

## 人工藻場造成技術開発試験

家田喜一・鈴木輝明・小柳津伸行

キーワード；藻場造成，アマモ，メバル

### 目的

大規模開発事業による漁場の喪失や漁場価値の低下に対し、本県海域全体の生産力を維持向上させるためには、富栄養化により悪化した環境を回復させることが必要である。本事業は高い水質浄化能力や生物生産能力を持つ、人工藻場の造成技術を開発することを目的とする。

本年度は現場海域におけるアマモ場の生物生産機能を魚類稚仔の蛸集状況から把握し、人工藻場造成の効果の定量的評価手法に関する調査を行った。

### 方法

調査海域は三河湾沿岸域のアマモ場3地区(竹島地先、三谷地先、一色地先)であり、各地区とも藻場内・外に同じ距離の観測ラインを設け曳網した。調査是三河湾におけるアマモの最大繁茂期にあたる春季に行った。竹島地区、三谷地区においては2002年4月15日、5月22日および6月28日の計3回、一色地区においては2002年4月17日と6月4日の2回実施した。アマモ場内の観測ラインは植生被度が比較的均一な場所に設定するようにし、植生被度は4月の観測時に船上からの箱眼鏡による目視により行った。竹島地区、三谷地区の藻場内観測ラインの植生被度は共に濃生(75%以上)状態であった。それに対し、一色地区の藻場内観測ラインは植生被度が低く、かつ不均一で、密生(50~75%)、疎生(25~50%)、点生(25%未満)が混在する状況であった。そのため、曳網距離を竹島、三谷地区の2倍とした。観測ラインの距離はそれぞれ、竹島地区100m、三谷地区100m、一色地区、200mである。調査はいずれも昼間の満潮時に行った。

採集はビーム式藻曳網(開口部：横5m×縦0.7m、全長：11.0m、追い込み部網目：23mm、採集袋部網目：11mm)に20mの曳き網を付け、船外機(30馬力)を装備した小型船(1トン)により、等低速度(0.7ノット)で曳網した。

採集した魚類は船上で10%中性ホルマリンで固定し、実験室で種同定、尾数、重量を測定した。

### 結果及び考察

100m曳網距離あたりの出現全種類の採集重量を図1に示す。3地区とも、アマモ場外での魚類の出現は極めて

少ないのに対し、アマモ場内の現存量は顕著に高かった。例外的に竹島地区の4月15日の観測時のみアマモ場外で332g採集されたが、その主な構成種はギンポ(265g)、アイナメ(29g)であった。3地区の全観測時(8回)のアマモ場内・外の1回あたりの平均採集量を比較すると、アマモ場外の46gに対し、アマモ場内は、その6.6倍の302gであった。

地区ごとにアマモ場内の採集量を比較すると、三谷地区、竹島地区の1回あたりの平均採集量はほぼ同じで、それぞれ388g、371gであったのに対し、一色地区は69gであり、三谷・竹島地区の18%であった。地区間での採集量の相違は、アマモの植生被度に起因し、植生被度が濃生状態であった三谷地区、竹島地区が密生、疎生、点生状態が混在していた一色地区よりも高くなったと推測される。

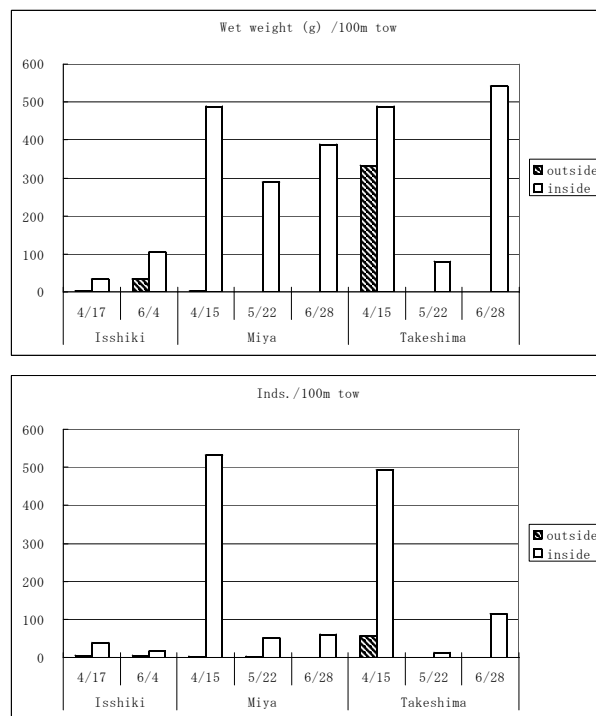


図1 三河湾3地点におけるアマモ場内外の魚類現存量(平成14年4月~6月)

表1 三河湾3地点におけるアマモ場内外の出現種数（平成14年4月～6月）

Date	Apr.15～Jun.28
Area	Inner Mikawa Bay

Species		Outside of <i>Zostera</i> bed		Inside of <i>Zostera</i> bed		total		weight (%)
Japanese name	Scientific name	inds.	weight (g)	inds.	weight (g)	inds.	weight (g)	
メバル	<i>Sebastes inermis</i>	44	45	1160	1671	1204	1716	62%
ギンボ	<i>Enedrias nebulosa</i>	9	265	15	55	24	320	12%
アイナメ	<i>Hexagrammos otakii</i>	5	29	8	171	13	201	7%
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>			9	141	9	141	5%
ショウサイフグ	<i>Takifugu vermicularis</i>			1	75	1	75	3%
クジメ	<i>Hexagrammos agrammus</i>			4	75	4	75	3%
ギマ	<i>Triacanthus biaculeatus</i>			1	49	1	49	2%
ゴンズイ	<i>Plotosus lineatus</i>			1	48	1	48	2%
タケノコメバル	<i>Sebastes oblongus</i>	4	5	11	34	15	39	1%
アサヒアナハゼ	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	3	22	6	15	9	36	1%
ダンゴイカ科	<i>Sepioidae</i>	1	0	89	32	90	32	1%
メバル属	<i>Sebastes</i>			1	32	1	32	1%
マダイ	<i>Pagrus major</i>			8	12	8	12	0%
イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>	2	5			2	5	0%
ヒガンフグ	<i>Takifugu pardalis</i>			1	3	1	3	0%
Total		68	371	1316	2414	1384	2785	100%
Number of Species		7		14		15		

\* Inds. & weight per 100m tow

表1に3地区のアマモ場内・外で出現した出現種を優占順（重量ベース）に示した。出現種類数はアマモ場内で14種、アマモ場外が7種であり、アマモ場内が2倍多く出現した。

図2に優占した上位3種の出現状況を示す。出現種の中で最も優占した種はメバル（*Sebastes inermis*）であり、重量比率で62%を占めた。重量、尾数とも4月が最も多く、その後、出現尾数は大きく減少するが、重量では6月でもそれほど減少していない。今回の結果から、三河湾でもアマモ場が稚幼魚期の重要な生息域であることが確認された。

第2位はギンボ（*Enedrias nebulosa*）であり、12%を占めた。竹島地区のアマモ藻場外で4月15日に特異的に多く採集されたが、これを除けばすべてアマモ場内にしか出現していない。第3位はアイナメ（*Hexagrammos otakii*）で7%を占めたが、本種も竹島地区の4月15日のアマモ場外での採集例を除けば、すべてアマモ場内にしか出現していない。従って、ギンボやアイナメもアマモ場を稚幼魚期の重要な生息域とする種類と考えて良いだろう。また、三谷地区の6月22日の観測で水産有用種として重要なマダイ（*Pagrus major*）稚魚が採集されたが、水底環境が悪化している三河湾奥のアマモ場にも本種が確認されたことは初めてである。本研究の詳細は愛知県水産試験場研究報告第10号に掲載した。

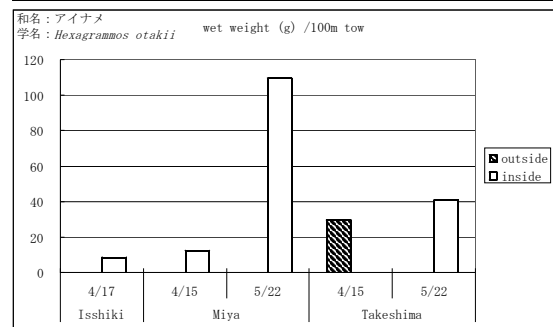
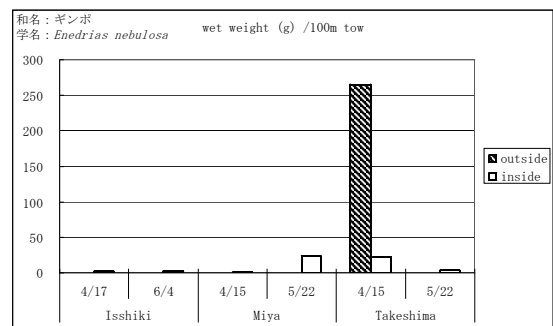
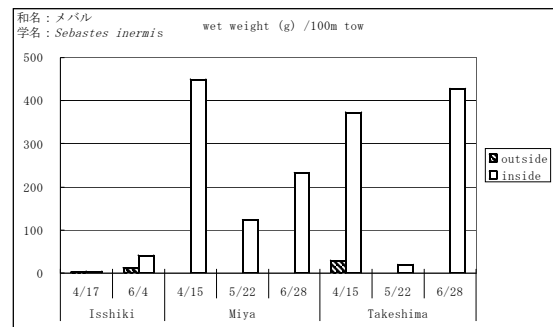


図2 三河湾3地点におけるアマモ場内外の優占魚種別現存量（平成14年4月～6月）

## 造成基質開発試験

本田是人・石田基雄・家田喜一・武田和也

キーワード；干潟，人工砂，底生生物，メソコスム

### 目的

三河湾では赤潮，貧酸素化が日常化し，漁場環境の悪化が顕著となっている。漁場環境を改善するためには，高い水質浄化機能を有する干潟・藻場の修復が必要であり，現在中山水道掘削砂を利用した干潟・藻場造成事業が展開されている。しかし，平成16年度以降は造成用海砂の入手は全国的な海砂採集の規制もあり困難な見通しである。製鉄過程で発生するスラグは，海砂の代替基質として期待がもたれているが詳細なデータが不足している。本試験は川崎製鉄株式会社環境事業部（現JFEホールディングス）との共同研究であり，海砂に替わる干潟・浅場造成用人工砂の有効性を検討した。また，併せて砂の種類による流れに対する地盤の安定性とアサリ生育との関係についても実験した。

### 材料及び方法

#### (1) 基質の相違による底生生物群集の構造変化

実験砂は中央粒径の異なる0.49mmと0.65mmのスラグ2種類を用いた。天然砂の粒径は0.19，0.30，0.65，0.95及び1.2mmで，0.3mmは山砂，その他は海砂である。また，スラグに天然砂(0.95mm)を添加した試験区を設置し比較した。干潟メソコスムは1m×1mに分割し，各区分に基質の異なる底質材を厚さ15cmに敷設した。潮汐は三谷予測潮位ファイル（海上保安庁水路部）を用い，干潟面をDL+30cmに設定した。水平移流，造波は平成13年度報告と同様とし，平成13年5月18日から実時間で稼働した。なお，平成14年5月13日からは全量排水し生物量を初期化した後，干潟面をDL0cmに変更した。試験期間中は人為的な生物の移植を行わず，稼働5ヶ月後にそれぞれサンプリングし，底質及び底生生物を分析した。

底質分析項目は有機態炭素，有機態窒素，クロロフィルa，フェオフィチンで，底生生物分析項目はバクテリア，メイオベントス，マクロベントスである。マクロベントスは食性別に分類し，窒素現存量に換算した。

#### (2) 基質の相違によるアサリ浮遊幼生着底試験

着底試験の水槽及び基質の種類は上記干潟メソコスムと同一である。これに，平成14年10月16日及び10月28日

に採卵した浮遊幼生(平均殻長191 $\mu$ m, 189 $\mu$ m)計2930万個体を2回に分けて収容した。添加後6日間は水平移流や潮汐等の物理的条件は設定せず，止水でパプロバを同様に与えて飼育した。幼生の着底を確認した14日後までは5cm/secの弱い循環移流のみを与え，その後は干潟面を0cmとし(1)と同様の条件で稼働した。各基質から直径27mmのコアで3カ所採泥し，稚貝を選別するまで-20℃で凍結保存した。

#### (3) 流れに対する地盤の安定性とアサリ生育との関連

人工干潟造成の際に，冬季波浪による砂の移動に伴うアサリへの影響を検討するため，夏季と冬季にアサリの砂上への露出頻度と死亡・衰弱との関係について室内実験を実施した。

実験は平成13年から継続し，波浪の影響でアサリのへい死が起こるとされる冬季と，比較対照として夏季に行った。さらに，砂上への露出による影響は，アサリのサイズも関係すると思われることから，殻長約10mmの小型個体と殻長約25mmの大型個体を用いて実験を行った。アサリの天然海域における生理状況を反映させるため，強制的な水温馴致は行わず，平成13年1月～14年12月までの間，順次計4回行った。それぞれの実験区は，「小型夏季」，「小型冬季」，「大型夏季」，「大型冬季」とした。実験は愛知県水産試験場エコシステム実験棟の2t水槽で行った。アサリの砂上への露出回数は，1日当たり0回（対照区），1回，3回，5回，7回の5試験区とし，試験区ごとに砂（中央粒径0.17mm）を深さ10cm埋土した30×40cmのポリプロピレン製のバットを実験水槽内に設置し，それぞれアサリ30個体を潜砂させた。水槽には試験場前面海域の未濾過海水を流水式（換水率1日10回程度）で供給した。実験では個体識別を行うため，供試個体の殻表面に，それぞれ黄色のラッカーで色を付け，マジックペンで番号を施した。実験開始日の翌日から毎日，露出を行う前に，死亡個体及び潜砂していなかった個体（以下，非潜砂個体）を計数し，それぞれ死亡率（死亡個体数／供試個体数×100（%））及び非潜砂率（非潜砂個体数／供試個体数×100（%））を求めた。実験は，アサリを砂上に露出させる露出試験を5日間連続して実

施し、その後5日間は回復試験とし露出を行わず飼育を継続した。回復試験終了後、供試個体は-80℃で冷凍保存し、全ての個体ごとにグリコーゲン含量、肥満度を測定した。グリコーゲン含量は、各個体について軟体部を取り出し、湿重量を測定した後、アンスロン硫酸法により測定した。

結果及び考察

(1) 基質の相違による底生生物群集の把握

基質の相違による底生生物の現存量を図1に示した。スラグにおけるマクロベントス現存量は天然砂と比べ、少ない傾向にあった。大粒径のスラグ(0.65mm)では天然砂の添加割合が多くなると現存量は増加し、天然砂を

等量添加した試験区では天然砂と同程度の現存量を示した。この傾向は干出条件の相違に左右されなかった。メイオベントス現存量は天然干潟の約5倍で、スラグにおける現存量は天然砂と同程度であった。小粒径のスラグでは地盤高を低くすると現存量が増加した。一方、大粒径のスラグでは逆に減少し、この傾向はマクロベントスと類似していた。また、スラグに天然砂を添加することによりメイオベントス現存量に差がみられ、小粒径のスラグにおいてマクロベントスと類似した傾向を示した。

干潟の代表種であるアサリ等の二枚貝類の自然加入がほとんどみられなかったため、マクロベントス現存量はいずれの試験区でも天然干潟の5%程度と低く、強制加入試験の結果と併せて検討することが必要である。

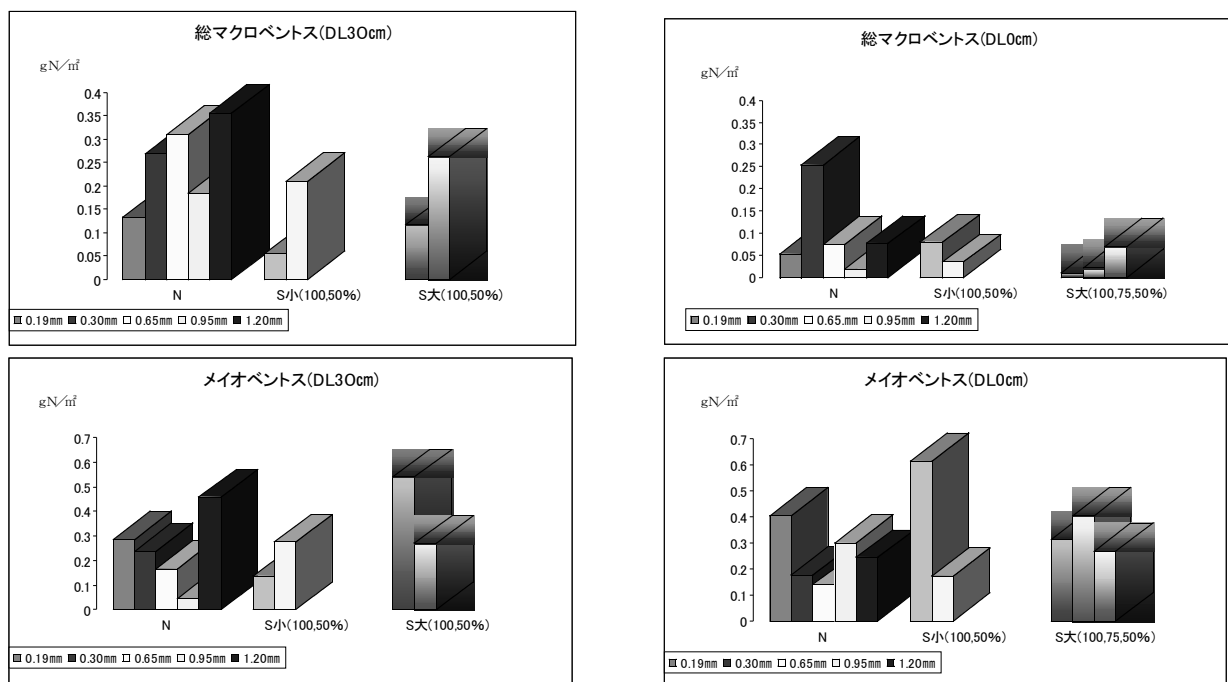


図1 基質の相違による底生生物の構造変化

N:天然砂(粒径) S小:スラグ0.49mm(含有率) S大:スラグ0.65mm(含有率)

(2) 基質の相違によるアサリ浮遊幼生の着底量

平成14年11月27日時点の着底状況を図2に示した。天然砂の稚貝着底数は平均で170個/45cm<sup>2</sup>であった。粒径別では0.19mm区で152個/45cm<sup>2</sup>、0.30mm区が91個/45cm<sup>2</sup>、0.65mm以上の区は160~238個/45cm<sup>2</sup>(平均203個/45cm<sup>2</sup>)で粒径の大きい区で着底数が多い傾向にあった。0.3mm(山砂)では他の天然砂(海砂)に比べ稚貝が少なく、幼生の着底には粒径だけでなく質的要因にも左右されることが示唆された。

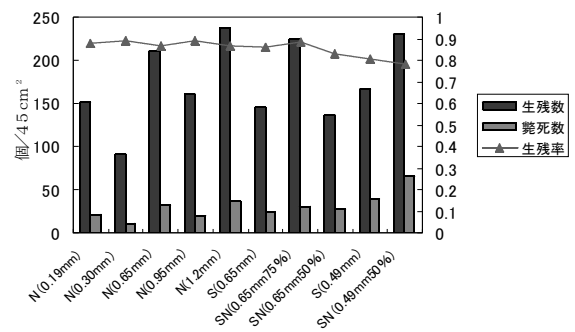


図2 基質の相違によるアサリ浮遊幼生の着底(平成14年11月27日) N:天然砂(粒径) S:スラグ(粒径) SN:スラグ+天然砂(粒径,含有率)

スラグでの着底数は小粒径(0.49mm)が167個/45cm<sup>2</sup>、大粒径(0.65mm)は145個/45cm<sup>2</sup>で、粒径による差は顕著でなかった。また、天然砂の平均着底数と比較しても顕著な差はみられなかった。スラグに天然砂を添加した区の着底数は平均で197個/45cm<sup>2</sup>で、天然砂添加により着底数が増加する傾向がみられた。生残率は平均すると、天然砂区0.88、スラグ単体区0.83、混合区0.83で基質の違いにより差はなかった。

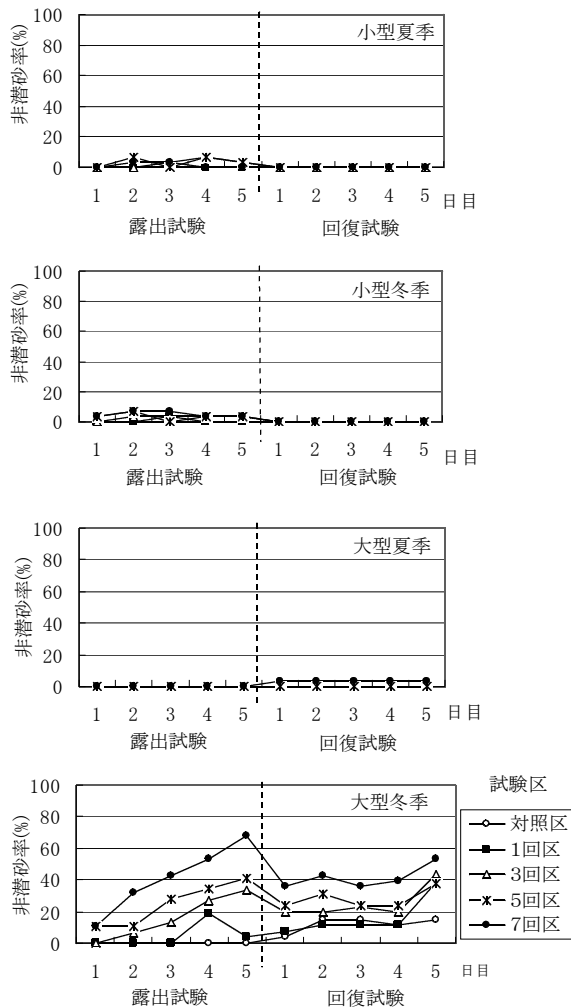


図3 4実験区における各試験区ごとの非潜砂率

小型夏季実験区：時期2002年6月，水温24～25℃  
 小型冬季実験区：時期2002年12月，水温12～14℃  
 大型夏季実験区：時期2001年7月，水温23～24℃  
 大型冬季実験区：時期2001年2月，水温7～8℃

底生生物の出現状況、アサリ浮遊幼生着底状況について見ると天然砂とスラグには明らかな相違はみられず、干潟・浅場造成基質としての有効性が示唆された。今後は、安全性についてより詳細な検討を加えるとともに、実海域での試験に取り組む必要があると思われる。

(3) 流れに対する地盤の安定性とアサリ生育との関連

図3に示すようにアサリは、冬季に露出の影響を一旦受けると、その後も影響を残した状態で回復できずにおり、また、その影響の強さは露出回数に比例すると推察された。その際、冬季の露出という外的ストレスによる影響の指標としては、肥満度よりもグリコーゲン含量が有効であると考えられた。

冬季大型実験区でみられた這い上がり個体のグリコーゲン含量は、5mg以下であり、その他の個体に比べ著しく低く、衰弱した状態であったと推察された。図4に示すように露出回数1回当たりのグリコーゲン減耗量は、夏季が0.14mg、冬季は0.06mgであり、アサリが生残するための限界値(5mg以下)となる露出回数は、夏季では約150回、冬季では約70回であった。

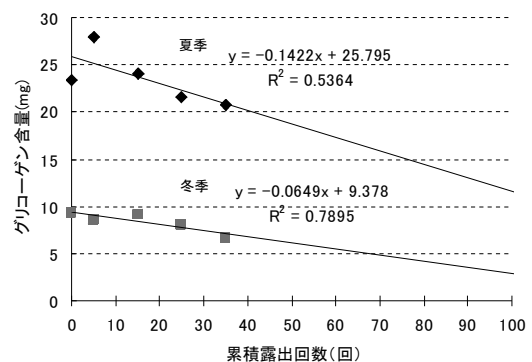


図4 大型夏季実験区と大型冬季実験区におけるグリコーゲン含量と累積露出回数の関係

大型冬季実験区：時期2001年2月，水温7～8℃  
 大型夏季実験区：時期2001年7月，水温23～24℃