

総説

南日本における磯焼けと藻場回復*

田中 敏博¹⁾

1) 水産振興課

A review of the barren ground phenomenon and the recovery of seaweed communities in Kagoshima, southern Japan

Toshihiro Tanaka

Abstract : The barren ground, known as “isoyake” in Japanese, is a phenomenon of the disappearance of seaweeds caused by certain factors. It is also a serious environmental problem in the conservation of coastal biodiversity and fisheries resources. Since 1971, the Kagoshima Prefectural Fisheries Technology and Development Center (formerly Kagoshima Prefectural Fisheries Experimental Station) had been conducting field studies in identified barren grounds so as to introduce some interventions to restore the seaweed communities. The hypothesis was that the seaweed communities were negatively impacted by fish and sea urchin grazing. I reviewed recent studies of the barren ground phenomenon that focused on removing the limiting factors of the growth of seaweed communities. Results of the survey in 2002 and 2003 revealed that the composition of seaweed grazers, water temperature and other environmental factors of the barren grounds showed no significant differences compared to those of the natural seaweed communities. However, the former had higher biomass of grazers compared to the latter. Based on this information, we suggested the possible influence of maximum grazing and its detrimental effects to the primary growth of seaweeds. I also discussed some factors that led to the occurrence of barren grounds and its recurrence, and what methods to consider for the optimum restoration of such “lost” seaweed communities.

1 はじめに

沿岸生態系の底辺をなし、多くの生物を育む「海のゆりかご」として海辺の一部であった「藻場」であるが、日本経済の成長と共に行われた「沿岸開発」や、「磯焼け現象」等により全国的に減少している。

この藻場減少、特に磯焼けの影響は南日本においても例外ではなく、各地で藻場が消失しており、藻場制限要因の解明、藻場造成・回復研究が取り組まれている。

ここでは、南日本（主に鹿児島県）における磯焼け研究と藻場回復研究を中心に、磯焼けと藻場回復の現状を紹介する。

2 磯焼けの発生

現在全国的に問題となっている「磯焼け」は、鹿児島県においても1965年～1971年にホンダワラ類藻場＝ガラモ場において発生し、現在に至っている。

数値的なデータに乏しいが、鹿児島県沿岸の磯焼け域の把握から推測すると、以前あった鹿児島県の藻場の80%以上が、現在磯焼け状態にあると考えられている。(図1)

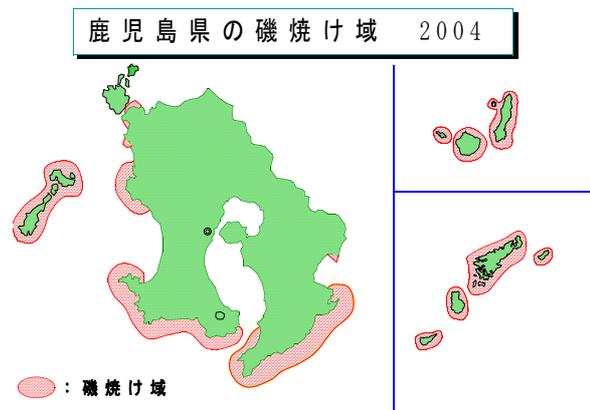


図1 鹿児島島の磯焼け域

*水産工学第43巻第1号(2006)を一部改変して再録

この磯焼け発生のメカニズムは各所で論じられているが、地域によって発生要因が異なると考えられており、同じ土俵で論じるのは難しい。鹿児島県においては、何らかの海洋的異変がきっかけとなり磯焼けが発生したと考えられているが、発生後 30 年以上経過した現在、その原因を推測することは困難である。(図 2)

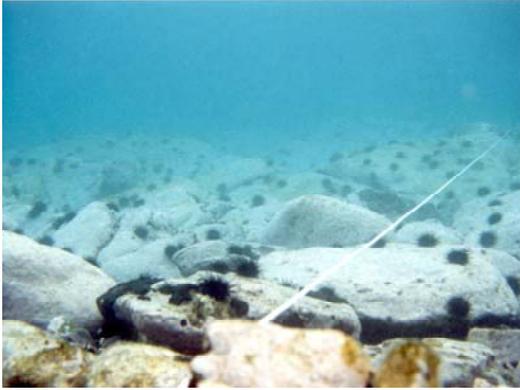


図 2 鹿児島県の磯焼け

3 磯焼け発生後の取り組み

鹿児島県では、磯焼け発生直後の昭和 46 年より藻場造成・回復研究(以後「藻場造成」と呼ぶ)に取り組んできた。当初は、アワビやトコブシ餌料としての大型海藻不足解消を目的とした「餌料藻場」造成に取り組んできたが、徐々に藻場そのものの重要性が叫ばれるようになり、ガラモ場の造成や回復が主な目的となった。

これら藻場造成の中で問題視されたのが「動物による食害」であり、既に昭和 47 年には、底棲動物由来の食害が藻場形成の制限要因であると考えられ、ウニ除去などの方策が試みられた。また、昭和 48 年からは底棲動物とともに魚類による食害が重要視され、網等による防護試験が行われた。この結果、網等により防除すれば海藻類が生長することが確認され、魚類による食害が藻場形成の制限要因としてクローズアップされた、初めてのケースとなった。

このため、図 3 にあるような食害防護網を用いた藻場造成法なども提唱され、小規模な試験が行われてきたが、温暖な南日本の海では短期間のうちに網表面に生物が着生し、また、台風常襲地のため耐久性が問題とされるなど、食害防護施設の維持が問題であった。

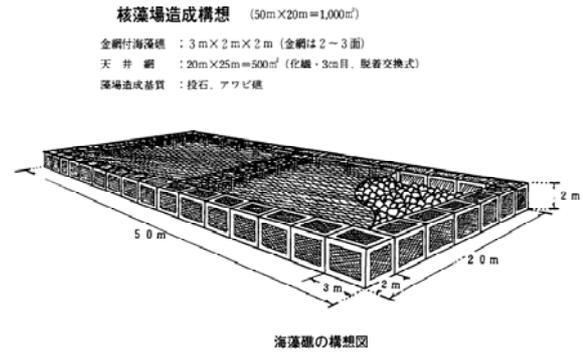


図 3 食害防止網付き藻場造成(未実施)

また、食害防護網によりその内部に海藻を繁茂させることができたとしても、網周辺の制限要因を取り除かない限り、広域に藻場を造成することは不可能であり、根本的な磯焼け解決策とならない。このため、物理的な動物防除策による藻場造成手法については今のところ、否定的に考えている。

ただし、この網等による食害防除は、その特性から食害の影響を排除できるため、当該海域の環境が海藻の生長に適しているかどうかを調べることが可能である。このような「試金石」としての食害防除網(籠)の利用は、安価にかつ継続的に海洋環境が海藻に与える影響を調査できるため、積極的な利用を提唱したい。この手法は、藻場形成の制限要因を切り分けて解明でき、対処方法を検討する上で、有益である。(図 4)



図 4 試金石としての籠利用

4 磯焼け継続原因の究明

前述の「2 磯焼けの発生」で述べたとおり、磯焼けの発生原因は各方面で研究されているものの、全てが解明されているとは言い難い。南日本における磯焼けについても同様に原因不明とされているが、発生時期が 1965 年～ 1971 年に集中していること、

発生海域が外海・離島に限られていること、無人島周辺でも発生していることから人為的影響に左右されないことなどから、何らかの海洋の変動により引き起こされたものであると考えている。

ところが、磯焼け発生後 30 年以上経過した現在、一向に藻場の回復は見られない。この間、海洋の変動がずっと継続しているとは考えられないことから、磯焼けの発生原因とその継続原因（＝藻場が回復しない原因）は異なるのではないかと考えるようになってきた。

そこで、我々は、磯焼けの継続原因＝藻場回復の制限要因を究明するための調査を行った。この調査は、藻場と磯焼け地帯が隣接する海域において、海洋環境、動物環境等の各種調査を周年行い、その結果を比較することにより磯焼けの継続原因や藻場の残存要因を明らかにするものである。

調査は、典型的な磯焼け地帯と藻場（ガラモ場）が、ごく近接してみられる県内 3 箇所、阿久根、笠沙、志布志と典型的な磯焼け地帯である枕崎の計 4 箇所において実施した。

調査期間は、2001～2002 年、調査実施回数は、3～4 回／調査箇所、延べ 23 回の調査を行った。

調査は、縦横方向にライントランセクトを設け、生物相、その被度などについて潜水調査を行った。また、縦断側ラインの岸側と沖側の 2 箇所についてベントス坪刈り（4 × 4 m）、海藻坪刈り（40 × 40 cm）を行い、現地にて分類のうえ、種ごとに重量、個数を測定した。

魚類調査は、目合い 4 寸 5 分のテグス製三重網 2 反を用い、藻場磯焼け地帯のそれぞれにおいて、日中 12 時間、夜間 12 時間の漁獲調査を行った。漁獲物については、現地ですべての全長・全重を測定した後、消化器官を切り取り、ホルマリン固定のうえ研究室にてその内容物を調査した。

海洋環境調査は、現地にデータロガー（オンセット社製）を設置し、1 時間おきの水温を測定した。また、調査時に底質を記録するとともに、光量子計による光量の測定を行った。

水質については、現場において水質測定器（YSI 社製 model 85）を用いて水温、溶存酸素（DO）、塩分濃度を測定するとともに、塩分、浮遊物質（SS）、アンモニア態窒素（NH₄-N）、溶存態窒素（DIN）、全窒素（TN）、溶存態リン（DIP）、全リン（T-P）については、現場で採水し、水産試験場（当時）のオートアナライザー（BRAN+LUEBBE 社製 AACS4）を用いて

分析した。

その結果は下記の通りであった。

- ① 海洋環境である水温、水質、光量については藻場－磯焼け間で有意な差が見られなかった。
- ② ベントス類については、種類や種数に差がなかったが、その個体数は大きく異なり、磯焼け地帯では藻場に比べ多くのベントスが確認された。中でも巻き貝、ウニ類等藻食性動物が多く確認された。（図 5）
- ③ 魚類については、似通った種類・種数であったが、その総個体数及び藻食性（植食性）魚類の個体数については、藻場に比べ磯焼け地帯で多く確認された。（図 6）

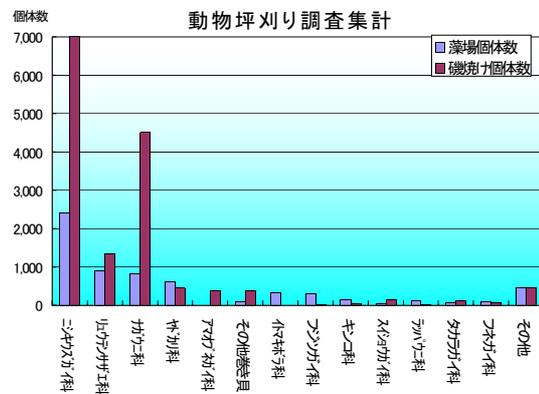


図 5 ベントス調査結果

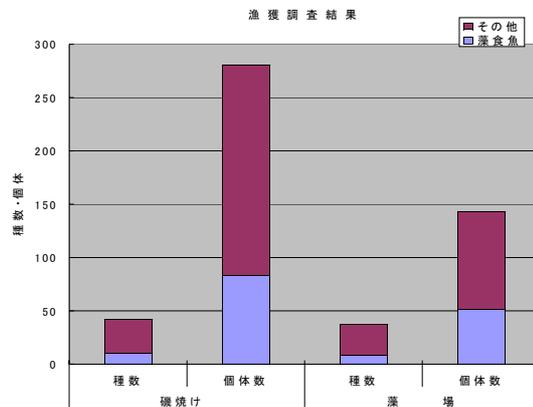


図 6 魚類調査結果

この調査の結果、現在の藻場と磯焼け地帯間では、水質等海洋環境的な相違は見られないものの、生息する生物環境、特に動物の個体数では大きな違いが見られた。このうちウニなど藻食性ベントスは、海藻類の着生基質周辺に蟻集し、海藻の発生初期のグレーザーとして、藻場の形成に大きな影響を与えていることが考えられた。

一方、ニザダイなどの藻食性魚類は、着生基質周辺に定着することはないものの、来遊・回遊を繰り返して、海藻の生長～成熟期にかけ、幅広い期間に影響を与えていることが考えられた。

この調査結果や、これまでの藻場調査から「藻場回復の制限要因」＝「磯焼け継続原因」を推測してみる。

- ① 何らかの原因（海洋的変動により引き起こされた水質・動物環境の変化？）で起こった磯焼けは一端終息し、海洋環境は磯焼け以前の状態に回復した。
- ② しかし、ダメージを受けた藻場は、藻体量の減少から「掃き出し効果」（海藻が波により揺れることにより、ベントスや魚類を排除する作用）が薄れ、従来藻場周辺に生息していた藻食性動物の進入・生息を許してしまった。
- ③ 進入した藻食性動物は藻場を住みかとし、恒常的に海藻を摂食するため、藻場は、藻場を維持するために必要な藻体量を確保できず、急速に衰退し幼胚の供給も減少・消失した。
- ④ その後も食害動物の進入・生息は継続されている。
- ⑤ 藻場は回復することなく磯焼け状態が継続され現在に至っている。（図7）

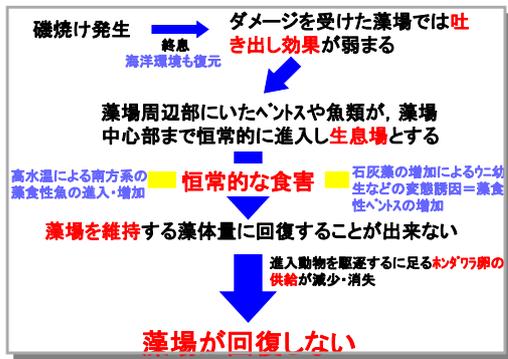


図7 磯焼け継続のフローチャート

5 藻場造成 ～「核藻場」という考え方～

藻場造成の手法は、各地各方面で様々に提唱されているが、基本的には、「藻場の制限要因を取り除く」ということになる。これは、基質がなければ基質を設置する、孢子（幼胚）がなければ添加する、ウニが多ければ除去する、などといったことである。

私は、この「藻場の制限要因を取り除く」という手法とともに、「核藻場を保護・造成する」という手法を提唱している。この手法は、制限要因の除去と併行して考慮すべきものであるが、さて、この「核

藻場」とは、どのようなものであろうか。

一端磯焼けとなった海域の中でも、人為的手段を講じることなく藻場が回復することがある。このような場合では、磯焼け域の中で、ごく一部に残存した大岩上部の海藻群落（図8）などを核にして、藻場が回復していくことが多い。また、「ウニ前線」により磯焼けが拡大した海域でも、浅海部や一部の岩礁など、海域内に残存したごく一部の海藻群落から藻場が回復した事例が知られている。

このような、海洋環境（含それらによる攪乱）により、藻食性動物が「食藻できない」、或いは、「食藻しにくい」場所に残存した海藻群落であって、藻場を再生するに足る最小単位を持つものを「核藻場」と呼んでいる。



図8 天然の核藻場

この「核藻場」を人為的に造成することにより、天然の核藻場と同様の効果を持つことを実証できた事例を紹介する。

本試験は、鹿児島県西部に位置する笠沙町（現南さつま市）において、1999年から同町と共同で行った藻場造成試験である。

試験地は、1977年から磯焼け（ガラモ場の磯焼け）であると確認されている海域であり（1977年以前の状況は不明）、制限要因は幼胚の未供給と藻食性ベントス・魚類の食害であると考えられていた。

本海域において、水深1m未満（干潮時）のごく浅瀬に平らなコンクリート性藻礁5基を設置し、南方系ホンダワラ（後述）を含む数種のホンダワラ類を着生させることに成功した。この幼胚の添加は2年にわたり行い、藻礁を天然藻場以上の高密度海藻群落とすることができた。

本藻礁を人為的に造成した核藻場として維持することにより、周囲に継続的に幼胚を添加することができ、2003年には20,000平方メートル以上の藻場を回復させることに成功した。（図9）



核藻場造成試験地だけで2ha以上回復（岬周辺の総藻場面積 8ha）

図9 核藻場利用による藻場の回復

本試験で藻場が回復した要因は、「核藻場」と「制限要因除去」で以下の通り説明できる。

- ① 波浪等により海水の流動が大きく、安定しない浅海域（攪乱の起こる場所）にコンクリートブロックを設置することにより、食害を防止・軽減できた。（核藻場の造成）（図10）



図10 造成された核藻場

- ② 成熟・生長時期の異なるホンダワラ類を複数用いることにより、食害動物に対してフェイントをかけ（海藻の生長期の分散）、食害を軽減

できた。（混植）

- ③ 波浪により砂面変動が激しい同海域では、ベントスが安定できる場所が変動した。（海域環境による制限要因除去）

①については、天然の核藻場を模倣したものであるが、最干潮時50センチ程度になる藻礁上にはその海水流動によりベントスが存在できず、また、魚類についても、摂食痕は見られるものの藻体が消失することはなく、浅海ゆへの攪乱により魚類食害圧も緩和されたと考えられる（近接の磯焼け域では100kg以上の藻体（藻場造成用母藻）が食害により一夜で消失した事例もある）。このように天然の核藻場が残存する要因を取り入れることにより、人為的に核藻場を造成することは可能であり、藻場回復のキーとなり得る。

②については、主に魚類の食害を免れた要因と考えられるが、ヤツマタモクやマメタワラなど従来の優占種と、近年鹿児島本土（含笠沙町）の外海域において確認されている南方系種（主な分布海域を奄美以南の熱帯、亜熱帯海域とする種）の利用によるところが大きい。この南方系ホンダワラ類は、2000

年前後より鹿児島県内各地で藻場を形成しているのが確認され、以後その種数・繁茂域とも増加傾向にある。本種は、生長・成熟時期が従来の優占種と比べ遅く（従来の優占種4～6月，南方系種6～9月），成熟期間も長いことや，魚類による食害に強い傾向があるなどの特徴がある（魚類による食害圧の強い海域に従来の優占種と同時に設置すると南方系種のみが残存する）。

この生長・成熟期が異なる海藻の「混植」は，時期的に来遊する食害魚の食圧に対し，各種が相互に保護する効果を生み，藻場が形成・維持された大きな要因であると考えられた。

また，この「混植」は高密度の藻場を作り出すことが可能であり，その掃き出し効果による藻食性魚類の食圧軽減も見逃すことはできない。

③については，制限要因の除去が海洋環境的に行われたものである。本来，核藻場以外の周辺海域におけるウニ（食害動物）の除去作業（制限要因の除去）は人為的に行う必要がある。

ところが，本海域は水深5m以深が砂地であり，又，転石や岩礁により構成されている5m以浅でも石間や岩礁上に覆砂が見られ，波浪により容易に砂面変動が起こる。このためウニは安定して生息することができず，砂面が安定しているときは全域に分布するものの，砂面変動があると，ごく限られた場所に蟄集する。このようにギャップ的にウニが集約されることにより，それ以外の海域ではウニ除去をしたのと同様の効果が現れ，環境的に制限条件が緩和され，核藻場周辺が緑化（藻場化）し，緑化された所を中心に広い範囲の藻場が回復したと考えられた。

このように，天然藻場の回復機構を模倣し，制限条件の除去について人為的に「お手伝い」することにより，藻場の回復を行うことは可能である。全ての海藻種や海域で同手法が有効であるとは思わないが，「核藻場」は，藻場や藻場の回復を考える上で重要であり，「核藻場」と「制限要因除去」などの手法を組み合わせることが重要である。

6 藻食性魚類対策～魚とのつきあい～

南日本においては，磯焼け対策や藻場造成を行う上で藻食性魚類対策が重要視されているが，これらの魚類は人為的な除去が可能なウニなどベントス類と異なり，完全にシャットアウトすることは不可能である。

したがって，一方的な魚類排除を行うのではなく，

生物・海洋環境を利用した藻類と魚類の棲み分けを図り，掃き出し効果を有した高密度の藻場を回復させることが必要である。

本来藻場にとって藻食性魚類は，摂食により海藻の「間引き」を行い，藻場を次世代へ更新させる重要な役割を担っていたと考えられる。（図 11）



図 11 魚の食害により発生した裸地

良好な関係を保っていた藻場と藻食性魚類は，磯焼けの発生によりそのバランスが崩れ，改善しないまま現在に至っている。我々人間は，藻場と魚類の「友好」関係を再構築させるために手をさしのべることが必要ではないだろうか。

引用文献

- 1) 新村 巖 他(1985～)鹿水試事報
- 2) 川俣 茂(2001)北日本沿岸におけるウニおよびアワビの摂食に及ぼす波浪の影響とその評価. 水産総合研究センター研究報告 1: 59-107
- 3) 寺田竜太・田中敏博・島袋寛盛・野呂忠秀(2004) 温帯・亜熱帯におけるガラモ場の特性. 月刊海洋 Vol36, No. 11: 784-790