

第1回 神通川堤防調査委員会資料

平成30年8月9日

国土交通省
北陸地方整備局
富山河川国道事務所



国土交通省 北陸地方整備局
富山河川国道事務所
Toyama Office of River and National Highway

目次

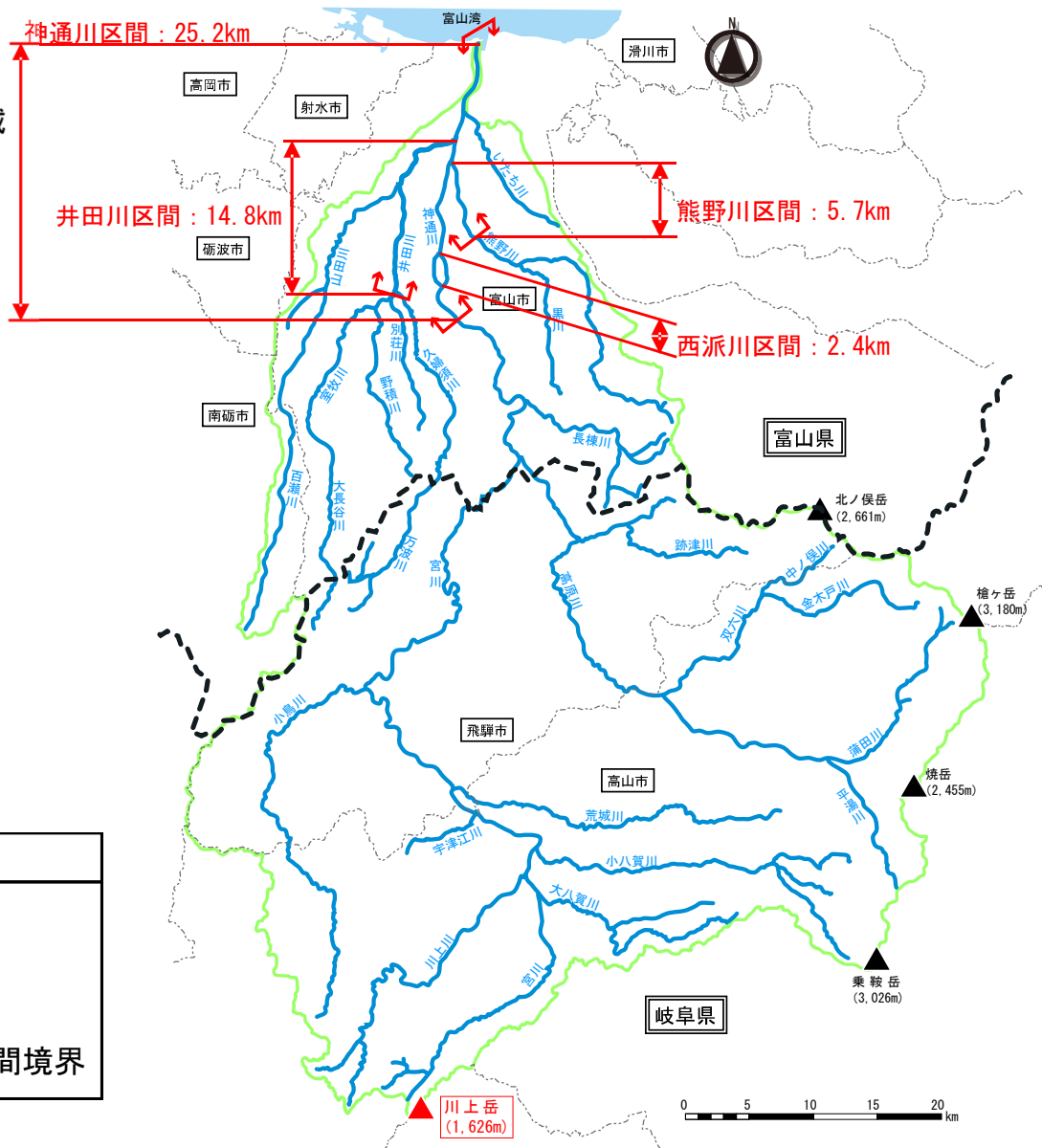
1. 神通川流域の概要	1
(1) 流域の概要・諸元	2
(2) 土地利用・気候特性	3
(3) 地形・地質特性	4
(4) 河道特性	5
2. 今次出水の概要（平成30年7月豪雨）	6
(1) 気象概況	7
(2) 降雨の分布状況	8
(3) 河川水位の状況	9
3. 被災概要	10
4. 被災メカニズムの検証	12
(1) 被災箇所概要	13
(2) 被災状況の分析	18
(3) 被災メカニズムの検証	20
5. 被災箇所の本復旧工法	27
(1) 被災箇所の緊急復旧	28
(2) 被災箇所の本復旧工法	29

1. 神通川流域の概要

(1)流域の概要・諸元

- 神通川は、その源を岐阜県高山市の川上岳（標高1,626m）に発し、岐阜県内では宮川と呼ばれ、川上川、大八賀川、小鳥川等を合わせて北流し、岐阜、富山県堺で高原川を合わせて、富山県に入り神通川と名称を改め、平野部に出て井田川、熊野川を合わせて日本海に注ぐ。
- 神通川流域は、富山、岐阜両県にまたがり、富山県の県都である富山市、南砺市、岐阜県の高山市、飛騨市の4市からなり、流域内人口は約38万人、流域関係市の人口は約60万人である。

◆流域図



◆流域諸元

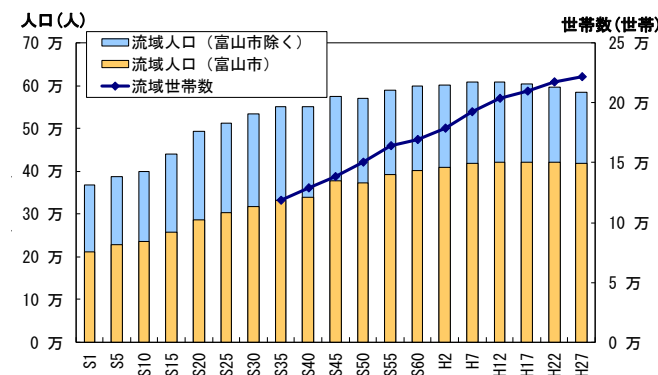
流域面積（集水面積）：2,720km²
幹川流路延長：120km
支川数：105支川
流域内人口：約38万人
流域内市町村：4市

[富山県] 富山市、南砺市
[岐阜県] 高山市、飛騨市

出典：国勢調査（平成27年）
河川現況調査（基準年：平成22年）
国土数値情報（平成26年）

◆人口

流域関係市の人口は60万人程度で、うち70%程度を富山市が占める。



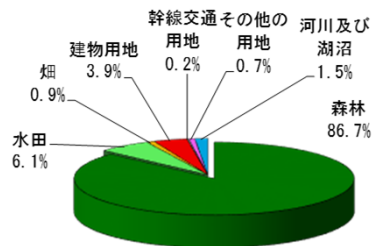
出典：富山県統計書・岐阜県統計書・国勢調査（平成22年、平成27年）

(2)土地利用、気候特性

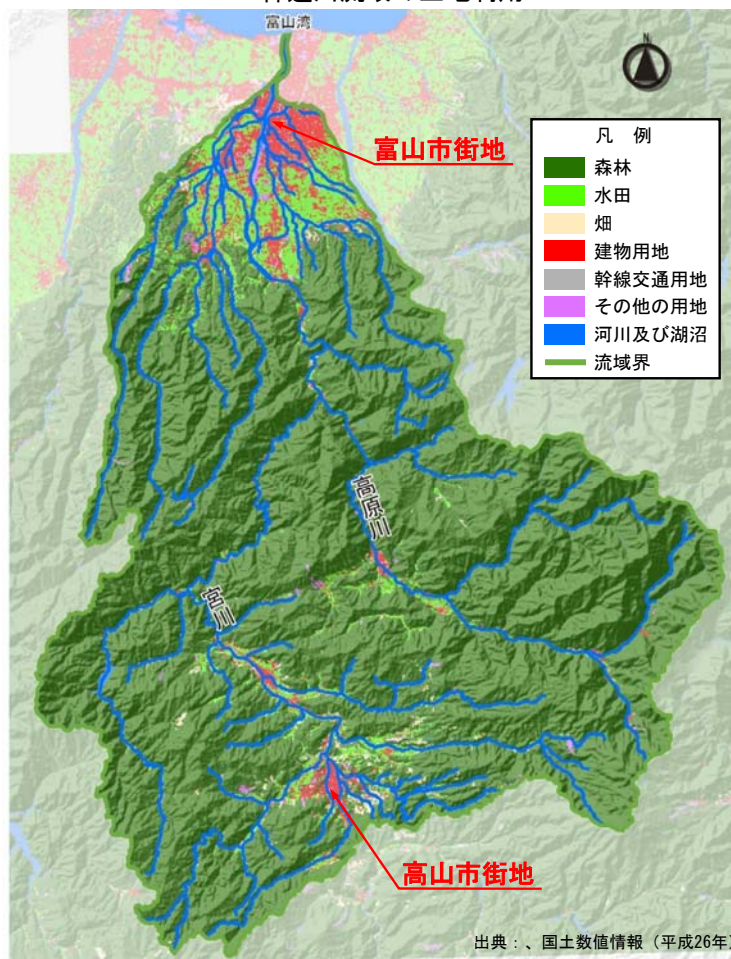
- 神通川流域の土地利用は、森林の割合が多く約87%となっている。流域上流部では、宮川、高原川沿川で水田や住宅地が集積し、宮川上流では高山市を中心とした市街地が広がっている。扇状地となっている流域下流部では水田が広がり、平野部では住宅や商業施設が密集している。
- 流域の気候は、夏季の気温が高く冬季の降水量が多い下流部の日本海側気候区、高い山々に囲まれた盆地地域で夏季に雨が多く気温が比較的低い上流部の内陸性気候区に分類される。

◆土地利用

土地利用	面積 (km ²)
森林	2,355.8
水田	167.2
畑	25.4
建物用地	105.0
幹線交通用地	6.4
その他の用地	19.3
河川及び湖沼	40.9
合計	2,720.0

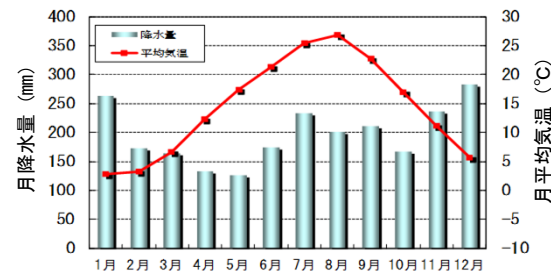


神通川流域の土地利用

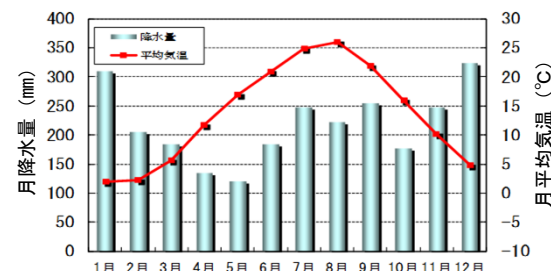


出典：国土数値情報（平成26年）

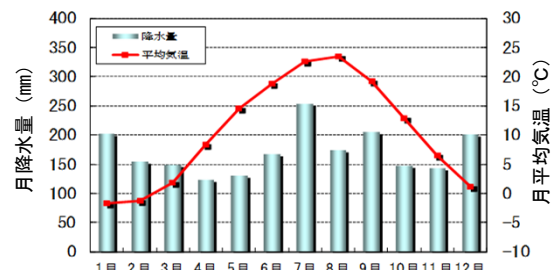
◆気候



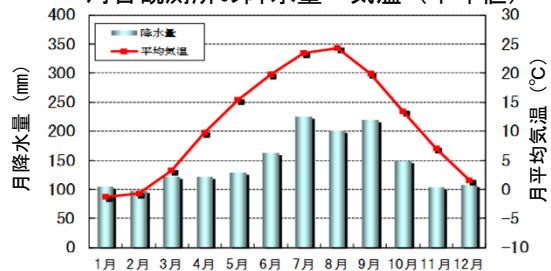
富山観測所の降水量・気温（平年値）



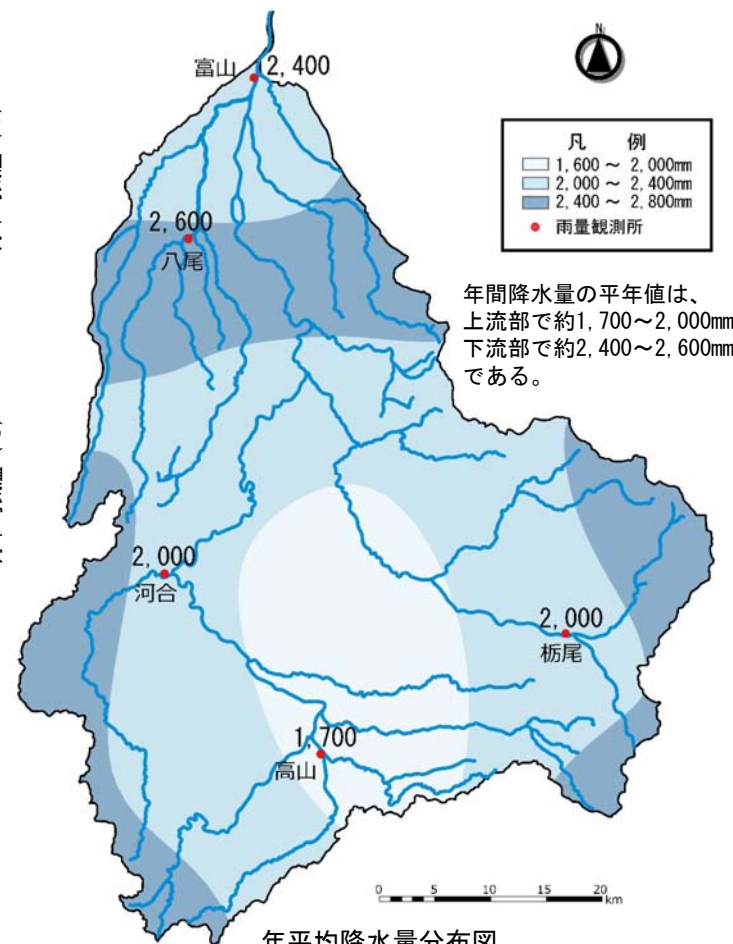
八尾観測所の降水量・気温（平年値）



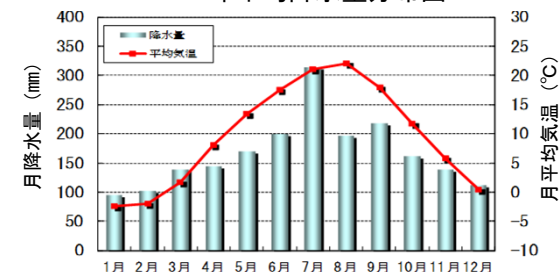
河合観測所の降水量・気温（平年値）



高山観測所の降水量・気温（平年値）



年平均降水量分布図

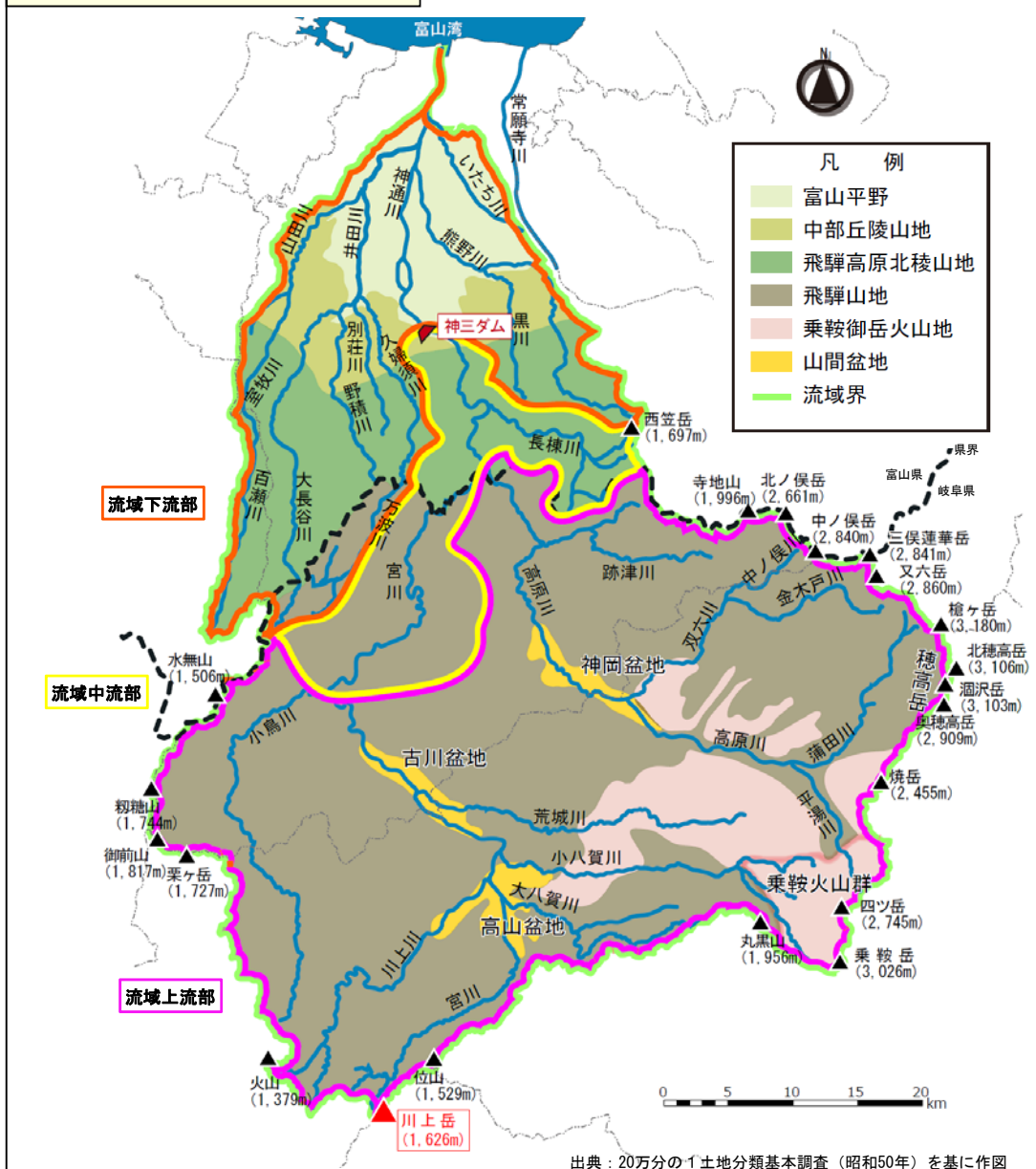


栃尾観測所の降水量・気温（平年値）

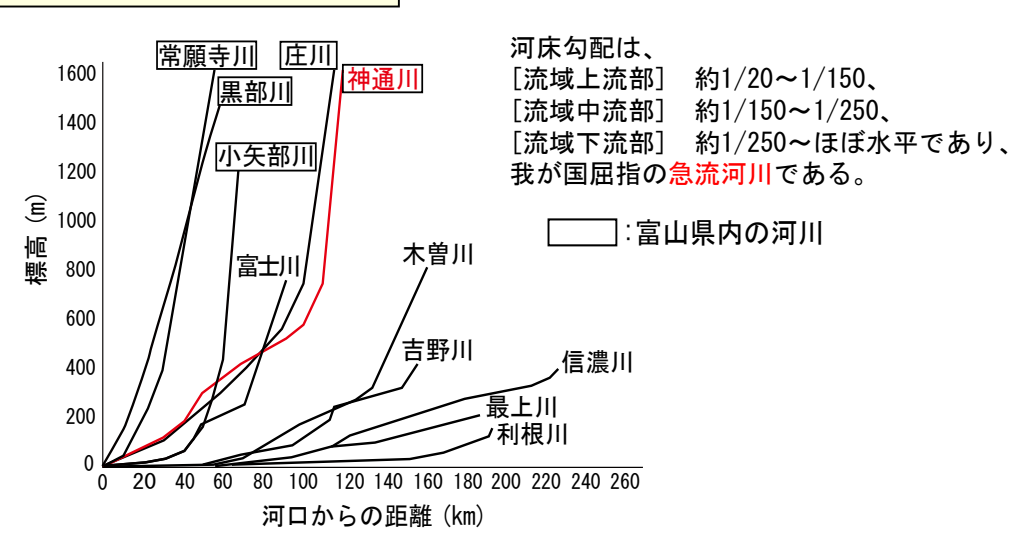
出典：平成3年～平成28年 26ヶ年平均 気象庁資料を基に作図

- 神通川流域の地形は、流域上流部は、飛騨高原、盆地群、火山性荒廃地帯、河岸段丘台地となっており、流域中流部は低山地が迫る溪谷が続き、流域下流部は神通川と常願寺川による複合扇状地を形成した富山平野が広がっている。神通川は河口部は緩やかになっているものの、我が国屈指の急流河川である。
- 流域の地質は、流域上流部は日本列島の基盤を形成していると言われる飛騨変成岩帯があり、その周辺には古生代、中生代の堆積岩、火成岩が分布している。また、乗鞍火山群では、新生代岩石層とその堆積が見られる。富山県南部の山岳地帯には、手取層群が分布しており、流域下流部は扇状地堆積物が見られる。

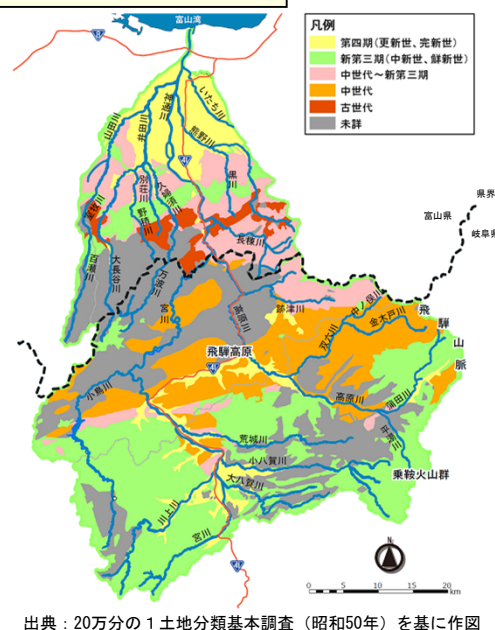
◆神通川流域の地形と流域の区分



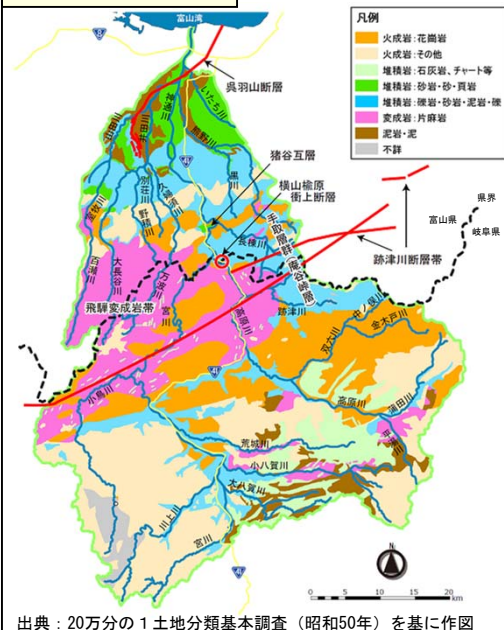
◆神通川と他河川との勾配比較



◆地質時代区分図



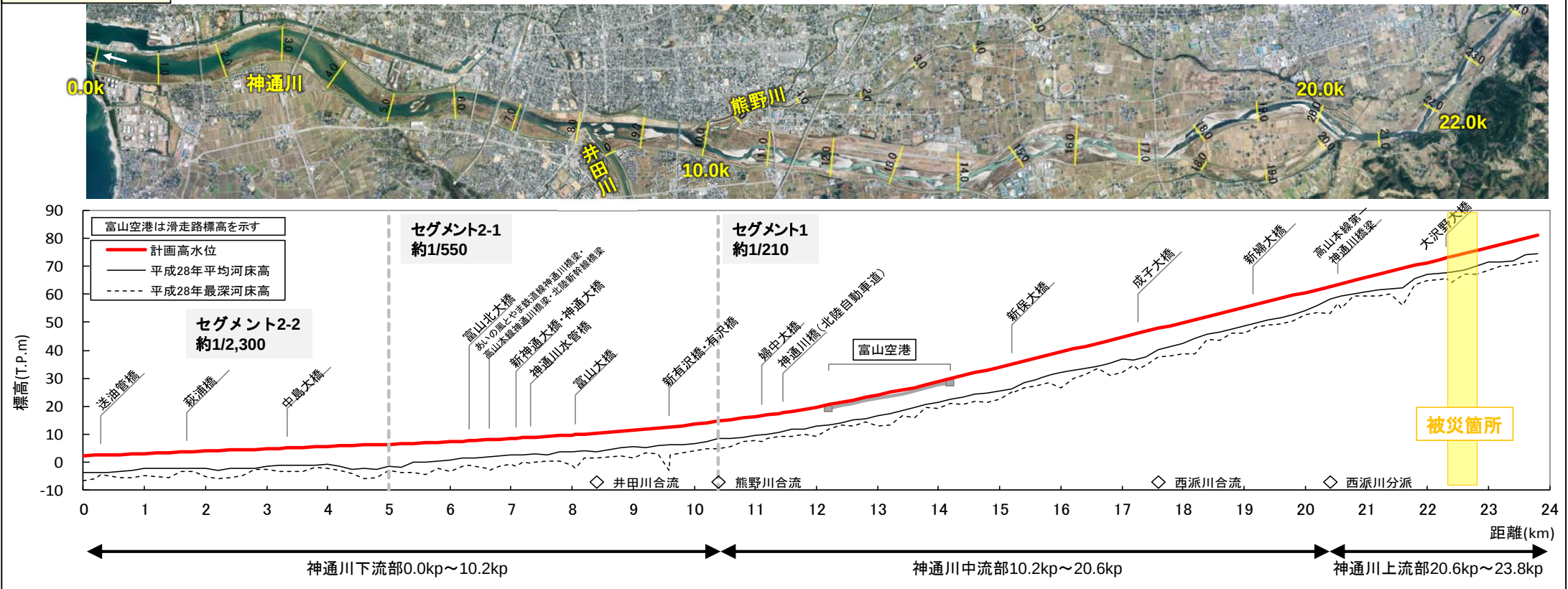
◆地質区分図



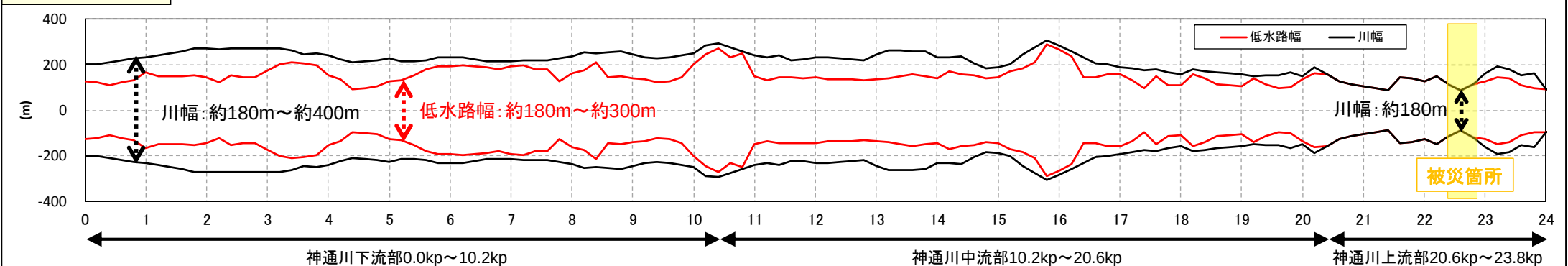
(4)河道特性

- 神通川下流部の河床勾配は約1/2,300で緩やかであるが、神通川上流部の河床勾配は約1/210であり、セグメント1に区分される。
- 神通川上流部は概ね単断面河道であり、神通川下流部は複断面河道である。
- 川幅は約180m~400m、低水路幅は約180m~300mである。

◆河床高縦断面図



◆川幅縦断面図

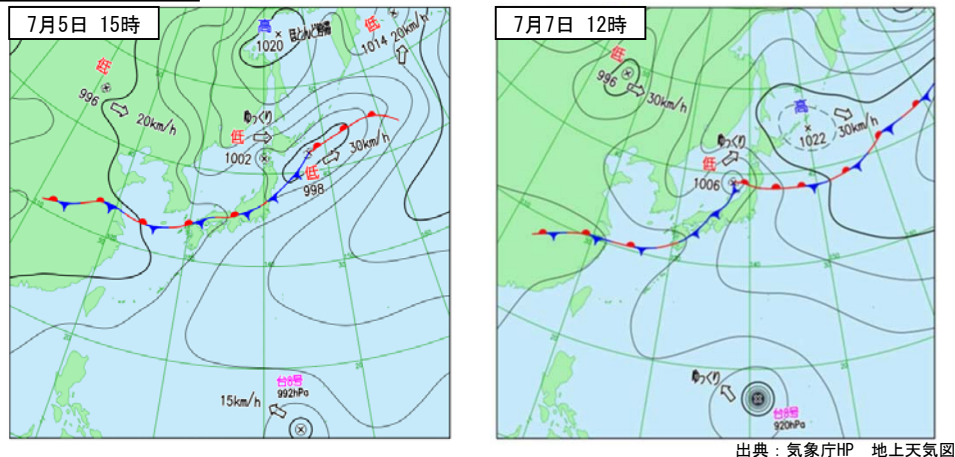


2. 今次出水の概要 (平成30年7月豪雨)

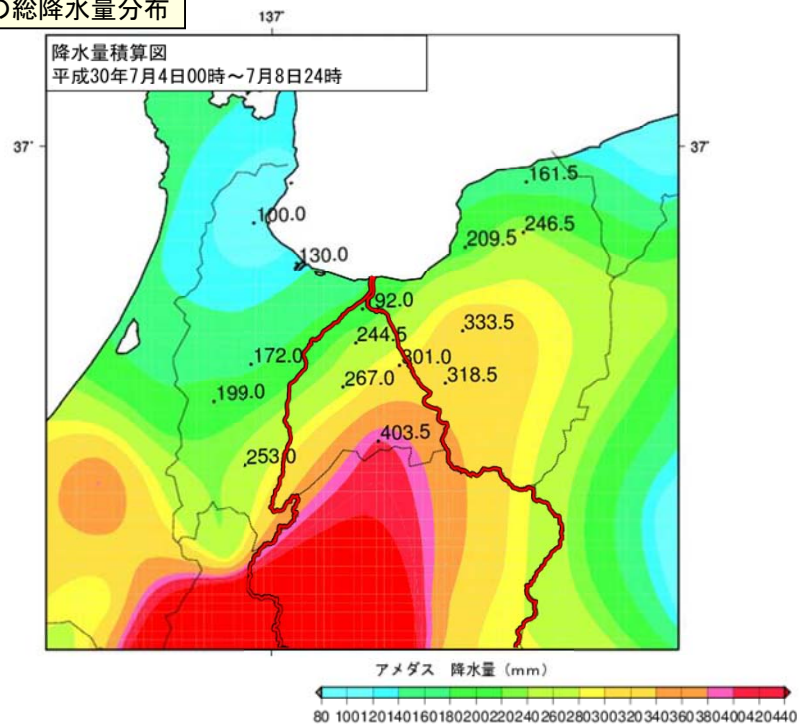
(1) 気象概況

- 6月29日に日本の南で発生した台風第7号は東シナ海を北上し、対馬海峡付近で進路を北東に変えた後、7月4日15時に日本海中部で温帯低気圧に変わった。
- その後、8日にかけて前線が本州付近に停滞し、南から暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、全国的に広い範囲で記録的な大雨となった。
- 富山県内では、7月4日の降り始めから8日24時まで断続的に降雨が続き、総降水量は多いところで400mmを超える大雨となった。

◆ 気象概要

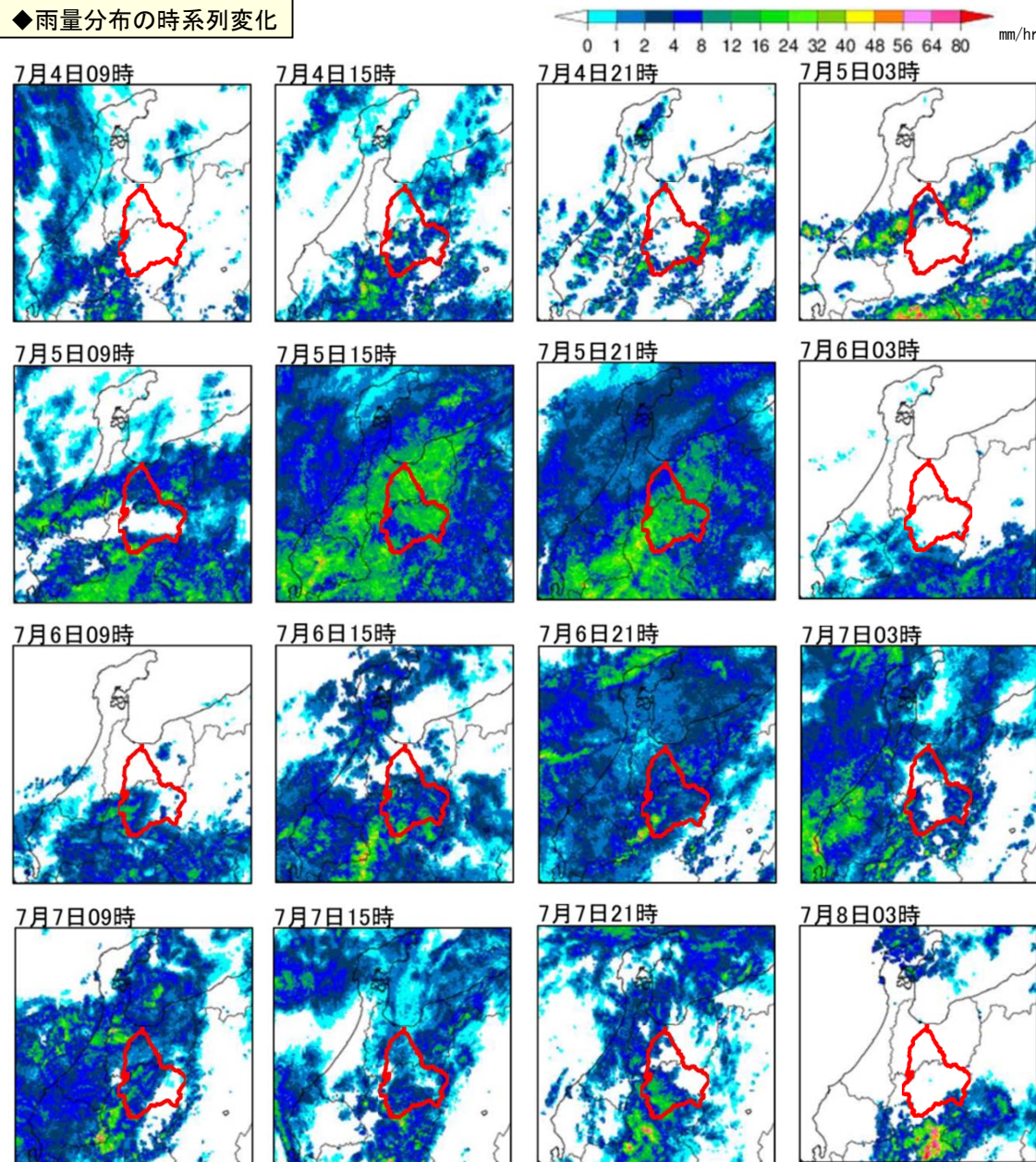


◆ 期間内の総降水量分布



出典：富山地方気象台 平成30年7月4日から7月8日にかけての大雨に関する富山県気象速報より作成

◆ 雨量分布の時系列変化

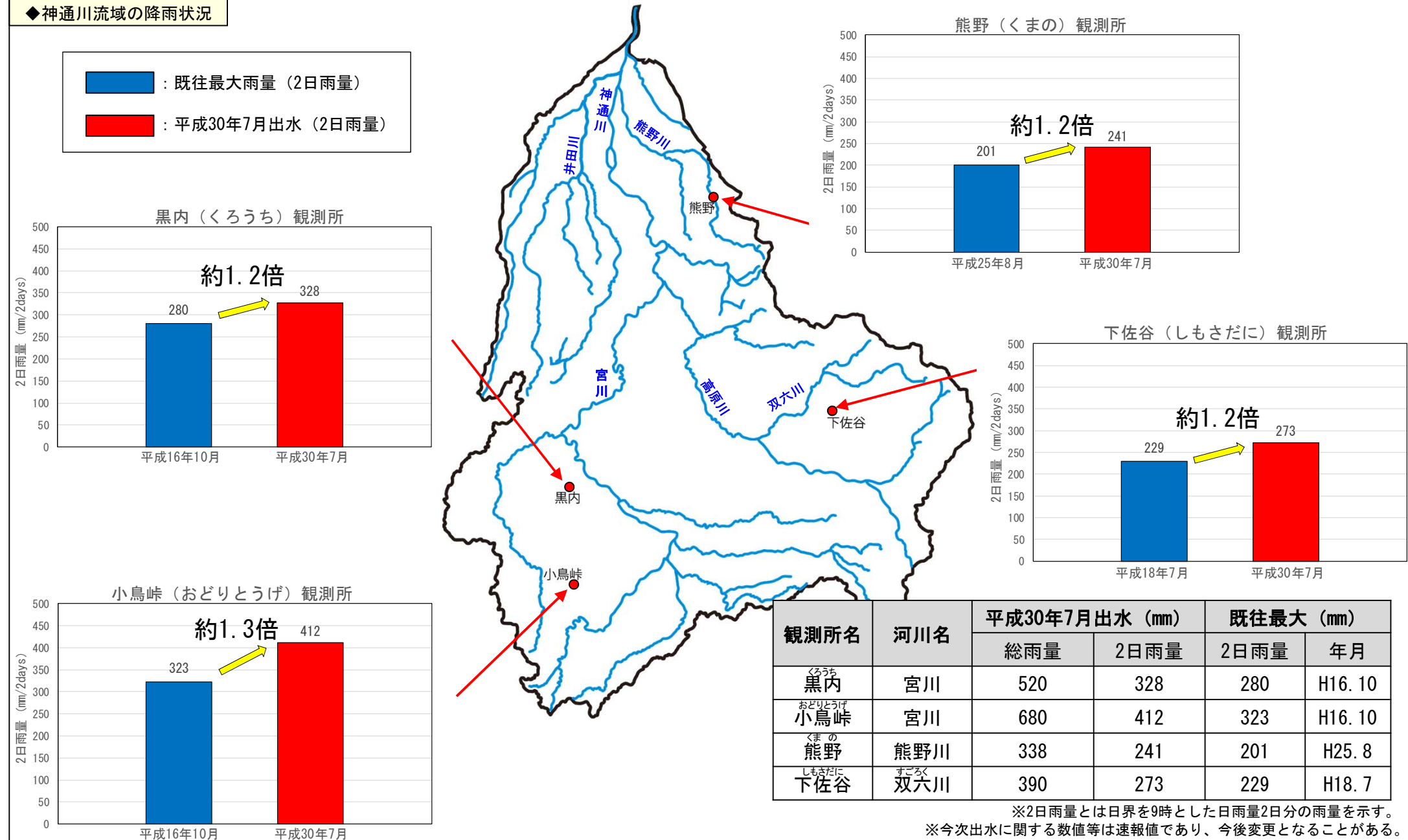


出典：富山地方気象台 平成30年7月4日から7月8日にかけての大雨に関する富山県気象速報より作成

(2)降雨の分布状況

- 神通川流域では、台風第7号と停滞した前線の影響により、長時間にわたって強い雨が降り続いた。
- 小鳥峠観測所（岐阜県高山市）にて、7月4日0時から8日24時までの総雨量680mm、2日雨量412mmを記録したほか、流域内の複数観測所で、既往最大より約1.2倍～1.3倍の2日雨量を記録し、観測史上第1位を更新した。

◆神通川流域の降雨状況



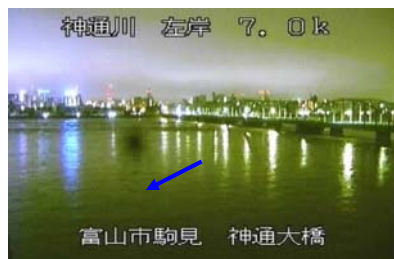
(3)河川水位の状況

- 神通大橋（基準地点）において、平成16年10月の台風第23号出水（ピーク水位：8.33m）に次ぐ、観測史上第2位の水位（ピーク水位：7.22m）を記録した。
- 大沢野大橋水位観測所では、7月6日 1:00に避難準備・高齢者等避難開始の目安となる「避難判断水位（レベル3）」を超過した。

◆河川水位

神通大橋水位観測所

発生年月日	洪水要因	神通大橋 ピーク水位 (m)	神通大橋 ピーク流量 (m³/s)	ピーク流量 順位
昭和58年9月 出水	台風第10号	7.10	5,643	観測史上 第2位
平成16年10月 出水	台風第23号	8.33	6,413	観測史上 第1位
平成18年7月 出水	梅雨前線	6.71	4,536	観測史上 第3位
平成30年7月 出水	台風第7号 および前線	7.22	(調査中)	(調査中)



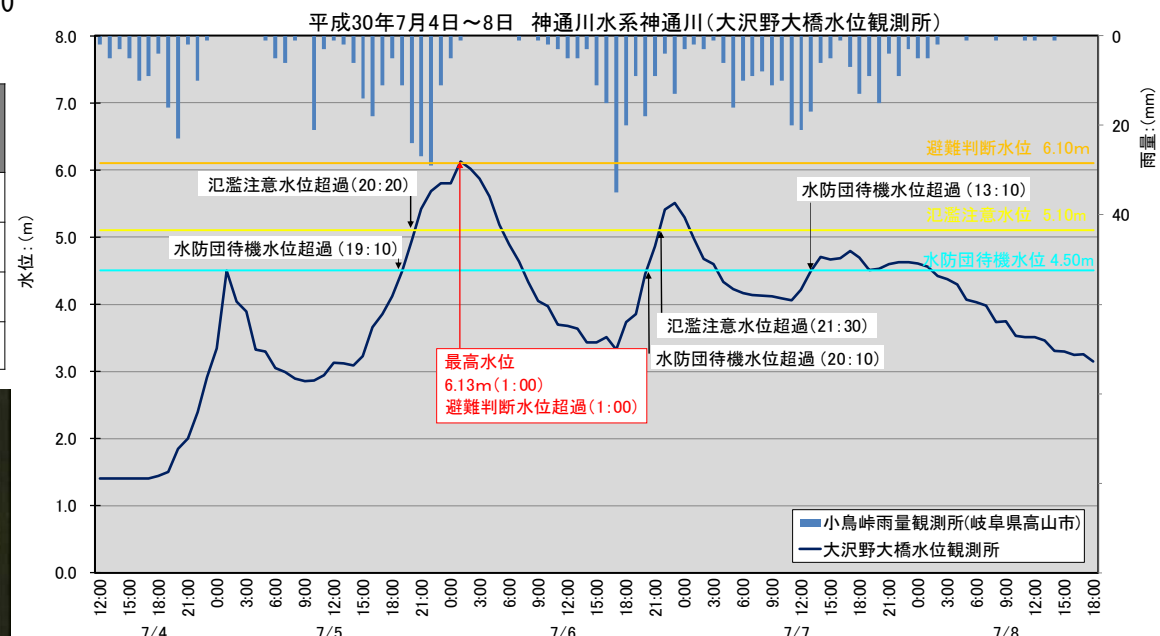
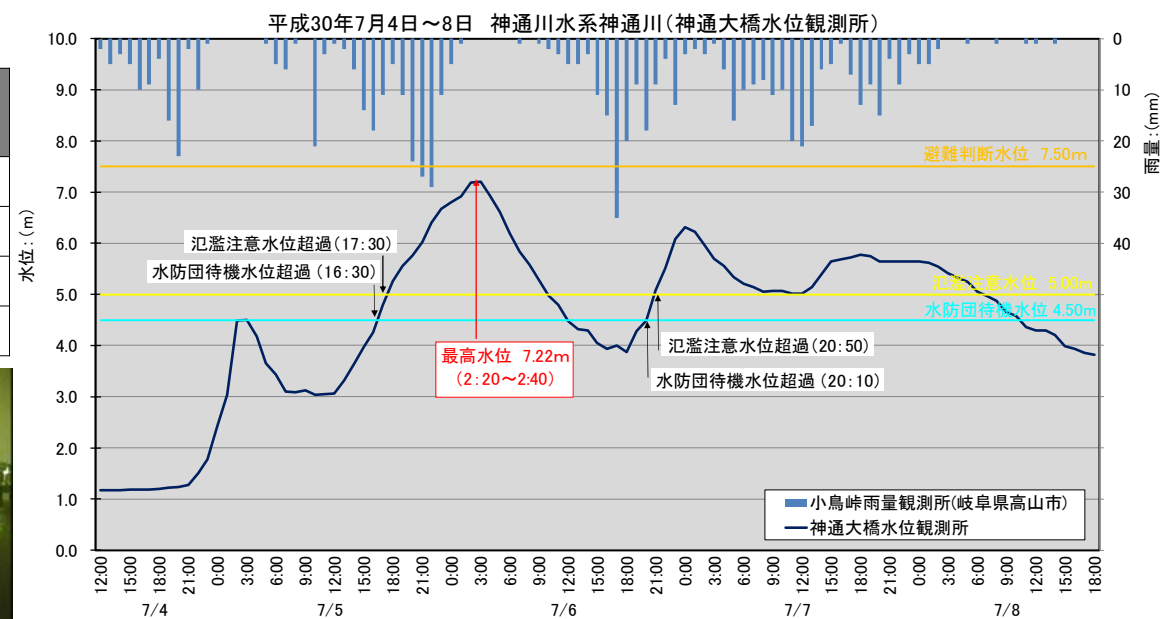
平成30年7月6日 2:30

大沢野大橋水位観測所

発生年月日	洪水要因	大沢野大橋 ピーク水位 (m)	大沢野大橋 ピーク流量 (m³/s)	ピーク流量 順位
昭和58年9月 出水	台風第10号	6.91	4,435	観測史上 第2位
平成16年10月 出水	台風第23号	7.03	6,007	観測史上 第1位
平成11年6月 出水	台風第16号	6.26	3,522	観測史上 第3位
平成30年7月 出水	台風第7号 および前線	6.13	(調査中)	(調査中)



平成30年7月6日 1:00



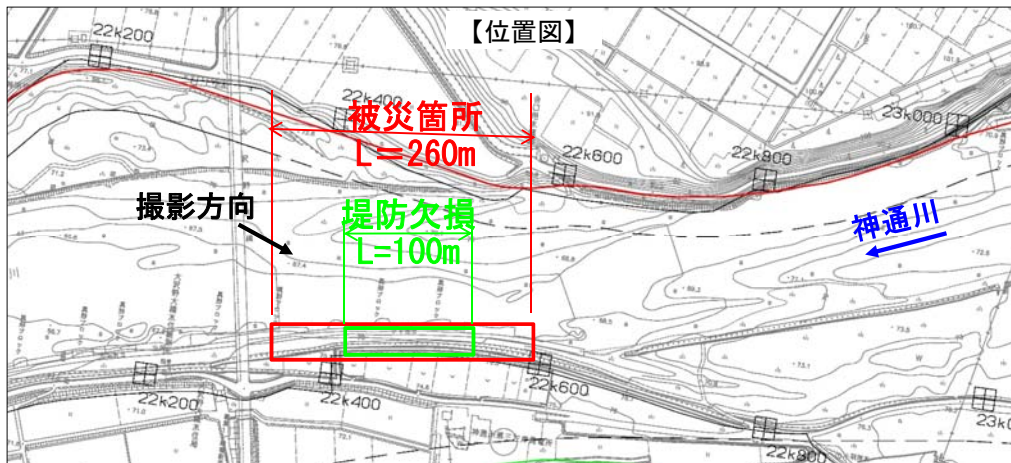
※今次出水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることある。

3. 被災概要

3. 被災概要

- 今回出水において、7月6日11時過ぎに河川巡視にて神通川の葛原地先（左岸22.4k付近）で、堤防断面の欠損（L=約100m）が確認された。
- また、堤防欠損箇所の上流約160mにかけて護岸・根固めブロックが流出しており、被災延長は約260mである。

◆被災前の状況



【被災前写真】

2018年4月時点

神通川第三
左岸発電所



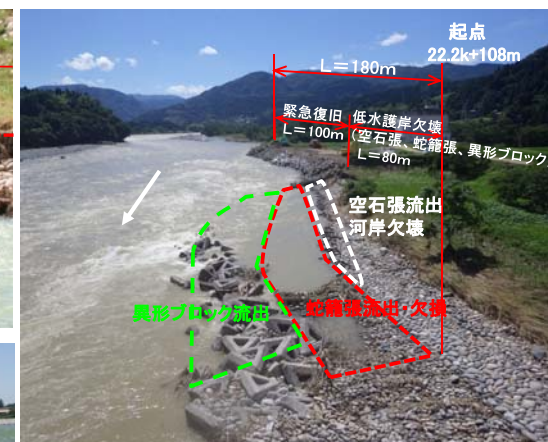
◆被災状況（神通川左岸22.4k付近）

2018年7月7日 7:00時点



終点側の状況

- ・ 堤防堤脚部保護の目的として設置されていた木工沈床、蛇籠が流出
- ・ 木工沈床は、堤防欠損箇所より上流区間に設置されていた



起点側の状況

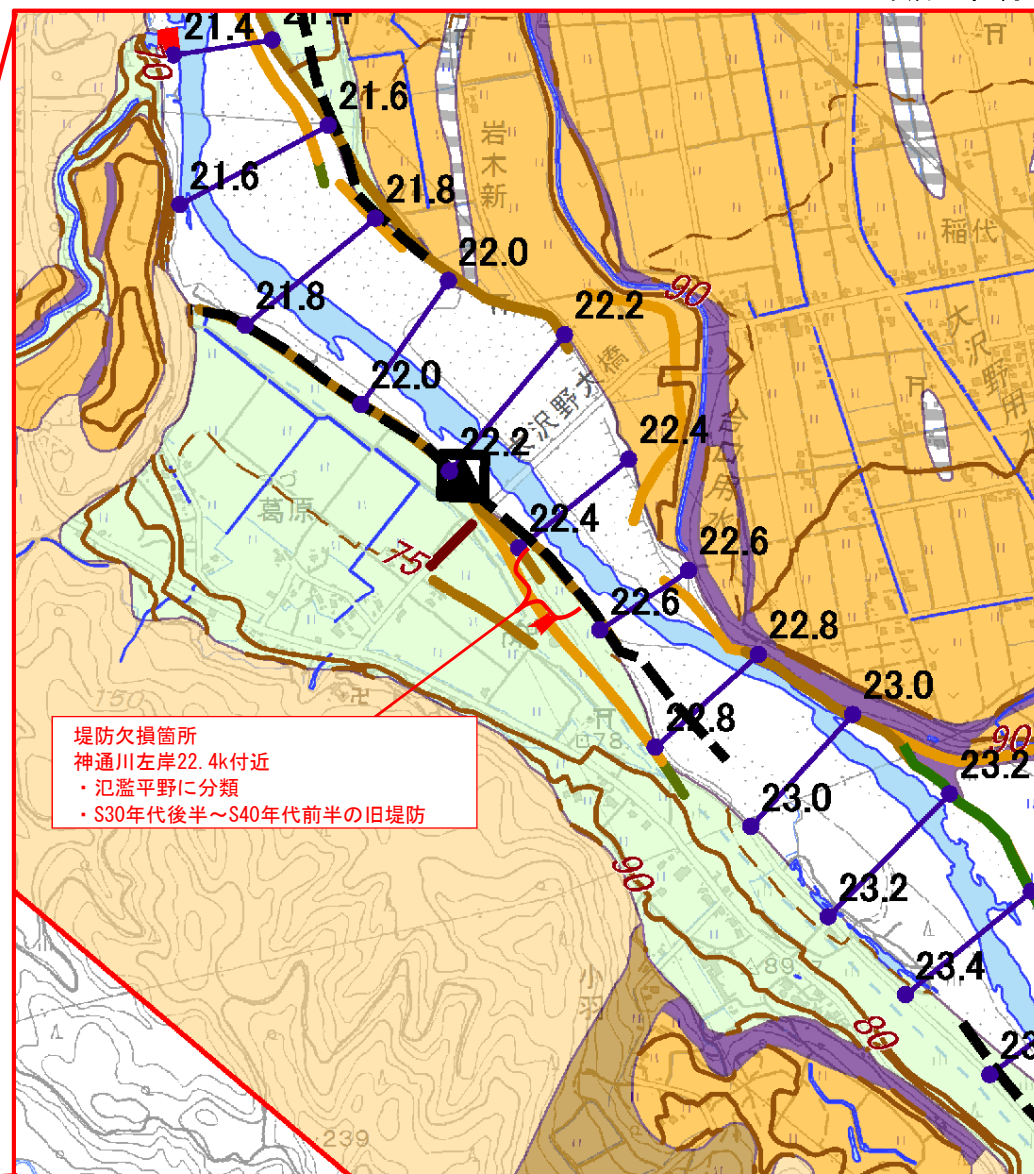
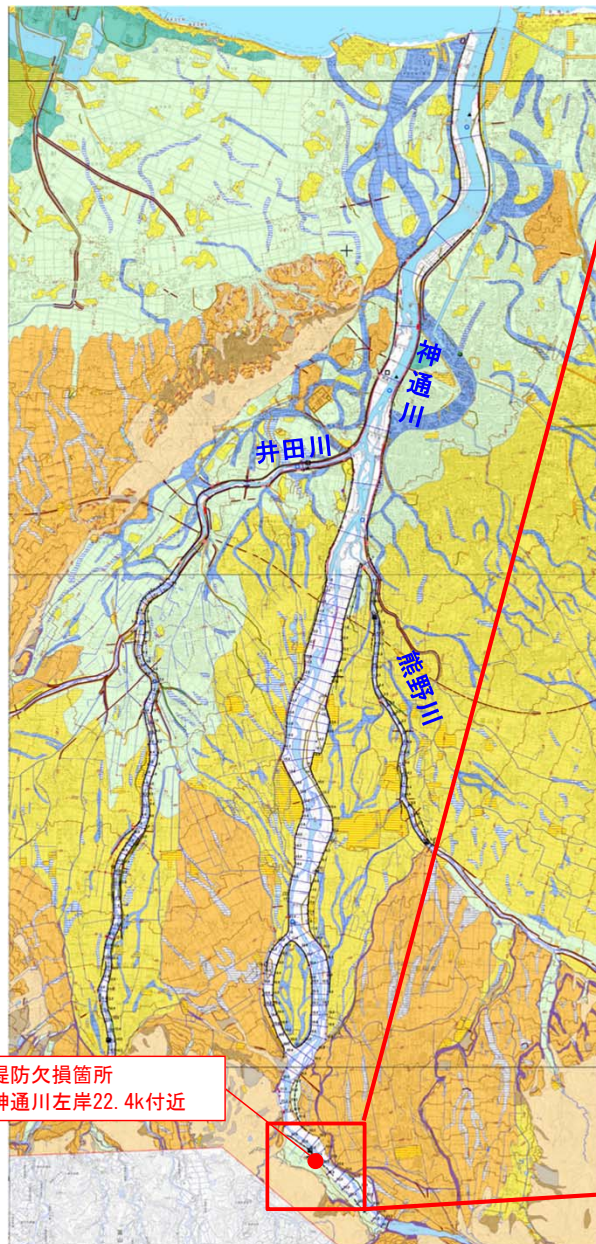
- ・ 河岸防護の目的として設置されていた低水護岸（空石張、蛇籠張、異形ブロック）が流出・欠壊

4. 被災メカニズムの検証

(1)被災箇所概要 ①治水地形分類図

- 治水地形分類図によると堤防欠損箇所（神通川左岸22.4k付近）はS30年代後半～S40年代前半に整備された堤防で、堤防位置は現在に至るまで大きな変化はない。
- 堤防欠損箇所周辺は氾濫平野に分類され、旧河道などには該当しない。

◆治水地形分類図



凡例

大分類	中分類	小分類	細分類	記号
山地				
台地・段丘		段丘面		
		崖(段丘崖)		
		浅い谷		
低地		山麓堆積地形		
		扇状地		
		氾濫平野		
		氾濫平野	後背湿地	
		扇状地	微高地(自然堤防)	
		氾濫平野	旧河道	
			旧河道(明瞭)	
			旧河道(不明瞭)	
			海堀	
		砂州・砂丘		
人工改変地形		干拓地		
		盛土地・埋立地		
		切土地		
		連続盛土		
その他の地形等		天井川の区間		
		現河道・水面		
		旧流路	S30年代後半～S40年代前半	
			S50年代	
			T末期～S初期	
			M末期～T初期	
		地盤高線	主曲線	
			補助曲線	
河川管理施設等		旧堤防	S30年代後半～S40年代前半	
			S50年代	
			T末期～S初期	
			M末期～T初期	
		堤防	完成堤防	
			暫定堤防	
			暫々定堤防	
		護岸		
河川工作物		水位観測所		
		流量観測所		
		水質観測所		
		雨量観測所		
		樋門・樋管		
		水門・閘門		
		揚排水機場		
事務所・出張所		事務所		
		出張所		
		距離標		
		測線		

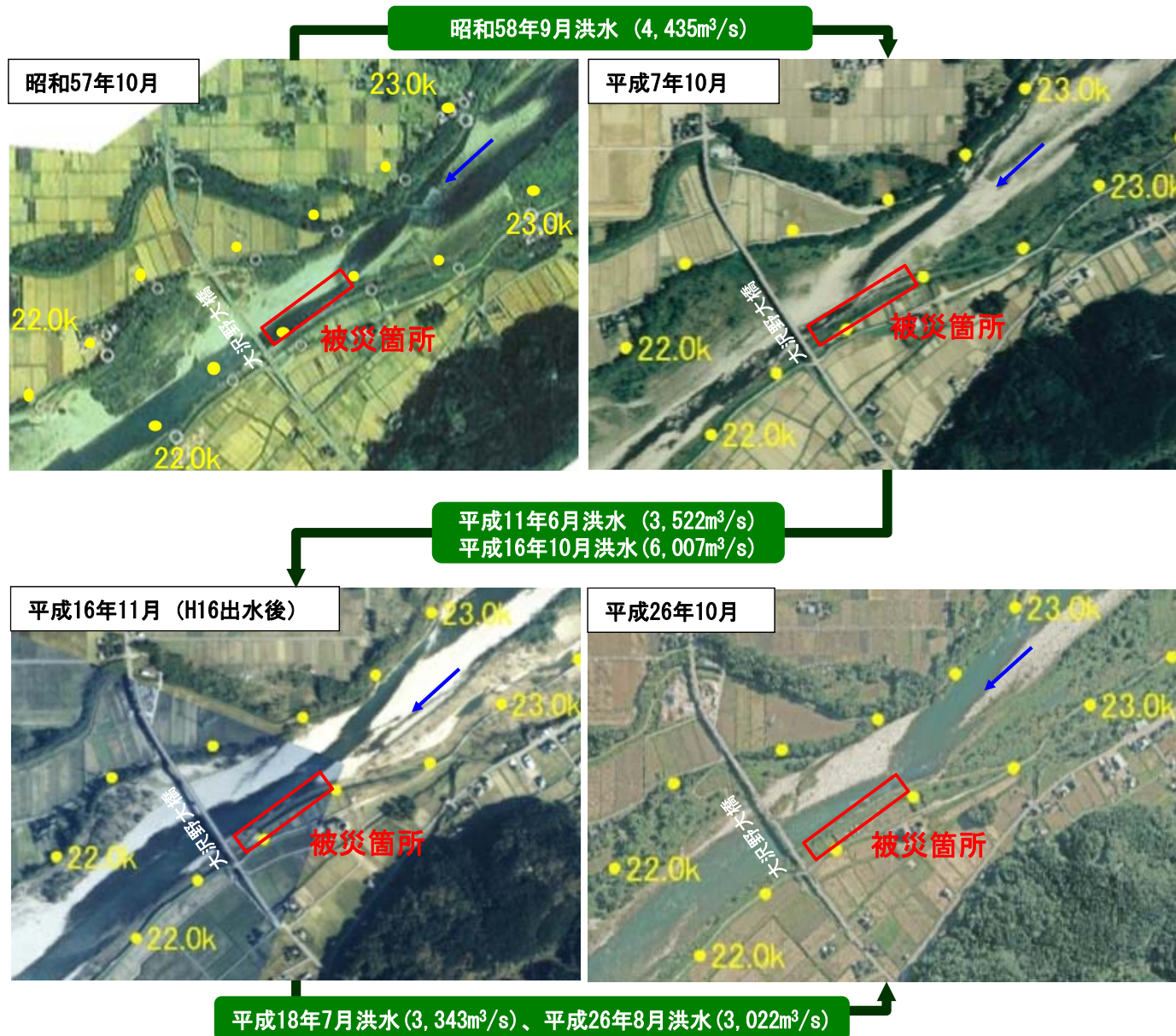
概要
1. 投影はユニバーサル横メルカトル図法
2. 高さの基準は東京湾の平均海面
3. 基図は電子地形図(25000/平成26年5月時点)
4. 河川管理施設は、北陸地方整備局河川基盤地図データ(平成10年度)による。
堤防については、管内図(平成21年3月現在)による。

(1)被災箇所概要 ②平面、横断形状の変遷

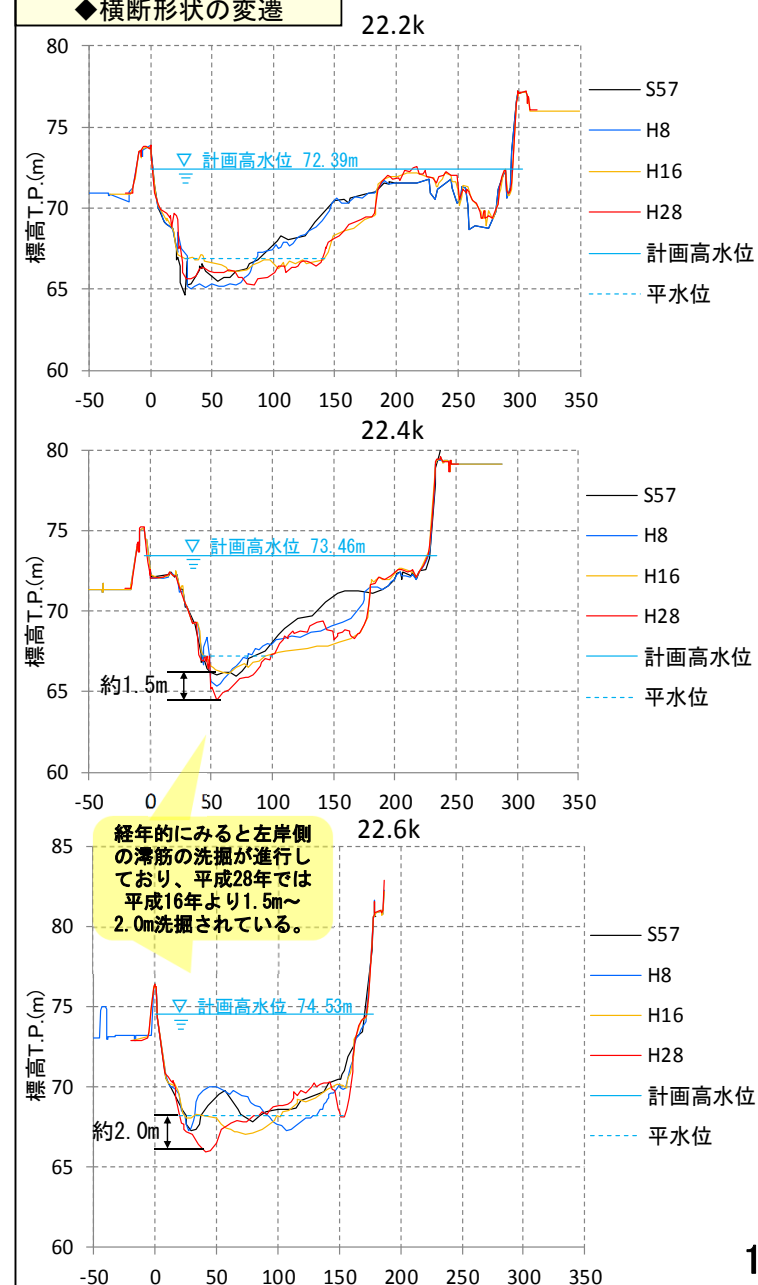
- 堤防の位置は現在に至るまで大きな変化はない。なお、被災箇所周辺は水衝部となっている。
- 22.4k付近は右岸側に砂州が発達しており、22.6k付近では砂州の移動に伴って滞筋が左岸側へ変化してきている。
- 河床は経年的に洗掘されている傾向にあり、平成16年以降も中規模程度の洪水によって、約1.5m~2.0m洗掘されていることが確認できる。

◆平面変遷、滞筋の変遷

※各主要洪水の流量は大沢野大橋地点での数値である。



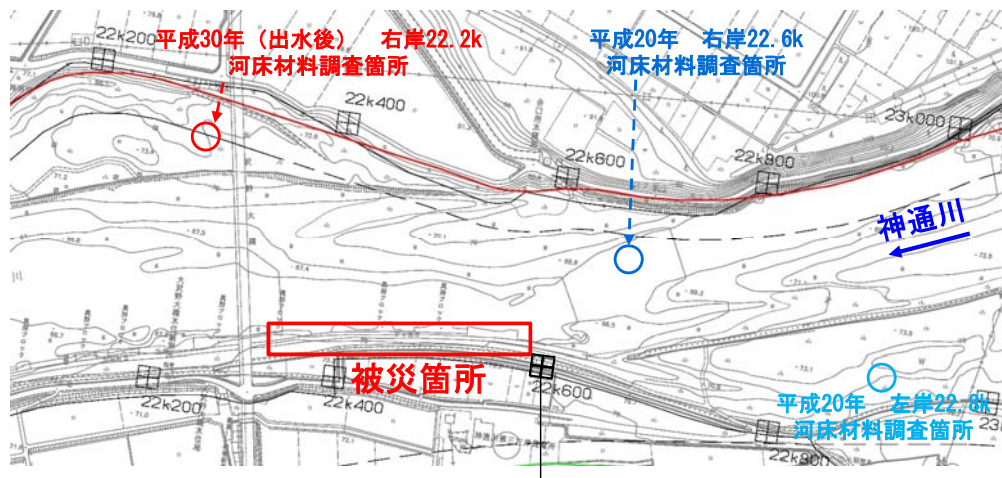
◆横断形状の変遷



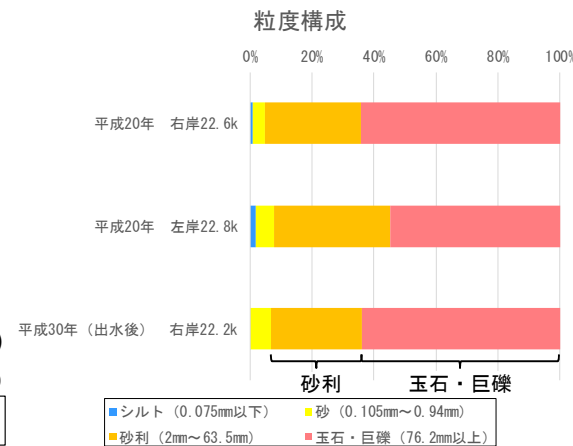
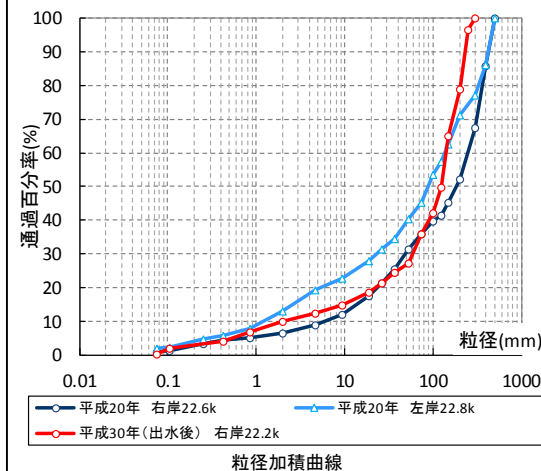
(1)被災箇所概要 ③被災前の河道状況

- 被災箇所周辺の堤防は計画断面堤防に比べて高さや幅が不足している区間である。
- 左岸22.6kの堤防前面は空石張り護岸で上部にはコンクリート間詰が施工されている。護岸基礎の根入れ高は不明であるが、根固工として木工沈床が確認されている。
- 河床材料は砂利および玉石・巨礫で構成されており、出水前後で大きな変化は確認されていない。

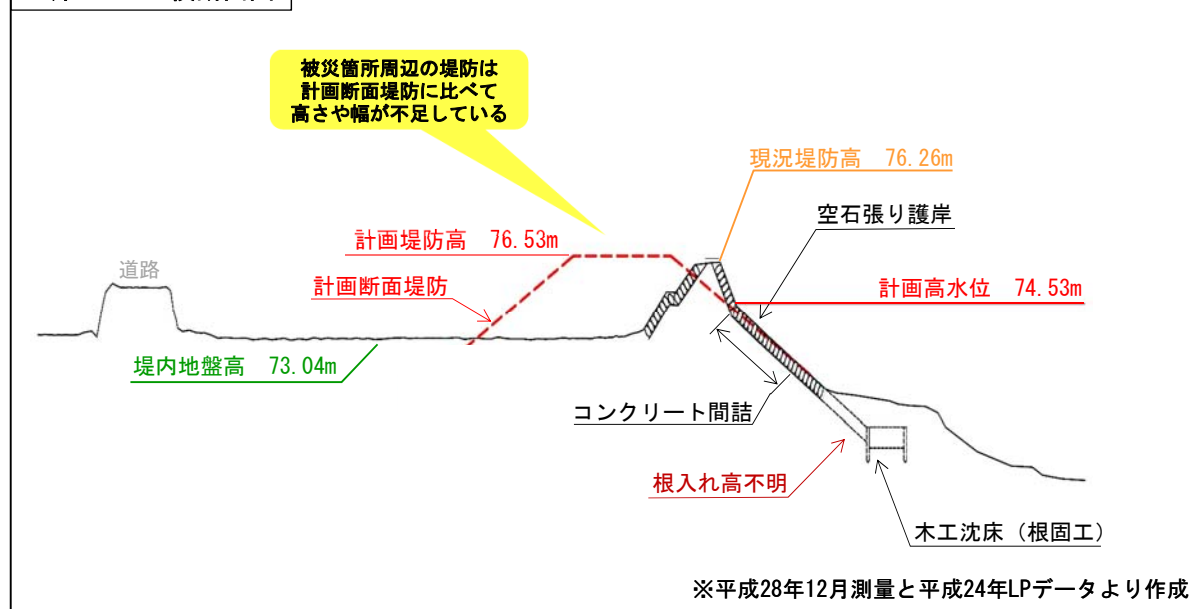
◆堤防・護岸の整備状況



◆河床材料



左岸22.6k 横断面図



左岸22.6k 全景

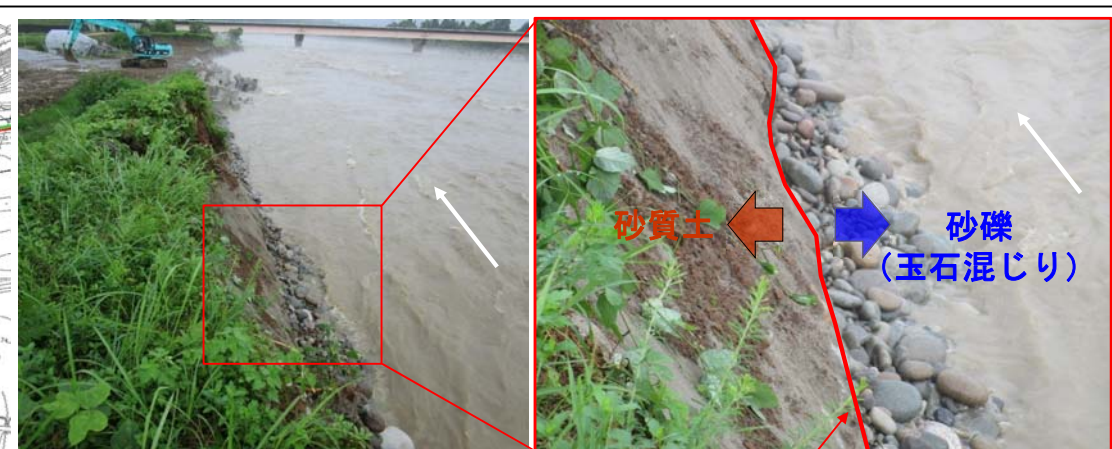
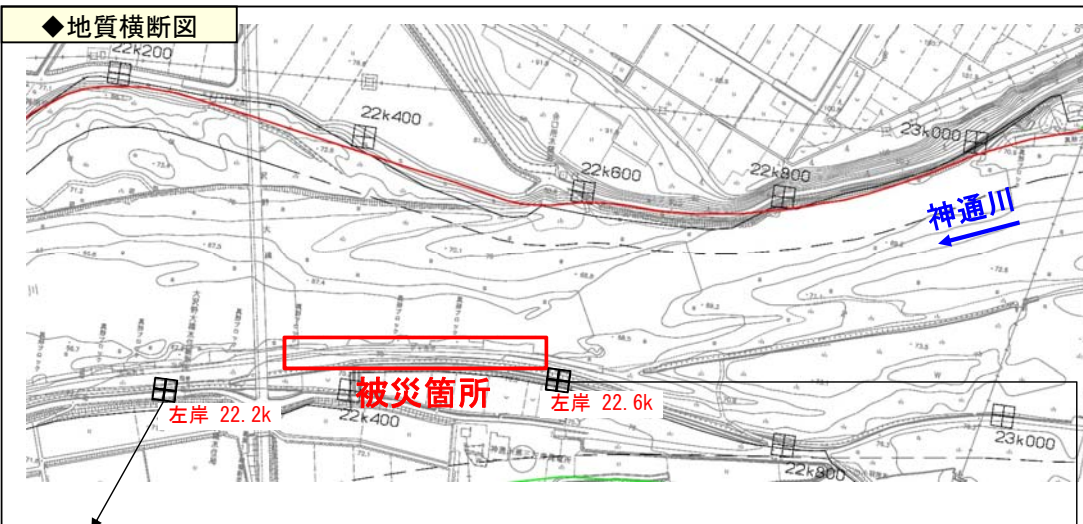


左岸22.6k付近の堤防護岸

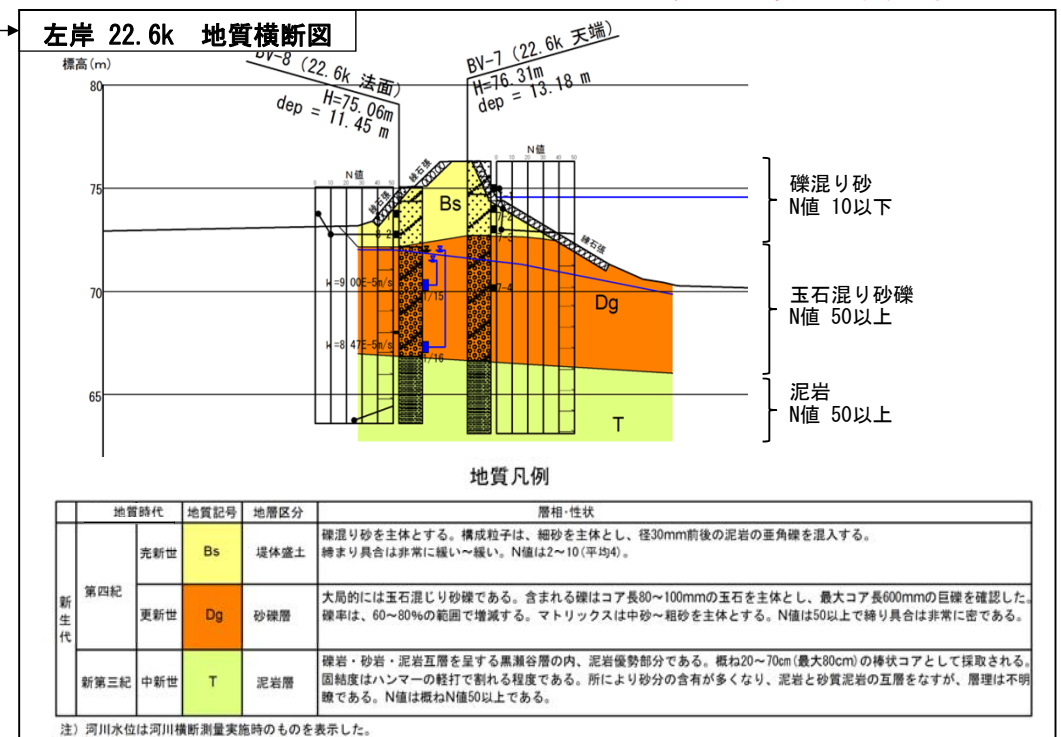
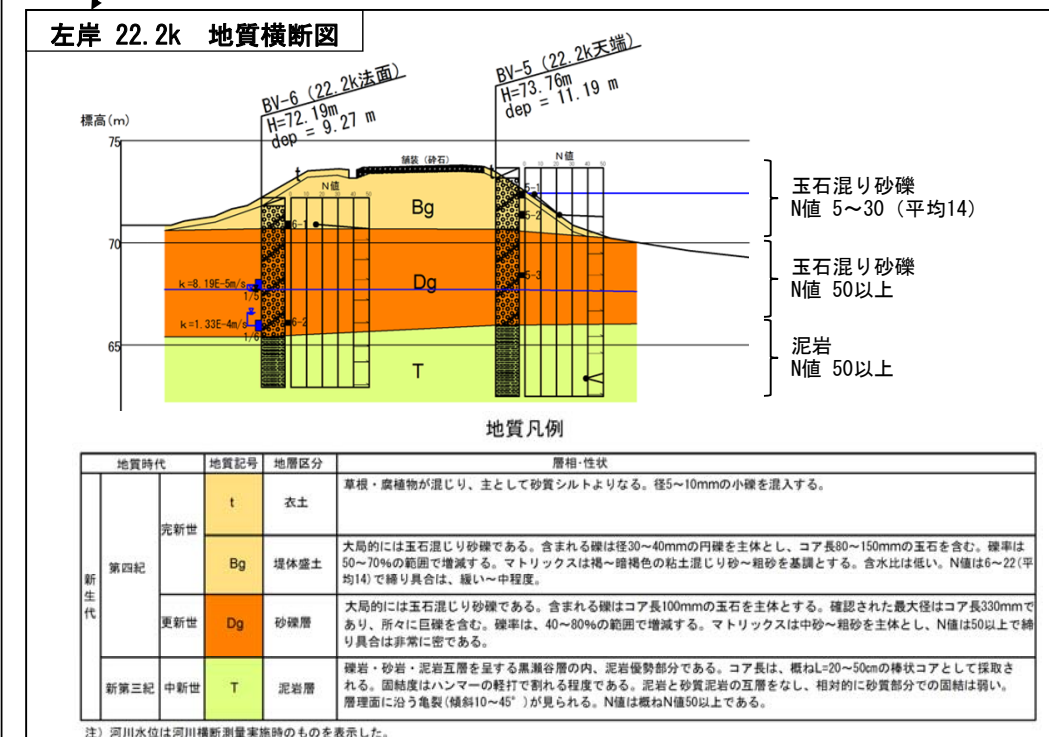


(1)被災箇所概要 ④地質構造

- 被災箇所周辺の地質構成は、左岸22.2k地点では表層から3m程度がφ80～150mmの玉石を含むφ30～40mmの円礫を主体とした堤体盛土である。盛土直下はφ100mmの玉石を主体とした玉石混じりの砂礫層、以深は泥岩層が分布している。
- 左岸22.6k地点では、表層から4m程度がφ30mm前後の垂角礫を含む細砂を主体とした堤体盛土である。盛土直下はφ80mm～100mmの玉石を主体とした玉石混じりの砂礫層、以深は泥岩層が分布している。



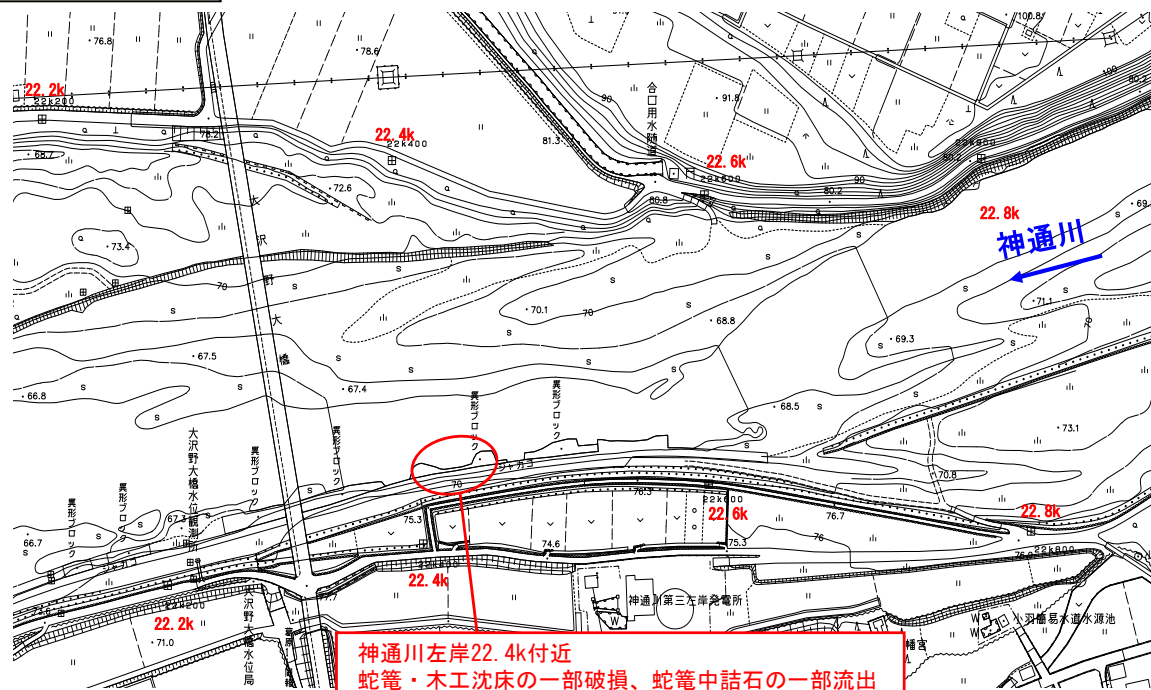
土質の境界位置（高さ）は、
ほぼ堤内地盤高と一致する。



(1)被災箇所概要 ⑤護岸の状況(巡視・点検結果)

- 被災箇所周辺の護岸は、平成16年出水後に蛇籠・木工沈床の一部破損を確認、平成18年出水後に蛇籠中詰石の一部流出が確認された。
- その後、河川巡視・堤防点検等によって継続的に経過観察しており、平成30年出水期前点検においても状況の変化はなかった。

◆護岸の状況



神通川左岸22.4k付近
蛇籠・木工沈床の一部破損、蛇籠中詰石の一部流出

河川巡視記録

(様式-B) データ、平面図、写真

河川巡視日誌(巡視結果記録票)

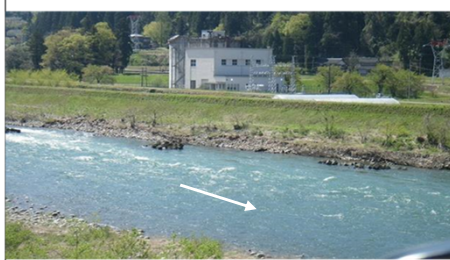
記録日 平成29年4月24日 曜日 (月) 時刻 10:27

大項目	維持状況
中項目	河川管理施設の状況
小項目	護岸・水制の状況
細項目	上・下流の河岸侵食

箇所	岸	距離標
神通川	左岸	22 400 kp +52 ~ 22 400 kp +52

異常有無	有り	重要情報	—	要監視	○	要対策	—
記事	河岸の状況。(目的別巡視) 大沢野大橋の上流左岸の「蛇籠」が破損し、玉石が崩れている。						

写真

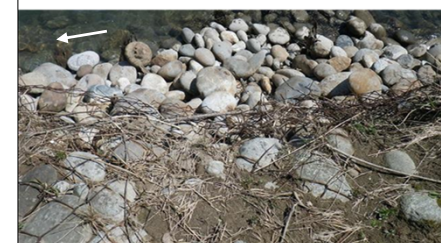


コメント 全景(大沢野大橋上流)



コメント

写真



コメント 蛇籠が崩れている。

平成30年 出水期前堤防点検記録

平成30年4月13日 撮影



蛇籠の一部破損(遠景)



蛇籠の一部破損(近景)

平成30年4月13日 撮影



木工沈床の一部破損

平成30年4月13日 撮影

(2)被災状況の分析

- 被災箇所周辺の滞筋・流路・砂州の位置等については、洪水前後で大きく変化していない。
- 堤防欠損箇所の上流側では木工沈床が被災した形跡が確認された。

◆被災後の河道状況

平成30年7月19日（緊急復旧後） 撮影



写真1



写真2



写真3



(2)被災状況の分析

- 今回出水において、7月6日11時過ぎに堤防断面の欠損が確認され、その後7月6日23時頃に氾濫注意水位を超える洪水のピークを迎えた。
- その後24時間体制で緊急復旧を行い、7月11日18時頃に復旧が完了した。

◆被災状況の時系列変化

①平成30年4月24日



被災前の状況

③平成30年7月6日 23時頃



氾濫注意水位超過時（6日23時）の状況

⑤平成30年7月7日 16時頃



緊急復旧作業再開時の状況

②平成30年7月6日 11時頃



堤防欠損発見時の状況

④平成30年7月7日 10時頃



水位低下時（7日10時頃）の状況

⑥平成30年7月11日 18時頃

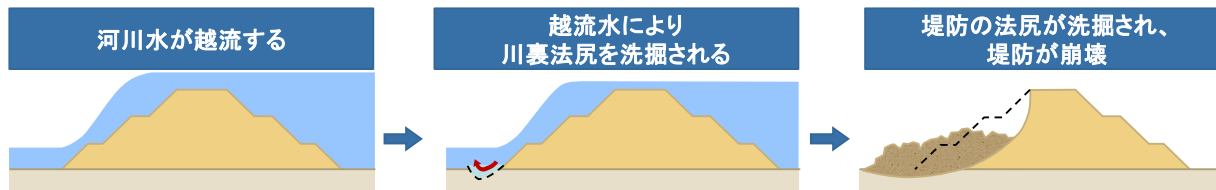


緊急復旧作業完了時の状況

(3)被災メカニズムの検証

- 一般的な堤防の被災メカニズムとしては、越水、洗掘・侵食、浸透が考えられる。
- これらの要因を基本とし、被災状況の分析を行って、以下に示す観点で被災メカニズムを検証する。

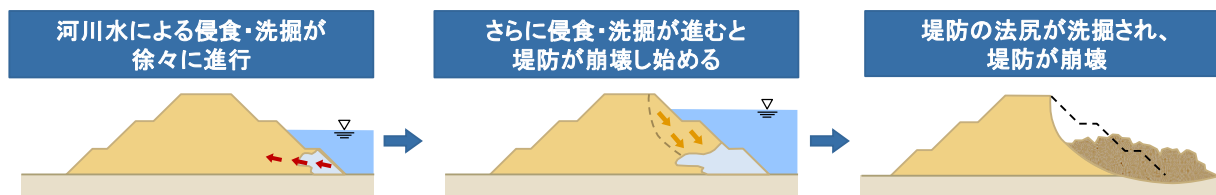
①河川水の越水による堤防欠損



被災要因として考えられるメカニズムと検証方針

- ・ 今回の出水において越水が発生していたかどうか、洪水痕跡等を確認し、越水が被災要因となるか検証する。

②河川水の侵食・洗掘による堤防欠損



侵食・洗掘
破壊の要因

- 1) 高い掃流力による側方侵食
- 2) 河床洗掘に起因した、根固め・護岸の崩落
- 3) 堤体材料の吸い出しにより裏込めの土質強度の低下に起因した崩落

被災要因として考えられるメカニズムと検証方針

①堤防への水あたりによる侵食

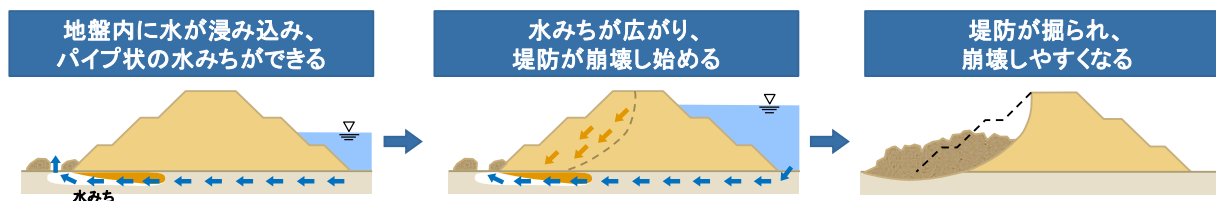
- ・ 流体力によって護岸（空石張り護岸）の掃流（めくれ）破壊が発生していたかどうか、護岸の安定性の照査を行い検証する。

②河岸断面の変化（局所洗掘→侵食）

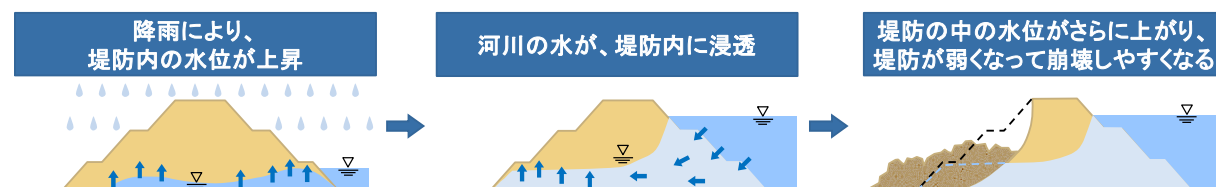
- ・ 堤防欠損箇所上流側の木工沈床が被災していたことから、河岸の洗掘状況を出水後横断測量によって確認し、洗掘が被災要因となるか検証する。

③河川水の浸透による堤防欠損

1)パイピング破壊



2)浸透破壊



③堤体材料の吸い出し⇒崩落

- ・ 今回の出水は長時間に渡り水位が高い状況が続いたこと、被災した堤防前面は空石張り護岸であることから、堤体材料の吸い出しが被災要因となった可能性もある。
- ・ そのため、堤体の空洞化の状況等の調査を行い、被災要因となるか検証する。

被災要因として考えられるメカニズムと検証方針

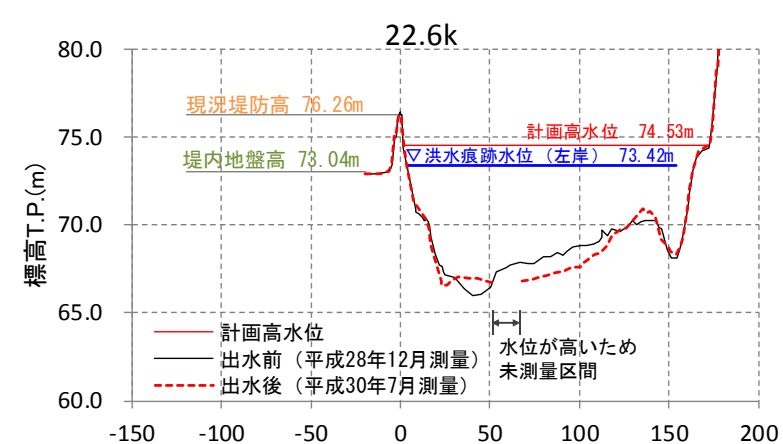
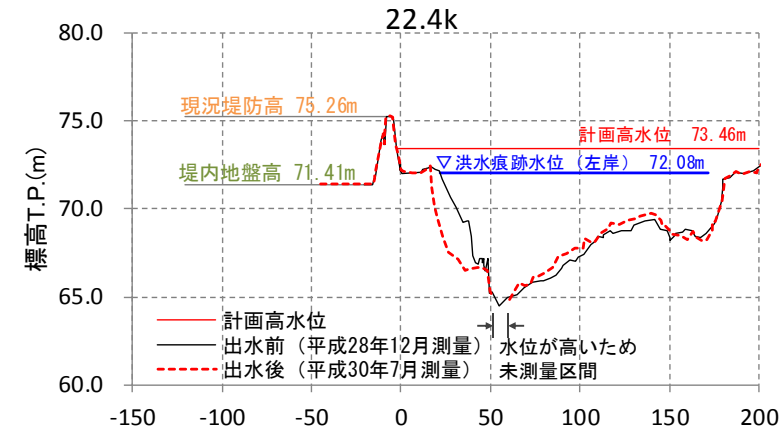
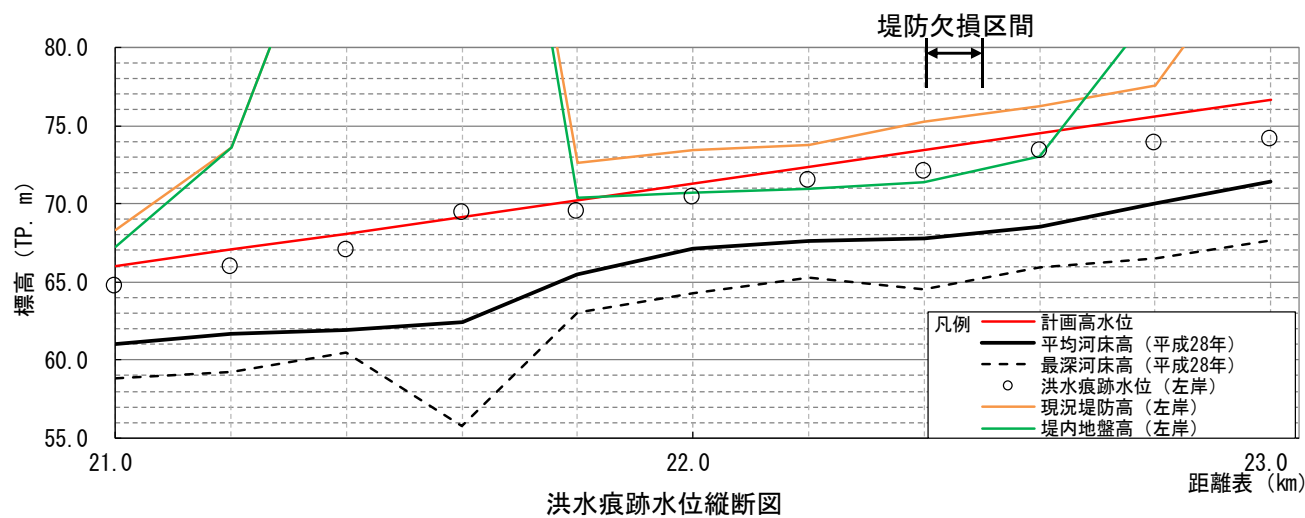
- ・ 被災箇所周辺での噴砂の有無について調査を行い、被災要因となるか検証する。

(3)被災メカニズムの検証(①越水)

- 洪水痕跡水位は概ね堤内地盤高相当であり、堤防天端高を下回っていた。
- そのため、越水による堤防欠損の可能性はないと考えられる。

◆洪水痕跡水位

平成30年7月12日（緊急復旧後） 撮影



(3)被災メカニズムの検証(②侵食・洗掘) 堤防への水あたりによる侵食

- 護岸の力学設計法に基づき、既設の空石張り護岸の安定性を照査したところ、今回出水時の掃流力に対する安定性は確保されていた。
- そのため、堤防への水あたりによる護岸の掃流（めくれ）破壊によって堤防が欠損した可能性は低いと推察される。

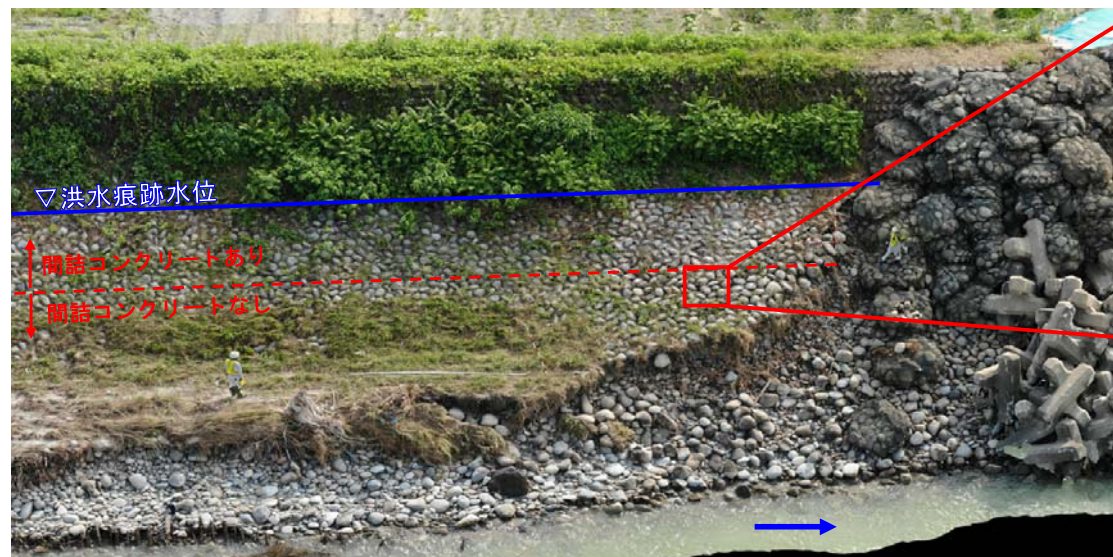
◆護岸の安定性照査

【構造モデル】

破壊要因：流体力
破壊形態：掃流力
設置状態：一体性強い
構造モデル：「掃流 - 一体性が強い」

【外力条件】

代表流速：大沢野大橋地点における高水
流量観測時の平均流速
(7月6日2:20の平均流速を用いる)



空石張の玉石の径 (m)	
長径	0.50
中径	0.40
短径	0.25
平均礫径	0.38

空石控え 0.40 m

1) 護岸の力学設計法に基づく安定性照査結果

モデル「掃流 - 一体性が強い」

代表流速	V_0 (m/s)	5.06	大沢野大橋平均流速
限界掃流力	τ_{*s}	0.05	
斜面角度	θ (°)	30.48	斜面勾配 1:1.7
水中安息角	Φ (°)	38	自然石
設計水深	H_d (m)	7.5	
玉石の水中比重	s	1.65	
重力加速度	g (m/s ²)	9.81	
限界掃流力(斜面補正)	τ_{*sd}	0.03	
玉石の粒径	長径 (m)	0.5	
	中径 (m)	0.4	
	短径 (m)	0.25	
	平均礫径 (m)	0.38	
	D_m (m)	0.38	

・30%の安全率を考慮した護岸の安定性照査結果

平均礫径：0.38 $\geq$ 0.364 (30%の割り増し安全率考慮)
⇒掃流力による破壊は生じない

玉石の粒径 D_m	安定条件	D_m (安全率30%考慮)
0.190	< 0.242	0.247
0.200	< 0.246	0.260
0.210	< 0.250	0.273
0.220	< 0.254	0.286
0.230	< 0.258	0.299
0.240	< 0.262	0.312
0.250	< 0.266	0.325
0.260	< 0.269	0.338
0.270	< 0.273	0.351
0.280	$\geq$ 0.276	0.364
0.290	$\geq$ 0.280	0.377
0.300	$\geq$ 0.283	0.390

$$D_m \geq V_0^2 / [6.0 + 5.75 \log_{10} (H_d / k_s)]^2 * \tau_{*sd} * s * g$$

2) (参考) 掃流力による破壊が生じない流速の上限値

掃流 - 一体性が強い 安全率30%

玉石の粒径	長径 (m)	0.5
	中径 (m)	0.4
	短径 (m)	0.25
	平均礫径 (m)	0.38
安全率 (%)		30%
D_m (m)		0.29

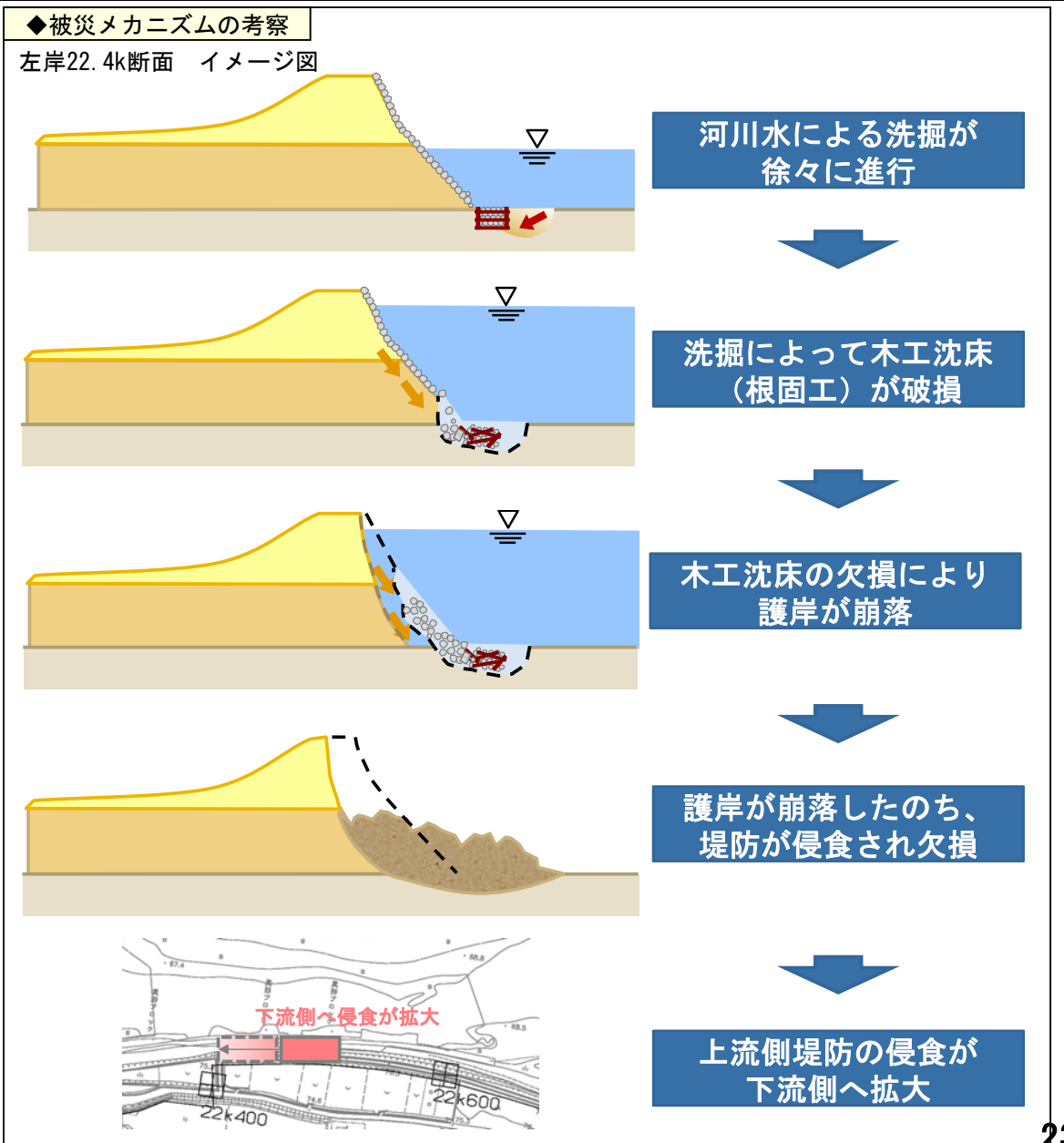
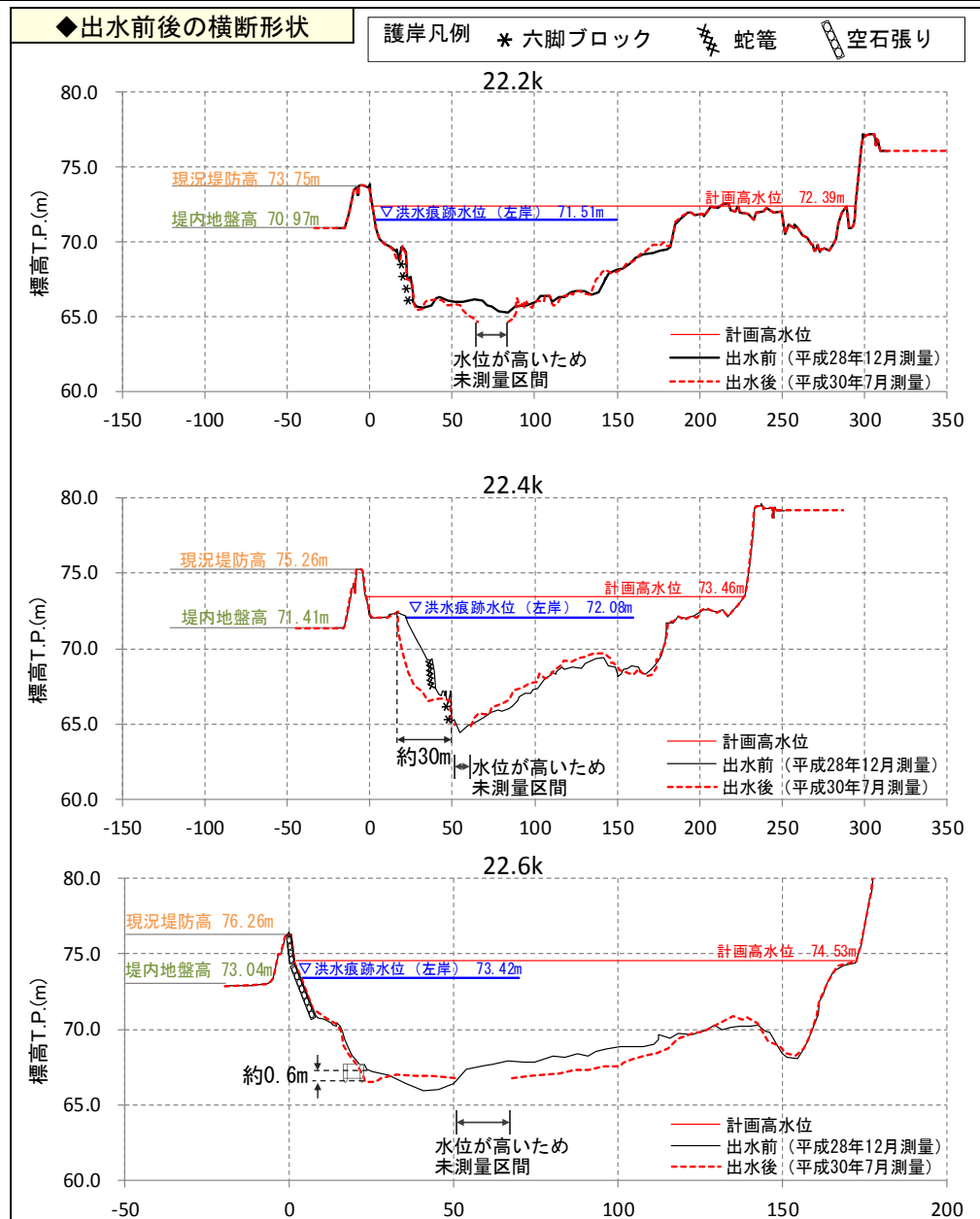
限界掃流力	τ_{*s}	0.05
斜面角度	θ (°)	30.48
水中安息角	Φ (°)	38
設計水深	H_d (m)	7.5
相当粗度	k_s (m)	0.29
水中比重	s	1.65
重力加速度	g (m/s ²)	9.81
限界掃流力(斜面補正)	τ_{*sd}	0.03

	V_0^2	26.82
代表流速	V_0 (m/s)	5.18

調査した平均礫径に対して掃流が生じない代表流速の上限値は5.18m/sであった。

(3)被災メカニズムの検証(②侵食・洗掘) 河岸断面の変化(局所洗掘→侵食)

- 被災箇所周辺における出水前後の河道横断形状を比較すると、22.4kでは今回洪水によって約30m侵食されているが、滞筋の深さは出水前から変化していない。
- 被災箇所上流側の22.6kでは、滞筋部が約0.6m洗掘されていた。
- 以上より、今回出水で堤防が欠損したメカニズムとしては、堤防欠損箇所上流側で護岸前面の洗掘が進行し、木工沈床破損・護岸が崩落したのち堤防が侵食され、下流側へ侵食が拡大したものと推察される。



(3)被災メカニズムの検証(②侵食・洗掘) 堤体材料の吸出

- 今回の出水において、大沢野大橋地点の基礎ブロックが冠水した時間は平成16年10月洪水よりも約2倍と長かったため、出水後の護岸の状況および堤体材料を確認した。
- 出水後に堤防欠損箇所上流の護岸の状況を調査した結果、空石張り護岸の玉石間の一部には空隙が見られたが、玉石の噛み合わせはしっかりとしており、比較的健全に保たれていた。
- また、既設空石張り護岸の堤体材料が吸い出しを受けて、堤体及び護岸が陥没等している箇所は見当たらなかった。
- 堤体材料はΦ10cm程度以上の礫が主体となっていることから、吸い出しによる堤防欠損の可能性は低いと推察される。

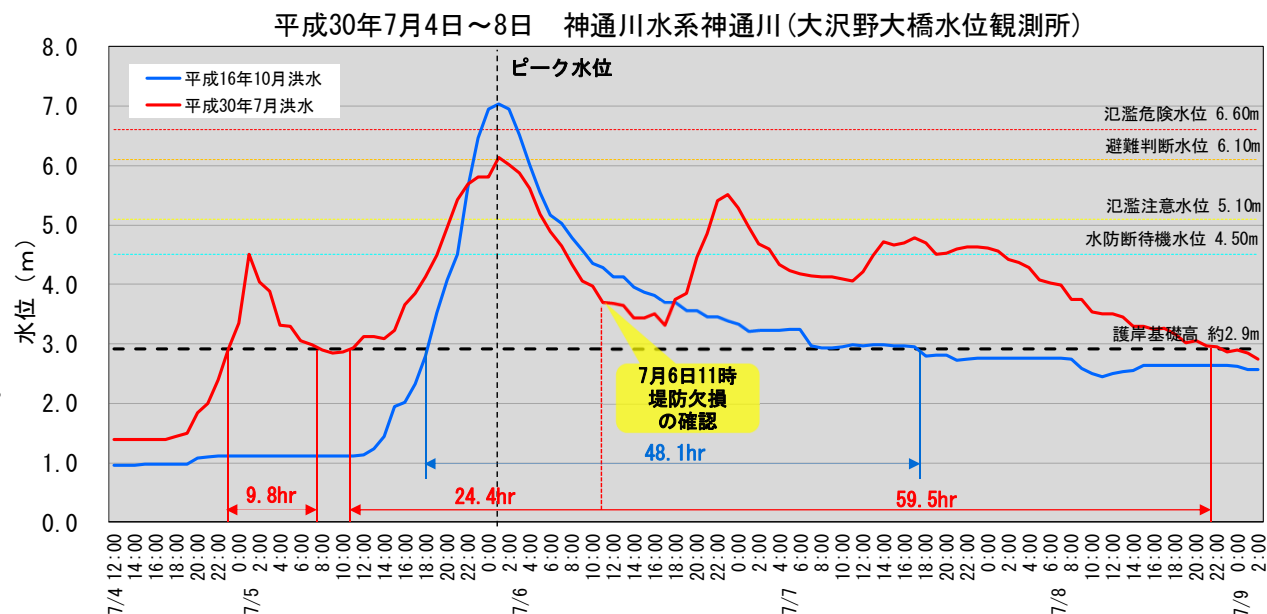
◆空石張り護岸が冠水した時間

今回出水と平成16年10月洪水における
大沢野大橋ピーク水位と護岸基礎高を超過した時間

発生日月	洪水要因	大沢野大橋 ピーク水位 (m)	大沢野大橋 護岸基礎高 超過時間 (hr)
平成16年10月	台風23号	7.03	48.1
平成30年7月	台風7号 および前線	6.13	93.7 欠損確認まで：34.2

※護岸基礎高は大沢野大橋地点の基礎ブロックが冠水する水位（約2.9m）とした。

- ・ 今回の出水では、平成16年10月洪水と比較して、護岸が冠水した時間が合計で約2倍と長かった。
- ・ 堤防の欠損が確認された7月6日11時以降も2日以上に渡って高い水位が継続した。



◆空石張り護岸の状況(出水後)

- ・ 玉石間の一部には空隙（深さ約40cm）が見られたが、玉石の噛み合わせはしっかりとしていた。
- ・ 既設空石張り護岸の堤体材料が吸い出しを受けて、堤体及び護岸が陥没等している箇所は見当たらなかった。



堤防欠損箇所上流の空石張り護岸



玉石間の空隙状況

◆堤体材料

- ・ 堤体材料はΦ10cm程度以上の礫が主体となっていることから、吸い出しの影響は少ないと考えられる。

河床材料(=堤体材料) [小さめ]	(m)
長径	0.17
中径	0.10
短径	0.07
平均礫径	0.11



河床材料(=堤体材料) [大きめ]	(m)
長径	0.38
中径	0.25
短径	0.09
平均礫径	0.24



(3)被災メカニズムの検証(③浸透)

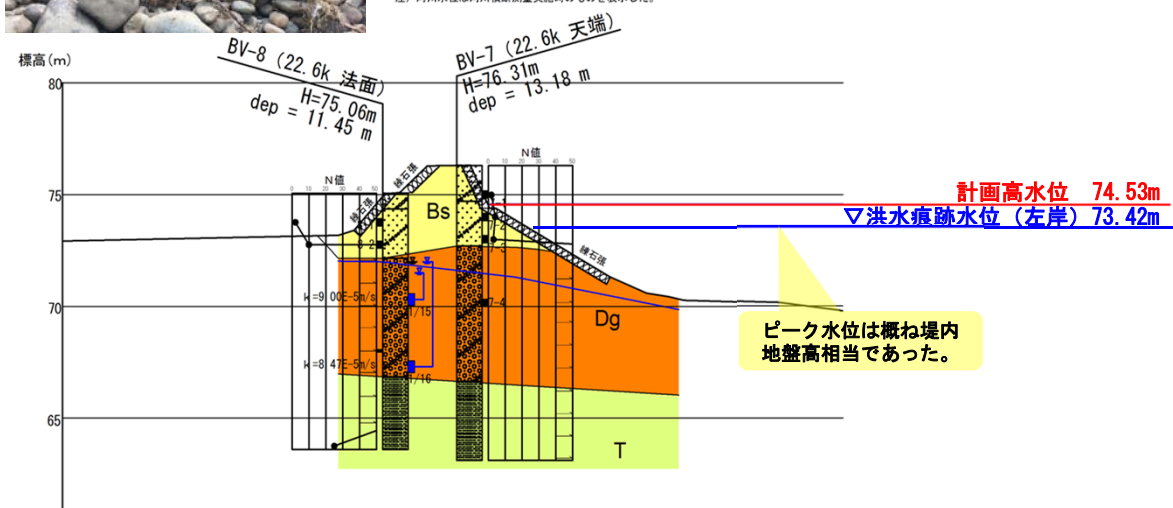
- 計画洪水を外力とした浸透に対する堤防の安全性の評価結果は、パイピングは問題ないものの法すべり（川表・川裏）の安定性は照査基準未満であった。
- しかし、今回の出水におけるピーク時水位は堤内地盤高相当であったことも踏まえると、浸透による堤防欠損の可能性は低いと推察される。
- また、堤防欠損箇所およびその周辺では噴砂は確認されていないことから、パイピング破壊の可能性は低いと推察される。

◆浸透破壊の可能性について



地質凡例			
地質時代	地質記号	地層区分	層相・性状
新生代	更新世 Bs	堤体盛土	礫混り砂を主体とする。構成粒子は、細砂を主体とし、径30mm前後の泥岩の亜角礫を混入する。締まり具合は非常に緩い。N値は2~10(平均4)。
	更新世 Dg	砂礫層	大局的には玉石混じり砂礫である。含まれる礫はコア長80~100mmの玉石を主体とし、最大コア長600mmの巨礫を確認した。礫率は、60~80%の範囲で増減する。マトリックスは中砂~細砂を主体とする。N値は50以上で締り具合は非常に密である。
	新第三紀 中新世 T	泥岩層	礫岩・砂岩・泥岩互層を呈する黒瀬谷層の内、泥岩優勢部分である。概ね20~70cm(最大80cm)の棒状コアとして採取される。固結度はハンマーの軽打で割れる程度である。所により砂分の含有が多くなり、泥岩と砂質泥岩の互層をなすが、層理は不明瞭である。N値は概ねN値50以上である。

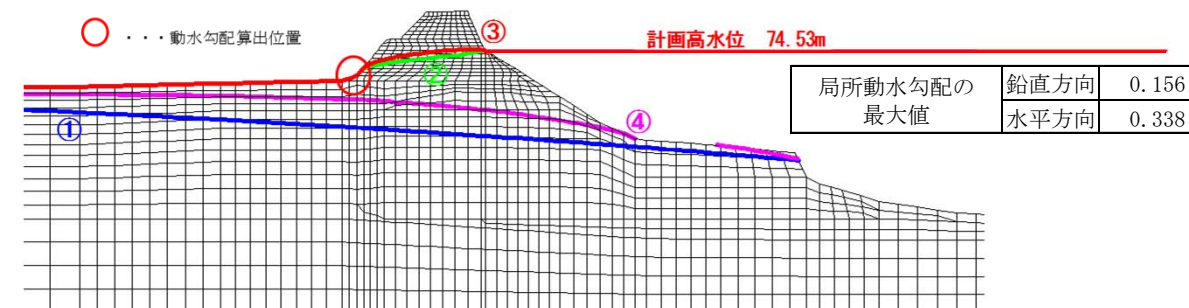
注) 河川水位は河川横断測量実施時のものを表示した。



◆(参考) 計画規模を外力とした堤防の安定性評価

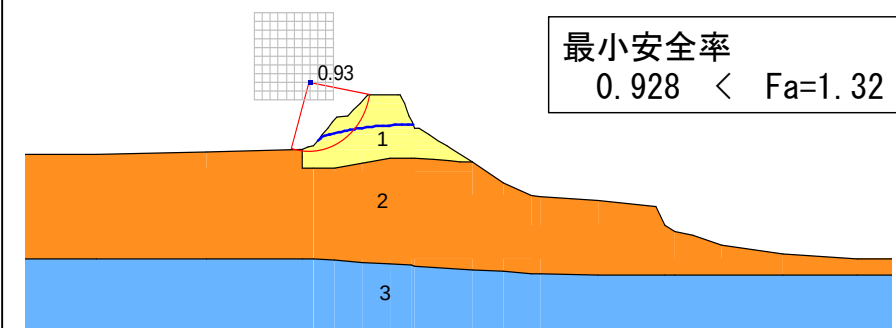
1) 浸透流解析による湿潤面図

- ① STEP-1 高水位開始時
- ② STEP-2 計画高水位開始時
- ③ STEP-3 計画高水位継続終了後
- ④ STEP-4 高水位継続終了後



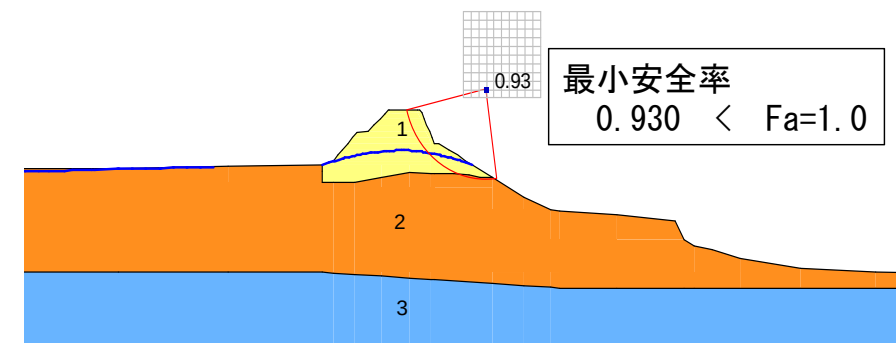
2) 裏のりに対する安定計算結果図

層番号	地層記号	飽和重量 (kN/m³)	湿潤重量 (kN/m³)	内部 摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m²)	最小安全率 円弧の中心 半径	FsMIN
1	Bs	20	19	30	1	X	0.928
2	Dg	21	21	39	0	Y	32.50 (m)
3	T	21	21	20	250	R	77.00 (m)
							4.00 (m)
							抵抗モーメント MR 157.2 (kN・m)
							起動モーメント MD 169.4 (kN・m)



3) 表のりに対する安定計算結果図

層番号	地層記号	飽和重量 (kN/m³)	湿潤重量 (kN/m³)	内部 摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m²)	最小安全率 円弧の中心 半径	FsMIN
1	Bs	20	19	30	1	X	0.930
2	Dg	21	21	39	0	Y	42.50 (m)
3	T	21	21	20	250	R	77.50 (m)
							5.25 (m)
							抵抗モーメント MR 254.6 (kN・m)
							起動モーメント MD 273.7 (kN・m)



(3)被災メカニズムの検証(まとめ)

◆被災メカニズムの検証結果

これまでの調査結果から分かったこと

①越水

- ・洪水痕跡水位は堤内地盤高相当であり、堤防天端高を下回っている。

②侵食・洗掘

- ・被災箇所は平面線形から、水衝部に位置していた。
- ・今回の出水における堤防欠損箇所周辺は既往最大洪水（H16.10）時より河床の洗掘が約1.5m程度進行していた。また、出水前から蛇籠の一部破損・中詰石の一部流失や木工沈床の一部破損が確認されていた。
- ・堤防欠損箇所のうち、下流側前面には砂州があり洗掘もみられないが、上流側は河床の洗掘が顕著であり、木工沈床は破損していた。
- ・空石張り護岸の力学的安定性照査の結果、今回出水時の掃流力に対する安定性は確保されていた。
- ・今回の出水では空石張り護岸が冠水した時間が長かったと想定されるが、被災箇所上流の空石張り護岸は冠水したものの、比較的健全な状況であった。
- ・既設空石張り護岸の堤体材料が吸出を受けて、堤体及び護岸が陥没等している箇所は見当たらなかった。また、堤体材料はΦ10cm程度以上の礫が主体であった。

③浸透

- ・今回の出水におけるピーク時水位は堤内地盤高相当であった。
- ・計画洪水を外力とした浸透に対する堤防の安全性の評価の結果、当該箇所の安定性は照査基準未満であった。
- ・堤防欠損箇所およびその周辺では噴砂は確認されなかった。

推定される堤防欠損の原因（案）

- ・越水による堤防欠損の可能性はないと考えられる。

1) 高い掃流力による側方侵食

- ・被災箇所は水衝部であるため、護岸の力学設計法で空石張り護岸の安定性を確認したところ、堤防への水あたりによる護岸の掃流（めくれ）破壊によって堤防が欠損した可能性は低いと推察される。

2) 河床洗掘に起因した、根固め・護岸の崩落

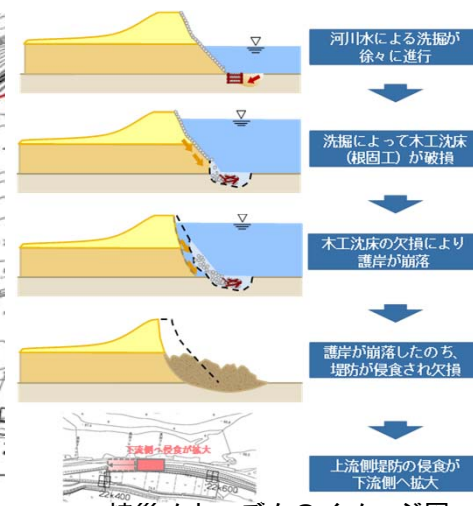
- ・洪水前後の横断形状を比較した結果、堤防欠損箇所上流側では洗掘が進行したことで、木工沈床が被災・護岸が崩落したのち侵食が生じ、その後堤防欠損箇所下流側へ侵食が拡大した可能性が現時点では最も高いと推察される。

3) 堤体材料の吸い出しによる裏込めの土質強度の低下に起因した崩落

- ・大沢野大橋地点において、基礎ブロックが冠水した時間が長かったが、堤体及び護岸の陥没等は確認されず、冠水箇所の護岸も健全であったため、堤体材料の吸い出しによる堤防欠損の可能性は低いと推察される。

- ・浸透に対する安全性が照査基準未満であるため、浸透破壊の可能性は否定できないものの、ピーク水位が堤内地盤高相当であったことも踏まえると、浸透が直接的な要因になった可能性は低いと推察される。
- ・噴砂が確認されていないことから、パイピング破壊の可能性は低いと推察される。

◆現時点で想定される被災メカニズム（河床洗掘・侵食破壊）



■平成16年10月洪水時との相違点

- ・被災箇所左岸側の滞筋の洗掘状況について、平成28年では平成16年より1.5m～2.0m洗掘されていた。
- ・蛇籠の一部破損・中詰石の一部流失や木工沈床の一部破損が確認されていた。

⇒今回出水は平成16年10月洪水時より洗掘によって護岸が崩落がしやすい状態であったことから、左記のメカニズムにより堤防の欠損に至ったものと推察される。

被災メカニズムのイメージ図

5. 被災箇所の本復旧工法

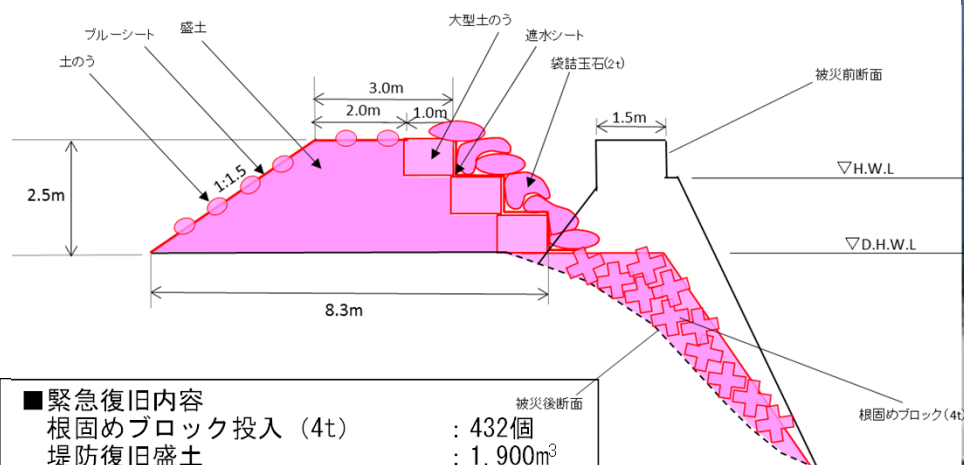
(1)被災箇所 の緊急復旧

■ 7月6日の夕方から堤防復旧を24時間体制で実施し、6日後の11日18:30に堤防の復旧が完了した。

◆緊急復旧



【堤防復旧断面】



■緊急復旧内容

根固めブロック投入 (4t)	: 432個
堤防復旧盛土	: 1,900m ³
耐候性大型土のう設置 (1t)	: 350個
遮水シート	: 800m ²
袋詰玉石設置 (2~3t)	: 333個
ブルーシート	: 450m ²
土のう	: 300袋



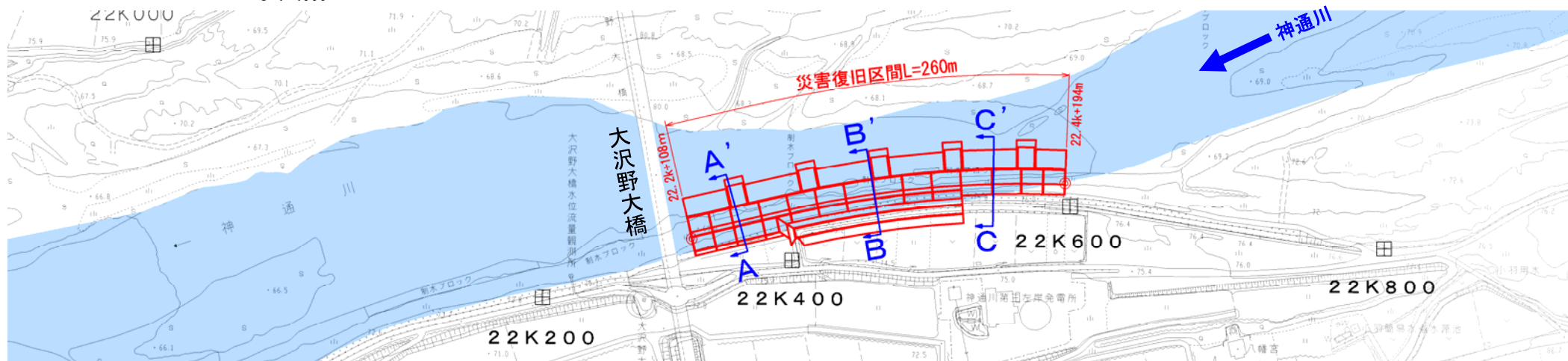
(2)被災箇所の本復旧工法

■ 今後、築堤、練石張護岸、根固工（根固め減勢含む）の施工を本復旧で行う予定である。

◆本復旧工法

平面図

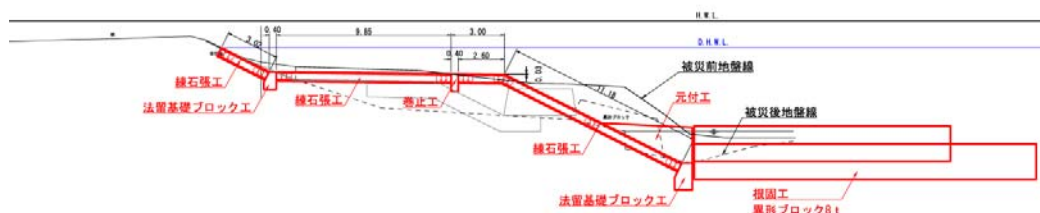
S=1:4000



標準断面図 A-A'

S=1:200

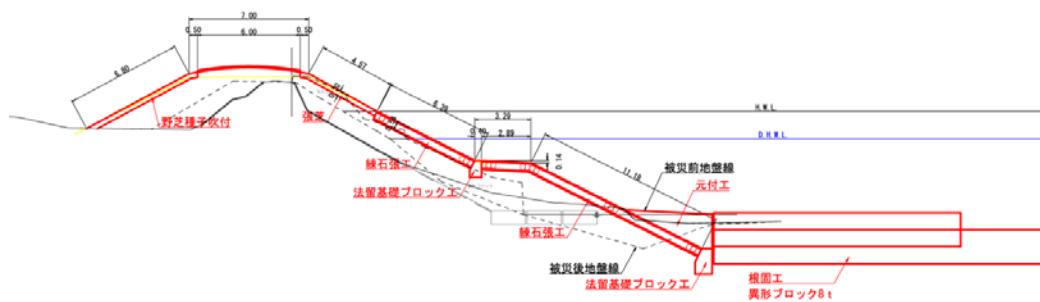
根固め減勢部



標準断面図 B-B'

S=1:200

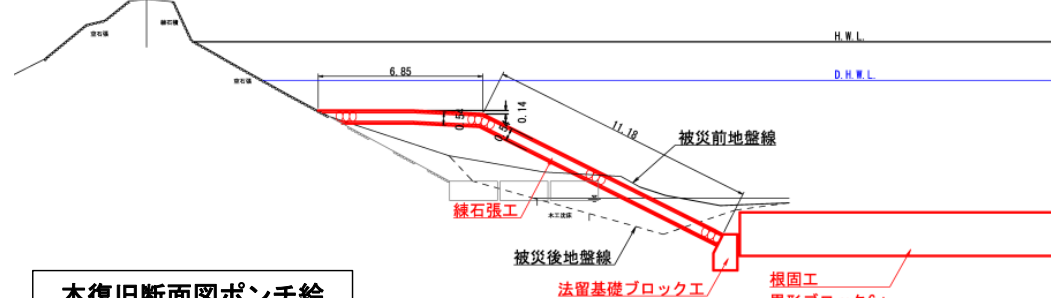
根固め減勢部



標準断面図 C-C'

S=1:200

根固め部



本復旧断面図ポンチ絵

