

緩勾配水制域における水辺環境の復活と造園の技術的可能性

誌名	ランドスケープ研究
ISSN	13408984
著者名	北村, 泰一
発行元	日本造園学会
巻/号	58巻4号
掲載ページ	p. 421-428
発行年月	1995年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



緩勾配水制域における水辺環境の復活と造園の技術的可能性

Applicability of Landscape Techniques for Improvement of Riparian Environment in Gentle Slope Section of Tidal River

北村 泰一*

Hirokazu KITAMURA

摘要： 自然災害を受けやすいわが国では、土砂災害・水害に対する安全性を確保しつつ多様な水辺環境を保全しなければならない。水辺の植生活活に配慮した河川工法として水制工が注目されているが、空中写真の比較判読と現地調査の結果、木曾川下流部の水制域では施工より約60年を経た1975年以降、治水事業による洪水低減効果に起因してヤナギ林を主体とする水辺林が形成されたことが明らかになった。水制域の水辺林は、湿地・干潟・草地・樹林帯など様々な微地形が形成推移する自然立地的空間であり多様な生物空間を提供しているため、その保全維持管理に果たす造園の技術的可能性は大きく、関連する河川構造物との有機的連携が必要である。

はじめに

河川流域における生産活動の拡大や都市化の進展に伴って水辺環境が著しく変化し、その保全と回復が望まれている。すなわち、最近の動向として、国民生活の安定や向上に伴い余暇時間が拡大し、快適性（アメニティー）に対する国民の要望が増大したことに起因して、溪流、ダム湖、遊水池等の多面的利用についてのニーズが高まりつつあり、水辺空間の効果的な整備が必要とされている。さらに、河川や水辺の生態系そのものを保全しようという要望も強くなってきた。

その一方で、地形が急峻で地質的にも脆弱であり、降水量が多く特に梅雨期、台風期の豪雨、冬期の豪雪に集中するといった自然条件や、国土面積の約1割にすぎない沖積平野に人口の約5割、資産の約3/4が集中し高度な土地利用が展開されているという社会条件¹⁾に起因して、わが国は土砂災害や水害などの自然災害に対する被災ポテンシャルが極めて高い状態にある。このため、水辺環境整備を図るにあたっては、土砂災害・水害に対する安全性を確保したうえで多様な自然環境を保全し、緑と水が調和した水辺空間を創出することが要求される。

河川と一言で表現しても、少なくとも山間部の溪流（以下溪流とする）と平野部を流れる平地河川に区分が可能で、さらに平地河川は扇状地付近を流れる中流河川、沖積平野を流れる下流河川などの区間にも区別できる。そしてそれぞれの区間では、川幅や水深、河床勾配、河床材料などの地形条件が異なっているため、土石流や土砂流、洪水流などそれぞれの区間で生じる現象の質や規模にも差異が認められる。ところが、水辺環境整備の現

在の傾向として、例えば瀬・淵を人工的に固定するなど、平地河川の論理をそのまま溪流に適用するものが多い。平地河川と溪流との間には、多様性を創出する因子に違いがあり、場の条件を無視した画一的な論理・手法で水辺を固定するのではなく、その場独自の論理と技術が必要であると思われる。さらにわが国では、先に述べたような自然条件と社会条件に起因して、河川が土砂災害・水害の未然防止を目的とした砂防工事、河川工事の対象区域となるため、これらの構造物が水辺環境に与える影響を正しく認識したうえで、水辺環境の復活を図る必要がある。

これまで筆者は、歴史的に土砂災害・水害が多発し国土保全事業が進捗する河川を対象に、水辺環境保全のあり方について検討してきた。その結果、砂防施設、河川施設の機能と影響を考慮した水辺環境復活の技術的可能性と、その中で造園の果たすべき役割について、ひとつの示唆が得られたのでここに報告する次第である。

本研究を進めるにあたり、貴重な資料をご提供下さいました建設省中部地方建設局木曾川上流工事事務所、同木曾川下流工事事務所、ならびに土質資料の分析において有益な助言を賜った南九州大学造園学科造園工学研究室高谷精二教授に感謝の意を表します。

1. 研究方法

1) 水辺環境保全をめぐる意識変化

これまで砂防工事に造園手法が応用された事例として、広島県厳島の紅葉谷川の砂防工事²⁾があげられる。紅葉谷川では、昭和20年9月17日に来襲した枕崎台風（呉市で死者1,154名）の豪雨によって崩壊・土石流が

発生し、土砂礫が下流に流入し厳島神社を埋没せしめたものである。この災害復旧工事を実施するに際し、工事対象区域が日本三景のひとつで瀬戸内海国立公園に位置する史蹟名勝であるため、景観保全の観点から多くの制限と配慮が求められた。すなわち、巨石・大小の石材は絶対に傷つけず、割らないで野面のまま利用する、樹木は伐らない、コンクリート面は眼に触れないよう野面石で包む、等の基本方針の他、東京大学の丹羽教授（造園学；当時）らの指導、関係分野からの助言・協力のもとに砂防工事が進められた。その結果、自然石をコンクリートで補填した床固工や野面石で包んだ砂防ダムによって災害復旧を図ると同時に、天然の溪流を形造ることによって周囲の地形と混然一体となった一大庭園を作り上げたのである。これは「紅葉谷川庭園砂防」と呼ばれ、砂防工事に造園技術が応用された先駆的事例であり、現在でも砂防河川での水辺環境整備の方法に大きな影響を与えている。

環境保全にかかわる住民意識は、経済情勢や国土利用に対する要望とともに常に変化し多様化する。すなわち、第2次世界大戦敗戦後の混乱から復興を経て高度成長期にさしかかる1945～1959年の間は、ほぼ毎年のように大型台風や前線豪雨による大水害に見回れたことから、洪水対策が最優先された時期であり、紅葉谷川砂防工事が行われたのはまさにこの時代であった。ところが、1970年代以降になると経済偏重政策の反省から水環境への関心が高まり、いわゆる「親水」が人々の関心を集めるようになり、河川環境を総合的に管理するための「河川環境管理基本計画」の策定が1981年より義務づけられ、1990年

*南九州大学園芸学部造園学科

には『多自然型川づくり』の推進について』の通達が出され、多様性に富んだ河川環境の保全・自然景観の保全に留意した手法を用いることが指示されるに至っている。すなわち、河川敷の緑地利用や景観の保全が主であった1970年代から、「川と人とのふれあい」と称して階段護岸などを利用し単に水辺へのアクセスが要求された1980年代を経て、今日では生態系の保全・復元にまで大きな関心が寄せられるようになったと言える。

2) 研究方法

(1) 河川環境の多様性を創出する因子

砂防工事や河川工事など、いわゆる河川改修が水辺環境に及ぼす悪影響として、蛇行、瀬・淵の消失による流れの均一化、護岸工の建設による岸辺環境の悪化消滅などが挙げられる¹⁾。砂防ダムや床固工、谷止工、流路工などの配置、あるいは低水護岸による河岸の補強などによって土砂災害・水害に対する安全性を高めるという現行の手法の宿命として、そのマイナス面の影響が水辺環境の消失・単調化、すなわち多様性の喪失という形となって顕在化してくる。これは、砂防工事や河川工事が進む河川が共通して内包するジレンマであり、前述のような水辺環境変化をめぐる意識変化の中、単に災害防止だけを目的とするのではなく、水辺の動植物の生息に配慮した計画、生態系に及ぼす影響の少ない工法が必要になってきたといえる。

河川流域は上流から河口に至るまで、河床勾配や川幅・水深などの地形条件が場所に応じて異なり、これが流れの作用や土砂輸送の形態的な差異となり、流路形態の違いをもたらす。これによって山間を流れる溪流では大小様々な粒径の石礫の堆積による石礫空間が、扇状地・沖積平野を流れる中流域では瀬・淵

の形成変化が、流れが緩やかになる下流河川では中州や干潟、ワンド、湿地などの河岸の微地形が、多様な水辺環境の創出に大きな役割を果たす。すなわち、多様性の創出に基本的な役割を果たす因子が、河川区間によって異なっているものであり(表-1)、本研究ではこうした因子を考慮した水辺環境の復活を基本の方針とした。

(2) 研究対象区間と研究方法

本研究の対象としたのは、木曽川と長良川が瀬割堤によって分流され並流している木曽川下流部の水制工施工区間である(図-1)。

緩勾配となる下流河川区間では、中州や干潟、ワンド、湿地などの河岸の微地形が、水辺環境の創出に大きな役割を果たす。従って、こうした微地形の形成要因と時間経過に伴う推移変化を明らかにすることが、水辺環境復活に不可欠となる。本研究では、木曽川下流部の水制域を対象として、これらの微地形を中高木林、草地低木林、中州(冠水しないもの)、干潟(高水時に冠水するもの)、池・湿地、人工地(人工改変がなされた高水敷)に区分し(図-2)、1947、1967、1975、1991年撮影の空中写真判読からこれらの微地形の時間的推移を把握した。さらに現地踏査を行い現況植生を把握するとともに、空中写真判読結果をもとに形成年代の異なる微地形を抽出し10m×10mの調査地を10箇所設けて木本調査を行い、侵入木本が時間的な変化とともにどのように変化していくかを明らかにした。また、主要地点での土質特性を調査し解析の一助とした。

2. 対象地の概要

北アルプスを源に発し、流域面積9,100km²、流路延長227kmを有する木曽川は、わが国を

代表する一級河川である。木曽福島付近で王滝川と合流した後は深い木曾谷を形成しつつ南西に流下し、日本ラインと呼ばれる急流を経て犬山より濃尾平野に流れている。流域を構成する地質は、古生層・中生層(上流部)、花崗岩・流紋岩(中流部)、第三紀～第四紀堆積物(下流部)である。

広大な濃尾平野には木曾川に並行して長良川、揖斐川の、いわゆる木曾三川が流下している。この三川は、現在では独立した河川となっているが、かつては網状に連なり数えきれぬほどの大氾濫を繰り返し、流路の変遷を重ねてきた。その原因のひとつに三川の河床勾配と最高水位発生時刻の違い¹⁰⁾があり、濃尾平野の三川合流点地域一帯に毎年逆流氾濫が生じていた。このため、「宝暦の治水工事」(1735年)など、古来より治水事業が行われてきた。1887年(明治20)からオランダ人技師ヨハネス・デ・レーケの指導のもとに、洪水防御の抜本対策として木曾三川を完全分流することを中心課題とした明治改修が開始された。明治改修は1912年までの24年間にわたって行われ、これによって木曾三川は現在の流れとなった。この改修以降、対象区間においては大規模な改修工事は行われていない。

3. 水制工と微地形の形成推移

1) 木曾川治水とケレップ水制

前述のように、木曽川下流部では1887年(明治20)からオランダ人技師ヨハネス・デ・レーケの指導のもとに、洪水防御の抜本対策として木曾三川を完全分流することを中心課題とした明治改修が開始された。この改修工事において、水制工とよばれる工法が用いられている。水制工とは、流水を積極的に制御

表-1 河川区間における水辺環境創出因子の違い

区 間	下流河川	平地河川	渓 流	
地形区分	デルタ	沖積平野	扇状地	深 谷
河床勾配	~1/5000	1/3000~1/1000	1/500~1/100	1/100~
川幅・水深	広・深			狭・浅
河床材料	粘土・シルト	砂	砂 礫	転石・岩盤
場と力	運搬力<量			運搬力>量
流れの作用	堆 積	運搬・堆積		浸食・運搬
流路形態の変化主要因	湖の干満	砂礫堆の移動		石礫の移動
	↓	↓	↓	↓
多様性の創出要因	河岸微地形形成 干潟・池・湿地	砂礫堆の移動に伴う 瀬・淵の形成		石礫の移動に伴う 石礫空間の形成
国土保全	河川・海岸工事	河 川 工 事		砂防治山工事

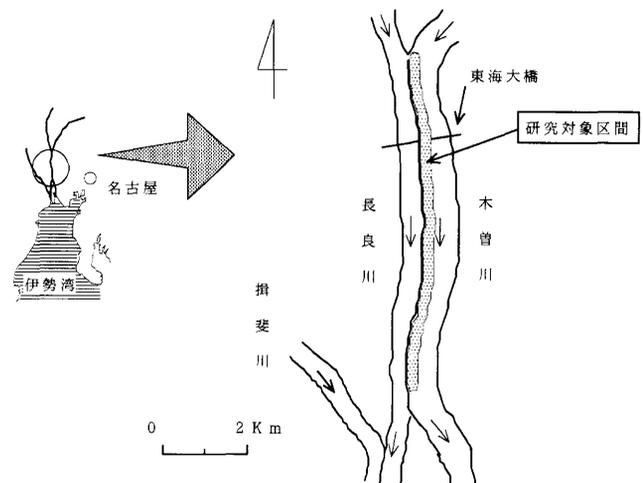


図-1 研究対象地の位置

するために河岸からある角度で河川の中心に向かって突きだした構造物であり、その主な機能効果は流速を減少し流向を変化させることによって水制域内の土砂沈澱を促し、堤防や河岸を洗掘から守ることである。水制工は伝統的な河川工法であり、河川の底質や洪水継続時間、河床勾配、水深、流速などに応じて様々に工夫され、各地で独自の発展を遂げているが、木曾川下流で用いられたものはケレップ水制²⁾と呼ばれ、そだ沈床をT字型に沈めその上に石張りの覆工を施して仕上げたものである。覆工の表面部には長軸 50cm、中軸 30cm、短軸 20cm 程度の楕円礫が用いられ、天端にヤナギ植栽を伴うことから『柳枝工』とも呼ばれている(写真-1, 2)。

2) 水制域における水辺林復活の過程

水制工の効果によって水制域内の土砂沈澱が促進されると、中州や干潟となり、やがては安定した堆積地へと発達し、植生侵入が行われるようになる。木曾川下流部右岸(長良川と背割堤で接している区間)ではこうした水制工の効果が顕著に現れたものと考えられ、様々な種類のヤナギを主体とし、イネ科、カヤツリグサ科などの草本を交えた見事な水辺林が形成されている(写真-3)。さらに池や湿地、干潟なども形成され、鳥類や小動物にとって良好な生息空間を提供している。このため、コンクリートに代表される近代河川工法に対して、水制工は生物にやさしい伝統的河川工法²⁰⁾として、昨今関心を集めている河川工法で、河川改修の過程で失われた河岸植生を復活させる河川工法としての評価がなされている¹⁹⁾。ところが、この木曾川下流部の水制工区間の水辺林が、水制工の効果と関連しどのような時間経過のなかで形成されたのか、意外と知られていない。

図-3は、当該区間を対象に、1947年、1967年、1975年、1991年撮影の空中写真から地形判読を行い、どのような時間経過のなかで水辺林が形成されたのかを確かめたものである。ここでは、草地低木林、中高木林、中州・干潟、池・湿地、人工地(人工改変がなされた高水敷)に区分した。これによると、1947年には水制工の根元付近に既に植生侵入箇所が認められるが、これは堤防の一部分である。1967年になると中州・干潟の形成が進むが、大きな植生変化は認められない。ところが、1975年になると急速に土砂沈澱による中州・干潟の形成や、植生侵入、木本の生長が進み、1991年にはほとんどの箇所が植生侵入が進んでいるのがわかる。つまり、この区間の水辺林のほとんどは、1975年以降に形成されたものなのである。なお、建設省木曾川下流工事事務所への聞き込みによれば、明治改修以前から存在した樹林を改修の際に堤防補強に取り入れたものもあると言わ

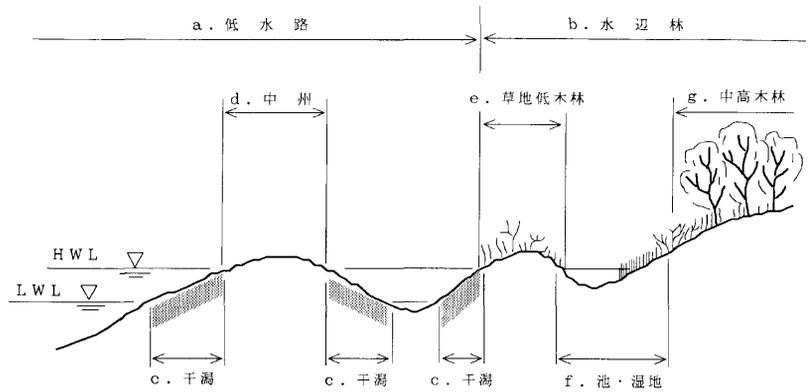


図-2 水制域の微地形区分

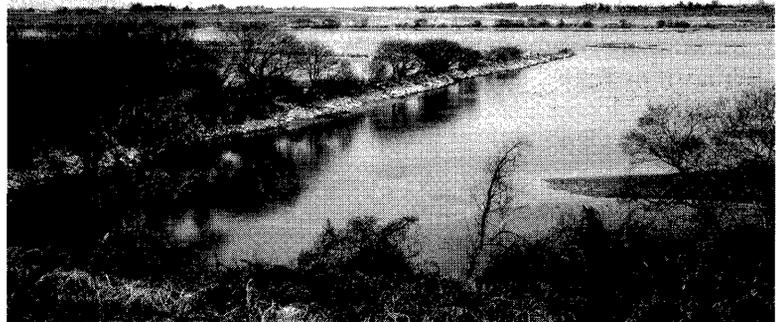


写真-1 木曾川下流部の水制工



写真-2 水制工に植栽されたヤナギ



写真-3 水制域の水辺林

れているが、それが具体的にどの水辺林を指すのか明かではない。

この区間での水制工が完成したのは、明治改修が完了した1912年であり、その後、1975年まで水制工の効果が発現せず土砂沈澱や植生侵入はなかったのか、あるいは繰り返される洪水によって中州や干潟、あるいは水辺林の流出破壊があったのかどうか、定かではない。しかしながら、1975年は、木曾川水系に多目的ダムや洪水対策ダムの竣工が進み洪水調節容量が急増する時期と一致している²⁾ことから、水系に展開された洪水対策によって下流の洪水流量が低減されたことが、水制工の効果が発現するのを助長したのではないと思われる。

いずれにしても、木曾川下流部右岸が安定化し水辺林が形成された直接の要因は、水制工という伝統的河川工法であり、その効果の発現は近代治水技術に負うところが大きいということになる。

3) 水制域における侵入樹種の違い

当該区間の水辺林はヤナギを主体とするものである。中州や干潟などの微地形が出現すると、ヤナギが速やかに侵入することが知られている³⁾。ここで、位置や侵入時期、地形に応じて、侵入樹種にどのような違いがあるのかを確かめるために、前述の図-3から侵入時期の異なる地点を10箇所選び10m×10mの広さの調査区を設定し、そこに侵入生育しているヤナギの樹種、本数、胸高直径を調べた。結果を表-2に示す。なお、調査地点は図-3に記入したとおりである。

今回の調査では、オノエヤナギ、シロヤナギ、タチヤナギ、コゴメヤナギなど8種類のヤナギが確認されたが、調査地点①~③ではオノエヤナギ、シロヤナギを主体としているのに対し、⑤~⑩ではタチヤナギ、コゴ

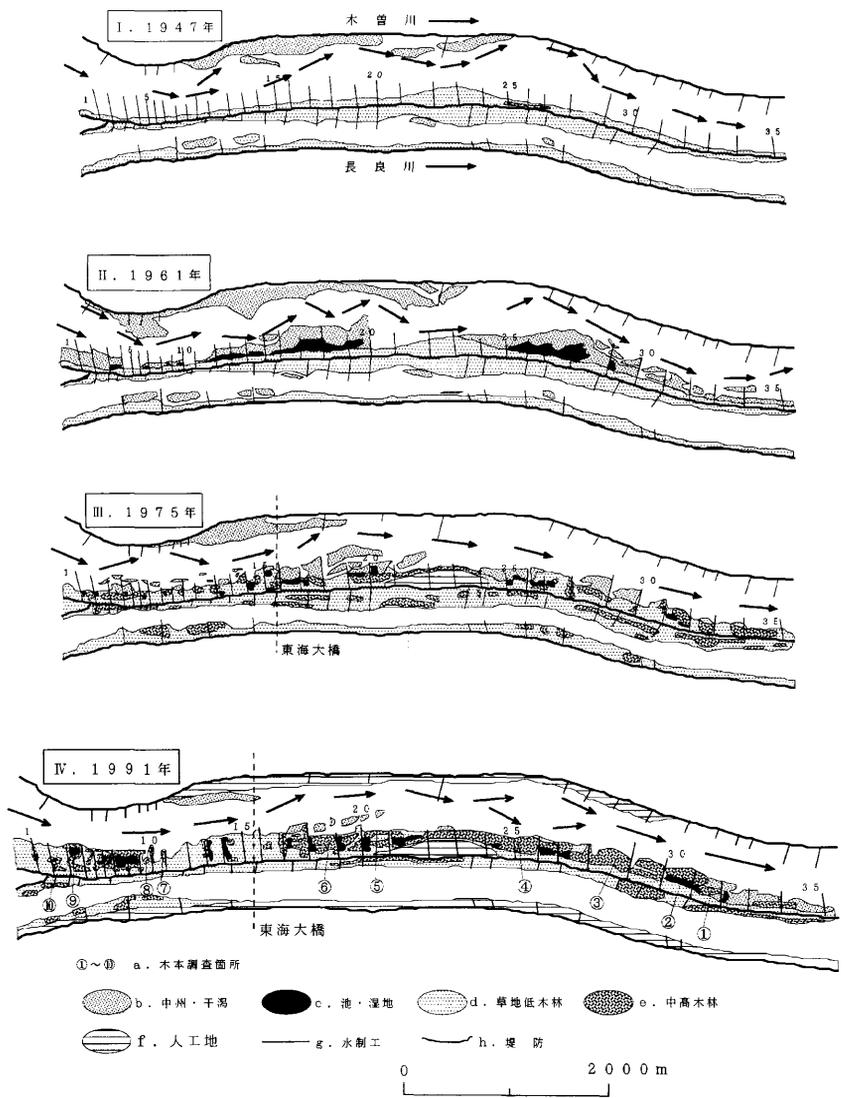


図-3 木曾川下流水制域における水辺成立の過程

表-2 木本侵入時期と樹種、地形との関係

調査区域	侵入時期	侵入本数 (/100㎡)	樹 種								地 形	
			オノエヤナギ	シロヤナギ	ネコヤナギ	カリヤナギ	キヌヤナギ	イヌコリヤナギ	タチヤナギ	コゴメヤナギ		エビ
1	1967-75	10	7(70)	3(30)								湿 地
2	1967-75	20	14 7(35)	24 10(50)								湿 地
3	1975-91	16	11 2(12)	9	5(31)	3(19)				6(38)		干潟わき
4	-1947	26	10		10	10				10		堤防わき
5	1947-67	20	4(20) 12	3(15) 10						2(10) 4	11(55) 12	湿 地
6	1947-67	25		9(36) 8							16(64) 15	湿地跡
7	1975-91	25	3(12) 12					3(12) 7		12(48) 7	7(28) 8	干潟わき
8	1975-91	7								7(100)		冠水跡地
9	1975-91	31		1(3) 10		18(58) 4				4(13) 4	8(26) 10	沼 地
10	1975-91	23							13(57) 5	3(13) 6	7(30) 9	微高地

上段：本数(カッコは%)
下段：平均胸高直径(c m)

メヤナギが大半を占めるという侵入樹種の位置的な違いが認められた。これを侵入時期との関連でみると、シロヤナギが1947年以前、及び1947-1967年など古い時期に侵入しており、オノエヤナギが1967-1975年にその大半が侵入している。また、タチヤナギはほとんどが1975年以降に侵入しており、コゴメヤナギは1947年から1991年までほぼ永続的に侵入しているようである。さらにタチヤナギが、干潟わきや沼地、冠水跡地など、他の樹種に比べて水分を多く含んだ箇所へ侵入し生育していることが認められた。

4) 微地形と植生

図-4は、人為の影響が比較的小さい東海大橋の前後付近の現況植生を示したものである。水流域では土砂沈殿が進行するにつれて中州や干潟が形成され、さらに土砂沈殿が進行すると水域は閉鎖され池や沼地、湿地へと変化するようになる。この間に、ヤナギの他、オギ、ツルヨシ、クサヨシなどのイネ科の草本やカササゲ、アゼスゲなどのカヤツリグサ科の草本、カワラサイコ（バラ科）、カワラケツメイ（マメ科）などの侵入生育が進む。

ここで、水辺林のうち、1975-1991年に形成された箇所（A-A'断面）と、1947-1967年に形成された箇所（B-B'断面）との植生を、横断形状との関連で示すと図-5のようになる。断面B-B'では、植生の変化に応じて土質資料を採取し、粒度分析、含水比・pH・電気伝導度の測定も行った。分析測定方法は土質工学会の測定基準⁴⁾によった。

断面A-A'は比較的新しい時期に形成されたため、池・沼地が広い部分を占め、水縁部にタチヤナギ、ネコヤナギ、カワヤナギが侵入しており、これらの樹種と比較するとオノエヤナギ、コゴメヤナギは水縁部からやや離れた箇所に生育している。次に断面B-B'は断面A-A'より古い時期に形成された箇所であり、池や沼地は湿地に変化した箇所である。土質特性からみると、堤防側（a）と木曾川本流側（f）で粗砂（2000mm~420mm）、細砂（420mm~74mm）を多く含み、水辺林の中央部ほどシルト（74mm~50mm）や粘土（50mm~10mm）の含まれる割合が高くなっている。ここでも水縁部や湿地にタチヤナギ、カワヤナギ、ネコヤナギが侵入し、これらの樹種に比べてオノエヤナギ、コゴメヤナギ、シロヤナギは相対的に水縁部から離れたところに生育している。さらにタチヤナギやカワヤナギが相対的に比高の低い位置に生育し、順次オノエヤナギ、コゴメヤナギと相対的に比高の高い位置に生育しているのが認められた。

この点について各地点の含水比を見ても（表-3）、タチヤナギの侵入しているa地点とd地点で35~40%と高く、オノエヤ

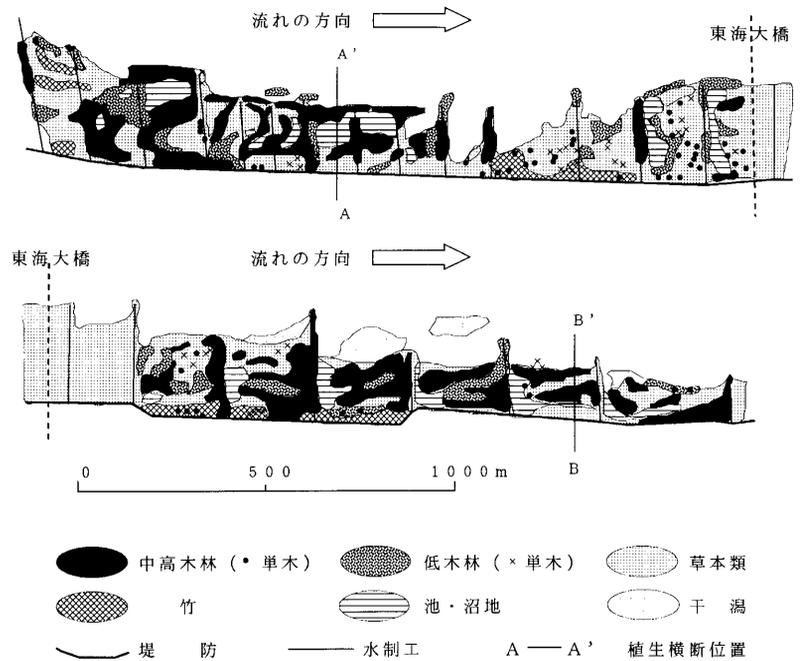


図-4 木曾川下流水流域の現況植生

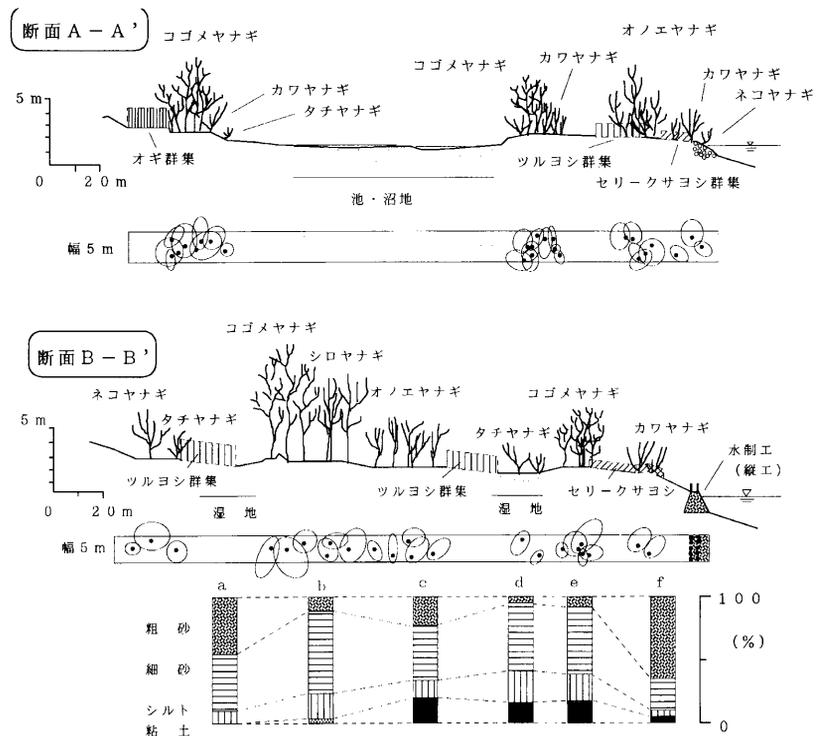


図-5 水辺林植生の横断方向での変化と土質特性

ナギやコゴメヤナギが生育しているb地点、c地点、e地点では23~26%と低いことがわかる。したがって、中州や干潟などの裸地が出現すると、そこにはどの樹種も平等に侵入を開始するが、水縁部からの距離や比高、形状など微地形的な要因によって水分条件が異なり、これがその後のヤナギの生育に影響を及ぼしていることが推測される。河口付近の

低湿地では、地下水位の高低がヤナギ類やハンノキ類の侵入後の生育に大きな影響を与えていることが報告されている¹³⁾が、当該区間においても水縁部からの距離や比高、微地形が水分条件の違いとなり、これが前述の侵入樹種の位置的な違いによる樹種の違いをもたらした要因のひとつであると考えられる。また、侵入時期による樹種の違いは、こうした

初期侵入の条件によるものではないかと思われる。これは草本類についても同様で、冠水しやすい湿地にセリクサヨシ群集が認められ、ツルヨシ群集はシルト・粘土がある程度含まれるところに分布し、相対的にやや乾燥する微高地にオギ群集が認められた。

杉山¹⁰⁾は、地形や水分条件における多様さを作り出すことが多様な生態系をもつエコパーク造成の基礎であるとしているが、水制域では土砂沈殿の進行に伴って中州や干潟、池・沼地、湿地、微高地など多様な微地形が形成され時間とともに変化し、多様な土質特性や水分条件をもたらし、これを基盤として多様な生態系の母体となる植物空間が形成されていると言えるであろう。換言すれば、水制域では微地形が多様性を創出する大きな因子であると言える。

4. 水辺林形成の外的要因

前述のように、当該区間では1887～1912年間に行われた明治改修によって長良川と完全に分流され水制工が施工されたが、この改修以降、特筆すべき河川工事は行われていない。従って、1967年以降急速に土砂堆積が進行し水辺林が成立した要因として、河川流量や流入土砂量など外的要因の変化が考えられる。ここでは、建設省木曾川下流工事事務所所管の起（おこし）観測地点（約10km上流地点）での観測値を当該区間への流入量と考え、その変化を調べた。

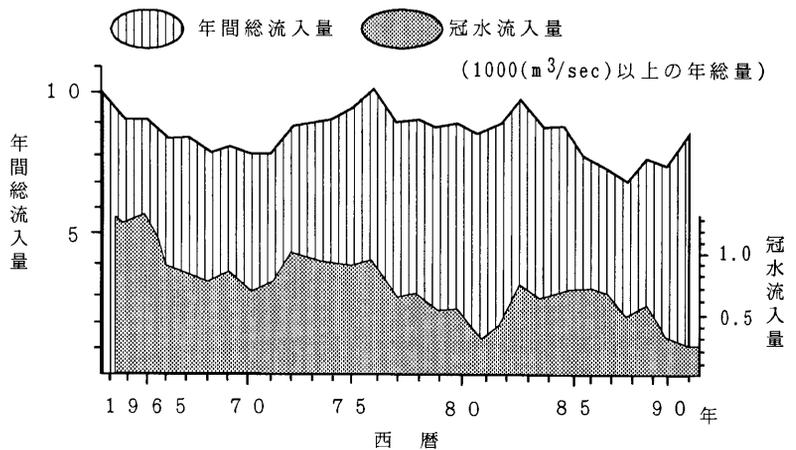
近年での年間総流入量、水制域が完全に冠水する流量（冠水流入量；1,000 (m³/sec)以上の洪水流量の年総量）、年最大洪水流量の推移は図-6のように示される。ここでは、流量の長期変動傾向が比較的顕著である5年移動平均値で示した。これによると、年間総流出量は1963年、76年、83年をピークとする上下変動の繰り返しを示し、最近では1988年において観測期間での最小値となりその後は増加の傾向を示しているが、期間を通じての大きな変動は見られず、当該区間において毎年平均的な流入量のあることを示している。これに対して冠水流入量（1,000 (m³/sec)以上の年総量）の推移は、1976年頃と1985年頃をピークとし約10年を一つのサイクルとする上下変動を繰り返しながら、1963年以降漸次的な減少傾向にあることが認められた。この1,000 (m³/sec)という流量は、当該区間では水深が約5mに相当するもので、水制域が確実に冠水する流量であり、その減少傾向は先に示した河岸の微地形変化の過程と一致しているのである。

一方、年最大流量の推移をみると、1963年以降漸次的な減少を示し1981年では1963年の半分近くにまで減少した後、1980年代前半には1963年の水準にまで増加するが1986

表-3 土質特性（断面B-B'）

地点	a	b	c	d	e	f
含水比 (%)	35.2	25.6	23.0	40.1	25.5	17.5
pH	6.7	6.3	6.4	6.5	6.2	6.6
電気伝導度 μS/cm	37.5	64.2	39.5	32.0	50.4	55.5

(1) 年間流入量の推移比較 (×10⁹m³)



(2) 年最大洪水流量の推移 (m³/sec)

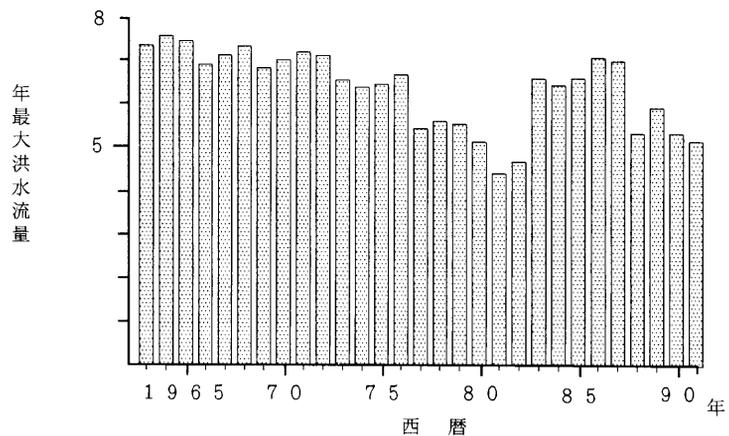


図-6 水制域への流入量の推移（5年移動平均値）

年以降再び減少している。また、1932年（昭和13）洪水では約40km上流の今渡地点において10,955m³/secという記録があることから、当該区間にはこれを上回る規模の流入があったことが確実であり、その後1980年代前半は一時増加した時期があったものの、土砂堆積が促進され植生侵入が進んだと考えられる1970年代後半までの期間では漸次的に減少している。

従って、当該区間において1967年以降、

急速に土砂堆積が進行し水辺林が形成された外的要因として、年間総流量には大きな変動は見られないものの、年最大洪水流量や水制域が冠水する洪水流量の規模や頻度、およびその総量の減少など流況の変化があったのであり、これは洪水ピーク流量の低減など洪水形態が変化したことを意味している。

すなわち、この木曾川下流部の水制域内に造られた見事な水辺林は、上流に展開された洪水対策の効果に負うところが大きいと考え

られ、これは換言すれば、河川流域をひとつの水系としてとらえた場合、上流においてある水準で洪水対策・土砂対策がなされていけば、下流の平地河川においては護岸部を画一的にコンクリートで固める必要はなく、生物空間を許容しうる手法を用いることが可能ということである。

5. 水辺環境の復活と造園の役割

1) 技術的可能性

河川改修など人為による水辺環境の改造の行き着くところが水辺の単調化にあるとすれば、水辺環境の復活とは、水辺環境の多様性をある水準に保つことに他ならない。砂防工事や河川工事の対象河川において多様性を保つためには、施設構造物が多様性創出に及ぼす影響を考慮し、自然の回復力を前提として回復可能な領域をできるだけ河川に与えること¹⁶⁾が技術の前提として必要である。護岸部をコンクリートで固めるといった場の固定や過度な施設投資によっては、こうした多様性は失われることになるが、災害防止との接点から適切な施設を適切に配置すれば、多様性をある水準で維持できると思われる。自然状態にある河川と同様に、構造物が造られた半自然的な河川も、正しく評価する必要があり、こうした構造物との有機的な連携のもとで造園技術を適用することが、それぞれの機能を十分に発揮させることにもなる。以下に、今回の調査によって得られた技術的可能性を述べる。

水辺など、河川敷への木本類の植栽は、洪水時における河川の疎通能力に支障をきたすものとして、許容されてはこなかったが、植栽基準の見直しが行われ、近年ではこれまでもよりは広い範囲で植栽が許可されるようになった。そして、現在の河川敷地の植生管理では、緑地機能に対応して目標群落を決定¹⁶⁾している。

これに対し、水制域で成立する水辺林は、土砂沈殿の促進によって堤防・河岸を保護するという水制工の効果の発現過程の中で、中州や干潟、池・沼、湿地、微高地などの微地形が形成され、その水分条件の違いによって自然立地的に成立する多様な植物空間である。さらに、微地形は土砂沈殿の進行とともに(干潟)→(池・沼)→(湿地)→(乾燥地)へと時間的に変化し、これによって群集やヤナギの種類も変化することになる。

植物など生きもの技術を取り扱う場合、生物社会が常に生長し変化するものであることや、土木行為と生物社会との時間軸の不一致⁸⁾など、時間スケールが明確でないために、施工後の維持管理に支障のあることが指摘されている。沢畑¹⁶⁾は完成時の形態から保全系樹林を修景林・環境保全林・防災林・環境林

に区分し、それぞれ造園的・生態的・防災的・環境的手法の必要性を述べているが、この指摘と同様に河川植生の維持管理についても河川空間をそれ自体でひとつの生態的まとまりとしてとらえ、時間の進行に応じて人工的→半自然的→自然的植栽へと段階的に適切な維持管理を行うという、弾力的な計画が必要であると思われる。

具体的には周辺の土地利用との関連も考慮しなければならないことであるが、植物群落やそこに生息する昆虫・動植物の内容(貴重さ)などに応じて、

- a. 人間の立ち入りを禁止すべき空間
- b. 保全対象に応じた対策を施す空間
- c. 人間の利用をある程度認める空間

に区分し、段階(時間経過)に応じて自然環境復元の技術¹⁶⁾を適用すればよいと思われる。

なお、水辺に成立するヤナギ林は、低水護岸としての機能の他、魚類の生息条件や鳥類の生息空間を確保する⁷⁾ためにも貴重であるが、治水上の配慮から、本川の水縁部では高木性の木本は排除しなければならない。今回の木曾川下流部での事例では、水縁部にはタチヤナギやネコヤナギなど、低木性のヤナギが多く生育していたが、カワヤナギやキヌヤナギ、オノエヤナギなど中～高木性のヤナギが一部干潟で認められ、また、タチヤナギにも樹高の高くなるものが認められたので、高木性のものは除伐・間伐する必要があると思われる(図-7)。

造園技術と砂防・河川技術によって得られた安定空間を、動的自然の認識の場として平常時に人々に開放することによって、災害の恐ろしさや自然への理解と共通認識が生まれ、造園行為に対する理解が得られるものと考えられる。

2) 水辺環境復活手法の地域性

土砂災害や水害は、山崩れや土石流、異常出水などの自然現象が、人間の社会活動が営

まれている地域で発生し、生産行為・経済行為に大きなダメージをもたらすものである。従って、地質や地質構造、地形、植生など自然現象を生起しうる自然的要因と社会的要因が地域によって異なれば、災害現象、およびそれを防ぐ砂防手法、河川手法にも地域性があるということになる。

本論で取り上げた河川工法である水制工は、河川の底質や洪水時間、水深、勾配、流速などの河状特性を勘案して、材料や形状など各地で諸々の工夫がなされ、各地で独自の発展をとげてきたものである²⁰⁾。従って、急流河川に適用可能なものもあれば、緩勾配区間でその効果を発揮するものがあり、例えば、木曾川下流では大きな効果をもたらしたケレップ水制も、千曲川や天竜川などの急流河川では流出し機能しなかった²¹⁾。これは川岸に水辺林や入り江、池・沼など多様な空間を復活させる河川工法として注目される水制工であるが、施工箇所、方法、種類などがその河状特性に適合しないと、十分な機能は発揮せず、局所洗掘など周辺地域に大きな影響を及ぼすことにもなりかねないものであることを意味している。

また逆に、水系上流で行われた洪水対策によって下流の洪水流量が低減した結果、木曾川下流部の水制工の効果が現われたことから明らかなように、水制工の効果発現を左右する河状特性は、上流での土砂対策や洪水対策などによってある程度改造することも可能である。従って、現況での治水対策の進捗状況もいわばひとつの地域性を示すものととらえることができる。これらを指標として、用いべき水制工の種類・規模等を検討しなければならない。

昨今、人間と川とのかかわりをテーマに、流域文化の保存という観点から河川環境が議論されることがある。地域を支配する土地自然に根ざしたものが流域文化であるとするな

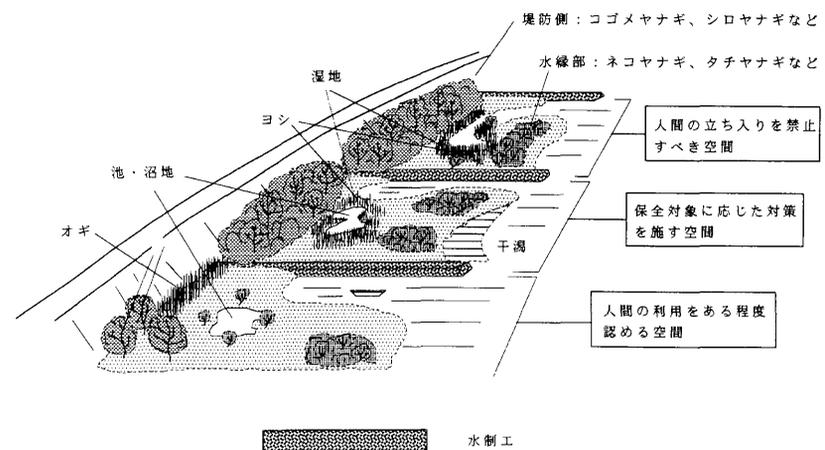


図-7 水制域の水辺林の維持管理(概念図)

ら、流域文化に培われた保全思想・保全技術にも地域固有のものがある。画一的な考え方や技術を日本各地に展開するのではなく、土地自然の地域性を認識し、流域文化を反映しうるような環境保全システムを確立することが、国土利用に対する視点が多様化した現在において急務であると思われる。

おわりに

水辺環境保全をめぐる問題は、広く一般の人々の関心と呼ぶところとなり、水辺環境復活のための具体的な検討が日本各地で行われている。その中で、いわゆる生きものにやさしい河川工法として近自然河川工法⁹⁾が注目を集め、実河川への適用が試みられている。わが国では伝統的な河川工法の復活など、用いるべき手法のみが話題となりがちであるが、近自然河川工法とは、本来、景域保全の視野に基づいた河川改修の技術であり、その背景には、河川の上流から下流まで流域全体を広くとらえた綿密な治水対策の検討がベースとして存在していることを忘れてはならない。それは、洪水防御のためにはどのような方策をとるべきか十分な検討を経たうえでの、河川技術者、生物学者、景観工学者の共同作業による水辺維持計画なのである。

河川特性が異なるわが国においては、空間処理の考え方¹⁰⁾に基づき、土砂対策や洪水対策をなすべき土砂処理空間と洪水調節空間、積極的に自然を保全すべき近自然空間を設定し、おのおの復活すべき自然の内容や水準に応じて造園技術を導入し、水辺環境を復活することが有効ではないかと思われる。

本論で対象としたのは、砂防工事や河川工事が流域の安定化には不可欠な荒廃河川であり、純然たる自然環境が残されている清流で

はない。すべての河川に同様な技術を画一的に適用するのではなく、自然河川が希少になった現在、自然が保たれている溪流は近自然空間として位置づけ、積極的に保護すべきであり、やむなく砂防工事や河川工事を行う場合でも必要最小限に止めておくことが水辺環境の保全になる。

最後に、本研究は一部、河川環境管理財団による河川整備基金助成金を使用したものであることを付記する。

引用・参考文献

- 1) 赤井 裕 (1992) : 希少魚類の絶滅防止と今後の保護管理 : 環境研究 85, 49-56.
- 2) 安芸咬一 (1952) : 河川工学 : 1-186, 共立出版株式会社.
- 3) クリスチャン・ゲルデイ・福留脩文 (1990) : 近自然河川工法 : 1-99, 近自然河川工法研究会.
- 4) 土質工学会編 (1979) : 土質試験法 : 1-757, 土質工学会.
- 5) 東 三郎 (1979) : 地表変動論—植生判別による環境把握 : 1-280, 北海道大学図書刊行会.
- 6) 東 三郎 (1983) : 石れき指標に関する砂防学的研究 : 北海道大学農学部演習林研究報告 40-1, 197-232.
- 7) 井手久登 : 竹内和彦 (1985) : 自然立地的土地利用計画 : 1-227, 東京大学出版会.
- 8) 亀山 章・勝野武彦・養父志乃夫・倉本 宣 (1992) : 生きもの技術としての造園—その 5 生きもの技術の技術化 : 造園雑誌 56(3), 259-265.
- 9) 建設省編 (1990) : 日本の河川 : 1-630,

社団法人建設広報協議会.

- 10) 建設省静岡河川工事事務所 (1988) : 安倍川砂防史, 1-399.
- 11) 北村泰一 (1990) : 変動流域の総合利用に関する砂防学的研究 : 南九州大学園芸学部研究報告 20, 1-65.
- 12) 北村泰一 (1992) : 床固工群による溪流の水辺環境保全に関する考察 : 新砂防 45(1), 3-13.
- 13) 岡村俊邦 (1991) : 河畔林の再生に関する砂防学的研究 : 平成 3 年度砂防学会研究発表会概要集, 196-199.
- 14) 坂口 豊・高橋 裕・大森博雄 (1986) : 日本の川 : 日本の自然 3, 1-248, 岩波書店.
- 15) 桜井善雄 (1991) : 水辺の環境学 : 1-222, 新日本出版社.
- 16) 沢畑 浩 (1990) : 北海道における環境林造成計画に関する基礎的研究 : 造園雑誌 54(1), 43-50.
- 17) 杉山恵一 (1992) : 自然環境復元入門 : 1-212, 信山社出版株式会社.
- 18) 杉山恵一・進士五十八編 (1992) : 自然環境復元の技術 : 1-170, 朝倉書店.
- 19) 高橋理喜男・亀山 章 (1987) : 緑の景観と植生管理 : 1-241, 株式会社ソフトサイエンス社.
- 20) 安田伸生 (1978) : 砂防技術による水辺環境整備に関する研究 : 北海道大学農学部修士論文, 1-114.
- 21) 財団法人日本ダム協会 (1991) : ダム年鑑 1-1260.
- 22) 財団法人リバーフロント整備センター編 (1992) : まちと水辺に豊かな自然を II : 1-185, 山海堂.
(1993. 7. 24 受付, 1995. 1. 28 受理)

Summary : Japan has frequently experienced natural disasters because of special geological condition. Recently, disasters caused by floods and debris flows have killed many people and involved great property loss. Therefore, development plans in areas of high erosion susceptibility should make provisions for flood and erosion control. At the same time, deterioration of riparian environment caused by civil engineering works is being seen, and warnings against limited diversity of river have been repeatedly heard. Landscape techniques can be indispensable to restore riparian environment, thus the purpose of this study is to present new technical ideas to improve riparian environment with landscape techniques associated with erosion control.

It is shown by photointerpretation and ground survey that using a series of groins suits with the characteristics of river basins for flood control on gentle slope section of tidal river, the diverse area consisting of several microtopographies are designed on the riparian zone. These area such as tidal flats, channel bars, and marsh play a significant role in preservation of various riparian ecosystem. Therefore, it can be recommended for regeneration and preservation of riparian environment that erosion control techniques which have no negative effect on unique riparian environment, such as groyne works, can be arranged, and that the structure, function, and dynamics of landscapes should be altered by design subsequently.