

音更川堤防流出原因調査の経過報告について

Progress report of the investigations into the causes of bank erosion

寒地土木研究所 寒地河川チーム ○正会員 永多 朋紀 (Tomonori NAGATA)
寒地土木研究所 寒地河川チーム 正会員 柿沼 孝治 (Takaharu KAKINUMA)
北海道開発局 帯広開発建設部 非会員 桑村 貴志 (Takashi KUWAMURA)

1. はじめに

平成23年9月2日から7日にかけて、台風や前線の停滞に伴う記録的な降雨が道内各地でもたらされた。十勝川水系音更川流域では、特に9月5日正午から7日未明にかけて非常に強い雨が長時間に渡って降り続き、降りはじめからの総雨量は音更川上流のナイトイ雨量観測所で383mmを記録するなど、年間平均降水量の約40%にも相当する雨量を、このわずか5日間で降らせるといった記録的な豪雨となった。

これにより、音更川下流 KP9.1 に位置する音更水位流量観測所では、9月6日未明、平成元年以降第2位の規模となるピーク流量 $548\text{m}^3/\text{s}$ および最高水位 73.22m (ともに暫定値) が観測され、翌9月7日未明には図-1 に示すように、KP18.2 付近左岸側において堤防の一部流出が確認される事態となった。このような事態を受け、現地では応急対策として侵食箇所周辺に根固めブロックが投入され、これにより河岸侵食の進行は食い止められた。図-2 は根固めブロック投入後の現地状況であるが、堤防が大きく侵食され非常に危険な状態であったと推察される。その後の調査から、堤防の一部流出にまでに至ったケースは当箇所のみであったが、低水路河岸の大規模な侵食は流域各所で確認された。

今回の出水は、ピーク時の流況が記録的なものであったことに加え、河道内を低水路満杯流量規模で流れている時間が非常に長く継続したことが大きな特徴として挙げられる。元々音更川は河床勾配 $1/150 \sim 1/200$ 程度の急勾配河川であるため、非常に流速が速く土砂の移動も活発であり、流路が変動し易いといった特性を持っている。今回の堤防流出に至るまでの過程はまだ十分明らかにはなっていないが、現場の状況から、少なくとも高水敷高を大きく越える流れによって堤防が直接侵食されたのではなく、低水路内を流れる流路が次第に蛇行を発達させ、徐々に低水路河岸を侵食していき、やがて堤防へと達して侵食が始まったものと推察される。

すなわち、音更川のような急勾配河川では、たとえ低水路内を流れるような流量規模であっても、その継続時間や何らかの偶発的もしくは必然的な要因によって蛇行が大きく発達し始め、やがて堤防を侵食するまでに至る可能性があることを今回の事例は示唆している。

今回の堤防流出箇所に関しては、仮に現場での発見がもう少し遅れていた場合、最悪の事態に至っていた可能性もある。今後、このような事態を未然に予測し適切な予防措置を講ずることができるよう、流路が蛇行を発達させるメカニズムとその要因の解明が早急に



図-1 堤防流出箇所 (平成23年9月7日午前, KP18.2 付近)



図-2 応急対策直後の現地状況 (平成23年9月9日 15:30)

求められている。

本研究は、流路が河岸侵食を伴って蛇行を発達させるメカニズムの解明に向け、まずその準備段階として、今後詳細な解析を行っていく際に必要となる侵食箇所周辺の土質データ (堤体土質・河床材料) の収集と侵食状況の概略的な把握、および出水前後の河道変遷状況について整理し、簡易的な考察を行うものである。

2. 現地調査

(1) 調査箇所

まず、出水後、侵食箇所周辺がどのような状況にあるのかをよく把握する必要があることから、最も侵食を受けた KP18.2 左岸付近において、その露出した堤体の侵食面から土層構成 (築堤履歴) を推定し、各々の層に対して土質調査を実施することとした。調査箇所を図-3 の黒丸で示す。また、航空写真の比較や現地踏



図-3 堤体土質調査及び河床材料調査の実施箇所（平成23年9月26・27日，堤防流出箇所周辺）

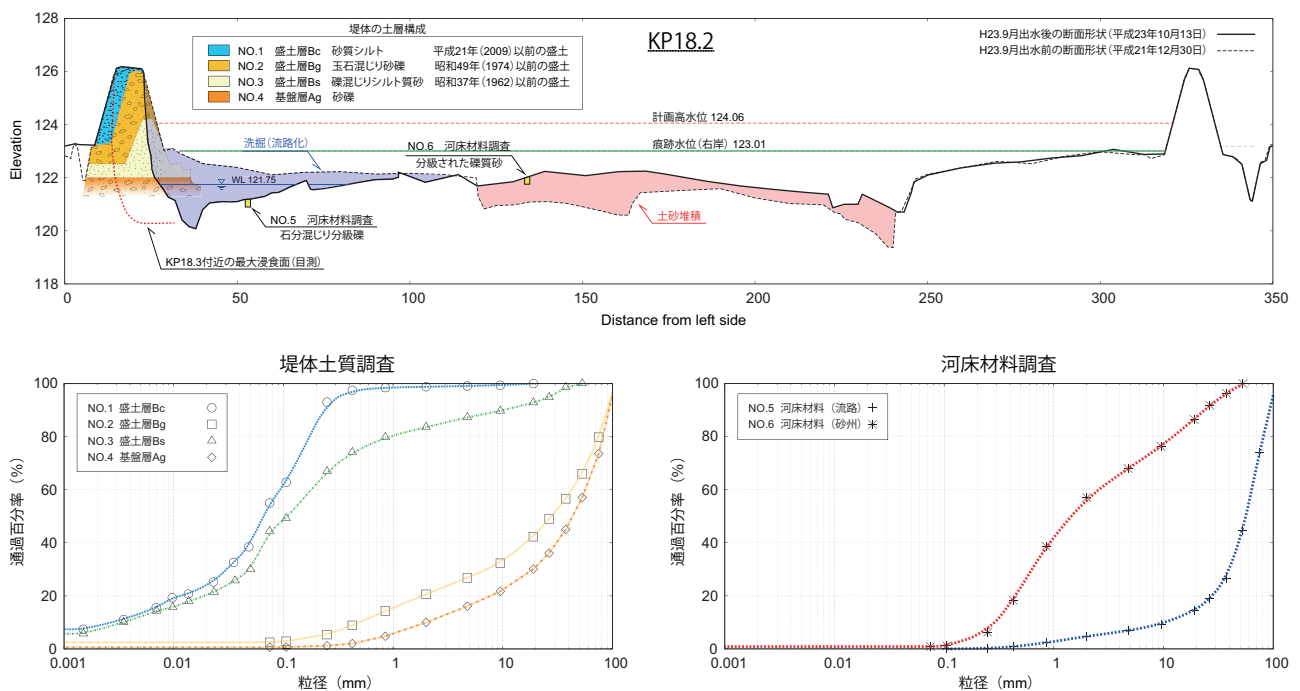


図-4 最大侵食箇所付近における河岸侵食・土砂堆積状況と堤体・河床材料に関する土質調査結果（KP18.2）

査などから，今回の出水によって流路の位置（河床形状）はダイナミックに変化しており，新しく水みちや砂州となった箇所が多く存在することがわかっている．蛇行の発達に伴う流路と砂州の形成は，土砂の移動とともに一体となって進行すると考えられるため，両者が形成される過程で粒度分布特性にどのような違いが生じるのかを知ることは重要である．よって，今回，最大侵食箇所の前面に形成された流路とその対岸の砂州を対象に河床材料調査を実施することとした．調査箇所を同じく図-3の青丸と赤丸で示す．

(2) 河道断面形状の変化（KP18.2）

最大侵食箇所直下に相当する KP18.2 の断面形状の変化を図-4 の上段に示す．実線が出水後に計測された断面形状で，破線が出水前に計測されたものである．先に述べたように，前回調査時（平成21年12月）は流

路となっていた箇所に大量の土砂が堆積して砂州となる一方（赤塗箇所），高水敷であった箇所が洗掘・侵食を受けて新たな流路が形成されたことがわかる（青塗箇所）．河床材料調査は，この新たに形成された流路と砂州を対象に各1箇所実施することとした．

(3) 河床材料調査（NO.5，NO.6）

上記の流路と砂州を対象とした河床材料調査の結果を図-4 下段右に示す．赤線が今回の出水で新たに砂州が形成された箇所の粒度分布である．同じく青線で示す流路内（水面下）の粒度分布は，流水の分級作用によって細粒分がほとんど洗い出されて礫分が主体となっているのに比べ，出水期に砂州上に堆積した土砂は比較的粒径の細かな礫質砂であったことがわかる．

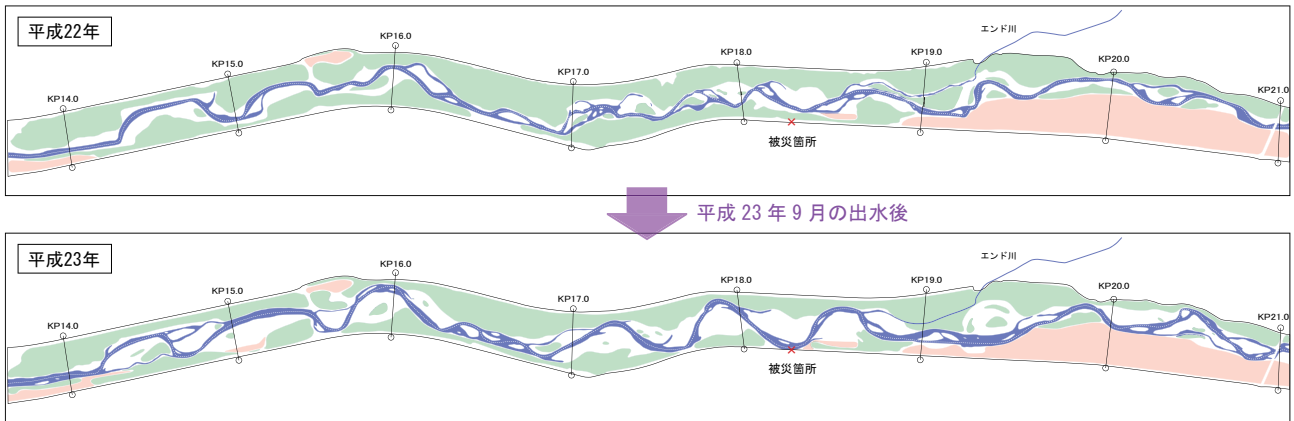


図-5 出水前後の河道変遷【青：流路，緑：河畔林，橙：高水敷，白：砂州等】(KP14.0～21.0，写真判読)

(4) 堤体土質調査 (NO.1～NO.4)

次に堤体土質調査の結果を図-4 下段左に示す。調査箇所は既に述べたように、KP18.2直上流の最大侵食箇所を対象とし、露出した侵食面から土層構成は計4層から成るものと推定し、各層から試料を採取して粒度試験を実施した。図から明らかなように各層の土質は2種類に大別され、流路内 (NO.5) の河床材料と非常に近い粒度分布を持った砂礫質土と、砂州上 (NO.6) の河床材料よりもさらに粒径の細かな成分を多く含む砂質シルトによって構成されていることがわかった。この結果と過去の築堤履歴とを照らし合わせ、現在の堤防がいつ・どのような土質材料によって形作られてきたかを図-4 の上段 (左岸築堤) に示す。堤体内の赤破線は、KP18.2直上流の最大侵食面である (※堤体土質調査実施箇所)。この図から、現在の築堤は砂礫質の基盤層の上に昭和30年代に築造された砂質シルトの堤防があり、この上に現在の堤防の基礎となる昭和40年代に施工された砂礫質の盛土がある。さらにその後、拡張盛土として砂質シルトが腹付けされたことがわかる。

同図中の緑破線で示す痕跡水位の状況から、当箇所において、出水期間中、主に流水にさらされていた土層はNO.3の砂質シルトで、その後、洗掘の進行と水位の低下とともに徐々に基盤層である砂礫質が洗い出されていったものと推察される。また、侵食面は各層の境界で極端に大きな変化点を持たないことから、下層の侵食によって支持力を失った上層が自然崩落し、徐々に垂直に近い侵食面を形成していったものと考えられる。これは、砂質シルト・砂礫質土が大きな粘性を有しないことに起因するものと考えられる。

3. 河道変遷状況の整理 (平面形状)

(1) 手法

次に出水前後の河道状況の変化を把握するため、航空写真から河道内の平面構成要素 (流路・河畔林・高水敷・砂州等の裸地) を判読し、それらが河道内に占める面積や主流路の延長距離を求めた。比較対象として、平成22年に撮影されたものと平成23年の出水後に撮影された垂直写真をそれぞれ使用した。結果を図-5

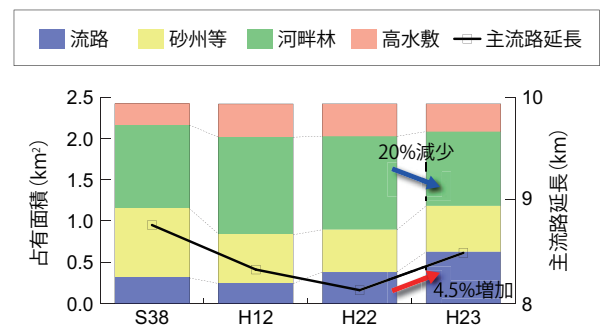


図-6 河畔林の面積と主流路延長の変化

に示す。図中青で示す箇所が流路で、緑が河畔林、橙が高水敷、白が砂州等の裸地部分をそれぞれ示している。判読は、今回の被災箇所を含む延長7km (KP14.0～21.0) の範囲を対象とした。

(2) 平面形状の変化について考察

図-5 から、今回の出水によって蛇行が大きく発達し、振幅・波長がともに増大したことが見てとれる。また、流路位置の変化にも現れているように、位相が下流側へ若干ずれたように見受けられる箇所も存在する。一般的に、低水護岸の位置は蛇行湾曲部外岸側を中心に敷設されることが多く、蛇行波形の位相がずれることによって、今回のようなケースの被災が今後も十分起こり得ることが予想される。

被災箇所の上流 KP19.4 付近では、自然短絡 (ショートカット) が生じており、この影響が下流側の被災箇所周辺で特に顕著に見られる蛇行の発達をさらに促進した可能性も多いに考えられるが、現時点では推察の域を出ない。今後、数値解析などによる詳細な検証を行う際には、当該箇所の流路変化とその影響について特に留意してみていく必要がある。

(3) 河道内平面構成要素の面積変化

図-5 を元に、流路・河畔林等が河道内に占める面積を算出し、当該出水前後におけるそれらの変化を検証した。結果を図-6 に示す。なお、昭和38年と平成12年についても同様の解析を行っており、その結果も併せて記している。ただし、写真判読の精度は撮影され

た時期や天気のほか、データ自体の品質（解像度、白黒 or カラー）にも大きく左右されるため、戦後米軍によって撮影された昭和 38 年のデータには判読精度上、多くの問題があり参考値として取り扱う。

図から当該出水前後を比較すると、河畔林の面積は約 20% 減少し、流路延長は約 4.5%（7km 区間全体で 360m）増加したことがわかった。これは、今回の出水によって、砂州や高水敷上に繁茂していた河畔林の約 20% 程度が、蛇行の発達や流路の更新の影響によって流出もしくは埋没したことを意味しており、先の平面形状の変化に関する考察を裏付けるものであった。

4. おわりに

本研究では、流路が河岸侵食を伴って蛇行を発達させるメカニズムの解明に向けた準備段階として、今後詳細な解析を行っていく際に必要となる侵食箇所周辺の土質データ（堤体土質・河床材料）の収集と侵食状況の概略的な把握、および出水前後の河道変遷状況について整理し、簡易的な考察を行った。

今回の堤防流出箇所に関しては、幸いにも現場の迅速な対応により適切な応急対策が実施されたことで、堤防の流出を食い止めることができたが、場合によっては最悪の事態に至っていた可能性も拭い切れない。

音更川のような急勾配河川では、たとえ低水路内を流れるような流量規模であっても、その継続時間や何らかの偶発的もしくは必然的な要因によって蛇行が大きく発達し始め、やがて堤防を侵食するまでに至る危険性があることを念頭に、今後は、このような事態を未然に予測し適切な予防措置を講ずることができるよう、さらなる研究の進展と、流路が蛇行を発達させるメカニズムやその要因の解明が早急に望まれる。

謝辞：本研究は「平成 23 年 9 月 2 日からの停滞前線による大雨災害 十勝川水系音更川の堤防の一部流出に関わる原因調査」の一環として、国土交通省北海道開発局帯広開発建設部と協働で実施された現地調査の結果の一部をまとめたものである。本研究を実施するにあたって、北見工業大学、渡邊康玄教授および北海道大学、泉典洋教授には多くのご助言を賜った。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 今回の停滞前線・台風等による大雨について（速報）、北海道開発局、2011.
- 2) 平成 23 年 9 月 2 日からの停滞前線による大雨災害 十勝川水系音更川の堤防の一部流出に関わる原因調査（第 1 報）、北海道開発局帯広開発建設部、寒地土木研究所寒地水圏研究グループ、2011.
- 3) 平成 23 年 9 月 2 日からの停滞前線による大雨災害 十勝川水系音更川の堤防の一部流出に関わる原因調査（第 2 報）、北海道開発局帯広開発建設部、寒地土木研究所寒地水圏研究グループ、2011.
- 4) 十勝川水系河川整備基本方針、国土交通省河川局、2007.
- 5) 十勝川水系河川整備計画、北海道開発局、2010.
- 6) 十勝川水系河川整備計画・附図、北海道開発局、2010.
- 7) 十勝川流域委員会 資料 5、北海道開発局帯広開発建設部、2008.