

河道内高木群落の形成過程

STUDY ON FORMATION AND GROWTH OF REVERINE TREES

茂木信祥¹・須賀堯三²・池田裕一³

Nobuyoshi MOGI, Kyozo SUGA, Hirokazu IKEDA

¹学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 (〒321-8585 宇都宮市陽東7丁目)

²フェロー員 工博 宇都宮大学教授 工学部建設学科 (〒321-8585 宇都宮市陽東7丁目)

³正会員 博(工) 宇都宮大学助教授 工学部建設学科 (〒321-8585 宇都宮市陽東7丁目)

Field survey was carried out in order to clarify such important ecological aspects of trees in Kinu-Rivar as appropriate felling of trees, tree planting, and management of trees. In this study, investigation was made as to realities of growth condition of trees, secular changes and characteristics of tree environment by differences in channel characteristics, and hydraulic conditions.

And the following results were obtained as relations between the stages of growth speed of trees and dominant species, the direction of spread of trees, the effect of bed material characteristics, and the effect of inundation.

Key Words : *trees, trees community, growth speed of trees, channel characteristics, bed material, inundation frequency*

1. はじめに

河道内高木は、洪水流下への支障、新規の流木生産源となる恐れ、流木やゴミの捕捉など、治水状の阻害要因として排除されてきたが、生態系への育成環境ポテンシャル、河川公園機能、景観上の効果、流水に対する耐侵食性などの有効な機能が評価されるようになった。その結果、まちづくり等の関連で堤防小段の桜並木や、高水敷の植樹など人工的な植樹帯についての検討が日々行われ、実施例も増大し、反対に伐採は減少している。

こうしたなか、植生に関する研究としては、植物生態学の分野では森林動態の変動の予測はおおむね明らかにされている¹⁾。一方、最近河川工学の分野でも、河道内における河川固有の植生動態のモデル化を視野にいくつか研究がなされている。岡部ら²⁾の研究は、河状履歴を表す指標と植生調査により、河状と植生の相互関係を明らかにし、李ら³⁾の植生繁茂と土砂堆積作用の関係についての研究では、礫床裸地が安定した植生域をもつに至るシナリオを明らかにしている。ただし、両研究とも流水自体による群落破壊とその後の構造の変化については触れていない。また、砂田ら⁴⁾の研究は、中長期的な植生の存在状態を予測・評価する手法について提示してい

るが、樹種や立体的構造が考慮されていない。そこで本研究では、河川敷内の高木に関する新しい知見を得るために、鬼怒川河道を対象として、河川敷における高木の育成状況の実態、経年変化、河道特性や水理条件の違いによる高木群落構造の相違等について調査し、河道内高木の形成と発展について基礎的な検討を行った。

2. 対象河川の概要

対象河川とした鬼怒川は、利根川の支川であり、その流域面積は1,761km²、河道延長は176kmであり、流域面積のうち山地が約65%、平地が35%を占める。現況河道は男体山と女峰山からの右支川大谷川を経ての土砂流出の影響を強く受けており、大谷川との合流地点(110km地点付近)から上流では、本川は峡谷をなし、堤防や護岸などの工作物はほとんどない⁵⁾。

図-1に流況の経年変化として、平方(37.3km地点)の年最大流量を示す。過去30年間における平均年最大流量は1,200m³/sである。1983年以降大きな出水はなく、変動の幅が減少していることが分かる。これは、降雨状況など自然的要因のほか、川治ダム(1983年竣工、治水容量3,600万m³)等による洪水調節(調節流量2,600m³/s、うち川治ダム1,400m³/s)の効果もあると考えられる。

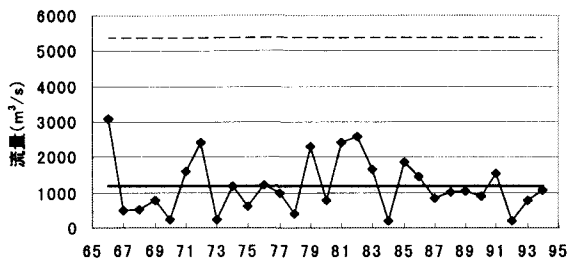


図-1 年最大水深 (平方 37.3km)

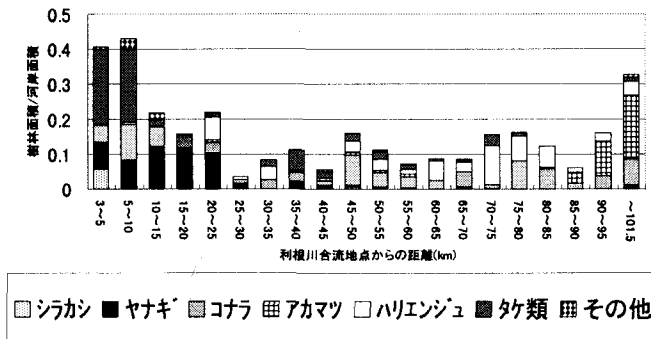


図-2 鬼怒川の樹種概要

次に、鬼怒川の植生に関する河川水辺の国勢調査年鑑(1995 年)⁶⁾によると、鬼怒川の河川敷の植生は出水の破壊作用を受けやすいため極めて不安定である。冠水頻度の高い部分では、裸地あるいはイヌタデ、ハハコグサ等の草本植物が優占し、冠水頻度の比較的少ない半安定部では、ヨシ、ツルヨシ、オギ等の高茎草本がみられ、更に冠水頻度の少ない立地では土壌も形成されヤナギ、クヌギ、ハリエンジュ等の木本群落もみられる。植物種においては、103 科 508 種類が確認され、高木群落については、図-2 より、下流部ではヤナギやモウソウチク・マダケ等が多くみられ、上流域ではアカマツ、全域にわたって、コナラ、ハリエンジュがみられる。また、1995 年における鬼怒川河道内における植被度(全植生地面積/水面を除く河道内面積)は、左岸側で 0.68、右岸側で 0.73 となっている。また、植生地面積内の高木地と草本地の比は、左岸で高木地 0.14、草本地 0.86、右岸で高木地 0.20、草本地 0.80 となっている。

3. 調査地点の概要と調査方法

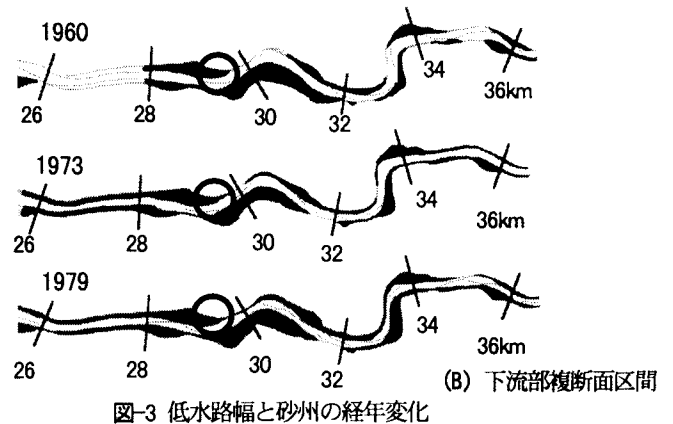
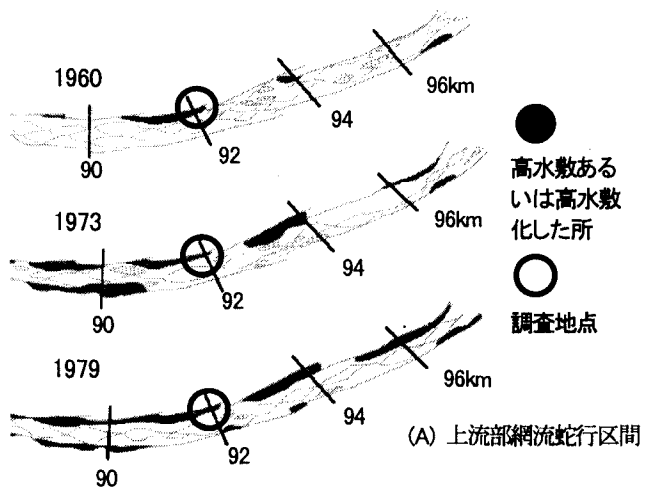
調査地点は、河道特性を考慮し、表-1 に示す 4 地点で行った。今回は、河道特性、育成条件の大きく異なる上流部網流蛇行区間と下流部複断面区間の状況について報告を行う。

(1) 上流部網流蛇行区間⁵⁾

川幅は 500-1,100m、河床勾配は 1/100-1/300、河床材料は玉石混じりの砂利であり、横侵食性河道のため多様な変化が見られる。この区間は、峡谷部からの本流の第

表-1 調査地点

河道特性	利根川合流地点からの距離(km)	河床勾配
上流部網流蛇行区間	92.0	1/190
上流部 2 列蛇行区間	68.0	1/390
上流部単列蛇行区間	55.0	1/480
下流部複断面区間	29.0	1/2130



一次減勢区間である。調査地点付近は、図-3 (A) の低水路幅と砂州の経年変化から判断すると、低水路の固定と高水敷化が進んでいることがわかる。これは、河床低下により低水路が鮮明化したためである。また、砂州も低水路幅の縮小に伴い、不安定な網流砂州から複列砂州に変化している。

(2) 下流部複断面区間⁵⁾

川幅は 180-400m、河床勾配は 1/1,000-1/2,000、河床材料は砂である。また、河道横断面形は複断面であり、両岸は連続堤になっている。調査地点では、図-3 (B) より高水敷の幅が経年的に狭くなる傾向が見られる。これは河床低下や低水護岸等による低水路の固定化に起因する。砂州は単列砂州を形成しており、1973 年と 1979 年の砂州の形状はほぼ同一である。

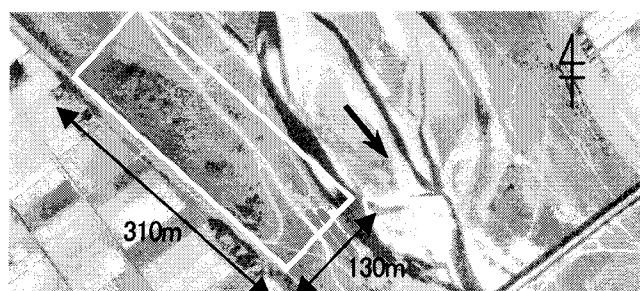


図-4 上流部網流蛇行区間の空中写真

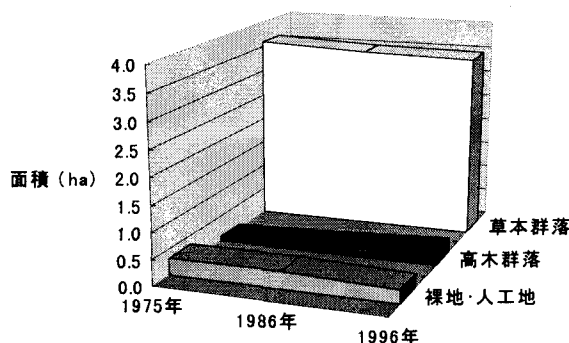


図-5 上流部網流蛇行区間の植生経年変化

(3) 調査方法

現地調査は、各調査地点において、樹種、高木群落面積、樹高、立木密度、年輪、河床材料、樹冠、根茎調査および空中写真による経年変化の調査を行った。また、年輪調査については、高木群落において代表的な高木について成長錐を用いて行った。

4. 鬼怒川河道の高木群落の実態

(1) 上流部網流蛇行区間 (92.0km 地点右岸)

上流部網流蛇行区間の毎木調査を行った地点は、面積 0.96ha、群落の内の樹数(樹齢 10 年以上)は約 130 本、調査地内の立木密度は 2.3 本/㎡であった。立木密度が大きいことについては、幼木が多いためと考えられる。また樹林地内の樹種は、2 種により構成されており、優占種であるハリエンジュが 7 割、コゴメヤナギが 3 割を占めていた。

図-5 は、図-4 の実線で囲まれた調査地点付近の植生の経年変化を空中写真から判読したものを示したものである。この図より、空中写真から判読した地点における高木群落の植被度は、1975 年で 2.1%、1986 年で 5.7%、1996 年では 6.9% となっており、増加の傾向にあることが分かる。また、この地点では、1958 年に一度大きな出水があったものの、それ以後の出水は確認されておらず、平水位に対する群落地点の地盤高の差(比高)も、平均 2.1m と高い。図-3(A)からもわかるように、この地点は高水敷が固定化しており、この地点では、洪水などの水理的影響がないと考えられる。

図-6 は、南-北、西-東、南西-北東、南東-北西の 4 方向の樹齢分布を示したものである。それぞれ各方向で初期植生域と思われるもっとも樹齢の大きい部分を中心に、

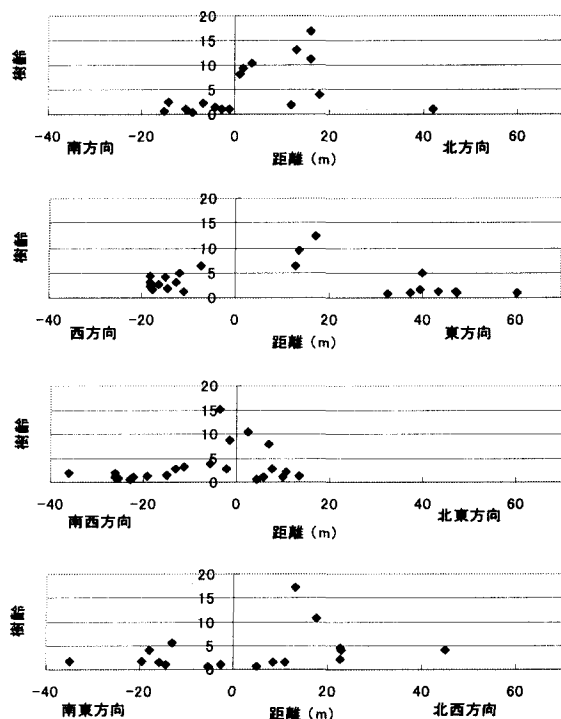


図-6 樹齢分布 (上流部網流蛇行区間)

距離が増すごとに樹齢が小さくなっている。また、高木群落の分布範囲を見ると、西-東、南東-北西方向が広く、この方向に高木群落が拡大していると考えられる。この拡大傾向の理由として、過去この地点で 30 年間で、高木群落が冠水するような大きな出水が確認されていないことから、幼木の育成を阻害する要因がなく、南西方向は、河床材料が直径 20cm ほどの玉石であり、北東方向は、高茎草本であるヨシが密生しているため、この方角には拡大しにくいと考えられる。さらに、この群落の優占種であるハリエンジュの繁殖の方法は、地下茎や根などの先から芽を出して繁殖する栄養繁殖であると同時に、種子を生産し繁殖する。栄養繁殖の場合、根茎調査により拡大方向に法則性はなく、栄養繁殖による樹数は、立木密度から推定すると全体の 85% であった。よって、群落全体の拡大方向を決める要因としては、種子散布によるところが大きいと考えられ、この地点の場合、散布時の風向が流下方向(南東方向)であったためこのような拡大傾向となったと考えられる。

図-7、8 は、高木の成長速度を明らかにするために、この地点の代表的な樹種であるハリエンジュとコゴメヤナギの樹齢と胸高直径、樹高の関係を示したものである。樹齢と胸高直径、樹高の関係は、両者とも対数で表される。樹齢は 5 年でハリエンジュは、樹高 5.5m、直径 0.09m 程度に成長し、コゴメヤナギは、樹高 3.2m、直径 0.06m 程度に成長することがわかる。よって、ハリエンジュのほうが初期成長速度は速いことになる。このように、いくつかの樹種が群落内にある場合、優占種となるのは、初期成長速度の速い樹種であることがわかる。また、曲線の特徴を見ると、コゴメヤナギは、樹齢と共に胸高周長が増加していくが、ハリエンジュは樹齢 10 年から成長速

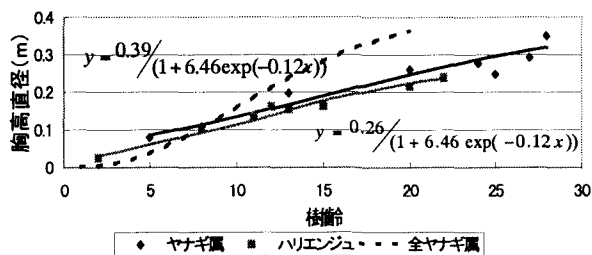


図-7 樹齢と胸高直径の関係

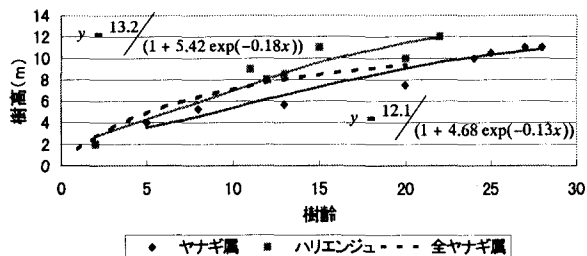


図-8 樹齢と樹高の関係

度が遅くなる。樹高については、両者ともある一定の樹齢、ハリエンジュでは10年、コゴメヤナギでは15年から成長速度が遅くなることがわかる。さらに、ヤナギ属について利根川・江戸川における調査結果⁷⁾と比較したところ、胸高直径については異なった結果となったが、樹高については、初期の成長速度に違いがあるものの、おおむね似た傾向を示している。これは、成長速度は、地域、河床材料、土中の水分量等によって異なるためと考えられる。

つぎに、河床材料と植物群落の種類の関係について調べるため、河床表層材料のふるい分けを行い、図-9のような結果を得た。この図より、一見、扇状地性河道と見えるが源流部の土砂生産と安定した侵食河道であるため、多様性に富んだ河床形態を特徴づける河床材料特性が得られた。

まず、裸地については、20mm以上の砂利・礫が80%以上を占め、植生が繁茂するには非常に難しい材料となっており、今後も植生が進入してくるとは考えにくい河床材料特性となっている。また、高木群落については、75mm以上の粒径の大きな材料が50%近くを占めている。さらに、草本群落と幼木群落の河床材料が非常に似ている傾向を示していることが分かる。このように、表層に礫が見られる地点においても植生が確認できる要因としては、表層マトリクスの細粒土砂含有率が10%以上と多いためであり、渡辺ら⁸⁾の指摘する礫間隙中の小粒径材料の影響が強いと考えられる。

図-10は、樹齢と立木密度の関係を表したものである。この図より立木密度と年輪の関係は、指数関数で表され、年輪が少ないところでは樹数が多く、年輪の多いところでは少ないことがわかる。これは、樹木が大きくなるにつれ日光による光量や土中の栄養摂取等の問題のため⁹⁾、淘汰されていくためと考えられる。

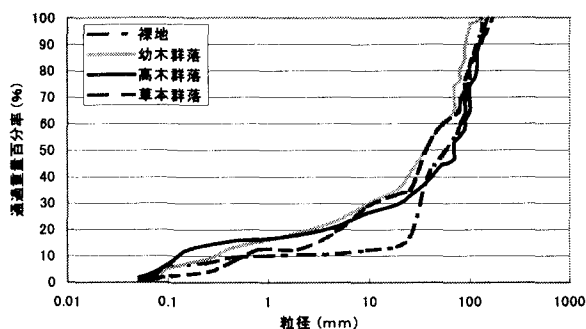


図-9 粒径加積曲線（上流部網流蛇行区間）

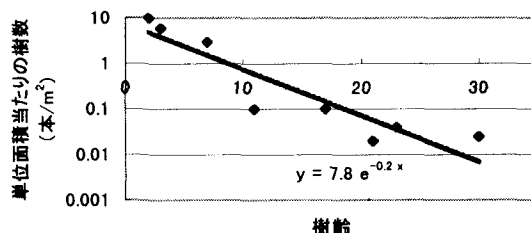


図-10 樹齢と立木密度の関係

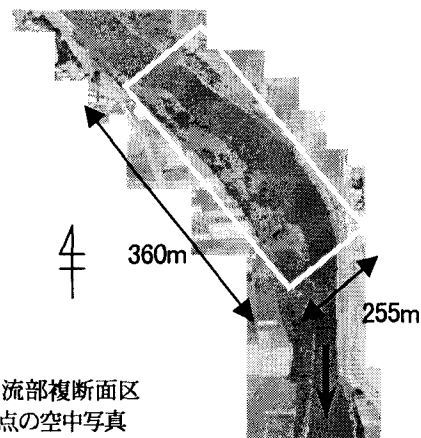


図-11 下流部複断面区間調査地点の空中写真

(2)下流部複断面区間（29.0km 地点）

下流部複断面区間の毎木調査を行った地点は、樹種としてアカメヤナギ、面積0.26ha、群落内の樹数は約120本、調査地内の立木密度は0.05本/m²であった。

図-12は、図-11の実線で囲まれた調査地点付近の植生の経年変化を空中写真から判読したものを示したものである。この図より、空中写真から判読した地点における高木群落の植被度は、1975年で3.8%、1980年で4.3%、1994年では13.1%となっており、増加の傾向にあることが分かる。

この地点は、図-3(B)より、高水敷または高水敷化しているが、比高が平均で1.2mと低く、植生地帯の地盤高に達する水位の生起確率年を計算したところ、1日未満の冠水継続時間を有する水位の出現頻度は、4年に一度の確率となった。また、植生域冠水時の流量をManningの平均流速公式より計算したところ、図-13のようになり、流量が1,800m³/sを越えると植生域が冠水することが分かった。この図より、大規模な出水が発生したのは、1966, 1972, 1979, 1981-82, 1985年の6回であり、高水敷で有意な水

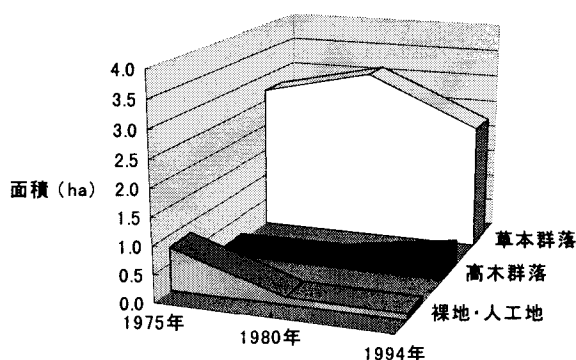


図-12 下流部複断面区間の植生経年変化

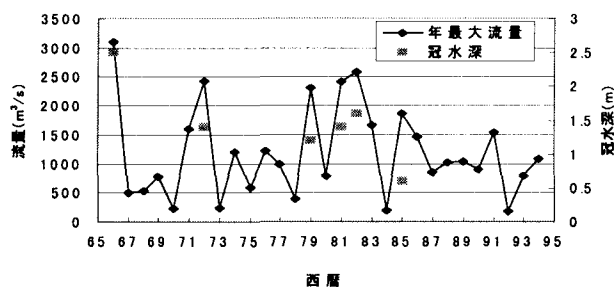


図-13 年最大流量と植生域冠水深

深が生じたのも、上記の6回に98年の出水を含めた7回であることが分かる。また、この7回の出水時の流水による外力モーメントと、それに対する高木の倒伏限界を平均流速と高木の胸高直径を考慮した計算¹⁰⁾により表したのが表-2である。過去の出水において、倒伏・流出する高木の倒伏限界モーメントから算出した樹齢は、出水の規模にもよるが、6年以下のものが多くなっている。これは、若い高木は、支持根による摩擦抵抗と、根鉢によるせん断抵抗が低く、耐力が小さいため、倒伏・流出すると考えられる。さらに、アカメヤナギは深根型¹⁰⁾の樹種であり、根茎水平分布も分散しており樹齢が大きくなるにつれ流水に対する抵抗力も大きくなっていくと考えられる。

図-14は樹齢分布を示したものである。樹齢が10～20年の高木が約80%を占めており、多い点については、図-13からも分かるように、1983年～1998年の15年間、植生域が冠水する流量があまりなかったためと考えられ、図-12からも増加の傾向がつかめる。

また、図-14より、幼木が少ないことについては、現地調査を行った98年9月の時点で、同年8月の出水により植生域は冠水し、水深は洪水痕跡より1.2mと推定でき、河床に0.6mほど土砂が堆積していた。そのため、表-2に示すように、草本、幼木群落は洪水流により流失または、土砂の下敷きになり、裸地化していた。しかし、翌年8月に再度調査を行ったところ、土砂が堆積し裸地化していた地点は、高茎草本であるヨシや、1年草のヒメムカシヨモギが高さ2.0mほど繁茂しており、アカメヤナギの幼木は見られなかった。特にヨシは、土中に埋没したり、倒れてもしなやかであるため枯れずに残るため、群落の回復が速い¹¹⁾。よって、裸地化後すぐに群落を形成した

表-2 出水時の高木群落の耐力 (下流部複断面区間)

西暦	平均流速 (m/s)	流水による外力 モーメント (kg・m)	外力モーメント に対する胸高 直径 (m)	樹齢
1966	3.10	115	0.068	5 以下
1972	2.99	92	0.061	4 以下
1979	2.93	103	0.064	5 以下
1981	2.99	131	0.073	5 以下
1982	3.05	112	0.067	5 以下
1985	2.65	15	0.025	1 以下
1998	3.11	152	0.078	6 以下

$$n=0.022, I=1/2130$$

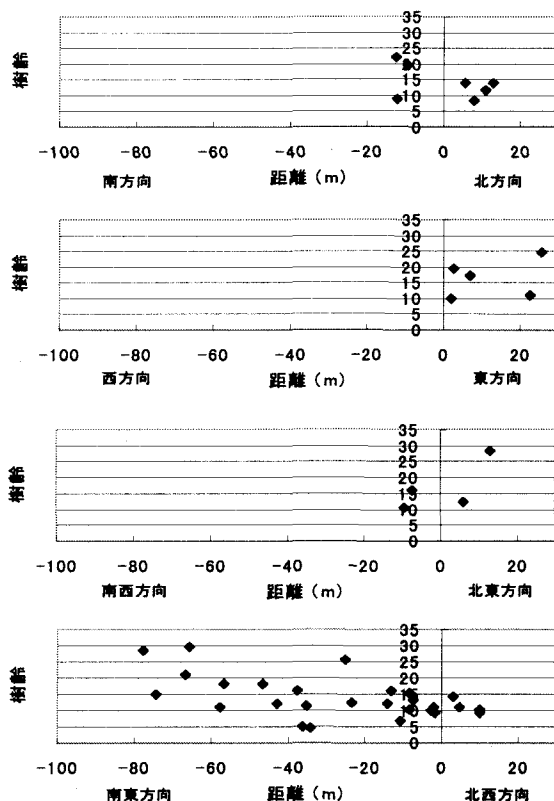


図-14 樹齢分布 (下流部複断面区間)

と考えられる。そのため、アカメヤナギの種子散布期である5月下旬の時点では、すでにヨシ群落が発達しており、日光の光量の関係もあり、幼木が成長しなかったと考えられる。

このように、この地点では、出水により攪乱され、草本類などの影響もあり、幼木が育成することができず、図-14に示すように、距離に関係なく比較的樹齢の大きい群落となっていると推察される。

さらに、繁殖方法については、根茎調査より栄養繁殖が全体の72%を占めていた。分布距離は約6.4mおきにモザイク状に分布しており、栄養繁殖による立木密度は平均で0.3本/m²であった。

表-3は、出水時に高木の倒伏と関係のある樹高と樹冠の関係についてまとめたものである。低水路側や高水敷側などの樹林地外側に立地する高木は、樹冠高(樹高-枝

表-3 樹高と樹冠の関係（下流部複断面区間）

高木の位置	樹高 (m)	枝下高 (m)	樹冠高 (m)	樹冠幅 (m)	樹冠高/樹高 (%)
低水路側	10.0	4.0	6.0	2.5	60
低水路側	8.0	4.4	3.6	3.9	45
中央	11.0	8.2	2.8	1.2	28
中央	10.5	8.3	2.2	0.9	22
高水敷側	10.0	5.5	4.5	4.2	41
高水敷側	10.0	6.0	4.0	5.4	40

下高)が高く、よって多く枝別れしていることがわかる。これは、より多くの日光を得るためと考えられる。また、中央に立地するものについては、樹冠高が低く、幅も狭く枝別れが少ない。また、外側に比べやや樹高が高くなっている。

図-15 は、河床の表層材料のふるい分け試験の結果を示したものである。全体の傾向としては、シルト、細砂が9割以上を占めている。去年の出水により土砂が堆積したため、植生との関係はあまりないと考えられるが、過去の出水時も同様の堆積傾向であるとすれば、深さ方向の材料の分布は表層と似た材料特性であると考えられる。まず、高木群落内の河床材料特性は、全域にわたり土砂が堆積しており、群落内の立木密度は幼木がないことから全域にわたり同じ程度(0.05本/㎡)であるが、群落の上流側より下流側のほうが粒径の小さい材料が堆積している。また、群落の外側(堤防側)の2地点では、洪水前にはヨシが密生(単位面積当たり76本)しており、堆積した土砂の材料特性は、似た傾向を示している。

5. 結論

河道特性、水理的影響の異なる鬼怒川の2地点における植生調査の主要な結果は次のようである。

- 1) 両区間において高木群落面積は拡大傾向にある。
- 2) 上流部網流蛇行区間において、初期成長速度の速いハリエンジュは、群落内の優占種となる。
- 3) 河床材料特性が樹種に関わっており、両区間において河床材料特性に適した樹種が見られた。
- 4) 両区間の優占種の繁殖方法としては、栄養繁殖と風散布が確認され、栄養繁殖は上流部網流蛇行区間では、ハリエンジュで85%、下流部複断面区間のアカメヤナギは72%であった。
- 5) 洪水などの水理的影響については、上流部網流蛇行区間では、近年冠水は確認されていないため、樹齢の分布が広い年代にわたっていた。また、下流部複断面区間では、植生域を冠水する出水が1985年まで頻繁に起きており、98年の出水の影響もあり、樹齢分布は10から20年の高木が多い構造となっている。
- 6) 下流部複断面区間において、出水時の外力モーメントにより、出水規模にもよるが、樹齢6年以下の高木が倒伏・流出したことが推察された。

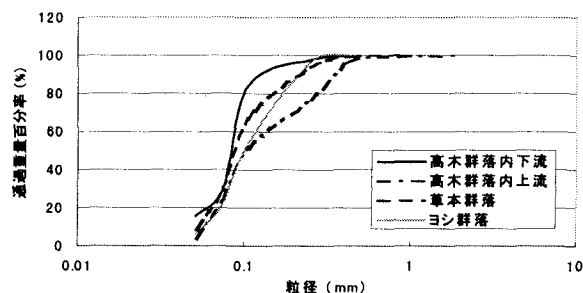


図-15 粒径加積曲線（下流部複断面区間）

6. おわりに

本研究では、鬼怒川流域での高木群落の実態を調べた結果、群落の形成・発展と河道特性・水理的影響の関係を明らかにすることができた。今後は、河道の蛇行形態の影響を考慮するため急流部において調査地点を2ヶ所追加し、また、草本類の生産との関係、他河川の事例を入れて一般化したいと考えている。

参考文献

- 1) PACALA, S. W.・C. D. CANHAM・A. J. SILANDER: Forest models defined by field measurements: I. The design of a northeastern forest simulator, Can. J. For. Res., 23, pp.1980-1989, 1993
- 2) 岡部健士・鎌田磨人・湯城豊勝・林雅隆: 交互砂州上の植生と河状履歴の相互関係 -吉野川における現地調査-, 水工学論文集, 第40巻, pp.205-212, 1996
- 3) 李参熙・藤田光一・塚原隆夫・渡辺敏・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
- 4) 砂田憲吾・岩本尚・渡辺勝彦: 出水履歴と河道特性が植生域の長期変動に及ぼす影響に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第42巻, pp.451-456, 1998
- 5) 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 -利根川と鬼怒川を実例として-, 土木研究所資料, 土木研究所資料3249号, 1994
- 6) 財)リバーフロント整備センター: 河川水辺の国勢調査年鑑, 山海堂, 1996
- 7) 池内幸司・田口隆男・原田圭助: 河道内樹木の育成特性に関する基礎研究, リバーフロント研究所報告, No.4, pp.155-167, 1998
- 8) 渡辺敏・藤田光一・塚原隆夫: 安定した砂礫州における草本植生発達の有無を分ける要因, 水工学論文集, 第42巻, pp.439-444, 1998
- 9) 山本進一: 森林の更新 -そのパターンとプロセス-, 遺伝, 38巻4号, pp.43-50, 1984
- 10) 財)リバーフロント整備センター: 河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン(案), 山海堂, 1994
- 11) 奥田重俊・佐々木寧: 河川環境と水辺植物 -植生の保全と管理-, ソフトサイエンス社, 1996

(1999.9.30 受付)