

平成28年度 委託 第9号
新環境工場等建設に伴う地下水調査業務委託

報告書

平成 29 年 3 月

菊池環境保全組合
八洲開発株式会社

目 次

1 . 業務概要	1
2 . 地形・地質概要	6
3 . 地質構成	9
4 . 電気検層	11
5 . 井戸構造について	14
6 . 揚水試験結果	17
7 . 水質試験結果	26

< 巻末資料 >

- 1 . 揚水試験結果記録表
- 2 . 水質試験結果
- 3 . 材料検査証明書
- 4 . 産業廃棄物管理票（マニフェスト伝票）
- 5 . 現場状況写真集

< 別途提出 >

- 1 . 標本箱 1 組 1 箱
- 2 . 電子媒体 (CD-R) . . . 2 枚

< 参考文献リスト >

- 「ボーリング柱状図作成要領(案) 解説書」建設大臣官房技術調査室監修
(財)日本建設情報総合センター 平成 11 年
- 「地盤調査の方法と解説」地盤工学会 平成 25 年
- 「熊本県地質図(10 万分の 1)」熊本県地質図編纂委員会 平成 20 年
- 「熊本市周辺地盤図」熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会 平成 15 年

1. 業務概要

本業務は、新環境工場等建設地における地下水取水能力と地下水の水質状況の把握を目的としたものである。

以下に、業務の概要について記す。

(1) 委 託 名 平成 28 年度 委託第 9 号 新環境工場等建設に伴う地下水調査業務委託

(2) 業 務 場 所 菊池環境保全組合事務局および合志市幾久富地内

(3) 業 務 期 間 自 平成 29 年 1 月 4 日
至 平成 29 年 3 月 21 日

(4) 業 務 内 容 地質調査業務

①調査箇所数	1 箇所
②掘削深度	L=131 m
③掘削孔径	φ 444. 5mm～φ 311. 2mm
φ 444. 5mm 掘削 粘性土	L=18. 0m
φ 444. 5mm 掘削 砂質土	L=19. 0m
φ 444. 5mm 掘削 礫混り土	L=14. 0m
φ 311. 2mm 掘削 礫混り土	L= 3. 0m
φ 311. 2mm 掘削 軟岩	L= 9. 0m
φ 311. 2mm 掘削 中硬岩	L=68. 0m
④コンダクタパイプ	SGP350A×5. 5m/本×10 本
⑤ケーシングパイプ	SGP150A×5. 5m/本×17 本
⑥ケーシングパイプ	SGP150A×5. 5m/本× 7 本
⑦電気検層	131 m
⑧揚水試験（予備・段階・連続）	1 式
⑨水質分析（水道原水検査 39 項目）	1 式

(5) 発注者 菊池環境保全組合

監督員：建設推進課 徳留 久士

(6) 受託者 八洲開発株式会社

熊本市東区月出1丁目1番52号

TEL 096(384)3225 FAX 096(382)7039

管理技術者 井形 秀一

技術士・応用理学部門(地質), 地質調査技士

担当技術者 中川 信弘

技術士・建設部門(土質及び基礎)地質調査技士

(7) 使用機器

表 1.1 使用機械・機器一覧表

機械名	機種名	数量	能力
ボーリングマシン	利根 TBM-150	1台	巻上げ能力: 4t × 3WAY=12t
同 原動機	エンジン	1台	ミツドイツ 45馬力
試錐ポンプ	鉦研 MG-50	1台	800ℓ/min
同 原動機	モーター(インバーター)	1台	37KW
リグ	鋼製	1基	高さ9m + ベース1m
マッドスクリーン	ジオクリーンシェーカー	1台	処理能力 2000ℓ/min
マッドミキサー	モーター	1台	作泥能力 2m ³ (11KW)
発電機	デンヨー	1台	100KVA
ウォータースイベル	利根	2台	耐荷重: 12t
ホイステイングプラグ	利根	1台	耐荷重: 15t
泥水タンク	6m ³	1台	
サンドポンプ		1機	11kw
水中ポンプ		2機	200V
"		2機	100V
ロッド	140mm	21本	6m/本
ドリルカラー	250mm	3本	1.5m/本
その他工具一切		1式	

(8) 業務のフロー

本業務は、図 1.1 に示すフローで実施した。

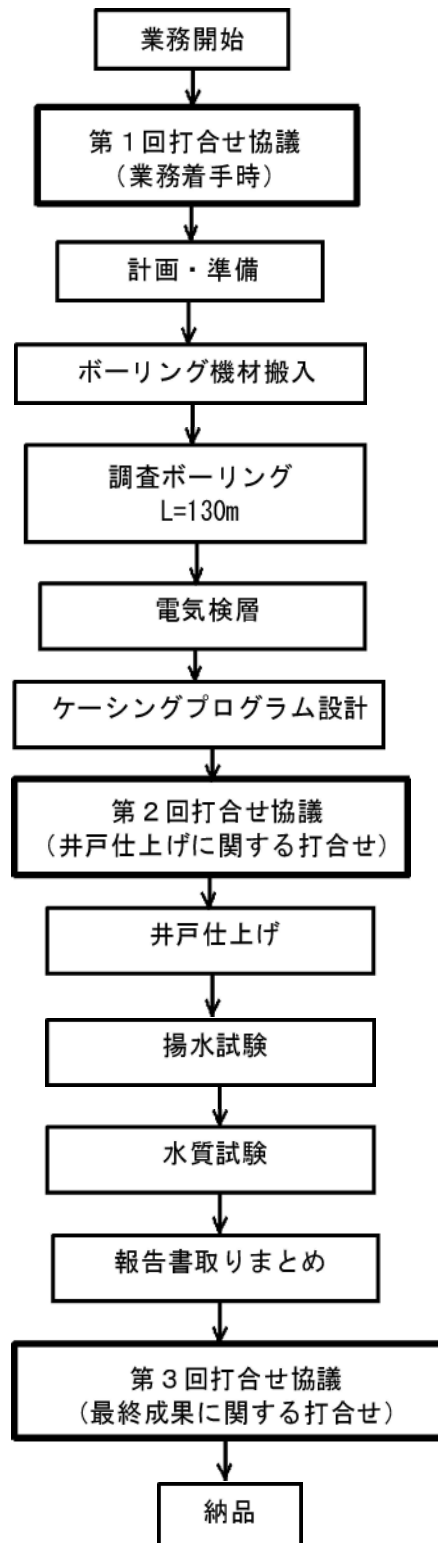
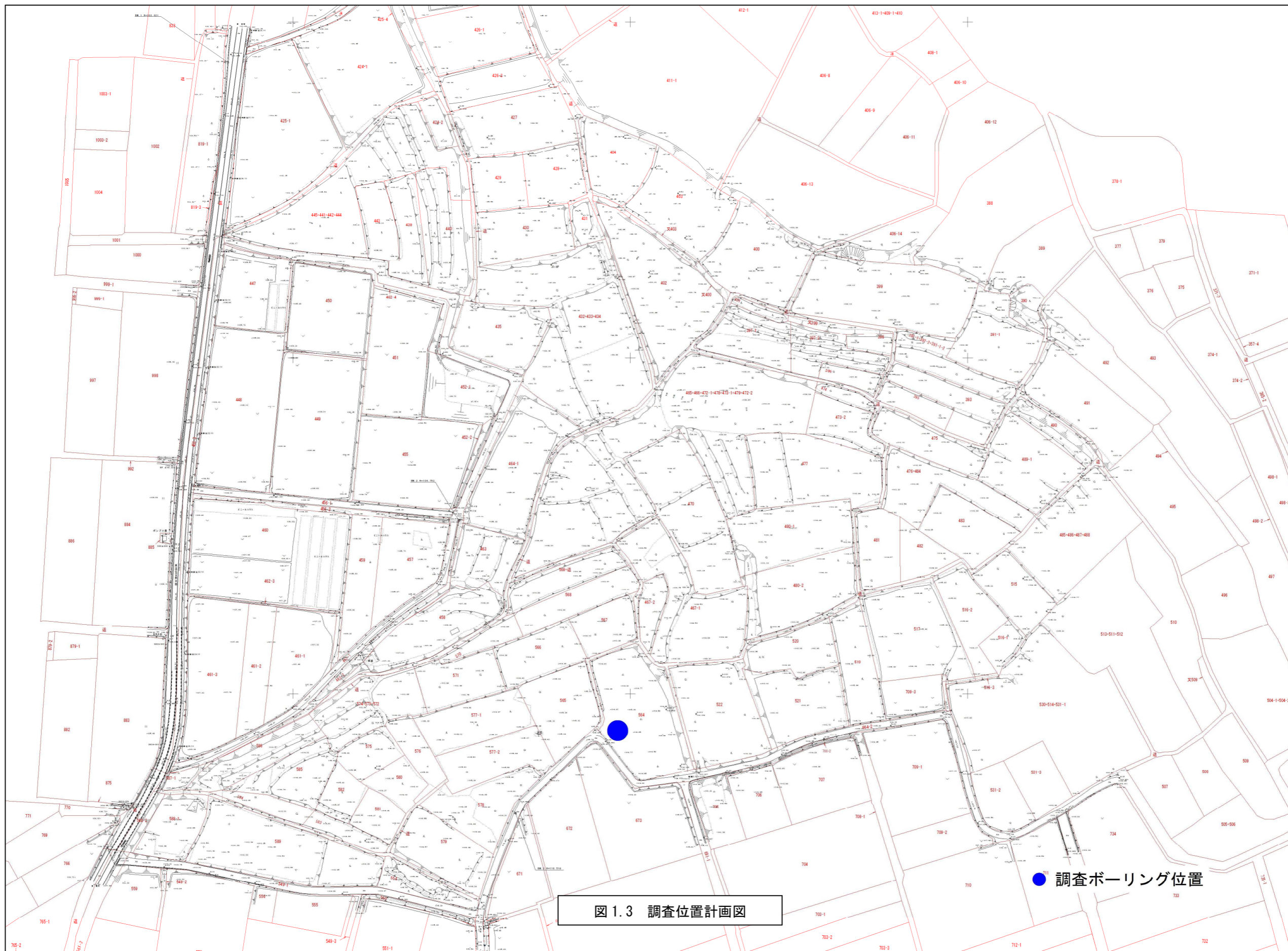


図 1.1 業務実施フロー



図 1.2 調査地案内図 (S=1:25,000)



2. 地形・地質概要

調査地は、図 1.1「調査位置案内図」に示す合志市幾久富地内にあり、合志市役所より北北東約 3.0km の地点にあたる。当地は、北の合志川と南の堀川に挟まれた合志台地上に位置している。

以下、調査地の地形・地質概要について述べる。

(1) 地形

この地域には、標高 80m～110m に広い平坦面を有する合志台地が広がっている。これらは、阿蘇火砕流堆積物の堆積面で、東側の阿蘇外輪山から西側に下る緩斜面の一画をなすものである。白川、合志川などの主要河川はほぼ東から西に流下している。合志川の支流である日向川や峠川は合志台地を開析して、上流部では東から西に流下するが、途中で北西に流路を変えて本流の合志川に合流している。台地上部は畑地となっていることが多いが、河川に面した低地部は水田として利用されている。集落は台地縁辺部から低地部にかけた箇所に見られる。

(2) 地質

調査地周辺の地質層序を表 2.1 に、地質図を図 2.1 に示す。

調査地付近の地質は、台地主部を構成する阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4)、台地縁辺部に分布する中位段丘堆積物 (t2) と低位段丘堆積物 (t1) 及び低地部に分布する沖積層 (a) からなる。さらに、阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) の下位には、阿蘇 3 火砕流堆積物 (A3) が分布し、阿蘇 3 火砕流堆積物 (A3) と阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) の間には泥、砂、礫、火山灰からなる布田層 (FH) が挟まれている。なお、地表部は、黒ボクや赤ボクのローム層に広く覆われている。

以下に、下位から各層の特徴を記す。

調査地内の深部に分布する阿蘇 3 火砕流堆積物 (A3) は、『中溶結相の溶結凝灰岩から非溶結黒色スコリア流堆積物、白色軽石流堆積物まで変化に富む。多斑晶質スコリアを含むものの分布が最も広い。岩質は、石英安山岩質から安山岩質まで変化する。』という特徴を有している。

阿蘇 3 火砕流堆積物 (A3) と阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) に挟まれた布田層 (FH) は、湖水性の薄い堆積物であり、下位の火山砕屑物からの礫、砂、泥及び火山灰層からなる。

調査地内の台地部に広く分布する阿蘇 4 火砕流堆積物 (A4) は、『角閃石斑晶を含む白～灰色軽石（一部黒色スコリア）、火山灰及び角礫からなる淘汰不良の火砕流堆積物である。角礫として安山岩以外に変成岩類を特徴的に含み、カルデラ縁付近ではそれらの濃集した角礫層を形成する。岩質は流紋岩質を主とするが、塩基性安山岩質の部分も少量存在する。』という特徴を有している。現地では、安山岩質主体の角礫を含む灰色軽石及び火山灰からなる非溶結凝灰岩として確認している。

中位段丘堆積物 (t2) は、『低位段丘堆積物より一段高い面をなして分布する安山岩や溶結凝灰岩の巨礫を含む砂礫層』で、更新世の託麻砂礫層に対比されている。

低位段丘堆積物（t1）は、『沖積面より一段高い面を形成する砂礫層』で、更新世の保田窪砂礫層に対比されている。低地堆積物である沖積層（a）は、合志川等の主要河川とその支流沿いに分布する『礫、砂及び泥よりなる薄い現世の堆積物』である。

表 2.1 調査地周辺の地質層序

地質時代			地 層 名	地質記号	構 成 物
新 生 代	第 四 紀	完 新 世	沖積層	a	未固結の礫、砂、泥
		更 新 世	低位段丘堆積物	t1	未固結の礫、砂、泥
	中位段丘堆積物		t2	未固結の礫、砂、泥	
	阿蘇4火砕流堆積物		A4	非溶結～弱溶結の軽石、凝灰角礫岩、 溶結凝灰岩 (第1帯水層)	
	布田層		FH	未固結の礫、砂、泥	
		阿蘇3火砕流堆積物	A3	軽石、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩(第2帯水層)	
中 生 代	白 亜 紀	熊本層群	Kum	礫岩、砂岩、泥岩	

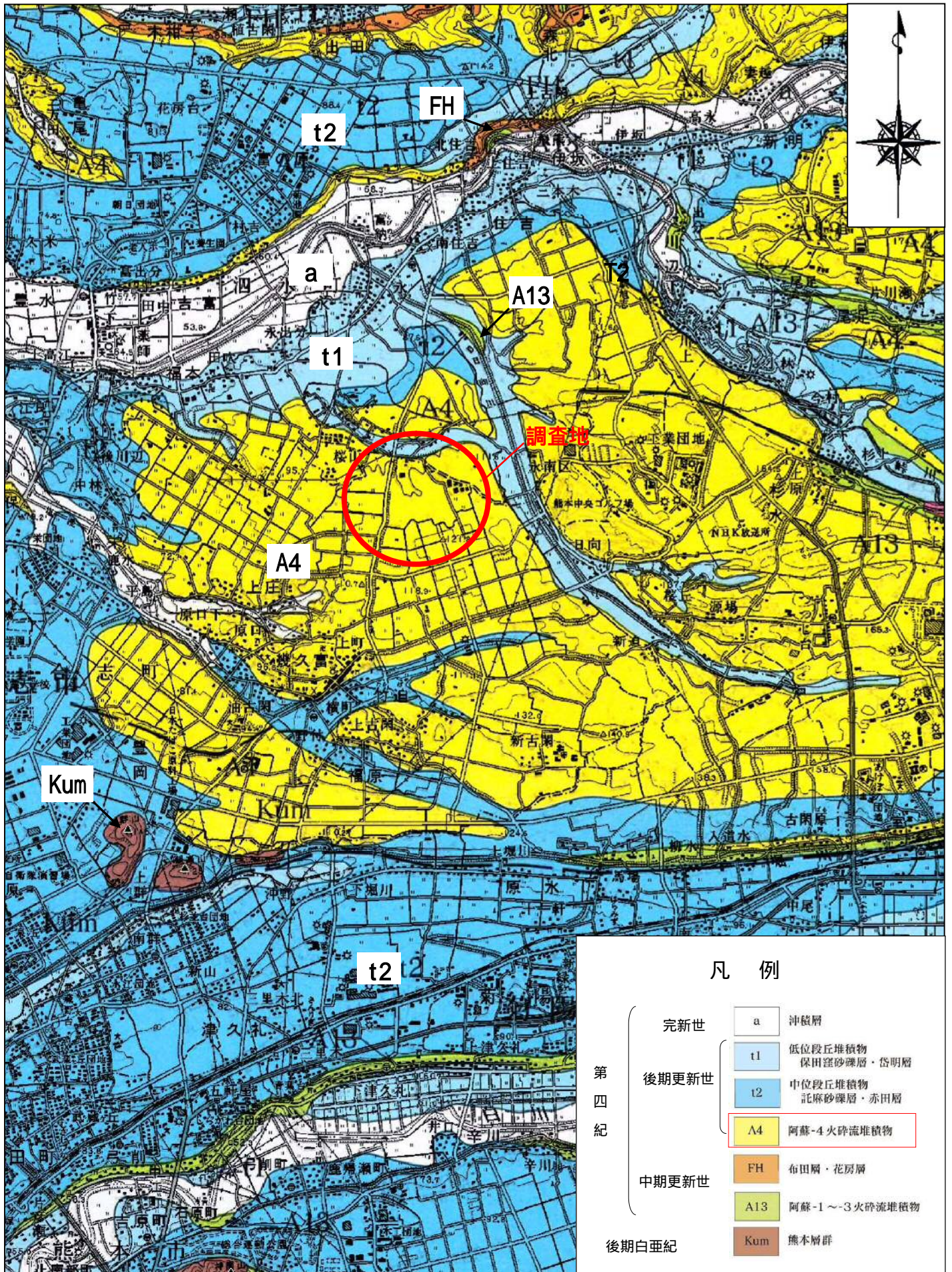


図 2.1 調査地周辺の地質図 1/50,000

熊本県地質図(10万分の1),熊本県地質図編纂委員会,2008

3. 地質構成

さく井地点の地質構成は、掘削中の振動感触や循環する泥水濃度等の状況や、排出されたスライム観察を基に地質構成を判定した。その結果をまとめ、井戸構造図(案)も合わせて示したのが図 3.1 さく井柱状図である。

表 3.1 さく井地点の地層構成表にまとめた。

表 3.1 さく井地点の地層構成表

地質年代		地層名	土質名	分布深度 (GL-:m)	層厚 (m)	記 事	透水性の評価	区分	
新生代	完新世	降下火山灰	粘性土	0.00 - 6.00	6.00	火山灰質粘性土 黒ボク, 赤ボク	粘性土 (難透水層)	遮水層	
	第四紀 更新世	Aso-4火砕流堆積物	粘性土, 砂質土, 礫質土	6.00 - 48.00	42.00	軽石を含む。 上部：粘性土 中部：砂質土 下部：礫質土	上部：粘性土 (難透水層) 中部～下部： 砂質土, 礫質土 (透水層)	上部：遮水層 中部～下部： 帯水層	第一帯水層
		Aso-4/3間堆積物	礫質土	48.00 - 54.00	6.00	軽石を含む砂礫。 部分的に粘性土を挟むと推測	礫質土 (透水層) 粘性土部は難透水層	透水層 粘性土部は遮水層	
		Aso-3火砕流堆積物	弱～強溶結凝灰岩	54.00 - 130.00	76.00	上部は砂礫状だが、ほとんどは中溶結～強溶結。 106m付近で完全逸水する。	岩盤亀裂の裂隙水 (難透水 - 透水層)	帯水層	第二帯水層

表 3.1 からは、深度 6.0m までは降下火山灰質の均質な粘性土～砂・礫混りシルトが分布しており、表流水の直接的な浸透は少ないようである。Aso-4 火砕流堆積物の砂質土部や礫質土層, Aso-4/3 間堆積物の砂礫層は、若干細粒分を含むが礫・砂主体層であり、地下水面下であれば透水層となる地層である。ただし、Aso-4/3 間堆積物中にはこれまでの調査結果から粘性土部を挟んでいると判断される。この粘性土部は不透水層であり、上部の第一帯水層と下部の第二帯水層を区分する地層となっている。Aso-3 火砕流堆積物の溶結凝灰岩は、上部は溶結度が低く礫状となり、深くなるに従い溶結度が増している。深部では亀裂の発達により作業用水の完全逸水が生じており、取水層として期待される。井戸の構造計画では、逸水箇所を含む深部からの取水計画とする必要がある。

新環境工場建設に伴う地下水調査業務委託 ケーシングプログラム(案)

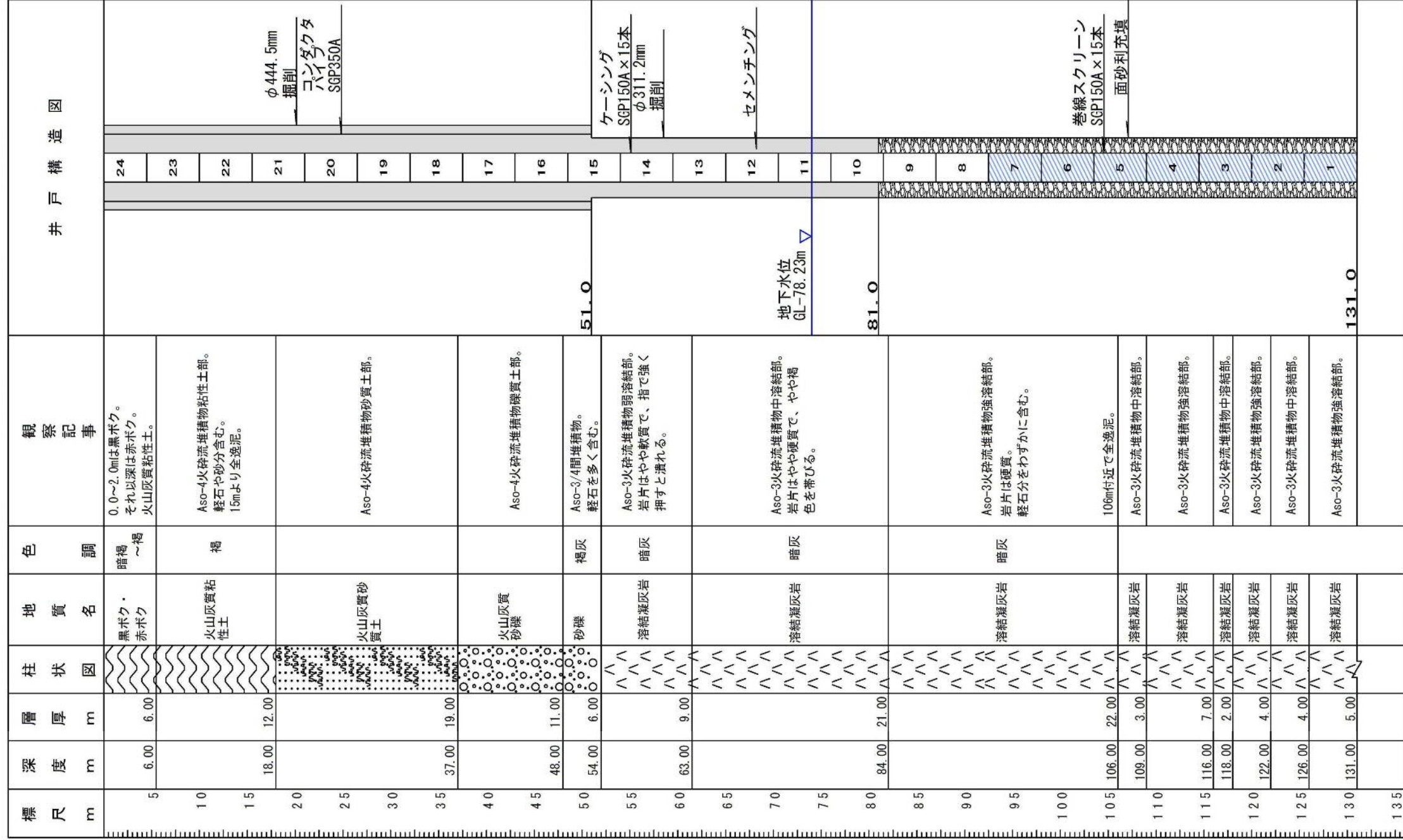


図 3.1 さく井柱状図

4 . 電気検層

電気検層は、深度 78mの地下水位以深に対し、地層区分及び帯水層を評価する目的で実施した。以下に電気検層の方法と結果を示す。

4.1 電気検層方法

電気検層は、一般的なノルマル検層で実施し、電極間隔を 0.25m , 0.5m , 1.0m とした。

掘削後の裸孔状態で、孔内に電流電極 A と電位電極 M を降ろし、地表には電流電極 B と電位電極 N を固定配置する。A 電極と B 電極間に一定の電流 I (A) を流し、M 電極と N 電極間に生じた電位差 E (V) を測定する。測定は孔内の電極を移動させながら連続的に測定し、次式により地層の比抵抗値を算定する。求められた比抵抗値は地層の真の電気的比抵抗値では無く、泥水を介して求められた見かけの比抵抗値である。

$$a = 4 \cdot a (E / I)$$

a : 見かけの比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

a : 電極間隔 (m)

E : 電位差 (V)

I : 電流 (A)

< 解釈 >

淡水を含む砂・砂礫等の帯水層(透水層)の比抵抗値は大きく、粘土・シルト等の難帯水層(不透水層)では小さくなる。また良質の淡水を含む帯水層が十分厚ければ、ショート(短電極)よりロング(長電極)の方が常に高い比抵抗値を示す。電気検層の測定曲線を解釈する基準はこの2点である。薄層の場合によく見られるショートとロングの反転や、地質や水質によって反転する場合もある。

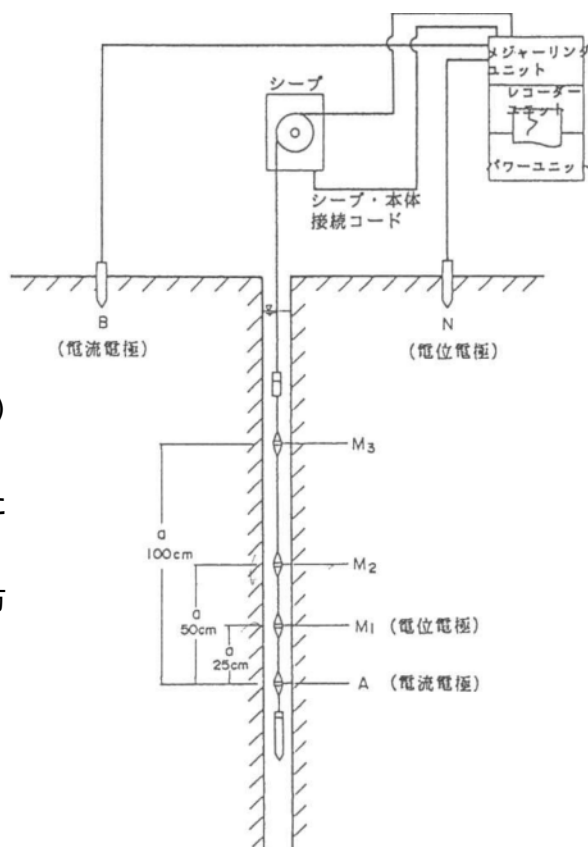


図 4.1 電気検層概念図

4.2 電気検層結果

電気検層結果を「掘削地盤の土質柱状図」と合わせ、図 4.2 電気検層結果図に示した。

図 4.2 電気検層結果図の比抵抗曲線より各地層の土質，地下水状態をまとめたのが表 4.1 電気検層測定結果表であり地下水状態の評価を行った。

表 4.1 電気検層測定結果表

地層名	土質名	比抵抗範囲 (Ω・m) 電極間隔(m)			比抵抗曲線の評価	透水性の評価	区分	
		0.25	0.50	1.00				
降下火山灰	粘性土	-	-	-	地下水位無し	粘性土 (難透水層)	遮水層	
Aso-4火砕流堆積物	粘性土， 砂質土， 礫質土	-	-	-	地下水位無し	上部：粘性土 (難透水層) 中部～下部： 砂質土，礫質土 (透水層)	上部：遮水層 中部～下部： 帯水層	第一帯水層
Aso-4/3間堆積物	礫質土	-	-	-	地下水位無し	礫質土 (透水層) 粘性土部は難透水層	透水層 粘性土部は 遮水層	
Aso-3火砕流堆積物	弱溶結凝灰岩	-	-	-	地下水位無し	砂礫状部 (透水層)	帯水層	第二帯水層
	中溶結凝灰岩	80～360	80～450	80～450	比抵抗は強溶結部に対して低い。 比抵抗に大きな変化は無く、比較的岩質が均一であると推測。	岩盤亀裂の裂隙水 (難透水～透水層)	帯水層	
	強溶結凝灰岩	30～570	40～740	60～680	比抵抗は中溶結部に対して高い。 比抵抗に大きな変化があり、亀裂発達に起因した岩質変化が想定される。	岩盤亀裂の裂隙水 (難透水～透水層)	帯水層	

検層結果は、土質柱状図と整合する曲線が得られ、溶結凝灰岩部では、基本的には溶結度が高いほど、高比抵抗値を示している。部分的に強溶結部の方が低い比抵抗値を示すのは、亀裂が多く発達している等の岩質変化を示しているものと推測される。帯水層を選定する上では、対象となる帯水層が岩盤であることから、裂隙水を狙うこととなるため、基本的には溶結凝灰岩の強溶結部の高比抵抗区間が良好な帯水層となる。

参考資料：見掛け比抵抗値と帯水層区分

見掛け比抵抗値 ρ (Ω・m)	地質 (岩相)	帯水層区分	備考
20 以下	砂層、砂礫	帯水層	強度の塩水化
50 以下	粘土、シルト、泥岩	難帯水層	
50 ～ 100	砂質シルト、 シルト・砂の互層	難帯水層～帯水層	
100 ～ 150	砂層	帯水層	湿潤状態
150 ～ 300	砂礫層	帯水層	湿潤状態
200 ～ 500	礫層	帯水層	湿潤状態
500 ～ 1000	砂礫層	地下水面より上	乾燥状態
1000 以上	岩盤	難帯水層 or 裂か帯水層	

新環境工場等建設に伴う地下水調査業務委託 電気検層結果図

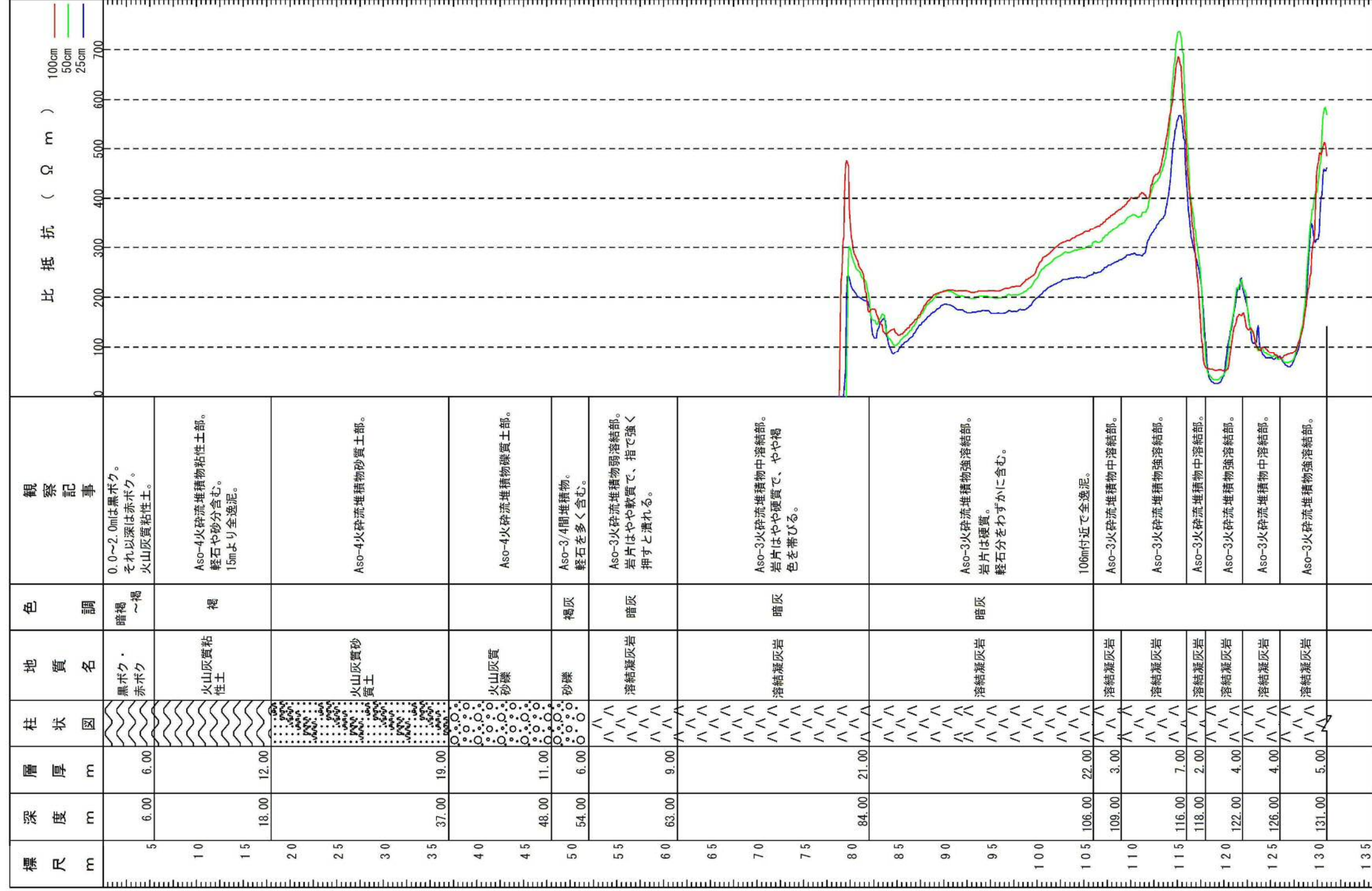


図 4.2 電気検層結果柱状図

5. 井戸構造について

前記、3. 地質構成，4. 電気検層の結果から各層についてまとめたのが表 5.1 地層毎の評価表であり、取水層の判定を行った。

また、表 5.1 地層毎の評価表を基に、ストレーナー位置，細砂利充填位置，遮水セメント位置等の井戸構造を示したのが図 5.1 井戸構造図である。

表 5.1 地層毎の評価表

地層名	土質名	分布深度 (GL-:m)	項目毎の評価			総合評価	帯水層区分		取水層の判定
			地層構成	孔内水位	電気検層				
降下火山灰	粘性土	0.00～6.00	-	-	-	取水不可 遮水層として評価	遮水層		難透水層
Aso-4火砕流 堆積物	粘性土， 砂質土， 礫質土	6.00～48.00		×	-	地下水位無し	上部：遮水層 中部～下部： 帯水層	第一帯水層	透水層遮水区間
Aso-4/3間 堆積物	礫質土	48.00～54.00		×	-	地下水位無し	透水層 粘性土部は 遮水層		透水層遮水区間
Aso-3火砕流 堆積物	弱溶結 凝灰岩	54.00～130.00		×	-	地下水位無し	帯水層	第二帯水層	透水層
	中溶結 凝灰岩					ある程度の取水は 可能と判断される。	帯水層		帯水層取水区間
	強溶結 凝灰岩					ある程度の取水は 可能と判断される。	帯水層		帯水層取水区間

深度 48.0m までの地層では、Aso-4 火砕流堆積物の砂質土層や礫質土層に浅層地下水の胚胎も予想されるが、水質面や多くの取水は望めないと判断される。

深度 81.0m 以深の Aso-3 火砕流堆積物中～強溶結部区間は、亀裂が期待出来る高比抵抗ゾーンである。深度 106m 付近で作業用水の完全逸水現象も確認されており良帯水層と評価される。また、最深部で比抵抗が上昇する傾向が確認されることから、最深部よりスクリーンを配置した計画とした。

上記条件を考慮したケーシングパイプ及びスクリーンパイプの配置を「表 5.2 ケーシングプログラム表」にまとめ、「図 5.1 井戸柱状図及び井戸構造図」に示した。

表 5.2 ケーシングプログラム表

地層名	土質名	分布深度 (GL- :m)	帯水層区分		取水層の判定	ケーシングプログラム
降下火山灰	粘性土	0.00 ~ 6.00	遮水層		難透水層	
Aso-4火砕流 堆積物	粘性土, 砂質土, 礫質土	6.00 ~ 48.00	上部：遮水層 中部～下部： 帯水層	第一帯水層	透水層遮水区間	<遮水> 無孔管パイプ設置 コンダクターパイプ遮水：0.0～51.0m 環状間隙部：セメンチング
Aso-4/3間 堆積物	礫質土	48.00 ~ 54.00	透水層 粘性土部は 遮水層		透水層遮水区間	
Aso-3火砕流 堆積物	弱溶結 凝灰岩	54.00 ~ 130.00	帯水層	第二帯水層	透水層	<遮水> 無孔管パイプ設置 環状間隙部：セメンチング
	中溶結 凝灰岩		帯水層		帯水層取水区間	<取水> スクリーンパイプ：81.0～131.0m 無孔管パイプ：51.0～81.0m 環状間隙部：緋砂利
	強溶結 凝灰岩		帯水層		帯水層取水区間	

新環境工場等建設に伴う地下水調査業務委託 井戸柱状図及び井戸構造図

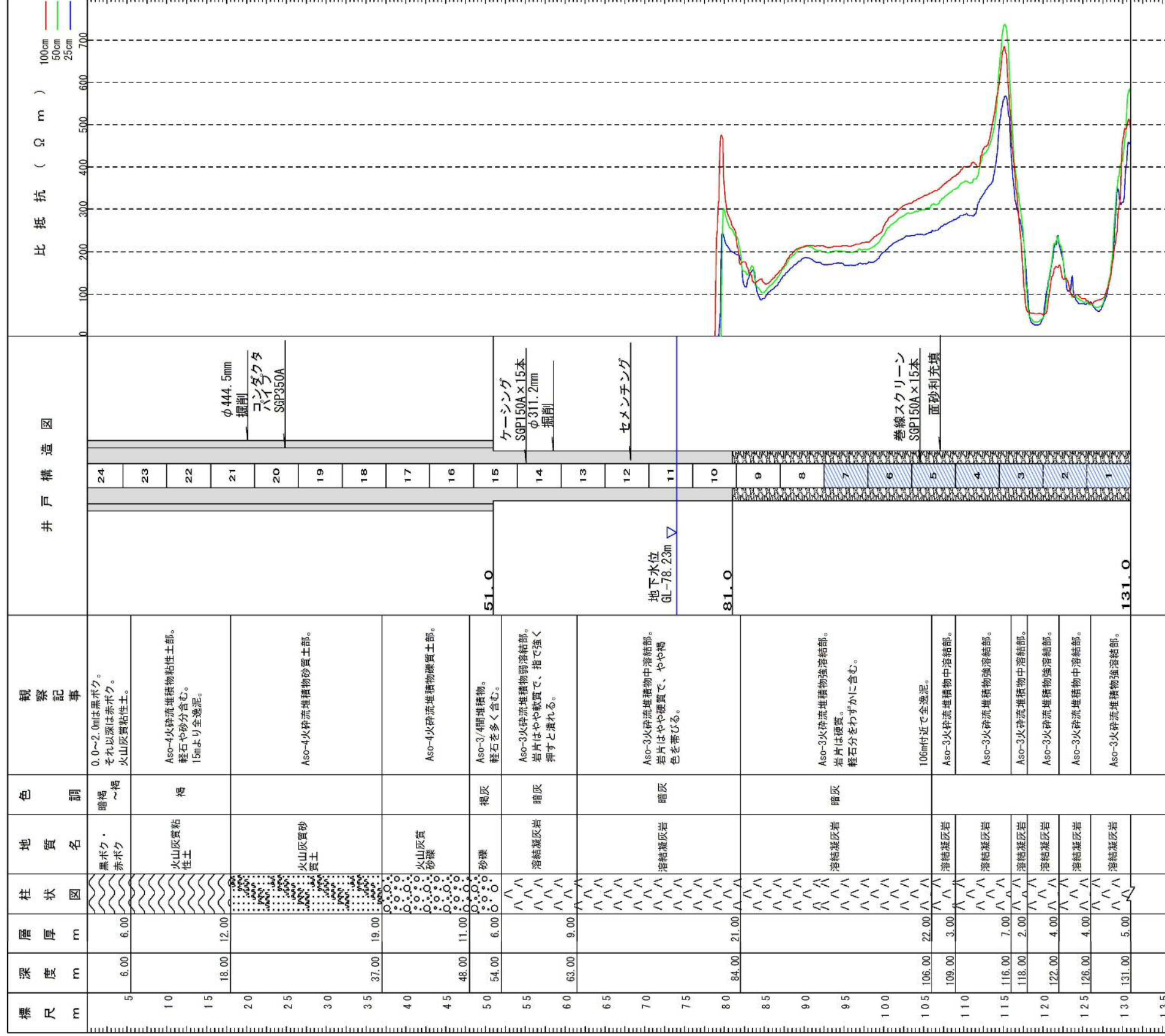


図 5.1 井戸構造図

6 . 揚水試験結果

揚水試験は、井戸の性能(取水能力)と帯水層の特性(取水地盤の透水性等)を調べ、取水可能な量の把握を目的とし、予備揚水試験、段階揚水試験、一定量揚水試験、水位回復試験等がある。揚水試験に用いる試験用ポンプは、計画揚水量を上回る能力が必要な事から試験ポンプの選定を行った。

6.1 揚水試験方法

揚水試験は、選定した試験ポンプを井内へ挿入設置した後、作業ヤード内に設置したノッチ箱まで塩ビ管(100mm)を仮設し、揚水量は井戸口元のスルースバルブで調整した水量をノッチ箱で計測し、孔内水位は触振型水位計を用いて測定した。

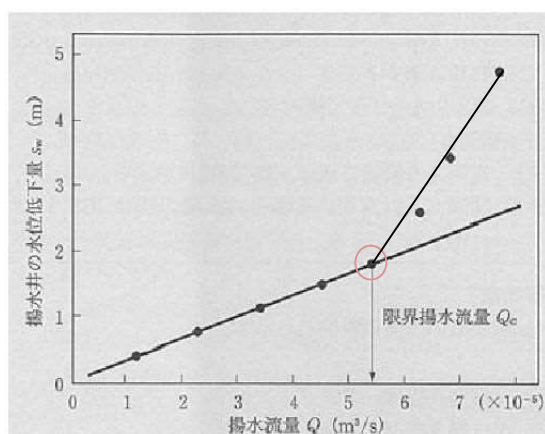
・試験ポンプの選定

(井戸仕様)

井戸の深度 L=151.0m

井戸の径 150mm (掘削径 311.2mm)

井戸の能力は、一般に下図に示す「揚水量と水位低下量の関係」から限界揚水量として求められる。各段階の揚水量 Q と揚水井の水位低下量 S_w の関係をプロットすると、急激な折れ曲がりを示す場合があり、揚水井の水位が急激に低下し始める揚水量が限界揚水量 Q_c とされている。



(社)地盤工学会:地盤調査の方法と解説,

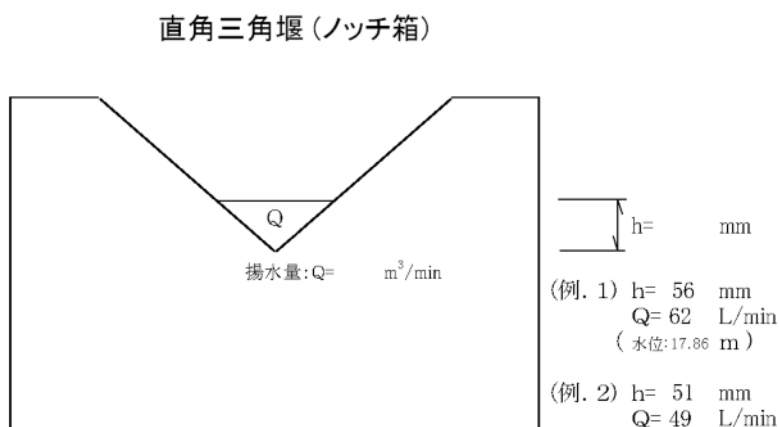
図 6.1 揚水量と水位低下量の関係図

計画取水量(必要な水量)は $0.150 m^3/min$ であり、試験用の揚水機(水中モーターポンプ)は、計画される必要揚水量をやや上回る規格・性能を有するポンプが必要となる。

試験ポンプは、最大揚水時の水位低下量を 10m程度と仮定し、孔内洗浄時の孔内泥水位が GL - 78m付近であった事から全揚程を 88mと設定した。試験用ポンプは、孔径

150mm に入るポンプで準備できるもので最も揚水量の多い、全揚程が 90m の時、揚水量が $0.638\text{m}^3/\text{min}$ 程度の性能を有する「15kw, 400V の深井戸用水中モーターポンプ」とした。揚水管は、ポンプの吐出口に合わせ SGP65A 揚水管を使用し、水中モーターポンプを深度 88m に設置した。

表 6.1 直角三角堰(ノッチ箱)の概要と流量換算表



直角三角堰の流量表 ($Q: \text{m}^3/\text{min}$)

[公式: $Q = 1.4h^{5/2} \times 60(\text{m}^2/\text{min})$] $h = (\text{m})$

h (mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
20	0.005	0.005	0.006	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012
30	0.013	0.014	0.015	0.017	0.018	0.019	0.021	0.022	0.024	0.025
40	0.027	0.029	0.030	0.032	0.034	0.036	0.038	0.040	0.042	0.045
50	0.047	0.049	0.052	0.054	0.057	0.060	0.062	0.065	0.068	0.071
60	0.074	0.077	0.080	0.084	0.087	0.091	0.094	0.098	0.101	0.105
70	0.109	0.113	0.117	0.120	0.125	0.129	0.133	0.138	0.143	0.147
80	0.152	0.157	0.162	0.167	0.172	0.177	0.183	0.188	0.193	0.199
90	0.204	0.210	0.216	0.222	0.228	0.234	0.237	0.246	0.253	0.259
100	0.266	0.272	0.279	0.286	0.293	0.300	0.305	0.315	0.322	0.326
110	0.337	0.345	0.353	0.361	0.369	0.377	0.383	0.393	0.402	0.410
120	0.419	0.428	0.437	0.446	0.455	0.464	0.472	0.483	0.492	0.502
130	0.512	0.522	0.532	0.542	0.552	0.563	0.575	0.584	0.596	0.605
140	0.616	0.627	0.638	0.640	0.661	0.673	0.688	0.696	0.708	0.720
150	0.732	0.744	0.757	0.769	0.782	0.795	0.803	0.810	0.834	0.847
160	0.860	0.874	0.887	0.901	0.915	0.929	0.942	0.957	0.972	0.956
170	1.002	1.020	1.031	1.046	1.061	1.076	1.092	1.108	1.123	1.139
180	1.155	1.171	1.187	1.204	1.220	1.237	1.253	1.270	1.288	1.305
190	1.322	1.339	1.357	1.375	1.392	1.410	1.429	1.447	1.466	1.484
200	1.503	1.522	1.541	1.560	1.579	1.600	1.619	1.638	1.658	1.677
210	1.698	1.719	1.739	1.75	1.772	1.800	1.822	1.843	1.864	1.885
220	1.907	1.929	1.947	1.975	1.994	2.017	2.040	2.062	2.085	2.108
230	2.131	2.155	2.178	2.201	2.224	2.249	2.272	2.296	2.322	2.346
240	2.370	2.395	2.420	2.445	2.471	2.496	2.521	2.547	2.585	2.599
250	2.625	2.652	2.678	2.704	2.731	2.757	2.785	2.812	2.840	2.868
260	2.896	2.923	2.931	2.981	3.009	3.036	3.066	3.094	3.123	3.154
270	3.183	3.212	3.242	3.272	3.302	3.331	3.362	3.393	3.422	3.455
280	3.486	3.516	3.547	3.579	3.611	3.642	3.675	3.708	3.739	3.773
290	3.804	3.835	3.871	3.905	3.936	3.970	4.005	4.039	4.072	4.108
300	4.141									

6.2 予備揚水試験結果

予備揚水試験は、揚水により孔内の洗浄を行いながら揚水量と低下する水位を調べて概略の井戸能力を把握し、次に続く段階揚水試験の基礎資料とした。

バルブを全開とした時の揚水量は 616L/min であったが、この時の最大水位低下量 0.72m であった。計画揚水量は 150L/min であるが、これに対して十分多い量で水位低下量が 1m 無い程度であったことから、計画揚水量を十分満足できる井戸であると判断した。

この結果を基に、次の段階試験の揚水量を計画した。

6.3 段階揚水試験結果

段階揚水試験は、ある間隔で段階的に揚水量を増し、その時の低下する水位を測定することで揚水量と水位低下量を把握し、安定して得られる揚水量の把握を目的とする。

段階揚水試験は、一般に井戸の限界揚水量の判定に用いられる。

各段階の揚水量(Q)と揚水井の水位低下量(Sw)の関係をプロットすると、急激な折れ曲がりを示す場合があり、揚水井の水位が急激に低下し始める揚水量が限界揚水量(Qc)とされている。

段階的に増加させる揚水量は、予備揚水試験で得られた最大揚水量のデータを6分割した $0.10\text{m}^3/\text{min}$ を第1段階とし、2段階目以降は $0.10\text{m}^3/\text{min}$ を加算した量を目安とした全6段階で実施した。

その結果を示したのが「図 6.2 段階揚水試験 Q - S 関係図」及び「図 6.3 段階揚水試験 S - T 曲線図」である。

(限界揚水量)

図 6.2 からは、第4段階揚水量($0.400\text{m}^3/\text{min}$)と第5段階揚水量($0.502\text{m}^3/\text{min}$)の中間に「揚水量と水位低下量の関係」の変曲点が確認された。その傾向は図 6.3 から、第5段階揚水量より水位低下幅が大きくなる傾向と符合する。

前記、揚水試験方法に示したように、急激な折れ曲がりを示す揚水量、揚水井の水位が急激に低下し始める揚水量が限界揚水量であり、限界揚水量 m^3/min が得られる。

・ **限界揚水量 : $0.470 \text{ m}^3/\text{min}$ (水位低下量 0.40m)**

(適正揚水量)

適正揚水量は、一般に限界揚水量の 60~80%とされている。ここでは、水位低下量が比較的小さい事を考慮し、80%を適正揚水量とする。

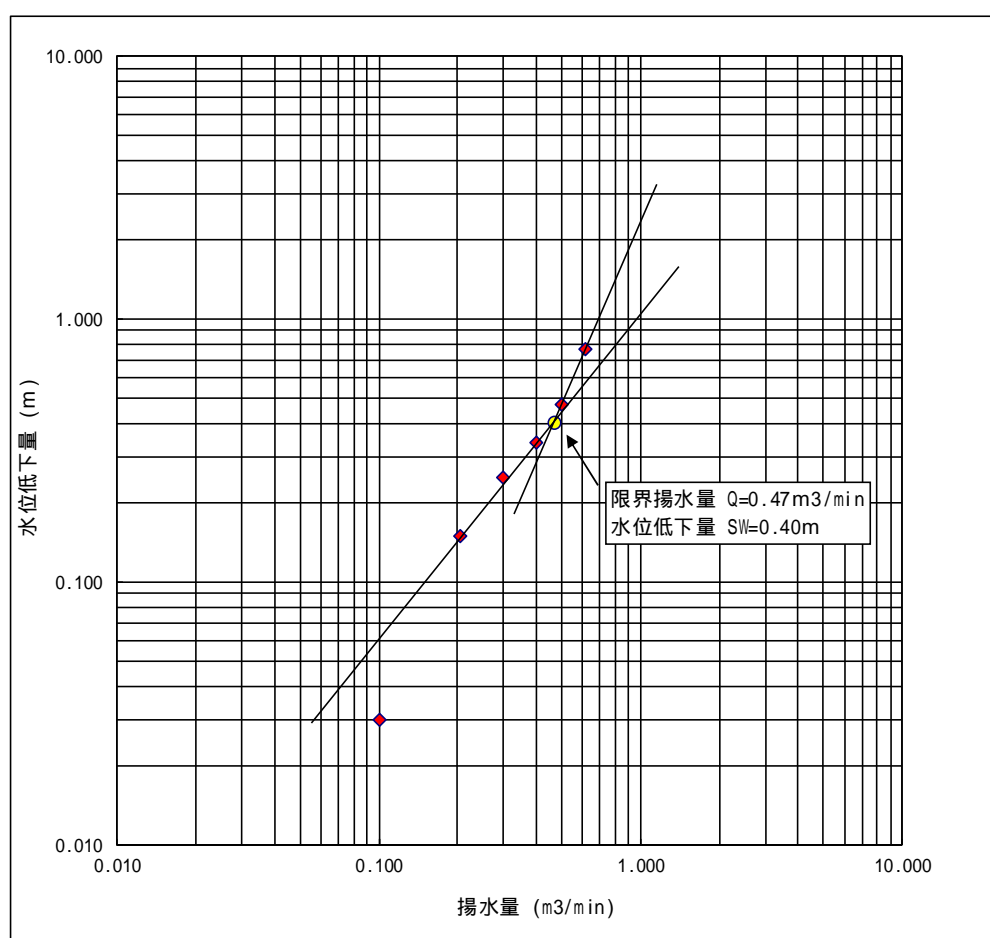
・ **適正透水量 : $0.47 \times 0.8 = 0.38\text{m}^3/\text{min}$**

新環境工場等建設に伴う地下水調査業務委託

段階揚水試験結果表

平成29年3月4日

段階	水位低下量 sw (m)	揚水量 Q (m ³ /min)	揚水量 Q (m ³ /day)	比湧出量 Q (m ³ /day・m)
	0.030	0.101	145.44	4848.00
	0.150	0.204	293.76	1958.40
	0.250	0.300	432.00	1728.00
	0.340	0.402	578.88	1702.59
	0.470	0.502	722.88	1538.04
(バルブ全開)	0.770	0.616	887.04	1152.00
折点座標	0.400	0.47	676.80	1692.00



揚水量と水位低下量の関係図

限界揚水量 Q (m ³ /min)	0.47
水位低下量 s (m)	0.40

段階揚水試験

図 6.2 段階揚水試験 Q - S 関係図

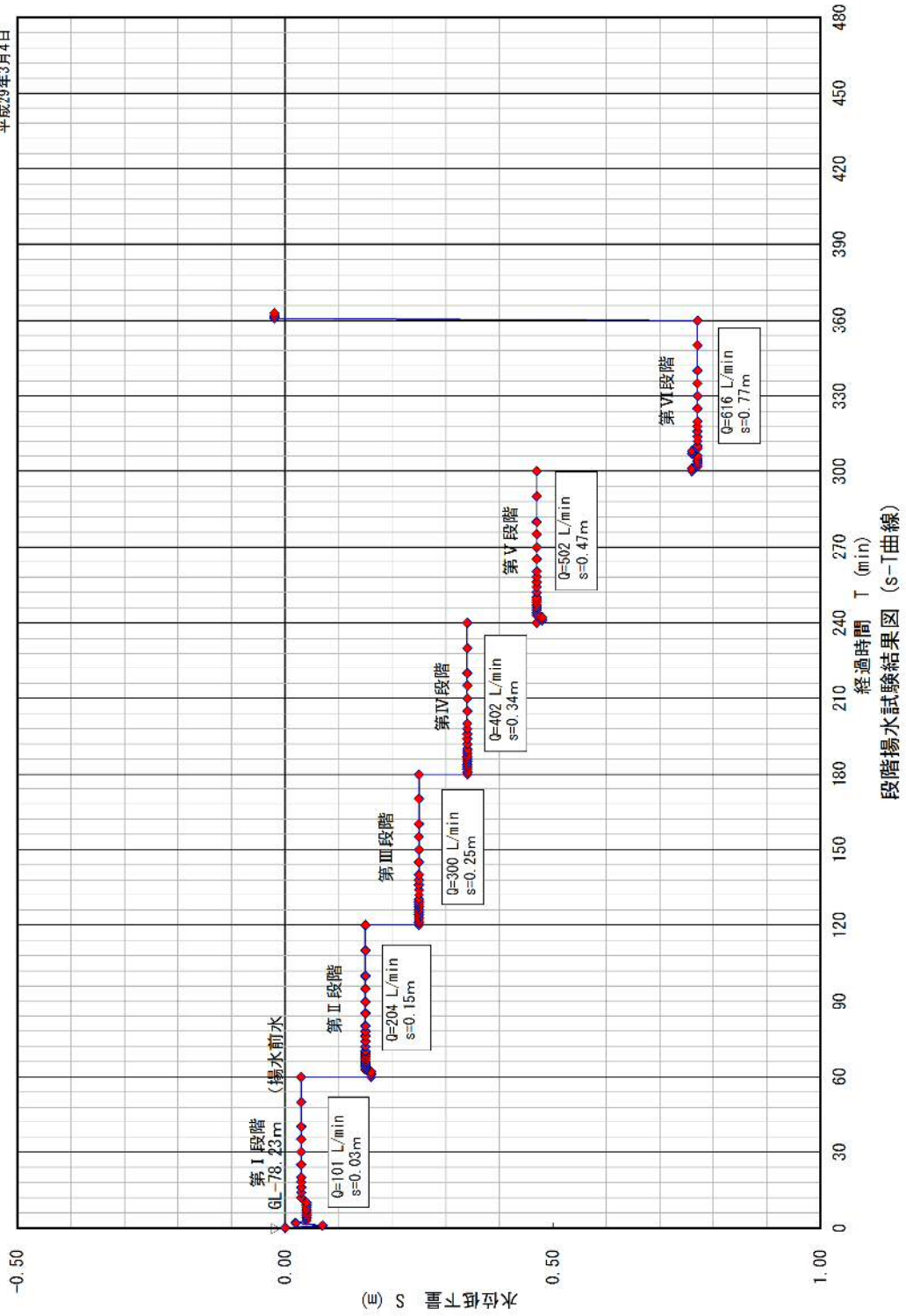


図 6.3 段階揚水試験 S - T 曲線図

6.4 一定量揚水試験結果

一定量揚水試験は、段階揚水試験で得られた「安定して得られる揚水量」の内輪の水量で 24 時間連続して揚水を行い、長時間揚水した場合の揚水状態の確認、及び水理定数を求めるために実施した。なお、揚水停止後は水位の回復状態を測定する回復試験も合わせて行い、帯水層の特性を調べた。一定量の揚水量は協議の上、段階揚水試験で得られた適正揚水量：0.38m³/min とした。

その結果を示したのが図 6.4 の一定量揚水試験 S - T 曲線図である。

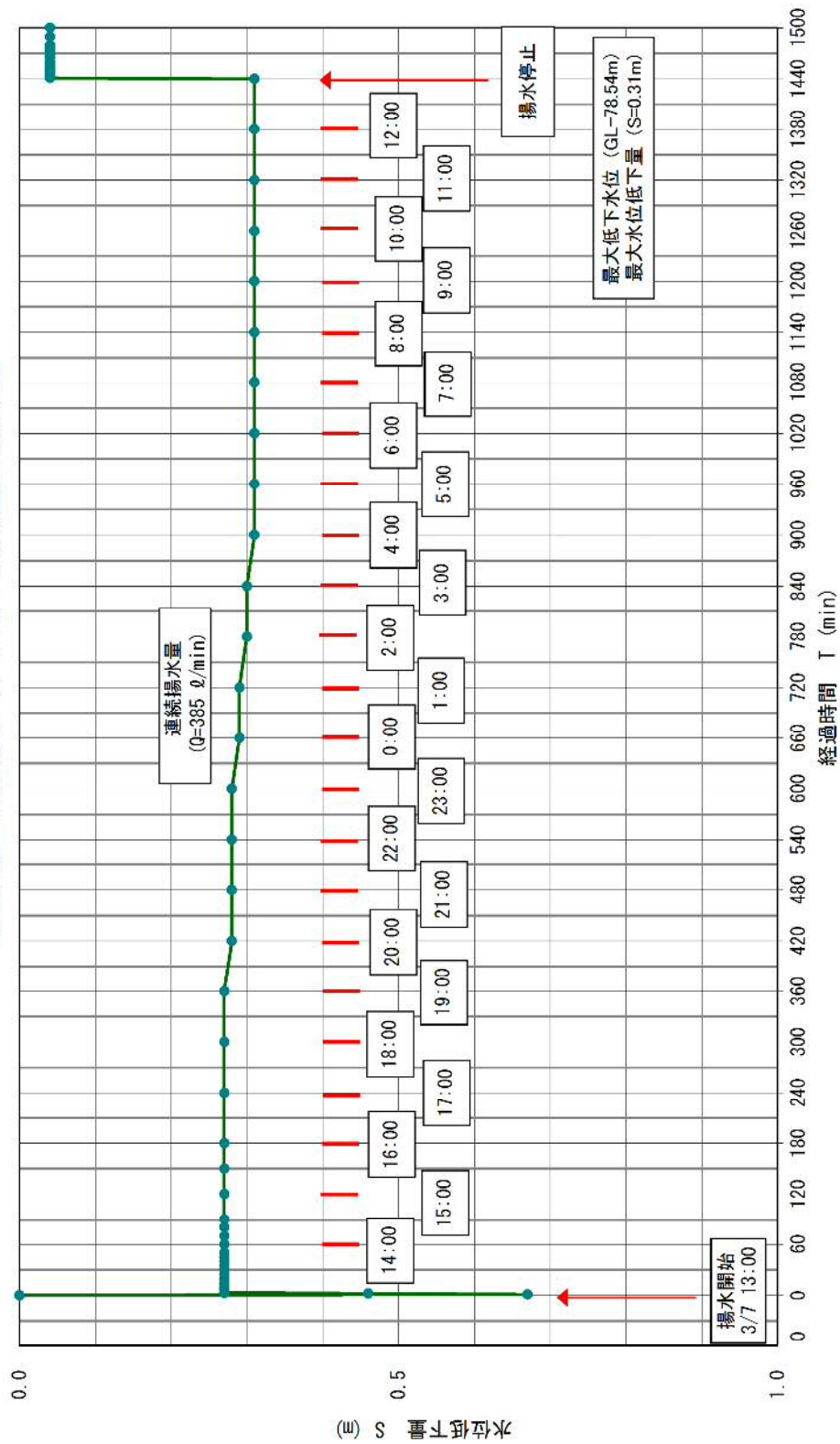
図 6.4 の測定水位は、揚水開始直後に 70cm 程度降下したが、その後は 27cm 程度の水位低下量に落ち着き、その後わずかに水位低下量が増えて、24 時間後の水位低下量は 31cm であった。

本揚水試験結果より、本井揚水時の安定水位は以下の様に求められた。

- ・最大低下水位：GL - 78.54m
- ・最大水位低下量：S=0.31m

連続した一定量揚水試験からは、0.38m³/min 以下の揚水であれば揚水は可能と判断される。

新環境工場建設に伴う地下水調査業務委託



一 定量揚水試験 (S-T 曲線図)

図 6.4 一定量揚水試験 S - T 曲線図

6.5 水理定数について

一定量揚水試験より得られたデータに基づき水理定数(透水量係数、貯留係数、透水係数)を算定する。

一般に透水量係数(T)及び貯留係数(S)は、揚水を開始して間もない急激に低下する変動区間、及び揚水停止後の水位上昇区間の水位変化を基に以下の式を用いて求められる。

- 1) タイスの標準曲線法
- 2) ヤコブの方法
- 3) タイスの水位上昇法(回復法)

これらの水理定数の算定法は、揚水開始後に徐々に水位が低下したり、ポンプ停止後に徐々に水位が回復していくことを前提としている。しかし、今回の揚水試験では、水位が急に低下した後、1,2分程度で安定し、回復もポンプ停止後1分で落ち着いた状態となるなど、水理定数の算定が出来ないようなデータとなっている。

このため、本業務では、揚水試験結果からの水理定数の算定は実施しない。

7. 水質試験結果

水質試験は、一定量揚水試験の最終段階に清浄な地下水を採水して、水道原水検査39項目の水質試験を専門機関に依頼して行った。分析結果は巻末の分析試験結果報告書に示す。


試験項目及び結果は「表7.1 水質試験結果一覧表」に示す通りである。

試験結果からは51項目の内、一般細菌の1項目だけが基準値不適合となり、他の項目はすべて基準値に適合する結果となった。

滅菌剤の添加で対応可能と考えられる。

表 7.1 水質試験結果一覧表

検査項目	単位	水質基準	検査結果
一般細菌	個/ml	100 以下	120
大腸菌	/100ml	検出されないこと	不検出
カドミウム及びその化合物	mg/l	0.003 以下	0.0003 未満
水銀及びその化合物	mg/l	0.0005 以下	0.00005 未満
セレン及びその化合物	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
鉛及びその化合物	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
ヒ素及びその化合物	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
六価クロム化合物	mg/l	0.05 以下	0.005 未満
亜硝酸態窒素	mg/l	0.04 以下	0.004 未満
シアン化物イオン及び塩化シアン	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	mg/l	10 以下	4.5
フッ素及びその化合物	mg/l	0.8 以下	0.08 未満
ホウ素及びその化合物	mg/l	1.0 以下	0.01
四塩化炭素	mg/l	0.002 以下	0.0002 未満
1,4-ジオキサン	mg/l	0.05 以下	0.005 未満
ジ-1,2-ジクロロエチレン及びトリス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	0.04 以下	0.004 未満
ジクロロメタン	mg/l	0.02 以下	0.002 未満
テトラクロロエチレン	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
トリクロロエチレン	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
ベンゼン	mg/l	0.01 以下	0.001 未満
亜鉛及びその化合物	mg/l	1.0 以下	0.09
アルミニウム及びその化合物	mg/l	0.2 以下	0.02 未満
鉄及びその化合物	mg/l	0.3 以下	0.01
銅及びその化合物	mg/l	1.0 以下	0.01 未満
ナトリウム及びその化合物	mg/l	200 以下	9.5
マンガン及びその化合物	mg/l	0.05 以下	0.005 未満
塩化物イオン	mg/l	200 以下	8.1
カルシウム、マグネシウム等(硬度)	mg/l	300 以下	68
蒸発残留物	mg/l	500 以下	172
陰イオン界面活性剤	mg/l	0.2 以下	0.02 未満
ジェオスミン	mg/l	0.00001 以下	0.000001 未満
2-メチルイソボルネオール	mg/l	0.00001 以下	0.000001 未満
非イオン界面活性剤	mg/l	0.02 以下	0.005 未満
フェノール類	mg/l	0.005 以下	0.0005 未満
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	mg/l	3 以下	0.3 未満
pH値	-	5.8以上8.6以下	7.3(20.5)
臭気	-	異常でないこと	異常なし
色度	度	5 以下	1 未満
濁度	度	2 以下	0.1 未満

 . . . 基準値不適合