

東京工業大学工学部 正会員 吉川秀夫
 東京工業大学大学院 学生員 〇鶴谷広一
 建設省 尾作悦男

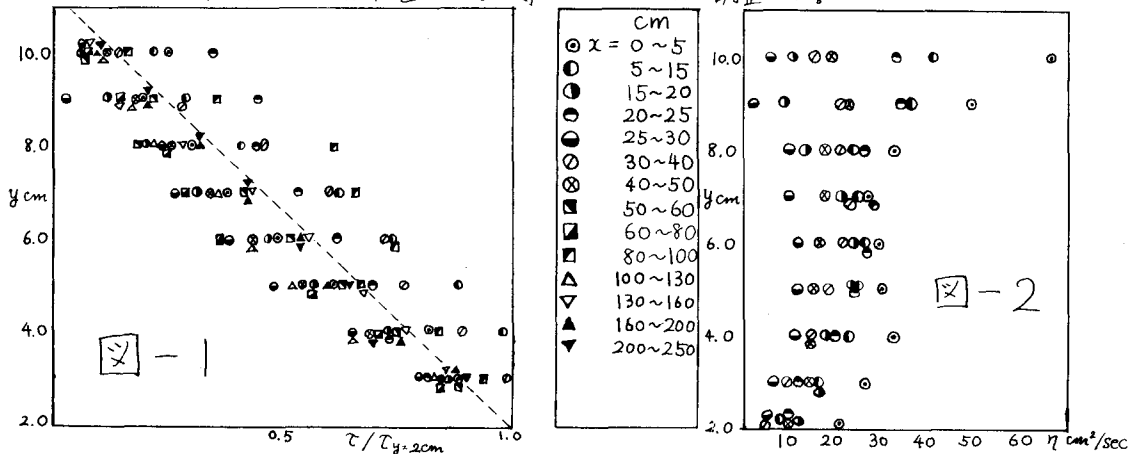
1. まえがき

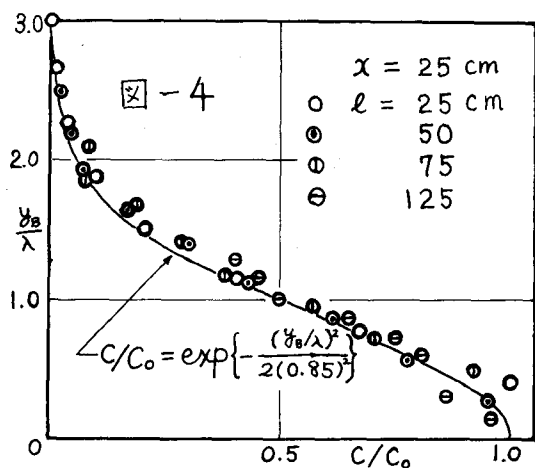
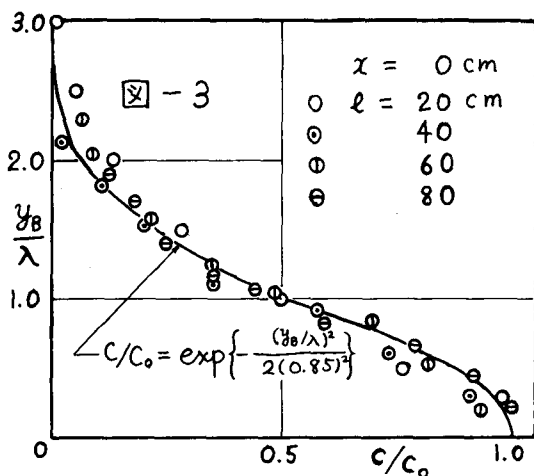
河川や水路で、粗度がステップ間数的に変化すると、その点から新しい境界層の発達が見られる。これに伴い種々の水理学的変化が見られるが、実際面で特に重要なのは流速の変化と底面の剪断力での変化である。特にこの内部境界層内ではエネルギー的に平衡に達してあらず、速度分布の変化が満足ゆく形で与えられていないのが現状である。

内部境界層の研究は、Elliott, Townsend らによってなされているが、いずれも空気流によるものであり、開水路のように自由表面が存在し、重力の影響、連続の条件も考慮しなければならないような問題では、さらに現象を複雑にしている。本研究では内部境界層の性質を知るために、いくつかの実験を行った。

2. 実験方法

幅40cm、深さ40cmの正方形断面で、全長15mの水路を用い、上流の助走区間6mに棧粗度(1×1cm)を使い、それより下流にテトラポッドを二層に敷きつめて内部境界層の発達を促した。水路勾配は1/200で、流量は20(l/s)に調節した。水深は1/10mm読みポイントゲージを用い、流速分布は水路中心線上11点で、水路床上2cm, 2.5cm, 3cmそれ以上は1cm間隔ずつ11cmまで測定し、流れの方向には粗度急変点から40cmまでは5cmおきに、それより下流では50, 60, 80, 100, 130, 160, 200cmの計16断面で測定した。尚、内部境界層が完全に発達したと思われる地点は200cmの地点である。拡散実験に用いた拡散源は内径5mmのビニールパイプに小さい穴を一例にあげたものを流れに直角にして水路床に設置し、これを線源とみなした。色素はメチレンブルーの700ppm溶液を用い、その採取にはサイフォンを用いた。サイフォンのヘッド差は、サイフォンのパイプの中の流速と採取位置の流速が等しくなるように調整した。

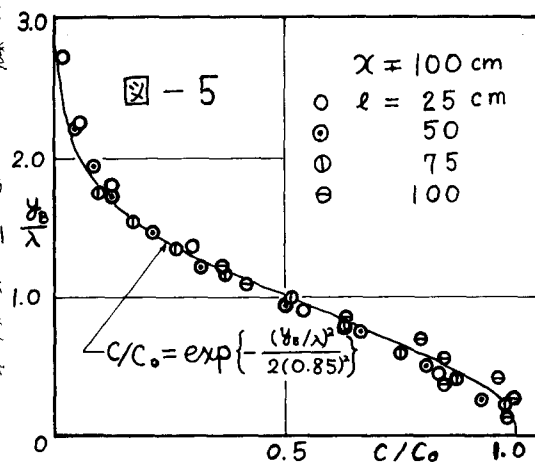




採取位置は水路床から1 cm 間隔に、1断面につき11点とっている。採取後の試料の濃度検定には、光の透過光によって濃度を測定する濁度計を用いた。

3. 実験結果及び考察

速度分布と運動量方程式によって計算した各点の剪断力でその断面の $y=2 \text{ cm}$ で無次元化したものを図-1に示す。さらに、このを使って計算した渦動粘性係数 ϵ の分布を図-2に示す。剪断力は水面勾配の精度、区間の平均値であることなどに多少の問題はあるが、おおむね直線から少し小さい方へずれるようである。また、実験前の予想から、内部境界層をはさんで著



しい剪断力の違いがあると思われたが、実験結果からは、はっきりした現象を認めることができなかった。図-2によると、 x が小さい範囲で y が大きくなるにつれて ϵ が極端に大きくなっているが、これは境界層の発達した粗度急変点より前部の領域の影響がそのまま持ち込まれたためと思われる。しかし速度分布の違いから、境界層より上部の ϵ は全般的に物質線分布より大きめの値をとるようである。拡散実験は、放出位置を3種類に変え、それぞれについて採取した断面は4断面である。その結果を図-3, 4, 5に示す。ただし、 x は粗度急変点からの線源の位置、 l は線源からの距離である。図では C_0 が $y=2 \text{ cm}$ の位置の濃度、 $y_B = (y-2) \text{ cm}$ 、 $C = C_0/2$ となる点の y_B を入として無次元表示してある。このようにした理由は、粗度がテトラポッドの二層積であり、テトラポッドの天端が $y=2 \text{ cm}$ に相当していて、濃度の最大値がこの位置にあるためである。図-3, 4, 5 からわかるように、 $C/C_0 \sim y_B/\lambda$ の相似性は非常に強く、これらをプロットした点は放出点によらず次の式で表わされる。

$$C/C_0 = \exp\left\{-\frac{(y_B/\lambda)^2}{2(0.85)^2}\right\}$$

この関数は、標準偏差 $\sqrt{\sigma^2} = 0.85$ の正規分布曲線を $\sqrt{2\pi}\sigma$ 倍したものである。