

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

Investigation into the Impact of Morphologic and Hydraulic Characteristics on In-channel Vegetation in the Tamagawa River

李参熙*、山本晃一**、島谷幸宏***、萱場祐一****

By Samhee LEE*, Kouichi YAMAMOTO**, Yukihiro SIMATANI***, Yuichi KAYABA****

Abstract : The impact of channelization and flow regulation by dams and weirs on river habitats and landscape has been enormous. The most serious impact of river works in Japan, in order to meet the needs of flood protection and water resources, has been to lose a great variety of riverine plants. This has resulted in habitat loss for wildlife and reduced the ability of the river to carry out many of its natural functions, that is the control of local scouring in a levee, water purification and sediment storage. However, only few attempts have so far been made at the evaluation about progression characteristics of vegetation in channelized river and there is a necessity to consider of the potential opportunities for habitat enhancement and rehabilitation which may be undertaken during engineering works. This research attempts to evaluate the progression characteristics of in-channel vegetation in Tamagawa River by aerial photographs. The research has also shown the relationships between the progression characteristics of in-channel vegetation and the impact of the morphologic and hydraulic characteristics included by human impact on in-channel vegetation.

Keyword : In-channel Vegetation, Morphologic and Hydraulic Characteristics in the Alluvial River, Habitat Hydraulics, Impact Analysis

1. はじめに

今日、河川事業においては自然豊かな川づくりが目標となり、多自然型川づくりが始まっている。従来、河道内の植生は流れの抵抗を大きくするので植生の生育を抑制する河道の管理が行われてきたが、河川環境や河川景観の質の向上を図るため、河川の治水機能の確保を図りながら、河道内植生を適切に管理することが求められている。このためには河道内植生分布の変化とその変化に大きな影響を及ぼす外因(イパクト)との関連性に関する知見が必要であるが十分な研究が行われていない。

河道内の植生は雨量や日照等の気象環境、水質と栄養分等の河川水質環境、河道部の流水による諸水理環境、伐採や砂利採取等の人為的環境に囲まれ、そのなかで破壊と再生を繰り返しながら生活を維持している。

本研究は河道内植生による地被状況の変化をそれを取り巻く環境要因を外因(イパクト)として分析把握するため、多摩川扇状地河道部の 39.0~41.0km、48.0~50.1km、51.0~53.0km の3区間の河道内の地被の空間分布が時間とともにどのように変化してきたかを、空中写真の判読により把握し、その変化原因と各種の環境要因との関連性を分析したものである。

2. 調査対象河川の特徴と研究方法

2.1 対象河川と対象区間の選定

地被の時間的、空間的分布と流水(水理)環境や人為的環境との関係を究明するには関係資料の有無が鍵になる。長期間にわたって持続的に撮影した空中写真及び流域や河道において水文と水理資料の存在状況、植生分布が目立つこと等を考えて多摩川を対象河川とした。また、植生の変化要因の差異が分析できるように3区間を選んだ。調査区間を図1に示す。すなわち、検討対象区間は、小河内ダムの影響が大きい永田橋前後である 51.0km(新多摩橋)~53.0km(羽村大橋)、秋川との合流部である睦

* 筑波大学 工学研究科 博士課程
** 土木研究所 河川部長(兼任 筑波大学 教授)
*** 土木研究所 河川環境研究室長
**** 土木研究所 河川環境研究室 研究員

橋前後である 48.0km(昭和用水堰)～50.1km、日野用水堰下流の 39.0km(中央自動車道多摩川橋)～41.0km(立日橋)の 3 区間である。なお、多摩川は山梨県塩山市笠取山に源し、藤尾山、岩岳の中間を東南に流れ、丹波川、小菅川、日野川等の支川を合わせ青梅市を過ぎて、秋川、浅川、大栗川等の支川と合流した後、東京都と神奈川県の間を東南に流下し、野川、平瀬川等の支川を合わせ東京湾に注いでいる。標高 1,500 m～2,000 m の山塊により囲まれ、68%の山地と 32%の平地で構成されており、流域面積は 1,240 km²、流路延長 138km である。多摩川上流部には首都圏の貴重な上水源として、主に雨期に流水を貯めるために 1957 年竣工した総 1.9 億 m³ の小河内ダムがある。1968 年に改定された工事实施基本計画では基本高水流量が石原地点で 8,700(1/200 年確率)m³/s、計画高水流量が 6,500 m³/s、浅川は 1,800 m³/s となっている。

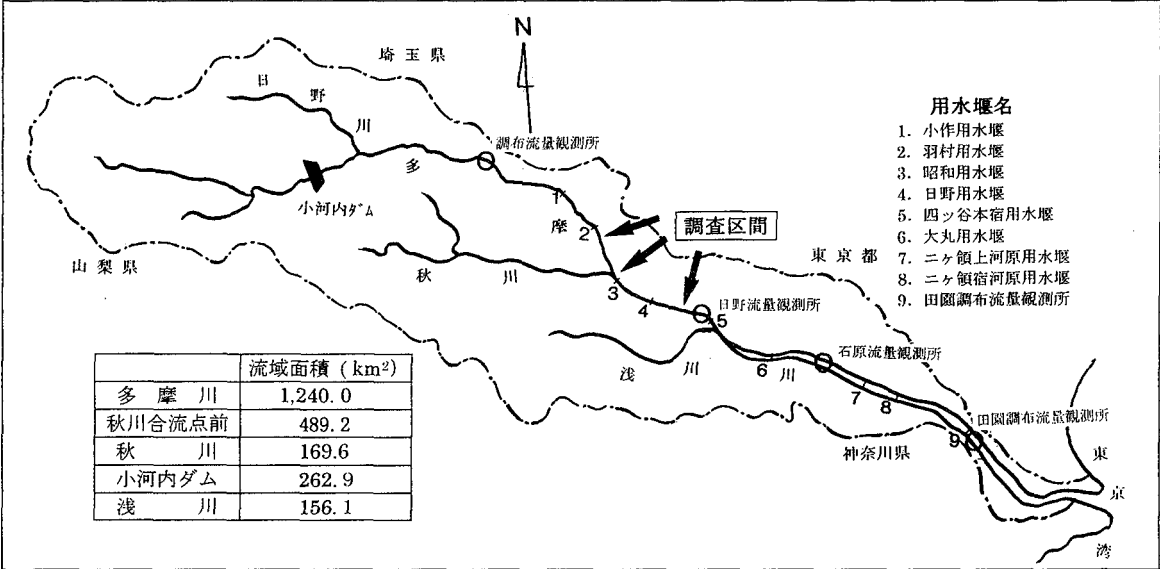


図 1 多摩川流域の平面図と調査区間

2.2 植生分布に及ぼす環境要因

多摩川において河道内地被状況の変化に及ぼす自然的要因として大きいものは洪水と流況である。図 2 は 調査期間に発生した年最大流量と空中写真の撮影時期を、図 3 は多摩川石原地点の流況を示す。多摩川において河道内の地被に影響を及ぼした人為的要因としては、砂利採集、小河内ダム建設、用水堰建設、河川改修、伐採である。多摩川研究対象区間の人為的要因の発生時期は表 1 のようである。江戸時代から採取された多摩川の砂利は 1926 年頃までは、日本の河川で最大の採取量を記録し、戦後も首都圏建設用骨材として採取されたが 1968 年に砂利採取は全面禁止された。

表 1 調査対象区間における植生分布に及ぼす環境要因

要因	51.0～53.0km	48.0～50.1km	39.0～41.0km
共通要因	・ 小河内ダム竣工式(1957) 比堆砂量(1961 年～1988 年 : 250～300 m ³ /km ² /年) ・ 砂利採集全面禁止(1968)		
地点別重要要因	・ 羽村堰取水 (1922) : 53.8 km 地点 ・ 小作堰竣工 (1978.12) : 56.0km 地点	・ 昭和用水堰取水 (1957) : 47.8km 地点	・ 日野用水堰竣工 (1959) : 45.2km ・ 日野用水堰改修工事完成(1960.12) ・ 四谷本宿用水堰竣工 (1967.6) : 38.2km ・ 1968 年多摩川河状整理工事 (40.0 ～ 40.4km 区間 35,700m ³)

水資源開発のため建設された小河内ダムは 1957 年に竣工し、流況と土砂供給量に変化を与え、また羽村堰を始めとして 9 個所の用水堰も河道内地被状況に直接、間接的な影響を及ぼしている。なお、伐採に対する記録はないが 1974 年の大出水後の空中写真によると、出水後も砂利採取跡が残っている。砂利採取による伐採があったと考えられる。砂利採取が全面禁止された 1968 年以降は、河川工事に伴う小規模のものを除けば、調査対象区間で伐採は行われていないと判断される。

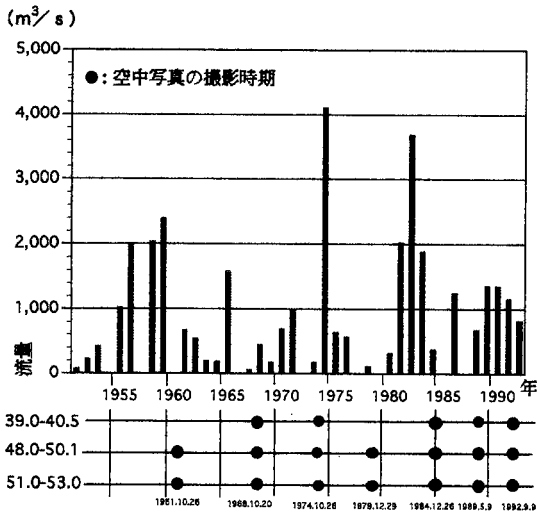


図 2 多摩川石原地点年最大流量と撮影時期

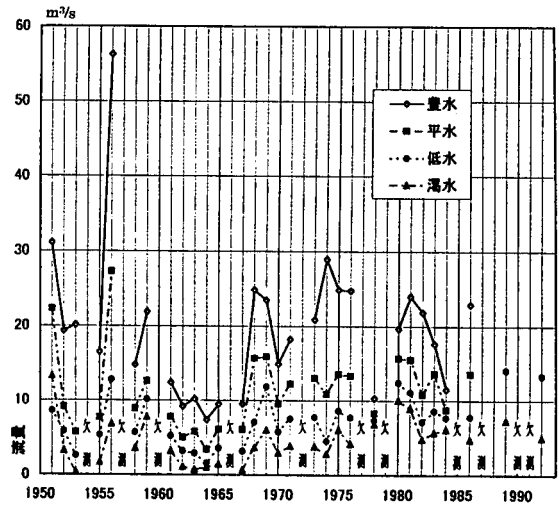


図 3 多摩川石原地点流況

2.3 研究方法

比較的長期間にわたる河道内微地形や地被の変化状態を巨視的、面的に捉えるために、地被状況の変化は空中写真を用い、微地形の変化は測量成果資料を利用した。地被の状態が比較的早く変化することからできるだけ多くの空中写真を収集した。地被状況図の作成は 48.0～50.1km 区間と 51.0～53.0km 区間は 7 時期、39.0～41.0km 区間は 5 時期について行うことができた。地被状態は空中写真の判読により、地被を樹林地(1A: 1～5m、1B: 6～10m、1C: 10m 以上)、草地(2)、田畑(3)、芝地やゴルフ場(4)、造成地や裸地やグラウンド(5)、自然裸地や砂州(6)、水域(7)、護岸(K)に分けて把握した。各調査区間ごとに概ね 1km 前後、上下流と左右岸を分けて調査した。そして、植生の変化状態を各調査区間ごとに該当区間河道特性と外的要因との関連性について分析した。

表 2 調査対象区間の河道特性

調査地点 河道特性	51.0～53.0km	48.0～50.1km	39.0～41.0km
セグメント	セグメント 1 (上流部)	セグメント 1 (上流部)	セグメント 1 (上流部)
河床勾配	1/218	1/219	1/282
平均川幅	275.0 m	469.8 m	370.9 m
平均低水路幅	148.0 m	305.1 m	235.9 m
平均粒径	約 35 mm	約 35 mm	約 30～35 mm
水衝部	51.8 km 左岸	49.8 km 左岸	39.4 km 右岸
最近の滞筋の状況	安定	少し移動する昭和用水堰の直上流を除いては安定	不安定(少し移動)
低水路の平均河床高と横断形状	ー低水路の平均河床高は滞筋部の洗掘の進行によって少し低下傾向 ーアーミングの進行中(表層は玉石が多い)	ー堆砂する昭和用水堰の直上流で上昇傾向であるが、その他では滞筋部の洗掘が進行によって少し低下傾向 ー土丹(第3紀層)露頭区間あり	ー低水路の平均河床高はほぼ安定している ー滞筋部の低下現状は見られない

3. 調査結果

3.1 調査対象区間の河道特性

対象区間の河道特性は表 2 にしめすように扇状地河道部の特徴を現す。51.0～53.0km 区間は図 4 のように滞筋が安定し、48.0～50.1km 区間は滞筋が移動する昭和用水堰と秋川合流点の間を除いては安定、39.0～41.0km 区間は多少移動しやや不安定である。51.0～53.0km 区間は図 5 の横断面図にしめすように低水路の滞筋部の洗掘が進行し、一部土丹のが露出する地点がある。また滞筋部の表層材料が大きく等アーミングが進行中である。

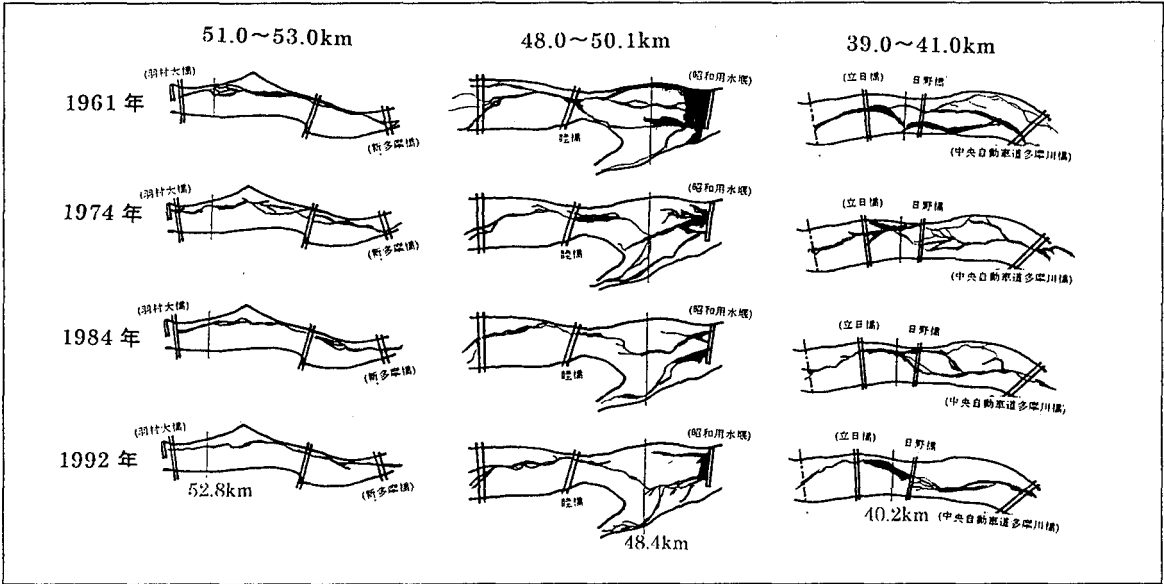


図 4 調査対象区間の滞筋の変化図

3.2 地被状況の推移

地被状況の推移は図 6 のようであり、地被状況は次の通りである。

(1) 区間別地被の実態と特性

1) 51.0～53.0km 区間

砂州の移動が活発で滞筋の不安定期であった 1961 年と 1968 年には堤防上の樹木以外には河道内には樹木が無かった。1974 年大洪水があった。この出水時に左岸側に形成されたいた滞筋部はその後 1982 年まで大出水がなかったことより固定化された。さらに流水が集中し、滞筋部の河床低下が進み、同時に砂州上の高い所などにヤナギやニセアカシアが進出し樹林化が進んだ。特に 51.6 km 付近の砂州が中水敷化し、樹木はその付近を中心として分布の面積を上下流の方向へ広げた。

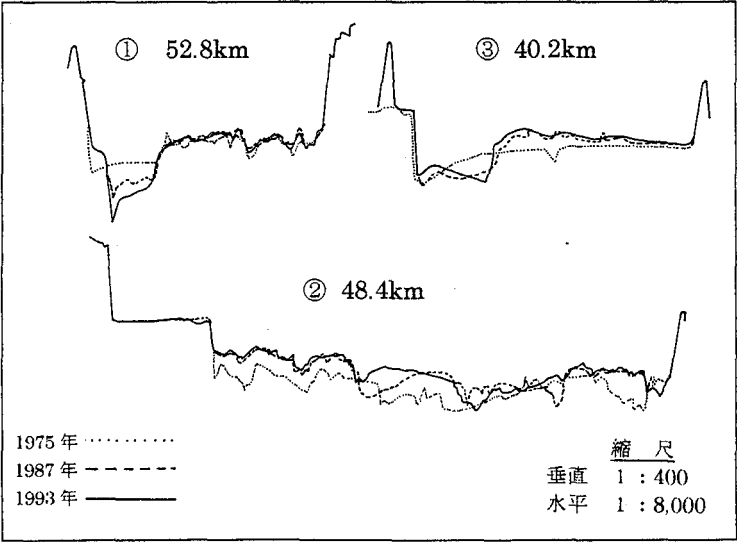


図 5 調査対象区間の代表地点横断面図

1984 年の空中写真によると 1979 年に樹木のあった本区間の上流部と水際部の樹木が無くなっている。その原因は 1982 年の出水による流速の速い所の樹木が流水によって破壊されたためである。また草地部の面積も減少している。その後、大きな出水が無かったため、草地と共に樹林地の面積が増大している。1992 年の空中写真には 51.4 - 51.6 km 区間の中水敷上の樹木が破壊されたが、それは用途がわからないが中水敷の一部を人為的に掘削したためである(空中写真より判断)。現在の樹木の代表植種は成長速度が速いニセアカシアとイヌコリヤナギである。図 7 では 1992 年撮影した空中写真の判読紙上で過去生成された樹木が破壊された時期を示した。図 7 の中矢印は樹木が破壊された所である。

2) 48.0~50.1km 区間

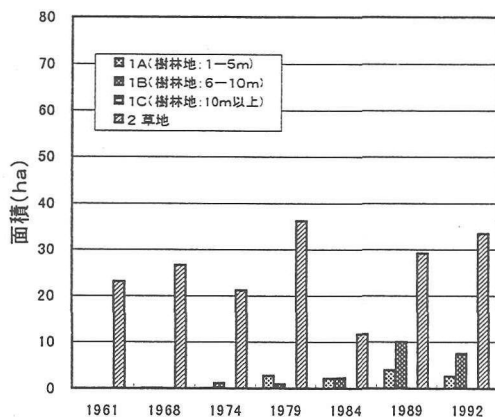
支川である秋川との合流地点で、昭和用水堰の直上流である。本区間も 1974 年以前河道内には樹木が無かった。1980 年代に入って樹木化が進んだ。1974 年砂州の移動が活発で滞筋の不安定な低水路内の砂州上に樹木が少し生育しだした。生成された樹林は安定せず洪水による破壊が激しい。特に昭和用水堰の背水の影響がおよぼす区域の方が生成と破壊の変化が大きい。1984 年生成率面積(前回撮影後に新たに樹林化した所の面積)が非常に低かったのは 1982 年の大出水(石原地点約 $3,700\text{m}^3/\text{s}$)及び 1983 年の大出水(石原地点約 $2,000\text{m}^3/\text{s}$)によって新たな樹林化が妨げられたのであろう。代表植種はニセアカシア群落やイヌコリヤナギ群落やヌルギ群落である。

3) 39.0~41.0km 区間

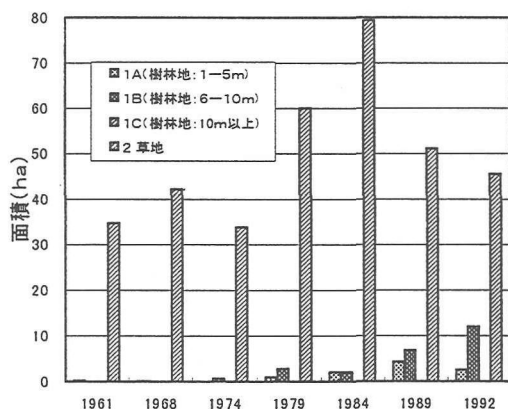
1984 年以前には樹林が見られない。現在においても樹林地の面積は小さいが、しかし 1989 年には低水路部の水際部と砂州の高い所に木が生育している。代表樹木の植種はニセアカシアとイヌコリヤナギである。

(2) 地被の変化推移

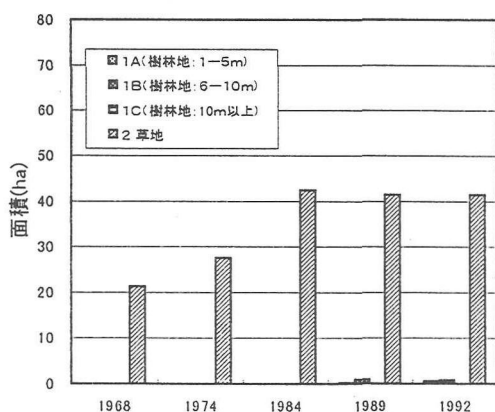
1968 年以前には、樹木は堤防上以外はほとんど見られなかった。1970 年代の後半より 3 区間とも樹林化が見られようになったが、下流より上流へ行くほど樹林地の面積が大きく、また樹林化のはじまりが早い。大出水時には樹林の破壊が見られ、その後再生と新しい場所での樹林化が見られる。3 区間共に樹木の優占種は成長の速度が早いニセアカシアやイヌコリヤナギである。低木であるイヌコリヤナギは主として高水敷内の池辺、砂州内、水辺に群落をなして広く分布している。一方、ニセアカシアは高水敷の高い所、堤防から近い所に分布している。樹木の平面的分布は時間の経過とともに砂州の固定化に進行によって広がっている。昭和用水堰の背水域に位置する 48.0~50.1km 区間では樹林の生成と破壊を繰り返しの変化が大きかった。



① 51.0—53.0km (総面積 63.1ha)



② 48.0—50.1 km (総面積 113.5 ha)



③ 39.0—40.5km 区間 (総面積 71.9ha)

図 6 調査対象区間の地被の状況

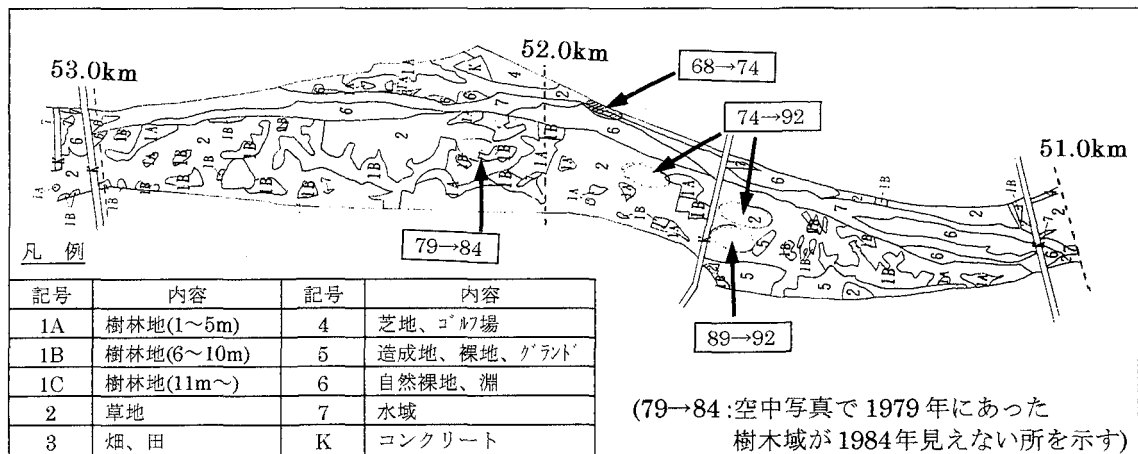


図7 1992年時点の51.0~53.0km区間の植生の現状と樹木の破壊場所

3.3 植生分布の変化に及ぼす環境要因の影響分析

(1) 洪水の影響

1974年9月1日及び1982年8月2日の洪水は調査期間の中で2つの大きな出水であった。表3に2つの出水の状況を示す。51.0~53.0km区間では1974年洪水時において砂州が固定化がされ河床が高かった51.6kmの右岸を除いて広い範囲で草地が破壊された。1984年には51.4~51.6km右岸の前後の前線部付近と堰直下流部で樹木と草地が破壊された。本区間は左岸側の滞筋の河床低下が進行中であり、洪水時の流量がここを流れるので右岸側の砂州の固定された所の流速が遅いため、樹林の破壊はこの2つの洪水とも少なかった。出水の制御ができない秋川との合流地点下流で、用水堰の背水域に位置する48.0~50.1km区間では砂州の固定化が進まず移動する土砂で樹林化は進まなかつたが、1974年以降合流点取り付け堤近傍では砂州の陸域化が始まり、それに伴い樹林化が進み始めた。39.0~41.0km区間では図5に示すように1982年の洪水時の土砂堆積により陸域化し高水敷化し樹林地が生成した。40.8km付近の低水路満杯流量は1,700 m³/s(摩擦速度:0.33m²/s、流速:約4.0m/s)程度である。従って、1989年以降の出水は高水敷上の樹林に影響を及ぼさなかつたと言える。低水路部については石原地点で1,000~1,300 m³/sの出水が継続し、かつ滞筋の固定、河床低下がまだ進行中である。したがって1982年の洪水時に土砂堆積し河床の高くなった所は今後もより高水敷し、樹林化が進と考えられる。

表3 1974年と1982年大洪水の出水状況(単位: m³/s)

地 点		1974.9.1	1982.8.2
小河内ダム	最大流入量	388	1,147
	放流量	324(最大放流量)	720
調 布 橋		2,149	2,129
秋 川 合 流 点		1,439 (面積比による流量分配: 1982年洪水に基づいてから推定)	1,427
日 野 橋		3,283	3,232
石 原		4,101	3,700

(2) 取水堰の影響

1) 各対象区間の取水堰の影響

イ) 51.0~53.0km 区間

51.0~53.0km区間は上流で上水用水の計画取水量22.3 m³/sである羽村用水堰(1922年竣工)と22.3m³/sである小作堰(1978.12年竣工)による流況と流砂量の変化の影響を受けている。小河内ダムによる流砂供給量の減少に加えて、羽村用水堰による土砂のトラップと流水の落下位置の固定化は本区間の河床低下に影響を与え、滞筋部の固定化と河床低下を生じ、砂州頂部の地表面高と地下水位の差を増大させ、植生の生育環境に影響を与えた。また取水による平水流量の急減は平常時の水面幅を減少させ、草地部の増大要因となっている。なお、1990年代より2 m³/sの流量が維持用水として羽村用水堰より放水されるようになった。

ロ) 48.0~50.1km 区間

昭和用水堰(1957年竣工、農業用水 $0.99 \text{ m}^3/\text{s}$ 取水)は、その堰上流に約 0.4 km の背水区間を生じさせ、水面積の増大となり植生分布に影響を与えている。また堰直上流区間の河床低下を妨げ、かつ堰上流では土砂の堆積区間と多列砂州の形成と移動の原因となった。

ハ) 39.0~41.0km 区間

38km に位置に(1959年竣工) $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ の農業用水を取水する四谷本宿用水堰(1967.6年竣工)があるがその堰による影響範囲は狭く、四谷本宿用水堰による植生への影響はない。

2) 取水堰の影響に関するまとめ

3 調査区間共に上流部にある用水堰は洪水の制御能力がないが、取水による流況変化と堰上流部による河川水のせきあげによる水面積の変化をもたらしている。これらは他の要因(ダム建設、砂利採取)も加えて長期間にわたって低水路の変化を徐々に生じさせた。つまり、河床変化と流況変化を通じて植生分布に影響を及ぼした。本調査区域における用水堰の直接的影響は、昭和用水堰の背水区間を除けば少ないものであるが、堰下流部では流況の変化による堰下流部の水面積の減少、水面高の低下、地表面付近の土壌水分の減少、地下水位の低下などを通して間接的影響を受けている。

(3) 小河内ダムの影響

多摩川上流部には首都圏の貴重な上水源として主に雨期に河水を貯める総貯水量 1.9 億 m^3 の1957年竣工した小河内ダム(流域面積: 262.9 km^2)がある。小河内ダムの植生分布に及ぼす直接的影響は、洪水調整能力による洪水ピーク流量の減少と流況の変化であるが、ダムによる流砂の供給の減少が河床変化に影響を及ぼし、それが間接的に植生分布の変化に及ぼす影響も大きい。比堆砂量は1961年~1988年の平均で $250 \sim 300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ 、1988年まで総堆砂量は $3,300 \text{ 千 m}^3$ である。調布橋地点の上流面積が 446 km^2 であるため小河内ダムは調布橋上流部の 58.9% を占める、石原地点上流面積が $1,040 \text{ km}^2$ であるため小河内ダムは石原地点上流の 25.2% を占める。本調査区間はセグメント1の上流部である扇状地河道部であるが、小河内ダムから約 30 km もあることより、粗度物質(砂利・玉石成分)の供給土砂量の減少による河床低下に対する直接的影響は少ないと考えられるが、小礫・砂・シルト・粘土成分の減少の影響による河床表層の細粒成分の減少などのアーミング化や砂州移動の不活発の原因となったと考えられる。調査対象3区間においては $51.0 \sim 53.0 \text{ km}$ 区間の最深河床高の低下量が大きい、この原因としては、小河内ダムの影響も一因であるが、後に述べる左岸沿いの砂利採取によって形成された。滞筋に流水が集中したためである。

(4) 砂利採取と禁止の影響

江戸時代から採取された多摩川の砂利は、関東大震災の復興にも大きな役割する等、東京の近代化とともに行われてきたが河床の低下を招き、水衝部の位置の変更を招いたり、河床が局所的に掘り下げられたりして護岸や井堰等河川の構造物などの危険性も増加した。それに対して下流部から上流部に向かって砂利採取の規制が強化され、1964年には万年橋まで砂利採取が全面禁止された。ついで1968年には上流部も砂利採取が全面禁止された。多摩川の砂利採取は1964年、万年橋以下砂利採取全面禁止されるまで年間1952年から1963年まで砂利採取許可量が概ね年 $20 \sim 35 \text{ 万 m}^3$ (北多摩川砂利採取許可量は概ね $20 \sim 30 \text{ 万 m}^3$) を、1964年には概ね 9 万 m^3 (北多摩川砂利採取許可量は概ね 5 万 m^3) を採取した。砂利採取の影響を定量的に把握するのは非常にむずかしいが明治1882年に、府中駅付近を測量した図面(日本図誌大系)に多摩川の砂州に部分的に樹木が表示されたことから本調査区間にも樹木があったと考えられる。3 調査区間共に砂利採取が盛んな1961年の空中写真の判読結果には樹木が見えないことはそのあいだ持続的におこなわれて砂利採取の影響が十分あったと推定される。また $51.0 \sim 53.0 \text{ km}$ 区間は30年代まで砂利採取がなされ、採取地点は現河川左岸寄りでなされ、滞筋が左岸に寄る原因となり、その後の河床形状を規定してしまった。

4. 結論と今後の調査方針

本研究で調査対象として選定した3区間は、セグメント1の上流部である扇状地河道部である。多摩川において1961年~1992年における樹林化の進行の実態を、樹林地の維持、破壊、生成といった観点から、その要因について検討した結果、植生分布の変化に及ぼす外的環境要因(インパクト)が明らかになった。3区間ともに小河内ダム竣工4年後である1961年に樹林が見えないのは滞筋の河床低下がまだ生じておらず、多列砂州が形成されているので小河内ダムの影響があまりなかった時期の扇状地河道特性を持っていたこと、その時期盛んな砂利採取影響があったことによると推定される。 $51.0 \sim 53.0 \text{ km}$ 区間は1968年、 $48.0 \sim 50.1 \text{ km}$ 区間は1974年、 $39.0 \sim 41.0 \text{ km}$ は1989年から樹林化がはじまったのは小河内ダムによる流況変化、小礫以下の土砂供給量の減少、砂利採取による高水敷の形

成と河床低下が進み、その影響が上流ほど大きかったことによると考えられる。一方 48.0～50.1km 区間は前述したように小河内ダムの影響もあるが秋川の出水が、小河内ダムにより影響を打消している。つまり、秋川と合わせて昭和用水堰の背水の影響がある 48.0～50.1km 区間を境として 51.0～53.0km 区間の方は、小河内ダムや堰が滞筋の河床低下と砂州の固定化による域陸化の原因となっており、砂州上に流水による破壊に対し抵抗力の高い植種が徐々に繁茂し、植生分布の大きな変化をもたらした。秋川合流点から 39.0～41.0km 区間の下流部については、1982 年の洪水時の高水敷に土砂堆積等によって陸域化になって樹林化が始まり、支川からの供給土砂によってそれほどアーミングが進まず、滞筋の固定化は顕著のものとなっていないが今後徐々にアーミングが進み、かつ洪水流量の減少に伴って低水路の一部が高水敷化し(低水路幅の減少)、それに伴って樹林化が進むだろう。すなわち、大出水による堆積した土砂に樹林が定着するまで土砂の二次移動が生じないと樹林が流水による破壊に対し抵抗力の高くなって植種が徐々に繁茂することがわかった。

今後、扇状地河道部においての砂州の発達過程ともに樹林化の形成機構に関して定量的、物理的な究明を目指してひきつづき、植種の調査、地表面土壌、河床材料の調査、地面高の詳細調査、地下水の分布などの調査を行い、相互の関連性について分析し、樹林化のメカニズムを解明する方針である。

参考文献

- 1) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1994。
- 2) 山本晃一：日本の水制、山海堂、1996。
- 3) 山本晃一：河道特性論パート(Ⅱ)―荒川中流部の河道特性と河道処理―、土木研究所資料第 1745 号、1982。
- 4) 萱場祐一、島谷幸宏：扇状地河川における地被状態の長期変化とその要因に関する基礎的研究、土木学会水理部委員会基礎水理部会、pp. 191-196、1995。
- 5) 浅野文：河川敷の森林化と河川の安定に関する研究、環境部部外研究員研究発表会論文集、建設省土木研究所環境部、1996。
- 6) 建設省土木研究所河川部河川研究室：河道特性による植物群落の分類―利根川と鬼怒川を事例として―、土木研究所資料、1994。
- 7) 建設省土木研究所河川部河川研究室：河道特性に関する研究(その 2)、第 4 4 回建設種技術研究会、1990。
- 8) 建設省河川局治水課監修、(財)リバーフロント整備センター編集：河道内の樹木も伐採・植樹のためのガイドライン(案)、山海堂、1994。
- 9) 財)河川環境管理財団、河川環境総合研究所：河川の植生と河道特性、1995。
- 10) 多摩川誌：建設省関東地方建設局京浜工事事務所、(財)河川環境管理財団、山海堂、1986。
- 11) 多摩川河道計画検討委員会：国土開発技術研究センター、1993-1995。
- 12) 平成 6 年度多摩川生態環境解析業務報告書、(財)河川環境管理財団、1995。
- 13) 石川：揖斐川の河辺植生Ⅱ、扇状地域の砂れき堆状の植生動態、日本生態学会誌、Vol.41、No3、pp.145-148、1991。
- 14) 倉本：多摩川の河辺植生の変化とその要因、造園雑誌、Vol.46、No.5117-122,1。
- 15) 石川：揖斐川の河辺植生Ⅰ、扇状地の河床に生育する主な分布と立地環境、日本生態学会誌、Vol.38、No2、pp.73-84、1988。
- 16) 門司、小倉他：陸水と人間活動、東京大学出版会、1984。
- 17) 栗田：河原植物の生態学的研究特に洪水が植群に及ぼす影響について、生態学研究、Vol.9、No4、pp.199-223,1943。
- 18) 須賀：河床低下に起因する局所的洗掘に関する考察、第 25 回水理講演会論文集、pp.545-552,1981。
- 19) 辻本哲郎：扇状地河川の河道内植物群落調査と植生周辺の流れと流砂に関する研究、1994。
- 20) 辻本哲郎：植生や種々の粗土による開水路流制御と多機能水路の設計に関する研究、金沢大学、1996。
- 21) A. Brooks, Channellized Rivers, Jhon Wiley and Sons, 1988。
- 22) J.A. Gore, G.E. Petts, Alternatives in Regulated River Management, CRC Press Inc., 1989。
- 23) P.J. Boon, P. Calow, G.E. Petts, River Conservation and Management, Jhon Wiley and Sons 1991。