

第 2 編 ボーリング調査

目 次

1. 調査概要	1
1.1 目的	1
1.2 調査内容	1
2. 調査内容	3
2.1 調査数量	3
2.2 調査方法	4
2.3 調査位置の選定	9
3. ボーリング調査結果	10
3.1 地形地質・水理概要	10
3.2 ボーリング調査結果	12
3.3 流向流速測定結果	16

1. 調査概要

1.1 目的

本調査は、地下水観測用のボーリング調査ならびに各種試験を行い、地下水流動状況等を把握したものである。

- ・ ボーリングによる地質状況の確認
- ・ 地下水モニタリングに使用する観測井戸を設置
- ・ 地下水の流向・流速の把握

1.2 調査内容

機械ボーリング	86 mm , コアボーリング	2 箇所	延べ 15.0m
観測井仕上げ	VP65 , 上部マンホール仕上げ		計 2 箇所
地下水流向流速測定	流向流速測定		計 5 回
	流速測定(ポイントダイリューション)		計 5 回

2. 調査内容

2.1 調査数量

今回の調査数量について、表 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 調査数量一覧表

項 目	土質 / Bor -	GW-1	GW-2	合計	備 考
ボーリング工 86, 鉛直下方 (m)	礫混じり土砂	0.50	8.80	9.30	
	玉石混じり土砂	1.65	1.00	2.65	
	軟岩	1.85	1.20	3.05	
	小計	4.00	11.00	15.00	
観測井仕上げ (箇所)	VP65	1	1	2	上部マンホール仕上げ
地下水流向流速測定 (箇所)	地下水流向流速測定	2	3	5	地下水位以下, 各層にて測定
	ポイントダイリュージョン法	2	3	5	

2.2 調査方法

(1) 機械ボーリング

ボーリングは、ロータリー式ボーリングマシン（図 2.2.1 参照）を使用し、鉛直下方にて行った。

削孔には、メタルビット・シングルコアチューブを使用、硬質な玉石や岩盤の出現に応じ、ダイヤモンドビット・ダブルコアチューブを使用する送水掘りを行い、コア採取率の向上に努めた。

所定深度までケーシングにて孔壁保護を行い、VP65 の観測井パイプを挿入し、ストレーナー周囲に砂利充填を行い、十分な井戸洗浄により地下水流動測定用の観測井戸として仕上げた。

機械撤去後は観測機器を設置するため上部はマンホール仕上げとし、作業範囲を原形に近い状態に復旧した。

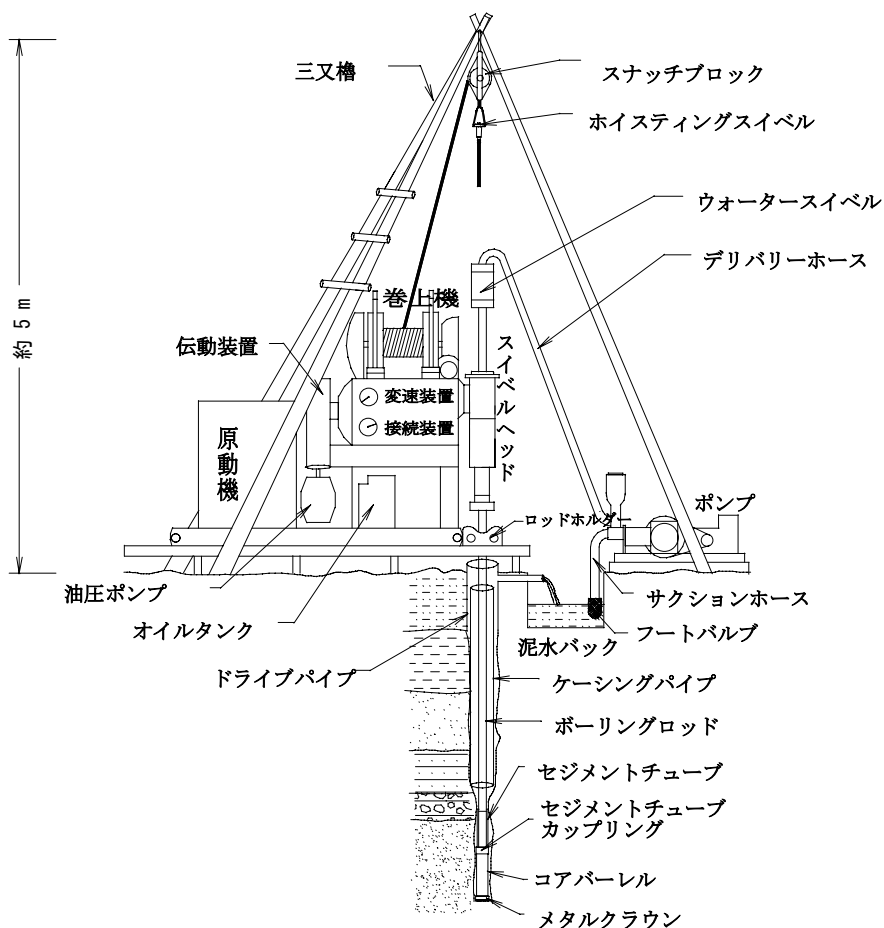


図 2.2.1 機械ボーリング概略図

出典：全国地質業協会連合会編：ボーリングポケットブック

(2) 地下水流向流速測定

今回の調査では、地下水流動を把握するために流向流速計(株)CTI サイエンスシステム製 PZ1005 型)による流向流速測定、およびポイントダイリューション法による流速測定を実施した。

これは地下水流向流速計(PZ1005 型)による孔内流速測定値は、その方法の特性上、地盤の地下水流速(ダルシー流速)に比べ 10~100 倍程度速くなる傾向があることから、より精度の高いポイントダイリューション法を用いる流速測定を併用したものである。

① 流向流速測定(PZ1005 型)

本測定器は TV カメラによる 25 倍に拡大された画像上にて、観測孔内のトレーサー物質(微粒子)の移動を直接観察することにより流向を測定し、またトレーサー物質の移動距離とその移動に要した時間から観測孔内における孔内流速を測定するものである。その主な仕様、装置構成および作業フローを図 2.2.2、2.2.3 に示す。

測定はまず、予定の測定深度に計測装置を装置上部のエアーパーカーを用いて固定する。エアーパーカーは孔内の垂直方向の流れを抑制する役目も併せ持つ。計測装置の挿入及び設置固定に伴う孔内地下水の乱れが収まり、ほぼ一定方向に収束するまで静置しておく。地上においてモニター画面の画像により、孔内地下水流の安定性を確認した後、個々のトレーサー物質(微粒子)の移動を計測し、流向と流速を記録した。

測定結果は各地点毎に整理し、その後平面図等に各地点の結果を図示してとりまとめた。

< PZ1005 型流向流速計の主な仕様 >

測定方式 : トレーサーの移動観察方式

流速測定範囲 : 0.001 ~ 0.1cm/sec

流速測定精度 : 繰返し回数により異なる

流向測定範囲 : 0 ~ 360°

流向測定精度 : ±15° 程度以内

水温測定範囲 : -5 ~ +50

トレーサー物質 : 水中浮遊性物質

検出部形状 : 49mm L 500mm(パッカー部含 850mm)

検出部重量 : 2.0kg(パッカー部含 3.5kg)

検出部耐水圧 : 1MPa(約 100m)

表示部形状 : 470 × 400 × 470mm 角形アルミケース

表示部重量 : 10.5kg(内蔵電源含む)

電源 : 3 電源方式(内蔵蓄電池・D C 12V 端子・A C 100V 端子)

消費電力 : 30W 以内

使用温度 : 0 ~ 50

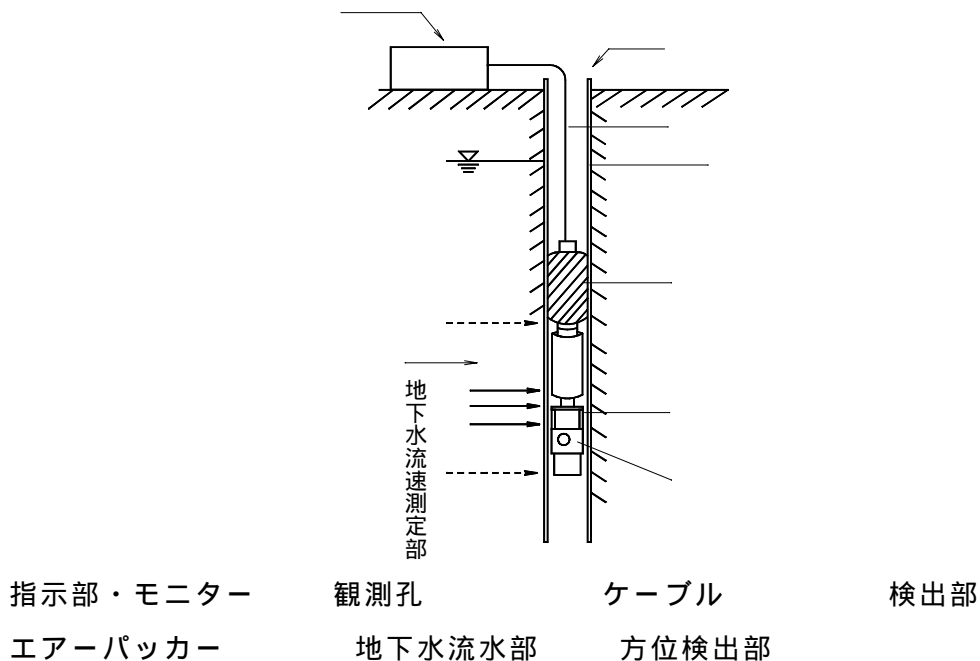


図 2.2.2 PZ1005 型流向流速計装置概要

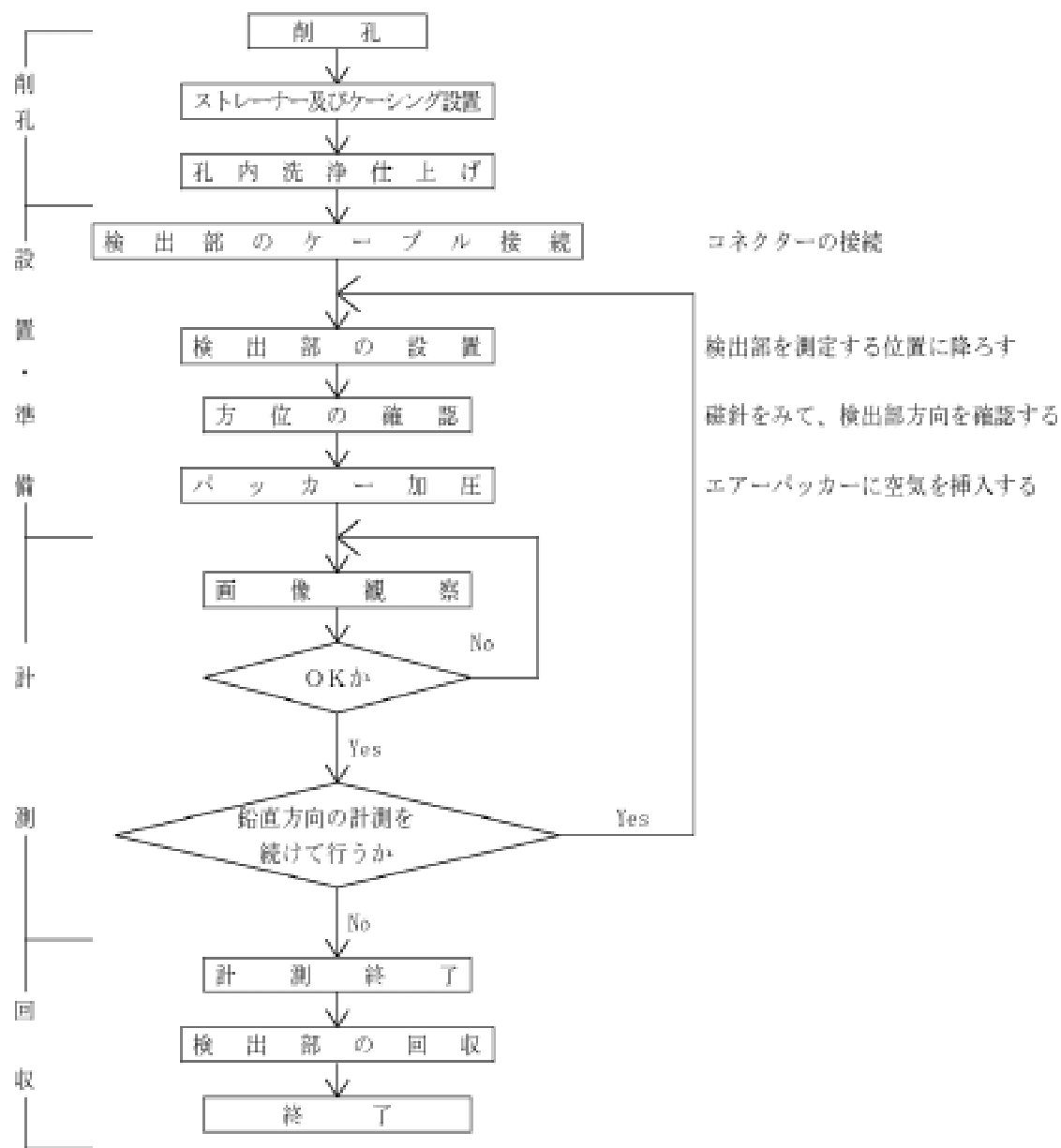


図 2.2.3 PZ1005 型流向流速計 計測作業フローチャート

地下水流速測定(ポイントダイリューション法)

本方法は観測井に注入したトレーサ - 物質濃度の減少速度より地下水流速を測定する方法である。トレーサ物質には安全性等を考慮して NaCl を使用した。

小型ポンプ等を使用して NaCl 水溶液を観測井内の測定深度付近に送水し混合した後、電気伝導度計検出部を測定深度に設置した。この電気伝導度計により一定時間毎に電気伝導度を測定した。なお NaCl 濃度と電気伝導度は比例関係にある事から、電気伝導度は NaCl 濃度としてみなされる。

当該地点の地下水流速は次式により算出する。

$$V = \frac{d \ln(C_0 / C)}{8 t}$$

- V : 地下水流速(断面平均流速)
- d : 観測孔径
- C_0 : トレーサ初期濃度
- C : 経過時間 t 後のトレーサ濃度
- t : 測定開始後の経過時間

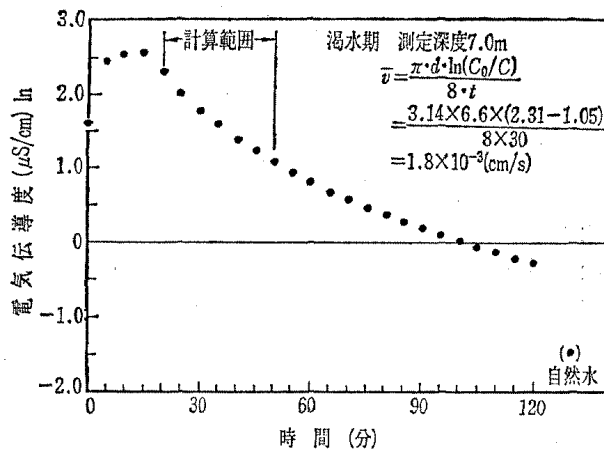


図 2.2.4 ポイントダイリューション法による流速測定事例

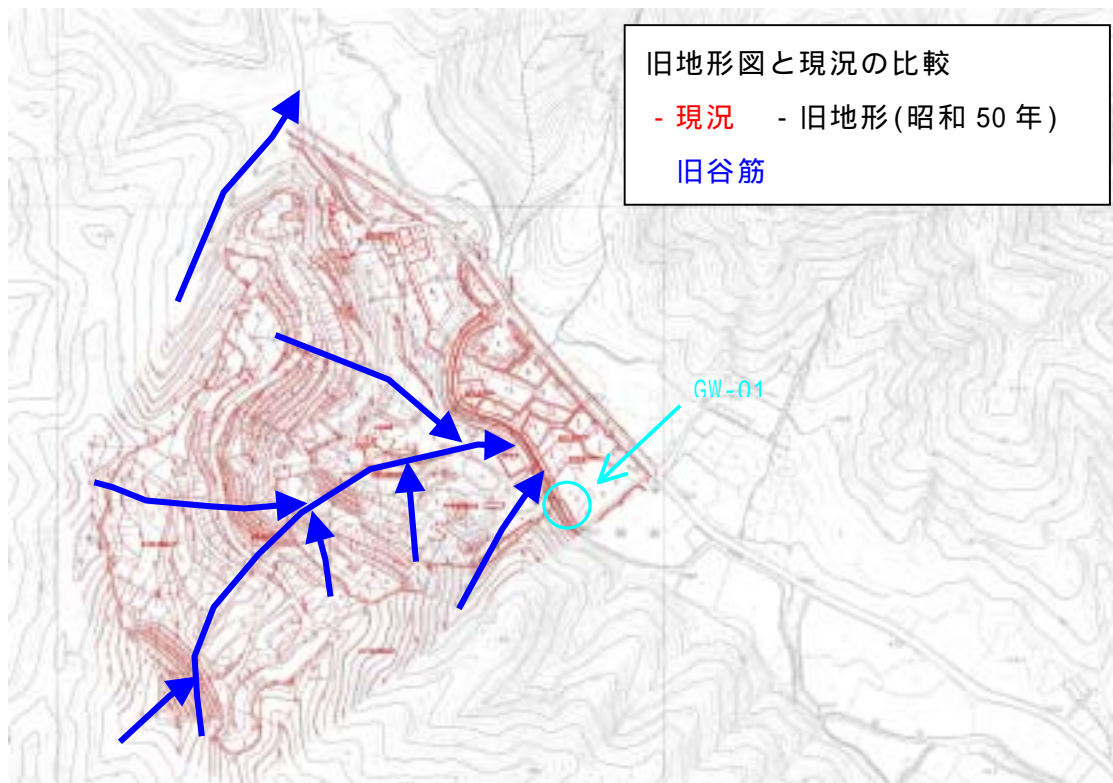
: 「地下水ハンドブック」(1979) P621

2.3 調査位置の選定

(1) GW-01

設置箇所

旧地形図から読み取ることができる「旧谷筋」を踏まえ、調整池付近の市用地(市道路肩)で実施した。



(2) GW-02

設置箇所

汚染の拡散速度から汚染物質が畜産センターまで到達している可能性は低く、現時点においては、不法投棄現場により近い場所にて、汚染の可能性を確認することが優先される。ゆりかご幼稚園西側の原川流域の中央にて実施した。

3. ボーリング調査結果

3.1 地形地質・水理概要

(1) 地形概要

本調査地は、岐阜市北部に展開する山間地域である。水系は、北西 - 南東方向へ流下する「原川」の上流域にあたり、後に鳥羽川、長良川へと合流する河川である。

岐阜市北部から山県市高富一帯にかけては、美濃山地から濃尾平野面にのびる山々が海岸における半島や島のごとくみられる地域である。如来ヶ岳（標高 276.1 m）や調査地一帯における最高峰の百々ヶ峰（標高 417.9m）をはじめとする標高 200～300m内外の山々が存在し、北西 - 南東方向を示す谷間と、これに直交する方向の谷間には谷底平野が形成されている。

本地域の地形の特徴は、北西 - 南東方向の地溝「根尾谷断層」系に支配されていることである。四日市 - 高富 - 中屋の北西 - 南東方向の谷は、明治 29 年の濃尾地震の際に変位をおこした根尾谷断層の一部（梅原断層）にあたる。

(2) 地質概要

図 3.1.1 に、岐阜市北部一帯の地質図を示す。

調査地一帯は、美濃帯中古生層の内、上麻生ユニットと呼ばれる砂岩・チャートが卓越するコンプレックス（＝複合体）で、如来ヶ岳・百々ヶ峰をはじめとする卓越した山々は砂岩・チャートで構成されている。

調査地は、砂岩を中心に砂岩・泥岩互層の基盤で構成されており、それを覆う形で新生代第四紀の未固結層である谷底堆積物が分布する。これは主に礫・砂から成り、礫形は亜角～亜円礫を主体とし、風化礫を含む。山裾の地域では、崖錐地からの供給物である粘土、角礫、巨礫を多量に含む場合が多い。

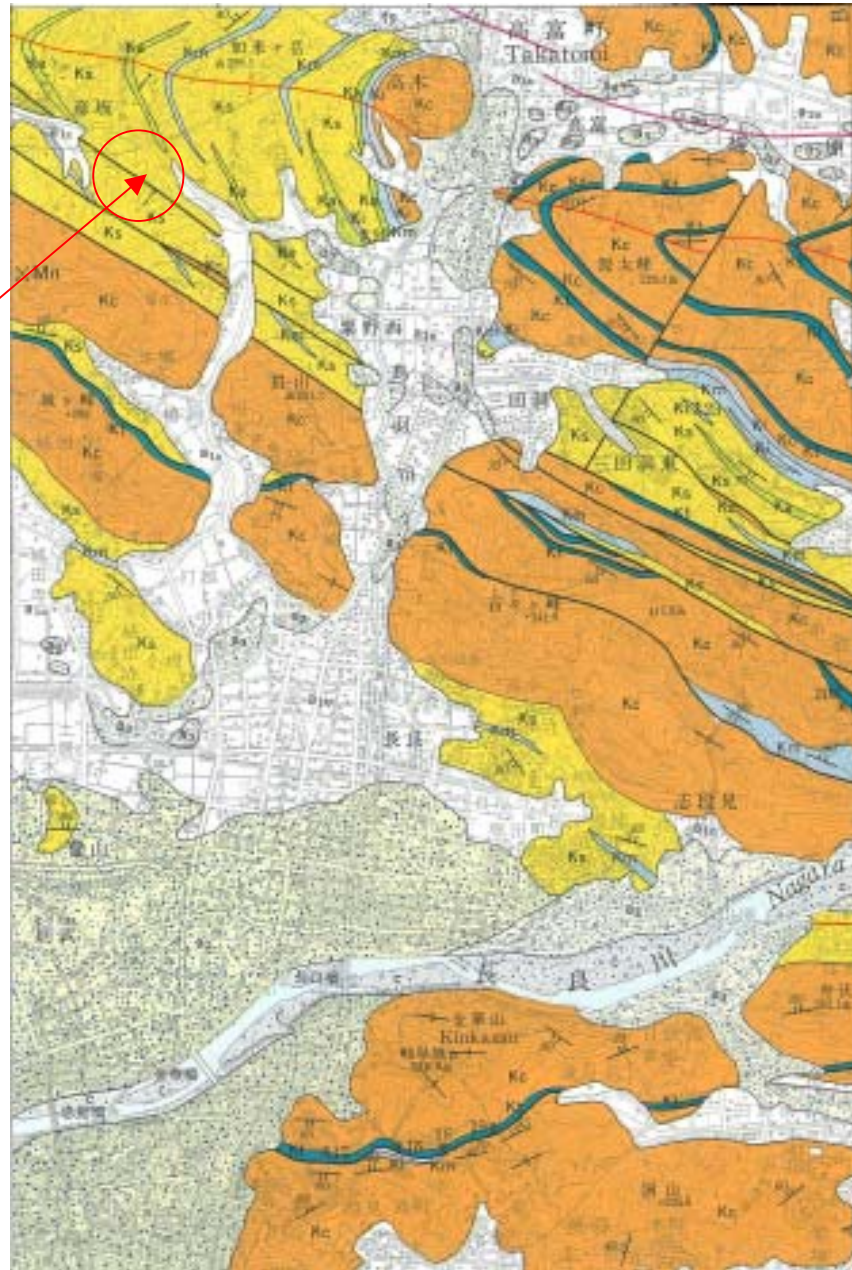
(3) 水理概要

調査地一帯の水理形態には、山間谷部を流れる沢水（表流水）と谷底平野部に浸透した伏流水（浅層地下水）がある。

浅層地下水は、降水や河川等の地表水によって直接涵養された循環性の地下水であり、その流動形態は地質構成と透水性及び涵養源の規模に支配されている。一般に、岩盤が深部になる低標高部に向かって流下していくものである。

また、本地域には根尾谷断層系の断層分布が推定され、亀裂水（深層裂ヶ水）が存在するが、岩盤内の裂ヶ水は脈状の地下水で、その賦存形態は亀裂状態によって大きく支配されているため、存在については定かではない。

調査地



凡例

高砂川堆積物 Chokai River deposits	礫及び砂 Gravel and sand	地層の走向傾斜 (上下線図) Strike and dip of strata (top view)
丹波平野堆積物 Tamba Senoo plain deposits	礫・砂及び泥 Gravel, sand and silt	地層の走向傾斜 (上下線図) Strike and dip of strata (top view)
河川沖積堆積物 River deposits	砂・砂及び泥 Sand and silt	直立層 (上下線図) Vertical strata (top view)
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物 河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	泥及び砂 Mud and sand	断層 Fault
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫・砂及び泥 Gravel, sand and silt	断層帯 Faulted fault
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	泥及び砂 Mud and silt	地震断層 (点線は伏し、破線は露出) Earthquake fault (dotted where concealed, and broken where exposed)
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	背斜帯 Antiform
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	向斜帯 Synform
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	採掘止鉱山 Closed mine
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	Mh 礫 Manganese
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	採掘中鉱山 Working quarry
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	採掘止鉱山 Closed quarry
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	温泉 Hot spring
河川沖積堆積物 河川沖積堆積物	礫及び砂 Gravel and sand	北白馬尾谷の地点番号 (表2, 3参照) Fossil localities with locality numbers (See Table 2, 3)

図3.1.1 岐阜市北部一帯の地質図

出典：地質調査所5万分の1地質図「岐阜」(1997)

3.2 ボーリング調査結果

ボーリング調査の結果概要を表 3.2.1 に掲示する。

表 3.2.1 ボーリング調査結果概要

調査地点	調査位置	地質	地下水
GW-1	不法投棄現場の直近	基盤(砂岩)の上に谷底堆積物 (玉石混じり砂礫, 確認層厚 0.85m)	GL-1.47 ~ -1.65m で確認
GW-2	不法投棄現場の下流で 原川によって形成され た谷底地形の中央	基盤(砂岩・頁岩)の上に谷底堆積物 (粘土質砂礫 ~ 粘土混じり砂礫, 確認 層厚 9.3m)	GL-1.46 ~ -2.10m で確認

(1) 調査位置・深度について

本調査においては、廃棄物中間処理場からみて原川の下流域で 2 箇所のボーリング調査を実施した。

掘削深度は GW-1 が GL-4.00m、GW-2 が GL-11.00m である。

次頁図 3.2.1 にボーリング調査の位置関係を示す。

(2) 地質状況

今回の調査にて、上位の盛土以深からは、砂礫主体で構成される谷底堆積物の分布、それ以深より美濃帯中古生層の岩盤(砂岩および頁岩)が確認された。本岩盤の出現深度は GW-1 で GL-2.15m、GW-2 で GL-9.80m であり、本ボーリング調査では岩盤について、上位 1~2m 程度を確認している。

ボーリング調査結果の詳細について、図 3.2.2~3.2.3 に示す。

(3) 観測井について

ボーリング調査孔を VP65 仕様の観測井とした。表 3.2.2 に仕様について一覧する。

表 3.2.2 観測井構造一覧

地点名	マンホール 天蓋高 TP.m	孔口 標高 TP.m	ストレーナ区間長		ストレーナ 長 m	砂留長 m	対象帯水層
			GL.-m	TP.m			
GW-1	51.68	51.39	1.50 ~ 4.00	49.89 ~ 47.39	2.50	0.00	玉石混じり砂礫
GW-2	46.52	46.52	1.80 ~ 11.00	44.72 ~ 35.52	9.20	0.00	粘土質砂礫 ~ 粘土混じり砂礫

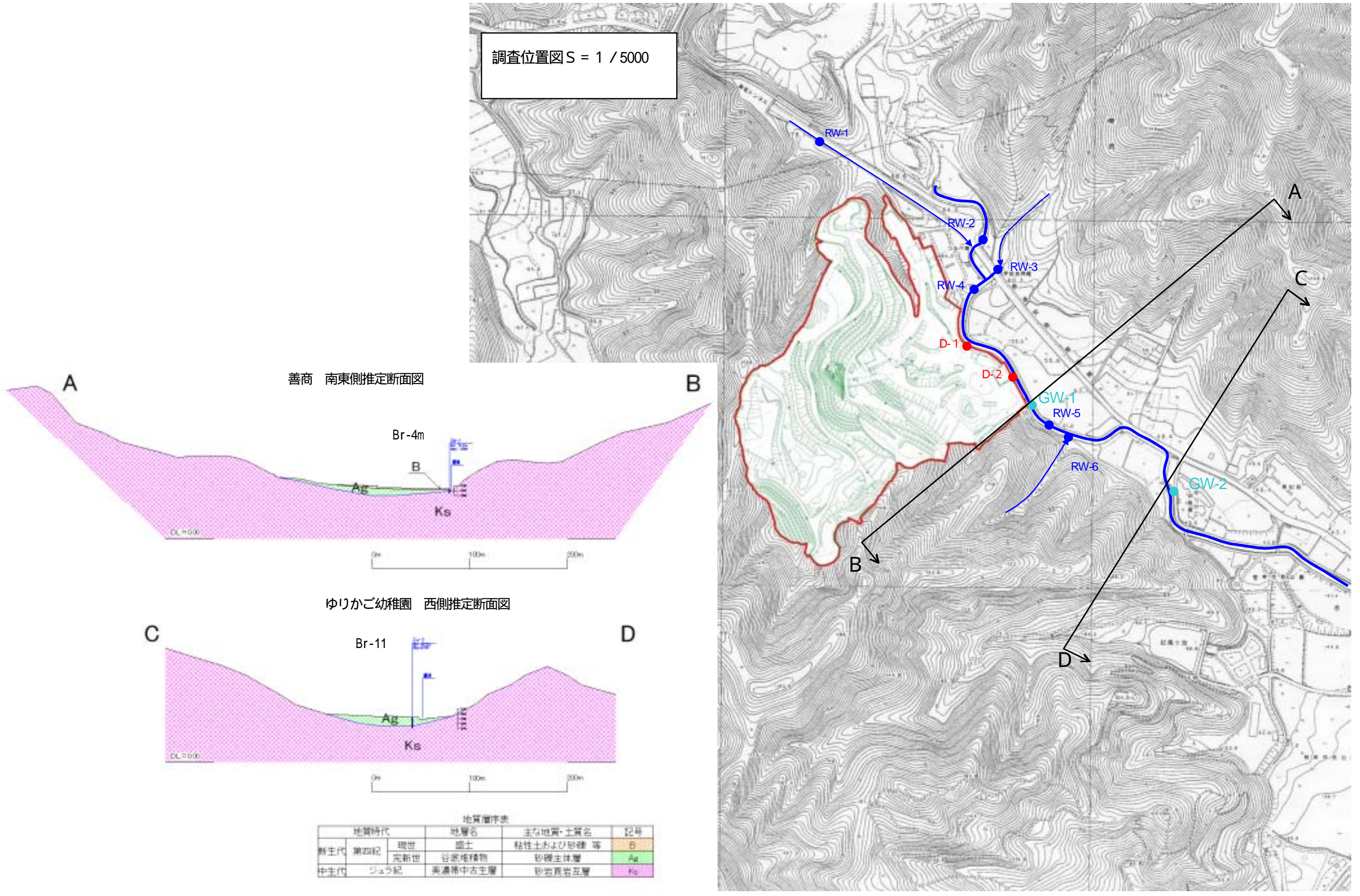


図3.2.1 調査地点位置図

GW-2

地下水位 GL-1.81m (水位標高 44.71m, 9/26 観測井仕上げ時)

産業廃棄物不法投棄現場周辺ボーリング・モニタリング調査業務委託
GW-2 調査深度 0.00m ~ 11.00m



深度(m)	土質・地質	色調	記事
0.00 ~ 0.50	粘土混じり砂礫	灰	道路盛土
0.50 ~ 1.30	粘土質砂礫	褐	2 ~ 30 mm程の亜角 ~ 円礫主体
1.30 ~ 2.30	玉石混じり砂礫	暗褐	2 ~ 80 mm程の亜角 ~ 円礫主体
2.30 ~ 9.00	粘土質砂礫	褐 ~ 褐灰	2 ~ 30 mm程の亜角 ~ 円礫主体 マトリックスは細砂 ~ 粘土 4.50 ~ 5.20m, 含水極大 5.80 ~ 5.90m, 有機質 7.25 ~ 9.00m, 粘土分多い
9.00 ~ 9.80	粘土混じり砂礫	褐	2 ~ 40 mm程の亜角・亜円礫主体
9.80 ~ 11.00	風化岩・砂岩・頁岩	褐灰 ~ 黒灰	岩芯まで風化

ボーリング柱状図

調査名 産業廃棄物不法投棄現場周辺ボーリング・モニタリング調査業務委託

ボーリングNo. _____

シート数 _____

ボーリング名 GW-2 調査位置 岐阜県岐阜市穂河地内 北緯 35° 29' 23.0"

発注機関 岐阜市 調査期間 平成16年9月3日~平成16年3月31日 東経 136° 45' 38.0"

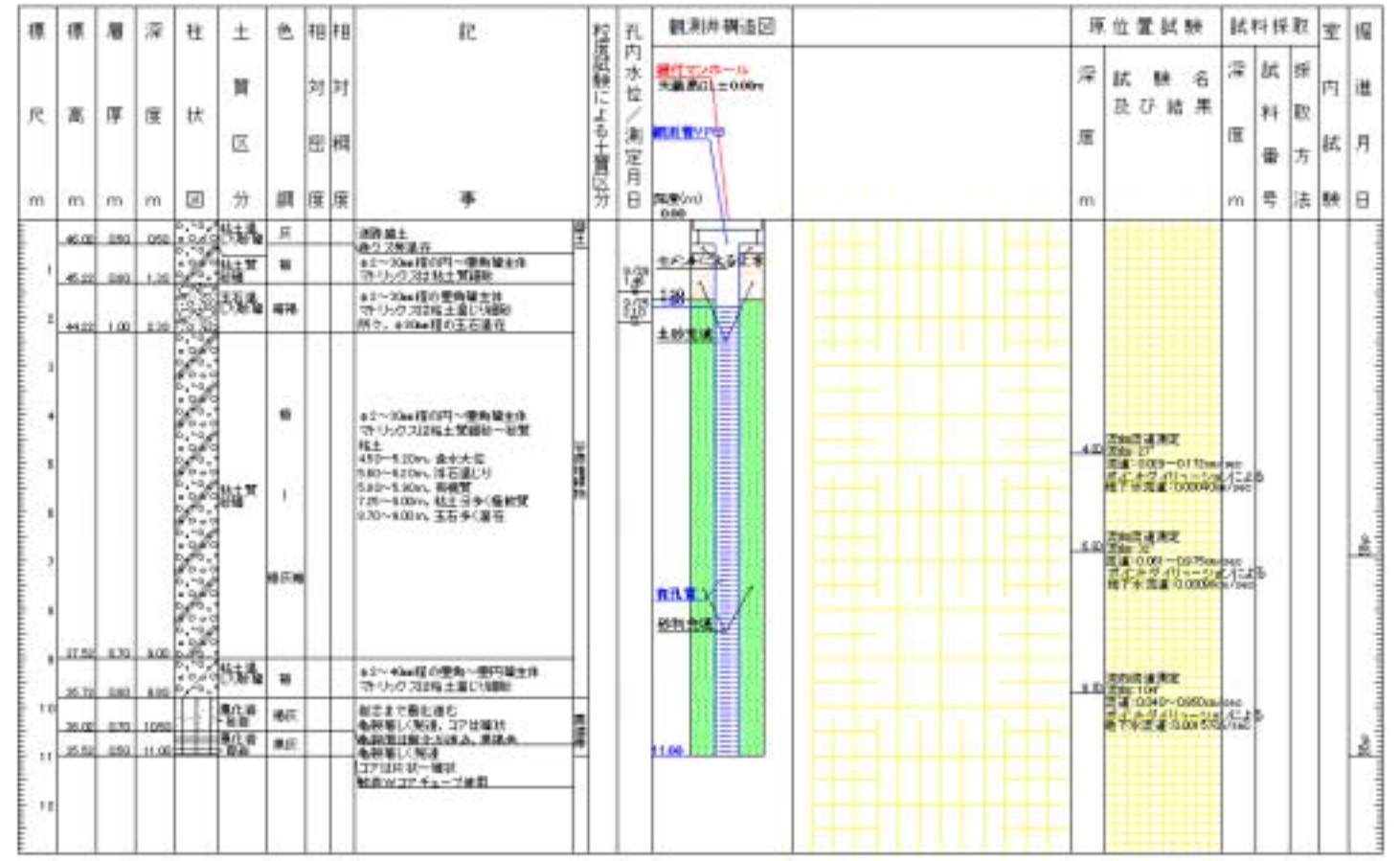
調査業者名 大日コンサルタント株式会社 主任技師 辻 卓宏 総代理店 藤沢電夫 日誌 藤沢電夫

ボーリング責任者 本多健一

孔口標高 46.52m 角 100° 方 西 地盤勾配 水平 0°

総掘進長 11.00m 使用機 試錐機 オイルフィールド 50m 掘 ハンマー 落下用具 コーンブリー

エンジン ディーゼル7.5HPs ポンプ 単筋連続ピストン式302/4in



観測井構造仕様

地点名	マンホール天蓋高 TP.m	孔口標高 TP.m	ストレーナ区間長		ストレーナ長 m	砂留長 m	対象帯水層		
			GL.-m	TP.m					
GW-2	46.52	46.52	1.80 ~	11.00	44.72 ~	35.52	9.20	0.00	粘土質砂礫 ~ 粘土混じり砂礫

図3.2.3 ボーリング調査結果詳細

3.3 流向流速測定結果

流向流速測定の結果概要を表 3.3.1 に掲示する。

表 3.3.1 流向流速測定結果一覧

		地点名	G W -1		G W -2		
孔口標高		TP(m)	51.39		46.52		
地下水位		GL(m)	-1.47		-1.46		
		TP(m)	49.92		45.06		
測定深度		GL(m)	-1.75	-2.00	-4.80	-6.80	-9.70
		TP(m)	49.64	49.39	41.72	39.72	36.82
測定対象地層			玉石混じり砂礫		粘土質砂礫		粘土混り砂礫
流向流速計による	流向 (°)	範囲	349 ~ 2	5 ~ 53	8 ~ 65	14 ~ 61	90 ~ 135
		平均値	353	23	27	32	104
	孔内流速 (cm/sec)	範囲	0.116 ~ 0.767	0.097 ~ 0.943	0.029 ~ 0.172	0.061 ~ 0.975	0.040 ~ 0.960
		平均値	0.267	0.580	0.080	0.265	0.370
ポイントダイリューションによる地下水流速 (cm/sec)			0.0072	0.0053	0.0004	0.0010	0.0016

(1) 測定対象地層と測定深度について

観測井のストレーナー区間で、地下水流が存在すると考えられる谷底堆積物（砂礫主体層）を対象とした。

G W -1 では、帯水層である玉石混じり砂礫層の中間付近の GL-1.75m と、岩盤直上にあたる GL-2.00m の 2 深度にて実施した。

G W -2 では、帯水層である粘土質砂礫 ~ 粘土混じり砂礫層の中間付近で、ボーリング時に含水大位であった GL-4.80m と、粘土質砂礫層内において比較的粘土分が少なかった GL-6.80m、岩盤直上にあたる GL-9.70m の 3 深度にて実施した。

(2) 流向測定結果について

次頁図 3.3.1 に孔内流向流速計による測定結果について示し、その結果を表 3.3.2 として掲示する。

PZ1005 型孔内流向流速計により測定した孔内流向は、観測孔内のトレーサー物質（微粒子）の移動を TV カメラで拡大された画像上にて、直接観察・測定したものである。孔内流向は、地盤中の地下水流向を反映することから、この値を地下水流向とする。

表 3.3.2 PZ1005 型孔内流速計による流向流速測定結果一覧

地点名	測定深度		地層	流向流速計による測定			
	GL (m)	TP (m)		流向(°)		孔内流速(cm/sec)	
				範囲	平均値	範囲	平均値
GW-1	-1.75	49.64	玉石混じり砂礫	349 ~ 2	353	0.116 ~ 0.767	2.67E-01
	-2.00	49.39		5 ~ 53	23	0.097 ~ 0.943	5.80E-01
GW-2	-4.80	41.72	粘土質砂礫	8 ~ 65	27	0.029 ~ 0.172	8.01E-02
	-6.80	39.72		14 ~ 61	32	0.061 ~ 0.975	2.65E-01
	-9.70	36.82	粘土混じり砂礫	90 ~ 135	104	0.040 ~ 0.960	3.70E-01

1.00E-02 は 1.00×10^{-2} を意味する

GW-1 においては 349 ~ 53° の範囲でほぼ北向の流向を確認した。ボーリング位置と旧地形からすれば、その流向は谷底平野の中央部に向かっている。

GW-2 においては上部の粘土質砂礫層内は 8 ~ 65° の範囲でほぼ北向の流向を確認した。岩盤の直上である粘土混じり砂礫層内では 90 ~ 135° の範囲でほぼ東向の流向は、谷底平野の低標高部に向かっている。

また、孔内流速値（流向流速計による測定値）については、地盤中の地下水流速の 10 ~ 100 倍となる測定機器の特性があることから、後記するポイントダイリュション法による結果と対比して示すものとする。

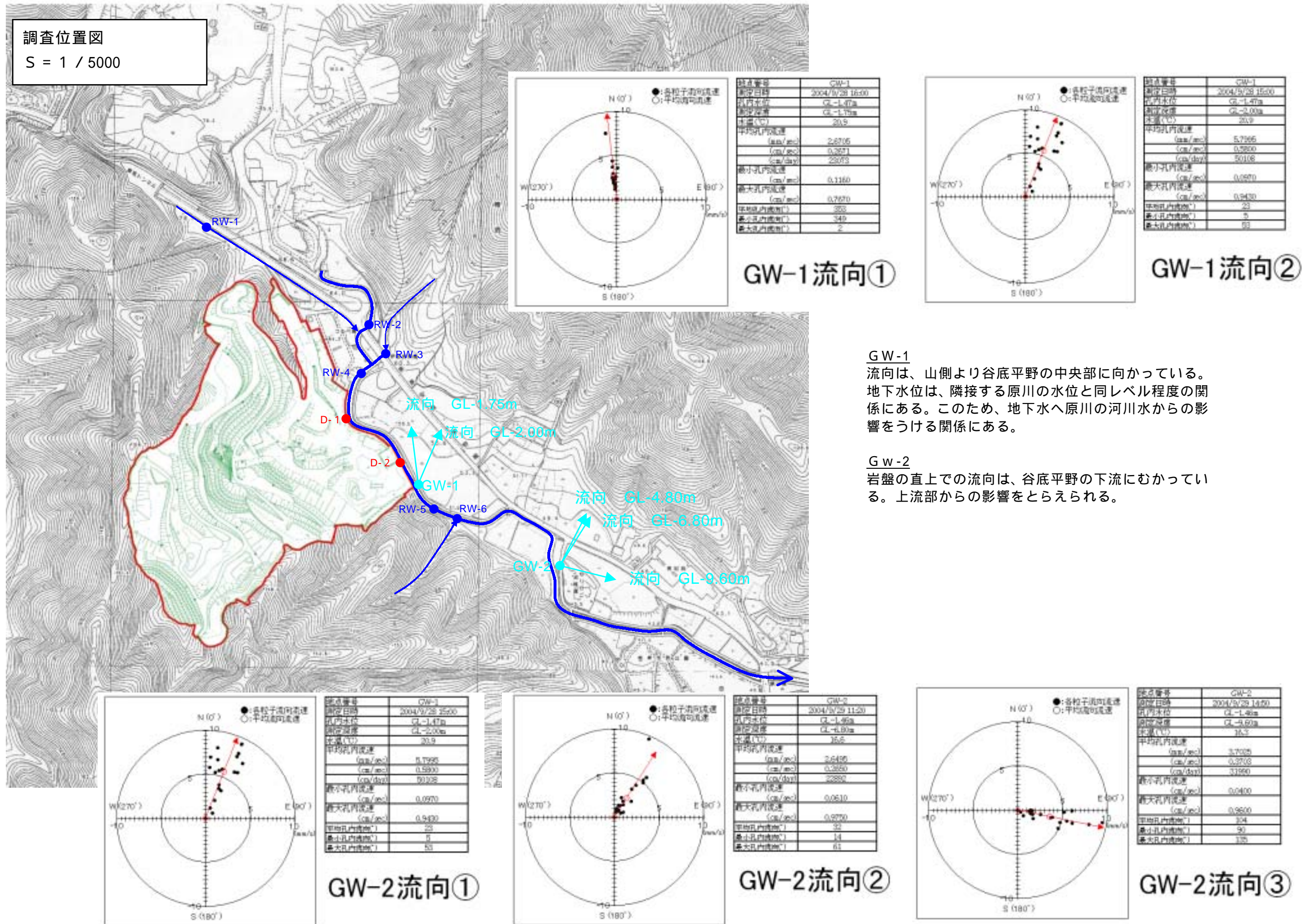


図 3.3. 1PZ1005 流向流速計による測定結果図

(3) 流速測定結果について

PZ1005 型孔内流向流速計で求められる孔内流速は、機械の特性上、ダルシーの見掛けの流速（ダルシー流速）の 10～100 倍程度（場合によっては 1000 倍程度にもなる）の値を示すとされ、土質によるばらつきが大きい。このため、今回はポイントダイリューション法を併用し、地下水流速（ダルシー流速）をより精度よく把握した。

ポイントダイリューション法は、孔内に電気伝導度計検出部を設置し、その深度における NaCl 濃度の変化を測定することにより、地盤の地下水流速（ダルシー流速）を求めるものである。

次頁図 3.3.2～3.3.6 に各測点における電気伝導度と経過時間の $\ln(C) - t$ 曲線を示し、その結果を表 3.3.3 として示す。

表 3.3.3 ポイントダイリューション法による流速測定結果

地点名	測定深度		地層	流向流速計による測定		ポイントダイリューション法による測定	
	GL (m)	TP (m)		孔内流速 (cm/sec)		地盤の地下水流速	
				範囲	平均値	(cm/sec)	(m/day)
GW-1	-1.75	49.64	玉石混じり砂礫	0.116～0.767	2.67E-01	7.22E-03	6.24
	-2.00	49.39		0.097～0.943	5.80E-01	5.25E-03	4.54
GW-2	-4.80	41.72	粘土質砂礫	0.029～0.172	8.01E-02	4.00E-04	0.35
	-6.80	39.72		0.061～0.975	2.65E-01	9.80E-04	0.85
	-9.70	36.82	粘土混じり砂礫	0.040～0.960	3.70E-01	1.57E-03	1.35

※1.00E-02 は 1.00×10^{-2} を意味する。

ポイントダイリューション法による流速は、玉石混じり砂礫部で $5 \sim 7 \times 10^{-3}$ cm/s、粘土混じり～粘土質砂礫部で $1 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-4}$ cm/s 程度を記録している。

一方、PZ1005 型孔内流向流速計の測定値はその 30～250 倍程度となっており、一般にいわれる両測定方法での $10^{-1} \sim 10^{-2}$ オーダー（10～100 倍）の差に概ね合致している。

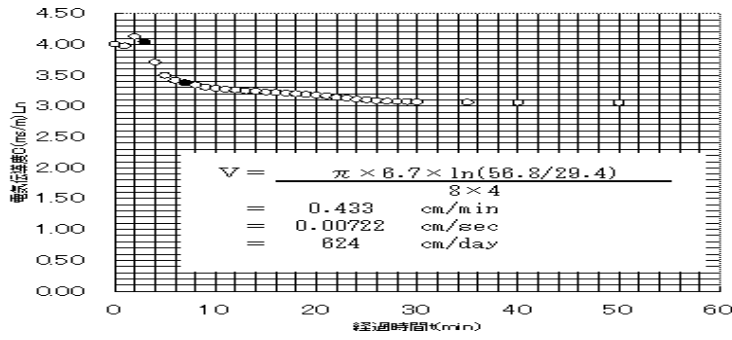


図 3.3.2 GW-1 の $\ln(C) - t$ 曲線

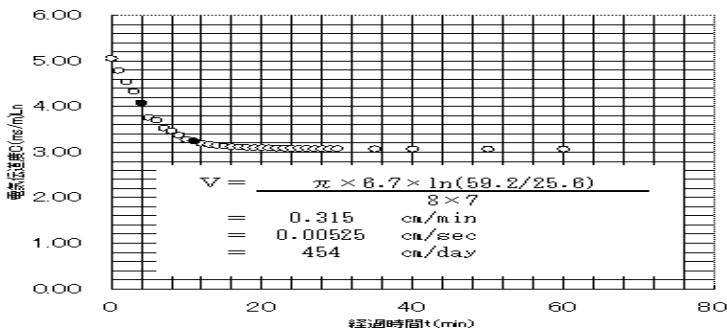


図 3.3.3 GW-1 の $\ln(C) - t$ 曲線

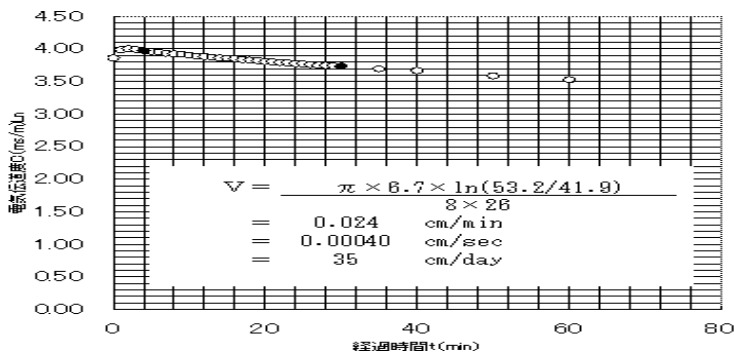


図 3.3.4 GW-2 の $\ln(C) - t$ 曲線

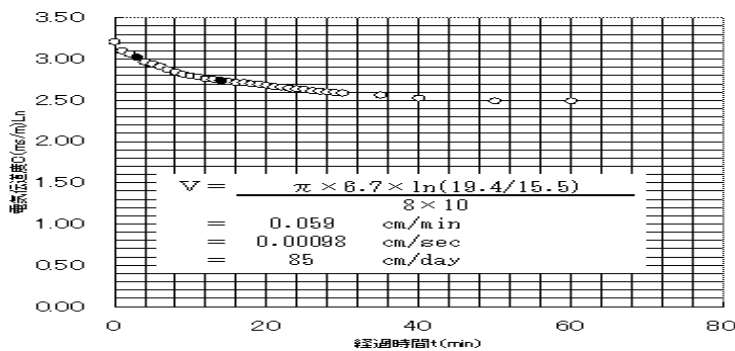


図 3.3.5 GW-2 の $\ln(C) - t$ 曲線

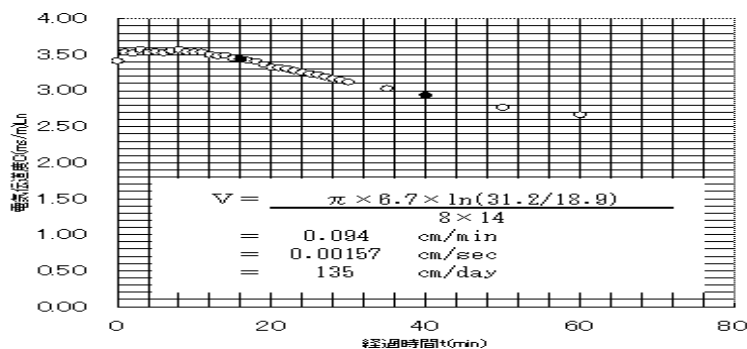


図 3.3.6 GW-2 の $\ln(C) - t$ 曲線

ここで、PZ1005 型孔内流向流速計やポイントダイリュ - ション法で求めた地下水流速は、ダルシ - の見掛けの流速である。なお、ダルシ - の見掛けの流速（浸透流速）（ v ）と実流速（真の流速）（ v' ）の間には、次式の関係が成り立つ。

$$v' = v /$$

ここで、 e : 土の有効間隙率（表 3.3.4 参照）

表 3.3.4 土の有効間隙率

全国地質図					
地層	空隙率 (A%)	有効空隙率 (Ae%)	地層	空隙率 (A%)	有効空隙率 (Ae%)
沖積礫層	35	15	沖積砂礫層	30	15~20
細砂	35	15	砂層	35~40	20
砂丘砂層	30~35	20	ローム層	50~70	20
泥粘土質層	45~50	15~20	泥層粘土層	50~70	5~10

岩盤（多数の実測値を整理した）					
岩質	風化程度	空隙率 (A%)	岩質	風化程度	空隙率 (A%)
花崗岩	新鮮 かなり風化の 進んだもの	0.3~5 10~25	安山岩		1~7
はん れい岩	新鮮 かなり風化の 進んだもの	0.2~1 3~18	玄武岩	割れ目がないもの 少し割れ目 のあるもの	0.1~5 5~7
石灰岩	新鮮 多孔質なもの	0.5~1 10~20	タフ (火成石)	管・通 多孔質なもの	20~25 25~50
頁岩	固結度の高いもの 固結度の低いもの	0.4~3 3~10	砂岩	固結度の高いもの 固結度の低いもの	0.6~7 20~40

ダルシ - の見掛けの流速は断面全体を地下水が一様に流れると見なした時の見掛けの流速（断面平均流速）であり、実流速とは土中の土粒子間隙を水が流れる時の速度である。

一般に、地下水の実流速値は、地形や土質等に大きく左右されることから、その範囲は 0.1~1,000m/day と数オーダーにわたり、また、旧河道や巨礫層・水ミチでは局所的に速い値を示す場合もある。これら局所的な数値を除き、一般的な水文地質条件においては、多くは「概ね 1~10m/day」程度とされている。