藻場造成の適地選定手法について

誌名	水産工学
ISSN	09167617
著者名	中嶋,泰
発行元	日本水産工学会
巻/号	42巻2号
掲載ページ	p. 159-163
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

水産工学 Fisheries Engineering
Vol. 42 No. 2, pp.159～163, 2005

【報　文】

藻場造成の適地選定手法について

中　嶋　　泰*

On the Technique for Selection of Suitable Site of Creation on Seaweed Bed

Yasushi NAKAJIMA*

Abstract

A creation of seaweed bed is to select suitable site and species, or to control limiting factors of growth. The important growth limiting factors for seaweeds are light intensity, salinity and water movement. A distribution scheme expresses the horizontal and vertical characteristics of dominant species in a comprehensive manner. The scheme is available for selection of suitable species and depth. Growth criteria showing tolerance levels of death and growth on principal growth limiting factors for each species are determined from the results of published papers and experiments. Validity of the growth criteria is tested in a way to compare present distribution of the species and estimated distribution of favorite growth.

Possibility of favorite growth of the candidate species is obtained at each 100 meters square mesh in an area. Using the growth criteria, we can determine the possibility to establish the seaweed bed for nature restoration in relation with the construction of ecologically harmonized fishing port.

1. はじめに

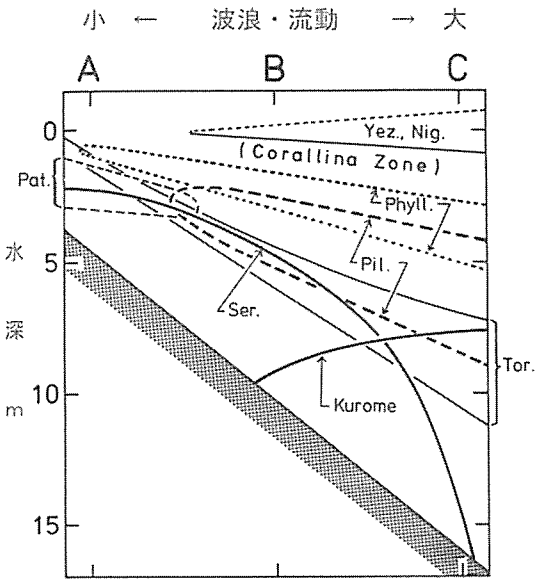
藻場は，浅海域における良好な海域環境を代表する場のひとつであり，多様な生物相がみられるとともに，高い生物生産力と環境保全機能を有し，浅海生態系において重要な場として位置付けられている。このため，水産分野では「自然調和型漁港づくり」において，漁港の構造物に積極的に藻場を付加することが計画されるようになってきた。しかし，藻場造成の技術のうち，海藻の移植技術はほぼ完成しているといえるが，造成適地を客観的に選定するための技術は確立されていないのが現状である。

ここでは，造成適地の選定手法，海藻類の生育制限因子，藻場造成の対象種，および水深選定の考え方について述べる。

2. 藻場造成とは

藻場造成の基本は，「藻場が分布する自然の環境条件を模倣すること」[1] といわれている。模倣するためは，自然の在り方を的確に把握する必要がある。その手法の1つとして，ある海域に優占する大型海藻類の水平・鉛直分布特性を総合的に表現した植生模式図がある。その代表例として，京都府網野地先のもの[2] を図－1に示した。この図は横軸に地形類型，縦軸に水深をとり，対象海域の大型海草藻類の分布中心域(被度階級3または4)が示されている。地形類型は海底地形断面を3類型に分けたものであり，これを1つの湾に適用してみると，Aが湾奥の浅い場所，Bが湾央部，Cが湾口の岬部の崖部に相当する。物理・化学環境についてみると，波浪はA，B，Cの順で大きくなり，光量・海水流動は水深が深くなるにつれて小さくなる。一例としてクロメ（図－1，Kurome）をみると，分布中心域は湾口部から湾央部にかけての比較的深いところにあり，その上限は湾央部でやや深くなることが分かる。造成予定海域の植生模式図を予め作成することにより，対象種や造成水深を検討できる。

2005年5月6日受付，2005年5月12日受理
キーワード：適地選定，藻場造成，生育基準値，自然再生
Key Words：Suitable Site Selection, Seaweed Bed Creation, Growth Criteria, Nature Restoration
* Sanyo Techno Marine Inc., Horidomecho 1-3-17, Chuo, Tokyo 103-0012（三洋テクノマリン㈱，〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-3-17）



Yez. エゾノネジモク，Nig. ナラサモ，Phyll. エビアマモ
Pat. ヤツマタモク，Pil. マメタワラ，Tor. ヨレモク，
Ser. ノコギリモク，Kurome クロメ，Corallina Zone
ピリヒバ帯。

図－1　植生模式図の例

表－1　海藻類の生育に影響する環境因子

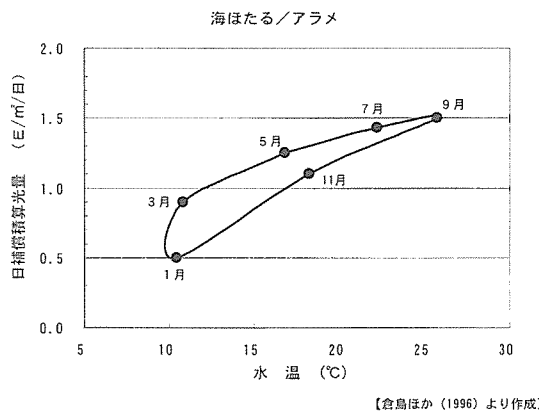
物理的	光	光量・光質・周期性
	生育基盤	安定性・組織・保水性・位置・溶解性・色・化学組成
	温度	海水温・干出時の気温・直射光の熱
	相対湿度	干出に関連した季節変化・高温時の最低湿度持続時間
	降雨	干出時の降雨・最大持続期間
	気圧	気泡を有する海藻類への影響
化学的	塩分	降雨による年間変異・塩分躍層の潮汐変動・干出時蒸発濃縮
	酸素	暗呼吸による酸素利用度
	栄養塩類	窒素，りん，その他必須代謝物質の利用度
	CO_2	光合成のための利用度
	pH	タイドプール等で重要
	COD	有機質
	汚染	無機質
動力学的	波浪・流れ	磯波・海流・潮汐・台風・湧昇流・波立ち
	潮汐	干出・リズム
	風	干出時
生物的	藻食動物	食害
	微生物	被覆，光の制限
	競合生物	基質（空間）の競争，光の制限
	その他	

3. 生育制限因子

藻場造成とは，海藻類にとって好適な生育環境を見出すこと，あるいは不適な生育制限因子を制御・改善することである。海藻類の生育を制限因子としては表－1のようなものが挙げられている[3]。このうち，最も重要な生育制限因子は「光量」，「塩分」および「波浪」の3つである。これらの生育制限因子を検討する場合，対象海藻類の生活史のどの段階において，制限因子が決定的（致死的）な影響を及ぼすのかを把握しておくことが重要である。

1）光　量

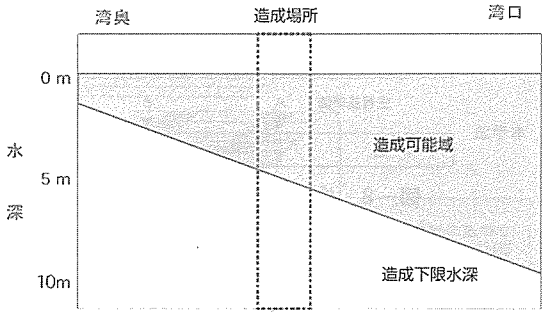
光は「海藻類のごはん」といわれているように，光量は最も重要な生育制限因子である。ある環境の光量が海藻の生育に十分であるかを評価する場合，1日当たりの総光量が用いられる傾向にある。海藻類の生育に最低限必要な1日当たりの光量の総和は，日補償積算光量と呼ばれている。任意の場所・水深の1日当たりの到達光量の総和（日積算光量）を，この日補償積算光量と比較することにより，海藻類の生育の可能性を判定することができる。日補償積算光量は，海藻類の種類，水温および季節により変化することが知られている[4]。東京湾中央部（例えば，海ほたる人工島）におけるアラメの日補償積算光量の季節変化を現地水温に当てはめて，図－2に示した。日補償積算光量は，水温が高い夏季（9月）に最も大きくなり（1.5E／m²／日），アラメが東京湾中央部で生育するためには夏季（9月）にこれ以上の日積算光量が必要であることが判る。



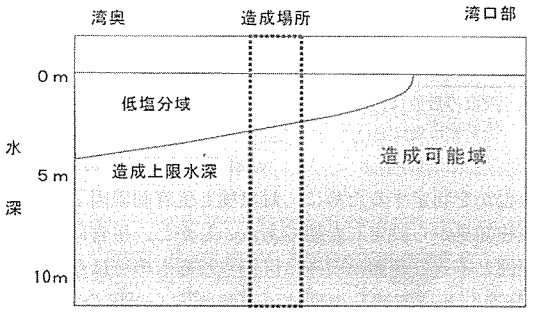
【倉島ほか（1996）より作成】

図－2　東京湾中央部におけるアラメの日補償積算光量の季節変化

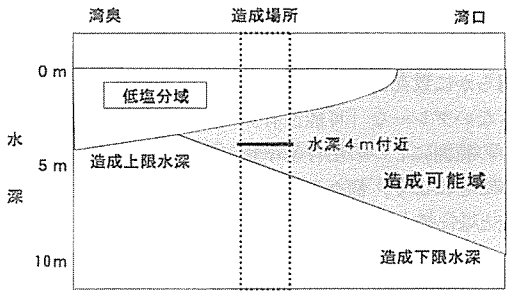
一般的に，内湾域では湾口から湾奥に向かって，光環境は悪くなるため，図－3に示したように造成下限水深



図－3　光量からみた藻場造成可能域



図－4　塩分からみた藻場造成可能域



図－5　光量と塩分からみた藻場造成可能域

は湾奥に向かって次第に浅くなり，藻場造成可能域は狭まってくる。

2）塩　分

藻場や海中林を形成する大型褐藻類の多くは，塩分が高い環境に生育しており，塩分の低下は生育に大きな影響を及ぼす。これらの海藻類は短時間であっても，淡水に近い低塩分水に曝露された場合，浸透圧の関係で細胞自体が破壊される恐れがある。また，外見上，損傷がみられなくても光合成活性が回復せずに，枯死してしまう場合がある。周辺に流量が大きい河川が存在し，低塩分化の恐れがある海域では，出水時の塩分の水平・鉛直分布を把握しておく必要がある。湾奥部から大量の河川水流入がある内湾域における藻場造成可能域を図－4に示した。出水後，海藻の生育に深刻な影響を及ぼす低塩分水は表層付近に滞留し，その層厚は湾奥部で厚く，湾口に向かって薄くなる。そのため，湾奥部では浅海部に藻場を造成することはできない。

図－5は前出の図－3と図－4を重ねあわせてもので，内湾域において光量と塩分が共に生育制限因子となっている場合の藻場造成可能域を示したものである。湾央部では，光量による下限水深と塩分による上限水深に挟まれた楔状の範囲内でのみ藻場造成が可能である。点線で示した範囲で藻場造成を行う場合，藻場造成の適水深は4m付近となる。

3）波　浪

適度の波浪は，海藻類にとって光合成に必要な藻体表面でのガス交換や栄養塩吸収を助長する機能がある。しかし，波浪が強い場合，生物は強制的に基盤面から剥離されてしまうため，その影響はごく短期間であっても致死的なものとなる。しかし，具体的にどの程度の波浪で海藻類が剥離されるのかは明らかではない。付着生物が持続的に存在するためには年1回，1日～半日程度持続する波浪でも生育が可能であることが条件であると考えられている[5]。1年確率波を用いた，大型海藻類の分布と波高との関係の研究も行われている[6]。一方，波浪によってウニ類などの藻食性動物から海藻類が守られている事例が知られている[7]。

以上の3因子については，文献[8]に詳述されているので，参照されたい。

4）その他の生育制限因子

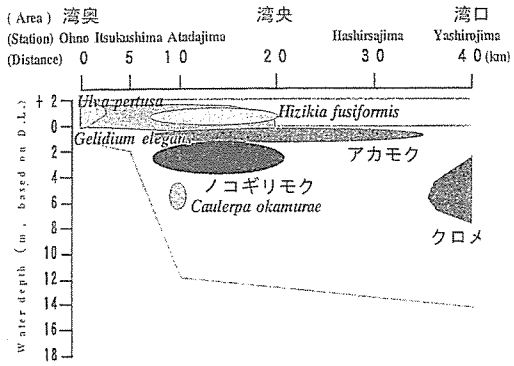
海域によっては，ウニ類などの藻食性動物，浮泥，および競合生物が重要な生育制限因子となる場合がある。これらの因子のうちアイゴなど藻食性魚類に対して実効のある制御方法は未だに見出されていないため，藻食性魚類が生育制限因子となる海域では藻場造成は現状では困難である。なお，栄養塩濃度は，藻場造成の成否を左右する程の重要な生育制限因子ではない。

4．対象種の選定

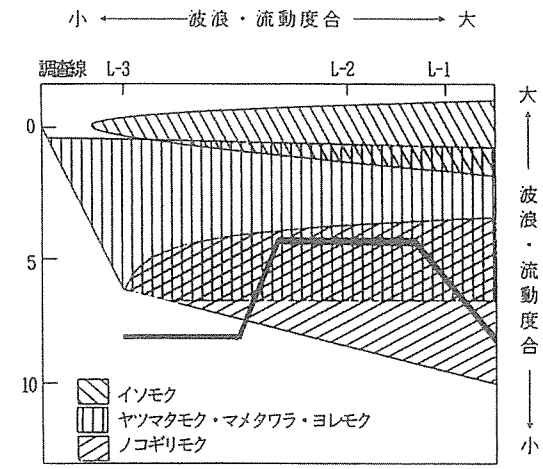
藻場造成では，カジメやオオバモクといった対象種を特定して実施される場合が多い。それ以外では，対象種の選定から造成計画はスタートする。対象種の選定には，当該海域における植生模式図が有効である。広島湾における植生模式図[9]を図－6に示した。広島湾内で藻場造成を行う場合，湾口付近ではクロメ，また，湾央部ではノコギリモクとアカモクが藻場造成の対象種となる。

5．水深の選定

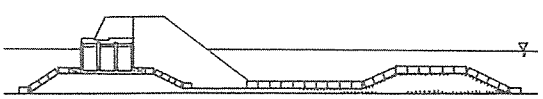
藻場造成の水深の選定には，前項同様に植生模式図が有効である。例えば，前述の広島湾の場合，湾口付近では水深2～8m，湾央部では0～4mが藻場造成の適水深となる。植生模式図を用いた基本設計の一例として，



図－6　広島湾の植生模式図



大型海藻の植生模式図



設計断面

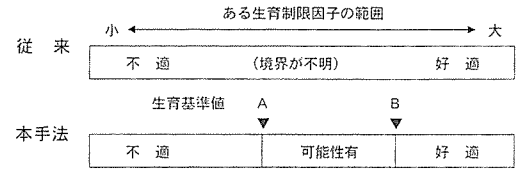
図－7　富来港周辺の植生模式図と潜堤断面

（図中の太線は潜堤断面を模式化したものである）

石川県富来漁港が挙げられる。ここでは漁港建設により消失する藻場の代替えと港内の海水交換促進を目的とした潜堤を造成することが計画された。事前調査で予定地先周辺の藻場調査が実施され，大型海藻類の植生模式図（図－7上）が作成された[10]。この図上に潜堤の計画断面（図－7下）を重ね合わせ，海水交換量，工事費等を満足し，かつ，地元から要望のあったモズクの母藻であるヤツマタモクほかの大型海藻類が優占するように，潜堤の天端高が水深約4mに決定された。

6. 生育基準値

生育基準値とは，ある環境がある海藻類の生育に好適か否かを判定するために，対象種と生育制限因子ごとに，既往知見から設定した値である。しかし，生育に好適な範囲と不適な範囲は明確に区別されるものではないため，「好適」と「不適」の間に「可能性有」の区分を設け，3区分する生育基準値を設定した（図－8）。



図－8　生育基準値の考え方

表－2　生育基準値の一例

制限因子（単位）	不　適	可能性有	好　適
光量（E/m²/日）	1.3未満	1.3～5.2	5.2以上
COD（mg/L）	－	1.7～3.0	1.7未満
塩分（psu）	20未満	20～25	25以上
波浪（－）※	0.9以上	0.6～0.9	0.6未満

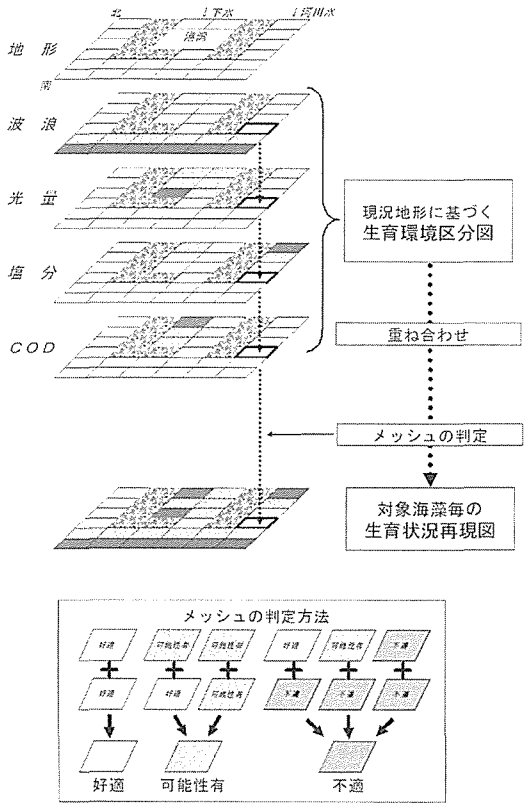
※：波浪の数値は，沖波入射地点の海面振動流速に対する流速比を示す。

生育制限因子は単独ではなく複合的に影響するため，生育限界の閾値（1つの値）を決定することは難しい。そこで，海藻の生育にとって明らかに「好適」な範囲と，明らかに致死的な「不適」な範囲の間に，適否が判定できないグレーな「可能性有」の範囲を設定した。この3つの範囲に2つの生育基準値（図－8のAとB）を決めることにより，個々の制限因子について，判定作業が可能となった。このようなグレーなゾーンを設定することにより，海藻類の生理・生態についてさまざまな既往知見を活用することが可能となった。参考として，福島県におけるアラメの生育基準値の一例を表－2[11]に示した。

7. 適地の選定

植生模式図は，生育制限因子のうち光量と波浪と海藻分布の関係を定性的（相対的）に示したものであり，定量的（絶対的）な関係は示していない。前項の生育基準値を用いることにより，これら2因子以外の因子をも統括した，次のような適地選定が可能となる。

藻場造成の検討海域を適当な大きさのメッシュ（50～100m程度）に区分する。対象種の繁茂状況から区分した水深帯（1～3層）において，生育制限因子別に，メッシュ毎に適否を判定したレイヤー（生育環境区分図）を作成する。それらのレイヤーを重ね合わせ，メッシュ毎に対象種の生育適否を総合的に判定した生育状況再現図を作成する。ある因子が不適である場合には，残りの



図－9　生育状況再現図の作成手順

因子が全て好適であっても海藻類は生育することはできない。そこで好適と不適の判定は，全ての因子で好適である場合のみ「好適」，1つでも不適がある場合は「不適」，その他を全て「可能性有」とする（図－9）。

生育基準値の妥当性を検証するため，生育状況再現図と現況の藻場分布とを対比し，整合性を検討する。検証の方法としては，対象種の生育が確認されたメッシュと再現図上の同一メッシュとを照合し，そのメッシュが好適または可能性有とされている場合に「再現」と判定する。再現率が高い場合，生育基準値を妥当と判断する。

このような検証済みの生育基準値を適用することにより，漁港を改修するような場合，新たに創造される環境における藻場造成の適地を選定することが可能である。また，砂地に藻礁等を設置する場合や，嵩上げ工を実施する場合に，そこにおいて自然再生の核となる藻場造成が可能か否か判定することも可能となる。

8．おわりに

藻場造成は全てオーダーメードである。現在，地球温暖化により海の環境は大きく変わりつつある。藻場も面積が狭まるだけでなく，質的にも大きく変化しつつある。これからの藻場造成は，5年先，10年先の水温・水位上昇などの環境変動も視野に入れて，適地選定などを計画することが求められるであろう。

藻場造成の対象となる大型海藻類の生育基準値に関する研究は少ない。藻場造成の適地選定の精度向上には，生育基準値の精度向上が必要である。そのためには，大型海藻類の生理・生態に関する基礎的な研究の一層の充実が望まれる。

参考文献

1) 寺脇利信・新井章吾・川崎保夫：藻場の分布の制限要因を考慮した造成方法，水産工学，32(2)，pp.145-154，1995.
2) 今野敏徳・中嶋　泰：丹後半島五色浜周辺（京都府網野町海中公園候補地）の海藻植生について，海中公園センター調査報告，69，pp.23-52．1980.
3) 徳田　廣：海藻の生育環境，徳田　廣ほか編，水産資源学講座第10巻，海藻資源養殖学，緑書房，東京，pp.13-33，1987.
4) 倉島　彰・横濱康繼・有賀祐勝：褐藻アラメ・カジメの生理特性．藻類，44(2)，pp.87-94．1996.
5) 小笹博昭・室善一朗・中瀬浩太ほか：生物にやさしい港湾構造物の研究－波浪条件および港湾構造形成よりみた付着生物群集－．海岸工学論文集，41，pp.1016-1020．1994.
6) 西海区水産研究所：衛星画像解析による藻場分布把握のための技術開発調査補助業務（藻場分布図作成）報告書，2003.
7) 桑原久実・川井唯史・金田友紀：北海道南西部磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成機構，水産工学，38(2)，pp.159-165，2001.
8) 飯島眞治：海域環境創造のための海藻類の生育制限因子について，海洋調査，62，pp.52-57，2000.
9) 寺脇利信・吉川浩二・吉田吾郎ほか：広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式，瀬戸内海区水産研究所研究報告，3，pp.73-81，2001.
10) 置栖　孟・尾崎利治・前田英昭ほか：造成藻場の植生予測手法の現地設計適用，海岸工学論文集，44，pp.1211-1215，1997.
11) 小沢大造・中村聡志・飯島眞治ほか：港湾における藻場創造の適地選定手法について―小名浜港を例として―，日本沿岸域学会論文集，12，pp.75-83，2000.