

6. 地下水の水位

【予測に対する基本的な考え方】

地下水の水位については、表-6.1 に示す項目により、事業による影響を受ける可能性が想定されたため、影響を予測しました。

表-6.1 地下水の水位に及ぼす環境影響の要因

	建設中の影響 (工事の実施)	建設後の影響 (土地又は工作物の存在 及び供用)
地下水の水位	・ 導水路の工事	・ 導水路の存在

【予測に必要な調査結果の概要】

地下水の水位への影響を予測するにあたり、地下水の水位、表流水の流量、地形・地質、地下水・表流水の利用状況等について調査を実施しました。

・地下水の水位：

地下水は、年間を通して概ね安定した水位を維持し、比較的まとまった降雨に対して水位上昇がみられ、その後緩やかな低減を経て安定水位に落ち着きます。季節的な変動パターンは、梅雨期から台風期にかけて水位が高く、冬季に低い傾向がみられません。

・表流水の流量：

各観測地点の流量は、流域面積による違いがあるものの、降水量の変動に連動しており変動傾向は類似しています。季節的な変動パターンは、梅雨期から台風期にかけて流量が多く、冬季に少ない傾向がみられます。

・地形・地質：

導水路予定地に係る地域に大規模な断層は存在しません。

導水路予定地における透水性状について、浅部岩盤状況ではチャートの透水性が比較的高く、頁岩及び泥質ホルンフェルスはこれよりも透水性が低い岩盤と考えられます。ただし、土被りの厚い場所のトンネルが通過する深さでは、いずれも極めて難透水性な岩盤状況となっています。

・地下水・表流水の利用状況：

公共の上水道の施設はなく、飲用水を始めとした生活用水は、共同もしくは各家庭で保有する水源（井戸）より取水されています。また、農業用や生活用に表流水（湧水、沢水）が利用されています。

【予測結果及び環境保全対策の概要】

チャートやホルンフェルス分布域、花崗閃緑岩の周縁部、並びに断層破碎帯が導水路と交差する周辺において、導水路工事を無対策で実施した場合、地下水の水位が低下する可能性があると考えられます。このため、環境保全対策として以下の工法を採用します。これらの環境保全対策の実施によって、地下水の水位への影響は低減されるものと考えられます。

- ・高透水ゾーンの透水性を低下させる工法（止水材注入工法）
- ・地質脆弱部を乱さない掘削工法
- ・水密性を高めた導水路覆工構造

ただし、当該取水・導水地区においては地下水及び沢水の利用が多いことから、想定外の事態に備えるため、必要な地点を選定して地下水及び沢水の状況を工事中及び供用後において監視するものとします。

6.1 調査結果

6.1.1 調査手法

現地調査等の調査手法は表-6.2、実施状況、調査地域・地点及び調査期間は表-6.3に示すとおりです。また、調査位置は図-6.1及び6.2に示すとおりです。

表-6.2 調査手法と調査項目との関係

調査すべき 情報		調査手法										
		既往資料調査	地下水位観測	降水量観測	表流水流量観測	地形調査	地表地質踏査	ボーリング調査	弾性波探査	湧水圧試験	聴取	踏査
地下水の水位の状況		○	○					○				
水文気象の 状況	降水量	○		○								
	表流水の流量	○			○							
地形・地質の 状況	沢地形、尾根地形等の 地形の状況	○				○						
	地質の分布状況	○					○	○	※			
	断層並びに線状模様	○				○	○					
	水理地質特性	○	○		○		○	○		○		
類似地質を対象とした施工事例		○										
地下水の利用の状況		○									○	○
表流水の利用の状況		○									○	○
土地利用の状況		○										○

注1) ※:弾性波調査は荒井川横断部周辺において実施。

表-6.3 調査手法、調査地域、調査地点及び調査期間（平成20年3月時点）

調査手法	調査地域・調査地点	調査期間
既往資料調査	導水路予定ルート周辺区域 足尾帯相当の堆積岩又は深成岩分布域	特定しない
地下水位観測	導水路予定ルート周辺区域:48箇所	平成14年5月～平成19年3月(原則)
降水量観測	導水路予定ルート周辺区域:3箇所	南摩ダム:平成3年9月～平成18年12月 草久:昭和47年1月～平成18年12月 鹿沼:昭和53年2月～平成18年12月
表流水流量観測	導水路予定ルート周辺区域:45箇所	平成14年5月～平成19年3月(原則)
地形調査	導水路予定ルート周辺区域	平成11年度～平成17年度
地表地質踏査		
ボーリング調査	導水路予定ルート周辺区域:16孔	平成15年度～平成19年度
弾性波探査	導水路予定ルート沿いの加蘇地区:6測線	平成15年度
湧水圧試験	導水路予定ルート沿いの加蘇地区:3孔	平成15年度
聴取	導水路予定ルート周辺区域: 地下水利用施設151箇所、表流水利用施設20箇所	平成11年度～平成17年度
踏査	導水路予定ルート周辺区域	

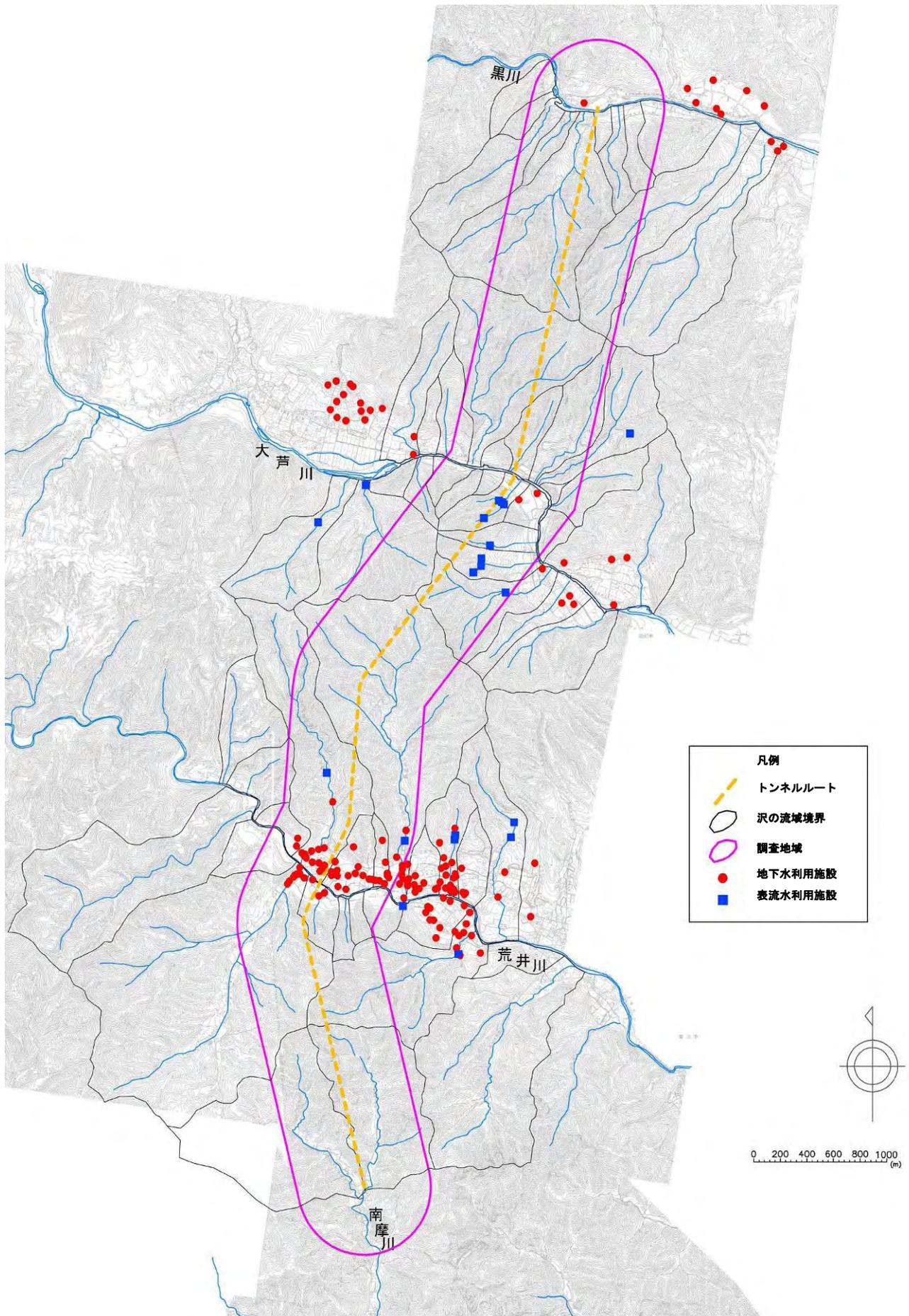


図-6.1 地下水の水位に関する調査地域

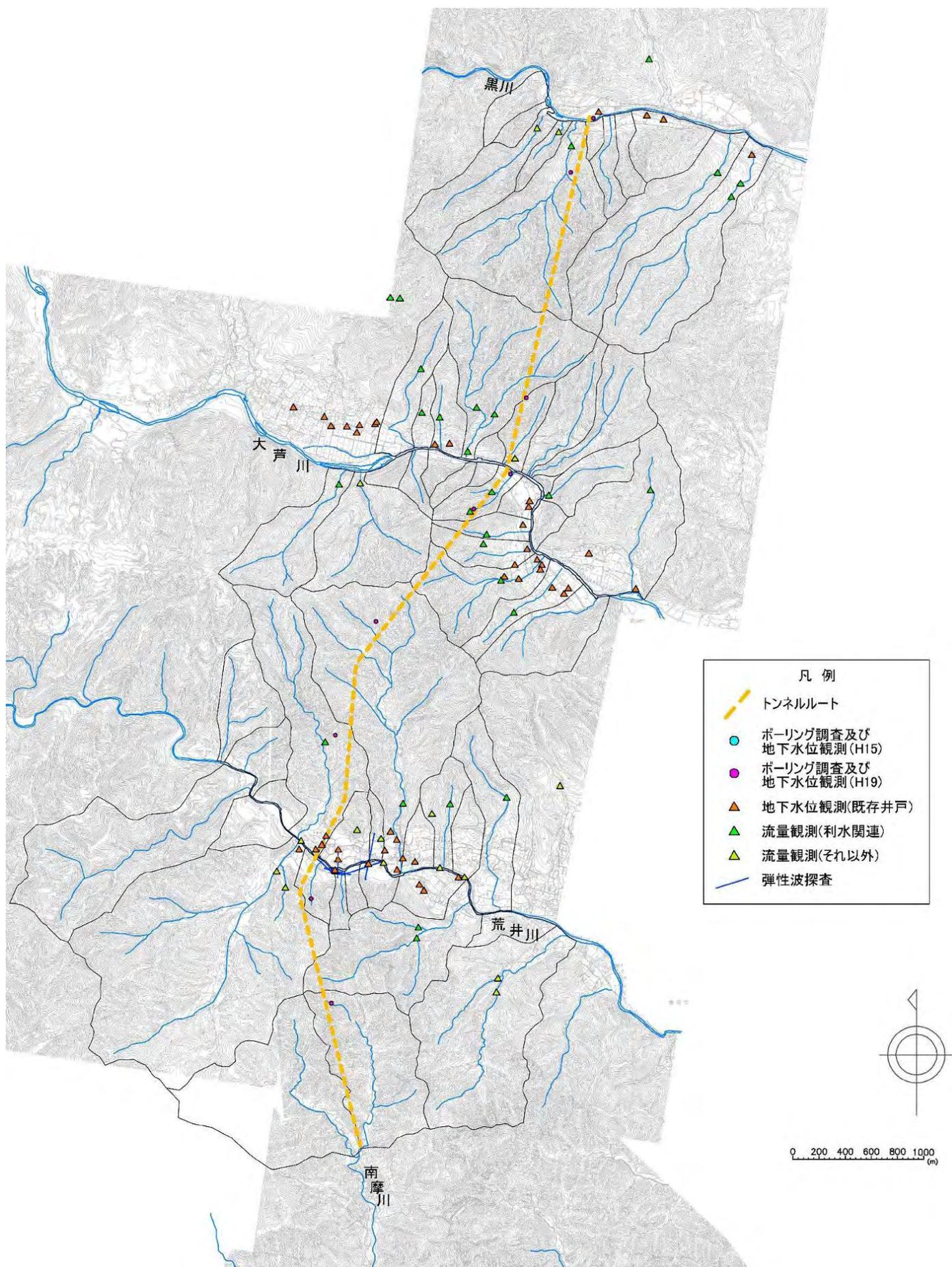


図-6.2 地下水位、流量観測及びボーリング調査等実施位置

6.1.2 調査結果

(1) 地下水の水位

地下水の水位の調査は、板荷地区で4カ所、西大芦地区で10カ所、東大芦地区で15カ所、加蘇地区で19カ所の計48カ所で実施しました。

調査地点の位置を図-6.4に示します。また、代表的な地点での地下水の変動状況を日降水量の変動状況と併せて図-6.3に示します。

地下水は、年間を通しておおそ安定した水位を維持し、比較的まとまった降雨に対して水位上昇がみられ、その後緩やかな低減を経て安定水位に落ち着きます。ただし、地点によって降雨時の水位上昇幅が異なり、板荷地区及び加蘇地区で1m程度の上昇幅の時に、西大芦地区及び東大芦地区では2m超の上昇幅を示しています。

また、季節的な変動パターンは、水位変動の大きな西大芦地区及び東大芦地区を中心に、夏季の梅雨期～台風期に水位が高く、冬季に水位が低いという傾向がみられます。

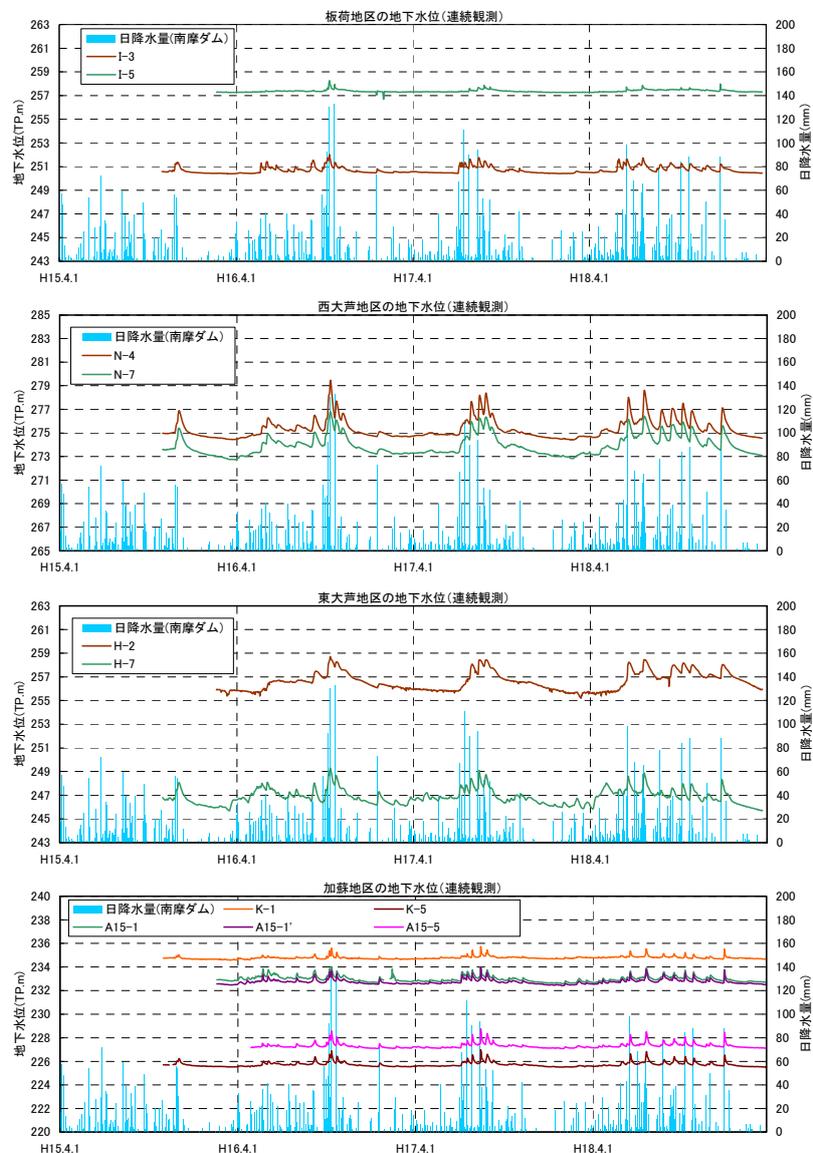


図-6.3 地下水の水位の変動状況

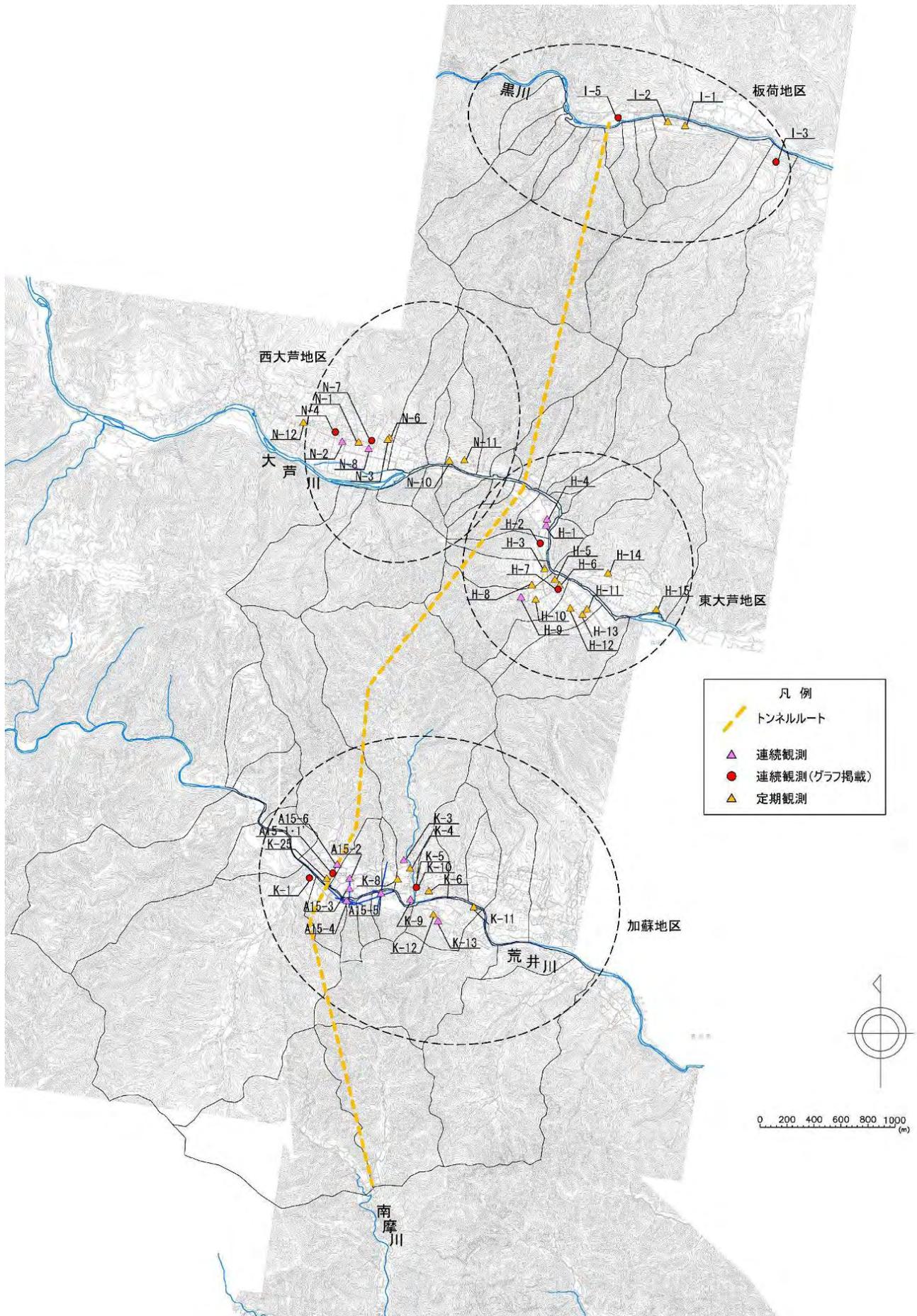


図-6.4 地下水の水位の調査地点

(2) 表流水の流量

表流水の流量の調査は、板荷地区で沢 7 ヲ所、西大芦地区で沢 10 ヲ所、東大芦地区で沢 9 ヲ所、加蘇地区で河川 4 ヲ所及び沢 15 ヲ所の計 45 ヲ所で行いました。

調査地点の位置を図-6.6 に示します。また、代表的な地点での表流水の流量の変動状況を日降水量の変動状況と併せて図-6.5 に示します。

各観測地点の流量は、流域面積による違いがあるものの、降水量の変動に連動しており変動傾向は類似しています。また、季節的な変動パターンは、夏季の梅雨期～台風期に流量が多く、冬季に流量が少ないという傾向がみられます。

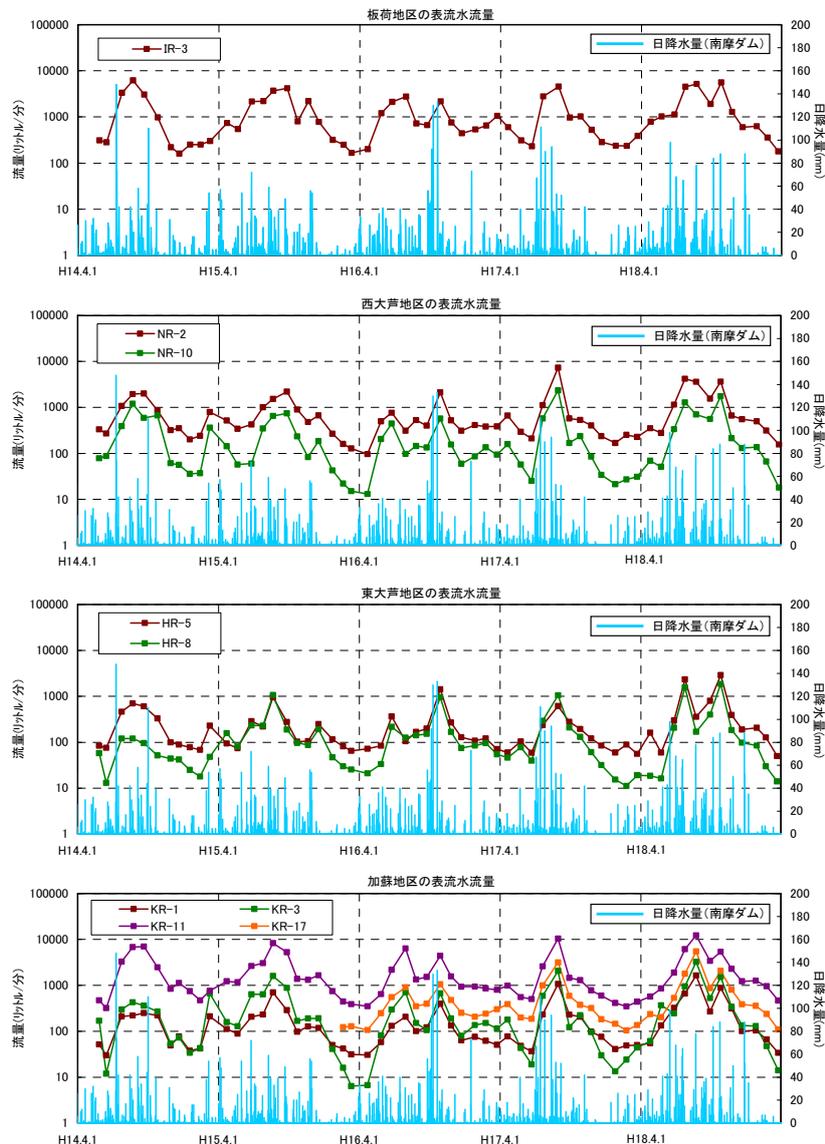


図-6.5 表流水の流量の変動状況

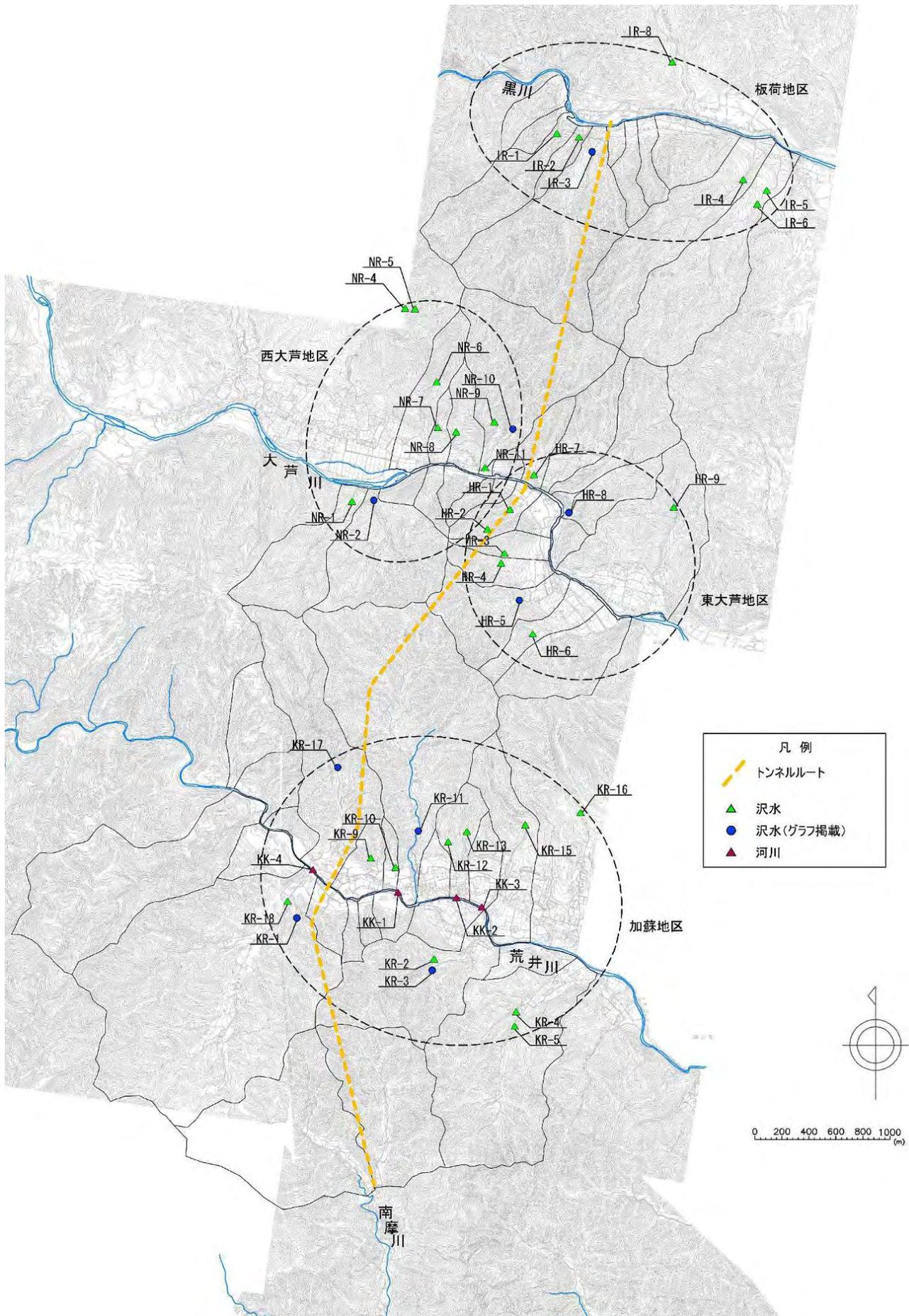


図-6.6 表流水の流量の調査地点

(3) 地形・地質

i) 地形の状況

導水路予定地は、関東地方北方の足尾山地北東部に位置しています。

足尾山地は、栃木県と群馬県の県境付近の前日光連山を中心とする北北東－南南西方向に伸びた標高 300～1,200m の山地です。北側は日光、西側と南側は渡良瀬川、東側は鬼怒川水系で仕切られ、その南東側は関東平野に続く緩やかな斜面です。同地域の第四紀の地殻変動を概観すると、足尾山地は相対的に北西側が隆起し、南西側が沈降する傾動地塊上に位置しています。

調査地域がある足尾山地東側斜面は、黒川、大芦川、荒井川等の北東－南西方向に発達した河川によって浸食されており、これらの河川は、等しく 3～4km 間隔をおいて、なおかつ、ほぼ等しい奥行きを有しています。各河川に挟まれた山地部分は、傾斜 20° 程度の比較的急な山地を形成しており、岩相の違いが地形に反映されている部分は少ないです。

ii) 地質の状況

調査地域周辺の足尾帯は、主として中生代の頁岩、砂岩、チャート、玄武岩類からなり、調査地域西方や北部では、後期白亜紀～前期古第三紀に活動した花崗岩類（中禅寺型酸性火成岩類）が侵入しています。この花崗岩体近傍の足尾帯の岩石は、接触熱変成作用を被り、ホルンフェルス化しています。

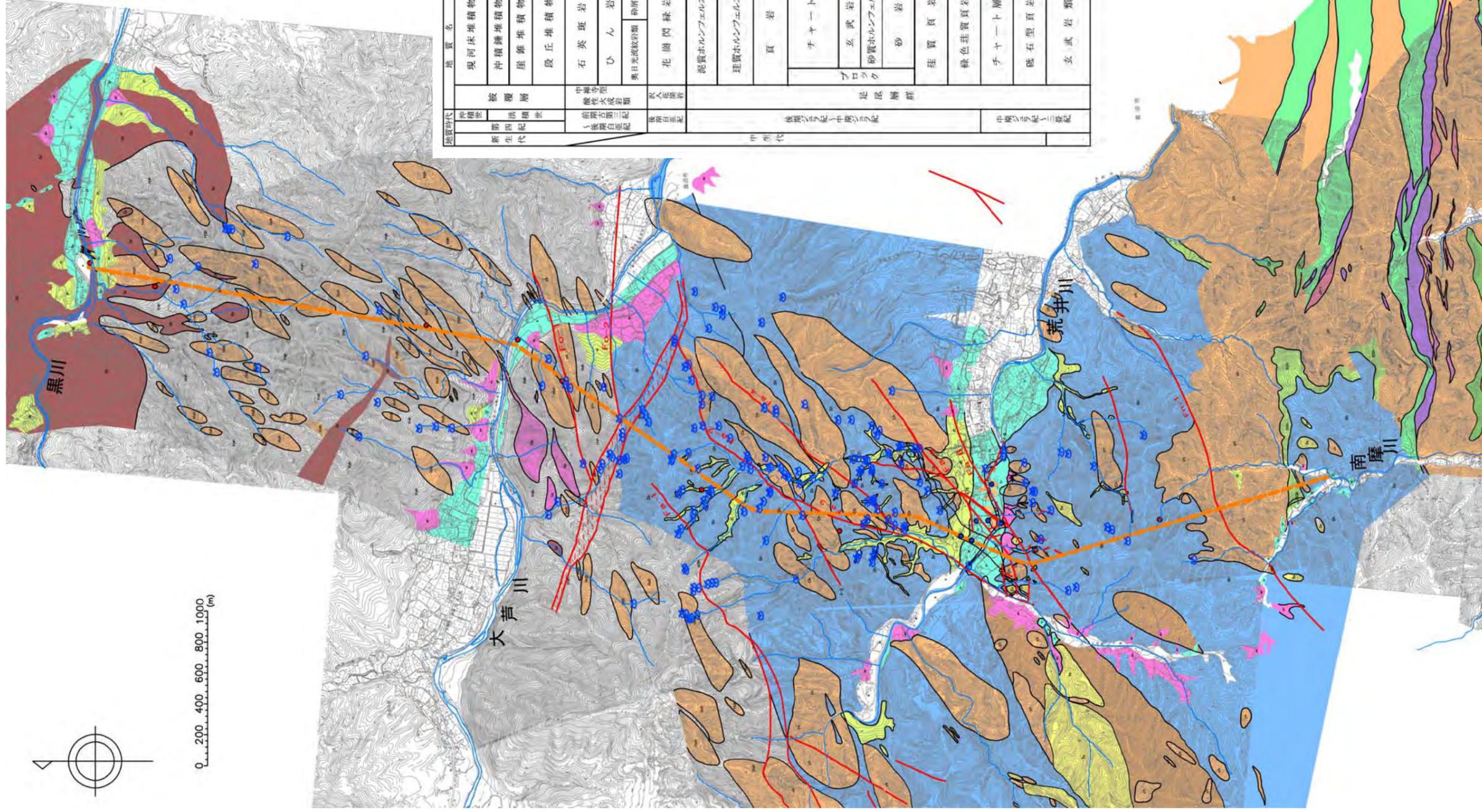
調査地域の地質層序表を表-6.4、地質平面図を図-6.7、踏査結果より推定される導水路予定地沿いの地質縦断図を図-6.8 に示します。

地下水が流れる表層風化帯は、開口割れ目を持つものや岩芯まで褐色風化が進んだもの等があり、地質毎に風化の形態が異なります。風化帯の透水性を比較した場合、開口割れ目をもつ風化帯は高透水で、褐色風化が進んだものは割れ目が細粒物質で充填され比較的難透水です。

土被りの厚い場所のトンネルが通過する深さでは、新鮮な岩盤が分布しており、透水性は極めて低いことが確認されています。

表-6.4 調査地域の地質層序表

地質時代		地質名	地質記号	分布・岩相			
新生代	第四紀	被覆層	沖積世	現河床堆積物	a	土石流や洪水時の掃流などにより運搬された堆積物より構成され、現河床沿いに平坦面を形成する。足尾層群の岩石や花崗岩類起源の礫と、砂および粘土等の基質からなり、ルーズである。	
			洪積世	沖積錐堆積物	ac	溪流からの土石流等により運搬され溪流出口で扇状に広がって堆積した円錐形の地形を有する堆積物。主に円礫を含む砂質土からなる。	
				崖錐堆積物	dt	岩屑生産の盛んな急崖、崩壊地等の下部に堆積した錐形の地形を形成する堆積物。主に角礫混じり土砂よりなる。	
				段丘堆積物	tr	旧河床の谷底低地として形成された平坦面を形成する堆積物で、河川の下刻に取り残されもの。概ね比高5m程度以上のもので、以下のものは現河床堆積物とした。主に円礫を含む砂質土からなり、締まりは比較的良い。	
	前期古第三紀～後期白亜紀	中禪寺型酸性火成岩類	奥日光流紋岩類	石英斑岩	Qp	主に黒川右岸から大芦川右岸にかけて小規模貫入岩として分布しているが、大芦川右岸には灰色石英斑岩の比較的大型の岩体が貫入している。カリ長石の大型斑晶を含む白色の石英斑岩と、石英斑晶のみが目立ち灰色硬質な石英斑岩が分布する。	
				ひん岩	Po	暗灰色粗粒硬質なひん岩で、多くは花崗閃緑岩部分に薄脈として貫入する。一部は安山岩様を呈する。	
				砕屑岩脈	Cd	主に黒川左岸の砂質ホルンフェルス中に貫入している。母岩の岩片を多含した凝灰質の砕屑岩脈。	
	後期白亜紀	沢入花崗岩	花崗閃緑岩	Gr	黒川左岸～右岸に分布する。粗粒カリ長石を多含する花崗閃緑岩で、一般に、塊状緻密、亀裂間隔も1mを超える。		
	中生代	後期ジュラ紀～中期ジュラ紀	足尾層群	ブロック	泥質ホルンフェルス	HSh	黒川右岸～大芦川右岸の区間は、花崗閃緑岩の進入に伴いホルンフェルス化している。ホルンフェルスは、源岩である頁岩と比べて、剥離性の低い硬質な塊状岩盤となる(原岩の岩質を強調する場合は『泥質ホルンフェルス』と記載した)。
					珪質ホルンフェルス	HCh	大芦川以北に分布する。基質である頁岩と共にホルンフェルス化している。乳白色～暗灰色を呈する堅硬緻密なホルンフェルス。チャートを源岩とし層状の組織が認められるが、層理面は密着し塊状を呈する。
					頁岩	JSh	荒井川左岸～右岸に、チャートや砂岩ブロックの基質部として広く分布する。一般に劈開が発達し、鱗片状に剥がれやすい。チャートとの境界付近およびホルンフェルスの周辺では、やや硬質となる傾向が認められる。
					チャート	チャート	Ch
玄武岩						Ba	荒井川左岸に、頁岩中のブロックとして分布。チャートと密接して分布しており、チャートと共にブロックとして包有されたものと推定される。
砂質ホルンフェルス						HSs	主に、黒川左岸の花崗岩体北部に分布する。ホルンフェルス化した砂岩だが、泥質分の混入がほとんどなく変成鉱物の確認は肉眼ではできない。
砂岩						Ss	主に荒井川右岸上流や南摩川上流などにジュラ紀頁岩のブロックとして分布する。層理面は一般に不明瞭で塊状呈する。堅硬緻密な細粒～粗粒砂岩である。堆積年代は不明。
珪質頁岩					SSh	荒井川右岸～南摩川上流付近のチャート整然層とジュラ紀頁岩との境界に薄層として分布する。頁岩と比較すると劈開の発達に乏しいが、層状チャート状の層理面が発達する。	
中期ジュラ紀～三疊紀					緑色珪質頁岩	JGh	南摩ダムサイト上流の南摩川左岸側に整然相であるチャート中の薄層として分布する他、栗沢川上流のチャート中にも薄層として分布する。緑色～赤色を呈する珪質粘土岩の一種で、放散虫化石の扁平が認められないことが特徴としてあげられる。
					チャート層	Ch (Ch-r)	荒井川右岸下流側から南摩川に挟まれた区間に分布する。泥質薄層を挟在する層状チャートを主体とする整然相であり、比較的連続性の良い赤色チャート(Ch-r)の薄層を挟在する。三疊紀前期～中期ジュラ紀の放散虫が確認されている。
					砥石型頁岩	TSh	荒井川右岸下流側から南摩川に挟まれた区間に、分布する。淡灰色～緑灰色を呈する細粒な珪質粘土の岩相で剥離性に富む。三疊紀前期の放散虫が確認されており、美濃-丹波帯の「砥石」に岩相が似る。
					玄武岩類	Ba	荒井川右岸下流側から南摩川に挟まれた区間に、砥石型頁岩やチャートと共に帯状に分布している。岩片は堅硬だが、やや変質を受けている。溶岩、ハイアロクラスタイトなどを主体とし、凝灰岩を含む。また、地質図等には表現していないが、炭酸塩岩(ドロマイト)を挟在する。(玄武岩および炭酸塩岩はペルム紀の岩石である可能性もある。)



地質時代	地質記号	地質名	分布・岩相
第四紀	a	現代堆積物	土砂や泥炭等の堆積などにより堆積された堆積物の形成され、現河床に近い堆積物も形成する。足尾銅毒の付着や花崗岩類起源の礫と、砂礫は粘土質の基質からなり、層状である。
	ac	沖積錐堆積物	扇状地の土砂堆積物と堆積物、扇状地以外で扇状地に比べて堆積した堆積物、主に角礫を有する堆積物。主に沖積錐を形成する堆積物と、扇状地を形成する堆積物、主に角礫を有する堆積物。
第三紀	dt	崖錐堆積物	崖錐堆積物の堆積物、主に角礫を有する堆積物。主に角礫を有する堆積物。
	tr	段丘堆積物	段丘堆積物の堆積物、主に角礫を有する堆積物。主に角礫を有する堆積物。
中生代	Qp	石英斑岩	主に大芦川右岸から大芦川にかけて小規模貫入岩として分布しているが、大芦川右岸には灰色石英斑岩の比較的大規模の貫入岩が分布している。カリ石の大部分は白色の石英斑岩と、石英斑岩の石英斑岩が分布している。
	Po	ひん岩	暗灰色の粗粒斑岩（ひん岩）で、多くは花崗閃緑岩部分に薄層として貫入する。一部は火山岩類を有する。
中生代	Cd	奥日光流紋岩類 初層岩類	主に黒川左岸の砂質ホルンフェルス中に貫入している。母岩の岩片を多量に包含した粗粒質の初層岩類。
	Gr	花崗閃緑岩	黒川右岸～右岸に分布する。粗粒の長石を多量に含む花崗閃緑岩で、一般に塊状構造、塊状閃緑岩を有する。マシ化が確認されるが、強いマシ化を有する範囲は比較的狭い。
中生代	HSb	泥質ホルンフェルス	黒川右岸～右岸の両側に、花崗閃緑岩の貫入に伴ってホルンフェルス化している。ホルンフェルスは黒川右岸の両側に分布し、黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	HCh	珪質ホルンフェルス	大芦川以北に分布する。黒川左岸の両側に分布する。黒川右岸の両側に分布している。黒川左岸の両側に分布する。黒川右岸の両側に分布している。黒川左岸の両側に分布する。黒川右岸の両側に分布している。
中生代	SSb	頁岩	黒川右岸～右岸の両側に、頁岩の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	Ch	チャート	黒川右岸～右岸の両側に、チャートの両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
中生代	Bu	玄武岩	黒川右岸～右岸の両側に、玄武岩の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	HSS	砂質ホルンフェルス	主に黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
中生代	Ss	砂岩	主に黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	SSh	珪質頁岩	黒川右岸～右岸の両側に、珪質頁岩の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
中生代	JCh	緑色珪質頁岩	黒川右岸～右岸の両側に、緑色珪質頁岩の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	Ch (Ch-r)	チャート層	黒川右岸～右岸の両側に、チャート層の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
中生代	TSh	珪石型頁岩	黒川右岸～右岸の両側に、珪石型頁岩の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。
	Ba	玄武岩類	黒川右岸～右岸の両側に、玄武岩類の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。黒川右岸の両側に分布する。黒川左岸の両側に分布している。

断層(破線は推定)
 (点線は伏在部)
 岩相境界
 湧水地点

図-6.7 地質平面図

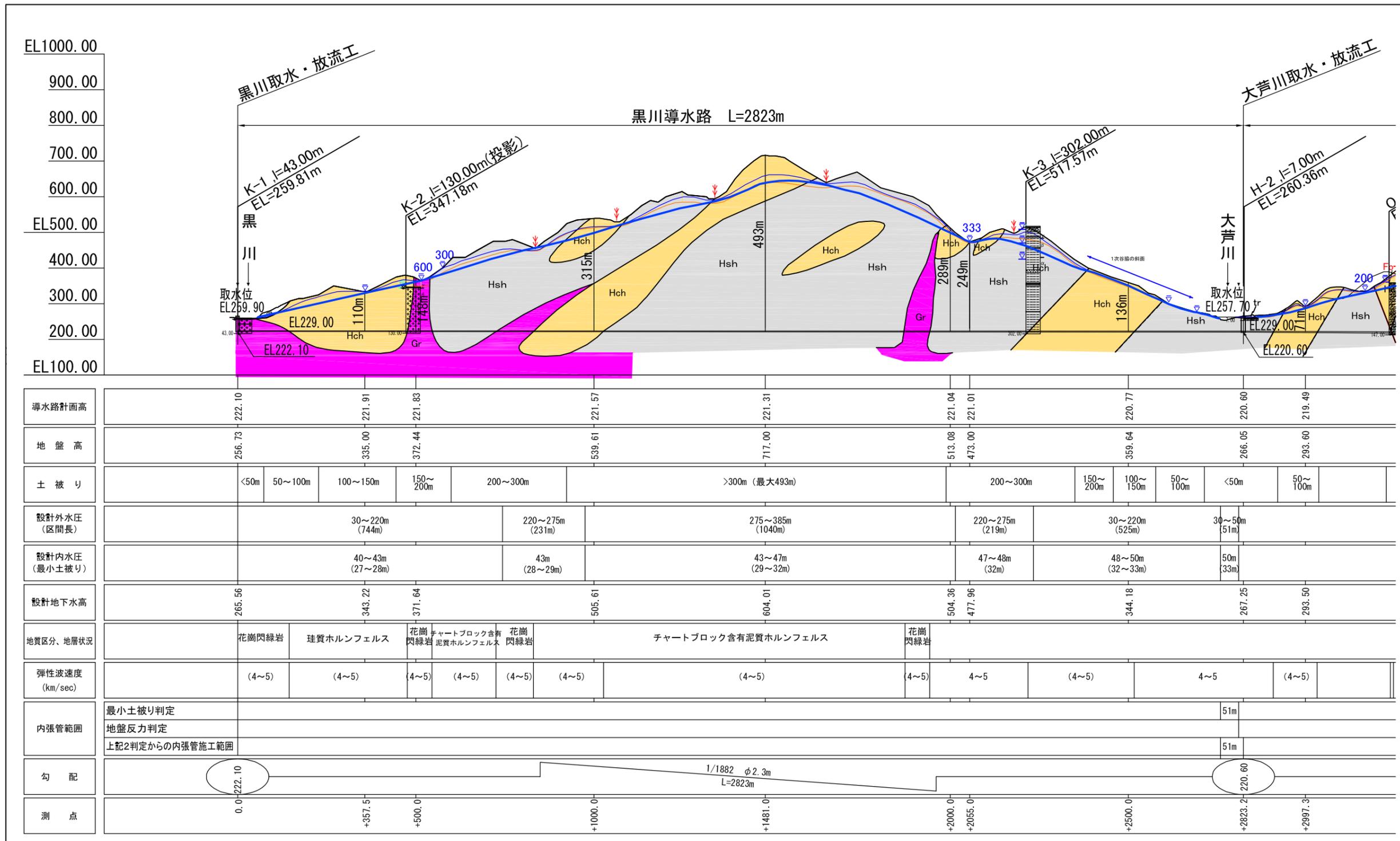


図-6.8 地質縦断面図 (1/3)

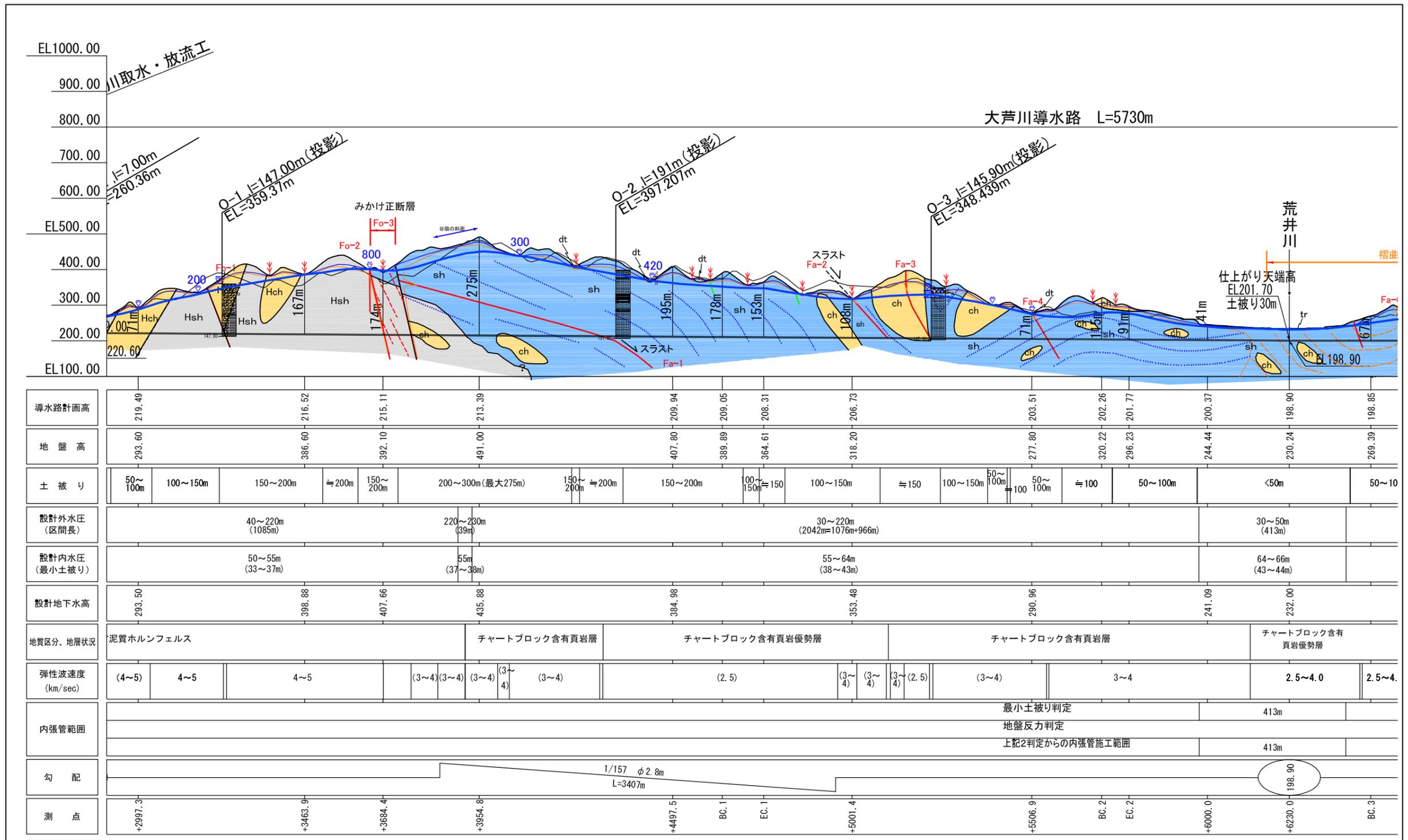


図-6.8 地質縦断図 (2/3)

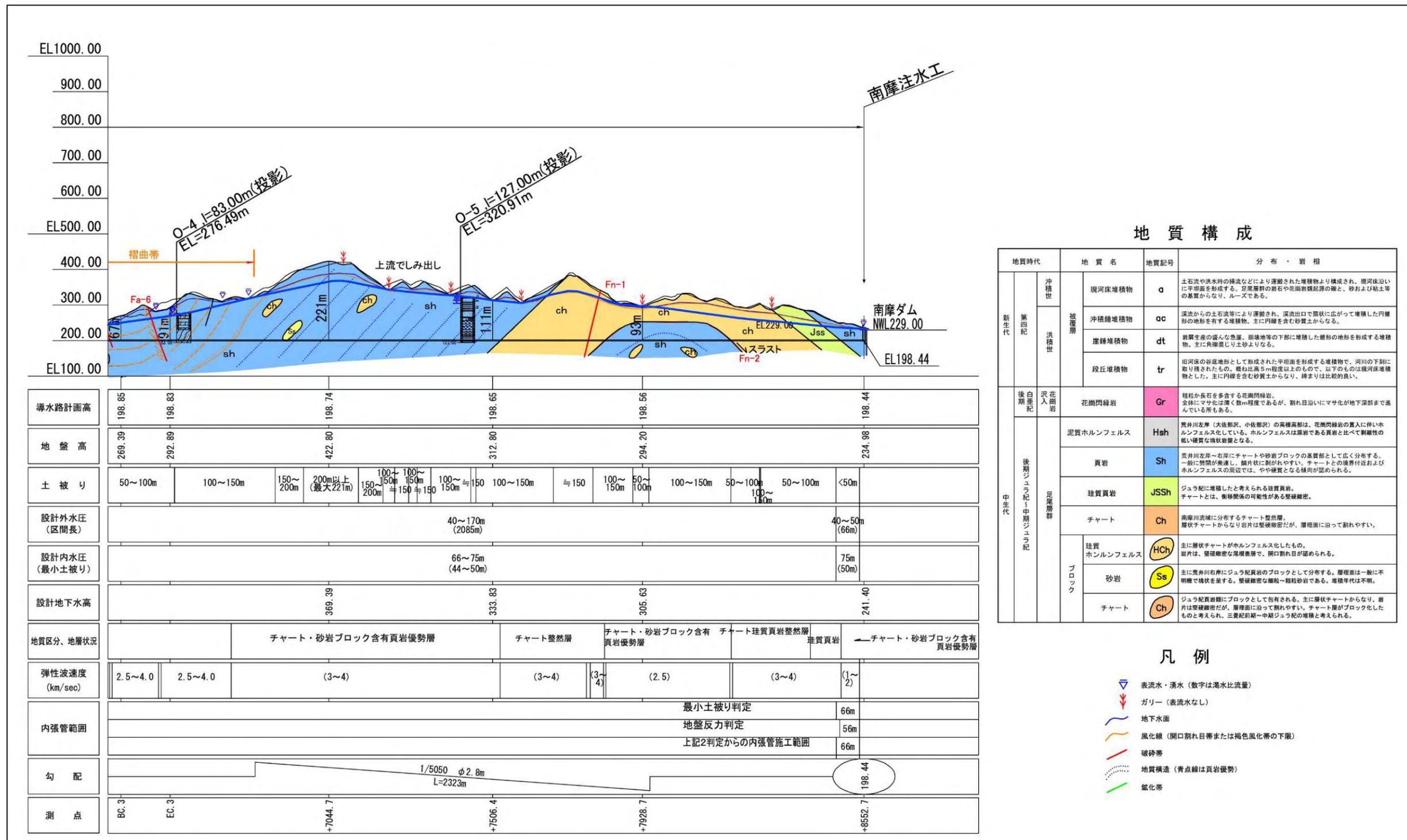


図-6.8 地質縦断面図 (3/3)

iii) 水理地質特性

ボーリング調査及び透水試験結果、地表地質踏査結果等から想定される導水路予定地における透水性状は以下に示すとおりです。

- 既往調査で把握された浅部岩盤状況では、チャートの透水性が比較的高く、頁岩及び泥質ホルンフェルスはこれよりも透水性が低い岩盤と考えられます。また、土被りの厚い場所のトンネルが通過する深さでは、いずれも極めて難透水性な岩盤状況です。
- 黒川から大芦川左岸側にかけては、ホルンフェルス化したチャート含有頁岩層で、小規模な花崗岩類が侵入しています。花崗岩の縁辺部に高透水ゾーンが認められ、一部局所的に保水性の高い（比流量の大きい）流域も花崗岩縁辺部に分布しており、ボーリングにおいても被圧した湧水が認められました。
- 大芦川右岸側～荒井川間においては、断層破碎帯周辺に高透水ゾーンが認められ、保水性の高い（比流量の大きい）地域も同様に断層周辺に分布しています。断層破碎帯周辺の湧水を取水源とする水利用施設が多く存在します。特に、断層の性状・規模・連続性及び水理地質上の特徴と、湧水、比流量分布、ボーリング孔内水位変動などから、大芦川右岸より下流側に利水施設が分布する Fo-1, Fo-2, Fo-3, Fa-2 断層、及び荒井川左岸側と横断面付近に分布する Fa-4, Fa-5, Fa-6 断層については、利水施設が多いことから、地下水の水位が低下した場合の影響度が高いものと推定されます。
- 地下水位観測は今のところ、河川沿いの平地部でしか実績がなく、山間部の地山内部の地下水位分布は明らかではありません。今後、設置した多段式水位計により深部の地下水変動状況を把握する予定です。



図-6.9 断層露頭における湧水状況 (Fa-2 断層) 図-6.10 粘土を伴う断層破碎帯露頭 (Fa-6 断層)

(4) 地下水・表流水の利用の状況

調査地域には公共の上水道の施設はなく、飲用水を始めとした生活用水は、共同もしくは各家庭で保有する水源（井戸）より取水しています。また、農業用や生活用に表流水（湧水、沢水）が利用されています。

調査地域における地下水及び表流水の利用施設位置は、図-6.11 に示すとおりです。なお、主な地下水利用施設については、前述の「(1)地下水の水位」のとおり、水位を継続的に観測しています。

(5) 土地利用の状況

調査地域周辺の土地利用状況図を図-6.12 に示します。調査地域の多くの部分は山地で山林が広がっています。なお、大芦川と荒井川の間の下流側にはゴルフ場が存在しています。

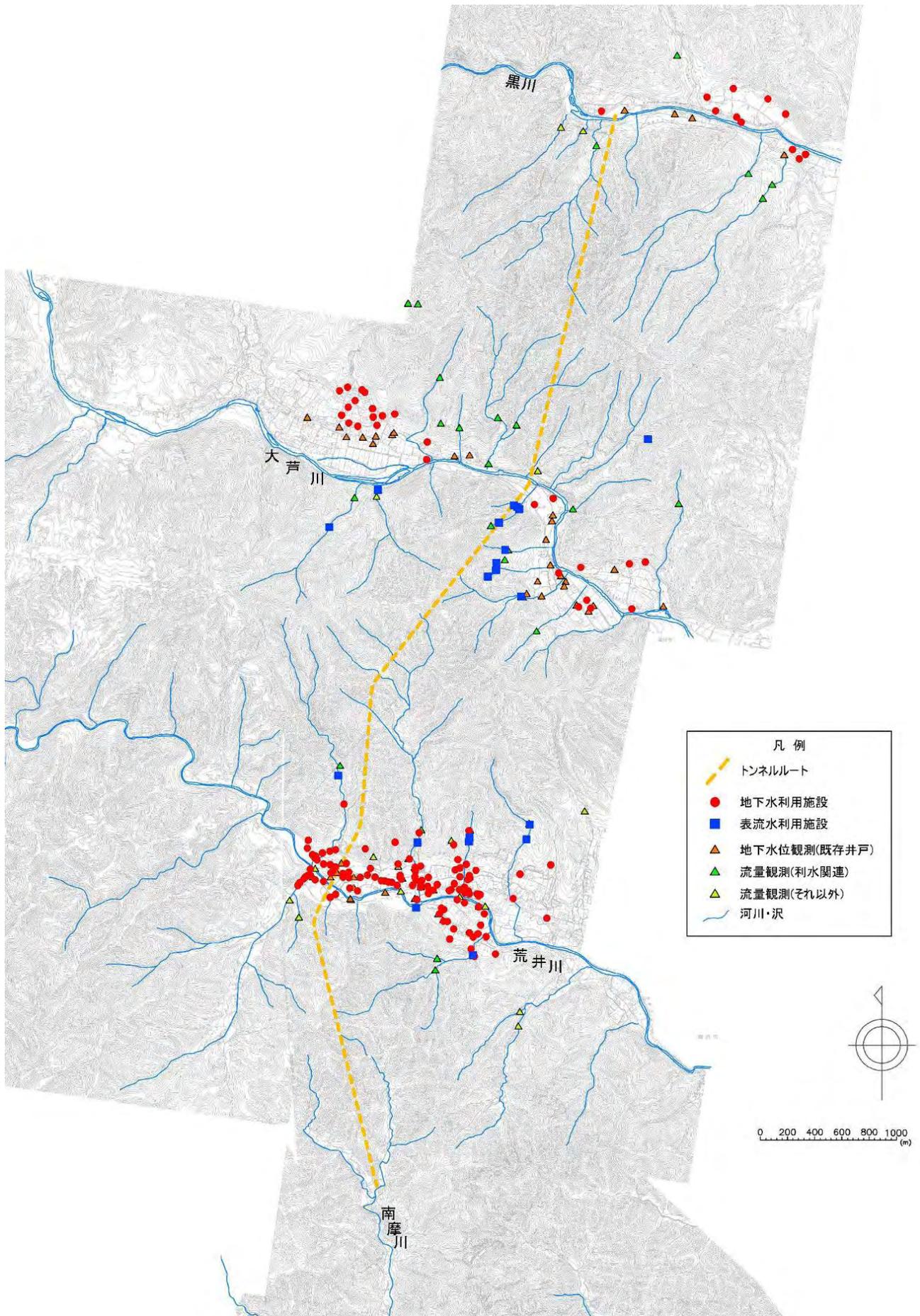
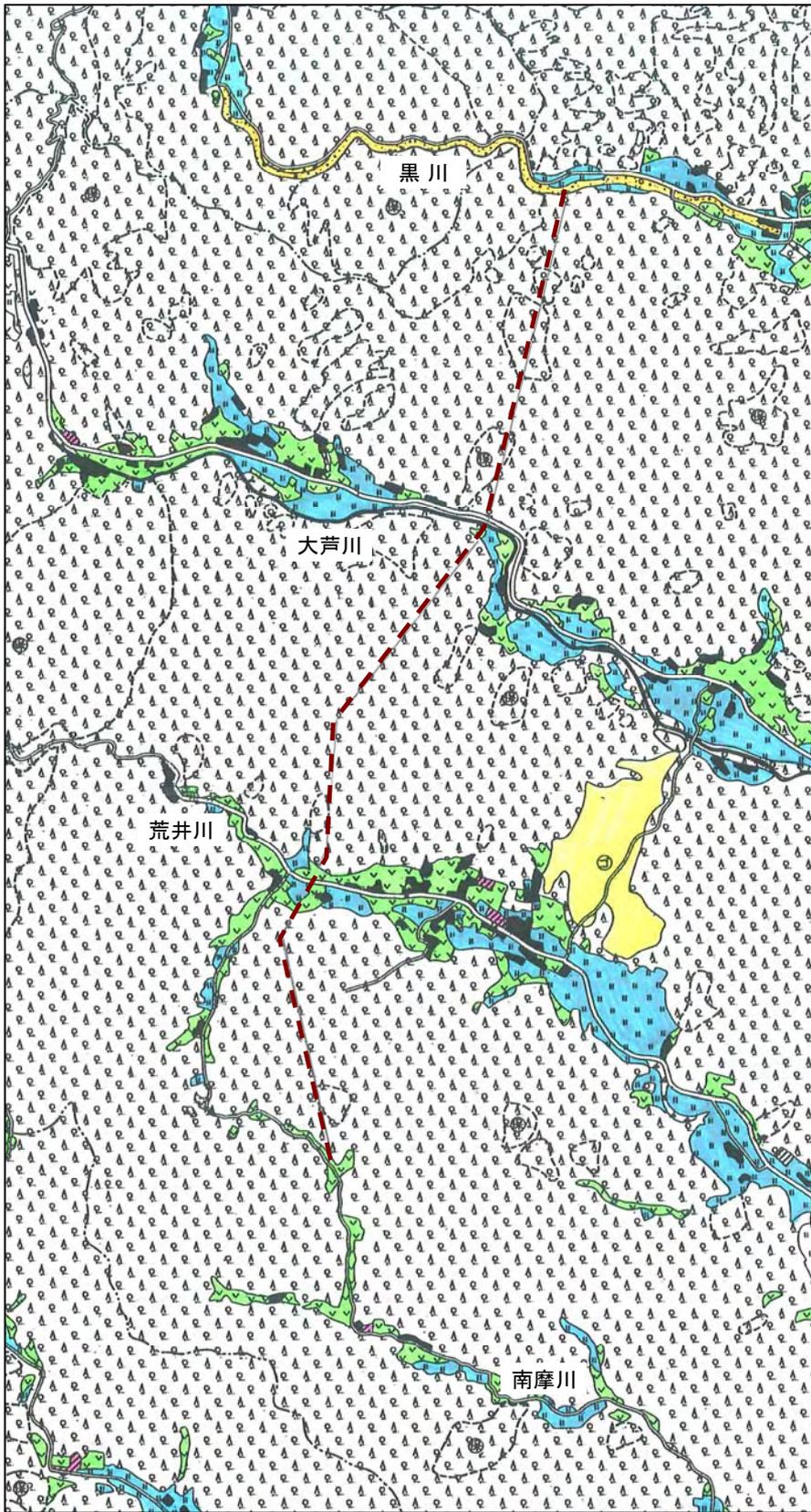


図-6.11 地下水・表流水利用施設位置



凡 例

	乾田
	湿田
	普通畑
	樹園地 (果樹園、桑園)
	都市・集落
	針葉樹林
	広葉樹林
	混交林
	工場用地
	公共用地
	ゴルフ場
	宅地造成地
	荒地・裸地・その他
	河川・湖沼
	自然環境保全地域
	自然公園地域
	保安林
	主要道路
	J R
	私鉄
	市町村界
	牧草畑
	地止防止地区

图-6.12 土地利用状况

6.2 予測結果

6.2.1 予測手法

予測対象とする影響要因は、「工事の実施」及び「土地又は工作物の存在及び供用」としました。

予測手法は表-6.5 に示すとおりです。

なお、予測地域は、調査地域と同様としました。また、予測対象時期は、「工事の実施」については、地下水の水位に及ぼす環境影響が最大となる時期とし、「土地又は工作物の存在及び供用」については、ダムの供用が定常状態となる時期としました。

表-6.5 地下水の水位の予測手法

予測手法	具体的内容
事例にもとづく地下水の水位への影響	事例の引用は、導水路予定ルート周辺と類似した地質条件の地域において同様の施工方針で工事が行われた迫間導水路の事例を用いた。
高橋の方法による地下水の水位への推定影響範囲の算出	工事の実施に伴う地下水の水位への推定影響範囲を、高橋の方法により算出した。高橋の方法は、トンネル掘削に伴う湧水や湧水の問題を概略的に予測する手段として「地下水ハンドブック」等にも紹介されており、多くの適用実績がある方法としても知られている。
地下水の水位への影響の水理地質的な考察	工事の実施に伴う地下水の水位への影響の程度について、高橋の方法による推定影響範囲の算出結果及び水理地質特性に基づいて考察した。

6.2.2 予測結果

(1) 事例にもとづく地下水の水位への影響

類似地質の分布する地域で施工された導水路の事例調査は、迫間導水路の事例を取り上げて実施しました。

迫間導水路は、平成10年2月に着工し、平成13年3月に竣工した竜門ダムと菊池川支流の生味川を結ぶ延長約2,970mの導水路です。

迫間導水路のルート付近の三郡変成岩類は、主に泥質片岩からなり、導水路の約3割の区間に分布し、注水口側には、阿蘇の火砕流堆積物や先阿蘇火山岩類が分布しています。

迫間導水路工事の環境保全対策として、先阿蘇火山岩類と三郡変成岩類との地質境界、破碎帯部、土被りの小さい位置にある河川及び女鞍岳断層の破碎帯部において、止水材注入工法により破碎帯の改良を行い、透水性を低くした結果、大規模な湧水現象は認められませんでした。

また、迫間導水路は掘削工法としてTBM（トンネルボーリングマシン）工法^{*1}を採用しており、本工法が導水路周辺のゆるみを抑制する効果があった可能性が高いものと考えられます。

*1：TBM（トンネルボーリングマシン）工法：機械先端に取付けたカッターを回転させて岩盤を掘削する工法

(2) 高橋の方法による地下水の水位への推定影響範囲の考察

導水路の工事の実施に伴う地下水の水位への推定影響範囲を、高橋の方法により算出しました。高橋の方法では、土被り (H) と影響幅 (R) の関係 (H-R 曲線) を求め、これを地形断面に投影し影響範囲を算出します。なお、計算は、地形条件や地質分布を考慮したグループ分けを行ったうえで、各々行いました。

推定影響範囲の計算の流れは図-6.13、推定影響範囲の模式図は図-6.14 に示すとおりです。

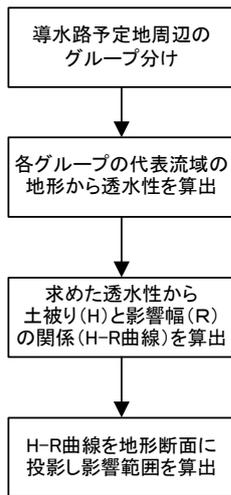


図-6.13 影響計算フロー

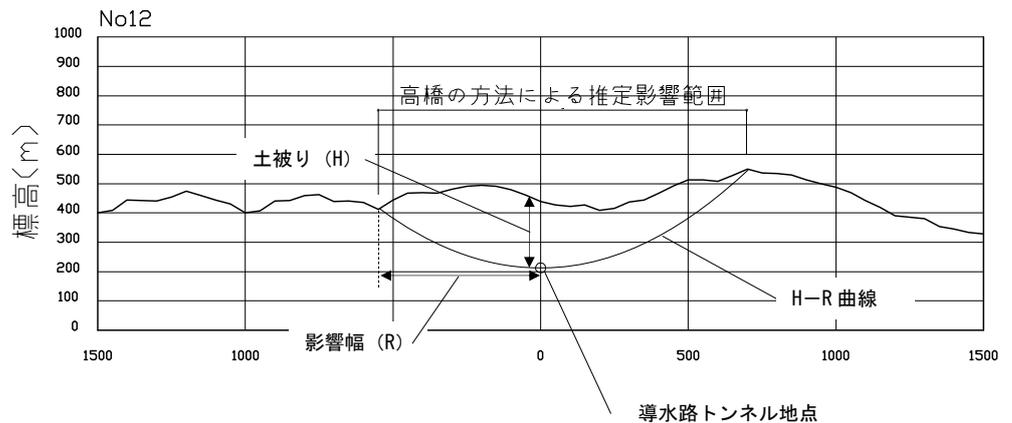


図-6.14 推定影響範囲の模式図

地形条件や地質分布を考慮したグループ分けの結果は、以下及び図-6.17 に示すとおりです。

- A. 黒川～大芦川左岸…… 主に泥質ホルンフェルスが分布
脊梁尾根の標高は700m台と高標高で、谷が細長く深い
- B. 大芦川右岸…………… 泥質ホルンフェルス及び頁岩の分布域（断層で接触）
ホルンフェルス域には、チャート・石英斑岩のブロックを多含
- C. 荒井川左岸…………… 頁岩分布域でチャートブロックを多含
尾根の標高はそれほど高くなく、樹枝状の谷が形成される
- D. 荒井川右岸～南摩川… 北側は頁岩、南側は層状チャートが主に分布
標高はもっとも低く、樹枝状の谷が形成される

次に、沢の流域を地形図上で読み取り、各グループから1流域ずつ、以下の基準に該当する代表流域を選定しました。沢の流域は図-6.15の黒枠、各グループの代表流域は太枠で示すとおりです。

- ・ 導水路予定ルートと（多少なりとも）重なる流域＝施工域に近接した流域
- ・ 周辺の流域と比べて明らかに違う特異な形状にはなっていない流域
- ・ 流域面積と主流路の関係が著しく不規則（例：流域面積は広いのに流路が極めて短いなど）にはなっていない流域

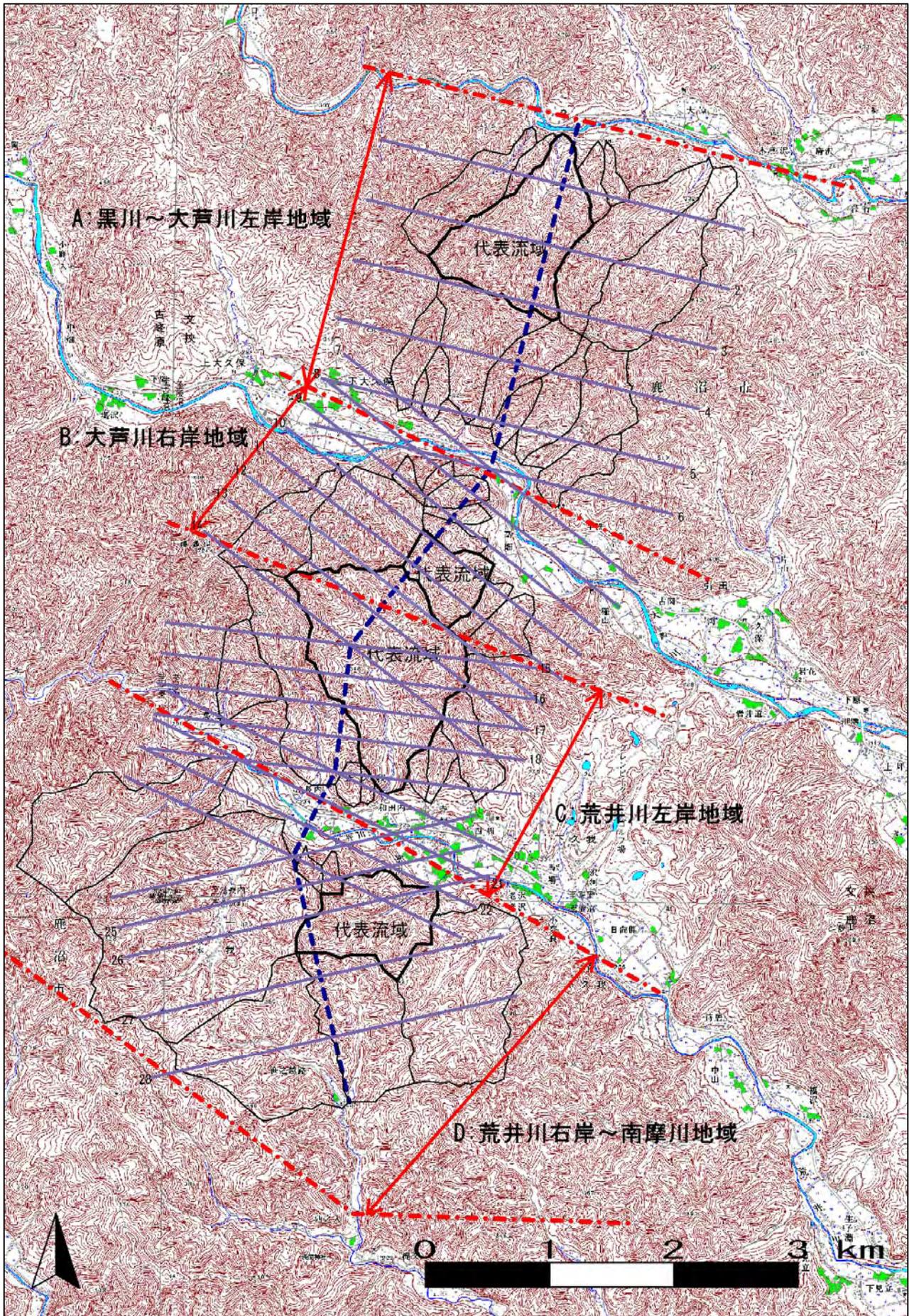


図-6.15 沢の流域とグループ分類図

各代表流域の透水性を、地形図上で算出した流域面積（A）、主流路の延長（L）及び平均比高（Hm）から求めました。なお、平均比高（Hm）は、主流路に対して一定間隔の横断線を引き、各位置で読み取った比高（左右分水界標高と河床標高との差）を平均する方法で求めました。

各値の算出結果は表-6.6に示すとおりです。

表-6.6 平均流路幅、平均比高、平均透水性の算出結果

グループ分類		流域面積 A (m ²)	主流路延長 L (m)	平均流路幅 R(=A/2L) (m)	平均比高 Hm (m)	平均透水性 kt (=R ² /6Hm) (m)
A	黒川～大芦川左岸	9.66E+05	1674	289	77	181
B	大芦川右岸	3.12E+05	764	204	59	119
C	荒井川左岸	1.56E+06	2191	355	86	245
D	荒井川右岸～南摩川	6.12E+05	1282	239	49	194

求めた各グループの平均透水性（Kt）を以下の計算式に代入し、土被り（H）と影響幅（R）の関係（H-R曲線）を求めました。求めたH-R曲線は図-6.16に示すとおりです。

$$R = \sqrt{6 \cdot Kt \cdot Hm}$$

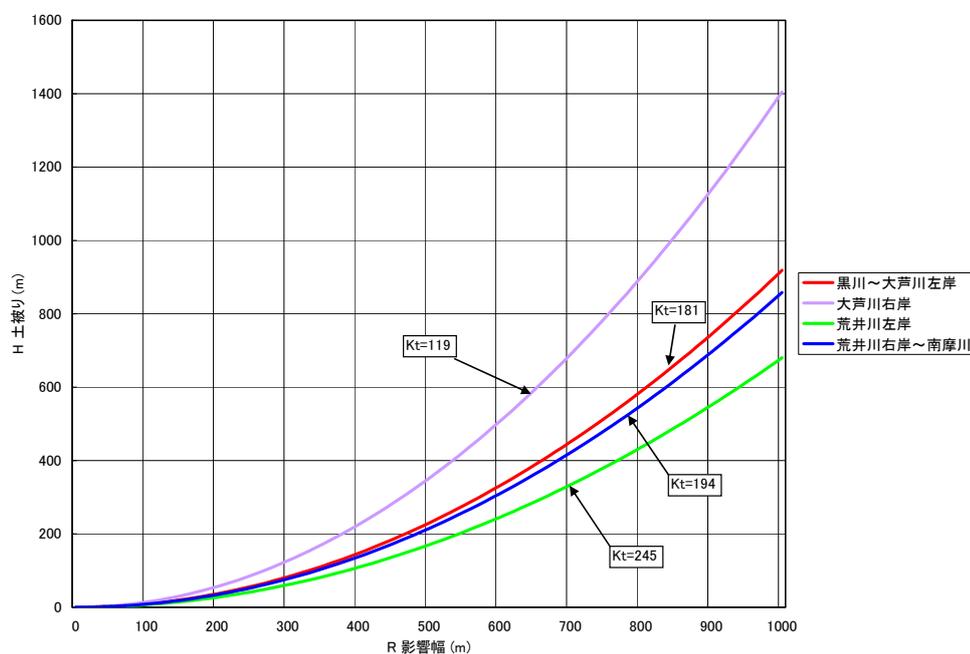


図-6.16 各グループの土被りと影響幅の算出結果

また、求めたH-R曲線を地形断面に投影させて求めた推定影響範囲は、図-6.17に示すとおりです。

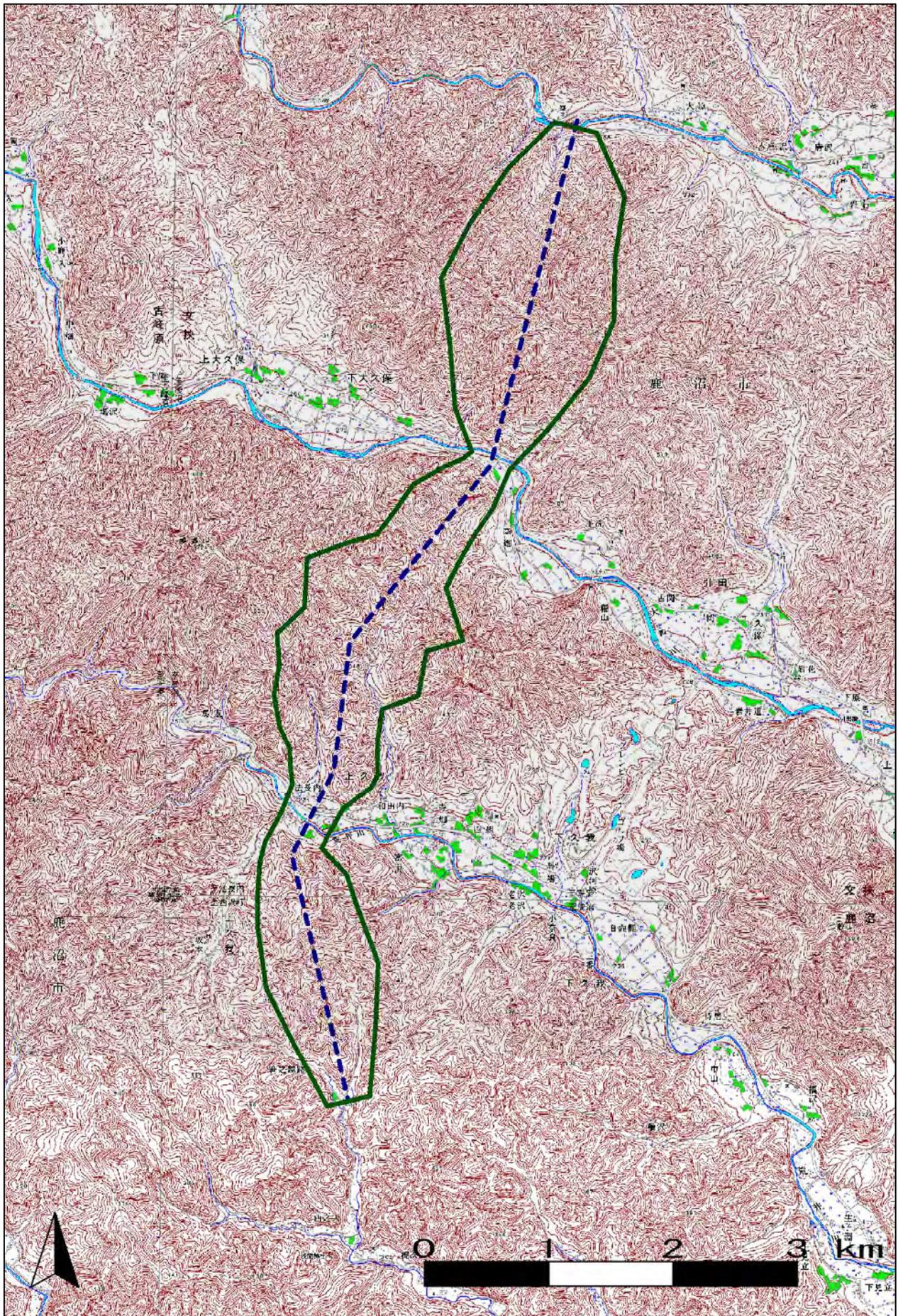


図-6.17 高橋の方法により算出した地下水の水位への推定影響範囲

(3) 地下水の水位への影響の水理地質的な考察

導水路予定地周辺の帯水層は地山表層部の岩盤風化帯であり、厚さ数 10m オーダー以下の浅層不圧地下水帯が形成されているものと推定されます。土被り 100m を超えるような深度のトンネル掘削では、浅層地下水帯（表層風化帯）とトンネル断面を直接的に連結するような亀裂系水みちは断層破碎帯のような一定規模以上の亀裂系のみです。したがって、山地部のうち目立った破碎帯が分布していない難透水性岩盤区間では、導水路の工事に起因した地下水への影響は軽微なものと想定されます。

ただし、ホルンフェルス・花崗閃緑岩分布域では、岩盤が硬質で、連続性の良い亀裂系が発達しています。また、頁岩中に点在するチャートブロックには細かい亀裂系が全体として連結している可能性が高く、岩盤は難透水性でも土被り深度によっては掘削時に切羽からの出水が生じて地下水に影響を与える可能性は否定できません。

このことから、高橋の方法による地下水推定影響範囲に対して、断層の状況等を考慮して補正を行いました。補正にあたっては、地下水流出範囲の制限要素になると考えられている沢の流域境界を基準として検討しました。なお、黒川取水・放流工及び南摩注水工の周辺についても、各構造物を中心に概ね同心円状に影響範囲が広がるものとししました。

補正の結果は以下に示すとおりです。

[大芦川右岸部]

チャートブロックや断層、水利用施設が多く認められ、地形及び断層破碎帯の走向に基づき東側に向かって地下水の影響が大きく広がることが懸念されます。

集落が分布している大芦川沿いの段丘面は、導水路が通る山塊から漸移する地形であり、山塊の地下水が段丘の地下水と一体化している可能性が高いです。よって、段丘全体すなわち大芦川までを地下水影響範囲と見なすことが妥当と判断しました。南寄りに関しては、グループBの代表流域までを影響出現が懸念される谷筋と捉え、その東側分水界に当たる小尾根を影響範囲の境界としました。大芦川右岸部の影響範囲の補正の状況は、図-6.18 に示すとおりです。

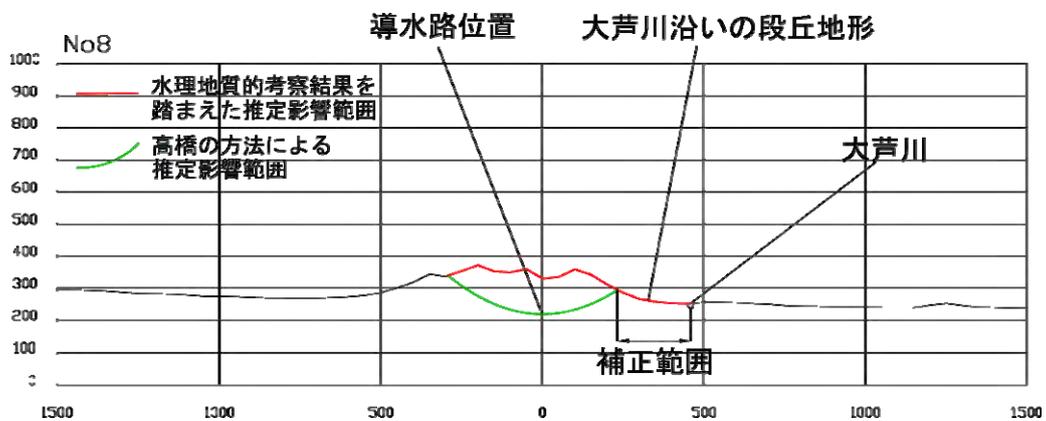


図-6.18 水理地質的考察にもとづく地下水影響範囲の補正（大芦川右岸部）

[荒井川横断部]

断層破碎帯（例えば Fa-5 や Fa-6）が存在すること、地質分布が複雑なこと、及び集落が分布して多くの水利用施設があることから、荒井川沿いの平地部（河床堆積物・崖錐堆積物の分布域）に沿って地下水の影響が広がる懸念されます。

東側（下流側）に関しては、地形状況や断層破碎帯の分布及び水利用施設等を踏まえて、大佐部沢流域全体、すなわちその東側流域界に当たる尾根線までを地下水影響範囲と見なすことが妥当と判断しました。荒井川横断部の影響範囲の補正の状況は、図-6.19 に示すとおりです。

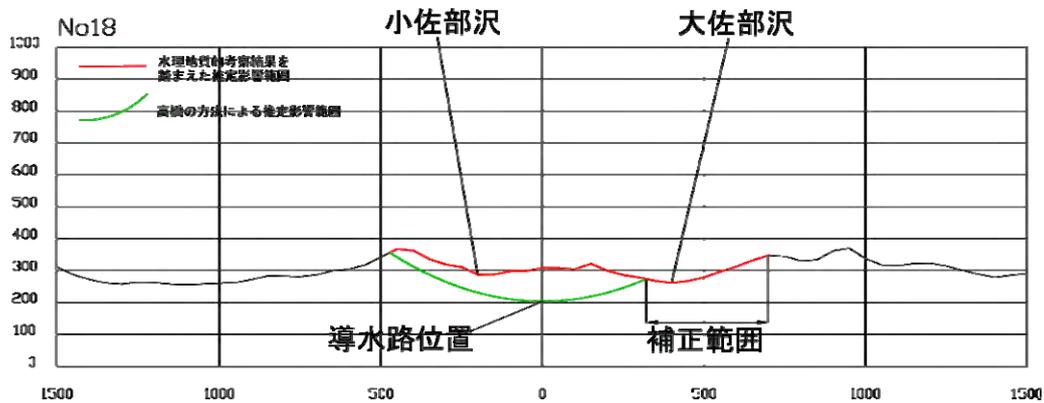


図-6.19 水理地質的考察にもとづく地下水影響範囲の補正（荒井川横断部）

以上の(1)、(2)、(3)の検討により、チャートやホルンフェルス分布域、花崗閃緑岩の周縁部、並びに断層破碎帯が導水路と交差する周辺において、導水路工事を無対策で実施した場合、地下水の水位が低下する可能性があると考えられます。これに伴って、土被りが浅い表流水（沢水）の減水、近傍に位置する井戸の水位の低下等の影響が生じる可能性があると考えられます。

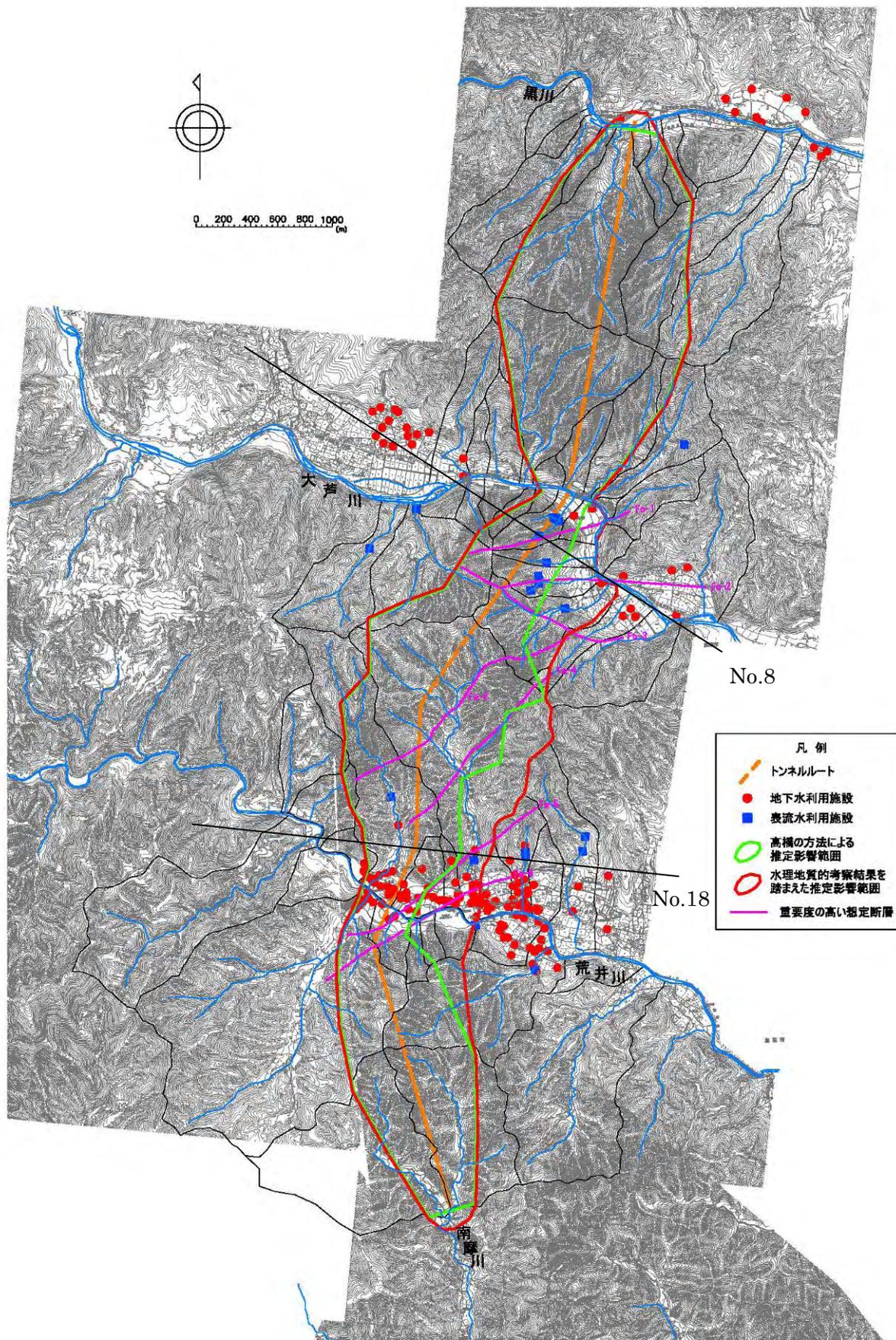


図-6.20 高橋の方法と水理地質的考察による地下水推定影響範囲

6.3 環境保全対策

工事の実施に伴う地下水の水位への影響を極力低減するための工法として以下の工法を検討しました。

- ・ 高透水ゾーンの透水性を低下させる工法の採用：浅層部の断層破碎帯、地質脆弱部においては、必要に応じて、透水性を低下させるために止水材注入工法を採用する。
- ・ 地質脆弱部を乱さない掘削工法の採用：地質脆弱部を極力乱さない導水路の掘削工法を採用する。
- ・ 水密性を高めた導水路覆工構造の採用：水理地質解析結果と周辺地下水の利用状況から、止水対策を実施する必要があると判断される区間では、周辺岩盤から導水路内への地下水の湧水を遮断することを目的として、地質状況に応じて水密性を高めた覆工構造を採用する。

これらの環境保全対策の実施によって、地下水の水位への影響は低減されるものと考えられます。

6.4 評価結果

導水路の工事及び存在が地下水の水位に及ぼす影響について、調査、予測を行いました。

影響予測の結果、チャートやホルンフェルスの分布域、花崗閃緑岩の周縁部、並びに断層破碎帯が導水路と交差する周辺において、導水路工事を無対策で実施した場合、地下水の水位が低下する可能性があると考えられます。このため、環境保全対策として地質脆弱部を乱さない掘削工法等を採用します。これらの工法の採用により、地下水の水位の変化は低減されるものと考えられます。

ただし、当該取水・導水地区においては地下水及び沢水の利用が多いことから、万一、想定外の事態が生じた場合には、周辺住民の生活に影響を及ぼすことになるため、必要な地点を選定し、地下水及び沢水の状況を、工事中及び供用後において監視するものとします。