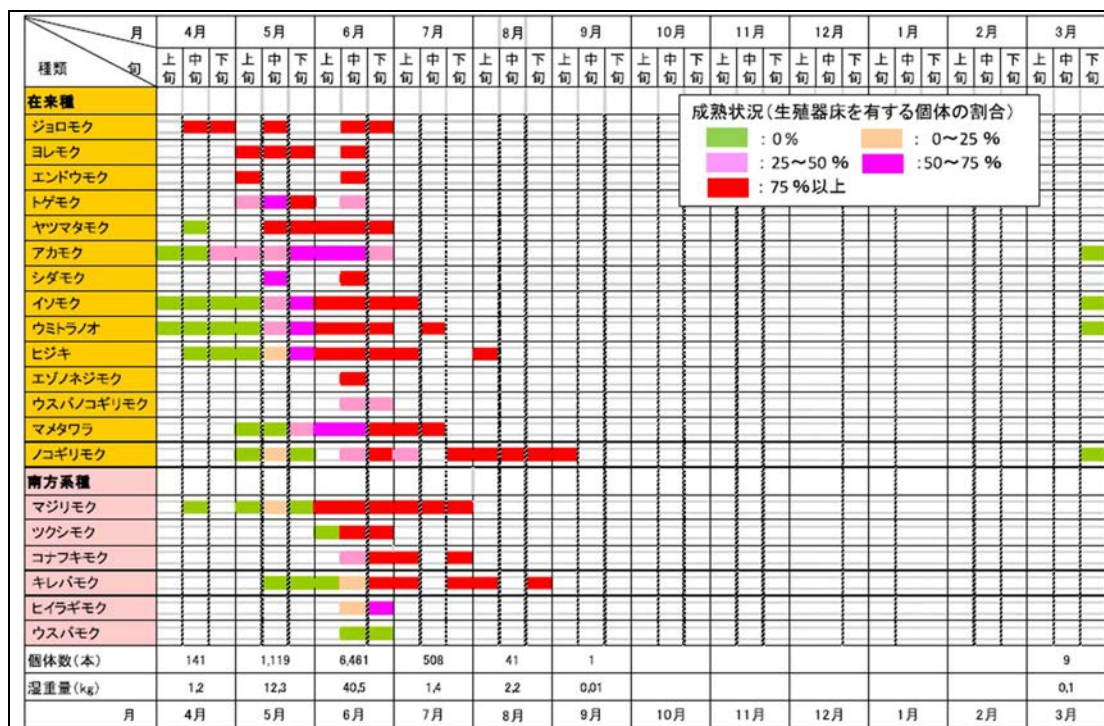
海藻を選定する点に留意する。第1章で示した各海藻の生育上限温度を参考にし、高水温期の対象海域の水温よりも生育上限温度が高い海藻を選定することが基本となる。例えば、高水温期に頻繁に30℃を超える海域では、生育上限温度が28～29℃とされている温帯性カジメ類による藻場の保全・造成を計画することは適当ではない。また、生態系保全の観点から周辺海域に生育する種を利用することが望ましい。

② 母藻の入手

母藻利用によって海藻のタネを供給する場合には天然に繁茂する海藻のほか、流れ藻（基質から離れ海面を漂うホンダワラ類等）、寄り藻（基質から離れ海底を漂うカジメ類等）を活用することができる。この場合、対象海域や近隣海域において一定量以上の母藻の入手が期待できる海藻種を対象として検討することになる。参考までに表2-6に新長崎漁港内で採取された流れ藻の成熟状況を示す。

※母藻の採取に届け出や申請が必要な場合があるため、行政の担当部署に確認すること

表2-6 ホンダワラ類の成熟時期の一例：新長崎漁港内で採取した流れ藻の成熟状況
(長崎県における磯焼け対策ガイドライン 平成30年度改訂版 より)



③ 種苗の入手

種苗を入手する方法としては、天然採苗と栽培漁業振興公社（以下、栽培公社）や民間企業からの購入がある。しかし、磯焼けが深刻な海域では天然採苗による大量の海藻種苗を入手することが困難となっている。また、栽培公社や民間企業から購入する場合も、受注生産

かつ小規模生産であるため、希望する海藻種苗を、必ず入手できるとは限らない。

長崎県では、水産環境整備事業で扱う藻場礁に使用する種苗を、事前に県内の栽培公社等へ生産を依頼し、着定基質の据付時期に間に合うように準備している。また、鳥取県栽培漁業協会では、水産多面的機能発揮対策事業の活動組織が必要とする移植用の種苗を、事前に生産して提供している（図 2-15）。



長崎県（壱岐栽培センター）



鳥取県（鳥取県栽培漁業協会）

図 2-15 県で行われている種苗生産

全国の自治体を実施した海藻種苗の生産に関するアンケート結果によると、種苗生産の対象種は、コンブ属、ワカメ、カジメ（クロメ）、アラメ、アカモクに加え、南方系ホンダワラ類であるマジリモクやキレバモクなどであった。

生産方法は、種糸が 37 件、種苗板が 14 件、その他（ブロックへの着生や培養等）が 15 件であり、コンブ属では種糸生産が多く、ホンダワラ類では種苗板による生産が多かった。

海藻の増殖用種苗の生産を実施している全国の機関を図 2-16 に示す。北海道、青森、岩手ではコンブ属の種苗生産が多く、特に津軽海峡周辺に集中している。一方、黒潮の影響を受ける四国・中部・東海地方では、種苗生産は確認されなかった。

九州ではホンダワラ類の種苗生産が行われており、特に長崎県に集中している。長崎県内には、複数種の海藻種苗を生産している機関が存在する（表 2-7）。



凡例
 ● 種苗販売実績あり
 ● 試験もしくは自己消費

2-16 海藻の種苗生産を実施している機関の位置図

(注) 図中黄色は種苗販売を実施、緑色は試験もしくは自己消費

表 2-7 海藻の増殖用種苗の生産を実施している機関（民間を除く）

施設名称（試験・自己消費で販売していない）	施設名称（販売実績・請負実績あり）
北海道松前町役場水産センター①	北海道函館市管内二単協共同種苗供給センター①
北海道歯舞漁業協同組合漁業振興部①	北海道上磯郡漁業協同組合①
北海道沙留漁業協同組合①	北海道えさコンプ種苗センター①
岩手県重茂漁業協同組合種苗生産課①	北海道羅臼町うに種苗センター①
岩手県田老町漁業協同組合コンプ促成種苗センター①	北海道利尻町ウニ種苗生産センター①
青森県風間浦村産業建設課種苗生産施設 ①	青森県栽培漁業振興協会 ①
青森県深浦町農林水産課・海藻類採苗センター②	青森県佐井村漁業協同組合アワビ種苗中間育成センター②
山形県栽培漁業センター④	千葉県水産振興公社②、⑨
神奈川県水産技術センター③	かごしま豊かな海づくり協会⑤
鳥取県栽培漁業センター③	長崎県対馬栽培漁業振興公社対馬栽培センター③、⑤
島根県栽培漁業センター②	長崎県栽培漁業センター⑦
大分県農林水産研究指導センター③	長崎県壱岐市栽培センター②、⑧、⑪
大分県農林水産研究指導センター北部水産グループ③	
長崎県長崎市水産振興課水産センター⑦、⑫	
長崎県総合水産試験場④、⑥、⑩	
長崎県佐世保市水産センター②、④、⑥、⑦	
長崎県新上五島町アワビ中間育成センター④	
長崎県栽培漁業センター⑦	
佐賀県玄海水産振興センター波戸庁舎③	
①コンプ属、②ワカメ、③カジメ・アラメ・クロメ、④アカモク、⑤ホンダワラ類	
⑥ヒジキ、⑦マジリモク、⑧キレバモク、⑨ヒロメ、⑩アントクメ、⑪ヨレモク、⑫ヤツマタモク	

種系の生産対象はコンブ属およびアカモクである。生産量は施設によって 100m～44,000m と幅が広いものの、1,000m 以下の生産が大半を占める。販売単価については 10 機関から回答があり、65 円/m～1,800 円/m と幅が大きいが、300 円/m 以下が多い。

一方、種板の生産対象はホンダワラ類が中心であり、コンブ属は少ない。生産枚数は 5 枚～3,000 枚と幅があるが、500 枚以下の生産が多い。販売単価は 8 機関から回答があり、3,000 円/枚～9,000 円/枚で、平均は 5,400 円/枚であった。

海水温上昇の直接的な影響として、水温上昇によりホンダワラ類では成熟時期が早まり、コンブ類では成熟が遅れるなど、成熟時期の変化が生じ、作業計画に影響を及ぼすことが指摘されている。このように高水温は種苗生産にも大きな影響を与えている。

海水温上昇への対応技術としては、海藻の高温耐性株の開発、品種改良に加え、南方系ホンダワラ類など高温耐性種の種苗生産技術の開発が挙げられている。

参考情報 G : 海藻バンクプロジェクト

海藻種苗の供給体制の構築に関連して、漁港を利活用して大量かつ安定的に海藻を育成する「海藻バンクプロジェクト」の技術開発が始まっている（図 G-1）。このプロジェクトでは、地球温暖化に伴う海水温の上昇による海藻の育成環境の悪化に対処するため、漁港内に簡易な種苗生産施設を設置し、そこで海藻類の大量種苗生産を行う。カートリッジに種苗を着生させた後は、漁港の泊地で中間育成を行い、一定程度まで生長させてから漁港周辺の天然岩礁や既設・新設の防波堤、消波・根固めブロックに移植することにより、藻場を拡大させてブルーカーボン生態系の拡大に貢献することを目指している。



図 G-1 海藻バンクシステム

※資料提供（海藻バンクコンソーシアム）

（7）食害対策

海水温の上昇によって植食動物（特に魚類）が活性化・分布拡大する可能性が高い（第一章参照）。対策の実施海域において、食害の影響が見られる場合は、食害対策も実施することが望ましい。対策方針としては、植食動物からの防御と除去が基本となる。ガイドラインで詳しく紹介されている従来手法・技術に加えて、本手引に新たな技術や知見を記載した。

【解説】

① 植食動物からの防御

本手法を実施の際には、植食動物対策が重要となる。ガイドラインにはユニフェンス、簡易型藻場礁、仕切網等の食害防御技術（図 2-18）が記載されている。



ウニフェンス



簡易藻場礁



仕切網

図 2-18 食害防御対策の例（ガイドラインより）

水産庁が唐津市沿岸で行った海域実証では、ホンダワラ類がタネを本格的に放出する前の 5 月に長さ約 20m の立網タイプ（1 枚網が海中で立つタイプ）のウニフェンスを用いて約 20 m²を囲み、内部のウニを定期的に除去した。結果、翌年の春～夏にかけて濃密なガラモ場がウニフェンス内に回復した。



図 2-19 ウニフェンスの効果によりアカモクが繁茂（佐賀県唐津市）

植食性魚類対策として、比較的容易に作成・設置が可能で植食性魚類からの食害抑制に効果のある簡易食害防止ネットを加えて紹介する。

簡易食害防止ネット（図 2-20）は漁業者等によって作成・設置が可能で簡易な構造である点が特徴で、長崎県壱岐市、佐賀県唐津市および山口県萩市での海域実証においては食害防止効果が確認されている（図 2-21）。特に植食性魚類からの防御対策の一つとして利用が期待される。作成・設置におけるポイントは次の通りである。

- サイズは使用目的や海域環境によって適切に設定すれば良いが、大型化は設置・管理の面でハードルが高い
- 実証では幅・奥行・高さとも約 1.5m のタイプと、幅・奥行が約 2.5m（高さは約 1.5m）のタイプを使用した
- 浮ロープやブイを用いることで、水中で形状が安定する

- さらにネット側面部をロープと重石で張ることで、形状を安定させるとともに植食性魚類からの防御能力を高める
- さらに防御を高めたい場合には、高さ 50cm 程の塩ビ管の骨格をネットに組込むことにより、植食性魚類がネットを押し付けて内部の海藻を摂食することを防げる
- 設置前にネットをシリコン液に浸漬してコーティングすることにより、付着物（生物を含む）を低減できる
- 底面縁辺は鋼製チェーンが重しとなっており、海底地形に沿って設置できるのでウニ等が侵入する隙間が出来にくい
- 設置時はネットの形状が安定するよう、フロートや引っ張りを調整する。設置にかかる時間は、ダイバー2名で1基あたり1時間弱

なお、簡易食害防止ネットは水産庁の実証試験において、唐津市、壱岐市、萩市で 10 基程度、最長で約 2 年に渡って設置された。設置水深は 3～8 m 程度であり、波当たりを考慮して設置場所を決定した。結果、効果が発揮できない程の損傷が認められたのは 1 基のみであり、一定の強度が確認できている。またその実績から、2～3 ヶ月に 1 回程度、潜士によりメンテナンス（網補修、浮力調整、簡易な付着物除去）を行えば、継続して使用できると考えられた。



図 2-20 簡易食害防止ネット

(左：四方 1.5m サイズ (塩ビ管の骨格有り)、右：四方 2.5m サイズ (塩ビ骨格無し)



図 2-21 クロメ移植 6 ヶ月後の様子（左：ネット有り、右：ネット無し）

② 植食動物の除去

i) 代表的な除去手法

本手法において、植食動物からの防御と同様に重要になるのが植食動物の除去である。ガイドラインにおいても、潜水によるウニ除去、刺し網や延縄やトラップによる植食性魚類の除去が紹介されている（図 2-22）。ウニは移動範囲が狭く対策の効果がある程度持続するため、ウニ除去によって藻場が回復した事例が多数報告されているのに対し、植食性魚類は移動範囲が広く、ウニ除去に比べて機器や人手が必要となることも多いため、地域一体となって取り組むことが重要である。なお、継続的かつ大規模な除去を実施して藻場が回復した壱岐市のような好事例（第 3 章④）もある。

海水温上昇によって植食性魚類による食圧がさらに高まることが予測される現状では、植食性魚類の除去技術の高度化が求められている。



潜水によるウニ除去



延縄によるブダイ除去



刺し網によるノトイスマミ除去

図 2-22 植食動物除去の例（ガイドラインより）

ii) 除去手法（イスズミトラップ）の効率化

植食性魚類であるノトイスズミの除去手法として「イスズミトラップ」がある。イスズミトラップは、魚類養殖用のいけすの底面に漏斗状の入り口を設けた漁具である（図 2-23）。上面に餌となる海藻を設置することで、ノトイスズミをトラップ内に誘引し、漁獲する。この手法のメリットとして、刺網と異なり漁獲物を外す手間が少ないこと、人の都合に合わせて水揚げできること、さらに混獲魚を生きのまま海に戻せることなどが挙げられる（構造等の詳細はガイドラインを参照）。イスズミトラップを効率的に運用するためには、以下の点に注意が必要である。

・**設置場所**：イスズミトラップは、ノトイスズミが蛸集する生態を利用することで効率的な除去が可能となる。ノトイスズミが集まる場所は、20 トン程度の大型消波ブロックとされる。このような消波ブロックがある場所を候補地とし、潜水調査または環境 DNA を用いて蛸集の有無を確認することを推奨する。環境 DNA は、多くの調査地点を短時間で評価できるため、候補地が複数ある場合に特に有用である（参考情報：環境 DNA による植食性魚類の分布把握）。

・**設置時期**：ノトイスズミが消波ブロックに蛸集する時期は、12 月頃から 6 月頃である。ただし、蛸集の開始および終了時期は場所によって異なるため、事前に把握しておくことが望ましい。長崎県長崎市および鹿児島県南さつま市の調査では、5 月には蛸集が確認できなくなったことから、年度初めに設置を予定する場合は特に注意が必要である。

・**餌の選択**：ノトイスズミには好む海藻と好まない海藻があり、水槽実験により、ヒジキ（最も好む）>キレバモク>マメタワラ・ウスバモク・クロメ・アントクメ・マコンブ>ヨレモク・ノコギリモク・ワカメ（最も好まない）の順で選択的に摂餌することがわかっている。ノトイスズミの大量捕獲に成功した事例では、養殖したマコンブを餌として使用していることから、マコンブ以上の本種が好む海藻を用いることが望ましい。また、周辺に海藻がある場合は漁獲効率が落ちることが想定され、そのような場合はより好まれる海藻を餌に選択することを検討する。なお、大型海藻（キレバモク）と小型海藻（シワヤハズ、マクサ、モツレミルなど）を用いた水槽実験では、小型海藻の多くは摂餌されないことから、餌として適さない。

・**導入前の注意**：イスズミトラップはサイズが大きく（4m×4m×7m）、設置費用も高いため、導入のハードルが高い。このハードルを下げるため、導入時の費用や作業時の労力を軽減する目的で、既存のカニカゴを改良した「カゴトラップ」（直径約 1m）が開発されている（参考情報：カゴトラップでのイスズミ類の漁獲）。

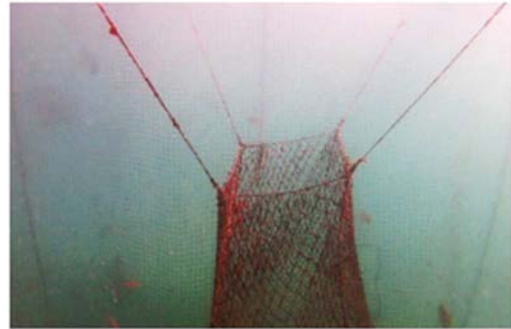
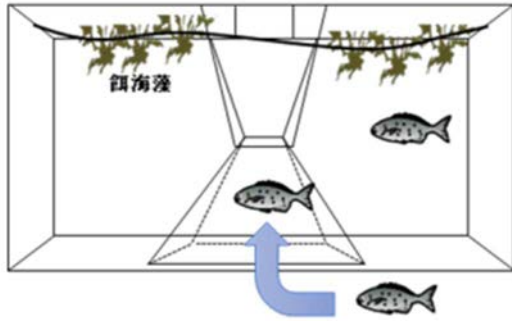


図 2-23 長崎県五島市崎山地区のイスズミトラップ。(a)模式図、(b)漏斗状の入り口、(c)水面部分、(d)ノトイスズミの取り上げ作業 (ガイドライン)

参考情報 H：人工構造物に蛸集するノトイズミの行動

ノトイズミの行動については、複数の調査研究がある。バイオテレメトリーによる大型個体の追跡調査では、長崎県野母崎において11～12月に藻場へ来遊することが確認された（山口ら、2006）。一方、水温が低下する1月以降には壱岐の漁港に設置された消波工に大型個体が蛸集することが報告されている（桑原ら、2015）。

また、壱岐市和歌漁港における調査では、2010年4月に防波堤消波工周辺で200個体以上のノトイズミの蛸集が確認された。その追跡調査では、51回の観測のうち25回で200個体以上の群れが確認され、これらの蛸集は主に1～4月に多く見られた。さらに、500～1000個体規模の大きな群れが形成される水温は12.6～20.6℃の範囲とされている。消波工周辺には主要な餌料であるホンダワラ類が豊富に分布しているため、蛸集は摂餌目的ではなく、消波工を逃避場（シェルター）として利用している可能性が示唆されている（門田ら、2017）。

2025年1月の調査においても、長崎県平戸市前津吉漁港の沖防波堤に設置された消波工周辺で、ノトイズミが蛸集する様子が確認された。潜水観察の結果、ダイバーが接近すると被覆ブロック上にいたほとんどの個体は消波ブロック（32t型）ではなく、その沖側の被覆ブロック（12t型）下面に逃避する行動が確認された。



St.4 被覆ブロック上のノトイズミ
※法肩の空隙部にも分布



St.4 被覆ブロックの下に
隠れるノトイズミ

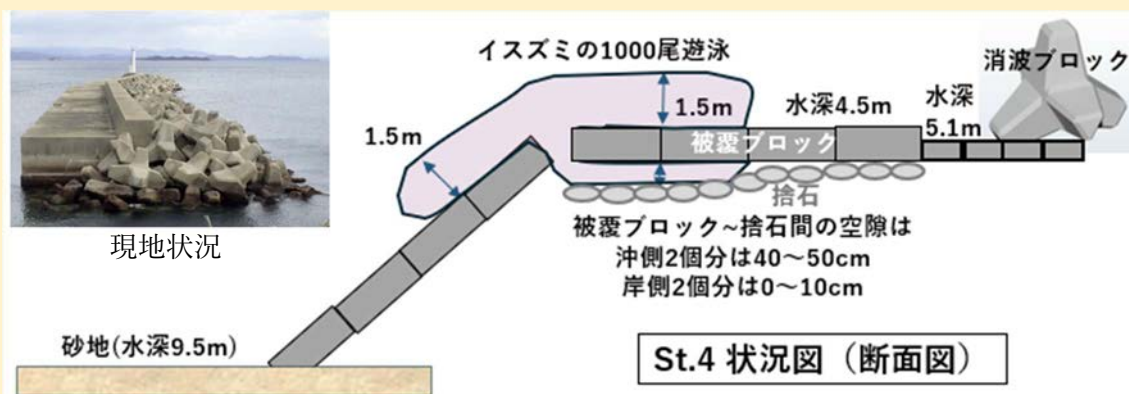


図 H-2 前津吉漁港沖防波堤の被覆ブロック周辺におけるノトイズミ蛸集状況

この被覆ブロックは捨石との間に約 40cm の空隙があり、魚類が自由に移動できる構造となっている。そのため、大きな空隙をもつ消波ブロックよりも、より狭い空隙を持つ被覆ブロック下面が逃避場所として利用されていると考えられた。

このような行動特性を踏まえ、植食性魚類の蛸集を防ぐ構造の工夫について簡易的な実験を 2026 年 1 月に実施した。被覆ブロックの側面を網で囲い、イスズミがブロック下面へ移動できないようにした区を調査区とし（図 H-3、図 H-5）、加工していない被覆ブロックを対照区（H-4）として比較した。タイムラプスカメラによる解析の結果、対照区ではカメラの画角内に 10 尾以上の個体が長時間確認（図 H-4）されたが、側面に網を張り被覆ブロック下面に侵入できないようにした実験区では 1 尾程度が数回のみ確認（図 H-3）されただけであり、ノトイスズミの蛸集が明確に抑制される傾向が確認された。

以上の結果から、防波堤の消波工において被覆ブロックと捨石面との間隙を狭くするなど、ハードウェアの工夫で魚類が隠れ場として利用できる空間を減少させ、ノトイスズミの蛸集を緩和できる可能性が示唆された。また、魚類の蛸集を分散することで、防波堤前面でのイスズミトラップ等を用いた漁獲の効率化も期待される（図 H-6）。このように、人工構造物の構造的工夫は、植食性魚類の集中を抑制し、藻場保全と漁獲対策を両立する手法として有効である可能性がある。



図 H-3 調査区（1 尾で数回確認）



図 H-4 対照区（10 尾以上長時間確認）



図 H-5 イスズミ蛸集忌避対策のイメージ

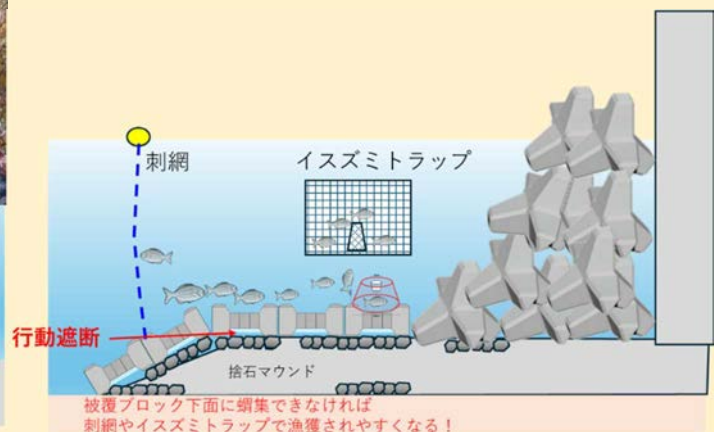


図 H-6 効率的なイスズミ除去のイメージ

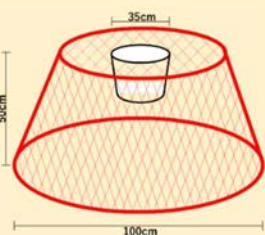
参考情報 I : カゴトラップでのイスズミ類の漁獲

カゴトラップの特徴は、小規模な漁具であることから、導入時の費用負担や作業時の労力負担が少なく、設置場所を柔軟に選定できること、地形や労力の関係でこれまでイスズミトラップを設置できなかった場所に設置できることなどが挙げられる。

カゴトラップはカニカゴの上部の入り口に返しを付け改良している。また、底面は巾着状でここから漁獲物を取り出す。形状はドーム状で、直径 1m、高さ 55cm 程度で、一度に数尾程度の漁獲が期待できる。返しがないと一度中に入った魚は逃避する可能性が高いため、返しを付けることを推奨する。返しは安価なバケツ等を返しの形に切り取り、布のガムテープで固定する方法で複数回の漁獲に耐える。

カゴの設置場所や餌は、通常のイスズミトラップと基本的には同様である。つまり、イスズミが消波ブロックの近くや食害が確認されている場所が良く、餌はヒジキなどのホンダワラ類が良い。波浪が強い場所や漂流ゴミが多い場所は、避けることが望ましい。

カゴトラップは重ねて車で輸送することが可能であるため調査地まで効率的に運ぶことができる。さらに、設置は、潜水作業をせず船舶から容易に可能である。カゴに付けたロープで海底に落とし、ロープをブイで浮かしておけば、回収の労力を軽減できる。設置期間は 1 週間程度を目安とし、食害や餌海藻の状況を確認して漁獲があれば回収する。カゴに入った魚は生存しているので、都合が良い時に回収でき、漁獲物の利活用に有利である。カゴトラップでは一度に大量漁獲することは難しいが、通常のイスズミトラップと比べ、小さく安価であり、移動等も容易であるため、漁業関係者による順応的管理の実践に適している。このことから、ノトイスズミの蝟集場所や時期等の生態情報がない海域では、カゴトラップを用いたイスズミ類の除去からはじめることが望ましい。



カゴトラップの模式図



返しの設置状況



餌海藻の設置状況



設置前



投入状況



イスズミ漁獲

図 I-1 カニカゴを改良したカゴトラップの一例とカゴトラップの設置と漁獲の様子

(8) その他の検討項目

本手法を検討する上では、将来的なハビタットマップを海藻種選定における参考とすることが出来る。また、食害対策の実施が困難な場合には食害を低減できる海藻種を検討してみることで食害を軽減できる場合もある。

【解説】

①将来的なハビタットマップの確認

海水温上昇に対応可能な海藻種を用いる場合には、現状の分布だけでなく、将来の海水温上昇を考慮することにより、中・長期的に有効な藻場保全・造成につながる可能性が高まる。その際、第1章で示した海藻種ごとの将来的なハビタットマップを参考できる。

ただし、本書で示すハビタットマップは、表面海水温が一律に上昇すると仮定し、現状の分布を北上させることにより予測したものであり、海水温以外の環境要因や局所的な水温変動は考慮していない。このため、高水温期の水温が抑制される環境（深場や河口周辺の沿岸海域など）を活用する磯焼け対策では、実測された海水温情報に基づき判断することが望ましい。

②食害を低減できる海藻種の検討

本手法を検討する際には、食害対策が必要と判断されることが多いと思われるが、人手不足や高齢化によって十分な対策が実施できないことも考えられる。特に植食性魚類対策には労力を要することが多い。そのような場合には、海藻種によって植食動物の採食選択性（食べられやすさ）に差があることから、採食選択性を参考に海藻種を選定する考え方もある。調査委託事業の海域実証や水槽実験で使用した海藻種において、推測された採食選択性（食べられやすさ）を表2-8に示している（詳細は「参考情報J」：ノトイヌズミが好む海藻）。ただし、採食選択性が低くても、対象海域に海藻が少ない場合にはその効果は薄れることに留意が必要である。

表 2-8 ノトイヌズミが好む海藻

好み	コンブ類	温帯性ホンダワラ類	亜熱帯性ホンダワラ類
高い		ヒジキ	
やや高い			キレバモク
普通	マコンブ クロメ アントクメ	マメタワラ アカモク	
やや低い			ウスバモク
低い	ワカメ	ノコギリモク ヨレモク	

参考情報 J: ノトイズズミが好む海藻

先行研究により、植食性魚類には好む海藻と好まない海藻があることが確認されており、ノトイズズミも同様であるが、本種が好む海藻の種類に関する情報は不十分であった。そこで、イスズミトラップに適した餌を検討するため、ノトイズズミが好む海藻の種類について試験を行った(Noda et al. 2025)。温帯性ホンダワラ類としてヒジキ、マメタワラ、アカモク、ヨレモク、ノコギリモク、南方系ホンダワラ類としてキレバモクおよびウスバモク、コンブ目の海藻としてコンブ、ワカメ、クロメ、アントクメの11種を用いて試験を行った結果、ヒジキが最も好まれ、次いでキレバモクが好まれることが確認された。一方、ワカメやヨレモク、ノコギリモクは比較的好まれないと考えられたが、そのような海藻も他の海藻が無くなれば摂餌することが明らかとなった(図J-1、J-2、J-3)。以上の結果から、イスズミトラップの餌海藻はヒジキが最も好ましいと考えられた。なお、ノトイズズミの海藻の好みは水温が上昇しても変わらない傾向がある。一方、本種の摂餌量は水温が上がると増える傾向があるが(野田ら 2016、図J-4)、試験に使用した海藻はアラメやヤツマタモクに限られていることに留意が必要である。



試験に用いた海藻類

ヒジキを選んで摂餌するノトイズズミ

図 J-1 ノトイズズミが好む海藻に関する試験の様子

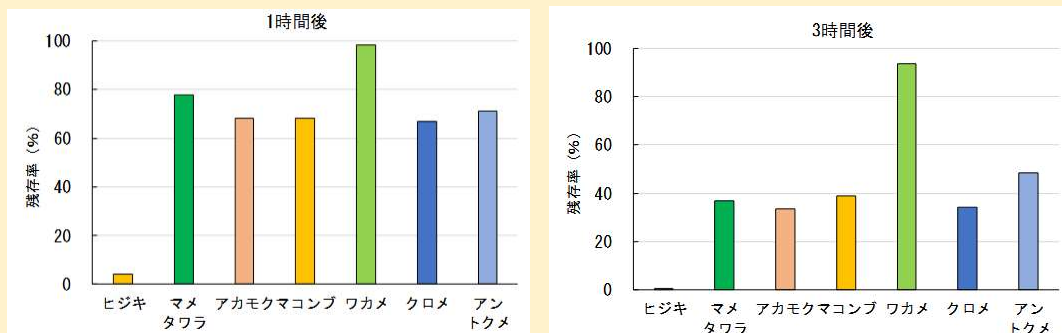


図 J-2 ノトイズズミにヒジキ、マメタワラ、アントクメ、アカモク、マコンブ、クロメ、ワカメを同時に給餌した際の残存率の変化(値が小さい海藻が好まれる)

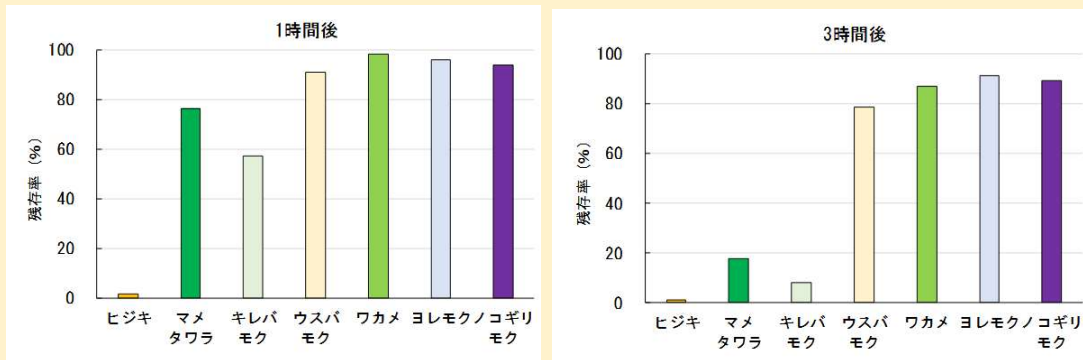


図 J-3 ノトイズズミにヒジキ、キレバモク、マメタワラ、ウスバモク、ノコギリモク、ワカメ、ヨレモクを同時に給餌した際の残存率の変化

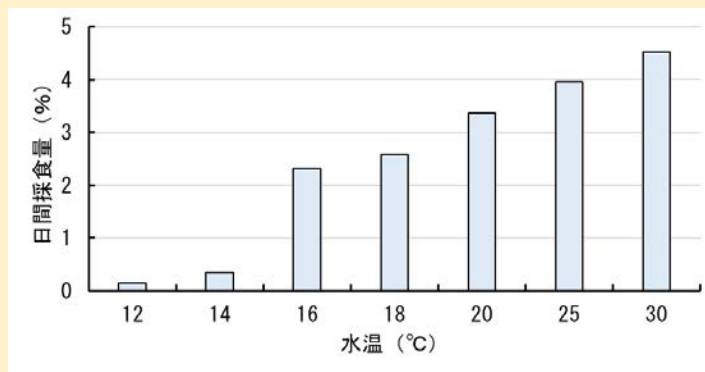


図 J-4 ノトイズズミにヤツマタモクを給餌した際の水温別の日間採食量 (野田ら 2016 より改変)

3章 海水温上昇に対応した磯焼け対策の事例

海水温上昇に対応した藻場保全・造成の参考となる関連する7つの事例を紹介する。
本手法を活用した対策を検討する際に参考とされたい。

【解説】

海水温の上昇に対応した磯焼け対策が実施された事例は現状では少なく、今後各地で取り組まれて知見が集まることが期待される。ここでは、モデル地区として藻場造成計画の検討を行った事例（①、②）、高水温下でも生育可能な海藻を用いた事例（③）、海水温上昇が抑えられている場所を活用した事例（④、⑤）、植食性魚類を徹底して除去した事例（⑥）、食われても再生できる海藻に関する知見（⑦）、を紹介する。

- ① モデル事例1：従来種を適地で造成する計画を検討（山口県萩市）
- ② モデル事例2：高水温耐性種を造成する計画を検討（長崎県壱岐市）
- ③ 「高水温化でも生育可能な海藻種を用いる方法」の実証
- ④ 「海水温上昇が抑えられている場所(河口周辺の沿岸域)を活用する方法」の実証
- ⑤ 海水温が抑制される深場を活用したクロメ生育の実証試験
- ⑥ 壱岐市における徹底したイスズミ除去
- ⑦ 早熟性カジメの磯焼け対策への活用可能性

①モデル事例1：従来種を適地で造成する計画を検討（山口県萩市）

i) 背景及び目的

山口県萩市では、かつては磯根資源（アワビ、サザエ）の餌となる藻場が形成されていたが、平成25年（2013年）の海水温の高水温化によりアラメ・カジメの大量枯死が確認された。これにより海藻が弱体化、その後の台風による大時化が原因で大量流失し、海藻の衰退・消失が急速に進んだ。また、近年の気候変動等の影響に伴う水温上昇により、植食性生物（ムラサキウニ、ガンガゼ類等）の摂食活動が長期化及び活性化し、食害による磯焼けが拡大し、深刻な磯焼け状態となった。

これに対し、萩市では、漁業者を中心としたウニ駆除等の磯焼け対策によって一定の効果が確認され、今後も継続・拡大していく方針であるが、海水温上昇の傾向は数十年から百年単位で続くと考えられることから、磯焼け対策に加えて、海水温上昇に対応できる藻場の造成（適切な海藻種や場所の選定）を行うため、モデルとする海域（A地区、B地区）における実証試験を踏まえた藻場造成計画(案)を策定することとした。

ii) 検討プロセスの概要

萩市では、藻場造成・保全を行っている活動組織（地元漁協を中心）及び行政（山口県、萩市）から構成された協議会をたちあげ、2章に記載のフローに基づき、既往の知見等から現状把握をした後に、「対象海藻種」、「適地選定」、「造成手法」等について検討を行った（図 3-1 参照）。

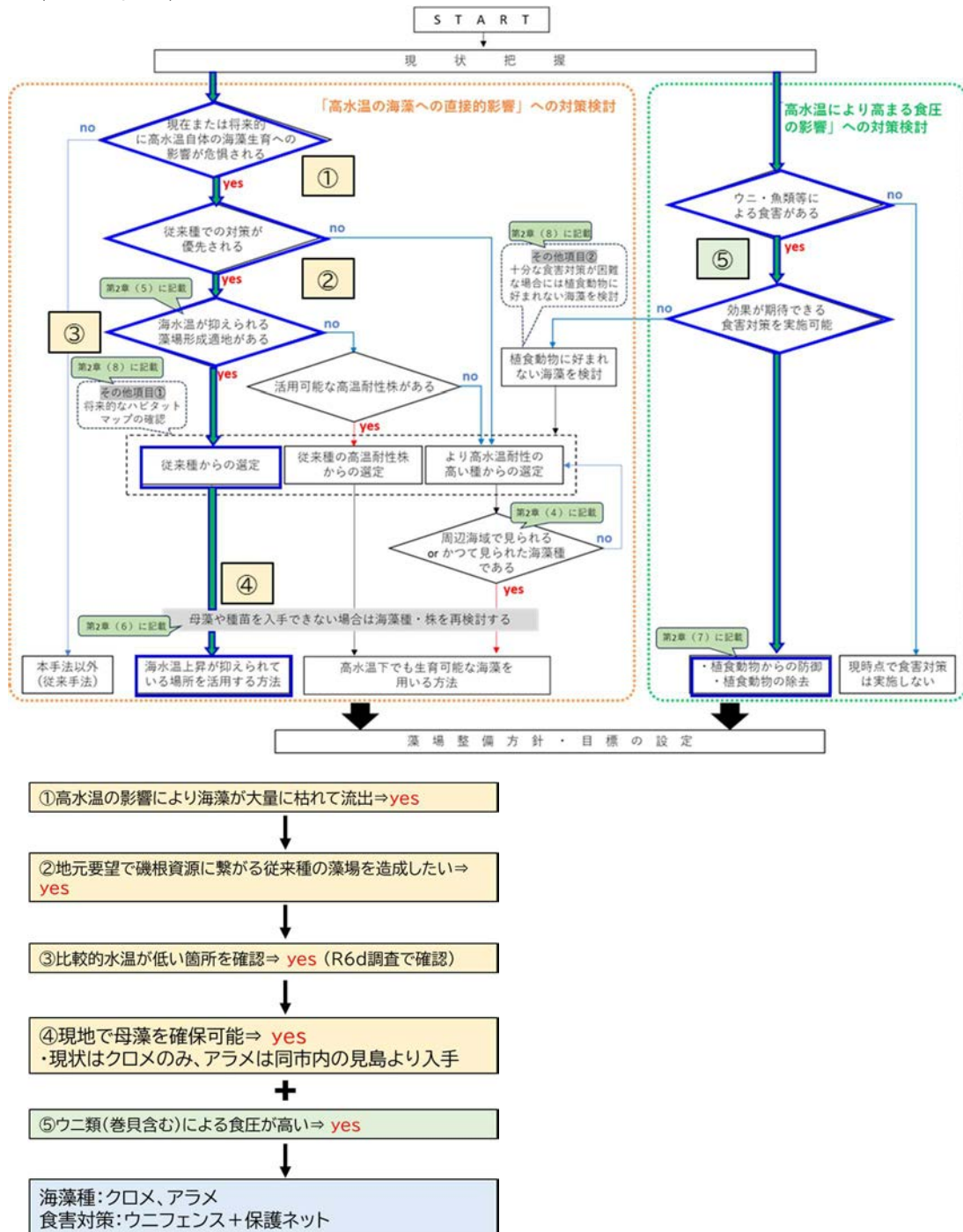


図 3-1 検討プロセスの概要

iii) 検討結果

◆対象海藻種

対象海藻種は、地元漁業者の要望を踏まえ、磯根資源の餌となるクロメ（従来種）とした。ただし、既往の見知よりクロメの生育上限温度=28°Cというデータがあり、既に現地の海水温は28°Cを超える日が確認されることから、クロメより生育上限温度が1°C高いアラメについても対象海藻種として選定した。

なお、萩市では海藻の種苗生産は実施していないが、両種ともに萩市内で母藻を確保できることも選定理由として挙げられた。

◆適地選定

適地選定は図3-2に示すフローに従い、検討を行った。

その結果、A地区、B地区ともに比較的水温が抑えられる箇所が確認され、その中でも水深が比較的浅く、アクセス性に優れるA地区の海域を選定した。

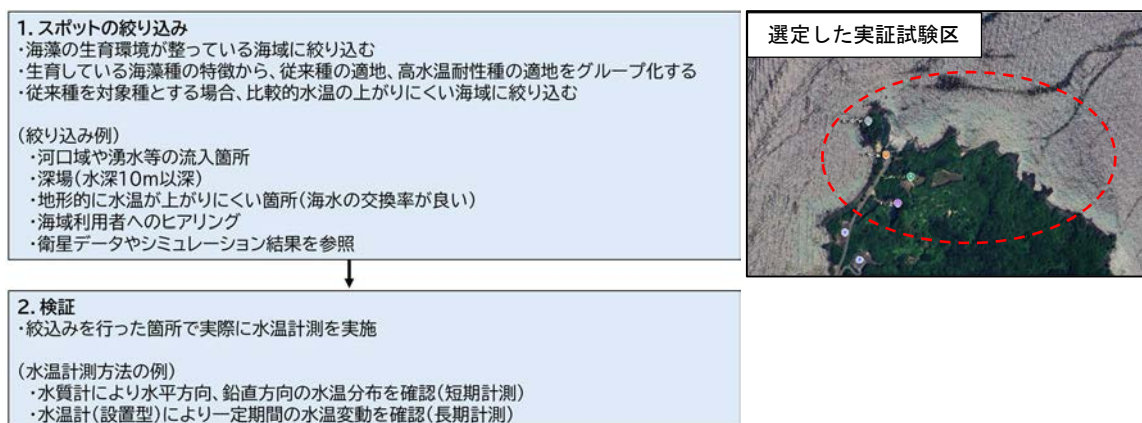


図3-2 適地選定の流れ

◆磯焼け対策

現況把握で収集した既往の調査結果より、本海域ではウニ類による食圧が高いことが把握できているため、ウニ類の対策として有効となるウニフェンスの設置、ウニ駆除を実施することとした。

◆造成方針

前述した「対象海藻種」、「適地」、「磯焼け対策」について有効性を確認するとともに、図 3-3 に示すイメージで造成を図る方針とした。

また、時系列を踏まえた具体的な面積や被度の目標としては表 3-1 に示す方針とした。

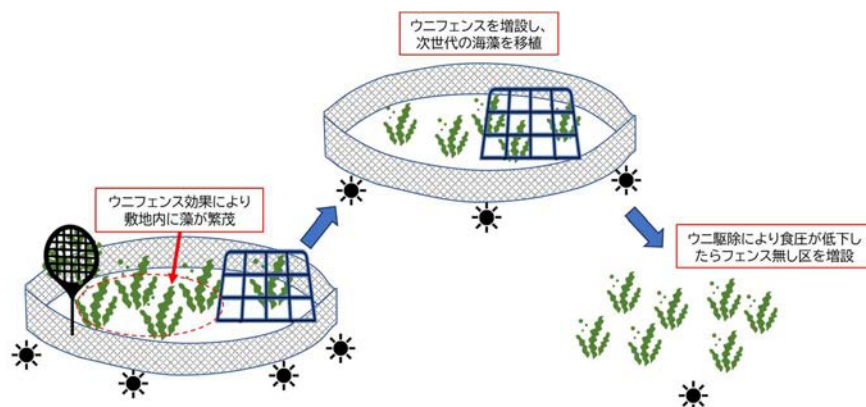


図 3-3 藻場造成イメージ（概念図）

表 3-1 藻場造成ステップ

項目	第1フェーズ:環境形成・定着期 (2026年度～2029年度)	第2フェーズ:拡大期	
主な予算	漁場生産力・水産多面的機能強化対策事業を活用しながら、協議会の中で要議論		
クロメ	評価面積:約25m ² (ウニフェンス1基分) 被度:30%(定着確認できる程度) 実勢面積:約7.5m ²	面積:約100m ² (ウニフェンス4基分)	面積:約100m ² + α (その他漁場へ基質投入)
藻場範囲の推移 (イメージ)			

iv) 藻場造成計画（案）の検討

◆計画策定方針

検討対象期間については、今後の海水温の変動傾向や藻場の生育状況を明確に予測することが困難であることから、水温の推移および藻場の生育状況を踏まえ、柔軟に設定した。

本事例では、長期的なビジョンを見据えつつ、その初期段階として重要な環境形成・定着期に位置付けられる 2026 年度から 2029 年度までの 4 年間を対象に、具体的な計画（案）を策定することとした。

◆藻場造成計画（2026 年度～2029 年度）の概要

表 3-2 に示す内容を 2026 年度～2029 年度にかけて現地実証する。

まずは本区画で検証内容を確認するとともに、当該海域にクロメ、アラメを定着させる。

表 3-2 実施内容の概要

項目	実施内容	検証内容
対象種	クロメ（生育上限温度 28℃）、アラメ（29℃）	・クロメ、アラメの生育の可否 （次世代海藻の成熟の有無） ・食害対策の有効性・耐久性の確認 ・環境（特に水温）の変化 ・対象海藻種の繁茂状況の確認 （第 2 フェーズ移行の指標に達するかどうか）
地点	虎ヶ崎東海域の水深 8-9m 近辺	
実施 対策	植食動物から防御、植食動物除去、海藻のタネ 供給	
計測 項目	連続水温、海藻分布、次世代海藻の芽生え	



図 3-4 実証試験区の設置状況

◆藻場造成の実施計画（案）

藻場造成計画（案）を進めるにあたってのスケジュール計画およびモニタリング、役割・体制の案を表3-3～表3-5に示すとおり設定した。

表3-3 実施計画（案）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
モニタリング				この期間内で可能な限り1回 ■■■■■■■■			この期間内で1回 ■■■■■■■■					
ウニ駆除						モニタリングに併せて実施 ■■■■■■■■						
母藻投入 種苗移植							成熟前に実施 ■■■■■■■■					

※母藻投入は令和7年度に実施しているため、次世代株の生育状況を踏まえて実施の有無を決める必要がある

表3-4 モニタリング（案）

モニタリング（案）	
海藻調査①	方法：水中目視調査（海藻種、景観被度） 頻度：年1回（秋季） ※基本的には多面事業のモニタリングのタイミングと合わせて秋季1回の実施とするが、予算や体制を踏まえ可能な限り夏季にも1回実施
海藻調査②	方法：面積計測（ウニフェンスの面積を参考に水中の状況（景観被度）から推算） 頻度：年1回（秋季） ※夏季調査を実施できた場合、夏季（最大現存量）で評価
植食動物調査 磯根資源調査	方法：水中目視調査（植食動物、磯根資源の有無）、 ヒアリング調査（操業時の確認） 頻度：年1回（秋季）
水質調査	方法：ロガー設置 頻度：通年

表3-5 役割・体制（案）

役割	体制案
計画の策定	山口県、萩市
全体管理	山口県、萩市
予算確保・補助金申請	山口県、萩市
藻場造成作業	主：地元漁協、副：山口県、萩市
藻場のモニタリング	主：地元漁協、副：山口県、萩市
環境のモニタリング	山口県、萩市

②モデル事例2：高水温耐性種を造成する計画を検討（長崎県壱岐市）

i) 背景及び目的

長崎県壱岐市では、かつてアワビやサザエなどの磯根資源の餌料となる藻場が形成されていた。しかし、平成25年（2013年）および平成28年（2016年）に30°Cを超える高水温が長期間観測され、海藻が弱体化した。その後の台風による大時化により海藻が大量に流失し、藻場の衰退・消失が急速に進行した。さらに、近年の海水温上昇に伴い、イスズミ等の植食性魚類の摂食活動が活発化・長期化し、食害による磯焼けが拡大し、深刻な状態となっている。

これを受け、壱岐市では「壱岐市磯焼け対策協議会」を設立し、イスズミ駆除を中心とした取組により、藻場の保全・機能回復を進めてきた。一定の効果は確認されているものの、海水温上昇は今後も長期的に続くと考えられることから、磯焼け対策に加え、海水温上昇に対応可能な藻場の造成が求められている。このため、適切な海藻種および造成場所の選定を行い、モデル海域での実証試験を踏まえた藻場造成計画（案）を策定することとした。

ii) 検討プロセスの概要

壱岐市では、藻場造成・保全を行っている活動組織（地元漁協を中心）及び行政（長崎県、壱岐市）から構成された協議会をたちあげ、2章に記載のフローに基づき、既往の知見等から現状把握をした後に、「対象海藻種」、「適地選定」、「造成手法」等について検討を行った（図3-5参照）。

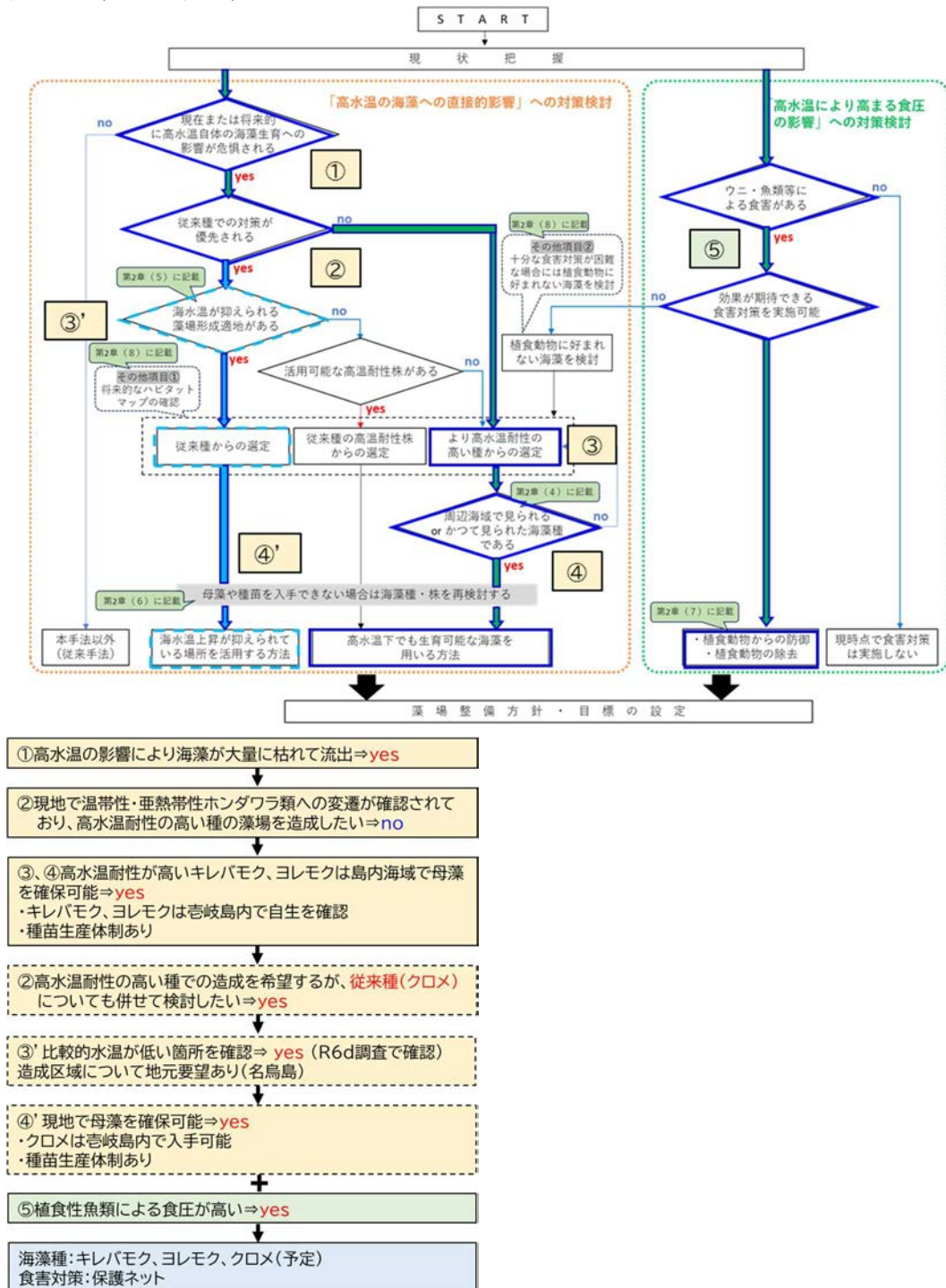


図 3-5 検討プロセスの概要

iii) 検討結果

◆対象海藻種

対象海藻種は、彦根市島内で生育が確認されており、比較的高水温に耐性のあるキレバモクとした。ただし、キレバモクはノトイズズミに好まれるという知見があったことから、嗜好性が低く、高水温耐性のあるヨレモクも選定した。加えて、現地の海水温を計測した結果、比較的水温が抑えられる環境が確認されたことから、地元漁業者の要望を踏まえ、磯根資源の餌として利用できるクロメについても対象海藻種として選定した。

なお、彦根市ではこれら海藻の種苗生産を実施しており、母藻を確保できることも選定理由として挙げられた。

◆適地選定

適地選定は図 3-6 に示すフローに従い、検討を行った。

その結果、比較的水温が抑えられる箇所が確認され、その中でも水深が比較的浅く、アクセス性に優れた海域を選定した。

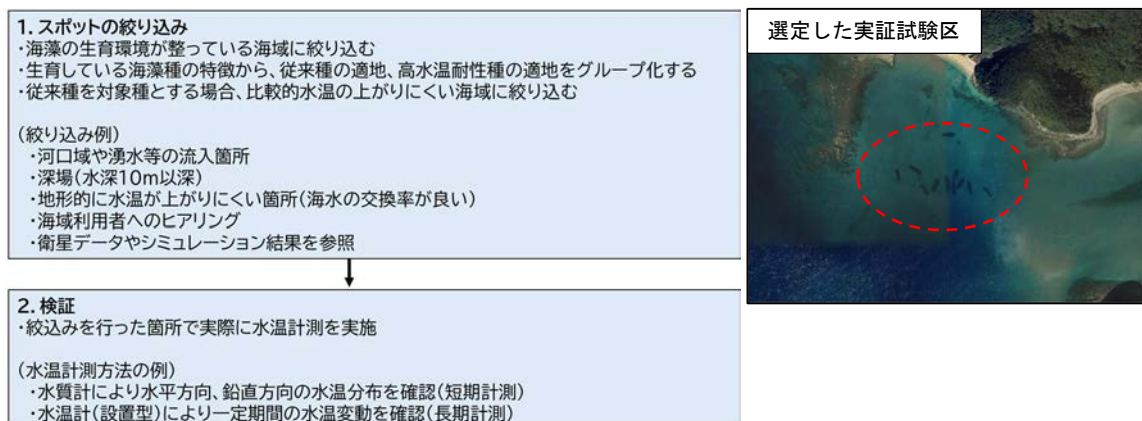


図 3-6 適地選定の流れ

◆磯焼け対策

現況把握で収集した既往の調査結果より、本海域では植食性魚類による食圧が高いことが把握できているため、魚類の対策として有効となる食害防止ネットの設置を実施することとした。

◆造成方針

前述した「対象海藻種」、「適地」、「磯焼け対策」について有効性を確認するとともに、
図 3-7 に示すイメージで造成を図る方針とした。

また、時系列を踏まえた具体的な面積や被度の目標としては表 3-6 に示す方針とした。

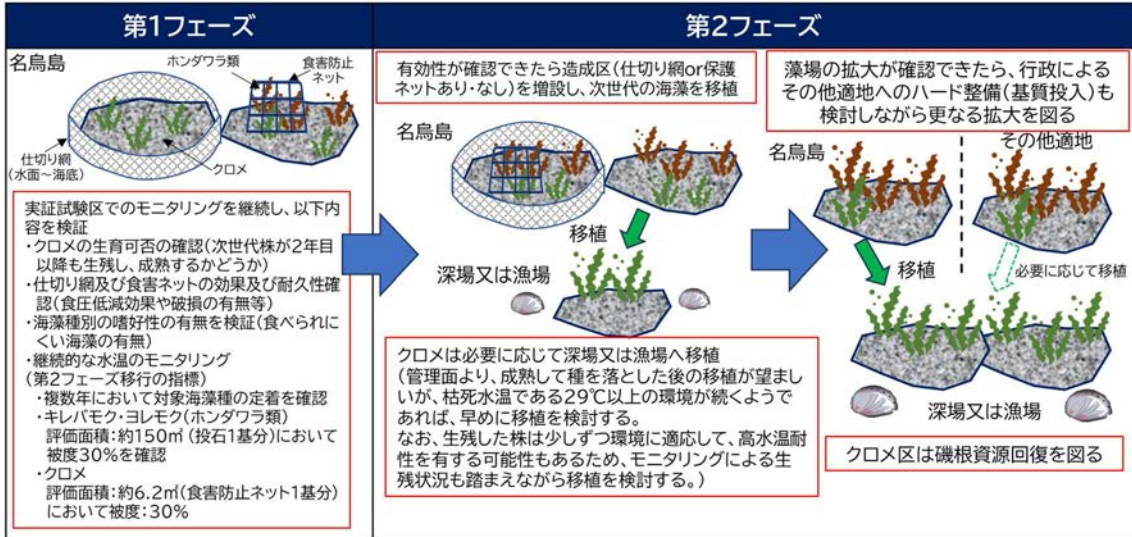


図 3-7 藻場造成イメージ (概念図)

表 3-6 藻場造成ステップ

項目	第1フェーズ:環境形成・定着期 (2026年度~2029年度)	第2フェーズ:拡大期	
主な体制	行政のサポートを受けながら地元漁協を中心(離島漁業再生支援交付金を活用)とし、対象種の定着を目指す 第2フェーズ移行の指標を達成した場合、ハード整備等を含めて拡大を図る		
キレバモク ヨレモク (混成)	評価面積:約150㎡(投石1基分)	面積:最大約1,700㎡ (投石12基分) ※既存ストックを最大限活用する場合	—
	被度:30%(定着確認できる程度)		
	実勢面積:約45㎡ ※投石の面積に被度を乗じて算定		
クロメ	評価面積:約6.2㎡(食害防止ネット1基分)	クロメの生育環境適地な深場 or 漁場へ移植 ※計画策定時点は場所未定	—
	被度:30%(定着確認できる程度)		
	実勢面積:約1.8㎡		
藻場範囲の推移 (イメージ)			

iv) 藻場造成計画（案）の検討

◆計画策定方針

検討対象期間については、今後の海水温の変動傾向や藻場の生育状況を明確に予測することが困難であることから、水温の推移および藻場の生育状況を踏まえ、柔軟に設定した。

本事例では、長期的なビジョンを見据えつつ、その初期段階として重要な環境形成・定着期に位置付けられる 2026 年度から 2029 年度までの 4 年間を対象に、具体的な計画（案）を策定することとした。

◆藻場造成計画（2026 年度～2029 年度）の概要

表 3-7 に示す内容を 2026 年度～2029 年度にかけて現地実証する。

まずは本区画で検証内容を確認するとともに、当該海域にクロメ、ヨレモクを定着させる（キレバモクは既に自生を確認）。

表 3-7 実施内容の概要

項目	実施内容	検証内容
対象種	キレバモク（生育上限温度 32℃）、 ヨレモク（生育上限温度 31℃）、 クロメ（生育上限温度 28℃）	・クロメの生育の可否 （次世代海藻の成熟の有無） ・食害対策の有効性・耐久性の確認
地点	名島島南方の投石礁付近（水深 5m 程度）	・植食動物の嗜好性の確認 （対策無しでも生残するかどうか）
実施 対策	植食動物から防御（仕切り網、食害防止ネット）、海藻のタネ供給	・環境（特に水温）の変化
計測 項目	連続水温、海藻分布、次世代海藻の芽生え	・対象海藻種の繁茂状況の確認 （第 2 フェーズ移行の指標に達するかどうか）



図 3-8 実証試験区の設置状況

◆藻場造成の実施計画（案）

藻場造成計画（案）を進めるにあたってのスケジュール計画およびモニタリング、役割・体制の案を表3-8～表3-10に示すとおり設定した。

表3-8 実施計画（案）

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
モニタリング		この期間内で1回					この期間内で1回					
ウニ駆除						モニタリングに併せて実施						
母藻投入 種苗移植	成熟前に実施（ホンダワラ類）					成熟前に実施（クロメ）						

※母藻投入は令和7年度に実施しているため、次世代株の生育状況を踏まえて実施の有無を決める必要がある

表3-9 モニタリング（案）

モニタリング（案）	
海藻調査①	方法：水中目視調査（海藻種、景観被度） 頻度：年2回（春季～夏季、秋季）
海藻調査②	方法：面積計測（投石の面積を参考に水中の状況（景観被度）から推算） 頻度：年1回（春季～夏季）
植食動物調査 磯根資源調査	方法：水中目視調査（植食動物、磯根資源の有無）、 ヒアリング調査（操業時の確認） 頻度：年1回（春季～夏季）
水質調査	方法：ロガー設置 頻度：通年

表3-10 役割・体制（案）

役割	第1フェーズ：環境形成・定着期 (2026年度～2029年度)	第2フェーズ：拡大期
藻場造成作業 (ハード)	—	長崎県、壱岐市
藻場造成作業 (ソフト)	主：勝本町漁協、副：長崎県、壱岐市	主：勝本町漁協、 副：長崎県、壱岐市
藻場のモニタリング	主：勝本町漁協、副：長崎県、壱岐市	主：勝本町漁協、 副：長崎県、壱岐市
環境のモニタリング	主：勝本町漁協、副：長崎県、壱岐市	主：勝本町漁協、 副：長崎県、壱岐市

③「高水温化でも生育可能な海藻を用いる方法」の実証

調査委託事業の実証海域の1つである鎮西海域（佐賀県唐津市）では、かつて温帯性コンブ類であるクロメと温帯性ホンダワラ類の混成藻場が広がっていたが、ウニの食害により磯焼けが進行し、近年の海水温上昇とそれにより増大した植食性魚類の影響もあって磯焼けが継続している。

予測される海水温のさらなる上昇を鑑み、マメタワラとノコギリモクを対象種としての実証を行った。両種とも温帯性ホンダワラとされているが、生育上限温度はそれぞれ 32°C と 31°Cであり比較的高温の環境でも生育が期待できる。実証は下図にあるように、ウニフェンスによってウニの食害が、簡易食害防止ネットによって植食性魚類の食害も抑えられ、区画の中心に近づくほど食害が抑えられる設計となっている。区画全体に2種の母藻のスポアバッグを設置し、次世代海藻の生育状況から効果を評価した。

実証の結果、当初の期待に近い結果が得られた。ただし、ノコギリモクでは多くの次世代個体が確認された一方で、マメタワラはわずかな次世代個体が確認されただけであった。これは、先に生長したノコギリモクの幼体が水平方向に葉状部を広げマメタワラの光環境を制限したことや、マメタワラに対する植食性魚類の採食選択性が高いことが要因と推察される。

結果としては食害対策（特に植食性魚類）の重要性が示されたが、海水温が上昇する中で中長期的に藻場保全・造成に取り組む際の有効性が示唆されたといえる。

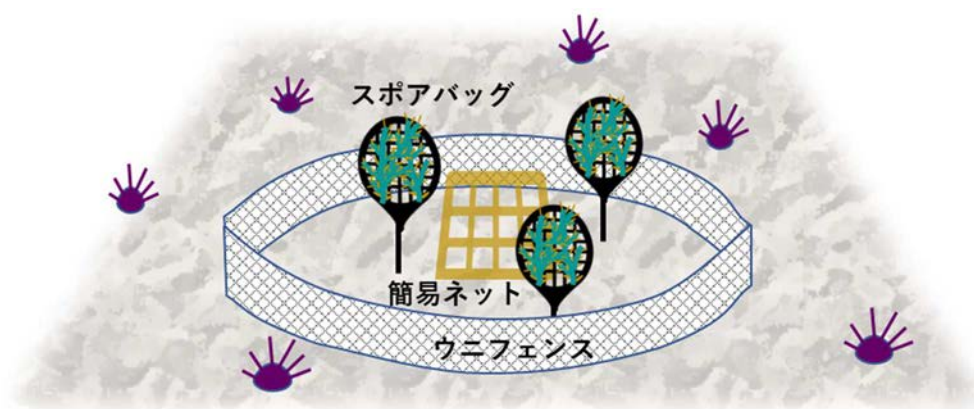


図 3-9 鎮西海域における実証のイメージ（ウニ・植食性魚類対策）



図 3-10 実証の結果（左：簡易食害防止ネット内で繁茂したノギリモク
右：ウニフェンス内(左側)とフェンス外(右側)の差)

④「海水温上昇が抑えられている場所(河口周辺の沿岸域)を活用する方法」の実証

調査委託事業の実証海域の1つである壱岐海域(長崎県壱岐市)の西岸には、恒常的に周辺よりも海水温が低くなる場所があることが一部の地元関係者に知られていた。その場所を実証区、周辺の通常の水温の場所を対照区として、生育上限温度の低いクロメ(28°C)による藻場造成を行った。

実証は両区において、簡易食害防止ネットを設置し植食動物(魚類含む)対策を実施した上でクロメ母藻を移植し、増殖の兆しとしてクロメ幼体を確認するものである。

まず、両区の水深は実証区が約8m、対照区が5mであるが、通年で明確な水温差が見られ、7-9月の平均水温で約1.5°Cの水温差があった。これは実証区近くに河川が流入しているためと考えられる。

翌年1月に両区においてクロメの幼体を確認され、1年間の実証では差が見られない結果となった。しかし、対照区では水温が夏期に30°C超となることも多かったため、そのダメージの影響と見られる母藻の脱落が多数見られた。短期的な実証では明確な有効性が確認できなかったが、中長期的に藻場の保全・造成に取り組む場合には、海水温の上昇が抑えられている場所を活用する方が良い。



図 3-11 豊岐海域実証における両区の水温（2024 年 4 月－2025 年 5 月）



図 3-12 実証の様子

（左：2024 年 11 月に対照区で脱落した母藻、右：2025 年 1 月の実証区の幼体）

⑤海水温が抑制される深場を活用したクロメ生育の実証試験

調査委託事業の中で、壱岐海域（長崎県壱岐市）において、クロメを用いた移植試験を実施した。この実証では、深場において夏期の水温上昇が抑制されることに期待して、生育上限温度の低いクロメ（28℃）の生育可能性を検討した。なおここでは、生育上限温度より1℃高い29℃をクロメの枯死水温としている。

結果、水深5m区と15m区では夏期に約1.5℃の水温差が確認された。水深5m区では令和4年（2022年）に2週間以上に渡って水温29度を超えているが、翌年は29℃を超えたのは1日のみであった点が特徴的である（図3-13）。

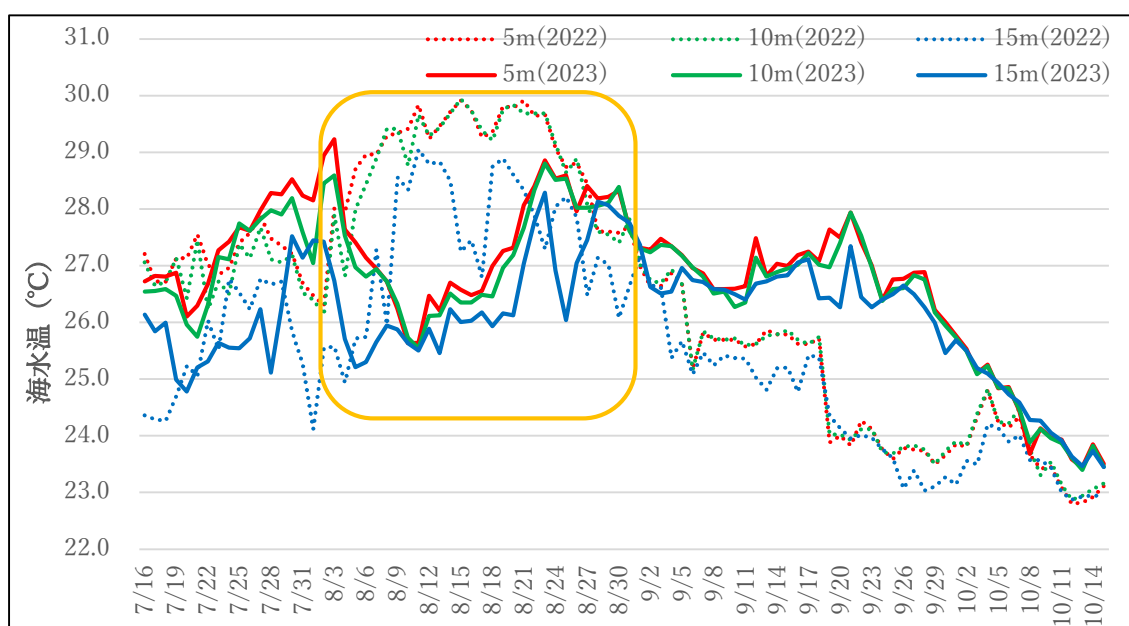


図3-13 壱岐海域実証区の夏期水温（2022－2023年）

移植したクロメの生長結果を図3-14に示している。まず2022年（図の左半分）を見ると、夏に水深5m区で海水温が17日連続で29℃を超えていたためか、秋以降も回復・生長が遅れた。一方で、水温が抑えられた水深15m区では台風により砂中に埋没するというアクシデントに見舞われたものの、以降に急激に回復・生長している。また、翌年の2023年（図の右半分）を見ると、夏期水温が前年ほど上がらず、枯死水温に到達したのは水深5m区で1日のみで、秋以降にも各水深で順調に生長が見られた。

この結果から、クロメの生育には夏期水温の抑制が重要な要素であり、一定期間枯死水温を超えると、枯死をまぬがれる場合も藻体へのダメージが残り、秋以降の生長に影響を及ぼすことが示唆された。ホンダワラ類に比べ枯死水温の低いクロメにおいては、「海水温上昇が抑えられている場所を活用する方法」として、夏期の水温上昇が抑制される深場への移植が有効であると言える。

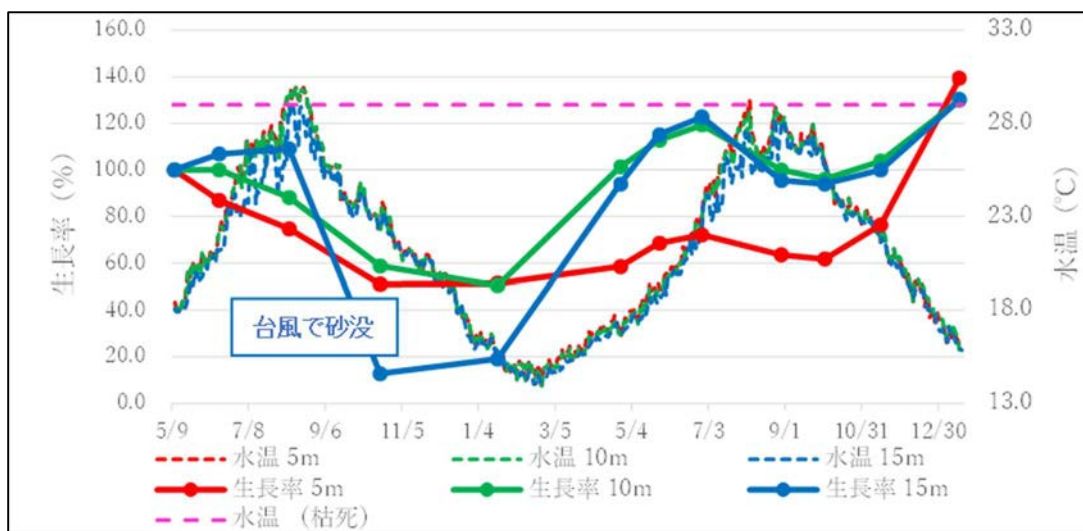


図 3-14 クロメの生育結果（2023 年 5 月～2024 年 1 月）

ただし、壱岐海域の対岸である鎮西海域（佐賀県唐津市）では水深 5m 区と水深 15m 区の夏期の水温差は 0.5°C 程度しかなく、水深の違いによって十分な水温差が必ず得られる訳ではなかった。この方法は、夏期水温が十分に抑制できる場所を事前に探しておくことが重要である。ただし、水温以外の要因も考慮する必要がある。

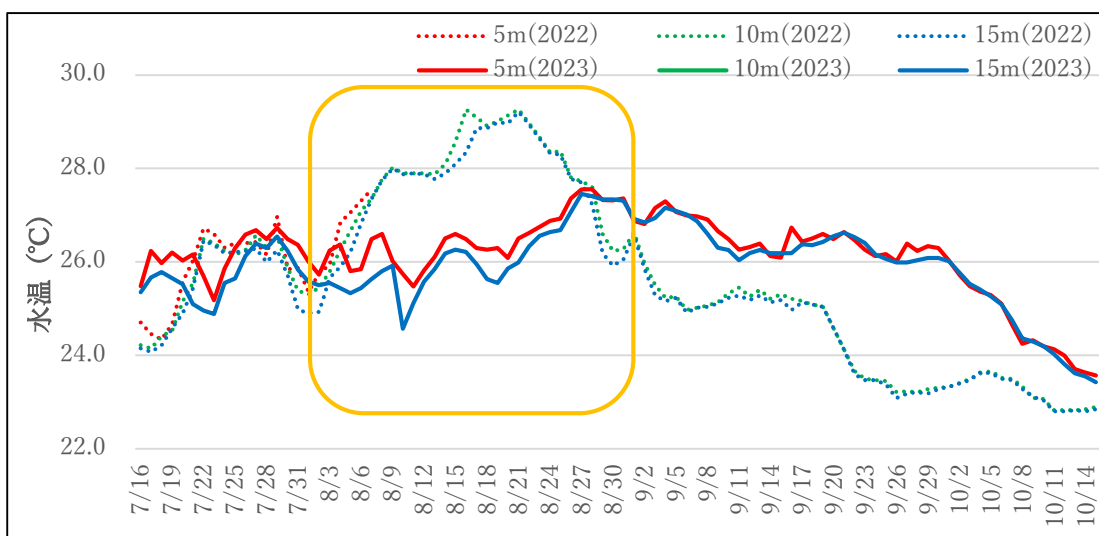


図 3-15 鎮西海域実証区の夏期水温（2023—2024 年）

⑥壱岐市における徹底したイスズミ除去

壱岐市沿岸海域では、以前はアワビ・サザエの餌となる藻場が形成されていたが、近年の気候変動等の影響に伴う水温上昇により、植食性魚類（イスズミ等）の摂食活動が長期化及

び活性化し、食害による磯焼けが拡大した。藻場の衰退傾向が続き、2018～2019 年度には深刻な磯焼け状態となった。そこで壱岐市は 2019 年度よりイスズミの買い取り制度をスタートさせ、漁業者によって多くのイスズミが捕獲された。2019～2022 年度の 4 年間では 26,000 尾以上のイスズミが除去された。その結果、集中的に除去が行われた郷ノ浦地区では、2023 年度には約 276ha の大規模なヨレモク藻場が回復した。

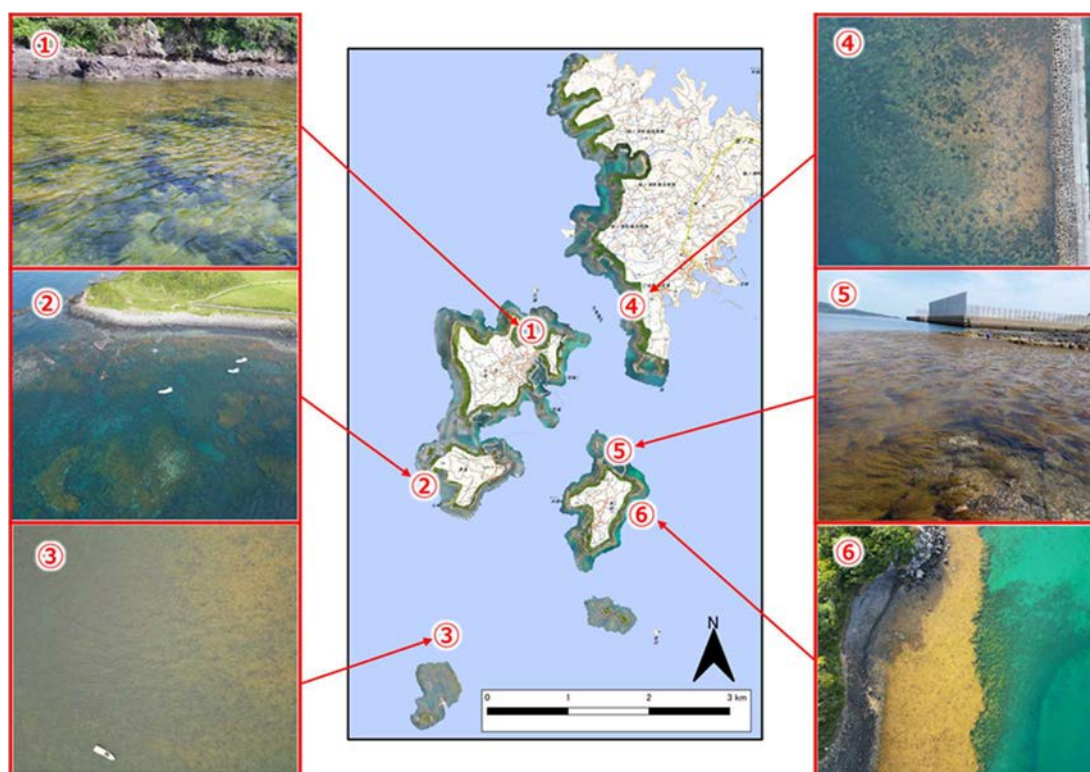


図 3-16 郷ノ浦地区における藻場の繁茂状況（2023 年 6 月）

⑦早熟性カジメの磯焼け対策への活用可能性

植食性魚類による食害対策は通常、摂食圧を抑制して藻場を回復するという観点で検討されるが、早熟性カジメの磯焼け対策への活用は「食われても再生する藻場」を形成するという観点での取り組みとなる。

神奈川県三浦半島西岸ではかつてカジメが高密度で分布していたが、2010 年頃からアイゴやウニによる食害が主要因と考えられる磯焼けが発生し深刻な状況である。通常、カジメは成熟までに 1 年以上を要するが、カジメやクロメでは 1 年以内に成熟する早熟性の藻体が存在することが知られている。早熟性の藻体はアイゴ等の植食性魚類の食圧が高まる夏～秋までに成熟し遊走子を放出することが可能なため、次世代を残しうる。三浦半島西岸のある海域では、カジメ群落が毎年消失し周辺に遊走子の供給源も見当たらないにも関わらず、毎年群落が再生していた(図 3-17)。神奈川県水産技術センター等の長年の調査により、

早熟性カジメが存在し、それにより群落が維持再生されていることが確認された(図 3-18)。

このような早熟性カジメ類は日本のいくつかの海域で確認されているが、三浦半島西岸海域では天然の早熟性カジメの再生力だけでは群落の維持に限界があることも判明している。さらに、木下ら(2024)は早熟性カジメの遊走子由来のフリー配偶体からカジメの人工種苗(胞子体)を作製した。陸上水槽や海域で育成試験を行った結果、早熟性を確認しており、今後の藻場再生への活用が期待できる。

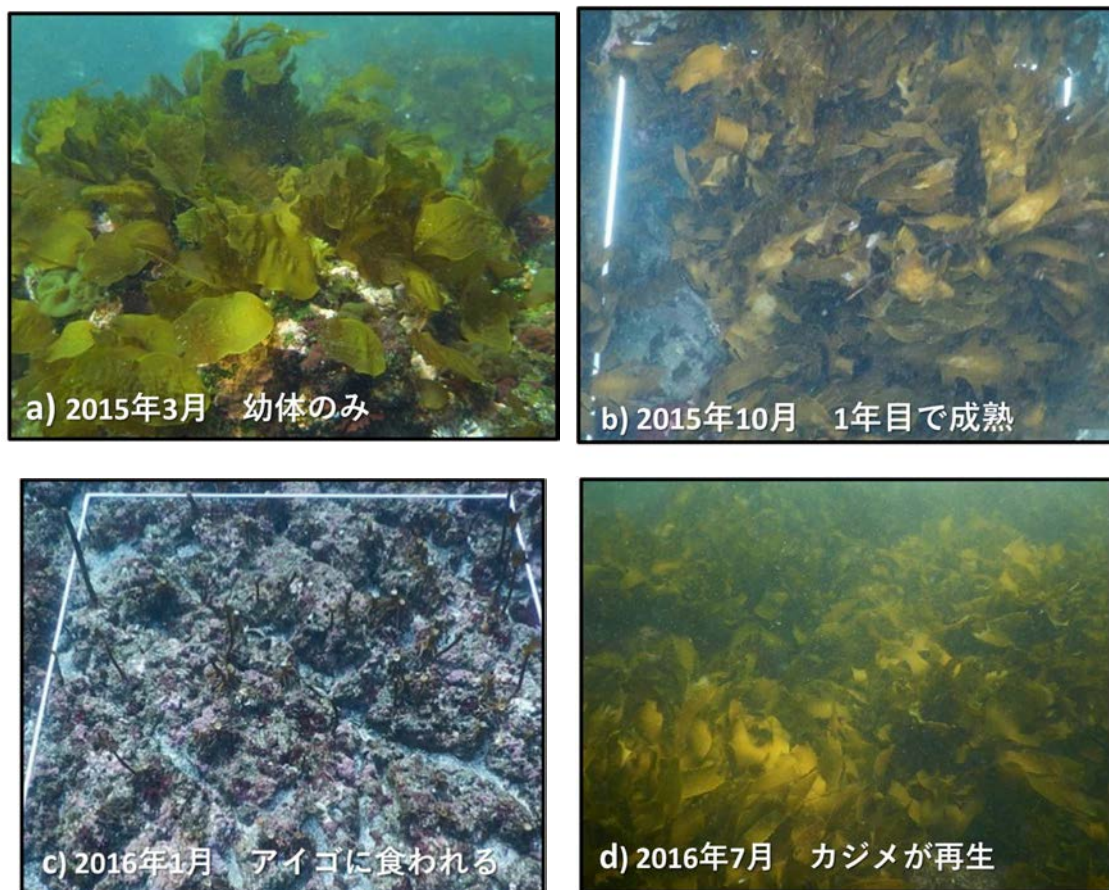


図 3-17 早熟性カジメの消長状況(木下ら, 2023)

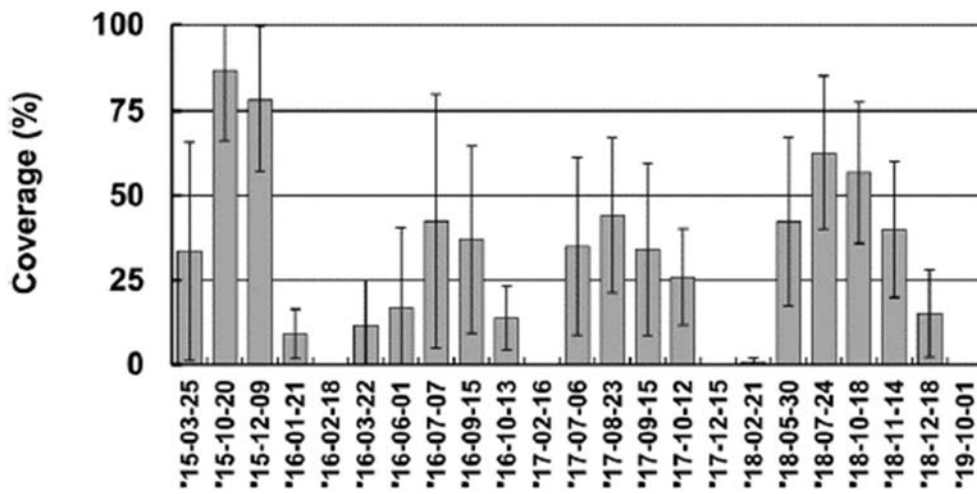


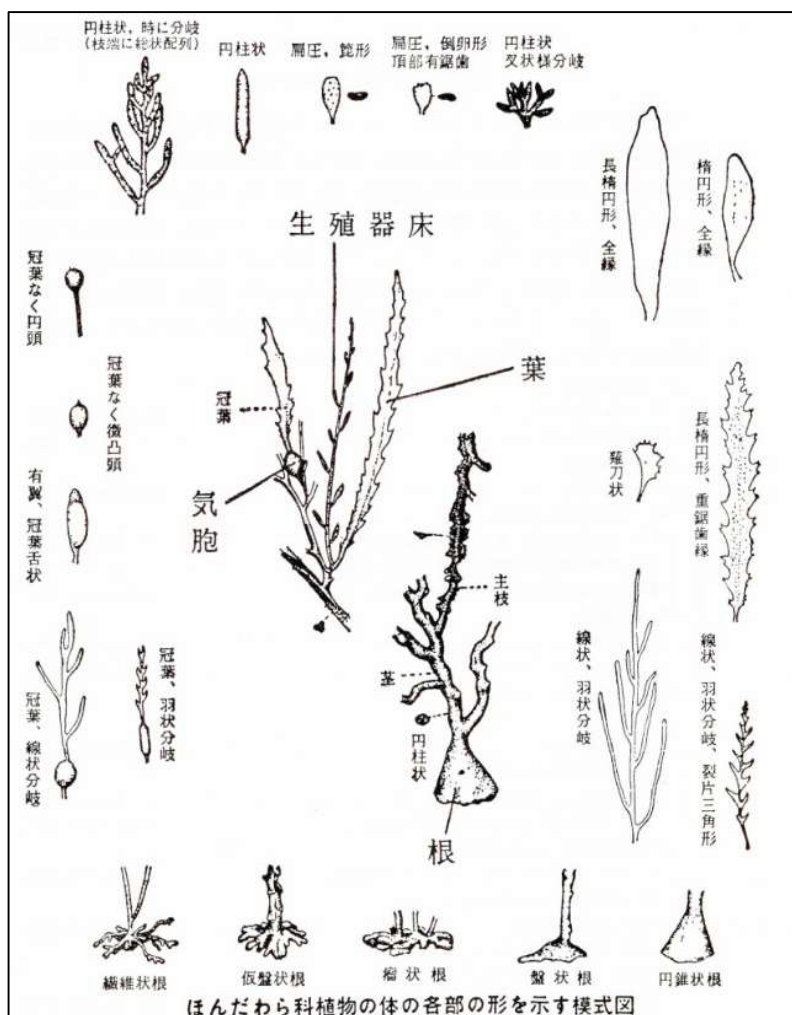
図 3-18 早熟性カジメの経年の消長 (木下ら, 2023)

本事例は海水温の上昇自体への対応に主眼を置く「海水温上昇に対応できる海藻を用いる方法」と異なり、植食性魚類の食圧に順応した藻場保全の可能性を示唆している。

参考資料

(1) ホンダワラ類の同定

大型海藻藻場を主な構成種であるホンダワラ類の形態を下図に示した。日本産のホンダワラ類は約 60 種類が知られており、気胞（浮き）や根（付着器）や葉などから複雑に分類されている。気胞が玉状か、冠葉の有無、茎に棘の有無など千差万別、多種多様である。海藻の研究者でも種類（名前）を決めるのに悩むことがある。しかし、実際に海底に生えているところを見れば、種類を見分けることは可能である。とある地先に生えているホンダワラ類はせいぜい 10 種程度であることが多い。例えば、波打ち際のヒジキと深場のノコギリモクの区別は容易である。漁場生産力・水産多面的機能強化対策支援委託事業における各県の地域協議会に相談すれば、水産試験場の藻場の担当者や多面的のサポート専門家派遣が可能となる。サポート専門家と一緒に磯に潜り、生えている場所や色の違いを教えてください。一度名前を覚えてしまえば、ホンダワラ類を種類毎に記録（モニタリング）することができる。今後の海水温上昇に伴って、藻場の構成海藻種はホンダワラ類が増しその種類も変わる傾向になると考えられる。そのような藻場の変化を「きちんと」把握して、計画・対策に組込むことが重要となる。



出典 | 瀬川(1956) : 原色日本海藻図鑑


(2) 海水温上昇の条件下でも増加傾向にある大型海藻

漁場生産力・水産多面的機能強化対策支援委託事業の定期モニタリングの結果によれば、藻場の主な構成種の交代が九州西岸域の各地で起きている。ホンダワラ類の従来種（例えばマメタワラ、ヤツマタモク）が減少して、南方系ホンダワラ類のキレバモクなどが優占する藻場が増えている。本事業で明らかとなったように、キレバモクは生育上限温度が 32℃と高く、今夏のように海水温が 30℃に達する環境でも生き残ることができる。また、成熟期は初夏以降であり、植食性魚類の食圧が高まる前に次世代（幼胚）を拡散するため個体数が増加していることも一因と考えられる。南方系ホンダワラ類の分布の中心は鹿児島県以南であるが、海水温上昇に伴い北上傾向が知られており、現在、対馬にも生育することが知られている。


その他の南方系ホンダワラ類としてマジリモク、ヒイラギモク（旧フタエモク）、ツクシモクおよびコナフキモクの 4 種類の生態を次表に示した。いずれの種類も特徴的な形態をしており、見慣れないホンダワラ類があった場合は判別の参考とされたい。なお、南方系ホンダワラ類は在来種と比べて大量の卵（幼胚）を拡散することが知られている。そのため他の種類と比べて生残も高まる傾向がある。

アントクメはカジメの仲間であり、コンブ科海藻の中で最も南に分布している。九州西岸の長崎県では分布域が北上しており、現在、対馬沿岸において生育が確認されている。葉は植食性魚類の食害を受けやすいが、子嚢斑が付着器にも形成されるため、食害により葉状部を喪失しても、12 月頃まで遊走子を放出できる。最近知られてきた早熟性カジメ類とは逆に、生長が遅れてスタートするため、植食性魚類の食害を免れて、翌年以降も群落を維持している。五島市の崎山地区では、魚の進入を防ぐ仕切り網の外側に濃密なアントクメ場が形成された事例がある。このことは植食性魚類の食圧が高い海域においても、アントクメによる藻場再生の可能性を示している。


一方、日本各地に生育している従来種であるマメタワラ、ヤツマタモクおよびトゲモクも植食性魚類の食圧に対応できる可能性がある。いずれも付着器は盤状であり、そこから短い茎が伸びて、その先端に主枝の生長点が多数形成される。魚の食害を受けても、残った生長点から主枝が再び伸長して、翌春には繁茂・成熟する。高水温と魚の食害により藻場が衰退している海域では、藻場保全・造成の有力な選択枝となる。


和名	キレバモク			
学名	<i>Sargassum alternato-pinnatum</i>			
生物学 的特 徴	分布	沖縄県、九州、四国、紀伊半島		
	大きさ	1~1.5m		
生物学 的特 徴	その他	付着器は滑らかな盤状(φ8~15 mm)。気胞は球形(φ3~7 mm)。葉は細長く二又するものが多い。主枝に細かい棘がある。潮間帯下部から水深 5m に生育。夏(6~8月)に成熟。放出卵数が多い。成熟した枝は全て枯死脱落し、翌春には新しい主枝が付着器から伸長。生育上限温度は 32℃。		


写真提供：西日本オーシャンリサーチ

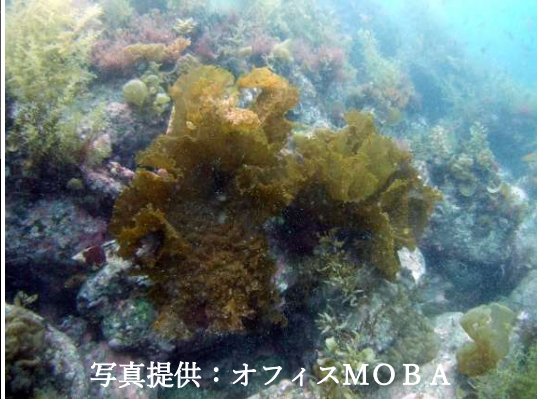
和名	マジリモク			
学名	<i>Sargassum carpophyllum</i>			
生物学 的特 徴	分布	沖縄県、九州、四国、瀬戸内海西部、静岡県		
	大きさ	30~80 cm、深所では 1m 以上		
生物学 的特 徴	その他	付着器は盤状(φ4~6 mm)。気胞は球形(φ2~5 mm)。潮間帯上部から水深 15m の静穏域に生育。夏に成熟。生育上限温度は 32℃。		

写真提供：西日本オーシャンリサーチ

和名	ヒイラギモク (旧称：フタエモク)	
学名	<i>Sargassum ilicifolium</i>	
生物学的特徴	分布	沖縄県、九州西岸、九州南部～房総半島までの太平洋沿岸
	大きさ	20～60 cm、稀に 100 cm超
	その他	付着器は盤状(φ 10～20 mm)。気胞は球形・卵形(φ 3～7 mm)。葉は変化に富み、先が杯状になるものもある。波当たりが強い水深 1～5m の岩礁・サンゴ礁上に生育。5 月～8 月頃に成熟。生育上限温度は不明。
 <p>写真提供：西日本オーシャンリサーチ</p>		

和名	ツクシモク	
学名	<i>Sargassum assimile</i>	
生物学的特徴	分布	沖縄県、九州、高知県、和歌山県
	大きさ	30～50 cm、静穏域では稀に 100cm
	その他	付着器は滑らかな盤状(φ 8～15 mm)。気胞は球形(φ 3～5 mm)。葉は笹葉形、縁辺は強く波打つ。水深 2～5m、岩や転石上に生育。6 月～8 月に成熟。生育上限温度は不明。
 <p>写真提供：西日本オーシャンリサーチ</p>		

和名	コナフキモク		 <p>写真提供：西日本オーシャンリサーチ</p>	
学名	<i>Sargassum glaucescens</i>			
生物学 的特 徴	分布	沖縄県、九州、高知県		
	大きさ	50～80 cm、稀に 1m 超		
その他	付着器は盤状・仮盤状(φ 10～20 mm)。気泡は球形・卵形(φ 5～10 mm)。内湾的な水深 2m 前後に生育。初夏から成熟。乾燥標本に白い粉が現れる。生育上限温度は不明。			

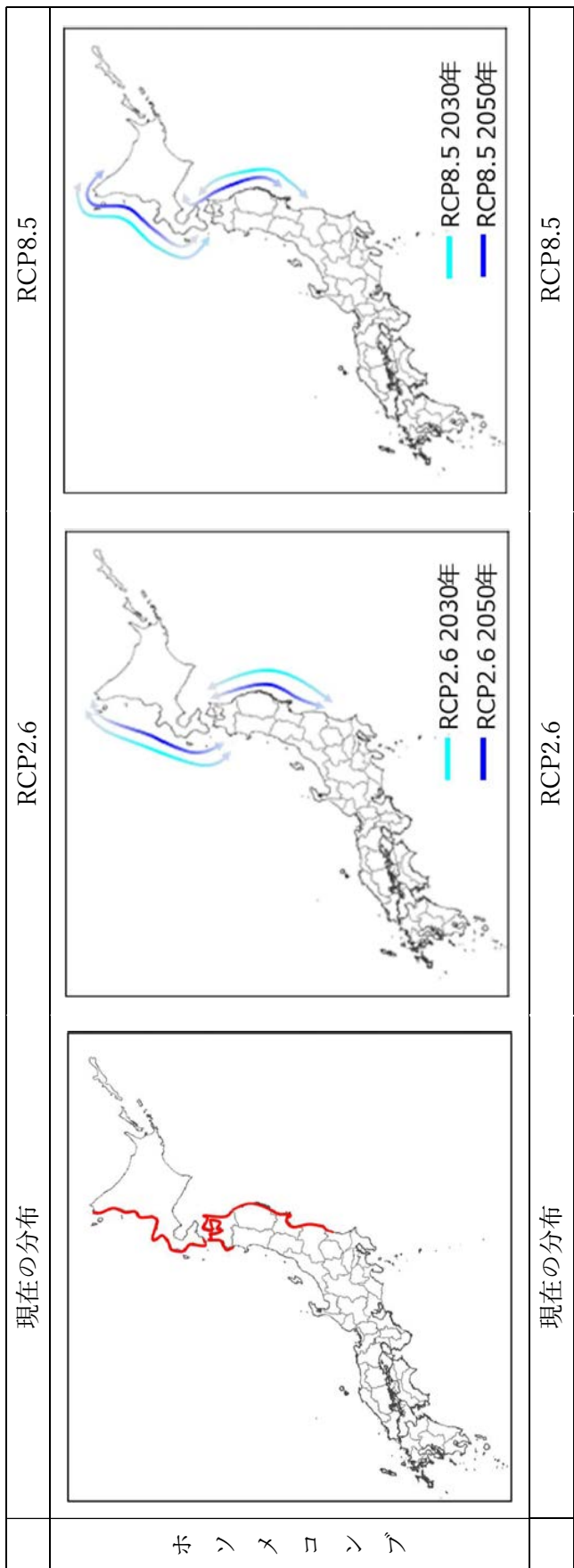
和名	アントクメ		 <p>写真提供：オフィスMOBA</p>	
学名	<i>Ecklonia radicata</i>			
生物学 的特 徴	分布	九州西岸、日本海南部、太平洋沿岸中南部		
	大きさ	20～200 cm		
その他	一年生。潮間帯直下から水深 20m 以深にも生育。葉は 6 月頃に最大となり、9 月頃に流出。根(付着器)は 12 月頃まで残存する。子嚢斑は葉以外に付着器にも形成される。生育上限温度は不明			

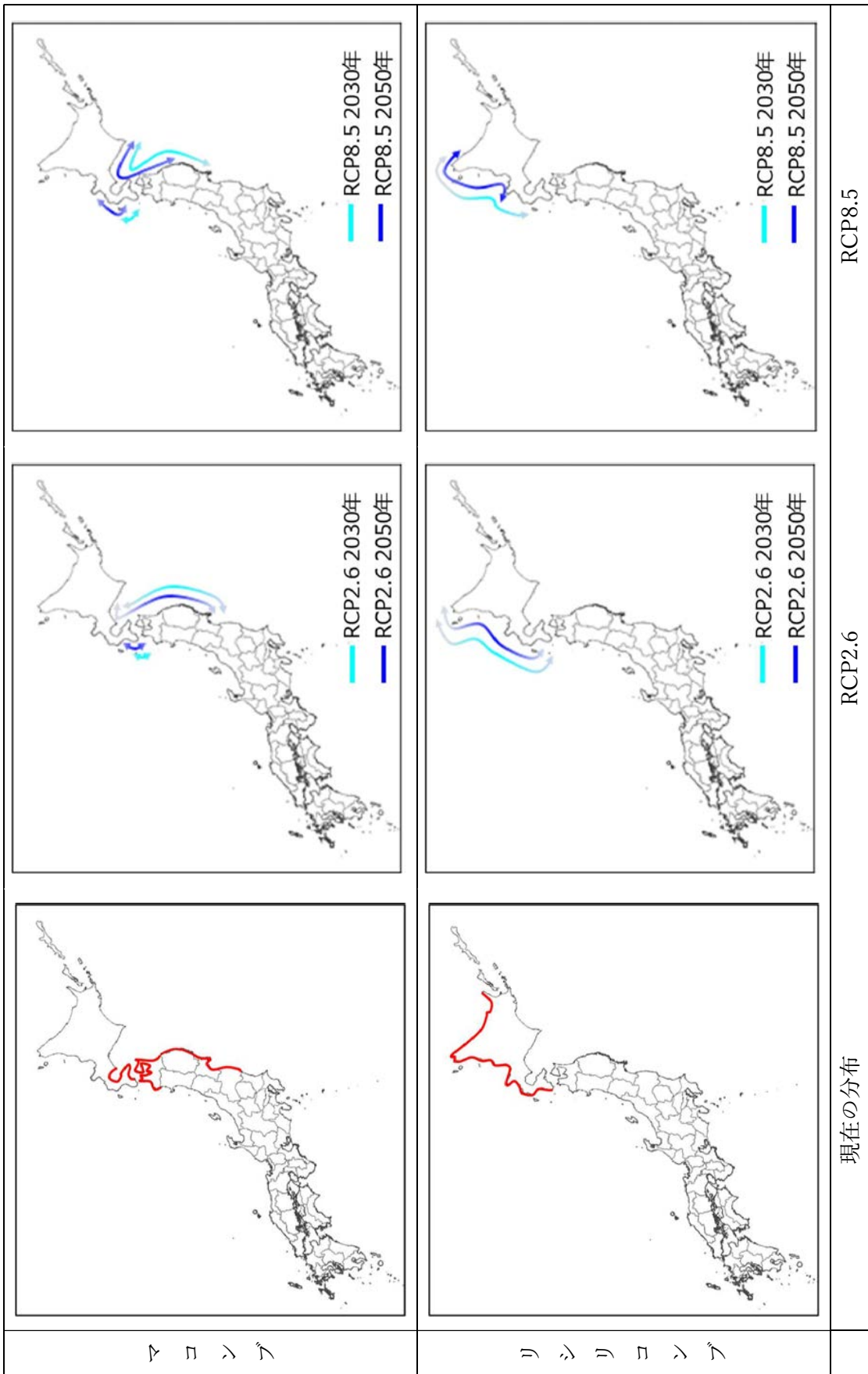
(3) 将来的な分布予測

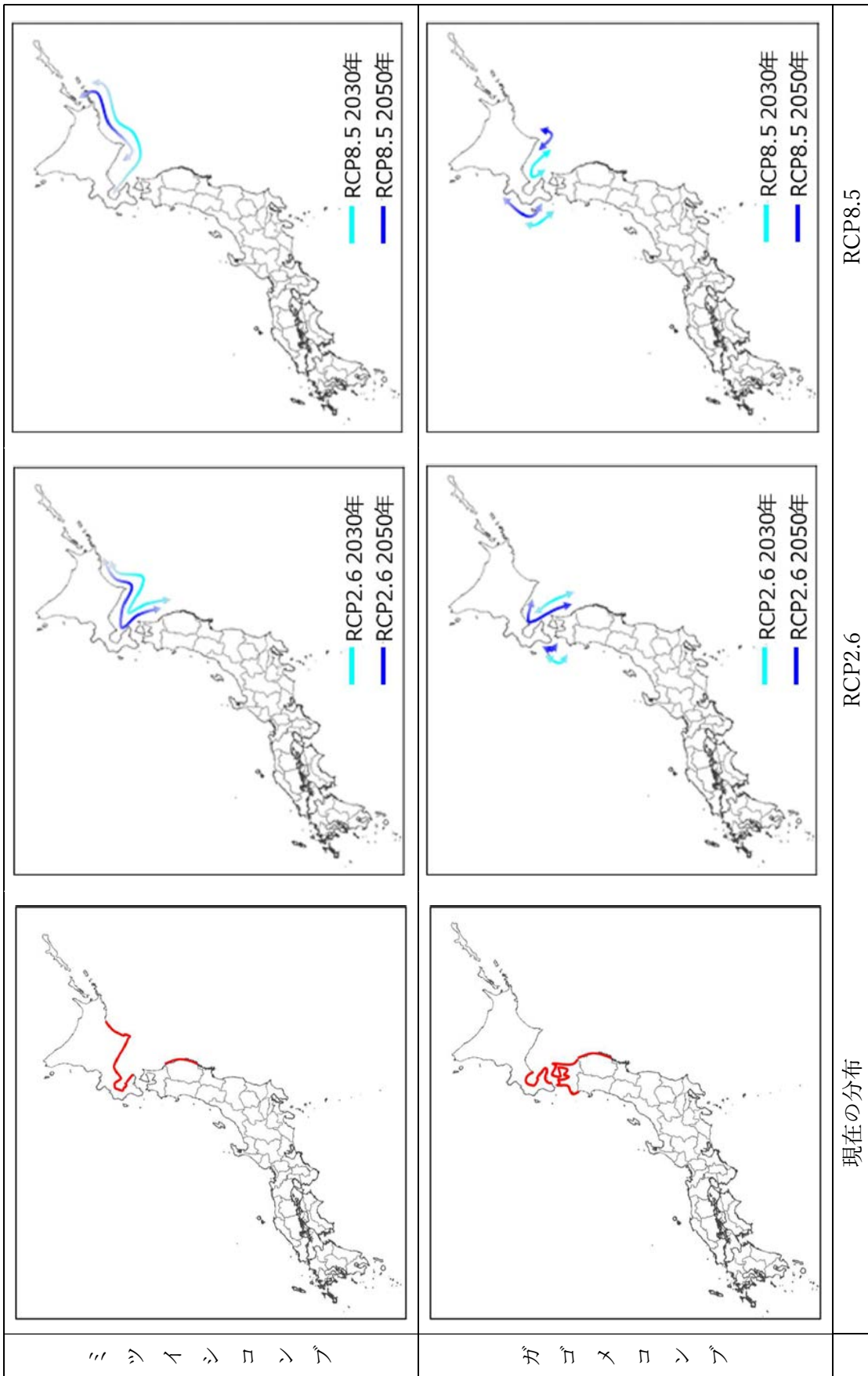
第一章に記載の方法で予測した、藻場構成種と植食性魚類についての将来的なハビタットマップを下に紹介する。各海藻種の現在の分布を左図（赤線）で示し、RCP2.6（2°C上昇シナリオ）とRCP8.5（4°C上昇シナリオ）の両シナリオにおける10年後（2030年）と30年後（2050年）の分布予測結果を示した。なお、2030年と2050年の海水温は2100年時点の予測上昇水温まで直線的に上昇する仮定して決定しており、海水温以外の要素や局所的な環境等を考慮していない点に留意が必要である。

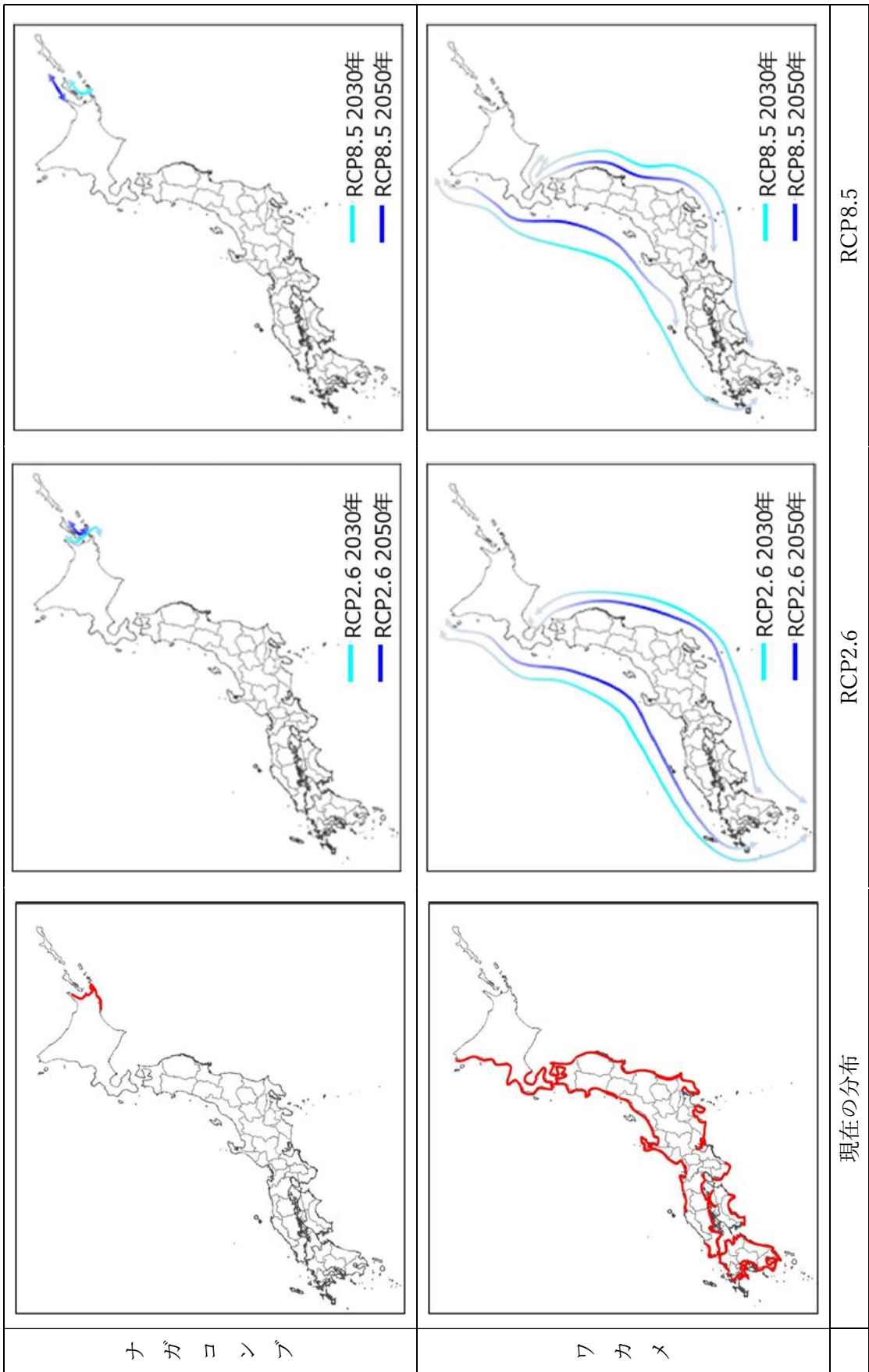
なお、カジメ類（カジメ、クロメ、ツルアラメ）の分類においては、日本海側の青森から九州に分布するものをツルアラメ、房総半島から紀伊半島に分布するものをカジメ、太平洋側の四国九州に分布するものをクロメとした（Akita *et al.* 2020）。また、近年の研究では、ホンメコンブ、マコンブ、リシリコンブは1種に統一すべきとされている（Akita *et al.* 2025）。

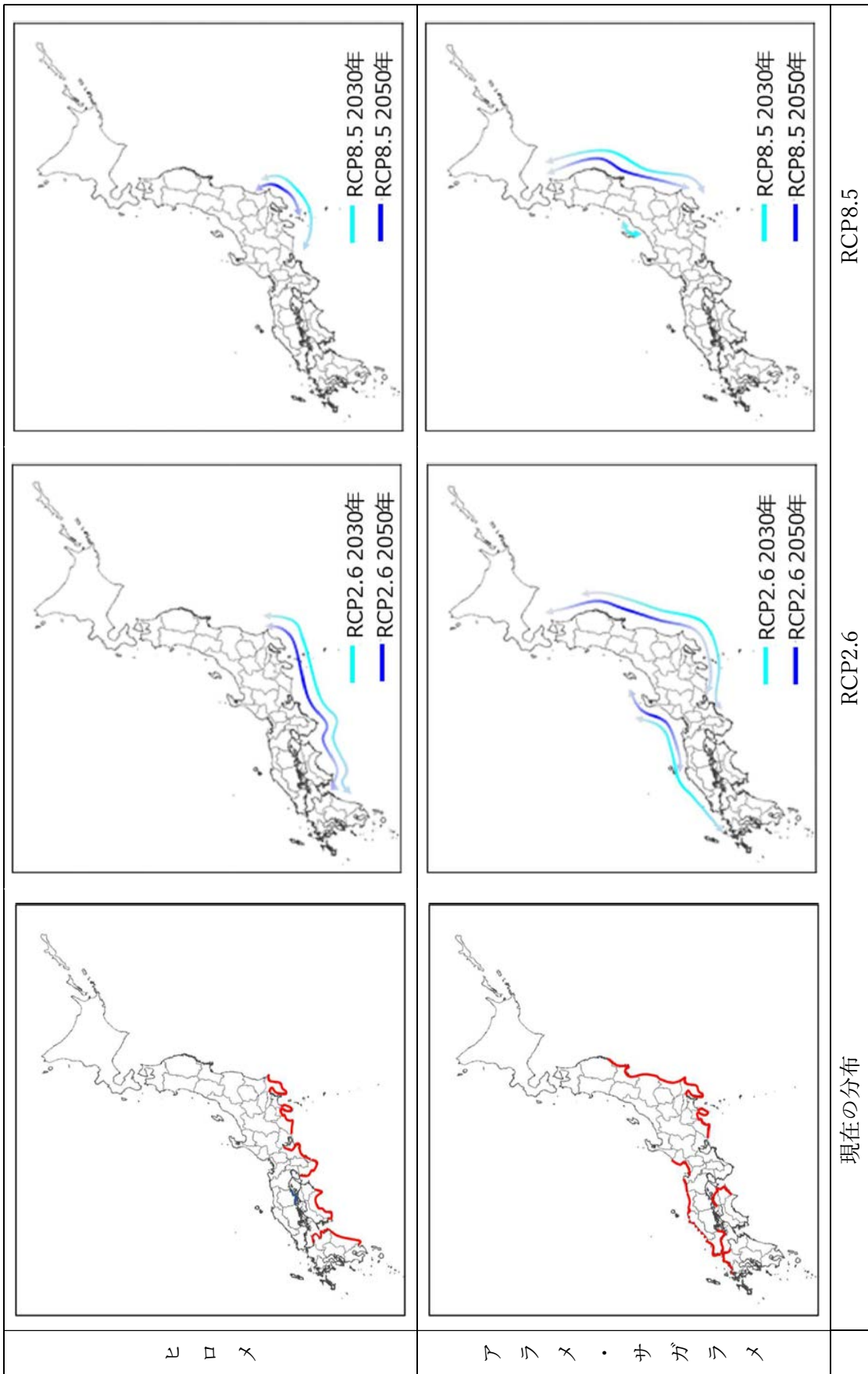
また、植食性魚類においては現在の分布を把握する際に、季節的な分布か周年分布かを考慮していないため、北日本においては過大な評価となっている可能性があり、参考扱いとしている。

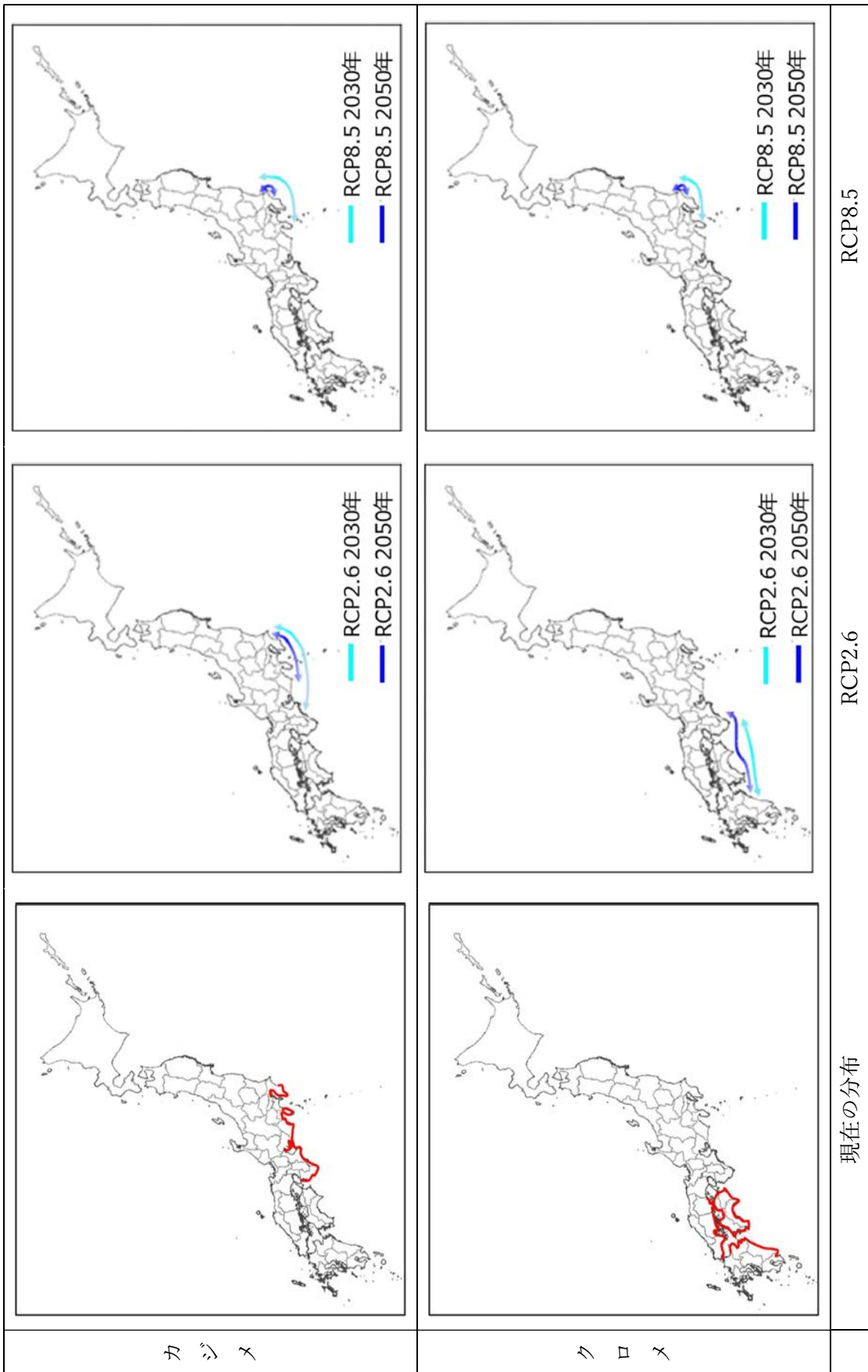


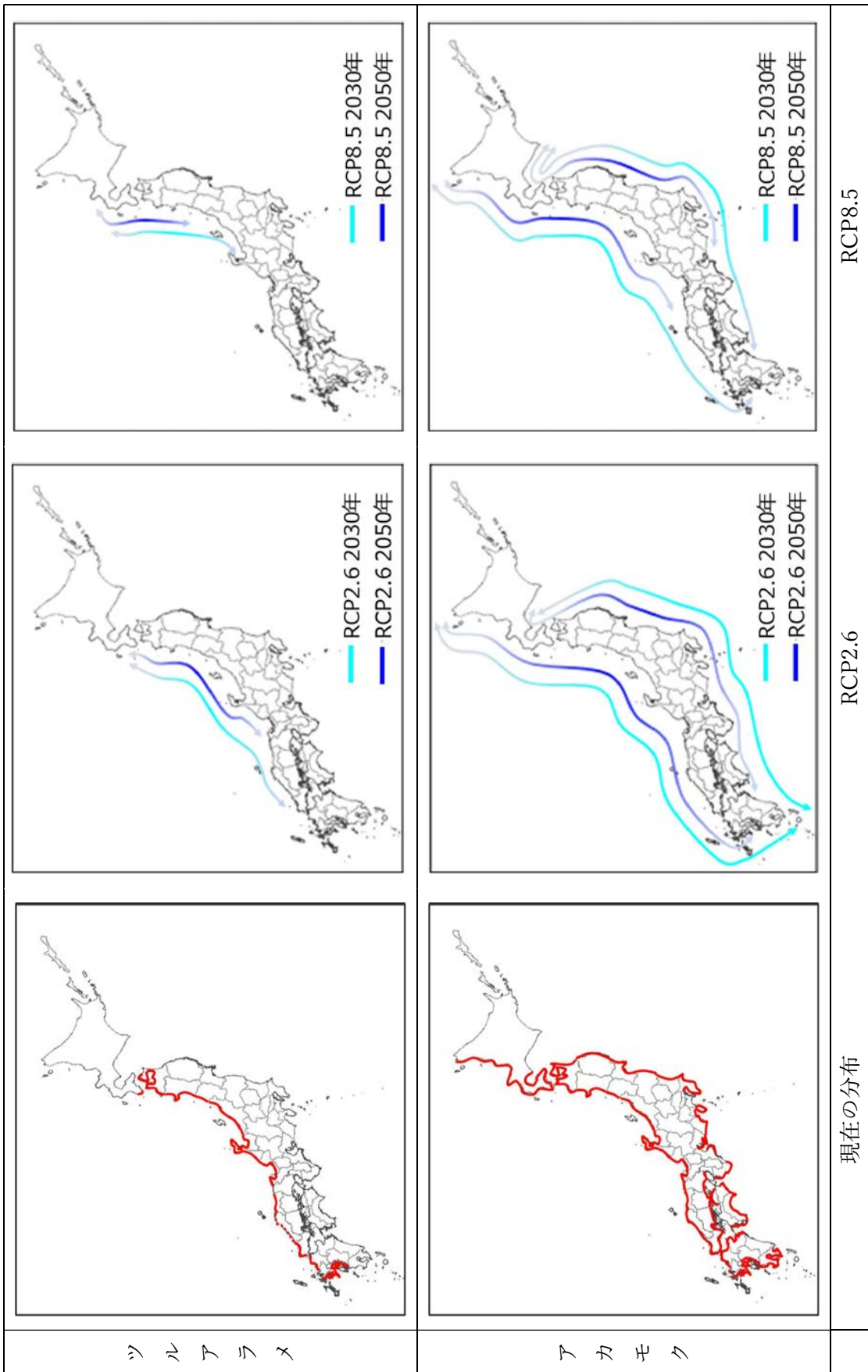


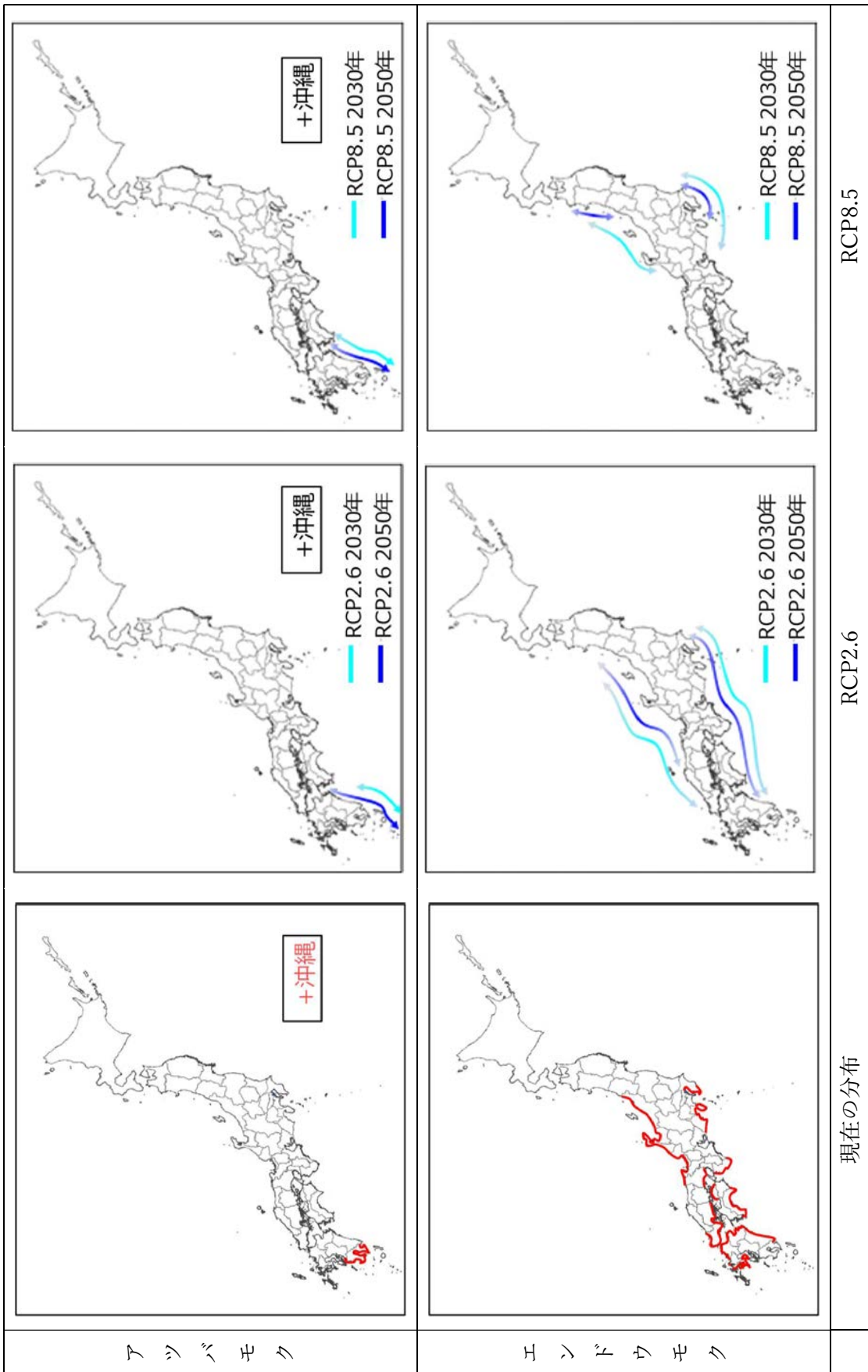


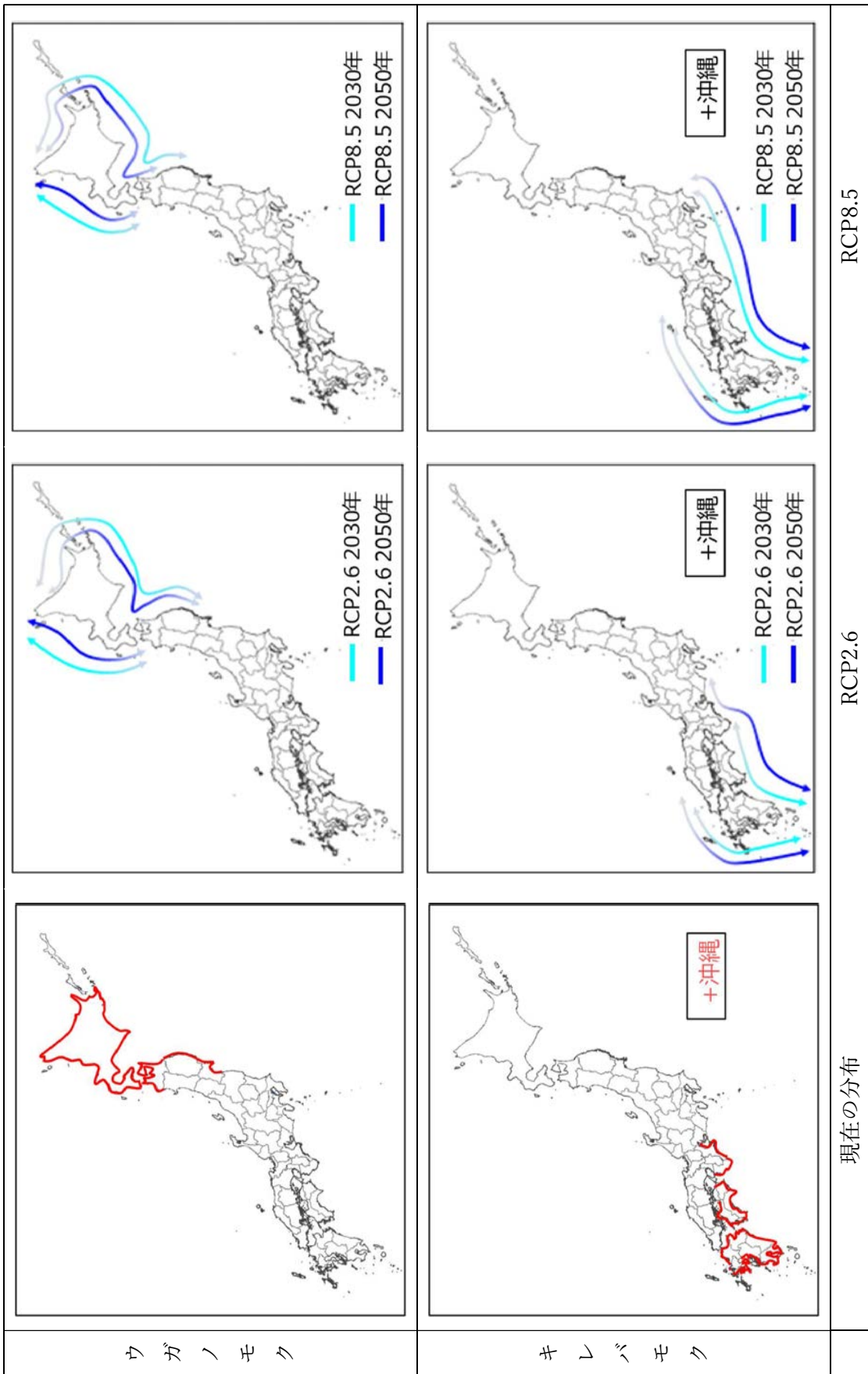


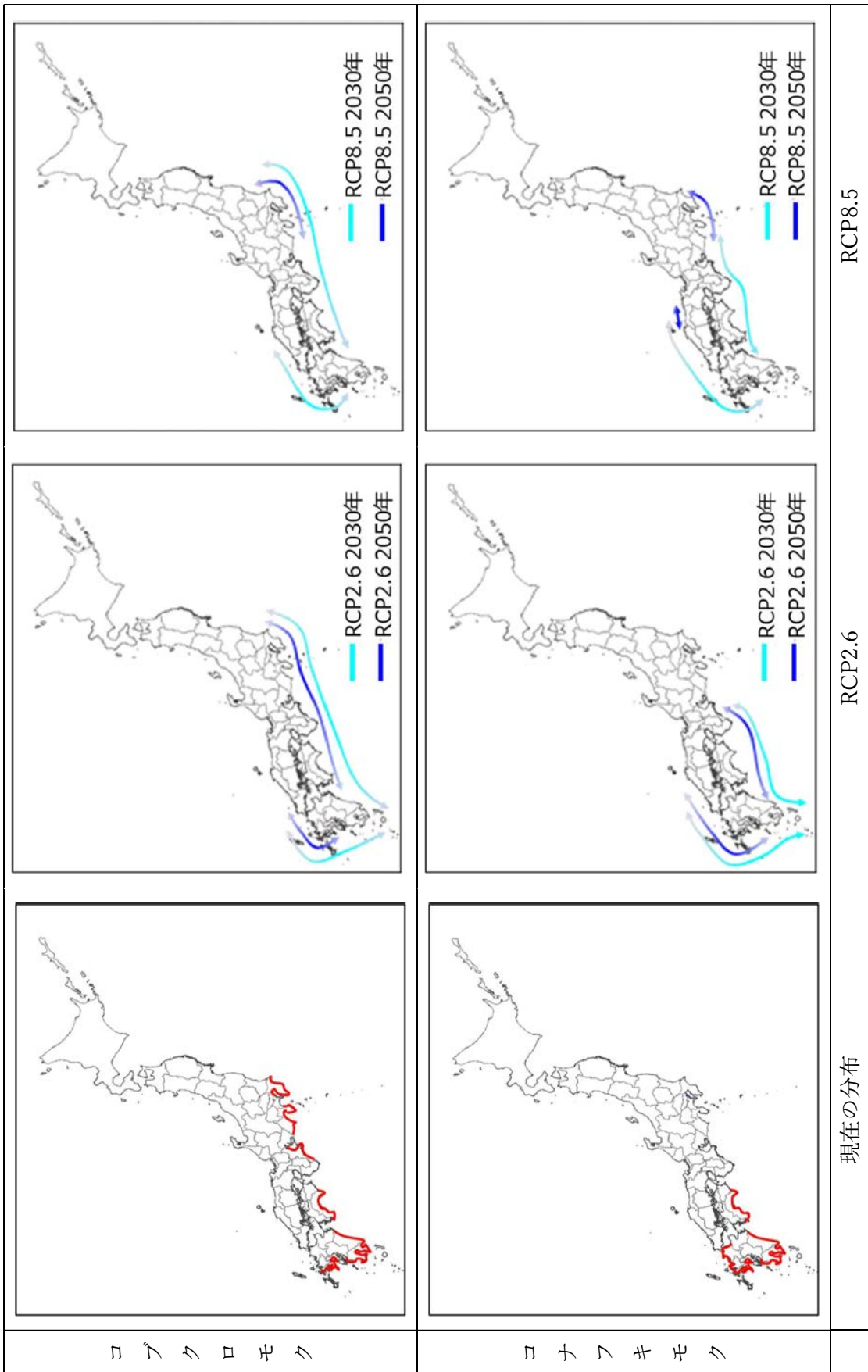


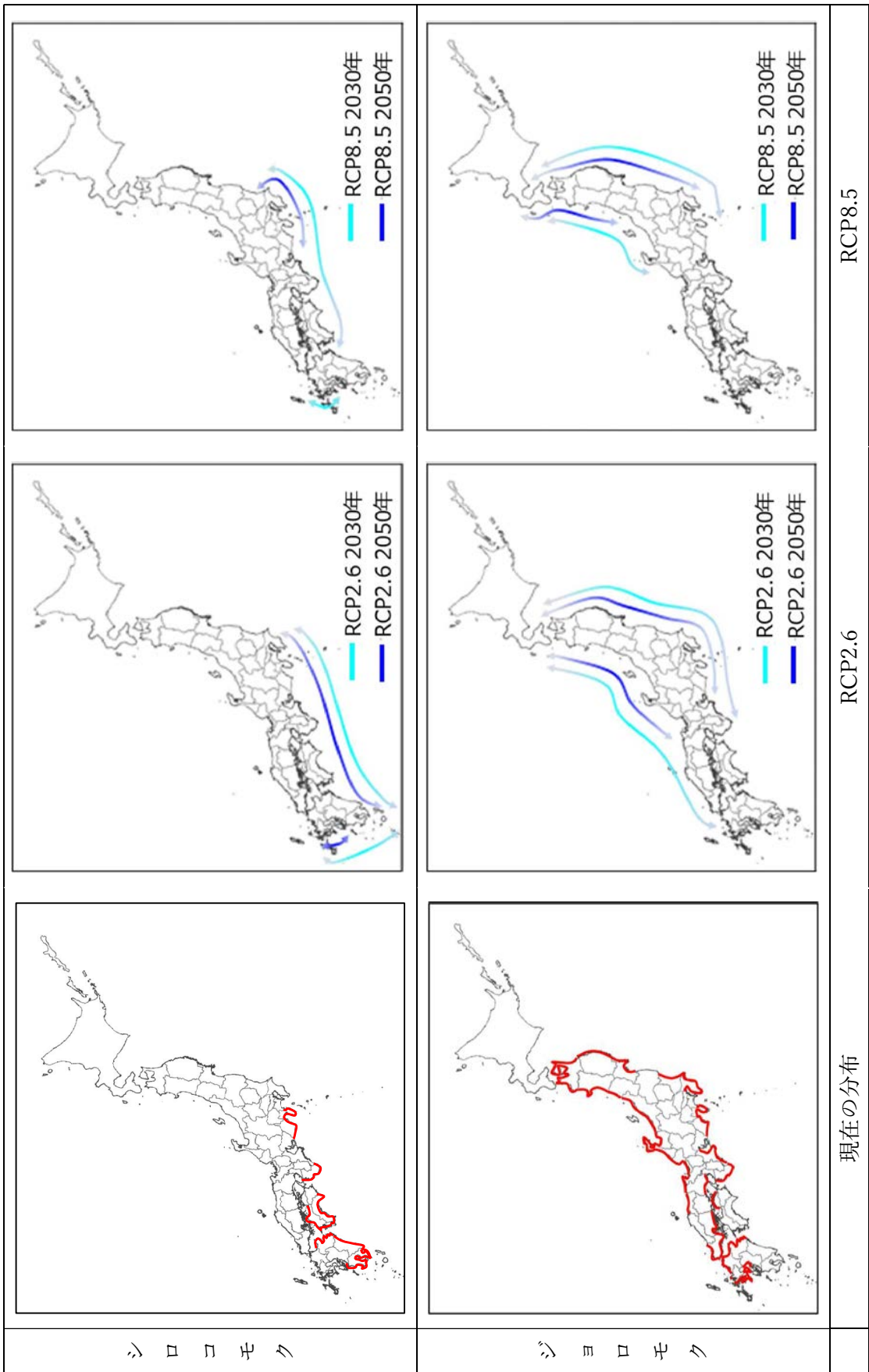


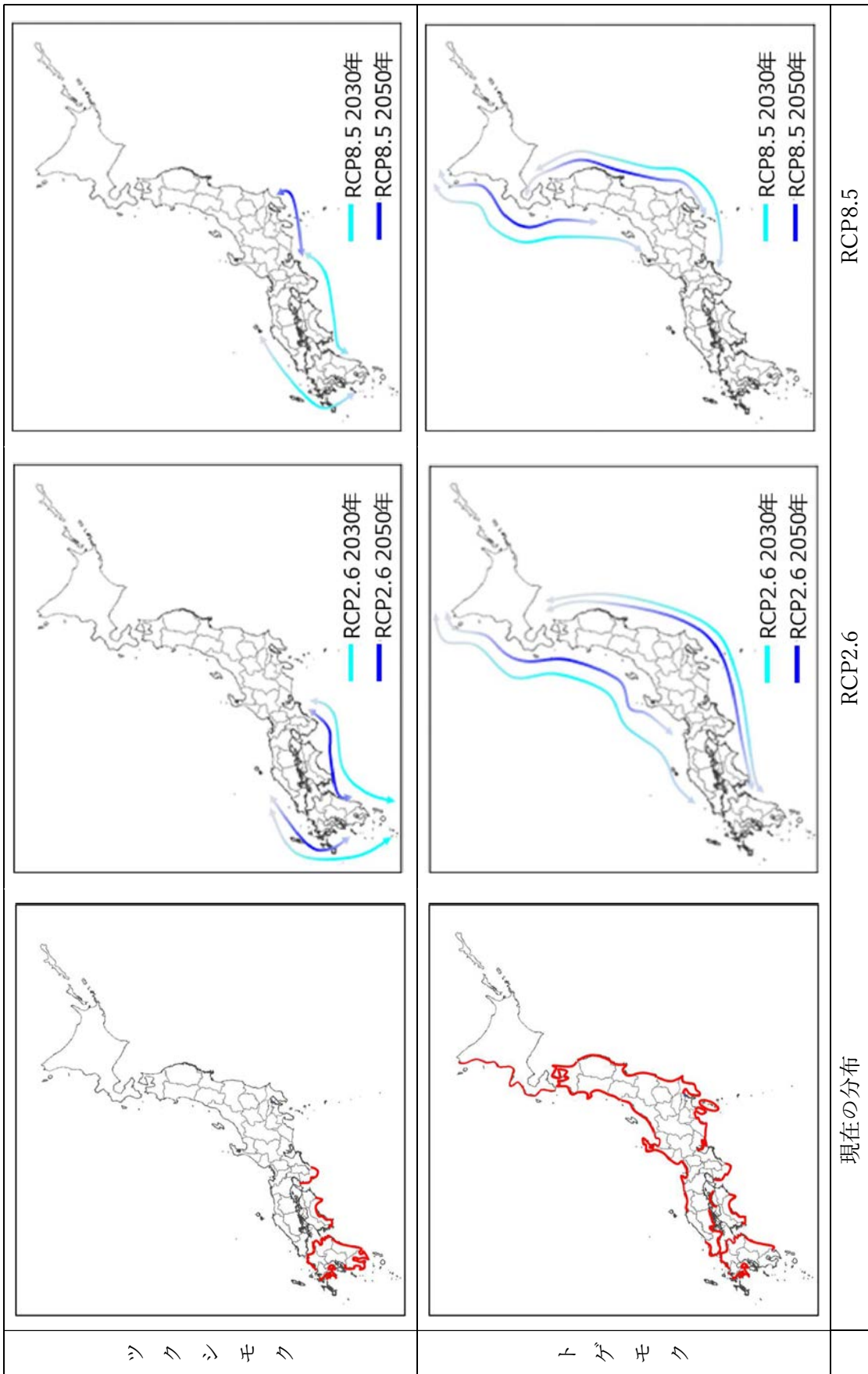


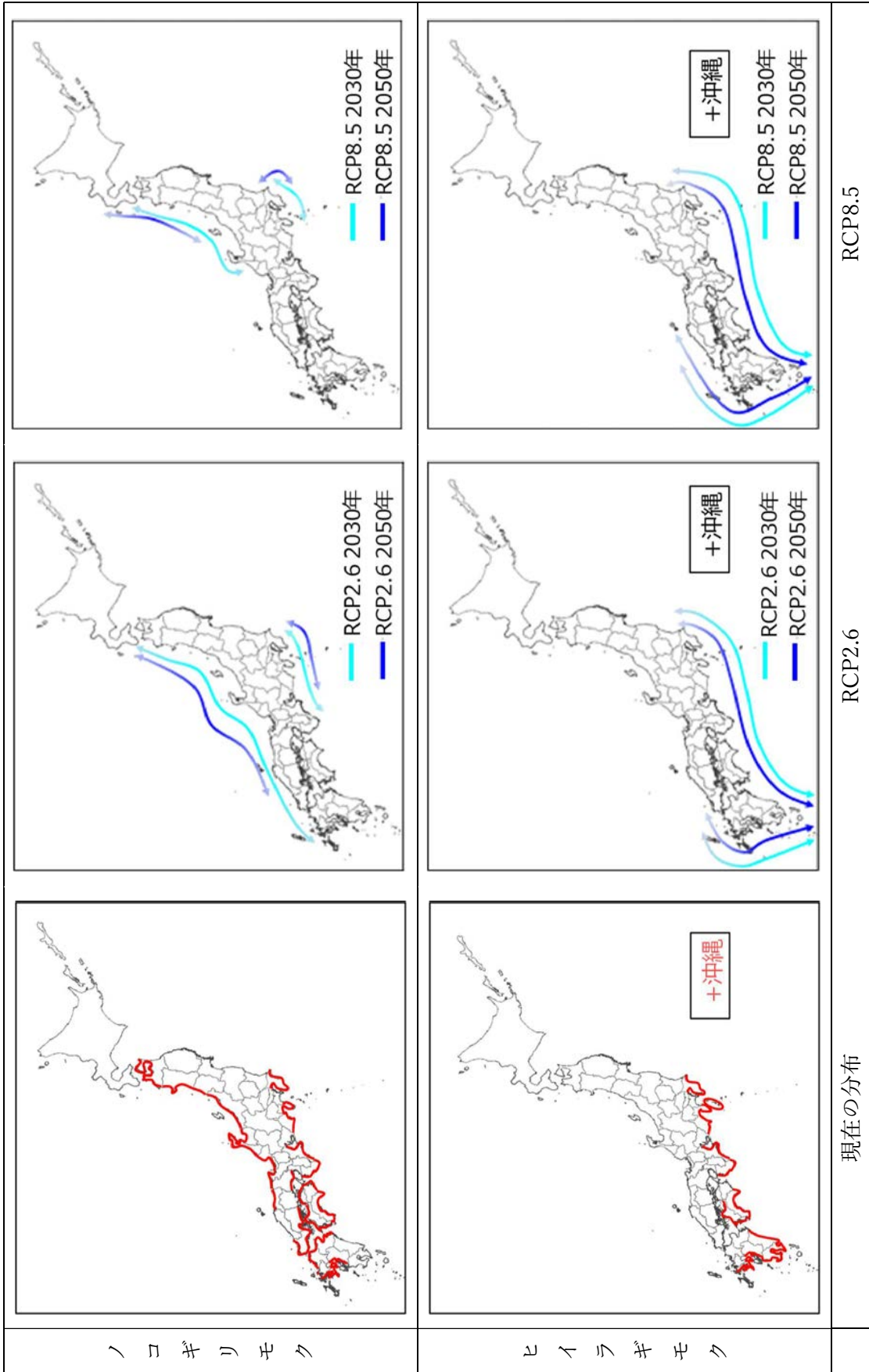


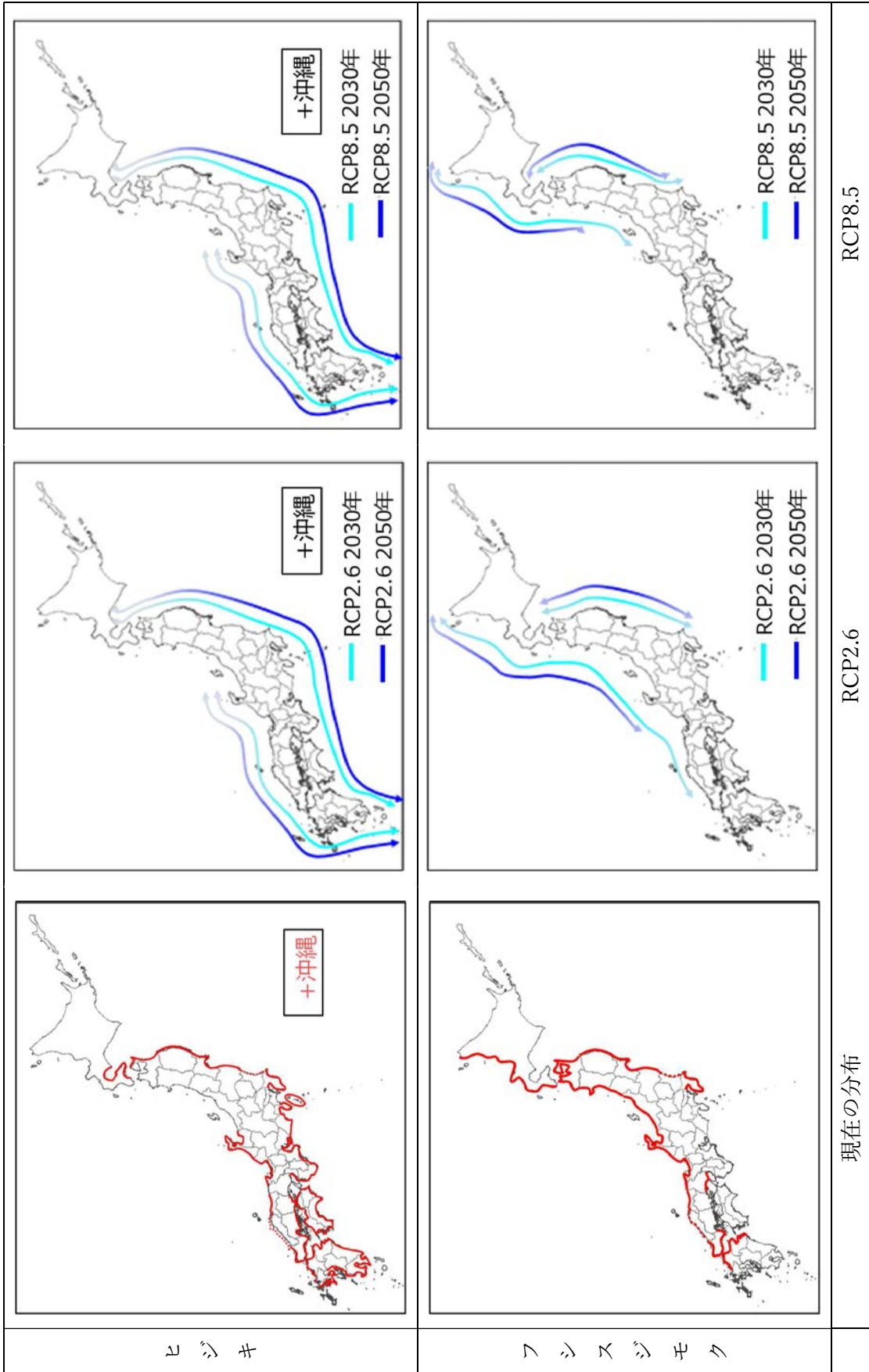


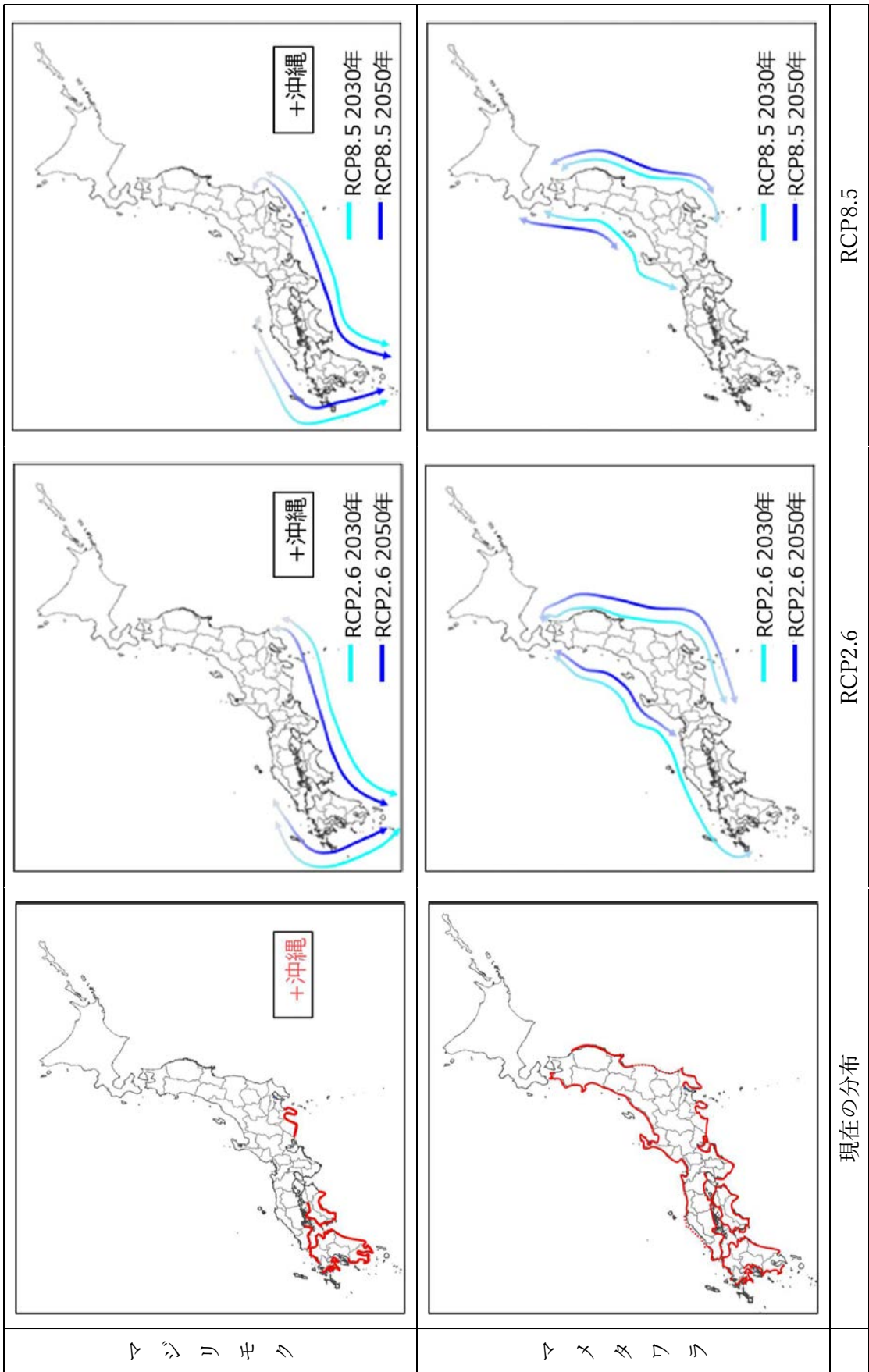


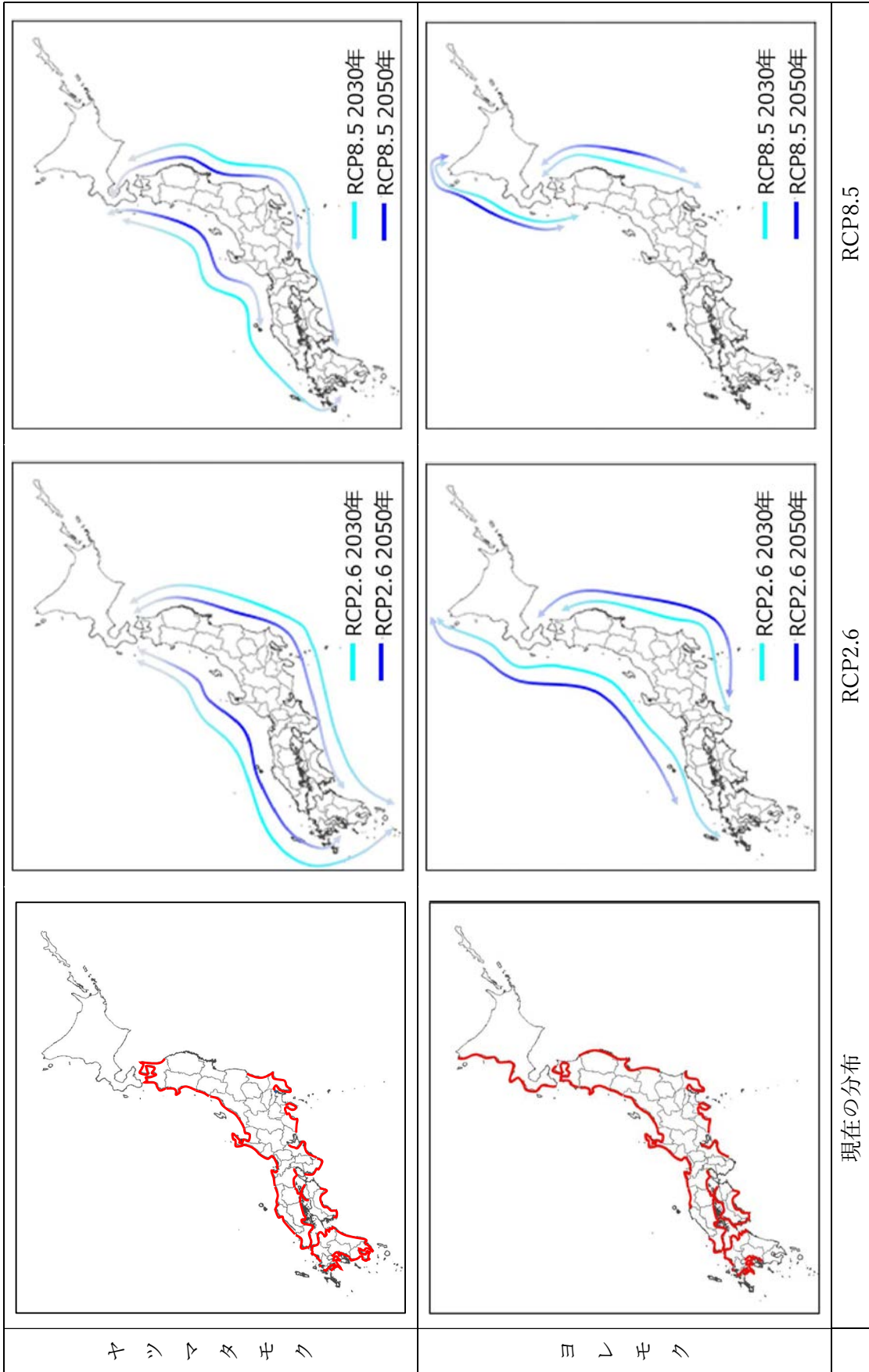


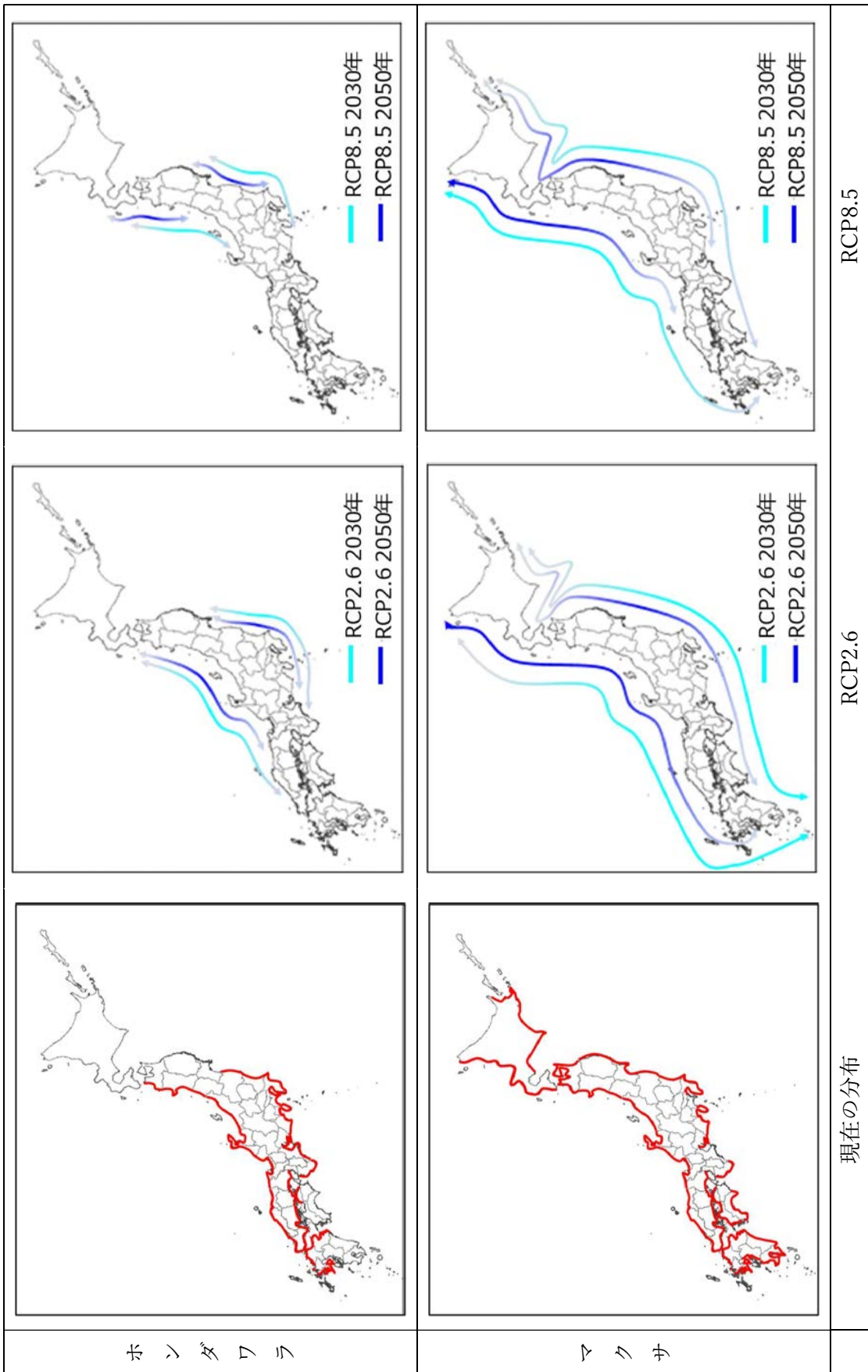


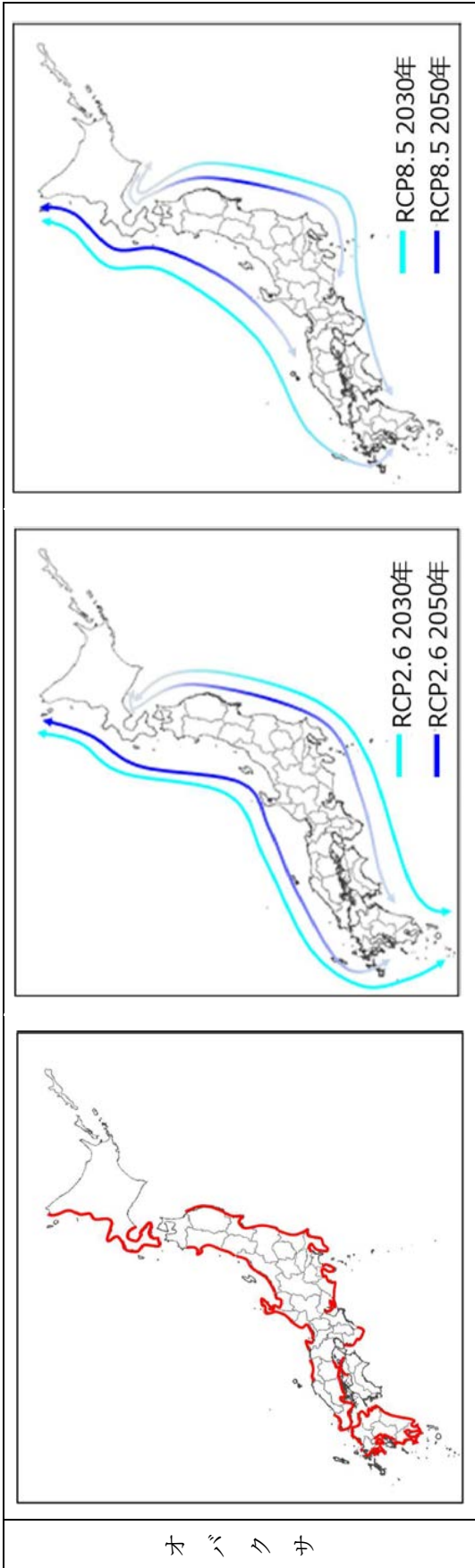


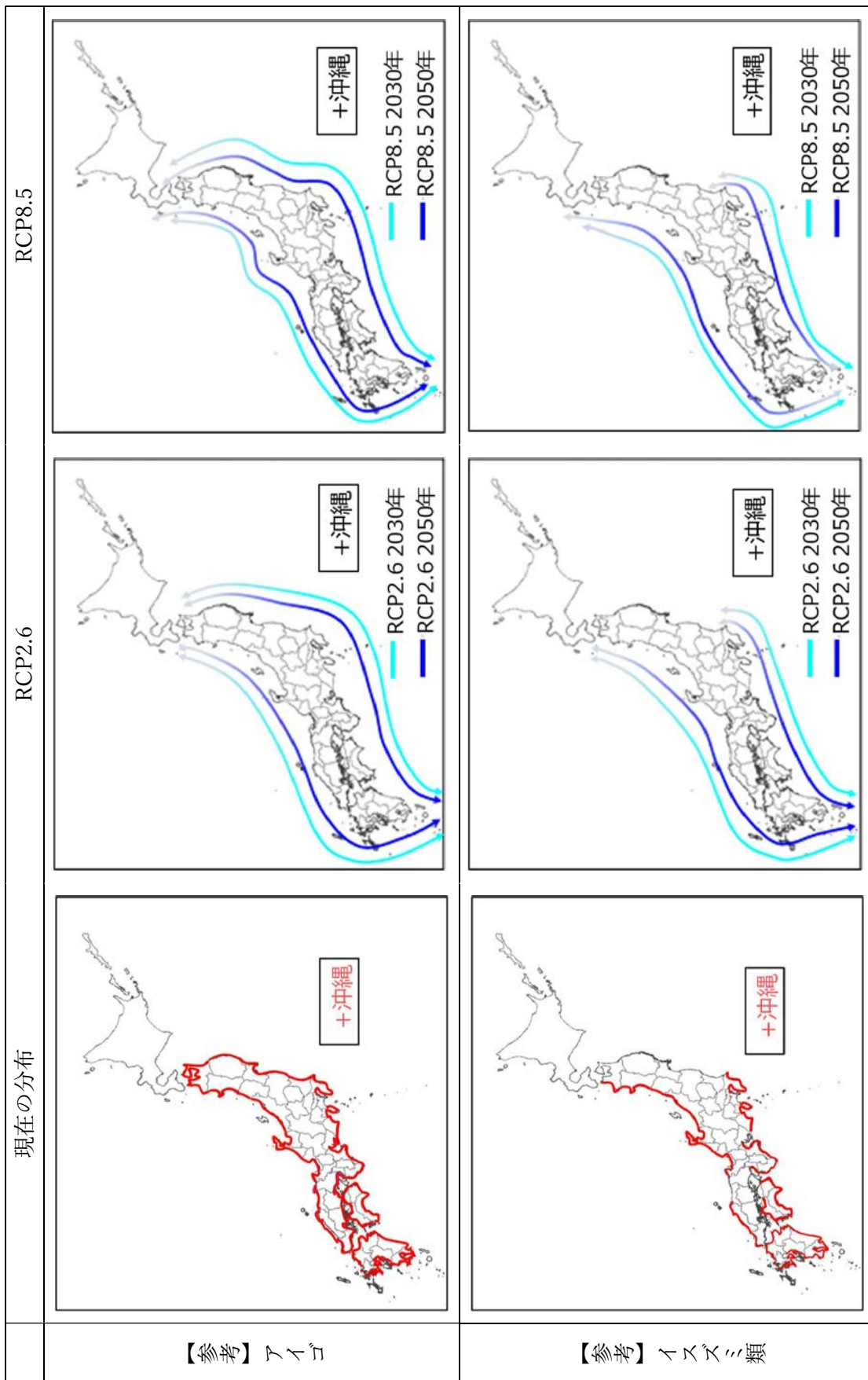


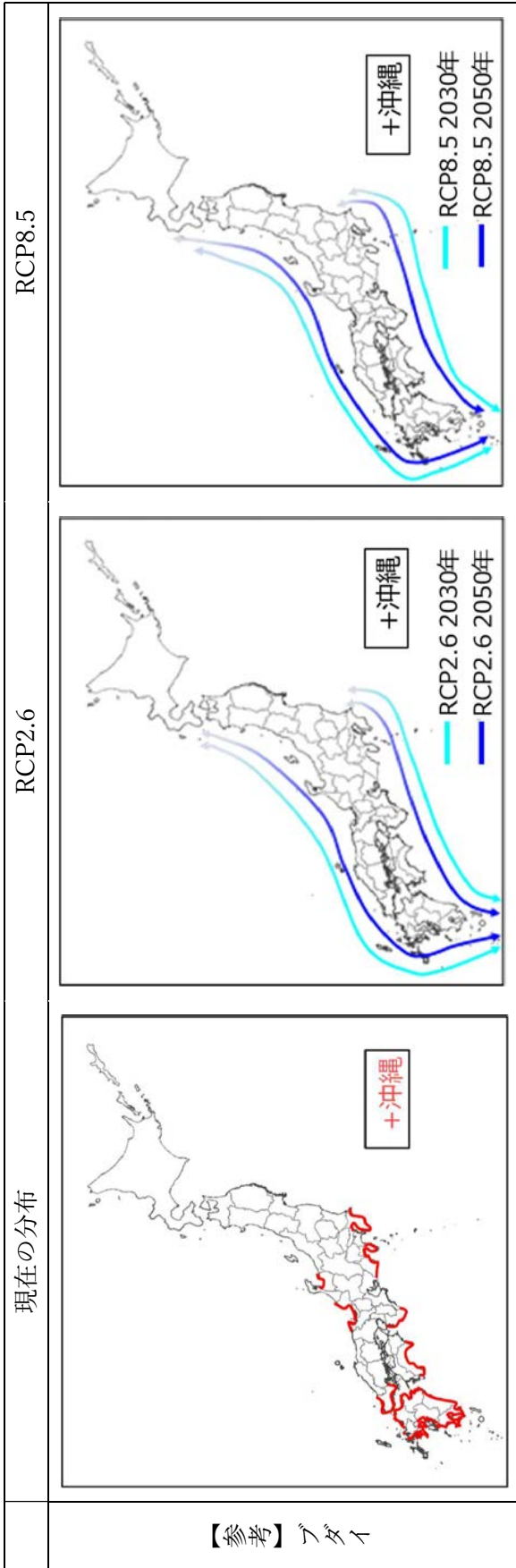




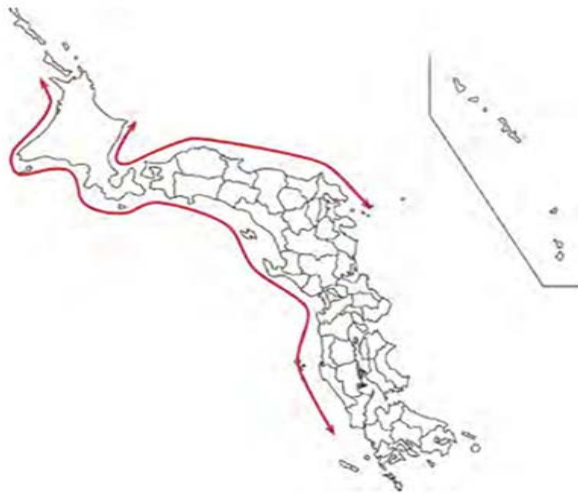








(4) 代表的なウニの分布



キタムラサキウニ



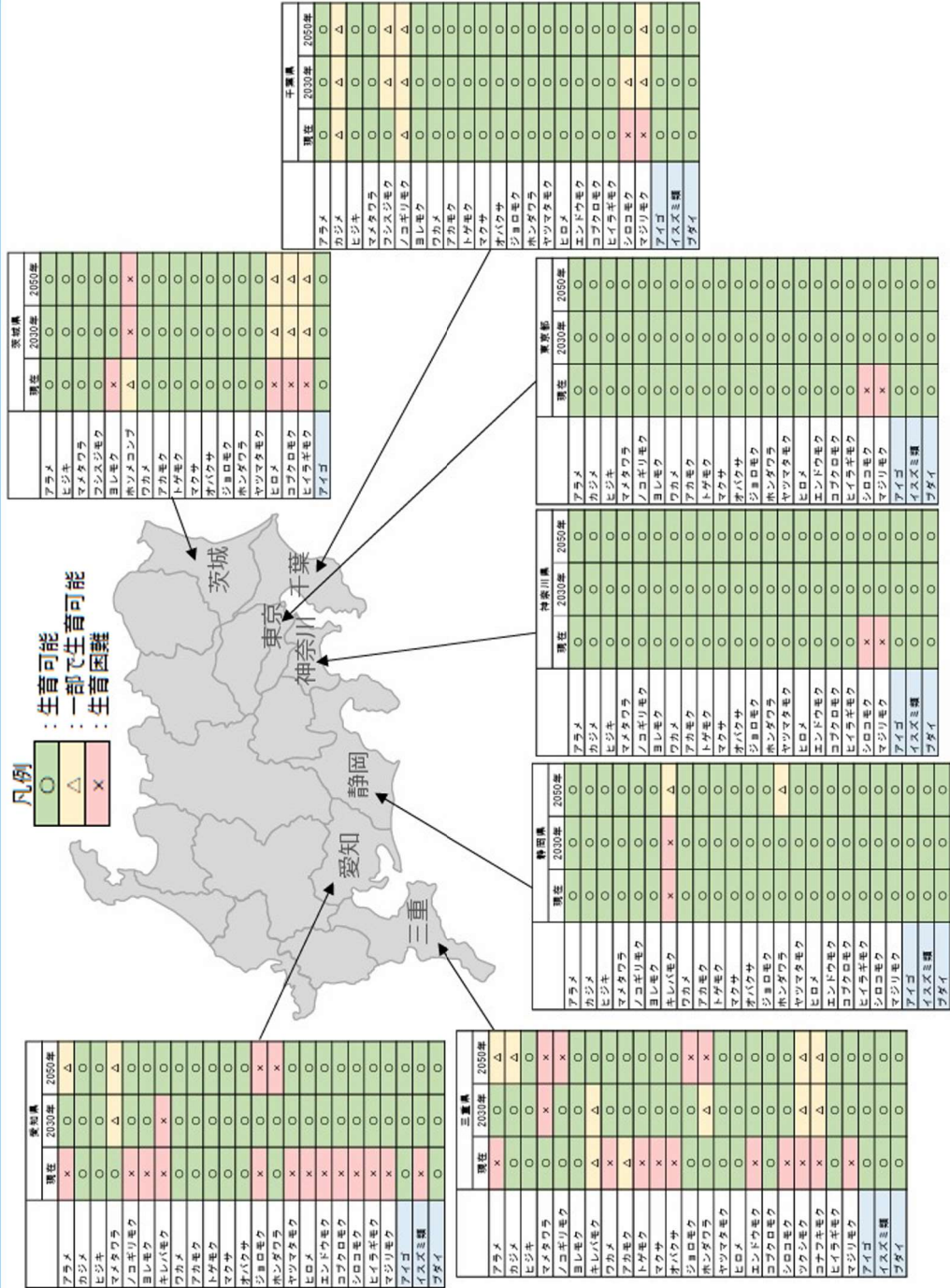
ムラサキウニ



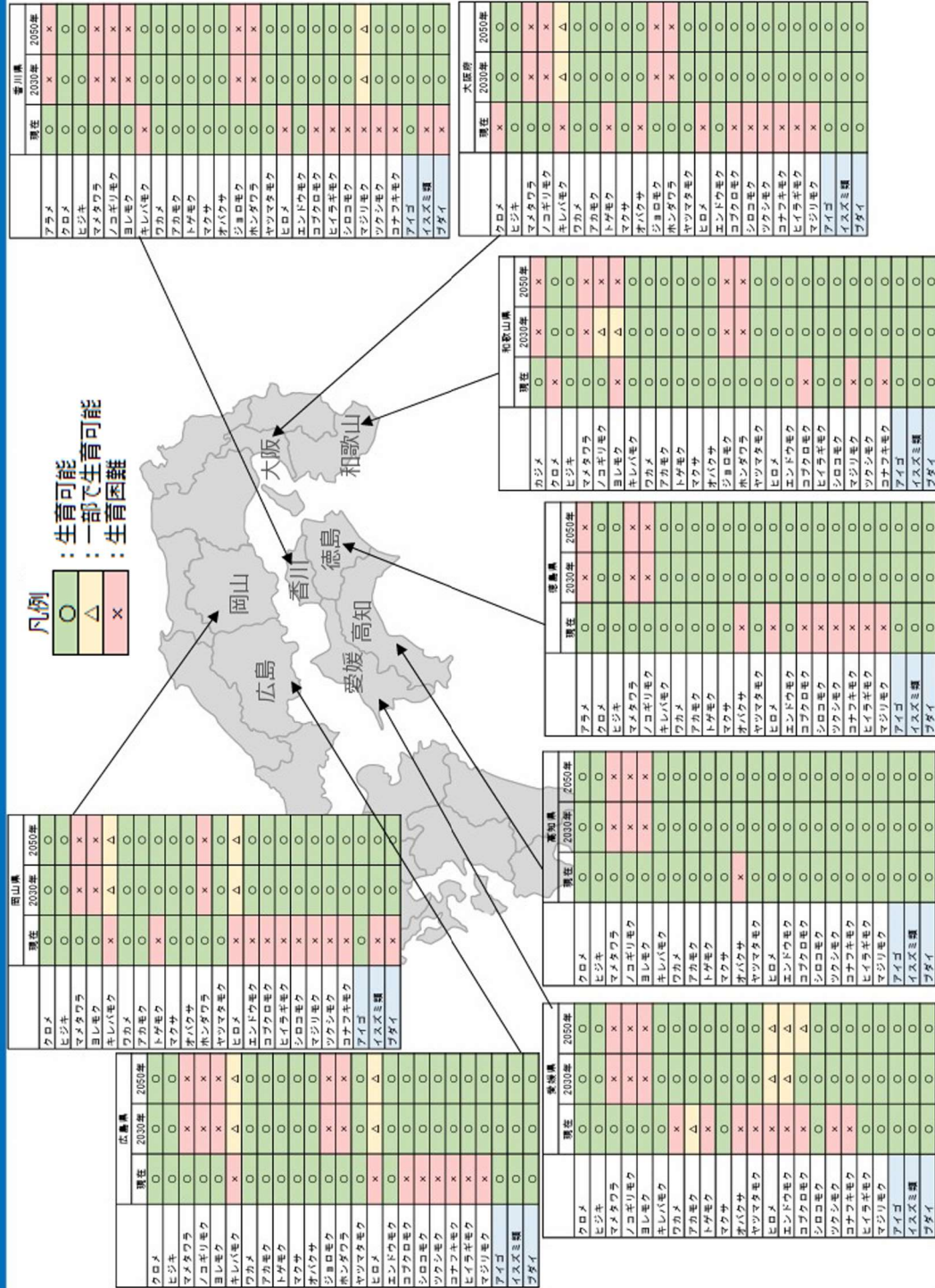
ガンガゼ

出典；第3版磯焼け対策ガイドライン

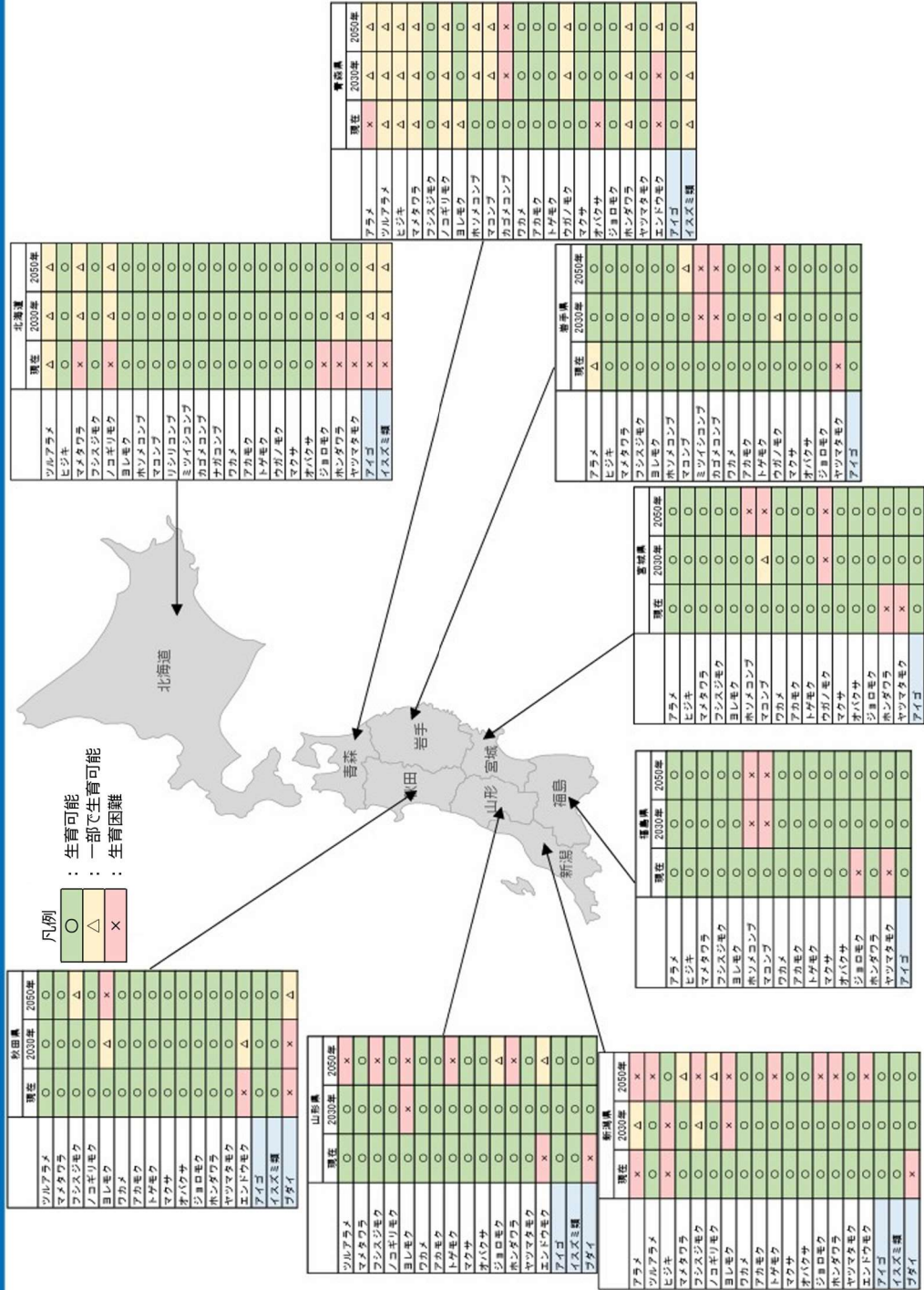
RCP2.6 (2°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (2)



RCP2.6 (2°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (4)



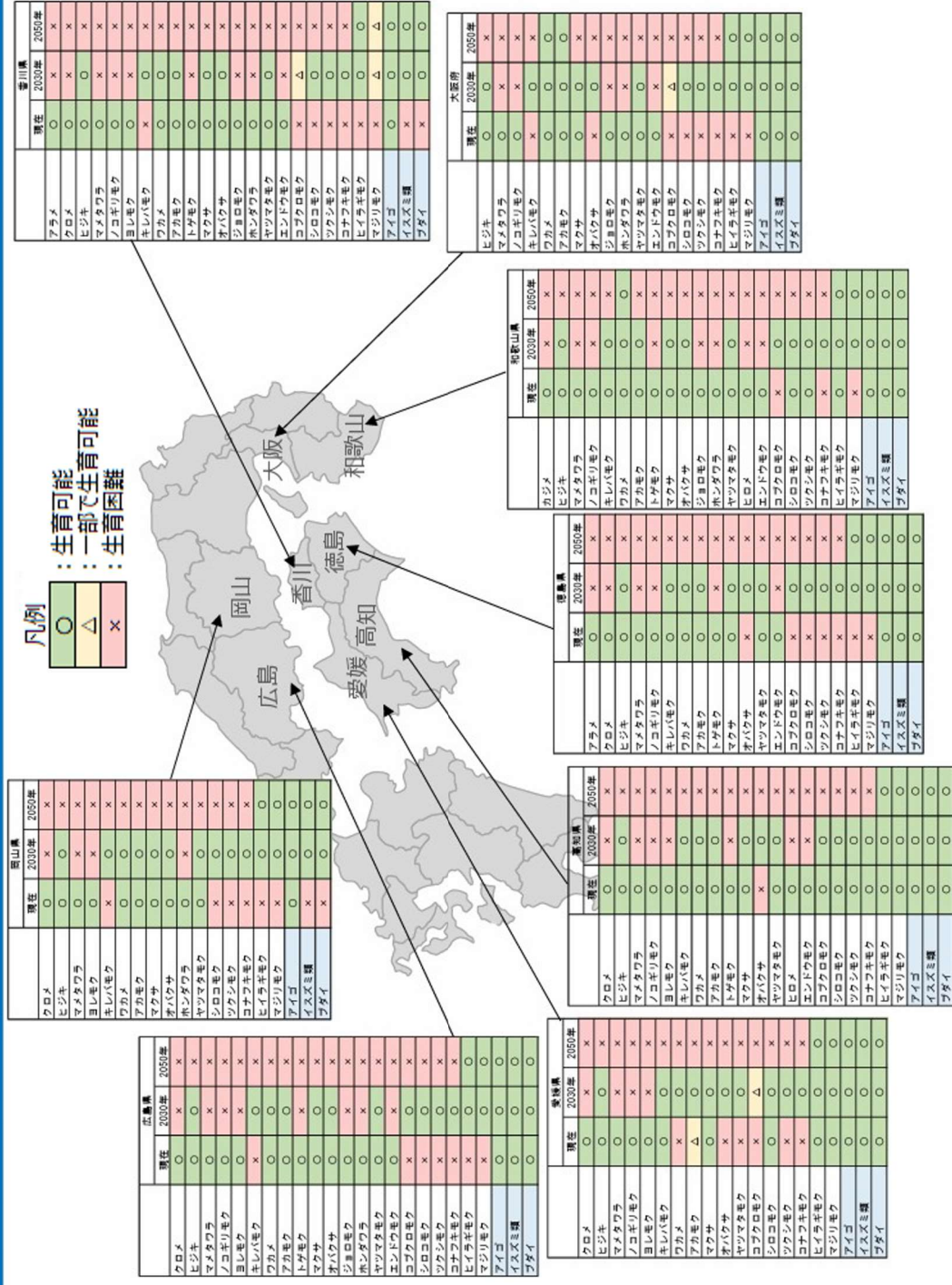
RCP8.5 (4°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (1)



RCP8.5 (4°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (2)



RCP8.5 (4°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (4)



RCP8.5 (4°C上昇シナリオ) での藻場の変遷予測 (5)



引用文献

- Akita S., Hashimoto K., Hanyuda T. and Kawai H. (2020): Molecular phylogeny and biogeography of *Ecklonia* spp. (Laminariales, Phaeophyceae) in Japan revealed taxonomic revision of *E. kurome* and *E. stolonifera*, *Phycologia*, DOI:10.1080/00318884.2020.1756123
- 藤田大介(2002)：磯焼け，21世紀初頭の藻学の現況(堀ら編著)，日本藻類学会，102-105.
- 原口展子，村瀬昇，水上譲，野田幹雄，吉田吾郎，寺脇利信(2005)：山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と生育上限温度．藻類，53，7-13
- (一社)磯根研究所・西日本オーシャンリサーチ・オフィスMOBA：五島の海藻、
<https://hitoumi.jp/library/zukan-goto.pdf>. (財)海洋生物環境研究所(2012)平成23年度火力・原子力関係環境審査調査(温排水生物群集影響調査)報告書
- 木下淳司，片山俊之，本間功一(2023)：早熟性カジメ群落の動態．水産工学，60(2)，53-61
- 木下淳司，蓑宮敦，相川英明，春山出穂(2024)：早熟性カジメ由来人工種苗の1年目成熟率．水産工学，60(3)，125-130
- 柴田 楓，増永 英治:衛星観測データを用いた日本本州東岸における夏季の沿岸湧昇に関する研究. DOI: 10.2208/jscej.25-17206
- 水産庁(2013)：人工湧昇流による磯焼け改善手法確立調査報告書
- 水産庁(2021)：第3版 磯焼け対策ガイドライン
- 水産庁(2022)：気候変動に対応した漁場整備方策に関するガイドライン
- 水産庁(2025)：令和6年度海水温上昇に対応した藻場整備における検討調査報告書
- 須藤俊造(1992)．海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み．藻類，40，289-305
- 村瀬昇，阿部真比古，野田幹雄，杉浦義正(2015)：山口県沿岸のヒジキの生育適温と生育上限温度．水産大学校研究報告，63，238-243
- 村瀬 昇，野田幹雄(2018)：水温の変動が藻場構成種および植食魚に与える影響．海洋と生物，40，226-232
- 村瀬 昇，棚田教生，多田篤司，島袋寛盛，吉田吾郎，阿部真比古，野田幹雄(2021)：徳島県鳴門産ワカメ養殖品種と椿町産暖海性天然ワカメの交雑種苗の高温下での生長特性．水産大学校研究報告，69，81-88
- 長崎県水産部(2018)：長崎県における磯焼け対策ガイドライン(平成30年度改訂版)
- 西日本オーシャンリサーチ・JF全漁連：宮崎県の海藻(ホンダワラ科海藻)、
<https://hitoumi.jp/library/zukan-miyazaki.pdf>.
- 西日本オーシャンリサーチ・JF全漁連：長崎県の海藻(西海市)、
<https://hitoumi.jp/library/zukan-saikaisi.pdf>.
- Noda T., Kadota T., Ito K., Yamada H., Fujii K., Nomura M., Kanyama T. and Nishihara G. N. (2025) A brown seaweed feeding selectivity of the herbivorous fish *Kyphosus bigibbus*. *Aquaculture Science*, 73, 355.
- 野田幹雄，川野正弘，岡本訓明，村瀬昇(2016)：飼育下におけるフトイヌズミの日間採餌量の見積と採餌日周性の検討．水産大学校研究報告，64，219-225

瀬川宗吉(1956)：原色日本海藻図鑑， 48

棚田教生 (2016) フリー配偶体を用いたワカメの実用規模種苗生産法および高水温耐性品種 の開発. 海洋と生物 38, 464-471.

和歌山県水産試験場 (2016)：藻場造成技術の開発 (磯根漁場の生産力強化技術の開発). 平成 27 年度和歌山県農林水産試験研究成果情報

山内信, 向野幹生, 白石智孝 (2014)：農林水産業競争力アップ技術開発事業「磯根漁場の生産力強化技術の開発」(藻場造成技術の開発). 平成 25 年度事業報告書, 31-33

柳澤 晃, 増永英治, 内山雄介(2025)：領域海洋モデルを用いた日本周辺海域における沿岸湧昇に関する研究. DOI : 10.2208/jscejj.25-17205