

十勝川堤防調査委員会
報 告 書

平成 29 年 4 月

十勝川堤防調査委員会

はじめに

北海道では、平成28年8月17日～23日の1週間に台風第7号、11号、9号の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、十勝川流域では8月28日～31日にかけて戸蔦別観測所で72時間雨量532mm、札内川ダム観測所で72時間雨量471mmと既往の主要洪水を上回る雨量を記録したほか、支川の札内川上流を中心に大雨となった。

この出水により、十勝川水系では、札内川KP25.0左岸及びKP40.5左岸、音更川KP21.2左岸の3箇所の堤防決壊が発生した。また、札内川KP25.0左岸付近では戸蔦別川の氾濫により家屋や倉庫、民間発電事業者のソーラー発電施設が被災するなど、甚大な被害となった。

「十勝川堤防調査委員会」は、この「平成28年台風第10号による大雨」により十勝川水系札内川、音更川で発生した堤防の決壊に対し、被災原因を特定し、再度災害を防止する復旧及び対策の方法を検討するため、国土交通省北海道開発局により設置された。

夜間に大雨が発生したため詳細な時系列は不明であったものの、平成28年8月31日5時20分頃に札内川KP25.0左岸付近（戸蔦別川との合流点付近）にて堤防決壊を確認した。また、同日17時30分頃に音更川KP21.2左岸付近（音和橋上流）にて堤防の一部流出を確認、翌9月1日11時10分頃には札内川KP40.5左岸付近でも堤防決壊を確認した。

これに対し、北海道開発局では速やかに堤防調査委員会開催に向けて地盤工学及び河川工学を専門とする5名の委員を決定し、委員会を設置した。その後、平成28年9月30日（第1回）、平成28年12月19日（第2回）の委員会を開催し、この報告書を取りまとめた。

本報告書は、1章に委員会の概要を、2章に洪水と決壊の概要として事実関係を整理し、3～5章では決壊原因の特定として、越水、浸透、侵食のそれぞれについて、調査から把握した事項を整理して、推定される堤防決壊の可能性を検討し、最後に決壊原因の特定としてまとめている。また、6章では決壊の原因に対応した本復旧工法を、7章には現地調査の状況を取りまとめる構成とした。

平成29年4月
十勝川堤防調査委員会委員長
泉 典洋

十勝川堤防調査委員会報告書

目 次

1. 十勝川堤防調査委員会の概要.....	1-1
1-1 目的.....	1-1
1-2 委員の構成.....	1-2
1-3 検討の経過.....	1-3
2. 洪水と決壊の概要.....	2-1
2-1 十勝川流域の概要.....	2-1
2-1-1 流域の概要・諸元、土地利用.....	2-1
2-1-2 地形・地質特性.....	2-2
2-1-3 河道特性（河床勾配、川幅縦断、河道状況、治水地形分類図）.....	2-4
2-1-4 被災前までの河道整備状況（河道平面変遷、護岸・堤防整備状況）.....	2-10
2-2 平成 28 年 8 月北海道豪雨の概要.....	2-16
2-2-1 北海道全体の豪雨概要.....	2-16
2-2-2 十勝川の豪雨概要.....	2-17
2-2-3 河川水位の状況.....	2-18
2-3 札内川、音更川の堤防決壊の概要.....	2-19
2-3-1 札内川、音更川の被災概要.....	2-19
2-3-2 被災概要 ①札内川 KP25.0 左岸.....	2-20
2-3-3 被災概要 ②戸蔭別川右岸（道管理区間）.....	2-21
2-3-4 被災概要 ③札内川 KP40.5 左岸.....	2-22
2-3-5 被災概要 ④音更川 KP21.2 左岸.....	2-23
3. 一般的な堤防決壊のメカニズム.....	3-1
3-1 河川水の越水による堤防決壊.....	3-1
3-2 河川水の侵食・洗掘による堤防決壊.....	3-1
3-3 河川水の浸透による堤防決壊.....	3-2
4. 札内川 KP25.0 の堤防決壊箇所の原因の特定.....	4-1
4-1 越水による決壊の可能性の検討.....	4-1
4-1-1 決壊箇所における越水の状況.....	4-1
4-1-2 決壊箇所付近の痕跡水位縦断.....	4-3
4-1-3 まとめ.....	4-4
4-2 侵食による決壊の可能性の検討.....	4-5
4-2-1 決壊箇所付近の堤外側の侵食状況.....	4-5
4-2-2 決壊箇所付近の堤内側の侵食状況.....	4-6
4-2-3 まとめ.....	4-6
4-3 浸透による決壊の可能性の検討.....	4-7
4-3-1 決壊区間近傍の噴砂の状況.....	4-7
4-3-2 決壊区間の地質構成の推定.....	4-7
4-3-3 浸透流解析の結果.....	4-9

4-3-4	まとめ	4-16
4-4	決壊原因の特定	4-17
5.	札内川 KP40. 5、音更川 KP21. 2 の堤防決壊箇所の原因の特定	5-1
5-1	越水による決壊の可能性の検討	5-1
5-1-1	決壊箇所付近の痕跡水位縦断	5-1
5-1-2	まとめ	5-2
5-2	侵食による決壊の可能性の検討	5-3
5-2-1	決壊箇所付近の侵食状況	5-3
5-2-2	侵食における時系列の整理（音更川 KP21. 2）	5-7
5-2-3	まとめ	5-8
5-3	浸透による決壊の可能性の検討	5-9
5-3-1	決壊区間近傍の噴砂の状況	5-9
5-3-2	決壊区間の地質構成の推定	5-9
5-3-3	浸透流解析の結果	5-12
5-3-4	まとめ	5-17
5-4	決壊原因の特定	5-18
6.	決壊箇所の本復旧工法	6-1
6-1	本復旧工法	6-1
6-1-1	札内川 KP25. 0	6-1
6-1-2	札内川 KP40. 5、音更川 KP21. 2	6-1
6-2	今後の河道整備の方向性について	6-22
7.	堤防開削調査の概要	7-1
7-1	堤防開削調査の状況	7-1
7-2	堤防開削調査結果	7-2
7-2-1	札内川 KP25. 0 左岸	7-2
7-2-2	札内川 KP40. 5 左岸	7-3
7-2-3	音更川 KP21. 2 左岸	7-5

1. 十勝川堤防調査委員会の概要

1-1 目的

「十勝川堤防調査委員会」（以下、委員会という。）は平成 28 年 8 月北海道豪雨により、十勝川水系札内川左岸の KP25.0 付近、KP40.5 付近、音更川左岸の KP21.2 付近で発生した堤防の決壊について、被災原因を特定し、被災状況に対応した堤防復旧工法を検討することを目的として国土交通省北海道開発局が設置したものである。

委員の構成

十勝川堤防調査委員会における委員の構成を以下に示す。

委員長 泉 典洋（北海道大学大学院 工学研究科 教授）

委員 渡邊 康玄（北見工業大学 社会環境工学科 教授）

委員 川口 貴之（北見工業大学 社会環境工学科 准教授）

委員 林 憲裕（寒地土木研究所 寒地地盤チーム 上席研究員）

委員 矢部 浩規（寒地土木研究所 寒地河川チーム 上席研究員）

（敬称略）

1-2 検討の経過

本委員会は、平成 28 年 9 月 30 日、平成 28 年 12 月 19 日の延べ 2 回開催した。また、決壊箇所の堤防開削調査を 1 回（平成 29 年 3 月 21 日）行った。

検討フローを図 1-1 に、本委員会及び堤防開削調査の開催状況をそれぞれ表 1-1、表 1-2 に示す。

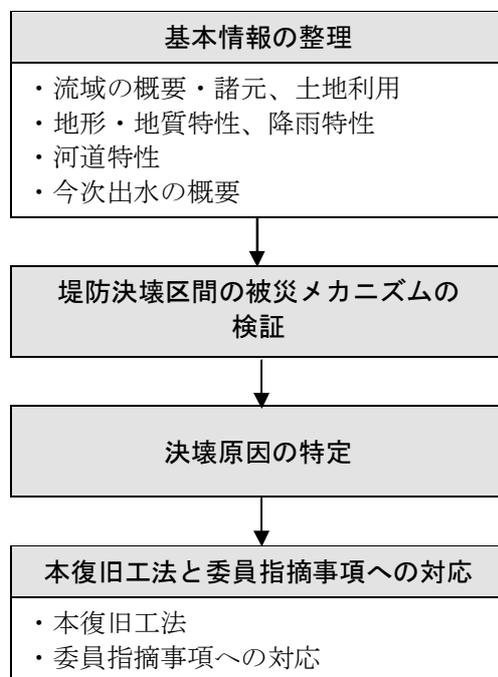


図 1-1 検討フロー図

表 1-1 委員会の開催状況

回数	開催日	議事内容
1	平成 28 年 9 月 30 日	<ul style="list-style-type: none"> ・出水及び被災概要 ・被災メカニズムの検証 ・本復旧工法の考え方
2	平成 28 年 12 月 19 日	<ul style="list-style-type: none"> ・戸蔦別樋門の健全度について ・堤防の浸透流解析結果（札内川 KP25.0 付近）について ・現位置攪拌固化護岸工法について ・十勝川堤防調査委員会報告書 目次構成（案）について

表 1-2 堤防開削調査の開催状況

回数	開催日	内容
1	平成 29 年 3 月 21 日	・堤防開削調査

2. 洪水と決壊の概要

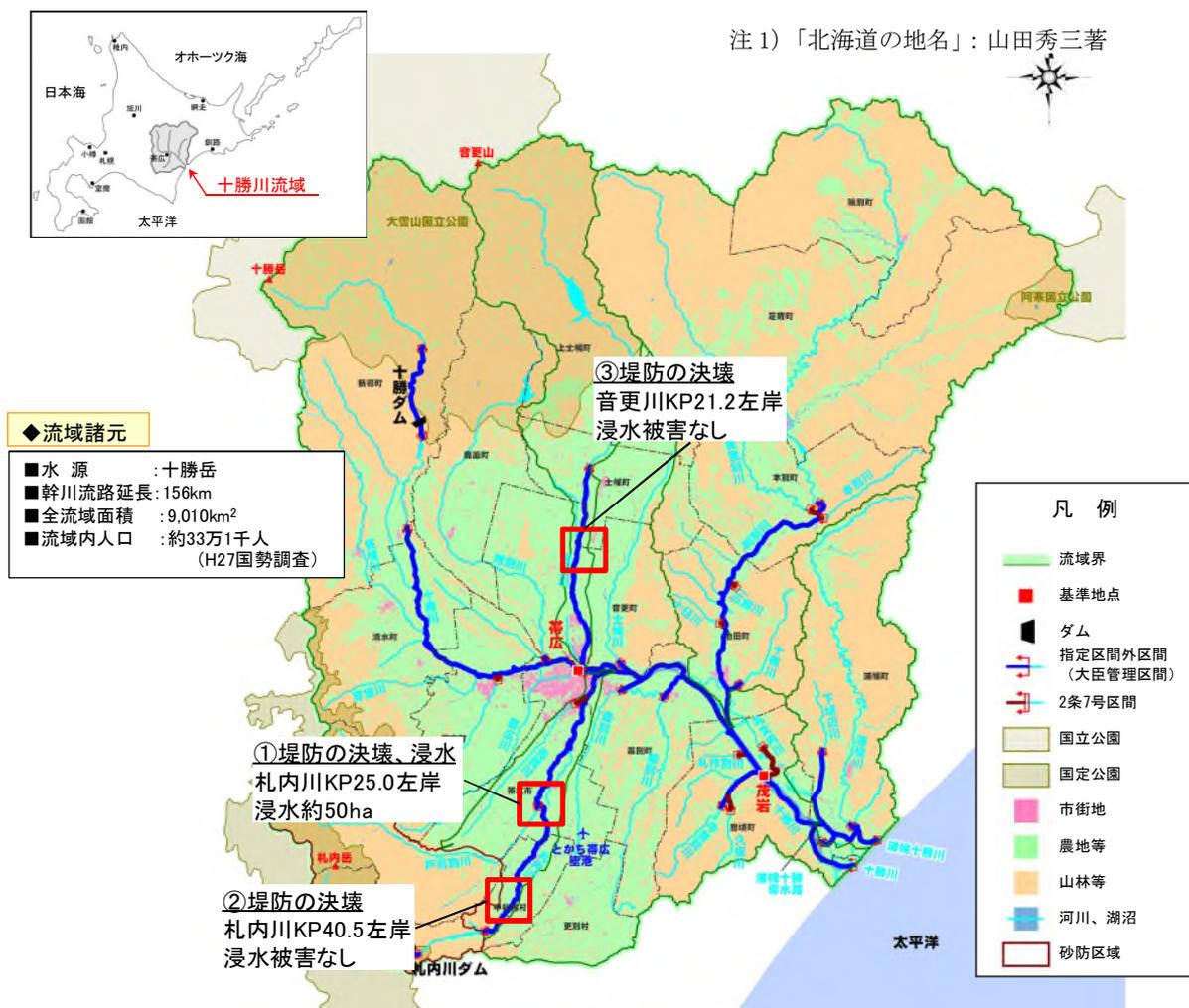
2-1 十勝川流域の概要

2-1-1 流域の概要・諸元、土地利用

「北海道の地名^{注1)}」によれば十勝(とかち)川という名は、諸説あるものの松浦武四郎国名建議書では「此川口東西二口に分れ、乳の出る如く」とあり、アイヌ語の「トカプチ」(乳)に由来していると言われている。

音更川は、その源を音更山(標高1,932m)付近に発し、上士幌(かみしほろ)町、士幌(しほろ)町を通過し、広大な畑作地帯に入り、音更町市街地を貫流して十勝川と合流する幹川流路延長94km、流域面積740km²の十勝川の1次支川である。その河床勾配は約1/150~1/200と急勾配である。現在の土地利用は、水田、畑などの農地が約39%、宅地などの市街地が約2%、その他山地等が約59%となっている。

札内川は、その源を札内岳(標高1,896m)に発し、札内川ダムを經由して、中札内(なかさつない)村を通過し、戸蔦別(とったべつ)川と合流して、広大な畑作地帯を蛇行しながら流下し、帯広市街部で十勝川に合流する幹川流路延長82km、流域面積725km²の十勝川の1次支川である。その河床勾配は約1/100~1/250と急勾配である。現在の土地利用は、水田、畑などの農地が約34%、宅地などの市街地が約4%、その他山地等が約62%となっている。



※ 2条7号区間: 指定区間外区間(大臣管理区間)の改良工事と一体として施行する必要があるため、河川法施行令第2条第7号に基づき、国が工事を施行する一級河川の指定区間(知事管理区間)。

図 2-1 流域図

2-1-2 地形・地質特性

十勝川流域は、流域の地形は、帯広市を中心とする盆地状を呈している十勝平野と、それを囲む日高山脈、大雪山系、白糠丘陵及び豊頃丘陵等からなる。また、十勝平野では、十勝川本支川に沿って、幾つもの扇状地や段丘、台地が広がっている。



図 2-2 流域地形図

十勝川流域の表層地質は、十勝川、音更川、利別川上流域等の流域北部では、安山岩、軽石流堆積物や火山砕屑物等の火山性岩石が広がり、十勝川中・下流域では、ローム、砂礫等で構成される洪積層や沖積層が広がっている。なお、十勝川下流域では、数メートルの厚さで泥炭層が分布している。また、日高山脈に沿った札内川上流域では、日高累層群の粘板岩、花崗岩やはんれい岩等の深成岩類、ホルンフェルス等の変成岩類が分布している。

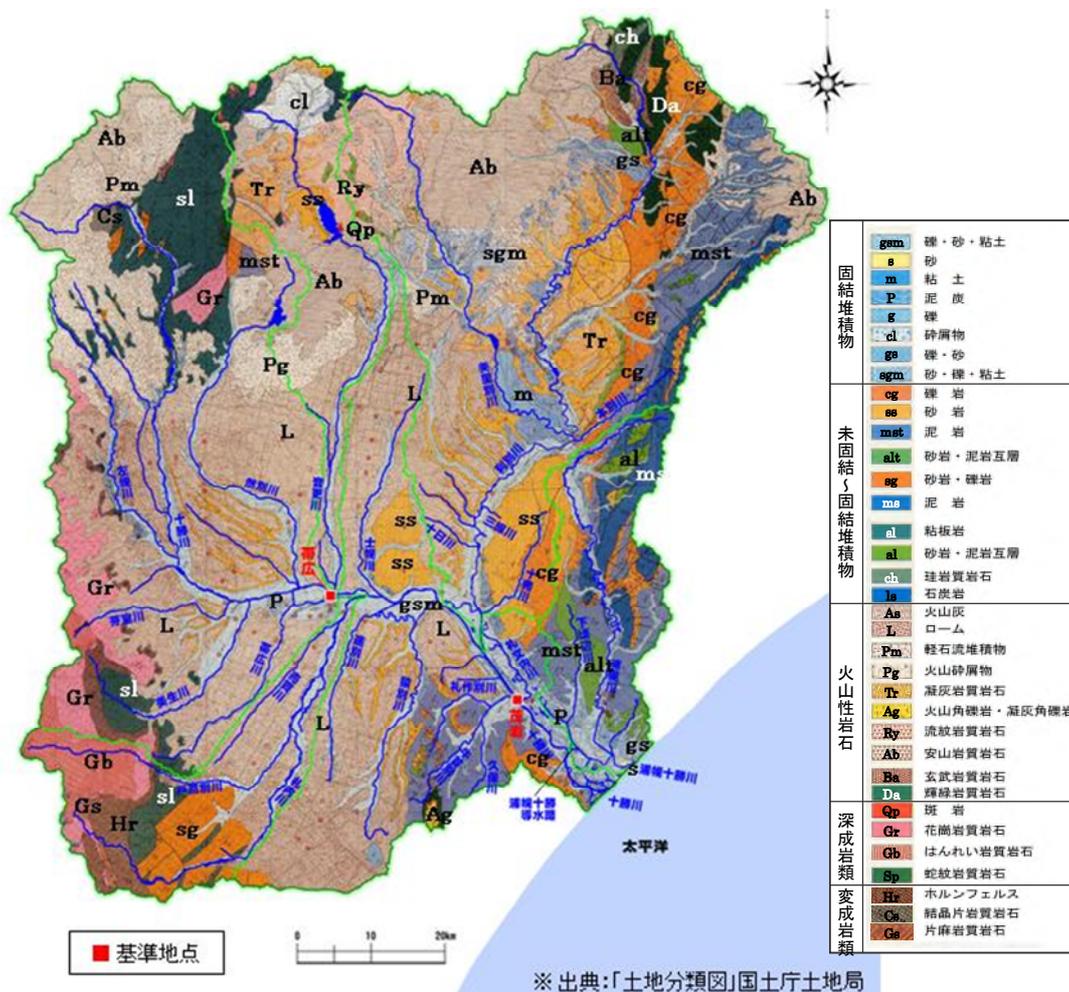


図 2-3 表層地質図

2-1-3 河道特性（河床勾配、川幅縦断、河道状況、治水地形分類図）

(1) 札内川 KP25.0 左岸

札内川 KP25.0 付近の河床勾配は 1/140 程度であり、セグメント 1 に区分され、川幅は、概ね 360m~600m で、低水路幅は 60m~200m 程度である（図 2-4、図 2-5）。

また、札内川大正地区の治水地形分類図（国土地理院）を図 2-6 に示す。治水地形分類図によると、下流決壊区間（札内川 KP25.0 左岸）、上流決壊区間（戸蔭別川道管理区間右岸）ともに旧河道に分類される。

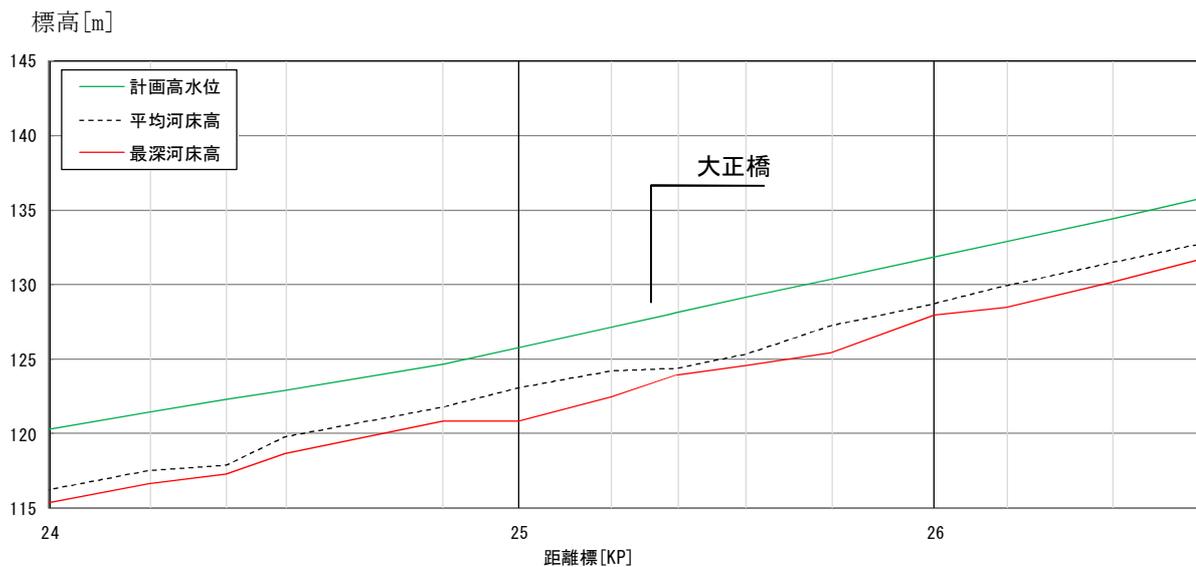


図 2-4 河床高縦断図

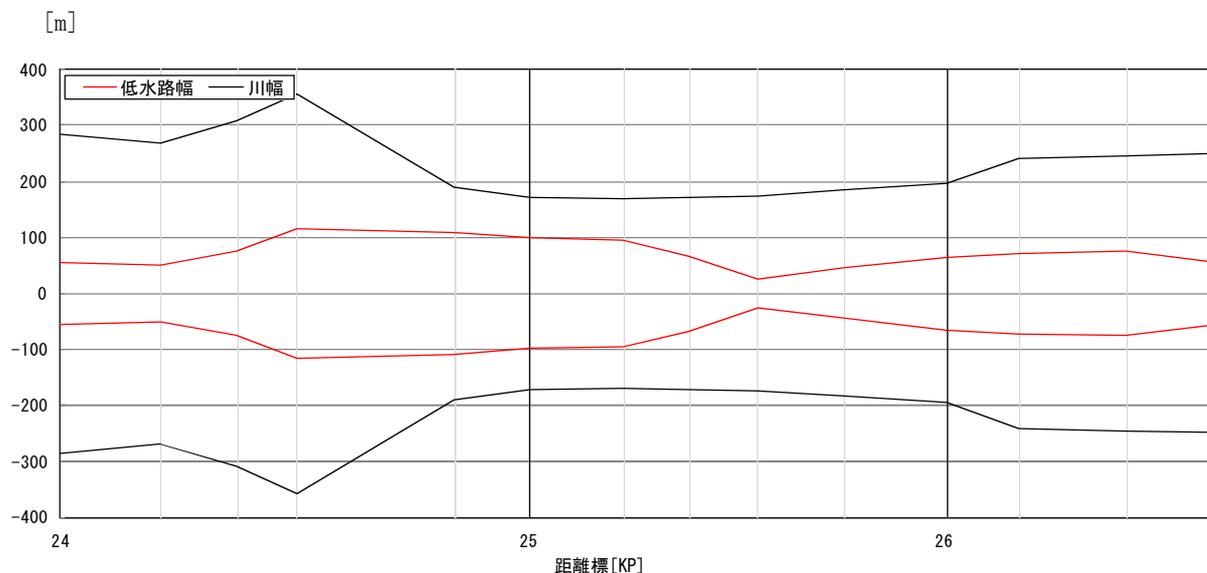


図 2-5 川幅縦断図

（平成 23 年度横断測量、平成 26 年度横断測量を基に作成）

(2) 札内川 KP40.5 左岸

札内川 KP40.5 付近の河床勾配は 1/110 程度であり、セグメント 1 に区分され、川幅は、概ね 400m で、低水路幅は 100m~200m 程度である (図 2-7、図 2-8)。

また、札内川上札内地区の治水地形分類図 (国土地理院) を図 2-9 に示す。治水地形分類図によると、決壊区間 (札内川 KP40.5 左岸) は旧河道に分類される。

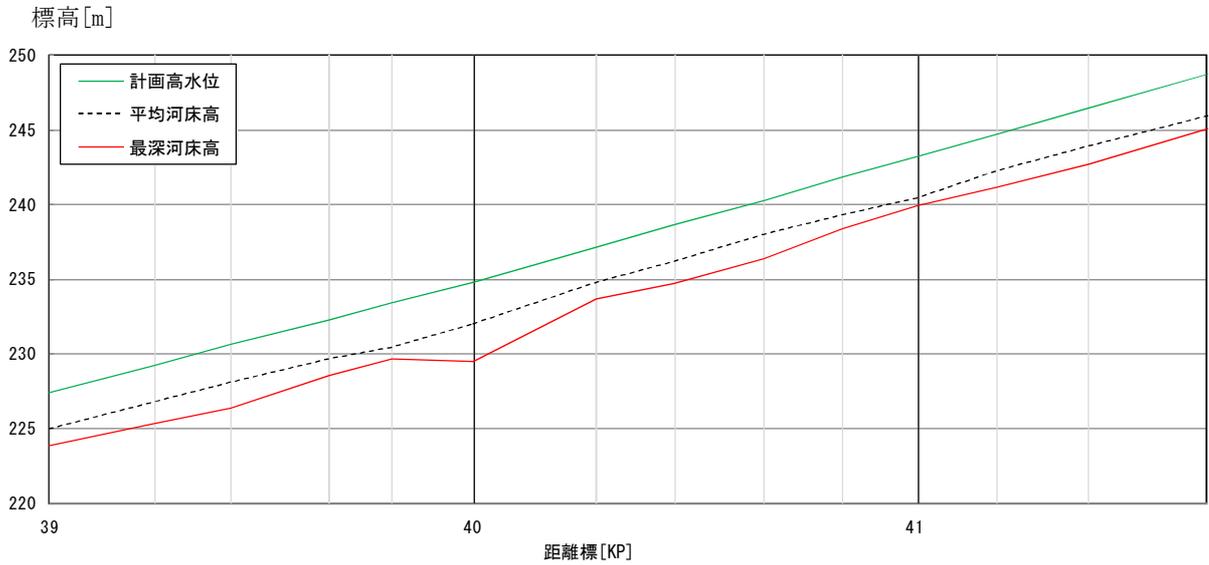


図 2-7 河床高縦断面図

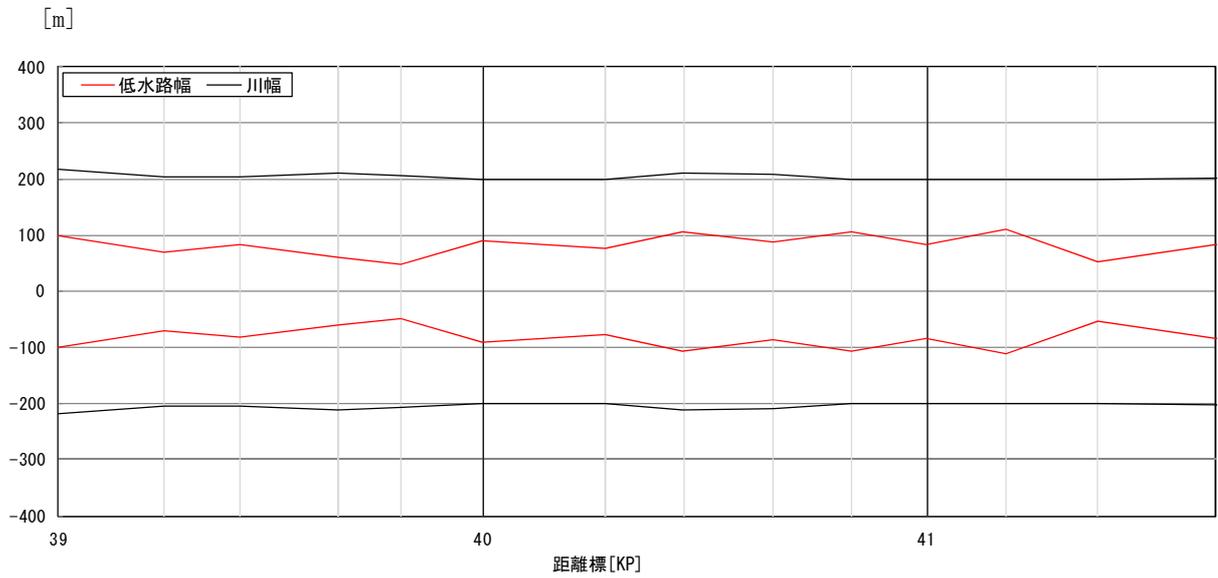


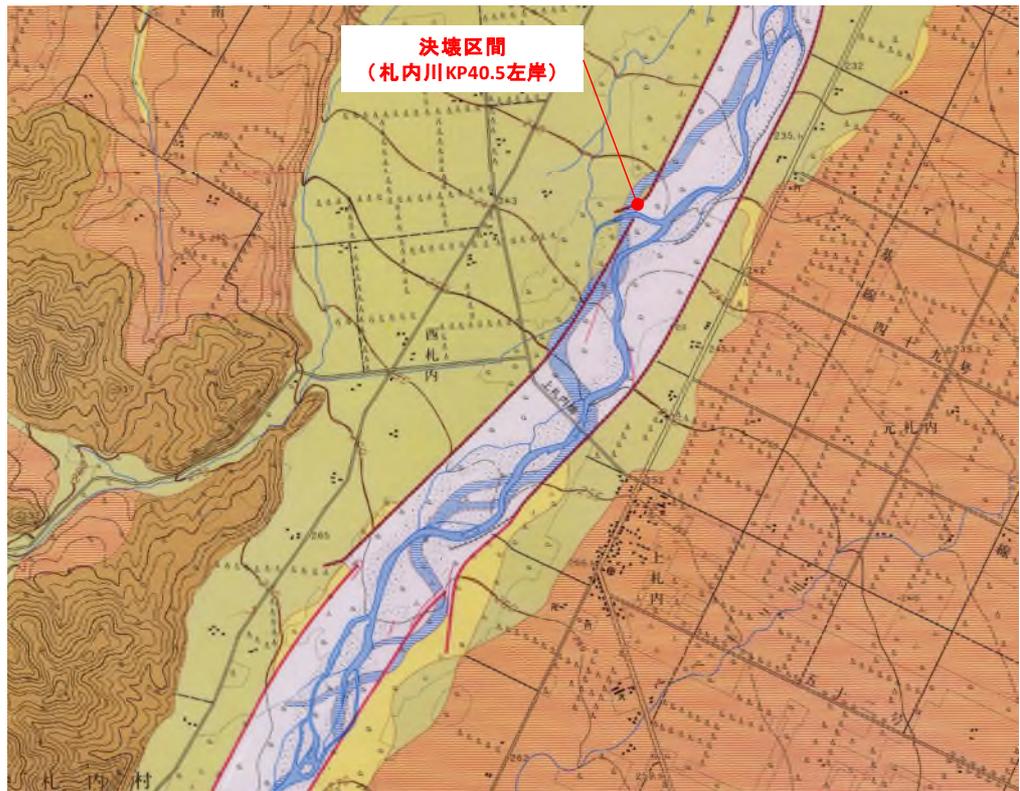
図 2-8 川幅縦断面図

(平成 23 年度横断測量、平成 26 年度横断測量を基に作成)



凡例

大分類(中分類)	小分類	細分類	記号
山地	山地		
	谷地		
	崖(崩落)		
低地	山麓堆積地		
	扇状地		
	氾濫原		
河川	河川		
	河川		
河川管理	河川管理		
	河川管理		



札内川上札内地区 治水地形分類図 (初期整備版)に加筆

図 2-9 札内川上札内地区の治水地形分類図

(航空写真 : H22 年撮影、治水地形分類図 : 1:25,000、国土地理院に加筆)

(3) 音更川 KP21.2 左岸

音更川 KP21.2 付近の河床勾配は 1/160 程度であり、セグメント 1 に区分され、川幅は、概ね 300m~400m で、低水路幅は 100m~160m 程度である (図 2-10、図 2-11)。

また、音更川中土幌地区の治水地形分類図 (国土地理院) を図 2-12 に示す。治水地形分類図によると、決壊区間 (音更川 KP21.2 左岸) は旧河道に分類される。

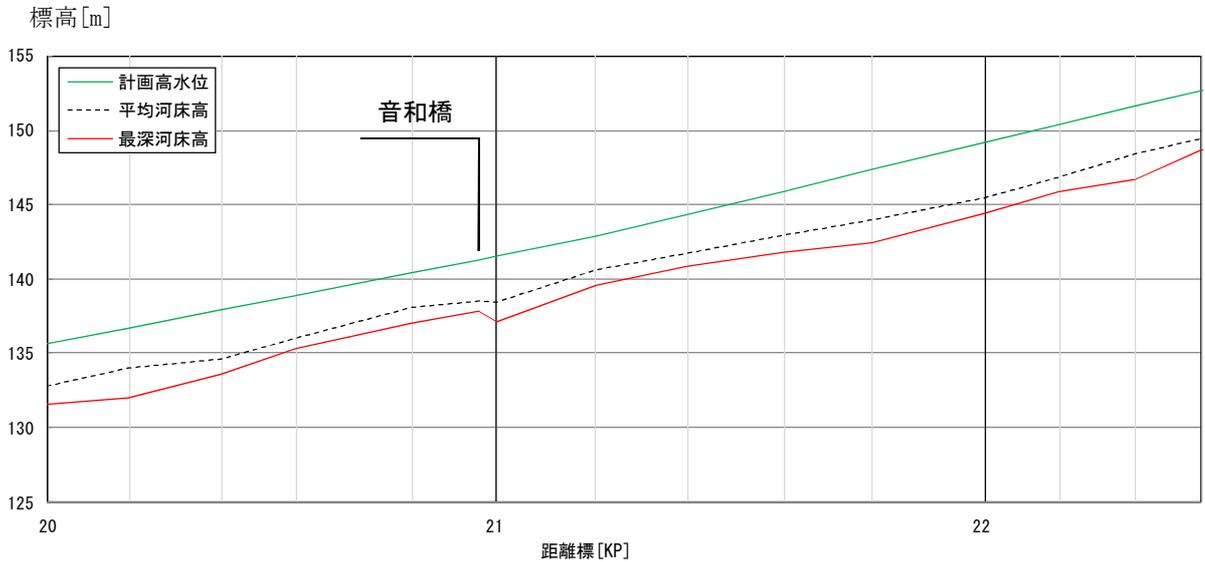


図 2-10 河床高縦断面図

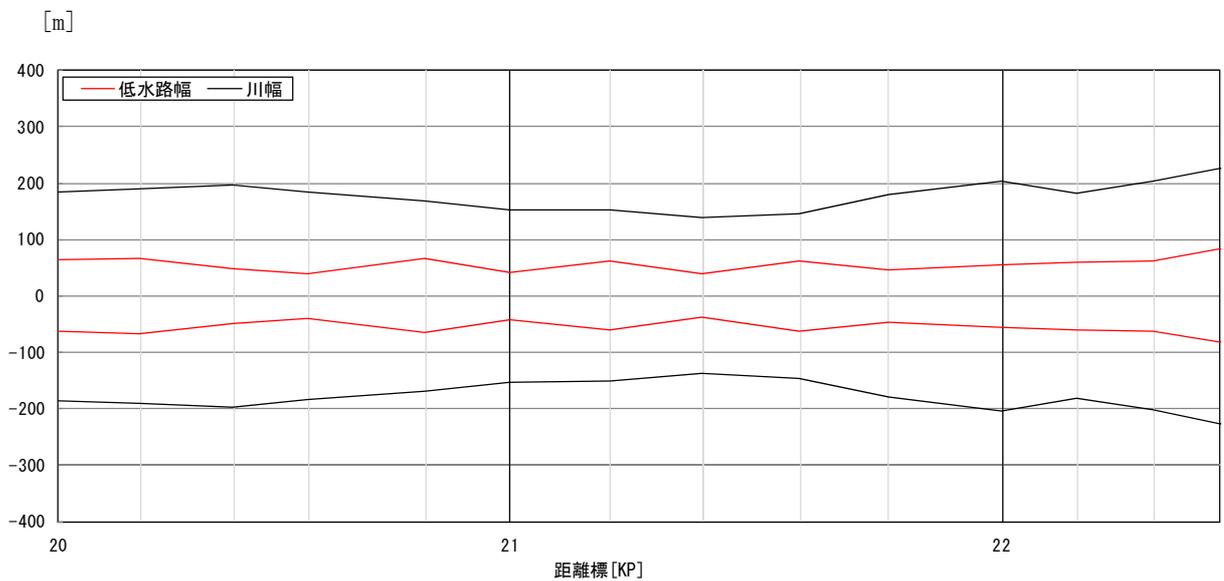


図 2-11 川幅縦断面図

(平成 23 年度横断測量を基に作成)

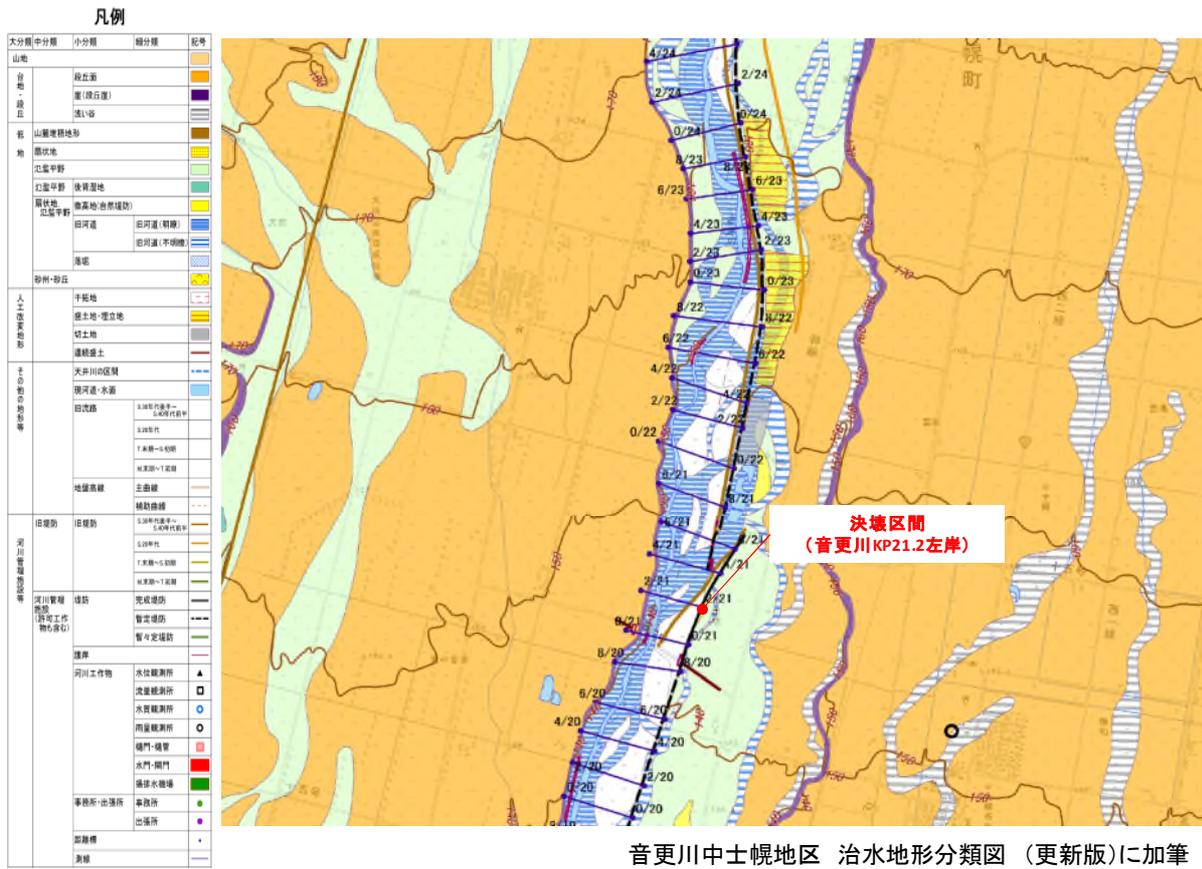
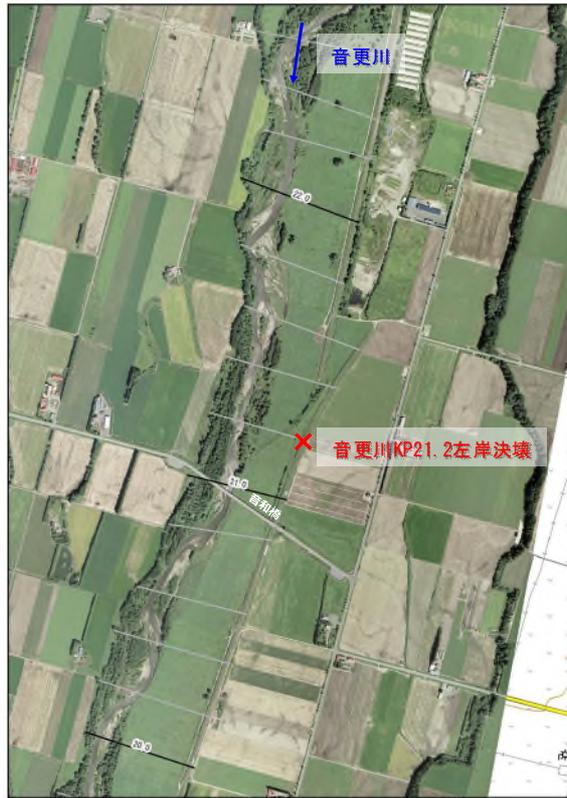


図 2-12 音更川中士幌地区の治水地形分類図
(航空写真 : H22 年撮影、治水地形分類図 : 1:25,000、国土地理院に加筆)

2-1-4 被災前までの河道整備状況（河道平面変遷、護岸・堤防整備状況）

(1) 札内川 KP25.0 左岸

昭和 20 年代からの航空写真により、河道の平面変遷を示す（図 2-13）。

昭和 41 年に中戸蔦地区の築堤工事が実施され、現在の堤防が完成した。

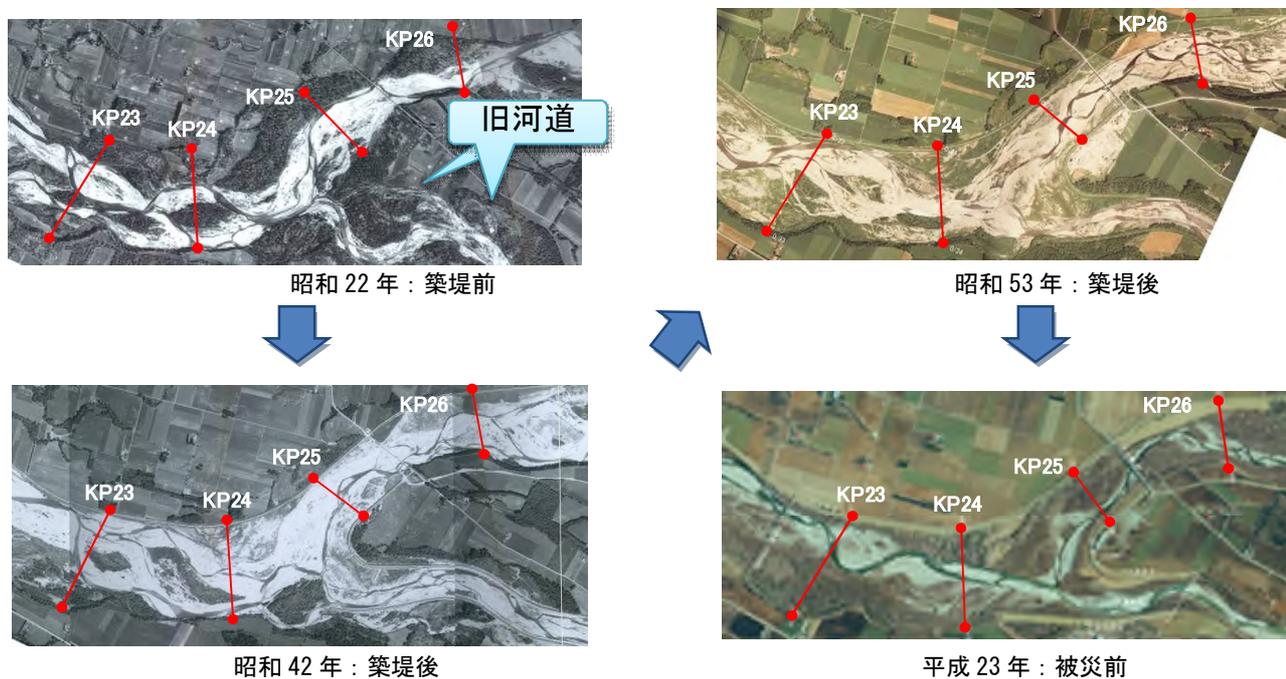


図 2-13 河道平面変遷

決壊箇所周辺の護岸の整備状況としては、戸蔦別樋門吐口周辺以外で低水護岸が敷設されていた。

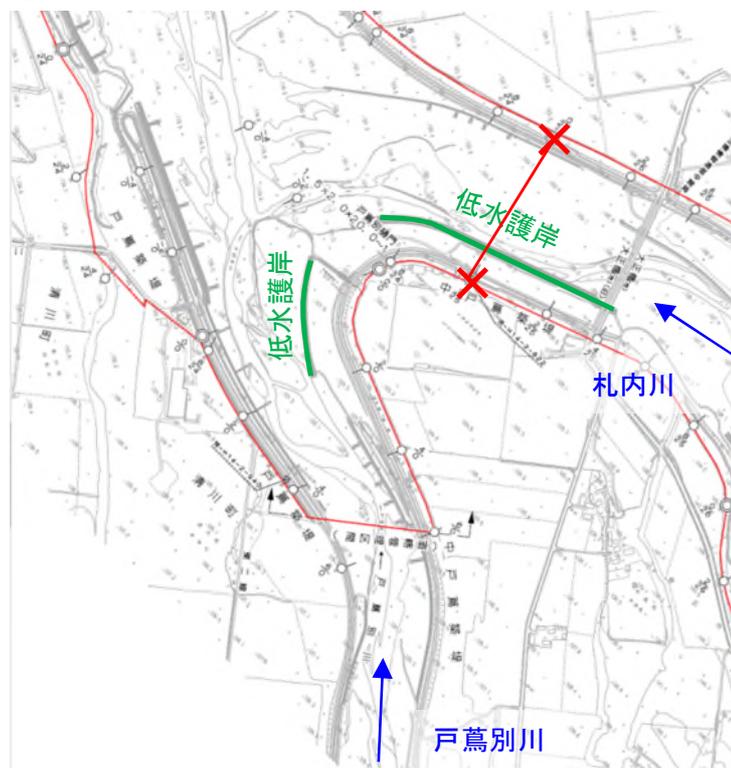


図 2-14 決壊箇所周辺の護岸整備状況

被災前の河道状況として、計画高水位、堤防高、堤内地盤高の縦断面図、横断面図を図2-15に示す。

堤防高は計画堤防高を確保しており、決壊箇所付近の河道では顕著な堆積・洗掘はみられない。

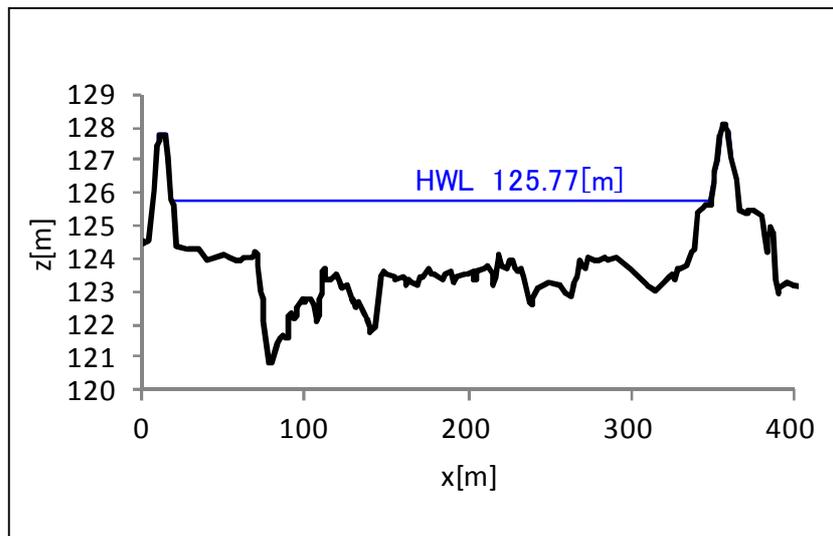
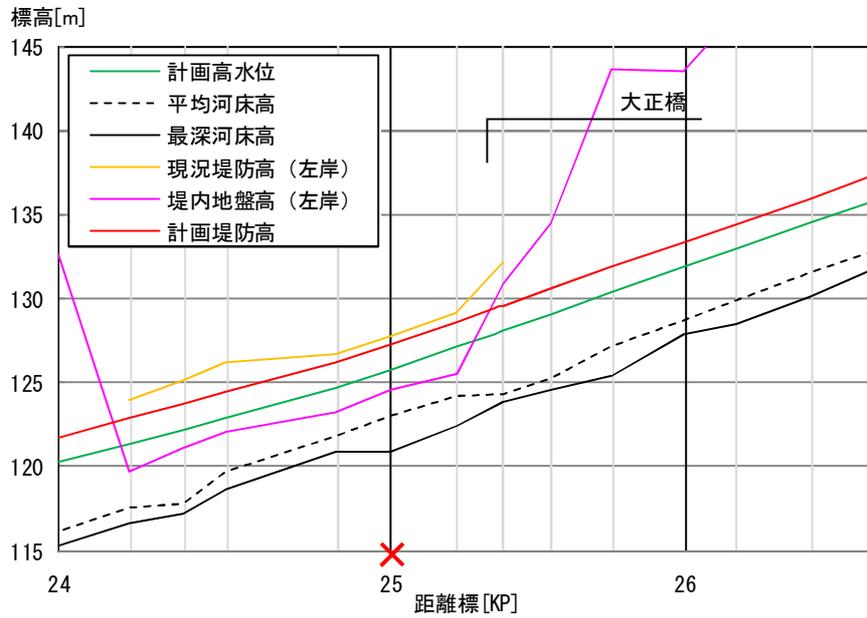


図 2-15 被災前の河道状況

(2) 札内川 KP40.5 左岸

昭和 20 年代からの航空写真により、河道の平面変遷を示す (図 2-16)。

昭和 40 年～41 年に西新札内地区の築堤工事が実施され、現在の堤防が完成した。

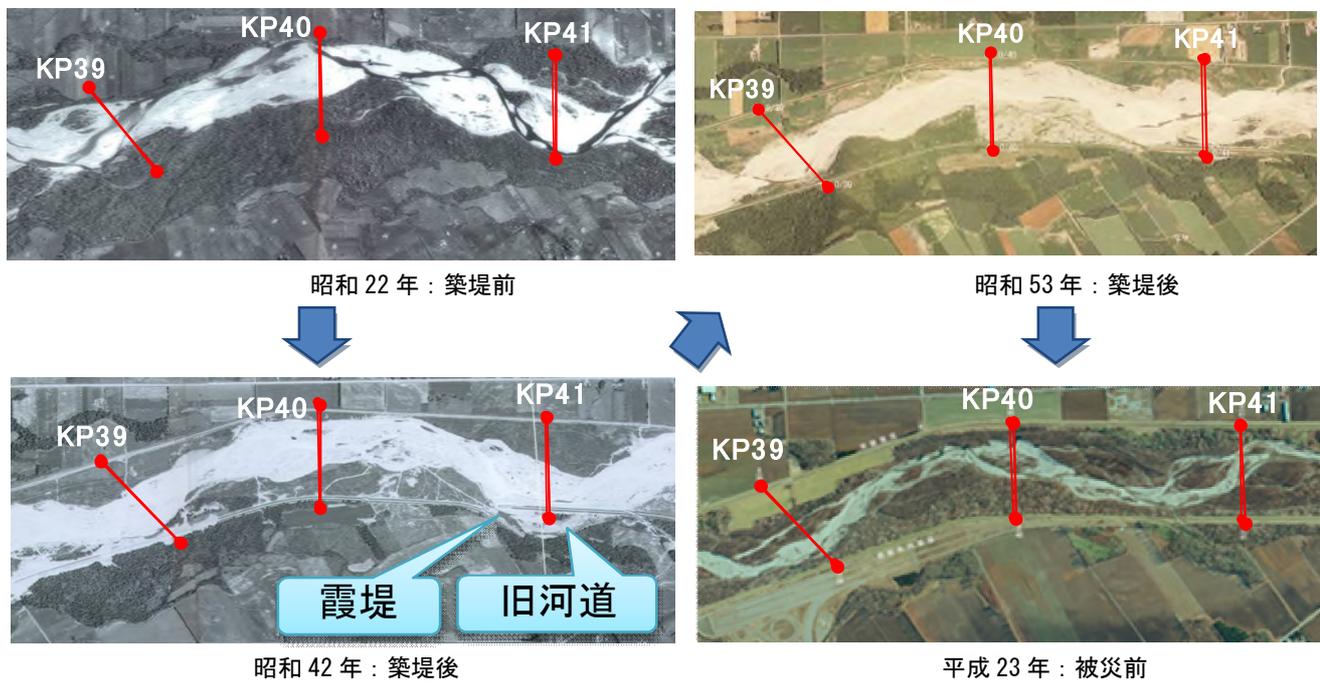


図 2-16 河道平面変遷

決壊箇所周辺の護岸の整備状況としては、低水護岸は敷設されていなかった。

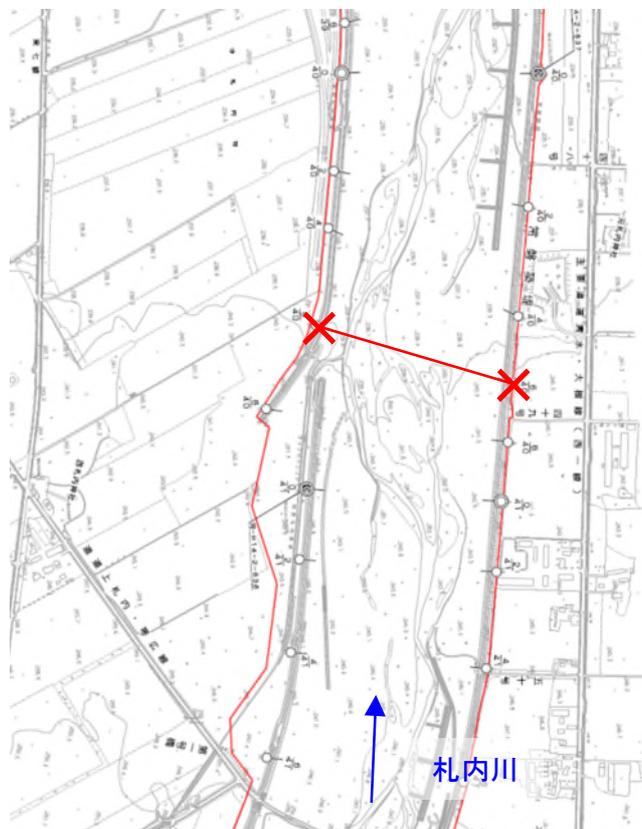


図 2-17 決壊箇所周辺の護岸整備状況

被災前の河道状況として、計画高水位、堤防高、堤内地盤高の縦断面図、横断面図を図2-18に示す。

堤防高は計画堤防高を確保しており、決壊箇所付近の河道では顕著な堆積・洗掘はみられない。

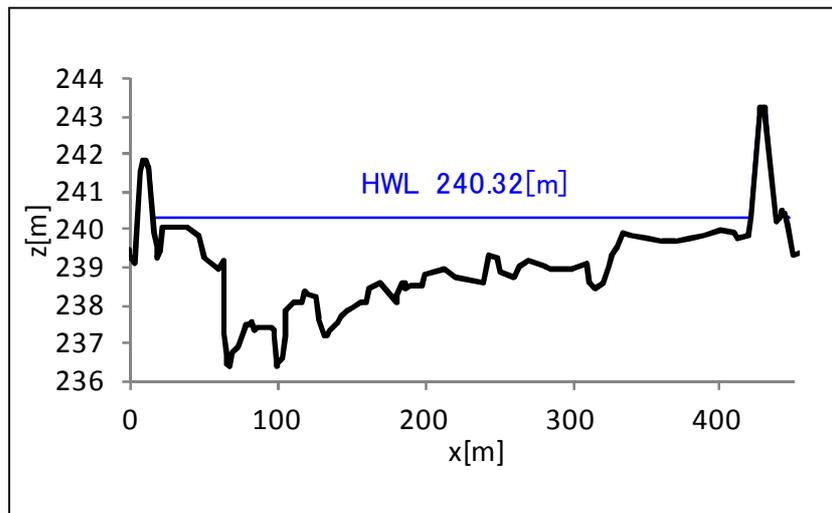
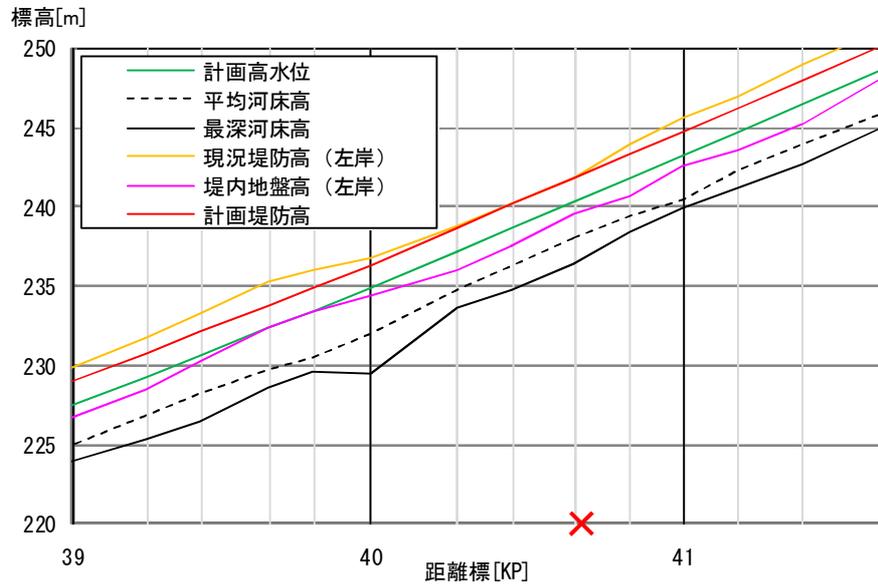


図 2-18 被災前の河道状況

(3) 音更川 KP21.2 左岸

昭和 20 年代からの航空写真により、河道の平面変遷を示す（図 2-19）。

昭和 43 年～54 年に中士幌地区・南士幌地区の築堤工事が実施され、現在の堤防が完成した。

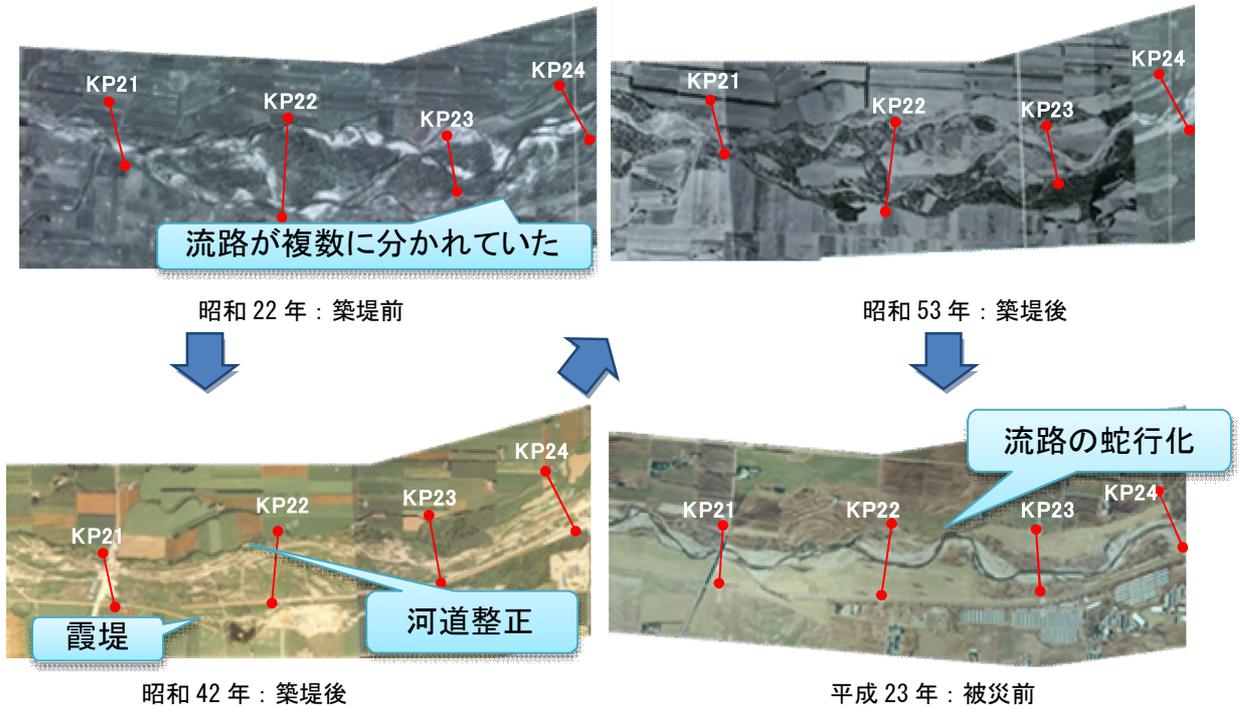


図 2-19 河道平面変遷

決壊箇所周辺の護岸の整備状況としては、低水護岸は敷設されていなかった。

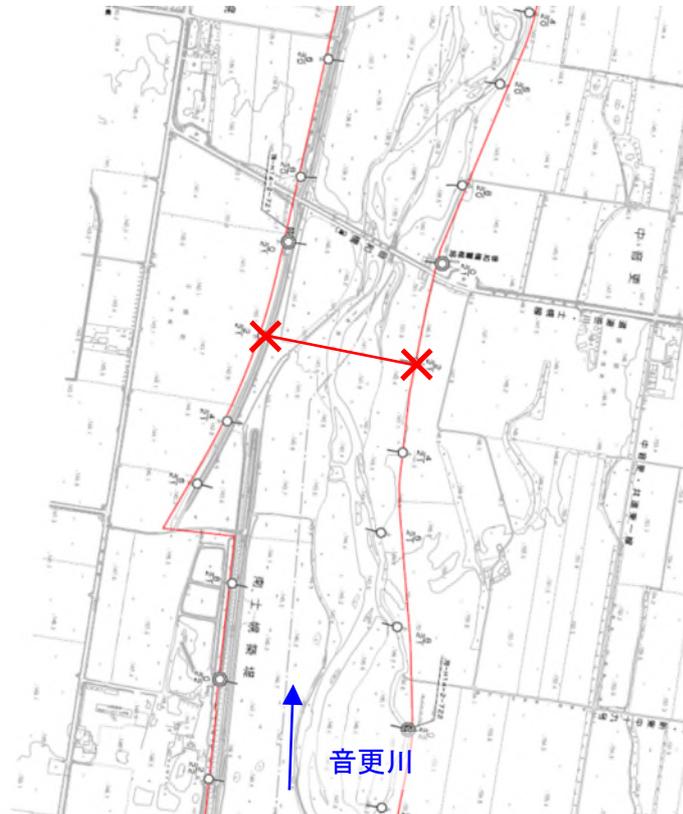


図 2-20 決壊箇所周辺の護岸整備状況

被災前の河道状況として、計画高水位、堤防高、堤内地盤高の縦断面図、横断面図を図2-21に示す。

堤防高は計画堤防高を確保しており、決壊箇所付近の河道では顕著な堆積・洗掘はみられない。

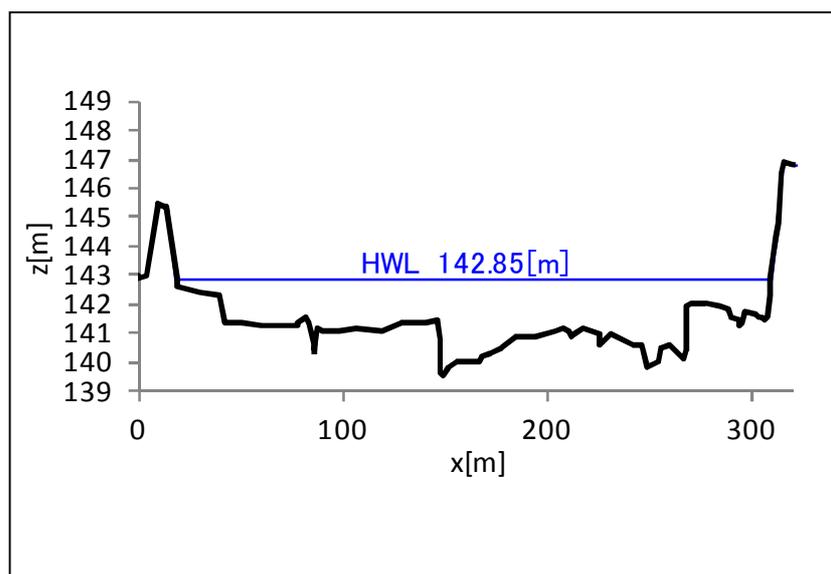
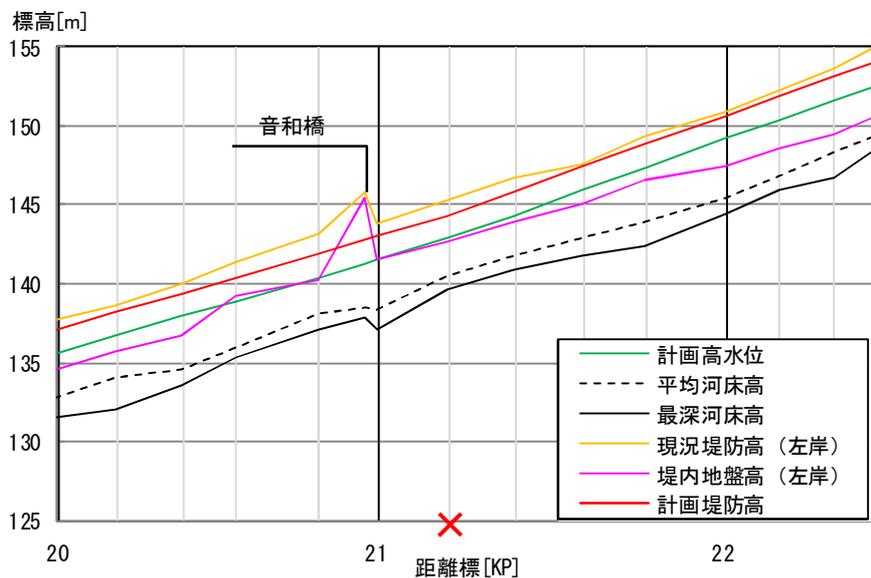


図 2-21 被災前の河道状況

2-2 平成 28 年 8 月北海道豪雨の概要

2-2-1 北海道全体の豪雨概要

北海道地方では、平成 28 年 8 月 17 日～23 日の 1 週間に 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 500mm を超えるなど、各地で大雨となった。

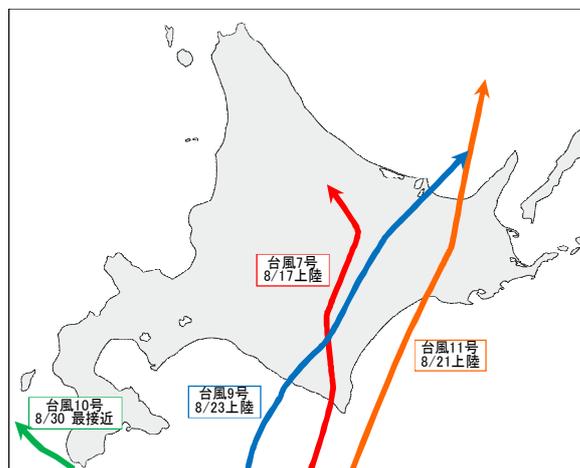
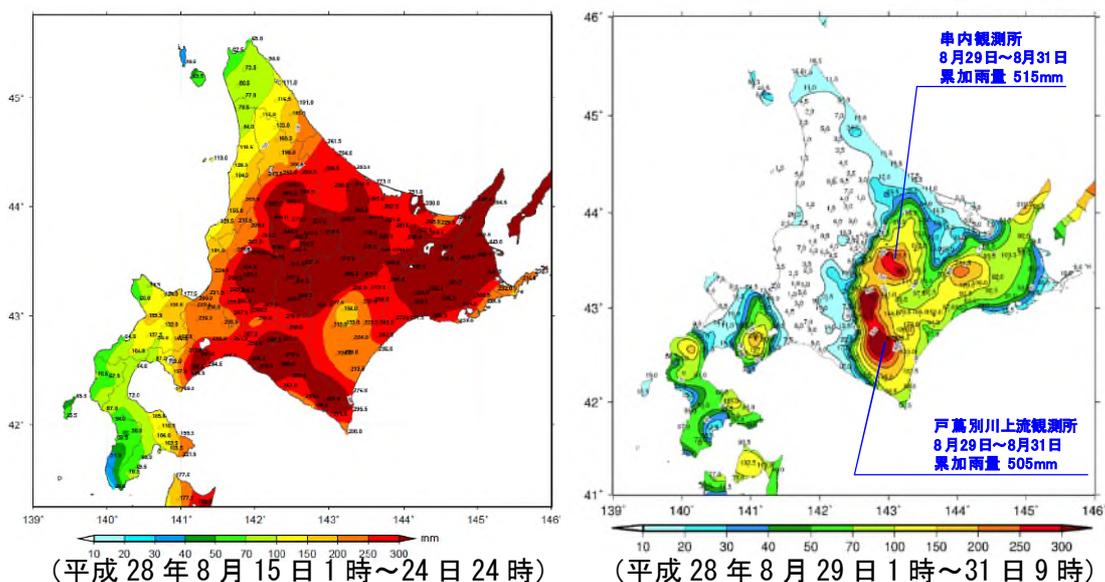


図 2-22 台風経路図（第 7 号・第 11 号・第 9 号・第 10 号）



(平成 28 年 8 月 15 日 1 時～24 日 24 時) (平成 28 年 8 月 29 日 1 時～31 日 9 時)

図 2-23 アメダス降雨量分布

(日本気象協会 配布資料から転載)

表 2-1 道内の主要な地点における年平均降水量 (mm)

地点名	年平均降水量(mm)	統計期間	地点名	年平均降水量(mm)	統計期間
札幌	1,097	1876～2015	釧路	1,077	1890～2015
函館	1,170	1873～2015	帯広	934	1892～2015
小樽	1,241	1943～2015	網走	829	1889～2015
旭川	1,097	1888～2015	北見	766	1976～2015
室蘭	1,183	1923～2015	留萌	1,244	1943～2015

2-2-2 十勝川の豪雨概要

十勝川流域では、8月17日～21日の断続的な降雨に加えて、台風第10号の接近に伴い、8月28日～31日にかけて支川の札内川上流を中心に大雨がもたらされた。

また、戸蔦別観測所で72時間雨量532mm、札内川ダム観測所で72時間雨量471mmと既往の主要洪水を上回る雨量を記録したほか、流域内の多くの観測所で、観測史上第1位の月降水量を記録した。

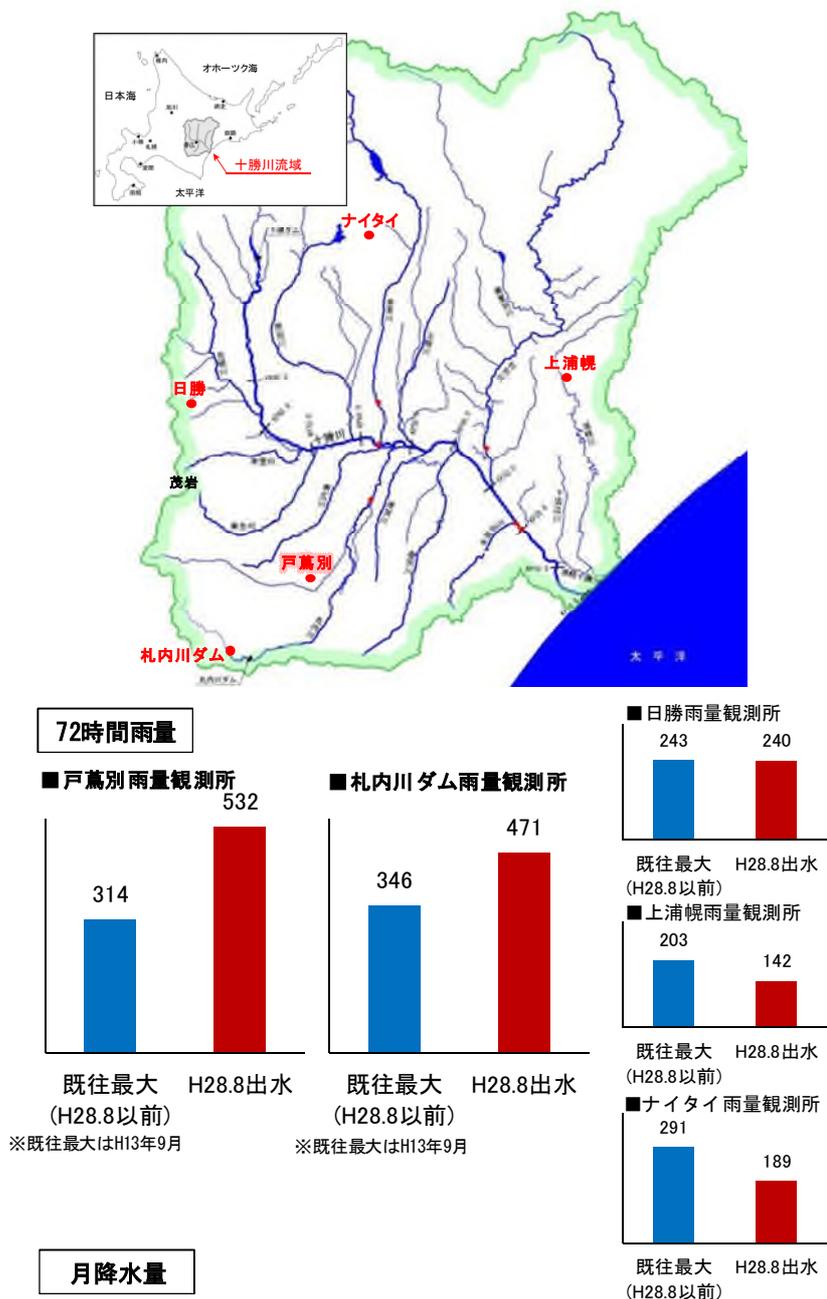


図 2-24 代表観測所の今次出水と既往最多の72時間雨量、月降水量の比較

2-2-3 河川水位の状況

札内川・音更川では、南帯橋観測所（札内川）において計画高水位を上回る水位を記録した。

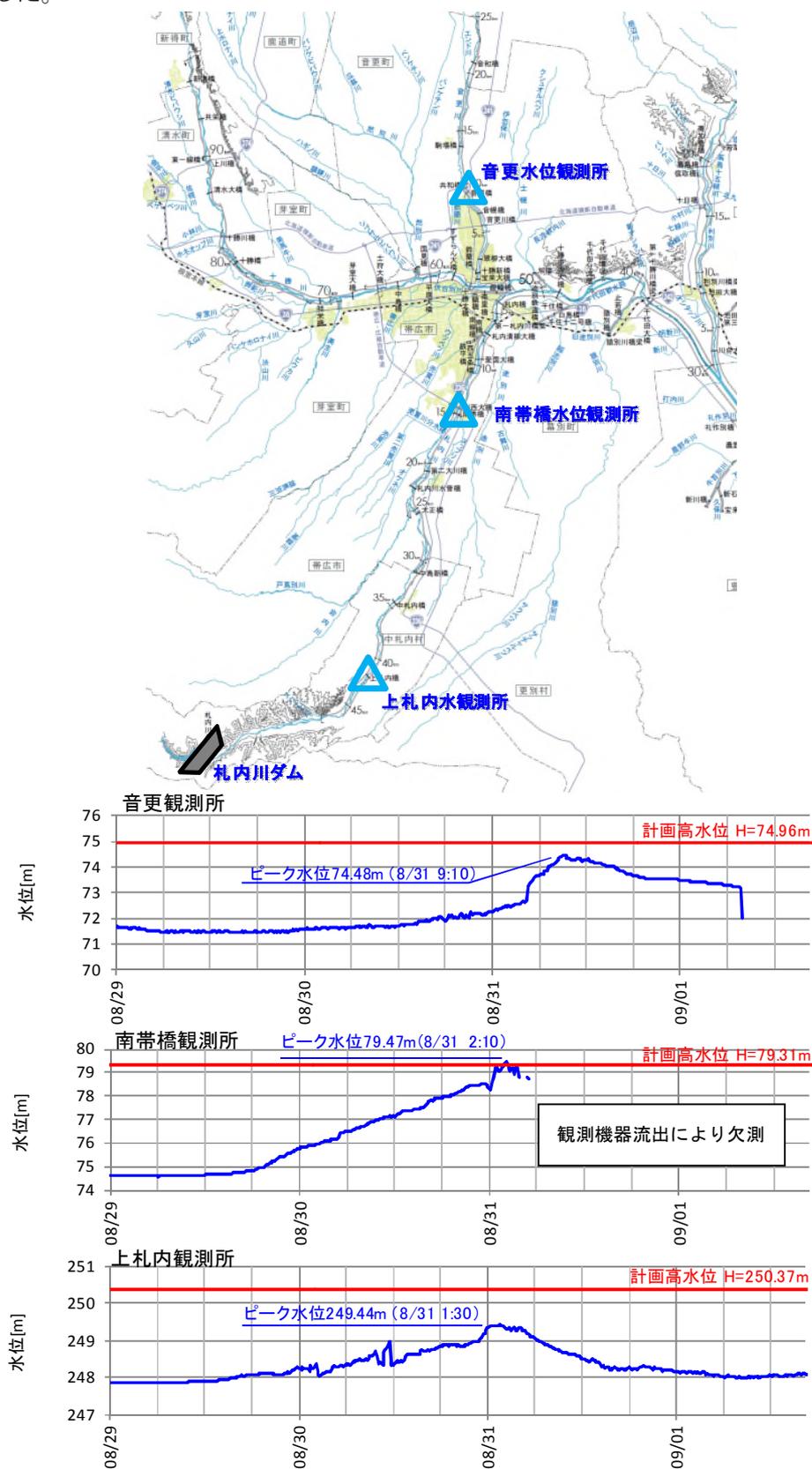


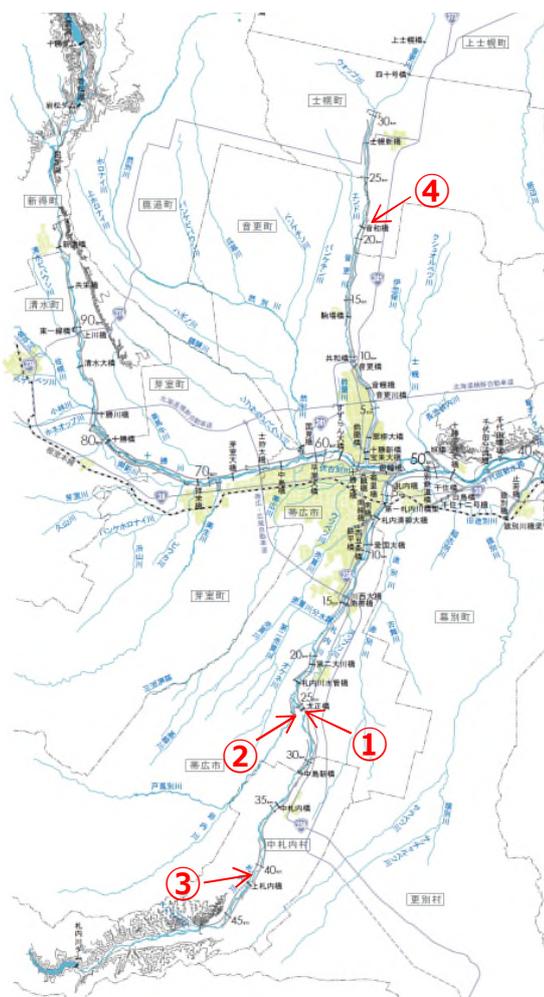
図 2-25 河川水位の状況

2-3 札内川、音更川の堤防決壊の概要

2-3-1 札内川、音更川の被災概要

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。浸水面積は約 50ha、家屋や倉庫、民間発電事業者のソーラー発電施設が被災したが、人的被害は発生しなかった。

また、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。



札内川 KP40.5 左岸



音更川 KP21.2 左岸



戸蔦別川右岸からの氾濫流が、堤内の田畑を流下し、札内川・戸蔦別川合流点の堤防決壊箇所から河道へ戻っている。

戸蔦別川右岸（北海道管理区間）及び札内川 KP25.0 左岸

図 2-26 被災概要（札内川、音更川）

2-3-2 被災概要 ①札内川 KP25.0 左岸

札内川 KP25.0 左岸では約 200mにわたり堤防が決壊した。戸蔦別川からの氾濫流は、決壊箇所から堤外へ流下した。

家屋や倉庫、民間発電事業者のソーラー発電施設が被災した。

戸蔦別川決壊前には、内水による浸水があり帯広市により内水排除作業が行われた。



決壊前の状況



決壊後の状況



決壊箇所の状況



氾濫流の流下による堤内側の洗掘状況



戸蔦別樋門 被災状況



家屋等の被災状況

図 2-27 被災概要 (札内川 KP25.0 左岸)

2-3-3 被災概要 ②戸蔦別川右岸（道管理区間）

戸蔦別川右岸では約 300m にわたり堤防が決壊した。決壊箇所では氾濫流の痕跡が確認された。

氾濫流は堤内を流下し、田畑や家屋の浸水・道路盛土の被災等が確認された。



決壊前の状況



決壊後の状況



決壊箇所の状況



道路盛土の被災状況

図 2-28 被災概要（戸蔦別川右岸（道管理区間））

2-3-4 被災概要 ③札内川 KP40.5 左岸

札内川 KP40.5 左岸で河岸侵食が発生し、約 130m にわたり堤防が決壊した。もともと左岸寄りに流路が形成されていたが、出水により蛇行部が堤防まで到達した。



決壊前の状況



決壊後の状況



決壊箇所の状況



決壊箇所の状況（拡大）

図 2-29 被災概要（札内川 KP40.5 左岸）

2-3-5 被災概要 ④音更川 KP21.2 左岸

音更川 KP21.2 左岸で河岸侵食が発生し、約 230m にわたり堤防が決壊した。

決壊前の流路は堤防に対して十分な距離（約 120m）があったが、出水により蛇行部が堤防まで到達した。



決壊前の状況



決壊後の状況



決壊箇所の状況



決壊箇所の状況（拡大）

図 2-30 被災概要（音更川 KP21.2 左岸）

3. 一般的な堤防決壊のメカニズム

堤防決壊のメカニズムは、以下に示すとおり、大きく分けて「河川水の越水による堤防決壊」、「河川水の浸透による堤防決壊」、「河川水の侵食・洗掘による堤防決壊」の3形態がある。また、これらのメカニズムが複合的な要因となって堤防決壊することもある。

3-1 河川水の越水による堤防決壊

- ・河川水が堤防を越水する。
- ・越流水により川裏（河川と反対側）の法尻が洗掘される。
- ・堤防の裏法尻や裏法が洗掘され、最終的に崩壊に至る。

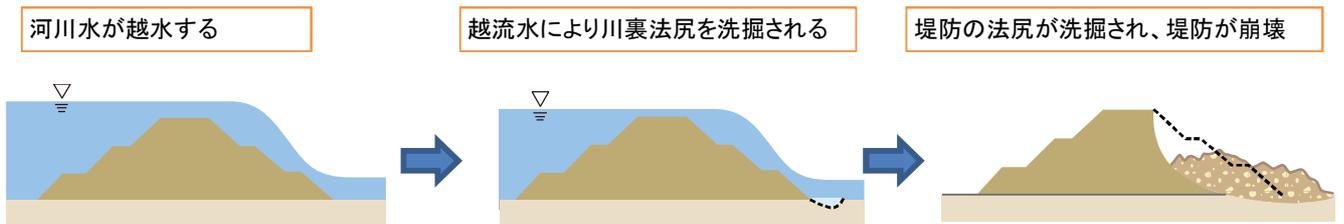


図 3-1 越水による決壊イメージ

3-2 河川水の侵食・洗掘による堤防決壊

- ・河川水により堤防の河川側が侵食・洗掘される。
- ・河川水による侵食・洗掘が続き、最終的に崩壊に至る。

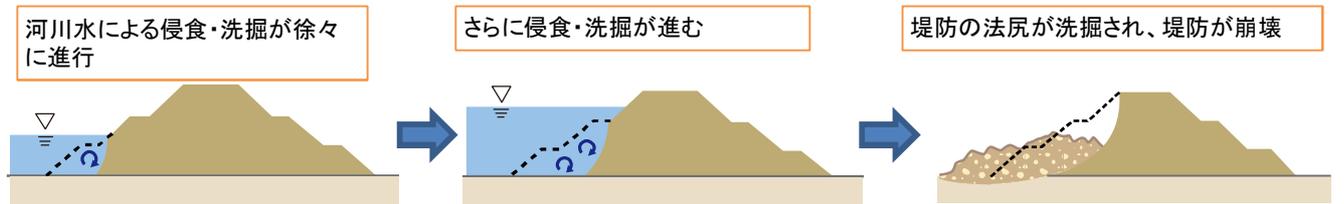


図 3-2 侵食・洗掘による決壊イメージ

3-3 河川水の浸透による堤防決壊

【パイピング破壊】

- ・ 高い河川水位により地盤内に水がしみ込み、川裏側まで水の圧力がかかることにより、川裏側の地盤から土砂が流出し、水みちができる。
- ・ 土砂の流出が続き、水みちが拡大して、堤防が落ち込み、最終的に崩壊に至る。

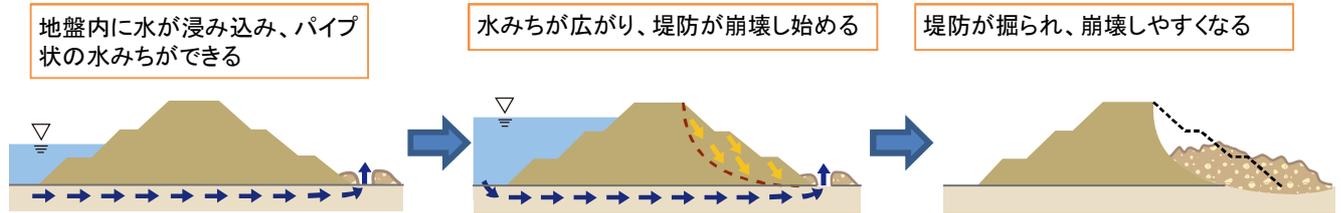


図 3-3 パイピング破壊による決壊イメージ

【浸透破壊】

- ・ 降雨や高い河川水位により水が浸透し、堤防内の水位が上昇する。
- ・ 堤防内の高い水位により、土の強さ（せん断強度）が低下し、川裏側の法面がすべり、最終的に崩壊に至る。

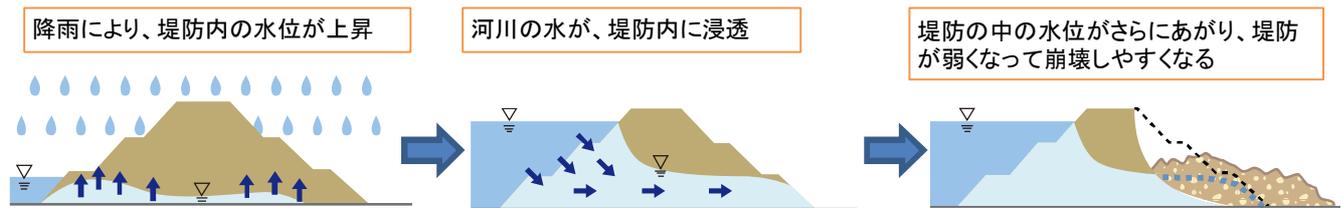


図 3-4 浸透破壊による決壊イメージ

4. 札内川 KP25.0 の堤防決壊箇所の原因の特定

4-1 越水による決壊の可能性の検討

4-1-1 決壊箇所における越水の状況

- ・ 決壊口付近で越水の痕跡を確認。痕跡水位と被災前の堤防高から、越流水深は30cm程度と想定される。
- ・ 上流側（戸蔦別川右岸堤防）の決壊により、当該区間の堤内側に氾濫流が確認された。
- ・ 戸蔦別川寄りの決壊口は、堤外側への越水と川表法尻の洗掘が確認できる。札内川寄りの決壊口は、川表法尻から天端にかけて堤防の崩壊と堤体材料の流出がみられる。



図 4-1 決壊箇所の状況

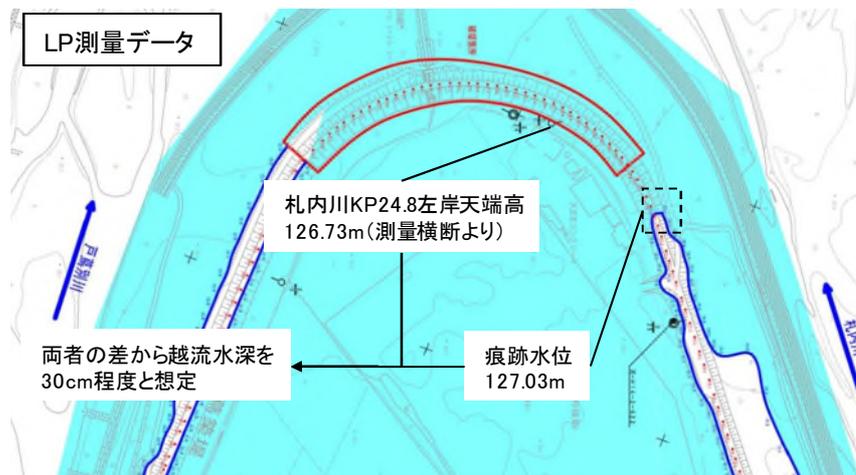


図 4-2 堤内側の痕跡水位



戸蔦別川寄りの決壊口



札内川寄りの決壊口

図 4-3 決壊箇所と痕跡水位の状況

4-1-2 決壊箇所付近の痕跡水位縦断

- ・ 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。
- ・ 戸蔦別川右岸の痕跡水位は、決壊箇所前後で現況堤防高を下回っている。
- ・ 堤内地盤高は堤防高よりも低く、戸蔦別川からの氾濫流が、堤内から堤外へ越水した。



図 4-4 決壊箇所位置図

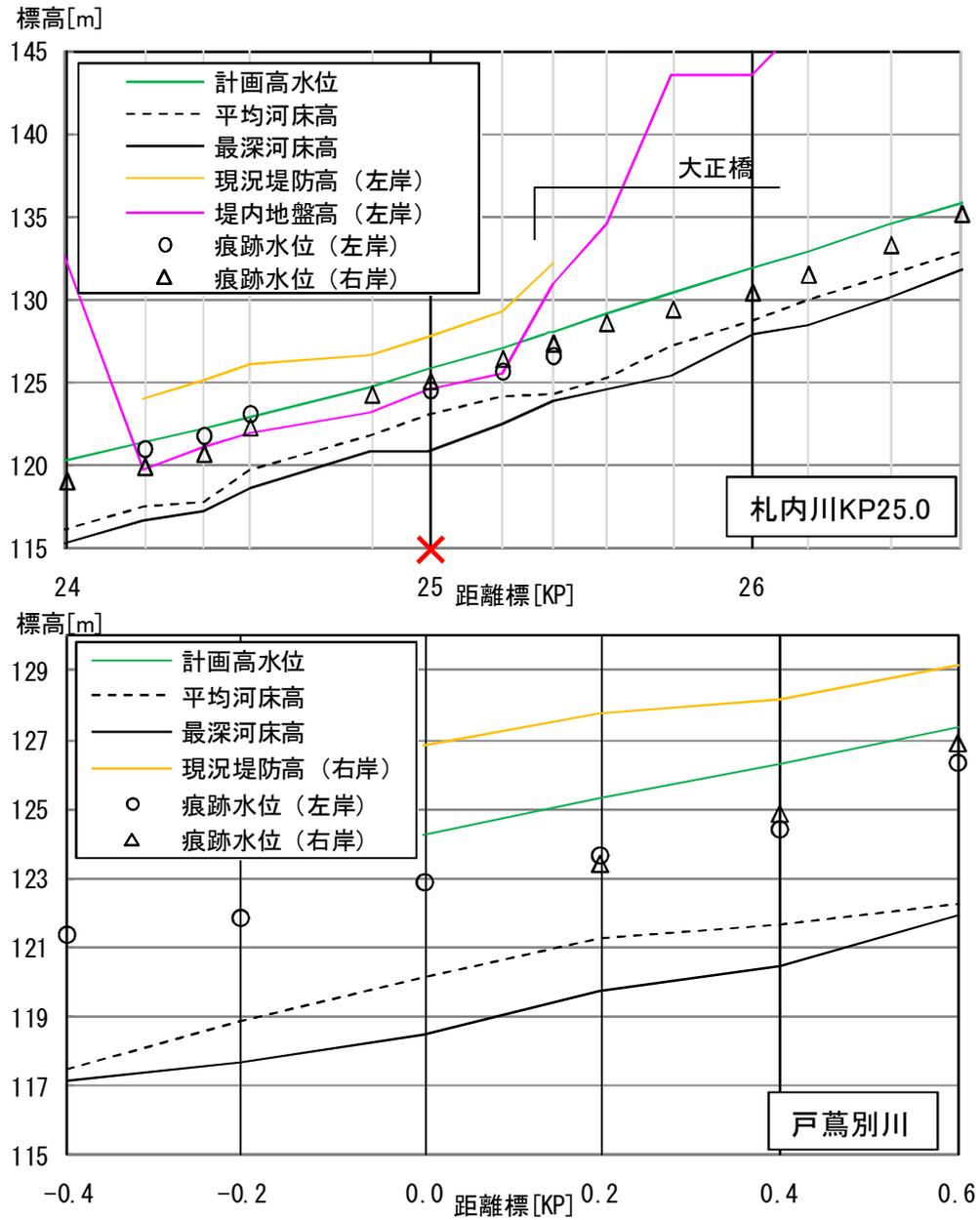


図 4-5 決壊箇所付近の痕跡水位縦断面図

4-1-3 まとめ

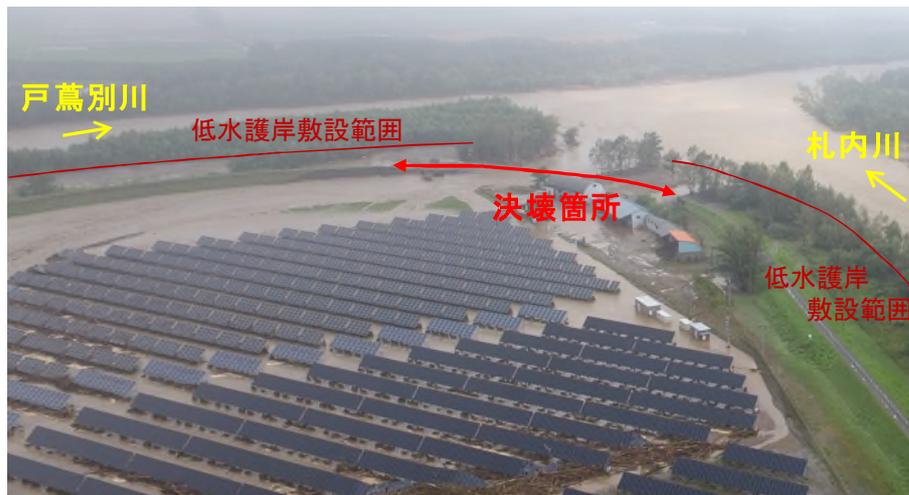
以下のことから、堤内側からの越水による川表法面部の洗掘が決壊原因の一つと推察する。

- ・ 戸蔦別川の痕跡水位は現況堤防高を下回っている。
- ・ 札幌川の痕跡水位は現況堤防高を下回っている。
- ・ 札幌川の決壊箇所では天端部に越水の痕跡を確認した。

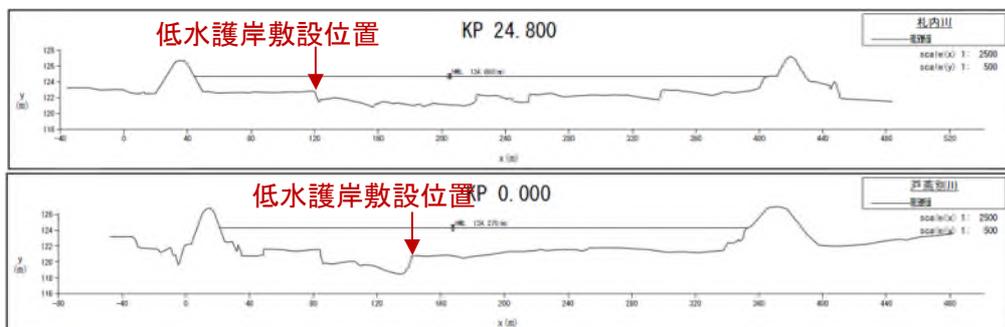
4-2 侵食による決壊の可能性の検討

4-2-1 決壊箇所付近の堤外側の侵食状況

- ・決壊箇所付近は札内川と戸蔦別川の合流部となっており、平面線形状において水衝部となっていない。
- ・決壊箇所付近は、堤防整備以前から旧河道が接近していたが、堤防決壊につながる側方侵食はみられない。



決壊後の状況



横断面図（札内川 KP24.8、戸蔦別川 KP0.0）

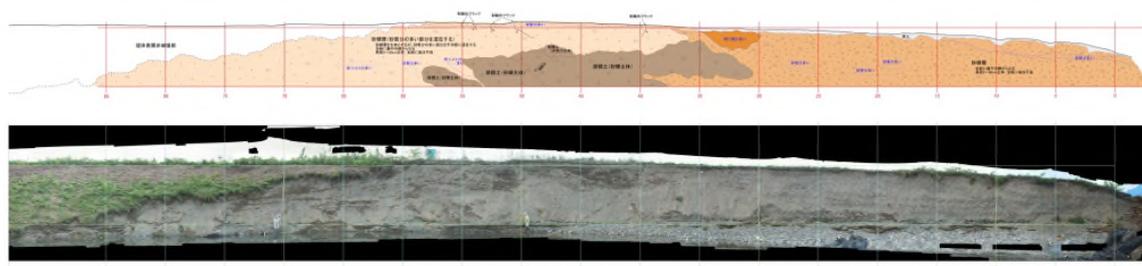
図 4-6 決壊箇所の状況

4-2-2 決壊箇所付近の堤内側の侵食状況

- ・堤外側の侵食は確認されない一方で、堤内側では戸蔦別川右岸からの氾濫流が流下し、札内川・戸蔦別川合流点の決壊箇所から河道へ戻っている。また、決壊箇所付近において川裏法面の侵食がみられる。
- ・堤体材料は砂礫で構成されている。



札内川・戸蔦別川合流点の堤防決壊及び氾濫状況



札内川・戸蔦別川合流点の堤内側の侵食状況（拡大）

図 4-7 札内川・戸蔦別川合流点の堤内側の侵食状況

4-2-3 まとめ

以下のことから、堤内側からの侵食により決壊幅が拡大した可能性がある。

- ・決壊箇所付近は札内川と戸蔦別川の合流部となっており、平面線形状において水衝部となっていない。
- ・堤防整備以前から旧河道が接近していたが、堤防決壊につながる側方侵食はみられない。
- ・堤内側で戸蔦別川右岸からの氾濫流の流下及び堤内側の侵食がみられる。

4-3 浸透による決壊の可能性の検討

4-3-1 決壊区間近傍の噴砂の状況

被災後の現地調査結果から、決壊区間の上下流において堤防法尻付近のパイピング（噴砂等）や法すべりは確認されなかった。

4-3-2 決壊区間の地質構成の推定

戸蔦別川右岸（北海道管理区間）の決壊箇所からの氾濫流による堤内側からの越水により、堤体が約 200m にわたり決壊し流出した。このため、決壊区間 200m の堤体の地質構成は不明である。上流側（札内川寄り）近傍で既往堤防点検にて実施している KP25.0 左岸の地質調査結果から、堤防横断方向の地質構成を図 4-8 に示す。また、下流側（戸蔦別川寄り）の堤防侵食断面を写真 4-1 に、上流側（札内川寄り）の堤防断面を写真 4-2 に示す。

既往堤防点検

：平成 17 年度 札内川堤防点検業務 パシフィックコンサルタンツ（株）

(1) 堤体の地質構成

決壊区間の堤体の土質は、 $\phi 3\sim 120\text{mm}$ の円礫を不規則に混入する砂礫（Bg）である。基質は細～中粒砂で玉石が混じる。

(2) 基礎地盤の地質構成

基礎地盤は、表層から砂礫（Ag）が 6m 程度、その下位に粘性土まじり砂礫（Dg-c）が 4m 程度、砂質粘性土（Dcs）が堆積している。砂礫（Ag）は、 $\phi 2\sim 80\text{mm}$ の垂角～円礫を 50～80% 程度混入し、玉石が混じる。基質は中～粗粒砂である。粘性土まじり砂礫（Dg-c）は、 $\phi 2\sim 30\text{mm}$ の垂角礫を 50～60% 程度混入し、基質はシルト混じり細砂である。砂質粘性土（Dcs）は概ね均質な砂質シルトであり、やや粘性がある。

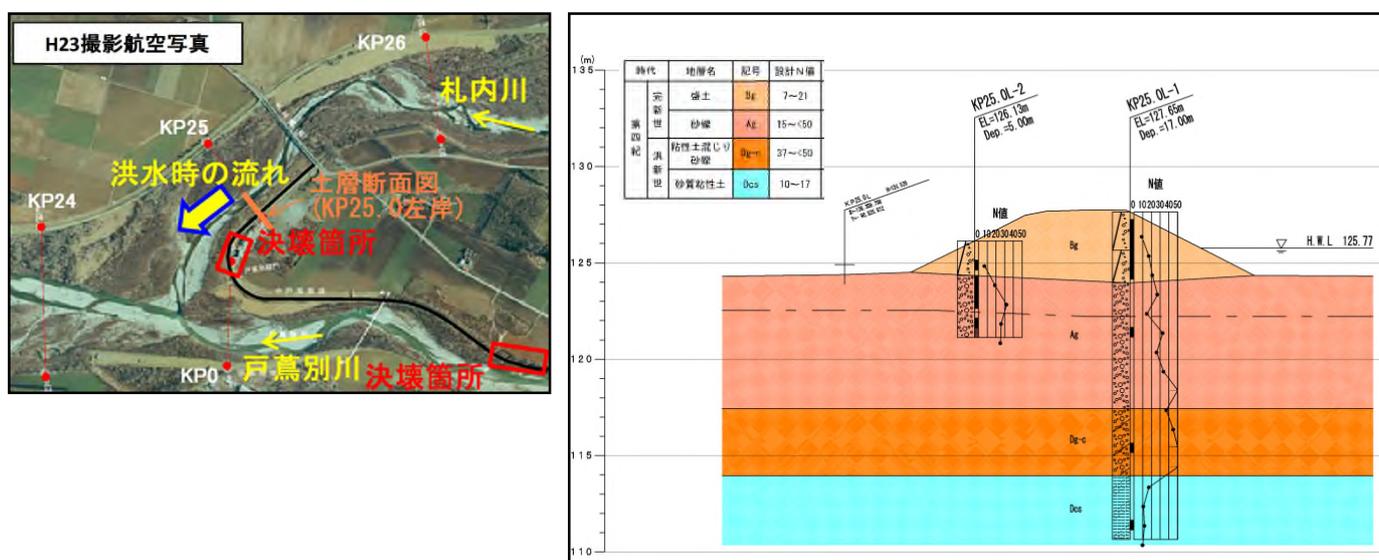


図 4-8 堤防横断方向の土層断面図（札内川 KP25.0 左岸）

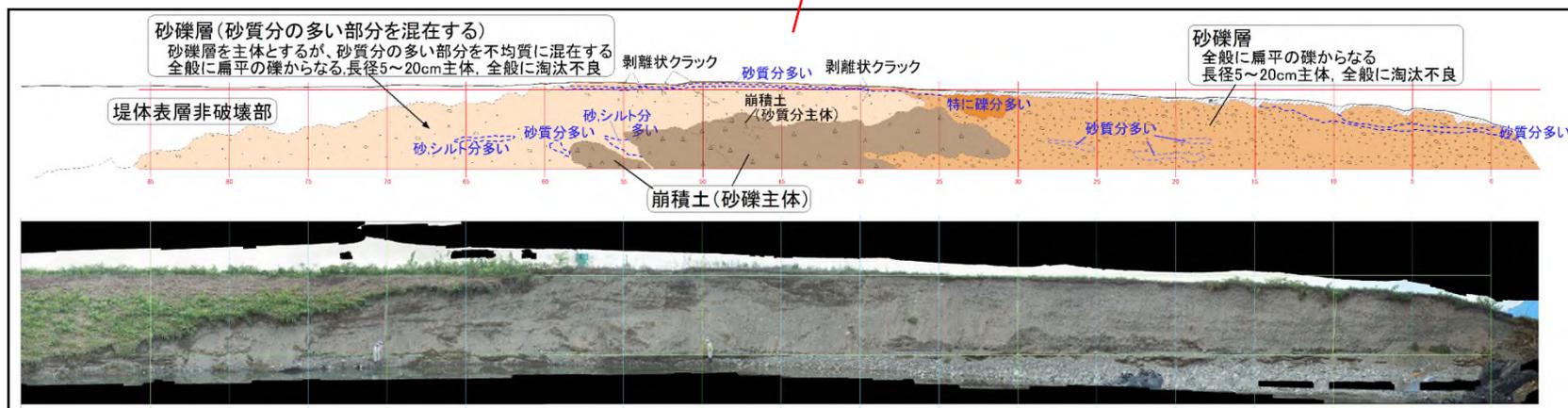


写真 4-1 下流側（戸蔦別川寄り）の堤防侵食断面

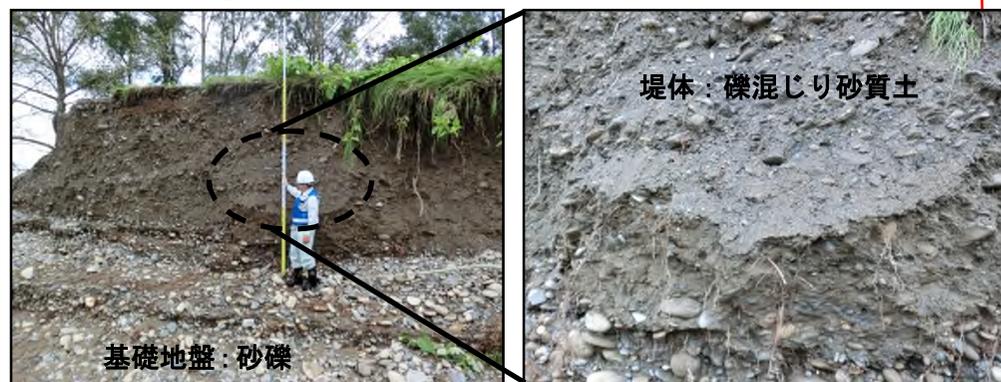


写真 4-2 上流側（札内川寄り）の堤防断面

4-3-3 浸透流解析の結果

(1) 解析断面

堤防の浸透に対する安全性を評価する断面は、決壊区間の上流側近傍で平成17年度に堤防点検を実施しているKP25.0左岸とした。

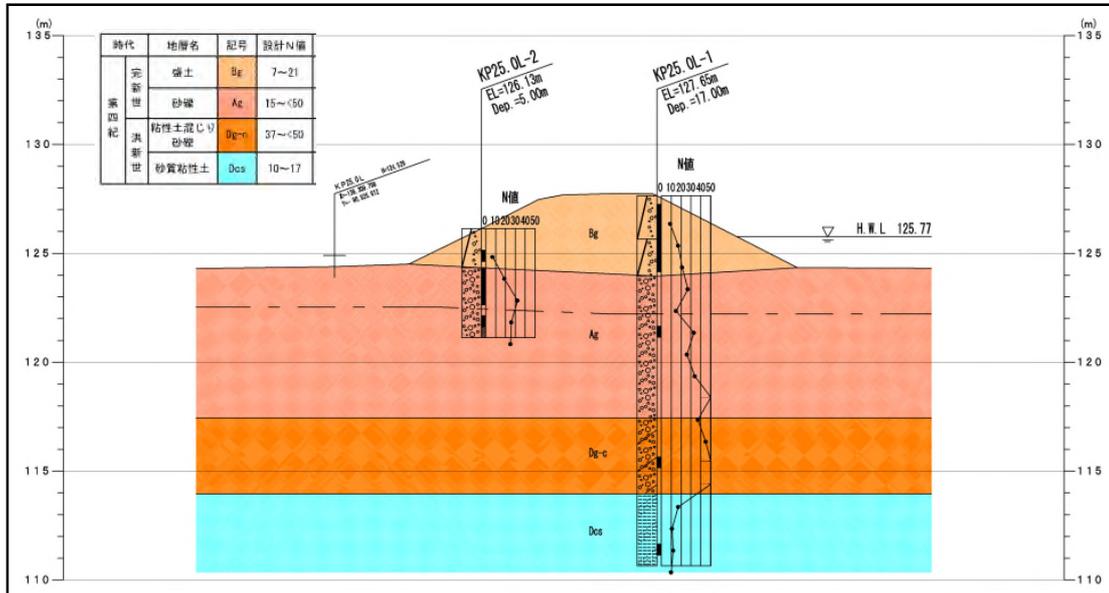


図 4-9 解析断面 (札内川 KP25.0 左岸)

(2) 土質定数

土質定数は、既往堤防点検で設定している値を用いた。

表 4-1 土質定数一覧表

土層	番号	土質	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	粘着力 c (kN/m^2)	透水係数 k (cm/sec)
堤体	Bg	礫質土	21.0	27	1	3.0×10^{-3}
基礎地盤	Ag	礫質土	21.5	27	0	1.7×10^{-2}
	Dg-c	礫質土	20.0	36	0	2.1×10^{-2}

(3) 外力条件

堤内側（内水）から堤外側（外水）への越水直前の堤防の浸透に対する安全性を評価した。

1) 時系列の整理

- ・決壊箇所 KP25.0 では、8月31日 0:00 頃に堤内からの越水が現場で目撃されている。
- ・また、堤外側の痕跡水位は堤防天端高より約3m低い状況であった。
- ・これらの状況を踏まえ、堤内側の水位が天端高に達したケースで堤防の浸透に対する安全性を検討する。

【時系列情報】

8月30日 20:00 頃 戸蔦別樋門を閉扉

8月31日 0:00 頃 堤内から堤外への越水を目撃

(帯広建設管理部からの聞き取りによる)

8月31日 5:20 頃 堤防決壊を CCTV により確認 (帯広開建)

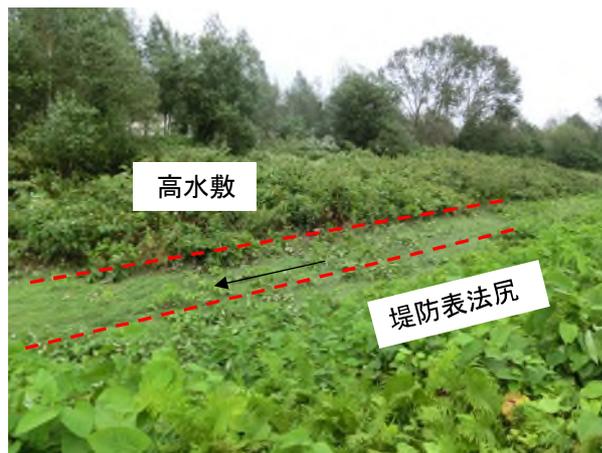


図 4-10 札内川堤外の痕跡水位

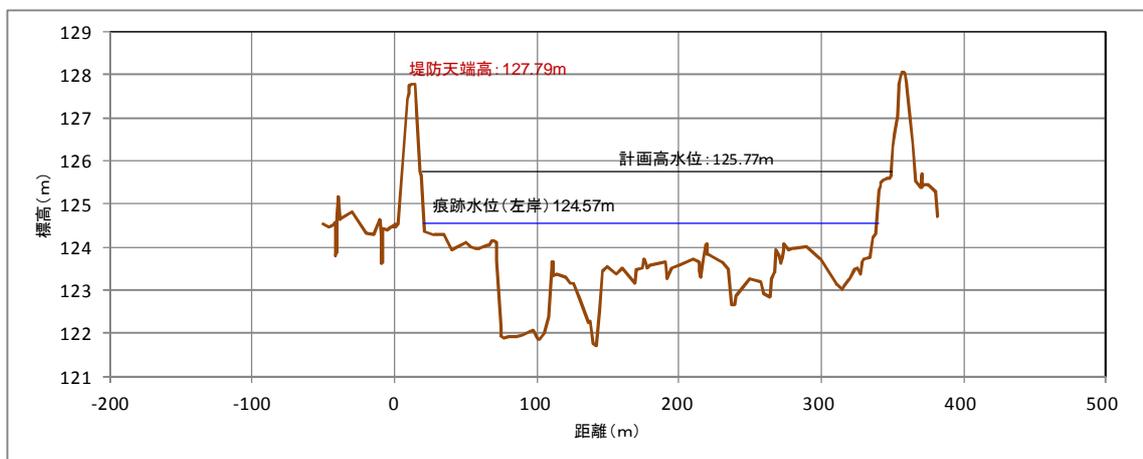


図 4-11 札内川横断図 (KP25.0) と痕跡水位

2) 外水位の設定

決壊地点の外水位の算定は、戸蔦別川合流前の近傍観測所である上札内観測所の流量を採用して算出した。

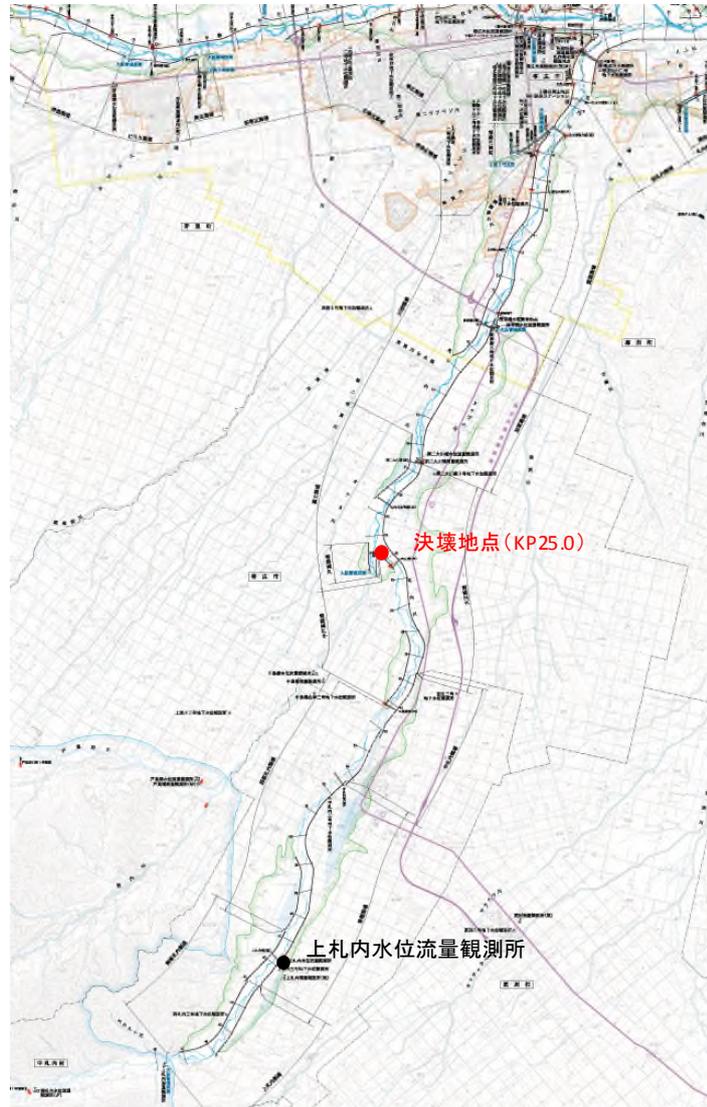


図 4-12 決壊地点と上札内水位流量観測所の位置

決壊地点における河道水位（外水位）は、上札内観測所の観測流量を決壊箇所付近（KP25.0）のH-Q式で水位換算して算出した。

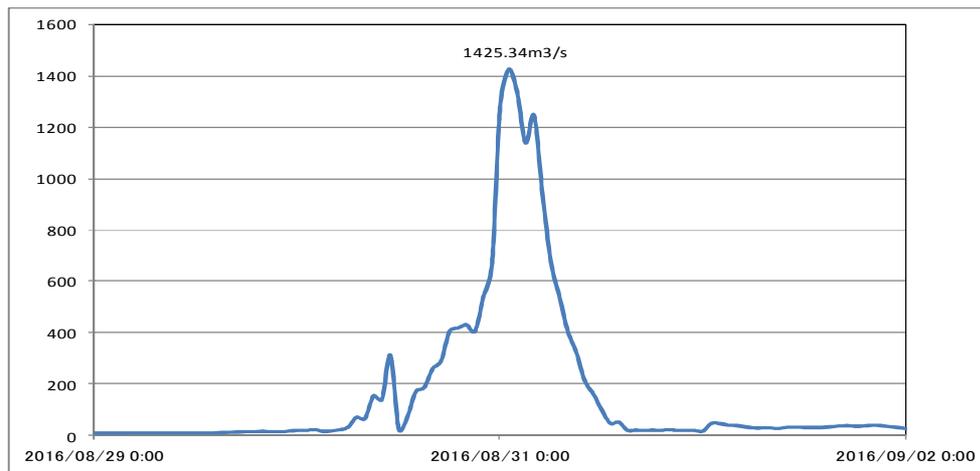


図 4-13 上札内観測所の観測流量

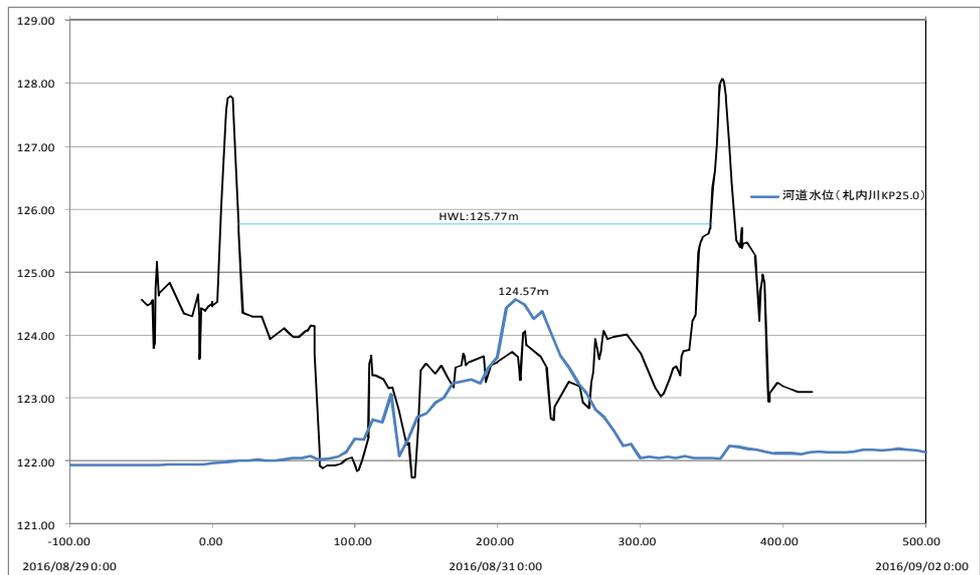


図 4-14 決壊地点における河道水位（HQ式で水位に換算）

3) 内水位の設定

近傍観測所の降雨量と戸蔦別川の氾濫を考慮した内水ボリュームを時系列で算出した。

内水位の算定は、LP データから H-V 式（内水位とボリュームとの関係式）を作成し、内水位に換算した。



図 4-15 決壊地点位置図

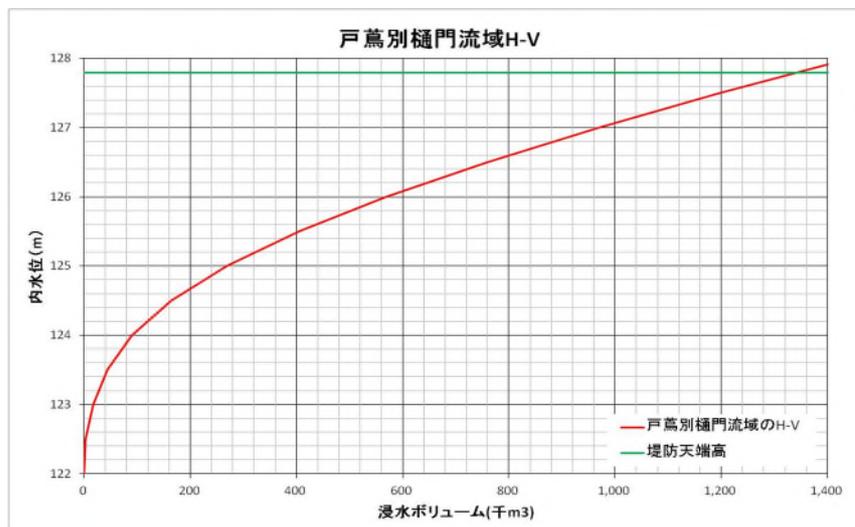


図 4-16 戸蔦別樋門流域の内水位－ボリュームの関係（LP データ）

決壊地点近傍の中島橋地点の降雨量は以下のとおりである。

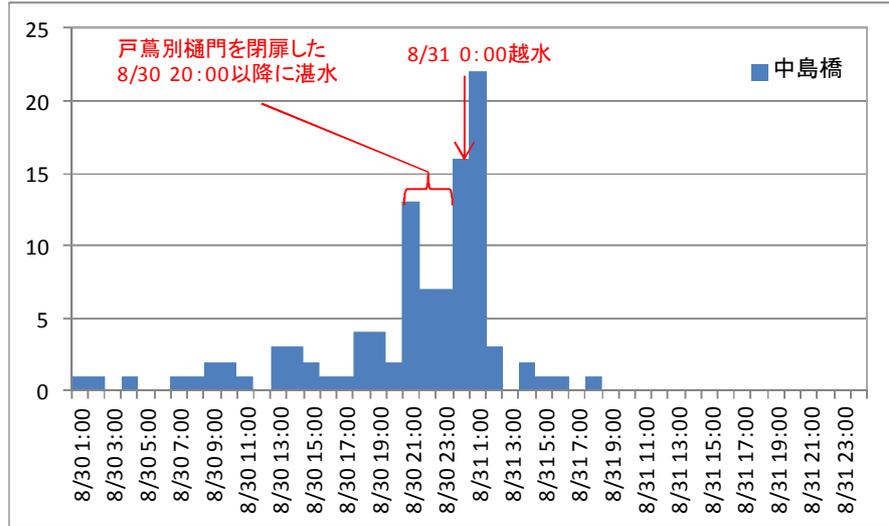


図 4-17 中島橋地点の降雨量

以上より、内水位は以下のように算定した。

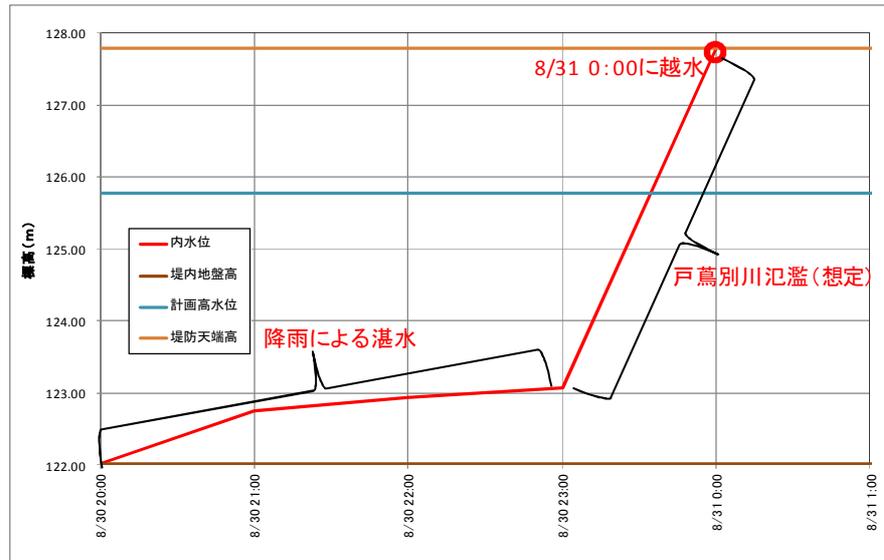


図 4-18 設定した内水位

(4) 解析結果

外力条件として、実測値の降雨及び堤内側（内水）、堤外側（外水）の水位を考慮した浸透流解析を行い、堤内側（内水）の水位が堤防天端まで上昇した時（8月31日0:00）の解析結果図を図4-19、図4-20に示す。また、解析結果をとりまとめ、表4-2に示す。

解析結果から、パイピング破壊、表法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されている結果となった。

表 4-2 解析結果一覧

河川名	左右岸	評価対象断面 KP	設計外力	計算時間	パイピング破壊 局所動水勾配の最大値 i			表法すべり破壊に対する 最小安全率 F_s			
					照査基準	解析値		判定	必要安全率	解析値	判定
						鉛直 i_v	水平 i_h				
札内川	左岸	25.0	台風10号再現	内水ピーク時	$i < 0.5$	0.291	0.480	○	$F_s \geq 1.452$	1.462	○

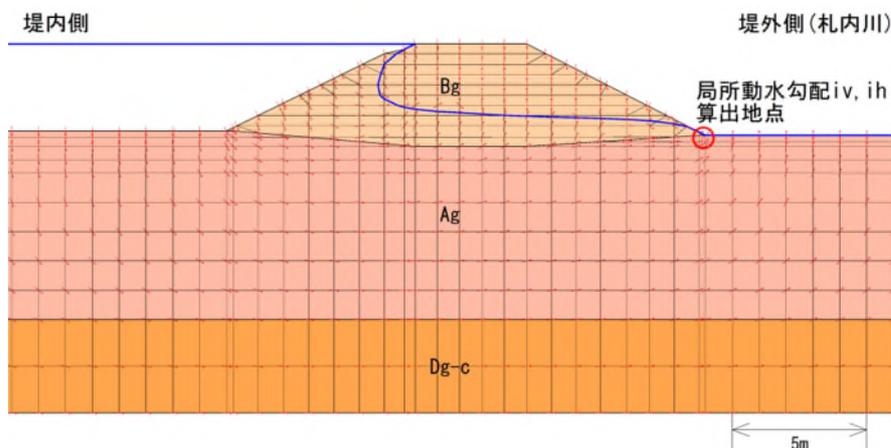


図 4-19 浸透流解析結果

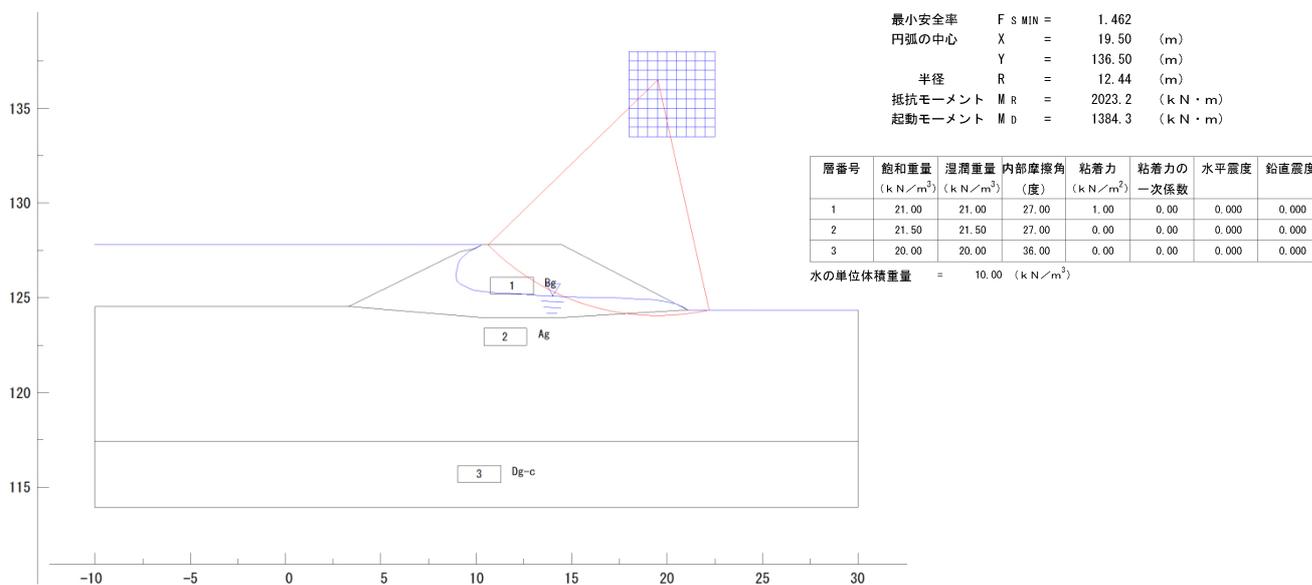


図 4-20 表法すべり破壊に対する計算結果

4-3-4 まとめ

以下のことから、浸透によるパイピング破壊や法すべり破壊が堤防決壊の原因になった可能性は低いと推察した。

- ・決壊区間近傍の法面や法尻付近では、パイピング破壊（噴砂等）や法すべり破壊は確認できなかった。
- ・上流側（戸蔦別川右岸堤防）の決壊により堤内側に氾濫流が流下し、当該区間では 4 時間程度で堤防天端まで急激に内水位が上昇し越水したことから、決壊までの滞水時間は短く、堤体内の浸潤面はあまり上昇しなかった。
- ・浸透流解析結果から、パイピング破壊、表法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されている結果となった。

4-4 決壊原因の特定

それぞれの想定される決壊原因について、調査結果から把握したこと、推定される堤防決壊の原因を整理した。

表 4-3 札内川 KP25.0 左岸の決壊原因

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"> ・戸蔦別川の痕跡水位は現況堤防高を下回っている。 ・札内川の痕跡水位は現況堤防高を下回っている。 ・札内川の決壊箇所では天端部に越水の痕跡を確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>堤内側からの越水による川表法面部の洗掘が決壊原因の一つであると推察される。</u>
■侵食による堤防決壊の可能性について	<ul style="list-style-type: none"> ・決壊箇所付近は札内川と戸蔦別川の合流部となっており、平面線形状において水衝部となっていない。 ・堤防整備以前から旧河道が接近していたが、堤防決壊につながる側方侵食はみられない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤内側で戸蔦別川右岸からの氾濫流の流下及び堤内側の侵食がみられることから、堤内側からの侵食により決壊幅が拡大した可能性がある。
■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、礫混じり砂で構成されていることが確認された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

5. 札内川 KP40.5、音更川 KP21.2 の堤防決壊箇所の原因の特定

5-1 越水による決壊の可能性の検討

5-1-1 決壊箇所付近の痕跡水位縦断

- ・ 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。

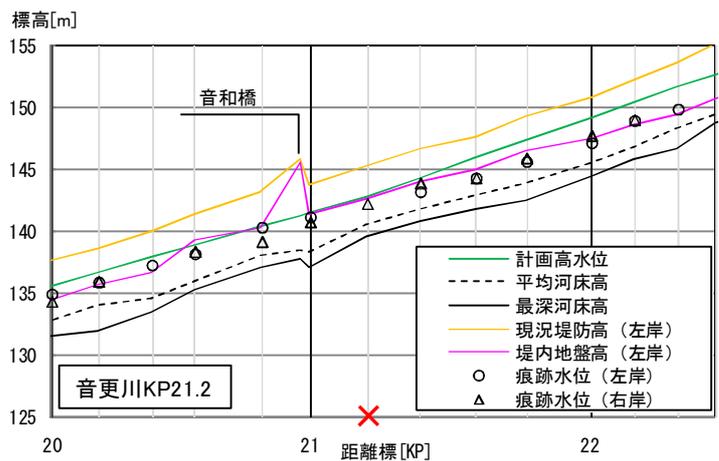
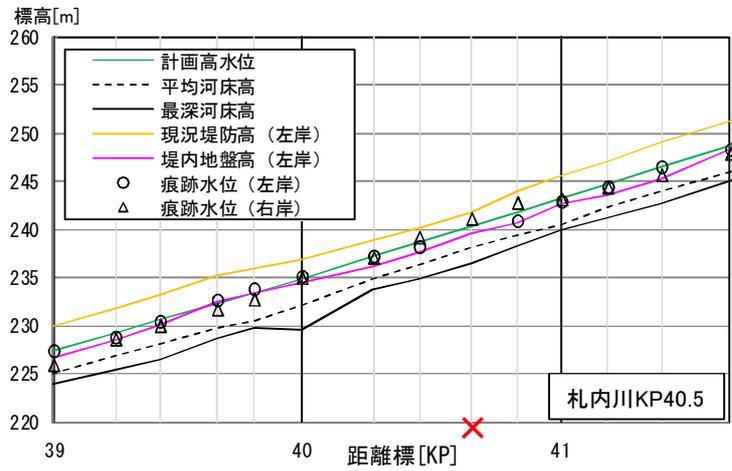


図 5-1 決壊箇所位置図と決壊箇所付近の痕跡水位縦断図

5-1-2 まとめ

以下のことから、越水による堤防決壊は生じないと推察した。

- ・ 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。

5-2 侵食による決壊の可能性の検討

5-2-1 決壊箇所付近の侵食状況

(1) 札内川 KP40.5 左岸

- ・決壊箇所付近は、蛇行した低水路の外岸部となっている。
- ・決壊箇所前面の高水敷は侵食され、高水敷上の樹木も消失している。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。

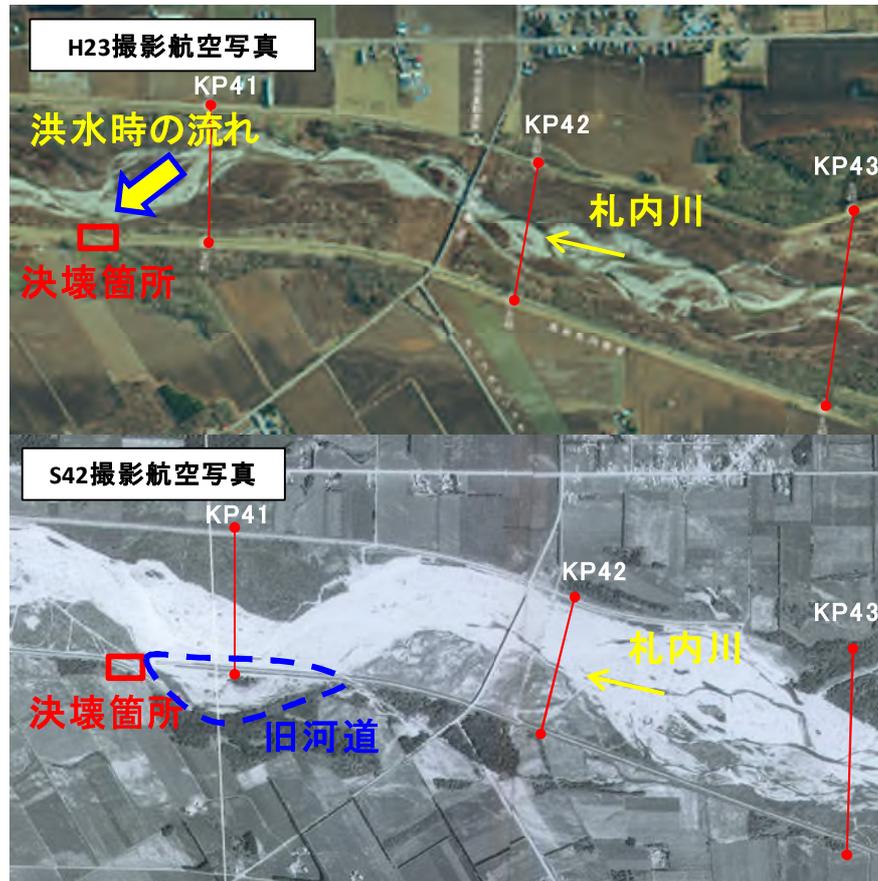


図 5-2 決壊箇所の河道変遷（札内川 KP40.5 左岸）

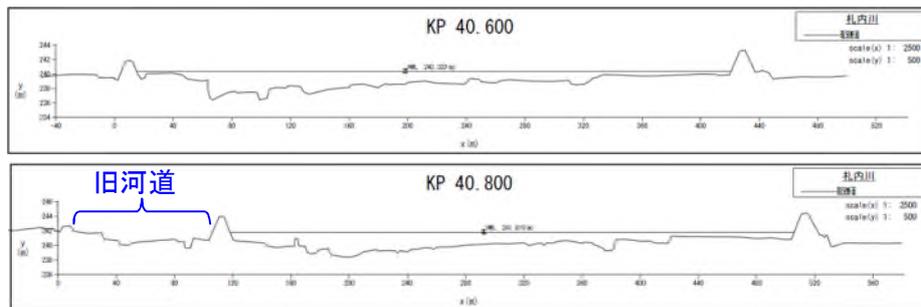


図 5-3 決壊箇所の状況（札内川 KP40.5 左岸）

(2) 音更川 KP21.2 左岸

- ・決壊箇所付近は、蛇行した低水路の外岸部となっている。
- ・堤防整備前の河道は、今回の決壊箇所付近において幾重にも分岐・合流して流下していた。
- ・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。

H23撮影航空写真



S22撮影航空写真

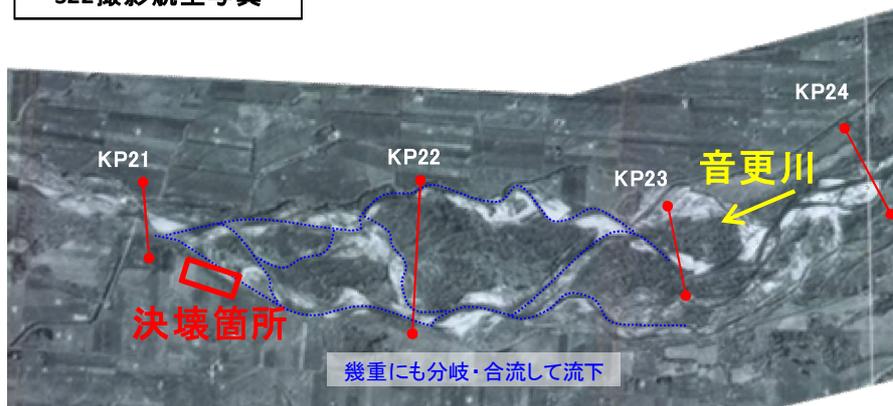


図 5-4 決壊箇所の河道変遷（音更川 KP21.2 左岸）

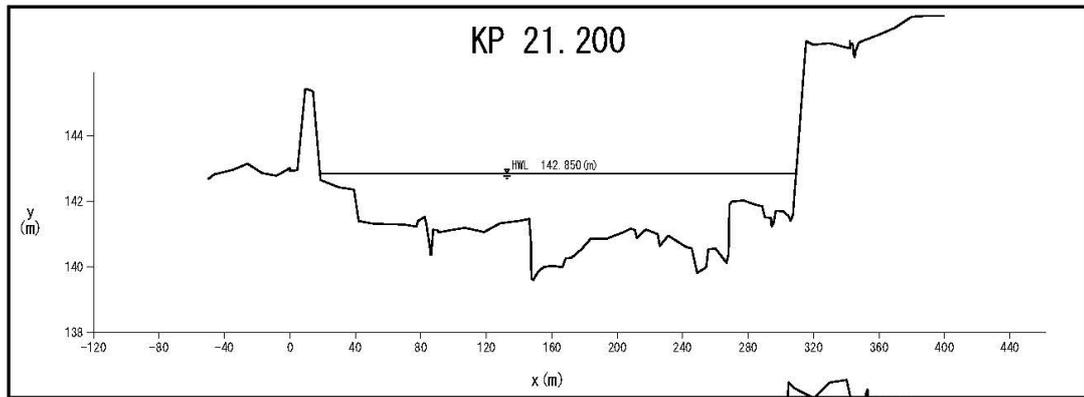


図 5-5 決壊箇所の状況（音更川 KP21.2 左岸）

5-2-2 侵食における時系列の整理（音更川 KP21.2）

- ・ 8 月 31 日 17 時頃：侵食が堤外側法肩まで達し、流れの湾曲に沿うように堤外側法面が大きく削られている。
- ・ 8 月 31 日 21 時頃：侵食が堤内側法肩～法面まで達し、天端道路が消失している。
- ・ 9 月 1 日 1 時頃以降：侵食の進行は堤内地まで達したが、概ね小康状態となる。

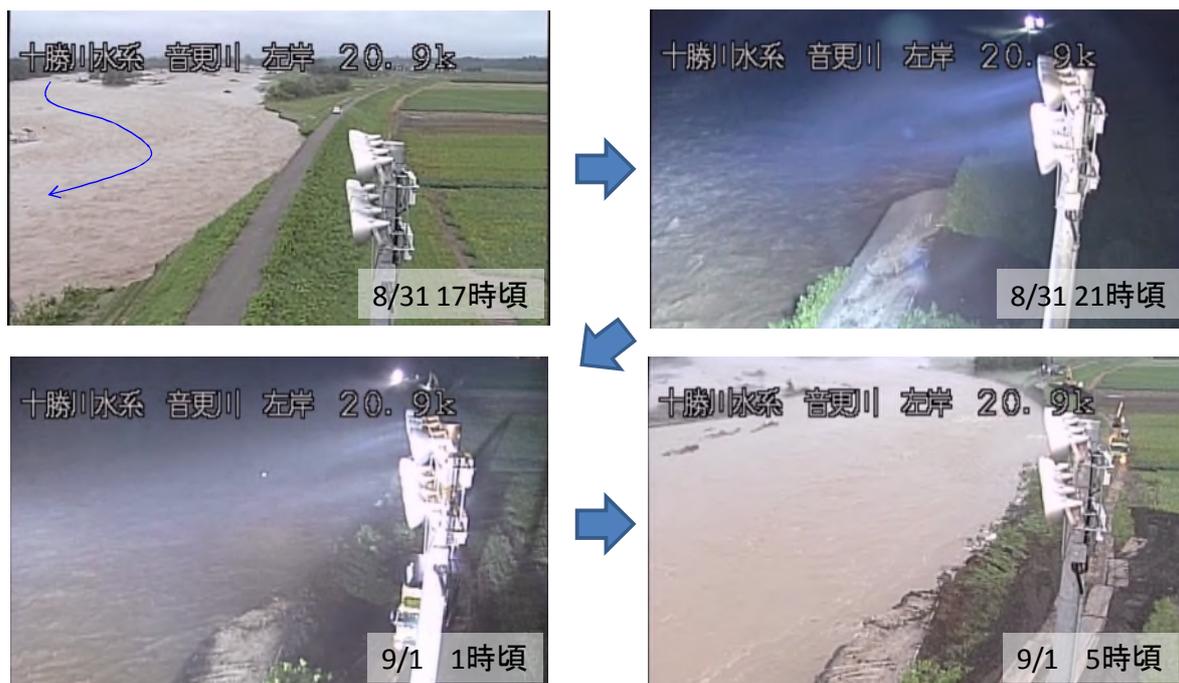


図 5-6 堤防決壊までの時系列

5-2-3 まとめ

(1) 札内川 KP40.5 左岸

以下のことから、侵食が堤防決壊原因の一つであると推察した。

- ・決壊箇所付近は、蛇行した低水路の外岸部となっている。
- ・出水後の滯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。

(2) 音更川 KP21.2 左岸

以下のことから、侵食が堤防決壊原因の一つであると推察した。

- ・決壊箇所付近は、蛇行した低水路の外岸部となっている。
- ・出水後の滯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。

5-3 浸透による決壊の可能性の検討

5-3-1 決壊区間近傍の噴砂の状況

札内川 KP40.5 左岸、音更川 KP21.2 左岸ともに被災後の現地調査結果から、決壊区間の上下流において堤防法尻付近のパイピング（噴砂等）や法すべりは確認されなかった。

5-3-2 決壊区間の地質構成の推定

(1) 札内川 KP40.5 左岸

札内川 KP40.5 左岸付近の堤体が約 130m にわたり決壊し流出した。このため、決壊区間の堤体の地質構成は不明であるが、上流側近傍で既往堤防点検にて実施している KP40.6 左岸の地質調査結果から、堤防横断方向の地質構成を図 5-7 に示す。また、堤防決壊箇所を写真 5-1 に示す。

既往堤防点検

：平成 19 年度 十勝川外堤防詳細点検業務 (株) ドーコン

1) 堤体の地質構成

決壊区間の堤体は、砂礫主体 (Bk1) の昭和 41 年度の施工盛土と考えられ、 $\phi 10 \sim 50\text{mm}$ の円～垂円礫主体で、最大 $\phi 300\text{mm}$ 以上である。

2) 基礎地盤の地質構成

基礎地盤は、表層から礫質土 (Ag1) が 12m 程度、その下位に礫質土 (Dg1) が堆積している。礫質土 (Ag1) は砂礫主体で密な相対密度を示す。 $\phi 2 \sim 70\text{mm}$ の円礫主体で、砂分は細粒～中粒砂が主体。 $\phi 300\text{mm}$ 以上の巨礫が点在する。礫質土 (Dg1) はシルト混じり砂礫を主体とし、密な相対密度を示す。 $\phi 10\text{mm}$ 以下の円礫主体で、基質は火山灰質細粒砂である。

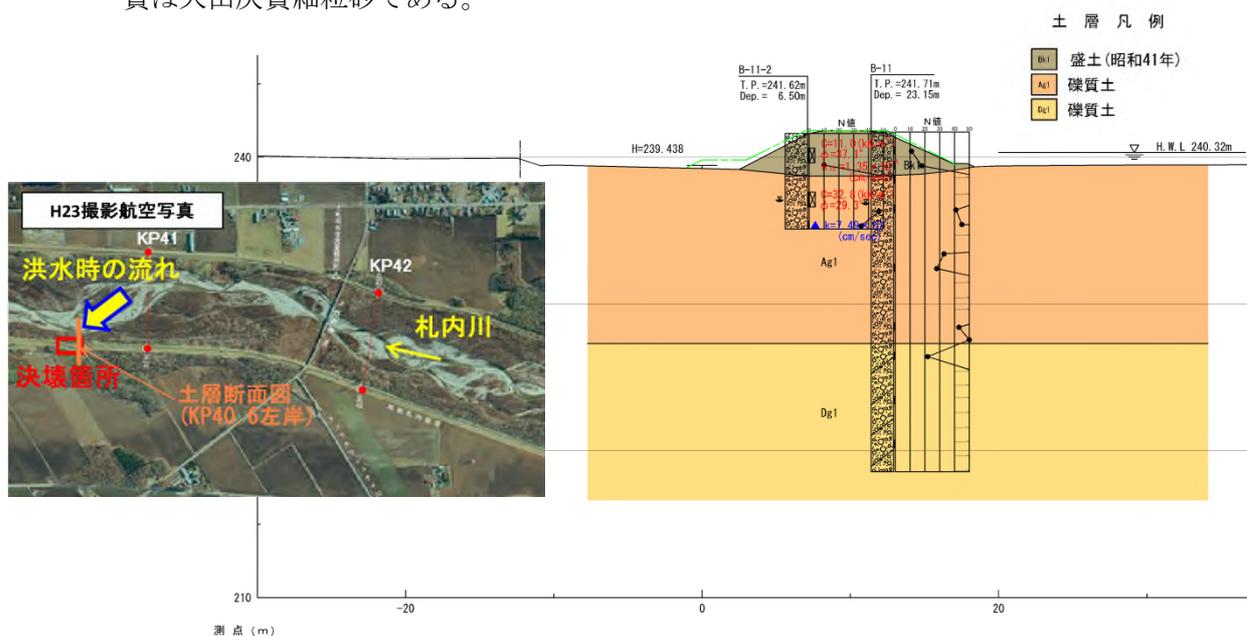


図 5-7 堤防横断方向の土層断面図 (札内川 KP40.6 左岸)



写真 5-1 堤防決壊箇所（札内川 KP40.5 左岸）

(2) 音更川 KP21.2 左岸

音更川 KP21.2 左岸の堤体が約 230m にわたり決壊し流出した。このため、決壊区間の堤体の地質構成は不明であるが、下流側近傍で既往堤防点検にて実施している KP20.2 左岸の地質調査結果から、堤防横断方向の地質構成を図 5-8 に示す。また、堤防決壊箇所を写真 5-2 に示す。

既往堤防点検

：平成 17 年度 音更川堤防安定解析業務 (株) ドーコン

1) 堤体の地質構成

決壊区間の堤体は、砂礫を主体とし、 $\phi 5\sim 50\text{mm}$ 程度の円～垂円礫主体で $\phi 60\text{mm}$ 程度の玉石が点在する。砂は粒子径不均一な細～粗粒砂である。所々、若干シルト分混じる。

2) 基礎地盤の地質構成

基礎地盤は、表層から砂礫 (Ag) が 4m 程度、火山灰 (Av) が 1m 程度、その下位に凝灰岩 (Tf) が堆積している。砂礫 (Ag) は $\phi 5\sim 50\text{mm}$ 、最大 60mm 程度の円～垂円礫主体で、一部玉石が点在する。砂は細～粗粒砂主体で、一部微粒砂を挟む。火山灰 (Av) はシルト混じりの微粒火山灰で、所々 $\phi 2\sim 5\text{mm}$ 程度の小円礫が点在する。一部、有機物、軽石混じり中粒砂、亜炭の薄層を含む。凝灰岩 (Tf) は、火砕流の二次堆積物から生成されたものであり、 $\phi 2\sim 5\text{mm}$ 程度の軽石を混入する。一部有機物が混入し、泥岩状となる。

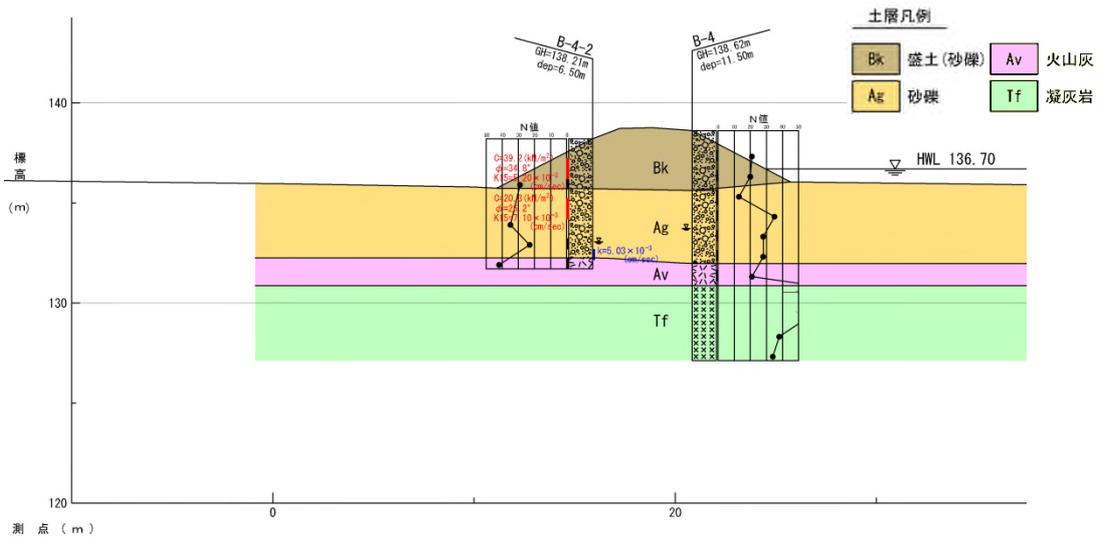
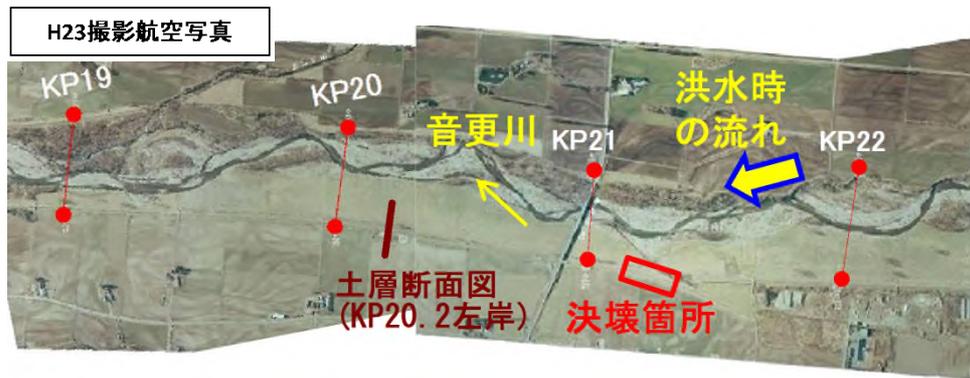


図 5-8 堤防横断方向の土層断面図 (音更川 KP20.2 左岸)



写真 5-2 堤防決壊箇所 (音更川 KP21.2 左岸)

5-3-3 浸透流解析の結果

堤防の浸透に対する安全性は、既往堤防点検結果から推察した。既往堤防点検結果を以下にまとめる。

既往堤防点検

札内川 KP40.5 左岸：平成 19 年度 十勝川外堤防詳細点検業務 (株) ドーコン
音更川 KP21.2 左岸：平成 17 年度 音更川堤防安定解析業務 (株) ドーコン

(1) 札内川 KP40.5 左岸

1) 解析断面

既往堤防点検では、決壊区間の代表断面は KP40.6 となっている。解析断面を図 5-9 に示す。

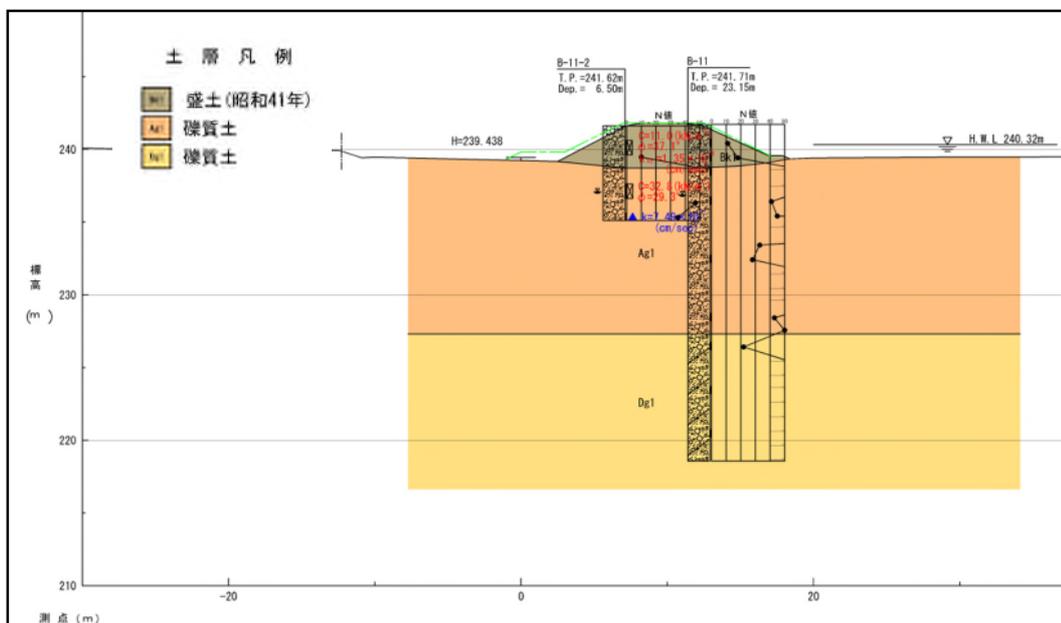


図 5-9 解析断面 (札内川 KP40.6 左岸)

2) 土質定数

土質定数は、既往堤防点検で設定している値を用いた。

表 5-1 土質定数一覧表 (札内川 KP40.6 左岸)

	NO.	土質	湿潤密度 (kN/m ³)	飽和透水係数 (cm/sec)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	備考
堤体	①	礫質土	21.7	1.0×10^{-4}	1	37	Bk1
基礎地盤	②	礫質土	23.8	7.0×10^{-1}	0	29	Ag1
	③	礫質土	20.0	1.0×10^{-5}	0	36	Dg1

3) 外力条件

外力条件は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月（財）国土技術研究センター」に従い、既往堤防点検で設定している事前降雨量、計画降雨量及び基本水位波形を解析に用いた。

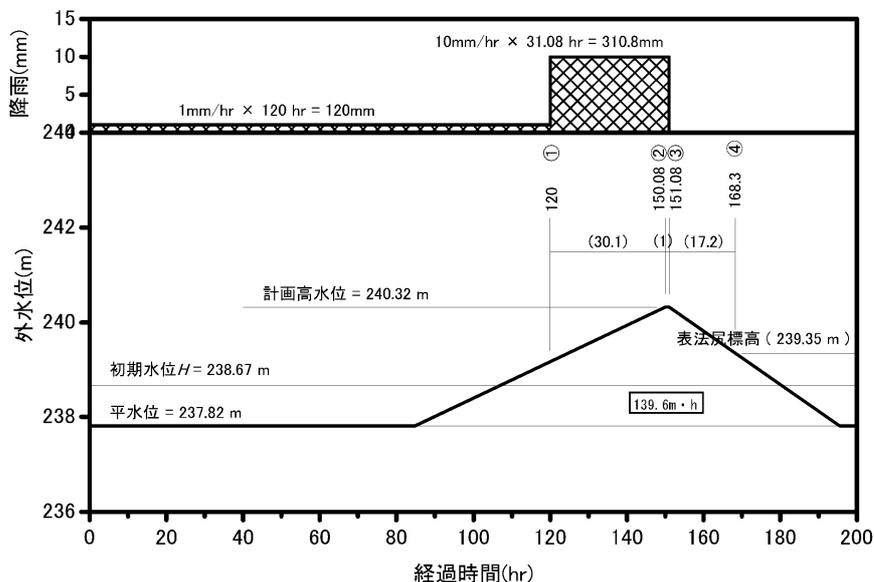


図 5-10 設定外力条件（札内川 KP40.6 左岸）

4) 解析結果

浸透流解析結果から、降雨終了時でピーク水位終了時（151rh）の解析結果図を図 5-11、図 5-12 に示す。また、解析結果をとりまとめ、表 5-2 に示す。

解析結果から、パイピング破壊、裏法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されていたと判断できる。

表 5-2 解析結果一覧（札内川 KP40.6 左岸）

河川名	左右岸	評価対象断面 KP	設計外力	計算時間	パイピング破壊 局所動水勾配の最大値 i			裏法すべり破壊に対する 最小安全率 F_s			
					照査基準	解析値		判定	必要安全率	解析値	判定
						鉛直 i_v	水平 i_h				
札内川	左岸	40.6	既往堤防点検	外水ピーク時	$i < 0.5$	0.27	0.36	○	$F_s \geq 1.452$	1.456	○

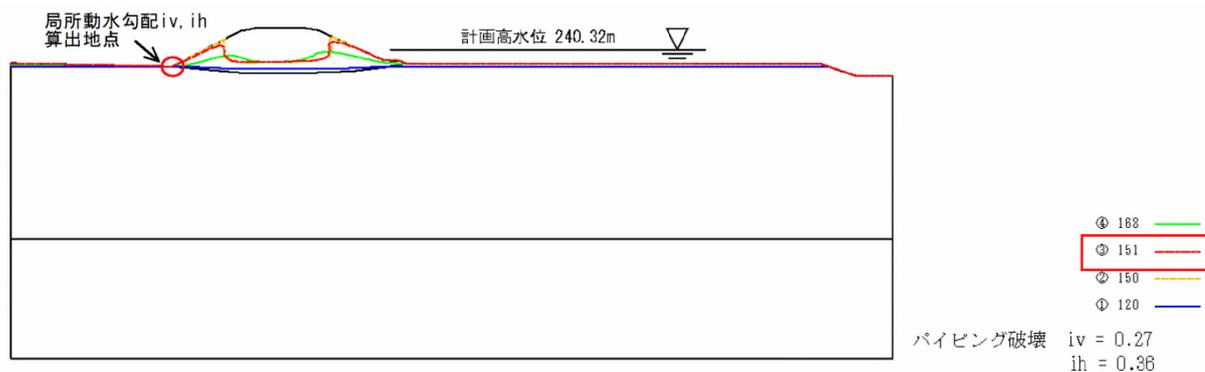


図 5-11 浸透流解析結果（札内川 KP40.6 左岸）

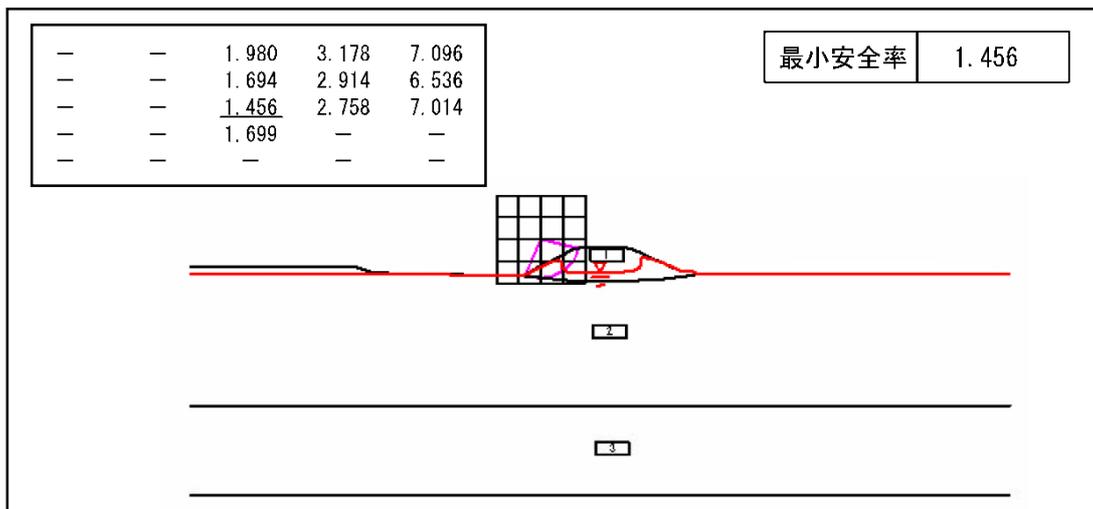


図 5-12 裏法すべり破壊に対する計算結果（札内川 KP40.6 左岸）

(2) 音更川 KP21.2 左岸

1) 解析断面

既往堤防点検では、決壊区間の代表断面は KP20.2 となっている。解析断面を図 5-13 に示す。

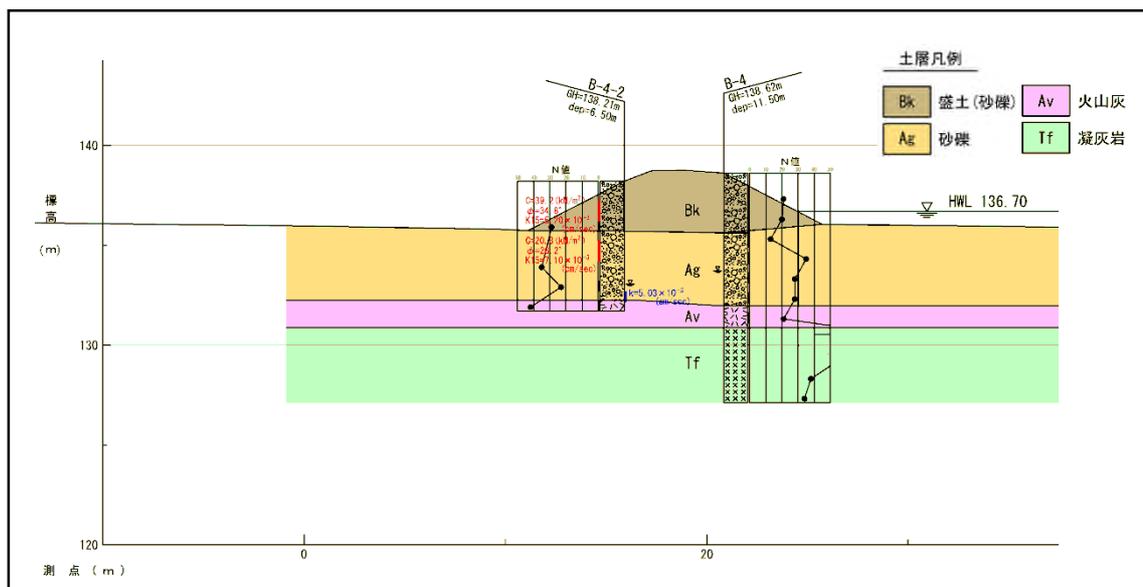


図 5-13 解析断面（音更川 KP20.2 左岸）

2) 土質定数

土質定数は、既往堤防点検で設定している値を用いた。

表 5-3 土質定数一覧表（音更川 KP20.2 左岸）

	NO.	土質	湿潤密度 (kN/m ³)	飽和透水係数 (cm/sec)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	備考
堤体	①	礫質土	21.0	5.2×10^{-3}	1	35	Bk
基礎地盤	②	礫質土	20.0	6.0×10^{-3}	0	26	Ag
	③	砂質土	15.5	5.3×10^{-5}	0	34	Av

3) 外力条件

外力条件は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月（財）国土技術研究センター」に従い、既往堤防点検で設定している事前降雨量、計画降雨量及び基本水位波形を解析に用いた。

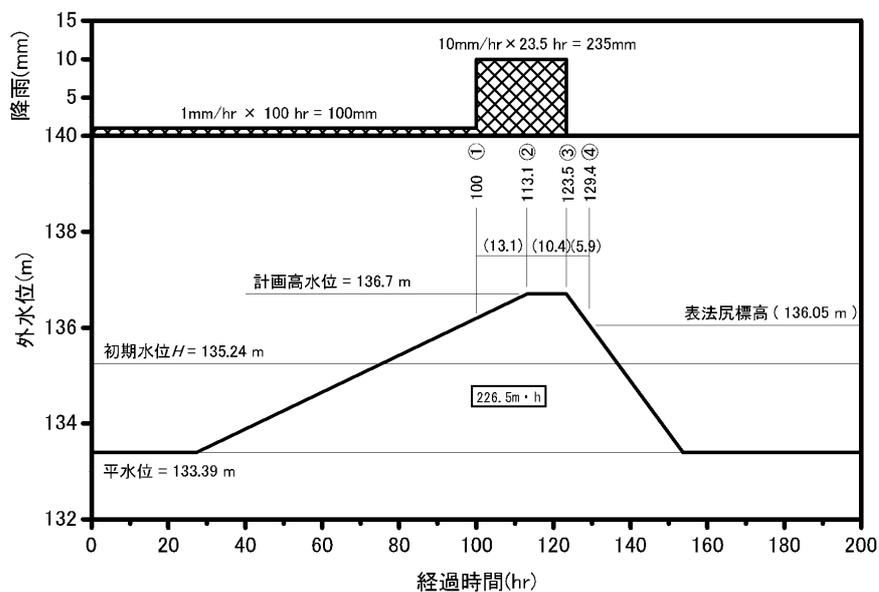


図 5-14 設定外力条件（音更川 KP20.2 左岸）

4) 解析結果

浸透流解析結果から、降雨終了時でピーク水位終了時（123.5rh）の解析結果図を図 5-15、図 5-16 に示す。また、解析結果をとりまとめ、表 5-4 に示す。

解析結果から、パイピング破壊、裏法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されていたと判断できる。

表 5-4 解析結果一覧（音更川 KP20.2 左岸）

河川名	左右岸	評価対象断面 KP	設計外力	計算時間	パイピング破壊 局所動水勾配の最大値 i			表法すべり破壊に対する 最小安全率 F_s			
					照査基準	解析値		判定	必要 安全率	解析値	判定
						鉛直 i_v	水平 i_h				
音更川	左岸	20.2	既往 堤防点検	外水 ピーク時	$i < 0.5$	0.33	0.49	○	$F_s \geq 1.452$	1.585	○

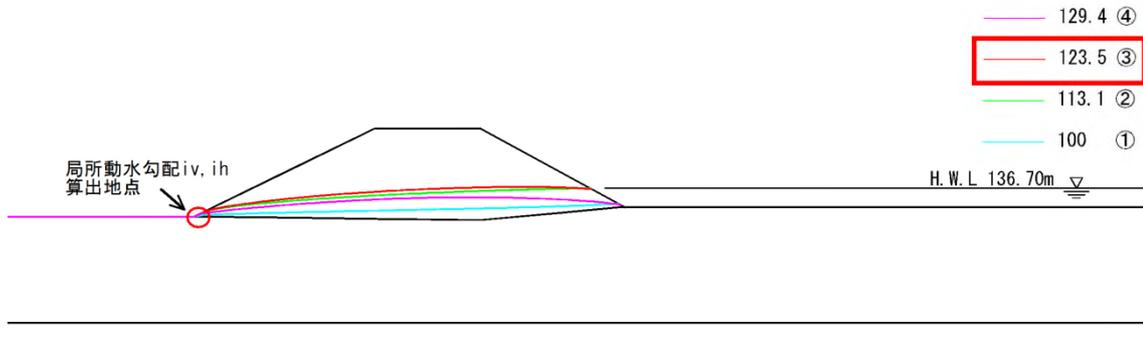


図 5-15 浸透流解析結果（音更川 KP20.2 左岸）

-	-	-	-	2.046	2.307	2.720	3.359	4.474	6.759
-	-	-	-	1.957	2.213	2.581	3.189	4.241	6.401
-	-	-	-	1.868	2.116	2.458	3.077	4.009	6.047
-	-	-	-	1.779	2.017	2.347	2.860	3.780	5.683
-	-	-	-	1.695	1.917	2.242	2.709	3.555	5.325
-	-	-	-	1.623	1.817	2.133	2.578	3.342	4.975
-	-	-	-	1.585	1.723	2.024	2.469	3.154	4.643
-	-	-	-	1.596	1.650	1.920	2.362	3.031	4.356
-	-	-	-	1.612	1.647	1.838	2.270	2.978	4.209
-	-	-	-	1.638	1.705	1.856	2.239	3.016	4.494

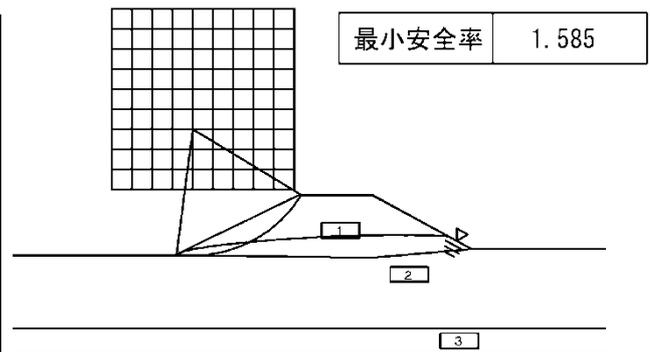


図 5-16 裏法すべり破壊に対する計算結果（音更川 KP20.2 左岸）

5-3-4 まとめ

(1) 札内川 KP40.5 左岸

以下のことから、浸透によるパイピング破壊や法すべり破壊が堤防決壊の原因になった可能性は低いと推察した。

- ・決壊区間近傍の法面や法尻付近では、パイピング破壊（噴砂等）や法すべり破壊は確認できなかった。
- ・既往堤防点検結果から、パイピング破壊、裏法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されていたと判断できる。

(2) 音更川 KP21.2 左岸

以下のことから、浸透によるパイピング破壊や法すべり破壊が堤防決壊の原因になった可能性は低いと推察した。

- ・決壊区間近傍の法面や法尻付近では、パイピング破壊（噴砂等）や法すべり破壊は確認できなかった。
- ・既往堤防点検結果から、パイピング破壊、裏法すべり破壊ともに必要な基準値を満足しているため、浸透に対する安全性は確保されていたと判断できる。

5-4 決壊原因の特定

それぞれの想定される決壊原因について、調査結果から把握したこと、推定される堤防決壊の原因を整理した。

表 5-5 札内川 KP40.5 左岸、音更川 KP21.2 左岸の決壊原因

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。 ・出水後の滲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"> ・<u>侵食が堤防決壊原因の一つであると推察される。</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。 ・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。

6. 決壊箇所の本復旧工法と委員指摘事項への対応

6-1 本復旧工法

6-1-1 札内川 KP25.0

本復旧工法としては、現況堤防を復旧し、川表法面保護工、河岸保護工を行う。(図6-1)

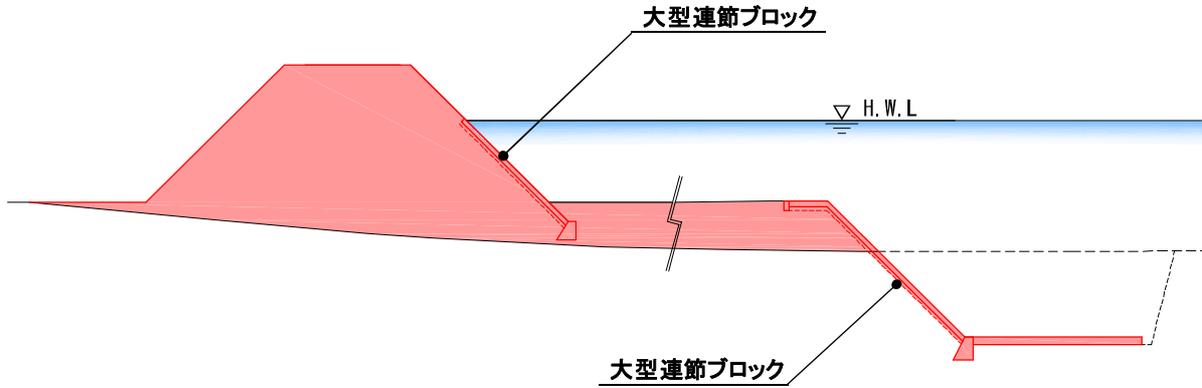


図 6-1 札内川 KP25.0

6-1-2 札内川 KP40.5、音更川 KP21.2

本復旧工法としては、現況堤防を復旧し、川表法面保護工、河岸保護工を行う。(図6-2)

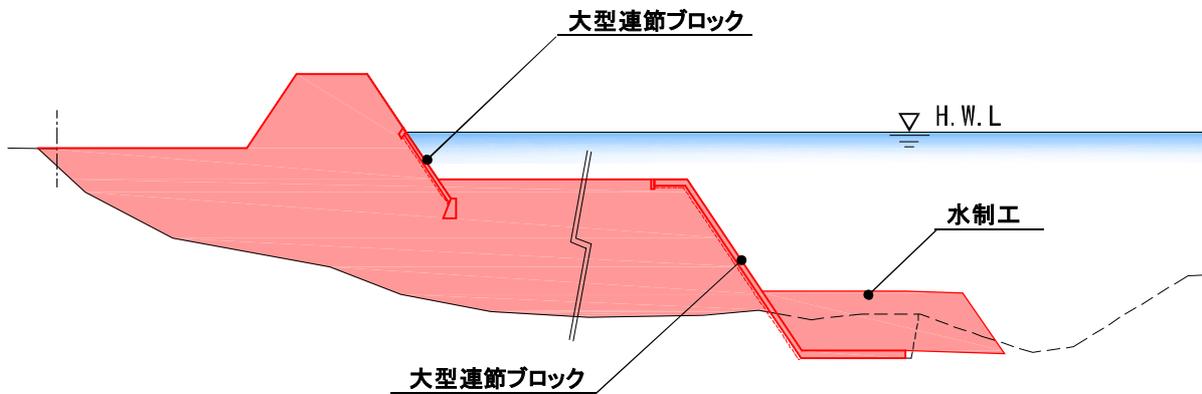


図 6-2 札内川 KP40.5、音更川 KP21.2

6-2 今後の河道整備の方向性について

委員の指摘事項も踏まえた今後の河道整備の方向性については、再度災害防止に向け、今後、河道断面形状も含めた河道改修のあり方等を検討するとともに、河岸や高水敷を防護する方法等について、今回の洪水に伴う被災状況等を基に検討を進める。

7. 堤防開削調査の概要

7-1 堤防開削調査の状況

平成 29 年 3 月 21 日に実施した堤防開削調査の概要について示す。

(1) 現地調査概要

調査日時：平成 29 年 3 月 21 日（月） 9：00～17：00

(2) 現地調査参加委員

北海道大学大学院工学研究科 教授 泉 典洋

北見工業大学社会環境工学科 准教授 川口 貴之

寒地土木研究所 寒地地盤チーム 上席研究員 林 憲裕



図 7-1 現地調査の状況

7-2 堤防開削調査結果

7-2-1 札内川 KP25.0 左岸

(1) 上流側

決壊箇所の決壊口上流側での堤防開削調査結果を図 7-2 に示す。堤体の地質構成は、主に砂礫で構成され、堤外側や所々に礫混じりシルト質砂が確認される。

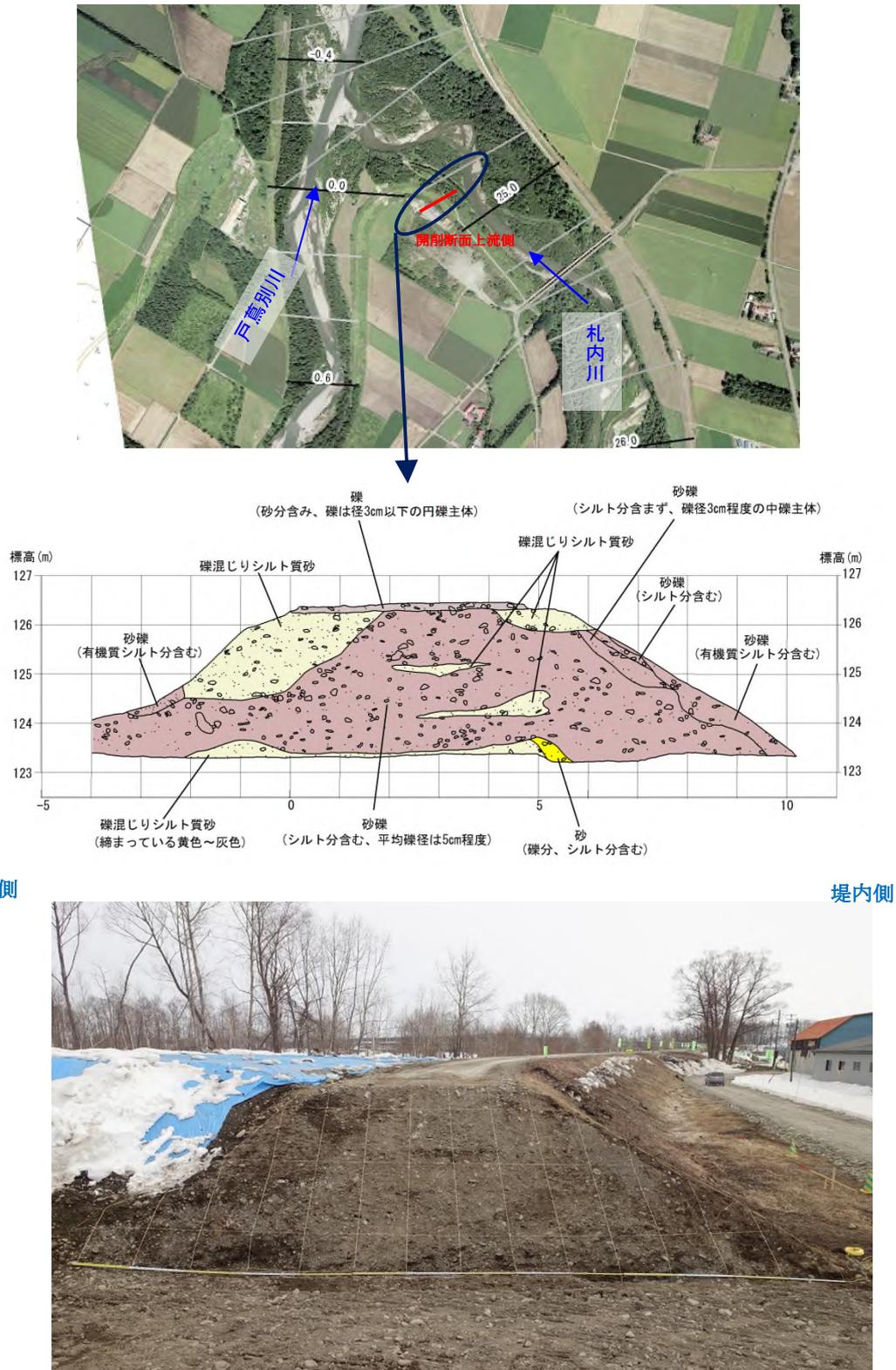


図 7-2 札内川 KP25.0 左岸 上流側

7-2-2 札内川 KP40.5 左岸

(1) 下流側

決壊箇所の決壊口下流側での堤防開削調査結果を図 7-3 に示す。堤体の地質構成は、主に砂礫で構成され、下部に礫分を多く含み、巨礫も混入する。

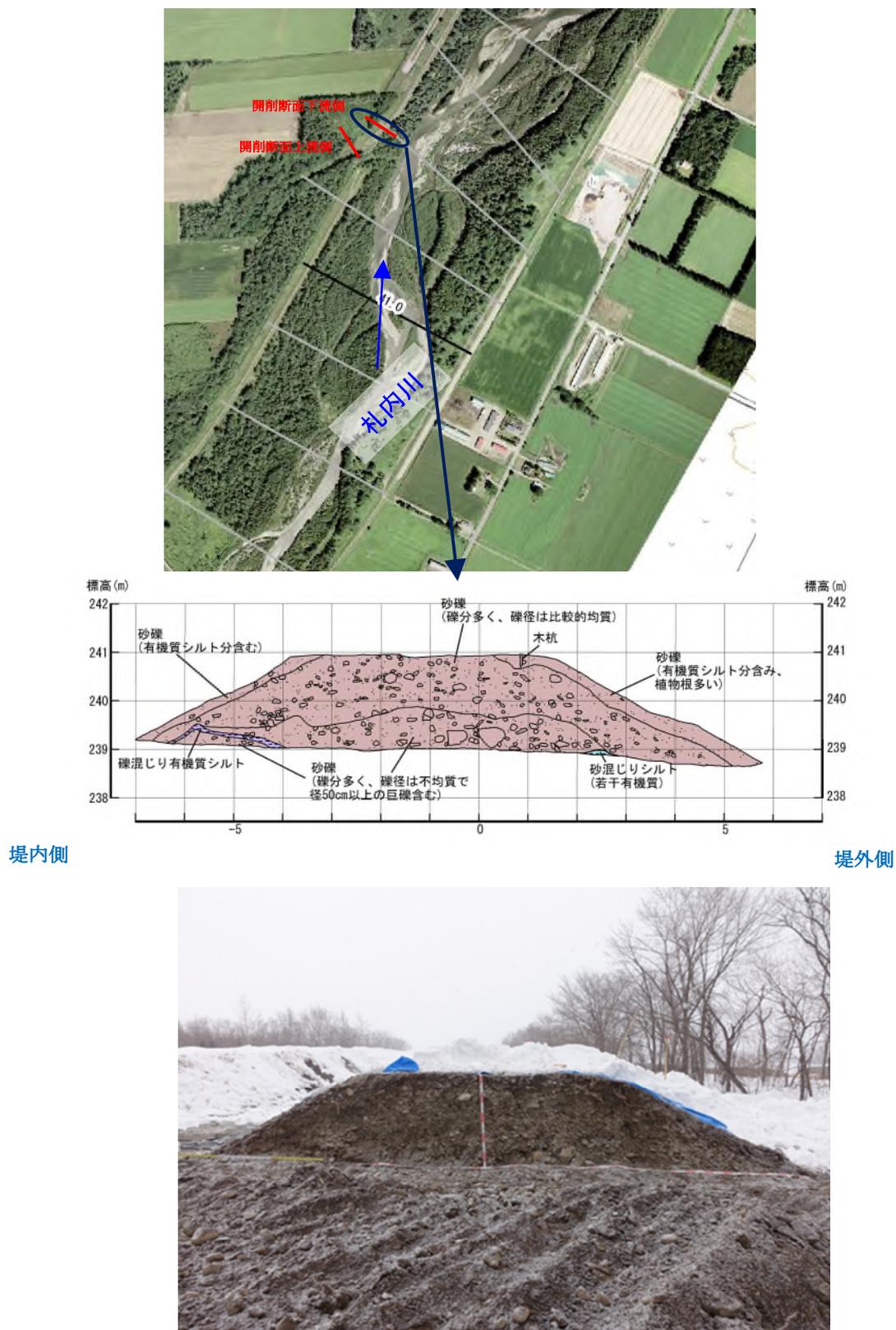
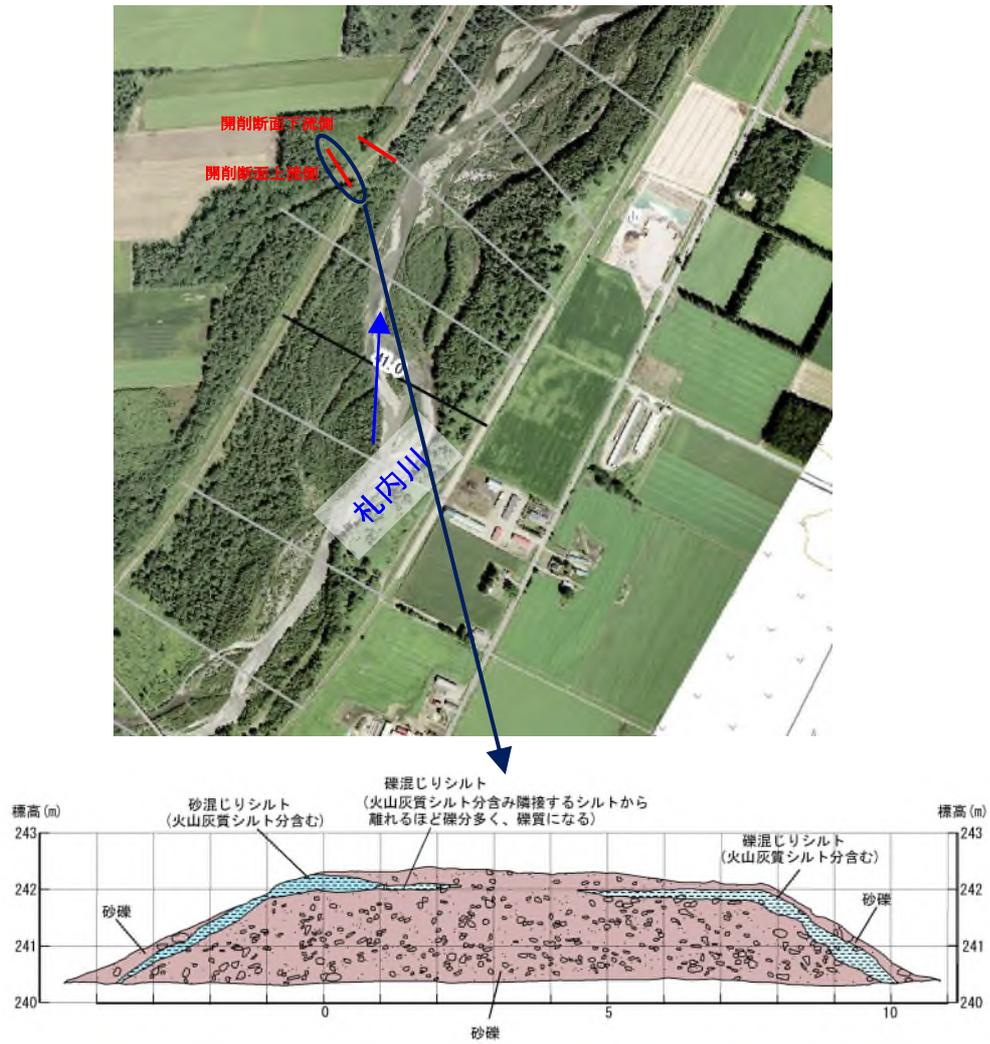


図 7-3 札内川 KP40.5 左岸 下流側

(2) 上流側

決壊箇所の決壊口上流側での堤防開削調査結果を図 7-4 に示す。堤体の地質構成は、主に砂礫で構成され、表面を覆うようにシルト分が含まれている。



堤外側

堤内側



図 7-4 札内川 KP40.5 左岸 上流側

7-2-3 音更川 KP21.2 左岸

(1) 下流側

決壊箇所の決壊口下流側での堤防開削調査結果を図 7-5 に示す。堤体の地質構成は、主に砂礫で構成され、下部にシルト分を多く含み、火山灰質である。

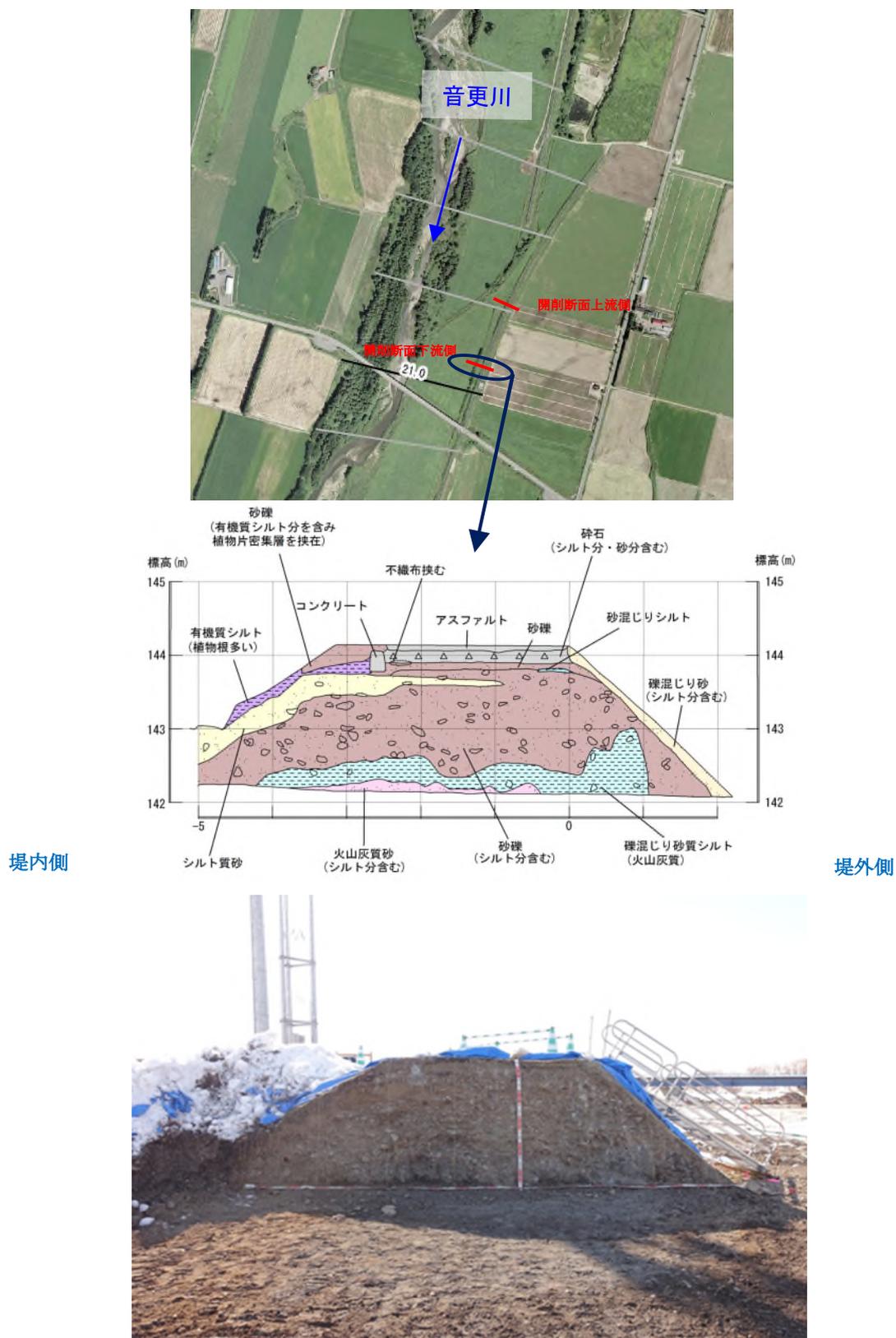
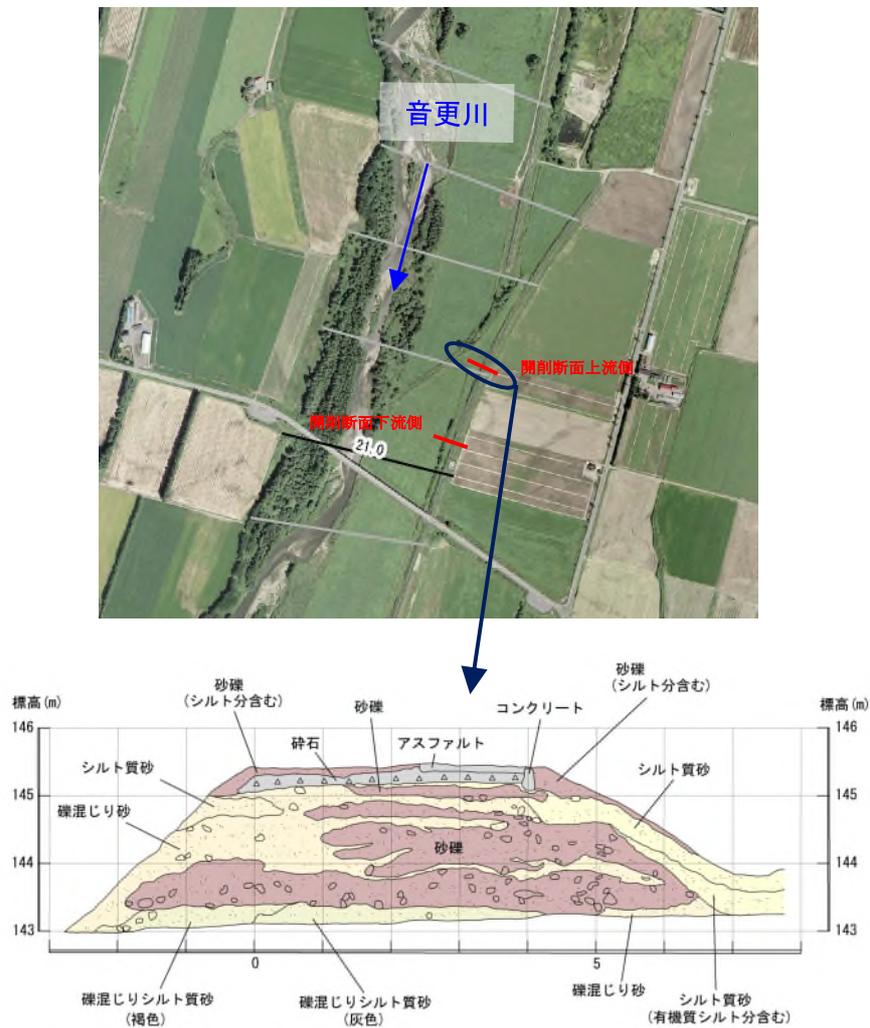


図 7-5 音更川 KP21.2 左岸 下流側

(2) 上流側

決壊箇所の決壊口上流側での堤防開削調査結果を図 7-6 に示す。堤体の地質構成は、主に砂礫で構成され、シルト分、砂分を多く含むところがある。



堤外側

堤内側



図 7-6 音更川 KP21.2 左岸 上流側

