

Ⅱ. 気候変動による沿岸域の環境と生態系への影響

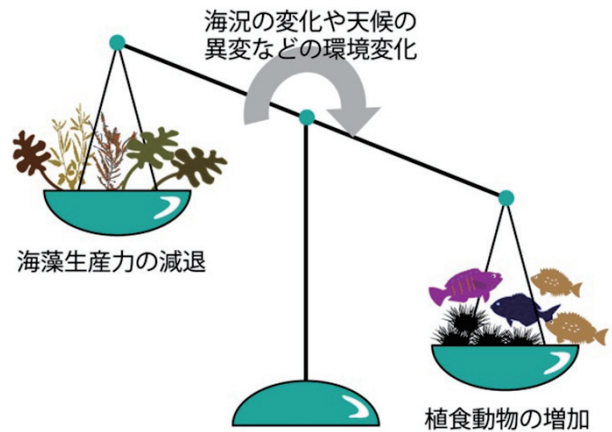
Ⅱ-1. 水温上昇に伴う藻場への影響と回復対策

桑原久実

1. 藻場は、今どうなってるの？

我が国の藻場（もば）は構成する海藻種によりコンブ場、アラメ・カジメ場、ガラモ場、アマモ場などに区別され（写真1）、水深や底質等により単一種だけではなく複数種で構成される場合が多い。藻場は、我々人間にとって、直接・間接的に重要な役割を担っている。例えば、①沿岸の一次生産の場であると共に、②栄養塩吸収（CO₂吸収も）などの環境保全の場、③水産上有用な魚介類を含む多様な生物にとっての生息の場、④我々人間にとって快適な景観や環境学習の場などを提供している。しかし、このように重要な藻場は全国的に著しい減少傾向にある。水産庁の調べによると、この20年間で藻場面積は大きく減少し、2018年は1980年代と比較し半分の10万ヘクタール程度と予想されている。このような藻場の減少は上述した藻場がもたらす多様な機能の低下をもたらし、水産業をはじめ沿岸生態系への影響が危惧されている。

藻場が減少する要因を第1図に天秤のイラストで示した。ある海域において温暖化等の環境変化を背景に、天秤の右の皿はウニや魚などの植食動物が海藻を食べる量、左の皿は海藻が生産する量

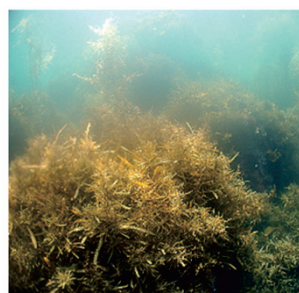


第1図 藻場の減少要因。

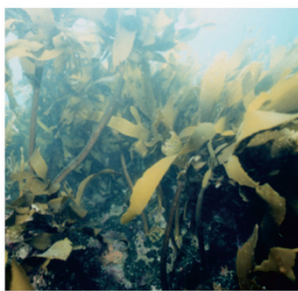
を示している。この天秤は藻場が減少傾向にあるため時計回りに傾いている。藻場の減少要因については、これまで種々の意見が出されてきたが、現在、高水温などの環境変化が直接海藻の生残に影響する場合と植食動物の食害を通じて影響する場合が考えられている。前者の事例を写真2に示す。2013年8月、日本海西部では平年より2℃以上高い水温（約30℃が数日継続）が中旬から下旬にかけて続いた。この高水温によりアラメやカジメの葉状部が白くなり、やがて、茎の根本部分から倒れ、9月上旬の台風に伴う高波浪により大量に海岸に打ちあがった。この被害は長崎県対馬・壱岐から福岡県沿岸を経て山口県北部まで達し総延長距離は200kmと推定された。同様な事例は全国で局所的に見られるものの、このように大規模な藻場の流失は稀である。後者の事例を写真3と4に示す。写真3はウニが高密度に分布（黒い丸）し、これらのウニが海藻の幼芽を食べることにより、その後、藻場が形成されない状況を示している。ウニは餌となる海藻が無いため可食部（生殖巣）



コンブ場



ガラモ場



アラメ・カジメ場



アマモ場

写真1 我が国の代表的な藻場。



写真2 高水温の影響で大量に打ち上がったカジメ。

が痩せ、商品にならないため漁業者は漁獲できず、この状態が継続する。写真4は魚によりカジメの葉状部が全て食べられ茎だけになった状況を示している。茎の先端部にある成長帯まで食べられるとカジメは枯れる。藻場を消失させる魚は、主にアイゴ、ブダイ、イスズミ類が考えられており、これらはいずれも亜熱帯性の魚種である。これら植食性魚類による藻場の消失は毎年各地で報告されており、我が国沿岸水温の上昇が影響しているためと考えられる。

藻場が一旦減少し、その状態からなかなか回復できず貧植生状態が継続することを磯焼けと言う。我が国における磯焼けの大部分は、後者の植

食動物の食害であることがわかっている。

2. 水温が、さらに上昇すると、どうなる？

今後、我が国周辺の水温が、さらに上昇すると藻場はどうなるのか？現状の水温(過去10年平均)より3℃上昇した場合を想定し検討した。まず、我が国沿岸で見られる海藻種が生息できる水温帯を明らかにする必要がある。この水温帯の上・下限値は既存文献から収集・整理して求めた。次に、我が国周辺の現状の海面水温分布とそこから全域一律に3℃上昇させたものを作成した。海藻の分布は、年最低の海面水温分布(2月)と海藻の生息水温の下限値から北限を、年最高水温分布(8



写真3 ウニの食害。



写真4 魚の食害。

第1表 海面水温の上昇(+3℃)に伴う海藻、サンゴ、植食動物の分布変化(太平洋側)

(赤色=消失、水色=拡大、緑色=現状維持)

分類	地域 生物名	八重山・宮古諸島	沖縄諸島	奄美諸島	大隅諸島	鹿児島	宮崎	大分	愛媛	高知	徳島	和歌山	三重	愛知	静岡	神奈川	東京	千葉	茨城	福島南部	福島北部	宮城南	宮城北	岩手南	岩手中	岩手北	青森東	北海道渡島	北海道胆振	北海道日高	北海道十勝	北海道釧路	北海道根室	北海道釧路	北海道色丹	北海道国後
コンブ類	ミツイシコンブ																																			
	リシリコンブ																																			
	ナガコンブ																																			
モク類	ウガノモク																																			
	ヤツマタモク																																			
	ノコギリモク																																			
	フタエモク																																			
	ラッパモク																																			
	オオバモク																																			
	ヤナギモク																																			
アラメ・カジメ類	アラメ																																			
	カジメ																																			
	クロメ																																			
	リュウキュウスガモ																																			
サンゴ	ウミシヨウブ																																			
	ウミジグザ																																			
	ユビミドリイシ																																			
魚類	アイゴ																																			
	ブダイ																																			
	ムラサキウニ																																			
	ガンガゼ																																			
ウニ類	キタムラサキウニ																																			
	エゾバフンウニ																																			

月）と海藻の生息水温の上限値から南限を評価した。現状とそれより3℃上昇させた水温分布に上記の方法で海藻分布を示し、水温上昇による分布域の変化を予測した。

第1表は、海面水温3℃上昇した場合の太平洋側の海藻分布の変化を都道府県の地区別に予測したものである。海藻と同様な手法で評価したサンゴ、ウニや魚の植食動物の予測も併記してある。赤色は分布の消失、水色は拡大、緑色は変化が無く継続して分布（現状維持）することを示している。3℃上昇すると、水色の地区に分布が拡大する一方、赤色の地区で消失するので、緑色と水色のところに分布することになる。温帯性の海藻（ヤツマタモク、ノコギリモク、オオバモク、ヤナギモク、アラメ、カジメ、クロメ等）は、南方から消失し、北方へ拡大することがわかる。しかし、この変化は同じ分布幅でそのまま北に移動するのではなく、分布幅を減少する場合が多い。また、温帯性の海藻は亜熱性の海藻（フタエモク、ラッパモク等）やサンゴの北上により着生基質に新たな競争が生じること、植食動物の北上（アイゴ、ブダイ、ムラサキウニ、ガンガゼ）により、現在よりも被食圧が増加することなどから、さらに生息困難な環境になることが予想される。第2表は日本海側について示しており、太平洋側とほぼ同様な傾向にあることがわかる。ここでは水温上昇の

影響を検討するため、大幅に3℃の水温上昇を設定したので藻場分布に大きな影響が現れた。現在の水温上昇は、ここまでは達していないが、今後、モニタリングを継続して対応や適応方法を検討していく必要がある。

3. 藻場は、どうやって回復するの？

藻場回復は第1図の天秤のバランスを回復（釣り合った状態に）することである。1つ目の対策は温暖化などの気候変動を緩和や縮小するもので、これについてはCO₂排出規制、低炭素エネルギーの推進など地球全体で取り組みつつある課題である。本シンポジウムでは、海洋生物環境研究所からCCS（二酸化炭素の回収・貯蔵）や洋上風力発電等に関する話題提供があり、詳しくはそれらを参照いただきたい。2つ目の対策は天秤の右の皿からウニや魚などの植食動物を除去し海藻が食べられる量を減少させ、左の皿から海藻の生産量を増加させることである。この際、植食動物を除去する前に海藻の生産を高める取り組み（例えば、母藻移植等）をしても、植食動物の餌を増やすことになるだけで藻場回復は期待できない。まず植食動物を除去してから海藻の種まきや種苗の設置などの海藻生産量を増加させる対策を実施する必要がある。

2つ目の対策事例として、漁業者が主体となっ

第2表 海面水温の上昇（+3℃）に伴う海藻、サンゴ、植食動物の分布変化（日本海側）

（赤色=消失、水色=拡大、緑色=現状維持）

分類	地域 生物名	八重山・宮古諸島	沖縄諸島	奄美諸島	大隅諸島	鹿児島	熊本	長崎	佐賀	福岡	山口	島根	鳥取	兵庫北部	京都	福井	石川	富山	新潟	山形	秋田	青森西部	北海道渡島	北海道檜山	北海道後志	北海道石狩	北海道留萌	北海道宗谷	北海道網走		
コンブ類	ミツイシコンブ					日本海側に分布無し																									
	リシリコンブ																												消滅		
モク類	ナガコンブ					日本海側に分布無し																									
	ウガノモク																														
	ヤツマタモク																														
	ノコギリモク																														
	フタエモク																														
	ラッパモク																														
	オオバモク																														
	ヤナギモク																														
アラメ・カジメ類	アラメ																														
	カジメ																														
	クロメ																														
海藻類	アマモ																														
	リュウキュウスガモ																														
	ウミシヨウブ																														
サンゴ	ウミジグザ																														
	ユビミドリイシ																														
魚類	アイゴ																														
	ブダイ																														
ウニ類	ムラサキウニ																														
	ガンガゼ																														
	キタムラサキウニ																														
	エゾバフンウニ																														



(a) 磯焼けした海底（2007年）



(b) SCUBA潜水によるウニ除去



(c) 刺し網によるブダイ除去



(d) 海底に母藻の設置



(e) 回復したガラモ場（2016年）



(f) 回復したクロメ場（2016年）

写真5 漁業者主体で実施した藻場回復の取り組み事例（大分県佐伯市名護屋地区）。

て実施している大分県佐伯市名護屋地区の取り組みを紹介する。当地区は大分県の一番南側に位置し、名護屋支店の正組合員数が70名余りである。リアス式地形を利用して、定置網、養殖、刺し網、一本釣りなど様々な漁業が行われている。豊かな藻場があった頃は県全体の約1/4のアワビやサザエの水揚げがあったが、1995年頃から磯焼けが発生し磯根資源の漁獲量は激減した。藻場を回復させるためにウニ除去等の対策を漁業者自らが自主的に実施したが磯焼けからの回復は見られなかった。こうした状況を打開するため、2007年に「名護屋地区磯焼け対策部会」が発足され、市、県、国からの協力を得た対策を開始した。この部会では、取り組みの基本方針として、①自分達（漁業者）ができる対策から始める、②磯焼けを継続させる要因を1つでも少なくする、③徐々に規模を拡大させるなどを決めている。当海域ではウニが高密度に分布することからウニによる食害が、藻場回復を阻害している主要因と考えられた（写真5(a)）。SCUBA潜水によるウニ除去を徹底して実施し（写真5(b)）、開始当初の2007年は5ha程度の除去面積であったが、2016年には100haに達している。また、海藻を移植すると、多数のブダイの蛸集や採食がインターバルカメラにより確認された。そこで2012年頃から刺し網によるブダイの除去（写真5(c)）を実施し10日間で645尾（418kg）を除去したこともある。しかし、除去尾数が非常

に少ない場合もあり、より効率的で安定した除去手法の開発が必要である。海藻の種まきは、生分解性の布に成熟した雌雄の海藻を取り付け小石を重しにして海底に設置する手法（オープンスポアバックと言う）を用いた（写真5(d)）。海藻の種の到達距離は数メートルと小さいため数多くのスポアバックが必要となる。この製作には地元の小学生に環境教育の一環としてお手伝いいただいている。この取り組みは小学生や父兄、学校関係者に好評で、現在も継続されケーブルテレビ等で放送されている。対策実施直前（2007年）は、ほとんど藻場が見られなかったが、上記の対策を繰り返し実施することにより2013年頃から成果が急激に現れ、2016年にはガラモ場（写真5(e)）やクロメ場（写真5(f)）等の回復面積は100ha程度に達した。このように大規模な藻場の回復事例は全国的にまだ少なく、先進的な成功事例と言える。現在、当海域では漁場を約30地区に分割し定期的なモニタリングと回復藻場の維持管理が行われている。

4. むすび

現在、我が国の藻場の減少は、高水温が海藻の生育水温の上限を超えるまでには至っておらず、水温上昇などの環境変化を背景にした植食動物の食害が主要因となっている。このため植食動物の除去対策を徹底して実施すれば名護屋地区と同様

に藻場が回復した事例は全国で確認されている。しかし、植食動物の対策は時間と労力がかかり、計画通りに成果が得られていない地区も数多い。藻場回復に向けて行政と研究の担当者が一丸となり、これまで以上に効果的で確実な技術開発が早急に求められている。

なお、本稿は、「地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価及び対策技術の開発」（農林水産技術会議）と「磯焼け対策ガイドライン」（水産庁）の成果の一部であることを付記する。

引用文献

- 農林水産省農林水産技術会議事務局（2008）. 地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価及び対策技術の開発，農林水産省農林水産技術会議事務局，東京，1-119.
- 全国漁港漁場協会（2007）. 磯焼け対策ガイドライン，全国漁港漁場協会，東京，1-208.