

第1章 ガイドラインの趣旨

藻場は魚介類の生活の場、産卵や稚仔魚の保育場を提供する以外に、海中の栄養塩や二酸化炭素 (CO₂) を吸収・固定し、酸素を供給するなどの大きな役割を果たしている。しかし、近年の気候変動による環境変化によって、図 1-1 に示すように、藻場を構成する海藻の生産力と海藻に対する植食動物の食圧とのバランスが崩れる植食動物を介した磯焼けを中心に、全国的に磯焼けが起こるようになってきた。これに対して、漁業者が中心となって、藻場の回復・保全活動に取り組んできたところであるが、漁業者の高齢化や人手不足により従来のような対策を講じることが難しくなっている。このため、良好な藻場を維持・保全し、実効性のある磯焼け対策を推進するため、対策技術の見直しを図るとともに、ドローンでの画像取得に代表される ICT (情報通信技術) 等を活用した高度な対策技術の開発にも取り組み、より実践的なガイドラインとして本ガイドラインを改訂することとした。なお、高度な磯焼け対策技術として取りまとめた「広域藻場モニタリング手法」「磯焼け対策における施肥」「捕食者を利用した藻場回復手法」の 3 つの技術については、専門性が高いことから、ガイドラインではその概要や考え方を紹介するにとどめ、別冊の「手引き」として取りまとめている (図 1-2)。本ガイドラインと併せて読んでいただき充実した磯焼け対策を実践してもらいたい。

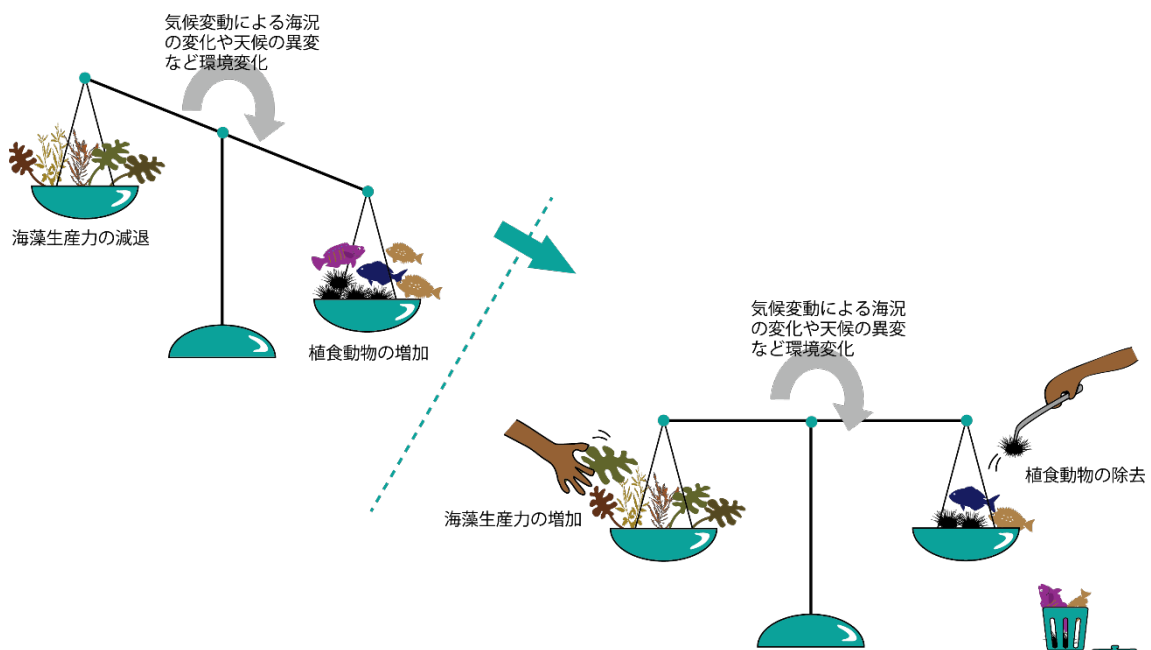


図 1-1 磯焼け対策の考え方

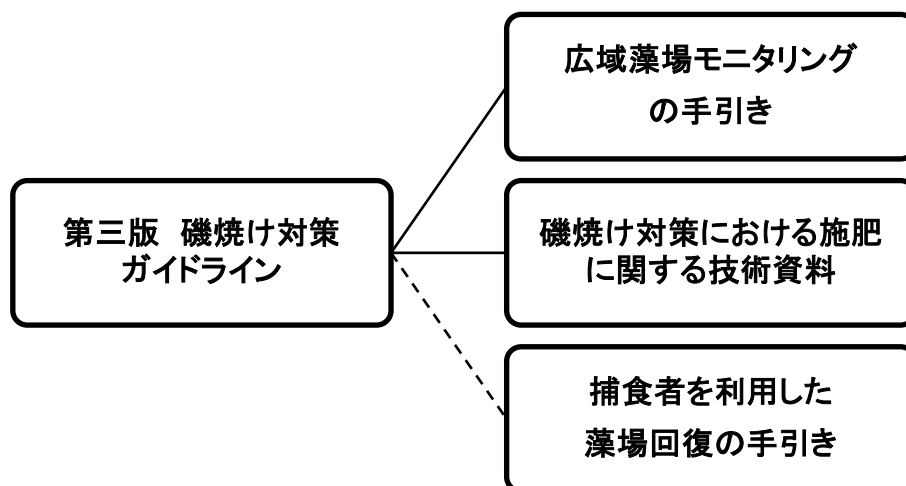


図 1-2 磯焼け対策ガイドラインの構成

また、近年では磯焼けを引き起こす要因が複合化しており、一旦藻場が回復しても再び磯焼けに戻ってしまうなど、環境が不安定な状態であることから、本ガイドラインでは磯焼け対策手法に加えて、持続的に磯焼け対策に取り組むための基本的な考え方と、活動を支える体制づくりのあり方を解説するとともに、その取り組み事例を紹介している。

本ガイドラインは 8 章からなり、その主な内容は以下のとおりである。第 1 章から第 5 章までは、藻場の種類や機能、磯焼けのメカニズム、磯焼けを引き起こす代表的な植食動物の生態、各地の藻場の現状について新たな知見を加えて整理した。第 6 章と第 7 章では、磯焼け対策の調査計画の考え方と進め方の手順、実践的な磯焼け対策手法を記載した。第 8 章では、各地の成果の発現している取り組みと、活動を持続させている取り組みなど、活動のヒントとなる事例を紹介した。また、ガイドラインの末尾には、用語集、活動に関する法令、本ガイドラインを取りまとめるにあたって参考にした文献一覧を整理している。

本ガイドラインが、水産多面的機能発揮対策事業などの活動に活用され、藻場とともに豊かな漁場が回復することを期待している。

第2章 藻場とは

2.1 藻場の区分

藻場は、沿岸の浅海域において海藻や海草が繁茂している場所、あるいはそれらの群落や群落内の動物を含めた群集のことをいう。藻場は構成する海藻の種類により、主にコンブ場、アラメ・カジメ場、ワカメ場、ガラモ場、テングサ場およびアマモ場に区分けできる（表 2-1-1）。なお、本ガイドラインでは、岩礁域に分布するコンブ場、アラメ・カジメ場、ワカメ場およびガラモ場を対象としている。

表 2-1-1 主な藻場のタイプと構成種および分布域

主な藻場のタイプ	構成種	主な分布域
コンブ場	マコンブ(ホソメコンブ、リシリコンブ、オニコンブはその変種)、ガゴメコンブ、ナガコンブ、ミツイシコンブなどのコンブ類	北海道沿岸から宮城県(太平洋沿岸)までと青森県(日本海沿岸)までの岩礁域
アラメ・カジメ場	アラメ、サガラメ、カジメ(クロメ、ツルアラメはその変種)、アントクメ(暖海性コンブ類、アラメ・カジメ類)	アラメ場: 岩手県から高知県東部までと京都府から長崎県までの岩礁域 カジメ場: 千葉県から宮崎県、島根県から鹿児島県までの岩礁域
ワカメ場	ワカメ(ヒロメ、アオワカメを含む)	オホーツク、沖縄県を除く日本各地の沿岸の岩礁域
ガラモ場	アカモク、ヤツマタモク、ノコギリモクなどのホンダワラ類	日本各地の沿岸の岩礁域
テングサ場	マクサ、オオブサ、ヒラクサ、オバクサなどのテングサ目海藻	オホーツク・道東沿岸を除く日本各地の沿岸の岩礁域
アマモ場	アマモ、コアマモ、タチアマモなどの海産顕花(種子)植物	日本各地の沿岸の砂泥域(スガモ、エビアマモなど一部の種では岩礁域)

その他、緑藻のアオサ・アオノリ類で構成されるアオサ場などの藻場もある。これらの藻場は、海域や水深により複数の種で構成されていることが多い。

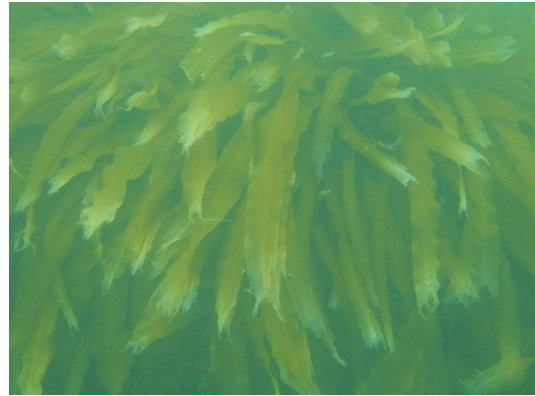
日本の藻場を構成する海藻は、生育する海域により亜寒帯性、温帯性および亜熱帯性の海藻に分けることができる(徳田, 1987)。亜寒帯性海藻には、親潮の影響を受ける海域に生育するコンブ類やヒバマタなどが該当する。温帯性海藻には、黒潮や対馬暖流の影響を受ける海域に生育するアラメ・カジメ類やワカメ、多くのホンダワラ類が該当する。亜熱帯性海藻には、黒潮の影響が強い海域に生育するホンダワラ類の一部が該当し、キレバモク、ツクシモク、マジリモク、ヒイラギモク(フタエモク)、ウスバモク、コブクロモクなどを南方系ホンダワラ類と呼んでいる(田中, 2006; 桐山ら, 2012; 長崎県水産部, 2018)。このうち、キレバモクとコブクロモクは分布の中心が九州であることから、厳密には温帯性種とされる(寺田・島袋, 2010)。



マコンブ

Saccharina japonica

葉長 1.5~3m、葉幅 20~40 cm。葉厚 1~5 mmになる。中帯部が幅広い。二年生。



ホソメコンブ

Saccharina japonica var. *religiosa*

浅所に多く葉長 0.4~1m、葉幅 5~10 cm。深所では葉長 1.5m、葉幅 15cm になる。一年生。



リシリコンブ

Saccharina japonica var. *ochotensis*

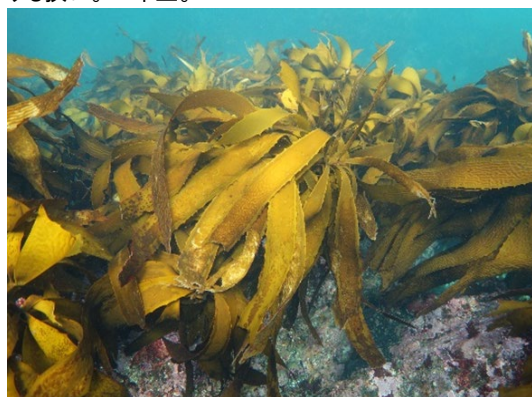
茎長 5~9cm、葉長 1.5~2.5m。中帯部がマコンブよりも狭い。二年生。



アラメ

Eisenia bicyclis

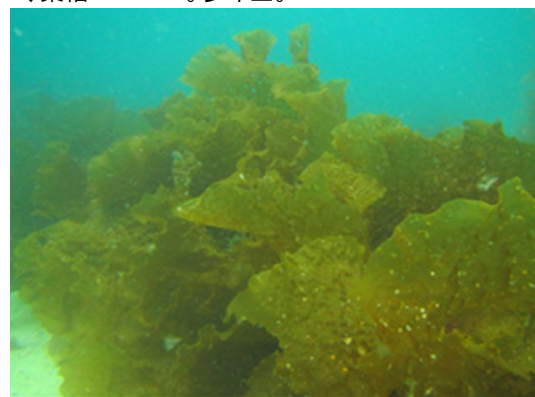
茎長 1~1.5m、まれに 2m を超える。中央葉長 15~25 cm、葉幅 5~10 cm。多年生。



サガラメ

Eisenia nipponica

干潮付近で葉長 0.4~1m、幅 5~10cm、深所では全長 1.5m を超え、幅が 8~15cm になる。多年生。

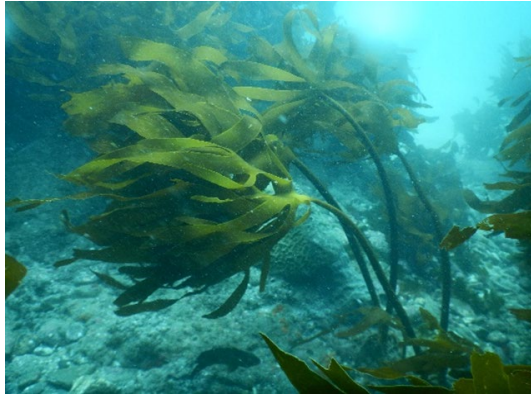


アントクメ

Ecklonia radicata

全長 1.5~3m、葉幅 20~40 cm。一年生。付着器も成熟する。

図 2-1-1 コンブ場、アラメ・カジメ場を構成する代表的な海藻種



カジメ

Ecklonia cava

茎長 60～100 cm、中央葉長 20～30 cm、葉片幅 5～6 cm になる。太平洋側に生育。多年生。



クロメ

Ecklonia cava var. *kurome*

茎長 3～50 cm、中央葉長 15～50 cm、葉片幅 3～10 cm。瀬戸内海と日本海・太平洋側の一部に分布。多年生。



ツルアラメ

Ecklonia cava var. *stolonifera*

茎長 5～9 cm、葉長 1.5～2.5 m。日本海特産。匍匐根が伸びて新芽を形成する(無性生殖)タイプとしないタイプ(クロメ型)がある。多年生。



ワカメ

Undaria pinnatifida

葉長 0.5～1.5 m、時に 2 m を超える。羽状に葉片が生じ、頂端まで中肋が発達する。成熟すると孢子葉(メカブ)が発達する。一年生。



アオワカメ

Undaria peterseniana

全長 1～3.5 m。本州北部～九州の深所に点在する。ワカメのような羽状の葉片はなく、中肋も孢子葉も生じず、成熟すると葉面に子嚢斑が形成される。一年生。



ヒロメ

Undaria undarioides

全長 1 m。本州中部～九州に点在。藻体下部に中肋が発達。羽状の葉片はなく、孢子葉も生じず子嚢斑を形成し、ワカメとの中間型も多い。一年生。

図 2-1-2 アラメ・カジメ場・ワカメ場を構成する代表的な海藻種



アカモク

Sargassum horneri

全長 1～10m。時に 20m を超える。付着器は仮盤状で、主枝が直接伸びる。気胞は円柱状。食用。一年生。



ヤツマタモク

Sargassum patens

全長 1～2m。枝と葉は区別しにくい。付着器は盤状。気胞は紡錘状。多年生。



ノコギリモク

Sargassum macrocarpum

全長 1～4m。付着器は円錐状。鋸状の大きな葉が特徴。気胞は紡錘状で冠葉がある。多年生。



ヒジキ

Sargassum fusiforme

全長 1～2m。潮間帯に生育し、干潮時には横たわりますが、冠水時には立ち上がる。食用。多年生。



ホンダワラ

Sargassum fulvellum

全長 1～2m。付着器は仮盤状。あまり枝を出さず、セイタカアワダチソウのように見える。食用。一～二年生。



マメタワラ

Sargassum piluliferum

全長 3～5m。付着器は盤状。気胞が球形で円頭。春藻場の代表的構成種。多年生。

図 2-1-3 (1) ガラモ場を構成する代表的な海藻種



オオバモク

Sargassum ringgoldianum

葉や気胞が大きい。付着器は円錐状。日本海側の葉が薄いタイプはヤナギモク(亜種か独立種)として扱う。全長 1~2m。多年生。



キレバモク

Sargassum alternato-pinnatum

南方系のホンダワラ類。付着器は盤状。葉や生殖器床はしばしば分岐する。全長1m。多年生。



マジリモク

Sargassum carpophyllum

南方系のホンダワラ類。付着器は盤状。葉と気胞と生殖器床が混じる。全長 1~2m。多年生。



ツクシモク

Sargassum assimile

南方系のホンダワラ類。付着器は盤状。葉と生殖器床は分岐する。全長 1m。多年生。

図 2-1-3 (2) ガラモ場を構成する代表的な海藻種



マクサ

Gelidium elegans

テングサ類では最もふつうの寒天原藻。太平洋中部では近縁種オオブサと混生。全長 10~30 cm。多年生。



ヒラクサ

Ptilophora subcostata

主枝に中肋がある。太平洋中南部深所に多い。寒天原藻。全長20~30cm。多年生。

図 2-1-4 テングサ場を構成する代表的な海藻種

2. 2 藻場の役割

藻場は、水産上有用な魚介類やその他の多様な生物にとっての生活の場であるとともに、沿岸の一次生産の場となっている。また、環境保全の場として生態学的に重要な機能を有し(表 2-2-1)、我々に対しても快適な景観や環境学習を提供する場として利用されている。

表 2-2-1 藻場の機能(藤田, 2001)

機能	説明
① 基礎生産	太陽の光エネルギーを捕捉・炭素固定
② 栄養吸収	栄養塩(窒素、リン、微量元素)を吸収、滞留・循環
③ 食物供給	消費・分解者に食物を提供
④ 環境創生	着生(内生)基質、小空間、隠蔽用の色彩環境を創生
⑤ 環境緩和	光や海水流動など物理的環境を緩和
⑥ 生物選択	優占種の構造・分布・化学シグナルにより利用生物を選択・制限
⑦ 環境輸出	寄り藻、流れ藻、打ち上げ藻を供給

1) 生活の場

藻場は海中で立体的な構造をとるため、魚類や無脊椎動物の生息場(図 2-2-1(1) 左)や隠れ場となり、幼稚仔期においては保護育成場となる。藻場構成種の葉上には、微細藻類などが付着し、それを餌とするアミ類、ヨコエビ類、貝類などの無脊椎動物が生息する(図 2-2-1(1) 右)。さらに、それらを餌とする魚介類の索餌場となる。魚類やイカ類にとっては産卵場になる(図 2-2-1(2) 左)。藻体が流失すると海面を漂う流れ藻となり、モジャコなどの稚仔魚やガザミなどの甲殻類の生息場や餌場となる。また、流失した葉片などが海底を漂うと寄り藻となり、アワビ、サザエ、ウニなどの磯根資源の餌になる(図 2-2-1(2) 右)。テングサ場からは高品質な寒天原料が採取でき、水産だけでなく、医療やバイオテクノロジーの分野にも貢献している。



アラメ場に鯖集する魚

ガラモ場に蛸集するアミ類

図 2-2-1(1) 藻場を利用する生物



ガラモ場に産卵したアオリイカの卵塊

寄り藻を食べるウニ

図 2-2-1 (2) 藻場を利用する生物

2) 一次生産の場・環境保全の場

海藻は成長に伴い、藻体全体で窒素やリンなどを吸収するため、沿岸海域の富栄養化を防止する。藻場が発達することで波浪を軽減できる。海藻の光合成により海中へ溶け込んだ二酸化炭素 (CO₂) を吸収し、海中に酸素を放出する。そのため、藻場は「ブルーカーボン生態系」として CO₂ の削減効果が期待されている (コラム 2-2-1)。これら藻場の機能を評価するためには、藻場の面積や生産量 (コラム 2-2-2) を把握しておく必要がある。

3) 景観や環境学習を提供する場

海中公園 (ダイビング)、海中展望施設、釣り公園などの景観に含まれる藻場は、観光やレジャー産業の資源となる。藻場とその生態系の重要性や磯焼け対策の理解を深めるための一般市民や児童・生徒への啓蒙や環境学習の場となる。

【コラム 2-2-1】ブルーカーボン

ブルーカーボンとは、海洋生物によって隔離・貯留される炭素のことである (堀, 2017)。大気から海中へ二酸化炭素 (CO₂) が吸収されて海中に溶け込んだ炭素は、海藻や海草の光合成により体内に有機炭素として取り込まれる。この過程を「隔離」と呼ぶ。そして「隔離」された有機炭素が生態系の物質循環から外れて長期間保存されるまでの過程を「貯留」と呼び、次のケースが考えられている (図 1)。まず、藻場では脱落した藻体が「寄り藻」になったり、「流れ藻」として海面を漂って沈降したりした後、分解や無機化が起こりにくい環境下にある海底の土壌中に堆積し埋没する場合がある (堆積・埋没)。さらに、その一部が大気と海洋との CO₂ 交換過程から外れた沖合深所へ移送される場合がある (深海輸送)。また、枯死や脱落した藻体の一部が分解されたり、成長に伴い放出された有機炭素のうち、海中で溶けなかったり、溶けるまで長期間かかたりする難分解性の有機炭素を示す場合がある (難分解性有機炭素)。

藻場の CO₂ の隔離量については、年間純生産量 (乾重量) の 30~35% を平均的な炭素量とし、単位面積当たりの CO₂ 量に換算して試算されている (表 1)。その量は、コンブ場で 60.5t-CO₂/ha/年、アラメ場で 24.6t-CO₂/ha/年、ガラモ場で 16.0t-CO₂/ha/年、アマモ場で 12.6t-CO₂/ha/年と報告されている (表 1)。各藻場の面

積から総二酸化炭素の隔離された量は、合計約 470 万 t-CO₂/年と見積もられる。この値は、日本の温室効果ガスの総排出量の 12.4 億 t (CO₂ 換算, 2018 年度) と比べるとかなり小さい値である (国環研, 2020)。しかし、水産業により排出される二酸化炭素量は、2008 年度に 574 万 t であり、藻場によって隔離されている量にほぼ匹敵すると試算される。このように藻場における隔離量は大まかに計算されているが、前述した「隔離」のケースごとに実態を明らかにし、定量的な調査研究を進める必要がある。

磯焼け対策による藻場再生や気候変動に適応する藻場形成を各地で取り組み、藻場面積を拡大させることは、水産的なメリットに加えて、藻場が CO₂ を「隔離」して「貯留」できる「ブルーカーボン生態系」として温室効果ガス排出削減に貢献できる。

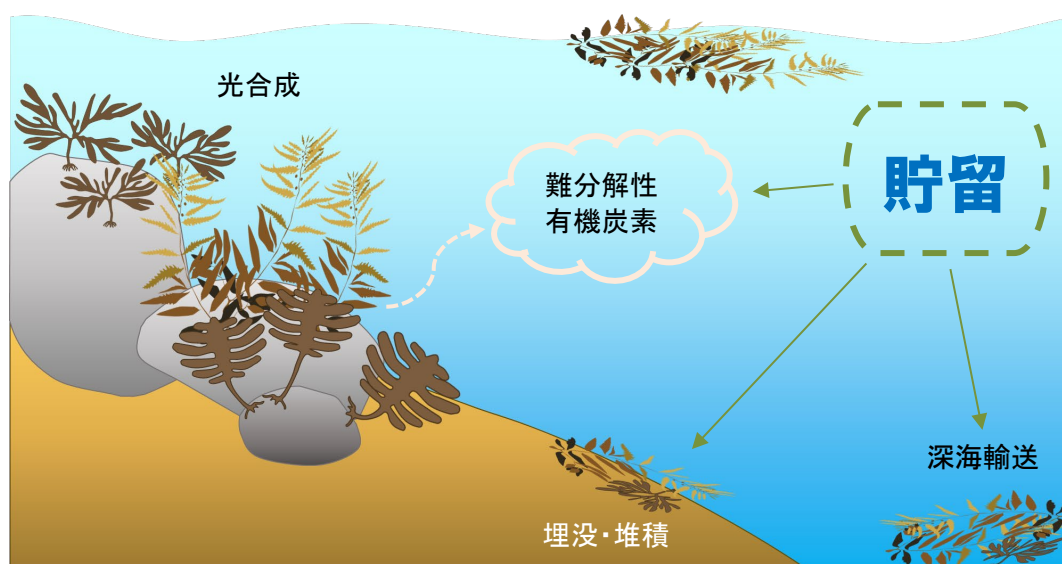


図1 藻場から流失した藻体の堆積、輸送、分解される有機炭素の「貯留」過程のイメージ (堀, 2019)

表1 日本沿岸の藻場における生産量から試算された年間の二酸化炭素の隔離量 (吉田ら, 2017) を改変

藻場	単位面積当たり 海藻・海草生産量 (kg乾重/m ² /年)	炭素含量 (%乾重)	単位面積当たり 二酸化炭素隔離量 (t-CO ₂ /ha/年)	面積 (万 ha)	総二酸化炭素 隔離量 (万 t-CO ₂ / 年)
コンブ場	6.2±6.8	30.0	60.5±71.8	2.0	116.0
アラメ場	2.1±0.4	32.5	24.6±4.7	6.3	163.2
ガラモ場	1.4±0.2	32.0	16.0±2.6	8.8	141.4
アマモ場	1.0±0.7	35.0	12.6±8.9	6.2	50.8

【コラム 2-2-2】藻場の年間純生産量と現存量

藻場の年間純生産量は、コンブ類が約 1.3 kg/m² (乾重量 : d.w.)、60~200 kg/m² (湿重量 : w.w.) とされ、アラメが約 20 kg/m² (w.w.)、カジメとクロメが約 2.8 kg/m² (d.w.)、ホンダワラ類が 0.25~8.3 kg/m² (d.w.) と報告されている (表 1)。生産量は、各種の成長様式の違いのほか、同じ種類でも生育水深、波浪や食害の影響などにより異なることがわかっている。また、年間の最大現存量に対する純生産量の比 (P/B) は、コンブ類が 1.5~2.3、アラメ類が 1.0~2.4、ホンダワラ類が 1.0~1.9 である。南方系ホンダワラ類のキレバモクは、生産量が 0.25 kg/m² (d.w.) と他のホンダワラ類の約 1/4 以下と低い値を示したが、P/B は他と同等であった。

表 1 藻場の年間純生産量、最大現存量と P/B 比

構成種名	海 域	水深 (m)	年間純生産量 (P) (kg・m ⁻² ・y ⁻¹)	最大現存量 (B) (kg・m ⁻²)	P/B	文 献
マコンブ	宮城県女川湾	1~2	1.27(d.w.)	0.83(d.w.)	1.5	中脇ら, 2001
オニコンブ	北海道羅臼	2~4	85.6(w.w.)	37.3(w.w.)	2.3	名畑・酒井, 1996
ホソメコンブ	岩手県門之浜湾	3~5	63.2~206.3(w.w.)	42.1~92.2(w.w.)	1.5~2.3	武蔵ら, 1993
ワカメ	岩手県門之浜湾	記載なし	60.9~92.1(w.w.)	47.8~75.8(w.w.)	1.2~1.4	中井ら, 1993
アントクメ	東京都伊豆大島	7	1.03(d.w.)	0.93(d.w.)	1.1	駒澤ら, 2017
アラメ	宮城県松島湾	2~4	20(w.w.)	15~20(w.w.)	1.0~1.3	吉田, 1970
サガラメ	愛知県知多半島	1	5.23(d.w.)	2.21(d.w.)	2.4	蒲原ら, 2009
カジメ	静岡県下田	5	2.9(d.w.)	3.0(d.w.)	1.0	Yokohama <i>et al.</i> , 1987
カジメ	高知県土佐湾	6~7	2.73(d.w.)	2.57(d.w.)	1.1	富永ら, 2004
クロメ	長崎県壱岐	5~7	2.79~2.88(d.w.)	1.53(d.w.)	1.8~1.9	八谷ら, 2014
ノコギリモク	京都府養老	2~2.5	2.13(d.w.)	1.26(d.w.)	1.7	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
ノコギリモク	石川県飯田湾	4~6	8.25(d.w.)	7.07(d.w.)	1.2	谷口・山田, 1978
ノコギリモク	山口県深川湾	8	1.60(d.w.)	1.16(d.w.)	1.4	Murase <i>et al.</i> , 2000
ヤツマタモク	京都府養老	2~2.5	2.41(d.w.)	1.61(d.w.)	1.5	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
ヤツマタモク	石川県飯田湾	4~6	5.53(d.w.)	4.02(d.w.)	1.4	谷口・山田, 1978
マメタワラ	京都府養老	2~2.5	1.47(d.w.)	0.98(d.w.)	1.5	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
アカモク	宮城県松島湾	1~5	21.42(w.w.)	19.21(w.w.)	1.1	谷口・山田, 1988
フシスジモク	北海道色丹半島	1	0.95(d.w.)	0.90(d.w.)	1.1	津田・赤池, 2001
フシスジモク	京都府網野	4~7	1.11(d.w.)	0.84(d.w.)	1.3	八谷ら, 2007
ヨレモク	京都府舞鶴	1~1.3	4.04(d.w.)	2.12(d.w.)	1.9	八谷ら, 2007
ヨレモク	京都府養老	2~2.5	1.46(d.w.)	1.11(d.w.)	1.3	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
ヨレモク	京都府網野	4~5.5	0.71(d.w.)	0.49(d.w.)	1.4	八谷ら, 2007
エゾノネジモク	宮城県牡鹿半島	1~2	0.90(d.w.)	0.81(d.w.)	1.1	Agatsuma <i>et al.</i> , 2002
エゾノネジモク	宮城県牡鹿半島	2~3	1.96(d.w.)	1.83(d.w.)	1.1	村岡・能登谷, 2003
スギモク	秋田県男鹿半島	1~3	10.48(w.w.)	10.35(w.w.)	1.0	中林・谷口, 2002
ジョロモク	京都府養老	2~2.5	1.20(d.w.)	0.78(d.w.)	1.5	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
ジョロモク	京都府網野	3~4	0.75(d.w.)	0.77(d.w.)	1.0	八谷ら, 2007
アキヨレモク	京都府舞鶴	0.5~1	3.95(d.w.)	3.04(d.w.)	1.3	八谷ら, 2007
キレバモク	長崎県見崎	5~6	0.25(d.w.)	0.23(d.w.)	1.1	村瀬ら, 2017

2. 3 藻場の経済的価値

藻場の水産的経済効果は、藻場のタイプや漁獲される魚介類の種類によって異なる。藻場造成事業における藻場の経済効果について、過去の報告によれば、コンブ場では 1.5 万円/m²、アラメ・カジメ場ではサザエ・ウニ・アワビ類などの餌場として 1.7 万円/m²、ガラモ場など磯漁の漁獲から 2.0 万円/m²が見込まれている（大野，1996）。稚魚期には藻場に生息しているながら、成長に伴って別の場所へ移動する種類が多く、算出は難しいが、ガラモ場での稚仔魚生産の経済効果は、瀬戸内海のシロメバルで調べられ 54.0 万～72.5 万円/haと報告されている（小路，2009）。また、藻場構成種は海中の富栄養化の原因となる窒素とリンを吸収して成長するため、藻場には水質浄化機能がある。窒素とリンの固定量は藻場のタイプにより異なり、コンブ場、アラメ場およびガラモ場では窒素固定量が 112～136 gN/m²/年、リン固定量が 7.8～8.5 gP/m²/年である（表 2-3-1 左側）。一方、平成 21 年度版東京都下水道事業年報より、下水処理場における窒素とリンの 1t 当たりの処理費用を推計すると、それぞれ 2,070 万円、1 億 4,820 万円となる（水産庁，2011）。この下水処理コストを適用すると、藻場 1 ha 当たりの水質浄化の評価額は、窒素で 2,312 万～2,812 万円/年、リンで 1,034 万～1,258 万円/年と見積もられる（表 2-3-1 右側）。

表 2-3-1 藻場タイプ別窒素およびリンの固定量と評価額（水産庁，2003，2011）

藻場のタイプ	藻場 1 m ² 当たりの年間固定量		藻場 1 ha 当たりの年間評価額	
	窒素 (gN/m ² /年)	リン (gP/m ² /年)	窒素 (万円/ha/年)	リン (万円/ha/年)
コンブ場	135.85	8.49	2,812	1,258
アラメ場	124.53	7.78	2,578	1,153
ガラモ場	111.70	6.98	2,312	1,034

一方、藻場による CO₂ 隔離量については、アラメ場では年間で 24.6t-CO₂/ha/年と試算されている（コラム 2-2-1 の表 1）。これをもとに CO₂ 隔離量の貨幣化を試みると、EU-ETS（欧州連合域内排出量取引制度）による CO₂ 価格が 2020 年 3 月には 24 ユーロ（約 2,895 円/t-CO₂）であったのが（環境省，2020）、2020 年 7 月には 30 ユーロ（約 3,700 円/t-CO₂）の高値を付けた（ニューラル，2020）。これらの情報から単純に計算すると、1 ha のアラメ場の場合には年間で約 71,217～91,020 円/年と見積もられる。

海藻 1 ha の CO₂ 固定価格

= 欧州連合域内排出量取引制度の CO₂ 価格 × 海藻の CO₂ 固定量

例：アラメ・カジメ場の場合

（欧州排出権取引 2020 年 3 月の価格の場合）

= 2,895（円/t-CO₂） × 24.6（t-CO₂/ha/年） = 71,217（円/ha/年）

（欧州排出権取引 2020 年 7 月の価格の場合）

= 3,700（円/t-CO₂） × 24.6（t-CO₂/ha/年） = 91,020（円/ha/年）

なお、窒素、リンおよび CO₂ の経済的価値の試算については、深海輸送などの貯留過程（コラム 2-2-1）の定量的評価を考慮して、さらなる精査が必要である。

2. 4 藻場構成種の生活史

藻場構成種のコンブ類、ホンダワラ類、テングサ類の生活史を図 2-4-1 に示す。

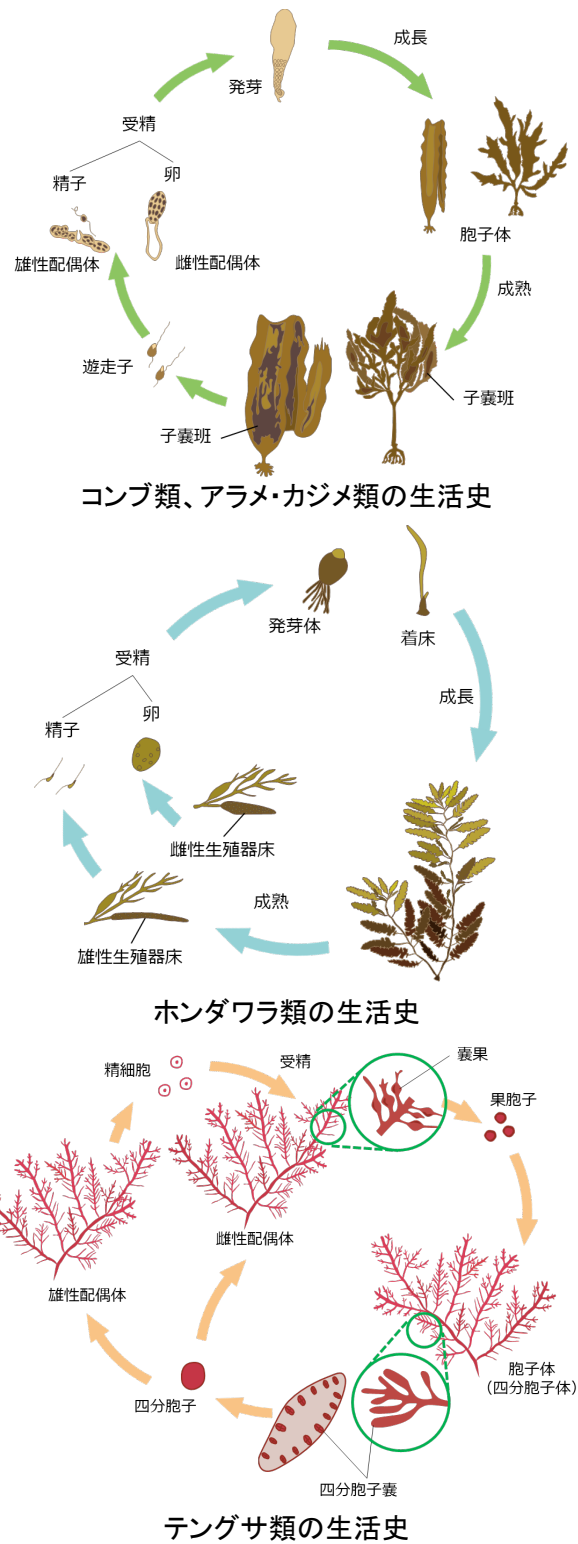


図 2-4-1 コンブ類、ホンダワラ類、テングサ類の生活史

コンブ類（アラメ・カジメ類を含む）では、藻場をつくる藻体は雌雄の区別のない孢子

体である。孢子体は主に秋に子嚢斑を形成し、そこから放出された遊走子は海底に着底し発芽すると雌または雄の区別ができる配偶体になる。雌性配偶体に卵、雄性配偶体には精子が作られ、それらが受精して、発芽すると孢子体へと成長する。孢子体の寿命はマコンブが2年(中原, 1993)、三重県沿岸のアラメが7~8年、カジメが5年(Maegawa, 1990)と報告されている。

ホンダワラ類の多くの種類では、藻場をつくる藻体は雌雄が異なり、主に春~夏に雌性の株と雄性の株の上に生殖器床と呼ばれる生殖器官が形成され、それぞれで卵と精子が作られる。受精した卵が発芽すると幼胚となり、海底に着底して大型の雌か雄の藻体に成長する。アカモクは一年生であるが、多くのホンダワラ類は多年生である。多年生の寿命は付着器に形成される成長輪(年輪)から推定できる種があり、利尻島沿岸のフシスジモクが6~7年(名畑ら, 1980)、青森県沿岸ではヨレモクが約9年(桐原ら, 2003)、ノコギリモクが約9年(村瀬, 2005)と報告されている。

テングサ類は、雌または雄の区別がない孢子体(四分孢子体)と雌または雄に区別ができる配偶体の3つの藻体が存在し、それらは基本的に同形同大である。テングサ類のマクサは、各藻体から放出される孢子から発芽するものと、匍匐枝からの栄養繁殖も認められ、多年生で寿命が3年と報告されている(藤田, 2004)。

藻場構成種の生活史を知ることが重要であり、実際の成熟や繁茂、寿命などは海域により異なるため、磯焼け域における回復や藻場造成で母藻を必要とする場合に備えて、事前の現場調査により成熟期や繁茂期を把握しておくことが大切である。

2. 5 藻場の季節的消長

1) 多年生海藻が構成する藻場の季節変化

多年生海藻は、季節変化をしながら一年中枝葉が認められる(図2-5-1)。

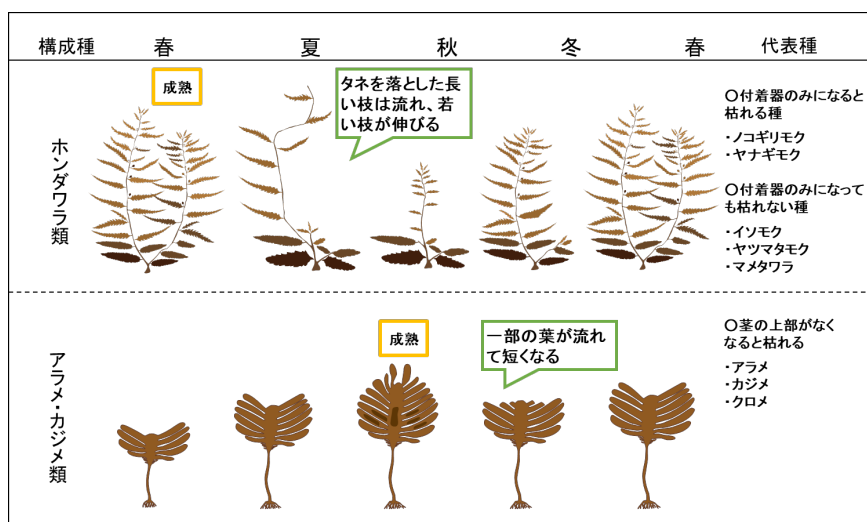


図2-5-1 多年生海藻の季節変化(吉村, 2011を改変)

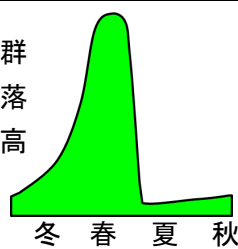
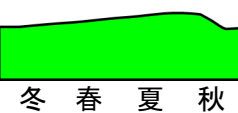
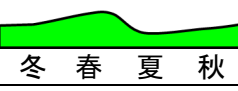
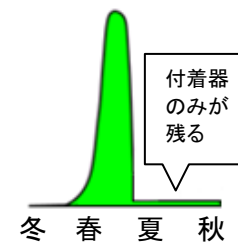
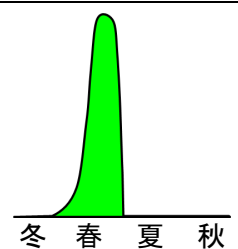
同じ場所で藻場の観察を続けていると、海藻が繁茂している季節と衰退している季節が認められる。一般的に、多年生ホンダワラ類は晩秋~春に伸長し、春~夏に成熟(生殖器床を形成)して幼胚を出すと、枝(主枝)が茎から離れて流失する。しかし、付着器の基

部には、すでに若い枝がある程度伸びている。アラメ・カジメ類は、秋の成熟で藻体量（現存量）が増加するが、秋～初冬に遊走子を出した葉片が流失し、藻体量が減少する。

2) 藻場の類型化

九州沿岸の多年生海藻で構成される藻場が、2000年代より毎年春～初夏だけに形成されるようになり、この藻場を「春藻場」として区別することが提案された（吉村ら，2009）。この春藻場を含めた藻場の類型区分が、表 2-5-1 に示すとおりである。

表 2-5-1 九州沿岸における藻場の類型区分（中嶋，2010 を改変）

植生	大分類	中分類	小分類	定義	主な構成種	景観の変化の模式図
多年生	四季藻場	大型海藻藻場	ガラモ場	周年維持される藻場	温帯性ホンダワラ類（ノコギリモク、オオバモク、ヒジキなど）	群落高 
			アラメ場		アラメ・カジメ類	
		小型海藻藻場			テングサ、有節サンゴモ類などの多年生小型海藻	
	春藻場		春～初夏に毎年同じ所に形成される藻場	多年生の亜熱帯性と温帯性ホンダワラ類（キレバモク、マメタワラ、ヤツタモクなど）		
一年生	一年藻場		春～初夏に形成される1年限りの藻場 ※同じ場所に形成されるとは限らないのが特徴	一年生のアカモク、ワカメ、アントクメ		

この類型区分では、多年生海藻で形成される「四季藻場」と春藻場、一年生海藻で形成される「一年藻場」の3つに分けられる。四季藻場は、年間通じて繁茂する大型海藻と小型海藻で構成され、前者はアラメ・カジメ類やホンダワラ類、後者はテングサと有節サンゴモ類などが相当する。一年藻場と春藻場は混同されやすいが、複数年形成される春藻場

は付着器が残るため、同じ場所に形成されるのに対し、一年生海藻は1年ほどで枯れるため、同じ場所に藻場が形成されるとは限らない点が大きく異なる。









	冬～春	夏～秋
四季藻場 大型海藻		
四季藻場 小型海藻		
春藻場		
一年藻場		

図 2-5-2 四季藻場、春藻場、一年藻場の景観

3) 春藻場の特徴

春藻場は、多年生海藻の枝葉が茂る期間が春を中心とする半年程に限られ、残りの期間はまるで磯焼けのような景観を示す。春藻場は、付着器から栄養繁殖するヤツマタモク、マメタワラなどの温帯性ホンダワラ類やキレバモク、ツクシモクなどの南方系ホンダワラ類で構成される。春藻場の仕組みについては次のように考えられている。四季藻場で植食性魚類の影響が大きくなり、ノコギリモクなどの温帯性ホンダワラ類では茎や付着器の基部、アラメ・カジメ類では茎の末端付近にある成長点（分裂組織）まで食べられると枯れてしまう。また、アラメ・カジメ類は高水温にも弱い（村瀬ら，2018）。この結果、付着器から枝葉を再生できる種だけが生き残り、春から初夏にかけて繁茂する。夏から初冬には岩礁表面に付着器やごく短い藻体のみ残るため、磯焼けそっくりの景観に転ずる（図 2-5-3）。マメタワラなどは高水温下ではごく短い藻体で過ごす場合もある（土屋ら，2011）。南方系ホンダワラ類はタネを出して枝が流失した後、しばらくは基部だけの状態で過ごし、水温が低くなる頃から新しい枝を伸ばすという特徴を持つ（八谷ら，2011）。九州沿岸や高知県（中村，2012）に多く認められるが、伊豆半島内浦湾でもこのような藻場（マメタワラが優占）が知られている。

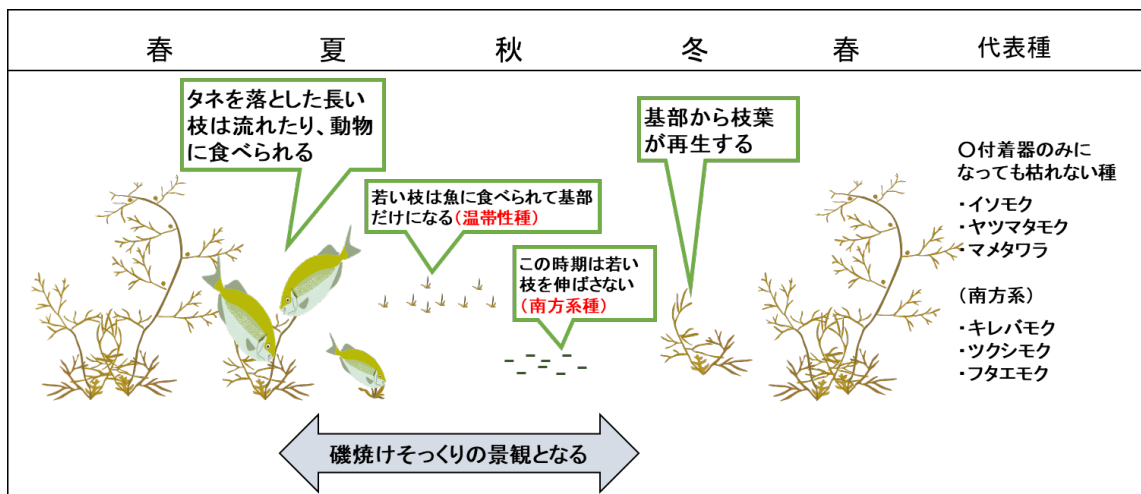


図 2-5-3 春藻場が維持される仕組み（吉村，2011 を改変）