

鬼怒川網状区間を対象とした洪水期間中の 流路変動とその予測に関する研究

STUDY ON CHANNEL DEFORMATION OF KINU RIVER DURING THE FLOOD IN THE REACH OF BRAIDED STREAM

関根正人¹・片桐康博²・矢島英明²

Masato SEKINE, Yasuhiro KATAGIRI and Hideaki YAJIMA

¹正会員 工博 早稲田大学教授 理工学部社会環境工学科 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

²学生会員 早稲田大学大学院理工学研究科 (同上)

The channel deformation pattern of Kinu River was studied on the basis of measured data during the period of flood in 2001 and 2002. In the present paper, two events by flood due to the typhoon No.15 in 2001 and No.6 in 2002 were focused on. The flow discharge of each flood was almost the same, but migration patterns of the primary channel or the total deformation processes result in the different ones. This is due to the effect of the former flood event. It is also expected that the effect of vegetation on the sand bar is important and it governs partly the channel deformation process.

Key Words : bed deformation, bank erosion, braided stream, Kinu river, flood

1. 序論

近年の河川法の改正を一つの契機として、治水・利水のみならず環境に配慮した河川整備が進められてきている。たとえば、低水路側岸に関しては、コンクリートなどの人工材料を用いた浸食制御に代わって、ある程度の浸食を許容しつつ河道のもつ自律形成機能を生かした川づくりを進めていくといった方向の整備などがその代表例である。こうした河川本来の機能を生かした整備を実現する上では、この機能に関する力学的な理解に加えて、その流路変動予測手法の確立がその裏付けとして不可欠であることは言うまでもない。著者らは、平成13年度より河川懇談会の共同研究の一環として、鬼怒川を対象とした現地調査に着手するとともに、河道の流路変動解析モデルの開発に当たってきている。この研究を遂行する上で幸いなことに、鬼怒川は二年続けて比較的規模の大きな洪水に見舞われ、その前後において貴重な観測データを得ることができた。そこで、本論文で

は、鬼怒川が全川にわたっておかれている状況や特徴について簡単に説明した上で、網状流路区間にあたる54.5～56.5km区間に着目し、平成13年9月の台風15号ならびに平成14年7月の台風6号に伴う洪水によって引き起こされた大規模な流路変動について報告する。この区間内の55.25km地点には、この共同研究の一環として設置された3基の砂面計があり、平成13年9月の台風15号洪水の期間中に、河床変動に関する興味深い計測結果が得られている。一方、この流路変動のメカニズムの理解と予測のために簡単な数値予測もあわせて行い、今後このような解析を進める上で必要となる現地データの計測上の問題点についても簡単に説明する。

2. 解析対象領域の概要

2.1 鬼怒川全川の特徴

鬼怒川は、日光国立公園内にある標高2000m前後の山々に囲まれた鬼怒沼を水源とし、川治で男鹿川、

佐貫で大谷川と合流し平野部を南下しながら利根川に合流する全長 176.7 km，流路延長 117.0 km，流域面積 1760.1 km² の一級河川である。鬼怒川の地形情報のうち、河床高の縦断方向変化については図-1(a)に、また、平水時の低水路幅の縦断方向変化については図-1(b)にそれぞれ示す。以上を基に、この河川の特徴を整理すると、次のようにまとめることができる。

- ① 昭和30年代から50年代にかけて上流域に築造された五十里、川治、川俣ダムによる流量調節と土砂供給の減少や、その下流側での過剰な砂利採取によって土砂収支のバランスが大きく損なわれ、経年的に急激な河床低下が生じてきている。現在は若干の低下にとどまりつつあるものの、昭和35年以降の河床低下量は最深河床高で3.1 m，平均河床高では3.7 mにものぼる。なお2001年時点での上記3ダムの堆砂量合計は11,405 千 m³ である。
- ② 上記のような河床低下の影響によって、低水路内の流路が固定化し、この部分において更なる河床低下が引き起こされたために、河川構造物周辺に規模の大きな局所洗掘が生じたり、河岸浸食に見舞われている。このような全川的な河床低下の傾向に対処するため、鬼怒川では利根川との合流点から 30 km 地点を中心にして「床止め」が設置されてきている。この一方で、砂州の冠水頻度が極端に低下し、その固定化が進んできており、その上部には植生が密生し、植物の種に関しては単調な環境になりつつあるほか、洪水時の疎通能力の低下が懸念されている。
- ③ 河床勾配の変化点（利根川合流部より 45 km 地点）を境に、上流側の河床材料は砂利、下流側では砂や‘どたん’が見られ、その質（粒経）が明確に変化している。
- ④ 上記の勾配変化点を境にその上流側では低水路幅が400 m程度と広く、広範囲にわたり流路が変動する網状流路区間となっているのに対し、その下流側では100 m程度と狭く、河積における低水路の割合が大きい単流路区間となっている。なお、平均勾配は上流側で 1/300-1/500 程度、下流側で 1/2000 程度となっている。

2.2 本論文で注目する河道区間ならびに出水

本研究では、利根川との合流部より 54.5 km ～ 56.5km 区間の鬼怒川を検討の対象とする。この区間の特徴としては、砂州の形成・変形ならびに消滅が見られる網状流路区間であり、洪水期間中に土砂の分級と合わせて大規模な流路の変動が観測されている。

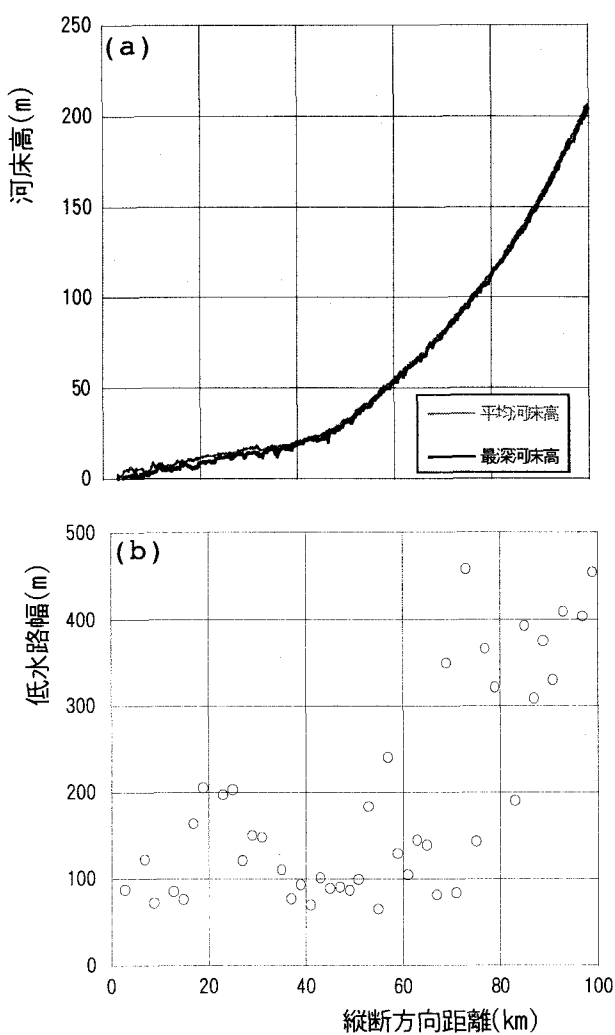


図-1 鬼怒川の地形特性

ここでは、鬼怒川における本共同研究の期間中に起こった「平成13年9月の台風15号洪水」と「平成14年7月の台風6号洪水」に注目し、その前後において生じた流路変動過程について検討する。本解析においては、平成11年3月、平成14年3月ならびに同年10月に行われた横断測量結果に基づき、推論を交えながら考察を加えていくことにする。この際に、これを補足する目的で行われた測量結果や航空写真ならびに地上で撮影した写真などについても参考にした。なお、ここで対象とする二つの洪水の規模について簡単に触れておく。利根川合流点に近い水海道におけるピーク流量はともに 3,000 m³/sec 弱とほぼ等しい。しかし、平成13年台風15号洪水より前に同程度の洪水に見舞われたのが平成10年9月であり、3年ほどの空白期間があるのに対して、平成14年台風6号洪水の場合には10ヵ月程度の期間の後に発生している点に両者の違いがある。

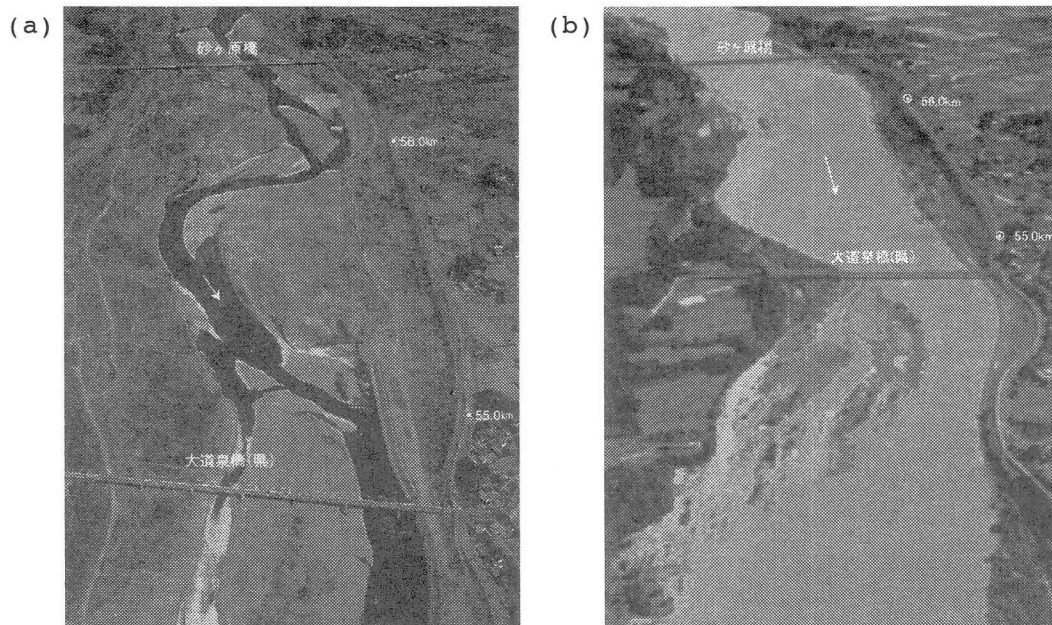


写真-1 下流側から見た鬼怒川の流況：(a)平成6年3月，(b)平成13年9月(台風15号洪水時)

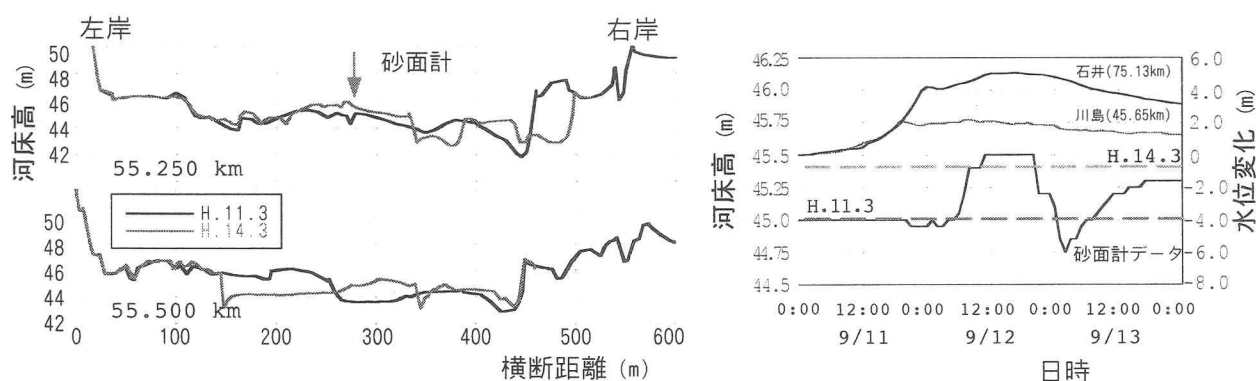


図-2 平成13年台風15号洪水前後の河道変動：対象区域内の横断面形状の変化(左)，52.25 kmにおける砂面計計測結果(右)(9/11 0:00の石井での水位97.188 m，川島での水位25.991 m)

3. 鬼怒川における洪水時の流路変動事例

まず最初に、航空写真を使って、対象区域における鬼怒川の流況について見ておくことにする。写真-1の左が対象期間より少し前にあたる平成6年3月の写真であり、流量の少ない春先には低水路内に固定化された網状流路が見られ、低水路内の他の区域には植生が進入してきている。また、右側の写真は、平成13年台風15号洪水の最中に撮影されたものであり、低水路満杯で水が流れている。写真に見られる下側の橋が「大道泉橋」である。この写真より、この辺りと56 km付近において、右岸側の高水敷が流路中心軸方向に迫り出していることがわかる。

さて、それでは観測結果に基づき洪水時の流路変動過程について考察を加えていくことにしよう。まず最初に、平成11年3月と平成14年3月のデータを

基に、台風15号洪水時の流路変動について議論する。図-2には、平成13年台風15号洪水前後の流路横断面形状の変化を示している。前述の通り、平成11年以降この洪水までの期間に大きな洪水に見舞われたことはなく、前者の時期の横断面形状は概ね洪水前のものを表していると思えることができる。図-2の右側には、55.25 km地点に国土交通省下館工事事務所によって設置された砂面計による計測データをも参考のために示してある。図中には、この計測地点の上下流にある観測点における水位のヒドログラフ(ここでは、各時刻における水位と9/11 0:00におけるものとの差)も併記してある。この図より、この台風15号洪水によって、55.25 km地点では右岸側で、また、55.5 km地点では左岸側で、それぞれ数10～100 m規模の河岸浸食が生じており、河岸が側方に変位していることがわかる。また、砂面計による河床高の

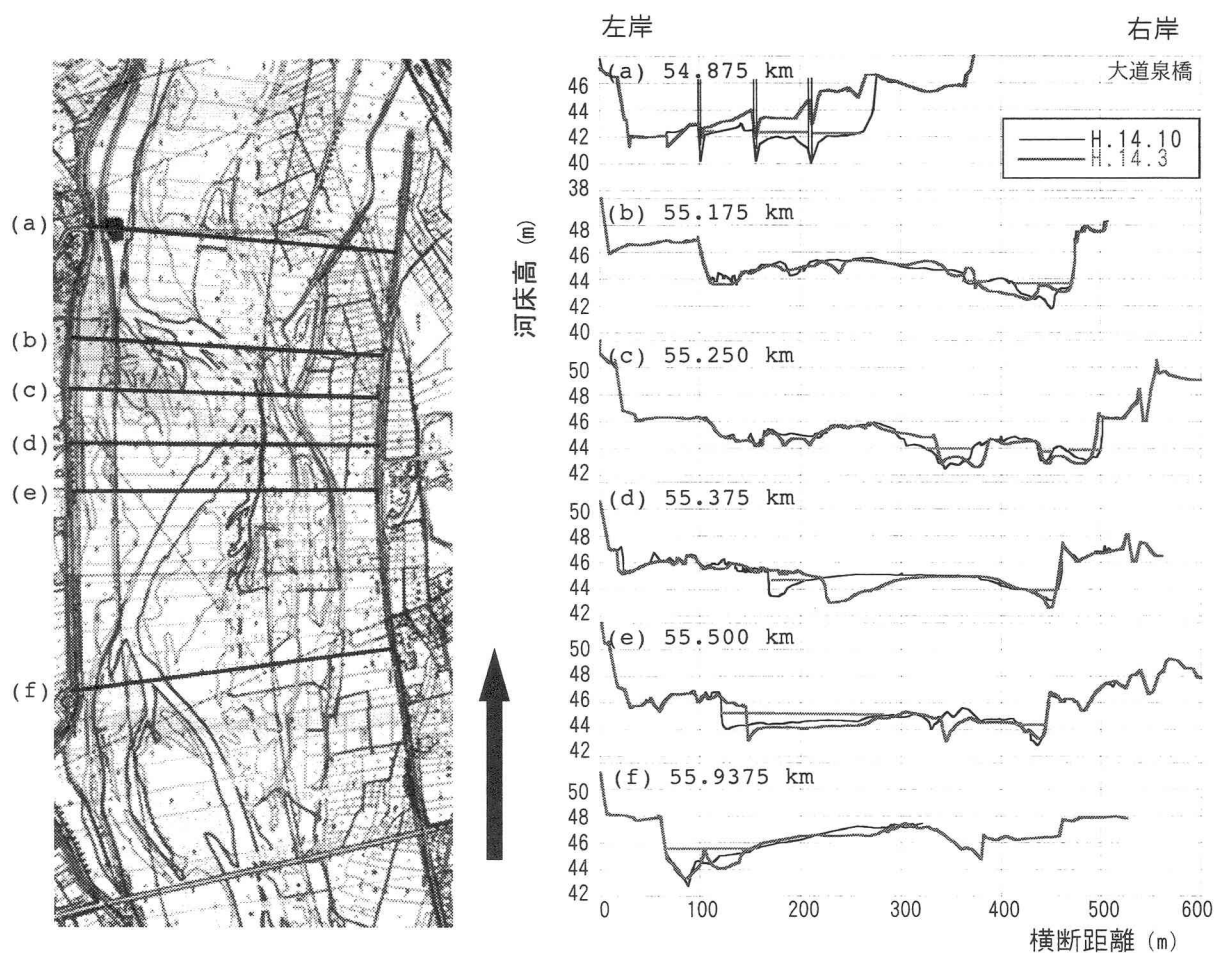


図-3 平成14年台風6号洪水前後の河道変動：洪水前の河道平面図(左)，横断面形状の変化



写真-2 平成14年台風6号洪水後の河道：大道泉橋上より上流を望む

計測データに注目すると、この洪水継続期間中の増水期の初期に小規模の浸食が引き起こされているものの、その後は急激な河床上昇に転じている。しかし、水位がピークを迎える時刻(概ね9/12 11時頃と推定)より半日程度遅れて、今度は急激な河床低下が生じ、その後にゆっくりした堆積が起こっている。以上の過程を経て、最終的には0.3 m程度の河床上昇が生じており、洪水後の調査によれば、この地点の河床は砂州上に露出するとともに、表面にはシルトあるいは微細砂に相当する土砂がある厚みをもって堆積していることが確認された。そこで、減水末期の河床上昇は、主として微細土砂の堆積の影響であると推

察される。なお、流路を構成する主たる材料は60%粒径にして25 mm程度の礫である。

次に、平成14年台風6号洪水前後の流路変動について見ていこう。図-3には、平成14年台風6号洪水前後の流路横断面形状の変化を示している。ここでは、平成14年3月のデータと同年10月のデータを比較のために用いる。なお、この間に流路の大きな変動を引き起こすような洪水は他に起こっていない。同図中には平成14年10月の測量時の水面位置も併記した。さらに、同図左には、この洪水以前の平面図に参考のため横断測量を行った測線を記入したものを添付した。さらに、写真-2には、大道泉橋より上流に

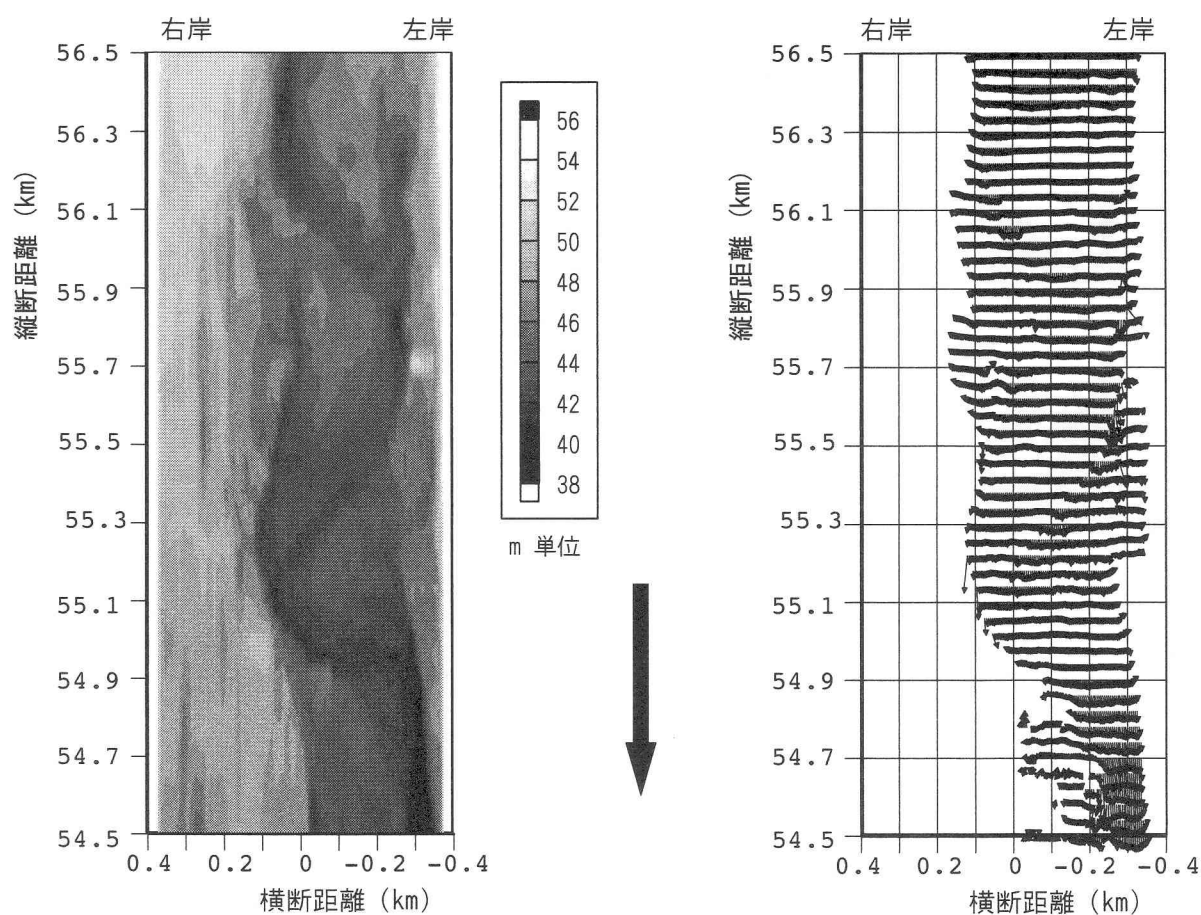


図-4 平成14年台風6号洪水前の河床コンター図と定常流計算による流速ベクトル図

向かって撮影されたこの洪水後の状況を示しており、図中の実線が55.175 kmの測線である。以上のような一連の情報から、次のようなことが理解された。すなわち、上流側の断面(d),(e)において左岸側に大きな河岸浸食が生じ、水際位置が左方へ変位している。とりわけ断面(d)では、左岸側の水みちが大きく左にシフトすることと連動して、元々の砂州がより規模の大きなものへと変化している。断面(b)～(d)の中央部に形成された砂州が、写真-2の中央に広がる砂州に対応している。一方、断面(b)より下流側では、流路は時計回りに大きくシフトし、断面(a)において大道泉橋の左から2～3番目の橋脚の辺りに移動したため、その橋脚付近に局所洗掘が生じている。

以上が横断測量データから見た二つの洪水に伴う流路変動の実態である。本研究では、このような流路変動についての理解を深める目的で、次のような数値解析を試みている。数値解析モデルの詳細については別論文¹⁾にて既に説明済みであるため、紙面の関係上これを省略する。計算としては、対象区間の堤防法線がほぼ直線と見なせること、川幅が750 m程度とほぼ一定であることなどから、等間隔の計算格子を設定し、測量データに基づき初期河床データを設定

した。図-4の左側に示したのが平成14年3月の測量データを用いて生成した河床のコンター図である。ここでは、参考のため、対象とする洪水ピーク流量の1/6(写真-2に見られる流れの4倍)程度にあたる435 m³/secの流量に対する計算結果のみを示す。なお、境界条件となる下流端水位に関しては、洪水時に観測された水位と流量のデータを参考にして定めることにした。さて、このようにして推定された流速ベクトル図を図-4右に示す。この図より、たとえば写真-1の左に見られる陸地化した砂州上に流れが乗り上げるような流量になると、図-4左の河床最深部を連ねたラインとは異なる位置に流速の大きな流れが生成されることがわかる。また、この流れの水衝部において、前述した平成14年台風6号洪水時に観察された大規模な流路の側方移動が引き起こされている。このように、洪水前後の主流路の変動は、その流れの経路と密接に関わり、しかも砂州地形や植生の繁茂状況によっても大きく異なってくるものと考えられる。これについては、実際の洪水流に対する流路変動計算を踏まえて議論すべきであり、この洪水時の大規模な流路変動プロセスについては、別の機会に報告する。

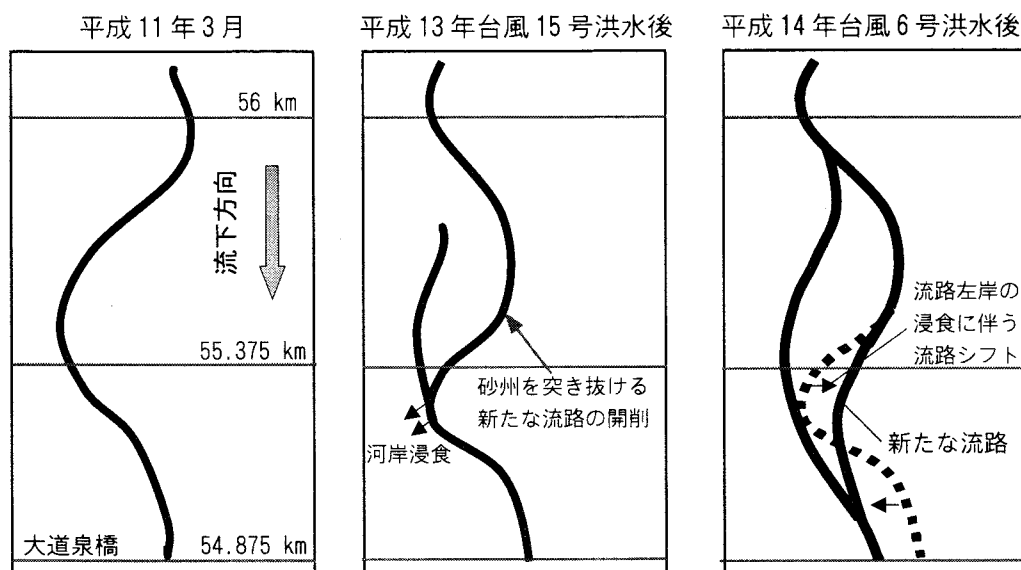


図-5 主流路の変動パターンの模式図

さて、以上の検討を通じて、同じ洪水流量であっても、それ以前の洪水履歴に応じて流路変動の規模が大きく異なることが推察された。ここで対象とした二つの洪水を比較すると、前者の洪水の場合には、それより前の3年間に同程度の洪水がなかったのに対して、後者の場合には、前者の洪水から10ヵ月しか経っていなかった。後者の洪水後の現地調査よれば、この区間内の55.25～55.5 km付近の左岸砂州上の植生が流下方向に倒伏しており、その一部が裸地化していたことが確認されている。後者の洪水の場合の方が規模の大きな流路変動が生じたのは、それに先立つ洪水の影響が強く残り、砂州の樹林化が解消された状態で洪水を迎えたためと考えられ、植生による「水流の減勢効果」と「微細砂の捕捉効果」のいずれもが十分に発揮されなかったことが一因ではないかと考えている。

以上を総合化し、この二つの洪水を含む観測期間において生じた主流路の変動パターンを図-5にまとめて示す。

5. 結論

本研究では、鬼怒川の54.5～56.5 km区間を主な検討の対象として、二つの洪水期間中に発生した流路変動過程について検討した。その結果、たとえ同じ規模の洪水であっても、その前後の被災履歴に応じて、流路変動の規模ならびにパターンが異なってくることが確認された。河床が低下傾向にある鬼怒川のような河川の網状区間においては、砂州上に植生が繁茂しやすい環境にあり、以前経験した洪水の影響で

植生が消滅あるいは倒壊している時期に次の洪水に見舞われると、その流路変動は植生がある場合と異なってくる可能性がある。

今後は、現地観測を継続するとともに、この現象を数値的に再現し、更なる理解を得ようと考えている。最後に、本論の結びとして、こうした数値予測をある程度精度よく行うために、今後留意すべき点について述べておきたい。まずは、ポイントをおさえた測量データの確保が不可欠であり、これが別途測定している水位データと整合性がとれていることも望まれる。また、河床材料データについても、これを河床変動解析に生かすことを考えて採取することが重要である。今後は、解析を行う上で有効に活用できるデータの採取法についても検討していく必要がある。

謝辞：本研究は、河川懇談会の活動の一環として、国土交通省下館工務所との共同研究の形で進められたものである。同事務所の関係各位には現地調査の実施やデータの提供など多大のご協力を賜りました。さらに、宇都宮大学池田裕一助教授ならびに群馬大学松本健作助手を加えた共同研究のメンバーとの意見交換は大変有益なものでした。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 関根正人：斜面崩落モデルを用いた網状流路の形成過程シミュレーション，水工学論文集，第47巻，637-642，2003.2.

(2003. 4. 11受付)