

生態系と物理環境を配慮した漁港・漁場造成のための技術開発

Technical Development for Fishing Port Construction and Fishing Ground Development regarded with Living Creatures and Fisical Emvilonment

山本正昭*

Masaaki Yamamoto

This report introduces influences of physical environments on living things on tidal flats and on reef areas. Bottom change and ground temperature on emerging tidal flats understood to be severe conditions to post-larvae of short-necked clams. Next, it was explained that feeding of sea urchins are controlled by wave motion. From the result to apply them to a site, it understood it to be an important factor that a physical environment decides a distribution of a predator and a prey.

Keywords: tidal flat, short-necked clams, seaweed withering, sea urchin

1. はじめに

環境庁の調査によると、ここ13年間で藻場6,403ha(3%), 干潟4,076ha(8%)が消滅した。この間、造成された人工干潟は168haにしか満たない。これらの干潟や藻場は生産性の高さ、海洋浄化能力、野生生物の保護、レクリエーションの場等の面からその重要性が注目されている。沿岸域を開発するに当たって、生物に対する被害をいかにして少なくするかという議論も盛んになってきた。一方、漁業からみるとそこはノリ、アサリ、アワビ、ウニの漁場であり、更に、幼稚魚の保育場でもある。ラムサール条約に詠われた"wise use"が我々に課せられた最大のテーマであろう。

2. 調査研究の動向

1) 干潟のアサリと物理環境^{1, 2)}

人工的に干潟を造ろうという動きも活発である。しかし、自然の干潟はどのような環境なのか、どのような干潟を造ればよいのかという情報は少ない。著者は、干潟の代表的底生生物であるアサリとの関係を取り上げ、アサリ漁場となっている熊本県緑川河口干潟の地温、地盤高変動、流動などを約1ヵ月づつ2年間に渡り観測し、併せてその予測を行った。

アサリの生活環境は卵から着底までの浮遊期と砂中生活する底生期に分けられる。アサリは一般に春と秋に水中に産卵し、卵は表層に浮遊し、孵化後幼生は上下に運動し全水深に分布する。沖への逸散、塩分・水温等水質の不適、餌料不足などが減耗の要因となる。2～3週間の浮遊生活の後、0.2mm前後となった幼生は粗砂等に付着し底生生活に移る。また、底生期でも稚貝と成貝では環境に対する耐性も異なる。表-1にアサリの生息数を規定する量と減耗要因、及びその関係要因を列記する。

表-1 アサリの主な減耗要因

	減耗要因	関係因子
浮遊期	産卵数 沖逸散 水質(水温/塩分) 餌料 着底(基質/泥分)	潮流、吹送流、海水交換 河川流、潮汐、海水交換 底質<砂輸送、潮流、波浪流
底生期	水質(水温/塩分/浮泥) 干出(地温/時間) 餌料(デトライタス/珪藻) 地盤高変動(貝の埋没/巻上げ) 底質(粒径/泥分/固さ/硫化物) 棲み場の競合>最大棲息密度 病気/寄生虫/食害	河川流、潮汐、海水交換 地盤高、潮位変動 潮流、河川流<供給源 漂砂(<波浪)、流下土砂 漂砂(<波浪)、流下土砂 餌料量、D O < 流れ

初期稚貝は水温37℃・5時間、40℃・1時間で全滅、成貝は40℃・4時間で半数斃死する。干出についても、温度の上昇や低下が斃死の原因であろうと思われる。底質の移動に伴う土被りに対しては10cmで3～10%、20cmで33～97%斃死した。出水時ヘドロを被ったときは殻長の2倍の堆積で斃死するとの意見もある。

著者らの研究では、内湾漁場におけるアサリ漁場を取り上げ、作渚、盛土・切土などの改変が種々の物理環境にどのような影響を及ぼすかをシミュレートし、アサリの生息環境として適切か判断しようとするものである。

① 閉鎖性湾での作渚による漁場内流動環境の変化を推定した。その結果、海水交流量の増大は潮差

* 正会員 水産工学研究所水産土木工学部 (314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台)

の増大即ち、干出時間の増大をもたらす。また、交換率・量の増大は出水後の早期塩分回復(外海化)を促し、浮遊卵稚子・内湾性餌料の域外流出を促進することが示唆された。

② この漁場地盤高と干潟温度との関係性を推定するため、深さ方向に1次元の土層を想定し、気温、雲量、湿度、水温、時期、潮位をインプットし、日射や風による熱が地中に伝達される構造とした数値モデルを制作した。干潟の温度を現地計測した結果と比較しモデルが妥当であると判断した(図-1)。この結果、干出時間3時間を超えると夏場の干潟表面は40℃以上の高温となる確率が高くなるため、稚貝の減耗が激しいと推定された。

③ 内湾においても砂の表面が動くことが多く、5mm以下の稚貝の移動性は高いと考えられる。緑川河口では通常の大潮時1cm/時前後の地盤高変動が生じている。(図-2)

2) 外海の砂浜の価値³⁾

一般に、外洋の砂浜は海の砂漠に例えられることが多く、生産性の低いものと思われがちであるが、例えば鹿島灘・常磐海岸を抱える茨城県は沖では平成2年度マイワシ 672千トン、カタクチイワシ 105千トン、ハマグリ 884 トンが全国1位の大漁場となっており、国民の食事を質量両面から支えている。一方、開発計画の考え方の中には、単に内湾のような“静穏な浅い水域”を造ってやれば、水産業のために役立つという思想がうかがえる。外海砂浜は海水の浄化能力が大きいこと、前浜への海水は、波のはい上がりにより浸透ろ過と有機物の生物分解が盛んで、無機N・Pになって還流されていること、また、広い碎波帯内では、植物プランクトンが多いという観測データが示された。さらに碎波帯内の流れは、汀線に平行に北上したり、南下したりしていること。その底面は、汀線部か時化の時急激に侵食され沖にバーができ、これが徐々に元にもどることが報告された。

これらのことを私なりにつなぐと、利根川から放出された水塊は鹿島灘沿岸に拡がって、その有機物を一部は貝などの底棲生物が利用し、また、砂浜では波の力を借りて無機化され、無機N・Pを含んだ沿岸の1つの水塊を長い砂浜帯沿いに形成し、この栄養塩が植物プランクトン・動物プランクトンの増殖と食物連鎖を促し、優良な漁場を形成しているのではないだろうか。水塊の横への拡がり、平面突起のない長い平坦な海岸が、また、その浮遊幼生の沖への逸散を抑止し、波動による向岸流は沈着稚貝や沈殿物を岸へ戻す役目を果たしているのではないか。これからは、生物生産力・環境浄化能力の高い外海砂浜帯を見直す必要があるのではないだろうか。

3) 岩礁性藻場における物理的攪乱⁴⁾

① 藻場をめぐる問題の概要

海中に基物を置いておくと、すぐに有機物、細菌、菌類が付着して、1日程度で基物表面が細菌膜によって被い尽くされ、数日から1週間で珪藻が優占的に出現し、数週間から数カ月わたって珪藻が優占し続ける。このため、藻場造成ではコンクリートブロックなどの基質が対象とする海藻の胞子の放出時期に設置されるが、海藻群落期待通りに形成されなかったり、形成されても更新しない場合が少なくない。

光を必要とする植物では小型の海藻から大型の海藻へ、短命な海藻から長命の海藻へと遷移するという法則性が存在する。南日本沿岸にはアラム・カジメ類の多年生海藻が安定な極相群落を形成する。これに対して、北海道および東北地方ではコンブ類などの大型海藻が分布するが、1年で枯死、流失する海藻が少なくない。

ウニ類、巻貝類、魚類などの様々な動物が海藻を摂食するが、しばしばこれらの動物の過度の摂食が海藻群落を消失させる。海藻の繁茂がみられなくなる現象は一般に「磯焼け」と呼ばれ、有用海藻が消失するだけでなく、海藻を餌とするアワビ、ウニ、サザエなどの生産も激減するため、古くから全国で問題視されてきた。被害に起因する磯焼けの場合はコンクリートブロックなどの着生基質の投入と母藻の投入または播種だけでは成功しない

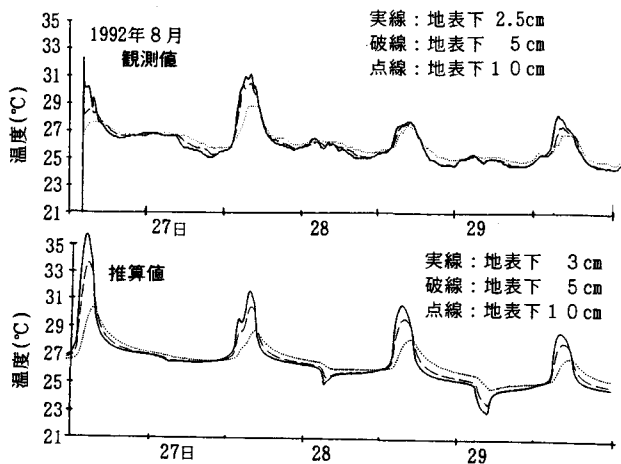


図-1 干潟の温度変化(観測値と推算値)

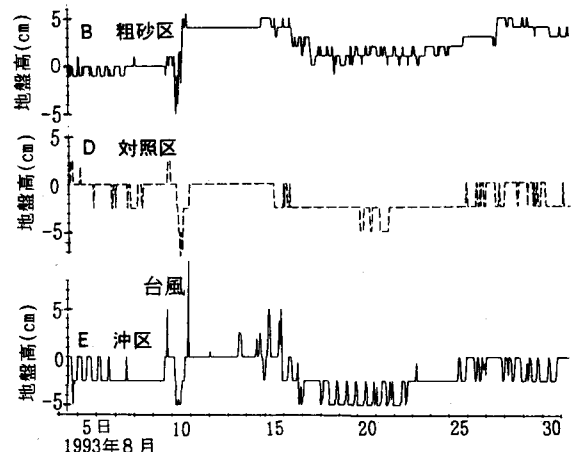


図-2 地盤高の観測値(1993年)

ことが多く、恒常的な植食動物の食害から海藻を守ることが重大な課題となっている。

② 藻場における波動とその役割

海藻は一般に光合成生産に有利な浅所でよく繁茂する。一方、植食動物は波によって海水が動揺している場では海藻を摂食し難いので、摂食の容易さからは深所にいる方が有利である。特にウニ類などの底生動物は口が付着器（足）と同じ下側にあるため、動揺する海藻を無理に食べようとすると、基盤から付着器の一部もしくは全部をはずして海藻の上に乗らなければならない、振り落とされたりする危険性が高い。

著者らは植食動物に及ぼす波浪の影響を明らかにするため、振動流水槽を用いた室内実験を実施した。図-3はその実験結果の一部で、水温一定条件下における殻径8~9cmのキタムラサキウニの摂食速度を示す。最大流速が40cm/s以上ではほとんどゼロとなることが明らかになった。この実験結果から、2時間毎の岩手県島ノ越漁港波高データと推定潮位を用いて、三陸沿岸に生じた底面最大波動流速を推定してみた。外洋の三陸の磯根ではウニが海藻を摂食できる期間は水深2mまでは1%以下であるが、水深5mではその期間は20%を越え、海藻がかなり摂食されることが予測される。このことを水産の立場からみると、波動の強さの水深傾度は「光合成生産に適した浅所にある海藻群落という餌料生産場を保護し、そこでの産物を流れ藻として深所のウニ類、アワビ類などへ徐々に供給する」という効率的な生産システムの維持に役立っているとみることができる。（図-4）

波浪と基質の関係では、基質が大きいほど波浪による反転、埋没の頻度が低くなり、海藻群落は極相へと遷移する。特に大型になる海藻は大きな流体力を受けるため、不安定な小さい基質上では成長できない。

また、波浪による攪乱は安定した不動の基質上でも、砂礫の衝突または漂砂による埋没によって起こる。これらの影響の度合は基質の下部から上部へ向かって低くなり、それにつれて遷移も極相へと進む。

③ 漁場の維持と攪乱の利用技術

磯根資源の漁場造成では餌料海藻の着生基質となる自然石またはコンクリートブロックを滑動、埋没がないように設計するため、それらの動物の生息場として適さない固着動物、大型多年生海藻などの群集へと遷移することが問題となっている。これに対して、転倒、反転などの攪乱頻度が適当な基質を設置する必要がある。このような問題に対しては、様々な安定性を有する基質を適当な割合で混在させる工法、または著者らが提案しているうね立て工法が有効な手法と考えられる。ここで、うね立て工法とは波力に対して安定な重量構造物または海底をうね状に造成し、そのうね間に波によって流出しない比較的軽量の基質（玉石、礫、カキ殻など）を搬入し、うね間の斜面に攪乱の傾度をつくるものである（図-5）。

3. プロジェクト事例

平成6年度から始まる第9次漁港整備長期計画では、「美しい海辺環境の保全と創造」を基本目標の一つに掲げ、近年の国民の環境問題に対する関心の高まりや沿岸漁場の重要性の増大に対応するため、漁港周辺の水質の改善を進めるとともに、周辺の自然環境や景観に配慮した施設の整備を推進することとしている。新規事業として、自然環境と調和した構造物工法採用等を総合的に行う「自然調和型漁港づくり」を推進することにより、の技術の集積、普及を図っていく。その事業では、事業実施地区において、以下の事業内容を総合的に実施する。

①周辺環境等の調査（周辺環境調査、工法の検討）②海水交流の促進・水質の保全（海水交流を促進する構造を有する防波堤等の整備。港内で発生する汚水等の処理）③漁港施設の構造に周辺自然環境等の配慮（水産動植

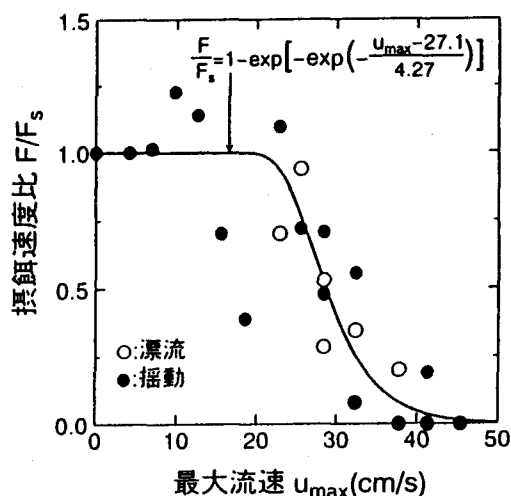


図-3 キタムラサキウニの摂食実験結果

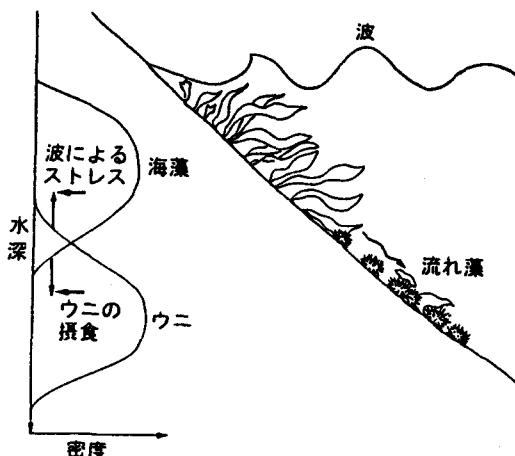


図-4 海藻とウニの水深分布模式図

物の生息繁殖が可能な防波堤護岸等の整備。自然環境への影響を緩和するための海浜等の整備)④整備後の追跡
また、平成6年度からの新しい第4次沿岸漁場整備開発計画では、「青く豊かな海」の確保を図るとの観点から、沿岸域の藻場・干潟の造成、ヘドロの浚渫等を積極的に実施することにより、優れた海洋環境・生態系の保全整備を推進することを基本目標の一つとしている。以下に主な実施例を述べる。

1) アマモ場の移植事例^{5, 6)}

熊本県天草に樋合島に人工海浜造成による海水浴場建設を含む漁港海岸環境整備事業を計画した。しかし、この予定地内にアマモの群落があり同海域の生態系に重要と考えられることから、県は現存するアマモ場のうち、海水浴場建設により消滅するアマモ場1,900m²の生育地を計画地内に代替造成し、そこにアマモを移植した。

アマモ場の設計条件として、① 地盤高はLWL-0.5~-1.0m ② 粒径は可能な限り生育地の値に近づける考えから、中央粒径0.2~0.3mmの海砂を用いる。③ 生育地盤の安定を図るため、移植地は砂止め潜堤の直背後に設け、潜堤の天端高を-0.5mとした。④ 移植方法は、広島市で実施した試験結果から、粘土決着覆土法(アマモの地下茎に粘土を巻き付けて海底土中に植え込む方法)により、最低の25株/m²とし、合計47,500株(25株×1,900m²)を冬季に移植した。移植後の状況は1年目は20株/m²とやや減少したが2年目には51株/m²へと増加し、その中でも浅い地点で生育密度が高かった。生育地盤は1年目は一部で数センチ程度の洗掘が認められたが、2年目には全地点で堆積傾向にあった。

2) 作渇と削土によるアサリ増殖場造成事例⁷⁾

愛知県渥美半島の先端北側に福江湾には大渦洲、槍ヶ崎などと呼ばれる砂嘴が湾口に横たわっており、湾内水の流通が悪かった。湾内全域の生産力を高めるために、大規模増殖場造成事業を、昭和57年から63年にかけて実施した。事業は湾中央部の砂州を削土・客土、作渇し、約68ヘクタールの増殖場と22ヘクタールの渇を造成した。増殖場の地盤高は現地でのアサリ稚貝発生域の高さ等を調べ、DL+25~+50cmに計画された。

事業後のアサリ生産量は1777トン(1986~1992平均)で事業前(1966~1970)の6.8倍となっている。漁獲努力の結果も含まれるが、稚貝の発生量は造成前の10倍という調査報告もあり、また以前は殆ど生息していなかった中山水道寄りの水深8m線までの海域に造成後アサリの新漁場が出来た。

4. おわりに

干潟や岩礁域の波・流れ・地盤変動・塩分・温度・光などの物理環境は、そこに生息している生物を決定する重要な要素となっている。干潟上の流動と地盤高の変動及び底質、地盤高と地温の鉛直分布について、そこに生息する底生生物の生息環境を調べ、更に干潟の地温変動の予測モデルを作成し、予測した結果、干潟干出部はアサリ稚貝にとって厳しい条件であることが分かった。また、波動運動とウニの摂餌行動実験より、ウニの深度分布は波動流速により規定されることが説明された。更に生物種間の競合や食う食われるの関係も生物の分布を決定する重要な要素であるが、そこにも物理環境が深く関わっていることが判った。工学技術では自然の攪乱は防止すべきものとみなされてきた。しかし、あまりに広大な自然環境が変化の起こり難い安定なものへと改変されつつある現在、自然生態系における攪乱の必要性を考慮すべきであると考ええる。

参 考 文 献

- 1) 山本正昭・川俣茂(1993): 干潟の温度変化(観測と予測)、日本水産工学会学術講演会論文集、pp.25-28
- 2) 山本正昭・川俣茂ほか(1994): 干潟の流動環境と砂面変動、日本水産工学会講演会論文集、pp.51-54
- 3) 山本正昭(1993): 大砂浜帯の価値の見直しを(コメント)、水産海洋研究,57(2),p.61
- 4) 川俣茂(1994): 藻場における物理的攪乱の生態的意義、第9回海洋工学パネル、pp.79-88
- 5) 広島私経済局農林水産部水産課(1991): 栽培漁業開発試験(アマモ繁殖試験)報告書
- 6) 水産庁漁港部建設課(1993): ミチゲーションの事例集、漁港建設技術資料15、pp.26-33
- 7) 俵佑方人(1991): 作れいと削土によるアサリ増殖場造成、平成3年度日本水産工学会シンポジウム「内湾性貝類一特にアサリーの生息条件と増殖場造成」講演要旨集、p.3

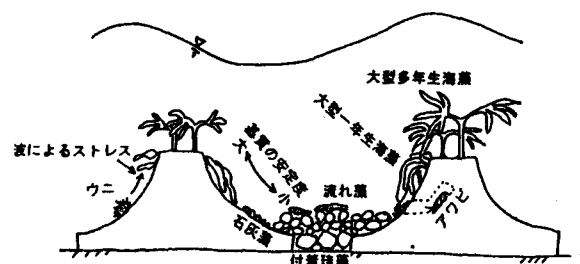


図-5 敵立て工法の概念図