

河川砂州上に分布する植物群落の立地条件としての物理環境因子

Physical factors affecting to distribution of plant communities on a sand bar

小寺 郁子\*      岡部 健士\*\*      鎌田 磨人\*\*\*  
Ikuko KOTERA\*      Takeshi OKABE\*\*      Mahito KAMADA\*\*\*

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to clarify the influence of physical conditions on the distribution of riverine plant communities. Full vegetation survey was performed in 1994 and 1997, on an alternating bar formed in a downstream reach of the Yoshino River, Shikoku, Japan. Comparison of two vegetation maps for the two years, including two woody and fifteen herbaceous communities, reveals characteristic changes of plant communities. Five factors, namely bed-level variation, absolute bed-level fluctuation, relative bed-level from the surface of low-water stream, duration of inundation and shear velocity of flooding flow, were defined and evaluated to describe the physical conditions at many reference points distributed on the bar. Community-specific spatial averages of the five factors are not uniquely related with individual plant communities, however their combinations appear to be characteristic of some ecological groups of plant communities. It is suggested that the five factors will be effective for distinguishing the physical conditions to sustain the ecological groups.

**KEYWORDS:** Ecological succession, Plant community distribution, Physical factors, Prediction model, Riverine vegetation

1. はじめに

我が国の主要河川の砂州は、総合的な河川改修や砂利採取の全面禁止の効果等によって安定してきている。そのため、木本や草本の植物群落が密生する傾向にある<sup>1,2)</sup>。これらの植物群落は、河川内の生態環境や景観の改善と保全には大いに寄与するものの、河道の洪水疎通能の低減や、新たな水衝部の形成の原因ともなり得る。

ところで、最近、河川法が治水、利水および環境の3者の共生を旨として改正された。この新河川法のもとで、河川管理者には、従来より高度なレベルでの河川内植物群落の管理が求められている。砂州上の植物群落について、治水と環境の両面から適正かつ合理的な管理計画を立案するためには、次のようなことを明らかにしておく必要がある。まず、砂州の地形、表層砂礫、地下水位などの諸特性と植物の定着や生育との関係である。この点に関する研究は、石川ら<sup>3~5)</sup>によって精力的に行われてきている。さらに、植物群落についての攪乱因子である洪水流や河床変動等の特性によって群落の立地条件は変化するが、それらと各種群落の分布パターンとの対応関係を定量的に解明するとともに、その予測手法を確立しておくことも不可欠である。しかし、後者に関する研究は、ようやく緒についたばかりである<sup>6~7)</sup>。

\* フジタ建設コンサルタント技師、Planning Engineer.,

\*\* 徳島大学教授、Prof.of Tokushima Univ.,

\*\*\* 徳島大学助教授、Assoc.Prof.of Tokushima Univ.,

筆者らは、ここ数年、一級河川吉野川の下流部に形成されている交互砂州群を対象として、精緻な植生調査を行い、それぞれにおける現存植物群落の分布状況を詳細に把握してきた。そして、植物群落の分布と物理的環境因子としての洪水ならびに河床変動の履歴との関係の解明を試みてきた。特に、物理環境を定量的に表現するために5個の指標（河状履歴指標と呼んでいる）を定義し、これによって各植物群落の棲み分け状況の整理を行うことを提案した<sup>8)</sup>。また、植物群落の発達をもたらす河道の水理学的粗度の上昇量を評価するために、群落種別の植被率と河状履歴指標との関係の回帰モデル化なども行ってきた<sup>9,10)</sup>。しかし、河状履歴と植物群落の分布パターンの時間的な変化との対応までは把握できていなかった。

そのため、本論文では、現在まで調査を行ってきた砂州の一つに注目し、まず、3年の時間間隔において実施した2回の植生調査から、植物群落の時間的な変化パターン、すなわち遷移系列を分析する。あわせて、群落別の河状履歴指標の時間的な変化についても検討する。さらに、砂州上の任意点に出現する群落の種類を推定するための第一歩として、河状履歴指標のみに基づく簡単なモデルとその適用例を提示した後、上記2つの検討結果を踏まえつつ、本法の有効性について考察する。

## 2. 調査地と方法

### 2.1 調査区間

調査対象地点は、徳島県吉野川の下流部にある二つの固定堰に挟まれた交互砂州区間である(図-1)。この区間における平均の河幅および河床勾配は約800mおよび

1/1,100、河床砂礫の平均粒径は約25mmである。今回、調査の対象とした州の全長と幅は、それぞれ約2kmと500mとなっている。

### 2.2 植物群落の分布調査

図-1に示された調査砂州について、1994年に係留式気球による低空空撮写真を活用しながら、植生調査を実施し、精緻な植生図を作成した<sup>8)</sup>。その後、1997年に再び同一の手順で調査を行い、前回と同じ精度の植生図を作成した。そして、両年の植生図に現地スケールで約13m区画のメッシュを被せ、個々のメッシュに属する群落の種類の変化を把握した。

### 2.3 河状履歴指標

河川の砂州上における植物群落の分布には、地下水環境に関わる低水時の流況に加えて、洪水流が負荷する流体力や洪水時の河床変動などの物理的攪乱の履歴が影響を及ぼす。筆者らは、それらの影響を詳細に分析するために、既往の河川管理資料からの定量評価が可能な次の5種の河状履歴指標に着目している<sup>8~10)</sup>。

- 1) 累加河床変動量：ある期間において生じた河床位の変化量。その期間内においては立地の堆積作用が卓越したか、侵食作用が卓越したかを示す。
- 2) 累加河床絶対変動量：ある期間内での河川測量の度ごとに測定された河床位変化の絶対値の累加量。植物群落にとっての立地の物理的な不安定性を示す。
- 3) 平均比高：水位変化を長くとも日単位でとらえながら評価した、水面基準の地盤高さ（比高）の期間内平均値。立地の水分条件を示す。
- 4) 冠水時間率：ある期間の全時間に対する地盤冠水の生起時間の比率。洪水流による物理的攪乱にさらされる頻度を示す。
- 5) 冠水時平均摩擦速度：冠水時間内について平均化された流れの摩擦速度。流体力や立地の表層土砂の移動の激しさを示す。

幸いにも、我が国の主要な河川については、定期的な横断測量資料や日あるいは時間平均での流量時系列

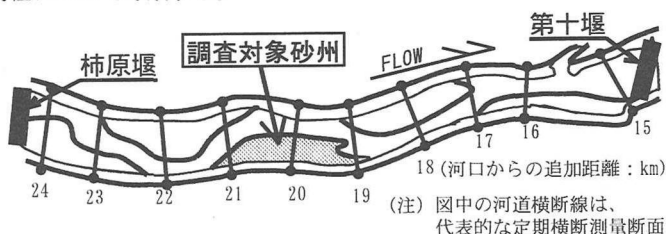


図-1 調査対象地点

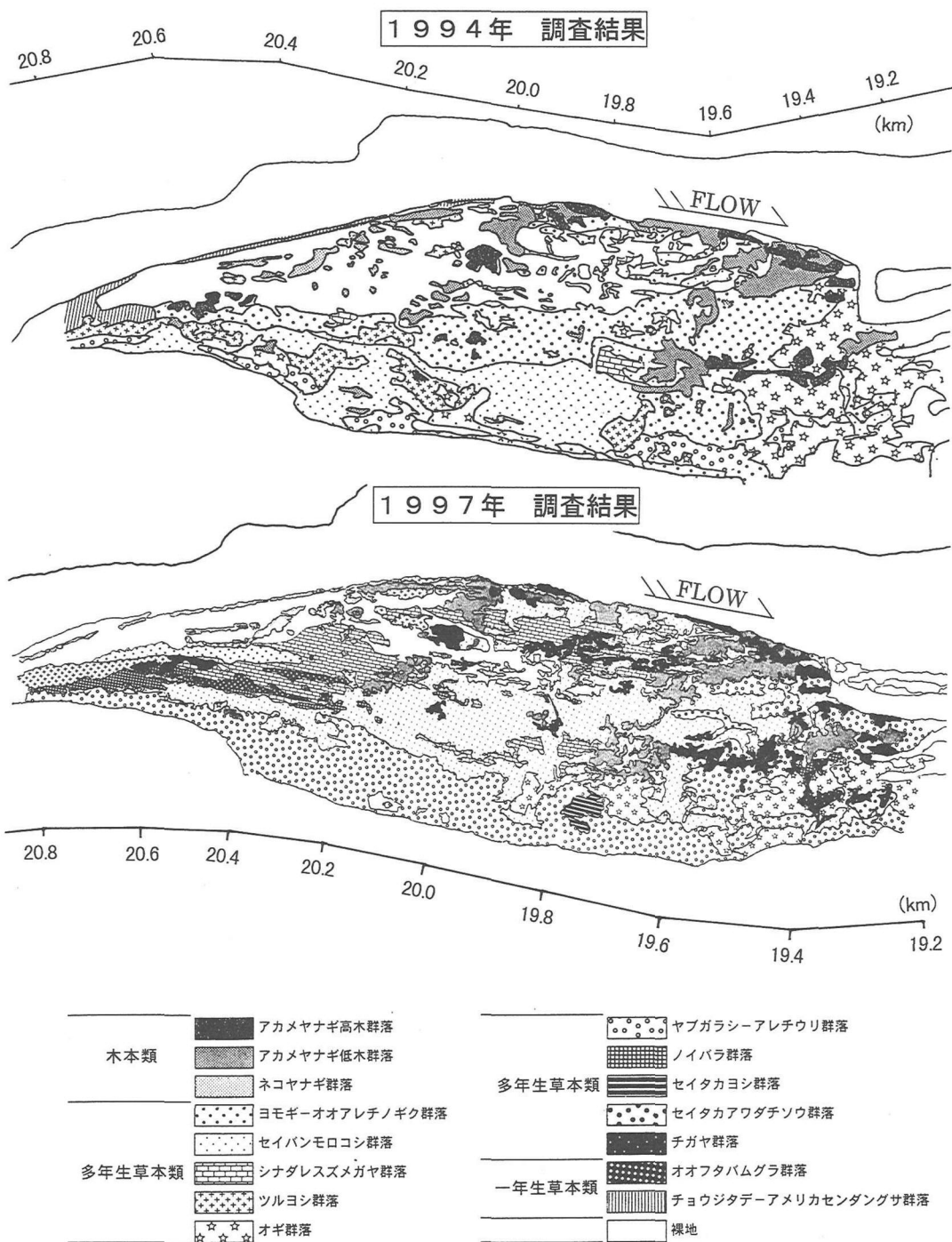


図-2 1994年と1997年の植生図

資料が整備されている。従って、少なくとも定期横断測量断面に含まれる地点については、上記の河状履歴指標値を推定することはさほど困難ではない。本研究で注目している河道区間には約 200m 間隔で定期横断測量断面が設定されており、過去 1～3 年ごとに詳細な地形測量がなされてきている。また、下流側約 3km、上流側約 5km の地点で、それぞれ水位と流量の記録がとられている。そこで、注目する砂州を通る 19.2km～20.8km の範囲にある 9 個の横断測量断面内のそれぞれに、約 5m 間隔で 201 個ずつの固定標定点を設定した。そして、先述の植生調査年に先行する 12 年(1981 年～1992 年および 1984 年～1995 年)を注目期間として、不等流計算も併用しながら、各固定標定点の河状履歴指標値を算定した。なお、注目期間を 12 年間に設定したのは、2 年、6 年、12 年間を注目期間として算出した河状履歴指標と、群落の分布パターンとの回帰モデルを作成した際に、12 年間としたものが最も高い相関を示したからである<sup>8,9)</sup>。

3. 植物群落の分布とその変化

図-2 は、1994 年 9 月と 1997 年 9 月の調査で得られた植生図を対比したものである。わずか 3 年の間に、群落の種類や分布状況は大きく変化していた。

まず、出現した群落の種類数は、1994 年にはアカメヤナギ群落やヨモギーオオアレチノギク群落などを始めとする 12 種類であったが、3 年後には、チョウジタデアメリカセンダングサ群落が消滅し、新たにオオフトバムグラ群落、セイタカヨシ群落、セイタカアワダチソウ群落、チガヤ群落およびノイバラ群落が加わっていた。

次に、群落の分布状況の変化は以下のものであった。植生が繁茂する領域は、1994 年には砂州の下流部や高水敷側に偏っていたが、1997 年には砂州のほぼ全域に渡って繁茂するようになっていた。植生の変化は、特に草本群落において顕著で、1994 年には裸地であったところに、1997 年にはシナダレスズメガヤ群落などが侵入していた。また、1994 年にはヨモギーオオアレチノギク群落であった領域の大半は、1997 年にはセイバンモロコシ群落に変化していた。

表-1 は、1994 年に確認された個々の群落の占めていた領域に、1997 年にはどのような群落が出現したかについて、個々の領域の 10%以上の面積を占めていたものだけをとりあげてまとめたものである。10%以上のものに限ったのは、メッシュ測定による誤差等を考慮したためである。これより、州上の植物群落は、無秩序な変化をしているのではなく、ある一定の方向性を持った変化をしていることがわかる。これは、1994 年から 1997 年の 3 年間に大規模な洪水が起こらなかったため、草本群落が裸地に侵入できたり、他の草本

表-1 植物群落の変化

|       | 1997年 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | BL    | Sg   | Pj   | Rm** | Sa-L | Sa-H | Ec   | Ic** | Ms   | Sh   | CS   |
| 1994年 |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| BL    | 40.1  |      |      |      |      |      | 32.0 |      |      |      |      |
| LB*   | 25.0  | 15.0 | 38.3 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Sg    | 11.4  | 77.1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Pj    |       |      | 19.7 | 10.1 |      |      |      |      |      | 21.3 | 38.8 |
| Sa-L  |       |      |      |      | 77.1 |      |      |      |      |      |      |
| Sa-H  |       |      |      |      |      | 81.8 |      |      |      |      |      |
| Ec    |       |      |      |      |      |      | 60.0 | 20.0 |      | 16.0 |      |
| Cd*   |       |      |      |      |      |      |      | 15.5 |      | 45.5 |      |
| AE    |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 63.5 |      |
| Ms    |       |      |      |      |      |      |      |      | 31.4 | 12.2 | 53.5 |
| Sh    |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 37.3 | 41.2 |
| CS    |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 90.8 |

1) BL: 裸地, LB: チョウジタデアメリカセンダングサ群落, Sg: ネコヤナギ群落, Pj: ツルヨシ群落, Sa-L: アカメヤナギ低木群落, Sa-H: アカメヤナギ低木群落, Ec: シナダレスズメガヤ群落, Cd: キョウギンバ群落, AE: ヨモギーオオアレチノギク群落, Ms: オギ群落, Sh: セイバンモロコシ群落, CS: ヤブガラシアアレチウリ群落, Rm: ノイバラ群落, Ic: チガヤ群落。  
2) \*: 1994年にのみ確認された群落, \*\*: 1997年にのみ確認された群落。

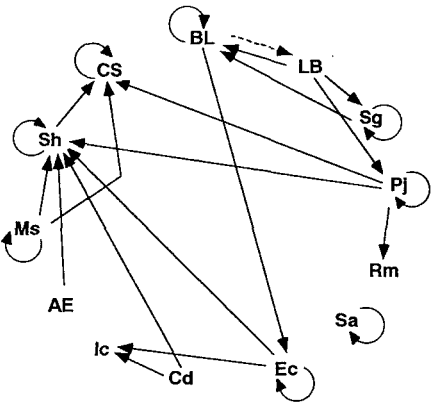


図-3 植物群落の遷移系列

な変化を考慮することなく対応づけるものとして利用することができそうである。著者らのこれまでの研究成果<sup>8~10)</sup>からも、河状履歴の情報から、任意点における群落の種類を予測することがある程度可能であることが示唆されている。ただし、一つの群落内でも個々の標定点の指標値は幅を持っており、その範囲は他の群落における指標値の幅と重なり合いもするので、必ずしも1対1に対応しないことに留意しておく必要がある。

これらのことを念頭におきながら、植物群落の動態を予測するモデルを作成するための第一歩として、次に示すような簡便かつ容易な方法を考えた。まず、各群落に対して求められた河状履歴指標の平均値を成分とする5次元のベクトルをその立地の物理的環境の特性ベクトルとみなす。ついで、任意の検査点における河状履歴指標を成分とするベクトル（以下、河状ベクトルと呼ぶ）がどの群落の特性ベクトルに最も近いにより、各点における群落の種類を予測するというものである。

このような方法の適合性を、1994年の調査結果に基づいて検討した。まず、特性ベクトルを、1994年に識別された各植物群落内の固定標定点について算定された河状履歴指標値から決定した。次に、各標定点について、これが持つ河状ベクトルと個々の群落の特性ベクトルとの差の絶対値を計算し、これが最小となる群落が注目する点に成立すると判断した。そして、この結果と、そこに実際に分布していた群落との対応関係を調べた。

表-2は、それぞれの群落が成立すると予測された標定点群内で、実際にはどの群落がどのような割合(%)で存在していたかをまとめたものである。ただし、ここでも表-1の場合と同様な理由で、10%以下の群落についてはとりあげなかった。さて、予測された群落と実際の群落との一致率は30%程度であり、良好な結果とは言い難い。これは主に、ある群落内の指標値の範囲が、実際には他の群落内のものと重なり合っていることに起因している。

ところで、ここで用いた特性ベクトルは、各種の植物群落の成立領域における平均量として算出された。これは、特定の植物群落は特定の河状履歴に対応しているという仮定のもとで行ったものである。しかし実際には、植物群落の分布は、物理的環境のある範囲内で起こる植物同士の競争や、その結果として生じる遷移にもよっている。この意味において、河状履歴指標で表される物理的な環境は、遷移の幅や方向を決定する因子のうちの1つであると理解すべきである。すなわち、上述した河状履歴指標による群落推定モデルで、現在の群落とは異なった群落が立地すると予測された領域は、それらのいずれをも成立させうる物理的な環境を持つ領域であると解釈するのが妥当である。このような観点から見ると、調査された州の物理的な環境については、表-2のI~VIで示された6つの領域に類型化することができそうである。

現存する植物群落が、上記の6つの領域のうち、どこに出現するかを見てみると、以下のようなものである。木本群落であるアカメヤナギ群落やネコヤナギ群落は、I~IIIの範囲に分布する。ヨモギーオオアレチノギク群落は、II~VIの範囲と様々な環境履歴を持つ場に成立し、群落の成立可能な環境幅が最も広い。そして、セイバンモロコシ群落、オギ群落およびヤブガラシーアレチウリ群落は、それぞれ、IV~VI、VおよびVIの範囲に分布している。このように、草本群落については、前述の群落の順に、立地する物理的な環境の幅が狭まっていると言える。なお、ツルヨシ群落やシナダレスズメガヤ群落については、河状履歴指標の算出に用いた定期横断測量断面上にはほとんど分布していなかったため、ここでは考察できなかった。

このような群落種別の環境幅と図-3で示した遷移系列とを対応させてみると、次のようなこと

表-2 植物群落の種類の推定結果

|         |    | 実際に分布していた群落の割合 (%) |      |      |      |      |      |      |
|---------|----|--------------------|------|------|------|------|------|------|
|         |    | BL                 | Sg   | Sa   | AE   | Sh   | Ms   | CS   |
| 予測された群落 |    |                    |      |      |      |      |      |      |
| I       | BL | 76.8               |      | 10.7 |      |      |      |      |
| II      | Sg |                    | 21.9 | 35.3 | 21.2 |      |      |      |
| III     | Sa |                    | 34.5 | 32.8 | 15.5 |      |      |      |
|         | Pj |                    | 28.1 | 21.9 | 35.9 |      |      |      |
| IV      | Ec |                    | 28.8 |      | 18.2 | 28.0 |      |      |
|         | AE |                    | 12.4 |      | 37.1 | 27.8 |      |      |
| V       | Ms |                    |      |      | 21.0 | 14.8 | 49.4 |      |
|         | Sh |                    |      |      | 38.0 | 38.0 | 12.7 |      |
| VI      | CS |                    |      |      | 19.1 | 39.3 |      | 26.2 |

群落の略号は表-1と同じ。

群落へと遷移できた結果だと思われる。

図-3 は、表-1 で認められた変化を基に、州上での植物群落の遷移系列を予察的にまとめたものである。ここに示された経路はかなり複雑であるが、各群落の生態学的な特性も考慮しつつ、その基本構造を概観すると以下ようになる。

まず、チョウジタデーアメリカセンダングサ群落(LB)からネコヤナギ群落(Sg)へと遷移するものである。また、チョウジタデーアメリカセンダングサ群落からは、ツルヨシ群落(Pj)へと遷移し、そして、セイバンモロコシ群落(Sh)やヤブガラシアレチウリ群落(CS)へと遷移する経路もある。なお、一年生草本群落であるチョウジタデーアメリカセンダングサ群落は、1994 年に低水路沿いに一時的に成立していたものであることが現地調査の際に確認されており、図-3 では破線で示すように、この遷移系列は裸地を出発点として起こるかと考えても良い。

また、上記のものと同様に、裸地を出発点とした遷移系列と考えられるものとしては、シナダレスズメガヤ群落(Ec)を経てセイバンモロコシ群落、そして、ヤブガラシアレチウリ群落へと遷移するものがある。ただし、シナダレスズメガヤ群落とチョウジタデーアメリカセンダングサ群落とでは立地する領域が、次の点で異なっている。すなわち、チョウジタデーアメリカセンダングサ群落は低水路沿いの水当たりが強い裸地に、シナダレスズメガヤ群落はそれよりも内陸側で、ヤナギ群落の背後などにある裸地に成立する(図-2)。

次に、ギョウギシバ群落(Cd)やヨモギーオオアレチノギク群落(AE)、オギ群落(Ms)からセイバンモロコシ群落を経て、ヤブガラシアレチウリ群落へと遷移する系列が考えられる。ただし、ギョウギシバ群落、ヨモギーオオアレチノギク群落、オギ群落の立地環境の違い等については明らかではないため、これらの変化が同じ遷移系列上で起こるものかどうかは、

この結果だけでは判断できない。

なお、アカメヤナギ群落(Sa)やネコヤナギ群落などでは、ネコヤナギ群落の一部で裸地へと変化した場所が認められたものの、ほとんどのものは変化していない。これら木本群落の今後の遷移を予測するためには、より長期的な調査が必要である。

4. 河状履歴指標を用いた植物群落の予測

図-4 に、作成された 2 年代の植生図に出現した植物群落について、個々の群落の分布域に含まれる固定標定点群の各河状履歴指標を単純平均した結果を示した。なお、河状履歴指標を求める際の注目期間は、1994 年の植生については 1981 年～1992 年、1997 年の植生については 1984 年～1995 年のそれぞれ 12 年とした。

この図より、2 年代の植生図では、植物群落の分布が大きく異なっているにも拘わらず、各植物群落が出現する領域の河状履歴指標値の組み合わせは、さほど変化していないことが確認される。すなわち、この指標値は、各植物群落とその立地環境との関係を、時間的

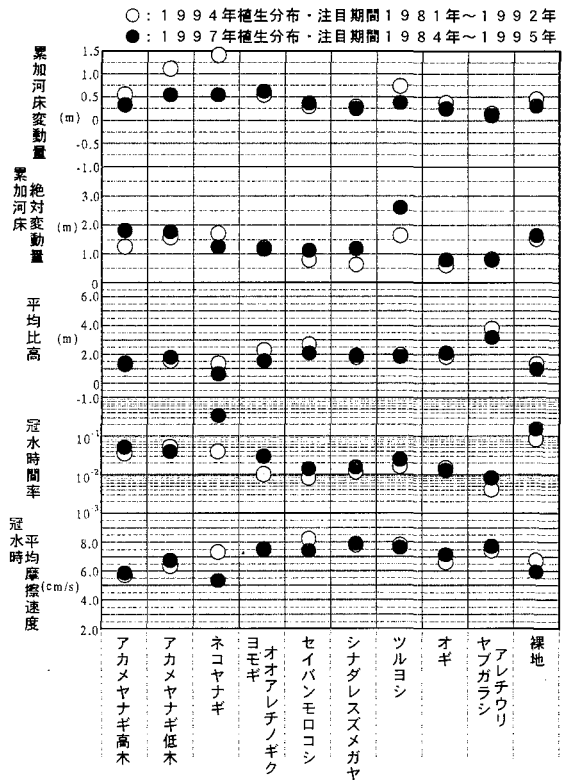


図-4 植物群落の種類別河状履歴指標

が言える。調査の対象とした州上では、ヨモギーオオアレチノギク群落、オギ群落からセイバンモロコシ群落を経て、ヤブガラシーアレチウリ群落へと遷移する系列が考えられたが(図-3)、これは、それらの群落が成立し得る環境幅と対応している。すなわち、この州上で見られる遷移は、広範囲な環境領域に侵入し得る種群から、より狭い環境領域でしか生存し得ない種群へと置き換わっていることを示すものであろう<sup>4)</sup>。このことは、河状履歴指標を成分とする物理的な環境の特性ベクトルを用いることにより、そこに成立可能ないくつかの植物群落を推定したり、それらの群落の遷移の方向を予測することが可能になることを示唆している。

## 5. まとめ

本報告では、5種の河状履歴指標を用いた植物群落の分布予測の可能性を検討してきた。その結果、これらの指標を成分とする特性ベクトルは、植物群落の遷移系列に関連する物理的な環境特性を表現していることが示された。そして、ある物理的環境に成立するいくつかの植物群落の種類を絞り込むことが可能であることが示唆された。このことは、治水面では、河道管理のうえで重要となる粗度の評価や予測を行ううえで、また、環境面では、今後そこに成立しうる群落の質を念頭に置いた保全や利用計画を立てるうえで、本報告で示したモデルが、非常に有用となることを示すものである。

今後、さらに検討を加えながら、より精度の高いモデルを作成していきたい。

## 謝 辞

本研究を行うにあたっては、河川環境管理財団および笹川研究助成による研究助成金を一部利用した。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 鎌田磨人・岡部健士・小寺郁子：吉野川河道内における樹木および土地利用型の分布の変化とそれに及ぼす流域の諸環境、環境システム研究, 25, pp. 287-294, 1997.
- 2) 辻本哲郎・岡田敏治・村瀬尚：扇状地河川における河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, 第37巻, pp. 207-214, 1993.
- 3) 石川慎吾：揖斐川の河辺植生－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, Vol. 38, No2, pp. 73-84, 1988.
- 4) 石川慎吾：揖斐川の河辺植生－Ⅱ. 扇状地域の砂礫堆上の植生動態, 日本生態学会誌, Vol. 41, No1, pp. 31-43, 1991.
- 5) 奥田重俊・佐々木寧：河川環境と水辺植物－植生の保全と管理－, ソフトサイエンス社, 1996.
- 6) Auble, G. T., Friedman, J. M. and Scott, M. L. : Relating riparian vegetation to present and future streamflows, Ecological Applications 4(3), pp. 544-554, 1994.
- 7) 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, 第42巻, pp. 451-456, 1998.
- 8) 岡部健士・鎌田磨人・林雅隆・板東礼子：砂州上の植生と河状履歴の相互関係, 徳島大学工学部研究報告, 第41号, pp. 25-38, 1996.
- 9) 岡部健士・鎌田磨人・湯城豊勝・林雅隆：交互砂州上の植生と河状履歴の相互関係, 水工学論文集, 第40巻, pp. 205-212, 1996.
- 10) 岡部健士・鎌田磨人・小寺郁子：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, 水工学論文集, 第41巻, pp. 373-378, 1997.