

砂礫州上に定着したマダケ林の消長特性

A CHARACTER OF AREA EXPANSION AND EXTINCTION OF BAMBOO ON A GRAVEL BAR

藤原正季¹・大石哲也²・天野邦彦³
Masaki FUJIWARA, Tetsuya OHISHI, and Kunihiko AMANO

¹正会員 工修 土木研究所 河川生態チーム 交流研究員 (〒305-8516 つくば市南原1-6)

²正会員 工修 土木研究所 河川生態チーム 研究員 (同上)

³正会員 博(工) 土木研究所 河川生態チーム 上席研究員 (同上)

Bamboo has been used to protect levees widely because their stems are connected by rhizomes and this features strong resistance against erosion during floods. However, interaction between flood and bamboo vegetation has not been paid attention as much as other species such as willow and pseudo-acacia. We have surveyed succession process of bamboo vegetation in a gravel-sand bar of the Naka River, Ibaraki prefecture. We have tried to elucidate the expansion and decrease of vegetation area by considering the effect of sediment deposition and erosion process caused by floods. Since bamboo stems are densely populated within vegetation area, their foundation are hardly destroyed. Expansion process of bamboo vegetation is made by extending rhizomes to nearby area when sand is deposited. Since bamboo has strong resistance to flow, sand deposition is intensive within vegetation. This causes deposition of slit and clay behind them leading to the decay of their favorite environment by themselves.

Key Words : bamboo area expansion , gravel bed , sediment deposit , site factor , Naka River

1. はじめに

各地の河川において、砂礫州の樹林化が報告^{1)~8)}されている。河道内の砂礫州に樹林が広がると、流下断面積が減少し治水安全度が低下する。また、樹林化の進行に伴い砂礫河原(裸地)が減少すると、砂礫河原に依存して生育する生物も減少する。このように、砂礫州の樹林化は、治水面・環境面のそれぞれで問題となっている。

これまで、砂礫州の樹林化の要因として研究されてきた樹種には、ハリエンジュやヤナギ類が多い。これらの樹種と同様に、マダケやモウソウチク等で構成される竹林も河川管理を行う上で障害となる可能性が高い。

竹林に関する研究は、山間地における消長についての研究はなされている⁹⁾。しかし、河川においては、水害防備林としての利用状況をまとめた浜口らの研究¹⁰⁾や、旧堤防上に存在した竹林の高水敷への拡大をまとめた安部らの研究¹¹⁾があるものの、河川における竹林の消長についての知見は少ない。

竹林を構成するタケ類は、古くから人々の生活に密着し、利用されてきた。タケ類の一つの特徴は、地下茎を持つことである。地下茎とその地下茎から伸びる根があるため、洪水による土壌の浸食を防ぐ作用を持つ。また、タケ

類は生育密度が高く流速低減効果が高いため、洪水時に耕作地の洗堀被害を減じるとともに、肥沃な土壌を堆積させる。さらに、材質に優れ、様々な加工品に利用されるとともに、筍は食料として利用できる。このような特徴をもつタケ類により構成される竹林は、堤防や耕作地の周辺において、水害防備林として用いられてきた。

近年生じている竹林の拡大は、耕作放棄等の人為利用の変化により、竹林の管理が行き届かなくなったため、耕作地周辺や堤防上に存在した竹林が拡大し、高水敷上や砂礫州上に拡大したものである¹²⁾。

拡大した竹林はその特性上、さまざまな問題を引き起こす。竹林の高い流速低減効果は、流下能力を低下させ治水安全度を低下させる。また、竹林内にはタケ類が密生して日光を遮るため、他の植物が生育することが困難になる。その結果、竹林内では植物の多様性が低下する。さらに、生育密度の高さは、単位面積当たりの伐採量や廃材処分量の増加を意味し、処分費等の管理コストを増加させる。このように竹林の拡大は、治水面・環境面・管理コスト面において負の影響をもたらす。

治水面・環境面・管理コスト面において、竹林を適切に管理するためには、竹林の消長機構を明らかにし、その予測を可能とする必要がある。

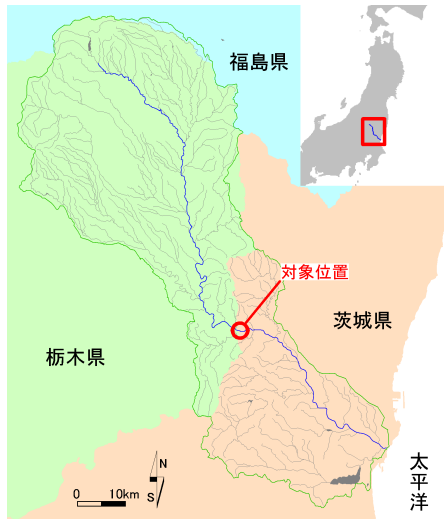


図-1 対象位置

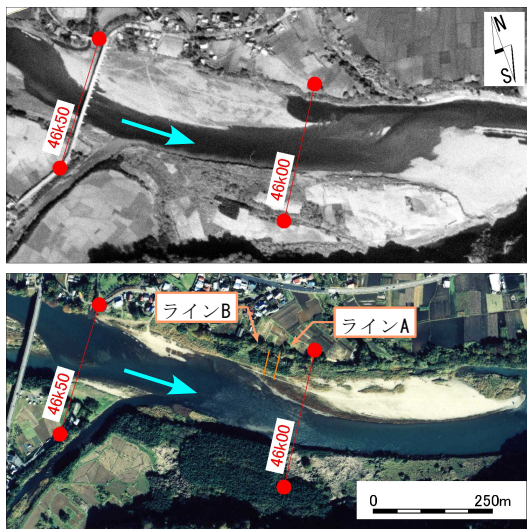


図-2 砂州の平面形状の変化（上：1963年，下：2003年）

このような背景に基づき、本論文では、那珂川において、砂礫州上に拡大したマダケで構成される竹林（以後マダケ林）を対象に、マダケ林の消長と生じた洪水を時系列に整理し、現地調査によりマダケ林が成立する立地条件を明らかにする。得られた情報から、マダケ林の消長のシナリオ、マダケ林による樹林化の特徴および管理への適用について考察する。

2. 方法

(1) 対象としたマダケ林

対象としたマダケ林は、流域が福島、栃木、茨城の3県にまたがる一級河川那珂川の河口から約46.1km（栃木・茨城県境の茨城県側）砂礫州上に位置する。

対象マダケ林の存在する区間は、那珂川が八溝山地を横断する狭窄区間を出た直後、台地・丘陵区間に該当し、河床勾配は約1/770、河床材料は代表粒径25mmの砂礫で構成され、平常時水面幅は約75m、セグメント2-1に分類される。対象としたマダケ林の位置を図-1に示す。

(2) マダケ林消長現象の把握

まず、対象としたマダケ林の消長過程を把握するため、過去の空中写真の判読を行った。空中写真はGISを用い、現存する橋梁などの地表構造物を参照点として、位置情報の補正を行った。その後、撮影時期別に写真判読を行い、マダケ林の存在する砂州の平面形状、マダケ林周辺の植生の種類や密度、マダケ林の面積および位置について、変遷過程を整理した。

次に、細粒土砂の堆積やマダケ林の破壊などの洪水がマダケ林に及ぼす影響を知るため、過去の洪水履歴を整理した。

(3) マダケ林立地環境の把握

現在のマダケ林がどのような立地環境で成立しているかを把握するために、河川横断方向に2本のライン（図-2に示すラインAとラインB）を設定し、このラインに沿って、地盤高、細粒土砂の堆積厚を計測した。地盤高はRTK-GPS測量機器を用いて基準点を設置した後、レーザーレンジファインダー（レーザーテック社製IMPULSE200+MAPSTAR：以後LRFとする）を用いて測量を行った。LRFの優れた点は密生して見通しの悪いマダケ林を伐採することなく、地形情報を取得できることにある。細粒土砂の堆積厚は、長さ1mの検土杖を用いて計測した。また、設定したライン近傍でマダケの生育密度・土壌体積含水率・表層堆積土砂の粒径を計測した。土壌体積含水率は土壌水分測定機（藤原製作所製TDR-341F型）を利用して計測した。現地調査は、2008年7月8日および9日に実施した。

3. 結果

(1) 対象区間で生じた現象

図-2に対象とするマダケ林が存在する砂州の平面形状の変化を示す。1963年当時、46.7kp付近にあった砂礫州の上流端は、2003年においては、46.2kp付近にあった。約40年間で約500mほどの砂礫州の移動が生じていた。

図-3にマダケ林とその周辺の植生の変遷を示す。1974年ではマダケ林は確認されていないが、1981年には左岸側に存在するワンドの上流側に確認され、1984年まで、ほぼ同様の範囲に存在していた。この間、マダケ林の周辺は、草本に覆われているものの裸地が確認できる状態（以下、疎な草本）で維持された。1989年では、マダケ林のほとんどが減少し、帯状に残るのみであった。周辺植生は高茎草本であり、裸地が確認できないほど生育密度が高い状態（以下、密な草本）であった。その後、1993年にかけてマダケ林は拡大した。1998年ではマダケ林は再び減少し、マダケ林の周辺に存在していた高茎草本の一部が裸地へと変化していた（図中矢印）。その後2000年にかけて、マダケ林が拡大すると共に、裸地の範囲がさらに左岸側へ拡大した。2003年には、マダケ林がさらに右岸側の裸地と

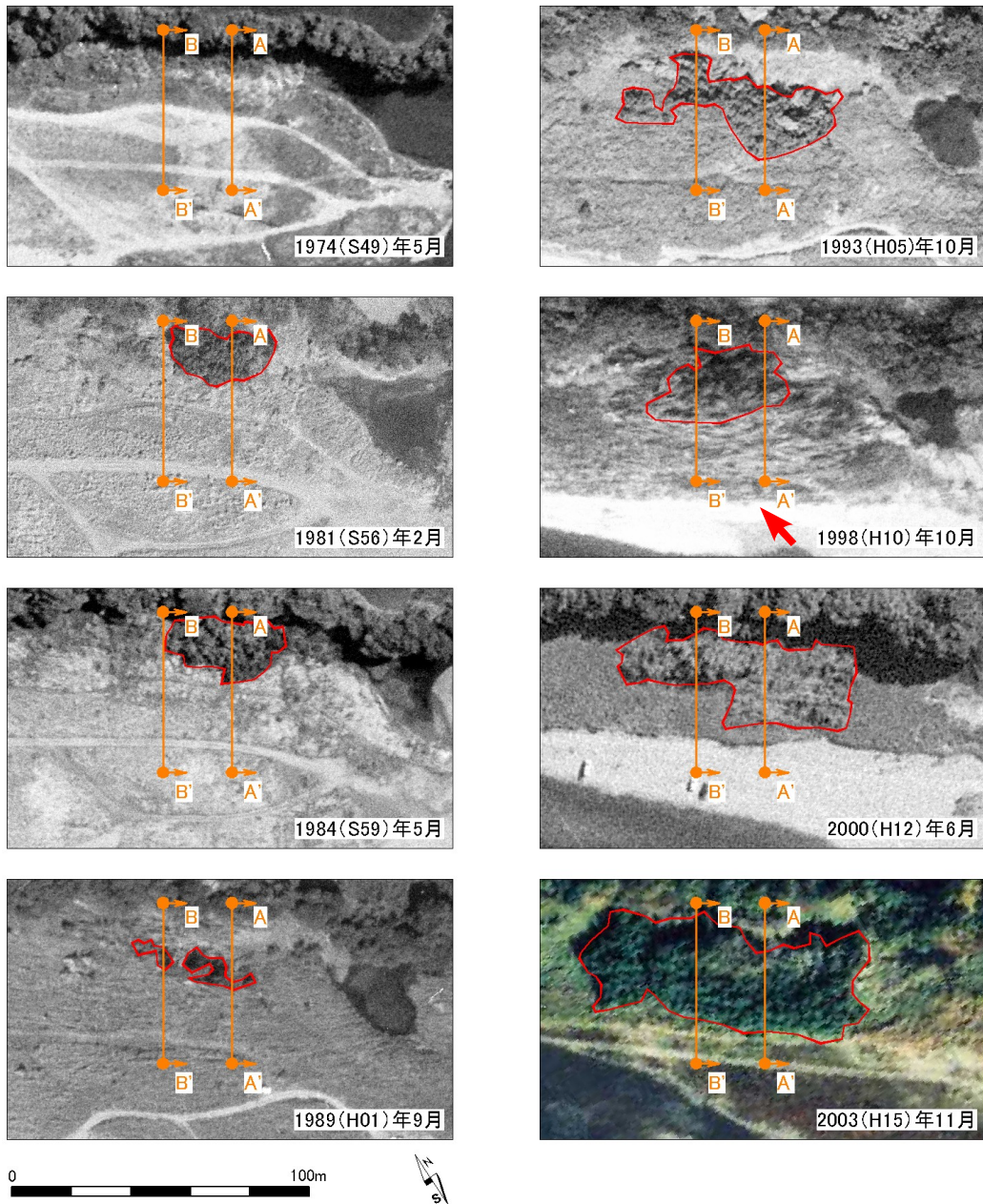


図-3 マダケ林と周辺植生の変遷

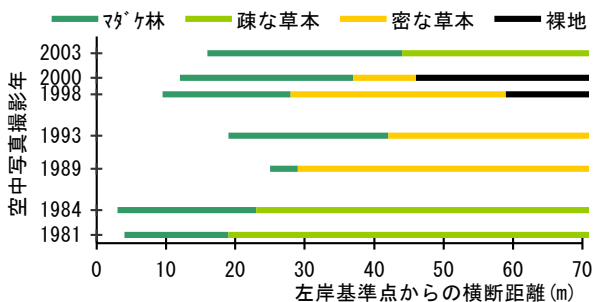


図-4 河川横断測線（ラインA）上のマダケ林と周辺植生の範囲の時系列変化

の境界まで拡大した。このように、対象地区のマダケ林は、1974年から1980年の間に定着した後、拡大や縮小を繰り返しながら、徐々にその範囲を広げていた。

図-4に、河川横断測線上（図-3中のラインA-A'）のマダケ林と周辺植生の範囲の時系列変化を示す。以後、特に断らない限り横断測線上の距離は、左岸に設けた基準点（図-3中のAおよびB）からとし、左岸側をA側、右岸側をA'側とする。1981年の航空写真でマダケ林は、A側で確認され、1984年までほぼ同様の位置で確認された。その後、1989年から1998年まで、1981年にマダケ林が確認された位置では、マダケ林は確認されなかった。1998年以降、マダケ林の位置は徐々にA'側に移動し、2003年には、1981年にマダケ林が確認された位置（A側）では、マダケ林は確認されなかった。また、マダケ林のA'側の林縁は、1981年～2003年の22年間で約25mほどA'側に移動した。つまり、マダケ林は1981年に定着したA側からA'側に移動したことになる。

図-5に洪水履歴と対象のマダケ林の面積の変化を示す。マダケ林の面積は、上記のような消長を繰り返しながら22年間で約4.5倍となっていた。マダケ林の面積は1986年・1998年の洪水後に減少していた。マダケ林は、1981年（定着が確認された年）以降に発生した洪水においても、完全には流亡せず一部が残存した。その残存したマダケ林の拡大速度は、洪水による破壊を受ける前の拡大速度よりも大きかった。

(2) マダケ林の立地条件

図-6に、マダケ林の成立地における、マダケの生育密度・河床表層の土壤体積含水率および土壤表層材量の粒径の関係を示す。マダケ林の成立地の土壤体積含水率は、10%~35%であった。土壤体積含水率が30%以上の場所では、マダケの生育密度が減少する傾向が確認された。また、表層河床材量の粒径と土壤体積含水率の間には、表層河床材量の粒径が小さいと、土壤体積含水率が高いという傾向が確認された。また、このような土壤体積含水率が高い環境の多くは、マダケ林よりもA側に存在した。

図-7にマダケの生育密度と細粒土砂堆積厚の関係を示す。マダケ林が存在する立地の細粒土砂堆積厚は、そのほとんどが40cm以上の場所であった。

図-8にラインAおよびBの横断地形と細粒土砂の堆積厚を示す。マダケ林の成立範囲のA側の端は、高さ約2mの段差が存在していた。マダケ林の成立範囲の地盤高は、A側が高くA側が低い傾向が確認された。細粒土砂の堆積厚は、マダケ林中央付近で小さく、A側およびA'側で大きい傾向が確認された。なお、A側の細粒土砂堆積厚は、1mより大きかった。

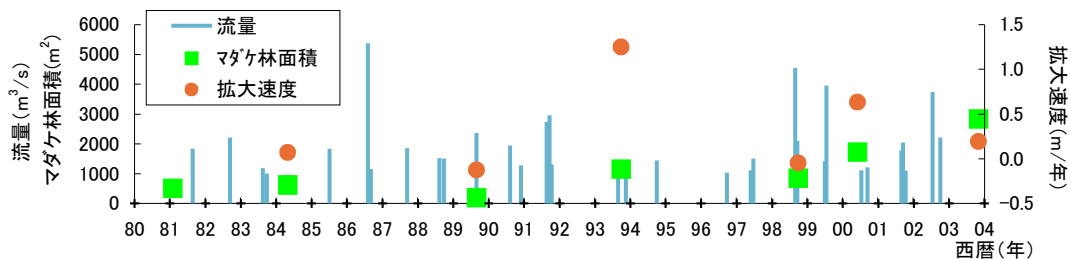


図-5 洪水履歴と対象とするマダケ林の面積の変化

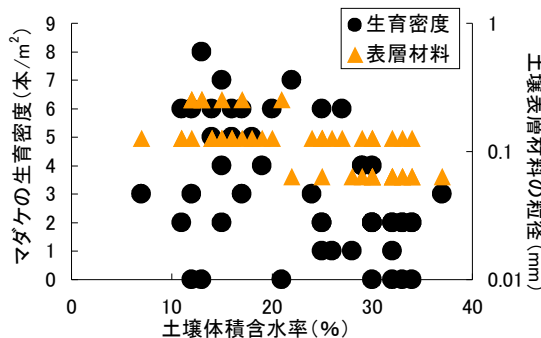


図-6 マダケの生育密度 (本/m²)、河床表層の土壤体積含水率 (%) および土壤表層粒径の関係

4. 考察

(1) マダケ林消長のシナリオ

図-3~図-5に整理したマダケ林の消長について、疑問となる点は3点ある。1つ目は、対象とするマダケ林のどのように定着したかということである。2つ目は、なぜ、マダケ林の拡大速度が洪水によって破壊された後のほうが大きいのかということである。3つ目は、マダケ林が徐々にA'側へ移動し、最初に定着したA側には、なぜ現在マダケ林が成立していないのかということである。これら3点に着目し、マダケ林が成立する立地条件と洪水による細粒土砂の堆積の観点から考察を行い、砂礫州に存在するマダケ竹の消長シナリオを図-9に示す。

a) 定着過程

航空写真から判断すると1974年から1980年にかけて、A側（1974年に存在するワンドの上流）にマダケ林が成立した。マダケの種子は、ほとんど発芽しない¹⁰ためマダケ林の拡大は、地下茎の進展によるものが主であると考えられる。しかし、対象としたマダケ林が確認された1981年の空中写真では、周辺には、他のマダケ林は確認できないため、対象マダケ林は地下茎の伸展により形成されたとは考えにくい。さらに、対象区域は堤内地と砂礫州の比高が10m以上あるため、水害防備林としてマダケを植林したとは考えにくい。これらのことから、上流のマダケ林から洪水により地下茎ごと流亡し、当該地へ漂着した後、その地下茎からマダケ林が成立したと思われる。

マダケが漂着したワンド付近は、水面比高が小さい立地であったと推測される。また、マダケが漂着するような流速条件であれば、マダケ林の漂着と同時に、細砂等の細粒土砂が堆積したと推測される。水面比高が小さく細粒土

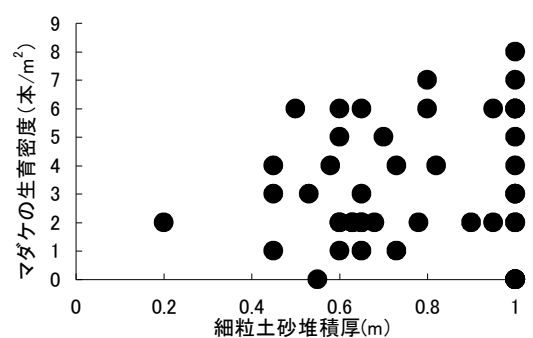


図-7 マダケの生育密度と細粒土砂堆積厚の関係

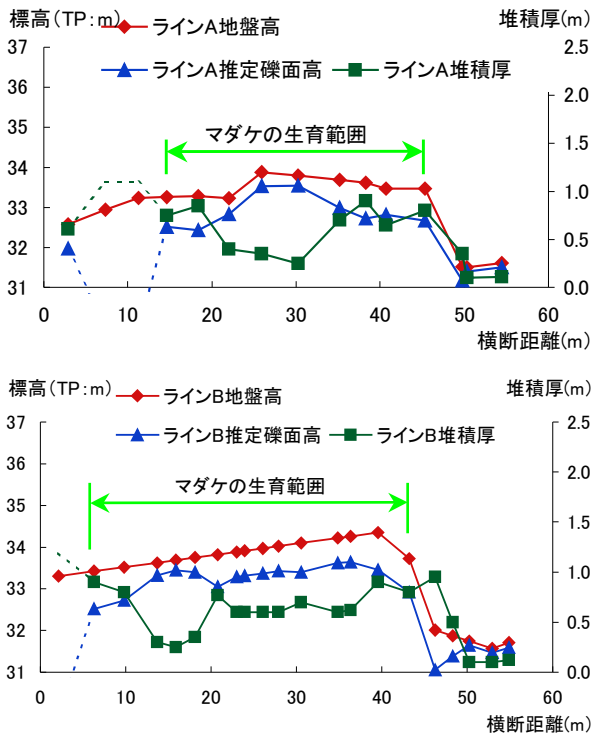


図-8 横断地形と細粒土砂の堆積厚

砂が堆積した条件では、地下水からの水分の供給と細粒土砂の保水効果により、マダケ林の成立に必要な水分条件は満たされていたと考えられる。定着後、マダケ林は徐々にその範囲を広げた。

b) 洪水とマダケ林拡大の関係

1986年に発生した大規模洪水により、マダケ林は一部を残し破壊された。残存したマダケ林の周辺には、高茎草本が繁茂した。その後、発生した洪水と高茎草本の影響により、マダケ林周辺に細粒土砂が堆積した。植生が流速を低減し、細粒土砂を堆積させることはよく知られており¹²⁾¹³⁾この場所においても、マダケ林周辺に存在した高茎草本の生育地に細粒土砂が堆積したと思われる。このように堆積した細粒土砂により、マダケ林が拡大可能な立地が形成され、その場へマダケ林は急激に拡大した。1998年に発生した洪水は、マダケ林の大半を破壊すると同時に、砂礫州上に繁茂した高茎草本の一部を破壊し、砂礫州を浸食した。その後、連続して発生した4,000m³/s程度の洪水により、さらに砂礫州の浸食が進行すると同時に、残存したマダケ林および高茎草本が生育する範囲に、細粒土砂が堆積した。

c) マダケ林が成立できなくなる理由

堆積した細粒土砂により生育可能となった立地へ、マダケ林が拡大すると同時に、マダケ林の右岸側に細粒土砂を堆積させ、現在の地形が形成された。マダケは密生するため、流速低減効果が高い。このため、洪水時にはマダケ林の中に多くの細粒土砂が堆積する。マダケ林の拡大により流速低減効果が強くなると、マダケ林の後背部(左岸側)では洪水時の流速が低下し、シルトや粘土などが堆積

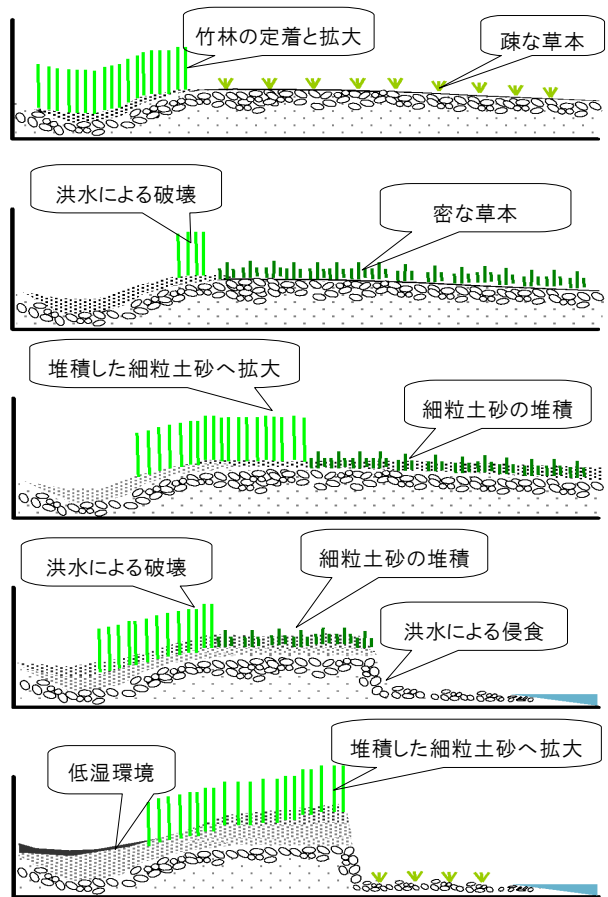


図-9 マダケ林の消長シナリオ

しやすい環境になる。シルトや粘土の堆積により、標高の低いマダケ林の後背部は、結果として水はけが悪くマダケの生育に適さない低温な立地となり、左岸側ではマダケ林が縮小すると考えられる。つまり、当該箇所においてマダケ林は、拡大の過程で後背部に自ら成立が困難な低温環境を形成したと考えられる。

(2) マダケ林による樹林化の特徴

既往の研究⁴⁾によると、ヤナギによる樹林化の要因は、近年のダム建設に伴う洪水のピークカットや砂利採取を要因とした攪乱作用の低下により安定化した砂礫州上にヤナギが定着し、その生育範囲を拡大したためであると考えられている。本研究の対象とした砂礫州は、図-2に示すとおり、大きく平面形状が変化し、植物が安定して生育するには、不利な立地環境であった。そのため、ヤナギによる樹林化は起こらなかったと考えられる。

マダケ林は、洪水時の浸食に対する抵抗力や流速低減効果が高い。このため、本研究で示すようにマダケ林がひとたび砂礫州に定着すると、洪水により完全に破壊されることなく拡大し、砂礫州はマダケ林に変化する可能性が高い。洪水による河床の攪乱や平面形状の変化が少ない比較的安定的な砂礫州はもちろん、洪水による攪乱環境が維持されている砂礫州においても、マダケ林の拡大に注意を払う必要がある。

ヤナギの成長速度は、1m/年程度⁹⁾であるのに対し、マダケの成長速度は10～20m/年¹⁰⁾でありヤナギよりも速い。成長の速さと生育密度の高さにより、わずかなマダケ林の拡大が、ヤナギよりも伐採量および処分量の増加を招く。

また、本研究の対象箇所では該当しない可能性があるが、前述したように主に地下茎の伸展により生育地を拡げると考えられるマダケは、種子や萌芽再生等の多様な方法で生育地を拡げるヤナギやハリエンジュと比べ拡大方法は単純である。このため、マダケ林の拡大を抑制するためには地下茎の伸展に着目すればよいと考えられる。

(3) 管理への応用

図-5に示すように、マダケ林の洪水による破壊とその後の回復を鑑みると、マダケを管理するために、拡大した場所のみ伐採するという対処的な手法は、マダケ林が再び拡大する可能性が高いため非効率と思われる。拡大の起点となる地下茎と地上部をまとめて除去する方法が効率的と思われる。

希少な動植物が存在するなどの理由により、マダケ林を保全しつつ拡大を防ぎたい場合、マダケ林の周辺に土壌が湿潤、あるいは、細粒土砂が堆積していない環境を整備することにより、マダケ林の拡大を抑制できる可能性がある。具体的には、樹林化対策としてすでに実施されているトレンチの掘削¹¹⁾が考えられる。マダケ林の周囲にトレンチの掘削を行うことにより、相対的な地下水位の上昇による土壌体積含水率の増加、あるいは、洪水減衰期における土砂濃度の低い洪水流を誘導し、水みち効果¹²⁾で細粒土砂の堆積を防ぎマダケ林の拡大を抑制する方法が考えられる。

5. まとめ

本研究では、砂礫州上に定着したマダケ林の消長特性について検討を行った。以下、結果と考察について以下にまとめる。

①マダケ林は、砂礫州に定着後、洪水により完全に破壊・流亡することなく、拡大と縮小を繰り返している。マダケ林の拡大は、周辺の高茎草本の繁茂に伴う細粒土砂の堆積がきっかけになっている。

②マダケ林の成立立地は、細粒土砂が堆積し、適度な水分量があり、水はけがよい環境であった。

③ヤナギやハリエンジュによる樹林化が起こりにくいような攪乱環境のある砂礫州においても、マダケ林の定着・拡大による樹林化が進行する。

④マダケ林は、自ら堆積した土砂により地形を変化させる。その結果、新たな成立に適した立地と共に、成立に不適な立地が周辺地形の状況に応じて形成される。

⑤マダケ林を管理する場合、マダケ林の成立立地環境の変化を予測することにより、適切な管理方法を検討する必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたって、流量、航空写真、横断測量などのデータを国土交通省関東地方整備局常陸河川事務所から提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中村圭吾, 大石哲也, 天野邦彦: 海外事例との比較による河原の自然再生計画に関する考察, 河川技術論文集, No.13, pp.123-128, 2007.
- 2) 眞田淳二, 浦上将人, 渡辺敏, 前野詩朗, 藤塚佳晃: 旭川下流部における礫河原の白律的回復に向けた実証的研究, 河川技術論文集, No.12, pp.409-414, 2006.
- 3) 末次忠司, 藤田光一, 服部 敦, 瀬崎智之, 伊藤政彦, 榎本真二: 礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答、遷移及び群落拡大の特性—多摩川と千曲川の礫河原を対象として—, 国土技術政策総合研究資料, No.161, 2004.
- 4) 渡辺 敏, 前野詩朗, 渡部秀之, 志々田武幸: 旭川におけるヤナギ林の拡大機構とその抑制管理のあり方に関する検討, 河川技術論文集, No.11, pp.77-82, 2005.
- 5) 茂木信祥, 須賀堯三, 池田裕一: 河道内高木群落の形成過程, 水工学論文集, No.44, pp.837-842, 2000.
- 6) 李 参熙, 藤田光一, 山本晃一: 礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ—多摩川上流部を対象にした事例分析より—, 水工学論文集, No.43, pp.977-982, 1999.
- 7) 伊木千絵美, 矢部浩規, 中津川 誠: 河道の水理条件による河道内樹木の稚樹定着抑制, 河川技術論文集, No.11, pp.505-510, 2005.
- 8) 清水義彦, 岩見取二, 石川陽介, 佐藤文泰, 磯田忠生, 遠藤武志: 洪水攪乱の誘発を目的とした中州掘削工事の効果評価とその考察, 河川技術論文集, No.14, pp.169-174, 2008.
- 9) 山本哲郎, 楠木寛士, 鈴木素之, 島 重章: 現地調査と航空写真に基づく山口県内の竹林分布とその周辺環境への影響, 土木学会論文集, No.776, pp.107-112, 2004.
- 10) 浜口達男, 本間久枝, 井出康郎, 高橋克彦, 松浦茂樹, 島谷幸宏, 小栗幸雄, 藤田光一: 水害防備林調査, 土木研究所資料, No.2479, 1987.
- 11) 安倍 充, 丸岡 昇, 関 基: 肱川の河畔林の現状と今後の保全・整備手法, リバーフロント研究報告, No.19, pp.62-69, 2008.
- 12) 藤田光一, John A. Moody, 宇多高明, 藤井政人: ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小, 土木学会論文集, No.551, pp.47-62, 1996.
- 13) 辻本哲郎, 北村忠紀: 植生周辺での洪水時の浮遊砂堆積と植生域の拡大過程, 水工学論文集, No.40, pp.1003-1008, 1996.
- 14) 内村悦三: タケ・ササ図鑑—種類・特徴・用途—, 創森社, 2007.
- 15) 白井宏尚, 渡辺 敏, 太田 学, 下山 茂: 江の川における礫河原再生について, 応用生態工学会, No.10, pp.45-48, 2006.
- 16) 知花武佳, 藤森裕章: 水みち跡の物理環境に着目した礫床裸地の維持方法の検討, 河川技術論文集, No.14, pp.163-168, 2008.