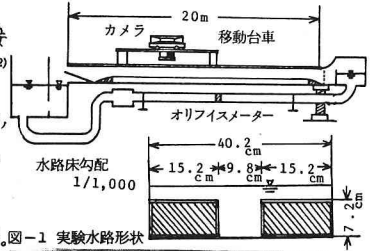


東京大学 正員 河原 能久
 東京大学 正員 玉井 信行

1. はじめに 複断面開水路流れの構造に関して、高水敷と低水路との接合部付近の顕著な上昇流の存在、並びに大規模な水面渦の存在が示された。今回の実験は、水面渦の実態把握とその水理量への依存性を検討すること、及び上昇流は間欠的に発生するがその運動には規則性があることを示すことが目的としている。



2. 実験装置・条件及び方法 実験水路の形状は図-1に示すようである。上流端は2次元のベルマウス形であり、下流端をせき上げることにより水深を調節する。測定区間は上流端より1.2~1.4mである。実験内容はトレーサー法による水面渦の流しどり(ケース1~6)、及び水素気泡法による接合部付近の流況の可視化(ケース6, 7)である。実験条件は表-1に示す通りである。表中の摩擦速度はエネルギー勾配から逆算したものである。実験方法は以下のようである。

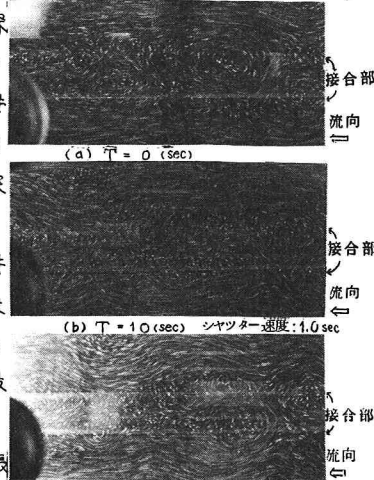


写真-1 水面渦(ケース-3)(c) T=1.6(sec)

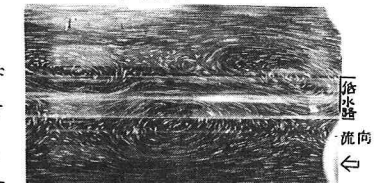


写真-2(ケース-4)シャッター速度:1.0 sec

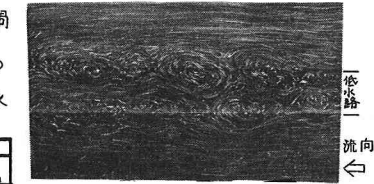


写真-3(ケース-1)シャッター速度:1.0 sec

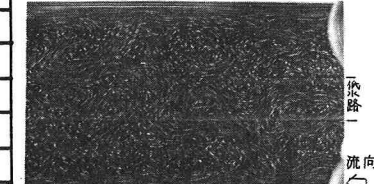


写真-4(ケース-5)シャッター速度:2.0 sec

(1)トレーサー法: トレーサーとして米ぬか、銀粉、ゴマを利用した。接合部の水面渦の流しどりの台車速度は次のようにして求めた。高水敷中央と低水路中央の表面流速と浮子により計測し、この2流速間で台車速度を3~5段階変化させ水面渦を撮影する。現象がより接合部での流速に最もよく一致すると判定される速度をもって流しどり速度とした。

(2)水素気泡法: 直径50μmの白金線と陰極線とし、横断方向に水平に張り上方より写真撮影した。

3. 実験結果

3.1 水面渦の可視化 実験は水深と一定に保ち Re 数と変化させた場合(ケース1~3)と、Re 数とはば一定にし水深を変化させた場合(ケース3~5)に分けられる。結果の全般的な特徴として次の事が知られる。

- ①接合部の水面渦はスケールの大きいものほど交互に並ぶ。
- ②スケールの異なる渦が多数存在し、変形・分裂・合体を行う。(写真-1)
- ③楕円に写る渦の長軸は流下方向に対して角度をもつ。次に水理量の変化と流況の変化との関係を述べる。渦の流下速度 U_c は台車速度と等しいと考え、表面流速(低水路)

表-1 実験条件及び結果 (unit: cgs)

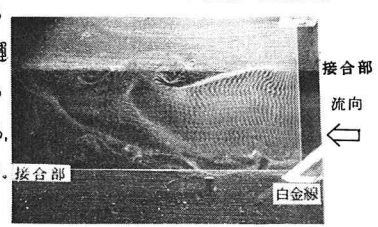
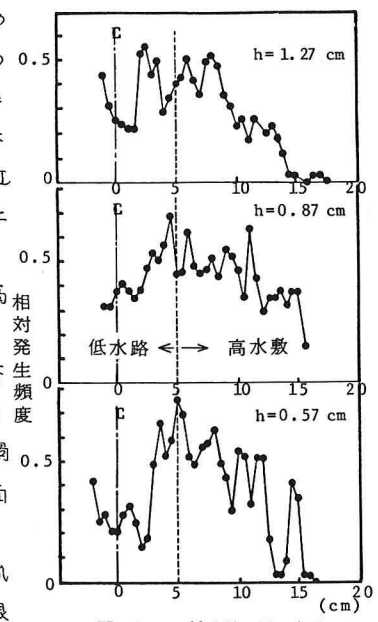
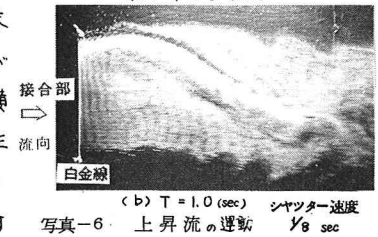
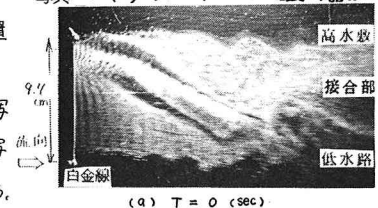
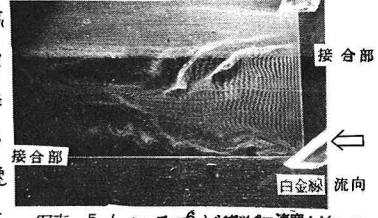
CASE	全断面平均流速 U_0	低水路内水深 D	摩擦速度 U_*	$Re = \frac{U_0 R}{\nu}$	$Re_* = \frac{U_* R}{\nu}$	$Fr = \frac{U_0^2}{gR}$	表面流速			台車移動速度 U_c	渦のスケール	
							低水路中央 U_1	高水敷中央 U_2	流速差 ΔU		L_{max}	L_{mean}
1	22.11	9.23	1.47	5710	380	0.44	28.8	20.1	8.7	24.5	18	16
2	14.86	9.35	1.21	3470	280	0.29	19.9	13.8	6.1	16.9	30	24
3	7.57	9.13	0.93	1910	235	0.15	10.9	7.1	3.6	9.0	40	29
4	7.70	8.16	0.81	1480	155	0.18	11.5	7.6	3.9	9.5	61	48
5	4.62	11.22	0.89	1620	312	0.08	6.2	5.4	0.8	6.0	16	12
6	1.59	8.94	0.92	363	210	0.03	5.2	3.8	1.4	4.0	61	50
7	6.68	8.80	0.70	1470	155	0.14						

路中央 U_1 、高水敷中央 U_2)との関係と整理すると今回の実験範囲では、 $U = \frac{1}{2}(U_1 + U_2)$ あるいは $U = 0.85U_1$ となる。また、渦の大きさについては単独の渦として識別できる最大及び平均的と考えられる流下方向長さとして表-1に示した。写真-2~4は代表的な流況を示すものである。これらから流下方向の渦のスケールは Re 数の増大に伴い小さくなり、また流速差は大きくなる。 Re 数が同程度の場合には、水深が増すにつれ高水敷上の渦も顕著になり接合部の渦のスケールは小さくなる、と同時に渦の位置関係の規則性も弱まる。

3.2 上昇流の可視化 接合部の上昇流は高水敷上に乗り上げ(写真-5)、一部は高水敷上の水とともに再び低水路内へ引き込まれる。写真-6は上昇流のうち強いものが乗り上げてゆく状況と違ったものである。低水路側壁近くで上昇するこの低速流れは流下方向に対して角度をもち末端から高水敷上に乗り上がる。そして、ある高さまで上昇すると盛り上がり上部から押し倒されるように高水敷上で管の如く巻き上がる。この横断方向への移動範囲は限られる。次に実験ケース7において低速渦の発生状況と1秒間隔で約35枚連続撮影し、その発生頻度と数えた結果が図-2である。ここで、ある位置での相対発生頻度とは、その地点を中心とする幅1cmの区間に低速渦が写っている写真枚数と総枚数と除したものである。白金線は高水敷上1.27cm、0.87cm、0.57cmの高さにある。この図より次の事が知られる。①どの高さにおいても接合部付近が高い頻度を示し、高水敷上6cmくらい内側までは頻度の低下が小さく、高水敷側壁に近づくにつれ減少する。また低水路内にも高いピークが存在する。②水面に近づく程全体的に頻度は低下する。これらは低水路内で発生した上昇流が上述の過程をとどめることを示唆している。

3.3 水面渦と上昇流との関連について 実験ケース6において高水敷上0.71cmと1.21cmとで計測された上昇流の発生周期はそれぞれ1.03秒、1.16秒である。また流下方向の平均的な水面渦の大きさを流下速度で除すと1.25秒となる。さらに写真-7は高水敷上0.71cmの高さで撮影されたものであり、高水敷上の水が低水路内へ引き込まれる時の渦を示している。これらは、高水敷上0.71cm付近での上昇流の運動が水面渦から推定される水面下の渦により規定されることを示唆している。

4. 結論及び今後の課題 水面渦の流下速度は高水敷と低水路の表面流速のほぼ半分である。渦のスケールは、高水敷上の渦が顕著にならない限り、流速差の増大に伴い小さくなる。また、低水路内で間欠的に発生する上昇流は高水敷へ乗り上げ高水敷上の水とともに低水路内に戻る。この運動は水面で見られるような渦の存在によると考えられる。今後、上昇流の発生位置、水面渦との関係と断面形状の変化も検討してゆく予定である。末尾ながら実験に協力された坂々木功君(日本住宅公団)に感謝致します。



参考文献: (1) 今本・久下: 京大防災研年報第17号B (1974)
(2) 山下良作: 第14回夏期研修会講義集A (1978)