

◆特集：河川環境の評価◆

# 河川植生の生育場を評価するための現場調査方法とその適用

大石哲也\* 天野邦彦\*\*

## 1. はじめに

流水環境が支配的な河川には、さまざまな生物の生活空間（ÖKOTOP：エコトープ）が存在している。しかし、生活空間は閉鎖的な生態系の機能する場という概念であるため、具体的に野外でそれを認識することは難しい。<sup>1)</sup> 環境的な広がりを考える中で、エコトープを形成する要素としては、GEOTOP（ゲオトープ：地理空間）とBIOTOP（ビオトープ：生物空間）の2つがあり、それらにより生物は自らの生命を維持できる（図-1）。河川におけるエコトープを構成する要素を考える上で重要な点は、流水や土砂移動により微地形が形成されるといった地理空間の動態と、それにより生物が息息・生育する空間が形成されるといった生物空間の相互関係を明らかにすることである。

このように、河川環境の特性をより一層深く見するためには、河川の営力によって地形が変化することを捉える河川工学的な目と生物学的な目が欠かせない。生物学的な目に関しては、様々な方面から検討が必要であるが、ここでは植物を生物空間の指標として取り扱うことで環境評価をすることとした。

現場調査にあたっては、河川環境を定量的にかつ誰にでも出来る調査方法により、その場の環境を評価・予測できることが重要である。また、一部の者にしか理解できない細かいデータや調査者のセンスや経験に担わされる部分は出来るだけ小さくすべきである。

本調査では、表層細粒土砂の種類や礫面までの堆積厚を調べることで、植物が生育している地理的特性の把握に有効と思われるベルトトランセクト（以下ベルト）調査法を採用した<sup>3), 4), 5)</sup>。本調査法は、3名ほどの調査者により、地理空間と生物空間が同時に把握でき、かつ調査方法も比較的

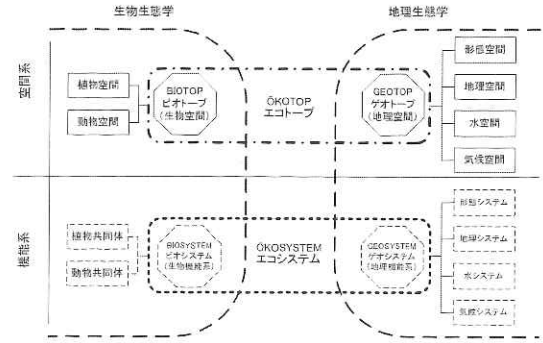


図-1 地理生態学と生物生態学の関連性<sup>2)</sup>



図-2 牛津川流域

容易であるため初学者でも少しの訓練を積みば十分環境の場を評価できる。

調査対象地は、佐賀県の牛津川で、2002年9月に出水を経験し、現在、新たな自然環境が変遷しつつあり、出水時の河道の形成や植物の発達について調査で得られた結果に考察を加えて評価した。

## 2. 調査対象地と調査概要

牛津川は、佐賀県を流れ、流域面積 165.6km<sup>2</sup>、流路延長 30.5km の六角川の河口から約 5km 地点で合流する一次支川である（図-2）。

調査対象地は、2001年より自然河岸の再生を目的にした低水護岸の撤去と河道掘削、堤防補強等が行われた扇状地河道区間で、河道幅が 50～100m 程度、水面幅が 10～30m 程度であり、瀬・淵が連続する自然流下区間である。2002年7月に

Assessment of River Vegetation Ecotope, Its Method and Application.

低水護岸を撤去し、その後、9月に大洪水に見舞われ、洪水によって新に形成された物理環境条件のもとで、新たな自然環境が発達しつつある。

河道内を見渡すとワンドが存在していたり、植物が旺盛に繁茂している隣は裸地であったりと様々な環境空間が内在していることに気付く。そこには、なぜ裸地があって植物が生えていないのか。将来的にはどのような植物が生えるのか。こういった“なぜ”かという疑問を明らかにすることは重要な観点である。

一方で、河川植生の動態の研究について古くからいくつかの研究もなされているものの、定性的な調査方法に頼ることも多く、まだ多くの問題が残されており、今後は定量的な調査研究の蓄積が必要となろう。

そこで、本研究では、牛津川における現状での植生の発達と河床場の物理環境条件との対応関係を定量的に把握するため、約 18.9～19.1km 区間の左岸砂州部、約 18.3～18.5km 区間（グラビア参照）の左岸砂州部を対象とし、出水時の河道の形成、その後の河川植生の発達について調査を実施した。

### 3. 野外調査方法

野外調査は、ベルト調査法により、発達する植物群落の同定と5項目の物理環境条件を1～2m間隔で把握することにした（写真-1）。

#### 3.1 物理環境調査

##### 3.1.1 表層河床材料の粒径

図-3のように、ベルト測点（1～2m間隔）の河床材料の粒径を測定する。河床表層での細粒土砂（粒径2mm以下）の粒径区分は、表-1を基準に判定する。初学者の場合、調査現場に地質調査で用いられる図-4のような粒度カードを携帯していくと粒径区分の判定に便利である。また、シルト以下の粒径を見分ける際に注意する点は、シルトと粘土の区別である。これは、砂分のザラザラ感が無く、ねばりが強くなるほど粘土分が多くなるため<sup>7)</sup>、土粒子を指の中で丸めたときに綺麗な球形が出来れば粘土分が多く混合していると判断してよい。

##### 3.1.2 河床表層での細粒土砂堆積状態

植物は、礫の層が重なるほど繁茂しづらくなり、細粒土砂の堆積厚があるほど生育範囲を広げやすいと言える。ここでは、河床表層での細粒土砂堆



写真-1 ベルト調査

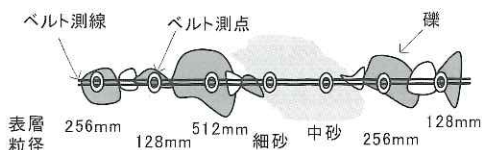


図-3 表層粒径材料の調査

表-1 砂・シルトの粒径区分

粒径区分	mm 単位
極粗砂	2～1
粗砂	1～0.5
中砂	0.5～0.25
細砂	0.25～0.125
極細砂	0.125～0.062
シルト以下	≤ 0.062

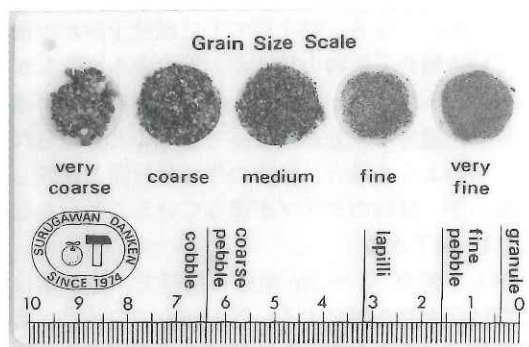


図-4 粒度カード

積状態の判別には、図-5のように、細粒土砂が堆積しておらず礫が層状に重なっている場合を「透礫層」、表層に礫が露出し、礫と砂がまばらに存在する場合を「マトリクス」、細粒土砂がまんべんなく堆積する場合を「表層土堆積」と表記する<sup>3), 4), 5)</sup>。

##### 3.1.3 河床表層での細粒土砂堆積厚

細粒土砂の堆積状態を「マトリクス」又は「表層土堆積」と判断した場合には、簡易的な土柱の



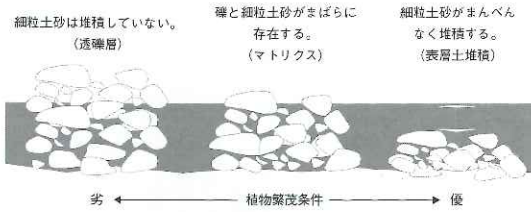


図-5 細粒土砂堆積状態<sup>3)</sup>改

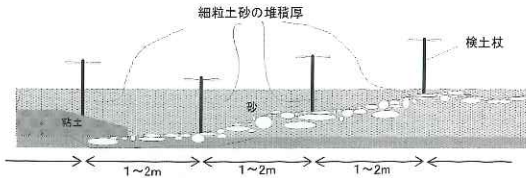


図-6 細粒土砂堆積厚の調査

採取を行える検土杖により、細粒土砂の堆積厚を測定する(図-6)。細粒土砂厚は植物の生育制限を規定する1つの条件である。土砂が堆積していない場合、植物は芽生えることはないと考えてよい。

検土杖は、経験的に粒径3mm以上の土砂が堆積している層位には差し込めないことから、結果的に粒径2mmほどの連続的な細粒土砂の堆積厚さの測定を行ったこととなる<sup>3)</sup>。また、粘土層(不透水層)に到達すると手に伝わってくる感触が急に重たくなる。粘土層の上に細粒土砂が堆積している場合、植物の根茎が利用できる堆積厚が十分に確保されなかったり、雨水などにより不透水層上に過剰な水分が溜まっていることも見られる。このような場合、植物の生育は周囲と比較して悪いか、植物のタイプが違っていることがある。

### 3.1.4 地下水位

ベルト測点(1~2m間隔)位置で、地下水位または湛水深を測定する。陸上植物の根茎は、基本的に水のある方向へと伸展する。そのため、根茎が利用しようとする地下水位の高さを調査することが重要である。しかしながら、現場において地下水位を測定することが困難な場合、簡易的でも、検土状の土柱サンプルにより、土壌の水分状態または土壌の還元状態の程度から地下水位面を可能な限り推測する。

### 3.1.5 地盤高

河川の距離標や既知の測量水準点等を基準にして測点の平面的な位置座標並びに地盤高を測量する。なお、トータルステーションのような電子測

量器を用いると作業効率が向上する。

## 3.2 植生調査

ベルト測点位置に発達する植物群落内の優占種を記録する。調査の対象とすべき貴重種がベルト測線(あるいはその付近)に分布する場合は測点を追加設定し、測点位置の表層河床材料の粒径、細粒土砂の堆積状態、細粒土砂の堆積厚、河床高を測定する。また、ベルト測点を調査する際、群落の端と中心付近は測点として含めておくと、群落における優占種が存在する地盤高での地下水位からの比高差といった生育条件の制限値の解析に利用できる。

## 4. 調査結果

### 4.1 出水時の主流部による河道の形成と植物の発達

図-7は、調査箇所付近の平面図をイラストに描いたものであり、改修前と現況の河岸の状況、植生、草地、河道の状況から、洪水時の想定主流部を予測して示している。

牛津川の改修前は河道域が小さく直線的な河川であったが、左岸の低水護岸が撤去され、その2ヶ月後に洪水が発生し、河道形状が変化した。

現地では、細粒土砂の堆積した水際域にはヤナギタテ群落が発達し、その内地では、イヌビエ、ヌカキビ、アキノエノコログサといったイネ科を中心とする植物が繁茂していた。

また、ベルトCの河道付近については、洪水時の主流部が、これまで閉塞された低水護岸間から、開放された左岸へと変化したものと推測される。洪水時の主流部上では深掘れする箇所ができ(図-7:左図中w)、平常時には、河川の主流部から孤立化したためワンド化した。加えて、ワンド周辺に付随する砂地では波の影響を強く受ける箇所であるため、種子は定着できず裸地と化していた。このような外部からの流水による環境変化が激しい場所では、植生の発達は困難といえる。

### 4.2 細粒土砂の堆積に伴う植生の発達

図-8,9,10に見られるように、細粒土砂が堆積している箇所では、植物の発育状況は良好であった。

しかしながら、河床表層の堆積状態がマトリクスや透礫層で構成されている区間は、裸地の割合が高い。このように、礫河原で河床表層に細粒土砂が少なかったり、ほとんど無い場合は、高温と

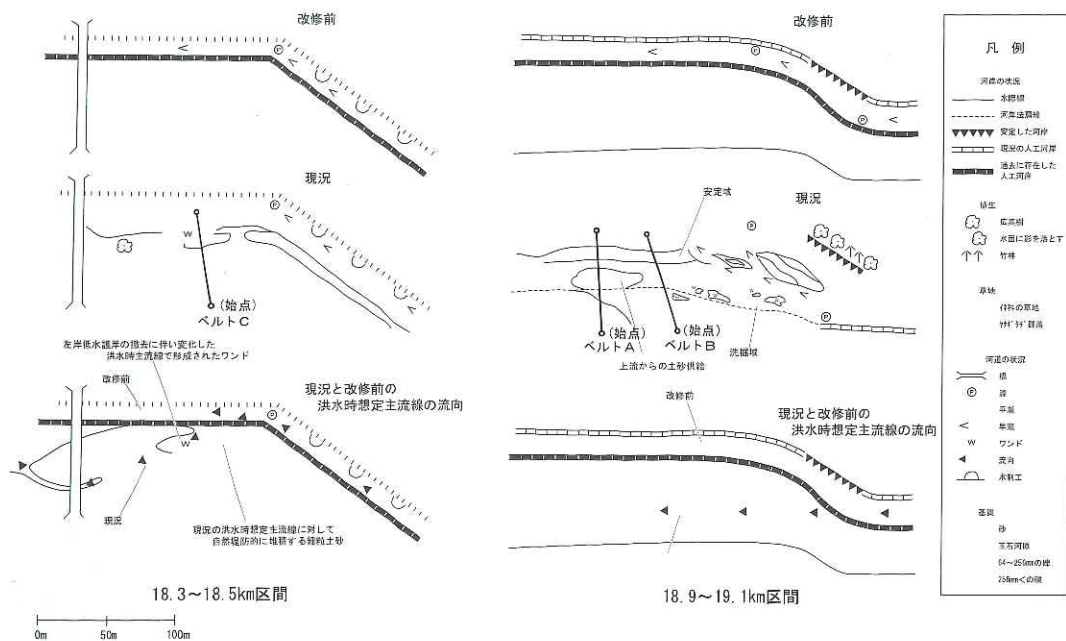


図-7 調査地点の改修前、出水、現況の平面図

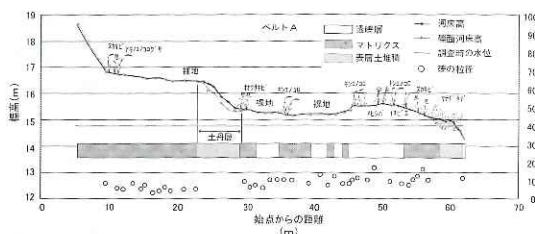


図-8 調査側線の横断面図 (ベルト A)

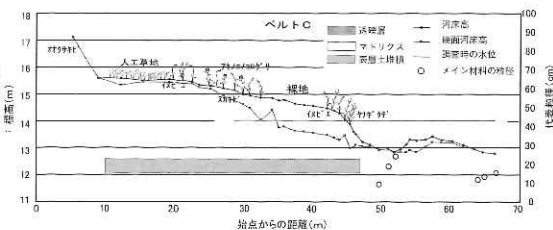


図-9 調査側線の横断面図 (ベルト B)

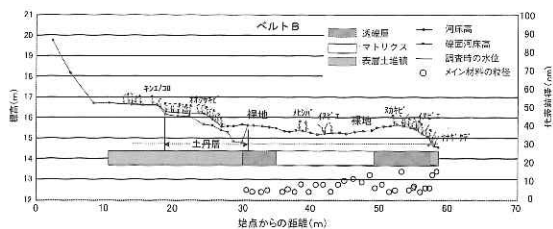


図-10 調査側線の横断面図 (ベルト C)

乾燥によって植物の発達が抑制される<sup>6)</sup>とも言われており、堆積状態の程度により植物の生育条件が制限されている。

また、ベルト A,B には未固結粘土（以下、土丹部と呼ぶ）が河床表面に露出した場所がある。通常、検土杖による測定も困難であるほど、土丹部の表層は硬く乾燥しているため、ベルト A の約 24m ~ 30m 付近や、ベルト B の約 27 ~ 30m の区間にみられるように、植物の生育は期待できない。しかしながら、ベルト B の約 27m より堤防側には、まばらではあるが、道端や畑によく見られるキンエノコロやオオクサキビが優占していた。これは、この区間の土丹部表層の風化が進行しており、細砂程度の土砂の堆積がみられたためである。このように、土丹も風化して細粒土砂化すると植物の定着を可能にすることがわかった。

なお、土丹部においても細粒土砂の堆積厚を測定することが出来たのは、調査日前週から雨の続く日が多く、土丹部が柔らかくなっていたためである。

#### 4.3 河床の攪乱に伴う河床場の形成と植生発達

細粒土砂が溜まっていなると植物の発達が抑制されることと同じく、河床が常に動いている場所でも植物は発達できない<sup>5)</sup>。出水の規模にもよる



が、出水後の河岸は、自然堤防的な盛り上がる地形を見せることは少なく、ベルトCに見られるように緩やかな勾配を保つことが多い。

しかし、ベルトA、Bの河岸付近(約50m付近)は、堤防側と比較し、少し盛り上がった地形となり植物が発達している。この盛り上がった地形が残った原因は、礫の粒径の違いにあったものと思われる。50mより堤防側までの礫の粒径は最大で10cm程度であったが、河川改修が行われる前に低水護岸の前面に設置していた捨て石により、50mより河岸側では15cm程度の礫があった。つまり、今回の出水規模では、この捨て石の効果により河床の洗掘は起こらず、撤去前の地形がそのまま残ったと考えられる。

水際域を見てみると、出水時には細粒土砂は全て下流へと流され裸地であったが、現況では、ベルトAの50m付近、ベルトBの53m付近のように、標高が約15.5mの箇所から河岸へと細粒土砂の堆積がみられ、この場を利用して植物は繁茂している。これは、比較的頻繁に起こる増水程度により、河岸水際で自然堤防的に土砂が堆積したものと考えられる。

それに対して、中小洪水でも移動するような本来の河川区間を代表する礫で構成される河床(ベルトAの約30~48m区間、ベルトBの約30~50m区間)では、植物の発達がみられない。これは、さほど頻繁ではないが、出水時に河床が変動し、攪乱を受けることや、細粒土砂の堆積がないことの両方の効果と考えられる。

ベルトCの水際部では、調査区間に見られるように植生が発達しているものの、約35~42m区間では、細粒土砂が堆積しているにも関わらず植生が発達していない。その理由として、細砂や、中砂が移動する程度の洪水が発生した際、ワンドの下流側の地形による堰上げ効果により、水が上流へと戻り、その影響により裸地部において河床の攪乱が起こっていると考えられる。加えて、あくまでも推測の域を出ないが、流れ込んだ水が暫くその場に残留することにより植物の発達を抑制しているのではないかとと思われる。いずれにしても、植物の発達が未熟な時期に攪乱が起きる動的平衡状態と考えられる。

#### 4.4 地下水との比高差と植生の発達

ベルトA~Cの全ての水際でヤナギタデ群落が発達していた(写真-2)。

ヤナギタデは、1年生草本の湿生植物であり、成長速度や再生産速度が大きい。調査現場において、ヤナギタデが発達を見せていた箇所は、その種子の漂着する場所が水際であったこと、植物の生長が未熟な時期に芽が掃流されるほどの大きな河床の攪乱がなかったこと、攪乱が頻繁に起きなかったことにより、水際を拠点にして群落が発達していったものと思われる。また、発達の過程において、比較的頻繁に起こる増水程度の出水に伴い、ヤナギタデ白らが死水域的な空間となり、結果的に細粒土砂がトラップされ、陸側へと群落を拡大していったものと思われる。

調査現場でも見られたようにヤナギタデのような1年生の湿生植物と称される種も、必ずしも水分の多い湿生環境を選好するのではなく、周りに競合種が居ない場合では、肥沃な土壌の場(生理的最適域)の方が成長力は良い<sup>8)</sup>。しかし、他種が混在する環境では、競争原理が働き、生理的に適した場を奪われてしまうため、結果として湿生環境で多く生育している(生態的最適域)。この生態的最適域を把握することは、自然河川の復元を試みる際の1つの指標となる。ここでは、調査時の水位面(地下水位)からの比高差と優占する植物との関係を図-11に示す。

調査区間の中では、ヤナギタデが唯一の河川固有の植物であり、本種は比高差が49cm~41cmの範囲に生育していた。データ数が少ないため、あくまで参考ではあるが、「植物種別」(質的変数)と「それぞれの植物が生育している比高差の範囲」(量的変数)の間で、「植物種別の比高差の平均値に有意な差はない」と帰無仮説を立て、一元配置の分散分析を用いて検証したところ、 $F=13.4$ ,  $p<0.001$ となり帰無仮説は棄却された。相関も $r^2=0.71$ と高く、植物種別の生育域と比高差にはなんらかの関係があることがわかった。Studentのt検定により、各種が生育している比高差の平均の間に有意差があるかどうかを検定したところ、シロツメグサ、キンエノコロ、メヒシバ、イヌビエ、ヤナギタデの間には有意差がみられた。取り扱ったデータは少ないものの、河川の平常時の水位からの比高差は、植物の生育できる範囲を決める1つの要因である可能性が示された。植物種の生育域と地下水位との比高差やその種の周辺に生育している他種との関係の整理を行い、定量的なデータを蓄積することにより、植物の生



写真-2 ヤナギタデ群落

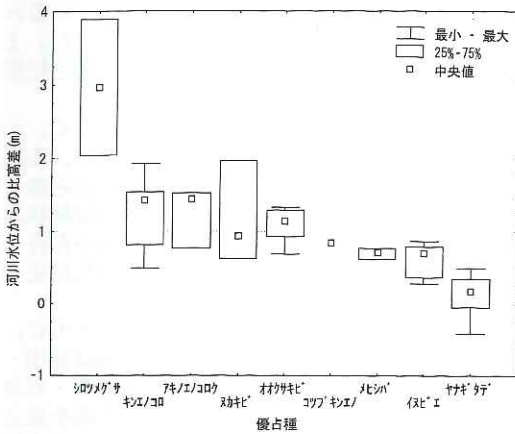


図-11 発達する植物群落と比高差の関係

育範囲を規定していくことは、今後、河川の自然復元を行う際の客観的的判断材料として有用である。

## 5. まとめ

本調査で、ベルトトランセクト調査法により、河川に立地している植物の地理空間と生物空間の調査を行った。本文でも紹介したように、本調査法は初学者でも少しの訓練を積めば十分環境の場を評価できるものと思われる。調査対象地の牛津川は、出水後、およそ1年経過した時点で、現在、河川の自然植生が発達している場であり、初期状態における河川植生の動態の解明にはここで示したように簡易的にもモニタリング調査の必要は重要である。

本調査で明らかになった植物の発達が抑制され裸地であるための要因を整理すると、以下の3つが挙げられる。①細粒土砂の堆積がない。②河床

表層に未風化の土丹が分布している。③河床が頻繁に変動している。

また、河床高からの地下水位に対する比高差は、植物の生育できる範囲を決める1つの要因である可能性が示された。

末筆ながら、現地調査の実施に際して、武雄河川事務所牛津出張所の山内係長、(株)ウエスコ渡部氏、笹田氏、栗山氏には、多大なご支援、ご協力をいただいた。記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 佐々木 寧、中村幸人：河を以って河を制す（ドイツバイエルン州 河川の再自然化）、1996年
- 2) Leser, H :Landschaftsökologie, Ulmer, Stuttgart, 1991.
- 3) 河川生態学術研究会多摩川研究グループ：多摩川の総合研究, pp. 79-82, 374-375, 2000年
- 4) 渡辺 敏、藤田光一、塚原隆夫：安定した砂礫州における送本植生発達の有無を分ける要因, 水工学論文集, 第42巻, pp. 439-444, 1998年
- 5) 李參熙、渡辺 敏、望月達也他：礫州上の植物群落の破壊と河床材料の移動, 土木学会第52回年次学術講演会, pp. 286-287, 1997年
- 6) 石川慎吾：斐伊川の河辺植生 I . 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, 第41巻, pp. 31-43, 1998年
- 7) 日本ペドロジー学会編：土壌調査ハンドブック改訂版, 博友社, 1997年
- 8) 佐々木 寧・岸良武志・前田 敬・大石哲也：河川敷の絶滅危惧種タコノアシの発芽および成長特性とその保全手法に関する研究, 生態環境研究, 第8巻, 第1号, 2001年
- 9) 中野秀章：水文学講座 13 森林水文学, 共立出版, pp. 121-125, 1979年

大石哲也\*



独立行政法人土木研究所水循環研究グループ  
河川生態チーム研究員  
Tetsuya OISHI

天野邦彦\*\*



独立行政法人土木研究所水循環研究グループ  
河川生態チーム上席研究員  
Kunihiko AMANO