

筑後川堤防調査委員会 報告書

令和3年3月

筑後川堤防調査委員会

はじめに

西日本から東日本にかけて甚大な被害をもたらした「令和 2 年 7 月豪雨」は、6 日から 8 日にかけて筑後川流域において梅雨前線が停滞し、筑後川上流の鯛生雨量観測所で 48 時間雨量 855 mm を記録したほか、多くの観測所で既往最高雨量を記録した。その結果、全川にわたって水位が上昇し、中流の片ノ瀬水位観測所（福岡県久留米市）では、6 日 14 時から 8 日 13 時の 46 時間半にわたりレベル 2 水位の氾濫注意水位（6.70m）を越え、7 日 11 時にはレベル 4 水位の氾濫危険水位（8.50m）を超過する観測史上最高水位（10.52m）を記録した。

筑後川は、流域が福岡県、大分県、熊本県および佐賀県の 4 県にまたがる九州最大の 1 級河川であるが、今次出水により、中流部 39k600～39k900 付近の金島地区において堤防漏水などの変状が確認された。すなわち、①39k610 では大きな自噴、②39k720、39k780 および 39k920 では少量の噴砂、③39k640 と 39k660 では、変状発生直後の現地調査において若干の湧水が確認された。

「筑後川堤防調査委員会」は、「令和 2 年 7 月豪雨」により発生した筑後川金島地区の堤防漏水などの変状原因を究明し、再度の災害を防止するための対策工法などを検討することを目的として、国土交通省九州地方整備局により設置された。本委員会は、河川工学、地盤工学を専門とする 5 名の委員より構成され、委員全員による現地調査と延べ 3 回の委員会を実施・開催し、①令和 2 年 7 月 13 日の現地調査と第 1 回委員会では、変状原因の究明に向けた調査の進め方や検討すべき事項などに関する指摘、②8 月 7 日の第 2 回委員会では、変状メカニズムの推定および調査の進め方などの検討・審議、③11 月 4 日の第 3 回委員会では、変状原因の特定と変状メカニズムの推定、対策工法および今後のモニタリングなどの検討・審議を行った。

本報告書は、「令和 2 年 7 月豪雨」により発生した金島地区の堤防漏水などの変状原因と対策工法などについて検討・審議した事項を取りまとめたものである。同地区における 6 箇所の変状は、各地点固有の要因があるところに豪雨による浸潤面の上昇が加わることで発生したと推定された。また、対策工法については、いずれの地点においても盤膨れの照査基準を満たしていないため、被覆土層下面の揚圧力減圧のための川表遮水工法を採用した。さらに、令和 2 年 9 月から少なくとも 2 年間は地下水流动モニタリングを実施し、推定された変状原因を検証するとともに、対策工法の地下水流动に及ぼす影響を確認することとした。

豪雨災害が激甚化する中、本報告書が筑後川のみならず、全国における今後の河川行政ならびに河川技術の発展に役立つ資料となれば幸いである。

令和 3 年 3 月
筑後川堤防調査委員会委員長
秋山 壽一郎

筑後川堤防調査委員会報告書

目 次

1 築後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	1-3
1.3 検討の経過	1-4
2 洪水と変状の概要	2-1
2.1 築後川流域の概要	2-1
2.1.1 地形特性	2-1
2.1.2 地質特性	2-4
2.1.3 降雨特性	2-5
2.2 今次出水の概要（令和2年7月豪雨）	2-6
2.2.1 降雨の状況	2-6
2.2.2 河川水位の状況	2-7
2.3 変状の概要	2-8
2.3.1 変状の概要	2-8
2.3.2 応急復旧の状況	2-9
3 変状箇所周辺の地形特性	3-1
3.1 治水地形分類図	3-1
3.2 堤防及び河道の変遷	3-2
3.3 背後地の土地利用	3-3
3.4 既往の堤防詳細点検における安全性検討	3-4
4 変状要因の特定及び変状メカニズムの推定	4-1
4.1 変状箇所の調査結果	4-1
4.1.1 調査計画	4-1
4.1.2 試掘調査結果	4-3
4.1.3 地質調査結果	4-13
4.1.4 地下水調査	4-28
4.2 変状要因の特定及び変状メカニズムの推定	4-34
4.2.1 解析で対象とした外力	4-34
4.2.2 安全性評価の基準	4-34

4.2.3	変状要因の特定及び変状メカニズムの推定のための検討フロー	4-35
4.2.4	39k600地点の検討（自噴発生箇所）	4-36
4.2.5	39k720地点の検討（噴砂発生箇所）	4-42
4.2.6	39k800地点の検討（噴砂発生箇所）	4-48
4.3	まとめ	4-54
4.3.1	<参考1>浸透流解析条件の設定	4-56
4.3.2	<参考2>変状時外力における浸透流解析結果のまとめ	4-61
5	変状箇所の対策工法の検討	5-1
5.1	対策工法の選定	5-2
5.2	対策工法の決定	5-4
5.3	対策効果の検証結果（対策後の「手引き」の外力による安全性評価）	5-6
5.3.1	39k600地点の浸透流解析結果（両側盛土十川表遮水工法（鋼矢板））	5-6
5.3.2	39k720地点の浸透流解析結果（川表盛土十川表遮水工法（鋼矢板））	5-8
5.3.3	39k800地点の浸透流解析結果（川表盛土十川表遮水工法（鋼矢板））	5-10
5.3.4	39k900地点の浸透流解析結果（川表盛土十川表遮水工法（鋼矢板））	5-12
5.4	対策工法のまとめ	5-14
5.5	対策工施工時における留意点	5-16
5.5.1	矢板打設工法	5-16
5.5.2	盛土材料と施工方法	5-16
6	総括	6-1
6.1	対策後も継続的に実施する調査・検討の方針	6-1
6.2	今後の課題	6-2

参考文献

1 筑後川堤防調査委員会の概要

1.1 目的

筑後川堤防調査委員会（以下、本委員会という）は、筑後川水系筑後川において、令和2年7月豪雨により生じた堤防漏水等の変状について、変状原因の究明を行い、再度の災害を防止するための対策工法等を検討することを目的とする。

筑後川堤防調査委員会 規約

(名称)

第1条 本会は「筑後川堤防調査委員会」（以下、「委員会」という。）と称する。

(目的)

第2条 委員会は、令和2年7月豪雨により生じた筑後川の堤防漏水等の被災について、被災原因の究明を行い、再度の災害を防止するための対策工法等を検討することを目的とする。

(検討内容)

第3条 委員会は、前条の目的のため次の事項を検討する。

- (1) 被災原因
- (2) 再度の災害を防止するための対策工法
- (3) その他委員会で必要と認めた事項

(委員会)

第4条 委員会は別紙に掲げる委員をもって構成する。

(委員長)

第5条 委員会には委員長を置く。

- 2 委員長は、委員の互選により選任する。

(委員長代理)

第6条 委員会には委員長代理を置き、委員長の指名によりこれを定める。

- 2 委員長代理は、委員長に事故があるときは、その職を代行する。

(委員会の開催)

第7条 委員会は、委員長が招集し、開催する。

- 2 委員会は、委員総数の過半数の出席をもって成立する。なお、委員の代理出席は原則として認めない。ただし、委員長が認めたときはこの限りでない。
- 3 委員会の意思決定は、出席委員の過半数をもって行う。
- 4 委員会は、目的を達成するために必要があると認めるときには、委員会に委員以外の者の出席を求めることができる。

(委員会の公開)

- 第8条 委員会は、原則として公開とする。
- 2 議事内容の公開は、議事要旨の形式で、出席した委員の確認を得た後、後日、九州地方整備局ホームページで公表するものとする。
 - 3 委員会資料は、後日、九州地方整備局ホームページで公表する。ただし、今後予定される検討業務や工事の発注における技術提案に影響を及ぼす恐れがある等で公表することが適切でない資料等については、公表しないものとする。

(事務局)

- 第9条 事務局は、国土交通省九州地方整備局河川部河川計画課及び筑後川河川事務所に置く。

(その他)

- 第10条 この規約に定めがない事項は、委員会において定める。

附則

(施行期日)

この規約は、令和2年7月13日から施行する。

1.2 委員の構成

国土交通省では、令和2年7月豪雨による筑後川の堤防漏水等の変状発生後、本委員会を速やかに設置した。本委員会は、大学の教授等3名に加え、公的機関の専門家2名で構成されている。

本委員会には委員長を置き、委員長は委員の互選により選任した。

委 員 秋山 壽一郎 九州工業大学
(委 員 長) 名誉教授

委 員 佐々木 哲也 国立研究開発法人土木研究所
地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム
上席研究員

委 員 福島 雅紀 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部河川研究室
室長

委 員 安福 規之 九州大学大学院工学研究院社会基盤部門
教授

委 員 矢野 真一郎 九州大学大学院工学研究院環境社会部門
教授

(敬称略 五十音順)

1.3 検討の経過

本委員会は、令和2年7月13日の第1回から令和2年11月4日の第3回委員会まで延べ3回開催した。本委員会の開催状況を表 1-1 に示す。

表 1-1 委員会の開催状況

回数	開催日	議事内容
1	令和2年7月13日	○変状状況の確認
2	令和2年8月7日	○変状及び応急復旧状況 ○これまでの調査実施状況 ○変状箇所周辺の変遷 ○変状メカニズムの推定 ○調査計画（案）
3	令和2年11月4日	○調査計画に基づく調査結果 ○変状要因の特定と変状メカニズムの推定 ○対策工法の検討 ○今後のモニタリング等の検討

第1回堤防調査委員会の様子



第2回堤防調査委員会の様子



第3回堤防調査委員会の様子



2 洪水と変状の概要

2.1 筑後川流域の概要

2.1.1 地形特性

筑後川は、流域面積 2,860 km²、幹川流路延長 143 km の九州最大の 1 級河川である。図 2-1 に筑後川の流域図を示す。

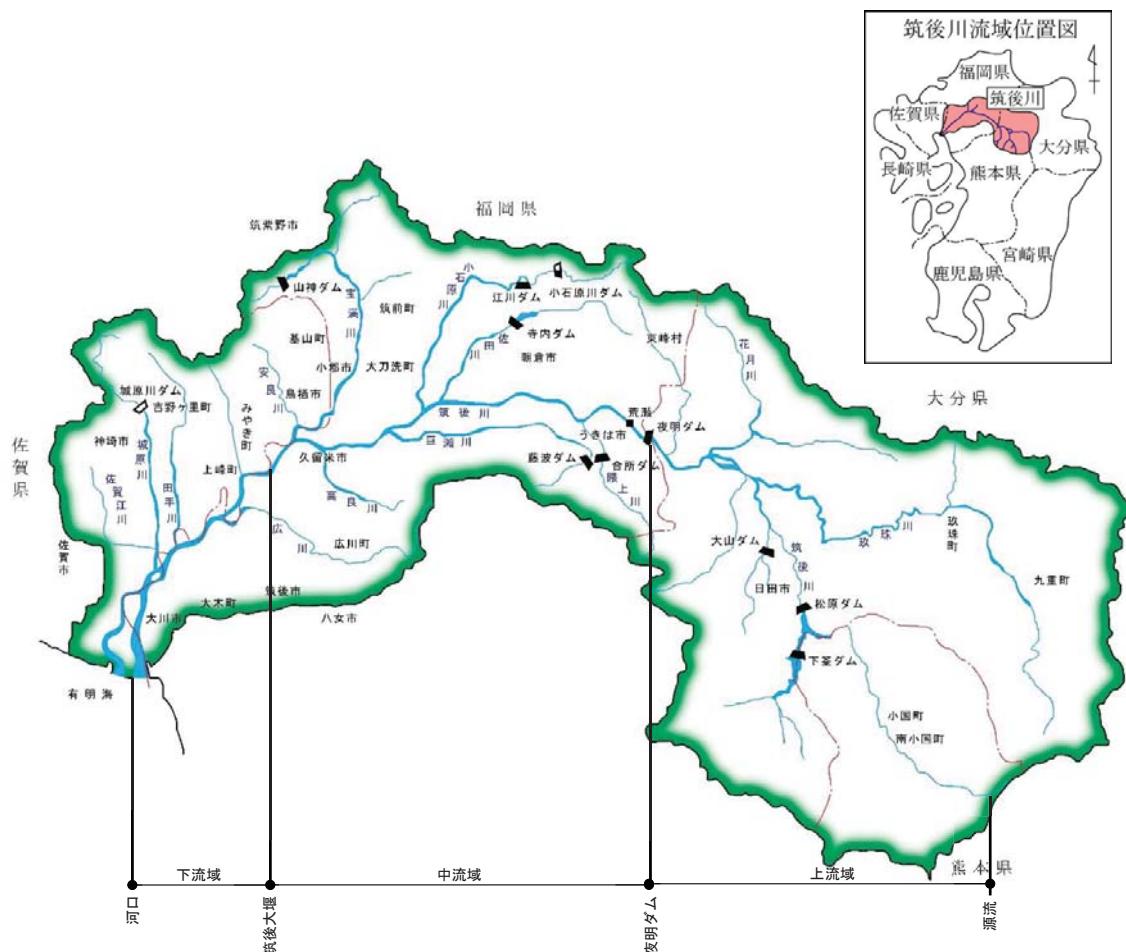


図 2-1 筑後川流域図

筑後川の流域は、熊本県、大分県、福岡県及び佐賀県の4県にまたがり、上流域には日田市、中流域には久留米市及び鳥栖市、下流域には大川市及び佐賀市等の主要都市があり、流域内人口^{*}は約110万人を数える。筑後川流域の土地利用^{*}は、山林が約56%、水田や果樹園等の農地が約19%、宅地等市街地が約25%となる。筑後川は、九州北部における社会、経済及び文化活動の基盤をなすとともに、古くから人々の生活及び文化と深い結びつきを持つ。

筑後川は、「坂東太郎(利根川)」、「四国三郎(吉野川)」と並んで「筑紫次郎」と呼ばれる国内有数の河川で、「千歳川」や「筑間川」等の別名のほか、過去幾重にも発生した水害を踏まえ、その暴れ川ぶりから「一夜川」とも呼ばれていた。

藩政時代には、治水対策として、瀬ノ下の開削や千栗堤防、安武堤防、荒籠及び水刎^{*1}の築造並びに佐田川の輪中堤^{*2}及び霞堤^{*3}の築造等が行われた。また、利水対策として、大石堰、山田堰及び恵利堰等の大規模な取水堰と用水路の築造等が行われ、現在多くの歴史的構造物が残されている。

また、筑後川流域にある吉野ヶ里遺跡は、弥生時代における全国最大規模の環濠集落跡で、流域の恵まれた環境を示すとともに、古代日本人の生活と川との係わりも見ることができる。

※. 流域内人口及び土地利用の各数値は、河川現況調査(調査基準年平成22年度末)平成27年3月九州地方整備局より

*1. 河岸に突起状の構造物を築造し、河川の流れを変えることで、河岸の侵食を防ぐための施設を指す。

*2. 集落を囲い込むように堤防を築き住宅を洪水被害から守るもの指す。

*3. 堤防を連続して整備せず、支川の合流点などの堤防を開けたままにして、氾濫した洪水が河川に戻るようにしたものである。



写真 2-1 筑紫平野を雄大に貫流する筑後川
(うきは市、朝倉市の上空から下流を望む)

筑後川は、九州最大の広さを持つ筑紫平野を緩やかに蛇行しながら貫流している(写真 2-1 参照)。

筑後川上流域の地形は、火山噴出物と溶岩でできた山地で、そこには火山性の高原と玖珠盆地、日田盆地及び小国盆地が形成されている（写真 2-2 参照）。中下流域は、北は朝倉山地及び脊振山地、南は耳納山地によって流域を画され、その間に沖積作用によってできた広大な筑紫平野が形成されている。さらに下流域は、最大干満差が約 6m におよぶ有明海の潮汐の影響を受け、この地方特有の軟弱な粘土層が厚く堆積し、藩政時代から現在に至るまで築造されてきた干拓地が広がる（写真 2-3 参照）。

図 2-2 のように、海面が高かった時代は、久留米付近まで海であったと想像され、現在は陸地となった低平な土地が広がっている。



写真 2-2 筑後川の源流域
筑後川の源流地域は、阿蘇及びくじゅうの山々で構成されている。



写真 2-3 筑後川の下流域
筑後川の下流域は、沖積作用と干拓によって造られた低平な土地である。



図 2-2 九州地方海進（5m）陰影段彩図（地理院地図/GIS Maps 国土地理院）

2.1.2 地質特性

筑後川流域の地質特性を図 2-3 に示す。筑後川上流域の地質は、種々の溶岩や火山碎せつ物等が分布する極めて複雑な地質構成で、阿蘇溶岩によって代表される第四期の広範囲な火山活動の後をとどめている。また、火山の活動期及び休止期を通じて形成された、局所的な火山礫、火山灰、珪藻及び植物化石等を含む地層が見られる。

下流域を覆う佐賀平野（筑紫平野の西半部）の地質横断面図を図 2-4 に示す。中下流域は、山岳部の比較的古い地質時代に属する地層と、筑紫平野を構成する最も新しい地質時代の層から構成され、古い地層は福岡県側に分布する古生代変成岩と、佐賀県を主として分布する花崗岩類で、新しい地層は沖積平野縁辺の丘陵を形成する洪積世砂礫層と平野を形成する沖積層からなる。

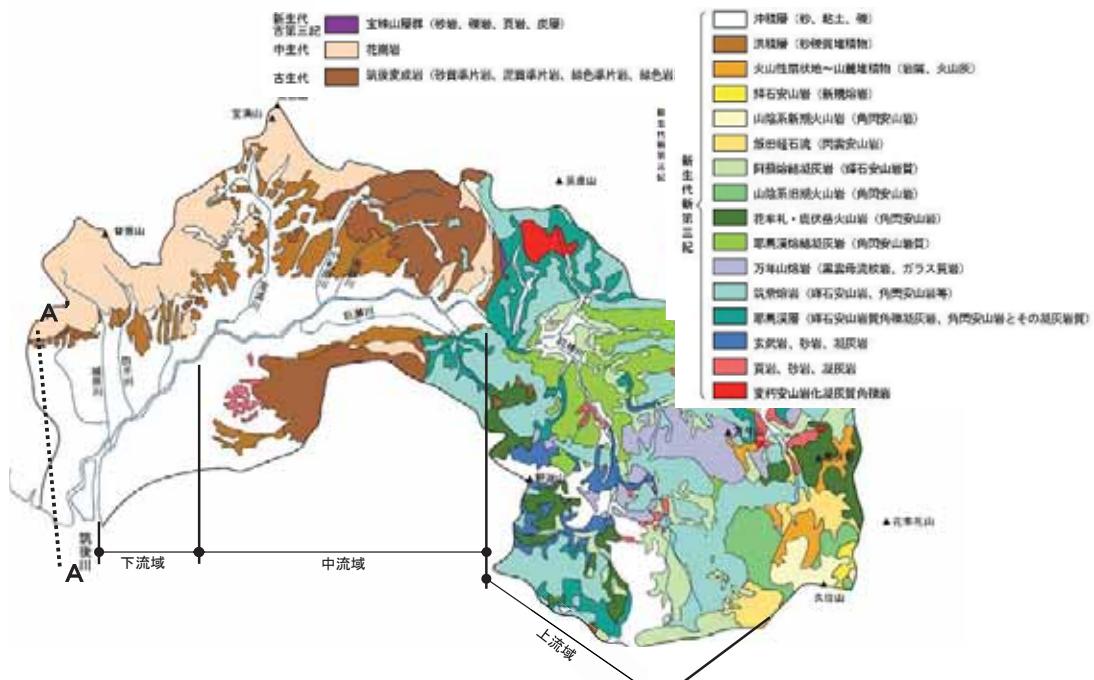


図 2-3 筑後川流域地質図

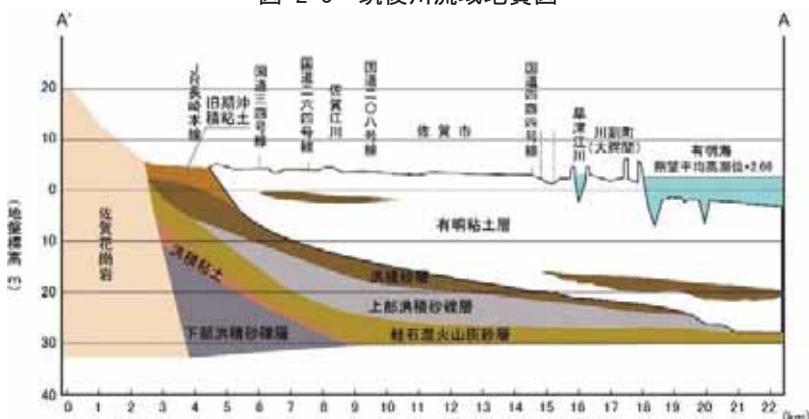


図 2-4 佐賀平野の地質横断面図 (A'-A 断面)

2.1.3 降雨特性

筑後川流域は、ほぼ西九州内陸型気候区にあり、夏は暑く冬は平地の割に寒く、昼夜の気温較差が大きいことが特徴である。年平均気温は15~16°C、流域平均年降水量は約2,140mm^{※1}(全国の平均降水量1,560mm^{※2}の約1.4倍)で、その約4割が6月から7月上旬にかけての梅雨期に集中し、台風の発生時期と合わせた6月から9月の4ヶ月間の降水量は年降水量の約6割を占める(図2-5参照)。なかでも、上流域は、多雨地帯となっており、年降水量が3,000mmを超えるところもある(図2-6参照)。流域の降雨特性として、筑後川本川の上流域の降水量が多く、中流域では朝倉山地及び耳納山地の降水量が多い傾向にある。

※1. 昭和63年～平成29年の平均値

※2. 気象庁HP 全国(全国51地点の平均)の昭和56年～平成22年の平均値

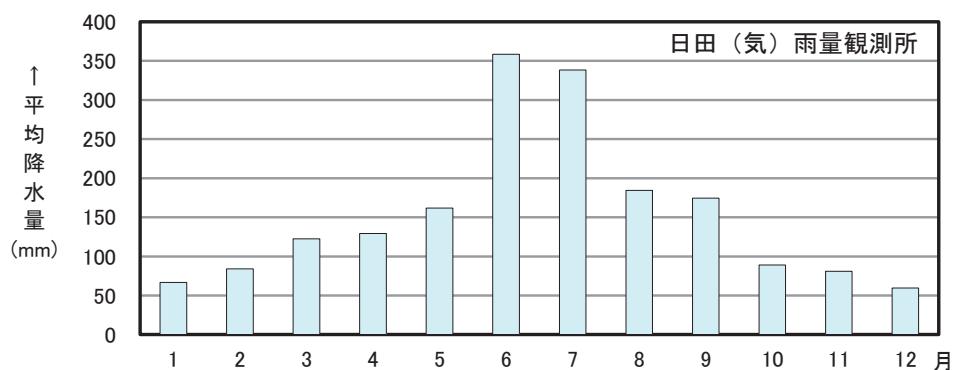


図2-5 主要地点の月別降水量

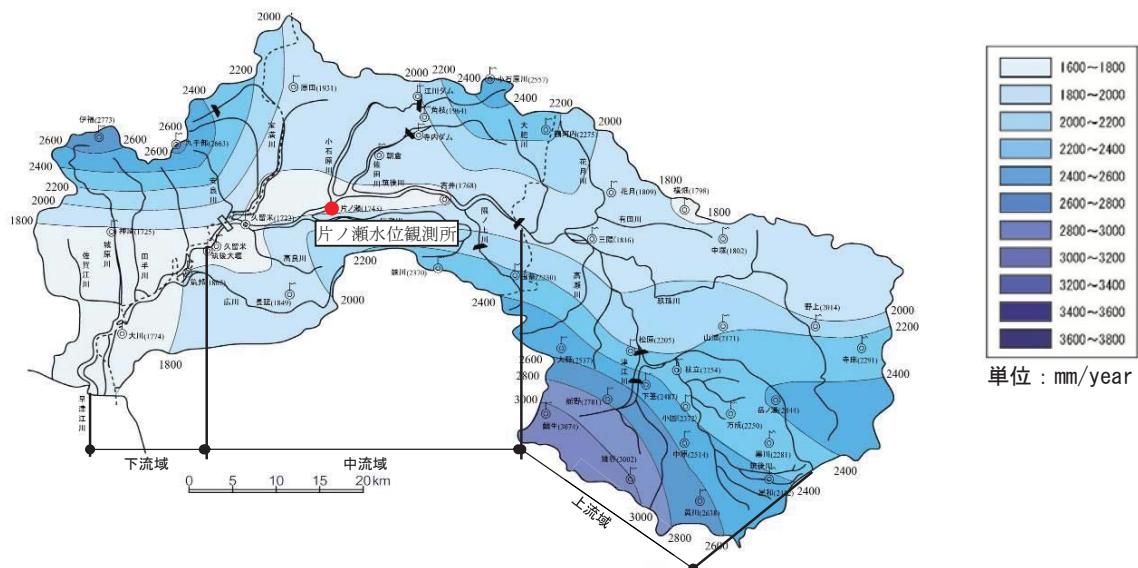


図2-6 流域平均年降水量図

2.2 今次出水の概要（令和2年7月豪雨）

2.2.1 降雨の状況

7月6日から8日にかけて梅雨前線が九州付近に停滞し、太平洋高気圧の周辺から梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ。この影響により、非常に不安定な大気の状態が続いたため、広い範囲で記録的な大雨となった。

筑後川上流の鯛生雨量観測所で48時間雨量855mmを記録するなど、多くの観測所で既往最高の雨量を記録した。

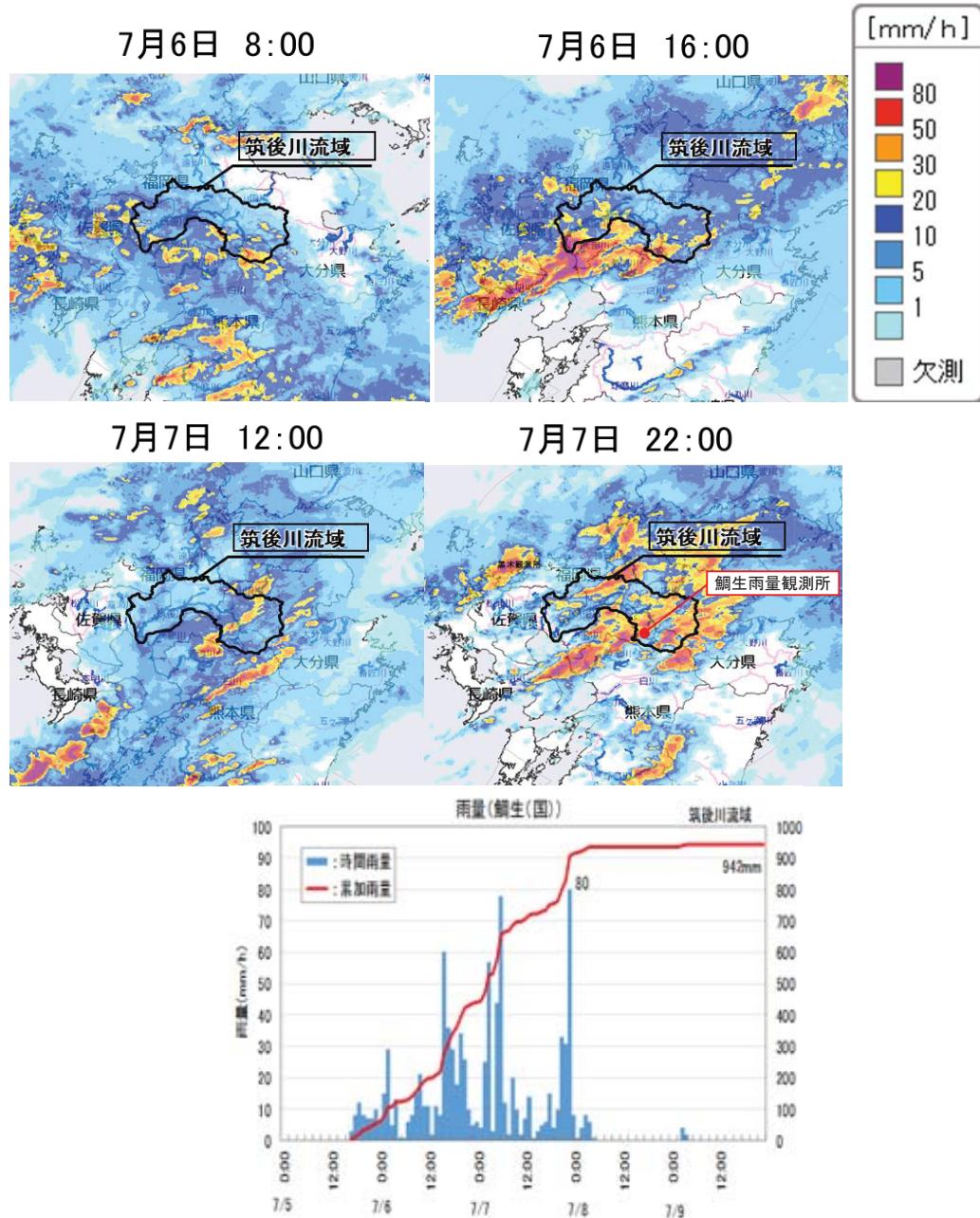
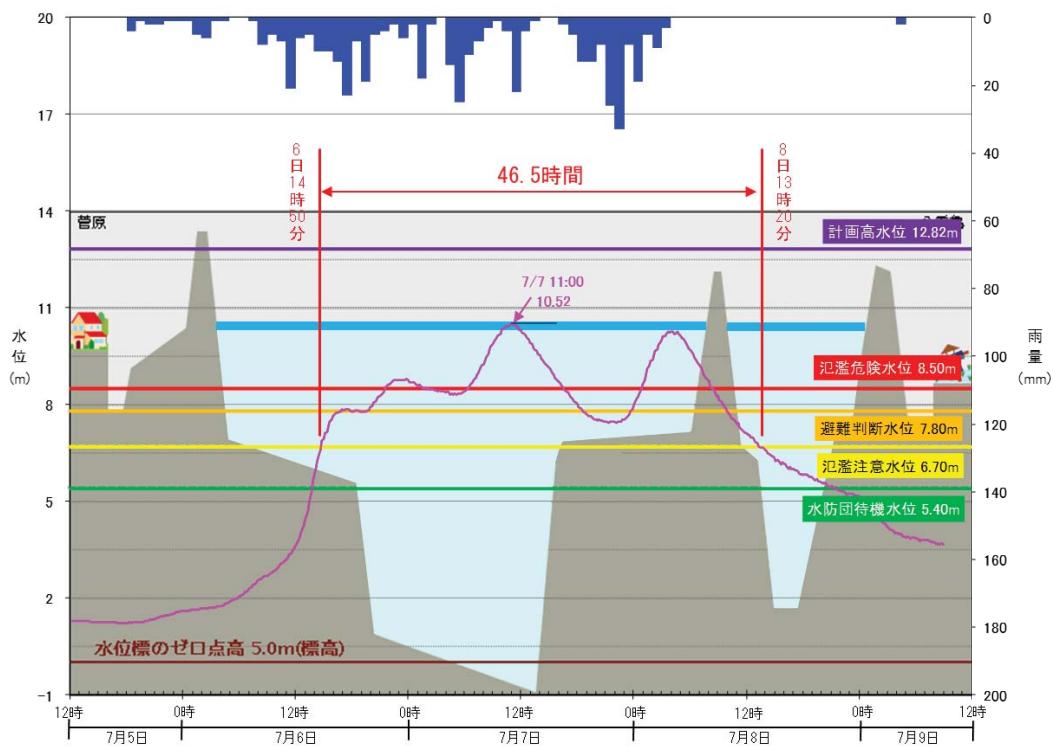


図 2-7 降雨分布の経時変化図と鯛生観測所の雨量グラフ

2.2.2 河川水位の状況

筑後川本川の片ノ瀬水位観測所（福岡県久留米市）では、7月6日14時から7月8日13時の46時間にわたり氾濫注意水位を超過し（ピーク水位 10.52m）、観測史上第一位の水位を記録した。



2.3 変状の概要

2.3.1 変状の概要

金島地区における変状発生位置を図 2-9 に示す。

写真 2-4 に示したように「①39k600+10 付近」では、水が湧き出る現象（以下、自噴と称する）が確認された。なお、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。

上記箇所以外に少量の微細～細砂の流出が「④39k600+120」「⑤39k600+180」「⑥39k800+120」の 3 箇所で確認された。

また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。



図 2-9 金島地区における変状発生位置図



写真 2-4 自噴発生状況 (2020. 7. 7 10 時 50 分頃)

2.3.2 応急復旧の状況

筑後川右岸 39k600 付近（久留米市北野町金島）で発生した自噴について、7月7日13時30分に応急対策工事（月の輪工^{*}）に着手し、同日21時に完了した。



写真 2-5 応急対策状況 (2020.7.7 18時00分頃)



写真 2-6 応急対策状況 (2020.7.7 20時00分頃)



写真 2-7 応急対策完了状況 (2020.7.8 14時20分頃)

(7.7 21:00 応急対策工事完了)

*月の輪工とは堤防の裏側に水が漏れだした場合に、半円形に土のうを積んで、川の水位との水位差を縮めて水の圧力を弱めることで、水漏れ拡大と堤防破壊を防ぐ工法である。

3 変状箇所周辺の地形特性

3.1 治水地形分類図

今次出水における漏水箇所と地形分類との関連を把握するために、変状が見られた箇所の「治水地形分類図*（更新版） 国土地理院」を図 3-1 に示す。同図より、39k600～39k900 付近の堤内地は噴砂等が懸念される旧河道ではなく、氾濫平野に分類されることが確認できる。

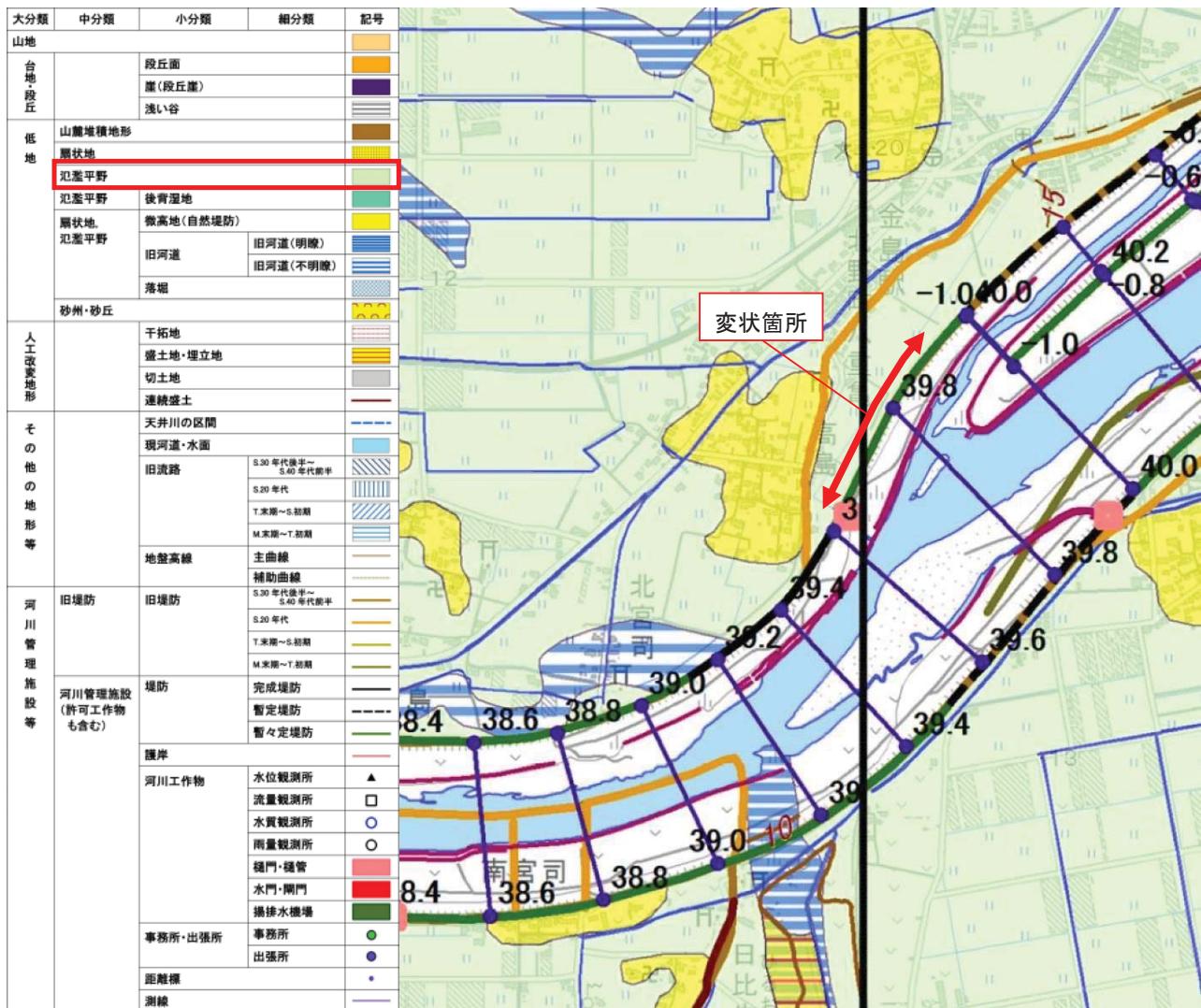


図 3-1 筑後川金島地区付近の治水地形分類図

*治水地形分類図は、国が管理する河川の流域のうち平野部を対象として明治期、大正期の旧版地形図（迅速図）や航空写真を基に扇状地、自然堤防、旧河道、後背低地などの詳細な地形分類及び河川工作物等を表示したもので、ボーリング調査などの地質調査結果を反映したものではない。

3.2 堤防及び河道の変遷

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(図 3-2 参照)。今回の自噴箇所については、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。

河道については変状発生箇所の上流の小石原川で付け替え（新川掘削、1970 年～1975 年の間に実施）が実施されている(図 3-3 参照)。

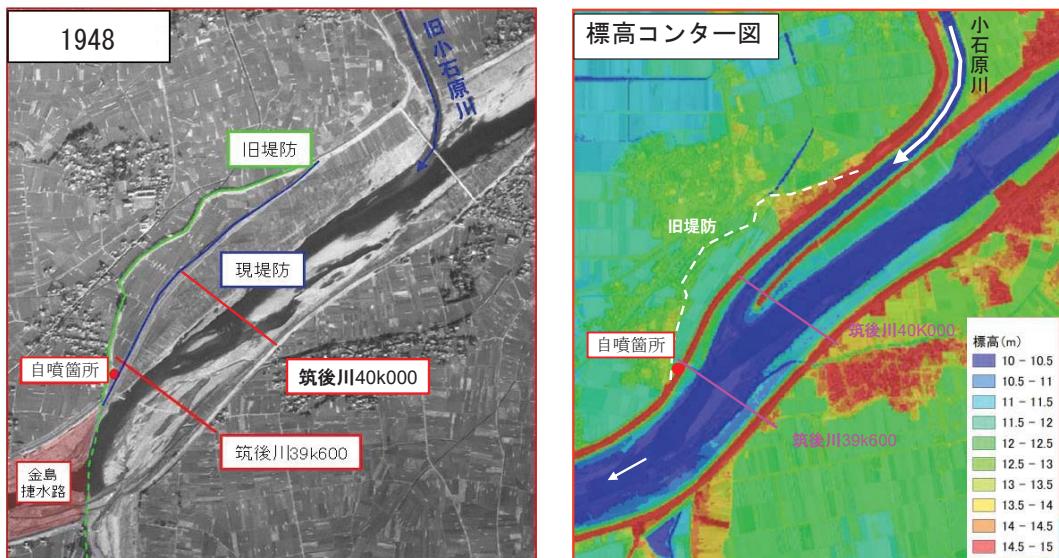


図 3-2 左:1948 年の空中写真、右:LP データを基に作成した標高コンター図（出典：国土地理院）

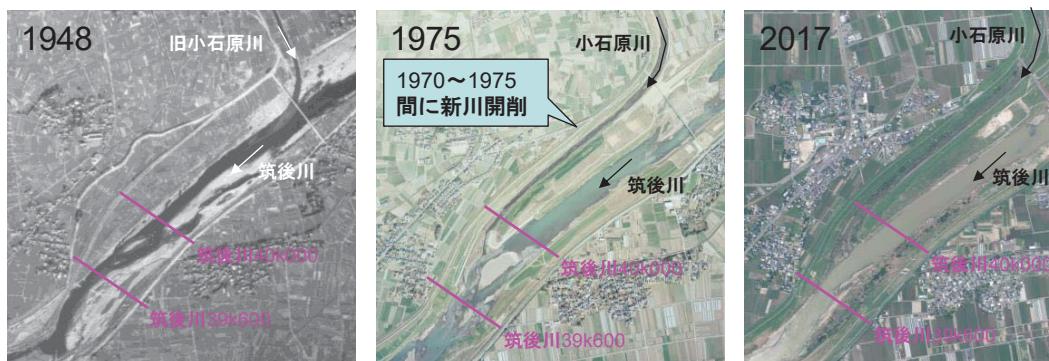


図 3-3 河道の変遷（出典：国土地理院の空中写真）

3.3 背後地の土地利用

金島地区付近の背後地の土地利用状況を図 3-4 に示す。堤内地は主に水田や畑として利用されている。



図 3-4 背後地の土地利用状況

大日本帝國陸地測量部の明治 33 年製版の文献を図 3-5 に示す。金島地区において桑畠の記号の表記があることから、当該地では過去に桑畠が存在していたと考えられる。「大日本蚕糸会 第 2 章 桑の栽培 p. 26」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考えられる。

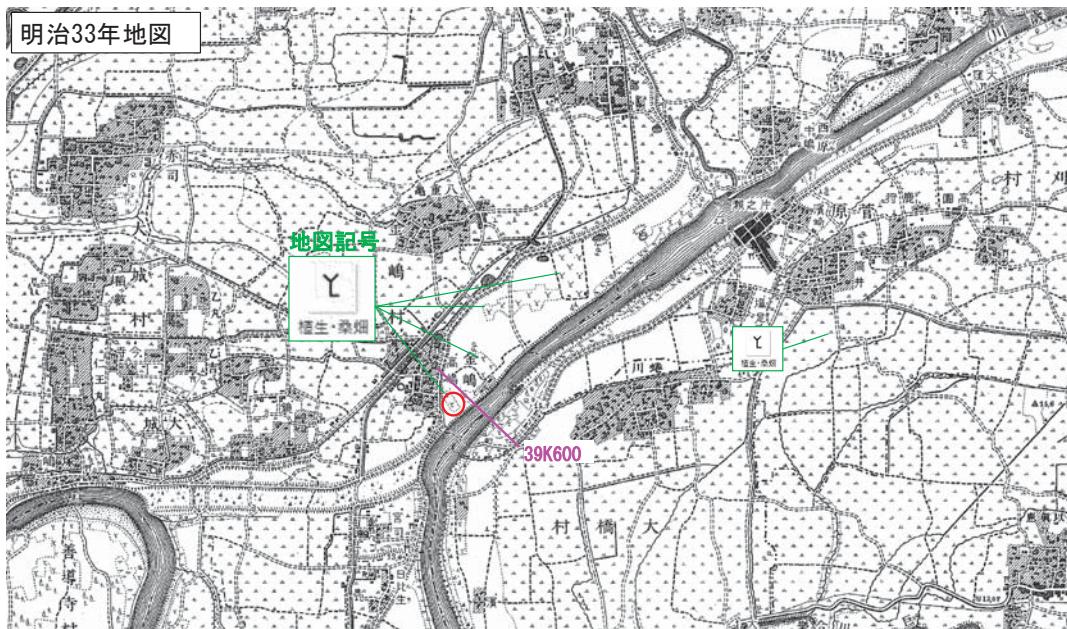


図 3-5 明治 33 年地図をもとに推定されるかつての背後地の土地利用状況

3.4 既往の堤防詳細点検における安全性検討

当地区では、「平成29年度 筑後川流域堤防質的強化対策調査検討業務（平成30年3月）」において、浸透に対する堤防の安全性照査が行われている。その結果を、表3-1および図3-6～図3-12に示す。当地区では、パイピングに対する安全性（盤ぶくれ（G/W））において照査基準を満足していないため、その対策として、川表遮水工法（鋼矢板）が示されている。

表 3-1 既往検討における現況堤防の安全性照査結果

今回の堤防調査委員会の対象区間

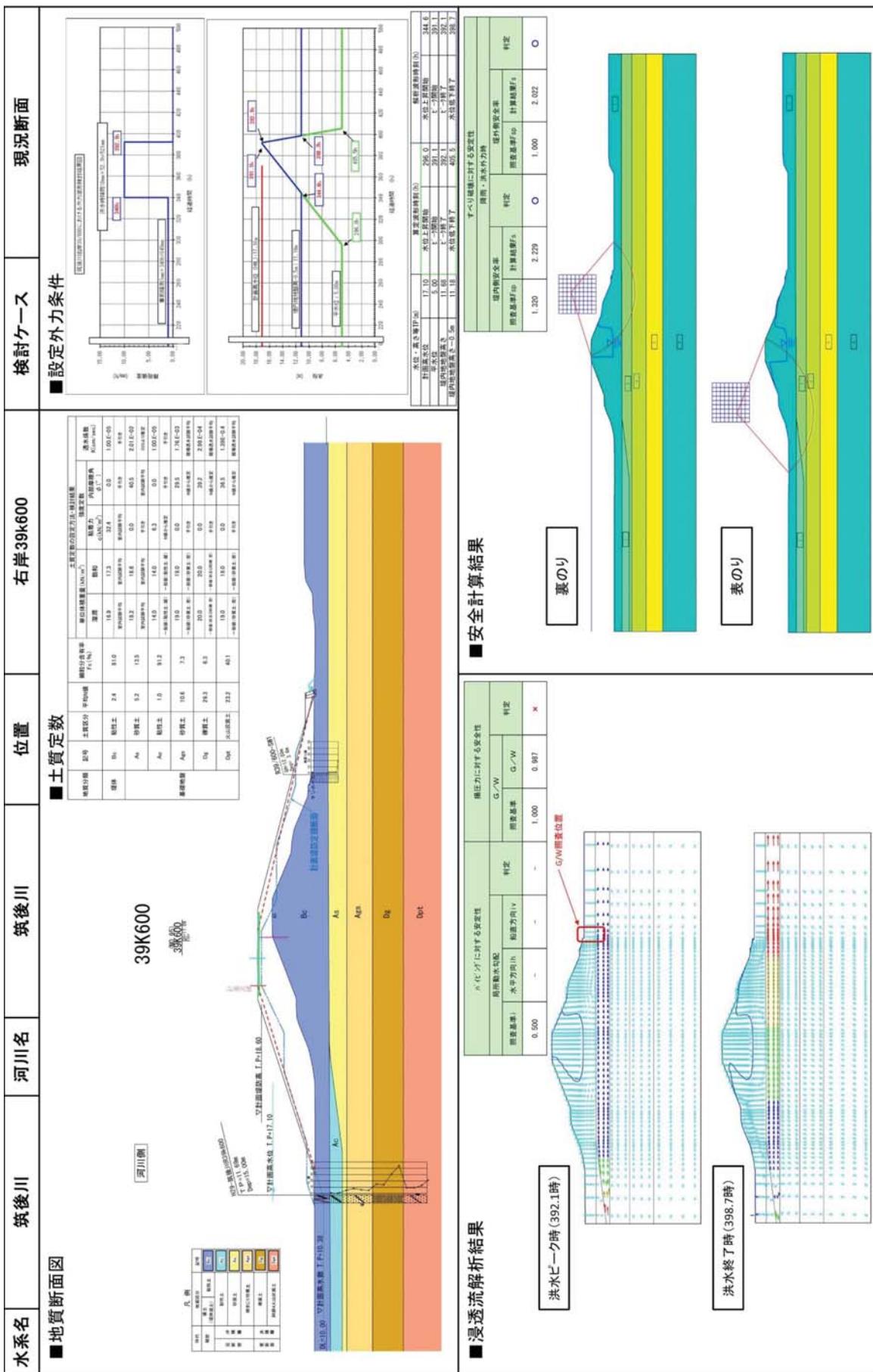


図 3-6 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39k600：現況）

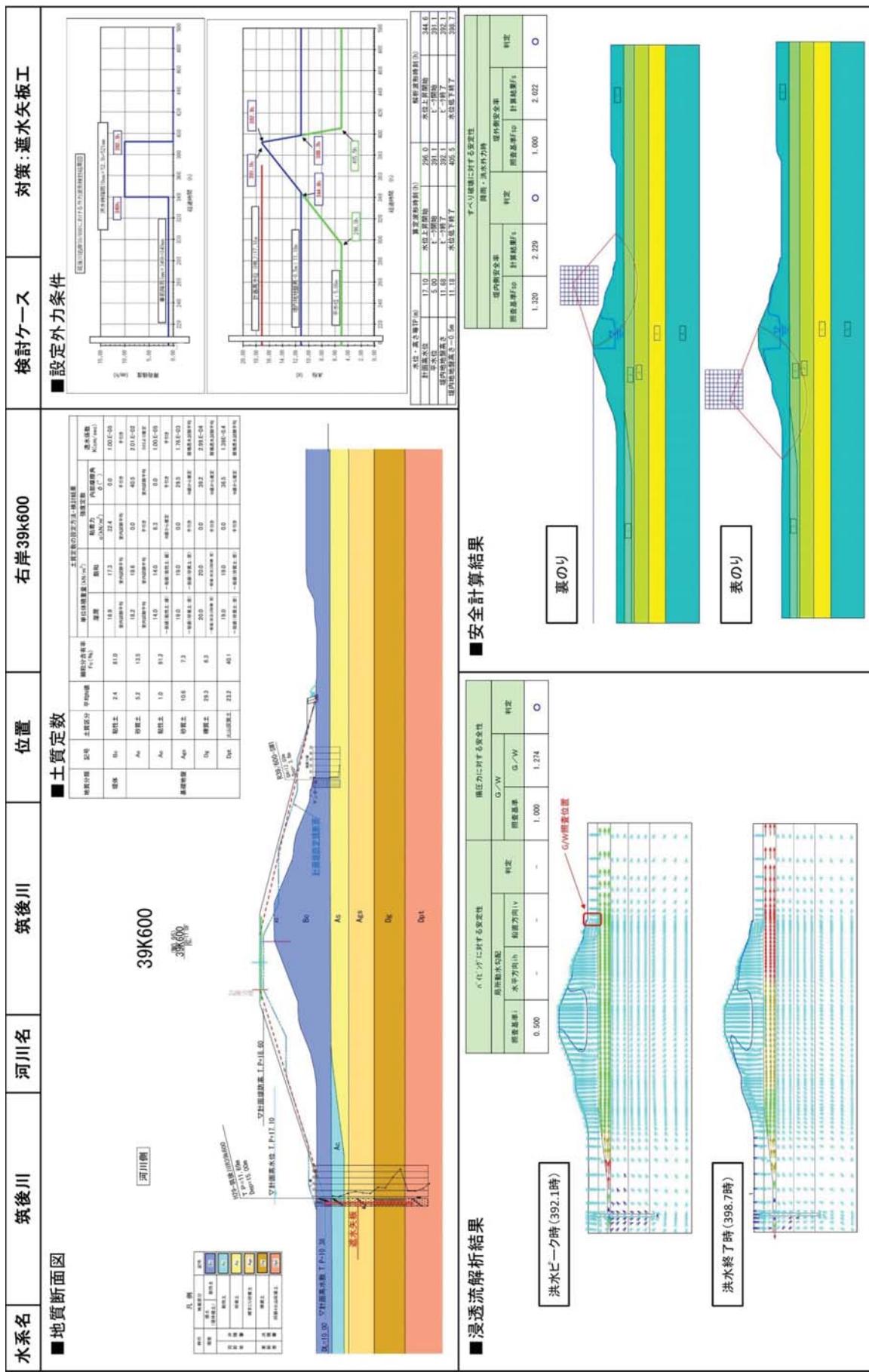


図 3-7 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39k600: 遮水矢板工）

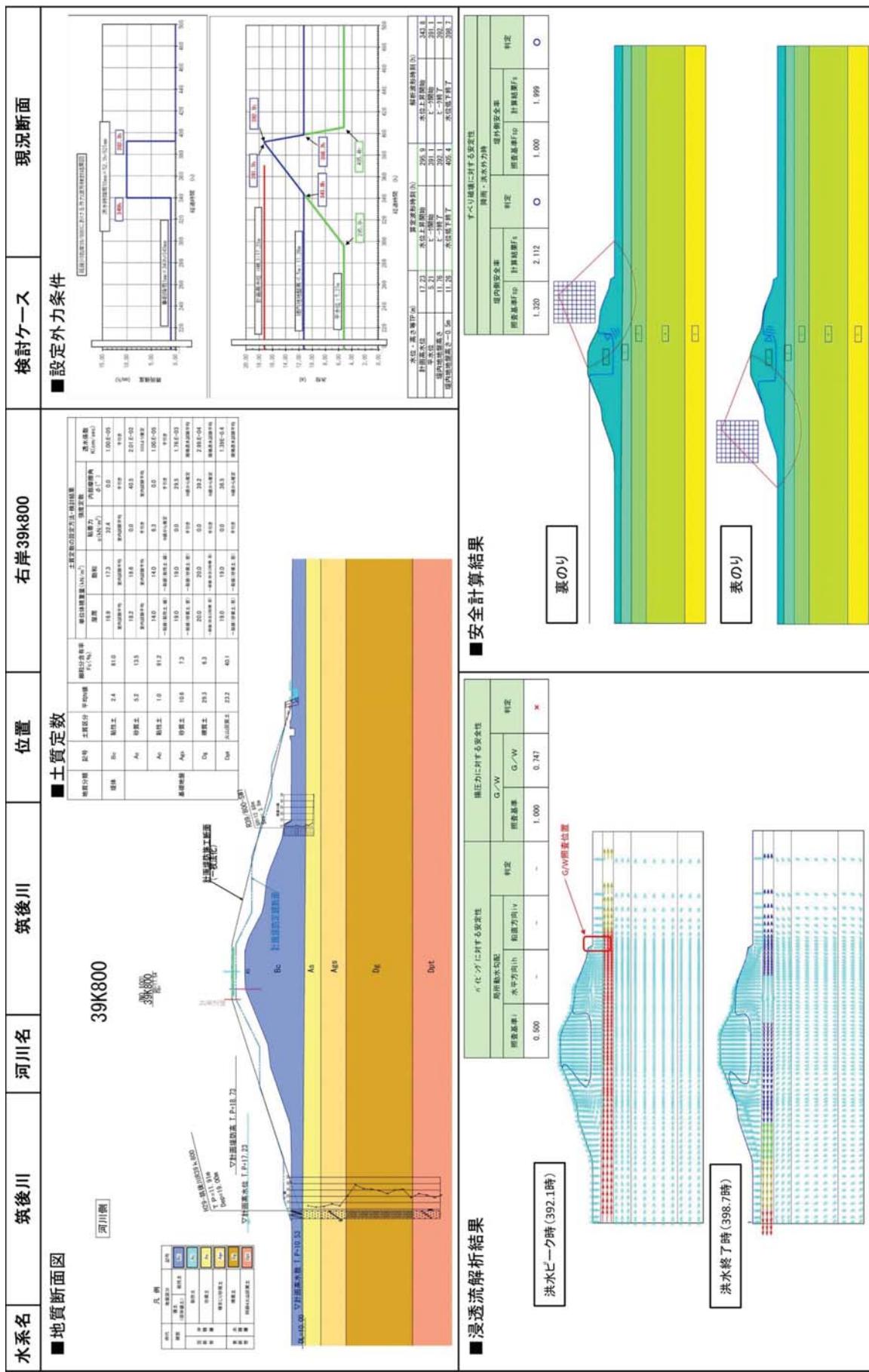


図 3-8 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39k800：現況）

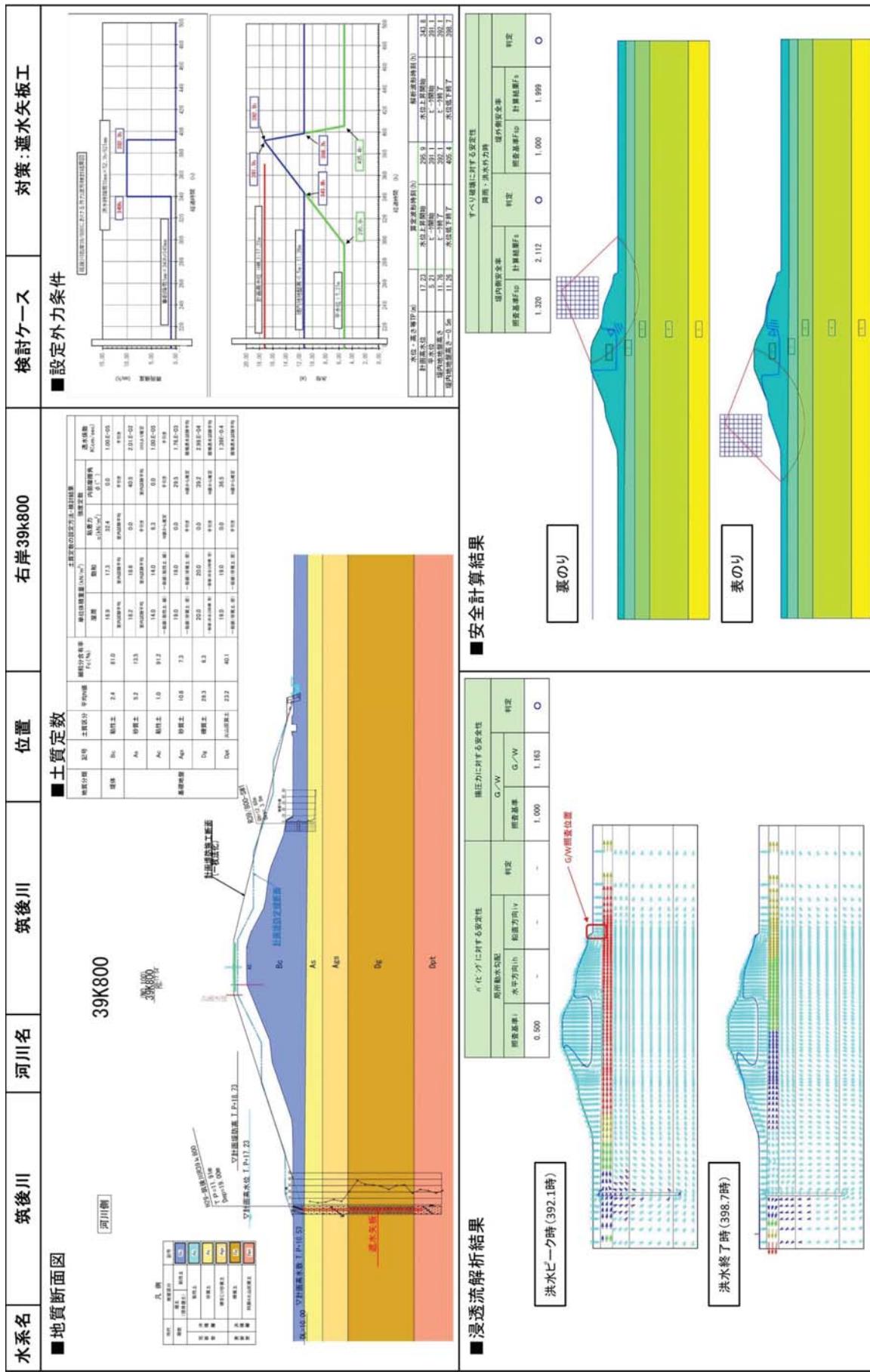


図 3-9 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39K800: 遮水矢板工）

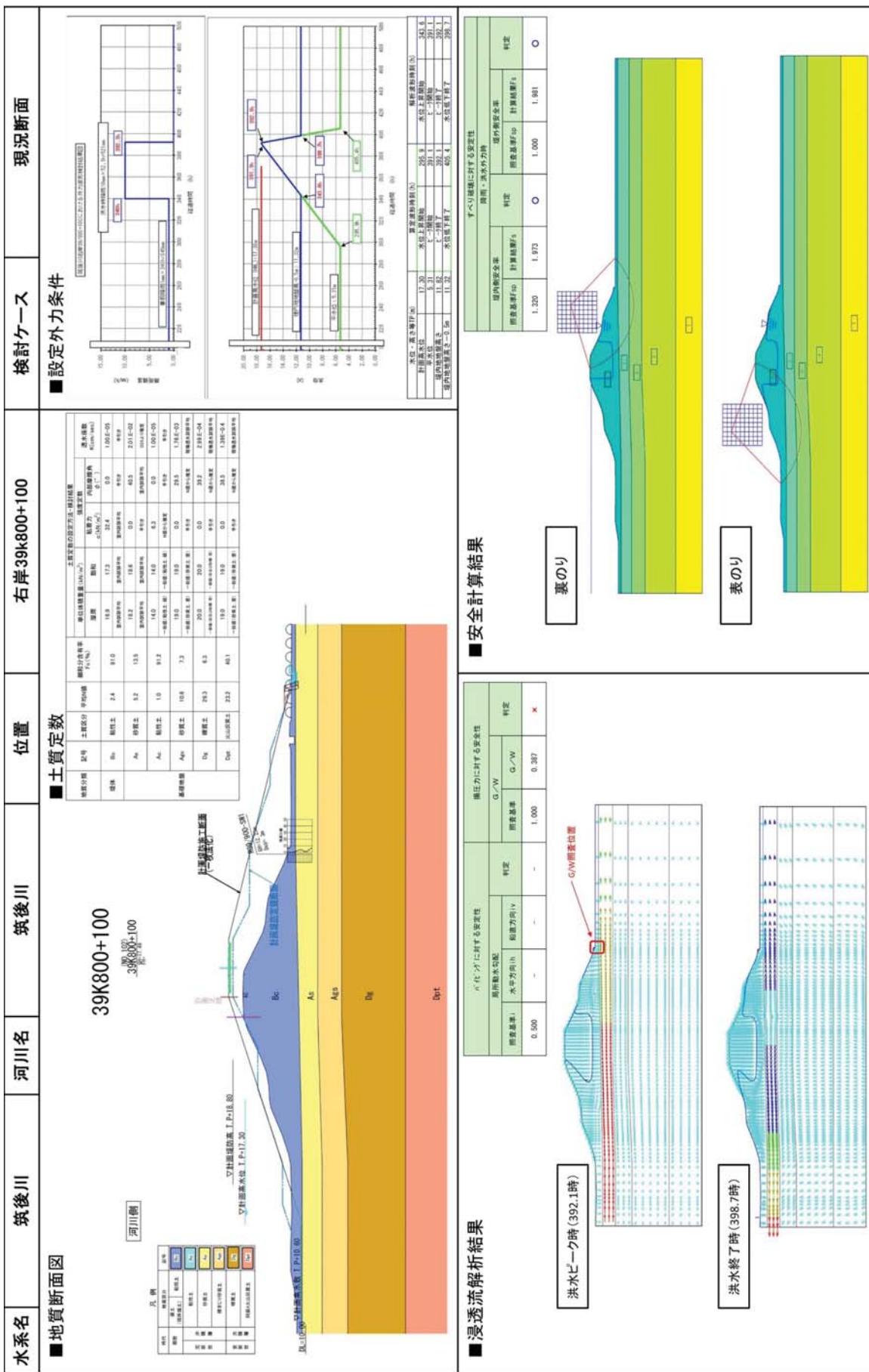


図 3-10 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39K800+100：現況）

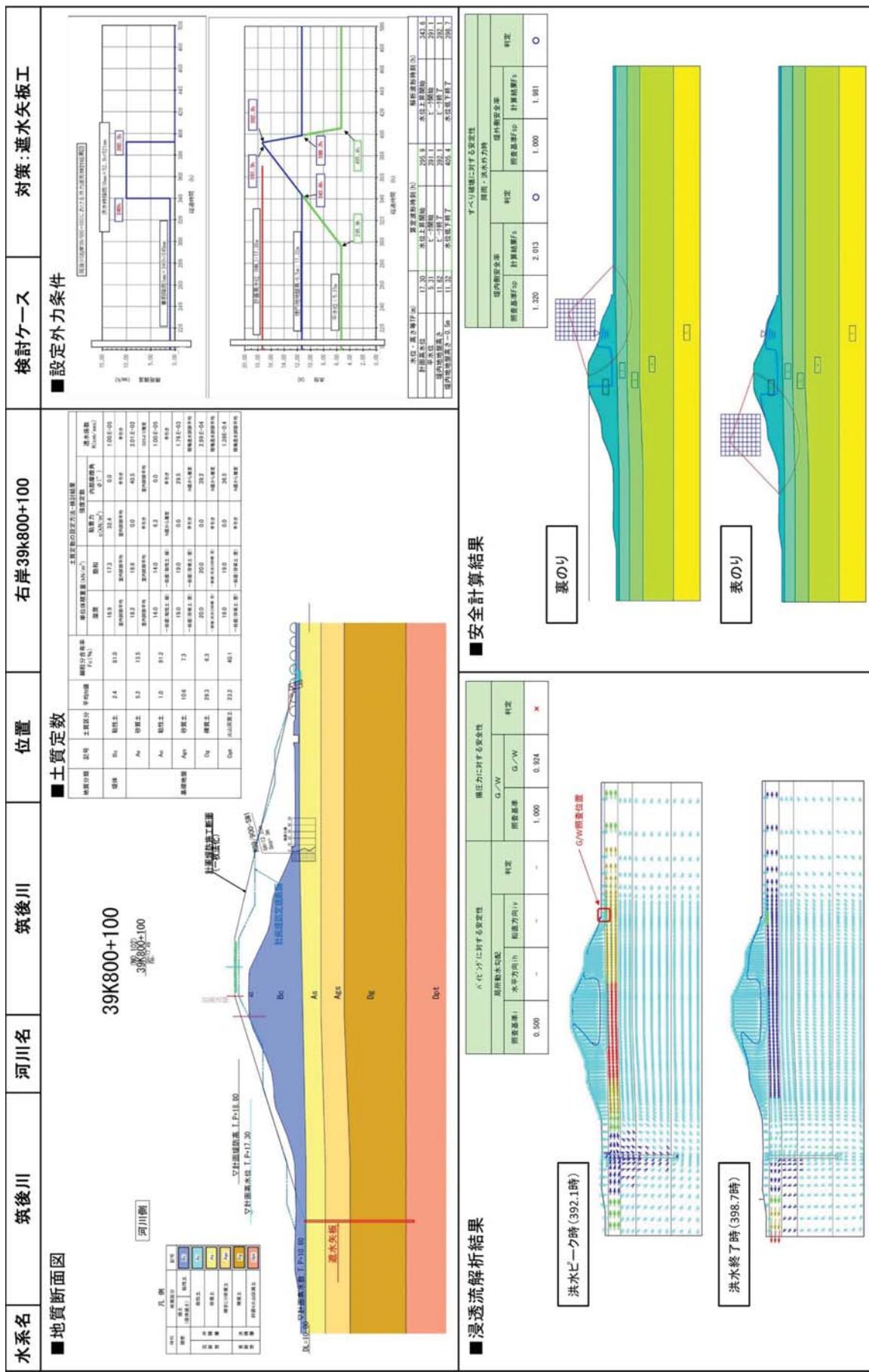


図 3-11 既往検討における浸透に対する安全性照査結果(筑後川右岸 39K800+100: 遮水矢板工)

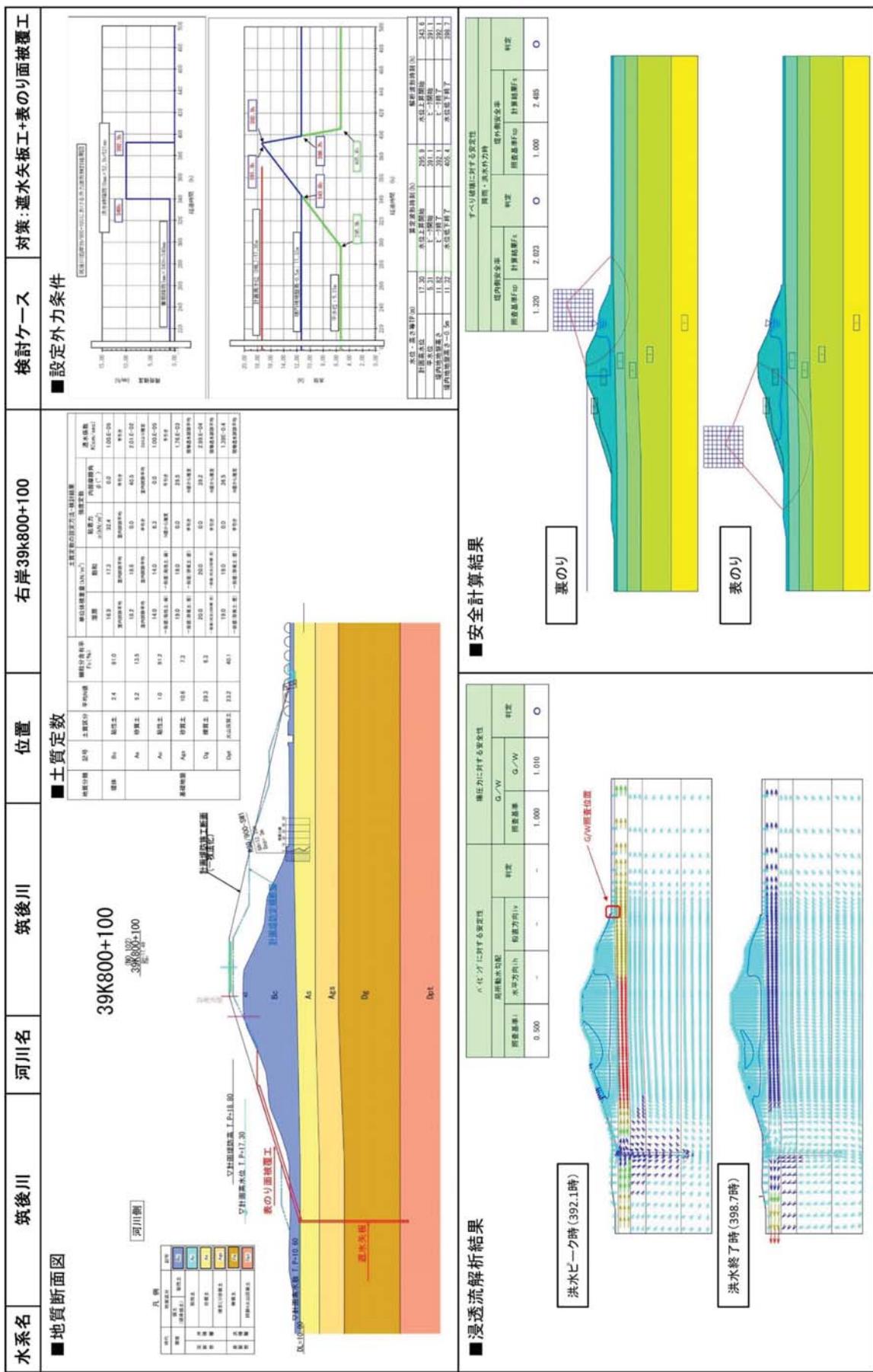


図 3-12 既往検討における浸透に対する安全性照査結果（筑後川右岸 39K800+100：遮水矢板工+表のり面被覆工）

4 変状要因の特定及び変状メカニズムの推定

4.1 変状箇所の調査結果

4.1.1 調査計画

調査項目と調査位置を次頁の図 4-1 に示す。

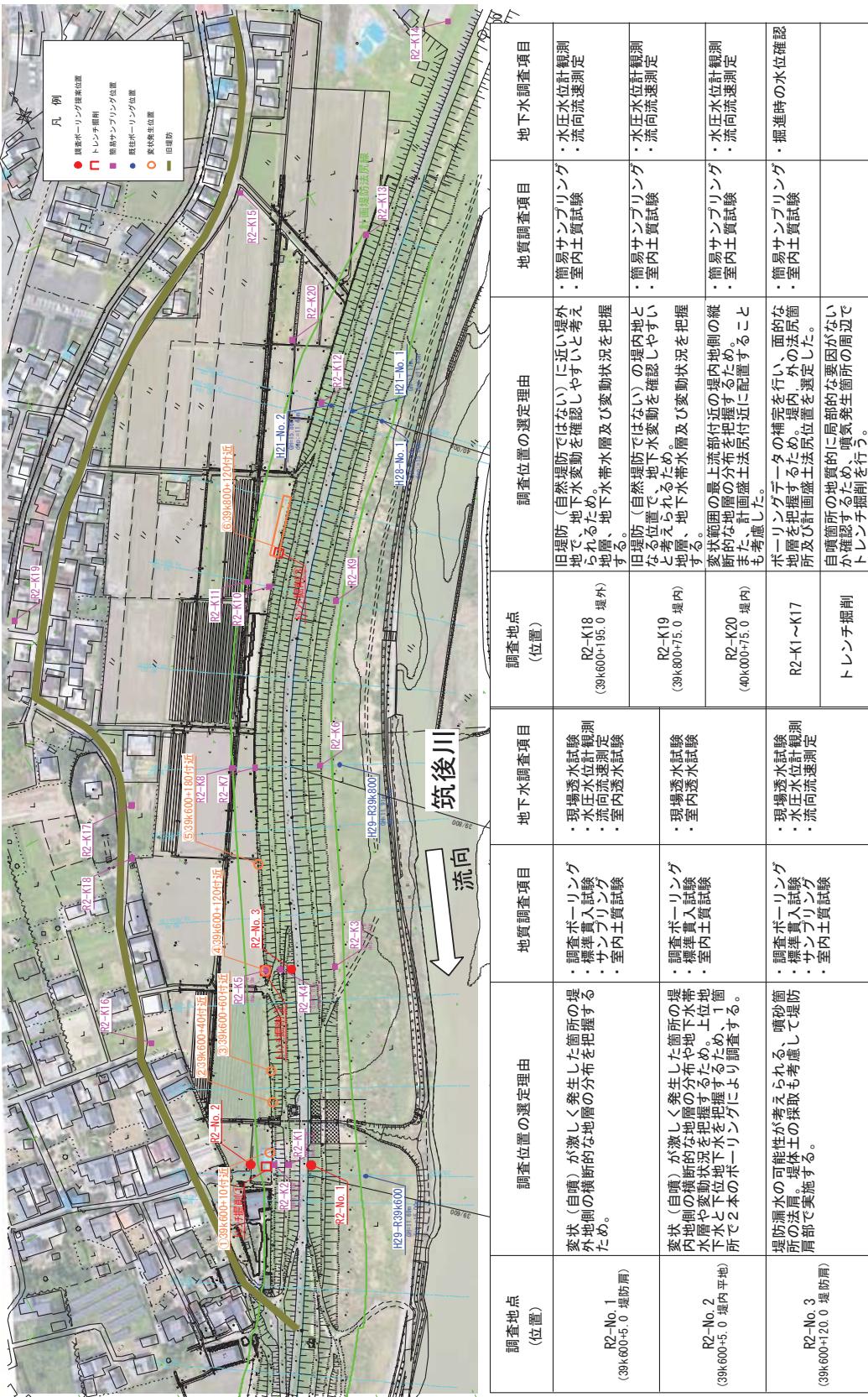


図 4-1 調査計画平面図と調査項目

4.1.2 試掘調査結果

7月6日の出水時に自噴が発生した箇所や噴砂の発生が確認された箇所のトレーンチ掘削を8月24日に実施した。調査対象3箇所を図4-2、表4-1、写真4-1に示す。

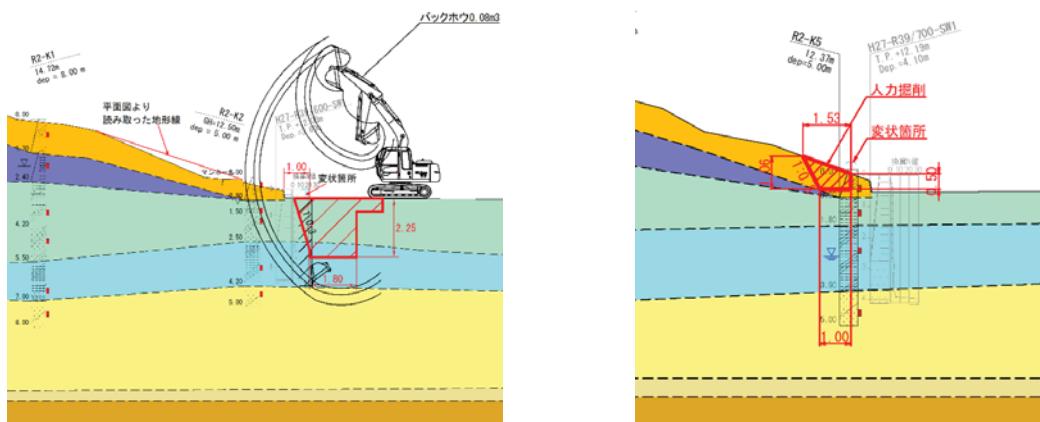
掘削形状は、図4-3に示すとおり計画した。トレーンチ掘削のバックホウ掘削においては、田面をバックホウが自走して影響の無い重機規格とすることや自噴が生じた現地特有の特徴をAsc層やAc層に見いだすことにより主眼を置き、2m程度の掘削深度とすることとした。また、重機規格の制約から自噴発生箇所ではなく自噴箇所の隣接地を対象箇所とした。



図4-2 トレーンチ掘削位置図

表4-1 トレーンチ掘削位置と生じた変状

対象箇所名	対象位置	変状発生時に 生じた現象	掘削方法
トレーンチ掘削①	39k600+10付近	自噴	バックホウ
トレーンチ掘削②	39k600+120付近	噴砂	人力掘削
トレーンチ掘削③	39k800+120付近	噴砂	人力掘削



バックホウ掘削計画断面

人力掘削計画断面

図4-3 トレーンチ計画断面図

【トレンチ掘削①；39k600+10 付近】



【トレンチ掘削②；39k600+120 付近】



【トレンチ掘削③；39k800+120 付近】



写真 4-1 トレンチ掘削地点

(1) トレンチ掘削① ; 39k600+10 付近 掘削結果



着工前

- pp ロープを張った箇所が、家屋からの埋設管が敷設された位置を示す。



0.5m 迄掘削完了

- 掘削面には Bcs 層(盛土；砂質土)の分布が確認された。



1.0m 迄掘削完了

- 0.7m 迄 Bcs 層, 1.1m 迄 Asc 層が分布していた。
- Asc 層の 0.95m 付近より下部から水の滲み出しが確認された。

写真 4-2 トレンチ掘削の結果 (39k600+10 付近) 1 / 2



1.0m 挖削直後の湧水

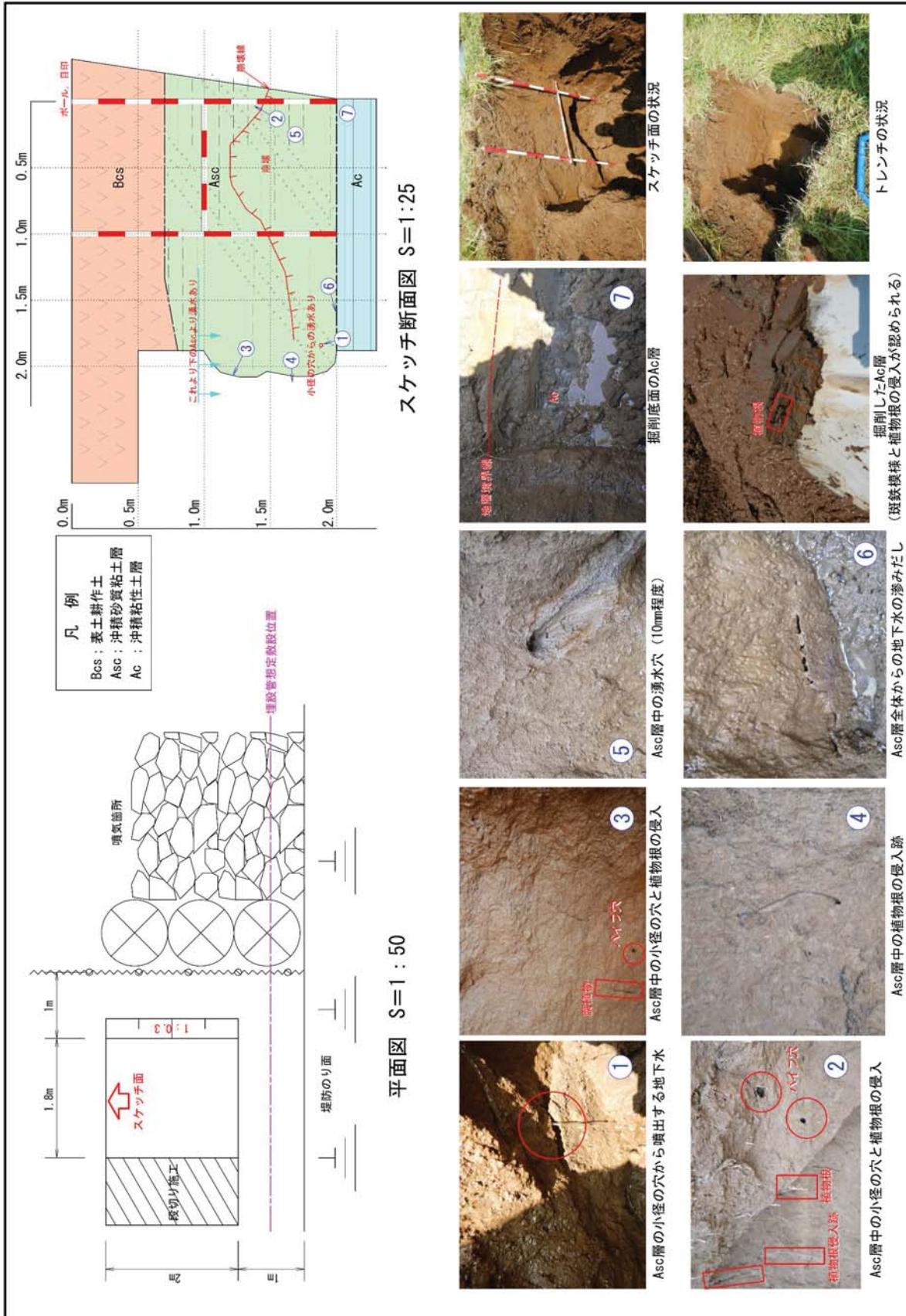
- トレンチの床面には、Asc 層が確認できる。
- 水の滲み出しが目視で確認された。



2.0m 挖削直後の湧水

- トレンチの床面には、Ac 層が確認できる。
- 掘削時の湧水の向きは現場では、確認できなかった。

写真 4-3 トレンチ掘削の結果 (39k600+10 付近) 2 / 2



39k600+10付近（地質断面とトレンチ掘削位置は図 4-3、図 4-4 参照）で実施したトレンチ掘削の結果を図 4-5 に示す。

土層は、地表面より Asc、Ac 層からなる。Asc 層の下部(0.7m 以深)については、細砂分の混入が多くなり、地下水の浸み出しが顕著である。基本的な帶水層は As 層であるが、Ac 層を難透水層とし Asc 層内に存在する浅い深度の地下水（宙水）が確認された。Asc 層の地下水は、地表面からの浸透水のほか、用水路からの漏水も含わせて涵養されている可能性が高い。Ac 層は、植物根の侵入により水みちが形成されていることや磁鉄の存在によって層内に亀裂が発生していることが確認できたため、Asc 層中の宙水が Ac 層の亀裂や水みちを通じて As 層へ涵養されている可能性も考えられる。

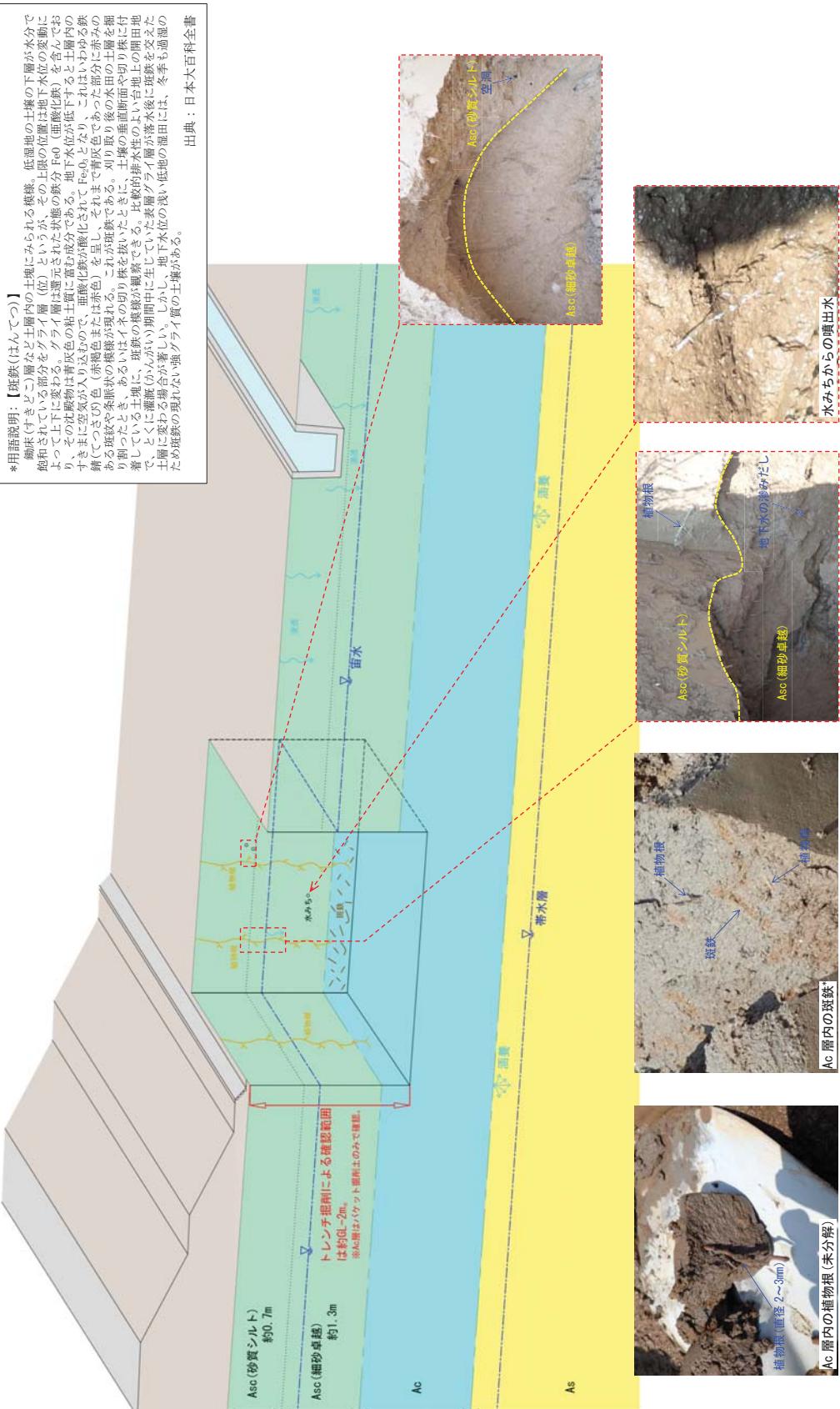


図 4-5 トレンチ掘削①；39k600+10 付近 堀削結果の概要

*用語説明：【班鉄(はんてつ)】
鉄床(はくばく)といふ部分をグレイ層(はうじゆ)といふが、その上限の位置は地下水層の下限が水分によって上層に表われる。グレイ層(はうじゆ)は疊元(たてめん)された状態の鉄分 FeO(酸化鉄)を含んでおり、その鉄床(はくばく)は正色(せうしき)である。地下水層が低くなると、FeO(はくばく)より、これより低い位置では赤色(あかいろ)である班鉄(はんてつ)や赤泥(せきね)が現れる。これらは班鉄(はんてつ)である。刈り取り後(はりとりあと)に、土壤(じようりょう)の堆積(たいせき)が蓄積(ちくせき)できる。比較的排水性(ひかいていはいすいせい)のよい台地上(だいちじゆ)に耕種(こうせい)された場合(ばん)には、表層(ひょうそう)の強(きょう)い強(きょう)班(はん)の土壤(じようりょう)がある。

出典：日本大百科全書

(2) トレンチ掘削② ; 39k600+120 付近



掘削状況

- ・想定断面図のとおり Bcs 層が分布していた。
- ・地層的に特異的な状況は確認されなかった。



0.5m 迄掘削完了

- ・掘削底面に噴砂跡とみられる孔が確認された。
- ・孔の周辺に As 層のものと思われる砂が確認された。



孔の確認

- ・孔は 3cm 程度で深さは、鉄筋棒の確認で 3.5m 程度の深さであることがわかった。
- ・地下水位は、GL-1.5m 付近で確認された。

写真 4-4 トレンチ掘削の結果 (39k600+120 付近)

39k600+120 付近（地質断面とトレンチ掘削位置は図 4-6 参照）で実施したトレンチ掘削の結果を以下に示す。

- ・地層は近隣のボーリング結果と相違なく、Bcs 層が確認された。
- ・掘削底面に確認された孔は、出水時に噴砂を生じた噴砂孔と推察される。
- ・トレンチ掘削の結果、直径 $\phi = 3\sim 4\text{cm}$ で鉛直に深度 3.5m まで連続する空洞等が確認された。
- ・この孔は、深度方向に直線的で、その深さから推察して As 層に到達している。
- ・39k600 地点と同様、過去に桑の植生が確認された地点であることから、植生の影響を受けている可能性がある。
- ・39k600+120 地点は、過年度に実施した地質調査箇所の近傍に位置しており、調査の影響の可能性も否定できない。

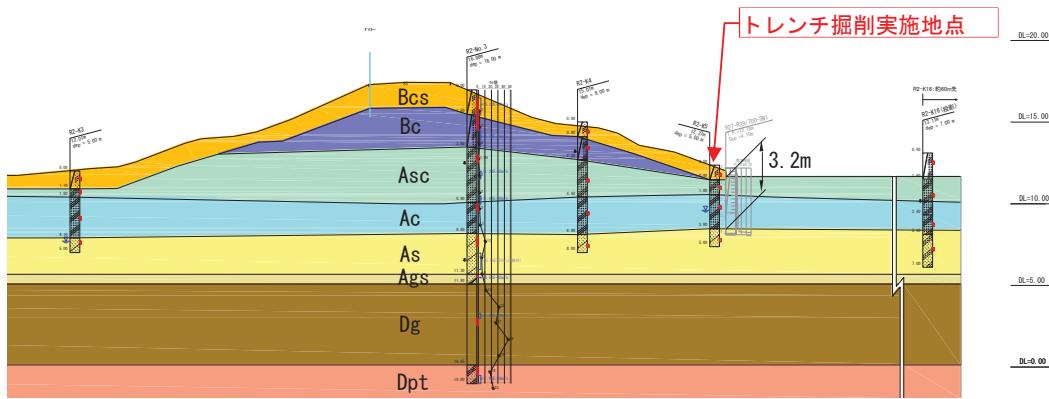


図 4-6 地質断面（39k600+120 付近）とトレンチ掘削位置図

(3) トレンチ掘削③ ; 39k800+120 付近



掘削状況

- 想定断面図のとおり Bcs 層が分布している。
- 地層的に特異的な状況は確認されなかった。
- 樹木の根の侵入や古い構造物の存在などの特異条件は確認されなかった。



0.5m 収掘削完了

- 掘削底面や側面には目立った噴砂跡や亀裂等は認められなかった。



0.5m 収掘削完了

- 局部的な碎石層が確認された。分布は極めて限定的で腰止め擁壁から離れており、腰止め擁壁の裏込め材ではないと推察される。

写真 4-5 トレンチ掘削の結果 (39k800+120 付近)

39k800+120 付近（地質断面とトレンチ掘削位置は図 4-7 参照）で実施したトレンチ掘削の結果を以下に示す。

- ・地層は近隣のボーリング結果と相違なく、Bcs 層が確認された。
- ・トレンチ掘削を行った腰止め擁壁の背面には、噴砂跡やパイピングなどは確認できなかつた。このことから、出水時は、犬走り部で噴砂等の変状は発生しておらず、現地踏査で確認した腰止め擁壁前面（田圃内）で僅かに砂の見られた箇所において噴砂が発生していたと考えられる。
- ・掘削の側面に局部的な碎石層が確認された（写真 4-5 の最下段写真参照）。碎石層の分布は極めて限定的で、腰止め擁壁より離れていることから、裏込め碎石では無いと考えられる。土木研究所が実施した土検棒調査でも同等位置の複数地点で碎石が確認されていることから、多くの箇所で碎石が分布していると考えられる。設置の目的や配置などは不明であるが、噴砂の素因とはなり得ない。

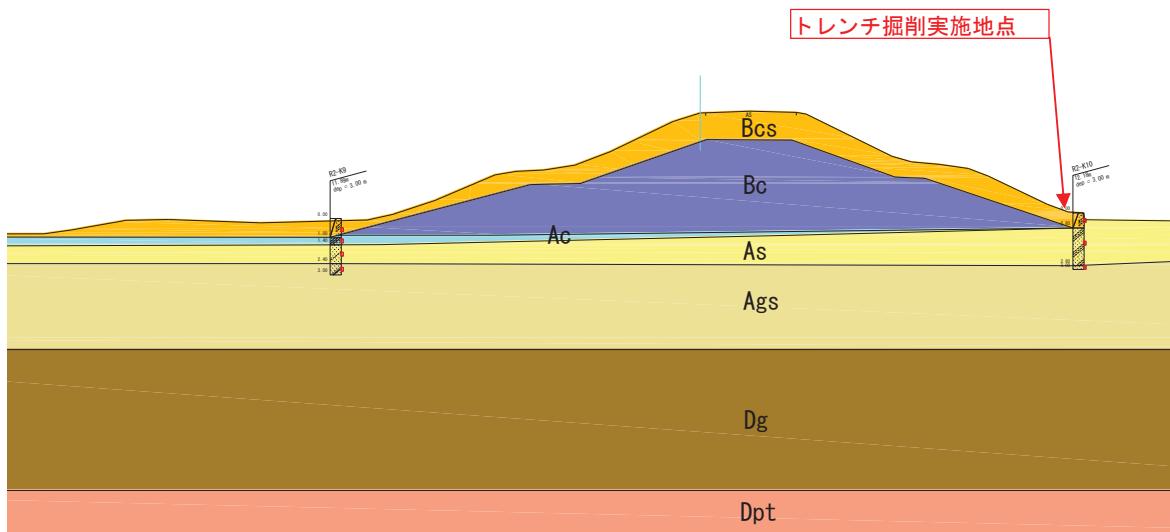


図 4-7 地質断面（39k800+120 付近）とトレンチ掘削位置図

4.1.3 地質調査結果

写真 4-6 に簡易サンプリング状況写真を、図 4-8 に調査ボーリング、簡易サンプリング実施位置概要図を示す。変状発生箇所の縦断的、横断的な地質の分布状況を把握する目的で「調査ボーリング」、「簡易サンプリング」を実施した。また、地層毎のせん断強度や物理的性質等を把握する目的で、サンプリングやコアサンプリングで採取したコアを利用して「室内土質試験」を実施した。図 4-8 に示したように、調査ボーリングは 3 箇所で実施し、簡易サンプリングは 20 箇所で実施した。

表 4-2 に現地の地層層序一覧表を示す。また、調査結果から区分した各層の特徴を表 4-3、表 4-4 に示す。



写真 4-6 簡易サンプリング状況写真

表 4-2 現地の地層層序一覧表

時代	地層名	記号	N 値 上段：範囲 下段：設計	提案土質定数				記事
				r_t (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	透水係数 (m/s)	
現世	盛土砂質土層 (シルト質砂)	Bcs	1~3	17.0	6.7 (全応力) 3.6 (有効応力)	18.9 (全応力) 26.7 (有効応力)	3E-07	堤体盛土。細粒分を多く混入する砂質土。砂は、微細～細砂。部分的に細粒分優勢となり、砂質シルト状を呈す。所々に炭細片を混入する。
			2					
	盛土粘性土層 (砂質シルト)	Bc	1~4 1	17.3 15.7	28.5 8.5	4.5 5.2	1E-06 2E-05	堤体盛土と推察され、微細～細砂を不均一に混入する粘性土。所々に炭細片混入。高含水比で、コアは指圧で指が貫入。
新生代完新世	沖積砂質粘性土層 (砂質シルト ～シルト質砂)	Asc	0~2 1	16.3	20.7 0	9E-07	微細～細砂を不均一に混入する粘性土。 含水比高く軟質で、コアは指圧により指が貫入する。部分的に砂分の混入量多い。腐植物混入。	
			0~3 1					
	沖積粘性土層 (粘土質シルト)	Ac	2~14 6	18.9	0.0	39.4	9E-04	細～中砂を主体とする砂質土。含水比低く、細粒分の混入量は5～15%程度。局部的に微細砂主体となり、細粒分の混入量が多い。
			4~21 11					
	沖積礫混じり砂層 (礫混じり砂)	Ags	12~46 28	21.0	0.0	35.0	3E-04	細～粗砂を主体とし、φ2~30mm大の亜円～亜角礫を10～20%程度混入する砂質土。部分的に礫の混入量多い。
四紀	洪積礫質土層 (砂礫)	Dg	6~33 19					
	洪積火山灰質砂層 (火山灰質砂)	Dpt	12~46 28					φ2~40mm大の礫を50～65%程度混入する礫質土。最大礫径φ70mm。部分的に、礫の混入少ない。マトリックスは、シルト混じり細～中砂。
			6~33 19					火山灰質な微細～細砂主体。φ2~30mm大の軽石を多く混入する砂質土。軽石の最大径は、φ100mm。下部は、細～中砂を混入する。

盛土の Bcs 層は、工学的分類からは「粘性土」に分類されるが、層全体のコア状況から判断し、砂分優勢となる箇所が多く見られたため、Bcs 層として区分した。



図 4-8 調査ボーリング、簡易サンプリング実施位置概要図

表 4-3 地層毎の状況詳細一覧表 (1/2)

地層名	地層記号	物理特性		力学および透水特性		コアの状況		粒径加積曲線		記事
		項目	平均	項目	平均	項目	平均	粒径加積曲線	粒径加積曲線	
盛土砂質土層 (シルト質砂)	Bos	N値	N —	2	粘着力(全応力) C_u (kN/m ²)	6.7	Bos層の粒径加積曲線		堤体盛土と推察される。	
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.622	粘着力(有効応力) C_u' (kN/m ²)	3.6	堤本層は、工学的分類からは「粘性土」に分類されるが、層全体のコア状況から判断し、砂分優勢となる箇所が多く見られたため、Bos層として区分した。				
		含水比 W (%)	33.2	内部摩擦角(全応力) $\phi_c u$ (°)	18.9					
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.696	内部摩擦角(有効応力) $\phi_c u'$ (°)	26.7					
	Bc	細粒分含有率 F_c (%)	68.7	現場透水試験 k (m/s)	3.10E-01					
		D20からの透水係数 k (m/s)	6.24E-09	室内透水試験 k' (m/s)	1.85E-08					
		液性限界 WL (%)	49.5							
		塑性限界 WP (%)	33.9							
盛土粘性土層 (砂質シルト)	Bc	N値	N —	15.6	塑性指数 IP —		Bc層の粒径加積曲線		堤体盛土と推察され、微細～細砂を不均一に混入する粘性土。	
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.617	内部摩擦角 $\phi_c u$ (°)	4.5					
		含水比 W (%)	37.7	現場透水試験 k (m/s)	1.03E-06					
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.730	室内透水試験 k' (m/s)	1.20E-08					
	Asc	細粒分含有率 F_c (%)	76.2							
		D20からの透水係数 k (m/s)	4.18E-09							
		液性限界 WL (%)	47.7							
		塑性限界 WP (%)	31.4							
冲積 砂質粘性土層 (砂質シルト～ シルト質砂)	Asc	N値	N —	16.3	塑性指数 IP —		Asc層の粒径加積曲線		微細～細砂を不均一に混入する粘性土。含水比高く軟質で、コアは指圧により指が貫入する。	
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.608	内部摩擦角 $\phi_c u$ (°)	8.5					
		含水比 W (%)	40.9	压密降伏応力 P_c (kN/m ²)	5.2					
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.567	压縮指數 C_c	208.2					
	Ac	細粒分含有率 F_c (%)	66.0	現場透水試験 k (m/s)	0.422					
		D20からの透水係数 k (m/s)	5.48E-09							
		液性限界 WL (%)	44.3							
		塑性限界 WP (%)	32.3							
冲積 粘性土層 (粘土質シルト)	Ac	N値	N —	1.4	塑性指数 IP —		Ac層の粒径加積曲線		微細砂をブロック状に混入する粘性土。含水比高く軟質で、コアは指圧により指が貫入する。	
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.593	内部摩擦角 $\phi_c u$ (°)	20.7					
		含水比 W (%)	47.9	压密降伏応力 P_c (kN/m ²)	0.0					
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.634	压縮指數 C_c	61.9					
	Ac	細粒分含有率 F_c (%)	86.3	現場透水試験 k (m/s)	0.415					
		D20からの透水係数 k (m/s)	1.46E-09							
		液性限界 WL (%)	53.7							
		塑性限界 WP (%)	36.2							
		塑性指数 IP —	17.5							

表 4-4 地層毎の状況詳細一覧表 (2/2)

地層名	地層記号	物理特性		力学および透水特性		コアの状況	粒径加積曲線	記事
		項目	平均	項目	平均			
沖積 砂質土層 (シルト混じり 砂)	As	N値 N	—	6.3	—	粘着力 Cd (kN/m ²)	11.5	細～中砂を主体とする砂質土。
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.696	内部摩擦角 ϕ_d (°)	39.4	含水比 w (%)	—	含水比低く、細粒分の混入量は5～15%程度。
		含水比 w (%)	17.7	現場透水試験 k (m/s)	6.31E-03	温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	1.886	局部的に微細砂主体となり、細粒分の混入量多い。
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	—	—	総粒分含有率 Fc (%)	11.0	—
		D20から漏れる透水係数 k (m/s)	1.36E-04	液性限界 WL (%)	—	塑性限界 WP (%)	—	—
		塑性指数 IP	—	—	—	塑性指数 IP	—	—
		N値 N	—	11.9	現場透水試験 k (m/s)	3.51E-03	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.694
		含水比 w (%)	—	—	—	温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	—
沖積 泥混じり 砂層 (砂混じり砂)	AgS	総粒分含有率 Fc (%)	6.8	—	—	総粒分含有率 Fc (%)	3.42E-04	細～粗砂を主体とし、 ϕ 2～30mm大の亜円～亜角礫を5～15%程度混入する砂質土。局部的に細粒分の混入量多い。
		D20からの透水係数 k (m/s)	—	液性限界 WL (%)	—	液性限界 WL (%)	—	—
		塑性限界 WP (%)	—	塑性限界 WP (%)	—	塑性指数 IP	—	—
		N値 N	—	11.9	現場透水試験 k (m/s)	0.91E-04	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.694
		含水比 w (%)	—	—	—	温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	—
		総粒分含有率 Fc (%)	6.8	—	—	総粒分含有率 Fc (%)	9.37E-04	—
		D20からの透水係数 k (m/s)	—	液性限界 WL (%)	—	液性限界 WL (%)	—	—
		塑性限界 WP (%)	—	塑性限界 WP (%)	—	塑性指数 IP	—	—
洪積 砂質土層 (砂礫)	Dg	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.698	現場透水試験 k (m/s)	—	総粒分含有率 Fc (%)	—	φ 2～40mm大の亜円～亜角礫を50～65%程度混入する砂質土。
		含水比 w (%)	11.6	—	—	温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	最大粒径は、 ϕ 70mm。マトリックスは、シルト混じり細～中砂からなる。部分的に、礁の混入量少ない。
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	—	—	総粒分含有率 Fc (%)	—	—
		D20からの透水係数 k (m/s)	—	—	—	液性限界 WL (%)	—	—
		塑性限界 WP (%)	—	—	—	塑性限界 WP (%)	—	—
		N値 N	—	—	—	塑性指数 IP	—	—
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	—	—	—	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.698	細～中砂で構成される淘汰された砂質土。
		含水比 w (%)	—	—	—	温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	含水比は、非常に少な
噴砂 (39k/20)	-	総粒分含有率 Fc (%)	1.9	—	—	総粒分含有率 Fc (%)	1.18E-04	い。
		D20からの透水係数 k (m/s)	—	—	—	液性限界 WL (%)	—	—
		塑性限界 WP (%)	—	—	—	塑性限界 WP (%)	—	—
		塑性指数 IP	—	—	—	塑性指数 IP	—	—
		N値 N	—	—	—	—	—	—
		土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	—	—	—	—	—	—
		含水比 w (%)	38.0	—	—	—	—	—
		温潤密度 ρ_t (g/cm ³)	—	—	—	—	—	—

(1) 地質横断図及び地質縦断図

今回の地質・土質調査分析結果を踏まえた地質横断図及び縦断図を図 4-9 に示す。39k600 付近の地層層序は以下に示すとおりである。

- 堤体盛土は、砂質土の Bcs 層と粘性土の Bc 層の 2 層から構成される。
- 地表面の被覆土層には、砂質粘性土の Asc 層と粘性土の Ac 層が堆積している。
- 基礎地盤には、砂質土の As 層、礫混じり砂質土の Ags 層、礫質土の Dg 層が堆積している。

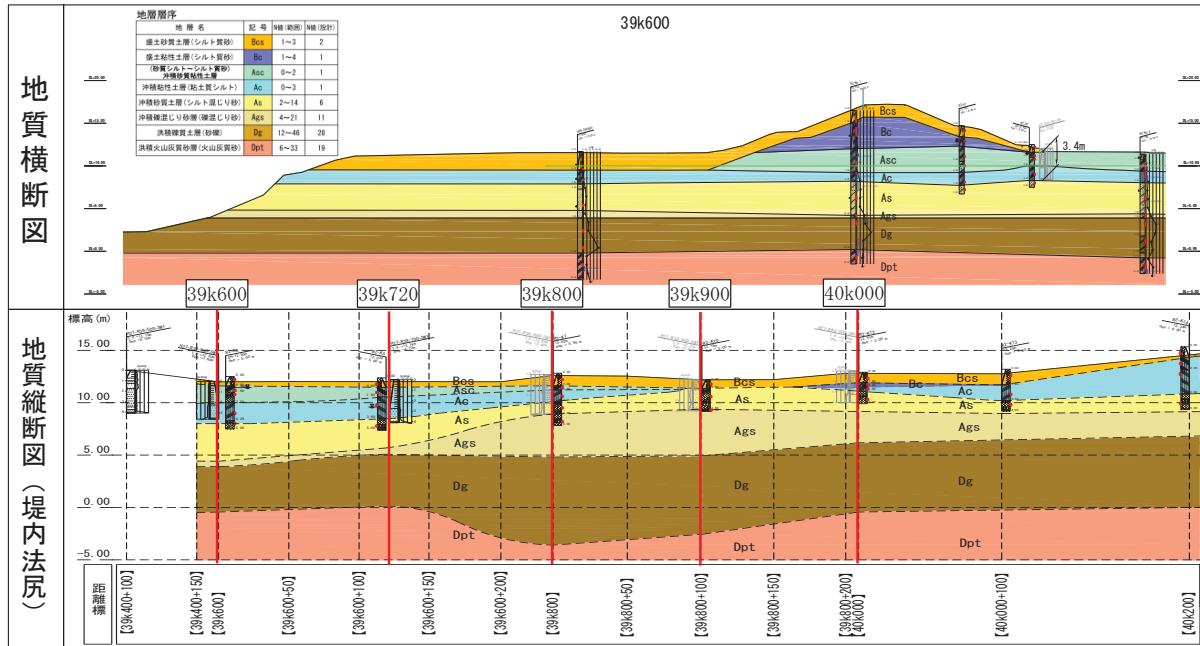


図 4-9 地質横断図 (39k600) 及び地質縦断図 (堤内法尻)

今回の地質・土質調査分析結果を踏まえた地質横断図及び縦断図を図 4-10～図 4-17 に示す。なお、各横断図の作成位置は、図 4-9 中の地質縦断図に示したとおりである。

39K600+5.0 : 堤内地の被覆土(Asc、Ac)の層厚は3.4mで、変状区間で最も厚い。

時代	地層名	記号	N値	地盤主観定数			記事
				下段	上段	範囲	
現	被覆土(砂質・泥質)	Bss	2	1~3	17.0	6.7 (18.9) 3.7 (26.7) 2.0 (27.0)	被覆土が堆積され、細粒分を多く含む砂質土となり、砂質シート状を呈す。下段に細粒分を含む。
古	被覆土(砂質)	Blt	1	1~4	17.3	26.5 (18.9) 4.5 (26.7) 2.0 (27.0)	被覆土が堆積され、細粒分を含む。部分的に細粒分を含む。
新 代	沖積原生土層 (砂質・シルト質)	Asc	1	0~2	15.7	8.5 (18.9) 5.2 (26.7)	被覆土が堆積する粘土。含水は高く、粒度で、コアは堆積時に砂を入れる粘土。含水は高く、粒度で、コアは堆積時に砂を入れる粘土。含水は高く、粒度で、コアは堆積時に砂を入れる粘土。含水は高く、粒度で、コアは堆積時に砂を入れる粘土。
古 代	沖積原生土層 (粘土質)	Ac	1	0~3	16.3	20.7 (18.9) 0.0 (26.7)	被覆土が堆積する。細粒分を含む。
古 代	沖積原生土層 (シルト質)	As	6	2~14	18.9	0.0 (18.9) 39.4 (26.7)	被覆土が堆積する。細粒分を含む。
新 代	沖積原成じり谷原 (砂質)	As3	11	4~21	19.0	0.0 (18.9) 32.0 (26.7)	被覆土が堆積する。細粒分を含む。
新 代	沖積原生土層 (砂質)	Dtc	28	12~46	21.0	0.0 (18.9) 35.0 (26.7)	被覆土が堆積する。細粒分を含む。
新 代	冲積火山灰谷原 (火山灰質)	Dtc	19	6~33	17.0	0.0 (18.9) 32.0 (26.7)	被覆土が堆積する。細粒分を含む。

推定地質横断図(39K600+5.0)

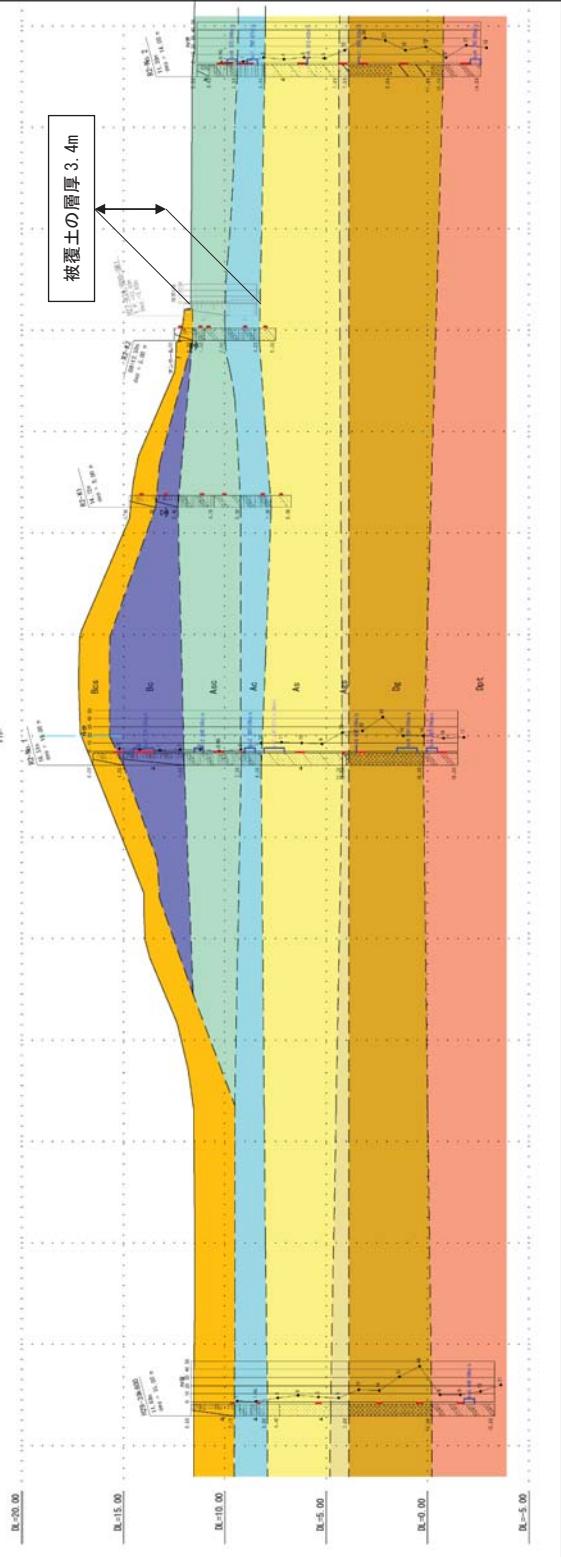


図 4-10 地質横断図 (39K600+5.0)

39K720：下流の 39K600 から連続する同様の地層構成で、被覆土 (Asc, Ac) の層厚は 3.2m である。

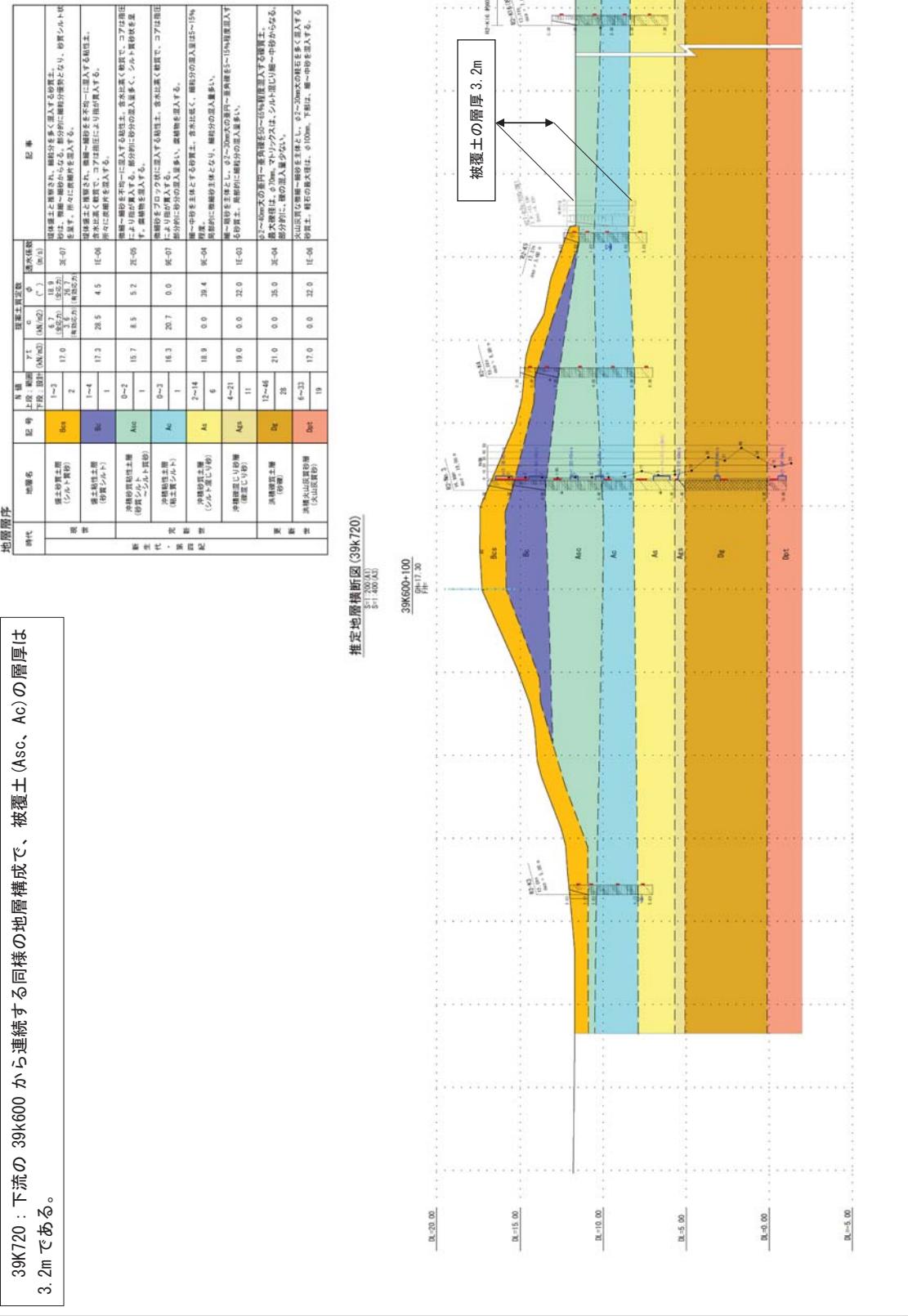


図 4-11 地質横断図 (39K720)
4-20

39k800 : 被覆土 (Asc, Ac) の層厚は 1.7m で、下流側よりも薄くなる。

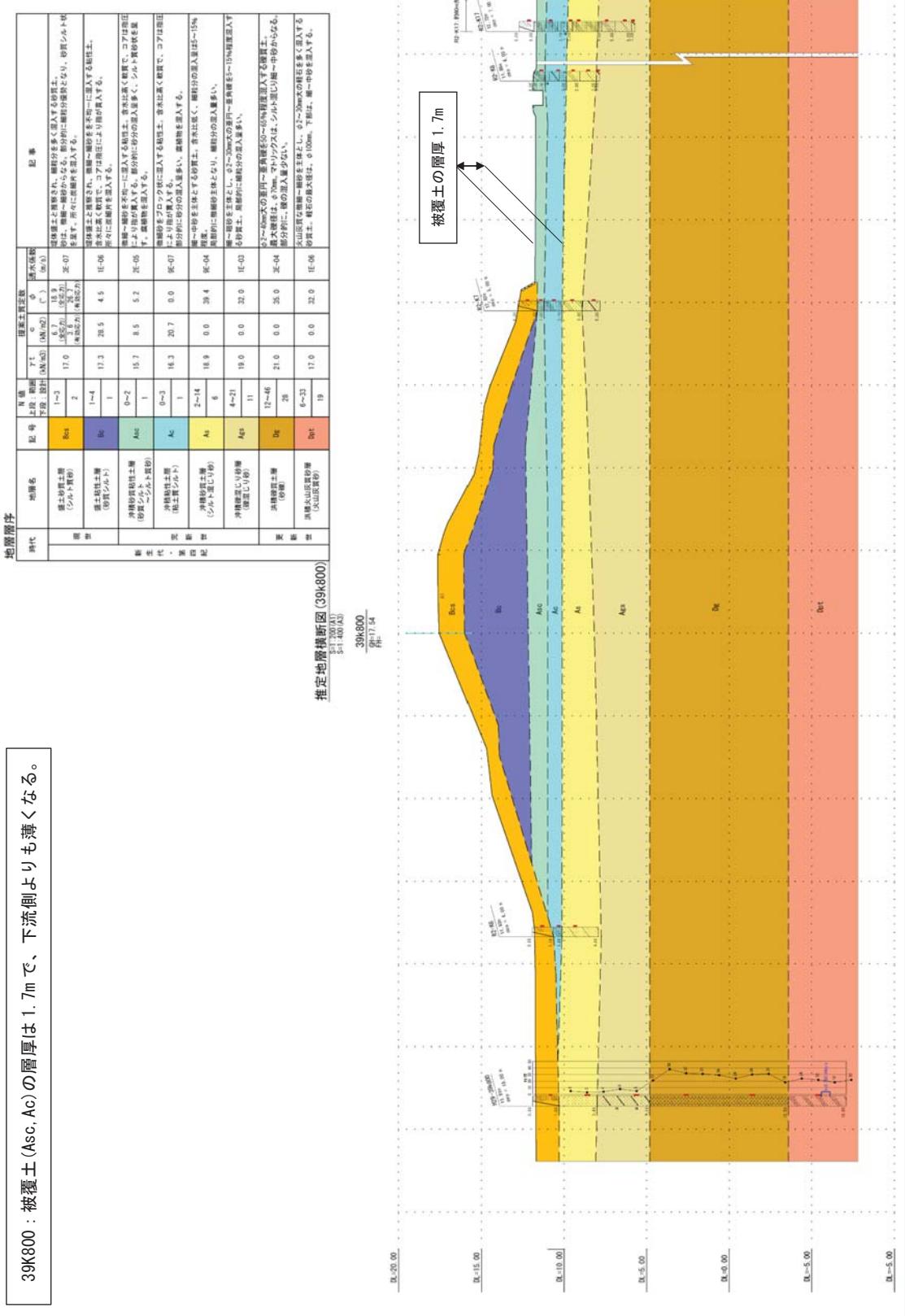


図 4-12 地質横断図 (39k800)
4-21

39K900 : 堤内地に明瞭な被覆土層(Asc, Ac)の堆積は見られない。

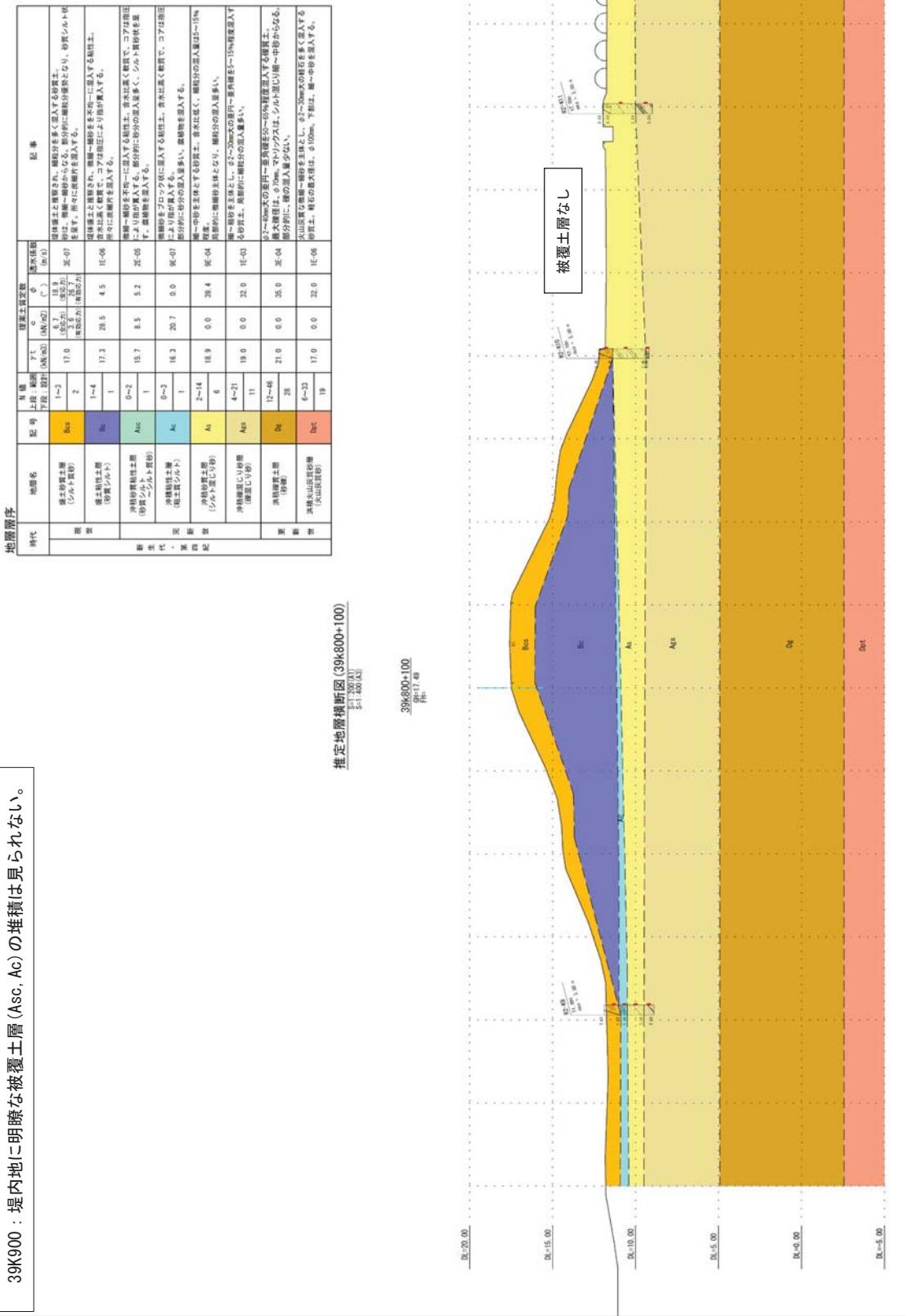


図 4-13 地質横断図 (39k900)

40k000 : As 層上面は標高が高く、被覆土 (Ac) の層厚が 0.8m と薄い。

時代	地層名	記号	n 値		埋蔵土剖定数		記事
			上段	下段	T ₁	T ₂	
現 在	漂浮質土層 (シルト質)	I _{sh}	1~3	17.0	17.0	16.9	泥炭土と漂浮土が混じる。漂浮土が多い場所は、砂質シルト層 を呈す。漂浮土層から下へは、砂質シルト層となり、砂質シルト層 に漂浮土層が混じる。
	漂浮性土層 (漂質シルト)	I _{sh}	1~4	17.3	28.5	4.5	漂浮土と漂浮性土層の境界は、細かい砂質土層で、必ずしも漂浮性土層 を呈す。漂浮性土層は、砂質土層によく混入する。
新 生 代 ・ 元 古 紀	沖積性質土層 (漂質シルト質)	A _{sh} t	0~2	15.7	8.5	5.2	冲積性質土層を示す。漂浮性質土層よりはよく漂浮性土層で、コアは粗粒 漂浮性質土層を示す。漂浮性質土層は、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層 を呈す。漂浮性質土層は、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
	沖積性質土層 (粘質シルト質)	A _{sh} t	0~3	16.3	20.7	0.0	漂浮性質土層に漂浮性土層を呈する。
	冲積性質土層 (粘質シルト)	A _{sh}	1				漂浮性質土層に漂浮性土層を呈する。
	冲積性質土層 (シルト質)(S ₁)	A _{sh}	2~14	18.9	0.0	39.4	冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
	冲積性質土層 (粘土質)	A _{sh}	6				冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
	冲積性質土層 (粘土質)	A _{sh}	4~21	19.0	0.0	32.0	冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
	冲積性質土層 (粘土質)	D _{sh}	12~48	21.0	0.0	35.0	冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
現 在	冲積性質土層 (泥炭質)	D _{sh} t	6~23	17.0	0.0	22.0	冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。
	冲積性質土層 (泥炭質)	D _{sh} t	19				冲積性質土層に漂浮性土層とより、漂浮性土層よりは多く漂浮性土層を呈す。

推定地層横断図(40k000)

SI : 100(A1)

SI : 100(A1)

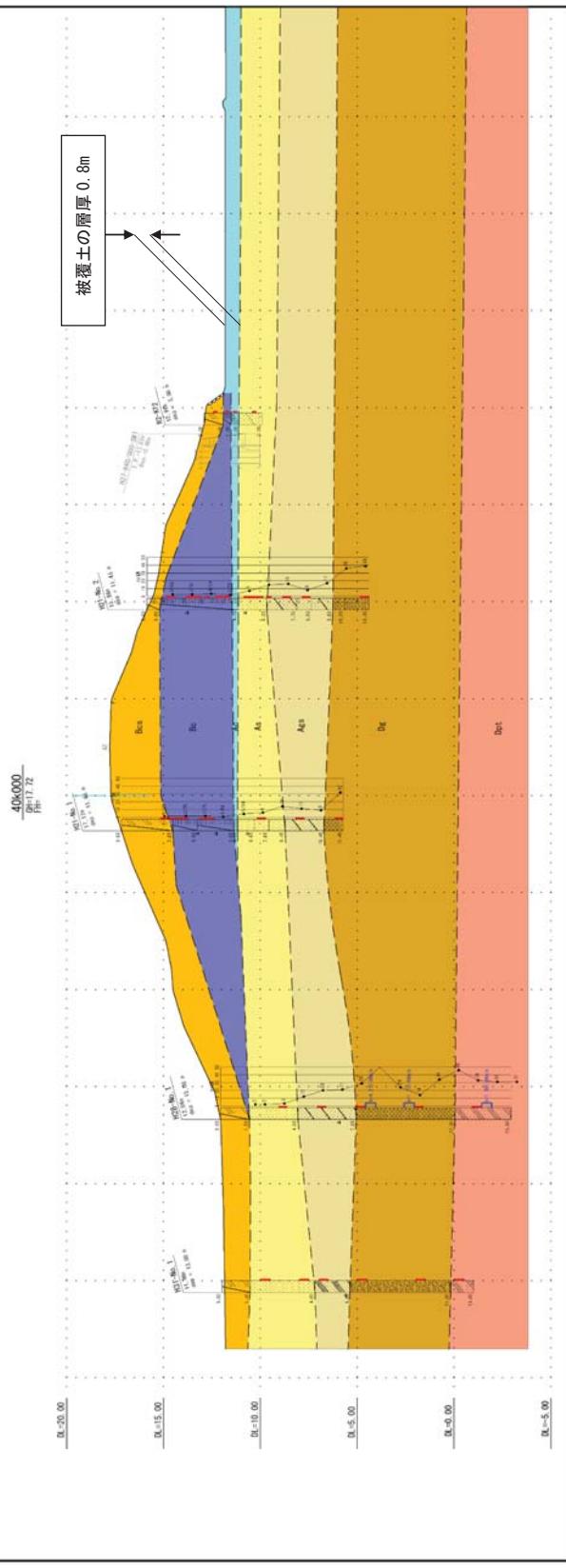
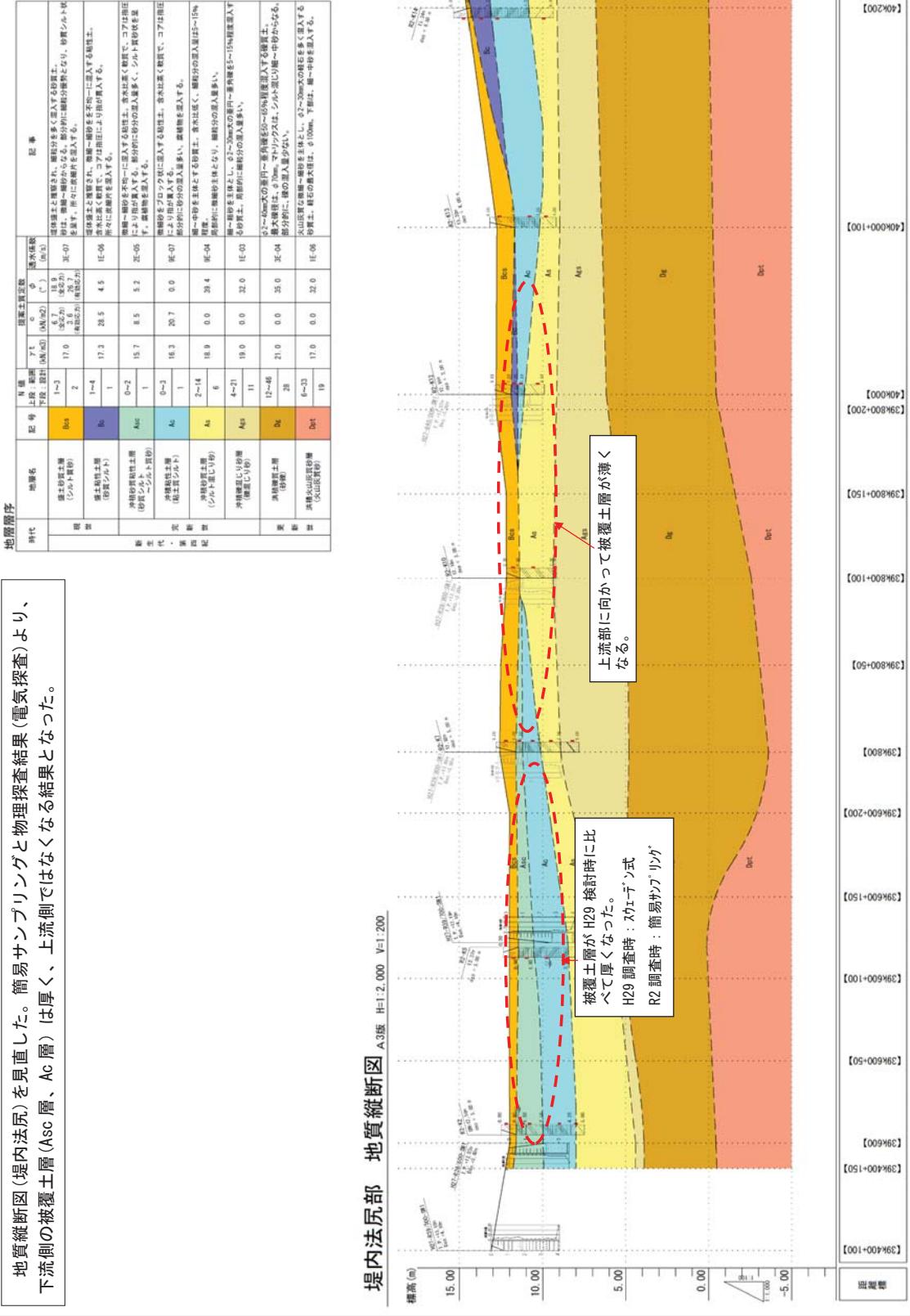


図 4-14 地質横断図 (40k000)

地質縦断図(堤内法尻)を見直した。簡易サンプリングと物理探査結果(電気探査)により、下流側の被覆土層(Asc 層、Ac 層)は厚く、上流側ではなくなる結果となつた。



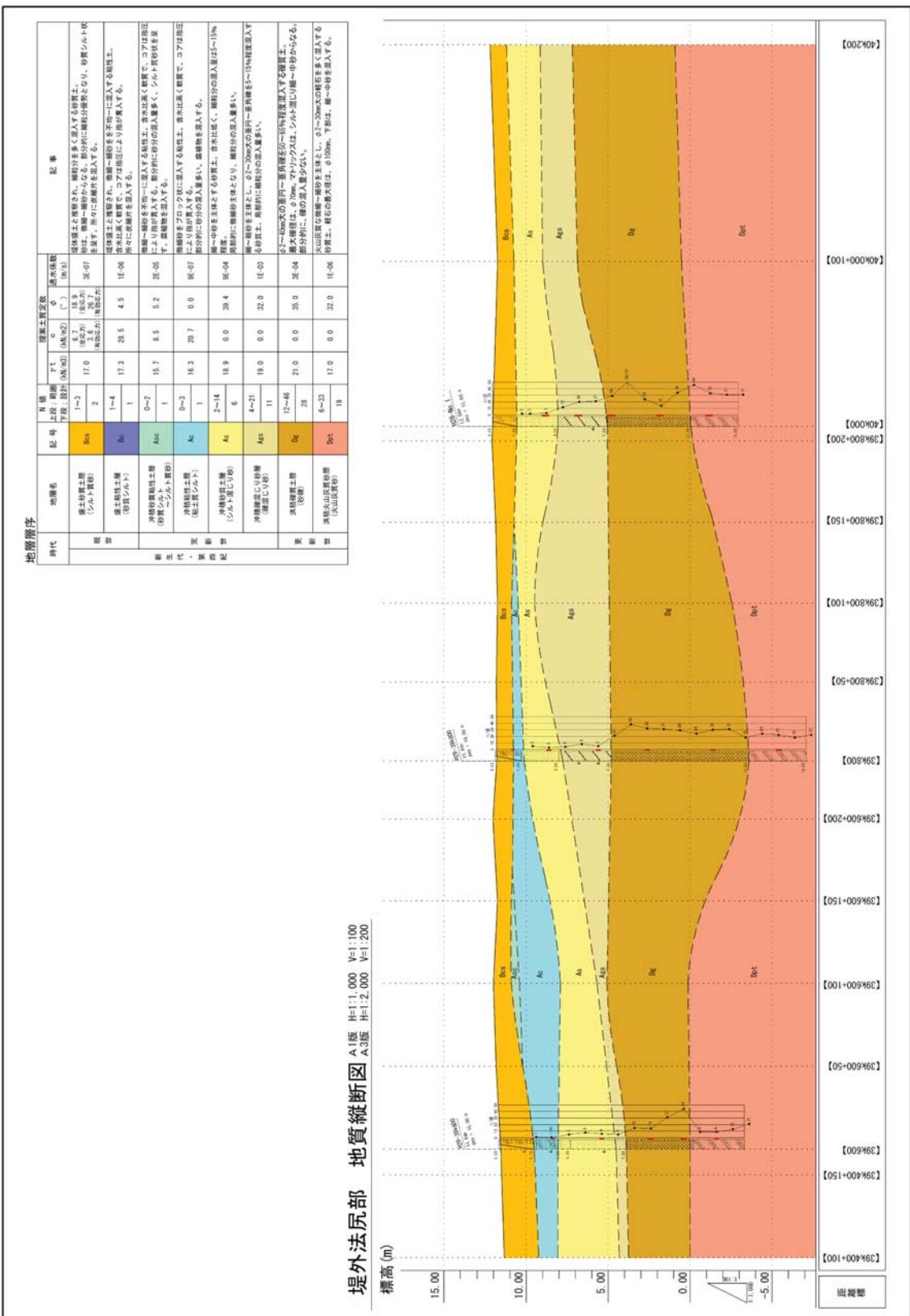


図 4-16 地質縦断図（堤外法尻）
4-25

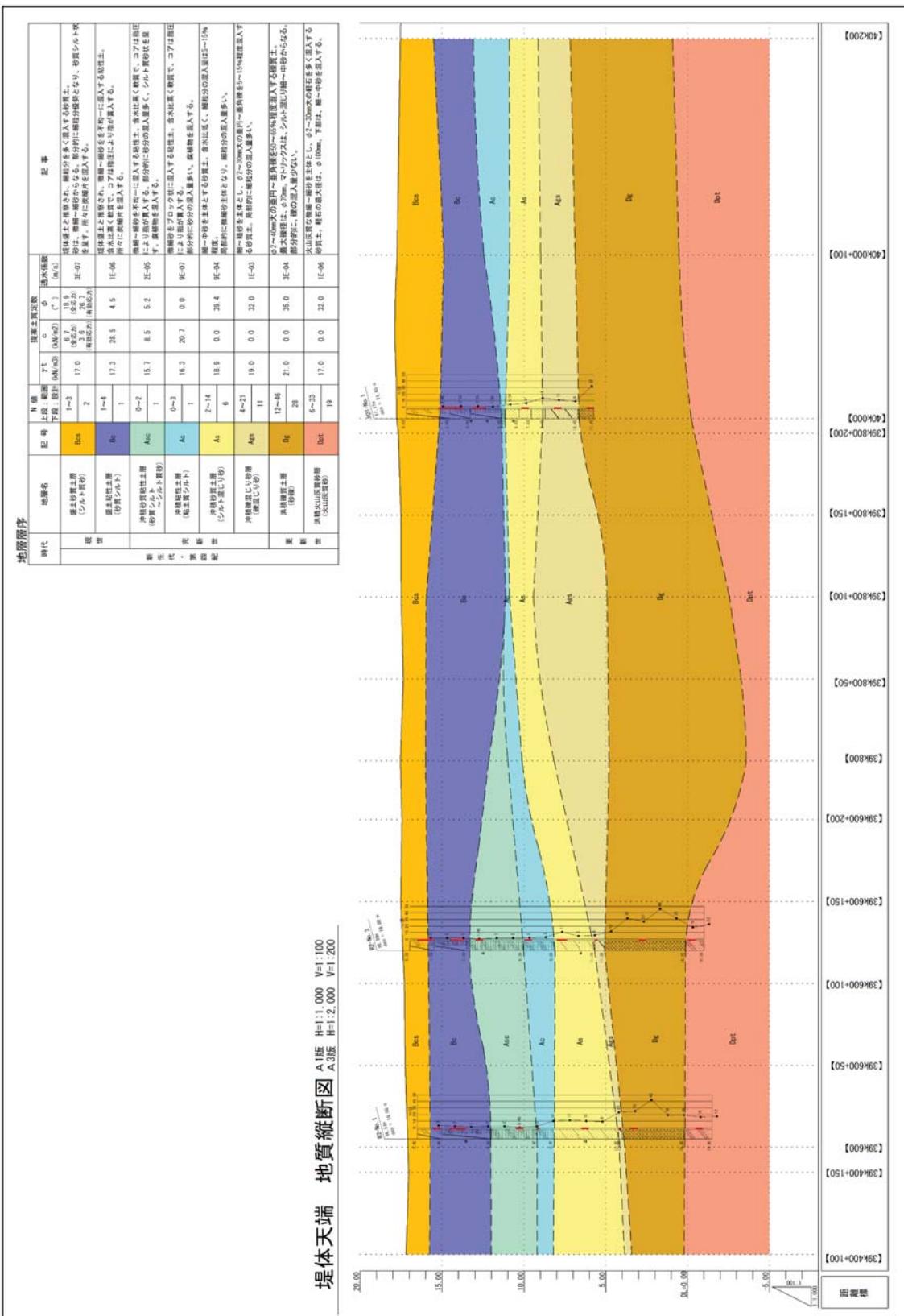


図 4-17 地質縦断図（堤体天端）

(2) As層上面標高分布図

堤防の浸透に対する安全性評価においては、地下水浸透が透水性の低い被覆土層の影響を受けることから、被覆土層の分布状況の把握が重要である。地質調査結果を基に被覆土層下面のAs層上面の標高分布図(図4-18参照)と川裏側地質断面図(図4-19参照)を作成して被覆土層厚の三次元的な分布状況を整理した結果、被覆土層(As層、Ac層、Ac層)下面のAs層の分布標高は一様ではなく、埋没した地形として、尾根や高まりなどの微地形などがあると推測される。被覆土層はその上位に堆積していることから、層厚も一様ではなく、複雑に変化していると考えられる。

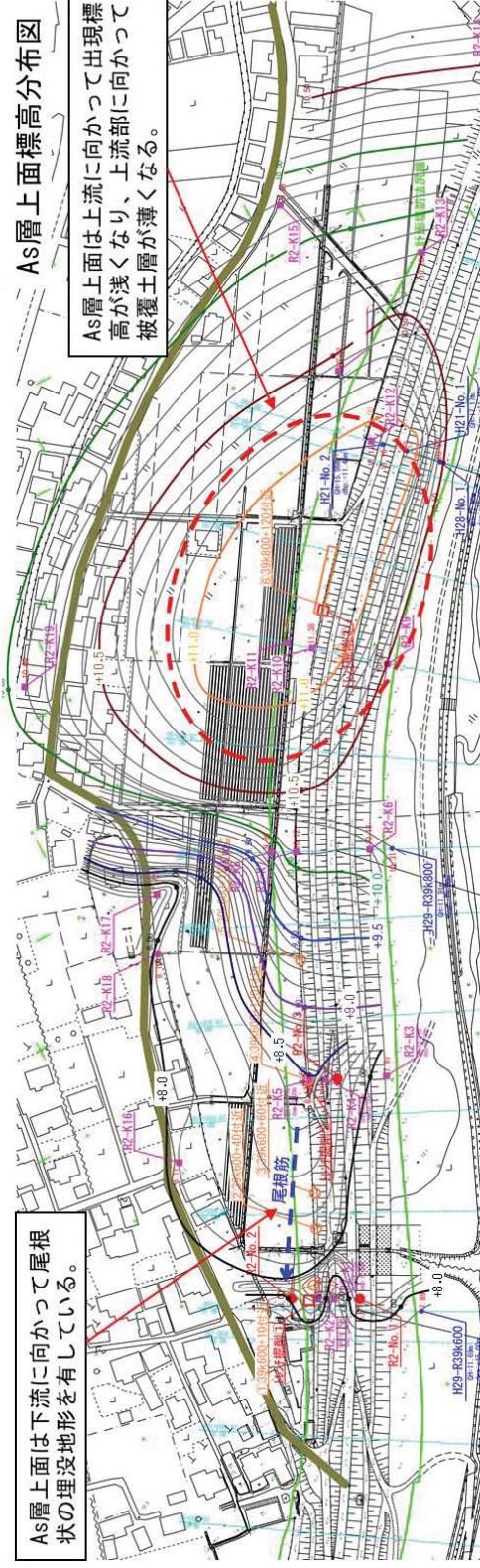


図4-18 As層上面標高分布図

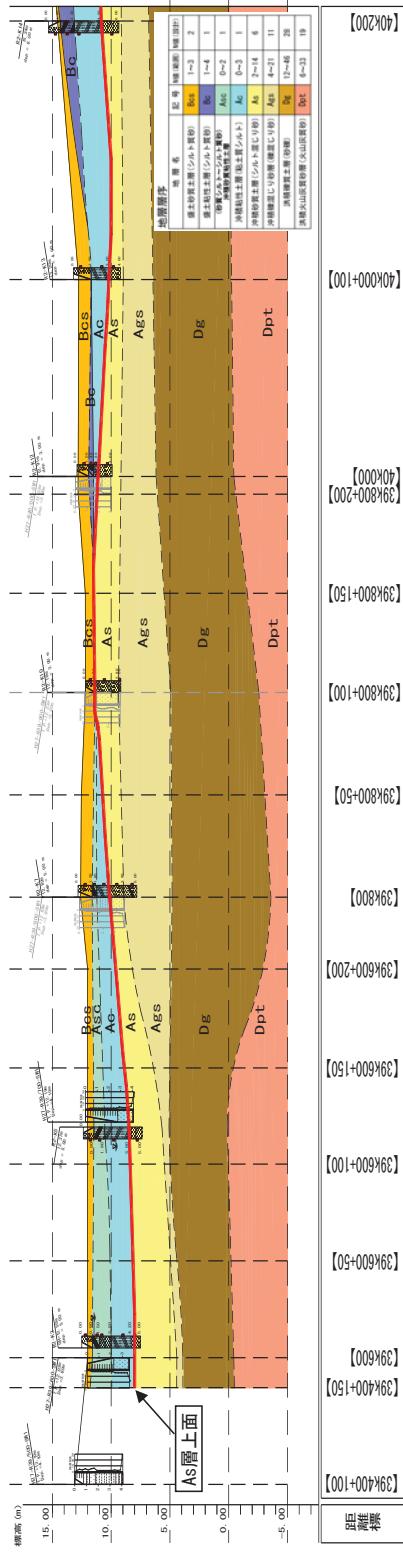


図4-19 川裏側地質縦断図

4.1.4 地下水調査

(1) 地下水調査位置及び調査内容

変状発生の一因になった可能性がある地下水変動を確認するため、図 4-20 に示す 5 地点 (R2-No. 1、R2-No. 2、R2-K18～20) において、表 4-5 のとおりの地下水調査を実施した。



図 4-20 地下水調査位置図

表 4-5 地下水調査内容

調査項目	確認内容
地下水位連続観測	<ul style="list-style-type: none"> 降雨と地下水位変動の相関性とタイムラグの確認 河川水と地下水位の連動性や標高との関係の確認 水位標高による流向の推定 上位地下水位*と下位地下水位*の存在確認と連動性の確認
流向流速測定	<ul style="list-style-type: none"> 流向確認による河川水と地下水の連動性の推定 流向確認による地下水の自噴への影響の推定
地下水イオン分析	<ul style="list-style-type: none"> 上位地下水位*と下位地下水位*の確認 地下水供給源の推定

*当地では 2 深度で地下水位が観測された。難透水層を挟んで上層を上位地下水位、下層を下位地下水位とする。

(2) 地下水位観測

図 4-21 に、変状発生の一因になった可能性がある地下水位変動を確認するため、地下水位観測データをとりました。地下水位観測は 5 箇所で行い、「R2-No. 2」地点では難透水層である Ac 層で分けられた上位地下水位と下位地下水位の両方を観測できるように 2 深度の観測孔を準備し、9 月 10 日から計測を開始した。グラフには近隣の「片ノ瀬地下水位観測所」「片ノ瀬水位観測所」「片ノ瀬地盤水位観測所」の観測グラフを併記した。

・上位地下水位は、Ac 層の上部に常に帯水しており、降雨に鋭敏に反応する。

・下位地下水位は、平常時 As, Ags 層中に存在している。平常時は、河川水位より堤外「R2-No. 1」や堤内「R2-No. 2(深)」の水位の方が高い。

・出水時は、河川水位の上昇と運動して「R2-No. 1」、「R2-No. 2(深)」の水位が上昇する。

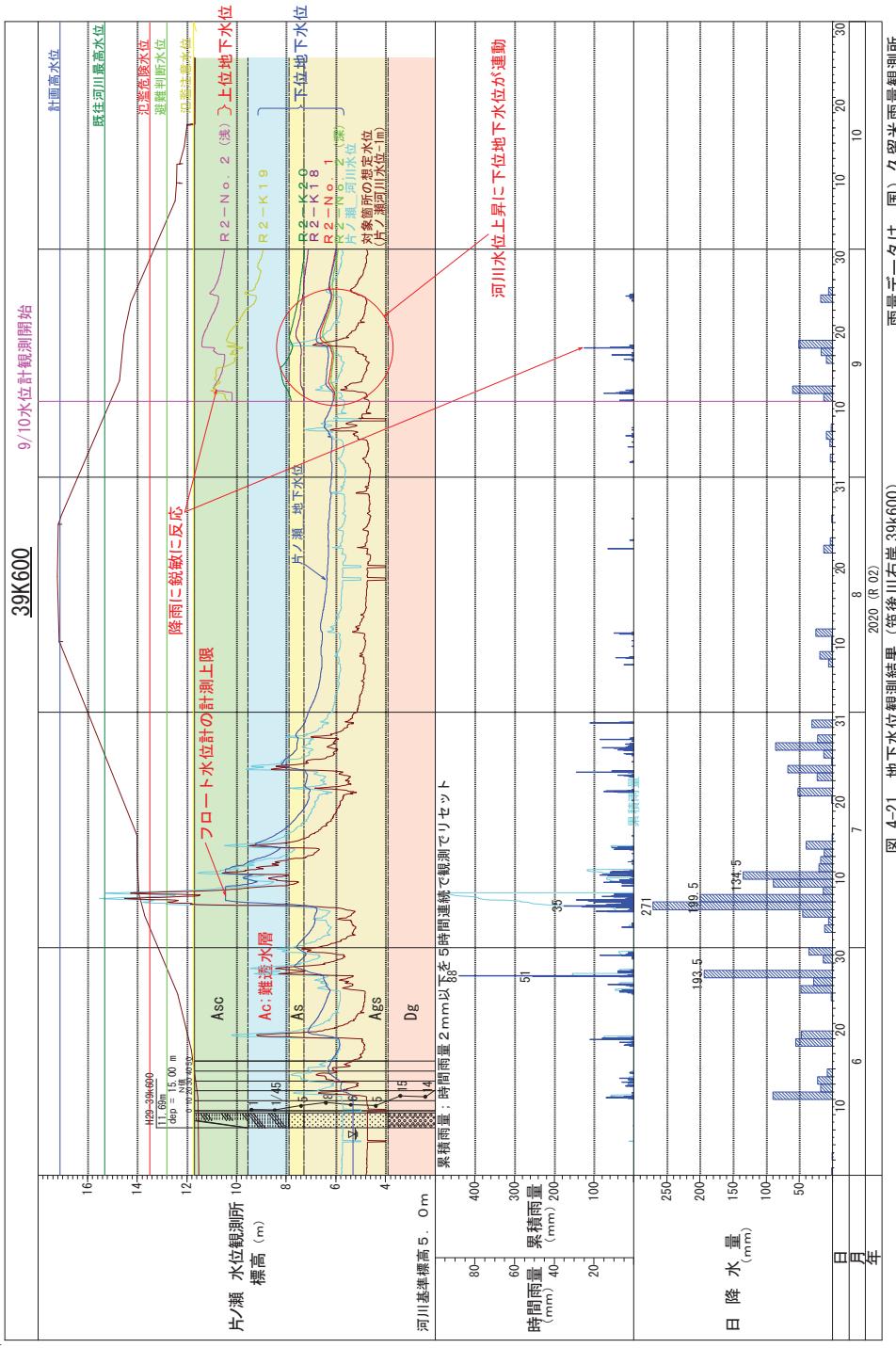


図 4-21 地下水位観測結果 (筑後川右岸 39K600)

雨量データは、国) 久留米雨量観測所

(3) 地下水の流向流速測定（平常時）

・Dg 層の地下水の流向 : 筑後川と同じ方向に流下する傾向が見られ、河川からの地下水の供給は少ない可能性がある。

・As, Asc 層の地下水の流向 : 地表面付近の土層は、堤防から堤内の方向に流下する傾向が見られる。

※対象地は灌漑期と非灌漑期で表層部の地下水流动が変化する可能性がある。今回は9/2~4間で断続的に実施した計測結果を示しており、通常での傾向把握には至っていない。

●全 1 頃所のうち 8 頃所は冲積層、3 頃所は洪積層での試験実施。

●冲積層は「K-19 の As 層」を除いた 7 頃所全て概ね W (堤内) 方向の流れとなっている。

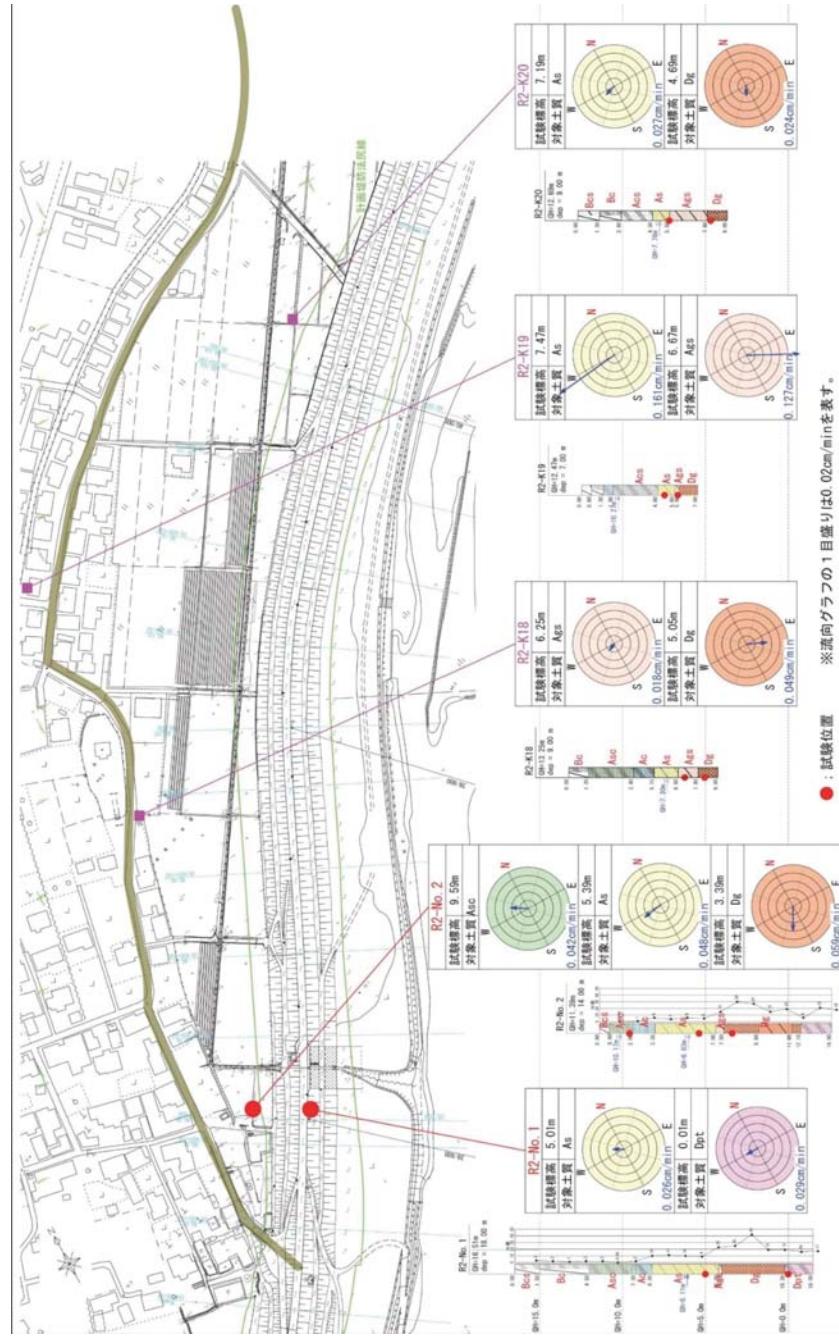
●洪積 Dg 層は「K-18」のみ E (堤外) 方向に向かう流れであったが、その他 2 頃所は SNS (河川流向) 方向。Dpt 層は、冲積層と同じ W (堤内) 方向の流れであった。

●上流に配置した K-19 の他の地点に比べて 2 倍以上の流速を持つ。

●K-19 は、孔内水位が高い。

●K-19 の地下水位は、付近を流れる用水路の影響を受ける可能性がある。

●現時点の観測では、冲積層における地下水流向は、前述の通り、堤内に向かっている。



●：試験位置 ※流向グラフの1目盛りは0.02cm/minを表す。

図 4-22 地下水の流向流速測定結果

水質区分	区分基準	水質区分	ヘキサダイヤグラム区分
	アルカリ土類鉄錫型【主な水質型: $\text{CaCl}_2 \cdot \text{CaSO}_4$ 】 ●無機系、硫酸塩系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。		ヘキサ形 無機カルシウム型
I	アルカリ土類鉄錫型【主な水質型: $\text{CaCl}_2 \cdot \text{CaSO}_4$ 】 ●無機系、硫酸塩系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。	I	ヘキサ形 無機カルシウム型
II	アルカリ土類鉄錫型【主な水質型: NaClO_4 】 ●無機系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。	II	ヘキサ形 無機カルシウム型
III	アルカリ土類鉄錫型【主な水質型: NaClO_4 】 ●無機系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。	III	ヘキサ形 無機カルシウム型
IV	アルカリ土類鉄錫型【主な水質型: NaClO_4 】 ●無機系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。	IV	ヘキサ形 無機カルシウム型
V	中間型 ●無機系の地化水である水など。 ●海水や工業排水等特殊な水の混入が考えられる。	V	中間型 無機カルシウム型

(4) 地下水のイオン分析

地下水のイオン分析結果より、上位地下水(Asc層)と下位地下水(As層)に違いがあると判断される。



- R2-No.2地点のAsc層(1.5m)からの採水は、難透水層であるAs層上位の地下水の分析である。分析結果では、 SO_4^{2-} のイオンを多く含んだ「I型；非炭酸カルシウム型」に分類された。 SO_4^{2-} イオンが多いのは、田圃内であり稻に対する肥料に起因すると言われる。

- 「III型；アルカリ炭酸型」との中間型で、涵養されて比較的長い時間を経過しているとみられ、山麓を流下してきた地下水と推察される。

3. As層、Dg層、河川は、「II型；アルカリ土類鉄錫型」であり、浅い地下水や河川水等に一般的に見られる水質である。As層、Dg層は、同一II型で類似形状であるが、R2-No.2地点はイオン量が多い。上位地下水が下位地下水に流入している可能性も考えられる。

4. 水路は、「II型；アルカリ土類炭酸塩型」に分類されている。小石原川から取り込まれている。井戸水のヘキサ形状(V型)に近い形状を持つ。

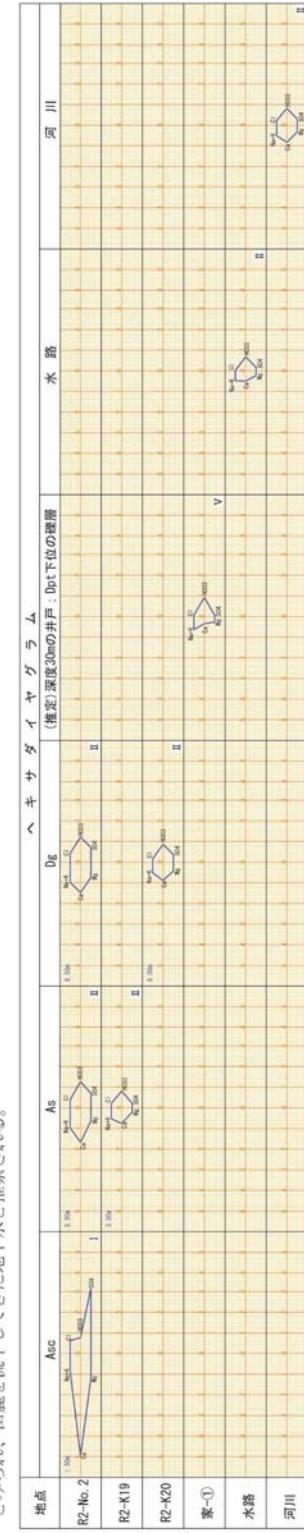


図 4-23 地下水のイオン分析結果

(5) 広域的な地下水流动

As 層上面標高分布図や地下水調査に基づき、変状箇所周辺の地下水流动について推定を行った。その結果、図 4-24 に示すように、主要な帶水層である As 層から下位及び、被覆土層(Bc ~Ac~Asc 層)は上流の小石原川などを含む広域的な範囲においても行き止まり地盤がなく、上下流に連続していると判断される。したがって、出水時の広域的な地下水流动としては、水位の高い上流から下流に向かう流れとなっているとともに、本川の筑後川や支川である小石原川の水位上昇により、As 層には河川水が広域にわたって供給される状況になっていると想定される。

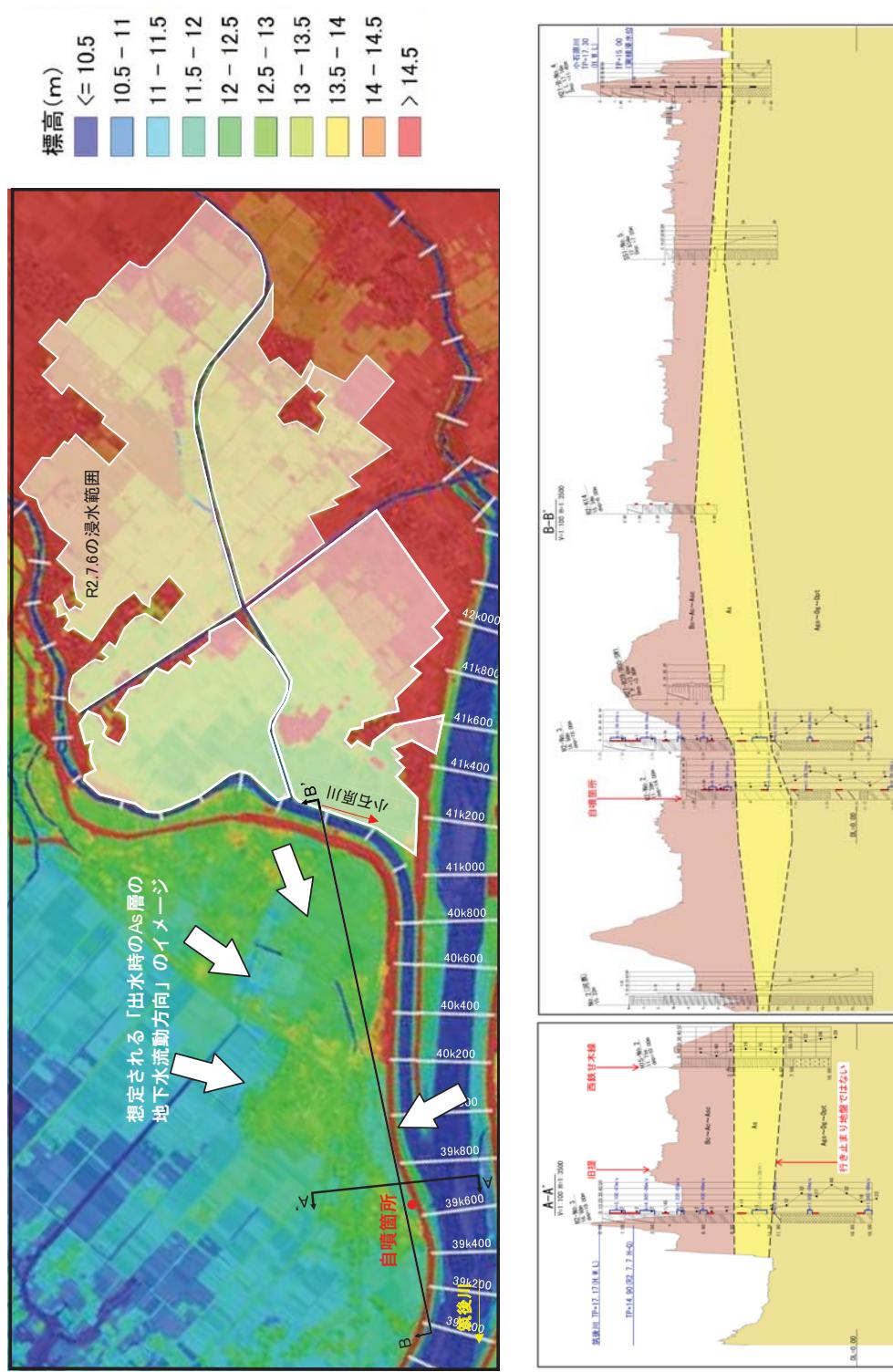


図 4-24 出水時の As 層の地下水流動方向のイメージと As 層の状況