海岸工学論文集，第52巻（2005）
土木学会，1216-1220

播種・株植が不要なアマモ移植方法における移植マットの改良とアマモ定着効果

高山百合子*・上野成三**・湯浅城之***・前川行幸****

従来型のアマモ移植方法は，多大な潜水作業を要すること，天然アマモ場にダメージを与えることなどの問題があるのに対して，これらの問題点を解決した新しいアマモ移植方法を開発し，3年にわたる現地実験により，アマモ定着効果を検討してきた．今回，アマモ移植の大規模化に際して，従来のマットを改良し，海底に密着してアマモ定着効果の高い新たなマットを開発した．このマットを用いた現地実験を行い，マットを大規模化したにも関わらず，従来のマットと同等のアマモ定着効果を確認できた．また，本移植法は，天然アマモ場に対して40～100%の定着率でアマモ移植が実施可能な技術であることが実証できた．

1. はじめに

従来型のアマモの移植として，アマモ種子を採取し移植地に播く方法（播種法），アマモ株を採取し移植する方法（株植法）が主として用いられている（Phillips, 1980；港湾空間高度化センター，1998；Fonseca ら，1998；前川，2002）のに対して，著者らは，潜水作業が少なく，かつ，天然のアマモ場にダメージを与えない新しい移植法として，播種・株植が不要なアマモ移植法を開発している（上野ら，2003；高山ら，2004）．本移植法の概念図を図-1に示す．本移植法は，まず，天然のアマモ場に移植マットを設置し，その上に落下した種子が自然発芽・生長することによりアマモが定着したマットを形成させ，次に，このマットを移植地に移設しアマモ移植を完了するものである．

本移植法については，3年間にわたる実海域実験を行い，移植マットの設置・移設時期の最適条件やアマモの生長効果を明らかにしている．本移植法の残された課題は，大規模なアマモ移植に際して，作業効率とアマモ定着効果を両立させた移植法を確立することである．そこで，本研究では，従来のマットを大規模化し，それにともなうマット構造の改良を加え，水中での設置・移設が容易で，かつ，海底に密着してアマモの定着効果が高い新たな移植マットを開発した．さらに，本移植マットによるアマモ定着効果を調べる現地実験を実施し，過去2年間の現地実験結果と比較検証した．

2. 本移植マットの特徴

本移植マットは，本移植法によるアマモ移植を大規模に実施可能にするために，マット規模の拡大を行い，さらに，規模拡大にともなうマット構造上の問題点を解決するための改良を行った．本移植法における移植マットの最も重要な課題は，いかに海底と密着して設置できる

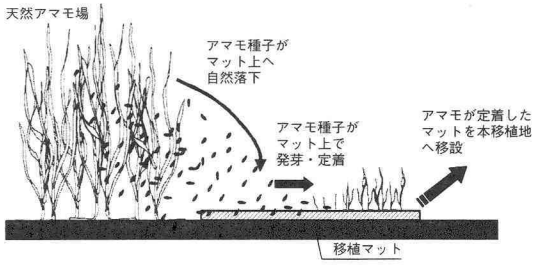

図-1　播種・株植が不要なアマモ移植方法の概念図

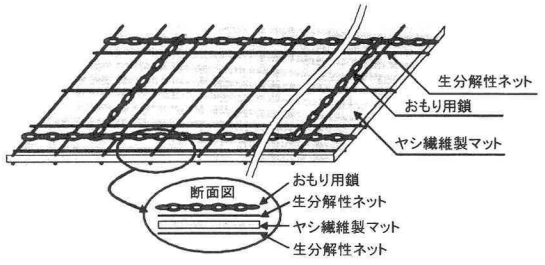

図-2　移植マットの構造イメージ

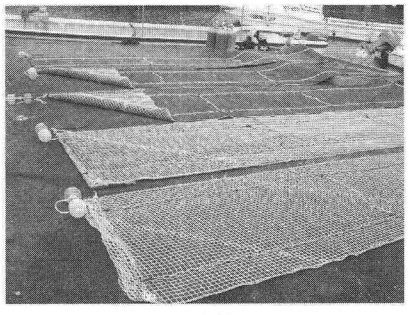

写真-1　移植マット

＊　正会員　　大成建設(株)技術センター土木技術研究所
＊＊　正会員　工修　大成建設(株)技術センター土木技術研究所
＊＊＊　正会員　　(財)三重県産業支援センター雇用研究員
＊＊＊＊　　理博　三重大学教授　生物資源学部

かという点である．アマモは，地下茎から栄養吸収を行うため，地下茎がしっかりと底質に埋没して伸長することが生長に不可欠である．そのため，移植マットに定着したアマモについても，天然アマモと同様に根が底質に埋没しなければならない．また，移植マットは，海底面に密着していないと不安定であるため，波や浮力の作用により常に上下に動きやすく，発芽し始めの柔らかい胚軸や地下茎をマットの摩擦により損傷することが懸念される．以上の理由から，規模を拡大した移植マットにおいても，容易な作業で海底面に密着して設置できるマット構造の開発が不可欠となる．そこで，本移植マットの構造を以下のように改良した．本移植マットの構造イメージを図-2，写真-1 に示す．まず，ヤシ繊維製マットを移植基盤とし，その移植基盤を補強用の生分解性ネットで挟み込み，さらに，おもり用の鎖を取り付けた構造とした．生分解性ネットは，移植基盤の腐食が進行している場合や破損した場合に引き上げる際の補強の役割を果たす．本移植マットの特徴は，全ての材料に柔軟性があり変形自由度が高いことと，適度な重みを持っていることであり，この特徴により，起伏のある海底でも容易にしっかりと密着させて設置することが可能となり，マット設置作業の効率性が格段に向上した．

3. 現地実験の方法

現地実験の位置を図-3 に示す．実験場所は三重県英虞湾の枝湾の一つである立神浦である．英虞湾では，多年生と一年生のアマモが部分的に存在するが，立神浦においては一年生のアマモが優先しており，近年，アマモ群落が増加傾向にあることが特徴的である（前川，2003）．現地実験は，海域に設置したマットについてアマモの発芽・定着を調べる「マット設置実験」と，設置後のマットを移設し，その後のアマモの生長を調べる「マット移設実験」で構成される．マット設置実験場所は，立神浦湾奥部の小別当沖（水深約 5 m，以下，小別当と呼ぶ），マット移設実験場所は，立神浦の入り江（水深約 3 m，以下，立神と呼ぶ）の 2 ヶ所を実験場所とした．写真-2 に小別当，および，立神における2005年 4 月時点の天然アマモ場の状況を示す．小別当は，主に一年生のアマモ場であるので，アマモ種子の生産が活発な場所となっていることから，アマモ種子を供給するマット設置実験場所として適している．立神のアマモ場は，小別当のアマモに比べて若干草丈が低いが，小別当と同程度の密度でアマモ群落が形成されている．なお，マット移設実験場所は，立神の天然アマモ場より 5 m 程度岸側（水深は 1 m 程度浅い）の位置であり，アマモは生えてない場所である．立神は入り江の奥に位置しており，非常に静穏な海域であることから，沖側のアマモ場における環境条件とほぼ同様であると考えられ，アマモの移植場所に適していると判断し，マット移設実験場所として選択した．

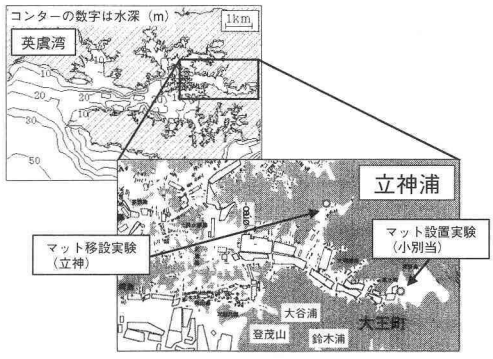

図-3　アマモ移植実験の位置図

（a）小　別　当

（b）立　神

写真-2　英虞湾立神浦の天然アマモ場(2005年 4 月)

本実験において使用した移植マットについて説明する．本移植マットは，改良前の移植マット（1 m × 1 m）から規模を 5 m × 1 m に拡大した．また，生分解性ネットによる補強の方法を 3 タイプ考案した．まず，補強タイプ 1 は，2 章に記述したように，移植基盤に生分解性ネットを挟んだ構造（写真-1 手前に示した 2 枚の移植マット），補強タイプ 2 は，移植基盤の裏側（海底面に接する側）のみに生分解性ネットを取り付けた構造（写真-1 奥に示した 2 枚の移植マット）であり，両タイプ

（a） 2005年2月　　（b） 2005年4月　　（c） 2005年5月

写真-3　本移植法により移植したアマモの経時変化

に使用した生分解性ネットは同様の材料である．補強タイプ3は，タイプ1と同様に移植基盤に生分解性ネットを挟んだ構造であるが，生分解性ネットの材料を ϕ1 mm，20 cm メッシュの軽量なものを使用した．また，補強タイプ1において，補強用ネットの水中での作用によりアマモを損傷してしまうことを懸念し，マット表面にネットを取り付けない補強タイプ2を設定した．さらに，本移植実験では，海底への固定方法を2種類設定し，補強タイプと海底への固定方法の組み合わせにより合計5種類のマット設置方法を実施した．海底へのマット固定方法は，移植マットを直置きする方法，直置きした移植マットに長さ約20 cm の金属ピンを1 m^2あたり4～5本程度挿入してマットの固定を補充する方法の2種類とした．補強タイプ1および2の移植マットについては2種類の固定方法，補強タイプ3については直置き方法のみとし，各ケースにつき移植マット1枚ずつを用いて移植実験を実施した．

「マット設置実験」は2004年11月，「マット移設実験」は2005年2月に実施した．アマモの計測は，移植マット上のアマモ被度，株密度，草丈を計測し，定着と生長を検証した．移植マット（5 m × 1 m）の計測方法は，各移植マットを1 m × 1 m の5区画に分割して計測し，5区画の平均値を各マットの計測結果とした．さらに，本年度の計測結果は，2003年と2004年に実施した改良前の移植マットを用いた実験結果との比較検証を行い，天然アマモ場に対する本移植法の定着率を考察した．

4. 現地実験の結果

（1）本移植マットによるアマモ密度・草丈の経過

図-4に，本移植法および天然アマモ場における密度・草丈の経時変化を示す．図中に示す天然アマモ場のデータは小別当における計測結果，本移植法のデータは，全移植マット5枚の平均値である．

まず，天然アマモ場の密度は，12月の発芽開始時期に約300本/m^2であり，2月から3月にかけて若干増加したが，その後5月まで400本/m^2程度を維持する傾向となった．通常，アマモは，水温が下がり始める10～11月頃に発芽し，その後水温が低下する3月頃までが伸長期，水温が上昇していく時期に開花・結実期となり，種子を付けた花穂や古い葉などが枯れ落ちる（前川，2003）．したがって，アマモ密度は，発芽時期から伸長期にかけて増加し，その後減少する傾向にある．しかし，本実験における天然アマモ場の密度は，12月から5月にかけて急激な増減が見られていないことから，発芽期を迎えたアマモが一斉に芽吹き，5月時点まで維持されている状況と予想される．これに対して，本移植法による密度の経時変化は，12月から2月にかけて100本/m^2から400本/m^2程度に増加した．その後，マット移設後の3月では300本/m^2程度に減少し，5月時点では400本/m^2となった．まず，12月から2月，および，3月から4月にかけて見られるアマモ密度の増加は，アマモの発芽や増殖などの自然現象によるものと予想されるが，天然アマモ場の計測結果には見られていない傾向であることから自然現象とは考えにくく要因を特定できないが，計測方法に起因

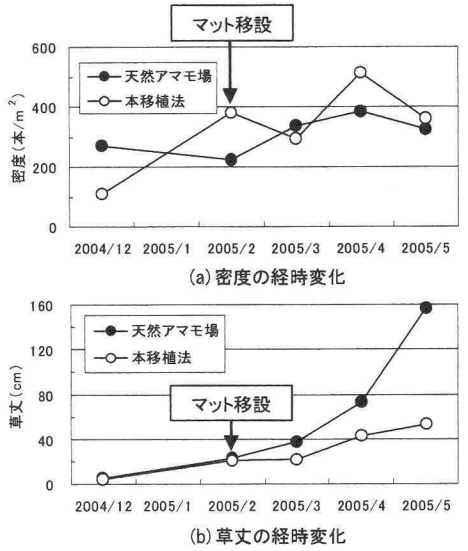

図-4　密度・草丈の経時変化（11月設置・2月移設）

した誤差も考慮しておく必要がある．次に，2月から3月にかけたアマモ密度の低下の要因として，この期間はマットの移設作業を行っていることから，人為的な影響によるアマモ株の脱落が含まれると考える．しかしながら，5月における本移植法のアマモ密度は，天然アマモ場と同等であることから，マット移設作業の負荷は十分小さいものと判断できる．

次に，天然アマモ場の草丈は，発芽開始から増加を続け，5月時点では160 cm まで達しているのに対し，本移植法では，マット移設以降に増加量が減少し，5月時点では50 cm 程度であった．5月の潜水観測より，移植マット上のアマモの状態は，草丈は低いものの葉鞘径の増加が見られていた．したがって，本移植法の草丈増加量の低下は，マット移設によるアマモ生長の阻害ではなく，移植場所の環境に適した生長形態であることが予想され，新しく開発したマットにおいてもアマモが確実に定着していることが確認された．なお，5種類の移植マット設置方法によるアマモ密度・草丈の明確な差は見られなかったことから，本移植マットの設置方法として，移植マットを海底に直置きするだけでアマモ移植を確実に実施できることが分かった．**写真-3** に，本移植法により移植したアマモ生長の経時変化を示す．本移植法により移植したアマモは，移植直後の2005年2月から順調に生長していることが分かり，最盛期の5月時点では，天然アマモ場と同様に種子を付けた成熟株が多数確認できた．

以上より，本移植法におけるアマモの密度・草丈の維持・生長は順調であり，本移植マットにおいても良好にアマモ移植が完了できることが分かった．

（2）天然アマモ場と本移植法によるアマモ定着の比較

本移植法によるアマモの定着状況を，過去2年間に実施した実験結果と比較する．**図-5**，**図-6** は，マット移設前および移設後におけるマット上のアマモ密度・草丈について，天然アマモ場との比較である．図中の天然アマモ場のデータは，全て小別当の計測結果である．マット移設前のデータはマット移設直前の2月，マット移設後のデータは5月の計測結果である．

まず，**図-5**(a)に示すマット移設前のアマモ密度は，3年間を通じて，天然アマモ場と本移植法がほぼ同等であり，安定的にアマモが定着していることが確認できた．ここで，天然アマモの密度は，年によってかなりの差が見られることが分かる．アマモは，水温などの気象・海象条件に大きく影響を受けて結実や発芽の時期が決定されているが，結実率や発芽率にも影響を及ぼしているかについては明らかにされていない．しかしながら，本移植法のアマモ定着率としては，各年の天然アマモ場に遜色ない結果となっていることから，天然アマモ場と同様

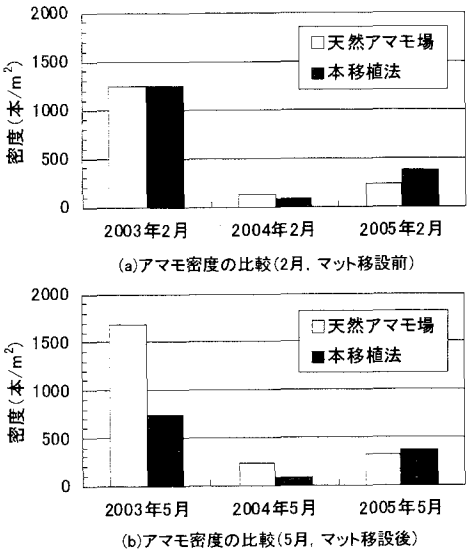

図-5　天然アマモ場と本移植法の密度の比較

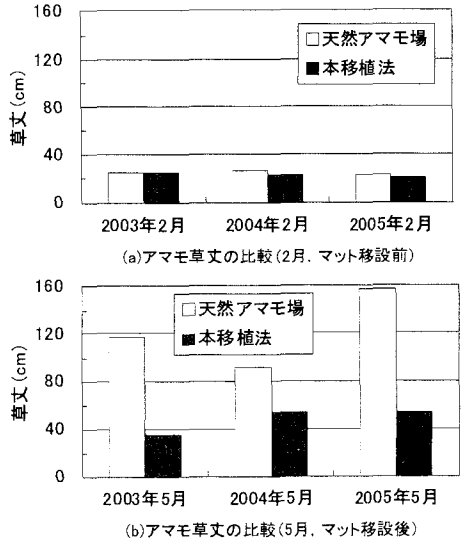

図-6　天然アマモ場と本移植法の草丈の比較

な条件でマットに定着することが分かった．次に，**図-5**(b)に示すマット移設後における本移植法のアマモ密度は，天然アマモ場に対して40～100%（平均約65%）の定着率であった．天然アマモ場に対する本移植法の密度低下の要因は，マット移設作業による損傷が含まれていると予想される．ただし，アマモ定着率は，2003年から2005年までの現地実験を経る過程において，移植マットの密着性について改良を加えているため改善されており，今後は，本移植技術において，2005年の実験結果に見られる高いアマモ定着率でのアマモ移植が実施可能であると考える．

次に，図-6(a)に示すマット移設前のアマモ草丈は，アマモ密度と同様に，3年間を通じて，天然アマモ場と本移植方法がほぼ同等であることが分かる．図-6(b)に示すマット移設後における本移植法のアマモ草丈は，天然アマモ場に対して，各年とも40%程度となっている．これまでの現地実験の結果から，マット移設後のアマモ草丈は，アマモ種子が供給されたマット設置場所の天然アマモ場より生長量が小さいものの，葉鞘や地下茎の順調な生長が見られたことから，英虞湾における一年生のアマモは，生息地の環境変化に敏感に適応しながら結実期まで確実な生長を遂げる性質が伺えた．また，本移植法におけるアマモ生長の検証には，アマモ密度・草丈だけでなく，花枝や葉鞘，地下茎などの生長の確認が不可欠であった．

以上より，本移植法は，天然のアマモ場に対して，40～100%の定着率で良好な移植が可能であることが実証できた．

5. 結　　論

本研究では，著者らがこれまでに開発した新しいアマモ移植方法について，大規模移植に適用可能な移植マットを開発し，本移植マットにおけるアマモ定着・生長を現地実験により実証した．以下に，主な結論を示す．

① 多大な労力を要していた播種・株植が不要で，かつ天然のアマモ場にダメージを与えない新しいアマモ移植方法について，大規模に実施可能な手法を確立した．

② 本アマモ移植方法について，大規模移植に適用可能な移植マットを開発した．本移植マットは，容易な作業で海底に密着して設置することが可能であり，これにより，大規模移植に対する作業効率を格段に向上させた．

③ 現地移植実験により，大規模化した移植マットにおいても，アマモ密度・草丈の順調な生長が確認され，本移植マットにおいても良好なアマモ移植が完了できることを明らかにした．

④ 現地移植実験により，本移植法は，天然アマモ場に対して40%～100%のアマモ定着率で移植できる手法であることを実証した．

謝辞：本研究は，三重県地域結集型共同研究事業の一部で実施された．また，現地実験にあたり，英虞湾再生コンソーシアム，立神真珠研究会，志摩の国漁業協同組合，志摩市，芙蓉海洋開発㈱から多大な協力を得た．ここに謝意を表す．

参　考　文　献

上野成三・高山百合子・前川行幸・原条誠也(2003)：播種・株植が不要なアマモ移植方法の現地実験，海岸工学論文集，第50巻，pp. 1261-1265.

港湾空間高度化センター港湾・海域環境研究所(1998)：港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル，98p.

高山百合子・上野成三・湯浅城之・前川行幸(2004)：播種・株植が不要なアマモ移植方法の最適移植時期について，海岸工学論文集，第51巻，pp. 1181-1185.

前川行幸(2002)：アマモ場再生実験～アマモ場再生の重要性～，第2回英虞湾の再生を考えるシンポジウム講演集，pp. 11-15.

前川行幸(2003)：アマモ場再生実験～英虞湾に適したアマモ移植～，第3回英虞湾の再生を考えるシンポジウム講演集，pp. 16-19.

Fonseca, M. S., W. J. Kenworthy and G. W. Thayer (1998) :Guideline for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent water, NOAA's coastal ocean program, Decision analysis series No.12, National Oceanic and Atmospheric Administration, 222p.

Phillips, R. C. (1980)：Planting guideline for seagrasses, Coastal engineering technical aid. No.80-2, Coastal engineering research center, U.S. army corps of engineers, 27p.