

## 調査課題名

# 魚類増殖機能を有する砂泥域藻場造成施設 (人工暗礁) の物理環境制御機能把握

## 実施機関名、部局名及び担当者名

(独) 水産総合研究センター水産工学研究所水産土木工学部漁場施設研究室	森口 朗彦
	高木 儀昌
開発システム研究室	山本 潤
	大村 智宏
西海区水産研究所石垣支所漁業資源研究室	名波 敦
瀬戸内海区水産研究所生産環境部藻場干潟研究室	吉田 吾郎

## 実施年度

平成15～17年度

### 調査のねらい

砂泥域の水産物生産機能強化のために比較的浅海域にも魚礁や増殖礁が数多く設置されている。従来は、魚類を蝸集させる、あるいは岩礁性の藻場形成によりウニ・アワビ等の岩礁性水産物を増殖させるなど、散発的な設置がなされてきた。しかし、これらの魚礁・増殖礁が相互に効果的に機能し、有機的な効果を発現するよう一体的に整備し、かつ設置海域周辺の沿岸漂砂も制御することによってアマモ場の造成や砂泥性二枚貝の増殖を図るなど、砂泥域を高度に利用できる機能を付加することができれば、その効果範囲は飛躍的に増大し、その沿岸域の生産力も飛躍的に増大する。このような効率的な漁場を造成する施設(「人工暗礁」と称する)の開発を行うための基礎情報の把握を行う。

「人工暗礁」とは、「多様性」をキーワードとした、水産関係者の主導による、砂泥海域における生産力の総合的な回復を図る手法の概念である。最終的な目的は、海域の生産力を高め、水産資源の増殖を図り、食料としての水産物を安定的に供給する基盤をつくることにある。

自然状態での生産力豊かな砂浜海岸には、「鼻」や「根」と呼ばれる岩礁域が散在し、

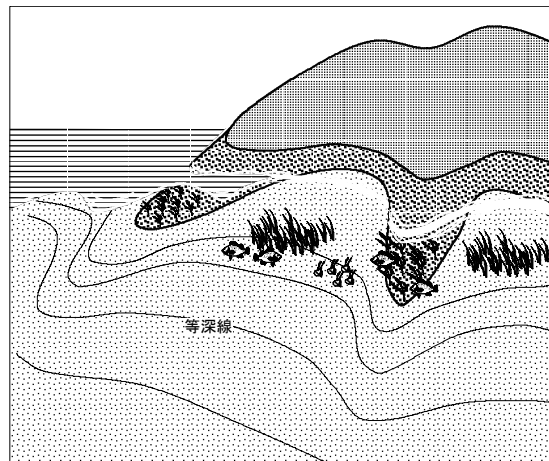


図-1 自然状態での生産力豊かな海域の模式図

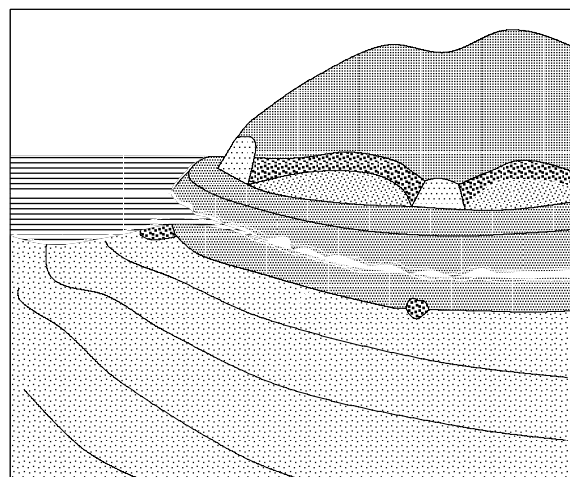


図-2 陸域開発で生産力が低下した海域の模式図

砂泥海底部も等深線が入り組むなど、地形が複雑で多様性に富んでいる。また岩礁部には岩礁性の藻場が形成され岩礁性の生物が生息、砂泥部にはアマモ場が形成され二枚貝等の砂泥性の生物が生息するなど、多様性豊かな生物環境が存在し、生産力の基礎となっている（図-1）。日本の海岸では、道路や埋め立て地の建設などの陸域の開発により、自然の鼻や根が削られ、浜や干潟が埋め立てられて、地形や底質が単調な場所が増えた。海岸の地形が単調になると、波あたりが強くなり、海底に作用する波の力で砂泥が動かされ、海草が掘り取られてアマモ場が消失するなどして、生産力が著

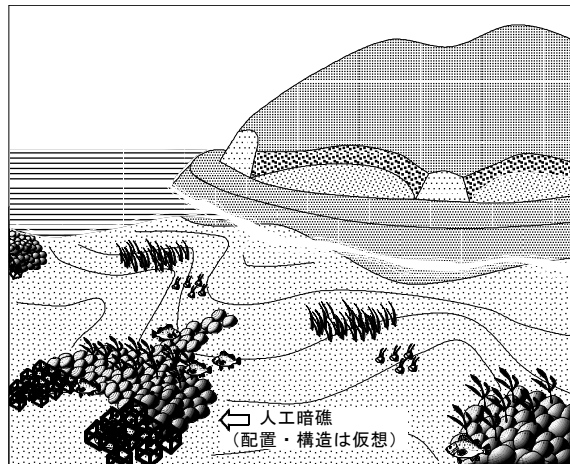


図-3 人工暗礁で生産力が回復した海域の模式図

しく低下する結果となる（図-2）。人工暗礁とは、魚礁や増殖礁などの水産関係者が主体的に実施できる構造物を群体として設置し、その構造や配置を工夫すること谷と峰が交互に現れる複雑な海底地形を改めてつくり出す概念である（図-3）。構造物には、岩礁性の藻場がつけられ、ウニ・アワビ等の有用水産生物の増殖も期待できる。加えて、地形が複雑になるため、渦や多方向の流れが生じ、砂泥海底部では、作用する波エネルギーが小さくなり、底質が安定となり、砂泥底の藻場であるアマモ場の回復や砂泥性二枚貝の増殖が図られる。すなわち「人工暗礁」とは、多様な海底地形を造成することで、多様な物理環境を創りだし、砂泥性・岩礁性一体的で多様な生物群集が涵養される手法、という概念である。一方見方を変えると、魚礁や増殖礁に砂泥性海域の環境整備機能を付加する行為であり、既存施設の機能向上を図る調査研究であるとも言える。

## 調査方法

### 1 調査対象海域

調査対象とした山口県大島郡東和町逗子ヶ浜地先海域は、山口県南東部、周防大島の東端に位置する（図-3）。海岸は北北西方向に開いており、広島湾を挟んで対岸が厳島神社のある宮島である。この間の吹送距離は約40kmで、内海にしては比較的長い。沖合3～5kmには柱島、浮島等が散在するが、主方向から±12.5°の範囲に遮蔽物はない（図-4）。一連の砂泥性海域内に、アマモ場形成状況より、調査代表箇所を4カ所設定した（図-5）。

### 2 アマモ場の消長

神社前天然アマモ場およびメバル礁背後コアアマモ場を対象に、経時的な場の面積および生長状況の調査を行った。スキューバ潜水により、

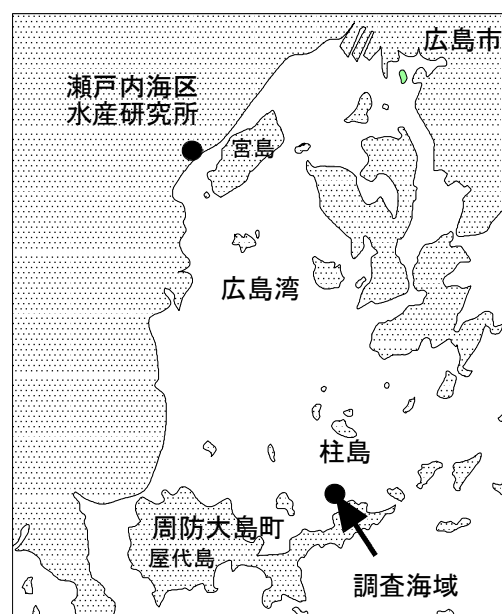


図-3 調査対象海域位置図

対象のアマモ場の中心を横切る測線を設け、神社前天然アマモ場では測線 5m 間隔、メバル礁背後コアアマモ場では 10 m 間隔で、アマモ場外縁までの鉛直方向距離をメジャーにより測定し、アマモ場全体の形状を描いた。株密度及び葉長は、代表的な数点において一定枠内に生息するアマモの株数を計数し、そのうち平均的なアマモについて海底露出部から先端までの長さをメジャーにより測定した。神社前天然アマモ場については、株密度の粗密の境界が明瞭に現れることから、目視によりその境界線を記録した。調査頻度としては、神社前天然アマモ場については 2001 年 7 月より、メバル礁背後コアアマモ場については 2003 年 9 月より年間数回～毎月 1 回実施した。

### 3 波浪観測

波高観測は、神社前天然アマモ場、造成区、メバル礁背後コアアマモ場において行った。観測位置としては、アマモ・コアアマモの最密生区の中央部とした。観測は断続的であるが、2000 年 11 月から現在まで実施している。使用機器としては協和商工社製 DL-2 型アイオーテック社製 WH-102 型、同 WH-202 型、アレック電子社製 Compact-WH を適宜使用した。

### 4 全体地形の把握と数値シミュレーション

地形調査には、当研究室で開発・実用化した D-GPS 付き小型魚探（本多電子社製 HFD-100）とパソコンを連結した魚礁調査システム<sup>10)</sup>を用いた。本システムはパソコン内で調査範囲をあらかじめメッシュに分割し、魚探からシリアル端子経由で送られる緯度経度、水深および水深別反射強度のデータを対応するメッシュに記録する作業を自動で行う。小型漁船でも使用が可能で、パソコン画面上でマスを塗りつぶしていくような感覚で作業ができるという特色を持つ。汀線方向に約 2000m の海岸線を約 5m 間隔でデータを取得した。

取得した地形データおよび既往の波浪データ、底質分析データを元に、波高、流速、シールズ数の平面的な分布を数値シミュレーションにより求めた。

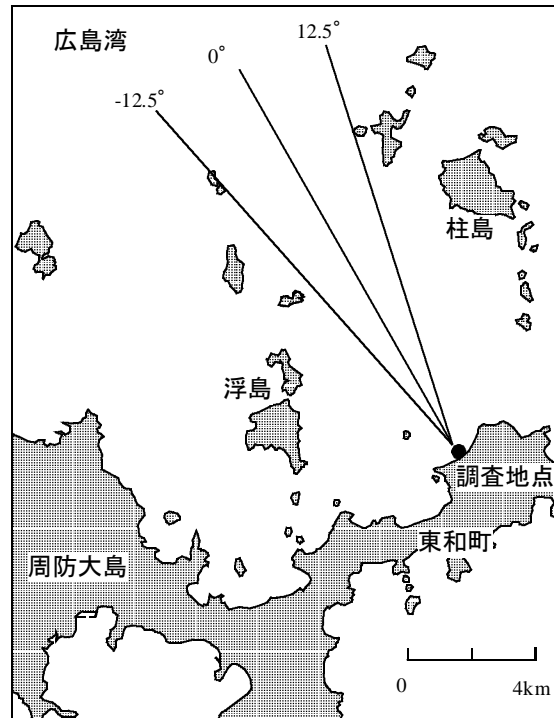


図-4 調査地点地形図

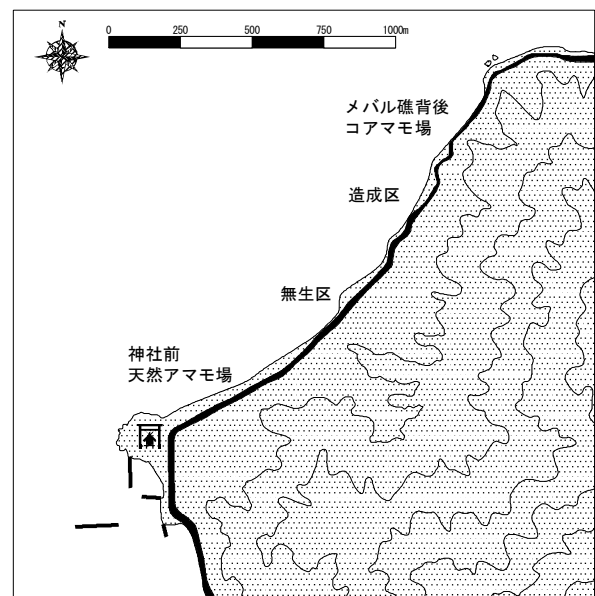


図-5 調査対象地点

## 5 窪み状地形の機能に関する水理模型実験

水産工学研究所増養殖水理実験棟風洞付き造波水路 (70 × 0.7 × 2.2m) 内に勾配 1/50 のコンクリート実験床を設け、その一部を深さ 0.3m の移動床とし、造波試験を実施した (図-6)。移動床の材料には中央粒径 0.12mm の珪砂を用いた。水路内長手方向の造波板側を沖、消波材側を岸と称するが (以下, 同), 移動床沖側端部を起点とし, ここより 1.6m 岸側に鋼製の地形模型を設置した (図-7, 写真-1)。模型天端高は 10cm であるので, 対水深比は 1/5 である。移動床形状は一様断面より実験を開始した。波は規則波とした。まず, 冬期波浪を想定し波高 0.13m, 周期 2.8 秒の波を 8 時間作用させたのち, 模型の沖側約 0.5m, 岸側約 1m の範囲に実物のアマモ種子をほぼ均等に散布し着底を確認して, 春期波浪を想定した波高 0.09m, 周期 2.1 秒の波を 10 分間作用させた。

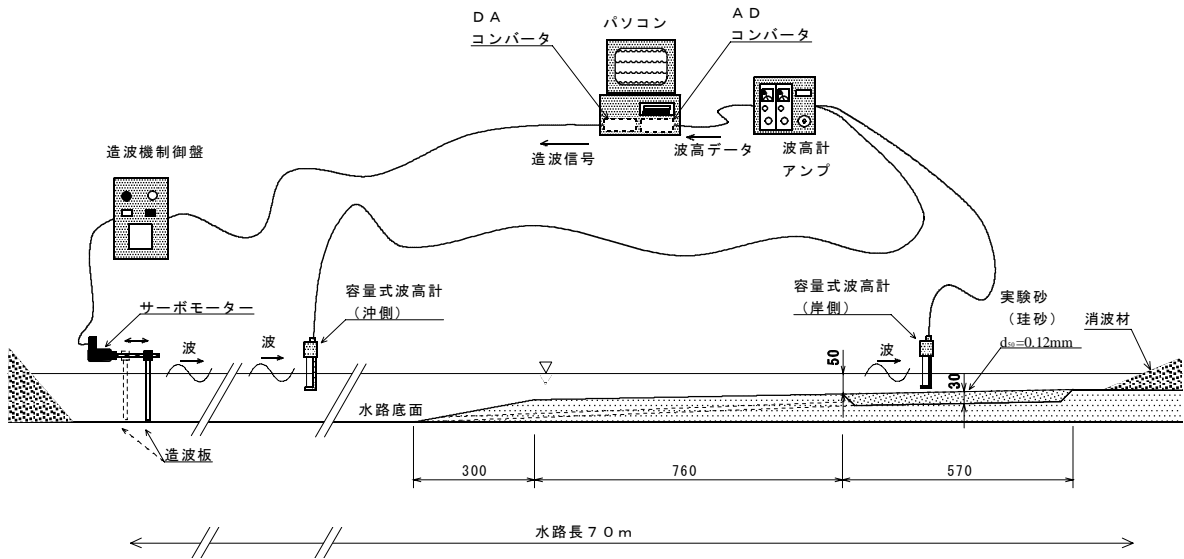


図-6 実験装置概観

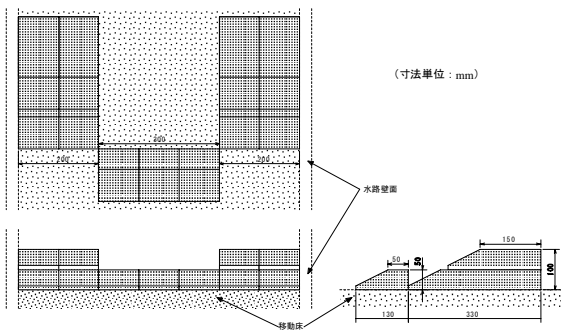


図-7 実験模型概観



写真-1 実験模型設置状況

## 調査結果

### 1 離れ島状に形成されたアマモ場の消長と波浪環境との関連

2001年7月から2003年12月までの神社前天然アマモ場の形成状況調査結果と2000年11月から2003年12月までの同地点での波浪観測結果より、波浪環境が離れ島状に形成されたアマモ場の消長に及ぼす影響について検討した(表-1)。当該アマモ場は、形状、株密度、粗密分布状況が、毎回の調査時別に異なっており、二度と同様の結果はなかった(図-8)。特に、2003年には、ほぼ毎月調査したにもかかわらず、夏季から冬季にかけて短期間で大きく変化した。本海域が瀬戸内海の中では波浪の比較的条件であること、アマモ場の形成状態が小規模で孤立した島状であること、実施期間が長く頻度が高いこと等から、アマモ場の明瞭な動的平衡状態の把握に適していた。波浪観測は、観測期間内ほぼすべての波浪データが取得できた。結果については、通常の風波として、有義波を解析し、考察に供した。

アマモの生殖・成長の生活史に関しては、国内では川崎ら<sup>3)</sup>によって詳細に示された。すなわち、有性生殖過程においては初夏季に花枝を形成して種子を持ち、その後種子の形で夏・秋季を熟成・休眠、冬季に出芽・成長を始める。無性生殖過程においても冬季から地下茎の分枝が始まり拡大・成長が夏季まで続き、夏季から初秋季に最盛期

表-1 検討対象期間

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000												←
2001	→						○				○	
2002				○	○		○		○		○	○
2003	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2004	→											

注) 上段○印:アマモ場生息状況調査実施月  
下段矢印:波高観測実施期間

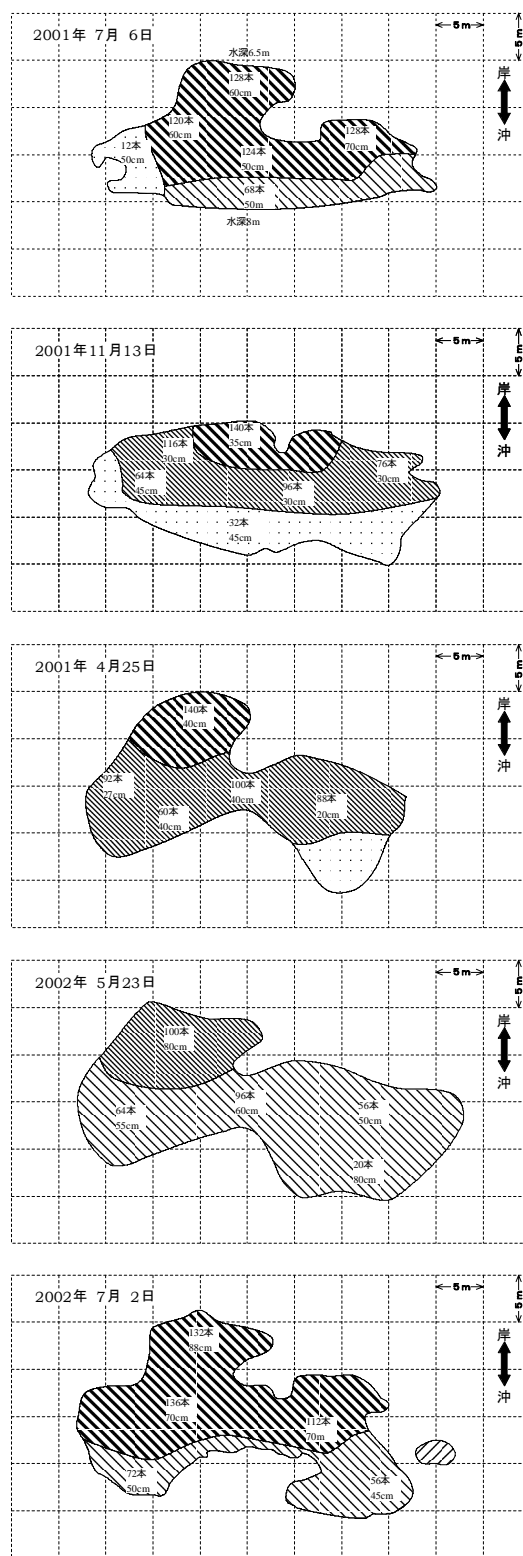


図-8(1) アマモ場育生息況調査結果

をむかえ、その後衰退期に入る（図-9）。広島湾奥部においても、おおむね、同様の生活史が報告されている<sup>6)</sup>。

対象のアマモ場の面積は、同月の記録が得られた7月（繁茂期）及び11月（衰退期）の3年間を比較すると、毎年、値が大きくなった（図-10,11）ことから、拡大傾向にあつ

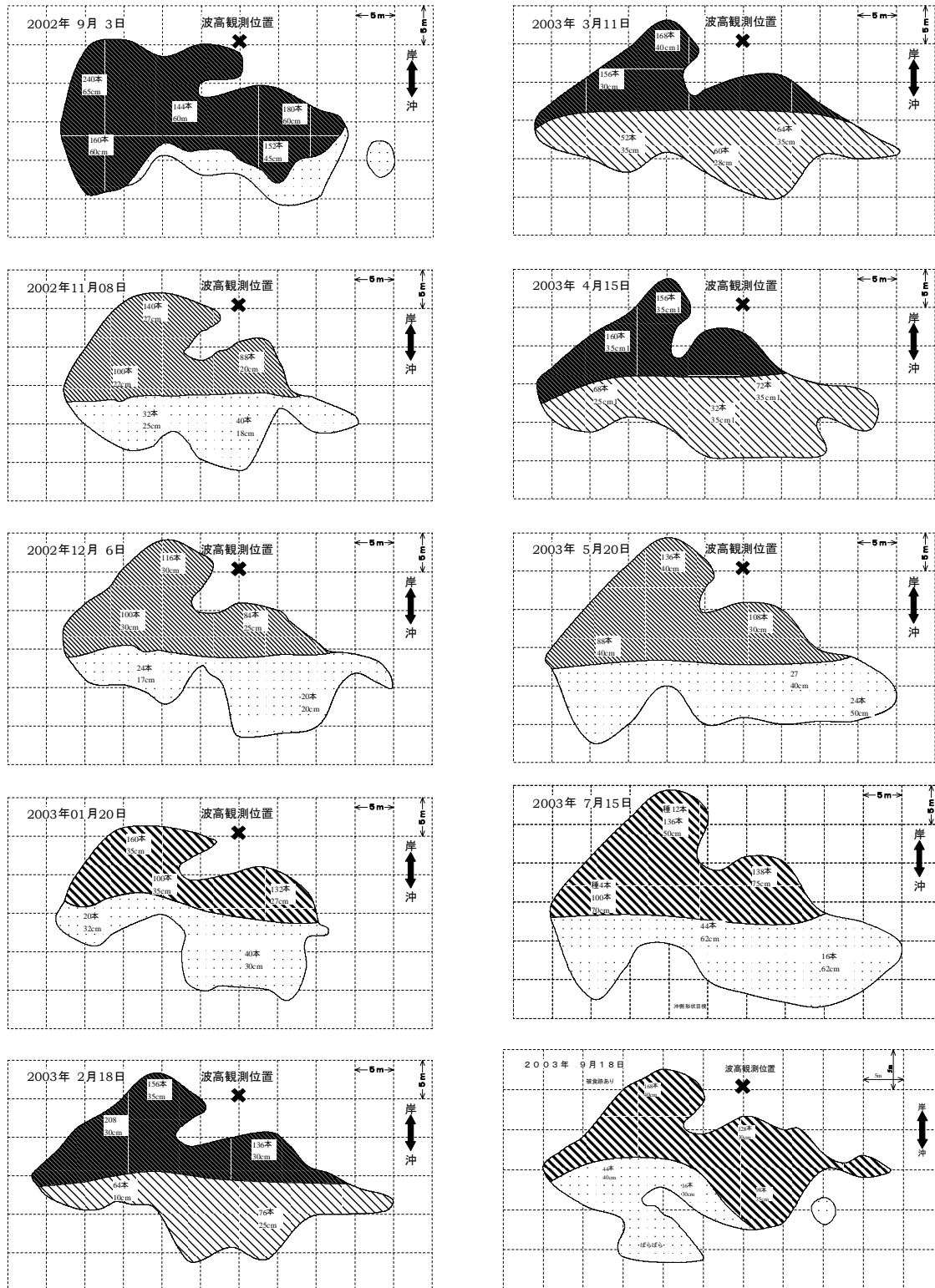


図-8(2) アマモ場育生息況調査結果

図-8(3) アマモ場育生息況調査結果

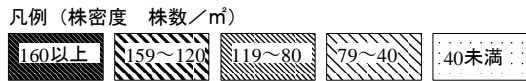
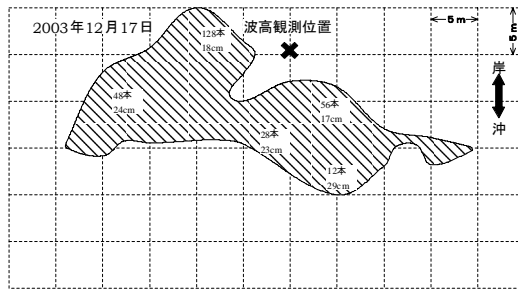
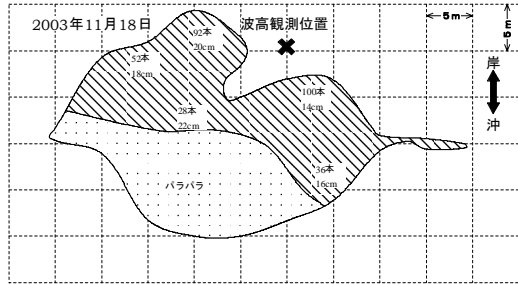
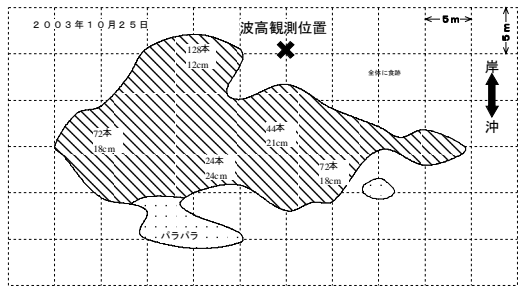


図-8(4) アマモ場育苗生息況調査結果

たと考えられる。

冬期は、有性生殖過程では出芽・幼生期で、無性生殖過程では地下茎分枝期の初期から盛期初めにあたり、経年的な消長にはこの時期に受けるストレスが大きく影響することが推察されている<sup>7)</sup>。そこで、対象のアマモ場について、2000年12月から2001年1月と、2002年12月から2003年1月について、波高0.5m以上の階層別超過波高発生延べ時間を比較した(図-12)。その結果、すべての波高階層で2000年冬季の方が発生時間が大きく、2002年には波浪環境が穏やかになっており、これがアマモ場が経年的に面積を拡大していくことに有利に作用したと考えられる。

なお、アマモ場の形成や分布特性が波浪環境に影響されることは様々な海域での調査結

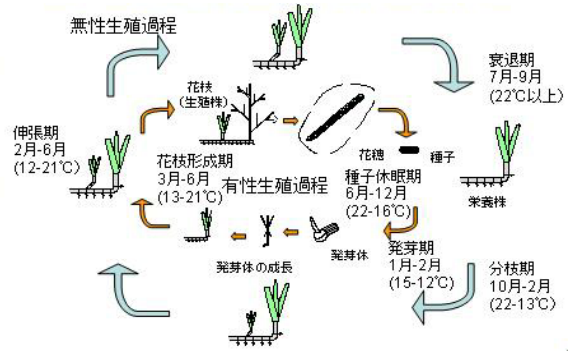


図-9 アマモ生活史の一例<sup>5)</sup>

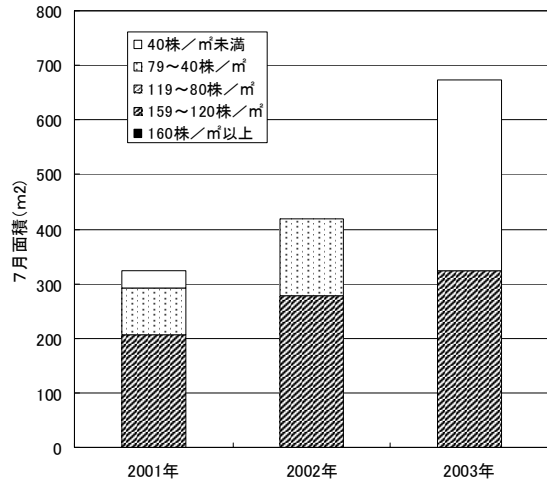


図-10 各年7月のアマモ場面積の推移

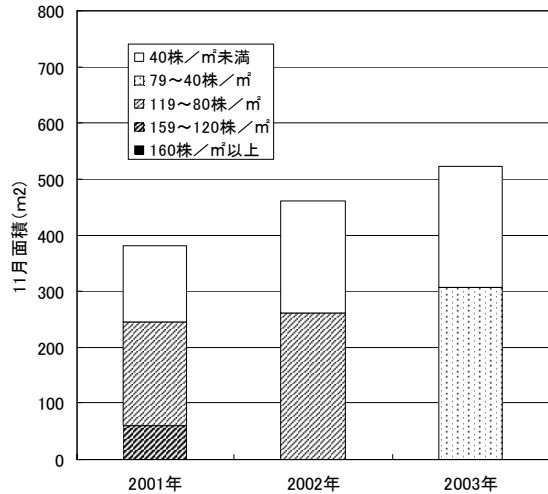


図-11 各年11月のアマモ場面積の推移

果が報告されており、それらと比較すると、対象のアマモ場では、冬季の波浪環境は、太平洋岸<sup>7)</sup>や四国南岸<sup>14)</sup>に比べて穏やかであり、本海域における波浪環境はアマモ場が完全に消失するなどの劇的な消長に対しては、主因となるほどの影響はないと考えている。

## (2) アマモ場の季節的消長と波浪環境

第2期および第3期波高観測期間における全有義波高とその間のアマモ場面積の推移を図-13に示した。第2期観測期間において

2002年12月(アマモ場調査日)から翌年1月に面積が縮小し、その後に回復・維持された際、面積縮小期と最大波高発生期は一致しておらず、1月から2月の間に最大波高が観測されたにも関わらずアマモ場面積は拡大していた。また、第3期観測期間においても2003年9月から続いていた拡大傾向が12月に著しく縮小へ転じた際にも、最大波高は発

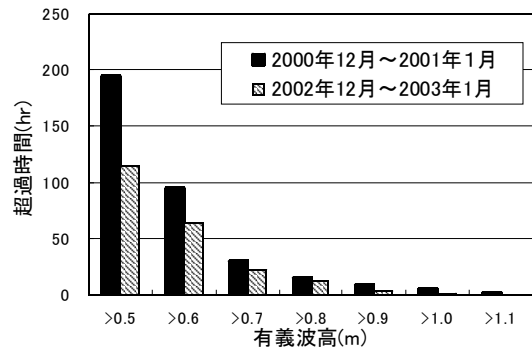


図-12 波高階層別超過波高発生時間の比較 (2000年度冬期と2002年度冬期)

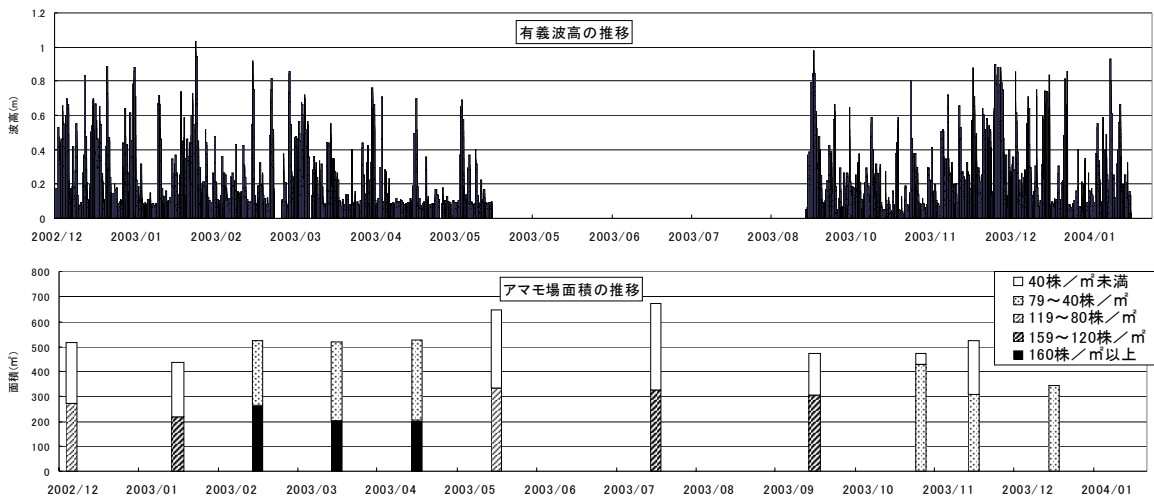


図-13 アマモ場面積と有義波高の季節変化

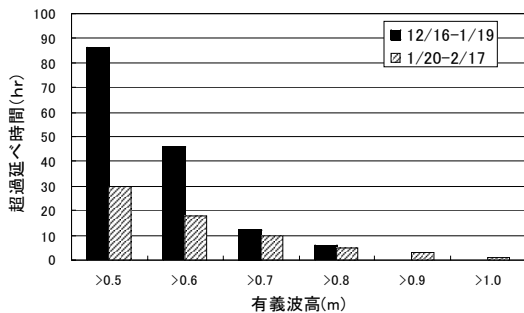


図-14 波高階層別超過波高発生時間の比較 (第2期観測期内の2002年12月及び2003年1月)

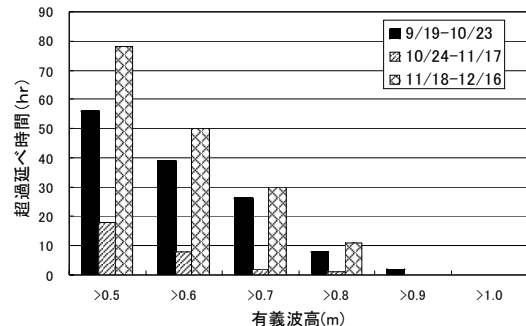


図-15 波高階層別超過波高発生時間の比較



生していない。

この間の波浪発生状況を図-14 及び図-15 に示した超過波高発生延べ時間から詳細に見ると、第2期観測期間（図-14）および第3期観測期間（図-15）とも、面積縮小期は比較的低い波高が長時間作用していることがわかる。特に第2期観測期では波高 0.6m 未満の発生時間の差異が著しい。これらのことなどから、高谷ら<sup>8)</sup>が広島湾の藻場の分布に関して示唆した、アマモ場の季節的消長に対して、瞬間的な大波高に加えて、比較的小さな波の長期間の作用による関与の可能性も、検討に値すると考えられた。

## 2 激浪下におけるアマモ・コアマモ群落の生残と海底地形の関連

### (1) 激浪発生前の調査対象海域の概況（2003 年末まで）

調査海域は、山口県周防大島町逗子ヶ浜地先である（図-1）。北西向きに開いた砂泥性海域で、一連の海岸において、4カ所の特異なアマモ生育状況が並存する（図-3）。神社前天然アマモ場では前述のように 40 × 20m の離れ島状アマモ場が、長期間維持されていたが、やや衰退傾向を示していた<sup>12)</sup>。無生区では少なくとも過去 10 年はアマモ場の形成は認められなかった。造成区は、大規模な離れ島状アマモ場が存在したが 1999 年冬に突如消失し、回復の試みがなされたが成功しなかった<sup>11)</sup>。メバル礁背後コアマモ場は、2002 年にメバル増殖を目的とした低天端構造物が設置され、翌 2003 年より岸側に帯状のコアマモ場が形成された<sup>13)</sup>。

波浪観測は 1997 年より、断続的ではあるが神社前天然アマモ場、造成区およびメバル礁背後コアマモ場において実施している。観測期間内最大波高は 1.2m 程度であり、多くの年で最大波高が 1m を超えることはなかった<sup>12)</sup>。

### (2) 激浪前後でのアマモ場の消長

2004 年 8 月 26 日調査時点で、神社前天然アマモ場では以前から残存していた濃密な群落はさらに衰退傾向にあったものの、株密度が比較的粗な範囲が、過去観察された最盛期の形状に近い形で再生されつつあった（図-15）。この粗な範囲のアマモには分枝した地下茎がないことを観察により確認した。メバル礁背後コアマモ場は冬期にやや衰退傾向を示したが、前年同様の帯状の場が形成されていた（図-16）。造成区では、今まで見ることのなかったコアマモ群落が出現し、次第に面積を広げていた。ただし出現が急であったため生息面積

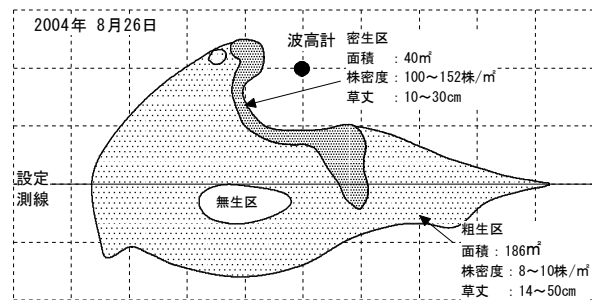


図-15 神社前天然アマモ場形成状況  
(2004年8月26日)

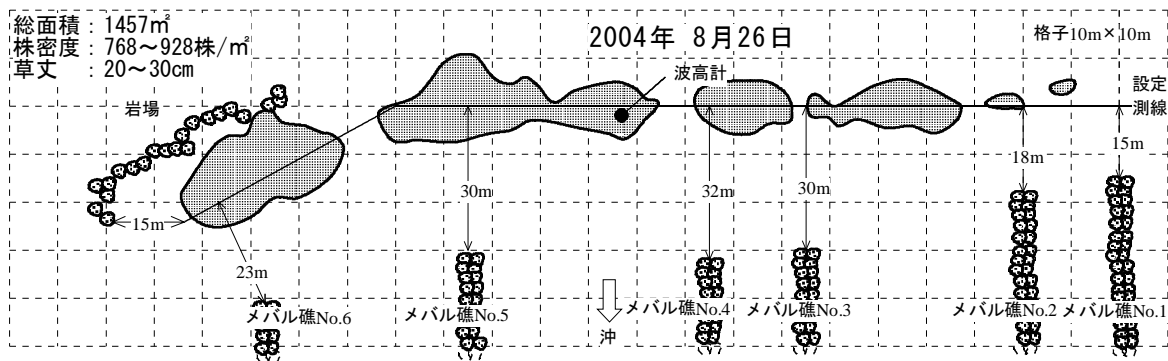


図-16 メバル礁背後コアマモ場形成状況  
(2004年8月26日)

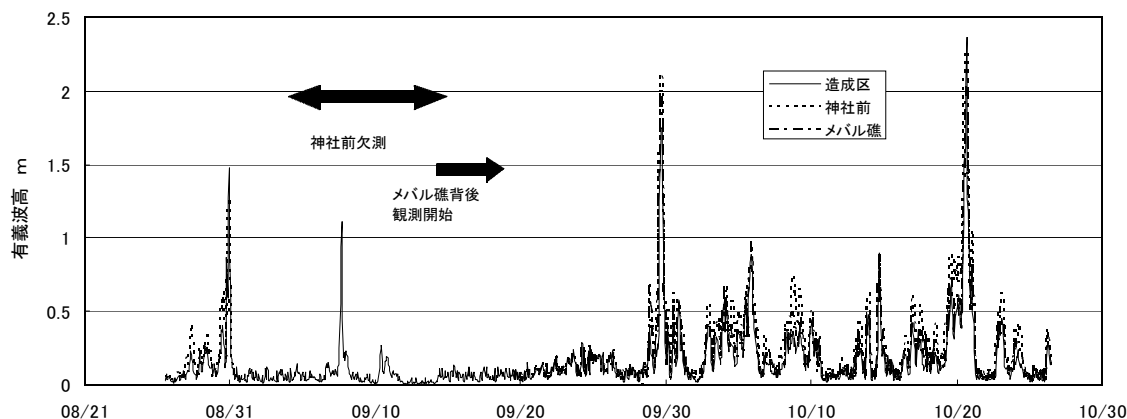


図-17 波浪観測結果

等の詳細な調査は実施には至らなかった。

2004年8月末より、調査海域付近を4度大型の台風が通過し、例年のない激しい波浪が発生した(図-5)。特に後半の2つの台風で著しく、観測した最大波高は、神社前アマモ場において9月27日17時台風21号通過時に2.13m、10月20日16時台風23号通過時に2.28m、造成区においては同1.74mおよび2.37m、メバル礁背後コアモ場においては同2.00mおよび2.07mと例年の2倍以上の波高を記録した。また、周期が7~8秒と内海で発生した波としては周期が長いことも特徴的であった。前半の2つの台風通過時は、後半と比較すると小さくはあるが、例年発生する最大波高よりも大きく、また周期も長かった(表-2)。

アマモ場の調査は台風16号と18号が通過した後の9月28日および21号と23号が通過した後の10月26日に実施した。9月28日では、神社前天然アマモ場は密生区・粗生区ともにやや面積は減少していたが8月調査時点での形状は保っていた。造成区で再生しつつあったコアモ場、およびメバル礁背後コアモ場でも、大きな変化は認められなかった。

表-2 各調査地点の発生最大有義波

日時\地区	神社前	造成区	メバル礁	台風
8月30日22時	1.28m 4.8s	1.48m 5.0s	未観測	16号
9月7日16時	未観測	1.11m 5.1s	未観測	18号
9月27日17時	2.13m 7.7s	1.74m 7.1s	2.00m 7.5s	NNE 21号
10月20日16時	2.28m 8.0s	2.37m 8.1s	2.07m 7.7s	NNW 23号

特徴的な現象としては、メバル礁背後コアモ場において枯葉や小さなゴミなどが多量に集積していたことがあげられる程度であった。

さらに大型の台風が2度通過した10月26日には劇的な変化が認められた。造成区では再生しつつあったコアモ場が完全に消失した。また他の試験で使用した20cm程度海底質中に埋没していた鋼材が露出し、移動していたことから、この地点では20cm以上の浸食が生じたことが推察された。一方、神社前天然アマモ場およびメバル礁背後コアモ場では、著しく衰退しつつもその一部は生残していた。調査用に海底面に設置してあった側線ロープの埋没状況から、神社前天然アマモ場では13~37cm、メバル礁背後コアモ場では0~20cmの海底質の堆積があったものと推察された。特徴的な現象として、神社前天然アマモ場内のアマモ消失箇所において、地下茎が地中に残存していることを確認した。その後、神社前天然アマモ場は次第に衰退し消失したが、メバル礁背後コアモ場は

表-3 各調査地点で観察された特徴的現象

日時\調査地点	神社前天然アマモ場	造成区	メバル礁背後コアモ場
2004年 8月26日 (台風来襲前)	アマモ場やや減衰も残存 種子からの出芽と思われる粗 生区が形成	当該年よりコアモ場再生・ 拡大中	コアモ場形成・繁茂
2004年 9月28日 (16, 18号来襲後)	アマモ場僅かに衰退も生残	コアモ場僅かに衰退も生残	コアモモやや衰退も生残 枯葉・ゴミ等多量に集積
2004年10月25日 (21, 23号来襲後)	アマモ場大きく衰退も生残 底質堆積13~37cm (既設測線ロープの埋没深さよ り推定)	コアモ場完全消失 底質浸食20cm以上 (埋没していた鋼製マット <sup>11)</sup> の 露出から推定)	コアモモ場大きく衰退も生残 底質堆積0~20cm (既設測線ロープの埋没深さよ り推定)
その後	アマモ場は次第に消滅 以後、回復の兆候なし	回復の兆候なし	回復傾向

回復傾向にある。

生残箇所は、神社前天然アマモ場では最も濃密に繁茂していた部分で、生残割合は8月26日調査時での密生区面積に対して15%、アマモ場全体としては約3%であった(図-18)。メバル礁背後コアモ場では、形成状況と同様、汀線方向に帯状に点々と残存しており、残存面積割合は同様に9%であった(図-19)。

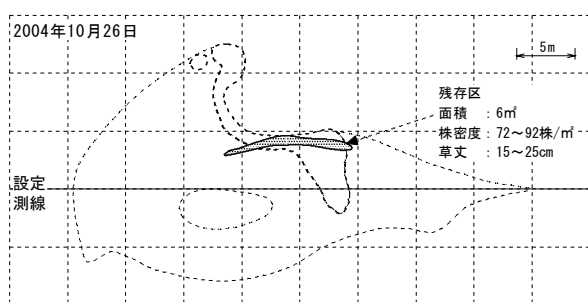


図-18神社前天然アマモ場残存状況  
(2004年8月26日)

### (3) 考察

アマモ場造成を行うために整備すべき環境を考えた場合、回復しつつあったコアモ場が消失した造成区より、アマモ場が生残した神社前およびコアモ場が生残したメバル礁背後が好ましいことは明らかである。直接的な現象としては、造成区では波浪による海底質の浸食作用でコアモの地下茎が洗掘作用を受け、流失したのに対し、神社前およびメバル礁背後では、逆に堆積傾向にあったため一部地下茎の流失を免れ、残存した。また、前半2回の比較的発生波浪の小さな台風通過時にメバル礁背後に枯葉等が集積していたこと、また8月26日調査時点で神社前では集積した種子からの出芽と考えられるアマモの生長が確認されたことから、比較的穏やかな波浪発生時には、この海域には比較的比重の軽い物体、例えばアマモ種子や栄養分に富む泥分などが集積し、アマモの生長および群落の形成に好適な環境が形成されていたことも推察される。

このような環境が形成される要因を考えると、波浪の発生状況を見れば、来襲方向により最大波高に若干の差異は見られるものの(表-2)、結果的にはすべての地点で波高2m以上の波を記録しており、発生頻度的にも差異は認められない(図-4)。このことから、アマモ・コアモの生残を決めた要因としては、局所的な地形にあると考えられる。地形的な特徴として、3地点とも、岸沖方向には水深6~10m程度までなだらかに傾斜し、それ以深になるとやや急傾斜になっているが、汀線方向には、造成区はほぼ一様水深であるのに対し、神社前は天然アマモ場中心部が最深となり両側各約30mの位置で2m程度盛り上がった谷状地形をなしている。またアマモ場沖側にも約30mの位置に1m程度の盛り上がりがある。全体的には数十m規模の盆地状地形であり、地元聞き取りによれば過去に海

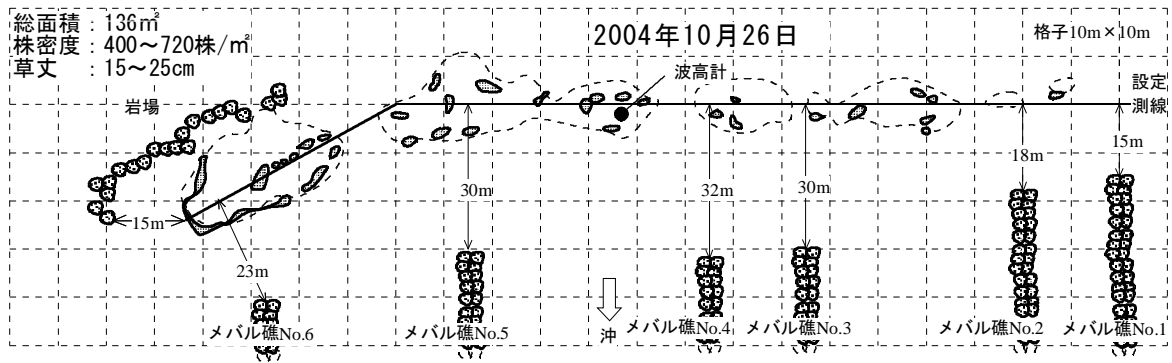


図-19 メバル礁背後コアマモ場残存状況

底砂を採取した跡であるのとのことであった。極隣接して谷状の地形は存在するが、沖側の盛り上がりはなく、ここにはアマモ場は存在しない。メバル礁背後においても、汀線方向約 200m の間に水深差が 5m 程度ある谷状地形であり、ここでは沖側に設置したメバル礁が神社前天然アマモ場の沖側の盛り上がりの役目を果たし、設置後からコアマモ場が形成されてきたものと推察される。近隣の北方向を向いた海岸にも同様のメバル礁が設置されている海域があるが、こちらは水深が汀線方向に一様であり、コアマモ場等の形成は認められない。

なお、アマモおよびコアマモ群落の生残を決定したもう一つの要因として、地下茎の伸長を忘れてはならない。消失した造成区のコアマモは回復が始まって数ヶ月、また神社前で消失した粗生区のアマモも同様であり、地下茎がシート状になるまで伸長していなかったため、容易に流失したとも考えられる。しかしながら、過去に大規模なアマモ場が消失している事実を勘案すると、造成区のコアマモが地下茎を伸長させていたとしても鋼製部材を動かす流動と 20cm の浸食で生残した可能性は低い。ただし、神社前およびメバル礁背後の生残については、前述の堆積等の現象と相乗した効果が得られたものと思われる。

### 3 全体地形の把握と数値シミュレーション

地形調査に使用したシステムは、主に高層魚礁周辺域の蛸集魚類調査を目的として開発されたものであるため、今回のように浅海域での汀線方向に長い地形探査には若干の使い難さがあった。具体的には、①メッシュが方形でしか設定できない、②調査海域全体も方形でしか設定できない、③設定方向が北を上向きでしか設定できない、④ GPS のディファレンシャル機能がたびたび不能となる、などである。①から③についてはプログラム上の不備であるので、順次改良を進める。④については、電波障害の多い陸域近傍での作業であるので対応が難しいが、やはりプログラムの改良で対応するしか方法はなく、ディファレンシャル機能が不能となった後の観測データをある程度記憶しておき、機能が有効になった時点での位置データで補間するような方法が考えられる。これについては、パソコンおよびプログラムソフトの記憶容量との関連もあるので、今後の課題としたい。

取得した水深および位置データに対し、潮位変化等の種々の補正を施し、逗子ヶ浜全域の地形データを得た(図-20)。この地形データに基づき、既取得の波浪データおよび底質データから、波高、流速およびシールズ数の平面分布を数値シミュレーションにより求めた。既往最大波である 2004 年 10 月の台風来襲時の波高 2m、周期 8 秒の条件で、シールズ数は全域で 0.5 を超えた。メバル礁背後および神社前のアマモ生残要因については、さ

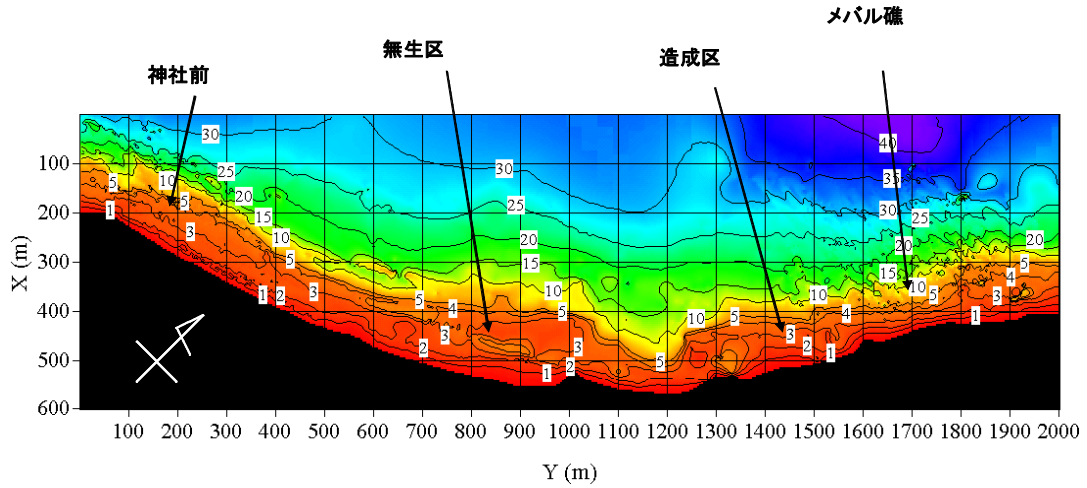
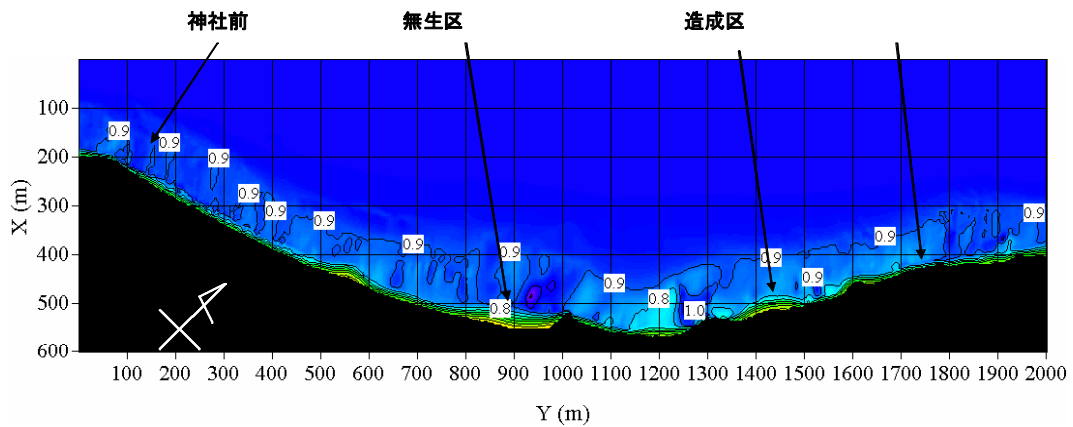
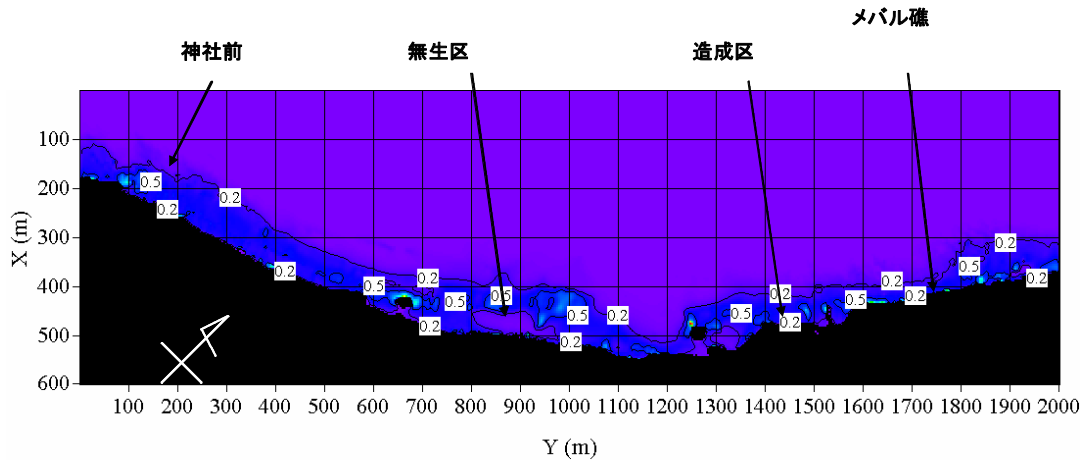


図-20 逗子ヶ浜全域海底地形  
(平均水面M.W.L. : 基本水準面上1.90m) 単位 : m



有義波高 $H/3$  (NNW,  $H_0=1.0m$ ,  $T_0=4.0s$ , M.W.L.) 単位 : m



シールドズ数 (NNW,  $H_0=1.0m$ ,  $T_0=4.0s$ , M.W.L. -1.9m)

図-4 数値シミュレーション結果の一部

らに詳細な解析が必要であろう。アマモにとって出芽および地下茎伸長期である冬期の風浪を想定した沖波波高 1.0m, 周期 4 秒の結果では (図-21), シールドズ数が 0.2 を超える海域は, 無生区では沖側に大きく広がっているのに対し, 神社前, 造成区およびメバル礁海域では比較的小さくなっていた。造成工法の適地判定基準としては, この冬期シールドズ数 0.2

が目安となるものと考えられる。

#### 4 窪み状地形の機能に関する水理模型実験

本実験装置で実験模型を設置せずに波高 0.13m, 周期 2.8 秒の波を 8 時間作用させると、

模型設置地点である起点から 1.6m では、移動床は浸食傾向を示すが<sup>2)</sup>、窪み状地形模型を設置した場合、全体的な浸食は生じず、開口部付近はやや盛り上がった堆積傾向を示した。アマモ種子を散布し波高 0.09m, 周期 2.1 秒の波を作用させると、移動床形状に変化は見られないが、アマモ種子は波による振動流により移動した。造波開始 10 分後には、実験模型岸側の種子は窪み状地形の内部に大部分が集積し（写真-2）、その一部は実験砂に埋没した（写真-3）。沖側の種子は大きな移動はなかった。このことから、窪み状地形は、冬期や台風期の高波浪時には底質を安定化しアマモ群落の維持を図るとともに、春期から下記にかけての低波浪期には、同時期に放出されるアマモ種子をトラップし、アマモ群落の形成を図る機能を有していることがわかる。また、アマモ種子と同様な機構で、比較的比重の低い、栄養分に富んだ泥分の堆積が図られるという、アマモの成長に寄与する機能があることも推察される。

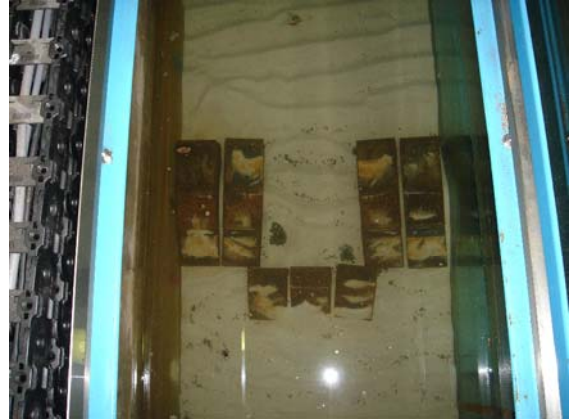


写真-2 造波後の状況  
(黒い点状のものがアマモ種子)



写真-3 模型開口部近影  
(黄丸で示した部分で種子が埋没)

#### まとめと今後の課題

海域条件によっては波浪がアマモ場の形成の阻害要因となり、波浪、特に冬期風浪を制御することでアマモ場の再生と維持拡大が図られることが明らかとなった。また、構造物群により再現可能な規模の海底地形が起因となる、今までの知見とは異なる機構によるアマモ群落の維持機能が示された。このことにより、低天端構造物である人工暗礁群を用いた海底ポケットビーチ工法ともいえるアマモ場とガラモ場の一体的な整備手法の実現の可能性が示唆され、またその適地判定の目安も示された。

残された課題として、人工暗礁群による海底ポケットビーチ工法の実用化に向けては、海底地形と浸食・堆積傾向との間に介在する物理環境の解明、施設整備による機能発揮の実海域での実証、高い域での再現性の確認、所定の機能を発揮するための構造・規模・配置等、検討すべき事項は山積する。

なお、海底ポケットビーチに集積するアマモ種子の確保を図るための「種場」の存在が必要である可能性も推察される。神社前アマモ場の西方向近隣の逗子漁港前は比較的静穏

であり、濃密なアマモ場が存在している。メバル礁背後のコアマモ場が形成された翌年より、隣接する造成区に順次コアマモ場が形成された。また、徳島県鳴門市櫛木浜地先においても濃密で小さなアマモ場とパッチ状アマモ場が広域に散在する状況が報告されている<sup>1)</sup>。このことから、一連の海域にアマモ場を長期間保持するためには、波浪制御効果の高い施設を用いて比較的静穏度の高い海域を造成し濃密なアマモ場を形成させることで種場を確保し、周辺域に人工暗礁群による海底ポケットビーチを複数箇所整備する手法が、効果的かつ効率的な砂泥海域の生産力向上が図られることが推察された。しかし、実現にはアマモ種子の時間的、空間的な挙動の把握、種場として機能するためのアマモ群落の形成条件等を明らかにする必要がある。

### 摘要

- ・ 海域条件によっては波浪がアマモ場の形成の阻害要因となり、波浪、特に冬期風浪を制御することでアマモ場の再生と維持拡大が図られることが明らかとなった。
- ・ 構造物群により再現可能な規模の海底地形が起因となる、今までの知見とは異なる機構によるアマモ群落の維持機能が示された。
- ・ 低天端構造物である人工暗礁群を用いた海底ポケットビーチ工法ともいえるアマモ場とガラモ場の一体的な整備手法の実現の可能性が示唆された。
- ・ 上記の適地判定の目安が示された。
- ・ 実用化に向けて、海底地形と浸食・堆積傾向との間に介在する物理環境の解明、施設整備による機能発揮の実海域での実証、高い域での再現性の確認、所定の機能を発揮するための構造・規模・配置等、多くの検討すべき課題が残されている。
- ・ 一連の海域にアマモ場を長期間保持するためには、波浪制御効果の高い施設を用いて比較的静穏度の高い海域を造成し濃密なアマモ場を形成させることで種場を確保し、周辺域に人工暗礁群による海底ポケットビーチを複数箇所整備する手法が、効果的かつ効率的な砂泥海域の生産力向上が図られることが推察された。

### 参考文献

- 1) 團 昭紀, 森口朗彦, 三橋公夫, 寺脇俊信: 鳴門地先におけるアマモ場と底質及び波浪との関係, 水産工学, Vo.34, pp.299-304, 1998.
- 2) 和泉安洋, 広沢 晃, 團 昭紀, 森口朗彦, 寺脇利信: 底質安定化マットによる4年間のアマモの生長と成熟. 水産工学, 39, 139-143.
- 3) 平岡喜代典, 高橋和徳, 中原敏雄, 寺脇利信, 岡田光正: 移植実験によるアマモの生育制限要因の検討. 環境科学, 13, p.391-396, 2000.
- 4) 森口朗彦, 高木儀昌, 仲宗根琢磨, 吉川浩二, 團 昭紀, 和泉安洋: 分布特性の異なる2つのアマモ場における物理環境現地観測, 水産工学研究所技報, No.21, p.1-12, 1999.
- 5) 川崎保夫, 飯塚貞二, 後藤 弘, 寺脇利信, 渡辺康憲, 菊池弘太郎: アマモ場造成手法に関する研究, 電力中央研究所報告, U14, p.1-231, 1988.
- 6) 玉置 仁, 寺脇利信, 吉田吾郎, 岡田光正: アマモの天然群落と移植群落における季節消長の比較. 藻類, 49, p195-197, 2001.
- 7) 島谷学, 河本武, 中瀬浩太, 月舘真理雄: アマモ実生株の生残条件に関する研究. 海岸工学論文集, 50, p.1096-1100, 2003.
- 8) 高谷智恵子, 斉藤 博, 玉置 仁, 森口朗彦, 吉田吾郎, 寺脇俊信: 広島湾地先における風浪環境の特徴, 日本水産工学会学術講演会論文集, p.151-152, 2003.
- 9) 寺脇利信, 玉置仁, 西村真樹, 吉川浩二, 吉田吾郎: 広島湾におけるアマモ草体中の炭素および窒素総量.

水産総合研究センター研究報告, 4, p.25-32, 2002.

- 10) 森口朗彦他：魚群探知機による魚礁効果調査に関する新たな手法の提案, 水工研技報 25, pp7-9, 2003
- 11) 森口朗彦, 高木儀昌, 山本 潤, 大村智宏, 吉田吾郎, 寺脇俊信, 棚田教生, 山野井秀夫：アマモ場造成のための底質安定工法「鋼製マット」の開発, 水工研技報 28, 投稿中, 2006
- 12) 森口朗彦, 高木儀昌：山口県大島郡東和町逗子ヶ浜地先アマモ場の変遷 (2001 ~ 2003 年), 水工研技報 27, pp.48-60, 2005
- 13) 吉田吾郎, 寺脇俊信, 梶田 淳, 新井章吾, 森口朗彦, 高木儀昌：広島湾に設置された魚礁沿いの海草・海藻植生の特徴, H17 水産工学会学術講演会論文集, pp.97-98, 2005
- 14) 森口朗彦, 高木儀昌, 山本 潤, 大村智宏, 吉田吾郎, 寺脇俊信：激浪下におけるアマモ・コアマモ群落の生残要因に関する現地観察, H18 水産工学会学術講演会論文集, 投稿中, 2006