

河川緑地における植生評価に関する生態学的研究

D0855007

谷本 茂

広島大学大学院国際協力研究科

2000年3月

目 次

第1章 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 河川環境に対する認識の変遷	2
1.2.1 河川敷の解放と河川環境管理基本計画	2
1.2.2 河川景観と親水性の重視	3
1.2.3 近自然工法から多自然型川づくりへ	4
1.2.4 どうすれば多自然型川づくり型河川整備となるか	5
1.3 河川緑地とは	5
1.4 既存の研究事例	6
1.4.1 河川植生を対象とした研究	6
1.4.2 これまでの研究に残された課題	7
1.5 調査地	9
1.5.1 太田川水系古川	9
1.5.2 黒瀬川水系砂防河川角脇川	9
1.6 論文構成	10
第2章 親水公園型河川緑地の植生評価	16
2.1 親水公園型河川緑地の植生構造	16
2.1.1 はじめに	16
2.1.2 調査地及び調査方法	17
2.1.3 調査結果と考察	20
2.2 親水公園型河川緑地植生の横断構造	24
2.2.1 はじめに	24
2.2.2 調査方法	25
2.2.3 調査結果	26
2.2.4 考察	29
第3章 多自然型河川緑地の植生評価	49
3.1 多自然型河川緑地の工法別植生構造	49
3.1.1 はじめに	49
3.1.2 調査地及び調査方法	50

3.1.3	調査結果	51
3.1.4	考察	54
3.2	多自然河川緑地の遷移診断	57
3.2.1	はじめに	57
3.2.2	調査地及び調査方法	58
3.2.3	調査結果	60
3.2.4	考察	63
第4章	河川水際緑地の植生評価	86
4.1	はじめに	86
4.2	方法	87
4.2.1	調査地	87
4.2.2	調査方法	87
4.2.3	資料解析	88
4.3	結果	89
4.3.1	植生型の抽出	89
4.3.2	種組成	90
4.3.3	施工年度別の生活形組成・遷移度	91
4.4	考察	92
第5章	河川緑地における植生評価技術の検討	107
5.1	河川緑地の景観生態学的評価	107
5.1.1	はじめに	107
5.1.2	調査方法	108
5.1.3	結果	110
5.1.4	考察	111
5.2	河川緑地の植生と鳥類相との関係	113
5.2.1	はじめに	113
5.2.2	調査方法	114
5.2.3	調査結果	116
5.2.4	考察	121
第6章	総合考察	139

6.1	河川植生の生態学的評価手法	139
6.2	多自然型河川緑地の生態学的評価	142
6.3	河川緑地に対する他の評価手法	146
6.4	まとめ	148
	謝辞	151
	引用文献	157
	付録 植物目録	172

第1章 序論

1.1 はじめに

水辺は豊かな自然を育み、その美しい景観は人々の心を和ませてきた。我が国では高度成長期に、生産性重視と安全に対する過剰な防衛反応として人々を水辺から遠ざけてきた。しかし、近年の価値の多様化に伴い豊かさを実感できる生活の実現が求めるようになり、豊かな自然との触れあいを求めて、水辺の価値が再認識されるようになってきた。

水辺には河川・湖沼・海岸があげられるが、なかでも都市近郊にあり都市化による土地不足から注目されているのが河川である。その中でも都市の中小河川（流域面積 100km² 以下）は、身近な水辺として利用されるようになり、近年の多自然型河川整備が広く行われるようになってきている（建設省, 1996）。しかしながら、自然環境を配慮した多自然型緑地として復元・創出される整備が実施されても、河川緑地植生についての目標や評価基準が明確でない場合が多いばかりでなく、地域住民の河川植生に対する認識もバラツキが多いのが実状である。従って、河川緑地に対する共通の認識と適切な評価基準及び評価手法の確立が望まれている（松崎・河原, 1966）。

植生に関する評価手法として閣議決定による環境影響評価における評価手法が一般的である。この環境影響評価では植物社会学的調査による群落調査、フロラ調査、植生図作成が実施され、貴重種の確認や植生自然度図の作成及び消失する緑地と創出される緑地の量的な比較などの評価が行われてきた。この中での主な視点は貴重で重要な自然を保全することであり、普通で身近な自然の評価には適さないものであった。1997年6月に交付された環境影響評価法において生態系の評価が付け加えられたが、その中で指標となる上位性・典型性・特殊性の注目種に植物が選ばれることは低いと思われるほか、アセスメント後に実施されるモニタリング調査において何

に注目しどう評価してゆくべきなのかについて指針は未だ示されていない。また、河川事業は1997年6月の河川法改正により河川の良好な自然を保全・創出してゆくことが目的化されたが、ここでも良好な自然を保全してゆくためのガイドラインはなく、植生についての生態学的な知見の少なさから、植生結果を評価する手法は確立されていない。

本論文では、都市中小河川緑地の河川植生に注目し生物多様性保全の概念を取り入れつつ、河川整備における植生評価の手法について検討を行う。

1.2 河川環境に対する認識の変遷

1.2.1 河川敷の解放と河川環境管理基本計画

1896年の河川法成立により河川は国の営造物となり国の機関としての地方行政庁が管理することとなった。この旧河川法では、河川整備は自然災害から人命と財産を守るという「治水」に重点が置かれていた。戦後の社会経済の進展により水需要が増大し、新河川法が制定（1964）され、水利用の水利調整に関する規定が充実されるなど、「利水」の目的が明確となった。加えて、1964年の東京オリンピックの開催を契機に国民の体力づくりのために河川敷を気軽に体力づくりの運動に親しめるような「国民広場」として解放することとなり、河川空間のスポーツ・レクリエーション利用が拡大した（河川環境管理財団，1983）。

河川の自然環境の保全に対する関心は、多摩川に残る貴重な自然の価値が注目されるようになった1970年代からである。東京都は「東京における自然の保護と回復の基本方針」（1974年3月）を策定し、その中で多摩川の自然環境の保護を重要課題とした。これを受けて河川管理者の建設省関東地方建設局は、1972年から植生・魚類・水生生物・小動物・昆虫・野鳥・社会環境等に関する調査を実

施し、「多摩川河川環境管理計画」（1979年9月）を策定した。

それ以降、河川環境に対する認識は次第に高まり、「治水」「利水」に加えて「河川環境の管理」を河川行政の主要課題と位置づける「河川環境のあり方」（河川審議会答申，1981年12月）が提出され、河川水質の保全とオープンスペースの計画を2本柱とした河川環境基本計画が建設省所管の各一級河川で策定されるようになった。しかし、この答申では河川環境を「人間をとりまく河川に関わる生活環境」と定義したことにより、河川における環境への認識は自然性よりもアメニティに重心が移ることとなった。

1.2.2 河川景観と親水性の重視

河川の持つ治水機能，利水機能に次ぐ第三の機能として親水機能が提唱されたのは1970年のことである。親水機能とは水辺に近づき水に親しむことの出来る機能のことで公園機能，レクリエーション機能，景観機能，気候調節，エコロジー機能を含むとされた（山本・石井，1971）。1972年，東京都江戸川区にある古川に全国で初めて親水公園が建設され，さらに1974年，岡山市の中心部を流れる農業用水路の西川が親水公園として整備され「建設大臣賞」を受けたことから「親水公園」が全国に展開することになった（桜井ら，1996）。この機能の付加により，都市の土地不足によりやむなく河川に設置していた公園，すなわち河川公園を水辺を積極的に活用する親水公園へと変貌させたのである。

もうひとつの流れとして，美しい河川景観（景観デザイン）を追求する視軸があった。いかにしてやすらぎのある河川風景を楽しむことが出来るか。この代表的な施工事例として河川環境デザインの出発点ともいべき太田川基町環境護岸（広島市）がある。整備直後は高い評価を受けることがなかったが，1984年12月，建設大臣の施設諮問機関“美しい国土建設を考える懇談会”から「美しい国土建設のために -景観形成の理念と方向-」がとりまとめられ，そ

のなかで今後取り組むべき3つの施策のひとつに「水辺をよみがえらせる」が取り上げられて国土景観における水辺の重要性が強調されることにより高い評価を得ることになった(松浦, 1999)。これら都市域の大河川の護岸には”地域の顔”としてのシンボル性が求められた。水辺(護岸)の景観デザインは、構造的な合理性と視覚的な美しさに加えて、水の流れの形を決める要素を持つもの(リバーフロント整備センター, 1993)として河川改修計画に取り入れられていった。

これら2つの流れは、都市の中で捨てられようとしていたドブ川を再生し地域のアメニティを向上させた上、河川に人々の関心を集めることに大きく貢献したが、都市づくりの延長として公園設計と同様なデザインとなり、庭園風であったり、演出された決まり切った水の流れなど人工的に装飾されすぎたことにより、一時期のように必ずしも歓迎されなくなった(桜井ら, 1996)。

1.2.3 近自然工法から多自然型川づくりへ

我が国に多自然型河川工法が導入される契機となったのは、愛媛県五十崎町「町づくりシンポの会」の川づくり活動であった(リバーフロント整備センター, 1990)。五十崎町の町づくりグループは、町を流れる小田川の先進事例をスイス・ドイツの近自然河川工法

(*Naturnahr Wasserbau*)に求めた(福留, 1989)。1985年のことであった。自然の回復力を取り入れ様々な生物の生息空間を確保するこの工法は、河川の持つ自然のダイナミズムを許容するものであった。

建設省も人間の生活環境から河川の生態系保全に目を向けるようになり、1990年には「多自然型川づくりの推進について」という通達が出された(関, 1996)。その後、1993年に公布・施行された環境基本法の基本理念を踏まえて、「建設環境政策大綱」では、建設行政の「環境内部目的化」と環境リーディング事業としての「多自然型川づくりの推進」が明記されるに至った。さらに1997年6月には河川

法が改正され、「治水」「利水」に加えて「河川環境」の整備・保全を明確に位置づけられた。この改正では「河川が本来有している良好な生物環境に配慮し、自然景観を保全、創出することが河川事業の目標である」とあるように「河川環境」という概念に生物環境が組み入れられた。その結果、以後のすべて河川工事には、「多自然型川づくり」の概念が取り入れられるようになったのである。

1.2.4 どうすれば多自然型川づくり型河川整備となるか

1993年5月に我が国は生物多様性条約を受諾した。その第6条の規定を受けて決定された「生物多様性国家戦略」(1995年10月)の中に、生物の生息・生育環境等に配慮した施策を推進する観点からなすべき事業として多自然型川づくりが取りあげられている。その概要によれば、多自然型川づくりとは、

- (1) 魚類の生息のために重要な瀬と淵の保全・創出
- (2) 魚道を設置する等、魚が上り下りしやすい環境の整備
- (3) 魚類や水生植物が生息しやすくするための空隙の多い水際環境の保全・創出
- (4) 水域から陸域への連続性の確保
- (5) 護岸表面の覆土による緑化
- (6) 景観への配慮

を実施する事業である。こうした自然環境に配慮した河川整備が多自然型河川整備と呼ばれている。

1.3 河川緑地とは

緑地には、「被建ぺい空間のうち交通の用に供されていない空間をオープンスペースと呼び、オープンスペースのうち公共性と持続性の強い空間」(高原, 1988)とした公共空地を重視した定義や「樹林地, 草地, 水辺地, 岩石地もしくはその状況がこれらに類する土

地が、単独で、もしくは一体となって、又はこれらに隣接している土地が、これら一体となって、良好な自然環境を形成しているものこと」(都市緑地保全法 1973年9月1日 法律第72号)のように自然環境を重視した定義がある。

また、都市計画の観点からは「公害や災害の防止及び緩和、環境保全など、主として存在の機能の面から配置が検討されるもので、近年の都市環境の悪化に伴う自然環境、特に身近な緑に対する要求の高まりから、こうした緑を保全・改善することにより生活環境を緑豊かなものとするとともに、都市景観の向上を図るために設けられるもの」(福富・石井, 1985)という定義もある。つまり生活環境を重視するものである。さらに、倉本(1987)は、河川植生との区別を意識して、河川緑地を「河川敷を空間として捉える場合を指す」と定義している。

河川区域には水面(低水路)、低水護岸、河川敷(高水敷)、堤防法面、堤防天端、堤防裏法面がある(Fig.1.1)。本研究では、「河川緑地(あるいは河川公園)」という都市計画の指定に関わらず、この河川区域のうち平水時に陸域となる河川域つまり水面を除く空間を河川緑地と定義する。河川緑地は他の都市緑地と異なり、堤防の余裕高以下の場所には(1)洪水時に冠水し、(2)流域上流から水を媒介とした影響を絶えず受けているという特徴を持つ。さらに水位との関係から河川敷を中水敷下段、中水敷上段、高水敷とする詳細な区分(佐々木, 1995b)もあるが、本研究ではすべて高水敷として取り扱う。

1.4 既存の研究事例

1.4.1 河川植生を対象とした研究

我が国における河川植生を対象とした研究は、植物社会学的な観点から多くの研究が進められた。多摩川(奥田, 1978)、仁淀川(石

川・石田, 1986)のほか, 中国地方では太田川(中越, 1982), 瀬野川(波田, 1972)の研究がある。河川植生の特性については, 奥田(1977), 服部(1988)及び竹原(1993)がまとめている。

自然の攪乱と植生の関係については石川(1988, 1991), 岡部ら(1996), 李ら(1996)鎌田ら(1997)の研究がある。石川(1988)は, 揖斐川において河川敷の環境と植生の分布の関係を調べ, 河床の粒径・比高と群落の関係を詳細に検討した。加藤ら(1993)は小貝川において微地形との対応については多変量解析を用いて研究した。また, 岡部ら(1996)は, 洪水という攪乱の減少が砂州上の植生の発達を促進していることを確認し, それが上流における治水施設の整備と比例することを指摘した。同じく, 萱場・島谷(1995)は雫石川の40年にわたる航空写真の解析から河床植生と攪乱の変化を追い, 砂利採取や上流のダムによる流況調整の影響を示唆している。李ら(1996)も多摩川で同様な報告を行っている。河川敷における貴重生物の保全の観点からは, 倉本ら(1992)の研究例があり, 冠水の頻度と群落の分布について調べている。さらに河川堤防の植生については, 浅見ら(1995)が刈取り管理とその種組成との関係について研究している。

諸外国においては, 立地環境と河川植生の関連性に関する研究が古くからなされており, 水面からの高さ(Frantz and Bazzaz, 1977; Menges and Waller, 1983), 冠水頻度(Conner et al., 1981), 土壌の質(Hermy and Stieperaere, 1981)が重要な要因とされている。

1.4.2 これまでの研究に残された課題

これまでの河川域における研究は大河川を対象としたものが多く, 河川敷や従来工法の堤防法面が主なフィールドである。また, 都市中小河川における生態学的研究は底生生物, 魚類, 植生による水質浄化などに関する研究が多く, 河川植生の生態学的なアプローチによる研究はあまり公表されていない。

また、河川植生に関する研究は河川の洪水など自然攪乱の影響を対象としたものが多い。河川にも河川改修や堤防管理などの人為攪乱があるが、浅見ら（1995）の研究は植生管理を扱った数少ない生態学的研究といえる。河川整備後の植生回復という観点からは、ブロック式護岸上の植生比較（中越・平川，1992）、親水型の空石積護岸の植生動態（井上・中越，1999）の研究があるに過ぎない。

近年の多自然型河川工事を対象とした生態学的研究となると、魚類相や底生生物の多様性の回復を扱ったものが多く（たとえば、鳥谷ら，1994，宮下，1996）、河川植生に関するモニタリング調査の生態学的な観点からの研究は少ない。

多自然型河川整備は、河川法の改正以降、生物生息地を含む河川環境の整備が必須の項目となった。1993年までに実施された多自然型川づくりに関する事業では、日本全国で3000件を越える工事事例があるものの（美寺・樋口，1994）、これらの工事の中には、水辺の自然環境を保全あるいは修復する工法として機能していない、あるいは形だけまねて生物多様性の改善が伴わないものも見られる（崎尾，1999；廣野ら，1999）。また、自然環境面の評価についても十分検討されているとはいえず、河川に生育・生息する生物の生態に関する調査研究や生物相回復の追跡調査が課題とされている（リバーフロント整備センター，1996；中尾，1995；佐々木，1996c）。なかでも、多自然型川づくりのうち“河川に瀬と淵を創出する”（1.2.4 節(1)）などは大河川における実施は困難であり、小河川での整備に留まっている（杉山，1992）。

従って、都市中小河川における河川緑地の生物相の回復状況に関する生態学的な知見の蓄積が急務とされており（佐々木，1996c）、特に植生に関する生態学的な評価はほとんどないことから、多自然型川づくりに限らず河川緑地という固有な植生の維持管理面からも植生回復状況に関する研究が必要となっている。

1.5 調査地

本研究の調査地は、広島市を流れる太田川の支川古川と東広島市を流れる黒瀬川水系砂防河川角脇川を対象とした。なお、広島市の年平均気温・年間降水量はそれぞれ 15.0℃, 1,555mm (広島地方気象台 1960~1990 年広島市平年値), 同じく東広島市ではそれぞれ 12.8℃, 1,547mm (1979-1990 年東広島アメダス平年値) であり, 暖かさの指数及び寒さの指数 (WI, CI; Kira, 1977) は, 広島市で 120.6, -1.5, 東広島市で 103.3, -7.3 (Table 1.1) となり暖温帯に属する。

1.5.1 太田川水系古川

古川は広島市中心部から北 9km に位置する一級河川太田川水系の支川である (Fig.1.2, Fig.1.3)。古川は流域面積 9.5km², 計画高水流量 100m³/sec, 計画河床勾配 1/800, 河川延長 1.7km の河川で, 周囲に土地区画整理事業が進み, 商業施設や住宅地が整備されつつある都市中小河川である。このうち古川の上流部に位置する第一古川では多自然型河川整備が 1995 年度から実施されている (下瀬, 1998)。また南側の支川第二古川には, 1974 年に親水公園として古川せせらぎ公園が整備されている (土山, 1999)。

1.5.2 黒瀬川水系砂防河川角脇川

角脇川は広島県の中央部東広島市に移転した広島大学東広島キャンパスの中央部を流れる砂防河川である。山中池に端を発し, ぶどう池, 角脇川調整池を山中谷川, 角脇川という 2 つの砂防河川で結んで二級河川黒瀬川に合流する (Fig.1.4)。広島大学キャンパス下流端となる角脇川調整池における流域面積は 158ha, 計画洪水流量 52m³/sec, 河川延長 1.7km の河川である。本研究の対象区域の一部は山中谷川も含むが, ここでは角脇川と呼称する。

大学移転前までの流域内の土地利用は農地（ぶどう畑）とマツ林であり、水利権はすべて農業用水である。広島大学環境保全委員会は、「みんなで作る水と緑のエコキャンパス」をコンセプトとする溪流整備計画を策定し（松田，1997），溪流整備事業の事前調査を実施している。

1.6 論文構成

本論文は、本章である第一章と以下の第二章から第六章の合計 6 章で構成される。第一章では河川整備の現状と既存の研究をまとめ、論文の構成を述べる。第二章では 1970 年代に整備された親水型河川緑地に調査区を設置して種組成を把握し、河川公園という人の利用を考慮した河川植生の種多様性、帰化率からアメニティ指向緑地の現状を評価する。第三章では 1990 年代に整備された多自然型河川緑地において、植生遷移の進行状況と多様性、帰化率の観点から自然指向の河川植生を評価する。第四章では、多自然型河川緑地のうち人為的な攪乱よりも自然攪乱の影響力が比較的強い水際部の植生を対象として、湿性草地を評価する。第五章では評価のスケールを上げて景観レベルでの植生評価について検討する。景観レベルでは、土地利用で区分されたパッチの形状の観点から河川緑地における特徴について考察する。また、鳥類の生息地としての河川緑地の評価についても触れる。最後に第六章で、多自然型河川整備の植生評価、河川緑地における植物評価の捉え方、河川緑地の植生管理手法について考察する。

なお、植物名は大井・北川（1983）に従った。また種子植物のうちイネ科植物については長田（1993）、帰化種については長田（1976）を用いた。

Table 1.1 Climatic condition of study sites (Furu River and Kadowaki River)

Climatic condition	Study site	
	Furu River	Kadowaki River
Altitude (m)	10	220
Annual mean temperature (°C)	15.0	12.8
Warmth index (Kira, 1977)	120.6	103.3
Coldness index (Kira, 1977)	-1.5	-7.3

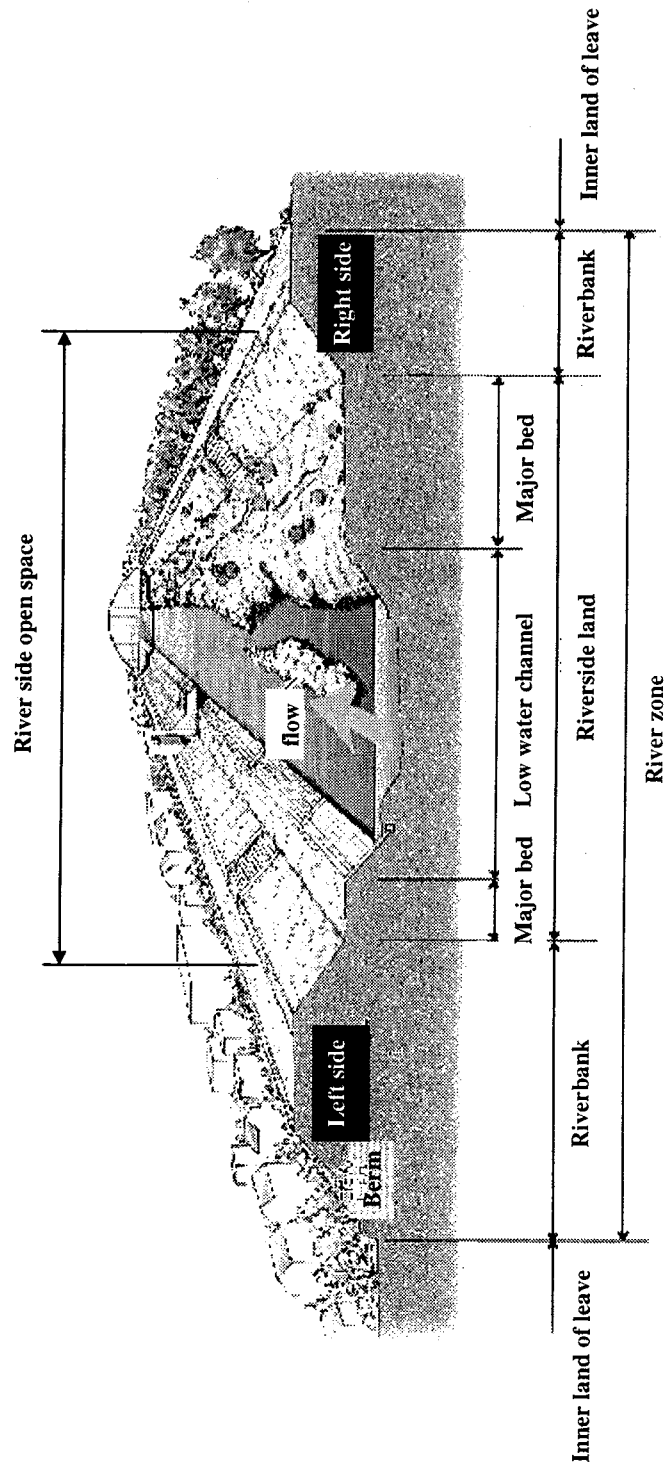


Fig. 1.1 River cross section and river side open space(original picture; www.moc.go.jp, 1999)

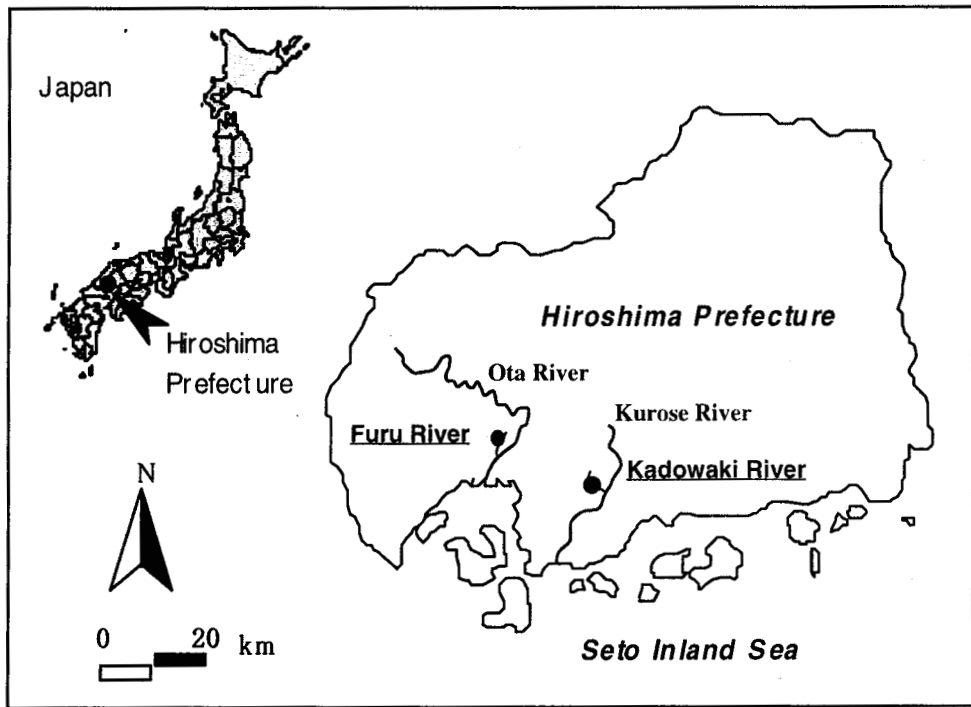


Fig. 1.2 Locations of the study area within Hiroshima Prefecture

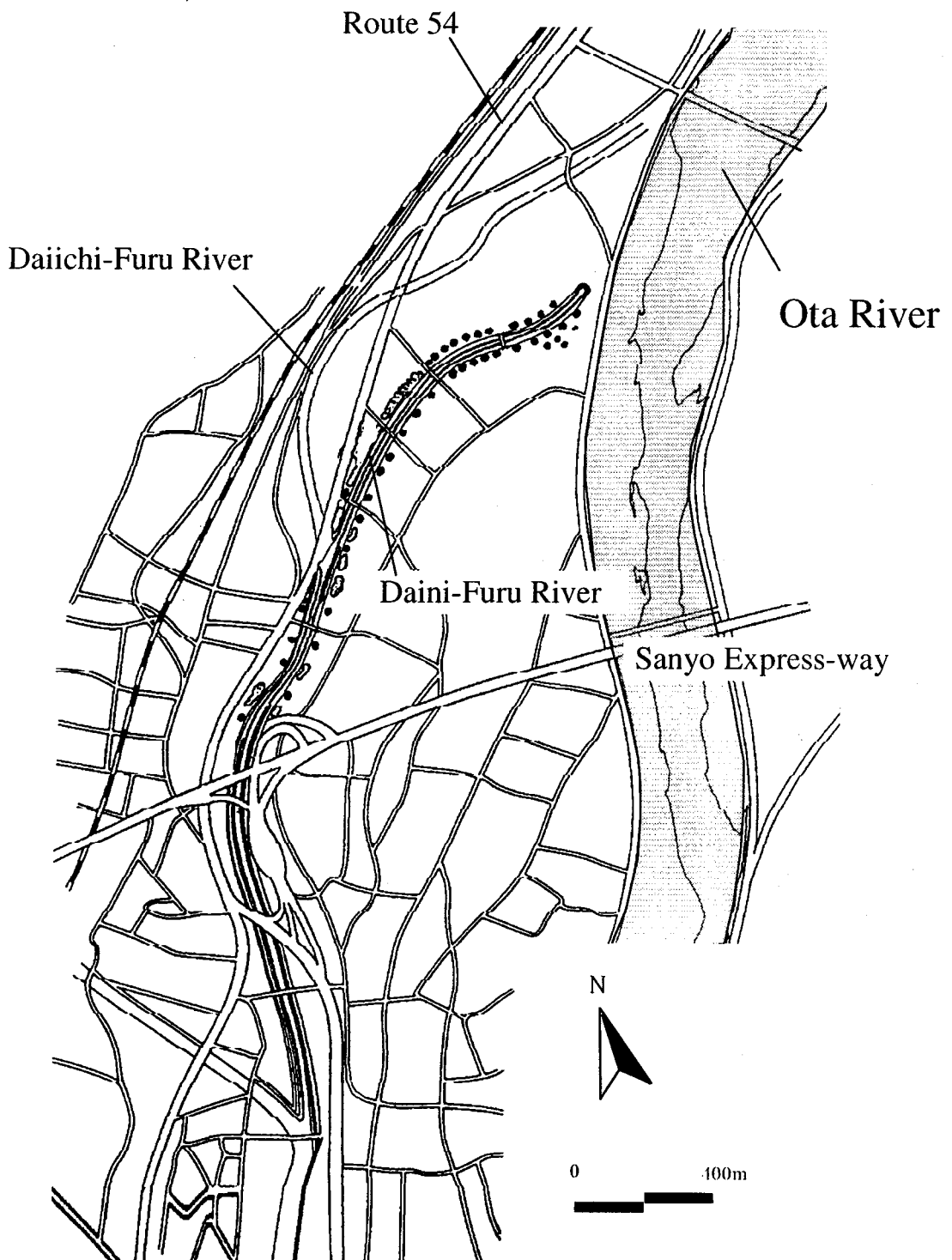


Fig.1.3 Location of Furu River

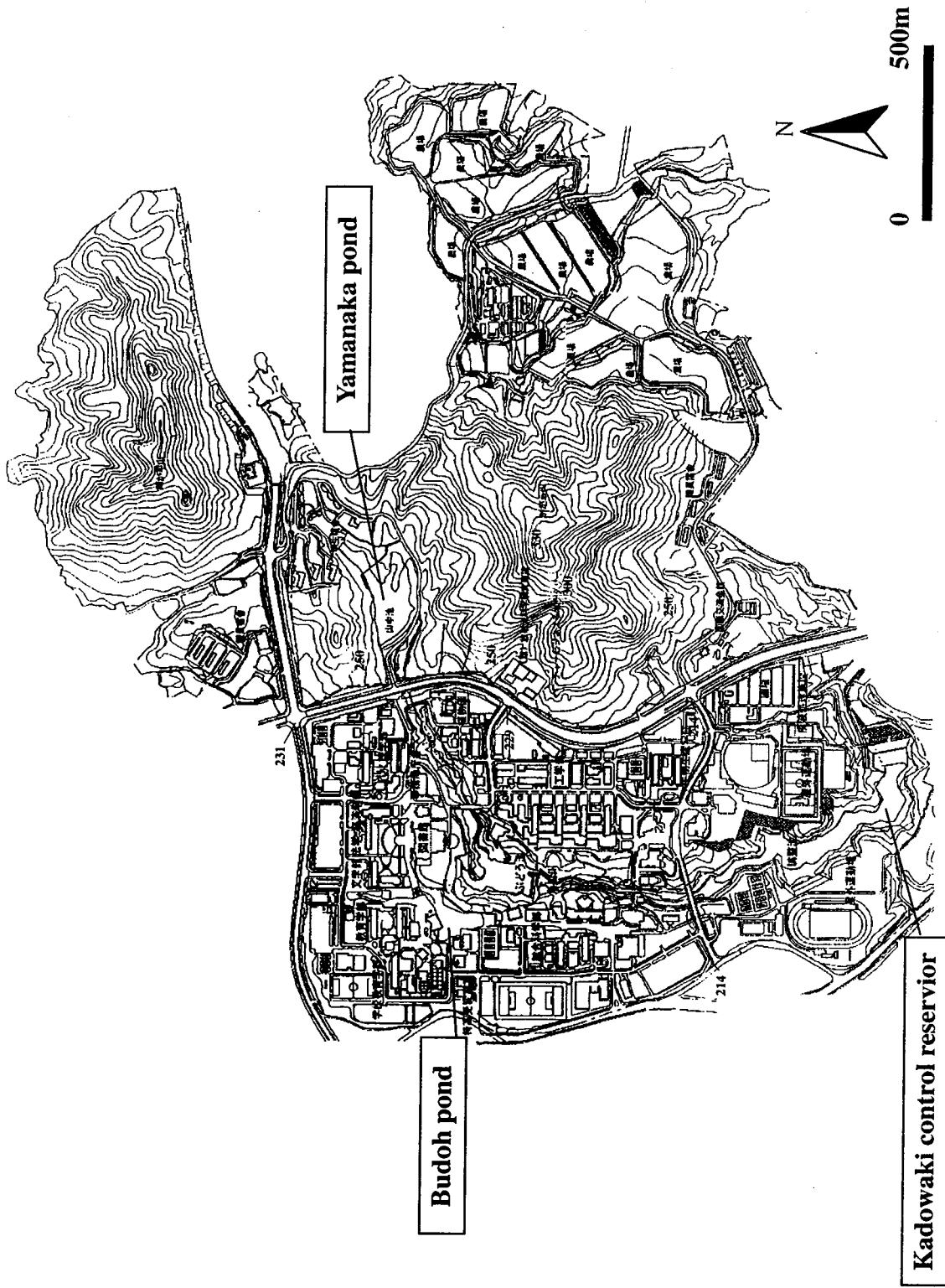


Fig.1.4 Location of Kadowaki River

第2章 親水公園型河川緑地の植生評価

2.1 親水公園型河川緑地の植生構造

2.1.1 はじめに

親水公園には、日本水環境学会が1990年に親水公園に関するアンケート調査を実施した際に用いた、“親水公園とは河川海、池、湖沼などを対象として水を題材とし、意図的に親水性を「保全」、「復元」、「創造」した施設の総称”という定義がある（桜井ら、1996）。この定義に従うと、多くの河川公園が親水公園に含まれてくる。大野ら（1996）は、川に隣接しているだけの「隣接公園」、川沿いに散策路や階段などは整備されているものの水質が悪く水面に近づきがたい公園を「河川公園」、施設の整備と水質の改善が図られているものを「親水公園」とした。この定義では水質と水辺利用施設により区分を試みているが、多自然型河川との区別が明確ではない。親水機能のうちエコロジー機能を重視するとされた自然環境保全型の親水公園は「環境に優しい」ことをPRしつつも特定種（貴重種ではない）を飼育することで人のアメニティーを高めようとするが本来の生態系機能は低い。このことは自然環境保全を目指すという目標が多自然型川づくりと同じであるため混同されやすいが、自然度の低さや生物多様性を配慮していない点で実際には大きな隔たりがある。

本研究では、河川公園は高水敷の広場的な利用が主となる公園、親水型河川公園（海岸や湖沼の親水公園と区別のため）は親水護岸と良好な水環境を持つ公園、多自然型河川緑地とは、固有種のみ保存ではなく河川生態系を維持し人間の利用を意識しない自然環境をもつ緑地と定義する。本章では、このうち人の利用を主眼におきつつ自然性の配慮が十分でなかった時代に整備された親水公園型河川緑地に注目し、その河川植生がどの程度の自然を有しているのかを明らかにすることを目的とする。

第一章で見てきたように、親水型河川公園は1970年代から水辺に人々を近づけ、自然と触れあえる場所を提供することを目的として整備されてきた。従来の都市公園に親水という新たな視軸を加えて、公園と一体となった水辺や堤防・高水敷を広場的に利用するものである。しかし堤防の勾配は従来の規格通りであったため、堤防の植生管理とほぼ同様に管理されてきた。

都市公園の植生については、利用密度との関連から前中・大窪（1986）の研究があり、大河川における河川堤防の刈取り管理と植生の関係については浅見ら（1994b, 1994c, 1995）及び小舘ら（1994）の研究がある。また、河川緑地を人工草地ととらえた場合、道路のり面という人工草地について遷移の面から亀山（1977, 1978a, 1978b）が詳細に研究している。しかし、河川公園緑地の植生を対象とした生態学的調査の実例は少ない。

2.1.2 調査地及び調査方法

調査地の概要

調査は1974年に親水公園として整備された一級河川太田川水系古川の支川第二古川で実施した（Fig.2.1）。第二古川は太田川高瀬堰から導水した放流端から端を発し、第一古川に合流するまでの1000mを対象とした。水路幅は2～10mで空石積の低水護岸を挟んで1～5mの高水敷、勾配1:2.0（30度）の堤防と続く。さらに堤防天端には1mの自歩道、植樹帯、管理道と続き周辺の民地と接する。

この第二古川を横断する橋で区切り、上流からA区間（此原橋～せせらぎ橋）、B区間（せせらぎ橋～<沈水橋>）、C区間（<沈水橋>～温井橋）、D区間（温井橋～第一古川合流点）、E区間（第一古川合流点～昭和大橋）、F区間（昭和大橋橋下流）に区分した。第二古川は、左岸側に住宅地が張り付いていたため左岸側の高水敷を通行（徒歩・散歩）に利用する人が多い。特に、A区間左岸側に東

原中学校があり，左岸側自歩道は中学校の通学路として利用されている．また，D，E区間左岸の合流部にはせせらぎ公園として擬木を使った階段護岸が整備され水面に近づきやすくしているほか，左岸にはエノキ・ムクノキなどの河畔林高木を残した川内第一公園が整備され，周辺の保育園・幼稚園の遊び場として利用されている．D区間の高水敷は河幅が広がるため高水敷の幅が1～2m程度に狭くなっている．なお，調査地の標高はすべて20m以下で，周辺の主な土地利用は一部に野菜畑を残す住宅地及び商業施設用地である．

調査方法

方形区は，各区間の中間付近の高水敷・堤防法面の中央部に1m×1m（低茎草本）あるいは2m×2m（高茎草本）のサイズで4カ所計24カ所設置した(Fig.2.1)．調査は植物社会学的方法に基づき（Braun-Blanquet,1964），方形区に出現した植物種の被度・群度及び群落高を測定した．また同時に，山中式土壤硬度計を用いて方形区の地表面を5回ずつ貫入深（mm）を計測し，その平均値を土壤硬度値とした．調査時期は1998年9～10月（秋季）とし，刈取り直前に実施した．

解析方法

出現した各種について日本原色雑草図鑑（沼田・吉沢，1992）及び宮脇ら(1983)を用いて生活形（Raunkiaerの休眠型；Begon et al., 1996)を判定した．

また，得られた植生資料を基に，各方形区の出現種毎の優占度を用いたMorisitaの類似度 $C_{\lambda(p)}$ （Morisita, 1959）及び構成種の存在データをを用いてJaccardの共通係数CC（Jaccard, 1901）を算出した．

ここでMorisitaの $C_{\lambda(p)}$ 指数は以下の式により求めた．

$$C_{\lambda(p)} = \frac{2\sum p_{1i} \cdot p_{2i}}{(\lambda_{1(p)} + \lambda_{2(p)})\sum p_{1i}\sum p_{2i}}$$

ただし,

$$\lambda_{1(p)} = \frac{\sum p_{1i}^2}{(\sum p_{1i})^2}$$

$$\lambda_{2(p)} = \frac{\sum p_{2i}^2}{(\sum p_{2i})^2}$$

$p_{1i}(\%)$: 調査区1における種 i の優占度,

$p_{2i}(\%)$: 調査区2における種 i の優占度.

優占度は, 相対優占度(沼田,1974)により求めた.

$$RDR = \frac{C_i}{C_{\max}} \times 100$$

C_i : 対象種の植被率,

C_{\max} : 方形区の中での最大の植被率.

植被率は, 測定で得られた被度階級値を中央値に変換して扱った
(Braun-Blanquet, 1964).

また, Jaccardの共通係数CCは以下の式により求めた.

$$CC = \frac{a}{a+b+c}$$

ここでA, Bという方形区の群集係数を求める場合,

a : A, B方形区ともに記録された種

b : A方形区のみで記録された種

c : B方形区のみで記録された種

である.

多様度には植被率上位種の影響を受けにくい, Shannon-Weaverの
 H' (Shannon-Weaver, 1949) 及び Pielouの均等度 J (Pielou, 1966)

を次式により算出した（伊藤，1990）。

Shannon-Weaverの H' は，以下の式で求めた。

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

ここで，

$$p_i = RDR_i / \sum RDR_i.$$

また，Pielouの均等度 J は，

$$J = \frac{H'}{H' \max}$$

ただし，

$$H \max = \ln n,$$

n : 方形区の出現種数

で算出した。

さらに，遷移の程度を数値的に示す遷移度（沼川，1961，1966）を次式により算出した。

$$DS = \frac{\sum l \times d}{n} \times v$$

l : 生存年限，

d : 優占度，

n : 種数，

v : 群落植被率 (0~1)

ここで生存年限 (l) には，生活形に対応させて一年草・越年草に1，多年草に10，低木に50，高木に100を与えた（根本，1995）。また，優占度には上記で算出した相対優占度 (RDR) を用いた。

2.1.3 調査結果と考察

種組成

全24方形区において出現した種数は木本2種，つる植物1種を含む49種であった (Table 2.1) . 優占種により群落名を命名するとシバ群落 (Zj) , ススキ群落 (Ms) , メヒシバ群落 (Da) , チガヤ群落 (Ic) , スイバ群落 (Ra) , スズメノヒエ群落 (Pc) , オヒシバ群落 (Ei) , ヨモギ群落 (Ap) , メリケンカルカヤ群落 (Av) , キンエノコロ群落 (Sg) となる. E区間, F区間は河川区域の位置に関わらず, それぞれメヒシバ群落, シバ群落であった. 他の区間では, 堤防法面でスイバ群落 (Ra) とススキ群落 (Ms) が, 高水敷でスズメノヒエ群落 (Pc) , チガヤ群落 (Ic) , シバ群落 (Zj) (ススキクラス, 刈取草地) が優占した.

全体的には高水敷・堤防法面に関わらず, シバ *Zoysia japonica*, チガヤ *Imperata cylindrica* var. *koenigii*, ススキ *Miscanthus sinensis* (ススキクラス, 刈取草地) が優占している. これは, 河川堤防と同様にシバ (初期植生) による張芝工が施工され, 年2回の刈り取り管理が実施されていることによるものと思われる.

次に優占度は高くないものの, 植生単位の標徴種の種類から判断するとオオバコ *Plantago asiatica*, ネズミノオ *Sporobolus fertilis*, ノチドメ *Hydrocotyle maritima*, クサイ *Juncus tenuis*, ギシギシ *Rumex japonicus* などオオバコクラス (路上雑草群落) の種が多いことが目立つ. 浅見ら (1994a) の研究によれば大河川の堤防植生ではススキクラスが8~21種に対し, オオバコクラスは2~6種となっており, 堤防植生に比べ明らかに多いことが分かる. これは, 第二古川が単なる河川緑地でなく, 人の通行による利用が多いことを示している. また, 周囲の畑の影響を受け, ミドリハコベ *Stellaria neglecta*, ノゲシ *Sonchus oleraceus*, カタバミ *Oxalis corniculata* の他, 標徴種ではないが畑地に出てくる種としてエノコログサ *Setaria viridis*, カヤツリグサ *Cyperus microiria* などが見られる. また同じ空地雑草の構成種であるセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* よりヨモギ *Artemisia princeps* の出現頻度が大きいことは刈取管理の効果として

考えられる。生活形を全体で見ると一年草・越年草20%、多年草78%、その他2%と多年草の植被率割合が高く、遷移が進み安定してきていることを示している。

当然ながら、路上草本種の出現頻度が高水敷で高いのは、堤防法面よりも高水敷（斜面より平坦地）を通行に利用しているためと推測される。

帰化率

種数帰化率についてみると全体平均（全地区に出現した帰化種数／全地点出現種数）で31%であった。これを区間と河川区域内の位置順に配置すると（Table 2.2），次のような傾向がある。

- ①A区間とF区間で帰化率が高い。
- ②B～D区間では、左岸の堤防法面で高い。
- ③同区間での高水敷では左岸側で高い。
- ④E区間では高水敷で高く、堤防法面で低い。

これに対し植被率の割合で求めた被度帰化率（全区における帰化種の植被率合計／全区における植被率合計）を算出するとかなり低くなり、9.2%となった。地点別にみるとA区間左岸高水敷（P1）、B区間右岸高水敷（P6）、D区間右岸堤防法面（P16）で高くなり、被度帰化率の分布パターンは左岸堤防法面区間A～Dで全体の平均値と同等以上の（8～21%）値がみられた。

鷺谷・森本（1993）は小貝川の河畔林土手で14%、川ぶちの草地で27%の帰化率（種数）を得て、川ぶちは流水で運ばれる種子の供給により比較的高い帰化率となるとしている。また、多くの河川の帰化率は20%前後であり（星野,1996），全体的に見て都市河川としては帰化率がやや高い。この帰化率の高さは、古川土地区画整理事業が第二古川周辺で進み裸地や建設残土の仮置場などがあること、常設住宅展示場や郊外型商業施設が河川周辺にあり広い地域から人や車が集まることによるものと思われる。また、左岸堤防法面で帰

化率が高くなっていることは、左岸堤防の自歩道が通学路として利用されているためと考えられた。

多様度・遷移度

方形区1カ所当たり出現種数は4~15種であり、平均は8.3種であった。種数の豊富さは上流のA, B区間>C, D区間>E, F区間の順で少なくなっている (Table 2.3(c))。Shannonの多様度指数(H')は均等度 (J) の低さの影響を受けて、C, D区間よりA, B区間が低くなっており (Table 2.3(a)(b))、優占度に偏りがあると思われる。調査区全体での H' は、1.04であった。

方形区別の遷移度 (DS) は17~313の範囲、平均は178となっていた。遷移度は群落の遷移の進行状況を数値的に示す方法として考案され(沼田,1987)、主に耕作放棄地や二次草原での適用が試みられるなど草地の管理に有効な尺度として使われ、遷移段階における遷移度が調べられている(奥田,1995)。本節の結果は、二次遷移2年目に成立するヒメジョオン群落の遷移度100~200及びススキ型草地300~700の間にあり (Fig.2.2)、工事後20年を経ているが毎年2回(6月, 10月)の刈取り管理と人の歩行という人為攪乱によりススキ草地に進まない程度に維持されていると判断された。

類似度

Morisitraの類似度 ($C\lambda(p)$) を区間と河川区域内の位置順に配置すると (Fig.2.3)、高水敷では水路を挟んで左岸・右岸の類似度が0.16以下と低い結果となった。隣接区間での類似度は右岸側でE-F間の類似度が極めて高く、左岸側ではA-B-C間の類似度が比較的高くなった。堤防法面ではB区間を除いて対岸の調査区との類似度が高くなった。

種構成の類似性を計るJaccardの共通係数CCでは、高水敷では水路

を挟んで左岸・右岸の類似度が0.30を越える区間が見られる（B,C, E区間）。隣接区間での類似度は右岸側でのE-F間の類似度の他、左岸側のA-E間の類似度が比較的高くなった。堤防法面ではB区間を除き、対岸の調査区と類似度が高い傾向が見られた。

以上のように、優占種を考慮しても種構成からも左岸高水敷のA～D区間で類似していることが判明した。また、Jaccardの共通係数CがB, C, E区間の左岸右岸間で0.30以上となったことは、該当区間河川水路内にステップストーンが設置され渡れるようになっているためと推測される。堤防法面における類似度が隣接区間より左岸右岸間で高くなったことは高水敷より人為攪乱の影響の違いが少ないためと推測された。

2.2 親水公園型河川緑地植生の横断構造

2.2.1 はじめに

前節では、第二古川において植生調査を実施し、親水公園型河川緑地の植生構造を把握した。この第二古川は工事後20年を経過しているため、刈取り管理や地域住民の利用に大きな変動もなく人為的攪乱を受けて成立する植生も安定していると考えられた。

前節で得られた結果から親水河川公園型河川緑地の植生は全区間について均一ではなく、刈取り管理・イベント・通学路等の利用により優占種は異なり、様々な群落が確認できた。また、帰化率や遷移度の状況と類似度を比較することにより人為的攪乱のパターンとの関係についての検討も加えた。しかし、各区間の立地環境として選定した方形区の位置がその区間の横断構成上の代表性についての検討や周辺土地利用が及ぼす河川緑地への影響範囲の把握が課題として残った。

河川緑地は河川を中心に帯状の土地利用形態となり、横断方向に

は利用という人為攪乱を受けて攪乱傾度に沿った植生が形成されていると想定される。植物群落は立地条件と様々な人為影響に対応して形成されており、人的影響の種類と傾度が一定になるに従い植生群落が安定してくる(宮脇, 1973)。本節では、河川緑地を人為攪乱の影響を横断方向に捉えてその影響範囲と前節で設定した区間別に植生の横断構造を把握した。

なお、人為攪乱を横断方向に捉えようとした研究は数多く、亀山(1976)、井本(1978)、前河・中越(1997)などがある。このうち亀山(1976)は道路の整備が沿道の森林植生に与える影響範囲を20mと判定しており、これは現在でも環境影響評価の重要な知見として利用されている。

2.2.2 調査方法

(1) 調査方法

調査地は前節と同じ第二古川とし、人為的攪乱の多い左岸側において実施した。調査時期は1998年5月末から6月初旬の春の刈取り直前に実施した。前節で設定した方形区的位置に合わせて第二古川のB, D, E, F区間にそれぞれ川の流れと直行する方向に幅1mのベルトトランセクトを設置し、さらにその内部を水路からの距離によって区分した。方形区はすべて1m²とし、堤防上の管理道まで設置した(Fig.2.4)。調査は方形区内に出現した植物種を記録し、それぞれの優占率(%)および植生高(cm)を測定した。

(2) 解析方法

前節と同様に出現した各種について日本原色雑草図鑑(沼田・吉沢, 1992)及び宮脇ら(1983)を用いて生活形(Raunkiaerの休眠型; Begon et al., 1996)を判定した他、宮脇ら(1983)に従って植生単

位の標徴種となっている種の所属する植生クラスを判定した。

横断上の方形区は、Jaccardの共通係数(CC)を用いて類似度を算出し、群平均法によるクラスター分析を行って区分した。帰化率には出現種に対する帰化種数の割合で示される帰化率と方形区内の帰化種植被率に対する総植被率で求める帰化量率を算出した。多様度には植被率上位種の影響を受けにくい、Shannon-Weaverの多様度指数 H' (Shannon and Weaver, 1949) 算出した(伊藤, 1990)。さらに前節と同様にして遷移の程度を数値的に示す遷移度(沼田, 1961, 1966)を算出した。ただ本節では、遷移度算出に用いた優占度以下式で示される積算優占度(SDR_2 ; 沼田・依田, 1949)を用いた。

$$SDR_2 = \frac{H_i / H_{\max} + C_i / C_{\max}}{2} \times 100$$

C_i : 対象種*i*の植被率,

C_{\max} : 方形区の中での最大の植被率.

H_i : 対象種*i*の植生高,

H_{\max} : 方形区の中での最大の植生高.

なお、クラスター分析には、PC-ORD for Windows Ver3.20 (MJM Software design製)の解析ソフトを使用した。

2.2.3 調査結果

出現種数と植生クラス

4本のベルト上の49方形区で出現した種数は65種であった。地区別ではB地区が全体で30種/10m²、D地区が27種/10m²、E地区が18種/11m²、F地区が38種/18m²である。方形区平均出現種数で見ると、それぞれ10.5種、11.3種、6.4種、8.9種であり、E地区での種数

は若干低くD地区での出現種数のバラツキが比較的大きい。

植生クラスの標徴種の構成率に注目すると、B地区では高水敷部分で路上植物群落（オオバコクラス）の標徴種（オオバコ、ギシギシ、クサイ、ノチドメ、エゾノギシギシ*Rumex obtusifolius*、オヘビイチゴ*Potentilla kleiniana*）が多く見られた（Table 2.4）。D地区には路上雑草の中に畑地雑草群落、路傍植物群落、刈取草地群落の標徴種が混じるが、路傍植物群落（ヨモギクラス）の標徴種ヨモギが全方形区にわたり出現している（Table 2.5）。E地区も同様に路上植物群落（オオバコクラス）の標徴種（オオバコ、ギシギシ、クサイ、カモジグサ*Agropyron kamoji*）が多く、さらに標徴種のタイプから堤防法面にカモジグサーギシギシ群団、高水敷にクサイーカゼクサ群集と2群に分かれる（Table 2.6）。F地区も路傍植物群落（ヨモギクラス）の標徴種ヨモギの出現頻度が高く、その間に路上植物群落（オオバコクラス）が混在する（Table 2.7）。またF地区には、水路沿いの地点は水辺一年生植物群落（タウコギクラス）の標徴種（ミゾソバ*Polygonum thunbergii*、アメリカセンダングサ*Bidens frondosa*、ヤナギタデ*Polygonum hydropiper*）がみられる。

相観及び類似度による群落類型化

相観から群落を判定するとB地区は一面のハルガヤ群落、D地区はネズミホソムギーヨモギ群落、E地区はカモジグサーネズミホソムギ群落とシバークサイ群落そしてF地区は、ネズミホソムギーヨモギ群落、シバークサイ群落、アメリカセンダングサ群落、セイトカアワダチソウーセリ群落となる。

また、Jaccardの共通係数を用いた群平均法によるクラスター分析を実施した結果（Fig.2.5）、B地区では結果では、高水敷と堤防法面の2群に区分できた。E、F地区は高水敷水際、高水敷＋堤防法面上部、堤防法面の3群に区分された。D地区は2群に区分されたが地形や人為攪乱との明確な対応は読みとれなかった。

帰化率と生活形

帰化種は27種が出現し、全体の帰化率は41%であった。出現した一年草の帰化種はアメリカセンダングサ、アメリカフウロ *Geranium carolinianum*, ウラジロチチコグサ *Gnaphalium spicatum*, カラスノエンドウ *Vicia sepium*, キキョウソウ *Specularia perfoliata*, コメツブツメクサ *Trifolium dubium*, ハナヌカススキ *Aira elegans*, ヒメコバンソウ *Briza minor*の8種、越年草ではオオアレチノギク

Erigeron sumatrensis, オランダミミナグサ *Cerastium glomeratum*, タチイヌノフグリ *Veronica arvensis*, ナギナタガヤ *Festuca myuros*, ヒメジョオン *Erigeron annuus*, ヒメムカシヨモギ *Erigeron canadensis*の6種、多年草はイヌムギ *Bromus catharticus*, セイタカアワダチソウ, メマツヨイグサ *Oenothera biennis*, エゾノギシギシ, コヌカグサ *Agrostis alba*, シナダレスズメガヤ *Eragrostis curvula*, シロツメクサ *Trifolium repens*, ニワゼキショウ *Sisyrinchium atlanticum*, ネジバナ *Spiranthes sinensis*, ハルガヤ *Anthoxanthum odoratum*, ヒメスイバ *Rumex acetosella*, ヘラオオバコ *Plantago lanceolata*, ネズミホソムギ *Lolium × hybridum*の13種であった。このうち、水田雑草はアメリカセンダングサ1種のみで、他は畑地雑草、路傍雑草であった。地点別にみると、E地区が30%前後と比較的低いものの、他の3地区は60%程度となった (Fig.2.6)。B, D, E, F区間の区間別の帰化率は、それぞれ55%, 50%, 44%, 37%であった。

生活形組成はどの地区も多年草が優占しており (Fig.2.7), B地区で81%となった他は、D地区96%, E地区97%, F地区93%とどの地区も90%を越えていた。方形区別にみると、B地区の堤防法面の方形区 (B4からB8) やF地区の堤防法面上端部 (F18) で高めの値を示した。

遷移度と多様度

遷移度はB地区 (平均328標準偏差100) で高く、他の3地区 (D地区; 平均241標準偏差85, E地区; 平均229標準偏差73, F地区; 平均230標準偏差84) で低い値となった (t-test, $p < 0.05$; Fig.2.8)。

多様度指数 H' はB地区（平均2.07標準偏差0.16）とD地区（平均2.07標準偏差0.30）で比較的高く，F地区（平均1.84標準偏差0.24），E地区（平均1.67標準偏差0.28）で低くなった（t-test, $p < 0.05$; Fig.2.9). 最小値はE地区堤防法面（E9）の1.17，最大値はF地区水際部分（F1）の2.42であった．また，Shimpsonの多様度指数（ $1/d$ ）では，B地区（平均6.84標準偏差1.28）とD地区（平均6.93標準偏差1.95）で比較的高く，F地区（平均5.49標準偏差1.51），E地区（平均4.58標準偏差1.58）で低くなるという同様の結果となった(Fig.2.10).

2.2.4 考察

親水公園型河川緑地のせせらぎ公園として整備された第二古川の左岸には，高水敷水際部に水辺一年草植物群落，高水敷に路上雑草群落（オオバコクラス）と続き，堤防法面の路傍雑草群落（ヨモギクラス）をはさんで堤防法面頂部に再び路上雑草群落（オオバコクラス）が形成されていた．これは人間の通行という日常の踏圧により形成される路上植物群落とその周辺の路傍植物群落であり，前中・大窪（1986）が報告した種組成に近いことから公園的な植生に分類される．全体的に帰化率は高く都市域における緑地の特徴を持っていた．生活形では多年草が90%以上を占めており，整備後20年となった河川緑地の管理により維持されている群落と考えられた．特にB区間で毎年ヤマグワの再生が確認されているが年2回の刈取りにより成長は押さえられ，その範囲も拡大していない．

多様度はB，F地区でやや高く（Shimpson's index $1/d$ 6.9, 6.9），D，E地区で低い（ $1/d$ 5.5, 4.6）という結果となり，浅見ら（1995）が仁淀川で調査した河川堤防における多様度（ $1/d$ ）の年1回刈取り区（9.2）と放置区（4.6）の間の値となった．服部ら（1993）は刈取り頻度と種多様性の関係を研究し，年3回まで多様度が高くなることを報告している．第二古川では年2回の刈取りがおこなわれてお

り，刈取り回数との関係で考えると更に高い値となってもよい。これは人為的攪乱の程度の違いよりも調査地周辺の土地利用など場所による違いに影響をされていると理解される。

遷移度もヤマガワを含む方形区で高くなった他は200～300の値が多く見られた。この値はシバ型草地や牧草型放牧地の遷移度のモード200～350（奥田 1995）に対応している。各地区とも優占種にハルガヤ（スイートバーナルグラス），ネズミホソムギ（イタリアンライグラス）などの牧草種からなることから符合している。

細かく見ると，高水敷の幅が1mに満たないD地区では，他の地区のような明確なクラスター区分は見られず高水敷の通行路としての利用が低いことが示唆された。これは，人の通行に必要な幅がパーソナルスペース（0.9m）の片側分しかなく擦れ違いの出来ない幅であることにより，通行利用が極めて低くなっていることが示唆された。堤防法面頂部と高水敷がほぼ同じ群落となったことは堤防法面頂部に平坦部分が0.5m程度あり，堤防管理用道路と併せて通行に利用されていることによる。F地区のクラスター結果より，この通行による人の影響は通行路を2m及びその両外側1mと考えられた。堤防法面頂部では片側となるので影響圏は1～2mであった。

さらに，十分な高水敷幅を持つF地区では，踏圧による人為的攪乱が水際部分にまで及ばなかったため，水辺一年草植物群落が他の群落と区別された。他の3地区においては水際部分近くまで人の踏圧による影響が及んでいると判断された。特に，B地区では水辺を特徴づけるセリ *Oenanthe javanica* は確認されるものの踏圧により特徴づけられる植物種の混入により区分されなかったと考えられる。

大河川における河川公園では，その広がり大きさにより球技，釣り，散策，ランニングなどと人為的攪乱の分布が分散するが，中小河川の親水型河川公園においては利用が散策，通行路に限定され

るため帯状に捉えることが出来た。堤防法面においては、標準的な勾配の1:2.0(30度)と、歩いて降りることが可能だが座ることは難しく、法面に立ち続けることは苦しい角度である。そのため堤防法面における通行や休息などの利用は一般的には考えられない。従って年2回の刈取り管理が主な人為的攪乱である。浅見ら(1994a)が報告したチガヤ群落は今回含まれなかったが、B地区の右岸側に広く分布していた。これらの違いの主な原因は人の散策利用及び日照と考えられるが、本調査では確認できなかった。今後は踏圧に着目した利用状況の確認調査を実施し、土壌硬度、土壌水分との関連と植生構造の違いを解明する必要がある。

Table 2.1 Species composition and dominance of species

Plot	Quadrat																								Japanese name
	Major bed												Bank slope												
Quadrat size (m ²)	1	2	5	6	9	10	13	14	17	18	21	22	3	4	7	8	11	12	15	16	19	20	23	24	
Vegetation height (m)	100	120	40	20	20	70	50	80	50	20	15	70	180	200	60	50	50	40	90	120	60	40	100	80	
Coverage (%)	100	100	90	100	80	90	100	100	90	100	90	100	100	100	60	60	80	70	80	90	100	100	90	100	
Soil hardness (mm)	18	17	19	14	18	3.2	19	18	24	20	25	19	14	13	14	12	14	11	18	15	14	15	12	14	
No. of Species	13	9	13	8	8	10	12	6	5	8	4	4	16	12	15	4	9	11	9	10	6	4	13	5	
Therophytes																									
<i>Digitaria adscendens</i>				1	1		3		1	4	1	1	+				1	2	2		5	5	2	+	トシバ キンエノコロ
<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	1		+	+			4	+					2				1	+					1	+	ヒメジョオン
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	+												+				+	+	+				+	+	ヒメムカシヨモギ
* <i>Erigeron canadensis</i>		+											+	+	+					+			2	+	ヤハズソウ
<i>Kummerowia striata</i>	+		1									+											2		カラスノエンドウ
* <i>Vicia sepium</i>			+										+	+	+		+								オオアレチノギク
* <i>Erigeron annuus</i>																	1	+	+				+		ノゲシ
<i>Sonchus oleraceus</i>			+										+	+											エノコログサ
<i>Setaria viridis</i>																+		+							カヤツリグサ
<i>Cyperus microiria</i>																					+	+			オシバ
<i>Eleusine indica</i>									3																テンツキ
<i>Fimbristylis dichotoma</i>				1																					タチイヌノフグリ
* <i>Veronica arvensis</i>													+												ハコベ
<i>Stellaria neglecta</i>																						+			
Geophytes																									
<i>Zoysia japonica</i>	3	5	3				1		2	2	5	5	3	2	1				1	2	+		3	5	シバ
<i>Equisetum arvense</i>	+	2	+	1	+	1							+	+	3			1	3						スキナ
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	4	2		4			2											3							チガヤ
* <i>Spiranthes sinensis</i>	+	+	+							+															ネシバナ
* <i>Solidago altissima</i>	+												1		3										セイタカアワダチソウ
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>														1											オキ
Hemicryptophytes																									
<i>Artemisia princeps</i>					1		1	2		4			+			+	2	2	2	1		2	4	2	ヨモギ
<i>Plantago asiatica</i>				+	+	2	1	3		+	+	+	+								+				オオハコ
* <i>Trifolium repens</i>	+		2	+	1	+	1		+	2	1	+	+												シロツメクサ
<i>Rumex acetosa</i>						+	1						+	+	1	1	4	3		+					スイバ
* <i>Andropogon virginicus</i>	2	3											+	+					1	4					メリケンカルカヤ
<i>Viola mandshurica</i>								+											+	2	2				スミレ
<i>Hydrocotyle maritima</i>	+		+	1															+						ノヂドメ
<i>Miscanthus sinensis</i>													5	4					3						ススキ
<i>Paspalum thunbergii</i>				2		3			5																スズメノヒエ
<i>Sporobolus fertilis</i>				+				+																+	ネスミノ
<i>Gnaphalium japonicum</i>																				+	+			+	チヂクサ
<i>Potentilla kleiniana</i>					1			+																	オヘビイチゴ
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	+							+																	チカラシバ
* <i>Festuca arundinacea</i>							1									+									オニクシノケグサ
<i>Juncus tenuis</i>							1																		クサイ
<i>Ranunculus silerifolius</i>							+																		キツネノホトタン
* <i>Paspalum urvillei</i>																								2	タチスズメノヒエ
* <i>Rumex obtusifolius</i>							1																		エゾノキシキ
* <i>Agrostis alba</i>				+																					コヌカグサ
<i>Wahlenbergia marginata</i>																				+					ヒナギキョウ
* <i>Paspalum dilatatum</i>								+																	シマスズメノヒエ
<i>Rumex japonicus</i>																								+	キシキ
* <i>Plantago lanceolata</i>																									ヘラオオハコ
Chamaephytes																									
<i>Oxalis corniculata</i>						2			2				+	+			1	1			+	1			カタハミ
<i>Hydrocotyle ramiflora</i>																	+								オオチドメ
undefined																									
<i>Cyperaceae</i> sp. 1																				+					カヤツリグサsp1
Microphanerophytes																									
<i>Pueraria lobata</i>													2												クズ
<i>Morus bombycis</i>																									ヤマグ
Meso- and megaphanerophytes																									
<i>Mallotus japonicus</i>													+												アカカシ

Coverage class: + : <1%, 1 : 1~5%, 2 : 6~25%, 3 : 26~50%, 4 : 51~75%, 5 : 76%<
 * : naturalized species

Table.2.2 Ratio of naturalized species

(a) number of species base

Zone	Right side		Left side		mean	SD
	Bank slope	Major bed	Major bed	Bank slope		
A	27%	50%	42%	40%	39.7%	9.4%
B	0%	14%	25%	43%	20.5%	18.1%
C	18%	22%	14%	25%	19.9%	4.7%
D	33%	20%	18%	33%	26.2%	8.3%
E	0%	29%	20%	0%	12.1%	14.5%
F	20%	33%	25%	25%	25.8%	5.5%
mean	16.5%	21.5%	22.6%	26.6%	24.1%	
SD	13.8%	17.3%	10.0%	14.6%		

(b) coverage of species base

Zone	Right side		Left side		mean	SD
	Bank slope	Major bed	Major bed	Bank slope		
A	0%	24%	14%	4%	10.5%	10.6%
B	0%	0%	21%	31%	12.9%	15.4%
C	5%	5%	8%	0%	4.4%	3.1%
D	61%	0%	9%	6%	18.9%	28.1%
E	0%	10%	0%	0%	2.5%	4.9%
F	12%	13%	6%	0%	7.7%	6.0%
mean	13.0%	5.7%	9.7%	6.7%	9.5%	
SD	23.8%	9.6%	7.2%	11.9%		

Table 2.3 Biodiversity in each location and zone

(a) species diversity

Shannon's H'	Right side			Left side			SD
	Zone	Bank slope	Major bed	Major bed	Bank slope	mean	
A		0.80	1.17	1.17	1.30	1.11	0.22
B		0.41	0.77	1.43	1.41	1.00	0.50
C		1.59	1.38	1.29	1.25	1.38	0.15
D		1.10	0.47	1.73	1.61	1.23	0.57
E		0.63	1.43	0.89	0.04	0.75	0.58
F		1.08	1.39	0.43	0.24	0.79	0.54
mean		0.93	1.10	1.16	0.98	1.04	
SD		0.42	0.40	0.45	0.66		0.47

(b) evenness

Pielou's J	Right side			Left side			SD
	Zone	Bank slope	Major bed	Major bed	Bank slope	mean	
A		0.33	0.56	0.47	0.48	0.46	0.10
B		0.30	0.39	0.57	0.53	0.45	0.13
C		0.66	0.63	0.66	0.60	0.64	0.03
D		0.50	0.29	0.72	0.73	0.56	0.21
E		0.46	0.73	0.56	0.02	0.44	0.30
F		0.67	0.56	0.31	0.17	0.43	0.23
mean		0.49	0.53	0.55	0.42	0.50	
SD		0.16	0.16	0.15	0.27		0.18

(c) species richness

sp. Richness	Right side			Left side			SD
	Zone	Bank slope	Major bed	Major bed	Bank slope	mean	
A		11	8	12	15	11.5	2.9
B		4	7	12	14	9.3	4.6
C		11	9	7	8	8.8	1.7
D		9	5	11	9	8.5	2.5
E		4	7	5	6	5.5	1.3
F		5	12	4	4	6.3	3.9
mean		7	8	9	9	8.3	
SD		3	2	4	4		3.4

Table 2.4 SDR2 of each plot on B belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order of distance from lower end of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	LF	PC	major bed			bank slope				Japanese name								
			1	2	3	4	5	6	7		8	9	10					
Number of species			15	10	12	9	11	9	11	9	10							
Total coverage (%)			100	100	100	90	100	100	100	100	100							
Therophytes (summer annual)																		
* <i>Trifolium dubium</i>	Ths		7	11	18	47	45	65	44	66	49					コムツブツメクサ		
* <i>Vicia sepium</i>	Ths				15	8	19	20	17	15	16					カラスノエンドウ		
* <i>Geranium carolinianum</i>	Ths						3									アメリカアワロ		
* <i>Briza minor</i>	Ths								17							ヒメコハシソウ		
* <i>Aira elegans</i>	Ths															ハナスカスキ		
Therophytes (winter annual)																		
* <i>Erigeron annuus</i>	Thw		5	7			12		50	46	66	46				ヒメジョオン		
* <i>Cerastium glomeratum</i>	Thw		12													オランダミミナグサ		
Helophytes and hydrophytes																		
<i>Oenanthe javanica</i>	HH	PH	12													セリ		
Geophytes																		
* <i>Solidago altissima</i>	G		65		37	63	94									セイタカアワダチソウ		
<i>Polygonum cuspidatum</i>	G		9													イタドリ		
Hemicryptophytes																		
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>	H		91	57	100	100	75	100	96	69	83	49				ハルガヤ		
* <i>Trifolium repens</i>	H		44	40	54		18					6				シロツメクサ		
<i>Plantago asiatica</i>	H	PL	27	30	64	9			9							オオバコ		
<i>Potentilla kleiniana</i>	H	PL	14	2	14	10										オヘビイチゴ		
<i>Hydrocotyle maritima</i>	H	PL	14	7	5			2								ノヂトメ		
* <i>Agrostis alba</i>	H	PL	20	29												コヌカグサ		
<i>Rumex japonicus</i>	H	PL	67													ギンギン		
<i>Rumex acetosa</i>	H	PL	43			27	51	43	40	62	39					スイバ		
<i>Juncus tenuis</i>	H	PL		41	30	22	26	12								クサイ		
<i>Paspalum thunbergii</i>	H			56	55											スズメノヒエ		
* <i>Spiranthes sinensis</i>	H				8											ネジバナ		
* <i>Sisyrinchium atlanticum</i>	H				11											ニワゼキショウ		
* <i>Rumex acetosella</i>	H						16									ヒメスイバ		
* <i>Plantago lanceolata</i>	H						23	75	59	91	65	18				ヘラオオバコ		
<i>Viola mandshurica</i>	H							14	7							スミレ		
* <i>Lotium hybridum</i>	H							51	52	100	100					ホソスズミムギ		
* <i>Rumex obtusifolius</i>	H	PL						33								エノギンギン		
Chamaephytes																		
<i>Oxalis corniculata</i>	Ch	CH	3			14	14	20	14	31	69					カタハミ		
Microphanerophytes																		
<i>Morus bombycis</i>	M															ヤマグワ		
Unknown																68		
<i>Gramineae sp.</i>	UN															45	58	イネ科の一種

Ths: Therophyte (summer annual); Thw: Therophyte (winter annual); G: Geophyte;
H: Hemicryptophyte; HH: Helophyte and Hydrophyte; Ch: Chamaephyte; M:
Microphanerophytes; UN: unknown
PL: Plantaginea majoris; CH: Chenopodietea; PH: Phragmitetea

Table 2.5 SDRz of each plot on D belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order of distance from lower end of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	Number of species	Total coverage (%)	LF	PC	major bed										bank slope	Japanese name
					10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
Therophytes (summer annual)																
* <i>Geranium carolinianum</i>			Ths		21	10	10	4	17						12	アメリカフウロ
* <i>Trifolium dubium</i>			Ths		9	11	19	15	10	13						コムツツメクサ
* <i>Sagina japonica</i>			Ths					3	12							ツメクサ
* <i>Briza minor</i>			Ths		25		23									ヒメコハシソウ
* <i>Aira elegans</i>			Ths				5									ハナヌカススキ
* <i>Polygonum longisetum</i>			Ths	CH			1									イヌタデ
* <i>Sedum bulbiferum</i>			Ths		6											コモチマンネングサ
Therophytes (winter annual)																
* <i>Veronica arvensis</i>			Thw		12	12	4	3	5	9	7	7	5			タチイヌアブリ
* <i>Festuca myuros</i>			Thw		23	26	23	27	35	23	8					ナギナタガヤ
* <i>Erigeron sumatrensis</i>			Thw			22	19	8	13							オオアレチノギク
* <i>Erigeron annuus</i>			Thw				53	2								ヒメジョオン
* <i>Oenothera biennis</i>			Thw				7									アレチマツヨイグサ
Geophytes																
* <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>			G	MI			19	33		4						チガヤ
Hemicryptophytes																
* <i>Zoysia japonica</i>			H		24	5	2	46		3	6	53				シバ
* <i>Lolium x hybridum</i>			H		57	61	56	43	63	60	61	70	75			ホソノズミムギ
* <i>Artemisia princeps</i>			H	AR	80	23	37	70	68	47	80	16	24	42		ヨモギ
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>			H		32		33	45	97	83	30	41	40			ハルガヤ
* <i>Trifolium repens</i>			H	PL	61	63	71	17	36	62	62	66	8			シロツメクサ
* <i>Agropyron kamoji</i>			H	PL			17					51				カモジグサ
* <i>Plantago asiatica</i>			H	PL	24	5	44	56		1	11					オオハコ
* <i>Agropyron racemiferum</i>			H		17					32	50					アオカモジグサ
* <i>Rumex acetosella</i>			H													ヒメスイバ
* <i>Rumex acetosa</i>			H						12							スイバ
* <i>Sisyrinchium atlanticum</i>			H					16	13							ニワゼキショウ
* <i>Juncus tenuis</i>			H	PL		7	11									クサイ
* <i>Festuca parvigluma</i>			H		13											トボシガラ
Chamaephytes																
* <i>Oxalis corniculata</i>			Ch	CH						5	8					カタハネ

LF (Life-form)
 Ths: Therophyte (summer annual); Thw: Therophyte (winter annual); G: Geophyte;
 H: Hemicryptophyte; HH: Helophyte and Hydrophyte; Ch: Chamaephyte; M:
 Microphanerophytes; UN: unknown
 PC (Phytosociological class)
 PL: Plantaginea majoris; CH: Chenopodietea; MI: Miscanthetea sinensis; AR:
 Artemisietea princeps

Table 2.6 SDR2 of each plot on E belt-transect . Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order of distance from lower end of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

	LF	PC	major bed										bank slope				Japanese name									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14										
Plot No.																										
Number of species																										
Total coverage (%)																										
Therophytes (summer annual)																										
* <i>Trifolium dubium</i>	Ths																									
* <i>Gnaphalium spicatum</i>	Ths																									
<i>Digitaria adscendens</i>	Ths																									
* <i>Specularia perfoliata</i>	Ths																									
<i>Sagina japonica</i>	Ths																									
Therophytes (winter annual)																										
* <i>Veronica arvensis</i>	Thw																									
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	Thw																									
* <i>Erigeron canadensis</i>	Thw																									
* <i>Erigeron annuus</i>	Thw																									
Hemicryptophytes																										
<i>Zoysia japonica</i>	H																									
<i>Plantago asiatica</i>	H	PL																								
* <i>Trifolium repens</i>	H																									
<i>Agropyron kamoji</i>	H	PL																								
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	H																									
<i>Rumex japonicus</i>	H	PL																								
* <i>Lolium x hybridum</i>	H	PL																								
<i>Juncus tenuis</i>	H	PL																								
<i>Artemisia princeps</i>	H	AR																								
Chamaephytes																										
<i>Oxalis corniculata</i>	Ch	CH																								
Microphanerophytes																										
<i>Acer palmatum</i> var. <i>matumurae</i>	M																									

Ths:Therophyte (summer annual) ; Thw:Therophyte (winter annual) ; G : Geophyte ;

H : Hemicryptophyte ; HH: Helophyte and Hydrophyte ; Ch : Chamaephyte ; M :

Microphanerophytes ; UN : unknown

PL:Plantaginetea majoris ; CH:Chenopodietea ; AR: Artemisietea princeps

LF (Life-form)

PC (Phytosociological class)

カタバミ

ヤマモミジ(逸出)

Table 2.7 SDRz of each plots on F belt-transsect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order of distance from lower end of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	Number of species	Total coverage (%)	bank slope																		Japanese name
			major bed						minor bed						bank slope						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Therophytes (summer annual)																					
<i>Polygonum thunbergii</i>	15																				ミノソバ
<i>Polygonum fagus</i>	22																				ヒエガエリ
<i>Polygonum hydropiper</i>	9	4																			ヤナギタテ
<i>Sedum bulbiferum</i>	41	41	12	12	10																コモチマンネングサ
* <i>Bidens frondosa</i>			2		3	4															アメリカセンダングサ
* <i>Aira elegans</i>					16																ハナアサカススキ
* <i>Trifolium dubium</i>					10		15	11	29								19	23	22	34	コメツツメクサ
<i>Poa annua</i>					10		11	16													スズメノカタビラ
<i>Sagina japonica</i>								4													ツメクサ
<i>Rorippa indica</i>													14	16							イヌガラシ
Therophytes (winter annual)																					
* <i>Veronica arvensis</i>						21	11	15	12	13		6	2	3	10	13	3	15	11	7	タチイヌアブグリ
* <i>Cerastium glomeratum</i>											4	7			8	9	8	13	11		オランダミミナグサ
* <i>Erigeron annuus</i>																					ヒメジョオン
* <i>Festuca myuros</i>															63	50	56	4	7	40	ナギナタガヤ
Helophytes and hydrophytes																					
<i>Oenanthe javanica</i>	64																				セリ
Geophytes																					
<i>Inperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	14																				チガヤ
* <i>Solidago altissima</i>						36															セイカイアワダチソウ
* <i>Bromus catharticus</i>																					イヌムギ
<i>Equisetum arvense</i>													38	75							スギナ
Hemicryptophytes																					
<i>Agropyron racemiferum</i>	25	51	43	47	58	41															アオカモジグサ
<i>Zoysia japonica</i>	22	56	57		59	67	44	59	32								58	6	5	1	シバ
<i>Plantago asiatica</i>	21	22	9		9	3	2														オオハコ
* <i>Lolium x hybridum</i>	74	9	4		50	41	59	51	55	54	45	37	46	53	34	100	100				キツネノホトシ
* <i>Trifolium repens</i>	53	12			12	10	67	67	31	46											ホソネズミムギ
<i>Poa pratensis</i>	21																				シロツメクサ
<i>Juncus tenuis</i>	24																				ナガハグサ
* <i>Eragrostis curvula</i>	10	59	31																		クサイ
<i>Agropyron kamoi</i>		78	75	28																	シナダレスズメガヤ
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>	67																				カモジグサ
<i>Pennisetum alopecuroides</i>																					ハルルガヤ
<i>Aremisia princeps</i>		55	71	63	3																チカラシバ
<i>Rumex japonicus</i>																					ヨモギ
<i>Miscanthus sinensis</i>																					キンギシ
<i>Potentilla kleinpiana</i>																					ススキ
<i>Rumex acetosa</i>																					オヘビイチョ
* <i>Agrostis alba</i>																					スイバ

LF (Life-form) Ths: Therophyte (summer annual); Thw: Therophyte (winter annual); G: Geophyte; H: Hemicryptophyte; HH: Helophyte and Hydrophyte;
 Ch: Chamaephyte; M: Microphanerophytes; UN: unknown
 PC (Phytosociological class) PL: Plantaginea majoris; MI: Miscanthetea sinensis; PH: Phragmitetea; AR: Artemisietea princeps; BI: Bidentetea tripartitae

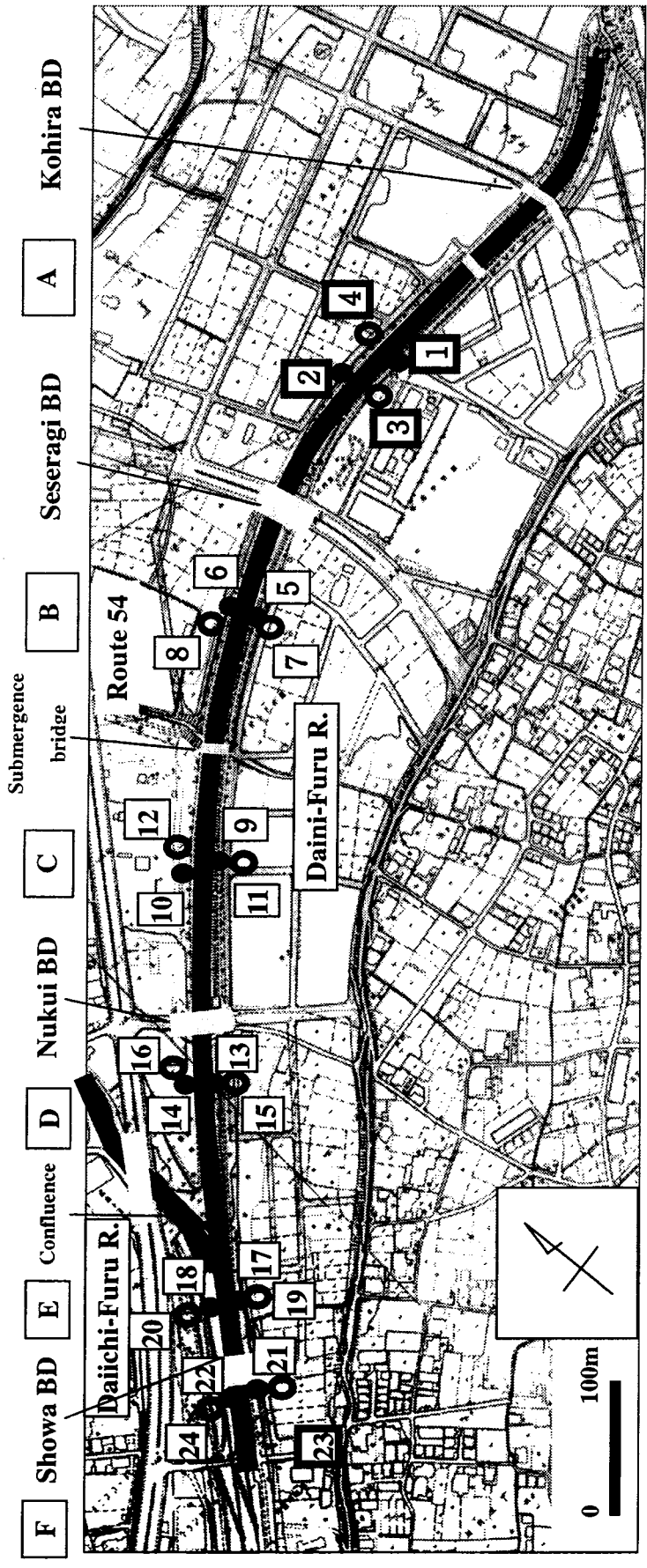


Fig. 2.1 The location map of the study sites

Quadrates are located in the middle of river bed and river bank. Closed circle shows location of quadrate in the river bed, open circle shows quadrate in river bank. Bold box shows quadrate size(2m × 2m), normal box shows (1m × 1m). From A to F zone are divided with each bridge and confluence.

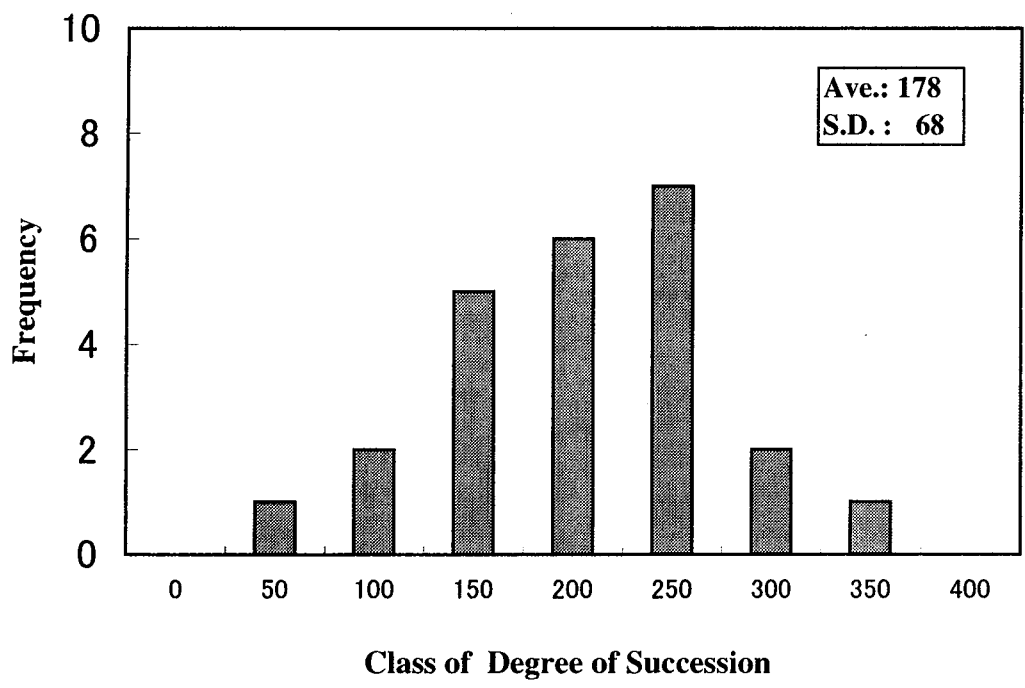


Fig. 2.2 Histogram of degree of succession in each plot

		Major bed		Bank slope			
Zone		Right	Left	Right	Left		
Jaccard CC	A	2 0.13	0.15	1 0.41	4 0.09	0.35	3 0.21
	B	6 0.33	0.36	5 0.27	8 0.15	0.06	7 0.22
	C	10 0.08	0.33	9 0.29	12 0.25	0.58	11 0.21
	D	14 0.09	0.07	13 0.33	16 0.08	0.50	15 0.15
	E	18 0.27	0.50	17 0.00	20 0.14	0.43	19 0.43
	F	22	0.00	21	24	0.60	23
Zone		Right	Left	Right	Left		
Morisita $C \lambda (p)$	A	2 0.00	0.13	1 0.42	4 0.17	0.34	3 0.07
	B	6 0.01	0.00	5 0.40	8 0.08	0.01	7 0.13
	C	10 0.00	0.04	9 0.38	12 0.00	0.75	11 0.12
	D	14 0.12	0.02	13 0.12	16 0.03	0.25	15 0.28
	E	18 0.80	0.16	17 0.00	20 0.02	0.96	19 0.06
	F	22	0.00	21	24	1.00	23

Fig. 2.3 Comparison of similarity indices (Jaccard's CC, Morisita's $C \lambda (p)$)

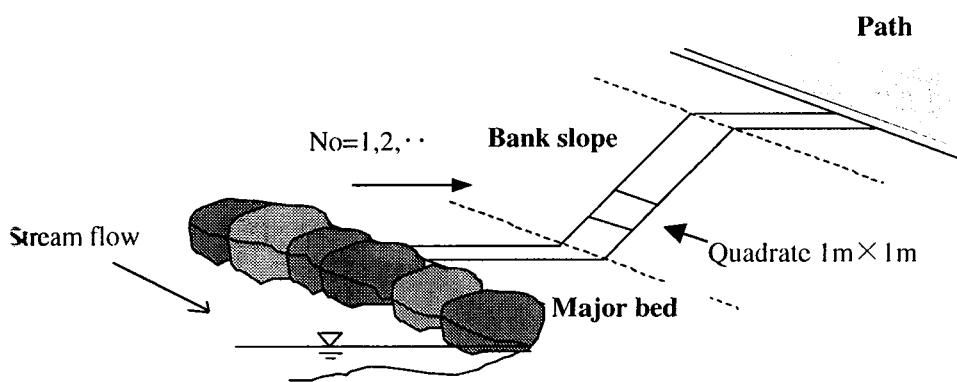


Fig. 2.4 The location of quadrat on major bed and riverbank slope

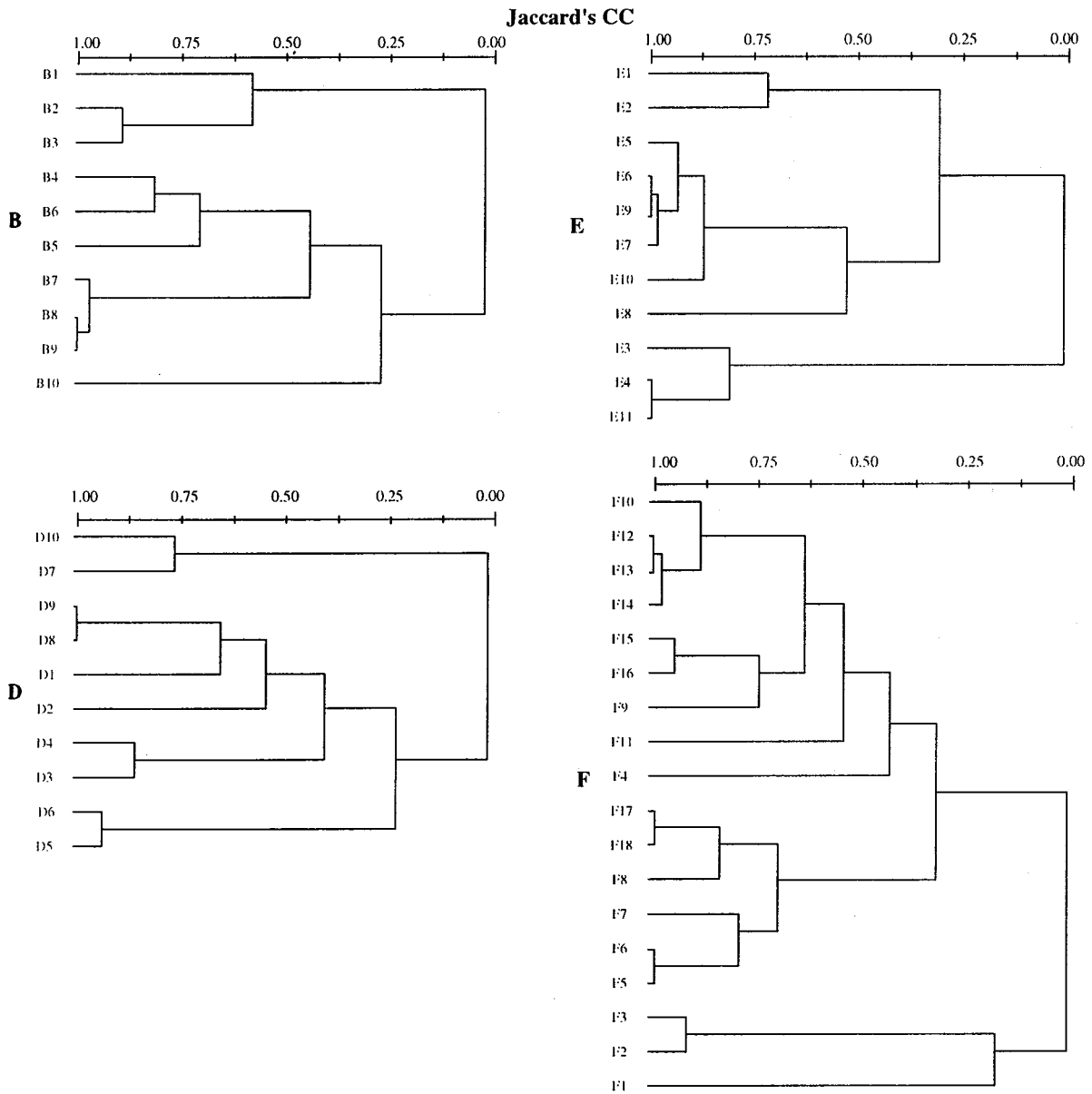


Fig. 2.5 Dendrograms showing similarity of the surveyed stands, based on cluster analysis using the group average method.

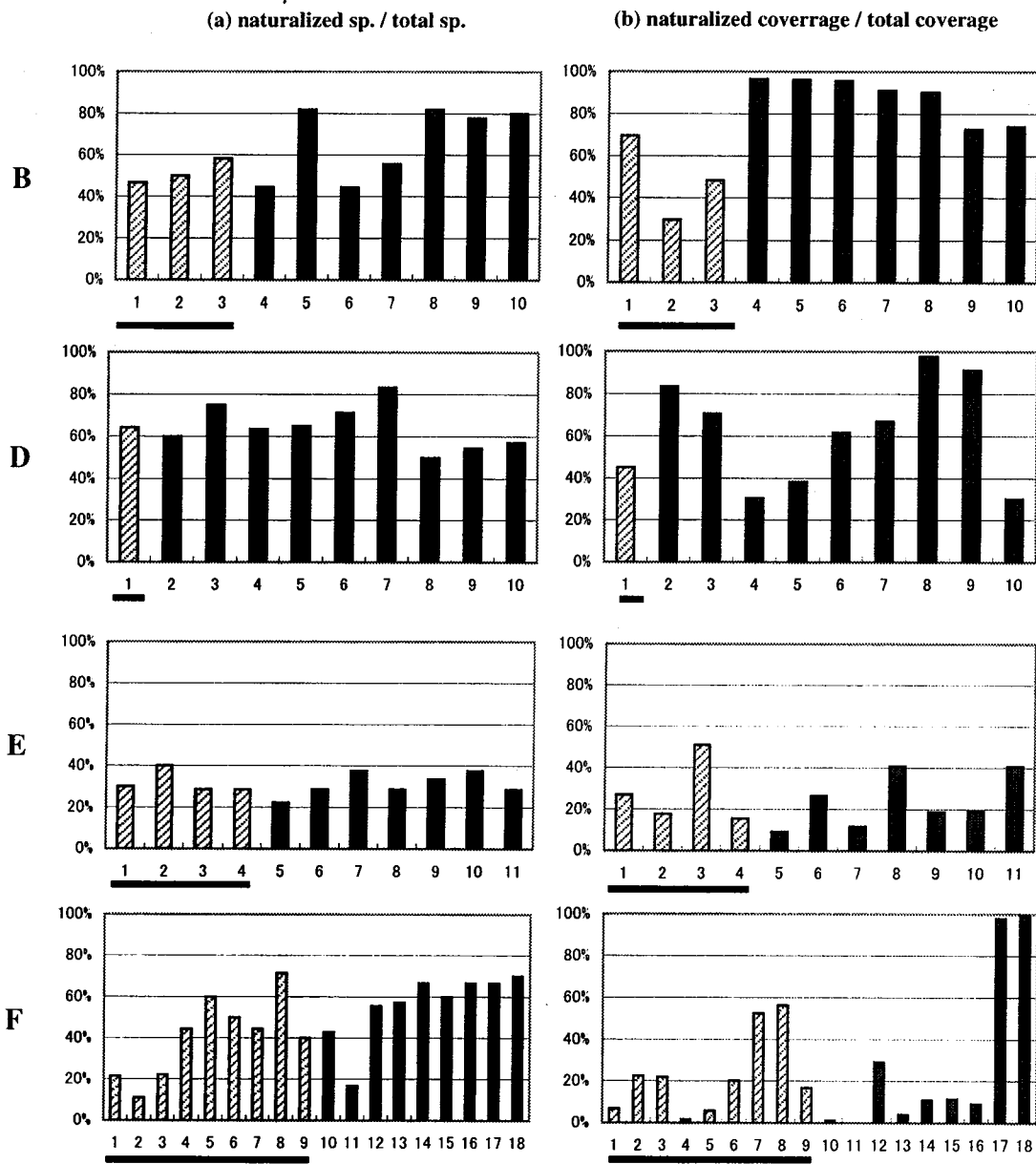


Fig. 2.6 Ratio of naturalized plants obtained by species (a) and coverage (b)
 The underline below plots number shows the plots on major bed.

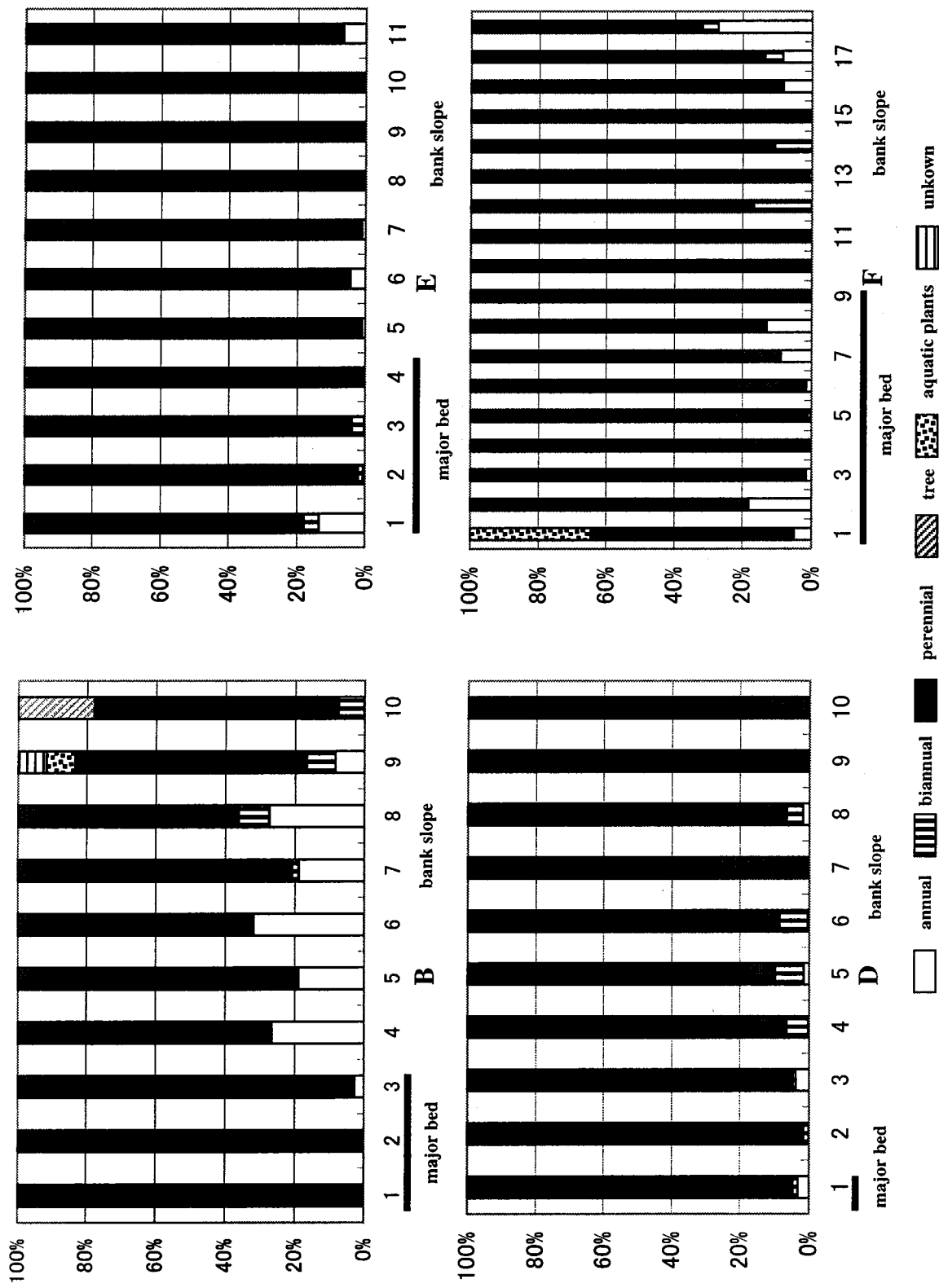


Fig. 2.7 Life-form spectrum of each plot

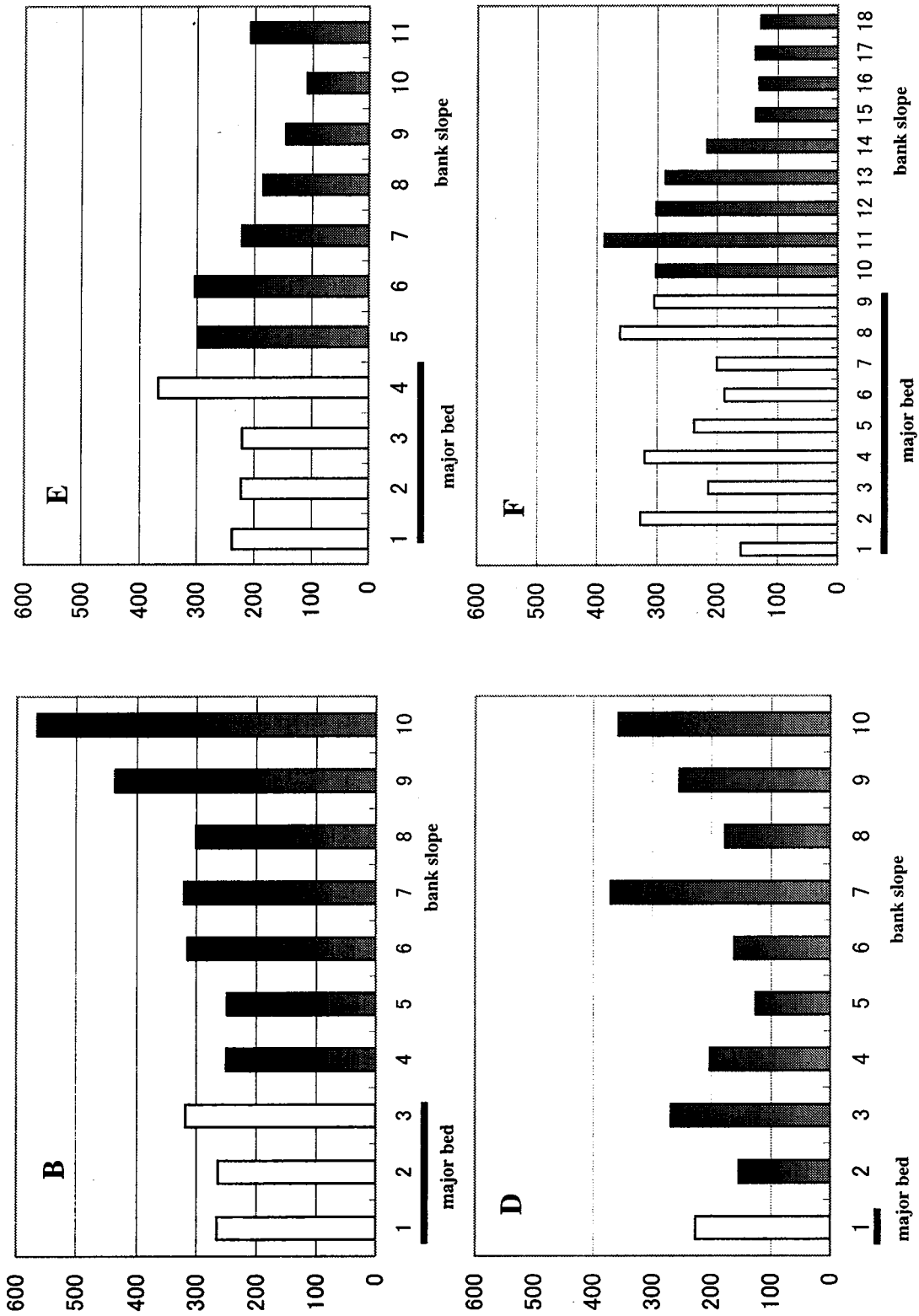


Fig. 2.8 Degree of succession of each plot

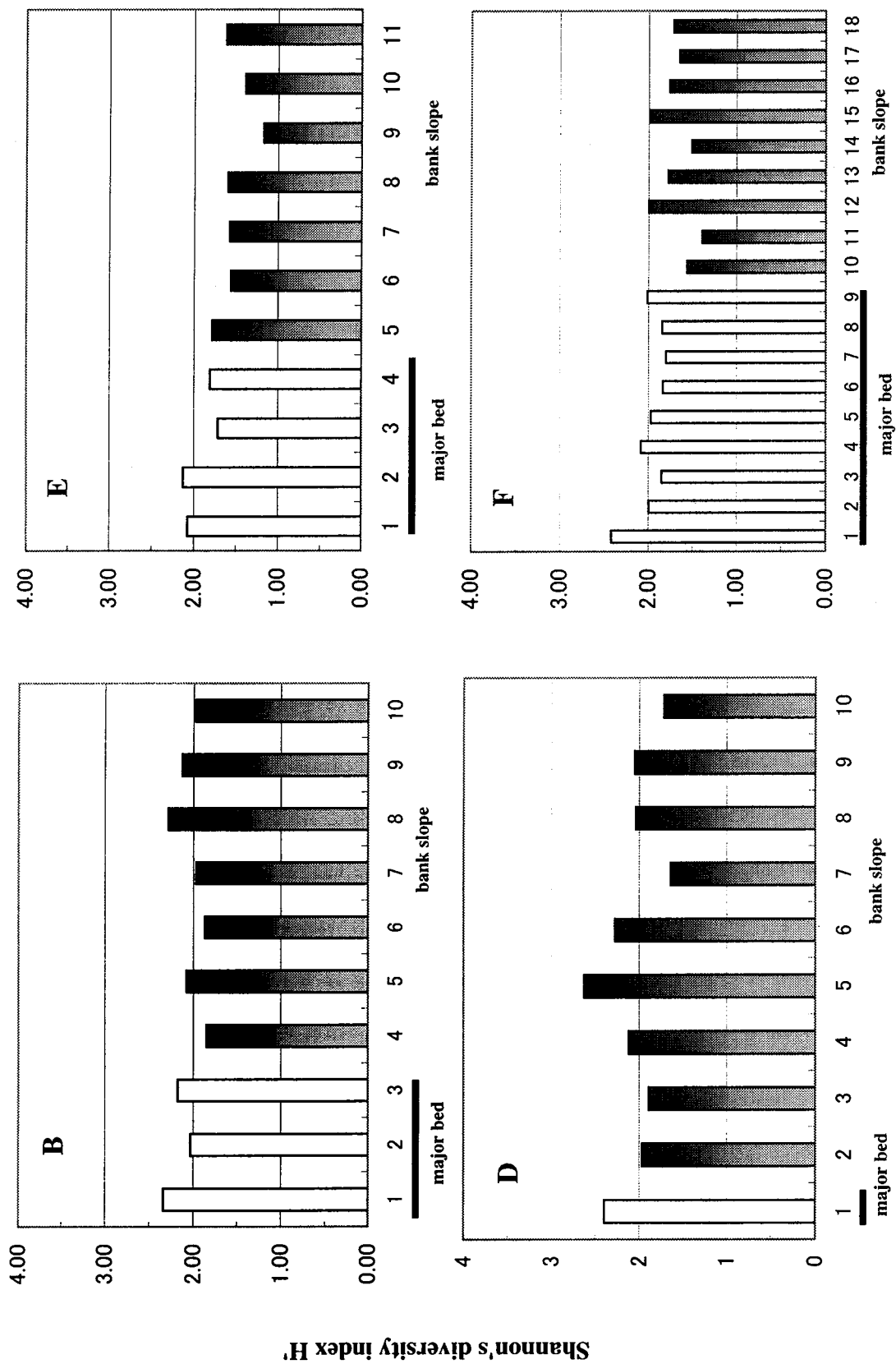


Fig. 2.9 Shannon's diversity index of each plot

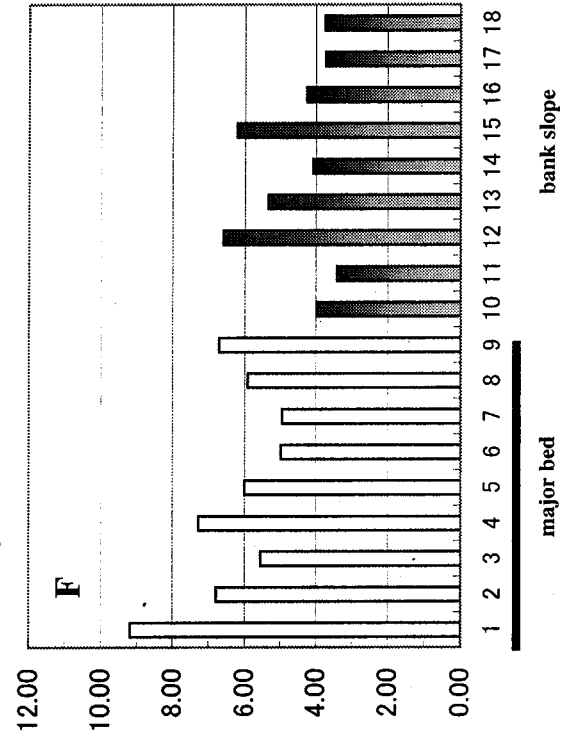
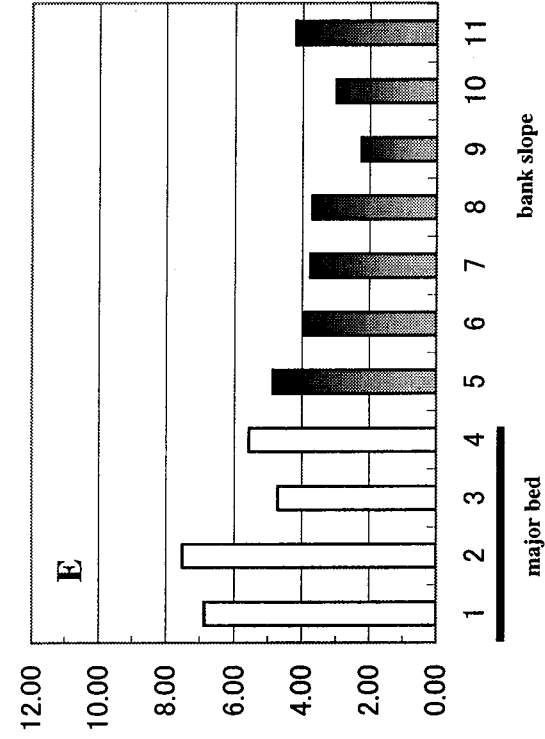
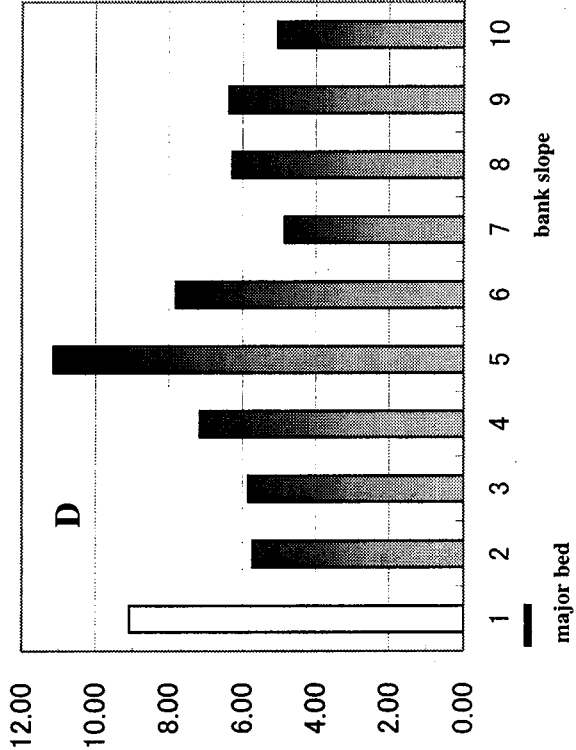
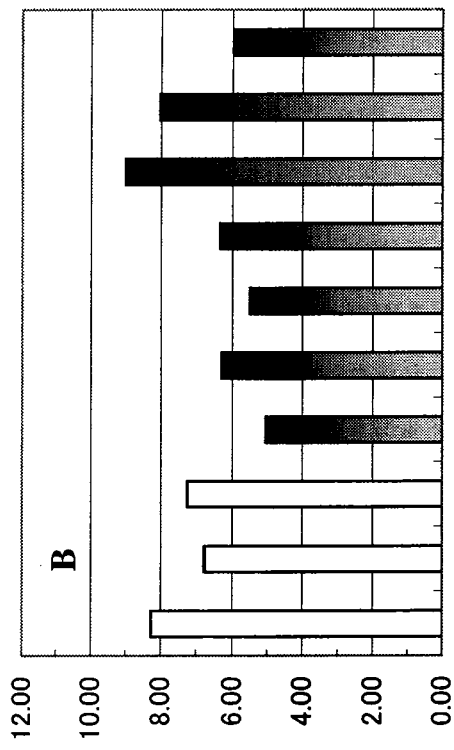


Fig. 2.10 Simpson's diversity index of each plot

Simpson's diversity index 1/d

第3章 多自然型河川緑地の植生評価

3.1 多自然型河川緑地の工法別植生構造

3.1.1 はじめに

1章でも述べたように、何らかの自然環境に配慮をした河川整備が多自然型河川整備となる。多自然型河川整備は、今まで建設省が進めてきたようなマニュアルが存在しないという点で画期的な事業である。その意味では、日本全国で工夫を凝らしつつ施工されるものの中に大きな勘違いから失敗例が発生することもある程度仕方のないことなのかもしれない。

失敗例の発生を防止するために優良事例集が出版されている（リバーフロント整備センター，1990,1992,1996）。本章で扱う調査地は、これらの事例集が出た後に施工された河川であり、かなり自然環境に配慮する工法が採用されたといえる。

- ・コンクリート面を表面に出さない覆土工法（植生護岸）
- ・堤防のり面を緩くして公園と一体的な整備
- ・低水路は自然な形に（瀬，淵，ワンドの創出）
- ・自然石を使って自然な水辺を創出
- ・様々な素材を使って自然を復元（植生ロールなど）
- ・現地で発生する表土を有効利用

上記は、最新の事例集（リバーフロント整備センター,1996）に掲載されている施工に関する工夫の一部をあげたものであるが、これらすべてが調査対象地の第一古川の河川整備で採用されており中小都市河川における多自然型整備工法の集大成とあってよい。

特に、緩傾斜の覆土工法（張芝工，種子吹付工），現地発生表土を埋め戻す表土埋戻工，自然石を使った空石積護岸，ヤシ樹皮の植生ロールを使った植生護岸は水域に生息する魚類だけでなく，河川植生の面も配慮した工法として採用されている。繰り返しになるが，

これらの工法がどの程度河川植生によいのか、どんな河川植生を目指しているのか、何を調査してどのように評価してゆくのか、どう管理してゆくのかなど何も示されていないのが実状である。

本章では、最新の多自然型河川整備が実施された都市中小河川における河川緑地の陸域部分に着目し、河川植生の回復状況と生態学的観点からの評価方法を検討する。

3.1.2 調査地及び調査方法

(1) 調査地の概要

調査は広島市中心部から北9kmに位置する一級河川太田川水系古川で実施した。古川は流域面積9.5km²計画高水流量100m³/sec、河川延長1.7kmの河川で、周囲に土地区画整理事業が進み、商業施設や住宅地が整備されつつある都市中小河川である (Fig.3.1)。このうち古川の上流部に位置する第一古川では多自然型河川整備が1995年度から実施されている (下瀬, 1998)。

第一古川での植生に関する多自然型工法は、水際近くの表土埋戻工と、緩傾斜のり面を中心とした張芝工及び種子吹付工である。張芝工はコウシュンシバ *Zoysia matrella* (通称コウライシバ) を敷き詰める工法で、施工後は毎年 (人手による) 除草という維持管理が実施されている。種子吹付工は初期植生としてシロツメクサの種子を吹き付ける工法で、施工後の管理はなされていない。表土埋戻工は改修前に剥ぎ取った表土を埋戻す工法で、埋土種子による多様な植物の回復を目指している。施工後の維持管理は整備後2年まで実施されていない。

(2) 調査方法

張芝工、種子吹付工及び表土埋戻工の工種別に2本ずつ、川の流れ

と直交する方向に低水路から管理道までのベルトトランセクトを設置した。

ベルト上に沿って1m毎に方形区(1m×1m)を配置し、植生調査と土壌硬度の測定を実施した。植生調査は、各方形区に出現したすべての種子植物について、植被率(%),草丈(最大自然高;cm)を計測した。土壌硬度は、山中式土壌硬度計(藤原製作所製351)を用いて方形区の地表面を5回ずつ計測し平均した。調査時期は1998年5~6月(春季)と10~11月(秋季)で、張芝工区の除草直前に実施した。

3.1.3 調査結果

まず、各方形区の出現種毎の植被率をもとにユークリッド距離を用いたクラスター分析(群平均法;Sneath and Sokal, 1973)を行った。その結果、路傍・水際の影響を受けるプロット群および工法・施工年の違いによる6つのプロット群(張芝工区SW1 SW2, 種子吹付工区SP1, SP2, 表土埋戻工区RF1, RF2)に区分された。

結果は工法・施工年の違いで区分された6つのプロット群について実施した(Table 3.1)。

(1) 種組成

全調査区において出現した種数は春88種,秋86種であった。施工年・工法別にみた植被率上位5種と平均種数,生活型(多:多年草,越:越年草,一:一年草)をTable 3.2に,同様に種数,平均植被率,植被率草丈の平均値をFig.3.2に示す。

張芝工区は,河川堤防における管理手法(建設省,1987)と同様な管理(植栽後3年間は年2回の除草)が実施されているため,初期植栽種のコウシュンシバが単独で優占した。平均種数は2.5~7.5種と少ないが,管理下において侵入してきた植物種には,一年草や越

年草が多く含まれていた。施工年別にみると、工事後2年目（以下地点名の後ろに括弧で年数を示す）のSW1(2)では初期植栽種に続いて低茎のコメツブツメクサ、セイタカアワダチソウが優占した。セイタカアワダチソウは平均草丈が10cmと、芽生えあるいは矮小な個体であった。SW2(1)は、春季には施工直後ということもあり養生中であった。そのため、平均種数が春調査の7.5種と比較的多かったものの秋季には4.3種に減少した。

種子吹付工区は、いずれも1996年工事の地点であり、1997年時ではシロツメクサ優占群落であった（谷本ら、1998）。しかし、1998年春季にはSP1(2)でシロツメクサの植被率が35%以下に落ち、さらに秋季にはSP1(2)・SP2(2)の両地点ともシロツメクサは上位5種から消えた。秋の優占種は、SP1(2)で越年草のオオアレチノギクやナギナタガヤ、SP2(2)では一年草のシロザ *Chenopodium album* やアキメヒシバ *Digitaria violascens* であった。平均種数は春季より秋季の方が多くなった。

表土埋戻工区のうち、RF1(2)では、春季のヨモギが優占する群落から、秋季にはセイタカアワダチソウが優占する群落に変わった。工事直前の植生はセイタカアワダチソウが優占する群落であった（建設省、1993）ことから、工事前の状況に戻ったと言える。RF2(1)では、春季には全体的な植被率が低かったが（23%）、秋季には植被率が他の地点と変わらない程度に回復し、一年草のブタクサ *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* やヤハズソウ *Kummerowia striata* が上位を占めた。

(2) 生活型組成

生活型は多種あるが、ここではRaunkiaerの休眠型（Begon et al., 1996）を用い出現種ごとに宮脇ら（1983）及び沼田・吉沢（1978）を用いて判定した。調査区別の生活型組成（植被百分率）をFig.3.3に示す。張芝工区では、コウシュンシバの植被率が著しく高いため

多年草の単一優占群落の様相を呈している。SW2(1)の春季養生中に見られた一年草・越年草は除草により秋には減少した。種子吹付工区では、春に見られたシロツメクサ(多年草)優占群落が崩れ、秋にはSP1(2)で越年草、SP2(2)では一年草が優占した。表土埋戻工区では、RF1(2)でヨモギ、セイタカアワダチソウなど多年生広葉草本が成長し、秋には多年草が90%を占めるに至った。RF2(1)では、春に一年草が40%程度であったが、秋に大半を一年草が占めるに至った。

(3) 遷移度

遷移の程度を数値的に示す遷移度を次式により算出した(沼田, 1961)。

$$DS = \sum \frac{\ell \cdot d}{n} \times v$$

(ℓ : 生存年限, d : 積算優占度 (SDR_2), n : 種数, v : 群落植被率 (0~1))

ここで生存年限 () は、生活型に対応して一年草・越年草 (Th) を1, 多年草 (H, G, Ch) を10, 木本 (N, M, MM) を100とした(奥田, 1995)。また、積算優占度 (SDR_2) は、沼田・依田(1949)に従い植被率と草丈の相対値から求めた。

遷移度は、多年生草本のコウシュンシバが優占する張芝工区で高い値を示し、表土埋戻工区・種子吹付工区で低い値となった(Fig.3.4(a))。表土埋戻工区のRF1(2)はRF2(1)より、高い値となり遷移が少なからず進んでいることを示した。種子吹付工区では工事2年後になって多年草のシロツメクサが減少し一年草が侵入してきたため、表土埋戻工RF2(1)より低い値となった。

(4) 多様度

多様度は、植被率上位種の影響を受けにくいShannon-Weaverの H' (Shannon and Weaver, 1949) を用いた (伊藤, 1990) .

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i \quad , \quad (p_i = SDR_{2i} / \sum SDR_2)$$

多様度の値は、種数が少ない張芝工区で低く、種数が多い表土埋戻工区で高い値となった。種子吹付工区はその中間となった (Fig.3.4(b)) . 春季から秋季にかけて多様性が下がる調査区が多く見られたが、SW1(2)とSP2(2)では多様度が増加した。

(5) 帰化率

人為攪乱の程度を表す帰化率には、種数帰化率 (大野, 1995) を用いた。帰化種の判定は長田 (1976) 及び沼田・吉沢 (1978) に基づき判断した。張芝工区の帰化率は、種数の少なさのため高い値となった (Fig.3.4(c)) . 種子吹付工区では、遷移度がやや高いSP2(2)で低い値を示した。工種別に見ると表土埋戻工区の帰化率が低く、そのうちRF1(2)はRF2(1)よりやや低い値を示した。

3.1.4 考察

遷移の進行は、(1)時間の進行に伴って種数が増加し群落の多様性が高くなる、(2)生存年限が長い種組成に置き換わる、(3)生産量が増大することで判断される (田川・沖野, 1979) . 今回、遷移の進行の程度を判断するため生活型組成、多様度、遷移度の変化を追った。

我が国の暖温帯域における二次遷移の初期相については、一年生草本期→越年生草本期→多年生草本期 (広葉草本期→イネ科草本期) →木本生植物期と進むことが確かめられている (林, 1990) . 表土埋戻工区のうち、RF1(2)の種組成は、まずブタクサ、ヤハズソウが

1年目で優占し（谷本ら，1998），2年目でセイタカアワダチソウ，ヨモギという多年生（広葉）草本が優占する群落へと変化した。また，RF2(1)でも1年目はブタクサ，ヤハズソウが優占しており，同様な変化を辿ることが予想される。この変化は，林（1990）の傾向とほぼ一致したが，越年草が優占する時期が抜けているという特徴がある。これは，越年生草本期のあと広葉草本期とイネ科草本期が同時期に場所を変えて優占することを報告したススキ植栽地の例（大窪，1996）や，一年生草本群落から一年生・越年生・多年生混在草本群落をへて多年生草本優占群落へ変化することを報告した畑土の例（中村，1995）とも異なっている。これは，工事直前の植生がセイタカアワダチソウの優占する群落であったことから，埋戻した表土にセイタカアワダチソウの埋土種子が多く含まれていたことに起因すると考えられる。表土埋戻工区の遷移度は，RF2(1)春<RF2(1)秋<RF1(2)春<RF1(2)の順で高くなり，2年目の秋で157となった。この値はススキ草地の遷移度中央値である500（Numata，1969）に遠く及ばないものの，二次遷移2年目に成立するヒメジョオン群落の遷移度100~200（Numata，1969）とほぼ等しく，工事後2年での遷移度としては普通の値である。このことから遷移は順調に進んでいると判断された。

一方，種子吹付工区のうちシロツメクサ（初期植栽種）の単一群落が春以降に崩壊したSP2(2)では一年草（シロザ）が優占し，春に崩壊が進んだSP1(2)で越年草（オオアレチノギク）が優占した。ここではシロツメクサ群落は維持できなかったが，単一群落崩壊後は順調に遷移が進んでいると判断された。シロツメクサを用いた草地の維持は注意深く管理をしても侵入雑草により不安定になることが知られており（根本，1997），ここで確認されたシロツメクサ群落の崩壊は，本調査地が周囲を住宅地や商業施設に囲まれていることから，踏圧等により形成されたギャップに先駆種が侵入したことによると考えられた。いずれにせよ，植生遷移の面からみると種子吹付工区は，表土埋戻工区と比べて1~1.5年の遅れをとった。し

かし、種子吹付工区はのり面上にあるため、最終的には従来の堤防施工方法である張芝工区と比較するべきであり、のり面保護、経済性を含めた評価が必要である。

張芝工区については、工事後3年間は除草という管理が実施されているため、本来はコウシュンシバの単一群落が維持されるべき場所である。そういう意味で平均種数が2.5~5.1種（SW2春の7.5種は管理前なので除いて考えた）と低く押さえられていること及び多年生草本の植被率が85%以上であることは維持管理が良好であると評価される。また、法面保護の面でも十分に機能している。維持管理の結果高くなる遷移度や帰化率、または低くなる多様度を用いた議論は有用ではない。自然面での評価は維持管理が「除草」から「年2回の刈取り」に変わった後に行うべきであると考え、今後は、本調査地に隣接する第二古川の河川緑地（整備後17年）においてチガヤが見られること、及び同様な維持管理が実施されている河川堤防での研究（浅見ら、1995）からチガヤ群落へ遷移するものと思われる。

帰化種が増えることは、多自然型河川整備を指向する河川緑地では望ましいことではない（佐々木、1996b）。どの調査区も25%以上という比較的高い帰化率を示したが、その中で遷移が最も進んでいるRF1(2)が26%と低い値を示したことは、今後、遷移の進行に伴い帰化率が低下することが予想される。古川周辺は広島都市圏の拡大に伴いここ20年近く何らかの工事が進められてきた（谷本・中越、1997）。その工事がほぼ終焉を迎えつつあることを考えると、帰化種の侵入経路は減少するものと考えられる。ただ、RF1(2)の優占種第1位がセイタカアワダチソウであることは、帰化種が空間の大半を占めることを示し、種数帰化率や多様度の値では現れない生態学上・景観面上の問題がある。多様度の数値にこだわるのではなく、群落構成種の質的な評価も必要である（亀井、1999）。また、セイタカアワダチソウ群落はススキ群落への遷移を停滞させるという報告もある（根本、1995）。最も遷移が進んだRF1(2)で、工事直前のセイ

タカアワダチソウ優占群落に短期間で復元されたことはある意味で成功といえるが、今後の遷移の停滞があるかについては引き続き継続して調査を実施し、動向確認しなくてはならない。

また、今回の解析に含めなかった水路沿いの方形区（4プロット）は、他の方形区に比べ出現種数が多く、多様度が高い、水辺に生息する動物のハビタットとしての価値も高いと思われる。加えて、刈り取りという維持管理行為も予定されていないため、古川に従来存在した植物種がこの場所に定着する可能性も高い。しかし、今回のプロット数では十分な解析は行えないと判断されたため、今後の課題とした。

3.2 多自然河川緑地の遷移診断

3.2.1 はじめに

前節では、工事後2年までの植生構造の概略を把握した。その結果は、以下の通りまとめられた。

- ①張芝工事の芝生地はその単純な植生構造が維持されていた
- ②表土埋戻工は一年草から、越年草、そして多年草へと遷移していた
- ③種子吹付工は当初の初期植生シロツメクサは衰退し植生遷移が進み始めた

その後の聞き取りにより、この多自然型工法による河川緑地の目標植生は設定されていないことがわかった。張芝工・種子吹付工が施工された堤防法面においては、他の河川堤防と同様に堤防植生管理が実施されるため草地として管理される。また高水敷の表土埋戻工については自然の遷移にまかせることを基本としながらも管理が必要となるであろう。

植生管理をするためには、現状の遷移診断を行ない遷移の方向を見極めることが必要である（亀山，1977）。二次遷移の研究は、放棄

耕作地を対象としたものが多く（例えば，Bazzaz, 1968；Hayashi, 1977），他の場所での研究例が少ない（大塚, 1998）．山火事跡地における研究（中越ら, 1981, 1982a, 1982b）や伐採跡地の研究（Ohtsuka et al., 1993）がいくつも見られる程度である．Ohtsuka and Ohsawa（1994）は，耕作放棄地と森林伐採地・山火事跡地の二次遷移初期相の違いを検討し，耕作放棄地では耕作という人為的攪乱を繰り返し受けるうちに埋土種子によるシードバンクが形成され埋土種子一年草本が初年度に優占するが，森林伐採地にはシードバンクの形成されないことにより風媒一年草本に優占されるとしている．

人為的攪乱を受けた場所における遷移初期相草本群落の研究では，焼畑地（鎌田ら, 1987；日鷹ら, 1993）や道路法面（亀山, 1977, 1978a, 1978b；星子, 1999a, 1999b）の研究例がある．このうち牧草により緑化された道路法面における研究では，初期相に緑化種をもつ一次遷移と二次遷移の中間的な遷移としながらも，その後は一年草本－多年生草本－陽樹－陰樹と変化する点は同じ傾向であることを確かめている（亀山, 1978b）．

しかし，造成工事後に緑化工がなされている法面での遷移初期相における草本群落に関する研究例は少なく，洪水時に冠水する条件をもつ緑化法面および当初に緑化されない人為的攪乱地での遷移については十分に解明されていない．

本研究での目的は，前節と同じ場所における植生調査を継続することにより，以下の3点を検討する．

- (1) 表土埋戻工：施工年度の異なる場所で同じ遷移段階の進展
- (2) 張芝工：施工後3年目のまでの管理の効果
- (3) 種子吹付工：初期植生の衰退時期の違いによる遷移状況の差違

3.2.2 調査地及び調査方法

調査地

調査は多自然型河川整備が施工された第一古川の前節と同じ場所において実施した。ベルトトランセクトも前節と同様に張芝工、種子吹付工及び表土埋戻工の工種別に2本ずつ、川の流れと直交する方向に低水路（または園路）から園路（または管理道）まで設置した。ただし、前節で解析に含めなかった水際部分の方形区については調査対象から除外した。

調査方法

前節と同様にベルト上に沿って1m毎に方形区(1m×1m)を配置し植生調査を実施したほか、土壌硬度と土壌水分の測定を実施した。植生調査は、各方形区に出現したすべての種子植物について、植被率(%), 植生高(最大自然高; cm)を計測した。調査時期は1999年6月(春季; 張芝工区の除草直前)に実施した。また、土壌硬度については方形区内の任意の地表5点において山中式土壌硬度計(藤原製作所製 No.351)を用いて貫入深(mm)を読みとり平均した。土壌水分は方形区内の任意の地表10点にセンサーを差し込み土壌水分計(大起理化工業製 DIK-310A)の指示値を読みとり平均した。土壌硬度は植生調査と同じ6月に計測し、土壌水分は植物の成長期に当たる1999年8月末に計測した。なお土壌水分の計測日は降雨3日後であった。

本調査地には、典型的なネズミムギとホソムギのほかに小穂の数や護穎の先につく芒の長さが中途半端なタイプが混生していた。形態的にはネズミムギに近いものが多いと考えられるが、近年の牧草種の品種改良による近縁種が混じっていると思われるため、敢えて区別しないでネズミホソムギ(佐々木, 1996a)とした。

解析方法

各地点の植生資料は、出現した各種について日本原色雑草図鑑(沼田・吉沢, 1992)及び宮脇ら(1983)を用いて生活形(Raunkiaerの休眠型; Begon et al., 1996)を判定した他、宮脇ら(1983)に従

って植生単位の標徴種となっている種の所属する植生クラスを判定した。また、前節と同様にして遷移の程度を数値的に示す遷移度（沼田，1961，1966）を算出した。遷移度算出に用いた優占度には積算優占度（SDR2；沼田・依田，1949）を用いた。帰化率には出現種に対する帰化種数の割合で示される帰化率を算出した。多様度には前節と同様にして植被率上位種の影響を受けにくい，Shannon-Weaverの多様度指数 H' （Shannon-Weaver，1949）算出した（伊藤，1990）。

3.2.3 調査結果

種組成

全調査区において出現した種数は74種であった。種数は種子吹付工区（SP1=46種，SP2=33種）で比較的多く，張芝工区（SW1=27種，SW2=14種）および表土埋戻工区（RF1=27種，RF2=14種）で少ない。

出現種の植生高×植被率の値を施工方法別に Table 3.3 から Table 3.8 に示した。張芝工では SW1，SW2 どちらもコウシュンシバにより優占されており，路傍草地群落（AR，ヨモギクラス）の標徴種ヨモギが所々に混じる。種子吹付工においても路傍草地群落（AR）の標徴種ヨモギが見られるだけで，他のクラスの標徴種はほとんどみあたらない。ただ，SP2の一部には畑地雑草群落（CH，シロザクラス）の標徴種シロザが見られた。表土埋戻工においても路傍草地群落（AR）のヨモギが多いが，RF1に路上植物群落（PL，オオバコクラス）のオヘビイチゴ，クサイが所々にみられ，RF2には路上植物群落（PL）のオヘビイチゴのほか，植被率は高くないが水辺一年生植物群落（BI，タウコギクラス）の標徴種アメリカセンダングサ，ヤナギタデ，ミゾソバ，スカシタゴボウ *Rorippa islandica* が点在していた。

優占種の推移

施行型別に優占種の推移を Table 3.9 に示した。張芝工では SW1 (1996 施工), SW2 (1997 施工) とともに初期緑化植生であるコウシユンシバが平均植被率 85% 以上に維持されていた。種子吹付工のうち SP1 (1996 施工) では, 施行後 2 年目の 1998 年春から初期緑化植生のシロツメクサが衰退し, 同年秋からオオアレチノギクが優占している。施行後 3 年目春にあたる今回の調査 (1999 年春) でもオオアレチノギクが優占第 1 位となったが, ヒメスイバが第 2 位に進出するなど越年草から多年草へと変化する兆候もみられた。施行後 2 年目の 1998 年秋に初期緑化植生のシロツメクサが衰退し, シロザ, アキメヒシバ, オオクサキビ *Panicum dichotomiflorum* などの一年生草本群落へと変化した SP2 は, 今回の調査 (1999 年春) では SP1 と同様にオオアレチノギクなどの越年草が優占する群落へ推移した。

表土埋戻工のうち RF1 では, 1998 年秋にセイタカアワダチソウが平均植被率 40% で優占第一種となった。今回の調査 (1999 年春) においてもヨモギとほぼ同じ植被率で優占種となった。また, 帰化種のキクイモ *Helianthus tuberosus* が植被率を拡大し優占第 3 位に入ってきた。RF2 (1997 施工) では 1998 年秋に優占 3 位につけていたつる植物のヤブマメ *Amphicarpaea trisperma* がネズミホソムギとヨモギを押さえて優占第 1 位となった。

種数と多様性

張芝工の平均種数は少ないながらも増加傾向にあり, SW1 で 8.0 種, SW2 で 5.0 種となった (Fig.3.5)。種子吹付工についても種数は着実に増加しており, SP2 で 7.2 種, SW1 で 12.7 種となった。表土埋戻工では RF2 が前年度秋と同じ 17.4 種と最高値を記録したが SP1 だけは 13.0 種と前年の春・秋のいずれよりも低い値へと低下した。多様度指数は種数に応じた変化をみせた。

生活形と遷移度

遷移度と生活形スペクトルの変化を前節の結果と合わせて Fig.

3.6, Fig.3.7 に示した。これらの図の横軸は施工後の年数とした。張芝工の生活形は初期植栽種のコウシュンシバが多年草であるため、どの年においても多年草の割合が80%を越え90%以上で優占した。遷移度は侵入した種数に伴い100~700と大きく変動している。

種子吹付工は初期植栽種のシロツメクサが衰退した後、SP1では越年草、SP2では一年草が優占していたが、1999年春にはどちらも越年草が優占した。遷移度の平均値はSP1、SP2ともに植被率の低さに影響し、100以下と低い値であった。

表土埋戻工のうちRF1においては多年草が順調に拡大しているが、遷移度は200以下とあまり伸びなかった。RF2も1998年秋の一年草優占群落に多年草・越年草が侵入したものの遷移度は100以下と大きな伸びは見られなかった。

帰化率・平均帰化種数

帰化率と平均帰化種数をFig.3.8に示した。1998年春季から1999年秋季に帰化率が低下した表土埋戻工と種子吹付工は1999年春季にはまた1998年春季の値(40~80%)へと増大した。特に種子吹付工でその傾向が強くなり、SP2では40%弱から80%へ、SP1では50%から70%へと増加した。張芝工も帰化率は前年春季よりも高くなっていた。平均帰化種数で見ると種子吹付工のSP1で9.3種、SP2で5.4種および張芝工のSW1で4.7種と前年春季の値より倍増に対し、表土埋戻工の各地点は減少傾向がみられた。

土壌水分と土壌硬度

土壌硬度は張芝工では工事後1年目のSW2で柔らかく(3.0kg/cm²)、2年目のSW1で硬い値(6.0kg/cm²)を示した。逆に表土埋戻工では工事後1年目のRF2で硬く(3.8kg/cm²)、2年目のRF1で柔らかい(2.2kg/cm²)傾向があった(Fig.3.9)。施工方法別には、表土埋戻工で低く張芝工で高い値となった。種子吹付工はその中間であった。張芝工で高い値となったことは芝の根の発達によるものと想定され

た。

土壌水分は、法面にある張芝工・種子吹付工では張芝工で高い値を示した。また SW1, SW2 あるいは SP1, SP2 の地点間に差はみられず、それぞれ 30%弱, 20%弱の値を示した。高水敷にある表土埋戻工は施工年による違いがあり RF2 よりも RF1 の方が乾燥していた。施工方法別にみて種子吹付工で低い値となったことは植被率の低さにより乾燥しやすいと考えられた。

3.2.4 考察

一般に、河川の植生は自然的要因により攪乱を受けやすくその動態は複雑で、単純に遷移系列を議論できない（石川，1988）と言われてきた。本調査地は、増水による冠水という攪乱は受けるが、流速は小さく、都市域にあるため大量の土砂が流出し堆積することはない。実際、河川整備後3年間は年間2回程度の冠水を受け低水護岸の小規模な崩壊（20cm程度）は見られるものの、物理的な河川緑地の崩壊は調査期間中（工事後3年間）確認されていない。

逆に人為的な攪乱である、維持管理のための草刈りと周辺住民の利用による踏圧が主な攪乱要因と考えられるが、表土埋戻工では原則としてこれらの攪乱も少ないため、遷移初期相の確認にはまさに格好な場所といえる。

前節では、表土埋戻工で確認した植生遷移は、1年目にブタクサやヤハズソウなどの一年草が優占し、翌年にはヨモギとセイタカアワダチソウが優占するという結果となった。耕作放棄地の遷移過程と比較すると、オオアレチノギクなどの越年草段階がぬけて多年草群落を形成するという特異な遷移過程を示していた。この結果は、中村（1995）が確認した遷移過程とも異なるが、撒きだしに用いた表土が持っていた埋土種子（シードバンク）の組成の違いを現れたと推測される。つまり、施工前に形成されていた群落を反映したも

のと思われた。

今回の調査結果により、表土埋戻工だけでなく前節の結果である遷移状況を確認することが出来た。表土埋戻工の施行後2年目を向かえたRF2では、ヤブマメというつる植物が優占第1位になったもののネズミホソムギ・ヨモギを多く含み、ほぼRF1と同様の遷移過程をたどっていた。種子吹付工では初期植生の衰退時期のずれにより、1998年秋にSP1では越年草のオオアレチノギク、SP2では一年草シロザの法面となっていたが、1999年春にはSP2においても越年草のオオアレチノギクが平均植被率35%で優占し、SP1と優占第1位が同じ種となった。この遷移過程は放棄耕作地における遷移（沼田，1993）と酷似しており、表土の採取場所が耕作地（あるいは放棄耕作地）であったことを示している。また、SP2でシロツメクサの復活が見られることと平均種数がSP1に比較して少ないことは、遷移度の値で差がないもののまだ遷移段階にズレを残していると判断された。張芝工では除草管理によりコウシュンシバ純群落は1999年春も維持された。3年目を迎えたSW1では、2年目のSW2よりも多年草や越年草の種数が多く見られた。これは、秋季の除草作業が越年草（冬型一年草）の生育に有利に働くこと（佐々木，1996b）を支持する結果となった。張芝工を除くこれらの遷移の状況は、Fig.3.10のようにまとめられた。

多自然型河川緑地の種多様性

河川植生は急速に帰化植物に置き換わりつつあり（鷲谷・森本，1993；Cronk and Fuller，1995；佐々木，1996b），帰化植物の侵入により種多様性が低下することが確認されている（倉本，1995）。表土埋戻工のセイタカアワダチソウが優占種となっているRF1では、他の地点が平均種数を増加させたのに対し種数の増加は見られなかった（Fig.3.5）。このこと及び帰化種数の増加が確認されなかったこともセイタカアワダチソウの優占による遷移停滞の一端と思われる。このセイタカアワダチソウによる遷移の停滞は、高茎のセイタカア

ワダチソウが群落内の他種の成長を日陰により阻害するほか、アレロパシーを出すことにより（沼田，1993）起こると考えられる。服部ら（1993）の調査した淀川のセイタカアワダチソウ優占群落（無刈取り区）の値が7～9種と本調査地より更に低い値を示すことは、本調査地が表土埋戻区という表土から二次遷移したのに対し、張芝工からの二次遷移であること及び施行後の年数の違いによる。いずれにせよ、今回、工事後3年目にしてセイタカアワダチソウの優占による種多様性の阻害が確認されたことで、今後、植生管理の必要性が求められる。

表土埋戻工の種多様性は工事後翌年の春から2.0を越え他の工法より高い値を示したが、その後、工事後3年まで多様性の増加は見られず、法面における種子吹付工のシロツメクサ群落が衰退し2年経たSP1の多様度の値とあまり差はない。本来、河川植生の分布には水面の高さと土壌の質と光量が大きく影響を与えるとされている（Menges and Waller, 1983；Hermy and Stieperaere, 1981）。水面の高さが明らかに低い高水敷にある表土埋戻工は土壌水分の高さからももっと高い種多様性を維持していてもおかしくない。これらから表土埋戻工は、生物多様性の高さを目標として実施された多自然型河川緑地の工法としては、多様性の面からみて充分とは言えない。

前節で見た秋季における帰化率の低下は、河川緑地における季節変動のあることが今回の調査で確認された。これは春（5・6月）に高く秋（9・10月）に低くなるという猪子川の河川堤防における帰化種数の変動（服部，1988）とよく符合していた。従って本調査地の帰化率は、若干の減少傾向はみられるもののほぼ安定しつつあり、1998年秋季と1999年春季値の間にあると考えられる。これらの帰化率は都市域の値としてかなり高く、その原因として河川工事、公園工事、土地区画整理事業などの工事の集中と広島ICという交通の要衝であること及び住宅展示場を始め郊外型の大型商店などがあり多方面からの物資の流通と人の交流があるためと考えられる。

Table 3.1 Initial planted species and construction year of study site

Plot	SW1	SW2	SP1	SP2	RF1	RF2
Construction type	BS	BS	BSS	BSS	MRT	MRT
Construction year	1997	1998	1997	1997	1997	1998
Initial planted species	Z. mattlella	Z. mattlella	T. repens	T. repens	-	-
Number of quadrates	14	8	6	10	11	12
Position on river section	Bank slope	Bank slope	Bank slope	Bank slope	Major bed path	Major bed path
Transect line edge (up)	path	path	path	path	channel	channel
Transect line edge (down)	Major bed	path	path	path		

Abbreviation: BS; bankslope swarding, BSS; bankslope spraying seed of *Trifolium repens*, MRT; major bed refilling topsoil.

Table 3.2 Top five dominant species and mean coverage of river side openspace.

Plot name (reconstruction year)	Spring		Autumn	
	dominant species	Life- form %	dominant species	Life- form %
SW1 (1996)	<u>Zoysia matrella</u>	P 95.0	<u>Zoysia matrella</u>	P 85.0
	<i>Trifolium dubium</i>	A 1.5	<i>Trifolium dubium</i>	A 2.5
	<i>Solidago altissima</i>	P 0.6	<i>Solidago altissima</i>	P 1.3
	<i>Cerastium glomeratum</i>	B 0.1	<i>Erigeron annuus</i>	B 0.9
	<i>Erigeron sumatrensis</i>	B 0.1	<i>Erigeron canadensis</i>	B 0.1
		2.5		5.1
SW2 (1997)	<u>Zoysia matrella</u>	P 96.9	<u>Zoysia matrella</u>	P 100.0
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	B 4.7	<i>Digitaria timorensis</i>	A 2.5
	<i>Lepidium virginicum</i>	B 2.9	<i>Euphorbia supina</i>	A 0.2
	<i>Aira elegans</i>	A 2.5	<i>Digitaria adscendens</i>	A 0.2
	<i>Lamium amplexicaule</i>	B 1.6	<i>Solidago altissima</i>	P 0.1
		7.5		4.3
SP1 (1996)	<u>Trifolium repens</u>	P 34.2	<i>Erigeron sumatrensis</i>	B 32.5
	<i>Rumex acetosella</i>	P 13.3	<i>Festuca myuros</i>	B 5.0
	<i>Erigeron sumatrensis</i>	B 9.2	<i>Rumex acetosella</i>	P 5.0
	<i>Agrostis alba</i>	P 5.8	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	A 1.7
	<i>Silene gallica</i> var. <i>quinquevulnera</i>	B 4.3	<i>Oenothera biennis</i>	B 1.7
		5.2		7.3
SP2 (1996)	<u>Trifolium repens</u>	P 98.0	<i>Chenopodium album</i>	A 52.0
	<i>Agrostis alba</i>	P 5.7	<i>Digitaria violascens</i>	A 9.5
	<i>Erigeron sumatrensis</i>	B 3.0	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	A 9.0
	<i>Erigeron annuus</i>	B 1.0	<i>Digitaria adscendens</i>	A 4.6
	<i>Festuca myuros</i>	B 0.1	<i>Cyperus microiria</i>	A 4.5
		2.7		5.6
RF1 (1996)	<i>Artemisia princeps</i>	P 24.1	<i>Solidago altissima</i>	P 40.5
	<i>Kummerowia striata</i>	A 17.3	<i>Artemisia princeps</i>	P 27.3
	<i>Lolium</i> × <i>hybridum</i>	B 15.1	<i>Potentilla kleiniana</i>	P 11.9
	<i>Solidago altissima</i>	P 14.3	<i>Lespedeza cuneata</i>	P 5.5
	<i>Trifolium repens</i>	P 13.8	<i>Kummerowia striata</i>	A 5.0
		14.3		15.1
RF2 (1997)	<i>Lolium</i> × <i>hybridum</i>	B 10.2	<i>Ambrosia artemisiaefolia</i>	A 31.3
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	A 6.8	<i>Kummerowia striata</i>	A 26.3
	<i>Kummerowia striata</i>	A 3.3	<i>Amphicarpaea trisperma</i>	A 12.6
	<i>Artemisia princeps</i>	P 1.8	<i>Arthraxon hispidus</i>	A 5.3
	<i>Trifolium repens</i>	P 1.8	<i>Solidago altissima</i>	P 2.8
		17.4		10.4

The species with underline indicated initial planting species. The values under each dominant species show mean number of species in each site. Abbreviation : A; annual, B; biennial, P; perennial.

Table 3.3 Maximum height × Coverage (h × C) of each species on each plot of SW1 belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	Maximum height × Coverage (h × C)														Japanese name				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
Number of species	14	9	8	9	7	3	3	4	4	7	9	8	16	11					
Total coverage (%)	90	80	90	90	90	70	80	80	70	30	40	80	50	100					
Vegetation height (cm)	28	9	11	15	21	4	5	9	11	26	32	17	45	44					
	PC																		
Therophytes (summer annual)																			
* <i>Trifolium dubium</i>	135	30	0										1	1	1	1	1		コムツツメクサ
<i>Poa annua</i>	36	1											0	110				スズメノカタビラ	
<i>Kummerowia striata</i>	1	1	1	1	0	0												ヤハズソウ	
<i>Commelina communis</i>	0	0	0	0	0	0								3				ツメクサ	
<i>Polypogon fugas</i>	0														1	2		ヒエガエリ	
* <i>Vicia sepium</i>					1													カラスノエンドウ	
* <i>Ambrosia artemisiaefolia</i>												0						ブタクサ	
* <i>Bidens frondosa</i>												0						アメリカセンダングサ	
* <i>Briza minor</i>															0			ヒメコハソウ	
<i>Sedum bulbiferum</i>																		コモチマンネングサ	
<i>Polygonum longisetum</i>																		イヌタデ	
Therophytes (winter annual)																			
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	30	0	1	0				0	1	8	0	1	1					オオアレチノギク	
* <i>Festuca myuros</i>	90	1								26	3	2	2	3				ナギナタガヤ	
* <i>Lolium × hybridum</i>	280		1	0							3	1	5	4				ネズミホソムギ	
* <i>Erigeron annuus</i>	0	0	0	0	0	0				2	0		1					ヒメジョオン	
* <i>Oenothera biennis</i>	1																	アレチマツヨイグサ	
* <i>Cerastium glomeratum</i>	0																	オランダミミナグサ	
<i>Gnaphalium affine</i>																		ハハコグサ	
* <i>Erigeron canadensis</i>	1	0	0	0							6							ヒメカシヨモギ	
* <i>Gnaphalium purpureum</i> var. <i>spathulatum</i>	1	1	2	2						0	0	0						チチコグサモドキ	
Geophytes																			
<i>Zoysia matrella</i>	360	240	270	360	360	280	400	400	350	120	120	320	240	360				コウシュンシバ	
* <i>Solidago altissima</i>																		セイタカアワダチソウ	
Hemicryptophytes																			
<i>Artemisia princeps</i>	70									6	40	0						ヨモギ	
* <i>Trifolium repens</i>	22														170	1		シロツメクサ	
* <i>Sisyrinchium atlanticum</i>																		ニワゼキソウ	
<i>Gnaphalium japonicum</i>																		チチコグサ	
<i>Rumex acetosa</i>																		スイバ	
PC (Phytosociological class)																			
	BI : Bidentetea tripartitae ; CH:Chenopodietae ; MI : Miscanthea sinensis ; AR: Artemisetea principis																		

Table 3.4 Maximum height x Coverage (h x C) of each species on each plot of SW2 belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form(1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	PC										Japanese name
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Number of species	7	3	5	4	5	4	4	8			
Total coverage (%)	100	100	100	100	100	100	100	100			
Vegetation height (cm)	19	5	20	12	26	12	14	40			
Therophytes (summer annual)											
* <i>Ambrosia artemisiaefolia</i>	0	1	0	0	0	1	1	1			ブタクサ
* <i>Aira elegans</i>	0	0	1	0	0	0	0	0			ハナヌカススキ
<i>Kummerowia striata</i>	0	0	0	1	1	1	1	340			ヤハズソウ
* <i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	0	0	0	0	3	1	1	315			ヤブマメ
<i>Poa annua</i>	0	0	0	0	0	0	0	2			スズメノカタビラ
Therophytes (winter annual)											
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	1	0	2	0	0	0	0	0			オオアレチノギク
<i>Gnaphalium affine</i>	0	0	1	0	0	0	0	0			ハハコグサ
* <i>Lolium X hybridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	4			ネズミホソムギ
Geophytes											
<i>Zoysia matrella</i>	1,000	500	800	1,200	1,400	900	900	1,170			コウシュンシバ
<i>Equisetum arvense</i>	2	0	0	0	0	0	0	2			スギナ
* <i>Solidago altissima</i>	1	0	1	1	1	0	0	1			セイタカアワダチソウ
Hemicryptophytes											
* <i>Trifolium repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0			シロツメクサ
Chamaephytes											
<i>Cynodon dactylon</i>	130	0	0	0	0	0	0	0			ギョウギシバ
<i>Oxalis corniculata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0			カタバミ
PC (Phytosociological class) CH: Chenopodietaea ; MI : Miscanthetea sinensis											

Table 3.5 Maximum height x Coverage (h x C) of each species on each plot of SPI belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form(1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	PC								Japanese name
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Number of species	14	14	13	11	12	12	9		
Total coverage (%)	70	30	40	30	30	25	35	60	
Vegetation height (cm)	105	92	100	72	64	59	70	84	
Therophytes (summer annual)									
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	17	1	1			0	0	0	ブタクサ
* <i>Briza minor</i>	3								ヒメコハシバ
* <i>Digitaria violascens</i>		0							アキヒシバ
* <i>Erechtites hieracifolia</i>		1							ダントホロギク
* <i>Aira elegans</i>		2							ハナズカススキ
* <i>Specularia perfoliata</i>			1	2			1	1	キキョウソウ
* <i>Kummerowia striata</i>							1		ヤハズソウ
* <i>Vicia sepium</i>								27	カラスノエンドウ
Therophytes (winter annual)									
* <i>Lolium X hybridum</i>	2,100	88		69	5	6	350	420	ネズミホソムギ
* <i>Oenothera biennis</i>	500	92	2,000						アレチマツヨイグサ
* <i>Silene gallica</i> var. <i>quinquevulnera</i>	310	3	2	2	1		1		マンテマ
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	49	1,620	1,095	1,440	640	590	580	1,020	オオアレチノギク
* <i>Cerastium glomeratum</i>	52	2	2	1					オランダミミナグサ
* <i>Erigeron annuus</i>	1	5	87	0	3	0	2	58	ヒメジョオン
* <i>Gnaphalium purpureum</i> var. <i>spathulatum</i>	2		1						チヂコグサモドキ
* <i>Oenothera laciniata</i>	2								コマツヨイグサ
* <i>Veronica arvensis</i>		1							ダチイヌノフグリ
* <i>Gnaphalium affine</i>		0			0	1	1		ハハコグサ
* <i>Festuca myuros</i>			3						ナギナタガヤ
Geophytes									
* <i>Solidago altissima</i>			39	2	2	1	1	1	セイタカアワダチソウ
Hemicryptophytes									
* <i>Plantago lanceolata</i>	540								ヘラオオバコ
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>	37								ハルガヤ
* <i>Trifolium repens</i>	1	0	0	1		1			シロツメクサ
* <i>Rumex acetosa</i>		1							スイバ
* <i>Artemisia princeps</i>		170	65	45	1			86	ヨモギ
* <i>Agrostis alba</i>		44	170	1,040			330		コスカグサ
* <i>Rumex acetosella</i>			3	2	310	510	1,710		ヒメスイバ
* <i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>			1						ヒメクグ
* <i>Gnaphalium japonicum</i>					1	19			チヂコグサ
* <i>Andropogon virginicus</i>					2				メリケンカルカヤ
* <i>Spiranthes sinensis</i>								1	ネジバナ
Chamaephytes									
* <i>Cynodon dactylon</i>			1	0	0				ギョウギシバ

PC (Phytosociological class) MI : Miscantheta sinensis ; AR: Artemisietea princeps

Table 3.6 Maximum height × Coverage (h × C) of each species on each plot of SP2 belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form(1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	PC															Japanese name
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Number of species	9	7	7	8	8	8	4	6	7	9	6	9	5			
Total coverage (%)	60	40	80	70	80	60	70	40	50	30	30	60	80			
Vegetation height (cm)	44	68	110	124	118	127	127	72	103	87	120	130	87			
Therophytes (summer annual)																
<i>Kummerowia striata</i>	1											1	1			
<i>Fatoua villosa</i>	1											7	7			
<i>Chenopodium album</i>					1			0	1	2	3	3	5			
* <i>Aster subulatus</i>										1		1	2			
* <i>Ambrosia artemisiaefolia</i>																
Therophytes (winter annual)																
* <i>Erigeron annuus</i>	440	840	940	4,960	13	14	124	18	1,545		93					
* <i>Erigeron sumatrensis</i>	54	840	54	185	1,770	5,080	6,350	2,880	3,480	2,610	3,000	6,500	1,740			
* <i>Oenothera laciniata</i>	13	24	15	4	37	8		47	5	4		74				
* <i>Gnaphalium purpureum</i> var. <i>spathulatum</i>	2	27			3	4				1	2					
* <i>Erigeron canadensis</i>			1,100	960												
<i>Toliris japonica</i>										4						
* <i>Lolium X hybridum</i>												81				
Hemicryptophytes																
* <i>Agrostis alba</i>	2,150	68	4,500	1,335	5,300			5	8							
* <i>Trifolium repens</i>	1	1	17	1	520	1,640	920	1	180	1	315	930	2,590			
* <i>Rumex acetosella</i>				180	1,410											
<i>Rumex acetosa</i>																
<i>Artemisia princeps</i>						1	50	3		1		590				
Chamaephytes																
<i>Cynodon dactylon</i>	2	2	1	145	25	20										

PC (Phytosociological class) CH : Chenopodieta ; AR: Artemisieta princeps ; PL :

Table 3.7 Maximum height × Coverage (h × C) of each species on each plot of RFI belt-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form(1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Japanese name
Number of species	12	13	18	13	11	8	12	12	18		
Total coverage (%)	100	100	90	80	80	70	100	100	100		
Vegetation height (cm)	92	108	110	112	93	106	92	104	115	122	
species	PC										
Therophytes (summer annual)											
* <i>Vicia sepium</i>	460		6								カラスノエンドウ
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	10	1	2	1	1	65	1			1	ブタクサ
* <i>Trifolium dubium</i>	35		1	3	3			2	35		コマツツメクサ
* <i>Briza minor</i>		5	45	4	40	165	4	4	500	132	ヒメコハシソウ
* <i>Specularia perfoliata</i>				3	4	1					キキョウソウ
* <i>Sedum bulbiferum</i>					13	1		10	1		コマチマンネングサ
Therophytes (winter annual)											
* <i>Lolium X hybridum</i>	92	540	9	11	279	106	92	88	91	244	ネズミホソムギ
* <i>Erigeron annuus</i>	1	1,070								0	ヒメジョオン
* <i>Festuca myuros</i>								5			ナギナタガヤ
Geophytes											
* <i>Solidago altissima</i>	3,000	5,760	2,790	2	54	1,300	5,220	6,650	6,020	3,120	セイタカアワダチソウ
* <i>Helianthus tuberosus</i>	170	630	1,020		3	2	5	1,980	1,440	470	クワイモ
* <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	84	82	9	4	5	106	5	10	10	8	チガヤ
* <i>Equisetum arvense</i>										3	スギナ
Hemicryptophytes											
<i>Artemisia princeps</i>	AR	3,700	320	2,300	3,600	4,130	2,400	1,060	1,380	940	ヨモギ
<i>Potentilla kleinitana</i>	PL	34	350	310	2	1	48	34	175	23	オヘビイチゴ
* <i>Trifolium repens</i>		260	28								シロツメクサ
<i>Lespedeza pilosa</i>		28	3		2						ネコハギ
<i>Lespedeza cuneata</i>			850	89				76	2,300	98	ホドハギ
<i>Juncus tenuis</i>	PL		5					4	45	5	クサイ
<i>Lysimachia japonica</i>	MI		1							90	コナスビ
<i>Rumex acetosa</i>			11							8	スイバ
<i>Agropyron tsukushense</i> var. <i>transiens</i>	PL			5							カモジグサ
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>										7	ハルガヤ
* <i>Rumex acetosella</i>								7			ヒメスイバ
<i>Lobelia chinensis</i>	PL							0			ミノカクシ
<i>Oxalis corniculata</i>	CH	25	3	14	1						カタバミ
Unknown											
<i>Carex spp.</i>		3	3	25	3	27	30	29	330		スゲの一種

PC (Phytosociological class) MI : Miscanthetea sinensis ; CH : Chenopodietea ; AR : Artemisietea princeps ; PL : Plantaginetea majoris

Table 3.8 Maximum height x Coverage (h x C) of each species on each plot of RY2 bell-transect. Species are arranged according to Raunkiaer's life-form (1934). Plots are arranged in order by distance from top of riverbank. Species with asterisk indicates naturalized plants.

Plot No.	Maximum height x Coverage (h x C)														Japanese name
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Number of species	15	17	22	13	17	16	20	18	16	15	18	23	22		
Total coverage (%)	80	80	100	60	60	50	70	30	80	80	90	90	90		
Vegetation height (cm)	78	112	127	116	119	93	136	115	123	118	112	123	124		
Species	PC														
Therophytes (summer annual)															
<i>Kummerowia striata</i>	360	100	540	190	420	405	38	100	320	105	115	18	1		
<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	23	1,320	155	44	2	2	2	29	2,150	1,060	2,120	3,000	1,530		
* <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	2	2	1	1	1	1	2	1	13	2	1	2	1		
* <i>Geranium carolinianum</i>	2				210			3	2						
* <i>Briza minor</i>	300	3,640	1,080	1,710	1,320	310	255	1,220	1,480	370	610	265			
<i>Polygogon fugas</i>	4	6	5	4	3	4	5	62	4	57	5	2,220			
<i>Arrhaxon hispidus</i>	1	17	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1		
<i>Glycine soja</i>	3						49								
* <i>Trifolium dubium</i>		2						21	19	2	2	2	22		
<i>Digitaria adscendens</i>		1													
<i>Polygonum thunbergii</i>		2		2											
* <i>Specularia perfoliata</i>		1		1											
<i>Poa annua</i>		2	1				2	2	1		2	2	2		
* <i>Bidens frondosa</i>					2	1							1		
<i>Polygonum hydropiper</i>					2	2									
<i>Sedum bulbiferum</i>					2	2									
<i>Polygonum nipponense</i>							1								
<i>Sagina japonica</i>								1							
Therophytes (winter annual)															
* <i>Erigeron annuus</i>	720	148	8					575	2,460	3,540	3,360	3,510	2,480		
* <i>Lolium X hybridum</i>	390	2,800	1,270	2,320	2,240	1,395	585	5		3		57	5		
* <i>Festuca myuros</i>	3				1	3	5	2	3	3	2	2	2		
* <i>Veronica arvensis</i>		1	3	4		33	1	3	3	2	2	3	2		
* <i>Cerastium glomeratum</i>								3	3	2	2	3	2		
* <i>Erigeron canadensis</i>															
<i>Rorippa islandica</i>								3							
Geophytes															
* <i>Solidago altissima</i>	855	85	178	770	1,005		4,080	1,530	355	3	7	4			
<i>Equisetum arvense</i>	2	550	320	106	64	27		2		2	2	39			
<i>Cayratia japonica</i>	17	17													
* <i>Helianthus tuberosus</i>															
Hemicryptophytes															
<i>Artemisia princeps</i>															
* <i>Trifolium repens</i>	1														
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i>	63	1,560	465	76	480	990	1,220	470	350	510	320	400	34		
						2		40	40	1,080	420	700	480		
						9				5	8		6		

<i>Potentilla kleiniana</i>	PL	1	1	27	2	32	2	31	オヘビイサコ
<i>Lespedeza cuneata</i>		3	165		4	47	3	6	メドハギ
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>			2						マルハハギ
* <i>Agrostis alba</i>			1,680	93					コマカグサ
<i>Juncus tenuis</i>	PL		80			3			クサイ
* <i>Anthoxanthum odoratum</i>			2						ハルルガヤ
* <i>Andropogon virginicus</i>			4		1			2	メリケンカルカヤ
<i>Ranunculus silerifolius</i>							1	2	キツネノボたん
<i>Carex breviculmis</i>					3		2	3	アオスゲ
<i>Rumex acetosa</i>								4	スイバ
<i>Phalaris arundinacea</i>	CH							12	クサヨシ
* <i>Rumex acetosella</i>								1	ヒメスイバ
<i>Stellaria aquatica</i>								2	ウシハコベ

PC (Phytosociological class) BI : Bidentetea tripartitae ; CH: Chenopodieta ; PL : Plantaginea majoris ; AR: Artemisietea princeps

Table 3.9 The dominant species and mean coverage in the early stage of river side openspace. The species with underline indicated planted species.

Plot name (reconstruction year)	First Year			Second year			Third year		
	Spring	Autumn	Life- C form %	Spring	Life- C form %	Autumn	Life- C form %	Spring	Life- C form %
SW1 (1996)	-	<u>Zoysia matrella</u>	G 100	<u>Zoysia matrella</u>	G 95	<u>Zoysia matrella</u>	G 85	<u>Zoysia matrella</u>	G 72
SW2 (1997)	<u>Zoysia matrella</u>	<u>Zoysia matrella</u>	G 97	<u>Zoysia matrella</u>	G 99				
	<u>Capsella bursa-pastoris</u>		Thw 5						
SP1 (1996)	-	<u>Trifolium repens</u>	H 100	<u>Trifolium repens</u> <u>Rumex acetosella</u> <u>Erigeron sumatrensis</u>	H 34 H 13 Thw 9	<u>Erigeron sumatrensis</u> <u>Myuros</u> <u>Rumex acetosella</u>	Thw 33 Thw 5 H 5	<u>Erigeron sumatrensis</u> <u>Agrostis alba</u> <u>Oenothera biennis</u>	Thw 14 H 7 Thw 4
SP2 (1996)	-	<u>Trifolium repens</u>	H 100	<u>Trifolium repens</u> <u>Agrostis alba</u> <u>Erigeron sumatrensis</u>	H 98 H 6 Thw 3	<u>Chenopodium album</u> <u>Digitaria violascens</u> <u>Panicum dichotomiflorum</u>	Ths 52 Ths 10 Ths 9	<u>Erigeron sumatrensis</u> <u>Trifolium repens</u> <u>Agrostis alba</u>	Thw 31 H 20 H 12
RF1 (1996)		<u>Kummerowia striata</u> <u>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</u> <u>Digitaria adscendens</u> <u>Solidago altissima</u>	Ths 88 Ths 62 Ths 6 G 6	<u>Artemisia princeps</u> <u>Kummerowia striata</u> <u>Lolium × hybridum</u> <u>Solidago altissima</u>	H 24 Ths 17 Thw 15 G 14	<u>Solidago altissima</u> <u>Artemisia princeps</u> <u>Potentilla kleiniana</u> <u>Lespedeza cuneata</u>	G 41 H 27 H 12 H 6	<u>Artemisia princeps</u> <u>Solidago altissima</u> <u>Helianthus tuberosus</u> <u>Lespedeza cuneata</u>	H 40 G 39 G 10 H 3
RF2 (1997)	<u>Lolium × hybridum</u>	<u>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</u>	Thw 10	<u>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</u>	Ths 31	<u>Lolium × hybridum</u>	Thw 18		
	<u>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</u>	<u>Kummerowia striata</u>	Ths 7	<u>Kummerowia striata</u>	Ths 26	<u>Amphicarpaea trisperma</u>	Ths 17		
	<u>Kummerowia striata</u>	<u>Amphicarpaea trisperma</u>	Ths 3	<u>Amphicarpaea trisperma</u>	Ths 13	<u>Artemisia princeps</u>	H 15		
	<u>Artemisia princeps</u>	<u>Arthraxon hispidus</u>	H 2	<u>Arthraxon hispidus</u>	Ths 5	<u>Briza minor</u>	Ths 14		

Reconstruction type ; SW :Swarding ; Seed spraying ; RF : Refilling surface soil

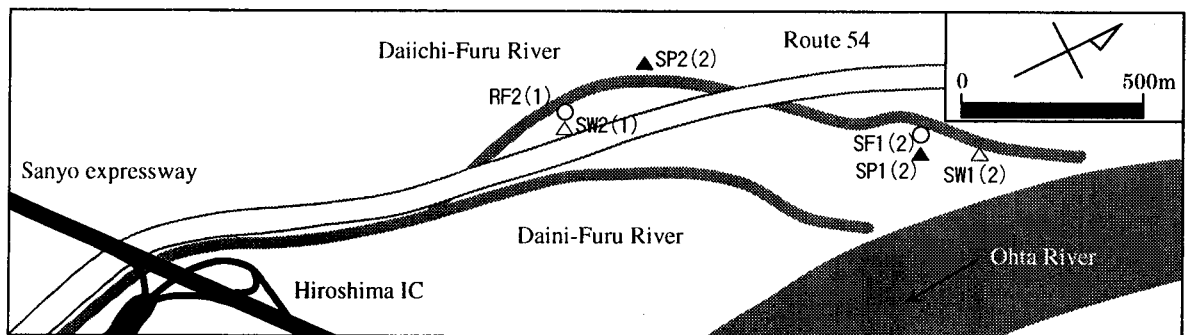


Fig. 3.1 The location of study sites

Abbreviation: open triangle; plot of bank slope swarding of *Zoysia matrella* (SW), closed triangle; bank slope spraying seed of *Trifolium repens*(SP), open circle; plot of riverbed refilling(RF). The first letter after plot denoted year after construction.

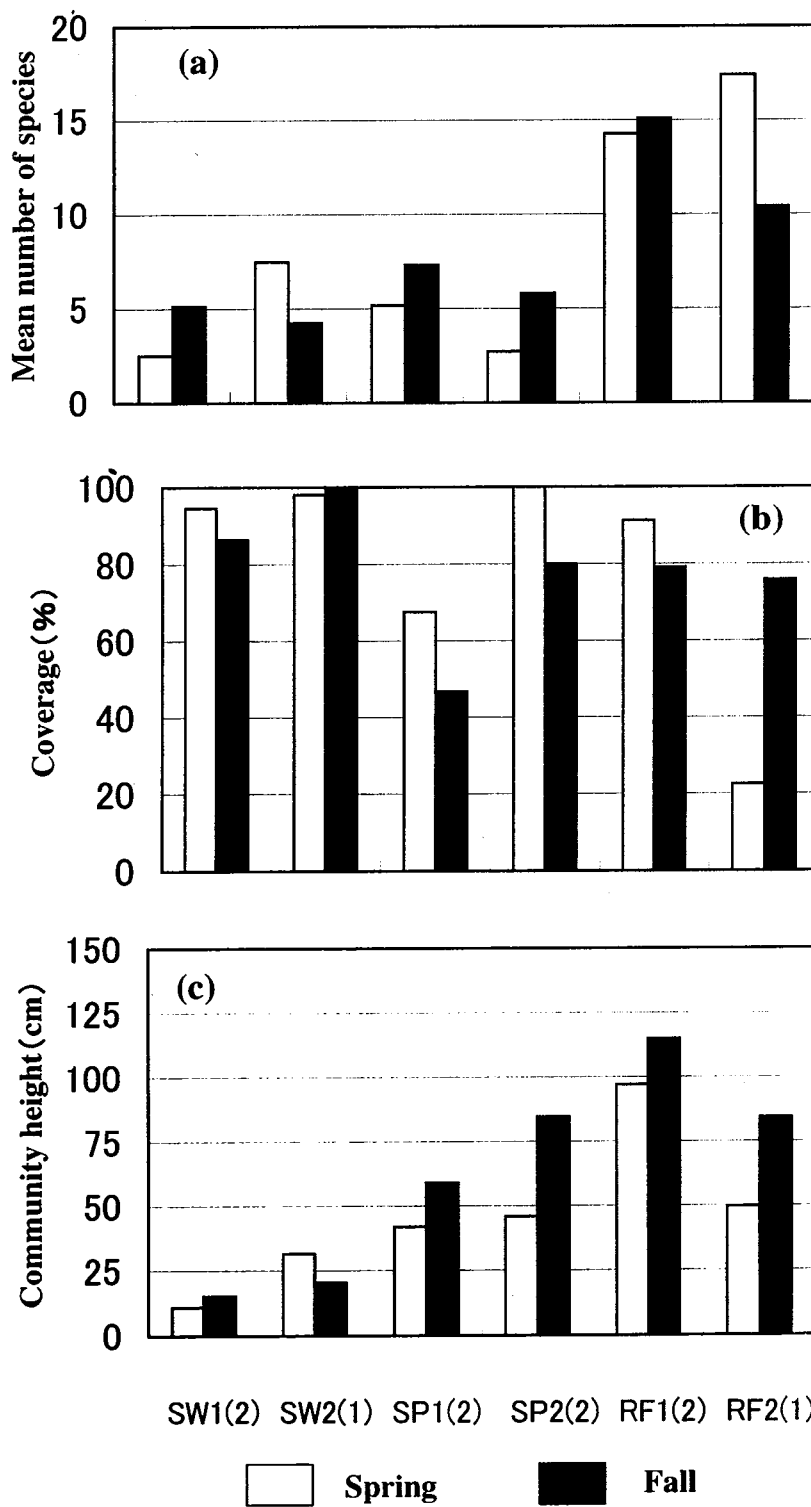


Fig. 3.2 Changes in community height, coverage and mean number of species.

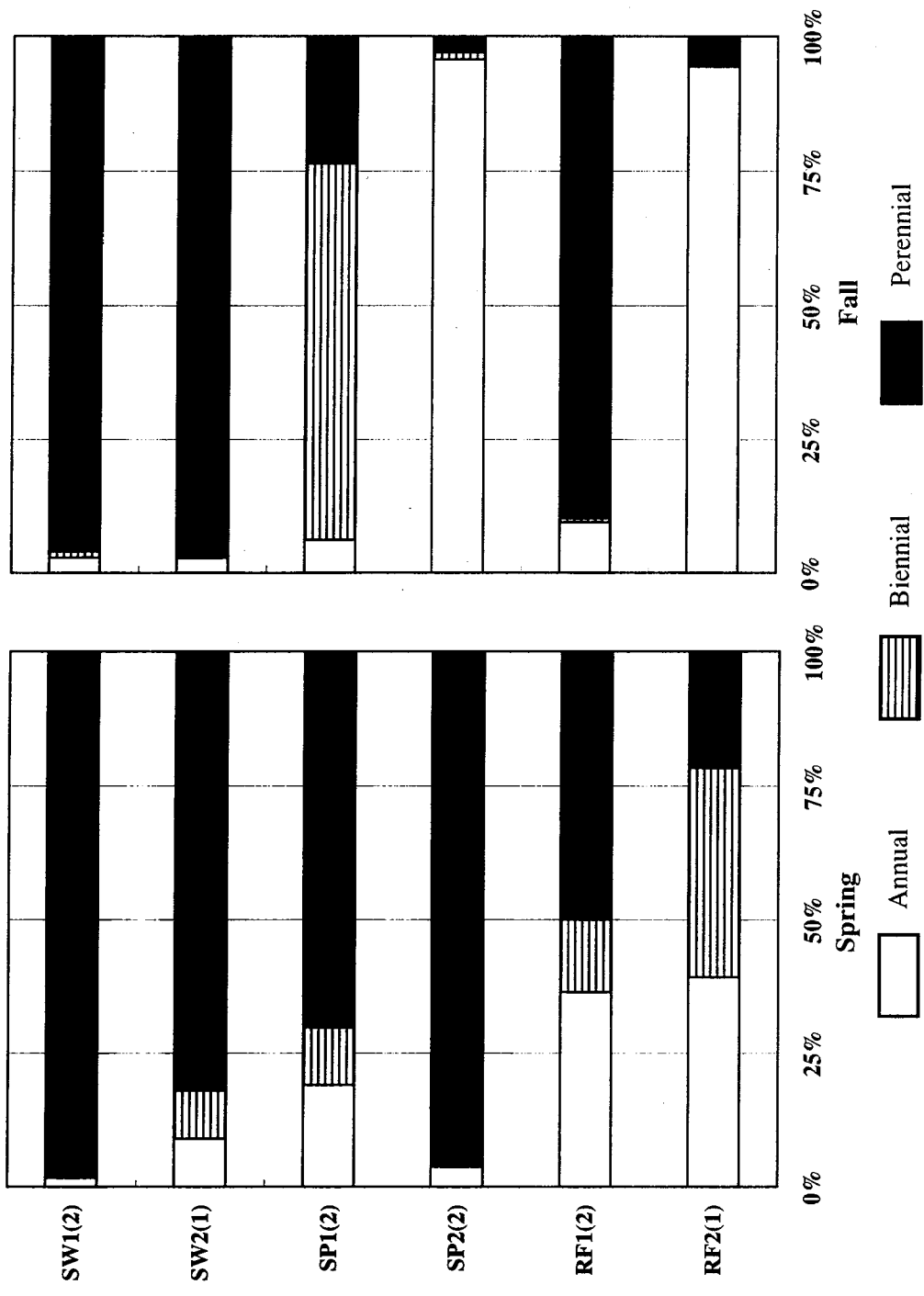


Fig. 3.3 Changes in life form of each plot in different season

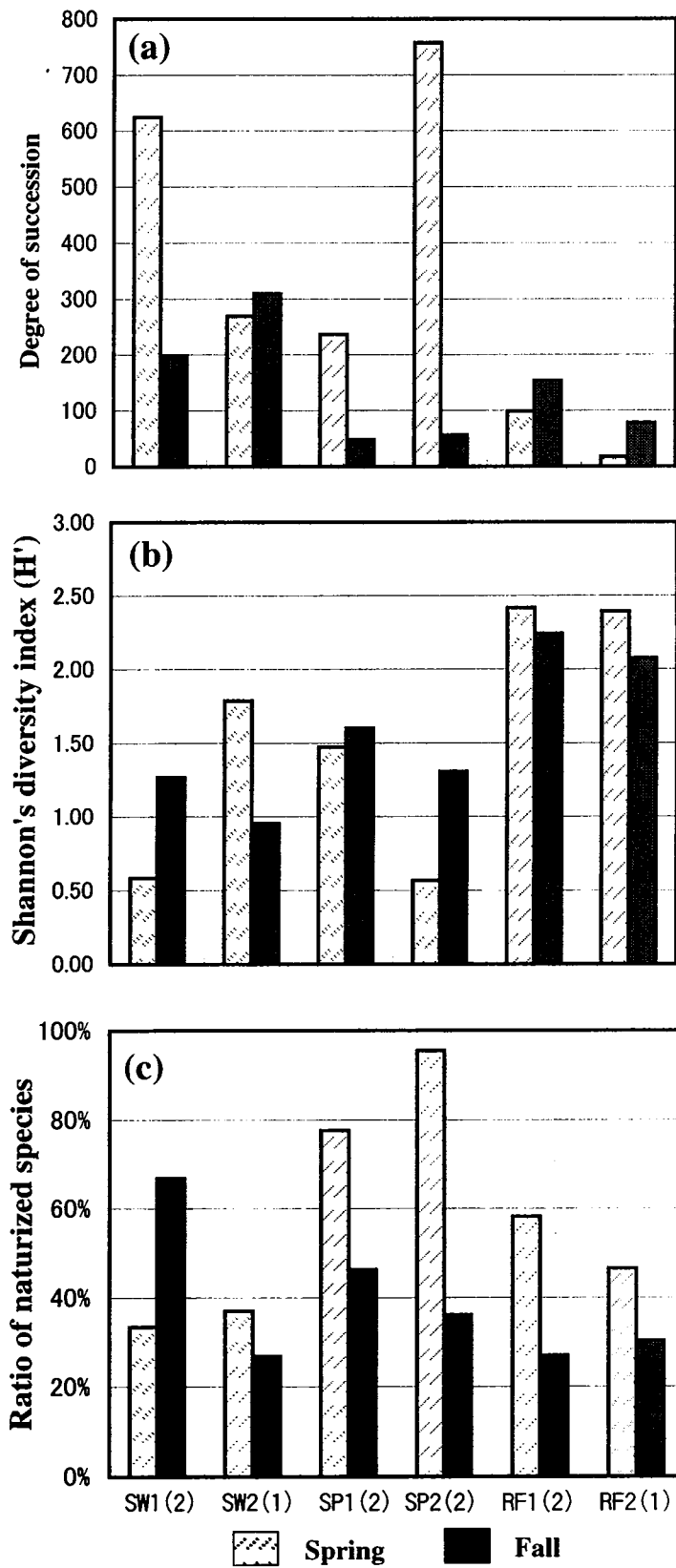


Fig.3.4 Changes in degree of succession, diversity, ratio of naturalized species.

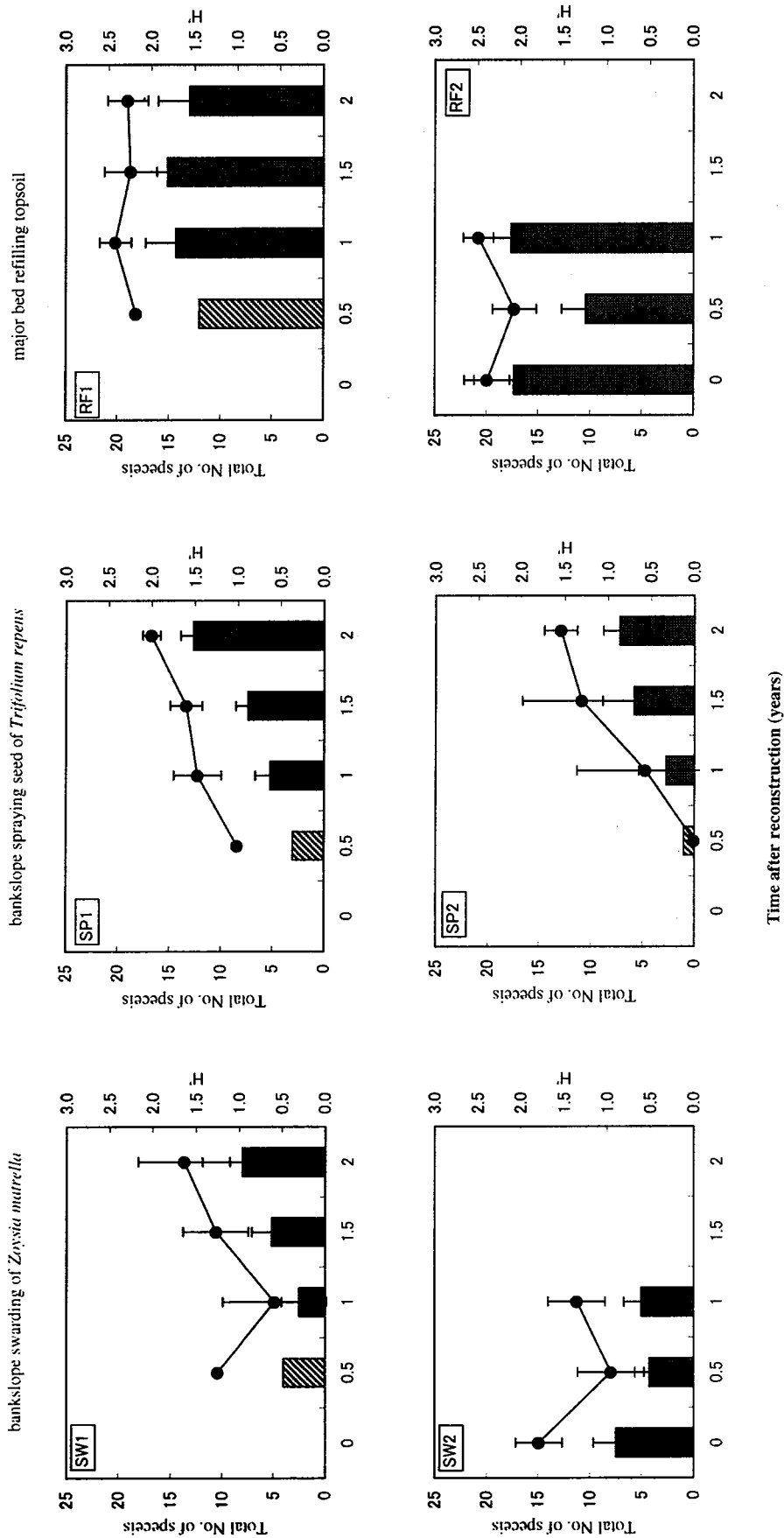


Fig. 3.5 Changes in number of species and diversity index (Shannon's H') in each reconstruction type after improvement. Bar graphs indicate number of species. Line graphs indicate diversity index (Shannon's H'). Vertical bars represent ±1 SD of the mean.

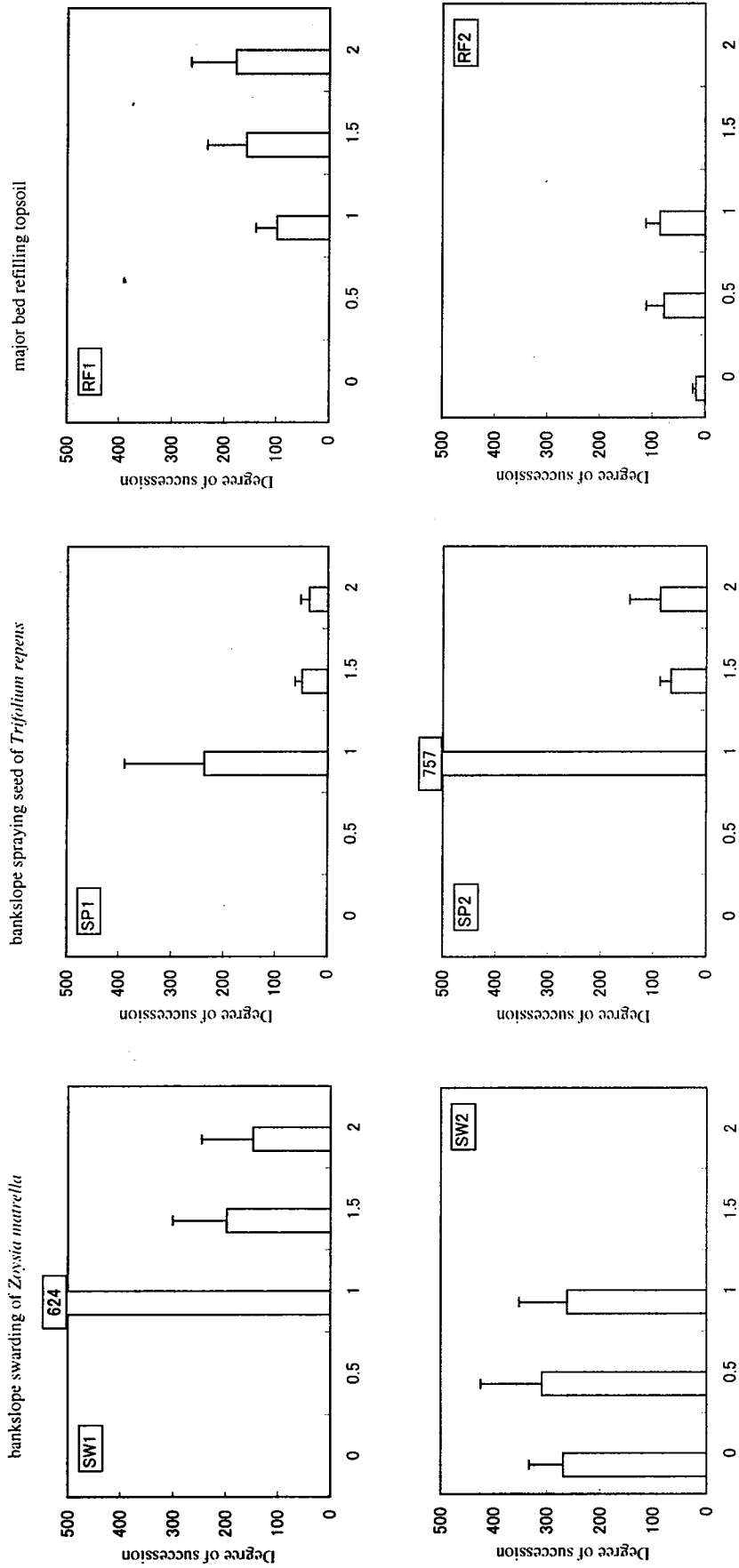


Fig. 3.6 Changes in degree of succession (Numata 1967) in each reconstruction type after improvement. Vertical bars represent ± 1 SD of the mean.

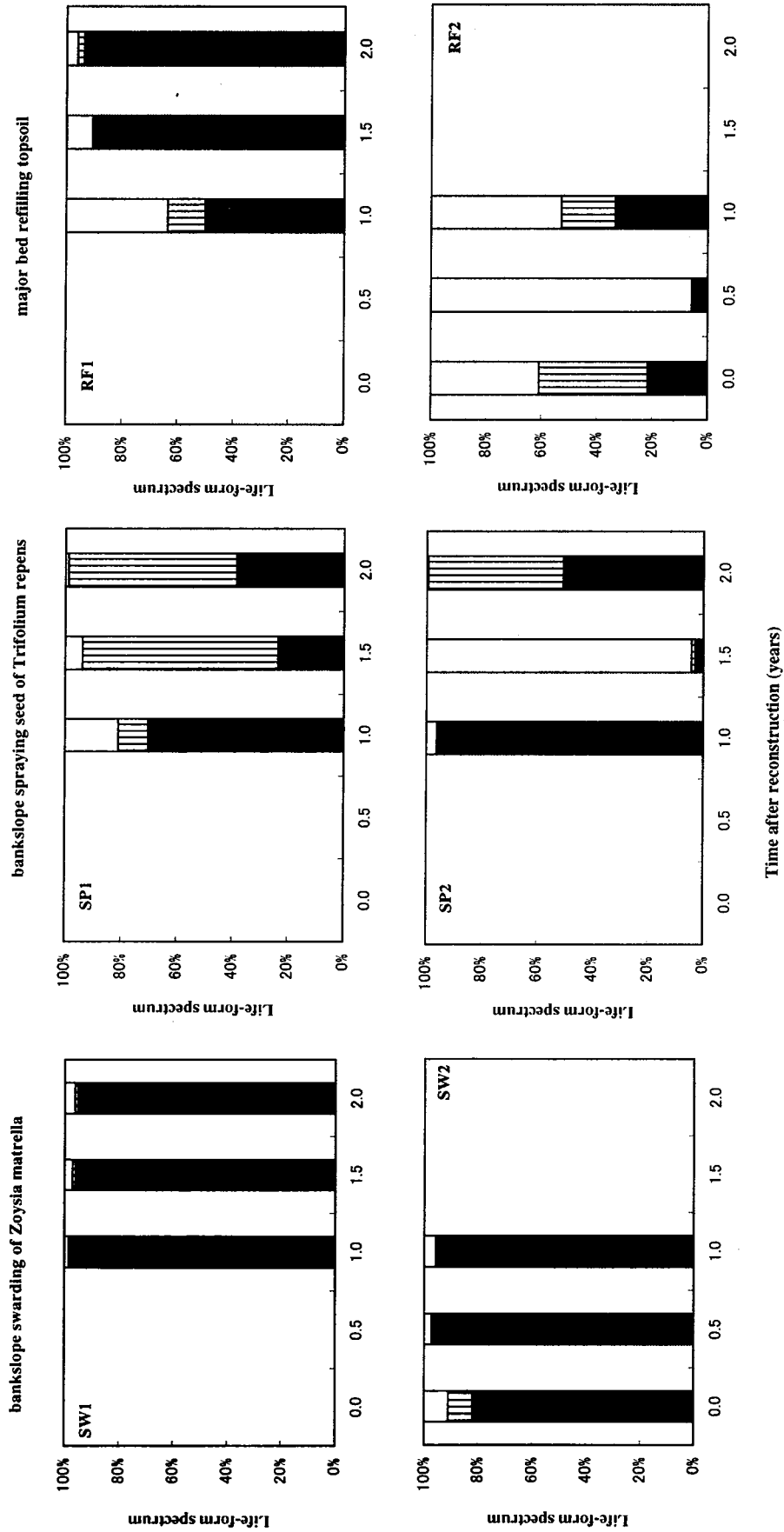
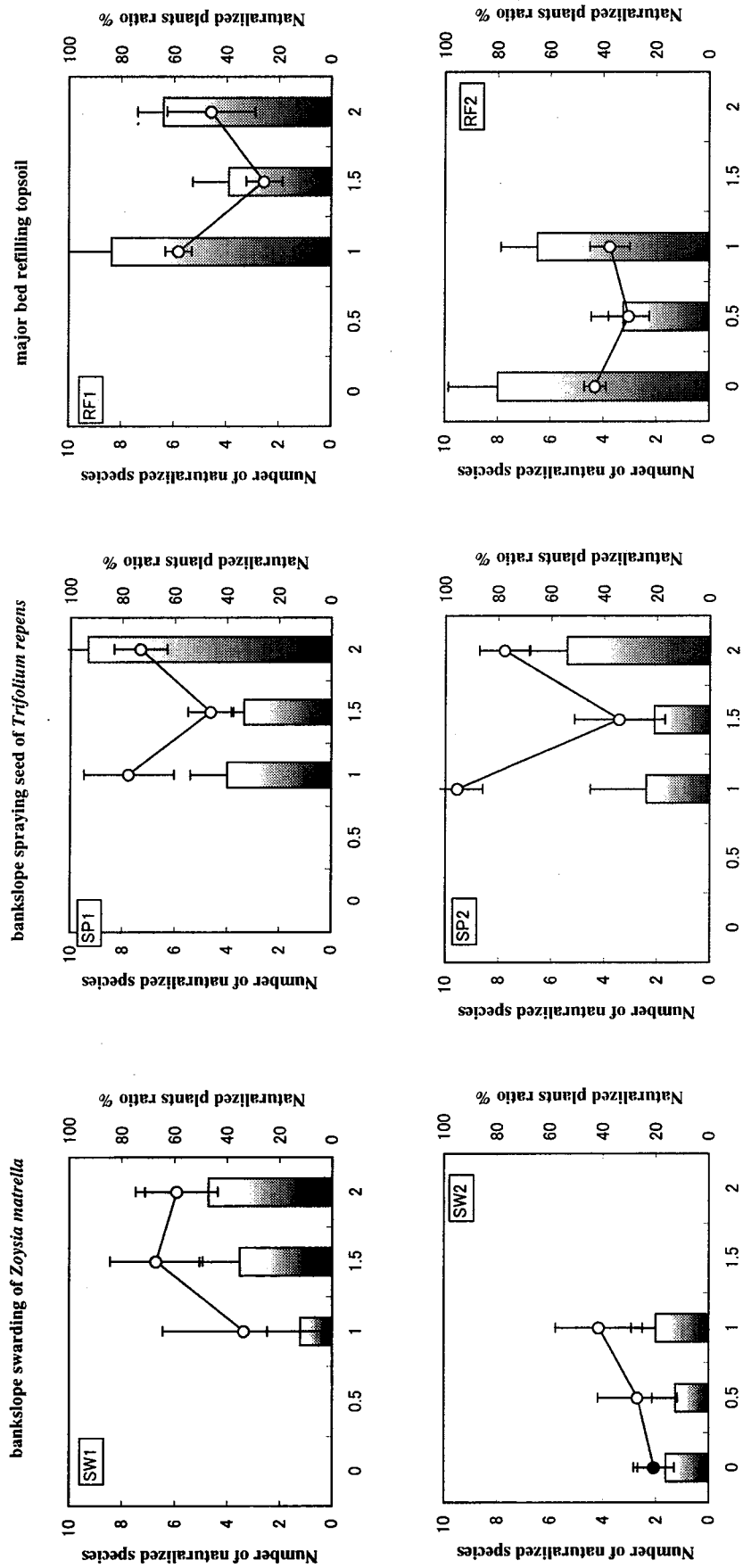


Fig. 3.7 Changes in life-form spectrum (Raunkiaer 1934) in each reconstruction type after improvement. Closed bar : perennial ; stripe bar : biannual ; open bar : annual.



Time after reconstruction (years)

Fig. 3.8 Changes in naturalized plants ratio and number of naturalized species in each reconstruction type after improvement. Bar graphs indicate number of naturalized species. Line graphs indicate naturalized plants ratio. Vertical bars represent ± 1 SD of the mean.

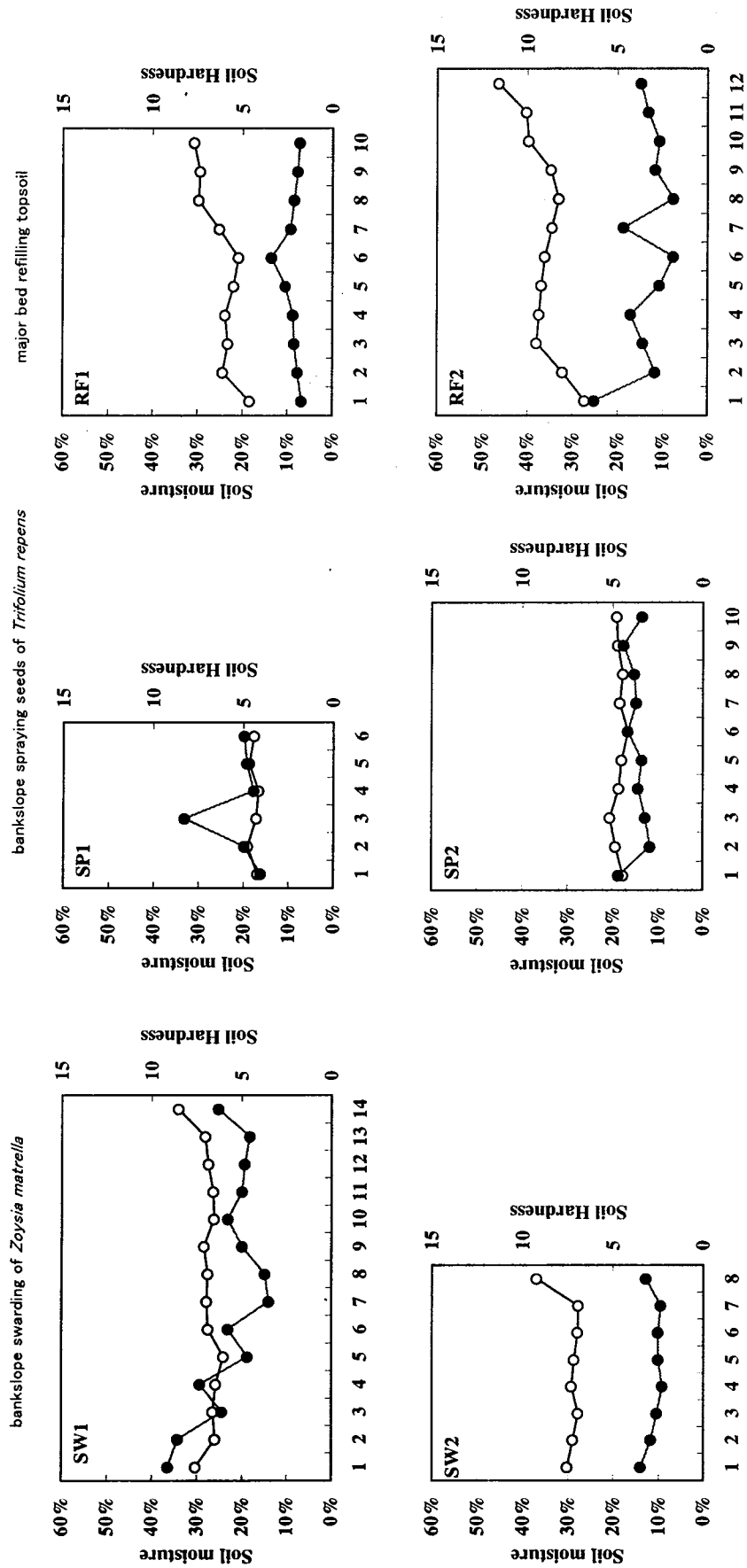


Fig. 3.9 Site condition in each plot. Open circle indicates soil moisture(%). Closed circle indicates soil hardness (kg/cm²).

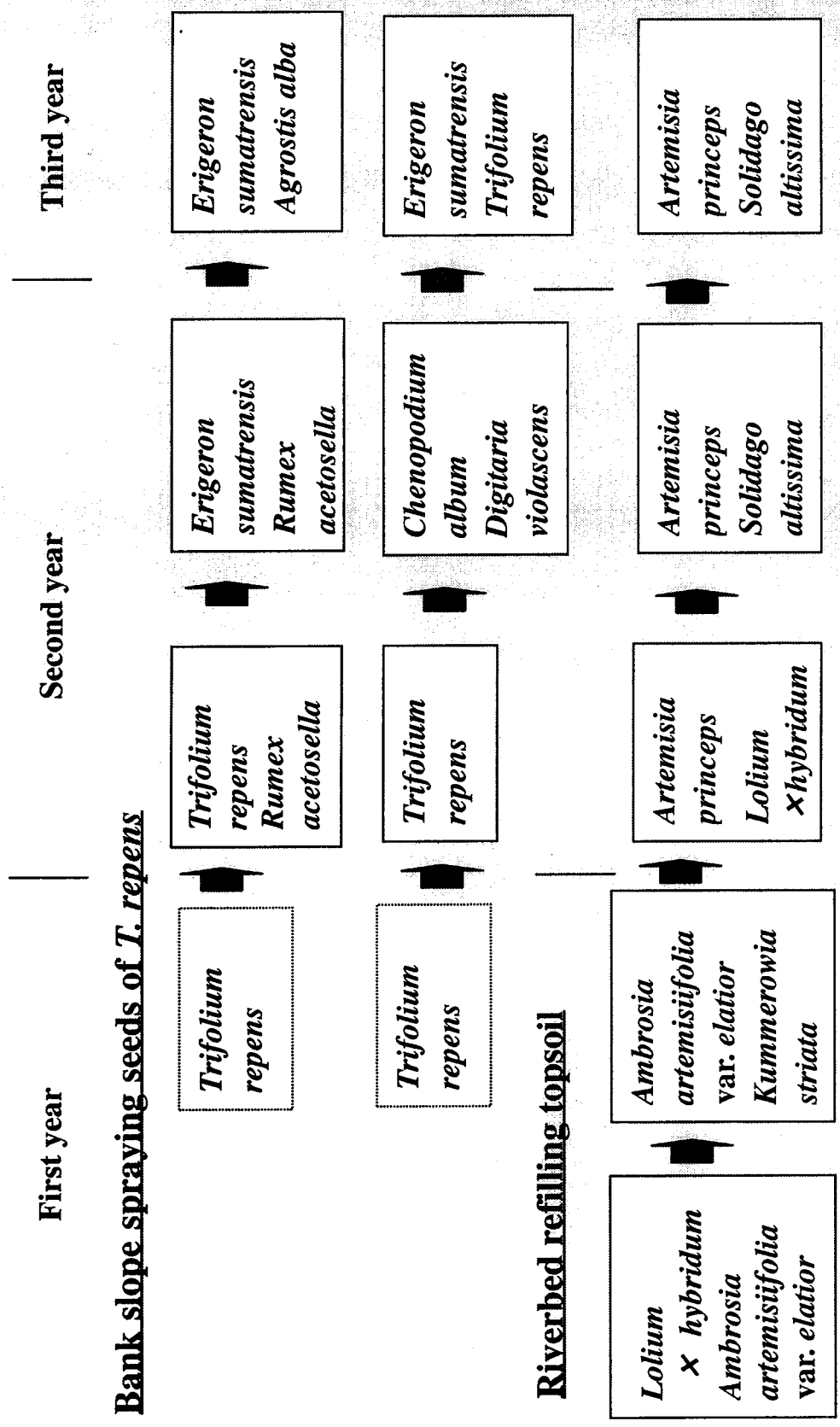


Fig. 3.10 Early stage of secondary succession in restoration site.

第4章 河川水際緑地の植生評価

4.1 はじめに

前章まで、河川緑地の法面と高水敷に生育する植物を主として対象としてきた。本章はさらに水辺に近づいて、河川緑地のうち水際植生を対象とする。ここでいう水際植生とは河川の平水状態で水面と接する部分（低水護岸）に生育する植生である。

自然状態に近い河川では、洪水により瀬や淵などとともに河川敷が形成される。この河川敷は洪水の規模により大きく形が変えられ、洪水という自然攪乱を持つことでより厳しい環境に対応した植物の生息が確認されている（奥田，1977；石川・石田，1986）。また近年、上流域での洪水調整施設・土砂流出調節施設の建設に伴い流量の安定化が進み、これら河川特有の生物のハビタット減少が危惧されている（倉本・井上，1996）。

都市中小河川においてはさらに洪水の調整は進み、都市域住民の生命と財産は守ることに主眼が置かれている。従って、大河川のような自然攪乱は起こりにくいものの、低水路を越えて高水敷まで冠水させる出水は毎年起こりうる。低水護岸はこうした出水から高水敷および堤防の土砂流出を守るため以前はコンクリート式護岸を設置していたが、河川景観上の配慮から石積護岸となり、近年は生物生息面を配慮して植物繊維ロール、木工沈床、蛇籠、空石積などを用いた護岸工法を採用している。

これらの低水護岸部分は、水分に関する環境傾度があるため自然河川においてはエコトーン（環境移行帯）と呼ばれ生物多様性の高い場所に該当する。本章では、水衝部分を除き”4～10年で土に還元する”ココナッツ繊維を用いた植生ロール（景観システム，1996）を低水路岸に設置した第一古川において、植生の回復状況について検討することを目的とした。

4.2 方法

4.2.1 調査地

調査は太田川水系第一古川の4k550～5k875区間で実施した。Table 4.1 に第一古川の施工年度別・施工方法別の整備延長を示す。河川整備は上流から順に工事は進んでおり、1997年度の第二修景工事（完成；1997年3月）では左岸・右岸の平均護岸延長は805mが施工された。同様に、1998年度の第三修景工事（完成；1998年3月）で230m、さらに1998年度の第四修景工事（完成；1998年6月）及び第五修景工事（完成；1999年3月）でそれぞれ70m、150mが整備され、平成11年現在、完成に向けて第六修景工事（完成予定；2000年3月）が施工中である。

この護岸延長のうち大半は前述の植生ロールを用いた植生護岸により整備されているが、流れの速い水衝部には空石積護岸が施工されている（Fig.4.1）。この調査対象護岸延長（片側換算1,230m）のうち植生護岸（Fig.4.2）は820m、排水口及び水衝部の空石積護岸は410mである（Table 4.1）。なお、この植生ロールに種子は混入されておらず、水辺に形成された水際植生は自然に発芽したものであることを聞き取りにより確認している。また、河川堤防管理（建設省北陸建設局、1987）では、高水敷の水路端の刈り取りは原則として行わないことになっており、人為的な管理が比較少ない場所と考えられる。

4.2.2 調査方法

調査区の設定方法は、以下の通りである。護岸線沿いに繁茂している植生について、相観として一様であると認識された範囲をひとつのパッチとしてみなし、パッチ内に方形区を原則として1カ所以上設けた。また護岸延長20m毎1カ所以上を原則としたが、調査時に刈

取り直後の場所は除いた。方形区は、護岸の陸上部分に1m×1mの大きさで設置した。そして方形区内に出現する植物種各々の被度，群度，植被率，最大植生高を測定した。調査時期は，古川の水辺草本群落の既存資料（安藤ら，1977）の調査時期に合わせて，1999年7月とした。

4.2.3 資料解析

上記により得られた合計36個の植生調査資料について，Morisitaの $C_{\lambda(p)}$ 指数（Morisita, 1959）により方形区間の植生類似度を求め，群平均法（Sneath and Sokal, 1973）によるクラスター分析を実施して，その結果から植生型を区別した。

ここでMorisitaの $C_{\lambda(p)}$ 指数は以下で与えられる。

調査区1, 2における種 i の植被率をそれぞれ p_{1i} (%), p_{2i} (%) とすると，

$$C_{\lambda(p)} = \frac{2\sum p_{1i} \cdot p_{2i}}{(\lambda_{1(p)} + \lambda_{2(p)})\sum p_{1i}\sum p_{2i}}$$

で与えられる。

ただし，

$$\lambda_{1(p)} = \frac{\sum p_{1i}^2}{(\sum p_{1i})^2}, \quad \lambda_{2(p)} = \frac{\sum p_{2i}^2}{(\sum p_{2i})^2}$$

である。

また帰化率・多様度・遷移度の算出は，前章と同様にして調査プロット毎に求めた。種多様性指数としては，Shannon-Weaver の H' を採用した。さらに，植生資料を DCA 法（Detrended correspondence analysis; Hill and Gauch, 1980）にしたがって序列化することにより，植生型・構成種を座標上に配列して比較した。

なお，クラスター分析，DCA 解析及び図化には，PC-ORD for Windows Ver3.20（MJM Software design 製）及び STATISTICA for

Windows (StatSoft. Inc 製) の解析ソフトを使用した。

4.3 結果

4.3.1 植生型の抽出

調査プロット 36 個に出現した種数は 97 種だった。クラスター分析によるプロット間の類似度を示すデンドログラムを Fig.4.3 に示す。これにより植生型は 7 群に区分された。これらの植生型を優占種により命名するとイヌビエ群落 (**Ec**)、アメリカセンダングサーイヌビエ群落 (**Bf-Ec**)、アメリカセンダングサーセイタカアワダチソウ群落 (**Bf-Sa**)、セイタカアワダチソウーヨモギ群落 (**Sa-Ap**)、セイタカアワダチソウーイ群落 (**Sa-Je**)、ミゾソバ群落 (**Pt**) 及びツユクサ群落 (**Co**) となる。高茎のセイタカアワダチソウが優占する群落 (**Sa-Ap**, **So-Je**) は第一古川の上流部に分布する。そして下流にゆくに従いアメリカセンダングサが優占する群落 (**Bf-Sa**, **Bf-Ec**)、そしてイヌビエ *Echinochloa crus-galli* が優占する群落 (**Ec**) の順に群落は分布した (Fig.4.4)。また、ミゾソバが優占する群落 (**Pt**) は施工年度に関係なく空石積護岸周辺に成立していた。

次に、すべての植生資料を用いて種別植被率により重みづけされる DCA 法によるプロットの序列化の結果を Fig.4.5 に示す。Fig.4.5 では、ミゾソバ群落 (**Pt**) は 1 軸と 3 軸の高い値 (右上) に集まった。クラスター分析で 1 プロットのみ単独の群落となったツユクサ群落 (**Co**) は 1 軸の中央、2 軸で低く 3 軸で高い値を示し、かなり孤立して位置づけられた。またイヌビエ群落 (**Ec**) は 1 軸上で低い位置に、次にアメリカセンダングサが優占する群落 (**Bf-Sa**, **Bf-Ec**) をはさみ、セイタカアワダチソウを有する群落 (**Sa-Ap**, **Sa-Je**) が集中している。さらにこれらセイタカアワダチソウが優占する群落は、2 軸と 3 軸を斜行する形でイを含む群落 (**Sa-Je**)、アメリカセンダングサを含む群落 (**Bf-Sa**) 及びヨモギを含む群落 (**Sa-Ap**) の

順に配列された。

クラスターの結果及び DCA1 軸の配列は、上流からのプロットの位置（施工年度）とほぼ対応しており（スピアマン順位相関-.79, $P < 0.001$ ），以下では施工年度別に区分した結果について述べる。この中で施工年度と大きく異なるプロット P23, P24 がある。

4.3.2 種組成

各施工年度別の調査結果を整理し、総合常在度表として Table 4.2 にまとめた。全施工年度にわたり観察される種群としてはアメリカセンダングサ、イヌタデ *Polygonum longisetum*、ヤハズソウ、オオイヌタデ *Polygonum lapathifolium*、ブタクサの一年草、ヨモギ、スギナ *Equisetum arvense* の多年草がある。

1998 年度に工事が完了した A, B 区間で多く観察された種としては、イヌビエ、ケアリタソウ *Chenopodium ambrosioides*、アメリカアゼナ *Lindernia dubia*、スカシタゴボウなどの水田に見られる一年草がみられ、工事後 4 ヶ月の A 区間のみで多く見られた種にはオオクサキビ、チョウジタデ *Ludwigia epilobioides*、タカサブロウ *Eclipta prostrata*、ヤノネグサ *Polygonum nipponense*、アキノエノコログサ *Setaria faberi* であった。

1998 年度夏前に工事が完了した B 区間（工事後 13 ヶ月）では、上記の共通種の他に、ヒメクグ *Cyperus brevifolius* var. *leiolepis*、タチスズメノヒエ *Paspalum urvillei*、ハツカ *Mentha arvensis* var. *piperascens*、アカメヤナギ *Salix chaenomeloides* の多年草や先駆木本種の侵入がみられた。また、A 区間を除く区間の共通種としては、ホウキギク *Aster subulatus*、コブナグサ *Arthraxon hispidus* の一年草に加えてオヘビイチゴ、クサイ、シロツメクサ、コウガイゼキショウ *Juncus leschenaultii* の多年草など路傍雑草が多く混じった。

1996 年度、1997 年度に施工された C, D 区間に共通する種としては、セイタカアワダチソウ、イ *Juncus effusus* var. *decipens* の多年草

があげられる。その中で、1997年度に工事完了したC区間（工事後16ヶ月後）を特徴づける種としては、オオアレチノギク、ヒエガエリ *Polypogon fugax*, カズノコグサ *Beckmannia syzigachne* の一年草、ホソムギ *Lolium perenne*, シマスズメノヒエ *Paspalum dilatatum* の多年草ある。1996年度に施工されたD区間（工事後28ヶ月後）では、ポントクタデ *Persicaria pubescens*, ミゾソバ, ツユクサ *Commelina communis*, の一年草とヒメクグの多年草で特徴づけられる。

これを模式図として表すと Fig.4.6 の通りとなる。

次に、施工年度別に植被率上位10種と平均種数を Table 4.3 に示した。施工後の年数が進むにつれて、平均種数に若干の減少傾向がみられる。A区間では上位10種がすべて一年草であり、イヌビエ、アメリカセンダングサ、ブタクサ、オオイヌタデ、チョウジタデが平均植被率5%以上であった。B区間では、シロツメクサ、ヒメクグ、タチスズメノヒエなどの多年草やアカメヤナギ（木本）が上位に入ってきている。C区間では、オヘビイチゴ、セイタカアワダチソウ、ヨモギの多年草が上位に進出し、D区間ではセイタカアワダチソウが優占種となり、イ、ミソハギの多年草、ミゾソバ（一年草）が上位に入っていた。

4.3.3 施工年度別の生活形組成・遷移度

植被率百分率による生活形の結果を施工年度別に Fig.4.7 に示した。多年草の割合は、施工後の月数に従い 5% (A), 33% (B), 51% (C), 62% (D) と増大していた。

帰化率は、種数帰化率・植被率帰化率ともに施工年度による大きな違いはなくそれぞれ 32~46%, 27~36%であった。ここでプロット毎の帰化種と出現種数関係をみると (Fig.4.8), 多少の変動はあるものの種数が多くなるにつれて帰化率はほぼ30%に落ち着くと考えられた。

遷移度は、アカメヤナギが侵入したプロットを持つ B 区間、D 区間で高くなった (Fig.4.9(a)). この木本種の影響を除いて遷移度を求めると (Fig.4.9(b)), 工事後の経過月数に従い 54 (A), 76 (B), 108 (C), 152 (D) と遷移度が高くなる傾向が見られた。

多様度は、施工年度に従い減少する平均種数の影響から若干の減少傾向は見られるものの変化は小さく、2.3~2.6 であった (Fig.4.10).

4.4 考察

下流域に特徴的な、アカメヤナギ、ミソハギ、ヤブマメが出現することからも太田川下流域の河川植生 (中越, 1982) といえる。群落としては、冠水草本群落のうち夏季から秋季に発達するオオクサキビーアメリカセンダングサ群団で、イヌタデ属が帯状に優占しオオクサキビーヤナギタデ群集とミゾソバが優占するミゾソバ群集からなる流水辺一年草本植物群落 (タウコギクラス) に属する (竹原, 1993) と考えられる。

帰化率は施行年度に関わらず 30%を示した。同様な工事が実施されたこと、1.4km 程度の距離の違いは水辺では現れないと考えられた。多様度も同様であった。遷移度は施行年度に沿って多年草の比率が高くなることにより、遷移度が高くなり遷移の進行が認められた。一部に木本種 (ヤナギ) が混入し遷移度をばらつかせたが、この影響を除くと、施行後 28 ヶ月で DS 値 120 程度の値となった。これらは 3 章でみられた表土埋戻工の DS 値 180 には及ばないものの有意な差ではないと考えられた。こうした河川整備後の水辺域における遷移度の研究は少ないと考えられるため、今後の資料的価値が高いと思われる。ただ、いずれもセイタカアワダチソウによる優占が進行している上、多様度の低下や遷移度の停滞の兆候が見られることは河川植生として望ましいものではないことに留意しなくてはならない。

今回の調査は施工方法が、植生護岸と空石積護岸の 2 タイプで、

施工年代が4区分の違いがあった。それを Morisita の類似度指数を用いてクラスター分析するとほぼ同じ施工年が種組成の面から群化された。DCA による序列化においても同様な結果が得られ、第1軸に対して流下方向に有意な関係がみられた。流下方向には、下流ほど河床が低いこと、流域内の排水が流れ込み水質が悪化することや概略的に土地利用の違いがあるなどの環境傾度が考えられるが、これは水路の形状まで変える河川整備が最も影響を与えた攪乱要因と考えて問題ないであろう。

従って、下流から上流に向けて遷移段階は進むと考えられ、その遷移課程は イヌビエ群落 (Ec) → アメリカセンダングサ群落 (Bf-Ec, Bf-Sa) → セイタカアワダチソウ群落 (Sa-Je, Sa-Ap) となっている。また、セイタカアワダチソウ群落は DCA の2軸と3軸を斜行する形で Sa-Je, Bf-Sa, Sa-Ap の3群落が並び、水分条件の違いがこの軸に関連することが予想された。

全体的に主となる種組成をみると、アメリカセンダングサ、ケイヌビエ、ポントクタデ、タカサブロウ、イヌタデ、ギシギシといったドブ川植物群落 (矢野, 1988) の構成種が目立つ。この群落は湿性の立地に成立する窒素植物群落であり、大量の肥料を使用する水田の溝や水洗便所を中心とした生活排水の影響により形成される。5章でみられるように、この周辺の農地はほぼ居住地化されており、窒素排出源は生活系の排水であると推測される。

上記のほかにも、セイタカアワダチソウ、オオクサキビなどのほかカタデ類、センダングサ類、ギシギシ類は好窒素性植物なので、水質の富栄養化した河川である (奥田, 1991) と判断される。事実、第一古川には上流の住宅団地からの生活雑廃水等が流入しており、親水型河川を標榜するには下水道の推進など水質の改善が早期に望まれる。この流水の富栄養化は帰化植物の繁茂の拡大要因となる (鷲谷・森本, 1993) ため、重要な課題である。

Table 4.1 Reconstruction length of each type of revetment and each completion year

Zone (completion year)	Side	Revetment type			Total
		vegetation	masonry	outfall	
A (March, 1999)	Left	80	20	0	100
	Right	127	20	12	159
	mean	104	20	6	130
B (June, 1998)	Left	77	23	0	100
	Right	21	21	0	42
	mean	49	22	0	71
C (March, 1998)	Left	181	33	11	225
	Right	148	80	0	228
	mean	165	57	6	227
D (March, 1997)	Left	447	326	24	797
	Right	457	343	14	814
	mean	452	335	19	806
Total	mean	769	433	31	1,233

Table 4.2 Presence of riverside vegetation in Daiichi-Furu River (1999)

plot	A	B	C	D			
month after construction	4	13	16	28			
number of plot	7	4	11	14			
mean species	17.0	17.8	16.2	14.3			
Species	Abbreviation	Lifeform					Japanese name
<i>Bidens frondosa</i>	BF	Th	V	V	V	IV	アメリカセンダングサ
<i>Artemisia princeps</i>	AP	H	V	III	V	IV	ヨモギ
<i>Polygonum longisetum</i>	Plo	Th	III	III	III	I	イヌタデ
<i>Equisetum arvense</i>	Ear	G	IV	I	I	IV	スギナ
<i>Kummerowia striata</i>	KS	Th	III	V	r	I	ヤハズソウ
<i>Polygonum lapathifolium</i>	Pla	Th	V	V	IV	III	オオイヌタデ
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elator</i>	AA	Th	III	IV	IV	III	ブタクサ
<i>Echinochloa crus-galli</i>	EC	Th	V	IV	r	r	イヌビエ
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	CA	Th	IV	III	r		ケアリタソウ
<i>Lindernia dubia</i>	LD	Th	IV	IV			アメリカアゼナ
<i>Rorippa islandica</i>	Ris	2Th	V	V	r	r	スカシタゴボウ
<i>Aster subulatus</i>	AS	Th	I	IV	V	I	ホウキギク
<i>Trifolium repens</i>	TR	H	r	V	V	I	シロツメクサ
<i>Arthraxon hispidus</i>	AH	Th	r	III	I	III	コブナグサ
<i>Potentilla kleiniana</i>	PK	H	r	I	V	I	オヘビイチゴ
<i>Juncus leschenaultii</i>	JL	HH	r	I	IV	r	コウガイゼキショウ
<i>Juncus tenuis</i>	JT	H		III	IV	I	クサイ
<i>Solidago altissima</i>	Sal	G	I	I	V	V	セイタカアワダチソウ
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipens</i>	JE	HH	r	I	V	IV	イ
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	Pdc	Th	V	I	r	I	オオクサキビ
<i>Ludwigia epilobioides</i>	LE	Th	V	I	r	r	チョウジタデ
<i>Eclipta prostrata</i>	EP	Th	V	I		r	タカサブロウ
<i>Setaria faberi</i>	SF	Th	III	I		r	アキノエノコログサ
<i>Polygonum nipponense</i>	PN	Th	III			r	ヤノネグサ
<i>Erigeron sumatrensis</i>	ES	2Th		I	IV		オオアレチノギク
<i>Paspalum dilatatum</i>	Pdl	H		I	III		シマスズメノヒエ
<i>Lolium perenne</i>	LP	H			III	r	ホソムギ
<i>Beckmannia syzigachne</i>	BS	2Th			III		カズノコグサ
<i>Persicaria pubescens</i>	Ppu	Th			r	III	ボントクタデ
<i>Polygonum thunbergii</i>	PT	Th		I	r	III	ミゾソバ
<i>Microstegium vimineum</i>	MV	Th	r	I	r	r	ヒメアシボソ
<i>Mentha arvensis</i> var. <i>piperascens</i>	MA	H	I	III	r		ハッカ
<i>Digitaria adscendens</i>	DA	Th	I	I	r		メヒシバ
<i>Cyperaceae sp1.</i>	Cs1	UN	r	I	r		スゲsp1
<i>Commelina communis</i>	Cco	Th	I		r	III	ツユクサ
<i>Phalaris arundinacea</i>	PA	H	r		r	I	クサヨシ
<i>Cyperus microiria</i>	CM	Th	r		r	r	カヤツリグサ
<i>Cyperus globosus</i>	CG	H	I	I			アゼガヤツリ
<i>Rumex japonicus</i>	RJ	H	I		r		ギンギン
<i>Amphicarpaea trisperma</i>	AT	Th	r		I		ヤブマメ
<i>Poaceae sp2.</i>	Ps2	UN	III			r	イネ科sp2
<i>Polygonum perfoliatum</i>	Ppe	Th	I			I	イシミカフ
<i>Mosla dianthera</i>	MD	Th	r			r	ヒメジソ
<i>Leptochloa chinensis</i>	LC	Th	r			r	アゼガヤ
<i>Erigeron annuus</i>	Ean	2Th	r			r	ヒメジョオン
<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	CB	H		III		III	ヒメクグ
<i>Paspalum urvillei</i>	PU	H		III		r	タチスズメノヒエ
<i>Salix chaenomeloides</i>	SC	MM		IV	r	I	アカメヤナギ
<i>Ranunculus quelpaertensis</i>	RQ	H	I	I	I	I	キツネノボタン
<i>Cynodon dactylon</i>	CD	Ch		I	r	I	ギョウギンバ
<i>Cyperus compressus</i>	Ccp	Th		I	r		クグガヤツリ
<i>Rumex acetosa</i>	RA	H		I	r		スイバ
<i>Polypogon fugax</i>	PF	Th			III	r	ヒエガエリ
<i>Carex olivacea</i>	CO	HH			r	r	ミヤマシラスゲ
<i>Rorippa indica</i>	Rid	Th			r	r	イヌガラシ
<i>Agropyron kamoji</i>	AK	H			r	r	カモジグサ
<i>Oenanthe javanica</i>	OJ	HH			r	r	セリ
<i>Stellaria aquatica</i>	Saq	H		I			ウンハコベ
<i>Poaceae sp1.</i>	Ps1	UN				I	イネ科sp1
<i>Helianthus tuberosus</i>	HT	G				I	クワイモ
<i>Lythrum anceps</i>	LA	HH				I	ミンハギ

Species in this table appeared more than 3 plots in the investigation site. Presence class (V:>80%, IV:60-80%, III:40-60%, II:20-40%, I:5-20%, r:<5%) (Suzuki et al,1985) Life-form ; Th: Therophyten, G: Geophyten, H: Hemicryptophyte, HH: Helophyte and Hydrophyte, Ch : Chamaephyte, M :Microphanerophytes, UN : unknown (Raunkiaer, 1934)

Table 4.3 Top ten of dominant species in each zone (Daiichi-Furu River, 1999)

Zone	A	B	C	D											
Time after reconstruction (month)	4	13	16	28											
Rank	Species	Lifeform	Coverage	Species	Lifeform	Coverage	Species	Lifeform	Coverage	Species	Lifeform	Coverage			
1	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Th	15.3	<i>Bidens frondosa</i>	*	Th	30.3	<i>Bidens frondosa</i>	*	Th	13.1	<i>Solidago altissima</i>	*	G	19.7
2	<i>Bidens frondosa</i>	Th	15.1	<i>Trifolium repens</i>	*	H	19.3	<i>Potentilla kleiniana</i>		H	11.1	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipens</i>		HH	16.9
3	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	*	10.1	<i>Polygonum lapathifolium</i>		Th	15.0	<i>Solidago altissima</i>	*	G	9.4	<i>Polygonum thunbergii</i>		Th	14.5
4	<i>Polygonum lapathifolium</i>	Th	8.0	<i>Echinochloa crus-galli</i>		Th	12.5	<i>Trifolium repens</i>	*	H	8.8	<i>Lythrum anceps</i>		HH	7.5
5	<i>Ludwigia epilobioides</i>	Th	5.8	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>		H	10.0	<i>Commelina communis</i>		Th	7.3	<i>Bidens frondosa</i>	*	Th	7.0
6	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	*	4.7	<i>Paspalum urvillei</i>	*	H	6.3	<i>Artemisia princeps</i>		H	7.0	<i>Salix chaenomeloides</i>		MM	5.1
7	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	*	3.7	<i>Salix chaenomeloides</i>		MM	5.5	<i>Polygonum thunbergii</i>		Th	5.5	<i>Misscanthus sinensis</i>		H	5.0
8	<i>Cyperus difformis</i>	Th	3.0	<i>Polygonum thunbergii</i>		Th	5.0	<i>Polygonum lapathifolium</i>		Th	4.2	<i>Persicaria pubescens</i>		Th	4.4
9	<i>Eclipta prostrata</i>	Th	2.9	<i>Aster subulatus</i>	*	Th	3.0	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	*	Th	2.8	<i>Artemisia princeps</i>		H	4.2
10	<i>Setaria faberi</i>	Th	1.7	<i>Lindernia dubia</i>		Th	2.8	<i>Phalaris arundinacea</i>		H	2.7	<i>Festuca arundinacea</i>	*	H	3.6
Number of plots	7	4	7	11	14										
mean species	18.7	18.8	16.9	14.6											
mean coverage	67	80	78	93											
mean community height	75	100	124	135											

The asterisk after species name denote naturalized species. Life-form : Th : Therophyten, G : Geophyten, H : Hemicytrophyte, HH: Helophyte and Hydrophyte, Ch : Chamaephyte, M :Microphanerophytes (Raunkiaer, 1934)

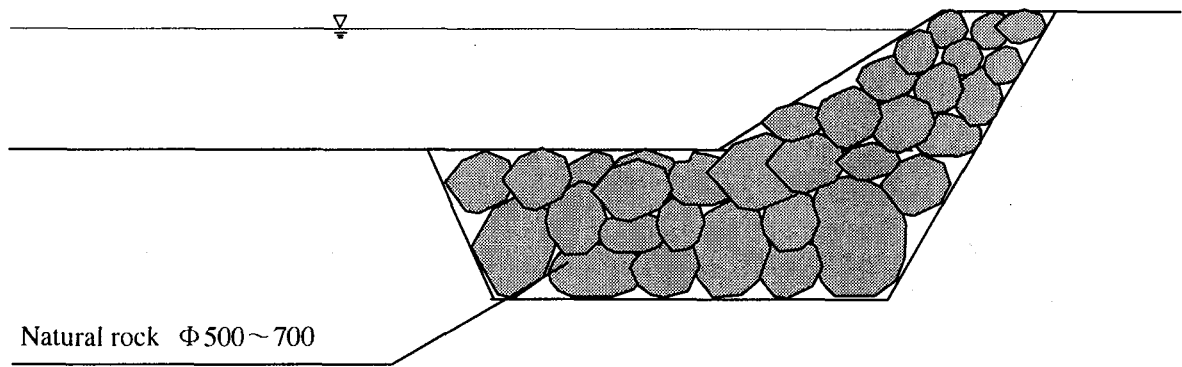


Fig. 4.1 River cross section by masonry revetment

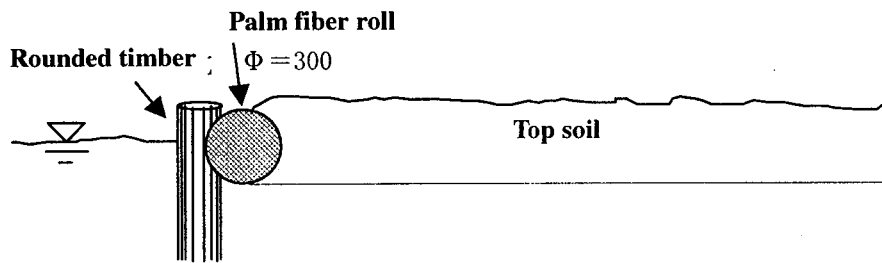


Fig. 4.2 Revetment of vegetation type

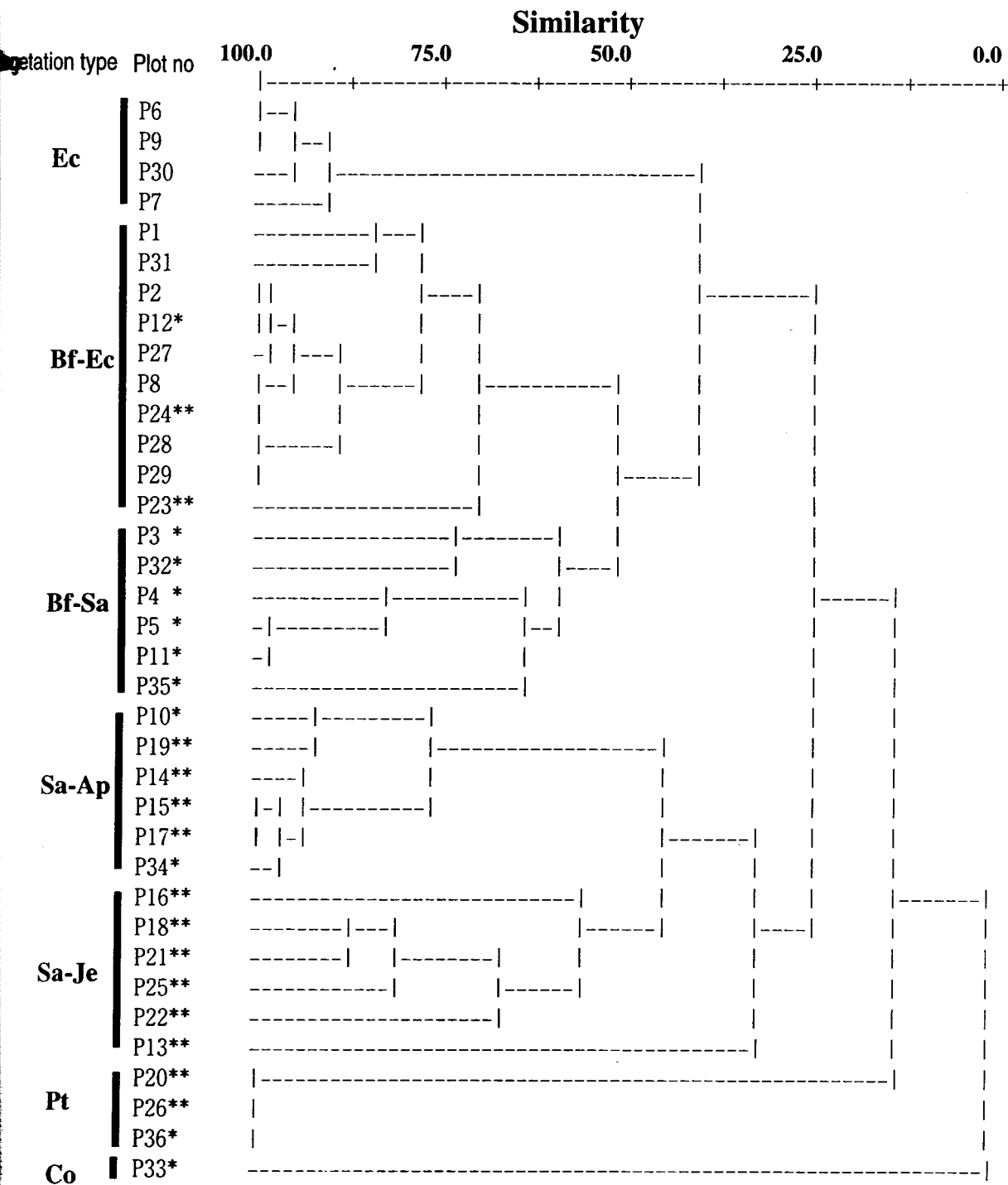


Fig.4.3 Dendrogram obtained by weighted group average cluster analysis using data for vegetational similarities among all quadrates. Similarities were calculated by MORISITA(1959)'s index $C \lambda (p)$. The stands marked are as follows: none; 1 year after construction, *; 2 year after construction, **; 3 year after construction. The 7 vegetation types are as follows: **Ec**; *Echinochloa crus-galli* community, **Bf-Ec**; *Bidens frondosa-Echinochloa crus-galli* community, **Bf-Sa**; *Bidens frondosa-Solidago altissima* community, **Sa-Ap**; *Solidago altissima-Artemisia princeps* community, **Sa-Je**; *Solidago altissima- Juncus effusus var. decipens* community, **Pt**; *Polygonum thunbergii* community, **Co**; *Commelina communis* community.

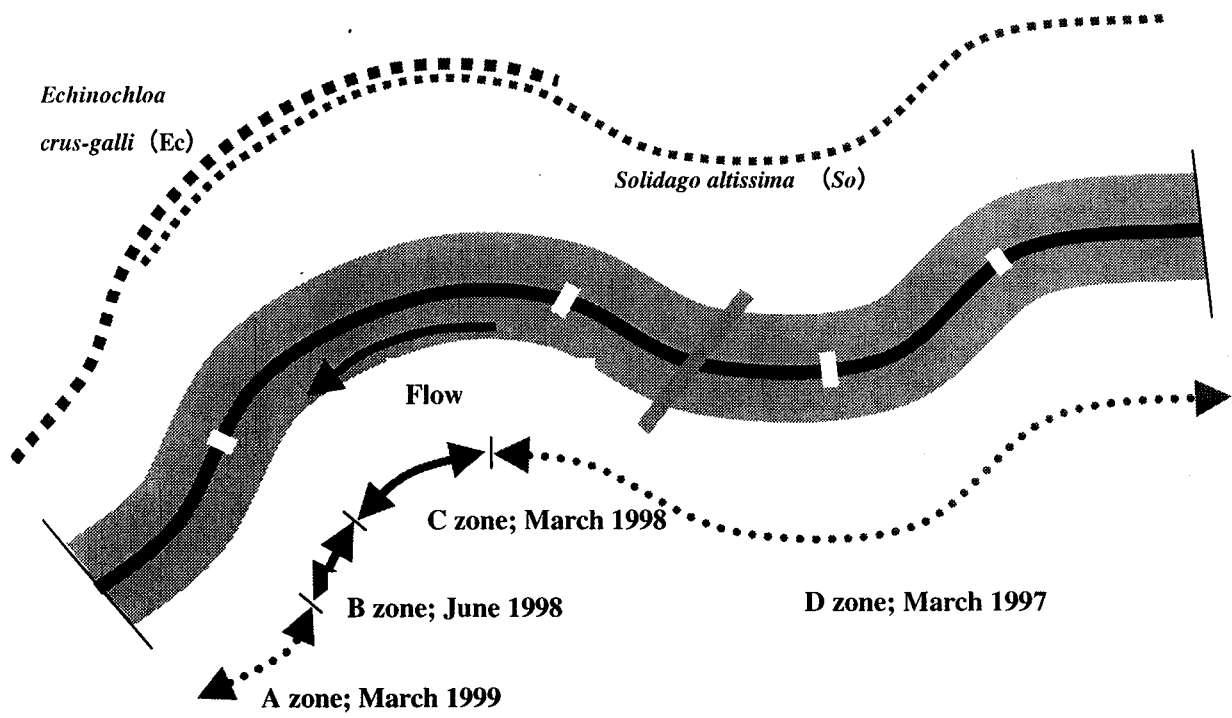


Fig. 4.4 Distribution of dominant vegetation and completion time of river reconstruction along riverside of Daiichi-Furu River

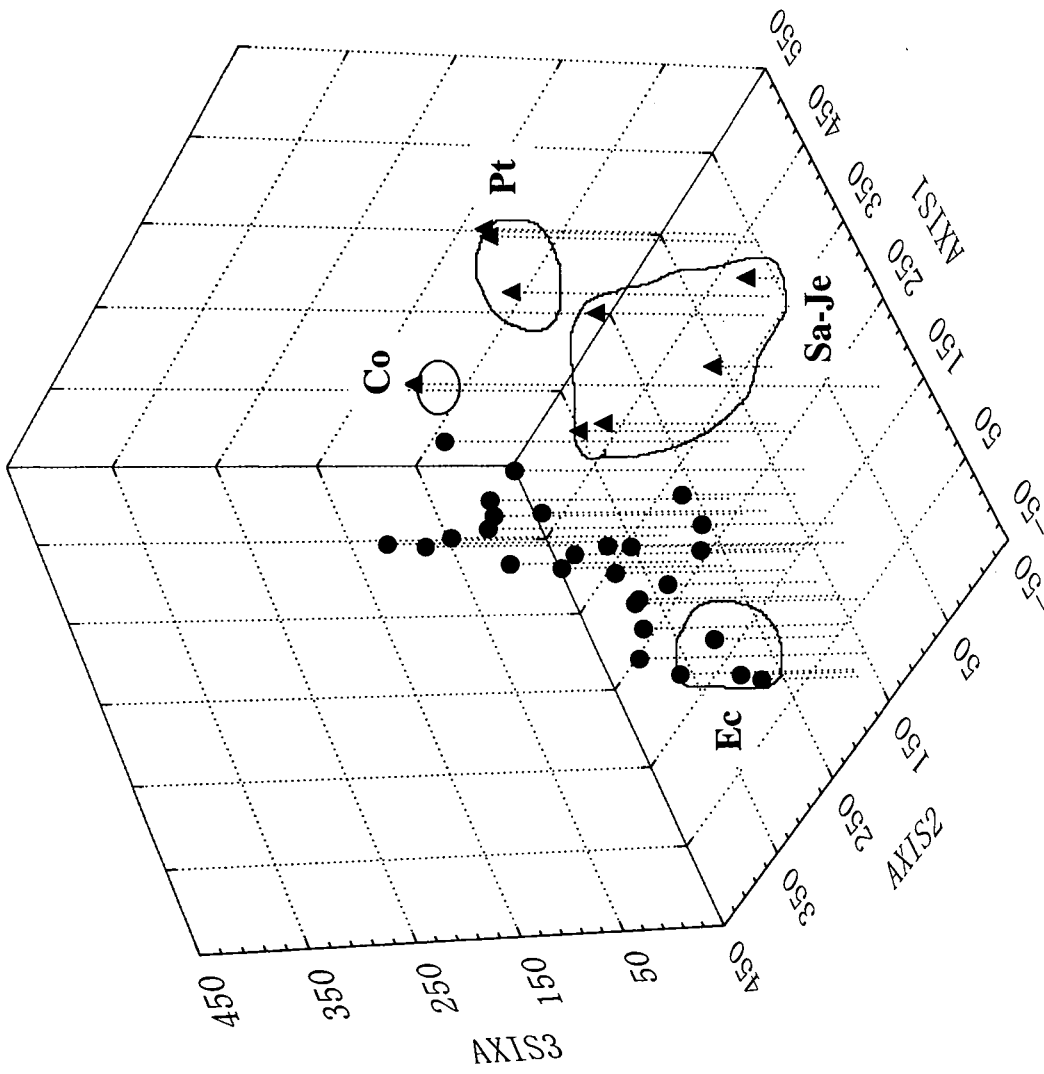


Fig. 4.5 DCA ordination diagram of all plot

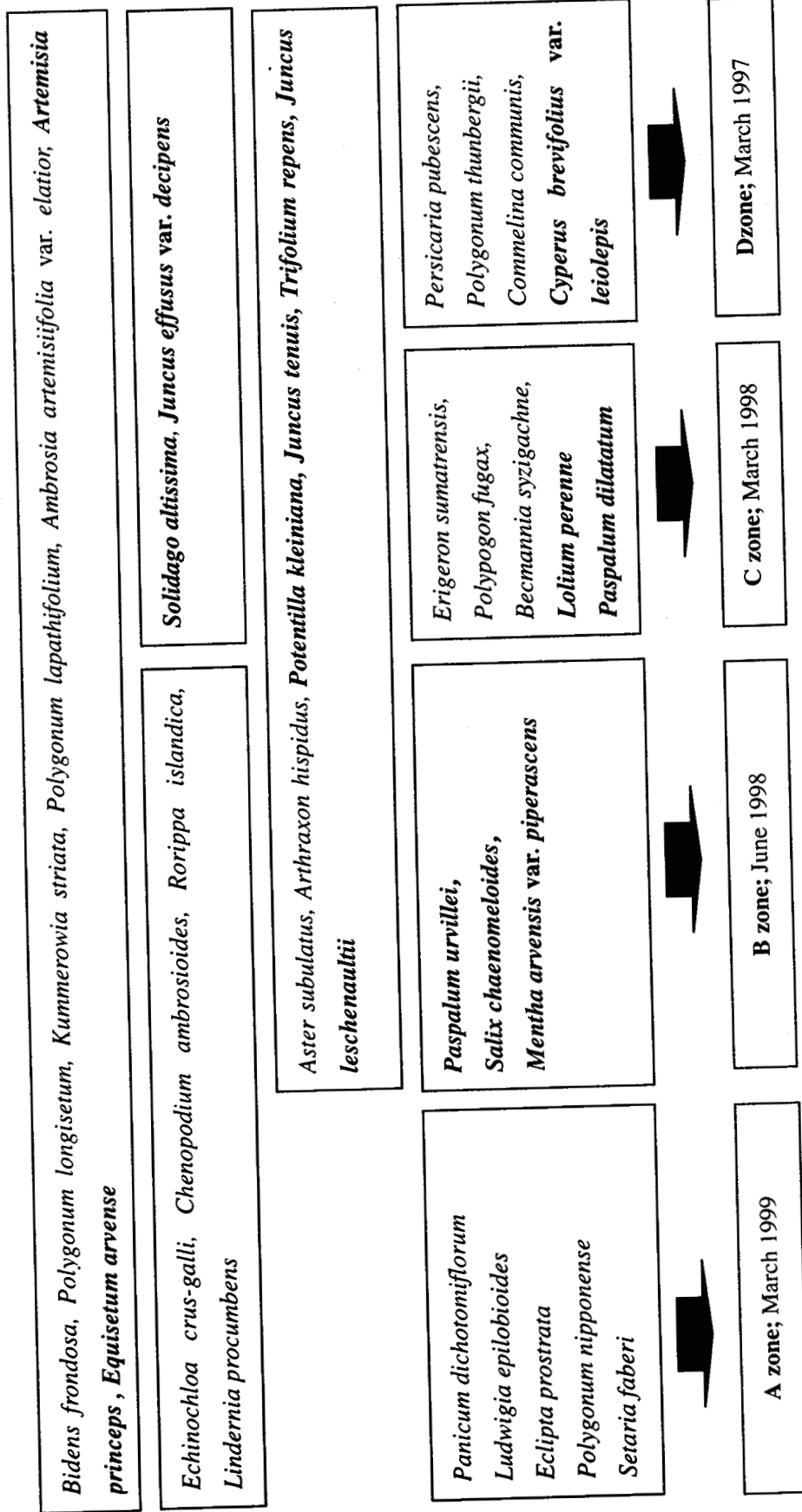


Fig. 4.6 Pattern of typical species in each zone. Bold letter for species names show the perennial species

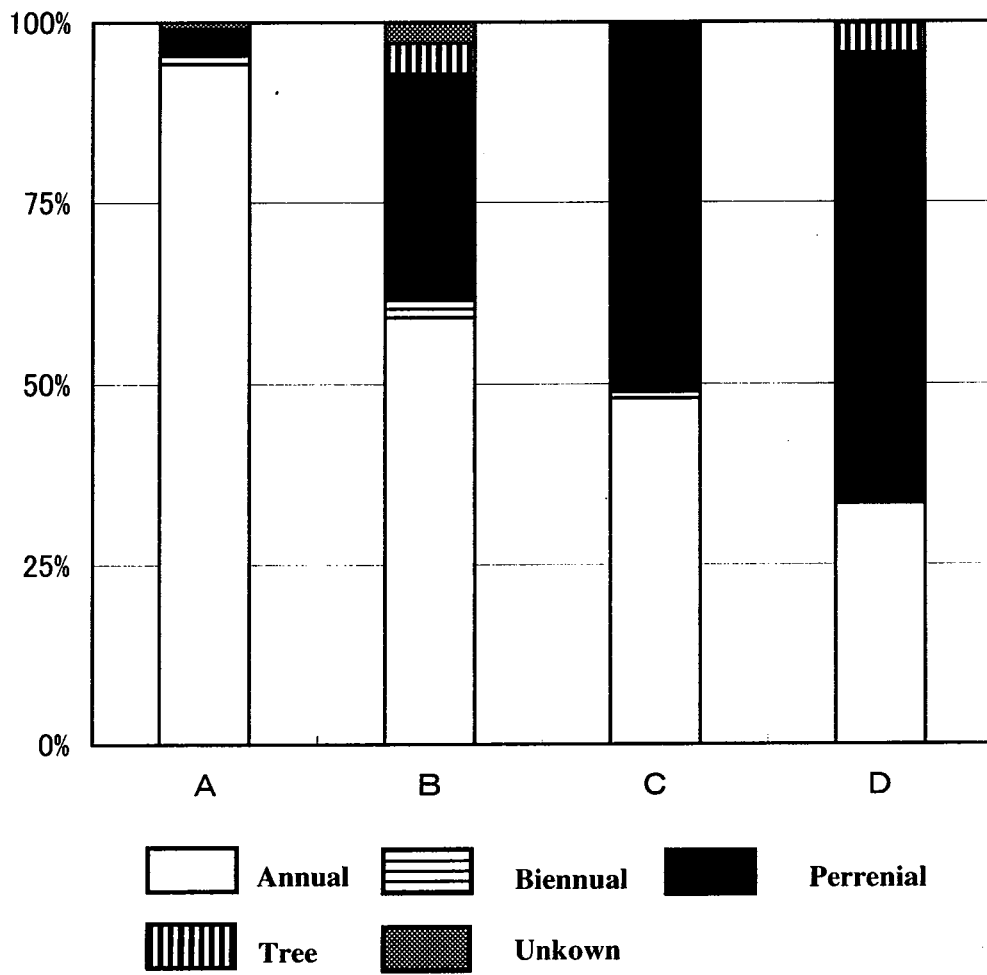


Fig. 4.7 Changes in life-form spectrum in each zone

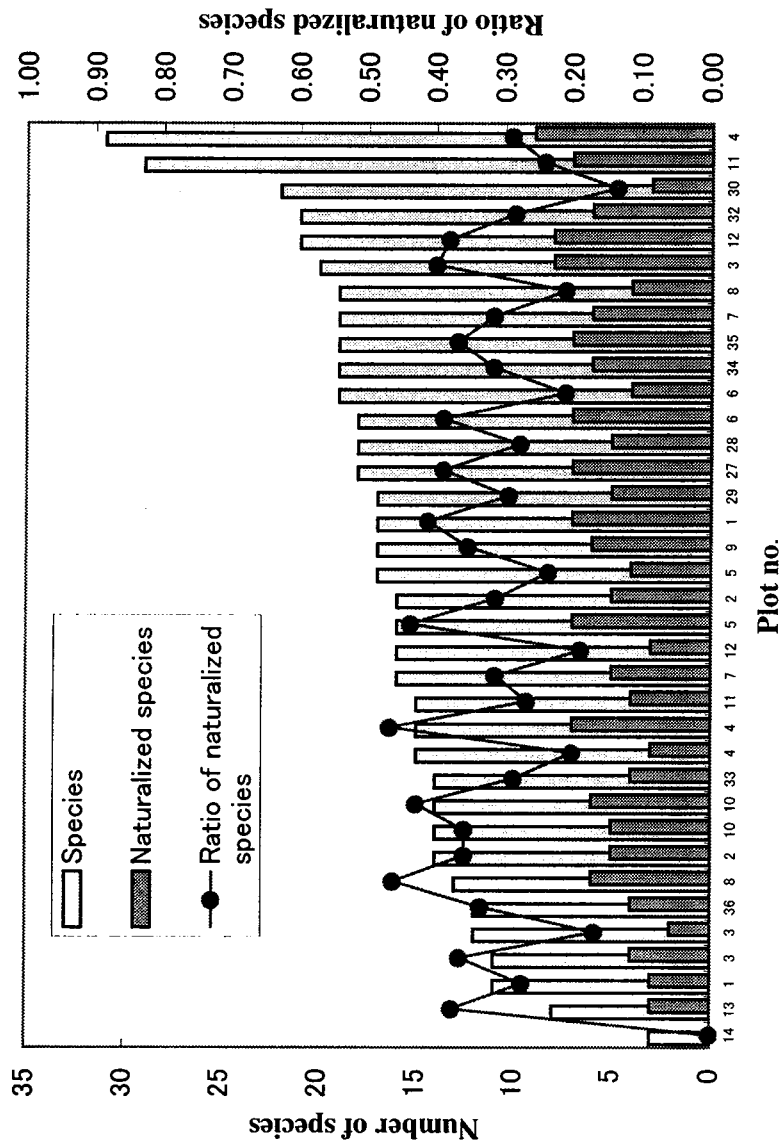


Fig. 4.8 Ratio of naturalized species in ecotone

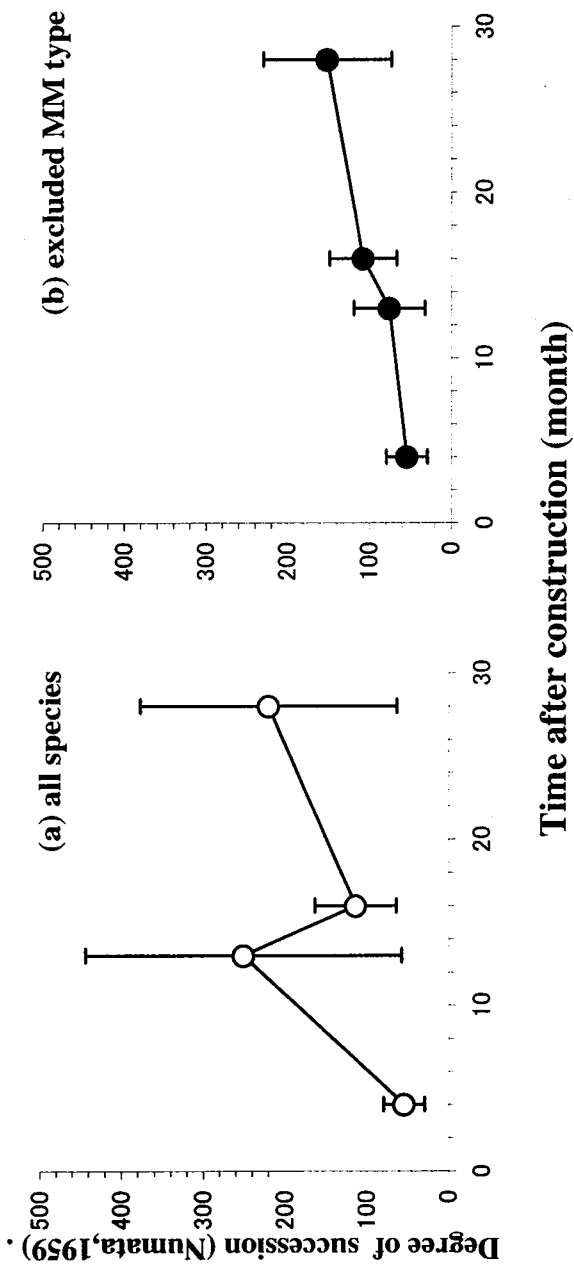
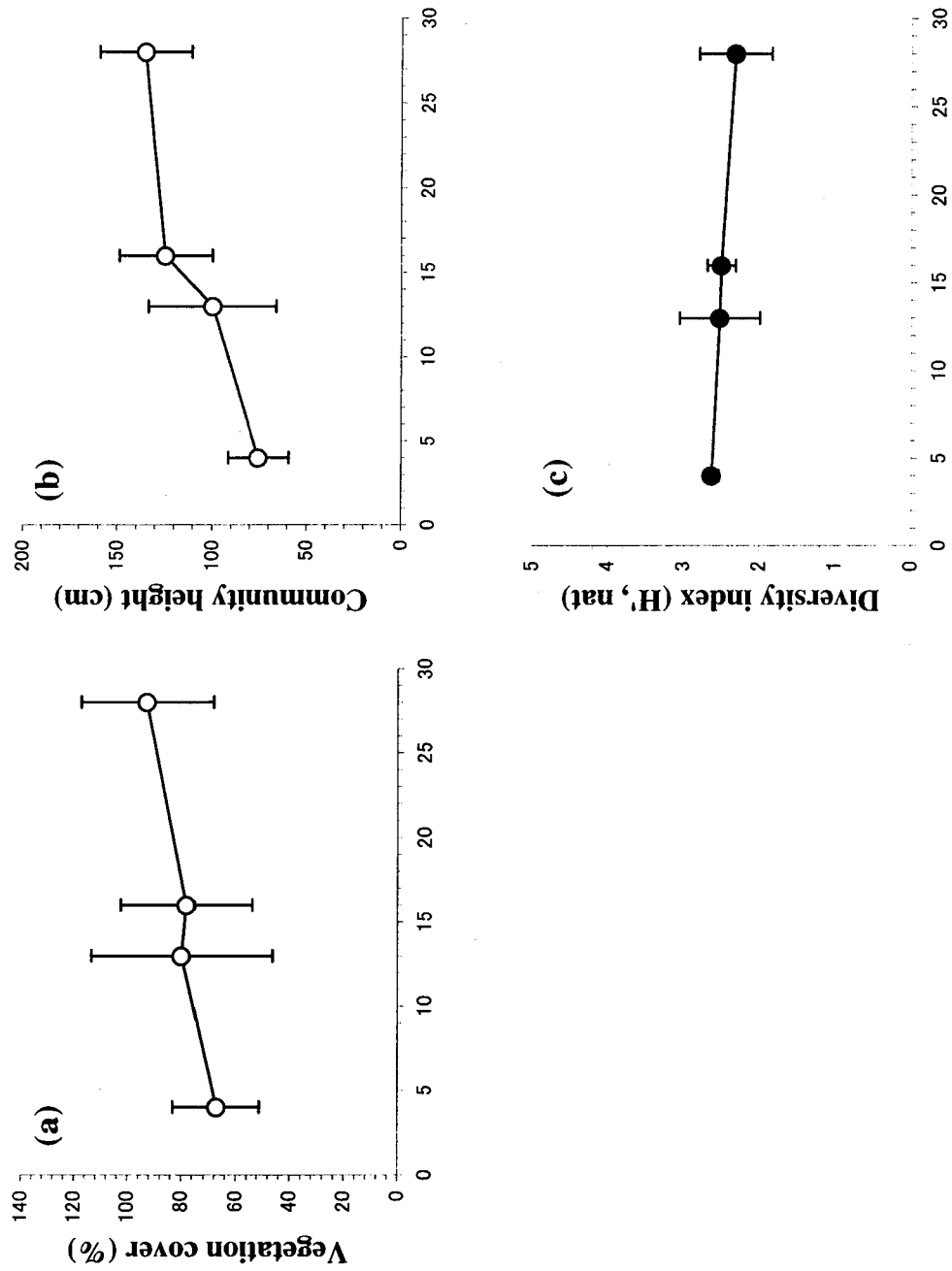


Fig.4.9 Temporal changes of degree of succession



Time after construction (month)

Fig.4.10 Successional changes of riparian community characteristics (a) vegetation cover; (b) community height; (c) diversity index. Vertical bars represent SD of the mean.

第5章 河川緑地における植生評価技術の検討

本論文の2~4章では、植物生態学のアプローチに重点を置いて植生の評価を実施してきた。本章では少し視点を変えて景観生態学的観点から検討を行う。まず始めに、河川緑地が形成されるまでの植生景観の変化と構造について景観レベルを取り扱う景観生態学的手法により検討を行う。次に河川緑地を利用する動物相のうち鳥類の生息場所としての評価を試行する。

5.1 河川緑地の景観生態学的評価

5.1.1 はじめに

景観とは“生物群集、環境そして人間に配置された人工的な造形を基礎に置く”空間概念である(Naveh and Lieberman, 1984)。初期においては、気候や地形のような自然環境の営力により形作られるが、人為攪乱の強度により影響され大きく変化する(Forman and Godron, 1986)。景観を見るとき、生物群集(特に植物群落)、背景としての自然状況、そして人間活動のインパクトの可視的なグループを考慮することなく我々は景観を理解することはできない(Turner and Ruscher, 1988)。

河川は流水により多くの無機物・有機物が供給されるだけでなく、梅雨期及び台風時には洪水(増水)により流路や地形が変動するという陸域でもっとも自然の営力を受けうる場所である。しかし、人間の生息環境をこの洪水から守ることを目的として、都市域を中心として地形の変化が起こらないよう河川整備が進められており、極度に都市化された地域での河川整備は、洪水排水量の限界まで流路幅を狭めて居住地を確保するに至っている。

自然の営力で形成された河川緑地が都市化の進展に伴い景観がどう変化するだろうか。日本において都市化域の景観構造の空間的時

間的变化を調査した例は多くない (e.g. Ohsawa and Da, 1987). Osawa and Da (1987) は、都市化地域の森林パッチの景観構造と景観変化を系統的に報告している。これは流域を単位としたマクロスケールの森林域を対象としたものであり、河川緑地の景観構造を明らかにした研究ではない。従って河川の流路や街路程度の道路の形状が判断できる 1 万分の 1 のスケール以下で河川緑地が都市化によりどう変化するのかについては多くの知見はない。

河川整備という人為的攪乱は都市化により発生しているが、大河川がほぼ河川整備された今、都市化が河川緑地の景観構造に与える影響を把握するには都市化が進行しつつある中小河川を対象とすることになる。本研究では、広島都市圏の拡大に伴い竹林を含む河畔林を有していた河川緑地を対象として、(1)社会経済的な背景と関連した都市化域の土地利用変化のパターンとプロセス、(2)都市化が進行している地域の河川緑地の時間的变化に注目した景観構造の特性を把握することを目的とした。

5.1.2 調査方法

調査地

調査地は一級河川太田川支流古川のうち土地区画整理事業区域にほぼ等しい古川旧堤防内の昭和大橋上流域とした。調査対象面積は約 72ha である。この古川旧堤防内は、1609 年の大洪水まで太田川の本流が流れていた場所であり、1969 年の太田川堤防工事が完成するまで洪水時には太田川の計画高水量の 1/4 を排水していた。この太田川堤防締切工事により主流から古川は切り離され、調査対象区域は巨大な遊休地となった。洪水の度に浸水するだけでなく、3m 以上となる堤防の存在が人の交通を阻み、空間を分離したことから旧堤防内は主に畑として利用されていた。この畑では肥沃な土壌を利用して主に広島菜が栽培され、名産地となった。

太田川締切工事の 2 年前の 1967 年に国道 54 号佐東バイパス完成

に伴い土地利用は徐々に変化した。中古車屋、自動車販売店などの多くの郊外型の店舗が、竹藪を含む河畔林を切り開いて建設された。

1987年からの土地区画整理事業の事業着手に従い、多くの住宅地、公園、舗道、商業地が建設されるなど都市化が急激に進展している。この古川地区土地区画整理事業は2000年を完成目標としており、国道54号の拡幅（6車線化）、古川のうち第一古川の河川整備を建設省で実施するほか、広島市が街路・宅地・公園の整備を行うものである。調査を実施した1996年の段階では宅地の整備途中であり、第一古川も全四期工事のうち第二期工事が着手されたばかりであった。

調査方法

土地利用図の作成

景観の変化を調べるために土地利用図を1:10,000の縮尺で作成した。土地利用図作成手順は、以下の通りである。

- (1)1991年作成の広島市都市計画図（白図、縮尺1:2500）を基に1997年12月に野外調査実施して土地利用の凡例を設定し、1997年の土地計画図を作成した。
- (2)その凡例に基づき、1981年、1988年そして1995年の空中写真を用いて土地利用型を写真判定し、土地利用図を作成した。
- (3)最後に、安藤ら（1977）が作成した3つの異なる時期（1966、1972、1976）の植生図を用いて上記凡例に基づく土地利用図を作成した。

土地利用の凡例は、1:河畔林、2:草地、3:農耕地、4:公園植栽地、5:(裸地を含む)居住地そして6:その他(河川)とした。なお、土地利用パッチの最小サイズは土地利用図上で1mm×1mmとした。

景観要素別面積周長の計測

上記で作成された土地利用図のうち1976年、1995年及び1997年

基にして電子プラニメータ (PLANIX5000; TAMAYA 社製) を用いて緑地空間に関連した土地利用型 (河畔林, 草地, 耕作地及び公園植栽地) の土地利用パッチごとにパッチの面積・周長の計測した。面積・周長は土地利用図の年代別・凡例別に集計した。また, これらの値から形状指数 (平均周長を同じ面積の円の周長で割った値; Forman and Godron, 1986) を算出した。

5.1.3 結果

景観動態

調査地の土地利用図を Fig.5.1(1)~(3)に示す。これらの年代に沿って比較することにより, 河畔林と農耕地が減少し居住地が増大してゆく様子がわかる。これらから作成した土地利用図の年代間において都市化の進展があることが判定できる。

次に, 1966年以降における土地利用型の相対優占率の変動を Fig.5.2に示す。この図より調査対象地の土地利用の変化には2つの都市化の局面があることがわかる。第1段階 (1966年から1976年の間) での土地利用の変化は, 農耕地をあまり減少させることなく, 河畔林が減少し居住地が徐々に増加した。この段階において居住地の優占率は1966年の17%から1976年の49%に増大した。この結果, 調査対象地は農耕景観から郊外景観へと変化したと考えられる。

第2段階 (1988年から1997年の間) では, 農耕地が急速に減少し, 居住地が急激に増大した。この間に居住地の相対優占率は1988年の41%から1997年の82%に増大した。この結果調査対象地は, 郊外景観から, さらに都市景観へと変化したと捉えられる。

緑地関連パッチの景観特性

1976年, 1995年及び1997年間の緑地空間に関連した土地利用型 (河畔林, 草地, 耕作地及び公園植栽地) の景観特性を Table 5.1 (パッチ数とパッチ規模), Table 5.2 (平均周長と形状指数) に示した。

Table 5.1 より、合計パッチ数と合計平均パッチ規模の両方とも、1976年－1997年の間に減少したことがわかる。これは、緑地空間に関するパッチの“減少”を意味する。河畔林と草地は、この全体の傾向と同じ傾向を示し変化した。しかし、農耕地については規模が減少し、数が増大するという結果となった。これは農耕地パッチが“分断化”されたと考えられた。さらに、公園植栽地は数が増加するものの規模に殆ど変化がなかった。これは、公園植栽地が“拡大”したことを意味すると考えられた(Fig.5.3)。

パッチの平均周長と形状指数では、緑地関連土地利用全体で見ると平均周長が減少し形状指数が殆ど変化しない結果となった。これは、形状は変化せず小さくなるという“縮小化”と考えられる。Table 5.2で全体として大きく異なる傾向を示したのは、河畔林であった。河畔林は、パッチ規模が減少したにもかかわらず、形状指数が増大していた。

5.1.4 考察

調査対象地の周辺の土地利用履歴データを Table 5.3 に示す。調査対象地の土地利用は広島市の北部の都市化に伴って変化している。第1段階の期間中、1967年の道路橋梁の完成に伴い徐々に土地利用は変化した。中古車屋、自動車販売店の様な郊外型の多くの店舗が、竹藪を含む河畔林に建てられていた。第2段階の期間中、土地区画整理事業（1987年～）の進展に従い急速な変化が起こった。その変化は多くの住宅地、公園、街路、商業地の建設を導き、対照的に農業地は極めて減少した。これより第1段階は自然の都市化、第2段階は計画的な都市化と説明できる。

都市化により居住地が増大することは当然の現象である。しかし、＜自然の都市化＞と＜計画的な都市化＞においては、居住地の増加する早さとパターンに違いが見られた。今回の調査では量的な関係を捉えることが出来ていないが、＜自然の都市化＞においては、河

畔林から商業施設、公共施設、農耕地への変化が見られた。これは、単価が低い土地が変化しやすい土地となり、生産性の高い土地利用へと推移していることが想定される。また、＜計画的な都市化＞においては、道路密度が高くなることにより、居住地が加速的に増大する様子が読みとれる。ここで辛うじて細長い形状の河畔林が残ったことは計画的に残された可能性が高いことを示唆している。つまり、強制的に残そうとする何らかの力が働かない限り河畔林は残らなかったのである。ここにおいてこの形状を決めた根拠は居住地を最大限に配置した結果であることが予想される。土地区画整理事業が経済を最優先する制度から自然環境を配慮する制度へと変革することが予想されるため、今後、河畔域を持つ土地区画整理事業の実施においてはエコロジカルネットワークを意識した形状に変容すると思われる。

都市化地域では人工緑地が拡大し、自然緑地は分断化、減少、消滅した。森林パッチの分断化は都市化を意識した現象である (Burgess and Sharpe, 1981; Harris, 1984)。日本では都市化が進展している地域の森林パッチはパッチ規模が縮小し、パッチ数が増加するパターンを報告されている (Ohsawa and Da, 1987)。ここでは、森林パッチの形状が円に近くなるとも報告されている。今回の調査結果では、こうした一般的な傾向に対し都市化域の河畔林ではパッチ形状が都市化の進展に伴い細長くなることが示唆された。このような景観特性に違いが出たことは、景観のシステムとスケールに違いがあるためと考えられる。このことを確認するには、日本の他の都市周辺において都市化が進展している地域での河畔林パッチの変化に関するデータの蓄積が必要である。

本調査対象地での景観変化の検討をした結果は下記の通りにまとめられる。

- (1) 農業地のパッチは第1段階で数が増大し、第2段階でパッチ規模が小さくなった。さらにパッチ数は1997年に減少し、大半のパ

ッチは景観分断化の後に居住地に置き換わる。

(2)公園地のような人工植栽地のパッチでは、数の増加はあるが、平均パッチ規模の変化はない。都市化により、人工植栽地は拡大傾向を示す。

(3)都市化により形状指数はパッチ規模の減少に伴い小さくなる。これとは対照的に、竹林を含む河畔林の形状指数は大きく（長く）なった。このパッチが細長くなる傾向は、何らかの人為的な影響が反映されたものと考えられた。

パッチの変化の特徴は Fig.5.3 のようにまとめられる。

5.2 河川緑地の植生と鳥類相との関係

5.2.1 はじめに

河川緑地における植生の存在は人間へのアメニティを向上させるだけでなく、動物群集の生息地としての機能がある。河川緑地上の状態の差違により生息可能な種が限定されると考えられるが、この章では鳥類群集に焦点を当ててその生息地の面から植生を評価することを試みる。

鳥類は地球上で最も移動能力のある生物であり（江崎，1998），餌場，時（ねぐら），避難場所，休憩所など条件の揃う生息環境を選択して生活している。人間が極度に集中する都市においても鳥類は生息が確認されているだけでなく，都市域における鳥類への関心の低さがかえって安全性を高め都市域に馴化しているという報告もある（浅野ら，1996）。さらに，鳥類の愛好者や自然に親しむ人達にとっては身近な動物として親しまれており，各地の都市においても探鳥会や野鳥観察会が開催されている。

河川における鳥類群集の調査は，1990年度から「河川水辺の国勢調査」により一級河川やダム湖において5年ごとに実施され，調査

結果が順調に蓄積されつつある。特にこの一連の調査は、建設省管理ということもあり、大河川が中心であること、大都市域をカバーしていること、定期的実施されるという特徴を持つ。その調査の結果、国内に見られる鳥類相の大半が河川域にて確認できることが明らかになりつつある（江崎，1998）。しかし、都市中小河川においては河川流量の少なさ、川幅の狭さ、植生構造の単調さに起因して鳥類相が単調になっていることが予想される。

本節では、都市化が進みながらも河川の周りに樹林を一部に残している角脇川において鳥類相の調査を実施し、鳥類と植生構造の関係を把握した。

5.2.2 調査方法

(1) 調査地

調査対象とした角脇川（ $L=800\text{m}$ ）は二級河川黒瀬川支流であり、広島大学東広島キャンパスの中央を流れる。角脇川は、山中谷池に端を発し東広島キャンパスの中央部に位置するぶどう池まで（ $L=800\text{m}$ ）を山中谷川と呼び、東広島キャンパスの南端の角脇川調整地を経て黒瀬川に合流し瀬戸内海に注ぐ。今回の調査はこの山中池と角脇川調整地までの角脇川を対象とした。

広島大学東広島キャンパスのうち大学施設の集中するキャンパス域の西側は大学移転開始（1973年）以前は、ブドウ畑とマツ林からなる豊かな田園景観が広がっていたが、大学の移転やマツ枯れによってこれらは失われ、現在では角脇川流域にわずかにその面影を残すのみとなっている。

広島県が実施を予定している砂防河川の改修工事に先立ち、1997年広島大学環境保全委員会が自然との調和・生態系の配慮・親水性の確保の面から検討を行い、「広島大学キャンパス溪流環境整備計画原案」をまとめた（松田，1997）。本研究では「広島大学キャンパ

ス溪流環境整備計画原案」で示された整備区分 A~E 地区のうち、本流域内の B~F 地区別に調査結果を集計した (Fig.5.4).

(2) 調査方法

相観植生図の作成

角脇川が流れる広島大学東広島キャンパスには現存植生図が 1996 年に作成されている (豊原, 未発表). これをベースマップとし, 後述する鳥類調査のセンサスルートを中心とした片側 50m の範囲について 1997 年の 6~12 月の現地踏査により相観植生図を作成した (Fig.5.4). 植生図化には群落高を考慮した相観植生区分 (Nakagoshi et al., 1988) を用いた. この方法は, 群落高を 8m 以上 (高木林), 8m から 3m まで (中木林) 及び 3m 未満 (低木林) の 3 段階に区分する方法で, 一般に理解されやすい方法である. また, 調査地内ではアカマツ林では, 管理の有無により種組成が大きく異なるため, 下草刈りが実施されている管理アカマツ林 (高木林) を他のアカマツ林と区別した. なお, 植生図の作成及び区分別の面積計測には地理情報システム (GIS) ソフトの SIS (Infomatix 社製) を用いた.

鳥類調査

鳥類はその移動力の高さから, 設定した調査線上で鳥との出会いの調査となるため, ある場所での 1 回きりの調査ではその場所に生息する鳥類群集の調査としては著しく不十分であることが指摘されている (江崎, 1998). そこで調査は繁殖期・非繁殖期を含む四季を通じた年間調査とした. 調査は, 1998 年 5 月から 1998 年 2 月にかけて (9 回), ラインセンサス法 (由井, 1978, 1980a, 1980b, 1980c など) により実施した. 調査は晴天・薄曇の早朝, 日出から 2 時間とし, 観測速度は時速 2km 程で実施した. 調査ルートは, 出発点は山中池の上流部とし, ぶどう池を通り角脇調整池を一周するルート

(約 3km) を設定した (Fig.5.4). これらを基準として, 調査ルート沿い左右 50m (由井, 1980c) 及びその上空に出現した鳥類種及び出現した場所の記録した. なお, 調査者によるバイアスを取り除くため, すべて同じ調査者で実施した. 上空を通過するだけで角脇川周辺緑地と直接の関連性が見られない鳥は調査対象から除き, さらに野生化した飼鳥であるドバトは解析から除いた.

鳥類の特性については, 季節性 (叶内ら, 1998), 生活形・餌 (江崎, 1998), 陸鳥の生息環境 (中村・中村, 1995) にもとづいた.

5.2.3 調査結果

(1) 相観植生

流域周辺の植生はアカマツ林が大半を占め, 次いで低茎草本が C 地区から E 地区を中心とした大学施設沿いに広がっている. また, 上流の山中谷池の周辺はマツ枯れ跡に広葉樹林が, 下流の角脇調整地右岸にはスギ・ヒノキ植林地が見られる. また, E 地区を始め所々にアカマツ林の林床を定期的に刈り取る管理が実施される管理アカマツ林が見られる. 鳥類調査ルート周辺 100m の植生図とその区分別面積を Fig.5.4, Table 5.4 に, 各ゾーンごとに植生の特徴を以下に示す.

B 地区

山中池右岸には一部アカマツ高木林が残っているが, 多くがマツ枯れに被害を受けており, 枯死木の除伐が行われている. 山中谷川上流部では, 右岸側にアカマツ中・低木林があり, 左岸側では山中池右岸と同様に枯死木の除伐が行われている. また護岸の周囲に工事に伴うヒメヤシャブシが存在する. この地区の特徴としマツ枯れ伐採跡地に広葉樹林が広く分布することがあげられる.

C 地区

山中谷川下流部は右岸，左岸ともにアカマツ高木林が成立している。左岸側には湿地を利用した生態実験園があり研究に利用されているほか，人工的な護岸が少なくアカマツ林の階層構造も多様であるという特徴がある。

D 地区

ぶどう池の右岸側にはアカマツ高木林が成立している。左岸のアカマツ林では下草刈りなどの管理が行われており，ササユリが生育している。また，ぶどう池流入部付近には小面積の湿地や，ギフチョウの食草であるサンヨウアオイが生育するアカマツ林がある。

E 地区

右岸側には遊歩道が整備されており，ピラカンサヤクチナシなどの灌木が植栽されている。左岸側には定期的の下草刈りなどの管理が行われているアカマツ高木林があり，サンヨウアオイが多く分布する。またサギソウなどの希少植物を含む小さな湿地も左岸側に見られる。

F 地区

角脇川下流，角脇川調整池の右岸・左岸には広くアカマツ林が存在し，一部でアカマツの立ち枯れが目立つ。角脇川調整池の右岸下流部にスギ・ヒノキ植林地があるほか，建設残土仮置き場となっている裸地や芝が植栽されたグラウンドがある。また，調整池右岸湖岸部には，陸地化が進みアカマツ等の侵入している比較的大きな湿地が成立している。

(2) 鳥類種数

調査期間 5 月から 2 月の繁殖期から非繁殖期に 9 回の調査を実施

した結果、確認された鳥類種数は 57 種（ドバトを除く）であった。調査 1 回当たりの確認種数は 15~31 種で、11 月の調査で最大となった。毎回の調査で確認された種は、すべて留鳥のハシボソガラス *Corvus corone*、ウグイス *Cettia diphone*、ヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis*、シジュウカラ *Parus major*、ホオジロ *Emberiza cioides* であった。

調査地区別に見ると、F 地区の 43 種、次いで B 地区の 33 種、D 地区の 30 種と続き、種数が少ない地区は、C 地区 22 種、E 地区の 21 種であった。地区別の鳥類種出現状況をもとに出現種を群平均法によるクラスター分析を行った。

その結果、鳥類種は 5 群（以下 G1~G5）に区分された（Table 5.4）。

G1 に属する鳥類種は調査地内全体的に見られる種で、ヒヨドリ、ウグイス、カワラヒワ *Carduelis sinica*、メジロ *Zosterops japonica*、スズメ *Passer montanus*、コゲラ *Dendrocopos kizuki*、シジュウカラなどの 18 種である。これらは、都市鳥（斉藤,1995）を多く含み（18 種中 14 種）、都市鳥ではない鳥類種としては、ホオジロ、アオサギ *Ardea cinerea*、ヒバリ *Alauda arvensis*、シロハラ *Turdus pallidus* の 4 種である。

G2 では最も人通りの多い E 地区に鳥類が出現しておらず、人通りを嫌う種群と考えられる。主な鳥種は、アオジ *Emberiza spodocephala*、エナガ *Aegithalos caudatus*、ジョウビタキ *Phoenicurus aureus* などの冷温帯林を好む種やヤマガラ *Parus varius*、カワセミ *Alcedo atthis*、ヨシガモ *Anas falcata* などの水辺を好む種である。

G3 は、F 地区のみにでる種群である。G3 に区分された 16 種の内訳は、カシラダカ *Emberiza fucata*、トビ *Milvus migrans*、ミヤマホオジロ *Emberiza elegans*、ムクドリ *Sturnus cineraceus*、ベニマシコ *Uragus sibiricus* などの平地性の鳥やタヒバリ *Anthus spinoletta*、ヤマセミ *Ceryle lugubris*、クサシギ *Tringa ochropus*、イカルチドリ *Charadrius placidus*、バン *Gallinua chloropus*、チュウサギ *Egretta intermedia*、ダイサギ *Ardea alba*、オオヨシキリ *Acrocephalus*

arundinaceus などの水辺を好む種や水辺で餌をとる種が多い。

G4 は B 地区に特徴的に見られる鳥類である。山中池で出現するカルガモ *Anas poecilorhyncha*, コガモ *Anas crecca* の水鳥 2 種を除くと、イカル *Eophona personata*, マヒワ *Carduelis spinus*, コガラ *Parus montanus*, コサメビタキ *Muscicapa latirostris*, エゾビタキ *Muscicapa griseisticta* などの冷温帯林を生息環境とする鳥種が多い。

G5 は、D 地区に特徴にみられる鳥類でピンズイ *Anthus hodgsoni* を除くとヒドリガモ *Anas penelope*, オナガガモ *Anas acuta*, マガモ *Anas platyrhynchos*, カイツブリ *Podiceps ruficollis*, コサギ *Egretta garzetta* など水鳥や水辺の鳥が多く含まれる。

(3) 鳥類の生活形

都市化の進展により都市域で見られる鳥類相は限定され、都市鳥は繁殖期・非繁殖期を含めて 20 種と考えられている (斉藤, 1995)。今回の調査ではこの都市鳥 20 種のうち、西日本に分布していないシメ *Coccothraustes coccothraustes* や西日本の都市部で珍しいハクセキレイ *Motacilla alba*, イワツバメ *Delichon dasypus* の 3 種を除く 17 種を確認することができた。そのうち、キジバト, コゲラ, コシアカツバメ *Hirundo daurica*, セグロセキレイ *Motacilla grandis*, ヒヨドリ, モズ, ウグイス, シジュウカラ, メジロ, カワラヒワ, スズメ, ハシボソガラスの 12 種はすべての地区でみられた。

観察された鳥類 57 種のうち大半が留鳥 (全体の 65%) であり、夏鳥より冬鳥が多かった (12% < 23%)。地区別にみると B, D, F 地区に冬鳥が多く観察されたほか、C 地区で冬鳥は観察されなかった (Fig.5.5(a))。

鳥の生活形態は水に浮いている餌を獲ることを基本とする水禽, シギ・チドリ・サギ類のように陸域と水域の移行帯を歩いて餌を獲る渉禽, 陸上の地上・樹上もしくは空中で餌を獲ることを基本とす

る陸禽に大別できる(江崎, 1996)。これに従い地区別に見られた鳥類種を区分すると (Fig.5.5(b)), 水禽は B, D, F 地区でのみ観察され, F 地区で渉禽の大半 (7/8 種) が観察された。水禽 (ガン・カモ類) が B, D, F 地区にのみ観察されたことは, これらの地区が山中谷池, ぶどう池, 角脇川調整地などため池を持つ地区であるためと考えられた。

叶内ら (1998) を参考にして出現した鳥種を種子食, 昆虫食, 魚食, 雑食に区分した (Fig.5.5(c))。その結果, 全体の半数近く (47%) を雑食性の鳥類が占めた。もっとも少ない食性区分は種子食 (植物食; 14%) であった。地区別にみると, 魚食性及び種子食性の鳥類が C, D 地区に少ない傾向がみられる。

(4) 植生との関係

面積との関係

調査面積と地区別の鳥種数の散布図 (Fig.5.6(a)) をみると, C, D 地区 (黒丸) が他の地区より少ない傾向がみえる ($R=0.89$, $P<.05$)。次に, 解放水面を除いた調査面積と水鳥を除いた面積との関係 (Fig.5.6(b)) では, 面積種数関係が明確になる ($R=0.98$, $P<.01$)。これはため池を持たない地区で水鳥が飛来しないことによる。さらに, 森林面積と水鳥を除いた面積との関係 (Fig.5.6(c)) を示す ($R=0.93$, $P<.05$)。

植生との関係

鳥類相の面から河川緑地を比較するために, 地区別鳥類種の存在データを用いて主成分分析を行った。この際, 解放水面の面積と明らかな関係のある水鳥 (ガン・カモ類) を解析対象から除いた。なお, PCA 解析及び図化には STATISTICA for Windows (StatSoft, Inc 製) の解析ソフトを使用した。

その結果, 抽出された第 1~3 主成分の寄与率は, 各々 76%, 10%,

6%であり，これら3成分の累積寄与率は92%となった．第1～3主成分からなる座標空間に各地区の成分得点をプロットしたところ (Fig.5.7)，第2軸によりF地区と他の地区が明確に区分された．

次に主成分分析によって得られた主成分を鳥類種組成の変化系列と見なし，その系列が対応する環境条件を地区別の主成分得点と環境条件変数との相関から解析した．環境条件変数はTable 5.6に示す項目とした．アカマツ林とスギ・ヒノキ植林地は針葉樹，裸地，道路及び建築物は人工改変地に統合した．また，全体の面積は対数変換 (\log_{10})，全体面積と多重共線性の高い区分別面積は地区内の面積率 (%) にした後，逆制限変換 $\arcsin \sqrt{x}$ (Arcsine Square-root Transformation ; Sokal and Rohlf, 1987) による正規化を行った．

その結果，主成分第1軸は全体面積と負の相関，第2軸は農地と負，公園・植栽地と正の相関，第3軸は広葉樹林と正，針葉樹林及び人工改変地と負の相関があることがわかった (Table 5.6)．

5.2.4 考察

角脇川河川緑地の評価を鳥類相の面から試みた．繁殖期・非繁殖期を通じた調査を実施することにより河川緑地で繁殖する，あるいは訪れる鳥の種類のはほぼ全体を確認することができた．今回の調査で確認されたは，年間鳥種数 (57種) は近畿大学での調査結果の60種 (桜谷, 1996)，上越教育大学での調査結果の67種 (岡・中村, 1998) と遜色ない値であった．また，斉藤 (1995) が示した都市域を特徴づける鳥類のうち分布が西日本に生息するすべての種を確認することが出来た．さらに，人工改変地と低茎草本で80%を占めるE地区においてもG1を主とした21種が確認され，都市鳥に留まることなくホオジロ，シロハラ，ヒバリ，カシラダカ，アオサギ，キセキレイ *Motacilla cinerea* が確認されたことは，大学キャンパスのあちこちに広がる低茎草地，水面が少ないながらも水辺があることに加えて周辺の農地や森林との連続性の効果があることを示唆して

いる。

マツ枯れ後に成立する広葉樹林（落葉・常緑）が広がる B 地区では、G1, G2 に加えて G4 に特徴的な鳥類相を有していた。この種群は冷温帯林を生息環境とする鳥種が多いことで特徴づけられ、B 地区が周辺の森林との連続性の高さもあるが、広葉樹林自体が鳥類相を豊かにしていることが示唆された。これは主成分分析の第 3 軸に有意な正の相関があることから支持された。G1, G2 に加えて G3 の鳥類種を持つ F 地区は、主成分分析の結果から、地区の面積が大きいことに加え、農地を有し公園・植栽の少ないことで他の地区と大きく区分された。43 種という種の多さと G3 の種群にみられる多様な生息環境を好む鳥相がみられることは、この地区が森林、農地、草地に加えまとまりのある湿地や人の近づかない裸地があることなど、多様な生息立地があるためと考えられた。例えば、F 地区のみで確認されたイカルチドリは河原の砂礫地に営巣すると考えられるが、建設残土の仮置きとして野積みされた石の多い裸地を代用していた可能性がある。ヨシ原を生息域とするオオヨシキリは、ヨシ原の面積だけでなくパッチ形状（ヨシ原の幅）に影響を受けることが知られている（山岸，1991）が、まとまりのある湿地（ヨシ原）の存在がオオヨシキリの営巣に効果的であったと考えられた。

また、角脇川は小河川でありながら 3 カ所のため池を有することからガン・カモ類の水鳥を確認することができた。また河岸にみられるカワセミは都市域でも観察できるようになってきているが、本調査対象河川は自然護岸を持つ小河川であることから営巣の可能性がある。

生息地を利用する鳥類の種数を決める要因としては、生息地の面積（樋口ら，1982；Martin，1983；Brown and Dinsmore，1986；Blake and Karr，1987；舟久保ら，1999）、土地利用の多様性（Rafe et al，1985）や生息地の連続性（Opdum et al.，1985）や植生の階層構造（Maeda and Maruyama，1991）などが知られている。

今回の調査においては、PCAの結果から調査面積が大きく関与することが示された。これは面積が多くなると多様なハビタットを調査することになる状況のほか、調査面積に含まれる森林面積の増加も要因のひとつと考えられた。森林面積自体と鳥類の種数の関係は明確にできなかったが、広葉樹林の増加が鳥類相を多様にすることをPCAから確認した。また、樋口ら(1982)が都市域の孤立林の面積と繁殖期の鳥類の結果で示した値(10~100haで11~18種)と比較すると、渉禽種分が多いと考えられた。

まとまった面積のある解放水域が水鳥(ガン・カモ類)の種数を増加させることは、多くの研究で確認されてきた。特に禁猟区であること(山岸, 1991)、風当たりが弱く逃げ出しやすい地形(藤原ら, 1998)が休息場所として利用されやすいことが指摘されている。本調査地内のため池でも逃げ場・隠れ場となりうる地形部分で確認された。

都市という陸域においては、森林性の鳥がどの程度入ってくるかで鳥類生息地としての価値が決まる(Jukka and Jukka, 1998)。しかし、都市域に残る河川緑地を考えた場合、森林性の鳥類だけでなく、水辺を利用する鳥や草地、藪、さらには礫地でさえ利用する鳥が重要となってくる。アカマツ林がマツ枯れ後に遷移した落葉広葉樹林で冷温帯林を好む鳥類が増加する傾向があった。これは、葉山(1985)の指摘と一致した。河川周辺のアカマツ林を管理し維持することは歴史的景観を維持する上で重要だが、鳥類の生息地としての価値は低いことが示唆された。また、水面を餌場として利用する鳥類が厩としての植生を必要とする種の生息が確認された。水鳥については、植生と水面を一体化して保存することも改修計画では考慮すべきである。

Table 5.1. Temporal changes in number of patches and mean patch size

Land-use type	Landscape character					
	Number of patches			Mean patch size (ha)		
	1976	1995	1997	1976	1995	1997
Riparian forest	36	20	15	0.18	0.08	0.04
Grassland	66	16	12	0.13	0.24	0.08
Agricultural land	18	37	34	1.26	0.25	0.14
Park areas	5	15	17	0.38	0.36	0.39
Total	125	8	78	0.32	0.23	0.17

Table 5.2. Temporal changes in mean perimeter and shape index of patches

Land-use type	Landscape character					
	Mean perimeter (m)			Shape index		
	1976	1995	1997	1976	1995	1997
Riparian forest	191	156	135	1.26	1.54	1.85
Grassland	316	397	188	2.50	2.28	1.83
Agricultural land	498	216	160	1.25	1.23	1.20
Park areas	432	458	444	1.97	2.15	1.99
Total	311	276	221	1.56	1.63	1.52

Table 5.3. History of study area

Year	Event
1967	The opening of Route 54 Sato bypass construction
1969	The completion of Furukawa River closed dyke construction
1973	Merger with Hiroshima City
1981	The completion of Furukawa Seseragi Park construction
1987	The commencement of Furukawa land re-adjustment

Table 5.4 Comparison of vegetation map of Kadowaki River

Vegetation type	zone						Total area
	B	C	D	E	F	F	
<i>Pinus densiflora</i> forest (Tall)	2,019	9,679	6,965	3,848	1,600	24,111	
<i>Pinus densiflora</i> forest (Medium)	2,912	0	0	0	23,530	26,442	
<i>Pinus densiflora</i> forest (Small)	2,481	0	0	0	2,540	5,021	
<i>Pinus densiflora</i> forest (Management)	0	0	861	4,502	0	5,363	
Conifer Plantation	0	0	0	0	10,477	10,477	
Broad-leave forest	32,180	0	910	0	6,734	39,824	
Bamboo grove	0	0	0	0	3,212	3,212	
Tall grass	1,270	2,252	1,819	298	17,023	22,662	
Short grass	1,212	4,612	3,587	15,233	16,202	40,846	
Wetland	0	1,205	0	1,773	4,499	7,477	
Park	6,171	1,108	1,845	1,308	0	10,431	
Farmland	0	0	0	0	4,384	4,384	
Bare ground	778	0	0	0	20,691	21,469	
Road	7,040	3,158	4,012	3,707	6,030	23,948	
Housing lot	836	10,129	6,205	6,755	24,102	48,027	
Open water	12,766	782	8,191	2,342	25,757	49,838	
Total area	69,665	32,924	34,396	39,766	166,780	343,531	

Table 5.5 Bird species appeared in each zone and its feature

Group	Bird species	Zone						Feeding site	Japanese name
		B	C	D	E	F			
G1	<i>Corvus corone</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	ハシボソガラス
	<i>Passer montanus</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	スズメ
	<i>Carduelis sinica</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	カワラヒワ
	<i>Emberiza cioides</i>	S O	+	+	+	+	+	TER	ホオジロ
	<i>Zosterops japonica</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	メジロ
	<i>Parus major</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	シジュウカラ
	<i>Cettia diphone</i>	S I *	+	+	+	+	+	TER	ウグイス
	<i>Lanius bucephalus</i>	S I *	+	+	+	+	+	TER	モズ
	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	ヒヨドリ
	<i>Motacilla grandis</i>	S I *	+	+	+	+	+	TER	セグロセキレイ
	<i>Hirundo daurica</i>	Ms I *	+	+	+	+	+	TER	コシアカツバメ
	<i>Dendrocopos kizuki</i>	S O *	+	+	+	+	+	TER	コゲラ
	<i>Streptopelia orientalis</i>	S V *	+	+	+	+	+	TER	キジバト
	<i>Ardea cinerea</i>	S F	+	+	+	+	+	ET	アオサギ
	<i>Hirundo rustica</i>	Ms I *		+	+	+	+	TER	ツバメ
	<i>Thrus naumanni</i>	Mw O *	+		+	+	+	TER	ツグミ
	<i>Turdus pallidus</i>	Mw O	+		+	+	+	TER	シロハラ
<i>Alauda arvensis</i>	S O			+	+	+	TER	ヒバリ	
G2	<i>Emberiza spodocephala</i>	S O	+	+	+	+	+	TER	アオジ
	<i>Parus varius</i>	S O	+	+	+		+	TER	ヤマガラ
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	S F	+	+			+	ET	ゴイサギ
	<i>Alcedo atthis</i>	S F	+		+			TER	カワセミ
	<i>Aegithalos caudatus</i>	S O	+		+		+	TER	エナガ
	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	Mw O *	+		+		+	TER	ジョウビタキ
	<i>Anas falcata</i>	Mw V	+		+		+	WS	ヨシガモ
G3	<i>Emberiza fucata</i>	Mw V				+	+	TER	カシラダカ
	<i>Milvus migrans</i>	S O		+			+	TER	トビ
	<i>Sturnus cineraceus</i>	S O *					+	TER	ムクドリ
	<i>Uragus sibiricus</i>	S O					+	TER	ベニマシコ
	<i>Emberiza elegans</i>	Mw O					+	TER	ミヤマホオジロ
	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Ms I					+	TER	オオヨシキリ
	<i>Anthus spinoletta</i>	Mw O					+	TER	タヒバリ
	<i>Ceryle lugubris</i>	S F					+	TER	ヤマセミ
	<i>Cuculus poliocephalus</i>	Ms I					+	TER	ホトトギス
	<i>Sphenurus sieboldii</i>	S V					+	TER	アオバト
	<i>Phasianus colchicus</i>	S O					+	TER	キジ
	<i>Tringa ochropus</i>	Mw I					+	ET	クサシギ
	<i>Charadrius placidus</i>	S O					+	ET	イカルチドリ
	<i>Gallinua chloropus</i>	S O					+	ET	バン
	<i>Egretta intermedia</i>	Ms F					+	ET	チュウサギ
<i>Ardea alba</i>	S F					+	ET	ダイサギ	
G4	<i>Corvus macrorhynchos</i>	S O *	+	+		+		TER	ハシブトガラス
	<i>Motacilla cinerea</i>	S I	+			+		TER	キセキレイ
	<i>Eophona personata</i>	S V	+					TER	イカル
	<i>Carduelis spinus</i>	Mw V	+					TER	マヒワ
	<i>Parus montanus</i>	S O	+					TER	コガラ
	<i>Muscicapa latirostris</i>	Ms I	+					TER	コサメビタキ
	<i>Ficedula narcissina</i>	Ms I	+					TER	キビタキ
	<i>Anas crecca</i>	Mw V	+					WS	コガモ
	<i>Muscicapa griseisticta</i>	S O	+				+	TER	エゾビタキ
	<i>Anas poecilorhyncha</i>	S V	+				+	WS	カルガモ
G5	<i>Anthus hodgsoni</i>	S O		+	+			TER	ピンズイ
	<i>Egretta garzetta</i>	S F		+	+			ET	コサギ
	<i>Anas penelope</i>	Mw V			+			WS	ヒドリガモ
	<i>Anas acuta</i>	Mw V			+			WS	オナガガモ
	<i>Anas platyrhynchos</i>	Mw V			+			WS	マガモ
	<i>Podiceps ruficollis</i>	S F			+		+	WS	カイツブリ
Total number of species			33	22	30	21	43		

The first letter after the bird species denotes migratory status (S = sedentary, Ms = immigrate in summer and Mw = immigrate in winter), the second letter denotes feeding guilds: (I = Insectivores, O = Omnivores, V = seeds or berry eater, F = fish eater) and the asterisk indicate bird species adapted to urban environment. Abbreviations on feeding site are as follows. TER:terrestrial, ET:ecotone, WS:water surface.

Table 5.6 Correlation coefficients(R) of environmental variables with the first three PCA axes for the Kadowaki River Data.

***=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001**

Environmental variables	Axes		
	PC1	PC2	PC3
Conifer Plantation	0.15	-0.37	-0.90 *
Broad-leave forest	-0.45	0.17	0.97 ***
Grassland	0.45	-0.19	-0.77
Wetland	0.30	-0.34	-0.59
Farmland	-0.83	-0.99 ***	0.12
Park	0.52	0.94 **	0.30
Human disturbance	0.24	-0.26	-0.91 *
Open water	-0.65	-0.16	0.56
Total area of transect	-0.90 *	-0.84	0.53
Landuse diversity index (H')	-0.17	-0.60	-0.64
Eigenvalue	0.76	0.10	0.06

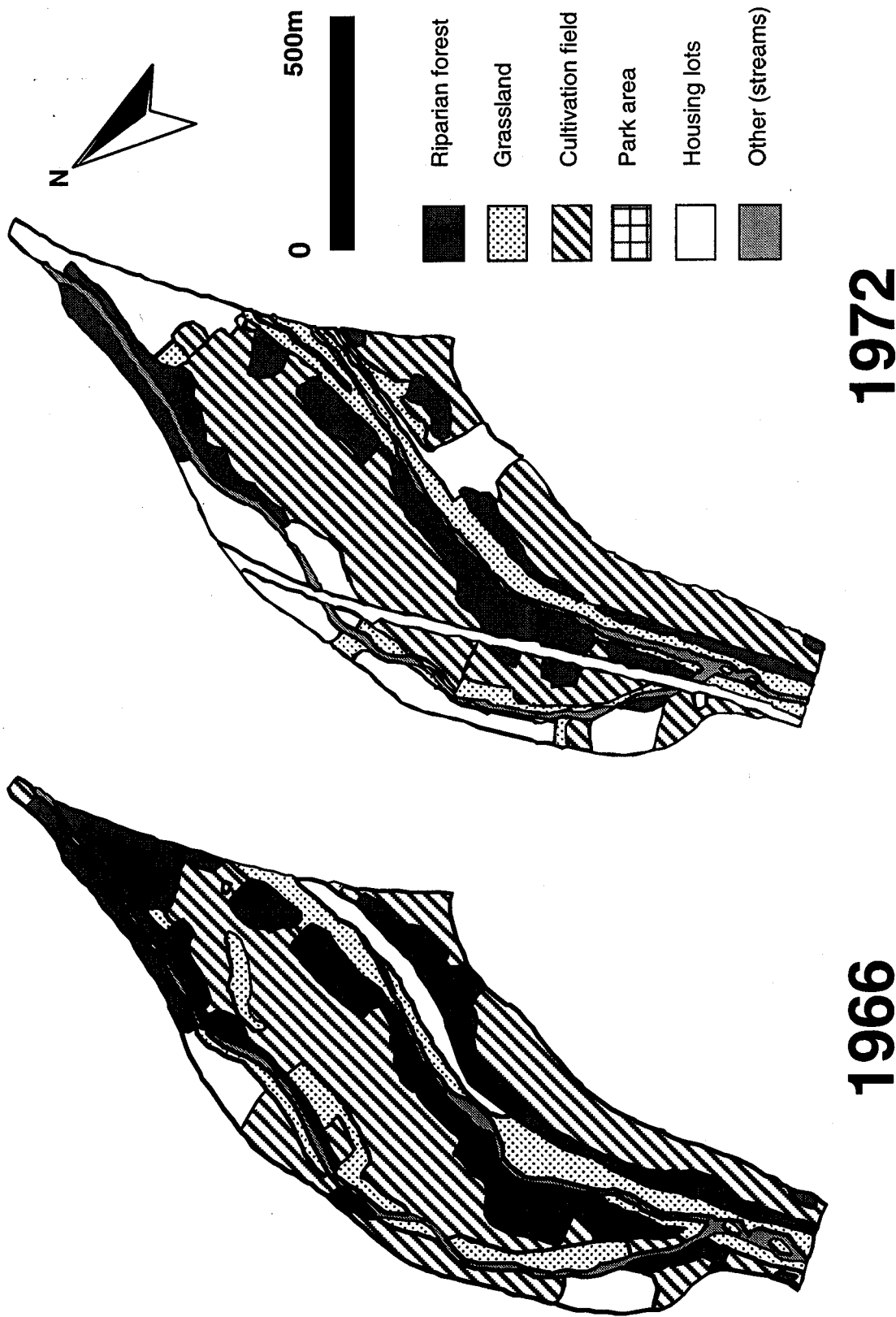


Fig 5.1(1) Land-use maps of the study area (1966-1972)

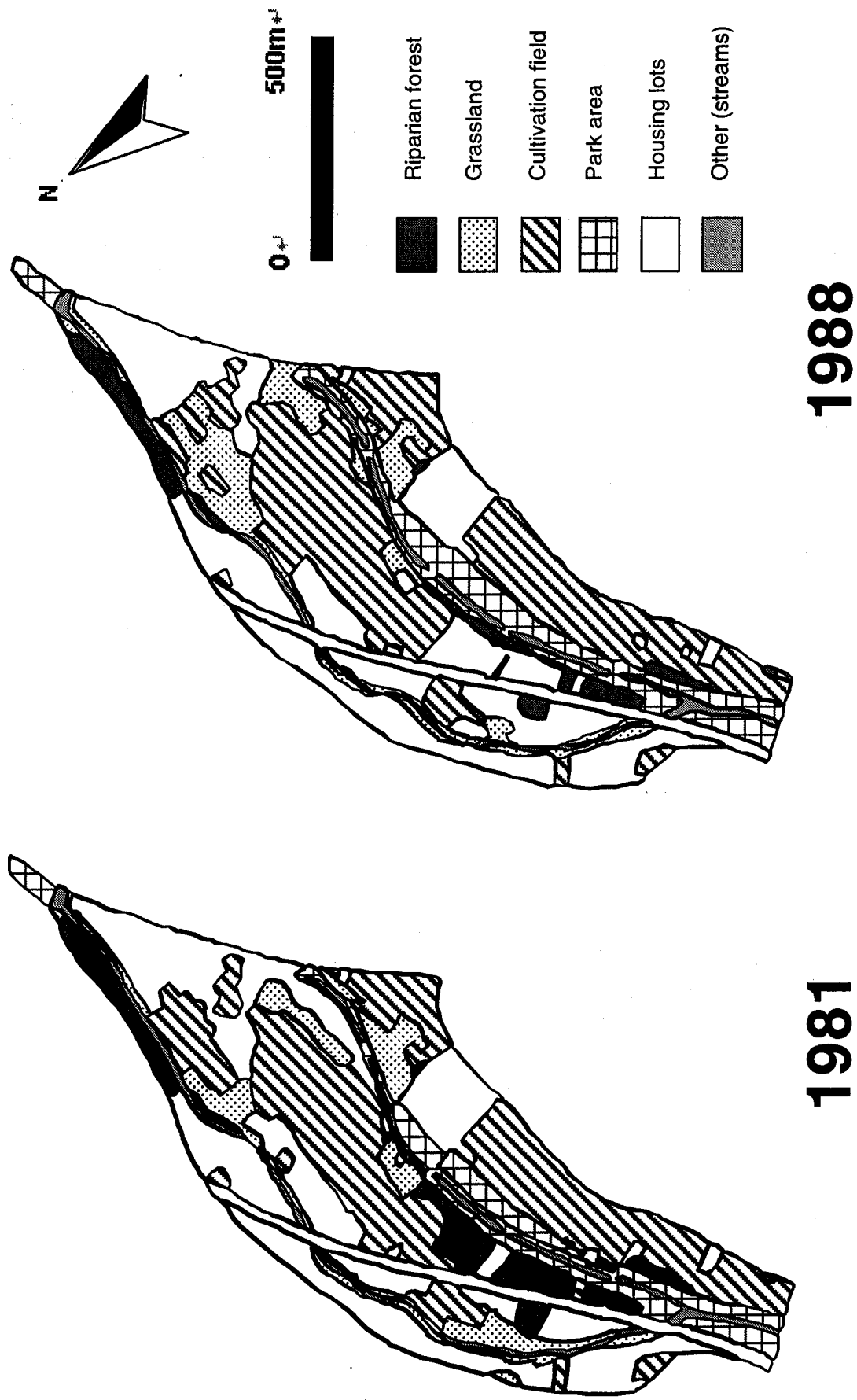
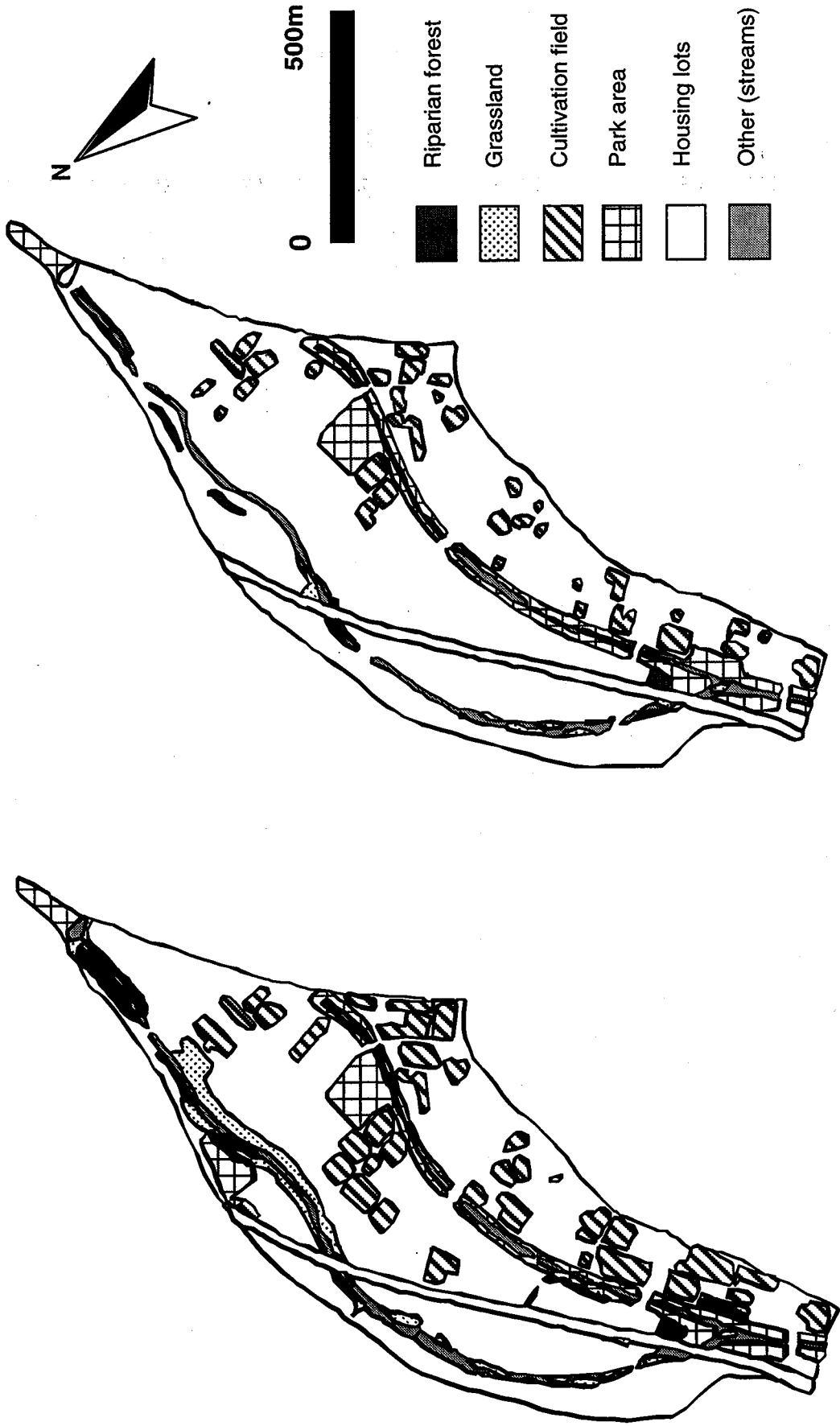


Fig 5.1(2) Land-use maps of the study area (1981-1988)



1997

1995

Fig. 5.1(3) Land-use maps of the study area (1995-1987)

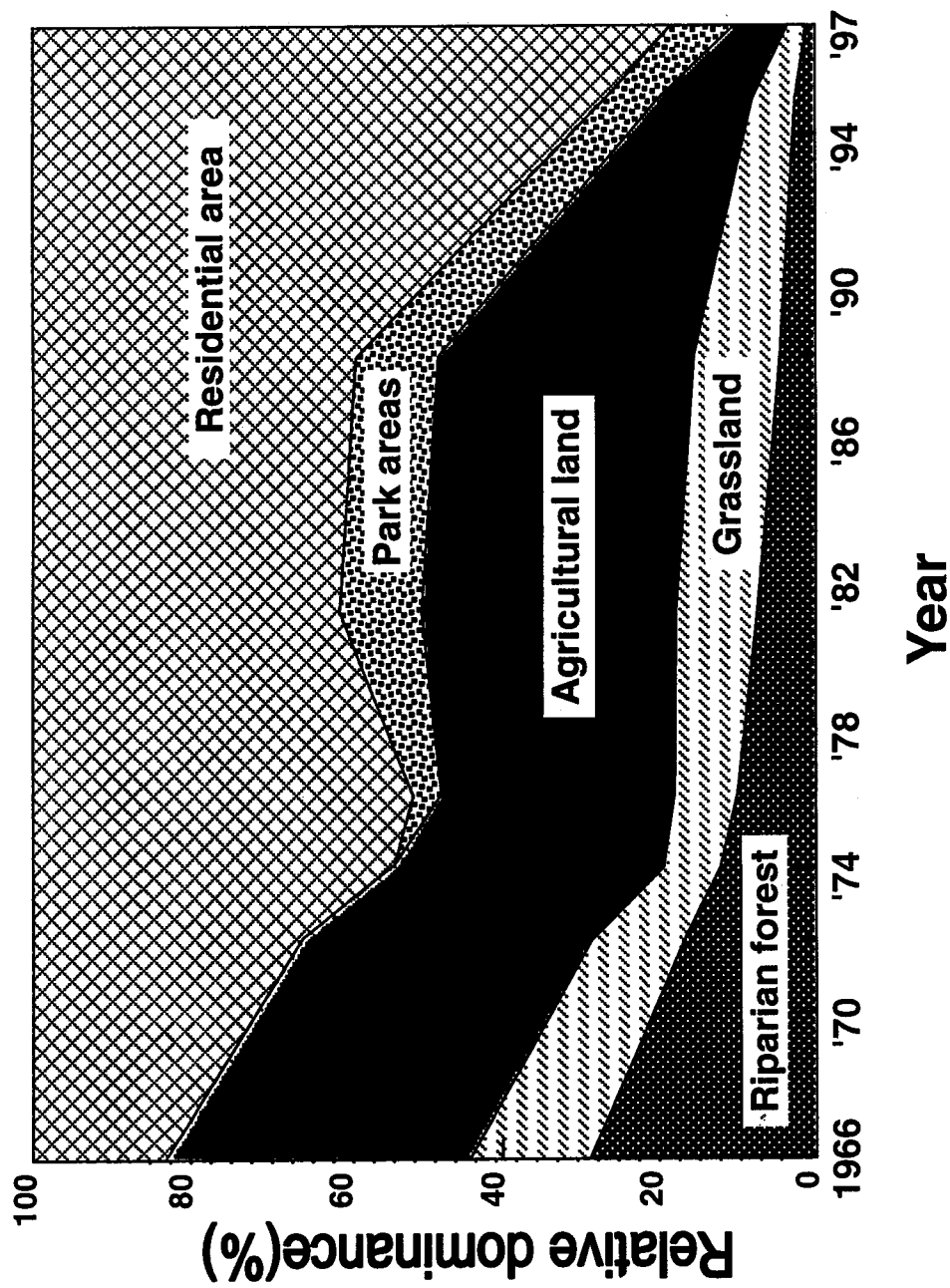


Fig5.2 Change of land use proportion in the Furukawa area in Hiroshima City

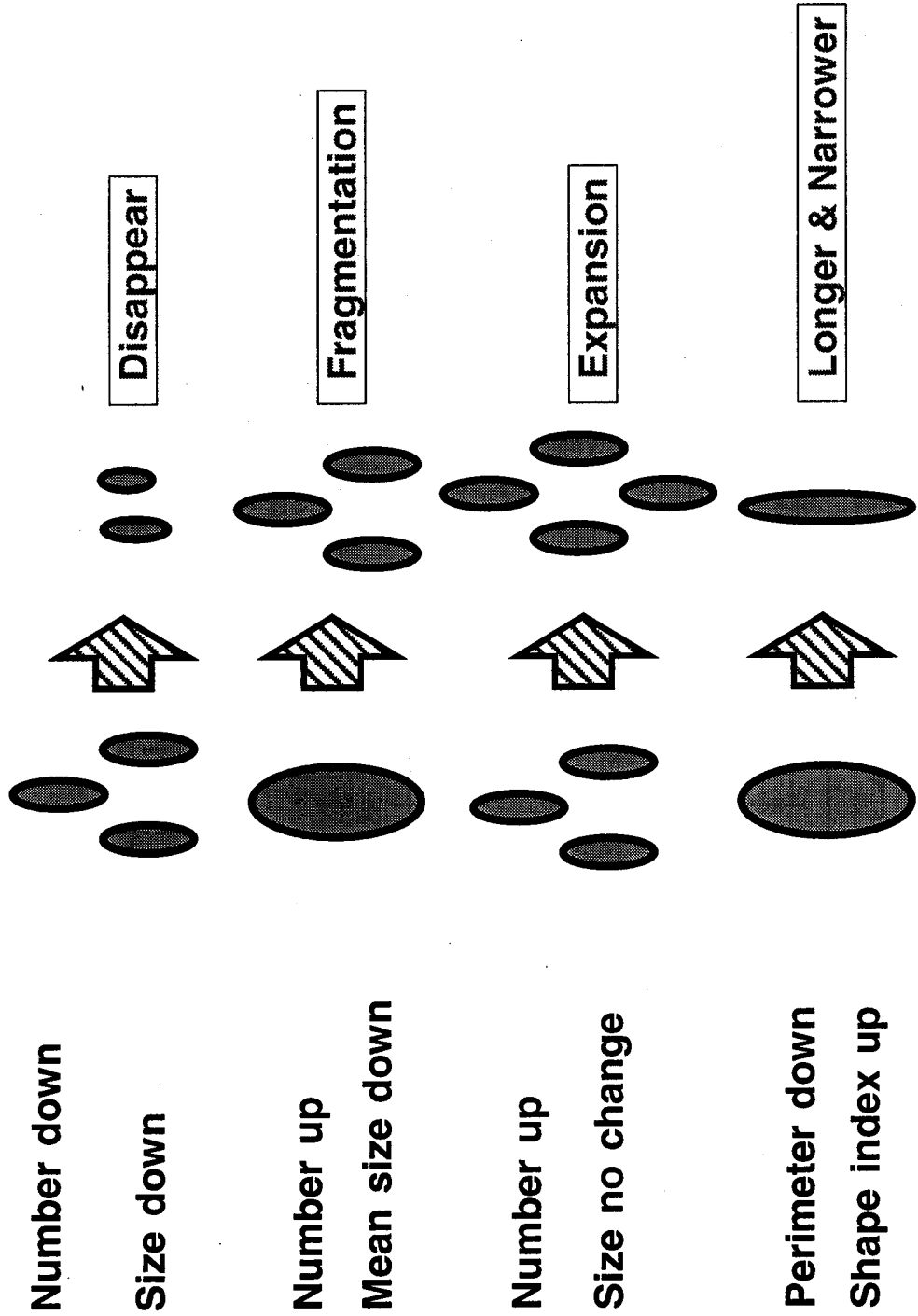
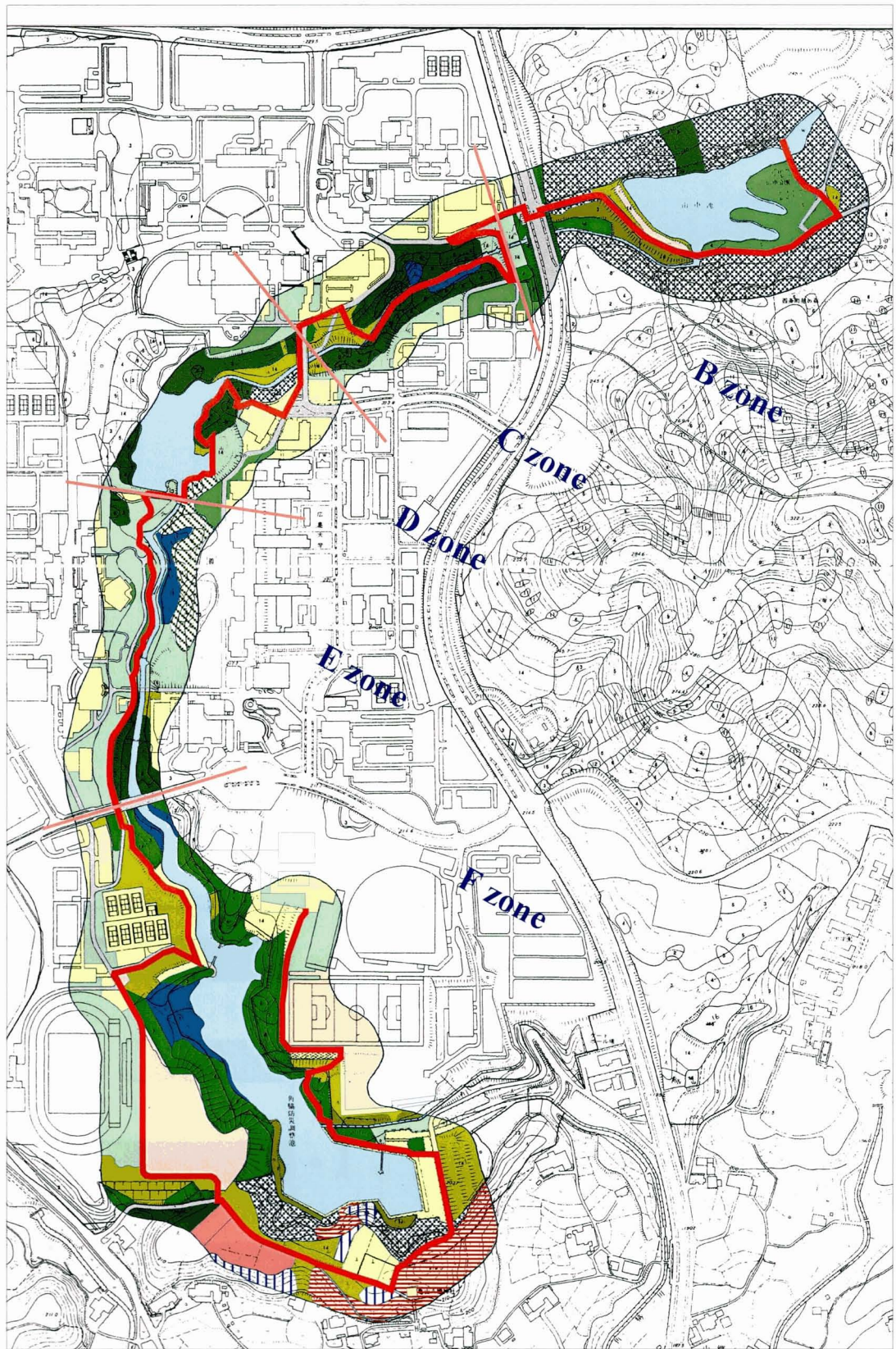
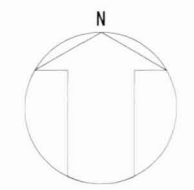


Fig. 5.3 Patch dynamics in study site



LEGEND



scale = 1:7,000

















- | | | | |
|---|------------------------------|--|-------------|
|  | P. densiflora forest(high) |  | Wetland |
|  | P. densiflora forest(middle) |  | Farmland |
|  | P. densiflora forest(low) |  | Bare ground |
|  | P. densiflora forest(manage) |  | Road |
|  | Plantation |  | Housing lot |
|  | Broadleaf forest |  | Openwater |
|  | Bamboo grove | | |
|  | Tall grass | | |
|  | Short grass | | |
|  | Park | | |

Fig. 5.4 Vegetation map

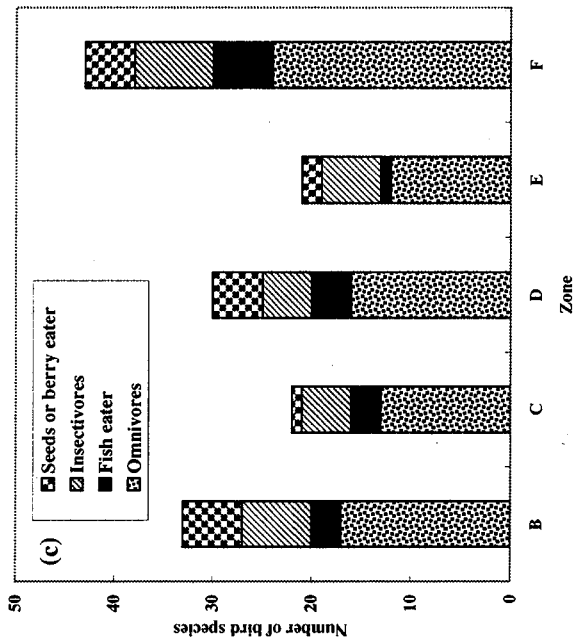
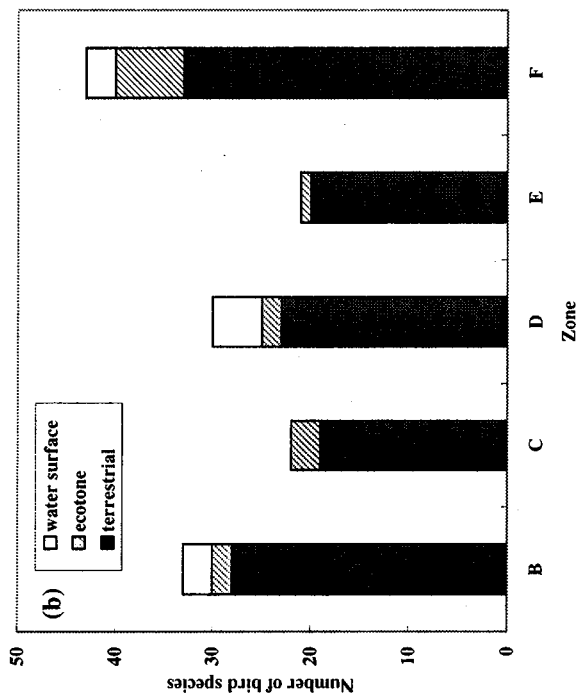
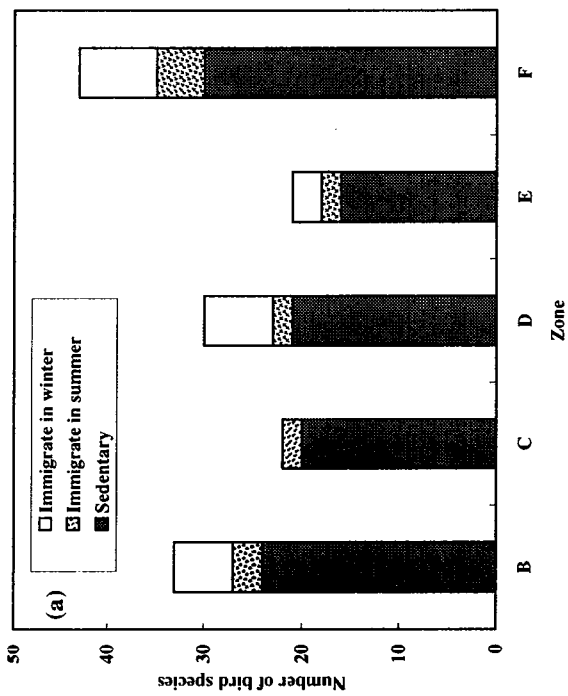


Fig.5.5 Number of species grouping by (a) Migratory status, (b) Feeding site and (c) Feeding guilds.

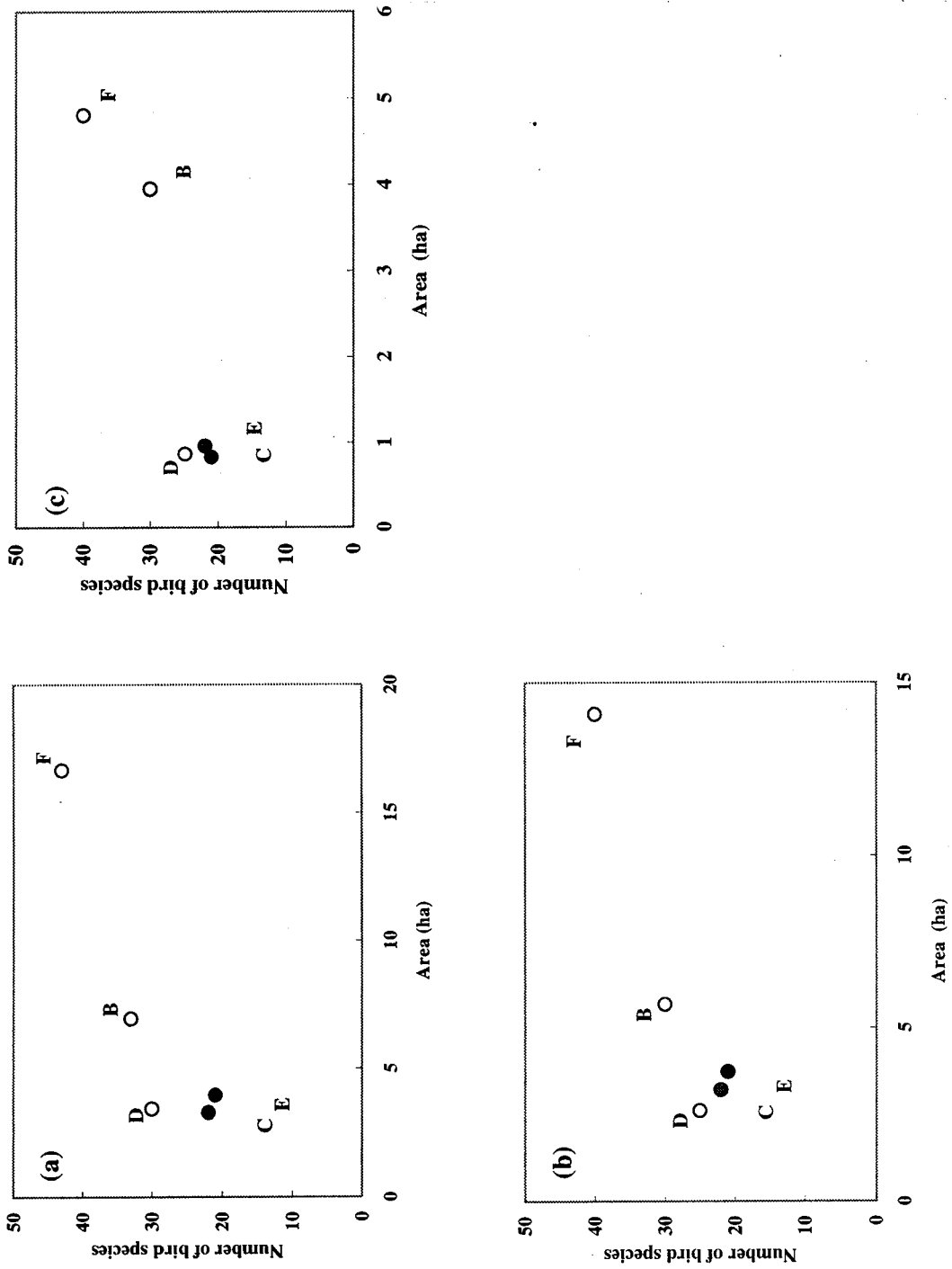


Fig. 5.6 Relationships between number of all bird species and area of transect. (a) Bird and transect area, (b) Bird species without waterfowl and the transect area excluded that of open water, (c) Bird species without waterfowl and forest area.

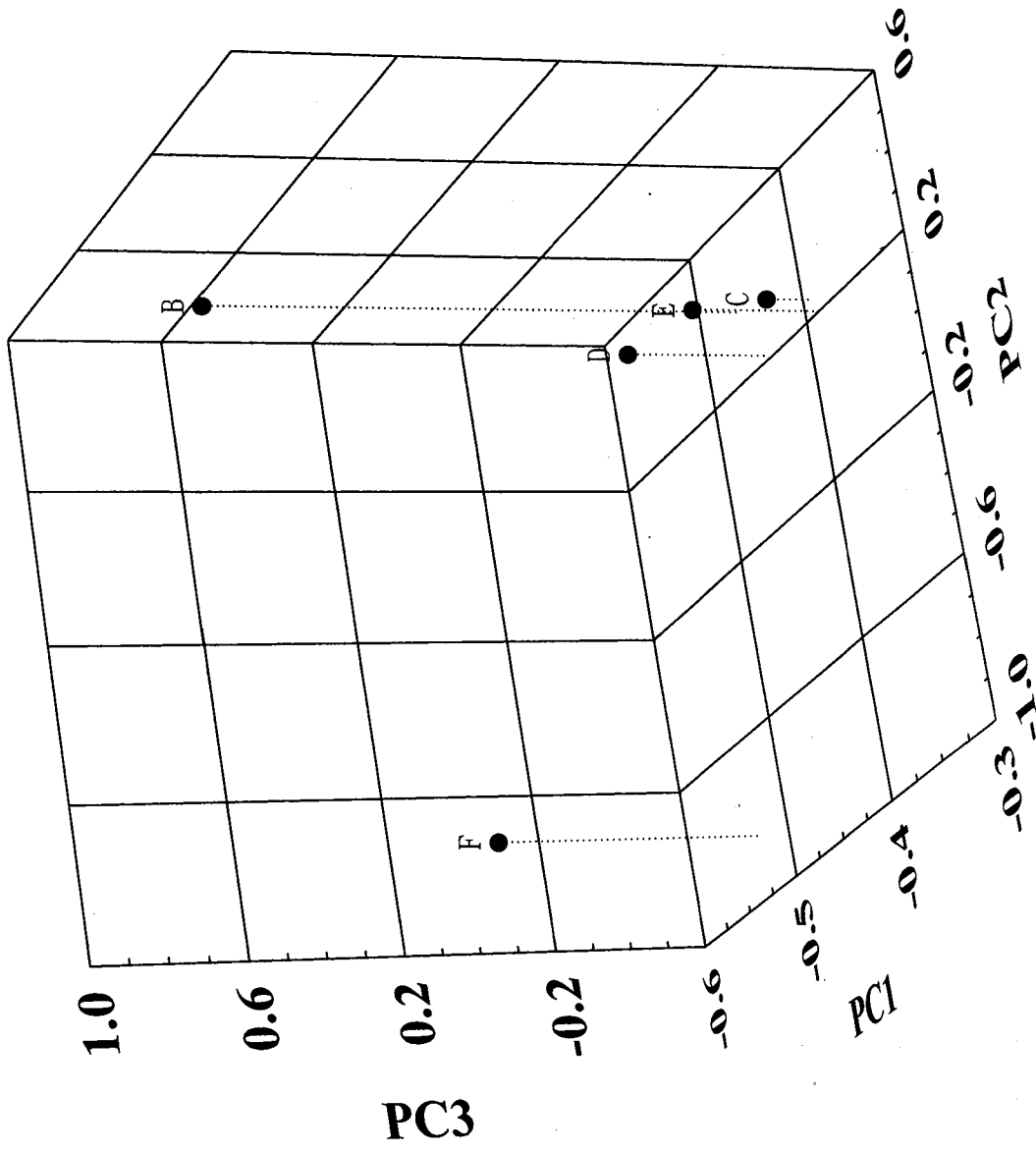


Fig. 5.7 Ordination diagram of survey zones by principal component analysis derived from presence/absence data, according to the first, second and third components. Label above mark shows zone name.

第6章 総合考察

6.1 河川植生の生態学的評価手法

閣議アセスによる植物に関する評価は、植生図、群落の植物社会学的調査、フロラ調査により調査地の植生を記載すること及び貴重種の有無を示すに重点が置かれていた。環境影響評価法の成立により、生態系を含めた自然環境の評価方法がまとまりつつあるが（ダム事業環境影響評価研究会,1999）、典型性、上位性、指標性で植物が評価されることはあまりに少ない。アセスメント手続きの有無に拘わらず、自然環境面を配慮した河川事業が実施された場合、モニタリング調査により河川植生を何らかの項目で評価してゆく必要がある。そこで今回、その中心となるべき多様性の評価に加えて、遷移度、帰化率、積算優占度（SDR）での比較や構成種の植生クラス、植生の類似度による類型化・序列化による評価を試行した。

多様度

多様度は生物多様性保全のために必要な評価項目であるが、遷移の進行に伴い増加し減少することが知られている（Brown and Southwood,1987）。本研究では平均種数のほかに Shannon-Weaver 指数と Simpson 指数を用いた。これらの指数は優占種の優占度に影響を受けることなく、ほぼ同様な傾向を示した。これにより調査区が多様性を図ることは出来たが、調査地が遷移初期相にあること及びあまりに人為攪乱の影響の多い植生であることから有効な指標とはなり得なかった。逆に帰化種の優占により多様度が低下し偏向遷移傾向にあることを検出できた。つまり、種多様度の議論の前に植生を構成する種の質的な側面の評価が必要であった。また、地域全体の多様度を考慮した場合、河川にふさわしい植生であることが多様度を保つことに貢献する（鷺谷, 1999）。このことから、種多様性にこだわる必要性が低いことが示唆される。しかし、他地区

への応用及び比較を考えると多様性指数の算出は必須項目としてよい。

遷移度

現在の遷移が進んでいるのか、後退しているのか、偏向しているのかなど、遷移の進行具合を知ることは、植生管理上きわめて重要である。この遷移を見極めた上で刈り取り等の管理をすることとなる。刈り取りの生態学的な意味は植物種の反応の違いを利用して競合する植物を除去することにある(大窪・前中,1990)。特に、河川緑地のように潜在自然植生まで遷移が進むことを目標としない場合は、どの程度まで遷移を進行させるのか、どのくらいの種多様性を維持するかと併せて求める必要が出てくる。遷移に関する植生評価と併せてこの刈り取りに対する植物種の反応のデータ蓄積も必要である。

遷移のすすみ具合の尺度としていろいろな測定が行われてきた。植被率・種数(Yodzis,1978)、バイオマス・生産性(Major,1974a, 1974b)、生活形・遷移度(沼田,1957;Knapp,1974;Bornkamm,1981)などが用いられてきた。このうち生活形と遷移度を本研究で検討してきた。その結果遷移の進展状況は確認し、国内の放棄畑や草地との比較検討を実施してきたが、遷移の進展を構成種に生活形ごとの重み付けした平均にほぼ等しく、種構成に関する情報が欠落しているという問題点が残った。

本研究では試行していないが、遷移を種の置き換わりとして捉え(Halpern et al.,1997)、群落の安定性を類似度で捉える試みがある(Bornkamm,1981)。この方法は、遷移度が同じであっても種の置き換わりがあれば変化するため、維持管理の安定状況や遷移の早さの尺度を把握するのに効果的であると思われる。Bornkamm(1981)では類似度として、種数を用いる Sørensen の共通係数(CC)と植被率を用いるパーセント類似度(PS)を用いており、通常の植物社会学的調査を実施していれば算出可能であるため、簡便な方法といえる。今後、国内での適用事例を増やして検討すべき指標と考えら

れる。

帰化率

植生の帰化植物による優占の程度を表現する評価方法として以前より帰化率（帰化種数／全種数，大野，1995）が用いられてきた。この種数による帰化率は，過去のデータ蓄積があることで優れているが，出現種数が小さい人為的な緑地においては値が安定しない点で難があることが判明した。帰化種の植被率を用いた帰化量率（帰化種植被率計／全植被率計）は，帰化種の優占状況をよく表現しているが，帰化種が何種類あっても植被率にまとめられてしまうという点で情報の欠落感が免れない。平均帰化種数は，ある面積を調査した際に確認できる帰化種の数把握でき，方形区の大きさを示しておけば地点間の比較が可能である点で有効である。河川緑地においては平均帰化種数を基本とし，データの蓄積がある帰化率を併用することが望ましいと考えられる。このほかに，帰化種が優占する群落を用いた群落帰化率があるが，河川全体の植生図を作成した場合（たとえば河川水辺の国勢調査など）に用いることが適当である。

群落調査によって得られるデータから植生を記載するだけでなく植生の質的評価の手法を示してきた。その結果，植物種毎の植生高を測定する必要があるものの，上記のように遷移度・多様度・帰化率・類似度を算出する事ができ，さらに多変量解析を用いることにより類型化・序列化できることを確認した。また，植生自然度図の作成や植生図の凡例別に減少する面積の算出のみに使われていた植生図を用いて植生の機能を評価する方法を五章で示した。

最終的には河川を直接利用する周辺住民が望む河川緑地を目標植生としてゆく必要があるが，河川毎に冠水の頻度や洪水による土壌の供給，水質条件などと管理の程度により成立する河川植生を予測した後，そのメニューを示すこととなる。その植生タイプ別に維持する上で必要となる費用と労力も併せて示すことにより住民の合意

を形成するための資料を，生態学的な研究を進めることで蓄積してゆく必要がある。

6.2 多自然型河川緑地の生態学的評価

水際（護岸）

河川，水路の水際をコンクリートで固めない工法が多自然型護岸とされており，低水路護岸には主として石詰めされた枠構造（木工沈床，蛇籠など），空石積，天然ヤシ繊維素材の植生ロールが用いられる。枠構造には，伝統的な工法として木工沈床工法，粗朶沈床工法，蛇籠（リバーフロント整備センター，1996），少し大がかりな工法として金枠工がある。空石積は石を水際に設置する工法で石と石の間に土砂などが入る隙間のある工法であり（リバーフロント整備センター，1992），従来から施工されてきたものの，雑草の繁茂，洪水に対する強度不足にたいする懸念から主流の工法ではなかった（石丸ら，1998）。植生ロールは流速のあまりない水際線を浸食から守りつつヤシ繊維が腐食する間に植物の根茎を発達させることで植生による護岸を作るものである（リバーフロント整備センター，1992）。

従来の工法であるコンクリート平張護岸，コンクリートブロック護岸，コンクリート石張護岸と空石積護岸を比較すると植被率，種数の両面から，空石積に植生が豊かであることが知られている（中越・平川，1992）。また，水際における空石積の階段護岸での植被率は，石と石の間の僅かな隙間を利用して定着した植生により 30～50%（施工後 3 年）になる（井上・中越，1999）。これに対し，植生ロールを用いた護岸では，施工後 2 年でほぼ 100%（半年で 70%）となっており，植生ロール護岸はかなり早期の緑化が見込めることで評価できる。

しかし，河岸植生の構成する優占種は多年生草本イネ科ではなく，セイタカアワダチソウ，アメリカセンダングサ，ミゾソバであった

(施行2年後)。また、帰化種を多く含み、一年草のタデ科も多い。アメリカセンダングサとミゾソバが多いという傾向は、20年前に施行された第二古川の置き石護岸でもみられており、これは水質が富栄養化している結果と考えられた。セイタカアワダチソウは植生ロール護岸が施行された第一古川の植生ロール背後にある陸域の多くが表土埋戻工であることの影響を大きく受けている。第二古川の流量は第一古川と比較すると少なく、護岸も空石積に似た置き石護岸であるため、腐食による河岸保護機能について問題とはならないが、第一古川の植生ロール護岸については流域面積が大きいいため、この機能に関して以下の課題が残る。この植生ロール護岸の河岸保護機能は、根茎の強いとされるシバ、オギ及びヨシを想定しており(流速 $\sim 2\text{m/s}$;福岡ら, 1994;リバーフロント整備センター, 1992)、植生ロール護岸に成立した植生の主要種であるミゾソバ、アメリカセンダングサ、イヌビエの根茎で想定される強度が得られるかについては、実証的な研究をする必要がある。水質改善の対策を進めるとともに、河岸保護機能の検討を行い、十分な強度が得られないことが判明した場合は河岸保護対策を検討することも必要である。

高水敷・堤防のり面

今回検討を行った工法は、表土埋戻工、種子吹付工、張芝工である。これは連結ブロック上に覆土を行い、その覆土上における植生回復の施工方法である。このうち、1:2.0の勾配での張芝工については、全国的に実績があり、一定の植生管理方法が確立している(建設省, 1987)。この堤防植生管理方法は、洪水時の前に刈り取りを実施するもので、古川では6月と10月に実施されている。第二古川の河川緑地も同様な管理が実施されており、浅見ら(1995)によればススキ群落形成されるところであるが、公園的な利用により、様々な群落が成立していた。第一古川の張芝工は、緩傾斜(1:4.0~)なのり面として造成され、除草(施行後3年間まで)が実施されていた。そのため、コウシュンシバの純群落が維持されているが、年

2 回の刈り取りが繰り返されることにより、刈り取り頻度と人の利用という攪乱に対応した植生が形成されてくると考えられた。

種子吹付工は、植栽基盤と種子をのり面に吹き付ける工事で、本調査地ではホワイトクローバ（シロツメクサ）の種子が吹き付けられた。シロツメクサ純群落は 1 年から 1.5 年で衰退し、シロザやオオアレチノギクの一年草、越年草が優占する群落から植生遷移を始めることとなった。また、植被率が 50% に満たない地区もあるほか、工事 1 年後に園路の排水処理の関係でのり面が表層崩壊する箇所がみられた。しかし、洪水時によるのり面の侵食を受けた場所はなく、第一古川のように流れの緩やかな河川の場合、のり面保護工としての機能は果たせていると考えられた。植生構造からは、放棄畑とほぼ同様な遷移にありながら、初期植生（シロツメクサ）の衰退により遷移の進行状態は遅れ気味であり、帰化種がどの工種よりも多く、帰化率が平均で 50% を越えるなど、望ましい状態ではなかった。

表土埋戻工は、現地で発生した表土を仮置きした後高水敷に撒き出す工法であり、在来の植生の復元を早めを実現できる工法としてダムや道路で実施されている（梅原・永野，1997；宮下，1999）。この早期に在来の植生を回復する要因とは、土壤中に残存する埋土種子集団、いわゆるシードバンク（Simpson et al., 1989）の存在が大きく関与する。リバーフロント整備センター（1996）には、表土を用いないで覆土工法をしたため、草地が復元されないまま洪水を受けて覆土が流されている事例が紹介されている。本研究地では、工事後 1 年目の春季には植被率 20% と低いものの秋季には平均で 70% を越える植被率となっている。また、暖温帯域における平地部の二次遷移初期相は、一年草から越年草（冬型一年草）を経て広葉草本多年草、イネ科草本多年草へと進むとされている（林，1990）が、越年草が優占することなく、2 年目にはヨモギ・セイタカアワダチソウなどの広葉多年生草本へと遷移した。これは、用いた表土内の埋土種子相の影響と思われ、攪乱の多い都市域河川の表土の持つ特徴である可能性が示唆された。ここで成立した多年生草本群落は帰

化率が高く、セイタカアワダチソウが優占することから種多様性が遷移の進行に対して伸びを見せない停滞状態が確認された。工事前にセイタカアワダチソウ群落が発立していたことが建設省資料（1993）で確認されていることから、表土中のシードバンクにセイタカアワダチソウを主とした帰化種が蓄積されていたことが想定される。越水ら（1997）は、表層から5cmまでの土壌に帰化種の種子が多いこと、5cm～10cmの土壌では上記土壌と種子植物の個体数・種数に違いがないにも関わらず帰化種の割合が低いことを報告している。良好な植生を水辺に確保することを目標にするのであれば、工法的な課題はあるものの、表層から5cmまでの土壌を除いた表土の利用も試験的に実施する必要がある。

全体的にみて、工事後3年までの植生遷移の中で、20年後の姿が確認されているのは、旧来の工法である張芝工のみである。張芝工は3年目までコウシュンシバの純群落を維持しつつ20年後には多様度の比較的高いイネ科草本群落へと遷移すると考えられる。種子吹付工は初期植栽の衰退により1年程度遷移が遅れたものの、平地の放棄畑で見られる遷移をするものと思われた。堤防のり面管理が3年目から始まると種子吹付工が実施された法面も年2回の刈取りが実施される。越年草と多年生草本の入り交じった群落になると予想されるが、今後の調査により確認する必要がある。表土埋戻工は、セイタカアワダチソウによる遷移の停滞、多様度の伸び悩みが確認されているので、服部ら（1993）の手法を用いてセイタカアワダチソウを除去する管理が必要である。法面保護機能を必要とされる法面での工種である種子吹付工と張芝工は、後者の方が施行及び維持管理費が高い。施行後の景観面や利用面での評価は今回用いた手法では一義的に決められない。今後は、今回の調査結果を選択肢とした環境経済手法と併せた住民意向調査を実施するなど、住民のコンセンサスを取り入れながら選択する方法が模索されるべきである。

6.3 河川緑地に対する他の評価手法

環境経済手法への寄与

近年、建設省は、公共工事に対する批判から住民の合意を得て公共事業を進める方針に事業転換した。これに伴い費用便益分析を行い事業評価を実施して公共工事を進めようとするものである。費用は今まで工事の発注をするために以前より算出されてきた。しかし、便益の考え方は、ダムの費用分担に関するアロケーション、道路建設の効果分析において一部算出されていたが、これに環境経済を含めた便益の捉え方が1998年度から算出されてきている。いままで考慮していなかった便益を含むことになるためB/C（便益比）は正になり、事業の推進が指示されやすくなったと捉える方が正しい認識であろう。

この流れの中、河川事業においても河川の環境面に配慮した工事にどこまで費用をかけて良いのかを判断しなくてはならない。玉井ら（1998）がこれに関して多自然型工事と従前の河川工事を比較して、従来工事より2割程度費用がかかるという結果を得ている。

しかしこれは、環境配慮型コンクリート製品を大量に使用した場合が事例中に多く含まれたものと思われ、天然素材の植生護岸を中心とした事例では逆に安価に工事が終了しているという報告もある。現状では結論を下せないものの、環境面を配慮した部分の費用とそれに対する便益が正にならなくてはならない。

これを調査する手法としてCVM（Contingent Valuation Method）が試行され始めている（栗山，1997；並河ら，1995；Mitchell and Carson, 1989）。この手法は、非市場財に支払意志額をアンケート調査により住民や利用者から聞き出す方法で、バルデール石油流出事故の補償額の算定に用いられ米国商務省海洋大気管理局（NOAA）によりその有効性が補償された上（Carson et al., 1995）、世界銀行の資金援助の判定手法に採用されたことから、手法に関する研究が進んでいるほか、河川における自然の価値に関する研究も進められ

つつある（ISS研究会，1996；荻原，1998）。

CVM自体にバイアス（質問方法，質問順序，質問者，説明の内容などにより結果が偏ること）があることや住民の河川環境に対する判断を金銭価値のみでは図れないという批判もあるが，経済と環境を同じ土俵の上に載せ，判断の資料の一部とすることは有益であると考えられる。また，調査自体に生態学的な調査を実施し，生態学的な知見を環境経済調査に取り入れることで，より正確な経済評価ができることが指摘されている（栗山，1998）。

本研究の対象地のひとつである第一古川周辺住民を対象として，河川整備に対する環境経済調査が実施された（末次ら，1999）。3000通のアンケート調査票を郵送配布し，郵送回収方式で回収している。回収率は37.1%（1,113通回収）でCVMの質問様式は多段階2項選択方式を採用し毎月の負担金支払い形式で河川整備に対し負担できる支払金額を質問していた。この結果で特徴的なことは，散策しやすさ，水辺の近づきやすさ，景観のよさの評価は「良い」と「やや良い」を含めると整備後よくなったとする人が90%以上であるのに対し，自然の豊富さは整備後良くなったとする人は50%程度に留まっている点である。

支払意志額は1000円弱/月・世帯となっているものの，この評価は河川公園的な面（園路利用，親水性及び景観）の価値を判断していると捉えてよい。このアンケートで現地の状況を説明したものは，改修前後の写真それぞれ1枚であった。特に改修直後の写真は張芝工による緩傾斜な斜面が強調されたもので，植生遷移は始まる前の写真である。また，アンケート調査時となる施行2年後の状況ともまた違うイメージである。「自然が良くなったか」とか「動植物が多くなったか」については多分に主観が入るものである。評価対象地の自然がどうなっているのかを十分に説明できる資料があれば，回答者の自然に対する情報を均一化する事ができ，同じ情報に対する人の価値判断につなげることができたように思える。本研究のような河川整備後の自然状況の調査結果を今後の予測と含めて示し，地

域住民が望む自然の程度を定めた上で、それに対し支払う金額を聞けばより有効な調査となったと考えられる。価値観が多様化している現在、自然の状況を調査し示すことを環境経済調査の前段階として実施することが、住民のアカウントビリティが求められる状況からも重要であると思われる。

環境計画的見地

近年、生態学的につながりのある緑を増やしてゆこうとする計画がある。これはオランダやドイツにおけるエコロジカルネットワーク構想（日置，1996；日置・井出，1997，一ノ瀬・Hotes，1997）の模倣であるが、この視点が地域全体の種多様性に大きく貢献できるのため特に注目されるようになってきている。河川域は緑地と水辺の連続性から流域の縦断方向の基軸として期待されている（Forman，1997）。本論文ではコリドー機能の確認までは至らなかったが、河川緑地のパッチ形状の特性を把握することが出来た。空間の多様度が鳥類の多様度を支えている状況についても触れた。

住民の意向とは別に、環境計画的な視点から必要とされる場所に計画的にビオトープを配置して、エコロジカルネットワークを創出してゆく観点も必要である。

6.4 まとめ

評価とは、「大切さの秩序の中に評価されるべき対象を位置づけること」を意味している（鷲田，1999）。河川緑地における植生の評価がこれまで十分に検討されてこなかったことは、河川の植生自体に「大切さ」が認識されてこなかった事によるものと思われる。

河川環境の評価の視軸は、かなり最近まで水（水量・水質）にあった。河川の水量は、少ないときは利水量（農業用水，上水，工業用水）として、多いときは洪水という災害から守るものとして大切さが認識された。河川水質は農業用水基準（1970年3月，農林水産

省), 水道法(飲料水適用基準)に加えて景観の面(島谷・皆川, 1998)から大切さが認識されるようになった。河川環境の調査として流行した底生生物調査が実施されたのは, 生物が重要なのではなく人の生活環境としての水質の長期的な指標となるためであった。ようやく生物に注目が移ったのは, 1990年頃からであり, 魚の住める川をつくろう!, アユやサケを呼び戻そうという, まちづくりイベント的な内容であった。その流れを汲んで, ホタルの住める川づくりは, ホタルが水のきれいな(=水質のよい)川に住むことと, ホタルを飼育して放流することにより維持できていても, 自然度の高い川であることのイメージ戦略である。

道路のり面における植生の解析を進めた亀山(1982)は, 植生の価値を工事の影響, 植生管理などの”緑を作り出す=緑化”に求めた。道路のり面の緑化を進める上での問題点や現象を生態学的な視点からまとめ, 生物多様性に貢献する道路施設や生物保護の対策についてまとめた。

河川緑地においては, 人為攪乱下での評価は進展がみられなかった。しかし, 自然攪乱下でも多様な植物群落を見せる河川域では, 多摩川において河川敷を中心とした調査を実施して, 河川植生の特徴についてまとめた奥田(1978)や, 環境要因との関連を求めた石川(1988, 1991), 倉本ら(1993)の貢献は大きく, これらの研究の土台上に人為攪乱下の位置づけされた。

本論文では, 従来放棄耕作地や草地で実施されてきた遷移判断という手法を都市河川域に取り入れ, また種多様性と帰化率も同時に解析した。この手法により, 人工的に整備された河川緑地の遷移系列の初期相をつかむことが出来た。

佐々木(1995a)は, 植生の評価について, 「本来, 種そのものに優劣を加えること自体望ましいことではない。従ってできる限り, 総合的に判断するべきものである。」としている。河川の植物評価は, 立地保全, 景観, 生物群集の生活の場としての環境面と治水や浄化など, 機能面の双方の評価が重要視されるべき時代にきている。河

川植生の評価は、植生の持つ柔軟性・復元能力・浄化特性などを含めた総合的な価値が高いとして洪水流の制御の面からの検討されるようになっている。

河川植生評価は評価に留まること自体に意味があるわけではない。環境計画や河川計画・河川設計に応用されるべきものである。公共予算の費用便益分析、アカウントビリティが必要とされている。住民への合意形成を図りつつ公共物としての河川は改修されてゆかねばならない。その判断手段として、水質、底生生物、魚類にだけでなく、昆虫、鳥類の生息環境や植生自体の生物多様性などを示してゆくための資料を本研究は示すことができた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方々から多大なご協力とご援助を頂いた。

広島大学国際協力研究科の根平邦人教授には、博士論文作成に際して多大なるご指導を頂いた。中越信和教授には、社会人の私に再び研究の場を与えて頂いた上、適切で多様な助言と国際会議参加など研究に関する多大な機会を与えて頂いた。

広島大学総合科学部堀越孝雄教授、同工学部石丸紀興教授、山口登志子助教授には数々のご教示を頂いた。また、日本工業大学の成田健一助教授からは研究初年度に副指導教官として研究を支えて頂いた。広島大学総合科学部講師頭山昌郁博士には日頃から論文作成に関するご助言を頂いた。

広島大学総合科学部元教授、故三寺光雄教授ならびに立正大学地球環境科学部福岡義隆教授は学生時代の指導教官であり、生態学的な知識や研究に対する情熱と姿勢の多くを学ばせて頂いた。

東京農工大学亀山章教授、徳島大学岡部健士教授、同鎌田磨人助教授、山口大学関根雅彦助教授には河川環境に関する有益なご教示を頂いた。

(財)公園緑地協会調査部半田真理子部長(前建設省土木研究所環境部長)、建設省土木研究所環境部田中隆生態保全技術研究官、同河川環境研究室室長島谷幸宏博士、同萱場祐一主任研究員、同皆川朋子研究員、同緑化生態研究室藤原宣夫室長、同日置佳之主任研究員、同特別重点研究員百瀬浩博士、同環境計画研究室並河良治主任研究員、同長野幸司主任研究員、同小栗ひとみ研究員には、建設省土木研究所環境部交流研究員時代に建設事業における環境研究に関する貴重なご教示を頂いた。

大阪府立大学森本幸裕教授、京都大学田端英雄助教授には中国での国際学会参加の折りに大変お世話になった。

(財)広島県環境保健協会の和田秀次博士、姫路工業大学内藤和

明博士，長野県自然保護研究所前河正昭博士，広田造園石井正人博士には生態学全般に関する多くのご教示，ご助言及び激励の言葉を頂いた。また，広島大学国際協力研究科及び広島大学総合科学部根平・中越研究室の大学院生・学部生の方々には多岐にわたる御助言を頂いた。特に，木村綾子氏，村上知嘉子氏，近藤俊明氏，大隈恒氏，岡田妹子氏には現地調査に同行頂き，献身的なご助力をいただいた。また，広島大学国際協力研究科井上雅仁氏，山場淳史氏，飯山直樹氏には同じ社会人学生として多くの励ましと御助言を頂いた。さらに，同 Alice Sharp 氏，平川法義氏，日笠睦氏，長島啓子氏には同室の学生として多くの励ましと御助言・御助力を頂いた。広島大学生物圏科学研究科池上佳志氏には景観生態の視点から有益な助言を頂いた。

国立高知工業高等専門学校多賀谷宏三教授には，(株)荒谷建設コンサルタント在職中に博士課程進学に関する社内制度を創設して頂いた上，進学を強く勧めて頂くなど多くの助言，激励の言葉を賜り，研究を側面から支えて頂いた。また，(株)荒谷建設コンサルタント富士岡務副社長，同コンサルタント部山田勝美副部長，同総合技術部山下祐一次長には多くのご配慮と励ましの言葉を頂いた。

(株)荒谷建設コンサルタント総合技術部山本和宏課長補佐，小丸由紀子氏，木村利恵氏には私が研究に没頭できるよう仕事を負担して頂き，終始励ましの言葉を頂いた。

建設省中国地方建設局太田川工事事務所の方々には測量平面図，縦横断面図をはじめ工事史などの入手の際に大変お世話になった。

また，建設省土木研究所環境部交流研究員時代の友人の励ましは研究生生活を乗り切る糧となった。

以上のすべての方々に深く感謝し心からお礼申し上げます。

博士課程後期の期間中，(株)荒谷建設コンサルタントの学位留学制度による学費等の資金援助を受けた。ここに記してお礼を申し上げます。

最後に、研究のため不在がちとなった家庭を守り、終始暖かい目で見守って精神的な支えとなってくれた妻由美に感謝の言葉を送りたい。また、故三寺光雄先生と博士課程進学の半年前に他界した父一三に、不出来ながらこの小稿を捧げ、報恩の一端としたい。

摘要

1997年6月の河川法の改正により「河川環境」は河川事業の目的となった。河川環境に対する理解は水質、水棲生物、魚類へと徐々に拡大してきたものの河川空間の主要な部分を占める河川植生については見落とされがちであった。1990年から実施されてきた多自然型河川整備においても、工事段階においては「近自然型工法」の模倣により指針が作られてきたが、その直前に進められていた親水型河川整備が先行事例の中に紛れていること、敢えてマニュアルを示さなかったことそしてなによりも河川植生に関する生態学的な知見が少ないことにより、建設段階・維持管理段階での混乱が見られている。

本論文では多自然型河川整備事業の中心となる都市域の中小都市河川を対象とした河川緑地の植生評価方法を探ることを課題とした。河川緑地の植生評価方法には、護岸保全上の評価や環境経済上の評価が進められているが、本論文では植物生態学と景観生態学を視軸に据えた生態学的なアプローチを試みた。

まず、第二章では親水性を重視し、人々の公園的利用を前提として整備された親水型河川公園を対象とした。1970年代に整備された第二古川は、張芝工のあと定期的な草刈りにより低茎草本が維持され、周辺住民に親しまれ利用されている。この河川緑地の植生構造を把握し、その特徴について多様性・帰化率・種構成の面から考察した結果、一部に帰化種の侵入が見られるものの植被率も高く、帰化植物が優占も少ないことが判明した。また、河川横断方向のベルトトランセクトの結果から、この河川緑地には縦断方向の利用が多く、それに伴う踏圧等の影響により植物種の帯状分布が確認された。

第三章では、多自然型河川緑地として整備が進みつつある第一古川を対象とした。この多自然型河川整備は1990年から実施されており、生物の生息空間の送出と復元を目的としている。河川緑地のうち堤防法面及び高水敷における多自然型工法は表土埋戻工、種子吹付工、張芝工（緩傾斜型）が採用され、1996年から順次施工された。

工事年数別，施工方法別の比較を行い，以下の結果を得た。

- (1)表土埋戻工：種多様性が高いもののセイタカアワダチソウが優占し優占度による帰化率も高くなった。遷移度は順調に上昇しているがセイタカアワダチソウによる停滞が危惧された。
- (2)張芝工：工事後3年では芝地として維持されている種多様性は低い，除草管理が終わる3年以後の状況で評価されるべきである。
- (3)種子吹付工：初期植生のシロツメクサ群落に代わり，先駆性一年草本の群落へと移行した。表土埋戻工と比較すると遷移段階で遅れをとった。

工事前の20年間，第一古川は荒廃しており，竹林や河畔林部分にゴミの投棄があるなか，草地部分には帰化種のセイタカアワダチソウなどが繁茂する状況にあった。表土埋戻工部分では河川改修前の植生に戻ったと言えるが，景観的上問題があるばかりでなく，高茎草本種が遷移初期に優占することで他の群落構成種の植被率を低く押さえることとなり望ましいことではない。今後のセイタカアワダチソウの優占による遷移の停滞があるかについては引き続き継続して調査をして，動向確認する必要があることを述べた。また，堤防法面と高水敷の間にある園路の周辺には路傍雑草が成立しており，その影響が1~2mの範囲にあることを確認した。

第四章では，第一古川の水際植生の調査を実施し，エコトーンにおける種組成，多様度，遷移度，帰化率について検討した。植物樹皮で作られた低水護岸周辺に成立した水辺の植生をDCAによる序列化を行い，成分軸と施行年の相関から施行年に沿った環境傾度があることを確認し，遷移度を比較することにより，それが遷移の進行であることを確認した。遷移が進行することは攪乱が少ないことを示しており，整備が進んだ都市中小河川の特徴と考えられた。また種構成からは，アメリカセンダングサ，セイタカアワダチソウなど水質の富栄養化を指標する種の優占が確認され，河川本来の植生を取り戻す意味からも親水的な施設とする意味からも水質の早急な

改善を提案した。植物群落としては植被率も植生高も施行年数を経るに従い伸びているものの種数が減少傾向にあるため、多様性指数も低下傾向にあった。年間調査で確認する必要があるが、これも帰化種のセイタカアワダチソウ群落の影響もあると思われた。

第五章では、植生評価手法として景観レベルで検討を行った。1966年から30年間の景観動態を調べた結果、農村景観から都市郊外域、都市域へと都市化が進展する中、旧堤外区域での緑化量は人工的な緑化域を含めても80%から20%に減少し、河畔林パッチの形状は細長くなる傾向が読みとれた。これはステップストーン的な価値を想定することができるが、コリドーとしての機能的な評価は動物相の調査を待たねばならない。次に広島大学東広島キャンパス内の角脇川で鳥類相の調査と植生調査を行い、水辺を有する河川緑地という条件から都市域の鳥類より多くの種がみられた。特に角脇川調整地周辺では多様な立地から多くの鳥種を確認した。またマツ枯れが進む山中池周辺では広葉樹を好む鳥類で多様性が高くなっていた。

以上から河川植生の評価には、従来の貴重種による保全生物的な評価及び多様性だけでも測れないことを示した。多様性は遷移の進行に伴い低下するが、常に攪乱にさらされている河川緑地においてはまだ増大傾向にある。地域レベルでの多様度を確保するためには、河川には河川特有の群落が形成される必要がある。より広範囲な多様性を考慮すると帰化種の蔓延を防ぐことが重要となってくる。都市域において河川緑地周辺は身近な自然体験空間である。自然攪乱の低下している都市河川においては水質を改善することで帰化種の蔓延を防ぐと共に地域活動や環境ボランティア活動等により地域住民のコンセンサスを得た目標植生を設定することの必要性を論じた。多自然型河川整備においてはモニタリング調査の必要性が当初より唱われているが本論文はそれらの調査に新たな評価方法と知見を提示するものである。

引用文献

- 安藤久次・中西弘樹・曾我茂樹（1977）広島市古川地域の植生とフロラ -広島市の文化財第10集-。広島市，広島：34pp.
- 浅見佳世・服部 保・赤松弘治・武田義明（1994a）河川堤防法面に成立するチガヤ-ヒメジョオン群落の特性。植物地理・分類研究 42：75-82.
- 浅見佳世・服部 保・赤松弘治・和田一範・嘉藤正一（1994b）河川堤防植生の管理に関する生態学的研究 I -仁淀川の堤防植生におよぼす刈り取りの影響-。人と自然 4：85-98.
- 浅見佳世・赤松弘治・服部 保・辻 秀之（1994c）河川堤防植生の管理に関する生態学的研究 III -那賀川の堤防植生におよぼす刈り取りの影響-。人と自然 4：81-97.
- 浅見佳世・服部 保・赤松弘治（1995）河川堤防植生の刈り取り管理に関する研究。ランドスケープ研究 58：125-128.
- 浅野 文・島谷幸宏・渡辺祐二・渡辺昭彦（1996）ヒトとトリとの距離 -ヒトとトリの共存関係を求めて-。土木計画学研究論文集 13：303-312.
- Bazzaz F.A. (1968) Succession on abandoned fields in the Shawnee Hills. *Ecology* 49: 924-936.
- Begon M., J.L. Harper and C.R. Townsend (1996) *Ecology*: 3rd ed. Blackwell Science, London. 1068pp.
- Blake J.G. and Karr J.R. (1987) Breeding bird of isolated woodlots. Area and habitat relationship *Ecology* 68: 1724-1734.
- Bornkamm R. (1981) Rates of change in vegetation during secondary succession. *Vegetatio* 47: 213-220
- Braun-Blanquet J. (1964) *Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde*: 3rd ed. Springer-Verlag, Vienna: 865pp.
- Brown M. and Dinsmore J.J. (1986) Implications of marsh size isolation for marsh bird management. *Journal of Wildlife Management* 50:

392-397.

Brown V.K. and Southwood T.R.E. (1987) Secondary succession : Pattern and strategies. In *Colonization, succession and stability* (eds. A.J. Gray, M.J. Crowley and P.J. Edowards) , 315-337. Blackwell Scientific Publications, Boston.

Burgess R.L. and Sharpe D.M., eds. (1981) *Forest island dynamics in Man-dominated landscapes*. Springer-Verlag, New York: 310pp.

Carson R.T., Hanemann W.M., Kopp R.J., Krosnick J.A., Mitchell R.C., Presser S., Ruud P.A. and Smith V.K. (1995) *Referendum Design and Contingent Valuation: The NOAA Pannel's No-Vote Recommendation*, 1-17. Resources for the Future, Washington.

Conner W.H., Gosselink J.G. and Parrondo R.T. (1981) Comparison of the vegetation of three Louisiana swamp sites with different flooding regimes. *American Journal of Botany* 68: 320-331.

Cronk Q.C.B. and Fuller J.L. (1995) *Plant Invaders*: Chapman & Hall, London. 241pp.

ダム事業環境影響評価研究会 (1999) *ダム事業における環境影響評価の考え方*.

江崎保男 (1998) 河川の鳥類群集「水辺環境の保全 生物群集の視点から」(江崎保男・田中哲夫編): 152-176.朝倉書店, 東京

Forman R.T.T. (1997) *Landscape Mosaics*: Cambridge Univ. Press, Edinburgh. 632pp.

Forman R.T.T. and Godron M. (1986) *Landscape Ecology*: John Wiley & Sons, New York. 619pp.

Franz E. and Bazzaz F.A. (1977) Simulation of vegetation response to modified hydrologic regimes. a probabilistic model based on niche differentiation in a floodplain forest, *Ecology* 58: 176-183.

福岡捷二・渡辺昭英・新井田浩・佐藤健二 (1994) オギ・ヨシ等の植生河岸保護機能の評価. *土木学会論文集* 503 II-29: 59-68.

福留修文 (1989) スイスの河川工事と生物保護. *淡水魚保護* 2: 49-52.

- 福富久夫・石井弘 (1985) 緑の計画 - 都市公園と自然公園 -. 地球社, 東京: 274pp.
- 藤原宣夫・百瀬 浩・田畑正敏・舟久保敏・半田真理子・田中 隆 (1998) ダム湖におけるカモ類の行動と環境選択. 環境システム研究 26: 37-44.
- 舟久保敏・百瀬 浩・木部直美・藤原宣夫 (1999) 鳥類の生息環境としてのダム湖の特性 - 自然湖沼との比較 -. 環境システム研究 27: 469-475.
- 波田善夫 (1972) 瀬野川の河川植生. 広島大学生物学会誌 39: 18-21.
- Halpern C.B., Antos J.A., Geyer M.A. and Olson A. M. (1997) Species replacement during early secondary succession: the abrupt decline of a winter annual. *Ecology* 78: 621-631.
- Harris L.D. (1984) *The fragmented forest: Island biogeography theory and the preservation of biological diversity*. University of Chicago Press, Illinois: 211pp.
- 服部 保 (1988) 河川の植物群落「日本の植生 - 侵略と攪乱の生態学 -」(矢野悟道 編), 54-61. 東海大学出版会, 東京.
- 服部 保・赤松弘治・浅見佳世・武田義明 (1993) 河川草地群落の生態学的研究 I. セイタカアワダチソウ群落の発達および種類組成に及ぼす刈り取りの影響. *人と自然* 2: 105-118.
- 葉山嘉一 (1985) 都市緑地における鳥類の生育特性に関する研究. *造園学雑誌* 57(5): 229-234.
- Hayashi I. (1977) Secondary succession of herbaceous communities in Japan. *Japanese Journal of Ecology* 27: 191-200.
- 林 一六 (1990) 植生地理学. 大明堂, 東京: 269pp.
- Hermý M., H. Stieperaere (1981) An indirect gradient analysis of the ecological relationships between ancient recent riverine woodlands to the south of bruges (Flanders Belgium). *Vegetatio* 44: 43-49.

- 樋口広芳・塚本洋三・花輪伸一・武田宗也 (1982) 森林面積と鳥の種類の関係. *Strix* 1: 70-78.
- Hill M.O. and Gauch H.G. (1980) Detrended correspondence analysis - an improved ordination technique - . *Vegetatio* 42: 47-58.
- 日鷹一雅・鎌田磨人・福田珠己 (1993) 徳島県東祖谷村における自給的焼畑農法 I. 技術体系の概要. 徳島県立博物館研究報告 3: 1-24.
- 日置佳之 (1996) オランダにおける国土生態ネットワーク計画とその実現戦略に関する研究. *ランドスケープ研究* 59: 205-208.
- 日置佳之・井手佳季子 (1997) オランダの3つの生態ネットワーク計画の比較による計画プロセスの研究. *ランドスケープ研究* 60: 501-506.
- 廣野喜幸・清野聡子・堂前雅史 (1999) 生態工学は河川を救えるか. *科学* 69: 199-210.
- 星子 隆 (1999a) 高速道路のり面管理がアカマツ群落の変遷に及ぼす影響. *日本緑化工学会誌* 25: 25-34.
- 星子 隆 (1999b) 高速道路のり面における木本植物の侵入と種子散布様式に関する研究. *日本緑化工学会誌* 25: 102-114.
- 星野義延 (1996) 帰化植物による評価「河川環境と水辺植物 - 植生の保全と管理 -」(奥田重俊・佐々木寧 編), 208-211. ソフトサイエンス社, 東京.
- 一ノ瀬友博・Hotes S. (1997) ドイツにみる生態的ネットワークを生かした国づくり. *科学* 67: 772-778.
- 井本郁子 (1978) 道路の周辺植生に与える影響 - 森林伐採の影響を中心として -. *応用植物社会学* 7: 37-59.
- 井上雅仁・中越信和 (1999) 河川内に設置された石積み護岸における植生動態. *ランドスケープ研究* 62: 565-568.
- 石川慎吾 (1988) 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* 38: 73-84.
- 石川慎吾 (1991) 揖斐川の河川植生 II 扇状地地域の砂礫堆上植生

- 動態. 日本生態学会誌 41: 31-43.
- 石川慎吾・石田明儀 (1986) 仁淀川下流域の砂礫堆上にみられる植物群落. 高知大学学術研究報告 34: 265-276.
- 石丸紀興・三浦正幸・佐々木卓也・上村信行・阿南晶子 (1998) 溪流整備のための石組み・石積み技法に関する研究「キャンパス内砂防溪流整備とその評価に関する実験的研究報告書」((財) 広島県建設技術センター・広島大学 編): 187-234. 広島.
- ISS 研究会 (1996) 四万十川の非利用価値の計測. 新しい豊かさへの提言 - 高知県の自然・環境の価値評価とそれを生かした地域振興策の提言 - 報告書: 33-55.
- 伊藤秀三 (1990) 多様度指数間の相関関係 - 各種の多様度は何を表すか - . 日本生態学会誌 40: 187-196.
- Jaccard P. (1901) Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 37: 241-272 *.
- Jongman R.H.G., TER BRAAK C.J.F. and VAN TONGEREN (1987) Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge Univ. Press, Edinburgh. 299pp.
- Jukka J. and Jukka S. (1997) Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments. Landscape and Urban Planning 39(4): 253-265.
- 鎌田磨人・中越信和・高橋史樹 (1987) 焼畑の火入れが埋土種子の発芽に及ぼす影響. 日本生態学会誌 37: 91-100.
- 鎌田磨人・岡部健士・小寺郁子 (1997) 吉野川河道内における樹木及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: 287-294.
- 叶内拓哉・安部直哉・上田秀雄 (1998) 山溪ハンディ図鑑 7 日本の野鳥. 山と溪谷社, 東京: 623pp.
- 亀井裕幸 (1999) 生物多様性と植生学のり組み. 植生情報 3: 5-15.

- 亀山 章 (1976) 道路建設による周辺植生への影響. 応用植物社会学 5: 75-90.
- 亀山 章 (1977) 高速道路のり面の植生遷移について (I) -概査によるのり面植生調査法-. 造園雑誌 41: 23-33.
- 亀山 章 (1978a) 高速道路のり面の植生遷移について (II) -群落調査による遷移の診断と遷移系列の推定-. 造園雑誌 41: 2-15.
- 亀山 章 (1978b) 高速道路のり面の植生遷移について (III) -ベルトトランセクト法による遷移とのり面の部位との関係の分析-. 造園雑誌 42: 2-7.
- 亀山 章 (1982) 高速道路のり面の植生遷移について (VI) -のり面植生の遷移に関する総合考察-. 応用植物社会学研究 11: 33-42.
- 河川環境管理財団 (1983) 解説 河川環境. 山海堂, 東京: 229pp
- 加藤和弘・石川幹子・篠沢健太 (1993) 小貝川河辺植物群落の帯状分布と河川横断面微地形との関係. 造園雑誌 56: 355-360.
- 萱場祐一・島谷幸宏 (1995) 扇状地河川地被状態の長期的変化とその要因に関する基礎的研究. 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集: 183-190.
- 景観システム (1996) グリーンプラス パンフレット
- 建設省土木研究所環境部河川環境研究室 (1996) 中小河川の改修と河川の自然環境. 土木研究所資料 第 3453 号: 51pp.
- 建設省北陸地方建設局監修 (1987) 堤防法面等植生管理マニュアル(案). (社)北陸建設弘済会, 新潟: 114pp.
- 建設省太田川工事事務所 (1993) 第一古川環境整備計画資料. 広島.
- Kira T. (1977) Acclimatological interpretation of Japanese vegetation zones. "Vegetation science and environmental protection"(eds. Miyawaki A. and Tüxen R.): 21-30. Maruzen, Tokyo
- Knapp R. (1974) Some principles of classification and of terminology in successions, Handbook Vegetation Science 8: 167-178. Junk, The

Hague

- 越水麻子・荒木佐智子・鷺谷いづみ・日置佳之・田中 隆・長田光世 (1997) 土壤シードバンクを用いた谷戸植生復元に関する研究. 保全生態学研究 2: 189-200.
- 倉本 宣 (1987) 河川緑地の植生管理「緑の景観と植生管理」(高橋理喜男・亀山 章 編), 116-141. ソフトサイエンス社, 東京.
- 倉本 宣 (1995) 多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究. 緑地学研究 15: 1-120.
- 倉本 宣・井上 健 (1996) 多摩川におけるカワラノギクの生育地の特性についての研究. ランドスケープ研究 59: 93-96.
- 倉本 宣・井上 健・鷺谷いづみ (1993) 多摩川中流の流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.
- 倉本 宣・竹中明夫・鷺谷いづみ・井上 健 (1992) 多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究. 造園雑誌 55: 199-204.
- 栗山浩一 (1997) 公共事業と環境の価値. 築地書館, 東京: 174pp.
- 栗山浩一 (1998) 環境の価値と評価手法 CVM による経済評価. 北海道大学出版会, 札幌: 279pp.
- 李 参熙・山本晃一・島谷幸宏・萱場祐一 (1996) 多摩川扇状地河道部の河道内植生分布の変化とその変化要因との関連性. 環境システム研究 24: 26-33.
- Maeda T. and Maruyama N. (1991) Early fall urban bird communities of Hobart, Tasmania. Journal of Yamashina Institute Ornithology 22: 56-69.
- 前河正昭・中越信和 (1997) 海岸砂地においてニセアカシア林の分布拡大がもたらす成帯構造と種多様性への影響. 日本生態学会誌 47: 131-143.
- 前中久行・大窪久美子 (1986) 都市公園芝生地における利用密度調査と植生解析. 造園雑誌 49: 143-148.

- Major J.(1974a) Kinds and rates of changes in vegetation and chronofunctions, Handbook Vegetation Science 8: 7-18.Junk,The Hague
- Major J.(1974b) Biomass accumulation in successions, Handbook Vegetation Science 8: 195-204.Junk,The Hague
- Martin J. L. (1983) Impoverishment of island bird communities in a Finnish archipelago. *Ornis Scandinavica* 14: 66-77.
- 松田 治 (1997) 広島大学のエコキャンパス構想. *Biocity* 11: 34-41.
- 松浦茂樹 (1999) 河川環境デザインの出発点. *土木学会誌* 84(12): 80-82.
- 松崎浩憲・河原能久(1996) 河川空間の景観設計に関する基礎的研究. 第10回環境情報科学論文集 :123-126.
- Menges E.S. and Waller D.M.(1983) Plant strategies relation to elevation and light in floodplain herbs. *American Naturalist* 122: 454-473
- 美寺寿人・樋口経太 (1994) 多自然型川づくりの現状と取り組み. *River Front* 21: 11-14.
- Mitchell R.C. and Carson R.T. (1989) *Using Survey to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Resources for the Future, Washington: 482pp.
- 宮下 衛 (1996) 河川溪流における自然環境保全の評価手法に関する研究 - 底生動物による環境評価 -. *環境システム研究* 24: 63-69.
- 宮下修一 (1999) 土木技術と自然環境の保全 4.1 高速道路における自然環境保全. *土と基礎* 47(6): 47-52.
- 宮脇 昭 (1973) 雑草の植物社会「植物社会学」(佐々木好之 編), 65-70. 共立出版, 東京.
- 宮脇 昭・奥田重俊・望月陸夫 (1994) 改訂新版日本植生便覧. 至文堂, 東京: 910pp.
- 宮脇成生・鷺谷いづみ (1996) 土壌シードバンクを考慮した個体群生態系モデルと侵入物植物オオブタクサの駆除効果の予測.

保全生態学研究 1 : 25-47.

Morisita M. (1959) Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E.(Biol.) 3: 65-80.

中越信和 (1982) 太田川の河原植生と河辺植物フロラ. 植物と自然 16 : 33-37.

中越信和・平川法義 (1992) 太田川中流域の護岸上の植物群集「植物の群集構造に及ぼす治水設備の影響の研究」(中越信和編), 1-12. 広島.

中越信和・中根周歩・今出秀樹・根平邦人 (1981) アカマツ林の山火跡地における植生回復 I. 初期段階の種組成, 構造及び現存量. 広島大学総合科学部紀要 IV 6 : 69-113.

中越信和・根平邦人. (1982) アカマツ林の山火跡地における植生回復 III. 対照アカマツ林. 広島大学生物学会誌 48 : 7-16.

中越信和・根平邦人・今出秀樹・中根周歩 (1982) アカマツ林の山火跡地における植生回復 II. 落下種子の動態. 広島大学総合科学部紀要 IV (環境科学研究) 7 : 95-126.

Nakagoshi N., Someya T. and Nehira K. (1988) Actual vegetation map of Kure, Hiroshima Prefecture. Bulletin of the Biological Society of Hiroshima University 54: 13-15.

中村登流・中村雅彦 (1995) 日本野鳥生態図鑑 (陸鳥編). 保育社, 東京 : 301pp.

中村俊彦 (1995) 雑草群落の遷移「生物—地球環境の科学」(大沢雅彦・大原 隆 編), 90-94. 朝倉書店, 東京.

中尾忠彦 (1995) 多自然型河川改修の現況. 河川 584 : 6-11.

並河良治・丹羽 薫・竹村征三 (1995) 転居の外部費用に関する二分仮想金銭化法を用いた調査. 土木計画学研究 講演集 1.8(1) : 5-8.

Naveh Z. and Lieberman A.S. (1984) Landscape Ecology : Theory and application. Springer-Verlag, New York. 360pp.

- 根本正之(1995) 雑草の多感作用「現代生態学とその周辺」(沼田 眞編), 269-278. 東海大学出版会, 東京.
- 根本正之(1997) 人工草地のギャップ特性と侵入雑草の生育戦略「雑草の自然誌 -たくましさを生態学-」(山口裕文 編), 62-75. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 沼田 眞(1961) 生態遷移における問題点 -とくに二次遷移と遷移診断について-. 生物科学 13: 146-152.
- 沼田 眞(1966) 草地の状態診断に関する研究 II 種類組成による診断. 日本草地研究会誌 12: 29-36.
- Numata M. (1969) Progressive and retrogressive gradient of grassland vegetation measured by degree of succession - Ecological judgement of grassland condition and trend IV. Vegetatio 19: 96-127.
- 沼田 眞(1974) 生態学事典 増補改訂版. 築地書館, 東京: 519pp.
- 沼田 眞(1987) 植物生態学論考. 東海大学出版会, 東京: 918pp.
- 沼田 眞(1993) 植物のくらし人のくらし. 海鳴社, 東京: 242pp.
- 沼田 眞・依田恭二(1949) 人工草地の群落構造と遷移 I. 日本草地研究会誌 3: 4-11.
- 沼田 眞・吉沢長人(1992) 新版日本原色雑草図鑑. 全国農村教育協会, 東京: 414pp.
- 小舘誓治・浅見佳世・服部 保(1994) 河川堤防植生の管理に関する生態学的研究 II. 猪名川の堤防植生におよぼす刈り取りの影響. 人と自然: 99-115.
- 荻原清子(1998) 都市域の水辺環境の評価「環境評価ワークショップ -評価手法の現状-」(鷺田豊明・栗山浩一・竹内憲司編), 105-117. 築地書館, 東京.
- Ohsawa M. and Da L.J. (1987) Urbanization and Landscape Dynamics in a watershed of the Miyako River, Chiba, Japan. Integrated Studies in Urban ecosystems as the Basis of urban planning(II). Obara, H.: 187-197.

- 大塚俊之 (1998) 温帯と熱帯における二次遷移初期群落先駆種の生活史特性. 日本生態学会誌 48: 143-157.
- Ohtsuka T., Sakura T. and Ohsawa M (1993) Early herbaceous succession along a topographical gradient on forest clear-felling sites in mountainous terrain, central Japan. *Ecological Research* 8: 329-340.
- Ohtsuka T. and Ohsawa M. (1994) Accumulation of buried seeds and establishment of ruderal therophytic communities in disturbed habitat, central Japan. *Vegetatio* 110: 83-96.
- 岡部健士・鎌田磨人・林 雅隆・板東礼子 (1996) 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 41: 25-38.
- 岡 徹・中村雅彦 (1998) 上越教育大学構内における非繁殖期の鳥類相. *Strix* 16: 55-66.
- 奥田重俊 (1977) 河原の植物群落. 採集と飼育 39: 332-337.
- 奥田重俊 (1978) 関東平野における河辺植生の植物社会学的研究. 横浜国大環境科学センター紀要 4: 43-11.
- 奥田重俊 (1991) 植物豊かな川づくり. 河川 541: 22-28.
- 奥田重俊 (1995) 二次草原における群落単位と遷移度「現代生態学とその周辺」(沼田 眞 編), 298-304. 東海大学出版会, 東京.
- 大井次三郎・北川政夫 (1983) 新日本植物誌. 至文堂, 東京: 1716pp.
- 大窪久美子 (1996) 半自然草地の復元—ススキ植栽群落の初期変化と今後の課題「都市に作る自然」(沼田 眞 編), 65-71. 信山社サイテック, 東京.
- 大窪久美子・前中久行 (1990) 野生草花の生育地の保全を目的とした半自然草地の遷移診断. 造園雑誌 53: 145-150
- 大野栄治・田苗創基・高木朗義 (1996) 新しい旅行費用法を用いた公園整備事業の便益評価. 土木計画学研究 論文集 13: 401-408.
- 大野景德 (1995) 帰化植物の生態学「現代生態学とその周辺」(沼田

眞 編), 305-311. 東海大学出版会, 東京.

Opdam P., Rijdsdijk G. and Hustings F. (1985) Bird community in small woods in an agricultural landscape effects of area and isolation. *Biological Conservation* 34: 333-352.

長田武正 (1976) 原色日本帰化植物図鑑. 保育社, 大阪: 254pp

長田武正 (1993) 増補 日本イネ科植物図譜. 平凡社, 東京: 777pp.

Pielou E.C. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.

Rafe R.W., Usher M.B. and Jefferson R.G. (1985) Birds on reserves: the influence of area and habitat on species richness. *Journal of Applied Ecology* 22: 327-335.

Raunkiaer C.(1934)The life forms of plants and statistical plant geography : being the collected papers of C. Raunkiaer. Clarendon Press, Oxford. 632 pp

リバーフロント整備センター(1990)まちと水辺に豊かな自然を 多自然型建設工法の理念と実際. 山海堂, 東京: 118pp.

リバーフロント整備センター (1992) まちと水辺に豊かな自然をⅡ 多自然型川づくりを考える. 山海堂, 東京: 185pp.

リバーフロント整備センター (1993) 川の風景を考える 景観の設計ガイドライン (護岸). 山海堂, 東京: 109pp.

リバーフロント整備センター (1996) 多自然型川づくりの取り組みとポイント. 山海堂, 東京: 203pp.

斎藤隆文 (1995) 都市の鳥たち「生物-地球環境の科学 -東関東の自然誌-」(大沢雅彦・大原 隆 編), 113-122. 朝倉書店, 東京.

崎尾 均 (1999) 溪畔林・河畔林の現状「溪流生態砂防学」(太田猛彦・高橋剛一郎 編), 51-65. 東京大学出版会, 東京.

桜井善雄・市川 新・土屋十園 (1996) 都市の中に生きた水辺を. 信山社, 東京: 282pp.

桜谷保之 (1996) 近畿大学奈良キャンパスで見られる野鳥類. 近畿

大学農学部紀要 29：27-37.

佐々木寧 (1995a) 河川の植物種の特性「河川の植生と河道特性に関する報告書」, 11-18. 河川環境管理財団, 東京.

佐々木寧 (1995b) 河川植生の特性「河川の植生と河道特性に関する報告書」, 18-45. 河川環境管理財団, 東京.

佐々木寧 (1996a) 堤防の植生と管理 - 堤防のフローラ - 「河川環境と水辺植物 - 植生の保全と管理 -」(奥田重俊・佐々木寧編), 142-143. ソフトサイエンス社, 東京.

佐々木寧 (1996b) 河川堤防の植生のあり方と管理「河川環境と水辺植物 - 植生の保全と管理 -」(奥田重俊・佐々木寧編), 161-162. ソフトサイエンス社, 東京.

佐々木寧 (1996b) 豊かな川づくりに向けて「河川環境と水辺植物 - 植生の保全と管理 -」(奥田重俊・佐々木寧編), 242-255. ソフトサイエンス社, 東京. 関 正和 (1996) 大地の川. 思想社, 東京: 247pp.

Shannon C.E. and W.Weaver (1949) The Mathematical Theory of Communication : Univ. Illinois Press, Urbana: 117pp.

島谷幸宏・皆川朋子 (1998) 景観からみた河川水質に関する研究. 環境システム研究 26 : 67-75.

島谷幸宏・小栗幸雄・萱場祐一 (1994) 中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化. 水工学論文集 38 : 337-344.

下瀬浩一郎 (1998) 都市河川・古川の多自然型川づくり - 第一古川. 土木施工 39 : 50-54.

Simpson R.L., Leck M.A. and Parker V.T. (1989) Seedbanks: General concepts and methodological issues. Ecology of soil seed banks. (eds. M.A. Leck, V.T. Paker, and R.L. Simpson), 3-8. Academic Press, San Diego.

Sneath P.H.A. and R.R. Sokal (1973) Numerical Taxonomy : The principles and practice of numerical classification. W.H. Freeman, San Francisco. 573pp.

- Sokal R.R. and F.J. Rohlf (1987) Introduction to biometrics. 2nd ed.,
Freeman, San Francisco. 363pp.
- 末次忠司・大谷 悟・岡部 勉・都丸真人・川島幹雄・伊藤禎将 (1999)
河川整備と住民意識の関係についての一考察. 環境システム
研究 27 : 451-456.
- 杉山恵一 (1992) 自然環境復元入門[訂正版]. 信山社, 東京 : 212pp.
- 田川日出夫・沖野外輝夫 (1979) 生態遷移研究法. 共立出版, 東京 :
177pp.
- 高原栄重 (1988) 都市緑地. 鹿島出版会, 東京 : 221pp.
- 竹原明秀 (1993) 河辺の植物群落. 水工学シリーズ 93 A : 2-20.
- 玉井信行・白川直樹・松崎浩憲 (1998) 自然復元を目指す河川計画
における費用・便益分析について. 水工学論文集 42 : 271-
276.
- 谷本 茂・中越信和 (1997) 都市近郊の旧河川域における地被状態
の変化に関する景観生態学的研究. 第 49 回土木学会中国支
部研究発表会発表概要集 : 695-696.
- 谷本 茂・中越信和・根平邦人 (1998) 多自然型河川緑地の植生構
造. 第 50 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集 : 707-
708.
- Turner M.G. and Ruscher C.L. (1988) Changes in landscape pattern
Georgia. U.S.A. Landscape Ecology 1: 245-251.
- 土山和夫 (1999) 中国地方土木の再発見, 再構築, 新展開, 土木学
会誌 84 : 52-59.
- 梅原 徹, 永野 正弘 (1997) 「土を捲いて森をつくる！」研究と事
業をふりかえって. 保全生態学研究 2 : 9-26.
- 鷺田豊明 (1999) 環境評価入門. 勁草書房, 東京 : 340pp.
- 鷺谷いづみ (1999) 生物保全の生態学. 共立出版, 東京 : 182pp
- 鷺谷いづみ・森本信生 (1993) 日本の帰化植物. 保育社, 東京 : 191pp.
- Wilson S.D. (1989) The suppression of native prairie by alien speceis
introduced for revegetation. Landscape and Urban Planning 17:

113-119.

山岸 哲 (1991) 鳥にやさしい川. 河川 541 : 29-35.

山本弥四郎・石井弓夫 (1971) 都市河川の機能について. 土木学会
年次学術講演会講演概要集 : 441-444.

矢野悟道 (1988) 人間社会と植物社会「日本の植生 - 侵略と攪乱の
生態学 -」(矢野悟道 編), 62-72. 東海大学出版会, 東京.

Yodzis P.(1978) Competition for space and the structure of ecological
communities.Lecture Notes in Biomathematics 25. Springer,
Berlin,Hidelberg & New York.

由井正敏 (1978) 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究 I. 記
録率の日周変化. 山階鳥研報 10 : 70-81.

由井正敏 (1980a) 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究 II.
天候と記録率. 山階鳥研報 12 : 1-6.

由井正敏 (1980b) 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究 V.
観察半径と記録率. 山階鳥研報 12 : 85-94.

由井正敏 (1980c) 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究 VII.
生息密度と記録率. 山階鳥研報 12 : 102-105.

付録 植物目録

本論文で使用した学名及び標準和名は，大井・北川（1983）に従った。種子植物のうち，イネ科植物については長田(1993)，帰化種については長田(1976)に従った。

- SPERMATOPHYTA 種子植物
- GYMNOSPERMAE 裸子植物
- Taxaceae イチイ科
 Torreya nucifera カヤ
- Pinaceae マツ科
 Pinus densiflora アカマツ
- Taxodiaceae スギ科
 Cryptomeria japonica スギ
- Cupressaceae ヒノキ科
 Juniperus rigida ネズ
- MONOCOTYLEDONEAE 単子葉植物
- Typhaceae ガマ科
 Typha latifolia ガマ
- Gramineae イネ科
 Sasa veitchii クマザサ

<i>Pleiblastus fortunei</i>	チゴザサ
<i>Alopecurus japonicus</i>	セトガヤ
<i>Alopecurus aequalis</i>	スズメノテッポウ
<i>Agrostis alba</i>	コヌカグサ
<i>Agrostis stolonifera</i>	ハイコヌカグサ
<i>Polypogon fugax</i>	ヒエガエリ
<i>Beckmannia syzigachne</i>	カズノコグサ
<i>Koeleria cristata</i>	ミノボロ
<i>Aira elegans</i>	ハナヌカススキ
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	ハルガヤ
<i>Phalaris arundinacea</i>	クサヨシ
<i>Agropyron racemiferum</i>	アオカモジグサ
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i>	カモジグサ
<i>Lolium multiflorum</i>	ネズミムギ
<i>Lolium perenne</i>	ホソムギ
<i>Lolium</i> × <i>hybridum</i>	ネズミホソムギ
<i>Bromus catharticus</i>	イヌムギ
<i>Dactylis glomerata</i>	カモガヤ
<i>Festuca parvigluma</i>	トボシガラ
<i>Festuca arundinacea</i>	オニウシノケグサ
<i>Festuca myuros</i>	ナギナタガヤ
<i>Briza maxima</i>	コバンソウ
<i>Briza minor</i>	ヒメコバンソウ
<i>Poa annua</i>	スズメノカタビラ
<i>Poa sphondylodes</i>	イチゴツナギ
<i>Poa pratensis</i>	ナガハグサ
<i>Eragrostis ferruginea</i>	カゼクサ
<i>Eragrostis poaeoides</i>	コスズメガヤ
<i>Eragrostis curvula</i>	シナダレスズメガヤ
<i>Eleusine indica</i>	オヒシバ

<i>Leptochloa chinensis</i>	アゼガヤ
<i>Cynodon dactylon</i>	ギョウギシバ
<i>Sporobolus fertilis</i>	ネズミノオ
<i>Muhlenbergia japonica</i>	ネズミガヤ
<i>Muhlenbergia hakonensis</i>	タチネズミガヤ
<i>Zoysia japonica</i>	シバ
<i>Zoysia matrella</i>	コウシュンシバ
<i>Arundinella hirta</i>	トダシバ
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	チカラシバ
<i>Setaria viridis</i>	エノコログサ
<i>Setaria faberi</i>	アキノエノコログサ
<i>Setaria glauca</i>	キンエノコロ
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	オオクサキビ
<i>Digitaria adscendens</i>	メヒシバ
<i>Digitaria timorensis</i>	コメヒシバ
<i>Digitaria violascens</i>	アキメヒシバ
<i>Paspalum dilatatum</i>	シマスズメノヒエ
<i>Paspalum distichum</i>	キシユウスズメノヒエ
<i>Paspalum thunbergii</i>	スズメノヒエ
<i>Paspalum urvillei</i>	タチスズメノヒエ
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	ケチヂミザサ
<i>Echinochloa crus-galli</i>	イヌビエ
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	タイヌビエ
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	チガヤ
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	オギ
<i>Miscanthus sinensis</i>	ススキ
<i>Microstegium vimineum</i>	ヒメアシボソ
<i>Arthraxon hispidus</i>	コブナグサ
<i>Andropogon virginicus</i>	メリケンカルカヤ
<i>Coix lacryma-jobi</i>	ジュズダマ

Cyperaceae カヤツリグサ科

- Cyperus brevifolius* var. *leiolepis* ヒメクダ
Cyperus globosus アゼガヤツリ
Cyperus compressus クダガヤツリ
Cyperus difformis タマガヤツリ
Cyperus iria コゴメガヤツリ
Cyperus microiria カヤツリグサ
Cyperus nipponicus アオガヤツリ
Scirpus wichurae アブラガヤ
Fimbristylis dichotoma テンツキ
Carex breviculmis アオスゲ
Carex olivacea var. *angustior* ミヤマシラスゲ

Iridaceae アヤメ科

- Iris pseudoacorus* キショウブ
Sisyrinchium atlanticum ニワゼキショウ

Commelinaceae ツユクサ科

- Aneilema keisak* イボクサ
Commelina communis ツユクサ

Juncaceae イグサ科

- Juncus tenuis* クサイ
Juncus effusus var. *decipens* イ
Juncus leschenaultii コウガイゼキショウ

Liliaceae ユリ科

- Chionographis japonica* シライトソウ
Heloniopsis orientalis ショウジョウバカマ

Aletris luteoviridis ノギリラン

Smilax china サルトリイバラ

Dioscoreaceae ヤマノイモ科

Dioscorea batatas ナガイモ

Dioscorea japonica ヤマノイモ

Dioscorea tenuipes ヒメドコロ

Orchidaceae ラン科

Tulotis ussuriensis トンボソウ

Spiranthes sinensis ネジバナ

Saururaceae ドクダミ科

Houttuynia cordata ドクダミ

ANGIOSPERMAE 被子植物

DICOTYLEDONEAE 双子葉植物

CHORIPETALAE 離弁花類

Salicaceae ヤナギ科

Salix chaenomeloides アカメヤナギ

Betulaceae カバノキ科

Alnus sieboldiana Matsum. オオバヤシャブシ

Alnus pendula ヒメヤシャブシ

Fagaceae ブナ科

Quercus glauca アラカシ

Quercus serrata コナラ

Ulmaceae ニレ科

Zelkova serrata ケヤキ

Moraceae クワ科

Fatoua villosa クワクサ

Morus bombycis ヤマグワ

Polygonaceae タデ科

Rumex acetosa スイバ

Rumex acetosella ヒメスイバ

Rumex japonicus ギシギシ

Rumex obtusifolius エゾノギシギシ

Polygonum aviculare ミチヤナギ

Polygonum perfoliatum イシミカワ

Polygonum thunbergii ミゾソバ

Polygonum nipponense ヤノネグサ

Polygonum lapathifolium オオイヌタデ

Persicaria pubescens ボントクタデ

Polygonum hydropiper ヤナギタデ

Polygonum longisetum イヌタデ

Polygonum cuspidatum イタドリ

Chenopodiaceae アカザ科

Chenopodium album シロザ

Chenopodium album var. *centrorubrum* アカザ

Chenopodium ambrosioides ケアリタソウ

Caryophyllaceae ナデシコ科

Sagina japonica ツメクサ

Cerastium glomeratum オランダミミナグサ

Stellaria aquatica ウシハコベ
Stellaria media コハコベ
Stellaria neglecta ミドリハコベ
Silene gallica var. *quinquevulnera* マンテマ

Ranunculaceae キンポウゲ科

Ranunculus sceleratus タガラシ
Ranunculus silerifolius キツネノボタン

Lardizabalaceae アケビ科

Akebia trifoliata ミツバアケビ

Menispermaceae ツヅラフジ科

Cocculus orbiculatus アオツヅラフジ

Lauraceae クスノキ科

Cinnamomum japonicum ヤブニッケイ
Lindera glauca ヤマコウバシ
Lindera umbellata クロモジ

Cruciferae アブラナ科

Lepidium virginicum マメグンバイナズナ
Cardamine flexuosa タネツケバナ
Nasturtium officinale オランダガラシ
Rorippa indica イヌガラシ
Rorippa islandica スカシタゴボウ
Capsella bursa-pastoris ナズナ

Pittosporaceae ベンケイソウ科

Sedum bulbiferum コモチマンネングサ

Pittosporaceae トベラ科

Pittosporum tobira トベラ

Rosaceae バラ科

Duchesnea chrysantha ヘビイチゴ

Potentilla kleiniana オヘビイチゴ

Rubus pectinellus コバノフユイチゴ

Rubus corchorifolius ビロードイチゴ

Rubus palmatus ナガバモミジイチゴ

Sanguisorba officinalis ワレモコウ

Rosa multiflora ノイバラ

Prunus jamasakura ヤマザクラ

Prunus verecunda カスミザクラ

Raphiolepis umbellata シャリンバイ

Sorbus japonica ウラジロノキ

Leguminosae マメ科

Albizia julibrissin ネムノキ

Lespedeza cyrtobotrya マルバハギ

Lespedeza bicolor forma. acutifolia ヤマハギ

Lespedeza homoloba ツクシハギ

Lespedeza cuneata メドハギ

Lespedeza pilosa ネコハギ

Kummerowia striata ヤハズソウ

Kummerowia stipulacea マルバヤハズソウ

Trifolium dubium コメツブツメクサ

Vicia hirsuta スズメノエンドウ

Vicia sepium カラスノエンドウ

Pueraria lobata クズ

Glycine soja ツルマメ
Amphicarpaea trisperma ヤブマメ
Wisteria brachybotrys ヤマフジ
Wisteria floribunda フジ
Robinia pseudo-acacia ニセアカシア
Trifolium repens シロツメクサ

Geraniaceae フウロソウ科

Geranium carolinianum アメリカフウロ

Oxalidaceae カタバミ科

Oxalis corniculata カタバミ

Rutaceae ミカン科

Zanthoxylum schinifolium イヌザンショウ

Euphorbiaceae トウダイグサ科

Mallotus japonicus アカメガシワ

Anacardiaceae ウルシ科

Rhus sylvestris ヤマハゼ

Rhus trichocarpa ヤマウルシ

Aquifoliaceae モチノキ科

Ilex macropoda アオハダ

Ilex serrata ウメモドキ

Ilex crenata イヌツゲ

Ilex pedunculosa ソヨゴ

Celastraceae ニシキギ科

Celastrus orbiculatus ツルウメモドキ

Aceraceae カエデ科

Acer palmatum var. *matumurae* ヤマモミジ

Acer crataegifolium ウリカエデ

Rhamnaceae クロウメモドキ科

Rhamnus crenata イソノキ

Vitidaceae ブドウ科

Ampelopsis brevipedunculata ノブドウ

Cayratia japonica ヤブガラシ

Parthenocissus tricuspidata ツタ

Theaceae ツバキ科

Camellia japonica ヤブツバキ

Ternstroemia gymnanthera モッコク

Eurya japonica ヒサカキ

Guttiferae オトギリソウ科

Hypericum erectum オトギリソウ

Violaceae スミレ科

Viola mandshurica スミレ

Viola violacea シハイスミレ

Elaeagnaceae グミ科

Elaeagnus pungens ナワシログミ

Lythraceae ミソハギ科

Lythrum anceps ミソハギ

Onagraceae アカバナ科

Oenothera laciniata コマツヨイグサ

Oenothera biennis メマツヨイグサ

Ludwigia epilobioides チョウジタデ

Araliaceae ウコギ科

Aralia elata タラノキ

Fatsia japonica ヤツデ

Acanthopanax sciadophylloides コシアブラ

Evodiopanax innovans タカノツメ

Umbelliferae セリ科

Hydrocotyle ramiflora オオチドメ

Hydrocotyle maritima ノチドメ

Torilis japonica ヤブジラミ

Oenanthe javanica セリ

SYMPETALAE 合弁花類

Clethraceae リョウブ科

Clethra barbinervis リョウブ

Ericaceae ツツジ科

Rhododendron kaempferi ヤマツツジ

Rhododendron reticulatum コバノミツバツツジ

Lyonia ovalifolia var. *elliptica* ネジキ

Pieris japonica アセビ

Vaccinium bracteatum シヤシャンボ

Vaccinium oldhamii ナツハゼ

Vaccinium smallii var. *glabrum* スノキ

Myrsinaceae ヤブコウジ科

Ardisia japonica ヤブコウジ

Ardisia crenata マンリョウ

Primulaceae サクラソウ科

Lysimachia japonica コナスビ

Symplocaceae ハイノキ科

Symplocos lucida クロキ

Styracaceae エゴノキ科

Styrax japonica エゴノキ

Oleaceae モクセイ科

Ligustrum japonicum ネズミモチ

Osmanthus heterophyllus ヒイラギ

Gentianaceae リンドウ科

Tripterospermum japonicum ツルリンドウ

Apocynaceae キョウチクトウ科

Nerium indicum キョウチクトウ

Convolvulaceae ヒルガオ科

Calystegia japonica ヒルガオ

Verbenaceae クマツヅラ科

Clerodendron trichotomum クサギ

Labiatae シソ科

Lamium amplexicaule ホトケノザ

Mosla dianthera ヒメジソ

Clinopodium gracile トウバナ

Perilla frutescens var. *citriodora* レモンエゴマ

Mentha arvensis var. *piperascens* ハッカ

Mentha piperita コシヨウハッカ

Elsholtzia ciliata ナギナタコウジュ

Scrophulariaceae ゴマノハグサ科

Mazus miquelii ムラサキサギゴケ

Mazus pumilus トキワハゼ

Lindernia dubia アメリカアゼナ

Veronica peregrina ムシクサ

Veronica arvensis タチイヌノフグリ

Plantaginaceae オオバコ科

Plantago asiatica オオバコ

Plantago lanceolata ヘラオオバコ

Rubiaceae アカネ科

Paederia scandens var. *mairei* ヘクソカズラ

Caprifoliaceae スイカズラ科

Viburnum wrightii ミヤマガマズミ

Viburnum phlebotrachum オトコヨウゾメ

Abelia serrata コツクバネウツギ

Lonicera japonica スイカズラ

Valerianaceae オミナエシ科

Patrinia villosa オトコエシ

Patrinia scabiosaefolia オミナエシ

Cucurbitaceae ウリ科

Trichosanthes kirilowii var. *japonica* キカラスウリ

Campanulaceae キキョウ科

Wahlenbergia marginata ヒナギキョウ

Platycodon grandiflorum キキョウ

Specularia perfoliata キキョウソウ

Lobelia chinensis ミゾカクシ

Compositae キク科

Gnaphalium affine ハハコグサ

Gnaphalium japonicum チチコグサ

Gnaphalium purpureum var. *spathulatum* チチコグサモ
ドキ

Gnaphalium spicatum ウラジロチチコグサ

Xanthium canadense オオオナモミ

Ambrosia artemisiifolia var. *elatior* ブタクサ

Eupatorium chinense var. *simplicifolium* ヒヨドリバナ

Solidago virga-aurea var. *asiatica* アキノキリンソウ

Erigeron annuus ヒメジョオン

Erigeron canadensis ヒメムカシヨモギ

Erigeron sumatrensis オオアレチノギク

Solidago altissima セイタカアワダチソウ

Aster subulatus ホウキギク

Erechtites hieracifolia ダンドボロギク

<i>Artemisia keiskeana</i>	イヌヨモギ
<i>Artemisia princeps</i>	ヨモギ
<i>Eclipta prostrata</i>	タカサブロウ
<i>Bidens frondosa</i>	アメリカセンダングサ
<i>Helianthus tuberosus</i>	キクイモ
<i>Atractylodes japonica</i>	オケラ
<i>Ixeris dentata</i>	ニガナ
<i>Sonchus oleraceus</i>	ノゲシ

PTERRIDOPHTA シダ植物

Lycopodiaceae ヒカゲノカズラ科

Lycopodium clavatum var. *nipponicum* ヒカゲノカズラ

Equisetaceae トクサ科

Equisetum arvense スギナ

Gleicheniaceae ウラジロ科

Dicranopteris dichotoma コシダ

Pteridaceae イノモトソウ科

Pteridium aquilinum var. *latiusculum* ワラビ

Aspidiaceae オシダ科

Polystichopsis pseudo-aristata コバノカナワラビ

Dryopteris crassirhizoma オシダ

Dryopteris erythrosora ベニシダ

Blechnaceae シシガシラ科

Struthiopteris niponica シシガシラ