

基 調 講 演

海藻の生態学的特性を活かす藻場創生 ～藻場造成エリアを中心とする『海のゆりかごブルー カーボンプロジェクト in センザキ協議会の取組み』～

国立研究開発法人水産研究・教育機構

水産大学校生物生産学科教授

村 瀬 昇

山口県農林水産部

水産研究センター専門研究員

三 好 博 之

目 次

1. はじめに…………… I	4. 藻場の生産生態…………… IV
2. 海藻の生育と水温…………… II	4-1 藻場の現存量…………… IV
2-1 海水温上昇によるアラメ場の衰退…………… II	4-2 藻場の生産量…………… IV
2-2 海藻の生育上限温度…………… II	4-3 藻場の生産構造…………… IV
3. 海藻の生育と光…………… III	5. 海のゆりかごブルーカーボンプロジェクト in センザキ…………… V
3-1 海藻の生育限界光量…………… III	6. まとめ…………… VII
3-2 光質が異なる LED 照射の影響…………… III	

1. はじめに

藻場を構成する海藻は、主に海水温によって水平（地理的）分布が限定され、光によって垂直分布が限定されている¹⁾。しかし、近年の気候変動は、海水温上昇、植食動物の摂餌圧増加、貧栄養化だけでなく、暴風雨の頻発化、降水量増加、波浪激化、海岸侵食、懸濁物増加、海洋酸性化、海面上昇などの要因が単独あるいは複合的に関与し²⁾、海藻の減少が顕著化し、それに伴って分布範囲に変化をもたらすことが予測される。このように藻場やその環境が変化する中、水産庁は藻場の実行性のある効率的な保全・創造対策を推進するために令和5年12月に藻場・干潟ビジョンを改訂し、ハード・ソフトが一体となった

広域的対策の実施に加えて、藻場では海水温上昇傾向を踏まえた海藻種の選定や二酸化炭素の吸収源としての機能の重要性などの基本的な考え方を取りまとめた³⁾。

この基調講演では、藻場の保全や創生に活用できるソフト対策の一助となるよう、藻場構成海藻の生態的特性に関する基礎的知見に立ち返って、海藻の生育と温度や光との関係および海藻群落の生産性などに関する知見を紹介する。

また、長門市、漁業関係者及び山口県が協働して取組んだ、造成藻場を中心としたJブルークレジット[®]創出の事例を活動プロジェクトの概要とともに紹介する。

2. 海藻の生育と水温

2-1 海水温上昇によるアラメ場の衰退

山口県の日本海側では、2013年8月に下関市沿岸の水深約5mにおいて、水温30℃以上が約8日間、29℃以上が約26日間も継続した⁴⁾(図-1)。また、同県長門市沿岸では水深1mで30℃以上が9日間、水深10mで29℃以上が21日間継続したと報告された⁵⁾。山口県日本海側を含む日本海南部海域では、8月下旬の平均海面水温が平年と比較して2.6℃高かった⁶⁾。このように海水の高水温化が数日から数週にわたり継続したことから、海洋熱波が発生したと考えられている⁷⁾。海洋熱波とは、海水温が過去数十年と比較して顕著に高い状態が数日以上持続する現象である⁸⁾。

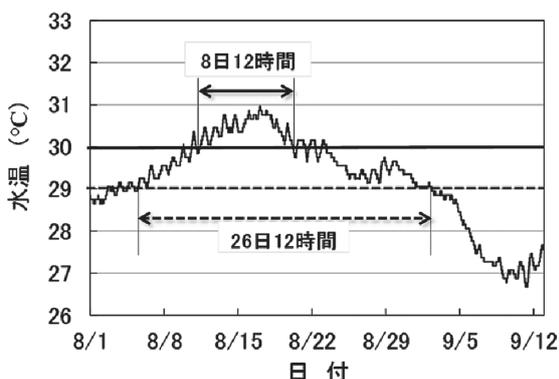


図-1 下関市川棚沿岸でアラメが生育する水深約5mにおける2013年8～9月の水温変化

この海洋熱波が観測された後、山口県日本海側の水深約5m以浅のアラメは、広範囲にわたり枯死し、海岸には大量の葉が打ち上げられた⁵⁾。同時に海底ではアラメの茎や付着器だけの状態が観察された^{5,9)}。

2-2 海藻の生育上限温度

海藻が生育できる上限温度(生育上限温度)は、1℃間隔の水温条件を設定した培養実験から求めることが可能である。この実験からアラメの生育上限温度は29℃と報告された¹⁰⁾。アラメの葉は30℃で変色と崩壊が認められ、培養6～9日目にかけて枯死した。したがって、2013年夏期の山口県日本海側で発生した水深5m以浅のアラメ場の広範囲にわたる衰退は、その発生要因としてアラメの生

育上限温度を超える30℃以上の高水温環境が1週間程度継続したためと推察された^{4,9)}。

アラメを含む培養実験による藻場を構成する主な海藻の生育上限温度を表-1に示す。生育上限温度が30℃未満の海藻は1年生海藻(ワカメ、アカモク)や暖海性コンブ類(アラメ、クロメ)で、30～31℃の海藻は分布範囲が広く多年生の温帯性ホンダワラ類(マメタワラ、ヤツマタモク、ノコギリモクなど)、32℃の海藻は潮間帯に生育するヒジキと亜熱帯性ホンダワラ類(キレバモク、マジリモク)であった¹¹⁻¹⁴⁾。

表-1 培養実験による主な海藻の生育上限温度

種名	生育上限温度(°C)			
	26	27	28	29
ワカメ幼体(養殖株)	アカモク ワカメ幼体(天然株)	クロメ	アラメ	
種名	生育上限温度(°C)			
	30	31	32	
マメタワラ ホンダワラ ジョロモク	ヤツマタモク ノコギリモク	ヒジキ キレバモク マジリモク		

このように生育上限温度が暖海性コンブ類のアラメ・カジメ類よりも多年生ホンダワラ類の方が高くなる傾向は他の研究でも確認されている¹⁵⁾。生育上限温度の知見は、海水温上昇に伴って藻場構成海藻の分布南限が日本沿岸を北上することを示唆している。

近年、夏期に海水温が30℃を超え、数日～1週間程度継続することが現実的になっている。今後は夏期の海水の高水温化と長期化に耐え得る海藻を選出する必要があり、その際には生育上限温度の知見が有効である。しかし、藻場創生海域に自生していない海藻を積極的に移植することに関しては、対象海域の生態系や多様性への影響、地先の海藻資源への遺伝的攪乱などの面が懸念されるため、慎重な対応が必要である¹⁶⁾。

同一海域においては、浅所よりも海水温が低い傾向にある深所に着目すると、高水温環境を回避した藻場創生が可能となる。この場合、深所では低光量が海藻の生育制限要因となることに留意しなければならない。

3. 海藻の生育と光

3-1 海藻の生育限界光量

海中を透過する光は、量的には水深が増すごとに減少し、Lambert-Beerの式で示される。安定維持されている藻場では、幼体が次世代を担う重要な構成種であるが、繁茂した藻場内部の海底部分（群落床部）の低光量下で生残し生長しなければならない。その幼体を対象として、光合成-光関係から光補償点を求め、日射の日変化から1日の純生産量を求めるモデル式を作り、1日当たりの光補償点(日補償光量)を推定した生理生態的研究例がある。日補償光量は海面の光量に対する相対値で表し、アラメ幼体では約1.1%¹⁷⁾、カジメ幼体では約0.6%¹⁷⁾、ノコギリモク幼体では約1.3%^{18,19)}、クロメ幼体では約0.7%²⁰⁾、アマモ幼体では5.7%²¹⁾と報告された。

一方、実測した幼体の生育する群落床部の光量は、海面に対してアラメ幼体(水深約4 m)が1.0~1.5%¹⁷⁾、カジメ幼体(水深約5 m)が0.5~1.0%¹⁷⁾、ノコギリモク幼体(水深約8 m)が1.0~1.5% (図-2)^{18,19)}、クロメ幼体(水深約5 m)が0.7~1.0%²⁰⁾であった。

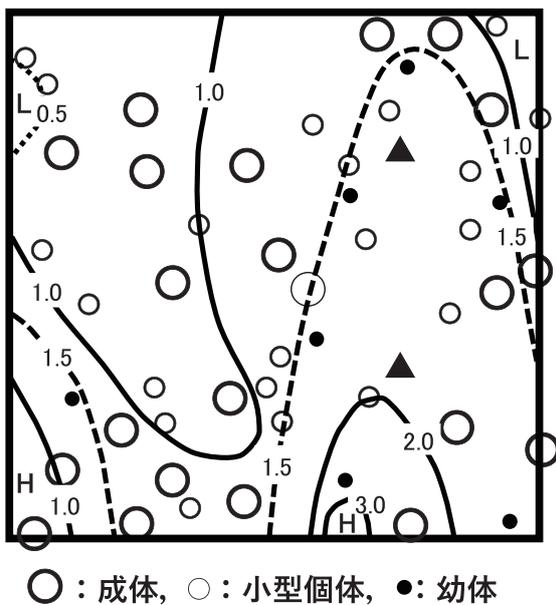


図-2 海面に対するノコギリモク群落床部の光量の分布(山口県深川湾水深8 m, Murase et al.¹⁸⁾を改変)

このように光合成活性と日射量から推定した日補償光量は幼体が生育できる最低光量の実測値の範囲にあることから生育限界光量とみなすことができる。生育限界光量は、対象海域の濁りの影響、すなわち消散係数を考慮することにより、着生基質や増養殖用ロープなどの設置水深の決定とともに、高水温環境を回避できる深所で藻場創生の可能性を検討する際の有用な知見となる。

3-2 光質が異なるLED照射の影響

海中の光は、質的には懸濁物やプランクトンなどにより変化し、沿岸では緑色光、外海では青色光が深所まで届く。

近年、蛍光灯に代わって消費電力が低く、放熱も少ない白色LEDを海藻育成用に利用することが多くなってきた。特に、様々な色のLEDは、藻場創生や増養殖のための種苗生産、育苗管理あるいは優良株の長期保存において効果的な培養光源として期待されている。光質が異なるLED照射による海藻の生長や成熟については、それらの促進や抑制、体色の変化など明らかになり、光源の発光波長範囲と吸収スペクトルとの関係および海藻が有する光合成色素組成との関係から考察されている²²⁻²⁷⁾。ひとつ紹介すると、アラメの配偶体の生長は赤色LED下では抑制された(図-3)。また、成熟(雌性配偶体の卵形成)は白色や青色LED下で促進され、赤色LED下で全く観察できなかった²⁴⁾。

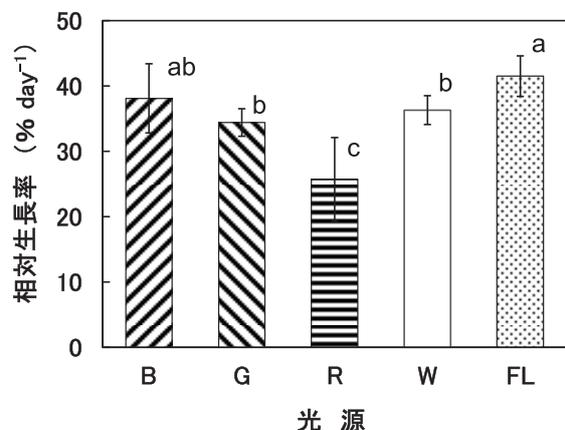


図-3 アラメ雌性配偶体の各照射下での相対生長率 B:青色LED, G:緑色LED, R:赤色LED, W:白色LED, FL:3波長形昼白色蛍光灯。

したがって、海藻種苗の管理などで光質が異なるLEDを選択する際には、見た目の色ではなく、LEDの発光波長特性と海藻の光吸収に関する生理・生態学的な基礎情報を考慮する必要がある。

4. 藻場の生産生態

4-1 藻場の現存量

藻場を含む植物群落における現存量とは、ある時点での単位面積当たりの植物体の重量のことである。現存量の測定には通称「坪刈り」が用いられ、方形枠（主に50cm×50cm）を藻場内に設置して、枠内の主要な海藻の被度を観察し、基部から全て刈り取り、重量（乾重量）を測定する。

山口県日本海側の水深約8mのノコギリモク群落の現存量の月別変化からは（図-4）、群落の発達と成熟後の衰退が理解でき、最大現存量は成熟盛期（卵・幼胚放出）の前の5月頃であった²⁸⁾。最大現存量の値は、ブルーカーボン生態系のひとつである藻場のCO₂貯留量を算定する際のパラメーターにもなるため²⁹⁾、最大現存量を示す繁茂期（月）を調査や文献で把握しておくが良い。

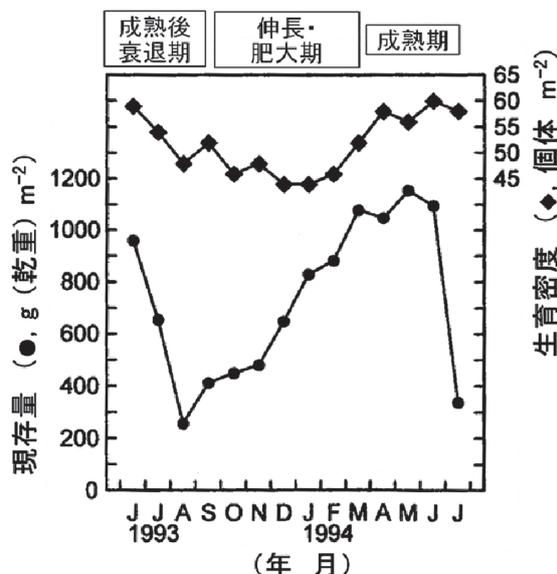


図-4 ノコギリモク群落の現存量の月別変化 (山口県深川湾水深約8m, Murase et al.²⁸⁾を改変)

混生藻場の現存量を測定する場合、方形枠を設置する前に、まず、海中で可視範囲内（約5～10m四方）の主要な各海藻の被度を目視観察する。次に、優占する海藻ごとに方形枠を（可能ならば3箇所以上）設置し、枠内の各海藻の被度を観察後、刈り取り、乾重量を測定する。さらに、各種の乾重量に景観被度を掛け合わせることで補正した現存量を求めることができる。

藻場が衰退した海域や回復途中の海域の場合には、現存量を測定するための坪刈りを躊躇することがある。そのような時には、被度階級²⁾から現存量を推定する方法がある³⁰⁾。文献を参考にして被度や被度階級から現存量を推定することは可能であるが、調査時期、食害の有無や地域が異なると現存量の値の変動が大きいことに注意する必要がある。

4-2 藻場の生産量

生産量とは、単位時間に単位面積当たりで生産される有機物の量のこと、1年間1m²当たりの生産量を年間純生産量という。主な藻場の年間純生産量は、マコンブが1.3kg (d.w.) m⁻²年⁻¹、カジメが2.7～2.9kg (d.w.) m⁻²年⁻¹、ホンダワラ類が0.9～8.3kg (d.w.) m⁻²年⁻¹である²⁾。

藻場の年間純生産量Pと最大現存量Bとの関係（P/B比）は、コンブ場で1.5～2.3、アラメ・カジメ場で1.0～2.4、ガラモ場で1.0～1.9と報告されている²⁾。したがって、年間生産量は、P/B比と現存量の値から簡易的に見積ることができる。

4-3 藻場の生産構造

生産構造とは植物群落の同化器官（葉）と非同化器官（葉以外の器官）の重量の空間的な分布状態のこと、それに光量の垂直分布を合わせて図示したものが生産構造図である。藻場の生産構造図は、方形枠内の刈り取った海藻を1個体ずつ基部から上に向けて10cmあるいは20cm間隔で層別で切断し、各層の葉と葉以外の部位に切り分け、それぞれの重量を測定し、その重さの垂直分布を求める。アラメ群落では群落の上部に葉量が多い広葉型³¹⁾、ノコギリモク群落では群落の下部に葉

量が多いイネ科型を示すことがわかっている(図-5)。

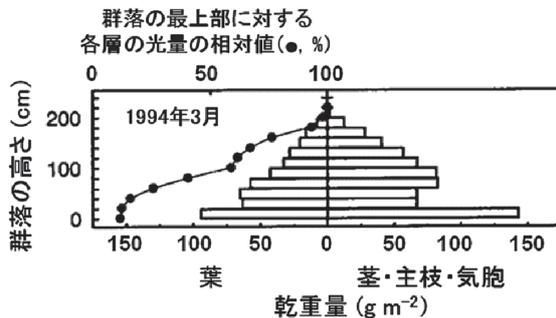


図-5 ノコギリモク群落の生産構造図(山口県深川湾水深約8m)

同一の海藻群落を対象にした生産構造図の月別変化から群落の発展や衰退の様子が直感的に理解できる。また、1ヶ月間の生産構造図を比較し、各層での減少部分の総量が1ヶ月間の枯死脱落量である。この値を1年分積算し、現存量を加えることで年間純生産量を見積もることができる。藻場ではホンダワラ類で調べられた事例が多く、山口県日本海側の水深約8mのノコギリモク群落では、年間純生産量が $1.6\text{kg (d.w.) m}^{-2}\text{年}^{-1}$ 、1日当たりの生産量が2～3月に約 $7.2\text{g (d.w.) m}^{-2}\text{日}^{-1}$ と最大を示した^{32,33)}。

藻場の生産構造の解析には、手間と時間がかかるが、毎月同一の場所で調べることで、藻場の季節的な変動が立体的に把握でき、ガラモ場では生産量を推定することも可能となる。

5. 海のゆりかごブルーカーボンプロジェクトinセンザキ

地球温暖化対策として、我が国全体で2050年までに二酸化炭素(CO₂)をはじめとする温室効果ガスの排出を実質ゼロとすることでカーボンニュートラルを目指すこととされているなか、近年ではCO₂吸収源となる藻場や干潟などのブルーカーボン生態系が世界的に注目されはじめており、豊かな海洋生態系を有する我が国においては、カーボンニュートラル達成に向けた有力な取組みとして、ブルーカーボンの活用に大きな期待が寄せられ

ている。

山口県では、このような社会的機運の高まりも背景に漁港施設の有効活用策のひとつとして、漁港岸壁や沖防波堤の基部マウンド構造を生かした藻場等の増殖場整備を、長門市に所在する県管理漁港である仙崎漁港をモデル地区として整備に着手するとともに、仙崎漁港周辺海域の造成藻場において、造成藻場を中心として藻場保全活動を実施することで「Jブルークレジット®」を創出することができないか、長門市及び地元漁協と話し合いを進め、減少した藻場の復活と地域の重要な産業である水産業や観光業などの活性化を目的として、長門市・漁業関係者・県で構成する「海のゆりかごブルーカーボンプロジェクトinセンザキ協議会」を2022年9月に設立し、クレジット譲渡収益を藻場保全活動の資金源とした活動体制の確立に向け、藻場保全活動に着手した。

本プロジェクトの実施場所となる仙崎湾周辺海域では大型定置網をはじめ、採貝漁やナマコ漁などが営まれており、湾周辺の藻場は水生生物の生息の場、産卵の場、幼稚魚の育成の場として豊かな生態系を支える重要な自然環境となっている。しかしながら、2013年8月には山口県日本海側の沿岸域全域で、29℃から30℃を超える高水温期間が長期間に渡った影響を受け、沿岸域のほぼ全ての藻場は壊滅的な状況となり、県や漁業者による母藻や種苗の投入などの保全活動のほか、藻場造成といった藻場の回復に向けた取組みが実施されてきた。しかし、海水温上昇など海域環境の変化により、静穏域の多い湾内ではウニ類などの食植生物の増加により藻場の減少が進行していたことから、地域の課題として藻場を回復・維持することを掲げ、協議会を通じて藻場保全活動が効率的かつ継続的に実施できるよう関係者が共同かつ組織的に取組みを行っていくこととした。

本協議会における各機関の役割分担としては、協議会の会長及び事務局を長門市が務め、協議会の運営を行うとともに、活動の認知度を高め、地域の重要な産業である水産業及び観光業の活性化に向けて広報活動を行うこととしている。また、4つの漁協支店所属

の漁業者が保全対象海域をそれぞれの地元地区ごとに分担して、造成藻場を中心とした保全活動場所においてウニ類の除去、母藻の設置・移植などの藻場保全活動を実施し、山口県はJブルークレジット®の創出から保全活動の自走に向けた立ち上がりのサポートとして、藻場のCO₂吸収量の算定のための藻場分布状況調査及びジャパンブルーエコノミー技術組合（JBE）へのクレジット認証申請対応や長門市が行う環境保全学習や広報活動などを連携して行っている。

現在の藻場保全活動場所は合計で5箇所となり、活動面積の総計は35.9haとなっている。各漁協支店別に紹介すると、仙崎支店藻場保全グループは1箇所の藻場において24.5haを活動面積として5名が保全活動を実施している。小島支店藻場保全グループは1箇所の藻場において1.8haを活動面積として4名が保全活動を実施している。野波瀬支店藻場保全グループは1箇所の藻場において1.6haを活動面積として4名が保全活動を実施している。通支店藻場保全グループは2箇所の藻場それぞれにおいて4haを活動面積として8名が保全活動を実施している。なお、活動範囲の設定に当たっては、保全活動を実施する漁業者から聴取した活動の履行可能な規模や水深等を考慮して設定を行っており、各保全場所はいずれもホンダワラ類を主体とした混成藻場であった。

JBEへの認証申請に当たっては、対象場所に現存する藻類のCO₂吸収量を算定することが必要となる。また、JBEがCO₂吸収量を認証する際は、算定を行うに当たって実施した藻場調査手法及び算定に使用した藻類のCO₂吸収係数の対象海域との適合性と藻類の被度考慮が算定結果の「確からしさ」として評価基準となっている。山口県では、認証されるCO₂吸収量の低減を最小限とするため、また、次回以降の調査費用の削減にも寄与すると考えられたことから、確からしさの高い調査が実施出来るよう検討を行った。JBEの作成する「Jブルークレジット® 認証申請の手引き」を参考として藻場調査を計画し、調査時期についてはホンダワラ類主体の藻場であることから、繁茂時期である4～5月に行うことと

した。また、UAVドローンによる空中撮影による藻場の空撮調査、藻場構成種ごとの被度の把握には、保全活動場所内に48～81点の調査点を設定し、船上目視及び水中カメラ調査を実施するとともに、藻場境界部の判定情報として簡易サイドスキャンソナーを用いた海底質判別調査を実施することで、調査画像の解析や調査結果データの反映・補完作業により海藻種毎の平面分布図及び被度別分布図を得ることが出来た。被度を考慮して算定した藻場構成種ごとの被度別の実績面積とCO₂吸収係数に係る文献値（地域性は考慮していない）により、クロメを構成種とするアラメ場として4.884 t-CO₂、ホンダワラを構成種とするガラモ場として14.895 t-CO₂、ワカメを構成種とするワカメ場として1.286 t-CO₂、合計21.065 t-CO₂が吸収量として算出でき、調査時に使用した船舶から排出されたCO₂量が0.586 t-CO₂であったことから、これを吸収量から差引き、20.479 t-CO₂を申請するCO₂吸収量とした。なお、藻場調査については海洋調査に対応した調査測量コンサルティング会社への業務委託により実施している。また、CO₂吸収量のベースラインは、コンクリートブロックや石詰め礁といった藻類の着生基質の設置による造成藻場での活動であり、プロジェクト実施開始を藻場の大規模消失のあった翌年の2014年からとすることで0 t-CO₂と整理した。

JBEへの認証申請はJBEのWEBページで公開される「Jクレジット運用システム」により随時受け付けられていることから、本プロジェクト協議会での保全活動開始から1年を経過し、また、調査結果の取り纏めの目途が付いた段階であった2023年11月に申請を行った。申請後の12月には、本プロジェクトが新規の申請であったことから、プロジェクトの概要などについてJBEからの現地ヒアリングを受け、申請書の修正や参考資料の追加作成への対応といった修正申請を経て受理された。その後、本プロジェクトに係る意見公募を経て、2024年1月に開催された審査承認委員会で認証CO₂吸収量が決定した。認証CO₂吸収量は12.6 t-CO₂であり、「確からしさ」は、対象藻場面積の算定については90%、採

用した吸収係数については被度を考慮している点を踏まえ70%と評価された。

Jブルークレジット[®]として認証されたCO₂吸収量の譲渡には、JBEの購入者公募を活用した。公募には複数の方式があったが、協議会として、本プロジェクトに対して多くの者から共感を得ていただき支援をいただくことが可能と考えられた総量配分方式（口数型）を決定し議決した。公募は2024年2月27日から4月17日までの期間行われ、結果として8社の企業法人へクレジットを譲渡することができ、792,000円から手数料としてJBEから控除された額が協議会としての譲渡収益とすることが出来た。

本プロジェクトの取組みは今年で3年目に入ることとなるが、保全活動場所の海藻被度が低いことと、クレジット譲渡収益の拡大のためには本プロジェクトの認知度向上が課題であることから、被度向上に向けて、引続き藻場保全活動を継続・強化していくとともに、クレジット収益も活用し、広報活動など活動方法等についても検討・対応していくこととしている。

6. まとめ

藻場創生や保全などにおいては、ハードとソフト施策を一体的に組み合わせた計画を策定し、対策を推進することが大切である³⁾。今回紹介した海藻の生態的特性は、海水温上昇に対応する海藻の選定、海藻種苗の生産や移植などのソフト対策に限らず、着生基盤の設置水深を決定するなどのハード対策への活用が期待できる。一方、全国各地で植食動物による藻場への影響が懸念されている海域では、適切な食害対策とともに海藻の生態的特性を活かした対策を実施することが必要である。

Jブルークレジット[®]創出の事例として紹介した「海のゆりかごブルーカーボンプロジェクトinセンザキ協議会」の取組みが好転していくことができれば、持続的な藻場保全活動により造成藻場の維持管理にも寄与していくものと期待している。また、本事例が山口県内でのブルーカーボンの活用指針となる

ようJブルークレジット[®]の認証に向けた組織の立上げ、藻場調査手法などの一連の流れをわかりやすく解説できるマニュアルの作成を行うこととしており、波及効果による活動の各地域への広がりにより、山口県内の藻場が将来に渡って維持・拡大していくことを願う。

文献

- 1) 横浜康継：海藻の分布と環境要因，藻類の生態（秋山ほか共編）．内田老鶴圃，251-308，1986．
- 2) 水産庁：第3版 磯焼け対策ガイドライン．水産庁HP，2021．https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_guideline/（2024年8月30日 閲覧）
- 3) 水産庁：第2版 藻場・干潟ビジョン．水産庁HP，2023．https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_thema/attach/pdf/sub53-6.pdf（2024年8月30日 閲覧）
- 4) 村瀬 昇：暑さに強い海藻を調べる．海洋水産エンジニアリング，162号，50-61，2022
- 5) 安成 淳：山口県の藻場の現状と対策について．月刊海洋，47，281-283，2015．
- 6) 気象庁：2013年8月の日本近海の高い海面水温および日本海沿岸の高い潮位について．気象庁HP，2013．<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/rinji/2013/07/sst20130910.html#tbl1>（2024年8月30日 閲覧）
- 7) 熊谷直喜：気候変動に伴う藻場群集の地理的分布変化．藻類，68，91-97，2020．
- 8) JAMSTEC：変わりゆく気候系における中緯度大気海洋相互作用hotspot，用語解説，海洋熱波．海洋研究開発機構HP，2019．<https://www.jamstec.go.jp/apl/hotspot2/terms/mhw.html>（2024年8月30日 閲覧）
- 9) 村瀬 昇：藻場が消えた?! ～2013年，夏から秋にかけての山口県日本海沿岸の藻場の異変～．豊かな海，第32号，67-70，2014．
- 10) 村瀬 昇ほか：水温の変動が藻場構成種および植食性魚類に与える影響．海洋と生物，40，226-232，2018．
- 11) 原口展子ほか：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，53，7-13，2005．
- 12) 村瀬 昇：水温－高水温の影響の現れ方，藻場を見守り育てる知恵と技術（藤田ほか編著）．成山堂書店，33-38，2010．
- 13) 村瀬 昇ほか：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，63，238-243，2015．
- 14) 完山 暢ほか：海水温上昇に対応した藻場保全・造成手法の検討．2024年度日本水産工学会学術講演論文集，49-52，2024．
- 15) 馬場将輔：温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動．海生研報，第26号，1-28，

- 2021.
- 16) 農林水産省：農林水産省生物多様性戦略. 農林水産省HP, 2023. https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/c_bd/bds_maff/ (2024年8月30日閲覧)
 - 17) Maegawa, M. ほか: Comparative studies on critical light conditions for young *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava*. J. Phycol., 36, 166-174, 1988.
 - 18) Murase, N. ほか: Relationships between critical photon irradiance for growth and daily compensation point of juvenile *Sargassum macrocarpum*. Fisheries Sci., 66, 1032-1038, 2000.
 - 19) 村瀬 昇：ノコギリモクの生態学的研究と藻場造成技術への展開，海藻利用への基礎研究－その課題と展望－(能登谷編)．成山堂書店，48-69，2003.
 - 20) 崎山和昭ほか：瀬戸内海西部海域における褐藻クロメ幼体の生育限界光量の推定. Algal Resources, 6, 59-65, 2013.
 - 21) Abe, M. ほか.: Estimation of light requirement for the growth of *Zostera marina* in central Japan. Fisheries Sci., 69, 890-895, 2003.
 - 22) 高田順司ほか：光質が異なるLED照射下での緑藻スジアオノリの生長と光合成. 水産増殖, 59, 101-107, 2011.
 - 23) 村瀬 昇ほか：光質が異なるLED照射下での紅藻トサカノリの生長と光合成. Algal Resources, 5, 61-69, 2012.
 - 24) 村瀬 昇ほか：光質が異なるLED照射下でのアラメの配偶体の生長と成熟. 水産大学校研究報告, 62, 147-152, 2014.
 - 25) 村瀬 昇ほか：光質が異なるLED照射下でのワカメ配偶体の生長と成熟. 水産大学校研究報告, 67, 91-97, 2018.
 - 26) 村瀬 昇ほか：光質が異なるLED照射によるスサビノリ糸状体および葉状体の生長. 海苔と海藻, 87, 5-23, 2019.
 - 27) 村瀬 昇ほか：光質が異なるLED照射下における海藻の生育特性. 月刊養殖ビジネス, 2020年2月号, 22-25, 2020.
 - 28) Murase N. ほか: Growth and maturation of *Sargassum macrocarpum* C. Agardh in Fukawa Bay, the Sea of Japan. Fisheries Sci., 64, 393-396, 1998.
 - 29) 水産研究・教育機構：海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック. 水産研究・教育機構HP, 2023. https://www.fra.go.jp/gijutsu/project/fisheries_ecosystems/files/bluecarbon_guidebook2023.pdf (2024年8月30日閲覧)
 - 30) JBE：J ブルークレジット® 認証申請の手引き-ブルーカーボンを活用した気候変動対策 - Ver.2.4, 令和6年3月, ジャパンブルーエコノミー技術研究組合HP, 2024. <https://www.blueeconomy.jp/credit/> (2024年8月30日閲覧)
 - 31) 前川行幸ほか：アラメ及びカジメ群落の生産構造に関する研究. 藻類, 35, 34-40, 1987.
 - 32) Murase, N. ほか: Productivity of a *Sargassum macrocarpum* (Fucales, Phaeophyta) population in Fukawa Bay, Sea of Japan. Fisheries Sci., 66, 270-277, 2000.
 - 33) 村瀬 昇：ガラモ場の生産力，藻場を見守り育てる知恵と技術(藤田ほか編著)．成山堂書店，109-115，2010.