魚類の食害防止ネットについて

戸山聖一　河上皓平（㈱SNC）　久恒成史（住友大阪セメント㈱）
鈴木裕明（㈱中研コンサルタント）　石井　博（昭和染網㈱）

１．はじめに

近年、日本沿岸の岩礁域では磯焼けと呼ばれる海藻の消失現象が問題となっている。藻場が磯焼けなどによって大きく縮小すると、そこに生息する磯根動物も消失し、沿岸漁業にとって大きな影響を及ぼす。主に磯焼け地帯の海藻が少ない海域で行われる核藻場造成については、近年、ネット付藻場礁が採用されるようになり、実績を伸ばしている。しかしながら、海藻を魚の食害から守るためのネット（もしくは檻のようなもの）等で、魚類の食害から海藻を物理的に守る方法は、ネットの破損事例も多く、また、ネット、檻等の汚れにより、ネット内部の採光不足が発生し、ネット内の海藻生育状況が悪化するなど課題も多い。

核藻場であるネット内の海藻を長期にわたり、良好な状態で生育を持続させる技術が求められており、本研究は、そのネット付藻場礁に装着するネットについて、その強度、防汚性能、さらに信頼性があるネットの装着方法について検討したものである。

２．核藻場造成用ネット付藻場礁について

１）ネット付藻場礁

長崎県内で多くの実績を持つ核藻場造成用のネット付藻場礁を写真1、図1に示す。

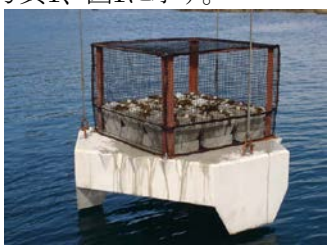

写真１　ネット付藻場礁

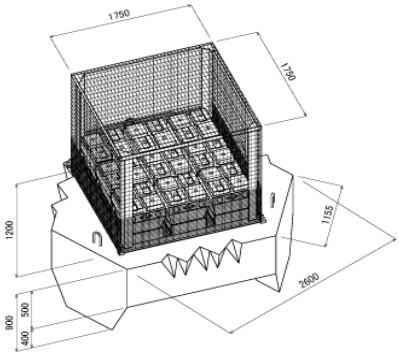

図１　ネット付藻場礁鳥瞰図

２）食害防止ネットについて

ネット付藻場礁のネットは、過去実施された水産庁緊急磯焼け対策モデル事業の長崎県長崎市野母崎での実海域実証実験より、その食害防止機能が確保された角目50mmを用いている。

ネットの材質については、漁網（ポリエステル）やFRPが一般的であるが、海中での汚れをおこす付着物を少なくするためには、より細い線材が要求され、漁網が最適であるが、擦れなどの摩擦に弱く、ネット破損事故が多かった。

３）食害防止ネットのシリコン防汚処理

ネットの付着物防止には、安全性の高いシリコンによる防汚処理が行われることがあるが、その防汚機能については、その効果についての検証事例が少ない状況である。

４）食害防止ネットの装着方法

ネット付藻場礁の製造現場での施工性、また、将来海中においてネット交換をすることを考慮すると、結束バンドが最も優れた装着具である。しかしながら、結束バンドでは、その装着固定の信頼性について、十分に検証されておらず、その強度特性などを把握する必要がある。

以上の課題より、①ネット線材の擦れ・引張性能の向上②シリコンの防汚効果の検証③ネットの装着具である結束バンドの性能評価を実験により検証した。

３．ネット線材の耐摩耗試験及び引張試験

破れにくいネットにするためには、その線材の耐摩擦性能、引張性能を最大化する必要がある。

従来用いられていた漁網（ポリエチレン 400ｄ120本）と、擦れ・引張強度性能を向上させた超高強度ポリエチレン繊維（SSβZタイプ:1600d12本）の線材の耐摩耗試験及び引張試験を実施し、性能比較を行った。

１）試験機関

（一財）日本繊維製品品質技術センター

２）試験機

耐摩耗試験　JIS　D　4604準拠

引張試験　JIS L 1096準拠

定速伸長引張試験機　引張速度　200mm/min

実験結果を表１に示す。また、試験状況を写真2,3,4,5

に示す。

表１　線材の耐摩耗試験及び引張試験

	材質/仕様	初期引張強さ	2,500回摩耗試験	摩耗試験後引張強さ	保持率
強化型漁網	ポリエチレン 400d120本	2,320（N）	※破断	－	－
SSβ（Zタイプ）	超高強度ポリエチレン繊維 1600d12本	2,832（N）	破断せず	2,740（N）	97.1%
参考 初期型 SSβ	ポリエステル糸 ポリエチレン樹脂	1,680（N）	破断せず	547（N）	32.6%

※破断は、1,500 回から 2,000 回の間で発生

上記結果より、漁網（ポリエチレン 400d120 本）に比べ、現在用いられている超高強度ポリエチレン繊維（SSβZ タイプ：1600d12 本）は、引張強度が向上し、耐摩耗性能が大幅に改善していることが確認された。

なお、線材の外径は、漁網（ポリエチレン 400d120 本）で 3mm、超高強度ポリエチレン繊維（SSβZ タイプ：1600d12 本）で 2mm、ポリエステル糸にポリエチレン樹脂を被覆した SSβ（初期）で、4mm であった。線材として最も細い超高強度ポリエチレン繊維（SSβZ タイプ：1600d12 本）が、擦れ性能・引張性能とも最も優れていた。

写真２　耐摩耗試験機

写真３　線材の摩耗状況

写真４　引張試験機

写真５　線材の引張状況

４．シリコンによる防汚効果の検証

シリコンの防汚効果を確認するために、実験用として、縦 400mm、横 600mm の鉄筋枠にネットを取付けたものを作成した。そして、比較検討ができるように、片側半分のみシリコン防汚処理を行い、一方は無処理状態とした。

実験用の枠は、ロープで括り、山口県下関市彦島海士郷町付近（図２）の岸壁から、水深 1.5m～3m 程度のところに垂下し、汚れ具合の経過観察を行った。なお、本海域の水深は、底まで 4m 程度である。

経過観察は、2016 年 5 月 10 日～2018 年 6 月 25 日の 776 日実施した。経過観察は、目視による観察と写真撮影にて行った。以下付着物状況を写真で示す。

なお、写真右半分がシリコン処理部で、左半分が無処理部である。線材は、超高強度ポリエチレン（SSβZ タイプ）である。

776 日間の経過観察の結果、シリコン塗布部の防汚効果が無処理部と比較して汚れにくいことが確認された。なお、付着物については、ユウレイボヤ類、海綿類が大半であった。

図２　実験ネット枠垂下場所

無処理部　 　シリコン処理部

写真６　73 日経過（2016 年 7 月 22 日）

無処理部　 　シリコン処理部

写真７　191 日経過（2016 年 11 月 18 日）

無処理部　 　シリコン処理部

写真８　251 日経過（2017 年 1 月 17 日）

無処理部 シリコン処理部

写真 9　436 日経過（2017 年 7 月 20 日）

無処理部 シリコン処理部

写真 10　776 日経過（2018 年 6 月 25 日）

なお、シリコン塗布方法は、ディッピング方法にて行い、ネットとの付着向上のため、プライマーの下地処理を実施した。

５．食害防止ネット

１）親綱加工

核藻場造成礁に取り付けるネットは、線材を親綱で額縁状に加工したものである。使用材料構成を以下に示す。

線材：超高強度ポリエチレン繊維　1600d12 本
　　無結節/角目 50mm
親綱：ポリエチレンロープ
　　ポリエチレン三つ打ロープ　12mm　16mm
縫い糸：ポリエチレン　200d80 本

写真 11　親綱加工

親綱加工は、ネット取付け用アングルなどの部材に装着する役割があり、また、ネット線材をアングルなどの部材に直接触れることを避け、線材の擦れ防止に大きな効果を果たす。

現在の核藻場造成礁（図 1、写真 1）は、親綱が溝のような窪みに挟み込まれる構造で、ネットが強固に装着され、海中で緩むことがない工夫がされている。

２）結束バンドの強度改善

ネット装着施工については、核藻場造成礁製作現場での施工性、そして、将来の海中でのスキューバ潜水によるネット交換時の施工性（カッター、ハサミ等での裁断が可能なもの）を考え、結束バンドを用いている。結束バンドは、ホームセンター等で販売されているものから、メーカーでの品質保証がされているものまで様々なものがある。研究者らは 2000 年から多くの実績があるヘラマンタイトン社製インシュロック AB350-W（以下インシュロックという）を採用している。

しかしながら、結束バンドは、その結束部のヘッドからベルトが抜けてしまう事例が実海域で確認されており、ヘッドからの抜けをいかに防ぐかが課題であった。そこで、研究者らは、ボルト・ナット構造のダブルナット仕様にヒントを得て、ヘッドを二つにすることで、実海域で発生していたヘッドからの抜けを防げると考え、インシュロックの引張実験を実施した。

写真 12　結束バンド破損事例

ヘッド 1 個のものを従来タイプ、ヘッド 2 個のものを改良タイプと呼び、一度結束した輪を切断し切り開いた後、ネット線材引張試験と同様な引張試験機を用い、ヘッドを固定する形で、インシュロックのツメに負荷をかける引張試験を行った。

試験機関
（一財）日本繊維製品品質技術センター
試験機
引張試験　JIS L 1096 準拠
定速伸長引張試験機　引張速度　200mm/min

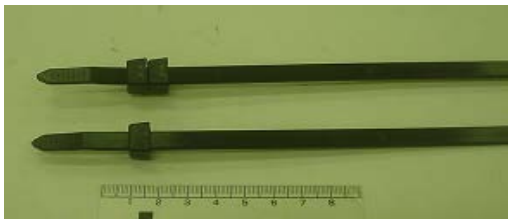

写真 13　　改良タイプ（上）

改良タイプの破壊状況を写真 15 に、従来タイプと

改良タイプの破壊状況の違いを写真 16 に示す。

写真 14 試験状況

写真 15 改良タイプの破壊

写真 16　引張試験の破壊状況の違い

表 2　引張試験結果

	従来タイプ		改良タイプ	
	破壊荷重 (N)	破壊モード	破壊荷重 (N)	破壊モード
1	350	ロック機構のツメ破損による，ロック部抜け飛び	533	母材破断 ロック機構は効いている
2	399		540	
3	383		530	
4	362		545	
5	353		541	
平均	369	(100として)	538	(146)

ヘッドを二つにした改良タイプは、母材破壊であり、従来タイプは、ヘッドのツメが破壊するヘッドの抜け飛び破壊であった。その結果、表 2 の通り、改良タイプは、従来タイプと比較して 146%破壊強度が向上し、破壊モードを、ヘッドの抜け破断から母材破断に改良できた。

6．まとめ

磯焼け海域に核藻場造成を行う場合、磯焼けの持続原因が魚類である場合、海藻を食害から防止するためには、物理的にネット等で海藻を保護する必要がある。海藻がネット内で良好に生育するためには、十分な潮通しと光量が確保されなければならず、ネットの線材は、細ければ細いほうが良い。一方、細い線材は、擦れ強度が従来弱く、擦れによる破損事例があったが、現在使用している高強度ポリエチレン繊維は、漁網タイプの擦れに弱い弱点を大幅に改善し、さらに引張強度も向上していることが確認できた。

食害用防止ネットは、汚れにくくするため、シリコン防汚処理が有用と考える。シリコンは安全性も高く藻場造成用ネットに使用するのが最適である。しかしながら、実海域では、防汚効果が数年でなくなることも確認されており、現状の技術では、ネットの交換が今後必要と考えている。

ネットの海中での交換は、スキューバー潜水での作業でも可能なことが求められ、以前から使用しているインシュロックが最適である。今回のダブルヘッドの利用方法は、インシュロックの装着の信頼性を大幅に改善するものである。また、現在のインシュロックの増し締めは、専用の増し締め機械を導入しており、さらなる装着の信頼性が高まり、現在では、実海域でのネット破損事例が無くなっている。

今後も大きく信頼性が向上した食害防止ネットを用い、藻食性魚類の磯焼け海域での核藻場造成の検証を進めていく。

写真 17　ネット内で繁茂するクロメ

【参考文献】

1) 桐山隆哉：長崎県下で発生したアラメ類の葉状部欠損現象、水産開発 No.79pp8-13、2001.9

2) 鈴木裕明、川畑三彦、今泉幸男、坪田晃誠、松尾照久、末永丈右、山仲洋紀：魚類の食害防止ネットを用いた核藻場造成実証実験について、平成 18 年度日本水産工学会学術講演会論文集 pp39-44、2006.6

3) 鈴木裕明、川畑三彦、園部幸治、小島一、犬束敬史：海藻着生プレートと食害防止ネットを用いた対馬市豆酘海域における核藻場造成について、平成 20 年度日本水産工学会学術講演会論文集 pp53-56、2007.6

4) 磯焼け対策ガイドライン　水産庁　2007.2

5) 長崎県における磯焼け対策ガイドライン（改正版）長崎県水産部　2018.8