

造成藻場の持続化技術の開発

南西海区水産研究所藻類増殖研究室

吉川浩二・有馬郷司・寺脇利信・吉田吾郎

共同研究機関：水産工学研究所漁場施設研究室

調査実施期間：平成5年度～7年度

【緒言】

砂泥域に形成されるアマモ場は有用水産生物の資源培養の場として重要であるばかりでなく、光合成能により海水中の炭酸ガスを酸素に変えたり、窒素やリンを吸収する等、海の浄化にも寄与し、その存在意義は大きい。近年アマモ場は減少傾向にあり、その対策が求められている。従って、藻場造成を図るとともにそれをいかに維持するかは漁業の生産性改善と生産力増強のための施策上極めて重要である。

そこで、アマモ場を持続的に利用し、それを保護、管理するため、アマモの播種及び栄養株移植を中心とした造成技術を展開して藻場の拡大を図るとともに、人為的に裸地化した後の群落復元過程の追跡調査や生育環境調査等から群落維持条件及び再形成要因を明らかにすることを目的として行った。

【調査の方法】

1. アマモ場造成技術の展開（開発）

1) アマモ保存種子の播種による造成

①1993年度の播種試験

アマモ種子は1993年6月と8月に本試験海域である山口県東和町逗子ヶ浜地先で採集後、流水培養により保存し、同年12月下旬に同上の試験海域内のアマモ無生育域へ播種した（図1の●印）。

従来の種子直播き法は、流れや波浪に起因して底質の不安定な場合には種子が流出し易く、発芽後の生残率も低いとされている。本試験では保存種子をガーゼで包み海底へ埋める方法を用いた（ガーゼ包埋法と称する）。本方法では種子をガーゼで包んで埋めるため砂泥の移動の影響が緩和されるとともに、種子がガーゼ内で発芽するためにその生残も高められる。

まず、ガーゼで保存種子を3粒ずつ包み、その5包みを長さ2mの綿糸にほぼ等間隔で縛ったものを1組とした。そして、15組を海底の約2m×2mの試験区へ埋め、さらに厚さが2～3cmになるように砂泥を被せ、8番線針金により綿糸の中央及び縁辺部等数ヶ所を固定した。

本試験での造成規模は約4㎡で、播種密度が56粒/㎡である。

播種後は経過を潜水により観察するとともに、一部を取り上げガーゼ内の種子の発芽を調べた。

②1994年度の播種試験

アマモ種子は1994年6月に岡山県日生町で採集後、流水培養により保存し、同年11月下旬と12月上旬に山口県東和町逗子ヶ浜地先の試験海域内へ播種した（図1、2）。

播種方法は前年度に準じたが、今年度は11月播種区では長さ180cm、幅13cmのガーゼを22区分して、1区分には保存種子を3粒と約2cmの小石とともにガーゼに包みこみ綿糸で縛ったものを1組とした。その10組を海底の約2m×3m試験区内へ置き、さらに厚さが2～3cmになるように砂泥を被せるとともに、8番線針金により綿糸の中央及び縁辺部等数ヶ所を固定した（ガーゼ包埋区—その1とする、図3）。また、11月播種後より1潮時遅らせた12月播種区では密度を高めるため1区分には保存種子を6粒包んだものを上記と同様の方法により10組作り播種した。

本試験での造成規模は11月下旬、12月上旬に播種した両区とも面積約6㎡で、播種密度は前者が110粒/㎡、後者が220粒/㎡である。

③1995年度の播種試験

アマモ種子は1995年6月及び7月に山口県東和町逗子ヶ浜地先の試験海域で採集後、流水培養により保存し、同年11月中旬に同試験海域内へ播種した（図1）。

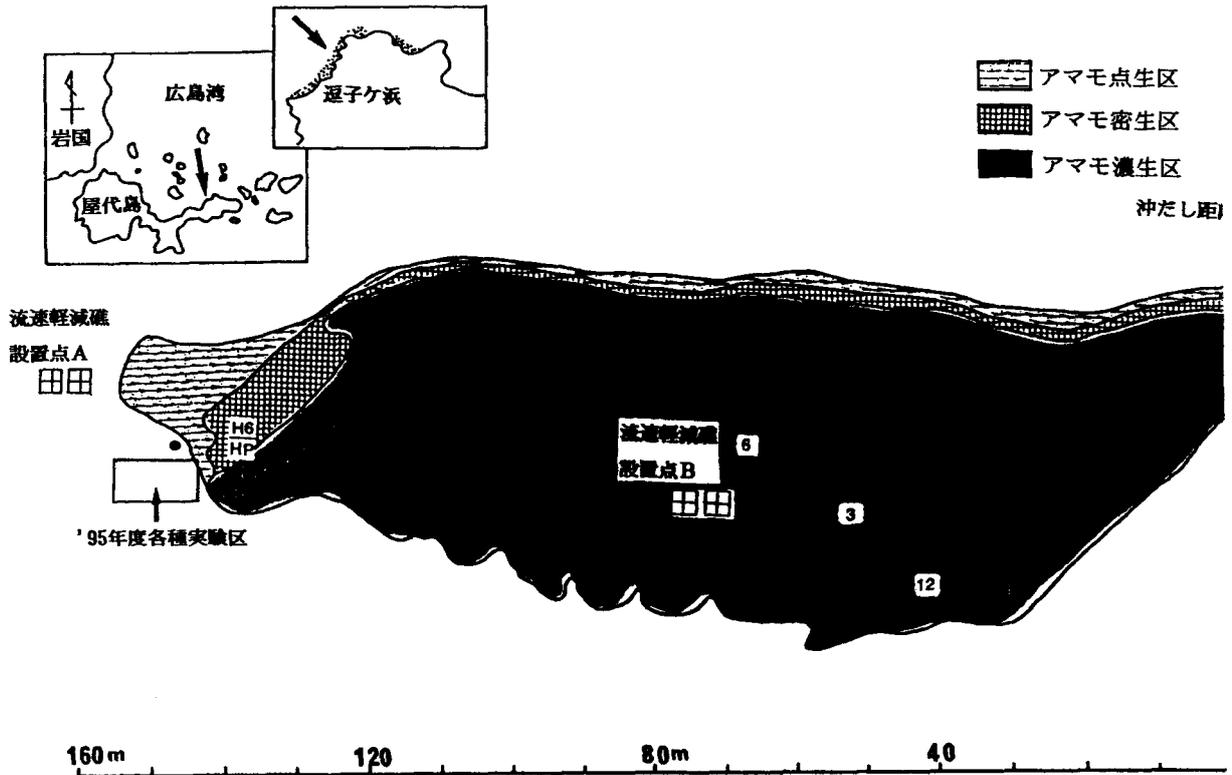


図1 調査海域とアマモの分布 (1995年6月調査時)

6 : 6月裸地化区、12 : 12月裸地化区、3 : 3月裸地化区を示す
 H6 : '94年度裸地化区、HP : '94年度播種区、● : '93年度播種区

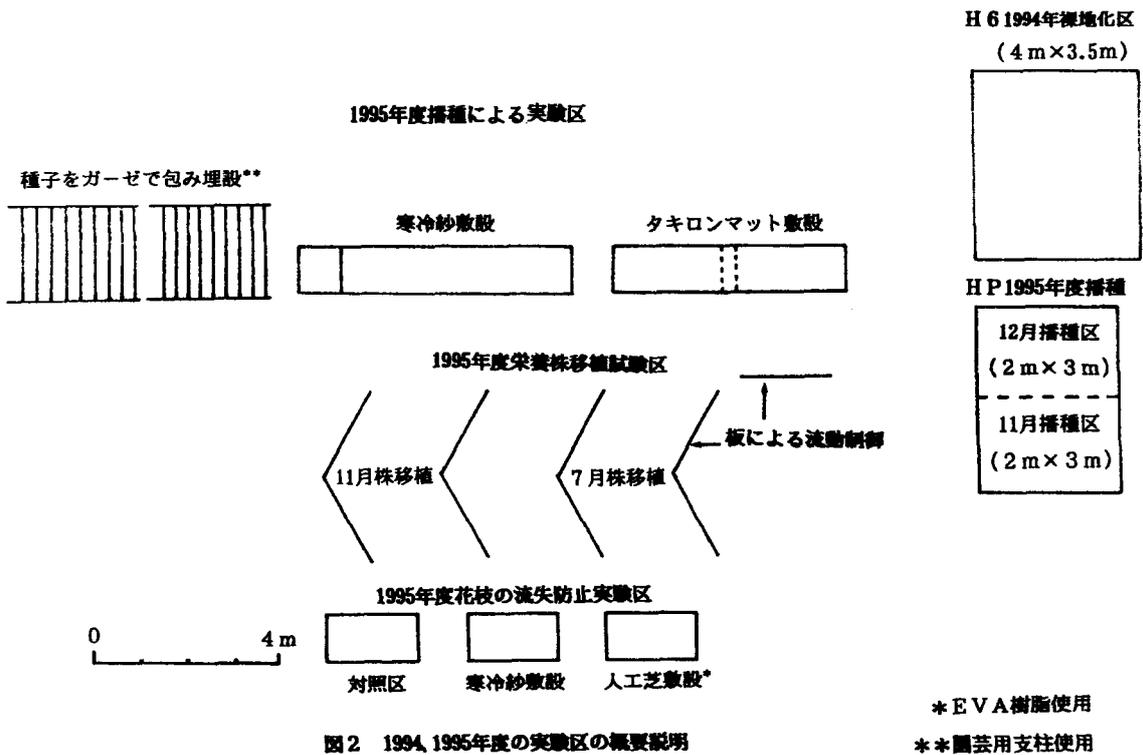


図2 1994、1995年度の実験区の概要説明

* EVA樹脂使用
 ** 圓蓋用支柱使用

播種方法は前年度に準じたが、今年度は次のA、B、Cとした。

A：ガーゼ包埋区の方法は前年度とほぼ同様であるが、ガーゼの長さを200cm、20区分とし、1区分には保存種子を5粒を包みこみ綿糸で縛ったものを1組とし、その17組を海底2m×5m内へ設置した。そして、厚さが2～3cmになるように砂泥を被せるとともに、綿糸の端を園芸用の支柱に縛り固定した。また、糸や支柱の流失防止のため直径3mm、約15m長のステンレスチェーンを重石として約3ヶ月間置いた（ガーゼ包埋区—その2とする、図2、4）。

B：1m×6mの海底面に農芸用寒冷紗（市販品、綿製）を敷き、約100ヶ所にほぼ均等になるようピベットを用いて保存種子を播いた。そして、寒冷紗上面には厚さが2～3cmとなるよう砂泥を被せた後、寒冷紗の数カ所を異形鉄筋で固定するとともに、敷設器材の流失防止のため直径3mm、約15m長のステンレスチェーンを重石として約3ヶ月間置いた（寒冷紗敷設区とする、図2）。

C：1m×5m内の海底面にタキロンマット（市販品、樹脂製）を敷き、約100ヶ所にほぼ均等になるようピベットを用いて保存種子を播いた。そして、マット上面に厚さが2～3cmとなるよう砂泥を被せた後、その数カ所を異形鉄筋で固定するとともに、敷設器材の流失防止のため直径3mm、約15m長のステンレスチェーンを重石として約3ヶ月間置いた（タキロンマット敷設区とする、図2）。

上記3区の造成規模は、ガーゼ包埋区が面積約10㎡、播種密度170粒/㎡、寒冷紗敷設区が面積約6㎡、播種密度200粒/㎡、タキロンマット敷設区が面積約5㎡、播種密度200粒/㎡である（表1）。

2) 裸地化による復元過程の追跡調査

①1993年度の裸地化区

既存のアマモ場内において1992年6月と12月及び1993年3月と時期を3回変えて4㎡（2m×2m）の裸地化区を設定した。いずれの裸地化区とも潜水作業によりその中に生育するアマモ葉体及び根茎部等を取り除いて整地した。（図1）

その後の復元過程はアマモの生育密度や生長を中心とした観察と回復度合いを経時的に調査した。

なお、裸地時点での天然群落のアマモ生息密度は6月裸地化区が152株/㎡、12月裸地化区が164株/㎡、3月裸地化区が270株/㎡であった。

②1994年度の裸地化区

裸地の方法は前年度とほぼ同様で、裸地化面積を14㎡（4m×3.5m）に拡大し、その復元過程を観察して前年度との復元速度等についての差異を比較した（図1、2）。

3) アマモ種子を有した花枝の流出防止法の検討

アマモ種子を有した花枝が潮流で現地に留まらず他海域へ流失するのを防止するため、以下の方法で2ヶ年にわたり検討した。

①1994年度の花枝流出防止試験

試験は1994年6月下旬に本試験海域で種子を有した花枝（種子は落下直前で、1株当たり種子数は52粒）を採集後、7～20株を1束としてガーゼに包み、その5～6束を野菜籠（塩ビ製一般台所用、29cm×39cm×14cm）に入れ、さらに砂泥を厚さ約3cmに覆った状態で4籠を海底へ設置した。そして、野菜籠が流失しないようにステンレス棒で固定した。

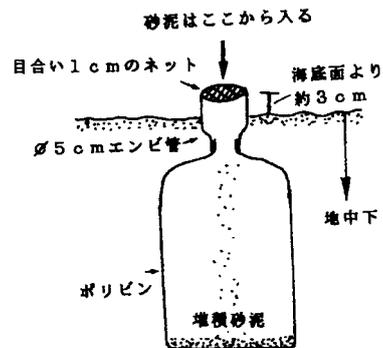
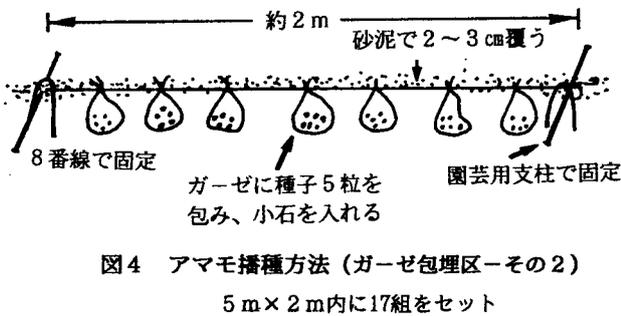
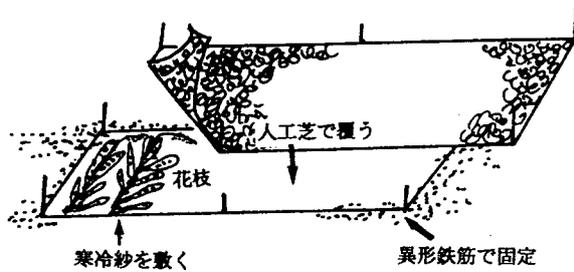
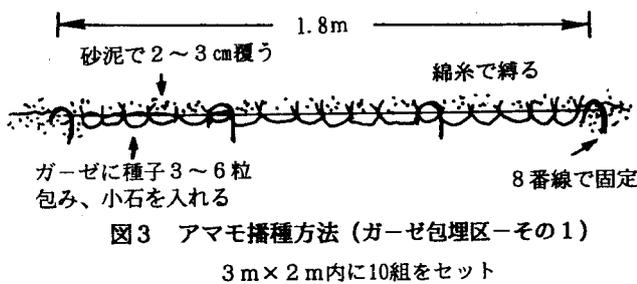
これらは約3～4ヶ月後に取り上げ種子発芽の有無を調べた。

②1995年度の花枝流出防止試験

1995年7月中旬に試験海域内で種子を有した花枝（既に種子は落下直前）を採集後、その20株を海底1m×2m内に適当に置き、その上面を人工芝（市販、EVH樹脂製）で覆った（対照区）。これに対して、寒冷紗を海底面にまず敷き、その上面へ花枝20株を並べて置き、さらに人工芝で覆った場合とタキロンマットで覆った場合（前者を寒冷紗敷設区、後者をタキロンマット敷設区）の試験区を設けた。3区とも敷設器材が流失しないよう数カ所を異形鉄筋で固定した。これら敷設器材は約3ヶ月後に取り除き、その後の状況を観察した（図5、表1）。

表1 1995年度の播種、栄養株移植及び花枝流出防止試験

項目、開始時	試験区	造成面積 (m ²)	密度	備考
播種 Nov. 13, '95	ガーゼ包埋区	2 m × 5 m = 10 m ²	170粒 / 1 m ²	6 / 12現地で採集後 水研で流水培養した 保存種子を供試
	寒冷紗区	1 m × 6 m = 6 m ²	200粒 / 1 m ²	
	タキロンマット区	1 m × 5 m = 5 m ²	200粒 / 1 m ²	
花枝流出防止 Jul. 10, '95	対照区	1 m × 2 m = 2 m ²	20株 / 1 m ²	7 / 10現地で花枝採集 花枝1本当り種子数 は平均124粒
	寒冷紗区	1 m × 2 m = 2 m ²	20株 / 1 m ²	
	タキロンマット区	1 m × 2 m = 2 m ²	20株 / 1 m ²	
栄養株移植 July 10, '95	低密度区	2 m × 2 m = 4 m ²	90株 / 4 m ²	7 / 10現地のアマモ株を 供試、平均全長 60.3 cm
	高密度区	2 m × 2 m = 4 m ²	160株 / 4 m ²	
Nov. 13, '95	低密度区	2 m × 2 m = 4 m ²	85株 / 4 m ²	11 / 13現地のアマモ株を 供試、平均全長 61.9 cm



4) アマモ栄養株の移植条件について

アマモ栄養株の移植条件を探るため、現場で採集し持ち帰った株を質の異なる細砂及び泥を用いて培養実験を行った。バット内にアマモ株を置き、高さを約2~6cmと条件を変えて覆土し、それを屋外培養水槽で流水により育成した。また、アマモ株のうち分枝を有する株と有しない株を移植した比較実験も行った。

一方、現地ではアマモ栄養株を採集し、1995年7月と11月に時期を変えて潜水により移植した。移植方法は5~10株を1束として根部をガーゼあるいは寒冷紗で包んだ状態で、あらかじめ海底に板をくの字型に設置し、底面流速を軽減させて漂砂を制御した約2m×2mの試験区へ移植した(図2)。なお、移植株数は7月では高密度と低密度で、11月では低密度とした(表1)。移植後は潜水観察し、ビデオ及び写真により記録した。

2. 生育阻害要因の排除法の検討

1) アマモ場内外及び播種地の漂砂の採集

1994年度はアマモ場の維持や造成の阻害要因と考えられる砂泥の動き(漂砂)を捉えるため、漂砂採集ビン(250cc容)をアマモ場内外及び播種区にセットし、経時的に採集し、その堆積量及び粒度組成を測定した(図6)。

1995年度はアマモ初期群落を形成する場合最も重要な時期、すなわち播種から種子発芽時及び幼体の定着時までの間、上述と同様の方法で砂泥堆積量を測定した。なお、漂砂採集ビンは500cc容とし、前年度に比べ容量を大きくして採集を試みた。

2) 流速軽減ブロックの設置による敷砂の動向及び播種試験

1993年12月中旬に設置した4基の流速軽減ブロック(水工研考案、2.5m×2.5m×0.5m、空中重量約2.5トン)を用い播種試験を実施し、その経過を調査した。各ブロックは1区画1m×1mの4区画からなり、各々の区画に粒径の異なる砂泥を敷き、その表面へアマモ保存種子(徳島、岡山産)を1994年11月下旬と12月上旬に1区画当たり500~2,000粒を蒔いた。また、波浪の影響を受けない漁港内で、鉄枠(0.5m×0.5m×0.15m、底面のみ金網付き、空中重量約20kg)を沈めて、その中に砂及び泥を敷いた後、前述の種子を蒔き、小規模の播種試験も実施した。

なお、播種後の発芽条件と生育環境との関連を把握するため流速軽減ブロックへ連続式の水温計と波高(水位)計を設置し、1995年3月以降2~3ヶ月毎に4回の記録を取った(水工研と共同調査)。

【調査の結果】

1. アマモ場造成技術の展開(開発)

1) アマモ保存種子の播種による造成

①1993年度の播種試験

1994年1月下旬に発芽個体数とその生長を調べるため、綿糸1組を回収したところ5個体が発芽し、すでに幼体となっていた。しかしながら、未発芽種子が多く、発芽率は極めて低かった。この後は冬季の時化が続いたが、約4ヶ月を経過した1994年4月下旬では試験区には砂泥が多量に堆積し、綿糸が埋没した状態で、発芽後成長したと考えられるアマモ個体は4m²内で10株が観察された。観察されたアマモ葉体長は5~12cmで一応の生長が見られ、発芽生残率は約4%であった。なお、埋没していた綿糸4組を取り上げて観察したところ、ガーゼが朽ちており、種子は皆無であった。

これ以後は海水温の上昇に伴いアオサ、シオミドロ等が急増して、それらに藻体が覆われ始め、梅雨が明けた後ではすでに消失していた。

②1994年度の播種試験

1995年2月上旬に発芽個体数とその生長を調べるため各試験区で1組を回収したところ、11月播種区(1組当り播種時66粒)では5個体が発芽、12月播種区(1組当り播種時132粒)では10個体が発芽し、すでに幼体となっていた。また、未発芽種子は前者では全く発見されなかったが、後者では35個体が発見された。この時点での発芽生残率は両区とも7.5%で播種時期による差がみられない(図7)。しか

しながら、発芽個体の平均葉体長は11月播種区では9.0 cm (最大11.1cm、4葉形成) 12月播種区では6.3cm (最大9.1 cm、3葉形成) となり播種時期で若干の生長差がみられた (図8)。

以後経時的に発芽個体の観察を実施し、その発芽生残率と平均葉体長をみた。約5ヶ月経過後の4月上旬には11月播種区では4.8%と11.0 cm、12月播種区では3.8%と8.9cm、約7ヶ月経過後の6月中旬には前者では4.7%と19.9 cm、後者では3.0%と18.7 cmとなり、両区間で発芽生残率にはやや差があるものの平均葉体長では差が僅かであった。この後両区ともアマモ葉体の生長が顕著になり、生育密度もほぼ同程度となりその差が僅かとなった。約9ヶ月経過後の8月下旬には両区を合わせてみた発芽個体の平均葉体長は17.0cmとなり、約11ヶ月経過後の11月中旬には発芽生残率5.7%と平均葉体長28.4cmとなった。そして、約14ヶ月経過後の1996年2月中旬にはアマモ葉体の分枝が活発となり株数の急激な増加がみられ、平均葉体長は21.7 cm となりやや低くなった。

なお、アマモ生育密度は、繁茂状態の良い所では1995年11月中旬が97個体/m²、1996年2月中旬が200個体/m²となり天然藻場のそれに近づいた (図8)。

③1995年度の播種試験

1995年11月中旬に播種し、約3ヶ月経過後の1996年2

月中旬では、敷設したタキロンマットが試験区から数m先に移動したり、寒冷紗が流失するとともに各々播種区内には厚さ15cm以上の砂泥が堆積していた。この状況は1月中旬～2月上旬にかけて冬季の激しい波浪の影響を強く受けたためと推察される。

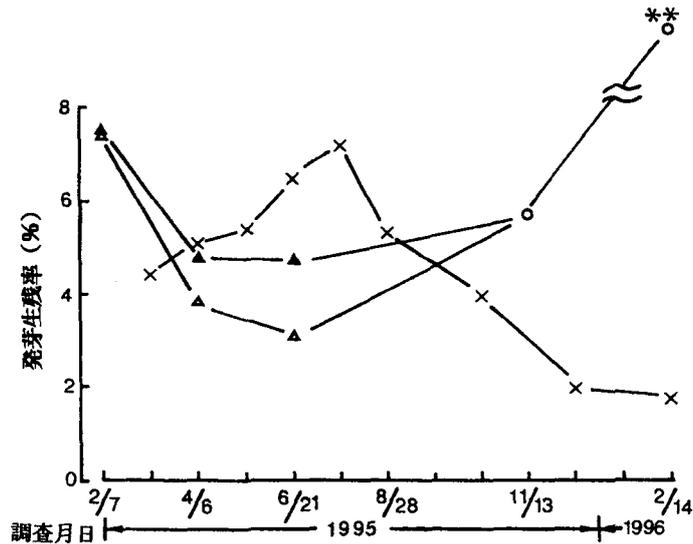


図7 播種後の発芽生残率 (1994年度)

○全播種区* ▲11月播種区 △12月播種区

*1994年11と12月播種の平均で示す

**11月以後分枝が進んだため10%以上とした

×印: 1986年度大分県国見町の播種結果⁷⁾で、播種時に鉄枠を沈設し、モジ網で覆う。

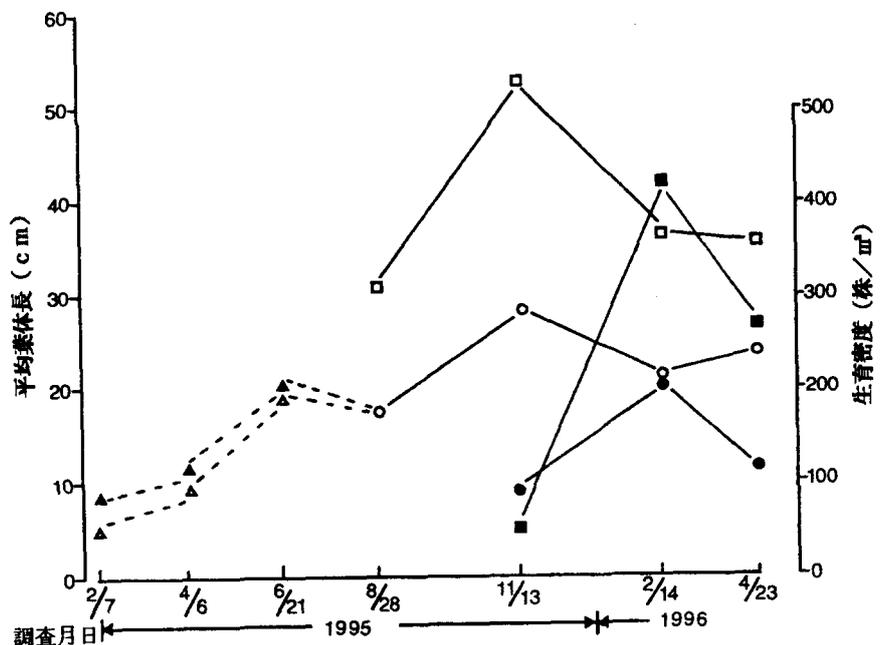


図8 播種後のアマモの生長と生育密度 (1994年度)

平均葉体長

□天然藻場 ○全播種区 ▲11月播種区 △12月播種区

生育密度

●全播種区 (8月以降は様相が類似したので両区をまとめた)

■天然藻場

また、砂泥の堆積により深く埋没したガーゼ内の種子は胚乳が外皮から飛び出したり、子葉の形成のみに止まる等生長が明らかに阻害されていた。

なお、タキロンマット敷設区では2月中旬に発芽個体が多数残存し、その発芽生残率は3.7%、平均葉体長は5.5cmであった。以後砂泥の堆積の影響が小さくなるとともに生残した発芽体は生長した。そして、4月下旬には32株/5㎡が生残し、葉体長は5~15cm(平均11.7cm)となった。

2) 裸地化による復元過程の追跡調査

①1993年度の裸地化区

復元過程を概略すると、6月裸地化区では1992年12月中旬に実生個体が15個体以上/4㎡観察され、その後生長して1993年4月下旬には幼体及び成体となった。この間には裸地化区外の周辺部に生育する草体から地下茎が匍匐して分枝個体を形成するとともに、それが裸地化区の中央部付近まで進入した。これらの現象はアマモが徐々に増殖していることを示すもので、3月以後顕著であった。そして、6月下旬以降(夏季)では実生個体及び分枝個体ともかなり生長したため両者の区別が困難となった。

目視及び写真撮影参考として求めた復元面積は、約12ヶ月を経過した1993年6月下旬で約50%、約16ヶ月を経過した10月下旬で約70%であった。そして、約21ヶ月を経過した1994年3月下旬にはほぼ100%となり完全に回復した(図9、10)。

12月裸地化区では1993年4月下旬に実生個体が12個体/4㎡観察され、8月下旬には20個体/4㎡観察された。この間分枝個体も若干進入して、6月裸地化区と同様に実生個体と分枝した個体との区別が困難となった。復元面積は約10ヶ月を経過した10月下旬で約20%、約15ヶ月後の1994年3月下旬で約70%、約21ヶ月を経過した9月下旬で約90%、約23ヶ月を経過した11月下旬にはほぼ100%となり完全に回復した(図9、10)。

3月裸地化区では1993年4月下旬に実生個体が7個体/4㎡観察されたものの、その後生長が良くなかったのか8月下旬、10月下旬ではアマモ成葉体が3~5個体/4㎡しか観察されなかった。そして、この間分枝した個体の裸地化区内への進入は極めて少なく、しかも周辺部付近で僅かに目視される程度であった。復元した面積は約12ヶ月を経過した1994年3月下旬で約30%、約18ヶ月後の9月下旬で約60%、約20ヶ月を経過した11月下旬で約95%、約21ヶ月を経過した12月上旬でほぼ100%となり完全に回復した(図9、10)。

なお、1994年12月上旬調査時のアマモ生育密度は、裸地化区周辺の天然群落の密生域が100個体/㎡であったのに対して6月裸地化区が80個体/㎡、12月裸地化区が80個体/㎡、3月裸地化区が110個体/㎡であった。いずれの裸地化区とも天然群落と比べても遜色無かった。また、アマモの平均葉体長と平均湿重量は、天然群落域では各々57.0cmと3.7gであったのに対して、6月裸地化区が49.3cmと4.0g、12月裸地化区が68.0cmと5.9g、3月裸地化区が56.9cmと5.4gであった。さらに、各裸地化区とも分枝を開始した成体や、胚軸が残存する新生の幼体も観察され、群落の再生産過程の一端が示された。

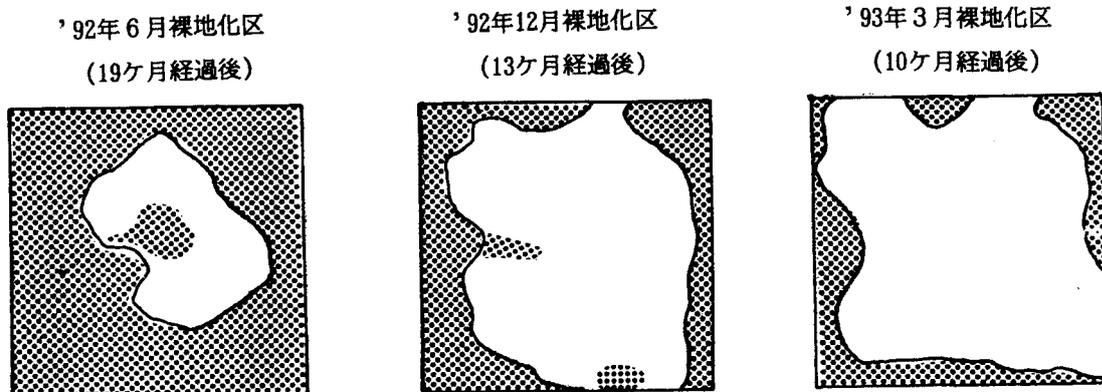


図9 1992年度裸地化後の復元状況の模式図

各裸地化区とも2m×2m、1994年1月調査時におけるアマモ回復状況を網目部分で示した。

②1994年度の裸地化区

1994年6月中旬に14㎡裸地化した
が、その復元過程を概略すると、約
10ヶ月を経過した1995年4月上旬で
約5%、約12ヶ月を経過した6月中
旬で約20%、約14ヶ月を経過した8
月下旬で約40%となって回復は緩や
かであるが進んだ(図11)。

この時の生育密度は94個体/㎡で、
平均葉体長は29.0cmであった。しか
しながら、約20ヶ月を経過した1996
年2月中旬では約20%となり回復度
が低下した。この時の状況は試験区
はもとより周辺部の天然藻場域でも
底面が掘り起こされ、藻体の根茎部
が剥き出になり、一部消失が見られ、
秋季～冬季にかけての時化により群
落内部が攪乱されていることを示し
た。そして、1993年度裸地化試験と
同様に中央部が周辺部に比べてやや
回復が遅く、特に裸地面積が広くな
るとその傾向が強くと表れていた。

今後の回復状況の推移に待たねば
ならないが、現況では1993年度に比
べると復元速度はかなり遅く、生育
密度やアマモの生長もやや悪い結果
となっていた。

3) アマモ種子を有した花枝の流失 防止法の検討

①1994年度の花枝流出防止試験

花枝を埋没した後約3ヶ月を経過
した1994年9月上旬の観察結果では、
波浪や流れの影響を強く受けたため
か、野菜籠内の砂泥が掘り起こされ
て種子を有する花枝が剥き出になり、
一部流出が見られた。同年12月上旬
には設置した4籠のうち2籠が流出
した。約8ヶ月経過後の1995年2月上
旬では最後まで残った1籠を回収した
ところ、発芽した実生1個体のみが観
察された。

②1995年度の花枝流出防止試験

花枝を埋没した後約4ヶ月を経過した1995年11月中旬には花枝の流失はみられなかったが、12月中旬には敷設した人工芝上面や試験区周辺部に砂泥が厚さ15cm以上堆積していた。なお、埋没下にある花枝を調べたところ、花穂部が黒化し、腐敗しており発芽の有無は確認できなかった。

4) アマモ栄養株の移植条件について

屋外水槽による培養実験では、砂泥の粒径や覆土量(厚さ)の違いで生長に差は生じなかったが、移植時の株の大小や、分枝しているか否か等で生長や生残にかなりの差が生じた。

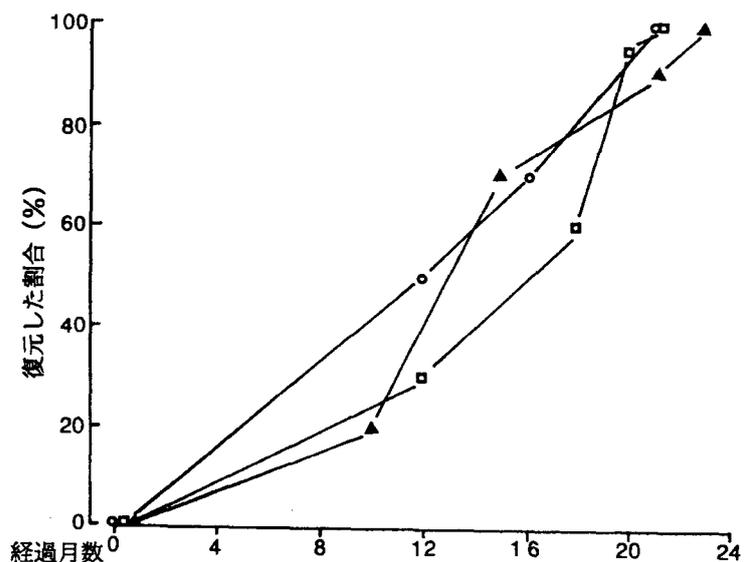


図10 裸地化後の復元状況

○' 92年6月裸地化区 *各区とも2m×2mを裸地化
▲' 92年12月裸地化区 したが、その時点をも0%とし
□' 93年3月裸地化 復元した面積の割合で求めた

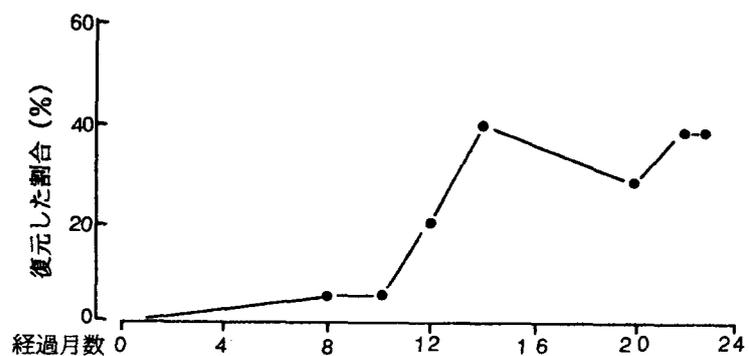


図11 裸地化後の復元状況

1994年6月25日に4m×3.5mを裸地化した
が、その時点をも0%とし、復元した面積の割合を求めた

現地の移植試験ではビデオ、写真記録でみると時期、密度の違いでも生長や生残にやや差が生じており、現時点では冬季後半～春季（2月～5月の間）移植が最適と判断された。

2. 生育障害要因の排除法の検討

1) アマモ場内外及び播種地の漂砂の採集

1994年度にセットした漂砂ピンの回収結果、その堆積量は冬季を除いた時期では1.5～2ヶ月間で50g以下であったが、秋季後半～冬季では砂泥は漂砂ピンの入口部まで堆積して350g（測定限界）以上を超えていた。特に、1995年1月後半以降が顕著であった。

1995年度にセットした漂砂ピンの回収結果でも、その堆積量は冬季を除いた時期では極めて少量であったが、秋季後半～冬季では砂泥の堆積が500g前後と多量で、やはり前年度と同様の傾向を示した。

2) 流速軽減ブロックの設置による敷砂の動向及び播種試験

本項の詳細な解析結果については、次年度水産工学研究所・漁場施設研究室が報告する予定。

【考 察】

アマモ保存種子の播種

1993、1994年度のガーゼ包埋法による播種は、従来の直播き法に比べて種子の流出を防止でき、発芽個体が容易に確認でき、かつ生残率も高かった。そして、人工芝やタキロンマットを敷設した播種では、それらの固定方法には多少問題があったものの、その後生残したアマモは順調に生長している。しかしながら、波浪や流れによる砂泥の堆積等の物理的な要因が播種後の群落形成を強く障害するので、特に、秋～冬季に如何にして底質を安定させるかが重要と考えられる。この観点から、1995年度に実施した寒冷紗やタキロンマット敷設は底質の安定化には効果を示したのでさらに改善を加えて検討する必要がある。

また、本方法は播種量が極めて少量にもかかわらず発芽生残率7%以上の数値が得られているので種子を大量に播くことや、生残率の推移に応じ追加播種して生残数を増加させることは可能で、造成する手法として十分活用できる。また、播種だけではなく、栄養株の移植等を複合的に組み合わせることで群落の早期形成も図られると考えられる。

裸地化による復元過程

1993年度の結果から、密生した天然アマモ群落において4㎡を裸地化した場合、50%が回復するには1年以上、100%回復するには約2年を要することが明らかになった。そして、復元速度は6月と3月裸地化区が12月裸地化区に比べてやや速かったが、経過時間に対する復元面積の推移ではその差も僅かであった。従って、既存のアマモ場でもアマモの密生する場所では部分的に損傷を受けても、その回復が比較的容易であるといえよう。さらに、群落復元の重要な要因は裸地化区周辺部からの栄養株の分枝による増加と実生個体の発芽加入によるが、前者が主要な役割を果たすことが明らかとなった。

しかし、1994年度の試験結果では、復元状況は約14ヶ月を経過後ではほぼ順調な回復傾向にあったが、秋季～冬季にかけては時化に遭遇したため砂泥の堆積はもとより、海底地盤の流出等も加わって群落維持すら困難な状態にあった。特に、地盤の流出に起因するアマモ根茎部の生理的障害（黒変化、破損）や固着力の低下は致命的といえ、さらには群落形成の要因の一つである実生個体の発芽時期とも重なったことから相当なダメージを受けたものと予想される。しかしながら、約2年を経過した1996年4月下旬（春季）、6月下旬（夏季）では復元面積は各々40%、50%となり緩やかであるが回復の兆しが見られた。これは、冬季の厳しい環境条件下で生残したアマモ栄養株からの分枝活動が盛んとなって個体密度の増加とともに復元面積の拡大につながったことを示すもので、今後の群落回復に期待が持てることをうかがわせる。

本年度の結果から、1993年度に裸地化した試験区に比べて裸地面積がいことや、波浪の影響を強く受けやすい場所を選定したこと等、アマモにとって増殖環境がやや不利な条件下で試験したとはいえ、復元速度や回復状況には顕著な差が示されたといえる。つまり、アマモ場が自然攪乱により損傷を受けた場合、それが小さな面積では比較的速く回復するが、大きな面積では回復が遅くなり、十分回復する前に次の攪乱を受けると回復がさらに遅れることが予想される。従って、広範囲に損傷した群落の回復を促

進するためには、天然藻場からの実生の加入やアマモ栄養株の分枝に期待するのではなく、播種や栄養株移植等の人為的手法の導入を検討することが必要となろう。

アマモ種子を有した花枝の流失防止法

今まで花枝を利用して藻場造成を試みた事例や、現地で花枝から種子形成に至る過程についての観察事例はない。2ケ年にわたる本試験結果では、花枝を埋没した後冬季の時化を経ると、波浪や流れの影響を強く受けたために野菜籠内の砂泥が掘り起こされたり、敷設物上面や周辺部に砂泥の堆積する等の物理的な要因で花枝が流失した。しかし、最後まで残った1籠に発芽した実生個体が観察されたことから、花枝はある程度条件を整えば種子を形成し、それが発芽することが判明した。現地における花枝の生産量は膨大であり、その量や発芽等に関する生物学的知見等を集積するこや、流動の緩和により花枝を防止する技術の早急な開発が必要と考えられる（試験は継続中）。

流速軽減ブロックの設置による敷砂の動向

1995年3月以降に流速軽減ブロック（水工研設置）にセットした連続式の水温計と水位（波高）計で中・長期に亘り記録している。アマモ場の生育環境条件との関連については次年度に水産工学研究所で解析を行う予定である。

【摘 要】

- ① アマモ保存種子の播種後の群落形成阻害要因としては、波浪や流れによる砂泥の堆積等の物理的な影響が強いことが判った。特に、秋～冬季にかけては群落形成初期と重なり、この時期の底質を如何にして安定させるかが重要と考えられるのでこの防止対策手法が必要である。
- ② 種子のガーゼ包埋法による播種を行ったが、発芽生残率は7%以上の数値が得られたので、本播種法の改善を今後進めれば造成手法として極めて有効であることが示唆された。
- ③ 密生した天然アマモ群落において4㎡を裸地化した場合、50%が回復するには1年以上、100%回復するには約2年を要することが明らかになった。また、6、12、3月と裸地化時期を変えた場合の復元速度は6月と3月裸地化区が12月裸地化区に比べてやや速かったが、復元面積の推移では差が僅かであった。
- ④ 裸地化した場所が波浪の影響を強く、砂泥が堆積したり、流出する等の自然攪乱の度合いによって、アマモ場の復元速度や回復状況に顕著な差が生じた。
- ⑤ 群落復元には裸地化区周辺部からのアマモ栄養株の分枝による増加と種子から発芽した実生個体の加入によるが、前者が主要な役割を果たすことが明らかとなった。
- ⑥ アマモ種子を有した花枝を野菜籠及び人工芝等の器材の敷設により流出防止法を検討したが、台風や波浪による影響で花枝自体を留めることが困難で、埋没下にある花枝から種子が形成されたのか否かについては明らかにはできなかった。
- ⑦ 培養試験及び現地でのアマモ株移植試験の結果から、栄養株は分枝している個体を用いること、それを3～5株にして根茎部をガーゼ等で束ねること、移植時期は冬季後半～春季とすること等移植に關しての好適条件が明らかになった。
- ⑧ アマモ場内外及び播種地の漂砂の堆積量は冬季を除いた時期では極めて少量であるが、秋季後半～冬季では砂泥の堆積が多量になった。この時期は通常アマモ初期群落の形成期（播種から発芽体の定着時までの間）と重なるので漂砂の堆積を如何に排除できるかがアマモ場造成のキポイントとなることが判った。

【今後の課題】

播種から発芽までの初期群落形成期での阻害要因として、波浪や流れ等の物理的要因による砂泥の堆積の影響が強いことが判ったので、この時期の底質をいかにして安定させるかがポイントである。従って、播種時にマットや人工芝等の敷設や、一時的な流速の軽減化や砂泥流出防止柵の設置等の工学的手法が効果的と考えられる。また、種子の大量播種及び追加播種（安定供給）や栄養株移植等の生物学的な手法を

複合的に組み合わせることも重要である。そして今後は造成面積を100 m²以上の中規模にすることと、全くアマモの生育していない海域での播種についても試みる必要がある。砂泥域におけるアマモ場の効果的な造成技術を駆使するとともに、アマモ場がもつ生態的な復元能力を組み合わせることにより維持・管理も可能となると考えられる。また、それに伴い藻場を利用する魚類稚仔を中心とした有用水産生物の成育場や産卵場や、或いは水域を浄化するという観点等の藻場の機能面についての解明も今後必要となろう。

【参考文献】

- 1) 幡手格一・小川和敏・国武和人, 1976: アマモの増殖の関する研究-IV, 播種と地下茎の移植による藻場造成について. 栽培技研, 5 (2), 17-22.
- 2) 高場 稔, 1985: アマモ種子の採集と時期別, 播種深度別発芽率. 広島水試研究報告, 15, 23-30.
- 3) 寺脇利信・飯塚貞二, 1985: 電源立地点の藻場造成技術の開発, アマモの生育に及ぼす移植条件の影響. 電力中央研究所研報, 2, 1-28.
- 4) 川崎保夫・山田貞夫・本多正樹, 1988: 電源立地点の藻場造成技術の開発, 播種によるアマモ場造成法. 電力中央研究所研報, 10, 1-21.
- 5) 藤村治夫・他3名, 1968: 昭和42年度藻場保護水面調査報告書. 山口県内海水試, 1-17.
- 6) 吉川浩二・有馬郷司, 1991: 顕花植物(アマモ及びトチカガミ類)の生態と群落造成条件の解明, 沿岸漁場整備開発事業に関する水産研究報告書. 水産庁開発課, 211-224.
- 7) 田染博章・長田泰洋・月館潤一・吉川浩二, 1988: アマモ類の生態・並びに環境条件の解明と漁場造成手法の開発. 大規模砂泥開発事業(豊前海域)昭和62年度調査報告書, 167-180.