

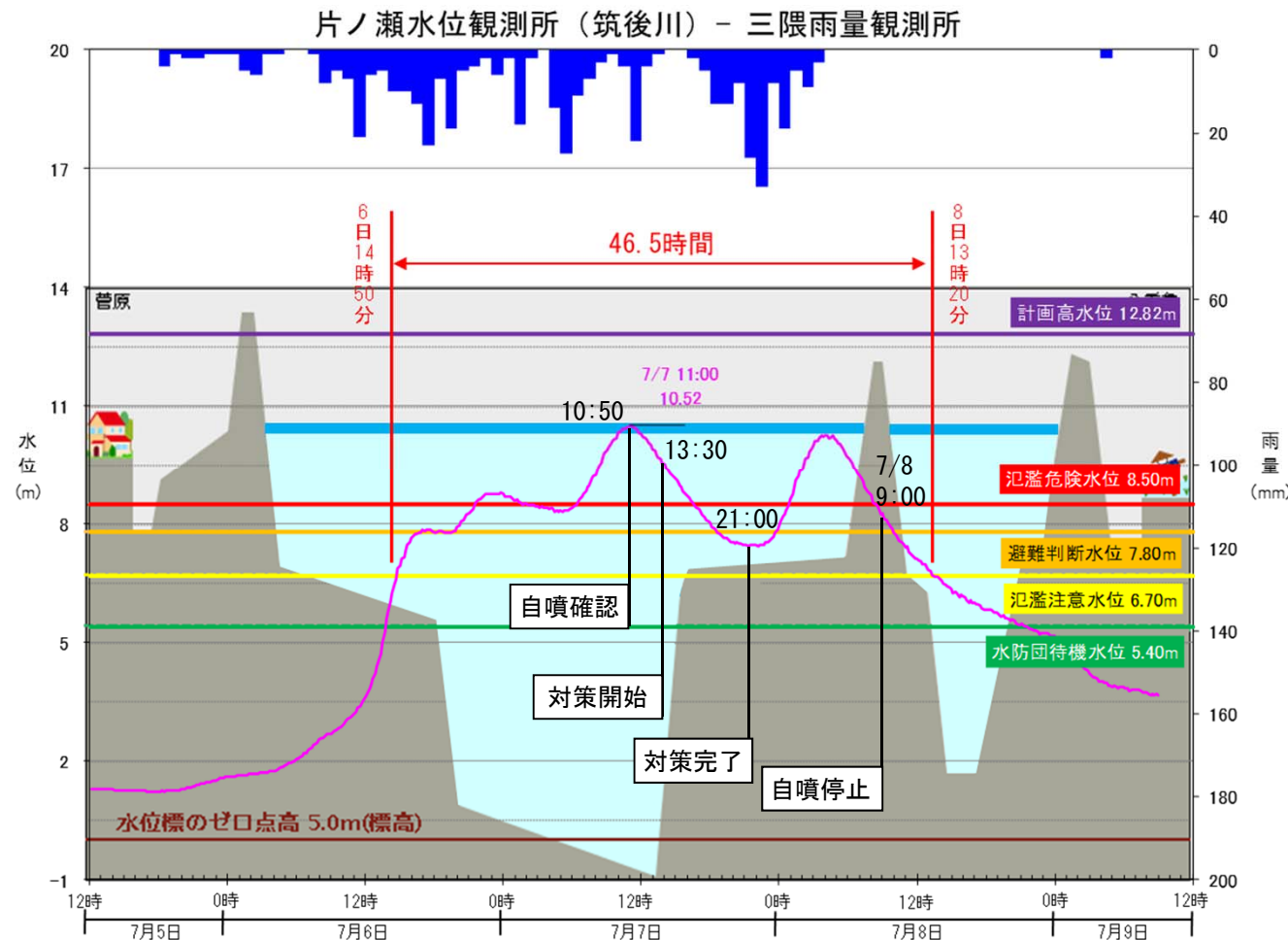
筑後川堤防調査委員会

九州地方整備局
令和2年8月7日

- ・堤体部の透水係数は、被災箇所 の堤体部でボーリング調査を実施して設定する必要がある。
- ・堤防の地質調査は、横断的に基礎地盤も含めて実施する必要がある。
- ・パイピング対策として矢板を施工した箇所 の状況を確認して対策工を判断する必要がある。
- ・湧水する現象は、堤体の下部から出る場合や堤体法尻部から出る場合がある。また、雨の影響により発生する場合もあるため、発生源の推定が必要。
- ・地下水位が上昇した際にエアーが噴く現象が発生すること も想定される。

2. 変状発生時の現地状況

筑後川右岸39k600付近（久留米市北野町金島）において、7月7日10:50頃堤内地側に自噴を確認。同日13時30分、応急対策（月ノ輪工）に着手し、同日21時に完了。翌日7月8日9時頃に自噴が停止しているのを確認。
今回の出水は、筑後川上流域で時間雨量20～30mmの強い雨が長時間に渡って降り続き、片ノ瀬水位観測所では7月7日11時に過去最高水位（10.52m）を記録しており、筑後川の水位がピークの時に自噴が発生している。



7月7日 10:50



7月7日 13:30～



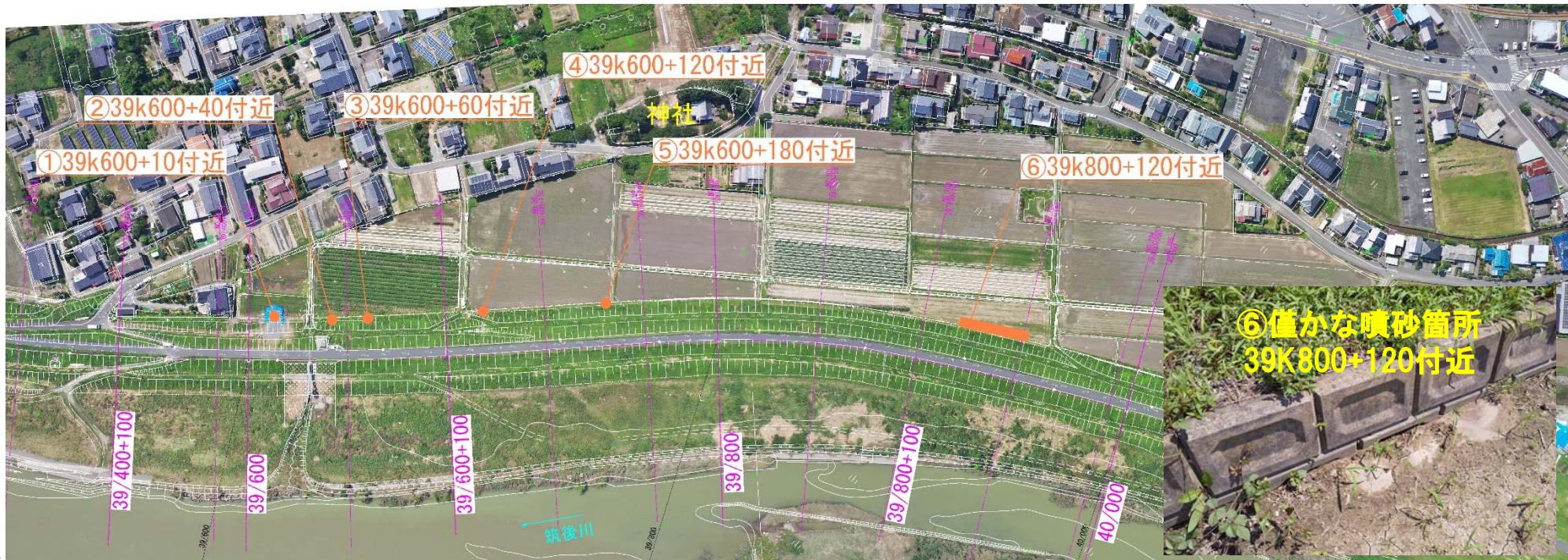
7月7日 21:00



7月8日 13:00

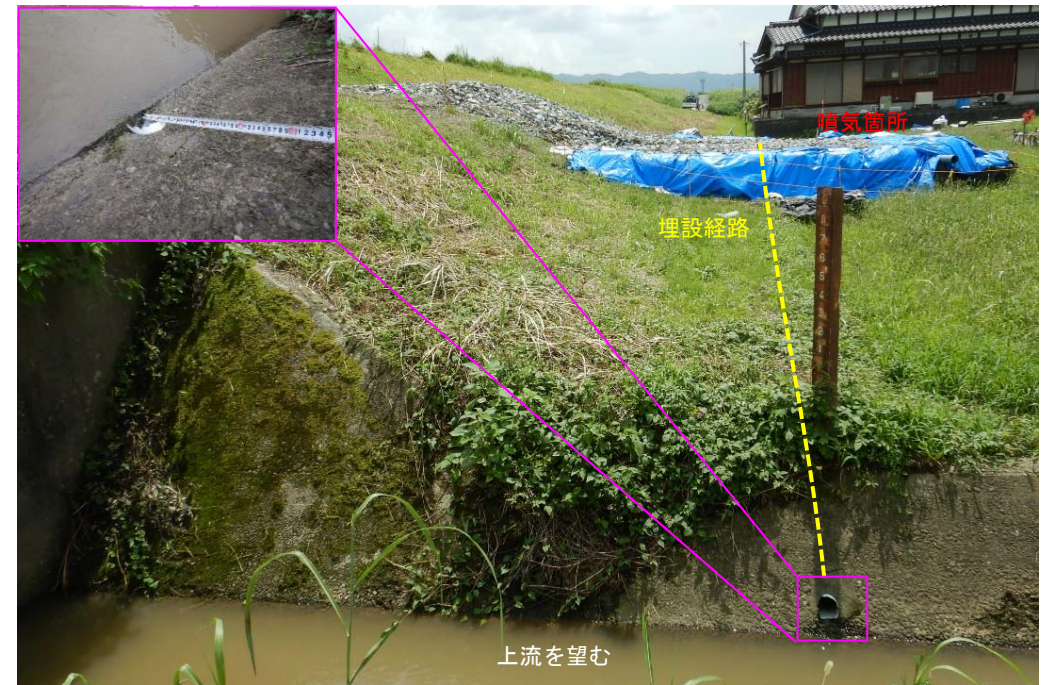
3. 自噴箇所周辺の踏査結果

- ・「①39k600+10付近」に大きな自噴箇所が確認された。自噴には僅かな砂分の流出はあるものの、多量の湧水や噴砂は確認されていない。
- ・少量の砂の流出箇所が上記箇所以外に「④39k600+120」「⑤39k600+180」「⑥39k800+120」の3箇所で確認された。噴出した砂は、微細～細砂である。
- ・発生直後の現地調査で「②39k600+40」「③39k600+60」の2箇所で僅かな湧水も確認された。



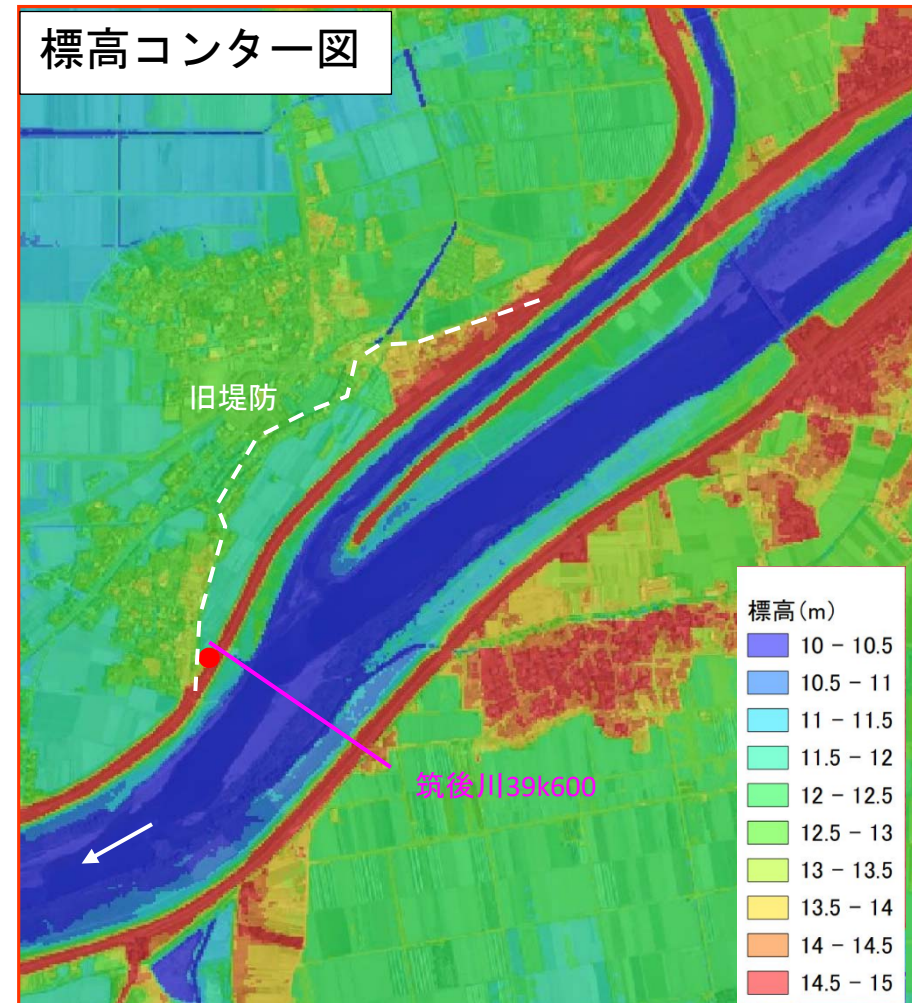
3. 自噴箇所周辺の踏査結果

自噴箇所付近には、埋設管(塩ビパイプ)が存在していることを確認した。埋設管は、生活排水等処理のため下図に示すよう堤防と並行するような経路で敷設されている。なお、地元住民からの聞き取りによると、埋設管は地表から約60cmの深さに敷設されている。



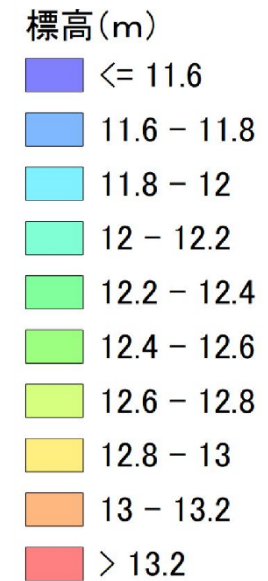
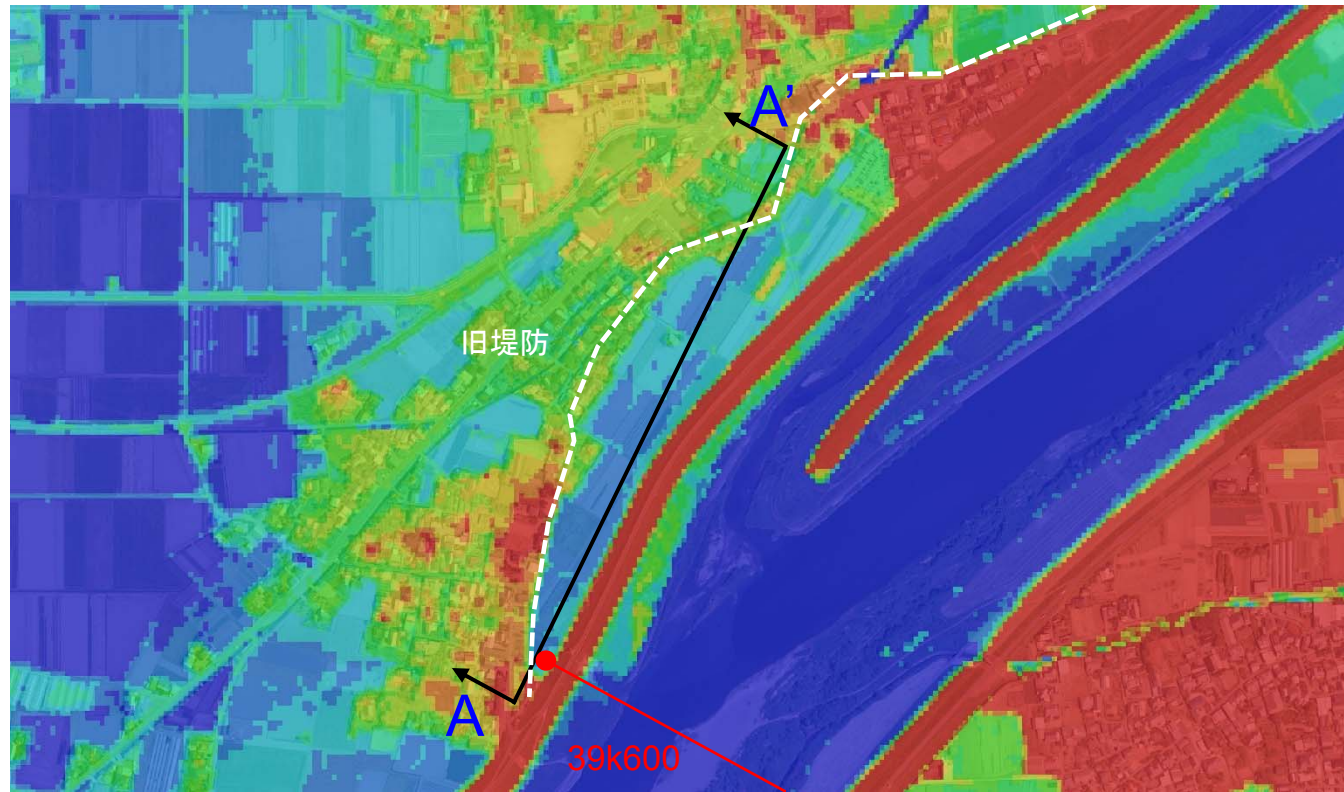
4. 金島地区周辺の変遷

金島地区については、金島捷水路工事(S7～S26)に合わせて昭和20年代に現在の堤防が完成している。
今回の自噴発生箇所については、旧堤防と現堤防に囲まれた箇所に位置しており、周辺と比べて標高が低い。



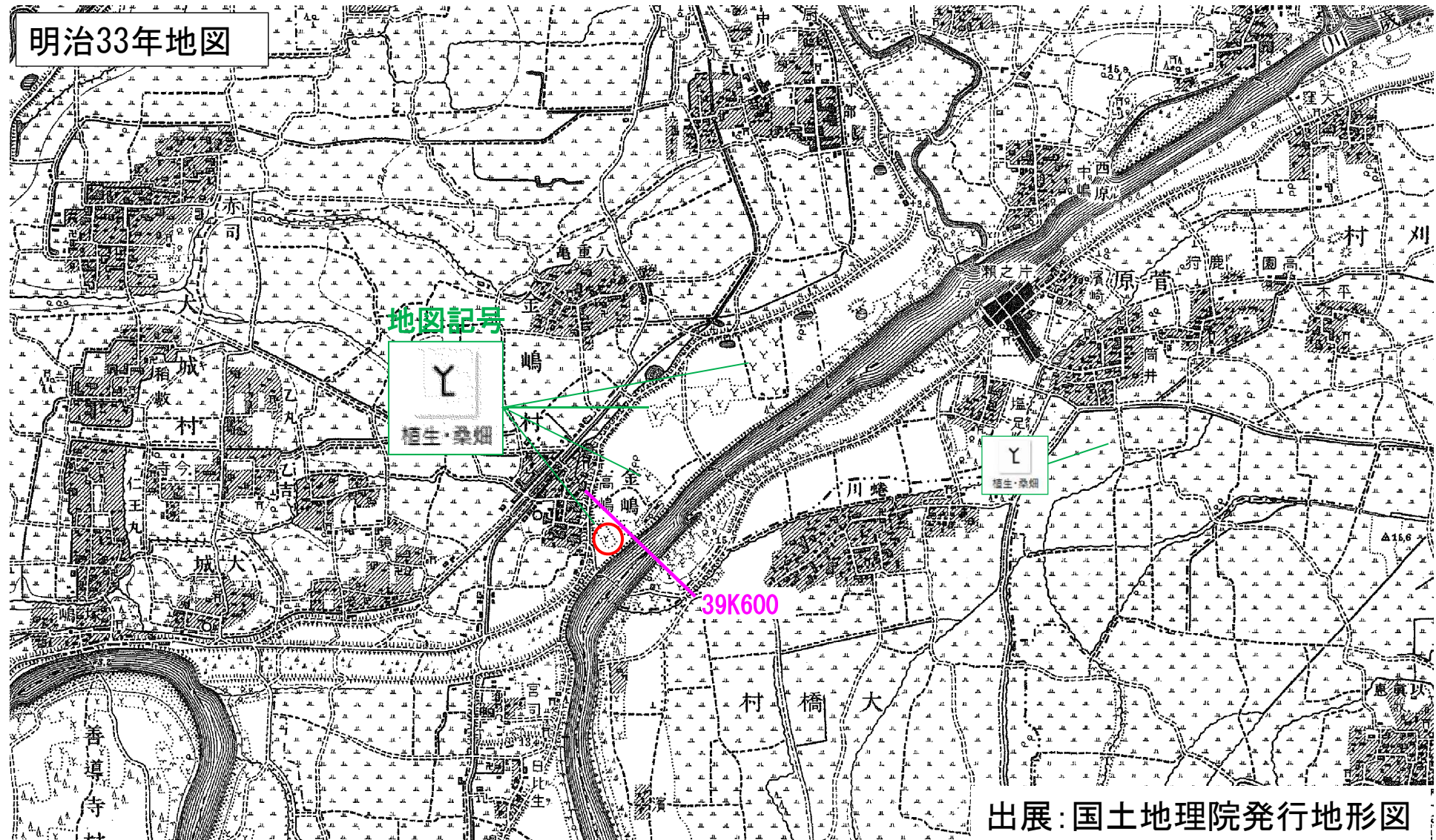
4. 金島地区周辺の変遷（旧堤防と現堤防に囲まれた農地の高さ）

自噴発生箇所は、旧堤防と現堤防に囲まれた中では地盤高が最も低い。



4. 金島地区周辺の変遷

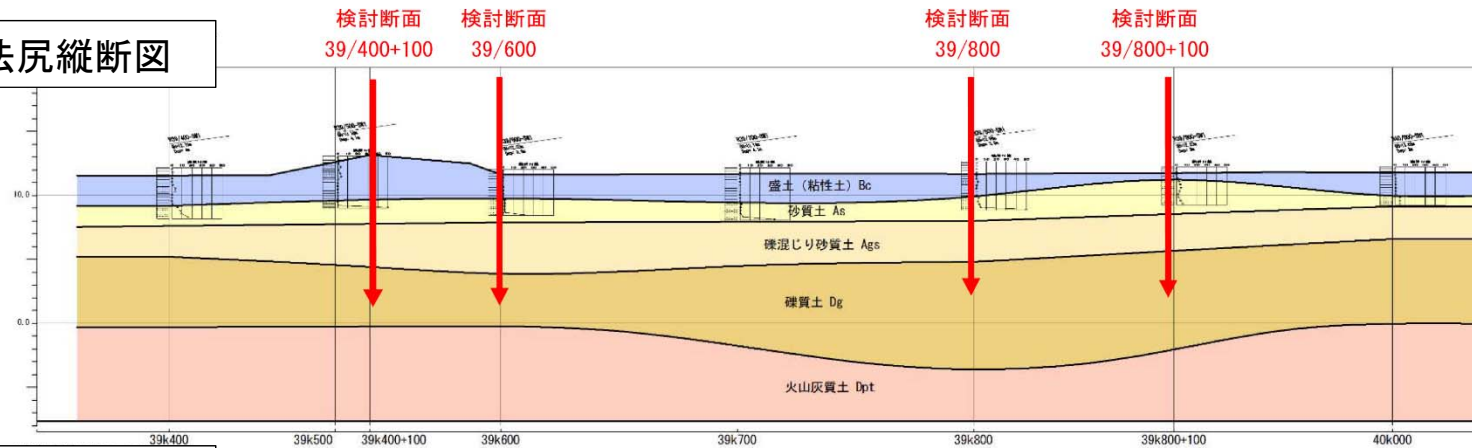
明治33年の地図を確認すると、金島地区において桑畑の記号の表記があることから、当該地では過去に桑畑が存在していたと考えられる。文献によると、桑の根は地表下3~4mまで広がるといわれており、地層構成に影響を及ぼしている可能性がある。



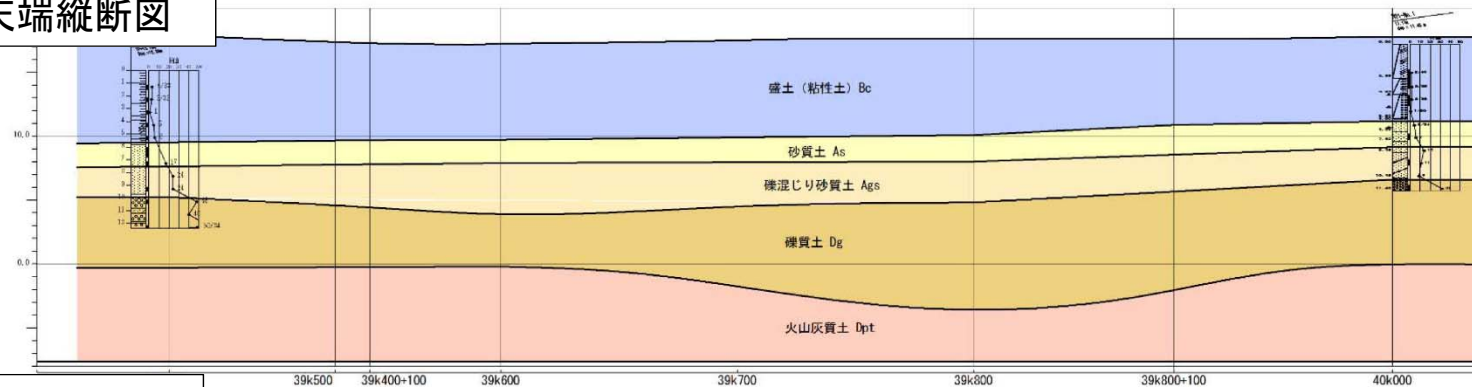
5. 既往調査での地層区分

これまでに行われた地質調査結果では、当該地は以下のような地層区分になっている。川裏法尻部についてはボーリングの実施が無く「スウェーデン式サウンディング試験」と「物理探査」による想定となっている。

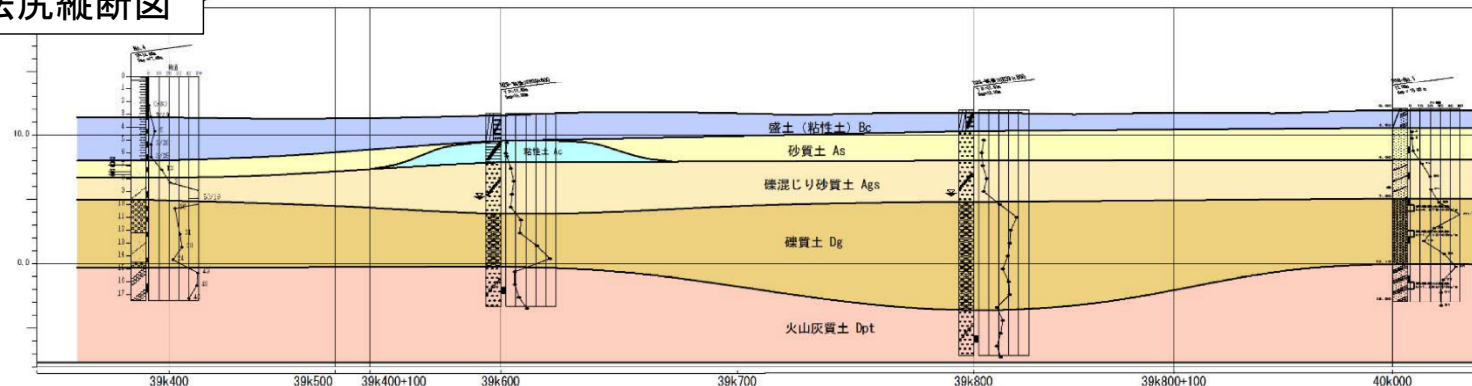
川裏法尻縦断面図



堤防天端縦断面図



川表法尻縦断面図



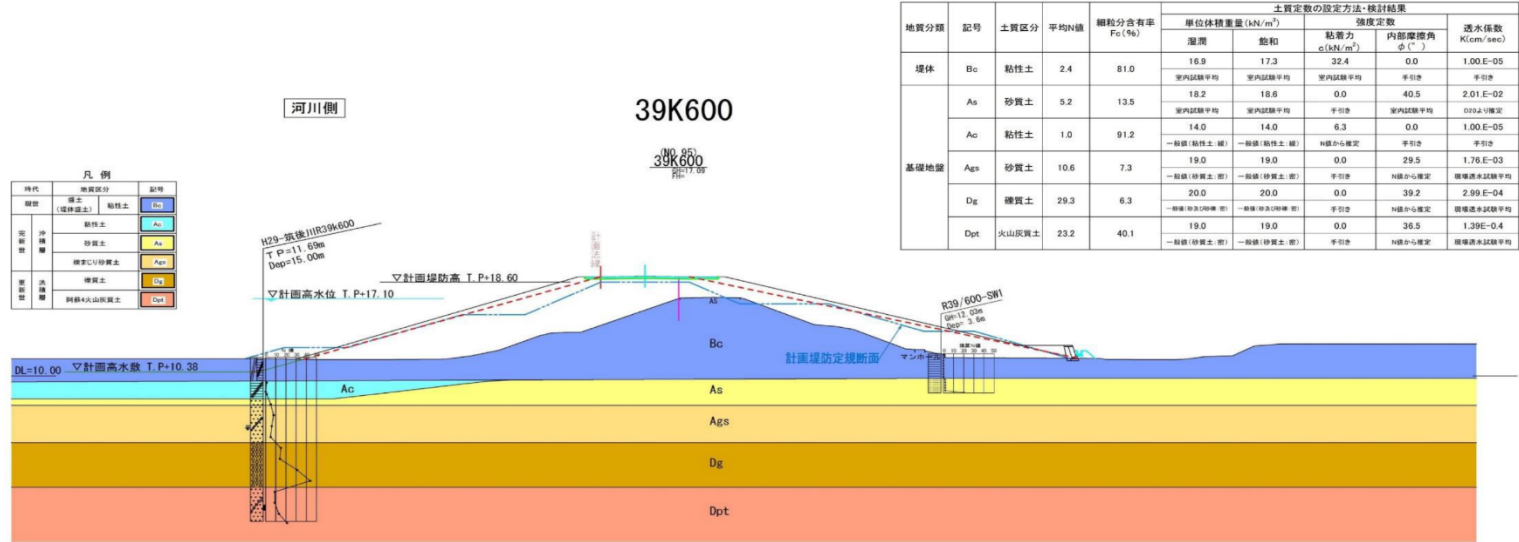
凡 例

時代	地質区分		記号
現世	盛土 (堤体盛土)	粘性土	Bc
完新世	沖積層	砂質土	As
		粘性土	Ac
		砂質土	Ags
更新世	洪積層	礫質土	Dg
		阿蘇4火山灰質土	Dpt

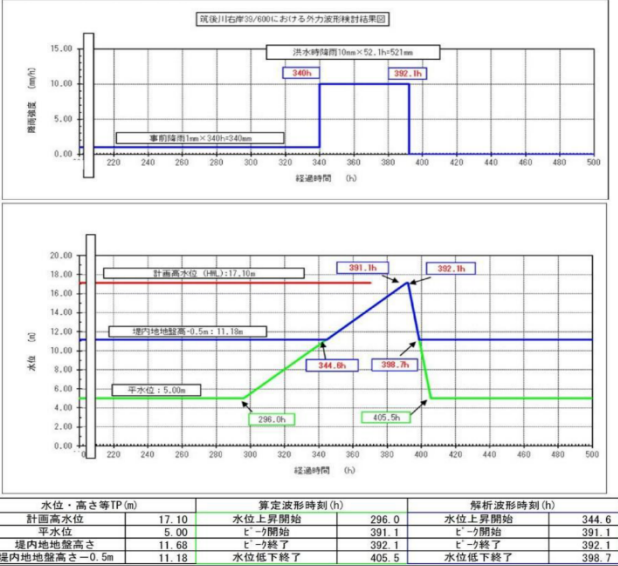
6. 既往設計で行われた現況堤防に対する安定性検討

判定項目	基準安全率	算出安全率			
		39K400+100	39K600	39K800	39K800+100
パイピングに対する安定性	$G/W \geq 1.00$	1.213	0.987	0.747	0.387
すべり破壊に対する安定性 (堤内側)	$F_s \geq 1.32$	2.782	2.229	2.112	1.973
すべり破壊に対する安定性 (堤外側)	$F_s \geq 1.00$	2.102	2.022	1.999	1.981

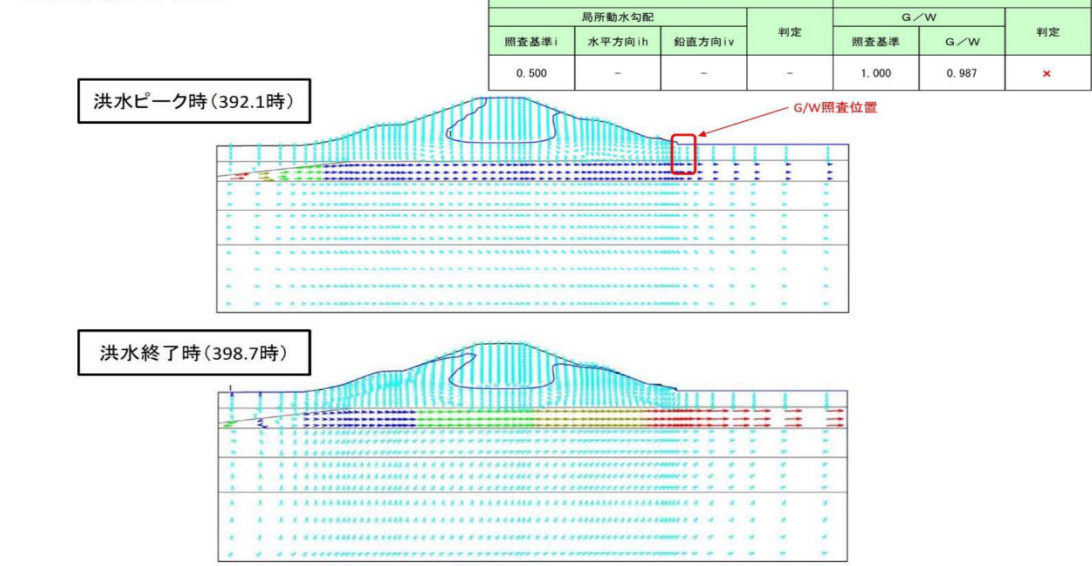
■地質断面図



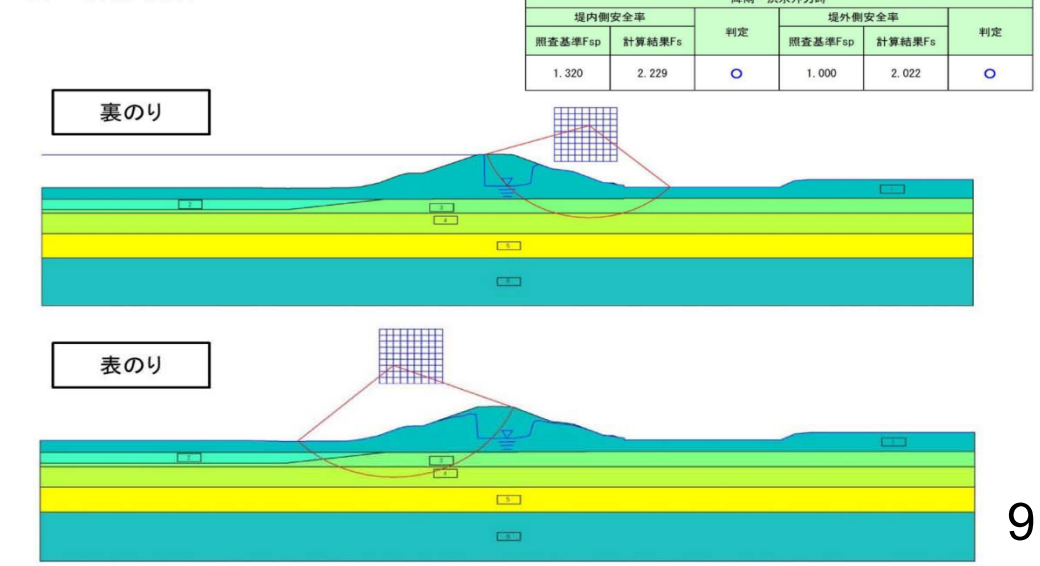
■設定外力条件



■浸透流解析結果



■安全計算結果

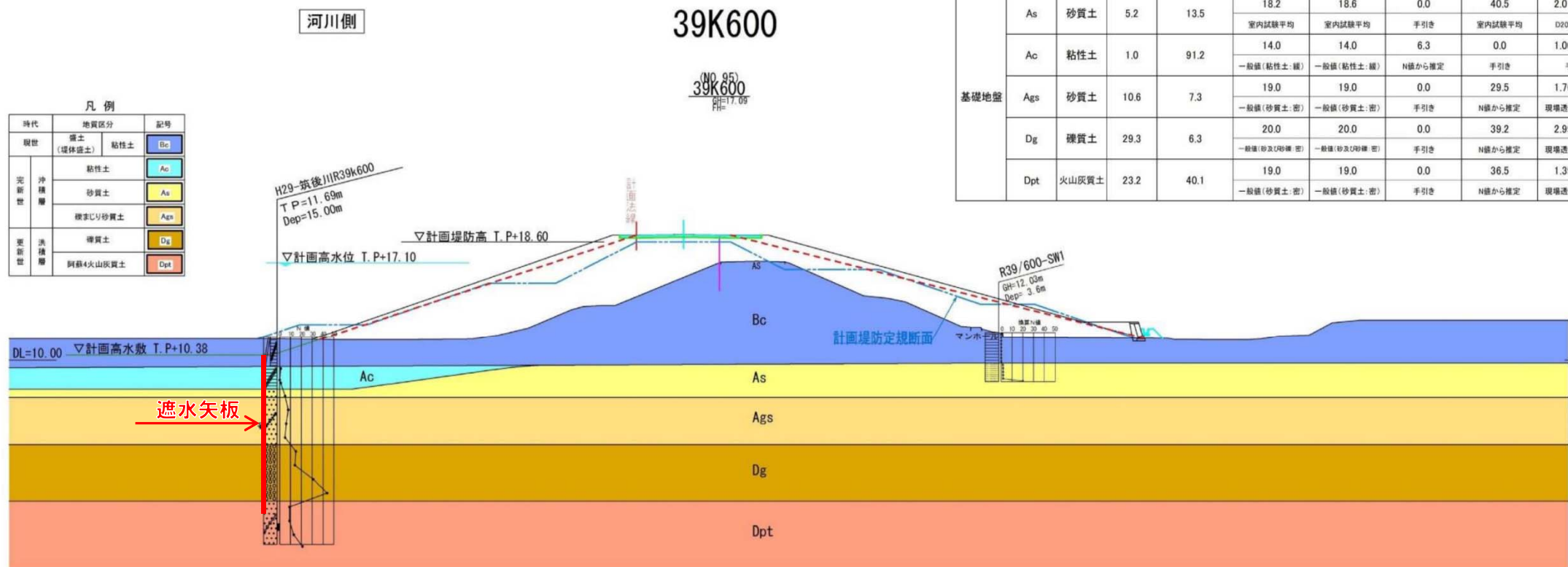


7. 既往設計で採用された対策工（案）

■地質断面図

凡 例

時代	地質区分	記号
現世	礫土 (堤体盛土)	Bc
	粘性土	Ac
	砂質土	As
完新世	礫まじり砂質土	Ags
	礫質土	Dg
更新世	阿蘇4火山灰質土	Dpt



■土質定数

地質分類	記号	土質区分	平均N値	細粒分含有率 Fc (%)	土質定数の設定方法・検討結果				
					単位体積重量 (kN/m³)		強度定数		透水係数 K(cm/sec)
					湿潤	飽和	粘着力 c(kN/m²)	内部摩擦角 φ (°)	
堤体	Bc	粘性土	2.4	81.0	16.9	17.3	32.4	0.0	1.00E-05
基礎地盤	As	砂質土	5.2	13.5	18.2	18.6	0.0	40.5	2.01E-02
	Ac	粘性土	1.0	91.2	14.0	14.0	6.3	0.0	1.00E-05
	Ags	砂質土	10.6	7.3	19.0	19.0	0.0	29.5	1.76E-03
	Dg	礫質土	29.3	6.3	20.0	20.0	0.0	39.2	2.99E-04
	Dpt	火山灰質土	23.2	40.1	19.0	19.0	0.0	36.5	1.39E-04
					室内試験平均	室内試験平均	室内試験平均	手引き	手引き
					一般値 (粘性土: 緩)	一般値 (粘性土: 緩)	N値から推定	手引き	手引き
					一般値 (砂質土: 密)	一般値 (砂質土: 密)	手引き	N値から推定	現場透水試験平均

※現況堤防に対して評価しており、計画堤防への断面拡大は考慮していない。

【39k600の対策完了後の安定検討結果】

○パイピングに対する安定性 $G/W=1.274$ …… OK

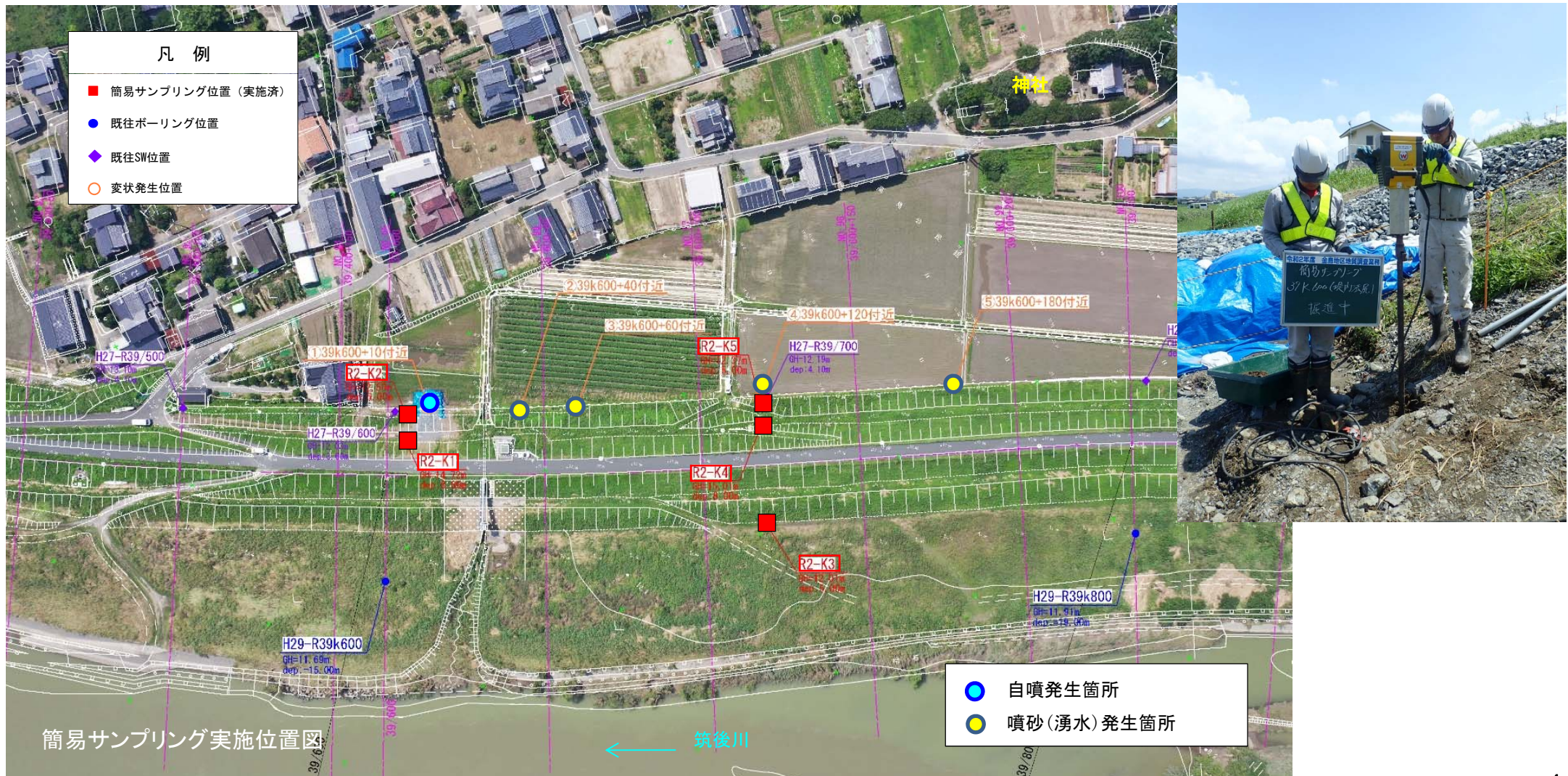
○すべり破壊に対する安定性(堤内側) $F_s=2.229$ …… OK

○すべり破壊に対する安定性(堤外側) $F_s=2.022$ …… OK

8. 第1回堤防委員会以降に実施した調査結果

○簡易サンプリング

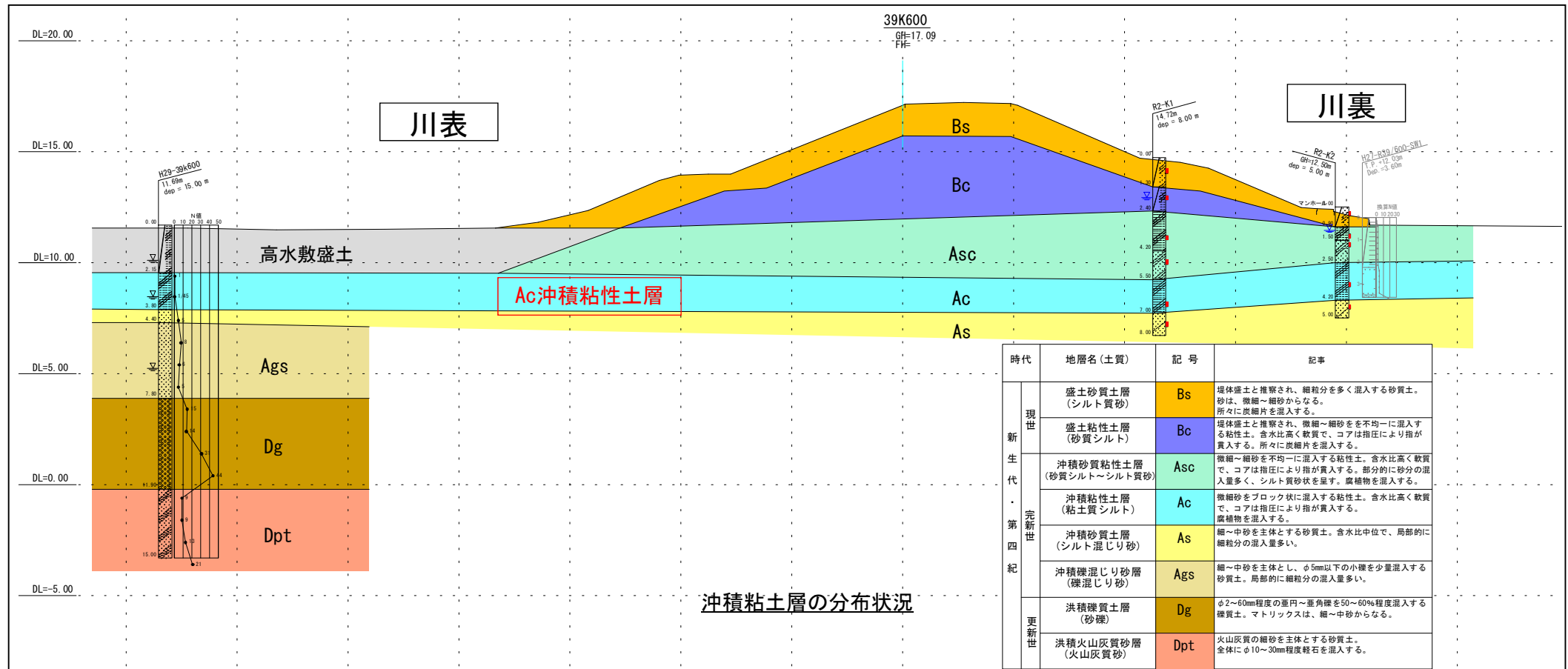
「自噴発生箇所①地点」および「噴砂発生箇所④地点」に隣接する以下に示す5箇所で簡易サンプリングを実施した。



8. 第1回堤防委員会以降に実施した調査結果

○簡易サンプリング

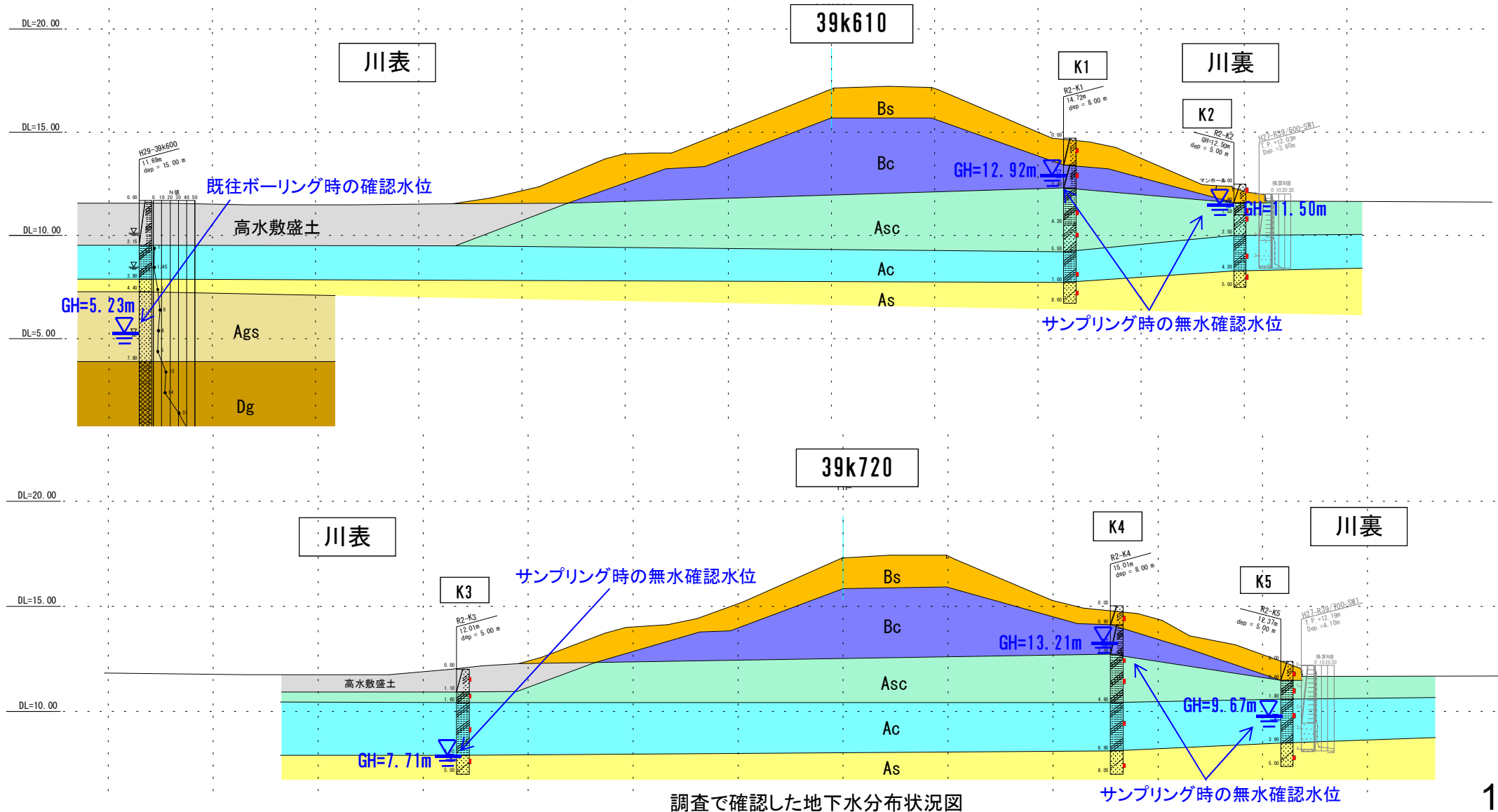
- ・既往調査では、39k600付近では川表にのみ盛土下位に難透水性の沖積粘性土(Ac層)が分布している想定であったが、川裏側に向けてAc層が連続して分布している。
- ・分布するAc層は、川裏側法尻付近で分布標高が若干高くなっている。
- ・39k720付近でも同様に沖積粘性土が川表側から川裏側に連続して分布している。



8. 第1回堤防委員会以降に実施した調査結果

○地下水測定

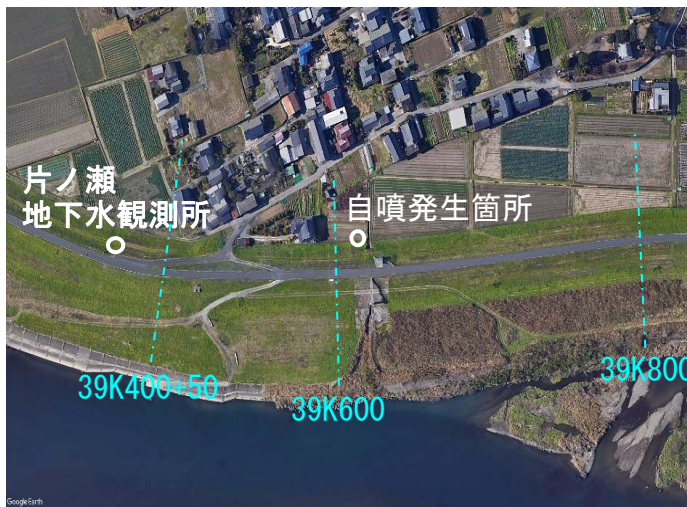
簡易サンプリング時の無水掘りの水位確認結果(7/17 15時頃)は、川裏側で水位標高が高く、川表側では水位標高が低いことが確認された。



8. 第1回堤防委員会以降に実施した調査結果

○地下水測定

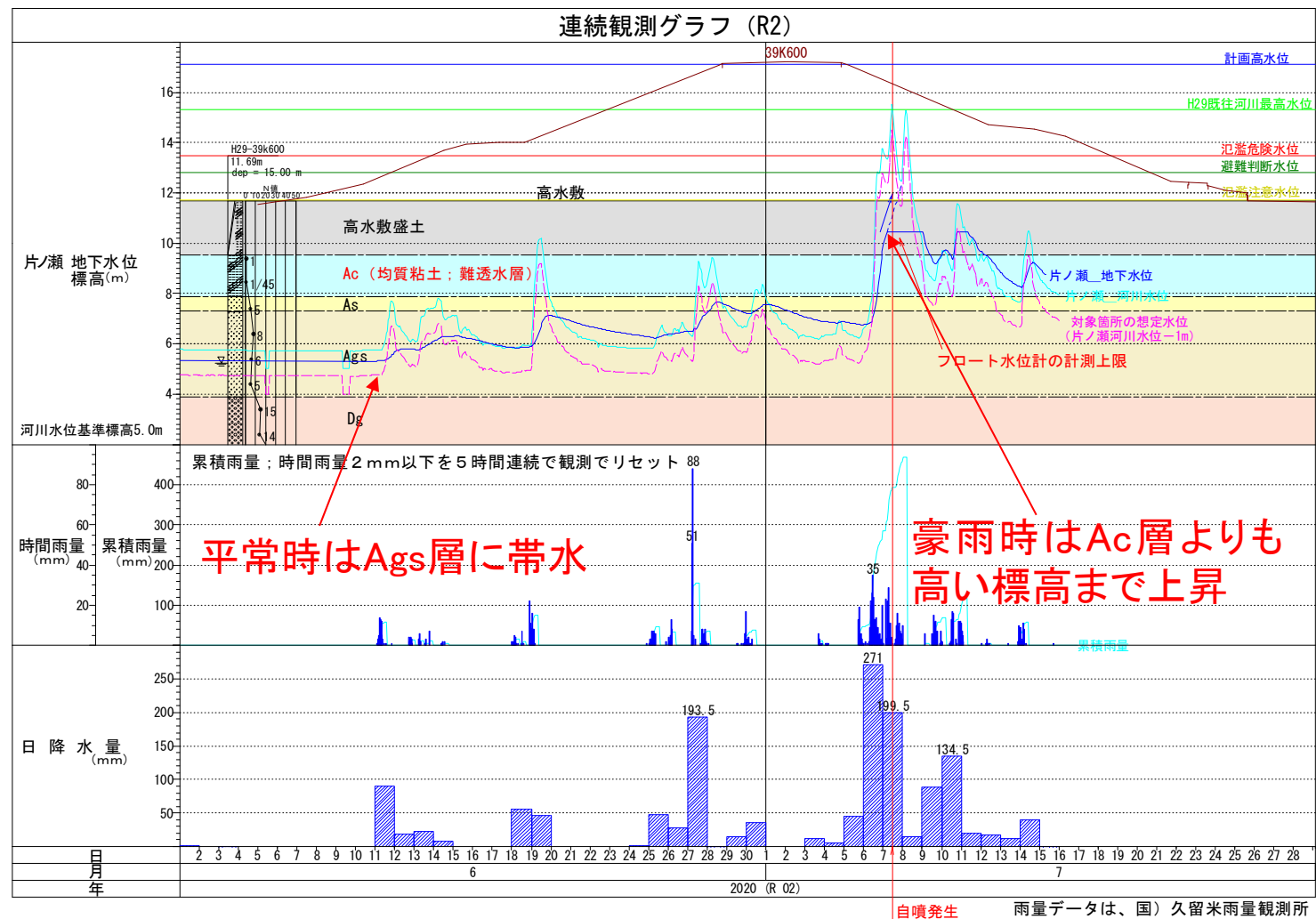
近隣の片ノ瀬地下水観測所(39k400付近)と片ノ瀬河川水位観測所(40k600付近)の観測データの取り纏めを行った。



- ①常時はAgsもしくはAs層中に水位が存在し、河川水位よりも高い
- ②難透水層Ac層より高い標高まで水位上昇を確認した



平常時は、河川水位(堤外)よりも地下水位(堤内)の方が高いことから、平常時は堤内地から河川側に向けて水が流れていることが想定される



8. 第1回堤防委員会以降に実施した調査結果

○地下水測定

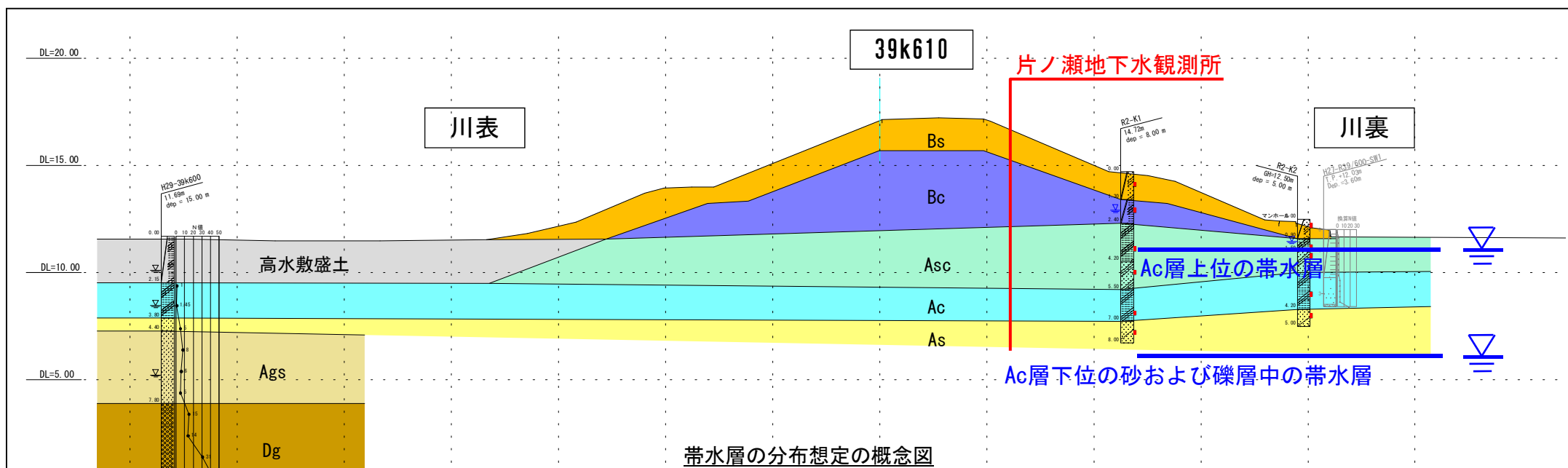
以上の片ノ瀬地下水観測所の今年度観測データと現地調査(踏査, 簡易サンプリング)の結果から、現地地下水について以下のような状況であると推察した。

①Ac層の上位地下水と下位地下水の存在

現地の地下水は難透水層であるAc層を境界として、上位、下位の2層存在すると考えられる。

②下位地下水と河川水との連動

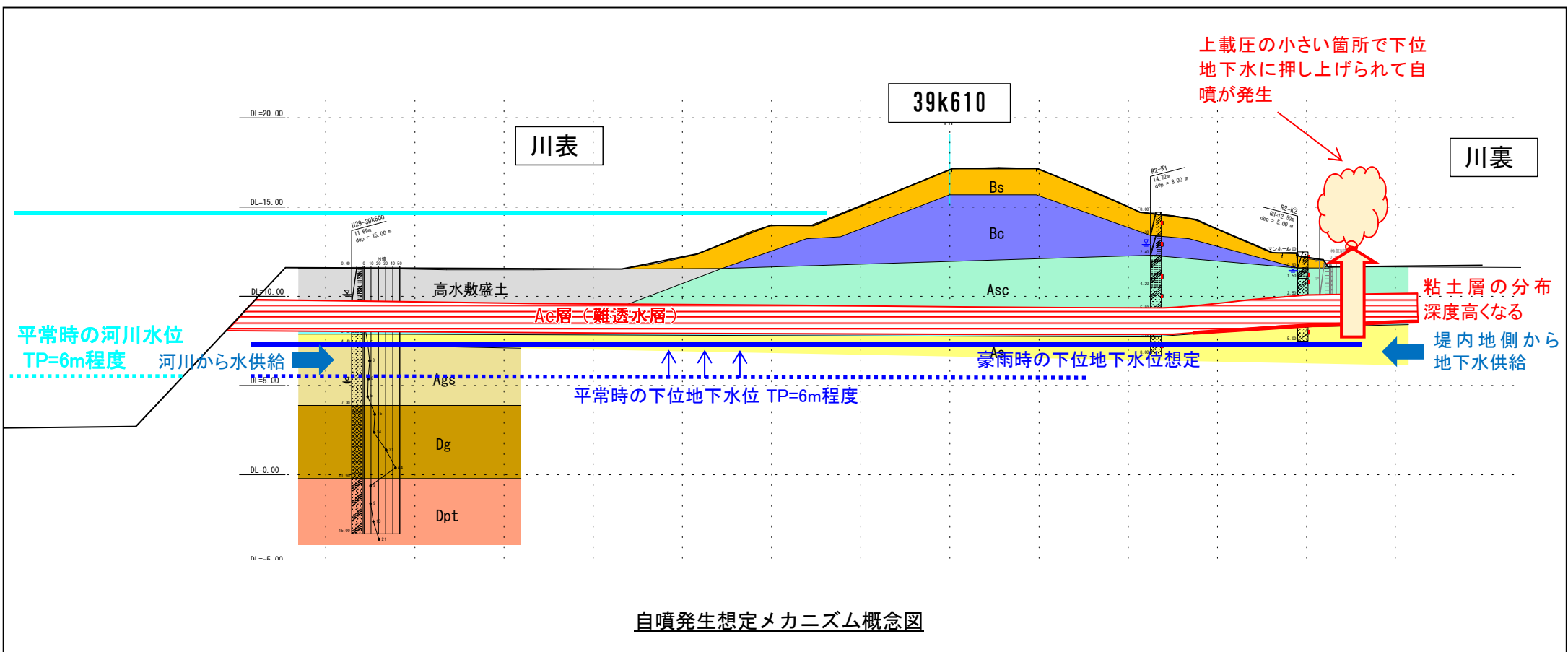
「河川水位」と「地下水位」の動きは連動している。河床にはAsおよびAgs層が連続して分布している可能性が高く、下位地下水は河川水と連動している可能性がある。



9. 変状発生の変因の推定

○自噴発生の変メカニズム

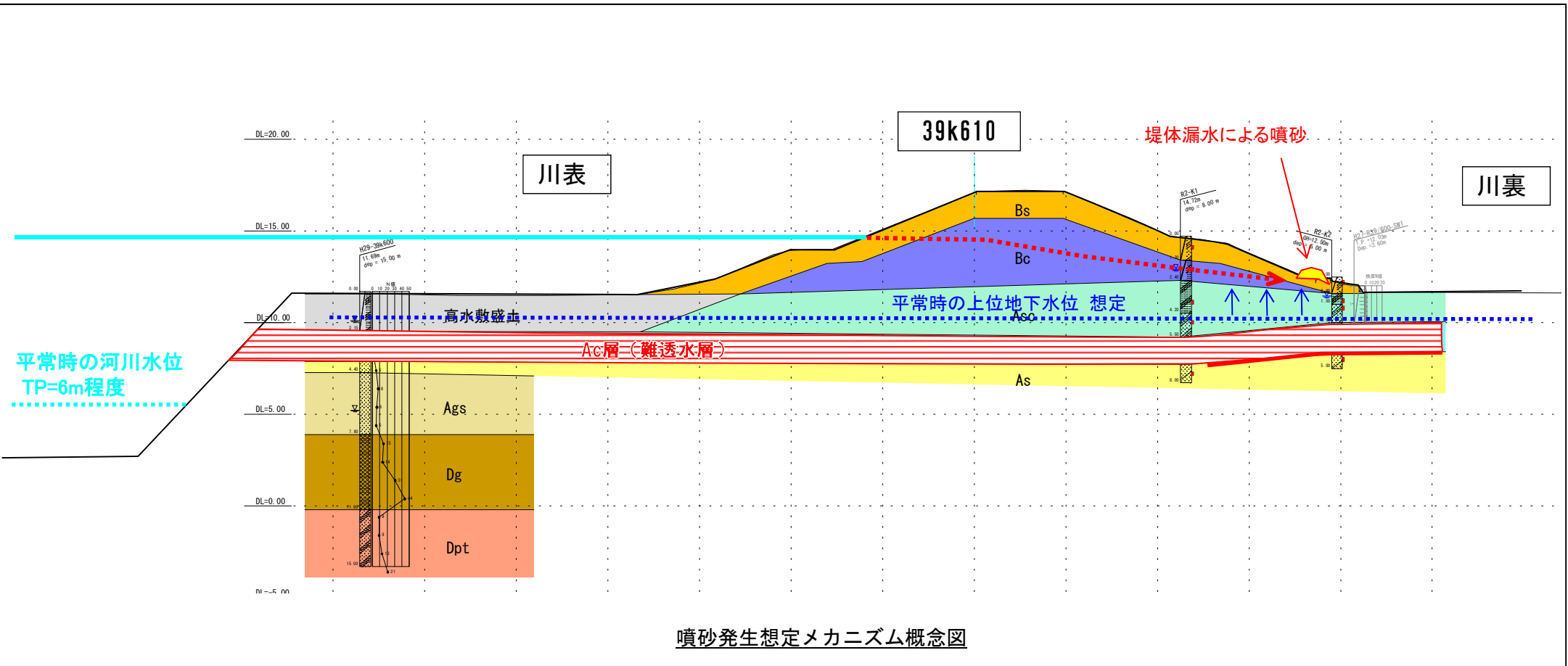
河川及び堤内地側から供給された下位地下水が透水層であるAs, Ags層の中を急上昇し、同層の空気を押し上げて、上載荷重が小さい川裏法尻位置で自噴したと推察される。



9. 変状発生の変因の推定

○噴砂発生の変因のメカニズム

河川水位や堤内側の上位地下水の水位上昇によって堤体漏水が発生し、パイピングによる堤体盛土の噴砂が生じていると推察される。



1. 安全性確認のための短期的調査(約1ヶ月を想定)

- ・追加のサンプリング調査によって難透水性の粘性土層が従来の想定よりも厚く存在することを確認。
→引き続き、縦断的な地質調査、透水試験を実施し、当該地区の地層区分を精査。
 - ・自噴箇所周辺では、過去の桑栽培や埋設管の埋設を確認。
→トレンチ調査を実施し、自噴現象との関連を調査。
 - ・対策工が必要となった場合、流動性が高い砂礫層の地下水を踏まえた対策を検討。
- ※対策については、来年出水期までの実施を想定。

2. メカニズム検証のための中期的調査(2～3年を想定)

- ・地下水計及び堤内地を含めた広域的な地下水位の観測、地下水の流向・流速等のモニタリングを行い、想定メカニズムの検証を行っていく。

○地質調査

- ・調査ボーリングは後述する地下水調査も考慮して配置する。
- ・調査ボーリングの配置は、「自噴の発生した周辺の地層把握」「旧堤防の堤内位置で且つ自然堤防でない箇所での地層状況を把握」「対象範囲上流側の地層状況を把握」できる様な配置を考える。
- ・浸透流解析に資する地層毎の透水性を把握するために、地層毎の現場透水試験を実施する。
- ・ボーリングの調査深度は、火山灰質砂質土層の確認までとする。
- ・簡易サンプリングは、難透水層の層圧把握を考慮し、As層の確認までとする。
- ・自噴現象は、過去の桑の栽培による「植物根由来の穴」や「伐根による粘性土(Ac)の層厚変化」が原因の可能性も考えられる。トレンチ掘削を行って地層状況を確認する。
- ・噴砂箇所についても、堤体の構造を確認するため川裏法尻付近のトレンチ掘削を実施する。

○地下水調査

- ・地下水調査は、調査ボーリング孔に保孔管を設置して行う。
- ・想定した上位，下位地下水の2帯水層があるかどうかの確認および水位変動の状況が確認できるように水圧水位計設置を計画する。
- ・変状のメカニズム解明の基礎資料とするために、流向流速計を用いて地下水の流向を確認する。流向流速計計測は、常時と河川水位上昇時に行う計画とする。
- ・上位地下水と下位地下水の供給源の確認のため、それぞれの地下水を採水してイオン分析を行ってヘキサダイアグラムの形状比較を行う。
- ・周辺住民へ井戸情報や河川水上昇時に井戸に変化（濁りや気泡発生）が見られないかなどの情報の聞き取りを行う。

○その他

- ・自噴箇所ので体の変状の有無を確認するため堤体の横断測量を行う。
- ・河川水位と堤内水位の関連性を確認するために水位観測を行う。

調査計画平面図 S=1:1,000 (A1)



調査地点 (位置)	調査位置の選定理由	地質調査項目	地下水調査項目	調査地点 (位置)	調査位置の選定理由	地質調査項目	地下水調査項目
R2-No. 1 (39k600+5.0 堤防肩)	変状（自噴）が激しく発生した箇所の堤外地側の横断的な地層の分布を把握のための位置を選定。	・調査ボーリング ・標準貫入試験 ・サンプリング ・室内土質試験	・現場透水試験 ・水圧水位計観測 ・流向流速測定	簡易サンプリング (R2-K6~K12)	ボーリングデータの補完を行い、面的な地層把握を考え、堤内、外の法尻箇所および計画盛土法尻位置を選定した。	・コア採取 ・室内土質試験	・掘進時の水位確認
R2-No. 2 (39k600+5.0 堤内平地)	変状（自噴）が激しく発生した箇所の堤内地。横断的な地層の分布や地下水の帯水層や変動状況把握のための位置を選定。上位地下水と下位地下水把握のため、1箇所では2本のボーリング実施を計画。	・調査ボーリング ・標準貫入試験 ・室内土質試験	・現場透水試験 ・水圧水位計観測 ・流向流速測定	トレンチ掘削（堤内）	自噴箇所における局所的な地層変化等を確認するためトレンチ掘削を行う。		
R2-No. 3 (39k600+120.0 堤防肩)	堤防漏水の可能性が考えられる、噴砂箇所の法尻。堤体土の採取も考慮して堤防肩部で実施する。	・調査ボーリング ・標準貫入試験 ・サンプリング ・室内土質試験	・現場透水試験	トレンチ掘削（堤体）	噴砂箇所の水みち等の確認のため堤体のトレンチ掘削を行う。		
R2-No. 4 (39k800+75.0 堤内)	旧堤防時代に堤内地となる位置で、かつ自然堤防ではない、地下水変動を確認しやすいと考えられる箇所を選定。地層および地下水の帯水層や変動状況把握のための位置を選定。	・調査ボーリング ・標準貫入試験 ・サンプリング ・室内土質試験	・現場透水試験 ・水圧水位計観測 ・流向流速測定	横断測量	自噴箇所の堤体の変状の有無を確認するために実施		
R2-No. 5 (40k000+75.0 堤内)	変状範囲の最上流部付近の堤内地。縦断的な地層の分布も目的とする。また、計画盛土法尻付近に配置することを考慮して配置した。	・調査ボーリング ・標準貫入試験 ・サンプリング ・室内土質試験	・現場透水試験 ・水圧水位計観測 ・流向流速測定	水位観測	河川水位と堤内水位の関連性を確認するために実施		