

鬼怒川における礫河原再生事業後の 植生遷移に関する基礎的研究

池田裕一¹・幸村智史²・飯村耕介³・佐藤雄斗⁴

¹正会員 宇都宮大学大学院教授 工学研究科地球環境デザイン学専攻
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)
E-mail: ikeda@cc. utsunomiya-u. ac. jp

²学生会員 宇都宮大学大学院博士前期課程 工学研究科学際先端システム学専攻 (同上)

³正会員 宇都宮大学大学院助教 工学研究科地球環境デザイン学専攻 (同上)

⁴学生会員 横浜市役所
(〒231-0017 神奈川県横浜市中区港町1-1)

近年、多くの礫河川はさまざまな人為的インパクトを受けて、河床低下や滞筋の単列化などが起こり、河岸侵食や局所洗掘などの治水上の問題はもちろんのこと、礫河原固有植物の減少や外来植物の侵入といった環境面の問題も顕著になってきている。これに対し鬼怒川では、砂州の切り下げと大礫堆の成形による2列蛇行の促進といった礫河原保全事業を継続しているが、事業後は特に有効な維持管理を行っておらず、細砂が多く堆積し草地化および樹林化が進行しているのが現状である。そこで本研究では、鬼怒川中上流部において、礫河原保全事業が実施された大礫砂州上で現地調査を行った。その結果、上流側に開いた大きなU字型の領域にイネ科を中心とした植物が繁茂しており、このU字型の植生分布状況が礫河原固有種と外来種の生息環境に重要な影響を与えていることがわかった。さらに、各植種の生息地の比高や河床材料などの要因との関係性を検討し、施工後の有効な植生管理に関する基礎的な知見を得た。

KeyWords: *Kinu river, vegetation, substrate, relative height, gravel bed restoration*

1. はじめに

日本は諸外国と比較して急流河川が多く、急流河川では砂礫の生産や堆積が盛んなため、中流域に被植のまばらな砂礫質の河原が発達する。しかし近年、礫河川の多くはダム建設や砂利採取による土砂供給量の減少、低水護岸の設置および築堤などの人為的インパクトを受けた。この結果、河岸侵食や局所洗掘などの治水上の問題だけでなく、礫河原固有植物の減少や外来植物の侵入・拡大といった環境面についても問題となっている¹⁾²⁾³⁾。

鬼怒川中流部でも、戦前では網状あるいは複列蛇行の流路形態を呈していたが、現在では流路の単列化の進行に加えて水衝部の形成などの治水上の問題が起こっているほか、外来種であるシナダレスズメガヤがその分布を拡大し、環境省レッドリスト:絶滅危惧Ⅱ類に登録されているカラノギクのほとんどが消失しているといった環境上の問題も起きている。その結果、鬼怒川固有の景観に変化が生じている³⁾⁴⁾。

このような問題の解決には、礫河原固有植物の保護や外来植物の駆除などの直接的な環境面の対策だけでなく、礫河川本来の河床変動機構である2列、複列流路を復元・維持し、河道の安定化を図るなど、これらのシステム全体をよりよく機能させることが重要である¹⁾⁵⁾。

これに対して鬼怒川では、砂州の切り下げによる冠水頻度の増加や大礫堆の成形による流況の制御を狙った事業を継続して実施しているが⁴⁾、事業後は特に有効な維持管理を行っておらず、砂州上には細砂が多く堆積し、草地化および樹林化が進行しているのが現状である。

筆者らはこれまで、礫河原保全事業が実施されて間もない大礫砂州を対象に現地調査を行い、保全事業直後の植物群落の繁茂状況と地形・土砂堆積状況との基本的な対応関係を検討した⁶⁾⁷⁾。本研究では、引き続き前報と同様な調査を実施するとともに、新たにベルトトランセクタ調査も実施して、各地点での植物種ごとの被度を調べた。これにより、各植物種が生息しやすい比高、基質の特徴を捉え、各要因との関係性をより詳細に検討して、再生施工後の有効な植生管理に関する基礎的な知見を得るものとする。

2. 調査地点および方法

調査地点は鬼怒川中流部、栃木県塩谷町の上平橋付近の大礫砂州(利根川合流点よりおおそ 98.5～99.2km)である(図-1)。この地点は、国土交通省下館河川事務所により2011年11月に保全事業が行われた場所である(図-2)。調査期間は、2012年10月～12月、2013年10月～2014年1月、2014年10月～2015年1月である。

植生分布調査については、GPS 機器(トプコン社、GRS-1)を用いて植物群落の周縁の位置座標を記録し、群落内部の植物種や群落の大きさを調べた。また、群落周縁の位置座標を GIS 上で表示して植物種ごとに色分けし、おおその目安として空中写真も重ね合わせて植生分布図を作成した。

ベルトランセクタ調査では、調査地点に5本のベルトを設定し、各ベルト上においておよそ30mの間隔でコドラートを設置して各植物種の被度を調査した。被度については、植物が地表を覆っている割合ごとに、「+」および「1～5」の六段階とした⁸⁾。

断面地形調査は、副水路などの微地形を把握するため、2012年に実施した。大礫砂州を横断する測線上(後述、図-3参照)の各点の平面位置座標と高さを測量した。

また、出水の頻度と規模を確認するために、その上流の佐貫(下)観測所(利根川合流点より106.82km、零点高標高250.800m)および下流の宝積寺(上)観測所(利根川合流点より83.48km、零点高標高126.749m)の二カ所での水位を調べた。この水位データと地形測量の結果から、調査地点のおおその比高も算出した。

3. 調査結果および考察

(1) 植生分布

図-3～5にそれぞれ2012～2014年の植生分布状況を示す。図中の群落の名称は一般的なものではなく、今回の調査に即して、特定が容易な呼称としている。群落の名称とそこに含まれる代表的な植物種については表-1を参照されたい。

全体的な特徴としては、大礫砂州の大礫堆より上流側ではあまり植生が見られず、また生息していても植生密度は低かった。一方で、大礫堆からやや離れた下流部で、上流側に開いたU字型の領域に多くの植物種が広く分布し、比較的植生密度も高かった。このU字型の領域は、図中の空中写真で確認できる主水路(青い矢印)と図-3～5において破線で示した副水路に対して、ある一定の比高の範囲にあるものと考えられる⁹⁾。また、調査3年目には砂州中央部にも植生が生育し始め、まだ密度はそれほど高くはないが、U字型領域から砂州全体を覆うような紡錘形へと段階的に移

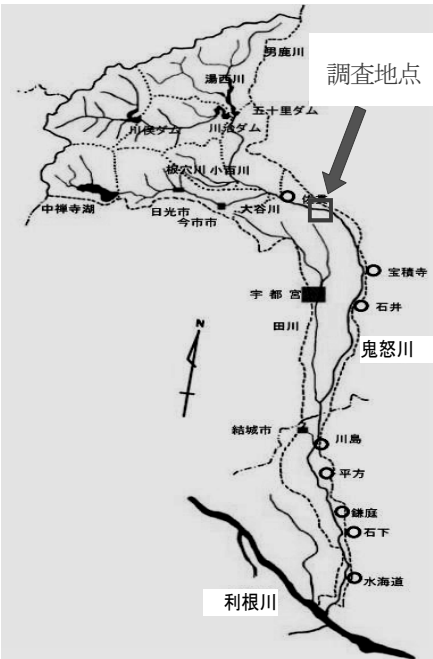


図-1 調査地点の位置

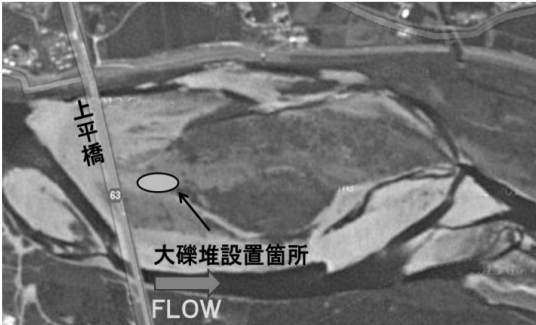


図-2 砂州の様子

表-1 本研究における群落名称と種組成

群落名称	代表的な植種と群落番号
礫河原固有種	カワラハハコ カワラケツメイ カワラノギク
固有種等の混成	カワラハハコ シナダレスズメガヤ イネ科植物
外来種	シナダレスズメガヤ セイタカアワダチソウ
イネ科	ススキ オギ ツルヨシ
外来種・イネ科	シナダレスズメガヤ イネ科植物
木本類	カワヤナギ ハリエンジュ

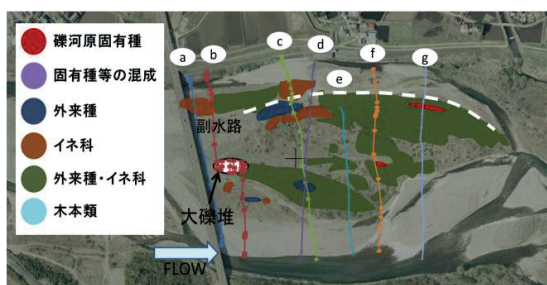


図-3 分布調査結果(2012)と地形測量地点

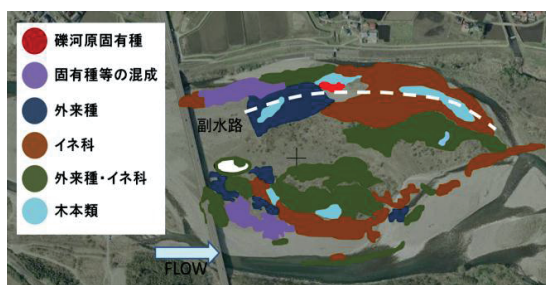


図-4 分布調査結果(2013)

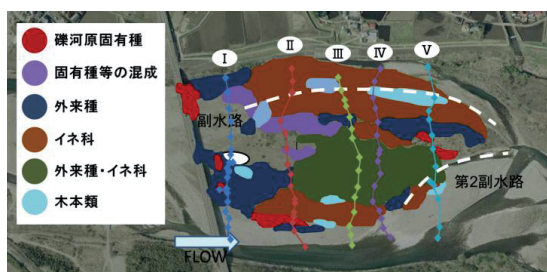


図-5 分布調査結果(2014)とベルト位置

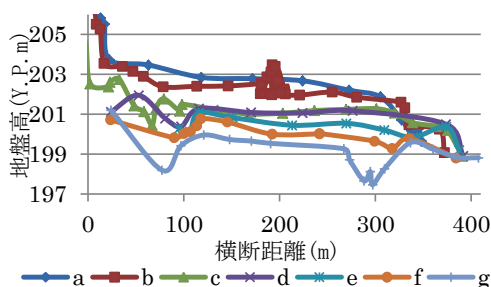


図-6 地形測量結果

行している。

礫河原固有植物については、計3年の各調査においても確認できた個体数は少なかった。2012年の調査ではある程度広く分布していたカワラハハコ他に、少数のカワラケツメイや、極めて少数のカワラノギクが見られた。2013、2014年の調査では、カワラノギク、カワラケツメイは見られず、カワラハハコのみとなってしまうが、個体数は増加しているようであった。しかし、外来種と共存、囲まれている群落も多く存在し、今後衰退する可能性も大いにありうる。また、礫河原固有種の群落は、U字型領域の外側で、主水路および副水路に沿って細礫が堆積した領域に、広範囲に見られるようになった。

外来植物は礫河原固有植物に比べ、個体数が圧倒的に多く、大礫砂州全域で見られた。2012年ではシナダレスズメガヤ、セイタカアワダチソウの2種が繁茂している様子が見られたが、2013年以降では、シナダレスズメガヤがほとんどとなり、さらにその分布を拡大していた。特にU字型領域を形成するイネ科植物の群落によって出水時の流れが停滞し、領域内側に砂が広範囲に堆積していたところにより定着しやすく、繁茂していた。

イネ科植物についても外来種同様、砂州全域にわたりオギを中心に繁茂しており、また年々増加傾向にある。特に副水路を有する砂州左岸側のイネ科群落は、人が入っていない程密生しており、大きさも3mを超えるものが多く生育していた。また、このイネ科植物が砂州にU字型に繁茂したことにより多くの植物種に影響を与えている。

また、木本類については、2012年では数本のハリエンジュのみ確認できたのに対し、2013年では300本近くハリエンジュ、カワヤナギが見られ、2014年ではさらに個体数が増加

していた。このうちハリエンジュの多くは、大礫砂州右岸側で見られる。これは、出水時に大礫堆から主水路へ向かう流れにより漂流した個体が、U字型領域の内側で留まり、萌芽したようである。また、少数ではあるが左岸側でも確認した。これに対し、カワヤナギは大礫砂州左岸側の副水路に沿って大きな群落を形成しつつある。今回の調査で確認できた木本類は、地上部の経過年数はまだ若く、種子散布能力は有する段階には至っていないと考えられる¹⁰⁾。数年後に種子散布するようになると、この砂州だけでなく下流にも分布を拡大させて、河道内樹林化が進行する可能性がある。

(2) 断面地形

図-6に地形測量の結果を示す。これは、図-3に示した「a」～「g」の測線に沿って、数mおきに平面距離と高さとの関係を図示したものである。これを見ると、基本的には上に凸のカマボコ型をしており、大礫砂州の上流側の右岸側に深い水路形状である主水路が見られ、下流側に進むにつれて左岸側にも浅い副水路が見られる。礫床河川の典型的な2列の形状の断面形状になっている。

また、測線「b」における大礫堆設置箇所の頂点の河床高は、それより上流側の測線「a」における同様な横断位置での河床高よりも高く、逆勾配となっている。これは、礫床河川本来の大礫堆の形状を人為的に整正したものである。

(3) ベルトトランセクタ調査

図-5にベルトトランセクタ調査位置を示す。コドラートについては、およそ30m間隔で設置したと前述したが、不規則であるため、調査結果を50m間隔で平均化した。その際、被度「+」については数値0.5として扱った。図-7は、砂州の左岸

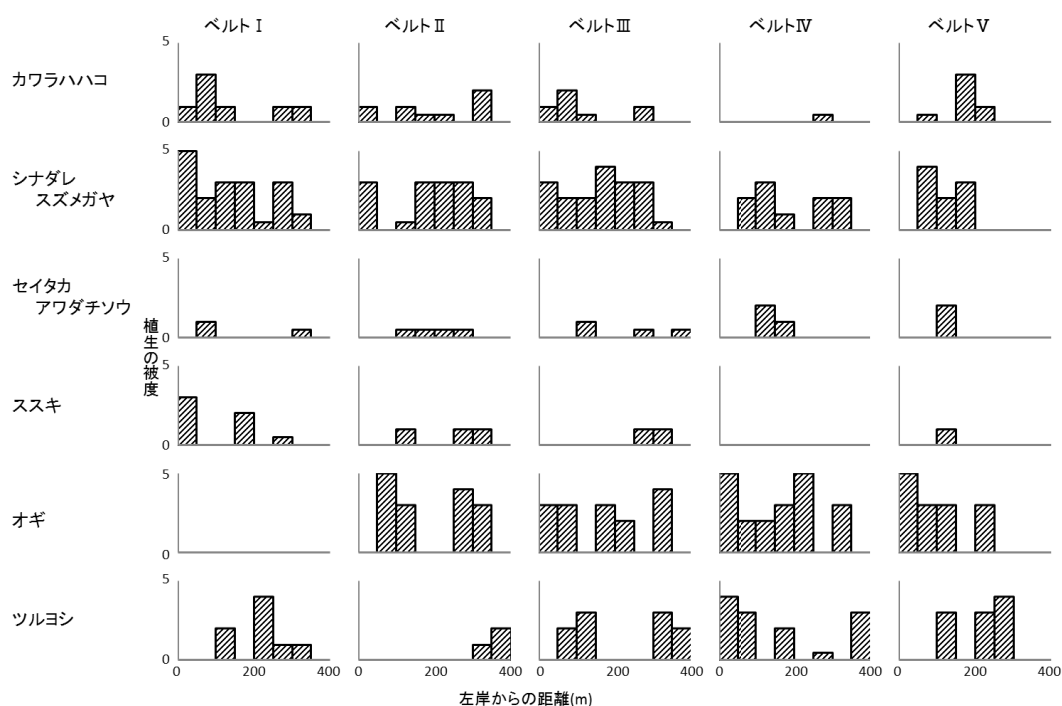


図-7 ベルトトランセクタ調査結果

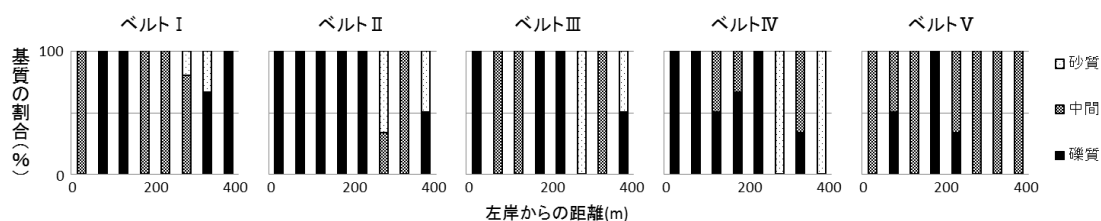


図-8 各ベルト位置における基質の割合

を基準にし、50m間隔で各被度をグラフ化したものである。

カワラハハコについては、全体的に被度が高い群落はなかったが、U字型領域外側に位置する地点の被度は比較的高い傾向にあった。一方で領域内側ではほとんど見られず、生育しているも被度の低い群落であった。

シナダレスズメガヤは、砂州全体で群落が見られ、またそのほとんどが被度の高い群落であった。このことより、シナダレスズメガヤが一度生育し始めた地点は繁茂していくことが推測できる。また、セイタカアワダチソウについては、生息しているもまばらに生えているほどであった。

イネ科植物であるオギについては、砂州前面部であるベルトⅠではほとんど見られなかったが、他のベルト位置ではまとまって生息している様子がみられた。どの植物種よりも平均的な被度が高く、密生していることから、流水抵抗が強く、細粒土砂を堆積させる要因となっていることが分かる。また、ツルヨシは他の植物種が生育していない主水路付近にも繁茂しており、ススキの群落は被度の低いものが多かった。

(4) 基質と植生との関係

図-8に各ベルトにおける左岸から50mおきの基質の割合を示す。基質については、礫の露出の程度によって「砂質」、「中間」、「礫質」の3タイプに分類した。なお、「砂質」とは表層に礫がほとんどない状態、「中間」とは表層に砂と礫が混在している状態、「礫質」とは表層に砂がほとんどない状態をそれぞれ指す。

この図から、ベルトⅡ、Ⅲ、Ⅳの左岸から250～300mの位置において砂質の割合が高いことが分かる。これは出水時の主水路に向かう流れがU字型領域によって停滞し、砂を堆積させるためである。一方で、砂州中央部では植生が生育して間もないことや、冠水する頻度が少ないために、礫質の割合が高いものと思われる。また、副水路周辺である50～100m付近においても礫質の割合が高いことから、中小規模の出水時に流路が2列になっていることが推測できる。

植物種別にみていくと、カワラハハコの被度が高い地点の基質は礫質であるが、シナダレスズメガヤの被度が高い地点は一概に砂質の割合が高いとは言えない。基質が礫質

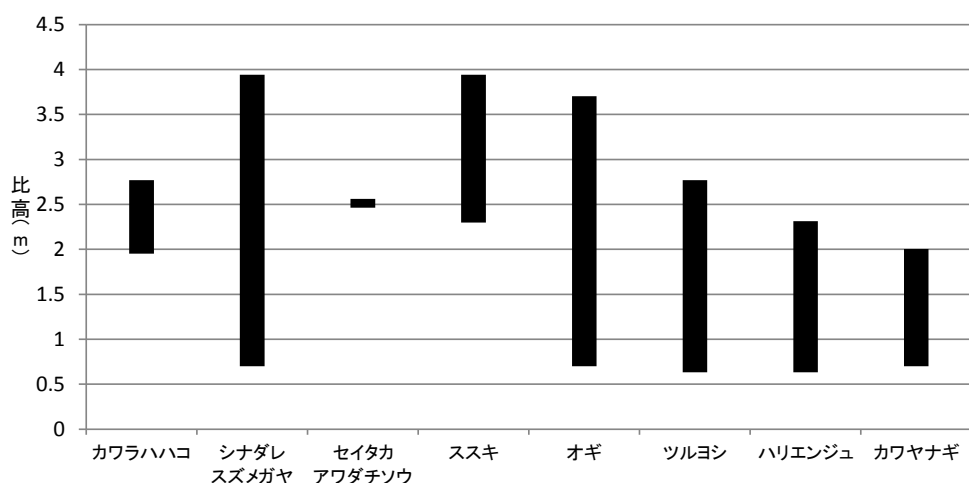


図-9 比高と植生との関係 (被度3以上の範囲)

であるがシナダレスズメガヤの被度が高い地点は、細粒土砂が堆積しやすい環境になっている。

(5) 比高と植生との関係

図-9に比高と各植物種との関係を示す。木本類であるハリエンジュとカワヤナギについては、群落のある地点付近の比高データを参照した。これ以外の植物種に関しては、ベルトランセクタ調査において、ある程度密生度のある被度3以上のものの比高をグラフに表わしている。

これを見ると、カワラハハコはある程度比高が高い場所に生育しやすいようである。また、赤松らの研究によれば比高3m前後で個体数が多くっており、本研究と近い結果となっていた¹¹⁾。

シナダレスズメガヤは、砂州全域に分布しているために、比高についても低い地点、高い地点、さまざまな場所で被度の高い群落がある結果となった。このことから、シナダレスズメガヤは他の植物と比べて、比高の影響を受けにくく、一度発芽すると個体数を増加させ群落を形成するようである。

セイタカアワダチソウとススキの2種については、被度3を超えるものが少なかった。しかし、被度3を超えないものも含めて比高との関係を見ると、セイタカアワダチソウは1~2mの比較的低い地点に、ススキ2.5~3.5mの比較的高い地点に生息しやすい結果となった。

イネ科植物で広く分布していたオギは、シナダレスズメガヤと同様にさまざまな比高で生育している。しかし、被度の高いものの多くは0.5~2mの比高の低い地点に多く存在していた。これより、砂州左岸側の副水路周辺に大きな群落を形成している要因となっている。

ツルヨシは、主水路付近に多数みられたことから、比較的比高の低い場所を好んで生息している結果となった。また、比高2.5m前後にも被度の高い群落があり、分布を広げている様子がうかがえる。

木本類であるハリエンジュ、カワヤナギの2種については、

草本類と比べ、比高の低い地点にまとまって生息していた。このうちハリエンジュは、比較的比高の高い左岸側から中央部間でも少数確認できたが、多くは比高の低い主水路有する右岸側で群落を形成していた。その一方で、カワヤナギは、副水路上に大きな群落を形成しているために、比高の低い地点を好むようである¹²⁾¹³⁾。

(6) 大礫砂州における植生遷移

本研究で調査の対象とした大礫砂州では、主にイネ科植物で形成される、上流側に開いたU字型領域を中心に多種多様な植生が繁茂している。この領域の他に、表層を形成する基質や砂州形状に伴う比高、出水の頻度や大きさなどの多くの要素が植生の遷移状況に影響を与えている。上述の検討結果をまとめると、植生の遷移と各種要因との関係は、以下のようになると考えられる。

保全事業直後(1年後)の礫質が多い状態のときには、比高に応じてU字型にオギやツルヨシなどのイネ科が優占して生息し始める。その後、出水による細粒土砂の堆積あるいは洗い出しが、細粒土砂を好むもの、粗い粒径を好むものの棲み分けを促すことになる。その結果、U字型領域外側に礫河原固有種が、内側に外来種であるシナダレスズメガヤが繁茂するようになった。また、礫河原固有種は、その多くがカワラハハコであり、再生保全事業1年後の調査1年目ではごく僅かだった。ここから2,3年目にはU字型領域の外側に位置する場所にまとまって生息するようになった。この地点は、出水時における流れの影響を受けやすいため、基質は礫質の割合が高く、カワラハハコが好む環境といえる。また、比高は2~3mであることや、年間数回起きる出水の規模がそれほど大きくないことから、粒径の細かい砂が堆積しづらかったことも生育しやすい環境となる要因となっている。しかし、現在ではシナダレスズメガヤが分布を拡大し続け、カワラハハコの群落を囲むような状況になっている。そのため、今後砂などが多く堆積し、環境は変化していくであろう。今

後、大礫砂州においてよりよい攪乱状況を生み出すための事業および維持管理が必要不可欠である。

4. おわりに

本研究では、鬼怒川における礫河原保全事業が実施されて間もない大礫砂州において3カ年の現地調査を行い、保全事業後の植生の遷移状況について、以下の知見を得た。

- 1) 大礫堆からやや離れた下流部で、上流側に開いたU字型の領域に、イネ科を中心とした植物群落が発達し、大礫砂州全体の生息環境に重要な影響を与えている。
- 2) U字型領域の内側では、出水時の流速が遅く細砂が堆積しており、シナダレスズメガヤ群落が拡大している。漂着個体からのハリエンジュ群落の定着も見られた。
- 3) U字型領域の外側では、出水時の流速が速く細礫が堆積しやすく、礫河原固有種の生息が促される。ただし同時に、カワヤナギ群落も発生しやすい。
- 4) 植生の遷移状況について、基質だけでなく比高も重要な影響を与えている。カワラハハコは、比高2～3mにおいて生育しやすい。また、副水路という地形が植生に与えている影響は大きいようである。

今後の課題としては、植生と各要因との関係を考慮して保全事業を実施する必要がある。また室内実験や数値解析などを併用して、効率的な事業や維持管理のあり方について深く検討していきたい。

参考文献

- 1) 須賀如川：大礫を含む混合粒径河川における河道システムの本質に関する考察，河川技術論文集，vol. 10，pp. 95-100，2004。
- 2) 須賀如川：大きい河岸侵食力を有するクランクフローの基本的事項に関する考察，水工学論文集，vol. 49，pp. 955-960，2005。

- 3) 村中孝司・鷲谷いづみ：鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性，保全生態学研究，vol. 6，2001。
- 4) 増子輝明，前村良雄，森川陽一，後藤勝洋：鬼怒川中流部における礫河原再生について，リバーフロント研究所報告，第21号，2010. 9。
- 5) 須賀如川，三品智和，長谷部正彦，池田裕一：大礫中州と2列蛇行の水理特性に関する考察，水工学論文集，vol. 52，pp. 775-780，2008。
- 6) 池田裕一，宍戸彩，飯村耕介，亀田涼，石ヶ森渉：急流礫床河川の大礫砂州上における植生分布に関する基礎的調査，第41回環境システム研究論文発表会講演集，2013. 10。
- 7) 池田裕一，幸村智史，亀田涼，飯村耕介：鬼怒川における礫河原保全事業後の維持管理のあり方に関する基礎的調査，第42回環境システム研究論文発表会講演集，2014. 10。
- 8) 沼田真：植物生態の観察と研究，東海大学出版会，pp. 26-30，1978。
- 9) 池田裕一，鈴木倫久，河森克至，須賀堯三：砂州上における植物群落の分布形態に関する基礎的研究，環境システム研究，Vol. 22，pp. 198-203，1994。
- 10) 高橋文，小山浩正，高橋教夫：赤川流域におけるニセアカシア (*Robinia pseudoacacia* L.) の分布拡大と埋土種子の役割，日本林学会誌，90，pp. 1-5，2008。
- 11) 赤松弘治，浅見佳世，田村和也：円山川浅倉地区におけるカワラハハコ個体群の生育立地，人と自然 Humans and Nature，No. 18，pp. 45-49，2007. 12。
- 12) 坂本健太郎，渋谷嘉昭，浅枝隆：樹林化が進行中の砂州内における樹木の生長特性に関する研究，河川技術論文集，Vol. 13，pp. 207-212，2007。
- 13) T. Asaeda, P. I. A. Gomes, K. Sakamoto, and M. H. Rashid, : Tree colonization trends on a sediment bar after a major flood, River Res. Applic., 27, pp. 976-984, 2011.

(2015.7.16受付)

A SYUDY OF PLANT SUCCESSION AFTER GRAVEL BEDS RESTORATION IN KINU RIVER

Hirokazu IKEDA, Satoshi KOMURA,
Kosuke IIMURA and Yuto SATO

Basic field investigation of vegetation distribution, bed topography and bed material was performed on a large gravel bar in the mid-upper regime of Kinu River, where the shape of the gravel bar was adjusted artificially three years before as a gravel bed restoration project. It was shown that most vegetation on the gravel bar grew thickly in U-shaped zone. And, habitats of native species for gravel bed and those of foreign species for sand bed were affected by interaction between the U-shaped zone and flood flows. And, relative height and substrate of vegetation habitats are important factor. Based on the influence of this U-shaped zone, relative height and substrate, a policy for effective maintenance after gravel bed restoration project is proposed.