

2017/12/15

平成29年度 第12回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会
第18回十勝川千代田実験水路等実験検討会

北海道大雨激甚災害（H28.8発生）を踏まえた 千代田実験水路の活用

内容

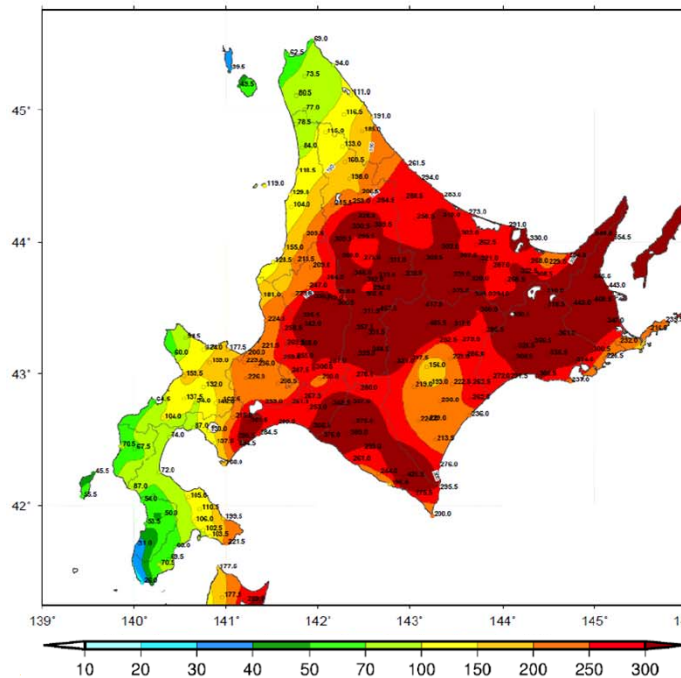
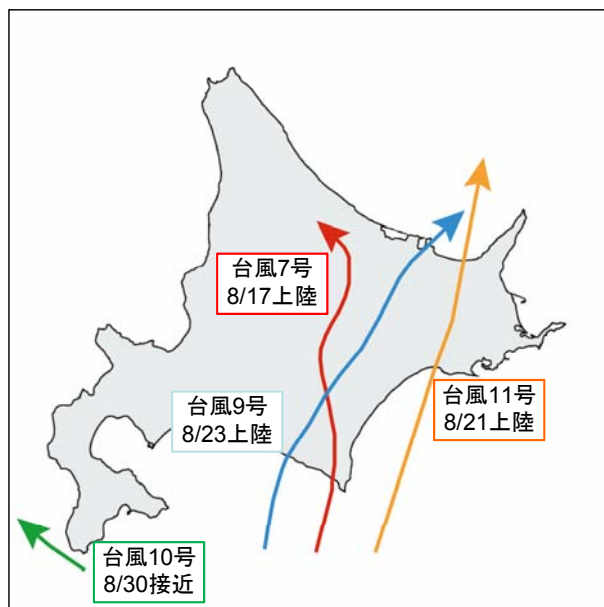
- ①北海道大雨激甚災害の概要
- ②堤防調査委員会での整理
- ③ 課題の整理、及び解決方法
- ④ 千代田実験水路の活用

国土交通省 北海道開発局

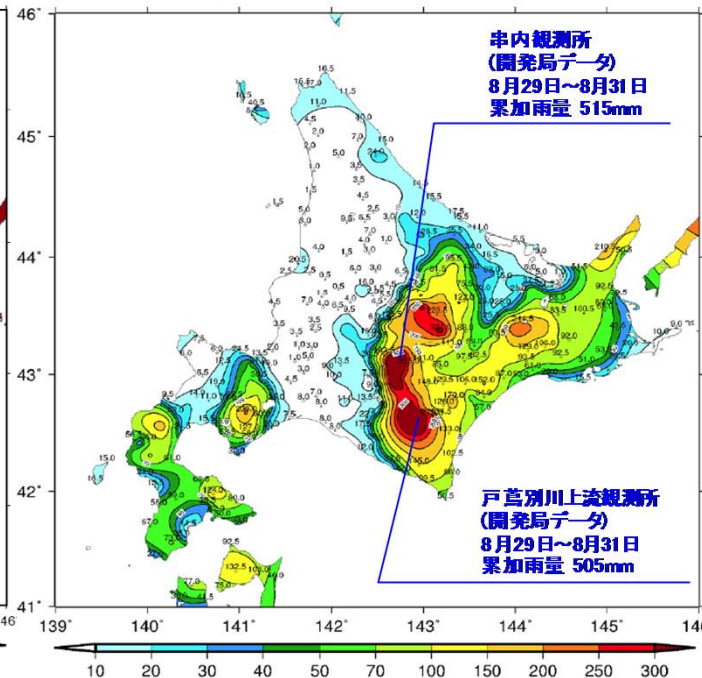
H28.8北海道大雨激甚災害の概要

■平成28年8月17日～23日の1週間に観測史上初めて3個の台風が北海道に上陸し、道東を中心に大雨により河川の氾濫や土砂災害が発生した。また、8月29日から前線に伴う降雨があり、その後、台風第10号が北海道に接近し、串内観測所では8月29日から8月31日までの累加雨量が515mmに達するなど、各地で記録的な大雨となった。

アメダス降水量分布
(平成28年8月15日1時～24時)
(日本気象協会 配布資料から転載)



アメダス降水量分布
(平成28年8月29日1時～31日9時)
(日本気象協会 配布資料から転載)



◆道内の主要な地点における年降水量の平均値(mm)

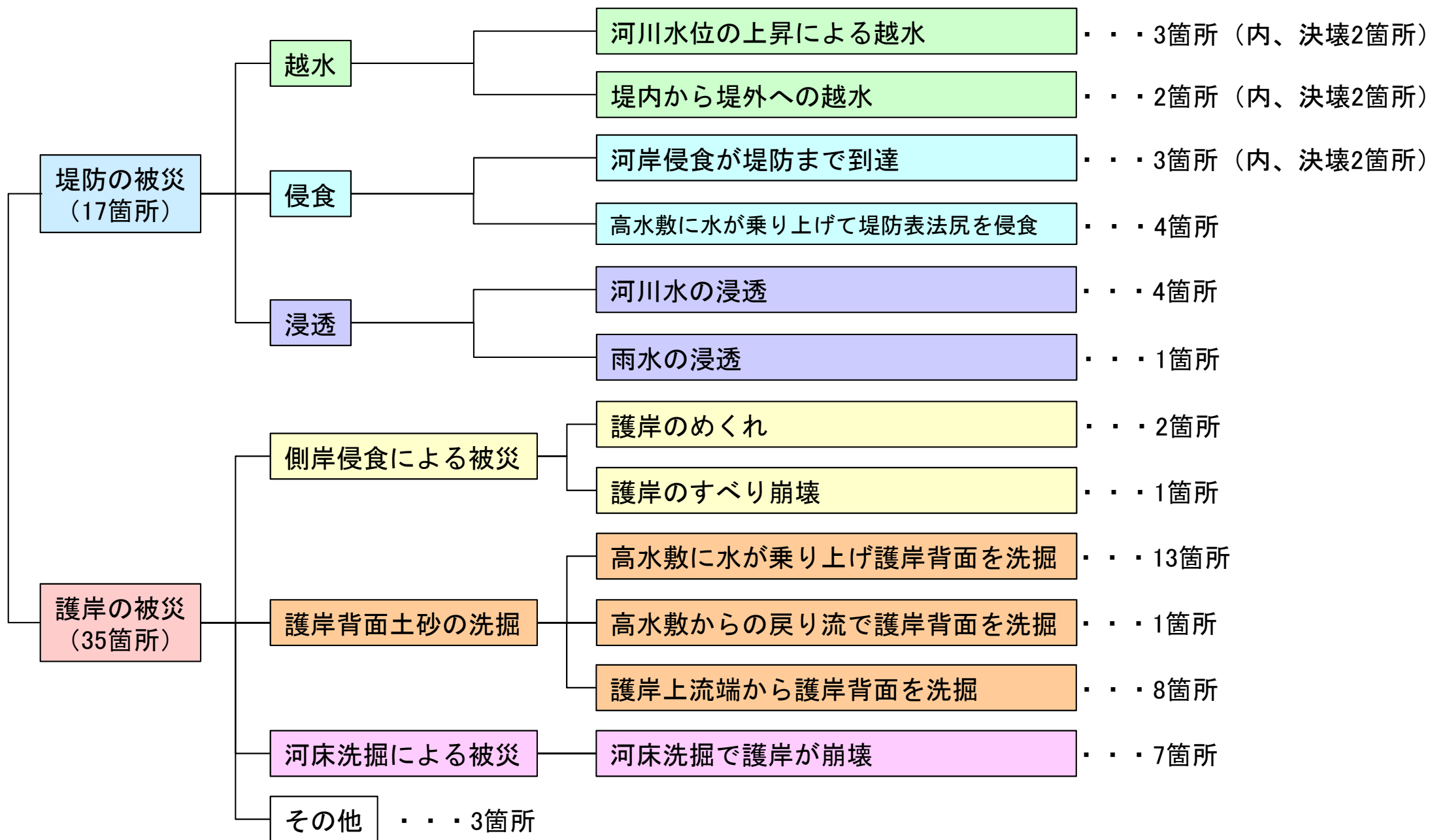
地点名	年降水量の平均値(mm)	統計期間	地点名	年降水量の平均値(mm)	統計期間
札幌	1106.5	1981～2010	釧路	1042.9	1981～2010
函館	1151.7	1981～2010	帯広	887.8	1981～2010
小樽	1232.0	1981～2010	網走	787.6	1981～2010
旭川	1042.0	1981～2010	北見	763.6	1981～2010
室蘭	1184.8	1981～2010	留萌	1127.0	1981～2010

8/16～8/31の雨量観測について

- 串内観測所(空知郡南富良野町) 総雨量 888mm
- 戸蔭別川上流観測所(北海道帯広市) 総雨量 895mm

H28.8北海道大雨激甚災害の要因整理

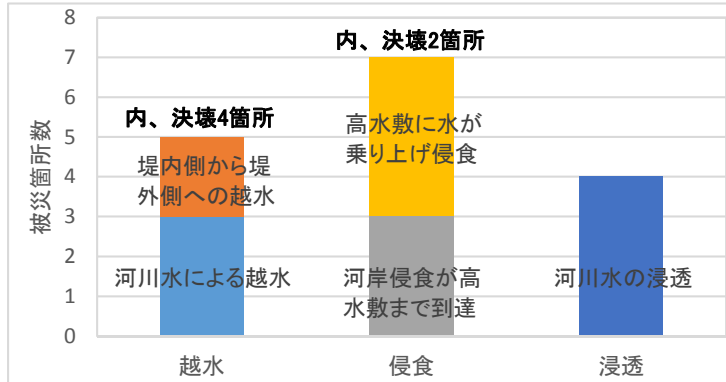
- 全道の災害箇所のうち、堤防と護岸の被災要因を整理した。
- **堤防被災は侵食、護岸被災は背面土砂の洗掘**によるものが多いのが特徴的である。



H28.8北海道大雨激甚災害の要因整理【堤防】

- 堤防被災事例箇所においては、**セグメント1～セグメント2-1の区間で集中して発生**している。
- 堤防被災は侵食によるものが多いが、河岸侵食が堤防まで到達した事例数と、高水敷に水が乗り上げ堤防表法尻を侵食した事例数は同程度である。

堤防の被災要因



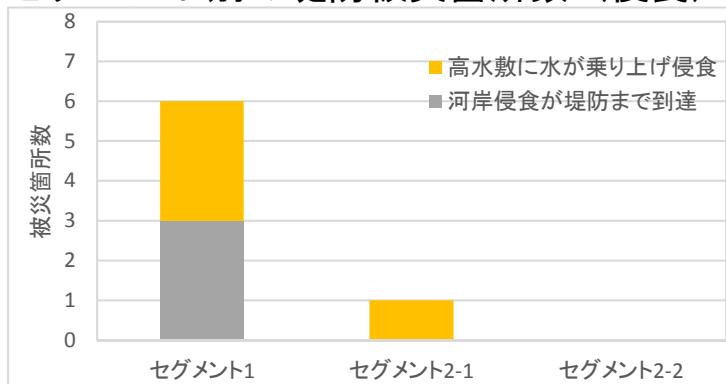
越水による被災事例 (常呂川KP22.6)



河岸侵食が堤防まで到達した事例 (音更川KP21.0)



セグメント別の堤防被災箇所数（侵食）



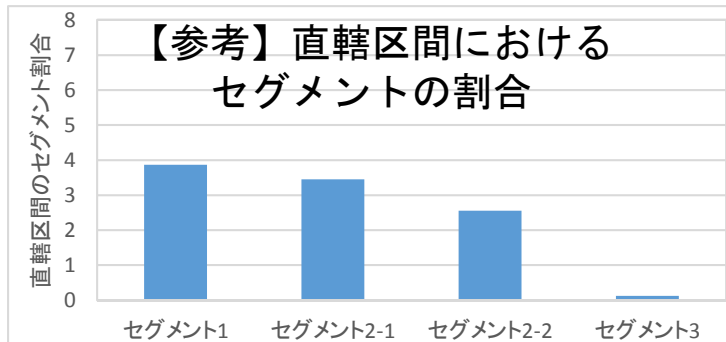
高水敷に水が乗り上げ侵食した事例 (辺別川KP4.2)



浸透による被災事例 (常呂川KP24.6)



【参考】直轄区間における セグメントの割合



常呂川堤防調査委員会【越水による堤防決壊】

- 8月17日からの台風第7号及び台風第9号・11号に伴う降雨により、常呂川流域では、越水が発生し堤防決壊したほか、法面崩壊や河岸洗掘、漏水等の被害が発生した。
- 特に柴山沢川左岸の堤防決壊と日吉30号樋門付近の堤防裏法崩れが大きな被災であった。
- 常呂川の直轄区間では越水した堤防が7箇所確認されているが、そのうち決壊に至ったのは柴山沢川のみであった。



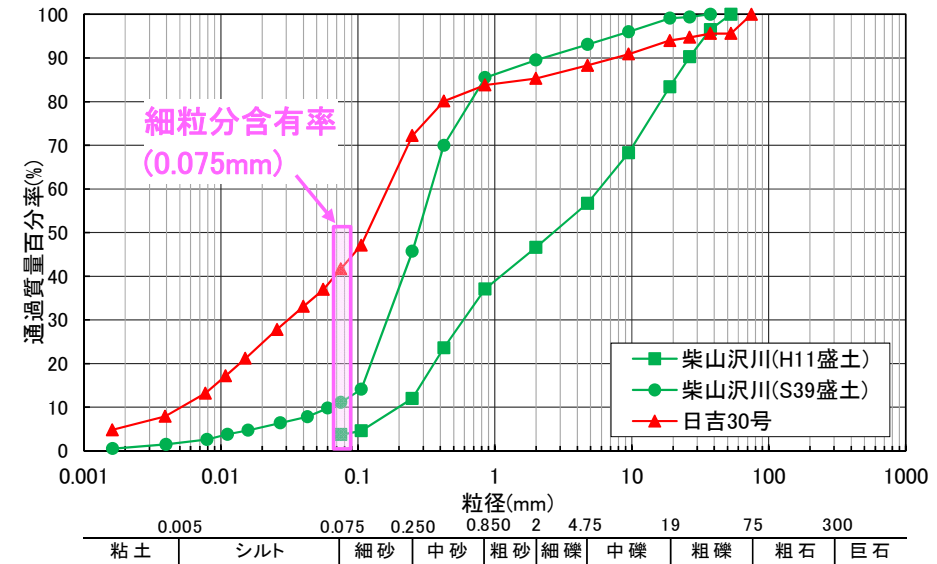
常呂川堤防調査委員会【越水による堤防決壊】

- 決壊した柴山沢川と決壊しなかった日吉30号樋門付近で土質状況を比較した。
- 決壊していない日吉30号樋門付近の方が細流分が多く、粘着力が大きく、透水係数は低いことが確認された。

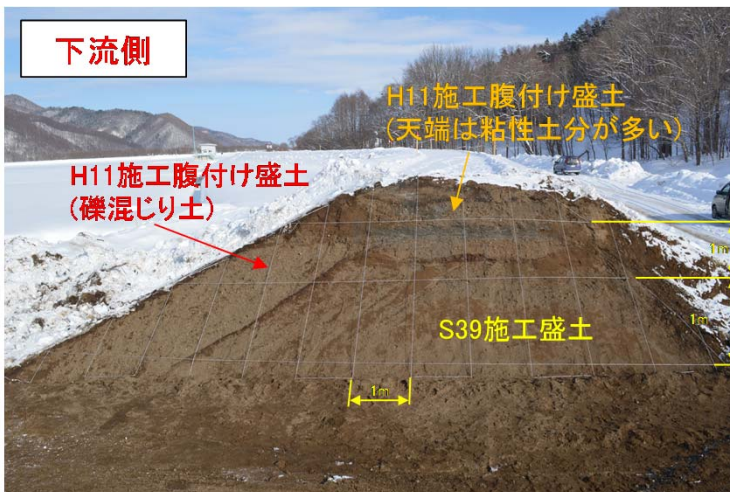
柴山沢川と日吉30号樋門の外力の違い（推定）

	越流水深	越水継続時間
柴山沢川 (決壊)	10cm程度 (計算水位と堤防高から推定)	5時間未満 (計算によるピーク水位時刻と巡視時刻から推定)
日吉30号樋門付近 (決壊に至らず)	30cm程度 (痕跡水位と堤防高から推定)	4時間程度 (巡視時刻から推定)

盛土の粒度



柴山沢川の堤防掘削断面



日吉30号樋門付近の堤防掘削断面

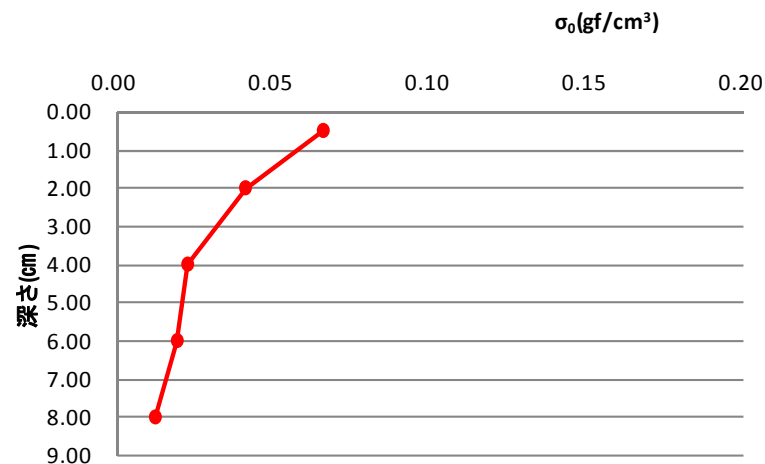
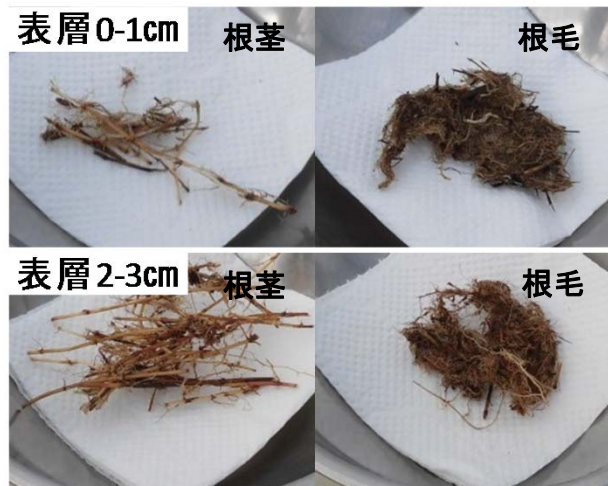


- ・ 柴山沢川の盛土の細粒分は4～11%と少なく、特にH11盛土は礫質土
- ・ 日吉の盛土の細粒分は42%と粘性土

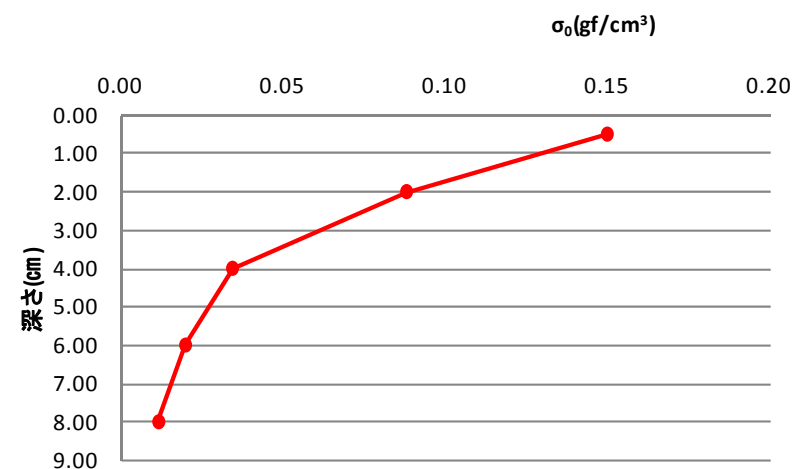
常呂川堤防調査委員会【越水による堤防決壊】

- 決壊した柴山沢川と決壊しなかった日吉30号樋門付近で根毛量を比較した。
- 決壊していない日吉30号樋門付近の方が平均根毛量が多く、越流水に対する侵食への耐力が大きかったものと考えられた。

● 柴山沢川



● 日吉30号樋門付近

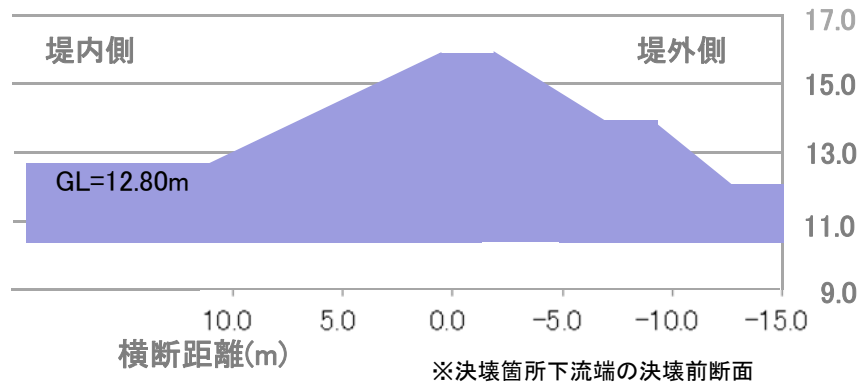


堤体法面に塩ビ管を打ちこみ供試体を採取し、スライスして深さごとの根毛量を計測。

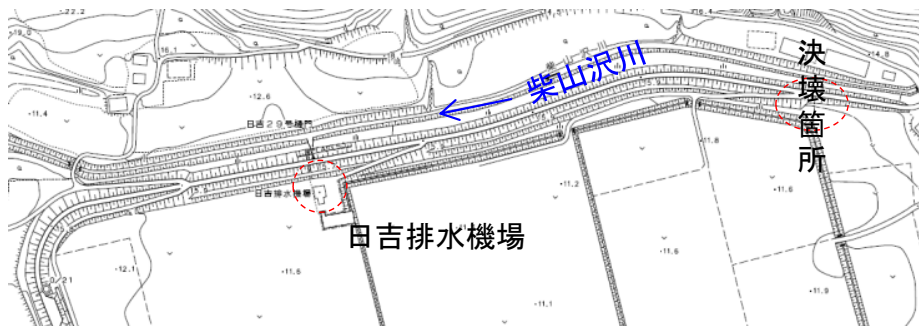
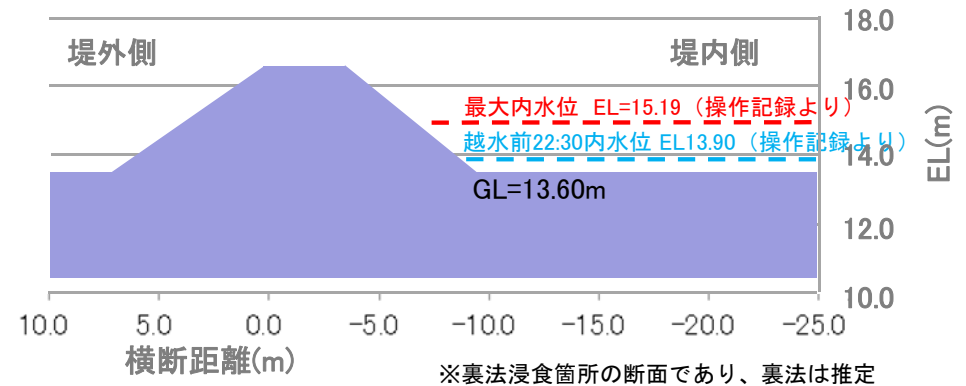
常呂川堤防調査委員会【越水による堤防決壊】

- 決壊した柴山沢川と決壊しなかった日吉30号樋門付近で内水状況を比較した。
- 決壊していない日吉30号樋門付近の方が内水の湛水があったことから、越流水が内水で軽減され、堤体の侵食が生じにくい状況にあったと考えられた。

●柴山沢川



●日吉30号樋門付近



住民が避難した22:20時点で、下流の排水機場による内水位はEL=11.50mで、堤防決壊地点の地盤高はEL=12.80mであることから、常呂川ピークの2~3時間前では内水が湛水していないと判断される。

常呂川堤防調査委員会【越水による堤防決壊】

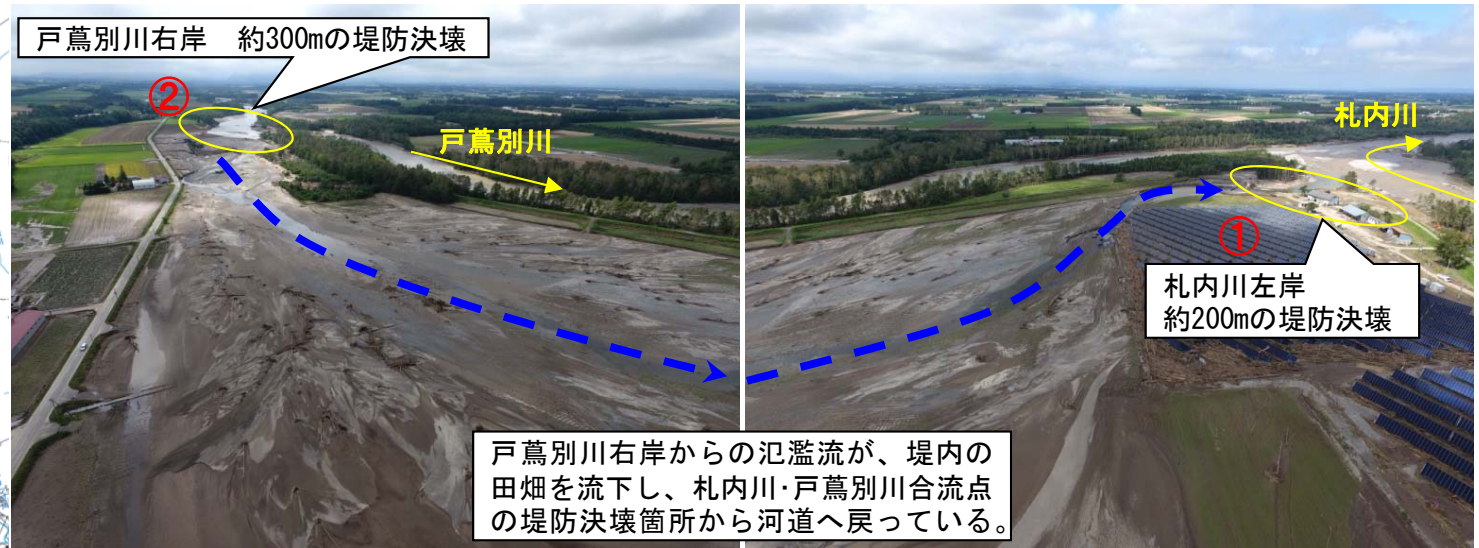
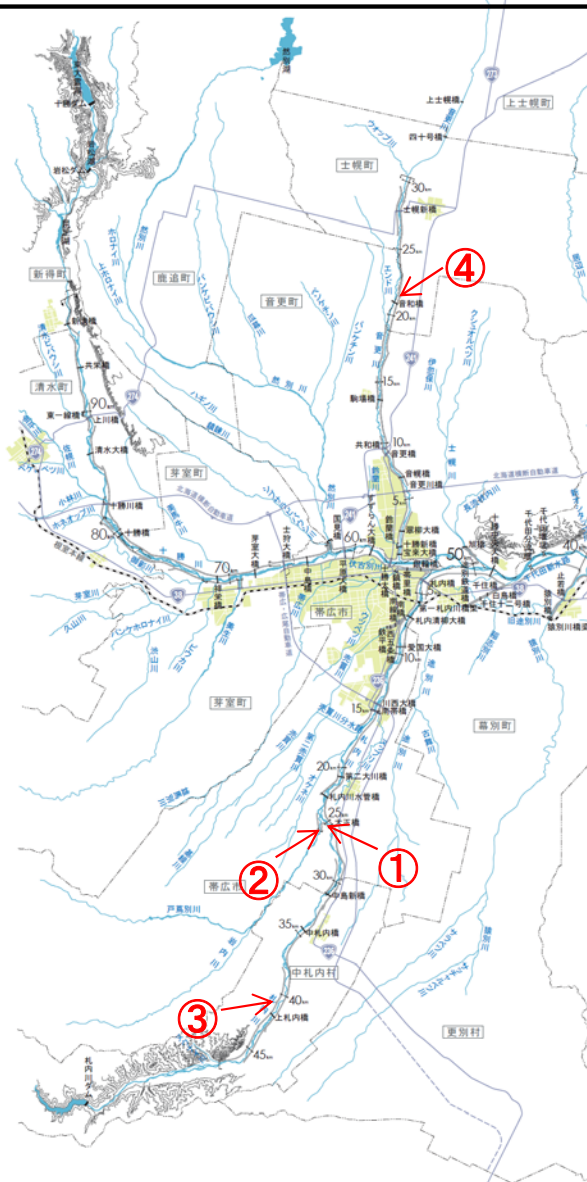
- 柴山沢川は堤防決壊に至ったが、常呂川本川の日吉30号樋門地点は同程度の水位条件であったにもかかわらず、**堤防の裏法崩れのみが発生し決壊まで至らなかった。**
- 堤防調査委員会によると、越水したにもかかわらず決壊に至らなかった要因は、「土質」「植生状況」「越水時の内水状況」によるものと推定されている。

項目		調査結果のまとめ	
①土質の違い	開削調査	【開削断面の目視及び触手確認】 ・柴山沢川の堤体土質は砂質土を主体とし緩い状態であった。 ・一方、日吉30号の堤体土質は粘性土が主体で細粒分が多いことを確認。	
	土質試験	粒度試験	・柴山沢川は細粒分4~11%と少なく、特にH11盛土は礫質土。 日吉は細粒分42%と粘性土。
		密度	・柴山沢川(S39盛土)は緩くD値85%未満が確認された(82~94%)。 日吉30号はD値85%以上であった(85~92%)。
		透水係数	・柴山沢川は、砂分・礫分主体で緩く透水係数が高いが、日吉30号の方は粘性土主体のため透水係数が低い。
		せん断強度(三軸圧縮試験)	・盛土のせん断強度で、大きな違いは見られなかったが、柴山沢川の腹付盛土については、砂分、礫分が多い。
②植生の違い	植生密度	【出水後調査による目視確認(被災箇所近傍状況)】 ・柴山沢川、日吉30号いずれも、植生の生え及び密度も良好であった。	
	根毛量	・柴山沢川に比べ日吉30号の方が平均根毛量が多く、越流水に対する侵食への耐力があったものと考えられる。	
③内水の違い		【樋門観測記録より】 ・日吉30号樋門は、越水時に既に内水湛水が一定程度あった。 ・越流水が内水で減勢され、堤体侵食が生じにくかったと考えられる。	
④浸透の違い	現地調査	【出水後の現地調査(被災箇所近傍状況)】 ・法面や法尻付近について、柴山沢川、日吉30号いずれも、法すべり破壊やパイピング破壊は確認されなかった。	
	浸透流解析	・解析の結果、パイピング破壊およびすべり破壊に対する安全性は、柴山沢川、日吉30号いずれも、基準値を満足する結果となった。	
⑤施工の違い		・日吉30号樋門箇所は、旧樋門撤去箇所で築堤保護護岸があり、河川水に対する浸透への耐水力があったと考えられる。	



十勝川堤防調査委員会【蛇行侵食による堤防決壊】

- 戸蔦別川右岸（北海道管理区間）において堤防が約300mにわたり決壊し、札内川KP25.0左岸では約200mにわたり堤防が決壊した。
- 札内川KP40.5左岸、音更川KP21.2左岸においても堤防が決壊したが、浸水被害は発生しなかった。



戸蔦別川右岸（北海道管理区間）及び札内川KP25.0左岸



札内川KP40.5左岸

音更川KP21.2左岸

十勝川堤防調査委員会【蛇行侵食による堤防決壊】

- 決壊箇所付近は蛇行した低水路の外岸部となっており、決壊箇所前面の高水敷は侵食され、堤防まで及んでいることが確認された。
- 音更川では決壊前の流路は堤防に対して約120mの距離があったにも関わらず、出水により **蛇行部が堤防まで到達した。**

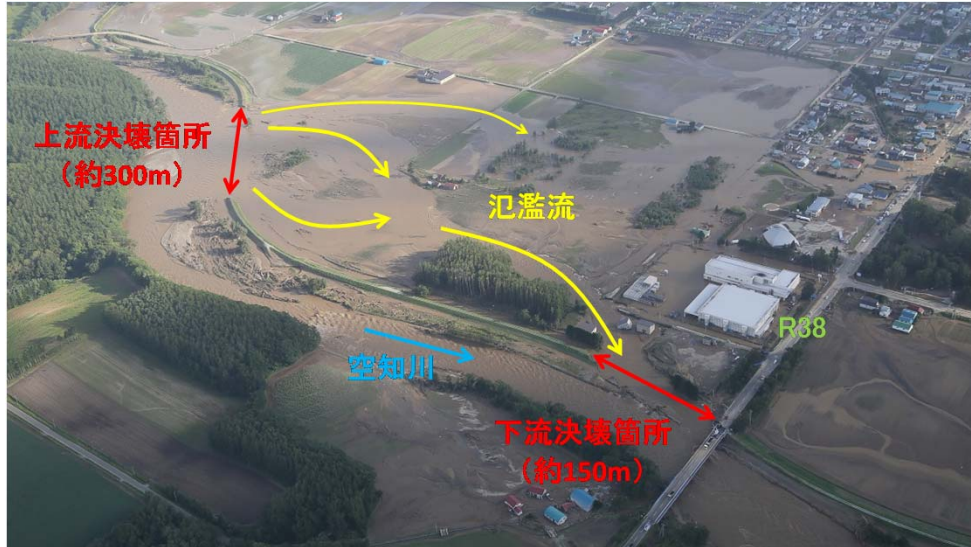
(音更川KP21.2、札内川KP40.5)

想定される決壊原因	調査結果から分かったこと	推定される堤防決壊の原因
■ 越水による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・札内川左岸の痕跡水位は、決壊箇所前後で現況堤防高を下回っている。 ・音更川左岸の痕跡水位は、決壊箇所前後で現況堤防高を下回っている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・越水しておらず、越水による堤防決壊は生じていない。
■ 侵食による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊箇所付近は、蛇行した低水路の外岸部となっている。 ・出水後の滞筋が左岸に大きく寄っており、一部は堤内地まで及んでいることが確認された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・侵食が堤防決壊原因の一つであると推察される。
■ 浸透による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊区間及びその周辺では、噴砂は確認されなかった。 ・堤体については、いずれも砂礫層で構成されていることが確認された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の浸透解析結果において、浸透に対する安全性は確認済み。 ・また、出水後の現地において噴砂は確認されなかったため、浸透による堤防決壊の可能性は低いと推察される。



空知川堤防調査委員会【湾曲外岸部における堤防決壊】

- 空知川の氾濫により、南富良野町市街地を含む地域で浸水被害が発生した。
- 浸水面積は、南富良野町幾寅地区で約130ha、住家約107戸や食品加工工場等が浸水したものの、人的被害は発生しなかった。避難所に指定されている町の福祉施設や道の駅も被災した。



空知川堤防調査委員会【湾曲外岸部における堤防決壊】

- 決壊口上流部付近で越水が発生し、その川裏法面が洗掘したことが決壊原因の一つと推定される。
- 決壊箇所は湾曲外岸部となっており、洪水時には水衝部となっていた可能性があり、侵食が堤防に及んだ可能性は否定できない。

想定される決壊原因	調査結果から分かったこと	推定される堤防決壊の原因
■ 越水による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・空知川流域で記録的な大雨があり、空知川の水位が大きく上昇した。 ・決壊口の上流側で越水が確認された。また、川裏側の洗掘・流失が確認された。 ・決壊口の下流側では川裏側での越水は明瞭ではなく、洗掘も確認できなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊口上流部付近において、<u>堤外側から堤内側への越水が発生し、その川裏法面が洗掘したことが決壊原因の一つ</u>であると推定される。
■ 侵食による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊箇所付近はわん曲外岸部となっており、洪水時には水衝部となっていた可能性がある。 ・写真から推定される出水後の滞筋は決壊前より左岸側に寄っているが、低水護岸は残っている。 ・決壊区間では高水敷が侵食され、高水敷上の樹木も消失していた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>侵食が堤防に及んだ可能性は否定できない</u>。
■ 浸透による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊区間及びその周辺では、噴砂は確認されなかった。 ・すべり破壊及びパイピング破壊に対する安全性を照査した結果、基準値を満足する結果となった。 ・決壊箇所以外で、堤防の法崩れは確認されなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸透が堤防決壊の主要因であるとは考えにくい。



課題の整理、及びその解決方法

- 堤防被災については、堤防調査委員会等により堤防決壊（又は決壊しなかった）の原因抽出が行われたが、その分析を進め、（必要に応じて）今後に向けて現場環境を想定した対策工を検討する必要がある。
- 課題解決に向けた検討方針を設定し、実河川スケールでの確認が有効である場合は、千代田実験水路を活用する。

課題整理と解決方法（案）

カテゴリ	課題	課題解決に向けた検討方針	検討方法
越水による堤防決壊	・長時間の越水に耐えた理由の整理(常呂川)	<ul style="list-style-type: none"> 各研究成果を踏まえレビュー 常呂川で越水に耐えた箇所は、どの原因が最も効いたのか検討 合わせて、万が一堤防決壊した場合に拡幅被害が小さくなる事象の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 縮小模型実験、数値計算、<u>実河川スケール実験</u>
蛇行侵食による堤防決壊	・蛇行侵食メカニズムを整理	<ul style="list-style-type: none"> 蛇行侵食しやすい河川条件を解明 各河川の堤防侵食の危険度を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 現地データの分析 縮小模型実験、数値計算、<u>実河川スケール実験</u> 各河川の危険度を河道特性や外力等で評価
	・蛇行侵食への堤防決壊対策工を開発、整備	<ul style="list-style-type: none"> 侵食による堤防決壊対策工を検討し、その効果を実験で検証 	
湾曲外岸部における堤防決壊	・湾曲外岸部での堤防決壊要因の分析、絞り込み	<ul style="list-style-type: none"> 洪水時の湾曲外岸部の流れと堤防決壊との関係进行分析 	<ul style="list-style-type: none"> 各河川で危険箇所を抽出し、対策工法検討・実施
	・堤防決壊に強い堤防補強方法を開発、整備	<ul style="list-style-type: none"> 湾曲外岸部の対策工を検討(個別河川の条件で検討) 	

下線部が千代田実験で担う部分

千代田実験(越水における堤防決壊)

- 常呂川での事象について、**堤防決壊(又は決壊しなかった)の原因を分析**する。
- H29は各原因の効果、複合的な効果等について、**常呂川ではどの原因が支配的であったのか、模型実験、数値計算等により確認作業**を行う。
- その結果を踏まえ、**H30は千代田実験水路では、実河川スケールにより確認試験を実施**する。なお、千代田実験水路では、ケースが限られるため、**実験内容はより有効なケースを選定**する。

越水における堤防決壊 (常呂川における)

机上検討

模型実験

現地実験

常呂川において
決壊しなかった原因を確認

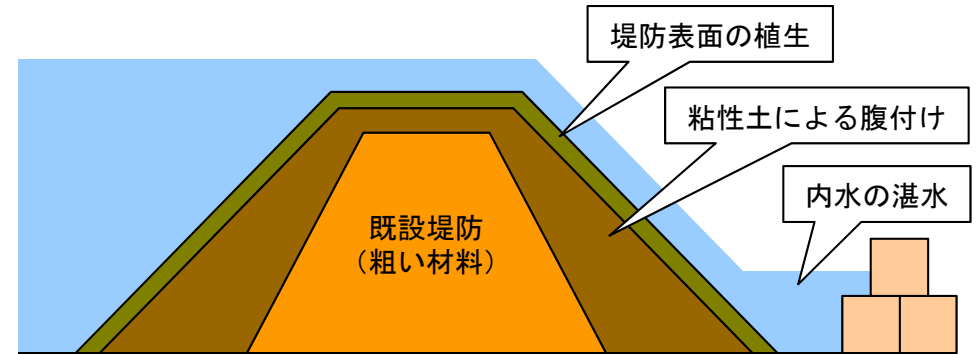
実河川スケール
で確認
※有効なケース
を選定し実施

支配具合の確認

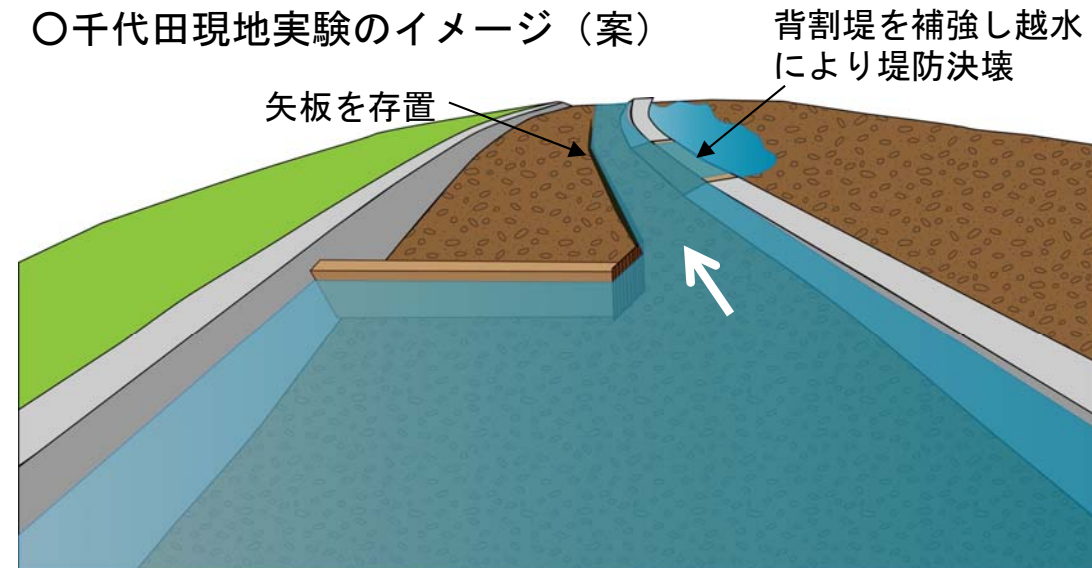
数ケースで
支配具合確認
・ 堤防材料
・ 内水の状況

※根毛量(植生)については、既往研究成果による知見が多数あることから、その知見を活用

○決壊に至らない原因の効果



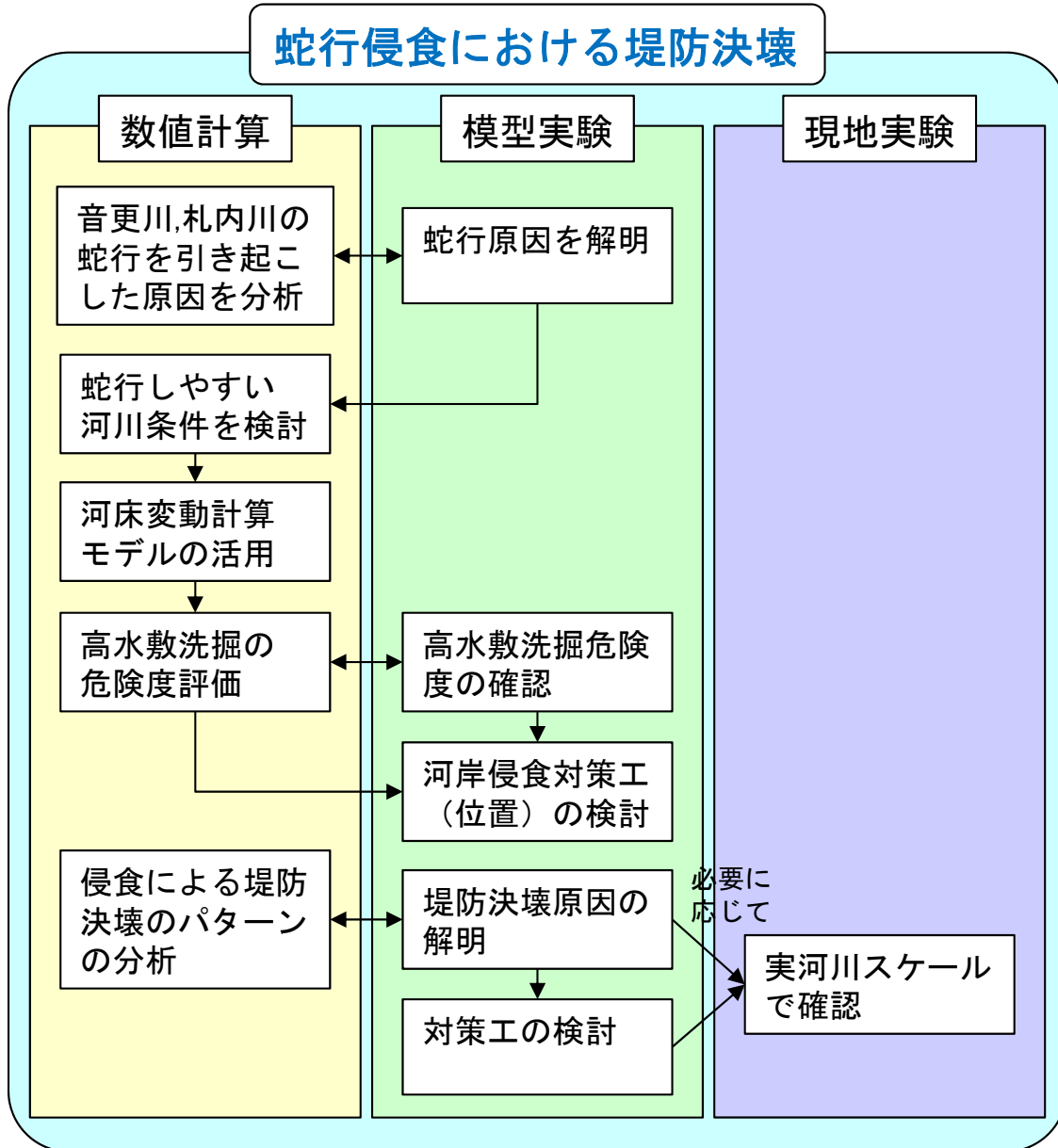
○千代田現地実験のイメージ(案)



千代田実験(蛇行侵食における堤防決壊)

- 河川蛇行の検討は模型実験、数値計算を中心に進め、蛇行侵食の危険度等の考察を実施する。
- 侵食による堤防決壊については、パターン分析し原因を整理したうえで対策工の検討を実施する。それらは、模型実験、及び必要に応じて実河川スケールの千代田実験水路で活用する。

蛇行侵食における堤防決壊



○模型による河川蛇行実験の例



堤防侵食を千代田で実験

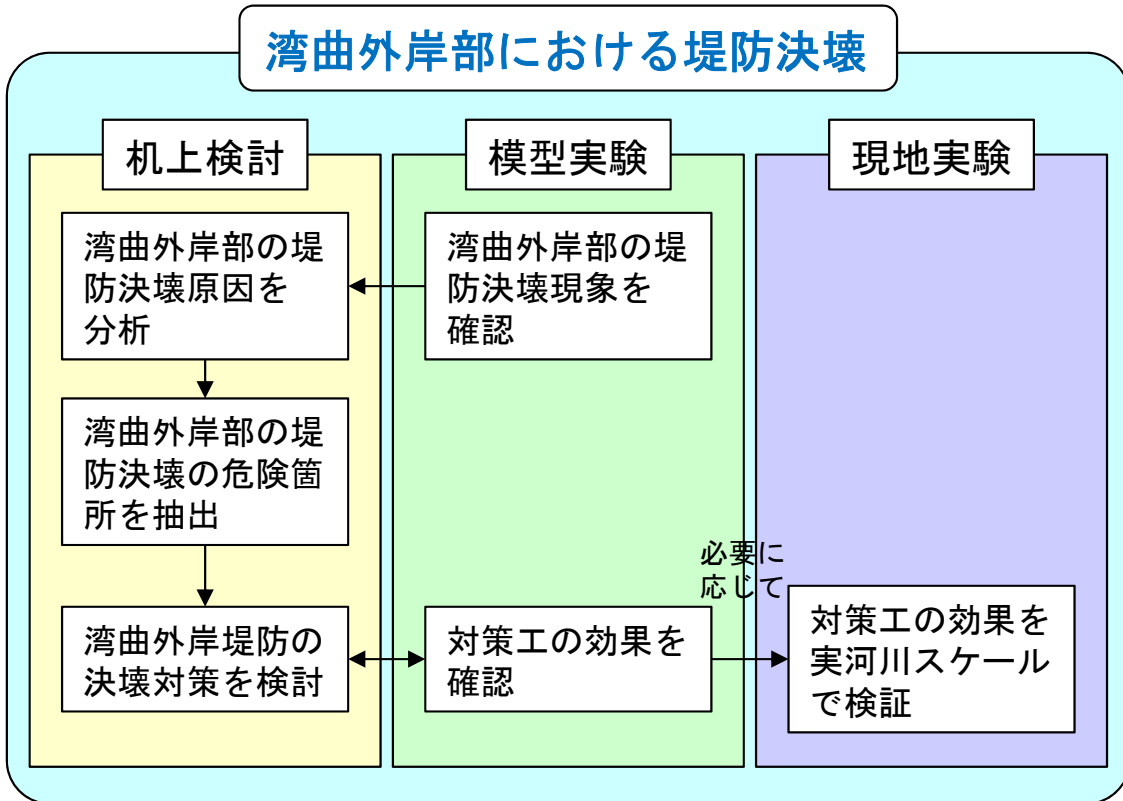
○千代田現地実験のイメージ(案)



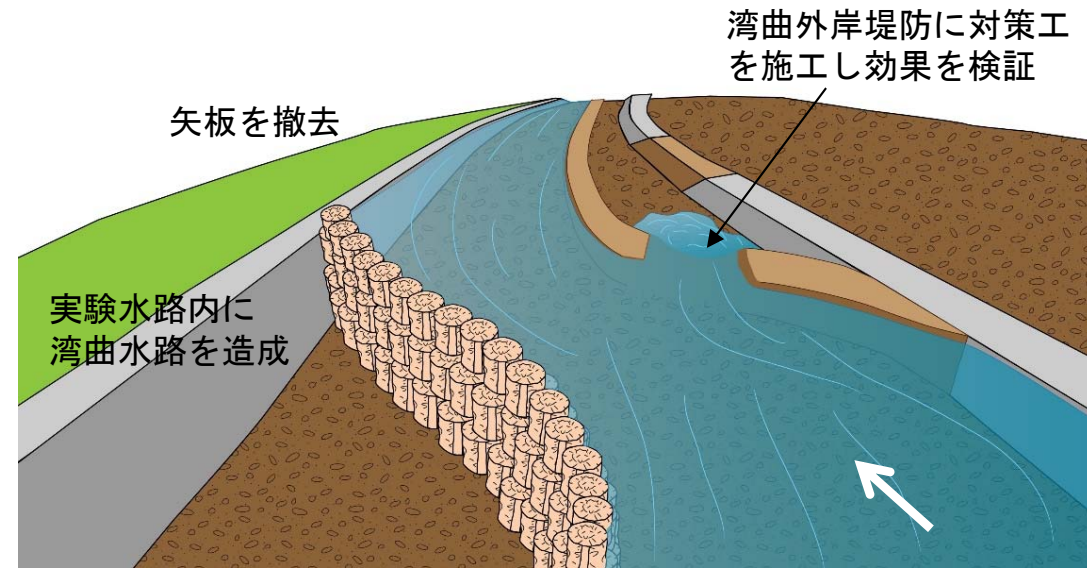
千代田実験（湾曲外岸部における堤防決壊）

- 湾曲外岸部の堤防決壊の原因を分析、確認し、危険箇所を抽出する。
- 危険箇所においては、既往事例等を踏まえ対策工の検討を進めるが、新たな対策工法などの検証など必要に応じて千代田実験水路を活用する。

湾曲外岸部における堤防決壊



○千代田現地実験のイメージ（案）



安全な高水流量観測の必要性

- 大規模な出水時における流量観測は、河川計画及び河川管理上非常に有益な情報を得ることが出来る。
- しかしながら、通常実施している「浮子測法」は、時間がかかることから相当な人員を必要とする。そして、何よりも堤防上、橋上の作業が中心となることから、危険性を伴う。
- 安全性、生産性の観点より、高水流量観測の改善は必要不可欠である。

○ 浮子による流量観測の課題

- ・ 上流部では立ち上がりが高くピーク水位の観測が間に合わない
- ・ 橋梁が通行止めになると観測できない
- ・ 観測所への道が冠水すると近寄れない
- ・ 観測員の安全が確保できない場合がある



浮子による流量観測例

○ 浮子観測ができなかった事例（H28空知川幾寅水位流量観測所）

8月30日17時頃

- ・ 幾寅観測所の水位計が故障、CCTVによる水位監視を実施

8月30日19時頃

- ・ 幾寅観測所に観測員が到着、見通しが消失し高水流量観測は困難
- ・ 道路の冠水や空知川水位の上昇により危険と判断、作業中止して避難

8月30日21時30分頃

- ・ CCTVが停電のため通信不能、現地情報が途絶える

※翌朝から下流の太平橋での高水流量観測に切替え



幾寅観測所
(8/30 19時頃)

越水の危険
橋崩落の危険
アクセス道路の冠水
第1・第2見通し+水位票の一部が
消失

大勝橋

幾寅水位流量観測所の現地状況

千代田実験(高水流量観測)

- 安全性、生産性の観点から、**高水流量観測の無人化が急務**である。
- 千代田実験水路で実験を行う際に、高水流量観測の実験も並行して実施する。

高水流量観測の手法

手法	適用限界	解説
画像解析	川幅の拡幅 標定点の消失	非接触型なので観測条件に左右されにくい。標定点などは画角に映っているものを事後設定できるので、災害時の適用性は高い。
浮子測法	橋上の危険 水際(見通し)へのアクセス不能 堤防等の危険	大規模出水時の横断見通しの可不可が重要である。現場アクセスだけでなく、川幅の広がりによって見通しが困難になる場合がある。
電波	橋上の危険 水面波紋が小さい場合は精度が落ちる傾向	非接触型なので橋上へのアクセスが可能であれば観測可能。水面波紋が小さいと観測不可能なるため、事前確認が必要。
ADCP	橋上の危険 流速4m/sec以上はデータ取得が不能になる可能性あり 流木などの流下時は不可能	高流速での観測限界と接触型なので流木などの流下時は観測ができない。

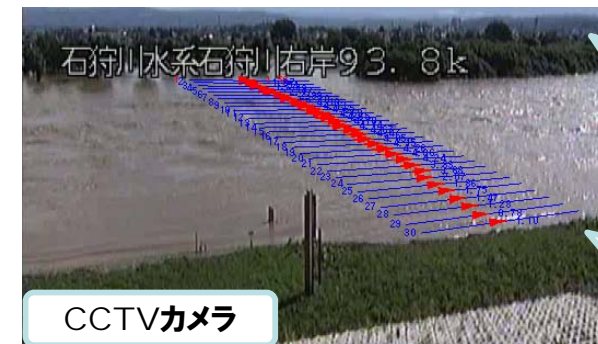
画像解析

※河川技術懇談会資料より引用

固定カメラ



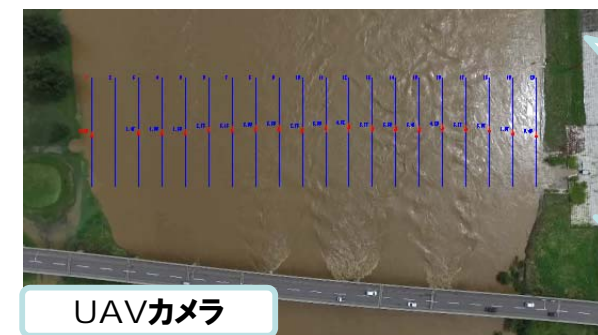
・川幅が広がるとカメラから遠方の解像度が低下するため俯角が必要



CCTVカメラ

・カメラの設置位置が高いため俯角が大きく、固定カメラよりも解像度が高い

・既設カメラ位置の制約がある
・夜間は難しい



UAVカメラ

・上空からの映像はカメラの画質が良ければ最も精度が高い

・無人ではない

千代田実験水路(スケジュール案)

- 千代田実験水路の活用方法は、まずは、「越水における堤防決壊」の原因の確認作業を進めることとする。
- その後、侵食(湾曲部の越水、侵食含む)の対策工の実証実験に活用することとする。

千代田現地実験の進め方(案)

