

# 港湾構造物を利用した藻場造成に関する調査

## AN INVESTIGATION ON THE UTILIZATION OF PORT STRUCTURES FOR ARTIFICIAL FORMATION OF SEAWEED BED

小野文雄<sup>1</sup>・谷口義憲<sup>2</sup>・森利春<sup>3</sup>・宮原祐二<sup>2</sup>・早川淳<sup>4</sup>・山田和彦<sup>5</sup>  
 Fumio ONO, Yoshinori TANIGUCHI, Toshiharu MORI, Yuji MIYAHARA, Jun HAYAKAWA,  
 Kazuhiko YAMADA

<sup>1</sup>正会員 国土交通省中部地方整備局清水港湾工事事務所 所長 (〒424-0922 静岡県清水市日の出町7番2号)

<sup>2</sup>国土交通省中部地方整備局清水港湾工事事務所 (〒424-0922 静岡県清水市日の出町7番2号)

<sup>3</sup>国土交通省中部地方整備局清水港湾工事事務所御前崎港事務所 所長 (〒421-0601 静岡県榛原郡御前崎町御前崎6170)

<sup>4</sup>財団法人港湾空間高度化環境研究センター港湾・海域環境研究所 (〒108-0022 東京都港区海岸3丁目26-1)

<sup>5</sup>国土環境株式会社環境創造研究所 (〒421-0212 静岡県志太郡大井川町利右衛門1334-5)

This investigation was aimed the creation of new growth grounds for seaweeds on the breakwater for the sake of the environmental-friendly utilization of port structures. The Port of Omaezaki, Shizuoka Prefecture, was selected as a survey field. The survey was carried out at the inside and outside of a seawall covered with wave-dissipating caissons and the slit caissons set up at the end of seawall. Seaweeds, including *Ecklonia cava*, were confirmed to grow on artificial structures, in only a case of protection using net from herbivorous fishes, such as rabbitfish, *Siganus fuscescens*, and the slit caissons, which can protect more easily from herbivorous fishes, are more useful ordinary wave-dissipating caissons. Many young frond, probably derived from mother thallus transplanted, were found on the wave chamber floor of the slit caisson. The slit caisson is also useful as a place which supply zoospores.

**Key Words :** Slit caisson breakwater, breakwater wave chamber, seaweed bed, *Eisenia arborea*, *Ecklonia cava*.

### 1. 目的

御前崎港周辺海域では、1989年頃までアラメの近縁種であるサガラメ (*Eisenia arborea*) とカジメ (*Ecklonia cava*) が繁茂して藻場 (海中林) を形成していた。当時の採藻漁業による漁獲量は1漁協当たり年間12~14トに達していたが、1994年には0.9トまで激減するなど、藻場の深刻な衰退現象が生じた<sup>1)</sup>。現在、藻場は一部の岩礁域にだけ残る状態<sup>2)</sup>となり、藻場の回復への取り組みが強く望まれるようになった。

国土交通省中部地方整備局清水港湾工事事務所では、御前崎港防波堤 (西) で整備事業を進めているスリット式ケーソンの遊水部が、上部コンクリートがないため太陽光が内部まで入射すること、外部との海水交換が良好なこと、適度な波動が生じることなどの特徴を有し、海藻類の育成が可能な空間としての活用が期待できることに着目した。本調査は港湾構造物が海藻類をより効率的に着生させて藻場の形成を図り、周辺海域の環境保全、漁業資源の育成に貢献することを目的として行った。

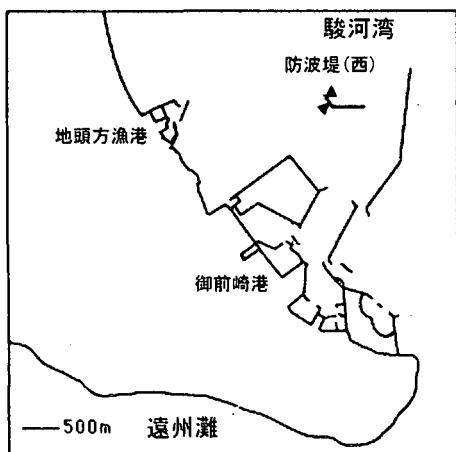


図-1 調査場所の概要. 矢印は海藻移植場所を示す。

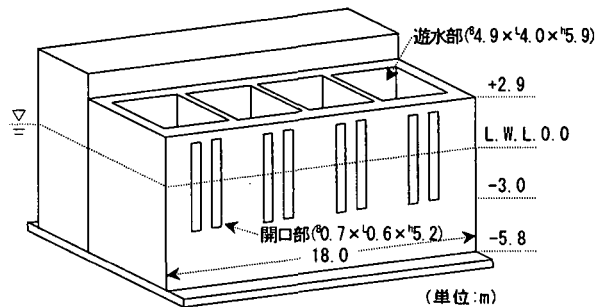


図-2 スリット式ケーソンの概要

## 2. 調査（試験）の内容及び方法

### (1) 食害対策試験

過去に当海域で行われた海藻移植試験<sup>3)</sup>によると、移植したカジメ類は生育が認められたものの、夏季に植食魚類（主にアイゴ *Siganus fuscescens*）による食害により消失したことが報告され、また近傍海域で造成した藻場がアイゴの食害により消失した事例<sup>4)</sup>が報告されている。これらの結果は、当海域では夏季を中心に植食魚類の食害を防止する必要があることを示しており、本調査においては食害対策試験の方法や効果について検討した。

あらかじめ御前崎港防波堤（西）の港内側底盤部・港外側消波ブロック及びスリット式ケーソンの遊水部にカジメを移植し、食害対策を施した後、食害・残存状況を調査した。

港内側及び港外側については、1999～2000年に母藻移植（スポアバッグ法：成熟したカジメを網袋に収めて、基盤に固定する）と種苗移植（種糸移植法：成熟したカジメから遊走子を採苗後育苗し、幼体の着生する種糸をコンクリート釘を用いて基盤に固定する）を行った。

スリット式ケーソン遊水部については、2001年に母藻移植（カジメの仮根部をコンクリート製移植板に接着し、基盤に固定する）と種苗移植を行った。

食害対策は2000年8～11月と2001年6～12月に実施した。港内側では移植したカジメの周囲を漁網（ポリプロピレン製 37.5 mm目）で囲い、港外側には図-3に示す2種類の人工海藻（ポリプロピレン製、発泡ポリオレフィン製）をカジメの周囲に設置した。スリット式ケーソン遊水部については開口部（1室当たり 0.4m×5.22m×2箇所）に漁網（ポリプロピレン製 37.5 mm目）を設置し、藻体の食害状況を観察した。

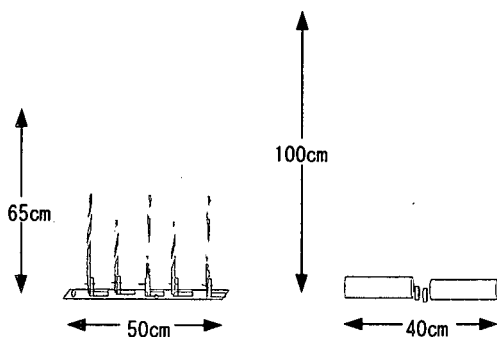


図-3 食害対策試験に用いた人工海藻の模式図  
右：ポリプロピレン製、左：発泡ポリオレフィン製

### (2) 環境調査

スリット式ケーソン遊水部が、藻場の形成可能な空間であるかを把握するために、2001年3月から2002年2月にかけて、防波堤（西）の港内側・港外側

及びスリット式ケーソン遊水部において、カジメの生育に関係の深いと考えられる項目（水温・塩分・光量子量・流向流速）について測定を行った。なお、水温・塩分はSTD（アレック電子製 AST-1000M）を、光量子量はLI-192SA/B（盟和商事製）を、流向流速はACM-200PC（アレック電子製）を用いて測定した。また、2001年3月と9月にはスリット式ケーソン遊水部の底面上に光量子計（MDS-L, アレック電子製）を設置し、30日間の連続測定を行った。

## 3. 結果

### (1) 食害対策試験

#### a) 人工海藻設置区

2種類の人工海藻設置区とも、試験開始後1週間後平均藻長が54.8 cmから19.0 cm、52.2 cmから26.2 cmへと減少し、茎部と仮根部を残し中央葉がほぼ消失した状態となっていた。試験開始から1ヵ月後には平均藻長は5.6 cm、8.0 cmとなり、仮根部と茎部をわずかに残すだけとなり、試験開始2ヵ月後には仮根部のみとなった（図-4）。

藻体の周囲に何も設置しなかった対照区では、1週間後には仮根部と茎部をわずかに残した状態となっており、対照区と比較すると、食害の進行を遅らせる効果はみられたが、食害を防止する効果はなかった。

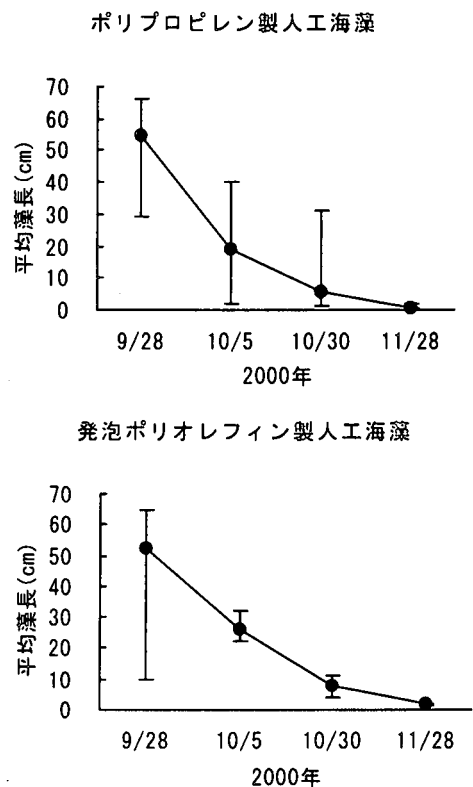


図-4 人工海藻設置区におけるカジメ藻長の変化

b) 漁網設置区ー防波堤(西)港内側

漁網設置区では、試験開始後 1 ヶ月で平均藻長が 50.0 cm から 44.7 cm とわずかに減少したが、試験開始 2 ヶ月後には 51.1 cm となった(図-5)。

2000年 11月に漁網を撤収した以降は、若干の食害が生じていたが、藻体は生残り、生長点より新たに葉状部が伸長する個体が認められた。

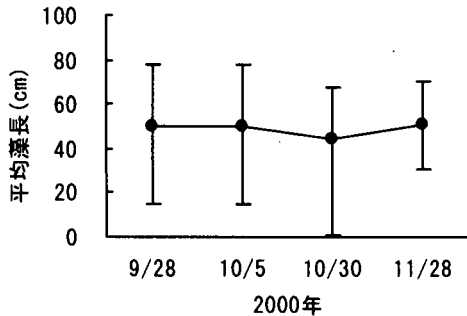


図-5 漁網設置区におけるカジメ藻長の変化

さらに、2001年 3月には幼体が発芽し、母藻移植に用いた 5 枚の移植板(約 0.1 m<sup>2</sup>/枚)上に 47~220 個体(藻長: 1~27 cm)が着生していた。母藻移植時には、遊走子が到達する範囲に天然のカジメの分布はみられず、幼体は移植に用いた藻体を母藻として発芽したと判断された。

人工海藻設置区や対照区で藻体に損傷を受けた大部分の個体の茎部に、魚類による採食の痕跡が残されたこと、周辺で体長 10~25 cm のアイゴが多数観察されていることから、損傷はアイゴによる食害と推定した。

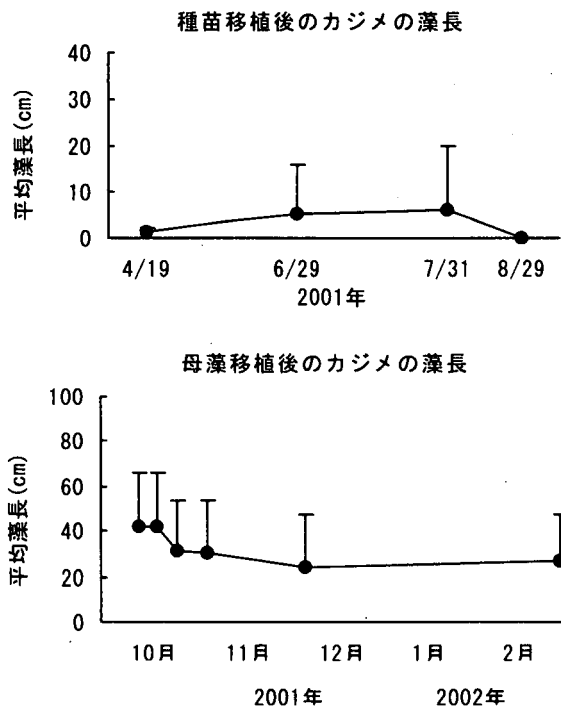


図-6 スリット式ケーソン遊水部におけるカジメ藻長の変化

c) 漁網設置区ースリット式ケーソン開口部

2001年 6月から 11月までスリット式ケーソンの開口部へ漁網を設置し、食害対策試験を行った。しかし、期間中に台風 6号を初め 7つの台風によって漁網が損傷を受け、その都度修復を行ったが、修復までの間に食植魚類による食害が生じた。

種苗移植したカジメの平均藻長は、食害対策試験開始時の 6月に 5.3 cm あり、1 ヶ月後には 6.3 cm (最大藻長: 20 cm) と生長を続けたが、8 月上~中旬に襲来した台風の波浪と漁網が損傷を受けた際に生じた食害により消失した(図-6 上)。

母藻移植したカジメの平均藻長は、移植時に 41.9 cm あったが、11月の食害防止試験終了時には主に漁網損傷時に生じた食害により 24.4 cm に減少した。その後試験終了時の 2002年 2月には、食害を受けることもなく平均藻長は 27.2 cm (最大藻長: 47.0 cm) とわずかながら生長していた(図-6 下)。

なお、2月には幼体が発芽し、遊水部 1 室当たり 49~370 個体(平均藻長: 2.0~4.5 cm)が観察された。母藻移植時には、遊走子が到達する範囲に天然のカジメの分布はみられず、幼体は移植したカジメを母藻として発芽したものと判断された。

(2) 環境調査

a) 水温・塩分

スリット式ケーソン遊水部の表層での水温は 12.2 (2月)~25.8℃ (7月)で、防波堤(西)の港内側(12.6~26.3℃)や港外側(12.3~26.4℃)と比べてほとんど差はなかった。

塩分は 32.9 (9月)~34.4 (3・6月)で、水温と同様に防波堤(西)の港内側(32.8~34.4)や港外側(32.9~34.4)と比べて差はなかった(図-7)。

b) 光量子

スリット式ケーソン遊水部の底面上 0.5m での光量子量は 20 (9月)~482 μE/m<sup>2</sup>/s (7月)であり、海面直下を 100 とした時の相対光量は 7.8~44.5% であった。遊水部底面上 0.5m 層は、平均すると水深約 3m に相当し、防波堤(西)の港内・港外側の水深 5m 層の値と一律に比較できないが、港内側での値(58~338 μE/m<sup>2</sup>/s, 16.2~33.2%)や港外側(25~230 μE/m<sup>2</sup>/s, 14.5~38.6%)と比べて大きな差はみられなかった(図-8)。

2001年 3月にスリット式ケーソン遊水部の底面上で行った光量子の連続測定結果によると、日積算光量子量は 0.3~1.4 E/m<sup>2</sup>/day (平均 0.7 E/m<sup>2</sup>/day)で、9月の結果では 0.1~5.8 E/m<sup>2</sup>/day (平均 2.0 E/m<sup>2</sup>/day)であった。

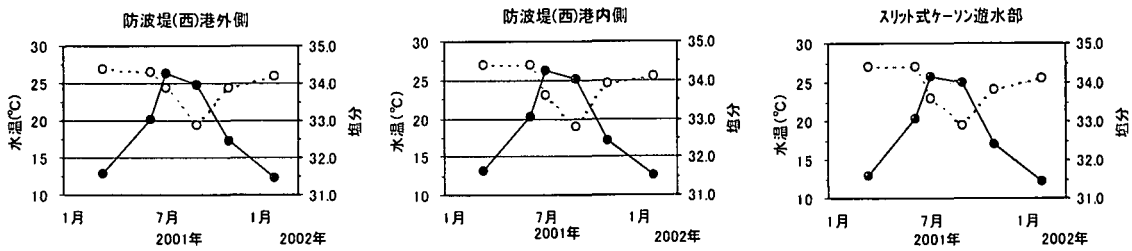


図-7 水温・塩分の季節的变化。●は水温，○は塩分を示す。

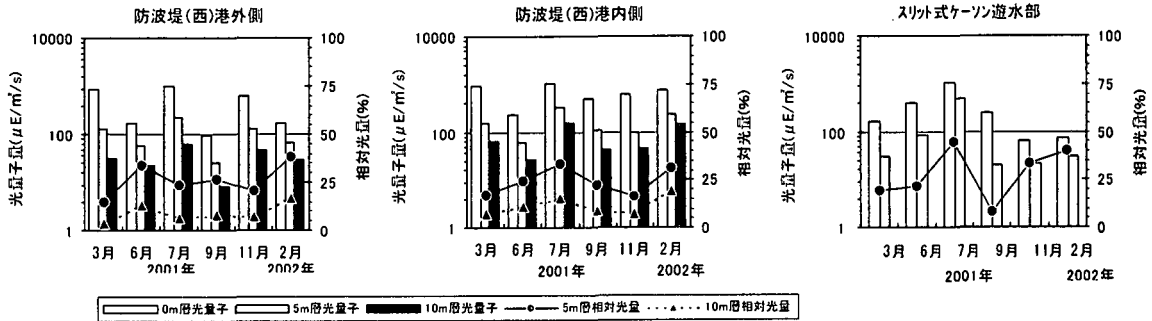


図-8 光量子量（相対光量）の季節的变化。スリット式ケーソン遊水部の値 □ は L. W. L. -2.5m での値を示す。

表-1 スリット式ケーソン遊水部の流速（底面上 0.5m）

測定場所	開口部外側	開口部内側	中央部	奥隅部
2001年3月 (中潮時)	流速範囲(cm/s) 11~81 平均流速(〃) 21	8~73 32	13~37 21	1~22 11
2001年6月 (小潮時)	流速範囲(cm/s) 7~11 平均流速(〃) 9	3~10 6	1~6 3	<1~2 <1

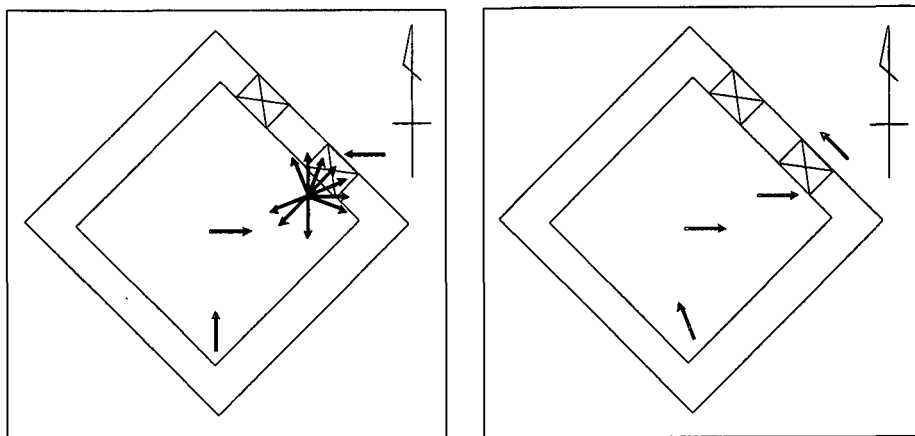


図-9 スリット式ケーソン遊水部の底面上 0.5m (L. W. L. -2.5m) での流向  
右：流速の最大時（2001年3月），左：最小時（2001年6月），10回の測定で最も頻度の高かった方向を示す。

### c) 流向流速

遊水部におけるカジメの生育水深である底面上 0.5m 層 (L. W. L. -2.5m) で流向流速を測定した結果、平均流速は 1 未満~32cm/s の範囲にあった (表-1)。場所による流速の差をみると、ほとんどの測定時で開口部内側>開口部外側>中央部>奥

隅部の順となっていた。

また、遊水部の中央 (底面上 0.5m) では開口部へ、奥隅部では中央へ向かう流れが生じる傾向がみられた (図-9)。

#### 4. 考察

食植魚類に対する食害対策試験の結果、最も効果が高かったのは漁網を用いた方法であり、藻体の周囲あるいはスリット式ケーソンの開口部に漁網を設置し、食植魚類が藻体へ接近することを完全に遮断する方法である。藻体を遮蔽して食植魚類の接近を阻む人工海藻設置では、上部が開放空間であるため、上部からの食害を防止することができなかったものと考えられる。

2000年7～11月に行った調査結果<sup>5)</sup>によると、防波堤(西)の周辺では11月を除いていずれもアイゴが観察され、10月には約200個体(体長10～20cm)が群れをなして遊泳するのが観察されている。さらに、7～9月には体長約30cmの大型のアイゴがカジメを採食する様子も観察されている。また、近傍海域に造成されたカジメ藻場が、1998年と1999年の夏から秋にアイゴの食害により消失したという報告<sup>4)</sup>もみられる。

アイゴについては、宮崎県日向灘北部熊野江地先や門川地先でクロメ(*Ecklonia kurome*)藻場がその食害により消失したこと<sup>6)</sup>や和歌山県加太地先でも多数のアイゴの目撃例とカジメ藻場への食害が報告<sup>7)</sup>されるなど、アイゴの食害が天然群落の衰退要因あるいは回復制限要因となっており、藻場造成の場でも阻害要因となっている。

御前崎港において港湾構造物を活用して藻場造成を図る場合、夏場を中心にアイゴの食害から藻体を保護することが重要な課題である。2000年に防波堤(西)で行った漁網による食害防止対策(移植したカジメの周囲の一面は防波堤を利用し、残り三面を海底から海面まで漁網で囲む)では約30個体のカジメ(移植板4枚)を保護するために、長さ40m×高さ10mの漁網を使用し、規模として大きなものとなっている。また、波浪の強い港外側で漁網を設置・維持することは非常に困難である。

一方、スリット式ケーソンの開口部に漁網を設置して食害対策を施す方法では、1室(試験では平均5個体のカジメ)当たり2箇所ある開口部(63cm×522cm)に設置するだけでよいことから、防波堤(西)の港外側で用いた方法と比べてより簡便な方法であるといえる。

スリット式ケーソン遊水部内の環境条件については、水温・塩分、光量子量など遊水部外と大きな差はない。

これらの値をカジメの生育環境要因から検討すると、成体の好適水温は10～15℃、配偶体成熟の限界は10～25℃<sup>8)</sup>とされており、スリット式ケーソン遊水部内(12.2～25.8℃)では、高水温時に成体の好適水温を上回る懸念があるが、カジメの生育する海域の夏季の水温は23～27℃<sup>9)</sup>とされることから、遊水部ではカジメが生育できる範囲の

水温にあると判断される。塩分については、適塩分域は32.0～34.8<sup>10)</sup>とされ、遊水部(32.9～34.4)ではこの範囲にある。

配偶体の生長は3,000～10,000luxで良く、幼体の生育限界は90～60,000lux<sup>8)</sup>とされている。この値を近似的な関係式<sup>11)</sup>( $5\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s} \neq 250\text{lux}$ )で換算すると、前者が60～200 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ 、後者が2～1,200 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ となり、遊水部(12～757 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ , 相対光量:7.8～44.5%)では最低時に配偶体の生育に良いとされる範囲を下回るが、幼体の生育範囲には入っている。また、3月と9月に行った連続測定結果では、日積算光量の平均値がそれぞれ0.7, 2.0 $\text{E}/\text{m}^2/\text{day}$ であり、静岡県下田市鍋田湾でのカジメの日補償積算光量(3月:0.8 $\text{E}/\text{m}^2/\text{day}$ , 9月:1.0 $\text{E}/\text{m}^2/\text{day}$ )<sup>12)</sup>と比べると、3月はわずかに下回るが、9月には大きく上回っている。さらに、カジメ幼体が生育する場所の相対光量は海面光量の0.5～1.0%であるという報告<sup>13)</sup>があり、こういった状況を併せると、遊水部はカジメの生育が可能な光環境にあると判断される。

造成されたカジメ藻場の平均流速は8cm/sと推定<sup>14)</sup>され、実験<sup>15)</sup>によるとカジメ遊走子の着生は1.5cm/sで最大となり、15cm/s以上ではほとんど着生できない。遊水部内の平均流速(1cm/s未満～32cm/s)はカジメの遊走子着生や生長に良好とされる範囲を上回る場合があるが、一時的な状態であると考えられる。

以上のような状況から、スリット式ケーソンの遊水部内ではカジメの生長全期にわたって、生育が可能な環境にあると考えられる。また、遊水部内に移植したカジメが新たな側葉を形成するなど生育を続けたほか、前述のように移植したカジメを母藻として幼体の出現がみられるなど、遊水部内での生育、再生産が可能であることが確認されている。

したがって、御前崎港防波堤(西)において港湾構造物を藻場造成のために活用することは十分可能であり、スリット式ケーソンの遊水部内で形成

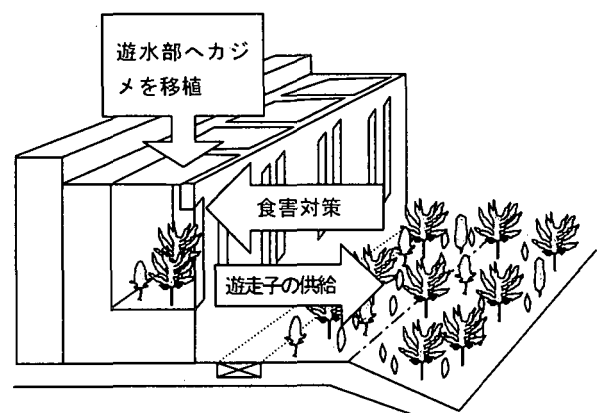


図-10 御前崎港における港湾構造物を利用した藻場造成のイメージ

された藻場が防波堤周辺へ遊走子を供給する核としての役割を担うことが期待される（図-10）。

謝辞：調査結果の取りまとめ、藻場造成方法の検討を行うにあたり、ご指導を頂いた御前崎港藻場造成検討会（座長：有賀祐勝 東京水産大学名誉教授）の方々に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 運輸省第五港湾建設局清水港工事事務所・新日本気象海洋株式会社：平成7年度御前崎港海生生物調査委託報告書，1996.
- 2) 長谷川雅俊ほか：サガラメ群落の面積測定，平成9年度静岡県水産試験場事業報告書，p. 109, 1998.
- 3) 運輸省第五港湾建設局清水港湾工事事務所・新日本気象海洋株式会社：平成9年度御前崎港海生生物調査報告書，1998.
- 4) 増田博幸ほか：藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退，水産工学，37(2)，pp. 135-142, 2000.
- 5) 国土交通省中部地方整備局清水港湾工事事務所・港湾空間高度化環境研究センター：平成12年度御前崎港海生生物調査報告書，2001.
- 6) 清水博ほか：日向灘沿岸におけるクロメ場の立地環境条件について，宮崎県水産試験場事業報告，7，pp. 29-41, 1999.
- 7) 山内信：太平洋沿岸で発生した藻場の衰退現象，和歌山県水試だより，198，pp. 7-10, 1999.
- 8) 沿岸漁業整備開発事業施設設計指針編集委員会：沿岸漁場整備開発事業施設設計指針（平成4年度版），全国沿岸漁業振興開発協会，東京，1993.
- 9) 須藤俊造：海藻・海草相とその環境条件をより詰めて求める試み，藻類，40，pp. 289-305, 1992.
- 10) 漁場環境影響評価書検討専門委員会：環境が海藻類に及ぼす影響を判断するための『判断基準』と『事例』，日本水産資源保護協会，東京，pp. 61-71, 1992.
- 11) 徳田廣：海藻の生育環境，海藻資源養殖学，pp. 15-33，緑書房，1987.
- 12) 倉島彰ほか：褐藻アラメ・カジメの生理特性，藻類，44，pp. 87-94, 1996.
- 13) 前川行幸ほか：褐藻アラメ及びカジメ幼体の光要因からみた生育限界の比較，藻類36，pp. 166-174, 1998.
- 14) 金杉佐一ほか：磯焼け地域におけるアラメ・カジメの天然群落の拡大に関する研究，昭和56～58年度指定調査研究総合助成事業報告書，pp. 1-20, 1984.
- 15) 柳瀬良介ほか：カジメ群落拡大に関する研究，昭和57年度指定調査研究総合助成事業報告書，pp. 1-14, 1983.