

生育環境の異なるアマモ場における アマモ播種材料の現地実証実験

THE FIELD EXPERIMENT THAT PROVED THE VALIDITIES OF
THE LUMPS OF MUD AT THE DIFFERENT PLACES AS SEAGRASS BEDS

伊豫田紀子¹・島谷 学²・岩本裕之³

Noriko IYODA, Manabu SHIMAYA and Hiroyuki IWAMOTO

¹正会員 修(環) 五洋建設株式会社 中国支店 (〒730-8542 広島県広島市中区上八丁堀4-1)

²正会員 博(工) 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1)

³正会員 五洋建設株式会社 環境事業部 (〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8)

One of the problems of developing seagrass beds by sowing was the incident that the sediment movement washes the seeds away. Therefore, we suggested the method of developing seagrass that seeds were weighed down and were kept under the sediment by lumps of mud. They were made by blending marine clay with neutral stabilizer.

Formerly, we have originated the germination test of marine clay and the lumps of mud with seagrass seeds, admitted that the lumps of mud were good for the germination. And then, being based on the test, we conducted the field experiment that proved the method to be effective in germinating and growing. The experiment has been made at two different conditions. As the results, at good site, we could not find the difference of germinating rate of the experimental materials. On the other hand, we could suggest that seagrass in the lumps of mud has grown and remained better at the harder site. So, we could admit validities of the lumps of mud.

Key Words : *Seagrass beds development, field experiment*

1. はじめに

静穏な砂泥域に分布するアマモの群落は、魚介類の産卵場や幼稚仔魚の生育場となっており、沿岸域における生物生産機能に大きく貢献している。

しかしながら、アマモ場は高度成長期の沿岸開発の影響を受けて急減した。瀬戸内海ではアマモ場は1960年からの約10年間で1/3以下に減少し、干潟は半分以上に減少した。そして、干潟や藻場に生息する貝類の年間漁獲量は以前の平均5万トンから1万トン以下に減少したと報告されている¹⁾。このように藻場・干潟の減少は水産資源に対し重大な影響を与える。

近年では、アマモ場の機能を重要視し、アマモ場の再生や造成に取り組む地方自治体やNPOが少なくない。「全国海の再生プロジェクト²⁾」では、生物生息や生物生産の場としてアマモ場の再生を目標の1つに掲げる海域もある。

アマモ場の再生には、現地の諸条件によって播種や株移植等の手法が実施される。このうち、播種によるアマモ場造成方法では、直播する方法や種子を埋め込んだシートやマットを海底に敷設する手法が実施されている³⁾。播種によるアマモ場造成方法の

課題の1つに、波や流れに伴う底質移動による種子や実生株の流失が挙げられる。効率的な播種によるアマモ場造成を実施するために、種子や実生株の流失を抑制できる造成技術の開発が望まれている。

種子や実生株の流失を抑制する方法としては、波浪等の外力の低減または底質の安定化の2種類が考えられる。しかしながら、前者は構造物の築造など大規模な工事が伴うため実現が難しい。そこで、著者らは後者の“底質の安定化”が期待できる手法に着目し、その工法について考案した。これは粒径の大きい材料を海底に設置して対象海域の底質の安定性を高め、底質中のアマモの種子や実生株の流失を抑制し、アマモ場の拡大を図る手法である⁴⁾。この手法に用いる材料は粘土と固化材を配合して作成した粒径 $d=5\sim15\text{mm}$ 程度の粒状の材料(以下、播種材料、写真-1)である。

本研究では、著者らが実施した発芽実験^{5) 6)}から抽出した播種材料の条件を用いて、実海域における現地実験を実施し、播種材料の発芽・生育に対する有効性について検討を試みた。本現地実験では、アマモの生育環境の異なる2地点に播種材料を設置し、生育環境の違いによる播種材料の効果についても検討した。

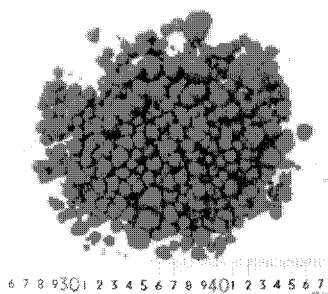


写真-1 播種材料

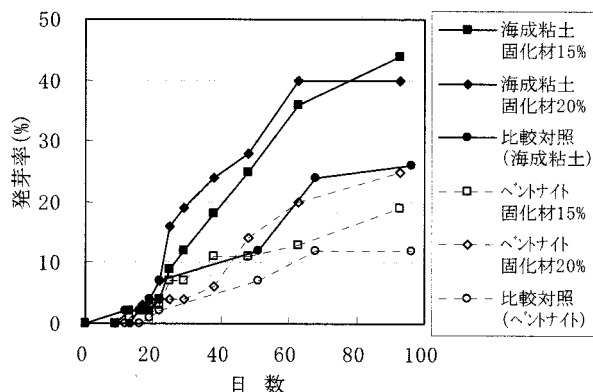


図-2 発芽実験結果 (伊豫田ら⁵⁾を改編)

2. 播種材料について

(1) 播種材料の特長

播種材料の特長はアマモが生育する海域の底質と比較して粒径が著しく大きいという点である。粒径が大きいと自重が増し、波浪による移動抵抗も増加するため、安定性が高まる。粒径の大きい材料という点では海砂も有効であるが、海砂の採取は制限されており入手が難しい。一方、浚渫土は維持浚渫などにより継続的に発生するが、受け入れ先の容量が限られており、浚渫土の有効利用が求められている。播種材料は粘土で作成することを前提としているため、浚渫土で作成することも可能であり、浚渫土の有効活用手段の1つとなり得ると考えられる。

(2) 播種材料の作成

播種材料は、塩田ら⁷⁾の方法を用いて作成した。通常、本方法で作成した材料の用途は道路の盛土材など建設資材であるため、配合する固化材はセメントである。しかし、本研究ではセメントのアルカリ性がアマモの発芽・生育に与える影響を考慮し、固化材には中性の石膏系固化材を用いた。

播種材料の作成手順を図-1に示す。播種材料は

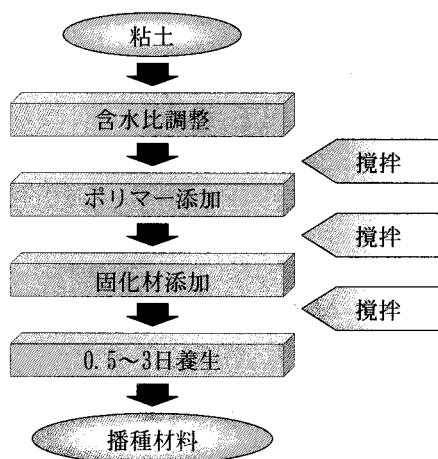


図-1 播種材料の作成手順

粘土とポリマー、固化材から成る。作成方法は、粘土をまず液性限界に近い含水比に調整し、続いてポリマーを混合して凝集させる。さらに固化材を添加し攪拌を行うと粒径5~15mmの播種材料となる。

(3) 現地実証実験に用いる播種材料の条件

著者らの発芽実験^{5) 6)}では、海成粘土と中性固化材15%を配合した播種材料が最も高い発芽率を得た(図-2)。この播種材料の発芽率は比較対照(海成粘土・直播き)の約1.5倍であり、播種材料の発芽に対する効果が期待できる。そこで、現地実証実験では海成粘土に中性固化材15%を配合した播種材料を用いて、実海域における播種材料の発芽・生育に対する有効性を確認する。

3. 現地実証実験

(1) 実験海域

現地実証実験は、2005年1月より広島県呉市三津口湾柏島近傍の地点1、地点2で実施した(図-3)。両地点は、同じ水深帯だが底質環境とアマモの生育状況が異なる。地点1はカキ殻混じりの粘土質の底質であり、アマモ群落内の密生域であるため、アマモの生育に良好な場所である(写真-2)。一方、地点2は砂礫質の底質であり、アマモ群落縁辺部の極点生域にあたるためアマモの生育には比較的厳しい環境下である(写真-3)。両地点の土質の諸元を表-1に示す。粒径の違いから地点1よりも地点2での外力条件の方が厳しいと推定できる。

播種材料の底質安定化の効果を考慮すると、地点毎に播種材料によるアマモの発芽や生育状況への寄与に差が出るものと考えられる。アマモの密生域であり生育環境が適した地点1では播種材料の効果は小さく、アマモの極点生域であり外力条件の厳しい地点2では播種材料の効果によりアマモの発芽や生育状況が現況よりも改善されるものと予想される。

(2) 実験ケースおよび実験方法

実験では、各地点に実験区域を設け、その中に

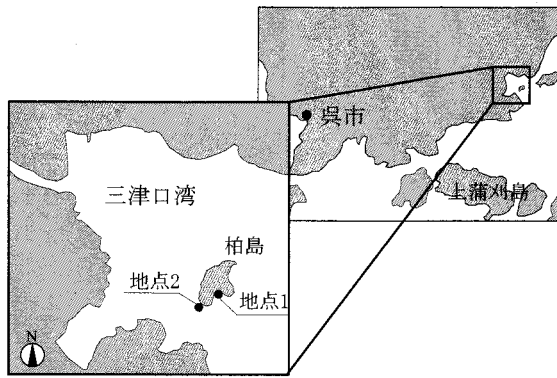


図-3 実験海域



写真-2 実験地点の状況（地点1）

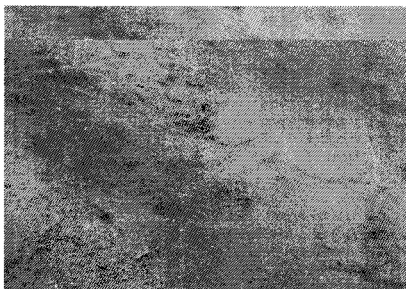


写真-3 実験地点の状況（地点2）

表-1 土質の諸元

	地点1	地点2
中央粒径 (mm)	0.0075	10.2
土粒子密度 (g/cm ³)	2.61	2.66
強熱減量 (%)	12.1	4.3
含水比 (%)	274.7	90.7

1 ケースあたり 50cm 四方の試験区を設置した（図-4）。試験区は①播種の有無、②底質の種類を組み合わせた全 5 ケースである（表-2）。

①播種の有無は、周辺からの種子の加入や再生産の有無を把握するため、自然加入区と播種区の 2 種類に分けた。自然加入区では、原地盤と播種材料の

ケースを設けた。播種区では、原地盤、砂、播種材料のケースを準備し、各試験区内にアマモの種子 200 粒を播種した。播種に用いた種子は現地で採取、養生させたものである。

一方、②底質の種類は原地盤、砂、播種材料の 3 種類の底質のケースを準備した。原地盤は現況の地盤としての比較対照とし、砂（ $\phi_{50}=2.06\text{mm}$ ）は播種材料と同じく底質を安定させる材料の比較対照として扱った。ケース 3 はアマモ除去後に播種し、ケース 4、ケース 5 は底質置換後に播種した。

実験開始後は約 3 ヶ月毎に発芽・生育する個体数、10 株あたりの平均草長を計測した。

なお、モニタリング時には周辺のアマモが試験区内に伸長していると考えられたため、試験区外のアマモはモニタリング前に潜水土により除去した。

(3) 実験結果

a) 実験地点の比較

各地点での発芽・生育率の季節変動を図-5、図-6 に示す。発芽・生育率は（個体数/播種数）×100（%）で算出した。

地点1、地点2では自然加入区（ケース1、ケース2）での発芽・生育率の傾向が異なった。地点1では、実験開始時よりケース1（自然加入区・原地盤）で発芽個体が出現した。一方、地点2では、発芽個体は自然加入区であるケース1、ケース2ともにほとんど確認されなかった。

地点1のケース1で発芽個体が多く出現した理由としては、当地点は本来アマモの密生域であり、発芽に適した環境であったことや、ケース1が試験区内のアマモを除去したのみの試験区であったことから、前年の夏季に生産された種子が原地盤内に埋没していたことが考えられる。同時に、地点1はアマモの密生域であり、アマモに囲まれているため周辺から

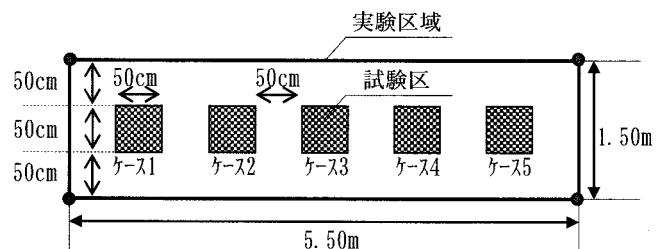


図-4 試験区平面図

表-2 実験ケース

	①播種の有無		②底質の種類
ケース1	自然加入区	-	原地盤
ケース2	自然加入区	-	播種材料
ケース3	播種区	200粒	原地盤
ケース4	播種区	200粒	山砂
ケース5	播種区	200粒	播種材料

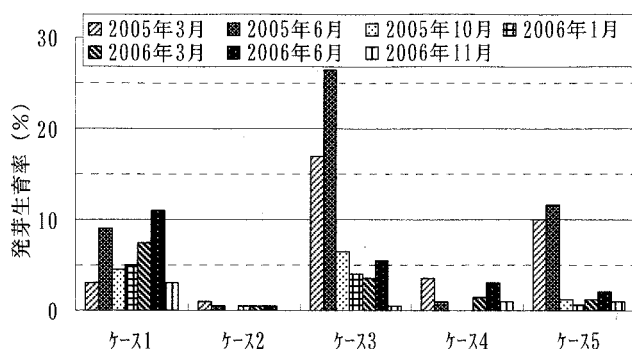


図-5 発芽・生育率（地点1）

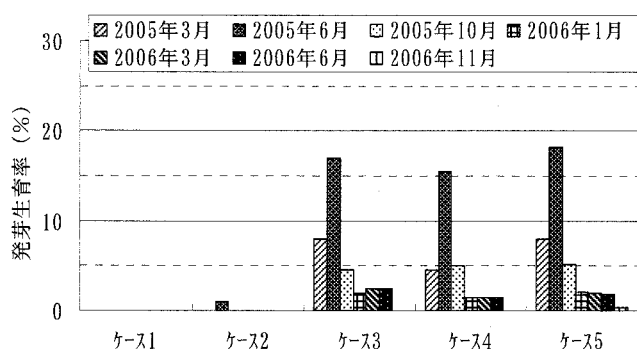


図-6 発芽・生育率（地点2）

試験区へ種子が加入している可能性も高い。よって、地点1は栄養株の分岐や再生産に加え、周辺からの種子の供給とその種子の定着によってもアマモ場が維持されている場所であると考えられる。

一方、地点2では周辺からの種子の加入や埋没した種子が確認されなかったが、播種区では底質の種類に関わらず発芽個体が認められた。よって、地点2は種子の加入がほとんどない環境、あるいは加入しても埋没せず発芽に至らない環境であると考えられる。

b) 発芽・生育率

図-5、図-6から発芽・生育率を確認すると、地点1ではケース毎のばらつきが大きい。いずれの時期においても原地盤のケース（ケース1、ケース3）で高い発芽・生育率となった。これは、周辺の天然群落からの種子の供給や原地盤に残存していた種子によるものと示唆されたが、各ケースとも同じように種子の供給や残存があったのか不明であるため、ケース毎の発芽・生育率の厳密な比較は難しい。一方、地点2では自然加入区でほとんど株が見られず、播種区では各ケースでほぼ同等の値を示した。また、2006年11月の衰退期にはケース5（播種区・播種材料）でのみ発芽・生育個体を確認した。

2005年10月（設置9ヶ月目）以降のモニタリングでは、地点に関わらず全てのケースでの発芽・生育率が著しく低下した結果となった。これは、モニタ

リング時に試験区外のアマモを除去したこと起因すると考えられる。2006年6月のモニタリングでは、試験区内のアマモの地下茎が試験区外へ伸長している状況を確認した。試験区外のアマモには周辺のアマモ場から伸長したものと試験区から伸長したものが混在するが、モニタリングでは試験区外から進入する天然のアマモの影響を排除するため、これらのアマモを区別せずに除去した結果、試験区から伸長したアマモも除去したこととなった。試験区外のアマモの除去はモニタリング毎に実施したため、アマモの生残数は著しく減少してしまったと考えられる。

以上より、発芽・生育率の結果から各地点での播種材料の発芽・生育に対する有効性の検討まで至らなかった。

しかしながら、実験開始から1年が経過した2006年3月（設置15ヶ月目）のモニタリングでは地点1の全ケースと地点2の播種区的全ケースで新たに実生株を確認した（写真-4）。地点1での実生株は周辺から加入した種子の発芽個体である可能性があるが、地点2では自然加入区では実生株が確認されなかったことから、地点2における実生株は試験区内の栄養株から再生産された種子が発芽・生長したものと考えられる。なお、モニタリング方法については今後改善策を検討したい。



写真-4 アマモの生育状況
（手前：実生株、奥：栄養株）

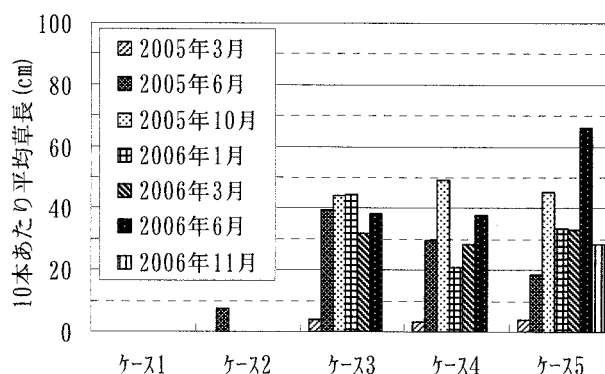


図-7 平均草長（地点2）

c) 平均草長

発芽・生育率では、モニタリング方法の不備により各ケースの比較から播種材料の発芽・生育に対する有効性を検討するところまで至らなかった。そこで、株除去の影響をあまり受けないと予想される平均草長による評価を試みた。ただし、地点1での平均草長は原地盤の埋没種子の草長も含まれている可能性が高く、事前に種子が混在したケースとの比較は公平性が得られない。そこで、埋没した種子の影響がない地点2での平均草長を用いて評価を行った。

地点2における平均草長の季節変動を図-7に示す。設置後1年間については各ケースであまり大きな差は見られず、播種材料の有意性は明確には認められなかった。しかし、設置18ヶ月目の繁茂期（2006年6月）においては、播種材料のケースでの平均草長は原地盤、砂のケースの約1.5倍であり、最も平均草長が長い結果が得られた。また、設置23ヶ月目の衰退期（2006年11月）には、播種材料の試験区のみでアマモの生残が認められた。アマモは、生育環境が厳しい場所では衰退期に地上部が消失すると言われている。本実験では、播種材料が底質の安定性を高め、アマモの生育環境が改善された結果、衰退期においても地上部が残存したと考えられる。

d) 播種材料とアマモの根茎の状況

播種材料によるアマモの生育環境の改善効果を確認するため、実験期間中に播種材料の試験区よりアマモの栄養株を底質とともに採取した。アマモの根茎は約20cmに伸長しており、播種材料や底質中の貝殻を絡めた状態であることを確認した（写真-5）。播種材料は自重が重いため根茎を絡めたアマモの

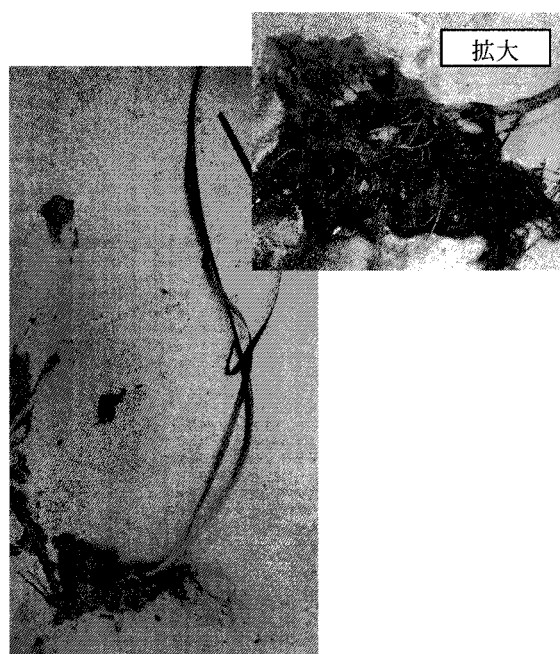


写真-5 播種材料の試験区のアマモ

株は外力に対する抵抗力が増すものと考えられる。このように、播種材料は根茎の支持基盤となり、アマモの定着に大きく寄与しているものと考えられる。

4. まとめ

著者らは発芽実験^{5) 6)}の結果から選定した条件で作成した播種材料を用いて、実海域における播種材料の発芽や生育に対する有効性を確認する現地実験を実施した。アマモの密生域であり生育環境として良好な地点1と極点生域であり生育環境の厳しい地点2で現地実験を実施したところ、地点によってアマモの発芽や生育に違いが認められた。本研究を通じて得られた知見を以下に示す。

①生育環境の異なる2地点について

実験実施にあたり、アマモの発芽や生育状況から地点毎の生育環境を把握した。アマモの生育が良好な地点1では、周辺からの種子の加入や前年に生産され埋没した種子の存在が考えられることから、地点1は栄養株の分岐や再生産だけでなく周辺からの種子の加入により、アマモが発芽・生育し、アマモ場が維持されている可能性の高い場所である。一方、地点2では周辺からの種子の加入や埋没した種子は確認されなかったが、播種区では底質の種類に関わらず発芽個体が認められた。よって、外力の厳しい地点2は周辺の種子の加入・埋没がなく、アマモ場が維持されずに極点生域となっているものであると考えられる。地点2でアマモが発芽・生育するためには底質への種子の供給と底質の安定化が必要である。

②発芽・生育率について

播種材料の発芽や生育に対する有効性を発芽・生育率から検討することを試みた。発芽・生育率の結果から、地点1ではケース毎のばらつきが大きく、地点2では自然加入区でほとんど株が見られず、播種区では各ケースでほぼ同等の値を示した。

地点1で原地盤のケースが高い発芽・生育率であった理由としては、周辺からの種子の供給や地盤中に残存した種子によるものと示唆された。また試験区外に伸長した試験区内のアマモの株を除去するというモニタリング方法の不備から、2005年10月以降の発芽・生育率の結果からケースによる比較は難しく、各地点での播種材料の発芽・生育に対する有効性の検討までには至らなかった。

2006年3月（実験開始15ヶ月目）には地点1の全ケースおよび地点2の播種区的全ケースで実生株を確認した。地点1では種子の供給があることから周辺からの加入の可能性が高いが、地点2では自然加入区での発芽個体がほとんど確認されなかったことから、各試験区内の栄養株から再生産された発芽個体であると考えられる。

③平均草長について

発芽・生育率からは播種材料の有効性を確認することができなかったため、株除去による影響をあまり受けなかったと予想される地点2での平均草長を用いて播種材料の評価を試みた。その結果、生長期（2006年6月：設置18ヶ月目）には、播種材料の平均草長が最も長く、他の材料の約1.5倍の草長が得られた。また、衰退期（2006年11月：設置23ヶ月目）には、播種材料のケースのみで栄養株の地上部が残存していることを確認した。

④播種材料と根茎の状況

地点2の播種材料のケースで平均草長が最も長かったことや衰退期に地上部が残存した理由として、播種材料により底質の安定性が高まり、生育環境が改善され、アマモの定着力を増強したものと考えられる。そこで、播種材料のケースのアマモを底質とともに採取して観察したところ、アマモの根茎が播種材料を絡めている状況を確認した。自重の重い播種材料を絡めたアマモの株は外力に対する抵抗力を高めることになり、その結果、アマモの株が定着かつ生残できる状態に至ったと推測される。このように、播種材料はアマモの根茎の支持基盤としてアマモの定着や生残に大きく寄与しているものと考えられる。

⑤今後の課題

本実験より、平均草長から播種材料の生育に対する有効性が示唆されたが、発芽・生育率からの評価ができなかったことから、今後モニタリング方法に

ついては改善策を検討する。また、生育環境によって播種材料の設置による効果が異なったことから、播種材料の効果が期待できる適用範囲を明確にする。

今後は、播種材料の発芽や生育に対する有効性を再検討するとともに実用化に向けて本技術に適した施工方法についても検討する。

参考文献

- 1) 瀬戸内海研究会編：-新たな視点による再生方策-瀬戸内海を里海に，恒星社厚生閣，2007.
- 2) 全国海の再生プロジェクトHP：
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/saisei/>
- 3) (財)港湾空間高度化センター：港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル，1998.
- 4) 伊豫田紀子，齊藤到，塩田耕司：浚渫土を利用したアマモ場造成材料の開発，平成16年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，pp.107-110, 2004.
- 5) 伊豫田紀子，島谷学，岩本裕之：アマモの種子の流失を抑制する播種材料について，海洋開発論文集，Vol. 21, pp. 683-688, 2005.
- 6) 伊豫田紀子，島谷学，岩本裕之，竹山佳奈：アマモ播種材料の発芽・生育に対する現地実証実験，平成16年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，pp. 83-86, 2006.
- 7) 塩田耕司，高崎三晴，大内仁，古賀大三郎：建設汚泥リサイクルシステムの開発，土木学会年次学術講演会講演概要集第7部，第55巻，pp. 410-411, 2000.