

# 多自然型河川における河川敷植生の多様性の成立・維持機構 ～淀川水系を例にして（要約）

1. はじめに
2. 調査地
3. 河辺植生の地形と土壤物理性
4. 植生タイプと地形
5. 土壤物理性に基づく植生タイプの立地のオーディネーション
6. 植生タイプの立地の土壤の水分保持能力
7. 植物の冠水耐性
8. 河辺植生の立地のオーディネーション
9. 結論

京都大学 生態学研究センター 藤田 昇  
東北大学 理学部 松井 淳



## 1. はじめに

生物多様性の重要性が認識され、河川環境管理の分野でも多自然型河川が注目されている。淀川水系は大都市近郊に位置しながら、大きな流域面積をもち、多目的水利用水源として重要である一方、ツルヨシ、カワラサイコ、オオイヌタデ、セイタカヨシ、セイタカアワダチソウ、オギ、ヨシ、ヤナギ、タケなどの河川敷の代表的自然植生が豊富に残存し、植物学・生態学的にも貴重である。

多自然型河川の基本をなす河川敷植生の多様性は、河水の浸食・堆積作用による河川敷の複雑な地形と土壌の形成、河川敷植生優占植物の生理・生態的特性、およびそれらの相互関係によって成立し、維持されている。河辺環境の解析のためには、地形学的、土壤学的、河川工学的視野に基づいて河辺環境の形成要因から理解する必要がある。

河辺植生とその立地の関係については、河辺植生の立地の環境要因として地形と土壤物理特性の複数の要因を総合化するための方法が検討され始め、河辺植物の生理・生態的特性と環境要因の関係についての研究では、特定の地域で生育地が類似した種の冠水耐性を比較する実験や観察の報告はある。

これまでの河辺植生とその立地に関する研究は特定の地域や少数の環境要因を対象とし、かつ定性的な解析や比較におわるものが多く、特定の河辺植生の分布に対する個々の環境要因の影響はわかつても、河辺植生と環境要因の総合的な関係や河辺植生における個々の環境要因の定量的な差の統計的有意性は十分には明らかにされていない。河辺には、水源から河口という流域沿いを見ても、河道から氾濫原、背後低地という横断面をみても多様な立地・環境が存在し、それらと関係して多様な植生が成立している。河辺植生とその生育立地の全体的な解明は、多様な河辺植生を対象として多様な環境要因をとりあげ、両者の総合的な対応関係を総合的に明らかにし、そこに働くメカニズムを検討してこそ可能である。

本調査研究は、淀川水系の中下流域を広く調査地とし、その中で最も自然植生が残されている地域の河川敷の多様な河辺植生を対象として、河川の幅、湾曲、水量、流速の違いによって形成される河川敷の様々な微地形と、土壤粒径など土壤物理特性、土壤水分、冠水頻度、浸食作用などが異なる立地特性、および植生構成植物の分布、冠水・乾燥耐性、繁殖様式、生活史のそれぞれを解明し、多様な河辺植生と多様な環境要因の対応関係を総合的に検討することにより、多自然型河川を形成している河川敷植生の多様性の成立・維持機構を明らかにしようとするものである。

## 2. 調査地

淀川水系は、琵琶湖に集められた滋賀県山間部の降水を水源とし、これが大津市から河谷状になって南流する。天ヶ瀬ダムを経て京都府大山崎町で南からの木津川と北からの桂川とが合流し、大阪平野を西南に流れ、途中で神崎川と大川を分流して大阪湾に注いでいる。流路延長は 73.1 km、流域面積は 8,240km<sup>2</sup>および、滋賀、三重、奈良、兵庫、京都、大阪の二府四県にまたがっている。淀川本川は、大山崎町の三川合流後の下流からで、その流路延長は 36 kmである。淀川の河床勾配は全般に緩やかで

ある。淀川は大都市中枢部を貫通するため河川敷が河川公園として利用されたり、治水・利水のための改修がなされている。その一方、自然植生が保全された地域が都市域としては比較的広面積に残されている。今回の調査研究では、淀川水系の中下流域から自然植生がまとまって広く存在する地域内の氾濫原として以下の 13 地点を選定し、植生の分布と地形要因の解析を行った。

1. 十三大橋と新淀川大橋の間の淀川左岸河川敷（大阪市北区、大阪湾から約 7.2-8.4 km 地点の間）
2. 豊里：菅原城北大橋付近淀川右岸河川敷（大阪市東淀川区、大阪湾から約 11.8-13.2 km 地点の間）
3. 伊加賀：伊加賀野草地区淀川左岸河川敷（大阪府枚方市、大阪湾から約 23.4-24.8 km 地点の間）
4. 前島：演習橋付近淀川左岸河川敷（大阪府高槻市、大阪湾から約 28.0-28.6 km 地点の間）
5. 鶴殿：鶴殿地区淀川右岸河川敷（大阪府高槻市、大阪湾から約 30.2-32.4 km 地点の間）
6. 三川合流点：御幸橋より下流、淀川・木津川左右岸河川敷（京都府八幡市、大阪湾から約 34.6-37.2 km 地点の間）
7. 淀：淀大橋より上流、宇治川右岸河川敷（京都府久御山町、大阪湾から約 39.0-40.0 km 地点の間）
8. 向島：向島地区の観月橋と宇治川大橋の間の宇治川左岸河川敷（京都市伏見区、大阪湾から約 41.8-43.8 km 地点の間）
9. 八幡：御幸橋より上流、木津川右岸河川敷（京都府八幡市、大阪湾から約 37.4-39.0 km 地点の間）
10. 山城大橋：山城大橋より下流、木津川右岸河川敷（京都府城陽市、大阪湾から約 48.3-49.4 km 地点の間）
11. 開橋：開橋付近木津川右岸河川敷（京都府山城町、大阪湾から約 54.6-55.8 km 地点の間）
12. 嵐山：松尾橋より上流、桂川右岸河川敷（京都市西京区、大阪湾から約 52.8-54.2 km 地点の間）
13. 泉大橋：泉大橋付近木津川右岸河川敷（京都府山城町、大阪湾から約 59.0-60.0 km 地点の間）

また、8（向島）と 13（泉大橋）では土壤物理特性と植生の対応をみるために、ベルトランセクトを設置し、詳細な調査を行った。ベルトランセクトは向島調査区では河口から 43.4 km の地点に、泉大橋調査区では 59.8 km の地点に、川の流れに垂直方向に堤防から川岸まで設置した。

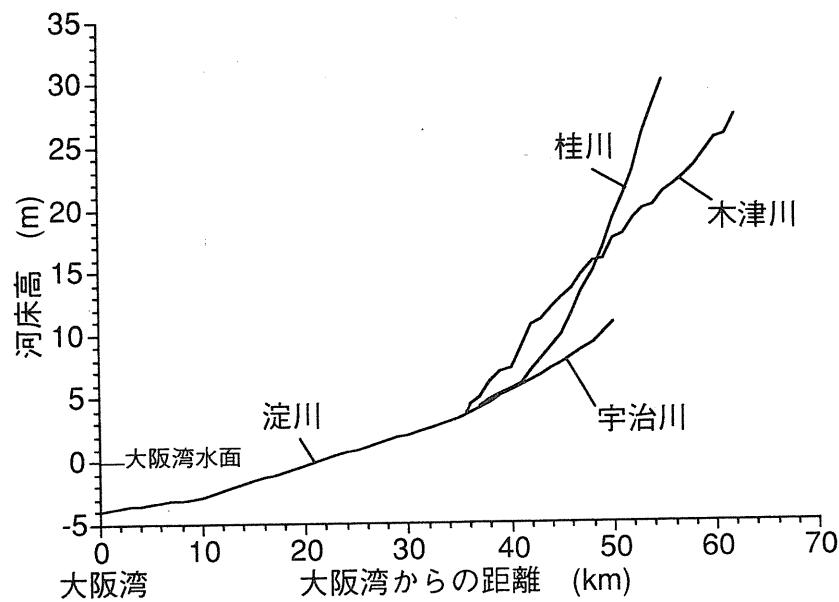


図 2・1 淀川水系縦断面図  
河床高は大阪湾水面からの高さで示す。

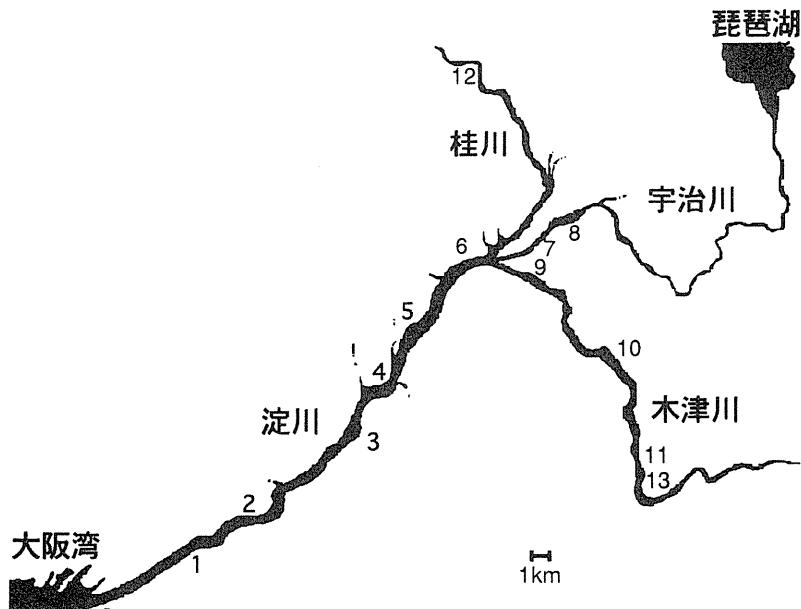


図 2・2 淀川水系の調査地

- |    |       |                         |
|----|-------|-------------------------|
| 1  | 十三    | (淀川左岸 7.2-8.4km)        |
| 2  | 豊里    | (淀川右岸 11.8-13.2km)      |
| 3  | 伊加賀   | (淀川左岸 23.4-24.8km)      |
| 4  | 前島    | (淀川右岸 28.0-28.6km)      |
| 5  | 鶴殿    | (淀川右岸 30.2-32.4km)      |
| 6  | 三川合流点 | (淀川・木津川左右岸 34.6-37.2km) |
| 7  | 淀     | (宇治川右岸 39.0-40.0km)     |
| 8  | 向島    | (宇治川左岸 41.8-43.8km)     |
| 9  | 八幡    | (木津川右岸 37.4-39.0km)     |
| 10 | 山城大橋  | (木津川右岸 48.3-49.4km)     |
| 11 | 開橋    | (木津川右岸 54.6-55.8km)     |
| 12 | 嵐山    | (桂川右岸 52.8-54.2km)      |
| 13 | 泉大橋   | (木津川右岸 59.0-60.0km)     |

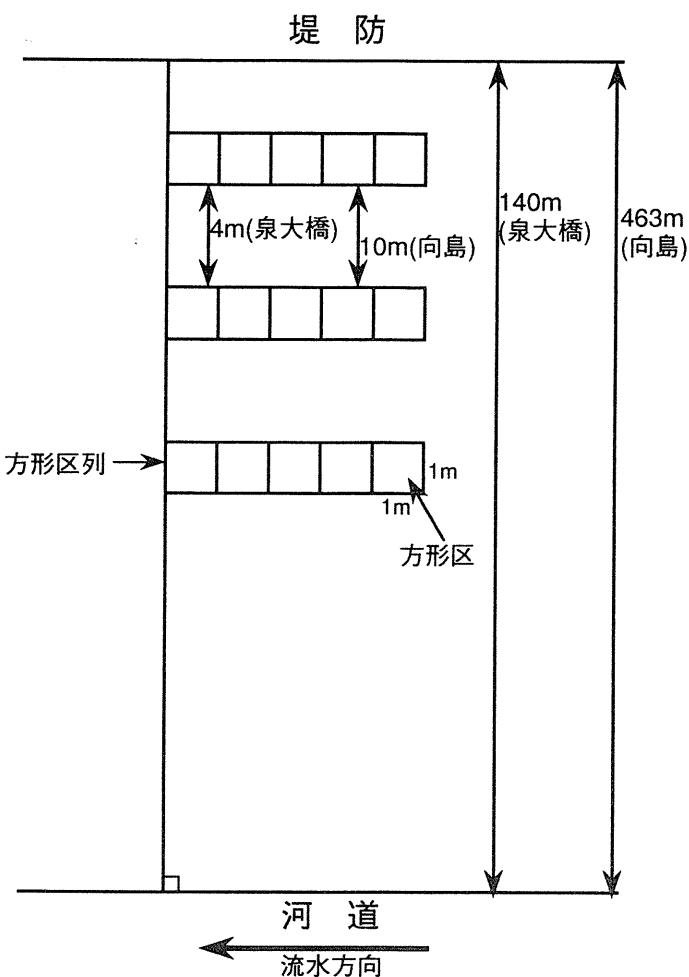


図2・3 調査区でのベルトランセクトの方形区の配置法  
( )内は調査区名

#### 8 向島調査区

調査区としての選定理由は、ヨシやオギのような大型草本のまとまった河辺植生が広い面積で残っていることによる。向島の氾濫原は、幅 450m以上と広く、全体的に河床からの比高が高い。向島地区の河川敷は、ヨシの生育地としては淀川水系でも最大規模である。このヨシの生育地の維持には、毎年冬に行われているヨシズ業者による刈り取りと火入れが関係あると考えられる。この調査区は相観によってヨシとオギが優占するそれぞれ2つの植生タイプに区分できた。また、レッド・データブック日本の絶滅危惧植物（日本植物分類学会）で、絶滅に向けて進行しているとみなされる危急種とされている植物が多く生育しており、淀川水系を代表するヨシ原である。

#### 13 泉大橋調査区

調査区としての選定理由は、中流域で河道から堤防にかけての比高の変化に従って河辺植生の移り変わりがみられることによる。カワラと名の付く植物が優占する中流域の玉石河原特有の植生がよく残っている。この調査区は相観によってツルヨシ、ノイバラ、カワラサイコ・カワラヨモギ、セイタカアワダチソウが優占するそれぞれ4つの植生タイプが区分できた。

### 3. 河辺植生の地形と土壤物理性

氾濫原の横断面の地形によって土壤物理性がどう変化するかを調べた。土壤物理性としては土壤の粒度分析と三相分析を行った。土壤堆積物中には大きな礫も含まれていたが、本研究では粒径 4 mm 以下の礫に限り、4 mm を越える礫は除外した。三相分布の測定は実容積法によって行った。向島調査区と泉大橋調査区のベルトランセクトの全ての方形区にて表層の土壤を採集した。粒度分析のために乾燥土壤をふるい分けて 4 段階に分類した。ふるいは、4 mm、2 mm、0.212 mm、0.053 mm の 4 つを用いた。そして、4 mm 以上の礫を除き、粒径 2 mm 以上を礫、0.212 mm 以上を粗砂、0.053 mm 以上を細砂、0.053 mm 未満をシルトと扱い、重量比率で表した。

横断面図から泉大橋調査区は、全体的に比高は低い（約 30 cm～2 m）が、河道近くに自然堤防があり、凹凸が多い地形をしている。粒径分布では自然堤防があるあたりに粗砂の比率が非常に増えている。一方、向島調査区は、全体的に比高は高く（3.5 m 以上）、高低差が小さく、横断面方向の粒径分布には泉大橋調査区ほどの大きな変化はない。

両調査区の地形データと土壤物理特性の相関関係を調べると、比高は、地形の異なる泉大橋、向島両調査区のいずれにおいてもシルト率に正の相関関係があった。一方、河道からの距離と相関関係が認められる土壤物理特性は、両調査区において異なり、泉大橋調査区ではシルト率が、向島調査区では礫率が河道からの距離と正の相関を示した。

河道沿いに自然堤防があると、氾濫水は自然堤防に砂を堆積させて、自然堤防斜面にシルトを落とし、背後低地に残りのシルトと粘土を沈降させる。泉大橋調査区でみられた自然堤防に粗砂が多く、河辺から離れるにつれてシルトが増えるというパターンはこれに一致する。一方、向島調査区のように全体的に比高が高いと冠水の頻度は少ないが、冠水するときは非常な増水時に流れに勢いがあり、かつ氾濫原の比高差がほとんどないので、礫が奥の人工堤防まで運ばれると考えられる。泉大橋調査区においても大増水時に礫が氾濫原の奥まで運ばれるという傾向はみられた。また、両調査区ともに比高とシルトの堆積には正の相関が見られた。これは、比高が高い地点は低い地点より流速が小さく、シルトは砂に比べて流速が小さいと沈降するので、比高が高い地点のシルト含量が増大したと考えられる。

### 4. 植生タイプと地形

13 地点の調査地で、現地での植生調査と航空写真とによって、植生タイプを区分する植生図を作成した。植生タイプは優占植物によって、竹林、クズ・カナムグラ、オギ、ヨシ、カワラヨモギ・カワラサイコ、ツルヨシ、セイタカヨシ、ヤナギ、セイタカアワダチソウ、短莖草本の 10 の植生タイプに分けることができた。

調査地域の河道沿い 200 m おきに横断方向に調査地域内にラインを取り、ラインの 10 m おきに調査点を設けた。調査点では河口からの距離、河床勾配、河道からの距離、冠水指数の 4 つの地形的要因を求

め、植生図からよみとて植生タイプを決めた。

河口からの距離とは大阪湾からの河道距離であり、建設省淀川工事事務所発行の淀川管内図から読みとった。河床勾配は、建設省が毎年測定している河川縦断面図から、調査地域における河道距離 200m に対する河床の上昇率を算出して求めた。河道からの距離は、200mおきの河川横断面図の最低水位地点を川岸として、河道に対して垂直方向に、どれだけ川岸から離れているかを水平距離で表したものである。冠水指数は警戒水位と最低水位との比高差を 6 等分して示した。冠水指数が小さくなるにつれて冠水頻度が増大する。

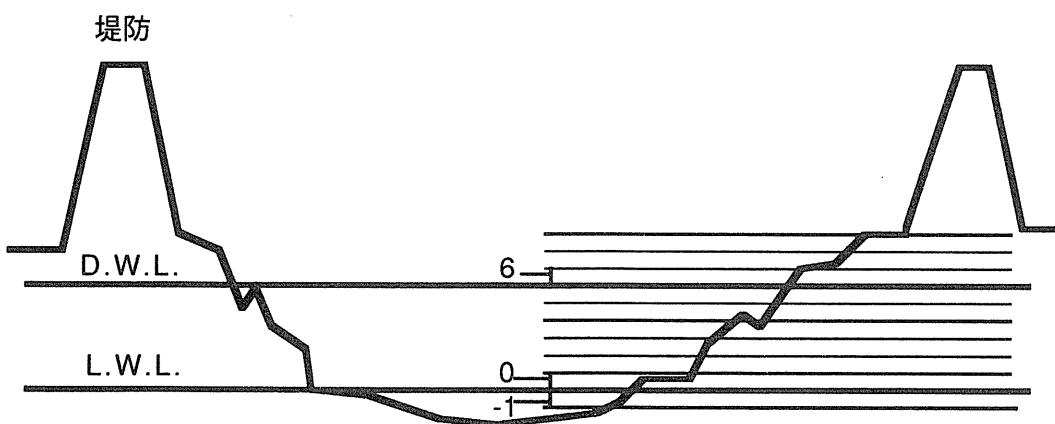


図 4・1 冠水指数の求め方

D.W.L.（警戒水位）とL.W.L.（最低水位）の間を比高で6等分する。

数字が小さいほど冠水頻度が高くなる。  
負の数字は常に冠水していることを表す。

植生タイプ間で河口からの距離を比較すると、最も小さかったのがヨシタイプで他の全ての植生タイプより有意に小さかった。最も大きかったカワラヨモギ・カワラサイコタイプはツルヨシタイプと竹林以外の植生タイプより有意に大きかった。オギタイプ、セイタカヨシタイプ、ヤナギタイプも比較的小さく、ツルヨシタイプ、セイタカアワダチソウタイプ、竹林タイプ、カワラヨモギ・カワラサイコタイプより有意に小さかった。

河床勾配を比較すると、ヨシタイプは他の植生タイプより有意に小さかった。河床勾配は河口に近づくにつれて緩やかになる傾向を示すので、河床勾配は植生タイプ間で河口からの距離と似た大小関係を示す。オギタイプとセイタカヨシタイプは河口からの距離ではヤナギタイプ、クズ・カナムグラタイプと同じグループになるが、河床勾配ではそれより有意に小さくなつた。

河道からの距離の比較では、竹林タイプはヨシタイプ、オギタイプ、カワラヨモギ・カワラサイコタイプを除く他の全ての植生タイプより有意に大きかった。また、ヨシタイプ、オギタイプ、カワラヨモギ・カワラサイコタイプは、ツルヨシ、セイタカヨシ、ヤナギよりも有意に大きかった。

冠水指数の比較では、ヨシタイプ、ヤナギタイプ、ツルヨシタイプのうち、ヨシタイプとヤナギタイプは他の植生タイプよりも、ツルヨシタイプはクズ・カナムグラタイプを除く他の植生タイプよりも有意に小さかった。竹林タイプは他の全ての植生タイプより有意に大きかったが、カワラヨモギ・カワラサイコタイプもセイタカアワダチソウタイプを除くその他の植生タイプより有意に大きかった。

河道からの距離が最も小さかったツルヨシタイプとヨシタイプとヤナギタイプは冠水指数も最も小さかったが、同じく河道からの距離が小さかったセイタカヨシタイプは冠水指数は大きくなった。また河道からの距離が大きかったヨシタイプが、冠水指数が最も小さくなつた。これは、セイタカヨシタイプは河道からの距離は小さいが高所に生育し、ヨシタイプは河道からの距離が大きくて背後低地のような低所に生育していることを意味する。

淀川水系の中下流の河川敷の、竹林、クズ・カナムグラ、オギ、ヨシ、カワラヨモギ・カワラサイコ、ツルヨシ、セイタカヨシ、ヤナギ、セイタカアワダチソウ、短莖草本の10の植生タイプの生育立地は、河口からの距離、河道からの距離、流速に影響する河床勾配、冠水頻度の4つの地形的要因のいづれかすべての間に有意差があった。

ヨシタイプは河口近くや、河口から離れた氾濫原の背後低地の河床勾配が緩やかで、比高が低く、最も冠水しやすい場所に分布するが、河道からはやや離れている。ツルヨシタイプは河口から遠くて、河道に近く、勾配が大きく、冠水しやすい場所に分布する。カワラヨモギ・カワラサイコタイプは河口から遠く、河道から離れた冠水の少ない場所に分布する。竹林タイプは河道から最も離れた、冠水のまれな場所に分布する。セイタカヨシタイプとオギタイプは分布域が似ているが、河道からの距離が異なる。どちらも河口からの距離、河床勾配、冠水指数は中間的だが、セイタカヨシタイプは河道に近く、オギタイプはそれより離れている。セイタカアワダチソウタイプは河口からの距離が大きく、河道に比較的近く、冠水指数は中間的な場所に分布する。ヤナギタイプは河道からの距離が小さく、冠水指数が小さく、最も冠水しやすい場所に分布する。クズ・カナムグラタイプは河床勾配が大きい場所に、短莖草本タイプは河道からの距離は比較的近いが、他は中間的である。

中下流域という広い範囲の河辺植生の分布がこれら4つの地形的要因で区別できたことは、氾濫原の地形形態や河道からの位置によって異なる、流水や冠水の直接の影響と流水による堆積・浸食作用で形成される土壤とその水分条件が河辺植生の分布にとって重要であり、植生がそれらと対応関係を示しているからと考えられる。

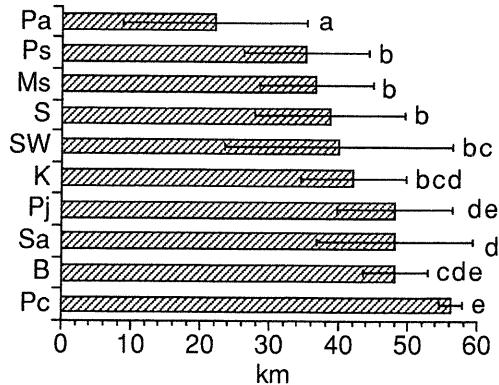


図4・2 a 植生タイプ分布域の河口からの距離

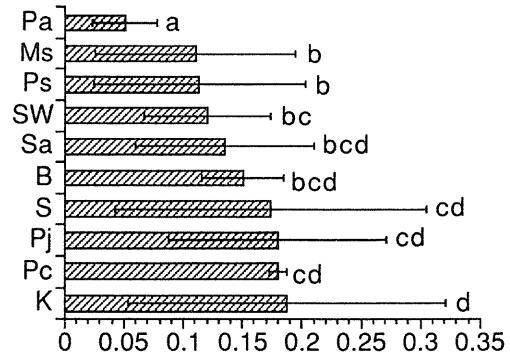


図4・2 b 植生タイプ分布域の河床勾配

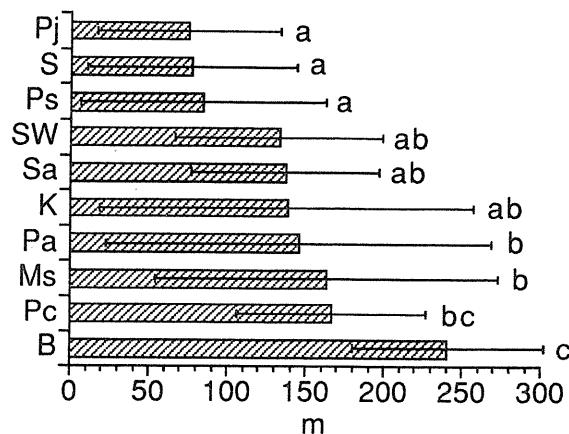


図4・2 c 植生タイプ分布域の河道からの距離

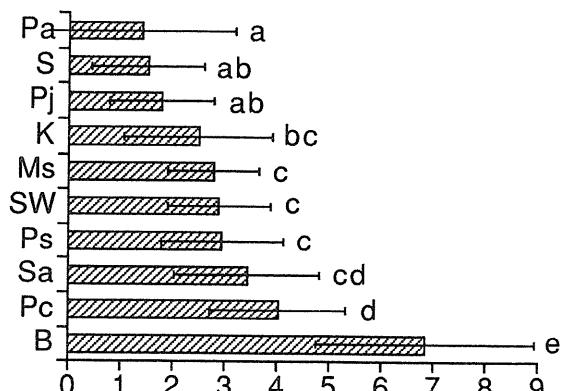


図4・2 d 植生タイプ分布域の冠水指数

平均値と標準偏差を示す。SASのGLM法での分散分析のScheffe法による多重比較を行い、有意差をアルファベットで示す。有意水準 $P<0.05$ 。植生タイプ名を次に示す。

Pa:ヨシ、Ms:オギ、Ps:セイタカヨシ、Sw:短茎草本、Sa:セイタカアワダチソウ、B:竹林、S:ヤナギ、Pj:ツルヨシ、Pc:カワラヨモギ・カワラサイコ、K:クズ・カナムグラ

## 5. 土壤物理性に基づく植生タイプの立地のオーディネーション

調査地域で高頻度で確認できた6つの植生タイプ（ヨシタイプ、ツルヨシタイプ、セイタカヨシタイプ、オギタイプ、セイタカアワダチソウタイプ、カワラヨモギ・カワラサイコタイプ）と、植生タイプ区分には取り上げなかったが高頻度で確認されたノイバラタイプを新たに加えて、それぞれの立地の土壤物理特性を解析した。鵜殿（右岸 30.2-32.4 km）、三川合流地点（左右岸 34.6-37.2 km）、向島（左岸 41.8-43.8 km）、山城大橋付近（右岸 48.3-49.4 km）、開橋付近（右岸 54.6-55.8 km）、泉大橋付近（右岸 59-60 km）の6調査地で、植生タイプの代表種の被度が80%以上となるそれぞれの植生タイプの典型的立地を選んで土壤の採集を行った。7つの植生タイプが全て存在する調査地はなかったが、1つの調査地に存在する植生タイプのそれぞれで場所を変えて数カ所で土壤を採集した。土壤採集は、深さ15-20 cmの土壤で行い、100 ccの円筒型採土缶によって採集した。土壤物理性として三相と粒径組成を測定した。

土壤物理特性を説明変量とし、植生タイプを対象とした主成分分析を行った。第1主成分の寄与率が6割以上と非常に高かった。固有ベクトルをみると、第1主成分では実容積、固相率、粗砂含有率などが正で大きく、孔隙率と細砂含有率が負で大きいことから、第1主成分は基質の粗さを表すと考えることができる。第2主成分では、気相率の正方向の貢献が大きく、液相率の負方向への貢献が大きいことから、第2主成分は排水性もしくは保水性を表すことができる。それぞれの植生タイプの主成分得点散布図から判断すると、ヨシタイプは基質は細かい傾向があり、排水性は良くない。ツルヨシタイプは基質は粗く、排水性は良い。セイタカヨシタイプは基質は細かく、排水性は良い。オギタイプは基質は細かく、排水性はやや悪い。セイタカアワダチソウタイプは排水性はばらつきが見られるが、基質は細かい。ノイバラタイプは排水性はばらつくが基質は細かい。カワラサイコタイプは基質は粗く、排水性はほぼ良い。以上の結果から、セイタカアワダチソウタイプとノイバラタイプ、ツルヨシタイプとカワラサイコタイプは似るが、それ以外の植生タイプは違いがあった。

向島調査と泉大橋調査区に設置したベルトトランセクトにおいて、方形区内で最も被度が高い種に基づいて方形区の植生タイプを定めると、向島調査区ではヨシとオギ、泉大橋調査区ではツルヨシ、ノイバラ、カワラサイコ、セイタカアワダチソウ、冬一年草の7つの植生タイプが類別された。全方形区で土壤を採集し、土壤物理特性を変量として主成分分析を行った。

向島調査区では、第1主成分、第2主成分の寄与率が高かった。固有ベクトルからは、第1主成分に礫含有量、粗砂含有量、気相率が正方向に大きく貢献し、液相率、細砂含有量率が負方向に大きく貢献していることから、第1主成分は基質の粗さや排水性を表し、第2主成分は正方向に固相率、実容積の貢献が大きく、負方向には気相率、細砂含有率の貢献が大きいことから基質の密度を表すと判断した。

泉大橋調査区では、第1主成分の寄与率が7割近くと非常に高かった。固有ベクトルから、第1主成分は、実容積、固相率、細砂含有率などが正方向に、孔隙率が負方向に貢献していることから、基質の粗さを表すと考えることができる。第2主成分は、気相率の正方向の貢献が大きく、液相率の負方向へ

外は乾燥重量が増加し、ツルヨシなどの実験設定においても生長量はコントロールと比べて少なかった。セイタカヨシとオギは地下部までの冠水（AとB）ではコントロールより生長量が多くなったが、オギは全体冠水で生長量が低下した。カワラサイコとメドハギは冠水によって著しい生長量の減少が起こった。セイタカアワダチソウは、A・B間で、冠水耐性にも大きな変化が起こった。土壤構造が発達し有機質を含むAでは生長は良好で、土壤構造が全くできていず、有機質を含まないBではC同様生長量がコントロールと比べて著しく減少した。

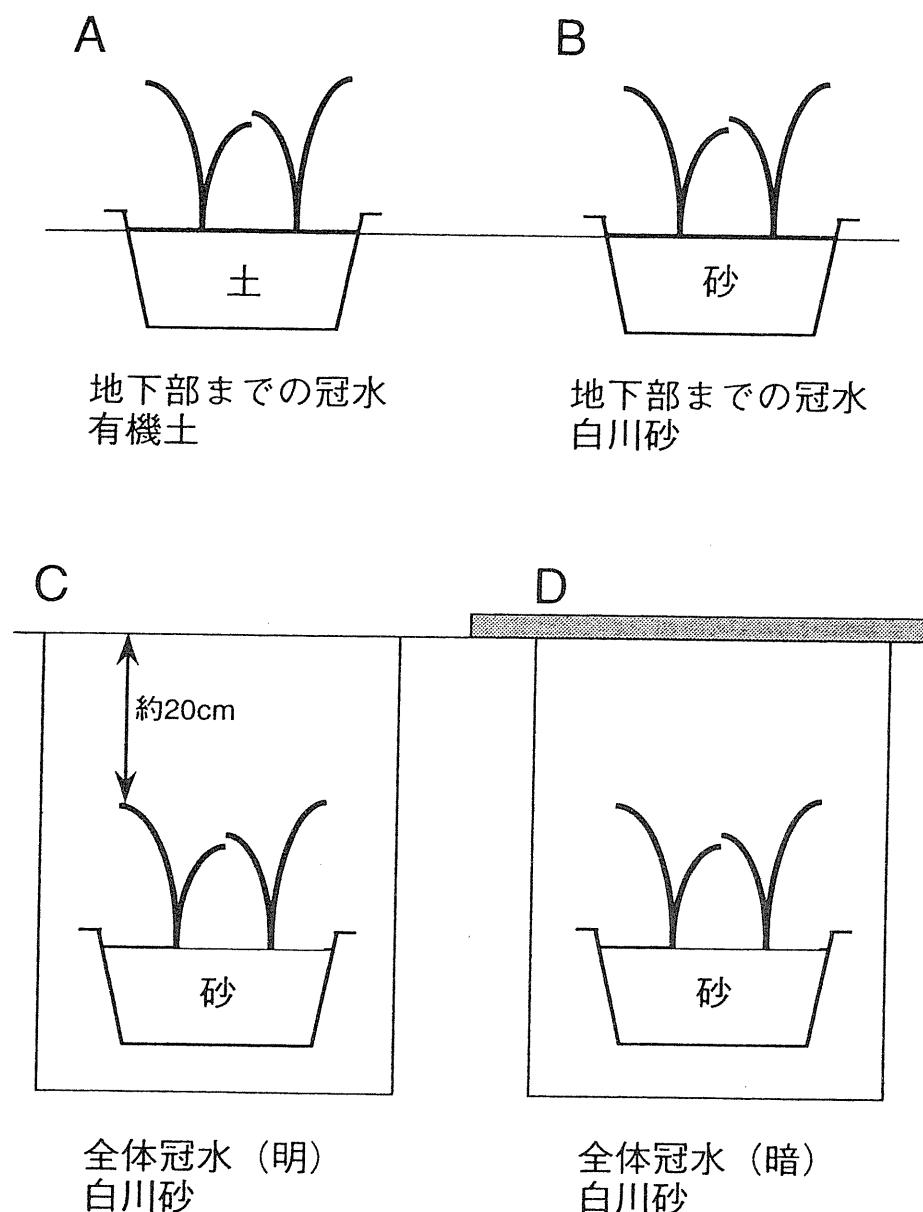


図7・1 冠水実験の模式図

ヨシは、全体冠水によっても生長量が増したが、これは湖沼や池の常時冠水する場所にも分布できる適応と考えられる。ただし、土に植えた実験設定Aの生長が良くなかったのは、有機質土壌なので土壌中の微生物の呼吸、分解作用による地下部の還元状態で地下部の生長が阻害された可能性がある。従つて、ヨシは、冠水耐性があるが有機土より砂質土に適応しているかもしれない。全体冠水によって生長量が減少したセイタカヨシとオギ、全体冠水だけでなく、地下部冠水でも生長量が減少したツルヨシは、ヨシ同様に全体冠水で草高を伸ばした。短期間の冠水であれば、草高を伸ばすことによって、空気や強光に到達でき、光合成を行いながら生き延びることができるのだろう。また、実験設定Dにおける回復の結果より、これら4種は冠水と光遮断が同時に起こっても、冠水が終われば地下部から回復する能力があると考えられる。低所に分布するヨシと、より高所に分布するオギ、セイタカヨシの分布の違いは冠水耐性から説明できる。

## 8. 河辺植生の立地のオーディネーション

向島調査区と泉大橋調査区で5月に行った植生調査でベルトトランセクトの立地の主成分分析を行った。

出現種の被度を説明変量として方形区を対象として主成分分析を行い、河辺植物別に分布した方形区の主成分得点の散布図を描いた。主成分得点の散布図の類似から、立地が似た種群をまとめると、泉大橋調査区では、カワラサイコタイプ、ツルヨシタイプ、ノイバラとセイタカアワダチソウにオギなどを加えた自然堤防分布タイプ、優占種のない冬一年草タイプの4つの種群が区別できた。このうち、冬一年草タイプは他の3つのタイプと分布の重なりがみられ、最も分布パターンが広がった。残りの3つのタイプは分布がほとんど重ならずに分かれた。

主成分の固有ベクトルをみると、第1主成分ではヌカススキ、カワラサイコ、カワラナデシコ、カワラマツバのカワラサイコタイプの植物が正で大きく、オギ、ヤエムグラなどの自然堤防分布タイプの植物が負で大きい。したがって、第1主成分は正の方向がカワラサイコタイプの因子、負の方向が自然堤防分布タイプの因子と考えられる。第2主成分の固有ベクトルは、ヤハズエンドウ、ヤエムグラの自然堤防分布タイプの植物が正で大きく、スズメノテッポウ、ツルヨシのツルヨシタイプの植物が負で大きかった。したがって、第2主成分は正の方向が自然堤防分布タイプの因子、負の方向がツルヨシタイプの因子と考えられる。冬一年草タイプの植物の固有ベクトルはどちらの主成分でも正または負に大きな値をとらなかった。その結果、カワラサイコタイプは第1主成分が負の位置に、第2主成分が正の位置に、ツルヨシタイプは第2主成分が負の位置にそれぞれまとまりを示した。

主成分得点散布図で立地の分布パターンが似た種は固有ベクトル散布図でも似た位置となる。固有ベクトル散布図では、第1象限にカワラサイコ、カワラヨモギ、メドハギ、ヌカススキなどのカワラサイコタイプが集まっている。第3象限の第2主成分の負方向にツルヨシとスズメノテッポウのツルヨシタイプが存在する。第4象限にオギ、ヤエムグラ、セイタカアワダチソウ、ノイバラ、ヤハズエンドウな

どの自然堤防分布タイプが集まっている。原点周囲に散在するヒメコバンソウ、ブタクサ、ネズミムギ、セイヨウカラシナ、オランダミミナグサは、ブタクサを除けば全て帰化植物の冬一年草である。このように、主成分得点散布図での区分と同様の4つの種群が区分できた。

向島調査区の植生を説明変量としたベルトトランセクトの立地の主成分分析で、第1主成分と第2主成分を用いて描いた、それぞれの河辺植生が出現した立地の主成分得点散布図を植物間で比較すると、ヨシとオギは重なりが小さく、分布が大きく分かれた。主成分の固有ベクトルでは、第1主成分、第2主成分ともヨシとオギが逆の符号で固有ベクトルが大きく、オギとヨシの立地の主成分得点散布図がよく分かれたのと対応する。第1主成分と第2主成分の固有ベクトルを2軸にとった散布図では、ヨシとオギは対極に位置して分かれるが、他の種は散在してまとまった種群は存在しなかった。

土壤物理性に地形要因（河辺からの距離と比高）を加えた環境要因を説明変量として、向島調査区と泉大橋調査区別にベルトトランセクトの方形区を対象として主成分分析を行った。

泉大橋調査区で、第1主成分と第2主成分を用いて描いた。それぞれの河辺植物が出現した立地の主成分得点散布図を植物間で比較すると、植生を変量とした場合ほど明瞭ではないが、分布パターンの違いがみられた。ツルヨシタイプは第1主成分の主成分得点が正で大きいもの多かった。カワラサイコタイプは第2主成分の主成分得点が正に偏り、自然植生タイプは負に偏った。冬一年草タイプには傾向がみられなかった。固有ベクトルをみると、第1主成分では実容積、粗砂含有量、固相率が正に大きく、細砂含有量、孔隙率、液相率、シルト含有量が負に大きかった。第2主成分では、河道からの距離、礫含有量、固相率が正に大きく、気相率、孔隙率が負に大きかった。どちらの主成分も土壤の粗砂と密度に関係する。しかし、第1主成分は粗さの因子が強く、第2主成分は土壤の密度の因子が強いと考えられる。

向島調査区で、第1主成分と第2主成分を用いて描いた、それぞれの河辺植物が出現した立地の主成分得点散布図を植物間で比較すると、ヨシとオギは分かれなかった。固有ベクトルをみると、第1主成分では、礫含有率、粗砂含有率、気相率が正に大きく、液相率、細砂含有率、シルト含有率が負に大きかった。第2主成分では、固相率、実容積が正に大きく、孔隙率が負に大きかった。したがって、第1主成分は土壤の粗さの因子であり、第2主成分は土壤の密度の因子と考えられる。

植生を変量とした場合と環境を説明変量とした場合の河辺植生の立地のオーディネーションを比較するために、両者の主成分間に相関があるかどうかを、向島調査区と泉大橋調査区のそれぞれ調べた。泉大橋調査区では、植生に基づく主成分分析の第1主成分と環境要因に基づく主成分分析の第2主成分に正の、植生に基づく主成分分析の第2主成分と環境要因に基づく主成分分析の第1主成分に負の強い相関があった。向島調査区では、植生に基づく主成分分析の第1主成分と環境要因に基づく主成分分析の第2主成分に正の弱い相関があった。

両調査区で植生を説明変量とした場合の立地の主成分得点と立地の環境要因の相関を求めるために、主成分得点を目的変量、環境要因を説明変量として重回帰分析を行い、主成分に影響している環境要因を求めた。泉大橋調査区では、第1主成分は河道からの距離、固相率と強い正の相関があった。第2主

成分はシルト含有量と正の、固相率と負の相関があった。向島調査区では、第1主成分は礫含有量・比高と強い正の相関があり、河道からの距離と負の相関があった。第2主成分は液相率と正の、シルト含有量と負の相関があった。

同様にして、環境を説明変量とした場合の立地の主成分得点と立地の出現種の被度との相関を重回帰分析によって求めた。泉大橋調査区では、第1主成分はツルヨシ、スズメノテッポウ、ツボミオオバコ、ネズミムギ、ギシギシ、セイヨウカラシナまでの6種と有意な相関があり、第2主成分はヌカススキ、ヤハズエンドウ、ツルヨシ、オギまでの4種と有意な相関があった。向島調査区では、第1主成分はウキヤガラ、カサスゲ、コウヤワラビ、シラスゲまでの4種と有意な相関があり、第2主成分はオヘビイチゴ、スマレ、ミコシガヤ、コウヤワラビ、セイタカアワダチソウまでの6種と有意な相関があった。

泉大橋調査区で、植生による主成分分析の第1主成分と環境による主成分分析の第2主成分間に有意な相関関係があったのは、植生による主成分分析の第1主成分は河道からの距離、固相率と強い相関があり、環境による主成分分析の第2主成分にはこの2つの環境特性の固有ベクトルの寄与が大きかったためである。同様に、植生による主成分分析の第2主成分と環境による主成分分析の第1主成分間に有意な相関関係があったのは、植生による主成分分析の第2主成分はシルト含有率と固相率と強い相関があり、環境による主成分分析の第1主成分にはこの2つの環境特性の固有ベクトルの寄与が大きかったためである。一方、向島調査区では、植生による主成分分析の第1主成分は礫含有量、比高、河道からの距離と相関関係があり、第2主成分は液相率（正）、シルト含有率と相関があった。しかし環境による主成分分析の第1主成分には気相率、液相率（負）の貢献が大きく、第2主成分には固相率、孔隙率が寄与していた。これらの植生による主成分分析の主成分と相関があった環境要因と、環境による主成分分析に寄与が大きい環境要因が互いに一致しなかったので主成分間に強い相関が見られなかった。

土壤物理性に地形を加えた環境要因に基づく立地の主成分分析の場合は、泉大橋調査区では植物の分布に基づく場合の主成分分析と主成分得点が相関したように、カワラサイコタイプ、ツルヨシタイプ、自然堤防分布タイプ間に立地の分布の違いがみられた。しかし、向島調査区では両者の主成分得点にはほとんど相関がなく、ヨシとオギは分かれなかった。固有ベクトルから分かるように、環境要因に基づく主成分分析の場合は第1主成分と第2主成分が土壤の粗さと密度の因子となっており、比高という地形要因で分かれているヨシとオギの違いを反映しなかったと考えられる。

泉大橋調査区と向島調査区の両調査区で、植物の被度を説明変量とした立地のオーディネーションが植生による立地の違いをよく反映した。また、土壤物理性や地形を環境要因とした立地のオーディネーションにおいても植生による立地の違いがあらわれた。河辺植生の立地のオーディネーションを植生側と環境側の両方から行って、ともに植生による立地の違いがとらえられたので、河辺植生と立地の対応関係はより確かなものと考えられる。

## 9. 結論

本調査研究は優占種に基づいて淀川水系の河辺植生を竹林、クズ・カナムグラ、オギ、ヨシ、カワラヨモギ・カワラサイコ、ツルヨシ、セイタカヨシ、ヤナギ、セイタカアワダチソウ、短莖草本の10タイプに区分した。河口からの距離、流速に影響する河床勾配、河道からの距離、および比高を冠水の起こりやすさの指標で置き換えた冠水指数の4つの要因を用いると、これらの植生タイプが地形と対応して有意に分けられた。また、草原植生について、粒径組成4区分、三相分布および実容積などの立地の土壤物理特性の諸要因を説明変量として主成分分析によるオーディネーションを行うと、ヨシタイプ、オギタイプ、ツルヨシタイプ、セイタカアワダチソウ・ノイバラタイプ、カワラサイコタイプ、越年草タイプの6つの草本植生タイプが区分できることを示した。セイタカアワダチソウタイプとノイバラタイプは土壤のpF-水分曲線から孔隙分布に違いが見られた。植物の分布を説明変量とした主成分分析のオーディネーションによっても6つの草本植生タイプのうちオギタイプとセイタカアワダチソウの区別があいまいになるだけで、5つのタイプが地形・土壤要因と相関を示して区分できた。このように、地形要因を变量としても、土壤物理要因を变量としても、植生の分布を变量としても、河辺植生とその立地に対応関係が存在し、河川敷の多様な植生と多様な環境要因に対応関係、相互関係が存在することが明らかになった。

本調査研究で解明した7つの草原植生タイプに加えて竹林とヤナギという淀川水系に広く優占する、多様な植生タイプは互いに立地特性を違えながら、全体として多様な立地に分布していた。ヨシは、淀川水系においては大阪湾に近い河口付近の静水域の冠水地に大きな群集を形成していたり、広い氾濫原内の後背低地に多い種である。オギと一緒に生育してもより低地の湿った土壤に分布し、冠水条件下で生長量が増大する、冠水耐性の大きな種であることがわかった。ツルヨシは氾濫原内でも特に砂州や川岸など流水の影響の受けやすい場所に生育している流水への耐性が大きい種である。その生育立地は地理的に河床勾配の大きい、つまり流速が速くて、流水による攪乱の大きな河道沿いに分布した。土壤特性は砂質で水位が低下すれば水が引きやすく、冠水状態が長続きしないので、短期間の冠水には耐性のあるツルヨシには好適と考えられる。またその立地は地下水の供給によりあまり乾燥しない。セイタカヨシは氾濫原でも畑の土のように柔らかい、腐食の多い土壤に小さなパッチ状に分布している。その立地の土壤特性は粒径が細かく団粒化が進んでいて保水性、通気性、排水性に富んだ河辺では一等地の土壤であることがわかった。良好な土壤が必要なためセイタカヨシの生育パッチは大きくならないと考えられる。オギは淀川水系の全調査区で確認できるほど分布域の広い種である。地形的にはセイタカヨシに分布域が類似するが、セイタカヨシよりも流路からは離れ、立地の土壤特性ではヨシに類似するが、より乾性的なことがわかった、以上の4種のイネ科植物は、冠水耐性のある大型多年草なため、河辺に優占していると考えられる。主に木津川の背後低地の河辺から離れて比高が高く、冠水が少ない場所に分布するカワラサイコタイプは、冠水に対する耐性が小さかった。表層直下の土壤が砂礫質であることから、大増水時の冠水の影響がうかがわれる。カワラサイコタイプの植物はいずれも地下部がよく発達

しており、攪乱の耐性は大きいと考えられる。おそらく、大増水時の攪乱作用によって、他種が排除されることによって優占度が保たれていると考えられる。セイタカアワダチソウはもともと人為的に持ち込まれた帰化植物で、攪乱を受けた地域への侵入力が高く地形的分布域は広い。しかし、砂地での冠水に対する耐性はなく、そのため分布が制限を受けている。ノイバラは主に自然堤防や堤防上に多い種であるが、土壤は粒径は細かく、有効水は比較的大きいが、団粒構造が発達しない特徴を示す。pF-水分曲線の変化パターンはセイタカアワダチソウと異なり、土壤孔隙が大きい傾向を示すが、全体としてはセイタカアワダチソウに立地が類似し、分布は重なる。冬一年草は水位の上昇する夏期には攪乱や過湿で大型草本が生育しにくいが、水位の低下した冬期には生育可能な場所に優占し、明るく、増水のない初春の頃までを利用して生育している。竹林は河道から遠く、比高が高く、最も冠水しない場所に優占している。ヤナギは河道に最も近く、地形分布はツルヨシに似るが、ツルヨシよりは下流寄りに分布し、土壤は砂礫質でない。

河川敷植生の多様性は、自然堤防、氾濫原、後背低地など地形の多様性、流水の浸食、運搬、堆積作用による土壤物理性の多様性、水位と比高の違いによる土壤水分の多様性、浸食と冠水の流水の作用と植物の耐性、反作用の多様性によって成立している。したがって、河川敷植生の多様性の維持を目的とする多自然型河川の管理においては、自然植生を残すだけではなく、河川敷植生の多様化と河川敷の希少植物生育立地確保のために重要な作用である増水による冠水と流水による土壤浸食と堆積などの攪乱作用を保つ必要がある。その意味で、流量調整による水位変動の減少、流路の単純化・河川敷の縮小による地形の単純化、河床掘り下げによる水位低下は避けたい。治水対策と攪乱作用の保障との両立が望まれる。今後、多自然型河川管理を円滑に進めるためには、攪乱の強度、頻度と植物の分布や植生の遷移との関係をさらに詳しく解明し、どの程度の水位変動や攪乱作用が必要であるかを具体的に明らかにしていく必要がある。

## 引用文献

- 1) Blom, C.W.P.M. (1990) Responses to flooding in weeds from River areas. In "Biological Approaches and Evolutionary Trends in Plants(1990)" (S. Kawano, eds), pp.81-94. Academic Press.
- 2) Blom, C.W.P.M., G.M. Bogemann, P.Laan, A.J.M.van der Smans, H.M.van de Steeg & L.A.C.J.Voesenek. (1990) Adaptations to flooding in plants from river areas. Aquatic Botany, 38, 29-47.
- 3) Hefley, H. M. (1937) Ecological studies on the Canadian river floodplain in cleveland county, Oklahoma. Ecological Monographs, 7, 346-402.
- 4) Hupp, C.R. & W.R.Osterkamp. (1985) Bottomland vegetation distribution along passage creek, Virginia, in relation to fluvial landforms. Ecology, 66, 670-681.

- 5) Hupp, C. R. (1992) Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization:a geomorphic perspective. *Ecology*, 73, 1209-1226.
- 6) 日本植物分類学会. (1993) レッド・データブック日本の絶滅危惧植物, 41pp.
- 7) Irina, S. (1990) Riverain vegetation in the Nile valley in Upper Egypt. *Journal of Vegetation Science*, 1, 595-598
- 8) Ishikawa, S. (1983) Ecological studies on the floodplain vegetation in the Tohoku and Hokkaido Districts, Japan. *Ecological Review*, 20, 73-114.
- 9) 石川慎吾. (1988) 摂斐川の河辺植生 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*, 38, 73-84.
- 10) 倉本 宣. (1984) 多摩川河辺植物群落の帶状分布とその人間活動による変化. *造園雑誌*, 47, 257-262.
- 11) 倉本 宣. (1987) 多摩川の河辺植物の変化とその要因. *応用植物社会学研究*, 16, 13-23.
- 12) 倉本 宣, 井上 健, 鷺谷いづみ. (1993) 多摩川中流の水辺における河辺植生構成種の分布特性についての研究. *造園雑誌*, 56, 163-168.
- 13) 桑島正二. (1990) 大阪府植物目録, 近畿植物同好会発行, 65pp.
- 14) 久馬一剛. (1984) 新土壤学, 朝倉書店, 103-104pp, 112-114pp.
- 15) Menges, E. S. & D. M. Waller. (1983) Plant strategies in relation to elevation and light in floodplain herbs. *The American Naturalist*, 122, 454-473.
- 16) Miyawaki u. Okuda. (1972) Pflazenzooiologische Untersuchungen über die Auenvegetation des Flusses Tama bei Tokyo, mit einer vergleichenden Betrachtung über die Vegetation des Flusses Tone. *Vegetatio*, 24(4-6), 229-311.
- 17) Nilsson, C. (1987) Distribution of stream-edge vegetation along a gradient of current velocity. *Journal of Ecology*, 75, 513-522.
- 18) Nilsson, C., Gunnel Grelsson, Mats Johansson & Ulf Sperens. (1989) Patterns of plant species richness along riverbanks. *Ecology*, 70, 77-84.
- 19) 小野由紀子, 島田恵子. (1985) 木津川中流河川敷植生の植物生態学的研究. *関西自然科学*, 35 : 12, 1-7.
- 20) Shelford, V. E. (1954) Some lower Mississippi valley flood plain biotic communities ; Their age and elevation. *Ecology*, 35, 126-142.
- 21) 須賀堯三. (1992) 川の個性 河相形成のしくみ. 鹿児島出版会, 70-73pp.
- 22) 鉄川 精, 松岡数充, 田村利久. (1979) 淀川－自然と歴史－, 大阪文庫1, 松 社, 6-7pp
- 23) Ware, G. H. & Wm. T. Penfound. (1949) The vegetation of the lower levels of the flood plain of the south Canadian river in central Oklahoma. *Ecology*, 30, 478-484.
- 24) Wistendahl, W. A. (1958) The flood plain of the raritan river, New Jersey. *Ecological Monographs*, 28, 129-153.
- 25) Yamasaki, S. & I. Tange. (1981) Growth responses of *Zizania latifolia*, *Phragmites australis* and *Miscanthus sacchariflorus* to varying inundation. *Aquatic Botany*, 10, 229-239.