

## 浮体構造物によるアマモ場に関する基礎的研究

Study on eelgrass seaweed bed utilizing floating structures

袴田興太郎\*・福澤信夫\*\*・深和岳人\*\*\*・香月 智\*\*\*\*・北原 耕一\*\*\*\*\*

Koutaro HAKAMADA, Nobuo FUKUZAWA, Gakuto FUKAWA, Satoshi KATSUKI and Kouichi KITAHARA

\*工(修) 防衛施設庁 東京防衛施設局建設部土木課(〒162-8861 東京都新宿区市谷本村町 5-1)

\*\* 元防衛大学校 本科学生(〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

\*\*\*工(博) 防衛施設庁 那覇防衛施設局建設部土木課(〒900-8574 沖縄県那覇市前島 3-25-1)

\*\*\*\*工博 防衛大学校 建設環境工学科 教授(〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

\*\*\*\*\* 日立金属(株)(〒105-8614 東京都港区芝浦 1-2-1)

This paper proposes a mobile eelgrass (*Zostera marina*) seaweed bed by utilizing floating structure. The floating seaweed bed used herein is made of in-situ sand held by casting panels. The casting panels are suspended by floats. The upper plane of the sand bed is set 0.7m depth from sea surface. The primary eelgrasses are transplanted in the floating seaweed bed and their growth process is observed. According to the observation results, the transplanted eelgrasses have been vegetating a year and producing a comfortable environment for ocean life.

**Key Words:** eelgrass seaweed bed, floating structure, comfortable environment, trans plant, mitigation

キーワード: アマモ, 浮体構造物, 保護環境, 移植, ミチゲーション

## 1. 緒言

近年、海浜における藻場や干潟に対する市民の関心が高まっている。これは、市民の環境意識が高まったことに加えて、磯焼け<sup>1)</sup>の問題が、遠く離れた山地緑化問題と水系によって関連していることが広く知れ渡ったためであろう。すなわち、植生環境や生態系環境が広域かつ複雑に相互関連性があり、一方で、その関連性の具体的な数量化が困難であるため、現状変更することへの不安感が高まっているためである。

例えば、表-1 は 1991 年の藻場に関する統計データを示しているが、まず、水深 20m 未満の浅瀬であっても、その 7%しか藻場となっておらず、藻が生育する条件が極めてデリケートであることがわかる。また、1978 年からの 10 年間のうちに消失した藻場の約 30%が建設事業に起因していることがわかる。このような背景から、埋め立て事業に伴って生ずる藻場のミチゲーション問題は、市民との合意形成を難しくする要因となっている。

さて表-2 には、本研究に先立って、著者らの行った 139 の地方公共団体または研究機関に対するアンケート調査結果を示しているが、全国で 38 以上の事業主体が藻場問

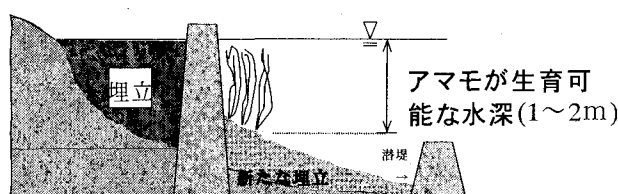
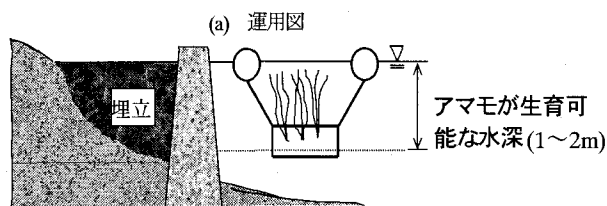
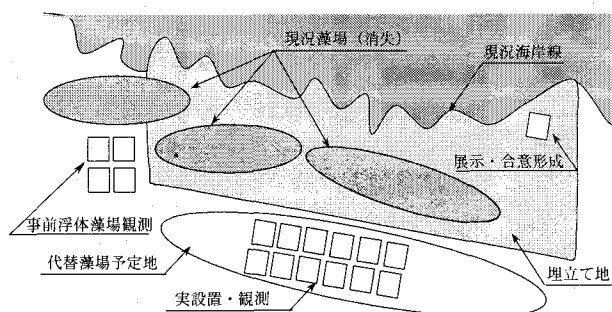
表-1 1991 年時点における藻場の状況  
(環境庁自然保護局, 1994)

|                                   |                 |             |
|-----------------------------------|-----------------|-------------|
| 日本沿岸の水深 20m 以浅面積                  |                 | 3,088,000ha |
| 藻場の面積                             |                 | 201,200ha   |
| 1978 年以降の藻場<br>減少の原因<br>(6,400ha) | 埋立て等による<br>直接要因 | 28%         |
|                                   | 磯焼け             | 15%         |
|                                   | 海況変化            | 16%         |
|                                   | 不明              | 41%         |

表-2 藻場造成事業の目的別分類

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 藻場造成の目的             | 事業数 |
| 消失した藻場の再生           | 10  |
| 有用水産資源(魚介類等)の生育空間創出 | 18  |
| 商品価値を有する海藻の栽培       | 5   |
| 研究                  | 5   |

題に直面しており、消失した藻場の再生をはじめとして、研究等様々な取り組みが行われていることがわかる。中でもアマモは、水深 2~3m 以下の浅瀬の砂泥に生育する海草であり、他の岩礁性海草藻類と異なり生育場所が限定されるのみならず、埋め立てによって消失する浅瀬であることから、その対策について数多くの検討がなされている<sup>2)</sup>。



(c) 従来工法  
図-1 浮体藻場運用図

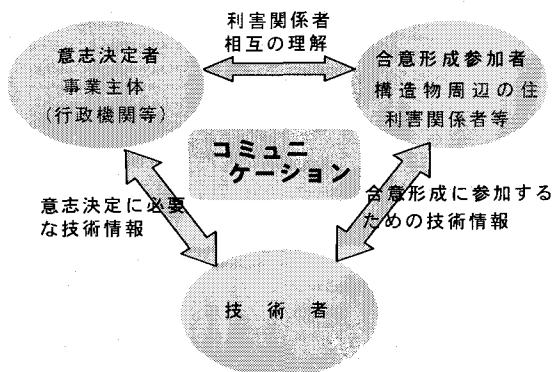


図-2 環境負荷低減型土木構造物設計の概要(土木学会, 2001)

アマモ場の造成に関する研究としては、辻本<sup>3)</sup>および松原<sup>4)</sup>はアマモ場の適地選定法に関する検討を行っている。また、中瀬<sup>5)</sup>は砂の移動に着目した数値計算を行い、これを実際のアマモ場に適用し、アマモ場の成立条件について述べている。島谷<sup>6)</sup>はアマモ種子の挙動<sup>7)</sup>の観点から、または人工リーフ設置に伴う外力変化<sup>8)</sup>によるアマモ場の自然発生条件について述べ、中瀬<sup>9)</sup>は、船舶航跡波のアマモ場への影響を述べている。アマモ場の定着を助ける研究としては、伊福<sup>10)</sup>は造成後の砂面変動の制御に化学繊維を適用することを提案し、金澤<sup>11)</sup>はアマモ移植後の活着を助けるための人工海藻設置法について述べている。

本研究は、従来の研究とは趣が異なるが、計画段階での市民との合意形成確立を重視した、消失アマモ場への代替技法として、浮体構造を利用した藻場について、実験・観測した結果について報告するものである。

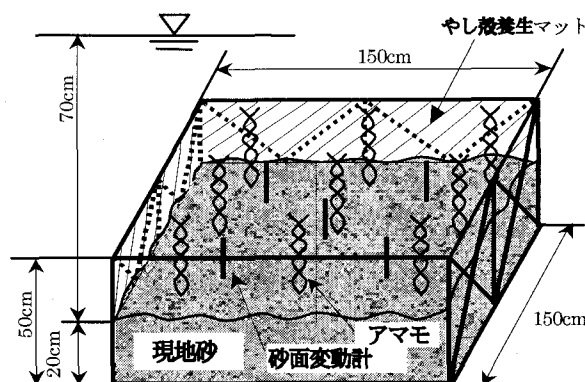


図-3 浮体藻場詳細図

## 2. 浮体藻場の利点と検討課題

図-1に提案する浮体藻場の運用構想を示す。図-1(a)に示すように原生アマモ場が埋め立て予定地内にある場合に、埋め立て後の代替藻場を埋め立て護岸に沿って設置するものとする。従来は、図-1(c)に示すように護岸沖に潜堤を設けてアマモの生育可能な2~3m水深の人工砂泥海底を造成し、アマモ場を育成させる工法が採用されることが多い。しかし、図-2<sup>12)</sup>に示すように、近年では、環境負荷低減の可能性について市民と事業主体との合意形成が重要となっている。合意形成の難易の観点から考察すると、従来工法では本体部の造成工事が終了するまで、創生藻場にアマモが生育するか否かを検討できないため、合意形成上大きな障害となる場合がある。一方、提案手法は計画地近隣の海浜地で生育適正条件(水深、地質等)について事前に検討することが可能であり、生育の目処が立てば市民との説明会において、現物を現地に移動させて意見交換が出来ることや、本体部埋め立て前に設置予定地で生育に適する条件を調べることも可能であるなどの利点がある。

しかし、第1の疑問点として図-1(b)でわかるように、提案手法ではアマモの生育する水深は潮汐の影響を受けず一定であることは、現実の生育環境とは異なる。また、第2の疑問点として、本来底生生物への保護環境を与えることが藻場に対して期待されているが、水中に浮かんだ人工砂泥海底に底生生物が住み着くかなど検討すべき課題は多い。そこで、本研究は、この2点について可能性の検討を行った。

## 3. 実験装置概要および観測項目

本研究で作成した浮体藻場は、写真-1および図-3に示すように鋳鉄製パネルで1.5m×1.5mの約2.2m<sup>2</sup>の植え付け面積を有する深さ50cmの枠を作成し、土砂流出防止と水分移動維持のために、やし殻マットで内面を覆ったものである。これを、短管パイプと浮体で作成したフロート部に取り付けた。この浮体藻場内にアマモ生息域の土砂を

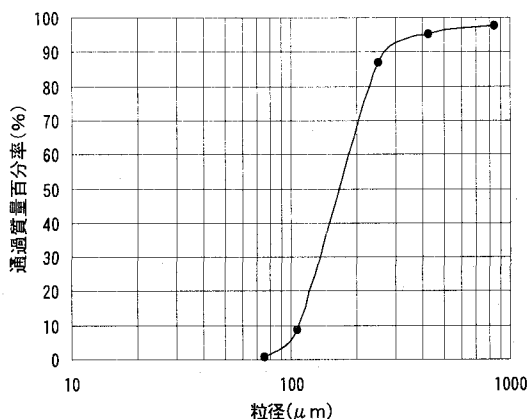


図-4 浮体藻場内土砂の粒径加積曲線

表-3 観測項目

| 項目    | 頻度                                     | 要領                    |
|-------|----------------------------------------|-----------------------|
| 草丈    | 週 1~2 回<br>(観測初期)<br>月 1~2 回<br>(観測後期) | 各株の最長の草丈を測定           |
| 葉数    |                                        | 浮き藻場内の総計              |
| 葉幅    |                                        | 各株の最長草丈の葉幅を測定         |
| 砂面変動量 |                                        | 5カ所の砂面変動計の平均値         |
| 水温    | 月 1~2 回<br>(観測後期)                      | 浮き藻場内の深さ 30 cm の水温を測定 |
| 透明度   |                                        | 透明度板を使用               |
| COD   | 7 月および 12 月                            | COD 測定セット             |

20cm の厚さで敷き詰めた。なお、その粒径は、図-4 の粒径分布となっている。1mm を超える粒径のものは少なく、細かい泥質である。フロートからの水深は砂面が水面より 70cm になるように設置した。設置場所は東京湾口西側の横須賀市にある当学の港湾施設内である。この港湾入り口には、アマモが自生しているが、設置場所は、自生地域から 200m 程度離れた湾内であり、アマモは生育していない。移植したアマモは、港湾とは異なる約 2km 離れた横須賀市内の近隣海浜に自生しているアマモを採取・移植した。移植配置は等間隔に 9 カ所とし、各々の箇所にジフィーポットを用いて 2 株ずつ移植した。移植は 2001 年 6 月に第 1 回目を行い、2 週間後に 6 カ所を再移植した。観測項目は表-3 に示すとおりである。

## 4. 観測結果

### 4. 1 アマモの生育状況

過去のアマモ移植の報告結果を見ると、波浪による砂面変動によりアマモの根付きが阻害される例が多い。しかし、本研究で使用している浮体藻場の設置場所は静穏域であるため、砂面変動量は図-5 に示すように観測開始直後こそ、5 箇所の実測の平均値が 2cm 単位で変動しているものの、1 ヶ月経過後は大きく変動することなく安定している。

図-6 は実験箇所における海水透明度を示したものである。観測期間を通して透明度は 2m 前後であるが、透明度が悪い場合には 1.0m であること、観測中に 6 回も赤潮が発生したことなど、自生しているアマモ場に比べると水質環境は劣っている。ただし、浮体藻場の砂面水深が 0.7m で

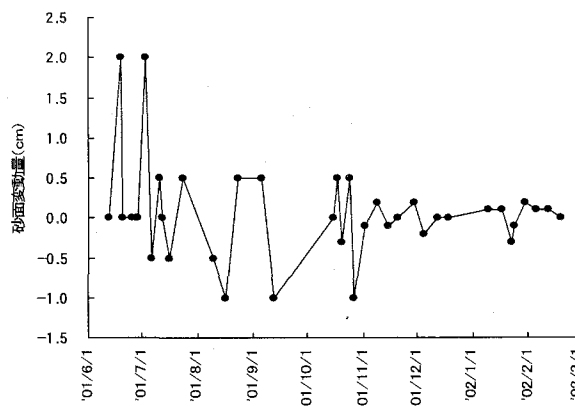


図-5 砂面変動量の推移

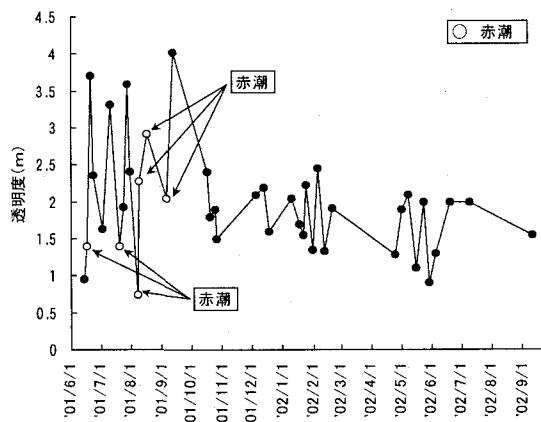


図-6 透明度の推移

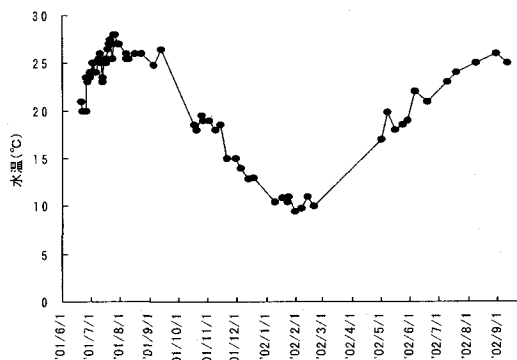


図-7 水温の推移

あるので、太陽光は概して砂面まで到達していることになる。また、海水の COD (Chemical Oxygen Demand : 化学的酸素要求量) 値については観測開始直後の 2001 年 7 月は 5.2 mg/l であったのに対して、同年 12 月には 2.0 mg/l であった。一般にアマモ場原生地での COD 値の平均値が 2.3 mg/l であるので (運輸省港湾局)<sup>13)</sup>、観測開始後の水質は赤潮が発生したことを含めて良好とはいえない。

図-7 は水温の推移を示したものである。移植直後から 10 月までと翌年の 5 月下旬から 9 月にかけては水温が 20°C を超えており、アマモの生育にとって好ましいとされる 18°C を超えており、望ましい条件ではない。一方、2001 年 10 月~2002 年 5 月は 10~18°C となっており、アマモの生育にとっては好ましい条件となっている。

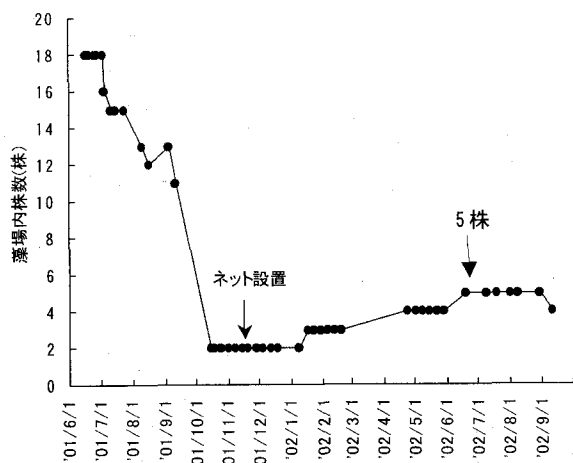


図-8 株数の推移

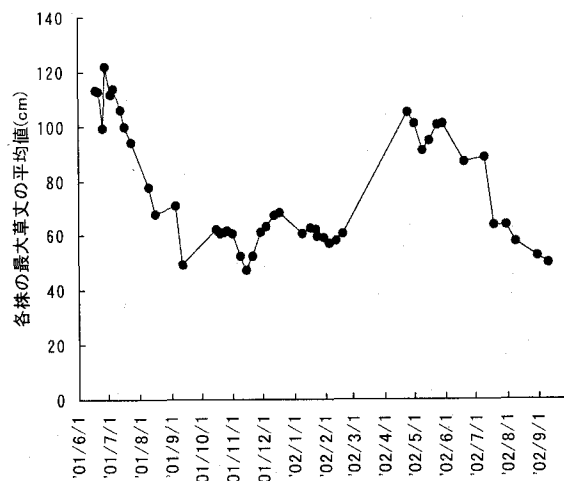


図-10 草丈の推移

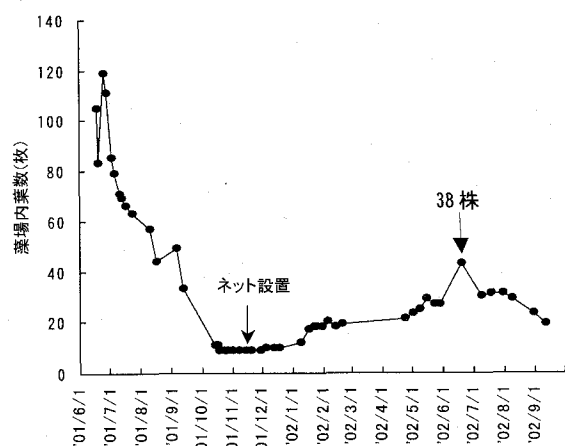


図-9 葉数の推移

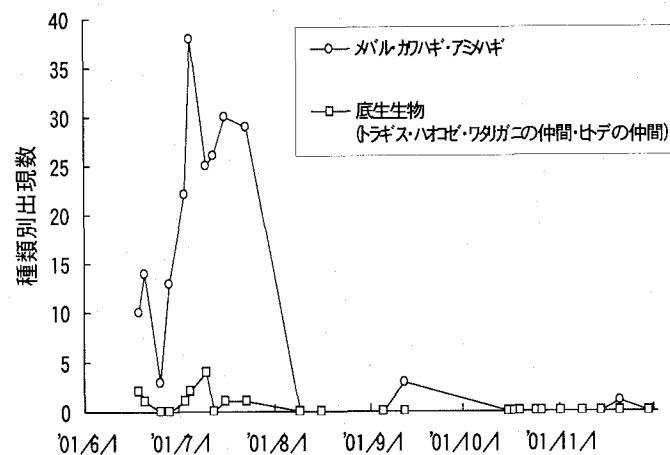


図-11 浮体藻場内出現生物数の推移

図-8, 9 はそれぞれ浮体藻場内アマモの株数および葉数の推移を示したものである。観測開始直後は18株、全葉数105枚であったものが、徐々に減少し2001年10月には2株10枚と極度に減少してしまった。当初、その原因をアマモの衰退期（水温）および水質にあると考えていた。しかし、写真-2 に示すような浮遊ゴミが浮体藻場周辺に大量に漂流しており、これが浮体藻場内に侵入、滞留すると長い草丈のアマモが浮遊ゴミに絡みつきてそれにより引き抜かれてしまう事実を発見した。浮遊ゴミの問題は、やや馬鹿げたことのように考えていたが、従来工法で生育したアマモ場が突然消失する原因が大波による砂泥荒廃という物理的原因にあるとする報告も多いことから、アマモが減少する主原因になり得ると考えた。そこで、2001年11月8日に浮遊ゴミの浮体藻場内への侵入防止ネットを設置した。すると、その後2株のものから、2002年1月には地下茎を通じて一株増加し、葉数も20枚に達した。さらに、2002年6月には5株38枚までに増加した。

図-10 は各株における最長の葉の草丈平均値を示したものである。移植直後には1m以上あった草丈が水温の高い衰退期になると短くなり、2002年2月まで約60cmで一定になっている。これは、砂面から水面まで70cmであることも関連しているようである。ただし、2002年4～6月の

成長期は、再度草丈が伸びて105cmになっている。さらに、移植してから1年経過後の、2002年9月には50cmとなっている。

#### 4. 2 蛸集生物

浮体藻場設置以降、浮体藻場内および浮体藻場の周囲に多くの魚が蛸集している。写真-3 に浮体藻場内に出現した生物の写真を示す。なお、生物観察は、アマモの計測と同様に行い、日中の約1時間である。また、図-11 には、ゴミ侵入防止ネット設置までの出現生物数の推移を示す。浮体藻場設置以降、出現する生物の種類は3～5種類である。メバル、およびカワハギは、浮体藻場内および周辺において常に観察することができ、ワタリガニやハオコゼ、トラギス等の生息も確認された。また、夏場のアマモが伸びている時期には、わずか2.2m<sup>2</sup>の中に20個体以上の生物が同時に蛸集していることが多い。なお、これらの生物は周辺の海域にも存在するが、明らかに藻場内に集まっているようである。

#### 4. 3 浮体藻場に関する考察

##### a) アマモの生育基盤としての機能

浮体藻場設置場所は港奥部に位置しており、海水が滞留しやすい場所であることから、風向きによっては港外から

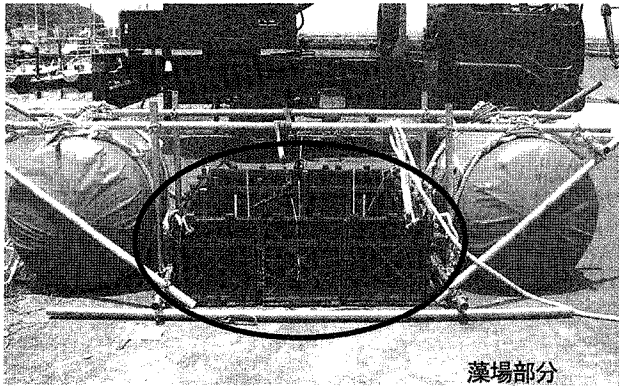


写真-1 浮体藻場実験装置

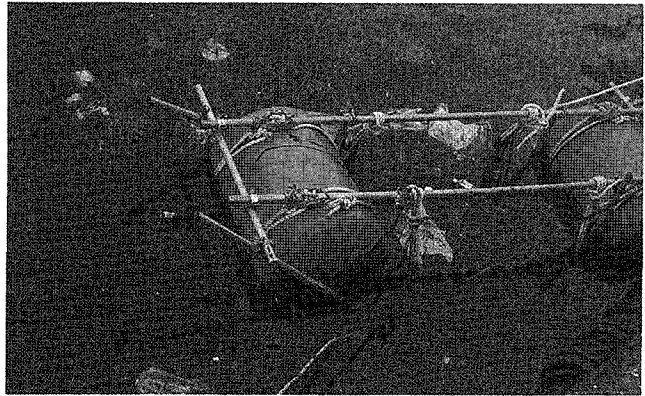


写真-2 浮体藻場内に侵入する漂流ゴミ



ハオコゼ



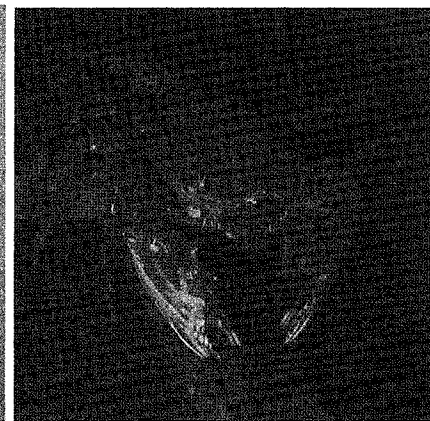
メバル



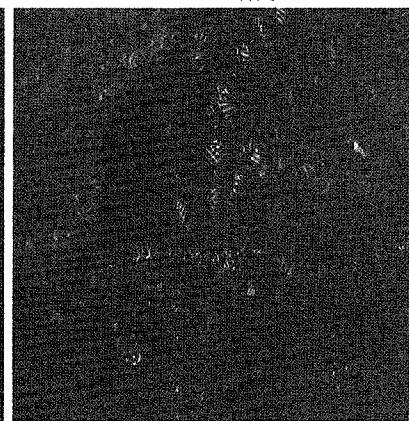
カワハギの仲間



トラギス



ワタリガニの仲間



ヒトデの仲間

写真-3 浮体藻場内で観察された生物の一部

多量のゴミが流入し、赤潮発生時には発生後数日間にわたり赤潮が滞留する等、アマモの生育にとり必ずしも適切な環境とはいえない。しかし、衰退期にあるにも関わらず新葉が出現し、その成長率が成長段階にあるアマモと同レベル<sup>14)</sup>のことから、浮体藻場はアマモの生育基盤としての機能を有していると考えられる。ただし、新葉の伸びが70cm付近で停止するなどの問題は砂面水深との関係もあると考えられ、今後いくつかの水深について実験を行う必要がある。

以上のような結果が得られたことから、浮体藻場はアマモの生育基盤として十分に検討する価値があると考えられる。

#### b) 生物生息環境としての機能

浮体藻場でも、アマモに蛸集することが知られているメバル、およびカワハギを常に観察することができる。すなわち浮体藻場内のアマモは、魚の生息地として機能できることを表しているものと思われる。また、浮体藻場は周囲の底面とは不連続な底面であるが、ワタリガニやトラギス・底生性魚類であるハオコゼ等も生息しており、生物にとって砂泥海底としての機能も有している。一方で、ワタリガニがアマモの葉を切断している事実も観測された。すなわち、生物の蛸集が過剰となるとアマモの生育を妨げることもあることを示唆しており、アマモが十分に繁殖するまで人工的な手助けが必要であるかもしれない。

## 5. 結言

本研究は、植物的・生物的観点から浮体藻場に関する実験を行い、浮体藻場内においてアマモが生育可能であること、または、生態への多様な機能を有する環境を提供することへの可能性について検討したものである。わずかな実験結果であるが、水深一定の浮体構造であってもアマモの生育は可能であり、また、アマモ場が集まるとされる底生魚類も浮いた状態である人工海底に集まって来ることを明らかにした。しかし、限られた条件であったのでアマモが繁茂することはなかった。設置水深を変化させたり、使用する砂の種類を変えるなど、より多くの検討事項が課題として残っている。その際、自然環境のアマモ場と浮体環境のアマモ場の比較も慎重に行い、ミチゲーション能力についての検討も重要である。さらに、構造的観点からは、係留施設や波浪によって生ずる敷砂の飛散を抑止するための構造形状の問題なども検討すべきである。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、全国の事業主体や研究機関からアンケート調査のご協力を得た。ここに、記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 谷口和也：磯焼けの機構と藻場修復，日本水産学会編，pp.3,1999.
- 2) 川崎保夫，飯塚貞二，後藤弘，寺脇利信，渡辺康憲，菊池弘太郎：アマモ場造成法に関する研究，電力中央研究所報告，1988.
- 3) 辻本剛三：藻場が存在する場における流れと浮遊砂濃度，海岸工学論文集，第39巻，pp.276-280,1992.
- 4) 松原雄平，野田英明，依藤正典，中谷英明：ニューラルネットワークを利用したアマモ場造成手法に関する研究，海岸工学論文集，第44巻，pp.1206-1210,1997.
- 5) 中瀬浩太，田中裕一，桧山博昭：海浜変形予測手法を用いたアマモ場成立条件に関する研究，海岸工学論文集，第39巻，pp.1006-1010,1992.
- 6) 中瀬浩太，田中裕一：海浜変形予測手法によるアマモ場成立条件の現地への適用，海岸工学論文集，第40巻，pp.1061-1065,1993.
- 7) 島谷学，中瀬浩太，熊谷隆宏，月館真理雄：アマモ種子の埋没機構に関する研究，海岸工学論文集，第47巻，pp.1171-1175,2000.
- 8) 島谷学，中瀬浩太，中山哲蔵，太田雅隆，月館真理雄，星野高士，内山雄介，灘岡和夫：人工リーフ設置による外力場の変化とアマモ分布条件との関係について，海岸工学論文集，第48巻，pp.1156-1160,2001.
- 9) 中瀬浩太，島谷学，関本恒浩：船舶航跡波影響下のアマモ分布条件，海岸工学論文集，第46巻，pp.1196-1200,1999.
- 10) 伊福誠，近藤英樹，林秀郎：化学繊維を用いたアマモ場の造成，海岸工学論文集，第44巻，pp.1201-1205,1997.
- 11) 金澤剛，芳田利春，川崎和俊：波高減衰および地形変化抑制効果を期待した人工海藻設置法に関する研究，海岸工学論文集，第49巻，pp.1316-1320,2002.
- 12) 土木学会環境負荷低減型土木構造計画および施工法の基礎調査研究委員会：環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン，土木学会，2001.
- 13) 運輸省港湾局：港湾構造物と海藻藻類の共生マニュアル，財団法人港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所，pp.21-23,1999.
- 14) 川崎保夫，飯塚貞二，後藤弘，寺脇利信，渡辺康憲，菊池弘太郎：アマモ場造成法に関する研究，電力中央研究所報告，総合報告，U14,1988.

(2003年9月12日受付)