

北川の川坂砂州における植生変化について

ON THE CHANGE OF VEGETATION ON KAWASAKA FLOODPLAIN IN THE KITA RIVER

杉尾 哲¹・渡邊訓甫²・小川陽平³・森川真伍⁴・平川隆一⁵
Satoru SUGIO, Kunitoshi WATANABE, Yohei OGAWA, Shingo MOROKAWA,
and Ryuichi HIRAKAWA

¹正会員 工博 宮崎大学 工学部土木環境工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

²正会員 工博 佐賀大学教授 理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

³学生会員 宮崎大学院 工学研究科土木環境工学専攻 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)

⁴正会員 修(工) 第一復建株式会社 (〒812-0849福岡市博多区諸岡1-7-25)

⁵正会員 博(工) 佐賀大学助教 理工学部都市工学科 (〒840-8502 佐賀市本庄町1)

The floodplain at the Kawasaki district in the Kita River was excavated through the special emergency project after the severe damage due to flooding by Typhoon No.19 in 1997. Monitoring survey of the destruction and the recovery process of the vegetation on the floodplain has been conducted after the river improvement work in 2001. In addition, the topographical changes of the floodplain due to the floods and the grain size of the bed materials of the floodplain have been surveyed. Furthermore, the flood flows before and after the improvement work were simulated to understand the topographical changes of the floodplain. Through examinations, we clarified how the vegetation was destroyed and recovered after improvement work in connecting with the topographical changes of the floodplain and the flood flows over the floodplain.

Key Words : *Vegetation process, monitoring survey destruction, restoration, floodplain, flood flow simulation, topographical changes*

1. まえがき

宮崎県の北部を流れる北川では、平成9年9月の台風19号の洪水により甚大な被害を受けた下流部において、河川法改正後の初めての河川激甚災害対策特別緊急事業(以下、激特事業という)として河川改修が行われた。この改修においては、多くの砂州で高水敷を平水位+1mの高さで掘削することによって流水断面積が拡大された¹⁾。しかし、その実施規模が大きいことと、計画当時に河川形態や生態系に及ぼす影響が明瞭に予測できなかったことから、事業の実施中から、長期的な視点でモニタリングが行われた²⁾。

河道での植生状況の変動は、治水安全度の確保と河川環境の保全に深く係わることから、河川管理上で重要な項目である。これまで活発な研究が行われた結果、現在ではかなり理解が深まっている³⁾⁻⁷⁾。著者らは、北川のいくつかの砂州を対象として、地形変化や植生遷移について一連の研究を行っている⁸⁾⁻¹³⁾。これまでの検討により、激特事業によって掘削されなかった砂州について

は、砂州の地形変化と砂州上の植生状況の変化が流量変動に伴って過去どのように繰り返されてきたのかを定量的に把握できた¹⁰⁾。しかし、激特事業によって掘削された砂州での植生状況の変動はまだ十分には明確にされていない。

そこで、本論文では、激特事業によって掘削された砂州を対象として、砂州植生が自然の攪乱を受けながらどのように変化し回復するのかについて掘削直後から行ったモニタリング結果と洪水時の流れを再現した解析結果を基に、砂州の植生変化と地形や流況との関連性を検討した。

2. 研究対象砂州と流況

北川は、宮崎県の北部を流れる一級水系五ヶ瀬川の一次支川で、流域面積587.4km²、流路延長50.9kmである。北川の激特事業では、五ヶ瀬川の河口から北川の15.5km地点までの16.6km区間で、河川環境に配慮した河川改修が実施された。本論文においては、研究対象砂



図-1 川坂砂州付近の状況（宮崎県資料より）

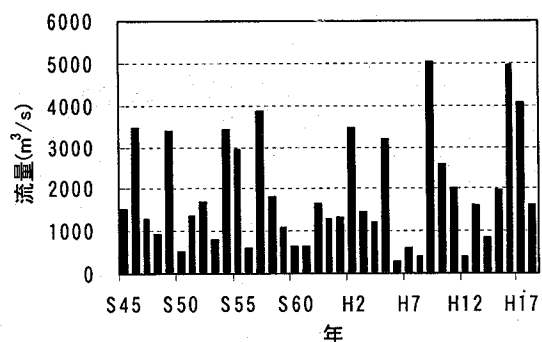


図-2 年最大流量の変化

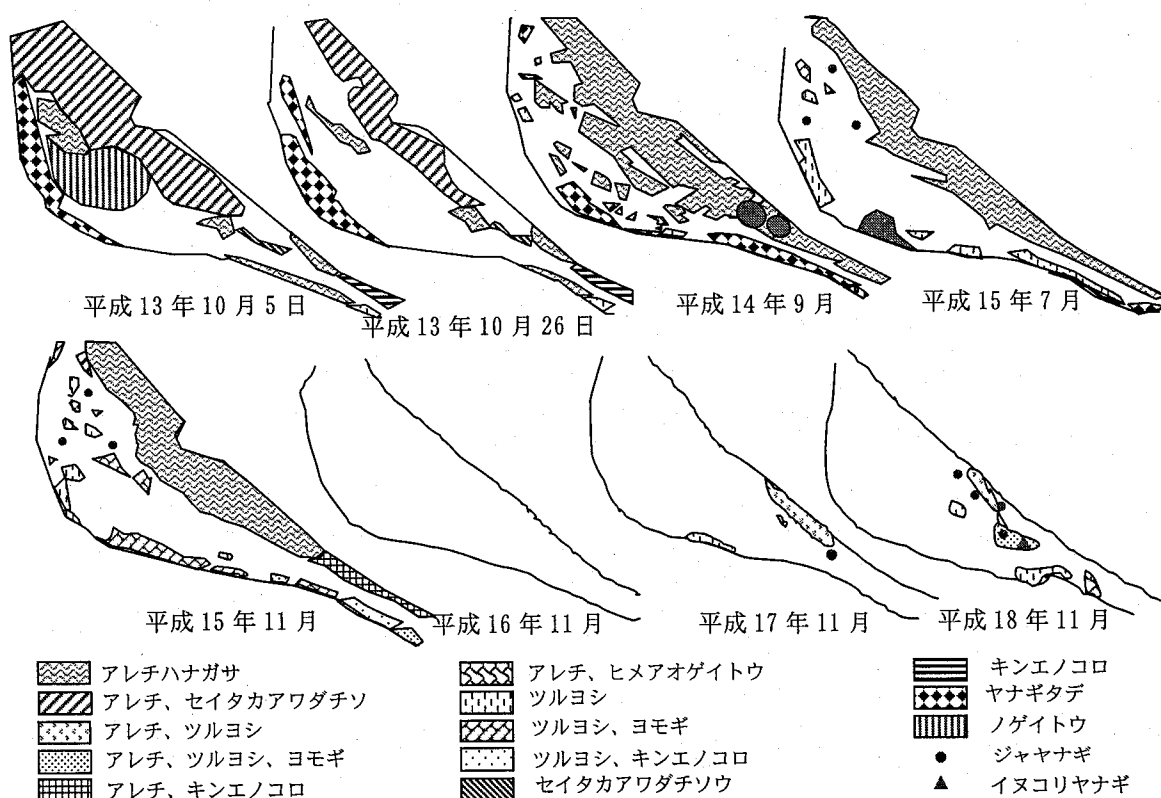


図-3 植生分布図

州として、北川の激特事業によって掘削された交互砂州の一つで、北川の13km～14km地点に位置している川坂地区の左岸砂州を選定した。当該砂州付近の航空写真を図-1に示している。

(1) 北川の流量

北川の流量は、北川の14.6km地点に位置する国土交通省の熊田観測所で観測されている。昭和45年以降の年最大流量を図-2に示した。この期間の平均年最大流量は1,890m³/sである。

(2) 川坂地区の河道特性

研究対象とした川坂地区の河道は、平均的な縦断勾配が約1/1,100で、河道幅は場所的に少し変化するが、13.8km地点で190mである¹⁾。セグメント分類ではセグメント2-1に区分されている¹⁴⁾。河道は13.6km地点でほぼ30度の角度で左折していて、右岸側に淵が形成されている。

(3) 川坂砂州と掘削前の植生

川坂地区には交互砂州が形成されていて、研究対象砂州とした川坂砂州は、13.6km地点の左折箇所の左岸に発達した砂州である。激特事業によって掘削される以前は砂礫堆が形成されており、砂州上に水防林としての竹林

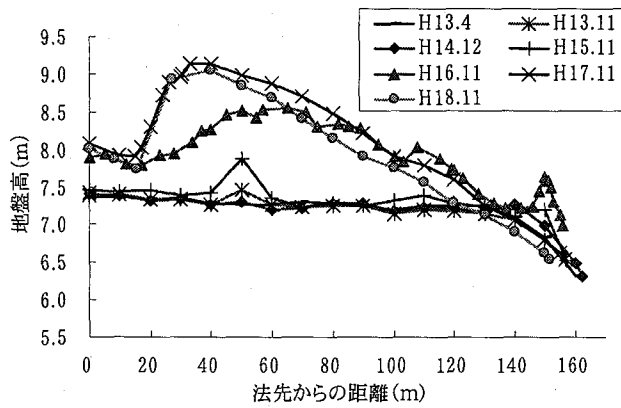


図-4 13.6km地点の横断面図

やクヌギやコナラ、ジャヤナギ、エノキなどの河畔林が見られ、イタドリやツルヨシなどの草本類が繁茂していた⁹⁾。激特事業によって砂州の高水敷部分が平水位+1mの高さで形成された際に、砂礫堆が平均で約2mの厚さで掘削されて植生が完全に無くなった。この掘削前の砂礫堆の高さと植生の状況を示すために、13.4km地点にマウンドが二つ残され、その上にエノキがそれぞれ一本だけ残された。

3. モニタリングによる検討

砂州の高水敷部分の掘削は平成13年3月までに終了し、その後の植生の回復状況と破壊状況を調査した。調査方法としては、GPSを使った平面図の作成、パルーンから撮影した空中写真を使った植生分布図の作成、レベル測量による砂州標高の測定、砂州表面の河床材料の粒度分析などを行った¹²⁾。

(1) 植生変化

掘削後の砂州上には平成13年春から植生が発芽し、夏までには砂州上を植生が被覆する状態になった。掘削後の砂州は流量520m³/sほどの出水で冠水するが、掘削後に発芽するまで砂州を冠水する出水はなかったから、この植生は埋土種子が発芽したものと考えられる。平成13年10月以後の植生の変化を図-3に示している。平成13年10月5日の調査で確認された植物はすべて草本類で、木本類は確認されなかった。その直後の同年10月16日の最大流量1,590m³/sの小洪水により、砂州中央部の植生が破壊されて裸地ができた。この植生破壊の状況は、植生が根元から全く消失したもの、根元だけが残ったもの、キャノピーが消失して茎と根が残ったもの、および水際部での埋没によるものの4種類が確認されている。なお、キャノピーの消失については、流体力の解析結果から破壊機構が明らかにされている⁹⁾。また、この時の砂州上の水深は約4.5mであり、流速は約2m/sであった。その後、平成14年9月には植生が回復していたが、平成15年5

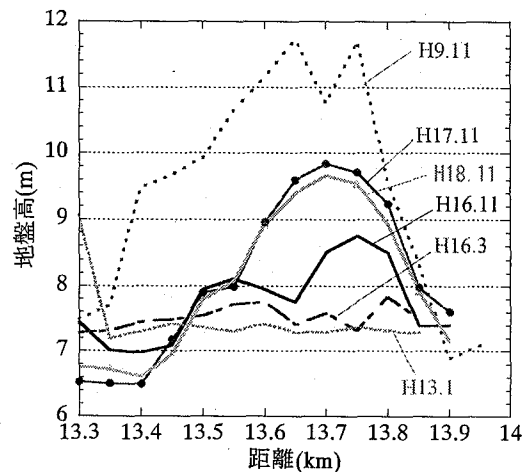


図-5 堤防天端から60m位置の縦断面図

月の最大流量1,980m³/sの洪水によって再び砂州中央部分の植生群落破壊された。しかし、その後に破壊された位置にツルヨシ、アレチハナガサが群落を形成して、再び植生が回復した。また、砂州の上流部の3箇所掘削が行われてから初めて木本類のジャヤナギが発見された。このように洪水の流量が小さかった期間は植生の回復と破壊が繰り返されていたが、平成16年10月に激特事業の原因になった平成9年洪水と同規模の最大流量4,960m³/sの大洪水が起こり、砂州上の植生がほぼ完全に消滅した。さらに平成17年9月にも最大流量4,080m³/sの洪水が発生し、砂州の上流部には植生の回復はみられなかったが、下流部では植生が回復していて、アレチハナガサとツルヨシが堤防法尻と水際に群落を形成するとともに、木本類のジャヤナギが生育し、その後も徐々に回復している。

(2) 地形変化

川坂砂州での平成13年4月以後の砂州標高の変化を示すために、川坂砂州のほぼ中央に当たる13.6km地点における左岸堤防法尻から水際までの横断面図を図-4に示す。平成15年までは全体的にあまり変化が見られない。砂礫の流送については第4章で詳述するが、この図から、最大流量が2,000m³/sを下回るほどの小洪水では地形は変化しないことがわかる。平成16年の洪水では砂州全体に0.5~1.0mほど土砂が堆積し、平成17年の洪水でさらに堤防法尻に近いところで1.0mほど堆積した。したがって、最大流量が4,000m³/sを超えるほどの洪水では土砂が大きく移動して堆積することが分かった。

図-5は、13.3km~13.9km区間における左岸堤防天端から60m(堤防法尻からは約30m)位置における砂州の縦断面図である。平成16年10月の洪水や平成17年9月の洪水により、砂州形状が著しく変化したことが分かる。13.6km地点から上流側には土砂が著しく堆積して砂礫堆を形成していて、その先端は13.6km地点の下流にまで達

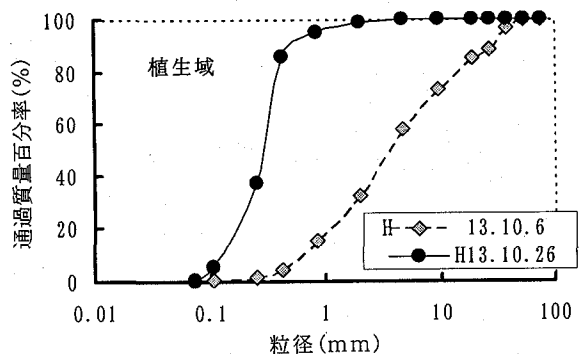
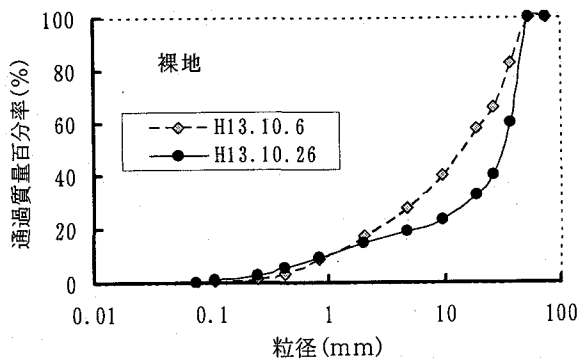


図-6 平成13年の粒度分布

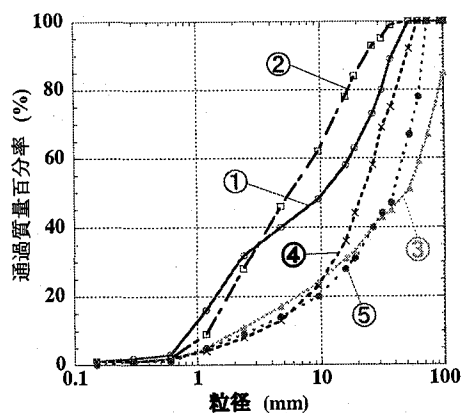
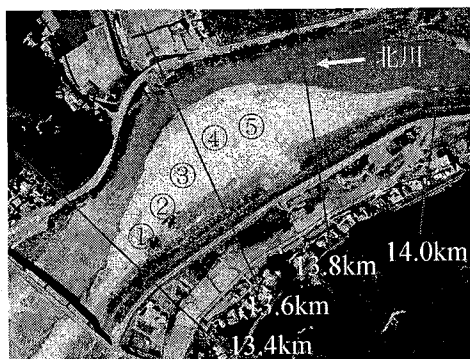


図-7 平成17年の粒度分布

している。特に13.75km地点では、平成16年に1.4m、平成17年に1.0mの上昇となり、地盤高は事業完了後より約2.4mも上昇していて、土砂の堆積が著しいことが分かる。逆に、砂礫堆下流の13.5km地点から下流側では洗掘が進行している。したがって、平成16年の植生破壊とその翌年に植生が回復しなかったのは砂礫堆の形成に伴う埋没と土砂の堆積によるものであることが分かる。

(3) 粒度分析

平成13年の10月6日と10月26日の粒度分布を図-6に示す⁸⁾。この図は、同年10月16日の小洪水の前後の粒度分布の変化を示している。この図から、裸地では出水によって細粒分が流されて粗粒化すること、逆に植生域では細粒分が植生に捕捉されて細粒化することが分かる。また、裸地と植生域の洪水前の粒度分布は似ていて、掘削直後の粒度分布を表していると考えられる。これから、掘削直後の砂州表面には細粒土が混ざっていて、埋土種子が発芽しやすい状況にあったと考えられる。したがって、植生が掘削直後から発芽して夏までに砂州を被覆したのは、埋土種子によるものと考えられる。

図-7は、平成17年5月に実施した砂礫の採取地点とその粒度分布を示したものである。地点④と⑤は砂礫堆の上に位置し、図-6の裸地の洪水前のものに比べて粒度がやや粗く、洪水後の粗粒化したものとほぼ同じである。

地点③は砂礫堆のクレストの直下流に位置するが、最大粒径が地点④や⑤よりも大きく、粒度がやや粗い。地点①と②は、砂礫堆から100mほど下流に位置していて細粒分が多く、図-6の植生域の洪水前のものとほぼ同じである。このことから、砂礫堆の下流部は植生の回復に粒度分布としては支障がなく、堆積厚が小さかった堤防法尻と水際から植生回復が始まったことが理解できる。

4. 洪水時の流れの解析による検討

モニタリングによる検討から、激特事業によって掘削された川坂砂州において、砂州の地形変化と砂州上の植生状況の変化が洪水による自然の攪乱を受けながらどのように繰り返されてきたのかを、ある程度把握することができた。そこで、定量的に検討することを目的として、洪水時の砂州上の流れを解析し、砂州上の植生状況の変化と砂州の地形変化を洪水時の砂州上の流れと関連付ける解析を行った¹³⁾。

(1) 流れの解析

まず、東海～熊田(0～14.6km 地点)の区間について平成9年11月と平成16年3月の測量断面を用いて一般座標系の二次元浅水方程式により平成9年9月の最大流量5,100m³/sの洪水時と平成16年10月の最大流

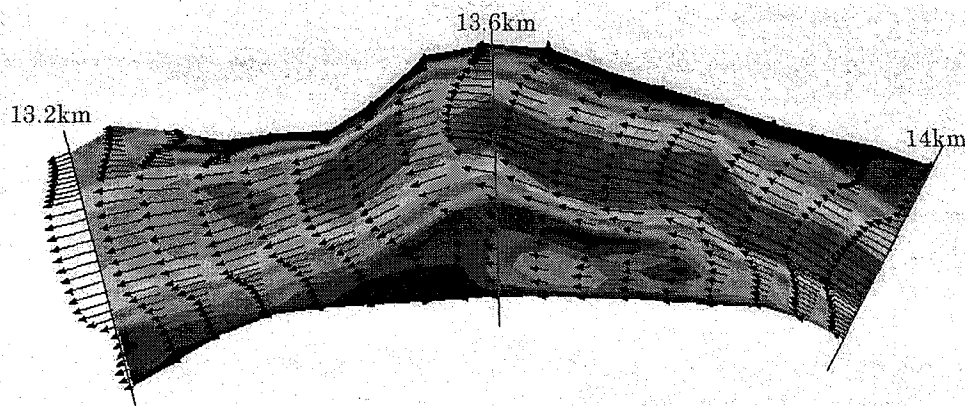


図-8 1997年洪水の流速ベクトル（激特事業前）

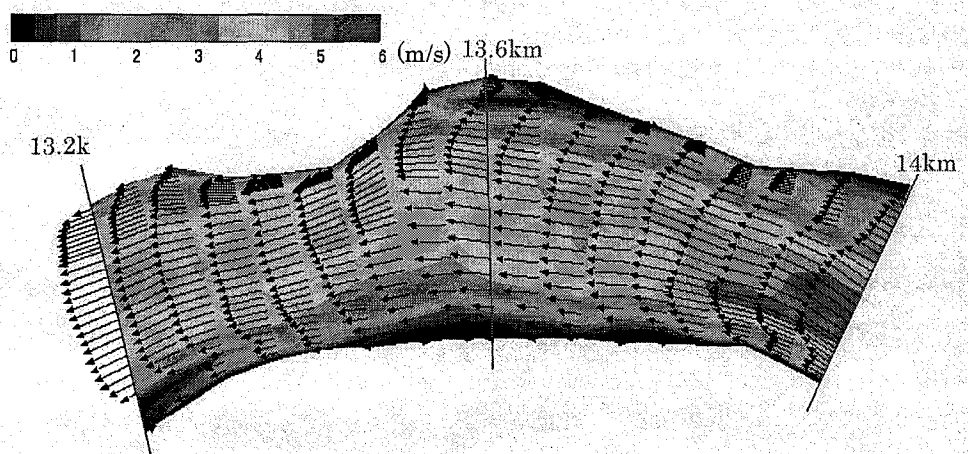


図-9 2004年洪水の流速ベクトル（激特事業後）

量 $4,960\text{m}^3/\text{s}$ の洪水時の非定常流れの解析を行った。上流端の流量ハイドログラフは熊田観測所の観測値を使い、下流端の水位ハイドログラフは五ヶ瀬川の東海観測所の観測値を使った。植生域の位置については、現地写真と航空写真により決定した。また、抵抗は近似的に底面せん断力で表現することとし、マンニングの粗度係数は、過去の北川の再現計算の値を参考にして、低水路で 0.033 、高水敷で 0.035 、低木群落で 0.09 、柳林で 0.1 、竹林で 0.2 、高木林で 0.5 を与えた^{1), 9)}。この数値解析では縦断方向の空間間隔は 200m 、横断方向には河川を 30 分割（空間間隔は約 $6\sim 13\text{m}$ ）し、時間間隔は 0.01 秒とした。

つぎに、この解析結果から 13km 地点の水位ハイドログラフを求め、これを下流端の境界条件として与えて、 $13\text{km}\sim 14.6\text{km}$ 地点の区間の流れの非定常解析を行った。この数値解析では、縦断方向の空間間隔は測量断面に合わせて 50m とした。

(2) 結果と考察

図-8と図-9は、それぞれ平成9年9月の洪水時の流況と平成16年10月の洪水時の流況のシミュレーション結果を、

最高水位時の流速ベクトルで示したものである。激特事業前においては、明らかに流れが低水路に集中していて砂州植生を破壊しにくい流況にあったことが分かる。砂州の高水敷を掘削した激特事業後においては、流れがやや左岸に寄って砂州上の流速がかなり増大していて、

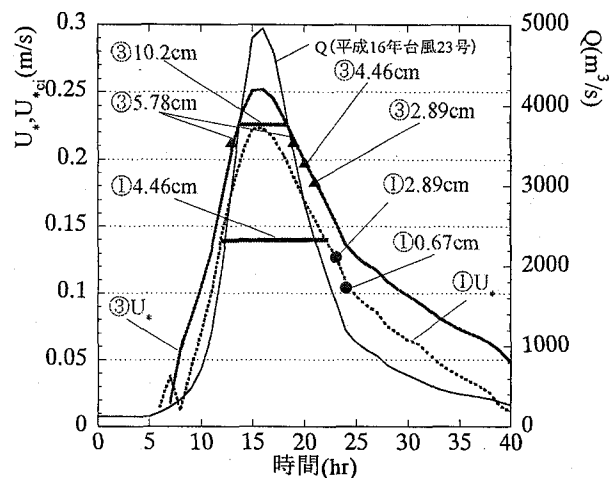


図-10 地点①と③における掃流力の時間変化

13.6km地点では砂州の大部分で流速が4.0m/sを越えている。これによって、上流低水路を輸送されてきた土砂は砂州の上流端の13.9km地点付近から砂州上に乗り上げて砂礫堆を形成しやすくなったことが分かる。

図-10は、平成16年10月の洪水時の流況から得られた地点①と③における摩擦速度 U_* と粒径別の限界摩擦速度 U_{*cl} および流量 Q の時間変化を示したものである。図中の●及び▲印の位置には、限界摩擦速度に達した砂礫の粒径を示している。すなわち、その粒径以下の砂礫が流送されることと、小さな流量で小粒径の砂礫が流送されることを示している。また、地点①の最大粒径は4.46cmであるが、流量が約2,400 m^3/s に達すると地点①の全ての砂礫が流送され、最大粒径が10.2cmの地点③では流量が約3,800 m^3/s を超えた時に全ての砂礫が流送されることを示している。

この解析結果から、第3章のモニタリング結果を以下のように理解できる。まず、小さな流量の洪水については、①小粒径の砂礫だけが流送されて裸地で粗粒化が進行する。②大粒径の砂礫が流送されないで地形変化が小さい。③主な植生破壊は、流送された小粒径の砂礫の転動に伴う磨耗や粗粒化による植生基盤の破壊によるものである。大きな流量の洪水については、④河道の多くの砂礫が流送されて砂州の上流部に砂礫堆を形成し、砂州全体で植生をほぼ完全に埋没して裸地化する。⑤砂礫堆の上の裸地では増水時に粗粒化が進行するため、植生が回復しにくい。⑥小さな粒径の砂礫が堆積した砂礫堆の下流部から植生が回復する。

5. まとめ

激特事業によって掘削された川坂砂州での掘削後の植生変化を検討した結果、以下のように理解された。

- ①掘削前は、流れが低水路に集中して砂州植生を破壊しにくい流況にあった。
- ②掘削直後の表面には細粒土が混ざっていて、埋土種子が発芽して砂州のほぼ全体を植生が被覆した。
- ③掘削後は、最大流量が2,000 m^3/s を下回るほどの洪水では地形は変化せず、粒度が裸地で粗粒化して植生域で細粒化した。
- ④地形が変化しない状態では、裸地で植生が回復し、植生の回復と破壊が繰り返された。
- ⑤最大流量が4,000 m^3/s を超えるほどの洪水では、上流の河床材料が砂州上に乗り上げて砂礫堆を形成し、砂州全体で植生をほぼ完全に埋没して裸地化した。
- ⑥砂礫堆の上の裸地では、増水時に粗粒化が進行し、植生が発芽しなかった。
- ⑦砂礫堆の下流部では、小さな粒径の砂礫が堆積し、堆積厚の小さい箇所では植生が回復した。

以上のように、高水敷掘削後の植生変化と地形、流況との関連を理解でき、河川管理のための基礎資料を提供

できたと考えている。

謝辞：本研究は、北川における河川生態学術研究会の総合的な調査研究の一部として実施したものである。資料については国土交通省延岡河川国道事務所および宮崎県土木部から提供していただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省九州地方建設局・宮崎県・(財)リバーフロント整備センター：五ヶ瀬川水系北川 北川「川づくり」検討報告書、1999。
- 2) 藤本国博ら：北川激甚災害対策特別緊急事業の河川環境モニタリング、河川技術論文集、第10巻、pp.495-500、2004。
- 3) 藤田光一ら：扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション、土木学会論文集、No.747/II-65、pp.41-60、2003。
- 4) 服部敦ら：五ヶ瀬川支流北川における河道掘削による河原形成システムの変質について、水工学論文集、第48巻、pp.991-996、2004。
- 5) 渡辺敏ら：旭川における礫河原再生と樹林化抑制に関する現地試験による検証、水工学論文集、第50巻、pp.1201-1206、2006。
- 6) 宮脇真二郎ら：航空写真・地形・流況データを用いた裸地砂州への植生の侵入・定着課程に関する研究、河川技術論文集、第12巻、pp.471-476、2006。
- 7) 青木信哉ら：洪水攪乱影響の違いがツルヨシの形態的特徴と繁茂量・拡大幅に与える影響、水工学論文集、第51巻、pp.1255-1260、2007。
- 8) 杉尾哲・田上篤志・栗林亮：北川川坂地区における砂州内植生についての検討、宮崎大学工学部紀要、第31号、pp.245-250、2002。
- 9) 杉尾哲・渡邊訓甫・田上篤志：植生の回復過程にある砂州での洪水による草本植生破壊の検討、水工学論文集、第47巻、pp.1003-1008、2003。
- 10) 杉尾哲、渡邊訓甫：北川における砂州の地形変化と植生域変化に関する検討、水工学論文集、第48巻、pp.985-990、2004。
- 11) 杉尾哲、渡邊訓甫：北川本村砂州における植生状況の変動解析、水工学論文集、第49巻、pp.1435-1440、2005。
- 12) 杉尾哲・元水佑介：最近の北川砂州の物理環境の変化、宮崎大学工学部紀要、第34号、pp.161-166、2005。
- 13) 森川真伍・渡邊訓甫・平川隆一・杉尾哲：北川における河川改修事業後の砂州地形変化について、土木学会第61回年次学術講演会講演概要集、II-254、pp.503-504、2006。
- 14) 河川生態学術研究会北川研究グループ：北川の総合研究-激特事業対象区間を中心として-、2004。

(2007.4.5受付)