

平成28年8月出水に対する常呂川の 各種検討について

雨量・流量の検証及び被災箇所の種類調査・検討

網走開発建設部 治水課

松田 聖彦
古溝 幸永
大田見 定

8月17日から1週間に3つの台風が連続して北海道に上陸し、常呂川流域では累計雨量が観測史上第1位を記録した。この降雨により、常呂川では2箇所の水位観測所で計画高水位を超過し、越水による堤防決壊や河岸侵食、漏水等の被害が発生した。

本報告は、今回出水の雨量や流量についての検討結果及び、被災箇所の本復旧に向けて実施した各種調査や今後の対策工における検討結果の報告を行うものである。

キーワード：自然災害 災害復旧

1. はじめに

平成28年8月～9月にかけて台風（7号,9号,11号,10号）が連続して北海道に接近・上陸し、この影響で網走開発建設部が管理している網走川、常呂川、湧別川、渚滑川のすべての河川で、記録的な水位を観測し、うち湧別川を除く3つの河川で計画高水位を上回るなど、オホーツク地方の各地に被害をもたらす記録的な大雨となった。なかでも常呂川では、8月中旬から下旬までの間に3つの台風が連続して接近・上陸するかつてない気象状況により堤防からの越水が多数発生し、常呂川水系の2支川（柴山沢川:2条7号区間、東亜川:北海道管理河川）で堤防が決壊するなどの外水氾濫が発生し、河川管理施設のほか、沿川の農地にも甚大な被害をもたらした。

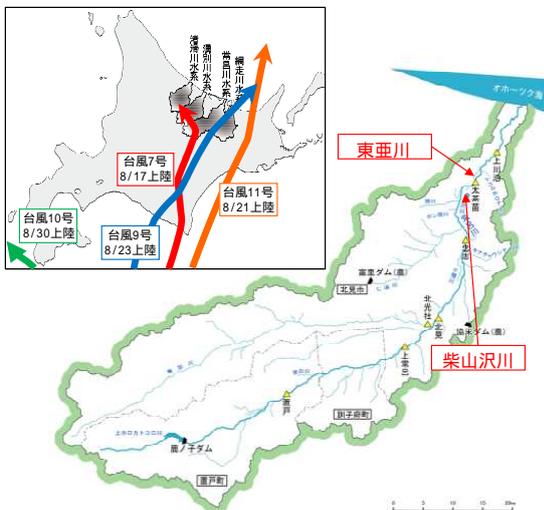


図 - 1 常呂川流域図

本報告は、今期の洪水の特徴及び被害の状況について紹介するとともに、被災箇所の本復旧に向け実施した各種調査及び今後の対策工における検討結果について報告を行うものである。

2. 常呂川の洪水概要

(1)雨量

図 - 2は気象庁北見観測所の年間降雨量とH28.8～9月洪水の総雨量（H28年8月16日～9月10日）の比較を示したもので、平均年降雨量約800mmに対し約400mmと、平均年降雨量の50%に相当する雨量が当該期間に観測された。

また、表 - 1は常呂川流域内の水位・流量観測所地点における流域平均雨量を洪水毎に整理したものである。

1回目の台風7号(8月17日～18日)と2回目の台風9号(8月20日～22日)に伴う線状降水帯の影響で、流域平均雨量100mmを越える強雨が2度にわたって流域全体に降り、これによって常呂川の水位が上昇を繰り返し、記録的な降雨状況となった。

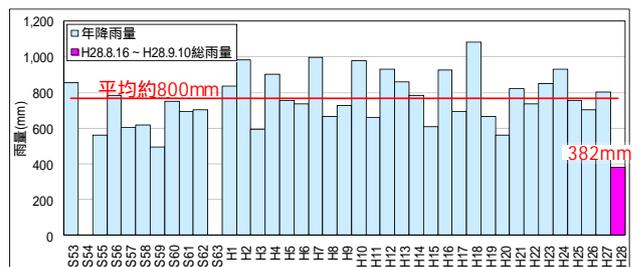


図 - 2 気象庁北見観測所の年間降水量とH28.8～9月洪水の総雨量

表 - 1 水位流量観測所地点における洪水毎の流域平均雨量

事象名	常呂川流域						
	常呂川						無加川
	置戸	上常呂	北見	忠志	太茶苗	上川沿	北光社
台風7号(H28.8.17)	122	112	108	102	94	93	112
台風9号(H28.8.20-21)	149	150	140	138	136	136	132
台風11号(H28.8.22-23)	61	57	57	56	53	53	60
台風10号(H28.8.29-31)	93	69	60	56	47	46	63
台風12号(H28.9.8-9)	66	75	70	72	71	71	59

(2)水位

図 - 3に示す常呂川の水位縦断面図は、下流部の被害箇所の痕跡水位を示したもので、KP8.4~29.4の21kmにわたり計画高水位を超過し、さらにはKP18.4~25.6の区間においては多くの箇所で現況堤防高を超過し越水が起っていたことが推察される。

また、図 - 4に示すグラフは、被害の著しかった区間に最も近傍な太茶苗水位観測所の水位グラフであるが、台風7号の影響により1度目の水位上昇が有り、平常の水位に下降する前に台風9号が上陸したことから、基底の水位が通常水位よりも2mも高い位置からの2度目の水位上昇となった。その影響により約32時間にわたり計画高水位を超過する状況となり、越水の発生や、堤防決壊及び漏水等の被害が発生した。

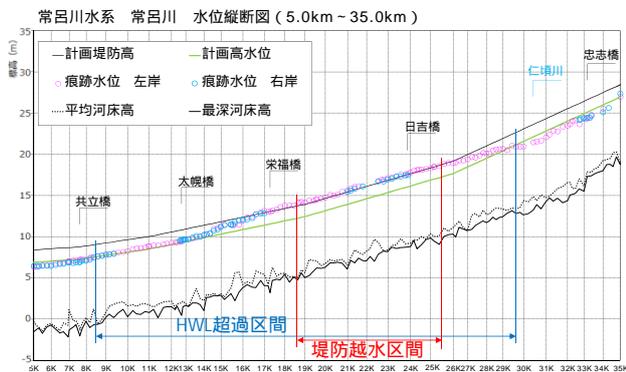


図 - 3 ピーク時の痕跡水位縦断面図

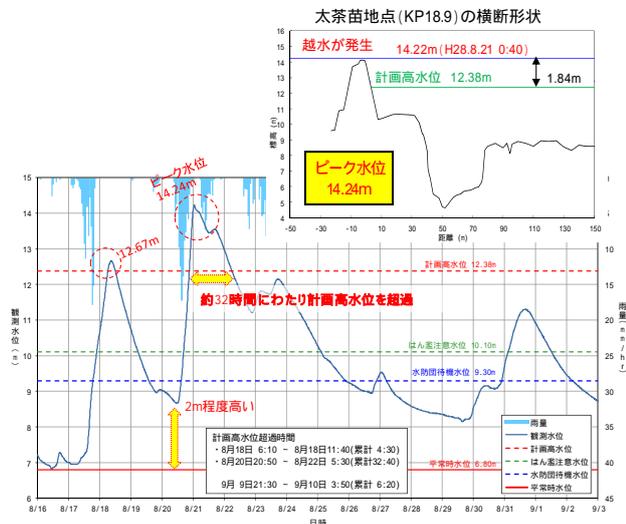


図 - 4 太茶苗観測所における水位グラフと断面図

(3)流量

検証手法は、各地点の実測観測流量を用い貯留関数による流出計算によって流量再現を行うこととした。

河道追跡計算の河道データは河川整備計画検討時の断面を用い、鹿ノ子ダムは今回の洪水の実績放流量を与え流出計算を行った。

被害地区に近い太茶苗地点の1回目と2回目の水位上昇における各観測所地点の流量実績値と計算値のピーク流量結果は、図 - 5となり、概ね流量波形が一致することが確認できた。今後は、河道断面の最新データや氾濫状況を勘案して、氾濫戻しも含め、流出量の精査及び水位検証を行っていく。

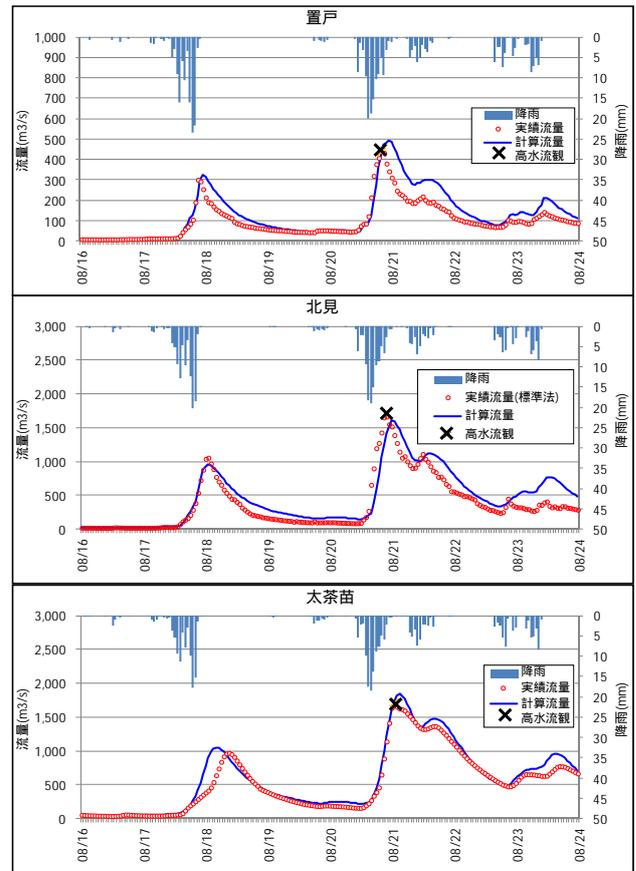


図 - 5 主な観測所における実績値と計算値のピーク流量

なお、河川整備計画目標流量は図 - 6に示すとおりであるが、今回の流出計算結果から今期の洪水流量は、基準観測点となる北見観測所で整備計画目標流量を上回る結果となり、記録的な洪水であったことがわかる。

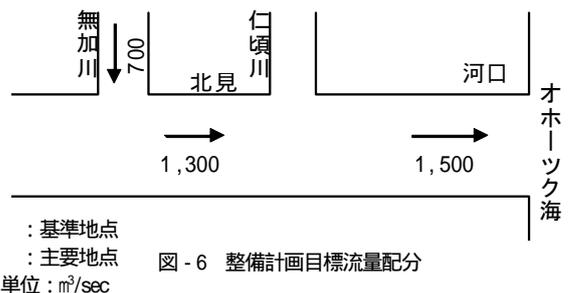


図 - 6 整備計画目標流量配分

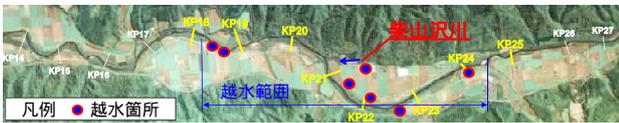
：基準地点
：主要地点
単位：m³/sec

3. 被害の概要

(1) 越水が発生した地区における河道特性

越水は、主に北見市常呂自治区において山間部の狭窄部を蛇行して流れる地域（写 - 1参照）に位置する日吉・福山地区で発生した。特に常呂川の柴山沢川合流点付近の低水路幅は、図 - 7に示すとおり上下流に比べて概ね100～200mほど狭くなっており、かつ高水敷において樹木が繁茂していることも流下阻害の要因となり、当該区間は水位が上昇しやすく水位が高い状態が比較的長く続く区間であったといえる。

また、山と堤防に挟まれた河川周辺の地形においては、概ね農地として土地利用されており、一度洪水氾濫が生じれば、氾濫水が溜まりやすい貯留型氾濫原の特徴を有する地区である。



写 - 1 日吉・福山地区の河道特性

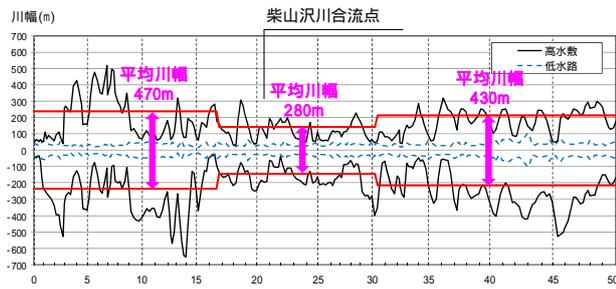


図 - 7 日吉・福山地区の河道特性（川幅）

(2) 被害の状況

日吉・福山地区の被害は、2箇所堤防決壊（うち1箇所は北海道管理河川）、6箇所堤防越水が発生し、河岸侵食、基盤漏水など13箇所にもおよぶ河川管理施設の被害が発生した。内外水の氾濫によって河川沿いでは多くの農地が冠水し、たまねぎの生産量が全国一位を誇る北見市において、今回の洪水でのたまねぎ畑を含めた農地の被害は極めて甚大なものとなった。（写 - 2・3参照）

また、河川管理施設の被害では、次々来襲する降雨によって河川の水位が高い状況が長時間続くことによる被害が特徴的であった。



写 - 2 日吉・福山地区の被害状況



写 - 3 日吉・福山地区の浸水状況

ここでは、今回の洪水における河川管理施設の被害として代表的なものとなる「常呂川水系柴山沢川における堤防決壊と、常呂川本川において越水したにもかかわらず決壊に至らなかった要因分析」、「基盤漏水による堤内側の噴砂のメカニズム」について検証した。

なお、被害の要因等については、現在も堤防調査委員会などにより、調査検討を進めている段階であることを申し添える。

a) 堤防決壊の要因分析

これまで柴山沢川の堤防決壊については、越水によるもの、洪水流による侵食によるもの、堤防浸透や堤防基盤における漏水によるものが要因として考えられることから、検証を行ってきた。

先にも記したとおり、今回決壊した柴山沢川の合流点上下流付近は、著しく水位上昇しやすい区間であり、同地区においても越水が発生していたことが明らかとなっている。（図 - 8・9参照）

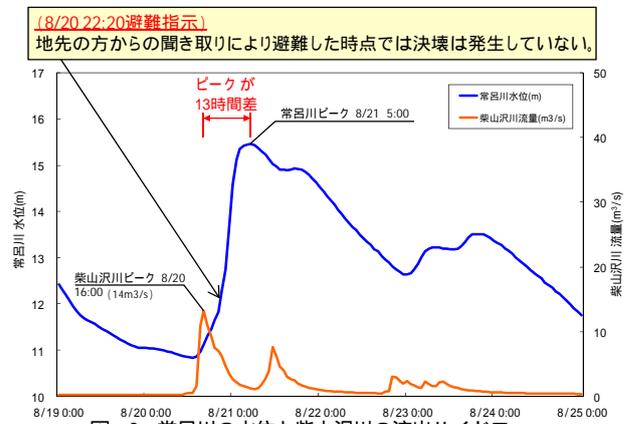


図 - 8 常呂川の水位と柴山沢川の流出ハイドロ

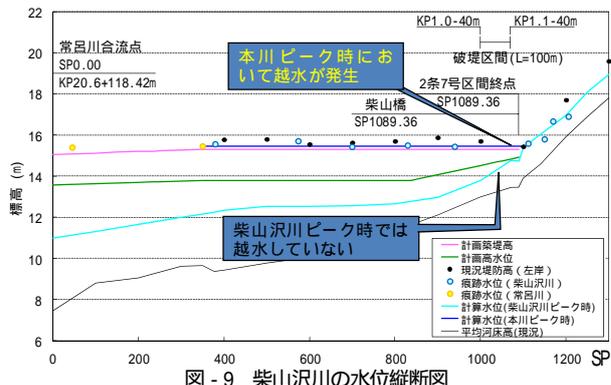
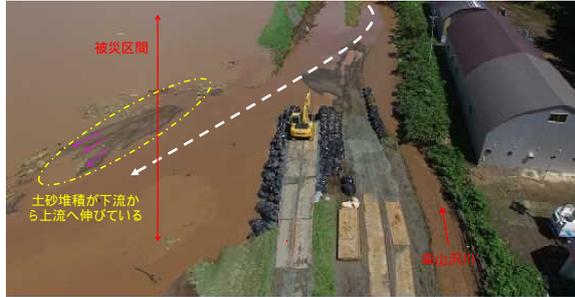


図 - 9 柴山沢川の水位縦断面図

洪水流による侵食は、写 - 4に示すとおり河道部が直線であり上流から下流方向を見ても低水路部の侵食は見られず、現地の堤内側の土砂堆積状況から、流向は下流から上流に向かっていったことが分かる。

また、堤防浸透によるすべり破壊及びパイピング破壊に対する安全性については、図 - 10に示すとおりいずれも基準値を満足する結果となり、現地踏査でも決壊した箇所以外での堤防の法すべりや噴砂などの現象は確認できなかった。



写 - 4 現地の堤内側の土砂堆積状況

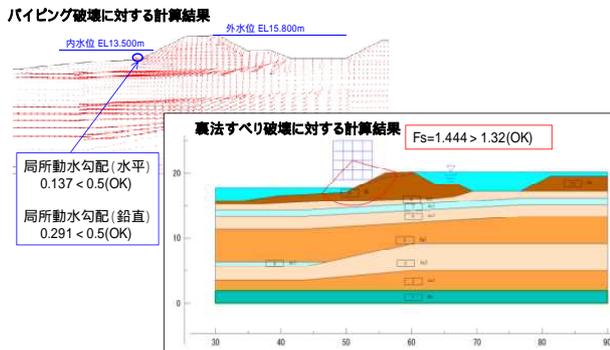


図 - 10 柴山沢川の浸透流解析結果

こうしたことから、長時間にわたり河道の水位が高い状態が続き、また、降雨等によって堤防の湿潤化はあったものの、決壊の主要因としては、常呂川の背水により越水し、堤防が徐々に侵食され決壊に至ったものであると確認できた。

次に、常呂川本川で越水が確認された日吉30号樋門付近箇所では決壊には至らなかった要因について、現時点での調査結果をもとにした分析について報告する。

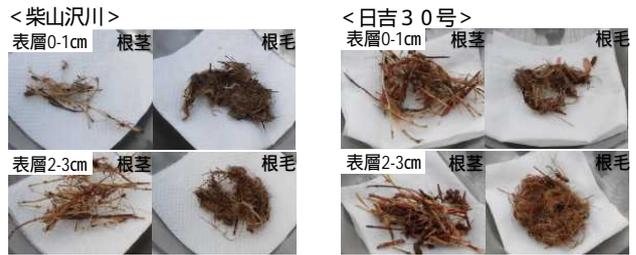
柴山沢川の決壊箇所や各越水地点の堤防は計画堤防高・断面を満足しており、堤防形状に大きな差はない状況であった。

こうした状況のもと、柴山沢川と日吉30号樋門について「土質状況」「植生状況」「越水時の内水状況」の比較分析を行った。

ボーリング調査による土質の違いについては、柴山沢川、日吉30号樋門ともに、堤体土質は主としてシルト砂質土であり、極端な土質の差はないことが分かったが、このことについては、今後堤体復旧に併せて土質サンプリングを行うなど土質試験による詳細な違いを分析し堤体侵食への影響を検討していきたいと考えている。

一方、植生の違いは明らかとなった。日吉30号樋門付

近越水箇所の植生は、決壊した柴山沢川に比べ平均根毛量が多く（写 - 5、図 - 11参照）、越流水に対する侵食への耐力は比較的大きかったものと考えられる。



写 - 5 根毛量の違い

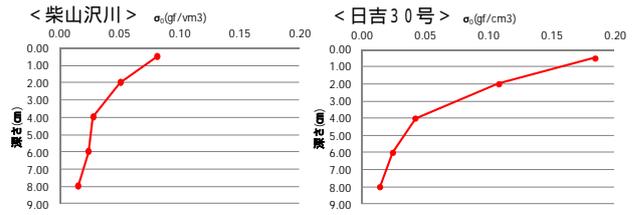


図 - 11 堤体法面の深さ毎の平均根毛量

また、越水時の内水状況の違いについては、日吉30号樋門付近越水箇所では、流入する支川の影響により、越水時には既に一定程度内水が湛水していたことが分かっており（図 - 12参照）、本川からの越流水は湛水した内水によって減勢され、比較的堤体の侵食が生じにくい状況にあったと考えられる。

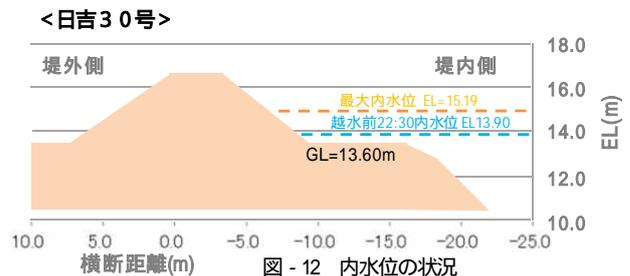


図 - 12 内水位の状況

なお、日吉30号樋門付近越水箇所のほか、5箇所の越水箇所のうち3箇所は堤防取付道路の坂路部分で、上下流の堤防高より若干低い箇所において越流が発生したが、その越流水は緩勾配の坂路を流下したことにより、堤防侵食は生じたものの決壊には至らなかったと考えられ、他の越流箇所は、樋門や観測機器設置箇所などコンクリート製の階段や構造物基礎により侵食が進みにくく、部分的な侵食が見られたものの堤防本体への大きな影響はなかった。

b) 堤内側の噴砂のメカニズム

次に、今回の出水被害のもう一つの特徴として、一部の区間（KP24.6～27.2）の堤内側で数多くの噴砂痕（写 - 6参照）が見られた。これは長時間にわたる高い水位の影響を受け、基盤破壊が発生し、堤内側に噴砂が生じる基盤漏水と考えられたことから、そのメカニズムを解明すべく、基礎地盤と噴砂の粒度や周辺の変状状況の調査・検討を行った。



写 - 6 常呂川本川の噴砂状況

基盤破壊の可能性を探るため、ポ - リング調査、試掘調査を実施し、今回洪水の実績観測雨量及び水位を与え、浸透に対する安全性の評価を行った。その結果、図 - 13 に示すとおり基準値を超過し、基礎地盤において浸透破壊が生じ噴砂が発生したと推定された。

今回の常呂川における噴砂は、法尻部だけでなく法尻から30m以上離れたところからも噴砂痕が多数見られたため、その基盤破壊のメカニズムをより詳細に把握するため試掘調査を実施した。結果、明確なパイピングホールや水みちは確認できなかったが、堤内側は農地であり粘性が高い地盤が表面に分布しているもののその層厚は一様でなく、法尻より離れた位置であっても地質的な弱部があれば噴砂が発生し、特に表土の被覆層が薄いところで発生していることが確認できた。そのため、堤内側の農地条件として、試掘調査をもとに表土の粘性が高い地盤をモデルに組み込み解析を実施した結果、図 - 13に示すとおり、基準値を超過する結果となり、離れた地点においても噴砂することが解明された。

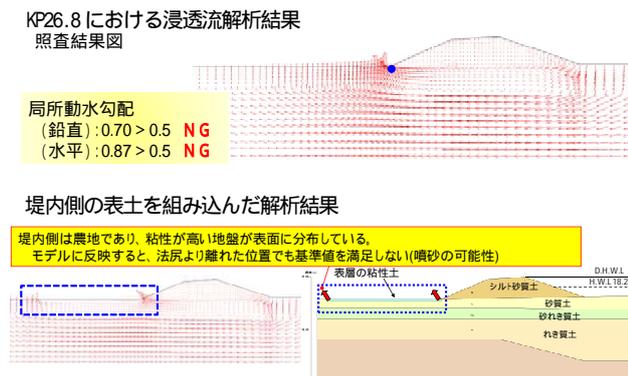


図 - 13 浸透流解析結果

このことについては、図 - 14に示すとおり北見工業大学による表面波探査及びコーン貫入試験の結果¹⁾からみても、そのメカニズムは、ほぼ一致する考察結果となった。

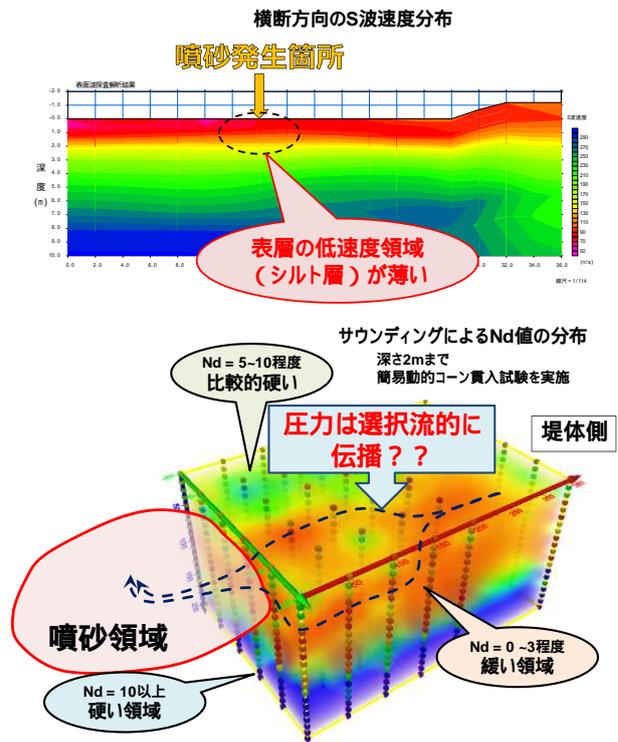


図 - 14 北見工大による検討結果¹⁾

また、試掘調査等において網状に砂を噛んだクラックが無数に存在し、噴砂直下は地盤層が緩く崩れやすい状況であることが判明した。試掘の状況と緩み箇所は、コーン貫入試験や表面波探査との整合がとれていることから、河川流水の高い水位による地盤内の水の圧力伝播によって3次的に網状で水が流れ、表土の薄い箇所などの弱部から水があふれ出すといったメカニズムであることが分かった。(図 - 15参照)

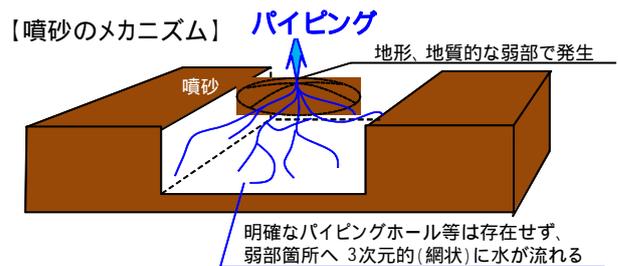


図 - 15 噴砂のメカニズムの検討結果

4. 再度災害防止の対策

(1)対策の必要性

前項で述べてきた被災箇所の対策については、早急な復旧工事が必要であるが、災害復旧事業だけでは現況復旧のみとなることから、今回と同規模の洪水が発生した場合には、再度災害が発生する可能性が高い。そのため、再度災害を防止するためには、河川水位の低減が必要不可欠である。

(2)対策概要

(1)の状況を踏まえ、現況復旧のほか、河川水位の低減を図るための河道掘削を緊急かつ集中的に実施する。

その具体的な内容について図 - 16に示すとおり、計画高水位を超過した区間を対象に河道掘削を行うことで、河道内水位を今回出水規模程度においても計画高水位程度にまで低減させ、洪水氾濫を未然に防ぐことを目指す。

河道の掘削断面については、現在詳細な検討を行っているところであるが、現況河道を出来るだけ活かし、上下流区間の流下能力を勘案し下流への負担が極力生じないような掘削断面の設定を行うとともに、その掘削敷高は平水位を基本に掘削を実施することで、自然環境へも配慮することを検討している。

なお、今期の度重なる台風の影響による道内各地での甚大な被害を受け、北海道開発局及び北海道では、被害の著しい河川を対象に「北海道緊急治水対策プロジェクト」を策定し、河川管理施設だけでなく被害のあった農地にも視野を広げ、緊急かつ集中的な総合復旧事業を行い、地域社会基盤の早期復旧を目指すこととしている。

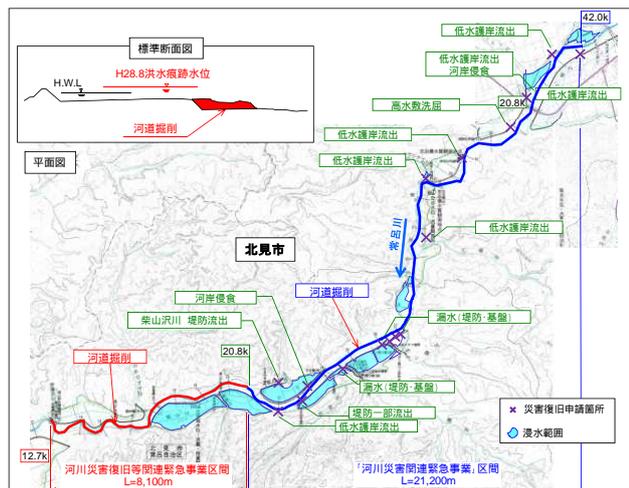


図 - 16 河道掘削範囲と掘削概略断面図

(3)対策の効果

図 - 17は、越水した太茶苗地点の横断面図で、今回洪水の流量が流下した実績の水位と河道掘削実施後の水位を示したものである。

掘削区間の上下流バランスを考慮し設定した断面によ

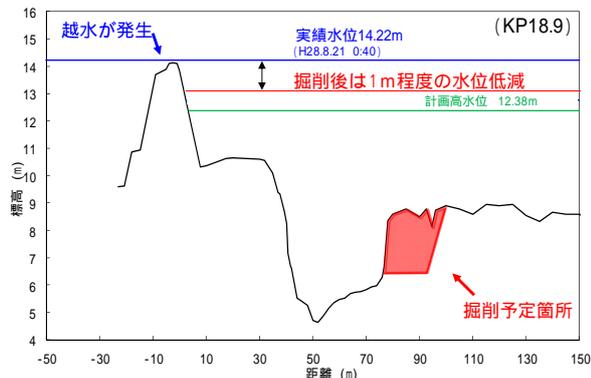


図 - 17 太茶苗地点の現況河道における掘削実施後の水位

り、約1.0mの水位低減を図ることができ、計画堤防高以下の水位となることから、越水による外水氾濫を防ぎ、復旧工事と併せて事業を行うことによって、洪水氾濫を未然に防ぐ効果が期待できる。

(4)掘削土の有効活用

本事業では、河道掘削土が約120万m³発生し、その残土処理が課題となる。一方で、図 - 16に浸水範囲を示しているが、堤内側の農地が低くなっており、外水氾濫のほか、内水氾濫も発生していることから、河道掘削土を活用した農地の嵩上げ等について、現在関係機関と鋭意協議を進めているところである。(図 - 18参照)

こうして河川と農業が連携した整備を行うことで、安全・安心な地域社会が形成されることが期待される。



日本の「食料庫」である農地の早期復旧のため、河道掘削土を有効活用できるように関係機関と調整



図 - 18 農地復旧との連携

5.あとなぎ

本稿では、現段階での出水時雨量・流量の検証結果及び被災箇所の本復旧に向け実施した各種調査や対策工における検討結果を取りまとめた。今後も検証を進め、これ以降の河川整備へ反映していきたい。

6. 謝辞

今回の各種報告については、国土技術政策総合研究所、土木研究所、寒地土木研究所、北見工業大学及び土木学会常呂川現地調査団など各研究機関の調査協力等によって可能となったものである。調査に携わった関係者皆様に対し謝意を表するとともに、引き続き、今後の関連調査や河川整備に向けた各種検討における調査についての協力を要請させていただき、本稿の時点報告を終える。

7. 参考文献

1) 川尻峻三、川口貴之、山下聡、渡邊康玄、早川博、宮森保紀：土木学会地盤工学委員会堤防研究小委員会、第4回河川堤防技術シンポジウム2016.11.29発表資料