

# 河床形状に及ぼす植生の影響に関する大型水路実験

The Effect of Vegetation on Channel Pattern in Large Flume Experience

目代 邦康\*・池田 宏\*・飯島 英夫\*・小松 陽介\*\*・齋藤 健一\*\*\*

Kuniyasu MOKUDAI \*, Hiroshi IKEDA \*, Hideo IJIMA \*,  
Yosuke KOMATSU \*\* and Ken-ichi SAITO \*\*\*

## はじめに

洪水や増水によって、大きく変化する河川が溪流の河道周辺の水辺には、河畔林(中村,1995)あるいは水辺林(崎尾,2002)とよばれる森林植生が分布する。地形変化と植生立地は、同一空間を共有するため、多くの相互作用があり、これまで、その生育環境や配列がしばしば地形との関連で議論されてきた。特に、河川による攪乱の頻度と強度と、植生の対応関係の解明が行われている(たとえば石川,1988;進ほか,1999;Suzuki *et al.*, 2002)。一方で、河畔林が河道周辺の地形形成プロセスに与える影響は、根系の発達による砂礫の支持や地上部が流れの障害など、様々指摘されているが(Thorne, 1990)、そのメカニズムは不明な点が多い。最近、水路実験により、河床の植生(あるいは模擬植生)が河道の形状に影響を与えていることが示されている(Gran and Paola, 2001;村越, 2002)。また数値シミュレーションにより、植生の影響が評価されている(Murray and Paola, 2003)。これらの研究では、植物の根や幹が砂礫確の安定性に与える影響を評価している。

これまでのほとんどの河川地形に関する水路実

験では、無植生の状態で実験が行われてきたため、河道形成プロセスにおける植生の働きは、十分評価されているとはいえない。そこで、本研究では、河川変動における植生の役割を評価することを目的とし、大型水路の河床に植生を繁茂させ通水実験を行い、河床形状の変化を観察した。ここでは、その結果について述べ、植生が河床変動にあたえる影響について整理する。このような研究は、温暖湿潤地域における河川地形の本質的な理解のために重要であると考えられる。

## 実験の材料と方法

実験は、陸域環境研究センターの鋼製大型水路で行った。水路の全長は160 m、幅4 m、勾配は1/100である。以下水路における位置は、上流端からの距離で表す。

河床の砂礫には、砂と直径5 ~ 10 mmの礫を用いた。その比率はおおよそ1:1である。無植生の状態で通水し、バー河床を発達させた後、大麦を播種した。植生が河床形状の変化に与える影響を明らかにするため、植生区間と対象区間としての無植生区間を設定した。前者は、90 mから130 mま

\* 筑波大学陸域環境研究センター  
\*\* 防災科学技術研究所  
\*\*\* 筑波大学地球科学研究科

での 40 m 区間に大麦を一面にまいたものである。大麦の密度はおよそ 50 ~ 100 粒 / 100 cm<sup>2</sup> である。後者は、50 ~ 90 m 区間である。播種後、農業用散水ホースを用い、地表に水流が発生しない程度の水を与え、常時電照した。

発芽した大麦の高さが、およそ 7 cm になったときに通水実験をおこなった。

水流表面の流速と流向の計測のため、通水実験中に発泡スチロール片を散布して写真撮影をおこなった。写真撮影は大型水路建屋に懸垂して自走する天井走行電車から行った。シャッタースピードは 1 秒とした。また、砂面・水面計を用いて、通水実験前と後に河床縦断形の計測を行い、通水実験中には水深の計測と河床形状の観察および記載を行った。

### 河床形状の変動と表面流速・流向

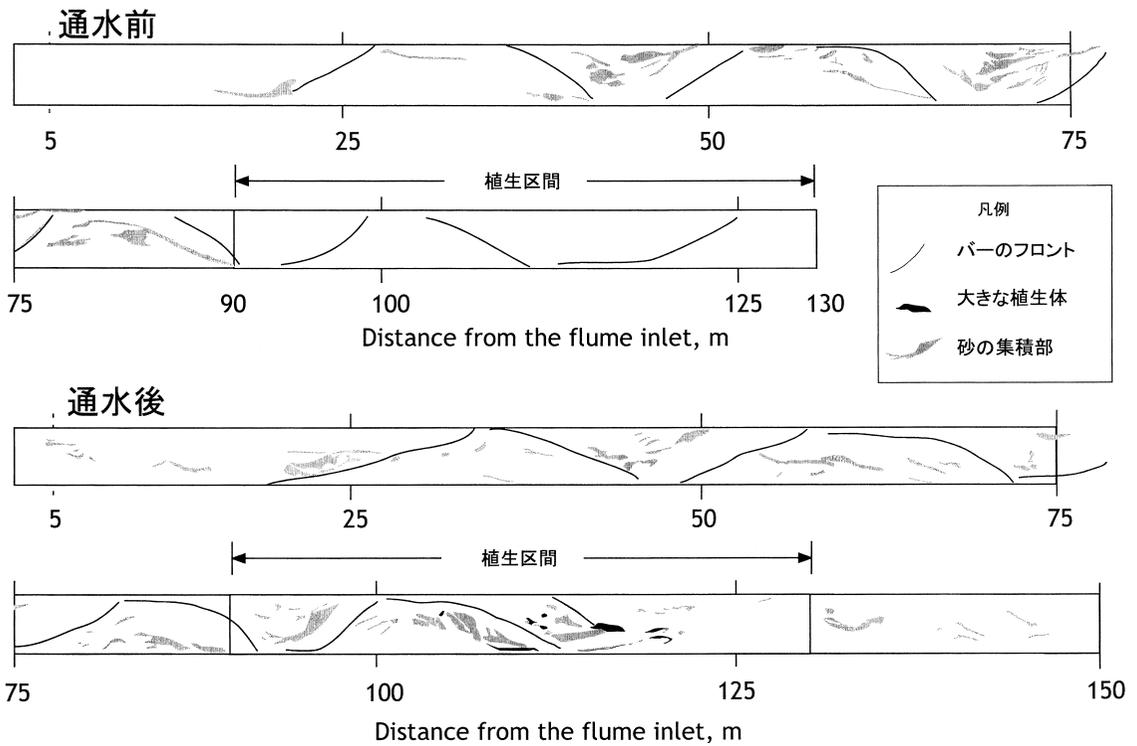
通水実験前の河道形状と通水実験後の河道形状スケッチを、河床の観察および、電車からの写真から作成した（第 1 図）。実線の曲線で示してあるのが、バーのフロントの位置である。灰色で示してあるのが、砂の密集している部分である。通水実験前の河道には、波長約 15 ~ 20 m のバーがつくられていた。砂の密集帯は、流路と平行して筋状に分布している。植生区間の砂の密集帯は、植生のため観察できなかったので図示していない。一方、通水実験後には、110 m までは、バーの波長とその位置はほとんどかわりがなかった。それより下流ではバーは不明瞭になった。120 m までは、流路が分岐し、蛇行する流れが現れ、120 m より下流では直線的な河道形状が現れ、河道と周囲の土地との比高が大きくなり、段丘化が進行した（第 2 図）。無植生の場所では、砂の密集帯の分布パターンはほとんど変化が見られない。それに対し、植生区間では、砂の密集帯の形態が筋状からパッチ状に変化し、サイズが大きくなっている。また、集中して出現している。

通水実験中の表面流速・流向計測の結果を第 3 図に示す。植生のない河床では、バーの分布に対応して、左右岸交互に流れの向きが変わっている。一方で、植生区間では、流れの向きは水路の長辺と平行なものが多い。すなわち側壁に対し低角の流向である。第 3 図のベクトルを、植生のある範囲とない範囲に区別し、流向と流速で整理したものが、第 4 図である。流向は、水路の短辺に対する角度で示している。無植生区間では植生区間に比べると流向のレンジが広く、流速は小さい。一方、植生区間では、流向のレンジが狭く、流速は大きい。河道の様子を観察では、植生区間においても部分的には、広角の流れは存在していた。

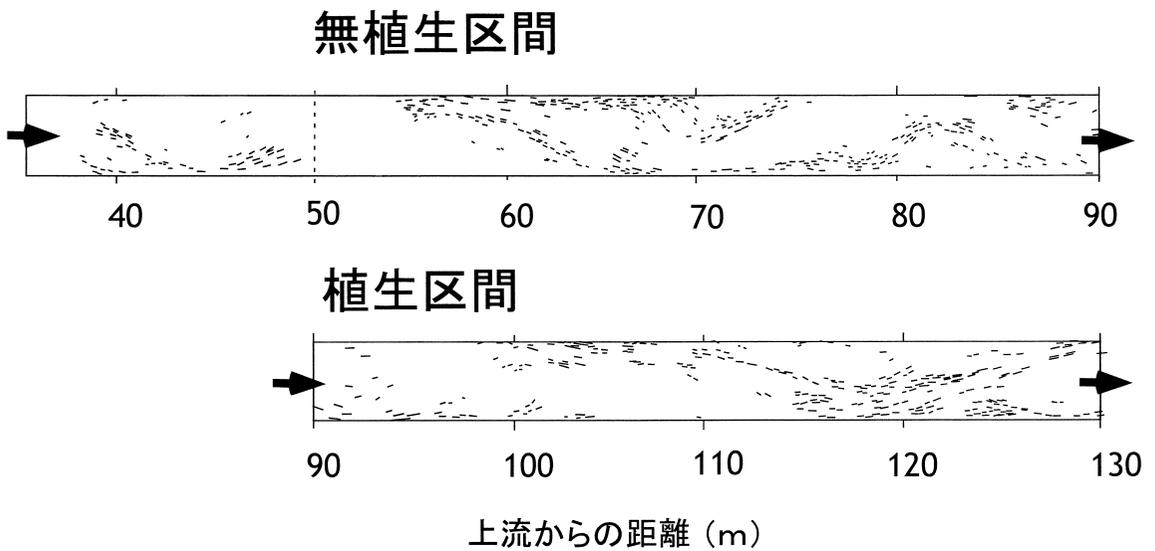
### 植生の影響による特徴的な河床形状

通水実験により、植生区間の河床に特徴的な河床形状が見られた。植生の密集している場所（以後、植生体とよぶ）の下流側に砂が堆積するものと、植生体の上流側に礫が堆積するものである。前者を a タイプ、後者を b タイプと呼ぶ。また、120 m より下流に直線的な河道が現れた。以下、これらの地形について詳細を述べる。

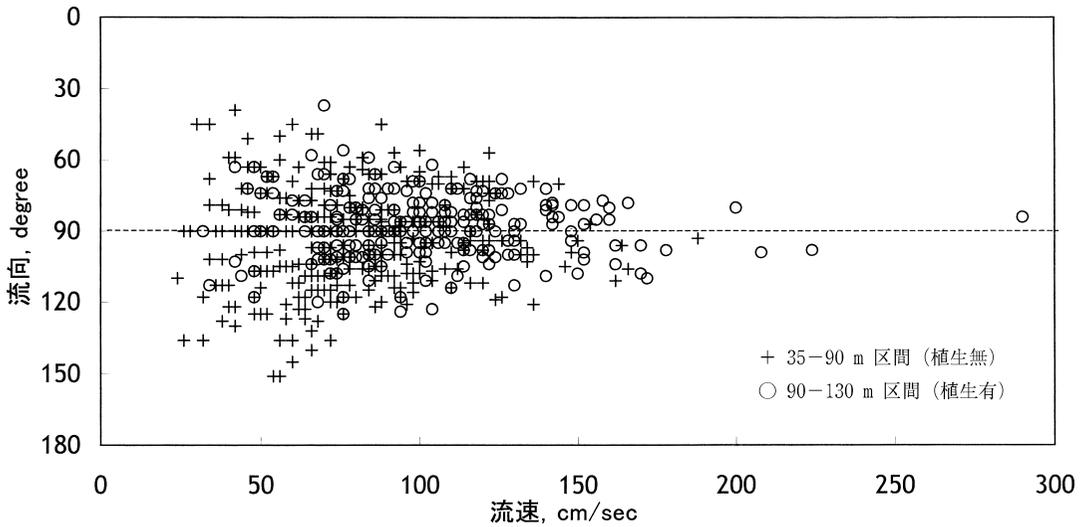
1. a タイプ: 植生体の下流側に砂が堆積(写真 1a)  
大麦の植生体により、流れが分断され、植生体の下流側に細粒の砂・シルトが堆積した。植生体の長さは、上流から下流に向かって、20 cm ~ 30 cm、幅は、それに直交する方向に 15 cm ~ 20 cm の大きさである。また、植生体の上流側には、上流から流れてきた植物体が集積した。
2. b タイプ: 植生体の上流側に礫が堆積(写真 1b)  
上流から礫がシート状に移動し(グラベルシート)、そのグラベルシートが植生体により分断された。植生体の背後(下流側)には、凹地が形成された。



第1図 通水前と通水後の河床のスケッチ

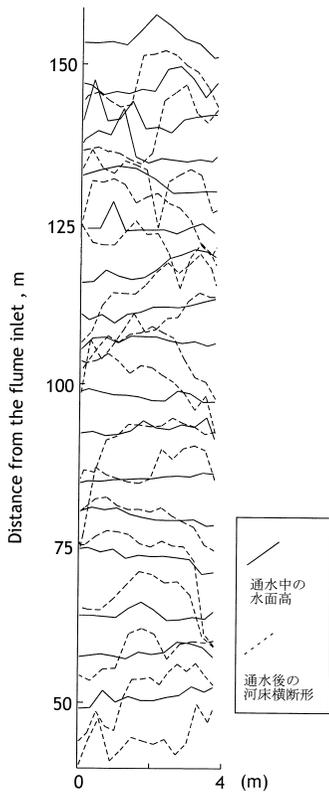


第2図 植生区間と無植生区間における流向，流速の平面分布（矢印は流向を示す）



第3図 植生の有無による流向, 流速のちがい

流向は水路の短辺に対する角度で示す。図中の点線は、長辺と平行な流れを示す。左岸を向く場合は90°より小さい値となる。



第4図 通水時の水面高と通水後の河床横断形状

### 3. 120 mより下流の直線的な河道 (写真 1c,d)

でのべたように, 120 mより下流に直線的な河道が現れた。この直線的な河道のはじまる場所 (120 m 付近) では, 大麦は, 根を張ったままその先端を下流に向けて倒れていた。そのため, 流亡していない。

### 河床形状の変動

今回の実験では, 植生の影響による河床形状の変動がみられた。第1図から, バー河床が蛇行河川に変わっていく様子が読みとれる。しかし, 通水により大麦の植生の大半は流亡してしまったため, 明瞭な変動を記載することができなかった。以下, 個別に観察された特徴的な河床形状のタイプについて整理する。

a タイプでは, 植生体の下流側に細粒物質 (砂) が堆積し, 砂と礫の平面的な分級が引き起された。植生体の上流側には, 上流から漂流してきた大麦の芽が累積していく様子が観察された。このような漂流してきた植物は, 実際の河川では, 洪水後に, その場に定着することが考えられ, 島状の植

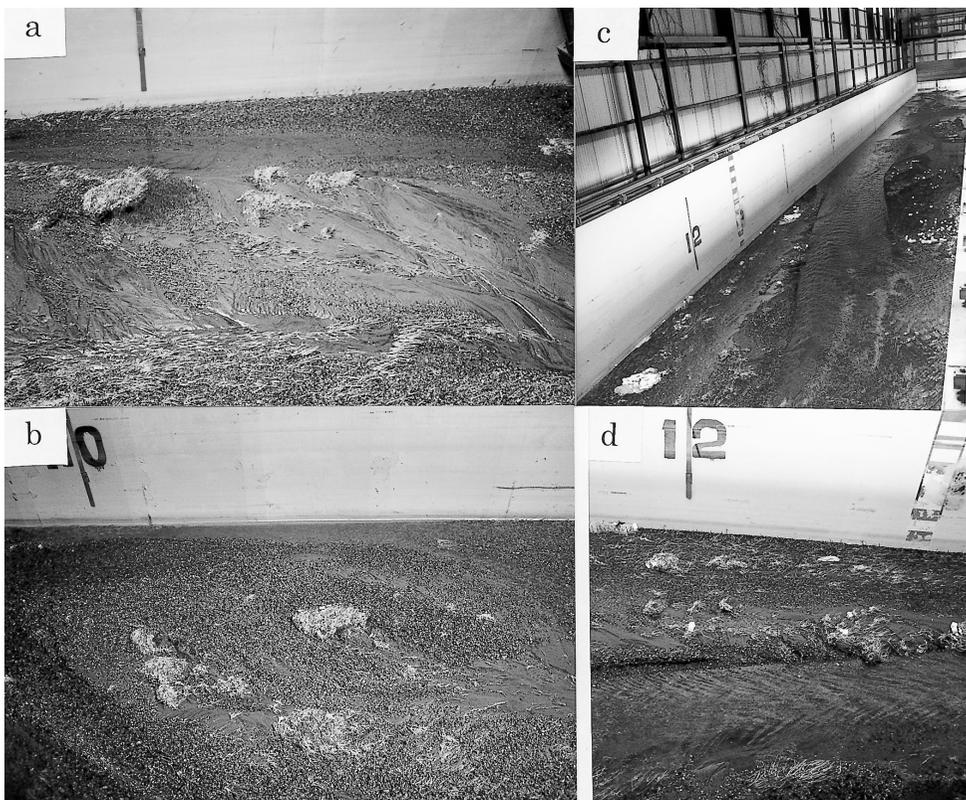


写真1 植生体および河道の形状

- a: a タイプ：植生体の下流側に砂が堆積    b: b タイプ：植生体の上流側に礫が堆積  
 c: 直線的な河道形状・上流側から望む    d: 直線的な河道形状（上流から 120 m 付近）

生体は、より植物の密度が高くなることが予想される。石川・川西（2002）は、上高地梓川において、河床砂礫部において、ケショウヤナギの大径孤立木が先駆樹種パッチ形成に重要な役割を果たすことを指摘している。今回実験で観察された a タイプの植生体は、石川・川西（2002）が示したパッチの形成と類似の現象であると考えられる。すなわち、実際の河川での植生定着プロセスと砂礫堆積の形成との関連が予想される。

b タイプでは、グラベルシートが上流から進行し、植生体の上流側に礫が堆積したものである。グラベルシートが植生体により分断されるため、その背後では、凹地が形成される。この凹地は侵食地形ではなく、堆積地形である。

直線的な河道形状は、植生が密なところから始

まっている。これは、植生により河道の摩擦が減少し、そのため流れが速くなり、段丘化がすすみ直線的な河道が現れたと考えられる。一般に、植生は流れに対する抵抗性をますことが知られているが（たとえば Baker, 1977; Keller and Swanson, 1979）、本実験の結果では、逆の現象となった。河床の縦断形をみると、直線河道が現れたところから河床の傾斜が変化してはいないので、傾斜の変化によるものではない。全体の流向流速分布をみると、直線河道の出現により、植生部では、流速が早くなり、流向のレンジも狭くなったことが考えられる。実際の河川では、植物は今回の大麦のように、完全に倒れてしまうようなことはないため、類似の現象が見られるか否かは、十分検討する必要がある。

## まとめと今後の方針

今回の実験で明らかになったのは、以下の事柄である。

1. 植生は、流れの障害となり河道形状に影響を与える場合と、流れをスムーズにして河道形状に影響を与える場合とがある。

2. 植生体は、流れの障害となり砂礫の平面的分級を起こす。

今回の実験では、植生が繁茂したのち、通水をおこなった。しかし、実際の河川では、洪水と植生の繁茂は、異なる時間スケールであるが、繰り返して起こっている現象である。実際の河川の動態を理解するためには、このような自然界の条件を取り込んだ実験をする必要があると思われる。

通常の河川では、河道周辺に繁茂するのは木本である。今回用いた大麦は流れによって、倒れてしまったが、木本では、このようなことは起こりえないであろう。実際の河川との比較を行う際、植生として用いる材料の検討も今後おこなう必要がある。

## 謝辞

本研究を遂行するに当たり、陸域環境研究センターのスタッフのみなさん、学生のみなさんに協力頂いた。記して感謝の意を表します。

## 文献

石川慎吾 (1988): 揖斐川の河辺植生。扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境。日本生態学会誌, **38**, 73-84。

石川慎吾・川西基博 (2002): 上高地梓川の河床砂礫部における先駆樹種パッチの形成過程。特にケショウヤナギの大径孤立木が果たす役割。『上高地梓川における流域生態系の構造と変動に関する研究』上高地自然史研究会研究

成果報告書, **7**, 26-29.

崎尾 均 (2002): 水辺林とはなにか。崎尾 均・山本福壽編『水辺林の生態学』東京大学出版会, 1-19。

進 望・石川慎吾・岩田修二 (1999): 上高地・梓川における河畔林のモザイク構造とその形成過程。日本生態学会誌, **49**, 71-81。

中村太士 (1995): 溪畔域における森林と河川の相互作用。日本生態学会誌, **45**, 295-300。

村越直美 (2002): 河床の堆積物分級プロセスにおける河道植生の影響。陸水物理研究会 2002 年度 (第 24 回) 松本大会要旨, p.12。

Baker, V. R. (1977): Stream-channel responses to floods with examples from central Texas. *Geological Society of America Bulletin*, **88**, 1057-1071.

Gran, K., and Paola, C. (2001): Riparian vegetation controls on braided stream dynamics. *Water Resources Research*, **37**, 3275-3283.

Keller, E. A. and Swanson, F. J. (1979): Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. *Earth Surface Processes and Landforms*, **4**, 361-380.

Murray, A.B. and Paola, C. (2003): Modelling the effect of vegetation on channel pattern in bedload rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, **28**, 131-143.

Suzuki, W., Osumi, K., Masaki, T., Takahashi, K., Daimaru, H. and Hoshizaki, K. (2002): Disturbance regimes and community structures of a riparian and an adjacent terrace stand in the Kanumazawa Riparian Research Forest, Northern Japan. *Forest Ecology and Management*, **157**, 285-301.

Thorne, C. R. (1990): Effects of vegetation on riverbank erosion and stability. Thorne, J. B. ed. *Vegetation and Erosion*, 125-144.

(2003 年 5 月 30 日受付, 2003 年 7 月 24 日受理)