

扇状地における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究
—多摩川永田地区を例に—

STUDY OF INDICES FOR RIVER RESTORATION ON BRAIDED RIVER :
APPLICATION TO NAGATA AREA ON THE TAMA RIVER

皆川朋子* 島谷幸宏*

Tomoko MINAGAWA*, Yukihiro SHIMATANI*

ABSTRACT :

The environmental change of braided river in the decades may be stabilization of channels. It has been caused by river works, dredge of river bed materials and construction of dam. It has brought us safety land use from flood, but it has been diminishing the natural feature of braided rivers, such as reduction of disturbance and dynamism. In this paper we proposed the indices for river restoration in braided river, such as Gravel-bar and Frequent area. Gravel-bar indicates dynamism and shows the percentage of gravel bar area without covered vegetation in river area. Frequent area means the lateral continuum (the aquatic area - the terrestrial area) and habitat diversity of the active flood plain, it shows the percentage flooding area of the river area. And we showed environmental change using these indices at Nagata area on the upper Tama river.

Key Words : restoration, braided river, index, dynamism, disturbance, gravel bar, flood plane, Tama River

1. はじめに

近年の河道改修、砂利採取、ダム建設によって、河道の安定性は増し、治水安全度は高まったといわれていだろう。しかしその一方で、扇状地の河川では、河道の複断面化や河床低下等河道に変化が生じ、扇状地部の自然環境の特徴ともいえる、洪水による流路の変更、植生の破壊、河原の裸地化、そこからの植物の回復が繰り返されるといったシステムが失われ、河原の減少や樹林化の進行が多くの河川で報告されている^{1)~3)}。特に、河原の減少は、河原に依存する生物の減少を招くなど、生物多様性の保全においても重要な課題となっている^{4)~6)}。

また、単断面から複断面化へという河道形状の変化は、小出水時に冠水する領域（以下、易冠水域とする）を減じる。それは、本川とワンド等の後背水域⁸⁾との接続頻度を減少させたり、小出水時の魚類等のリフュージ域を減少させると考えられる。後背水域には本川との連続性に依存して生息する魚貝類等の生物が存在するため、その減少は魚類等の生物へ与える影響は大きいと予想される⁹⁾。

今後、このような人為が及ぼした自然環境の変化や生物への影響を軽減し、扇状地部の河川が本来有している河川のシステムを保全・復元していくことが必要となると考えられる。しかし、既に複断面化が進行し、水面と陸域との比高が大きくなった河川では、攪乱やリフュージの確保は自然の営みの中では困難な河川も多く、樹木の伐採や陸域化した部分の切り下げ等の復元行為が必要となることが予想される。その際、河川自身で回復が可能かどうかの判断や保全・復元すべき時期や状態を検討していくためには、生じている河道や河川環境の変化について、それらの変化をもたらせた要因（自然の営為や人為的インパクト）との関係性を空間的・歴史的に把握しながら見極めていく必要がある。

そこで本研究では、まず、扇状地部の河川で生じている河川環境の変化を表し、かつ河川自身の営みによる回復の可能性や保全・復元目標など具体的な整備計画の検討に資するための指標として河原及び易冠水域に着目し、その指標化を試みる。また、ケーススタディとして多摩川永田地区で生じている自然環境の変化について、自然の営為や人為的なインパクトとの関係性を踏まえながら、それらの指標を用いて示す。

*建設省土木研究所 環境部 河川環境研究室
River Environment Division, Public Works Research Institute, Ministry of Construction

2. 「河原」と「易冠水域」の指標化

2. 1 「河原率」の提案

本研究では、河原を動的システムに依存して成立・維持され、形態的には、比較的大きな河床材料の砂礫で形成され、地被状況は裸地又は植被が低く、その川、その河原固有の生物のハビタット又は生物の生活史の一部として利用されうる質を持っているところとする。

まず、河原を河道特性や河川形態の特徴からみしてみる。一般的に扇状地部は、河床勾配が 1/400 以上と勾配が大きいため、山地の供給源から流送される土砂のうち、シルトや砂等の細かい河床材料は下流へ流されやすい。そのため河床や河岸を構成する材料は、流されにくい砂利以上の大きな粒径の石、礫、玉石等を多くもつ。これらは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¹⁰⁾。また、川幅水深比 B/h が大きい単断面河道が形成され、複列あるいは網状を呈し、複列砂礫堆が発達する¹⁰⁾。洪水時においては、河床に働く力は洪水の規模にもよるが、砂州が移動し流路は容易に変更し、平常時には水がない陸域の部分は冠水する。河原はこのように扇状地部特有の河道特性やシステムによって成立・維持されている。

ハビタットとしての河原をみてる。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、カワラノギク等の河原に依存した先駆植物が生育している。図-1 は木曽川における 1986 年度及び 1996 年度の植生調査結果¹¹⁾¹²⁾からカワラハハコの分布状況を示したものである。カワラハハコは、犬山を扇頂とする犬山扇状地とほぼ分布が重なり、その上下流には見られず、河原に依存して生育していることがわかる。河原はシルトや砂等の細粒分が少ないことから、貧栄養で水分の保湿性が低く、地下水位も低いため、乾燥した環境条件になっている。河原固有の植物はこのような乾燥や出水に耐えるように適応、進化し、洪水による攪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たり、植生帯が破壊され河原が定期的に更新される、すなわち攪乱が生じる動的システムが保たれていることが必要になる。植物の他にも、河原にはカワラバタ、カワラゴミシ、カワラハンミョウ、カワラケツメイのみを食す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、河原に依存し生育・生息している。

以上のように河原は、扇状地特有の河道特性やシステムの保全とともに河原をハビタットとする生物の保全のための指標ともなるものと考えられる。ここでは、「指標としての河原」を、「洪水により攪乱を受けるところで、動的システムが保たれているかどうかを示すもの」とし、形態的には洪水により攪乱を受けた結果の現れである裸地部の部分と水域の部分の和で示すこととする。なお、水域の面積を加えた理由は、流量の変動によって水域の面積は変動し、これに伴って水域に連続する裸地部の面積も変動してしまうことからである。また、「指標としての河原」を評価するための「河原率」を以下のように定義する。

河原率 = (対象とする時期の裸地面積 + 水域面積) / 河道内面積

これは、「河道」に占める「裸地面積」と「水域面積」によって、洪水時どの程度、流路が変動した、あるいは変動しうるかを示す。例えば、洪水による攪乱により土砂の移動や植物帯の破壊により「指標としての河原」の面積が増加すると、「河原率」は増加し、動的システムは保たれていると考えることができるが、複断面化すると、洪水による攪乱をあまりうけず「裸地」が生じにくくなり、「河原率」は増加しなくなると考えることができる。なお、「河道内面積」とは、右岸堤防から左岸堤防を境界とした面積とする。図-2 は河原率の考え方を示したものである。上図は、河原の部分の面積が大きく、河原率が高い状態を示しており、下図は、植被領域が拡大し、河原の面積が減少し、河原率が小さい状態を示したものである。

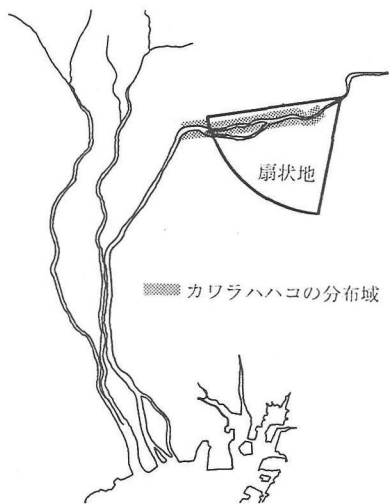


図-1 木曽川におけるカワラハハコの分布 ¹¹⁾¹²⁾

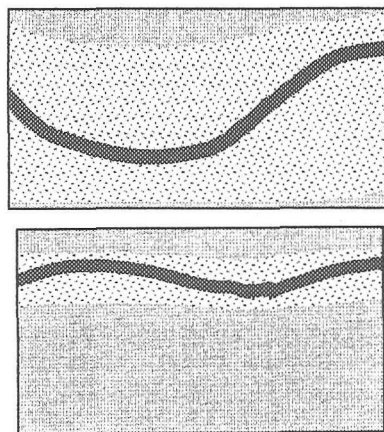


図-2 河原率の考え方

2. 2 「冠水域率」の提案

単断面から複断面化へという河道形状の変化は、小出水時に冠水する領域（以下、易冠水域とする）を減じる。それは、本川とワンド等の後背水域との接続頻度を減少させたり、小出水時の魚類等のリフュージ域を減少させると考えられる。そして、ここでは、このような環境の変化を捉えるための指標として「易冠水域」を定義する。「易冠水域」とは、小規模出水によって冠水する領域で、出水時の魚類のリフュージや産卵場として機能しうる水域と定義する。

河道には本川の他に、中規模河床形態の交互砂州や複列砂州に起因して後背水域が生じる。萱場らは、砂州の発生は河道特性と密接な関係があり、川幅、水深、勾配等河道特性を支配する要素が変化すると後背水域の分布、数、面積なども影響を受けるとしている¹³⁾。このように、河道特性量の変化により中規模河床形態が変化し、河道横断面形状が変化することによって後背水域が変化するため、後背水域を捉えることは、扇状部の変化を捉える際の一つの指標となると考えることができる。

後背水域のハビタットは、本川との接続状況によってその環境要素や生物相が支配されると考えられる。海外では、後背水域にあたる Backwater を本川との接続状況によって、本川と下流のみ接続しているもの、常時本川と接続しておらず洪水の影響を強く受けるもの、本川と常時接続しておらずほとんど洪水の影響を受けないものの3つに分類しており¹⁴⁾、このような本川との接続頻度は魚類の現存量や生産性に影響を及ぼす¹⁵⁾等、生物にも影響を及ぼすものである。洪水時の接続状況を支配する要因としては冠水域と冠水頻度をあげることができる。冠水域及び冠水頻度は、ある規模の洪水が生じた場合、洪水に伴う河川微地形の変化がないと便宜的に仮定すると、洪水の規模で決まる。冠水域及び冠水頻度を推定することで、後背水域との連続性の把握が可能となる。また、冠水域は、流速が遅く魚類のリフュージとなり得る領域を示す。そこで、後背水域との連続性といった横断方向の連続性及び洪水時のリフュージとしての機能を示し、さらに視覚的にも把握が容易であることから冠水域をそれらを表す指標とする。

ここでは、「指標としての冠水域」を「洪水時に冠水する領域で、河道内の横断方向の連続性（後背水域との連続性）、洪水時のリフュージとしての機能を示すもの」とし、冠水域領域図や冠水面積で表現するものとする。なお、冠水域領域図とは、水域、後背水域、等高線などの河川微地形が表現された図に冠水域を示したもので、リフュージの状況や後背水域との連続性も把握できるものである。また、「冠水域」を評価するため以下のような「冠水域率」を定義する。これは、「河道」に占める「冠水域」の割合で示される。

冠水域率＝対象とする出水の冠水域面積／河道内面積

例えば、複断面化が進行し平常時の水面と高水敷の比高が大きくなると、小規模出水では、冠水域率は増加せず、本川と後背水域との連続性は低く、魚類のリフュージとなる領域は少ないことを示す。一方、平常時の水面と高水敷、砂州との比高が小さいと、小規模出水においても冠水域率は増加し、本川と後背水域の連続性は高く、魚類のリフュージとなる領域の多くなることを示している。

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。

ケーススタディ対象地区は、河道が複断面化し、自然環境が変化した河口から 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-3）。永田地区は、地形的には青梅で山地から関東平野に出た流路が、旧多摩川が形成した武蔵野台地の南縁に沿って流路を定め、草花丘陵（昔の多摩川が形成した古い扇状地の開削地形¹¹⁾）と立川段丘坪島段丘の間を流れる地域である。また、山本の河道の区分¹⁶⁾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）。

河道線形は永田地区より約 5km 上流の 58.5km 地点から上流と下流で大きく変化し、上流部は、両岸が河岸段丘により切り立ち、河道幅は狭く（約 100m）、蛇行している山間地河川で、蛇行内岸側に砂州が形成され、砂州上には植生は発達していないが、下流部は、川幅が上流部に比べ約 3 倍（約 300m）に広がり、曲がりには少なく直線的な区間が現れ、河道に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互砂州が形成されている。高水敷化した部分には高木等植生の発達が見られる。下流部に含まれる永田地区においても、右岸側は高水敷化し、ハリエンジュ等の高木が多く見られ、いくつかの後背水域が点在する。左岸側には低水路が形成されている。

3. 2 河道形状と地被状況の変化の概要

永田地区における河道形状と地被状況の変化の概要について、主にそれらを把握するための資料が揃う 1940 年代からの状況を示す。用いた資料は、空中写真（撮影年：1941、1947、1956、1961、1964、1968、1971、1972、1974、1979、1981、1984、1986、1992、1995）、京浜工事事務所による縦横断測量結果（測量年：1968、1975、1979、1983、1987、1991）である。表-1 はこの地区に与えられた人為的インパクトを「多摩川誌」¹⁷⁾

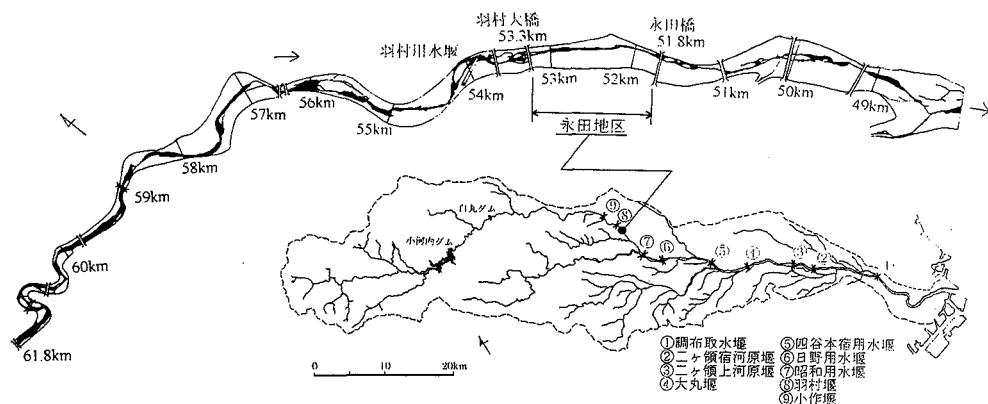


図-3 対象地区（多摩川永田地区）

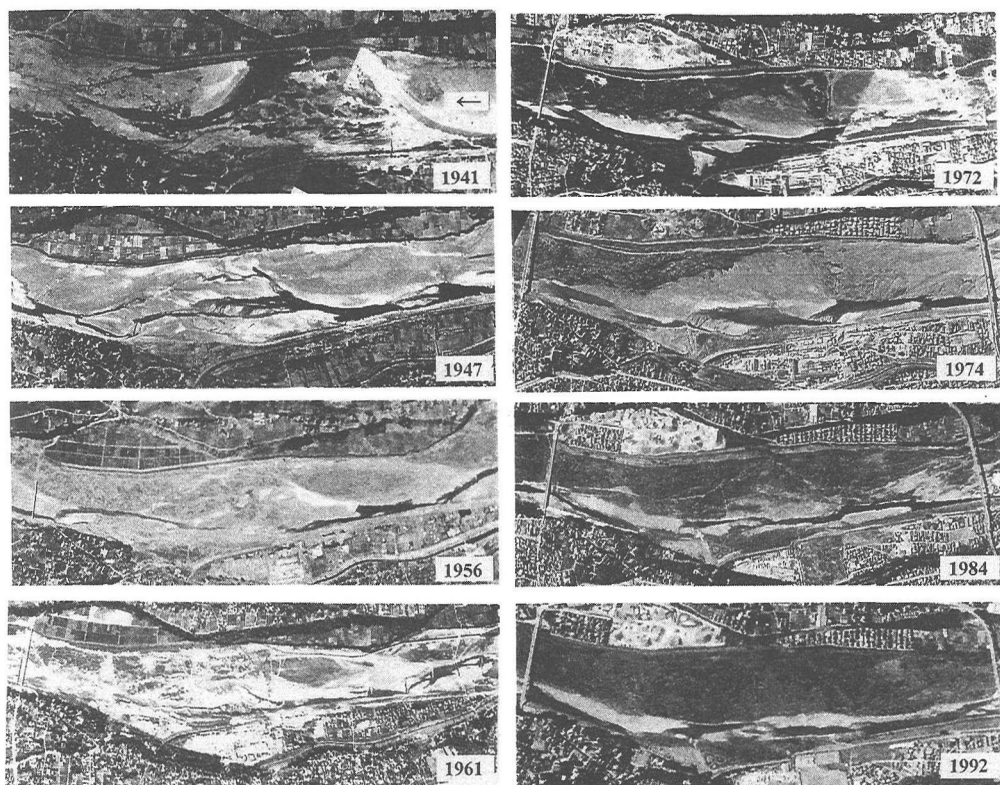


写真-1 永田地区の経年変化

から抽出し定性的に示し、合わせて以下に示した河道、地被状況の変化を示したものである。主な人為的インパクトとしては、明治以降の水源地林の荒廃、明治期に本格化し 1968 年まで続いた砂利採取、1957 年の小河内ダムの完成、羽村堰の取水があげられる。

(1) 河道形状の変化

写真-1 に、1941 年から 1992 年までの永田地区の経年変化の状況を示す。滞筋の形態をみると、1941 年の空中写真では、現在高水敷が形成されている右岸側に大きく蛇行していた。1947 年はキャスリン台風による出水を受けた後のものであるが、洪水により 1941 年とは大きく滞筋が変更している。1956 年にはほぼ現在と同じ左岸よりの滞筋に近づきつつある。1961 年は盛んな砂利採取の様子がみられ、滞筋は不明瞭であるが、1972 年は砂利採取の爪痕は消え、滞筋は現在と同じ位置となる。1974 年は出水を受けた直後であるが、明瞭な瀬が生じているが滞筋位置は左岸よりである。その後 1984 年、1992 年においては滞筋位置がほぼ固定し、左岸側に形成された河道幅の約 1/3 の低水路内に交互砂州を形成しながら流れていることがわかる。このように、1941 年及び 1947 年の時点では滞筋は河道幅いっぱい蛇行していたが、1972 年以降、流路は現在のような左岸側に寄りになり、1984 年以降、低水路幅は狭まり、蛇行の幅は減少し、固定している。

横断形状は、1968 年は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り右岸寄り部分が上昇し（低水路と高水敷きの平均高さのが 2m 以上）、その後左岸寄り部分が低下（1987-1989 年以降に低水路河床高の低下が顕著）し複断面形状となったとしている¹⁸⁾。

測量結果から 1968～1991 年までの最深河床高の変化をみると、永田地区の全区間で低下し、最も大きいところで 4.4m（53.0km 付近）にも及んでいる。

(2) 地被状況の変化

図-4は、地被状況の変化について、浅野が地被状況を空中写真からの判読した自然裸地、低密度草原、高密度草原、高木林、低木林の面積データ¹⁹⁾に1941年の測定結果を加えたものを示したものである。1960年代中頃までは砂利採取等の人為による攪乱があるため1970年代以降でみると、自然裸地及び低密度草原は1974年までは砂利採取等の人為攪乱地の減少によって増加する傾向にあるが1974年以降は減少傾向にある。一方、高密度草原は1974年までは増加と減少を繰り返しているが、それ以降は増加傾向にある。また、高木林は1980年代以降急激に増加し、低木林は1980年代中頃から減少傾向にある。1974年は河道の複断面化が生じた始めた頃で、しかも、1991年まで羽村堰からの放流量が非灌漑期の大半にほとんどなかった(表-1)ことを考え合わせると、陸域化と乾燥化が進み植生の発達が急激に進行したことが推測される。

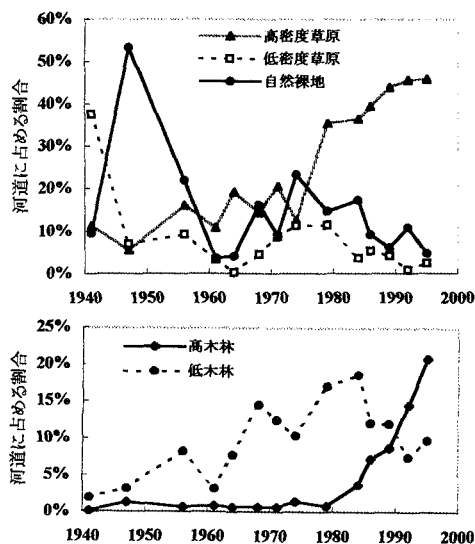


図-4 地被状況の変化

3. 3 河原率の変化

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した。また、図-6に永田地区で受けた1958年以降の洪水流量として羽村堰下流放流量(年最大、日平均)を示した。なお、図に示していない1941年以降1957年までの主要洪水は、1947年キャスリン台風、1948年アイオン台風、1949年キティ台風、1952年ダイナ台風、1954年台風13号で、キャスリン台風が現在までの最大規模の洪水である。1941～1964年は砂利採取による人為的な攪乱を受けた結果の河原率で、自然作用による河原率は示されていないと考えられる。なお、1941～1964年の間の砂利採取による裸地面積は河原面積には含めていない。

1964～1975年は砂利採取により乱された裸地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なっている。

河原率(図-5)と洪水(図-6)との関係を見ると、1971年0.21→1974年0.36の河原率の上昇は、空中写真からも明らかのように700m³/s以上の出水(図-6)による攪乱を受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0.25→1984年0.25と増加せず、洪水による攪乱が生じていないことがわかる。また、1991年にも洪水が生じるが、1989年0.18→1992年0.21のごくわずかな増加量にすぎない。1974年以降、洪水が生じて河原率の増加がないことから、河道横断面形状の変化が1974年以前と以降で変化し、1974年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0.12に低下し、今後、出水が生じて、河原率の大幅な増加は期待すること難しいことが予想される。

なお、出水により河原率が急増した1947年頃は、特に第二次大戦中～後に水源林地が荒廃した時期であるため、水源荒地による土砂流出量への影響が考えられる。今後明らかにしていく必要がある。

次に、河原率と河原をハビタットとするカワラノギクの河道に占める割合(1979、1989、1995年の多摩川河川現存植生図^{20)・22)}からマルバヤハズソウ・カワラノギク群集の面積を測定し求めた)を重ね合わせてみると(図-5)、マルバヤハズソウ・カワラノギク群集の面積は、1979年は河道内面積の約13%を占めていたが、1983年は約3%(1979年の23%)、1995年は約2%(1979年の18%)へ大きく減少している。なお、この減少は永田地区だけでなく、多摩川全体の傾向であり、多摩川のカワラノギクのメタ個体群の占有面積は1976年は13.5haであったが、1984年2.2ha(1976年の16%)、1993年0.8ha(1976年の6%)に減少している³⁾。調査が行われ始めた1976年は、既に動的変動システムが変化しはじめたと考えられる1974年以降であり、それ以前の状況は明らかでは

表-1 人為的インパクトの程度と河道、地状況の変化

年代	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
	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次対戦	1955 高度成長期	1973			現在 ▼
人為	水源地の荒廃													
	砂利採取	人力		本格化			ピーク	低迷			▼1968 禁止 永田地区	▼1964 禁止		
	小河内ダム										▼1957			
	羽村堰取水										取水量増加により下流放流量減少 ▼1992 ↑非灌漑期のみ2m ³ /s放流 ↑2m ³ /s放流			
河道	流路 (1922年以降)	複列河道?		→ 単列河道				蛇行幅大			左岸より			左岸側
	横断形状 (1968年以降)										▼1974 単断面→複断面化 (継続)			
地状況	人為的攪乱 (1941年以降)								砂利採取等の攪乱		グランド造成(一部)			
	裸地の変化 (1970年以降)										▼1974 ↑ ↓ ↓ ↓			
	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で、太いほどインパクトの程度は大きく点線ほど小さい。

地状況の記号は、--変化なし、↑:増加、↓:減少を示す。

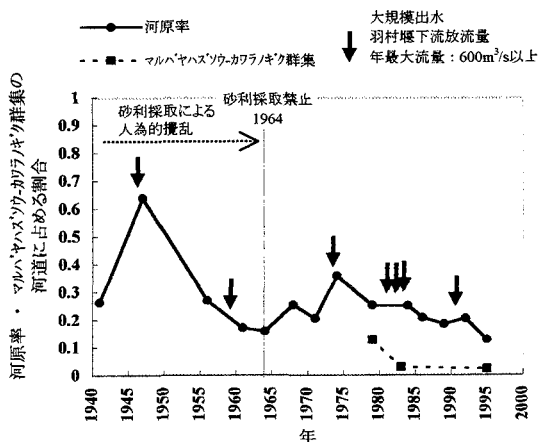


図-5 河原率の変化

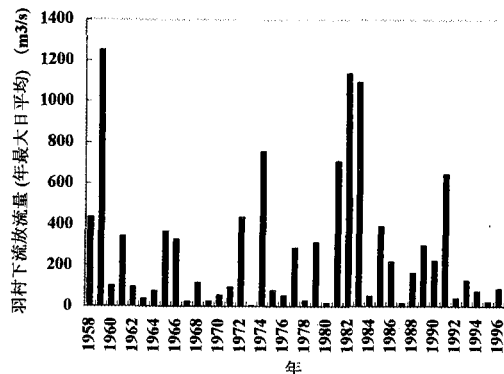


図-6 羽村堰下流放流量 (年最大)

ないが、1970年代にはカワラノギクは衰退が憂慮される状態になっていた²³⁾ことを考え合わせると、1970年代に変化があったことが示唆される。

3. 4 冠水域率の変化

易冠水域は、河道横断形状が変化した1974年を境に変化することが予測されることから、1974年以前と現在の冠水域と冠水域率を比較する。

冠水域の推定には、河川微地形を表現しうる等高線が示された河道内微地形図が必要となる。そのため、25～50cm間隔で標高の判読が可能なこと(縮尺: 1/10,000以下)、かつ、地形が植生で覆われていないことを条件に、1972年8月13日(1/10,000)に撮影された空中写真を図化し、河道内微地形図(等高線間隔: 25～50cm)を作成した。現在の河道内微地形図には、1996年11月7日の空中写真を図化し

たものを用いた。なお、河道内微地形図には水面の標高も表示した。

冠水域の推定は、傳田らが提案した方法¹⁷⁾を用い、本川の水位を基準に、水位を0.5、1.0、1.5(1972年のみ)、2.0、3.0、4.0m上昇させた場合の冠水域を推定した。なお、1972年と1996年では撮影時の流量が異なること、水位上昇量が同じでも横断形状や流速が異なるため、水位上昇量と流量は必ずしも一致するものでない。

図-7に1972年と1996年における冠水領域図を示した。1972年及び1996年とも水位上昇によって、まず、河岸沿いの部分に冠水が始まる。その後、右岸側下流の高水敷が冠水し、さらに水位の上昇とともに冠水域は拡大する。同じ水位上昇量で2者を比較すると、冠水域に差異があり、1996年は1972年と比べて冠水しにくい状況がみられる。また、河道内の池やクリーク等の後背水域との連続状況をみると、1972年においては、わずか水位上昇 $\Delta h=1\text{m}$ で後背水域の一部が冠水し、 $\Delta h=1.5\text{m}$ で全てが冠水し連続する。しかし1996年においては、後背水域の一部が冠水するのは $\Delta h=3\text{m}$ の時であり、すべてが冠水するのは $\Delta h=4\text{m}$ の時である。

図-8に1972年と1996年の各水位上昇量における冠水域率を示す。冠水域率は、 $\Delta h=0.5\text{m}$ の時、1972年0.14、1996年は0.13でほとんど差はないが、 $\Delta h=1.0\text{m}$ 、 2.0m 、 3.0m の時は大きく異なり、1996年は1972年の約1/2～1/3程度にすぎない。 $\Delta h=4.0\text{m}$ は1996年は1972年の約3/4である。このことは、河川が低水路化し、小規模な出水によって冠水する易冠水域が減じ、流れの遅くなる領域が減少してきていることを示している。例えば、 $\Delta h=2.0\text{m}$ 以内を易冠水域と考えると、1996年は大幅に易冠水域が減少していることがわかる。

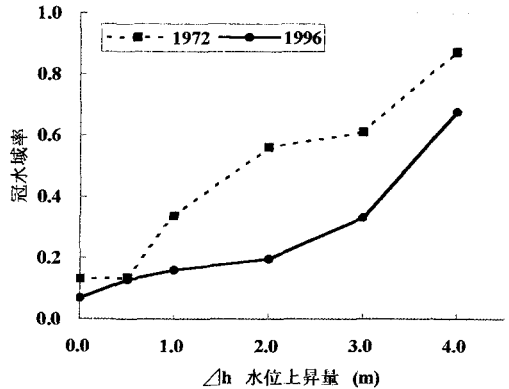


図-8 冠水域率の変化

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。

①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」及び「易冠水域」を以下のように定義し、提案した。

「河原」：動的システムに依存して成立・維持され、形態的には、洪水により攪乱を受けた結果の現れである裸地部の部分と水域の部分の領域

「易冠水域」：小規模出水によって冠水する領域で、出水時の魚類のリフュージや産卵場として機能しうる水域

また、「河原」及び「易冠水域」をみる指標として「河原率」及び「冠水域率」を提案した。

河原率 = (対象とする時期の裸地面積 + 水域面積) / 河道内面積

冠水域率 = 対象とする出水の冠水域面積 / 河道内面積

②①で提案した指標を多摩川永田地区に適用した。その結果、河原率は、河道横断形状が変化したことが予想される1974年以降減少傾向にあり、現在洪水が生じていても河原率が増加しない状況にある。すなわち、現在のままだと、河原の成立・維持は難しい。冠水域率については、河道横断形状が変化する以前であると考えられる1972年と変化した1996年で比較したところ、現在は小規模な出水により冠水する易冠水域が減少してきていることが示された。

これらの指標を用いることにより、どの時期に復元すべきか等の議論が可能になるものと考えられる。実際どのように復元していくかについては、今後の河道特性や河道形状の変化予測を行い、いくつかの代替案を示し、住民との合意を図りながら決定していく必要がある。

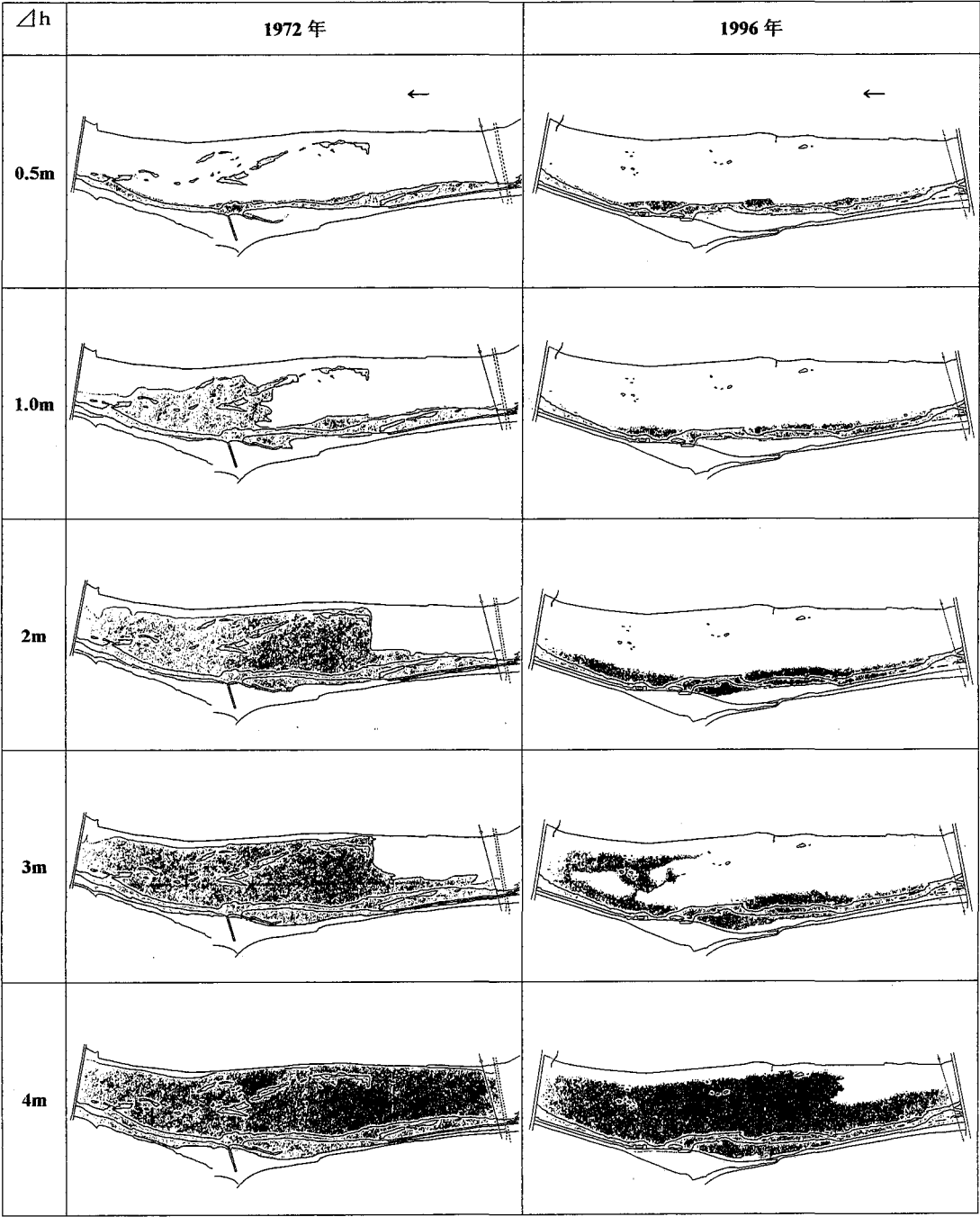


图-7 冠水領域図

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、東京都水道局から多くの資料を提供、貸与を頂いた。また、浅野文氏（アジア航測株式会社）には、1996 年度土木研究所交流研究員当時の調査結果の貸与を頂いた。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・引用文献

- 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) 李参熙、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 巻、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) 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.
- 7) 鷲谷いづみ・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.
- 8) 傳田正利・萱場祐一・島谷幸宏：千曲川における河道内の湾状あるいは池状の水域の冠水頻度推定方法、応用生態工学 2(1)、pp.63-72、1999.
- 9) Schiemer F：Die Bedeutung von Augewasseern als Schutzzonen für die Fishfauna, Oesterr Wasser wirtsch , pp.239-245、1985.
- 10) 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～、建設省技術研究会、1995.
- 11) 建設省木曽川上流工事事務所：木曽川植生調査報告書、1987.
- 12) 建設省木曽川上流工事事務所：平成 8 年度河川水辺の国勢調査(植物)木曽川報告書、1997
- 13) 萱場祐一：木曽川犬山扇状地におけるワンドの変遷に関する研究、応用生態工学研究会第 2 回研究発表会講演集、pp.33-36、1998.
- 14) National River Authority：THE NEW RIVERS & WILDLIFE HANDBOOK, edited by Ward, D. and Holmes, N and Jose, P, 1995.
- 15) Roux, A. L. and Copp, G. H：Fish populations in rivers, Fluvial Hydrosystems, edited by Petess, G.E. and Amorros, C., pp.167-179、1996.
- 16) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1996.
- 17) 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.
- 18) 李参熙・藤田光一・塚原隆夫・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 巻、pp.433-438、1998.
- 19) 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部外研究員研究発表会論文集、11.1-6、1996.
- 20) 奥田重俊、曾根伸典、藤間照子、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.
- 21) 曾根伸典：多摩川河川敷現存植生図、とうきゅう浄化環境管理財団、1983.
- 22) 奥田重俊、小松聡子、畠瀬頼子：多摩川河川敷現存植生図、とうきゅう浄化環境管理財団、1995.
- 23) 奥田重俊・曾根伸典：現存植生図の応用による多摩川流域の環境解析、多摩川流域自然環境調査報告書第三次調査、pp.177-218、とうきゅう環境管理浄化財団、1979.