

引用) 北但第5号平成22年度水源・水質調査業務委託報告書(平成23年2月)北但行政事務組合

2. 業務内容の要約

2.1 調査目的

目的：広域ごみ・汚泥処理施設のプラント用水のための水源井戸を確保できるか否かを確認する。

必要水量：約 150m³/日

調査内容：①試験井戸の試掘

②試験井戸の揚水可能量確認

③周辺の既設井戸への影響の有無についての調査

④試験井戸の水質確認

2.2 調査結果

調査位置図		
調査項目	試験井戸No.2	試験井戸No.1
①試験井戸の試掘結果	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤裂隙水を対象に調査 ロータリー掘削L=50m φ66mm→φ86mm拡孔 岩質は軟岩～中硬岩へ 顕著な裂隙に当たらず 	<ul style="list-style-type: none"> 浅層地下水を対象に調査 ダウンザホールハンマーで掘削L=30m φ150mm掘削、φ100mm仕上げ GL-9mまで砂礫、GL-9～30m間岩盤 砂礫層ならびにGL-26m付近までの岩盤裂隙が帯水層 自然水位GL-4.07m付近
②試験井戸の揚水可能量	<ul style="list-style-type: none"> φ86mm裸孔から2inchポンプで揚水するも1分でエア噛み 揚水井戸に供し得ず 	<ul style="list-style-type: none"> ポンプ能力の限界Q=375L/min (=540m³/日) までで限界揚水量現れず Q=375L/min (=540m³/日) で連続8時間揚水しても安定
③周辺の既設井戸への影響の有無	未調査	<ul style="list-style-type: none"> 試験井戸より竹野川の上流側へ200m、下流側へ300mの地点にある県道の消雪井戸に対して、揚水試験の影響現れず
④試験井戸の水質	未調査	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水ならびに補給水等の基準に比較すると、「遊離炭酸」が基準値4mg/Lのところ、原水には19mg/L含有する。

図 2.2-1 調査結果要約

さく井柱状図

ボーリングNo. 0000001#151

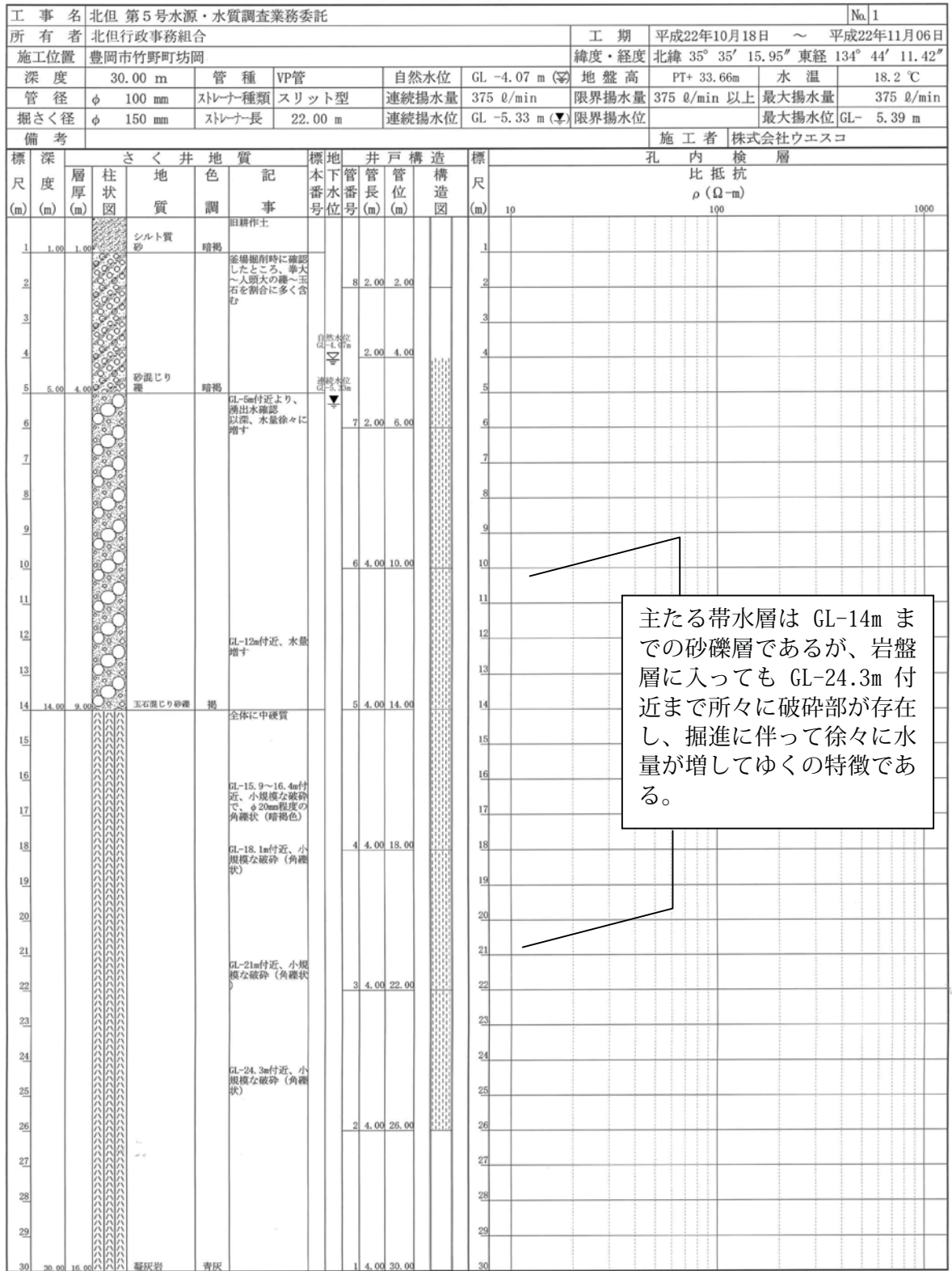


図 5.1-6 調査箇所 No.1 地点の柱状図

(2)揚水量 Q—水位降下量 Sw の関係

揚水量 Q と水位降下量 Sw の関係を両対数グラフに表したところ、第 1～5 段階のデータは概ね直線上に並んでおり、明瞭な折れ点が見出せないことから、Q=375L/min までの揚水量で限界は現れていないと判断する。

表 5.2-1 段階揚水試験結果 (試験孔 No.1)

	揚水量 Q (L/min)	水位 GL- (m)	水位降下量 Sw (m)	比湧出量 Q/Sw(L/min/m)
試験開始前	-	4.079	-	-
第1段階	73	4.278	0.199	367
第2段階	151	4.533	0.454	333
第3段階	225	4.789	0.71	317
第4段階	300	5.056	0.977	307
第5段階	375	5.389	1.31	286

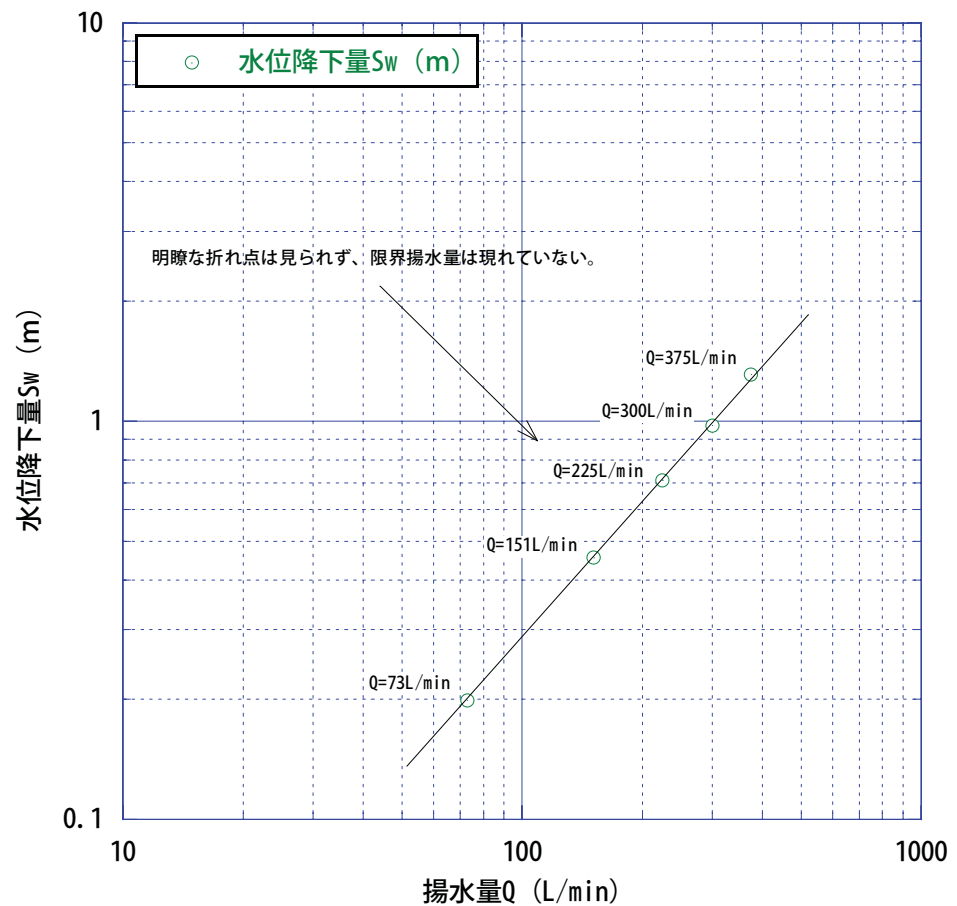


図 5.2-2 揚水量Q—水位降下量Sw(試験井戸No. 1;段階揚水試験時)

5.2.2 連続揚水試験結果

(1)経過時間 t—孔内水位 h の関係

- ・ 段階揚水試験にて限界が表れていないことから、余裕を見てポンプの最大揚水量 $Q=375\text{L/分}$ ($=540\text{m}^3/\text{日}$) で連続揚水試験を実施し、水位の安定を確認した。
- ・ 揚水継続時間は、想定している必要水量 $150\text{m}^3/\text{日}$ を上回る量を汲んで確認できるように 8 時間 ($=1/3$ 日) とした ($180\text{m}^3 = 540\text{m}^3/\text{日} \times 1/3$ 日)。
- ・ 前日までの降雨の影響で孔内水位は一旦上昇しており、これが反転して下降に向かうトレンドが見られる。揚水開始直前と回復後の水位を、降雨の影響が無ければ同じであると仮定して、その水位差(最大で 0.317m)を観測水位から 1 次トレンドとして除去する。
- ・ 観測水位の振幅が乱雑であることから、トレンド補正した後の水位に 40 秒間の移動平均を施してデータを平滑化する。
- ・ 揚水ポンプ起動直前の孔内水位 $\text{GL}-3.795\text{m}$ を試験開始直前水位とすると、8 時間揚水後の水位は $\text{GL}-5.333\text{m}$ (グラフソフト上で読み取り) で、水位低下量は $\Delta s=1.538\text{m}$ となる。
- ・ 連続揚水試験開始直前の水位 ($\text{GL}-3.975\text{m}$) と段階揚水試験時のそれ ($\text{GL}-4.074\text{m}$) とが異なるのは、降雨の影響によって地下水位にオフセットが生じているためであると考えられる。

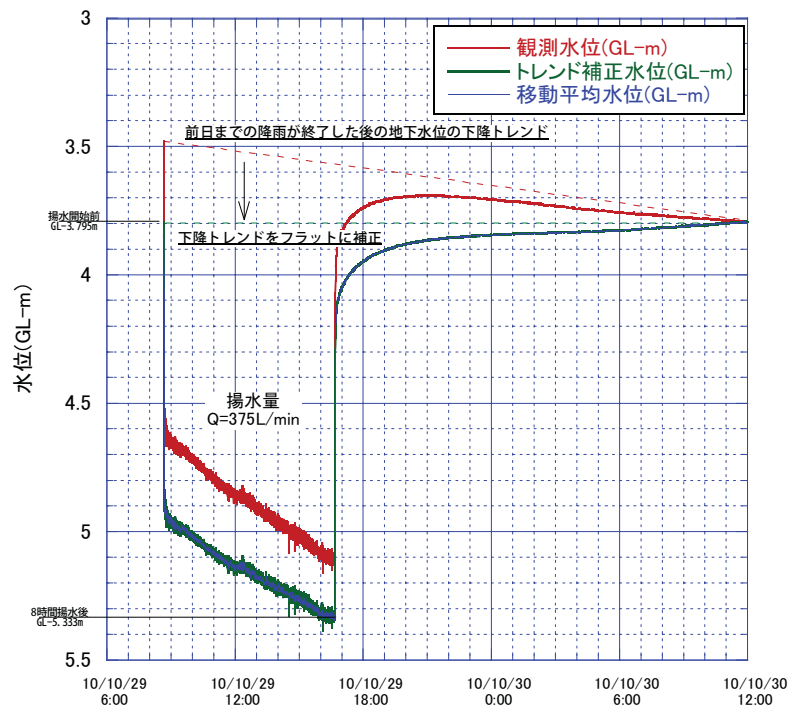


図 5.2-3 経過時間 t—孔内水位 h (試験井戸 No.1;連続揚水試験時)

5.4 水質試験結果

- 以下に、試験井戸 No. 1 から採水した地下水の分析結果と、冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値（JRA-GL-02-1994）を併記する。
- 「遊離炭酸」が基準値より 5 倍程度高ことから、設備や配管などを腐食させる恐れのある水質である。「遊離炭酸」の除去には、エアレーションや薬品処理等を検討する余地があろう。

表 5.4-1 冷却水・冷水・温水・補給水の水質基準値と水質試験結果

項目		冷却水系			冷水系		温水系				傾向		試験井戸No.1の分析結果	
		循環式		一過式	補給水	循環水 (20℃以下)	低位中温水系		高位中温水系		スケール生成	腐食		
		補給水	循環水	補給水			循環水 (21~60℃)	補給水	循環水					
基準項目	pH(25℃)	6.0~8.0	6.5~8.2	6.8~8.0	6.8~8.0	40以下	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	○	○	6.5	
	電気伝導率(25℃)	ms/m	30以下	80以下	40以下	30以下	50以下	30以下	30以下	30以下	30以下	○	○	11.9
	塩化物イオン	mgCl ⁻ /L	50以下	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下		○	9.8
	硫酸イオン	mgSO ₄ ²⁻ /L	50以下	200以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	30以下	30以下		○	5
	酸消費量(pH4.8)	mgCaCO ₃ /L	50以下	100以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	○		11
	全硬度	mgCaCO ₃ /L	70以下	200以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	70以下	○		28
	カルシウム硬度	mgCaCO ₃ /L	50以下	150以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	50以下	○		18
	イオン状シリカ	mgSiO ₂ /L	30以下	50以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	30以下	○		14
	参考項目	全鉄	mgFe/L	0.3以下	1.0以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	0.3以下	1.0以下	○	○
全銅		mgCu/L	0.1以下	0.3以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下		○	<0.01
硫化物イオン		mgS ²⁻ /L	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	検出されません	○		<0.1
アンモニウムイオン		mgNH ₄ ⁺ /L	0.1以下	1.0以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	1.0以下	0.1以下	0.1以下		○	<0.01
残留塩素		mgCl/L	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.3以下	0.25以下	0.3以下	0.1以下		○	<0.05
遊離炭酸		mgCO ₂ /L	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下	4.0以下		○	19
安定度指数(R.S.I)			—	6.0~7.0	—	—	—	—	—	—	—	○	○	

注)

- 1) 項目の名称とその用語の定義及び単位は JIS K 0101 による。
- 2) 欄内の○印はスケール生成又は腐食傾向に関係する因子であることを示す。
- 3) 温度が高い場合（40℃以上）には、一般に腐食性が著しく、特に鉄鋼材料が何の保護皮膜もなしに水と直接接触するようになっている時は、防食薬剤の添加、脱気処理など有効な防食対策を施すことが望ましい。
- 4) 密閉式冷却塔を使用する冷却水において、閉回路循環水及びその補給水は温水系の、散布水及びその補給水は循環式冷却水の、それぞれ水質基準による。
- 5) 供給・補給される源水は、水道水(上水)、工業用水及び地下水とし、純水、中水、軟化処理水などは除く。
- 6) 上記 15 項目は腐食及びスケール障害の代表的な因子を示したものである。

(2) 地層状況

- GL-0~3.5m 付近：旧耕作土や谷底堆積物
- GL-3.5~25m 付近：風化の著しい岩盤と軟岩。岩盤裂隙水の胚胎を期待させる兆候として、掘進中の逸水やコアに亀裂が確認された。
- GL-25m~50m 付近：中硬岩~硬岩（一部軟岩を挟む）。掘進中の逸水は見られず、非常に硬質であった。

ボーリング名	試験井戸 No.2		調査位置	豊岡市竹野町森本・坊岡地内			北緯	35° 35' 19.52"		
免注機関	北但行政事務所組合			調査期間	平成 22年 10月 7日 ~ 23年 2月 25日			東経	134° 43' 31.77"	
調査業者名	株式会社ウエスコ 豊岡支店 電話 (0796-23-0894)		主任技師	今西 将文		現場代理人	コア鑑定者	ボアリング責任者 松田 鉄也		
孔口標高	69.37m	角	180°	方	北 0°	地盤勾配	水平 0°	使用機種	東邦 D0-D	
総掘進長	50.00m	度	下 90°	向	西 180°	東 90°	90°	試験機	エンジン	ハンマー 落下用具 ポンプ
									エンジン	ヤンマー NDF
										V-6

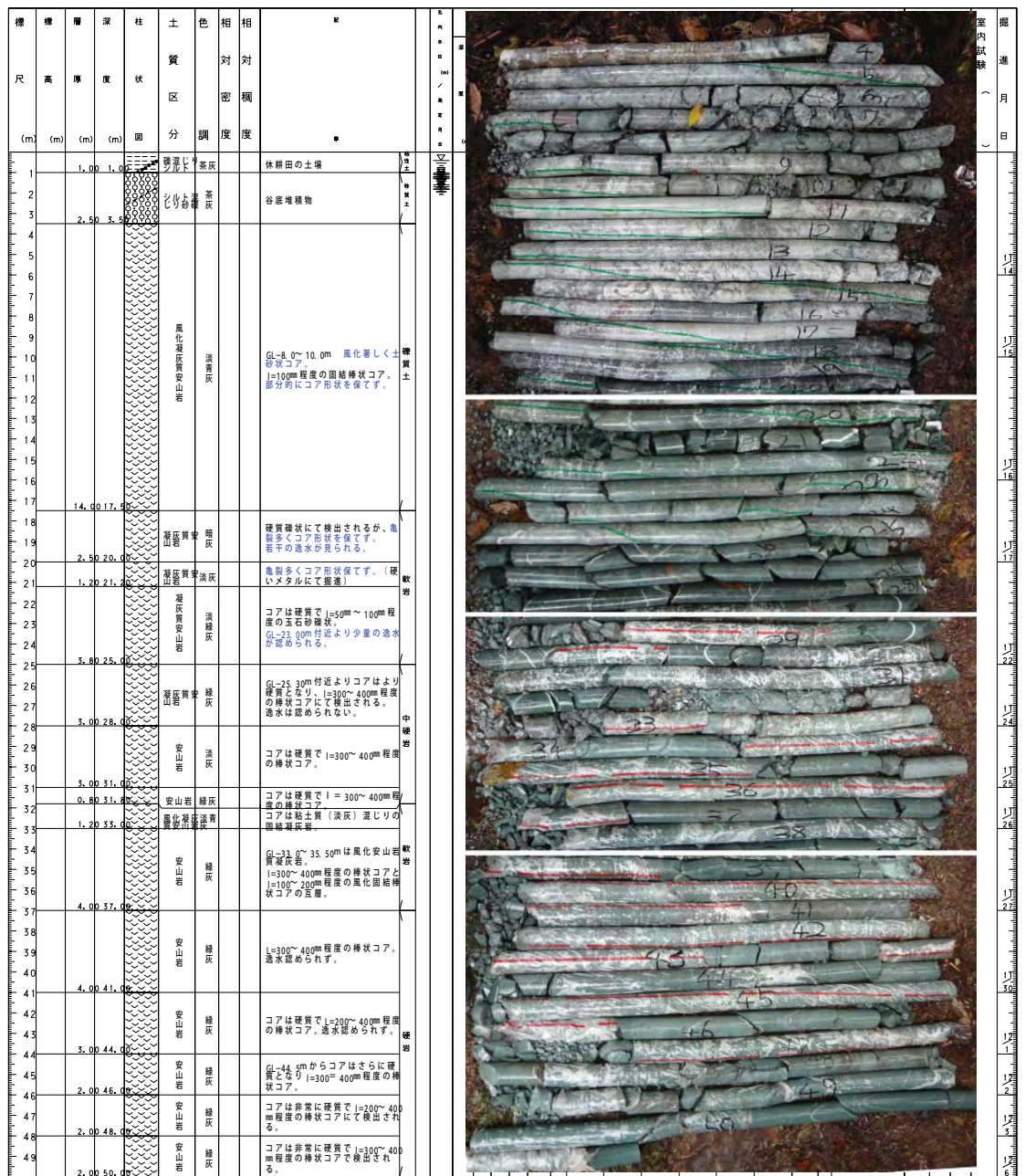


図 6.1-2 調査箇所 No.2 地点の柱状図

7. まとめ

7.1 揚水可能量の試算

試験井戸 No.1 における連続揚水試験時の状態を平衡であると仮定して求めた透水係数と、このときの水位降下 $H-h_0=1.538\text{m}$ および仮定した影響圏 $R=100\text{m}$ を与条件として、井戸径を変化させた場合の揚水量を平衡式（図 7.1-1）から試算する（表 7.1-1）。

このとき、連続揚水を実施した最大揚水量を、安全側を見て限界揚水量と置き換えた場合に 80%の安全率*を見込むこととすれば、井戸径を $\phi 100\sim 500$ の間で変化させた場合の適正揚水量は以下の通り試算される。

- $\phi 100\text{mm}$ のとき $Q= 540.0 \text{ m}^3/\text{day} \times 80\% \doteq 432.0 \text{ m}^3/\text{day}$
- $\phi 200\text{mm}$ のとき $Q= 594.2 \text{ m}^3/\text{day} \times 80\% \doteq 475.3 \text{ m}^3/\text{day}$
- $\phi 300\text{mm}$ のとき $Q= 631.2 \text{ m}^3/\text{day} \times 80\% \doteq 505.0 \text{ m}^3/\text{day}$
- $\phi 400\text{mm}$ のとき $Q= 660.5 \text{ m}^3/\text{day} \times 80\% \doteq 528.4 \text{ m}^3/\text{day}$
- $\phi 500\text{mm}$ のとき $Q= 685.1 \text{ m}^3/\text{day} \times 80\% \doteq 548.0 \text{ m}^3/\text{day}$

※工業用水道維持管理指針(社団法人日本工業用水協会)

(B) 自由水面を持つ地下水の井戸

(1) 井底が不透水層にまで達する場合（図 1.7 参照）

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10}(R/r_0)} \quad (1.6)$$

ここに Q : 揚水量 (m^3/min)、 r_0 : 井戸の半径 (m)、 h_0 : 井戸の水深 (m)、 H : 原地下水深 (m)、 k : 透水係数 (m/min)、 R : 影響半径 (m)

【解説】 井戸の周壁は水の浸透が自由であり、地下水流の水平速度成分は地下水面の勾配に比例し、垂直断面での水平速度は等速であるとする Dupuit-Forchheimer (デュプイ・ホルヒハイマー) の準一様流の仮定を用いて導いた式である。また、 $r > R$ に対しては、地下水面の低下は起こらないとしている。 R に関しては、被圧地下水の場合と同様である。

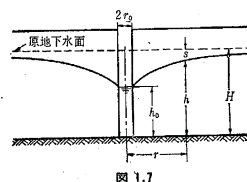


図 7.1-1 平衡式による揚水量の試算方法*

※土木学会編；水理公式集昭和 46 年度版, P368 参照

表 7.1-1 揚水量試算結果一覧

パラメータ	記号	単位	説明	決め方	値	値	値	値	値
透水係数	k	m/sec	揚水試験により、平衡式(定常)or非平衡式(非定常)等から予め求める。	定常法により連続揚水試験結果から決定	2.29E-04	2.29E-04	2.29E-04	2.29E-04	2.29E-04
		cm/sec			2.29E-02	2.29E-02	2.29E-02	2.29E-02	2.29E-02
原地下水深	H	m	不透水とした層からの地下水頭(揚水前)	連続揚水試験時の値	22.205	22.205	22.205	22.205	22.205
井戸水深	h_0	m	不透水とした層からの井戸水頭(揚水中)	連続揚水試験時の値	20.667	20.667	20.667	20.667	20.667
影響半径	R	m	井戸の揚水時に影響を受ける地下水位の範囲。 経験式or観測値or文献参照: 実際的には50~1000m 不圧水100~300m 被圧水500~700m	一般値から仮定	100	100	100	100	100
井戸半径	r_0	m	井戸の半径	計画する井戸の半径	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
揚水量	Q	m ³ /sec	井戸からの揚水量	上記条件から計算される	0.00625	0.006877	0.007306	0.007644	0.007929
		m ³ /h			22.5	24.75772	26.30155	27.51908	28.54399
		m ³ /day			540	594.1854	631.2372	660.458	685.0558
		L/min			375	412.6287	438.3592	458.6514	475.7332