

地下茎で群落を拡大する亜熱帯の海草を対象とした移植技術の開発

Development of the Transplantation Method of Subtropical Seagrass which Expands by its Roots

片倉徳男¹・Zeina Jokadar²・勝井秀博³・Shaun Lenehan⁴・高山百合子⁵・Millie Plowman⁶

Norio KATAKURA, Zeina JOKADAR, Hidehiro KATSUI, Shaun LENEHAN, Yuriko TAKAYAMA
and Millie PLOWMAN

New type of transplantation technique with the use of mattresses to create a seagrass community has been developed recently in Japan. This technique suits the wide-space transplantation because of its efficiency for the seagrass like *Zostera marina* that expands by its seeds. The authors developed and reformed this technique to make it applicable for the subtropical seagrass like *Halodule uninervis* that expands by its rhizomes in Dubai, U.A.E. A field-test was performed to check the applicability of newly developed mattress method for transplantation. The test result revealed that the new mattress method showed high performance in transplantation.

1. はじめに

沿岸域の海草の移植には、種子を採取して移植地に播種する方法（播種法）、草体の株を採取して移植する方法（株植法）が用いられている（Phillips, 1980；港湾空間高度化センター, 1998；前川, 2002）。また、新たな移植法として、従来型の播種・株植が不要なマットを用いた移植工法も開発されている（上野ら, 2003；高山ら, 2004, 2005）。これらの移植法は、アマモに代表されるような大型の種子を形成する海草を対象としているが、海草には種子の大きさが小さく、主に地下茎で群落を拡大する種類も見られる。このような海草の移植では、種子の採取が困難なため主に株植法が用いられているが、既存の群落の損傷が懸念されるとともに、潜水作業が主となるため、大規模な移設には適していない。そこで、群落に影響を与えずに大規模な移設に対応できる、マットを用いた移植工法（以下「マット工法」）に着目し、主に地下茎で群落を拡大する海草の新たな移植工法を、沿岸域で多くの開発事業が進められている亜熱帯の UAE ドバイで開発した。

本研究では、三重県英虞湾で実績のある「マットによる海草移植法」をベースに、新たな構造の移植マットを開発した。そして、主に地下茎で群落を拡大する海草ウミジグサ（以下「海草」）を対象とした現地実証実験を行い、開発した移植マットの有効性を検証するとともに、移植に適した環境条件を明らかにした。

2. 移植マットの開発

英虞湾で開発したマットを用いた海草移植法は、まず海草群落に移植マットを設置し、その上に落下した種子を自然発芽・生長させる。そして、海草が定着したマットを移設し、移植先に海草を根付かせる方法である。この工法は、波浪の影響が少ない静穏な沿岸域に生育する、主に種子で群落を拡大するアマモを対象に開発したものである。しかし、ドバイの海草はアマモと異なる種であり群落の拡大様式が異なる。また、生育場の波浪条件も英虞湾より厳しい。そこで、ドバイの海草群落の拡大様式や生育環境に適した新たな構造の移植マットを開発した。

(1) 対象海草種と群落拡大の様式

ドバイ沿岸ではウミジグサ *Halodule uninervis*、ウミヒルモ *Halophila ovalis*、および *Halophila stipulacea* の 3 種類の海草が確認されている（Phillips ら, 2004）。*Halophila stipulacea* の現存量は少なく、現地実証実験を行った Jebel Ali 港西側の海域では、ウミジグサとウミヒルモの 2 種類が（ウミジグサが優先）、群落を形成している。これらの海草は、地下茎を延伸させて平面的に群落を拡大するタイプである（平凡社, 2001）。



写真-1 ドバイの海草群落

1 正 会 員	大成建設(株)技術センター土木技術研究所
2	Nakheel PJS, Design Group
3 フェロー 博(工)	大成建設(株)技術センター土木技術研究所
4	Nakheel PJS, Design Group
5 正 会 員 博(工)	大成建設(株)技術センター土木技術研究所
6	Nakheel PJS, Design Group

(2) 生育環境

対象とする海草が生育する場所は、アラビア湾に面するドバイの沿岸である。現地の海岸線は直線的で、底質は砂質土である。このため、北側からの波浪の影響を受けやすく、特に北寄りの季節風が卓越する冬季は、波高1m以上の波浪が海岸まで来襲する。沿岸には砂地が広がっており生物の姿は少ないが、Jebel Ali 港の防波堤の西側は比較的静穏な海域であり、水深約3~6mの砂地に、約10haの規模の海草群落が生息し、多くの魚類やウミガメを観察することができる。現在、ドバイ沿岸では多くの巨大な人工島の建設が進められている。これらの建設により海草の生育に適した静穏な海域の面積の増加が見込まれている。そして、豊かな海中環境を早期に整備するため、大規模な移植技術の開発が求められている。

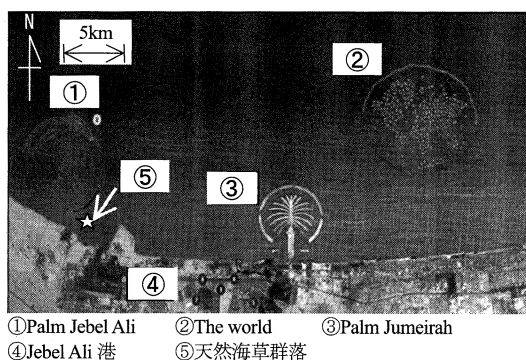


図-1 ドバイ沿岸域の開発状況

(3) 移植マットの構造

群落の拡大様式と生育環境を考慮し、図-2に示す新たな移植マット（以下「マット」）を開発した。海草の地下茎（根）は、群落から海底面直下を延伸しながら平面的に拡大する。そのため、マットは凹凸のある海底面に常時密着するように地形に追随し、群落から拡大する地下茎が自然にマット内に侵入できることが必要となる。そこで、柔軟なヤシマットを材料に選定した。なお、ヤシマットは容易に分解できるため環境への影響も少ない材料である。また、波浪による浮き上がりや動揺を生じさせないため、チェーンを利用したアンカーを装着した。

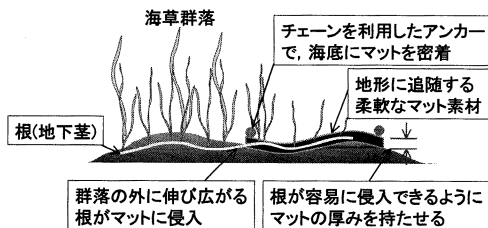


図-2 開発したマットと特徴

3. 現地実証実験

(1) 実験方法

現地実証実験は、新たに開発したマットを用いたマット工法の検証を行うとともに、対象工法として従来法である株植法との比較を行った。以下に手順を示す。

a) マットの設置

2006年4月に、Jebel Ali 港西側に広がる天然の海草群落 (Site-1) の周辺に、既存の海草の成長を阻害しないように32枚のマット (0.5m×0.5m) を設置した。

b) 株植法

マットの設置と同時に、Site-1からハンドグラブにより0.04㎡/個の海草を採取し、Site-1内の海草未生育地と、Site-1から約1.7km離れた海草未生育地 (Site-2) の2箇所に5個ずつ移植した。

c) マットの移設

設置から6ヶ月後 (2006年10月) に、被度が50%を超えたマットのうち8枚を、海草が生育していない Site1-N と Site2-N の2箇所に4枚ずつ移設した。

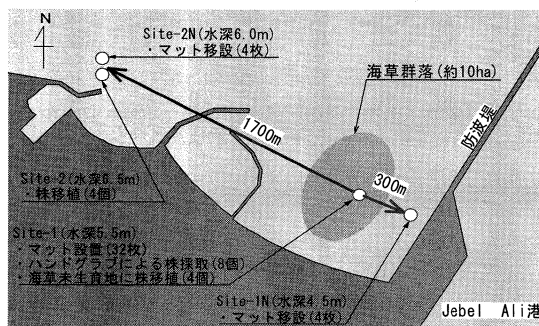


図-3 実験場所と Site の名称

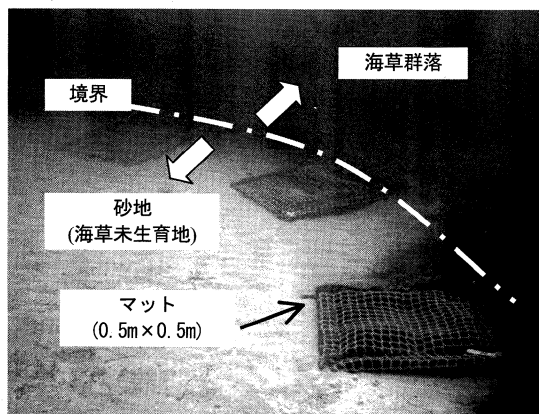


写真-2 マットの設置 (2006 年4 月)

(2) 調査項目および方法

海草の生育調査は、マットを設置した時点から、マット移設後まで、1~2ヶ月毎の頻度で潜水調査により確認した。また、海草の生育に関わる外的な要因を把握するため、水質、底質、波浪に関する環境調査を行った。

a) 海草生育調査

Site-1に設置したマット、マット移植先、株植法による株の移植先、および、天然海草群落で、約1~2ヶ月毎にコドラート(50cm×50cm)による目視調査を行い、被度を記録した。被度はコドラートの面積を100%としたときの、海草が生育する被覆率である。

b) 環境調査

水質調査

海草生育調査に合わせ、多項目水質計(AAQ1183)により、水温、塩分、DO、濁度、クロロフィル、光量子の計測を、Site-1およびSite-2で実施した。

底質調査

Site-1, Site-2, Site-1N, Site-2Nの底質を採取し、粒度分布を行い、Site-1, Site-2では栄養塩類(T-C, T-N, T-P)を分析した。

波高観測

マット設置から1年間にわたり(2006年4月~2007年3月)、小型メモリー波高計(COMPACT-WH)をSite-1に設置し波高の連続計測を行った。

(3) 結果

a) マットへの海草の定着

図-4にSite-1に設置した各マットの被度の平均値を示す。2006年4月にSite-1へ設置した32枚のマットの被度は設置2ヶ月後から増加しはじめ、9ヶ月後(2007年1月)には周辺の植生と見分けがつかないレベル(被度80%)に達した。

図-5に被度別のマット枚数の変化を示す。被度別のマットの枚数は、設置2ヶ月という短期間で18枚のマットに海草の定着しはじめ、4ヶ月後には被度50%を越えるマットが観察されはじめた。設置6ヶ月以降は被度50%を越えるマットの占める割合が増加している。図-4に示した平均被度の変化は、図-5の被度50%を超過するマット枚数の増加とリンクしている。被度50%を超えるマットは、6ヶ月後に8枚を移設したにも関わらず、7ヶ月目以降も約10枚から15枚の枚数を維持している。これは海草群落に設置したマットに、群落から拡大する海草が順調に定着し続けていることを示している。一方で、2007年1月以降に漂砂により、砂に埋没するマットが見られた。

図-6に埋没したマットにおける被度の変化を示す。埋没したマットは、一時的に埋没した後に被度が回復するもの(埋没後海草復活)と、埋没後そのまま海草が消失するもの(埋没後海草消失)とに分けられた。海草が定着したマットを移設する場合、被度の大きいマットを用

いることが望ましい。したがって、あらかじめ漂砂量を予測し、埋没が生じない場所を選定する必要があることが明らかになった。

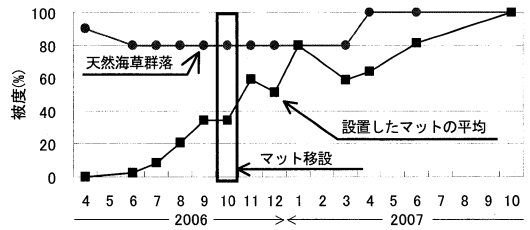


図-4 天然海草群落とマットにおける平均被度の変化

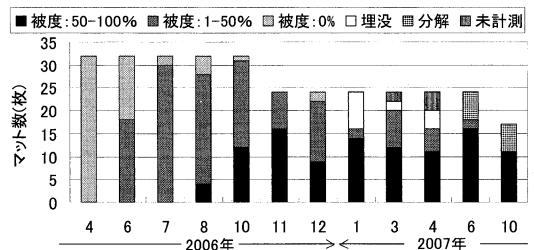


図-5 被度別のマット枚数の変化

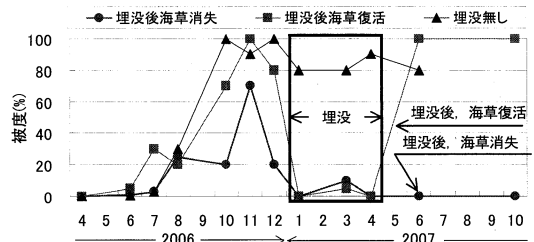


図-6 埋没したマットにおける被度の変化

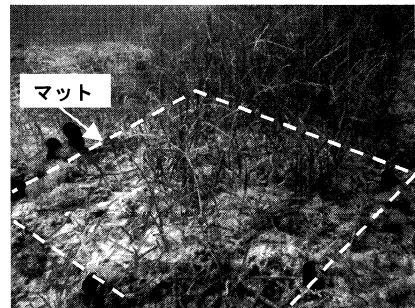


写真-3 マット上の海草の繁茂(2006年10月)

b) 海草未生育地へのマットの移設

図-7に移設したマットの被度の変化を示す。Site-1Nへ移設したマットは、移設から6ヶ月後も80%以上の被度を維持し、さらにマットの外にまで生息範囲を拡大して海底に確実に根付いた。一方、Site-2Nへ移設したマットは、移設2ヶ月後に全ての海草が消失した。これは、次節で示すように、葉上に造成工事で発生したシルトが堆積したことが要因と考えられた。

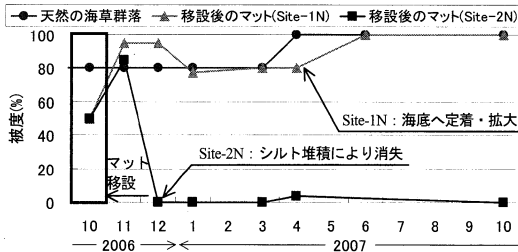
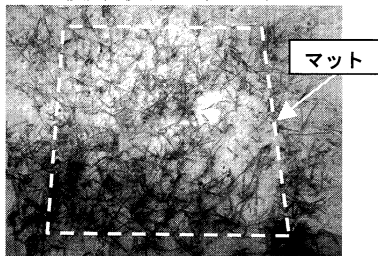


図-7 移設後のマットにおける海草の被度変化



移設直後(2006年10月)



移設5ヶ月後(2007年4月)

写真-4 移設後のマットと海草の定着状況

c) マット工法と株植法の比較

図-8に株植法における被度の変化を示す。株植法では、Site-1の被度80%の海草を Site-1, Site-2の海草未生育地に移植した。マット工法で移植が成功した Site-1では2ヶ月後に全ての海草が消失し、Site-2では当初80%以上の被度を維持していたものの、移植後6ヶ月以降に消失した。Site-1は移植した株が砂の堆積により埋没しており、波・流れの影響により株を維持することができなかったと考えられる。Site-2では2007年1月に株が消失してい

る。この時期は、図-7に示すマット工法での消失とほぼ同時期である。この時期、Site-2, Site-2N から北西約700 m で造成工事が行われており、工事で発生したシルトが葉上に堆積し光合成を阻害したため、消失に至ったと考えられた。

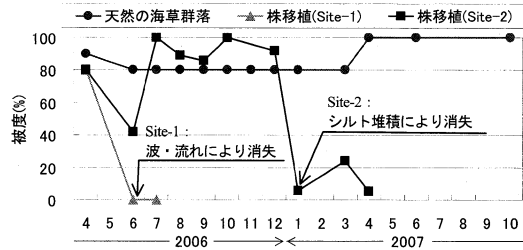


図-8 株植法における海草被度の変化



Site-1 (シルト堆積なし)



Site-2 (葉上へのシルト堆積)

写真-5 海草の葉上へのシルトの堆積状況

d) 外部環境の海草への影響

水質

調査結果の一例として、2006年4月から2007年4月までの水温の変化を図-9に示す。水温は20℃～33℃の範囲で変動した。図-8に示すように、現地の海草は約13℃の幅の水温変動にも関わらず群落の被度に大きな変化がなく、高水温、低水温の環境に耐えることを確認した。また、被度に顕著な周年変化がみられないことは、一年を通していつでも移植が可能であることを示唆している。ちなみに、三重県英虞湾に生育するコアマモの場合、冬季の現存量は夏季の十分の一以下まで減少する大きな周年変化が報告されている (横田, 2004)。なお、水温およびその他の水質計測項目は、Site-1, Site-2で差は無かった (Katakura ら, 2008)。

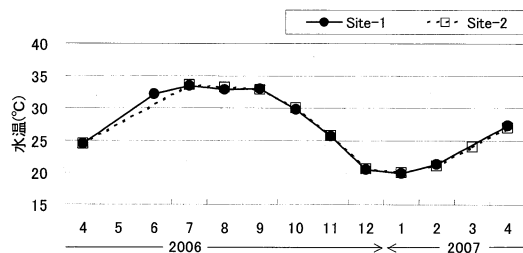


図-9 水温の周年変化

底質

マット移設後に海草が消失した Site-2N は、底質の中央粒径が約0.4mm と他の中央粒径0.05~0.15mm に比べ粗く、シルト粘土含有量は10%以下にとどまっている。しかし、天然の海草群落が形成している Site-1 は、有機体炭素含有量は非常に少なく貧栄養であるものの、シルト粘土含有量が50%を超えている (Katakura ら, 2008)。Site-1 では、海草は根から栄養分を吸収し易いが、Site-2N では底質の粒径が粗いため根が土壤と密着しにくく、十分に栄養分を吸収できなかったことも、海草消失に至った一因と考えられる。したがって、海草の移植先は底質が天然海草群落と同等の粒度分布を有する場所とすることが必要である。

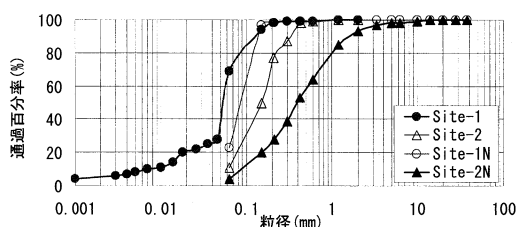


図-10 底質の粒度分布

波浪

図-11に有義波高の変化を示す。1年間にわたる波高計測の結果、波高は11月から6月にかけて上昇する傾向がみられ、2007年1月に年間の最大有義波高となる93cm (最高波高1.5m) を記録した。現地は冬季に「Shamal」と呼ばれる北よりの季節風が卓越することが知られており、波浪はこの影響を受けている。このような波浪環境でも Site-1 では天然の海草が群落を維持しており、現地の海草が最大有義波高93cm に耐えることが明らかになった。また、耐波浪性が求められるマットは、最大1.5m の波高にさらされても水深約4.5m の海底において安定して海底に密着しており、高い耐波浪性能を示した (Katakura ら, 2004)。

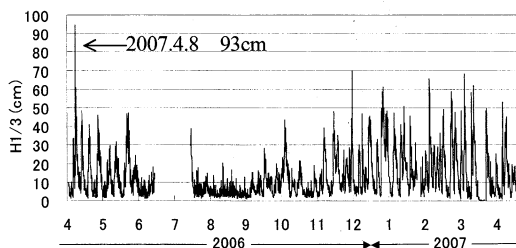


図-11 来襲波高の変化

4. 結論

本研究では、地下茎で群落を拡大するウミジグサが優先する海草群落を対象とした、大規模な移植に適用可能なマット工法を開発した。また、亜熱帯のドバイの海域における現地実証実験により、株植法では困難な移植がマット工法で可能なことを実証した。以下に主な結論を示す。

- ① 地下茎で群落を拡大する海草ウミジグサ (*H. uninervis*) を対象として、既存の群落を損なわずに移植が可能なマット工法を確立した。
- ② 波浪条件が厳しく (最高波高1.5m)、株植法が困難な環境において、マット工法は海草の移植が可能であることを実証した。
- ③ 水質・底質・波浪条件の調査から、ドバイの沿岸域における海草の生育条件を把握し、移植に必要な環境条件を明らかにした。
- ④ マット工法は海草の地下茎の自然繁殖能力を利用して、播種法や株植法が困難な場合だけでなく、亜熱帯以外の様々な海草で利用することが可能である。

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, 第50回海講論文集, 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, 第51回海講論文集, pp. 1181-1185.
- 高山百合子・上野成三・湯浅城之・前川行幸 (2005): 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, 第52回海講論文集, pp. 1216-1220.
- 平凡社 (2001): 日本の野生植物, 16p.
- 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.
- 横田圭五 (2004): 三重県英虞湾立神浦における海草コアマモの生態, 三重大学大学院生物資源学研究所博士課程論文, pp. 5-17.
- Katakura, N., Z. Jokadar, H. Katsui, S. Lenehan, M. Plowman and Y. Takayama (2008): Research on seagrass growth and its transplantation in sub-tropical marine environment, 7th PIANC-COPEDEC, pp. 425-426.
- Phillips, R. C. (1980): Planting guidelines for seagrasses, Coastal engineering technical Aid, No.80-2, Coastal engineering research center, U.S. Army Corps of engineers, 27p.
- Phillips, R. C., R. A. Loughland and A. M. Youseef (2004): Marine Atlas of ABU DHABI, Emirates Heritage Club, pp. 124-139.