

福井県大飯町沿岸におけるアマモ場造成に 適した環境条件および施工方法の把握

長山 英樹¹・近藤 勝裕²

¹修(工) 東洋建設(株)北陸支店 大飯作業所 (〒919-2103 福井県大飯郡大飯町尾内35-25)

E-mail: nagayama-hideki@toyo-const.co.jp

²東洋建設(株)北陸支店 若狭事務所 若狭事務所長 (〒919-2103 福井県大飯郡大飯町尾内35-25)

E-mail: kondo-katsuhiro@toyo-const.co.jp

福井県大飯町沿岸では、埋立などにより多くの藻場や漁場が消失した。特に沿岸の浅瀬に繁茂していたアマモ場は17.5ha程度が消滅したと推測された。このようなことから、著者らは漁場再生を願う地元漁協と連携し、海域環境回復・改善の一つの方法としてアマモ場造成に取組み、平成14年1月より現地造成試験を実施した。その結果をふまえて、漁場整備事業として平成15、16年度に合計2,400m²のアマモ場造成が実施された。そこで本報告では、造成試験と事業で造成されたアマモ場の追跡調査により、造成適地の判定基準の設定を行った。その結果、設定した適地判定基準を満たす場所では、アマモ場造成が可能であることを確認した。また、アマモ播種シート工法の大規模造成への適用性を検討し、その有効性を確認した。

Key Words : *Zostera Marina*, *zostera beds*, *condition of growth*, *ways to plant*, *sowing sheet*

1. はじめに

福井県大飯町沿岸は、若狭湾のほぼ中央にある小浜湾の西側に面している。小浜湾内は砂浜海岸や岩礁が多く存在し、海象条件も比較的穏やかである。この沿岸域では、海岸沿いを走る国道周辺の開発および発電所建設により、海域の埋立や護岸の直立化が行われた。これらの開発による藻場の消失面積は、約38haにものぼると推測された¹⁾。このうち、沿岸の浅瀬に繁茂し、稚エビや魚類の良好な餌場や漁場となるアマモ場は、17.5ha程度が消滅したと推測された¹⁾。このようなことから、著者らは漁場再生を願う地元漁協と連携し、海域環境回復・改善に取り組んできた。環境回復改善の方法としてアマモ場造成に着目し、平成14年1月に現地造成試験を実施した。この結果をふまえて、漁場整備事業として平成15、16年度に合計2,400m²のアマモ場造成が実施された。

本報告では、環境条件の異なる6地点で実施した現地造成試験により、当海域における造成適地の判定基準について検討を行った。そして、造成適地と判断した場所で造成されたアマモ場の追跡調査により、判定基準の妥当性の検討を行った。また、効率的な造成方法を明らかにするため、アマモ播種シート工法の大規模造成への適用性を検討した。

2. アマモ場造成の適地判定基準の

設定・検証フロー

当海域においてアマモ場造成を行う場合の適地判定基準を、現地造成試験により求めた。そして、好適地と判断された場所で造成されたアマモ場の追跡調査により、判定基準の妥当性について検証を行った。

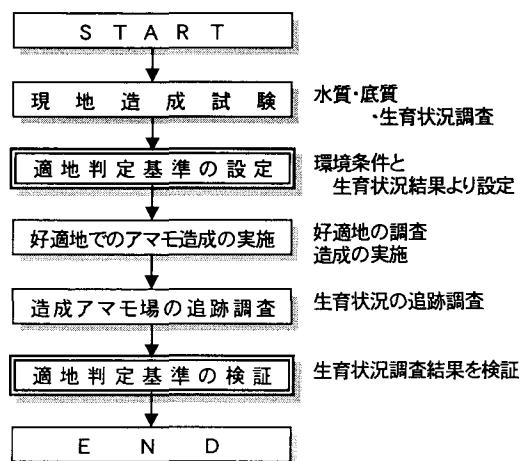


図-1 好適地判定基準の設定・検証フロー

3. 現地造成試験と適地判定基準の設定

(1) 現地造成試験の造成方法および調査方法

a) 造成場所及び造成方法

現地造成試験は福井県大飯郡大飯町沿岸域のうち、図-2に示す環境条件の異なる6地点で行った。6地点の水深を表-1に示す。試験では2m×2m(=4m²)、播種密度300粒/m²のアマモ播種シート^{③-⑤}をダイバーにより海底に敷設・固定した。アマモ播種シートの概要を図-3に示す。

表-1 造成試験場所

St.	造成試験場所	造成水深
1	あかぐり海釣り公園塩浜海水浴場側	2.0m
2	あかぐり海釣り公園赤礁崎側	2.7m
3	朝倉鼻南砂浜	2.0m
4	青戸大橋尾内側	2.5m
5	青戸大橋本郷側	2.0m
6	本郷地先	1.7m

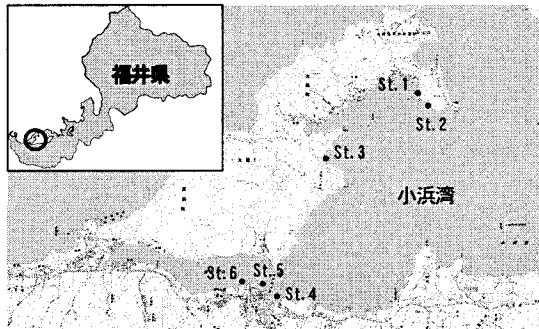


図-2 現地造成試験場所

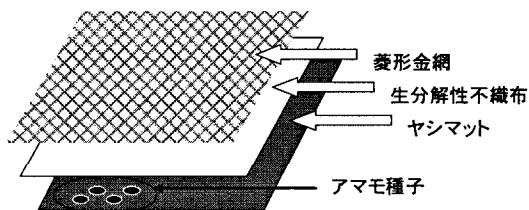


図-3 アマモ播種シートの構造

アマモ播種シートには主に以下のような特徴がある。

- ①アマモ種子や幼芽体の流出を防ぐことが可能
- ②生分解性の素材を使い、環境への負荷が少ない
- ③大量・急速な製作・敷設が可能である

b) 調査概要

環境調査は、「播種シート敷設時」と「生育状況確認時」の2回行った。その主な内容を以下に示す。

調査日	播種シート敷設時	平成14年2月13日
	生育状況確認時	平成14年5月28日
調査内容	水質、底質の調査・分析、周辺状況調査	
調査場所	播種シートを設置した6地点(図-1参照)	
調査時天候	播種シート敷設時	曇り時々雪
	生育状況確認時	晴れ

表-2 調査項目と調査方法

	調査項目	調査方法
水質調査	透明度	透明度板で測定
	水温、塩分濃度	水面下 0.5m. 水質メーターで測定
底質調査	粒度分布、COD、強熱減量	試料を採取し室内分析
周辺状況調査	目視観察、水中写真、水中ビデオ撮影	潜水士および船上からの観察・撮影

なお、水中写真や水中ビデオによる観察は、敷設からほぼ1ヶ月おきに5月28日まで合計4回行った。

(2) 調査結果

a) 水質調査

透明度の調査結果を表-3に示す。透明度はSt.1～3は敷設時・生育状況確認時ともに水深以上であった。St.4～6は敷設時には2m前後の透明度であったが、生育状況確認時には水深以上が確認された。しかし、湾奥に位置するSt.4～6は、海水の濁りが見られ、St.1～3と比較し透明度は低い。

水温の調査結果を図-4に示す。この沿岸での例年の最高水温は28℃前後である^⑥。今回調査では、敷設時には10℃を下回っていたが、生育状況確認時には20℃を超え、発芽に適しているとされる15～20℃を経過していた。

塩分濃度の調査結果を図-5に示す。塩分濃度は、ほとんどが31～33%の間であったが、生育状況確認時のSt.4,5においては26～28%となった。これは、この両地点が河口に近く、農繁期および降雨後の一時的なものと考えられた。

表-3 透明度の調査結果

	St1	St2	St3	St4	St5	St6
敷設時 平成14年 2月13日	2m (海底) 以上	2.7m (海底) 以上	2.8m (海底) 以上	2.0m	2.0m	1.7m
確認時 平成14年 5月26日	1.9m (海底) 以上	2.3m (海底) 以上	2.2m (海底) 以上	2.5m (海底) 以上	2.5m (海底) 以上	2.7m (海底) 以上

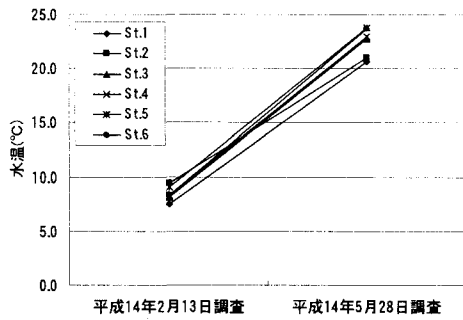


図-4 水温の調査結果

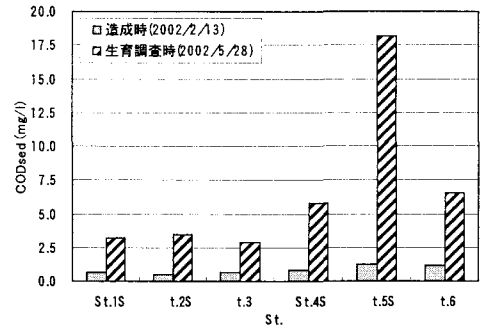


図-7 底質CODの結果

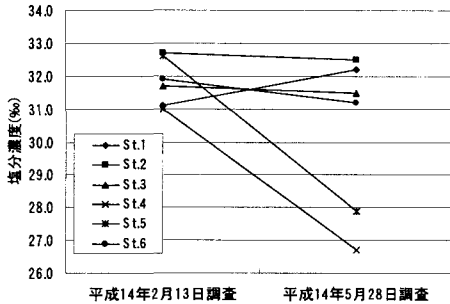


図-5 塩分濃度の調査結果

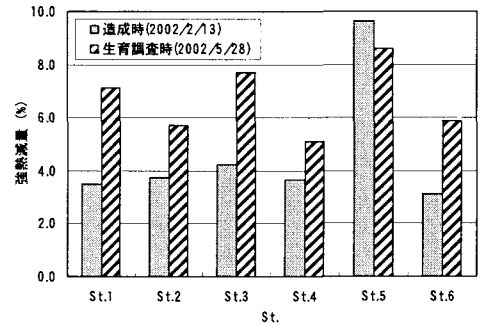


図-8 強熱減量

b) 底質調査

敷設時の粒度分布調査の結果を図-6に示す。なお、敷設時調査と生育状況確認時では粒度分布の変化はほとんど見られなかった。St.1, 2, 4は細砂の割合が50%以上と高く、St.3, 6は粗砂以上の割合が高かった。またSt.5はシルトの割合が約46%と他地点と比較して高かった。

底質CODの調査結果を図-7に示す。全地点で敷設時より生育状況確認時の方が高い値を示した。特に、St.5では敷設時の約14倍の18.2mg/lとなった。

強熱減量の調査結果を図-8に示す。St.5を除いて、敷設時よりも生育状況確認時の方が高い値を示した。St.5では、どちらの調査日においても8.0%を上回っており、底質の富栄養化傾向が確認された。

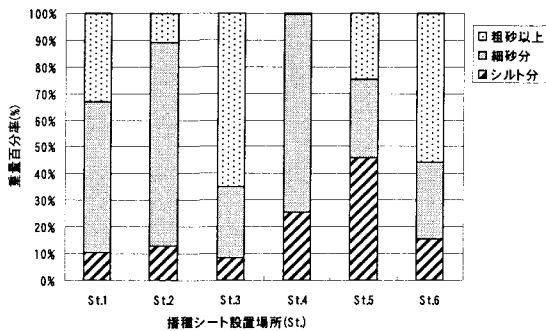


図-6 粒度分布

c) 周辺状況調査

生育密度および平均葉長を計測した結果を図-9に示す。この結果を見ると、St.1, 2, 4においては、十分な密度・葉長で生育していた。一方、St.3, 5, 6は密度が低かった。敷設から生育状況確認時までの様子を図-10に示す。

敷設後2ヵ月後にはすべての地点で発芽が確認できた。また、St.1, 2, 4では高い密度での発芽生育が確認できた。図-10を見ると、St.1, 2, 3では透明度が高く、湾奥に位置するSt.4, 5, 6では透明度が低いことが確認できた。

以上のことより、St.1, 2, 4はアマモの生育環境が適していたと推測される。一方、St.3, 5, 6はSt.1, 2, 4と比較し、発芽・生育に適していないと推測された。

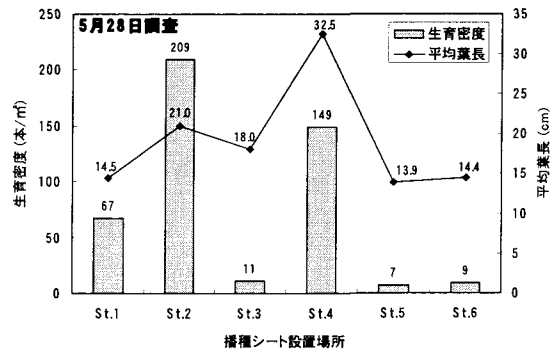


図-9 現地造成試験場所の生育密度及び葉長

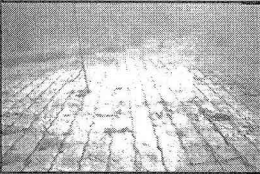
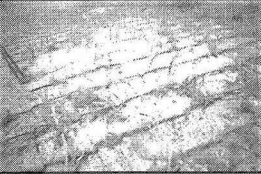
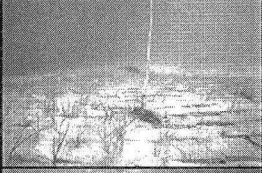
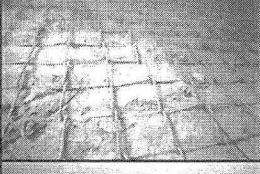
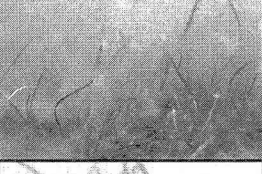
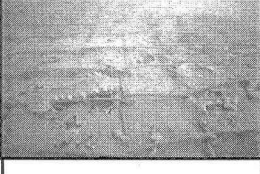
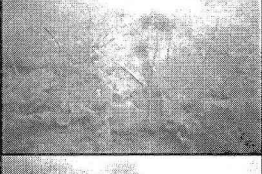
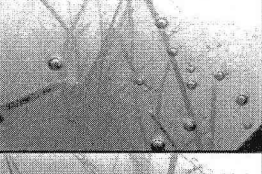
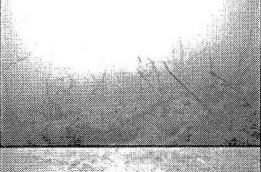
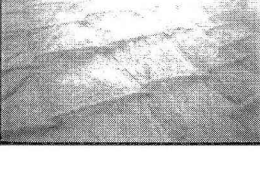
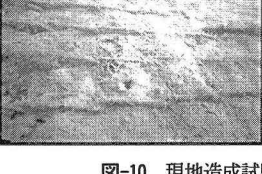
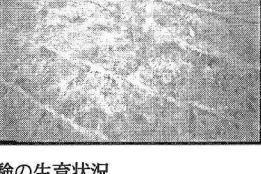
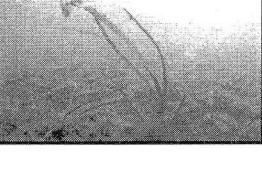
	約1ヶ月後(3月12日)	約2ヶ月後(4月19日)	約3ヶ月後(5月16日)	約3.5ヶ月(5月28日)
St.1				
St.2				
St.3				
St.4				
St.5	欠測			
St.6				

図-10 現地造成試験の生育状況

(3) 適地判定基準の設定

生育状況結果を基に、「港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル」等^{7)~9)}を参考に、判定項目を以下のように設定した。表-4に現地造成試験場所の判定結果を示す。

a) 水深

低潮時に干出ししないこと。また、海底までの到達光量を考慮し、造成水深は5.0m未満とする。

b) 水温

28℃以下であること。

c) 透明度

天候が良いときは水深とする。年平均で1.0m以上とする。

d) 塩分濃度

17~34‰とする。

e) 底質

砂泥分(425 μ m以下)が80~100%、泥分(75 μ m以下)が30%以下とする。また、細砂分(75 μ m~425 μ m)が50%以上とする。

CODは、通常10mg/g以下とする。

強熱減量は、通常5%以下が一般的であるが、当海域においては8%以下とする。

f) 生物的環境

砂泥性藻場を整備する場合や、維持・保全する場合の海藻類の生育に望ましい環境としては、a)競合生物がない、b)植食動物がない、c)底曳き漁業をしていない、などの条件を満たす場所である。

表-4 現地造成試験場所の適地判定結果

			St1	St2	St3	St4	St5	St6
水質	水温	28℃以下	○	○	○	○	○	○
	透明度	1.0m 以上	○	○	○	○	○	○
	塩分濃度	17～34‰	○	○	○	○	○	○
底質	粒径	砂泥分 80～100%	○	○	○	○	△	○
		泥分 30%以下	△	○	×	○	×	×
		細砂分 50%以上	○	○	×	○	×	×
	COD	10mg/g 以下	○	○	○	○	○	○
	強熱減量	8% 以下	○	○	○	○	△	○
	生物的環境		○	○	○	○	○	○
適地判定			適	適	不適	適	不適	不適
生育状況(5月28日)			やや良	良	やや不良	良	やや不良	不良

3. アマモ場造成の実施と追跡調査

(1) 造成場所の環境条件

平成15年9月19日の事前調査により適地判定を行い、また、「藻場造成工事に伴う事前調査及び設計委託業務」²⁾も参考に、アマモ場造成に適した場所を選定した。この結果より、図-11に示す3つのエリア(4カ所)においてアマモ場造成を実施した。ただし、表-5に示すように、エリア1-1、1-2、3(600m²)は平成15年度、エリア2およびエリア3(300m²)は平成16年度にアマモ場造成を実施した。

表-5 造成日と造成面積

工号	造成年度	造成日	造成面積 (㎡)
工号1	H15 年度	平成 16 年 2 月 3 日～11 日	600
工号2	H16 年度	平成 16 年 12 月 13 日～20 日	900
工号3	H15 年度	平成 16 年 2 月 3 日～11 日	600
		平成 16 年 12 月 13 日～20 日	300
合 計			2400

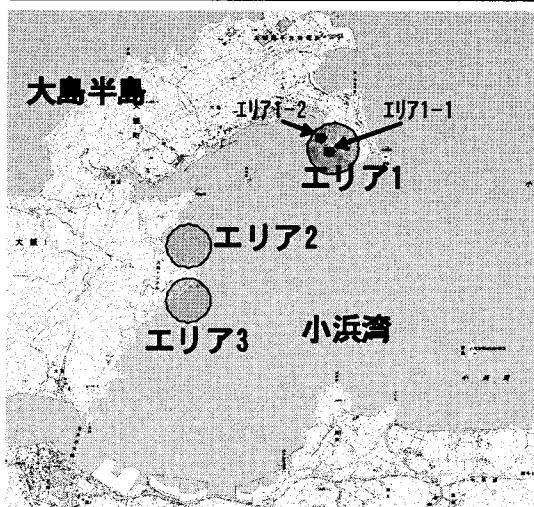


図-11 造成場所

これら造成場所の適地判定結果を表-6に示す。

表-6 適地判定結果

評価項目・基準			Ⅱ/A 1-1	Ⅱ/A 1-2	Ⅱ/A 2	Ⅱ/A 3
造成年度			H15	H15	H16	H15,16
造成面積 (㎡)			300.3	00.9	00.9	00
造成水深		5.0m 以下	2.1～3.1	1.5～1.8	2.0～4.5	3.0～5.0
			○	○	○	○
水質	水温	28℃以下	27.4	27.1	27.0	
			○	○	○	
	透明度	1.0m 以上	3.1<	3.8<	2.2<	
			○	○	○	
	塩分濃度	17～34‰	30.8	31.8	32.1	
			○	○	○	
底質	粒径	砂泥分 80～100% 泥分 30% 以下 細砂分 50% 以上	○	△	○	
	COD	10mg/g 以下	2.2	6.7	3.4	
			○	○	○	
	強熱減量	8% 以下	5.0	8.2	8.0	
○			△	△		
生物的環境			○	○	○	
適地判定			適	適	適	適

(2) 造成場所の追跡調査

造成されたアマモ場を主に目視観察(水中写真及び水中ビデオ)により追跡調査を行った。

a) 平成15年度造成アマモ場(エリア1-1、1-2、3)¹⁰⁾

平成15年度造成アマモ場の目視観察結果(水中写真)を図-12に示す。

発芽は敷設後約4ヶ月半後の平成16年4月27日の調査で確認された。エリア1-2では、発芽確認後も順調な生育が確認され、約1年後の平成17年2月25日の調査まで生育が確認されている。また、エリア1-1では平成16年10月に来襲した台風23号により、造成したアマモ場上に砂が堆積し、一部アマモが砂に埋まってしまった。一方、エリア3では比較的発芽密度が低く、生育密度も低かった。これは、シート上や葉上に浮泥などの堆積物が見られることから、水中のけん濁物質により透明度の低下、および堆積物による光合成の阻害などが影響していると考えられた。

b) 平成16年度造成アマモ場(エリア2、3)

平成16年度造成アマモ場のうち、エリア2の目視観察結果(水中写真)を図-13に示す。

発芽は敷設後約2ヶ月半後の平成17年2月25日の調査で確認された。エリア2では、発芽確認後も順調な生育が確認され、半年後の平成17年6月20日の調査では、天然のアマモ場と遜色のない生育が確認されている。一方、エリア3では平成15年度造成アマモ場と同様に、比較的発芽密度が低く、生育密度も低かった。

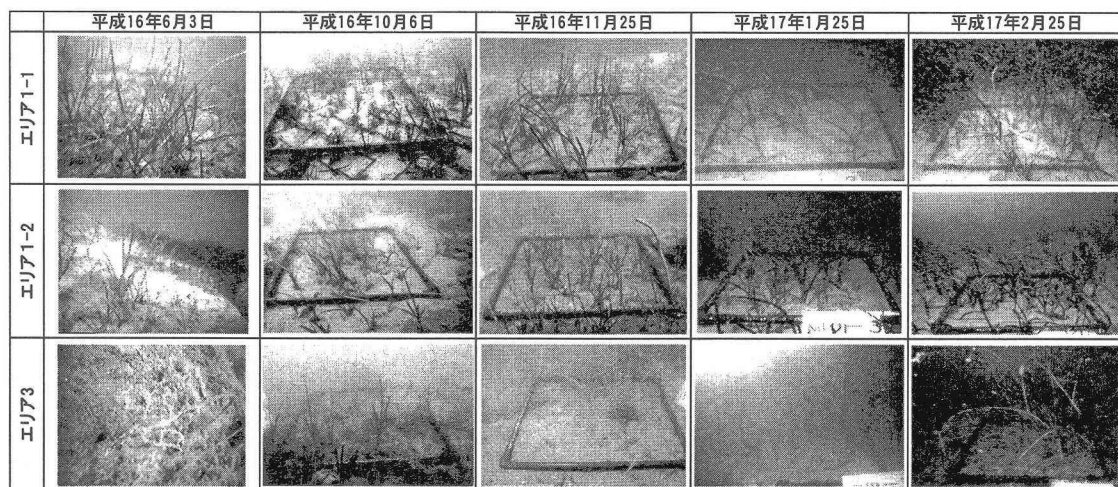


図-12 造成アママ場の生育状況(平成15年度造成)

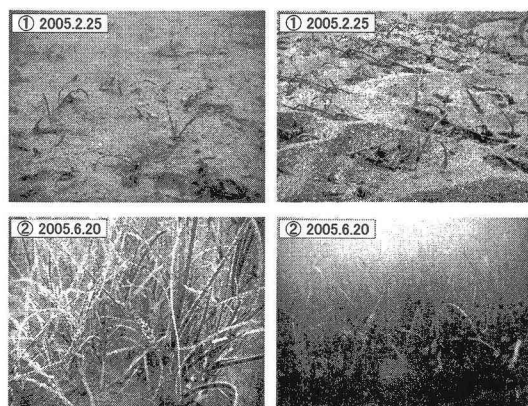


図-13 造成アママ場(エリア2)の生育状況(平成16年度造成)

(3) 適地判定基準の検証

適地判定結果と生育状況の比較を表-7に示す。

表-7 適地判定結果と生育結果

評価項目・基準	エリア1-1	エリア1-2	エリア2	エリア3
適地判定	適	適	適	適
生育状況	○	◎	◎	△

この比較結果を見ると、エリア1と2においては判定結果では妥当であると判断できた。一方、エリア3については判定結果と違いが表れた。

エリア3は造成した水深が他地点と比較して深かった。また、事後の調査時に透明度が低い場合が多かった。そのため、必要な光量が確保できず、生育が十分に行われなかったと推測された。判定結果と生育結果の違いは、事前の調査は1回のみであったこと、発芽・生育時期の12月～3月の調査結果での判定ではないこと、などのため生じたと推測された。

以上のことから、適地判断基準は妥当といえた。しかし、判定を行うための事前調査を造成時、発芽時、生育時に行うなど、時期や回数を検討する必要がある。

4. 効果的なアママ場造成方法の検討

～播種シート工法の大規模造成への適用性について～

(1) はじめに

アママ播種シート工法は大規模造成を想定して開発されたアママ場造成法である^{⑧～⑩}。これまで、実海域において大規模造成の実証試験も行っている。そこで、今回のアママ場造成(合計2,400m)にアママ播種シート工法を採用し、本工法の大規模造成への適用性を検討した。

(2) アママ播種シート工法の概要

アママ播種シート工法は図-3に示したアママ播種シートを、起重機船などにより海底に展張・固定し、種子より発芽・生育することでアママ場を造成する方法である。

(3) 造成工事の概要

播種シート工法は、播種シート製作工と播種シート敷設工である。

播種シート製作は、風雨を防ぐとができる、屋根付きの陸上ヤードにて行った。

播種シート敷設は、作業船にて播種シートを海上運搬し、起重機船などにより海中に投入し、ダイバーにより海底に固定した。

(4) 大規模造成への適用性について

播種シート工法は播種シート1枚の大きさを、施工条

件などに合わせて設定が可能である。今回の施工では、①人力移動が可能であること、②製作ヤードの大きさ、③製作・敷設効率、を考慮し、 $2\text{m} \times 12.5\text{m} = 25\text{m}^2/\text{枚}$ の播種シートを使用した。

製作と敷設は $250\text{m}^2/\text{日}$ 程度であり、ほぼ同じ速度での施工が可能であった。そのため、製作と敷設が効率よく行うことができた。また、陸上での仮置き期間が最長でも1晩であり、種子を良好な状態で海底に敷設することができた。

以上のことから、アマモ播種シート工法により効率的な施工が可能であった。また、施工条件や造成規模の変化に対応して、播種シートの大きさを変更できるため、さらに大規模な造成でも効率的な施工が可能と推測された。

5. まとめ

平成14年1月に実施したアマモ場の現地造成試験により、アマモ場造成の適地判定基準を設定した。この判定により、アマモ場造成場所を選定し、平成15、16年度に3つのエリア、4カ所に合計 $2,400\text{m}^2$ のアマモ場造成を実施した。その結果、適地判定基準は妥当と判断できた。しかし、判定を行うための事前調査を造成時、発芽時、生育時に行うなど、時期や数回を検討する必要があることがわかった。

また、アマモ播種シート工法は $1,200\text{m}^2/\text{年}$ のアマモ造成において、効率的な施工を可能とした。また、施工条件や造成規模の変化に対応して、播種シートの大きさを変更できるため、さらに大規模な造成でも効率的な施工が可能と推測された。

アマモ場造成が求められる場所は、生育に適さない場所が多い。本結果により、不適な場所を好条件に基盤整備のうえ、造成することが可能になったと考えている。また、アマモ播種シートにより、効率的な造成および順調な生育が確認され、今後の大規模造成への対応も可能と考えている。

謝辞：現地造成試験や造成工事などに際して、福井県大島漁業協同組合の協力を得た。ここに感謝する。

参考文献

- 1) 第4回自然環境保全基礎調査・海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査)、環境省、1994。
- 2) 藻場造成工事に伴う事前調査及び設計委託業務 報告書、福井県大飯町、平成15年9月。
- 3) 芳田 利春、田中 裕作、寺田 美香里ほか：播種シートによるアマモ場造成に関する研究、土木学会第53回年次学術講演会、共通セッション pp.204-205、1998。
- 4) 芳田 利春、田中 裕作、寺田 美香里ほか：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、共通セッション pp.246-247、1999。
- 5) 寺田 美香里、伊藤 哲文、芳田 利春、森 鐘一：播種シートによるアマモ場造成に関する研究(その3)、土木学会第54回年次学術講演会、共通セッション CS-001、2000。
- 6) 日本海回況旬報、舞鶴海洋気象台、平成17年3月3日発行。
- 7) 金澤 剛、森 鐘一：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、vol.50、pp.1266-1270、2003。
- 8) 財団法人港湾空間高度化センター 港湾・海域環境研究会：港湾構造物と海藻草類の共生マニュアル、pp.21-24、平成10年9月。
- 9) 社団法人全国漁港漁場協会：藻場造成型漁港構造調査・設計ガイドライン、平成11年4月。
- 10) 藻場造成工事調査委託業務(事後調査) 報告書、福井県大飯町、平成17年3月。

Study on growth Conditions of zoster beds and Ways to Plant zoster beds on the Coast of Ohi-cho

Hideki NAGAYAMA, Katsuhiko KONDO

On the coast of Ohi-cho, Fukui prefecture, a large area of zoster beds and fishing grounds have disappeared mainly due to reclamation. In January 2002, along with local fishermen who want to regain their fishing grounds, we started experimental zoster beds along the coast at Ohi-cho as one way to recover the coastal environment. Based on the results of this experiment, a project to recover fishing grounds was launched. In 2003 and 2004, zoster beds covering a total of 2,400 square meters were planted. By monitoring the *Zostera Marina* on the beds made in 2002, 2003, and 2004 we have been able to establish what condition are necessary to promote *Zostera Marina* growth. We have also discussed ways to set up large-scale zoster beds.