

英虞湾における移植基盤を用いたコアマモ移植方法の現地検討実験

Field experiment of *Zostera japonica* transplanting using mattress method in Ago Bay

高山百合子¹・片倉徳男²・上野成三³・湯浅城之⁴

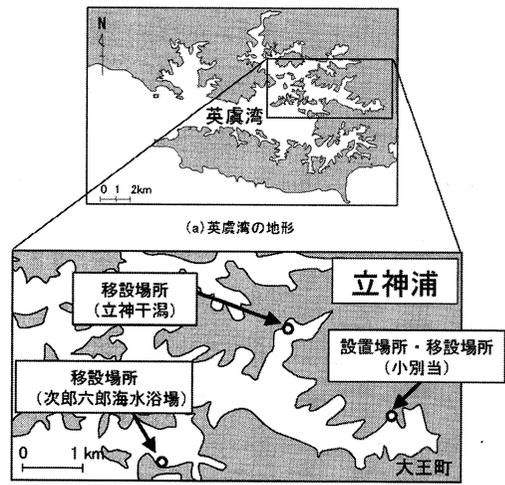
Yuriko TAKAYAMA, Norio KATAKURA, Seizo UENO and Shiroyuki YUASA

On environmental restoration of coastal zone, it should be developed conservation and transplantation techniques of seagrass. Transplanting shoot is applied for seagrass which propagates by growth of own root. However, since the method takes heavy diving works, simple and convenient method is required practically. In this study, *Zostera japonica* is focused as typical seagrass that propagates by root. New transplanting method, which uses mattress, was developed. And, the applicability was researched in Ago Bay. Advantage of the method is that big transplanting is possible at one time without much diving works. Efficient knowledge from field experiment are *Zostera japonica* can propagate on palm mattress or biodegradability sheet set on sea bed, it can grow after transplanting on the mattress or sheet.

1. はじめに

近年, 沿岸域再生のための海草藻場の移植事例が増大している。海草のうち, アマモに代表されるように大量に種子を採取できる種については, 種子を移植基盤に充填した効率的な移植方法(播種法)が実施されている(水産庁, 2007; 港湾空間高度化センター, 1998; マリノフォーラム, 1981)。一方, 種子が希少, または, 地下茎による繁殖が優占する種については, 株を直接採取し移植する株植法が実施されている(Phillips, 1980; 電力中央研究所, 1981)。この株植法については, 大規模に実施する際, 株採取における多大な労力や既存の海草藻場への損傷などの課題が上げられている一方で, これらを解決した移植方法の開発が進んでいないという現状がある。内湾の環境再生を考える上では, 地下茎により繁殖する種の保全, 移植も不可欠な要素であり, 株植法の課題を解決した効率の良い移植方法を確立することが急務と言える。

わが国の主要な海草藻場であるアマモ場は, アマモ, タチアマモ, コアマモなどアマモ属の顕花植物により構成される。このうちコアマモは, 主に地下茎で繁殖する代表的な海草である。コアマモには, アマモに比べ乾燥への耐性が高いことからアマモが生育できない潮間帯での生育が可能であるという大きな特徴がある(Harrison, 1982)。わが



(b) 移植基盤の設置および移植場所
図-1 現地実験の位置図

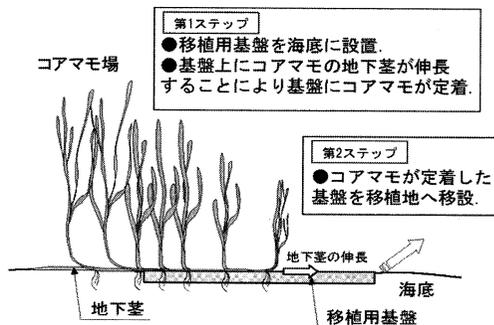


図-2 コアマモ移植方法の概念図

- | | | |
|---------|------|----------------------|
| 1 正 会 員 | 博(工) | 大成建設(株)技術センター土木技術研究所 |
| 2 正 会 員 | | 大成建設(株)技術センター土木技術研究所 |
| 3 正 会 員 | 博(工) | 大成建設(株)国際支店 |
| 4 正 会 員 | | 芙蓉海洋開発(株)環境システムセンター |

国では, これまでに多くの干潟が消滅していることから, コアマモの群落も大きく減少していることが推測される。一方で, コアマモの移植事業については, 株植法による事

例が報告されているものの(矢野, 2003), 大規模な移植事業を実施できる段階には至っていない。そこで, 本研究では, 主に地下茎により繁殖するコアマモを対象に, 株の移し替え作業にかかる労力を低減した新たな移植方法を開発することを目的として現地実験を試みた。本実験で用いた移植方法は, 著者らが考案し現地実証を完了したアマモの移植方法を基にしたもので(高山ら, 2005), コアマモを移植基盤に定着させた後に, その基盤を移設して移植を完了する方法である。

2. 現地実験の方法

現地実験は, 三重県英虞湾立神浦の湾奥3ヶ所(以下, 小別当, 立神干潟, 次郎六郎浜と呼ぶ)で実施した(図-1)。小別当は入り江の最奥部, 次郎六郎浜は海水浴場として1992年までに砂投入により整備された人工海岸であり, 両海域とも天然コアマモ場が形成されている。立神干潟は, 著者らにより2003年, 2004年に造成された人工干潟であり(国分ら, 2005), コアマモは生育していない。

本実験で用いたコアマモの移植方法を説明する(図-2)。まず, 天然コアマモ場の縁に移植用の基盤を設置し, コアマモの自然繁殖により基盤にコアマモを定着させ, 次に, コアマモが定着した基盤を移植場所に移し再設置をすることにより移植を完了する方法である。この方法が実施できれば, 株の採取作業にかかる労力が格段に軽減され, 効率のよい株移植が可能となる。現地実験では, まず, 小別当のコアマモ群落の縁に移植用の基盤を設置し, コアマモの自然繁殖により基盤上にコアマモが定着する状況を確認した。次に, コアマモが定着した基盤を移設場所に移し再設置をした後, コアマモの定着および生長状況を確認した。基盤の設置場所は小別当の1ヶ所, 移設場所は小別当, 立神干潟, 次郎六郎浜の3ヶ所とした(図-1)。これら3ヶ所における基盤を設置した位置の環境条件を表-1に示す。表-1に示す項目のうち, 泥分は, 粒径2mm以下の底質におけるシルトおよび粘土の含有率とした。表-1より, 次郎六郎浜の底質は泥分をほとんど含まず, 有機物分が少ない砂質であることが分かる。一方, 小別当の底質は, 泥分, 有機物分を多量に含み, 立神干潟の底質は, 次郎六郎浜と小別当の間に入る泥分, 有機物条件であると言える。小別当と次郎六郎浜の両方にコアマモ場が形成されていることから, コアマモは, 広範囲な泥分環境において生育可能であり, 広義の生育環境としては泥分条件に依存しないことが伺える。

実験ケースを表-2に示す。実験は, 移植用の基盤材料を変えた2ケースとした。実験に用いた基盤は, ヤシ繊維性マット(厚さ5mm, 大きさ1m×1m, 5枚, 表-2中記号Y, 以下, マットと呼ぶ)と生分解性プラスチックシート(厚さ0.5mm, 大きさ0.5m×0.5m, 9枚, 表-2中記号S, 以下, シートと呼ぶ)の2種類である。シートは目合の異

表-1 実験場所の環境条件

項目		小別当	立神干潟	次郎六郎浜	
底質	粒度	D ₅₀ (mm)	0.0017	0.056	0.78
	泥分 (%)		96.7	54.7	9.6
	強熱減量 (%)		13.4	5.8	1.8
地形	地盤高 (m,D.L.)	+0.5	+0.5	+0.5	

表-2 実験ケース

ケース	基盤材料	番号	実施時期および場所				
			基盤の設置		基盤の移設		
			時期	場所	時期	場所	
ケース1	Y	1	2005.12	小別当	2006.5	立神干潟	
		2				小別当	
		3				小別当	
		4				次郎六郎浜	
		5				次郎六郎浜	
ケース2	S (2)	1	2006.6	小別当	2007.4	なし	
		2				2007.5	
		3				2007.4	
	S (1.5)	4	2006.7	小別当	2007.5	小別当	2007.5
		5					2007.4
		6					2007.5
	S (6)	7	2006.7	小別当	2007.5	小別当	2007.4
		8					2007.5
		9					2007.4

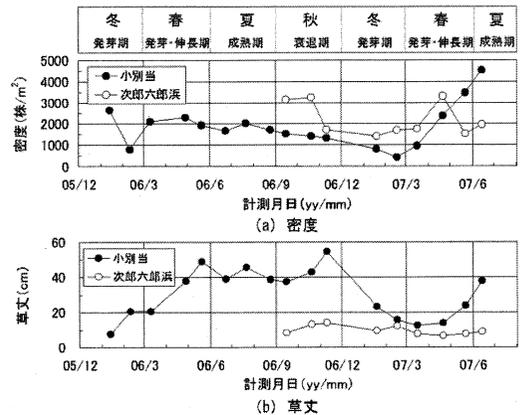


図-3 天然コアマモの密度・草丈の季節変動

なる3種類(目合1.5mm, 2mm, 6mm, 表-2中にS(2), S(1.5), S(6)と記載)を用いた。全ての基盤には, 1対の縁にコ字型の鉄筋棒を取り付け, この鉄筋棒の重みと海底への差込により海底への設置を行った。各ケースの実験は, 表-2に示すように, 基盤を移設する時期および場所を変化させて実施した。実験のモニタリング調査として, 基盤上および隣接する天然コアマモの密度, 草丈を月1回程度の頻度で計測した。

3. 現地実験の結果

(1) 天然コアマモの密度・草丈の季節変動

実験のモニタリング調査として実施した小別当および次

郎六郎浜の天然コアマモ場の計測結果を示す(図-3)。天然コアマモの密度と草丈の周期変動について季節変化と対照させるため、本論では、3~5月を春、6~8月を夏、9~11月を秋、12~2月を冬として整理をした。

図-3より、小別当および次郎六郎浜の天然コアマモは、通年生育していることから多年生のコアマモが優占する群落であることが分かる。小別当のコアマモの密度は、春から夏に増加、秋から冬にかけて低下する傾向が見られ、次郎六郎浜においても概ね同様な傾向であった。小別当のコアマモの草丈は、密度と同様に、春から夏に増加、秋から冬にかけて低下する傾向であった。ただし、次郎六郎浜の草丈は、計測期間にわたり大きな変動が見られなかった。この理由として、小別当では、泥分が高いことから透明度が低く、水中光量を確保するために草丈が増加したのに対し、次郎六郎浜では常に高い透明度が維持され十分な水中光量が得られたために、草丈の増加が鈍化したと考えられる。潜水観察によると、小別当のコアマモは葉幅が狭く地下茎も細かったのに対し、次郎六郎浜では、葉幅が広く太い地下茎が形成されていた。

ここで、コアマモの密度と草丈の周期変動について季節変化と対照させて整理をする。一般に、多年生のコアマモの生活史は、春から秋にかけて盛んに栄養繁殖が起こり、その間の夏に最盛期を迎え、秋から冬にかけて衰退期となることが知られている。また、実験海域である英虞湾立神浦のコアマモ場において、コアマモを成熟株、実生、栄養株、側生株、地下茎、不定根に分類し、それらの季節変動を詳細に調査した結果によると、12月から4月は発芽や分岐による発芽・伸長期、5月から8月は成熟期、その後9月から11月は枯死や流出による衰退期という生活史に分類され、コアマモの密度、草丈が最大となるのは8月という結果が示されている(横田, 2004)。また、12月から8月の発芽・伸長期、成熟期のうち、地上部と地下部の現存量が顕著に増加する期間はほぼ同時期で3月から8月にかけてであり、12月から4月には、現存量に占める割合は少ないものの実生の増加が多く見られたことを報告している。これらの現存量の増減傾向は、図-3に示す密度・草丈の季節変動とも概ね一致していることから、本モニタリング調査結果は、一般的なコアマモの季節変動を示したものである。このことから、実験場所のモニタリング調査により得られたコアマモの季節変動について、横田(2004)に倣い分類しその生活史を整理すると、冬は発芽期、春は発芽・伸長期、夏は成熟期、秋は衰退期となる。コアマモの季節変動において、地上部と地下部の現存量の増加が最も大きい季節は春と夏であり、最も低下する季節は冬である。

(2) ヤシ繊維性マットによるコアマモの移植

ケース1におけるコアマモの密度、草丈の経時変化を示す(図-4、図-5)。図上には、天然コアマモの生活史分類

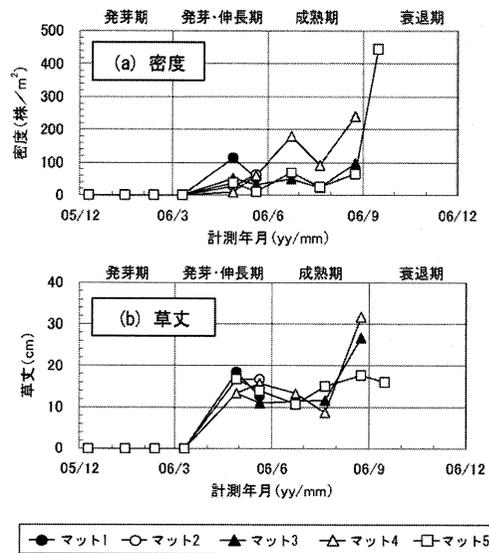


図-4 コアマモの密度・草丈の経時変化(ケース1, 移設前)

(発芽期~衰退期)を示した。

マットを設置した後、移設を行うまでの期間における各マット上のコアマモの密度、草丈を比較する(図-4)。図-4より、全てのマット上のコアマモは、発芽・伸長期の2006年4月頃から密度、草丈が増加し始め、衰退期にかけて概ね増加する傾向が見られた。マット上のコアマモの最終的な密度は、マットを最も長く設置したマット5において最大となり444株/m²であった。しかし、この密度は、同時期の天然コアマモ(小別当)に比べると1/4程度と低い密度であった(図-3参照)。これは、天然コアマモ場では、多数の地下茎の節から分岐する側生株により密度が増加するのに対し、マット上では、天然コアマモ場の縁から伸長する側生株と実生のみ増加であるためと考えられる。なお、マット上でのコアマモの定着形態は、地下茎がマットの上に伸長し、不定根がマットを貫通して底質中に達していた。以上より、コアマモ場の縁にマットを設置するだけで、マット上にもコアマモが伸長し生長することが分かった。また、マット上の密度は、コアマモの発芽期から成熟期にかけてマットを設置しておくことにより、天然コアマモ場の密度には劣るものの、1/4程度の密度で定着させることができることが分かった。ただし、発芽期に設置して成熟期および衰退期に引上げたマット3~5は、ヤシ繊維の腐食が進行しており移設の作業性が著しく低下した。マットを移設した後のマット上のコアマモ密度、草丈を比較する(図-5)。図-5は、各マットの移設時(表-2参照)から移設後2007年6月までの経時変化である。まず、5枚のマットについて密度の経時変化に着目すると、マット1とマット5では増加が見られず、マット2~4は概ね増加した。マット1のコアマモは、移設直後に全ての株が流出

していた。密度の増加が見られたマット2~4について、その増加パターンを見ると、移設直後の衰退期には密度の増加が見られず、その後の発芽期から増加し、発芽・伸長期にピークを迎えその後低下する傾向であった。この変動傾向は、マット2とマット3において特に顕著に見られた。また、この変動傾向は天然コアモモの季節変動と一致していることから、マット2, 3においては、移設後も良好にコアモモが生長したと考えられる。草丈の経時変化についても、密度と同様に、マット2, 3において天然コアモモ(小別当)の季節変動と同様な増加が見られ、その増加量は、天然コアモモとほぼ同等であった。以上より、移設後のコアモモの密度、草丈は、マットによる差が見られたものの、良好に生長させることが可能であることが分かった。

ケース1において、各マットの移設時(2006年5月, 8月, 9月)と移設後(2007年6月)の密度を比較して、コアモモ移植に必要な条件を整理する(図-6)。図-6の下には、各マットの移設場所を示した。図-6において比較する全マットの移設時と移設後の時期は、いずれも発芽・伸長期、成熟期であることから、コアモモの密度変化については同等もしくは増加することが期待される。図-6より、移設時の密度は各マットで差が見られたが、移設後に密度の増加が見られたマットはマット2~4であった。マット1は前述したように、移設直後に全ての株が流出したため、移設後の密度は0株/m²である。この理由のひとつとして、移設時のコアモモの密度が低く、マットへの定着力が弱かったことが上げられる。しかしながら、マット2の密度は、移設時にマット1と同様に低かったにも関わらず、移設後は大幅に増加した。一方、マット5の密度は、移設時には相対的に高かったにも関わらず、移設後は大幅に低下した。マット2とマット5における実験条件の大きな相違点としては、底質条件の違いが上げられる。マット2は小別当に移設、すなわち、泥質に移植を実施したケースであるのに対して、マット5は砂質に移植を実施したケースである。コアモモの移植は、栄養を吸収する根を底質に定着させることが重要な要素と考えられることから、本コアモモ移植方法は、砂質に比べ泥質に移植する方が、その後の生長が良好になることが予想される。その理由は、泥質土は軟泥でありシルト分が多いことから、移設されたマットやマット下に伸長している不定根が自然に底質に埋没するが、砂泥質および砂質の場合は、底質が締め固まっているため、コアモモが定着したマットを設置するだけでは、根が底質に埋没しないためと考えた。このことは、図-5に示すコアモモの生長過程において、泥質(小別当)に移設したマット2およびマット3が最も良好で、砂質(次郎六郎浜)に移設したマット5の季節変動が鈍化していることを説明できる。

以上より、本コアモモ移植方法は、砂質土より泥質への移設の方がその後のコアモモの定着が良好となることが予

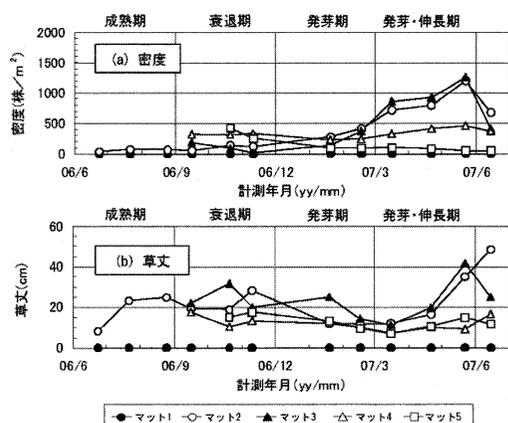


図-5 コアモモの密度・草丈の経時変化(ケース1, 移設後)

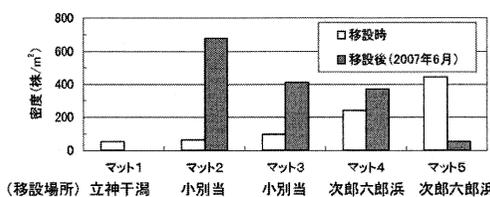


図-6 移設時および移設後のコアモモ密度(ケース1)

想された。ただし、砂質への移設を行う場合においても、移設時の密度を高め、底質と根を馴染ませる工程を施せばコアモモの定着を向上できるものとする。したがって、本コアモモ移植方法を良好に実施するための条件としては、少なくともコアモモの発芽期から成熟期にかけてマットを設置してマットにコアモモを高密度に定着させることが必要と言える。また、夏季を含む長期間のマット設置は、マットの腐食が進行するため、高水温期にも腐食しにくい移植基盤材料が必要である。

(3) 生分解性シートによるコアモモの移植

ケース2では、ヤシ繊維に比べ腐食しにくい生分解性シートを用い、シート上へのコアモモの定着および移設後の生長状況を確認した。ケース2におけるシート設置後のコアモモ密度・草丈の経時変化を示す(図-7)。ケース2のモニタリング調査では、データを取得できなかった時期があったことから、図-7にはデータ欠測部がある。

シートをコアモモの成熟期から発芽・伸長期の9~10ヶ月間設置した結果、全シート上では、発芽期・伸長期にコアモモの密度の増加が見られた。各シート上のコアモモ密度の増加量には大きな差が見られたが、全シートの密度の平均は590株/m²となり、ケース1の最大密度(マット5, 444株/m², 図-4参照)とほぼ同程度となった。草丈の生長は、全シートにおいて良好な季節変動が見られた。ケース2で用いたシートは、設置から1年近く経過して引上げた時点においても強度が維持され、長期間の設置に適した材料であることを確認した。

ケース2における各シートの移設時(2007年4月, 5月)

のコアマモの密度を比較する(図-8)。図-8には、移設後(2007年12月)の密度のモニタリング結果も示したが、この時期はコアマモの衰退期であることから参考値として示すことに留める。また、シート1は、移設を実施していない対照データとして、各時期のコアマモ密度を示した。図-8より、各シートの移設時の密度には大きなばらつきが見られたが、比較的密度が高いシートはシート1~3であり、共に目合2mmであった。シートの目合は、主にコアマモの不定根の貫通しやすさに影響すると考えられ、目合が過度に小さい場合、不定根は、シートを貫通できず生長が妨げられる。このことから、シートにコアマモを定着させるためには目合2mm以上が必要であることが予想される。目合が大きい6mmのシート7~9において、移設時の密度が低い原因は特定できないが、目合が大きいために材料の密度が低くなり、海底で浮き上がる部分が見られたことから、地下茎の伸長を阻害した可能性が上げられる。今後、モニタリング調査を継続し、移植基盤に必要な基盤の構造条件を検討する。

以上より、主に地下茎で繁殖するコアマモを対象にした移植方法について、ヤシマットおよび生分解性シートにコアマモを定着させて移設することにより、移設後も良好に生長する可能性が示されたことから、移植基盤を用いた新たな株移植法の枠組みが構築できた。

4. 結論

本研究では、重要な種とされながらも株植法による移植方法しか試みられていないコアマモを対象に、株移植方法の問題点を解決した移植方法の現地検討実験を実施した。以下に、主な結論を示す。

- ① ヤシ繊維性マットおよび生分解性シートをコアマモ場の縁に設置するだけで、それらの基盤上にコアマモが自然繁殖し定着することが分かった。また、基盤をコアマモの発芽期から成熟期までを含む1年程度設置することにより、天然コアマモの1/4程度の密度で定着させることが可能であることが示された。
- ② コアマモが定着した基盤を移設することにより、基盤上のコアマモの密度、草丈が生長し、良好な移植が実施できる可能性が示された。
- ③ 本移植方法では、コアマモ移植を良好に実施するための条件として、移設時にコアマモを高密度に定着させること、海底で緩やかに腐食する生分解性シートが有用であること、砂質土への移植は根を底質と密着させる工程が必要であることが示された。

謝辞：本研究は、三重県地域結集型共同研究事業の一部により実施された。また、現地調査にあたり、志摩の国漁協立神支所、立神真珠養殖漁業共同組合、芙蓉海洋開発

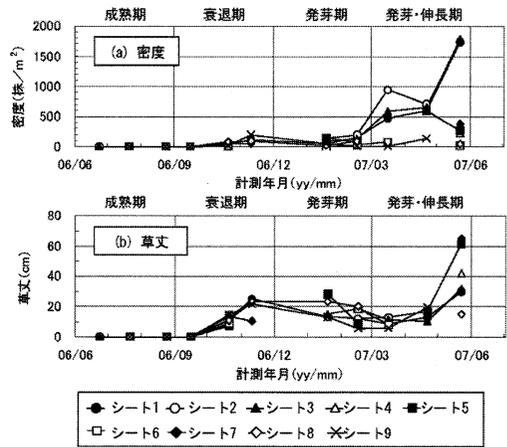


図-7 コアマモの密度・草丈の経時変化(ケース2, 移設後)

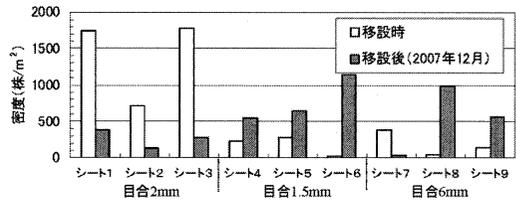


図-8 移設時および移設後のコアマモ密度(ケース2)

(株)から多大な協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

(財) 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.
 国分秀樹・奥村宏征・上野成三・高山百合子・湯浅城之 (2005) : 英虞湾における浚渫ヘドロを用いた大規模造成干潟の底質と底生生物の特性について, 海工論文集, 第52巻, pp.1196-1200.
 水産庁 (2007) : アマモ類の自然再生ガイドライン(オンライン), <http://www.mf21.or.jp/amamo/guideline.pdf>, 参照2007-04-30.
 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, 海工論文集, 第52巻, pp.1216-1220.
 (財) 電力中央研究所 (1981) : 海草の栽植法に関する指針, 電力中央研究所研究調査資料 No.481003, p27.
 (社) マリノフォーラム21 沿岸漁場造成技術研究所 浅海域緑化技術の開発グループ (1998) : アマモ場造成手法及び管理手法の検討, 平成9年度浅海域緑化技術の開発に関する報告書, pp. 67-85.
 矢野米生 (2003) : 絶滅危惧種「コアマモ」の移植に関する試み—中津港海域環境調査一, 土木施工, 44巻, 7号, pp. 8-14.
 横田圭五 (2006) : 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 修士論文, 38p.
 Harrison P.G. (1982) : Comparative growth of *Zostera japonica* Aschers. & Graebn. and *Zostera marina* L. under simulated intertidal and subtidal conditions. *Aquat. Bot.* 14, pp.373-379.
 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.