

振動流・一方向流共存場における
砂漣上の浮遊砂特性について

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 正 員 後藤 仁志
鹿 島 建 設 正 員○仙波 克 京都大学大学院 学生員 渡辺 幹広

1. はじめに 振動流・一方向流共存場における砂漣上の浮遊過程においては、振動流の流速振幅に対する一方向流の強度により、浮遊砂の輸送に大きな差があり、net の流砂の移動方向までも変化する現象が存在することが報告されている。振動流の作用下における砂漣上の土砂輸送においては、浮遊砂雲の果たす役割が特に重要であることはよく知られるところであり、これまでも波動場を中心として浮遊砂雲の特性を把握する試みが行われている。ここでは、可視化実験から把握した浮遊砂雲の移動パターンと浮遊砂濃度時系列の計測結果との対応を検討して、濃度場の位相変化に対する浮遊砂雲の役割について考察する。

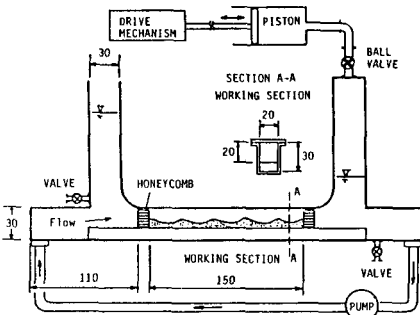


図-1 U字管式振動流装置

2. 実験概要 実験は、図-1に示すU字管式振動流装置を用いて、表-1の条件で行われた。実験には、粒径 $d=0.026\text{cm}$ 、比重2.65の砂粒子を用いた。砂漣形状については、移動床で予備実験を行い、砂漣の2次元性を確認している。また、波形勾配・非対称性などの砂漣の形状特性についても、渡辺ら¹⁾の波・流れ共存場における実験結果とほぼ一致することを確認している。

表-1 実験条件

Case Name	A	B	C
振動周期 (sec)	2.8	2.8	2.8
流速振幅 (cm/s)	33.9	22.9	33.6
一方向流速 (cm/s)	0.0	1.1	13.0
平均波長 (cm)	13.0	12.0	10.0
平均波高 (cm)	2.4	2.1	1.8
波形勾配	0.185	0.175	0.180
対称性	対称	非対称	非対称
移動速度 ($\times 10^{-1}\text{cm/s}$)	0.0	-1.67	4.17

3. 実験結果と考察 計測された浮遊砂濃度時系列の一例を図-2に示す。対称砂漣 A (一方向流流速 $u_0=0\text{cm/sec}$)、非対称砂漣 B ($u_0=1.1\text{cm/sec}$) および非対称砂漣 C ($u_0=13.0\text{cm/sec}$) の3つについて、浮遊砂雲の移動経路上にある測点の濃度時系列を示している(測点の位置については図-3参照)。図-3は、可視化実験の結果をもとに浮遊砂雲の移動パターンを模式的に示したものである。なお、流速をcos型で与えているので、位相0で右向きに最大流速をとり、位相 $\pi/2$ で転

流し、位相 π で左向き最大となった後、再び位相 $3\pi/2$ で転流する。まず、浮遊砂雲の移動経路と濃度ピークの推移の関係を対称砂漣の場合(A1~A4)を例に見ることとする。図中の矢印は、濃度ピークの移動方向を示している。位相 $3\pi/2$ 付近で左側斜面に発生した浮遊砂雲1(A2のピーク1)は、位相 π の手前でA1を通過して右側に移動して行く。浮遊砂雲1の一つ左側の左側斜面でも同時に浮遊砂雲1'が発生しており、これが右側に移動していくに連れて、A4→A3→A2→A1と順にピークが移動し、再びA1に戻ると浮遊砂雲1”(1の二つ左側の左側斜面に発生する浮遊砂雲)のものと思われるピーク1'が現れるのが理解できる。また、移動が進行するに連れて、ピークの高さが低減していくのは、浮遊砂雲に含有される浮遊砂量の低減を反映したものと考えられる。発生から半周期程度経過した後は、有為なピークはほぼ消滅しており、浮遊砂雲に連行される浮遊砂の大半はほぼ半周期の内に放出されるようである。右側斜面で発生する浮遊砂雲2は丁度

Hiroji NAKAGAWA, Hitoshi GOTOH, Masaru SENBA, Mikihiro WATANABE

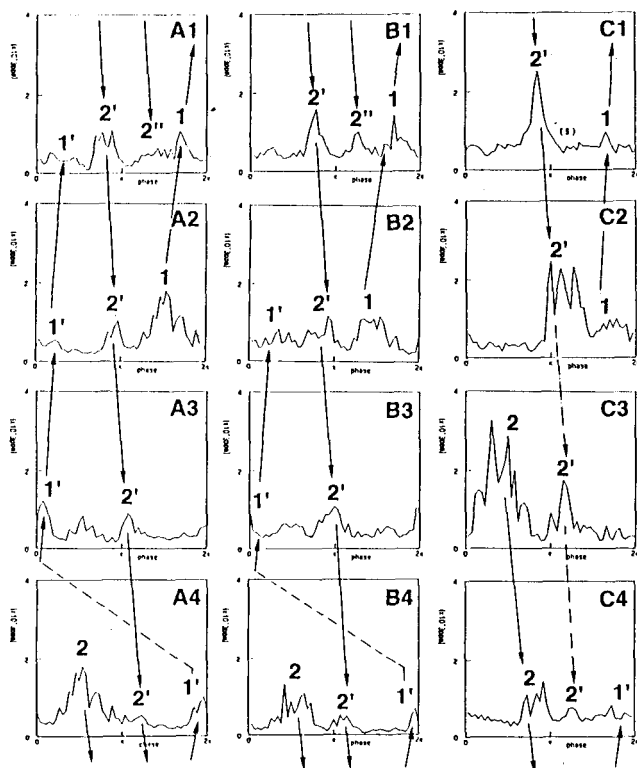


図-2 浮遊砂濃度時系列

浮遊砂雲1を裏返したような挙動を示していることが濃度ピークの推移から理解できる。すなわち、位相 $\pi/2$ 付近で右側斜面に発生した浮遊砂雲2(A4のピーク2)は左側に移動し、浮遊砂雲2'(2の一つ右側の右側斜面に発生する浮遊砂雲)が左側に移動していくに連れて、A1→A2→A3→A4と順にピークが移動し、再びA1に戻ると浮遊砂雲2''(2の二つ右側の右側斜面に発生する浮遊砂雲)のものと思われるピーク2'が現れる。

次に、非対称砂漣B($u_c=1.1\text{cm/sec}$)であるが、対称砂漣と概ね同様の傾向が現れている。一方向流の方向は右向き正であるが、このケースは一方向流速が小さいため、濃度ピークの推移に対する一方向流の影響はそれほど顕著ではない。細かな点に注目すると、浮遊砂雲1(一方向流と順方向に移動)の発生位相が対称砂漣の場合に比べてやや早くなっており、転流位相に若干のずれが生じていることが理解できる。また、順方向の浮遊砂雲1よりの逆方向の浮遊砂雲2の方がピークの低減が遅く、多くの浮遊砂を輸送していることが示されている。これは、netの浮遊砂の逆方向への輸送に寄与するものであることが推察される。

最後に、非対称砂漣C($u_c=13.0\text{cm/sec}$)であるが、逆方向の浮遊砂雲2の浮遊砂含有量は、順方向の浮遊砂雲に比べて格段に多く、土砂輸送がほぼ浮遊砂雲2に規定されている様子が理解できる。また、C2, C3, C4における濃度ピーク2'の発生位相がほぼ揃っているのも特徴的である。このことから、これらの濃度ピークは浮遊砂雲の移動により順を追って伝えられる高濃度流体塊の通過を示すものと言うよりは、むしろ浮遊砂雲から放出された浮遊砂が逆流時に緩斜面をかけ下る流れに乗って移動することにより底面付近の濃度が一度に高まる様子を表しているのではなかと推察される。

参考文献 1) 渡辺・先灘・磯部：海岸工学論文集第36巻, 1989.

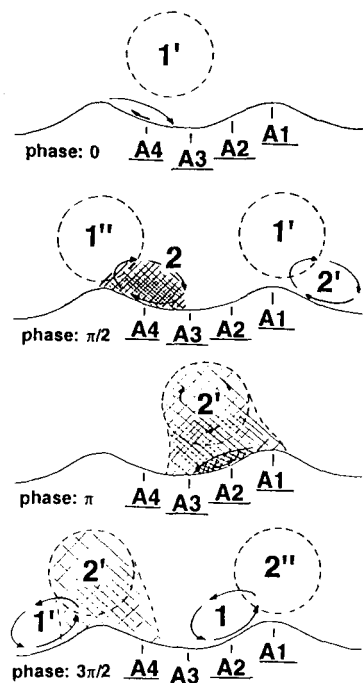


図-3 浮遊砂雲の移動