

北見工業大学工学部 正会員 内島 邦秀
北見工業大学工学部 正会員 早川 博

1. はじめに 著者らは、これまでに交互砂洲上の流砂量分布と形状の対応関係について追究してきた。¹⁾²⁾ 交互砂洲上の流れ特性については実験的理論的に多くの成果が得られているが、流砂との関係については必ずしも明確にされていない。本研究では、流れと流砂の対応関係の基礎として、流砂に最も支面的な底面流速を砂洲発生初期から平衡時に達するまで測定し、実測流砂量分布との関係を実験結果に基づいて考察する。

2. 実験装置と方法 実験水路は幅30cm、長さ14mの側面ガラス張り水路で、ほぼ均一にふるい分けの砂を厚さ7cmに敷均して、standing waveやridgeの発生しない典型的な単列交互砂洲が発生するように表-1の実験条件を定め、給砂して実験を行った。砂洲の発達は、水路上流側に発生した1個の砂洲(半波長)が流下し、砂洲先端が水路下流端直前に達するまで追跡することによって把握した。その過程で逐次横断面河床形状と流砂量分布の測定を砂洲先端から10cm間隔(St.No. 1, 2, ...)で行い、半波長区間の測定をくり返して行った。²⁾ 砂洲長は前縁の水路中心軸に対する正射影長とし、波高は各横断面の最大高低差の最大値として求め、波速は先端の移動距離から求めた。これらの測定値を表-2に示す。上下流側砂洲長も測定した。流速の測定は、流砂量分布を測定した砂洲と同じ砂洲を同一条件で再発生させ、排水後石こうで固定化し、同一流量を通水して直径3mmプロペラ流速計で行った。流向はタフト法で求めた。移動床時の砂洲上の流砂は平均粒径の2.3倍程度の層内を移動することが観察された。ビデオカメラによる流砂量測定では主としてその掃流層の上層を読み取ることになる。⁴⁾ このため底面流速として固定化面から高さ3mm位置の測定値を採用した。石こうによる固定では通水時間の経過に伴って砂粒の剥離やクラックが生じたため、度々補修を必要とし、そのため表面粗度が増大した。

3. 実験結果と考察 図-1は波高と砂洲長の経時変化を示したものである。14'までの砂洲長は上下流砂洲長との差、即ち、波速差によって増大することが判る。14'以降、砂洲長はほぼ一定値となり、波高は発達速度を増して20'で最大値に達する。20'を平衡時と見なす。³⁾ 図-2は一例として20'の底面流速ベクトルと流砂量ベクトルの平面分布及び河床横断面形状を示したものである。一点鎖線は前縁法糸線を示す。河床横断面図は平均河床面とSt.No.表記位置にとって図示した。St.No.7~12の前縁斜面勾配はほぼ水中安息角に等しくなり、²⁾ その斜面上の流砂の偏角が重力効果によって流速の偏角

表-1 実験条件					
流量 (l/s)	勾配 (%)	平均水深 (cm)	平均粒径 (mm)	砂の比重 σ/ρ	流砂量 (g/s)
2.25	1/60	1.65	1.42	2.52	0.149

表-2 発達過程における測定諸量				
通水時間 (min)	砂洲長 (cm)	波高 (cm)	波速 (cm/sec)	
8	69	0.60	0.71	
11	98	1.10	0.52	
14	115	2.08	0.29	
17	117	2.74	0.31	
20	113	3.04	0.35	
23	118	2.72		
26	116	2.52		

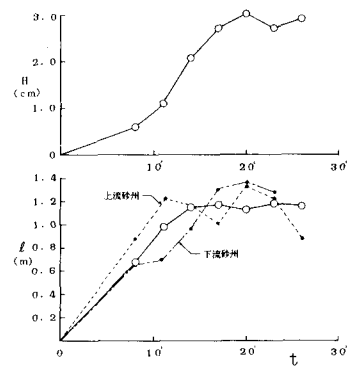


図-1 波高、砂洲長の経時変化

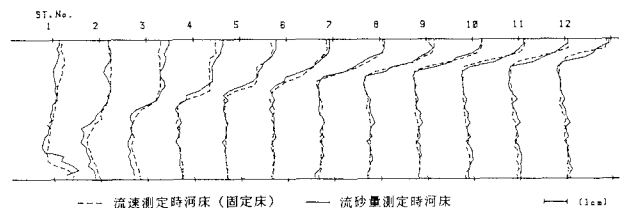
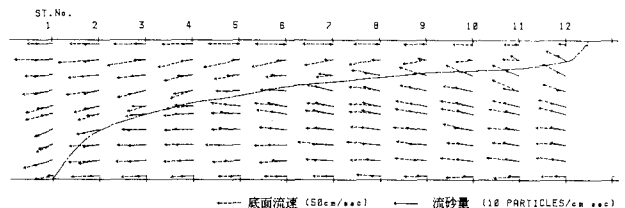


図-2 底面流速ベクトル、流砂量ベクトルの平面分布と横断面形状($t=20'$)

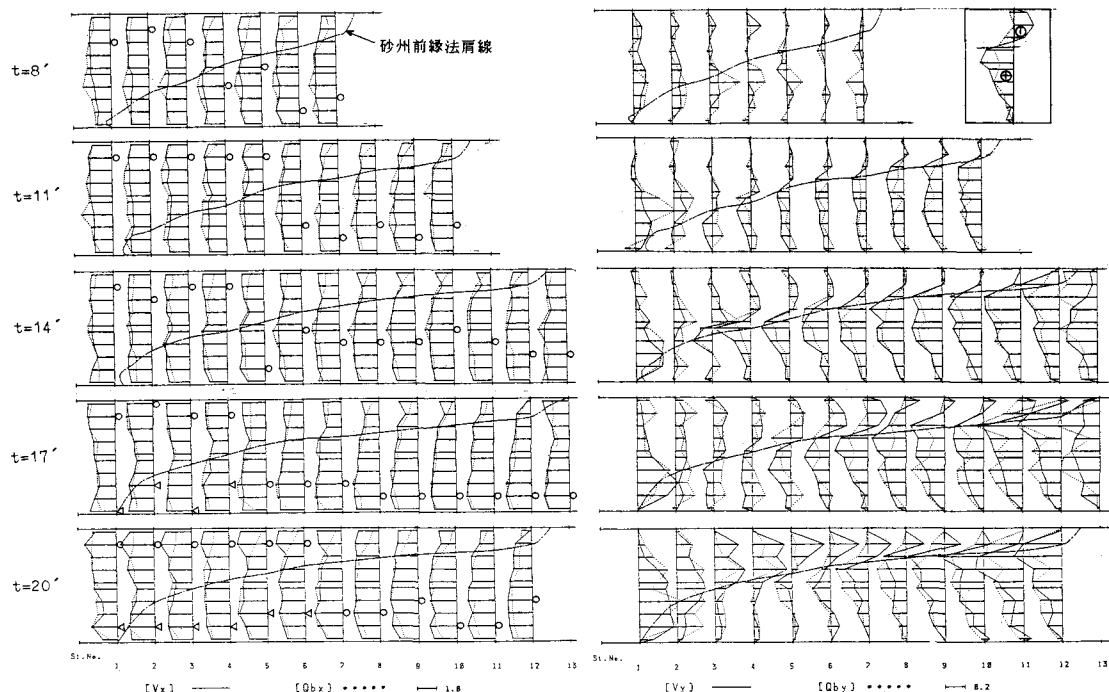


図-3 砂州上の底面流速及び流砂量の縦・横断成分の平面分布

より大きく現れている。前縁斜面以外は両ベクトルの方向はよく一致し、底面流速が流砂を強く規定することを明瞭に示している。発達過程における底面流速及び流砂特性を詳細に見るために両ベクトルを縦断成分(V_x, Q_{bx})と横断成分(V_y, Q_{by})に分解し、平面分布を示したものが図-3である。 V_x, V_y と Q_{bx}, Q_{by} はそれぞれ半波長区間の縦断方向の平均底面流速と平均流砂量で割った無次元量である。 V_y, Q_{by} は右岸向きを正とした。○印は各断面における V_x の最大値発生位置を示す。17', 20'では先端部寄りで V_x はダブルピークを持ち、その位置を△印で示した。○印に注目すれば砂州長増大時の8', 11'では砂州長の5割位置の前縁を横切って左岸寄りから右岸寄りに移るが、前縁法肩と法尻の V_x の差も小さく、流速、流砂とも流下方向への直進性が高い。8', 11'では V_x と Q_{bx} の最大値発生位置は一致せず、 Q_{bx} の最大値は水路中心軸寄りに発生する。14'では先端部を除き上流側(St.No. 6~11)で V_x と Q_{bx} の最大値発生位置は一致し、17'では半波長区間全体をとおしてほぼ完全に一致して V_x と Q_{bx} の横断分布形も相似となる。この現象は次のように説明できる。前述のように、砂州長増大時は下流砂州、当該砂州、上流砂州の順に波速が小さく、当該砂州上の流砂は下流砂州との波速差によって背斜面勾配の小さい水路中心軸寄りを最大となる。14'では図-1から判るように上流砂州長と当該砂州長が等しくなり、波速差が無くなることで当該砂州区間の上流域で V_x と Q_{bx} の対応がよくなる。次いで下流砂州長が発達して3砂州長が等しくなり、17'で上下流砂州との波速差の無い当該砂州上の V_x と Q_{bx} の分布形は相似となる。20'では、17'で現れた上下流砂州長の逆転によって砂州長はわずかに減少するが、 V_x と Q_{bx} の対応はよい(右岸から1, 2番目測線上の V_x が極端に大きいのは、補修で固定床が滑面化を呈したためである)。 V_y, Q_{by} は V_x, Q_{bx} に比べて十分小さい。砂州長増大時の各断面では一方向性が強く、14'に前縁法肩付近で V_y, Q_{by} は最大となり、先端部寄りで2方向を持つ横断分布形が顕著に現れる。それは17'で回文対称な分布形になって波高増大に寄与し、20'では負の一方向性の分布形となって波高減少の兆候が現れている。今後は、3次元流況も把握して形状、流れ、流砂の対応関係をより明確にしたい。

文献 1) 福岡内島山坂早川：交互砂州上の流砂量分布、第27回水講、1983。 2) 内島早川：交互砂州の発達に伴う形状と流砂量分布、第39回水講、1984。 3) 藤田村本・堀池：交互砂州の発達過程に関する研究、京大研年報24号、1981。