

樹木の成長と水流の抵抗を考慮した河道内樹林の維持管理法

日本工営(株) ○渡部春樹, 長山孝彦, 三池 力, 窪寺洋介, 伊藤隆郭

1. はじめに

河道内樹林は、鳥類や水生生物等の成育の場となる一方で、樹木が成長すると、河積阻害による流下断面の減少または抵抗の増加により、水位が上昇し、越水氾濫の危険性がある。その他に、河道内樹林が流木化し、橋梁部等への閉塞に繋がることも考えられ、河道内樹林の適切な維持管理が求められている。河道内樹林の抵抗特性を考慮した流れ場に関する数値計算手法¹⁾や、植生化と砂州や浮き州の形成に関する研究^{2),3)}が行われてきた。樹木管理に関する手引き⁴⁾によれば、準2次元解析により洪水の流下を阻害する樹林を判定した上で伐採する管理手法が示されており、これらを参考とした河道内樹林の効率的な維持管理を目的とした数値計算⁵⁾も行われている。

著者らは、河道内樹林の維持管理に資するため、河道内樹林による水流に対する抵抗および河道幅（河積阻害）と水位の関係に着目した検討を行った。植生の成長を単純にモデル化し、河道内樹林による抵抗や河積阻害の影響を把握する

と共に、河道内樹林の維持管理手法に関するデータ整理の一例を示した。

表 - 1 検討で用いた諸条件 (Q = 800m³/s : 定常流の場合)

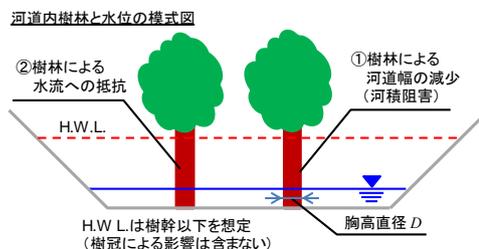
Q (m ³ /s)	i _b	n (m ^{-1/3} /s)	B (No 3) (m)	h ₀ (m)	v (m/s)	Fr	D ₀ (m)
800	1/24	0.055	93.9	1.67	5.10	1.26	0.13

ここに、Q : 流量, i_b : 河床勾配, n : 粗度係数, B : 河道幅, h₀ : 等流水深, v : 流速, Fr : フルード数, D₀ : 樹木の胸高直径
*h₀, v, Frについては樹木の影響を考慮していない値

2. 想定した条件

表-1に本検討で用いた条

件を示す。矩形断面の3断面 (No.1, No.2, No.3) を対象とし、河道幅はそれぞれ82.6m(No.1), 85.2m(No.2), 93.9m(No.3)とした。現況の胸高直径D₀は想定した地域の平均値である0.13mとした。対象流量Qは、定常流で300m³/s, 500m³/s, 800m³/sとした。粗度係数nは0.055(m^{-1/3}/s), 河床勾配i_bは1/24である。



3. 河道内樹林の抵抗および河道幅と水位の関係

図-1に河道内樹林と河道水位に関する模式図を示す。河道内樹林が河道水位に影響を与える因子の一つは、胸高直径Dであり、①河道幅の減少による河積阻害や②水流に対する抵抗の増加により、水位が上昇し、計画洪水水位 (H.W.L.) を超過することが考えられる。清水ら¹⁾によれば、植生による形状抵抗と河道幅の影響を考慮した水の運動方程式が示されている。擬似等流場では、式(1)となり、エネルギー勾配に、河積の減少と形状抵抗(1/2ND/s²)を付加している。なお、式(1)は、樹冠や樹林全体の冠水を考慮したものではない(図-1)。

図 - 1 河道内樹林と水位に関する模式図

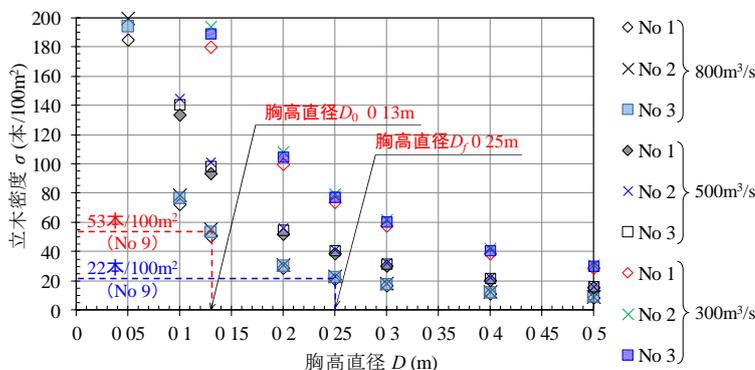


図 - 2 水位に対する胸高直径 D と立木密度 σ の関係

$$\left(\frac{Q}{Bh}\right)^2 \left(\frac{n^2}{h^{4/3}} + \frac{1}{2} N \frac{D}{s^2} \right) - g \sin \theta = 0 \quad (1)$$

ここに、Q:流量(m³/s), B:川幅(m), h:水深(m), n:粗度係数(m^{-1/3}/s), N:立木本数(本), D:胸高直径(m), s:樹木の間隔(m), g:重力加速度(m/s²), θ:河床勾配 (sinθ=i_b)

本検討では、式(1)を用いて、植生による河道幅Bおよび抵抗に関する項1/2ND/s²が、水位に与える影響を検討した。

検討方法は、次に示す3ステップとし、水位に対して適した立木密度(100m²あたりの樹木本数)σを算出する。

①各流量(定常流)に対して樹木本数Nを変数として与えて、式(1)

表 - 2 現在の樹木の胸高直径 D₀ に対する立木密度 σ

流量 Q (m ³ /s)	断面	H.W.L.となる 立木密度 σ 本/100m ²
800 (定常流)	No 1	50
	No 2	55
	No 3	53
500 (定常流)	No 1	93
	No 2	101
	No 3	98
300 (定常流)	No 1	179
	No 2	194
	No 3	189

を用いて水位 H を算出する。

②算出した水位 H と計画洪水水位を比較する。

③水位 H が計画洪水水位以下となる立木密度 σ を算出する。

図-2は、上記のステップにより得られた、水位に対して安全/危険の境界となる胸高直径 D と立木密度 σ の関係である。表-2は、図-2の基となるデータであり、流量ごとの、現在の胸高直径 D_0 に対する立木密度 σ を示している。

800m³/sを対象とすると、現在の胸高直径 D_0 (0.13m) に対して計画洪水水位以下となる立木密度は、それぞれ50本/100m² (No.1) , 55本/100m² (No.2) , 53本/100m² (No.3) となる。

4. 樹木の成長を考慮した立木密度の管理方法

上記は、現在の樹木の胸高直径に対する検討であるが、樹木の成長に伴い、河積阻害や抵抗の影響が強くなる。そのため、樹木(胸高直径)の成長を考慮した立木密度の検討を行い、河道内樹木の管理方法について以下に示す。

式(1)の、河道幅 B について、現在の河道幅 B_0 および数年後の胸高直径 D_f と立木本数 N を用いると、数年後の河道幅 $B_f = B_0 - ND_f$ と定義される。津島ら⁶⁾により、スギの胸高直径の成長に関する調査が行われており、これらのデータを紙面上で読み取ると、表-3のようになる。10年後を境に成長速度が遅くなることから、10年

目までのデータを対象として、胸高直径の成長を近似的に直線でモデル化した(図-3)。これより、図-3に示すように胸高直径 D_0 (0.13m) が、10年後に0.25m (胸高直径 D_f) に成長した場合を想定した。図-2より、胸高直径が0.25mまで成長すると、水位に対して適した立木密度は22本/100m²以下となり、現在の立木密度である53本/100m²よりも樹木本数が少ない。

図-4は、樹林化に伴う流水に対する抵抗や河道幅の影響を考慮し、水位に対して安全/危険の境界となる立木密度に関する管理方法のデータ整理の一例である。図-2で示したNo.3の立木密度である53本/100m²の状態

で、胸高直径が0.13mから0.25mまで成長すると、図-4において計画洪水水位以上の領域に位置するため、越水が発生する可能性が高い。ただし、流量が400m³/sの時には、越水発生の境界である。そのため、10年後の胸高直径である0.25mの場合に、流量800m³/sを対象とすれば、水位に対して安全となる立木密度である22本/100m²まで伐採することが望ましい。このように、対象流量と樹木の成長速度の適用の組み合わせによって、河道内樹木の維持管理方法を示すことが可能となる。

5. おわりに

植生の成長に伴う河道内樹木の水流に対する抵抗の増加および河道幅の減少による河積阻害が水位上昇に与える影響を検討し、これらの結果を考慮した河道内樹木の維持管理手法に繋がるデータ整理の一例を示した。今回は、胸高直径の成長に関する既往調査のデータ⁶⁾を基に、樹木の成長を直線的に仮定し、将来的な胸高直径を推定した。立木調査等により、樹木の成長速度、樹種や現地状況に関するデータ蓄積を行い、より精度の高い河道内樹木の管理が望まれる。

参考文献: 1) 清水義彦ら:土木学会論文集, No.447, II-19, p.35-44, 1992, 2) 清水義彦ら:土木学会論文集B1 (水工学), Vol.68, No.4, p.1973-1978, 2012, 3) 竹林洋史ら:水工学論文集, Vol.50, p.973-978, 2006, 4) 財団法人リバーフロント整備センター:河川における樹木管理の手引き, 山海堂, 1999, 5) 重枝未玲ら:水工学論文集, Vol.51, p.643-648, 2007, 6) 津島俊治ら:木材学会誌, Vol.51, No.6, p.394-401, 2005.

表 - 3 スギの成長
(胸高直径, 読み取り値)

経過年数	胸高直径(cm)
	綾杉
3年	1.3
5年	4.6
8年	9.5
10年	11.6
15年	12.0
20年	13.9

津島ら:木材学会誌⁶⁾,九州産スギ在来品種の成長速度と木材性質, p.397より読み取り

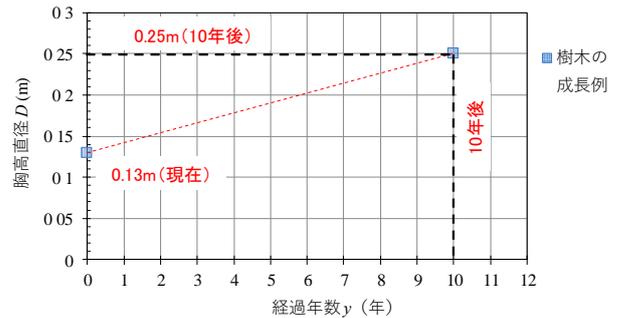


図 - 3 樹木の成長速度 (例)

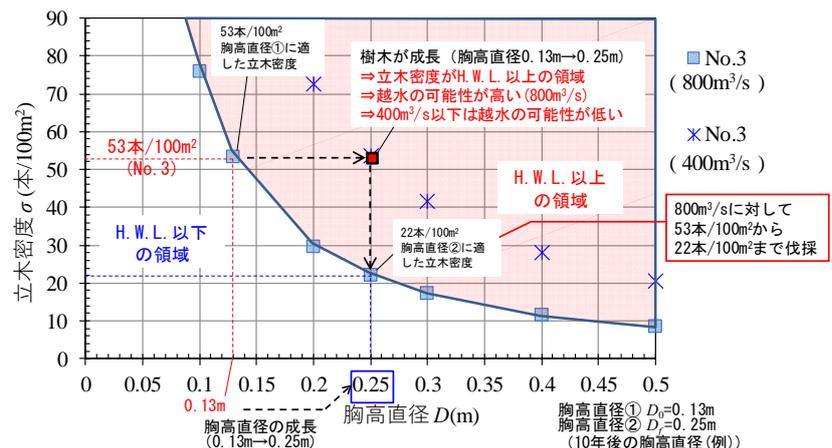


図 - 4 水位に対する立木密度の管理例