

京都大学防災研究所 正員 宇民 正, 上野鉄男

1. まえがき

大スケール乱れの coherent な特性に注目した実験的研究より、乱れの発生機構からみて河床近傍の乱れの3次元の機構は最近かなり明らかにされて来ている。一方木下¹⁾は、洪水時の河川水面の観測から、河川流中にらせん流が形成することを指摘した。

著者らは、木下²⁾の指摘したらせん流すなわち2次流が、水路床近傍で生成される渦度が発達したものに起因するものであることを示した。このことから、水路床近傍での乱れの発生と発達過程は2次流の発生・発達過程に結合されるものであることがわかった。

本研究の目的は、開水路における大スケール乱れの発生・発達機構を力学的にさうに詳しく検討しようとしたものである。そのために、開水路水面にみられる渦運動をその流下速度とはほぼ等速に移動するカメラで観測するという方法を用いている。このような方法を用いたのは、水面における流れパターンは3次元の特性をもつ流れ内部機構を反映しているものであると考えたことに基づいてあり、同時に大スケール乱れの coherent な特性に注目しようとしたためである。実験条件は前報のそれと同じである。

2. 観察された水面渦の挙動

実験された水面での流れパターン³⁾の一例とそれを図化したものを写真-1と図-1に示す。これを基礎に、水面における渦運動は模式的に図-2のように示される。すなわち、図で a, c, d, e で示されているように、流下方向にはほぼ直線的な渦列が本図で認められる。ただし本図で水路側面近くが空白になっているのは、そこではカメラと渦との相対速度が大きくなって流況が明確に捉えられなかったためである。写真から読みとられた渦度の分布と流れのパターンとを比較した結果、a, d 列に沿った渦の中心付近に渦度の極大値の位置が対応しており、c, e 列に沿っては極小値が対応していることが認められた。さらに b, c 列の中間の鉛直断面内およびその近傍では流下方向流速は相対的に小さく³⁾なっており、しかもそこでは上昇流が認められ、一方 c, d 列の中間の鉛直断面内およびその近傍では流下方向流速は相対的に速くなっている。これらの事実から、木下の指摘するらせん流すなわち2次流が図に示されるように発生していると考えられる。

つぎに図-3 (a)~(e) は、図-1中に含まれる多くの渦運動のうち特定の渦運動に着目し、その流れパターンと渦度分布の経時変化を示したもので、各図面の間には順次6秒毎の時間的すきがある。本図から、水面渦の消長過程は、渦度の集中、拡散、消散の過程

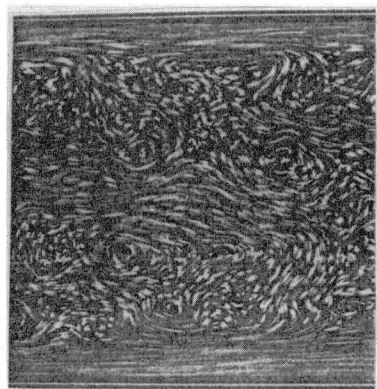


写真-1 水面渦を含む流れのパターン

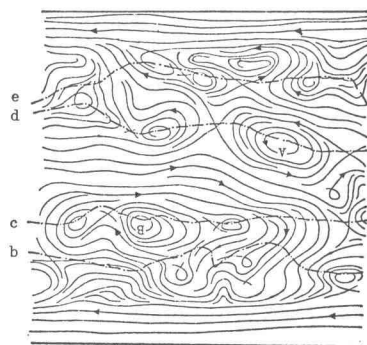


図-1 上の写真の流線図

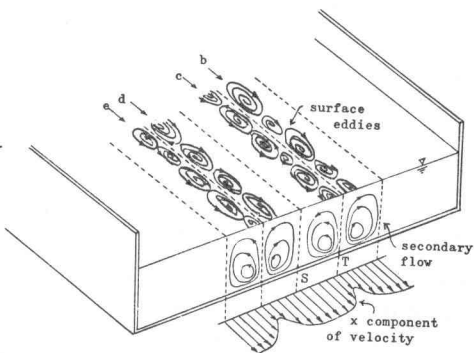


図-2 水面渦と2次流の関係を示す概念図

とかなり明確に対比していることが認められ、それは概略次のようである:

① 渦度の局所的な集中領域がとら石状あるいは帯状に分布する (曲率の大きな流線が対比して) → ② 渦度の高い帯状領域が弧状に変形する (この段階で水面渦が発生が認められる) → ③ 渦度の大規模な集中領域が生じる (これに対して大スケールで強い渦運動が認められる) → ④ 集中させられた渦度の消散あるいは拡散 (渦運動の減衰) → ①

3. 開水路乱流構造のモデル化

以上の検討に基づいて、“乱れ”の力学的本質は集中させられた渦度の集合の存在の仕方であるといえるであろう。著者らは先に、水路床面近傍で発生した第1次渦が發展して第2次渦を形成し、後者が第2次流の原因となることを示したが、第1次渦の存在の仕方についてここでさらに詳しく検討してみよう。

開水路乱流中の渦系の3次元の形態を下流方向に見ると、それは図4のように概念的に表わすことができられる。本図でP点はその渦系の回転運動の軸を表わしており、さらに第2次渦の軸でもある。またk, l, mの渦系は1次曲線ではなく、らせん状にこの軸のまわりを回っている。k~mの渦系はそれぞれが流下するにつれて $k \rightarrow l \rightarrow j \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow m$ と形態を変えながら發展して行き、それにつれてそれぞれが主流流下方向となす角度は一般に小さくなっていき、最終的には第2次流の軸に一致してゆくと考えられる。

このようなモデルを基礎とすれば、水面渦の原因は i, j で表示されている渦系であると考えられる。これらの渦系の配置はむしろ固定的なものではなく、渦系相互の作用により時間的・空間的に変動し、先に実験的に観察したように局所的に渦度が集中したりすると考えられる。水面渦は、これらの渦系が局所的に集中させられた結果を反映したものと考えられる。

参考文献

- 1) 木下良作; 写真測量, Vol. 6, No. 1, 1967,
- 2) 宇民正, 上野鉄男; 京大防災研究所年報, 第19号, 1976.
- 3) 宇民正, 上野鉄男; 土木学会関西支部年報, 1976.

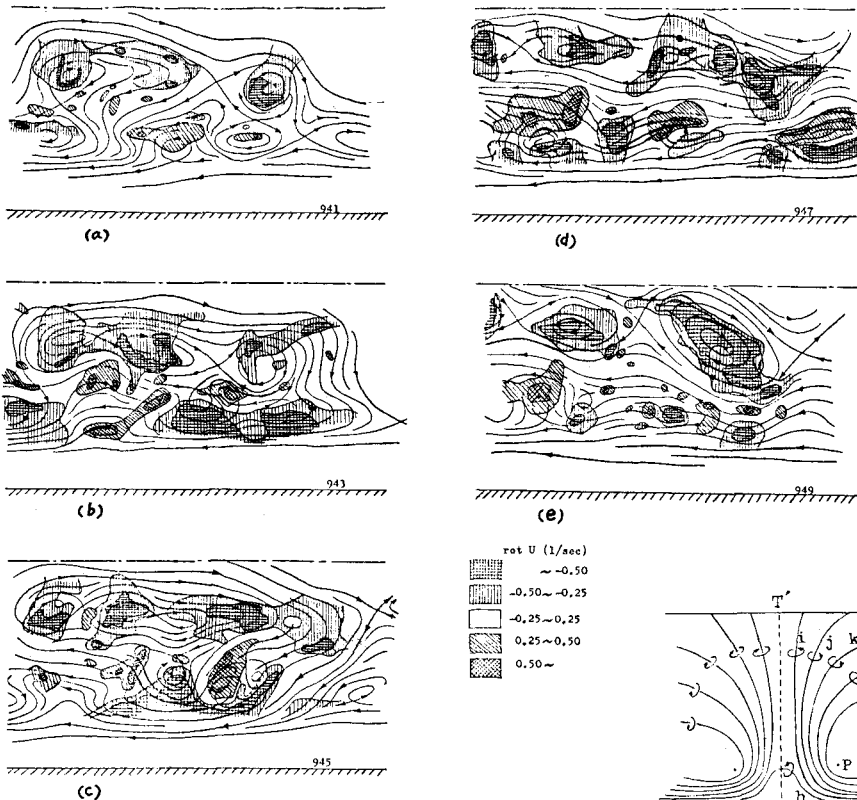


図-3 水面渦と温度分布の関係とそれらの経時変化

↓ 図-4 開水路乱流構造を規定する渦系の3次元の形態の概念図

