

「公益信託大成建設自然・歴史環境基金」平成26年度助成事業
「河川浚渫土で造成された浅場での新たな生態系の創生」
実施報告書

平成28年1月30日

特定非営利活動法人アマモ種子バンク

目 次

1. 事業の目的	1
2. 事業の実施地域	1
3. アマモ場再生の可能性調査	3
4. 新たに造成された浅場上でのアマモ場再生事業	8
5. アマモの葉上付着生物採集用具の製作	14
6. 小型地曳網によるアマモ場の生物調査	15
7. アマモの葉上・付着生物調査	17
8. 底生生物調査	19
9. 各調査結果による生物多様性指数と類似度指数	22
10. 事業の成果と今後の課題	25

1. 事業の目的

河川に堆積した土砂を浚渫し、有効利用することが検討され、その一つに漁場環境を改善するためにヘドロ化した海底の覆砂、藻場・干潟、浅場の造成に浚渫土砂を用いることが提案されているが、費用対効果(造成規模と漁獲量の増加)が明確でなく、事業化されるまでには至っていないのが現状で、浚渫土砂を用いたアマモ場造成についても同じである。

そこで、安定した自生アマモ場に隣接し、ヘドロ化した海域を河川浚渫土砂で覆砂した浅場で、新たにアマモ場再生事業を行い、安定したアマモ場と同様の生物調査(小型地曳網による比較的大形の遊泳生物調査、アマモ場の葉上・付着生物調査、底生生物調査)をアマモ場の造成状況(藻場面積、生育密度)に合わせて継続して行い、安定したアマモ場と新たに造成されたアマモ場での調査結果から二つのアマモ場の類似度を比較検討し、新たに造成したアマモ場での生態的機能の回復・創生過程を明らかにする。

これより、新たに造成したアマモ場で安定した生態系が形成されるには、どの程度の藻場面積と期間(年月)が必要か、そして、安定した自生アマモ場の生態系全体を把握し、アマモ場造成による漁獲量の増加を推定する基礎資料を得ることが目的である。

2. 事業の実施地域

国土交通省は平成 25, 26 年度の 2 ヶ年で、加古川河口部の浚渫土砂 30 万 m³の処分地として明石市・魚住沖合の海域を選び、浮泥が堆積している海底に覆砂し、面積 450m×450m、天端高-5.0mの浅場を造成した。(図-2.1、図-2.2)

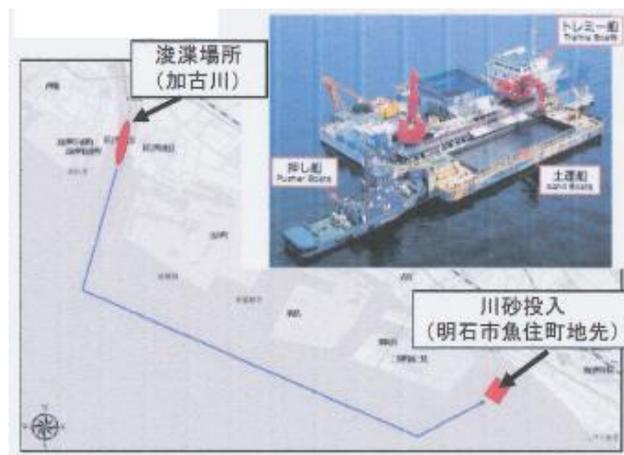


図-2.1 加古川河口部浚渫土による浅場の造成位置

この造成された浅場の東側、明石市大久保町地先(江井ヶ島海岸)には20年以上安定した自生アマモ場があり、そのアマモ場で当NP0は4年前より小型地曳網による比較的大形の遊泳生物調査を行なっている。(図-2.3)



図-2.3 事業の実施地域

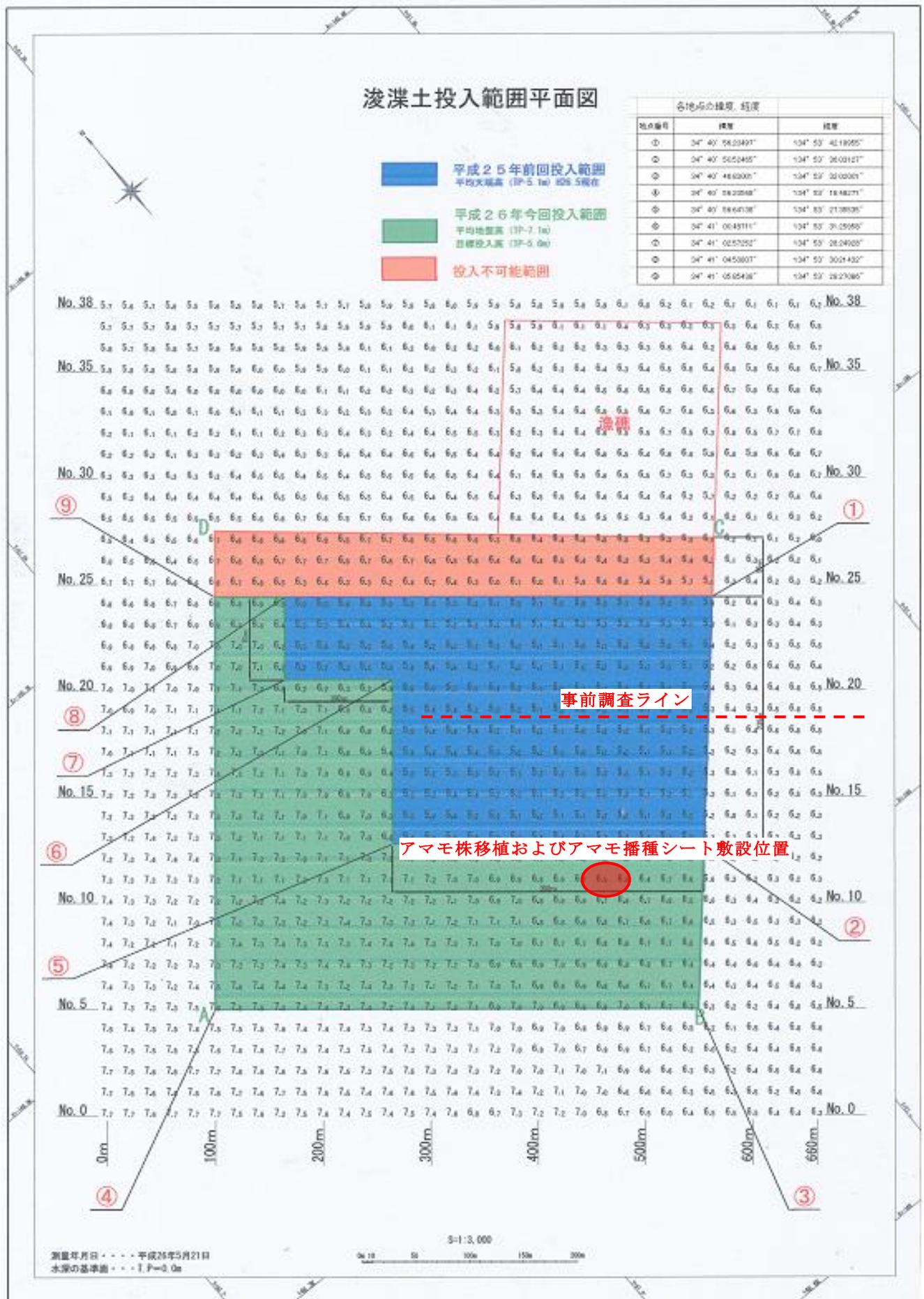


図-2.2 浚渫土の投入範囲

3. アマモ場再生の可能性調査

魚住沖合に造成された浅場が、図-3.1 に示す水質、底質などアマモが生育するに適切な環境条件にあるかどうか判断するため、事前調査を透明度が悪くなる夏場の平成26年8月3日に行った。

調査は神戸市立須磨海浜水族園の協力を得て、図-2.2 に示す事前調査ラインの造成浅場東端部で天端面および法尻部の現地盤を含む50m区間の区域内外での潜水調査、船上からの水質調査および浅場天端面と法尻部現地盤で底質のコアサンプルを採取した。

また、図-2.3 に示す造成浅場の対岸(魚住沿岸)の瀬戸川河口部に移動し、消波ブロック護岸前面の海底にアマモが自生していることを確認し、底質のコアサンプルを採取した。

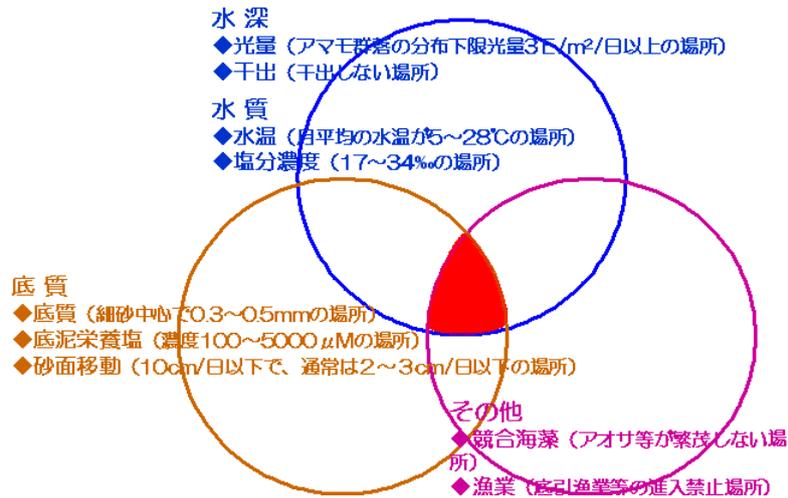


図-3.1 アマモ場の適地としての条件

3.1 潜水調査結果

(1) 造成浅場

造成浅場での調査では、図-3.2 に示すように小潮にもかかわらず流速は早く、調査時は西流し、泳ぐことは困難であった。ただし、海底付近では表層に比べて流れは緩やかであった。

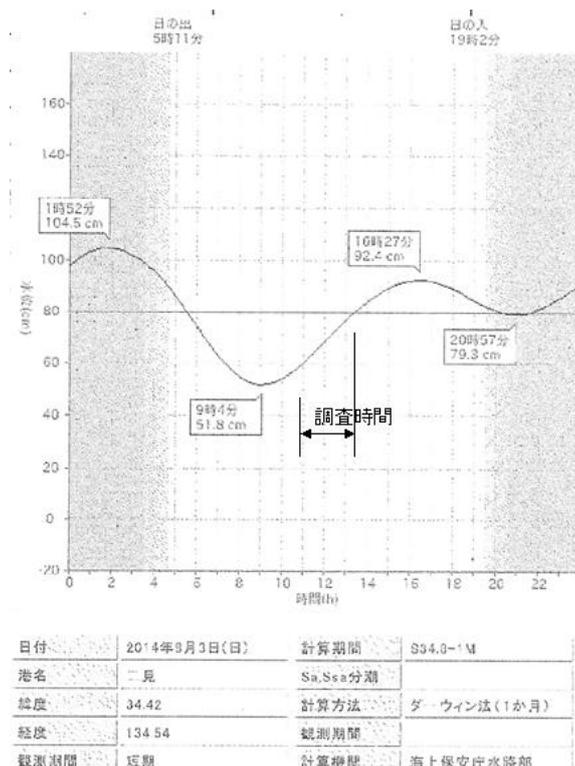


図-3.2 調査時の潮汐表

潜水調査結果を図-3.3 に示す。

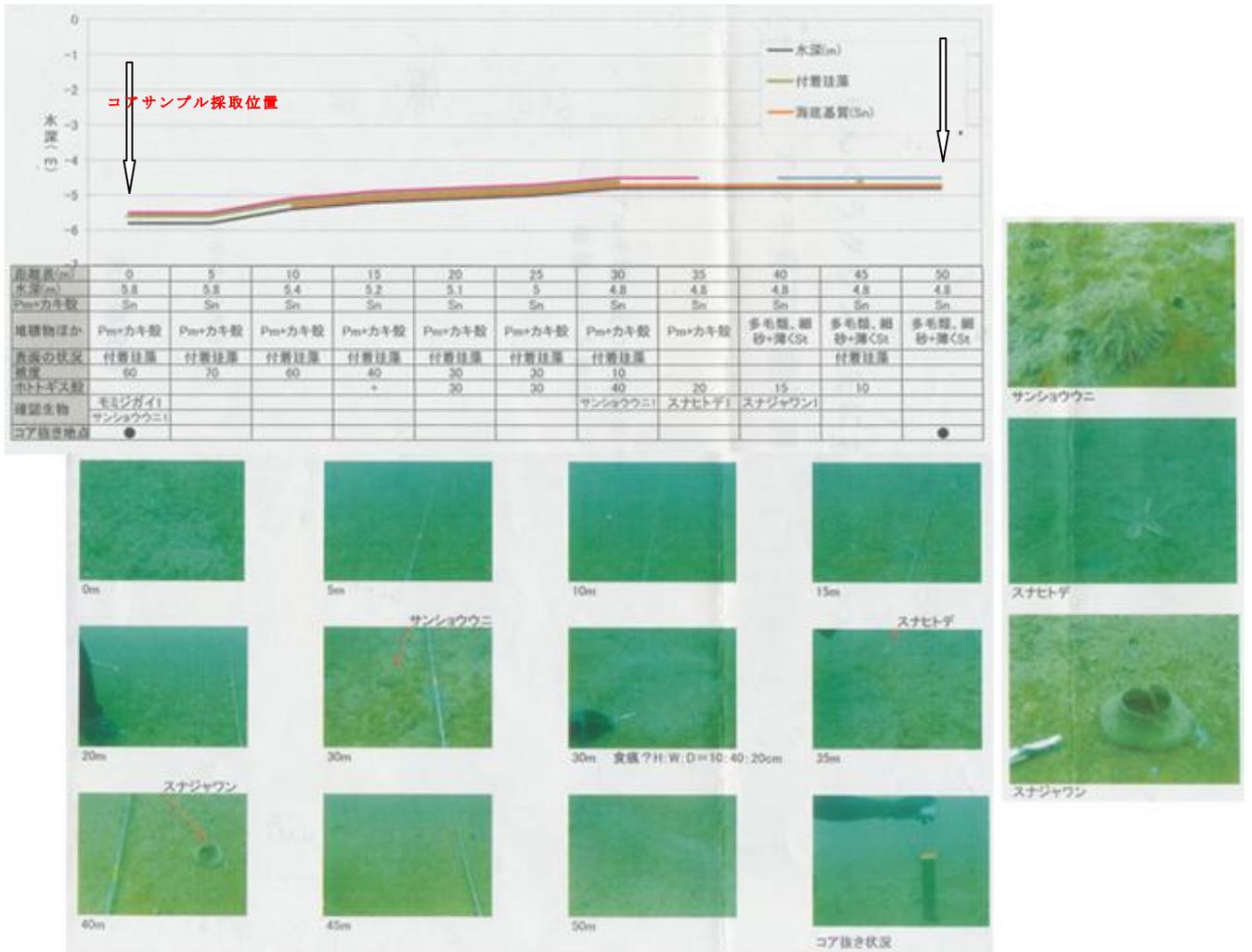


図-3.3 潜水調査結果

海底の底質は、現地盤、浅場とも砂で、現地盤はシルト・粘土分を含む砂であり、浅場の天端面は細粒分が少なく、粗い砂である。また、現地盤から法面には表面に礫やカキ殻が堆積しているのがみられた。また法面から天端面ではホトトギスガイの殻が多くみられた。

現地盤から法面および天端面を少し入った所までは付着珪藻に覆われており、現地盤と法尻部では被度 60~70%と大きいのが、法面では 30~40%と少なくなり、天端面では 10%以下と小さくなる。

確認できた生物は、現地盤でモミジガイ、サンショウウニ、天端面ではサンショウウニ、スナヒトデ、スナジャワン(ツメタガイの卵塊)であるが、各 1 固体であり、種数、個体数とも少ないといえる。また、魚類による砂面を掘った跡がクレーターのように残っていた。しかし、アサリなどの捕食痕は見られなかった。

(2) 瀬戸川河口部の自生アマモ場

写真-3.1 に示す瀬戸川河口部前面は船舶の航行のため開いているが、東西両サイドの海岸前面には離岸堤が配置され、海岸線も消波ブロック護岸(写真-3.2)や階段護岸(写真-3.3)で守られている。

このため、離岸堤の内側は比較的静穏で、流れが緩く、アマモ場が形成されている。底質は砂泥から砂地で、岸近くにみられた板のような泥岩上に砂が薄く堆積した所でも、地下茎を広げてアマモが生育していた。アマモ場は水深 2.5m 付近までであるが、船上からは海底は視認できなかった。



写真-3.1 瀬戸川河口部



写真-3.2 消波ブロック護岸前面（瀬戸川西）



写真-3.3 階段護岸前面（瀬戸川東）

3.2 水質調査結果

水質調査としては写真-3.4に示す透明度板を船上より写真-2.5のように吊り下げ水深、透明度を、また、多項目水質測定器で水温、塩分、DO（溶存酸素量）を、表層部は水面上より計器を水没させて、また、海底面直上部は写真-3.6に示すバンドーン型採水器で採水し、船上でバケツに移し変え、写真-3.7のように測定した。



写真-3.4 透明度板



写真-3.5 透明度および水深の測定



写真-3.6 バンドーン型採水器



写真-3.7 多項目水質測定器による測定

水質調査結果を表-3.1 に示す。

表-3.1 水質調査結果

調査地点		土砂投入			瀬戸川東			瀬戸川西					
時刻		10:45			11:30			:			:		
位置	北緯	"			"			"			"		
	東経	"			"			"			"		
全水深	m	5.7			2.5			2.2					
透明度	m	5.7			2.5								
水温/塩分 (°C/%)	水深	水温	塩分	水深	水温	塩分	水深	水温	塩分	水深	水温	塩分	
	表層	26	29.5	表層	26.1	29.4	表層	26.2	28	表層			
	0.5			0.5			0.5			0.5			
	1			1			1			1			
	1.5			1.5			1.5			1.5			
	2			2	26.4	29.4	2	26.2	28.5	2			
	3			3			3			3			
	4			4			4			4			
	5	26	29.5	5			5			5			
	6			6			6			6			
	7			7			7			7			
	8			8			8			8			
9			9			9			9				
10			10			10			10				
	底上		底上			底上			底上				
DO (mg/L)	表層	4.9	酸素飽和度 75%	4.9	酸素飽和度 73%	4.4	酸素飽和度 65%						
	中層												
	底層	4.9	酸素飽和度 72%	4.7	酸素飽和度 71%	4.2	酸素飽和度 60%						
底質	泥 砂 礫・岩・貝殻			泥・砂・礫・岩・貝殻			泥・砂・礫・岩・貝殻			泥・砂・礫・岩・貝殻			
水色	緑												
赤潮の有無	有・無			有・無			有・無			有・無			
海底の状況	藻場・礫・砂連 カキ礁・ブロック			藻場・礫・砂連 カキ礁・ブロック			藻場・礫・砂連 カキ礁・ブロック			藻場・礫・砂連 カキ礁・ブロック			
その他 (確認生物など)				アオサが堆積									

表-3.1 より、造成された浅場の天端での水深は 5.7m で、透明度は 5.7m 以上で、光は十分浅場の天端面上に達している。また、瀬戸川東でも水深は 2.5m で透明度は 2.5m 以上であった。

水温は、造成された浅場海域では表層、海底面上ともに 26.0°C、瀬戸川東では表層が 26.1°C、海底面上で 26.4°C、瀬戸川西では表層、海底面上ともに 26.2°C であった。沖合いの浅場海域よりアマモが自生する陸地側の瀬戸川東、西海域の方が 0.1~0.4°C 高い。また、造成された浅場海域と瀬戸川西では表層と海底面上では温度差はないが、瀬戸川東では表層より海底面上の方が 0.3°C 高い。これは水深の差異、瀬戸川からの河川水の流入、沿岸部に配置された突堤や離岸堤による複雑な流況などによると思われるが、いずれにしてもアマモの生育限界である 28.0°C 以下であり、アマモの生育には問題はないといえる。

塩分は瀬戸川西の表層で 28.0% と少し小さい値であるが、アマモの生育条件である 17.0% 以上であり問題はない。

また、DO は造成された浅場海域、瀬戸川東、瀬戸川西の表層、海底面上のいずれの測定値も 4mg/l 以上であり、アマモの生育に十分な酸素量があるといえる。

3.3 底質調査結果

底質のコアサンプルは図-3.3 に示すように造成した浅場の天端部(区内)と法尻の現地盤(区外)の 2 箇所と、瀬戸川東の自生アマモ場で 1 箇所の計 3 箇所採取した。

コアサンプリングは内径 50 mm のアクリルパイプを海底に押し込み、表層部約 30 cm の底質を採取した。そして、外観から底質の状態を観察するとともに、造成した浅場の 2 サンプルについては表層 10 cm の試料より粒度分析を行った。(写真-3.8、写真-3.9)



写真-2.8 浅場のコアサンプル(左:区内、右:区外)

写真-2.9 瀬戸川東のコアサンプル

写真-2.8 の造成された浅場の区内(天端面)のサンプルをみると、表層 10 cm は粗めの砂で、それより下層はシルト粘土分を少量含み、灰白色を呈している。区外(現地盤)のサンプルは表層 5 cm は区内よりも細かい砂で、それより下層は多量のシルト粘土分を含み、有機分を含むためか灰白色が少し黒っぽくみえる。

また、写真-2.9 のアマモが自生する瀬戸川東のサンプルをみると、表層 5 cm は浅場の区外(現地盤)よりもさらに細かい砂であり、それより下層もより有機分を含むためか黒灰色を呈している。

造成された浅場の区内、区外、そして、瀬戸川東のサンプルとも表層の砂は酸化的であったが、区外および瀬戸川東のサンプルでは表層 5 cm 下の層では還元化していた。

造成された浅場の区内、区外のサンプルについて行った表層 10 cm の粒度試験結果を図-3.4 に示す。

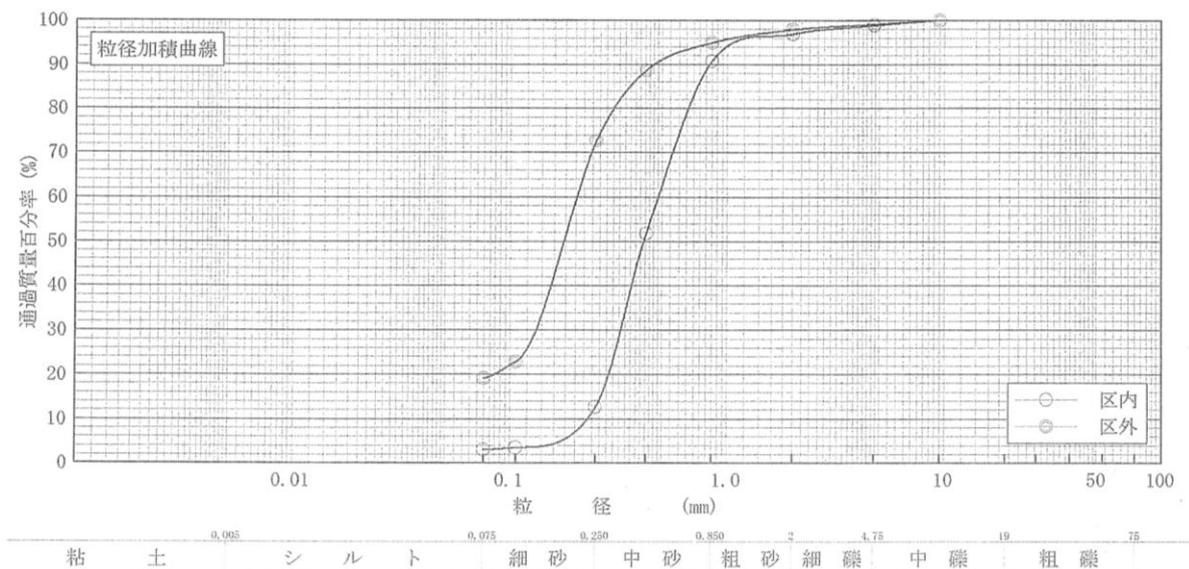


図-3.4 粒度分析結果

ここで、図-3.1のアマモ場の適地としての条件は平成12年に東洋建設(株)・芳田利春が示したもので、同図からは底質の中央粒径は0.3~0.5mmであり、図-3.4より中央粒径は区内(天場面)0.41mm、区外(現地盤)0.18mmであることから区内は適するが、区外は不適となる。

この底質条件については、種々の研究調査機関が全国の現存するアマモ場の底質データから同様に示している。

「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」(p23){運輸省港湾局監修、(財)港湾空間高度化センター発行、平成10年10月}では、アマモの生育に良い粒度組成は砂泥分(粒径0.42mmまたは0.495mm以下)が80~100%、泥分(粒径0.06mmまたは0.074mm以下)が30%以下である。これからすると、図-2.4より区内は砂泥分51.8~62.0%、泥分3.0%であり、砂泥分で適であり、区外は砂泥分88.7~91.0%、泥分19.1%であり、適しているとなる。

また、「アマモ類の自然再生ガイドライン」(p3-6){(社)マリノフォーラム21制作、水産庁(漁港漁場整備部計画課調査班)発行、平成19年3月}では、中央粒径0.14~0.39mm、シルト分30%以下としている。これからすると、図-3.4より区内は中央粒径0.41mm、シルト分3.0%で中央粒径が不適であり、区外は中央粒径0.18mm、シルト分19.1%で適しているとなる。

以上アマモの生育環境条件としての底質について3つの指標で考えるなら、区内(天端面)より区外(現地盤)の方が適しているとなり、区内は中央粒径がほんの少し粗めであるといえる。区内(天端面)は強い潮流で細粒分が流失していると思われるが、アマモが根付けば、アマモ自体が細粒分を遮り、沈降させ、現地盤の粒度組成を変えていくことも考えられ、自生アマモ株の移植およびアマモ播種シートによるアマモの種まきによるアマモ場再生を一度試みてみることにした。

4. 新たに造成された浅場上でのアマモ場再生事業

3. アマモ場再生の可能性調査結果より、魚住沖合に造成された浅場の天場面では底質の粒度組成が少し粗めであるが、アマモが生育するなら、アマモ自身が底質を改善し、アマモ場が再生できる可能性があることが分かった。そこで、それを検証するためのアマモ場再生事業として、自生アマモ株の移植とアマモ播種シートによるアマモ種子の播種を平成26年11月16日、地元市民活動団体(エコウイングあかし、江井島の海と子どもを守る会、イオン明石店チアーズクラブ)、NPO法人環境教育技術振興会の協力を得て行った。

4.1 自生アマモ株の金網法による移植準備

アマモ株をそのまま移植すると、波、流れで海底表層の砂が動くと、アマモの地下茎、根には大きな把駐力がなく、波、流れにより容易に流失してしまう。そこで、アマモ株が少しでも流失しないよう、金網に地下茎を挟み込み、線ではなく面で少しでも流失を防ごうというものです。

(1) アマモ株の採取

NPO法人環境教育技術振興会の6名のダイバーによりアマモ株(栄養株)の採取を行なった。採取株数は金網1枚に2~4株として約500株で、採取は一箇所からではなく、密生しているアマモ場全体から間引くように採取した。(写真-4.1、写真-4.2)



写真-4.1 アマモ株の採取



写真-4.2 採取したアマモ株

(2) 金網法によるアマモ株移植準備

金網は使い捨てのバーベキュー用金網(共栄金物㈱:網目 11 mm、幅 188 mm×長さ 295 mm)を用いた。まず、金網を直角に折り曲げ、アマモ株の地下茎を網目に通します。アマモ株 2~4 株を網目に通したら、網を完全に折り、アマモの地下茎を挟み込みます。そして、網の端部をホックリングガンで留めます。予定数は移植面積を 5m×5m(25 m²)、移植間隔は 50 cmとして 11×11=121 個でしたが、作業は順調で製作個数は 140 個でした。(写真-4.3~写真-4.8)



写真-4.3 金網にアマモ株の取付け方を説明



写真-4.4 金網を板を使って直角に折り曲げ



写真-4.5 イオン明石店チアーズクラブの子ども達



写真-4.6 ボランティアダイバーの方々



写真-4.7 金網に取り付けられたアマモ株



写真-4.8 制作完了

4.2 アマモ播種シートの製作

アマモ播種シートは以下の手順で製作した。

ブルーシートの上にヤシマット(厚さ 3 mm、幅 1m×長さ 5m)を敷き、その上に生分解性不織布レーヨン(1m×5m)を重ね、風で飛ばないようにホックリングガンで仮留めします。(写真-4.9、写真-4.10)



写真-4.9 ヤシマットにレーヨンを被せ



写真-4.10 風に飛ばされないように仮留め

バケツに50のCMC(カルボキシメチルセルロース)溶液を取り、平成26年6月28日に江井ヶ島海岸のアマモ場で採取したアマモ種子(300粒/m²×5m²)を入れ、種子が一様になるよう柄杓でかき混ぜます。そして、柄杓で種子を不織布の上に流し、みんなの手で種子が不織布上に一様になるよう拡げます。(写真-4.11～写真-4.14)



写真-4.11 容器を振って、一気に入れる



写真-4.12 よくかき混ぜる



写真-4.13 柄杓で種まき



写真-4.14 種子が一様になるよう拡げます！

そして、さらにヤシマットをもう1枚重ね、ホックリングガンで3枚のシートを仮留めし、天地逆で製作しているのので、3枚のシートをひっくり返します。ひっくり返した3枚のシートの上

に、舞い上がり防止用に菱形金網を被せ、ホックリングガンで4枚のシートを一体化します。(写真-4.15、写真-4.16)



写真-4.15 ヤシマットをもう一枚被せる



写真-4.16 菱形金網を被せ、一体化

一体化したシートは反物状に丸め、両サイドを紐で縛ります。結び方はダイバーが解き易いように蝶々結びにします。これで播種シートは完成です。(写真-4.17)



写真-4.17 シートを丸めて、紐で括る

4.3 アマモ栄養株の移植およびアマモ播種シートの敷設

潮の流れが速い明石沖での潜水、それも作業ということで、NPO 法人環境教育技術振興会には潜水士の資格を持つボランティアダイバーを募集して頂いた。

アマモ株の移植、アマモ播種シートの敷設をどう行うか入念に打ち合わせをし、江井ヶ島漁協さんの船でアマモ株の移植およびアマモ播種シートの敷設を行う魚住沖に向かった。(写真-4.19、写真-4.20)



写真-4.19 資機材を積み込み



写真-4.20 魚住沖へ移動

魚住沖の新たに造成された浅場に到着し、GPSで漁船を誘導し、図-2.2に示すアマモ株を移植する予定位置(N34° 40.99'、E134° 53.60')に、オレンジ丸ブイ球(50cm)をロープ(10m)で結び付けたダンフォース型アンカー(10kg)を海中に投入し、漁船を球ブイに係留した。

ダイバーは球ブイまで泳ぎ、ブイとアンカーを結ぶ係留ロープを辿って海底まで降り、アンカー近傍で直交する2方向にトラロープで5m×5mの丁張りを設置し、丁張りを目安として金網に固

定された自生アマモ株を 50cm 間隔に配置した。(写真-4. 21、写真-4. 22)



写真-4. 21 トラロープでの丁張り



写真-4. 22 金網を 50 cm に配置

そして、海底に置かれた金網を園芸用スコップで埋め、アマモ株を移植しました。(写真-4. 23、写真-4. 24)



写真-4. 23 アマモ株の移植



写真-4. 24 移植後のアマモ株

自生アマモ株の移植を終えた後、アンカーを船上に引き上げ、図-4. 1 に示すアマモ播種シートを敷設する作業地点に移動し、アマモ播種シートを敷設した。

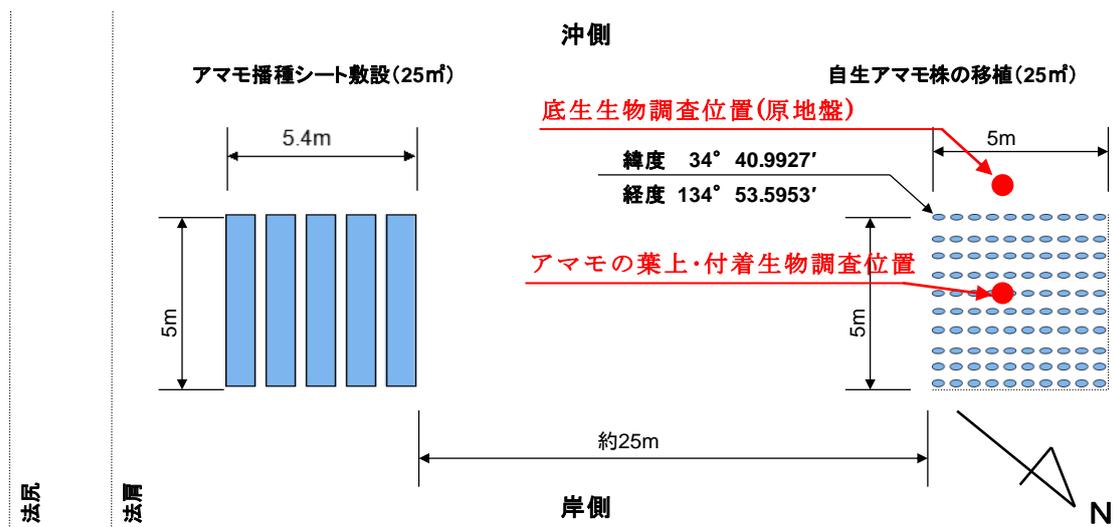


図-4. 1 自生アマモ株の移植およびアマモ播種シート敷設位置

船上から反物状のアマモ播種シート 1 枚 (1m×5m=5 m²/枚) と U 字筋 (φ 10mm、500・100・500mm) をダイバーに順次手渡します。そして、ダイバーは反物状のアマモ播種シートを海底で展張し、アマモ播種シートの舞い上がり防止のため、播種シート縁端部に 1m ピッチで U 字筋を打ち、海底に留めます。

4.4 追跡調査

(1) 第1回追跡調査

平成27年3月14日、移植した自生アマモ株と播種したアマモ種子の生育状況調査を行った。

GPSで作業船を誘導し、丸ブイを付けたアンカーを所定位置に落とし、アンカーに40mのロープを結び、アンカーを中心としてダイバーがロープを順次延長して周遊して探索したが、移植したアマモ株もアマモ播種シートも確認できなかった。

そこで、アンカーを引き上げ、2度転船して、同様の探索を行ったが、アマモ、シート、金網などの痕跡を確認できなかった。

(2) 第2回追跡調査

平成26年11月16日にアマモ株の移植およびアマモ播種シートの敷設を行なった。それから約4カ月後の翌3月14日、第1回の追跡調査を行なったが、アマモ、シート、金網の痕跡さえ、見出せずに終わった。

そこで、金網やアマモ播種シートの痕跡だけでも見出し、アマモが確認できなかった原因を検討するため、平成27年6月20日に再度追跡調査を行なった。

その結果、金網法による自生アマモ株の移植を行なった場所は特定でき、アマモ株を挟み込んだ金網も縄張りのトラロープも確認できました。(写真-4.25、写真-4.26)



写真-4.25 金網



写真-4.26 トラロープ

そして、アマモが1m程度に伸長し、根付いていることを確認しました。(写真-4.27)



写真-4.27 根付いている移植アマモ株

浅場の天端面の砂面はほぼ平坦で、大きな砂移動は見られず、5m×5mの自生アマモ株はアオサなどに覆われ、伸長したアマモは速い流れで寝ている状態である。これより、3月の第1回追跡調査で移植アマモが確認できなかったのは、GPSによる船の誘導の間違い、海底が暗くダイバーによる視認が難しかったことが原因といえる。

一方、アマモ播種シートはシート舞い上がり防止用菱形金網およびシートを固定するφ10mmのU字筋を金属探知機(パルス8X)で探したが、見出すことができなかった。ダイバーの報告によると、浅場の天場面上にはホトトギスガイが繁殖しているとのこと。このことは後述する底生生物調査結果でも示されており、ホトトギスガイの多くの個体が集まると、足糸と砂粒が絡み合っ、砂表面を版状に覆ってしまうことがある。アマモ播種シートが確認できない原因

の一つとして、アマモ播種シート全体がホトトギスガイに覆われている可能性がある。
 今後とも機会を見つけ、アマモ播種シートの追跡調査を行なっていく予定である。

5. アマモの葉上附着生物採集用具の製作

アマモ葉上附着生物の採集用具には規格化したものはない。

ダイバーがプランクトンネットを持ち、水中で海藻草類の上部から被せて採集する方法が広く行われているが、神奈川県水産試験場では図-5.1 に示す葉上附着生物採集用具を製作して用いている。(神水試業績、No. 79-09、pp73~79)

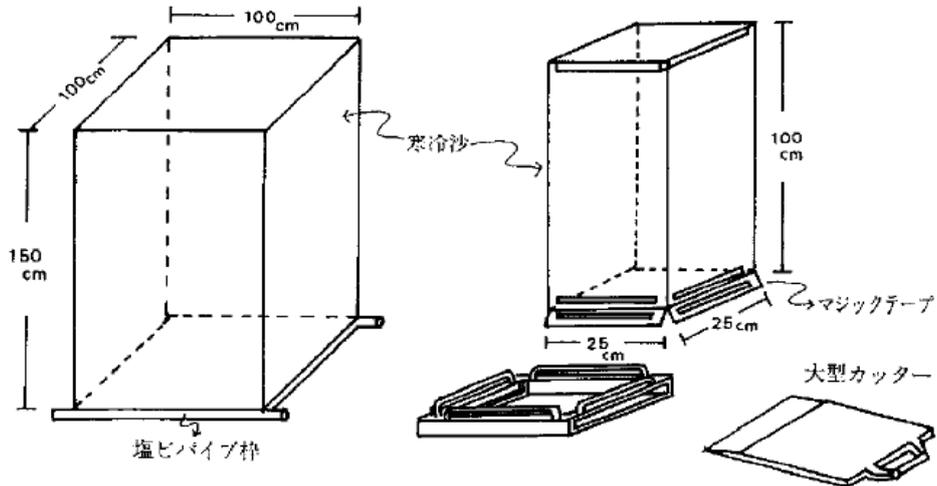


図-5.1 葉上附着生物採集用具(神奈川県水産試験場)

そこで、同様の生物調査をこれまで行なってこられた各都道府県の水試の研究者や調査を実施したコンサルタント会社の技術者やダイバーの方々の意見を聞き、図-5.2 に示すアマモ葉上・附着生物採捕網を制作した。

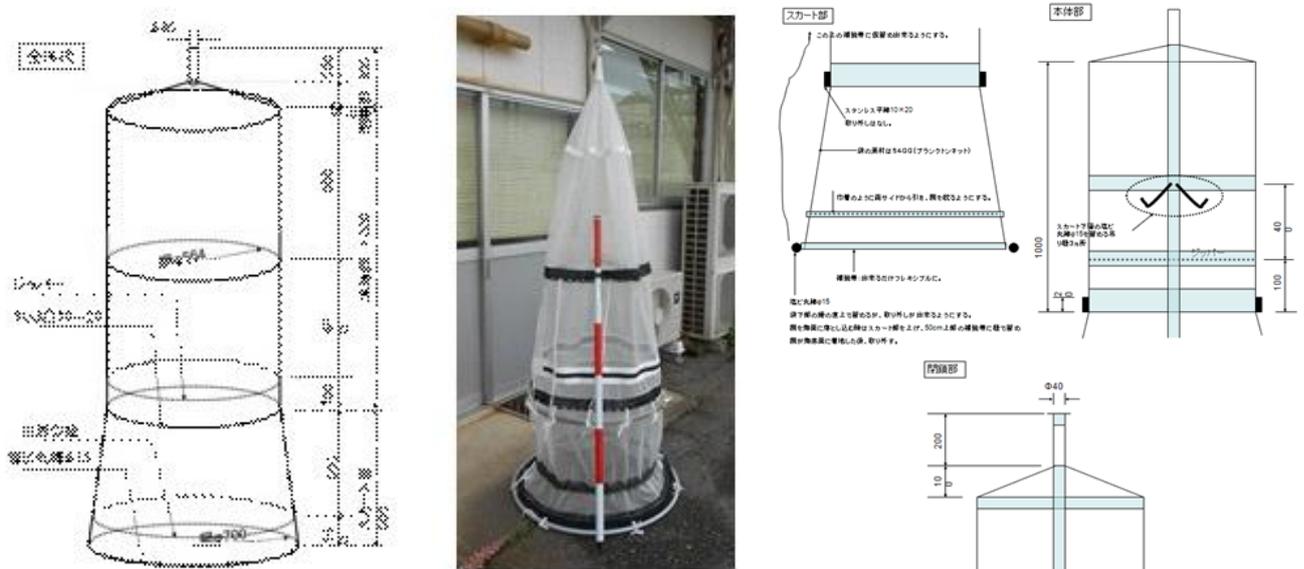


図-5.2 アマモ葉上・附着生物採捕網

この採捕網によるアマモ葉上・附着生物の採捕作業手順を図-5.3 に示す。



図-5.3 アマモ葉上・付着生物採捕の作業手順

採捕網の操作性を検討するため、平成27年6月20日、江井ヶ島海岸の自生アマモ場で試行してみたが、ダイバーからはいくつか改良点の指摘はあったが、操作性については問題なしとのことであった。船上に引き揚げた採捕網の状態を図-5.3に示す。

6. 小型地曳網によるアマモ場の生物調査

6.1 調査位置

小型地曳網による比較的大形の遊泳生物調査を、江井ヶ島海岸の自生アマモ場とアマモが疎らに生育している東側の砂泥底の海域で行なった。(図-6.1)

アマモの葉上・付着生物調査位置



図-6.1 小型地曳網による生物調査位置 (江井ヶ島海岸)

6.2 使用地曳網の諸元

使用した地曳網の諸元は以下の通りで、写真-6.1 に示す。

- ・ 袖網 高さ 1m×長さ 3m 網目 10mm
- ・ 袋網 先端開口部 高さ 1m×幅 2m
袋網先導部 高さ 1m～0.5m 幅 2m～1m 長さ 3m 網目 5mm
袋網後端部 高さ 0.5m～0.3m 幅 1m～0.5m 長さ 1m 網目 2.5mm
後端開口部 高さ 0.3m×幅 0.5m

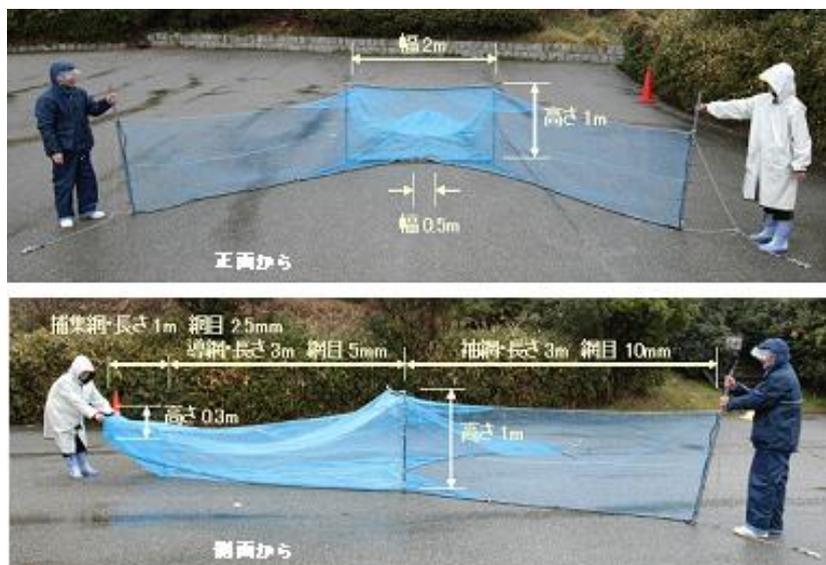


写真-6.1 使用した地曳網

6.3 地曳網の作業手順

地曳網は、まず沿岸部に 2 本の曳網(ロープ)を約 50m 離して置き、ロープ先端を地曳網の袖網先端部に繋ぎ、地曳網をゴムボートに積み込み、海岸から約 100m 沖合いに設置されているサメ除けネット全面まで引き出す。そして、船上から地曳網を海面に落とし込み、ダイバーの手で地曳網を正常に展張し、ダイバーの準備完了の合図で、地曳網を曳き始める。曳き手は一端 5 人以上で、ロープの引き速度は 0.3m/sec～0.5m/sec である。

以上の一連の作業を写真-6.2 に示す。



写真-6.2 地曳網の作業手順

6.4 採捕生物の選り分けと採捕生物の説明

地曳網は生物調査というだけでなく、“アマモ場の大切さ”を市民や子どもたちに知って頂く当 NPO の啓蒙活動の一つでもあります。

そこで、引き上げられた地曳網の内容物は、まず大型(2000)のポリ容器に移し、それを小さなポリ容器に小分けして、地曳網に参加して頂いた市民、子ども達に生き物を選り分けてもらいます。そして、魚介類に精通した方を講師に招き、選り分けた生き物の名前とその特徴について説明をお願いしている。(写真-6.3～写真-6.5)。



写真-6.3 大型容器への移し変え



写真-6.4 生き物の選別



写真-6.5 生き物の説明

6.5 小型地曳網による生物調査結果

調査は平成 27 年 3 月 14 日(春季)、平成 27 年 6 月 28 日(夏季)、平成 27 年 8 月 22 日(秋季)の 3 回行った。

採捕生物の同定は神戸市立須磨海浜水族園にお願いした。

調査結果を表-6.1 に示す。

表-6.1 小型地曳網による比較的大型の遊泳生物調査結果

No.	網名	目名	科名	和名	3月14日		6月28日		8月22日		
					アマモ場	アマモ場なし	アマモ場	アマモ場なし	アマモ場	アマモ場なし	
1	硬骨魚	ヨウジウオ	ヨウジウオ	ヨウジウオ					4		
2		サケ	アユ	アユ	1						
3		ボラ	ボラ	ボラ	2	7					
4			タウエガジ	ベニツケギンボ	1						
5		カサゴ	フサカサゴ	シロメバル			84	7			
6				クロメバル					6		
7				タケノコメバル			2				
8				メバル属の一種		2					
9			オニオコゼ	オニオコゼ			1				
10			コチ	コチ科の一種			1				
11			アイナメ	アイナメ		9	1				
12				クジメ		22		3	2	1	
13			カジカ	キヌカジカ		1					
14				アサヒアナハゼ		44		10		1	
15		スズキ	スズキ	スズキ		3	3		11		
16			シマイサキ	シマイサキ							1
17			イサキ	コショウダイ							1
18			タイ	クロダイ							3
19			ウミタナゴ	アオタナゴ				36	3	2	
20			ニシキギンボ	タケギンボ				8	1		
21			ネズツボ	ネズツボ科の一種		1					
22			ハゼ	ヒメハゼ		1			1		
23			アイゴ	アイゴ						8	7
24			カレイ	カレイ	イシガレイ		6	19			
25		ササウシノシタ		ササウシノシタ							1
26		フグ	カワハギ	アミメハギ						5	11
27				カワハギ							11
28			フグ	ヒガンフグ				11	1	2	
29				コモンフグ				15			
30				クサフグ							2
小計	1網	6目	20科	26種	93個体	31個体	170個体	26個体	45個体	22個体	
					124個体		196個体		67個体		

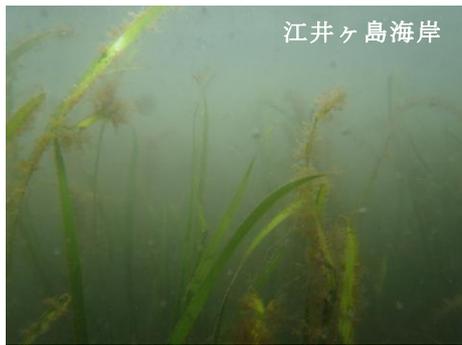
7. アマモの葉上・付着生物調査

7.1 アマモの葉上・付着生物調査

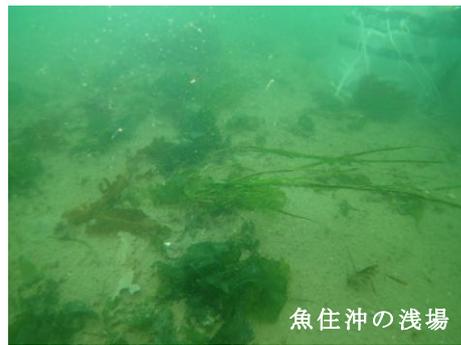
調査対象は江井ヶ島海岸の自生アマモ場と魚住沖の浅場にアマモ株を移植した場で、それぞれの調査位置を図-6.1、図-4.1 に示す。

調査は平成 27 年 7 月 11 日(夏季)、平成 27 年 10 月 18 日(秋季)の 2 回行った。その際のアマモの生育状況を写真-7.1、写真-7.2 に示す。

また、図-5.2 の採捕網を用いた調査状況を写真-7.3 に示す。

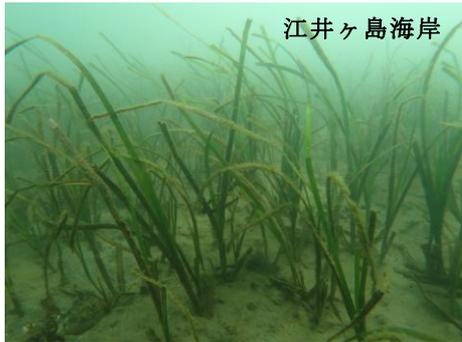


江井ヶ島海岸



魚住沖の浅場

写真-7.1 調査時のアマモ生育状況(平成 27 年 7 月 11 日)



江井ヶ島海岸



魚住沖の浅場

写真-7.2 調査時のアマモ生育状況(平成 27 年 10 月 18 日)

採捕網をダイバーに

採捕網を海底に



アマモの刈り取り

採捕生物を容器に



写真-7.3 アマモの葉上・付着生物調査状況

7.2 アマモの葉上・付着生物調査結果

採捕生物の同定は神戸市立須磨海浜水族園にお願いした。
調査結果を表-6.1 に示す。

表-7.1 アマモの葉上・付着生物調査結果

単位:個体数/調査量(1/全量、*は割合性、-は0.01g未満

No.	門	綱	目	科	和名 アマモ重量(g)	平成27年7月11日		平成27年10月18日					
						自生地①	造成地①	自生地①	造成地①				
						263.87	17.64	54.02	26.84				
						個体数	個体数	個体数	個体数				
1	節足動物門	腹足虫綱	青乳虫目	-	青乳虫目	1	0.000						
2	刺胞動物門	ヒドロ虫綱	花ケケ目	-	花ケケ目			1	0.000				
3					花ケケ目(ケケ)			1	0.000				
4	節足動物門	腹足虫綱	多岐脚目	-	多岐脚目			3	0.002				
5	節足動物門	-	-	-	節足動物門	15	0.000	12	0.035				
6	外肛動物門	狭喉綱	蟹目目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
7					ウツクムシ科								
8		環喉綱	蟹目目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
9	軟体動物門	腹足綱	腹足目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				1				
10					ウツクムシ科	6	0.000	2	0.001				
11					ウツクムシ科								
12					ウツクムシ科	5	0.000	1	0.000				
13					ウツクムシ科		4	0.000	2	0.001			
14			新腹足目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
15					ウツクムシ科		2	0.000					
16			環腹目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
17			アツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			16	0.063				
18			環腹目	-	環腹目	6	0.000	1	0.000				
19		二枚貝綱	イガイ目	イガイ科	ヘニハトマシガイ			6	0.000				
20					ヘニハトマシガイ	5	0.000	1	0.000				
21			マリスダシガイ目	シシマツノ科	マリスダシガイ			4	0.000				
22		環腹綱	ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
23	環形動物門	多毛綱	サンバクガイ目	ウツクムシ科	Harmothoe sp.	1	0.000	1	0.000				
24					ウツクムシ科				1	0.000			
25					ウツクムシ科	1	0.000						
26					ウツクムシ科	1	0.000	1	0.000				
27					ウツクムシ科			1	0.000				
28			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				1	0.000			
29			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				2	0.002			
30			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				1	0.000			
31			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	26	0.001						
32	節足動物門	(甲殻亜門)	エドコーン目	-	エドコーン亜目	13	0.000	1	0.000				
33			ウツクムシ目	-	ウツクムシ目			4	0.004				
34			環腹綱	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
35			アツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	8	0.000						
36			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	4	0.000	1	0.000				
37			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	305	0.092	11	0.030				
38			環腹綱	ウツクムシ科	ウツクムシ科			2	0.001				
39			ムシ科	ムシ科	ムシ科				1	0.000			
40			ムシ科	ムシ科	ムシ科				1	0.000			
41			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	1	0.000						
42			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科								
43			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	79	0.006						
44			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	8	0.000						
45			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			8	0.000				
46			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	22	0.000	184	0.232				
47			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	77	0.006	148	0.150				
48			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			5	0.006				
49			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	4	0.000						
50			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	158	0.025		1	0.000			
51			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	67	0.004		1	0.000			
52			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			2	0.000				
53			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	4	0.000						
54			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	165	0.027	1	0.000				
55			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	16	0.000	4	0.000				
56			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			2	0.000				
57			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			6	0.010				
58			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				1	0.000			
59			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科	3	0.000						
60			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			1	0.000				
61			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科				3	0.004			
62			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			1	0.000				
63			ウツクムシ目	ウツクムシ科	ウツクムシ科			1	0.000				
合計						1006	0.162	382	0.384	64	0.144	49	0.107
種数						32		19		16		22	

8. 底生生物調査

8.1 底生生物調査

調査対象は江井ヶ島海岸の自生アマモ場と魚住沖の浅場にアマモ株を移植した場で、7. アマモの葉上・付着生物調査でアマモを刈り取った跡地、そして魚住沖の浅場では原地盤との比較のため図-4.1 に示すようにアマモ移植範囲外の沖側位置での3地点とした。

調査はアマモの葉上・付着生物調査と同じ平成27年7月11日(夏季)、平成27年10月18日(秋季)の2回行った。その際の調査位置の海底状況を写真-8.1、写真-8.2 に示す。

また、調査状況を写真-8.3 に示す。



写真-8.1 調査時の海底状況(平成 27 年 7 月 11 日)

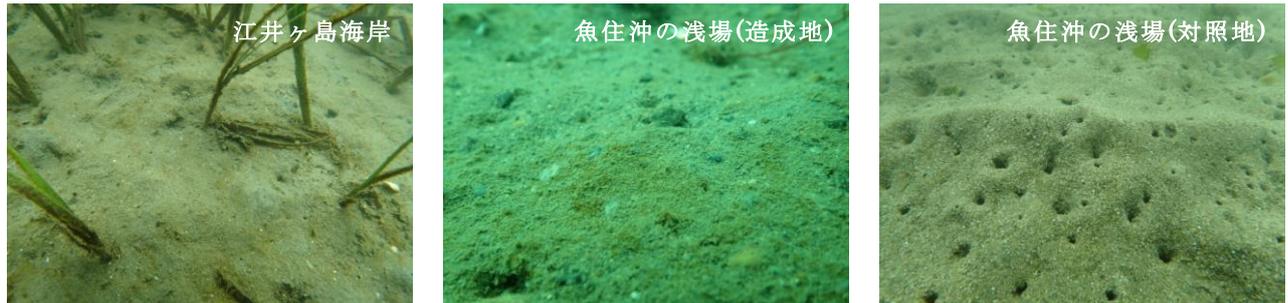


写真-8.2 調査時の海底状況(平成 27 年 10 月 18 日)

コドラート(20cm×20cm)設置



ベントス採取



ベントスフルイ掛け(江井ヶ島海岸)



ベントスフルイ掛け(魚住沖浅場)



陸上作業(生物の固定まで)



写真-8.3 底生生物調査状況

8.2 底生生物調査結果

底生生物の同定は神戸市立須磨海浜水族園にお願いした。
調査結果を表-8.1 に示す。

9. 各調査結果による生物多様度指数と類似度指数

魚住沖の浅場に造成されていくアマモ場の生態的機能の回復・創生過程を明らかにするため、江井ヶ島海岸の自生アマモ場と魚住沖浅場の造成アマモ場について、生物相の多様性や各地域間の生物相の類似度を今後検討していくが、各調査(小型地曳網による比較的大形の遊泳生物調査、アマモ場の葉上・付着生物調査、底生生物調査)とも短期間で数少なく、詳細な検討を行なうに足るものではない。そこで、ここでは従来から用いられている簡易なもので初歩的なもので、多様度指数としては Simpson および Shannon-Wiener の指数、また、類似度指数については Jaccard および Bray-Curtis の類似度により検討した。

各指数および各類似度は以下により求めた。

多様度指数

Simpson の多様度指数

$$1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad 0 \leq 1 - \lambda < 1$$

S, 種数; n_i , i 番目の種の個体数; N, 全個体数

Shannon-Wiener の多様度指数

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad 0 \leq H'$$

S, 種数; n_i , i 番目の種の個体数; N, 全個体数

類似度指数

Jaccard の類似度指数

$$J = \frac{c}{a + b - c} \quad 0 \leq J \leq 1$$

a, b, サンプル A, B に含まれる種数; c, A と B に共通に含まれる種数

Bray-Curtis の類似度指数

$$\delta_{AB} = \frac{\sum_{i=1}^S |n_{Ai} - n_{Bi}|}{N_A + N_B} \quad 0 \leq \delta_{AB} \leq 1$$

n_{Ai} , サンプル A の i 番目の種の個体数; N_A , サンプル A の全個体数
(n_{Bi} , N_B も同様); S, 全種数

9.1 比較的大形の遊泳生物

魚住沖の浅場ではアマモ場は未だ 25 m²でしかなく、地曳網を曳ける状態でもない。

そこで、アマモ場の生物多様性を示す意味で、江井ヶ島海岸での自生アマモ場とそれに隣接する砂泥底の海岸での小型地曳網による生物調査結果で検討した。(表-6.1)

(1) 多様度

多様度指数の結果を表-9.1 に示す。

表-9.1 多様度指数 (比較的大形の遊泳生物)

調査日	Simpson: $1 - \lambda$		Shannon-Wiener: H'	
	アマモ場	アマモ場なし	アマモ場	アマモ場なし
平成27年3月14日	0.834	0.562	2.06	1.56
平成27年6月28日	0.693	0.725	2.21	2.22
平成27年8月22日	0.859	0.64	3.09	1.84

表-9.1 より、3月(春季)、8月(秋季)の結果には Simpson、Shannon-Wiener のいずれにも有意な差があり、自生アマモ場の方が生物相が豊かであるといえる。

一方、6月(夏季)では両者に有意な差はなく同程度であるが、表-9.2 に示す採捕した種数および個体数をみると、アマモ場の方がアマモ場なしより種数、個体数とも大きく、アマモ場の方がより豊かであるともいえる。

表-9.2 地曳網による採捕生物の種数と個体数

調査日	アマモ場		アマモ場なし		共通種数
	種数	個体数	種数	個体数	
平成27年3月14日	12	93	5	31	4
平成27年6月28日	9	170	7	26	5
平成27年8月22日	11	45	6	22	3

(2) 類似度

類似度指数の結果を表-9.3 に示す。

表-9.3 類似度指数 (比較的大形の遊泳生物)

調査日	Jaccard: J	Bray-Curtis: δ
平成27年3月14日	0.308	0.806
平成27年6月28日	0.455	0.857
平成27年8月22日	0.214	0.612

J 値および δ 値とも 0.0~1.0 の値であるが、J 値は値が大きいほど類似度が大きく、逆に δ 値は小さい。このことから、表-9.3 より $J < 0.5$ 、 $\delta > 0.5$ であり、類似度は小さいといえ、表-9.2 に示す採捕種数で共通種数が自生アマモ場種数の約半数以下であることからもうなずける。

9.2 葉上・付着生物

江井ヶ島海岸の自生アマモ場と魚住沖浅場で造成したアマモ場での葉上・付着生物調査結果で検討した。(表-7.1)

(1) 多様度

多様度指数の結果を表-9.4 に示す。

表-9.4 多様度指数 (アマモの葉上・付着生物)

調査日	Simpson: $1-\lambda$		Shannon-Wiener: H'	
	アマモ場	造成アマモ場	アマモ場	造成アマモ場
平成27年7月11日	0.838	0.616	3.23	1.91
平成27年10月18日	0.856	0.893	3.26	3.84

表-9.4 より、7月(夏季)の結果には Simpson、Shannon-Wiener のいずれにも有意な差があり、自生アマモ場の方が生物相が豊かであるといえるが、10月(秋季)では両者には有意な差はなく同程度である。

ここで、表-9.5 に示す採捕した種数、個体数をみると、自生アマモ場の方が造成アマモ場よりも7月には種数で1.7倍、個体数でも2.6倍であるが、10月では個体数は大きい、種数では逆に小さい値である。

また、表-9.5 には刈り取ったアマモの湿重量も示されているが、造成アマモ場の湿重量は自生アマモ場の7月で1/15、10月で1/2であることから、アマモ密度が同程度であれば、種数はともかく個体数は倍加し、自生アマモ場と同程度であると考えられる。

以上より、造成アマモ場での7月の種数が小さいことを除けば、造成して1年に満たないアマモ場でも葉上・付着生物は豊かであるといえそうであり、漁師が“アマモが少しでもあれば、すぐに生き物が寄ってくる”と言われる所以かもしれない。

表-9.5 アマモの葉上・付着生物の種数と個体数

調査日	アマモ場		造成アマモ場		共通種数	採取アマモ湿重量(g)	
	種数	個体数	種数	個体数		アマモ場	造成アマモ場
平成27年7月11日	32	1006	19	382	7	263.87	17.64
平成27年10月18日	16	64	22	49	5	54.02	26.84

(2) 類似度

類似度指数の結果を表-9.6 に示す。

表-9.6 類似度指数 (アマモの葉上・付着生物)

調査日	Jaccard: J	Bray-Curtis: δ
平成27年7月11日	0.159	0.843
平成27年10月18日	0.152	0.805

表-9.6 より $J < 0.2$ 、 $\delta > 0.8$ であり、類似度は小さいといえ、表-9.5 に示す採捕種数で共通種数が自生アマモ場および造成アマモ場種数のいずれも約半数以下であることからもうなずける。また、このことは新たに繁茂したアマモに生息する初期の葉上・付着生物の生物相は安定したアマモ場の生物相とは異なり、その生物相がアマモ生育密度、アマモ場面積の推移でどのように遷移していくかを検討したい。

9.3 底生生物

江井ヶ島海岸の自生アマモ場と魚住沖の造成アマモ場でアマモの葉上・付着生物調査でアマモを刈り取った位置と魚住沖の浅場の原地盤として図-4.1 に示すアマモ移植範囲外の沖側位置の3地点の底生生物結果より、各地点での生物多様度指数と各地点間の類似度指数を求めた。(表-8.1)

(1) 多様度

多様度指数の算定結果を表-9.7 に示す。

表-9.7 多様度指数 (底生生物)

調査日	Simpson: $1-\lambda$			Shannon-Wiener: H'		
	江井ヶ島	魚住沖浅場		江井ヶ島	魚住沖浅場	
	アマモ場	造成アマモ場	原地盤	アマモ場	造成アマモ場	原地盤
平成27年7月11日	0.835	0.642	0.389	3.55	2.55	1.64
平成27年10月18日	0.864	0.814	0.899	3.74	2.86	3.85

表-9.7 より 7月(夏季)の結果をみると、Simpson、Shannon-Wiener のいずれにも有意な差があり、自生アマモ場、造成アマモ場、原地盤の順で生物相が豊かであるといえる。しかし、表-9.8 の種数をみると、各地点には大きな差はなく、多様度指数に大きな差があるとは考えられない。そこで、表-9.8 で最大個体数と総個体数の割合をみると、自生アマモ場ではマナコチマキゴカイで 36.4%、造成アマモ場と原地盤はいずれもホトトギスガイでそれぞれ 57.2%、77.9%であり、この最大個体数が影響していると思われる。

また、10月(秋季)の結果をみると、Simpson の多様度指数では各地点れも 0.8 以上であるが、Shannon-Wiener の値では自生アマモ場および原地盤と造成アマモ場には有意な差が認められ、自生アマモ場および原地盤の方が造成アマモ場より生物相が豊かであるといえる。表-9.8 で種数をみると、自生アマモ場および原地盤では 30 種以上であるが、造成アマモ場では 17 種と小さいことから分かる。しかし、この造成アマモ場で、7月には 38 種以上であったものが 10月は 17 種と半減している理由は分からない。

表-9.8 底生生物の種数と個体数

調査日	江井ヶ島		魚住沖浅場			
	自生アマモ場		造成アマモ場		原地盤	
	種数	個体数	種数	個体数	種数	個体数
平成27年7月11日	36	1281	38	1271	33	1561
平成27年10月18日	37	739	17	396	34	679

(2) 類似度

各地点間の類似度指数の結果を表-9.9 に示す。

表-9.9 類似度指数（底生生物）

調査日	江井ヶ島	魚住沖浅場		Jaccard: J	Bray-Curtis: δ	共通種数
	アマモ場	造成アマモ場	原地盤			
平成27年7月11日	○	○		0.156	0.904	10
	○		○	0.190	0.884	11
		○	○	0.392	0.302	20
平成27年10月18日	○	○		0.200	0.792	9
	○		○	0.291	0.710	16
		○	○	0.244	0.436	10

表-9.9 より、自生アマモ場と造成アマモ場の類似度をみると、J 値は 7 月および 10 月とも 0.2 以下、 δ 値はほぼ 0.8 以上であり、類似度は高いといえる。しかし、表-9.8 で 10 月の種数をみると自生アマモ場で 37 種に対して造成アマモ場は 17 種と半数以下であり、類似度が高いとはいえず、算定式に検討の余地がある。

自生アマモ場と原地盤をみると、7 月では $J < 0.2$ 、 $\delta > 0.8$ で類似度は高いが、10 月は J 値が 0.291、 δ 値が 0.710 と類似度は少し小さくなる。これは表-9.8 より 7 月と 10 月で種数と個体数はほぼ同じであるが、図-9.9 で共通種数をみると 7 月では 11 種であるが、10 月では 16 種と多くなっていることによると考える。

そして、造成アマモ場と原地盤をみると、7 月および 10 月とも $J > 0.2$ 、 $\delta < 0.8$ であり、他の比較からすると類似度は小さい。特に、 δ 値は 7 月で 0.302、10 月で 0.436 と 0.5 以下であり、明瞭な差異があるといえる。

10. 事業の成果と今後の課題

10.1 事業の成果

明石市江井ヶ島海岸の安定した自生アマモ場と江井ヶ島海岸に隣接した魚住沖の海域でヘドロ化した海底を加古川河口部の浚渫土砂で覆砂した浅場に新たに創生したアマモ場の二つのアマモ場で、生態系に関わる生物調査(小型地曳網による比較的大形の遊泳生物調査、アマモ場の葉上・付着生物調査、底生生物調査)を行なうことで以下の成果を得た。

- 1) 魚住沖に造成された浅場にアマお栄養株の移植により 25㎡のアマモ場を創出した。
- 2) 操作性に優れたアマモの葉上・付着生物採取用具(採捕網)を製作し、実際に供用できた。
- 3) 魚住沖に新たに創出したアマモ場の生態的機能がどのように創生されるかの初期過程のデータを取得できた。
- 4) 各生物調査は神戸市立須磨海浜水族園の協力を得ることができ、次年度からは金沢工業大学・環境土木工学科・有田研究室と共同研究(課題:造成したアマモ場の評価手法の研究)を行なうことになり、調査研究体制を築いた。
- 5) 地曳網やアマモ場造成の準備に地元市民団体、一般市民および子ども達の参加を得て行き、アマモ(アマモ場)が”海のゆりかご”であることを実感し、アマモ(アマモ場)再生を

含む、海の環境、生態系の保全に関する関心、理解と興味を深めてもらうことができた。

10.2 今後の課題

河川浚渫土でヘドロ化した海域を覆砂し、浅場を造成し、その浅場に新たなアマモ場を創出することが漁場環境の改善に有用であることを示し、漁場整備事業計画の基礎資料とするためには今後も魚住沖の浅場でアマモ場を拡大し、各生物調査も継続していくことが大切ですが以下の課題があります。

- 1) 本調査研究に関与する方々が一堂に会して議論できる組織体制を築く必要がある。
- 2) 調査研究を継続していくための資金の確保が必要で、当NPOが民間事業助成を申請するだけでなく、大学、水産試験場などの公的研究機関と共同研究とすることで、文部科学省の科学研究費助成、地方自治体・漁協・当NPOで構成する組織で水産庁の補助事業への申請なども検討する。
- 3) 生物相の多様性や地域間の類似度を初歩的で簡便なものを用いて求めて検討したが、結果は頷けるものではない。そこで、これまで種々提案されているものについて更に検討し、頷けるものがない場合は、本調査研究の目的に合致するアマモ場評価手法を提案できるようにしたい。
- 4) 地曳網、魚住沖浅場でのアマモ場造成への参加者をより多く、確実にするため、当NPO、各市、イベント紹介のホームページでの募集だけでなく、地元市民活動団体と協働して、その団体が行なっているイベントとの同日開催を提案していく。