

(26) 干潟環境改善工作物としての 粗朶掘工の利用に関する研究

山西博幸^{1*}・土持旬平²・黒木圭介³

¹佐賀大学低平地沿岸海域研究センター (〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1)

²能美防災株式会社 (〒102-8277 東京都千代田区九段南4丁目7番3号)

³宮崎市役所 (〒880-8505 宮崎県宮崎市橋通西1丁目1番1号)

*E-mail: yamanisi@ilt.saga-u.ac.jp

本研究は、かつて干拓技術として用いられてきた粗朶掘工を応用した工作物を現場干潟域に設置し、微細粒土砂の捕捉とともにアゲマキを含む浮遊幼生の着床地あるいは底生生物の生息場創出の可能性について、現地での実証実験と数値計算により検討した。長期にわたる粗朶掘工周辺部の観測結果より、経年的な干潟域での泥の堆積速度を明らかにするとともに、数値計算結果は現地底泥堆積分布の結果とほぼ一致した。また、粗朶掘工撤去前後の底質環境変化を、粒度分布に基づくエントロピー量にて評価した。さらに、直立構造物背部の後流域への物質集積能を主流域への逡行係数を使って評価し、相対高さ(D/h)の大きくなる下げ潮時に水中物質の集積能が高まることを示した。

Key Words : wake, mud flat, cohesive sediment transport, benthos, simulation

1. はじめに

対象水域での生物生産を維持し続けるには、まず生息生物や水産資源量などの実態を把握し、対象生物の成長阻害となる要因の解明およびその除去が必要である。そのためには、現状の水域環境の流れ場、水質、底質、陸域負荷、自然の浄化機能を評価し、水域生態系の中のどの部分に問題があるかを見極め、工学技術の投入で改善が可能であればこれらをコントロールするための技術開発を行い、ソフト面では利害関係者を含めた社会システムの構築が望まれる。楠田¹⁾は有明海での環境問題のアプローチとして、まず生物生息環境の再生方策としての具体的な改善目標を設定し、その上で有明海の問題解決に必要な未解明事象の検討を行い、俯瞰的立場から科学的知見を駆使した取り組みを展開してきた。これらの取り組みの中で、林ら²⁾は、有明海湾奥部西部水域のアゲマキの生息数激減の一因として、底質の細粒化とこれに起因した底質環境、とくに酸揮発性硫化物量の増加を指摘し、底質改善と囲繞堤を用いたアゲマキ漁の再生を目指した一連の実証実験を実施してきた。本研究もこの一環として行われたもので、当初細粒土砂を集積させることで周辺部への細粒土砂成分の拡散・堆積を抑制させる機能のみに主眼が置かれて提案された粗朶掘工（そだがらみこう）は、その後生息場創出の可能性も一部評価

されるに至った³⁾。なお、古来の干拓手法である“掘（からみ）”“手法とは、予定干拓域に打ち込んだ杭に粗朶や竹を絡ませて水中の懸濁物を付着・沈積させ、干拓域内の地盤高を嵩上げさせる方法である。水産分野では、水産増養殖や漁場造成に海洋エネルギーを利用した流動制御技術の提案が数多くなされている（例えば、中村⁴⁾）。水中の細粒物質を捕捉促進することができれば、同時に水中の各種浮遊卵・浮遊幼生等も捕捉・集積も可能と言え、水産有用生物の増殖への応用も考えられる。粗朶掘工の集積能を担保する基本的な考えは、粗朶掘工前面部での流れの遮蔽と粗朶掘工上端部から背後に形成される剥離渦に起因した流速減衰域、いわゆる後流域の形成にある。すでに鉛直二次元の数値計算結果³⁾から、単一の粗朶掘工の場合、その設置高さの10倍程度の後背部にわたり、沈降フラックスの促進効果が明らかにされたものの、浮遊幼生や稚貝着床への効率的な配置等については未だ十分な調査解析がなされていない。

本研究は、長期にわたり実施された粗朶掘工周りの環境調査に基づき、底生生物にとって良好な環境場の解明と対象生物にとって最適な干潟環境創出のための工学的技術の導入可能性およびその開発に関する成果の一部をとりまとめたものである。特に、干潟上に構築された粗朶掘工背部における物質集積能を流れの数値計算によ

り評価する。また、粗朶掘工によって囲われた人工的空
間内の底質環境と底生生物環境にどのような効果をもた
らすかの調査・検討を行った。さらに粗朶掘工撤去後の
底質環境を粒度分布の変化に着目し、情報理論で用いら
れるエントロピー法を粒度分布に当てはめ、生物生息場
の一評価として検討した。

2. 調査方法

“粗朶掘工”とは、粗朶や竹を搦めた束を数段重ねた
工作物でこれを有明海湾奥西部に位置する佐賀県鹿島市
七浦干潟域に設置した。図-1は粗朶掘工の全体配置図で
ある。粗朶掘工No.1（竹および粗朶で構成）は2006年3
月に設置し、粗朶掘工No.2（蛎殻を詰めた土嚢袋で構
成）は2007年3月に設置し、粗朶掘工No.3（サルボウ貝
を詰めた土嚢袋で構成）は2007年8月に設置した。粗朶
掘工の高さはいずれも0.5mとした。なお、粗朶掘工No.1
を中心とした解析はすでに公表済み³⁾であり、本報告で
は、粗朶掘工No.3を中心に、新たな解析と考察を加えて
とりまとめた。

(1) 底泥堆積厚調査

粗朶掘工による懸濁物の捕捉効果を評価するため、
各粗朶掘工設置直後から底泥堆積厚を長期にわたって測
定した。堆積厚測定には、粗朶掘工内外および比較対照
地点（blank地点）に標尺を立て、定期的に底泥面の高
さを記録した。標尺は、No.1で23カ所、No.2で26カ所、
No.3で40カ所設置した。なお、粗朶掘工3基はいずれも
2009年7月から8月にかけてすべて撤去されたが、撤去後
も新たに標尺を同等数再設置し、測定を継続した。

(2) 粗朶掘工No.3での底質調査

調査は計4回（2009年7月9日、8月21日、10月19日、
12月23日）行われた。粗朶掘工No.3内の底質試料採取地
点を図-2のように13箇所の測点を定め、定期的に底泥
を採取した。また、比較対照地は粗朶掘工No.3から50m
ほど離れた地点とした。なお、8月21日以降のデータは
粗朶掘工撤去後のものである。底泥の採取にはアクリル
パイプ（径10cm、長さ50cm）を用い、表層から約20cm程
度の柱状試料とした。採取後は、現場にて直ちに層状分
割（0～1cm、1～5cm、5～10cm）した。また、分画した
試料はチェック付きポリ袋に入れ、冷温保存して研究室
まで持ち帰った。採取試料の分析項目は含水比、AVS、
CODおよび粒度である。なお、底泥表層の試料は少量で
あるため、粒度測定には広範な粒度を一度に測定可能な
レーザー回折式粒度分布測定装置（SALD-3100、島津製
作所製）を利用した。底質CODは市販の迅速式COD測定器

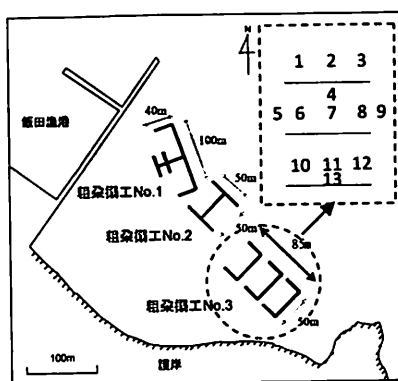


図-1 粗朶掘工の全体配置図

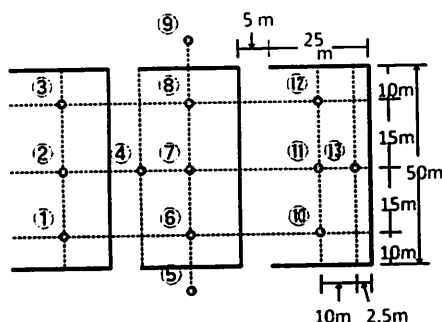


図-2 粗朶掘工No.3の配置と工内の測定点

(HC-607型、セントラル科学社製)を用いた。

(3) 粗朶掘工No.3での生息生物調査

マクロベントスの生息調査は、底質調査と同時に
行った。調査には各地点毎で25cm×25cmのコドラート
を用い、干潟表面から深さ10cmまでの底泥を採取し、こ
れを1mmのふるいにかけた。ふるいに残存したベントス
は10%ホルマリン液に浸漬後、冷温保存し研究室まで持
ち帰った。殻体長（あるいは殻長）が0.1～2cm、湿重量
0.5g以下のマクロベントス（ゴカイ類、貝類、甲殻類）
を調査対象とし、個体数を測定した。

3. 数値計算による粗朶掘工周りの流れ場と物 質輸送に関する検討方法

(1) 直立構造物背後の物質捕捉効果に関する評価

流れに対して直立する構造物を設置した場合、突起
端部で流れの不連続が生じ、これに伴って渦列が形成さ
れる。これが噴流のようになり、乱れの領域が流れ場全
体に及ぶことになる。そしてよく知られているように、
その後背部には局所的な循環流が誘起され、いわゆる、
後流（wake）域が形成される。後流域は乱れの発達した
主流域と比較して、流れ場も静穏となるため、主流域か

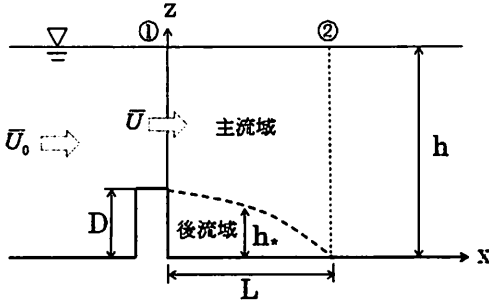


図-3 直立構造物後背部の流れの概念図

ら流入した物質の捕捉・集積効果の期待できる領域である。したがって、干潟域に設置された粗朶棚工は、水中の懸濁物の捕捉とともに、浮遊幼生等の生物を集積させようと考えられる。ここでは、直立構造物まわりの流れ場を数値計算により再現し、構造物を設置したことによる後流域の形成とそこへの物質の取り込みについて、主流域と後流域との異なる流れ場間の流体塊の混合現象として検討した。

突起端からの流れを噴流と見なせば、突起端部（境界①）から後流域の存在する端部（境界②）までの流れの形成領域とその後の流れの確立領域に分けることができる⁵⁾（図-3参照）。ここでは、物質の捕捉・集積効果としての後流域評価のため、流れの形成領域と後流域の境界を通した連行量に着目した。

直立構造物端からの噴流の流下に伴い周囲水が主流域に流入するが、このとき噴流外縁における噴流の水平軸と直交する流入速度を w_e とし、水面と直立構造物端との間から流出する水塊の平均流速（吐出速度）を $\bar{U}$ とする。このとき、連続の式を水面から後流域の上部境界まで積分した形で表すと次式となる。

$$\frac{d}{dx} \int_{h_b(x)}^h u(x, z) B dz + w_e B = 0 \quad (1)$$

ここに、 x および z は水平および鉛直方向の座標軸、 B は奥行き幅、 h は水深、 $h_b(x)$ は底面から後流域境界面までの高さ、 $u(x, z)$ は水平流速、 w_e は後流域境界から主流域への単位長さ当りの流入流速（連行速度）で次の関係式で表せるとする。

$$w_e = \alpha \bar{U} \quad (2)$$

ここに、 α は連行係数である。これ以降の第4章にて、数値実験によって得られたデータから主流域と後流域との物質交換を上記式(1)を用いた連行現象として検討する。なお、現場設置直後の粗朶棚工は透過性を有する工作物として見なせたが、設置数ヶ月でフジツボ等の付着

生物によりほぼ全面にわたって被われ、その結果、粗朶棚工を不透過の直立構造物と仮定しても構わないと考えた。

(2) 流れ場および懸濁物輸送の数値計算

直立構造物背後の流れ場解析および現地粗朶棚工周辺部での流れと懸濁物の輸送に関する流動計算には、既報³⁾同様、DHIデンマーク水理研究所によって開発された3次元流動モデルのMIKE3を使用した。モデルに用いられた基礎方程式は、流れ場における連続の式、運動方程式および懸濁物輸送に関する質量保存式である。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = & -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_j} + g_i \\ & + \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \nu_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} k \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C(u_i - w_{s,i})}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_i \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + S \quad (5)$$

ここに、 ρ ：流体密度(kg/m³)、 u_i ： i 方向の流速(m/s)、 $w_{s,i}$ ：沈降速度(m/s)、 P ：圧力(Pa)、 g_i ： i 方向の重力加速度(m/s²)、 ν_T ：渦動粘性係数(m²/s)、 δ_{ij} ：クロネッカーのデルタ、 k ：乱れの運動エネルギー(m²/s²)、 C ：懸濁物濃度(kg/m³)、 D_i ： i 方向の分散係数(m²/s)、および S ：ソースあるいはシンク項(kg/m³/s)である。なお、MIKE3では、塩分・水温の保存式も連成されるが、ここではそれぞれ一定(25psu、10℃)とした。また、鉛直乱流場解析には $k-\epsilon$ 乱流モデルを採用し、水平方向の渦動粘性係数にはスマゴリンスキー型モデルを併用した⁶⁾。さらに分散係数 D_i は渦動粘性係数に比例させ調整した。なお、粗朶棚工周辺の底泥輸送に関するシミュレーションでは、底泥境界面からの巻き上げや上層水から底面への沈降をどのように規定するかが重要で、ここでは巻き上げフラックス F_E と底面への沈降フラックス F_D を次のように規定した。

$$F_E = \begin{cases} E_0 \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right), & \tau_b \geq \tau_{ce} \\ 0, & 0 \leq \tau_b < \tau_{ce} \end{cases} \quad (6)$$

$$F_D = \begin{cases} CW_s \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \right), & 0 \leq \tau_b < \tau_{cd} \\ 0, & \tau_b \geq \tau_{cd} \end{cases} \quad (7)$$

$$\tau_b = \rho C_D u_b |u_b| \quad (8)^{(6)}$$

$$C_D = \left\{ \frac{\kappa \left(1 - \frac{k_s}{30z_b} \right)}{\log \left(\frac{30z_b}{k_s} \right) - \left(1 - \frac{k_s}{30z_b} \right)} \right\}^2 \quad (9)^{(6)}$$

ここに、 E_0 : 巻き上げ速度係数 ($= 1.0 \times 10^{-4} \text{kg/m}^2\text{s}$), τ_b : 底面剪断応力 (Pa), τ_{ce} : 巻き上げ限界底面剪断応力 ($= 0.3 \text{Pa}$), τ_{cd} : 沈降限界底面剪断応力 ($= 0.05 \text{Pa}$), W_s : 沈降速度 ($= 1.15 \times 10^{-2} \text{mm/s}$), C_D : 抵抗係数, u_b : 数値計算による最下層部の流速 (m/s), κ : カルマン定数 ($= 0.4$), k_s : 底面粗度 ($= 0.05 \text{m}$) および z_b : 最下層のセル厚 (m) である。そのほか、底面に設置した底泥層の初期厚は 1m 単層とし、底泥密度は $300 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ で与えた。水中の懸濁物の初期濃度は、 $0.1 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ で全水層一様に与えた。いずれも現地観測データをもとに係数を決定した。

4. 結果および考察

(1) 粗朶掘工内の底泥堆積厚

図-4は、粗朶掘工No. 1～3と比較対照 (blank) 地点における底泥堆積厚の経日変化で、図-5は図-4をもとに底泥堆積速度の変化を示したものである。図-4より各粗朶掘工内の平均堆積厚とblank値はほぼ同様であった。また、両図より粗朶掘工撤去前の平均的な堆積速度はそれぞれ粗朶掘工No. 1で 0.34mm/day 、粗朶掘工No. 2で 0.23mm/day 、粗朶掘工No. 3で 0.29mm/day で、blank地点は 0.27mm/day であった。2006年9月、2007年7月、2008年5月に急激な底泥洗掘が見られたが、これらは台風接近 (2006年台風13号、2007年台風4号) や大雨 (2008年5月) によるものである。このような荒天時期を除けば、基本的に粗朶掘工内では懸濁物が堆積する傾向にある。また、図-5より年間を通して10月から4月頃にかけて泥の堆積が進み、7～9月の台風期で洗掘されるサイクルが見えてくる。このとき、泥の堆積が促進される時期とノリ漁期が重なる。この時期、沿岸部に多数設置されるノリ網による流れ場の影響が寄与している可能性もあるが、詳細についてはさらなる検討が必要であろう。

図-6は粗朶掘工No. 3の設置後、測定を開始した2007年8月から2009年7月の撤去前26ヶ月間の底泥堆積状況を

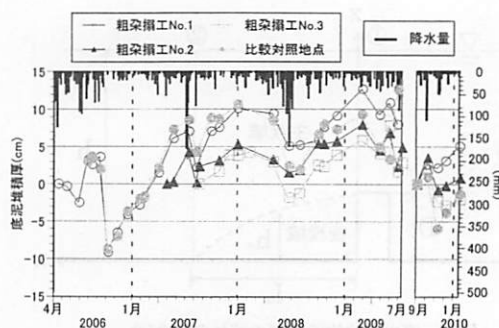


図-4 粗朶掘工内の堆積厚変化 (2006. 4～2010. 1)

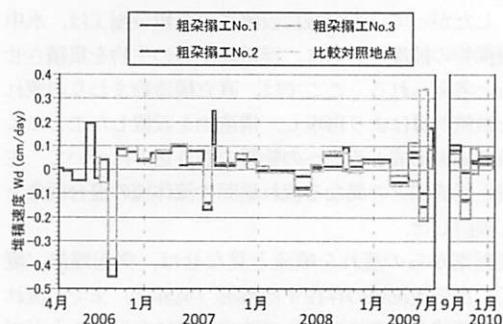


図-5 各粗朶掘工内の底泥堆積厚速度経時変化

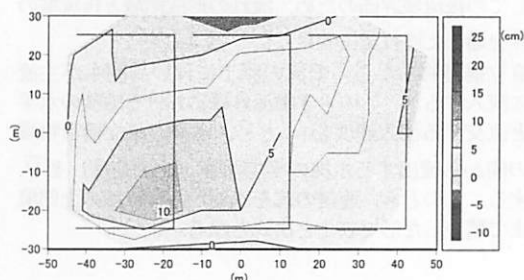


図-6 粗朶掘工No. 3での堆積厚分布 (2007. 8. 17～2009. 7. 10)

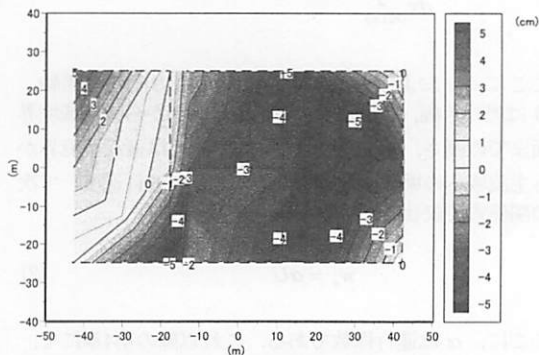


図-7 粗朶掘工No. 3での堆積厚分布 (2009. 8. 31～2010. 1. 18) 示したものである。粗朶掘工内の底泥堆積は先の図-2からわかるように、年間を通した変動を有するものの、結果的には工内への堆積が促進されており、最大10cmの堆

積厚が観測された。ただし、粗朶掘工外縁では最大4cmの洗掘も計測され、結果的にはNo. 3測点全域平均で+1.9cmであった。一方、図-7は粗朶掘工No. 3撤去後、2009年8月31日に再度標尺を設置し、2010年1月18日までの約4.5ヶ月間の底泥堆積厚分布を示している。観測期間はノリ漁期にもあたり、浮遊懸濁物量の増加とともに対象域への沈積量も増加する可能性もあったが、全測点平均で-2cmの洗掘となった。結果、粗朶掘工No. 3の設置域での懸濁物捕捉効果が十分あったと言える。

(2) 粗朶掘工の有無による底質粒度と生息場への影響

粗朶掘工による生物生息環境場の創出の可能性について、様々な環境因子に基づく情報から唯一の評価指標で表すことは問題も多いと言える。ここでは、粗朶掘工による懸濁物の捕捉・集積能評価の観点から、粗朶掘工設置によって生じるであろう平面的な広がりを持った堆積物の粒度組成の違いに着目し、岡田ら⁷⁾が東京湾の底質分布特性評価で用いたエントロピー法に倣って、評価を試みた。情報理論で用いられるエントロピーとは、情報量の平均値(期待値)のことで、生物学ではShannon-Wienerの多様性指数としても利用されている。ここでは、粗朶掘工No. 3撤去前の2009年7月9日と撤去後約2ヶ月後(2009年10月19日)の底質試料に適用した。なお、測定に用いたレーザー回折式粒度分布測定装置は、0.05 μm ~3,000 μm の粒度が測定可能で、また標準でこの区間を51個の粒径区分に分割するようになっている。粒度サイズが j 個に分割された1つの粒度分布のエントロピー E は、

$$E = -\sum_{j=1}^J p_j \ln p_j \quad (10)$$

である⁸⁾。ここで、 p_j は粒度サイズ j 番目の粒度の頻度で、 $\log$ の底は e とし、したがって E の単位はnat(ナット)である。

図-8は粗朶掘工No. 3内の堆積底泥表層0~1cmの底質粒度のエントロピー E 分布について、粗朶掘工の撤去前後で比較したものである。なお、懸濁物の沈積が顕著に現れやすいことと浮遊幼生が着底する場という観点から底泥表層0~1cmを解析対象とした。また、同日測定したマクロベントスの生息密度の結果も併せて表記した。粒度エントロピー E は単に底質粒度の代表径で評価せず、粒度分布が有する多数の情報を内包している点で情報量の損失が少ない。ここで粒度情報量の平均値である粒度エントロピー E は、その値が大きいほど不均一で広範な粒度組成を有すると言え、また値が小さいと均一な粒度組成となり、土質工学でいう「貧粒度」に相当すると言える。図より粗朶掘工撤去前後で、粒度エントロピー E の分布が大きく変化している。特に、測点5~9方向の生息密度の分布が撤去前後で逆転しており、 E の増減との関

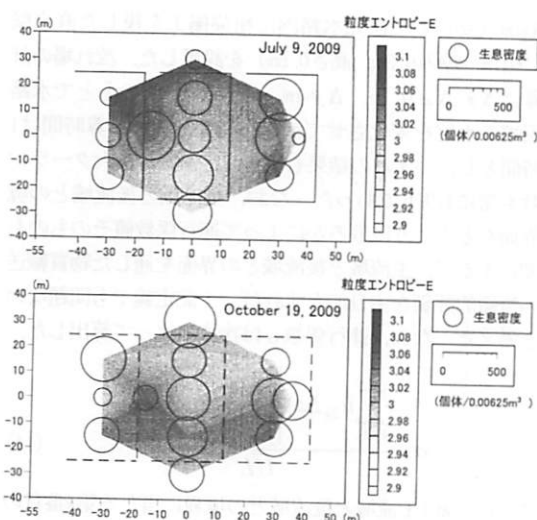


図-8 粒度エントロピー E と底生生物の生息密度

係が示唆される。基本的には粒度組成の分布形が変化し、均一粒度であった場合は新たに異なる粒子群の流入が生じ広範な不均一性を有する場へと転換する。逆に、不均一性の高かった場合は粒度組成が貧な状態へと移行するため、粒度の選択性が促進されたと言える。したがって、粗朶掘工の撤去前後で測点5~9方向の岸沖方向での環境傾度に変化したと言える。ただし、同じ E でも中央粒径 d_{50} が異なることから、粒度と対象生物の嗜好性も個別にチェックする必要もあり、今後の課題と言える。また図-6より、撤去前の堆積厚分布は全体的に平均化され、かつ堆積厚は増加傾向にあることから、粗朶掘工によって底質環境傾度のコントロールが成し得ていたと言える。底質粒度の解析は結果論であるものの、後述する粗朶掘工背後の物質集積能を評価する際の検証データとして有用でもある。ここでは粒度エントロピー E を底生生物との俯瞰的評価として用いたが、粗朶掘工内各地点の多様な環境場を多面的なシステムで評価する場合の指標としても有用である。

(3) 直立構造物後背部への物質集積能について

ここでは、後流域の物質集積能を評価するため、先に掲げた主流域と後流域との境界における物質交換を連行現象としてとらえた式(1)の体積保存式から以下考察を加える。まず、後流域の境界をどのように取るかが問題となる。ここでは便宜的に z 方向の計算セルの正負が入れ替わる場所を水平流速 $u=0$ となる地点と判断し、直前の計算セルまでを主流域と定義した。このようにして決めた境界が底面と交差する場所と直立構造物端部との水平距離を l とする(図-3参照)。直立構造物の高さ H は現場での粗朶掘工高さと同じ0.5mとし、平均水位を変化させた数値実験を行った。数値実験は、水路長100m、水路

幅1m (=B) の二次元水路内に粗朶掘工を模した直立壁 (幅1m, 厚み0.3m, 高さ0.5m) を設置した。流れ場の計算は $\Delta x = \Delta z = 0.1\text{m}$, $\Delta y = 1\text{m}$, $\Delta t = 0.02\text{sec}$ のもとで水路両端の水位を変化させて流速を調整した。計算時間は1時間とし、いずれの結果も流れは定常で、最大クーラン数も常に1以下であった。なお、主流域と後流域との境界面をどのように取るかによって連行係数値そのものも変化するが、主流域と後流域との界面を通した物質輸送の俯瞰的評価を主目的とすれば、上記定義でも問題ないと考えた。なお、連行係数 α は次式によって算出した。

$$\alpha = \frac{\sum_{k=k_2}^n u_{2k} \Delta z_k \Big|_2 - \sum_{k=k_1}^n u_{1k} \Delta z_k \Big|_1}{\bar{U}L} \quad (11)$$

ここに、 k は主流域と後流域との境界に当たる第 k 番目の計算セル、 n は水面までの分割セルの総数、添え字1, 2 はそれぞれ断面1, 2 (図-3参照) を表している。水深を変化させ、直立構造物から主流域への吐出速度 $\bar{U}$ をコントロールしながら連行係数 α を求め、直立構造物高さ D と水深 h との相対高さ D/h との関係求めたものが図-9である (図中の R : 相関係数)。また図より、相対高さ D/h と連行係数 α との関係が次式で表される。

$$\alpha = -2.41 \left(\frac{D}{h} \right) + 1.6 \quad (12)$$

図-9および式(12)より、連行係数 α は相対高さ D/h に対して直線的に減少することがわかる。なお、いくつかのケースの計算を行ったが、 D/h が同じであれば吐出速度 $\bar{U}$ にかかわらず、 α 値もほぼ等しく、後流域の形状もほとんど同じであった。連行係数 α が大きくなると、乱れによる混合域がすぐに底面まで及ぶため、水深方向の混合が促進し、後流域の形成もなくなり、構造物周りの集積能は低下することとなる。一方、連行係数が小さくなると、直立構造物端からの乱れの混合域が下層部へ到達する距離 (L) が長くなり、主流域と下層部の水塊混合が弱まることとなる。このような状況で下層部に流入した物質は主流域への輸送が弱められ、直立構造物の後背部での集積能が高まることとなる。したがって、物の出入りの観点からすると、後流域への集積能を高めるためには主流域への連行量を低下させる必要がある。直立構造物の高さが一定であれば、通常、干潟域は1日2回の水位昇降があり、上げ潮時は D/h が小さくなる方向に進むため、粗朶掘工後背部での懸濁物の捕捉・集積効果は弱まる。逆に下げ潮時は D/h が徐々に大きくなるため、後流域の形成とともに粗朶掘工背部での集積効果が期待される。なお、 $D/h = 0.664$ のとき、 $\alpha = 0$ となる。さらに、粗朶掘工高さ D よりも水位が低下すると、既報⁹⁾ の報告の通り、閉鎖空間内の二次的な循環流によりその中心

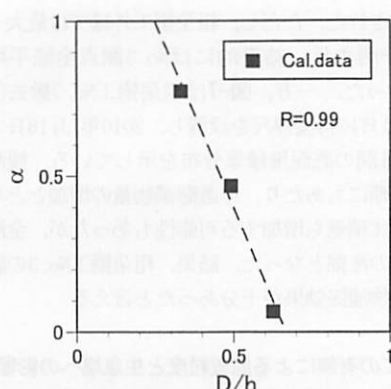


図-9 相対高さ D/h と連行係数 α との関係

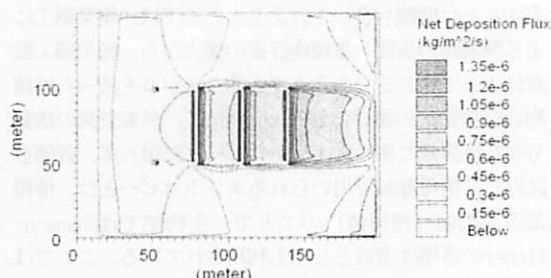


図-10 粗朶掘工No. 3周りの正味の沈降フラックスに関する数値計算結果 (下げ潮, 水位 $h=1.5\text{m}$)

付近に懸濁物が集積されやすくなる。図-10は、粗朶掘工No. 3を想定した懸濁物輸送に関する数値計算結果のうち、底面近傍の正味の沈降フラックス量の平面分布である。なお、流れ方向を x 軸、図面上向きを y 軸とし、計算領域は x 軸方向に200m, y 軸方向に150mで水平方向に1m格子で一様分割し、鉛直方向は0.3m間隔で分割した。タイムステップは0.1秒で下げ潮を想定し3時間分の計算を行っている。図より、直立構造物による集積効果の議論の通り、粗朶掘工後背部を中心とした沈降フラックスの促進が認められ、図-6に類似した結果と言える。粗朶掘工から流下方向に減少する沈降フラックス分布は、その後背部の集積能を再現している。ただし、無機質が集積する一方で、連行係数の低下がそのまま浮遊幼生等の着床につながるかについては、先に述べた構造物周辺の生物生息に関わる質的環境の評価を加味する必要がある。土木工学的観点から干潟環境改善のための工作物設置に当たっては、無機質環境の改善のみならず対象生物種に適した生息環境の創造を目指す必要がある。

5. おわりに

本研究は、粗朶掘工による干潟域での環境改善を目指した構造物による生息空間創出の可能性について、長期

にわたる現地調査と数値計算による検討をとりまとめた。なお、ここでは議論できなかった粗朶部材の違いによる水質浄化効果や稚貝着床への効率的な配置方法など、未だ十分な調査や解析がなされておらず、今後の課題としたい。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、平成21年度科学技術振興調整費（研究代表：北九州市立大学大学院・楠田哲也教授）の補助を受けた。また、レーザー回折式粒度分布測定装置の使用に際し、九州大学大学院工学研究院建設デザイン部門・大嶺聖准教授および中島通夫技官に便宜を図っていただいた。さらに、長期にわたる現地調査は、旧佐賀大学低平地研究センター（現：低平地沿岸海域研究センター）学生諸君の寄与するところが大きい。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 楠田哲也：有明海生物生息環境の俯瞰的再生と実証試験，有明海生物生息環境の俯瞰的再生と実証試験成果報告会講演要旨集，pp. 1-6，2010。

- 2) 林重徳，末次大輔，杜延軍，田中誠，牛原裕司：有明海における底生生物の生息環境改善を目的とした底質改善工法，第7回地盤改良シンポジウム論文集，pp. 201-204，2006。
- 3) 山西博幸，黒木圭介，坂田智昭：粗朶掘工による懸濁物捕捉効果と底生生物の生息場創出に関する研究，海洋開発論文集，第25巻，pp. 347-352，2009。
- 4) 中村充：水産増殖と人工干潟，河口沿岸域の生態学とエコテクノロジー（栗原康編著），東海大学出版会，pp. 232-237，1988。
- 5) 玉井信行：土木学会編 新体系土木工学 密度流の水利，技報堂出版，260p，1980。
- 6) DHI Water Environment：MIKE3 User Guide，pp. 78-80，pp. 112-116，2005。
- 7) 岡田知也，Nguyen Thi Mong Trinh，古川恵太：粒度分布形状に基づいた底泥分布図の提案—東京湾を例として—，海洋開発論文集，第25巻，pp. 401-406，2009。
- 8) C. E. Shannon: A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October, 1948。

(2010. 5. 21受付)

Study on the Effective Use of the *Sodagarami* for Tidal Flat Environments

Hiroyuki YAMANISHI, Junpei TSUCHIMUCHI and Keisuke KUROGI

The ancient reclamation technology of structure, *Sodagarami*, which is enclosed by bundled twigs in a coastal area was applied to improve the mud flat environments. The structure has an acceleration effect of the sedimentation of suspended matters, larvae and plankton in waters into the enclosed area. In this study, the cohesive sediment transport around the *Sodagarami* structure in the mud flat of the Ariake sea were measured for a long term. The hydrodynamic characteristics and prediction of suspended sediment transport were studied using a numerical model. As a result, it was revealed that the *Sodagarami* method is useful to make the sedimentation of suspended matters accelerate. Also, the entrainment in a wake area in back of the vertical structure showed that the growing relative height (D/h) makes the sedimentation increase. In addition, the change of mud flat environment was estimated by the entropy method for grain size distribution.