

第2章 はだの水循環モデル

- 1 秦野盆地地質調査
 - (1) 地質調査ボーリング (2) 水源調査ボーリング
- 2 微動アレイ探査
 - (1) 微動アレイ探査 (2) 探査結果
- 3 水理地質構造モデル
 - (1) 水理地質構造モデルの構築 (2) 旧モデル (3) 新モデル
 - (4) 水理地質構造モデルの組立て
- 4 水質分析に基づく地下水流動機構
 - (1) 水質分析の概要 (2) 水質分析の結果 (3) 地下水流動機構の検討
- 5 はだの水循環モデル
 - (1) モデル更新の基本方針 (2) 陸面モデル
 - (3) はだの水循環モデル(3次元格子モデル)
 - (4) はだの水循環マップ
- 6 地下水賦存量
 - (1) 地下水賦存量の算出
 - (2) 地下水賦存量の考え方
- 7 地下水の浄化
 - (1) 目的 (2) 考え方
 - (3) シミュレーション (4) 解析結果



1 秦野盆地地質調査

(1) 地質調査ボーリング

秦野盆地の水理構造・特性に関する情報を充実させ、はだの水循環モデルの完成度を高めるため、神奈川県水源環境保全・再生市町村補助金を活用し、平成29・30年度に調査ボーリング実施しました。

ア カルチャーパークボーリング調査

- (ア) 調査場所 秦野市平沢148番地 カルチャーパーク内
- (イ) 期間 平成29年6月23日～平成30年3月30日
- (ウ) 調査内容 機械ボーリング(オールコアボーリング)・湧水圧試験・電気検層・孔内微流速測定・温度検層
- (エ) 掘削深度 300m (Φ86mm: 0-195m、Φ66mm: 195-300m)
- (オ) 観測井 300m (無孔管VP50: 0-118m、遮水区間: 100-118m、有孔管VP50: 118-168m、砂利: 168-300m)

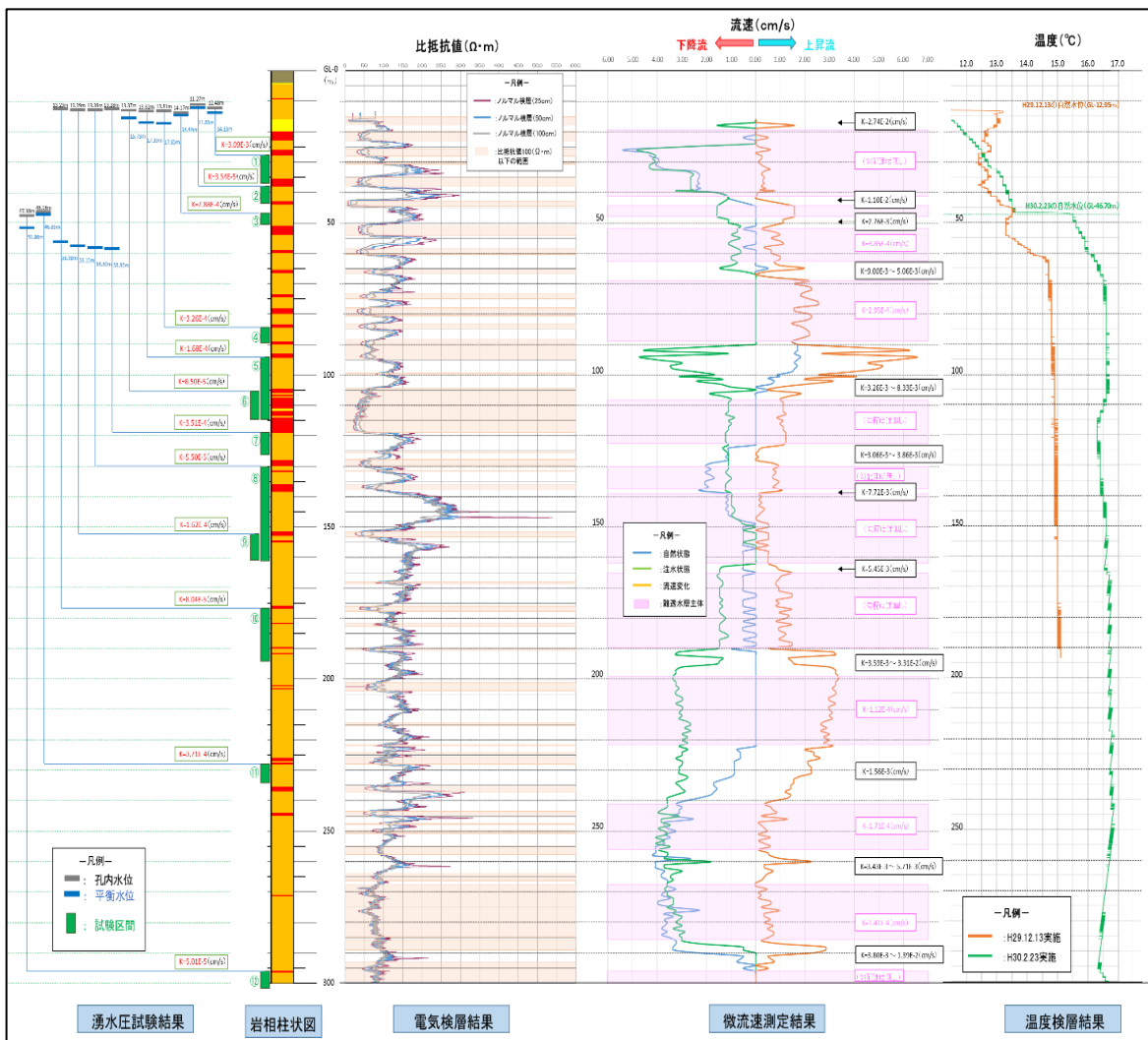


図2-1 カルチャーパーク調査結果まとめ

イ さかえちょう公園ボーリング調査

- (ア) 調査場所 秦野市栄町 2343-1 さかえちょう公園内
- (イ) 期 間 平成 30 年 7 月 23 日～平成 31 年 2 月 28 日
- (ウ) 調査内容 機械ボーリング (オールコアボーリング)・湧水圧試験・電気検層・孔内微流速測定・温度検層
- (エ) 掘削深度 158.65m (Φ86mm : 0-119.62m、Φ66mm : 119.62-158.65m)
- (オ) 観測井 158.65m (無孔管 VP40 : 0-104m、遮水区間 : 86-104m、有孔管 VP40 : 104-114m、砂利 : 114-158.65m)

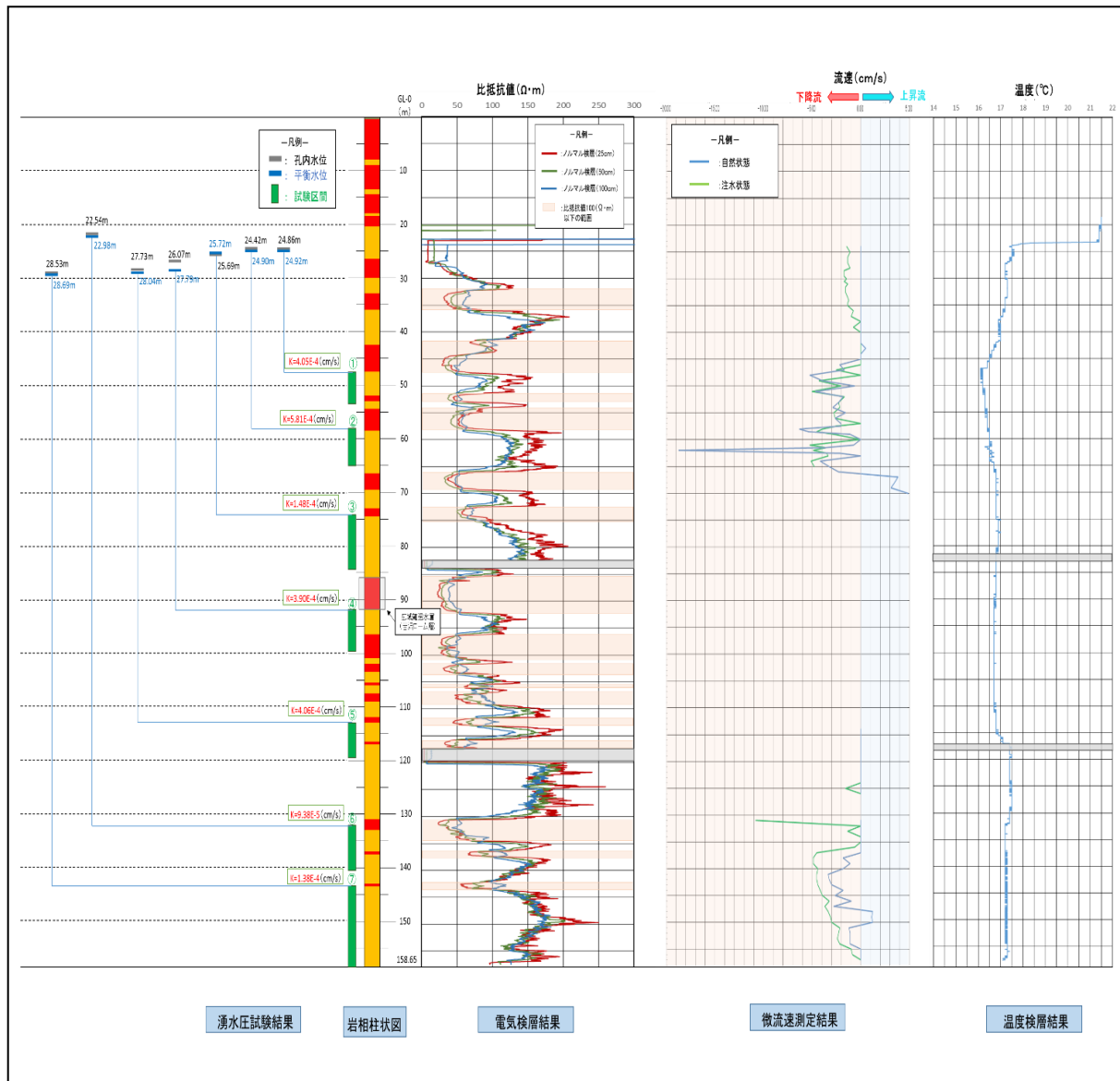


図 2-2 さかえちょう公園調査結果まとめ

ウ 鍵層の対比

カルチャーパーク及びさかえちよう公園で掘削したボーリングコア^{※1}において、鍵層^{※2}となる広域対比可能なローム層^{※3}が複数枚確認されました。また、葛葉川及び金目川支流沿いに露出している露頭^{※4}について調査を行った結果、ボーリングコア中の鍵層と対比可能なものが複数枚確認されました。

表 2-1 に鍵層対比概要を、図 2-3 にボーリング地点及び鍵層露頭の位置図を示します。また、図 2-4 にボーリングコア中における鍵層対比の断面図 (A-A' 測線) を、図 2-5 にボーリングコアと露頭における鍵層対比の断面図 (B-B' 測線) を示します。また、図 2-6～図 2-11 に鍵層対比写真を示します。

なお、ローム層序及び年代値等については、神奈川県立 生命の星・地球博物館 HP の「電子百科-神奈川の自然-関東ローム層」を参考にしました。

(参考 URL : http://nh.kanagawa-museum.jp/sizen/tephra/top_menu.cgi)

図 2-4 より、2 地点間の吉沢ローム層^{※5} (中部・下部) は標高差で約 5～20m 程度の落差しかなく、当時の地形通りにロームが堆積しているものと考えられます。一方で、図 2-5 より葛葉川沿い露頭とさかえちよう公園との間には吉沢ローム層 (中部・下部) において、標高差で約 90m 程度の落差があることが分かります。この 2 地点は、水平距離で 900m 程度しか離れていないことから、当時の地形による影響も考えられますが、主には逆断層^{※6} (秦野断層) によって落差が生じたものと推定されます。

表 2-1 鍵層対比概要

鍵層名	地層区分	年代値	H29ボーリングコア 【カルチャーパーク】	H30ボーリングコア 【さかえちよう公園】	葛葉川沿い露頭	金目川支流沿い露頭
東京軽石	新期ローム層	約6万6千年前	○	○	-	-
三浦軽石	〃	約6万6千～7万年前	○	○	-	-
吉岡軽石	吉沢ローム層(上部)	約7万～8万年前	-	○	-	○
Kmp-4	吉沢ローム層(中部)	約10万～12万5千年前	○	○	○	○
Kmp-2	〃	〃	○	○	○	○
Kmp-1	〃	〃	○	○	○	○
Klp-14	吉沢ローム層(下部)	〃	○	○	○	-
Klp-13	〃	〃	○	-	○	-
Klp-9	〃	〃	○	○	-	-

※1 ボーリングコア：押し込み掘削（ボーリング）などによって採取される土壌や、岩石などの円柱状試料。※2 ローム層：主に火山灰や軽石が堆積した層。※3 鍵層：地層の年代の特定に用いる特徴的な層。※4 露頭：地層・岩石が露出している場所。※5 吉沢ローム層：約 14～7 万年前の箱根火山からの噴出物の層。※6 逆断層：傾斜した断層面上盤が下盤に対してずり上がった断層。

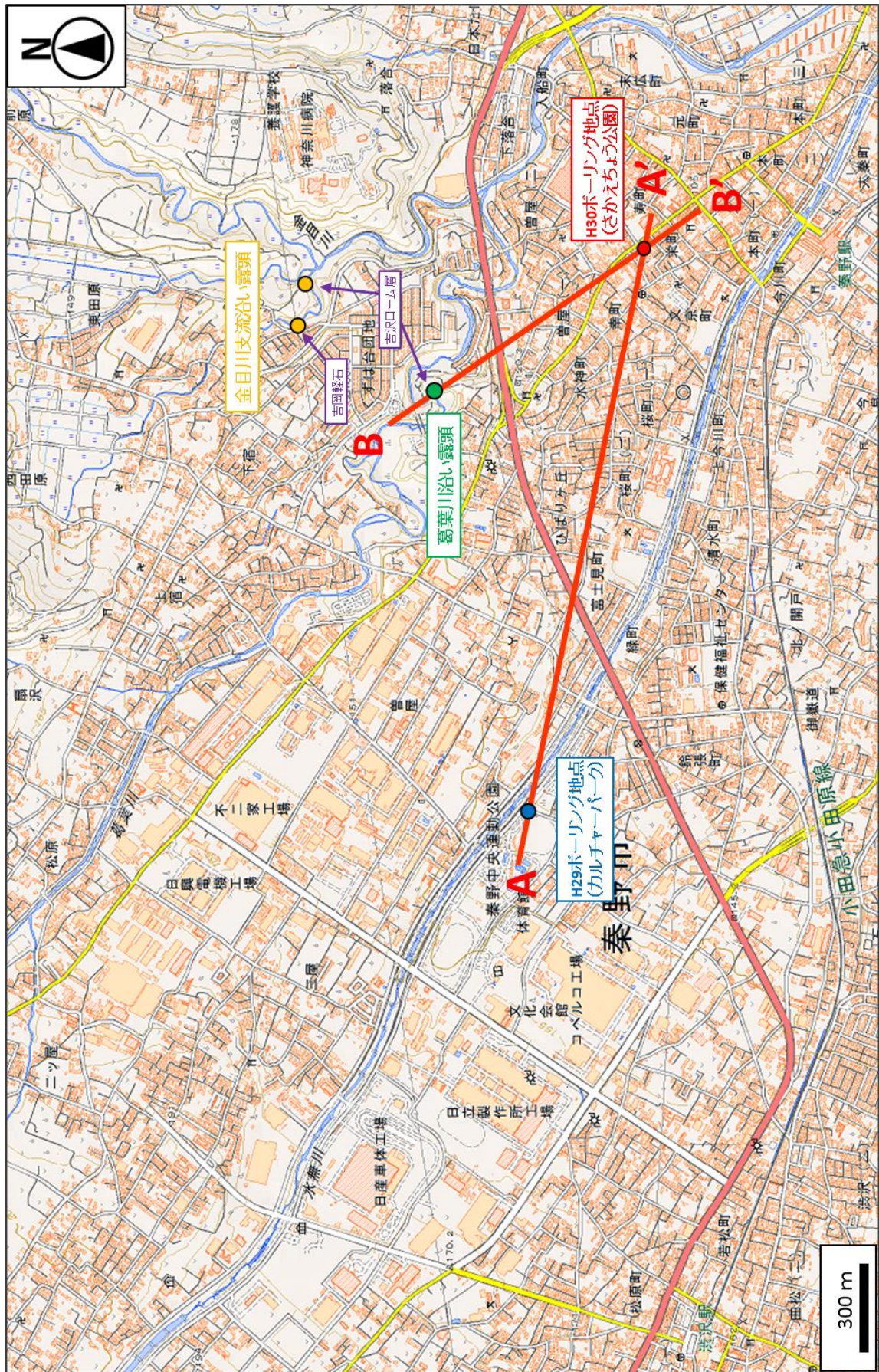


図 2-3 ボーリング地点及び鍵層露頭の位置図

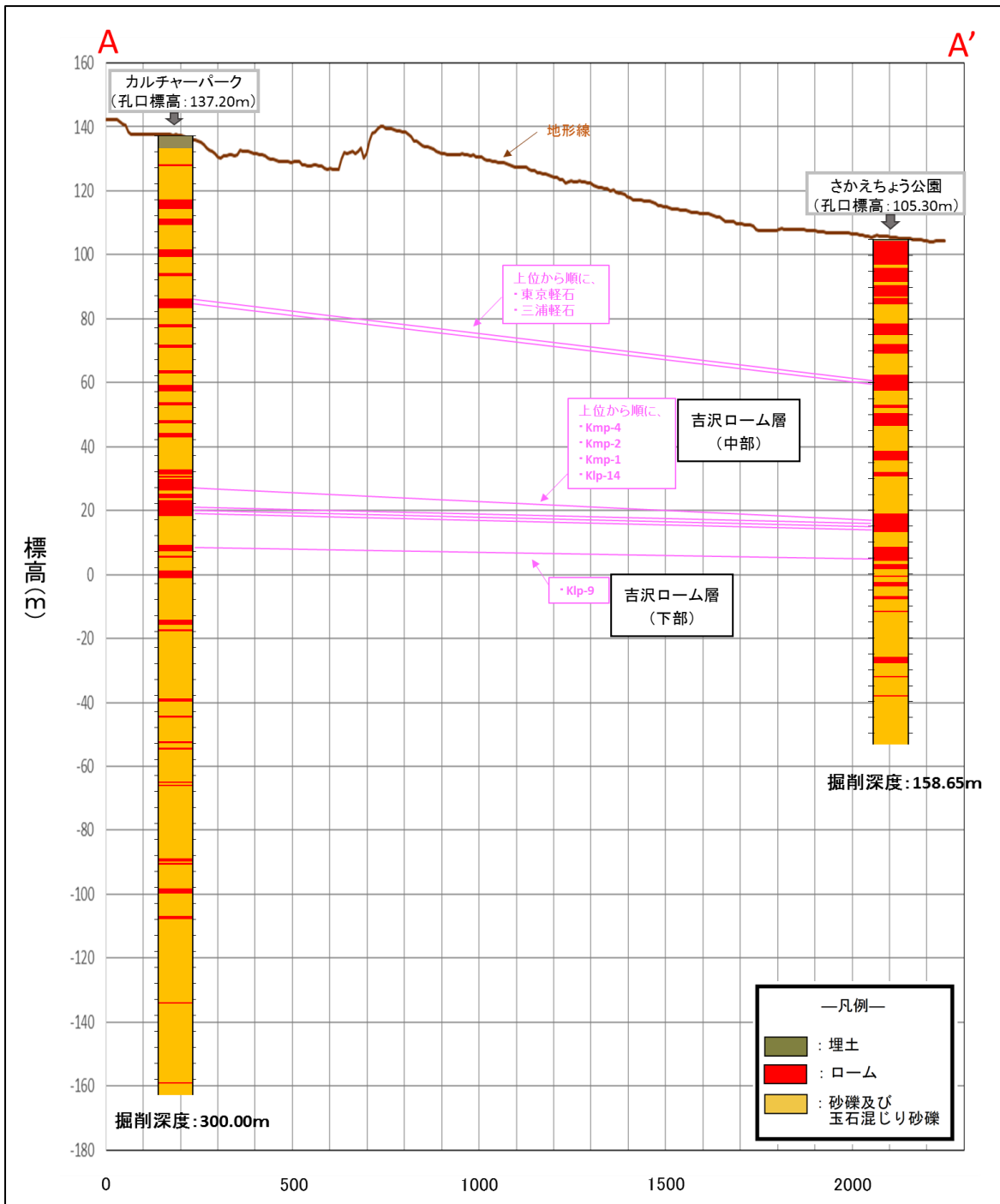


図 2-4 ボーリングコア中の鍵層対比結果 (A-A' 断面)

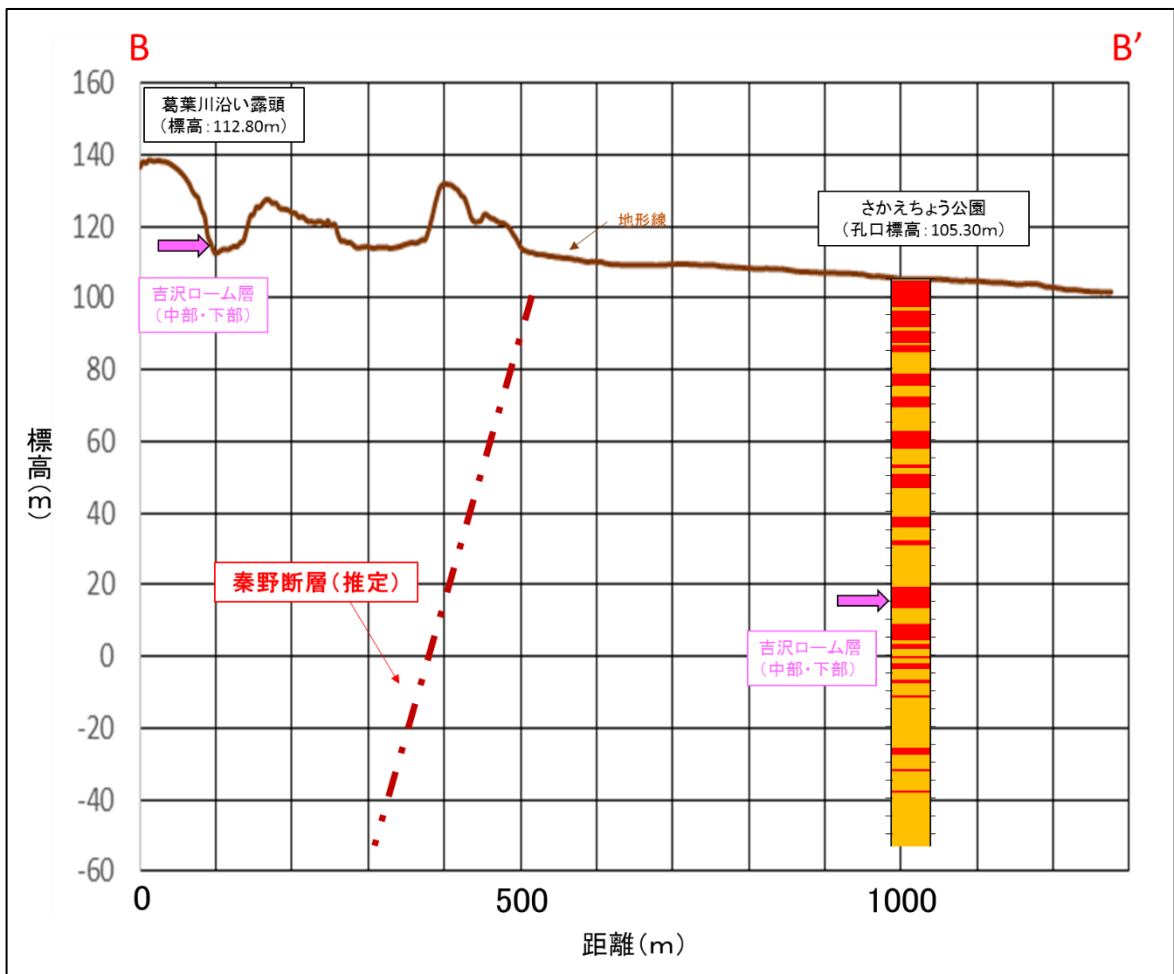


図 2-5 ボーリングコアと露頭における鍵層対比結果 (B-B' 断面)

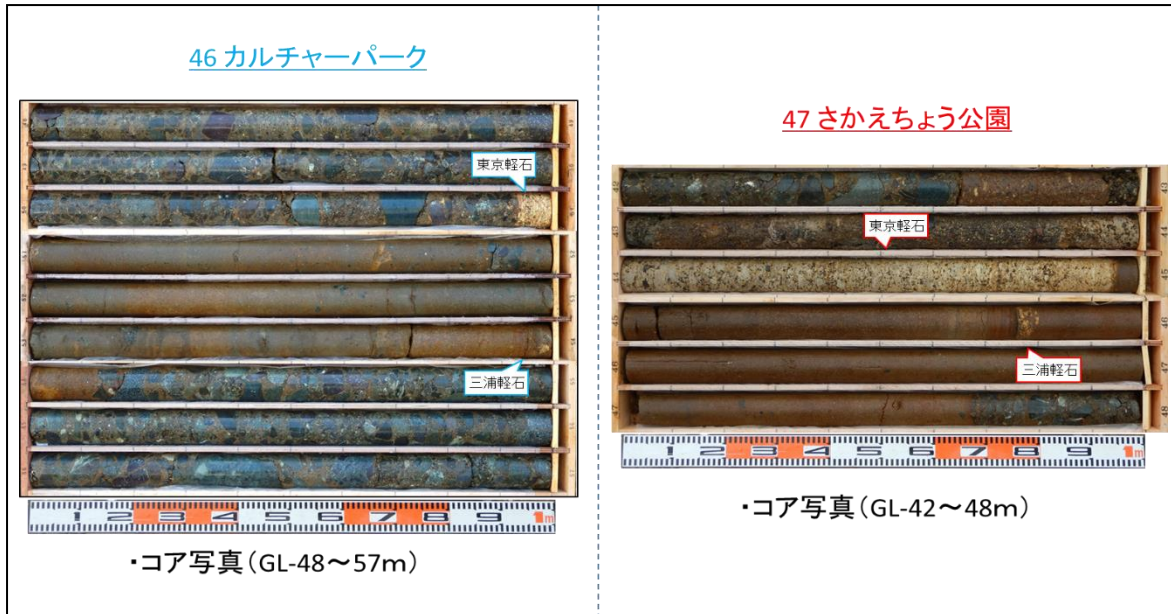


図 2-6 コア中における東京軽石、三浦軽石の露出状況

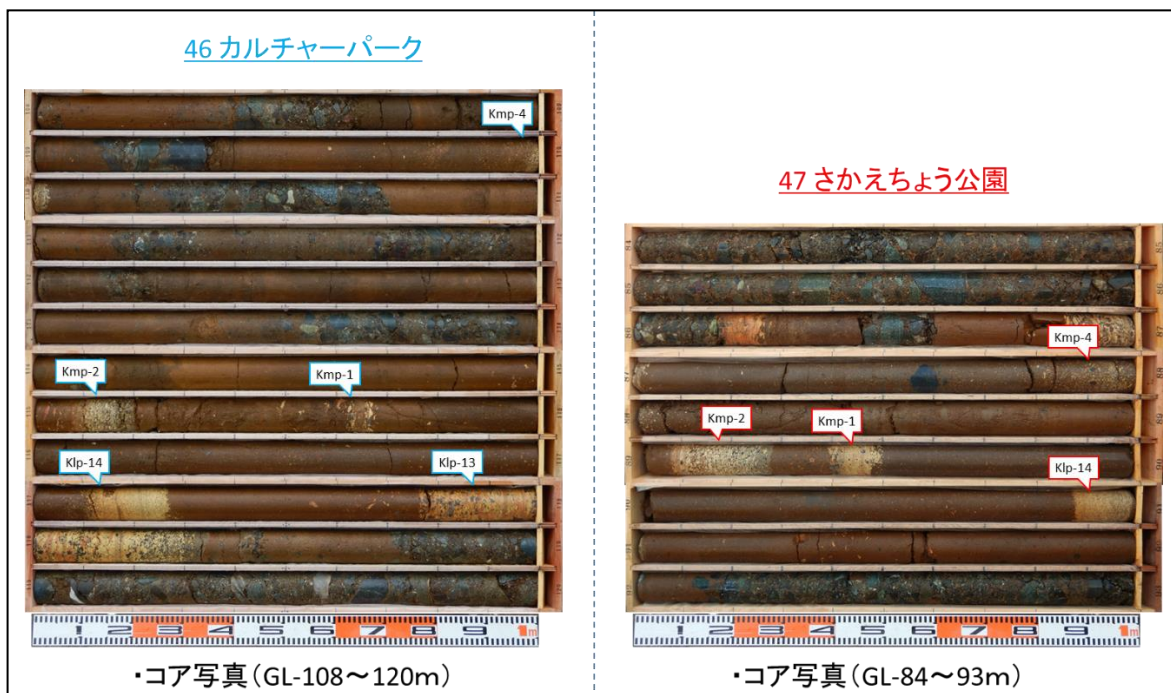


図 2-7 コア中における吉沢ローム層（中部・Kmp-4、Kmp-2、Kmp-1）、
吉沢ローム層（下部・Klp-14、Klp-13）の露出状況



図 2-8 東京軽石の側方対比



図 2-9 三浦軽石の側方対比

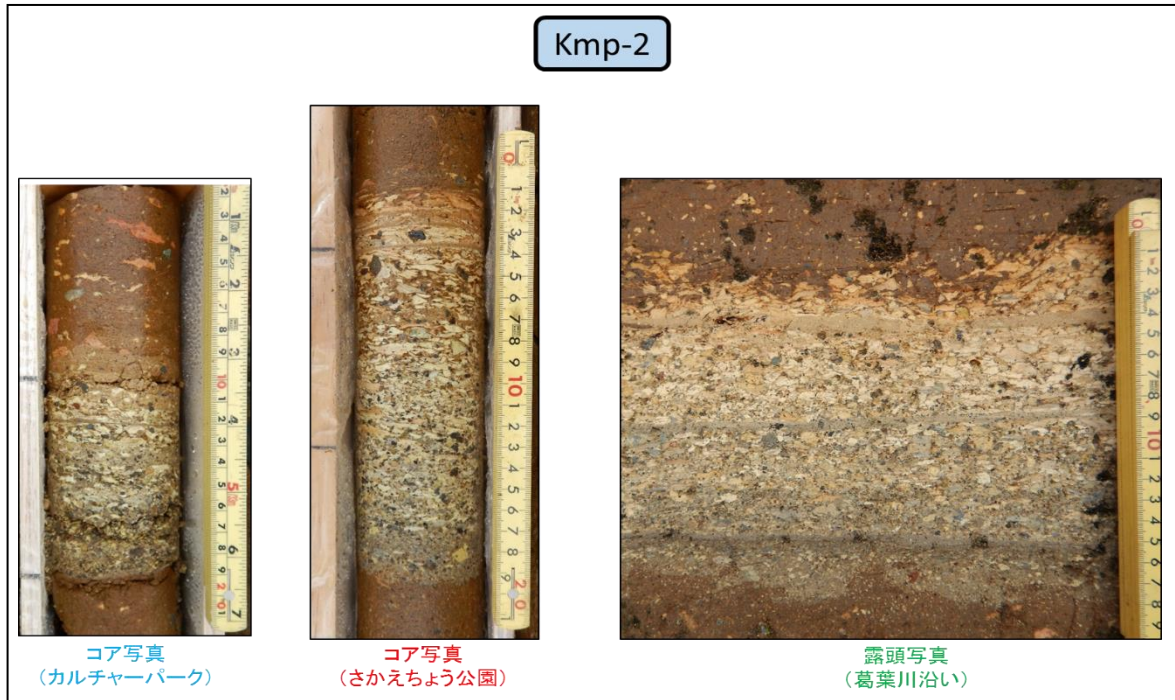


図 2-10 吉沢ローム層（中部・Kmp-2）の側方対比

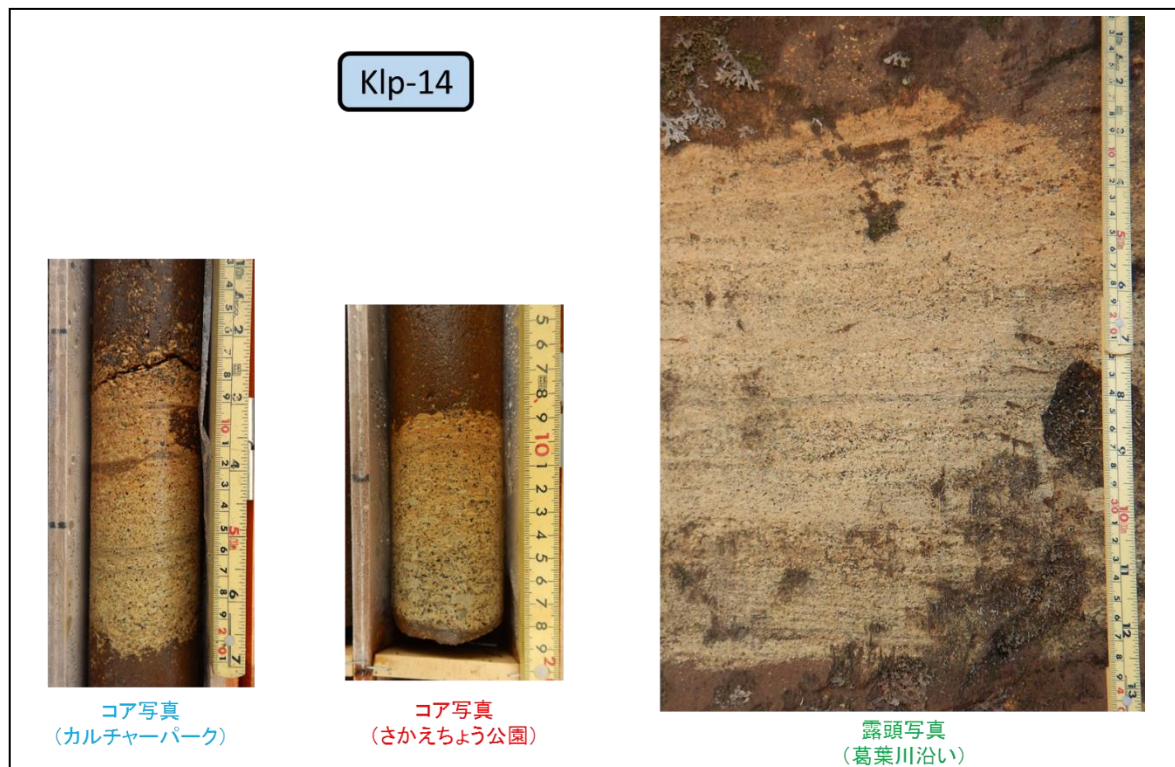


図 2-11 吉沢ローム層（下部・Klp-14）の側方対比

エ 地下水分布

カルチャーパークとさかえちよう公園においてボーリング調査をした結果から推定される帯水層について図 2-12 に示します。

平成 29・30 年度の調査により、この地域には水頭差が大きく異なる 2 つの帯水層（上から浅部帯水層①、深部帯水層②とする）が存在することが判明しました。この 2 つの帯水層を隔てる難透水層は Kmp-4~Klp-14 を含む厚層のローム層（＝広域難透水層）であると推定されます。特にカルチャーパーク地点では、浅部帯水層①と深部帯水層②の間で約 43m の水頭差が存在しており、広域難透水層の遮水が非常に良く機能していることが考えられます。一方で、さかえちよう公園地点では、両帯水層の水頭差は約 2m 程度と、あまり差が見られません。この原因の一つとして、さかえちよう公園とカルチャーパークの間のどこかで、広域難透水層の遮水性がカルチャーパーク地点に比べるとやや低く、浅部帯水層①から深部帯水層②への水の流入が生じていることが考えられます。

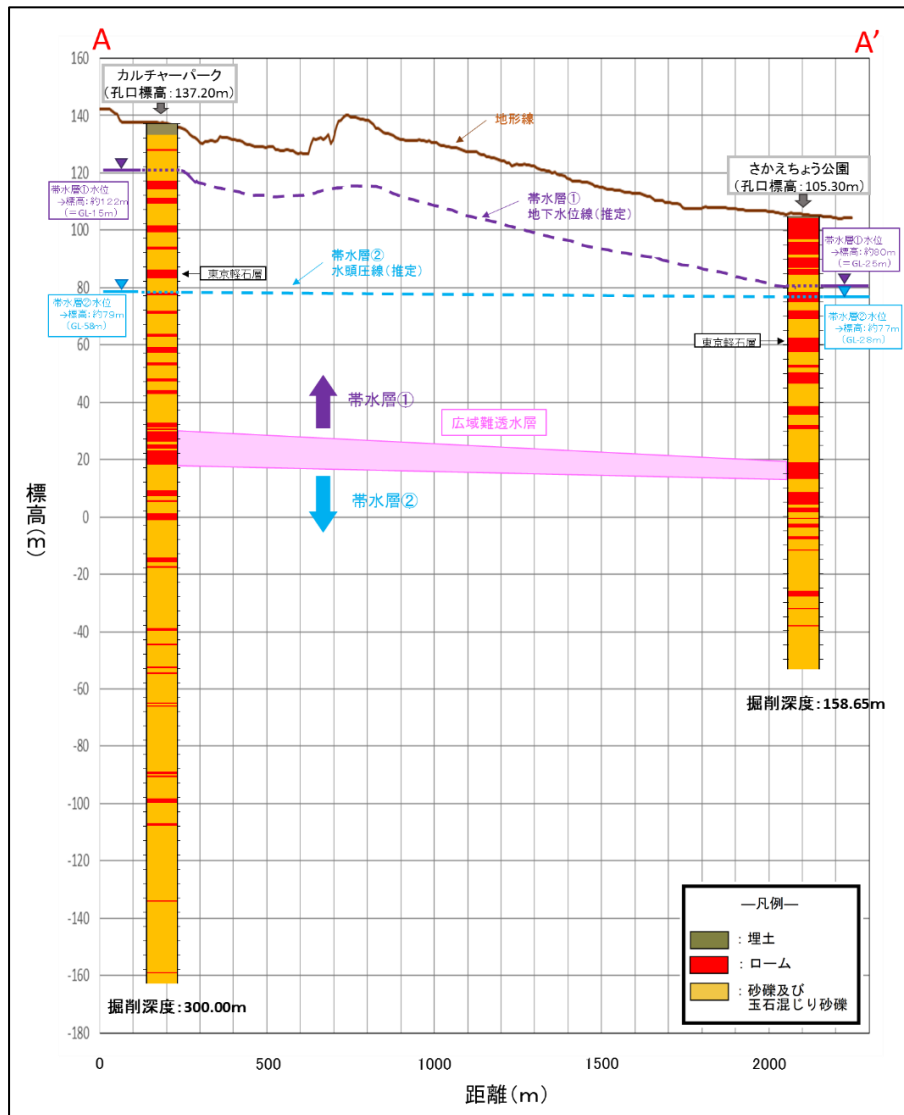


図 2-12 地下水分布断面図 (A-A' 断面)

オ 考察

(ア) 湧水圧試験^{※1}

- ・ 吉沢ローム層の上位帯水層と下位帯水層の地下水頭差は、カルチャーパークでは約43mでしたが、さかえちょう公園では約2mと少なくなっています。しかし、双方の下位帯水層の地下水頭は、標高78.4mと77.51mで、おおむね一致しています。このことから、吉沢ローム層が遮水層として機能している帯水層^{※2}の二層構造が、広い範囲にわたることが分かりました。

(イ) 孔内検層^{※3}（電気検層・微流速測定・温度検層）

- ・ 電気検層では、双方ともローム層区間で非抵抗値が低下し、砂礫層区間で上昇する傾向が見られました。
- ・ 微流速測定では、双方ともほぼ全区間において下降流が見られ、孔内の水圧に対して帯水層側の水圧が低いため、逃水となっていることが分かりました。ただし、すべての層で一様の流れではなく、上昇流（湧水）の区間も見られます。また、下位帯水層において、下降流が主体であるため、地層にやや透水性が高い区間が存在し、地下水に流動性があり水圧を逃がしている可能性が考えられます。
- ・ 温度検層では、双方とも、地表面付近の気温の影響を受けない深度（恒温層）以深において、孔内水温が16℃台でほぼ一定でした。一般的に恒温層（15-20m）以深では、深度の増加とともに地温が2.5-3.5℃/100m上昇しますが、孔内水温にこの現象が見られないことから、地下水が流動していることを示唆しています。

※1 湧水圧試験：岩盤または粗粒土層（砂層、砂礫層、粗粒火山灰層）の平衡水位及び透水系数を求める試験。※2 帯水層：水の通しやすさ（透水性）と水をためる能力（貯留性）が高く、井戸での取水や湧水として連続して地下水を供給し得る地層のこと。主に砂礫層、砂層。※3 孔内検層：ボーリング孔を用いて、帯水層の位置や厚さ、流動状況、温度分布を求める試験。

(2) 水源調査ボーリング

平成 29・30 年度の調査ボーリングで確認された吉沢ローム層より深い位置にある帯水層の水質及び揚水可能性について調査するため、令和元年度に水源調査ボーリングを実施しました。

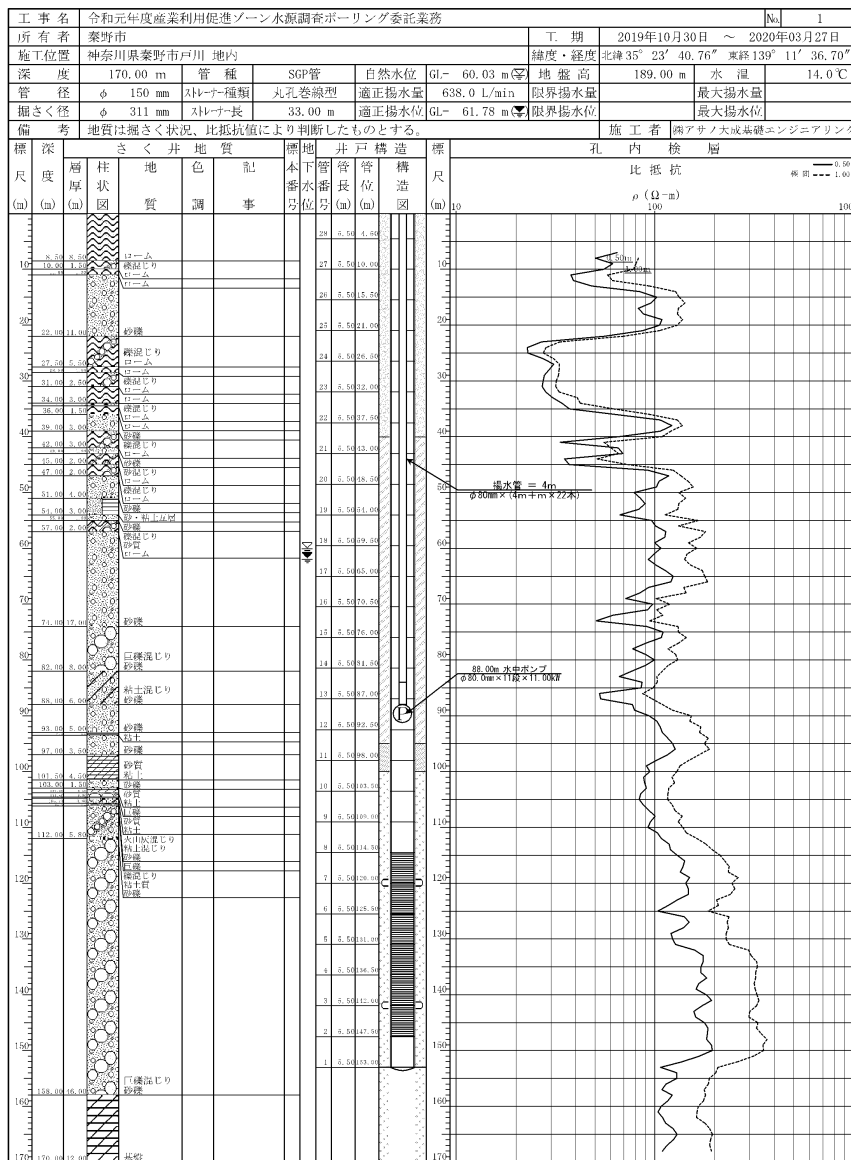
ア 調査場所 秦野市戸川 567-1

イ 期間 令和元年 11 月 5 日～令和 2 年 3 月 27 日

ウ 調査内容 機械ボーリング (ロータリー式ボーリング)・電気検層・予備揚水試験・段階揚水試験・定量揚水試験・回復法試験・水質分析 (水道法 51 項目)

エ 掘削深度 170m (Φ311mm)

オ 観測井 170m (Φ165.2mm、無孔管 SGP : 0-114.5m、遮水区間 : 0-100m、有孔管 SGP : 114.5-147.5m、無孔管 SGP : 147.5-153m、砂利 : 153-170m)



カ 適正揚水流量検討結果

段階揚水試験は、次の6段階の揚水流量で実施しました。各段階の揚水流量で1時間揚水を継続した後に揚水流量を大きくしました。

表 2-2 段階揚水試験結果一覧

揚水流量 段 階	揚水流量 (L/min)	最終水位 (GL- m)	水位低下量 (m)
		60.03	
1	401	60.64	0.61
2	454	60.88	0.24
3	502	61.07	0.19
4	552	61.28	0.21
5	605	61.46	0.18
6	638	61.61	0.15

自然水位がGL-60.03mですが、段階揚水試験の最終水位は、GL-61.61mで、試験全体の水位低下量は1.58mと大きくない値であるため、今回の調査方法（地盤工学会地盤調査の方法と解説による）適正揚水流量を638L/minと判定しました。

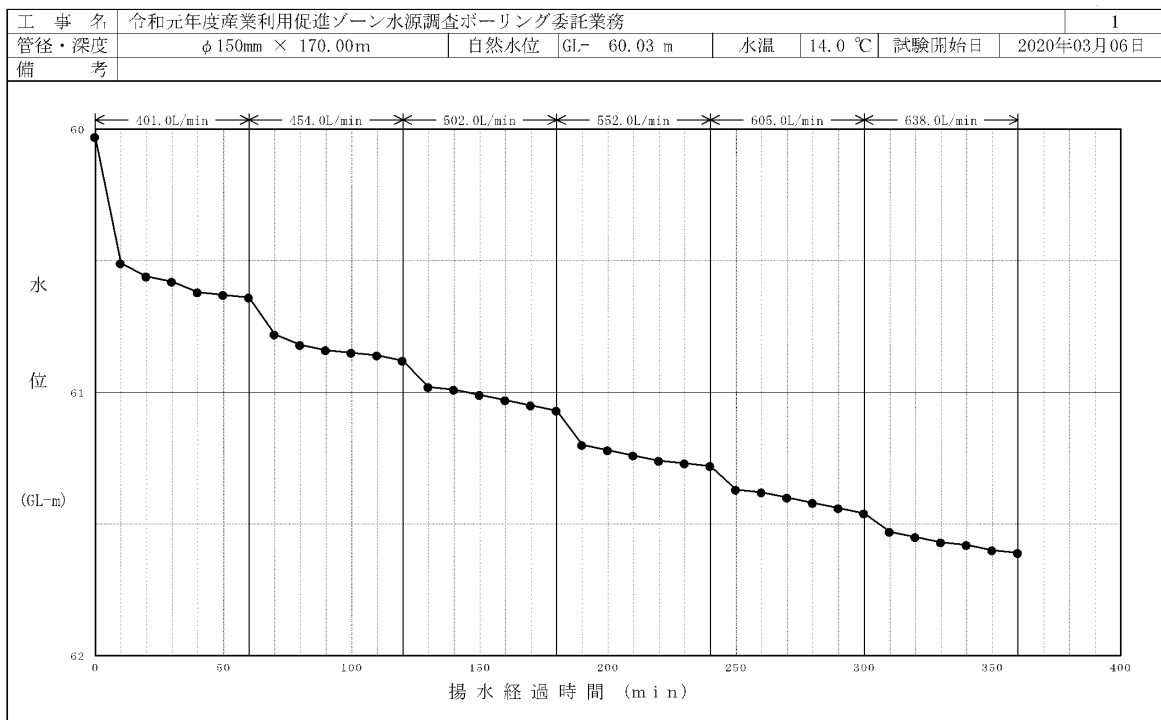
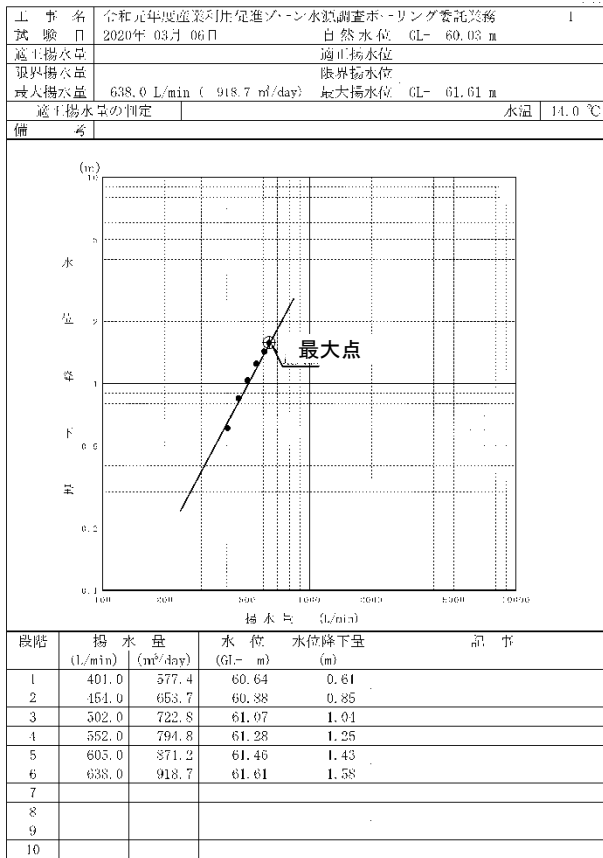


図 2-14 揚水井戸内水位の時間経過図（段階揚水試験）

※1GL：地盤面。Ground level.

揚水流量対水位低下量図（図 2-15）では、揚水流量の増加に対して水位の低下幅が明確に大きくなる揚水流量は確認されなかったため、調査で設置した井戸の限界揚水流量は 638L/min 以上と考えられます。



揚水流量は 638L/min 以上と考えられます。

図 2-15 揚水流量対水位低下量図（段階揚水試験）

キ 水理定数解析結果

揚水試験の解析結果から、今回揚水試験を実施した地層の透水係数は、 6.49×10^{-4} m/s、貯留係数は 6.57×10^{-1} と計算されました。

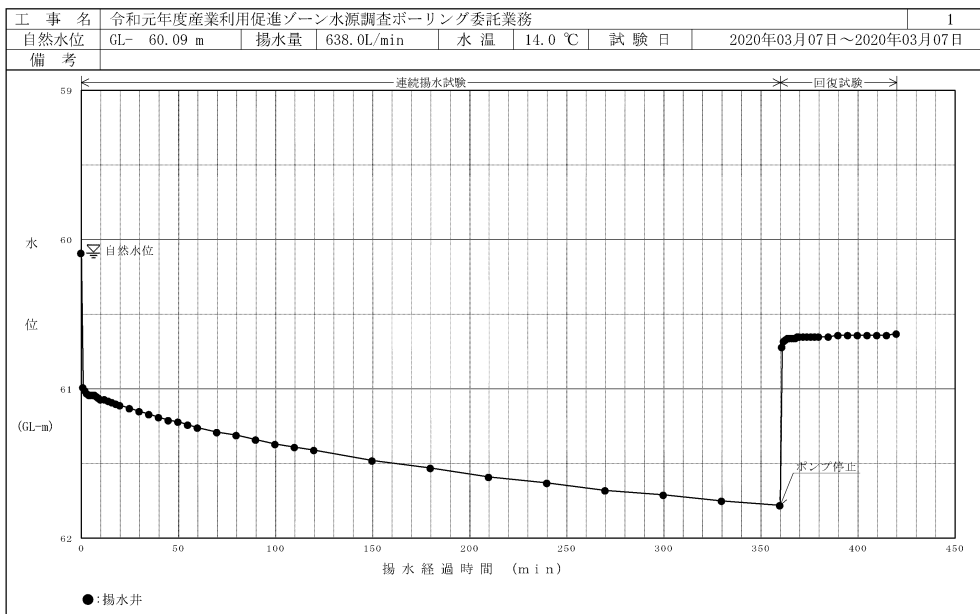


図 2-16 井戸内水位の経時変化図（定量揚水試験）

表 2-3 揚水試験結果一覧

工事名	令和元年度産業利用促進ゾーン水源調査ボーリング委託業務			1	
所有者名	秦野市				
施工位置	神奈川県秦野市戸川 地内				
深 度	170.00 m	管 径	150 mm	ストレート有効長	30.00 m
・段階揚水試験結果					
試 験 日	2020年03月06日		自然水位	GL-	60.03 m
適正揚水量	638.0 L/min (918.7 m ³ /day)		適正揚水位	GL-	61.78 m
限界揚水量			限界揚水位		
最大揚水量	638.0 L/min (918.7 m ³ /day)		最大揚水位	GL-	61.61 m
試験内容			水 温	14.0 °C	
適正揚水量の判定					
・連続揚水試験結果					
試 験 日	2020年03月07日		自然水位	GL-	60.09 m
揚 水 量	638.0 L/min (918.7 m ³ /day)		水 温	14.0 °C	
・水理定数の算出結果					
	透水量係数	透水係数	貯留係数		
ヤコブの直線解析法	$1.54 \times 10^{-01} \text{ m}^2/\text{min}$	$8.55 \times 10^{-03} \text{ cm/s}$	1.31×10^{02}		
タイスの非平衡式	$4.30 \times 10^{-01} \text{ m}^2/\text{min}$	$2.38 \times 10^{-02} \text{ cm/s}$	3.91×10^{-01}		
回 復 法	$2.92 \times 10^{00} \text{ m}^2/\text{min}$	$1.62 \times 10^{-01} \text{ cm/s}$			
平 均	$1.17 \times 10^{00} \text{ m}^2/\text{min}$	$6.49 \times 10^{-02} \text{ cm/s}$	6.57×10^{01}		
備 考					

ク 水質分析結果

定量揚水試験時の揚水から、試験検体を採取し、水道法第4条（水質基準）の51項目について水質試験を実施しました。

水質試験結果は、一般細菌数が180で、水質基準（100以下）を満たさず、基準に適合しませんでした。

しかし、水道法第4条（水質基準）は、水道により供給される水（基本的に給水栓を出る水）について適用されるものであり、原水について適用されるものではないこと（平成15年3月厚生科学審議会「水質基準の見直し等について（案）」5項より引用）から、適切な塩素消毒を実施すれば飲用可能と考えられます。

また、新しく掘削した井戸水からの一般細菌検出は珍しいことではなく、揚水の継続により細菌数が減少することも一般的によくあると言われています。

表 2-4 水質試験結果一覧（1/2）

検査項目	単位	結果	基準値	定量 下限値	検査方法
一般細菌	CFU/ml	* 180	100以下	—	平15厚労省告示第261号 別表1 標準寒天培地法
大腸菌	—	不検出	検出されないこと	—	平15厚労省告示第261号 別表2 特定酵素基質培地法
カドミウム及びその化合物	mg/L	0.0003未満	0.003以下	0.0003	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
水銀及びその化合物	mg/L	0.00005未満	0.0005以下	0.00005	平15厚労省告示第261号 別表7 還元気化-原子吸光法
セレン及びその化合物	mg/L	0.001未満	0.01以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表9 水素化物発生-ICP法
鉛及びその化合物	mg/L	0.001未満	0.01以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
ヒ素及びその化合物	mg/L	0.001未満	0.01以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表11 水素化物発生-ICP法
六価クロム化合物	mg/L	0.003	0.05以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
亜硝酸態窒素	mg/L	0.004未満	0.04以下	0.004	平15厚労省告示第261号 別表13 イオンクロマト法
シアン化物イオン及び塩化シアン	mg/L	0.001未満	0.01以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表12 イオンクロマト-PC法
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	mg/L	3.56	10以下	0.03	平15厚労省告示第261号 別表13 イオンクロマト法
フッ素及びその化合物	mg/L	0.05未満	0.8以下	0.05	平15厚労省告示第261号 別表13 イオンクロマト法
ホウ素及びその化合物	mg/L	0.008	1.0以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
四塩化炭素	mg/L	0.0001未満	0.002以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
1,4-ジオキサン	mg/L	0.0005未満	0.05以下	0.0005	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
シス及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.0002未満	0.04以下	0.0002	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
ジクロロメタン	mg/L	0.0001未満	0.02以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
テトラクロロエチレン	mg/L	0.0001未満	0.01以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
トリクロロエチレン	mg/L	0.0001未満	0.01以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
ベンゼン	mg/L	0.0001未満	0.01以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
塩素酸	mg/L	0.06未満	0.6以下	0.06	平15厚労省告示第261号 別表16の2 イオンクロマト法
クロロ酢酸	mg/L	0.001未満	0.02以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表17 溶媒抽出-GCMS法
クロロホルム	mg/L	0.0001未満	0.06以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
ジクロロ酢酸	mg/L	0.001未満	0.03以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表17 溶媒抽出-GCMS法
ジブロモクロロメタン	mg/L	0.0001未満	0.1以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
臭素酸	mg/L	0.001未満	0.01以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表18 イオンクロマト-PC法
*：基準に適合しないもの					次葉に続く
試験目的	水道法水質基準適合				
判定	上記試験項目については試験目的水質基準に 不適合				
備考	採取時水温：14.0℃				

表 2-4 水質験結果一覧 (2/2)

検査項目	単位	結果	基準値	定量下限値	検査方法
総トリハロメタン	mg/L	0.0008未満	0.1以下	0.0008	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
トリクロロ酢酸	mg/L	0.001未満	0.03以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表17 溶媒抽出-GCMS法
ブロモジクロロメタン	mg/L	0.0001未満	0.03以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
ブロモホルム	mg/L	0.0001未満	0.09以下	0.0001	平15厚労省告示第261号 別表15 HS-GC-MS法
ホルムアルデヒド	mg/L	0.005未満	0.08以下	0.005	平15厚労省告示第261号 別表19の2 誘導体化-HPLC法
亜鉛及びその化合物	mg/L	0.080	1.0以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
アルミニウム及びその化合物	mg/L	0.034	0.2以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
鉄及びその化合物	mg/L	0.056	0.3以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
銅及びその化合物	mg/L	0.002	1.0以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
ナトリウム及びその化合物	mg/L	5.5	200以下	0.02	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
マンガン及びその化合物	mg/L	0.004	0.05以下	0.001	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
塩化物イオン	mg/L	3.8	200以下	0.2	平15厚労省告示第261号 別表13 イオンクロマト法
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	mg/L	81	300以下	0.06	平15厚労省告示第261号 別表5 ICP発光分光分析法
蒸発残留物	mg/L	143	500以下	1	平15厚労省告示第261号 別表23 重量法
陰イオン界面活性剤	mg/L	0.02未満	0.2以下	0.02	平15厚労省告示第261号 別表24 固相抽出-HPLC法
ジェオスミン	mg/L	0.000001未満	0.00001以下	0.000001	平15厚労省告示第261号 別表27 固相抽出-GCMS法
2-メチルイソボルネオール	mg/L	0.000001未満	0.00001以下	0.000001	平15厚労省告示第261号 別表27 固相抽出-GCMS法
非イオン界面活性剤	mg/L	0.005未満	0.02以下	0.005	平15厚労省告示第261号 別表28 固相抽出-吸光度法
フェノール類	mg/L	0.0005未満	0.005以下	0.0005	平15厚労省告示第261号 別表29 固相抽出-GCMS法
有機物等(全有機炭素(TOC)の量)	mg/L	0.3未満	3以下	0.3	平15厚労省告示第261号 別表30 全有機炭素計測定法
pH値	—	7.8	5.8以上8.6以下	—	平15厚労省告示第261号 別表31 ガラス電極法
味	—	分析不可	異常でないこと	—	平15厚労省告示第261号 別表33 官能法
臭気	—	異常なし	異常でないこと	—	平15厚労省告示第261号 別表34 官能法
色度	度	0.9	5以下	0.5	平15厚労省告示第261号 別表36 透過光測定法
濁度	度	0.1	2以下	0.1	平15厚労省告示第261号 別表41 積分球式光電光度法
以下余白					
* : 基準に適合しないもの					
試験目的	水道法水質基準適否				
判定	1薬目に記載				
備考	採取時水温 : 14.0℃				

ケ 考察

(ア) 地質

- ・ さく井の地質区分は、削孔時のビット・ロッド・スピンドルの回転状況、排出される掘削屑の土質等の観察結果及び電気検層結果に基づいて検討し区分されたものです。
- ・ 今回の調査結果で、GL-97.0m～GL-101.5m(標高92.00m～標高87.5m)に吉沢ローム層に対応すると考えられる粘性土層の分布が見られました。
- ・ 吉沢ローム層の下位GL-101.5m～GL-158.0m(標高87.5m～標高31.0m)には、締まった砂礫層がみられ、その下位では、上位の砂礫層と比較して削孔速度が遅くなり、比抵抗値が小さくなることから基盤岩が分布すると推定されます。
- ・ GL-158.0mの地質サンプルで、丹沢山地を構成する凝灰岩が確認されたことから、基盤岩までボーリングが達したこととなります。

(イ) 揚水試験

- ・ ケーシング(Φ165.2mm)に入る水中ポンプで、吉沢ローム層より深い帯水層から揚水した結果、水位低下が1.58mと小さく、今回の調査方法による適正揚水量は638L/minとなりました。
- ・ 限界揚水量は、揚水流量の増加に対して大幅な水位低下が見られる揚水流量が確認できなかったため、今回の調査では、揚水ポンプ能力の限界の638L/min以上となりました。
- ・ 今回の調査で設置した井戸においては、適正揚水量と限界揚水量が、揚水ポンプの能力の限界となったことから、帯水層には余力があることが分かり、吉沢ローム層より深い帯水層からの揚水の可能性はかなり高いと考えられます。

(ウ) 水質分析

- ・ 今回の調査では、一般細菌が水質基準値を上回り不適合となりましたが、その他の項目はすべて基準値以内であり、水道水源としても利用できる水質が確認されました。
- ・ 硬度は、81 mg/Lの中程度の軟水で、近くの取水場の地下水から作られている「おいしい秦野の水～丹沢の雫」(89 mg/L)と同程度でした。

2 微動アレイ探査

(1) 微動アレイ探査

秦野盆地の地下水構造や地下水賦存量を把握するうえで、吉沢ローム層の連続性と基盤岩分布の把握が重要となります。しかし、平成 29・30 年度に実施した地質調査ボーリングでは、基盤岩の確認には至りませんでした。そこで、秦野盆地の基盤岩の分布状況等を把握するため、調査数量の限られるボーリング調査に代えて、広範囲での調査が可能な微動アレイ探査を実施しました。

ア 微動アレイ探査の方法

地面がわずかに揺れている現象（常時微動）を複数の上下振動センサー（高感度地震計）で同時に計測し、それらの波形データから表面波の周波数ごとの伝播速度（位相速度）を抽出して、地盤のS波（横波）速度分布を得る手法です。

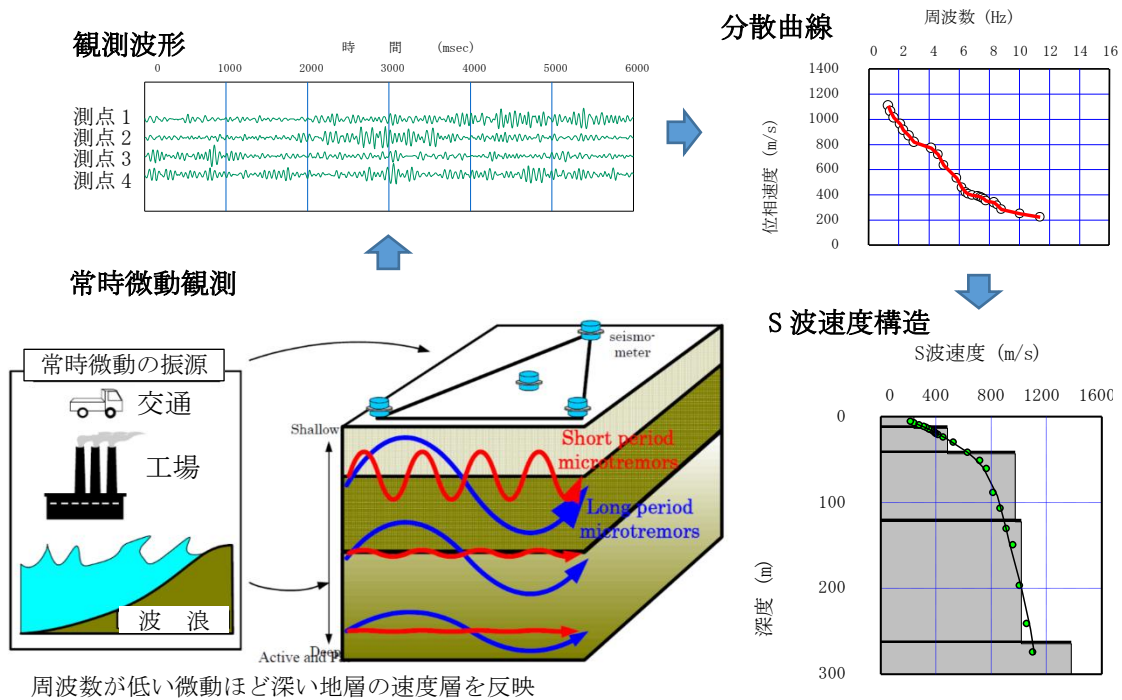


図 2-17 微動アレイ探査の測定概念図

イ 測定方法

微動アレイ探査の測定に当たっては、測点数が少なく、探査深度が深い SPAC（空間自己相関）法を採用しました。

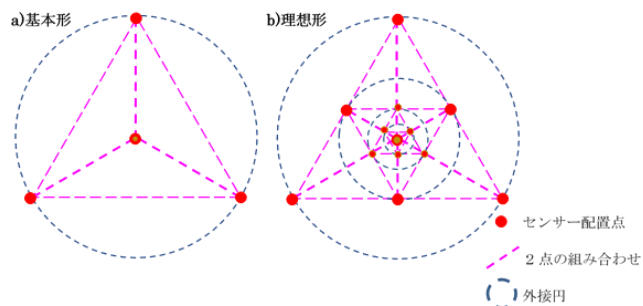


図 2-18 微動アレイ探査正三角形配置

(2) 探査結果

- ア 探査場所 市内12地点 (図2-19 参照)
- イ 実施期間 地点A-G : 平成30年9月21日~27日
地点H-L : 令和元年8月5日~9日

表2-5 微動アレイ探査のアレイサイズと形状及び基盤岩深度一覧

サイズ・番号 点名・場所		アレイサイズ(最大測点間隔)					基盤岩 深度
		500m級	250m級	125m級	60m級	その他	
A	堀西地区	430m三角	213m三角	(120m直線)	(60m直線)	90m直線	133m
B	桜土手古墳公園	505m三角	255m三角	127m三角	63m三角	---	365m
C	カルチャーパーク	480m三角	240m三角	120m三角	60m直線	---	382m
D	本町小学校	524m三角	262m三角	126m三角	60m直線	---	348m
E	北中学校	523m三角	228m三角	120m直線	60m直線	---	170m
F	西田原地区	515m三角	(255m三角)	120m直線	60m直線	---	127m
G	落合地区(予備)	---	250m三角	105m三角	56m三角	---	53m

サイズ 点名・場所		アレイサイズ(最大測点間隔)				計画最大 探査深度	基盤岩 深度
		300~500m級	150~250m級	100m級	50m級		
H	渋沢3丁目	464m三角	265m三角	117m三角	60m直線	500m	294.9m
I	今泉地区 (南小学校)	548m三角	274m三角	135m三角	60m直線	500m	484.1m
J	南が丘1丁目	400m三角	227m三角	100m三角	60m直線	400m	419.1m
K	西大竹地区	306m三角	164m三角	102m三角	42m三角	300m	257m
L	上大槻地区 (なでしこ運動広場)	---	193m三角	87m直線	(60m直線) 30m三角	200m	225.6m

注) () 付きのアレイは解析に使用されなかったもの

アレイタイプ : 三角 = 正三角形アレイ、直線 = 直線アレイ

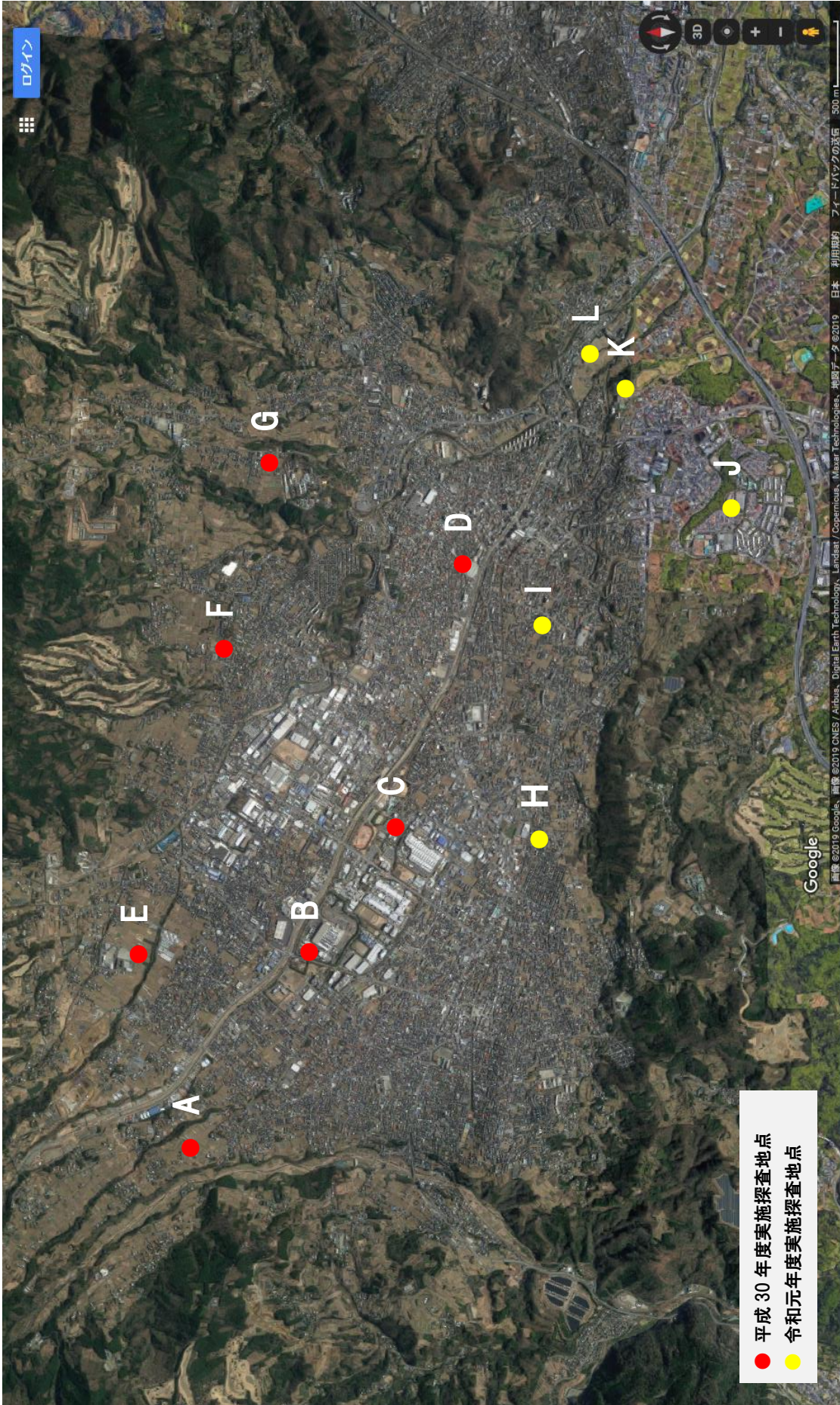


図 2-19 探査地点位置図 (Google マップより)

ウ 解析結果

平成30年度・令和元年度の微動アレイ探査地点位置及び地質断面測線位置を図2-20に示します。また、探査結果を図2-21に、主な地質断面上に微動アレイ探査結果を載せた断面図を図2-22～図2-23に示します。

微動アレイ探査結果と併せて、基盤岩^{※1}及び吉沢ローム層の分布について、次のとおり整理しました。

(ア) 基盤岩の分布

微動アレイ探査結果では、S波速度1000m/sec前後の厚い速度層の下にS波速度2000m/sec前後の最大速度層が観測されています。S波速度2000m/secは、この探査で得られる最大速度に近く、多くのケースで堅硬な岩盤に対応しています。

従って、その境界深度が盆地内に堆積した砂礫層の基底に対応していると判断されます。特に、速度のコントラストが大きなことから、その信頼性は高いと考えられます。

A地点からL地点の基盤深度は、53m（G地点）から484m（I地点）と複雑に変化しており、複数の断層によって段違いが生じている可能性が考えられます。

(イ) 吉沢ローム層の分布

吉沢ロームは、砂礫層よりS波速度は低いと考えられますが、微動アレイ探査では、これに相当する速度層は検出されていません。吉沢ローム層の存在する深度が深い割には厚さが薄いことが理由と考えられますが、加えて見かけほど速度の差がない可能性もあります。ただし、近傍にボーリングデータのあるC地点、D地点では、吉沢ロームの深度付近より深部は、S波速度が速くなっていることから、S波速度1000m/sec前後の厚い速度層の中の吉沢ローム層の位置に対する手掛かりになっている可能性もあります。

吉沢ロームは、2箇所^{※1}のボーリングで確認されているほか、新東名高速道路のボーリング1箇所^{※1}で、その可能性のある軽石の多いロームが記載されています。また、葛葉川と金目川沿いで、文献「秦野盆地の地質」に露頭が記載されています。この層が遮水層になって、カルチャーパークで浅部と深部の地下水の水頭を40m程度も変えていることから、この地層は盆地内でかなり広く連続していると考えられます。

※1 基盤岩：その地域において最も古い地層の下位にある複合岩体。ここでは、丹沢層群を指す。

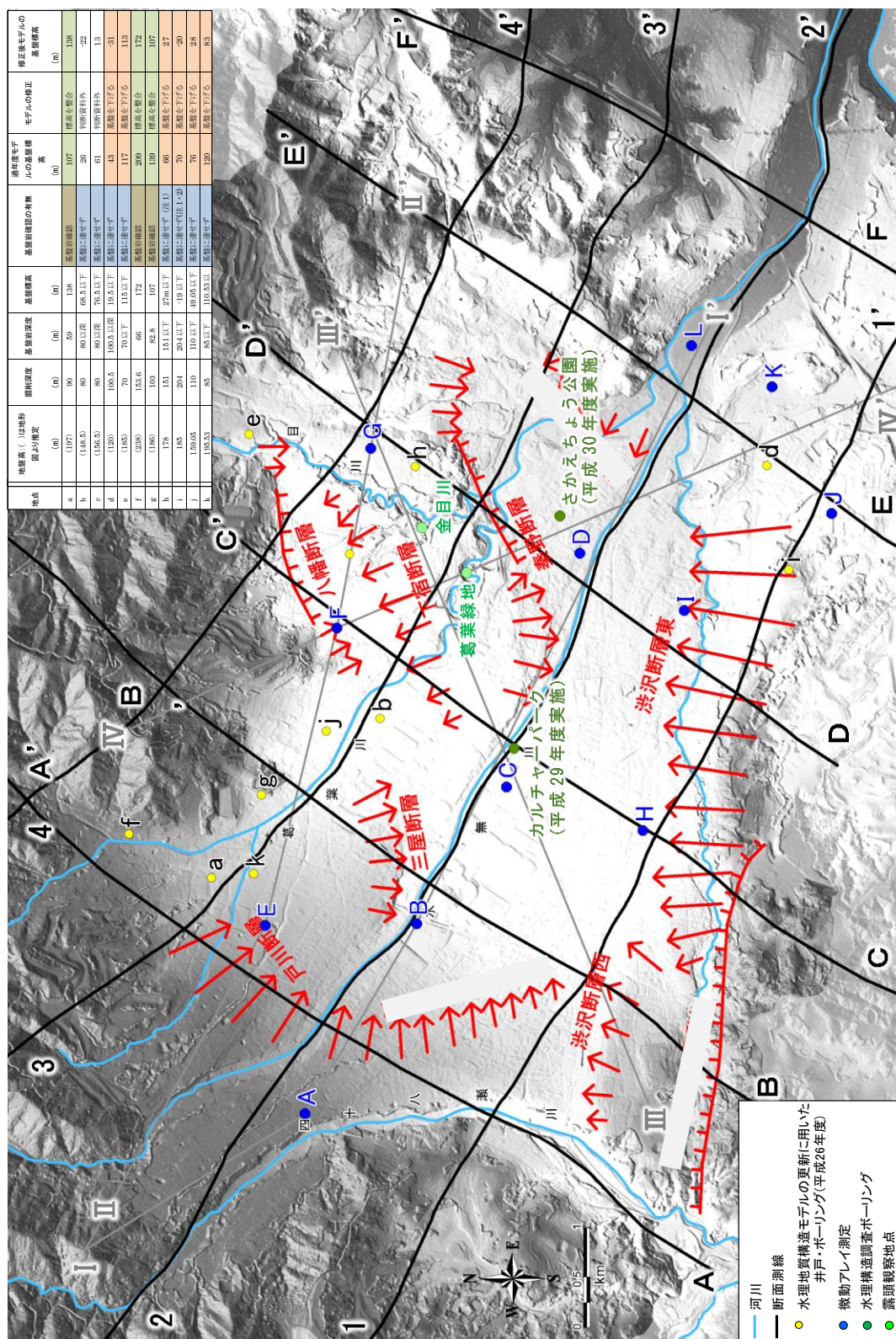
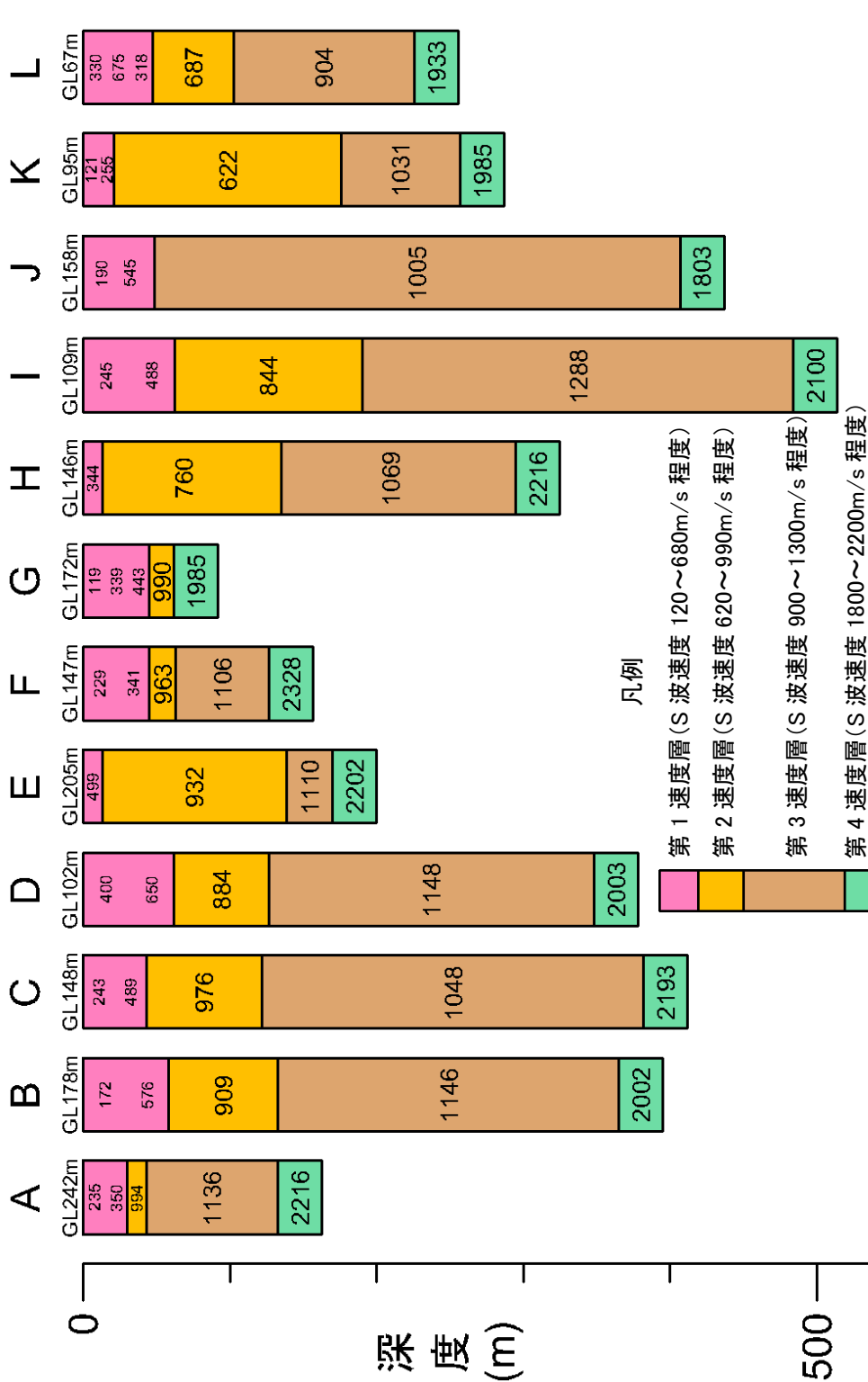


図 2-20 秦野盆地の地下構造に関する情報及び微動アレイ探査の地点並びに測線位置



注) 図中の値は S 波速度(m/s)を示す。
 E 地点と H 地点以外では、浅部に分布する複数の低速度帯を第 1 速度層に含めた。完新世の地盤もしくは、段丘面上に堆積したローム層に対応すると考えられる。

図 2-21 微動アレイ探査結果

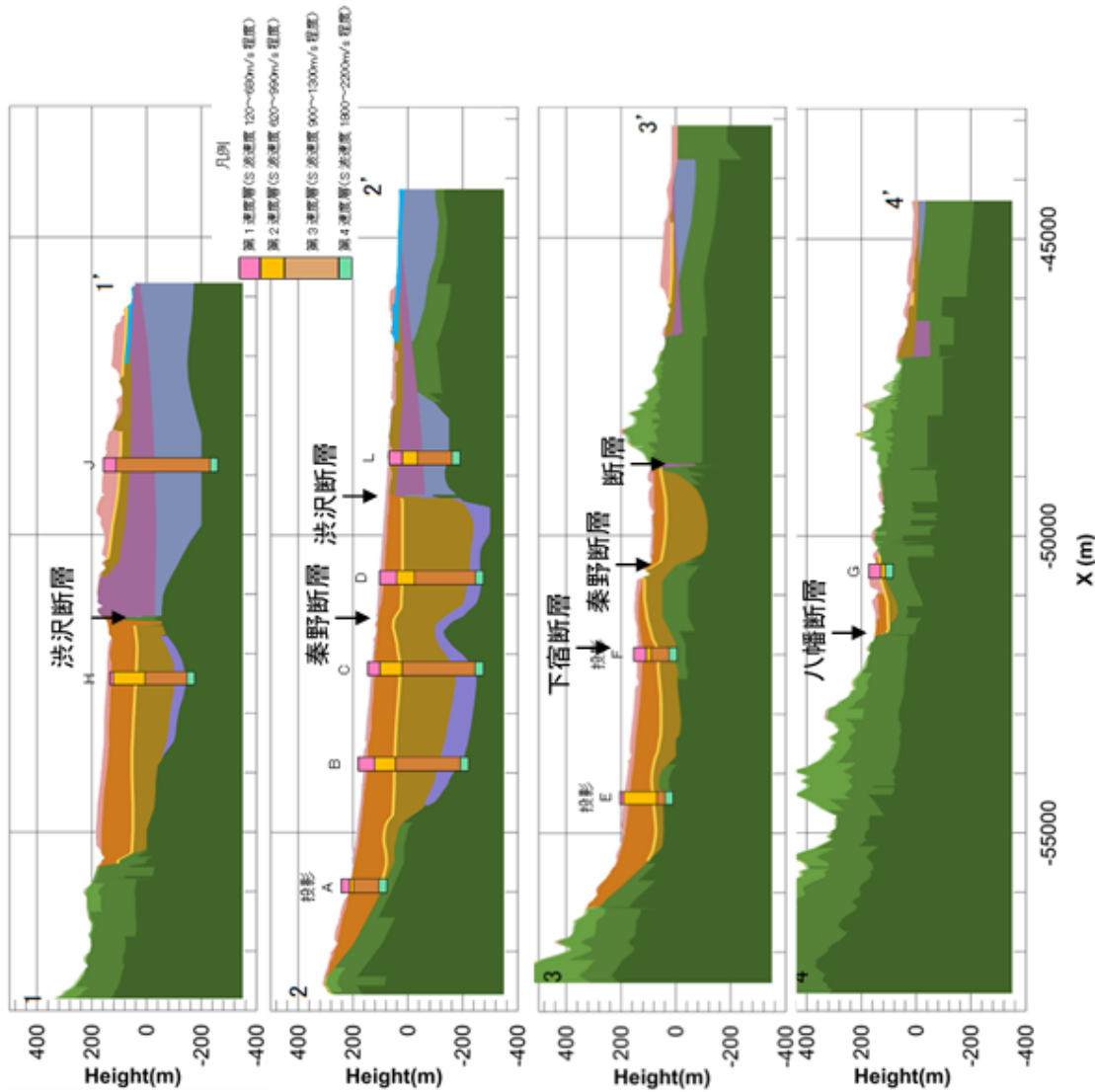


図 2-22 測線 1-1' ~ 4-4' 地質断面上の微動アレイ探査結果

I 共通および渋沢断層以北の水理地質

区分	構成員	記号
堆積物	表土層	TS
	河床堆積層	RD
	地帯ローム層	SL
	今泉雑透水層	IM
	浅部帯水層	SD
	吉沢ローム層	KL
	深部帯水層	DA
基盤岩類 (丹沢層群)	未確認深部層	DF
	強風化部	WR
	弛みゾーンI	LR I
	弛みゾーンII	LR II
	弛みゾーンIII	LR III
	新鮮部	FR

II 渋沢断層以南

区分	構成員	記号
堆積物	表土層	TS
	河床堆積層	RD
	地帯ローム層	SL
	吉沢ローム層	KL
	吉沢層雑透水層	KM
	南東側帯水層	SA
	古期ローム・砂礫	LG
	古期雑透水層	NM
	強風化部	WR
	弛みゾーンI	LR I
基盤岩類 (丹沢層群)	弛みゾーンII	LR II
	弛みゾーンIII	LR III
	新鮮部	FR

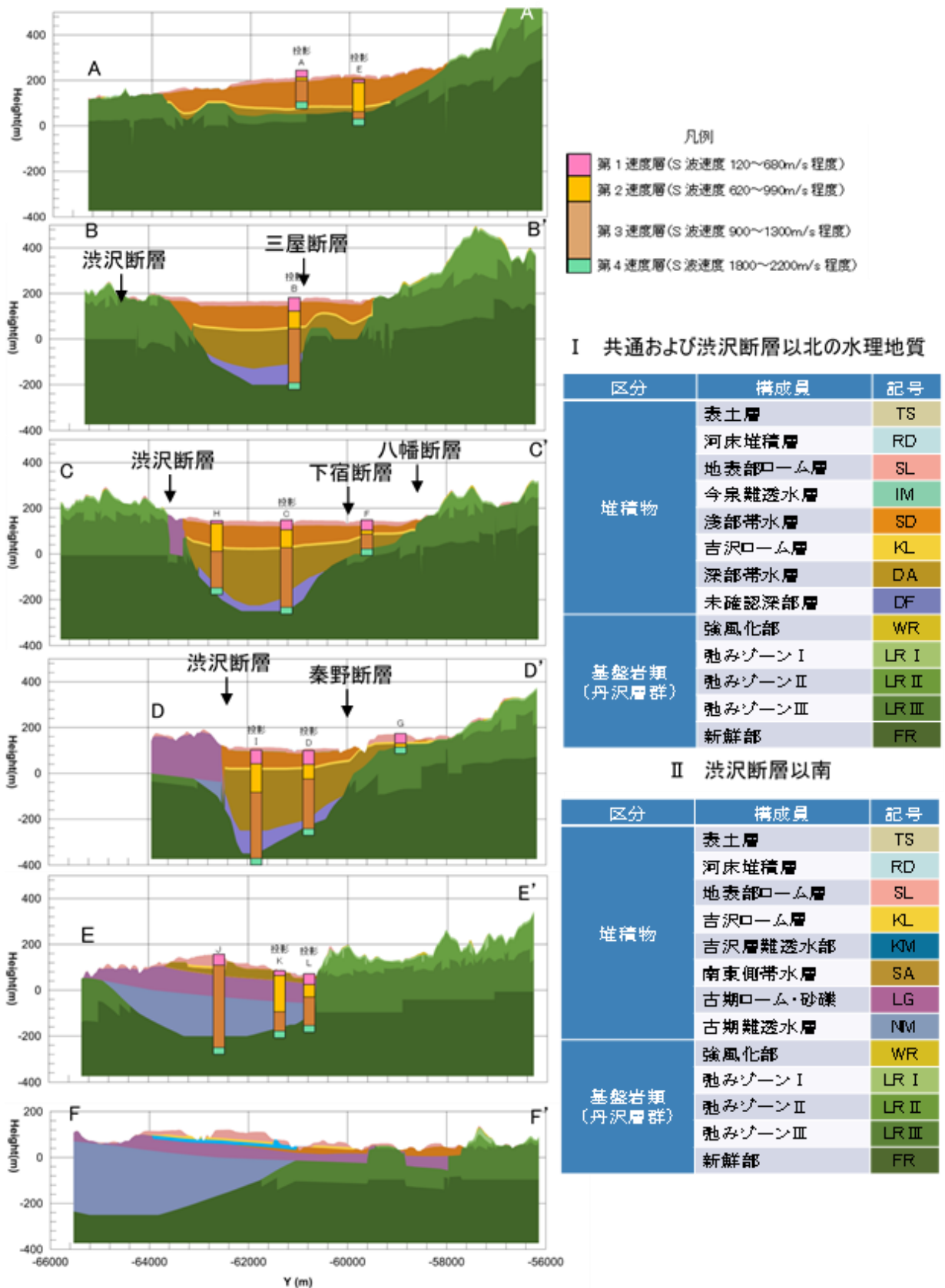


図 2-23 測線 A-A' ~F-F' 地質断面上の微動アレイ探査結果

3 水理地質構造モデル

前計画の水理地質構造モデルは、横浜国立大学との共同研究で作られたモデルをベースに、新東名高速道路関係のボーリング情報、深井戸の柱状図などを加えて構築しました。その後、新たな情報を随時追加して更新してきました。

しかし、従来のモデルは、情報の多い盆地内の浅部の構造については、詳細に再現されていますが、地下水の流れに大きく影響している盆地深部の水理地質構造と盆地周辺とくに地下水流出の経路となる南側、東側の水理地質構造については、情報不足のため、過去の文献等に基づく推定に頼らざるを得ませんでした。

なお、当初のモデルは、秦野市以外の渋沢丘陵・大磯丘陵地域も含まれていましたが、近年は秦野盆地地域を中心に検討してきたため、渋沢丘陵以南の水理構造は考慮されてきませんでした。今回、地質調査ボーリング、水源調査ボーリング、微動アレイ探査により得られた情報から、渋沢丘陵の南側の水理構造も盆地内の地下水の挙動に大きな影響を与えている可能性が強くなったことから、この点に着目した水理地質構造モデルを作成しました。

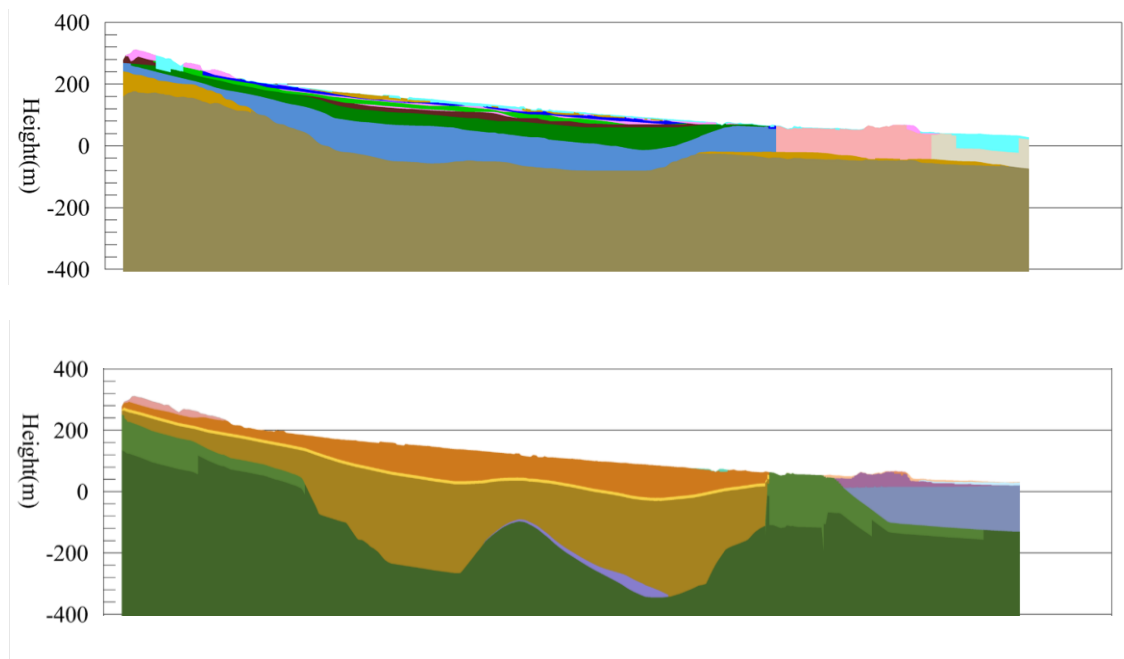


図 2-24 水無川上流から下流にかけての断面図（上：旧モデル 下：新モデル）

(1) 水理地質構造モデルの構築

地質調査ボーリング、水源調査ボーリング、微動アレイ探査により得られた情報から、地下水盆を支える基盤岩の形状は、複数の断層の影響を受けており、最深部では地下約480mにも達することが分かりました。

また、従前の地下水盆の底とされていた地下約100～150m付近には、広い範囲に遮水層として機能している吉沢ローム層があり、さらに、地下水盆はこの遮水層を境として浅部帯水層と深部帯水層の2層に分けられることが分かりました。

本計画においては、最新の地盤情報を用いて、地質層序とは別に、堆積物の種別と透水性に着目した水理構造を組み立て、既往の旧モデルを一新した2層構造の帯水層を持つ水理地質構造モデルを構築しました。

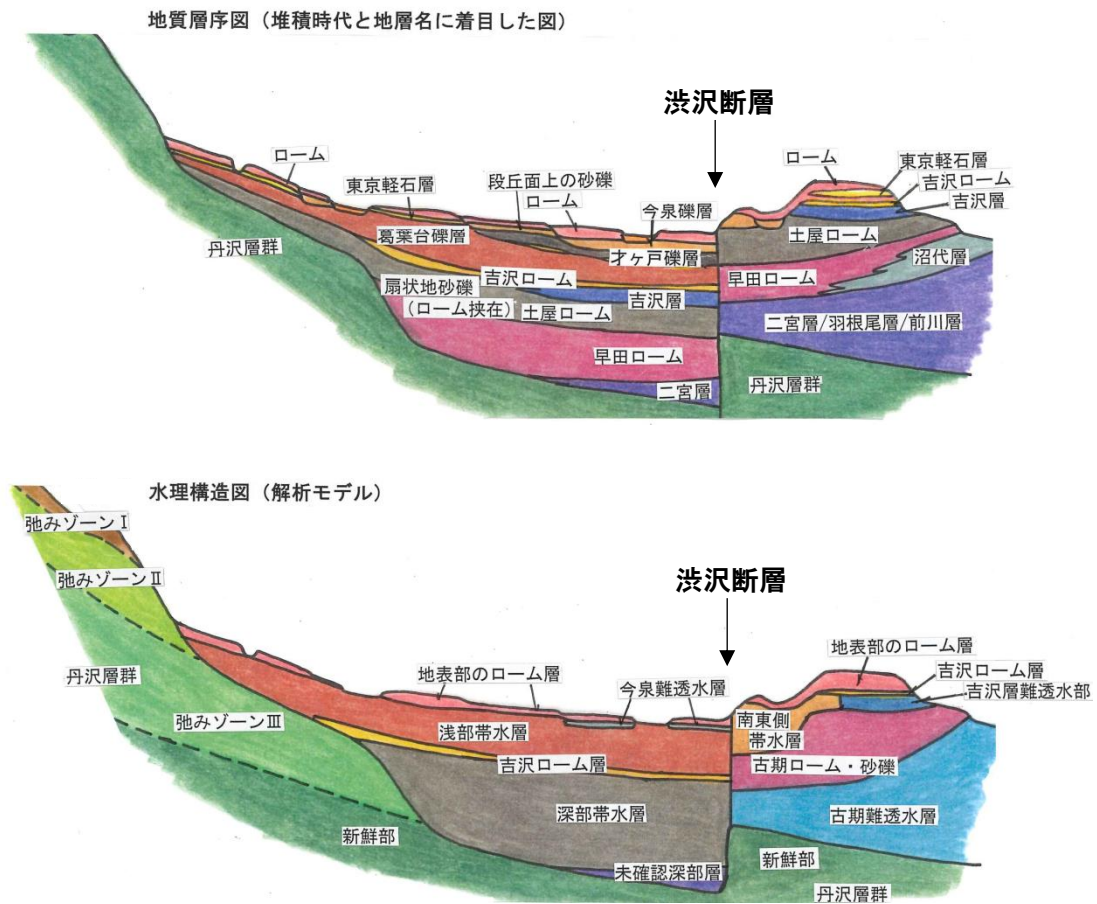


図 2-25 秦野盆地の水理地質構造の組立て

(2) 旧モデル

前計画で構築した秦野盆地を中心とする水理地質構造モデルは、平成 22 年に横浜国立大学との共同研究で作られたモデルをベースに、多少の修正を加えたモデルです。

このモデルに、その後入手できた新東名高速道路関係のボーリング情報、深井戸の柱状図などを加え、修正してきました。

しかし、基盤岩の浅い盆地の周辺部を除き、帯水層である厚い砂礫層の深部や下位の地層の地質状況、砂礫層そのものの厚さに関する情報に欠け、深部（特に基盤岩）に関しては、推定の要素の強いものでした。

一方、帯水層の浅部（深度 100m 程度まで）については、多くのボーリング柱状図（850 本）に基づき、実情をある程度反映させたものとなっています。透水性が低く連続性の良いローム層（L1、L2、L3、L4）によって、帯水層である砂礫層を区分（G1、G2、G3、G4、G5 など）しているのが最大の特徴です。

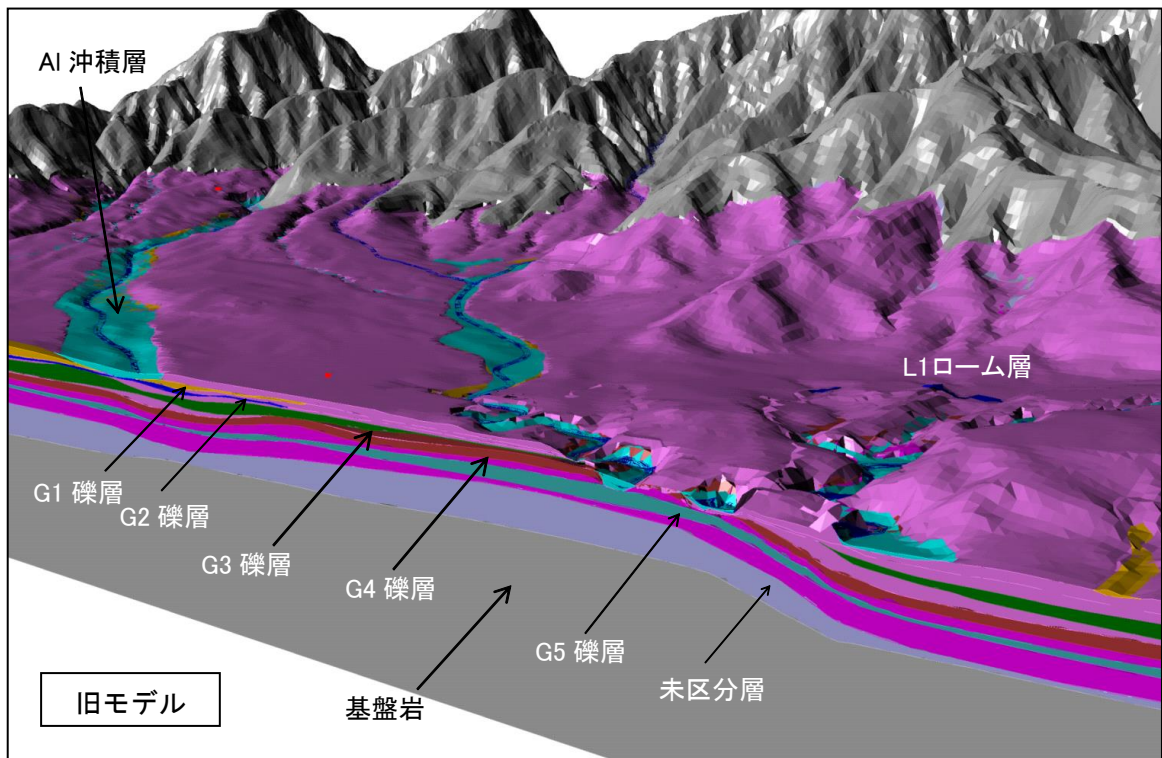


図 2-26 旧三次元地質構造モデル

表 2-6 旧モデル水理地質

区 分	構成員	記号	備 考
表土層（黒ボク土など）		Ts	
現河床堆積物（沖積層）		A1	
未固結 堆積物 ～ 弱固結 堆積物	L1 ローム層	L1	
	G1 礫層	G1	
	L2 ローム層	L2	
	G2 礫層	G2	
	L3 ローム層	L3	
	G3 礫層	G3	旧河床堆積物を含む
	L4 ローム層	L4	
	G4 礫層	G4	旧河床堆積物を含む
	未区分のローム層・礫層	G5	葛葉川・金目川合流部、扇頂部を含む
	立川期ローム層	TLm	
	武蔵野期ローム	MLm	
	扇状地砂礫層	Dg	
	秦野断層	F	
基盤岩類 (丹沢層群)	風化帯	Wr	
	丹沢層群（弱風化部）	Bw	
	丹沢層群（新鮮部）	Bf	

(3) 新モデル

ア 新モデルの基本方針

地質調査ボーリング、水源調査ボーリング、微動アレイ探査で、従来のモデルが反映しきれていない事項が明らかになり、その項目は次のとおりです。

- (ア) 盆地内の各所で、微動アレイ探査で推定される基盤岩深度と、旧モデルは整合していません。新モデルは、推定される基盤深度を反映させる必要があります。
- (イ) 吉沢ロームは遮水層として、盆地内の水の流れを規制しています。旧モデルでは、表現していませんが、新モデルでは吉沢ロームを重要な遮水層とする必要があります。
- (ウ) 表層部のローム層が、盆地から渋沢丘陵の大部分を覆っていることは、旧モデルも共通です。平成30年度のボーリングコアを見る限り、表層のローム層の地表付近（陸上の火山灰の風化したもの）は、ある程度の透水性を持つものと見られます。
- (エ) 吉沢ローム層と表層部のローム層を除いて、礫層^{※1}に多数挟まれるローム層（実態は水中に堆積した火山灰質粘土）は対比が難しく、扇状地の上に局部的に生じた湿地の中に堆積したものと見られ、個々のローム層の連続性は乏しいと考えられます。この点は、従来の考えから変更し、新モデルでは、個別のローム層としては表現しないものとします。
- (オ) 渋沢丘陵でも、微動アレイ探査から推定される基盤岩は TP-250m程度と深く、丘陵を横切って地下水が流出していると考えられます。新モデルでは既存の文献及び中井町の水源井戸のデータなどにより、渋沢丘陵及びその南側の水理構造の検討を行います。

イ 新モデルの水理地質構造

地質学的調査・研究では、地層が堆積した時代と堆積の場（堆積環境）に着目して、地層と層序（堆積した順序）が定義されます。

秦野盆地と周辺部の堆積物は、図 2-27 に示します。同じ時代に堆積したものでも、盆地内では厚い砂礫主体の地層が主体で、南側の丘陵地域では、ローム層と礫層の互層や泥質な堆積物が多く見られます。また、盆地内の礫層は、吉沢ロームを別にすれば、同様の地層、ローム質粘土を挟む礫層が連続して堆積していて、それを細区分することは難しいです。

※1 礫層：河川等によって運ばれた礫（石）が堆積した層。

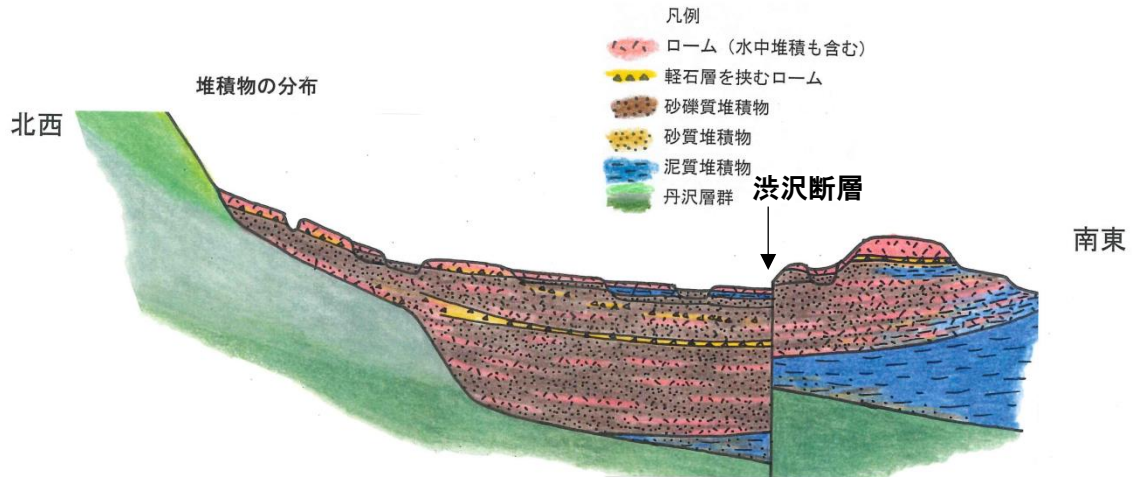


図 2-27 秦野盆地と周辺部の堆積物

地層の形成順、堆積時代を重視する地質学的研究では、地層は図 2-28 に示すように区分され、それぞれの地層名で呼ばれています。地層の定義の一つは堆積時代であることから、同様な地層でも、堆積時代が異なれば区別されることになります。

盆地内の砂礫は、葛葉台礫層（上部）、岩倉礫層（盆地内の分布状況は不明）、オケ戸礫層、今泉礫層、沖積礫層（主要な河川沿いに薄く分布）などに区分されますが、ボーリングデータでは砂礫層と記載されるのみで、区分することはできません。また、盆地内の吉沢礫層より下の砂礫層も、扇状地の堆積物で砂礫が主体なため、区別することは難しいです。

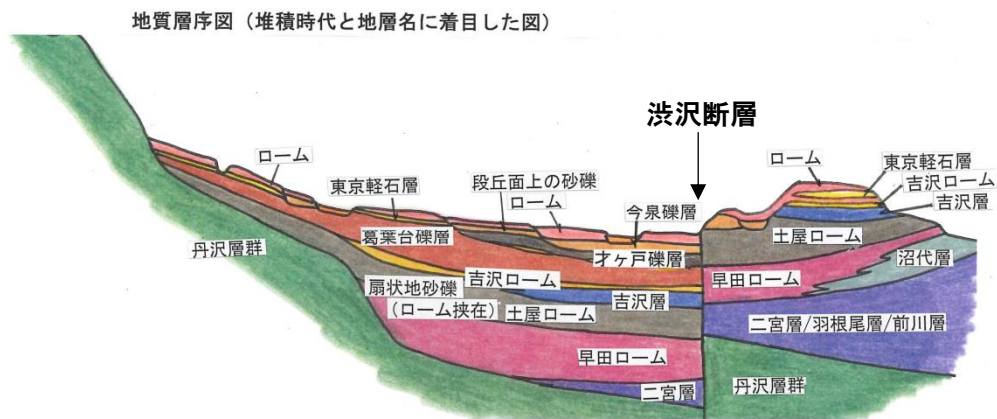


図 2-28 秦野盆地と周辺部の地層

従って、新モデルの水理地質構造では、地質学層序とは切り離し、堆積物の種別と透水性に着目し、図 2-29 に示すような水理地質構造を組み立てることとします。例えば、従来の G1-G5 礫層のように、沖積礫層、段丘礫層、より古い砂礫層が直接重なっている場合は、それを無理に区別せず、透水性の砂礫層に一括するものです。その

ことにより、広く遮水性のある吉沢ローム層を境に、浅部帯水層と深部帯水層の2層構造となります。

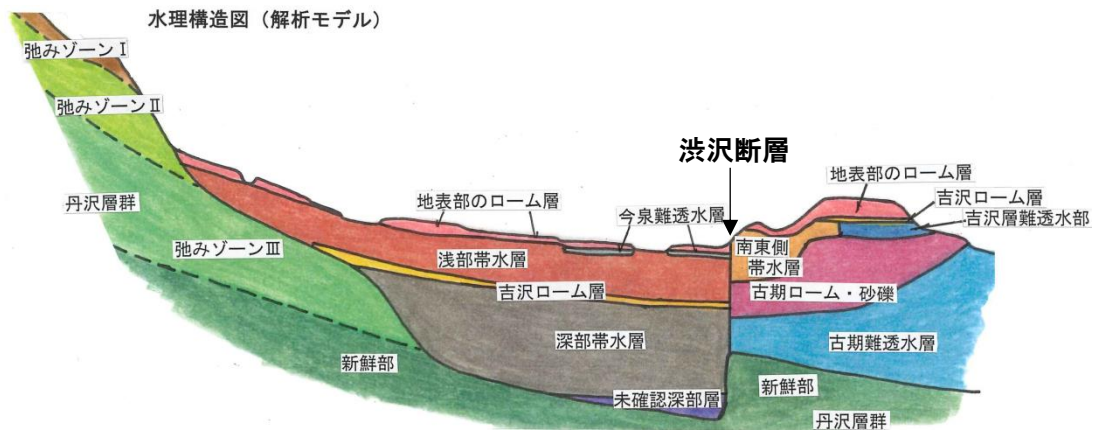


図 2-29 秦野盆地と周辺部の水理地質構造

表 2-7 新モデル水理地質（盆地部）

区分	構成員	記号	備考
表土層		TS	
河床		RD	河川からの浸透量を調整
未固結 堆積物 ～ 弱固結 堆積物	地表部ローム層	SL	水付きでないロームは透水性
	今泉難透水層	IM	ローム層下部の粘土下部を含む
	浅部帯水層	SD	砂礫層主体，ローム層を多く挟む
	吉沢ローム層	KL	帯水層を区分する遮水層
	深部帯水層	DA	砂礫層主体，ローム層を時々挟む
	未確認深部層	DF	実態不明，泥岩を想定
局所的に分布する 帯水層	山麓・溪流堆積物	MD	角礫主体の土砂
基盤岩類 (丹沢層群)	強風化部	WR	土砂状風化
	弛みゾーン I	LR I	開口亀裂発達
	弛みゾーン II	LR II	亀裂発達
	弛みゾーン III	LR III	亀裂密着
	新鮮部	FR	塊状岩盤

表 2-8 新モデル水理地質（南部・東部）

区 分	構成員	記号	備 考
表土層		TS	盆地内と同一
河床		RD	盆地内と同一
沖積層	沖積砂礫	AG	ルーズな砂礫
	沖積粘土	AC	主に海成粘土
未固結 堆積物 ～ 弱固結 堆積物	地表部ローム層	SL	盆地内と同一
	今泉難透水層	IM	盆地内と同一
	吉沢ローム層	KL	盆地内と同一
	古期ローム・砂礫	LG	ロームと砂礫の互層，砂礫は高透水
局所的に分布する 透水層	古期難透水層	NM	泥岩，凝灰岩など（二宮層主体）
	中里礫層	NG	段丘砂礫
局所的に分布する 透水層	立野台帯水層	TA	盆地内の帯水層に相当
	基盤岩類（丹沢層群）		盆地内と同一

表 2-9 新モデル水理地質（山地部）

区 分	構成員	記号	備 考
表土層		TS	盆地内と同一
未固結 堆積物	地表部ローム層	SL	盆地内と同一
局所的に分布する 透水層	中里礫層	NG	盆地内と同一
	立野台帯水層	TA	盆地内と同一
	山麓・溪流堆積物	MD	盆地内と同一
	本八沢礫層	MG	旧四十八瀬川の砂礫
基盤岩類（丹沢層群）			盆地内と同一

注) ここに示した構成地層の区分は、層相に着目したもので、必ずしも地質学的層序とは一致しません。

ウ 新モデルの主な構成地層の分布範囲等

各構成員の三次元空間形状を設定するため、それぞれの分布域と基底面もしくは上面の等高線を作成しました。主な地層の分布範囲等について、図 2-30～図 2-33 に示します。

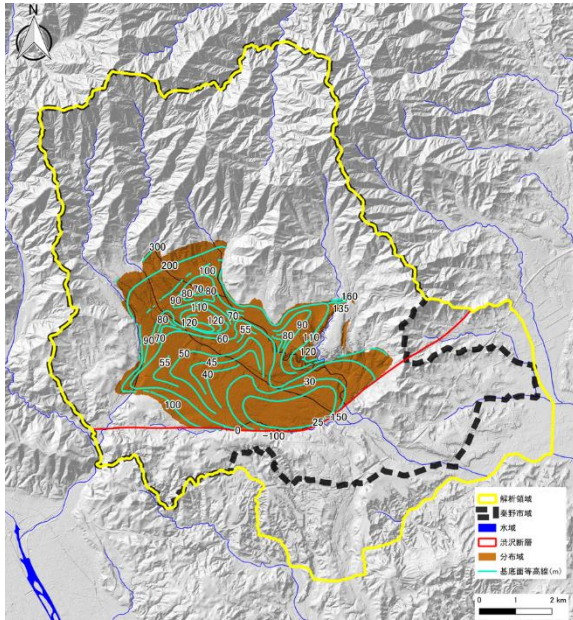


図 2-30 浅部帯水層分布範囲及び下面等高線図

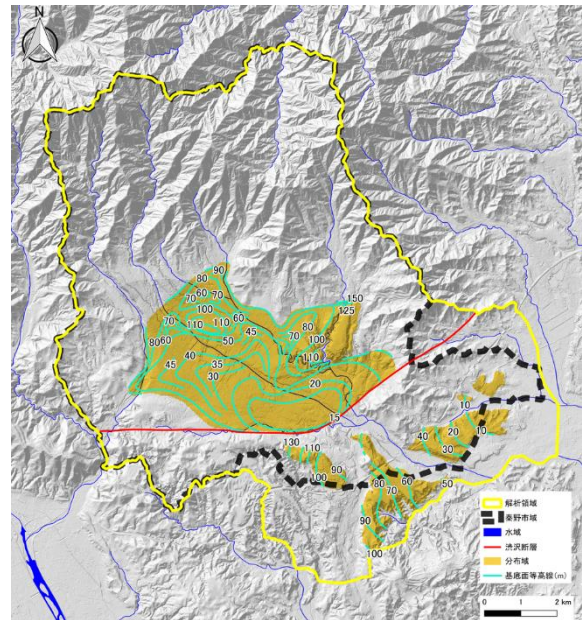


図 2-31 吉沢ローム層分布範囲及び下面等高線図

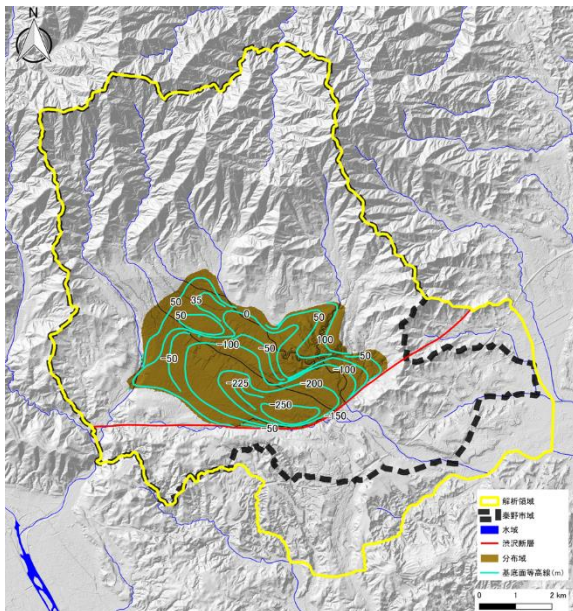


図 2-32 深部帯水層分布範囲及び下面等高線図

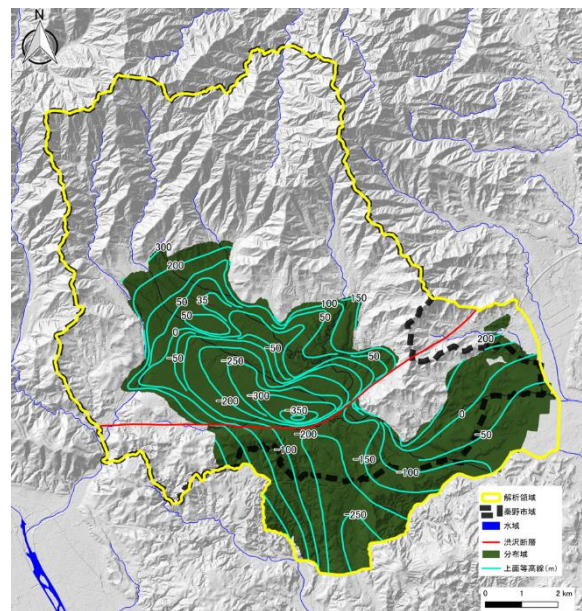


図 2-33 堆積物で覆われた基盤岩類の範囲及び上面等高線図

(4) 水理地質構造モデルの組立て

地質調査ボーリング、水源調査ボーリング、微動アレイ探査などの結果を参考に検討した情報を重ねて、水理地質構造モデルを組み立てました。

水理区分の構造の状況を図 2-34～図 2-42 に示します。図 2-34 は表層の分布で、いわゆる「地質平面図」を鳥瞰図で示したものです。図 2-35 以降は、各水理区分を地表側から順に剥いで、より深部の区分を見せたものになります。図 2-42 は基盤岩の上に重なる水理区分をすべて剥いで、基盤岩の上面の形状を示しています。

なお、水理地質区分の色調は表 2-7～表 2-8 を参照してください。

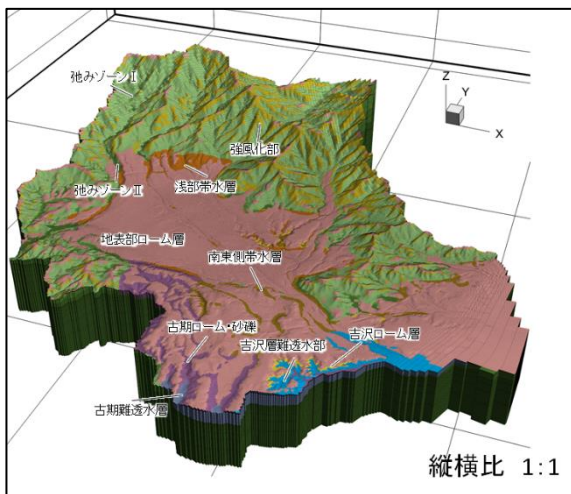


図 2-34 水理区分鳥瞰図（表土を剥いだ状態）

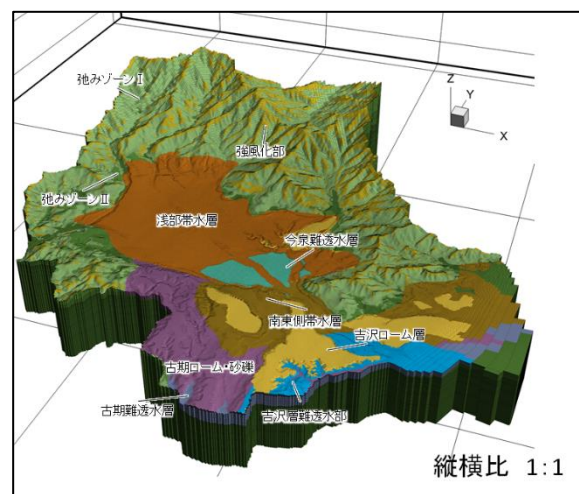


図 2-35 水理区分鳥瞰図（表層のローム層を剥いだ状態）

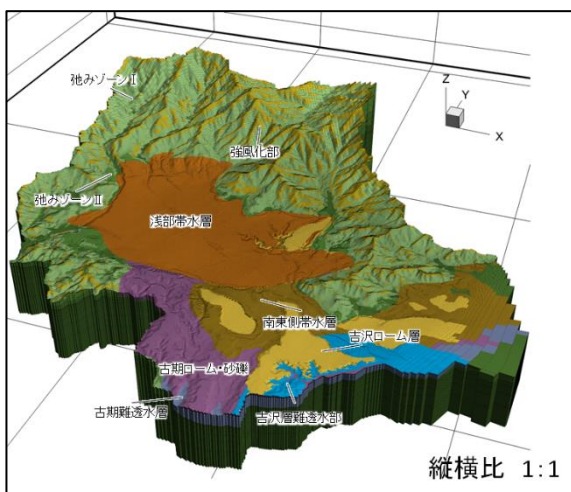


図 2-36 水理区分鳥瞰図（今泉難透水層を剥いだ状態）

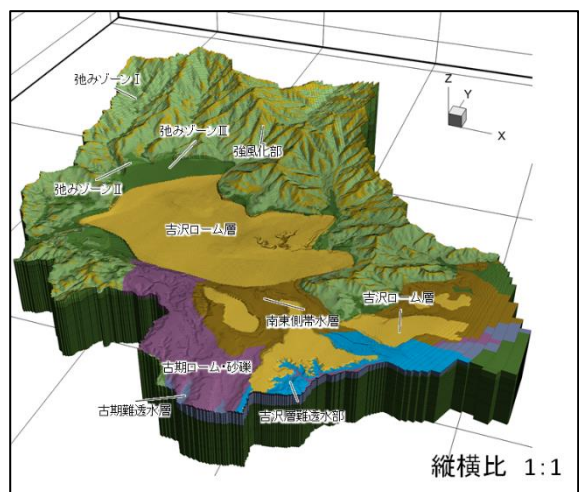


図 2-37 水理区分鳥瞰図（浅部帯水層を剥いだ状態）

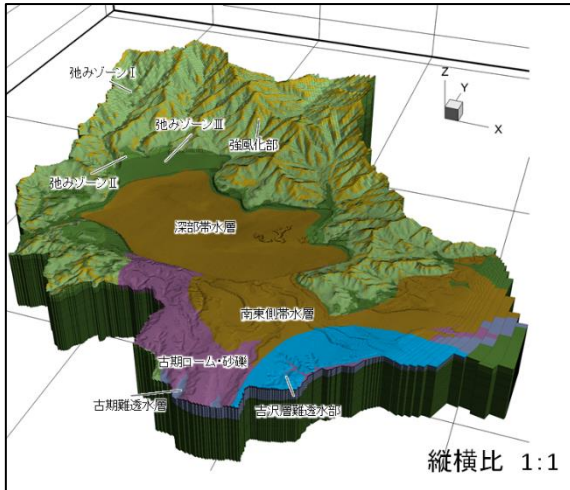


図 2-38 水理区分鳥瞰図（吉沢ローム層を剥いだ状態）

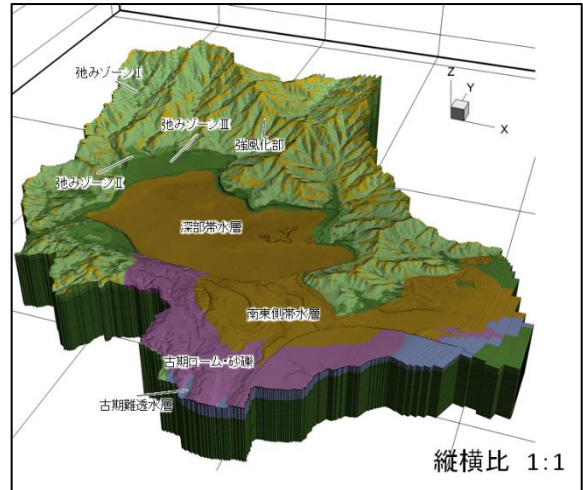


図 2-39 水理区分鳥瞰図（吉沢層難透水部を剥いだ状態）

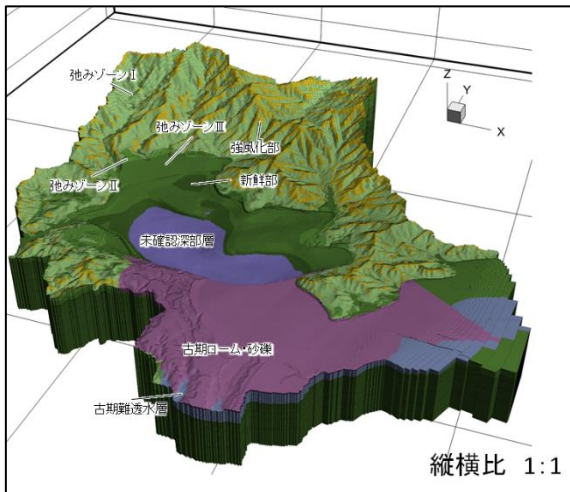


図 2-40 水理区分鳥瞰図（深部帯水層・南東側帯水層を剥いだ状態）

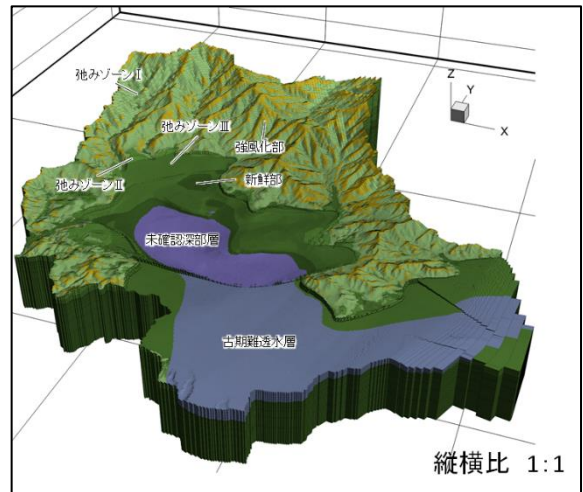


図 2-41 水理区分鳥瞰図（古期ローム・砂礫を剥いだ状態）

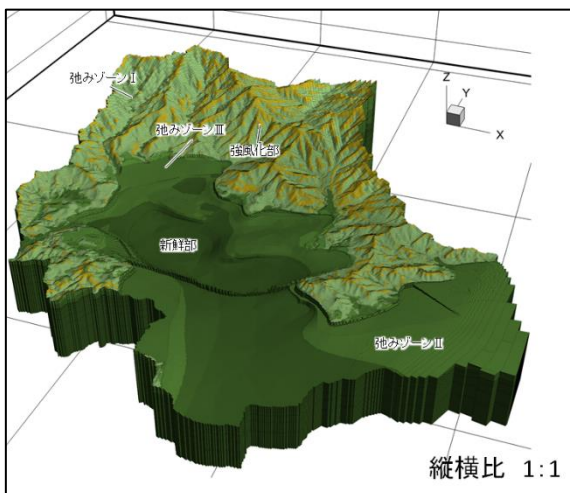


図 2-42 水理区分鳥瞰図（第四紀の水理区分すべてを剥いだ基盤岩表面状態）

