

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

Vegetation and River-Morphological Characteristics in a River in Fluvial Fan
- Field Survey in the River Tedorì -

辻本哲郎*・岡田敏治**・村瀬 尚***

By Tetsuro TSUJIMOTO, Toshiharu OKADA and Takashi MURASE

Vegetation in rivers is a key to improve a favorable river environments to provide amenity space or space for various wild lives, but it brings an undesirable effect during flood. Recently, hydraulics of flow with vegetation is studied from the above-mentioned view point, but there is few informations about how the vegetation zones grow in rivers naturally, how they can be controlled artificially, how they are idealized in fundamental analyses or experiments in laboratories. In order to accumulate informations to answer the above questions, field survey of species and growing patterns of plants related to flood-plain morphology is conducted in the river Tedorì. The survey data are inspected to clarify the relation among vegetation characteristics, river morphological characteristics and the time series of river discharge.

Keywords: river environments, vegetation in rivers, river morphology

1. まえがき

近年治水・利水・環境のいずれの機能も損なわない河川整備が指向されつつある。こうしたなかで河川植生への注目は大きい。河道内植生は河川にしか残されていない貴重な自然の「場」そのものであり、環境機能の鍵といえる。治水面では従来の洪水疎通障害源としてこれまで以上に精度良く見積られねばならない一方、植生に積極的に水制・護岸効果を期待した「多自然型河川工法」の可能性も探られている。こうしたとき、河道内の植生を適切に制御することが望まれるが、人工的な養成・伐採のほか植生群落養成を想定した「環境維持流量¹⁾」の設定となれば利水問題ともかかわってくる。こうした状況で、植生の水理に関する研究が盛んに行なわれるようになってきた^{2)・3)}が、河川の植生やその群落についての知見が充分でなく、河川植物の調査が望まれている。建設省でも平成3年度から「河川水辺の国勢調査」の一環として植生調査を開始したが⁴⁾、植生水理に関する基礎的研究を進める上で植生あるいはその群落をどうモデル化したらよいか、植生と河道動態の特性をいかして治水・利水・環境機能を等しく向上させる新しい川づくりをするにしても植生の成長や群落形成が河道動態（河床・流路形態、河床材料特性、流況など）とどう相関しているかについて情報を提供してくれる調査とは必ずしも言えない。本研究では、上記の背景に鑑み、こうした目的

* 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科
(〒920 金沢市小立野2-4 0-2 0)

** 学生会員 金沢大学大学院 工学研究科修士課程土木建設工学専攻

*** 金沢大学 工学部土木建設工学科学生

について情報を提供してくれる調査とは必ずしも言えない。本研究では、上記の背景に鑑み、こうした目的に応えるためにはどのように植生調査をやり、どのような特性を抽出して行けばよいかを検討した。調査対象としては扇状地河川を選んだ。その理由は、扇状地河川での植生調査が少ないこと、河況係数が大きく、植生分布が流況に大きく影響されているだろうこと（冠水などが繰り返され若い植物が多い）、またそのため植物種が貧相で植物種同志の干渉が少ないであろうこと、流路変動とそれと関係の大きい植生群落を含めた制御によって扇状地河川の新しい治水対策を進めていくことが望ましいと考えられることである。

本研究では手取川下流部（7.0km～13.0km付近、図1）で植生調査を行なった。手取川は白山を水源とする流域面積809km²、流路延長72kmの一級河川で、下流17.3kmが直轄区間となっている。鶴来から下流の平均勾配は1/143で典型的な扇状地河川である。昭和9年の手取川大洪水では多量の土砂が流出し河道を覆い尽くした。その後このような大洪水はおきず、治山・治水工事の進展と共に新しい平衡河道が形成されてきた。とくに1980年に手取川ダムが完成して以来は大洪水は経験していない。

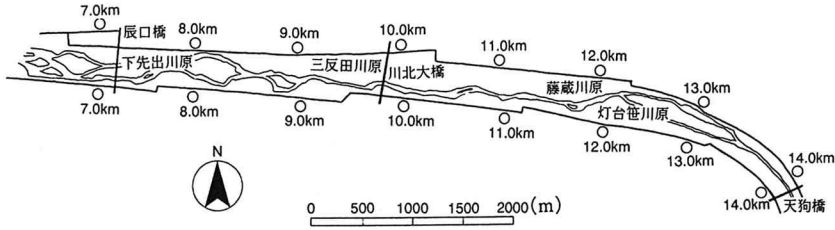


図1 手取川扇状地区間の川原



写真1 手取川下先出川原の航空写真

写真2 手取川灯台笹川原の航空写真

対象区間は基本的には単断面であるが、図1に示すように左右交互に川原が発達しており（交互砂州の名残）、三反田、藤蔵川原（1991年夏季）、上先出、灯台笹川原（1992年夏季）で調査を行なった。1991年度の調査法と結果は先に発表しており⁴⁾、ここでは1992年度の調査について述べる。

写真1、2は下先出及び灯台笹川原の航空写真（建設省金沢工事事務所提供）を1977年、1989年で比較したもので、今回の調査時点ではほぼ後者の状況に対応している。航空写真の比較によると以前は出水のたびに冠水したり新しい河床材料が供給されて植生は下先出の一部を除きかなり貧相であったが、手取ダム完成後、出水の規模・頻度が小さくなって河道内流路変動が固定化して植生が発達してきたことがうかがえる。すなわち、対象とする植生のほとんどが10年未満の若い群落である。

2. 野外調査の方法

調査の対象とした植物は水理学的・河川工学的に意義があると思われるものを選び（小さな草花などは除外した）、その種類、大きさ、位置、群落形成特性などを調査することとした。手取川では、川原⁵⁾によってここ6～7年、河道の植物調査が継続されておりその成果を利用して植物種を特定した。調査の対象としたものは、アキグミ、カワヤナギ、イヌコリヤナギ、ハリエンジュ、ヌルデ、ネムノキ、オニグルミなどの樹木、ツルヨシ、イタドリ、ススキ、マツヨイグサ、コマツナギ、タデ、クズなどの草本類である。各植物のシルエットの特徴や水理模型実験としてのモデルとの関連についての考察は文献4)で述べた。

植物あるいはその群落の（根元の）空間位置をスタジア測量で求めた。測量は、堤防上の距離標および距離標間に補間した基準点にトランシットを据え、川原の必要な地点（植物の根元や植物群落の境界、河川敷地形・表層地質の急変点、旧流路の境界など）に標尺を立ててこれを視準した（図2）。踏査員は2～3人一組で、河川敷の必要な地点に標尺を立てトランシッターでトランシット要員に測量を依頼するとともに、調査票に必要事項（植物の種類、高さ、幹の太さ、群度、河床材料、その他）を書き込む。なお、1991年

度の調査⁴⁾ではトランシットを据える基準点は堤防沿いで100m毎に設置し、測量する点はランダムに分布したが、1992年度の調査では、基準点を50mごとに設置、原則として25m間隔の横断線（堤防に直角）に概ね沿った測量点を選んだ。これは1991年度の調査域が比較的植物群落が疎であったのに対し、1992年度の対象域では植生が豊かで群落が連続的であったことによる。測量点の密度は堤防から水際まで（平均150m）の平均個数が15～30点、すなわち横断方向には5～10mピッチ、縦断方向には25mピッチの測量点となった。もっとも植生の分布やその種類、地形の変化の著しいところでは密な分布となっている。

上記のような調査によって測量点の3次元座標（トランシットデータ）、植物種類およびその大きさ、群度など（踏査員の調査票）がデータとして得られた。平面座標については堤防上トランシットと下流の基準点と結ぶ線をx軸（y=0）とし、y軸をこれに直角に流心へ向かう方向にとった。鉛直座標は基準点の標高とトランシット高を用いて標高に換算した。

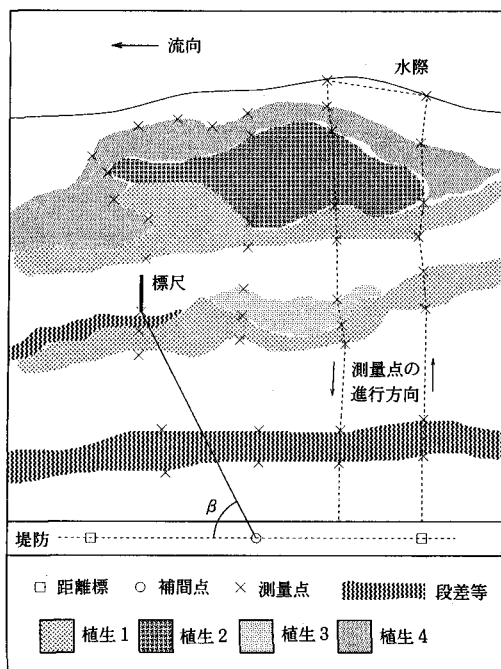


図2 基準点と測量点の選び方

3. 調査結果の整理

調査で得られたデータをもとに河川敷微地形のコンターを描き、それに植物種類の空間分布を重ねた（図3）。また河川地形とその上の植生を典型的に示す横断面図（図4）も容易に描くことができる。これらの図から、植物ごとに群落を形成する場所に相対的な差があること、群落の形状が異なることなどの特徴が概観される。すなわちツルヨシ、カワヤナギは水際や旧流路に近く、イヌコリヤナギ、アキグミがそれに続き、さらにハリエンジュ、ススキとなっているようである。特に右岸はアキグミ群落がよく発達している。調査した川原のうちでは三反田、藤蔵は比較的植生が貧相でアキグミを主体とし、上先出、灯台笹川原は比較的豊かな植生で、ネムノキ、オニグルミ、ハリエンジュなど植物の種類も豊富である。

ツルヨシ、カワヤナギ、アキグミは典型的な縦断方向に帯状の群落を形成し、一方、ヌルデ、ススキ、イタドリはパッチ状の群落を形成する傾向が強い。ハリエンジュ、オニグルミ、ネムノキも縦断方向に帯状を示すようであるが群度が小さく、手取川の調査区域では群落と認めがたかった。

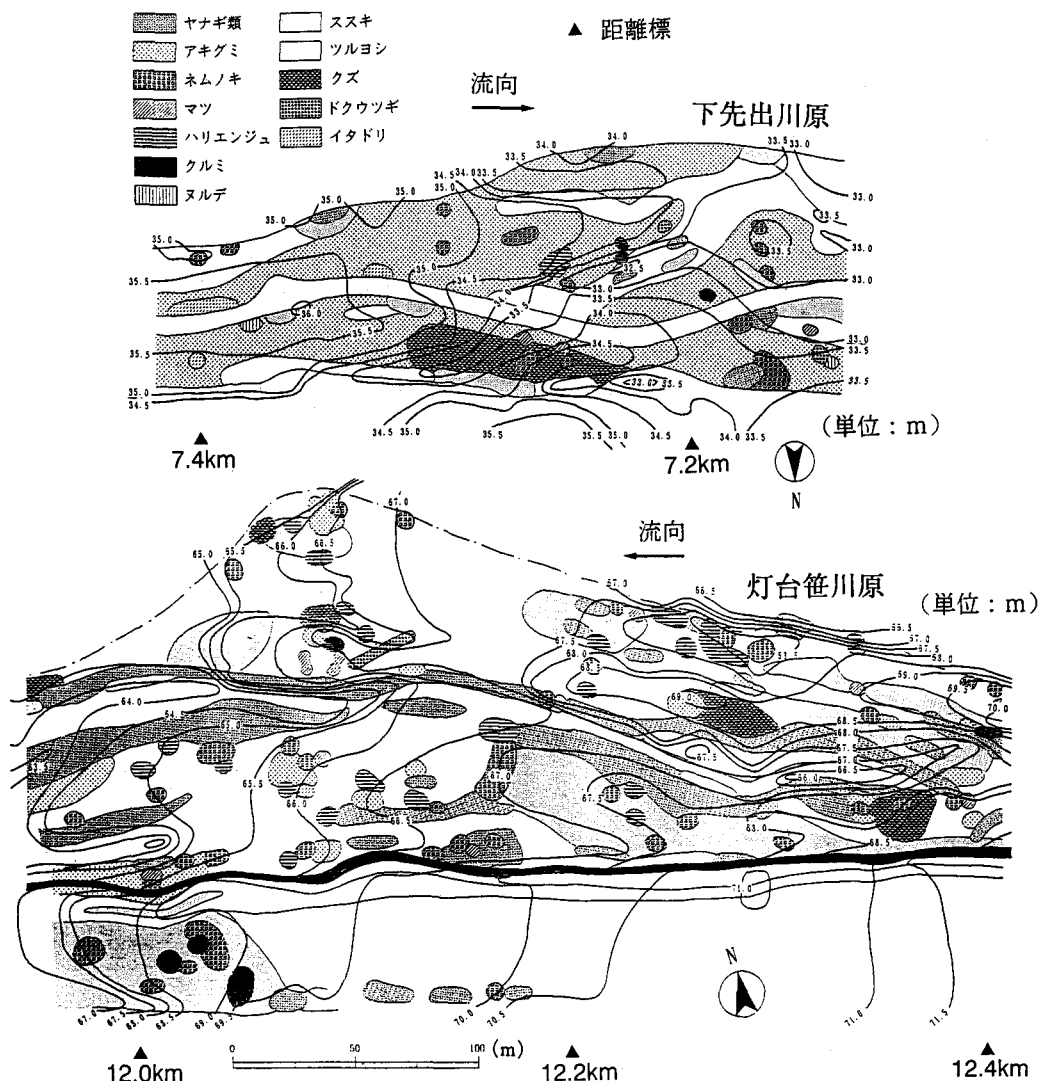


図3 手取川下先出および灯台笹川原の微地形等高線と植生分布図

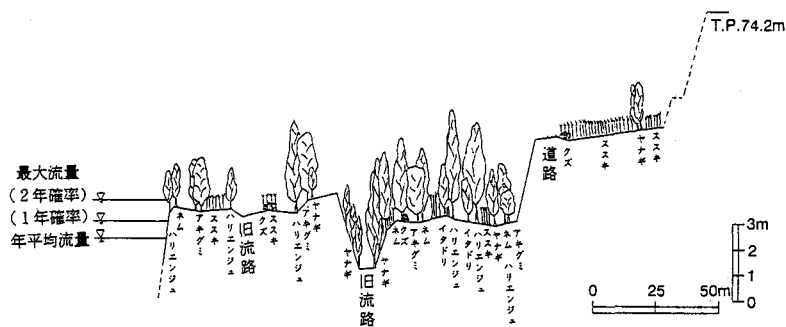


図4 川原の地形と植物分布の横断面図の例（手取川12.1km左岸灯台笹川原の一断面）

図3のような図をもとに、原データを参考にしながら各川原ごとに5mメッシュをかけ、各メッシュごとの特性（標高、植物の種類、群度、植物の高さなど）を数値データ化しフロッピーに記録した。特性自身は変化の著しいところで重みを付けて測定されるべきだが、後の解析については空間に占める面積の重みを考慮すべきである。この点を考慮して上記のような手順でのデータ整理を行なった。この数値データは後の解析（各量の相関解析を含む）に有効であるほか、データの保存に便利である。

4. 調査対象の川原の特徴

植生の種類や群落形成特性は同一扇状地の河川に限っても川原によってかなり異なる。川原の地形的特徴を定量的に比較することは容易でないが、ここでは測量データから水面からの地盤高を表す「比高」と横断勾配に着目した。川原は縦断方向には比較的連続性を持つことから後者は水はけの良さを表す一つの指標と言える。扇状地河川は河況係数が大きく、いくつかの基準流量を想定した。すなわち建設省のデータ⁵⁾から最近24年間の年最大流量、年平均流量、低水流量などの平均値、最大流量の1年確率流量、2年確率流量を求め（それぞれ、 $1,371\text{m}^3/\text{s}$ 、 $47\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2\text{m}^3/\text{s}$ 、 $321\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1,133\text{m}^3/\text{s}$ ）、次にこれらの流量に対する水位を不等流計算によって求めるという手順をとった。建設省金沢工事事務所では $5,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度までの様々な流量に対して現況断面について不等流計算を行っており⁵⁾、その結果を流量および縦断距離について内挿して各メッシュでの水位を求めて数値データとして保存した。地盤高と各流量に対応する水位から川原の各位置での比高が求められる。一方、横断勾配は各メッシュでの地盤高と流心側の隣り合うメッシュでの地盤高の差（横断方向5mあたりの高低差、流心へ下っていく向きを正と定義）を指標とした。下先出、灯台笹川原について平均流量に対する比高、横断勾配の頻度分布を比較したのが、図5、6で、灯台笹では川原が2段になっていること、下先出の比高は灯台笹の2段の川原の低い方と高い方の中間の高さとなっていることがわかる。灯台笹では2段の川原の境界の崖部分の存在が横断勾配の頻度分布のサブピークを作っていることがわかる。こうした地形特性の変化が植生の種類や群落形成特性に与える影響がどのように調査結果に現われているか、植生調査結果を普遍化するためにはこれらをどのように考慮すればよいかが重要な視点である。

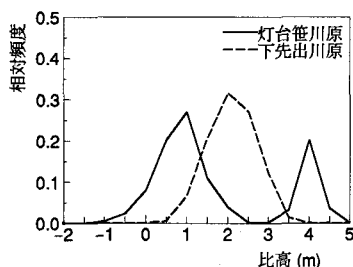


図5 地盤の比高分布

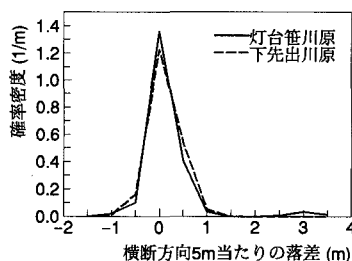


図6 地盤の横断勾配分布

5. 植物群落の分布特性

植物の比高をその生息位置（根元）の水面高からの高さで定義し、代表的な植物についてその頻度分布を調べた。図7は灯台笹、下先出の代表植物について年平均流量に対する比高分布を確率密度表示したものである。ツルヨシ、ヤナギ（カワヤナギとイヌコリヤナギ）、アキグミは比高に対して尖った分布を示し、植物の生息位置と比高が強く相関していることが推測される。これらのいくつかについて基準流量を変化させて分布の変化をみたのが図8で平均値が基準流量と共に変化しているが標準偏差は変わらない。これは比高分布が流量による水位変化の分だけ平行移動されることを示しており、各川原で流量による平均比高の変化を押さえておけばよい。

一方ネムノキやススキでは灯台笹で著しいように確率密度分布が2ピークとなっており必ずしも比高だけが生息位置を支配しているものでないことがわかる。

川原によって植物ごとの比高分布に差が見られる一つの要因は地盤高の比高分布が川原によって異なること（図5参照）である。そこで、植物の比高分布を地盤高の比高分布で除して、植物の各比高地盤での面積占有率を調べた。この結果が図9に示される。ヤナギは年平均流量の水際（比高0）で高い存在確率（0.4）を示している。一方ツルヨシはさらに数10cm低い位置に生息するが、この川原での面積占有率はこの比高領域に限っても存在確率は低く（0.1）その他の条件（河床材料）などに依存していることが推測される。

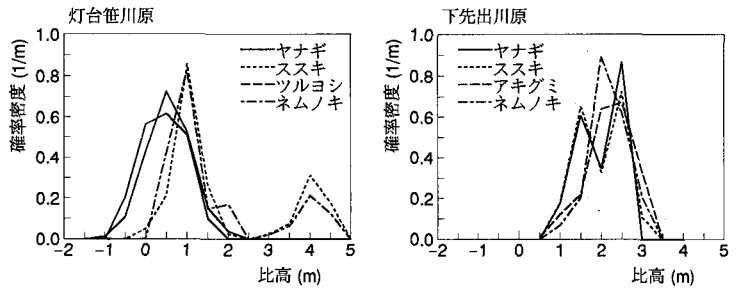


図7 植物の比高分布

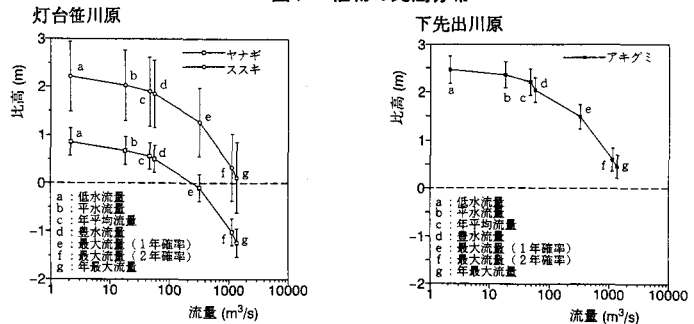


図8 いくつかの植物の比高の平均値・標準偏差の流量に対する変化

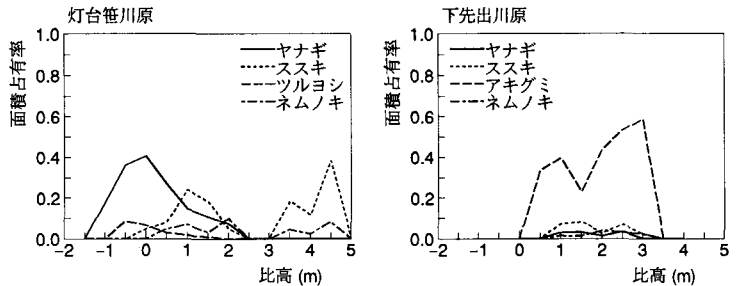


図9 植物の面積占有率（存在確率）の比高による変化

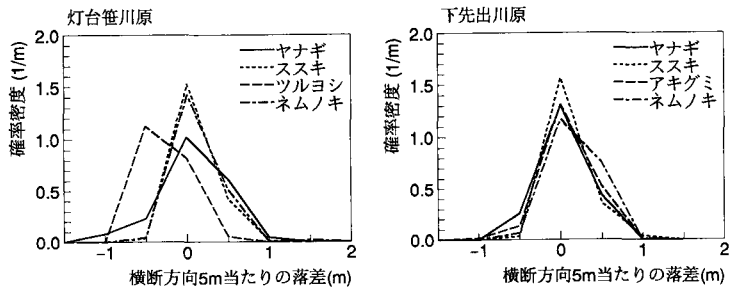


図10 植物成育域の横断勾配の分布

図10は横断勾配との相関を植物ごとの生息位置の確率密度分布から見たものであるが、横断勾配についても川原全体の横断勾配の分布(図6)を用いて、横断勾配に対する各植物の面積占有率に換算したもの(図11)がわかりやすい。この結果によると、ヤナギやツルヨシは横断勾配がゼロ(平坦)のところ

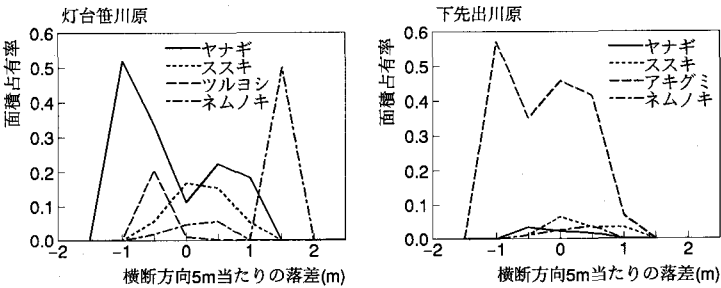


図11 植物の面積占有率(存在確率)の横断勾配による変化率

ルヨシは横断勾配がゼロ(平坦)のところ

で極端に占有率が低い一方、ススキはむしろ横断勾配のないところで高い占有率を示している。ネムノキは比高の高いところで崖地(サンプルが少ない)にも存在したため正の勾配の大きいところでの占有率が大きくなっている。ヤナギ、ツルヨシが負の勾配のところ

で占有率が高くなっているのは、横断勾配を堤防から川の中心へ下る方向に定義しており、比高の高いところに正の勾配が集中していることによる。すなわち比高の条件付きで議論すべきであったが、サンプル数が小さくなるためここではそのまま比較した。

6. 川原の中の旧流路に沿った調査

川原には洪水時に流れた跡が明確に残り(旧流路と呼ぶ)、そこでは地形・河床材料・植生の間の相互関係を典型的に示しているものと思われる。灯台笹川原でも図3にも認められる旧流路が存在しており、これに沿った調査を実施した。図4からわかるように、年平均流量程度では旧流路に水が流れる。調査はトランシットを旧流路に沿って順次移動し、平面、縦断形状ならびに典型的な横断面の測量を行ない、踏査によって旧流路の河床材料、流路両側の植生の調査を行なった。図12は測量によって得られた旧流路平面図で、流路の平面形状のほか測量時の基準点、流路両側の植生、河床材料(砂、礫と砂の混合、巨礫の3区分)を併示した。また図12に流路に沿った縦断形状(図中のx軸に沿った流路中心の標高差)も示した。

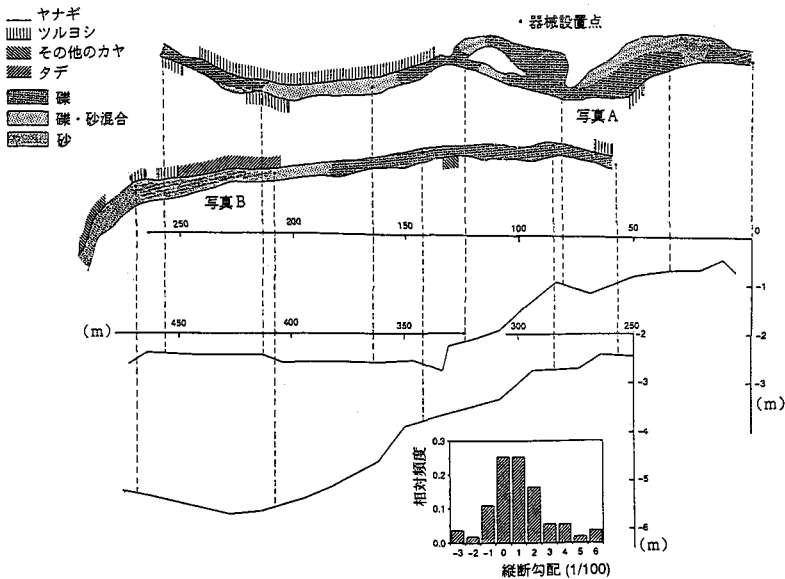


図12 灯台笹川原内旧流路の平面形状と河床材料・植生分布及び縦断形状

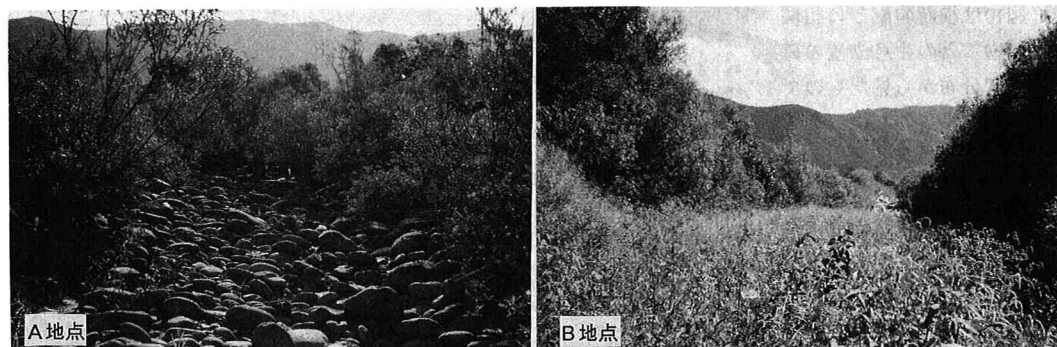


写真2 灯台笹川原の旧流路 (A, B地点の位置は図12に指示)

写真2は旧流路が巨礫からなる区間(両側にヤナギが繁茂)と砂からなる区間(砂地にタデが繁茂)の例を示す。図13, 14は(流路に沿った)縦断勾配と河床材料に占める砂, 礫(粒径10cm位)混じり砂, 砂混じり礫(20cm位まで), 20~50cmの石, 50cm以上の石の

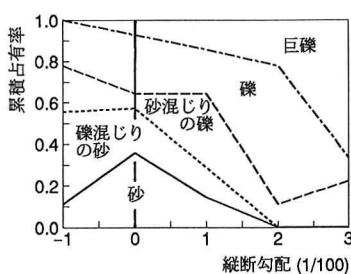


図13 河床材料と縦断勾配の相関

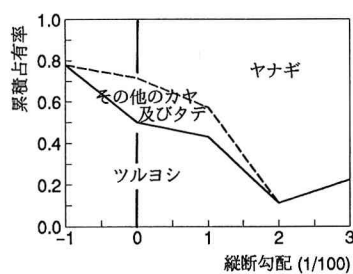


図14 植生と縦断勾配の相関

割合, 植生(ツルヨシ, ヤナギの占有率)の関係を調べたもので, 局所的な縦断勾配が河床材料を変化させ, それによって植生種類を変化させていることわかる。

7. あとがき

本研究では扇状地河川の今後の河川整備は流量, 流路形態(土砂), 植生環境の動態を制御した川づくりであるとの観点から, 川原の形成, 動態との関連での植生調査の必要性を指摘し, こうした目的になかった調査方法を検討しまた実施した。本論文では特に1992年度夏季の調査に基づいて, 扇状地河川特有の植物についてその群落形成特性を比高, 横断勾配, 河床材料と植物繁茂状況との相関を調べることによって検討した。植物群落の形成は川原によって異なるものの, 川原の特性である比高分布, 横断勾配分布, 局所的縦断勾配, 河床材料そして流況及び流量変化に対する比高の変化特性などを考慮すればある程度普遍的な性質が抽出できる可能性がある。なお樹高や群度との相関, 1991年度調査との比較などが残された課題があるが, 今後さらに調査区域を増やして特性抽出に努める一方, 川原の地形特性や流況の変化に対する植生動態の予測についての研究を進めたい。

参考文献

- 1) 辻本哲郎: 植生を伴う流れの水理, 水工学シリーズ, 91-A-5, 土木学会, pp.1-22, 1991.
- 2) 植生水理分科会: 河川植生の水理研究, Circular No.1, 土木学会水理委員会基礎水理部会, 15p., 1992.
- 3) 建設省河川局治水課, 河川水辺の国政調査マニュアル(案)植物調査編, 51p., 1991.
- 4) 辻本哲郎・北村忠紀: 河道内の植物群落調査と植物群落養成の河川工学的意義, 第4回水資源に関するシンポジウム前刷集, pp.537-542, 1992.
- 5) 川原捷彰: 手取川の植物, 第4報, 1988.
- 6) 建設省金沢工事事務所資料, 1991.