

# アマモの安定種苗生産とその移植による 群落形成

A NEW TECHNOLOGY OF SEEDLING PRODUCTION FOR SPEEDY  
RESTORATION OF EELGRASS (*Zostera marina*) BED

越川義功<sup>1</sup>・山木克則<sup>2</sup>・林文慶<sup>3</sup>・中村華子<sup>4</sup>・田中昌宏<sup>5</sup>・小河久朗<sup>6</sup>  
Yoshinori KOSHIKAWA<sup>\*1</sup>, Katsunori YAMAKI<sup>\*2</sup>, Boon Keng Lim<sup>\*3</sup>, Hanako NAKAMURA<sup>\*4</sup>  
Masahiro TANAKA<sup>\*5</sup> and Hisao OGAWA<sup>\*6</sup>

<sup>1</sup>正会員 水博 鹿島技術研究所 主任研究員 (〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2400)

<sup>2</sup>正会員 工修 鹿島技術研究所 主任研究員 (〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2400)

<sup>3</sup>正会員 学博 鹿島技術研究所 主任研究員 (〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2400)

<sup>4</sup> 鹿島技術研究所 研究員 (〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2400)

<sup>5</sup>正会員 工博 鹿島技術研究所 上席研究員 (〒182-0036 東京都調布市飛田給二丁目19-1)

<sup>6</sup>理博 北里大学水産学部 教授 (〒160-0400 岩手県大船渡市三陸町越喜来字烏頭)

A new procedure for collecting seeds of eelgrass (*Zostera marina*) was developed to minimize the damage to an original eelgrass bed. An appropriate treatment by fresh water to control the sprouting time was introduced in the seedling production, which not only improves the germination rate but also reduces the total time for seedling production. These procedures were tested in a field. Sixty shoots of *Z. marina* raised in tank were transplanted to sea area and increased to 1700 shoots in 18 months. This newly developed technique will be of enormous help in the speedy restoration of eelgrass bed while preserving the genetic diversity of *Z. marina*.

**Key Words:** Eelgrass bed, *Zostera marina*, spadix, freshwater treatment, genetic diversity

## 1. はじめに

これまでに著者らは本格的な沿岸湿地帯の再生を実現するため、“ヨシ原”，“干潟”，“藻場”におけるそれぞれの場の代表生物としてヨシ，カニ，アサリ，ゴカイ，アマモを選び，それらの生物生息地の環境評価モデル（HSIモデル）を構築してきた<sup>1～5</sup>．近年，“干潟”とともに“藻場”の価値が見直され，“藻場の再生”と称してアマモなどの海草類で構成される“アマモ場”の再生が水産系研究機関，NPOを中心に全国各地での実施されている<sup>6～10</sup>．

現在，行われているアマモ場の再生技術は，天然で生育しているアマモ群落から採集した株を移植する“株移植”，種子の散布や基盤への固定などの“播種”の二つに区分される．しかし，再生に使用する“株”や“種子”は，海域に自生しているアマモ群落からこれらを調達しているのが実態である．

これは，再生の名のもとにアマモ場の一部を損傷しており，これらが無秩序に採集することは逆に環境破壊につながるおそれがある．

このような現状において，環境省は増加するアマモ場再生に対してガイドラインを作成し，周辺環境に著しい影響を及ぼさないこと，移植や播種を実施する場合には同一海域の草体，種子を用いアマモ個体群に遺伝的な攪乱を起こさないことを呼びかけている<sup>11</sup>．また，近年では日本各地のアマモ遺伝子の解析が実施され，地域固有の遺伝系群が明らかになり<sup>12</sup>，環境省のガイドライン設定がより説得性を持ち，藻場再生と遺伝的多様性保護の両立が重要視されはじめています．

今後，アマモ場の再生にあたっては，対象となる海域において従来どおりの手法で必要量の“株”や“種子”を確保できる大きなアマモ場が存在する保証はない．むしろ，従来技術よりもアマモ場群落へのダメージを少なくし，最大の効果が得られるアマ

モ場再生技術が求められる。

この問題を解決するためには、アマモ種苗生産の安定化とその移植によるアマモ場造成技術を開発することが急務である。しかし、アマモ種子の低発芽率や生長に要する長い時間は移植用種苗の栽培における制限要因となっており<sup>13,14)</sup>、これを解決することが大きな課題でもあった。

そこで、本研究では貴重なアマモ場を保全しながら効率的に再生することを目的とし、既存のアマモ場の攪乱を最小限にする種子採集、貴重な種子を無駄にしない確度の高い安定種苗生産技術を確立し、さらにはこの技術を元にして生産したアマモ種苗の移植による群落形成が確認されたので報告する。

## 2. 花枝の形成形態を応用した種子採集

### (1) 材料および方法

アマモ場を安定的に形成するのは多年生のアマモであり、無性生殖で繁殖したアマモが年間を通して消滅せずに存在する。その繁殖過程は栄養株から地下茎へ生長、分岐して株数を増やす無性生殖と、春から初夏にかけて花穂を複数有する花枝が出現し、この花穂から海中に放出された種子が発芽、生長して栄養株となる有性生殖の2つに分けられる(図-1)。

従来行われている播種や種苗移植では、有性生殖の過程で形成された花枝から種子を採集することが出発点になっている。アマモの花枝は初春から群落に出現し始め、徐々に群落内での割合を増やすとともに、花枝自体も成長しながら新たな花穂を次々と形成していく。そのため、花枝自体が枯死するまで、種子が結実する花穂も無限に形成されることになる。また、同一の花枝内でも花穂の成熟状態は異なり、先端部に位置する花穂ほど新しく未熟なものが多い。そのため、群落からの花枝採集は、アマモ場にとって次々と供給するはずの種子が間引かれる

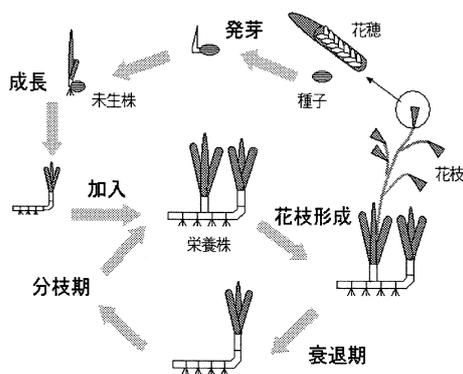


図-1 アマモの生活史

ことになり、結果的に生殖ポテンシャルの低下に繋がる恐れがある。

そこで、最小限の花枝数で必要量の種子のみを採集するとともに、種子採集における労力軽減や省スペース化のために、種子を内包した花穂を培養することによる種子の採集方法を検討した。

実験は2004年5月に神奈川県葉山町の天然アマモ場から採集したアマモ花枝を使用した。アマモ花枝は付着生物による種子の食害を防止するために淡水に1時間浸漬し、2つに分別した。一方は花枝から花穂を切離し、ろ過海水に収容、花穂の培養を開始した(分離培養)。もう一方は従来どおり花枝ごとろ過海水で満たした水槽につけ、培養を開始した(通常培養)(図-2)。培養開始後は一週間ごとに水槽底部に落下した種子を採集し、計数をした後、粒状活性炭と滅菌海水を注入した20mlバイアル瓶に入れて発芽試験に供するまで室温(20℃)で保存した。保存した種子は採集から3ヵ月後に12穴ウェルプレートでの淡水浸漬による発芽試験に供試し、淡水を満たしたウェル内の種子の種皮が裂開した状態を発芽と定義し、両試験区の発芽率を算出した。

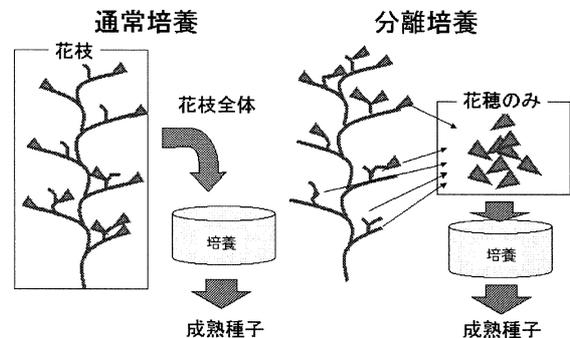


図-2 花穂の培養による種子採集方法

### (2) 結果および考察

図-3に分離培養および通常培養した花穂の成熟ステージVへの成熟到達割合を示した。なお、成熟ステージVとは花穂内部に形成された成熟した種子が外へ落下する状態のことである。いずれの培養方法でも時間経過によって花穂内部の種子成熟は進行し、成熟種子が花穂から落下した。また、最終的に得られた種子数には培養方法による有意差は認められなかった。図-4に分離培養および通常培養から得られた種子の累積発芽率を示した。両試験区の発芽率(17日後)は分離培養では64%、通常培養では71%となり、通常培養の方がやや高い値が得られたが顕著な差はなかった。

これらの結果から、分離培養でも従来行われている通常培養と同様に花穂内部の種子は成熟し、発芽能力を十分に有する種子を得られることが分かった。むしろ、花穂の成熟のみに着目すれば、花穂の成熟

率は分離培養のほうが高く、成熟した種子を数多く採集できる可能性がある。また、分離自体が大きな労力となるのであれば、アマモ場周辺の海面に浮いている成熟した花穂のみを収集し培養することで良質な種子が得られるとも考えられる。さらに、アマモ花枝は先端がある限り生長しつづける無限花序であるので、花枝を残すことがアマモ場の種子供給機能の保全を図ることにもつながるであろう。

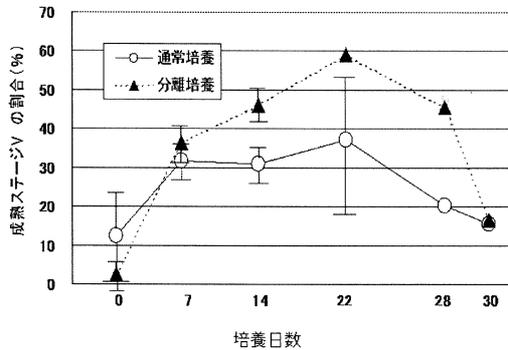


図-3 培養条件による花穂成熟度の経時変化

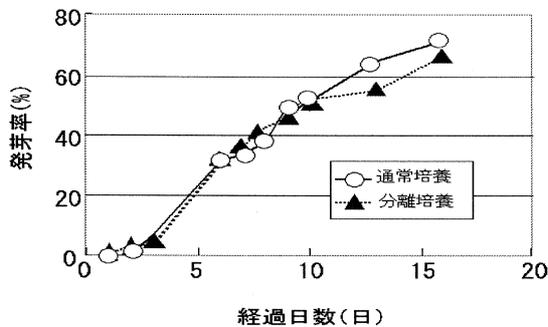


図-4 花穂の培養条件による落下種子の累積発芽率

### 3. 発芽制御による短期種苗生産技術

#### (1) 材料および方法

アマモの種苗生産技術では、発芽率の安定化、発芽時期の制御などが課題である。著者らは発芽率の安定のために、淡水浸漬による発芽誘引処理を開発し、プレート試験によってその効果を確認した<sup>15)</sup>。しかし、これを本格的な種苗生産手法として確立するためには、種子を苗床となる基質に播種し、プレート試験での結果と同様に発芽誘引が機能しているかについて確認を行う必要がある。また、種苗生産の計画立案に必要となる所要日数や成苗率を決定するためには、成長、歩留まりなどのデータの蓄積も重要となる。そこで、本試験では海域から採集したアマモ種子を用いて有効な淡水処理時間を求めるための発芽試験を実施するとともに、淡水浸漬による

発芽誘引処理を使用した種苗生産の短期化実験を行った。

実験に使用したアマモ種子は2004年7月に神奈川県葉山町真名瀬漁港のアマモ場群落から花枝を採集し、これを実験室で培養し花穂から落下したもので、使用時までインキュベータ内(設定温度20℃)で保存した。

発芽処理に最適な淡水処理時間を把握するために、培養土(川砂(中央粒径0.33mm)にバーク堆肥を容積比30%で混合調製)を充填した園芸用ポット(直径50mm)内にアマモ種子20粒を播種し、これを水道水で満たした水槽で所定時間、淡水浸漬処理を行うことで実験を行った。淡水処理は1, 3, 6, 15日間の4条件に淡水浸漬しない対照区を加えた合計5条件である。所定時間の淡水浸漬後は10℃, 22psu, 照度5000lxの水槽に移動した後、逐次、播種したポット土壌からの上胚軸、子葉の出現数を確認し、出現率を算出した。

淡水浸漬処理による種苗生産期間の短縮効果を実証するために、種苗生産試験を実施した。実験はアマモ種子200粒づつを培養土に播種した平型コンテナ3基を水道水で満たした水槽で淡水浸漬処理(水温20℃, 0psu)を行い、その後は10℃, 22psuに調整した水槽に移動した。その後、上胚軸および子葉の出現を確認し、子葉出現が完了した段階で水温20℃にまで上昇させ、子葉の成長を促した。播種後は水温、塩分の計測を毎日実施し、上胚軸および子葉の出現数は2~3日おきに計数した。なお、子葉の出現後は、1週間ごとにすべての子葉の葉長について計測を行った。

#### (2) 結果および考察

図-5に播種後の淡水浸漬時間による上胚軸出現率の経時変化の比較を示した。淡水浸漬時間が1日および3日間の場合、出現率も45~55%であり、対照区よりも20%以上高く上胚軸の出現も早かった。これに対して、淡水浸漬時間が6日間では対照区とほぼ同じ25%、15日間では胚軸の出現率が5%で対照区よりも低くなった。

アマモの発芽初期段階は、地上部への上胚軸出現の後、子葉が形成され、これが光合成を行うことで急速に成長する。つまり、種苗生産の期間短縮では上胚軸出現をいかに早く完了させるかがポイントである。本研究で実施した淡水浸漬処理では処理時間が1~3日で、上胚軸の出現は28日目に完了したのに対し、対照区では50日を要している。本手法における50日目はアマモの子葉長が約100mmに達しており、本手法での生産期間の短縮が実証された。また、上胚軸出現率も高く倍以上であることから、淡水浸漬処理を適用した種苗生産方法は従来方法よりも生産期間が早く、しかも倍以上の種苗が生産されることになる。しかし、過剰な淡水浸漬は種子の発芽後の

成長に影響を及ぼすことも示している。発芽種子は淡水のみで培養した場合、2週間後には腐敗するとされ<sup>15)</sup>、6日以上淡水浸漬は土壌中において発芽種子の発生停止、種子の腐敗を招くので避けなければいけない。

図-6に本手法を用いた種苗生産の結果を示した。播種後に上胚軸は7日後に出現し始め、これにあわせて子葉も順調に出現した。最終的に子葉の出現率は70%だった。子葉の成長は播種後24日目まで平均29mmとなり、その後播種後32日目まで55mmに達し、種苗の目安となる50mmを突破した。

アマモ種苗生産における水槽実験での発芽率（ここでは土壌からの上胚軸出現と定義）は30日目まで約40%<sup>14)</sup>、播種シートを用いた室内での発芽試験では播種後10週目で30%<sup>16)</sup>、また屋外の大型水槽での種苗生産では発芽率が1%以下<sup>13)</sup>と報告されている。これを本手法の結果と比較すると、発芽率（70%）は1.75倍、生長（32日目、55mm）は子葉長で約15mmも上回っている。これらの結果から、本手法の淡水浸漬処理は発芽期間の短縮、発芽率の向上等をもたらし、アマモ種苗の安定生産に十分寄与することを示している。

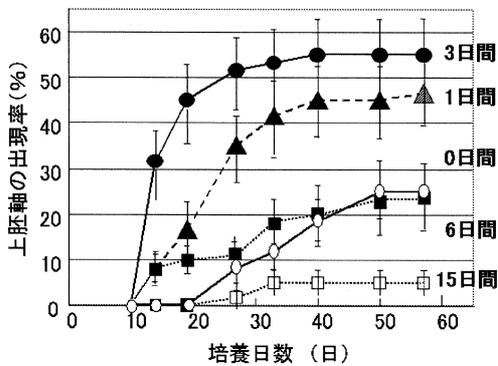


図-5 淡水浸漬時間による上胚軸出現率の違い

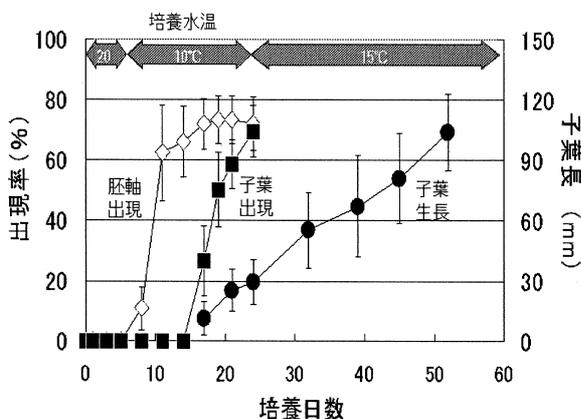


図-6 発芽誘引処理による種苗生産における上胚軸、子葉出現率と草体の生長

#### 4. 種苗移植によるアマモ場再生事例

##### (1) 材料および方法

本研究で開発した手法によって生産したアマモ種苗の移植地点を相模湾沿岸に位置する神奈川県葉山町真名瀬漁港内に選定した（図-7）。選定した移植地点は西向きに開口した漁港内にあり、西風による波浪以外は影響を受けにくい。港内奥部の砂泥質の砂浜には干潮線下に小規模なアマモ場が2ヶ所で形成されている。葉山町の海岸では10年程前までは広大なアマモ場が存在していたが、現在はこのアマモ場のみが確認されており永続的な維持が望まれている。

移植実験は2004年3月より開始した。種苗移植による群落形成効果を把握するために、既存の群落繁茂による草体の本数増加など直接影響を受けない群落縁辺部よりも離れた場所を選定した。移植に使用した種苗は前出の方法で栽培したもので、平均草丈110mmとなったものを使用した。移植は培養土ごと生分解性ポットに入れた60本をスクーバ潜水により現地海底（水深3m（干潮時））へ植付けることを行った。

移植後のアマモの群落形成を確認するために、追跡調査をアマモの繁茂が活発な4月から10月は毎月、11月から3月は2～3ヶ月おきにスクーバ潜水によって実施した。調査項目はアマモの本数、草丈とし、本数は移植地点における総数を計数すると同時に、草丈は無作為に抽出した20～30本の長さを計測した。また、移植地点における群落形成の状態を天然アマモ場と比較するために、近接した既存群落を観測地点として、500×500mmの枠内に生育する本数を計数

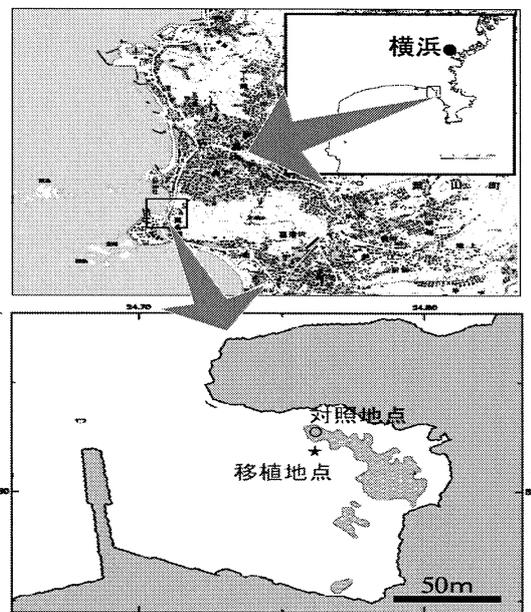


図-7 アマモ場再生実験地点

するとともに、その中の20~30本の草丈を測定した。

## (2) 結果および考察

既存のアマモ群落では、密度は最小100本/m<sup>2</sup>から最大220本/m<sup>2</sup>で推移した。また、平均草丈は400mmから780mmで変動し、花枝が形成される3月から5月には大きく増加した(図-8)。これに対して、移植したアマモは移植当初の2004年3月には本数、平均草丈はそれぞれ60本、110mmであったが、移植5ヵ月後の2004年8月には本数は77本、平均草丈は242mmとなった。さらに2005年3月以降は本数が一気に増加し、移植16ヵ月後の2005年7月には本数が約1700本を超え、平均草丈は1000mmまで増加し、新たなアマモの群落形成に至った(図-9)。また、移植実験地点では2005年3月には花枝が出現し、花穂内部での種子形成も確認された。これは群落が地下茎による繁殖(無性生殖)に加えて、自立的な繁殖能力を確保し再生産(有性生殖)できることを示唆している。

今回の調査地点における天然アマモ場の草体密度は最低でも100本/m<sup>2</sup>と非常に高い。これは安定した群落を形成している浜名湖のそれと同様の数値である<sup>17)</sup>。今回、移植によって形成されたアマモ場の面積はおよそ5m<sup>2</sup>程度で、草体密度は2年目以降100~340本/m<sup>2</sup>であり、健全な群落とほぼ同等の密度に到達している。

実験を行った地点では1990年代後半よりアマモ群落の拡大が確認された。その要因として、1990年代前半に行われた漁港改良工事が挙げられる。これは図-7に左側に示した堤防長が2倍に延長されたもので、同様に防波堤造成による静穏度向上でのアマモ場形成は瀬戸内海下蒲刈島でも見られる<sup>18)</sup>。

既往の研究での移植実験による移植本数に対する移植後の草体本数の最高倍率は1.4~6.4倍<sup>13, 19, 20)</sup>であるが、本研究での得られた最高倍率は28.3倍と格段に多い。特に2年目以降の繁殖が際立ち、移植アマモによって形成された群落では2005年3月からの2ヶ月で草体本数が6倍増になった。これは自然海域における栄養株の伸長、分枝を詳細に観察した柳井湾での事例(4月からの3ヶ月間で3倍)を大きく上回っており<sup>21)</sup>、アマモの分布制限要因緩和後の種苗導入によって群落の形成が効果的に行われた結果といえるだろう。

このように従来工法よりも再生スピードが早いことが種苗移植によるアマモ場造成のメリットである。本研究での事例は、アマモ場の再生ポテンシャルが高いと思われる地点、例えば一時的な攪乱で群落が消滅しても再び制限要因が緩和されたような地点では、アマモ場の再生が非常に効率よく行われることを示している。また、移植されたアマモ種苗が生長し早期に花枝を形成することは、群落自体が種子の供給源ともなり、今後のアマモ群落のさらなる安定、拡大につながると考えられる。

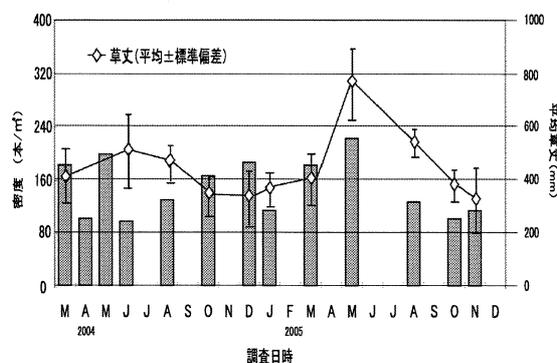


図-8 既存群落におけるアマモの成長と平均草丈の増加

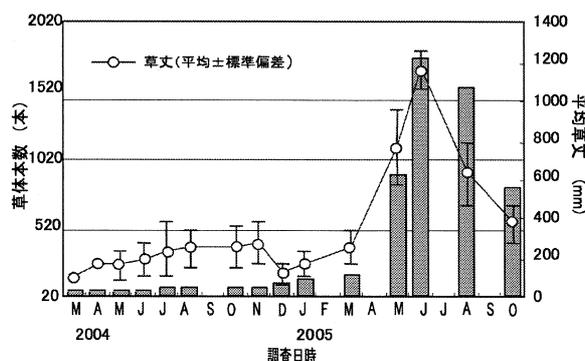


図-9 移植アマモの成長と主枝増加による群落の形成状況

## 5. 考察

これまでのアマモ場再生事業において採用された工法は、粘土等を用いた栄養株移植、生分解性シートを用いた播種による方法が主なものである<sup>22)</sup>。しかし、これらの工法にはそれぞれ問題が存在している。具体的には、天然アマモ場からの株移植による方法は定着の確実性は高いが、これを大量移植しなければならない大規模増殖事業には適さない。さらに、遺伝子多様性保護の観点からもその技術の妥当性が低くなりつつある。また、播種による方法は比較的安価でできるメリットは有するものの、その発芽率の低さから数百万粒単位の種子が必要になるなど問題が多い。特に、播種シートを用いたアマモ場造成では、発芽後の株数は一時的に増加する場合はあるものの、翌年には減少することが多く、継続的に維持するのは難しいのが現状である<sup>23, 24, 25)</sup>。

そのような背景にもかかわらず“株移植”や“播種”が採用されてきたのは、アマモの移植種苗を安定的に供給するシステムが確立されていなかったためと考えられる。しかし、本研究によるアマモ種子の発芽率向上や発芽期間短縮が種苗生産の安定システム化を推進し、種苗の移植によって効果的な群落の形成が可能であることを実証した。今回の海域に移植

した種苗は僅か60本であるが、これを生産するのに必要なアマモ種子数は成苗率を低めに“50%”と見積もっても僅かに120粒である。本手法が集約的な種子採集から種苗生産方法までの一貫したシステム化に進展すれば、大規模なアマモ場造成事業にも十分耐えうる。今後、これにあわせて海域への種苗移植工法の開発などを行うことで、本手法は新たなアマモ場再生工法として十分に成立する。

## 6. 結論

本研究における主な結論を示す。

- ① 淡水処理によるアマモ種子の早期発芽効果を活用した結果、アマモ種苗生産の期間短縮、種子の成苗率向上を成し遂げた。
- ② 種苗移植によるアマモ場再生の結果、地下茎の分岐による栄養株の増加、定着が確認され、アマモ場のスピード再生を実現した。
- ③ 種苗移植は種苗の歩留まりが高く、潜在的なアマモ場増殖ポテンシャルを掘り起こすことによって、アマモ場の再生能力を十分に発揮することになる。

## 参考文献

- 1) 田中昌宏, 林文慶, 新保裕美, 上野成三, 高山百合子, 勝井秀博: 沿岸自然再生の計画・設計を支援する環境評価手法に関する一考察, 土木学会論文集, No. 725, VII-28, 2003.
- 2) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷 毅, 越川義功: アサリを対象とした生物生息地適性評価, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1111-1115, 2000.
- 3) 新保裕美, 田中昌宏, 池谷 毅, 林 文慶: 干潟における生物生息地環境の定量評価に関する研究—多毛類を対象として—, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 1321-1325, 2001.
- 4) 林 文慶, 高山百合子, 田中昌宏, 上野成三, 新保裕美, 織田幸伸, 池谷 毅, 勝井秀博: 沿岸域における複数生物の生息地環境評価—生態系連続性の配慮に向けて—, 水工学論文集, 第46巻, pp. 1193-1198, 2002.
- 5) 越川義功, 田中昌宏, 林文慶, 上野成三, 高山百合子, 勝井秀博: 水鳥の生活行動パターンからみた沿岸湿地帯における微地形の重要性, 水工学論文集, 48, 1315-1320, 2004.
- 6) 團昭紀, 和泉安洋, 森啓介, 広沢晃, 寺脇利信: 底質安定化マットの播種によるアマモ繁殖, 水産工学, 35, pp. 37-42, 1998.
- 7) 工藤孝浩: ボトムアップ型の環境回復とその課題—市民・漁業者の立場から—, 月刊海洋, 35 (7), pp. 448-495, 2003.
- 8) 春日井康夫, 久本忠則, 中山康二, 松本英雄: 広島県尾道糸崎港における干潟再生事業, 海洋開発論文集, 19, pp. 107-112, 2003.
- 9) 大本茂之, 鳥井正也, 三浦俊一, 真鍋康司, 西村和雄: 岡山県日生町地先の人工アマモ場の拡大, 水産工学, 42, pp. 75-78, 2005.
- 10) 寺脇利信, 島谷学, 森口朗彦: 瀬戸内海におけるアマモ場造成の実践事例, 水産工学, 42, pp. 151-157, 2005.
- 11) 環境庁: 藻場の復元に関する配慮事項, pp. 1-100, 2004.
- 12) 加藤由実子, 颯田葉子: *phyA* 遺伝子の塩基配列に基づくアマモの集団遺伝学的解析—日本沿岸域の海草の多様性と起源に関する考察, 海洋と生物, 26, pp. 322-329, 2004.
- 13) 工藤孝浩: 2 市民との協働 (アマモ), 平成16年度日本水産工学会秋季シンポジウム「藻場造成・実践と課題」講演論文集, pp. 6-11, 2004.
- 14) 川崎保夫, 飯塚貞二, 後藤弘, 寺脇利信: アマモ場造成法に関する研究, 電中研報告, U 1 4, pp. 1-231, 1988.
- 15) 山木克則, 小河久朗, 難波信由, 林文慶, 越川義功, 田中昌宏: アマモ場造成に向けた新しい種苗生産技術, 月刊海洋, 413, pp. 846-850, 2004.
- 16) 芳田利春, 熊川四郎, 森鍾一, 田中裕作, 寺田美香里, 榎木亨: 播種シートによるアマモ場造成に関する研究 (その2), 土木学会第54回年次学術講演会, pp. 246-247, 1999.
- 17) 鷺山裕史, 吉川康夫, 永谷隆行, 石渡達也: 浜名湖におけるアマモ場の季節変化, 静岡県水産試験場研究報告, 39, pp. 7-14, 2004.
- 18) 平岡喜代典, 杉本憲司, 玉置 仁, 寺脇利信, 岡田光正: 防波堤建設による環境変化と移植アマモ場の拡大, 水環境学会誌, 26, pp. 849-854, 2003.
- 19) 川端豊喜, 長谷川恒孝, 富田伸明: 柳井湾におけるアマモの生長様式とアマモ場造成試験, 沿岸海洋研究ノート, 27, pp. 146-156, 1990.
- 20) 平岡喜代典, 高橋和徳, 中原敏雄, 寺脇利信, 岡田光正: 移植実験におけるアマモの生育制限要因の検討, 環境科学会誌, 13, pp. 391-396, 2000.
- 21) 川端豊喜, 茅田弘荘, 乾秀政, 平山和次: 柳井湾における春期から夏期のアマモ *Zostera marina* の成長様式, 日本水産学会誌, 59, 445-453, 1993.
- 22) 川崎保夫: 海草群落 (アマモ場) の機能と修復・創生, 海洋と生物, 145, pp. 85-91, 2003.
- 23) 金澤剛, 森鍾一: 現地アマモ場造成試験と適地評価に関する研究, 海岸工学論文集, 50, pp. 1266-1270, 2003.
- 24) 桐山隆哉, 森洋治, 藤井昭彦: アマモ場増殖技術開発事業, 長崎県総合水産試験場報告, pp. 90-96, 2000.
- 25) 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年間のアマモの成長と成熟, 水産工学, 40, pp. 139-143, 2000.