

親水空間としての潮干狩り場造成の留意点について

Points to be Noted in Construction of Shell-Gathering Grounds as Amenity Spaces

阿久津孝夫*・山田俊郎**・谷野賢二***

Takao Akutsu, Toshiro Yamada and Kenji Yano

Physical environmental characteristics to be considered in the construction of shell-gathering grounds as amenity spaces include sediment grain size and hardness, current condition and ground height. This study examined optimum conditions for these characteristics, from the viewpoints of short-necked clam habitats and user comfort.

Keywords: shell-gathering grounds, physical environmental characteristics

1. はじめに

日本ではこれまで環境に対する意識は低く生産性や利便性が追求されてきたため、森林や干潟域などの豊かな自然が消失し、人間が自然に触れることのできる機会も減少した。しかし、近年ではその反動からか、人間が自然を身近に感じられるような施設や環境が求められており、背後に海が存在する沿岸域においては特にそういった要望が強くなっている。これに対して沿岸域で公共事業を行う際には、人間が潤いや安らぎを享受できる水辺空間を提供する親水性機能をもつ構造物が採用されるようになってきた。関係省庁においては、海岸環境整備等種々の事業における新しい施策の中でウォーターフロントの整備やエコポートの形成を掲げ、沿岸域において周辺環境との調和を図りながら、人間が身近に自然や水と親しむことのできる海辺空間の保全、創出を図っている。

人間が海と親しむ方法には釣りや海水浴、マリンスポーツなど様々なものがある。北海道のように夏でも気温や海水温が低い地域では、快適性等の面から全身が水に浸かる海水浴よりも、少々水に触れる程度で行える潮干狩りのような方法が適していると考えられる。しかし、北海道においては潮干狩りが行える干潟域は東部にわずかに存在するのみであることから、北海道内で多くの人々が潮干狩りを楽しめることができるようにするには、潮干狩り場を人工的に造成する必要がある。

親水空間としての潮干狩り場の造成にあたっては、考慮すべき点が2つ挙げられる。すなわち、造成する潮干狩り場の環境がアサリの生息に適しているかどうかということと、人々が潮干狩りを行うときに快適であるかどうかということである。本報告では親水空間としての潮干狩り場の物理環境条件のうち底質、流況、地盤高を取り上げ、各項目についてアサリの生息および人間の快適性を満たす条件の検討を行う。

2. 底質条件

底質の物理条件としては粒度と硬度の2項目が挙げられる。これらの項目に関してアサリの生息に好適な条件と人間にとって快適な条件について検討し、潮干狩り場造成に使用する砂の条件や潮干狩り場の底質を維持管理する目安を明らかにする。

2-1. 粒度

底質の粒度に関して、中央粒径や泥分含有率とアサリの生息については古くから調査が行われているが、好適な条件は、場所や実験条件により異なっている。また、底質の粒度は中央粒径や泥分含有率だけではなく、その組成によりアサリ生息への影響が異なることが考えられるが、粒度組成とアサリの生息について直接考察した事例はほとんど見あたらない。そこで今回は粒度の指標として中央粒径、泥分含有率に粒子の均一度合いを表す淘汰係数を加えて、アサリの生息との関係について検討することとする。なお、中央粒径はふるい分け試験において50%に相当する粒径、泥分含有率は74 μm のふるいを通した粒子の割合である。淘汰係数はFolk¹⁾が提案したもので以下の式で与えられ、底生生物の生息環境の解析を行う際に用いられることが多い。

$$\text{淘汰係数 } \sigma_1 = [\log_2(D_{84}) - (\log_2(D_{16}))]/4 + [\log_2(D_{95}) - (\log_2(D_{5}))]/6.6$$

$\sigma_1: 0$ に近づくほど粒子は均一、値が大きくなるほど粒子は不揃い

D_n : 粒径加積曲線においてそれぞれ通過質量百分率がn%に相当する粒径

* 北海道開発局 釧路開発建設部 釧路農業事務所 (〒085 釧路市幣舞町4-11)
(前北海道開発局 開発土木研究所 水産土木研究室)
** (株)西村組 研究開発室
*** 正会員 工博 北海道東海大学 教授 (前北海道開発局 開発土木研究所 水産土木研究室 室長)

①アサリの生息と中央粒径

潮干狩り場に類似するものとしてアサリ増殖場がある。筆者ら²⁾が北海道の尾岱沼、温根沼、風連湖の増殖場で行った調査では、中央粒径は0.2~4mmで、アサリ生息との相関関係はみられなかった。福岡県豊前水産試験場が行橋地区の干潟域で行った現地調査によると、台風による大きな波浪に対して粒径1mm以上の地盤が安定しているため、アサリの生残率が高いとしている³⁾。浜口⁴⁾は着底期直前の稚貝を用いた室内試験で、一方向流の中で粒径0.063~8mmの底質に対して1~2mmの着底床に稚貝着底のピークが見られることを示した。

これらのことから、着底後の稚貝や成貝の生息にとって中央粒径は大きな影響を及ぼす要素とはならないと思われるが、波浪に対する底質の安定性を加味すると、1~4mmの範囲が好ましいと考えられる。着底期の稚貝にとっては1~2mm程度がよいと言える。

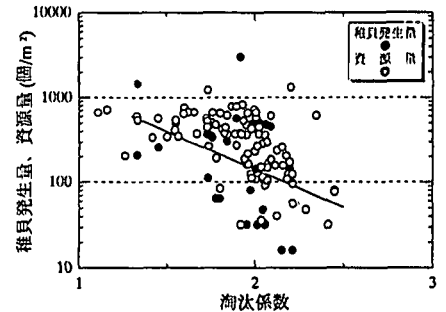
②アサリの生息と泥分含有率

アサリの生息と泥分含有率の関係については泥分含有率が10%以下では、アサリ生息との間に相関はみられない²⁾。井上⁵⁾による山口湾と大海湾での現地調査では、泥分含有率が30%を超えると殻長2~15mmの稚貝の定着量が激減していた。また、杉山⁶⁾は微細な粒子が堆積しやすい場所ではアサリの再潜砂や移動の頻度が高く、死亡個体も多くなり、このため底質中の泥分が40%以下の場所がアサリの主な生息域となっていると述べている。

これらのことから、泥分含有率40%がアサリ生息の上限であり、10%以下が稚貝及び成貝の生息に全く支障のない環境になる。

③アサリの生息と淘汰係数

尾岱沼でのアサリ生息量と淘汰係数の関係を図-1に示す²⁾。稚貝発生量は淘汰係数が大きい地点ほど、少なくなる傾向が見られた。資源量は淘汰係数との相関はあまり見られなかった。ここで、稚貝発生量は前年度夏季に発生した稚貝のうち1年後に生残している殻長約10mmの貝の量であり、資源量とは殻長20mm以上40mm未満の幼・成貝の生息量である。これらのことから、底質の粒径が均一なほど、アサリ稚貝の生息には好適な環境になる一方で、アサリがある程度大きくなると、生息に対する底質の均一性の影響は小さくなると考えられる。



④底質の粒度と人間の快適性

人間が砂浜で潮干狩りなどを行う時に快適と感じる底質の粒度について調査が行われた事例はない。潮干狩り場と類似したものとして、島田ら⁷⁾による海水浴場での利用者の意識調査が行われている。その中で、利用者の満足度は底質の中央粒径が細かいほど高くなっている。また、淘汰係数や貝殻混入率も利用者意識に大きく影響し、海水浴場として利用される人工海浜の底質は、中央粒径が1mm以下で、均質な上に貝殻混入の少ないものが望ましいとしている。

潮干狩りをするときにも大方の人は海水浴と同様に裸足になることから、潮干狩り場の底質の粒度に対する快適性についても島田らの調査結果を参考にすることが可能といえるが、潮干狩り場においては貝殻の混入を抑えることは難しい。

⑤造成に適する粒度の条件

アサリ生息の観点から好ましい底質の粒度は、波や流れに対して地盤が安定するのに十分な大きさの粒径、死亡に至る危険の伴う移動の頻度が多くはならない粒径等の条件が挙げられる。これらの条件から中央粒径1mm以上、泥分含有率10%未満、淘汰係数が小さく比較的均一な底質が造成に適する。

人間の快適性の面で造成に適する底質の粒度は、中央粒径が1mm以下で、均質なものととなる。

潮干狩り場造成においてアサリ生息および人間の快適性といった2つの条件を満たす底質の粒度は、中央粒径が1mm程度、泥分含有率は10%以下、粒径が均一なものが最も適しているといえる。

2-2. 硬度

底質の硬度はアサリの潜砂行動を規定する最も重要な要因の一つであり、生息にも大きな影響をもたらすと考えられるが、これまでは硬度の測定法が定められていないため考慮されることがなかった。そこで、筆者らは、図-2に示すコーンを地面に貫入したときの抵抗を測定するコーンペネトロメータを導入し、底質の硬度の指標としてコーンペネトロメータにより検出されるコーン支持力を採用して、アサリ

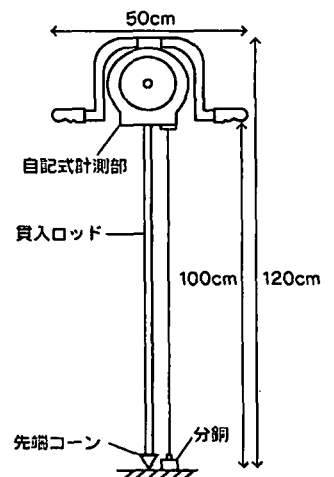


図-2 コーンペネトロメータ

生息との関係について検討を行った。硬度の測定は漁場が干出している状態で行い、硬度の評価にはアサリの生息深度を考慮して深さ 5cm におけるコーン支持力を用いた。なお、コーンペネトロメータは、測定に特殊技能を必要としないため、簡単かつ迅速に操作でき、解析も容易である特徴を有することから、筆者らは漁場の硬度測定に有効な機器であると考えている。

底質の硬度とアサリの生息との関係については 2 つの方法で検討を行っている。

①底質の硬度とアサリの生息量との関係

尾岱沼でのコーン支持力とアサリ生息量の関係を図-3 に示す

2)。同図によれば、コーン支持力は 1~3.5kg/cm² で 1 つの漁場内でも場所により硬度が異なっていることが分かる。単位面積当りの稚貝発生量はコーン支持力が大きくなると減少する傾向が見られる。この傾向は、底質が硬いところはアサリ稚貝にとって生息しにくい環境であることを示唆している。アサリ稚貝の底質硬度についての生息限界はコーン支持力で 3.5kg/cm² であった。資源量に関しては、コーン支持力との間に相関関係は見られなかった。

ここで、増殖場内の底質の粒度と硬度の関係について、淘汰係数とコーン支持力の関係を図-4 に示す。淘汰係数が大きくなるとコーン支持力も大きくなっており、このことから粒径が揃いになると底質は締まり易くなることが分かる。ところで、底質の硬度はアサリの生息

によって変化するので、アサリの生息を規定する物理環境要因にはな 図-4 淘汰係数とコーン支持力との関係
らないとする見方もある。しかし、一般に底質の淘汰とアサリの存在とは関連がないと考えられること、コーン支持力と淘汰係数の間に相関があることから、アサリの存在が底質の硬度を規定しているとは考えにくい。むしろ、同一漁場内のコーン支持力あるいは淘汰係数の相違は波・流れ環境の相違を反映しているものであり、これがアサリの生息と分布に影響を与えていると考えることができる。

②底質の硬度とアサリの潜砂行動との関係

筆者ら 2) はサロマ湖のキムアネップ地区の増殖場で底質の硬度が異なる 2 地点 (硬度大: コーン支持力 2.5kg/cm² と硬度小: コーン支持力 0.5kg/cm²) で潜砂行動の観察を行った。アサリは大きさ別に A 群 (10~20mm)、B 群 (20~30mm)、C 群 (30~40mm)、D 群 (40~50mm) の 4 段階に分類している。潜砂行動の評価は平均潜砂速度 (V) と 1 時間当たりの潜砂率 (R) を指標として行った。

$$V = L / (T_e - T_s)$$

$$R = N_r / N_t$$

L : 殻長

T_e : アサリが完全に砂中に埋没した時間

T_s : アサリが潜砂行動を始めた時間

N_r : 実験開始から 1 時間以内に潜砂したアサリの個体数

N_t : 実験に供したアサリの個体数

潜砂行動と底質の硬度の関係を図-5 に示す。全ての群で底質が硬い地点よりも軟らかい地点で平均潜砂速度が大きくなっていた。1 時間当たりの潜砂率は、B、C 群では硬度による差はほとんど見られなかったが、A、D 群では明らかに底質が軟らかい地点の方が上回っていた。これらのことから、底質の硬度はアサリの潜砂行動に影響を及ぼし、底質が軟らかいほどアサリの潜砂行動は容易になると考えられる。宮城県水産試験場の室内実験でも、底質が軟らかいほど一定期間内に潜砂する個体数が増加することが明らかになっている 8)。

③造成に適する硬度の条件

筆者らの現地調査と宮城水試の室内試験の結果から、底質の硬度が大きいほどアサリの潜砂行動にとって負担が大きく、特に稚貝ほどその影響が強く、底質が硬いところでは稚貝の生息密度が小さくなると考えられる。底質の硬度はコーン支持力 3.5kg/cm² を上限として小さいほど好ましいと言える。

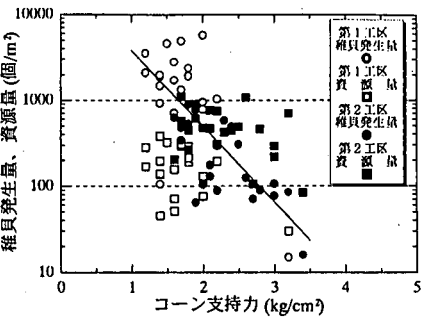


図-3 コーン支持力とアサリ生息量の関係

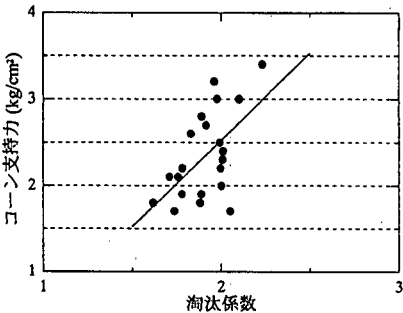


図-4 淘汰係数とコーン支持力との関係

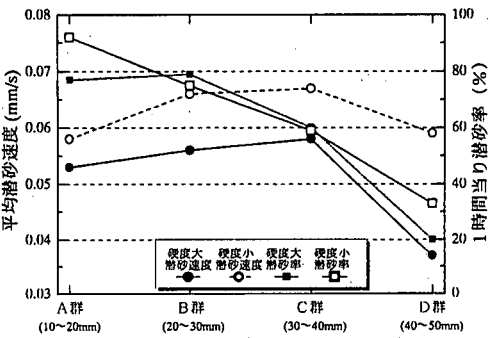


図-5 アサリの平均潜砂速度と 1 時間当たりの潜砂率

3. 流況

波や流れはアサリの浮遊幼生期の減耗に大きく係わっているほか、生息している地盤の侵食や堆積とそれに伴うアサリの流失や埋没による斃死の主要因となる。一方、海水を濾過して摂餌するアサリにとって流れが小さすぎると餌料が不足し成長に支障が出るため、潮干狩り場造成にあたっては、波や流れを好適な範囲に制御する必要がある。また、潮干狩り場において人々がアサリを採取する場合、通常は干潮時が多いが、引潮時や満潮時で海水が存在する状態もある。このような状況では、波・流れが人間の安全性、快適性を規定すると考えられ、やはり適切な波・流れ環境に制御しなければならない。そこで、波や流れの適正範囲を明らかにするため、増殖場や海水浴場の流況とアサリ生息および人間の快適性との関係について検討を行う。

①アサリ生息との関係

既に2-2. 硬度のところでも述べたが、筆者らはサロマ湖においてアサリの潜砂速度の実験を行ったが、殻長10mm以上のアサリの潜砂速度は平均で0.06mm/sであった。これに対して、櫻井ら⁹⁾は振動流水槽を用いて、侵食によるアサリの流出限界についての実験を行い、侵食速度が0.06mm/sを超えると、アサリは地盤の低下に追従できずに流出することを明らかにしている。山下ら¹⁰⁾も同様に振動流水槽を用いて実験を行い、貝類の潜砂速度を地形侵食速度が上回ると貝は砂中より水中に出され移動させられること、振動流の振幅が大きくなると大きい地形侵食速度が発生する確率が高くなることを明らかにしている。山下らと櫻井らによる実験から、流速振幅と地形侵食速度が0.06mm/sとなる頻度との関係は図-6のようになる。この図から、流速振幅が40cm/sを超えると0.06mm/sの地形侵食速度が発生し始めることが分かる。しかし、一般に流れの条件が同じならば砂の移動は底質の粒径が大きくなるほど発生しづらくなることから、2-1. 粒度のところでも提案した中央粒径1mm程度の底質では、流速が40cm/sより大きくてもアサリを流失させる地形侵食速度が発生する確率は低く考えられる。

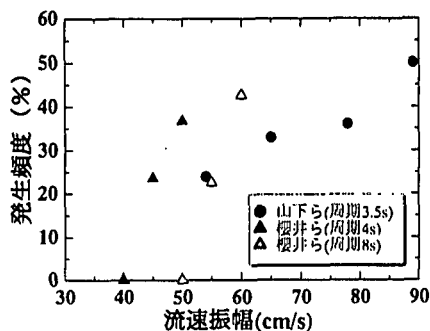


図-6 地形侵食速度が0.06mm/sを超える頻度

流れと餌料の関係では、西沢ら¹¹⁾がアサリの成長と流速の関係を東京湾盤洲干潟で調査し、大きな流速の場所では成長が早く、地盤の高いところほどその傾向が強いことを報告している(図-7)。盤洲干潟では肥満度が平均を上回る頻度が50%の時の流速は、地盤高が平均水面と同じ地点で6cm/s、平均水面より0.4m以上の地点で12cm/sであった。西沢らは単位体積当りの海水中に含まれる餌料量については測定していないが、盤洲干潟が天然のアサリ漁場になっていることから、通常の餌料量密度(クロロフィルa濃度: 3mg/m³)である場合、10cm/s程度の流速があればアサリは成長に支障のない量の餌料が摂取できると考えられる。

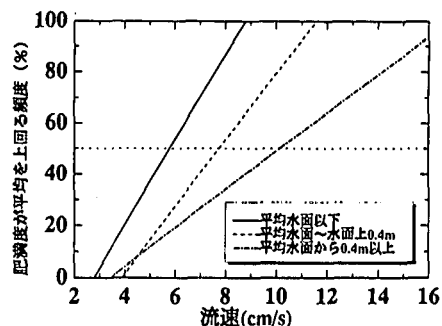


図-7 肥満度と流速の関係

以上、アサリの流失と餌量の関係から、生息に適した流速は10cm/s以上、40cm/s未満ということになる。

②人間の快適性との関係

潮干狩り場においてこれらの関係について調査された事例はないが、潮干狩り場に類するものとして海水浴場で調査された事例があるので、これらを引用し検討を行う。

佐々木ら¹²⁾は千葉県九十九里海岸において海水浴と自然条件との関係を調査し、多くの人が安全かつ快適に海水浴を楽しむには波高60cm以下、流速20cm/s以下に抑えることが好ましいとしている。その後、島田ら⁷⁾は海水浴場における一般利用者の意識調査を行い、波高と満足度との関係から波高約30cmで満足度が最大になり、それ以上でもそれ以下でも満足度が低下することを示した。これらのことから、海水浴場において人々が安全かつ快適と感じられる流動環境は、波高約30cm程度、流速20cm/s以下が適当と考えられる。

海水浴場と比較して、潮干狩り場では水に浸かって泳ぐわけではないので、波や流れがあることにより満足度が高まることは考えにくい。逆に、着衣したままの人にもいることから、波高は海水浴場で最大満足度が得られる約30cm以下で、小さくなるほど快適性や安全性は高くなると考えられる。流速については、高橋ら¹³⁾が越波時の防波堤上の水位及び流速と人の転倒の関係を明らかにしており、その結果と比較すると、海水浴場の快適条件である20cm/s以下ならば、採捕作業についても移動のための歩行についても安全に問題はないことから、潮干狩り場でも20cm/s以下の流速が適当とすることができる。

③造成に適する流況の条件

以上、アサリ生息の観点と人間の安全性、快適性の観点から、波・流れ環境について検討を行ってきたが、潮干狩り場造成にあたっての好適な流動環境は、流速は10~20cm/s、波高は30cm以下となる。

4. 地盤高

九州等では干出時間が4~6時間以下になるよう地盤高を設定している。これは夏季の底質の高温とその継続時間がアサリ生息制限要因の一つになると考えている¹⁴⁾ため、造成にあたっては底質の温度と干出時間を考慮して地盤高を決めている。一方、北海道は九州等と比較して平均気温や海水温が著しく低く、冬季には水面結氷といった寒冷地特有の現象が起こるため、アサリの生息と底質の温度や干出時間との関係について九州等と同様にとらえることはできないと考えられる。しかし、北海道ではそれらの関係を直接調査した例はほとんど見あらず、増殖場造成の際に底質の温度や干出時間に対して、アサリの生息との関係について考察を行った例はあまり見受けられない。

そこで、潮干狩り場の地盤高を決める上で考慮する必要があると考えられる北海道でのアサリ生息と底質の温度との関係について明らかにするため、夏季と冬季のアサリ増殖場の温度環境について検討を行う。

①夏季の高温とアサリ生息の関係

筆者らは²⁾は、能取湖の干潟域に観測点を設け、夏季の温度環境の観測を行った。観測点は地盤高がD.L.+65cm、干出時間が1日当り平均8時間で、平成6年に網走水産試験場が実施したアサリ生息量調査での生息限界地盤高とほぼ等しい¹⁵⁾。

図-8は観測期間中の最高気温を記録した7月27日の測定結果である。夜間に20℃を下回っていた気温が日中にかけて30℃を超えるのに伴って、底質表面の温度は20℃付近から25℃を超えるまで上昇しているが、深さ10cmでは20~23℃の範囲でのみ変動している。観測期間を通していても、気温が30℃を越えた日は数日あったが、底質の温度が30℃を越えた日は1日もなかった。

杉山⁶⁾は夏季大潮の昼間干出時の海浜を室内実験で再現し、アサリが夏季に干出に耐えられるのは3時間が限度としている。山本¹⁶⁾は開発したシミュレーションモデルにより干潟の底質の温度を推定しているが、熊本県緑川干潟で夏季の晴天時の気象・海象条件が標準の場合は底質表面が40℃、深さ10cmでも30℃まで、厳しい条件下では表面が60℃にまで上昇するとし、干潟の干出時間が長くなると底質の温度上昇が激しくなるため、アサリ減耗要因の一つになっていると推定している。

能取湖での測定結果とこれらの事例とを比較すると、アサリの主な生息域である底質表層から深さ10cmの間での温度は、九州では3~4時間程度の干出でも容易に30℃を越え、条件次第によっては40℃以上になり、アサリの生息にとって厳しい温度条件となることが予想される。一方、能取湖においては気温や海水温が低いため、干出時間が8時間程度の地点でも夏季の底質の温度が30℃を越えることはほとんどないとみられ、アサリ的高温耐性から夏季の底質の温度はアサリの生息制限要因にはならない。北海道では潮干狩り場造成時に地盤高の高さを決めるにあたっては、九州等と違って夏季の高温を考慮する必要はなく、それ以外の要因、例えば3. 流況についてのところで述べたように、流速と餌量の関係等に配慮して決定すべきと考えられる。

②冬季の低温とアサリ生息の関係

サロマ湖での冬季間の底質の温度、水温、気温の推移を図-9に示す¹⁷⁾。底質の温度は、湖面が結氷する以前は水温が低下するにつれて低下しているが、気温の影響を受けて、変動幅は水温のそれよりも大きくなっている。その後、漁場上が結氷したと思われる1月15日頃から約2ヶ月間、-1~0℃で一定であった。結氷により湖面が覆われ、気温の影響を受けなくなったためと考えられる。このときの水温はほぼ-1.8℃で一定していた。湖面の水が融解する3月20日以降は水温の上昇に伴い底質の温度も上昇した。

このように結氷期間でも水温や底質の温度が-2℃以下にはならないことと、倉茂ら¹⁸⁾によりアサリは-3℃前後

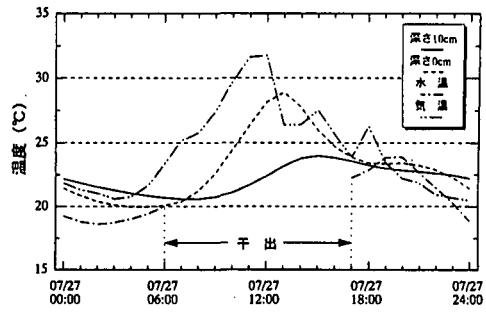


図-8 夏季の気温、水温、底質の温度の経時変化

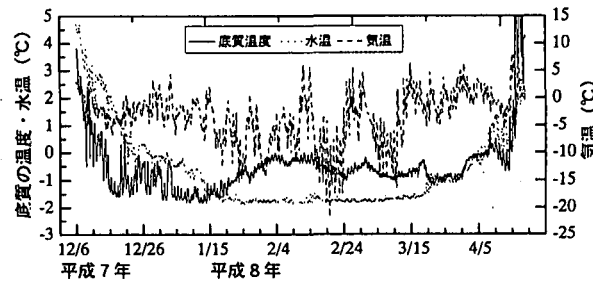


図-9 冬季の気温、水温、底質の温度の変化

でも長期間生存することが明らかにされていることから、サロマ湖のように結氷する環境下でも冬季の底質の温度はアサリの生息制限要因にはならない。

サロマ湖の調査結果より、水面が結氷する場所では干出時間の長短に拘わらず底質の温度はアサリの生息可能な範囲内であるから、地盤高の決定の際には冬季の低温を考慮する必要はない。しかし、筆者ら¹⁷⁾は水が潮汐により上下し増殖場表面の砂を取り込むことを明らかにし、同時にアサリ稚貝も取り込んで稚貝減耗要因になる可能性も指摘しており、結氷海域で潮干狩り場造成を行うときには水によるアサリ生息への影響を見きわめて地盤高を決定する必要があると考えられる。

③造成に適する地盤高の条件

以上、能取湖での夏季の調査結果と、サロマ湖での冬季の調査結果を考えあわせると、北海道においては一年を通して底質の温度はアサリの生息制限要因にはならない。北海道において潮干狩り場を造成する時の地盤高の決定にあたっては、4. 流況のところでも述べたように干出時間がアサリが成長するのに十分な餌量を摂取できる長さかどうか、冬季の水面結氷によるアサリの減耗がどの程度起こりうるのか、等の条件を勘案しながら行う必要がある。

5. おわりに

今回の検討結果をまとめると以下になる。

- ①アサリ生息および人間の快適性の条件を満たす底質の粒度は、中央粒径が1mm程度、均一で泥分が少ないものが適する。
- ②底質の硬度が大きいほどアサリの潜砂行動にとって負担が大きく、特に稚貝ほどその影響が強く、その結果稚貝の発生量が小さくなると考えられ、底質の硬度はコーン支持力3.5kg/cm²を上限として小さいほど好ましい。
- ③アサリ生息の観点と人間の安全性、快適性の観点から、潮干狩り場造成にあたっての好適な流動環境は、流速は10~20cm/s、波高は30cm以下となる。
- ④北海道では底質の温度がアサリの生息制限要因とならないことから、潮干狩り場造成時の地盤高決定に際しては底質の温度を考慮する必要はない。

参考文献

- 1) N.A.Holme・A.D.McIntyre: Methods for the Study of Marine Benthos, pp.54-57, 1984
- 2) 開発土木研究所 水産土木研究室・(株)西村組 研究開発室:アサリの生息と底質の物理環境条件,開発土木研究所月報 No.517, pp.44-58, 1996
- 3) 水産庁:大規模増殖場造成事業調査総合報告書 昭和60年度版 行橋地区
- 4) 浜口昌己:平成8年度増殖場造成事業調査(アサリ関係等)担当者会議資料, 1997
- 5) 井上泰:山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について, 水産土木, Vol.16, No.2, pp.29-35, 1980
- 6) 杉山元彦:アサリ分布域制限要因に関する2, 3の考察, 平成5年度日本水産工学会学術講演会論文集, pp.41-42, 1993
- 7) 島田広昭・井上雅夫・光田佳也:淡輪人工海水浴場の環境追跡調査, 海洋開発論文集, Vol.5, pp.155-160, 1989
- 8) 水産庁:大規模増殖場造成事業調査総合報告書 昭和58年度版 松島湾地区
- 9) 櫻井泉・瀬戸雅文:波浪によるアサリの減耗に関する実験的研究, 寒地技術論文・報告集 Vol.12, pp.124-128, 1996
- 10) 山下俊彦・和田彰・松岡学・谷野賢二・明田定満:振動流場での二枚貝の挙動に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.506-510, 1995
- 11) 西沢正・柿野純・中田喜三郎・田口浩一:東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗, 水産工学, Vol.29, No.1, pp.61-68, 1992
- 12) 佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進:海洋性レクリエーションに関する研究(第2報), 第21回海岸工学講演会論文集, pp.471-475, 1974
- 13) 高橋重雄・遠藤仁彦・室善一郎:越波時における防波堤上の人々の転倒に関する研究—親水性港湾構造物に関する水工的研究(第2報)—, 港湾技術研究所報告, 第31巻, 第4号, pp.3-31, 1992
- 14) 水産庁:大規模増殖場造成事業調査総合報告書 昭和53年度版 玉名地区
- 15) 北海道開発局長官房開発調査課:環境保全型沿岸域利用調査, 1995
- 16) 山本正昭・萩野静也・石田宏一:アサリ漁場造成計画のための物理環境調査, 水工研報, Vol.16, pp.1-28, 1995
- 17) 阿久津孝夫・谷野賢二・藤芳義裕・山田俊郎:寒冷地におけるアサリ漁場の物理環境について, 第12回寒地技術論文報告集 Vol.12, pp.129-134, 1996
- 18) 倉茂英次郎・松本文夫:アサリの生態学的研究, 特に環境要素について, 水産学集成, 東大出版会, pp.616-617, 1957