

木津川の樹林化メカニズムに関する研究

A Study on the Reforestation Mechanism in the Kizu River

河川・海岸グループ 研 究 員 吉村 真
専 務 理 事 丸岡 昇
リバーフロント研究所 主 席 研 究 員 内藤 正彦

木津川は淀川の主要な支川の一つであり、日本を代表する砂河川である。特に淀川合流点から上流約20kmの木津川の下流区間では、約20個の砂州が連続する木津川を代表する景観が形成されている。しかし近年、砂州の面積が減少しており、一方河道内には植生や樹木の繁茂が多く見られる。そのため、河川管理者によって、河道内樹木による河積阻害を解消するため、治水上ネックになると考えられる箇所について、樹木伐採が実施されている。

また、河川生態学術研究会木津川研究グループでは、平成10年から木津川下流区間の砂州を対象とした研究を行っており、これまでに物理環境、生態系、物質循環に関わる数多くの成果が得られている。

本稿では、砂州上の植生域拡大の要因を把握するとともに、これまでの研究成果を活用し、砂河川である木津川の樹林化のメカニズムについて検討した結果の報告を行うものである。

キーワード：砂河川、砂州、植生、樹木、樹木伐採、河川生態学術研究会、樹林化メカニズム

The Kizu River is one of the major tributaries of the Yodo River, and is a typical Japanese sand bed river. Especially, in the downstream section of the Kizu River, approximately 20 km upstream from the confluence with the Yodo River, there are about 20 sand bars in a row. However, the area of sand bars has recently been decreasing, while there are many exuberant types of vegetation and trees in river basins. In order to prevent the inhibition of river flow by river basin forests, tree cutting has been carried out by the river administrator at the sites where flood control efforts might be hampered.

The Kizu River Research Group of the River Ecology Research Group of Japan has conducted research studies on sand bars in the downstream section of the Kizu River since 1998, and has achieved many results regarding the physical environment, ecosystem, and physical cycles.

This paper aims to identify the cause of the expansion of the vegetation area on sand bars, and to summarize the results from examination of the reforestation mechanism in the Kizu River as a sand river by making use of past research results.

Key Words : Sand bar river, sand bar, vegetation, trees, tree cutting, River Ecology Research Group of Japan, reforestation mechanism

1. はじめに

淀川の支川である木津川は、その源を三重、奈良の県境を南北に走る布引山脈に発し、笠置、加茂を経て山城盆地を貫通し、京都府・大阪府の境付近で宇治川、桂川と共に淀川へと合流する流域面積1,596km²、幹川流路延長99kmの一級河川である。

上流部の地質は、地表に露出すると早い段階で風化してしまう花崗岩で形成されており、生産された土砂は、川幅が広く、勾配の緩やかな下流区間（淀川合流点より上流約20kmの区間。以下「下流区間という。」）で堆積する。これにより下流区間では、交互砂州が発達し瀬と淵が見られる、砂河川を特徴づける景観を形成している。

しかし近年は、砂州の面積が減少しており、一方河道内には多くの植生や樹木の繁茂が見られ、かつての砂河川の様相が失われつつある。また、平成21年3月31日に策定された淀川水系河川整備計画でも、木津川の将来目標として「かつての砂河川の再生並びに現存する良好な砂州の保全を図る」と明記されている。

このような現状に鑑み、砂州上に発達する植生や樹木の管理を適切に行うため、樹林化の要因及びメカニズムを解明することが必要である。そのため今後の植生や樹木の管理に向け、植生域拡大の変遷の把握を行うとともに、その要因の考察を行った。本稿では、河川生態学術研究会木津川研究グループ（以下「木津川研究グループ」という。）の研究成果を活用し、砂河川である木津川の樹林化のメカニズムについて検討した結果について報告を行うものである。



図－1 淀川水系流域図

2. 植生域の経年変化の把握

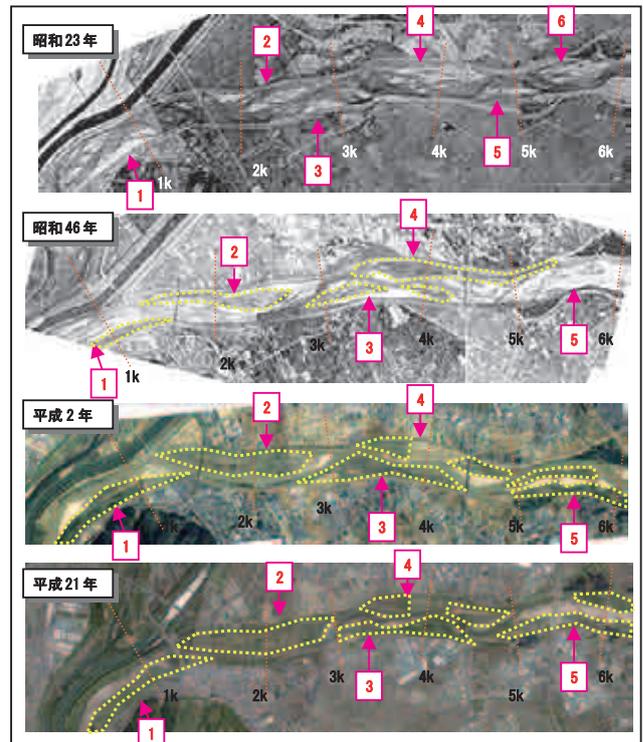
図－2～4に木津川下流部の昭和23年（1948年）、昭和46年（1971年）、平成2年（1990年）、平成21年（2009年）の航空写真を示す。

航空写真による比較からは、昭和23年には砂州は網状に広がっており、砂州上に植生域はほとんど確認できないが、1990年代には流路と砂州の境界がはっきりとし、砂州上は植生域に覆われている。

なお、0k～6k付近については、図－2に示すとおり昭和46年頃には植生域が発達し始めている。その後も植生域の発達が見られ現在に至っている。

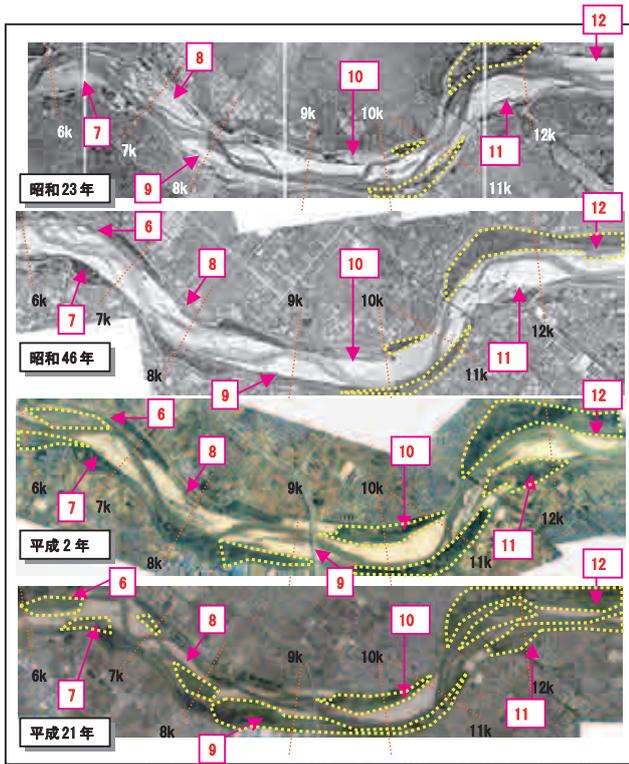
6k～16k付近にかけては、図－3に示すとおり昭和46年頃は、わずかに植生域が見られる程度であり顕著な植生域の発達は見られないが、その後、現在に至るまでに9番砂州、11番砂州をはじめ多くの砂州で植生域が発達している。ただし、本区間には10番砂州のように、植生域の発達していない砂州も存在する。

16k～20k付近にかけては、図－4に示すとおり昭和46年頃は、わずかに植生域が見られる程度であり顕著な植生域の発達は見られないが、その後、植生域の発達が見られ現在に至っている。



※赤字は下流からの砂州番号、黄枠は植生域の繁茂範囲

図－2 木津川下流部の変遷（0－6k付近）



※赤字は下流からの砂州番号、黄枠は植生域の繁茂範囲
 図-3 木津川下流部の変遷 (6-12k付近)

3. 植生域拡大の要因考察

前章に示した、「植生域の経年変化の把握」を踏まえ、本章では植生域拡大の要因の考察について記述する。考察にあたっては、河道内地形や流況の変化、これまで実施されてきた事業等によるインパクトとの関係に着目する。なお、砂州の植生域の発達状況により、表-1に示すとおり区間を区分し、考察を行なう。

表-1 区間毎の植生域の発達状況

区間区分	植生域の発達状況
区間1：0-6k付近 (砂州番号1-6)	ほとんどの砂州で植生域が発達
区間2：6-16k付近 (砂州番号7-15)	植生域の発達する砂州、しない砂州が混在
区間3：16-20k付近 (砂州番号16-18)	ほとんどの砂州で植生域が発達

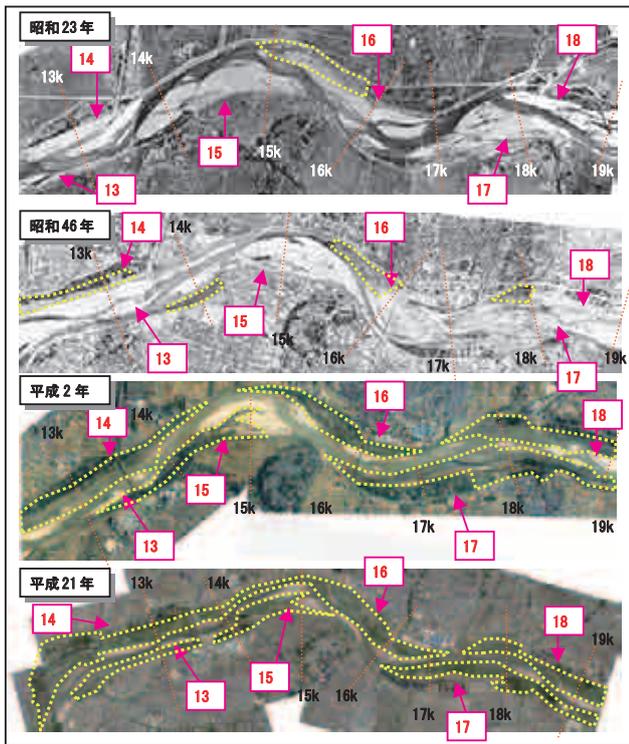
3-1 区間1：0-6k (砂州番号1-6)

(1) 河道内地形・流況の変遷

河道内地形については、図-5、6に示すとおり、昭和41年(1966年)～昭和51年(1976年)にかけて河床高が大きく低下している。また、河床低下に伴い河床高と砂州高との比高差は大きくなり、複断面形状の河道(砂州が高水敷化した河道)へと変化している。

近年は、高水敷の高さに大きな変化は見られないが、河床低下は他区間に比べ進行している。この影響により昭和51年以降は、比高差の増加傾向、主流路位置の固定化、複断面化が進行していることが分かる。

流況については、図-7、図-8に示すとおり、1960年代以降、年最大流量の規模が小さくなる傾向にあり、昭和45年(1970年)以降は100m³/s以上の出水が起こる日数が少ない年が頻繁に発生している。



※赤字は下流からの砂州番号、黄枠は植生域の繁茂範囲
 図-4 木津川下流部の変遷 (12-19k付近)

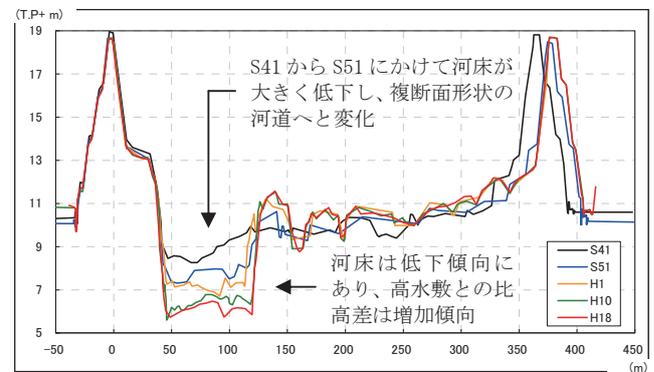


図-5 区間1代表断面 (2k0)

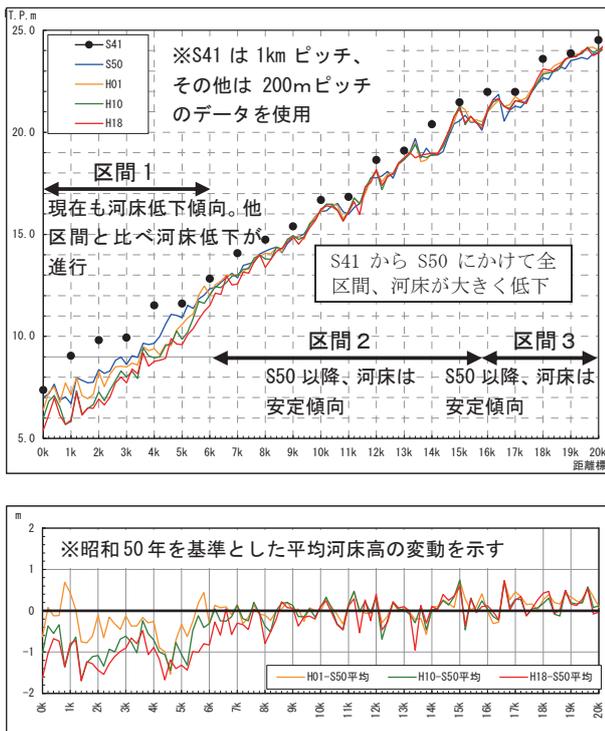


図-6 平均河床高(上)、平均河床高変動図(下)

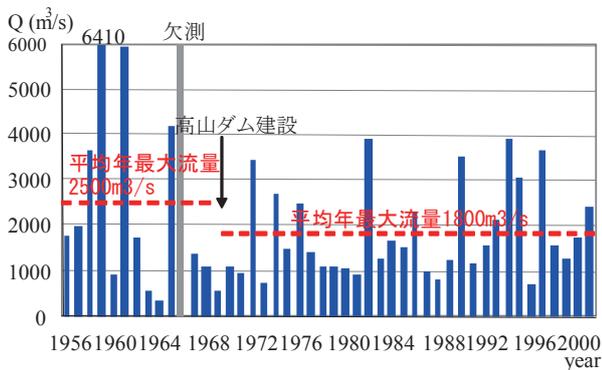


図-7 年最大流量の経年変化(飯岡地点)

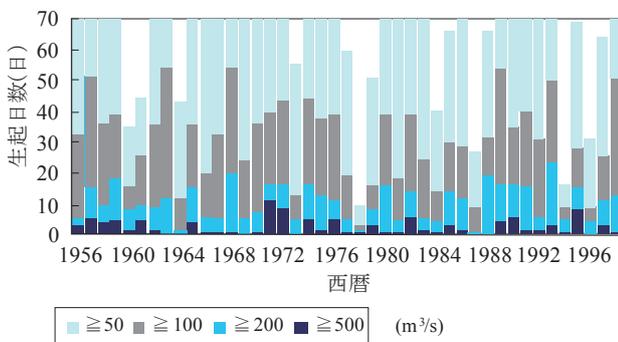


図-8 流量規模別洪水生起日数の経年変化

(2) 植生域拡大の要因の考察

前項より河床低下に伴う比高差増加によって、同じ流量の洪水であっても冠水頻度が減少することが、植生域の拡大、安定化させる大きな要因になっていると考えられる。また、図-7に示すとおり、1960年代以降、年最大流量の規模が小さくなる傾向にあったことから、安定化した植生域は洪水による破壊を受けにくくなっていると考えられる。なお、現在では断面が複断面化していることもあり、数年に一度程度生じている $4,000\text{m}^3/\text{s}$ レベルの洪水(平均年最大流量 $1800\text{m}^3/\text{s}$ の約2倍:図-7参照)においても破壊されにくい植生に遷移していると考えられる。

次に植生域の侵入・拡大・安定をもたらした人為的要因について考える。特に河床が低下している昭和41年(1966年)～昭和50年(1975年)の期間は砂利採取(昭和46年禁止)や多目的ダムの建設(高山ダム:昭和44年完成、青蓮寺ダム:昭和45年完成、室生ダム:昭和49年完成)、砂防ダムの建設(40基以上)等、が実施されている。また、淀川本川では治水対策として昭和46年(1971年)以降、河道の掘削工事を実施しており、桂川・宇治川・木津川の三川が合流する付近においても深さ数mの掘削が行われている。このように、この期間は本区間に大きなインパクトを与えたと考えられる様々な事業が行なわれており、これら各事業が複合的に影響を及ぼしていることが考えられる。中でも、三川合流部の掘削は、宇治川、桂川下流部でも同時期に河床低下が生じているとともに、現在も河床が低下傾向にあるという事実から、本区間の河床低下に大きく関係していると考えられる。以上より、本区間での河床低下は、淀川本川の河道掘削が大きな影響を及ぼしていると推察される。

3-2 区間2: 6-16k(砂州番号7~15)

(1) 河道内地形・流況の変遷

河道内地形については、図-6、9に示すとおり、昭和41年(1966年)～昭和51年(1976年)にかけて、河床高が大きく低下しているものの、その後は比較的安定傾向にある。ただし、図-9に示すとおり近年、砂州は堆積傾向にあり河床高と砂州高との比高差は増加傾向にある。

本区間は、航空写真(図-3参照)からもわかるとおり植生の繁茂している砂州と裸地砂州とが存在する。植生域の発達している11番砂州(12k付近)と、その下流部に位置する裸地砂州である10番砂州(10k付近)を比較(図-9参照)すると、昭和41年から現在に至るまで、どちらの断面も約2mの河床低下がみられる。

一方、昭和51年から現在に至るまでの砂州高の上昇量は、11番砂州(12k付近)では約2.8mに対し、10番砂州(10k付近)では約1.5mの上昇と違いが見られる。

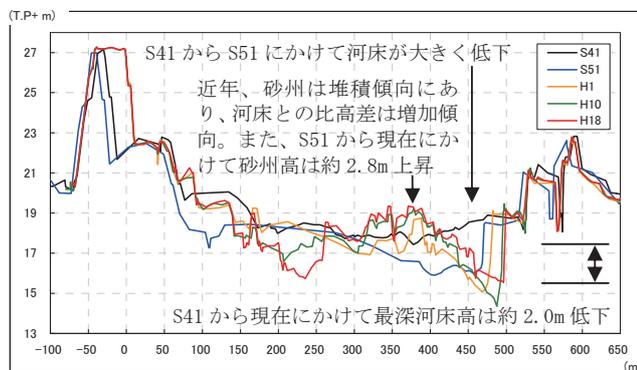
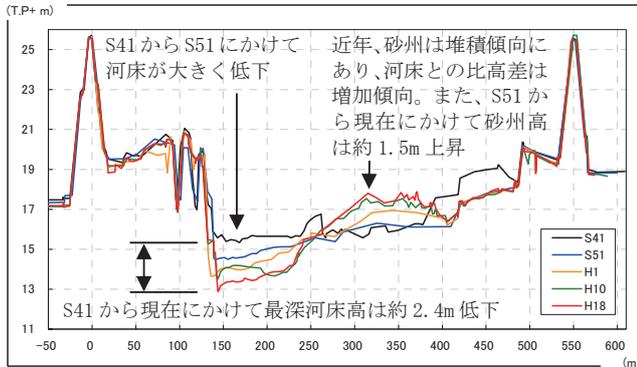


図-9 区間2代表断面(上:10k、下:12k)

(2) 植生域拡大の要因の考察

植生域拡大要因については区間1同様、河床と砂州との比高差が増加したことによる影響と考える。また、人為的要因についても、区間1同様、砂利採取やダム建設等が複合的に影響を及ぼしていることが考えられる。なお、本区間は図-6、9に示すとおり、昭和51年以降、河床は安定傾向にあるため、淀川本川の河道掘削の影響は小さいと考えられる。

ただし、本区間には植生の繁茂している砂州と裸地砂州が存在することから、以下のデータを追加して考察を行なう。

植生域の拡大は、航空写真(図-3参照)より昭和46年(1971年)以降と考えられる。ここで、木津川研究グループでは1970年代後半～1980年代後半の当時の地形データを基に平面2次元解析を実施している。なお、年に数回発生する洪水(以下、「小洪水」という。)は $500\text{m}^3/\text{s}$ 、平均年最大規模の洪水(以下、「中洪水」という。)は $1800\text{m}^3/\text{s}$ で代表させている。その解析の結果から、植生が繁茂している砂州では、小洪水によって、植生基盤(木津川下流域の最大粒径程度 $d=20\text{mm}$)の移動限界(無次元掃流力:0.05)を超えて

おらず、一方、裸地砂州では植生基盤の移動限界を超えていることが確認された。つまり、砂州上の植生の繁茂の有無は、植生基盤となる砂州の材料が小洪水によって攪乱されるか否かによる違いと考えられる。

3-3 区間3:16-20k(砂州番号16~20)

(1) 河道内地形・流況の変遷

河道内地形は、図-6、10に示すとおり、昭和41年(1966年)から昭和51年(1976年)にかけて、河床高が大きく低下しているものの、その後は比較的安定傾向にある。また、滞筋は、比高差の拡大と同時期に固定化が進行しており、これらの変化は植生域の発達と関係があると考えられる。

なお、流況については、前節にも示したとおり1960年代以降、年最大流量の規模が小さくなる傾向にあり、1970年以降 $100\text{m}^3/\text{s}$ 以上の出水が起る日数が少ない年が頻繁に発生している。

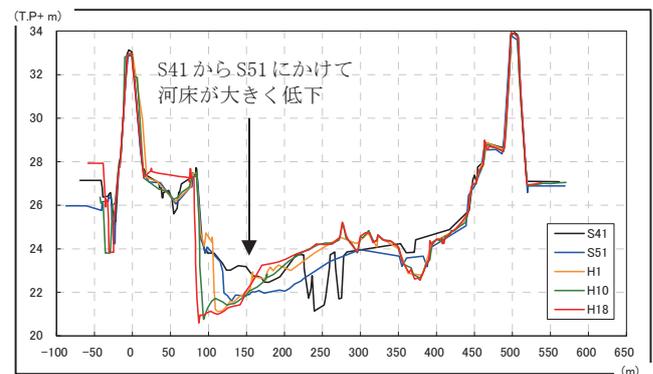


図-10 区間3代表断面(19k0)

(2) 植生域拡大の要因の考察

植生域拡大要因については区間1、2同様である。

砂利採取、ダム建設等による影響についても、区間2同様である。なお砂利採取については、経年的変化を考えると次のようになる。

砂利採取は、その行為自体は砂州を攪乱し植生の侵入を妨げていたと考えられるが、採取禁止となったのち、各所で急速に植生の繁茂が現れている。そのため、砂利採取による河床の低下(比高増加)と、その後の砂利採取禁止により、冠水頻度の減少、植生の生息場の改善が要因となり、植生域の拡大、安定化に繋がったと考えられる。

4. 樹林化メカニズムの検討

前章までに木津川下流域における植生域拡大の要因について示したが、本章では、砂州に植生が進入、繁茂し、樹林化に至るまでのメカニズムの検討について

記述する。検討にあたっては、砂河川における研究例が少ないことから、研究例の多い礫床河川の事例も参考にした。その結果、砂河川である木津川の樹林化メカニズムは礫床河川とは明らかに違う樹林化メカニズムを有することが示唆された。

4-1 砂河川の樹林化メカニズム

多摩川、手取川などの礫床河川を対象とした樹林化のメカニズムの研究は、以前から進められており、樹林化の代表的な要因として次の2つを挙げている。

一つは、「過去から比べても平均年最大流量程度の洪水の発生頻度が変わらない河川において、低水路の河床低下が進行して高水敷との比高差が増大し、平均年最大流量程度の洪水による攪乱の頻度が低下したことから植生破壊が起きにくくなったこと」を挙げている。

もう一つは、「経年的な降雨傾向の変化や洪水調節施設の建設などにより、洪水の発生頻度と洪水規模の

変化によって攪乱頻度が低下していること」を挙げている。

また、手取川を対象とした研究では、樹林化の経過と年最大流量の規模や頻度の変化に相関があるとし、河床地形が大きく変動して植生の破壊が生じ、樹林化が抑制されることが明らかとなっている。

一方、砂床河川の木津川では、図-7に示すとおり、昭和45年(1970年)以降の平均年最大流量はこれまでと比較し小さくなっている。しかし、これに伴い必ずしも全ての砂州で樹林化が進行したわけではなく、別に主たる要因があると推察される。前章でも示したとおり、木津川研究グループでは、各砂州の植生の遷移過程と砂州上の掃流力の計算結果から、水際の草本植生が年に数回発生する小洪水によって攪乱されやすかったか否かによって、自然裸地が保たれるか、または植生域が拡大するかが左右されるとしている。以上の研究成果を踏まえ、礫床河川と砂床河川における、樹林化のプロセスの比較を図-11に示す。

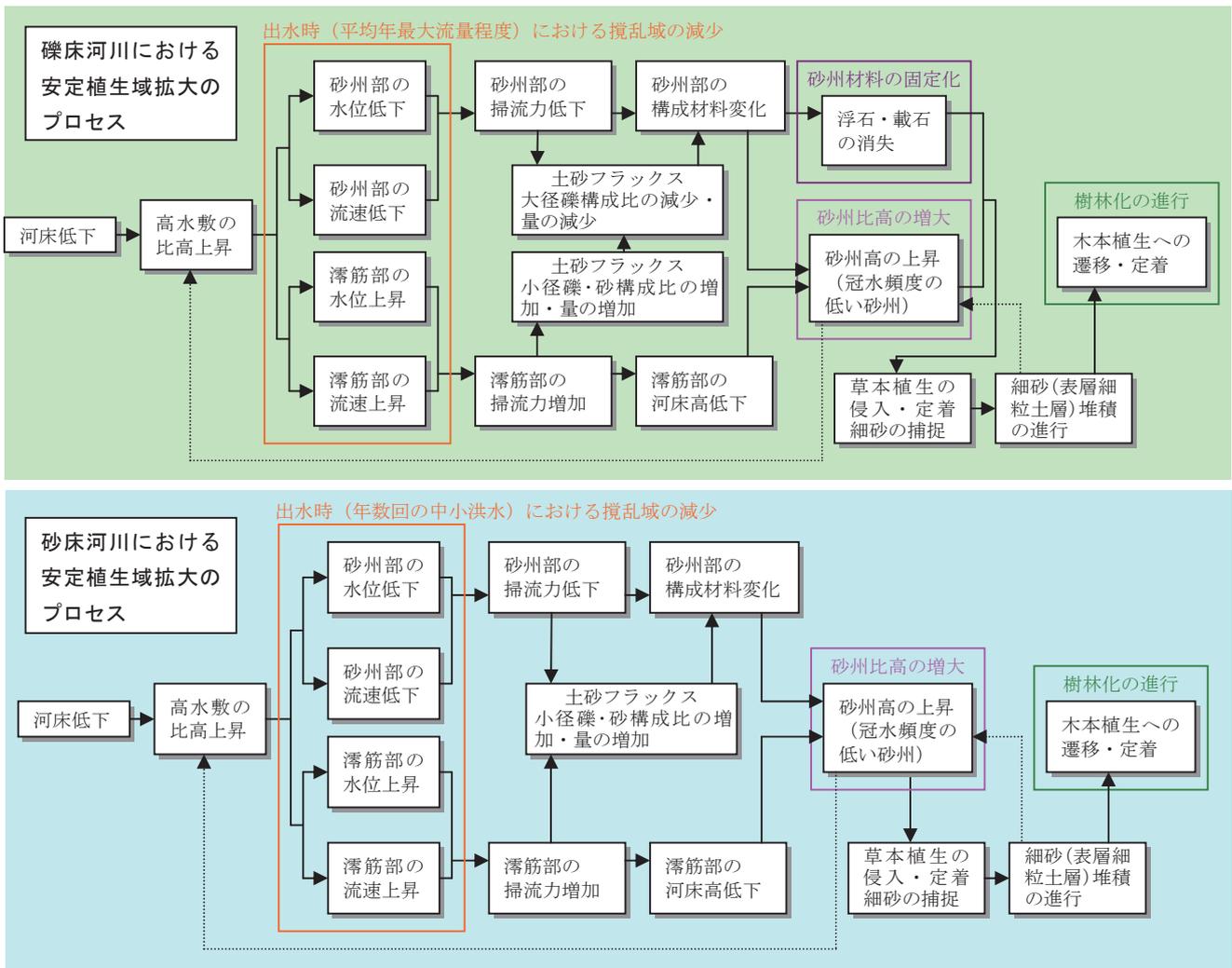


図-11 礫床河川と砂床河川における樹林化進行プロセスの比較

(1) 木津川での樹林化メカニズムの過程

前章にて示した植生域拡大の要因および、図-11を踏まえて木津川での樹林化に至る過程を推察した。各過程の概要は以下のとおりと考える。

①河床低下

かつての木津川では、砂利質の砂州にタデ科草本類等のパイオニア植物が定着しては洪水によって破壊されるという消長が繰り返されていたと考えられる。こうしたプロセスが変化し、樹林化に向かう契機となったインパクトの1つとして河床低下が挙げられている。

砂州上に植生が現れ始めた1960年代半ばから、1970年代にかけては、砂防事業の進展、ダムによる流下土砂の遮断、河川改修にともなう河床掘削、砂利採取などの人為的インパクトが生じており、これらが河床低下の要因の1つになっていると推定される。

②高水敷の比高上昇

低水路内の部分的な河床の低下は、低下していない部分との比高の増大を招く。しかし、これまでは平均年最大流量規模の中洪水の発生等により、河床は洗掘や堆積を繰り返すことで高水敷の比高が常に増加の方向に維持されることは無かったと考えられる。しかし植生の繁茂が急速に進行した事実から推定すると、上述の人為的なインパクトによる河床低下や、近年における洪水の規模や頻度の変化が、河床地形の変化のサイクルに影響を与えた可能性がある。

③平水時および小洪水時の攪乱頻度の低下

高水敷の比高が上昇すると、平水時あるいは中小洪水時に冠水しない部分が生じ、砂州上の比高の高い部分では水流による攪乱を受ける頻度が低下したと考えられる。

④平水時および中小洪水時の滲筋への流量の集中

砂州比高の増大により、ある一定の水位で冠水しない部分が生じると、水量は滲筋部分に集中することとなる。滲筋に流量が集中し流速が上昇すると、河床の侵食が促進される傾向となり、さらに河床低下が助長されたと考えられる。

一方、滲筋への流量の集中は、砂州上の水位や流速の低下を招き、浮遊土砂が堆積しやすくなる。また、砂州高が高くなり、さらに砂州比高が増大する悪循環が生じると考えられる。

⑤草本植生の侵入・定着・細砂の捕捉

木津川のような砂河川では、流下による種子散布が

砂州に上陸、定着したのち発芽して、比較的容易に草本群落形成されていると考えられる。しかし一方で、洪水が生じると河床材料は容易に移動してしまい、実生破壊が生じて群落は長く維持されないというプロセスが繰り返されていたと考えられる。なお、攪乱頻度が低下した部分では、こうした実生破壊の機会が減少し、一年生草本群落(ヤナギタデ等)や多年生草本群落(ツルヨシ等)が維持・拡大したと考えられる。

また、安定的な群落が一定の面積を占めるようになると、洪水時における浮遊土砂の補足が促進され、植生のある砂州では砂州高の上昇が生じたと考えられる。これにより、さらに砂州比高の上昇が助長されたと考えられる。

⑥木本植生への遷移・定着

草本植生が維持された状態が続くことで、発根による基盤部の安定化、浮遊土砂の捕捉による土壌の堆積、種子や木本類の枝等の定着しやすさの増大といった現象が複合的に生じ、低木群落(イヌコリヤナギ等)の定着が可能な条件になり遷移が進んだと考えられる。更に、一定の安定性を得た植物群落は、高木群落(アカメヤナギ等)に遷移して、成長・発達したと考えられる。この状態に至った群落は、洪水破壊に対する耐性が増大し、近年に生じている、年最大流量程度の規模では容易に破壊されない状況となっている。

また、砂州上のまとまった植生は、流水に対する抵抗となり、植生内では流速が減じるものの、植生の側方では流速の増大が生じると考えられている。この現象によりさらに植生のない滲筋部の侵食を促し、河床低下につながると考えられる。

4-2 植生の初期的な定着と安定的な樹林への遷移メカニズム

樹林化の要因と、それに伴う安定的な植生域の拡大のプロセスは前節に示したとおりである。ここではさらに、砂床河川である木津川の特徴として、これまで木津川研究グループにより示された「水際の草本類の初期的な定着と中小洪水による破壊」に着目しながら、定着～遷移および破壊のサイクルを推定し、図-12に示す時系列的な概念図にとりまとめた。概念図に示される各過程の概要は以下のとおりである。

(1) 種子の着床・発芽

木津川において先駆的な役割を担っている植物はヤナギタデとツルヨシである。ヤナギタデは一年生、ツルヨシは多年生の草本植物である。ヤナギタデやツル

ヨシは10月末から1月の初めにかけて種子の一次散布を行い、4月に発芽する。そのため、1月から3月(冬期)にかけて種子の二次散布が行なわれていると推察することが出来る。

ここで、木津川研究グループでは、昭和54年(1979年)に多くの砂州で植物の定着が起こっていたと考えている。これは、航空写真から裸地域への植生の定着時期を推測するとともに、一次元不等流解析より昭和54年(1979年)の冬期最大流量(74m³/s)を用いて、横断測線上における冬期冠水幅を求めた結果、各横断測線上の冬期冠水域幅と、植生域の幅とに強い相関関係がみられたためである。これより、冬季の出水による種子供給が植生の定着に関与していると推定している。

(2) 先駆性の草本植生群落の破壊規模

前章にも示したとおり、各砂州の植生の遷移過程と砂州上の掃流力の計算結果から、500m³/s程度の小洪水が植生破壊と維持のボーダーとなっていると考えられる。なお、植生のない砂州に冬季の間に種子が定着・発芽し、以降に生じた洪水で破壊を免れた先駆性の草本群落(Stage1)は、より安定性の高い群落(Stage2)へ遷移する基盤となっている可能性が高い。

(3) 低木群落等による砂州の成長・発達

先駆性の草本群落(Stage1)から遷移した、より安定性の高い群落(Stage2)に見られる種としては、イヌコリヤナギ、ネコヤナギ等の低木群落がある。これらは、洪水に対する抵抗力が強いと考えられており、前述した年最大流量500m³/s程度の小洪水では残存する可能性が高い。これらの種がどの程度の洪水で流失するかは明確ではないが、多摩川の研究成果では境界

となる無次元掃流力は0.08～0.14程度と算定されている。

(4) 高木群落による安定植生域

遷移により形成されたと推定される木本群落に見られる主な優占種は、アカメヤナギ、オオタチヤナギなどである。2000年の現地調査では最大24の年輪数をもつオオタチヤナギが確認されており、安定的で容易に破壊されにくい状況になっていると推定される。なお、図-7に示す年最大流量からは4000m³/s以上の洪水でないと破壊されないと推察される。

5. おわりに

前章までに、砂河川である木津川における樹林化のメカニズムについて一つの考え方を示すことができた。本研究を基に、今後は現地のデータによる検証を行うとともに河川管理の具体的手法の提案に繋げる必要がある。

河川整備計画にも示されている「かつての砂河川の再生並びに現存する良好な砂州の保全を図る」ことを目標に、木津川における河道内樹木の管理のあり方について研究を続けたいと考える。

<参考文献>

- 1) 木津川の総合研究～京田辺地区を中心として～
河川生態学術研究会木津川研究グループ 平成15年12月
- 2) 木津川の総合研究Ⅱ 河川生態学術研究会木津川研究グループ 平成21年3月

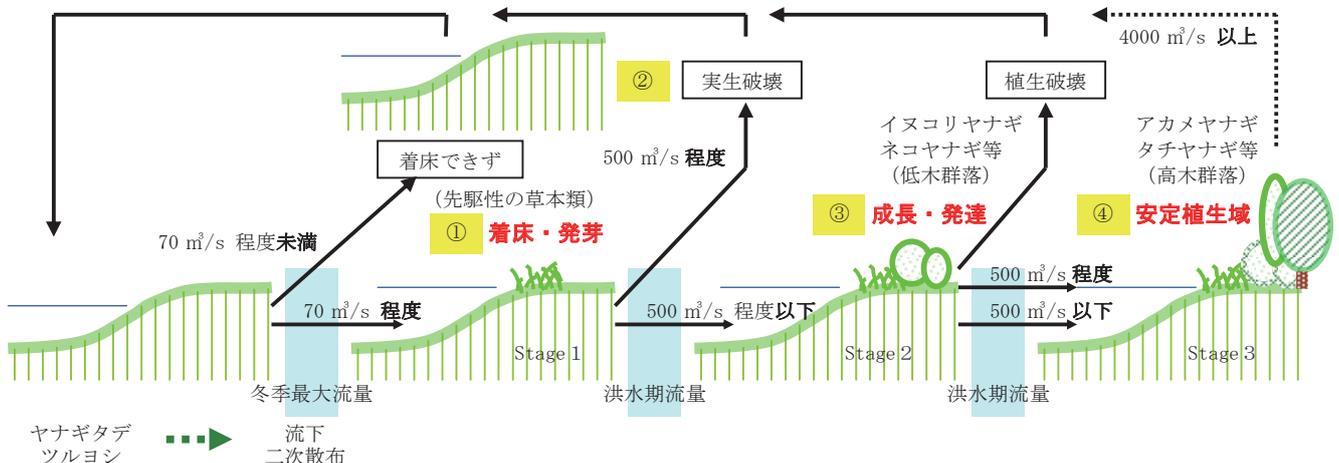


図-12 木津川における植生の初期定着メカニズムと河道内樹林の安定化プロセス