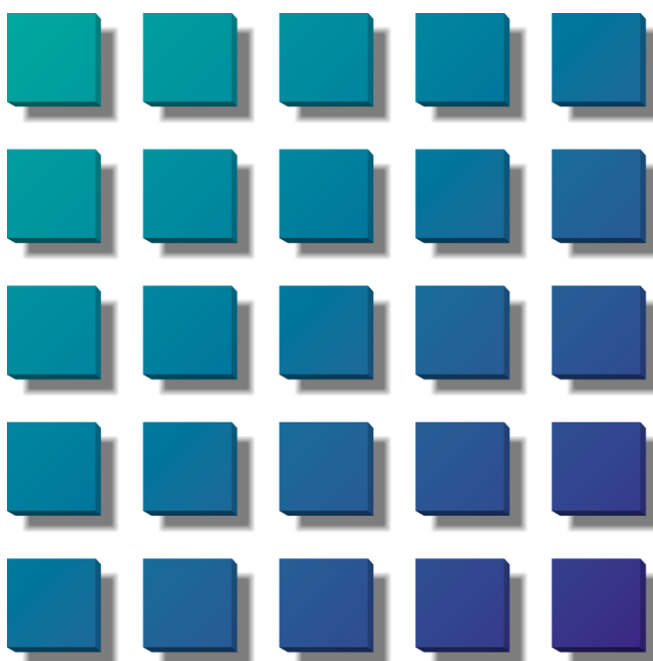


# 資料 3

単井戸注入試験(Case1)工事

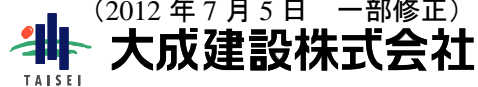
---

## 試験結果概要報告書



2012年6月21日

(2012年7月5日 一部修正)



---

関西支店  
環境本部 土壌・環境事業部

## 目 次

1. 目的 .....	1
2. パイロット試験エリア .....	1
3. 実施内容 .....	2
3.1. 井戸 .....	2
3.2. 注入方法 .....	3
3.3. 測定内容 .....	4
4. 試験結果のまとめ .....	5
4.1. 地盤に与える影響 .....	5
4.2. 注入が地下水位の挙動に与える影響の把握 .....	6
5. 考察 .....	7
5.1. 検討モデル .....	7
5.2. 注入時における地下水位 .....	8
6. 今後の展開 .....	9

## 1. 目的

- ① 地盤性状に隆起、割裂等の影響を与えることなく注入可能なポンプ吐出圧の把握
- ② 注入が地下水位の挙動に与える影響の把握

## 2. パイロット試験エリア

パイロット試験エリア位置、井戸の配置を図 2-1 に示す。

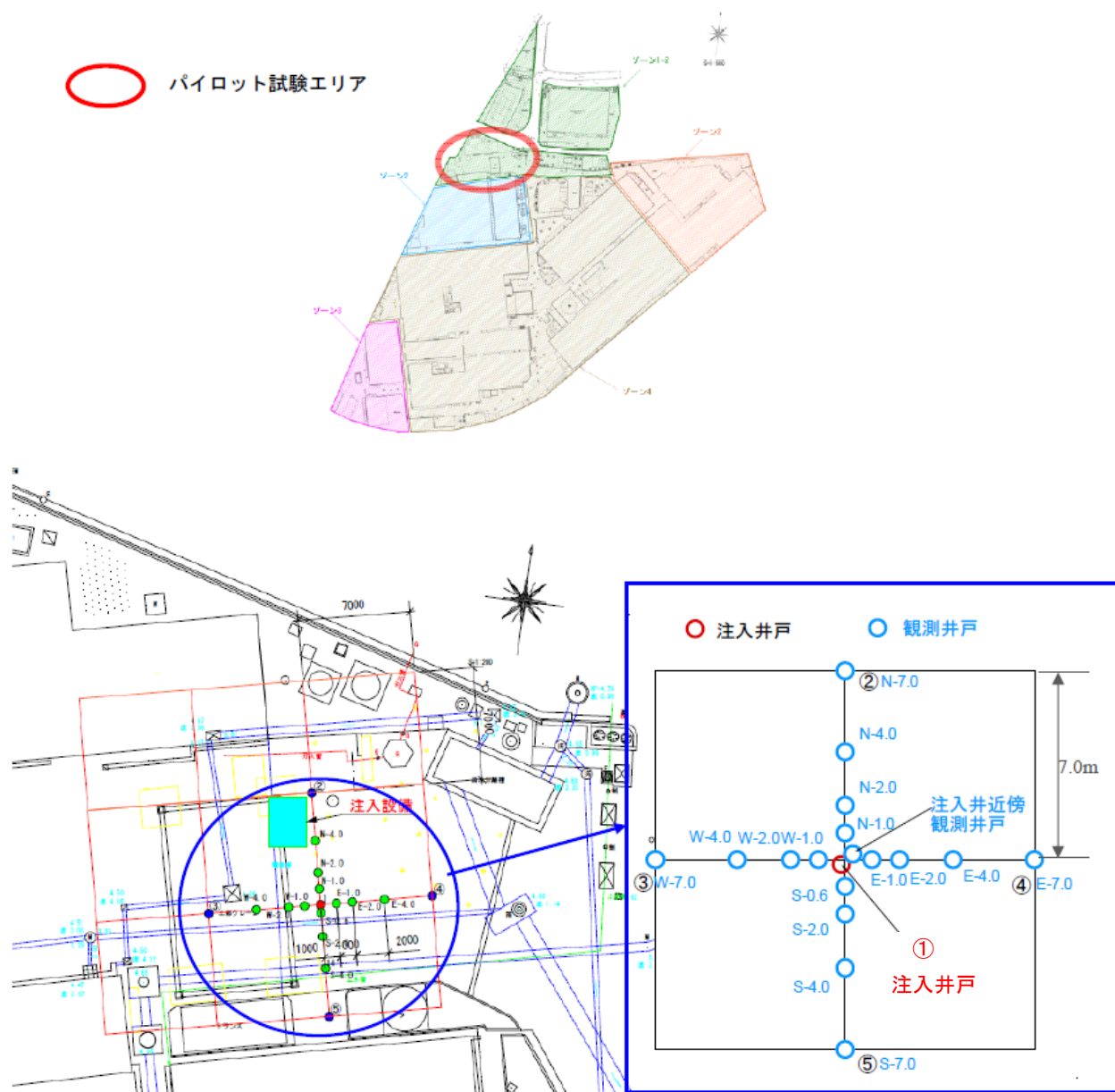


図 2-1 パイロット試験エリア

### 3. 実施内容

本試験は、段階的に吐出圧を増加させて注入井戸より工業用水を注入し、ポンプ吐出圧（圧力計）と注入量（流量計）を測定するとともに、観測井戸における地下水位や孔内圧を計測した。

#### 3.1. 井戸

井戸は、注入井戸 1 本、観測井戸 17 本設置した。

注入井戸:VP40 L=11m 1本

観測井戸:VP50 L=11m 16本

VP25 L= 8m 1本・・・注入井戸位置近傍

井戸構造を図 3-1 に示す。注入井戸の近傍（φ165 の削孔径内）に VP25 の観測井戸を設置した。

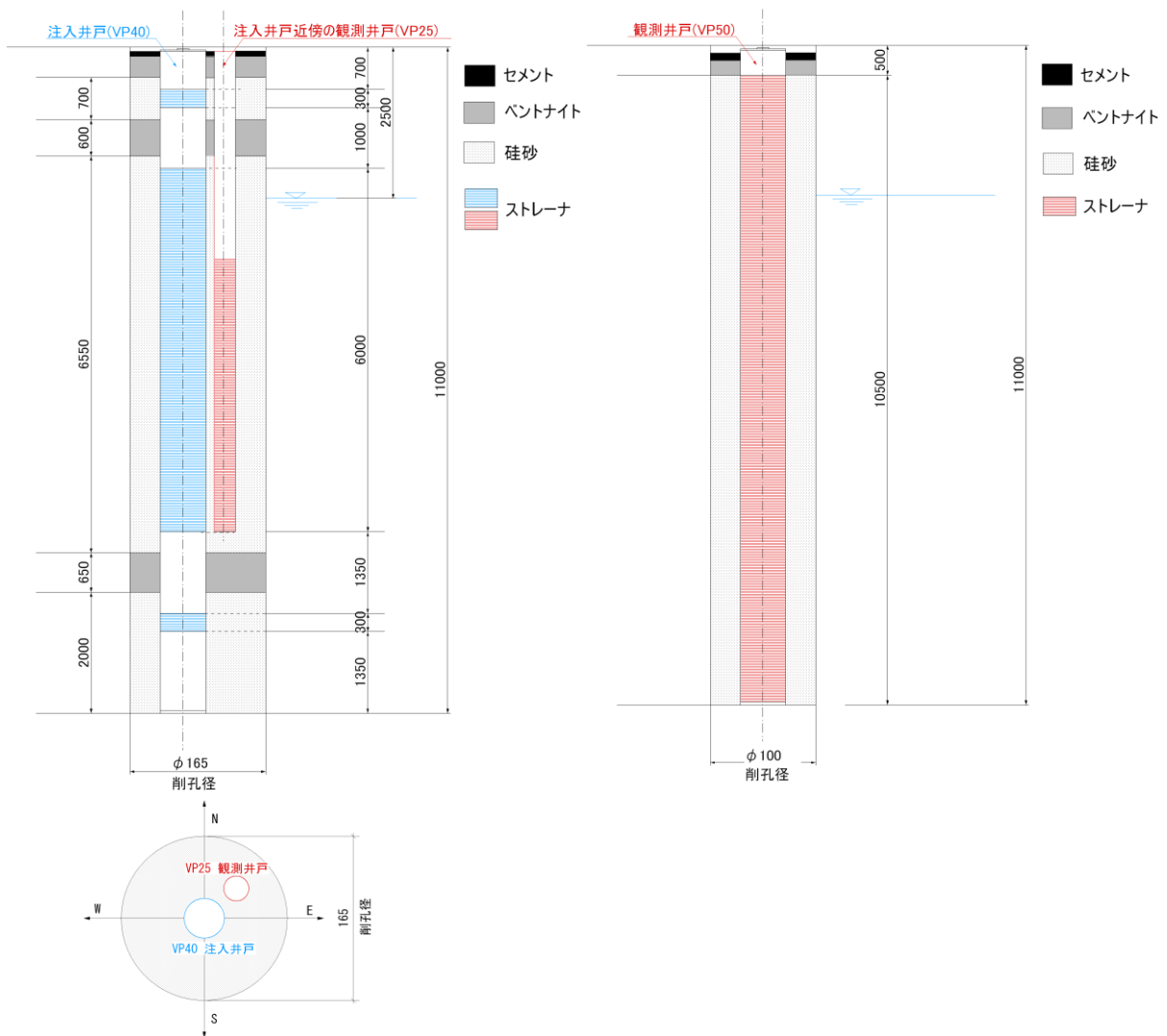


図 3-1 注入井戸及び観測井戸構造

### 3.2. 注入方法

注入位置を図 3-2 に示す。

注入位置は、不飽和帯で 1 箇所(GL-0.85m)、GL-9.0m 付近から堆積するシルト層で 1 箇所(GL-9.5m)、GL-9.0m までの帯水層で 2 箇所(GL-4.0m、GL-7.0m)の計 4 箇所とした。

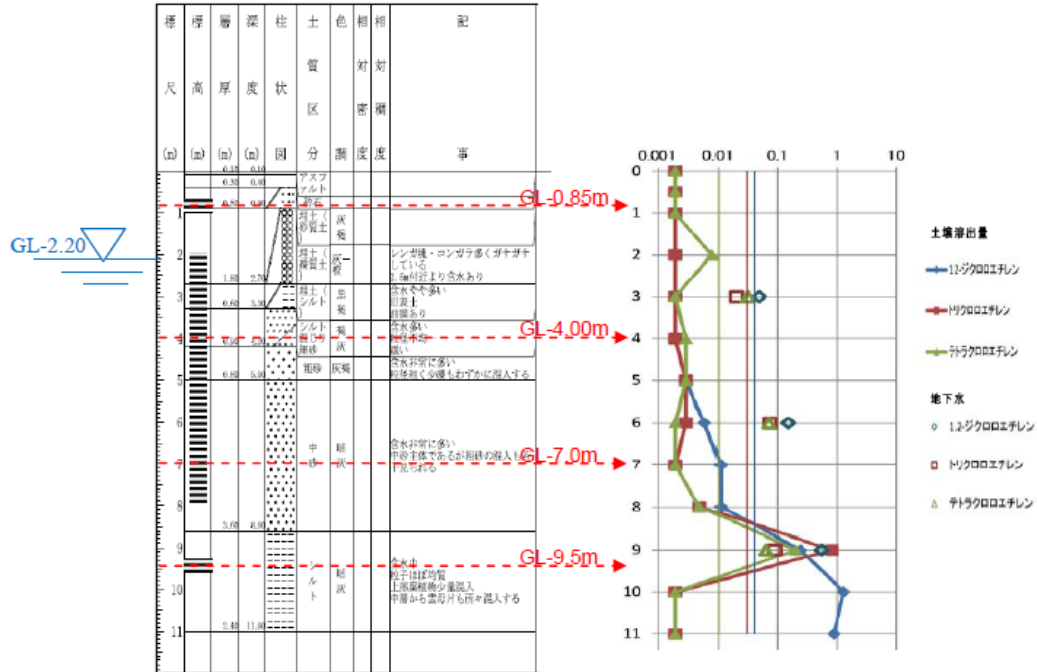


図 3-2 注入位置

注入はポンプ吐出圧を 0.1MPa 毎段階的に増加させ、各注入深度における吐出圧の上限は、NEOMAX 殿の既存の注入実績より表 3-1 のように設定した。また、注入は図 3-3 に示すダブルパッカーを用いて実施した。

表 3-1 各注入深度におけるポンプ吐出圧の上限

注入位置	ポンプ吐出圧上限
GL-9.5m(シルト層)	0.8MPa
GL-7.0m(砂層)	0.8MPa
GL-4.0m(シルト混り砂層)	0.5MPa
GL-0.85m(埋土・砂礫層)	0.2MPa

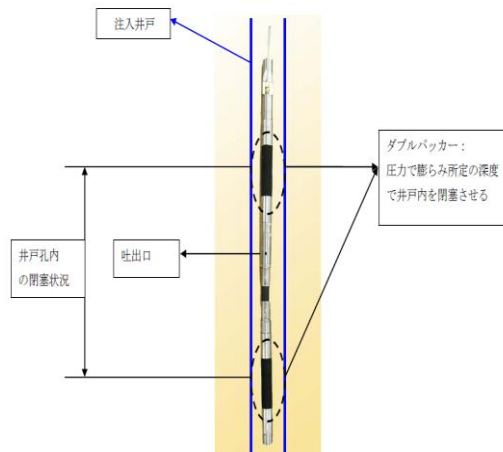


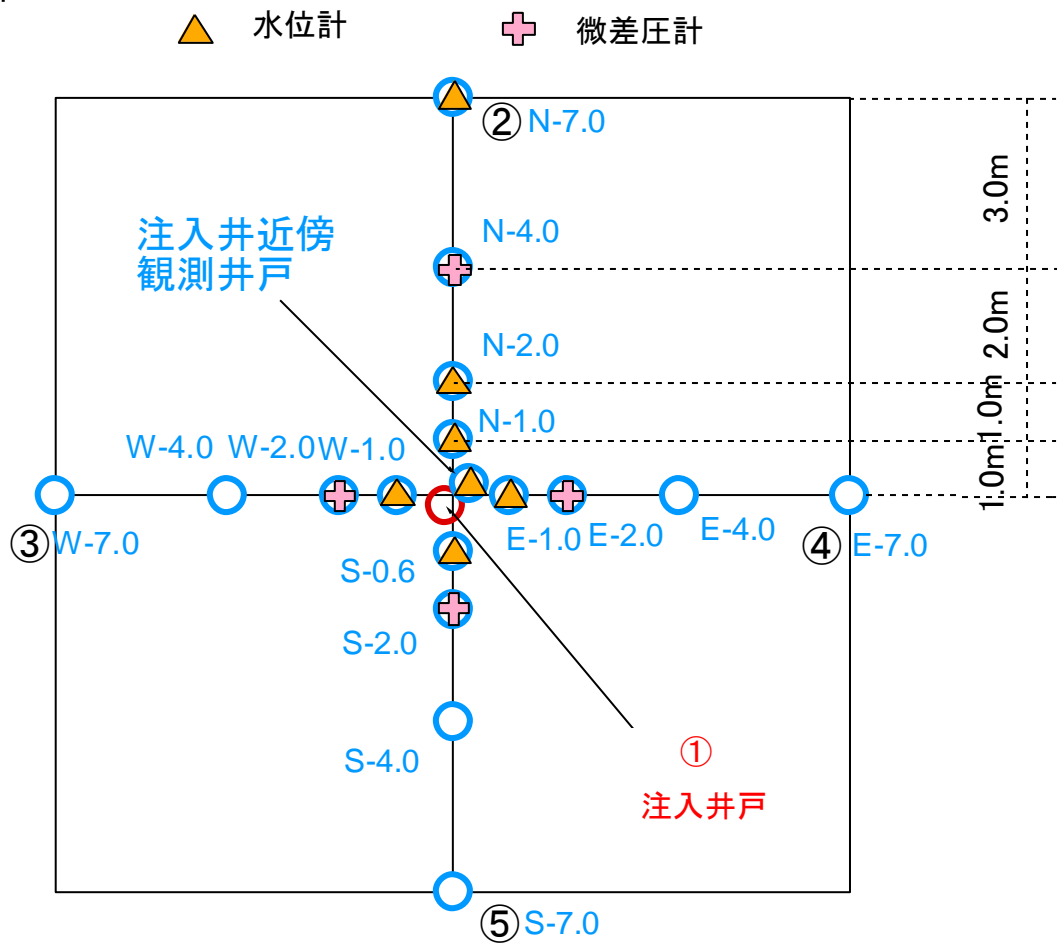
図 3-3 ダブルパッカー

### 3.3. 測定内容

注入時の測定内容は、以下のとおりである。予備計測で、微差圧計の測定精度が良くなかったため、水位計を主体的に使用した。

- ポンプ吐出圧（圧力計）、注入量（流量計）
- 観測井戸の孔内水位（水位計）、孔内圧（微差圧計）

計測器の配置を図 3-4 に示す。



注) 「N-1.0」：注入井戸の北に 1.0m 離れた位置

図 3-4 計測器の配置図

#### 4. 試験結果のまとめ

##### 4.1. 地盤に与える影響

- 今回の注入試験で実施した注入方法、ポンプ吐出圧の範囲では、各ポンプ吐出圧に対する注入量（注入速度）はほぼ一定の値を示し(図 4-1)、ポンプ吐出圧と注入量の関係から逸脱した挙動(図 4-2 破線 N.G.)を示すことはなかったことより、地盤中に水みち等の大きな損傷を与えることなく注入することができた。
- 図 4-3 にポンプ吐出圧を増加した場合の地下水位の変動量の経時変化を示す。ポンプ吐出圧の増減に地下水位が速やかに反応する傾向にあることより、試験エリアの地盤は注入圧が残留しにくい地盤であると考えられる。

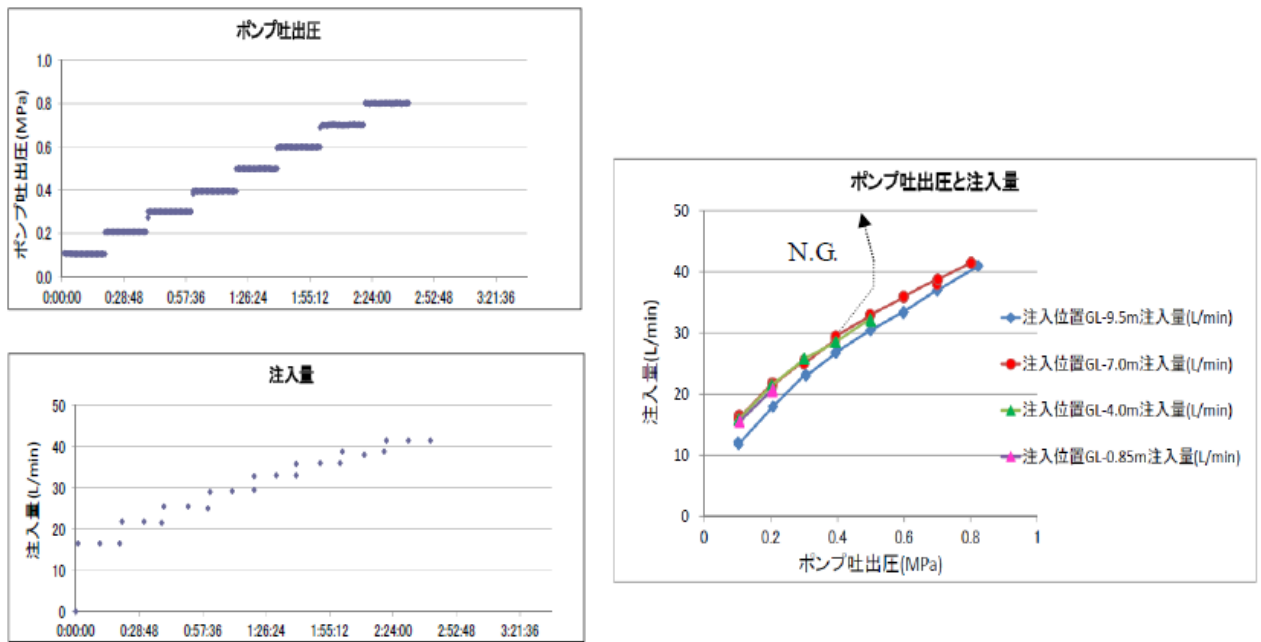


図 4-1 ポンプ吐出圧と注入量の経時変化(注入位置 GL-7.0m) 図 4-2 ポンプ吐出圧と注入量の関係

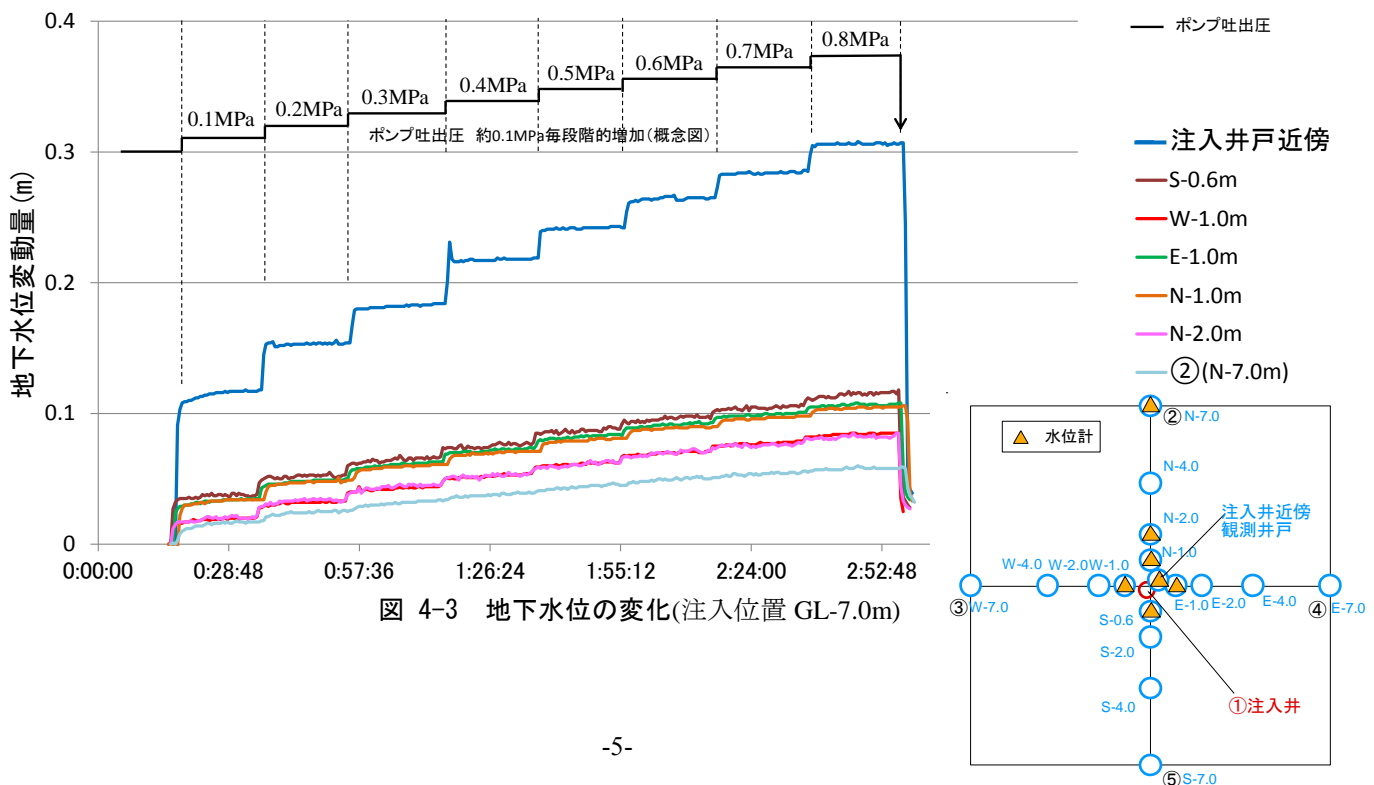


図 4-3 地下水位の変化(注入位置 GL-7.0m)

#### 4.2. 注入が地下水位の挙動に与える影響の把握

ポンプ吐出圧が 0.5MPa と 0.8MPa の際の注入井戸からの距離と地下水位変動量の関係を図 4-4 に示す。

注入による地下水位変動量は、注入位置で最も大きく、注入井戸から離れると小さくなる傾向にある。また、注入位置が浅く鉛直方向の水圧の影響が小さいほど地下水位変動量が大きくなる傾向がある。

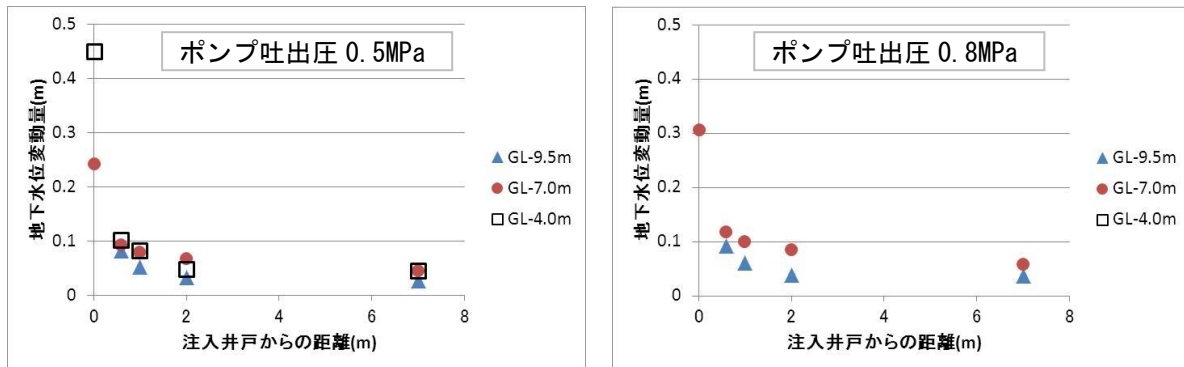


図 4-4 注入井戸からの距離と地下水位変動量の関係

GL-7.0m の位置でポンプ吐出圧 0.8MPa で注入した場合、注入量は 41.5L/min であり、注入井戸の近傍に設置した観測井戸の地下水位の変動量は 30cm 程度であった。また、次章で示すように井戸公式を用いた計算結果からも地下水位の変動量は同様なオーダーであった。

ポンプ吐出圧としては 80m の水頭に相当するが、地盤中に放出された時点で圧力が低減されたと考えられる。



## 5. 考察

井戸公式を用いて、注入時の地下水位を検討した。

### 5.1. 検討モデル

図 5-1 に示すように、不圧帯水層に構築された半径  $r_0$  の井戸において、井戸内孔内水位を  $h_0$  と一定にしたときの、注入井戸から  $r$  なる点を通過する流量  $q$  は次式で表される。

$$q = 2\pi r h k \frac{dh}{dr} \quad \text{式-1}$$

$$r = r_0 \Rightarrow h = h_0 \quad h^2 - h_0^2 = \frac{q_0}{\pi k} \ln \frac{r}{r_0} \quad \text{式-2}$$

本検討では、注水の場合に置き換えて、次式を用いて注入量  $q$  で注入した場合の地下水面の位置  $h$  を算定した (図 5-2)。

$$r = R \Rightarrow h = H \quad H^2 - h^2 = \frac{q}{\pi k} \ln \frac{R}{r} \quad \text{式-3}$$

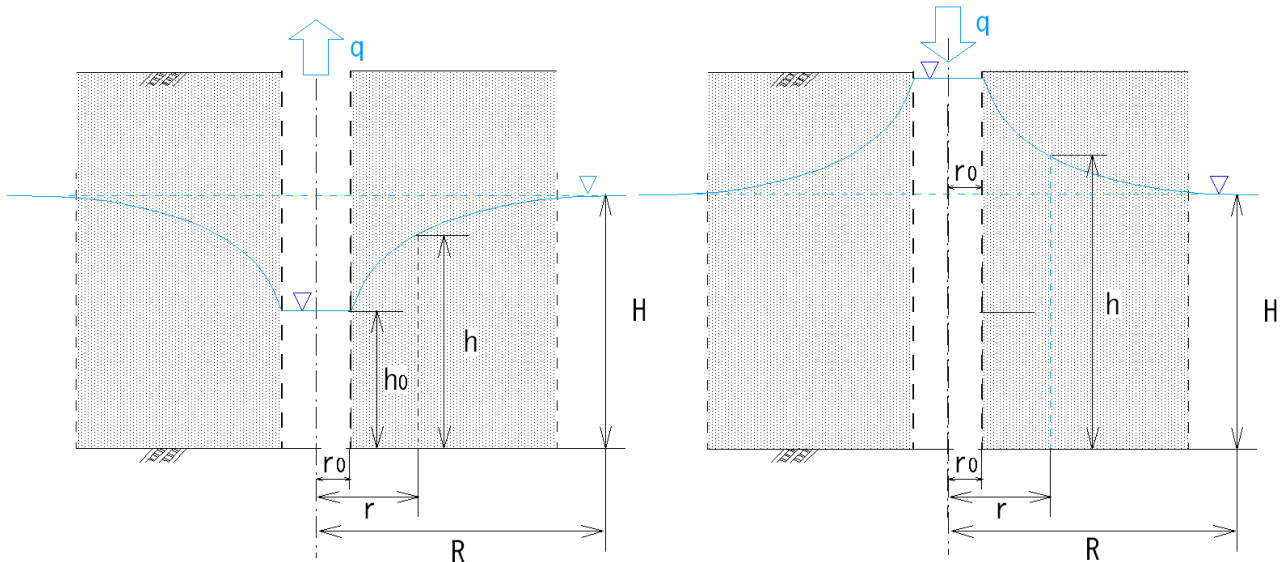


図 5-1 不圧帯水層の定常浸透(揚水)

図 5-2 不圧帯水層の定常浸透(注水)

ここで、各パラメータは以下のように設定した。

$q$  : 41.5L/min (注入試験より GL-7.0m の位置、ポンプ吐出圧 0.8MPa の測定結果)

$R$  : 砂地盤で推定値 100~500m

$H$  : 7.0m (試験エリアの帯水層厚の平均 9.2m、地下水位の平均 2.2m  $\Rightarrow$  9.2m-2.2m)

$k$  : 1.6 E-2cm/sec

(As1 層 : 1.8E-3cm/sec、As2・Ag 層 : 1.9E-2cm/sec 試験エリアの土質構成を考慮)

## 5.2. 注入時における地下水位

上記の条件で注入井戸から工業用水が放出された位置  $r=2\text{cm}$ （注入井戸径  $\phi 40$ ）における地下水位  $h$  を推定すると図 5-3 のようになる。

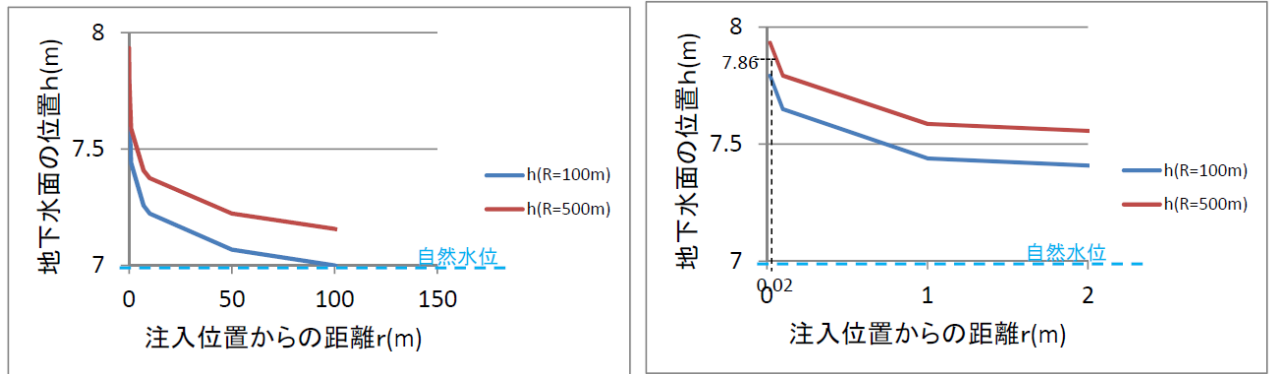


図 5-3 注入位置からの距離  $r$  と地下水位の位置  $h$  の関係

$r=2\text{cm}$  における地下水位は  $7.86\text{m}$  ( $R=100\text{m}$  と  $R=500$  の場合の平均値) となり、自然水位からの増分は  $7.86\text{m}-7.0\text{m}=0.86\text{m}$  となった。

ポンプ吐出圧  $0.8\text{MPa}$  の場合、注入試験で測定された自然水位からの増分は、注入位置  $\text{GL}-7.0\text{m}$  で  $0.3\text{m}$  程度、注入位置  $\text{GL}-4.0\text{m}$  で  $0.5\text{m}$  程度(推定値)であり計算結果と測定結果は同じオーダーとなった。

ポンプ吐出圧としては  $80\text{m}$  の水頭に相当するが、注入井戸の近傍では数十  $\text{cm}$  程度であり、地盤中に放出された時点で圧力が低減されたと考えられる。

## 6. 今後の展開

### (1) 注入圧の設定

本試験結果より、対策時の注入圧については、以下のとおりとする。

表 6-1 対策時の注入圧

注入位置	ポンプ吐出圧
GL-9.5m(シルト層)	0.8MPa
GL-7.0m(砂層)	0.8MPa
GL-4.0m(シルト混り砂層)	0.5MPa
GL-0.85m(埋土・砂礫層)	0.2MPa

### (2) バイオ助剤の注入ピッチの設定

今回確認された注入方法により注入バイオ助剤を注入し、TOC の浸透状況を把握し、浄化に必要な TOC 濃度を満足する範囲を確認することによって注入ピッチ等の仕様を設定する。

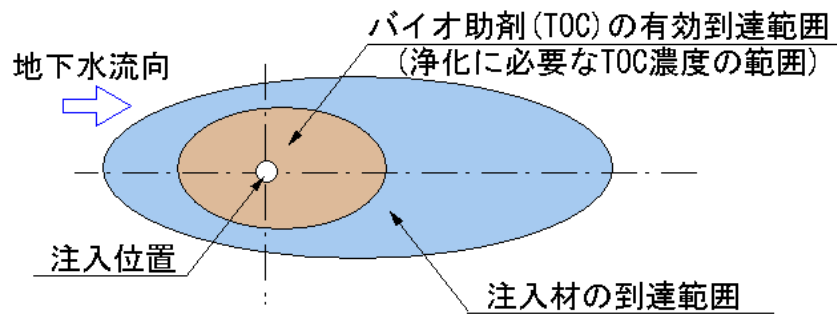


図 6-1 バイオ助剤の浸透状況

### (3) 注入が汚染地下水の挙動や周辺環境に与える影響の把握

バイオ助剤を注入することによる VOC 汚染地下水の拡散状況を把握するとともに、有毒・可燃ガスの発生状況、バイオ助剤が生態系に与える影響を検討する。

### (4) 概略工程 (案)

表 6-2 概略工程 (案)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
単井戸注入試験(Case1)	■												
単井戸注入試験(Case2)					■								
吹田市への報告			■									■	