

## 植生流れにおける後流理論の適合性と植生抵抗

佐賀大学理工学部 学生会員 森脇 晃央 正会員 渡辺 訓甫  
 佐賀大学大学院 学生会員 杉田 前 正会員 平川 隆一

### 1.はじめに

植生群内における流速分布については、植生による後流を考慮しなければならない。本文は、植生群内の流れにおいて、一様流れにおける単円柱による後流理論との適合性を示し、後流理論から植生の代表流速を算出し、全せん断応力に対する植生抵抗の割合について検討した。

### 2.実験

実験は、図-1 に示すような有効長 30m、幅 0.4m、高さ 0.4m の可変勾配式水路で、移動床及び固定床実験を行った。模擬植生として、直径  $D=8.0\text{mm}$ 、 $D=3.1\text{mm}$  の 2 種類を用い、格子状及び千鳥状に配置した。実験は、流量  $Q=1040\sim 30800(\text{cm}^3/\text{s})$ 、河床勾配  $I_b=0.00163\sim 0.0303$  の範囲で等流状態で行った。植生配置図を

図-2 に、植生間隔及び植生密度を表-1 に示す。図-2 に固定床実験における横断流速測定箇所を太実線で示す。格子配置においては、 $D=8.0\text{mm}$  植生は a-a,b-b、 $D=3.1\text{mm}$  植生は c-c,d-d である。また、両配置においても、植生前の流速として植生から 0.3cm 上流の位置における鉛直流速分布も測定した。

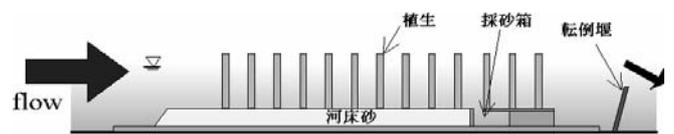


図-1 実験水路

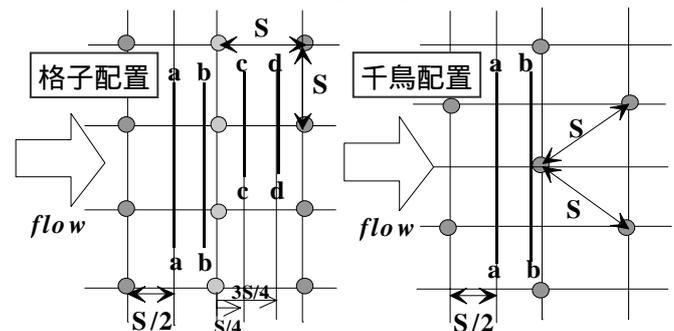


図-2 植生配置と流速測定箇所

### 3.実験結果と考察

#### 3.1 後流理論との適合性

植生群内の横断流速分布概要を図-3 に示す。横断方向の植生間で最大流速、植生軸上で最小流速となり、それぞれ  $u_{\max}$ 、 $u_{\min}$  とする。本研究で用いる後流理論式

(1)と固定床実験で得られた流速測定結果との適合性について図-4 に示す。

$$\frac{u_{\min}}{U_0} = 1 - 0.945C_D \left(\frac{x}{D}\right)^{-1/2} \quad (1)$$

本研究では、 $U_0=u_{\max}$ 、 $C_D=1.0$  とする。x は植生の中心からの流下方向距離であり、植生前までの距離を  $S'$  として区別する。植生からの距離が非常に近い場合を除いて、植生間における流速は適合しているが、植生前における流速は、理論値に対して  $D=3.1\text{mm}$  植生で 0.00 ~ 0.05、 $D=8.0\text{mm}$  植生では 0.10 ~ 0.25 程度小さい。

#### 3.2 後流理論による代表流速の算出

植生群内での後流理論については、 $D=8.0\text{mm}$  植生前では誤差を生じているが、植生間で適合している事から、植生の代表流速を後流理論から算出できると考えられる。そのためには、測定値  $u_{\max}$  を固有浸透

表-1 植生間隔と植生密度

D (mm)	配置	S (cm)	$\lambda$
8.0	格子	4.9	0.0231
		6.53	0.0135
		9.8	0.0064
	千鳥	6.93	0.0115
3.1	格子	1.8	0.0239
		2.5	0.0128
		3.6	0.0062
	千鳥	2.12	0.0168
		3.11	0.0078
		4.24	0.0042

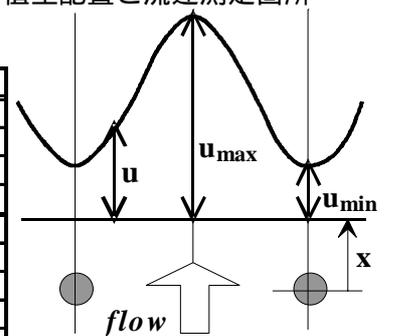


図-3 横断流速分布

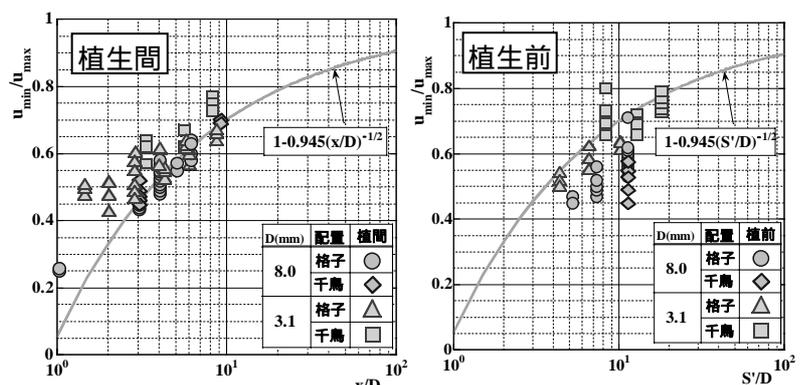


図-4 後流理論との適合性

流速  $V$  から算出できるようにし、植生前における後流理論値との差について規定しなければならない。そこで、図-5 に測定値  $u_{max}$  と  $V$  の関係について示し、図-6 に、鉛直流速の測定値を縦軸に、後流理論から求められる流速を横軸にし、その比である減少率について示す。また、 $u_{max}/V$  を  $a$ 、減少率  $b$  をとして、代表流速式(2)を以下に示す。

$$\bar{u} = Vab \left( 1 - 0.945 \left( \frac{S'}{D} \right)^{-1/2} \right) = Vabc \quad (2)$$

$a$  及び  $b$  値が、 $D=8.0\text{mm}$  植生の方が  $D=3.1\text{mm}$  植生より小さい値を示す原因としては、 $D=8.0\text{mm}$  植生の方が底面せん断応力の影響が大きく、流速がより減じられた事によると考えられる。

### 3.3 植生抵抗

上述の後流理論及び、植生群内における 1 次元の力の釣り合い式(3)を用い、植生抵抗の割合式(4)を以下に示す。

$$ghI_e = u_{*e}^2 + \frac{1}{2} C_D \bar{u}^2 \frac{Dh}{S^2} \quad (3)$$

$$\frac{v}{0} = \frac{\frac{1}{2} C_D \bar{u}^2 \frac{D}{S^2}}{gI_e} = \left( \frac{\bar{u}}{V} \right)^2 = (abc)^2 \quad (4)$$

全せん断応力に対する植生抵抗応力の割合について図-7 に示す。実線及び点線は、式(4)を示し、プロットは、植生前の鉛直平均流速を代表流速とした実測値である。理論値と実測値のいずれにおいても、植生抵抗の割合は、植生密度の増加に伴い減少していることがわかる。これは、等流状態での植生密度の比較により、植生密度の増加と共に植生抵抗も増加するが、全せん断応力の増加がより大きくなることにより、植生抵抗の割合が減少しているからである。また、植生直径による植生抵抗の割合の違いは、 $ab$  の違いによるものであり、すなわち、流れに対する底面せん断応力の影響の違いによるものであると考えられる。

### 4.まとめ

植生群内においては、後流理論との適合性が確認されたが、代表流速の算出に用いるには、測定値  $u_{max}$  を  $V$  で示し、植生前では、後流理論との誤差を生じることになるので補正することが必要となる。

植生抵抗の割合が、密度の増加に従い減少していくのは、等流状態で行った実験では、植生密度の増加による植生抵抗の増加量に対し、全せん断応力の増加量の方が大きくなっているからである。

今後は、直径によって、 $u_{max}/V$  や減少率が異なっているので、それらを規定できるパラメータを検討していく予定である。

### 参考文献

- 1)日野幹雄：流体力学、朝倉書店(1992) p336-341
- 2)渡辺満・大津龍二ほか：植生層内における流砂量に関する実験的研究、土木学会西部支部研究発表会講演概要集(2002) -B-91/92

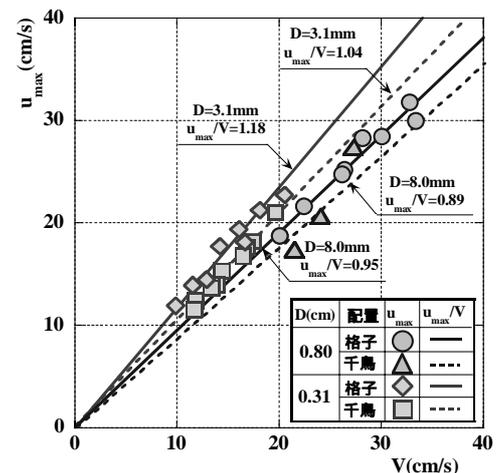


図-5  $u_{max}$  と  $V$  の関係

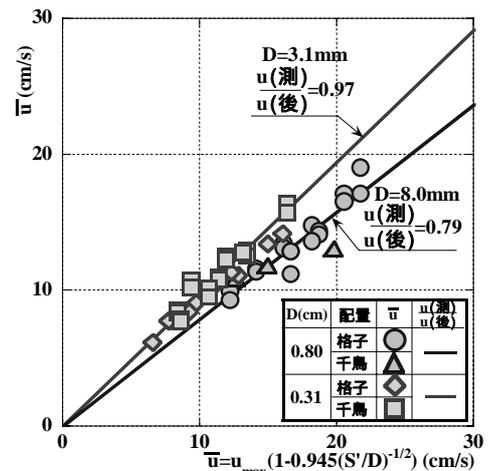


図-6 減少率

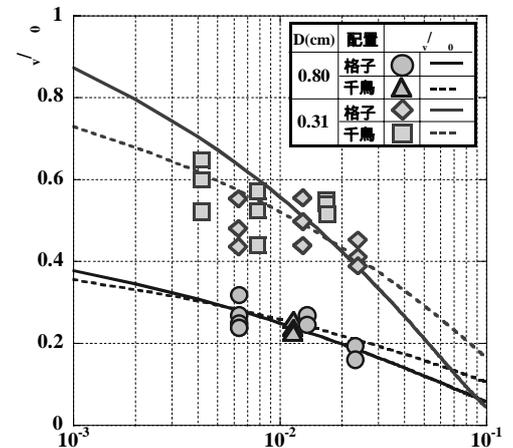


図-7 植生抵抗の割合