

◆ 河川生態特集 ◆

扇状地河川の自然環境保全・復元目標としての指標の提案と 多摩川永田地区への適用

皆川朋子* 島谷幸宏**

1. はじめに

本来、扇状地上を流れる河川では、出水の度に流路が変わるため、植生帯は破壊され、裸地の河原が維持される。河原は、河川以外にはみられない河川独自の環境であり、扇状地河川を特徴づける重要な指標であると考えられる。しかし近年、このような扇状地上を流れる河川では、河床の低下や河道の複断面化等の変化が生じ、これに伴う河原の減少、高水敷の樹木の増加が報告されている^{1)~4)}。さらに河原の減少によって、河原に依存し生育・生息している生物が減少するなど、自然環境への影響が懸念されている^{5),6)}。このような河川環境の変化は、河川改修やダム建設、植林、高度成長期に盛んに行われた砂利採取などによって、河川流量や土砂流送が変化したこと等が要因とされている^{2),7)}。

河川の自然環境を保全・復元する場合、本来その河川が有している自然環境はどのような姿なのか？現在の姿はどうなのか？もし、それらが異なる場合、どのような影響によって自然環境が変化したのか？人為が関与しているのか？今後、河川自身の力で回復は可能か？等を明確にした上で、対策を考える必要があると考えられる。

そこで、本報では、人為的なインパクトによって環境の変化が報告されている扇状地上を流れる河川、またはこれと同様な特徴をもつ河床勾配が1/50~1/400の区間(以下、これらを扇状地河川とする)を対象に、上記を把握するための指標を提案するとともに、具体的な事例として多摩川永田地区に適用したケースについて述べる。

2. 指標としての「河原率」の提案

まず、河川工学的にみて、扇状地河川の物理的環境の特徴をみてみると。扇状地河川では、河床勾配は1/400以上と勾配が大きいため、掃流力が大きく、山地の供給源から流送された土砂のうち、シルトや砂等の細かい河床材料は下流へ流される。

河床や河岸は流されずに残った礫以上の大きな粒径の材料によって構成される。また、粘着性が小さいため、河岸は横断方向へ浸食されやすく、広い川幅をもつ⁸⁾。河道は、川幅水深比B/hが大きいため、複列あるいは網状を呈し、複列砂礫堆が発達する⁸⁾。洪水時においては、砂州は移動し流路は容易に変更し、これに伴い植生帯は破壊され、砂礫裸地の河原が再生する。河原はこのような扇状地河川特有の河道特性に基づくシステム(以下、システムとする)によって成立・維持されていると考えることができる。

次に生物生息空間(以下、ハビタットとする)としての河原の環境をみてみると。河原はシルトや砂等の細粒分が少ないとから、貧栄養で水分の保湿度が低く、地下水位も低いため、乾燥した環境である。このような河原には、カワラハハコ、カワラマツバ、カワラサイコ、カワラヨモギ、カワラケツメイ、カワラノギク等、河原に依存した植物が生育している。これらは、乾燥や出水に耐えるように適応、進化し、洪水による搅乱によって形成された砂礫地の遷移初期の段階でのみ生育が可能で、植生遷移が進んだ安定的な立地環境では生育できない。そのため、洪水時、河床材料の移動によって砂州が移動し、植生帯は破壊され、裸地の河原が再生されることが必要になる。植物の他にも、河原には、カワラバッタ、カワラゴミムシ、カワラハンミョウ、カワラケツメイのみを食べるツマグロキチョウ等の昆虫が生息し、またコチドリ、イカルチドリ、コアジサシ等の鳥類の産卵場ともなっている。このような生物もまた、河原に依存して生息している。

以上のように河原は、扇状地河川特有の環境を示すとともにこれをハビタットとする生物保全の指標として考えることができる。河原は、一般的に、粒径が比較的大きい砂礫地で、裸地の部分や植物密度が低いところを指すと考えられるが、ここでは、河原を、裸地の部分(ただし、人為的な裸地は除く)で判別するものとする。裸地としたのは、明らかに出水による砂州の移動や植物帶の破壊の表れとして捉えることができ、河原に依存

した生物のハビタットとしてのポテンシャルを有していると判断されるからである。一方、植物の密度が低い部分は、対象地区における既存の植生図等の検討から、シナダレスズメガヤやオニウシノケグサ等の外来種が優占していたり、次の年には、高密度の植生が繁茂している場合もみられる等、必ずしも、河原に依存した生物のハビタットとなるとは限らないと判断し、除外した。

ここでは、「河原」を評価するため、以下のように「河原率」を、河道に占める裸地の面積の割合で定義する。

$$\text{河原率} = \frac{\text{裸地面積}}{\text{河道内面積}}$$

出水による土砂の移動や植物帶の破壊によって裸地面積が増加すると、「河原率」は増加し、河原が再生・維持される、すなわちシステムが保全されていると判断できるが、出水が生じても「河原」が再生しなくなると、「河原率」は増加せず、システムが変化してしまったと考えることができる。図-1は河原率の考え方を示したものである。

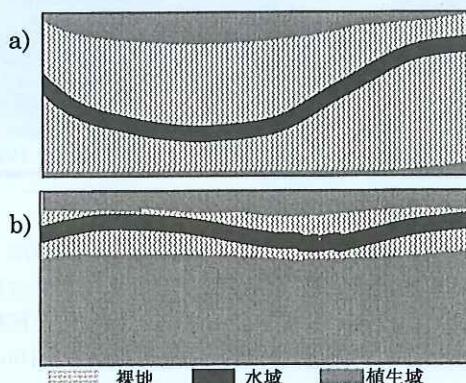


図-1 河原率の概念図

a) は、裸地の面積が大きく、河原率が高い状態を示しており、b) は、植生域が拡大し、裸地の面積は減少し、河原率が小さい状態を示している。

3. 多摩川永田地区におけるケーススタディ

3.1 対象地区の概要

多摩川は、笠取山(山梨県塩山市、標高1,941m)を水源とし東京湾に注ぐ、流域面積1,248.6km²(山地68%、平地32%)、流路延長135.6kmの一級河川である。また、横断工作物としては、小河内ダム(89km地点)の他に小作堰、羽村堰、調布堰等の数々の用水堰がある。

ケーススタディ地区は、河道が複断面化し、自然環境の変化が顕著である河口から51.8km地点(永田橋)から53.3km地点(羽村大橋)までの約1.5km区間(以下、「永田地区」とする)とした(図-2)。永田地区は、山本の河道の区分⁹⁾では、セグメント1に該当し、平均河床勾配は約1/218、川幅約300m、水面幅は約30m、平均年最大流量は600m³/sである。平常時流量は2m³/sである(洪水を除き羽村堰から通年2m³/sの放流が行われている)。

河道は低水路よりも一段高い部分(高水敷化した部分)が形成され、その低水路部分には交差砂州が形成されている。高水敷化した部分にはハリエンジュ等の高木が多くみられる。

永田地区は、河原固有の植物で関東の一部の河川にのみに生育するカワラノギクの生育地であるが、近年減少する傾向にあり、多摩川において既に絶滅の渦に入った¹⁰⁾とされ、生物多様性の保全において重要な課題となっている⁶⁾。

3.2 現在ある河川環境は本来の姿であろうか?

現在ある姿が本来の自然環境であるのか、人

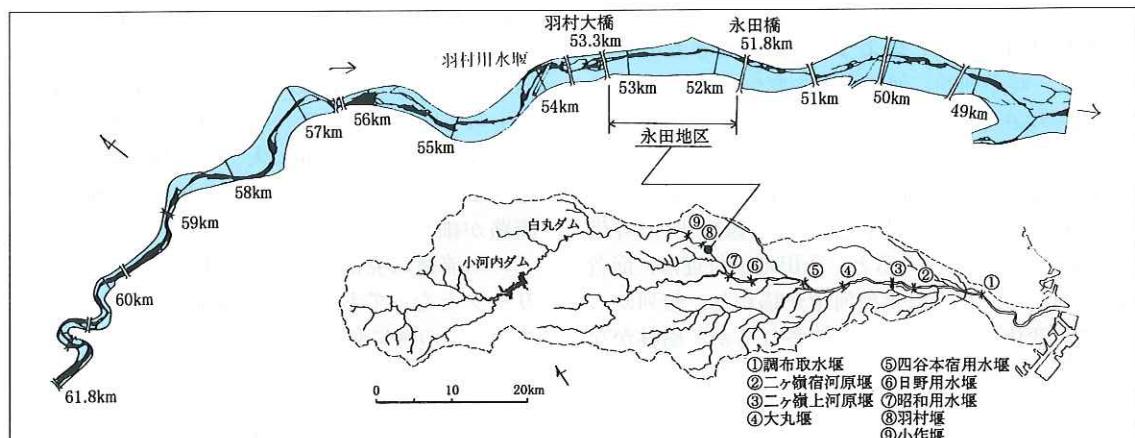


図-2 対象地区 多摩川永田地区

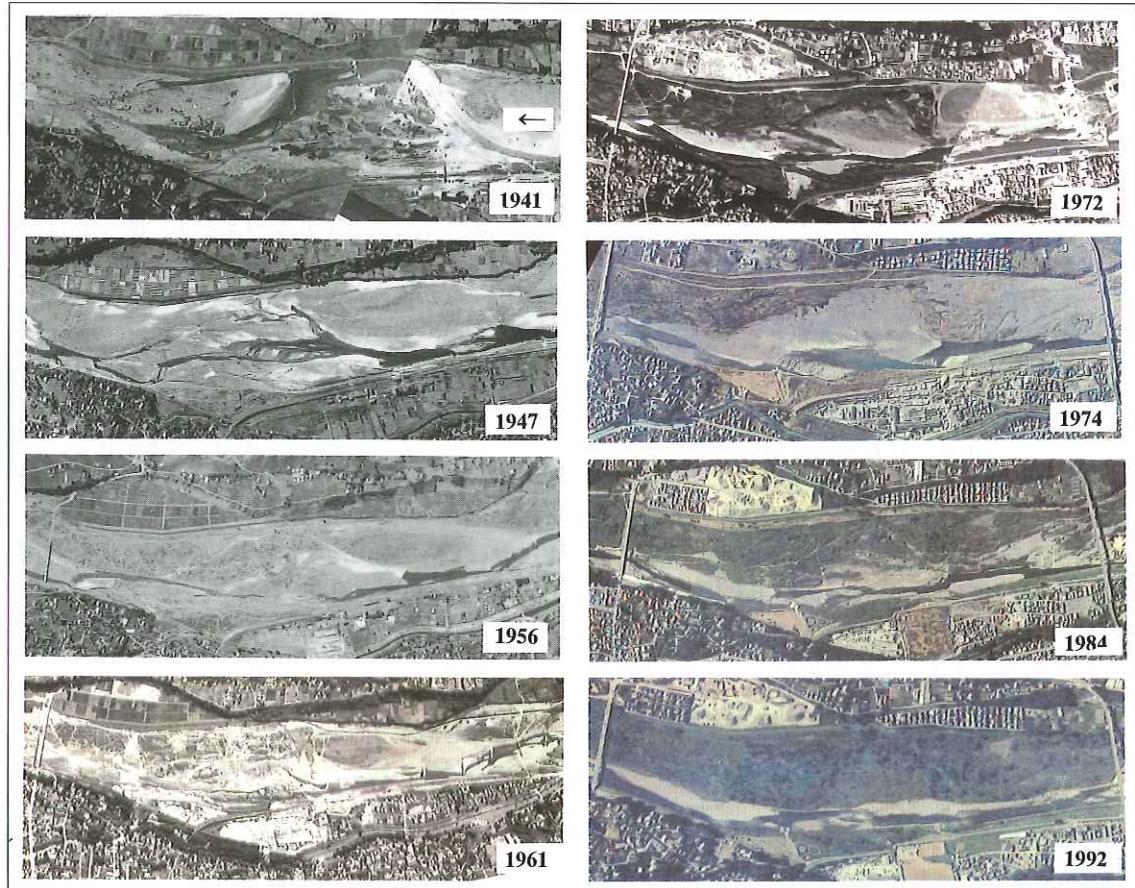


写真-1 永田地区の経年変化

為的なインパクトを受け、変化した姿なのかを明らかにするためには、時系列的に、河川の自然環境の変化と、河川及び流域に与えられた人為的インパクトや洪水の履歴との関係を整理し、さらに河川工学的にみて、本来の河道特性が持ち得る河川環境の姿を推測しながら判断することが必要と考えられる。

3.2.1 河川環境はどのように変化してきたのか？

まず、時系列的に河川環境の変化の様子を1941年から現在までに撮影された空中写真でみてみる。なお、それ以前について江戸時代及び明治時代に描かれた絵図(玉川上水水元絵図並諸橋図(1791)(「上水記」)¹¹⁾、玉川流域絵図 明治時代(1868-1912)¹¹⁾)をみると、永田地区付近は、前者は複列河道、後者は単列河道が描かれ、複列から単列へ変化した可能性は示唆されるが、樹林がない河原の風景である。

写真-1に、1941年から1992年までの永田地区における空中写真の経年変化を示す。戦前の1941年溝筋は大きく蛇行し、大きな中州が見え、そこ

には植物が繁茂している。1947年は、関東地方における既往最大規模の台風であるカスリン台風が通過した直後であるが、1941年には見えた植物帶は破壊され、河道内には砂礫地が広がる。1961年になると、砂州上に引っかいたような跡があるのが見え、自然の裸地はほとんど見えない。これは砂利採取の様子を示している。1972年になると、河道内に植物が繁茂しているのが見られる。また、砂利採取は1964年には禁止されており、自然裸地も若干回復している。1974年台風($2,150\text{m}^3/\text{s}$)により、右岸側中央部に大きな砂州が形成され裸地が広がる。また、その砂州と旧地形の間には旧流路が細長く取り残されている様子が見られる。この旧流路は現在も存在し、小さな池あるいはクリークとなっており、草花湿地と呼ばれている。また、この時に形成された大きな砂州は、1979年にはカワラノギク等の大群落となっている¹²⁾。この時の洪水は、現在のような高水敷化した河道形狀の基本を決定している¹³⁾。1968年河床は概ね平坦であったが、1974年の洪水による土砂の堆

積によって右岸寄り部分が上昇し、砂州が高水敷化した¹³⁾。それ以降、流路は左岸沿いに固定している。その後 1981、1982、1983 年に比較的大きな出水が起り、この右岸側高水敷には細砂が堆積し¹³⁾、濁筋は低下し複断面化が顕著となつた。図-3 に横断形状の変化の様子を示した。1992 年には樹林地は河道において大きな割合を占め、砂礫地は左岸側の濁筋に沿ったわずかな領域に狭まっている。図-4 は浅野¹⁴⁾が空中写真から判読した裸地と高木林の面積を示したものである。裸地は、1974 年以降、減少する傾向にあり、一方、高木林は 1980 年以降、急激に増加している。

3.2.2 人為的インパクトの関与

以上のように、永田地区では 1970 年代中頃以降、砂礫河原の風景は、現在のような樹林地が増加した風景へと変化した。このような変化は、何らかの人為的なインパクトによって、河道特性量が変化し、河道形状の変化、自然環境の変化が生じたものと考えることができる。

永田地区における河道特性量の変化要因としては、流量、土砂流送の変化をもたらす水源地林の荒廃、砂利採取による河床掘削、ダムや堰等の施設などがあげられる。

(1) 水源地林の荒廃 (文献¹¹⁾ を参考に整理)

江戸時代において水源地林は、幕府の直轄地であり、伐採等は制限・禁止され、地域住民が入会権を持ち手厚く保護されていた。しかし、明治政府は水源地を官有地、御料地とし、さらに入会権を無視したことにより、住民による乱伐、盜伐が生じ荒廃が進み、大量の土砂の流出や水害が起こるようになった。また、1907 年、1910 年の水害、1923 年 (T12) 関東大震災によって崩壊地が発生した。なお、現在永田地区において多く見られるハリエンジュは、1935~1942 年、崩壊地復旧のため、多摩川上流の丹波山村塩の山に植林されたものが、下流に拡大したものであるとされている。

再び水源地が荒廃したのは、1944 年 (S19) 第二次大戦中の木材の提供と戦後の復興用材としての伐採、及び 1947 年に発生したカスリン台風による崩壊地の増大によるものである。このため 1950 年 (S25) 林野庁は第一次治山計画を策定し、水源地の荒廃は収束に向かい現在に至っている。以上より、多摩川の水源地の荒廃は、明治から大正時代及び第二次世界大戦中から戦後復興期にかけて起り、この間、土砂流出は増大したことが推測

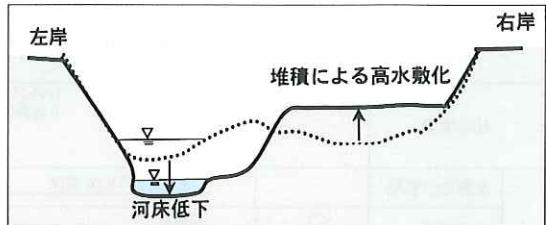


図-3 横断形状の変化の概念図 (河床低下と高水敷化)

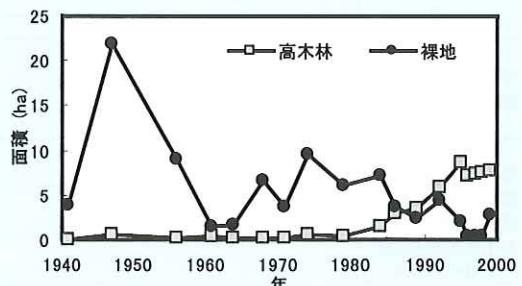


図-4 裸地と高木林の面積の変遷

されるが、それ以降は、水源地林は保全されていると考えられる。

(2) 砂利採取 (文献¹¹⁾ を参考に整理)

多摩川における砂利採取は、明治時代以降に本格化し、大震災後の 1920 年代後半に最大のピークをもち、その後第二次大戦後にピークをもつ。1920 年代後半の採取量は多く、1930 年代には下流域では急激な河床低下が生じ、治水や利水にも影響を及ぼす等、河床や土砂環境の改変をもたらしている。永田地区においては、1951、1956、1961、1964 年の空中写真に砂利採取の様子が見られ、特に 1950 年代後半~1960 年代のはじめが最も盛んである。1960 年代、民間業者の中で採取量が最も多かったのは永田橋上流で $29,747 \text{ m}^3/\text{year}$ とされる。永田地区における砂利採取による河道掘削は、直接、河道を改変し、土砂環境に大きな影響を与えたと考えられる。

(3) 小河内ダム

1957 年に竣工した小河内ダムは河口から 89km 地点に位置し、集水面積は 262.88 km^2 (多摩川流域の約 21%) である。貯水池の堆砂量は、竣工から 1995 年までで約 422 万 m^3 、平均比流砂量は $411 \text{ m}^3/\text{year}/\text{km}^2$ である。堆砂量は、1947、1974、1982、1991 年など、洪水が発生した年に多い傾向がある。小河内ダムから永田地区までの区間には、大きな支川が流入していないため、永田地区への土砂供給への影響は、支川が合流する下流区間

表-1 人為的インパクトと河道および地被状況の変遷

年代	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990		
年代	江戸	明治					大正	昭和					平成			
社会情勢		1894-1895 日清戦争					1923 関東大震災	1941-1945 第2次大戦					1955-1973 高度成長期			
水源地の荒廃		水源地林の乱伐・盜伐					震災による崩壊 戰中の木材提供					現在▼				
人為	砂利採取	人力	本格化					ピーカー	低迷	▼1968 全面禁止 永田地区 ▼1964 禁止						
	小河内ダム							▼1957								
	羽村堰取水							放流量の減少 非灌漑期のみ 2m³/s 放流					▼1992 通年 2m³/s 放流			
	流路 (1922年以降)	複列河道?	→ 単列河道					蛇行幅大	左岸側寄せになる					左岸側に固定		
河道	横断形状 (1968年以降)							▼1974 単断面→ 橫断面化								
	人為的攪乱 (1941年以降)							砂利採取	グランド造成							
	裸地の変化 (1970年以降)							▼1974 ↑ ↓ ↓								
地被状況	高木林の変化 (1970年以降)							--↑ ↑↑								

注) 人為的インパクトにおける線の太さは、攪乱の大きさを定性的に示したもの、点線から実線の太いものほどインパクトの程度が大きいことを示す。地被状況の記号は、- : 変化なし、↑ : 増加、↓ : 減少を示す。

よりも大きいことが示唆される。

小河内ダムが下流流量へ及ぼす影響についてみると、竣工から1995年までの小河内ダム流入量と放流量の年最大値を比較した。竣工から1962年までは、貯水のため流入量に比べて放流量は小さいが、それ以降は、出水時の流入量と放流量には大きな差はみられない。これらから小河内ダムは、洪水時における下流流量への影響は他の要因と比較して、あまり大きくないことが予想される。平常時流量への影響については、小河内ダムよりも、羽村取水堰による影響がより大きいことから(4)で検討する。

(4) 羽村取水堰

羽村堰は、永田地区の0.5km上流に位置し、羽村堰からの放流量は、永田地区における流量とみなすことができる。1950年代以降の羽村堰の取水量は、小河内ダムの完成(1957年)によって増加した¹¹⁾。1970年以降現在の羽村堰下流放流量データをみると、1970年から1991年までは、灌漑期の5月20日から9月20日までの90日間は2m³/sの放流が行われているが、非灌漑期は0m³/sの日が大半を占める年もみられ、この期間、水位低下により高水敷が乾燥化し、植生遷移が進行したことが推測される。しかし1970年以降、一年を通しての2m³/sの一定放流が行われている(出水時は除く)。

以上の人為的インパクトの程度と河道と地被状況の変化を表-1に整理した。特に、近年の樹林

の増加は、1960年盛んであった砂利採取と羽村取水堰による流量制御(流量減少)が大きく関与していることが推察される。

3.3 河原率の変化

次に、指標として提案した河原率の変化をみてみる。図-5に1941年以降の空中写真から判読した河原率の変化を示す。また、図には永田地区(羽村堰放流量で代用)における年最大流量が600m³/s以上の出水を大規模出水として示した。なお、カスリン台風が現在までの最大規模の出水である。

1941~1964年における河原率の変化は、砂利採取による人為的な攪乱を受けていたため、砂利採取によって生じた人工的な裸地は、河原の面積として含めなかった。そのため、この期間、出水等の自然作用による河原率の変化の様子を判断することが難しい。1964~1975年は1964年までの砂利採取によって乱された部分が回復する過程にあり、河原率は上昇するが、1970年以降は減少する傾向にある。

河原率と洪水の関係をみると、1971年の0.09から1974年の0.23への河原率の上昇は、空中写真からも明らかのように洪水による攪乱をうけた直後の状況を示し、洪水により河原が急増した様子を示している。しかしながら、その後1981、1982、1983年に、1974年と同等又はそれ以上の洪水が生じているが、河原率は1979年の0.15から1984年の0.17と増加はごくわずかで、洪水による攪乱があまり生じていないことがわかる。

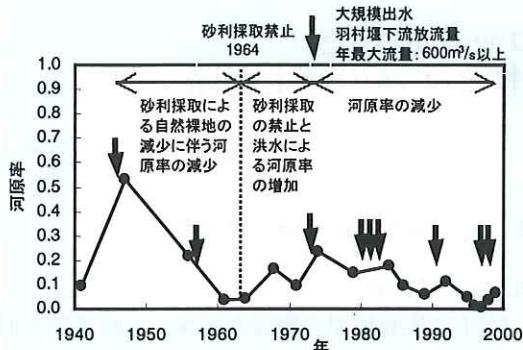


図-5 河原率の変化

また、1991年にも洪水が生じるが、1989年の0.06から1992年の0.11へ増加しているが、1974年の河原率には達していない。1974年以降、洪水が生じても河原率の大きな増加がみられないことから、河道横断形状の変化が1974年前後で変化したことによって、これ以降洪水により河原ができにくくなっていることがわかる。1995年には河原率は0.07に低下し、今後、出水が生じても、河原率の大幅な増加は期待することは難しいと予想される。すなわち、現在のままだと、河原の成立・維持は難しいことが推測される。

4. まとめと今後の課題

本研究で得られた結果は以下の通りである。

扇状地部の河川に生じている変化で、かつ保全・復元目標となる指標として、「河原率」を提案し、多摩川永田地区に適用し具体例を示した。その結果、河原率は1974年以降減少傾向にあり、現在洪水が生じても増加しない状況にあり、河原が維持されるシステムが変化したことが推測された。これは、主に砂利採取による土砂動態の変化に起因すると考えられる低水路の河床低下と高水敷化¹³⁾、取水堰による流量の減少による高水敷の乾燥化と植生遷移の進行(樹林の増加)によるものと考えられる。以上のように河原率の経年変化やその要因から、今後、現在の状況では、河原の成立・維持は難しいことが示唆され、河原を復元するための対策が必要になるものと判断される。河原率は、復元目標を設定する際、これを具体化するための基礎資料になるものと期待される。

なお、対象地区については現在、建設省京浜工事事務所及び河川生態学術研究会等により、ニセアカシアの伐採や高水敷を切り下げる復元プログ

ラムが検討されている。

謝辞：本研究を行うにあたり、建設省関東地方建設局京浜工事事務所及び東京都水道局から多くの資料の提供、貸与を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。なお、本研究の一部は河川生態学術研究会多摩川グループの研究の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 萱場祐一、島谷幸宏：扇状地河川における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論文集, pp.191-196, 1995.
- 2) 李參熙、山本晃一、島谷幸宏、萱場祐一：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、土木学会環境システム研究論文集, Vol.24, pp.26-33, 1996.
- 3) 清水義彦、小葉竹重機、新船隆行、岡田理志：礫床河川の河道内樹林化に関する一考察、水工学論文集第43卷, pp.971-976, 1999.
- 4) 萱場祐一：河川における樹林化の実態とその経緯、第32回日本水環境学会年会講演集, pp.57, 1998.
- 5) 島谷幸宏、皆川朋子：日本の扇状地河川における現状と自然環境保全の事例、河川の自然復元に関する国際シンポジウム論文集, pp.191-196, 1998.
- 6) 鷺谷いづみ、矢原徹一：保全生態学入門 遺伝子から景観まで、文一総合出版, 1996.
- 7) 河川植生の生育特性に関する研究会、河道内における樹林化実態調査、リバーフロント整備センター, 1998.
- 8) 建設省：河道特性に関する研究-その3-河床変動と河道計画に関する研究、第49回阿建設省技術研究会, 1995.
- 9) 山本晃一：沖積河川学、山海堂, 1996.
- 10) 倉本宣：多摩川におけるカワラノギクの保全生物学的研究、東京大学大学院緑地学研究室緑地学研究15, 1995.
- 11) 建設省関東地方建設局京浜工事事務所 多摩川誌編集委員会：多摩川誌、山海堂, 1986.
- 12) 奥田重俊、曾根伸典、藤間熙子、富士堯：多摩川河川敷現存植生図、とうきゅう浄化環境管理財団, 1979.
- 13) 李參熙、藤田光一、塙原隆夫、渡辺俊、山本晃一、望月達也：礫床河川の樹林化に果たす洪水と細粒土砂流送の役割、水工学論文集第42卷, pp.433-438, 1998.
- 14) 浅野文：河川敷の森林化と河川の安定に関する研究、建設省土木研究所環境部外研究員研究発表会論文集, pp.11-1~6, 1996.

皆川朋子*



建設省土木研究所環境部
河川環境研究室研究員
Tomoko MINAGAWA

島谷幸宏**



同 河川環境研究室長、工博
Dr.Yukihiko SHIMATANI