

1. 序

河川敷内にアシ等の背の高い植物が密生していると、流水疎通能力が減少することは良く知られているが、減少程度を量的に評価した事例は少ない。また、植生部の幅や長さ、および植生密度や植物の背高と疎通能力の減少程度との関連、植生部が存在することによる流水速度の局所的な変化や流向変化については殆ど知られていない。本研究は、屈とう性のある材料を使って植物を模擬し、水理実験によってこうした問題の解決の手がかりを得ようとするものである。

2. 実験装置

使用した水路は、長さ 16m、幅 0.8m、高さ 0.6m、水路勾配 1/700 の定常流水路である（図-1）。模擬植生は厚さ 0.1mm、幅 5mm、高さ 7cm の燐青銅板を、流れ方向に 3cm 間隔、横断方向に 2cm 間隔で千鳥状に植え付けた。水路上流端から 8m 下流より 0.8m ないし 7.2m に渡って、上記模擬植生を右岸側に設置した。水位、流速、流向の空間分布及び流量を測定した。実験条件は、表-1 の通りである。実験Bでは流速等の空間分布を測定したが、実験Cでは平衡状態に達した1断面内のみの計測を行っている。

3. 実験結果

水路全体に植生のある実験Aの水位変化の一例を図-2に示す。植生部の始めと終わりでは、急激な変化が起こっている。水路幅の 1/5 にのみ植生のある実験Bでの等流量線・水位等高線の一例を図-3に示す。x = 11m から x = 14m の間で平衡状態にあるといえる。そこで、実験Cでは x = 11m から x = 13m の間で、ほぼ等流となるように下流端の水位調節板を操作し、x = 13m の断面で流速・水位分布を測定した。実験Cの一例を図-4に示す。鉛直方向に平均した流速の水路横断方向の分布である。植生があることの影響で生ずる流速低減がかなり遠くまで及んでいることが判るであろう。

4. 考察

4-1. マニングの粗度係数：植生の影響をマニングの粗度係数 n_2 の形で表現する。 n_2 は、実は一定ではなく、水深Hと植生高dの比に依存する。これは、植生に直接衝突して抵抗を受ける部分と、流速低減効果が運動量交換の形で及んでくる部分との割合が変化するからである。 n_2 を (h/d) の関数として表現すると、

$$n_2 = -0.100(h/d) + 0.292 \quad (h/d > 0.92), \quad = 0.20 \quad (h/d \leq 0.92)$$

となる。なお、植生のない部分の滑らかな壁面では、 $n_1 = 0.010$ と置いて良いことが判っている。

4-2. 断面分割法による流量計算：通常、複断面水路で多用される断面分割法で流量を求めてみる。植生部では上で求めた n_2 、その他では n_1 を用いる。結果を表-2に示す。実験値に比べ過大な値となる。

4-3. 断面分割法の修正：上の方法では、底面粗度、壁面粗度のみが流速に影響するとした。すなわち、植生の無い部分での植生部との境界では、剪断力が作用しないものと想定したことになる。ところで、図-4に見たように、植生の存在の影響で、流速の低減がかなり遠くまで及んでいることは、上記の仮定が成立しないことを意味している。この修正は、植生部との接合部に働く剪断力の効果を流速の推定に反映させれば行える。

剪断力の水路横断方向分布を計算すると、例えば、図-5のようになる。この剪断力 τ は、植生部、非植生部の流速差の関数として表現出来るであろう。いま、 $\tau = \rho \gamma (v_{01} - v_{02})^2$ として、 γ をこうした剪断力計算を使って表すと。かなりのばらつきは有るものの、 $\gamma = 10^{-1.30h/d - 0.4}$ とあらわしうる。

こうして推定される τ を取り入れ、非植生部の流速は、エネルギー勾配 I を使って、次の様に計算される。

$$\rho g b h I = (\rho g n^2 v^2 / R^{1/3}) * (b+h) + \tau h$$

計算結果を、表-3に示す。水深の大きい時には、若干の改良がみられる。水深の小さい時には、 γ を決

定した時の範囲外であることもあって、適合度が悪く、今後の改良にまたねばならない。

5. 結論

水路横断方向に速度勾配を生ずる植生の効果を、植生部・非植生部の境界における剪断力として表現し、平均速度を断面分割法を若干修正した形で求めてみた。まだ不満足な点多く残されているが、一つの方法であると言えよう。

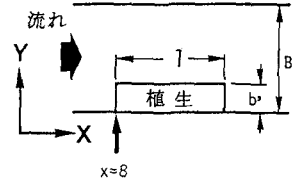


図-1 水路平面図

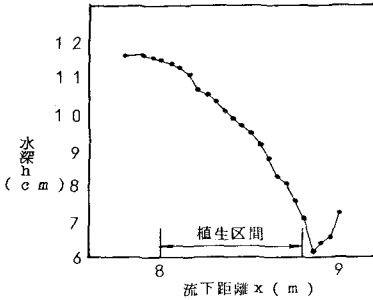


図-2 水面形 (ケース12)

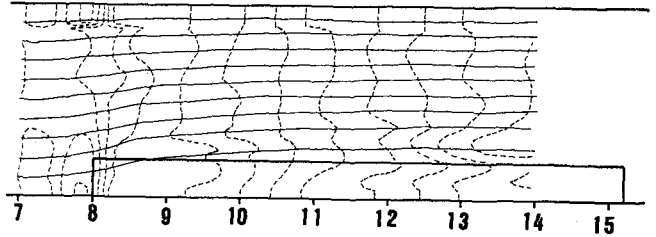


図-3 等流量線・水面の等高線

表-1 実験諸量

種別	水路幅 B(m)	植生幅 b'(m)	植生長さ l(m)	ケースの数
A	0.4	0.4	0.8	8
B	0.8	0.16	7.2	6
C	0.8	0.16	7.2	7
D	0.4	0.16	7.2	2

表-2 断面分割法による流量の計算

ケース	実験値		計算結果				
	h(cm)	I_s	Q(l/s)	n_2	v_1 (cm/s)	v_2 (cm/s)	Q(l/s)
31	14.20	0.00385	34.92	0.089	46.73	3.92	43.36
32	12.73	0.00923	29.97	0.110	68.12	4.72	56.46
33	10.88	0.00700	24.92	0.137	54.31	3.12	38.36
34	9.12	0.00960	19.74	0.162	57.44	2.87	33.95
35	7.52	0.00529	15.32	0.185	38.05	1.72	18.52
36	6.36	0.00298	10.21	0.20	25.82	1.10	10.62
37	3.44	0.00657	4.91	0.20	26.18	1.19	5.83

表-3 断面分割法の修正

ケース	計算結果				実験値
	τ	$(\frac{v_1}{s})$	$(\frac{v_2}{s})$	$(\frac{Q}{s})$	$(\frac{Q}{s})$
31	9.18×10^{-4}	45.07	4.44	41.97	34.92
32	0.00172	63.92	5.74	53.25	29.97
33	0.00380	47.76	4.31	34.01	24.92
34	0.00806	44.55	4.63	26.68	19.74
35	0.0160	22.97	3.23	11.44	15.32
36	0.0262	9.74	2.32	4.20	10.21
37	0.0914	0.0	3.05	0.17	4.91

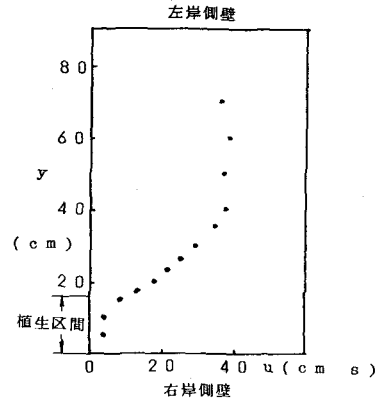


図-4 鉛直平均流速分布 (ケース34)

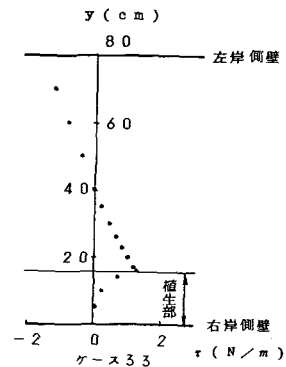


図-5 せん断力の水路横断方向分布