

# 改修河川における植生とその環境全機能の回復に関する研究

## まえがき

I はじめに

II 調査地

III 植物群落の分類と環境要因

IV 植物群落の分布特性と1994年の渴水が河川の植生に与えた影響

V 総括

## 参考文献

広島大学総合科学部・助教授 中 越 信 和

(現: 広島大学大学院 国際協力研究科 教授)

広島大学大学院生物圏科学研究科 井 上 雅 仁



## まえがき

最近は、河川改修、護岸工事、河川水の富栄養化などによって変化した水辺の環境の再評価の必要性が問われるようになってきている。このような背景の中で、河川のもつ多様な価値や役割が見直されつつある。河川が本来有している生物にとって良好な生息環境とあわせて美しい自然景観の保全あるいは創出といった改修の考え方が登場してきたのもその一つのあらわれであろう。

広く「湿地のワイスユース」という言葉が流布しているが、多くの河川で、はからずも改修の際に河川内の植生が影響を受けているといわれている。ここで重要なことは、改修や護岸工事はそれが施されたときには当然植生はなくなり、一旦裸地化するのが当然であるという認識である。そのうえで、その後どのように植生が回復し、それが環境要因とどのように連関しつつ生態系としての機能を回復してゆくかを追跡し、評価することが必要だと思われる。もし回復が速やかに起きていれば、また再生植生が工事前と同質であるなら、そのことを高く評価すべきである。

このような視点に立ち、瀬戸内海にそそぐ河川である芦田川を調査対象とすることにした。芦田川では、河川改修等の工事もよく施されているし、植生のあり方を調べるための良好な条件も満たされていた。このように進められた調査は、平年並みであった1993年（平成5年）には順調であったが、異常渇水の1994年（平成6年）には難渋し、最終的には当初の研究目的を完全には達成できなかった。そのかわり、植生への渇水の影響調査の結果を十分ではないが記録にとどめることに成功した。

本研究の遂行にあたって、多くの方々から多大な御協力を得たことを記しておく。その中でも特に、広島大学総合科学部自然環境研究講座及び同大学大学院生物圏科学研究科の教官、学生及び院生諸氏には植生調査に際してだけでなく、室内での環境要因の分析や資料整理など多面にわたり御協力を頂いた。野外での測量には福岡大学工学部の井上達也氏の献身的な協力を得た。また、同時期に芦田川の調査をされていたアジア航測株式会社の染矢 貴氏には植物分布に関する貴重な情報を、建設省福山工事事務所には芦田川に関する詳細な情報を提供して頂いた。これらの方々に心から感謝する次第である。

## I はじめに

河川には、過度の水が与えられること、水が流れていること、洪水や河川改修などにより搅乱が多いため、立地の安定した普通の土地とは違った植物群落がみられる。人工的に改修されてきた川ではあるが、現在でも川は広義の湿地の中の1つと考えられ、また河辺植生の価値や役割などが見直されつつある (Mitsch & Gosselink, 1986; 桜井, 1991, 1994)。

河辺植生は魚類、鳥類、昆虫類の産卵場、生息場所などとして、他の生態系と同様、そこに存在する多様な生物相を支えている。よく改修された河川では、川の水量が安定し、洪水時には流速を弱め、河床や河岸の土砂の流出を防いだり、魚類の避難場として重要な役割をはたしているものもある。さらに、そこに分布する河辺植生はそれ自身が景観の重要な要素であり、人の憩いの場所としても非常に大きな潜在性も持っている。

上のような特徴をもつ河川生態系を構成する植物群落は、実際の川では様々な群落が帶状にあるいはモザイク状に存在し、それらがすみわけている様子がみられる。奥富 (1977) によると、河辺の植物群落の配置のちがいは、その土壤の物理的および化学的性質によるところが多いといわれている。

近年多くの河川で河川改修や水質汚濁などの問題により、多様な種を有する植物群落を含めその生態系全体が影響を受け、大きな変化の途上にあると考えられる。そこでこのような変化のなかで河川内の植生が、現在どのような状況におかれているのかを環境保全機能を念頭に解明することを本研究の目的とする。調査地とした芦田川は、頻繁に起こる河川改修や河川水の富栄養化など、近年河川の抱える諸問題の多くを有している。そのようななかで、芦田川の河辺植生の現状を確認し、植物群落と立地との関係を明らかにしていくことで、今後の生態系回復の基礎的資料を整理することにした。

## II 調査地

### 1. 調査地域の概況

広島県東部を流れる芦田川（その水系の一部は岡山県にも広がる）は、世羅台地の東部、賀茂郡大和町蔵宗の海拔570mを源とし、広大な世羅台地の穀倉地帯を形成し、矢多川と宇津戸川の二支流を合わせ、府中市内に入って阿字川と支流中最大の集水面積をもつ御調川を合わせ、同市目崎・出口の辺りで平地に出て府中盆地を造成する。神石高原南部の水を集めて南下する神谷川を芦品郡新市町で合して流れ下り、服部川などを合して福山平野に流入し、瀬戸内海に入る。全長80km。本支流を合わせた河川数76、流域面積870km<sup>2</sup>、流路延長392.7kmに及び、広島県東部の農業・飲料・工業水などの一大動脈をなしている（図1）。

流域は文化の早く開けたところで、弥生遺跡や古墳が数多く分布する。中流・下流域には吉備穴国造

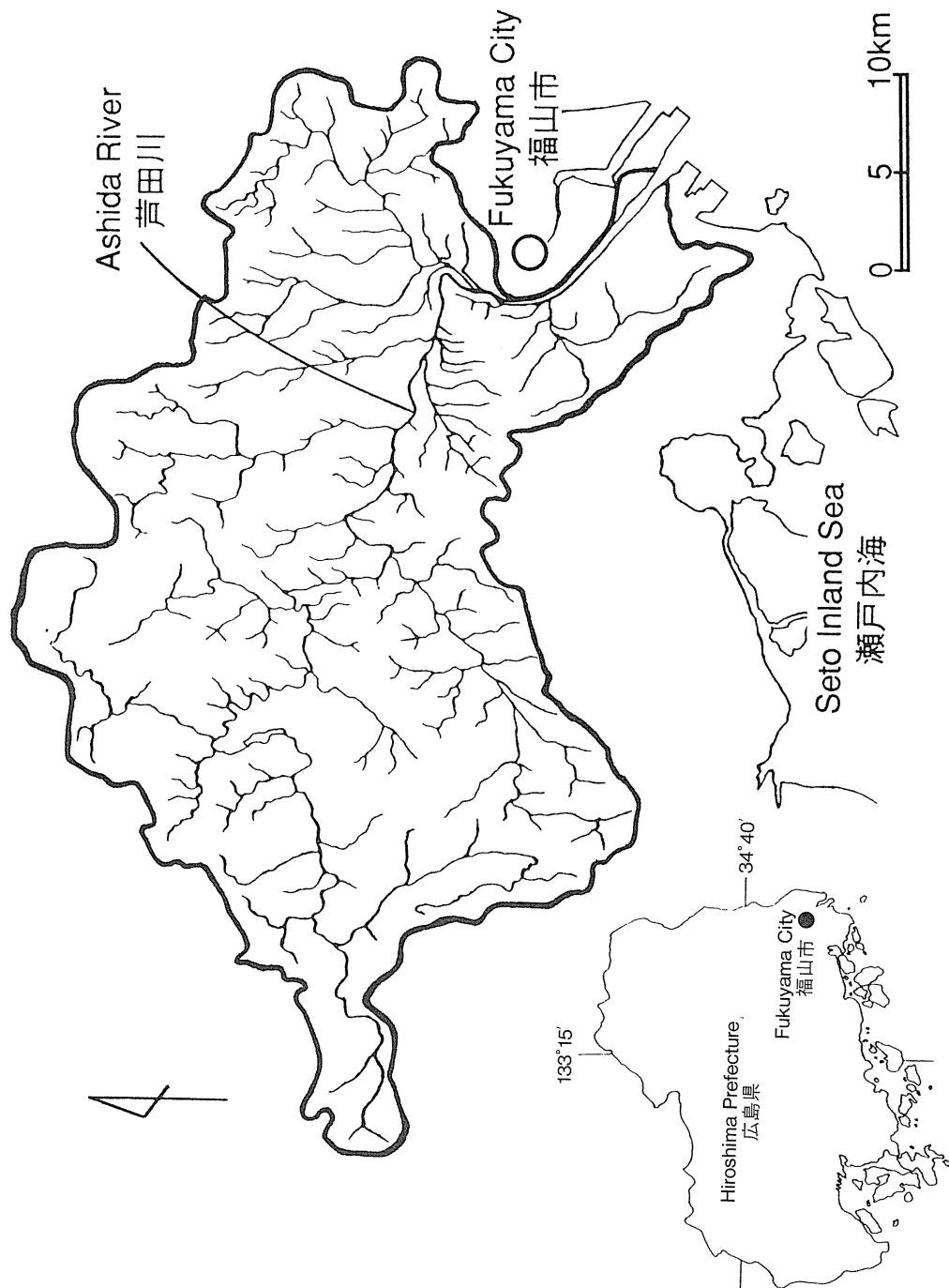


図1 調査河川の位置とその流域

や吉備品治国造の所在が比定され、古代の備後国府跡があり、奈良時代以前の古廃寺院跡も集中的にみられる。福山平野は芦田川がつくったデルタであるが、一角に奈良時代は深津市があり、また常福寺（現福山市の明王院）の門前市として鎌倉時代以来草戸千軒町の栄えたことが、川床の発掘調査で明らかにされている。上流域は中世紀伊高野山の荘園として著名な大田庄である。河口デルタを干拓・整備して福山城下町が完成したのは1622年（元和8年）水野勝成によってである。

かつては府中盆地に入ると幾筋かに分流し、神辺平野の沃野を形成して福山平野に入っていたが、近世初期、福山藩譜請奉行神谷治部によって、府中盆地以南の沖積平野一帯の治水工事が行われたといわれる。すなわち幾筋もの流路を一つにまとめて平野南側の山麓沿いに移し、堤防を築いて流路の安定が図られたのである。

草戸千軒町遺跡は、近世初頭の大洪水で川床に埋ったことで生じたが、これから洪水による堆積の激しさがうかがわれるが、このように増水時には氾濫し、渴水時には表流水が涸れるのが芦田川の特徴とされてきた。1928年（昭和3年）に始まる府中から河口に至る27.5kmの大掛かりな改修工事は、この解決を目的としたが、いろいろな障害が起こって遅延を重ね、1937年以来戦争中はまったく中断されてしまった。第二次世界大戦後、構想を新たに本格的工事が再開され、また1960年（昭和35年）には、上流の世羅郡甲山町に農業用のダムとして三川ダムが建設された。かさ上げ工事により、1977年には農業用水、工業用水、上水道用水に利用される多目的ダムに生まれ変わった。同じ年、利水のための多目的堰として、全長450m、長さ41.4mの水門10門をもつ芦田川河口堰が完成した。現在、三川ダムの下流域に多目的ダムとして八田原ダムの建設が行われている。

## 2. 流域の区分

川は普通、上流、中流、下流の三つに区分されるが、その規定の仕方は様々である。そのなかでも可児（1944）は河川の形態をもとに次のような区分を試みている。川の一つの蛇行区間における瀬と淵の分布に注目し、その間に多くの瀬と淵が交互に出現する区間をA型、瀬と淵が一つずつしかないものをB型と名づけた。また瀬から淵への流れこみかたについて、滝のように落ちこむものをa型、波立っているものをb型、ほとんど波立っていないものをc型とした。この二つの特徴は関連しており、A型はa型と、B型はb型、c型と組み合わさり、A a型、B b型、B c型の三つに区分できる。

典型的な河川では、A a型は上流に、B b型は中流に、B c型は下流に認められる。したがって河川形態をもとにして河川を区分けしたときには、A a型の部分を上流域、B b型の部分を中流域、B c型の部分を下流域と呼ぶことができる。しかし日本の多くの中小河川では下流に平野が存在しないので下流域（B c型）が認められない。一本の川をおおまかに三区分した場合の下流は存在しても河川形態からみた下流域は存在しないわけである（水野・御勢、1972）。

今回の調査は芦田川河口から上流42kmの地点（八田原ダム）までおこなったのだが、本河川も中河川であるために、下流域が欠けていると考えられ、下記の区分が適当であるとは言い難いが、本研究では

これまでの報告（建設省福山工事事務所、1978；関・吉野、1987）に従い、上流域（府中大橋－八田原ダム）、中流域（坊寺橋－府中大橋）、下流域（神島橋－坊寺橋）、汽水域（河口－神島橋）とする。

### 3. 気候及び1994年の渇水

芦田川流域はその大部分が瀬戸内式気候区に属しており、温暖寡雨な気候の特性を有していると考えられる。調査地の気候を代表して、福山市の気候について、平年値および記録的な渇水のおこった1994年の気温と降水量を図2、図3に示す。

福山市は、瀬戸内海のほぼ中央に位置し、典型的な瀬戸内の気候を示している。数年に一度くらいの台風の影響を除くと、温暖で晴天に恵まれ、降水量も年間1,000mm程度と一年を通じて少ない地域である。

気温と降水量についてみると、平年値で年平均気温は14.7°C、年間降水量は1,175.8mmとなっている。一方、1994年は年平均気温16.2°C、年間降水量は683.5mmで平年量の58%にすぎなかった。月別にみると、平年の降水量の半分以下を記録した月は1月、7月、8月であった。それぞれ平年値の30%、22%、17%となっており、明らかに小雨の年であったと考えられる。

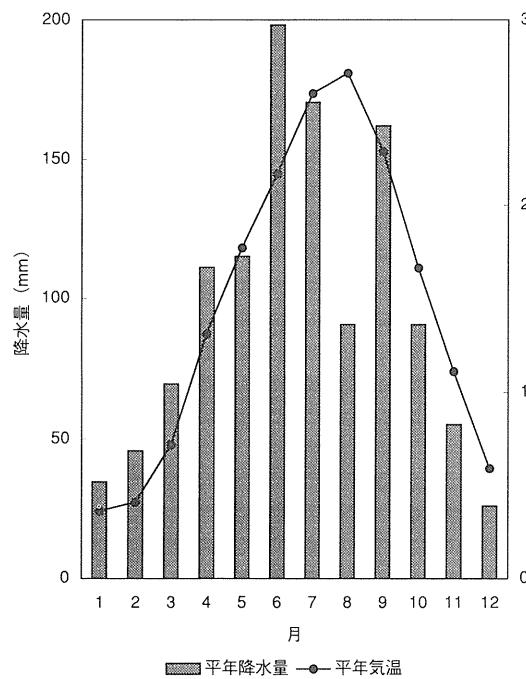


図2 福山市における平年(1960年～1990年)の気温と降水量

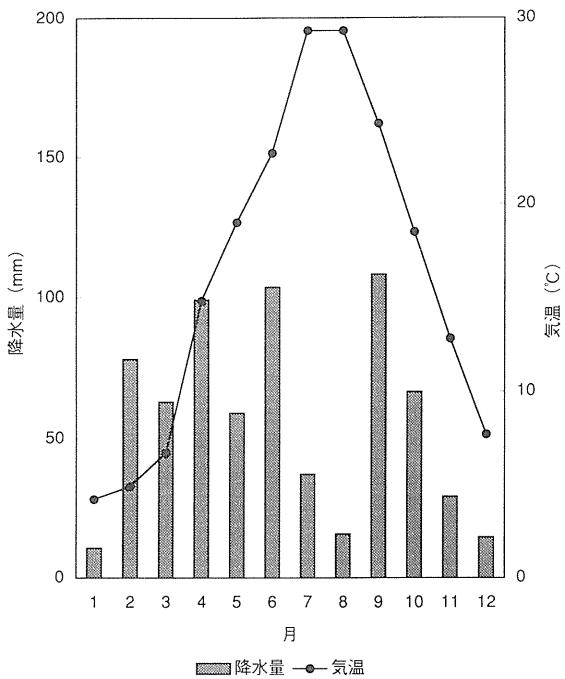


図3 福山市における1994年の気温と降水量

#### 4. 河床勾配

図4は芦田川の調査範囲の勾配図で、標高が実線で、勾配が点線で示されている。この図から、河口から30kmの辺りで傾きに大きな変化が見られるのがわかる。この30km付近というのは、芦田川が府中盆地へ流れ込んでくる手前の辺りである。芦田川は、調査の対象区間では、これより上流では、山あいの狭いところを流れ、これより下流になると盆地や平野などのなだらかなところを流れるようになる。

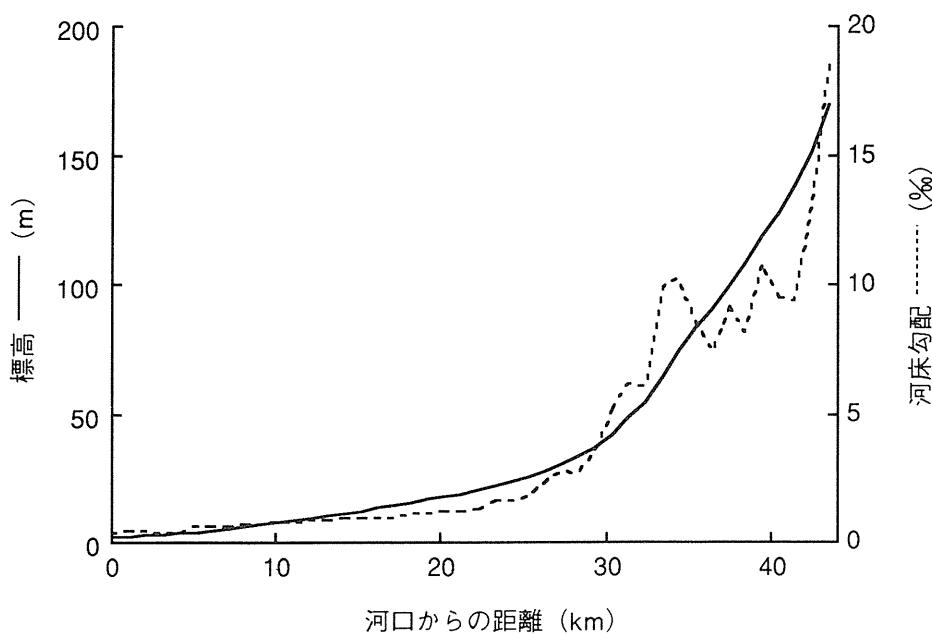


図4 芦田川における調査区域内の勾配図

### III 植物群落の分類と環境要因

#### 1. 方 法

##### a. 植生調査法

植生調査は1993年の8月から9月に行い、方法はBraun-Blanquet (1964) を参考にして群落構成種とその優占度（6段階）および群度（5段階）を記録した。調査区の大きさは、基本的にはその群落の最大の高さ程度を一辺の長さとする正方形としたが（最小1m×1m、最大10m×10m）、ヤナギ林の一部で正方形の調査区が設定できないものは同程度の面積となるような長方形の調査区とした。

##### b. 環境要因についての調査方法

奥富（1977）によると河辺の植生の配置は、そこの土壤の物理的および化学的性質によるところが多く、物理的な性質としては、土壤の含水量と土壤の粒径組成の差があげられ、化学的な性質としては腐植質の含有量が問題となる。そこで、今回は植生調査を行ったプロットのうち、芦田川中流域において目視によって広い面積をもっていることが確認できたヤナギタデ、クサヨシ、セイタカアワダチソウ、オギ、セイタカヨシ、ツルヨシの優占している群落（以下それぞれヤナギタデ群落、クサヨシ群落、セイタカアワダチソウ群落、オギ群落、セイタカヨシ群落、ツルヨシ群落とする）に計32個のプロットを設置し、それぞれのプロットにおいて地表から0-2cm、2-10cm、10-30cmの3つの深さで表層堆積物をそれぞれ300g程度採取し、粒径組成、土壤中の有機成分について分析を行った。

###### 1) 粒径組成

各プロットより3つの深さに分けて採取した土壤を風乾後、細かく碎くためナイロン袋に入れて1-1.5mの高さから30回程度落とした。それらを循環式乾燥器で80°C48時間乾燥させた。再び1-1.5mの高さから30回程度落とし、さらにたたいて細かく碎いた後に、ふるいにかけて分析した。今回用いたふるいの目の開きは、4.750mm、2.000mm、0.850mm、0.425mm、0.250mm、0.106mm、0.075mmの7つで、4.750mm以上の礫は分析の対象外とした。

###### 2) 土壤中の有機成分

各プロットより3つの深さに分けて採取した粒径組成分析用の表層堆積物の一部を風乾させて、それらを乳鉢で入念に磨碎し混合した。その試料を1.000g正確に秤量し、助燃剤である酸化コバルト4.00gを加えよくかき混ぜたものを、CNコーダーMT-500型（柳本製作所）を用いて測定し、風乾試料1.000g中の全炭素量、全窒素量をもとめた。C/N比をもとめる場合には、この全炭素量を全窒素量で割ってもとめた。

さらに、乾土1.000g中の全炭素量、全窒素量さらに腐植量をもとめるために、風乾土2.00g程度をとり105°C48時間乾燥させて、風乾土中の水分量を測定し補正した。これによって乾土中の炭素、窒素

含量(%)をもとめることができる。

腐植中の炭素含量を58%と仮定して炭素含量に係数1.724を乗じ、その値を腐植含量とした(松井、1988)。

### 3) 流水面からの比高

調査区から最も近い河道へ、河道に対して直角にラインをとり、そのラインと河道との接点をその調査区に対する流水面とした。そして、LS-25レベルトラコン(牛方商会)を用いて水準測定を行い、流水面からの比高をもとめた。測定は降雨量が少なく流量の安定している1994年1月に短期間のうちに行った。

## C. 類似度分析方法

得られた植生調査資料間の類似度には、Morisitaの $C\lambda(p)$ (Morisita、1959)を用い、群平均法によるクラスター分析を行った。

## 2. 結 果

### a. 群落型及び各群落の概要

クラスター分析の結果得られたプロット群間の類似度を示すデンドログラム(樹形図)を、類似度 $C\lambda(p)$ 値が0.5の水準で切り14のプロット群にわけ、これらを優占種による群落型として用いた(図5)。なお、デンドログラムの左端は各プロット群内の類似度の水準を示している。

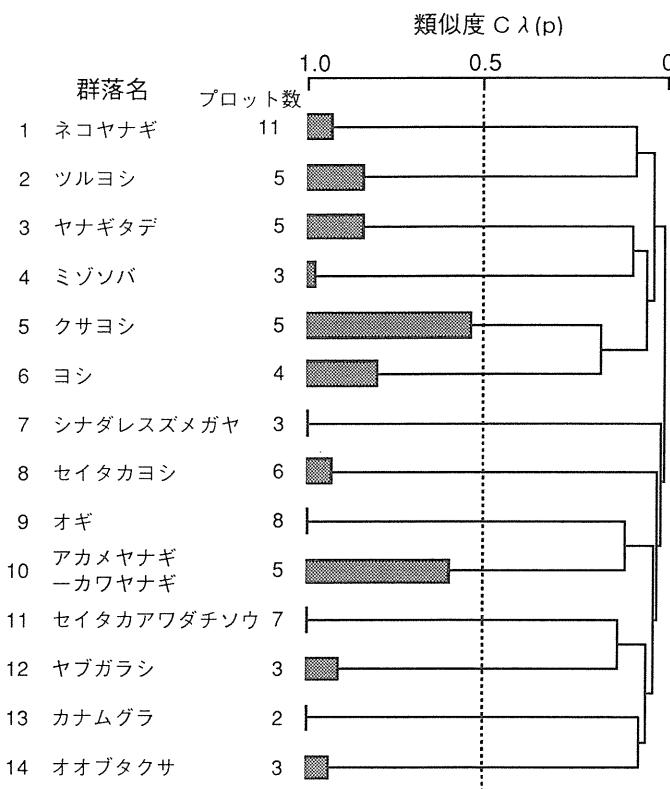


図5 森下の類似度指数 $C \lambda (p)$ によるクラスター分析および群落区分

この14の群落をその優占種によって名前をつけると、1) ネコヤナギ群落、2) ツルヨシ群落、3) ヤナギタデ群落、4) ミヅソバ群落、5) クサヨシ群落、6) ヨシ群落、7) シナダレスズメガヤ群落、8) セイタカヨシ群落、9) オギ群落、10) アカメヤナギ—カワヤナギ群落、11) セイタカアワダチソウ群落、12) ヤブガラシ群落、13) カナムグラ群落、14) オオブタクサ群落となる。

### 1) ネコヤナギ群落

高さ1mから2mの低木林で、上流域から中流域でみられる。この低木林を核として比高1mを越えるようなマウンドが形成されることもあるといわれているが、本調査地ではそのようなマウンドを確認できなかった。ツルヨシと同様、洪水後の裸地などでは、その先駆的な性質が見られる（竹原、1984）。また上中流域においてはツルヨシと並んで土砂や腐植質原料の流出を食い止める能力が最も高いもの一つであると考えられる。一般にヤナギやツルヨシなどの先駆植物は、他の植物が生育できないような立地にも侵入し、土砂の流出を食い止め、土地に腐植質を与え、こうして、水際に草本植物の進出の足だまりをつくり、ヤナギを中心として周囲に草本植物群落が形成されるといわれている（奥富、1977）。

### 2) ツルヨシ群落

ツルヨシが優占する群落で、上流域から中流域にかけて砂礫状の河原に広い面積を占めている。上流の砂州では砂州全域に、中流域から下流域では他の種が生育しにくい砂州の上流側に発達している。ツルヨシは一般に下流域には出現することは少ないとされるが、芦田川でこのように下流域にツルヨシ群落が認められる原因としては、人工の堰の下流部では一時的に流速が早くなり、そのため堰の下にあ

る砂州の上流側は上、中流域と同じような環境となっていることが考えられる。水際のツルヨシ群落には流水によって運ばれてきたと考えられるネコヤナギの実生が見られるものもあった。周囲のツルヨシの保護によって成長したネコヤナギが後の低木林へと成長していくものと考えられる。ツルヨシは、洪水後などの裸地へ最初に侵入する先駆的な性質をもっており、またその特徴的な走出茎によって礫の多い立地でもその優占する範囲を広げていく。

### 3) ヤナギタデ群落

ヤナギタデが優占する群落で、水面に近く、堆積物の粒の細かい立地に発達している。流れの弱い下流域や高屋川では河道に近い水際に発達するが、比較的水際の流速が強くなる中流域では、とくに福戸橋、本泉寺橋の上流部において、アカメヤナギの根元で水溜まりとなりやすい凹地にほぼ純群落として発達していた。ヤナギタデは富栄養の水域によく発達するといわれており、植生の面からみても本調査地の水質の悪化を表わすものであると考えられる。

### 4) ミゾソバ群落

ミゾソバが優占し、水際から流水面まで張り出している。高屋川において広く分布しており、芦田川では排水路の出口のような汚れた排水の流れてくるような場所によく見られた。ヤナギタデやクサヨシとよく似た立地に出現し、これらと混生する場合もある。流水の影響を直接受ける砂州の上流にはあまり発達せず、影響を受けにくい下流側に発達しやすい。

### 5) クサヨシ群落

クサヨシが優占する群落で、河道に接した部分や増水時に河道となるような部分によく見られる。波田（1972）をはじめ一般にセリをともないクサヨシーセリ群落として報告される場合が多いが、本調査地ではセリをともなったものはほとんどみられず、調査を行った8月時点では、ほぼクサヨシのみによる純群落を形成していた。調査時にはすでに花穂は枯れており葉のみが繁っていたが、秋から冬の調査ではオオクサキビやヒガンバナなどの秋に開花する草本が出現しており季節によるすみわけが行われている様子がみられた。

### 6) ヨシ群落

ヨシが優占する群落で、流れの弱い下流域の水際に出現する。神島橋（国道2号線）より下流の河口湖にその分布の中心があり、それより上流ではセイタカヨシの方が優占するようになっていた。ヨシは水面からの比高がマイナス1mからプラス2m程度までと、その生育可能な範囲は広いが、地下水位の高い場所では他の種が優占するために、その優占する場所は水につかるような場所になると報告されている。本調査地でも河道近くの水につかっているような立地によくみられ、そのような場所ではヨシのみで構成された純群落となるようである。

### 7) シナダレスズメガヤ群落

シナダレスズメガヤは0.6-1.2mの多年草で、高速道路などの法面の土止め用によく植えられており、河川の植物群落として報告されている例はほとんどない。しかし芦田川では特に中流域において広くシナダレスズメガヤの優占する群落がみられた。流水によって運ばれてきたものか、改修工事によって侵

入してきたものは定かではないが、10年前の植生図には本種の優占する群落は記載されていない。シナダレスズメガヤの優占している立地は砂状で、改修工事などによって搅乱を受け腐植を含む表土のはがれたような場所であった。

#### 8) セイタカヨシ群落

草丈が4mから5mにも達する大型草本群落で中流域から下流域に発達している。葉が垂れ下がらないこと、冬期の調査でも葉が緑色であることなどによってヨシと区別できる。また、ヨシとオギは水面からの比高によってすみわけているが、セイタカヨシとオギにはそのようなすみわけは見られなかった。芦田川ではヨシよりもセイタカヨシのほうが優勢であり、芦田川を特徴づける群落であるといえる。広島県でも稀な植物であると考えられ、鳥類などの生息域として重要であるために、芦田川において保護すべき貴重な植生と位置づけられている（関・吉野、1987）。

#### 9) オギ群落

中流域から下流域に広く見られ、他の報告にも多いように河辺植生の代表的な群落の一つである。人為的な搅乱があると、その上をカナムグラ、ヤブガラシなどが覆ったりセイタカアワダチソウへと変わったりするといわれている。下流域では、水面からの高さによってヨシとすみわけている様子がはっきりと確認できた。一般にヨシやオギの密生しているような場所はアシ原（ヨシ原）と呼ばれ、河川改修などによって減少してきたが、多くの生物の生息場所などとして見直されつつある。

#### 10) アカメヤナギーカワヤナギ群落

アカメヤナギが優占するが多くの場合カワヤナギをともない、中流域から下流域に広く発達しており、本調査地のヤナギ林の代表的なものである。アカメヤナギが中流で、カワヤナギが下流にいくほど優占するともいわれているが、両者の混生している群落が多かったため、まとめて一つの群落とした。一般にヤナギの根元に堆積物がたまりマウンドと呼ばれる凸地となり、そのために同一個体の萌芽が堆積物に埋って別個体に見えるような状態が広い面積に及び、ヤナギ林と呼ばれる河畔林を形成する。しかし、本調査地では洪水時の流量確保のため定期的に伐採されていると考えられ、そのため上記のような典型的なヤナギ林があまり見られないものと思われる。

#### 11) セイタカアワダチソウ群落

セイタカアワダチソウが優占する群落で、中流域から下流域に広く見られる。河道から比較的遠く離れ安定した立地に多い。洪水後にはなぎ倒され流水の影響に弱そうであると思われたが、その後再生し、秋には草丈は低くなったものの花穂をつけたものも多い。セイタカアワダチソウは特異な生理的、生態的性質をもっており（榎本、1979、1989；榎本・中川、1977）、その性質を利用して他の荒れ地同様、河川敷においてもその優占する範囲を着実に広げつつある群落であると考えられる。

#### 12) ヤブガラシ群落

他の植物の上をおおうようにして発達している群落である。洪水によって枯死あるいは弱った他の植物のうえに侵入し、その優占する範囲を広げていたものも多くみられた。

### 13) カナムグラ群落

ヤブガラシやノブドウなどと同様、他の植物の上をおおい群落を発達させている。カナムグラ、ヤブガラシ、ノブドウの3種が同時に出現することはまれで、単独あるいは2種が混生して群落を形成していた。12) のヤブガラシが多年生草本であるのに対して、このカナムグラは一年生草本である。そのために、より増水による搅乱の強い立地にまでその群落を発達させることができたようであった。

### 14) オオブタクサ群落

オオブタクサは、高さ3mにもなる大型草本で現在各地の河川敷などに広がっている。佐賀田橋の上流部で高さ3mにも達する群落が見られた。典型的な都市河川である多摩川では、河辺立地の富栄養化が進み、オオブタクサ・アレチウリなど好窒素性の大型草本植物を主とした群落が増えている（奥富、1977）。本調査地でも今後この群落の優占する範囲が広がっているのではないかと考えられる。

#### b. 群落別帰化率及び生活形（休眠型）

さらに以上の群落別における帰化植物の割合（帰化率）と生活形（休眠型）の割合を比較するために、各群落内の総出現種数中の帰化植物の割合、各生活形の割合を求めた。帰化植物の判別は長田（1972）にしたがった。生活形は、T h：1から2年草、HH：水生植物、G：地中植物、H：接地（半地中）植物、C h：地表植物、N：微小地上植物、M：小形地上植物、MM：大形地上植物、L：つる植物の9つに分類した（Nakagoshi, 1985; Raunkiaer, 1934）。

芦田川での調査結果より得られた14の群落それぞれの帰化率をもとめた（図6）。帰化率の最も低いものはネコヤナギ群落の10%（10種中1種）で、逆に最も高いものはオギ群落の31%（13種中4種）であった。14群落の平均は21%であった。

また他の河川との比較を行うために、多摩川（東京）、淀川（大阪）、安威川（大阪）、猪名川（兵庫）、重信川（愛媛）における帰化率（服部、1988）も示した。帰化率の最も低い群落は重信川のオギ群落で8%（13種中1種）となっており、逆に最も高いものは安威川のオオブタクサ群落で50%（26種中13種）となっており。これらの河川での平均は28%となっている。

図7よりT h（1年ないし2年草）が50%以上を占めている群落は、ヤナギタデ群落（総出現種数6のうちT h 4、67%）、ミゾソバ群落（総出現種数8のうちT h 5、63%）、カナムグラ群落（総出現種数8のうちT h 5、63%）の3つである。さらにT hにHH（水生植物）をくわえると、ヤナギタデ群落（総出現種数6のうちT h 5、HH 1、83%）、ミゾソバ群落（総出現種数8のうちT h 5、HH 1、75%）、クサヨシ群落（総出現種数8のうちT h 3、HH 2、63%）、カナムグラ群落（HHは出現せず）の4つが60%を越す高い比率となっている。

一方、T hの占める割合の小さな群落には、ネコヤナギ群落（総出現種数11のうちT h 1、9%）、ツルヨシ群落（総出現種数20のうちT h 5、25%）、ヨシ群落（総出現種数16のうちT h 4、25%）、シナダレスズメガヤ群落（総出現種数10のうちT h 3、30%）、アカメヤナギーカワヤナギ群落（総出現種数40のうちT h 11、28%）がある。

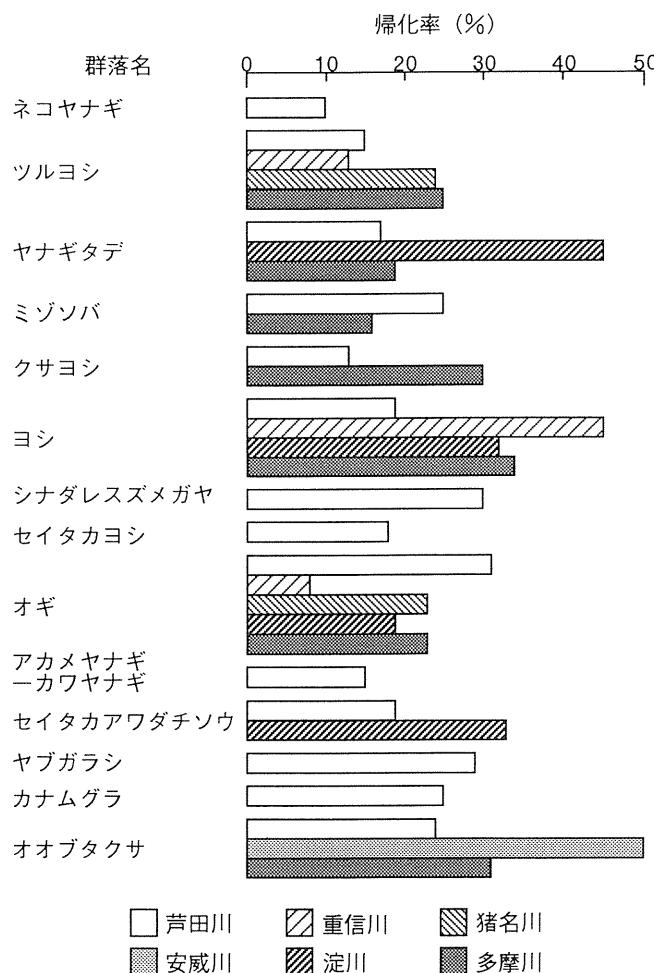


図6 芦田川と他地域の河川における各群落内の帰化率  
(芦田川以外の河川については服部(1988)から引用)

### c. 主要な6種類の群落とその立地条件

#### 1) 粒径組成

32個のプロットの表層堆積物の粒径分析を行い、3つの深さの層それぞれについて、ふるいの目の開きごとの堆積物を重量パーセントで表わした(図8、図9、図10)。さらにこの7つの目の開きごとに、32個の調査区の表層堆積物それぞれについて重量比率を求め、この数値をもとにクラスター分析を行ない、これらの類似性を示した。プロット間の距離にはユークリッド距離を用い、クラスターはウォード法を用いて作成した。0-2cm、2-10cm、10-30cmの3つの深さそれぞれにおけるデンドログラム(図11)より土壤の粒径組成のごく細かいグループ(fairly fine)、細かいグループ(fine)、やや粗いグループ(little coarse)、粗いグループ(coarse)の4つのグループに区分した。

以下、図中においてヤナギタデ群落はP h、クサヨシ群落はP a、セイタカアワダチソウ群落はS a、オギ群落はM s、セイタカヨシ群落はP k、ツルヨシ群落はP jで示す。

0-2cmの深さの表層堆積物では、粒径がごく細かいグループ(fairly fine)はヤナギタデ群落・ク

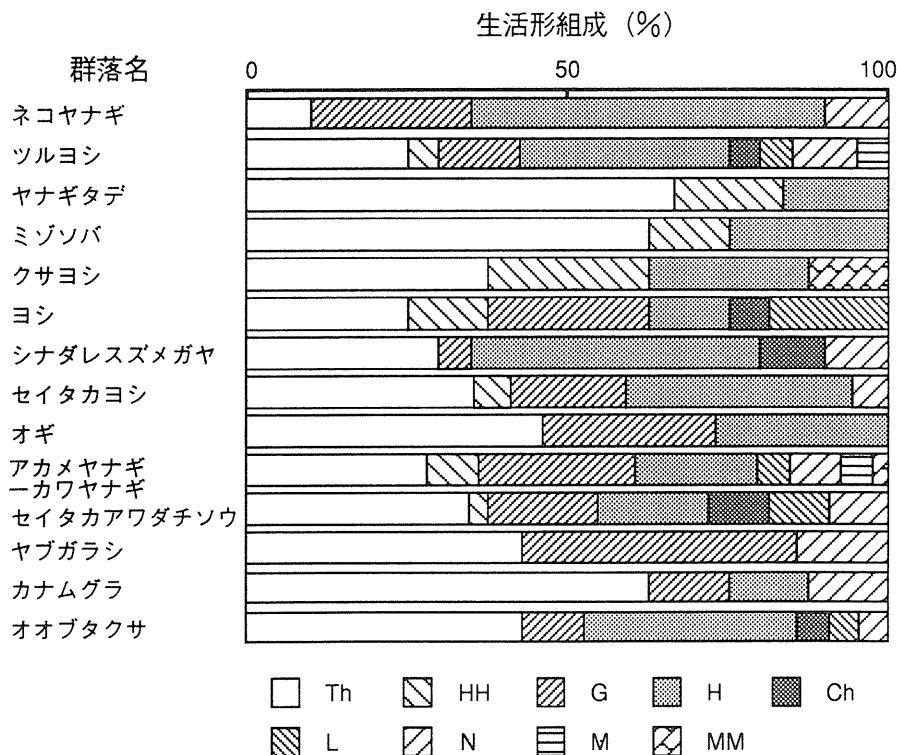


図7 河辺植物群落の生活形構成

サヨシ群落よりなり、細かいグループ (fine) はセイタカアワダチソウ群落・オギ群落を中心としており、やや粗いグループ (little coarse) はオギ群落・セイタカヨシ群落・ツルヨシ群落の一部からなり、粗いグループ (coarse) はツルヨシ群落のみから構成されていた。

深さ 2 – 10cm では 0 – 2 cm ほど群落別にきれいに区分できなかったが、ごく細かいグループはヤナギタデ群落・クサヨシ群落・セイタカアワダチソウ群落の一部からなり、細かいグループはツルヨシ群落を除く他の 5つよりなり、やや粗いグループはオギ群落・セイタカヨシ群落・ツルヨシ群落からなり、粗いグループはツルヨシ群落のみから構成されていた。

10 – 30cm の深さでは、ごく細かいグループはヤナギタデ群落・クサヨシ群落・セイタカアワダチソウ群落よりなり、細かいグループは 2 – 10cm の場合と同様ツルヨシ群落を除く他の 5つからなり、やや粗いグループはオギ群落・セイタカヨシ群落・ツルヨシ群落からなり、粗いグループはツルヨシ群落・セイタカヨシ群落から構成されていた。

## 2) 土壤中の有機成分

土壤中の有機成分のうち、腐植含量(%)、窒素含量(%)、C/N比について群落ごとに比較、検定を行った(石居、1975)。その結果、腐植含量、窒素含量については 3つの深さすべてで有為な差がみられたが、C/N比では 10 – 30cm 以外で差はみられなかった。

成分別にみていくと、まず腐植含量については、ヤナギタデ群落 (Ph) が 0 – 2 cm で 3.5% 前後、2 – 10cm で 3 – 6%、10 – 30cm で 2 – 5% と群落内の各プロットごとに多少の散らばりはあるものの比

土壤の深さ 0-2cm

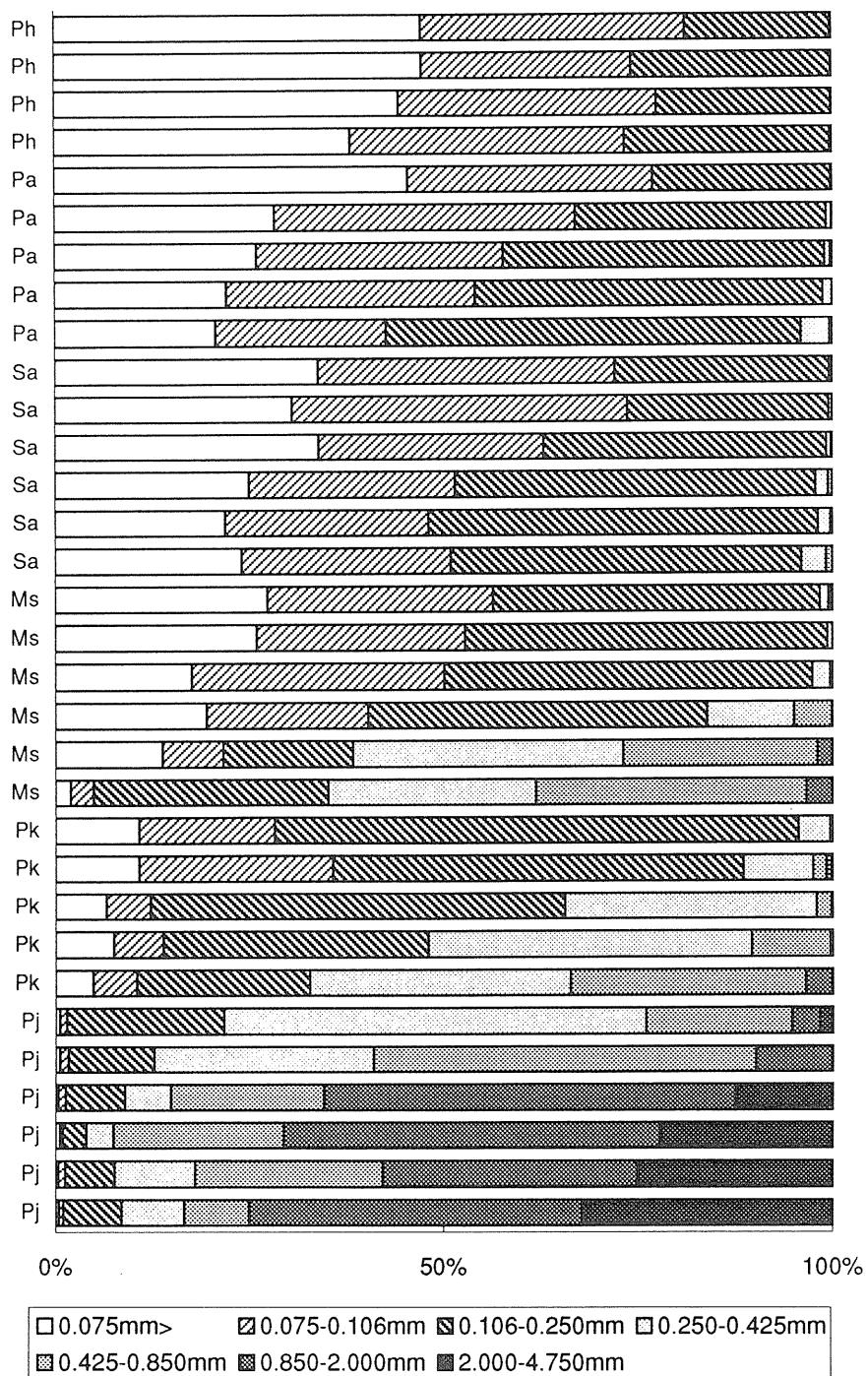


図8 土壤の深さ 0 – 2 cmの表層堆積物における各粒径区分の重量比率  
 群落の略号 Ph : ヤナギタデ Pa : クサヨシ Sa : セイタカアワダチソウ  
 Ms : オギ Pk : セイタカヨシ Pj : ツルヨシ

土壤の深さ 2-10cm

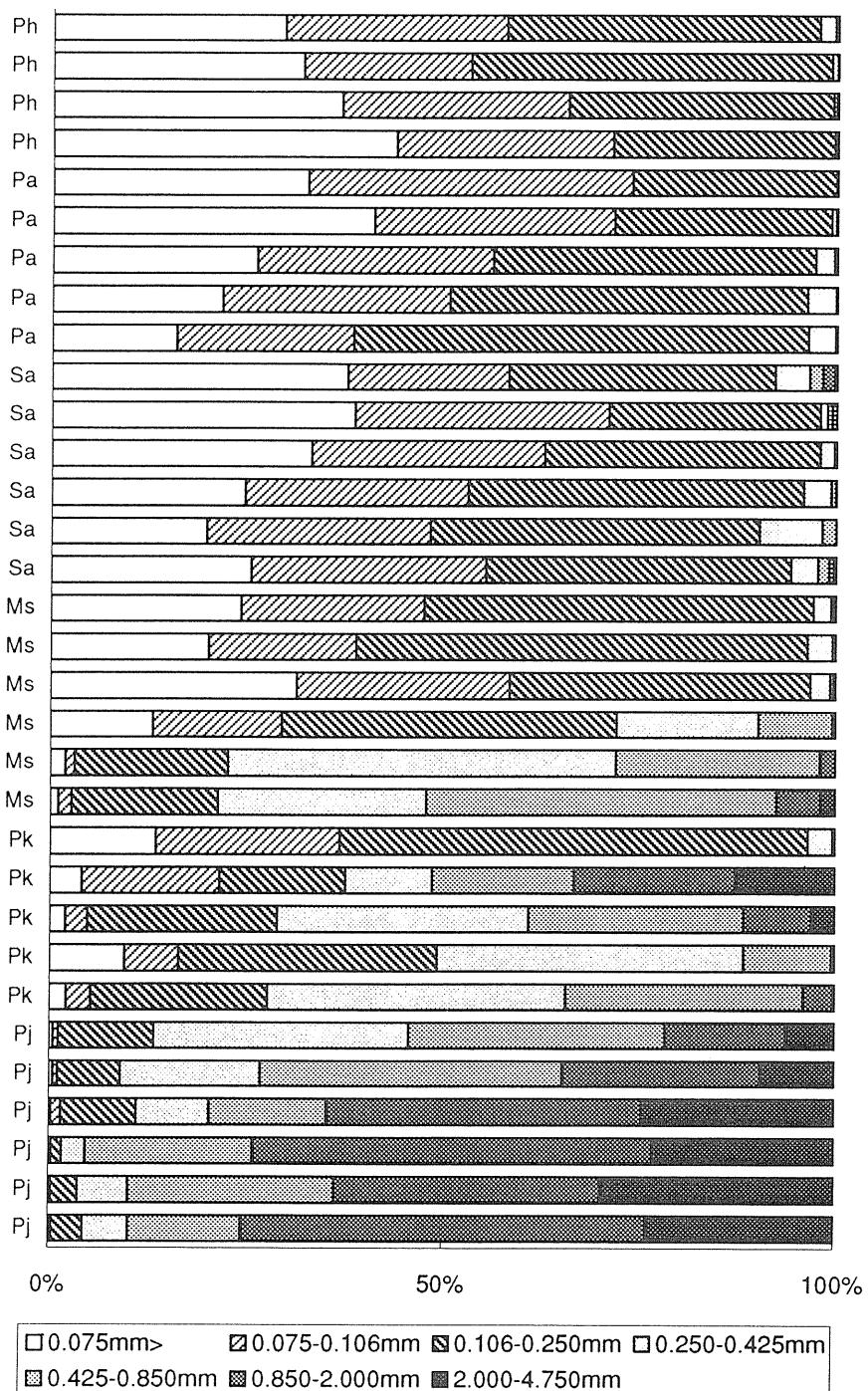


図9 土壤の深さ 2-10cmの表層堆積物における各粒径区分の重量比率  
群落の略号 図8に同じ

土壤の深さ 10-30cm

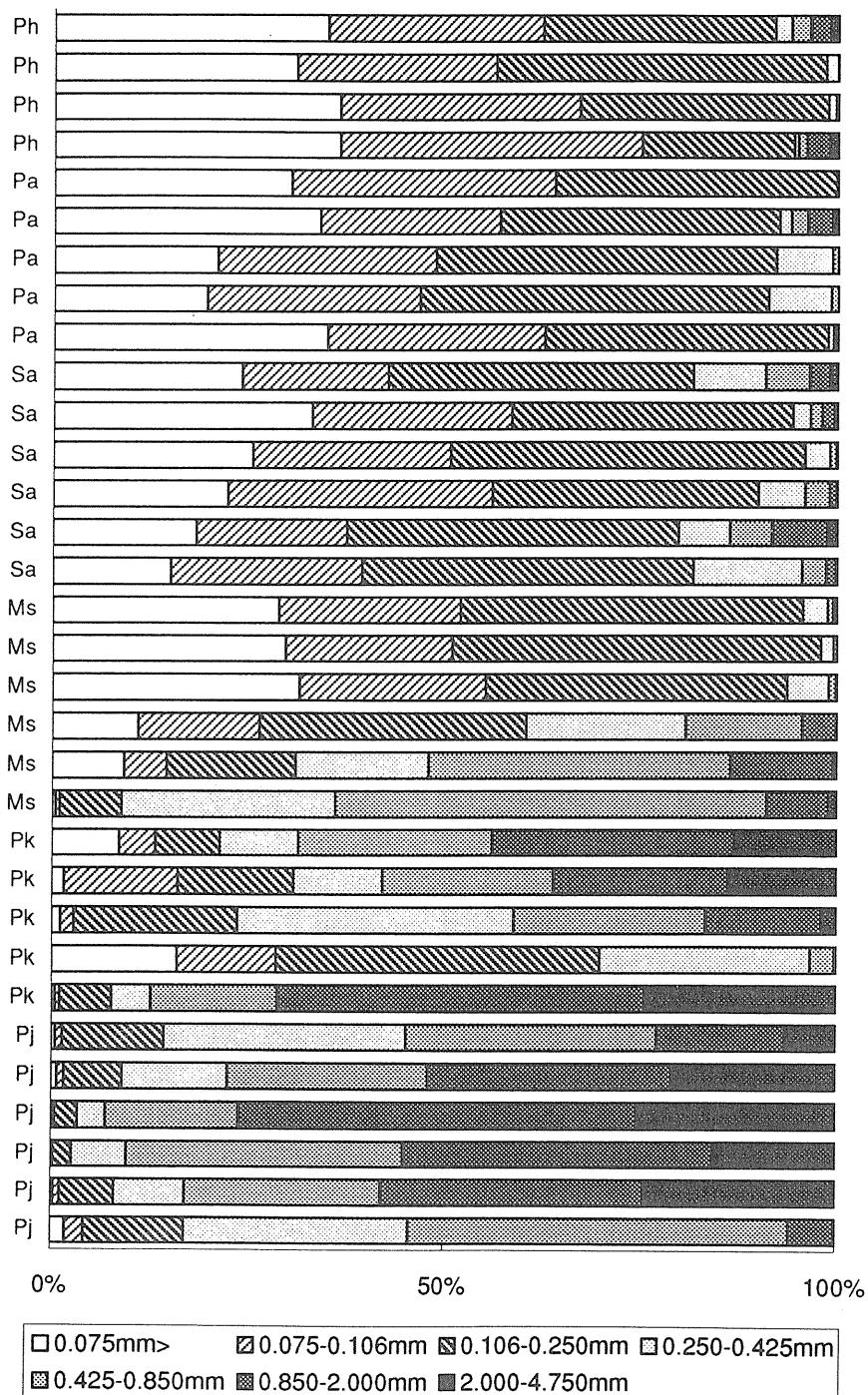


図10 土壤の深さ10-30cmの表層堆積物における各粒径区分の重量比率  
群落の略号 図8に同じ

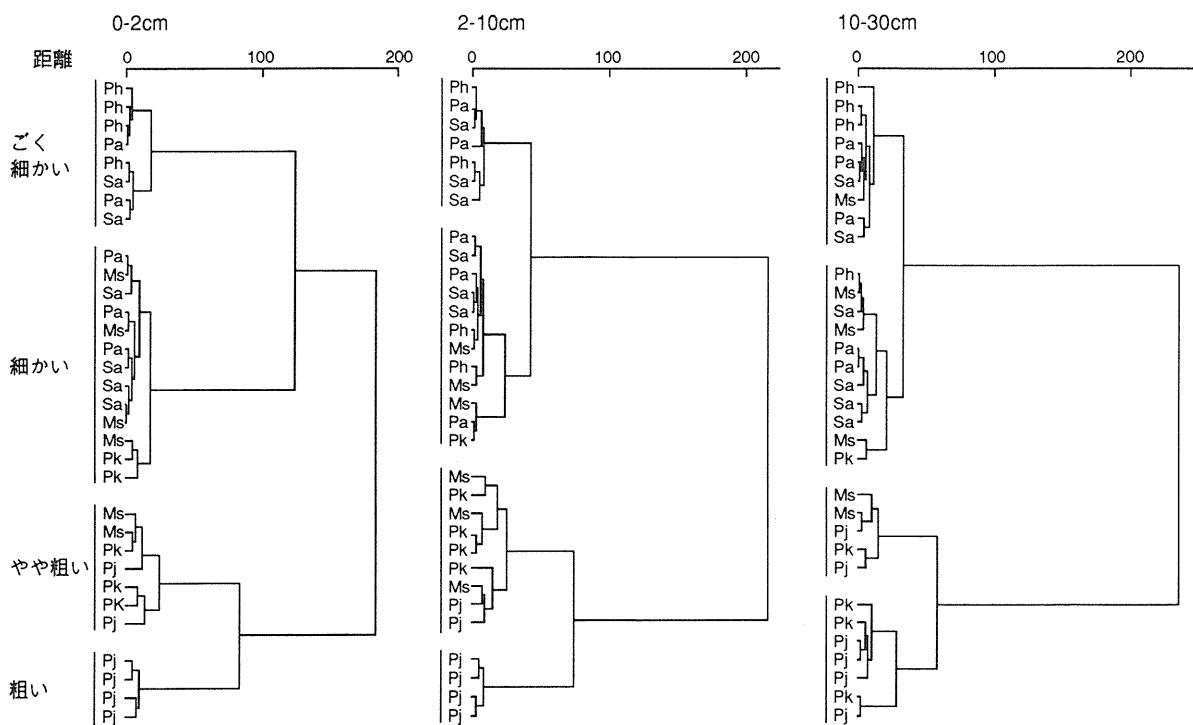


図11 深さ別による粒径区分各重量比率によるクラスター分析  
群落の略号 図8に同じ

較的高い値で安定しているようである。クサヨシ群落（P a）、セイタカアワダチソウ群落（S a）、オギ群落（M s）では、深さごとにも群落内の各プロットごとにも散らばりが大きく、はっきりとしたまとまりはみられなかった。セイタカヨシ群落（P k）は3つの深さいずれにおいても0–2%と低い値であった。ツルヨシ群落（P j）も3つの深さいずれにおいても0.5%以下と非常に低い値を示した（図12）。

窒素含量についてはその傾向が腐植含量と非常に似ており、窒素含量はおよそ腐植含量の30から40分の1程度の値であった（図13）。

C/N比については、0–2cm、2–10cmの深さの土壤では差がみられず、10–30cmの深さの土壤のみで差がみられた。また多重検定の結果、10–30cmの深さの土壤ではツルヨシ群落と他の5つの群落との間に差が認められ、ヤナギタデ群落、クサヨシ群落、セイタカアワダチソウ群落、オギ群落、セイタカヨシ群落のC/N比が15前後と比較的まとまっていたのに対して、ツルヨシ群落では15から25と他の群落よりも高い値を示していた（図14）。

### 3) 流水面からの比高

流水面からの比高は6つの群落間で有為な差がみられた。ヤナギタデ群落の比高は0.25–0.5m、クサヨシ群落の比高は0.5–1m、ツルヨシ群落の比高は0.25–1m、セイタカヨシ群落の比高は1–2m、オギ群落の比高は1–1.8m、セイタカアワダチソウ群落の比高は1.5–3mとなった（図15）。前の3つの群落の比高は1m以下に集中しており比高の低い群落であると考えられる。一方、後ろの3つ

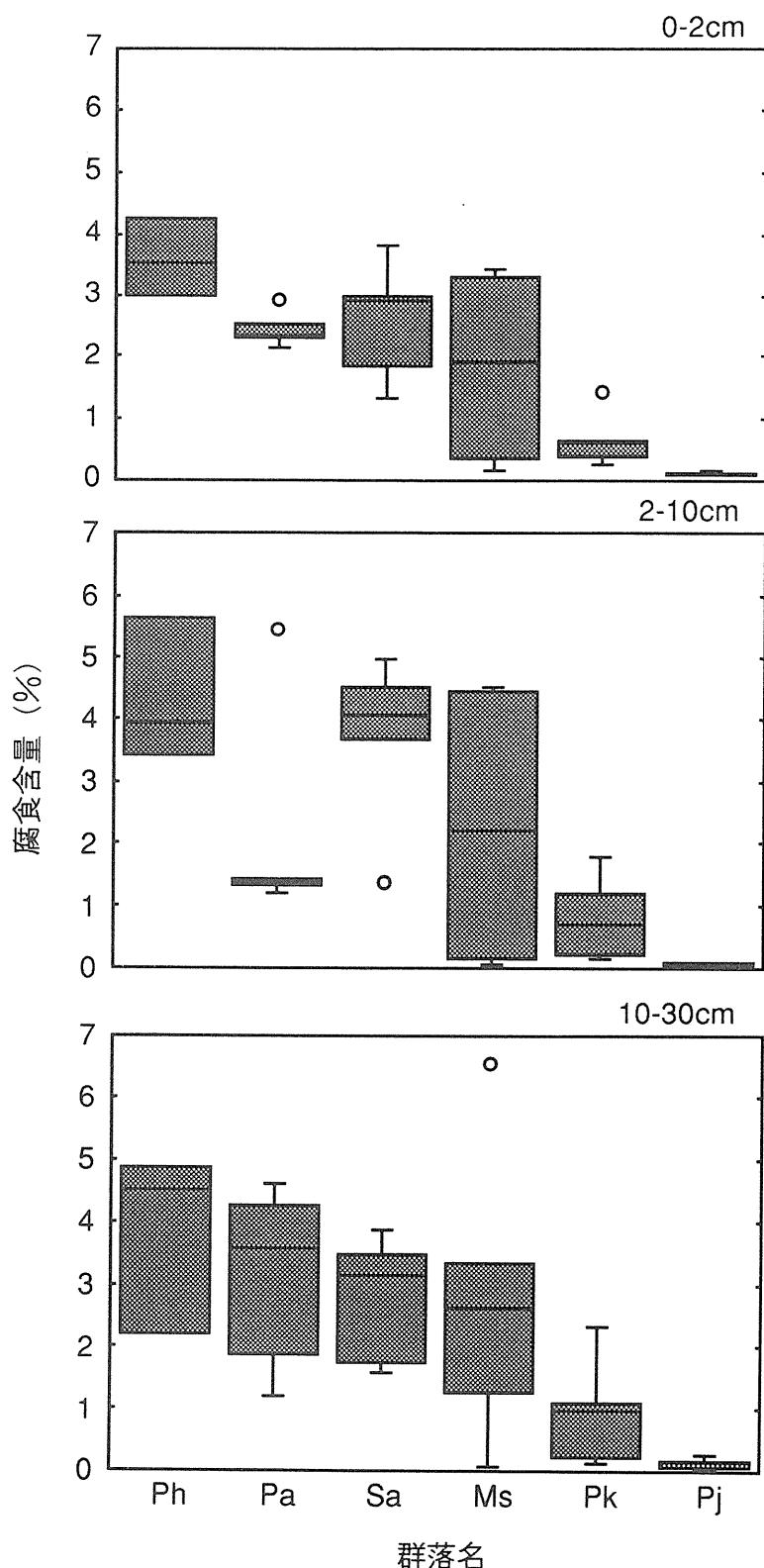


図12 主要な6植物群落と各群落の表層堆積物における腐植含量  
群落の略号 図8に同じ

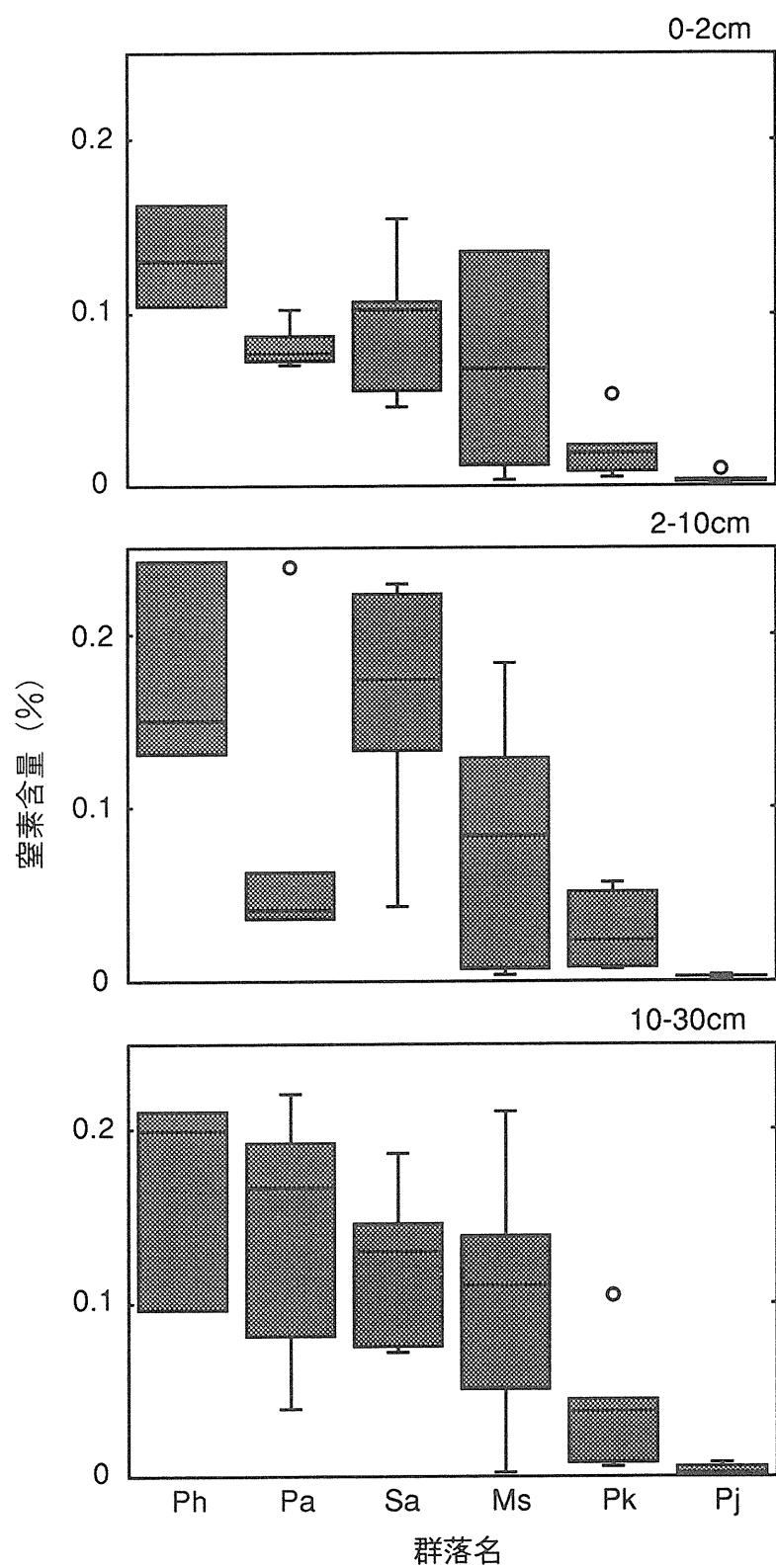


図13 主要な6植物群落と各群落の表層堆積物における窒素含量  
群落の略号 図8に同じ

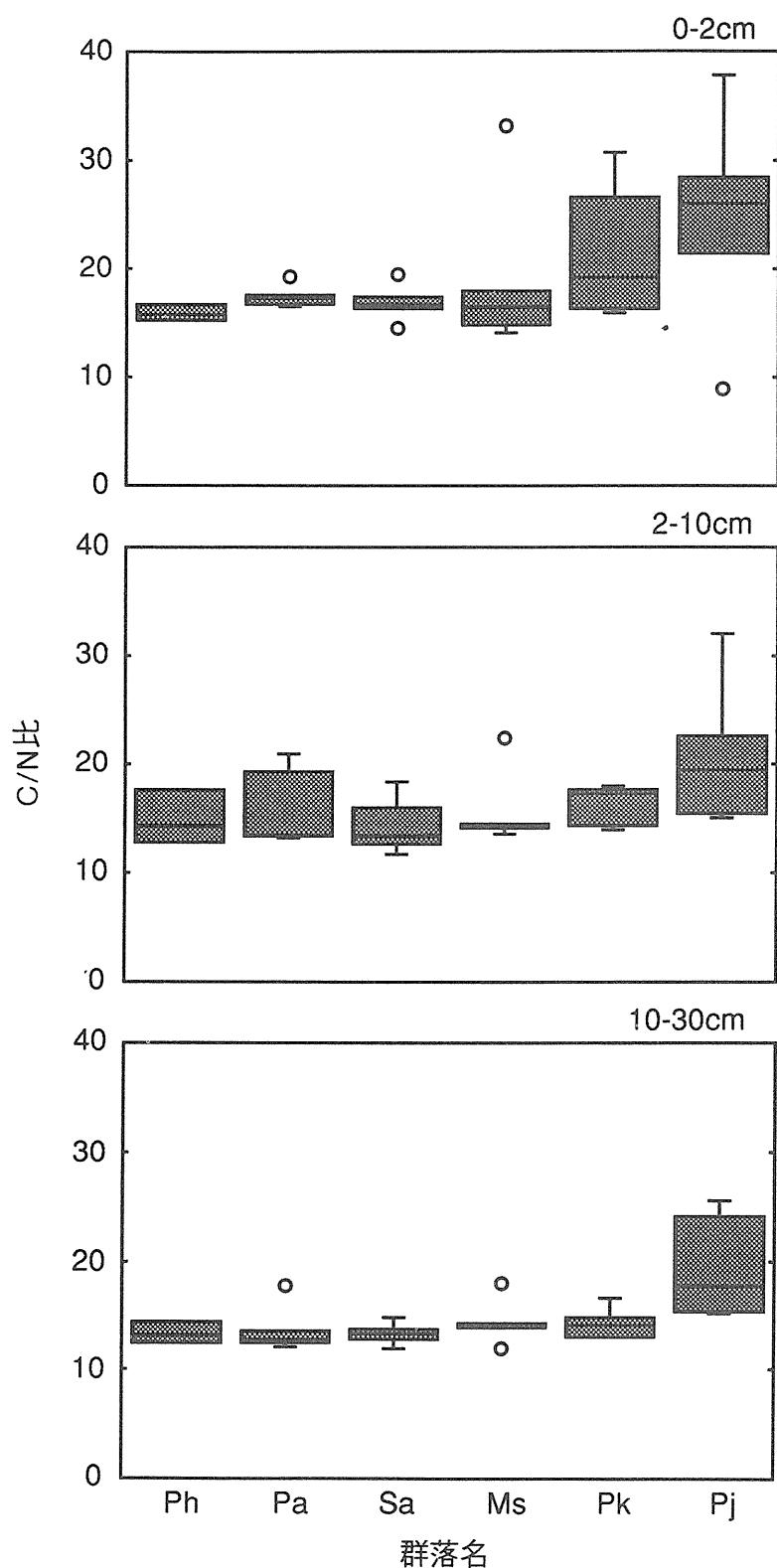


図14 主要な6植物群落と各群落の表層堆積物におけるC/N比  
群落の略号 図8に同じ

の群落の比高はおよそ 1 – 3 m であり、流水面からの比高の高い立地に発達する群落であると考えられる。さらに多重検定より、ヤナギタデ群落とセイタカアワダチソウ群落、オギ群落、セイタカヨシ群落との間に、クサヨシ群落とセイタカアワダチソウ群落、セイタカヨシ群落との間に、またツルヨシ群落とセイタカアワダチソウ群落、セイタカヨシ群落との間にそれぞれ差が認められた。

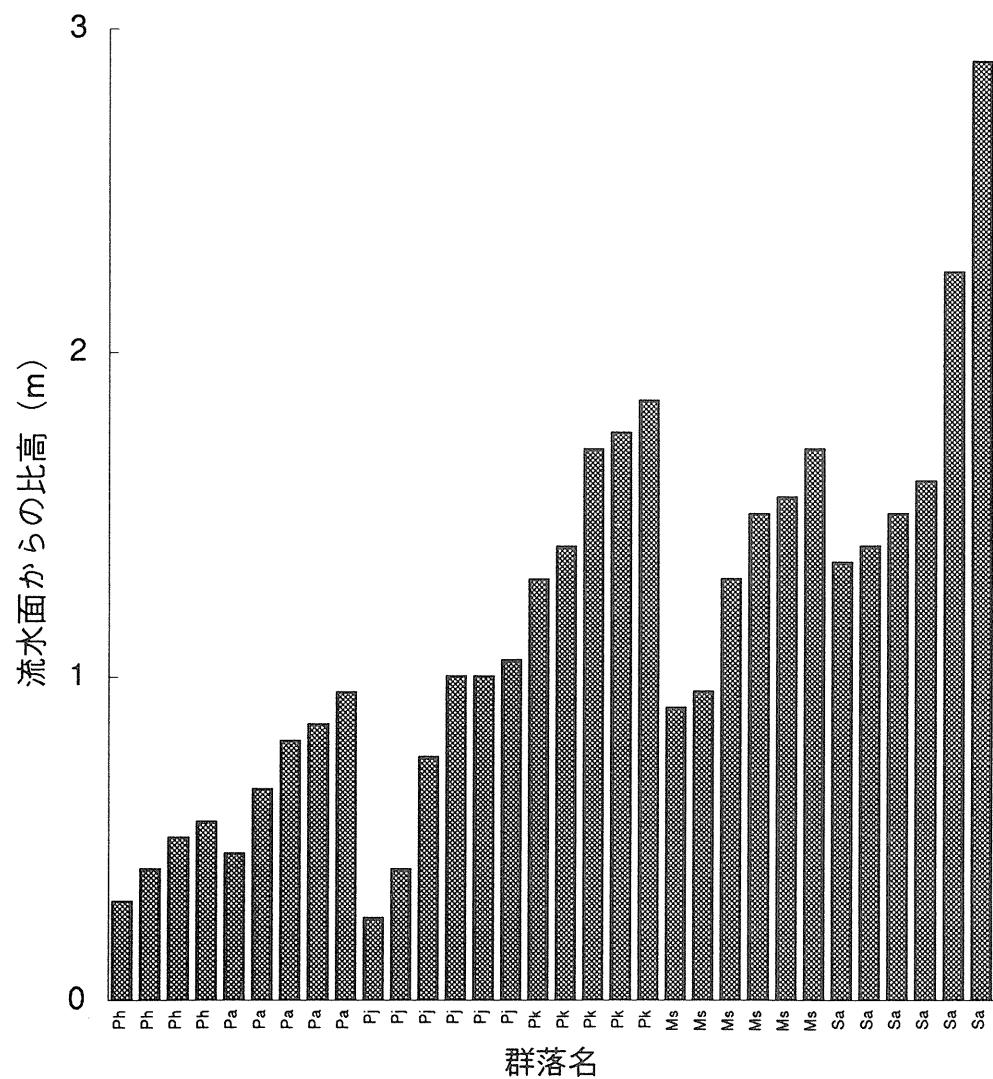


図15 主要な6つの群落と各群落の調査地点における流水面からの比高  
群落の略号 図8に同じ

#### 4) 環境要因の組み合わせ

図16は複数の環境要因の組み合わせによってどのように以上に述べた6つの植物群落の配置が異なってくるかを見るために、横軸に平均粒径、縦軸に流水面からの比高をとったグラフで、先のクラスター同様ツルヨシ群落の粒径が粗いことがわかる。またこれらのプロットを囲んだ群落の範囲を示す線は多少の重なりをもちながら群落ごとにずれていることがわかる。さらに、土壌が深くなるほど線の重なる部分が大きくなり、群落ごとにはっきりと分かれなくなっている、また各群落それぞれを囲んだ範囲自体も大きくなっているようである。

図17は横軸に腐植含量を縦軸に流水面からの比高をとったグラフで、この図からもこれらの群落が多少の重なりをもちながらも、群落ごとに成立する立地が異なることを示している。またここでも土壌が深くなるにしたがって群落ごとの重なりが大きくなって分かれにくく、また各群落それぞれの範囲も広くなっていくようである。また、同時に測定した窒素含量については、腐植含量の30分の1程度、炭素含量の20分の1程度の値で腐植含量とよく似た傾向を示し、横軸に代わりに窒素含量をとった場合でもよく似たグラフになるため省略した。

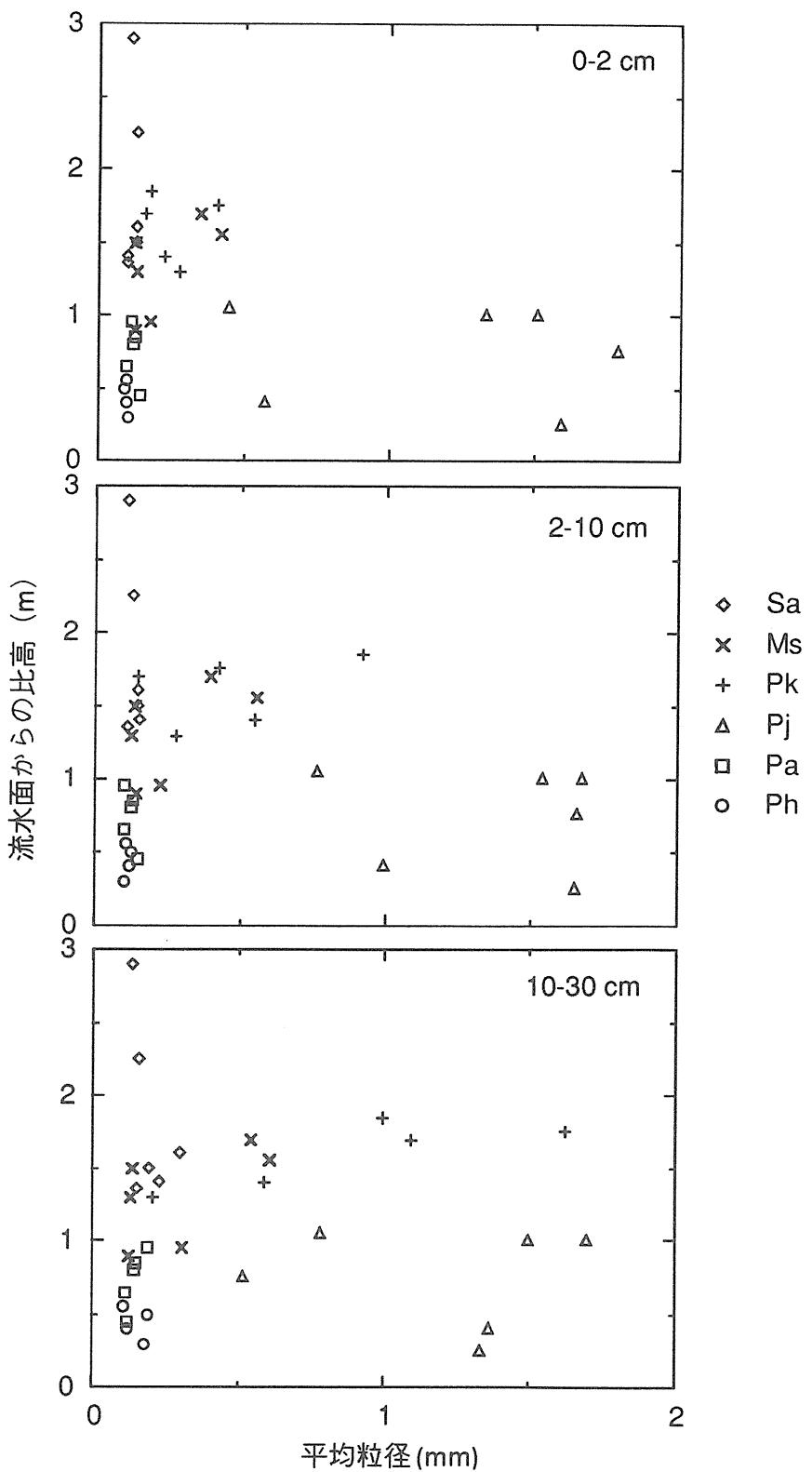


図16 各群落の平均粒径と流水面からの比高を組み合わせた環境要因との関係

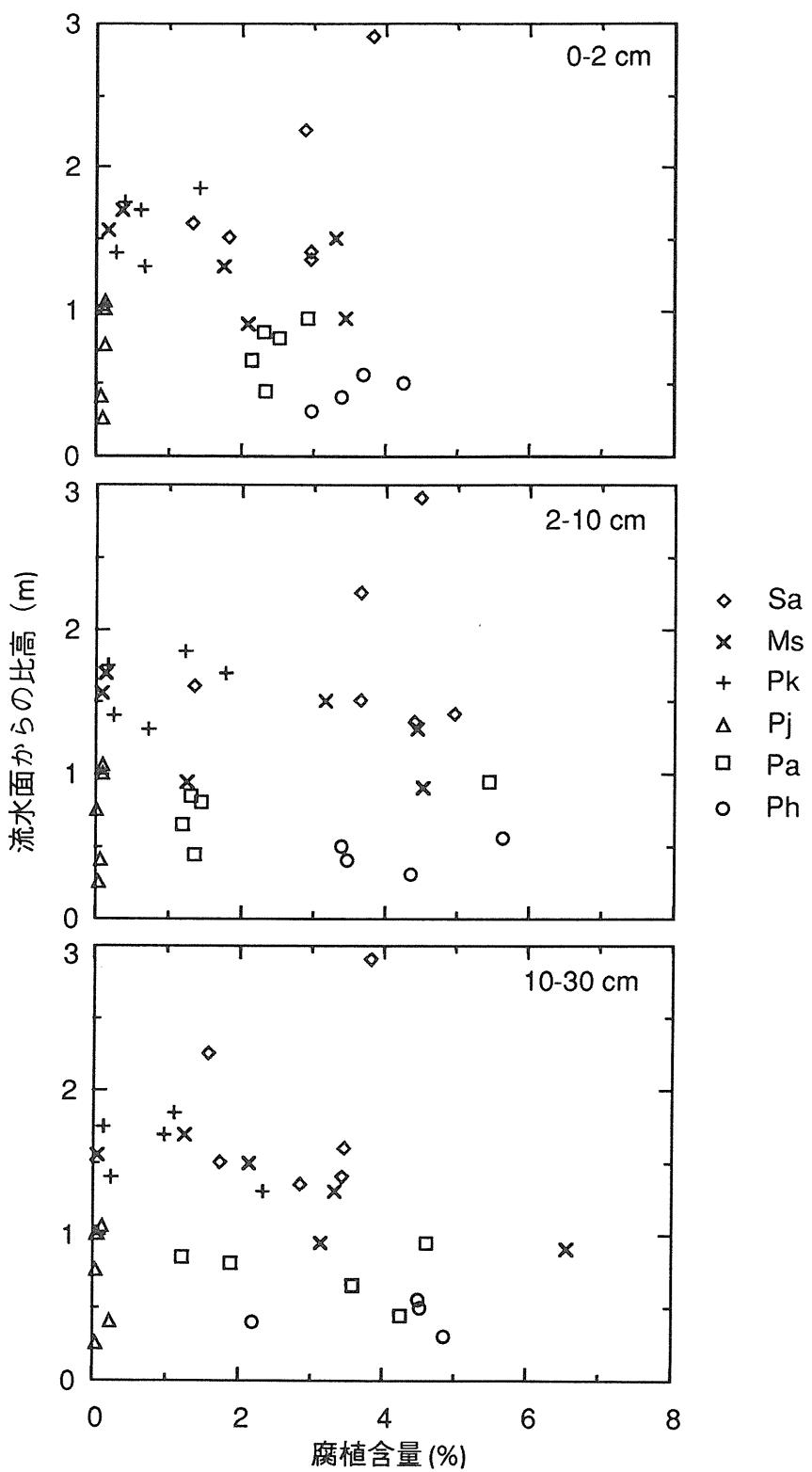


図17 各群落の腐植含量と流水面からの比高を組み合わせた環境要因との関係

### 3. 考 察

#### a. 芦田川水系の植生

河川は、水流の強さ、土壤粒子の大きさ、土壤の水分状態、流れによる搅乱の程度、人為的影響などの多様な条件を反映し非常に複雑な立地を形成している。そのような多様な環境を有する河川は雑草の起源地であるといわれている。ここでいう雑草とは主に、通常畠地や水田で雑草となっている植物をさしており、帰化植物の大半はこの雑草に含められる。そして河川の有する多様な環境のために生育できる帰化植物も他の立地に比べて多くなるのであり、どの地方でも帰化植物の分布の中心は河川であるようである。また同じ群落でも、地方河川よりは、人為的影響を強く受け総合的に河川の搅乱程度が大きくなる都市河川の方がより帰化植物の侵入を受けるといわれている（服部、1988）。

図6より多摩川などの都市河川の帰化率の平均は30%に近く、芦田川では21%となっており、この値だけを比べてみると芦田川は都市河川ほど帰化植物の侵入を受けていないようにも考えられる。しかし、自然性の高いといわれているオギ群落では30%を越しており帰化植物の侵入を非常に受けていることがはっきりとわかる。しかしながら、調査時期によって帰化率が変化するという事実（服部、1988）、調査区の数や面積の違い、地方河川の帰化率との比較をしなかったことなどを考慮すると、単純な帰化率の平均値の比較だけで芦田川がどれだけ都市河川に近いかを考察するまでには至らないであろう。

次に図7より群落3のヤナギタデ群落、4のミゾソバ群落に共通している点はともに水際あるいは増水時にはすぐに冠水してしまうような凹地にその群落を発達させているという点である。また13のカナムグラ群落は増水によって他の植物がなぎ倒された上に侵入してくる群落と考えられる。これらの群落はTh（1から2年草）の占める割合の高い立地であり、つまり他の群落の立地よりもさらに搅乱の多い不安定な立地に発達している群落であると考えられる。またThにHH（水生植物）をあわせて考えると、上の3つの群落に加えて5のクサヨシ群落で60%以上を占めており、水際で冠水しやすい立地の群落であるということに一致する。

一方、Thの占める割合の低い群落は、群落1、2、6、10であり、1のネコヤナギ群落と10のアカメヤナギーカワヤナギ群落は一般にヤナギ林と総称され、ヤナギの定着によって土砂の流出が防がれ、河川のなかでは比較的安定した立地をつくりあげているためにThの占める割合が低くなっているものと考えられる。群落2のツルヨシ群落は非常に流水の影響を強く受けるような場所に発達しているにもかかわらずThの占める割合が低いのは、ツルヨシによる土砂流出の防止、他の植物の保護のためではないかと考えられる。群落6のヨシ群落はThの占める割合が低くHHの比率が比較的高いことを考慮にいれると、その分布が下流域を中心にしているために群落の周囲の流水は緩やかであり、そのために水際に発達している群落であるにもかかわらず比較的安定している立地となっているのであろう。

## b. 群落－環境系

### 1) 粒径組成

土壤の深さ3層にわたって、まずツルヨシ群落の粒径が他の群落に比べて特に粗いということがわかった。ツルヨシはその独特的な地上をはう走出茎によって繁殖を行うために礫の多い立地でも急速にその優占範囲を広げていくことができる。また河川において礫が多く土壤の粒径の粗い場所というのは、上流域であるとか、砂州の上流側であり、このような立地は他の植物にとって非常に侵入しにくいために、結果的に粒径の粗い立地にツルヨシが発達するというふうにみえるのだろう。逆にクサヨシ群落、ヤナギタデ群落はこの6種の中では細粒な土壤に成立していると考えられ、砂州の下流側や増水時に河道となる部分で細かい浮流物質も堆積しているような立地に成立していると考えられる (Ishikawa, 1983, 1988; 石川、1988; 石川・石田、1985)。

さらに土壤の深さが深くなるほど群落と粒径組成との対応がみられにくくなることがわかった (図11、図16)。各群落の優占種の植物ごとに、例えば最も毛根の多い深さが異なったり、根のバイオマスの最大となる深さが異なったりと、その生長に関わってくる土壤の深さは異なるはずである。したがって同一の深さの土壤の粒径組成が6種全ての群落の配置を決定しているとは考えられない。しかしながら0-2cmの土壤で大きな差がみられた理由として考えられることは、表層の土壤と深い関係のある生長段階、つまり実生の初期生長と0-2cmの深さの土壤の粒径組成が大きなつながりをもっているのではないかということである。

### 2) 土壤中の有機成分

土壤中の有機成分のうち腐植含量（炭素含量）、窒素含量、C/N比と6つの群落との関係について考察を行った。まず腐植含量と植物群落との間にどのようなつながりがあるのか考えてみる。ヤナギタデ群落は3つの深さにわたって、腐植を多く含む立地であることがわかった。ヤナギタデ群落の発達している立地は先の群落型のところで説明したように砂州の下流側や凹地であり、このような場所は増水時に水をかぶりやすいにもかかわらず、表層堆積物がはぎとられることが少ないために腐植質に富んだ立地になったものと考えられる。一年生草本で種子散布をおこなうヤナギタデはこの腐植を利用する上で短期間での生長、繁殖をおこなうことが可能となるものと考えられる。クサヨシ群落、セイタカアワダチソウ群落、オギ群落は他の群落に比べて腐植含量の値の幅が広かったが、これは、これら3つの群落が腐植の多い所から少ない所まで幅広い立地に発達できる性質を持っていると考えられる。確かにこれら3つの群落は芦田川の中流域において目視ではあるが最も広い面積を有していた。このような幅広い環境条件にも耐えうる種であるがゆえに、多様な立地環境を有する河川で広い面積に群落を広げていけるものと考えられる。一方セイタカヨシ群落、ツルヨシ群落は腐植質の少ない立地に発達しているようである。セイタカヨシ群落が腐植含量の少ない理由はわからないが、ツルヨシ群落の腐植含量が非常に少ないのでその立地に大きな理由があると考えられる。先のツルヨシ群落の説明で述べたように、ツルヨシは洪水の影響を受けやすい立地であるとか、洪水後の礫の多いような裸地にも侵入していくのだが、そのような場所は洪水による土砂の剥ぎ取りなどにより腐植の少ない立地になるので、このよ

うな他の植物の侵入しにくい場所に発達するツルヨシ群落の立地の腐植含量が少なくなるのは当然であろう。また一般の森林土壤の腐植含量はA層で10–20%、B層で2%前後、C層で2%以下である（松井、1988）。森林の土壤と比較しても明らかのように、5%程度の腐植含量である河川の土壤は決して腐植質に富んだ環境であるとは言い難い。セイタカアワダチソウの戦略は腐植に富み競争相手のいないような場所に侵入していくものと考えられるが、そのことを考慮にいれると河川のセイタカアワダチソウ群落は非常に特異的なものではないかと考えられる。窒素含量については結果同様、腐植含量と同様な傾向を示したので省略する。

次にC/N比についてであるが群落間には明確な関係はみられず、また差もほとんどみられなかった。C/N比は高温度地方で狭く、低温度地方で広い。日本のような温帯湿润地帯では森林土壤におけるA層のC/N比は8–12（平均10）でB層では一般に小さくなる。このように、A層中の炭素率（C/N比）がほぼ一定なのは、有機物の供給と微生物による分解のバランスがとれているためと説明されている。有機物の供給が過大な泥炭や森林土壤の堆積腐植（O層）の場合にはC/N比は12より大きくなる（松井、1988）。芦田川での調査結果では、0–2cmでは平均19、2–10cmでは平均17、10–30cmでは平均15となっており、この値をみる限りでは河川の表層堆積物のC/N比は12より大きく、有機物の供給が微生物の分解を上回っているものと考えられる。

### 3) 流水面からの比高

河川の植物群落の配置の違いに結び付いている環境要因のなかでも、最も重要な要因の1つであると考えられる。その理由は、河川において最も激しい搅乱は洪水であり、比高の高さが洪水による冠水の頻度を決定しているからである。当然、流水面からの比高の低い立地は冠水する回数が多くなるのに対して、比高の高い立地では冠水の回数は大きく減少し洪水に対しては比較的安定した立地といえるであろう。洪水による搅乱の強弱について定量的に表現することは非常に困難であるが、流水面からの比高によってある程度洪水の作用については予測可能である。これらのこと考慮に入れてみると、比高の低いヤナギタデ群落、クサヨシ群落、ツルヨシ群落の三者は上でも記したように洪水の影響を受けやすい立地にも生育できる群落であるという点で一致する。一方、セイタカヨシ群落、オギ群落、セイタカアワダチソウ群落の3者は洪水の影響のより小さいところへとその群落を発達させているものと考えられる。したがって、ヤナギタデは1年生草本であり水によって運搬される種子で分布を拡大し、ツルヨシは短期間でも急速に範囲を広げていける走出茎による繁殖を行うのに対して（石川、1991）、後の三者はいずれも地下茎による栄養繁殖を行っているという点に洪水の影響の強弱が反映されているとも考えられる。

### c. 群落のすみわけ的位置づけ

以上、個別の環境要因について述べてきたが、図16、図17のように、これらの要因を組み合わせると、さらに各群落ごとの特徴をみるとことができると考えられる。これらの図からもわかるように、これらの群落ごとにプロットを囲んだ線は、多少の重なりをもちながら群落ごとにずれていることがわかる。さ

らに、個別の要因のところでもみられたように、土壤が深くなるほど線の重なる部分が大きくなり、群落ごとにはっきりと分かれなくなっている。また各群落それぞれを囲んだ範囲自体も大きくなっている。そして、このように 0 - 2 cm という浅い土壤の方で各群落が最も区分できた理由として次の二つが考えられる。まずこれらの植物の実生が定着し成長するのに関わってくる土壤は、最も表層の土壤、つまり 0 - 2 cm の深さの土壤であると考えられる。そのため実生の定着、成長というものを、その立地の諸条件がある程度規定し、その後そこに成立する群落というものもある程度決まってくるのではないか、発達した群落間でもその立地条件に差がみられたのではないかと考えられた。次に、土壤サンプルを採取したのが 9 月なのだが、草丈であるとか葉の形であるとか植物体の構造の違いや、河川内での各群落の存在する位置の違いが、洪水時の浮遊物質の堆積の度合であるとか、あるいは表層の土壤の流出の程度を異ならせるために、そのような堆積物からなる 0 - 2 cm の深さの土壤で最も差がみられたのではないかと考えられた。

さらに図18は以上の 3 つの環境要因の組み合わせを模式的に表わした図である。セイタカアワダチソウ群落は粒径が細かく腐植含量が高く流水面からの比高が高い位置に、セイタカヨシ群落は粒径がやや粗く腐植含量が低く流水面からの比高が中くらいの位置に、オギ群落は粒径、腐植含量ともに幅が広く流水面からの比高が中くらいの位置に、ツルヨシ群落は粒径が粗く腐植含量が低く流水面からの比高が低い位置に、クサヨシ群落は粒径が細かく腐植含量の幅が広く流水面からの比高が低い位置に、ヤナギタデ群落は粒径がごく細かく腐植含量が高く流水面からの比高が低い位置にあった。

この図から、これらの群落は、その立地が有する環境要因の複合によって、その成立していく位置が異なっていることがわかった。以上に述べた環境要因について分析した限りではあるが、芦田川の植物群落のモザイク状、帯状の分布を決定する重要な要因として粒径組成、腐植含量、流水面からの比高が

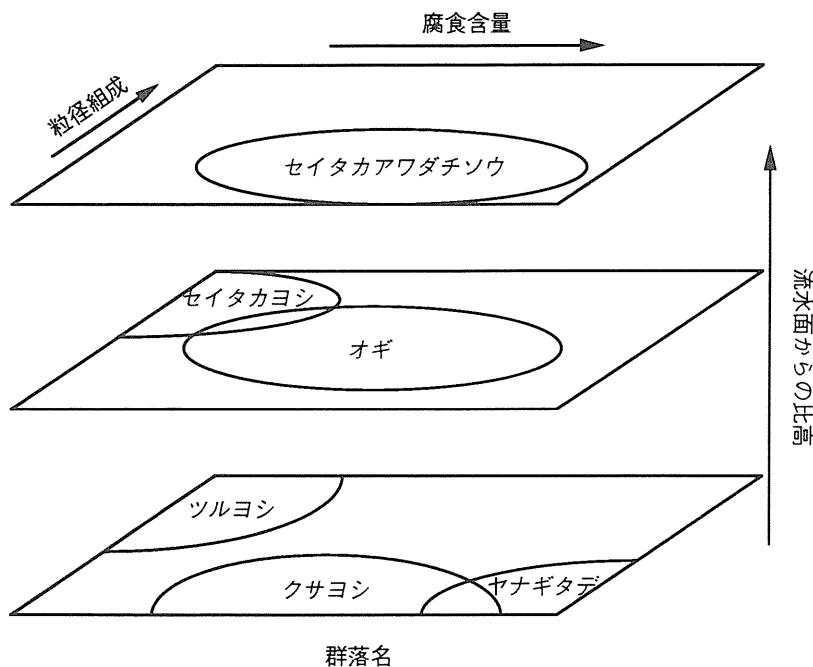


図18 主要な 6 植物群落と各種環境要因との関係を示す概略図

挙げられると考えられた。

## IV 植物群落の分布特性と1994年の渇水が河川の植生に与えた影響

河川では上流から下流へと流れとともに様相に変化が見られる。例えば上流では、狭い川幅、速い流れ、大きな岩といった特徴をもち、森林が流れの近くまでせまっており、植生も流れに張り付くように分布している。中流へいくと流れも穏やかに蛇行するようになり、広く植物群落がみられるようになり、更に下流域へ下ると、広い河川敷がみられるようになるのが一般的である。これは、出現する植物種の変化とともにその種の集まりである群落による相観の変化が大きな原因であると考えられる。そこで今回は、植物種自体の分布の様式とともに、我々の目に実際に写る相観としての群落や土地利用に着目して河川の植生の分布様式というものについて述べていくものとする。

さらに1994年には先にも示したように大変な少雨を記録し、芦田川においても著しい渇水をもたらした。そこでこの渇水が河川内の植物群落に与えた影響についても述べた。

### 1. 方 法

#### a. 植物の分布調査と植生図化

本調査地における植物種の分布の様子を把握するために、河口からおよそ 5 kmごとに 9 つの調査地点を設置し、そこに出現した植物種についてその名前を記入していく、さらにその種の出現状況を、数個体見られたもの、所々で見られたもの、非常に頻繁に見られたものの 3 段階で示した。またこれらのうち帰化率を求めるために帰化植物について区別をおこない、その判別は長田（1972）にしたがった。

植生図は、1994年秋に現地を踏査し、その場で5,000分の1の地形図上に優占する植物種の名前を群落型として、その分布する範囲を記入していく、相観植生図として作成した。

#### b. 渇水の影響の判定

作成した植生図を用いて、現地調査により、渇水による植物群落への影響、特に繁殖器官への影響がどの程度あるのかについて繁殖器官の枯れている割合を枯死率として百分率で記入していく。

その作成した植生図の各パッチの面積をX-PLAN360iエリアカーブメータ（牛方商会）をもちいて測定した。さらに1994年におこなった渇水による影響の調査で得られた繁殖器官の枯死率を掛けて、渇水の影響を受けた面積とした。

## 2. 結 果

### a. 河川の流域での植生の相違

#### 1) 種の分布

図19は河口からおよそ5kmごとの9地点で、ここに挙げた種の出現状況について示した図である。出現した種については、数個体見られたもの、所々で見られたもの、非常に頻繁に見られたものの3段階で示してある。まず河口域、下流域に見られるものは、ホソバノハマアカザ、ヨシ、マコモであった。これらは、海岸近くであるとか、河口堰によってつくられた静水域にその分布の中心を持っていった。



図19 芦田川における主要な植物種の分布（井上ほか（1994）から引用）

次に下流域から中流域にかけて見られたものは、オギ、シバ、セイタカヨシなどである。これらは広い中洲に大きな群落を形成したり、高水敷に植栽されている種であった。つぎに中流域を分布の中心に持つものは、アカメヤナギ、ヤブガラシ、クサヨシなどであった。中流域から上流域へ移ると、川の流れも速くなり大きな岩が目につくようになり、ツルヨシ、ネコヤナギの出現頻度が高くなかった。さらに上流へすすむとカワラハンノキ、岩上に生息するキシツツジ、ヤシャゼンマイが見られるようになった。

また、調査対象が河口から45km程度と短かったために、ほとんどすべての地点に出現する種も多く、チガヤ、ヒメムカショモギ、ヨモギ、メヒシバ、クズなどがあった。

## 2) 帰化率

図20は種の分布を調査したものと同じ9区間において、出現した種の調査資料より帰化率を求めたグラフである。棒グラフ全体が全出現種数を示し、濃い部分が帰化植物の種数、そして折れ線グラフが帰化率をあらわしている。種数からだけでははっきりとは読みとれないものの、帰化率でみてみると河口域から上流へ向かうほど低くなっていた。下流域では30%前後であった値が35kmより上流の2地点では10%を下回る値となっていき、全体として、上流へ行くほどおよそ帰化率は低い値となった。

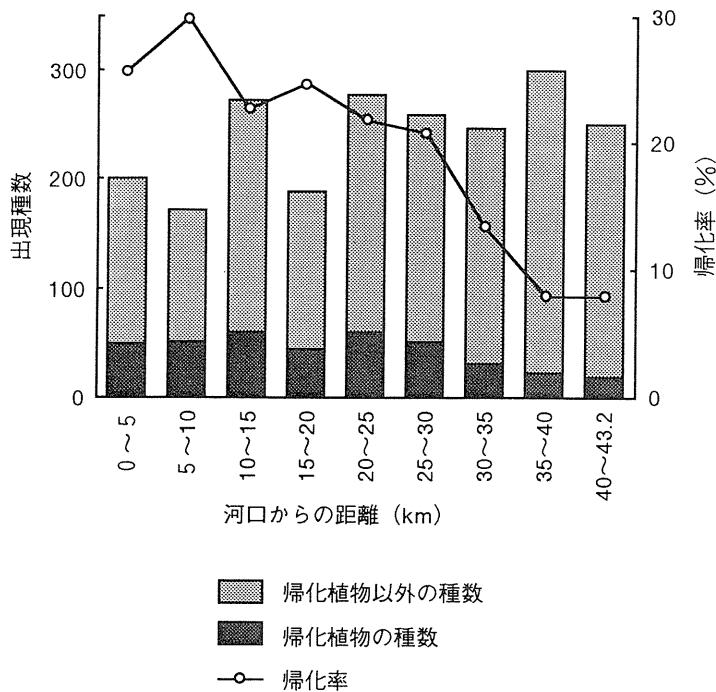


図20 芦田川の河口からの距離による帰化植物の違いについて

## 3) 面積の分布

図21のグラフで、棒グラフは河川内の全面積を、折れ線グラフは群落や土地利用のパッチの数をあらわしている。ただし、面積には流水面あるいは開放水域の面積は含まれていない。群落および土地利用は相観によって36に区分した。そのためにⅢ章で区分した群落型とは必ずしも同じものではない。

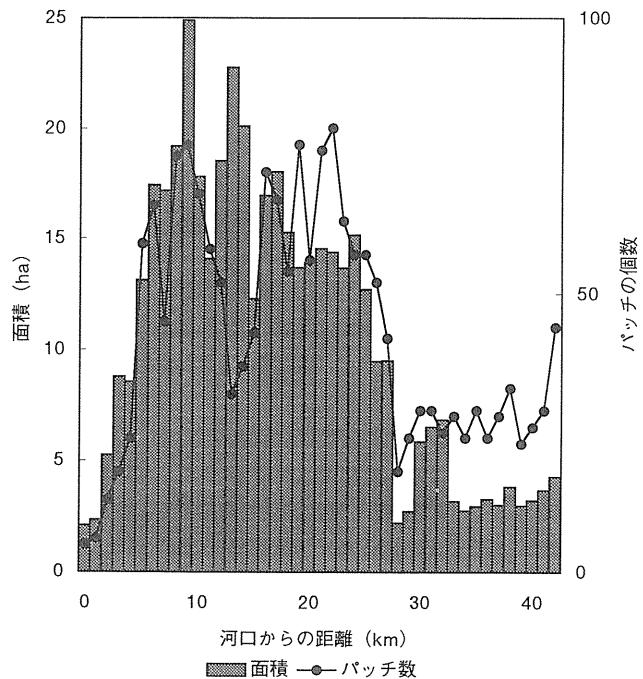


図21 芦田川の河川内における土地面積および土地利用などを含めたパッチの個数

出現群落および土地利用のパッチ個数とその面積は比較的よく似た傾向を示しており、河口近くで小さく、下流域から中流域にかけて高い値を示し、30km付近より上流では低い値を示した。この土地に、様々な群落が存在していたり、土地利用が行なわれている。河口近くでは、河川内のほとんどを開放水域が占めており、また上流域では川の幅自体が狭くなっているため全面積は低い値を示す。またこの面積的に大きな変化のみられる30km付近というのは、さきほどの河川の断面図からもわかるように、川の流れ 자체も大きく変化している場所であった。

#### 4) 全面積にしめる土地利用や各群落グループの割合

図22の上のグラフは人為的な改変の程度を見るために、人工構造物などの土地利用の面積およびシバ群落のような植栽された群落であるとか、定期的に刈り取りなどの手入れの入っている群落の面積の全体にしめる割合を示したものである。およそ下流域で高く、上流に行くほど低い値となっていることがわかった。下流域では利用できそうなほとんどの部分にシバの植栽が行われていたり、駐車場、グランドなどに利用されていた。この図の所々でグラフのピークが見られるが、14km～16kmはゴルフ場に利用されているために、31km～33kmは鉄工所の工場の敷地が存在するために、42km付近は河佐峠という観光地が存在するためにこのようなピークが見られた。

次に図22の中央のグラフは帰化植物の優占する群落の面積が全体に占める割合を示したグラフである。帰化植物の群落はオオアレチノギク・ヒメムカシヨモギ群落、オオオナモミ群落、オオブタクサ群落、シナダレスズメガヤ群落、シマスズメノヒエ群落、セイタカアワダチソウ群落の6つとした。このグラフから、下流域と上流域では、比較的低い値を示す一方で、15km～25km付近の中流域で高い値を示すこ

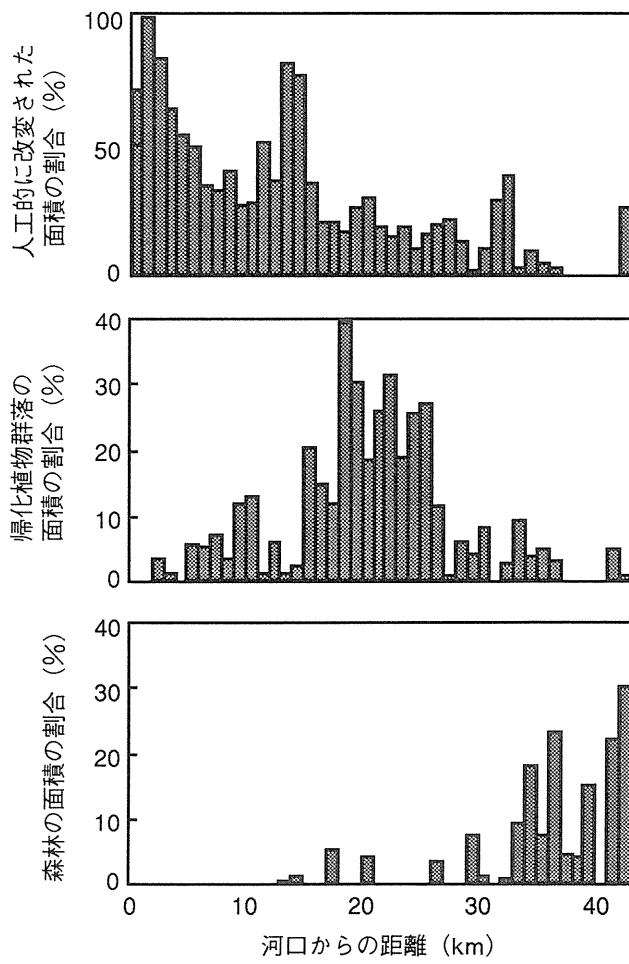


図22 土地利用あるいは群落グループが河川内に占める割合

とがわかった。最も高い値は、河口から18kmのところで39%であった。

また図22の下のグラフは河床から山地斜面の森林へ連続する山付きであるとか、竹林などの面積が、全体に占める割合を示したグラフである。森林の例としては、アラカシ林、アカマツ林、コナラーアベマキ林など、竹林の例としてはマダケ林、ハチク林があげられる。これらは普通の森林と相観は似ているが、川の増水によって頻繁に水に浸かっている。その様に頻繁に水に浸かる部分を中心として河川に連続する森林としてとらえた。上流へ行くほど川幅が狭くなり、草本群落が発達しにくくなる一方で、アラカシ林やコナラーアベマキ林が川の流れの周囲をおおうようになっている。中流域では、河岸保護のための竹林がその大部分となっており、上流へいくほどアラカシ林など自然度の高いと考えられる植生が増加していた。

#### b. 群落型による相違

植生図を作成してえられた群落のうち、代表的なものについて、その面積のサイズ分布について、階級ごとに区分して度数を算出した（図23、図24、図25）。まず、はっきりと1000m<sup>2</sup>以下の小さい面積の

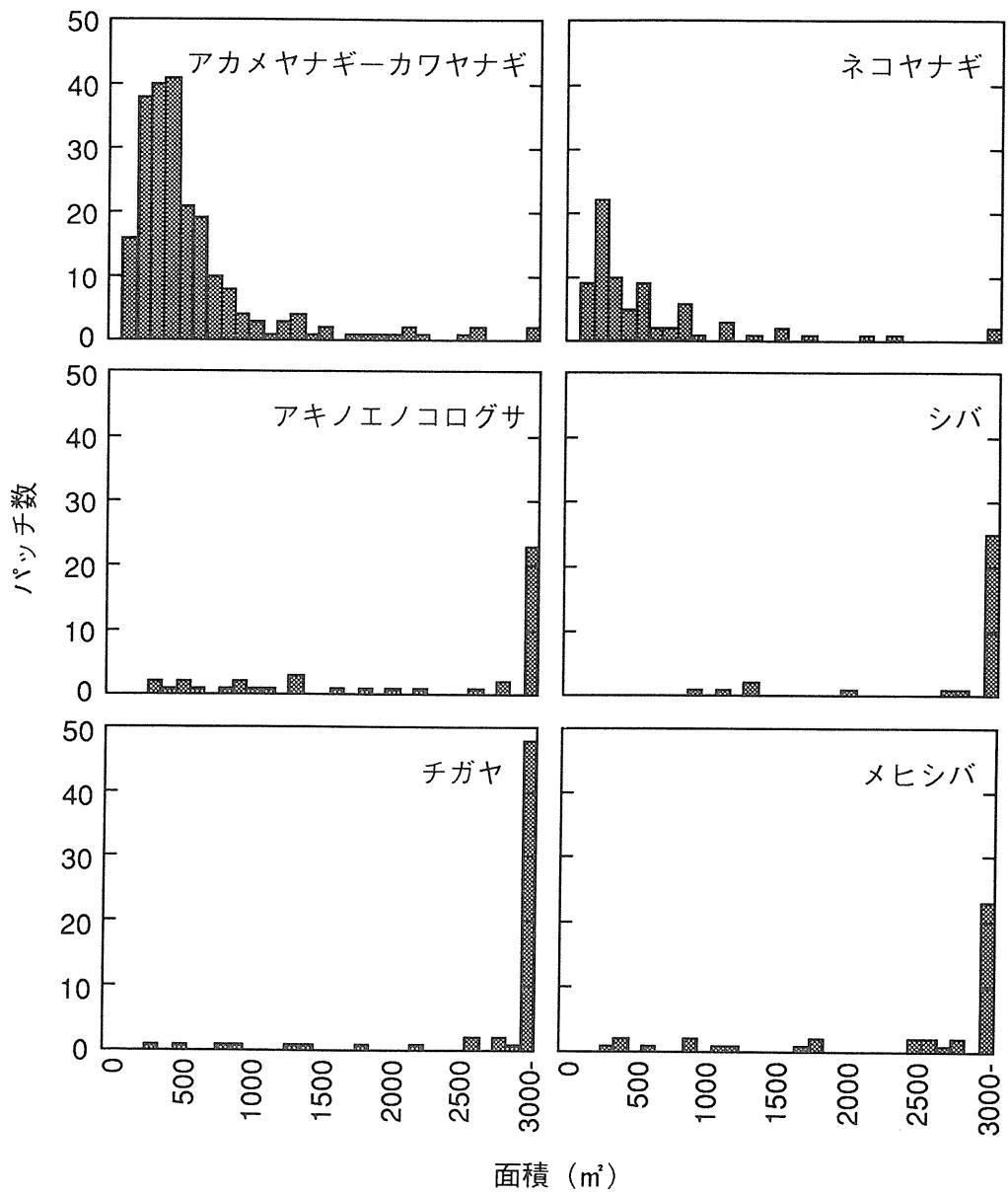


図23 河川内に出現する主要な出現群落のパッチサイズ別の度数分布（その1）

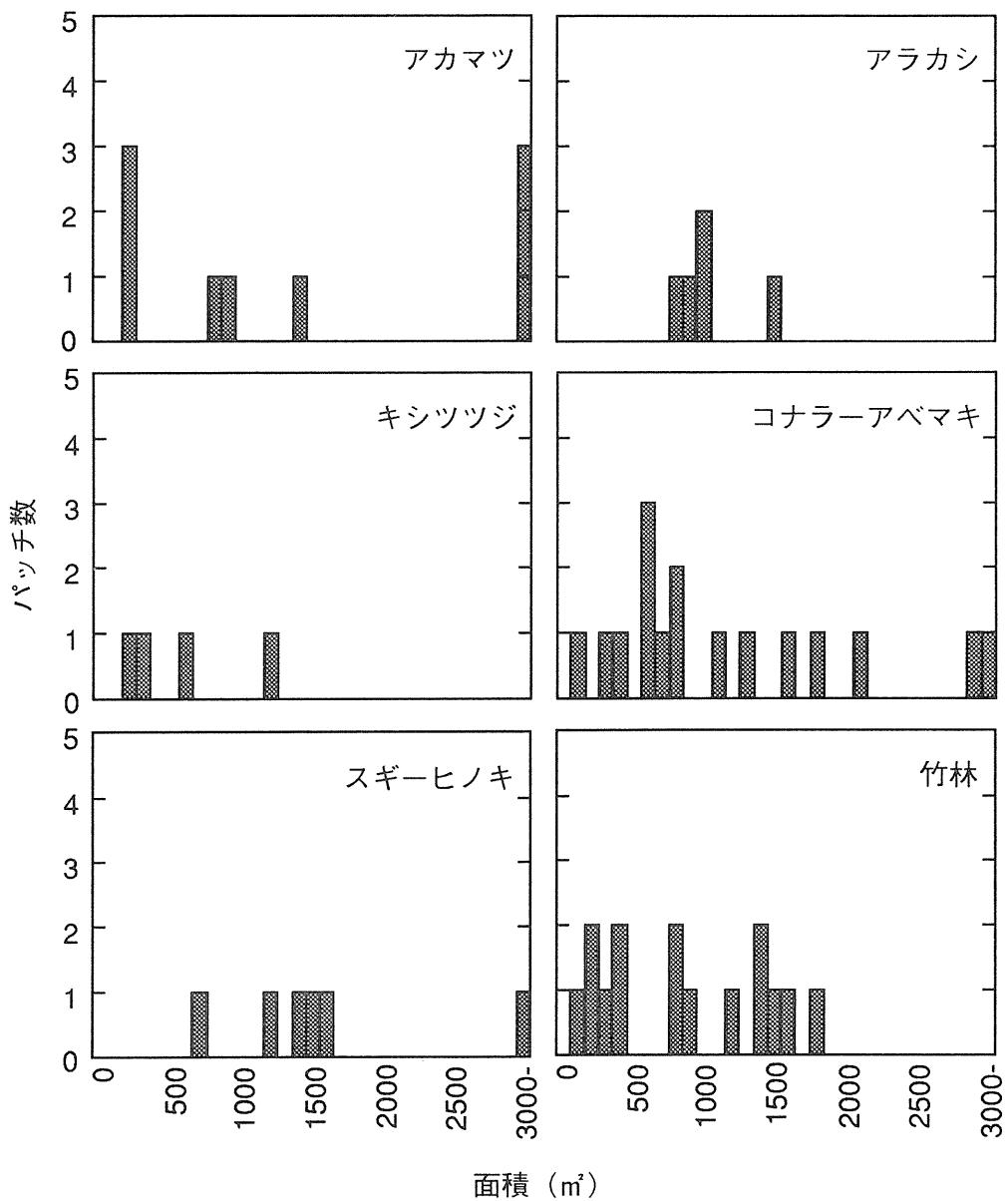


図24 河川内に出現する主要な出現群落のパッチサイズ別の度数分布（その2）

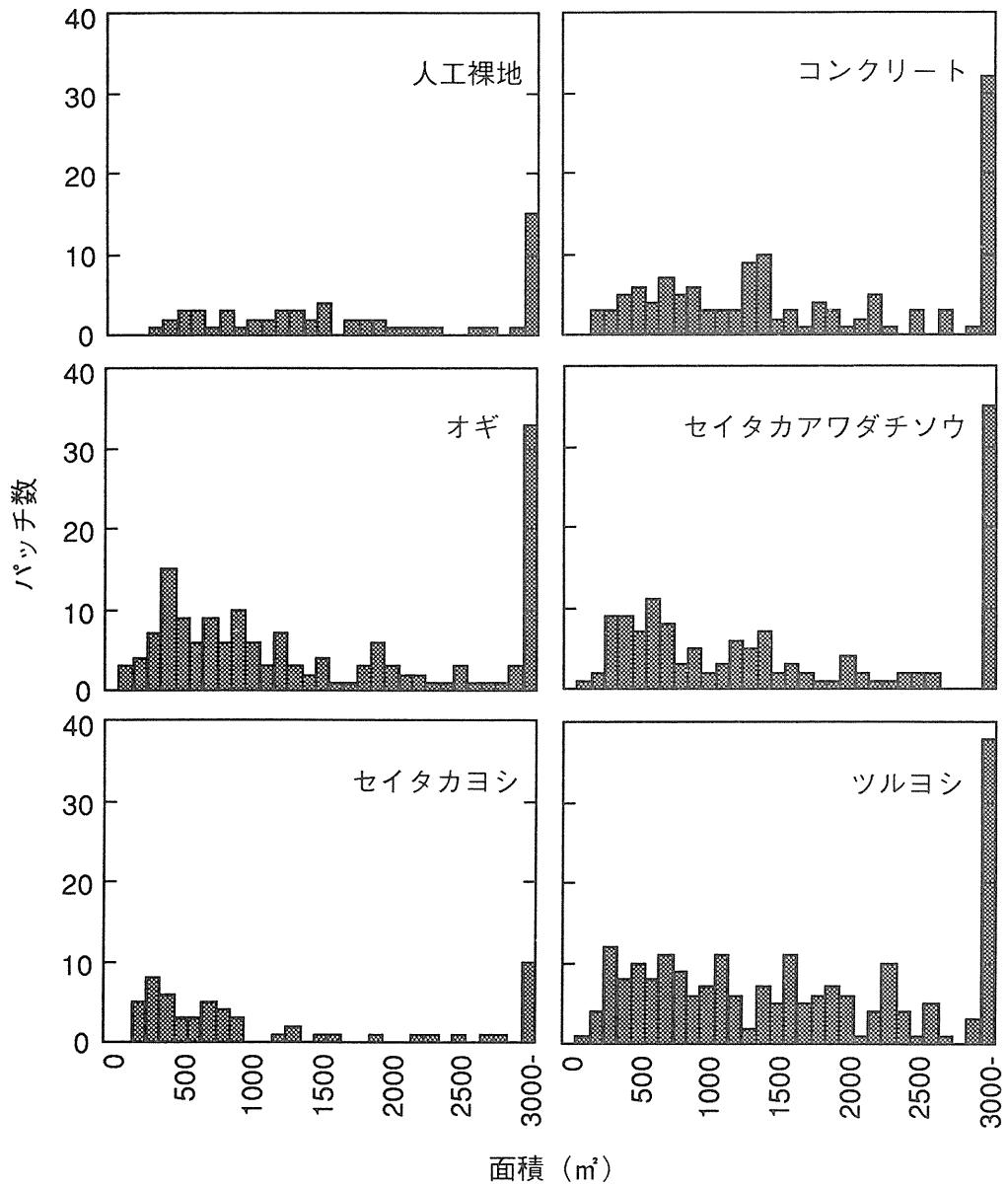


図25 河川内に出現する主要な出現群落のパッチサイズ別の度数分布（その3）

パッチにその分布が集中していたのが、アカメヤナギーカワヤナギ群落、ネコヤナギ群落であった。その一方でアキノエノコログサ群落、シバ群落、チガヤ群落、メヒシバ群落は、小さな面積のパッチが非常に少なく、ほとんどが大きな面積のパッチにかたよっていた。また河床に連続する森林植生として、アカマツ、アラカシ、キシツツジ、スギーヒノキ、竹林（マダケ林、ハチク林をまとめたもの）についてもグラフをしました。これらは全体として小さな面積のパッチが多く、また出現したパッチ数も少なく、頻繁にみられる群落であるとはいがたい。図25は、グランド・駐車場などの人工裸地、コンクリート、オギ、セイタカアワダチソウ、セイタカヨシ、ツルヨシの群落についてしましたものである。これらは、この階級区分でははっきりとした傾向のみられないものであった。

### c. 渇水が河川の植生に与えた影響

植生図を作成して得られたパッチのうち、繁殖器官が枯れている個体の多くみられたパッチを渴水の影響のみられたパッチとして、その個数を距離ごとに数えた。また、作成した植生図より測定した各パッチの面積のうち、渴水の影響のみられたパッチについて、現地調査によって得られた枯死率をかけて渴水の影響を受けた面積とした。

図26はパッチの個数と渴水の影響を受けたパッチの割合をあらわしている。確認されたパッチ数は全部で1844個、そのうち渴水の影響を受けたパッチは426個で、全体の23%であった。またもっとも高い値は河口から12kmのところで、37%であった。

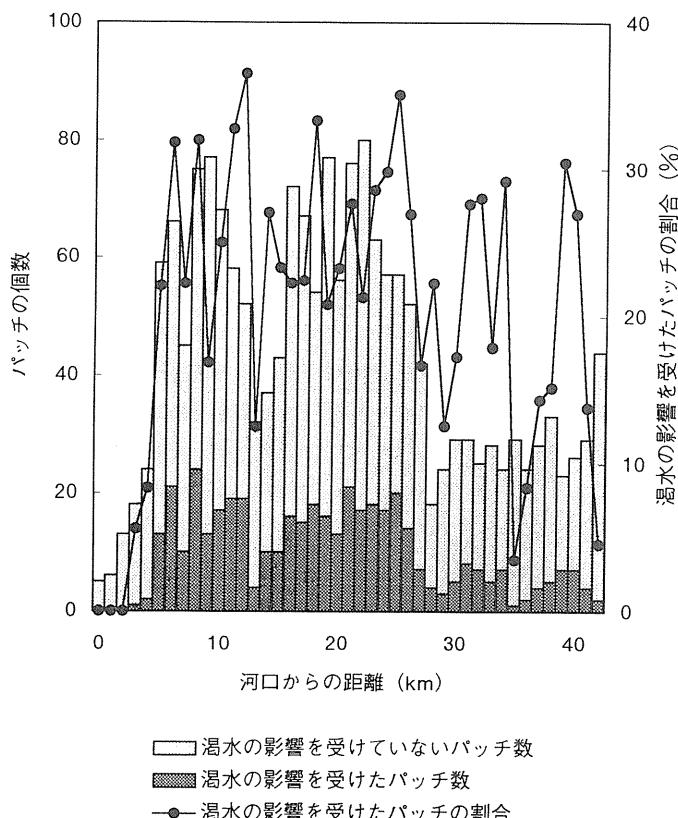


図26 パッチの個数からみた1994年の渴水による影響

図27は河川内での面積と渴水の影響を受けた面積の割合をあらわしている。測定された面積は全体で448.7ha、その内渴水の影響を受けた面積は99.3haで全体の22%であった。もっとも高い値をしめたのは河口から24kmのところで、46%であった。

### 3. 考 察

#### a. 河川の流域における植生の相違

##### 1) 種の分布

種の分布様式は、これまでに報告された他の河川における種の分布様式（波田、1972; 石川、1988）と非常に類似していると考えられる。しかし、ホソバノハマアカサは河口堰よりも海側に、マコモは上流側に出現していることが図19から認められたことなど、本来なら下流域で連続的に、あるいは交互に出現するはずの種が、このような巨大な人工構造物によって、その連続性が途切れていることしめしている。これは、人為的な影響が元来連続的であったはずの植生を中断させた例として重要であると考えられ、今後のダムなどの巨大な人工構造物を建設する場合にも十分に考慮に入れるべき要素であると考えられる。

また他の河川では下流域から中流域にかけては、ヨシが優占しているという報告が多いのだが、芦田川ではヨシは下流域とくに河口堰によってせき止められている部分にその分布の中心がみられ、それよ

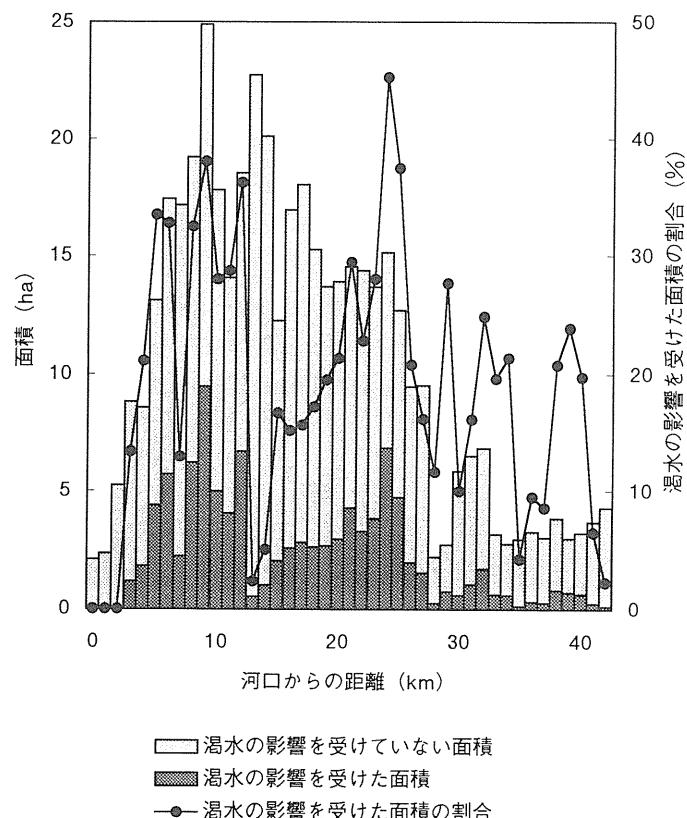


図27 面積からみた1994年の渴水による影響

り上流になるとセイタカヨシが優占するようになっており、これらは芦田川を特徴づける種の分布様式であると考えられた。

## 2) 帰化率

図20からも認められたように、上流へいく程帰化率が低下するという傾向は、他の河川と同じであると考えられる。帰化率が下流域で高く、上流域で低い値を示す理由としては、上流へいくほど帰化植物の種数が減っているためで、これもグラフより認められる。さらに、かなりの上流では人の手の加わっていない自然性の高い立地が多くなり、そのために帰化植物が少なかったことも考えられる。また中流域から下流域にかけては、出現する帰化植物の種数にあまり大きな違いはみられないが、下流域での出現種数が他の流域に比べて少なく、そのために相対的に帰化率が低くなったと考えられる。その出現種数の低下の背景には、下流域における立地の単純化があると考えられる。例えば、下流域では、ほとんどの場所がシバの植栽を受けていたり、グランドなどに利用されているようなことなど、植物の侵入する立地自体も劣化していることも認められた。

## 3) 面積の分布

河川内における全面積の分布について、河口近くでは、河川内のほとんどを開放水域が占めているために、上流域では川の幅自体が狭くなっているために河川内の面積は低い値をしめした。また面積的に大きな変化のみられる30km付近というのは、さきほどの河川の断面図からもわかるように、川の流れ 자체も大きく変化している場所であった。ここでは勾配の変化とともに河川の幅自体も狭くなってしまっており、そのために面積にも大きな変化が見られたのは当然であると考えられた。

## 4) 全面積にしめる土地利用や各群落グループの割合

まず、下流域において人工的に改変された面積が多かったのだが、その理由として下流域では利用できそうなほとんどの部分にシバの植栽が行われていたり、駐車場、グランドなどに利用されているために高い値を示したと考えられる。このように、人工的に改変を受けた土地利用というものは、芦田川においては下流域を特徴づけるものとしてとらえることができると思われる。逆にいうと自然性の高いと思われる群落などがほとんど見られないということになる。

次に帰化植物の群落は、面積的には、中流域において30%前後を占め高い値をしめした。この理由としては、芦田川中流域においては、人為的擾乱が下流域ほどではないにしても比較的大きく、さらに河川の氾濫による擾乱も上流域に比べると小さいもののかなり大きく影響していると思われ、そのために芦田川の中では最も多様な立地を有するために、帰化植物の優占する群落の面積の占める割合が高かったものと考えられた。また、図20のグラフからわかるが、下流域ではその面積のほとんどを人為的に改変されたものとなっていたのだが、そのために植物相から求めた帰化率を見た限りでは下流域では高い割合で帰化植物が侵入していることが認められ、個体としては多く存在するものの、群落を形成するまでには至らなかったものと考えられた。

上流へ行くほど川幅が狭くなり、草本群落が発達しにくくなる一方で、アラカシ林やコナラーアベマキ林が川の流れの周囲をおおうようになることがわかった。そのために、自然性が高いと考えられる川

の眺めを目にすることができるようになる。川幅が狭いために上流に森林植生が多くみられるということが、大きな理由であるが、中流域などにおいても本来なら森林植生が成立しそうな場所でも、川の両岸に道路を通しているところが多いために、そのような森林の部分は削り取られている場所が多いということも、このようなグラフになった理由の1つであると考えられた。

このように、川の流域によって景観が異なる背景には、土地利用の程度であるとか、存在する群落の違いなどがあることがわかった。この違いは、本来自然状態であるならば洪水による搅乱によって主として生ずるものと考えられるが、人間活動が無視できない今日では、より多くの要因が複雑にからみ合うことによって生じ、それによって現在我々の目に映る下流、中流、上流などの流域の景観が形成されていると考えられる。

#### b. 群落ごとにおける相違

図23から、アカメヤナギ・カワヤナギに代表されるヤナギ林は、そのパッチサイズの分布の中心が、小さな面積の部分にあった。しかし、これらのヤナギ林は、本来なら広い面積の群落を形成するものもみられるはずであるが、本河川においては洪水対策のために定期的に伐採されているために、単木などに近い形で存在していると思われ、そのために小パッチの割合が高かったと考えられる。

次に大面積のパッチに分布の中心がみられたものがアキノエノコログサ、シバ、チガヤ、メヒシバであったが、これらはすべて高水敷を中心に存在し、定期的に刈り取られるなど管理されている群落という点で共通している。本来河川の植生は、モザイク状あるいは帯状に様々な群落が複雑に配置されていると考えられているが、刈り取りなどの強度で特異的な搅乱を受けること、さらに高水敷という非常に安定した立地がつくられているといったことなどによって、均一で巨大なパッチができたものと考えられた。

また図25のその他の群落については、この階級区分のみでは分布の様式についてはっきりとしたことはいいがたく、詳しい分析はおこなえないと考えられ、今後区分を変更してさらに分析をおこなう必要があると思われる。

#### c. 渇水が河川の植生に与えた影響

図26と図27より、渴水によって植物群落が大きな影響を受けたことは明白であるが、流域によるはっきりとした違いまでは認められなかった。また降水量が特に少なかったのが、7月、8月と夏期であったために、当然のことではあるが、繁殖器官への影響を確認できるのは秋咲きの植物のみとなった。しかしながら、河川における秋咲き植物の代表である、オギ、ツルヨシ、ヨシ、セイタカアワダチソウなどでは多くの割合で渴水の影響を受けていることが確認された。そのために他の時期に繁殖器官の現れる種については渴水の影響を確認することは難しかったのだが、その多くは春咲き、あるいは夏咲きのものであると考えられ、これらの種の繁殖器官については1994年の春には出穂していたことを確認しているためにとくには考慮しないものとした。また今回は、群落の種類ごとの影響の違いについては述

べなかったが、種類による違いよりは上にもふれたが、繁殖季節による違いの方が大きいと思われた。

さらに、例えばダムの建設による水量の低下や、水力発電所や他の産業による極端な用水の摂取がおこり、河川において十分な水量が確保されないと言う場合には、年間を通じて、この1994年の渇水によっておこった影響に近い現象が河川内で起きることも考えられる。そういう意味では渇水による影響という結果だけではなく、他の要因によって類似した状況になった場合のシミュレーションをして応用できるのではないかと考えられた。

## V 総 括

本報で述べできたように河川には多様な植物群落が存在し、それを支えるだけの多様な環境も存在している。その河川の特異的な環境をつくりだしている最も重要な要素は定期的な搅乱である。その中心をなすのが洪水であり、その洪水の客観的で定量的な評価方法の確立が望まれ、また今後の課題となるだろう。

一方で、今日無視することのできない要素となっているものが人為的な搅乱である。本来定期的な搅乱のために一定の遷移段階で止まり、河川特有の植生あるいは景観を形成していたところへ、人間活動の影響、さらにそれまで存在しなかった植物（帰化植物など）の侵入など新たな要素が加わり、現在も含め今後、植生のみに限らず河川の多くの面でさらなる変化が起こるであろう。多自然型あるいは近自然型河川工法の導入なども河川環境の面からみた場合、非常に大きな変化であると考えられるが、まだ始まったばかりの段階であり、今後大きく発展していくと考えられる。そのためにもさらに河川の生態系のメカニズムについて、より深い知識が必要になってくると考えられる。これまででは、たとえば植物は植物だけで、魚類は魚類だけで個別に研究が行われる傾向が強かった。しかし、真に河川の持つ生態系を知るためにには生態系を構成するなるべく多くの要素について、それらの結び付きについて解明していくべきであろう。

調査した芦田川は河川改修が多く施された河川である。ここを調査地として得られたこれらの研究結果は、上に述べた河川と取り巻く様々な問題の今後の解決に役立つものと考えている。特に生態系を支える植物群落の環境要因との関係から、その環境保全機能の維持・回復について考察してゆくことを可能にしたものと考える。しかし、調査期間中の1994年に異常渇水という天災に見舞われたため、当初めざした目的は達成することができなかった。これらの問題は引き続き今後の問題として本報を終えることとする。

## 参考文献

- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3 Aufl. 865pp. Springer-Verlag, Wien.
- 榎本 敬. 1979. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究 第2報 生長および繁殖に及ぼす密度効果. 農学研究, 58(2): 79-91.
- 榎本 敬. 1989. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究 第3報 発芽および実生の生存と光、温度、水分条件との関係. 農学研究, 62(1): 13-21.
- 榎本 敬・中川恭二郎. 1977. セイタカアワダチソウに関する生態学的研究 第1報 種子および地下茎からの生長. 雜草研究, 22(4): 26-32.
- 波田善夫. 1972. 瀬野川の河床植生. 広島大学生物学会誌, 39: 18-21.
- 服部 保. 1988. 河川の雑草群落. 「日本の植生・侵略と搅乱の生態学」(矢野悟道編), 54-61. 東海大学出版社, 東京.
- 石居 進. 1975. 生物統計学入門. 290pp. 培風館, 東京.
- Ishikawa, S. 1983. Ecological studies on the floodplain vegetation in the Tohoku and Hokkaido districts, Japan. EcoI. Rev., 20: 73-114.
- Ishikawa, S. 1988. Floodplain vegetation of the Shimanto River in Shikoku, Japan I. Arrangement of the main plant communities developing on the bars in the lower course. Mem. Fac. Sci. Kochi Univ., 9: 25-31.
- 石川慎吾. 1988. 捩斐川の河辺植生 I. 扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境. 日生態会誌, 38: 73-84.
- 石川慎吾. 1991. 捩斐川の河床植生 II. 扇状地域の砂礫堆上の植生動態. 日生態会誌, 41: 31-43.
- 石川慎吾・石田明儀. 1985. 仁淀川流域にみられる植物群落. 高知大学学術研究報告, 34: 265-276.
- 可児藤吉. 1944. 溪流性昆虫の生態. 「昆虫」上 (吉川晴男編), 研究社, 東京.
- 建設省福山工事事務所. 1978. 芦田川の植生. 187pp. 建設省福山工事事務所, 福山.
- 松井 健. 1988. 土壤地理学序説. 316pp. 築地書館, 東京.
- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. 1986. Wetlands. 539pp. Van Nostrand Reinhold, New York.
- 水野信彦・御勢久右衛門. 1972. 河川の生態学. 246pp. 築地書館, 東京.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.), 3: 65-80.
- 長田武正. 1972. 日本帰化植物図鑑. 254pp. 北隆館, 東京.
- Nakagoshi, N. 1985. Buried viable seeds in temperate forests. "The population structure of vegetation" (ed. White, J.), 551-570. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- 奥富 清. 1977. 河辺の植生. 「日本の植生」(宮脇 昭編), 52-59. 学習研究社, 東京.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. 632pp. Clarendon,

Oxford.

桜井善雄. 1991. 水辺の環境学. 222pp. 新日本出版社, 東京.

桜井善雄. 1994. 続・水辺の環境学. 210pp. 新日本出版社, 東京.

関 太郎・吉野由紀夫. 1987. 芦田川の植物相と植生. 17pp. アーバンスタディ研究所.

竹原明秀. 1984. ヤナギ類の生態. 植物と自然, 18(1): 11-15.