

河川植生の分布特性の計量と その河道水理特性との関係について

STUDY ON THE MEASUREMENT OF VEGETATION DISTRIBUTION IN RIVER AND ITS RELATIONS WITH CHANNEL HYDRAULIC CHARACTERISTICS

砂田憲吾¹・大石 哲²・飯田祥二³

Kengo SUNADA, Satoru OISHI and Shoji IIDA

¹正会員 工博 山梨大学教授 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 甲府市武田四丁目 3-11)

²正会員 工博 山梨大学助教授 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 甲府市武田四丁目 3-11)

³正会員 工修 甲府市役所下水道部 (〒400-8585 甲府市丸の内一丁目 18-1)

In this paper, results of analysis on spatial distribution of vegetation in river are presented. Areas covered with vegetation and forest in a part of the Kamanashi River and a part of the Fuefuki River were measured by using the digitized aerial photographs in past 3 years. One of the objectives of this paper is to get a suitable method for measuring areas of surface covers such as grass, tree, bare soil and water surface, in river channel. The other one is to clarify the relationships between vegetation distribution and the channel hydraulic characteristics. The authors obtained the results as follows; a) after the destruction of vegetation by flood, woody area requires more than one year to recover, b) grass type vegetation recovers in one year; c) there are reasonable correlation between the distribution of vegetation and the current hydraulic variables.

Key Words: river environment, vegetation in river, channel hydraulic characteristics

1. はじめに

河川植生の状況は、その河川の持つ特性に直接影響を及ぼす一方、逆に植生はその河床や出水履歴さらには気候の影響を受けながら繁茂と衰退を繰り返し遷移していく。すなわち、河道への物理的作用の形態も植生および植生域の変動とともに変化していく。いうまでもなく、河川植生は、河道内外の各種生物に生態環境を提供している。このため、河道管理および河川環境管理の立場から、その形態の把握は、河川環境に関する重要な課題の一つである。いままでも、植生の分布や形態およびそれらの変化を把握する努力がなされ、多くの現地調査が行われてきている。現在、河川の植生に関する情報には、「河川水辺の国勢調査」の植生分布調査があり、少なくとも国土交通省直轄の河川域に対しては全域調査が行われている¹⁾。すなわち特定の調査地点に限ることのない、河川

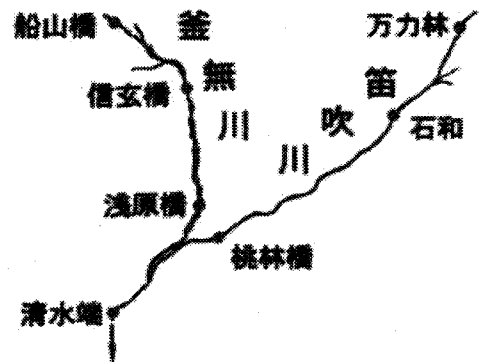


図-1 富士川調査対象区間図

全域にわたるデータが存在する貴重な資料となっている。しかしながら、この資料は主に植生の平面的な分布を図面等に展開したいわばアナログ形式で示されており、そ

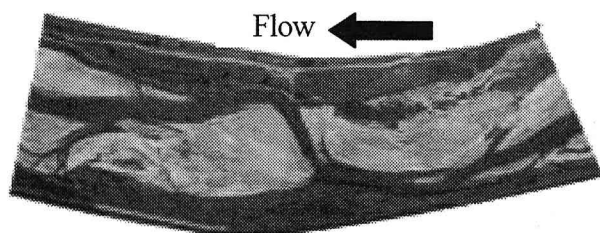


図-2 釜無川(K080-090)の河道(1999年11月)

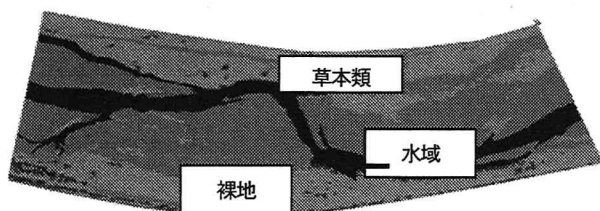


図-3 草本類,木本類,水域,裸地域に区分された河道区間

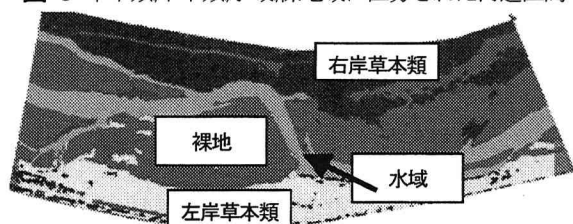


図-4 コンピュータを利用して塗り分けた図

のままでは河道の管理や計画のために定量的な評価を進める上では最適ではない。植生の存在状態を河川の管理に直接反映し得る情報が必要で、そのための調査や資料が求められている。

上記の点に関して、最近では植生分布と河道の特性との関係を議論する調査研究が進められている^{2) 3) 4)}。それらの結果と最近精力的に進められてきた河川水理学との融合を目指したレビューも示されている⁵⁾。さらに河川環境管理財団では、流域、河道、局所流況の各スケールでの視点から、河川の管理のために現場実務にも用いられるべき簡潔な調査方法を提示している⁵⁾。しかし、植生分布の基本的な条件を得るために、多様で広大な河道にあつては、詳細な調査を行うことは必ずしも容易ではない。そこで、本研究では、デジタルデータを利用した植生分布の解析方法を検討した。その結果に基づいて植生の分布特性の把握と河道特性との関係に焦点を当てて基礎的な解析を行った。

考察対象は富士川上流部の本川釜無川 25km、支川笛吹川 26km の国土交通省直轄監督区間である(図-1)。対象河川は典型的な扇状地河川であり、急流・緩流区間からなる様々な流況が河道特性との検討に格好な対象河川である。

2. 富士川の植生域の抽出

富士川では、近年河川敷や中洲の植生域の増加傾向が

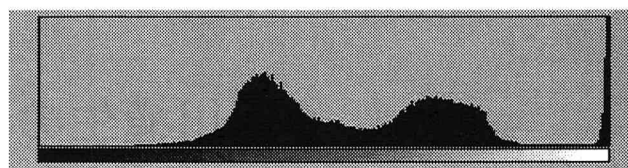


図-5 釜無川の輝度のヒストグラム

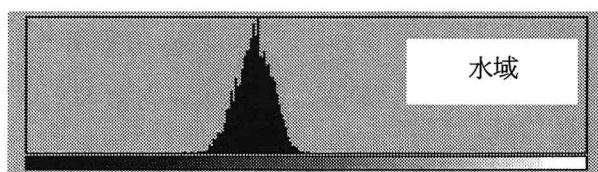
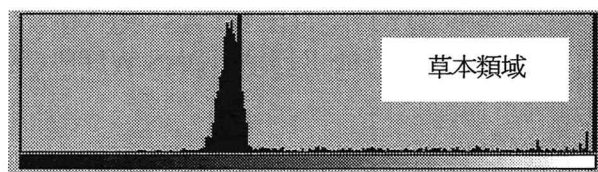


図-6 代表的な草本類域、水域別の輝度ヒストグラム

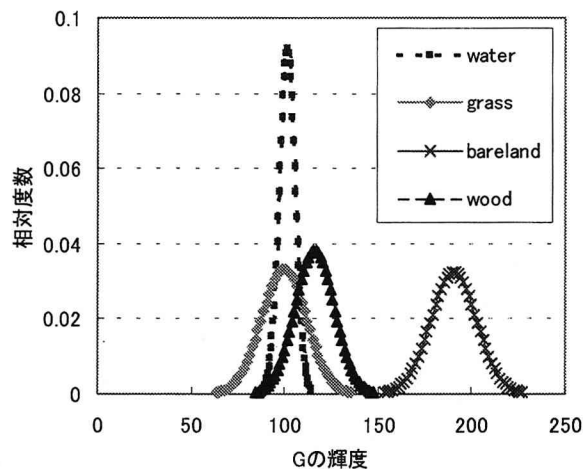


図-7 釜無川の Green の輝度分布

進行していた。一方 1998 年 9 月 16 日に台風 5 号による比較的規模の大きい出水(桃林橋でのピーク流量 1,554m³/s)があり、台風直後の踏査によるとカワヤナギ等が洪水によって相当破壊されているところが見られた⁶⁾。本研究ではこのような河道状況の変化を航空写真の解析によって巨視的に把握しようとするものである。

(1) 航空写真の解析

航空写真からの植生の判読は、一般に膨大な作業を伴う上、測定者によって違いが出ることも考えられる。そこで本研究では、その作業をパソコンを用いてある程度ルーチン化することを試みた。今回の手法と以前の手法(手作業による判読)との比較した結果は、ほぼ一致した⁷⁾。パソコンを用いた画像処理による植生分布調査はすでに辻本らにより行われているが、そこでは木本類・草本類をまとめて評価されたものである⁵⁾。したがって、今回の解析では水域、裸地域、草本類域、木本類域とし

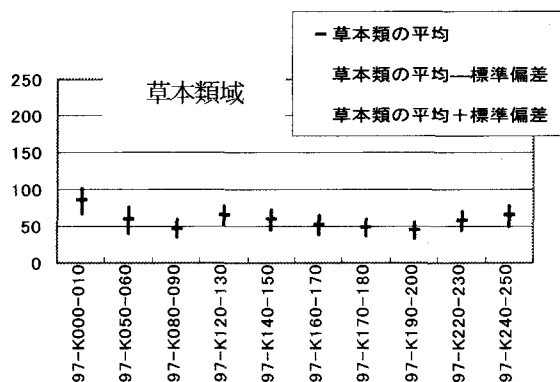


図-8 代表的な草本類域、水域別のBの分布図

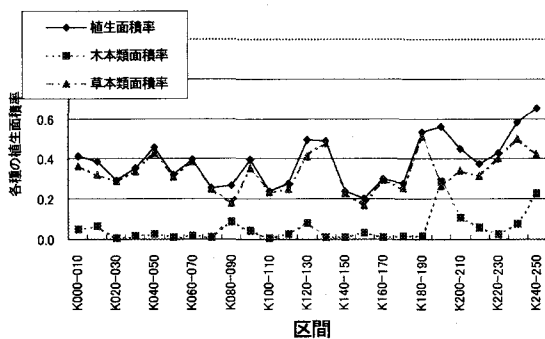


図-9 植生域の面積率(釜無川の縦断方向)

て区別して解析する手法を検討した。

航空写真から植生の発達状況を読み取るため、(1)水域、(2)植生域、(3)木本類域、(4)裸地域の輝度およびRGB分布をとらえ解析する手法を検討した。まず航空写真をスキャナーによってコンピュータ内にデジタル画像として取りこむ、航空写真の色調等が撮影フィルムやプリントによって異なるので、河道は、1kmごとに区切って解析した。ここで河道とは、両側を堤防で囲まれる部分と定義している。デジタル化された画像は市販ソフトを用いて解析に使う。図-2の例(1999年釜無川のK、80番杭から90番杭までの約1km)では、その画像は約112,038ピクセルからなり、その輝度の概要は図-5(横軸は黒から白までの輝度のフルレンジ)、RGBの中のGの概要は図-7に示すとおりである。輝度およびGの高い部分には裸地、低い部分には植生域が貢献しており、中間値域が水面域に対応している。輝度およびRGBに対し各領域を区分する閾値を設定できるものと期待したが、各領域での輝度

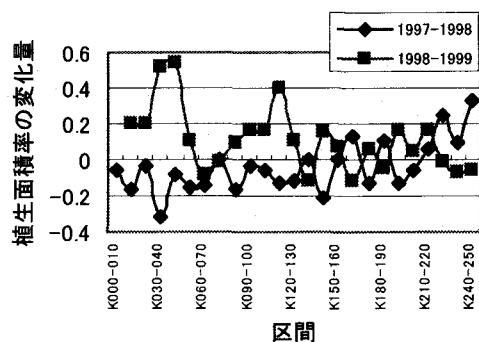


図-10 植生域の変化割合(釜無川の縦断方向)

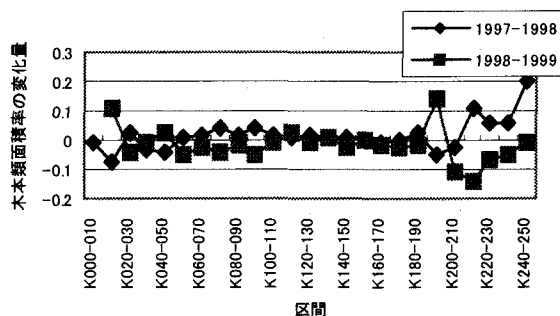


図-11 木本類面積率の縦断方向変化(釜無川)

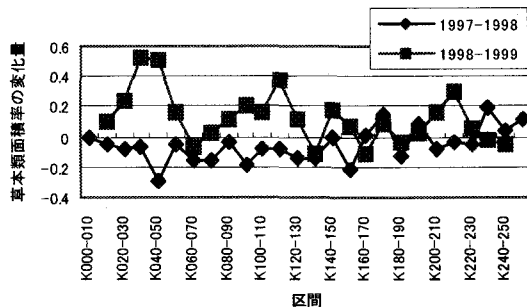


図-12 草本類面積率の縦断方向変化(釜無川)

およびRGBの範囲のオーバーラップが激しく閾値の決定は容易ではない。そこで、植生域、水面域、裸地域ごとに代表区間ごとに代表的な領域を選択し、そこでの輝度およびRGBの分布を調べたものが、図-6および図-8である。それぞれの典型例ですら全区間で使えるような代表値の閾値を確定値として設定することが難しく、ここでは次の方法を採用した。すなわちデジタル画像上で目視によって草本類、木本類、水域、裸地に区分し、それぞれソフトウェアによってそれぞれ黄緑、緑、青、灰色の4色に塗り替えした(図-3)。図-3の状態では、各領域の占有率を読み取るのはたやすい。ここから右岸植生、左岸植生、中州、水域に区分し、それぞれを赤、黄、ピンク、水色に塗り分けた(図-4)。

3. 富士川の植生域の分布

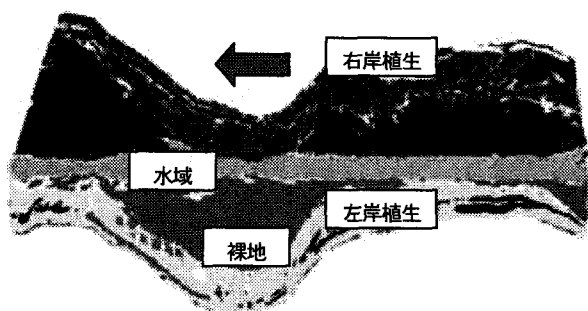


図-13 滞筋を直線化した河道区間(K080-090)

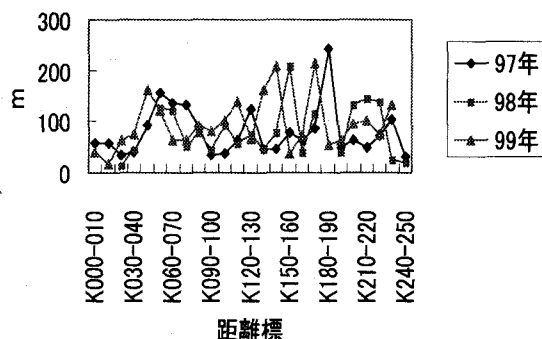
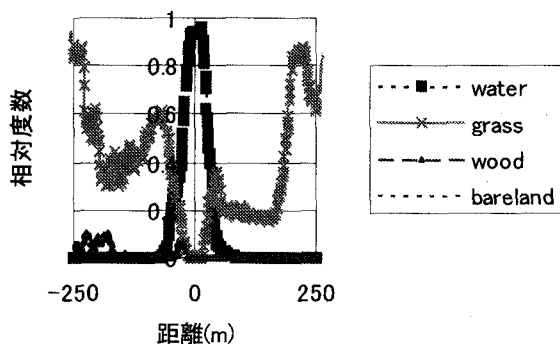
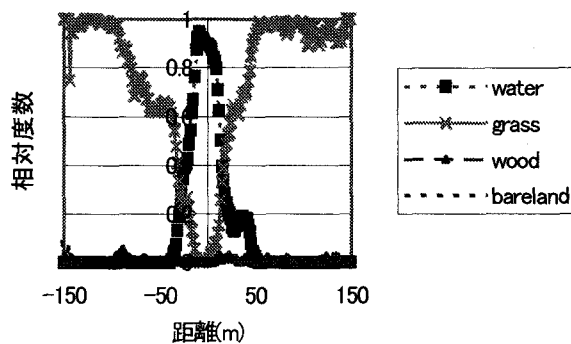


図-14 水域と右岸植生の距離



(a)釜無川(K080-090)



(b)笛吹川(F130-140)

図-15 モデル化した植生の横断面図

(1) 植生面積率の区間変化

上記の手法により、1997年9月、水害後の1998年12月、1999年11月に撮影された航空写真を解析、植生域、木本類域、水面域の割合を縦断方向から調べた。その結果を図-9に示す。この図より植生の面積率は上流域で高い傾向となった。また、中流域の植生面積率が低いことから流路が変動的なために植生が破壊されている様子が把握できた。図-10、図-11、図-12には、1997～1998年(植生破壊)、1998～1999年(植生繁茂)での植生域変化割合の縦断方向変化が示されている。1998年の出水は、ピーク流量が $1,554\text{m}^3/\text{s}$ (観測地点:桃林橋)の出水である。この出水では、砂州や、中州は冠水し、洪水流に洗われ、植生がかなり破壊された。図-10に見られるように1997～1998年の特に流路変動の激しい中、下流域では植生域の減少傾向が認められる。

図-11と図-12から出水により破壊されているのは大部分が草本類であると考えられる。また、破壊された草本類は1年程度で大部分が回復すると考えられる。一方、木本類においては出水によって破壊されにくく、もし破壊されたとしても1年程度では回復しにくいことがわかる。

(2) 富士川の植生域の横断分布

上記では、植生域の面積率に限って検討したため、どのように植生域の拡大や破壊が生じたかは把握されてい

ない。そこで本稿においては、植生域と水域との横断距離および木本類域と水域との横断距離を調べた。図-4の状態から植生、木本類の分布形態を調べるためには、本来植生と滞筋に関する座標系を作るべきであるが、航空写真は滞筋に関する座標系とは無関係であるため滞筋の推定が必要となる。そこで河道の特徴的な横断面形を反映させるため植生の破壊に大きく関係する滞筋を中心とする仮想的な座標に変換し、滞筋からの距離による植生分布の変化を調べた(図-13)。その結果を図-14に示す。これまでの検討では、出水履歴と植生の増減が一致していたが、植生の横断分布では1997～1998年(植生破壊)、1998～1999年(植生繁茂)としての植生変化は、はっきりと現れなかった。この理由は、水面域が、撮影時の流量に直接影響されること、河川敷に存在する一年生草本群落の植生の分布割合によって、河川と植生の距離が影響されていることなどが考えられる。次に木本類と水域との距離では、特に右岸側で1997～1998年(植生破壊)、1998～1999年(植生繁茂)としての植生変化が現れた。図-13をもとに、滞筋の中心を座標系の中心とした図の横断方向の植生分布の例を図-15に示す。釜無川に比べ笛吹川では、水際部分で植生の占有率が高いとともに全体的に植生の占有率が高い結果となった。両河川とも植生域の分布が特徴的であることが分かる。釜無川は中流域にかけて植生域の割合が小さく、笛吹川は釜無川に比べて比較的植生面積率が大きい。この要因として釜無川は天井川の傾向を示すため地下水位の位置が低くなり、植生の

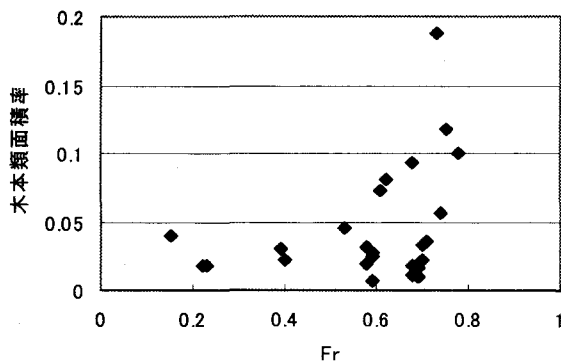


図-16 木本類面積率と Fr (釜無川)

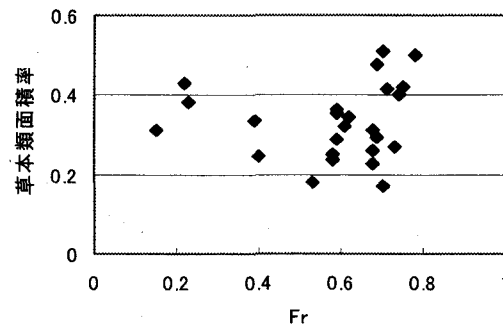


図-17 草本類面積率と Fr (釜無川)

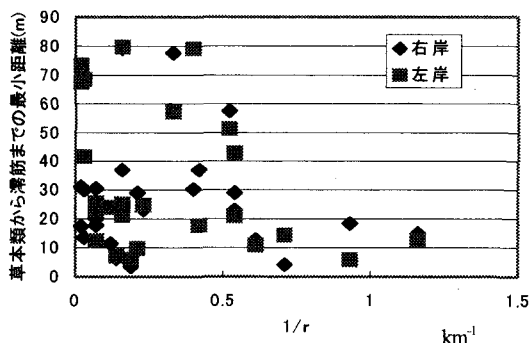


図-18 草本類から滞筋までの最小距離と 1/r (釜無川)

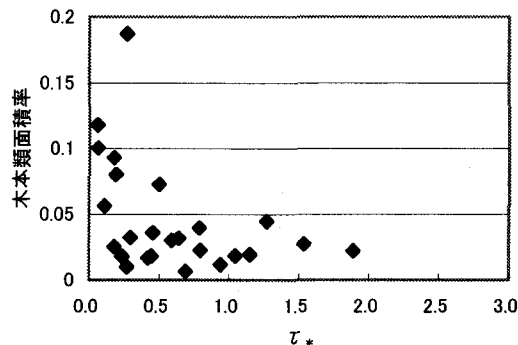


図-19 木本類面積率と τ* (釜無川)

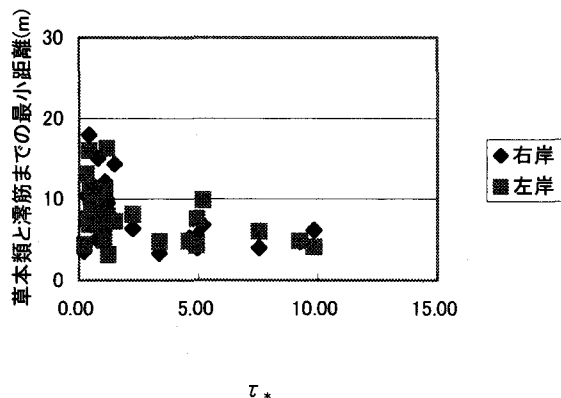


図-20 草本類から滞筋までの最小距離と τ* (釜無川)

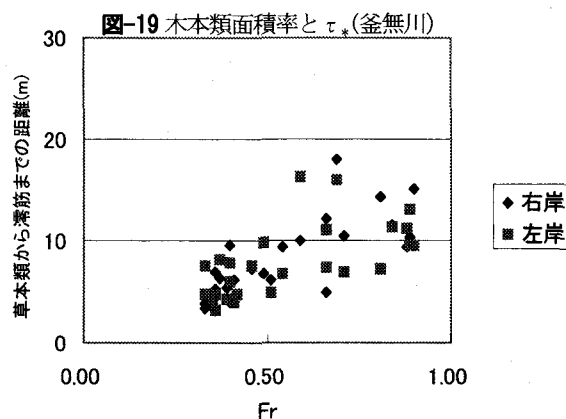


図-21 草本類から滞筋までの最小距離と Fr (釜無川)

生育可能な範囲が限定されてしまうと考えられる。逆に、笛吹川は堤内地盤より河床が低く、地下水位の位置が比較的高いため広範囲での分布が可能になることと、笛吹川は釜無川に比べ限定的な滞筋を持つためと考えられる。

植生の横断方向専有率の変化量に関して調べた結果は、木本類面積率では 1997～1998 (植生破壊) がよく表されたが、草本類面積率では 1997～1998 (植生破壊), 1998～1999 (植生繁茂) を表している区間とそうでない区間がある。これは、一度破壊されると成長に時間のかかる木本類では回復に時間がかかるためと考えられる。反対に草本類では、1 年生群落の成長によって草本類の相対度数が影響を受けているためと考えられる。

4. 木本類の分布と河道水理特性

木本類の分布と平均河道水理特性との関係を調べた。最終的に植物の分布を「計画論の立場から」議論したいこと、河道植生 (木本類, 草本類) が全面的に影響を受けることを考慮し、水理量の代表地として、まず計画高水流量時を考えている。特性河道特性をあらわす水理量は、次元解析から以下のような無次元量が得られる。

$$\phi\left(\frac{B}{H}, \frac{d}{H}, Fr, Re, \tau_*\right) \cdots \cdots (1)$$

ここに、 B : 河幅, H : 水深, d : 河床材料粒径, Fr : フルード数, Re : レイノルズ数, τ_* : 無次元掃流力である。ここでは断面平均量として扱うために、河道横断面形を長方形断面と仮定し、計画高水流量に対する不等流計算で得られている B , H , Fr などを用いる。これらのうち、砂州の形態に関わる河幅水深比 (B/H), 流砂量に

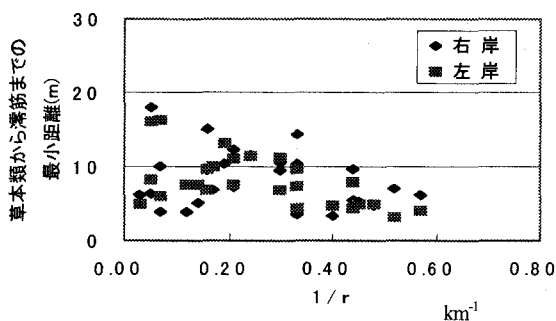


図-22 草本類から滞筋までの最小距離と $1/r$ (笛吹川)

関する無次元掃流力 (τ_*), 流況を知るためのフルード数 (Fr), および河道の湾曲効果による低水河道の固定を考慮して次式で定義される曲率 ($1/r$) を用いて考察する.

$$\frac{1}{r} = \frac{\theta}{l} \dots \dots \dots (2)$$

ここに, r : 曲率半径, θ : 河道の曲がり角度(ラジアン), l : 対象区間長(km)である.

ここでは釜無川における植生と河道水理パラメータとの関係を図-16 から図-19 に示し, 図-20 から図-23 に笛吹川における植生と河道水理パラメータを示した. 図-16 および図-17 ではフルード数 Fr と木本類, 草本類のそれぞれの関係を示したものである. 図-16 では, Fr 数の増加によつては必ずしも明瞭な木本類域の破壊を与えないことが示されている. このことは長方形断面平均水理量で Fr 数が定義されているが, 実際の断面は滞筋を中心にたとえば三角形 (に類似した形状) であり, 図-21 は破壊の領域が滞筋を中心して横断面内に分布して生ずることを示している. このことより植生の破壊の議論には横断面の形状を考慮する必要があることを示している.

図-18, 図-22 では, 河道中心線の湾曲の程度にかかわる

($1/r$) と滞筋から草本類までの最小距離との関係を示したものである. 曲率が大きくなると固定砂州ができるために水際に草本類が生えて最小値が小さな値になると考えられる. 図-19, 図-23 では無次元掃流力 τ_* と木本類面積率との関係を示す. 釜無川の無次元掃流力 τ_* が小さい所で木本類面積率が大きくなる傾向にある. これは無次元掃流力 τ_* が小さいことは河床変動が起きにくいことをあらわすので, 木本類は河床が安定しやすいところに生えていると考えられる. 笛吹川の場合に関係が明確でないのは τ_* の小さい一部区間で人為的な伐採が行われたことによるためと思われる. また図-20 から河床が安定しやすい部分では水際まで草本類が生えていることがわかる.

5. おわりに

航空写真を利用した植生分布の解析の基本モデルの構成を試みた結果以下のような結論が得られた.

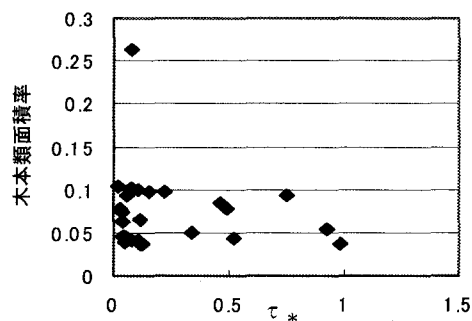


図-23 木本類面積率と τ_* (笛吹川)

- (1) 航空写真判読に輝度およびRGBを利用する方法では, 植生域と水域のオーバーラップが激しく閾値の決定は容易ではない.
- (2) 航空写真を参照しての, マニュアル操作での前処理は, 時間的, 空間的に広がりのある植生の繁茂, 破壊についての把握に有効である.
- (3) 釜無川に比べ笛吹川では, 水際部分で草本類の専有率が高い.
- (4) 木本類面積率の分布状況は河幅水深比 (B/H) および河道の湾曲効果による低水河道の固定を考慮した ($1/r$) には余り関係せず無次元掃流力 τ_* に関係がある.

河川の植生は河道特性, 河川水面からの距離の両者の影響を受け, それらのどちらか一方だけで一元的に植生の分布を表現することは困難である. 今後の課題として, 河道特性と河道の横断分布の新たな総合的解析が望まれる.

参考文献

- 1) 建設省河川局河川環境課監修: 河川水辺の国勢調査年鑑(植物調査編) 平成7年版, 1997.
- 2) 辻本哲郎, 岡田敏治, 村瀬 尚: 扇状地河川の川原の植物群落と河道特性—手取川における調査, 水工学論文集, Vol. 37, pp. 207-214, 1993.
- 3) 砂田憲吾, 岩本 尚, 渡辺勝彦: 出水履歴と河道特性が植生域の長期変動に及ぼす影響に関する基礎的研究, 水工学論文集, Vol.42, pp. 451-456, 1998.
- 4) 砂田憲吾, 白石孝幸, 岩本 尚: 河川植生の分布とその調査方法に関する基礎的解析, 水工学論文集, Vol.43, pp. 965-970, 1999.
- 5) 河川環境管理財団: 河道変遷特性に関する研究, pp. 77~86, 1998.
- 6) 河野逸朗, 砂田憲吾, 米山 実: 出水時における河道内樹木の破壊に関する基礎的解析, 第27回関東支部技術研究発表会講演概要集, II-11, pp. 222-223, 2000.
- 7) 飯田祥二, 砂田憲吾, 西木卓司: 河川植生域の経年変化の予測手法について, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集, II-141, 2000.

(2001. 10. 1 受付)