

河川内の植樹に関する研究

研究第二部 次 長 関 克己

研究第二部 主任研究員 矢部 昌之

1. はじめに

河川内の植樹については、「河岸等の植樹基準（案）」（平成元年4月改正）（以下現行植樹基準（案）という）にもとづき、洪水の疎通阻害とならないよう死水状態の区域にかぎって、河川管理者が地方公共団体等の要請に対してこれを許可してきた。この理由の多くは、洪水の安全な流下を妨げないようにするとともに、流水の作用による倒木・流木を未然に防止するためであるが、一方でこうした現象についての技術的な理解が不十分であったため、治水上河川管理者が安全側に判断できるよう、このような措置がとられてきたものである。

しかしながら河川内の植樹は、河川景観の向上や高水敷利用の増進など、河川内での人間の諸活動の活発化に寄与することは明らかであり、近年では地方公共団体等からの植樹の要望が日増しに強くなりつつあるのが現状である。地域社会への貢献や公共の福祉の増進を図るためにも、今後は河川行政が積極的に取り組むべき課題であると考えられる。

本研究は、植樹の要請が高いと考えられる大河川を対象に、死水状態でない区域での高木の植樹（以下本稿では高木の植樹を植樹という）が洪水流下に与える影響量を把握する手法を検討するとともに、こうした植樹要請に河川管理者が対応してゆくための必要な事項についてとりまとめている。

2. 植樹が洪水流下に及ぼす影響

2.1 植樹による洪水位上昇量の把握

2.2.1 検討の方針

(1) 解析手法

植樹木は、洪水に対して小さいながらも抵抗を増大させることになる

ため、洪水位の上昇を引き起こし、上昇量は上流に向かうにしたがって減衰する。そこで、二次元不定流計算モデルにより、植樹木の形状、間隔、配置が水位上昇量の発生形態にどのような影響を与えるかについて検討を実施した。二次元不定流計算では、連続式及び運動式を差分近似し数値解を求めた。解法の詳細は省略する。

(2) 計算条件

① 河道及び樹木の条件

植樹が要請される河川は、一般的に大河川であり、川幅に比して広い高水敷を有することが想定される。したがって、全国主要河川における川幅低水路幅比 (b/B) を 0.4 (全国平均より小さめ) とし、川幅は江戸川クラスの 400m を設定した。河川勾配は下流域の一般的な値である $1/1,500$ を設定した。

樹木は比較案として 2 タイプを用意した。樹種を河道内に生育する代表樹種のケヤキを想定すると、それぞれおおむね図 2-2 に示す形状となる。

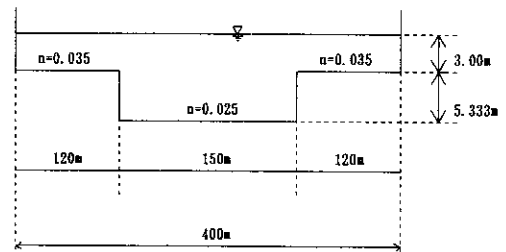
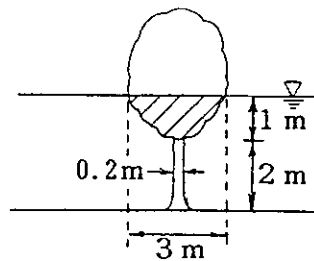


図 2-1 計算対象河道

<樹冠幅 3 m>



<樹冠幅 5 m>

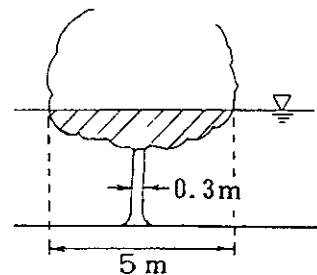


図 2-2 計算対象とする樹木の形状

樹木による流水抵抗は下式により粗度換算する。

$$n_w = \left[\frac{a}{2g} C_D b' h^{4/3} \right]^{1/2}, \quad h \leq h'_T \text{ のとき} \dots\dots (1.a)$$

$$= \left[\frac{a}{2g} h^{1/3} \left[C_D b' h'_T + C_D' A \right] \right]^{1/2}$$

$$h > h'_T \leq h'_T + h_T \text{ のとき} \dots\dots (1.b)$$

ここに、 n_w : 樹木の粗度係数、 a : 単位河床面積当りの樹木本数、
 C_D : 幹部分の抗力係数、 b' : (幹部分の) 円柱直径、
 C_D' : 樹冠部の抗力係数、 A : 樹冠浸水部分の投影面積、
 h : 水深

この樹木粗度と高水敷粗度を(2)式により合成すれば、植樹範囲の粗度係数 n を得ることができる。

$$n = (n_{fp}^2 + n_w^2)^{1/2} \dots\dots (2)$$

なお、樹冠部分の抗力係数は楕円球とみなして、冠水状態を0.5、非冠水状態を0.9、樹幹部は円柱とみなして1.2とした。

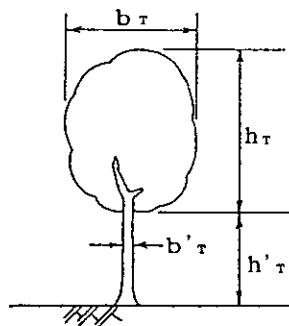


図2-3 樹木形状

② その他の計算条件等

その他の計算条件を表2-1に示す。

表2-1 その他の計算条件等

項 目		内 容
計 算 領 域 等		計算領域4,500m、横断方向(Δy)10m、下流方向(Δx)30m
流 量		$Q = 6,770 \text{ m}^3/\text{s}$ (高水敷上の水深が3mとなるようなQ)
粗 度 係 数		高水敷0.035 低水路0.025 樹木を含むメッシュの粗度は(1)式及び(2)式より 樹冠幅3m……0.041 樹冠幅5m……0.050
境 界 条 件	下流端	初期条件、または前計算ステップで得られた水深hを用いて下式で得られる流量フラックスを与える。 $M = \frac{1}{n} h^{5/3} i^{1/2}$
	上流端	等流を仮定して流量Qを各メッシュに割りふり、それをメッシュ長で除した値を与える。 $\alpha = Q / [i^{1/2} \Delta y \cdot \sum \frac{1}{n} h^{5/3}]$
計算時間隔(Δt)		Δt=0.1sec

(3) 計算の精度

本計算は、検証の手段がなく計算結果の精度は不明である。しかしながら、二次元計算自体は多数の実河川で適用されており、手法そのものには問題はない。また、水位の絶対値の把握には検証の手段がないためその精度には問題が残るものの、植樹木のないケースの水位と植樹木のあるケースの水位との差分で得られる水位上昇量の検出には十分実用的な値が得られるものと考えられる。

また、下記事項から、本計算では水位上昇量が技術的に安全側(大き

め)に算出されていると判断できる。計算結果の評価にあたってはこれらを考慮したうえで行うこととした。

<計算精度に影響を与える要素>

- ・樹木粗度の見積もりにおいて、水深方向に流速が一定としているので、抗力換算粗度を大きめに評価している。
- ・鉛直方向の流れが生ずることが明らかな樹木付近では計算誤差が大きい。
- ・実河川のように、河床の起伏や河岸の凹凸がないのでエネルギー分散による水位上昇量の減失がない。

2.1.2 植樹による水位上昇量把握

(1) 植樹方法と水位上昇量の関係

植樹木のタイプ、間隔ならびに配置をそれぞれ変化させて計算した結果を図2-4に示す。計算結果から、それぞれの要因が水位上昇量の発生形態にどのような影響を与えるかについて下記のような事項が明らかになった。

なお、各ケースの植樹形態は図2-4中に示した凡例を参照されたい。

① 列植本数と最大水位上昇量 (ΔH_{max})の関係

列植本数 N と ΔH_{max} の関係は、 N が大きくなるにつれ、 ΔH_{max} も大きくなるが、 ΔH_{max} の値はある一定値に近づく傾向をみせている。 N を大きくすることは、粗度が一樣に連続することであり、当然 ΔH_{max} は一定値となる。樹冠幅3mのケースで、樹木間隔90m(グランド間に1本を想定)のケースでは ΔH_{max} は約4mmと推定される。

② 樹木の大きさと ΔH の関係

樹冠部が浸水する場合、樹冠幅が大きいと水位上昇量が顕著に大きくなる。樹冠幅3mでは約3mm、樹冠幅5mでは約8mmである。樹冠幅5mのケースでは、同じく3mのケースと比較して水位上昇量は2倍以上となっている。

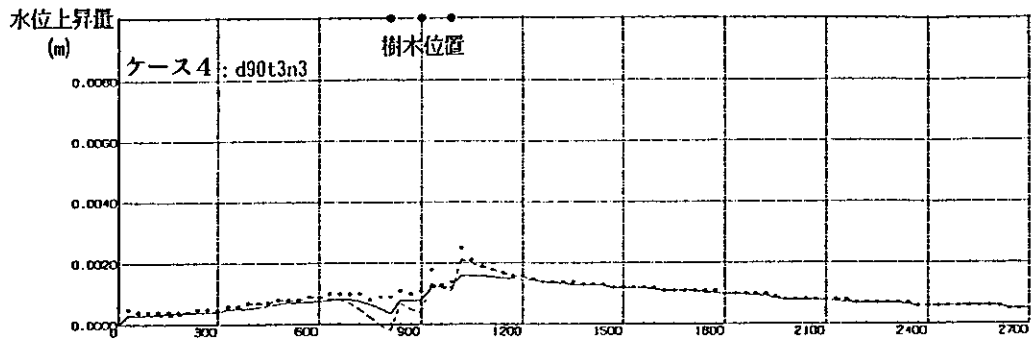
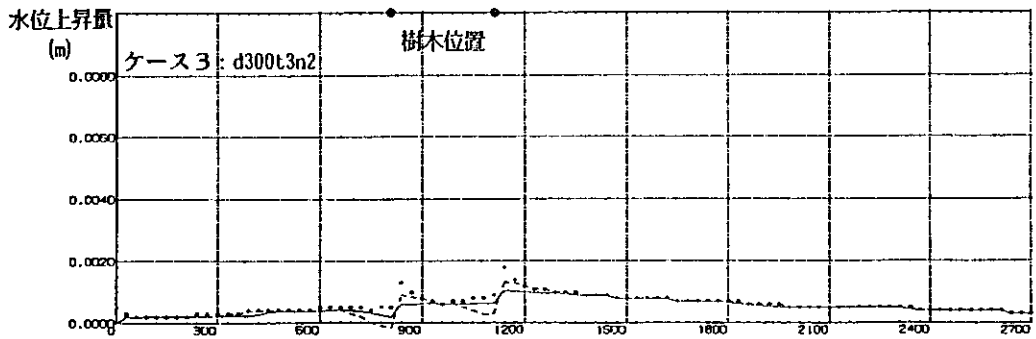
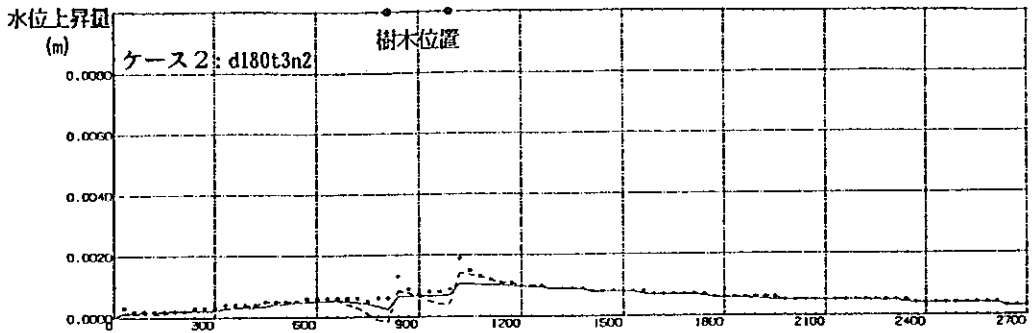
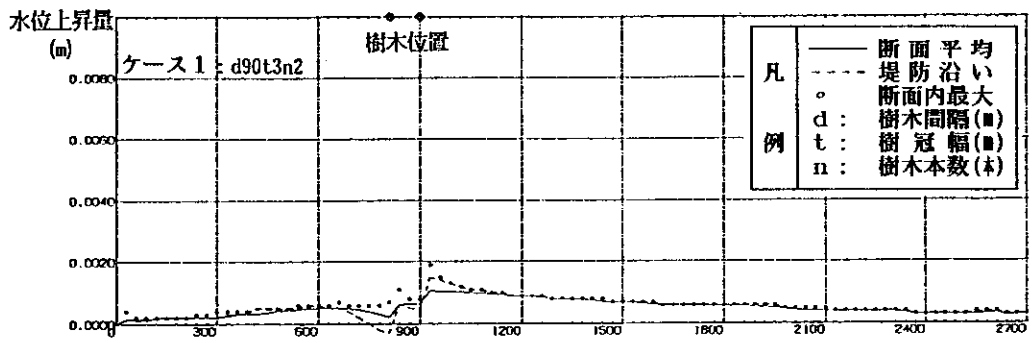


図 2 - 4 植樹形態による水位上昇計算結果 (その 1)

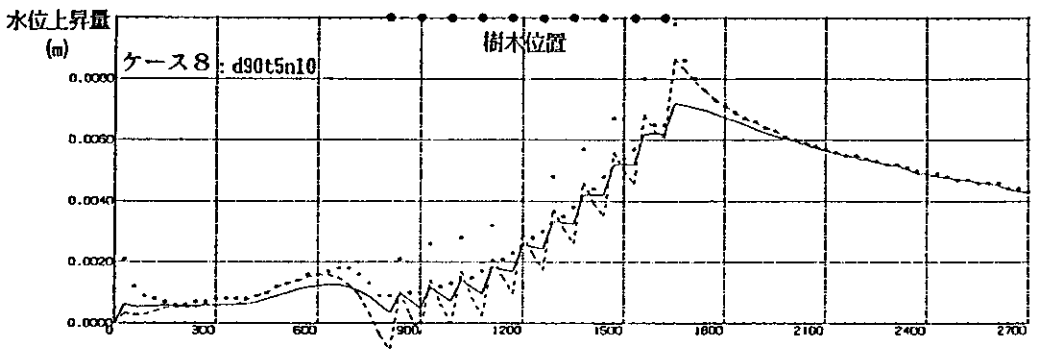
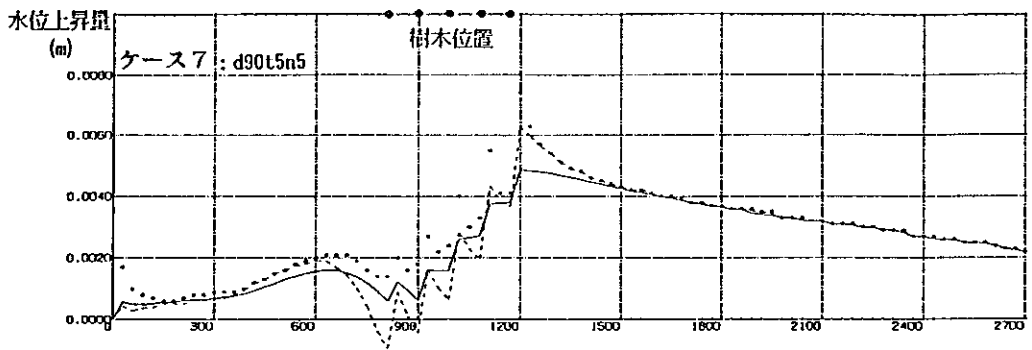
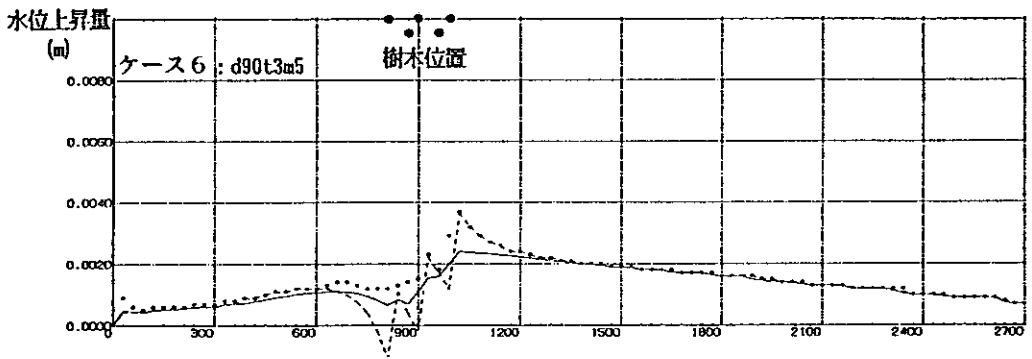
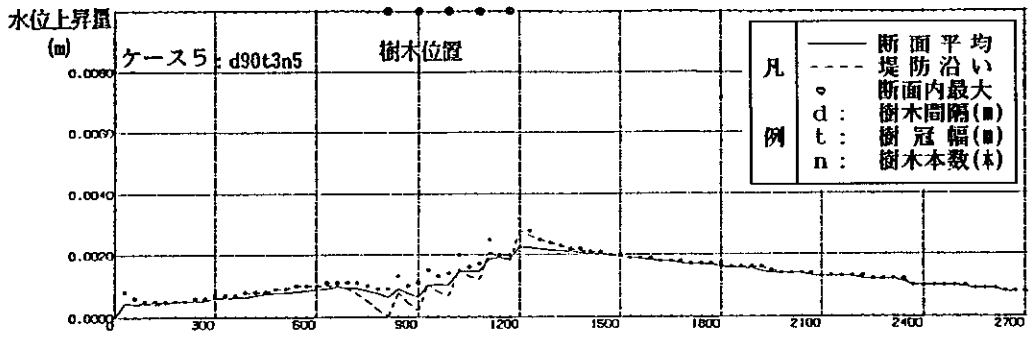


図2-4 植樹形態による水位上昇計算結果 (その2)

③ 列植と千鳥との比較

ケース5（列植）とケース6（千鳥）は同じ樹木の条件で配置方法をかえたケースである。 ΔH_{\max} は千鳥配置のほうが若干大きい。同じ植樹区間長に対する密度が列植よりも千鳥配置のほうが大きいためと考えられる。

千鳥配置とする場合は、樹木間隔を大きくして、植樹密度を列植と同じにすれば、両者の水位上昇は同程度になると考えられる。

(2) 想定される最大水位上昇量

ケース8は約1kmの区間に10本の列植を行うケースである。高水敷の利用ならびに植樹要請を勘案すれば、植樹の行為として最も植樹密度が大きいケースに類すると考えられる。このとき水位上昇量の計算結果は約10mmであった。

前項(3)で述べたように、本計算で得られた水位上昇量は大きめに算出されているものの、現段階ではこの程度を想定される水位上昇量の最大とみて良いのではないかと考えられる。

2.2 水位上昇量把握の簡易解法

2.2.1 簡易解法の必要性

植樹はさまざまな河川で行われる可能性があり、また植樹要請主体も地方公共団体や市民団体等であるので、植樹要請のたびに綿密な計算を河川管理者が要求することには無理がある。したがって、簡易にかつ植樹形態による水位上昇量の差異を合理的に把握するための手法を、別な角度から考案し、二次元計算との精度比較を行ったうえで、最終的に水位上昇量算出の実用式として提案した。以下にその検討過程を示す。

2.2.2 等流近似による水位上昇量算出式

(1) 水位上昇量算出式の誘導

今、図2-5に示すような高水敷を有する河道を想定する。高水敷上

に植樹木があるときの河道流量を、水位上昇量 (Δh) を用いて等流であらわし、植樹木がないときの流量と等しいとおいて流量の条件を消去すれば、 Δh は(3)式に示すように河道条件 (高水敷ならびに低水路の幅、水深、粗度) と樹木条件 (抗力係数、投影面積) であらわすことができる。(3)式の誘導の詳細は付録に示してある。

(3)式を活用すれば、さまざまな河道条件を持つ河川や樹木の形態にあわせて Δh を合理的ならびに簡易に計算することができる。

ただし、あくまで縦断的に一様密度で植樹された場合の等流状態を想定した水位上昇量算定式である。式の持つ精度については次項で述べる。

$$\Delta h = \frac{3}{5} h_{fp} \frac{\frac{h_{fp}^{1/3}}{4g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}}{1 + \frac{n_{fp}}{n_{mc}} \cdot \frac{b_{mc}}{b_{fp}} \left\{ \frac{h_{mc}}{h_{fp}} \right\}^{2/3}} \dots\dots (3)$$

ここに、 g ; 重力加速度, A_w ; 樹木の投影面積, C_D ; 樹木の抗力係数, h ; 水深, b ; 川幅, n ; 粗度係数

f_p は高水敷を mc は低水路をあらわす。その他のパラメータは図 2-5 を参照。

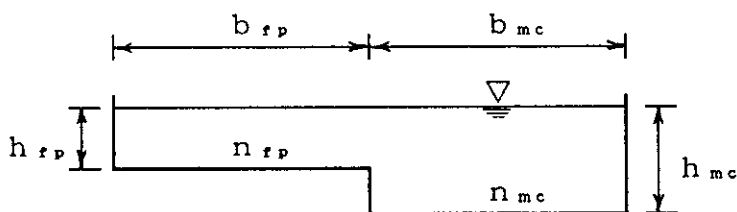


図 2-5 ΔH 算出式の誘導に想定した河道

(2) 簡易解法による水位上昇量算出式の精度

(3)式は、縦断的に一様密度で植樹された場合の等流状態を想定した水位上昇量算定式である。一方、二次元計算では限定された区間の植樹で

等流状態に達していない現象の把握を対象としているので、植樹本数の増加にしたがって二次元計算で得られた ΔH は等流近似のものに漸近するはずである。

図2-6に両計算によって求められた ΔH の比較を示すが、おおむね上述のような傾向は読み取れ、(3)式を用いるかぎり、ある限定された区間の植樹に対しては水位上昇量を安全側に評価することになることが確認できた。

また、(3)式を使用することは、下流側の植樹による水位上昇の累積を考えなくてもよいことであり、河川管理上も都合がよいとともに、河道の条件（河幅、水深など）や植樹の条件（樹木の形状や配置密度）をパラメータとして、条件の差異を合理的に、また簡易に把握できる特徴をも持ち合わせている。

以上のことから、本研究では簡易解法による水位上昇量算出式を植樹検討に適用することとした。

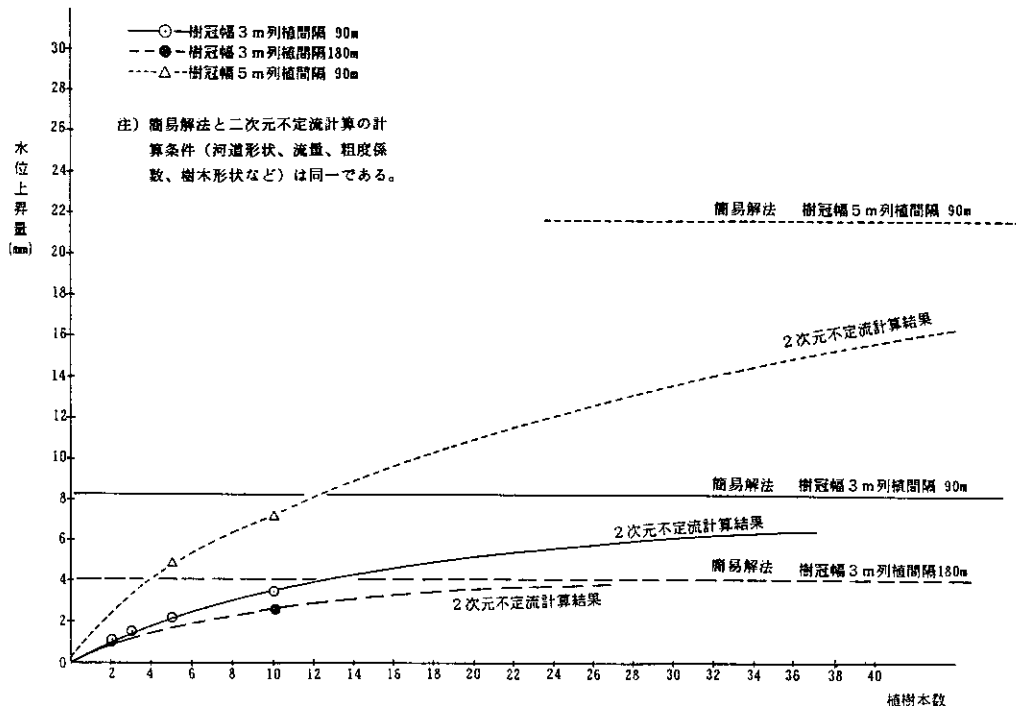


図2-6 簡易解法による水位上昇量算出式の精度

3. 植樹要請に対する河川管理者の対応のあり方

3.1 植樹要請に対する河川管理者の役割

現段階では、地方公共団体や市民団体から植樹要請があった場合、河川管理者自らが植樹を行うことは河川管理上困難である。したがって、植樹要請に対して河川管理者はあくまで“許可する”という立場をとりつつ、植樹に協力してゆくべきであろう。

河川管理者と植樹要請者が、それぞれ植樹までの一連の行為の中でどのような役割分担をすべきかについて示したものが図3-1である。河川管理者は、植樹要請が今後おこりうると考えられる河川区間においては、あらかじめ許可できる区域や河川管理上支障がないと判断される植樹密度（区域内の植樹本数など）を事前に把握しておくことが必要である。

このとき、許可行為を行うにあたって最も重要な点は、植樹要請者に対して、公平でかつ合理的な指導が行われることである。そのためには必要な情報を、河川管理者が事前に準備すべきである。

これらを河川管理者と植樹要請者が共通の情報として理解したうえで、図3-1に示す一連の植樹許可指導が行われなければならない。

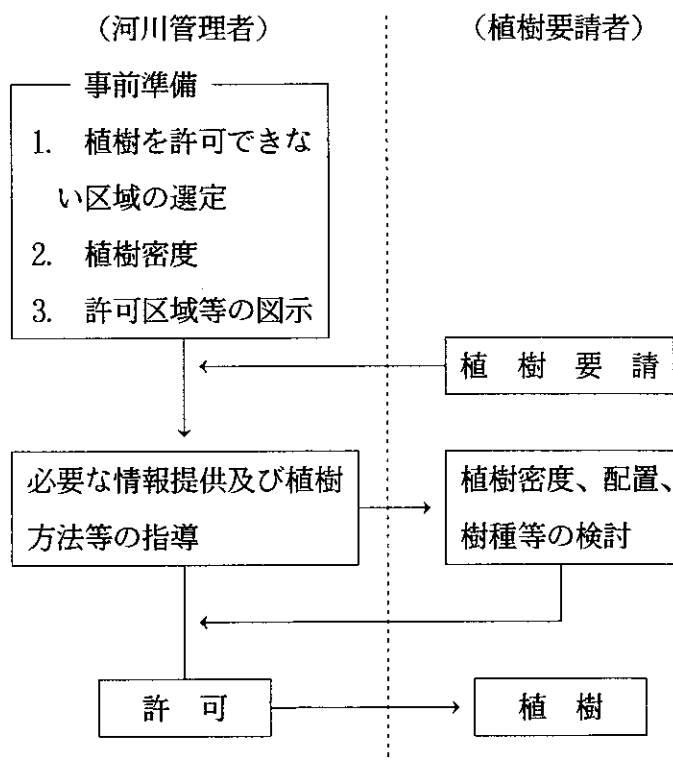


図3-1 植樹までの役割分担

3.2 植樹を許可できない区域の選定

3.2.1 植樹がもたらす治水上の支障

植樹が治水上支障を与えるおそれのある区域には、基本的には植樹に他のどのような有用性があったとしても認められるものではない。

治水上の支障とは一般に、以下に示す3点があげられる。

- ア. 洪水の流下阻害ならびにそれにともなう破堤等の氾濫
- イ. 流速分布の変化に伴う河川管理施設ならびに許可工作物（以下河川管理施設という。）への悪影響
- ウ. 高流速発生にともなう植樹木の倒伏・流出ならびにそれによる河道等の閉塞

本研究では上記項目について、既存の技術基準との整合性を図り、管理ならびに植樹要請者に対する指導のしやすさ（合理性）に配慮しながら、区域設定方法の検討を行い、以下に示す結論を得た。

3.2.2 洪水の流下阻害ならびにそれにともなう破堤等の氾濫の防止

(1) 洪水の流下阻害

植樹木は微小ながらも洪水の流下に影響を与える。このとき、洪水位の上昇等による悪影響を未然に防ぐための管理上の方策には次の2通りの考え方がある。

① 水位上昇が河川の流下能力に支障をきたさない河道区間について植樹を許可する。この場合さらに次の2通りの考え方がある。

- ア. 現況流下能力が所定の流量を満たす区間を対象に、流下能力の余裕分を植樹可能量とする。
- イ. 上下流のバランスから相対的に流下能力に余裕がある区間を対象に、その余裕分を植樹可能量とする。

② 許容水位上昇量を一律値として、治水上許容しうる値を設定する。

これらの考え方はそれぞれ表3-1に示す利害得失がある。表中に示したように、①-イについては現段階では不適と判断されるの

で、植樹許可にあたっての河川管理者のスタンスは次に示すものが望ましいと考えられる。

『○○規模の洪水を安全に流下できる区間で、かつ水位上昇量が○○を越えない範囲にかぎって植樹を許可する。』

我々の研究の範囲では、○○の部分について決定できる立場にはないが、本研究を進めるにあたり関係者と議論を重ねた中では、それぞれ戦後最大洪水規模及び1 cmといった意見が多かった。その理由を以下に列挙する。

ア. 流下能力のない区間には影響量が微小とはいえ基本的に水位上昇要因をつくることは避けたい。

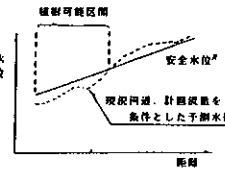
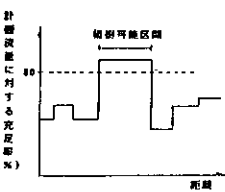
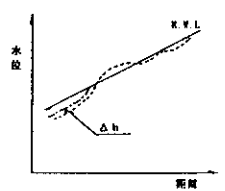
イ. “流下能力のない”とは一般に区間の相対的比較で評価されることが多いが、①ーイからわかるように、相対論では不都合が生ずるのは明らかである。“計画流量に対して”とするとほとんどの区間で許可できなくなってしまい、河道内にも植樹を認めようという姿勢が問われる。したがって、根拠には乏しいが管理上ある程度の安全性を保障でき、計画流量に準ずる戦後最大洪水程度が流下能力の目安として妥当である。

ウ. 河道水位の計測技術、水位上昇量の予測技術、洪水時に発生する河床の不安定挙動、樹木以外の河道水位上昇要因の存在、河道計画時の計画高水位設定精度などを総合的に勘案した場合、1 cm程度以下の水位上昇については、現在の技術水準において、「水位上昇がない。」と判断できるのではないか。

(2) 破堤等による氾濫の防止

築堤区間において、堤体強度が不足していたり、漏水等のおそれがあると判断される箇所では、水位上昇量が微小であったとしても、水理的な変化をより受けやすく、堤防被害につながるおそれがある。治水上の危険箇所については重要な水防箇所調査において、「水防上最も重要な区間（Aランク）」である程度把握されている。具体的な内容について

表 3-1 植樹指導方法案の比較

植樹可能区間設定における 流下能力の考え方	主 旨	運 用 例	対象となる河川 および区間の量	河川管理者の決断のし易さ (混乱しない、判断し易い)	河川管理上の不都合	総 合 判 断
<p>①現況流下能力が計画 流量を満たす区間を 対象に、流下能力の 余裕分を植樹可能量 とする。</p> <p>所定 の 水 位 ま で の 水 位 上 昇 量 を 許 容 す る</p>	<p>現況の河道に対し て、明らかに余裕 があると河川管理 上認められる区間 にのみ、余裕にあ わせて植樹を指導 する。</p>	 <p>*安全水位=スライドダウン=余裕高</p>	<p>・該当する河川および区間 はかなり限定される。植 樹要請が予想される都市 近郊部という条件をあ わせると、対象区間はか なり少ないことが予想さ れる。</p>	<p>・水位又は流下能力の絶対 値に着目すればよく、上 流側への影響範囲の問題 を除けば、指導や決断は しやすい。</p>	<p>・余裕の全量を植樹で先取 りするわけにはいかない ので、歯止めが必要。 ・予想水位は、改修、樹木 の伐採など河道条件の変 化によって大きく（数十 cm～mのオーダー）変わ る。逐一植樹可能区間を 把握しておかねばなら ない。</p>	<p>・余裕の中のどの割合を植 樹で認めるかの判断が必 要 ・植樹可能区間の認識には 適</p>
<p>②上下流のバランスか ら相対的に流下能力 の余裕があると認め られる区間を対象と して、相対的な余裕 分を植樹可能量とす る。</p>	<p>①では植樹可能河 川や区間が限定さ れ、植樹要請に現 実的に対応できな いことが予想され るので、『絶対的 な余裕』ではな く、『相対的な余 裕』に着目して植 樹指導を行う。</p>		<p>・①に比べて、対象となる 河川や区間は多い。</p>	<p>・『上下流のバランスか ら』では定量的な目安が なく決断しにくい。 ・各河川ごとに上下流の バランスのパターンが異 なるので細かい定量的な 数値基準をガイドライ ンに設けることが必要。</p>	<p>・改修や樹木の伐採など により河道条件が変化 すると植樹可能区間が 変化する場合がある。 (相対 バランスが変化する。)</p>	<p>・現段階では不適と判断さ れる。</p>
<p>③許容水位上昇量を一律 値とする。</p>	<p>植樹による許容水 位上昇量を河川管 理上十分無視しう る値もしくは許容 できる値に設定 し、それを全河川 に適用する。</p>		<p>・植樹対象は全河川の全区 間である。 ただし、流下能力がある 一定以上確保されてい る等の条件設定をして ゆく必要がある。</p>	<p>・指導基準が明快であり、 植樹要請者も理解しや すい。要請に対する指導 もしやすい。</p>	<p>・当該区間が、伐採や改修 の必要な区間であれば、 植樹による水位上昇は認 めにくい。この点につ いては、条件設定する ことで容易にクリアでき る。</p>	<p>・植樹可能区間、指導のし やすさについては問題な し。</p>

は省略するが、実務上はこれを用いることで十分対応が可能であると考えられる。

3.2.3 河川管理施設等への悪影響

植樹木の根が構造物へ与える影響については「リバーフロント研究所報告第3号（平成4年4月）」（以下前報告と称す。）で紹介した。主根が堤体、護岸等の河川管理施設等に侵入すれば、構造破壊をもたらすおそれがあり、災害につながる懸念される。

一方、根の侵入以外にも洪水時の流速分布を変化させることで、護岸等に被害をもたらすことも懸念される。こうしたことから、植樹木と河川管理施設等の間にそれぞれ以下に示す距離を確保することが望ましいと考えられる。

① 堤防ならびに低水路から確保すべき距離

下記理由から、現行植樹基準（案）で定められた距離を確保する。

ア. 前報告より主根の範囲は樹冠幅のおよそ2倍である。

イ. 前項2.での二次元計算結果では樹冠幅5mの植樹木では横断方向に20mの範囲で流速分布に影響が生ずる。

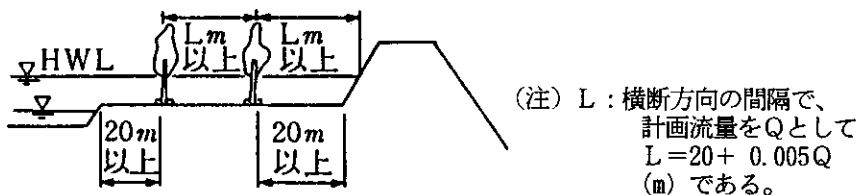


図3-2 現行植樹基準（案）における樹木間隔

② 構造物から確保すべき距離

根による構造物破壊等を防止すること、ならびに流れの乱れから生ずる倒伏・流出の危険を防止するため、「河川管理施設等構造令」で定められた必要護岸長の少なくとも2倍の距離を確保すべきである。

3.2.4 植樹木の倒伏・流出ならびにそれらがもたらす被害の防止

(1) 植樹木の洗掘

植樹木は根が活着して所定の耐力を発揮するようになったらばで、流水等により倒伏しないことが必要とされる。また、洗掘で根鉢が洗われるようなことがあってはならない。

人工裸地の侵食限界マサツ速度は概ね $u_* = 0.2\text{m/s}$ と推定されており、高水敷上の流速に換算すると約 2m/s 程度に相当する。したがって、 2m/s を越える流速を発生するおそれのある高水敷上では少なくとも何らかの洗掘防止対策が必要であり、 3m/s 以上の流速を発生させる区域では、高水敷そのものの安定が保障できないため、植樹は不適當である。

なお、植樹木は根が完全に活着して所定の耐力を発揮するようになるまで数年から10年程度以上を要する。したがって、想定される高水敷上の流速にかかわらず、倒伏防止工や流出防止工を設置したり、根まわりの洗掘のおそれがあると判断される

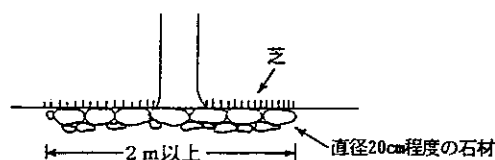


図3-3 洗掘防止対策の事例

場合には、図3-3に示すような洗掘防止対策を講じる必要がある。

(2) 流木が集まり易い区域

急拡部や湾曲部では、流水が死水状態に近くなり、流木やゴミ等が集まりやすくなる区域が生ずることがある。このような区域では、植樹木に流木等が作用して倒伏しやすくなったり、出水後の植樹木周辺の維持管理が困難になるので、植樹を禁止する等の措置をとることが望ましい。

(3) 河道等の閉塞のおそれのある区域

植樹木は完全に活着するまでは倒伏・流出防止工を設置することとなっているが、万が一流出し、治水上の問題を発生させることがあってはならない。支川に分・合流点、狭さく部、遊水地の越流部付近等には植

樹を行うことは望ましくない。

3.3 植樹密度ならびに植樹木の配置

3.3.1 植樹密度による管理の考え方

植樹要請に対しては、河川管理者は常に公平な立場から許可行為を行うべきである。

すなわち、ある河川区間で右岸に先行的に許容本数を植樹してしまったので、その後の左岸側からの要請は許可しないといったような対応は行なうべきではない。したがって、河道等の諸条件が同一であれば、当該区域に植樹できる本数も同一であるといった植樹密度管理が望ましいといえる。

また、植樹密度の管理上の運用については、高水敷の占有許可を受けている植樹要請者が、図3-4に示すように治水上支障のない範囲で自由な選択ができるように、植樹木の配置方法についても定めておく必要がある。治水上の支障として考えられるのは、植樹木を近接させることによる河道の閉塞や、高木である植樹木と低木群との混在により発生する特定箇所への流水の集中があげられる。

以下に植樹密度ならびに配置のあり方について述べる。

3.3.2 死水状態でない高水敷上の植樹密度

前項3.2で示した区域以外の高水敷では、洪水流下に支障を与えない範囲において植樹が可能であると考えられる。

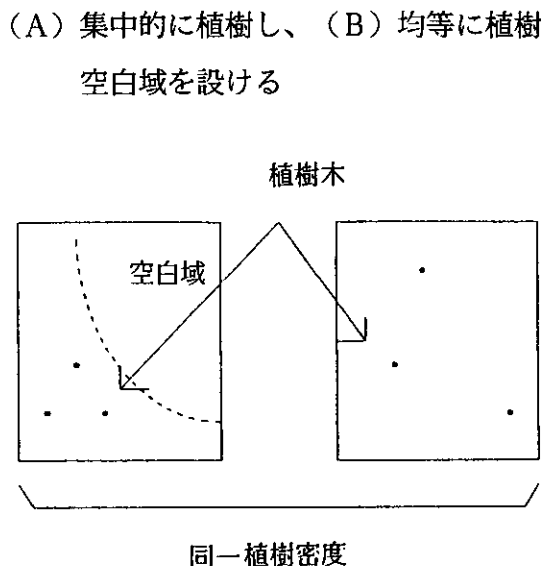


図3-4 植樹の配置パターン例

(3)式は河道の諸条件及び樹木の条件を与えたうえで、洪水流下の支障の程度をあらわす水位上昇量を算出する式である。今、この式に管理上許容しうる水位上昇量を与えたとき（仮に1cmとする）、その植樹密度は(4)式であらわすことができる。

$$a = \frac{0.2g \left[1 + \frac{n_{fp}}{n_{mc}} \cdot \frac{b_{mc}}{b_{fp}} \left(\frac{h_{mc}}{h_{fp}} \right)^{2/3} \right] n_{fp}^2}{3 C_D S h_{fp}^{4/3}} \dots\dots (4)$$

ここに、a：植樹密度（本/m²）、g；重力加速度(m/s²)、s；樹木1本の投影面積（m²）、C_D；樹木の抗力係数、h；水深(m)、b；川幅(m)、n；粗度係数、f_pは高水敷をm_cは低水路をあらわす。

(4)式は、さまざまな河道条件の河川で適用可能であるとともに、植樹木の形状（樹種、幼成木の別）を与えれば、当該区間に許容しうる植樹木の本数を簡易に算出することができ実用性が高い。なお、死水状態である区域に現行植樹基準（案）を適用する場合、(4)式で得られた植樹密度と必ず整合をとる必要がある。これについては、本研究の成果を運用するにあたり、別途十分検討することが必要である。

3.3.3 植樹木の配置

(1) 植樹木の間隔

植樹木を近接させると、洪水時のゴミや流木で植樹木間が閉塞し、流水抵抗の増大をまねき植樹木が倒伏するおそれが大きくなる。既往洪水における樹木にかかるゴミ等の状況から判断して、横断方向ならびに縦断方向とも河道直線区間では40m以上、また湾曲部外岸

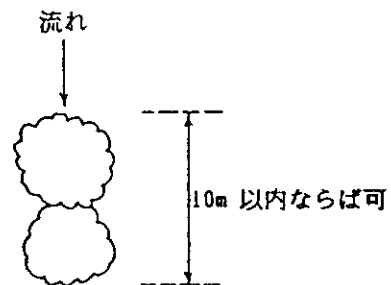
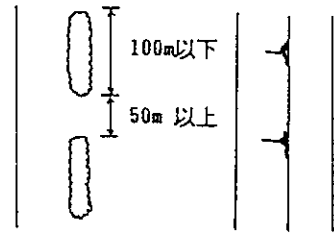
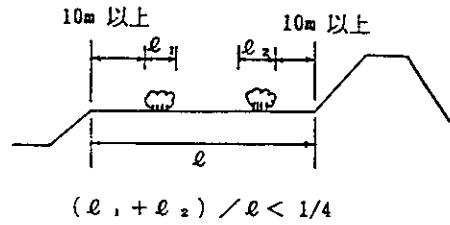


図3-5 縦断方向の近接植樹

側等で流木が集まりやすい範囲では80m以上を植樹木の間隔として確保する必要があると考えられる。ただし、直線区間の縦断方向では、既往の洪水観測結果や二次元解析結果から判断して、10m以内の近接植樹であれば問題ないと推測される。



一方、今後よく使われる配置方法として、低木群と高木である植樹木を混在させるケースがある。本研究では、低木の配置について

図 3-6 低木の設置基準（現行案）

検討してはいないが、低木の配置によって流水が集中しやすくなることや、洗掘されやすくなる範囲に植樹木を配置することは避けなければならない。現段階では、現行植樹基準（案）にしたがうことで当面は問題ないと考えられる。

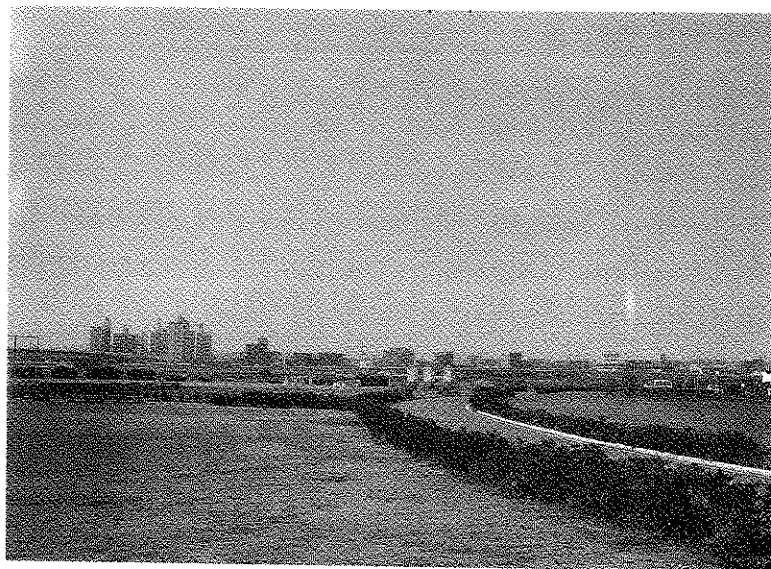
3.4 植樹木の管理

植樹木の管理は、基本的には植樹要請者（要請者と植樹をした主体が異なる場合もある）が行うべきである。植樹木は成長を続けるので、当初想定した樹木の形状を上回るような巨木となることは、治水上問題を生じさせることになるし、倒伏防止工や流水防止工の破損等も流木化につながる。

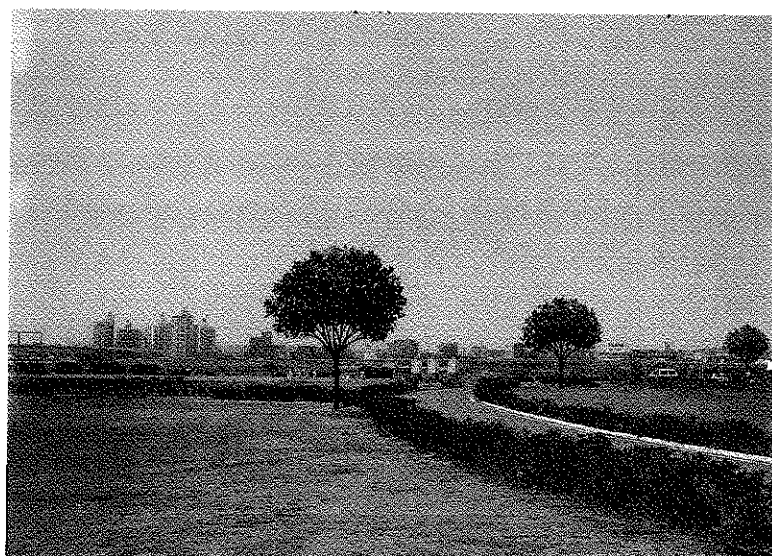
また、あわせて河川管理者が常に監視し、必要に応じて樹形の調整や流出防止工の修覆等を指導してゆかねばならない。

河川管理者は、必要があれば河川法第75条にもとづく監督処分をとるべきであると思われる。

<樹木のない河川の風景>



<高水敷に植樹した河川の風景>



4. おわりに

河川内の植樹は、洪水の流下に与える影響や流木化の懸念などから、現段階では、河川管理上一律に許可しにくい側面をもっている。そして、この理由の多くは現象が十分把握できていないことに起因している。

本研究では、水理解析をもとに、植樹木が洪水の流下に与える影響をある程度定量的に把握し、それをもとに植樹要請に対して河川管理者がどのように対応してゆくべきかについて検討を行ってきた。洪水流下に与える影響の把握精度が、植樹が可能かどうかを大きく左右する要素であることはまちがいない。

しかしながら、河川の洪水を目撃したことのある方は御存じと思うが、洪水という自然の猛威のなかで、計算上数mm（それも安全側をみて）といわれる植樹による洪水位の上昇量が河川管理にどのような意味をもつのかは、本研究でも十分な議論をつくすことができなかった。

本研究でとりあげた、治水からみた植樹許可のありかたについては、管理論などの側面からのつめも不十分であると認識している。また、今後は景観や利用面からみた植樹の有用性や、治水とそれらが競合する場での検討の手法（意思決定論かもしれない）についても研究をすすめる必要がある時代になったのではないだろうかと考えている。

本研究は、平成4年度に実施した研究成果をとりまとめたものである。本研究を進めるにあたり、東京工業大学福岡先生には研究全般にわたり御指導を、京都大学澤井先生（平成5年3月当時）、東京農業大学濱野先生には専門分野において有益なアドバイスをいただきました。ここに謝意を表します。

建設省土木研究所の山本晃一氏には貴重なアドバイスを、同じく島谷幸宏氏、藤田光一氏には研究を進めるにあたって、技術面ならびに精神面の両面から大きな助力をいただきました。ここに謝意を表します。

また、植樹のケーススタディでは、建設省各地方建設局ならびに北海道開発局の関係者の方々に大変お世話になりました。紙面を借りて御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 「河岸等の植樹基準（案）について」：建設省河川局治水課（1989.4）
- 2) 「河道内樹木の管理について」：山口，矢部他、リバーフロント研究所報告
第3号（1992.3）
- 3) 「解説・河川管理施設等構造令」：（社）日本河川協会（1978）

<付 録>「等流近似による水位上昇量算出式の誘導」

今、式の誘導にあたって、本文図2-5に示した河道を想定する。

高水敷上に樹木があるとき、低水路流れとの干渉を無視すれば、高水敷部分の流れのつりあいは、次のようにあらわすことができる。

$$\rho g h_{fp} I = \rho g n_{fp}^2 V_{fp}^2 / h_{fp}^{1/3} + 1/2 \cdot \rho C_D V_{fp}^2 A_w \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ρ ; 水の密度, g ; 重力加速度, V_{fp} ; 高水敷上の速度, h_{fp} ; 高水敷上の水深
 C_D ; 樹木の抗力係数, A_w ; 樹木の投影面積, I ; 水面勾配

これから(2)式が導かれる。

$$V_{fp} = I \sqrt{ \frac{h_{fp}^{2/3} I^{1/2}}{n_{fp}^2 + \frac{1}{2g} h_{fp}^{1/3} C_D A_w} } \dots\dots\dots (2)$$

すなわち、高水敷上に樹木がない場合の粗度係数が、樹木があることにより、(3)式であらわせる。

$$n_{fp}' = \sqrt{ n_{fp}^2 + \frac{h_{fp}^{1/3} / C_D A_w}{2g} } \dots\dots\dots (3)$$

一方、流量は樹木がない場合は(4)式、樹木がある場合は水位上昇量を Δh として(5)式であらわされる。

樹木がないとき :

$$Q = \frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3} I^{1/2} + \frac{b_{mc}}{n_{mc}} h_{mc}^{5/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

樹木があるとき :

$$Q = \frac{b_{fp}}{n_{fp}'} (h_{fp} + \Delta h)^{5/3} I^{1/2} + \frac{b_{mc}}{n_{mc}} (h_{mc} + \Delta h)^{5/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{1}{n_{fp}'} = \frac{1}{n_{fp} \frac{n_{fp}'}{n_{fp}}} = \frac{1}{n_{fp} \left(1 + \frac{n_{fp}' - n_{fp}}{n_{fp}} \right)} \approx \frac{1}{n_{fp}} \left[1 - \frac{n_{fp}' - n_{fp}}{n_{fp}} \right] \dots\dots\dots (6)$$

注)

$$(h_{fp} + \Delta h)^{5/3} = h_{fp}^{5/3} \left(1 + \frac{\Delta h}{h_{fp}} \right)^{5/3} \approx h_{fp}^{5/3} \left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{fp}} \right) \dots\dots (7)$$

注)

$$(h_{mc} + \Delta h)^{5/3} \approx h_{mc}^{5/3} \left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{mc}} \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$\therefore Q = \frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3} \left(1 - \frac{n_{fp}' - n_{fp}}{n_{fp}} \right) \left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{fp}} \right) I^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

$$+ \frac{b_{mc}}{n_{mc}} h_{mc}^{5/3} \left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{mc}} \right) I^{1/2} \approx \frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3} I^{1/2} \cdot$$

$$\left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{fp}} - \frac{n_{fp}' - n_{fp}}{n_{fp}} \right) + \frac{b_{mc}}{n_{mc}} h_{mc}^{5/3} I^{1/2} \left(1 + \frac{5 \Delta h}{3 h_{mc}} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$[\because \Delta h (n_{fp}' - n_{fp}) \approx 0]$$

(9)式から(4)式を引き、流量を消去すると、

$$\therefore \frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3} I^{1/2} - \frac{5 \Delta h}{3 h_{fp}} - \frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3} I^{1/2} \frac{n_{fp}' - n_{fp}}{n_{fp}} + \frac{b_{mc}}{n_{mc}} h_{mc}^{5/3} I^{1/2} - \frac{5 \Delta h}{3 h_{mc}} = 0 \dots\dots\dots (10)$$

$$\therefore \Delta h = \frac{3}{5} \cdot \frac{\frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{5/3}}{\frac{b_{fp}}{n_{fp}} h_{fp}^{2/3} + \frac{b_{mc}}{n_{mc}} h_{mc}^{2/3}} \left(\frac{n_{fp}'}{n_{fp}} - 1 \right) \dots\dots\dots (11)$$

注) 線形近似

$$(1 + a)^{\beta} \approx 1 + a \beta \quad \text{但し } a \ll 1$$

(3)式を(1)式に代入して整理すると、

$$\Delta h = \frac{3}{5} h_{fp} \frac{1}{1 + \frac{n_{fp}}{n_{mc}} \cdot \frac{b_{mc}}{b_{fp}} \left(\frac{h_{mc}}{h_{fp}} \right)^{2/3}} \left(\sqrt{1 + \frac{h_{fp}^{1/3}}{2g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}} - 1 \right) \dots\dots\dots(12)$$

ここで、 $\sqrt{1 + \frac{h_{fp}^{1/3}}{2g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}} \approx 1 + \frac{h_{fp}^{1/3}}{4g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}$ であるゆえ、

$$\therefore \Delta h = \frac{3}{5} h_{fp} \frac{\frac{h_{fp}^{1/3}}{4g} \cdot \frac{C_D A_w}{n_{fp}^2}}{1 + \frac{n_{fp}}{n_{mc}} \cdot \frac{b_{mc}}{b_{fp}} \left(\frac{h_{mc}}{h_{fp}} \right)^{2/3}} \dots\dots\dots(13)$$

注) 本式の誘導に当たっては藤田光一氏にアドバイスをいただきました。