

# 人工基質を利用したフノリ増殖礁の開発

## DEVELOPMENT OF FUKURO FUNORI (*Gloiopeltis furcata*) BREEDING REEF USING AN ARTIFICIAL SUBSTRATE

岡貞行<sup>1</sup>・笹正雄<sup>2</sup>・吉田徹<sup>3</sup>・下倉政志<sup>4</sup>・黄金崎清人<sup>3</sup>・鳴海日出人<sup>5</sup>  
Sadayuki OKA, Masao SASA, Toru YOSHIDA, Masashi SHIMOKURA,  
Kiyoto KOGANEZAKI and Hideto NARUMI

<sup>1</sup>正会員 農林水産省水産庁漁港漁場整備部計画課 (〒100-8907 東京都千代田区霞ヶ関1-2-1)

<sup>2</sup>北海道渡島支庁経済部水産課 (〒041-8588 北海道函館市美原4丁目6-16)

<sup>3</sup>日本データサービス株式会社 調査設計部 (〒065-0016 北海道札幌市東区北16条東19丁目1-14)

<sup>4</sup>株式会社加賀谷産業 (〒049-0611 松山郡上ノ国町字大留122)

<sup>5</sup>正会員 博士(水産科学) 日本データサービス株式会社 調査設計部 (〒065-0016 北海道札幌市東区北16条東19丁目1-14)

With the decline in fishery production and progress of the aging of fishermen, facilities that enable safe fishing activities for the elderly and systematic production have been called for in the fishing industry in recent years. While high-quality fukuro funori (*Gloiopeltis furcata*) produced in the coastal waters off Kamiiso Town, Hokkaido, is an important source of income in winter, production has dramatically decreased in recent years. Consequently, there is strong demand for the development of a breeding technology that can be employed to achieve higher productivity and greater workability than the existing breeding method in which natural stones are used. An examination was also conducted regarding methods of structuring, and arrangements for breeding facilities, taking the working environment of the elderly into account. Furthermore, commercialization of the substrate was promoted based on the results of the preliminary survey, and its effectiveness, including economic effect, was confirmed.

**Key Words :** artificial substrate, intertidal zone, seaweed breeding reef, unused fishing grounds, fukuro funori

### 1. はじめに

近年の水産業では、漁業生産の低下や漁業者の高齢化が進み、高齢者にとって安全に漁労活動が可能で、計画的に生産可能な漁家経営の安定に期する施設が必要となっている<sup>1)</sup>。北海道上磯町地先海域では、高品質のフクロフノリ(*Gloiopeltis furcata*)が生産されており冬期間の重要な収入源となっているが、その生産量は少なく作業効率の悪い状況にある。以上のことから、既往の自然石による増殖手法よりも生産性が高く、高齢漁業者にとっても作業性の良い人工構造物による増殖技術の開発が要望されていた。

本研究では、未利用水域(潮間帯)の有効活用が可能でフクロフノリ増殖礁(以下、フノリ礁という)の開発を目指し、着生・生育に最適な人工基質や高齢者の作業環境に配慮した増殖施設の構造・配置手法について検討を行い、事業化を行ったのでこ

こに報告する。

### 2. 事前調査(フクロフノリ着生状況)

フノリ礁を開発するにあたり、フクロフノリが着生する適正水深帯を把握する必要がある。このため、北海道上磯町地先海域の漁場として利用されている潮間帯において、フクロフノリの着生状況を目視観察と測量による調査を行った。

調査の結果、フクロフノリの着生水深としては、D.L. -40~100cmの潮間帯で、特に繁茂している水深帯はD.L. -20~+60cmであった。また、この水深帯にフクロフノリの胞子が着底できる天然岩礁が多数存在していることを確認した。

本研究の対象区域は、上記漁場の近傍に位置しているが、平坦な岩盤域で形成されており、フクロフノリが着生する水深帯よりも地盤が低く、また、他の漁業でも利用されていない(図-1)。

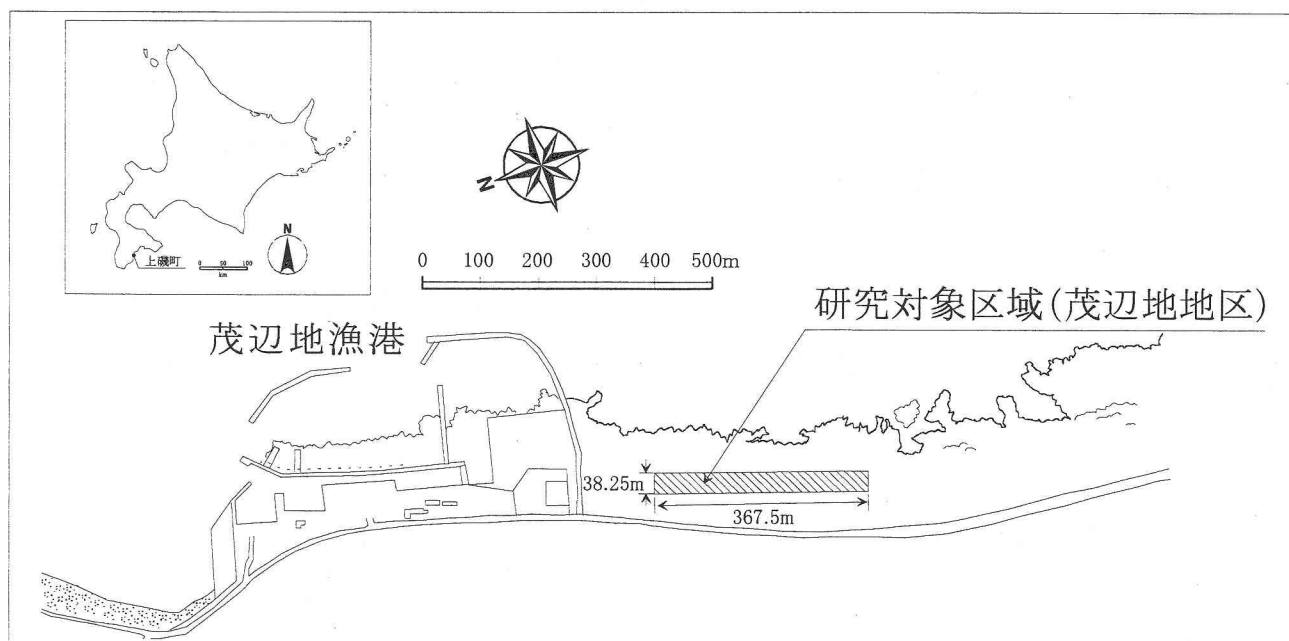


図-1 研究対象場所

以上より、未利用漁場となっている潮間帯に上記の適正水深帯を考慮した人工基質を設置することにより、フクロフノリの着生基質として利用可能と考えた。

### 3. 試験礁による現地試験

フクロフノリの着生と生育に適した基質を選定するために、材質の異なる試験基質を選定し、現地試験を実施した。試験礁はベースコンクリート（ $W=1.5m$ ,  $L=2.0m$ ,  $H=0.2\sim0.6m$ ）と基質試験パネルで構成された単体礁であり、図-2に示すように沖側が低く、陸側が高い斜面形状となっている。

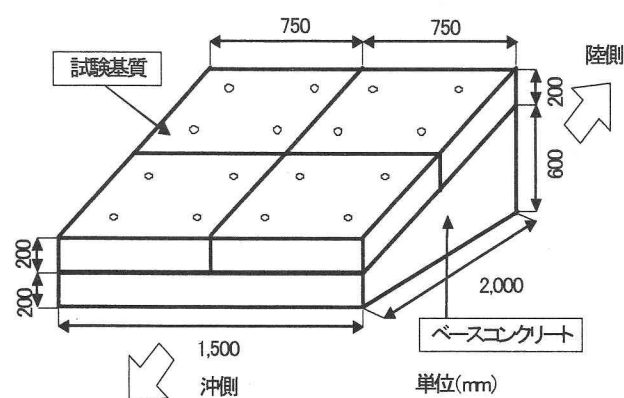


図-2 試験礁の形状（概略図）

試験基質は、①コンクリート、②セラミックブロック、③FRP板、④自然石および⑤栄養塩を徐々に溶出する使用済み脱硫剤とコンクリートを混

合した多孔質コンクリート<sup>2)</sup>（以下、多孔質コンクリートという）の5種類とした。また、①、②、⑤の基質については、洗い出しによる粗面処理との比較検討も行った。

各試験基質の設置方法は、フクロフノリの生息範囲内にあるD.L.+0.2～+0.8mの平坦な平磯において、海岸線に平行に一定の間隔で設置した（写真-1）。また、設置時期としては、フクロフノリの胞子発生時期となる5月中旬から6月下旬に設置し、人工的に胞子を着底基質に散布し2ヶ年に渡り着生調査を実施した。

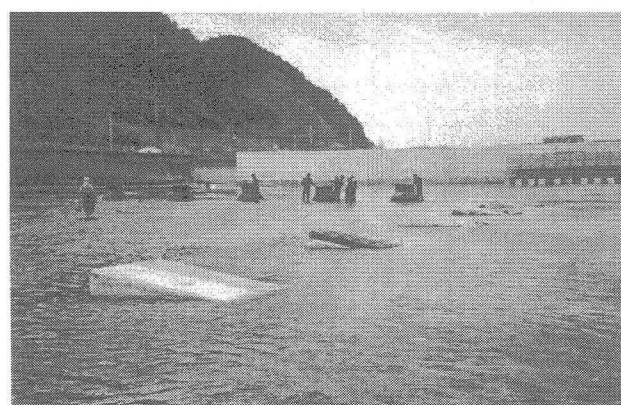


写真-1 試験礁の設置状況

試験礁設置後の1月から4月にかけて各試験ブロックの試験基質上面から4回フクロフノリを採取し、 $1m^2$ 当たりの平均漁獲量（1回あたりの平均値で算定）に換算した結果を図-3に示す。

フクロフノリの着生量が最も大きい基質は多孔質コンクリート（粗面仕上げ）が約 $0.8kg/m^2$ で最大と

なり，セラミックブロック（素焼き）が約 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，自然石が約 $0.3\text{kg}/\text{m}^2$ であった．

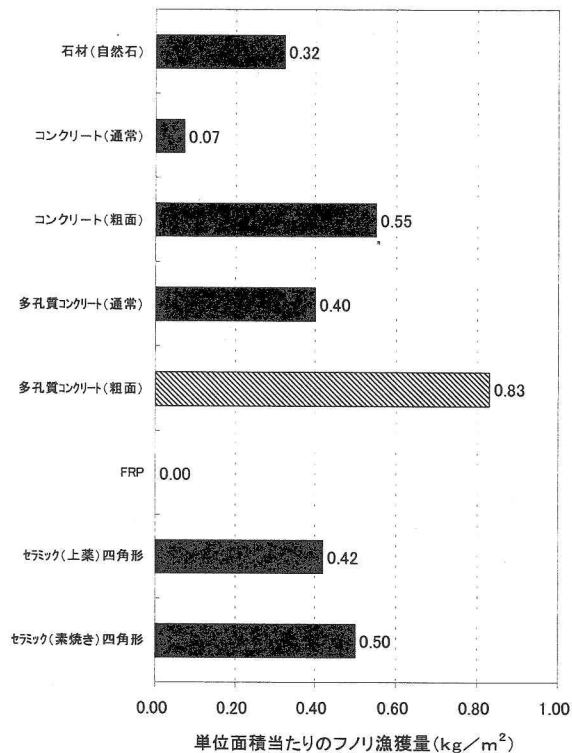


図-3 基質とフクロフノリ平均漁獲量

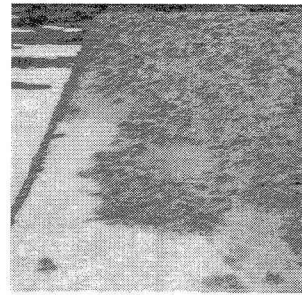
また，目視観察の結果，多孔質コンクリートの表面にはフクロフノリが均一に着生しているのに対し，一部の試験基質表面には他の海藻（アマノリ，シオグサ，アオサ）が優占し，フクロフノリは基質の間隙や縁辺部にのみ着生している状態もあった．また，フクロフノリの漁獲段階で次のような課題が挙げられた．

- ① 自然石については，着生しているフクロフノリが均一でないことから漁獲の作業効率が低下する．
- ② セラミック及びコンクリートブロック並びにFRP板はフクロフノリの着生量が少ない（写真-2）．

既往の研究によると，基質表面の形状については，コンブや珪藻などの着生は表面を洗い出した多孔質コンクリートに多いと報告されている<sup>3) 4) 5) 6)</sup>．

以上のことから，フクロフノリの着生・生育には基質の表面形状が影響しているものと考えられ，他の基質よりも多孔質コンクリートでフクロフノリの着生量が多い結果となったものと推察される．これらの結果より，フノリ礁の基質としてはフクロフノリの着生量が多く，採取時に付着器が剥離しない多孔質コンクリートを選定し，フノリ礁の事業化に向けた検討を行った．

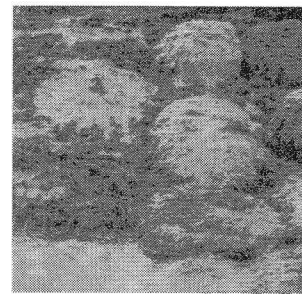
コンクリートブロック



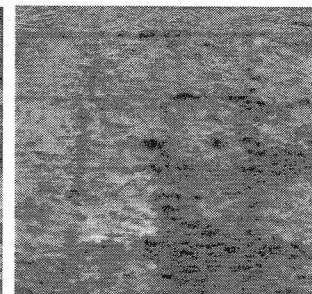
FRP板



自然石



セラミックブロック(四角)



多孔質コンクリート

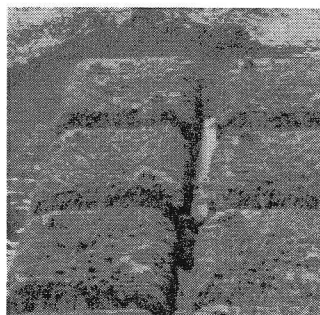


写真-2 試験礁の着生状況

#### 4. フノリ礁の設定条件

##### (1) 基質の選定

フノリ礁に使用する基質としては，①フクロフノリの発芽時期が早く，着生量が最も多い．②付着器の付着力が強いため，外力等による剥離が少ない．③初期成長が早いので，着生が均一で他の海藻が混入することが少ない．などの理由から多孔質コンクリートを採用した．この多孔質コンクリートの圧縮強度についてはコンクリートとほぼ同等（設計基準強度 $18\text{N}/\text{mm}^2$ ，配合強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ ）である．

##### (2) 形状・構造

現地試験で使用した多孔質コンクリートは，パネル式（ $W=0.3\text{m}$ ， $L=0.3\text{m}$ ， $H=0.15\text{m}$ ）の基質を使用していた．しかし，試験の結果よりパネル間の間隙が無駄になってしまうことから，着生面となる上部のみに多孔質コンクリートを使用することとした．

フノリ礁の形状としては，平坦な斜面を対にした

山型の形状を持つ単体礁とした（図-4）。

この斜面を組み合わせた構造は、試験礁のような水平面のみのもよりもフクロフノリの着底面積を増加させ、結果として漁獲量も増加させることが可能となる。また、斜面構造であることから、高齢者が漁獲作業を行うときの身体への負担が軽減され、漁獲効率も向上すると考えられる。さらに、単体礁とすることで施設の維持・管理が容易となる。

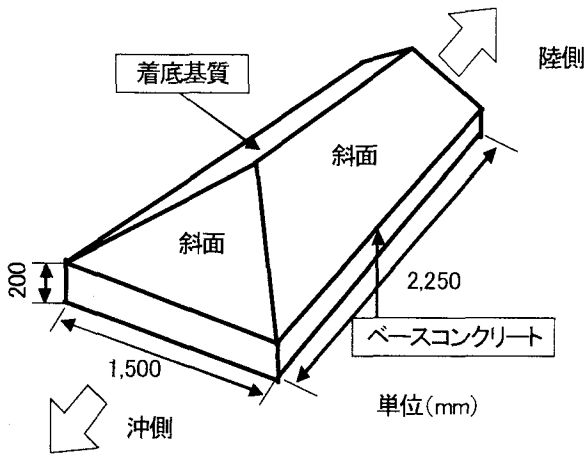


図-4 フノリ礁の形状（概略図）

フノリ礁の構造は、下部が無筋コンクリート、上部の着底基質部が多孔質コンクリートで構成している。製作方法としては、上部の着底基質部と下部のベースコンクリートを別々に製作し接合する方式とした（図-5）。

また、フノリ礁の製作（脱型・転置）や設置のためには吊り金具が必要となるが、鉄筋では海水の作用を受けて錆が発生し、この錆はやがて体積膨張を伴ってコンクリートを破壊してしまう。さらに、従来のような表面に露出しているものは、採取作業中の転倒や怪我などの事故原因となりうるこのことから、吊り金具は出来るだけコンクリート表面に露出させないものとし、その方法としてデーハーアンカーを使用することとした。

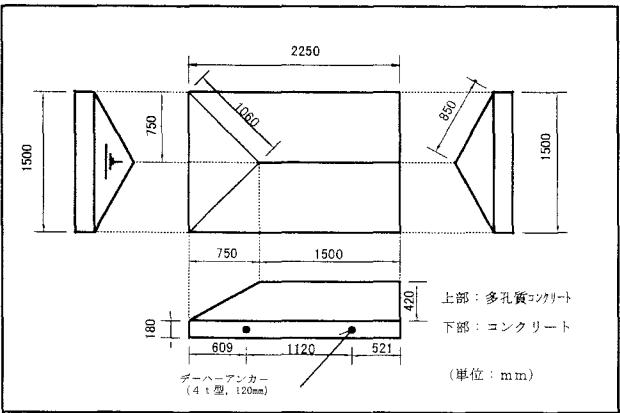


図-5 フノリ礁の構造図

(3) 強度・安定性

フノリ礁の強度や安定性については、ベースコンクリートの配合、波浪に対する所要重量、吊り金具の引抜耐力に関する計算を実施した。

a) コンクリートの配合

フノリ礁の設置場所は海上及び飛沫帯であり、一般的な根固方塊と考えると波消ブロックの要素が強い。また、北海道土木技術会コンクリート研究委員会（昭和56年4月発表資料）「北海道における海岸構造物の凍害による表面剥離について」によると、特に北海道のような積雪寒冷地は、冬期間に凍結融解の繰返し作用を受けるので耐久性のすぐれたものであることが要求される。資料では表面剥離を少なくするには、次が挙げられている。

- ① 単位セメント量が290kg/m<sup>3</sup>以上になると剥離程度は小さくなる。
- ② 水セメント比48%以下では剥離程度は小さい。
- ③ 汀線から離れると剥離程度は小さくなり、16m以上になるとほとんど生じない。
- ④ 凍結融解回数が60サイクル以上になると急激に剥離が発生する。

これらを考慮して、潮間帯となる上部コンクリートの配合については水セメント比を48%以下とし、表面洗い出し効果が充分発揮されるよう粗骨材の最大寸法を15mmとした。また、常に水中となるベースコンクリートの配合は、表-1に示した記号別条件表C-4の条件で行うこととした。

表-1 コンクリート配合の記号別条件表

| 記号  | 用途        | 設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> ) | スランプ(cm) | 空気量(%) | 最大W/C(%) | Gmax (mm) | 使用呼び強度(N/mm <sup>2</sup> ) | W/C(%) |
|-----|-----------|----------------------------|----------|--------|----------|-----------|----------------------------|--------|
|     | 上部コンクリート  | 18                         | 8        | 4.5    | 48       | 15        | 27                         | 47.0   |
| C-4 | ベースコンクリート | 18                         | 5        | 4.5    | 55       | 40        | 24                         | 51.7   |

b) 波浪に対する所要質量

フノリ礁の波力に対する安定性を検討する上で、構造物の安定計算を行った。計算に用いた沖波は対象海域の30年確立波の波高5.2m、周期11.5秒を使用し、海底勾配は1/50とした。

また、フノリ礁の設置場所は潮間帯に位置するため、砕波を考慮して算定した。

計算の結果、砕波帯における設計流速1.31m/sで転倒、滑動しない単体質量は2.932tとなった。

c) 吊り金具の引抜耐力

フノリ礁の制作時における脱型作業、運搬時などの転置作業、海域への設置時には吊り金具が必要であり、各作業時におけるコンクリート引抜耐力について検討した。

フノリ礁にはベースコンクリートの側面4箇所吊り金具を使用しており、吊り上げには天秤を用いることを考慮した。転置時および吊り上げ設置時における1箇所あたりの最大荷重は、5.36kNと10.84kNであり、吊り上げ時の曲げ（せん断）荷重21.68kNを考慮し、使用するデーハーアンカーは4t（39.2kN）を使用することとした。

また、デーハーアンカー許容引抜耐力については、安全率2.5倍を考慮すると163.6kNとなり最大荷重10.84kNを満足していることを確認した。

#### (4) 設置・配置条件

フノリ礁の設置条件にはフクロフノリの生育条件が最も重要となり、その内容を以下に示す。

①フクロフノリの生育水深帯 (D.L. -0.2~+0.6m) , 施設の保全および施工性を考慮し、比較的平坦な海底地形の箇所を選定する。

②設置箇所の底質は岩盤で、施設をフクロフノリの適正な生育水深帯に敷設するために、岩盤を掘削して着底基質の設置レベルを統一する。

配置条件としては、漁業者の作業性にも考慮する必要がある、その内容を以下に示す。

①フノリ礁周辺の海水が滞留するのを防ぐために礁は千鳥配列とし、設置間隔は施設の維持管理のため満潮時に船外機船が入ることを考慮して四方を1m以上離して設置する。

②フノリ礁の設置方向としては、三角形の斜面部を沖側に向けて配置し、基質上部に混入する砂などの不純物を越流により流出させる。

### 5. フノリ礁の事業化

フノリ礁の開発に向けての事前調査から3年目にあたる平成13年度には、開発したフノリ礁が国の漁港漁場機能高度化事業に採択され、公共事業初のフノリ礁工事に着手した。

事業実施箇所は茂辺地漁港の右岸海岸域に位置する茂辺地地区で、潮間帯で平坦な岩盤域を有する未利用漁場とした。フノリ礁の設置水深帯は、漁業生産対象となる繁茂水深 D.L. -0.2~+0.6m の範囲に合わせ、平磯を掘削して着底基質の高さを統一した。

工事着手の平成13年度から平成15年度までの3年間で合計488基設置し、離岸方向38.25mに4基(2.25m間隔)、沿岸方向367.5mに122列(1.5m間隔)と帯状に配置した(図-6)。

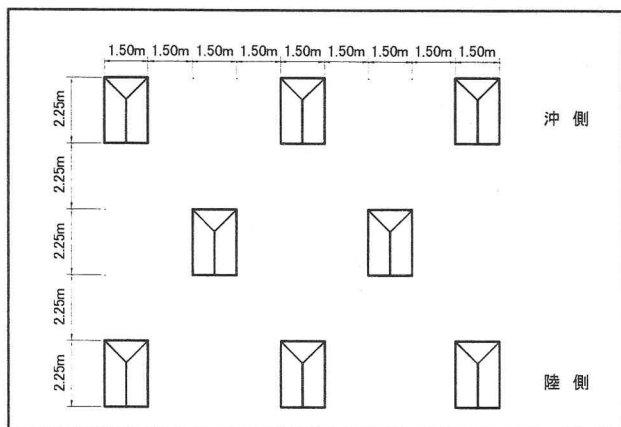


図-6 フノリ礁の配置図

フノリ礁の設置時期は、フクロフノリの孢子発生時期の5月から6月の間とし、設置後は孢子の散布を行った。フノリ礁の設置後はフクロフノリの漁期(12月から4月)の間に着生調査を実施し、単位面積当たりの着生量による効果検証を行った。

### 6. 事業実施効果

事業化によるフノリ礁設置後の平成15年2月の着生調査において、目視観察によるフクロフノリの着生状況を確認した結果、着底基質の全面にフクロフノリが着生しており、設置した全てのフノリ礁でフクロフノリが生育しているのを確認した(写真-3, 写真-4)。平成15年12月には、設置したフノリ礁上に生育しているフクロフノリの初収穫が始まり、開発したフノリ礁のフクロフノリ着生量から1漁期(12月~4月)中の平均漁獲量(1回あたりの平均値で算定)を試算した結果、試験調査時(約0.8kg/m<sup>2</sup>)の37%増の約1.1kg/m<sup>2</sup>となっている。

現在、フクロフノリの採取は1班が6から7人の6班編成による共同採取方式を採用しており、1月から3月の干潮時に各班が交替で採取している。また、生産調整のため、採取量は1日当たり百キロに限定している。

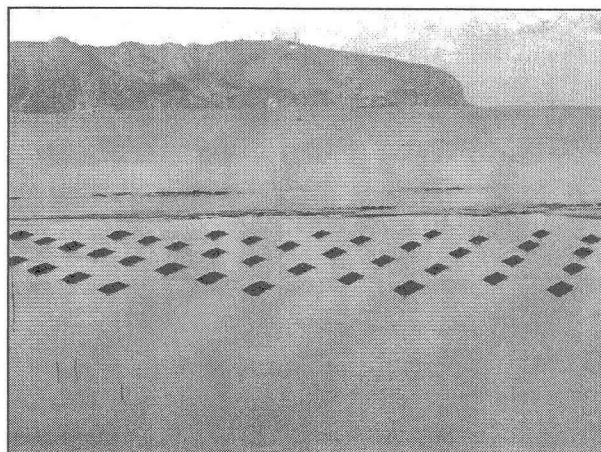


写真-3 フノリ礁の設置状況



写真-4 フクロフノリの着生状況

平成 15 年度の段階で、フクロフノリは 1 キロあたり千円から 3 千円で出荷されている。また、漁業者 1 人当たり 1 日 10 キロ以上採取することになるので、2 時間程度の操業で 1 万円以上の収入を得ることが可能となっている。

平成 16 年度からは、同海域の当別地区にも茂辺地地区と同規模のフノリ礁が整備され、完成後は両地区で 2 千 5 百万円程度の生産が可能と試算されている。

## 7. おわりに

本研究の主な結論は以下のとおりである。

- (1) フクロフノリの着生率の良い基質を利用した人工構造物によるフノリ礁を開発し、未利用漁場の有効利用が可能となった。
- (2) フノリ礁の設置には、フクロフノリの繁茂水深帯を、配置には漁業者（高齢者や女性）によるフクロフノリ採取時の作業性を考慮して検討した。
- (3) 事業化によるフノリ礁設置後の着生調査において、着底基質の全面にフクロフノリの着生を確認した。
- (4) 開発したフノリ礁のフクロフノリ着生量から 1 漁期の平均漁獲量を試算した結果、試験調査時の 37% 増の漁獲が可能となった。
- (5) 単価の高いフクロフノリの増産が可能となり、冬期の漁業閑散期において安定した漁業収入を確保することが可能となった。

今後の課題を以下に示した。

- (1) フクロフノリの生育水深帯や海象条件は、海域や地域によって大きく異なるため、事業を実施するにあたり、十分な事前調査やフノリ礁の形状および重量について検討を要する。
- (2) フクロフノリの生育水深幅は、北海道の日本海で 10～20cm、太平洋では 40～80cm と範囲が狭

いため高い施工精度を要する。

- (3) 事業化により大量のフクロフノリを計画生産することが可能となったため、価格破壊を発生させることなく新たな流通・加工手段や販路を開拓する必要がある。

なお、事業実施から経過年数が少なく、一般に海藻類の現存量は年変動が大きいいため、今後もフノリ礁としての効果について継続して調査を行っていく必要がある。

謝辞：本研究においては、上磯はまなす漁業協同組合を主体として、上磯町水産課、渡島中部地区水産技術普及指導所、函館水産試験場のご協力を得て事業の実施に到りました。ここに深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 長野章：水産基本法「漁港漁場整備法」の制定とその背景，日本水産学会誌 Vol. 68 No. 2, pp. 227-238, 2002.
- 2) 鳴海日出人，小林創，黄金崎清人，川嶋昭二：石炭灰系廃棄物を利用した効果的な藻礁（ビオユニット）の研究，海洋開発論文集 Vol. 12, pp. 485-490, 1996.
- 3) 谷野賢二，黄金崎清人，佐々木秀郎，北原繁志，袖野宏樹，鳴海日出人：基質の表面微地形による海藻着生促進と摂餌圧軽減の効果について，テクノオーシャン '98, pp. 353-356, 1998.
- 4) 明田定満，谷野賢二，中内勲，高橋義昭，小野寺利治：表面処理の相違によるコンクリート面への海藻着生状況について，海岸工学論文集，第 43 巻，pp. 1246-1250, 1996.
- 5) 坪田幸雄，竹田義則，北原繁志：沿岸構造物における藻場創出機能の設計手法について，開発土木研究所月報，No. 547, pp. 19-28, 1998.
- 6) 北原繁志，佐々木秀郎，竹田義則，鳴海日出人，袖野宏樹，谷野賢二：沿岸構造物における藻場造成手法の開発，海洋開発論文集 Vol. 14, pp. 59-64, 1998.