

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

池田裕一¹・幸村智史²・亀田涼³・飯村耕介⁴

¹正会員 宇都宮大学大学院教授 工学研究科学際先端システム学専攻
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)
E-mail:ikeday@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 いであ株式会社
(〒154-0012 東京都世田谷区駒沢3-15-1)

⁴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
(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

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、砂州の切り下げと縦筋大礫堆の成形による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・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て間もない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。礫河原保全事業において地域住民などが外来種の駆除活動等を行っているが、その効果は十分ではない。そこで、本研究で明らかにされた植生分布と流況の関連性を利用した保全活動も同時に展開していくべきである。

KeyWords: Kinu river, vegetation, bed material, maintenance, 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や水衝部の形成などの治水上の問題や、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ⅠB類に登録されているカワラノギクがほとんど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環境面だけでなく、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・樹林化が進行しているのが現状である。シナダレスズメガヤに関しては、礫河原保全事業の一環として地域住民などが駆除活動等を行っているが、繁茂しているシナダレスズメガヤを人為的に除去することは短期的には有効であっても、再生産の可能性や労力、コストなどを考えると、継続的な対策としては効果が十分ではないと言える⁶⁾⁷⁾。

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⁸⁾。本研究では、引き続き同地点の調査を

実施し、事業実施直後から中小規模の出水を数回経て、中長期的な変遷へ向かう初期変遷の段階をとらえることにより、保全事業後の初期段階における維持管理のあり方を考察するものである。

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よ 98.8～99.5km)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月である。

植生調査については、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、おおよ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。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。

河床材料調査では、50cm 四方の枠を調査地点に置き、写真を撮影して植生群落ごとの河床材料構成率を求めた。すなわち、撮影した写真をもとに、粒径 10mm 以上の礫については写真上で長径・短径を測定して面積を算出した。粒径 10mm 以下のものについては枠全体の面積から粒径 10mm 以上の礫の合計面積を差し引くことによって、その全体の面積率として求めた⁹⁾。本研究の粒度区分は、ウェントウォース粒度区分を参考にし¹⁰⁾

¹⁾、表-1 のようにした。この粒度区分での巨礫および細礫・砂の境界は、本研究の測定の都合により、本来のものと異なっている。

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 249.544m)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。

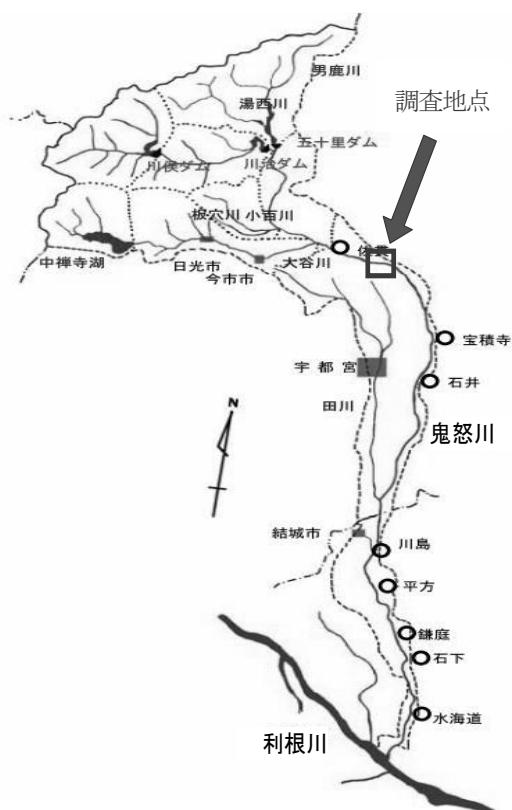


図-1 調査地点の位置

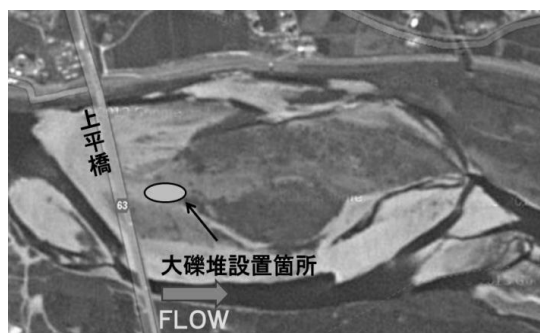


図-2 砂州の様子

3. 調査結果

(1) 植生分布

図-3、図-4 にそれぞれ 2012 年および 2013 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-2 を参照されたい。

表-1 本研究における河床材料粒径区分

区分	粒径 (mm)
大礫	$64 \leq d$
中礫	$10 \leq d \leq 64$
細礫・砂	$d \leq 10$

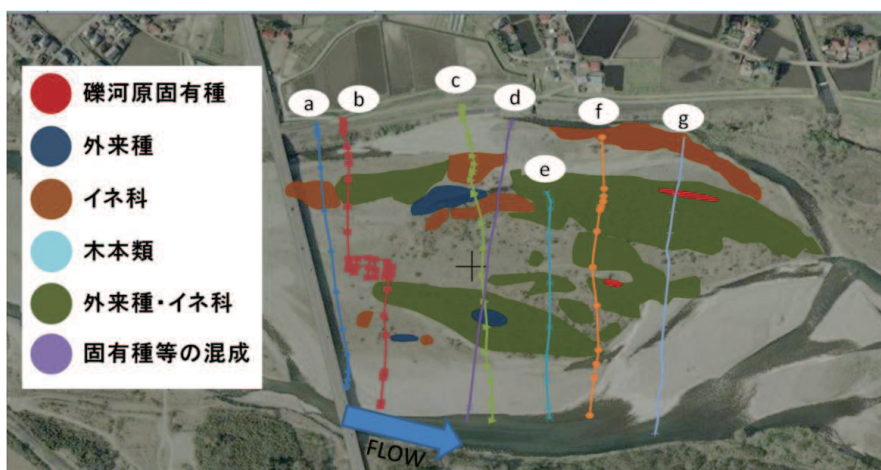


図-3 2012年の植生分布図と地形測量地点

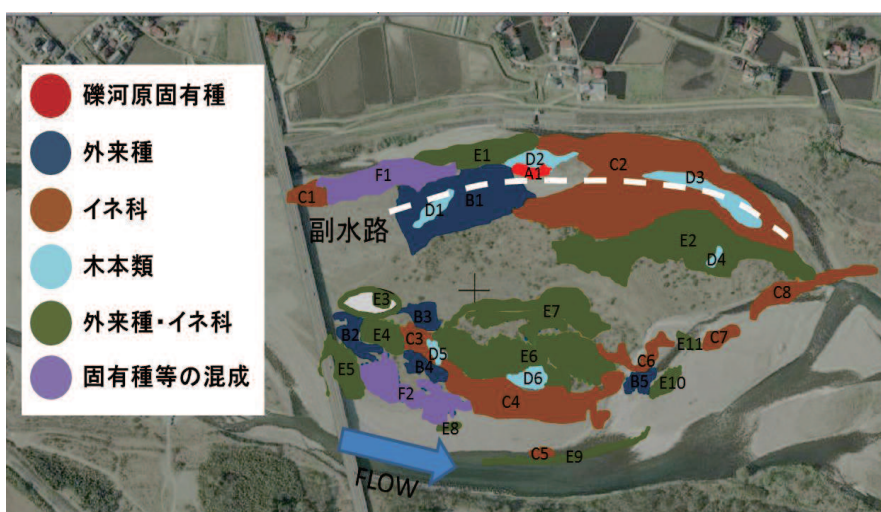


図-4 2013年の植生分布図

表-2 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
A: 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
B: 外来種	シナダレスズメガヤ セイタカアワダチソウ
C: イネ科	ススキ オギ ツルヨシ
D: 木本類	カワヤナギ ハリエンジュ
E: 外来種・イネ科	シナダレスズメガヤ イネ科植物
F: 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

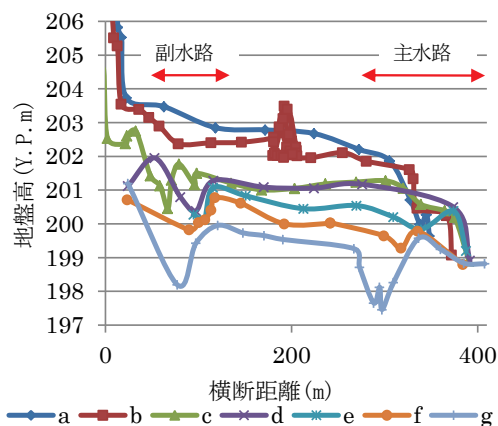


図-5 地形測量結果

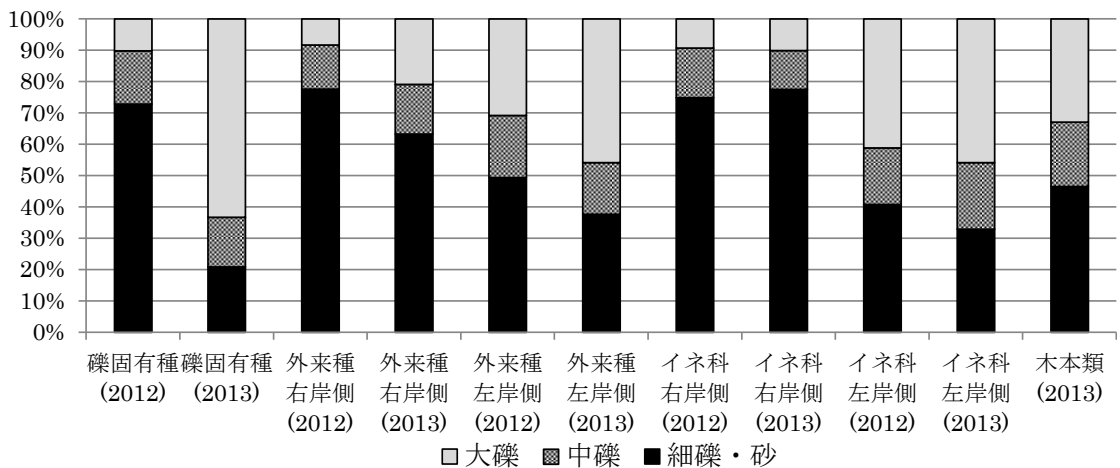


図-6 河床材料構成率

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-4 の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¹¹⁾。

礫河原固有植物については、2012年および2013年の調査のどちら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ヤ、極めて少数のカワラノギが見られた。2013年の調査では、カワラノギ、カワラケツメイは見られず、カワラハハコのみとなっていたが、個体数は増加しているようであった。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年には、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字型領域内側の「外来種・イネ科」群落のE2, E6, E7は、そのほとんどがシナダレスズメガヤで占められており、細礫・砂が広範囲に堆積していたところに定着したものである。これらの細礫・砂は、出水時に砂州頂部から降りてくる流れが、U字型領域を形成するイネ科群落によって停滞したために、U字型領域の内側に堆積したものと考えられる。

また、木本類については、2012年では数本のハリエンジュが確認できたのに対し、2013年では300本近くのハリエンジュ、カワヤナギが見られた。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。このカワヤナギ群落の発現が、地下部からの萌芽なのか、種子からの発芽なのかは現時点では不明であるが、副水路という立地と密接な関係があるのは確かであろう。いずれにせよ、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¹²⁾。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、河道内樹林化が指数関数的に進行する可能性がある。

(2) 断面地形

図-5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) 河床材料

図-6に年別の各群落における河床材料構成率を示す。これは、同種の群落における河床材料構成率の平均を比較したものである。このとき、「固有種等の混成群落」はほとんどがカワラハハコであったので、「礫固有種」と合わせて平均化した。同様に、「外来種・イネ科の混成群落」はほとんどがシナダレスズメガヤであったので、「外来種」と合わせて平均化した。また、外来種およびイネ科の群落の河床材料構

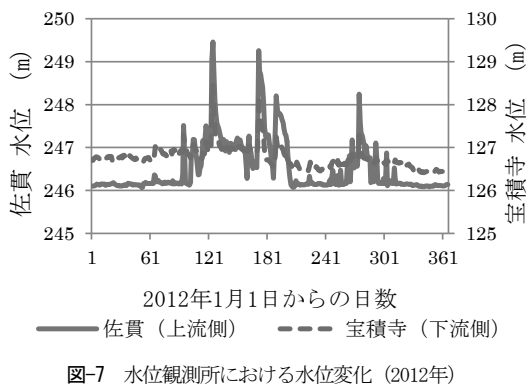


図-7 水位観測所における水位変化 (2012年)

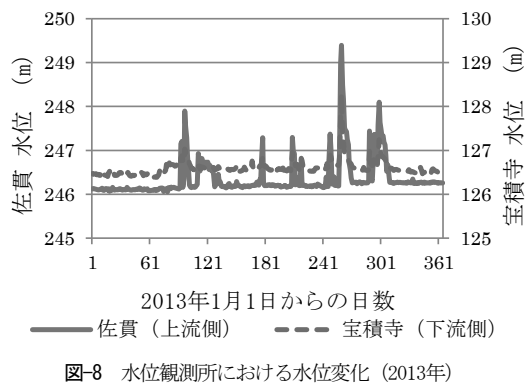


図-8 水位観測所における水位変化 (2013年)

成率については、右岸側(主水路側)と左岸側(副水路側)で結果に差が出たので別々に示すこととした。

この図より、右岸側と左岸側とを比べると全体的に主水路を有する右岸側の方が細礫・砂の割合が高い結果となった。これは、出水時において、副水路よりも低い主水路に向かう流れによって細粒分が堆積したためと考えられる。

礫河原固有種群落と外来種群落は、2012年の調査結果では細礫・砂の割合が高くなっているが、2013年では大礫の割合が高い結果となっている。これに対しイネ科群落は、右岸側と左岸側との差はあるものの、経年変化はほとんどない。これは、イネ科群落の位置や広がり、2つの年であまり変化していないのに対し、礫河原固有種群落と外来種群落は、同一地点の群落が拡大したり、新たな地点で群落が確認できるなど、動きが激しいことが要因であると思われる。

(4) 水位

図-7, 8に2箇所の水位観測所における水位の日変化を示す。これを見ると、2012年、2013年ともに数回の小・中規模出水があり、これにより砂州上に多くの土砂や種子が運び込まれたものと思われる。また、2012年で最も規模の大きな出水が起こったのは5月4日で、低気圧が原因のものであった。次いで、台風4号による出水が6月17日に起きている。2013年では、9月17日に台風18号による出水が起きており、これが最も規模が大きかった。

4. 考察

(1) 礫河原保全事業後の植生変遷の要因

本研究で調査の対象とした大礫砂州では、礫河原保全事業後の2012年、2013年の2年間で数回の出水が起きている。これらの出水は、それほど規模が大きくないため、大礫砂州の形状は保たれたままである。この間の植生変遷の基本的メカニズムは、2か年の植生調査の結果を踏まえると、以下のように考えられる。

すなわち、出水によって細粒土砂とともに種子や個体の

一部が漂着し、あるいはもともと砂州上にあった植物体が季節的要因により、活動を開始していく。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字型領域外側では、出水時の流速が速く、粒径が比較的大きくなり、礫河原固有種を中心とした群落が発達すると考えられる。一方、U字型領域内側では、イネ科群落の流水抵抗により流速が遅く、比較的細かな土砂が堆積し、シナダレスズメガヤなどの外来種を中心とした群落が発達することになる。さらに、比高の高低に応じて生息条件が整ったところから木本類が発芽・萌芽するようになり、数年後には種子散布を開始して、当該砂州だけでなく下流における樹林化が促進されるようになる。

以上のメカニズムを考慮して、礫河原保全事業後の維持管理を考えていく必要がある。

(2) 礫河原保全事業後の維持管理のあり方

今回調査した箇所に限らず、鬼怒川において礫河原保全事業を実施した箇所では、細砂が堆積し草地化・樹林化が進行している。植生を根こそぎ流失させるような規模の出水が起これば、大礫砂州上流部に設けた大礫堆の作用で、大礫砂州の再成形がなされるだろう。しかし、ダムによる流量調節等によって出水の頻度・規模は小さくなっており、樹林化が進行する前に、常に大規模な出水が発生する可能性は低い。自然まかせではなく、人為的な維持管理の取り組みが必要である。

すでに礫河原保全事業後の維持活動として、シナダレスズメガヤの駆除や礫河原固有種の保全活動が行われている。ただし一過性のものでは効果が少なく、長期にわたる活動の継続、地域住民との連携が必要である⁹⁾。特に、シナダレスズメガヤの直接駆除には多大な労力が必要とされる。駆除作業を進める一方で、生息しにくい環境づくりも重要といえる。

今回の調査結果から、事業直後に形成されるU字型のイネ科群落等によって、出水時に細砂が大礫砂州に堆積す

ることがわかった。したがって、U字型領域を形成する植物群落を伐採することによって、砂州上への細砂の堆積を抑制することが可能であると考えられる。そうすれば、ハリエンジュ等の発芽や植物体の漂着の可能性も低下すると推察される。ただし、効率的継続的な維持管理のためには、伐採する範囲と頻度を水理学的生態学的に検討していくことが必要である。

5. 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2カ年の現地調査を行い、保全事業後の維持管理について、以下のような知見を得た。

- 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砂が堆積しやすく、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) 礫河原保全事業後には、シナダレスズメガヤの直接駆除だけでなく、U字型領域の伐採などにより流況を改善していく必要がある。

今後の課題としては、今回は異なる地点や他の河川の事例を比較する必要がある。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) 宇根大介，前村良雄，千葉潤一，阿部充，都築隆禎，伊藤将文：地域と連携した鬼怒川中流部の外来植物対策について(第2報)，リバーフロント研究所報告，第23号，2012. 9.
- 7) 松間充：鬼怒川における外来植物シナダレスズメガヤと河床物理環境との関係，リバーフロント研究所報告，第16号，2005.
- 8) 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.
- 9) 山崎憲人，寺沢直樹，福岡捷二：巨石を含む広い礫径分布を有する礫床河川における粒度分布調査手法，河川技術論文集，vol. 13，pp. 141-146，2007.
- 10) 鈴木淑夫：岩石学辞典，朝倉書店，2009.
- 11) 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.
- 12) 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.

(2014.7.11受付)

A BASIC FIELD INVESTIGATION ON MAINTENANCE AFTER GRAVEL BED RESTORATION IN KINU RIVER

Hirokazu IKEDA, Satoshi KOUMURA,
Ryo KAMEDA, and Kosuke IIMURA

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 two 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. Based on the influence of this U-shaped zone, a policy for effective maintenance after gravel bed restoration project is proposed.