

様式 2

実証対象技術 / 環境技術開発者	株分けによるアマモ種苗大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術 / 中部電力株式会社エネルギー応用研究所
実証機関	三重県
実証試験期間	平成 20 年 7 月 8 日 ~ 平成 21 年 12 月 6 日
実証の目的	生物生育環境の改善

1. 実証対象技術の概要

技術の模式図

原理

本技術は、移植用アマモ種苗の大量生産技術とそれらの移植技術から構成される。移植用アマモ種苗の大量生産技術では、地下海水をかけ流しのできる陸上水槽において、水温と光条件および付着物等を管理し、アマモの生育に適した条件でアマモ栄養株（親株）を育成する。伊勢湾内では、通常はアマモが生長しない夏季においても、海域から採取した少数のアマモ親株の地下茎分枝を促進させることによって、アマモ種苗の大量生産が可能になる。アマモの移植技術については、移植の約 2 ヶ月前に、20cm 四方の生分解性のヤシノミ繊維マット上にアマモ種苗約 20 株を仮移植し、根をマット中およびマットを通して生長させ、アマモ種苗を定着させる。その後アマモ種苗と一体化したマットを海底に固定すると、アマモの根は十分に生長しているの、すぐに海底に根付くが、マットは植物繊維であるため、海中で分解し、海域環境への負荷もほとんどない。

以上より本技術は、親株の採取が最小限で済むことから天然のアマモ場に与える影響を最小限に抑えられるとともに、地下茎と草体が十分に生長した苗を移植するため、波浪等によって流出する可能性は低く、安定した藻場を形成できる。自然海域ではアマモが衰退する夏季においても増殖が可能であるため、造成時期を限定されることなく、増殖時期や移植時期を自由に設定できるという長所を併せ持つ。

2. 実証試験の概要

実証実施場所の概要

海域の名称	三重県津市御殿場海岸。当海岸は遠浅で、潮干狩り及び海水浴場として利用されている。また三重県が平成 15 年から 17 年に播種法を用いたアマモ場造成試験を行っており、小規模ながら安定したアマモ場が形成されている。	
主な利用状況		
規模		
海域の課題	御殿場を含む伊勢湾沿岸は、赤潮や貧酸素水塊の発生により大量の底生生物が死滅する被害を受けており、生態系の保護に向けた生物生息環境改善を進める必要がある。	
海域の状況	水質	「平成 18 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果」において、御殿場海岸付近の水質基準点の測定結果は次のとおりである。 津・松阪地先海域 ST-1 COD75%値 2.8 (環境基準類型 B 達成) 津・松阪地先海域 ST-2 COD75%値 3.8 (環境基準類型 B 未達成)
	底質	平成 15 年度の調査において、御殿場海岸の海底は砂地であり、底質の粒度組成

		は、50%粒径で 0.35 mmであった。アマモが密生する底質の粒度は 0.32~3.51 mm ((社)日本水産資源保護協会)とされており、アマモ生育に適した底質であると考えられる。
	生物 生育 環境	平成 15 年度の調査では、アマモ等の海草・海藻は確認されていないが、1970 年代以前にはアマモの繁茂が確認されていた。実証試験予定地の周辺海域は、アサリ等の二枚貝の生息数が多い。平成 15 年から 17 年に三重県が造成したアマモ場では、メバル、ハオコゼ、アカニシ、ガザミ、イカの卵塊、バカガイ等が確認されている。

対象海域

御殿場海岸(三重県津市)の DL-1m の海底に、アマモ造成区を 2 区画(アマモ生育調査区「St. B」、底質・生物調査区「St. D」)、及び対照区を 2 区画(隣接アマモ場「St. 1」およびアマモなし「St. C」)設置した(図1)。各地点の概要は下記のとおりである。

- ・ St. 1: 隣接アマモ場対照区は、平成 17 年度にゾステラマット工法と播種シート工法にて造成されたアマモ場。密度も高く、砂質であるが、表層一面ホトトギスガイに覆われている。造成後 3 年経過しており、再生産を繰り返して安定している。また周辺海域の天然アマモ場と比較して同等の現存量を有している。本実証海域に本来存在した天然アマモ場として取り扱うことにより、本試験で造成されたアマモ場との比較対照区とする。
- ・ St. B および St. D: St. 1 と同水深の今年度アマモ場造成場所。底質は St. 1 同様砂質であるが、表層はホトトギスマットで覆われている。
- ・ St. C: St. 1、D と同一水深の対照区。砂質であり、波あたりが強いせいか、砂れんが形成され、ホトトギスガイのマットの形成はされていない。

以上の結果より、底質の類似した St. D、B をアマモ場造成区(アマモ生育調査区「St. B」、底質・生物調査区「St. D」)とし、St. C を対照区(アマモなし)とした。



図1 御殿場海岸調査エリアの概要

アマモ種苗の大量生産

(1) アマモ栄養株の採取

実証海域には天然アマモ場が存在しないため、御殿場海岸から約15km南東の松名瀬海岸(松阪市)に形成されている天然アマモ場から、栄養株を約400株採取し、種苗生産の親株とした。採取は、生殖株の枯死する前の平成20年5月25日に行った。

(2) アマモ種苗の大量生産

種苗生産は、海水掛け流しのできる約35m³の陸上コンクリート水槽(愛知県田原市、図2)を用い、生育条件を管理しながら松名瀬海岸から採取した株を均等に植え、移植用種苗の大量生産を行った。水温は地下海水を掛け流して用いることから15~19℃で安定しているため、水深を浅くして光条件を良好にした。水槽では小型の魚を飼育し、ヨコエビ等の食害を抑制した。定期的にはアマモ葉上に付着する珪藻を掃除すること

により、光合成を促進させた。増殖期間は平成20年7月から平成21年2月まで行った。



図2 陸上水槽でのアマモ増殖状況

アマモ種苗の移植

実証海域へのアマモ株移植の約2ヶ月前に、アマモの地下茎部に20cm四方の生分解性のヤシ繊維マットを通し、マットにアマモ種苗を根付かせる(図3)。マット1枚あたり約20株のアマモ株を定着させて、2ヶ月経過後、実証海域に運搬してマットごと移植した。海域への移植は、潜水土の手作業によりマットの四隅を竹箸で固定した。平成20年12月及び平成21年2月に、各区画に200マットずつ、計400マットを移植した。10m四方のアマモ造成区の中で、根付かせたマット(20cm四方)は1m四方あたり4枚を1セットとして、チェッカーフラッグ状に移植した(図4)。造成区は2区画設置し、片方(St.B)を移植後のモニタリング調査用として保護し、もう一方(St.D)は、アマモにダメージ与える可能性のある底質調査、漁獲調査、アマモ蛸集生物調査を行った。



図3 移植の方法

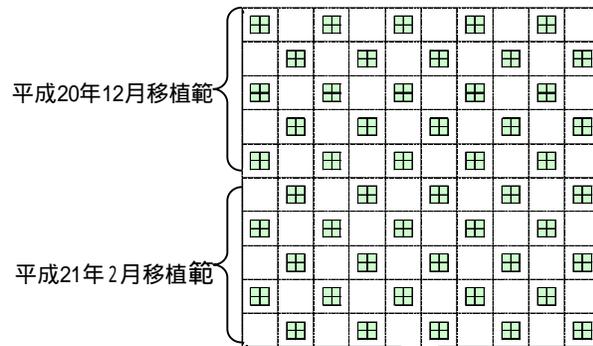


図4 アマモ場造成区詳細 網掛け部分に移植

3. 維持管理にかかる技術情報

使用資源量・生物処理量：なし 維持管理項目：なし 維持管理にかかるその他特記事項：なし

4. 実証試験結果

実証試験の目標と結果

調査項目	目標水準
アマモ種苗生産	6ヵ月間（平成20年7月～平成21年1月）の陸上水槽でのアマモ種苗生産によるアマモ株数（種苗）の増殖率20倍以上
アマモ種苗マット移植後の残存状況	平成21年3月において、12月、1月造成のアマモ種苗マット残存率80%以上
造成後のアマモ場の拡大状況	アマモの生長量が最も大きい5月の調査時点における、アマモ場造成区内のアマモ総株数及び乾燥重量が移植時の2倍以上
アマモ場造成による生物生息環境の創出	アマモ造成区の底質を含む水柱あたりの動物現存量（湿重量）の1年間の積分値と総出現種数が、それぞれアマモなし対照区以上で、隣接アマモ場対照区に近づくこと

アマモ種苗生産：

平成20年7月8日に水温・光条件等を管理した陸上水槽において増殖を開始し、平成20年12月8日（5ヶ月後）に目標値達成を確認した。その後も増殖率は増加し、平成21年1月8日には約36倍、2月8日には約50倍に達した（図5）。自然界においてアマモは水温25 以上となる夏季には衰退するが、実証対象技術では陸上水槽内で水温・水深・光条件等を制御して増殖させることにより、夏季においても高効率でアマモを増殖させることが実証された。

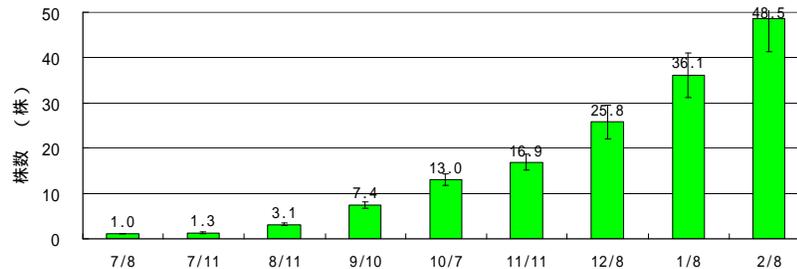


図5 陸上水槽における造成用アマモ種苗株数の変化（（）内の数字は7/8の株数を1としたときの増殖率を示す）

アマモ種苗マット移植後の残存状況：

平成20年12月10～12日及び平成21年2月2～4日に200枚ずつ計400枚のマットを移植した。造成直後の平成21年1月12日および1月25日において、最大風速がそれぞれ25m、27m、最大波高がそれぞれ2.5m、3.5mの荒天状況にさらされたが、ほとんど流出することなく残存することが確認できた。平成21年2月23日の調査において94.5%のアマモ種苗マットが、5月22日の調査においても92.3%のアマモ種苗マットが残存しており、目標値達成を確認した（表1）。以上より、移植後も大部分が流出することなく安定的に定着することが実証された。

表1 移植後のアマモマットの定着率と流出率

	H21.2.23	H21.5.22
移植マット総数	400枚	390枚
残存マット数	378枚	360枚
定着率	94.5%	92.3%
流出率	5.5%	7.7%

アマモ成育量調査や蜆集生物調査で採取したため減少

移植後のアマモ場の拡大状況：

移植株数は、1回目移植（平成20年12月10～12日）では5,700株、2回目移植（平成21年2月2～4日）では7,560株となり、2区画合計で13,260株、1区画（100㎡）あたり平均6,630株であった。これを目標項目の初期株数（平成21年2月）として取り扱うこととした。

アマモ造成区および隣接アマモ場対照区の総株数の変化を図6に、地上部、地下部の乾重量の変化を図7、ア

マモ場造成区内の被覆状況写真をそれぞれ図8に示した。アママ造成区では、造成直後には（平成21年2月）株数の増加は一時停滞したが以後増加し、5月の調査時において、株数は6,630株から20,840株に、生殖株率も1.9%から11.9%に増加した。乾重量は地上部で1.5kg/100m²から9.7kg/100m²に、地下部では1.0 kg/100m²から10.9kg/100m²に増加しており、目標水準を達成した。

一方、隣接アママ場対照区では、アママの生長量が最も大きい5月の調査時において、事前調査時（平成20年12月）より株数が、19,072株から48,660株に増加し、その中で生殖株率が2.6%から19.7%に増加した。乾重量は地上部で9.7kg/100m²から29.1kg/100m²に、地下部で4.0kg/100m²から31.1 kg/100m²に増加していた。また、造成後のアママ場の被覆面積は、平成21年10月8日の台風18号（最大風速が37.3m、最大波高が6m）にさらされたにもかかわらず、造成時の12.5m²から47.5m²まで拡大していた。以上より、本実証対象技術を用いて陸上水槽において増殖させたアママは、現場海域へ移植後も波浪等により流出することなく、定着拡大し、種子形成も行われることが実証された。

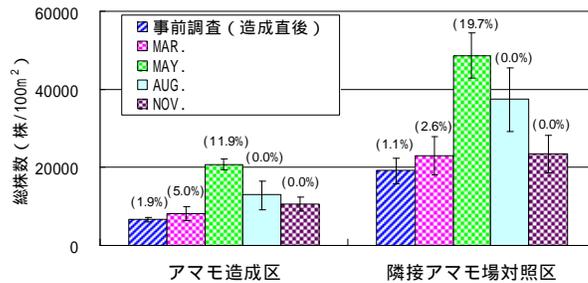


図6 造成後の総株数の変化（()内は生殖株の割合を示す）

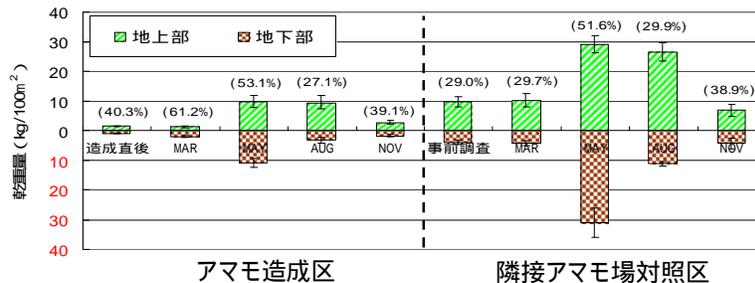


図7 造成後の地上部、地下部の乾重量の変化（()内は地上部に対する地下部の割合を示す）

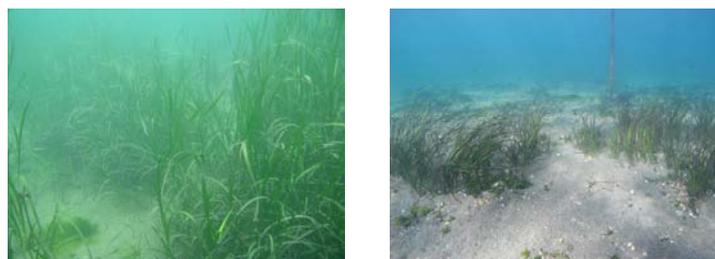


図8 造成アママ場の状況

（左：アママ場造成区（H22年2月撮影）、右：隣接アママ場対照区（H21年11月撮影））

アママ場造成による生物生息環境の創出：

事前調査及び1年間（平成20年12月、平成21年2月、5月、8月、11月）の調査における各区内水柱あたりの総出現種類数を図9に、動物現存量（湿重量）の1年間の積分値を図10に示した。総出現種類数は、アママなし対照区は96種類であるのに対し、隣接アママ場対照区で226種、アママ場造成区で198種が出現した。動物現存量（湿重量）の1年間の積分値については、アママなし対照区は100.8kg/100m²であるのに対し、隣接アママ場対照区で161.8kg/100m²、アママ場造成区で231.3kg/100m²であり、目標値達成を確認した。また、アママなし対照区はバカガイやアサリ等の底生二枚貝が優占した生物相であった。隣接アママ場対照区およびア

アマモ場造成区では、ホトトギスガイやアサリなどの底生生物に加え、イソギンチャクやヒゲナガヨコエビ、ワレカラといった葉上生物、ヒメイカやメバルなどのアマモ場性の蛸集生物、スズキやクロソイ等の移動性の魚類の優占した生物相であった。各実験区ともに95%以上が底生生物となった。また、アマモ造成区及び隣接アマモ場対照区では底生生物の約半分をホトトギスガイが占めた。

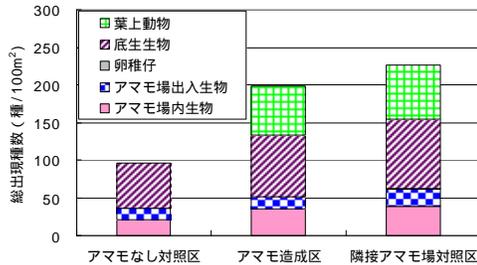


図9 各区画内水柱あたりの総出現種類数

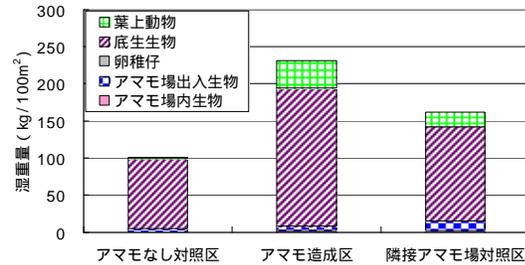


図10 各区画内水柱あたりの動物現存量
(湿重量)の1年間の積分値

アマモ場造成後、造成区画水柱内に立体的な生物生息空間が創出されることにより、アマモ葉上動物が増加し、それらを捕食するアマモ場内に定住する魚類などの生物が増加し、さらに高次の移動性の大型魚類等が増加することが分かった。また、底生生物量も増加していたが、これはアマモが成育することで、波浪などの影響が抑えられることにより、周辺の堆積環境や物理的環境が安定し、底生生物の生息に適した状態に変化した可能性が考えられた。以上より、アマモ場を造成することにより、アマモの成育しない海底と比較して高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが実証された。

実証試験の結論

本技術は、陸上水槽において適正なアマモの生育環境に水温や光環境、付着物等をコントロールすることにより、6ヶ月で30倍以上の増殖率でアマモを大量増殖させることができる。また、アマモ生長体として海域に移植することから、波浪等により流出することなく定着拡大し、1年目から種子形成も行われることが実証された。これは1年目には生殖株の形成が行われない従来の播種法と比較して造成から面積拡大までの時間が1年以上大幅に短縮される。さらに移植後約1年間でアマモの成育しない海底と比較し、高い生物量と多様性をもつ生物生息環境が創出されることが実証された。本技術を用いることで、既存の天然アマモ場へのダメージを最小限に抑え、増殖時期や移植時期を自由に設定することが可能である。

実証試験についての技術実証委員会の見解

【アマモ種苗の増殖技術】

- ・本技術は、陸上水槽にてアマモ種苗を管理育成できることから、播種法などの従来の造成技術と比較して、造成時期を限定されることなく、増殖時期や移植時期を自由に設定できることが特徴である。
- ・本技術では、移植種苗を陸上水槽で水温や光環境、付着物等を制御した適正なアマモの生育環境下で増殖させることから、天然アマモ場と比較しても分枝速度が速く、移植用のアマモ種苗の確保までの時間を大幅に短縮することが可能である。

【アマモの移植技術】

- ・本技術は、適正な生育状況であらかじめ地下茎と草体が十分に生長した苗を移植するため、波浪等によって流出する可能性は低く、高い定着率で藻場を形成拡大できることが特徴である。
- ・本技術を用いて移植したアマモ場は、地下茎と種子両方によって再生産する。これは造成1年目には生殖株の形成が行われない従来の播種法と比較して、面積拡大までの時間が1年以上大幅に短縮されることから、早期にアマモ場としての機能を発揮することが可能である。
- ・本技術は既存の天然アマモ場から採取した株を親株として用いることから、移植予定地周辺のアマモを使用することで、従来の播種法等と異なり、遺伝子かく乱の危険性も少ない。

(参考情報)

注意：このページに示された技術情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

技術データ

項目		環境技術開発者 記入欄				
技術名称		株分けによるアマモ種苗大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術 ～増やして植えるアマモ場造成～				
企業名		中部電力株式会社エネルギー応用研究所				
連絡先	TEL/FAX	052-621-6101(代表)、050-7772-2905(ダイヤル)、FAX :052-624-9234				
	Web アドレス	http://www.chuden.co.jp/				
	E-mail	Shimizu.Hiroshi3@chuden.co.jp				
設置方法		前述「2.実証試験の概要」の アマモの大量生産、 アマモ種苗の移植のとおり				
設置・調整期間		9ヶ月間(親株採取からアマモ場造成まで)				
コスト概算 (本事業でアマモ場を200m ² 造成するのに要した費用(実費))		費目		単価(円)	数量	計(円)
		イニシャルコスト				8,196,500
		土木費(アマモ株採取、移植)		2,305,000	一式	2,305,000
		資材費(海砂、マット等)		300,000	一式	300,000
		種苗生産時の管理費		3,700,000	一式	3,700,000
		諸経費(30%)		1,891,500	一式	1,891,500
ランニングコスト(月間)		特になし			0	

その他本技術に関する補足説明(導入実績、受賞歴、特許・実用新案、コストの考え方の補足等)

【導入実績】

・三重県：英虞湾立神(約100m²) ・愛知県：田原市、幡豆町

【特許・実用新案など】

・アマモ種苗の大量生産技術は、水温・水深等の管理によるものであるが、その詳細はノウハウに留めており特許等の申請はなし。

【コストの考え方の補足】

本実証試験に要する人員は次のとおり

・アマモ株採取 : 4名:4名×1日×1回 ・アマモ種苗移植 : 32名:16名/回×1回

・種苗生産時等の管理費 : 126名 :

8名/月×9ヶ月+(マット植え替え等)34名+(陸上水槽準備・片付け)5名×2日×2回

この事業でアマモ場を200m²造成するのにかかった費用(実費)は、8,196,500円であった。実証試験のために安全に施行したため、やや割高となった。この実証試験でアマモ場造成後、約1年を経過した平成22年2月には、移植現場のアマモ株数は移植時の約3倍以上の25,350株/100m²(参考値:環境技術開発者の独自調査)に増加しており、良好なアマモ場といわれる200株/m²の基準を超えている。造成後1年で200株/m²に達するには、仮に当初移植株数を2削減しても特に問題はないと考えられる。また、今回の試験では種苗生産施設は現場(三重県津市)から遠い愛知県田原市にあり、移植時に多額の運搬費、交通費が必要であったが、現場近くに空いている種苗施設があれば安価になる。さらに大規模造成で種苗を大量生産すれば、大幅なコスト削減は可能と考えられる。