

二次遷移初期相における多自然型河川緑地の植生評価

Ecological evaluation on riverside vegetation with river restoration at early secondary successional stage

谷本 茂*, 中越 信和**, 根平 邦人**

Shigeru TANIMOTO, Nobukazu NAKAGOSHI and Kunito NEHIRA

ABSTRACT: The purpose of this research is to evaluate riverside open space vegetation with restoration from the ecological viewpoint. The species composition at riverside open space was investigated in order to examine life-form composition, degree of succession and species diversity.

The site refilling with topsoil; a kind of restoration was completed by annual species (*Ambrosia artemisiaefolia* and *Kummerowia striata*) in the first year after construction. In the next year, the site refilling with topsoil was dominated by perennial species (*Artemisia princeps* and *Solidago altissima*). The value of degree of succession was identified as the general stage of secondary succession. It was judged that the secondary succession was on a progressing state. But, it was afraid if an alien species (*Solidago altissima*) remains overgrown on the refilling site for a long time, it would cease a natural succession.

KEYWORDS: biodiversity, degree of succession, monitoring survey, river restoration, secondary succession

1. はじめに

平成2年11月、建設省河川局から「多自然型川づくり」の推進について通達が出された。以後、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¹⁾、一部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^{2,3)}。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、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^{4,5,6)}。多自然型川づくりに関する事業に際しては植物に配慮した事例が魚介類に次いで多いものの、工事後の植生回復状況が公表された例は少なく、多自然型川づくり施工直後からのモニタリング調査に基づく生態学的植生評価が必要となってきた。

河川植生に関する研究は、河川の自然攪乱との関係からは石川^{7,8)}、鎌田ら⁹⁾の研究例が、保全生態学の観点からは倉本ら¹⁰⁾の研究例があり、河川堤防においては浅見ら¹¹⁾が植生評価を行っているが、河川整備後の植生回復という面からは中越・平川¹²⁾の報告があるのみである。都市中小河川における河川緑地の植生評価は事例がなく、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。

本研究は、都市中小河川の河川緑地において実施された多自然型工法(張芝工、種子吹付工及び表土埋戻工)について、整備後2年までの植生状況を調査し、生態学的観点からの植生評価を行うものである。

* 広島大学大学院 国際協力研究科 Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University
勤務先: 株式会社荒谷建設コンサルタント Aratani Civil Engineering Consultant Co., Ltd.

** 広島大学大学院 国際協力研究科 Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University

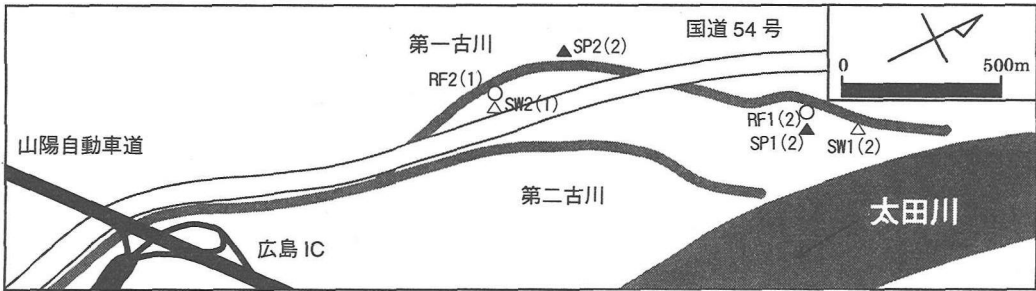
2. 調査地及び調査方法

2.1 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（ふるかわ）において実施した。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(図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平成7年度から実施されている¹³⁾。

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(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今のところ実施されていない。

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。



△：張芝工, ▲：種子吹付工, ○：表土埋戻工

図1 調査地の概況

2.2 調査方法

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。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。調査時期は平成10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。

解析は、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)を行い、その結果から区分された路傍・水際の影響を受ける方形区を除いた後、工法と施工年の違いで区分された6つのプロット群(張芝工区SW1(2), SW2(1), 種子吹付工区SP1(2), SP2(2), 表土埋戻工区RF1(2), RF2(1); 調査区記号のかっこ内の数字は施工後年数を示す)について実施した(表1)。

表1 調査区の初期植栽種と施工年次

調査区	工法	施工年	初期植栽種	地形	両端の状況		7°プロット数	
					上端	下端	全体	(採用)
SW1(2)	張芝工	H 8	コウシュンシバ	のり面	管理道	—	14	(14)
SW2(1)	張芝工	H 9	コウシュンシバ	のり面	管理道	園路	8	(8)
SP1(2)	種子吹付工	H 8	シロツメクサ	のり面	管理道	園路	8	(6)
SP2(2)	種子吹付工	H 8	シロツメクサ	のり面	管理道	園路	12	(10)
RF1(2)	表土埋戻工	H 8	—	平坦地	園路	河川	13	(11)
RF2(1)	表土埋戻工	H 9	—	平坦地	園路	河川	14	(12)

3. 調査結果

3.1 種組成

全調査区において出現した種数は春季88種、秋季86種であった。

施工年・工法別にみた植被率上位5種と平均植被率、平均種数、生活形を表2に、同様に種数、植被率、植生高の平均値を図2に示す。

張芝工区は、河川堤防における管理手法¹⁴⁾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年目のSW1(2)では初期植栽種を除くとコメツブツメクサ、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植生高が10cmと、芽生えあるいは矮小な個体であった。SW2(1)は、春季には施工直後の養生中であり除草の管理はされていなかった。そのため平均種数は春調査で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、いずれも平成8年工事の地点であり、平成9年時ではシロツメクサ優占群落であった¹⁵⁾。しかし、平成10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種から脱落した。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やアキメヒシバであった。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の優占群落だった¹⁶⁾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%)、秋季には植被率は他の地点と変わらない程度に回復した。優占種は一年草のブタクサやヤハズソウが上位を占めた。

表2 調査区毎の優占種上位5種

(生活形；多：多年草，越：越年草，一：一年草)

工種	調査区	順位	春季			秋季		
			種名	生活形	植被率	種名	生活形	植被率
施工年	平成8年	1	コウシュンシバ	多	94.6	コウシュンシバ	多	85.0
		2	コメツブツメクサ	多	1.5	コメツブツメクサ	多	2.5
		3	セイタカアワダチソウ	多	0.6	セイタカアワダチソウ	多	1.3
		4	オランダミミナグサ	越	0.1	ヒメジョオン	越	0.9
		5	オオアレチノギク	越	0.1	ヒメムカシヨモギ	越	0.1
張芝工区	平成9年	1	コウシュンシバ	多	96.9	コウシュンシバ	多	100.0
		2	ナズナ	越	4.7	コメヒシバ	多	2.5
		3	マメグンバイナズナ	越	2.9	コニシキソウ	多	0.2
		4	ハナヌカススキ	越	2.5	メヒシバ	多	0.2
		5	ホトケノザ	越	1.6	セイタカアワダチソウ	多	0.1
種子吹付工区	平成8年	1	シロツメクサ	多	34.2	オオアレチノギク	越	32.5
		2	ヒメシバ	多	13.3	ナギナタガヤ	越	5.0
		3	オオアレチノギク	越	9.2	ヒメシバ	多	5.0
		4	コメカグサ	多	5.8	ブタクサ	多	1.7
		5	マンテマ	越	4.3	アレチマツヨイグサ	越	1.7
埋戻工区	平成9年	1	シロツメクサ	多	98.0	シロザ	多	52.0
		2	コメカグサ	多	5.7	アキメヒシバ	多	9.5
		3	オオアレチノギク	越	3.0	オオクサキ	多	9.0
		4	ヒメジョオン	越	1.0	メヒシバ	多	4.6
		5	ナギナタガヤ	越	0.1	カヤツリグサ	多	4.5
表土埋戻工区	平成8年	1	ヨモギ	多	24.1	セイタカアワダチソウ	多	40.5
		2	ヤハズソウ	多	17.3	ヨモギ	多	27.3
		3	ソソネズミムギ	多	15.1	オヘビイチゴ	多	11.9
		4	セイタカアワダチソウ	多	14.3	メドハギ	多	5.5
		5	シロツメクサ	多	13.8	ヤハズソウ	多	5.0
表土埋戻工区	平成9年	1	ソソネズミムギ	越	10.2	ブタクサ	多	31.3
		2	ブタクサ	多	6.8	ヤハズソウ	多	26.3
		3	ヤハズソウ	多	3.3	ヤブマメ	多	12.6
		4	ヨモギ	多	1.8	コブナグサ	多	5.3
		5	シロツメクサ	多	1.8	セイタカアワダチソウ	多	2.8

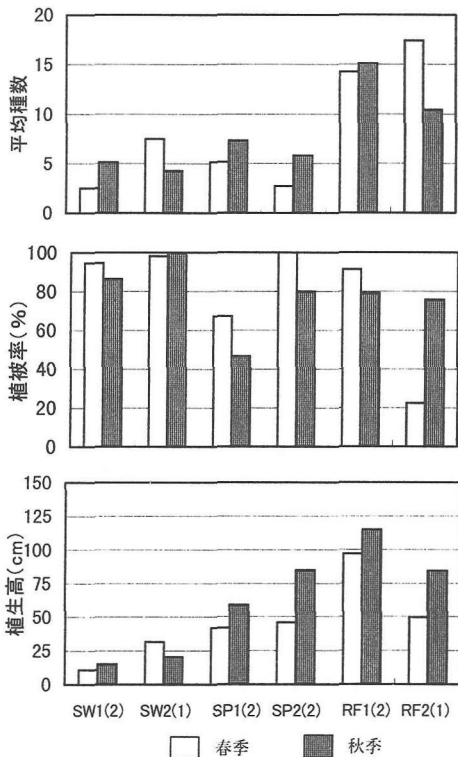


図2 種数・植被率・植生高

3.2 生活形組成

生活形はRaunkiaerの休眠型¹⁷⁾を用いた。出現種ごとの生活形判定には、宮脇ら¹⁸⁾及び沼田・吉沢¹⁹⁾を参考にした。調査区別の生活形組成(植被百分率)を図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。

3.3 遷移度

遷移の程度を数値的に示す遷移度²⁰⁾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 : 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(l)は、生活形に対応させて一年草・越年草に1, 多年草に10, 木本に100を与えた。また、積算優占度(SDR_2)²¹⁾は、植被率(C)と植生高(H)の相対値(最大値を示す種の値に対する対象種の100分率)から次式の通り求めた。

$$SDR2_i = \frac{H_i/H_{max} + C_i/C_{max}}{2} \times 100$$

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(図4上段)。表土埋戻工区のRF1(2)は同RF2(1)より、高い値となり遷移が徐々に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、SP1(2), SP2(2)ともに秋季には表土埋戻工のRF2(1)より低い値となった。

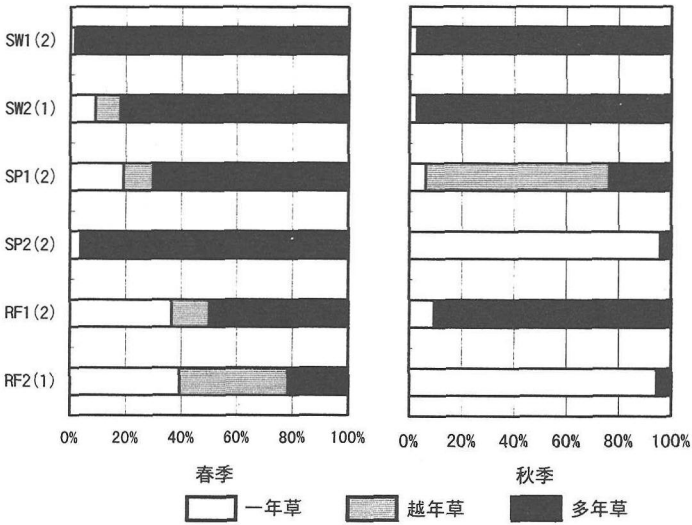


図3 生活形組成

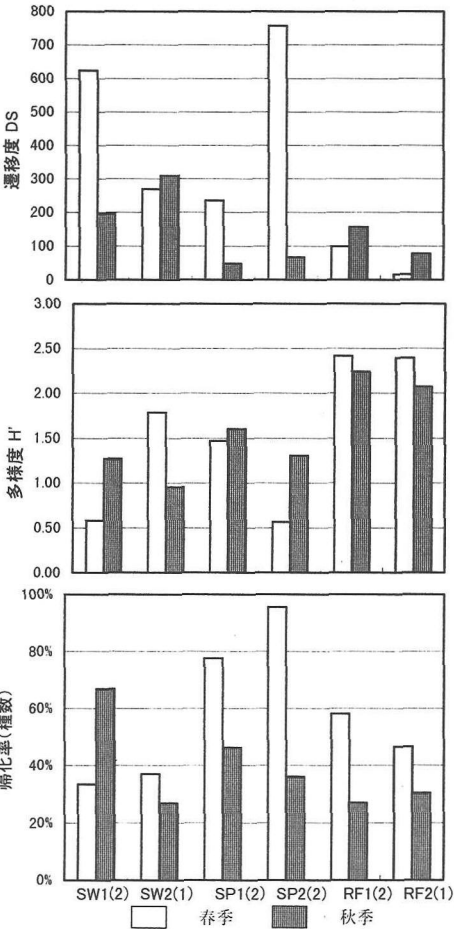


図4 遷移度・多様度・帰化率

3.4 多様度

多様度には植被率上位種の影響を受けにくい²²⁾とされるShannonの多様度指数²³⁾を用いた。

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

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間となった(図4中段)。春季から秋季にかけてSW2(1)では多様性が低下したが、SW1(2)とSP2(2)では逆に多様度が増加した。

3.5 帰化率

人為攪乱の程度を表す帰化率には、種数帰化率²⁴⁾を用いた。帰化種の判定は長田²⁵⁾及び沼田・吉沢¹⁹⁾に基づき判断した。張芝工区の帰化率は、種数が少ないため高い値を示した(図4下段)。種子吹付工区では、春季から秋季にかけて低下した。表土埋戻工区の帰化率は他の調査区と比較してやや低い値を示した。

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及び(3)生産量が増大することで判断される²⁶⁾。今回、遷移の進行の程度を判断するため生活形組成、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²⁷⁾。表土埋戻工区のうち、RF1(2)の種組成は、まずブタクサ、ヤハズソウなどの一年生草本が一年目に優占し²⁸⁾、2年目に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)でも一年目はブタクサ、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²⁷⁾の傾向とはほぼ一致したが、越年草の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²⁹⁾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地土壌の例³⁰⁾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500³¹⁾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100~200³²⁾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いても侵入雑草により不安定になることが知られており³³⁾、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、植生遷移の面から見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、自然性など多方面から評価しなくてはならない。

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・帰化率、その結果低くなる多様度を用いた議論は有用ではない。自然面での評価については維持管理が「除草」から「年二回の刈取り」に変わった後に行うべきであると考え、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における研究¹¹⁾でチガヤ群落が形成されていることから、今後はチガヤ群落へ遷移するものと考えられる。

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⁶⁾。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27%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²⁸⁾。その工事がほぼ終わりつつあることを考えると、帰化種の直接的な侵入は減少することが想定される。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、帰化種が秋季の群落上層の大半を覆うことを示し、種数帰化率や多様度に現れない生態学上・景觀面上の問題がある。従って多様度の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³⁴⁾。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³⁵⁾。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否かについては引き続き継続して調査を実施し、動向を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は、陸側の方形区に比べ出現種数が多く、多様度も高かった。また、水辺は動物のハビタットとしての価値も高いと思われる。さらに、刈り取りという維持管理の予定もないため、古川に從來存在した植物種がこの場所に再び定着する可能性も高い。今回はこの立地での方形区数が十分でないと判断して解析から除いたが、方形区を追加して調査してゆく必要があると考えられた。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、建設省太田川工事事務所事業計画課の方々には貴重な資料を提供して頂いた。広島大学総合科学部の頭山昌郁博士には貴重な助言を頂いた。また、広島大学国際協力研究科院生の村上知嘉子、木村綾子、岡田妹子各氏には現地調査で多大な協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

[参考文献]:

- 1) 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
- 2) 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)。東京大学出版会、東京:51-65
- 3) 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
- 4) 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、東京:230pp
- 5) 中尾忠彦(1995)多自然型河川改修の現況。河川 584:6-11
- 6) 奥田重俊・佐々木寧(1996)河川環境と水辺植物-植生の保全と管理-。ワツシエンス社、東京:261pp
- 7) 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
- 8) 石川慎吾(1991)揖斐川の河辺植生-II。扇状地域の砂州上の植生動態。日本生態学会誌 41:31-43
- 9) 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
- 10) 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態学的研究。造園雑誌 55:199-204
- 11) 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

- 12) 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), 広島: 1-12
- 13) 下瀬浩一郎 (1998) 都市河川・古川の多自然型川づくりー第一古川. 土木施工 39: 50-54
- 14) 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
- 15) 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, 広島: 707-708
- 16) 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
- 17) M.Begon, J.L.Harper and C.R.Townsend (1996) Ecology 3rd ed.Blackwell Science, London: 1068pp
- 18) 宮脇昭・奥田重俊・望月陸夫 (1983) 改訂版日本植生便覧. 至文堂, 東京: 872pp
- 19) 沼田眞・吉沢長人 (1978) 新版日本原色雑草図鑑. 全国農村教育協会, 東京: 414pp
- 20) 沼田眞 (1961) 生態遷移における問題点ーとくに二次遷移と遷移診断について. 生物科学 13: 146-152
- 21) 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
- 22) 伊藤秀三. 1990. 多様度指数間の相関関係ー各種の多様度は何を表すかー. 日本生態学会誌 40: 187-196
- 23) Shannon, C.E. and W.Weaver (1949) The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana: 117pp
- 24) 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). 東海大学出版会, 東京: 305-311
- 25) 長田武正 (1976) 原色日本帰化植物図鑑. 保育社, 大阪: 425pp
- 26) 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
- 27) 林一六 (1990) 植生地理学. 大明堂, 東京: 269pp
- 28) 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, 岡山: 695-696
- 29) 大窪久美子 (1996) 半自然草地の復元ー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). 信山社サイテック, 東京: 65-71
- 30) 中村俊彦 (1995) 雑草群落の遷移. 生物ー地球環境の科学. 大沢雅彦・大原 隆(編). 朝倉書店, 東京: 90-94
- 31) Numata, M. (1969) Progressive and retrogressive gradient of grassland vegetation measured by degree of successionー Ecological judgement of grassland condition and trend IV. Vegetatio 19: 96-127
- 32) 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). 東海大学出版会, 東京: 298-304
- 33) 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). 東海大学出版会, 東京. 269-278
- 34) 亀井裕幸 (1999) 生物多様性と植生学の取り組み. 植生情報 3: 5-15
- 35) 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. 山口裕文(編). 北海道大学図書刊行会, 札幌: 62-75