

磯焼け対策の技術開発

- 効率的なウニ類除去手法の検討 -

綿貫 啓¹、桑原久実²、藤田大介³、石岡 昇⁴、小沢誠二⁵
(¹アルファ水工コンサルタンツ,²水産工学研究所,³東京海洋大学,
⁴水産土木建設技術センター,⁵不動テトラ)

概要 ;藻場が長期間にわたって衰退する「磯焼け」が各地で深刻な問題になっている。発生要因は様々だが、継続要因は、ウニ類や植食性魚類による食害、浮泥の堆積・海水汚濁等の環境悪化が多く、それらが複合する場合もある。ウニ類の食害は全国で、魚類の食害は関東以西で問題になっている。本報ではウニの食害対策について報告する。対策は、ウニの除去・分散、ウニからの防御があるが、除去が最も確実で、カゴ漁業、船上からヤスで獲る船上採取、潜水除去が行われている。カゴ漁や船上採取は効率が低く、潜水除去は効率が高いが、潜水土の雇用が高額で、継続的な対策がなされていない。そこで、著者らは漁具の改良を試みた。カゴ漁では、カゴと海底の窪みの間にウニが入り込み、漁獲しにくいので、海底の凹凸に馴染むようにネットを弛ませ、ウニの侵入を容易にさせた。ウニが多い磯焼け海域において、従来カゴに比べ約1.5倍の漁獲を上げられた。船上採取では、ヒトデ除去用の大型モップを参考にしたウニを絡め取るモップと吸引ポンプによる除去装置を開発した。モップはガンガゼを絡めることができず失敗に終わった。ポンプ除去は、エンジンポンプで海水をエジェクターに送水し、発生した負圧で海底のウニを吸引する型式を採用した。実海域での検証では、潜水除去に匹敵する効率で船上へウニを吸い上げられることが判明した。

キーワード ; 磯焼け、ウニ、海藻、食害、植食動物

1. はじめに

磯焼けとは、浅海の岩礁域において、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¹⁾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。

磯焼けの発生や継続の原因は、海況の変化、栄養塩の欠乏、淡水流入の影響、天候の異変、植食動物による食害、他の生物との競合、基質の埋没、浮泥の堆積、公害など様々であり、単独ではなく、複合要因として藻場を衰退させることもある。藻場は各地の沿岸で微妙なバランスの上に成立し、自然の猛威だけでなく、様々な人間活動も影響を及ぼしている。近年、磯焼けの発生・継続するしくみは、海藻が植食動物に食われる、海藻が枯れる、海藻が芽生えなくなる、のいずれか、もしくはこれらの組み合わせになる。磯焼け海域では、生態系のバランスが崩れ、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し回復しにくい。最近では、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・拡大する傾向にある。

磯焼けの回復には、藻場の形成を阻害する要因を理解し、その要因を排除・緩和することが重要となる。植食動物の摂食量が、海藻の生産量を上回る海域においては、植食動物の摂食量を低減することが先決である。植食動物としては、キタムラサキウニやエゾバフンウニ、ガンガゼなどのウニ類による食害が全国から報告されており、植食性魚類による

食害は関東以西で問題になっている²⁾。ウニの食害対策では、ウニの除去・分散、ウニからの防御があるが、除去が最も確実であり、カゴ漁業、船上からヤスで獲る船上採取、潜水除去が行われている³⁾。カゴ漁や船上採取は効率が低く、潜水除去は効率がよいが、潜水士の雇用が高額で、継続的な対策がなされていない。経済的なウニ除去のためには、漁業者自らが実施するカゴ漁業や船上採取の効率を上げ、潜水士の労働時間を短縮する必要がある。そこで、著者らはカゴの改良、船上採取の効率化を実施することとした。船上採取では、繊維状のモップでガンガゼを絡め獲る方法を検討したが失敗に終わり、ポンプによるウニ除去方法の開発では成果が出てきた。以下に、各開発の概要を示す。

2. ウニ漁用のカゴの改良

カゴによるウニの漁獲は、潜水除去に比べ効果は確実ではないが、潜水士を雇用しないので経済的である。カゴはカニカゴを応用したものや、軽量の平型のカゴが使用されている。ところが、平型のカゴを使用した際の水中ビデオ画像の観察から、このタイプでは海底の窪みとカゴの間に入ったウニは漁獲できないことが指摘された(川俣茂私信)。そこで、改良カゴを試作し、水槽実験でその効果を確認したところ、平型のカゴに比べ漁獲効率が高いことが判明した³⁾。その後、宮城県牡鹿郡女川町で検証試験を実施した⁴⁾。

(1)改良カゴの特徴

改良カゴは、海底の凹凸に馴染むようにネットを余裕のある大きさとし、外縁にチェーンを付け、餌をカゴの頂部から垂下し、海底から離すようにした。フレームはステンレス製(5mm)で直径50cmである。ネットの目合いは25mm、材質は海中で沈むナイロン製(比重1.14)である。ネットの縁には錘としてステンレスチェーンを装着した。海底の起伏は、場所によって大きな高低差も想定される。そこで、フレームに取り付けるネットの直径を75cmと90cmの2種類用意した。後者はより大きな起伏に馴染むものとして作製した。対照として、図1の上図に示す従来カゴ(平型)も用意した。カゴの直径およびネットの素材は改良カゴと同じだが、ネットはほとんど弛みがない。

(2)実海域での検証試験結果

試験場所は、女川町の指ヶ浜地先である



岩盤の凹凸に馴染むようにした改良カゴ

図1 カゴのイメージ図



図2 検証試験場所(女川町指ヶ浜地先)

(図2)。太平洋に面しているが、リアス式海岸で、静穏なことから前面海域ではカキ養殖が盛んである。コンブ類やホンダワラ類の小規模な群落が局所的に分布するが、試験場所はキタムラサキウニ、小型巻貝、アワビ類が多く、大型海藻はほとんど分布しない磯焼け海域である。底質は、数百 kg の巨礫や数 t の転石であり、静穏な場所である。試験は、平成 20 年 1 月 16～18 日に実施した。水深 1.6～4.3m に 30×30m の改良カゴ区と従来カゴ区を設定した。ウニの平均密度は改良カゴ区で 15.2 個/m²、従来カゴ区で 16.2 個/m²であり、従来カゴ区で密度がやや高い。また、水深 2～3m でウニ密度が高かった。

90cm のネットの改良カゴ 12 個、75cm のネットの改良カゴ 13 個を用意し、各ロープに 5m 間隔に交互に取り付けた。このロープ 5 本を改良カゴ区に設置した。従来カゴは 25 個を用意した。各ロープに各 5 個のカゴを取り付け、従来カゴ区に設置した(図3)。なお、餌料のサンマのぶつ切りをタマネギ袋に入れ、各カゴの半円形の鉄筋頂部から垂下した(写真1, 2)。

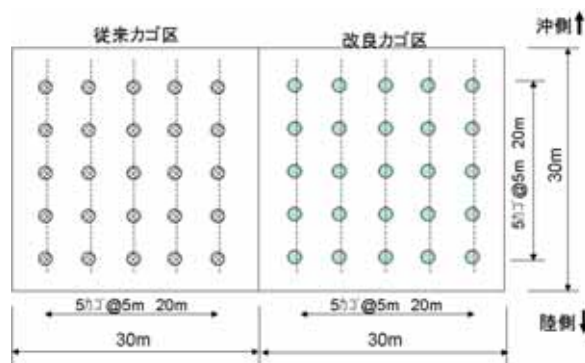


図3 カゴの設置状況の平面図

転石帯であることから、海底の凹凸は大きく、従来カゴでは、カゴと海底との間にウニが入り込むことが多かった(写真2)。改良カゴは起伏に馴染むようにネットが変形し、カゴの下に入るウニは少なかった(写真1)。カゴの設置から約 23 時間後の 1 月 18 日の 11 時から船上へカゴを回収した。各 25 カゴの合計値では、改良カゴ区でウニが 169 個体、6.40kg (37.9g/個)、従来カゴ区で 114 個体、3.96kg (34.7g/個) を漁獲し、改良カゴによって約 1.5 倍の個体数のウニを除去することができた。漁獲されたウニの平均殻径は 38～49mm であった。平型の従来カゴでは、カゴの引き揚げ時にウニがこぼれ落ちることも観察されたが、改良カゴではウニの脱落は少なかった。なお、改良カゴのネットの直径の差については、75cm でやや多く漁獲されたものの有意な差はなかった。

以上のように、従来カゴと改良カゴの差は明確になった。しかし、最適な設置時間が不明である。カゴ設置約 1 時間後に潜水したところ、速くも多くのウニが餌料に蟻集していた。したがって、効率よく除去するには、短期間で、何回も設置・回収を行うことが必要であろう。また、今回の水温は 11 だったが、水温が高いとウニも活発に動くので、より



写真1 改良カゴの状況
石の凹凸に馴染んでネットが広がる



写真2 従来カゴの状況
石の凹凸に馴染まないでカゴの下に潜り込むウニもいる

効果的に漁獲できると推察された。

3. モップによるガンガゼ除去

海底に大量に分布するヒトデの駆除対策に、厚岸漁港ではテトロン繊維を利用したスターモップ(商品名)を使用している。これは、棒にモップとしてテトロン繊維を取り付け、海底を曳航して効率よくヒトデを絡み獲るもので、注目されている。そこで、ガンガゼ除去にスターモップが有効であるか確認することにした。スターモップは平坦な海底上を曳航するものだが、ガンガゼが分布する海底は起伏に富むので、海底にモップが引っかからないように、海底上をやや浮かせて曳航するような形状とした(図4)。

実験は平成19年10月に長崎県西海市大瀬戸地区において実施した。水深4~5mの海底の岩盤上や窪みにガンガゼがパッチ状に分布し、密度の高いところでは、5~10個/m²であった。モップを海底に下ろし、徐々に船を前進させたが、ガンガゼが絡み獲れなかった。潜水観察したところ、モップのテトロンロープはガンガゼの棘の上を引っかからずに通過してしまうことが判明した。強制的に絡み獲ろうとすると、棘が倒れて絡まない。ガンガゼの棘の返しは内向きではなく外向きなので、棘が倒れると、絡まるどころか全く抵抗がなく、この方法では除去ができないことが明らかになった。さらに、欠点として、繊維が海底の凸部に絡み付くと曳航できないことが判り、平坦な海底条件でないで使用できないと結論づけられた。

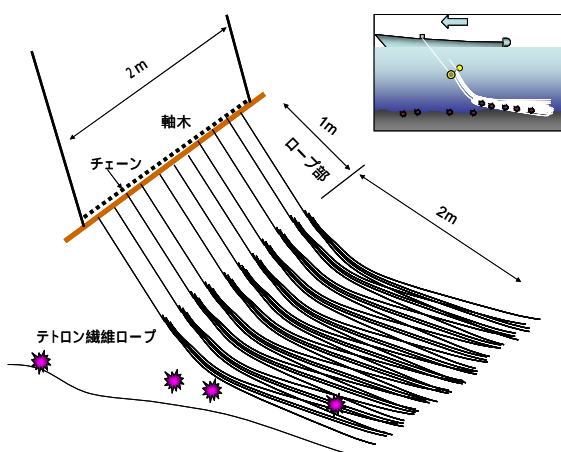


図4 ウニ獲り用に改良したモップ

4. ポンプによるウニ除去

船上採取は箱メガネで海底を見ながら、柄の長いヤスやタモでウニを漁獲するものである。ウニの密度が高いと重労働になるので、労働の軽減と除去速度の向上のために、ポンプの吸引によるウニ除去を検討した。過去の事例には、長崎県でエアリフターを使用してガンガゼを除去する事例があった。ただし、この方法では、ホース内のエアで浮力が発生し、ホースに錘を付けなければならない、重いホースを移動するのに潜水士が必要になる欠点があった。また、家庭用の掃除機の原理を参考に、真空ポンプでウニを吸引することも検討したが、真空ポンプ室内に貯まったウニを取り出す作業が煩雑であり、製作費用も高額になることが

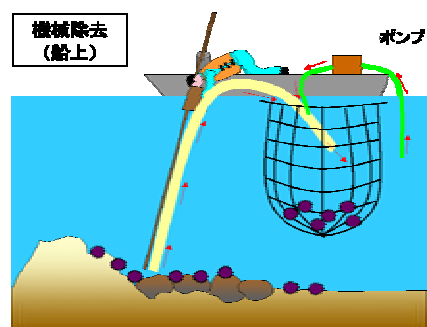


図5 船上からの機械式ウニ除去

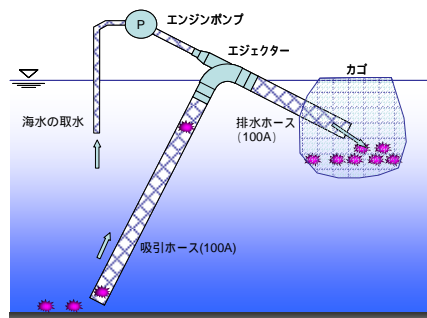


図6 エジェクターを利用したポンプのシステム概念図

想定された。そこで、ホースに錘を付けずに船上から吸引する方法として、エジェクターを利用して発生した負圧でウニを吸引する装置を検討することとした⁵⁾。

(1)ポンプの原理

図5にポンプによる機械式ウニ除去のイメージ図を示す。船上から操作棒に固定したホースにより海底のウニを吸引する。図6にシステム概念図を示す。船上に海水仕様のエンジンポンプを設置し、海から海水を吸い上げ、エジェクターに送り込む。エジェクター内で発生した負圧で、ウニの吸引ホース内を海水が吸い上げられ、海底のウニを吸い取り、ウニはエジェクター内を通過して、排水ホースを通り、ネット内に吹き出される装置である。この装置は、エンジンポンプの能力とエジェクターの設計によって能力が大きく異なる。あまり強い吸引力では、ウニが損傷する可能性もある。そこで、試作しては水産工学研究所の水槽で吸引試験を繰り返し、エジェクターの諸元を決定した。キタムラサキウニを想定したので、ホースは内径100mmとした。水槽試験では300gの長径8cmの小石を水深2mから容易に吸引できたので、実海域で検証試験をすることとした。



写真3 ポンプによるウニ除去の状況

(2) 実海域での検証試験結果

検証試験は平成20年9月に図2の宮城県牡鹿郡女川町の指ヶ浜地先で実施した。改良カゴの検証試験と同じ場所である。事前の調査でウニの分布密度を測定した。水深は1.3~2.5m(平均2.0m)であり、ウニの平均密度は9.9個/m²であり、1月に比べ低密度であった。



写真4 吸引ホースの先端

作業は、4mの操作棒(SUSパイプ)の先端にホースを固定し、箱メガネで海底を覗きながらウニを吸い取ることとした。作業に不慣れなので、船外機船の操船とウニ除去の漁業者の2名で作業を実施することとした。試験は30分の吸引を2回実施した。1回目に373個、2回目に478個のウニを吸い上げることができた。2回目の除去数が多いが、漁業者の慣れが要因と考える。平均14.2個/分のウニ除去速度であった。なお、上記作業とは別に、水深5mのウニを試験的に吸引し、問題なく吸い上げることができることを確認した。また、全ての作業において、吸引したウニの棘が折れたり、殻が割れたりすることはなく、死んだ個体もなかった。



写真5 吸い取られてネット内に貯まったキタムラサキウニ

ヤスによる船上採取のウニの除去速度は、磯焼け対策ガイドライン³⁾に示されており、除去速度は、海況、底質、水深、ウニの分布密度によって変わる。ヤスを使用した場合のウニの除去速度は、

$$n = n1 \times E1 \times E2 \times E3$$

n1 ; 標準ウニ除去速度 9.8 個/分 (北海道江良地先の実績値)

E1；ウニ密度の補正係数 1（4個/m²以上）

E2；水深の補正係数 1（水深3m以浅）

E3；底質の補正係数 0.57（転石）、1.0（岩盤）

n = 9.8 個/分（岩盤）、5.6 個/分（転石）

となる。今回は、岩盤上のウニを除去したので、岩盤上の効率と比較する。この結果を見ると、ポンプによるウニ除去はヤスで獲るよりも、1.4 倍の除去速度となった。作業に慣れれば、さらに効率は良くなるであろう。さらに、磯焼け対策ガイドライン³⁾には、潜水土によるウニ除去効率について、上記の計算方法が示されており、岩盤上では潜水によるウニ除去速度は 12.6 個/分と算出できた。これと比較すると、ポンプによる船上除去は潜水除去に匹敵する除去速度であると推察された。ただし、潜水除去は岩の亀裂内のウニも除去するが、ポンプによる除去は岩の上で、船上から確認できるウニに限定される。

5．まとめと今後の課題

磯焼け対策の技術開発のうち、効率的なウニ除去の方法を検討した。従来から実施されているカゴ漁業は、海底の起伏が大きい海底では効率が低下するが、ネットを弛ませると、転石帯でも効率が上がることが確認できた。船上除去として、ヒトデ除去用のモップを検討したが、ガンガゼは絡め獲ることはできなかった。海底岩盤への根掛かりも懸念され、採用しない方がよいであろう。ポンプによるウニの吸引は、ヤスを使った除去速度に勝り、潜水除去に匹敵する除去速度であった。

透明度が不良でウニが確認できない海域、ウニの分布密度があまり高くない海域では、カゴ漁業でウニ密度を小さくするのがよい。一方、浅所で透明度が良く、大量にウニが分布する海域ではポンプによる吸引が期待される。これらの技術で、可能な限りウニの分布密度を小さくし、最終的に獲りきれないウニを潜水土が除去すれば、経済的な磯焼け対策になるであろう。

今回は、各 1 回のみの試験だったので、実用化のために、他の種のウニや異なる環境条件下での試験を通じて、それぞれの技術の適用範囲を明確にしていく必要がある。

参考文献

- 1) 藤田大介；磯焼け 21 世紀初頭の藻学の現況，日本藻類学会，pp.102-105，2002．
- 2) 桑原久実・綿貫啓・青田徹・安藤亘・川井唯史・寺脇利信・横山純・藤田大介；磯焼け実態把握アンケート調査の結果，水産工学，第 43 巻，第 1 号，pp.99-107，2006．
- 3) 水産庁；磯焼け対策ガイドライン，pp.208．，2007．
http://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/sub79.html
- 4) 桑原久実・川俣茂・綿貫啓・青田徹；カゴを用いたウニ除去試験について，平成 20 年度日本水産工学会学術講演会，pp.63-66，2008．
- 5) 桑原久実・綿貫 啓・小沢誠二・石岡 昇・藤田大介；磯焼け対策に用いるウニ吸引装置の開発，平成 21 年度日本水産工学会学術講演会，pp.11-12，2009．