

瀬戸内海におけるアマモ場造成の実践事例

誌名	水産工学
ISSN	09167617
著者名	寺脇,利信 島谷,学 森口,朗彦
発行元	日本水産工学会
巻/号	42巻2号
掲載ページ	p. 151-157
発行年月	2005年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



【報 文】

瀬戸内海におけるアマモ場造成の実践事例

寺 脇 利 信*1・島 谷 学*2・森 口 朗 彦*3

Excellent Examples of Eelgrass *Zostera Marina* Bed Restoration Continuing Along the Coast of Seto Inland Sea, Japan.

Toshinobu TERAWAKI*1, Manabu SHIMAYA*2 and Akihiko MORIGUCHI*3

Abstract

There were six excellent examples of eel grass *Zostera marina* bed restoration projects that have been continuing periodical monitoring and publishing of the results on several scientific papers up to date, along the coast of Seto Inland Sea, Japan. Every example included the both important action at their actual project site, e.g., 1) understanding local limiting factors of eel grass *Z. marina*, and 2) mitigating condition of the limiting factors. Principal actions in these projects were as follows, 1) raising sandy bottom as artificial tidal flat restoration, 2) raising sandy bottom at deepest limit of vertical distributional range for giving the suitable growing ground to eel grass *Z. marina*, 3) improvement on natural sandy substrata for enhancing the roots and surviving the plants, and 4) transplantation for accelerate flourishing of eel grass *Z. marina*.

1. はじめに

本稿は、2004年11月に開催された平成16年度日本水産工学会秋季シンポジウム「藻場造成・実践と課題」での講演内容についての特集出版の企画に際し、当日用いた講演要旨に加筆して作成した。

1992（平成4）年の国連・環境開発会議（地球サミット；ブラジル・リオデジャネイロ）によって、生物の多様性の保全などが国際的な責務となった。我が国では、「海岸法」（平成11年改訂）および「港湾法」（平成12年改訂）において、自然環境との調和のとれた総合的な適正管理や配慮が追加された。「水産基本法」（平成13年6月制定）では水産物の安定供給および水産業の健全な発展の2点が、「漁港漁場整備法」（平成14年4月施行）では環境との調和に配慮することが定められた。「新・生物多様性国家戦略」（地球環境保全に関する関係関係会

議決定、平成14年3月策定）では、今後、保全の強化、自然再生、および持続可能な利用の3点が、重点を置くべき施策である。最新の「自然再生推進法」（平成15年1月制定）では、過去に損なわれた自然環境または生態系を取り戻すため、地域の多様な主体（関連行政機関、関係地方公共団体、地域住民、NPO、専門的知識を有する者等）が参加する枠組みと手続きが定められた。

漁業は、海洋生態系などを構成する生物を利用する産業である。干潟・藻場を含む沿岸域の自然環境を保全することは、水産資源の持続的な利用の観点から、きわめて重要である。港湾関連事業ではエコ・ポート施策（生物に配慮した港湾環境整備）などで干潟・藻場に対する取り組みが実施され、水産事業ではマリン・エコトピア21（漁場環境の修復推進事業）の実施に続き、今後、干潟・藻場の整備を5,000ha規模で実施することが計画されている。

2005年3月28日受付、2005年4月8日受理

キーワード：アマモ場、生育基盤造成、事例、持続、瀬戸内海

Key Words : *Zostera marina*, example, growing ground construction, restoration continuing, Seto Inland Sea

*1 National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, Maruishi, 2-17-5, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan（独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区分水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5）

*2 Penta Ocean Construction Co.L.T.D., 1534-1, Yonku, Nasu-shiobara, Tochigi 329-2746, Japan（五洋建設（株）環境研究所 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1）

*3 National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency, 7620-7, Hasaki, Kamisu, Ibaraki 314-0408, Japan（独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所 〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7）

近年に出版された藻場の機能と回復に関する各種のレビュー・ガイドラインなど^{1)~5)}を総合すると、潮間帯から始まる勾配の緩やかな砂泥海底の造成によって、過去に失われたアマモなど海草・海藻の好適な生育基盤を回復させることが重要視されている。そこで、本稿では、瀬戸内海域におけるアマモ場造成の実践地を列挙し、各事例の比較・整理から、アマモの生育に適した条件の理解を進め、加えて、アマモ場造成の今後の課題について考察する。

2. 方法

瀬戸内海域におけるアマモ場造成の実践地の中で、モニタリングが継続され、文献情報として公表され、かつ、著者らの聞き取りにより、アマモが現存することが確実な事例などのみを取り上げた。モニタリングデータについては、関連の発表文献での記載時点までとした。

3. 結果

1) 広島市似島・二階地先

急深の地先をアサリ漁場などに高度利用するため、都市開発の建設残土を下部用材とした人工干潟の造成に際し、潮下帯の適地にアマモが移植された⁶⁾。移植域におけるアマモの10年間の繁茂に加えて、アマモの生育範囲の拡大が報告された(図-1)。

2) 広島県三原市沼田川河口部地先

光量、航走波および潮流環境等に配慮して移植されたアマモは、6年後に残存し、種子生産が確認された⁷⁾。アマモの移植域における光条件および波・流れ条件から、アマモの生育基盤に適した物理環境が評価された。①移植場所は、アマモ分布の光条件を満たすが、周年濃密な群落を形成するには光量が不足し、川端⁸⁾が報告した光量によるアマモ場評価指標の適用性が確認された。②航走波作用回数と潮流を考慮したアマモ群落外縁におけるシールズ数により、底質の流動安定性の向上を示すとともに、アマモ群落限界が評価された(図-2)。

3) 広島県尾道糸崎港地先

60haの人工干潟において、1984年から2002年まで、地形変化、底質、底生生物およびアマモの生育がモニタリングされた⁹⁾。その結果、干潟造成前2.6haであったアマモ場が、2002年には8ha以上となった(図-3)。

4) 岡山県日生地先

1999年11月に、カキ殻を主な中詰材とした人工干潟にアマモが移植(播種)された¹⁰⁾。造成アマモ場の面積は、約4年後の2003年9月現在、播種面積(50m²)の20倍に相当する1,000m²に拡大した(図-4)。

5) 香川県さぬき市津田地先の離岸堤背後

波浪の軽減により海底面の環境が安定化された既設の消波離岸堤の背後(陸側)で、アマモ移植(種子・株)後に、直近の天然アマモ群落(平成8年1月~平成10年6月)とともにモニタリングされ、移植地での6年間の

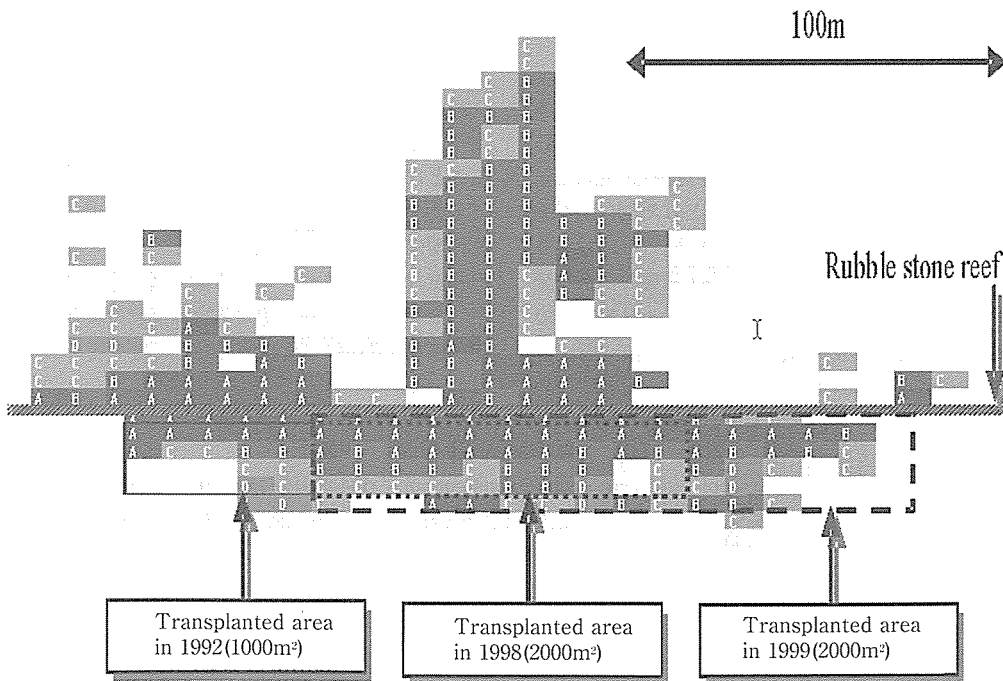


図-1 広島市似島地先の人工干潟におけるアマモ移植範囲と10年後のアマモ繁茂域⁶⁾

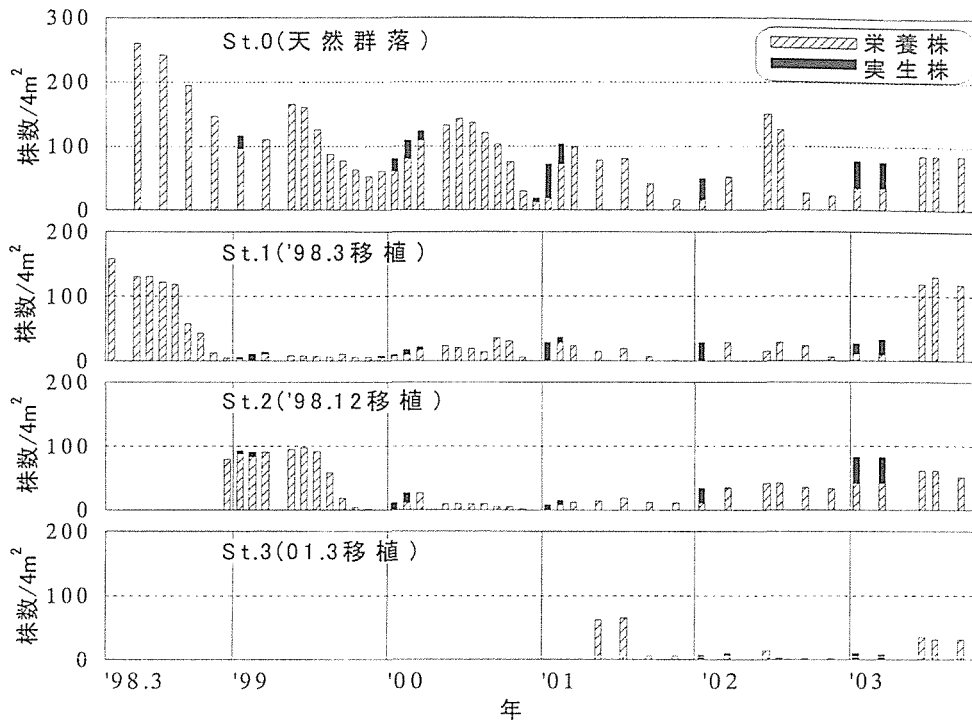


図-2 広島県三原市沼田川河口部地先における天然群落とアマモ移植先の株数の経年変化⁷⁾

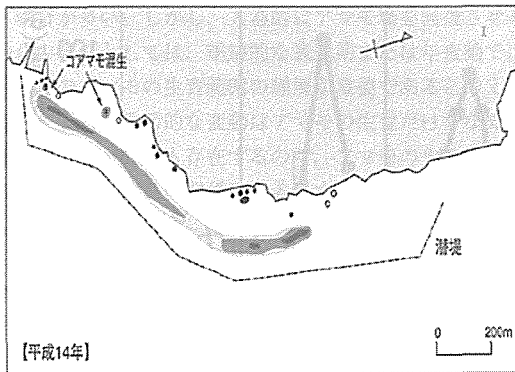


図-3 広島県尾道糸崎港地先におけるアマモの分布範囲例(百島地区)⁹⁾

生育が記録された¹¹⁾。10×10mのアマモ移植範囲内では分布域をひろげたが、その外側へのひろがりには少なかった(図-5)。

6) 徳島県鳴門市榑木地先

冬季の波浪により最大有義波高が1.8mとなる鳴門市榑木浜において、1995年度から2000年度まで6年間にわたり、マットを用いたアマモ場造成技術の開発が進められた¹²⁾。アマモの地下茎の上層に常に砂泥を堆積させることを目指した技術開発に取り組み、多くの知見が得られた。ガーゼ・礫製マットは、ポリプロピレン製マットに比べ、冬季の季節風による波浪であれば、アマモが

越年維持できることに加えて株密度が高く、優れていた。しかし、ガーゼ・礫製マットは、ポリプロピレンマットに比べ、台風が通過する際の波浪に対しては、アマモが維持できず、能力の限界を越していた(図-6)。

4. 考 察

1) 瀬戸内海域でのアマモ場造成事例の比較・整理

瀬戸内海域におけるアマモ場造成の実践事例の中から、現時点までの正確なモニタリングが実施・公表されている6事例について比較・整理した。いずれの事例でも、対象海域におけるアマモの生育を制限する要因を把握し、その条件を緩和する行為が伴っていた。最も多かったのは、人工干潟の造成などに伴う生育基盤の高上げであり、続いて、生育下限域でのみの生育基盤の高上げ、そして、砂泥移動の緩和された静穏域または根の支持基盤を強化するためのマットなどの敷設を伴うアマモの移植であった。

これらの事例は、主に海面の開けた方位によって二つに大別することができる。海面が主に南に開けた海域では砂泥基盤の高上げが主である。広島市(広島湾奥部)の似島地先⁶⁾、広島県三原市地先⁷⁾、同じく広島県尾道糸崎港地先⁹⁾、および、岡山県日生地先¹⁰⁾は、基本的に海面が南方に開け、夏季の一時期または台風時以外には風浪の影響が大きくない方位¹³⁾における砂泥基盤の高上げによる、アマモの生育を制限する光条件の改善が伴

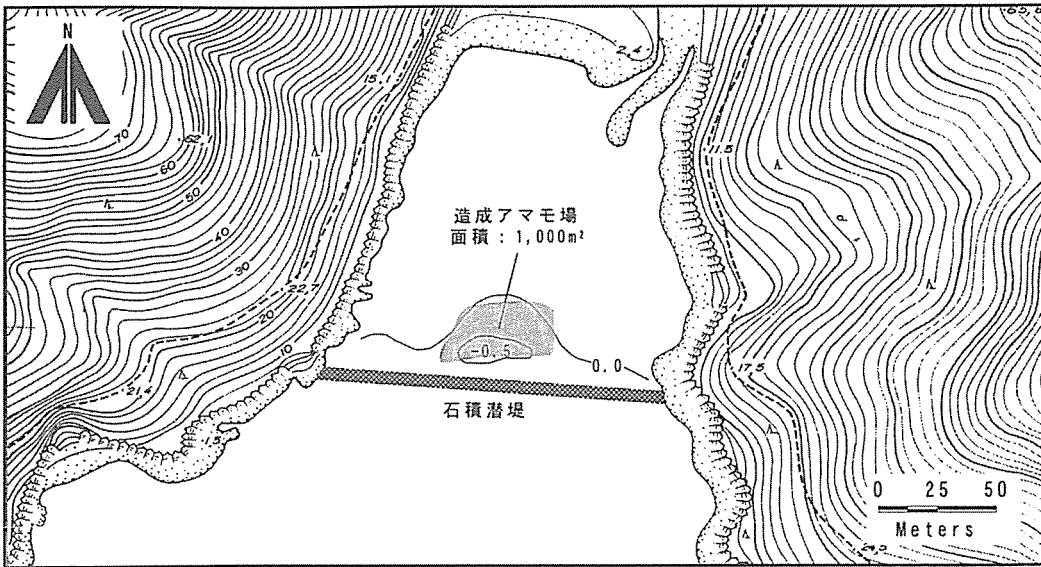


図-4 岡山県日生地先の人工干潟におけるアマモ移植範囲と4年後のアマモ繁茂域¹⁰⁾

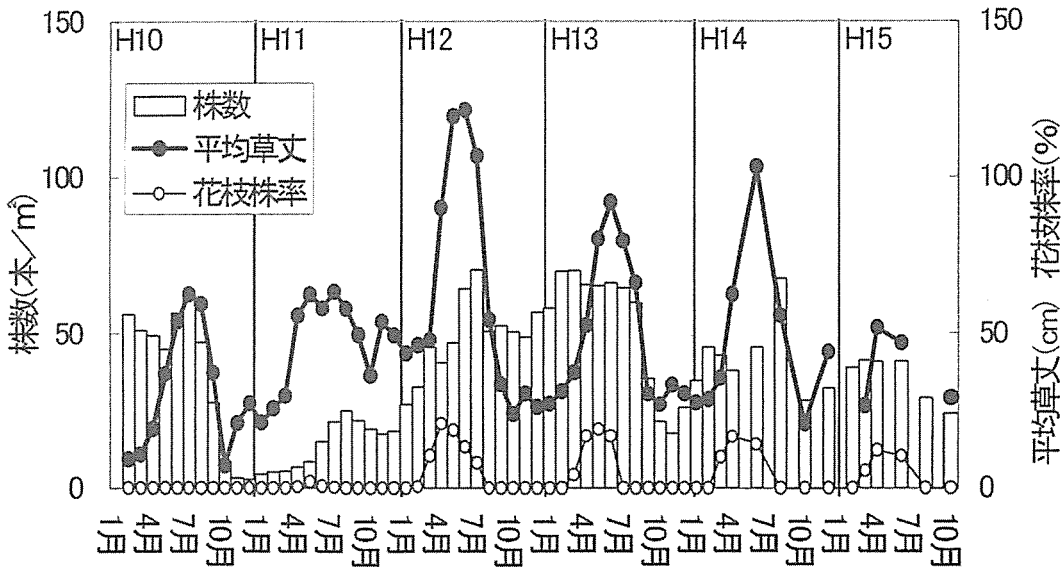


図-5 香川県さぬき市津田地先（離岸堤陸側）でのアマモ移植地での株数と草丈の推移¹¹⁾

っていた。一方、海面が主に北に開けた海域では風浪で生じる砂泥移動の影響の緩和が主である。香川県さぬき市津田地先¹¹⁾ および徳島県鳴門市榑木地先¹²⁾ では、基本的に海面が北方に開け、冬季の季節風浪で生じてアマモの生育を制限している砂泥移動の影響¹⁴⁾ の大きな海域における、アマモの生育を制限する砂泥移動条件の改善が伴っていた。

2) アマモの生育に適した条件の理解

近年、長期にわたるアマモ場のモニタリングが進展し、天然のアマモ場でさえも、自然環境の変動に伴って、随

時、面積や分布範囲が変動することが報告され^{15, 16)}、動的な平衡状態と見なせる様々な局面を示しつつ存続していることが明らかにされ始めた。天然のアマモ場において、季節的な繁茂期および衰退期、また年変動における分布域の拡大および縮小年の分布範囲の条件の間には、光、波浪、流動、砂泥移動などの定量化が進められている要因以外にも、未だ定量化が困難な浮泥および付着生物など条件の相違が存在する^{17~19)}。

藻場の構造および機能等を把握するためには、季節的な繁茂期における実態を把握することに努力が傾けられ

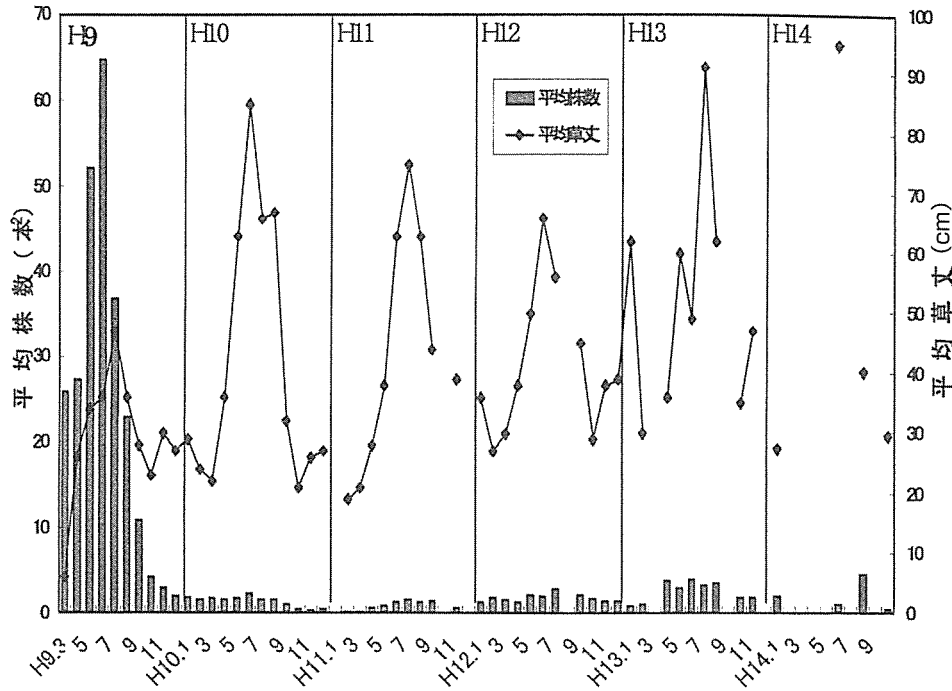


図-6 徳島県鳴門市榑木地先におけるポリプロピレンマット上でのアマモの繁茂¹²⁾

る場合が多い。しかし、人為的にアマモ場を回復させる場合の条件としては、季節的な衰退期または年変動では縮小年のアマモの生育範囲の理解が重要であると考えられる。また、季節的な変動はアマモの生育だけでなく物理的外力についても存在するので、アマモの生活史と物理的外力の季節性の関係にも着目する必要がある²⁰⁻²³⁾。

岩礁性藻場の造成に関し、事業予定地の周辺での良好な自然の藻場の立地環境として、①水面からの深さ、②砂面からの高さ、③底面波浪流速の把握を春夏秋冬の各季節に行うことが望ましいことが知られている³⁾。これらに関して、アマモ場の場合には、①と③の条件が重要である。加えて、人工干潟等の人工的な砂泥基盤は、設計における設置水深や粒度組成などの環境をアマモの生育に適した条件に類似させても、施工後の基盤の沈下や細粒分の流失などにより安定的に保てない場合がある。以上のことなどから、アマモの生育に適した人工の砂泥基盤は、自然の干潟のようにそれ自身が生長を続ける²⁴⁾ことを理想としつつ、天然アマモ場のモニタリングによって明らかにされた条件が、施工後も安定して持続することが極めて重要となる。

3) アマモ場造成の今後の課題

現在、アメリカなどでの海草藻場の回復事業における結果の評価は、主に、移植草体の一定期間後の生き残り率の比較によって行なわれている²⁵⁾。この場合には、基本的に、現地での過去の海草衰退要因が緩和されてき

ていることを調査によって見通し、事業地の海底の環境を土木的手法によって改変しないことが前提となっている²⁵⁾。これに対して、瀬戸内海における持続的なアマモ場造成事例は、いずれの事例においても、砂泥海底の嵩上げを含む生育基盤の改良という環境変化が伴い、基本的に、アメリカでの主たる方法とは異なっている。また、日本でアマモを移植する場合には、アマモ草体採取元のアマモ場について、特に埋め立てなどの沿岸開発などによって消滅する恐れに伴い、他の地先に移植先を必要とする事情と密接に関係づいている。今後、砂泥基盤の嵩上げなどのアマモの生育基盤の造成を実施する場合における結果の評価の基本は、事前調査の結果を用いて設計した新しい生育基盤上での、予想した繁茂状態と実際に発生するアマモなど底生生物群集との比較検討から行なわれるようになることが適している。

以上のことなどから、自然模倣の技術の一環として、人工干潟等の潮間帯から始まる勾配の緩やかな砂泥海底の造成技術の高度化が、アマモ場造成においても今後の最も重要な課題となると考えられる。加えて、自然の干潟のようにそれ自身が生長を続ける干潟²⁴⁾に続く砂泥海底を人工的に確実に造成することにより、浮泥の採集漂着場所としての水質浄化への寄与だけでなく、アマモの生育基盤のなるべく管理を必要としない維持の、両面に資すると期待される。

特に、なるべく管理しない干潟・藻場を、既に開発さ

れた地先での、遠浅の海底の回復によって実現させたい。人工護岸地先で改めて造成した遠浅の海底において、なるべく管理しない干潟・藻場を回復させる技術は、海底面とその上に成立する底生生物相に表われる生態遷移を、想定通りの相に至るように方向付け、誘導する技術と言える。そのためには、砂泥底のアマモ場のみを対象とするのではなく、嵩上げや投石という岩礁性藻場の基盤により砂泥移動を局所的に緩和して、その結果としての干潟およびアマモの好適な砂泥性の生育基盤を得るという「干潟・複合藻場」となることが現実的である。

最後に、回復される干潟・複合藻場は、人工物であるので、予定される漁業を含む沿岸海域利用計画に照らし合わせ、地先毎に最適な人工基盤の設計を実現することが求められる。一方、人工の砂泥基盤がアマモの生育にとって好適であれば、アマモは自生するので、移植は必要ないことになる。なお、アマモの生育に好適な人工の砂泥基盤を利用した環境教育などの一環としてのアマモの移植イベント、また、人工の砂泥基盤が十分にアマモの生育に適した条件を実現できていない場合の草体の繰り返し補填としての再移植などに際しては、遺伝的情報のかく乱を生じさせないように近距離間での草体の確保が重要である。

5. おわりに

今後は、干潟・藻場を含む浅海域に関し「渚の基本図(干潟・藻場の基本図)」²⁶⁾へ拡張して展開することが期待される。なお、ますます、「対策のための技術」だけではなく、問題の性質や対策の進め方など、基本的な考え方が問われる。第1に干潟・藻場の造成に関して社会的な合意を得る努力、第2に干潟・藻場の変化をよく見きわめてからの技術の選択、第3に地域の人々の暮らしや経済の変化の考慮、に集約される。藻場の造成における食害問題の解決は、消費者に間接的に参加してもらうことを含み、沿岸域の総合的な管理における重要なテーマである²⁷⁾。

6. 要 約

瀬戸内海域におけるアマモ場造成の実践事例の中から、現時点までの正確なモニタリングが実施・公表されている場合を比較・整理した。いずれの事例でも、対象海域におけるアマモの生育を制限する要因を把握して、その条件を緩和する行為が伴っていた。最も多かったのは、人工干潟の造成などに伴う生育基盤の嵩上げであり、続いて、生育下限域でのみの嵩上げ、そして、砂泥移動を緩和し根の支持基盤を強化するためのマットの敷設を伴うアマモの移植であった。

謝 辞

現地のモニタリングに関する最新情報を提供いただいた榎東京久栄の森田健二氏、国土交通省中国地方整備局・広島港湾空港技術調査事務所の松本英雄氏、香川県水産試験場の藤原宗弘氏、徳島県・水産研究所の棚田教生氏、五洋建設の中瀬浩太氏、および、岡山県水産課の鳥井正也氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 水産庁中央水産研究所：藻場の機能。水産業関係試験研究推進会議 資源増殖部会「テーマ別研究のレビュー」Ser.4, pp.1-110, 1997.
- 2) マリノフォーラム21：アマモ場造成技術指針。pp.1-78, 2001.
- 3) 全国漁港漁場協会：藻場造成型漁港構造物調査・設計ガイドライン。pp.1-243, 2003.
- 4) 国土交通省港湾局：海の自然再生ハンドブック第3巻藻場編。ぎょうせい, pp.1-110, 2003.
- 5) 環境省：藻場の復元に関する配慮事項。pp.1-100, 2004.
- 6) Morita K, Hamabata M, Masuhara H, Fukase K and Kawasaki Y: *Zostera* (eelgrass) bed restoration in Japan. Fisheries Science, pp.1771-1774, 2002.
- 7) 山本省吾・中瀬浩太・山本裕規・羽原浩史・岡田光正：光量、航走波、潮流環境変化による移植アマモ場の維持・拡大機構に関する研究。海岸工学論文集, 51, pp.1041-1045, 2004.
- 8) 川端豊喜：水生植物による内湾域における環境修復。水産学シリーズ(110), 厚生社恒星閣, pp.79-93, 1996.
- 9) 春日井康夫・久本忠則・中山康二・松本英雄：広島県尾道糸崎港における干潟再生事業。海洋開発論文集, 19, pp.107-112, 2003.
- 10) 大本茂之・鳥井正也・三浦俊一・真鍋康司・西村和雄：岡山県日生町地先の造成アマモ場の拡大。水産工学, 42, pp.75-78, 2005.
- 11) 藤原宗弘・山賀賢一：離岸堤内に移植したアマモの6年間のモニタリングー香川県さぬき市津田。平成15年度瀬戸内海ブロック水産業関係試験研究推進会議 生産環境・漁業生産合同部会 議事要録, pp.96-101, 2003.
- 12) 棚田教生・和泉安洋・團 昭紀・広澤 晃・森口朗彦・寺脇利信：冬季波浪条件の比較的厳しい海域におけるガーゼ・礫製マットによるアマモ繁茂への効果と限界。水産工学, 42, pp.129-134, 2005.
- 13) 高谷知恵子・斉藤 博・玉置 仁・森口朗彦・吉田吾郎・寺脇利信：広島湾における風環境の特徴。水産工学, 41, pp.271-274, 2005.
- 14) 團 昭紀・森口朗彦・三橋公夫・寺脇利信：鳴門地先におけるアマモ場と底質および波浪との関係。水産工学, 34, pp.299-304, 1999.
- 15) 森口朗彦・高木儀昌・仲宗根琢磨・吉川浩二・團昭紀・和泉安洋：分布特性の異なる2つのアマモ場における物理環境現地観測。水工研技報, 21,

- pp.1-12, 1999.
- 16) 平岡喜代典・後藤義雄・寺脇利信・岡田光正：自然的要因によるアマモ場の消滅-氾濫河川からの浮泥供給による消滅事例の解析. 水環境学会誌, 24, pp.153-158, 2001.
 - 17) 玉置 仁・西嶋 渉・新井章吾・寺脇利信・岡田光正：アマモ生育に及ぼす葉上推積浮泥の影響. 水環境学会誌, 22, pp.663-667, 1999.
 - 18) 玉置 仁・西嶋 渉・富永春江・寺脇利信・岩瀬晃盛・岡田光正：海水の透明度変化がアマモ場面積の消長に及ぼす影響-広島県沿岸域におけるケーススタディー. 水環境学会誌, 25, pp.151-156, 2002.
 - 19) Tamaki H, Tokuoka M, Nishijima W, Terawaki T and Okada M : Deterioration of eelgrass, *Zostera marina* L. meadows by water pollution in Seto Inland Sea, Japan. Marine Pollution Bulletin, 44, pp.1253-1258, 2002.
 - 20) 鳥谷 学・中瀬浩太・岩本裕之・中山哲厳・月館真理雄・星野高士・内山雄介・灘岡和夫：奥津海岸におけるアマモ分布条件について. 海岸工学論文集, 49, pp.1161-1165, 2000.
 - 21) 鳥谷 学・河本 武・中瀬浩太・月館真理雄：アマモ実生株の生残条件に関する研究. 海岸工学論文集, 50, pp.1096-1100, 2003.
 - 22) 鳥谷 学・谷口 享・岩本裕之：底質諸元及び入射波浪の相違がアマモ種子の埋没条件に与える影響について. 海岸工学論文集, 51, pp.1036-1040, 2004.
 - 23) 鳥谷 学・中瀬浩太：アマモや二枚貝の外力検討におけるシールズ数の算定方法について. 平成16年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.111-114, 2004.
 - 24) 野沢治治：内湾の浅海漁場に関する地形学的考察—I. 鹿児島大学水産学部紀要, 13, pp.5-25, 1964.
 - 25) Short, F. T., R. G. Coles, C. A. Short. : Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science B. V., pp.1-473, 2001.
 - 26) 寺脇利信：干潟・藻場の保全. 水産資源保護協会月報, 12, pp.3-6, 2004.
 - 27) 敷田麻実：藻場を中心とした浅海生態系の管理方式の検討. 水産工学, 39, pp.21-28, 2002.