

ハリエンジュによる動的河道内樹林化について

STUDY ON THE EXPANSION OF ROBINIA PSEUDO-ACACIA IN GRAVEL-BED RIVER CAUSED BY FLOOD DISTURBANCE

清水義彦¹・小葉竹重機²・岡田理志³

Yoshihiko SHIMIZU, Shigeki KOBATAKE and Satoshi OKADA

¹正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科 (〒365-8515 桐生市天神町1-5-1)

²正会員 工博 群馬大学教授 工学部建設工学科 (〒365-8515 桐生市天神町1-5-1)

³学生会員 群馬大学大学院工学研究科 (〒365-8515 桐生市天神町1-5-1)

Recently riverine trees in the course of gravel bed-river have extremely increased and enlarged their covered-area over bars and flood plain. Such a situation brings about problems of river management for the environmental aspects as well as the safety of rivers against flood. In order to clarify such problems, we should get the knowledge about how the instream vegetation grows up and expands their covered zones in the gravel-bed river.

In this paper, the cause of the excessive growth of *Robinia pseudo-acacia* was examined in the segment-1 reach of Watarase River. Especially, from the investigation of the annual rings of tree, it was clear that some forests of *Robinia pseudo-acacia* in bars were formed right after the main flood. We can consider that the flood caused change of generation of the trees and the damage which the flood gave to the trees can be classified by the scale of the flood external force. Based on the field study and numerical analysis with 2D-flow model, the critical tractive force to be an index of the scale of flood disturbance was evaluated and results showed that rapidly expansion by the germination from fallen trees makes the excessive growth of riverine trees.

Key Words: the riverine trees expansion, *Robinia pseudo-acacia*, gravel-bed river, germination by fallen trees, flood disturbance, 2D-numerical flow model

1. はじめに

近年、河道内植生の著しい繁茂によって樹林化が進み、河川管理上の懸案事項となっている箇所が少なくない。治水面では、主として洪水疎通能力阻害が懸念されるが、環境面においては、セグメント特有の玉石川原が草本類、木本類によって占有されて、河相固有の景観構造の変化とそこでのハビタートの（潜在自然なものからの）変質を産んでいる。

河道内樹林化については最近の研究成果では、そのシナリオとして、①地形変化（比高差）の出現→②洪水によって比高の高い箇所に細粒土砂が堆積→③パイオニア的植生（草本類）の侵入→④比高+植生の効果で細粒土砂堆積が促進（②よりも効率よく細粒分を捕捉）→⑤比高差の拡大、木本類の侵入→⑥冠水頻度の低下と安定した樹林形成が考えられている【図-1】^{1), 2), 3), 4)}。こうした見方は樹林化の素過程として有用であるものの、ここでは、むしろ冠水すること、洪水攪乱を受けることが河道内樹林化を持続・拡大させることに着目している⁵⁾。

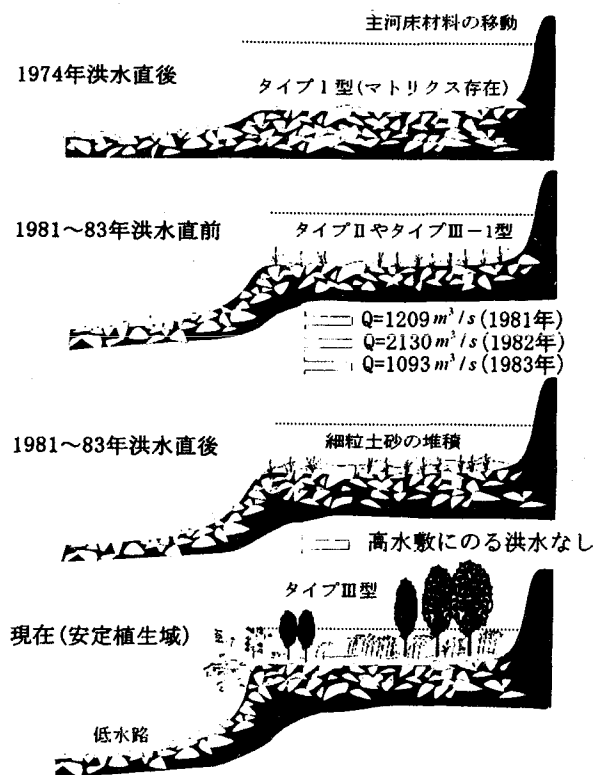


図-1 静的樹林化のシナリオ⁴⁾

本研究では、セグメント1の河相特性をもつ礫床河川で、ハリエンジュによる樹林化の進んだ中州や高水敷が豊富に存在する利根川水系渡良瀬川を対象とし⁵⁾、そこでの河道内樹林の持続・拡大について、現地調査および平面流数值解析から検討した。

2. 調査対象河道の概要

対象とした河道区間は、利根川水系渡良瀬川の利根川合流点からの40kmから55km付近で、平均河床勾配1/140のセグメント1に代表される粗い礫床河川である。近年の河道特性としては河道平面形の変化が顕著ではなく低水路固定と複断面化が進んでいる。図-2に年最大流量の経年変化を示す。ここでの対象区間では計画流量3500m³/s、低水路満杯流量が現況で約1000m³/sである。ここでは、近年、中州・高水敷がハリエンジュの樹林化によって占有される傾向にある。図-3は調査した州の一つで、樹林化の経年的な進行を示した（期間1：S46,期間2：S58,期間3：H7）。樹林化の詳細については文献6に述べているので参照されたい。

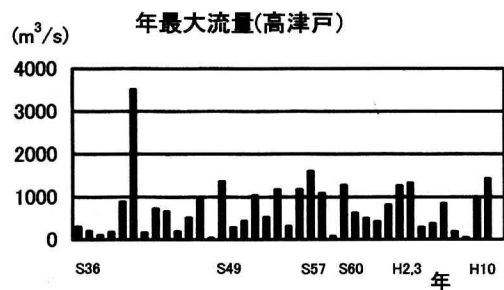


図-2 年最大流量の時系列

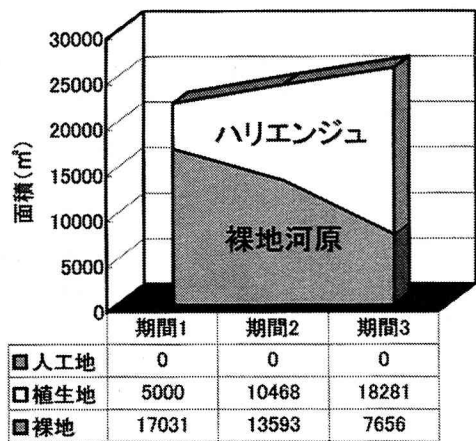


図-3 調査区間内の州の樹林化

3. 既往洪水と中州樹木の世代交代

写真-1は注目したハリエンジュの樹林化中州（52km付近）である。ここでの樹齢調査を行った結果、ほとんどが年輪16年であった〔図-4〕。



写真-1 年輪調査したハリエンジュ樹林ともつ中州

これは、昭和57年洪水（流量1596m³/sで、ここでの計画流量は3500m³/s）直後にほとんどのハリエンジュが生まれたことを意味する。ところで、昭和56年に撮られた航空写真によれば、この時点で同中州にはかなりの樹木がすでに繁茂していた事実が認められた。したがって、ハリエンジュは昭和57年洪水での攪乱によって世代交代し、57年洪水後からの新たな再生過程を経て現況の樹林地を形成したものであることが分かる。そこで、57年洪水が中州上の樹木に与えた攪乱を、洪水規模を指標として見ることにした。

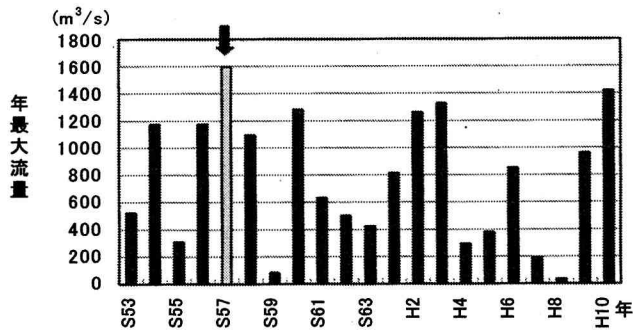
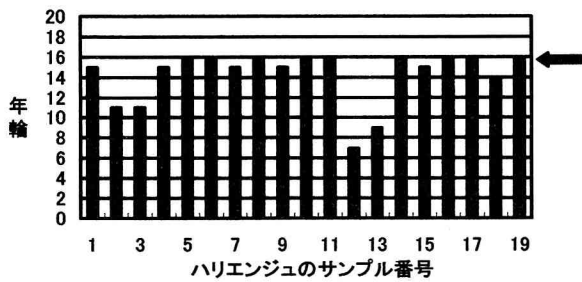


図-4 中州の年輪調査と既往洪水との関係

図-5bは一般化座標系平面流計算^{7), 8)}による主流速コンターで着目した中州では4.0m～5.0m/s程度である（ただし、以下の計算では樹木による流速低減効果は考慮していない）。州上の樹木への洪水ストレスは、木そ

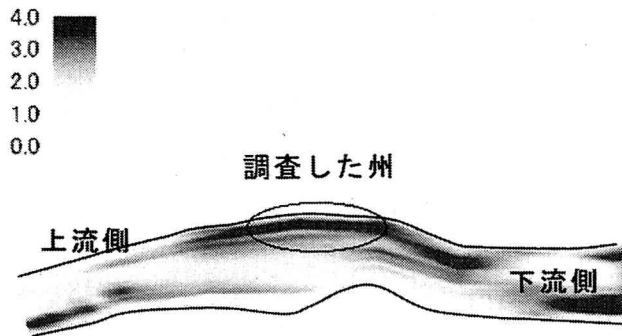


図-5a 昭和57年洪水の再現計算 [水深 m]

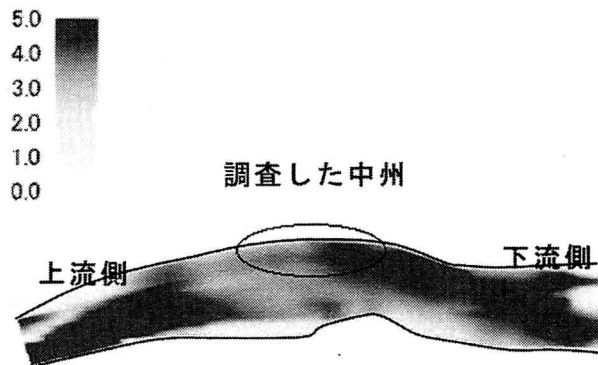


図-5b 昭和57年洪水の再現計算 [主流速 m/s]

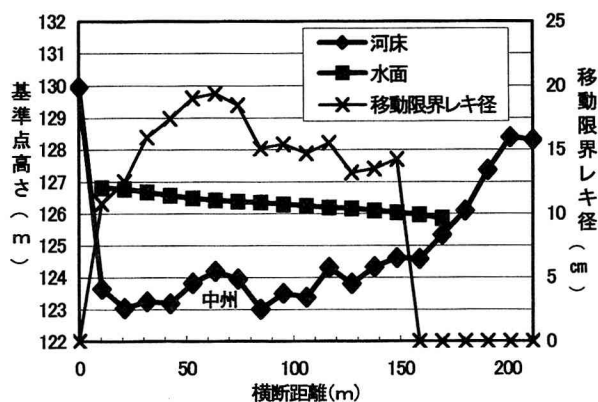


図-6 調査した中州の移動限界礫径

のものにかかる流体力もさることながら河床材料の移動による攪乱が大きく影響する。瀬崎ら⁹⁾は草本類の流失機構を河床材料の移動に着眼して現地調査から有用な知見を見出しており、木本類においても、とくに、ハリエンジュはその主根茎は浅く、表層河床材料のどの粒径のものが動くかで樹林に与える破壊規模（洪水ストレス（洪水が樹木に与えた影響を洪水ストレスと呼ぶことにする）で、これを①流失、②完全倒木（根茎の完全な切断）、③根付倒木・傾斜倒木（根茎の礫床内での残存）に分類する）が、移動限界礫径を指標として区別できると考える。図-6は中州代表断面での移動限界礫径の推定値で20cmクラスの礫が移動できることが分かった。

4. H10.9洪水後の中州樹林地の再生

さて、平成10年9月にも昭和57年洪水とほぼ規模の等しい洪水（流量1420m³/s）を渡良瀬川は経験した。上記の中州とは異なる中州（43.6km地点で、同じセグメント1内の樹林化の顕著なもの）で洪水前後の現地観測を行い、H10.9洪水での樹木の流失や倒木が顕著であることが認められた〔写真-2〕。ここでも同様な数値計算から移動限界礫径を推定すると15-20cm程度で〔図-7〕、これは州の表層の60%-90%粒径に相当する〔図-8〕。よって、異なる地点の中州ではあるが、H10.9洪水もS57洪水が与えた中州の洪水攪乱や中州樹木への洪水ストレスはほぼ同程度のものと判断できる。

そこで、H10.9洪水が与えた州の樹木の破壊、再生を現地調査から求めた。図-9は調査した州の平面スケッチで、A,B,D はハリエンジュ樹林、C は礫河原に草本類が存在し、一部にハリエンジュの林が見られる。中州でサンプル空間として10m×20m格子を設定し密生度を評価した（表-1）。ここで密生度は、洪水後に残った樹木について樹林地内空間における遮蔽面積で評価した。洪水痕跡から見ると中州水際での攪乱が大きく樹木の流失も推定された。その他では上記③の洪水ストレスが顕著で、写真-3のように樹木が傾斜しながら、その上を礫の堆積している状況（傾斜倒木）が洪水攪乱の大きい箇所の特徴として見出された。表-2に各地点の倒木・傾斜倒木率を示す。



写真-2 観測地の中州とH10洪水時（916）の状況

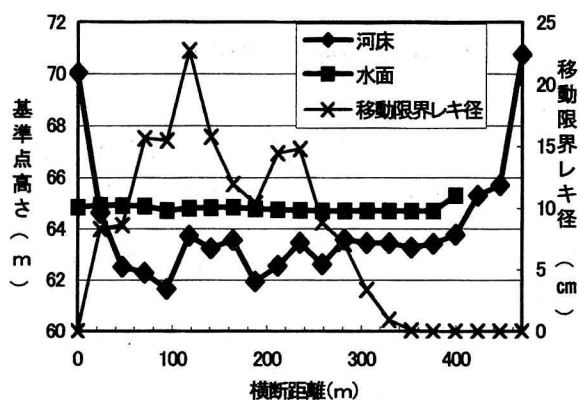


図-7 推定した移動限界礫径

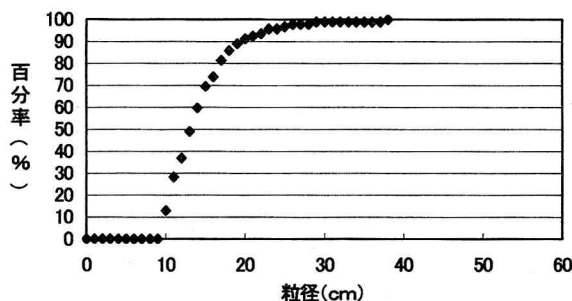


図-8 州表層の礫の粒度分布〔径10㎝以上〕

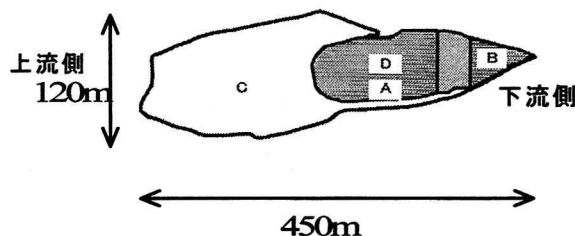


図-9 調査した中州の平面形 (43.6km)

表-1 中州の各地点での樹木密生度

地点	密生度〔1/m〕
A	0.00880
B	0.0152
C	0.00347
D	0.0104

表-2 中州の各地点での倒木、傾斜倒木率

地点	倒木・傾斜倒木率〔%〕
A	47.826
B	0
C	66.667
D	14.286

また、H10洪水1年後の同中州での調査（H11.11月実施）で、ハリエンジュの倒木、傾斜倒木のほとんどから萌芽して急激な密生度増加が起こっていることが認められた。写真-4は倒木1本からの萌芽の様子である。ハリエンジュはとくに正の屈光性が強く幹からの萌芽が著しい。H10洪水2年後の同中州での調査（H12.7月実施）では、出水一年後に急激に増加した萌芽本数が、成長に伴い自然に淘汰されて減少していることが確認された。図-10に出水1年後と2年後の倒木からの萌芽本数を示した。これは出水1年後、全長6mの一本の倒木から15本程度萌芽し、出水2年後には、それが淘汰されて7本程度に減少したことを表している。この1年間での淘汰率は平均して54%程度であった。



写真-3 中州で倒木したハリエンジュ林



写真-4 倒木1本から萌芽したハリエンジュ

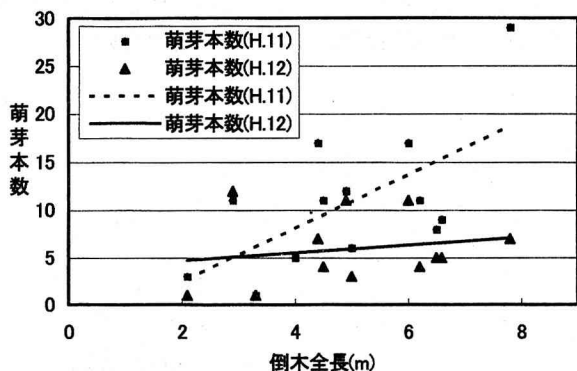


図-10 倒木からの萌芽本数（倒木1本あたり）

さらに、図-11は倒木した同一のハリエンジュについて、根元からの幹長さを50cmごとに区分し、萌芽本数と平均樹高の分布を出水1年後と2年後と比較したものである。この図から、出水1年後には平均高さ2m～3m程度の林がすでに形成されることが分かる。また2年後には、萌芽本数は減少するものの、根元に近い部分で急激な成長が見られ、その高さは4.5mに達する。〔写真-5〕



写真-5 倒木から成長したハリエンジュの萌芽
(出水1年後)

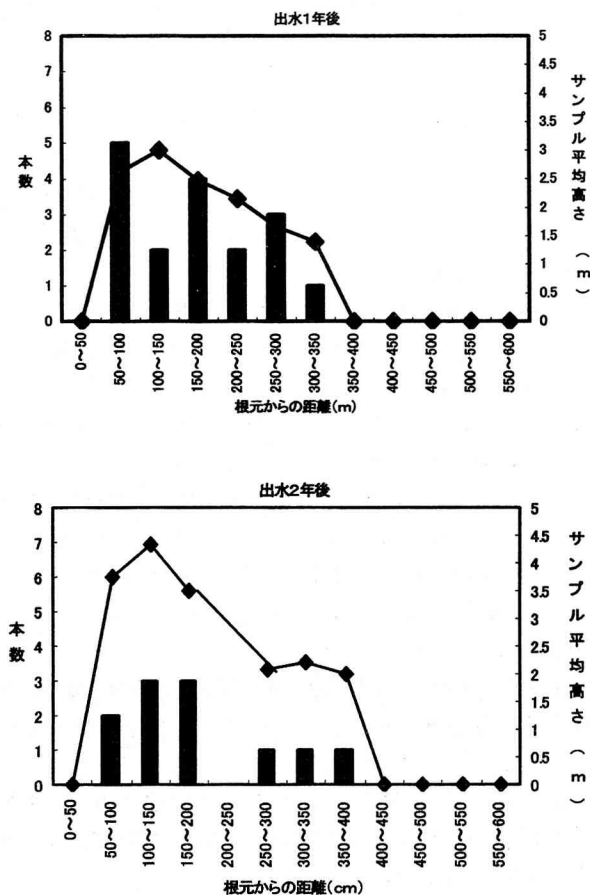


図-11 幹根元からの萌芽本数、平均樹高の比較

図-12は倒木1本あたりの萌芽本数に対する、出水1年後と2年後の根元幹径の比で評価した年成長率を表したも

ので、萌芽本数の多い倒木は萌芽の成長が悪いが、萌芽本数の少ない倒木は萌芽の成長が良く、その成長率は5倍以上に達することがわかる。また、図-13は成長率の分布を示したもので、ほとんどの萌芽が1年間で1倍～3倍程度成長していることがわかる。

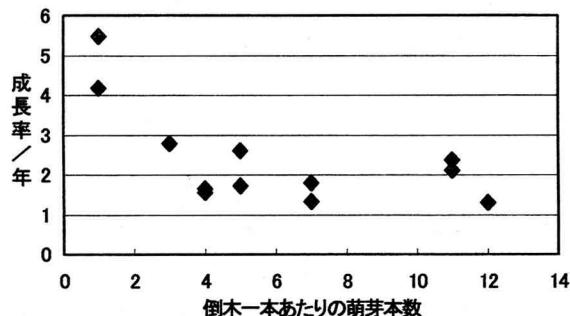


図-12 倒木1本あたりの萌芽本数に対する成長率

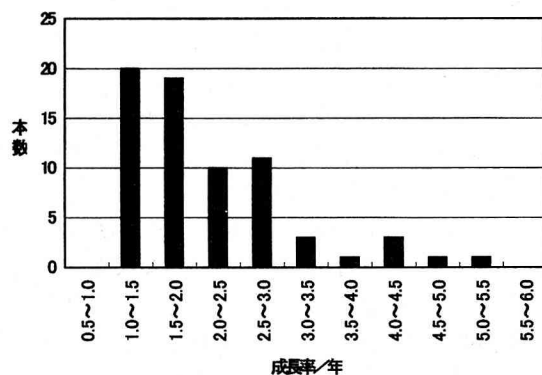


図-13 成長率の分布

以上より、洪水攪乱を受けた中州上のハリエンジュは、H10洪水後1年目には急激な萌芽により本数が増加し、2年目には自然淘汰されその本数は減少するものの、萌芽の急激な成長により樹林化が促進されることがわかる。すなわち洪水攪乱はその規模によっては、その後の急激

な樹林化を促すことが予想される。図-14に、中州上のハリエンジュ本数の変化を表した。H10洪水後1年目にして洪水前の本数の10倍に達し、2年目には減少するもののその本数は洪水前の5倍である。この図からも樹林化が促進していることが見受けられる。先述した昭和57年洪水によって52km地点の中州も同じプロセスで樹林化した事が推測できる。

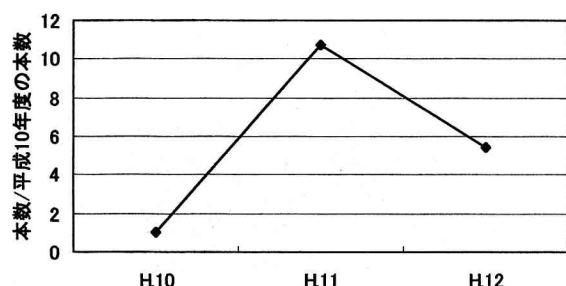


図-14 中州上のハリエンジュ本数の変化

5. 動的樹林化と静的樹林化

以上の検討から礫床河川の河道内樹林化についての幾つかの疑問に答えることができそうである。すなわち、

- ・ なぜ、礫床河川で樹林化が顕著なのか？
 - ・ なぜ、河道内で林がすみやかに形成されるのか？
- である。

まず、最近の礫床河川の河道特性（低水路固定と複断面化）や洪水規模から見ても樹林地を完全にフラッシュさせるようなことはなかなか起こらない。しかも、セグメント1河川のように礫床では、河床材料の大規模な移動を起こすような攪乱は容易ではない。これからすると、栄養繁殖できるハリエンジュ、ヤナギ類などは礫床に根茎が存在する限り再生できる。この意味から礫床と栄養繁殖できる木本類が樹林化を産むキープポイントとなっている。とくに、ハリエンジュは礫材料に絡まる形で根茎の平面的広がりをもつことから、近年の洪水攪乱から受けるストレスは写真-3に示すように、大きくとも根付倒木や傾斜倒木が生じる程度である。

洪水攪乱後のハリエンジュが倒木や傾斜倒木となる環境ではきわめて近い将来、より著しい繁茂となる樹林地を形成することが予想される。もちろん、比高差の拡大・冠水頻度の低下から生まれる樹林化（静的樹林化と言うべきもの）も多くの礫床河川で健在化しているが、ここで議論した洪水攪乱による、言わば動的樹林化では洪水攪乱後の速やかな再生がその特徴である。

渡良瀬川の観測区間では、ハリエンジュの倒木群による河畔林が形成されている箇所がある（写真-6）。年輪調査から16年が読み取れ、これも昭和57年洪水直後にハリエンジュが一斉に発芽したことを意味している。すなわち、自然河畔林が形成される一つの理由も動的樹

林化にあると考えられる。より多くの事例とともに樹林地回復過程の現地調査を行い検討して行きたい。



写真-6 ハリエンジュの倒木による河畔林の形成

謝辞：本研究を進めるにあたり、建設省渡良瀬川工事事務所の協力を得た。また、本研究は（財）河川環境管理財団の河川整備基金助成事業を受けた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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，42巻，pp.433-438,1998.
- 2) 藤田光一・渡辺敏・李参熙・塚原隆夫：礫床河川の植生繁茂に及ぼす土砂堆積作用の重要度，第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集（新しい河川整備・管理の理念とそれを支援する河川技術に関するシンポジウム），pp.117-122,1998.
- 3) 清水義彦，小葉竹重機，新船隆行，岡田理志：礫床河川の河道内樹林化に関する一考察，第43巻，pp.971-976，1999.
- 4) 李参熙・山本晃一・望月達也・藤田光一・塚原隆夫・渡辺敏：扇状地礫床河道における安定植生域の形成機構に関する研究，土木研究所資料第3266号，168p，1999.
- 5) 清水義彦，小葉竹重機，岡田理志，新船隆行，岩崎工：洪水攪乱によるハリエンジュの破壊・再生と河道内樹林化について，河川技術に関する論文集，第6巻，59-64，2000.
- 6) 河道変遷研究会：河道変遷特性に関する研究，（財）河川環境管理財団，pp.124-137，1999.
- 7) 長田信寿，細田尚，村本芳雄：河岸侵食を伴う河道変動の特性とその数値解析法に関する研究，土木学会論文集，No.621/II-47 pp.23-39，1999.
- 8) 長田信寿：一般化座標系を用いた平面2次元非定常流れの数値解析，水工学における計算機利用の講習会講義集，土木学会水理委員会基礎水理部会，61-76，1999.
- 9) 瀬崎智之・服部敦・近藤和仁・藤田光一・吉田昌樹：礫州上草本植生の流失機構に関する現地観測と考察，水工学論文集，44巻，pp.825-830,2000.

（2000.10.2受付）