

磯焼け対策ガイドライン



2007年7月

(社) 全国漁港漁場協会

1 ガイドラインの趣旨

2 藻場とは

3 磯焼けとは

4 最近の状況

5 磯焼け対策の手順

A 磯焼けの感知

B 藻場形成の阻害要因の特定

C 回復目標の設定

D 阻害要因の除去・緩和手法の検討

E 要素技術の選択

F 要素技術の実施

G モニタリング調査

H 目標達成の判定とフィードバック

6 ウニの有効利用

7 植食性魚類の有効利用

8 一般市民参加型による磯焼け対策

9 食害防御施設の設計について

参考資料 1 用語説明

参考資料 2 許可・法律関係

参考資料 3 主な海藻

参考資料 4 主な植食動物

磯焼け対策ガイドライン

2007年2月

水産庁

まえがき

四面を海に囲まれた我が国において、水産物は古来から重要な食料であり、私たちの生活に不可欠なものです。将来にわたり、水産物を継続的に漁獲し、安定的に国民の皆様に提供することは、水産業に係わる我々の使命です。

水産物を安定して継続的に漁獲するためには、水産物の生育環境を良好な状態に維持する必要があることは言うまでもありません。そのため、水産庁としては、水産基本計画や漁港漁場整備長期計画のもと、藻場や干潟の保全・創造等の取組を推進しているところであります。しかし、近年では、藻場が大規模に消失する『磯焼け』と呼ばれる現象が全国各地で発生し、我が国の水産業に多大な影響を及ぼしています。磯焼け現象に対しては、これまで幾つかの研究や対策に取り組まれてきましたが、成果が普及されなかったり、実用的な対策ではなかった等の理由により、有効な解決手法として普及するまでには至っておりません。

そこで、水産庁では、磯焼けに関するこれまでの研究成果等を活用し、地方公共団体の研究機関等の協力を頂きながら、磯焼け現象の具体的な対応策を系統的にまとめた、『磯焼け対策ガイドライン』を策定することとしました。

ガイドラインを策定するにあたっては、「磯焼け対策検討委員会」を設置し、東京海洋大学の藤田大介助教授をはじめとする各分野の専門家の方々から貴重な御助言を頂き、具体的な事例を取り入れながらわかりやすく解説することに努めました。

本ガイドラインが有効に活用され、地方公共団体や漁業関係者の方々が主体的に磯焼け対策に取り組まれることで、全国の磯焼け現象が改善に向かうことを期待しております。

平成19年2月 水産庁漁港漁場整備部長 影山 智将

はじめに

平成元年～3年に環境庁（当時）が実施した自然環境保全基礎調査によれば、日本の沿岸の藻場面積は約20万haでした。これは日本の国土面積37万km²のわずか0.5%にすぎず、国土の6割以上を占める森林の面積と比べても極めて狭いものです。この限られた藻場が、豊かな水産資源を育み、沿岸の水質環境を保ってきたことを考えれば、狭いながらも極めて重要な区域であることがわかるはずです。

食糧問題や環境問題が世界的な課題となっていますが、国内では各地で藻場が衰退を続け、かつてなく厳しい状況に置かれています。近年の沿岸漁業の低迷も、栽培漁業の不振も、魚介類の住処、餌場、産卵場となる藻場の衰退と決して無関係ではないでしょう。

近年、磯焼けについては、発生機構の解明や診断技術の開発が進められ、「科学」的な知見は飛躍的に増大しましたし、主として土木的手法による藻場の回復事業が各地で行われてきました。しかし、多くの場合に効果が持続せず、周辺の底質や海水流動を変えたり、植食動物を蝸集させたりして、状況を悪化させている場合もあります。

このように、研究や事業が栄えたにもかかわらず、安定した藻場が回復しない背景には、磯焼けに対する認識や回復手法の選択の誤り、急速な沿岸環境の悪化、漁業担い手の減少、取り組み体制の不備などの問題があると考えられます。本ガイドラインは、この状況を少しでも改善すべく、また、漁業者自らが主体となって藻場の回復を計画・実行できるようにするため、「緊急磯焼け対策モデル事業」の一環として編纂されました。

本事業では、2004年4月に検討委員会を設置し、17の地方自治体とともに、「ウニや魚の食害」対策を中心に検討しました。この課題は、様々な磯焼けの中でも漁業者自らが取り組みやすく、とりわけ各地からの要望が多かったためです。検討委員会は、2カ月に1回の割合で集まって作業を進めたほか、全国会議や地方会議・シンポジウムを年2回ずつ開催しました。この間、地方自治体や専門家の方々には、実証実験や話題提供を通して多大なご協力をいただき、貴重なご意見を賜りました。また、3年間の事業では確認しえない長期的な視点を補うため、多くの既往知見を参考にさせていただきました。本ガイドラインは、これらの多くの議論や成果が基礎となっていることを申し添え、関係者各位に厚くお礼を申し上げます。

上述の通り、磯焼けは、漁業だけでは解決できないような、沿岸域全体に係る問題も多分に含んでおり、本ガイドラインでも、すべての「藻場の衰退」に対して満足な解決策が示されたわけではありません。また、藻場が回復しても、既存の藻場と同様、継続的なモニタリングを行い、守り育てていかなければなりません。目指すべきは、「節度ある漁業とバランスのとれた沿岸利用」であり、漁村の過疎化や高齢化が進む中で、磯焼け状態から安定した藻場を回復させるためには、漁業者や地方行政の意識改革はもちろん、民間企業や一般市民の参画も不可欠と考えています。本書が多くの方々に活用され、御理解と御協力が得られるようになることを期待してやみません。

平成19年2月 「緊急磯焼け対策モデル事業」検討委員会 委員長 藤田大介

目 次

まえがき

はじめに

1	ガイドラインの趣旨	1
2	藻場とは	3
2. 1	藻場の区分	3
2. 2	藻場の役割	3
2. 3	藻場構成種の生活史	4
2. 4	藻場の季節的消長	6
3	磯焼けとは	12
3. 1	磯焼けの定義	12
3. 2	磯焼けの影響と回復までの期間	12
3. 3	磯焼けの原因としくみ	14
3. 4	磯焼けの景観と無節サンゴモ	14
3. 5	磯焼けと区別すべき景観・事象	19
3. 6	磯焼け研究の事始め	20
3. 7	磯焼けの増加と拡大	21
3. 8	ウニや魚の食害による磯焼け	21
3. 9	藻場回復・残存の事例	23
3. 10	藻場造成と磯焼け体策の考え方	23
4	最近の状況	26
4. 1	藻場の衰退状況	26
4. 2	ウニの分布と藻場の衰退	27
4. 3	植食性魚類の分布と藻場の衰退	28
5	磯焼け対策の手順	30
5. 1	順応的な磯焼け対策の考え方	30
5. 2	磯焼け対策のフロー	32
5. 3	体制づくり	35
A	磯焼けの感知	36
B	藻場形成の阻害要因の特定	41
B 1	現状の把握調査とそれに基づく要因の特定	41
B 2	要因を特定するための簡易な現地実験と調査	44
C	回復目標の設定	50
D	阻害要因の除去・緩和手法の検討	52
D 1	ウニの食害に対する除去・緩和手法の選択	52
D 2	魚の食害に対する除去・緩和手法の選択	54
D 3	海藻のタネ不足	57
D 4	懸濁物質の増加	58

D 5	栄養塩不足	60
D 6	着定基質の不足	62
E	要素技術の選択	63
E 1	除去（ウニ）	63
E 2	分散（ウニ）	68
E 3	防御（ウニ）	69
E 4	除去（植食性魚類）	71
E 5	分散（植食性魚類）	76
E 6	防御（植食性魚類）	77
E 7	移植	79
E 8	浮泥堆積防止	81
E 9	栄養塩供給	82
E 10	基質確保	84
F	要素技術の実施	85
F 1	潜水除去	85
F 2	船上採取	91
F 3	カゴ漁業	95
F 4	機械除去	100
F 5	投餌	102
F 6	物理フェンス（ウニ）	106
F 7	化学的防御（ウニ）	109
F 8	流動促進（ウニ）	111
F 9	中層ロープ	114
F 10	基質の工夫	116
F 11	網漁業	118
F 12	釣り	122
F 13	威嚇	125
F 14	物理フェンス（植食性魚類）	127
F 15	化学的防御（植食性魚類）	131
F 16	流動促進（植食性魚類）	133
F 17	混植	136
F 18	母藻利用	139
F 19	種苗利用	147
F 20	基質形状の工夫	151
F 21	流動促進（懸濁物質）	152
F 22	施肥	153
F 23	海域肥沃化	155
F 24	基質面更新	157
F 25	基質提供	160
G	モニタリング調査	161

H	目標達成の判定とフィードバック	162
6	ウニの有効利用	163
7	植食性魚類の有効利用	168
8	一般市民参加型による磯焼け対策	172
9	食害防御施設の設計について	175
参考資料 1	用語説明	180
参考資料 2	許可・法律関係	182
参考資料 3	主な海藻	188
参考資料 4	主な植食動物	195

おわりに

1 ガイドラインの趣旨

漁業者は、毎日の漁業活動を通じて、海の変化を誰よりも敏感に感じることができる。本ガイドラインは、このような漁業者の方々が、沿岸の磯焼けの状況を自ら分析・判断し、適切な改善対策を選び、実施していただくための方法と留意点をまとめたものである。もちろん、自ら主体的に磯焼け対策に取り組もうとする漁業者に対し、協力・支援する立場にある行政の方々、あるいは企業や一般市民の方々にも大いに参考にさせていただきたい。本ガイドラインをきっかけとして、磯焼け現象とその対策に対する共通の認識ができ、一丸となった取り組みが全国で行われるようになることを切に望んでいる。

本ガイドラインは、「植食動物の食害」に焦点を当てて作成した。これは、現在、全国各地で磯焼けの継続要因となっており、漁業者を中心とした対策が可能と考えられるからである。作成に当たっては、学識経験者などからなる検討委員会を設置し、これまで各地で行われてきた調査や試験・研究で得られた知見を、できるだけ多く集めて検討を加えた。本ガイドラインの中には、最近になって顕在化してきた魚類の食害対策をはじめ、まだ知見が少ないために、十分に記述できなかった対策もある。しかし、現時点で最適と考えられる対策を中心に、一通り網羅して紹介することに努めた。これは、同じ発想や過ちを繰り返さず、問題点を明らかにして技術改良の参考にさせていただくためである。

なお、本ガイドラインに示した磯焼け対策は、「以前に良好な藻場が存在していたが、何らかの要因によって藻場が衰退してしまった海域」に対して実施するもので、今まで藻場が見られていなかった海域で新たに藻場を造成するものではない。

図1-1は、天秤を模したイラストで磯焼け域の状況を示したものである。多くの磯焼けは、植食動物の摂食量と海藻の生産量とのバランスが崩れ、植食動物の摂食量が海藻の生産量を上回っているために継続する。最近、沿岸域の開発や温暖化などの環境変化に伴い、ますます磯焼けが進行・拡大する傾向にあり、バランスが崩れてきている（矢印①）。本

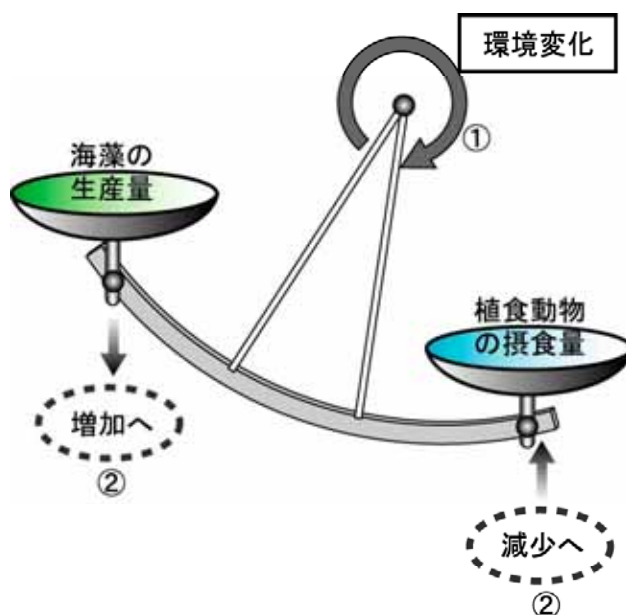


図1-1 天秤（磯焼け域の状況）

ガイドラインで取り扱う磯焼けの対策は、図1-1のようにアンバランスになった天秤に対して、植食動物の摂食量を減少し、海藻の生産量を増加してバランスを保つことである（矢印②）。この際、まずバランスを崩している要因を明らかにしたうえで、この要因を除去・緩和する取り組みを行うことが重要である。たとえば、ウニの食害が要因となっている海域では、海藻の移植や施肥を行うよりも、まず、ウニに対する食害対策を徹底すべきである。

これまでの磯焼け対策では、藻場形成の阻害要因を明らかにしたうえで実施した例は少なく、他の海域の情報に基づいて、あるいは試行錯誤的に対策が実施されてきた。また、対策実施後の成否を確認する調査も十分とは言えなかった。このような取り組みの姿勢では、確実な藻場回復は期待できない。

そこで、本ガイドラインでは、「磯焼け対策フロー」（図5-3）を設けた。「磯焼け対策フロー」は、「A 磯焼けの感知」、「B 藻場形成の阻害要因の特定」、「C 回復目標の設定」、「D 阻害要因の除去・緩和手法の検討」、「E 要素技術の選択」、「F 要素技術の実施」、「G モニタリング調査」、「H 目標達成の判定とフィードバック」の8ステップからなる。このフローでは、Aから順に、現地の状況をよく見ながら判断を行っていき、分岐点では、より合致する条件の方向のラインに進む。フローの途中からの出発や省略などは原則として行わず、順番に進め、回復目標に達成できなかった場合はフィードバックする。これは、現地で発生している磯焼けの理解を深め、確実な磯焼け対策を目指すためである。また、理解を助けるために、所々に「コラム」や「技術ノート」を設けて過去の調査研究や実施事例を紹介し、本事業における取り組み事例は★で示した。

従来は、磯焼け域で藻場回復事業を行う際に、「磯焼け対策と考えられてきた事業」を、闇雲に、あるいはいきなり大規模に実施し、効果が得られなかった事例も多かった。各地で問題となっている広大な磯焼け域で藻場を回復するためには、的確に藻場形成の阻害要因を明らかにしたうえで、これを除去・緩和するために、できる限り効果的・効率的な方法を選択する姿勢が必要である。さらに、磯焼け対策は、継続的にあるいは定期的に繰り返して実施しなければならないことも多く、地域の実情に合った方法を取り入れることも必要である。漁業者だけで磯焼けの問題解決が困難な場合は、学識経験者を含め、多くの人と連携をとりながら進めることが重要である。

これまで、磯焼けという現象の理解を深めるための生態学的な総説（三本菅，1994）や、磯焼けの進行状況を診断するための参考資料（磯焼け診断指針，2000）は示されてきたが、本ガイドラインでは初めて『磯焼け対策』に焦点を当てて集大成した。磯焼け対策を行うにあたり、これらの資料や文献も参考にすれば、さらに理解が深まるものとする。

参考文献

磯焼け診断指針作成事業委員会・全国沿岸漁業振興開発協会（2000）：磯焼け診断指針，
全国沿岸漁業振興開発協会。
三本菅（1994）：磯焼けの生態，水産庁中央水産研究所。

2 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あるいは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。藻場は構成する種類により、主にコンブ場、アラメ・カジメ場、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）。

表2-1 藻場のタイプ、主な構成種および分布域

藻場のタイプ	主な構成種	主な分布域
コンブ場	ホソメコンブ、マコンブ、リシリコンブなどの褐藻コンブ類（大部分は長い単条の葉状部からなる）	北海道沿岸から茨城県北部沿岸までと青森県沿岸までの岩礁域（川嶋，1993）
アラメ・カジメ場	アラメ、カジメ、クロメなどの褐藻コンブ類（茎状部が比較的太くて長く、葉状部から側葉が多数出る）	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（寺脇・新井，2003）。カジメ場：千葉県から宮崎県までと島根県から長崎県までの岩礁域
ガラモ場	アカモク、ヤツマタモク、ノコギリモクなどの褐藻ホンダワラ類	日本各地の沿岸の岩礁域
テングサ場	マクサ、オバクサおよびオニクサなどの紅藻テングサ類	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）

これらの藻場は、海域や水深により構成する種が異なり、1種だけでなく複数の種で構成されていることが多い（コラム2-1）。

その他、褐藻のワカメなどで構成されるワカメ場、緑藻のアオサ類で構成されるアオサ場などの藻場もある。

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・カジメ場およびガラモ場を主な対象としている。

2. 2 藻場の役割

藻場は、a)沿岸の一次生産の場であるとともに、環境保全の場として生態学的に重要な機能をもっている（表2-2）。また、b)水産上有用な魚介類やその他の多様な生物にとっては生息場であり、c)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2-3）。

a)藻場構成種の生長に伴い、窒素やリンなどを吸収し、富栄養化を防止。藻場構成種の光合成により海中へ溶け込んだ二酸化炭素を吸収し、海中に酸素を供給。波浪を軽減。

- b) 藻場の立体的構造が、幼稚魚の保護育成場、無脊椎動物や魚類の生息場、摂餌場、隠れ場を提供。藻場構成種の葉上に微細藻類などが付着し、それを餌とするヨコエビ類、アミ類などの小動物も生息。魚類やイカ類の産卵基質。藻体は流失後も海面を漂い、流れ藻として稚仔魚の生息場となったり、海底を漂って貝類などの餌となったりする。
- c) 海中公園（ダイビング）、海中展望施設、釣り公園などで景観を提供。藻場とその生態系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。

表2-2 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

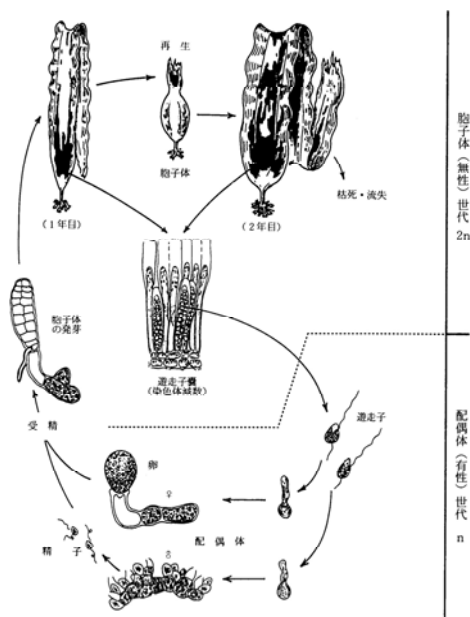
表2-3 魚介類・人間による藻場の利用（藤田，2001）

利 用	主 体	説 明
①生活	魚介類	周年定住，季節定住
②再生産	魚介類	産卵場，幼稚保育場
③食物供給	魚介類・人間	索餌場，海藻や魚介類の漁場
④アメニティ	魚介類・人間	彩り・磯の香り
⑤原料供給	人間	寒天・医薬原料など
⑥環境指標	人間	貧栄養-富栄養，自然度など
⑦富栄養化防止	人間	過剰の栄養の吸収
⑧増殖場	人間	増殖用種苗の放流スポット
⑨レジャー空間	人間	ダイビング・遊覧船・遊漁

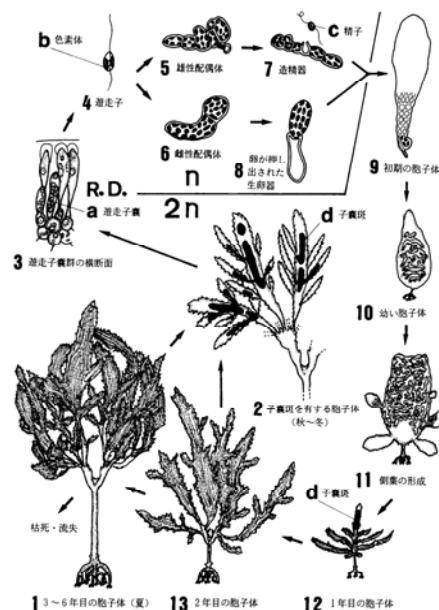
2. 3 藻場構成種の生活史

藻場構成種には、発芽から1年以内に胞子や卵などの生殖細胞を作り枯死する一年生海藻と数年間の寿命を有する多年生海藻がある。コンブ場の主要構成種であるマコンブ（二年生）、アラメ・カジメ場のアラメ（多年生）、ガラモ場の一年生海藻のアカモク（一年生）およびマメタワラ（多年生）の生活史を図2-1に示す（コラム2-2）。

コンブ類の成熟は、葉状部に子嚢斑（生殖細胞である遊走子を産出する斑状の部分）が形成されることで確認することができる。子嚢斑は、一般的に1年目には秋から初冬に、2



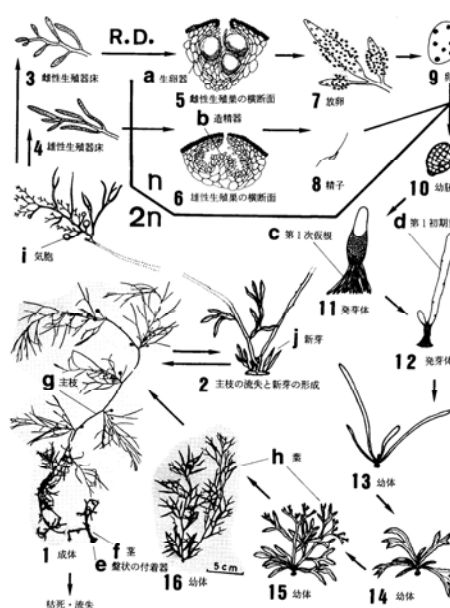
マコンブの生活史（寺脇・新井，2003）



アラメの生活史（寺脇，1993）



アカモクの生活史（寺脇，1993）



マメタワラの生活史（寺脇，1993）

図2-1 マコンブ，アラメ，アカモクおよびマメタワラの生活史

年目にはそれより早く夏から秋に形成される傾向にある（名畑，2003、表2-4）。アラメとカジメの場合、静岡県伊豆半島に生育する3齢以上の大型藻体では子嚢斑の形成が通年認められるが、成熟の盛期は夏から秋にかけて（8～10月）とされている。また、両種の成熟率は、年齢ではなく、むしろ葉面積の大きな藻体ほど高いと考えられている（倉島・前川，2003）。クロメの成熟盛期は、和歌山県古座町沿岸では9～11月（木村・能登谷，2003）、山口県上関町では9～12月（村瀬，1996）と報告されている。ホンダワラ類の成熟

については、雄性の株と雌性の株の上に生殖器床と呼ばれる生殖器官が形成され、前者では精子、後者では卵が作られる。卵の放出時期は種によって異なり（難波，2003、図2-2）、同一種でも北に分布する種ほど遅れることが報告されている（Yoshida, 1983）。このように、藻場構成種の成熟時期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（成熟藻体）を必要とする場合に備えて、事前の現場調査により成熟盛期を把握しておくことが大切である。

表2-4 北海道におけるコンブ類の成熟
（子嚢斑形成）の時期（名畑，2003）

種名	年齢	子嚢斑形成時期	場所
マコンブ	1	7月下旬～	伊達
ホソメコンブ	1	9月上旬～12月	忍路湾
リシリコンブ	1	9月上旬～4月	利尻島
	2	7月下旬～11月下旬	
オニコンブ	1	9月～3月	羅臼
	2	7月下旬～12月	
ミツイシコンブ	1	10月上旬～3月下旬	浦河
	2	7月～2月	
	3	6月～3月	
ナガコンブ	1	9月～3月	釧路
	2	6月中旬～12月	
ガッガラコンブ	—	10月～	根室

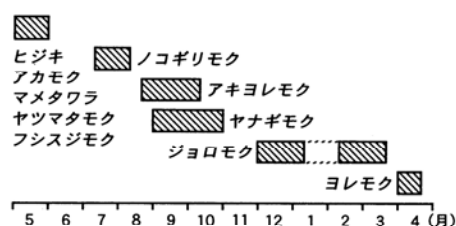


図2-2 福岡県と長崎県における
ホンダワラ類の成熟（卵放出）の時期
（難波，2003）

2. 4 藻場の季節的消長

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。このような変化は、藻場内に方形枠を設置して枠内の藻体を刈り取り（坪刈り）、種ごとに重量や個体数を測定し、重量の値から現存量（ある時点の単位面積当たりの生物体の量）、個体数から密度（単位面積当たりの個体数）を求め、月別変化として図示するとわかりやすい。山口県深川湾のノコギリモク（多年生）の藻場（水深8m）における現存量と個体密度の月別変化を図2-3に示す。この藻場では、6～7月に大型藻体が生殖器床上の卵を放出すると、翌月までに藻体の大部分が枯死流失し、現存量が急激に減少する。しかし、この時期にはすでに茎部から新しい主枝が萌出している。

その後、秋から冬にかけて波浪の影響により個体密度は減少するが、新しい主枝の伸長により現存量は増加する。冬から春にかけては、主枝の伸長とともに、発芽した幼体が入るために、現存量と個体密度が増加する。3月からは生殖器床の形成が認められる。生殖器床は5月まで肥大し、この頃に現存量は年間の最大値を示す。このように、藻場の現存量と個体密度の消長は、藻場構成種の伸長と成熟後の枯死流失などを反映する。藻場の衰退状況がみられる場合には、藻場構成種の季節的消長に伴うものか、磯焼けにつながるものかを慎重に見極めなければならない。なお、現存量の年間最大値がわかれば、年間の純生産量を推定できる（コラム2-3）。そのためにも、地先の藻場では定期的な調査を実施し、現存量と個体密度の月別あるいは季節的な変化を把握しておく必要がある。

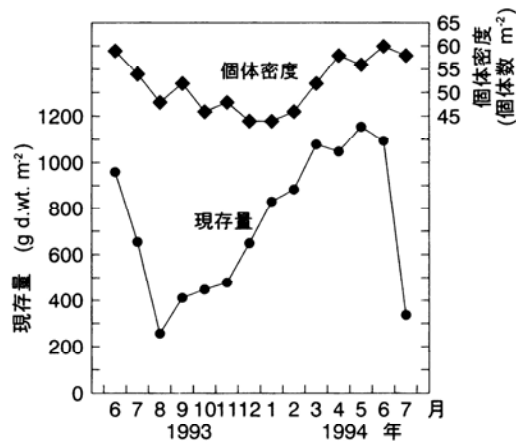


図2-3 山口県深川湾におけるノコギリモク藻場の現存量と個体密度の季節変化
(村瀬・前川, 2003)

参考文献

- 川嶋 (1993) : 日本産コンブ類図鑑, 北日本海洋センター.
- 木村ら (2003) : クロメ, 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 113-122.
- 倉島・前川 (2003) : アラメ・カジメ類, 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 18-25.
- 寺脇 (1993) : アラメ・アカモク・マメタワラ, 藻類の生活史集成第2巻褐藻・紅藻類 (堀編), 内田老鶴圃, 132-133, 160-163.
- 寺脇・新井 (2003) : アラメとカジメ, 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 100-113.
- 名畑 (2003) : コンブ類 (北海道), 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 90-100.
- 難波 (2003) : ホンダワラ類, 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 1-9.
- 藤田 (2001) : 氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場, 氷見漁業協同組合.
- 村瀬・大貝 (1996) : 瀬戸内海の長島沿岸に生育するクロメの生長と成熟, 水産増殖, 44, 59-65.
- 村瀬・前川 (2003) : ノコギリモク, 藻場の海藻と造成技術 (能登谷編), 成山堂書店, 65-75.
- Yoshida(1983) : Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophycus* (Phaeophyta, Fucales), Journ. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. V (Botany), 13, 99-246.

【コラム2-1】 藻場の垂直分布と立体構造

富山県氷見市虻が島周辺の藻場において、2001年6月に岸から沖に向けて調査側線を設置し、繁茂状況を観察するとともに、50cm×50cmの方形枠による採集を行い、藻場の立体構造を示す生産構造（群落の高さ20cm毎の藻体重量の分布）を調べた。

結果は（図1）、基点付近の水深0.5mの岩盤上ではイソモクだけが繁茂し、その高さが60cm以下と低かった。イソモクは糸状の付着器をもち、そこから栄養繁殖して新しい株を出すために波浪が強い浅い場所でも繁茂することができる。

基点からの距離38m（水深6.7m）の転石上ではノコギリモクが優占し、ヤツマタモク、ヨレモク、マメタワラおよびホンダワラが混生していた。その高さや現存量は、調査した地点のうちで最も高い値であった。このように、やや深い水深においては波浪などが比較的安定するため、多様なホンダワラ類が混生する。ここでは、ノコギリモクは光をめぐる種間競争により主枝を伸長して葉状部を展開し最も優占することができるが、他の種は群落内部の弱光下でじっと耐えているように見受けられる。

距離290m（水深16.8m）の岩盤上ではエンドウモク、マメタワラおよびツルアラメが混生した藻場であった。エンドウモクが伸長し、ツルアラメが藻場の下層で葉状部を展開していたが、現存量は他の地点と比べ低い値であった。水深が深く光量が低い地点では、出現する種や現存量がある程度限定されている。

以上のように、藻場は、同一海域でも水深により、構成種や現存量が異なることが明らかになった。また、通常、方形枠の刈り取り調査からは種ごとの現存量だけが把握できるが、採集藻体を層別に切断し、それぞれの重量を測定して図示することにより、藻場の立体的な構造（生産構造）を明らかにできる。このような図を作成することにより、藻場の繁茂状況を具体的に把握できるとともに、魚介類や餌生物の生息空間をイメージすることができる。

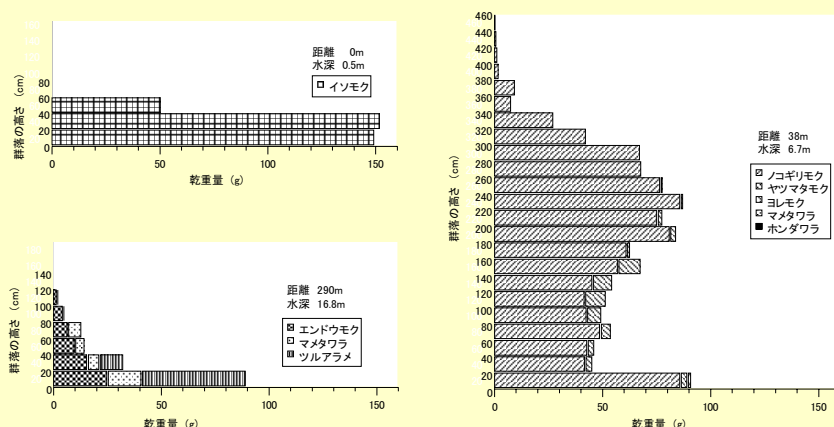


図1 富山県虻が島沿岸の藻場において調査測線上で認められた藻場の生産構造図
（乾重量は50cm×50cmの方形枠内の藻場構成種の各層の乾燥重量を示す。）

藤田ら（2003）：氷見市虻が島のガラモ場の垂直分布，生産構造および葉上動物相，富山県水試研報14，43-60.

【コラム2-2】 藻場構成種の年齢形質と藻場の年齢構造

多年生海藻の藻場は多様な年齢の個体で構成されている。これは年齢構造（年齢組成）を調べることで理解を深めることができる。そのためには、構成種の年齢を推定するための年齢形質（年齢を反映して伸長・肥大する部位）を明らかにする必要がある。海中（潜水調査）でも容易に測定できる年齢形質として、アラメでは枝長（谷口ら，1984）や茎長（喜田ら，1985）など、カジメでは茎長（喜田ら，1985）など、フシスジモクでは主軸長（桐原ら，2003）、ヨレモクでは茎の周囲の長さ（桐原ら，2003、図1）、ノコギリモクでは茎径（村瀬，2005）が使われ、それぞれの藻場の年齢構造が解析されている。

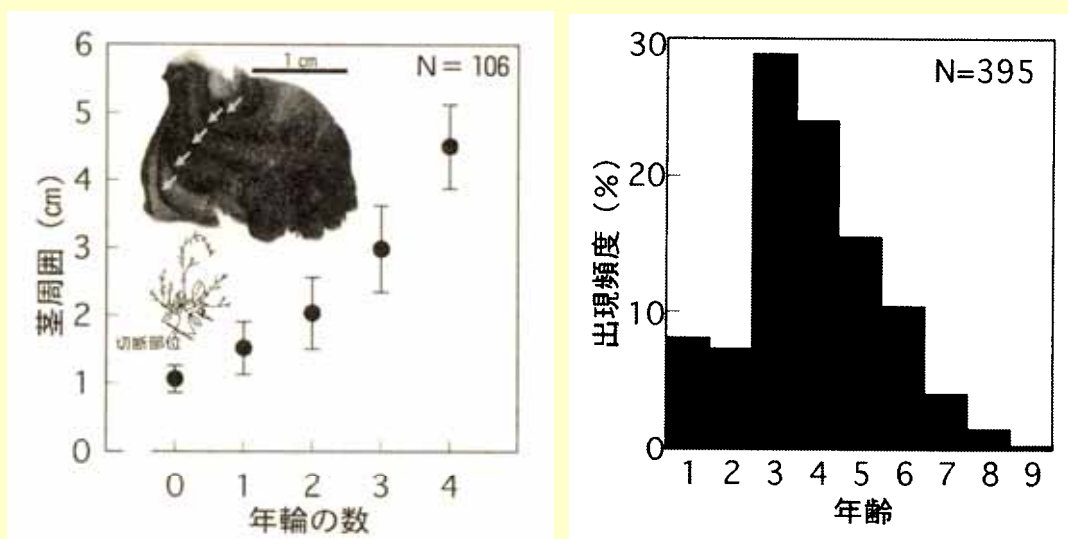


図1 ヨレモクの付着器断面の年輪（矢印）の数と茎の周囲長の関係（左）および藻場内の年齢組成（右）（桐原ら，2003）

喜田・前川（1985）：アラメ・カジメ群落に関する生態学的研究－V，茎長組成および年齢群の季節変化，三重大水産研報，12，119-129.

桐原ら（2003）：フシスジモク，藻場の海藻と造成技術（能登谷編），成山堂書店，47-65.

桐原ら（2003）：ヨレモク，藻場の海藻と造成技術（能登谷編），成山堂書店，27-47.

谷口・加藤（1984）：褐藻類アラメの年齢と生長，東北水研研報，46，15-19.

村瀬（2005）：ノコギリモク群落を構成する成体群と幼体群の生態的特性，月刊海洋，37，488-493.

【コラム2-3】 藻場の年間純生産量と現存量

藻場の年間純生産量（単位面積当りにおいて1年間に生産される有機物量から呼吸などの損失量を差し引いた量）は、1 m²当りマコンブが1.27kg(乾重)、ホソメコンブが63.2～206.3 kg(湿重)、ワカメが60.9～92.1kg(湿重)、アラメが20 kg(湿重)、カジメが2.9kg(乾重)、ホンダワラ類では0.9～8.3kg(乾重)と報告されている（表1）。

生産量と現存量の関係は、年間の最大現存量に対する純生産量の比（表中のP/B）によって把握することができる。P/B比は、コンブ類が1.5～2.3、アラメ・カジメが1.0～1.3、ホンダワラ類が1.0～1.7である。P/B比は、各種の生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もわかってきた。したがって、既知のP/B比を利用して年間の現存量の最大値から年間純生産量を求める場合には、現存量の季節変化を把握するとともに衰退要因（波浪や食害などの影響）に留意する必要がある。

表1 藻場の年間純生産量と最大現存量（d.w.：乾重量，w.w.：湿重量）

構成種名	海 域	水深 (m)	年間純生産 最大現存量		P / B	文 献
			量 (P) (kg・m ⁻² ・y ⁻¹)	(B) (kg・m ⁻²)		
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	3～5	63.2～	42.1～	1.5～	武蔵ら, 1993
	門之浜湾		206.3(w.w.)	92.2(w.w.)	2.3	
ワカメ	岩手県	記載なし	60.9～	47.8～	1.2～	中井ら, 1993
	門之浜湾		92.1(w.w.)	75.8(w.w.)	1.4	
アラメ	宮城県松島湾	2～4	20(w.w.)	15～	1.0～	吉田, 1970
				20(w.w.)	1.3	
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
ノコギリモク	京都府若狭湾	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	京都府若狭湾	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	京都府若狭湾	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	北海道積丹半島	1	0.95(d.w.)	0.90(d.w.)	1.1	津田・赤池, 2001
ヨレモク	京都府若狭湾	2～2.5	1.46(d.w.)	1.11(d.w.)	1.3	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005
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
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	京都府若狭湾	2～2.5	1.20(d.w.)	0.78(d.w.)	1.5	Yatsuya <i>et al.</i> , 2005

- Agatsuma *et al.* (2002) : Annual life cycle and productivity of the brown alga *Sargassum yezoense* off the coast of the Oshika Peninsula, Japan. SUISANZOSHOKU, 50, 25-30.
- 谷口・山田 (1978) : 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態, 日水研研報, 29, 239-253.
- 谷口・山田 (1988) : 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力, 東北水研研報, 50, 59-65.
- 津田・赤池 (2001) : 北海道積丹半島西岸におけるフシスジモク群落の生活年周期と生産力, 水産増殖, 49, 143-149.
- 中井ら (1993) : 天然ワカメの生活様式と生産量に関する研究, 平成4年度岩手県南部栽培漁業センター事業報告書, 80-84.
- 中林・谷口 (2002) : 男鹿半島沿岸におけるスギモク群落の季節変化と生産力, 日水誌, 68, 659-665.
- 中脇ら (2001) : 女川湾における褐藻マコンブ群落の生活年周期と生産力、水産増殖, 49, 439-444.
- 名畑・酒井 (1996) : 2年目オニコンブの年間純生産量, 北水試研報, 49, 1-5.
- 武蔵ら (1993) : コンブの生活様式と生産量に関する研究, 平成4年度岩手県南部栽培漁業センター事業報告書, 75-79.
- Murase *et al.* (2000) : Productivity of a *Sargassum macrocarpum* (Fucales, Phaeophyta) population in Fukawa Bay, Sea of Japan. Fish. Sci., 66, 270-277.
- Yatsuya *et al.* (2005) : Annual net production of the five Sargassaceae species in Yoro, western Wakasa Bay, Sea of Japan. Fish. Sci., 71, 1098-1106.
- Yokohama *et al.* (1987) : Productivity of the *Ecklonia cava* community in a bay of Izu Peninsula on the Pacific coast of Japan. Bot. Mag. Tokyo, 100, 129-141.
- 吉田 (1970) : アラメの物質生産に関する2・3の知見, 東北水研研報, 30, 107-112.

3. 磯焼けとは

3. 1 磯焼けの定義

磯焼けとは、「浅海の岩礁・転石域において、海藻の群落（藻場）が季節的消長や多少の経年変化の範囲を越えて著しく衰退または消失して貧植生状態となる現象」（藤田，2002）である。一旦、磯焼けが発生すると、藻場の回復までに長い年月を要したり、磯根資源の成長の不良や減少を招いたりするため、沿岸漁業に大きな影響を及ぼす。磯焼けが発生する原因、藻場が衰退した後の景観、影響、回復までの継続期間などは、各海域の地形、海洋学的特性、生物の種組成、沿岸利用・開発の歴史・現状などによって異なる。

磯焼けについては、これまでも様々な定義がなされ、やや混乱を招いている*が、このガイドラインでは、国内の歴史的な背景や現実的な対応の必要性を考慮して上記の定義とする。大切なのは、藻場の衰退・消失を「磯焼け」、「磯焼けではない」と区別することではなく、全国各地で著しく藻場が衰退して（させ続けて）いる現実を直視し、少しでもこれを食い止めるとともに、回復に向けた努力を惜しまないことである。

*例えば、先の「磯焼け診断指針」（2000）では「海中林を構成する褐藻を中心にそれまで優占していた多くの海藻が消滅し、無節サンゴモ群落が浅所へ拡大し、海中林に依存して生活するアワビなど有用な魚介類が減少して漁業生産が著しく低下する現象」としている。しかし、元来、磯焼けは、寒天原藻として重要な「紅藻」テングサの衰退を嘆いた伊豆地方の方言で、「褐藻」に限定する理由はない。また、必ずしも海藻が「消滅」に至ったり、無節サンゴモ群落の「浅所への拡大」が起こったりするとは限らない。そもそも無節サンゴモは海中林やテングサ群落の下草として多少とも生育しており、群落の（深所から）浅所への拡大は確認されたことがない。また、上記の指針では、「生態学的な要因」による藻場の衰退のみを磯焼けとし、「人為的な要因」による現象をこれと区別しているが、後者も生態学の範疇であることは自明で、古くから津々浦々で人間が大きく関わってきた日本では、海域により程度の差こそあれ、両者の影響は不可分である。

3. 2 磯焼けの影響と回復までの期間

磯焼けが継続すると、海域ごとに、海藻だけでなく、その群落に依存していた様々な生物に影響が現れる。ひとまとめに言えば、「魚介藻類の減少や成長・成熟不良」といえるが、一方で、サンゴモ類のように増加する生物もある。一般に、ウニや貝は飢餓に強く、成長不良のまま生き続けて海藻の芽生えなどを食べるため、藻場回復の阻害要因にもなりうる。表3-1に、水産庁（1981）などを参考にして主な磯根資源の変化をまとめた。

これらの生物の増減は、漁獲統計（図3-1）やモニタリング調査（図3-2）によって裏付けられている場合もあるが、漁業者からの聞き取り調査でしか把握できない場合もある。特に、漁獲統計のない生物、遊漁・密漁の盛んな生物、藻場との関係が一時的もしくは間接的な生物に対しては、磯焼けの影響はよくわかっていない。

磯焼けの継続期間は、一過性や周期的な気象・海況変動に基づく場合、数年程度（群落の更新に要する期間）であるが、藻場形成阻害要因が継続する場合には、多少の変動を繰り返しながらも、半世紀以上にも及びうる。環境が大きく改変された場合は不可逆的となり、記録的な気象・海況イベントが起こらない限り、海藻植生は回復しない。