

1 北薩トンネルの被災状況について

1 北薩トンネルの被災状況について

(1) 北薩横断道路, 北薩トンネルの概要

- 北薩横断道路は、鹿児島空港と北薩地域を結ぶ延長約6.4kmの高規格道路
- 九州縦貫自動車道及び南九州西回り自動車道と一体となって広域道路ネットワークを形成
- 北薩トンネルは、出水市・さつま町境に位置する延長4,850mの道路トンネルで平成30年3月供用

鹿児島県 高規格道路網図



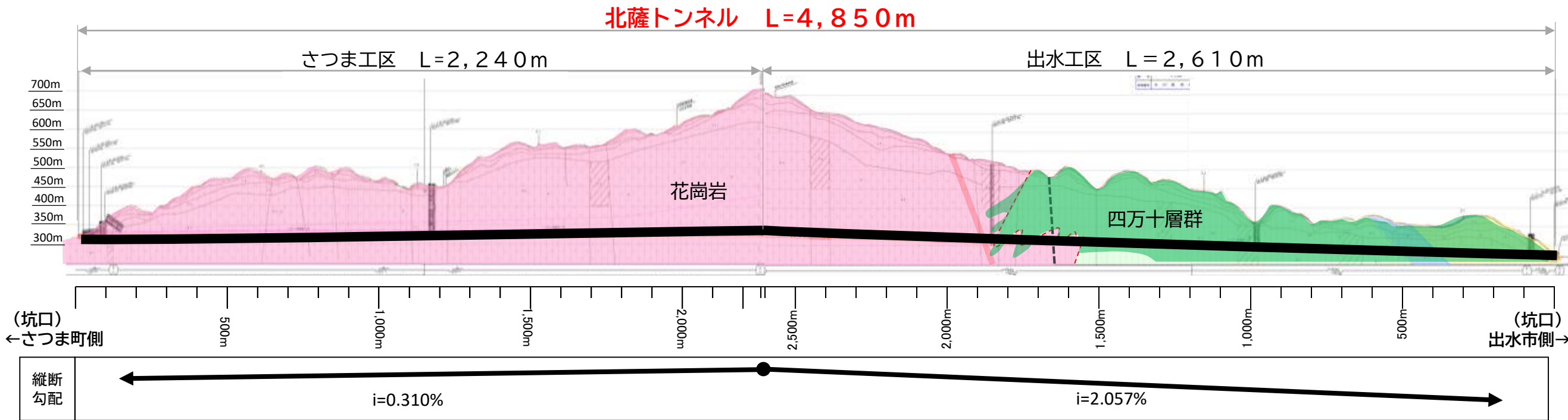
北薩トンネル位置図



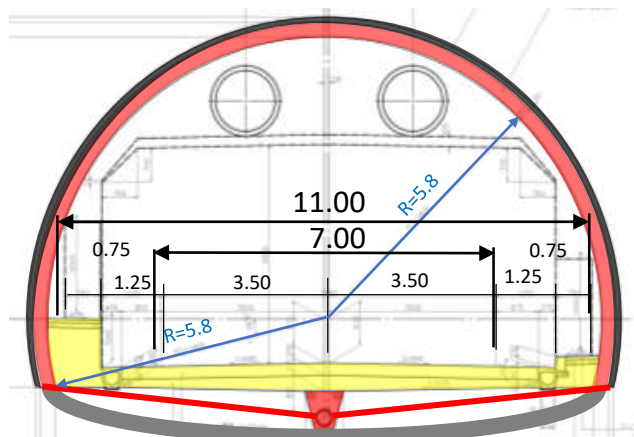
1 北薩トンネルの被災状況について

(2) 北薩トンネルの概要

- 標高：1,067mの紫尾山を中心とする出水山地の標高500m～600m程度に位置
- 地質：白亜紀の四万十層群と新第三紀に貫入した花崗岩から構成
- 構造等：トンネル標高は300m程度に位置し、縦断勾配は、行政境を分水嶺とし、出水市側とさつま町側へおがみ勾配。幅員構成は、車道部7.0m、総幅11.0m
- 形状：単心円5.8m、内空断面約69m²
- 施工：さつま工区(L=2,240m)と出水工区(L=2,610m)に分割施工



トンネル標準断面図



トンネル非常用設備

非常用電話
押しボタン式通報装置
火災報知器
非常警報装置
消火器、消火栓、給水栓
誘導表示板
排煙設備
無線通信補助設備
ラジオ再放送設備

トンネル写真



1 北薩トンネルの被災状況について

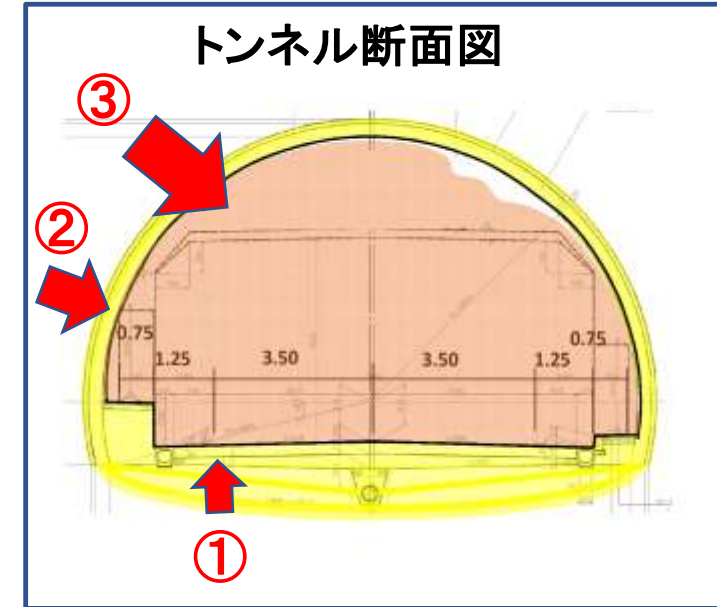
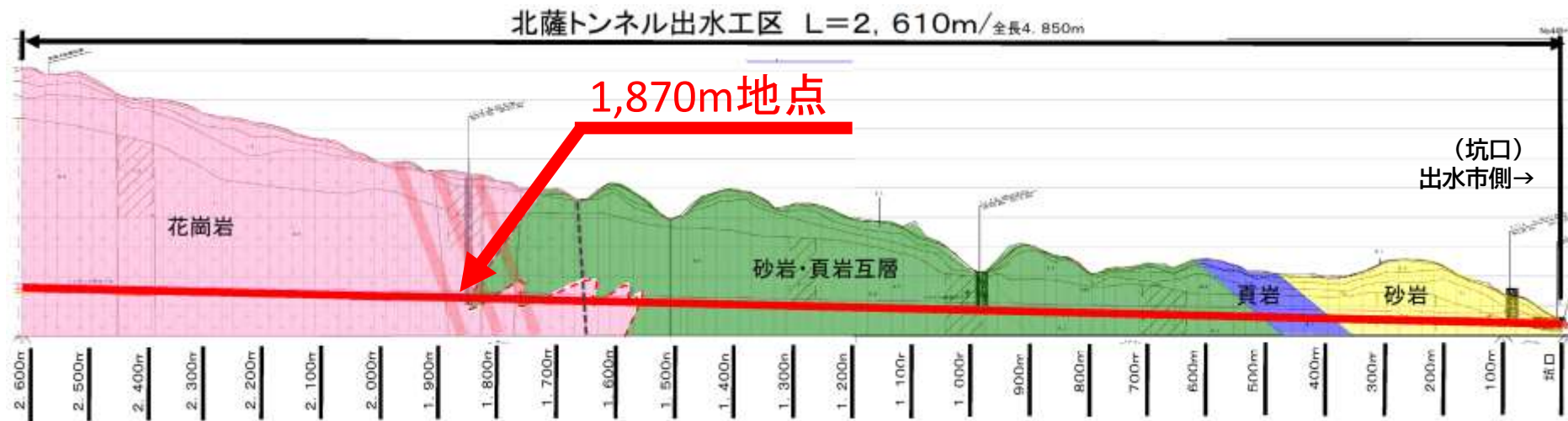
(3) 北薩トンネルの被災経緯

○ 出水市側坑口より1,870m地点

令和6年7月25日(木)：路面変状（舗装版の浮き上がり）及び湧水を確認

26日(金)：覆工コンクリートの剥落を確認

27日(土)：トンネル内への土砂流入及び湧水を確認



出水側坑口より1,870m地点（出水方面車線）
舗装版の浮き上がり 延長約50m, 最大高0.4m

同地点
覆工コンクリート剥落 延長約6~7m

同地点
トンネル背面から土砂が流出

1 北薩トンネルの被災状況について

(4) 建設当時のトンネル掘削状況

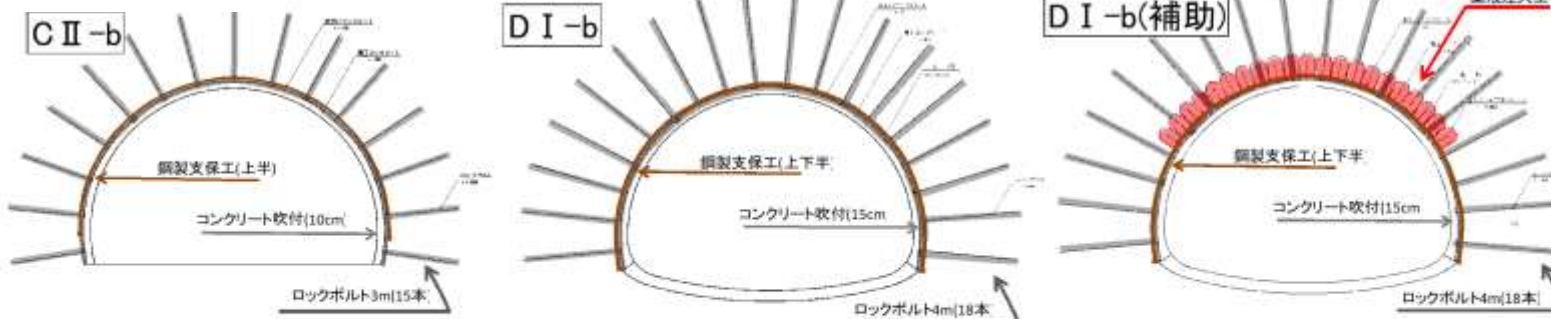
- 出水工区は平成21年9月に掘削着手
- 支保パターンの割合は、CⅡ-bが80%
- 掘削中は、大きな崩落や変形もなく、概ね良好な地山

出水工区 L = 2,610m



地層 ／ 地質	紫尾山花崗岩			四万十層群																				
	弱風化花崗岩	風化花崗岩	弱風化花崗岩	風化花崗岩	砂岩・頁岩互層	頁岩	砂岩																	
区分	CⅡ-b, DⅠ-b, DⅠ-b(補助), DⅢ(坑門含む)																							
延長	500.5	52.9	100.5	26.4	55.2	32.0	49.2	55.2	58.8	48.0	79.2	45.0	34.0	38.0	111.8	260.4	190	50.0	32	22	112.1	294.4	230	44.0

支保パターン図



吹付厚	10cm
ロックボルト	3m × 15本
補助工法	—
H型支保	H125-上半

吹付厚	15cm
ロックボルト	4m × 18本
補助工法	—
H型支保	H125-上下半

吹付厚	15cm
ロックボルト	4m × 18本
補助工法	3m × 20.5本
H型支保	H125-上下半

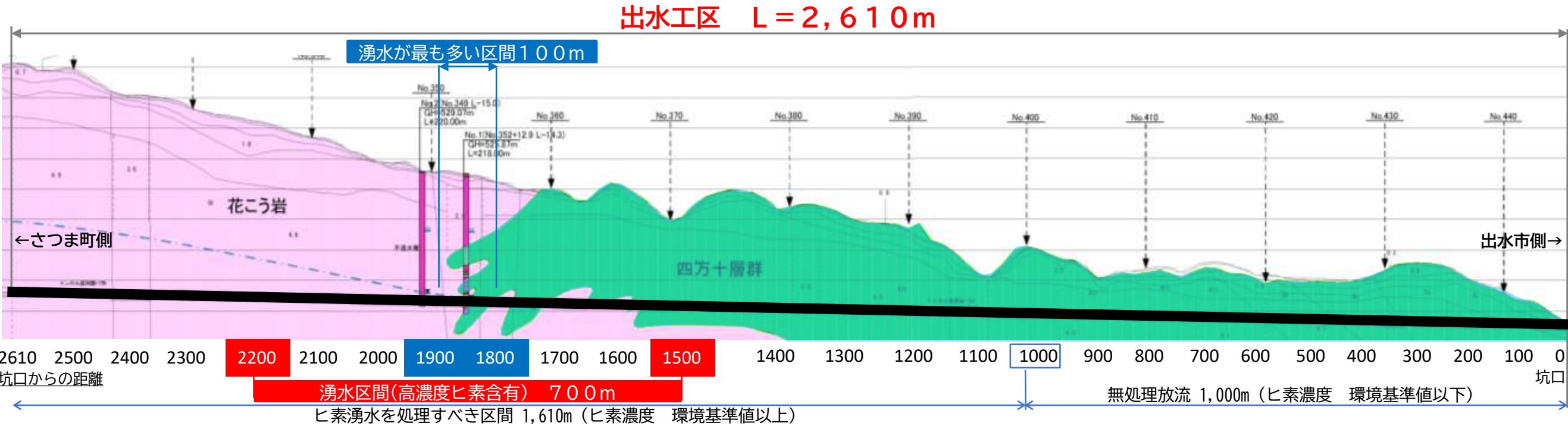
掘削区分延長内訳

岩質	凡例	区分	延長	割合
硬	■	CⅡ-b	2,081.2	80%
	■	DⅠ-b	159.0	6%
軟	■	DⅠ-b(補助)	325.8	12%
	■	DⅢ(坑門含む)	44.0	2%
計			2,610.0	100%

1 北薩トンネルの被災状況について

(5) 自然由来の高濃度ヒ素を含んだ大量湧水

- 平成23年12月, 花崗岩と四万十層群の境界付近において, 掘削時に大量湧水が発生 (最大1,200m³/h)
- 自然由来の高濃度ヒ素を含む湧水を確認



区間湧水量およびヒ素総量 (減水対策前)

(単位:t/h, mg/l, kg/h)

測定区間	区間湧水						全体湧水	備考	
	TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300			
降雨データからの湧水量推定値	最大値	-	84.5	189.7	193.4	67.5	477.2	996.5	-
	最小値	-	48.3	126.6	101.6	48.5	146.4	498.3	-
	平均値	21.4	62.1	147.7	132.3	56.7	197.3	617.5	-
区間湧水量設定値(t/h) (湧水量推定値の平均値から設定)	TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300		全体湧水量	TD1000-2610湧水量
	20	60	150	135	55	200.0		620	520
						TD1000-1300	TD0-1000		
区間ヒ素濃度設定値(mg/L) (2013/7/2~2014/11/10 実測値平均値)	TD2200-2610	TD1900-2200	TD1800-1900	TD1500-1800	TD1300-1500	TD0-1300		全体濃度	TD1000-2610ヒ素総量
	0.055	0.200	0.160	0.170	0.076	0.015		0.106	66.53
						TD1000-1300	TD0-1000		
						0.023	0.008		

湧水量の状況 (TD1807)



1 北薩トンネルの被災状況について

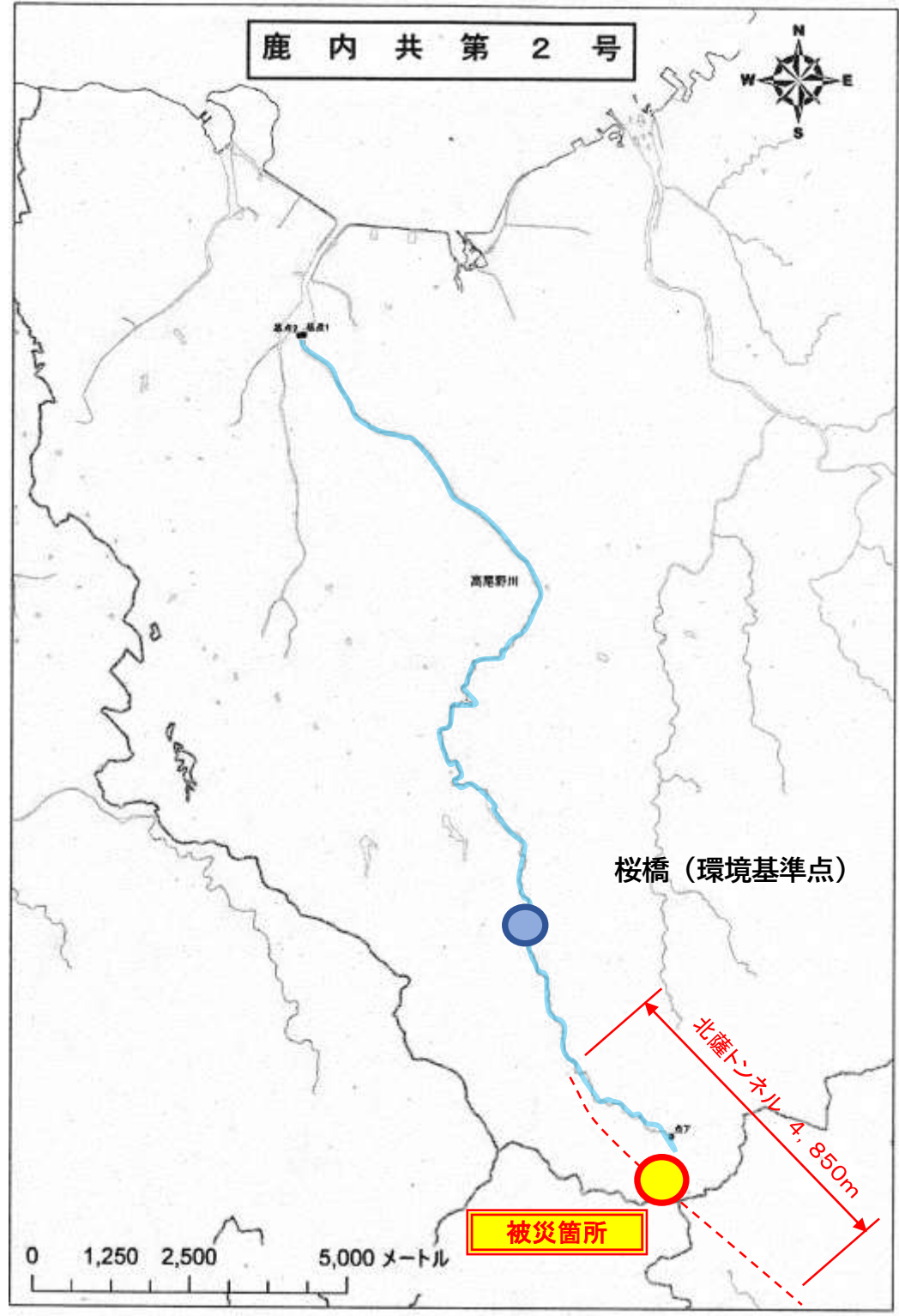
(6) 高尾野川の河川利用

- 河川水利用：上水道（飲用）の利用はなく，農業用水として，主に水稲用に複数の箇所で行取水
- 内水面漁業：高尾野内水面漁業協同組合がアユの放流を実施

農業用水取水施設 位置図



内水面漁業権 区域図

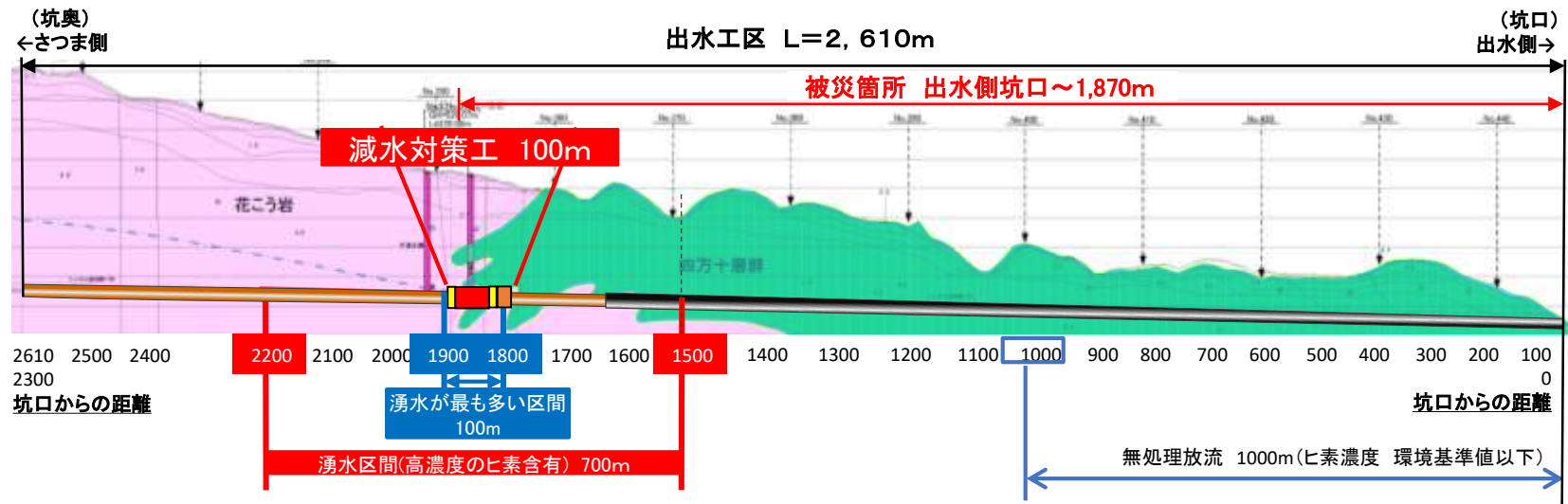


1 北薩トンネルの被災状況について

(7) 減水対策工の概要

- ヒ素を含む湧水対策は、減水対策や坑外処理等を実施
 - 一次減水：ウレタン系薬液を使用し、大きな亀裂を閉塞
 - 二次減水：極超微粒子セメントによるグラウチングにより厚さ3mの改良ゾーンを構築

○減水対策工位置

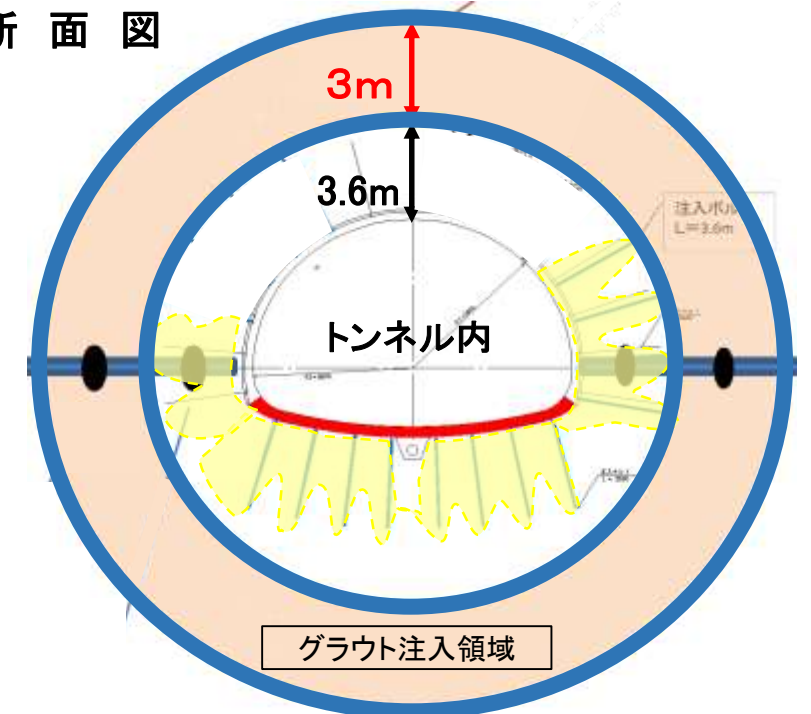


二次減水

セメントグラウトを用いて、岩盤の細かい割目まで塞ぎ、トンネル周囲に水を通しづらいリング状の改良体を構築

(材料) 極超微粒子セメント：細かい割目まで入るが、水流が強い場所では固まらない。

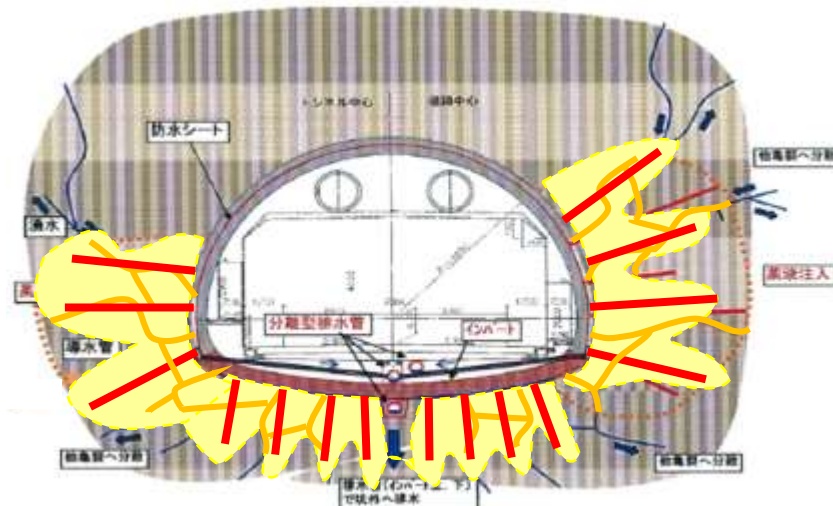
断面図



一次減水

岩盤の亀裂に薬液注入。水の流れが強い岩盤の割目を塞ぐ。

(材料) カーボプル：ウレタン系薬液(ドイツ製)
水流があっても短時間で固まる。



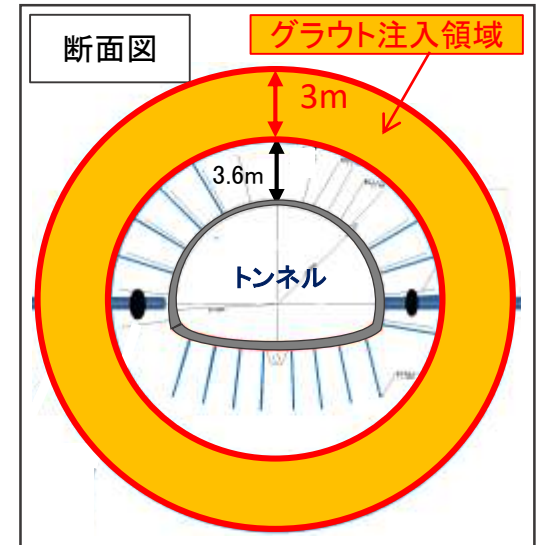
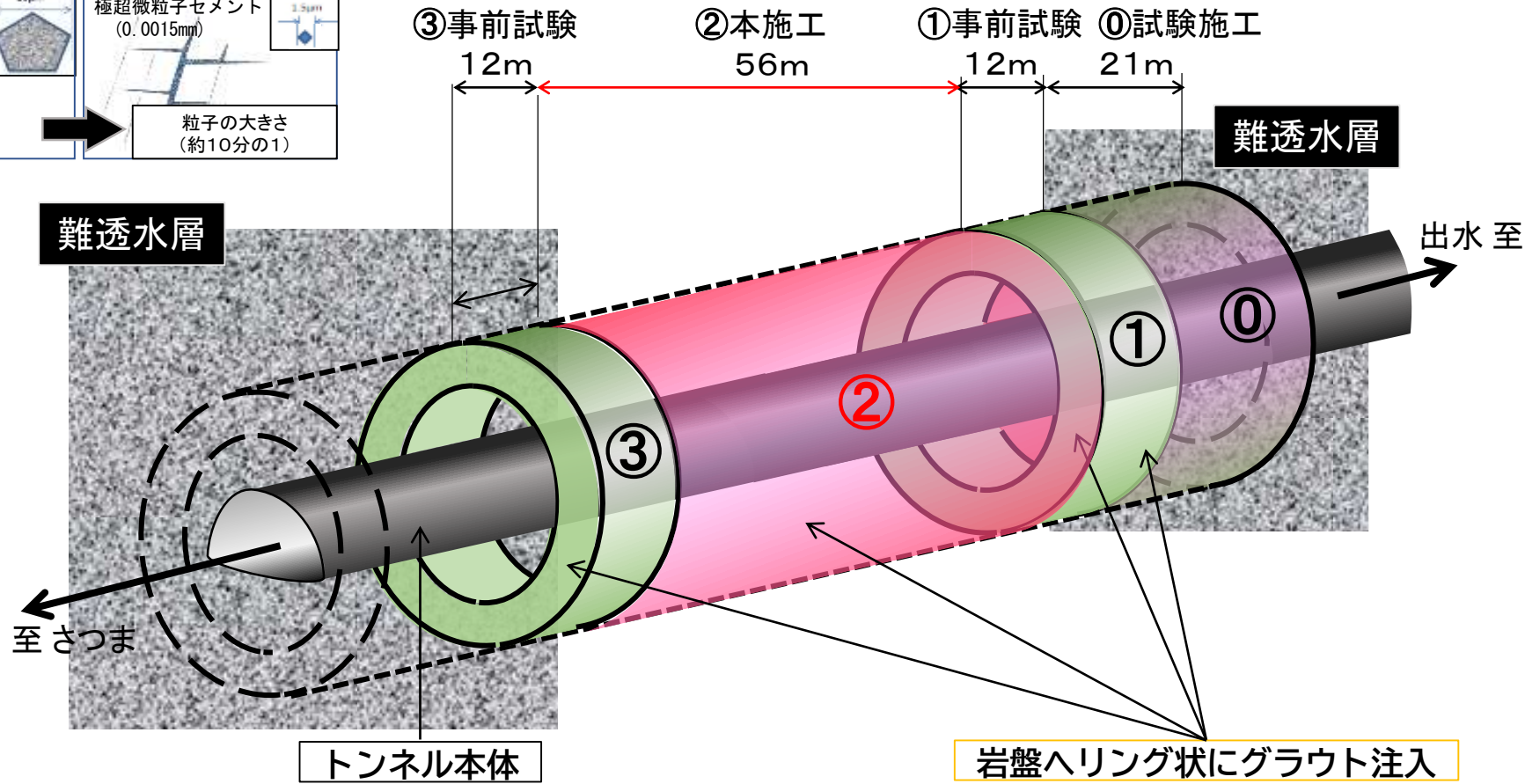
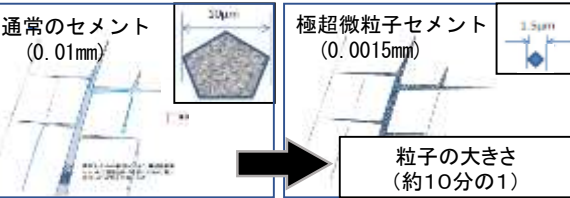
1 北薩トンネルの被災状況について

(8) 減水対策工（二次減水）

- 極超微粒子セメントを使用し、試験施工により効果を確認しながら、減水対策工を実施
- 減水後の湧水は、一部を地下に還元したほか、坑外のヒ素処理施設で処理後、河川へ放流

二次減水

小さい粒子の材料を使うことで細部まで充填

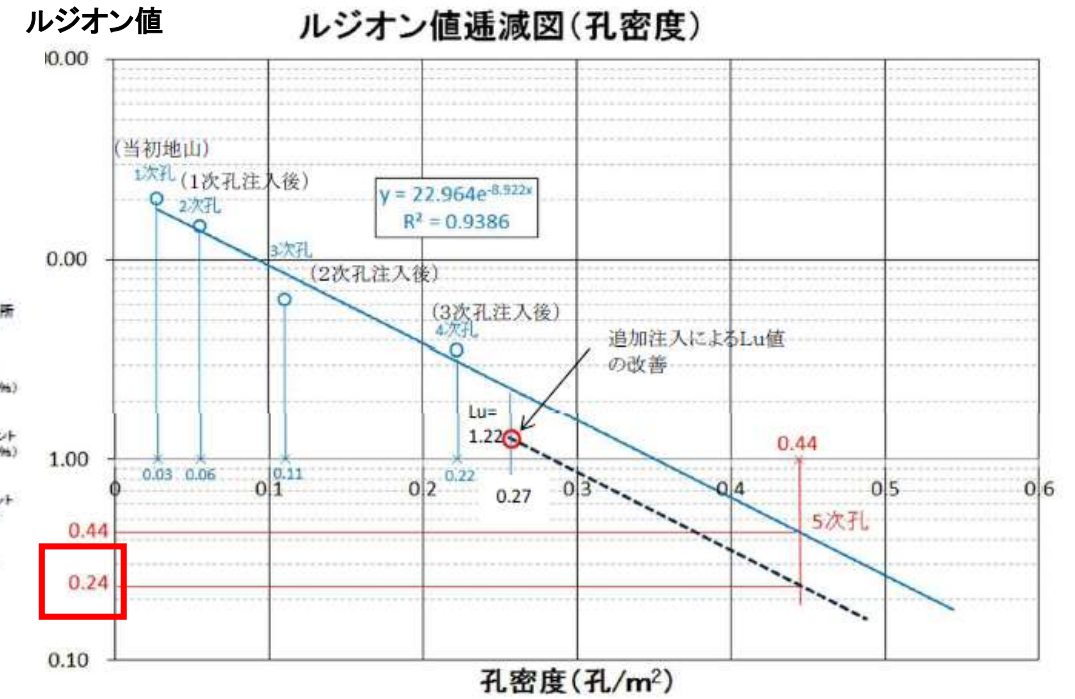
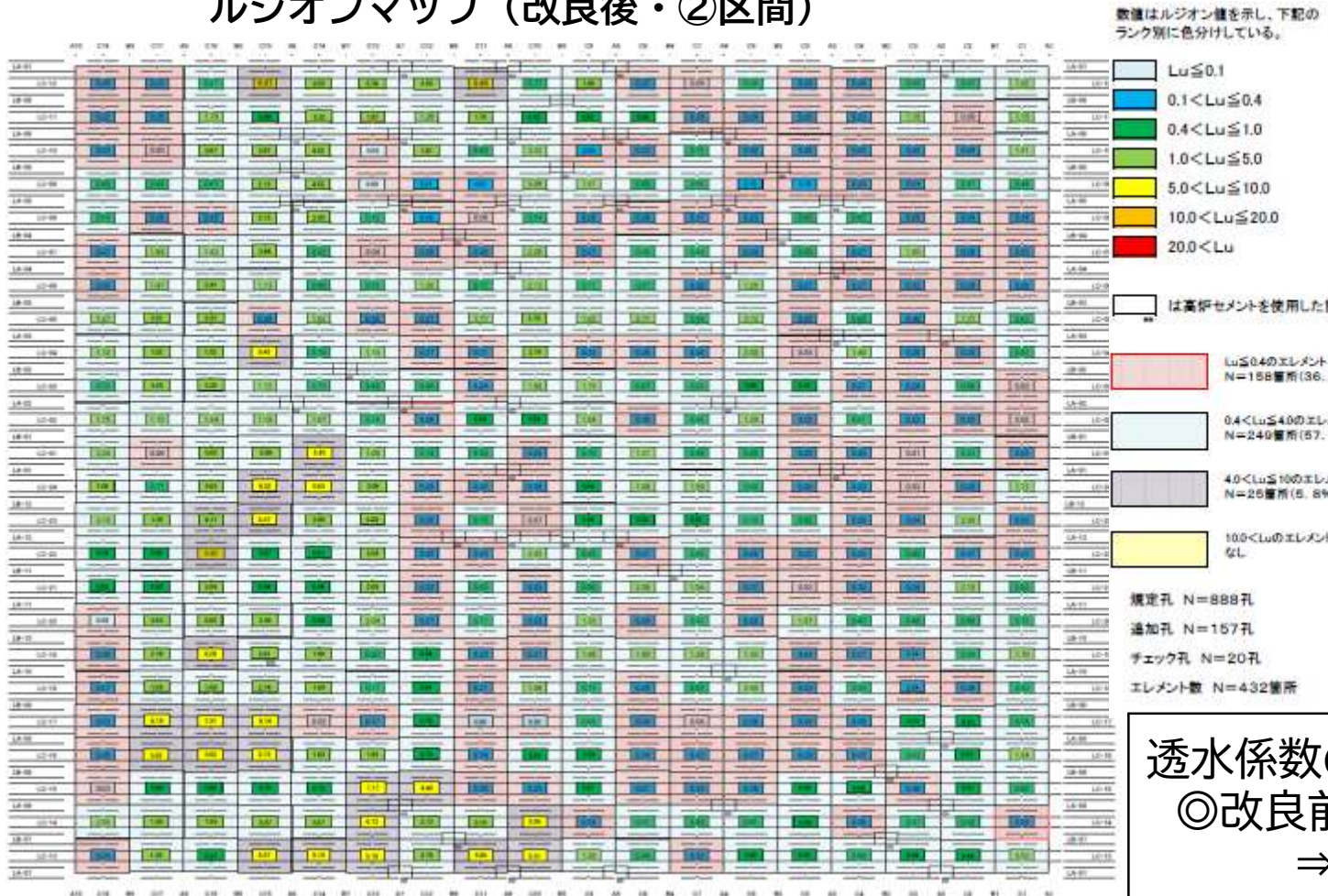


1 北薩トンネルの被災状況について

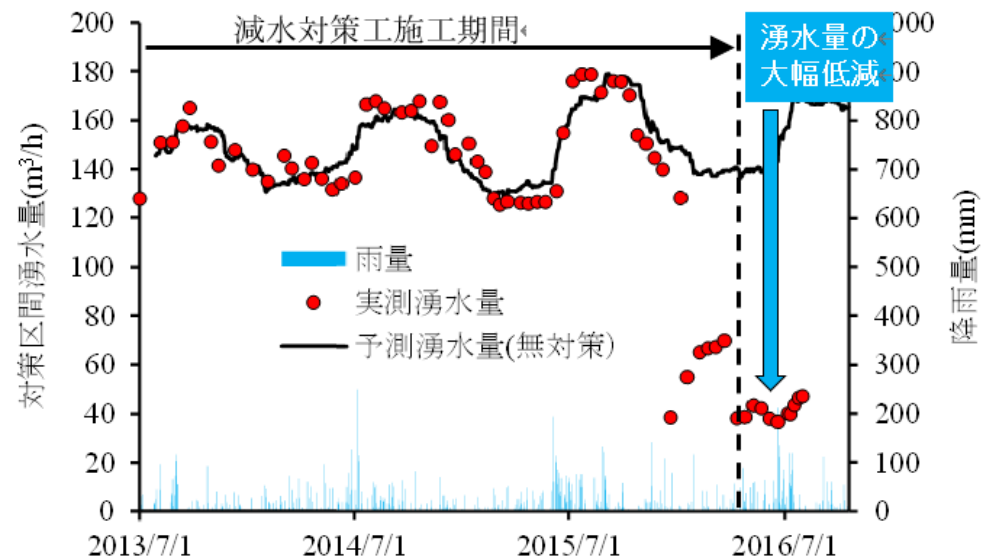
(9) 減水対策工（二次減水）

○ グラウチングにより，透水係数の低減が図られ湧水量が減少

ルジオンマップ（改良後・②区間）



透水係数の低減
 ◎改良前 $4.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$
 $\Rightarrow 2.4 \times 10^{-8} \text{m/s}$ (0.24ルジオン)に低減された。



対策区間湧水量経時変化図 (TD1800-1900)

湧水量の低減
 ・TD1800～1900区間：約 $115 \text{m}^3/\text{h}$ の減少。
 ・TD1500～1800区間：約 $15 \text{m}^3/\text{h}$ の増加。
 ・TD1900～2200は区間：約 $20 \text{m}^3/\text{h}$ の増加。
 ◎全体的には、約 $110 \text{m}^3/\text{h}$ の減少となった。

1 北薩トンネルの被災状況について

(10) 被災後の土砂量の状況

- トンネル内に流入した土砂は、約120m区間（出水市側60m，さつま町側60m）に堆積
- 土砂量は約2,350m³，7月28日以降に新たな土砂流入は確認されていない

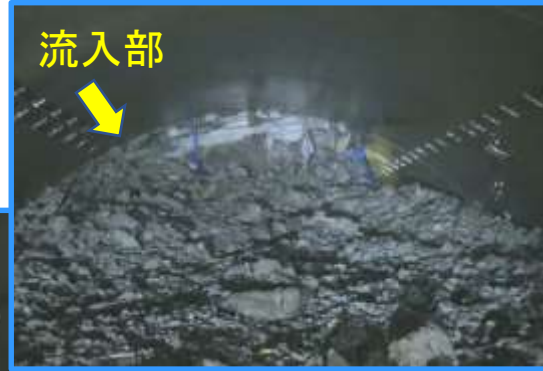
被災箇所(さつま町側)

流入した土砂が溜まっている。
さつま町側から湧水は見えない。

令和6年8月2日撮影



流入部



被災箇所(出水市側)

流入した土砂が溜まっている。
湧水があり，出水市側方向に流れている。

令和6年8月2日撮影

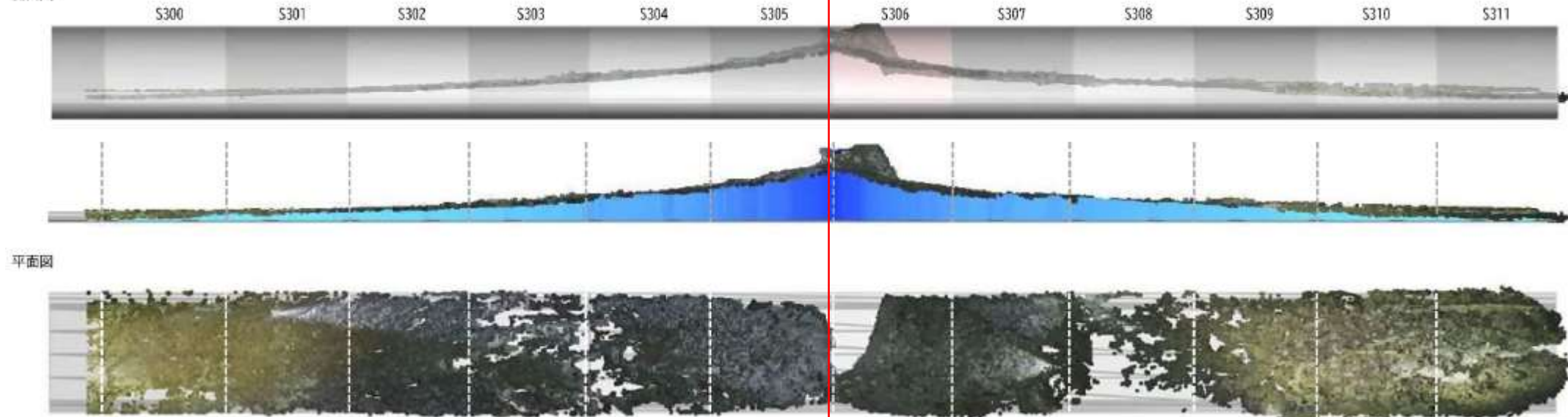


湧水

流入部



土砂流入状況(縦断)



至 さつま町

全体 L=約120m, 約2,350m³

至 出水市

さつま町側 L=約60m, 約1,170m³

出水市側 L=約60m, 約1,180m³

1 北薩トンネルの被災状況について

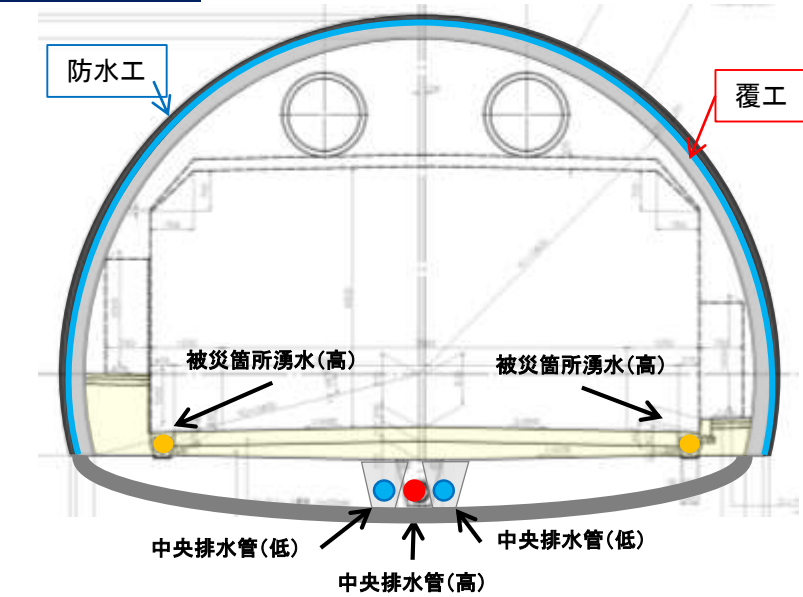
(11) 被災後の湧水量・覆工コンクリートの状況

- 被災箇所からの湧水量は、26日に最大約600m³/hを観測後、直近では約170m³/hで推移
- 覆工コンクリートは、被災後ひび割れ（クラック）の拡大など、顕著な変動はみられない

○排水状況図



標準断面図



○覆工コンクリートの状況



○湧水量の状況

日付	中央排水管(高)	中央排水管(低)	被災箇所湧水(高)	トンネル 全体量 計	備考		
	①	②	③+⑤		③	④	⑤
7月26日	360	139	639	1,138	468	310	171
7月30日	360	99	164	623	77	186	87
8月9日	360	85	119	564	36	168	83
8月20日	360	71	159	590	76	154	83
8月23日	360	47	171	578	76	142	95
8月27日	360	40	171	571	76	135	95
9月2日	360	135	171	666	76	230	95

1 北薩トンネルの被災状況について

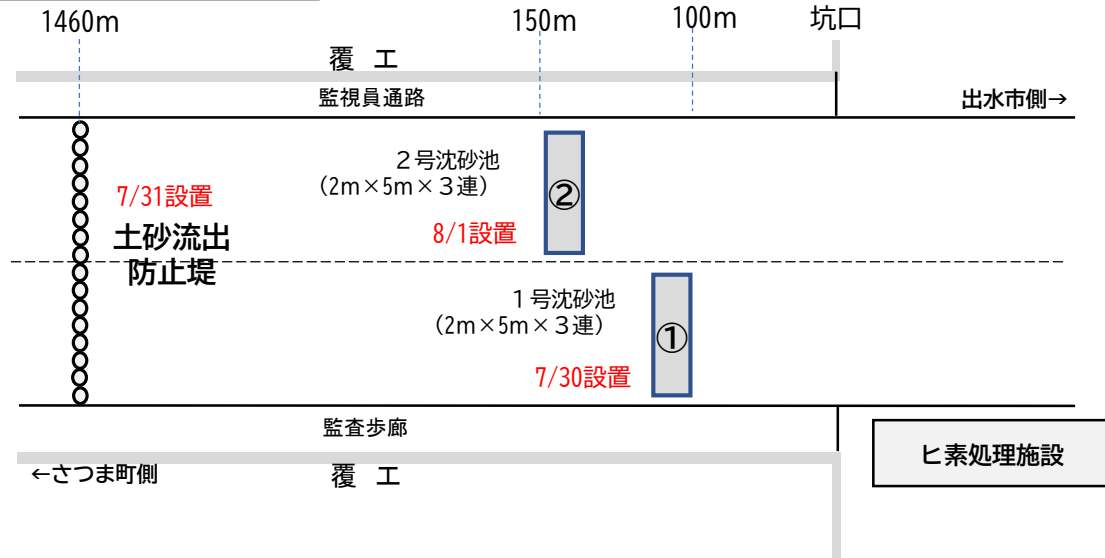
(12) これまでの対応状況（土砂流出防止対策）

- 土砂流入が発生した場合に備えて、坑口から1,460m地点に土砂流出防止堤を設置
- 湧水の濁りを除去するため、坑口から100m付近に沈砂池を2基設置

土砂流出防止堤(出水市側坑口より1460m地点)



対応状況



沈砂池(出水市側坑口より100~150m地点)

2号沈砂池



1号沈砂池



濁度低下

1号沈砂池



1 北薩トンネルの被災状況について

(13) これまでの対応状況（高尾野川の水質分析）

- ヒ素濃度は、災害発生後から、高尾野川の定点観測を4箇所を実施
- 桜橋（環境基準点）においては、7月25日から27日にかけて、一時的に高い濃度を観測、28日以降、環境基準値（0.01mg/l）を若干上回っている
- 災害発生以降も全観測箇所でも農業用水基準（0.05mg/l）を下回っている

環境基準値0.01mg/l(桜橋), 農業用水水質基準0.05mg/l

○ヒ素濃度測定結果

採水箇所（高尾野川）	抗口からの距離	令和5年度 12回/年 平均値	令和6年																				
			被災後2週間														最近の1週間						
			7月25日 木	7月26日 金	7月27日 土	7月28日 日	7月29日 月	7月30日 火	7月31日 水	8月1日 木	8月2日 金	8月3日 土	8月4日 日	8月5日 月	8月6日 火	8月7日 水	8月26日 月	8月27日 火	8月28日 水	8月29日 木	8月30日 金	8月31日 土	9月1日 日
① トンネル抗口付近		0.007	0.062	0.045	0.023	0.012	-	-	0.011	0.011	0.020	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.016	0.017	0.014	-	-	0.004	0.005
② 桜橋：環境基準点	約2.4km	0.007	0.019	0.035	0.034	0.012	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011	0.013	0.013	0.013	0.012	-	-	0.004	0.005
③ 八久保頭首工	約7.0km	0.006	-	0.014	0.020	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011	0.009	0.012	0.008	0.009	0.008	0.009	0.010	0.010	0.009	-	-	0.006	0.005
④ 出水大橋	約14.0km	0.003	-	0.006	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	-	-	0.003	0.003

定点観測箇所 ○ 4箇所



7月25日(木)～27日(金)
桜橋のヒ素濃度が高い要因として、トンネル変状に伴うトンネル内からの湧水増加及び処理施設への土砂流入等に伴う一時停止による影響と思われる。

1 北薩トンネルの被災状況について

(14) これまでの対応状況（高尾野川の河川状況監視）

○ 土砂流出に伴い、高尾野川の濁りが一時的に発生したものの、現在は湧水量の減少に伴い、濁りもほぼ見られない

