

大阪工業大学都市デザイン工学科 学生員 ○佐藤 寛容  
 大阪工業大学都市デザイン工学科 正会員 綾 史郎  
 大阪工業大学都市デザイン工学科 非会員 伊藤 公洋  
 大阪工業大学都市デザイン工学科 非会員 宮本 力  
 河川環境管理財団近畿事務所 正会員 中西 史尚

表-1 貝の測定結果 (平均値) .

	ドブガイ類	イシガイ	オグラヌマガイ	ササノハガイ
殻長(cm)	4.99	4.95	5.57	9.129
殻高(cm)	3.34	2.49	4.25	2.883
殻幅(cm)	2.05	1.81	2.14	1.676
湿重量(g)	15.36	15.6	21.42	30.8
体積(cm <sup>3</sup> )	13.79	10.31	16.67	20.7
密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.12	1.55	1.29	1.49

1. はじめに イタセンパラをはじめとするタナゴ類はイシガイ科の淡水二枚貝を産卵母貝とするが、貝がワンド内に定着するためには出水時に流水の作用によりワンド外に流出しないことが必要である。本研究では流水下における淡水二枚貝類の受動的移動形式と移動開始流速について実験水路で調べた。

2. 実験で用いた淡水二枚貝 実験の対象として選定した貝は淀川産のイシガイ 39 個、ドブガイ類 (幼貝) 5 個、オグラヌマガイ (幼貝) 5 個、芥川産のササノハガイ 7 個である。貝のサイズ (殻長、殻幅、殻高)、湿重量、体積、比重の平均値を表-1 に示した。密度はイシガイが 1.55 であり、ドブガイ類が 1.12 と一番小さかった。

3. 実験水路 実験は高さ 0.2m、幅 0.2m、長さ 6.0m の長方形断面開水路を用いて、路床表面に貝が露出した場合を想定した滑面および粗面固定床の上の流れての実験と貝の自然下の生息状態を想定した移動床上の流れての実験を行った。固定床実験では滑面及び粗面固定床で貝が移動を開始した移動限界流速を測定した。移動床はイシガイの生息する場の粒径に近い 5 号および 6 号珪砂を 7cm 厚で均一に敷き、二枚貝を自然下に近い状態で埋めた後通水して、砂粒及び貝の移動について観察した。

4. 固定床実験 滑面では貝は 4 種ともほとんどが腹縁を下にして移動 (滑動) した (図-1)。得られた移動限界流速を図-2 に示した。貝近傍の局所流速は 20~26cm/s でドブガイ類が流れた。粗面ではほとんどの貝は腹縁と殻頂を交互に回転軸にしながら回転して移動 (転動) した。局所流速は 15~20cm/s だった。図-3 は粗面及び滑面における移動限界流速の大きさを比べたものである。比重の小さいドブガイ類、オグラヌマガイは大きい流速で浮遊するのが滑面・粗面の両方で見られた。イシガイは粗面の方が移動限界流速が大きくなるのに対し、他の 3 種では滑面の方が大きくなっていった。

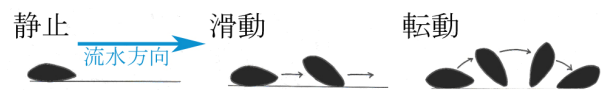


図-1 貝の流動形式.

表-2 滑面実験の水力条件.

貝種	流量×10 <sup>-3</sup> (m <sup>3</sup> /s)	測定部の平均水深 (m)	測定部の水面勾配	断面平均流速 (m/s)	水温 (°C)	Fr数	局所流速 (m/s)	摩擦速度 (m/s)
ドブガイ類	1.51	0.0563	0.0018	0.134	15.6	0.181	0.200	0.0315
オグラヌマガイ	4.24	0.0929	0.0026	0.228	15.6	0.239	0.210	0.0487
イシガイ	4.24	0.0748	0.0024	0.284	15.6	0.331	0.260	0.0419

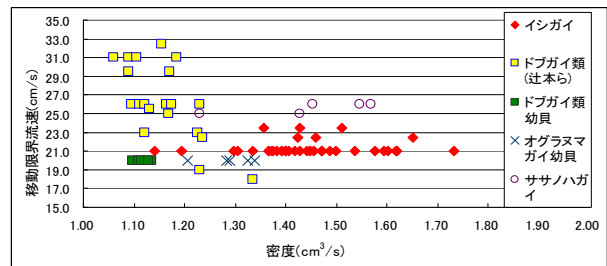


図-2 滑面上の移動限界流速と密度.

表-3 粗面実験の水力条件.

貝種	流量×10 <sup>-3</sup> (m <sup>3</sup> /s)	測定部の平均水深 (m)	測定部の水面勾配	断面平均流速 (m/s)	水温 (°C)	Fr数	局所流速 (m/s)	摩擦速度 (m/s)
イシガイ	4.24	0.0832	0.000575	0.255	15.6	0.282	0.225	0.0217
ドブガイ類	1.58	0.0684	0.000457	0.115	15.6	0.141	0.115	0.0175
オグラヌマガイ	1.58	0.0519	0.000371	0.152	15.6	0.213	0.150	0.0137
ササノハガイ	4.24	0.0745	0.000894	0.285	15.6	0.333	0.260	0.0223

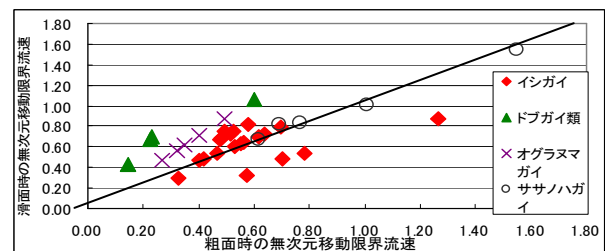


図-3 滑面、粗面の無次元移動限界流速.

**5. 静止摩擦係数** 揚力を無視して、貝に作用する力を図-4に示した。ここに、 $F$ : 抗力、 $C_D$ : 抗力係数、 $\rho_w$ : 水の密度、 $U_c$ : 移動開始流速、 $A$ : 投影面積、 $W$ : 貝の水中重量、 $R$ : 摩擦力、 $\rho_s$ : 貝の比重、 $g$ : 重力加速度、 $V$ : 貝の体積、 $\mu$ : 静止摩擦係数、 $w$ : 貝の殻幅である。

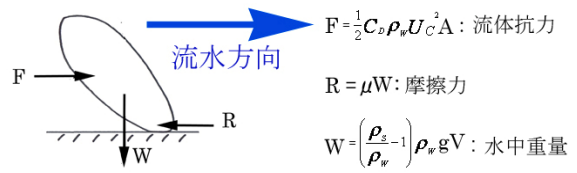


図-4 流水中の貝に作用する力。

$F \geq R$ の時に滑動を始め、その時の流速を  $U_c$  とすると

$$\frac{\frac{1}{2} C_D \rho_w U_c^2 A}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right) \rho_w g V} = \mu \quad \text{を得る。}$$

辻本らに従い、限界シールズ数  $S_c$  を

$$S_c = F/W \quad (C_D = 1, A = \frac{\pi}{4} D^2, D: \text{相当直径})$$

とすると  $S_c$  は  $\mu$  と等しくなければならない。表-4 は辻本らの  $S_c$  と  $\mu$  を比較したものであるが、実験値と計算値で大きな差が出た。抗力係数  $C_D$  と投影面積  $A$  の仮定値を検討する必要がある。

**6. 無次元移動限界流速** 貝の移動限界流速より、

$$\text{無次元移動限界流速} = \frac{U_c^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right) \rho_w g w}$$

を求めた(図-5)。無次元移動限界流速が 1.0 を超えているものは貝の密度が例外的に低いものであり除外すると、イシガイ、ササノハガイは滑面、粗面でありあまり差は見られなかった。しかし、ドブガイ類、オグラヌマガイは 0.2~0.4 ほど滑面の方が値は小さくなっていった。

**7. 移動床実験** 実水域で多くの貝は本体が砂中に埋もれ、吸水・出水管を水中に出し滑面・粗面固定床の実験とは異なった形で生息している。そこで 5 号、6 号珪砂を用いて移動床を作成し、より実態に近い形での流下実験(表-5)を行った。移動床では砂粒子が移動する条件下で通水し続けると貝の周りの砂が洗堀され、その窪みの中で貝が直立した(図-6)。砂の移動で砂堆が形成され、砂堆の移動により貝の露出、埋没が繰り返えされ、洗堀孔の中で貝が能動的に砂中に潜ろうともしていた。しかし、貝全体が完全に露出して倒れると流されてしまった。この時の流速は 0.58(m/s)であった。

**8. 結論** 今回の研究では移動床中に貝が存在すると固定床と異なりなかなか流されないことが分かった。砂層内に埋没している貝が流れ出す場合としては、スケールの大きい砂堆の移動により貝全体が路床表面に出てしまう場合や、河床全体が洗堀されたときに流される場合があると考えられる。

表-4 静止摩擦係数の実験値(平均値)。

貝種	静止摩擦係数 $\mu$	限界シールズ数 $S_c$
ドブガイ類	-	0.58
	0.600	0.997 ± 0.151
イシガイ	0.540	0.335 ± 0.149
オグラヌマガイ	0.504	0.359 ± 0.077
ササノハガイ	0.620	0.358 ± 0.129

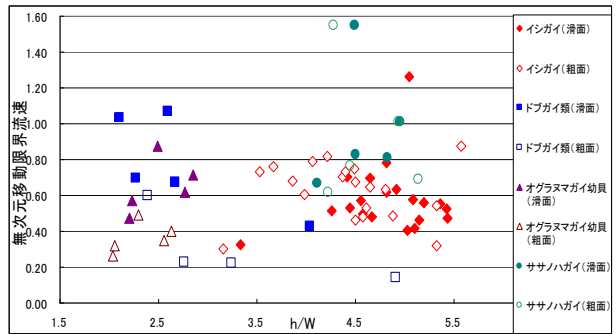


図-5 無次元移動限界流速の計算結果。

表-5 移動床の水力条件。

実験番号	流量 × 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /s)	水面勾配(路床勾配)	平均水深(m)	断面平均流速(m/s)	Fr数	局所流速(m/s)	摩擦速度(m/s)
1	2.61	0.0031	0.0303	0.431	0.790	-	0.0303
			0.0442	0.295	0.449		0.0366
2	5.40	0.0055	0.0527	0.512	0.713	0.450	0.0533
3	7.71	0.0076	0.0829	0.465	0.516	0.580	0.0786
			0.0599	0.644	0.840		0.0668
4	9.28	0.0061	0.1170	0.397	0.370	0.539	0.0836
			0.0762	0.609	0.705		0.0675

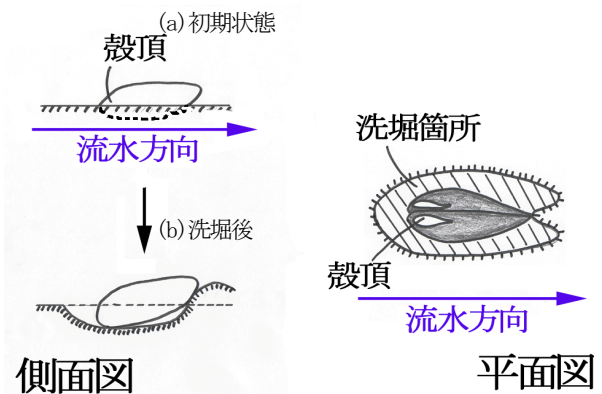


図-6 移動床の局所洗堀図。

**参考文献**

辻本陽琢、林博徳、島谷幸宏、池松伸也：固定床水路を用いたイシガイ科二枚貝の移動限界流速測定実験、河川技術論文集、第15巻、2009年6月