

下関沖合人工島における藻場造成の取り組み

APPROACH OF SEAWEED BED CREATION ON OFFSHORE ARTIFICIAL ISLAND IN SHIMONOSEKI

山平辰巳¹・末永正次¹・中島悟朗²・山本秀一³・田村圭一⁴

Tatsumi YAMAHIRA, Masatsugu SUENAGA, Goro NAKASHIMA, Hidekazu YAMAMOTO and Keiichi TAMURA

¹前国土交通省 九州地方整備局 下関港湾事務所 (〒750-0066 山口県下関市東大和町2丁目10-2)

²国土交通省 九州地方整備局 下関港湾事務所 (〒750-0066 山口県下関市東大和町2丁目10-2)

³正会員 博 (生物資源工学) 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

⁴農修 株式会社エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

A new environmental creation is attempted at an offshore artificial island in Shimonoseki, where an artificial alga habitat was constructed in a part of the outer shore protection facility of 350m extension. A field experiment was carried out at the existing work base according to a basic plan of the project established by examining the past investigation data. An alga habitat creation plan has been examined based on the data obtained during the field experiment. The configuration and layout plan of the concrete block and the transplant plan of the alga were also examined simultaneously. The effects of alga habitat creation have been confirmed by the reproduction of the sea alga of the transplanted species.

Key Words: offshore artificial island, seaweed bed creation, seaweed transplant

1. はじめに

下関港では、増大する国際コンテナ貨物や船舶の大型化に対応するため、北浦海域に沖合人工島（長州出島）の整備を進めている（図-1参照）。

近年、港湾構造物の建設にあたり周辺の生態系に対して配慮することが強く望まれるようになっており、下関沖合人工島の建設にあたって環境創造を図るため、護岸の捨石基礎マウンドの天端幅を30m程度確保し、藻場造成を行う取り組みを行っている¹⁾。

本報はこれまでに行ってきた下関沖合人工島における藻場造成の取り組みとモニタリング結果について報告するものである。

2. 藻場造成取り組みの経緯

藻場造成取り組みのフローを図-2に示す。平成8～9年度に基本計画を策定した。平成11～14年度には実証実験および藻場造成計画の検討を行い、平成15年度以降に外周護岸における藻場造成の取り組みを行った。

基本計画の検討では、周辺海域の既往調査結果に基づいて藻場造成の対象種、基本断面、移植方法、維持管理の計画を策定した。

対象種は、計画地周辺海域の藻場構成種の生育環境の生理・生態的特徴を検討し、ワカメ、ソルアラメ、アラメ、アカモク、ノコギリモクの5種を選定した。

基本断面は、人工島外周護岸の緩傾斜護岸約350m区間を用いて、天端水深が約5～7mのマウンドを幅30m確保する形状とした（図-3参照）。なお、外周護岸の前面水深は約17m、対面方位は北西および西である。



図-1 下関沖合人工島位置図

移植方法は、ワカメについては人工的に種付けした種苗ロープを設置する方法、その他の海藻については人工島周辺の海域から成熟した母藻を採取し、スポアバック（網袋）に入れて護岸に設置する方法を選定した。

維持管理については、泥粒子の堆積や他の付着生物による付着基質の占有等の対策について検討した。

以下に作業基地護岸における実証実験と外周護岸における藻場造成の取り組みについて示す。

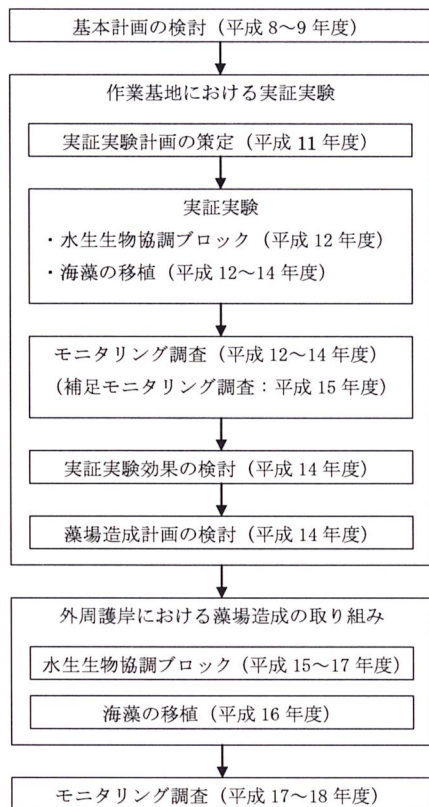


図-2 藻場造成取り組みのフロー

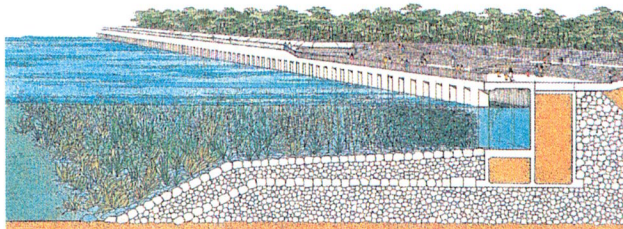


図-3 環境共生護岸

3. 作業基地における実証実験

効果的に藻場造成を行うため、人工島の外周護岸と類似した環境条件である既設の作業基地護岸（平成8～11年度施工区間）で藻場造成の実証実験を行うこととした。

平成11年度に実証実験計画を策定し、平成12年度より実証実験とモニタリング調査を実施した。それらの結果

をもとに実験効果の検討、実証実験計画の見直しを継続的に行い、平成14年度に藻場造成計画を立案した。

実証実験としては、水生生物協調ブロック（凹凸加工ブロック）の設置、海藻の移植を実施した。

(1) 水生生物協調ブロック

平成12年10月に図-4に示す道路護岸のマウンド上（C区）に図-5に示す7種類のブロックを設置した。配置は各タイプのブロック4基または6基を一つのまとまりとした（図-6参照）。設置水深はD.L. -5.7m、対面方位は北であり、藻場造成箇所と概ね同様の環境（水深、波浪）条件である（表-1参照）。ブロックの形状は海藻の初期着生の促進、および海藻の生育を阻害する泥粒子の堆積を抑制させることを考慮して設定したものである。

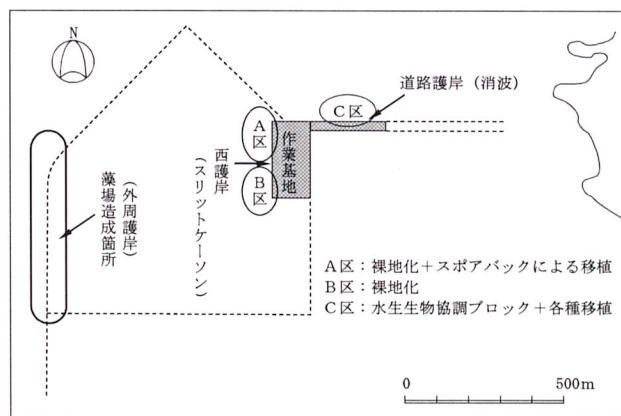
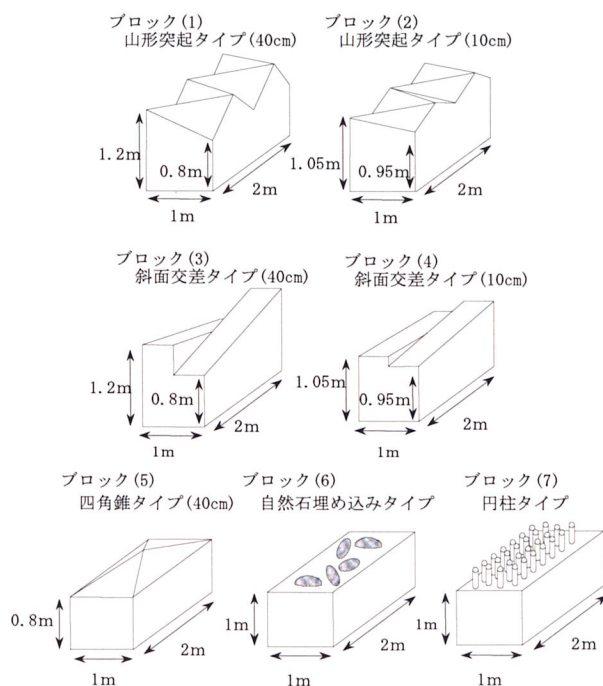


図-4 外周護岸および実証実験位置



注）括弧内の10cm、40cmの表記はブロックの斜面の上端から下端の較差が10cm、40cmであることを示している。

図-5 水生生物協調ブロック

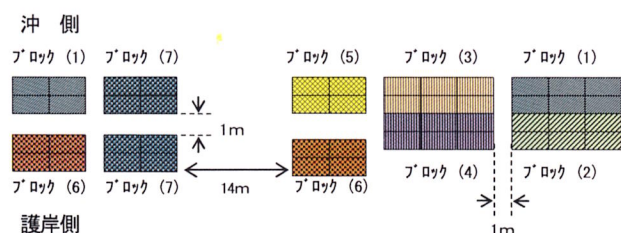


図-6 水生生物ブロック配置 (C区の一部)

表-1 作業基地護岸と外周護岸の施設条件

位 置	マウンド 天端水深	設計波高 $H_{1/3}$	護岸の向き
作業基地護岸			
西護岸 (A, B区)	D. L. -6.1m	3.9m	西
道路護岸 (C区)	D. L. -5.7m	3.7m	北
外周護岸			
(藻場造成箇所)	D. L. -5.0 ~-6.7m	4.3m	北西, 西

平成14年春季（ブロック設置1年7ヶ月後）におけるツルアラメとホンダワラ類のブロック1基（2m²）あたりの個体数を図-7に示す。優占種であるツルアラメの生育数は円柱タイプのブロック(7)に122個体（ツルアラメについては1シュートを1個体として表記）と最も多くなった。その他、中央に垂直面を持つ斜面交差タイプのブロック(3)と(4)、急斜面で構成されるブロック(5)、石材埋め込みタイプのブロック(6)では10～20個体程度で出現し、垂直面や急斜面の部分に着生の多い傾向がみられた（写真-1参照）。とくに突起の多いブロック(7)で多いことから、ツルアラメを含むコンブ科の遊走子が渦流の生じる突起部などの背後に着生しやすいこと²⁾によるためと考えられる。

一方、ホンダワラ類の個体数は少ないものの、緩傾斜面で構成されるブロック(4)に着生の多い傾向がみられた。ホンダワラ類の幼胚は、着底してから二次仮根が形成されるまで基質への着生が十分でない³⁾ため、波浪・流動の影響が強い道路護岸北側（C区）では急勾配の基質には着生しにくいことが考えられる。

(2) 海藻の移植

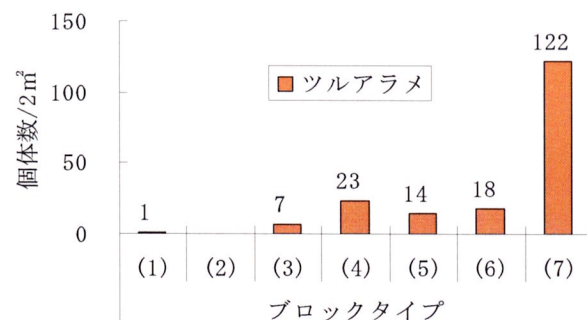
作業基地護岸における海藻の生育状況を考慮して対象種の見直しを行い、ツルアラメ、クロメ、アカモク、ノコギリモク、ワカメを選定し、移植実験を実施した。

C区に設置した水生生物協調ブロックに、ワカメの種糸の設置、多年生のツルアラメ、クロメ、ノコギリモクの成体移植の実証実験を実施した。

平成12年10月に道路護岸のC区に設置したブロック(7)の円柱26本にツルアラメの成体、ワカメの種糸を設置した。それぞれの種類についてブロック1基を対象として実施した。

成体移植を実施したブロック(7)におけるツルアラメ個体数の推移を図-8に示す。ツルアラメの個体数は移植1年後に約50個体、2年後に約200個体、3年後に約350個体と推移しており、成体移植が有効であると考えられた。一方、ワカメについては平成13年4月に2個体確認され

ツルアラメ 道路護岸北側（C区）



ホンダワラ類 道路護岸北側（C区）

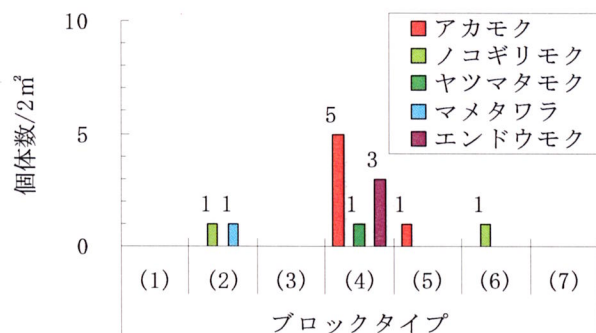


図-7 設置1年7ヶ月後（平成14年5月）のツルアラメ、ホンダワラ類のブロックタイプ別個体数



写真-1 垂直面に着生するツルアラメ（上段）と緩傾斜面に着生するホンダワラ類（下段）

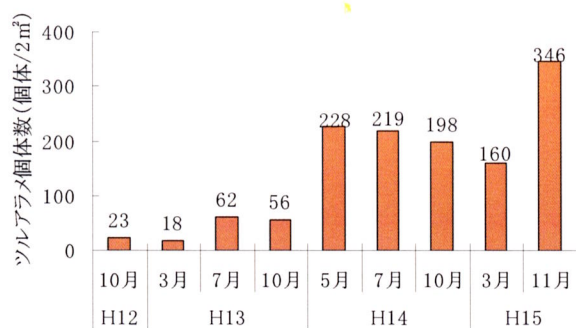


図-8 ツルアラメの成体を移植したブロック(7)におけるツルアラメ個体数(シュート数)の推移

たのみであり、移植の効果は確認されなかった。出現した個体の全長は4cmと小さく、光量不足による生育不良が原因と考えられた。

平成13年6月にノコギリモクの成熟母藻をC区のブロック4基を対象として、1基あたり4個体の計16個体を移植した。

移植ノコギリモクの個体数の推移を図-9に示す。移植1年後には9個体、2年5ヶ月後においても5個体の生育を確認した。スポアバックによる移植では1回の成熟期の種苗供給のみであるが、成体移植では数年にわたって種苗を供給することが期待された。

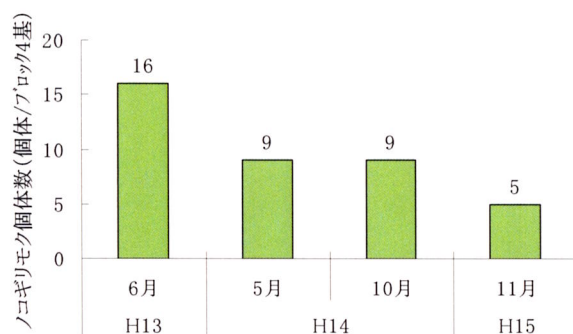


図-9 成体を移植したノコギリモクの個体数の推移

作業基地西護岸のA区においてスポアバックによる移植実験を実施した。平成12年10月にツルアラメ、平成12年11月にクロメ、平成13年4月にアカモク、平成13年6月にノコギリモクの成熟母藻を入れたスポアバックを根固ブロック直上とケーソン前面近傍に設置した。

さらに、藻場構成種以外の付着生物が海藻の着生を阻害する可能性があったため、基質面の付着物を除去した効果を確認するための裸地化実験をスポアバック設置と同時に実施した。裸地化の面積は2m×2mを基本とし、スポアバック設置区(A区)と非設置区(B区)で実施した。モニタリング調査箇所は、裸地化実施箇所の2m×2mと、隣接する非実施箇所の2m×2mを基本として設定した。

西護岸実験区(A区、B区)の移植1年後における移植対象種の生育個体数を図-10に示す。ツルアラメはケーソンと根固ブロックに、アカモクとノコギリモクは根固ブロックに出現し、クロメは出現しなかった。

ツルアラメはケーソンのD.L.-2～-4mと根固ブロック(D.L.-5.5m)の裸地化実施箇所に多く出現しており、裸地化による新規加入個体の着生促進効果があったものと考えられた。一方、スポアバック設置の有無による明瞭な差はみられず、スポアバックの効果は確認されなかった。

ノコギリモクについてはスポアバック設置および裸地化実施の条件による差はみられなかった。

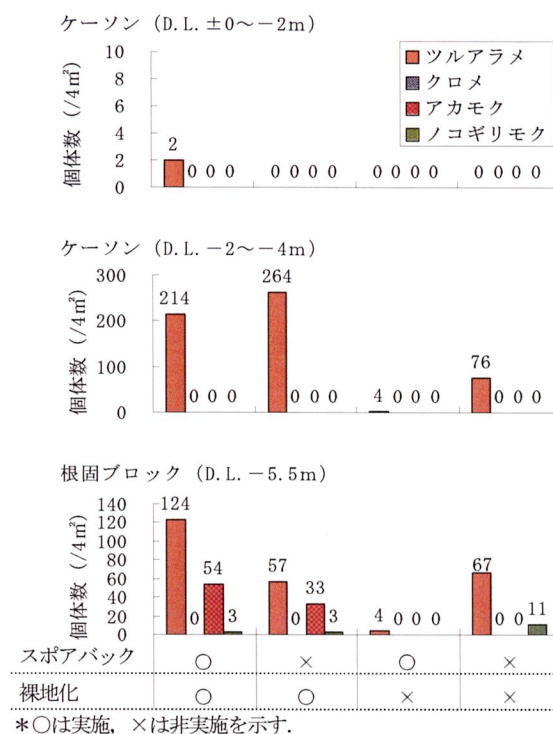


図-10 西護岸実験区(A区、B区)の移植1年後における移植対象種の生育個体数

4. 外周護岸における藻場造成の取り組み

図-11に示す藻場造成箇所を対象として、実証実験結果および藻場造成箇所の水深と生育する海藻との関係性を考慮し、「ツルアラメが優占し、ホンダワラ類が混在する藻場」を目標に設定した。その上で水生生物協調ブロック、海藻移植、基質管理の計画を検討した。

(1) 水生生物協調ブロック

既製の被覆ブロックを対象として、移植を実施しやすい加工形状、海藻の着生を促進させる加工形状について検討した。ツルアラメの移植用としては実証実験で効果がみられた円柱加工を採用し、着生促進用としては急斜面に着生する傾向がみられたことから石材加工やレンガ

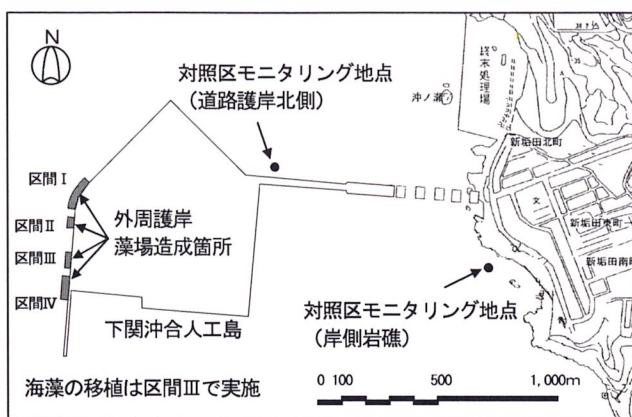


図-11 藻場造成箇所および对照区モニタリング地点

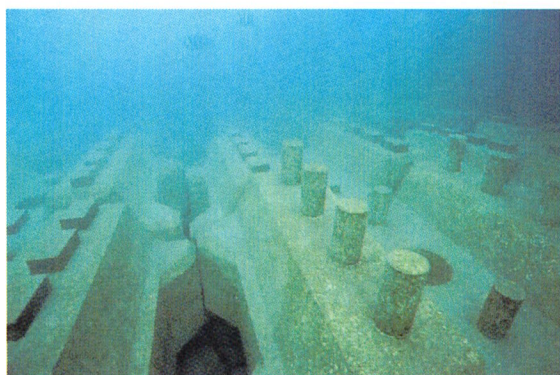


写真-2 外周護岸（区間III）に設置した円柱加工ブロック（右）とレンガ加工ブロック（左）

加工を採用した。図-11の区間IIIに設置した加工ブロックを写真-2に示す。

加工ブロックの数量については、ブロック製作および運搬による施工上の制限を考慮した結果、設置する被覆ブロック全体の3割程度が妥当と判断した。平面配置を検討した結果、核藻場を広範囲に創出した後に核藻場間を埋めるように藻場を拡大させることをねらい、加工ブロック4基×4基を1ユニットとして千鳥状に配置する計画とした（図-12参照）。各ユニット中央2基を移植用加工ブロック、他の14基を着生促進用加工ブロックとした。

(2) 海藻の移植

実証実験で移植効果が確認されたツルアラメとノコギリモクについて成体移植を行った。成体の採取場所は人工島構造物および周辺とした。移植箇所は図-11に示す区間IIIの加工ブロックとし、据付直後の平成16年11月に20基の円柱加工ブロックにツルアラメの成体を、10基のレンガ加工ブロックにノコギリモクの成体を移植した。

ツルアラメはスパンデックス（ポリウレタン弾性繊維）を使用した包帯を用いて円柱1本に対して1個体以上を固定する方法で計200個体程度を移植した（写真-3参照）。ツルアラメは仮根部から発出する匍匐枝から新葉が生ずるため、仮根部先端を包まないように配慮した。

ノコギリモクは付着器の底部に付着物が残るようにス

クレーパーを用いて採取した。採取した藻体を水中から取り上げ、ゼリー状瞬間接着剤と硬化促進剤を用いて移植用の基質に速やかに固定した。その際に付着器に接着剤および硬化促進剤がつかないように配慮した。ブロックへの設置は水中ボンドを用いて移植用の基質を固定する方法で行った（写真-4参照）。

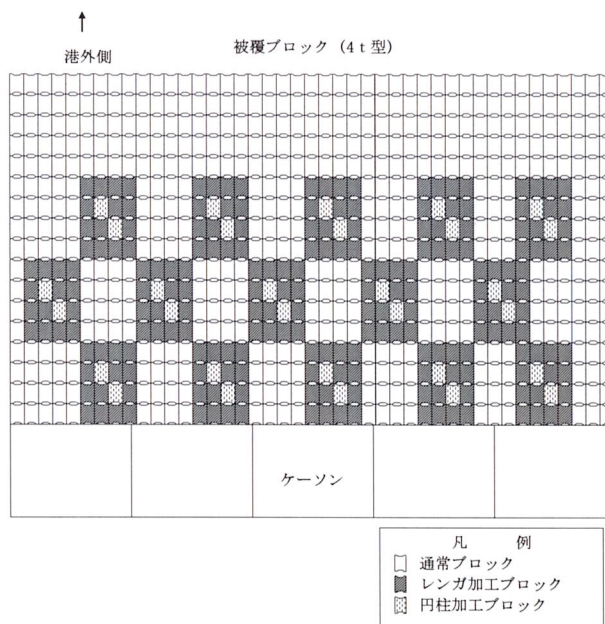


図-12 外周護岸（区間III）における水生生物協調ブロックの平面配置

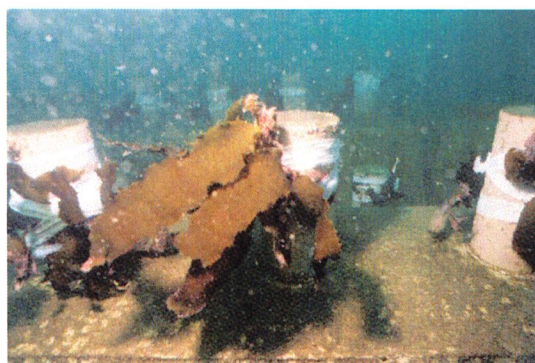


写真-3 ツルアラメ移植状況



写真-4 ノコギリモク移植状況

(3) 藻場造成箇所における海藻生育状況

a) ツルアラメを移植した水生生物協調ブロック

平成17年6月、10月に移植した全ブロックを対象としてモニタリング調査を実施した。図-13にブロック1基あたりのツルアラメの個体数（平均±標準偏差）を示す。

円柱加工ブロック1基当たり10個体程度の成体を移植したツルアラメは、約8ヶ月後には平均100個体程度に増加し、移植の効果がみられた。しかし、移植約1年後の平成17年10月には30個体程度まで減少した。残存したツルアラメの葉状部には藻食性魚類のアイゴによると考えられる形状の食痕がみられ、食害の影響により減少したと考えられた。

平成18年4月、11月には相対的にツルアラメの多いブロック1基と少ないブロック1基の計2基を選定してモニタリング調査を実施した。また、比較対照のため人工島近傍の岸側岩礁（水深D.L. -4m、図-11参照）についても同時にモニタリング調査を実施した。モニタリング結果として、平成17年6月から18年11月までのツルアラメの被度の推移を図-14に示す。

平成17年6月から10月にかけて減少したツルアラメの被度は平成18年4月には増加する傾向がみられた。移植ブロックでは11月にかけてやや減少したものの、増減を繰り返しながら岸側の岩礁と同程度になっていくものと考えられる。

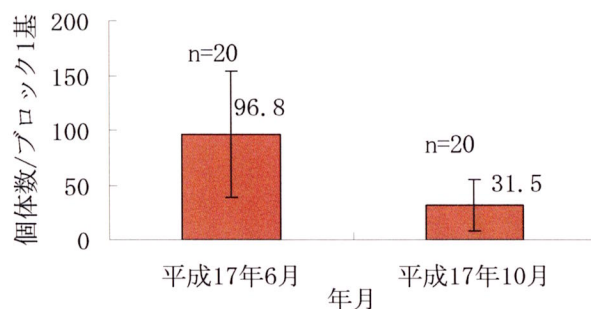


図-13 ツルアラメ個体数の推移（平均±標準偏差）

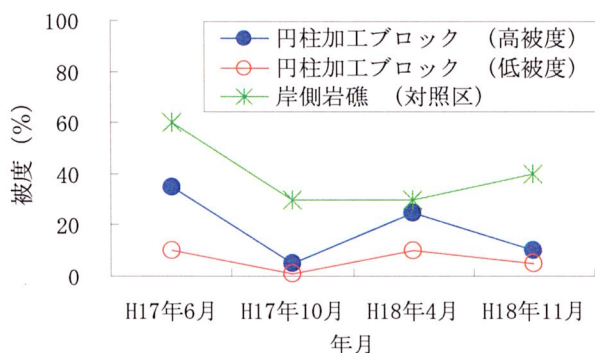


図-14 円柱加工ブロックと岸側天然岩礁（対照区）のツルアラメ被度の推移

b) ノコギリモクを移植した水生生物協調ブロック

ノコギリモクを移植したブロック2基と比較対照として設定した道路護岸北側マウンド（水深D.L. -5.7m、図-11参照）における被度の推移を図-15に示す。

ノコギリモクの被度もツルアラメと同様に平成17年6月から10月にかけて減少したものの、その後は緩やかに増加する傾向がみられる。新規加入個体も確認されており、今後は被度が増加していくものと考えられる。

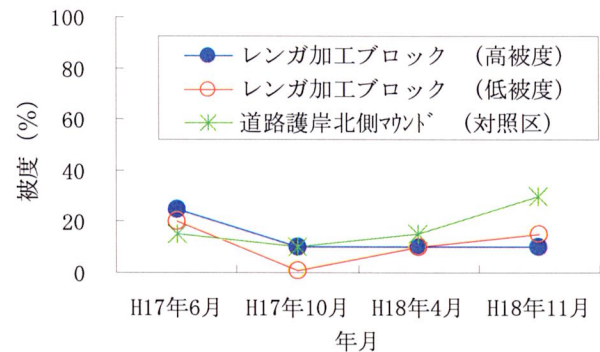


図-15 レンガ加工ブロックと道路護岸北側マウンド（対照区）のノコギリモク被度の推移

5. おわりに

下関沖合人工島における藻場造成の取り組みとして、周辺海域の既往調査結果を基に基本計画（対象種、基本断面、移植方法等）を策定した。次に、既設の作業基地護岸において実証実験を実施し、その結果を基に具体的な藻場造成計画（基質加工形状、移植方法）を立案した。

それらを基に外周護岸に水生生物協調ブロックを配置し、ツルアラメとノコギリモクを移植した結果、これらの被度が増加傾向にあることが確認された。

今後、2～3年後にモニタリング調査を実施し、藻場造成効果について確認する予定である。

謝辞：藻場造成の検討を行うにあたり、ご指導を頂いた技術検討委員会（委員長：鬼頭鈎 水産大学校名誉教授）の方々に厚くお礼申し上げます。委員の村瀬昇氏（水産大学校講師）には実証実験および藻場造成の取り組みを進める上で特にご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 江頭和彦・諫山貞雄・福田恭三・山縣延文・吉村文雄：下関沖合人工島の建設（ひびくらんど），海洋開発論文集，vol. 18，pp. 113-117，2002.
- 2) 古川恵太・室善一郎・細川恭史（1994）：1. 港湾構造物への生物付着，港湾技術研究所報告，33(3)，pp. 3-25.
- 3) 奥田武男（1985）：ホンダワラ類における幼胚の入手と着生機構，海洋科学，Vol. 17(1)，pp. 38-44.