

十勝川流域における河床低下リスク評価について

帯広開発建設部 治水課

○公平 圭亮

武田 淳史

河合 崇

十勝川流域の各地では、未固結の軟質な地層が露出することによる河床低下が起こっている。場所によっては10mに及ぶ大規模な河床低下も確認されており、河道管理への影響が懸念されている。

本研究は、著しい河床低下を引き起こす地層の同定とその潜在的なリスクを把握するとともに、地質・土砂動態の両面から河床低下リスクの評価を行った先駆的な取り組みである。

キーワード：河床低下、地質

1. はじめに

近年、十勝川では流域各所で河床低下がみられており、低水護岸の根入れ不足や河岸侵食に伴う堤防への影響、橋脚等構造物への影響や、取水施設における取水障害等を引き起こすことが予想され、河道管理において多大な影響が生じることが懸念される。

河床低下が進行している箇所をみると、いずれも河床砂礫がなくなり基盤地質が露出していたが、その河床低下量はさまざまである。十勝川二次支川の渋山川（写真1）や然別川（写真2）では軟質で未固結な火山灰質の地層が確認されており、渋山川では近年10ヶ年（H3～H13）の間で約8m、然別川においてもS59以降で約8mの河床低下が確認されている。他方、これと異なる地層では1m～2m程度の比較的河床低下が進んでいない箇所もあり、河床低下量は露出した基盤地質による影響が大きいと想定された。

本研究では、著しい河床低下を引き起こす基盤地質に着目し、その性状や平面的な分布状況を把握するとともに、地質・土砂動態の両面からの河床低下リスク評価に

向けた検討を行い、適切な河道管理に資することを目的としている。

2. 十勝川流域における河床低下箇所の地質

(1) 河床低下と地質分布の関係

近年、十勝川流域では河床低下が顕著に現れている。河床の低下は、十勝川上流部（屈足ダム下流）のほか、流域西部の扇状地、流域東部の丘陵地の中小支川等においてみられる。一方、十勝川流域の地質分布は、平野部において軟質な湖成層が広く分布しており、火砕流堆積物（非溶結）・亜炭層を挟在し、その上に砂礫層や樽前山・恵庭岳からの火山灰が堆積している。

河床低下箇所と地質分布の関係を見ると、十勝三股火砕流堆積物（非溶結）が露出する渋山川や、然別層が露出する然別川では8mに及ぶ河床低下がみられるほか、長流枝内層が露出する十勝川上流部、渋山層が露出する芽室川等においても河床低下が進んでいる。また、流域東部では池田層下部層や糠内層が露出する利別川や居辺川等において河床低下が進んでいる（図1）。



写真1 渋山川の河床低下状況



写真2 然別川の河床低下状況

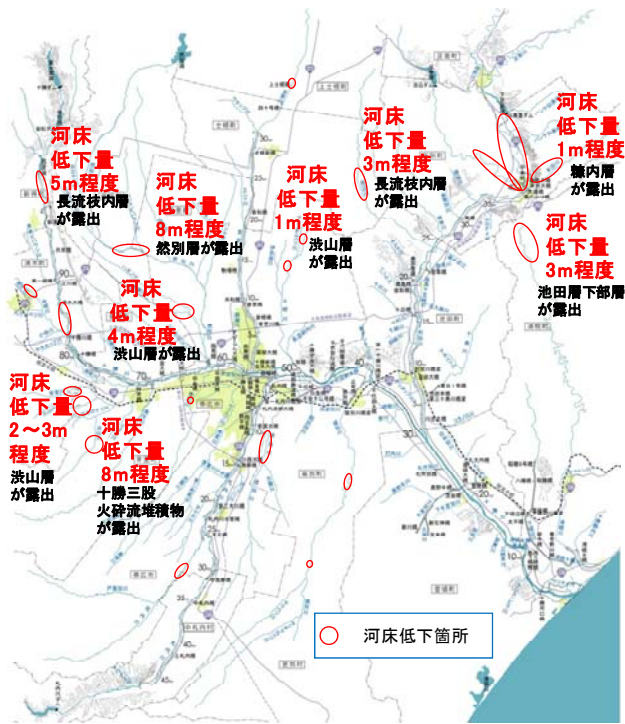


図1 河床低下箇所と地質分布

(2) 十勝川流域の地質の成り立ち

十勝川流域で著しい河床低下が生じる原因として、地質条件が大きく影響していると考えられたことから、その特徴と成り立ちを理解することは極めて重要である。

従って、河床低下を引き起こす比較的軟質な地層として、新第三紀（鮮新世）である500万年以前を対象とし、流域地質の成り立ちを示す（図2、図3）。

【約500～90万年前】海成層の堆積～内湾の形成

十勝川流域は、約500万年前になると日高山脈や白糠丘陵が上昇を始め、幕別・池田付近を中心に内湾が形成され、糠内層が堆積した。その後、豊頃丘陵、長流枝丘陵・幕別台地の上昇により内湾は徐々に西方へ移動し、池田層下部層、長流枝内層が堆積した。また、海進・海退の繰り返しにより形成された亜炭層の挟在がみられる。

【約90万年前】十勝三股での大規模火山噴火

約90万年前、十勝三股でカルデラを形成するほどの大規模な火山噴火が発生した¹⁾。その時の火砕流堆積物は、十勝三股から芽室付近にかけて確認されている。

【約90～70万年前】湖成層の堆積

十勝三股火砕流堆積物が堆積した後、約90～70万年前には芽室町付近を中心に湖が形成され、火山灰質のシルト～粗粒砂層で構成される洪山層が堆積した。湖の乾燥化の過程で、湿原と細粒層の堆積が繰り返され、亜炭層を挟在している。

【約70万年前】然別層の堆積

約70万年前の洪山層堆積最終期に、鹿追町、音更町、士幌町周辺において然別層が堆積した。然別層は、然別火山の噴火に始まり、火砕流とその二次堆積物により構成される。

時代		地層区分	
8万年以降	第四紀	完新世	火山灰（樽前、恵庭、支笏、クッタラ等）
70万年以降		更新世	砂礫層（段丘・扇状地を形成）
70～90万年前			洪山層 然別層
90万年前		十勝三股火砕流堆積物	
90～200万年前	新第三紀	鮮新世	長流枝内層
200～400万年前			池田層下部層2
400～500万年前			池田層下部層1（足寄層） 糠内層（本別層相当層）

図2 地質層序表（形成時代と地質名）

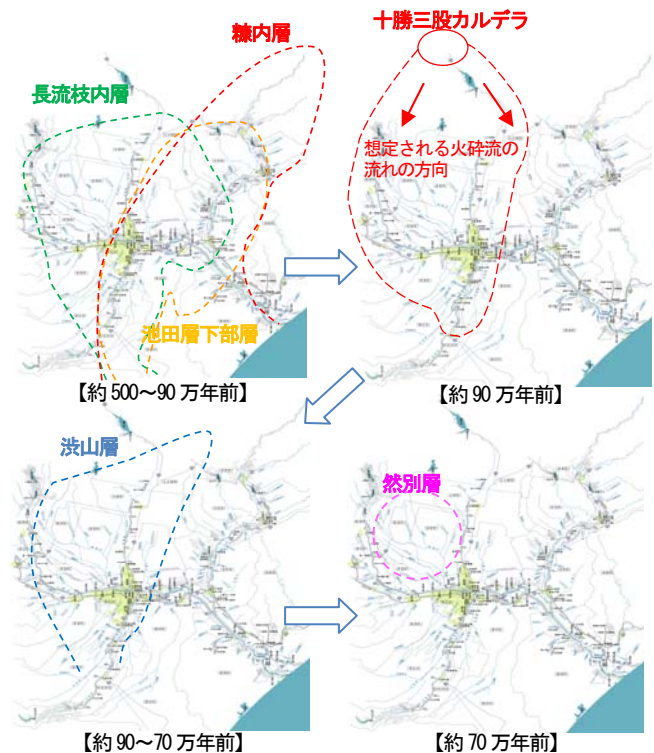


図3 各地質の推定分布域

(3) 着目すべき地層

河床低下箇所が存在している地質、及びその成り立ちを踏まえると、火山噴火に由来する未固結な火山堆積物である十勝三股火砕流堆積物、及び然別層における河床低下は特に顕著であることがわかる。この二つの層は、今後も大規模な河床低下を引き起こすことが想定されることから、特にその性質や分布状況等の詳細を明らかにする必要がある。

十勝三股火砕流堆積物

十勝三股火砕流堆積物は、清水町から帯広・芽室付近にかけて分布していると推定される。火砕流が厚く堆積した箇所では中心に熱が残り、一度融けた後にゆっくりと放熱して固結するため硬質になる。しかし、表面や薄く堆積した箇所では早い段階で熱が放出されるため、ほとんど固結せず、素手で容易に崩すことができる（写真3）。

然別層の軽石混じり火山灰質砂質層

然別層の軽石混じり火山灰質砂質層は、然別川付近に分布していると推定される。然別火山の噴火後、降雨により火山灰が流出し、洪山層の上位に堆積した。十勝三股火砕流の非溶結部と同様、ほとんど固結しておらず、素手で容易に崩すことができる（写真4）。



写真3 十勝三股火砕流堆積物 写真4 然別層

(4) 物性値の把握

河床低下を引き起こす地層を判断するためには、各地層の性状を定量的かつ地質工学的に評価する必要があることから、岩の硬さを評価する手法である針貫入試験、及び土壌硬度試験を実施し、その試験結果を踏まえ、地層の硬さと河床低下量に相関性があるかを検証した。

【針貫入試験結果】

針貫入試験は、土と岩の中間的な性状である軟岩の硬さを評価するために実施する試験であり、針を10mm貫入させた時の貫入荷重を読み取るものである（写真5）。

一般的に、地質年代が古くなるに従い針貫入勾配が大きく（硬く）なる傾向にあり、十勝川流域においても同様の傾向を示すが、以下に特徴を記する（図4）。

- 河床低下量が極めて大きい十勝三股火砕流堆積物と然別層では、針貫入勾配2 N/mm以下の小さい値を示しており、河床低下量との相関性は高い。
- 固結が進み、河床低下量が比較的小さい池田層下部層や糠内層では針貫入勾配のばらつきが大きく、河床低下量が大きい地層では針貫入勾配のばらつきが小さい傾向にある。

【土壌硬度試験結果】

土壌硬度試験は、土壌の硬さを評価するために実施する試験であり、先端のコーンを土壌に差し込み、その時に得られる貫入長を読み取るものである（写真6）。

一般的には、地質年代が古くなるに従い土壌硬度が大きく（硬く）なる傾向にあり、十勝川流域においても同様の傾向を示すが、以下に特徴を記する（図5）。

- 河床低下量が大きい十勝三股火砕流堆積物や、洪山層、然別層における土壌硬度は24 mmを示しており、極めて軟質な地層であることを示している（目安として、根が土中に伸長するためには、土壌硬度が23 mmより小さいことが条件となっている²⁾。）
- 固結度の高い池田層下部層や糠内層では、土壌硬度33 mm以上の大きい値を示しており、河床低下量と

の相関性は比較的高い。

- 固結が進んだ池田層下部層や糠内層では土壌硬度のばらつきが小さく、河床低下量が大きい地層は土壌硬度のばらつきが大きい傾向にある。



写真5 針貫入試験の状況

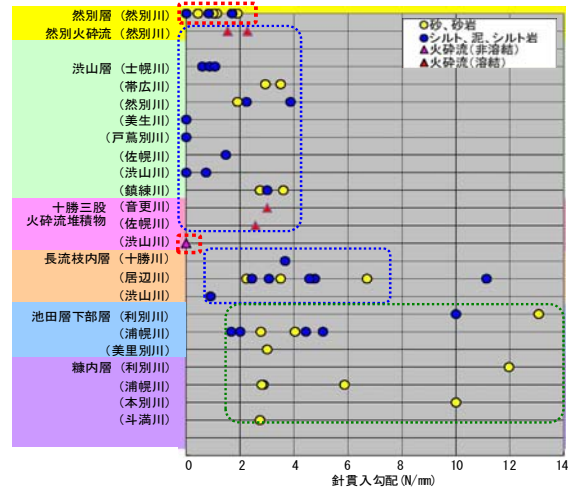


図4 針貫入試験結果



写真6 土壌硬度試験の状況

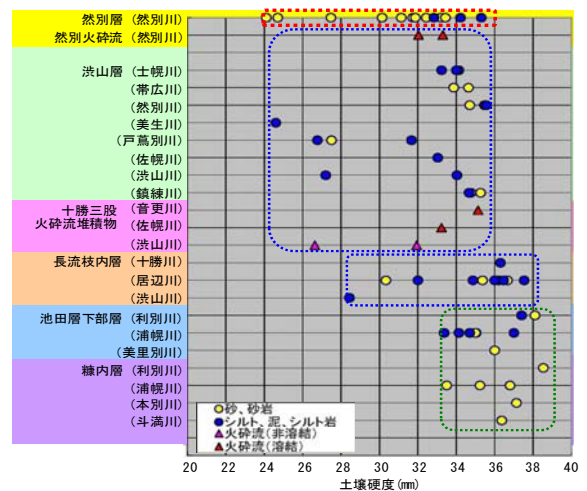


図5 土壌硬度試験結果

【原位置試験結果の考察】

原位置試験の結果、針貫入試験と土壌硬度試験では、固結度の違いによりデータのばらつきに差がみられた。これは、両試験が対象とする地層の硬さ（対象レンジ）の差に起因するものと考えられる。また、両試験結果を組み合わせることで補完しあうことにより、河床低下を引き起

こす地層の性状を、よりの確に把握できると考えられる。
 今後、十勝川流域以外の試験結果との比較を行い、考察を加える必要があるが、十勝三股火砕流堆積物と然別層に着目すると、両試験結果からみても軟質で未固結な地質であることがみてとれることから、大規模な河床低下が起こりうる地層であると評価できる(図6)。

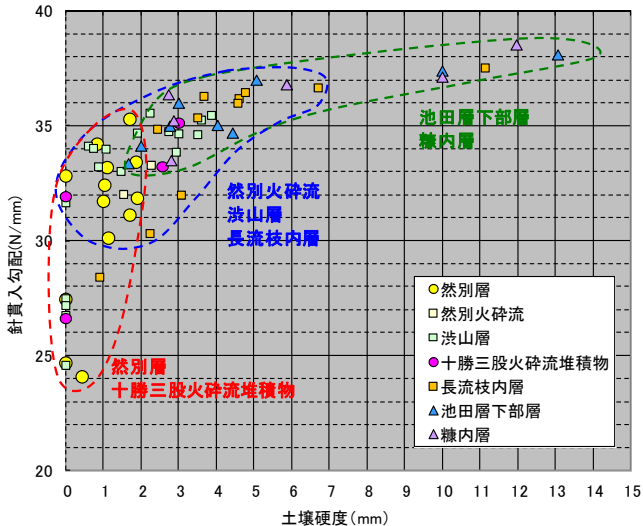


図6 針貫入勾配～土壌硬度の関係図

(5)地質ポテンシャルマップの作成

十勝三股火砕流堆積物や然別層は、十勝川上流域を中心に広範囲に分布しており、これらの地層が露出した場合には、河床低下が一気に進行するおそれがある。

従って、これら地層の分布状況や地表面からの残存層厚を把握するため、十勝川流域において広範囲にわたり実施されたボーリング調査結果等^{3), 4)}を用いて地質ポテンシャルマップ(十勝三股火砕流堆積物の例)を作成した(図7)。

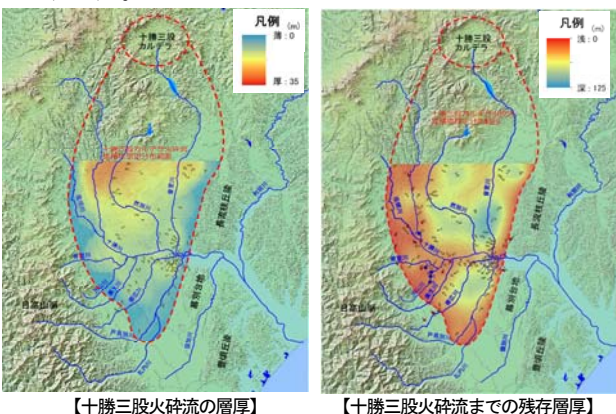


図7 地質ポテンシャルマップ作成例

十勝三股火砕流堆積物の層厚(図7左)をみると、十勝川上流部左岸側や然別川上流部で30m程度、帯広付近で10m程度であり、南方に向け薄くなっている。また、十勝三股火砕流堆積物までの残存層厚(図7右)をみると、十勝川中上流部、佐幌川、芽室川、美生川付近で10m以下の薄い箇所がみられる。

今後、ポテンシャルマップにまとめた河床低下に関する

情報を関係機関で共有し、さらに知見を蓄積していくとともに、関係機関が連携した河床低下対策の実施につながることを期待したい。

3. 今後の河床低下のリスク評価について

本研究では、著しい河床低下を引き起こす地層の特定と、その分布状況の把握について一定の成果を得たが、今後、河道を適切に管理していくためには、地層分布や河床砂礫層厚、「地質条件」からの河床低下リスク評価に加え、構造物の堆砂や河道内の土砂収支や水理諸元等の「土砂動態」を踏まえた総合的な河床低下リスク評価を行うことが重要であると考えた(図8)。

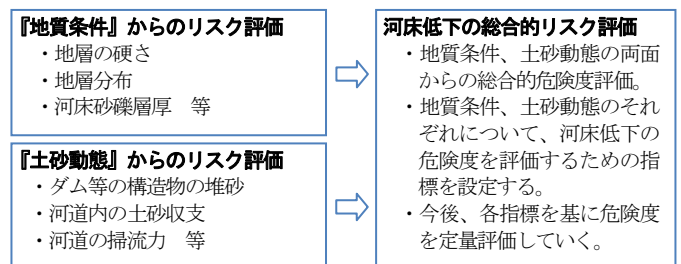


図8 河床低下リスク評価の考え方

(1)地質条件からの河床低下リスク

【基盤地質の固結度】

河床低下量や規模を踏まえた河床低下リスクは、地層毎で大きく異なることから、地層ごとに河床低下リスクを適切に評価する必要がある。そのためこれまでの河床低下の状況や、原位置試験を踏まえた定性的・定量的な評価を踏まえ、十勝川流域に存在する各地層の河床低下リスクを次のように区分し、河床低下リスクを評価することとした(表1)。

L1層：十勝三股火砕流、然別層

- ・河床低下速度は極めて速く、近年において、8m程度の大規模な河床低下を起こしている。
- ・極めて軟質な堆積層で、火山灰、砂などの未固結な層で形成され、素手で容易に崩すことができる。

L2層：長流枝内層、洪山層

- ・河床低下速度は比較的速く、近年において、4m～5mの河床低下を起こしている。
- ・軟質であるが、やや固結が進んだ堆積層で形成され、草かき鎌で削るのにある程度の力を要する。

L3層：糠内層、池田層下部層

- ・河床低下速度は遅く、近年において、1m～2mの河床低下を起こしている。
- ・かなり固結が進み、粘性のある堆積岩盤で形成され、草かき鎌で削るのに力を要する。

表1 基盤地質の河床低下リスク区分表

項目	十勝三股火砕流堆積物、然別層	長流枝内層、洪山層	糠内層、池田層下部層
河床低下量	8m程度	4m~5m	1m~2m
地質状況	極めて軟質な未固結層(素手で削れる)	やや固結した堆積層(草かき鎌で削るのに少々力を要する)	固結が進んだ堆積岩盤(草かき鎌で削るのに力を要する)
針貫入試験	0~2N/mm	0~7N/mm	2~14N/mm
土壌硬度試験	24~36mm	24~38mm	33~39mm
密度	成立しない	1.5~2.0g/cm ³	1.5~2.0g/cm ³
吸水率	成立しない	30~70%	30~60%
有効間隙率	成立しない	40~70%	40~60%
河床低下レベル	L1層	L2層	L3層

【基盤地質までの残存層厚】

河床低下の進行は、河床砂礫がなくなることで急激に進行することから、基盤地質までの河床砂礫残存層厚は、河床低下リスクを評価する上で重要な指標である。

札内川における地層をみると、戸蔦別川合流点より上流では、砂礫層が厚く分布しており、軟質な地質が露出する可能性は低いものと考えられる。また、戸蔦別川合流点より下流では砂礫層が5~10m程度の厚さで分布しているが、KP17付近では砂礫層が2m程度であり、局部的に薄い状況にあるため、今後の河床変動について、経過を観察していく必要がある(図9)。

他河川においても札内川と同様に砂礫層の残存層厚を確認し、河床低下のリスクを評価していく必要がある。

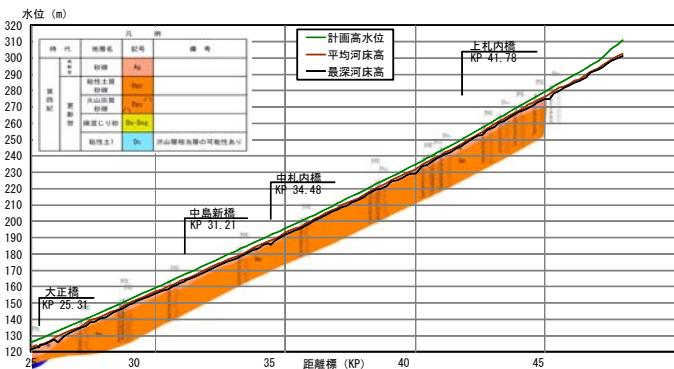
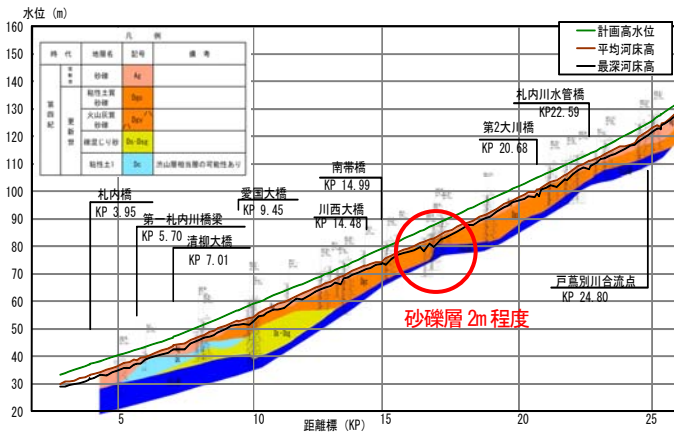


図9 地質縦断面図の作成例(札内川)

(2) 土砂動態からの河床低下リスク

上流からの土砂供給、構造物による土砂の捕捉などの土砂バランスの変動、河道形状の局所的な変動等、土砂動態の変動により河床砂礫がなくなることで、基盤が露出し河床低下が引き起こされることを踏まえ、河床低下のリスク評価にあたっては、土砂動態の現状を評価する必要がある。具体的には、河道内の区間別土砂収支や平均・最深河床高の変動量、無次元掃流力等の水理諸元に着目する必要がある。

(3) 地質・土砂動態を踏まえた総合評価

河床低下のリスクを評価するためには、これまでにとりまとめた地質条件からみた河床低下のリスク評価、及び土砂動態を踏まえた河床低下リスクを総合的に評価する必要がある。その評価にあたっては、これまでに蓄積したデータをさらに分析し、各指標が河床低下とどのような関係にあるのかを明らかにしたうえで、定量的な評価を行う必要がある。

4. おわりに

- ・本報告では、著しい河床低下を引き起こす地層を特定し、その分布状況をポテンシャルマップとしてとりまとめるとともに、地質毎の定量的な評価を踏まえた河床低下リスク評価を行った。今後は、土砂動態を踏まえたデータの分析を進めるとともに、地質・土砂動態を踏まえた河床低下リスクの総合評価を行うための手法を確立し、十勝川流域の河床低下リスクを把握することで、今後の河川管理の基礎資料としたい。
- ・本報告、及び今後のさらなる検討結果から得られる知見をとりまとめ、他河川への展開に向けた「河床低下リスク評価マニュアル(案)」を今後作成していく予定である。

参考文献

- 1) 石井, 中川他著: 北海道中央部、更新世の十勝三股カルデラの提唱と関連火砕流堆積物: 大規模火砕流堆積物と給源カルデラの対比例として, 地質学雑誌, 第114巻, 第7号, 平成20年7月。
- 2) 社団法人日本道路協会: 道路土工のり面工・斜面安定工指針, 平成11年3月。
- 3) 十勝支庁農業振興部: 農業農村整備事業関連十勝支庁管内地質・地下資源調査報告書, 平成11年3月(十勝平野北部), 平成12年3月(十勝平野中央部), 平成13年3月(十勝平野南部), 平成15年3月(十勝平野東部)。
- 4) 北海道立地下資源調査所(現北海道立地質研究所): 5万分の1地質図幅説明書「中土幌」, 昭和61年3月。