

水産工学シリーズ

波浪及び流れによるアサリ増殖場の洗掘抑止条件

キーワード：アサリ、増殖場、サンドチューブ、洗掘、K.C.数、フルード数

はじめに

全国のアサリ漁業生産は、千葉県、愛知県などの太平洋沿岸や、熊本県、福岡県などの東シナ海沿岸を中心に1980年代まで増加傾向で推移し、1983年には約16万トンに達しました。しかし、1990年代以降これらの地区における生産量は激減しており、2001年は約3万1千トン程度まで減少しています。一方、北海道のアサリ漁業生産は、1986年よりアサリ増殖場造成事業が開始されて以来、総じて増加傾向を示し、道東地方を中心に年間1,500トン余りが生産されています(図1)。

北海道のアサリ増殖場は、造成対象区域をサンドチューブ(布製のチューブに砂を充填したもの)などの土留堤で囲み、アサリの生息に適した地盤

高まで砂を入れて整地後、アサリを移植放流する手順で造成されています(写真1)。アサリ増殖場は、現在までに12地区で総計91ヘクタールの漁場が造成され、今後新たに造成を計画している地区もあります。

しかしながら、既設の増殖場の一部においては土留堤背後が洗掘(波浪や流れによって海底の砂が削り取られること)され、当初の地盤高を保持

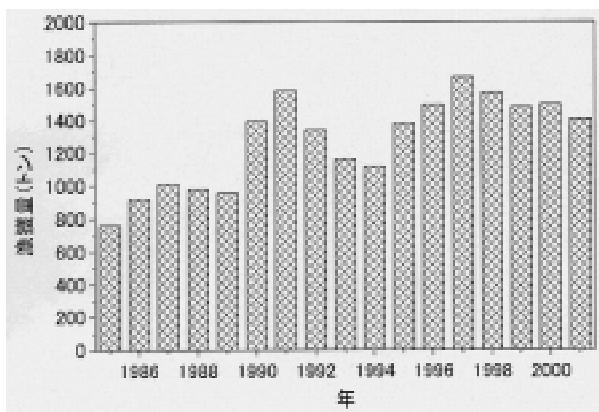


図1 北海道のアサリ漁獲量の推移

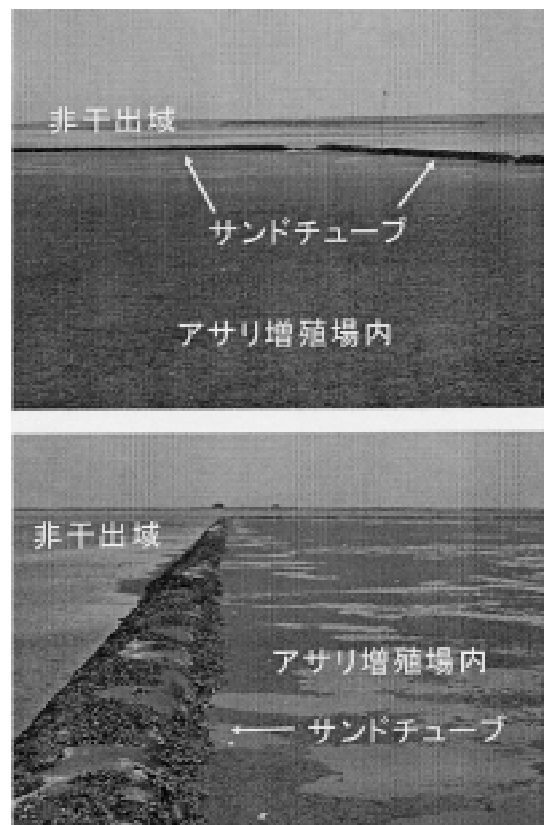


写真1 北海道のアサリ増殖場

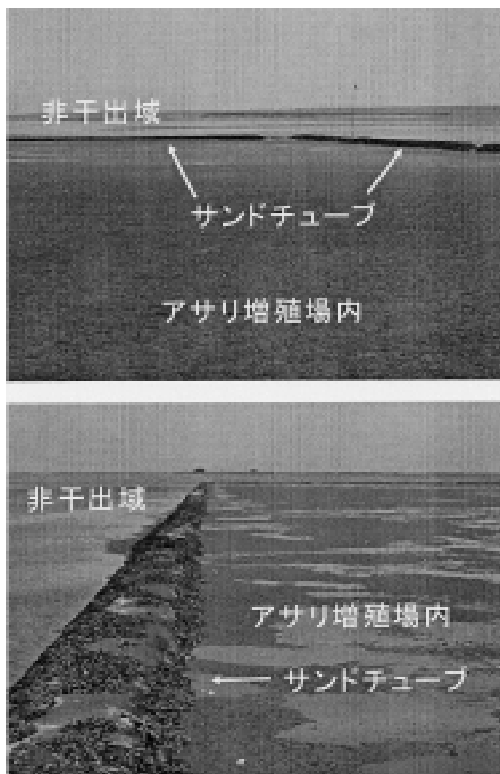


写真2 アサリ増殖場の洗掘・埋没

できずに、ヒトデなどの外敵の侵入を受けたり、周辺に群生するアマモに漁場の一部が占有され、有効漁場面積の減少を余儀なくされる増殖場も認められます(写真2)。今後、現状より深い水深帯にアサリ増殖場を造成していくためには、波浪や流れと施設周辺の地形変化との関係を明らかにし、洗掘を抑止できる施設について検討する必要があります。

そこで、中央水試水産工学室では波浪および流れに伴う既存のアサリ増殖場の洗掘形態や洗掘量を調べるために水理模型実験を行い、洗掘および埋没を極力抑えるための施設設計条件について検討しました。

実験の概要

水理模型実験は、中央水試水産工学実験施設内の波浪水槽(水路長27.5m、水路幅1.5m、水路高

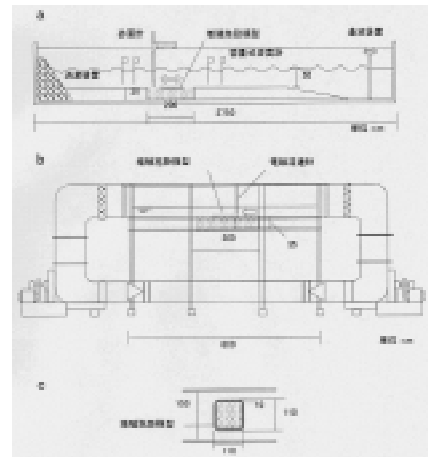


図2 実験の概要図

さ1.7m)および流動水槽(水路長8.0m、水路幅1.5m、水路高さ1.0m)を使用して行いました(図2aおよびb)。アサリ増殖場の模型は外径70mmおよび100mmの亚克力パイプと塩ビパイプを矩形状に連結して試作しました(図2c)。波浪水槽および流動水槽内にそれぞれ中央粒径0.15mmおよび0.30mmの市販の砂を敷いた後、その上にアサリ増殖場の模型を設置し、模型内部にもこの砂を模型の高さまで盛りました。

本研究では、波浪や流れ場を表す指標として、K.C.数およびフルード数を用いました。K.C.数は、波浪場において構造物周辺に生じる渦の発達を表す無次元のパラメータであり、土木工学の分野では波浪に対する構造物の安定性を評価するのに使われる指標です。一般には、波浪による流速の振幅(U_{max})、波周期(T)および構造物の代表径(D)を用いて(1)式のように表されます。

$$K.C. = U_{max}T/D \quad (1)$$

本研究では、構造物の代表径としてアサリ増殖場造成に使用されているサンドチューブの直径を用いました。

フルード数 (Fr.) は、流れの運動に対する重力の効果の程度を表す無次元パラメータであり、流れの状態の指標として用いられます。一般には、流速 (u)、重力加速度 ($g=9.81\text{m}/\text{S}^2$)、水深 (h) を用いて (2) 式のように表されます。

$$Fr. = u / \sqrt{gh} \quad (2)$$

水理模型実験の波浪および流れ条件を決定するために、現地のアサリ増殖場で観測された波浪と流れのデータを用い、現地においてK.C.数およびフルード数がどのような範囲の値を示すのか計算しました (図3)。

これより、現地波浪場におけるK.C.数は概ね15以下、流れ場におけるフルード数は0.6以下の範囲内であることがわかります。

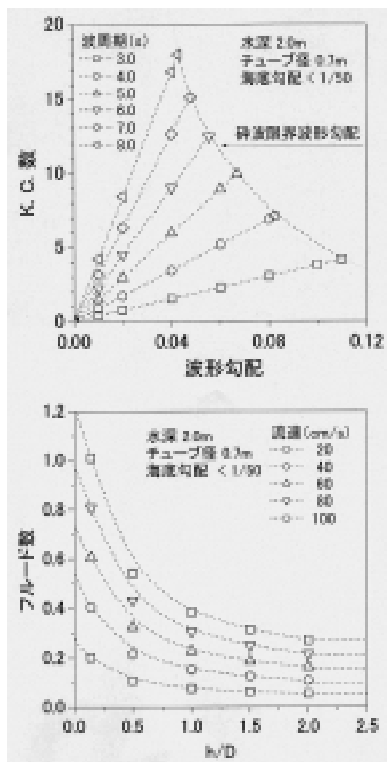


図3 現地アサリ増殖場におけるK.C.数フルード数領域

波浪による洗掘

実験は、水深を50cmに固定した上で、周期1.8~2.2秒、波形勾配 (波高 / 波長) が約0.018~0.061の範囲内でアサリ増殖場模型に規則波を作用させ、模型周辺に形成される洗掘領域の深さ(最大洗掘深)と幅(二次元洗掘幅)を計測しました。この時の作用波の数は洗掘深がほぼ一定となる400波に決定しました。なお、K.C.数は約3~10の範囲にあり、現地で取りうるK.C.数の範囲をほぼ満足しています。

実験の結果、波浪場におけるアサリ増殖場模型の洗掘は、波の入射面に面する土留堤隅角部付近で発生し、巻き上げられた砂の一部は再びすり鉢状の隅角部洗掘領域内に戻るものの、ほとんどが堤外へ直接輸送されるか、洗掘部背後のアサリ増殖場模型内に一旦堆積しながら次第に外縁部へと輸送されていくことがわかりました (図4)。さらに、土留堤背後に沿って二次元的な洗掘が発生しました。本研究では、この洗掘の幅を二次元洗掘幅と定義しました。これら一連の過程が周期的に繰り返されながら次第に隅角部周辺の局所洗掘による最大洗掘深および二次元洗掘幅が拡大して

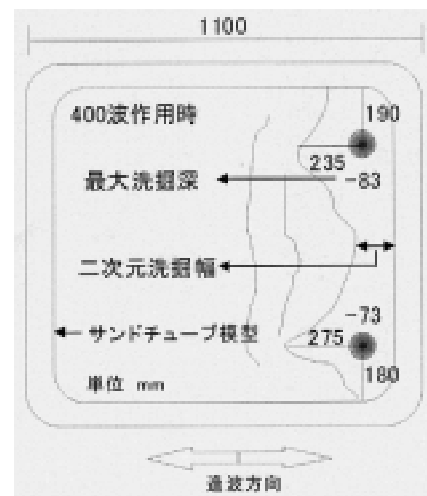


図4 400波作用時のアサリ増殖場模型洗掘模式図

いきました。

波浪場における最大洗掘深 (V) および二次元洗掘幅 (W) を模型チューブ径 (D) で基準化した上で K.C. 数で表しました (図 5)。これより、最大洗掘深および二次元洗掘幅は、波周期および模型チューブ径によらずそれぞれ (3) (4) 式で統一的に近似できます。

$$V/D = 0.001 + 0.018e^{0.342K.C.} \quad (3)$$

$$W/D = -0.035 + 0.016K.C.^{1.985} \quad (4)$$

流れによる洗掘

実験は、アサリ増殖場模型上の水深を 10、15、20cm に設定した上で、流速を 15 ~ 65cm/s の範囲内で変化させ、アサリ増殖場模型に流れを与えまし

た。なお、流れは最大洗掘深がほぼ一定となる 20 分間作用させました。フルード数は 0.11 ~ 0.66 の範囲にあり、現地におけるフルード数の範囲をほぼ満足しています。

流れ場におけるアサリ増殖場模型内の洗掘形状は波浪場のものとは大きく異なり、隅角部周辺の局所洗掘はほとんど見られず、模型チューブ背後に幅広い二次元洗掘が発生しました。洗掘領域内の砂は、下流方向のアサリ増殖場模型内または模型外へ輸送され堆積しました (図 6)。

流れ場における最大洗掘深 (V) および二次元洗掘幅 (W) を模型チューブ径 (D) で基準化した上でフルード数を用いて表しました (図 7)。これより、流れによる最大洗掘深および二次元洗掘幅はフルード数 (Fr.) の 1 次関数として (5) (6) 式で近似できました。

$$V/D = -0.258 + 1.725Fr. \quad (5)$$

$$W/D = -2.866 + 18.678Fr. \quad (6)$$

洗掘による被災抑止条件

今回の実験により、洗掘による最大洗掘深が増

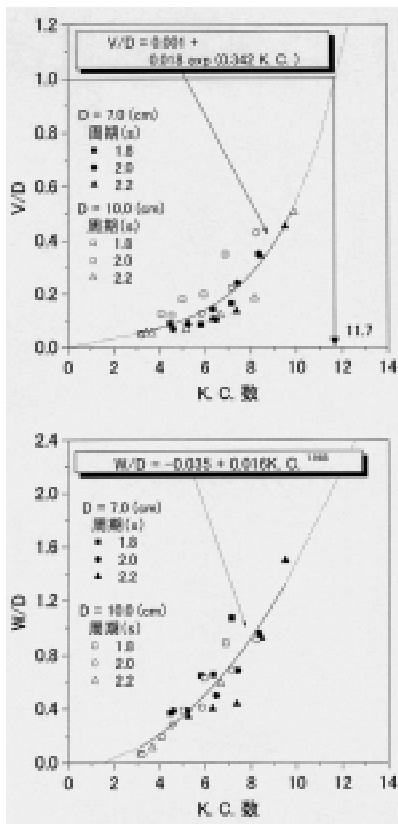


図 5 最大洗掘深および二次元洗掘幅の K.C. 数による変化

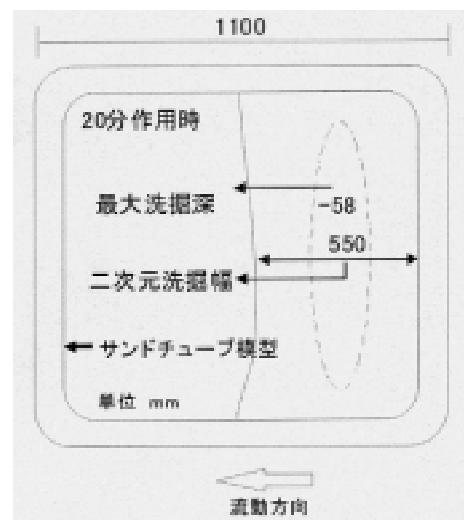


図 6 20分間流れを作用させた場合のアサリ増殖場模型の洗掘模式図

殖場を構成するサンドチューブ径以上になると、チューブ底面が増殖場外部と貫通し、海水が流入することが予測されました。そして、これによって洗掘部周辺の盛砂が大規模かつ急速に増殖場外へ流出し、漁場面積の著しい減少や、サンドチューブの埋没など増殖場の安定性に重大な影響を及ぼすことが示唆されました。したがって、洗掘によるアサリ増殖場の被災抑止条件として、局所洗掘による最大洗掘深(V)をサンドチューブ径(D)以下に抑える ($V/D < 1$) ためには、(3)および(5)式からK.C.数が11.7以下、フルード数が0.73以下となるように増殖場の設置海域やサンド

チューブ径を選定する必要があるでしょう(図5, 7)。

おわりに

今回、主に道東地域においてサンドチューブ工法により造成されているアサリ増殖場について、施設の安定性の面から波浪や流れに伴う洗掘や埋没特性を水理模型実験により検討しました。その結果、波浪および流れに起因した洗掘による施設の被災条件を明らかにすることができました。今後は、本実験結果について現地での検証試験を行うとともに、アサリの生物的特性を考慮した室内実験およびその検証試験を行って本種の生息に適した増殖場の設計条件を明らかにしていきたいと思いを。

(中山威尉 中央水試水産工学室

報文番号B2229)

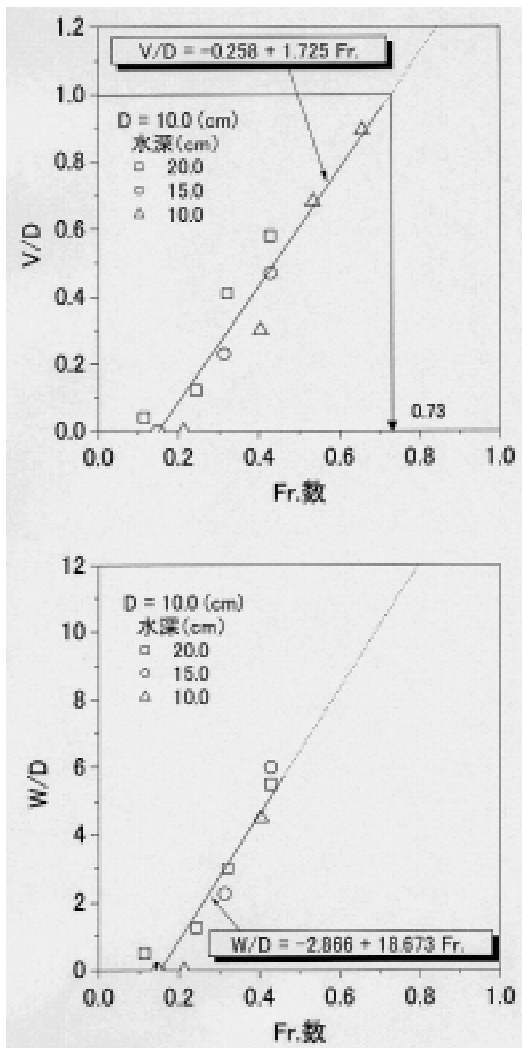


図7 最大洗掘深および二次元洗掘幅のフルード数による変化