

交互砂州上の植物群落分布とこれに及ぼす河状履歴の影響

Plant Colonization on Alternating Bars and Influence of Prior Fluvial Process

岡部健士*, 鎌田磨人**, 小寺郁子***

By Takeshi OKABE, Mahito KAMADA and Ikuko KOTERA

A full vegetation survey was carried out on two neighboring alternating bars formed in the Yoshino River, Shikoku, Japan. Detailed vegetation maps are presented in regard to four woody and eight herbaceous plant communities. Typical features and similarity of the plant distribution are pointed out. Several indexes representing prior fluvial process of the bars are evaluated and their community-specific properties are discussed. Moreover, site-specific cover rates of typical kinds of plant communities and bare beds are related to the indexes through regression analysis.

Keywords: riverine vegetation, alternating bar, prior fluvial process, similarity, regression analysis

1. まえがき

近年、我が国の河川では、砂州上で植生が急速に発達する傾向がある^{1)・2)}。河川内の植生は、環境保全の面からは歓迎されるが、河道管理の立場からは、河道の疎通能障害、水衝部の発生、局所洗掘の進行などが懸念され、今後、その適正な維持・管理が必要とされている。そして、これを合理的に進めるための基礎として、植物群落の分布と構造特性、さらにはその形成機構に関する総合的な知見の整備が求められている。この点との関連では、植物生態学の分野において長年にわたって集積された研究の成果³⁾に注目されるが、河川計画で活用できるものは意外に乏しく、さらに研究を積み重ねる必要があるように思われる。

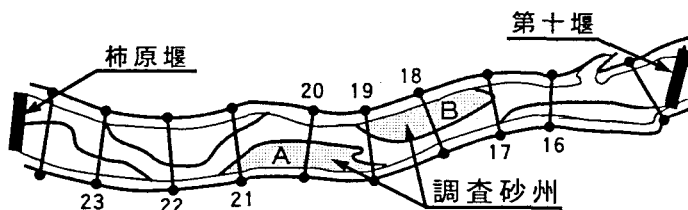
筆者らは、一級河川吉野川の下流域に形成された交互砂州群に着目し、詳細な植生調査と河道管理資料に基づいて、植物群落の諸特性とこれに及ぼす先行の河状履歴との関係を明らかにしようとしている^{4)・5)}。本文では、まず、隣接する2個の砂州における植物群落の分布形態ならびに群落種類別立地の河状履歴を対比し、各砂州における植物の住み分け状況の相違性と相似性を抽出する。ついで、代表的群落種の局地的な植被面積率に着目し、簡単な回帰分析を通して、それと河状履歴との関係の定式化を試みる。

* 正会員 工学博士 徳島大学助教授 工学部建設工学科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

** 学術博士 徳島県立博物館学芸員 (〒770 徳島市八万町向寺山)

*** 学生員 徳島大学大学院 工学研究科 (〒770 徳島市南常三島町2-1)

図-1
吉野川の第十堰・
柿原堰間と調査
対象砂州



2. 植生と河状履歴の調査

2.1 調査地点と植生調査

調査した砂州は、図-1に示すように、徳島県・吉野川の下流部に建設された2個の固定堰の間にある交互砂州群のうちの2個である。上流側、下流側のものを、それぞれ砂州Aおよび砂州Bと呼ぶ。両者の大きさはほぼ同等で、全長と最大幅がそれぞれ約2kmと500mである。なお、この区間の平均河床勾配は1/1100、平均河幅は約800m、河床砂礫の平均粒径は約25mmとなっている。植生調査は、砂州AおよびBにつき、それぞれ1994および1995年に実施した。調査方法は、文献6)で詳述しているが、気球による空撮写真を利用して群落境界線を正確に計測した。また、群落の区分は、Braun-Blanquet法⁷⁾による調査資料から、まず森下⁸⁾の類似度指標を求めたのち、その類似度マトリックスから群平均法によるクラスター分析を行って決定した。

2.3 河状履歴指標の定義と計算法

筆者ら⁴⁾は、河道内の流況、流砂および河床変動の様相を総合的に表現する用語として「河状」を定義している。また、過去の河状を定量的に評価するために、下記の5個の量を「河状履歴指標」と定義し、ある長さの期間を対象にして、定期横断測量や流量・水位の資料から、不等流計算も併用しつつ、それらの局所的な値を算出し、考察や各種の分析に用いている。

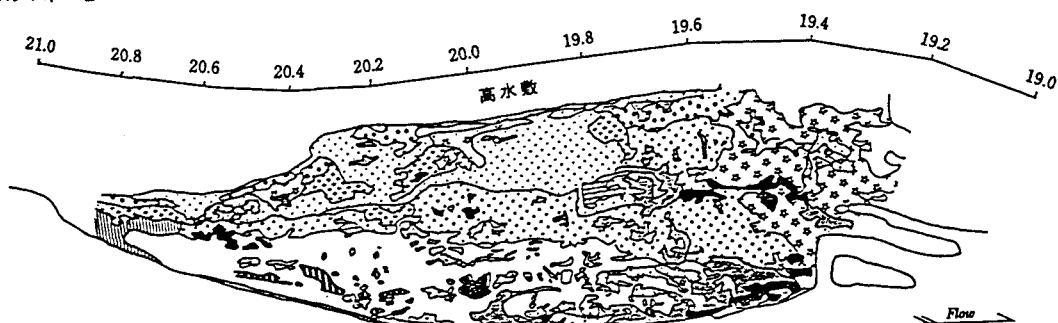
- (a)河床変動量(Z_r):過去のある期間内において結果的に生じた河床の変位量で、上昇を正とする。
- (b)累加河床絶対変動量(Z_A):概ね2年ごとに行われてきた定期横断測量結果から、その間だけの河床位の変動量を求め、その絶対値を累加したもので、河床変動の激しさを表すものと考えている。
- (c)平均比高(E_R):日単位あるいは時間単位で変化する水位に対する河床の相対高さを、注目する期間について時間平均したものである。地下水位からの高さを表すものとも解釈できる。
- (d)冠水時間率(R_s):注目する期間の全時間長に対する河床の冠水時間長の比率である。
- (e)平均冠水時摩擦速度(U_{*}):河床が冠水している期間のみについて、局所水深 h と全断面の平均エネルギー勾配 I_E より、 $u_* = (ghI_E)^{1/2}$ のように求められる摩擦速度 u_* を時間平均したもの。

河状履歴指標の計算対象期間は、現地でも最も古い樹木の樹齢から1981年から1992年までの12年間とした。そして、約200mピッチで設定されている定期横断測量の各断面内に等間隔で200個の検査点を置き、これらの点ごとに指標値を計算した。流量と水位(不等流計算の境界条件)の資料としては主に日平均量を用いたが、流量が500m³/secを越える出水については時間平均量も採用した。なお、 E_R 、 R_s および U_{*} の算定に必要な不等流計算を全ての流量・水位資料について行うには多大な労力を要する。そこで、本研究では、まず、流量と水位の生起確率の分布を求め、ついで40組の代表的な流量と水位の組み合わせについて計算された結果を上記の生起確率により平均化するという簡便法をとった。

3. 群落の分布形態と群落種類別立地の河状履歴

図-2は、砂州AおよびBの植生図を対比したものである。ただし、比較し易くするために、砂州Aは横断方向の向きを反転して描かれている。また、砂州Bの17.8km断面付近で裸地が横断方向に直線的に延びているのは、潜水橋(洪水時には水没する橋)のためであり、また、それにほぼ直交しアカメヤナギで縁取られた裸地はかつての砂利採取孔である。さて、植被領域は双方の砂州とも全体として下流側に片寄って分布す

〔砂州A〕



〔砂州B〕

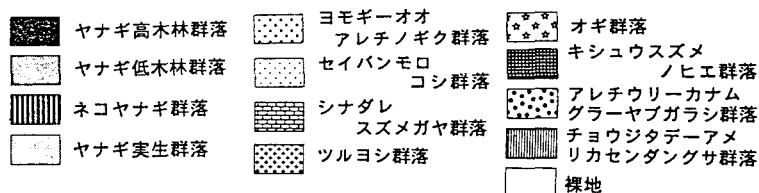
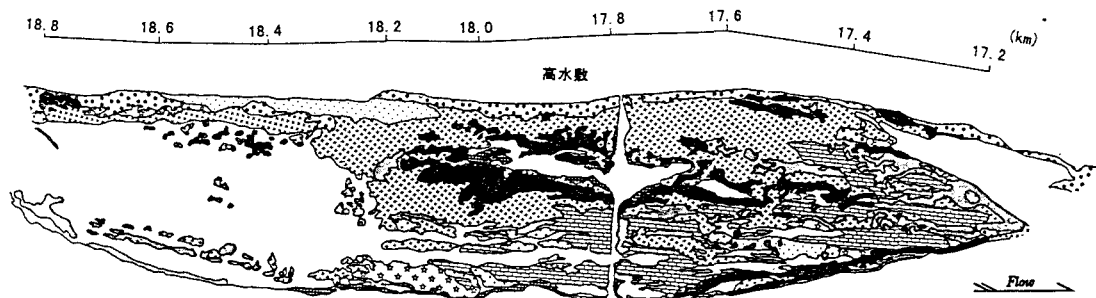


図-2 2個の砂州の植生図の比較

るとともに、その範囲もかなり類似している。加えて、出現している群落の種類の組み合わせも概ね一致している。一部に片方の砂州にしか出現しない種類もあるが、それらは主要な群落種ではない。河川内植生として代表的な群落の分布状況を見ると、まず、アカメヤナギの群落が水際沿いを含むいくつかの縦断的な帯状域に分布する傾向が共通して認められる。また、ヨモギ、オオアレチノギク、シナダレスズメガヤなどの荒地性植物が、植被領域に切れ込むように伸びる裸地の中あるいはその両縁に分布する点もよく似ている。しかし、ツルヨシ、セイバンモロコシおよびオギ群落の分布には、砂州による相違が著しい。すなわち砂州Aでは、高水敷に沿う地帯の上流側で、セイバンモロコシ群落がツルヨシ群落を取り込みながら分布し、この下流に接続するようにオギ群落が砂州のほぼ全幅にわたって広がっているが、砂州Bでは、そのような領域のほとんど全てがツルヨシ群落で占められている。ところで、セイバンモロコシは高水敷の畑地での栽培種が逸脱したものである。砂州Aは、このような逸脱種が在来のツルヨシを駆逐する状況にある。また、オギは、一般に細粒の河床材料を好むことを参考にすると、砂州AおよびBの間のオギ群落分布の相違の原因が、両者の下流部における土砂の流送・堆積状況の相違に起因していることが分かる。

図-3は、砂州ごとに、同一の種類の群落立地に含まれる検査点群（2.3参照）の河状履歴指標値を平均した結果であり、マクロ的に見た住み分け特性を表す。群落種の相違に対する各指標値の変化傾向を2個の砂州の間で比較すると、一部に増減が相反する点も認められるが、概ね類似しているようである。しかし定量

的に見ると、 E_R 、 R_S および U_A という流況に係わる指標値の描点の位置が砂州の間でシフトしている点が目立つ。また、 Z_T と Z_A においても、ヤナギ低木あるいはツルヨシ群落に対する値にかなりな差が出ている。このように2個の砂州における各指標値そのものは一致していないが、各指標値の群落間での大小関係がほぼ一致していることは、植物の住み分け特性の相似性との関連において極めて興味深い。そこで、各指標値をそれぞれの砂州の全域について求められた平均値で基準化してみると図-4のようになった。ヤナギ高木、ヨモギオオアレチノギク、オギ、裸地の Z_T 、セイバンモロコシの E_R に有意な差が認められるが、これらを除けば、2個の砂州における河状履歴指標値と群落種との関係がほぼ一致している。以上のような検討の結果は次のことを示唆しているように思われる。すなわち、砂州上の植物は、その種類に固有な河状履歴環境への適応性あるいは耐性を有しているのではなく、それらが立地する各砂州における河状履歴の場所的変化の中で、それぞれ最も適した条件の場所を選んで住み分けをしている。さらに、隣接する、あるいは一連の交互砂州群においては、植物の住み分けに及ぼす河状履歴の影響に何らかの相似性が内在している可能性が高い。

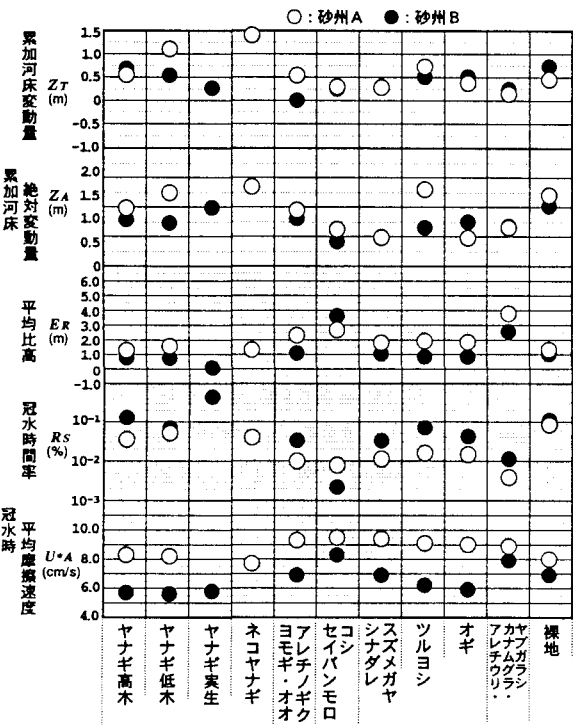


図-3 河状履歴指標の群落種別平均値

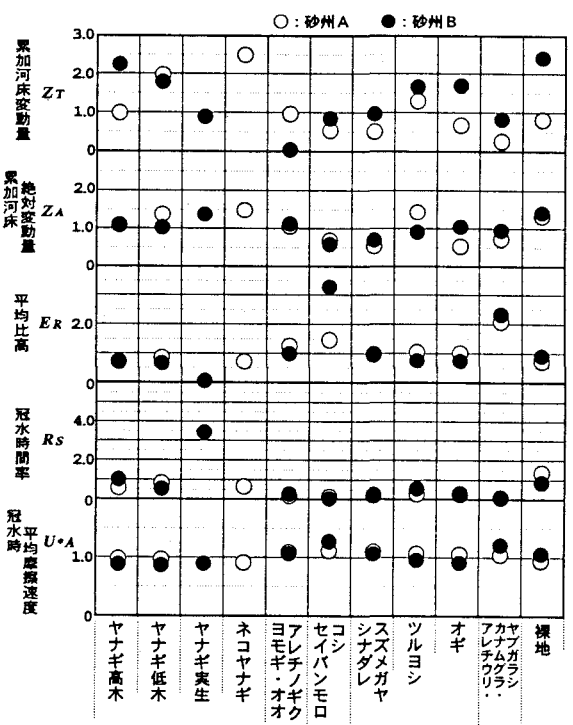


図-4 基準化した河状履歴指標値の群落種別平均値

4. 局所的な植被面積率と河状履歴の回帰分析

筆者ら⁴⁾は、植物群落特性のモデル化の第一歩として、砂州Aを対象に、その中の任意の部分区画(面積 A_b)における植物群落の地被面積率 P_d と河状履歴指標との関係の回帰分析を行い、ある程度の成果を得た。そこで、これをさらに発展させるために、本文でも同様なことを試みる。なお文献4)では基準化しない指標値を用いたが、ここでは図-4の場合と同様な方法で基準化した指標値を用いる。また、前節で指摘した住み分けの相似性に留意し、2個の砂州の資料を同一の母集団からのサンプルとみなした分析も試行する。

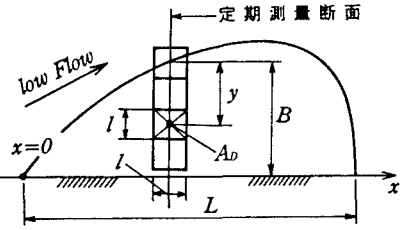


図-5 部分区画の模式図

部分区画は図-5に示すように、中心が定期横断測量断面内に位置し、

一組の対辺（長さ＝ l ）がそれに直交する正方形の領域とした。各区画の中心位置は、砂州の上流端から河道中心線に沿って測った流下方向距離 x と低水路の水際から測量断面に沿って測った距離 y との組み合わせにより特定し、 l を 150m ($A_b = 2.25\text{ha}$) とした。 P_A は、植生図から計測したが、この際、成長段階と種類が若干相違するヤナギ属の群落をヤナギ群落としてまとめた。また、ヨモギーオオアレチノギク群落とシナダレスズメガヤ群落も、両者の共通性の高さを根拠に統一し、ヨモギーシナダレスズメガヤ群落とした。また、 P_A の説明変数としては、5 種の河状履歴指標値に部分区画の砂州内での相対位置座標 $X (= x/l)$ および $Y (= y/B; B = \text{砂州幅})$ を加えた合計 7 個を採用した。回帰分析の方法については文献 4) を参照されたい。

さて、ヤナギ群落、ツルヨシ群落、ヨモギーシナダレスズメガヤ群落および裸地の地被面積率をそれぞれ P_{AS} 、 P_{AP} 、 P_{AA} および P_{AB} として、砂州別に、また、両者のデータをまとめて回帰分析を行った結果を列挙すると以下のとおりである（説明変数は基準化されたものであるが記号は変えていない）。

(a) 砂州 A のみの場合：

$$P_{AS} = 0.29X^2 - 0.028Y + 0.019Z_T + 0.016Z_A - 0.33(E_R - 1.5)^2 + 0.32\sqrt{R_S} - 0.48(U_A - 1) - 0.081 \quad (1)$$

$$P_{AP} = -0.18X^2 + 0.61Y^2 + 0.055Z_T - 0.011Z_A - 0.67\sqrt{E_R} + 0.00078(R_S - 1)^2 + 0.37(U_A - 1) + 0.68 \quad (2)$$

$$P_{AA} = 0.37X^2 - 3.15(Y - 0.5)^2 + 0.12Z_T - 0.21(Z_A - 2)^2 - 0.047E_R^2 + 0.12R_S + 2.44(U_A - 1) + 0.35 \quad (3)$$

$$P_{AB} = -0.43X + 0.72(Y - 1)^2 + 0.054Z_T - 0.036Z_A + 0.040/E_R + 0.011\sqrt{R_S} - 0.0021(U_A - 1) + 0.15 \quad (4)$$

(b) 砂州 B のみの場合：

$$P_{AS} = 0.29X - 1.42(Y - 0.5)^2 + 0.0071Z_T - 0.12(Z_A - 1.5)^2 + 0.067(E_R - 1)^2 + 0.0052R_S - 0.13(U_A - 1) + 0.090 \quad (5)$$

$$P_{AP} = 0.057X^2 + 0.61Y + 0.088Z_T - 0.53(Z_A - 1)^2 - 0.15(E_R - 1)^2 - 0.072(\log R_S)^2 - 2.58(U_A - 1)^2 - 0.012 \quad (6)$$

$$P_{AA} = 0.29X^2 - 0.47Y - 0.042Z_T - 0.016Z_A + 0.0027E_R^2 + 0.026(R_S - 3.5)^2 - 0.074(U_A - 1) + 0.18 \quad (7)$$

$$P_{AB} = 0.086/X + 0.29(Y - 0.5)^2 + 0.0081Z_T + 0.18Z_A + 0.076(E_R - 2)^2 + 0.030(R_S - 1)^2 + 0.49(U_A - 1) - 0.28 \quad (8)$$

(c) 砂州 A および B を合わせた場合：

$$P_{AS} = 0.20X - 0.59(Y - 0.5)^2 + 0.0079Z_T - 0.10(Z_A - 1.5)^2 - 0.068/E_R + 0.21\sqrt{R_S} + 1.25(U_A - 1.2)^2 - 0.0091 \quad (9)$$

$$P_{AP} = -0.83(X - 0.5)^2 + 0.80Y^2 + 0.042Z_T - 0.45(Z_A - 1.2)^2 - 0.070(X - 1)^2 - 0.24(\log R_S)^2 - 0.028(U_A - 1.2) + 0.11 \quad (10)$$

$$P_{AA} = 0.53X - 1.06(Y - 0.5)^2 + 0.034(Z_T - 4)^2 - 0.33Z_A - 0.041(E_R - 1)^2 + 0.022(R_S - 2)^2 + 0.76(U_A - 1) + 0.037 \quad (11)$$

$$P_{AB} = -0.47X + 0.94(Y - 0.5)^2 + 0.028Z_T + 0.28Z_A + 0.16(E_R - 2)^2 - 0.035(R_S - 1)^2 + 0.88(U_A - 1) - 0.063 \quad (12)$$

また、これらの回帰式による計算値と実測値の相関を図-6(a)～(c)に示している（図中、 R は重相関係数を表す）。さて、まず、砂州ごとの結果に着目する。双方の砂州とも、また、いずれの群落ならびに裸地についても、一応、かなり相関性の高い回帰式が得られている。ただし、同一の群落種であっても、砂州によって、いくつかの説明変数の基本形にかなりな相違が現れているとともに、同一の群落種の植被面積率に対しての、ある説明変数の寄与の仕方が砂州によって相反している点も 2, 3 認められる。一方、2 個の砂州のデータを合わせる場合には、砂州を個別に取り扱う場合ほど高い相関性を持つ回帰式を得ることができていない群落種が見られる。とくにヨモギシナダレスズメガヤ群落や裸地の場合には、描点群が完全相関を表す直線に非対称に分布しており、得られた回帰式の有意性には疑問が持たれる。

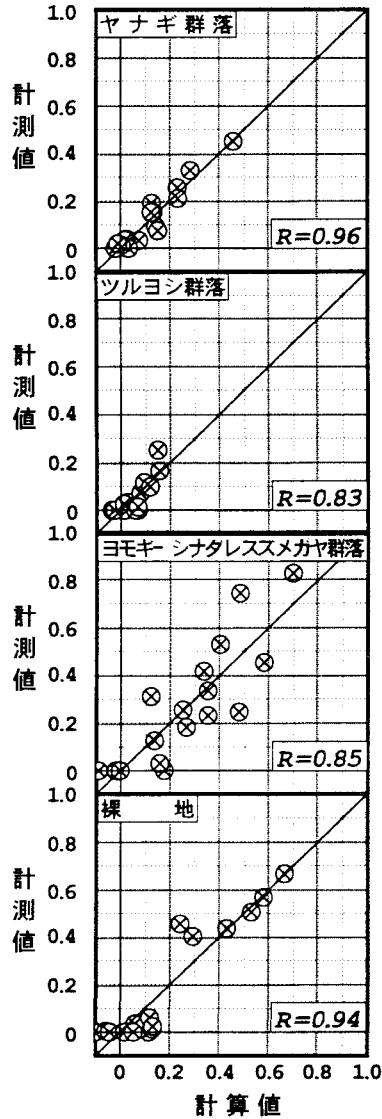
5. あとがき

以上、本研究では隣接する 2 個の交互砂州における植生調査結果に基づいて、植物群落分布の特性を種々の角度から考察した。その結果、一連の交互砂州の各々における植物の住み分け特性に及ぼす河状履歴の影響には、ある程度強い相似性のあることが認められた。また、代表的な植物群落の局所的な地被面積率を、基準化された河状履歴指標と砂州内での相対的位置座標を説明変数とする回帰式で表示することを試みた。その結果、砂州ごとの傾向はかなり良好に説明することができたが、住み分け特性における相似性の存在に

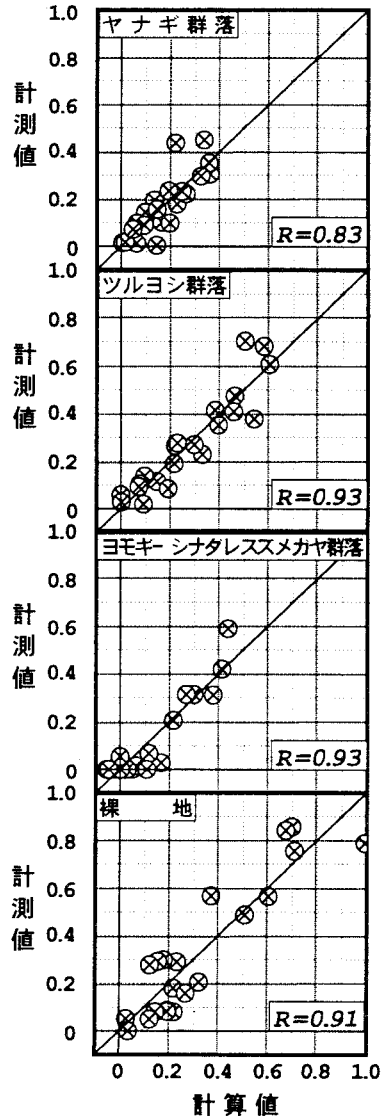
に基づき、砂州に共通する回帰式の獲得を目指した試みでは、必ずしも満足できる成果が得られなかった。

最後に、本研究は(財)河川環境管理財団・河川整備基金の援助を受けて行われたことを記して、関係各位に謝意を表します。

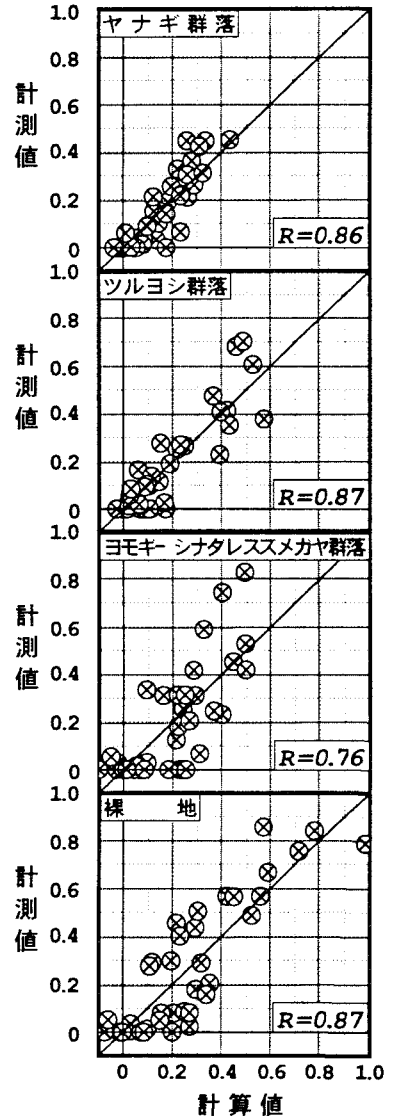
(a)砂州Aの場合



(b)砂州Bの場合



(c)砂州A, Bを合わせた場合



図一六 回帰式による植被面積率の計算値とその実測値の比較

[参考文献]

- 1) 茅場・島谷：第2回河道水理と河川環境シンポジウム論文集，pp.191-196，1995.
- 2) Kamada・Ohta・Okabe：Proc. of Interpraevent 1996-Garmish-Partenkirchen，pp.245-252，1996.
- 3) (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所，資料第1号，第2章，pp.11-45，1995.
- 4) 岡部・鎌田・湯城・林：水工学論文集，第40巻，pp.205-212，1996.
- 5) Okabe・Kamada・Hayashi：Proc. of Interpraevent 1996-Garmish-Partenkirchen，pp.245-252，1996.
- 6) 岡部・鎌田・林・板東：徳島大学工学部研究報告，第41号，pp.27-28，1996.
- 7) Braun-Blanquet：Pflanzensoziologie，Grunguge der Vegetationskunde，Wien，1964.
- 8) Morishita：Memors. Facul. Sci.，Kysyu Univ.，Ser.E.(Biol)，No.3，pp.65-80，1959.