

2.7 3孔注水試験 (Case3)

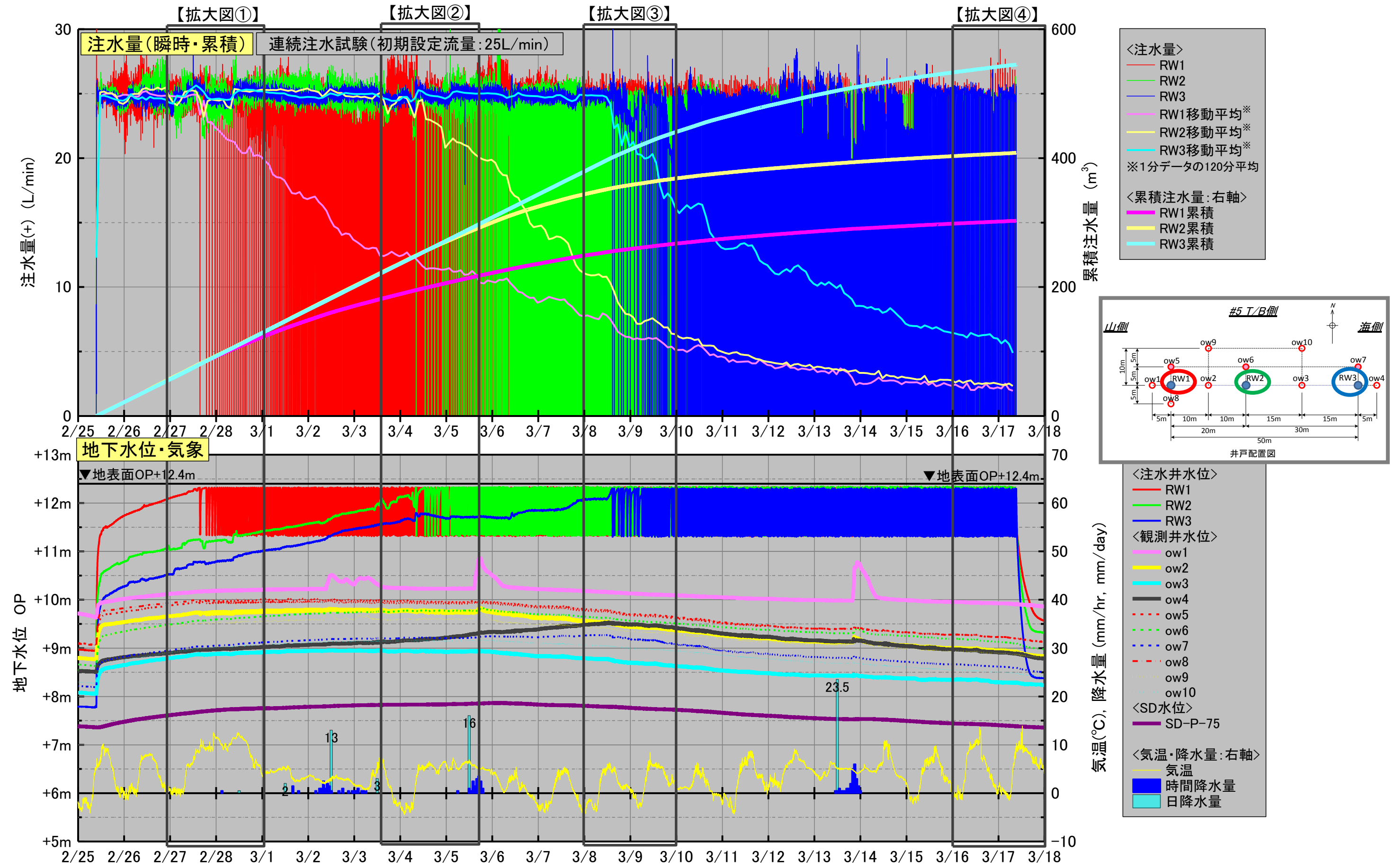


図-2.11 注水試験 Case3 (RW1,2,3孔) 経時変化図 (全期間 20日間)

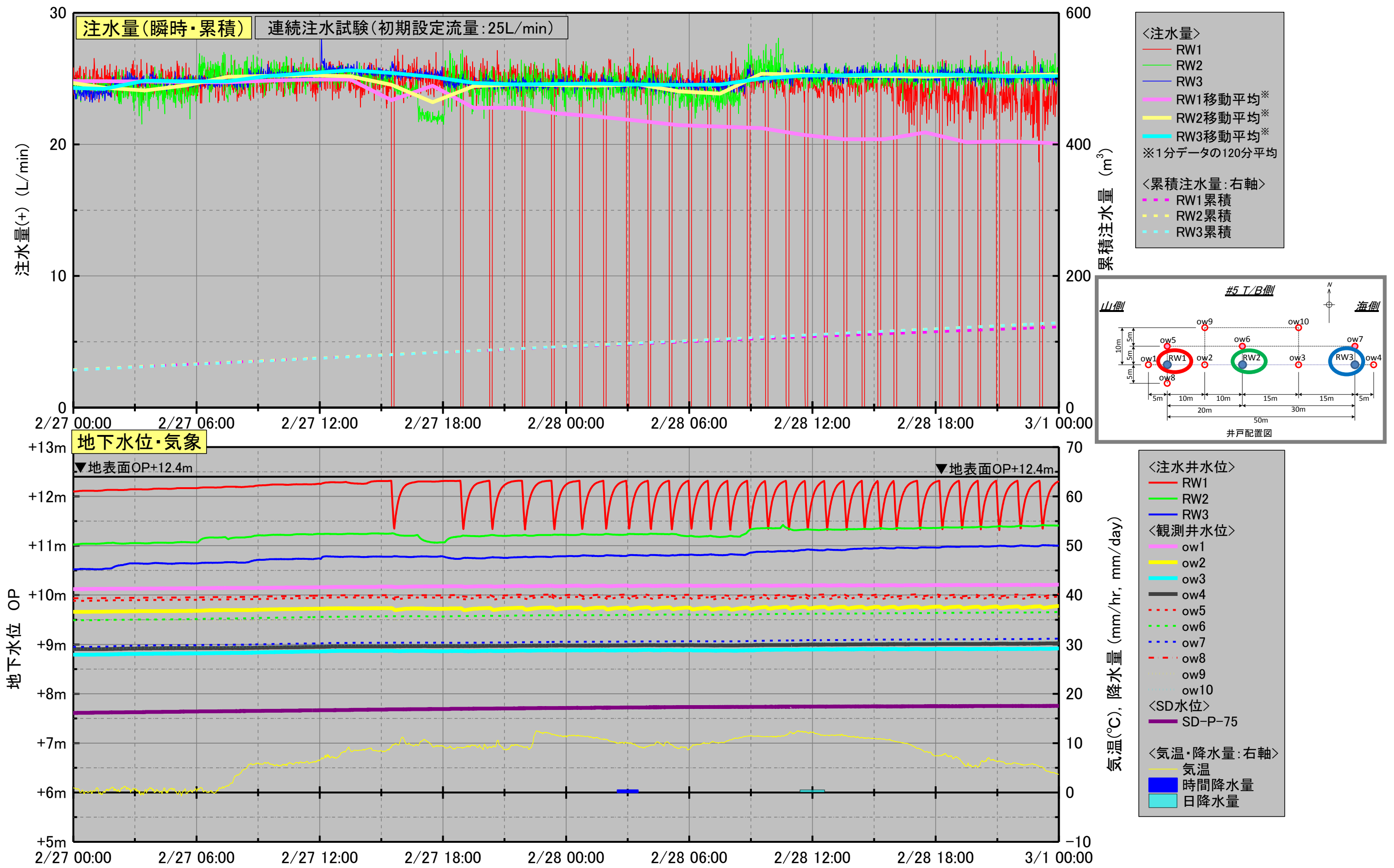
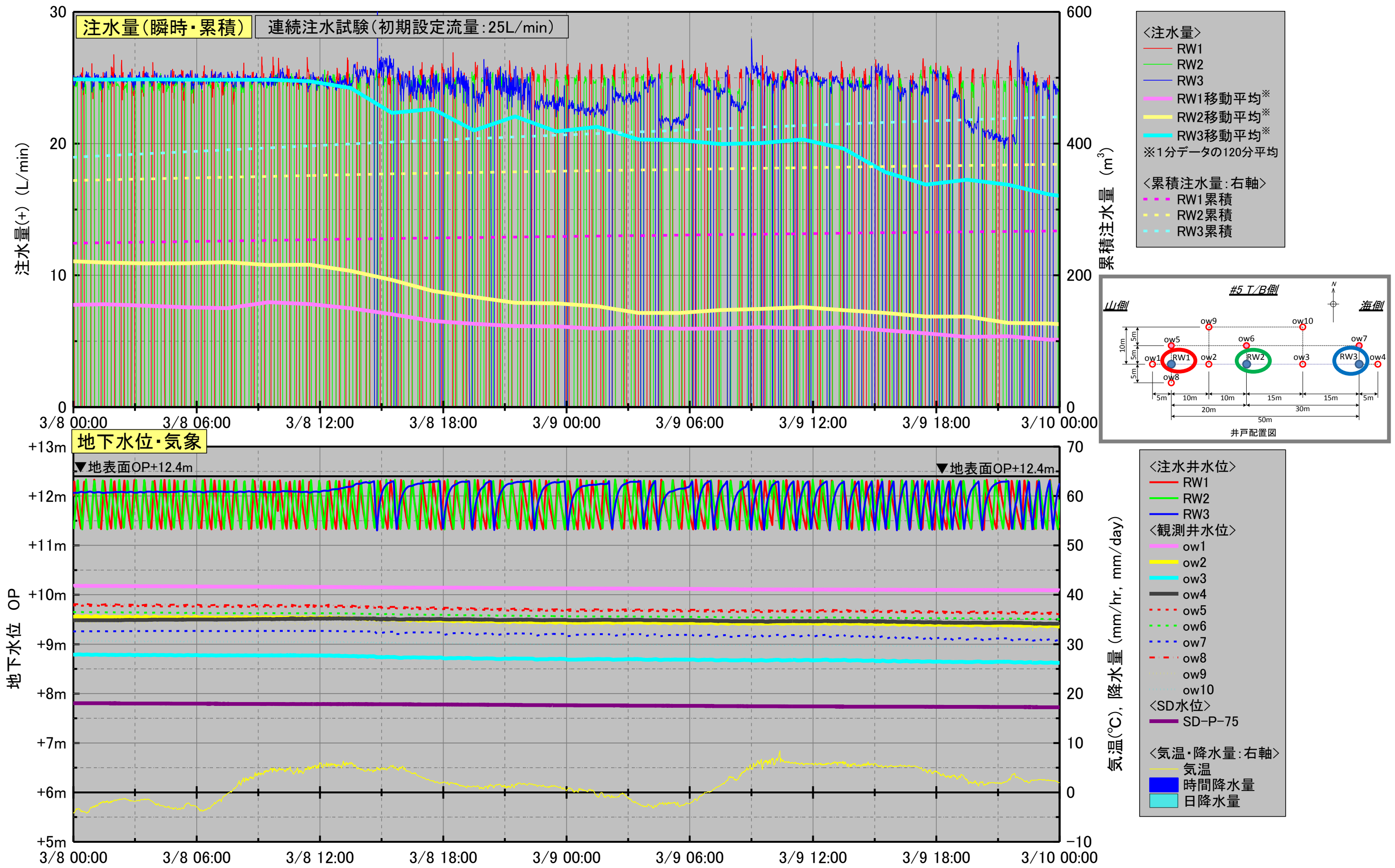


図-2.12 注水試験 Case3 (RW1,2,3 孔) 経時変化図 (拡大図① (2/27-3/1))



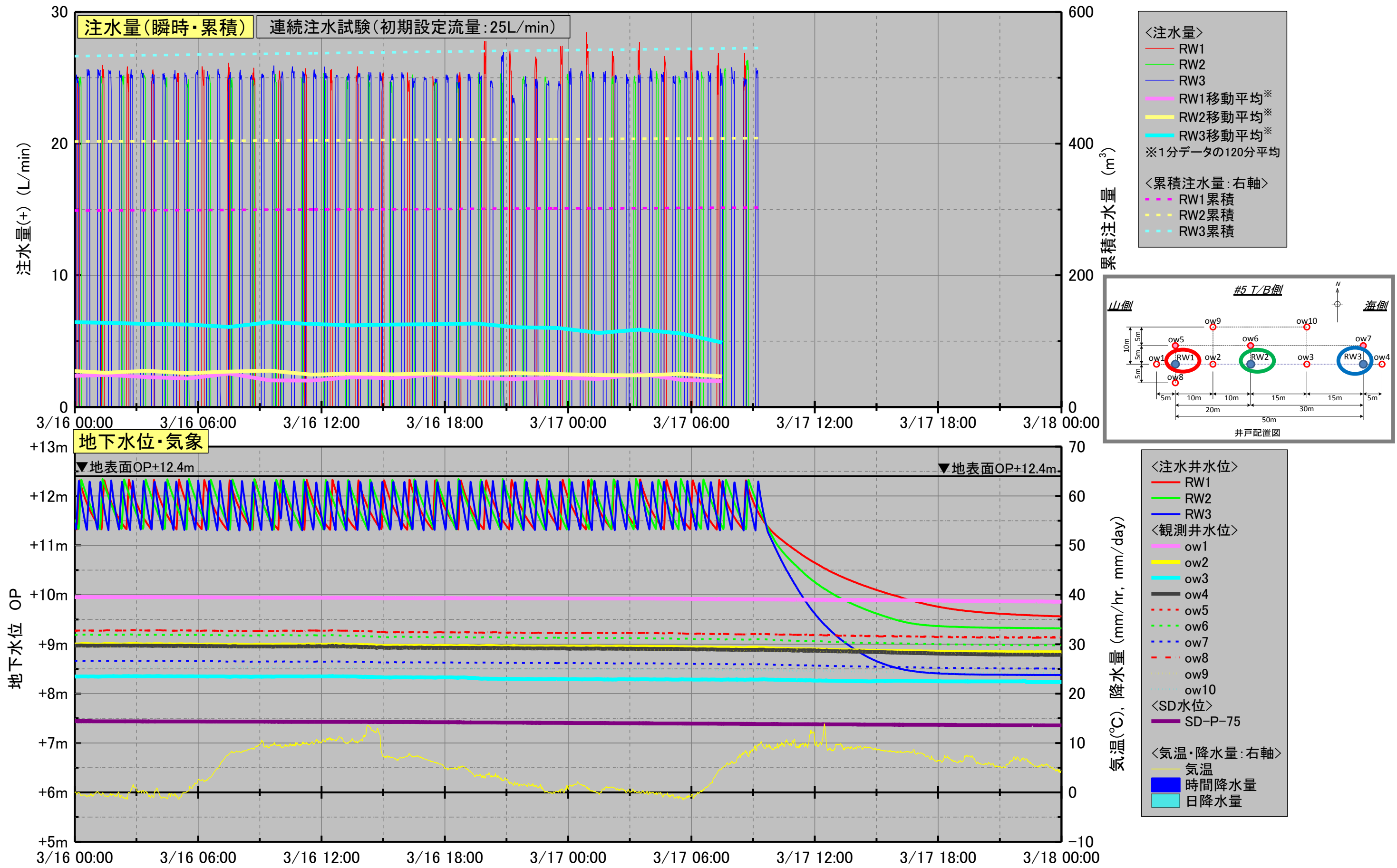


図-2.15 注水試験 Case3 (RW1,2,3 孔) 経時変化図 (拡大図④ (3/16-3-18))

3. 試験結果の評価

3.1 透水係数等の評価

(1) 揚水試験・注水試験結果の解析法

揚水試験及び注水試験による透水係数の算出方法は、「地下水理学」(佐藤邦明・岩佐義朗著、丸善発行、pp.232-236、2002)を参考に、不圧帯水層の定常解析法であるティーム・デュプイ法及び不圧帯水層の非定常解析法であるノイマン法を用いることとした(下表)。

表-3.1 揚水試験における透水係数等の主な解析法

対象帯水層	定常・非定常の区別	使用データ	提案法(下段は文献)	基本式
不圧	定常	$r-s$	チーム・デュプイ(Thiem-Dupuit)法 ³⁾	$\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{W}{k} = \frac{n_e}{k} \frac{\partial h}{\partial t}$
	非定常	$t-s$	ノイマン(Neuman)法 ^{4)~8)}	
被圧(漏水なし)	定常	$r-s$	チーム(Thiem)法 ³⁾	
	非定常	$t-s$	①ヤコブ(Jacob)法 ⁹⁾ ②タイス(Theis)法 ¹⁰⁾	
		$r-s$	ヤコブ(Jacob)法 ⁹⁾	$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{W}{T(=kb)} = \frac{S}{T(=kb)} \frac{\partial h}{\partial t}$
半被圧(漏水あり)	定常	$r-s$	ハンタッシュ・ヤコブ(Huntush-Jacob)法 ^{11)~13)}	
	非定常	$t-s$	ワルトン(Walton)法 ^{11),14)}	

Q : 揚水井の一定揚水量
 r : 揚水井から観測井までの距離(座標)
 $h(r,t)$: 揚水井からの距離 r , 揚水継続時間 t における基準面からの水位・水頭
 $s(r,t)$: 揚水井からの距離 r , 揚水継続時間 t における水位・水頭低下量
 H : 基準面からの初期水位・水頭までの距離
 n_e : 有効間隙率
 W : 単位面積・時間に換算した揚水量や帯水層への涵養量(Q を含む)
 t : 揚水継続時間
 R : 影響圏半径
 b : 帯水層厚

① ノイマン法

不圧帯水層で揚水試験を実施すると、図-3.1に示すように、水位の降下速度は揚水初期で大きく、中期で小さくなり、後期に再び大きくなるいわゆるS字型の水位降下曲線が得られる。ノイマン(Neuman, 1972,1973)は不圧帯水層から揚水に対する非定常流問題に対して、自由水面の遅れ応答を考慮した解析解を求めた。ノイマンの標準曲線を用いると、不圧帯水層の水平方向と鉛直方向の透水係数、貯留係数、比産出率を求めることができる。

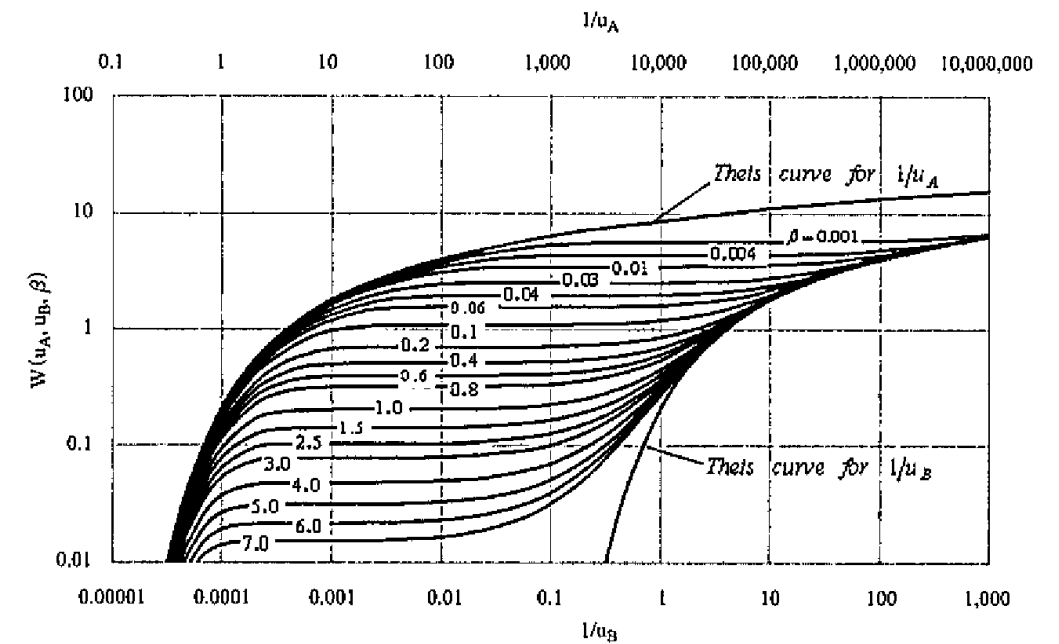


図-3.1 ノイマンの標準曲線

② ティームの式

不圧帯水層へ完全貫入している井戸で、鉛直方向の流れが無視でき、地下水の揚水に対しての流れが定常になっている場合を想定する。片対数グラフの縦軸(普通目盛)に各観測井の水位低下量 s 、横軸(対数目盛)に揚水井戸から距離 r をプロットすれば、ほぼ直線になる。この直線の部分から読み取った値を次式に代入して、透水係数 k を求める。

$$K = \frac{2.30Q_p}{\pi(h_1^2 - h_2^2)} \log_{10} \frac{r_1}{r_2}$$

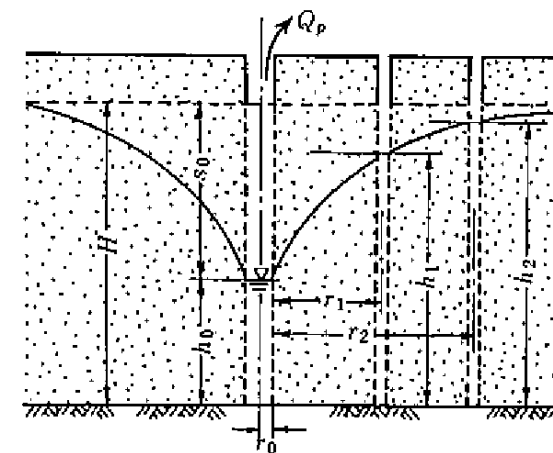


図-3.2 不圧地下水の揚水のイメージ

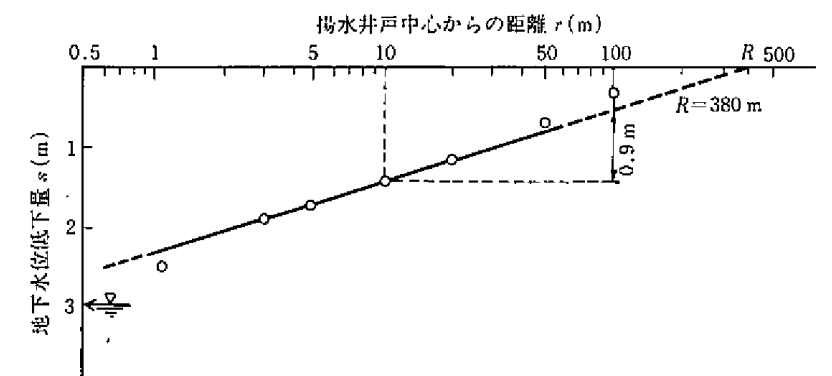


図-3.3 定常状態での揚水試験結果の整理図

(2) 揚水試験結果(RW2)

① 段階揚水試験

表-3.2 段階揚水試験の条件と結果 (RW2 孔揚水)

試験条件	
試験日	2014年1月24日
揚水井	RW2
揚水量	5,10,15,20,25,30,35,40ℓ /min
試験結果	
限界揚水量	33.5 L/min

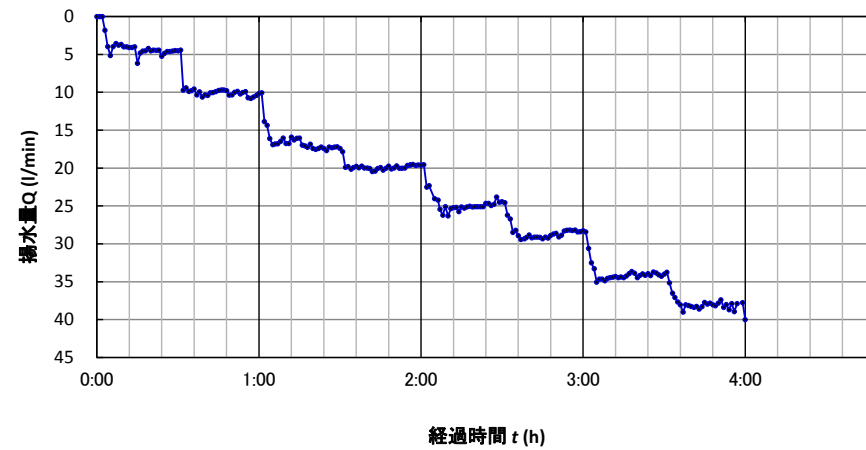


図-3.4 段階揚水試験における揚水量の経時変化 (RW2 孔揚水)

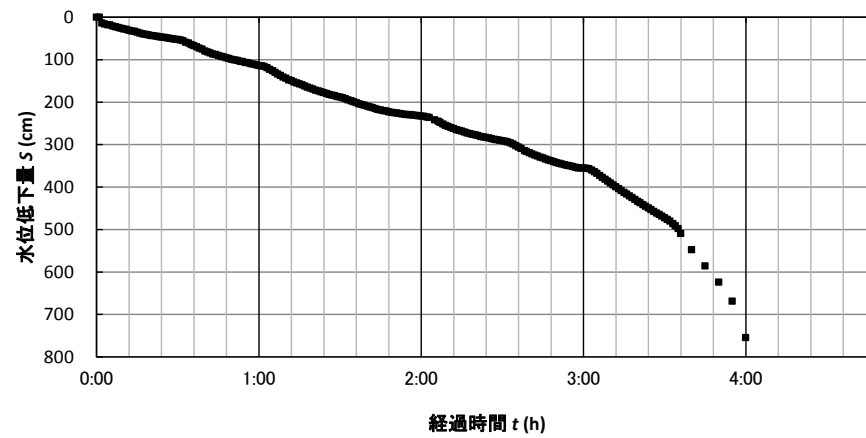


図-3.5 段階揚水試験における水位低下量の経時変化 (RW2 孔揚水)

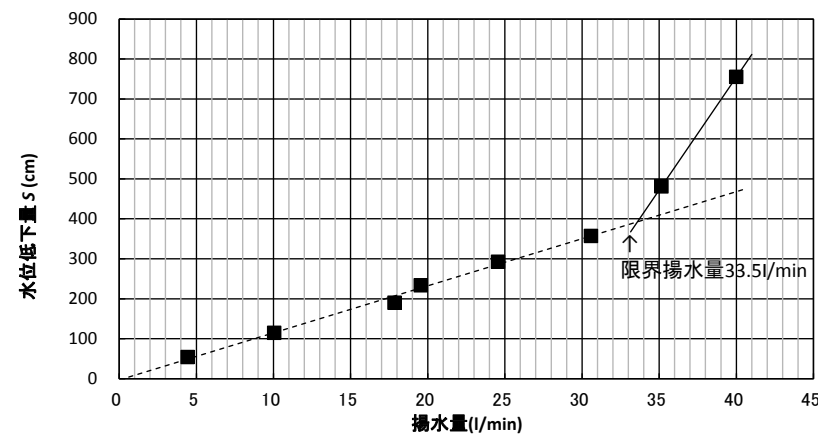


図-3.6 揚水量と水位低下量の関係図 (RW2 孔揚水)

② 連続揚水試験

表-3.3 連続揚水試験の試験条件 (RW2 孔揚水)

試験条件	
試験日	2014年1月25日、26日
揚水井	RW2
設定揚水量	23 L/min
揚水時間	24時間

表-3.4 揚水試験から求めた水理定数一覧 (RW2 孔揚水)

観測井No	ノイマン法							テーム法		
	ow1	RW1	ow2	揚水井戸 RW2	ow3	RW3	ow4	対数平均値 (幾何平均値)	透水係数 k(m/sec)	影響圏半径 R(m)
井戸間距離 (m)	25.0	20.0	10.0		15.0	30.0	35.0		2.840E-05	63.0
透水係数 k(m/sec)	3.650E-05	3.926E-05	4.701E-05		4.734E-05	3.445E-05	3.295E-05	3.918E-05		
貯留係数 (比産出率)	2.343E-02	1.775E-02	2.719E-02		3.651E-02	1.128E-02	1.116E-02	1.932E-02		

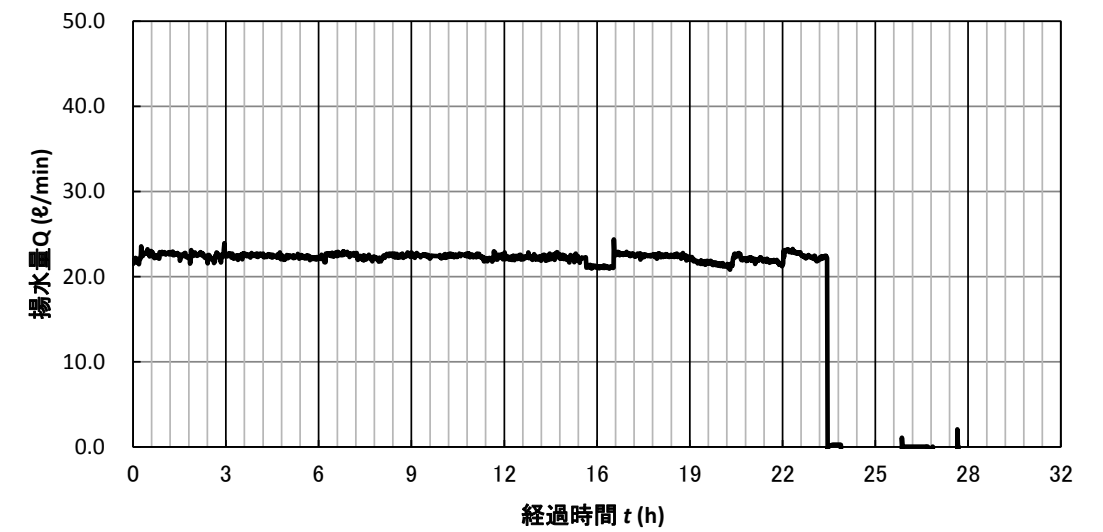


図-3.7 揚水量の経時変化 (RW2 孔揚水)

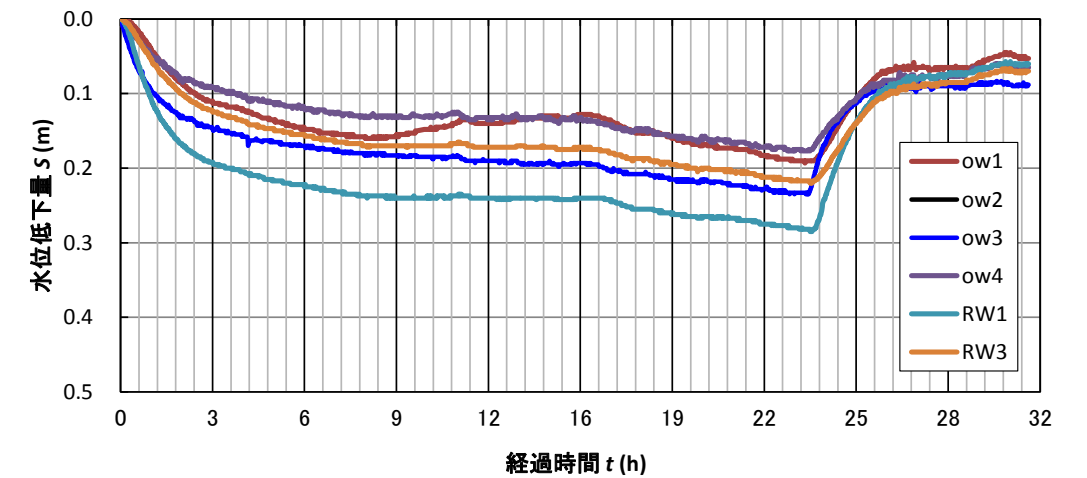


図-3.8 水位低下量の経時変化 (RW2 孔揚水)

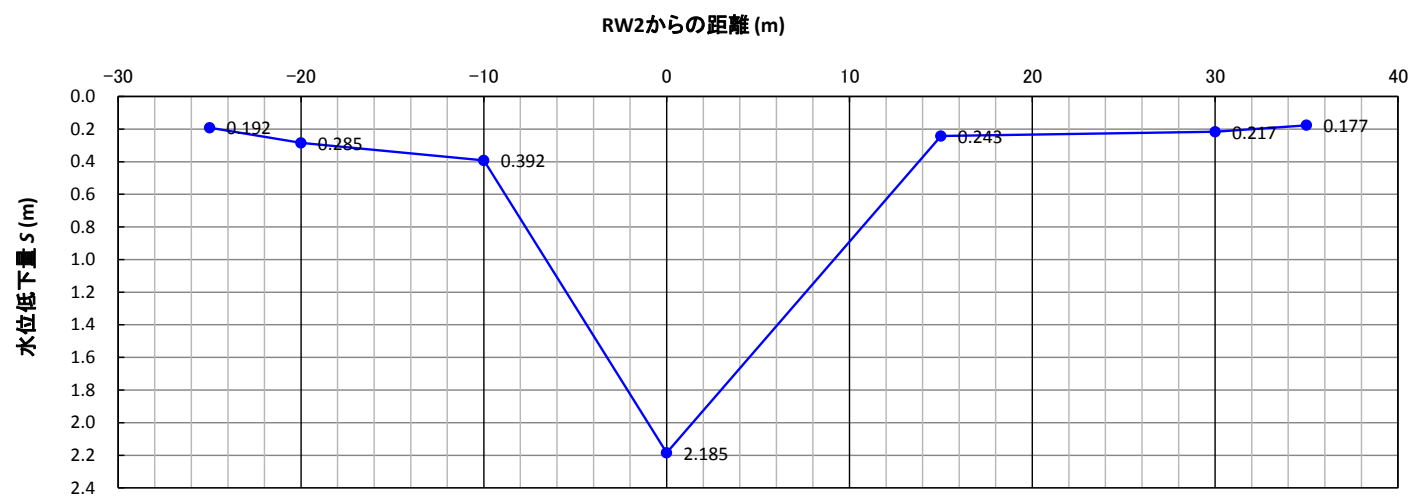
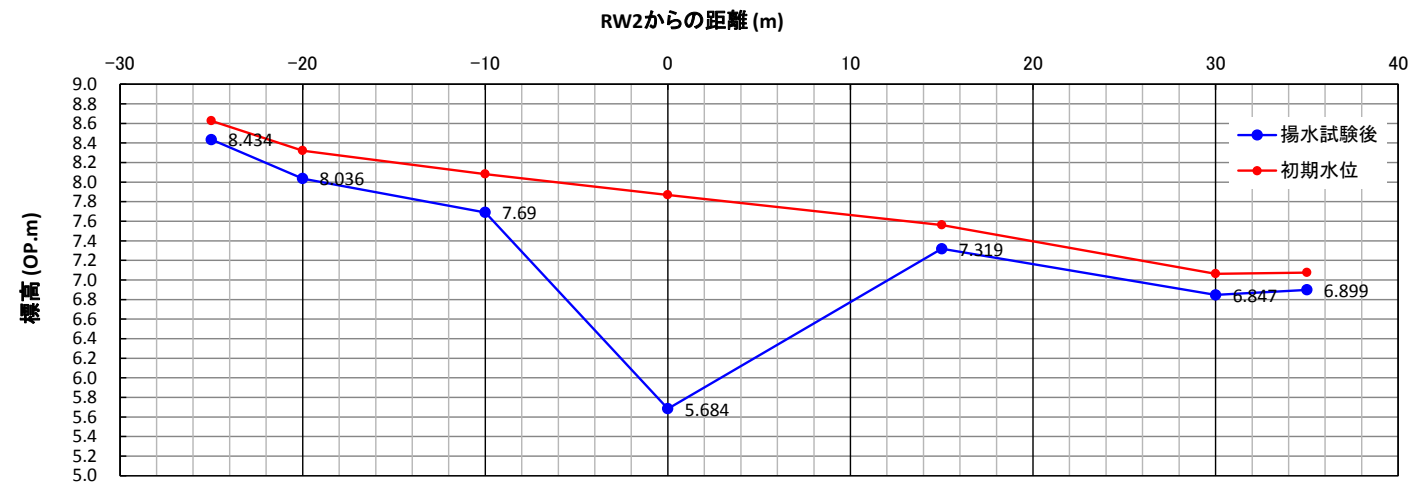
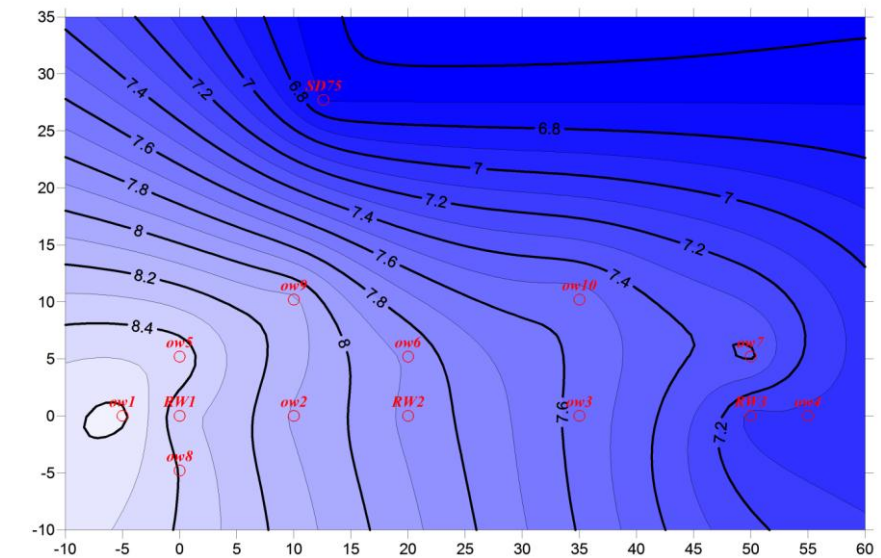
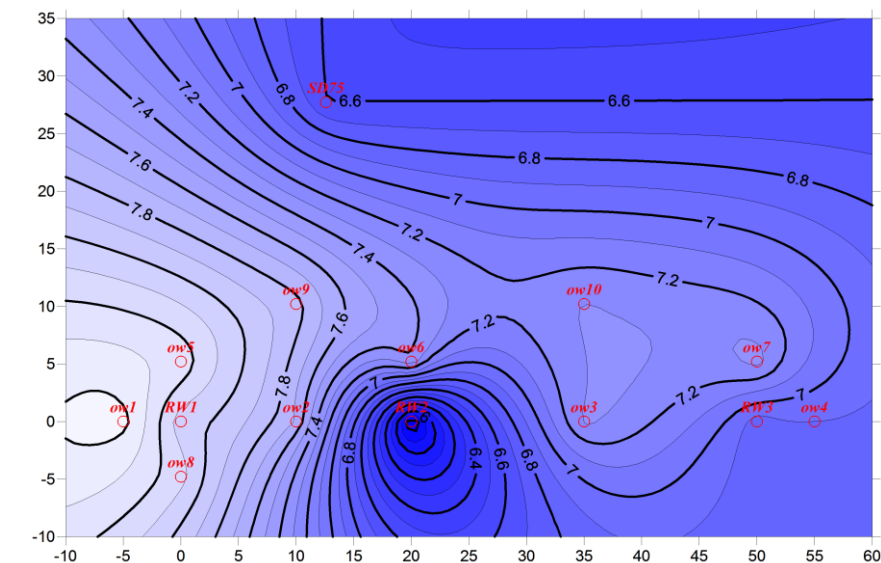


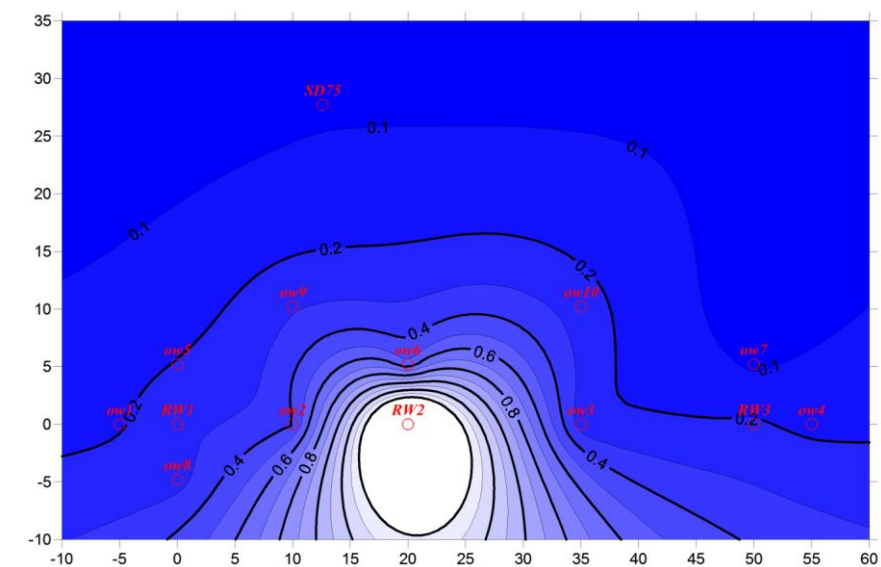
図-3.9 東西ラインの観測井水位変化量 (RW2 孔揚水)



(1) 連続揚水試験前



(2) 連続揚水試験後



(3) 水位低下量

図-3.10 地下水位及び水位低下量のコンター (RW2 孔揚水)

(3) 1孔注水試験 Case1-1 の結果 (RW1 孔)

① 段階注水試験

表-3.5 段階注水試験の条件と結果 (RW1 孔注水)

試験条件	
試験日	2014年1月31日
注水井	RW2
注水量	5,10,15,20,25,30,35,40,45,50 L/min
試験結果	
限界注水量	明瞭でない (28.7 L/min)
適正注水量	(20.0 L/min)

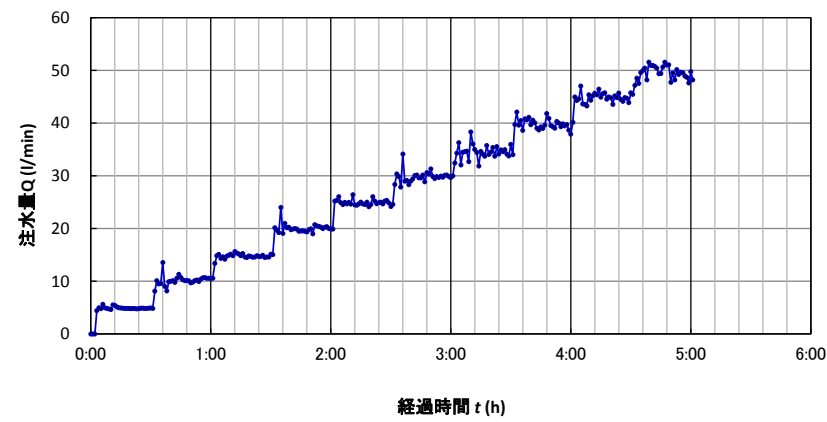


図-3.11 段階注水試験における注水量の経時変化 (RW1 孔注水)

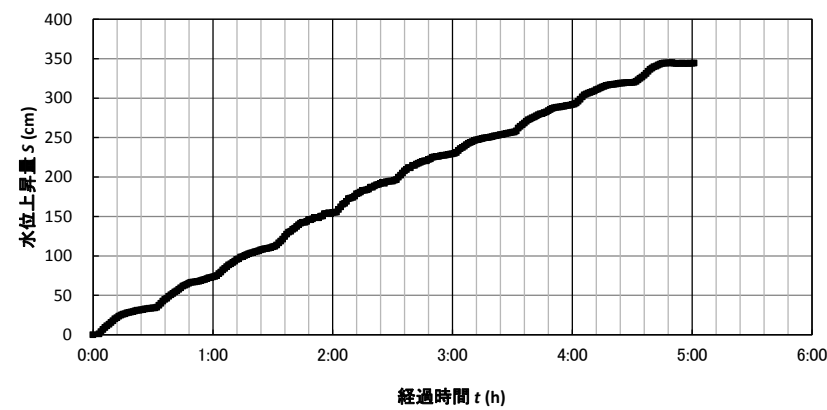


図-3.12 段階注水試験における水位上昇量の経時変化 (RW1 孔注水)

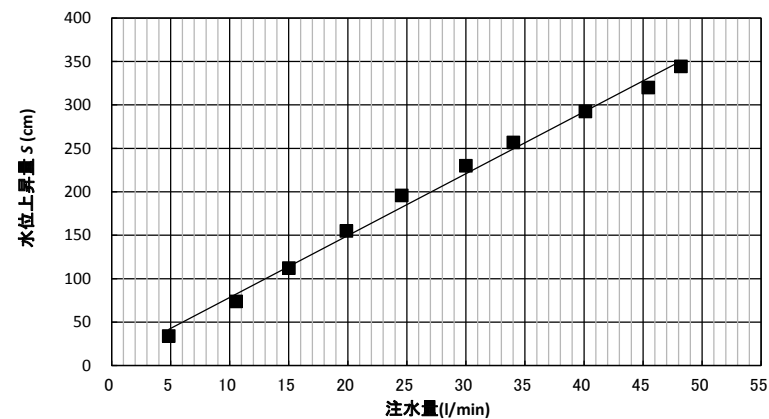


図-3.13 注水量と水位上昇量の関係図 (RW1 孔注水)

② 連続注水試験

表-3.6 連続注水試験の試験条件 (RW1 孔注水)

試験条件	
試験日	2014年2月1日、2日、3日
注水井	RW1
設定注水量	20 L/min
注水時間	48時間

表-3.7 注水試験から求めた水理定数一覧 (RW1 孔注水)

観測井No	ノイマン法								ティーム法	
	ow1	注水井戸 RW1	ow2	RW2	ow3	RW3	ow4	対数平均値 (幾何平均値)	透水係数 k(m/sec)	影響圏半径 R(m)
井戸間距離 (m)	5.0		10.0	20.0	35.0	50.0	55.0			
透水係数 k(m/sec)	3.614E-05		4.872E-05	3.979E-05	4.764E-05	3.575E-05	3.448E-05	4.003E-05	4.096E-05	60.0
貯留係数 (比産出率)	5.650E-02		6.366E-02	3.293E-02	2.532E-02	1.019E-02	8.999E-03	2.550E-02		

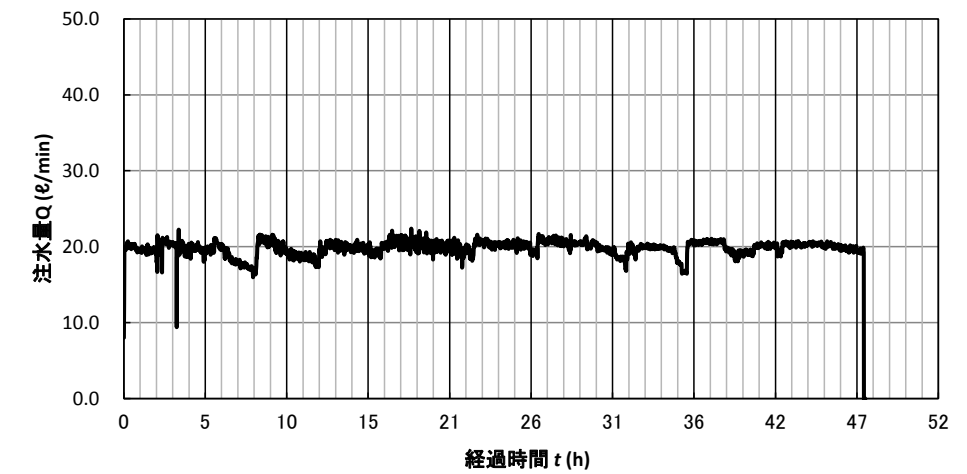


図-3.14 注水量の経時変化 (RW1 孔注水)

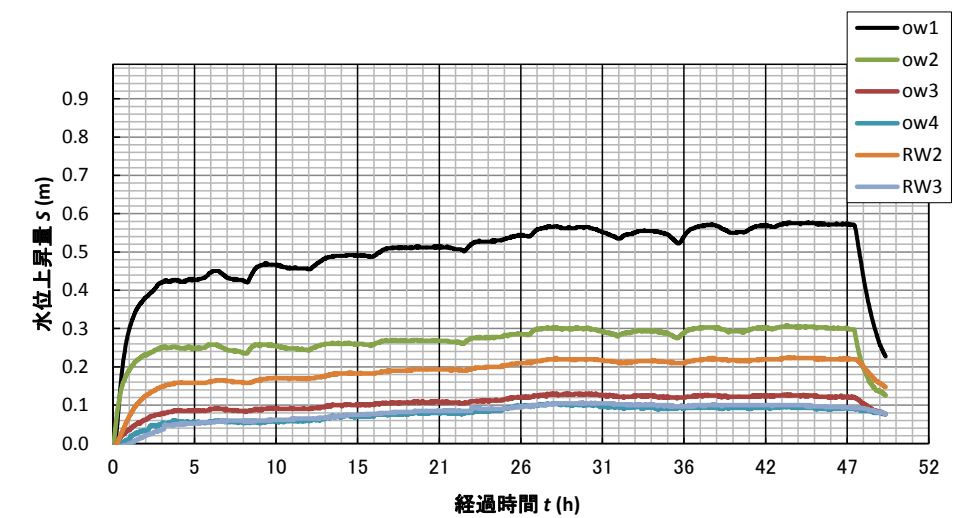


図-3.15 水位上昇量の経時変化 (RW1 孔注水)

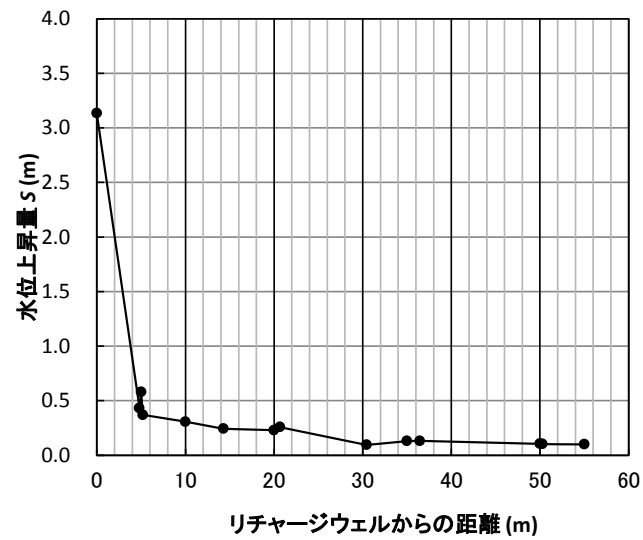


図-3.16 リチャージウェルからの距離と水位変化量 (RW1 孔注水)

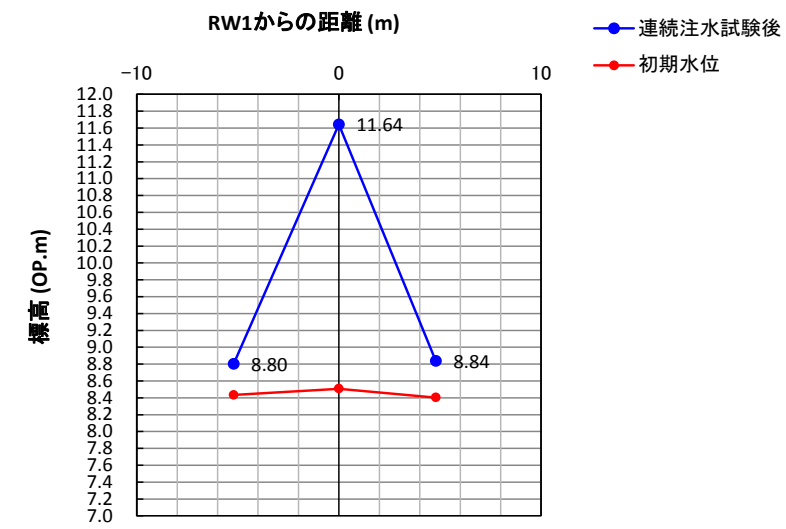


図-3.18 南北ラインの観測井水位変化量 (RW1 孔注水)

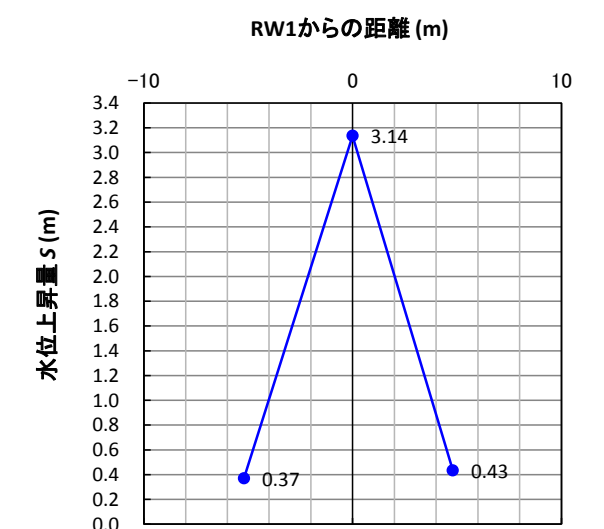
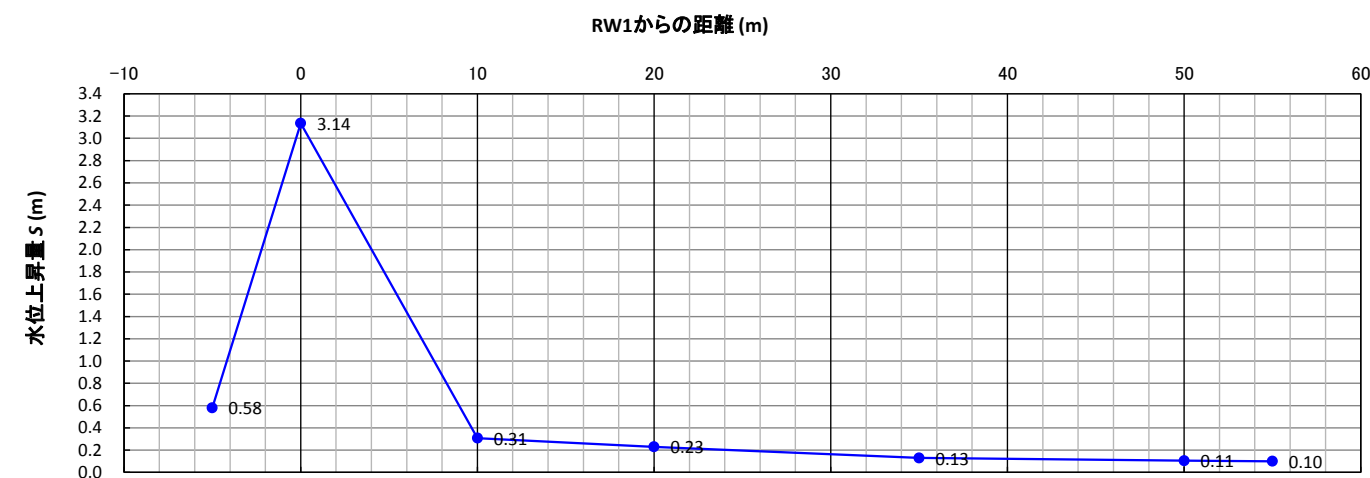
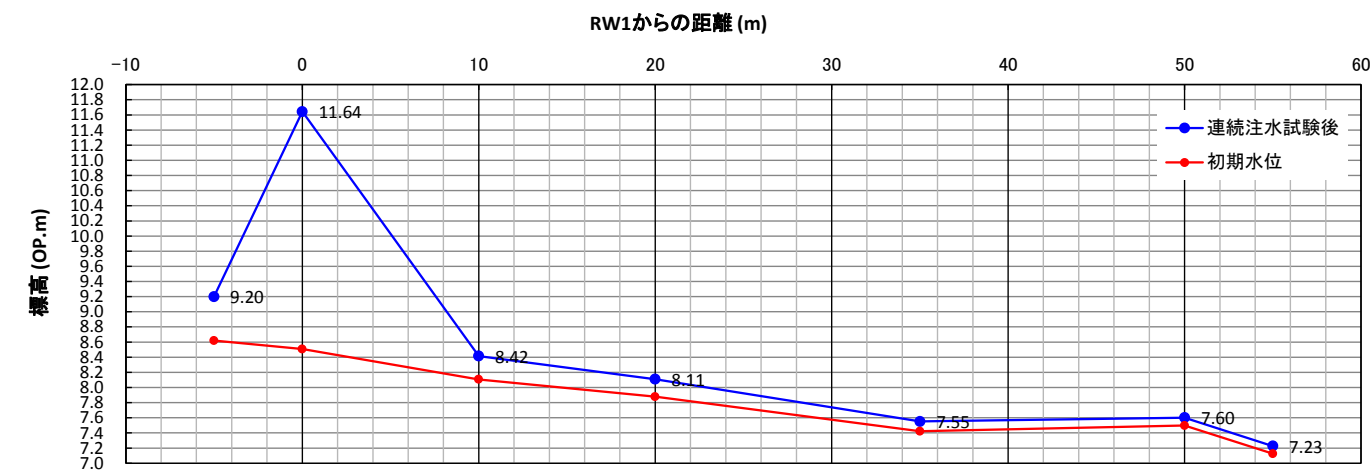
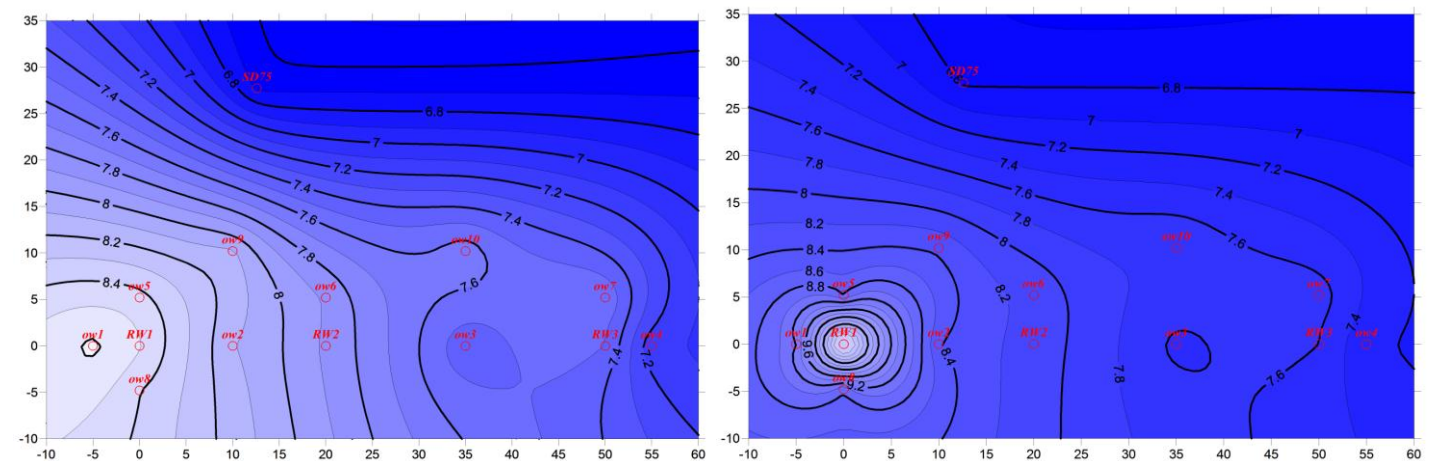


図-3.17 東西ラインの観測井水位変化量 (RW1 孔注水)



(1) 連続揚水試験前

(2) 連続揚水試験後



(3) 水位低下量

図-3.19 地下水位及び水位上昇量のコンター (RW1 孔注水)

(4) 1孔注水試験 Case1-2 の結果 (RW2 孔)

① 段階注水試験

表-3.8 段階注水試験の条件と結果 (RW2 孔注水)

試験条件	
試験日	2014年2月4日
注水井	RW2
注水量	5,10,15,20,25,30,35,40,45,50 L/min
試験結果	
限界注水量	明瞭でない
適正注水量	—

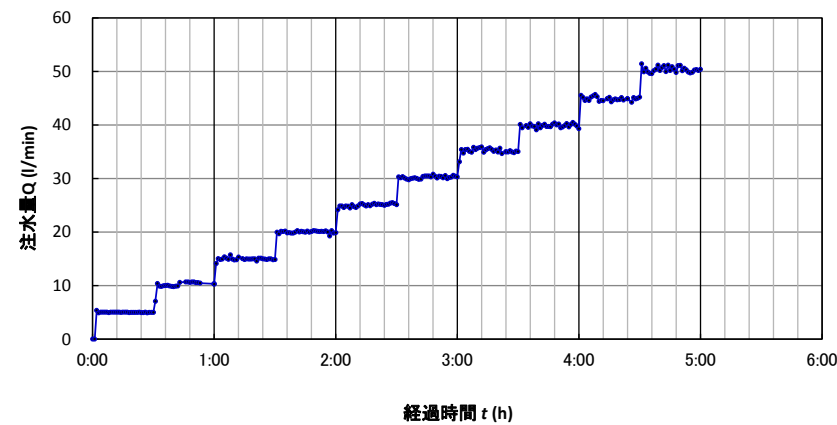


図-3.20 段階注水試験における注水量の経時変化 (RW2 孔注水)

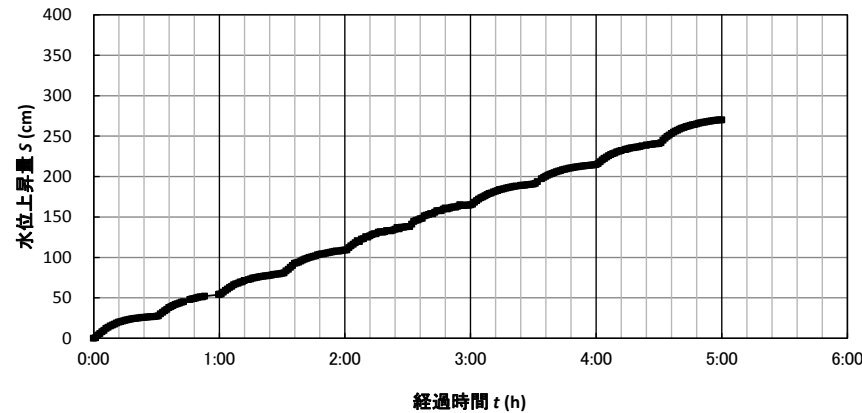


図-3.21 段階注水試験における水位上昇量の経時変化 (RW2 孔注水)

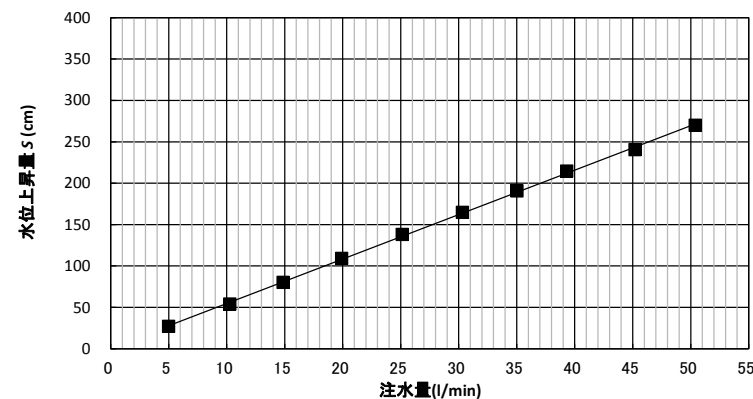


図-3.22 注水量と水位上昇量の関係図 (RW2 孔注水)

② 連続注水試験

表-3.9 連続注水試験の試験条件 (RW2 孔注水)

試験条件	
試験日	2014年2月5、6、7日
注水井	RW2
設定注水量	25 L/min
注水時間	48時間

表-3.10 注水試験から求めた水理定数一覧 (RW2 孔注水)

観測井No	ノイマン法							対数平均値 (幾何平均値)	テーム法	
	ow1	RW1	ow2	注水井戸 RW2	ow3	RW3	ow4		透水係数 k(m/sec)	影響圏半径 R(m)
井戸間距離 (m)	25.0	20.0	10.0		15.0	30.0	35.0			
透水係数 k(m/sec)	3.709E-05	4.135E-05	4.874E-05		4.024E-05	4.142E-05	3.409E-05	4.024E-05	3.755E-05	68.5
貯留係数 (比産出率)	2.546E-02	2.558E-02	3.548E-02		4.519E-02	1.342E-02	1.745E-02	2.501E-02		

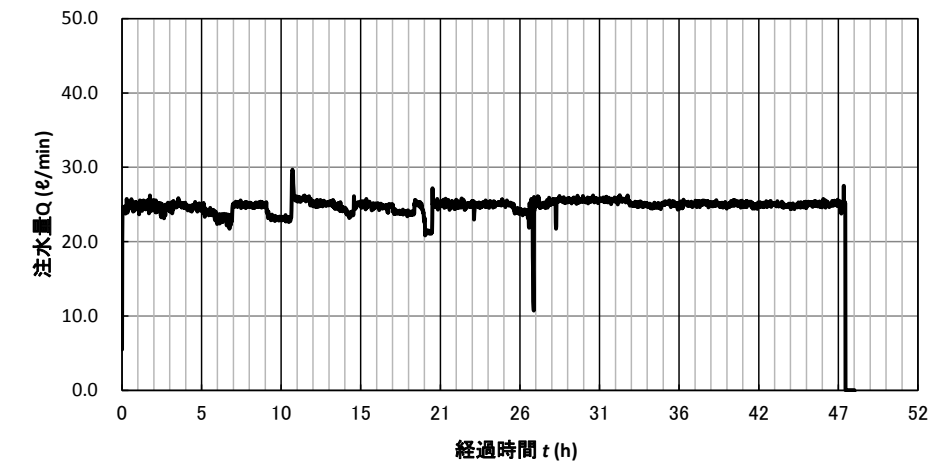


図-3.23 注水量の経時変化 (RW2 孔注水)

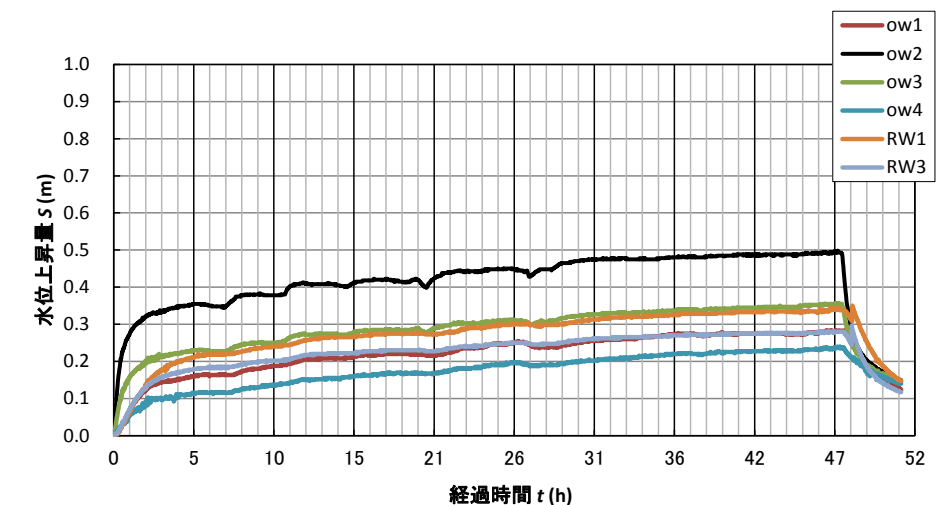


図-3.24 水位上昇量の経時変化 (RW2 孔注水)

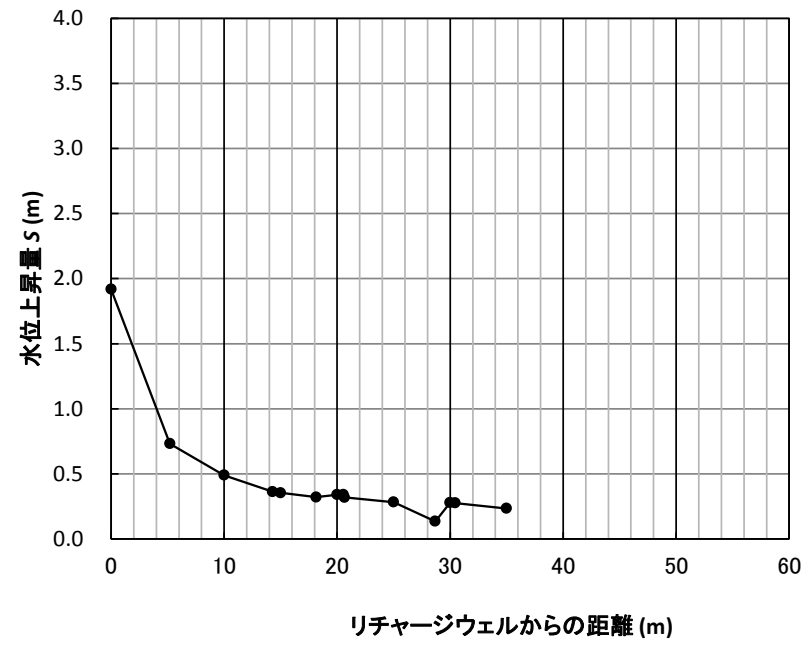


図-3.25 リチャージウェルからの距離と水位変化量 (RW2 孔注水)

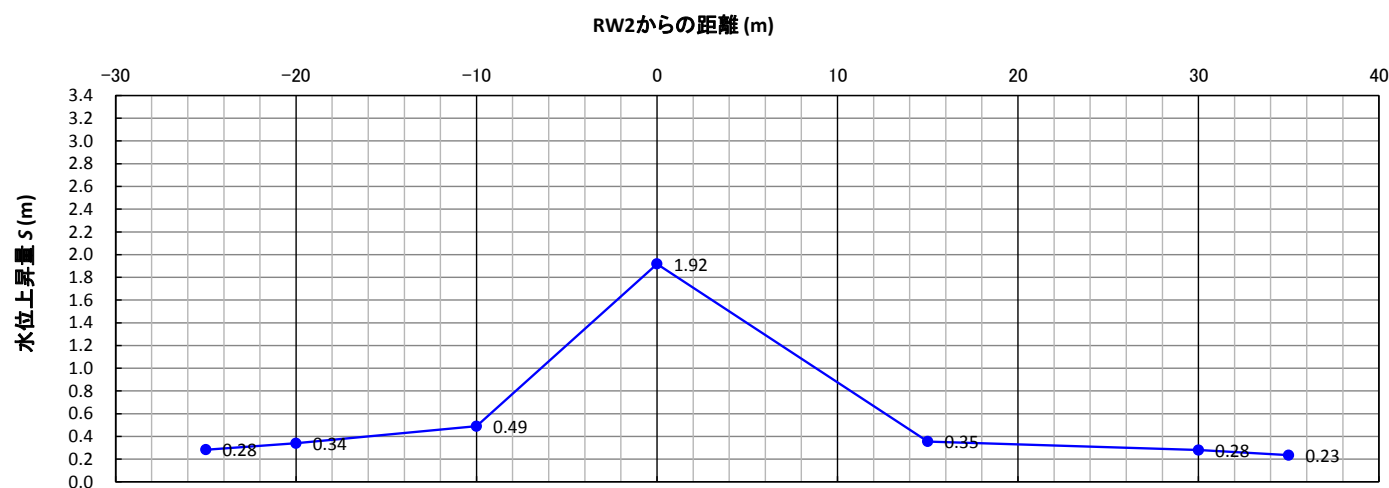
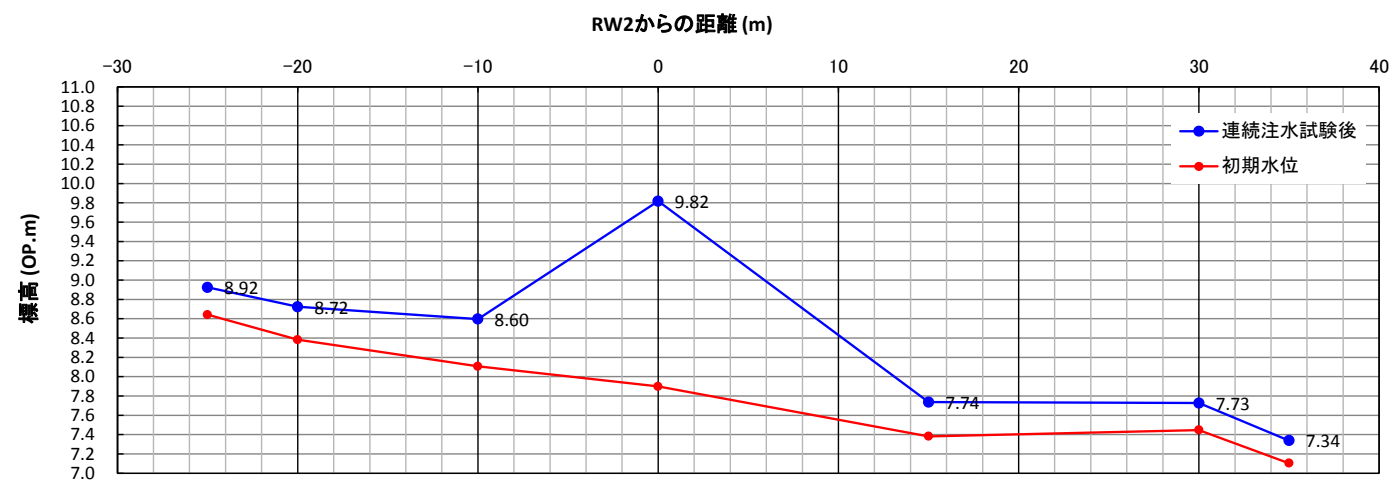
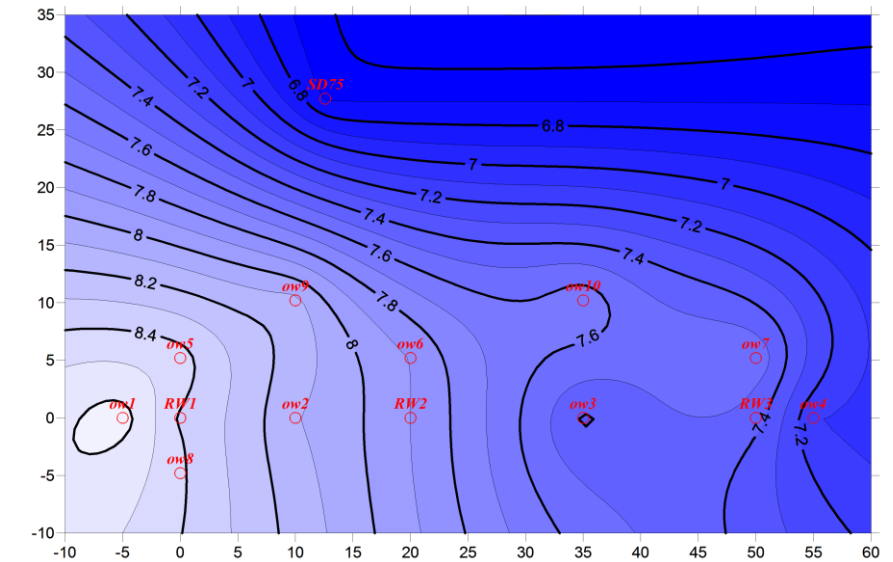
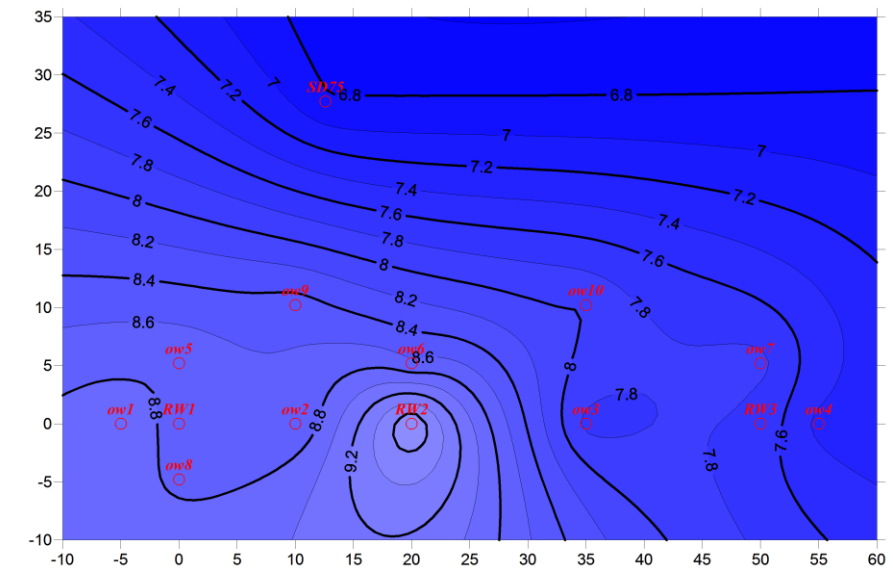


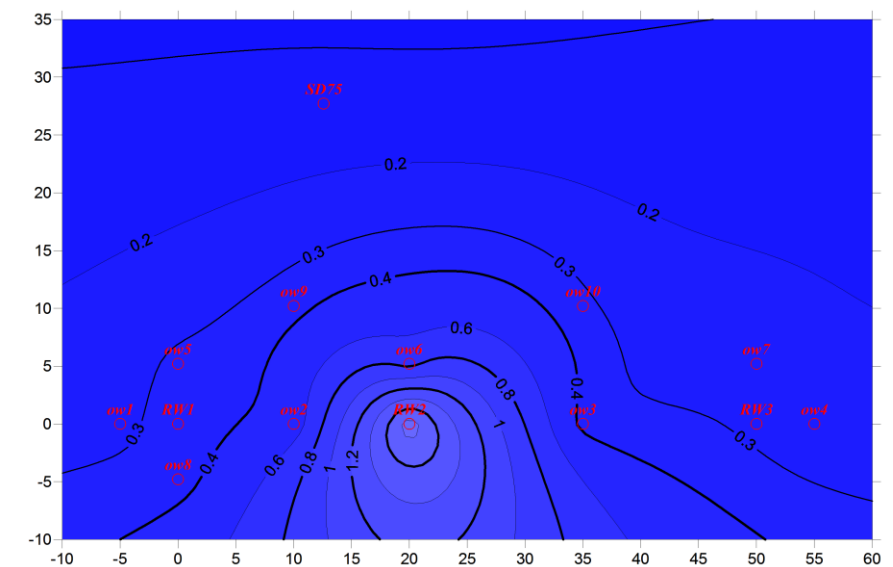
図-3.26 東西ラインの観測井水位変化量 (RW2 孔注水)



(1) 連続揚水試験前



(2) 連続揚水試験後



(3) 水位低下量

図-3.27 地下水位及び水位上昇量のコンター (RW2 孔注水)

(5) 1孔注水試験 Case1-3の結果 (RW3孔)

① 段階注水試験

表-3.11 段階注水試験の条件と結果 (RW3孔注水)

試験条件	
試験日	2014年1月27日
注水井	RW3
注水量	5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55 L/min
試験結果	
限界注水量	明瞭でない
適正注水量	—

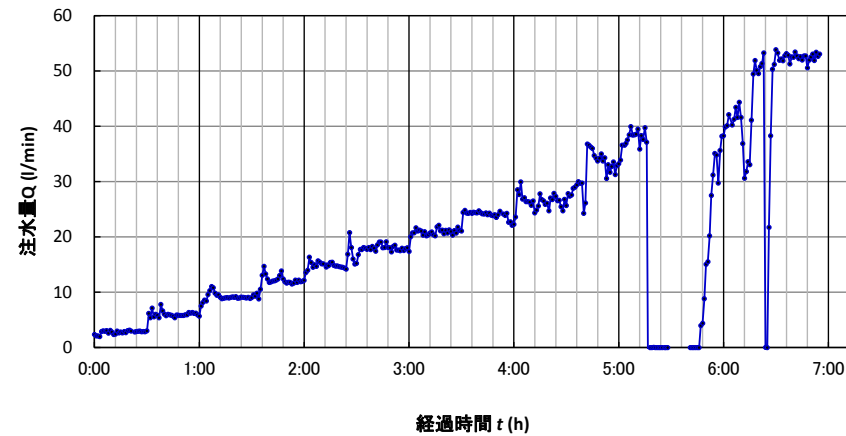


図-3.28 段階注水試験における注水量の経時変化 (RW3孔注水)

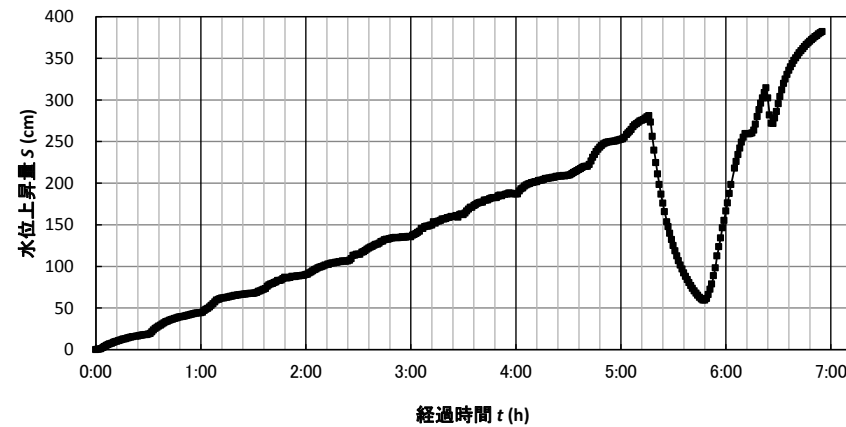


図-3.29 段階注水試験における水位上昇量の経時変化 (RW3孔注水)

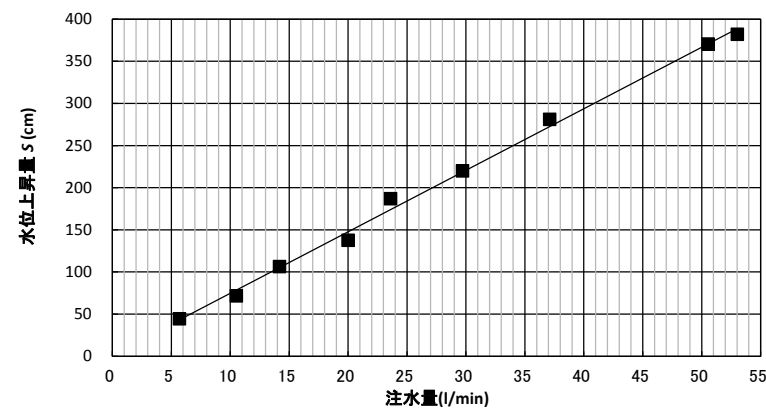


図-3.30 注水量と水位上昇量の関係図 (RW3孔注水)

② 連続注水試験

表-3.12 連続注水試験の試験条件 (RW3孔注水)

試験条件	
試験日	2014年1月29、30日
注水井	RW3
設定注水量	30 L/min
注水時間	18時間

表-3.13 注水試験から求めた水理定数一覧 (RW3孔注水)

観測井No	ノイマン法								テーム法	
	ow1	RW1	ow2	RW2	ow3	注水井戸 RW3	ow4	対数平均値 (幾何平均値)	透水係数 k(m/sec)	影響圏半径 R(m)
井戸間距離 (m)	55.0	50.0	40.0	30.0	15.0		5.0			
透水係数 k(m/sec)	3.245E-05	4.485E-05	4.289E-05	3.434E-05	4.900E-05		4.039E-05	4.024E-05	3.444E-05	73.0
貯留係数 (比産出率)	7.175E-03	7.408E-03	9.702E-03	1.176E-02	1.541E-02		2.865E-02	1.178E-02		

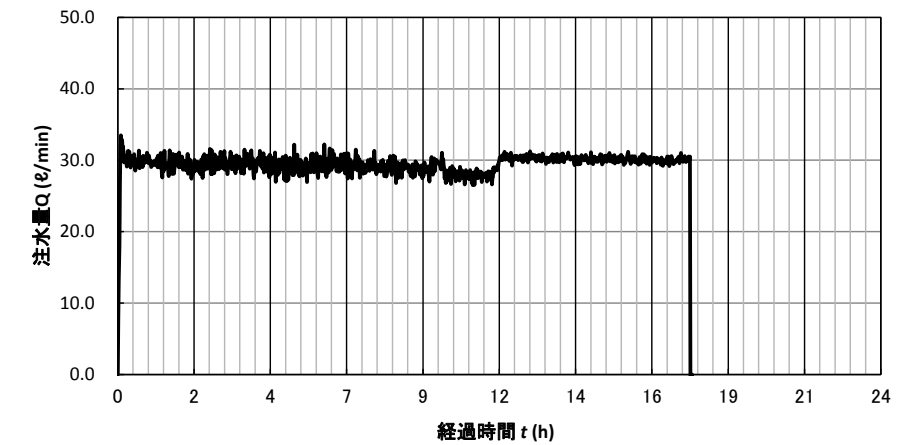


図-3.31 注水量の経時変化 (RW3孔注水)

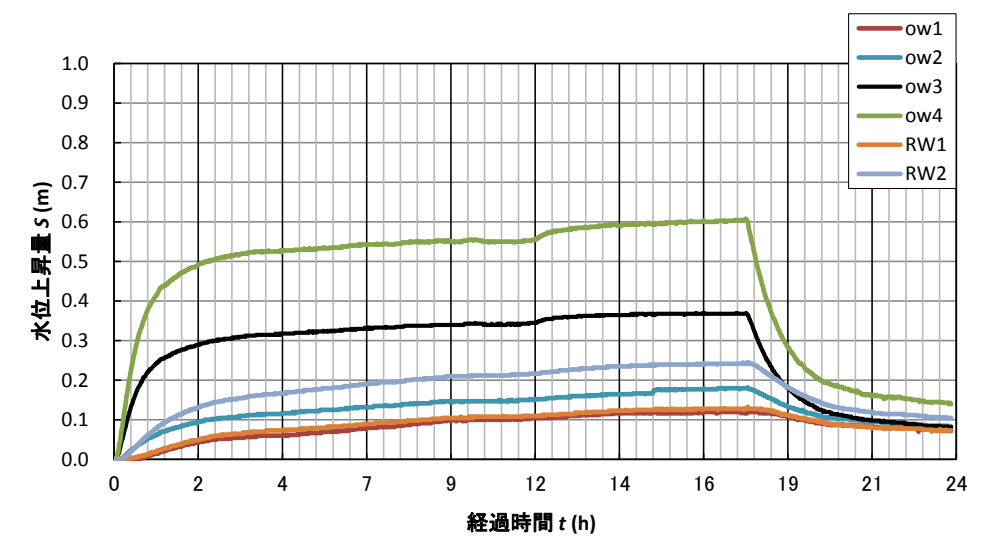


図-3.32 水位上昇量の経時変化 (RW3孔注水)

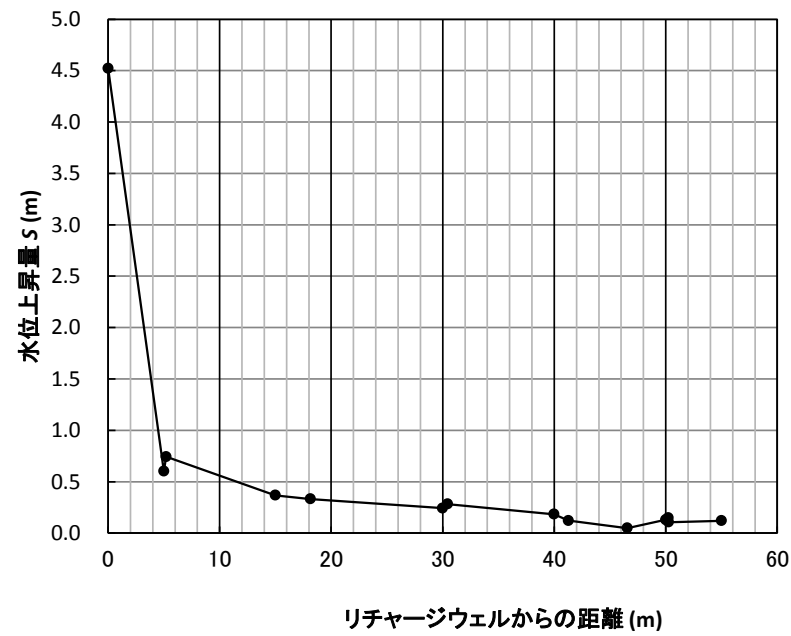


図-3.33 リチャージウェルからの距離と水位変化量 (RW3 孔注水)

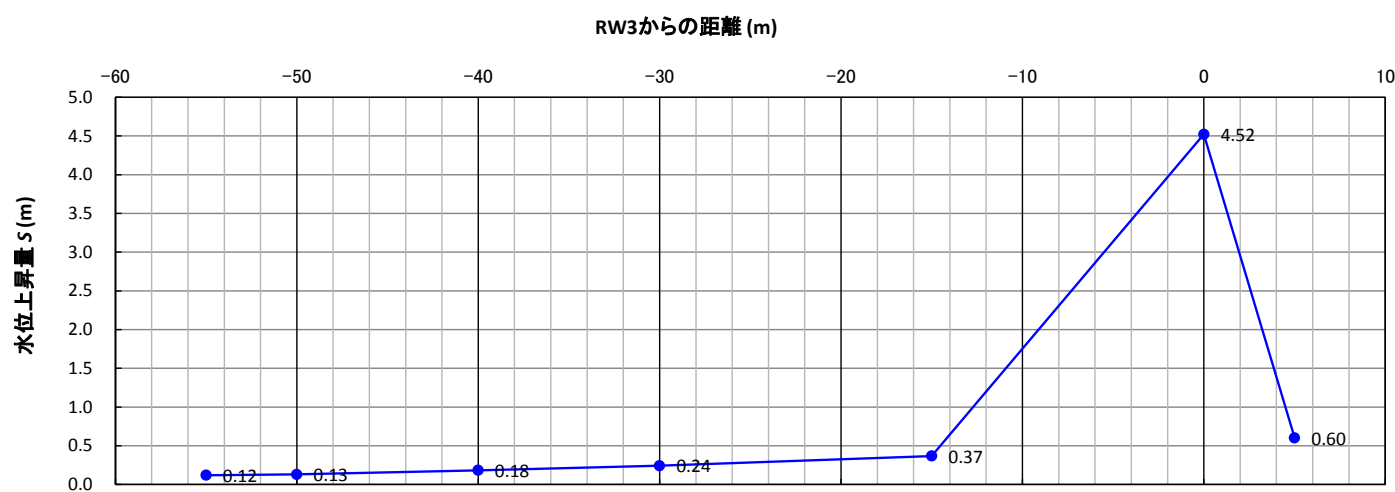
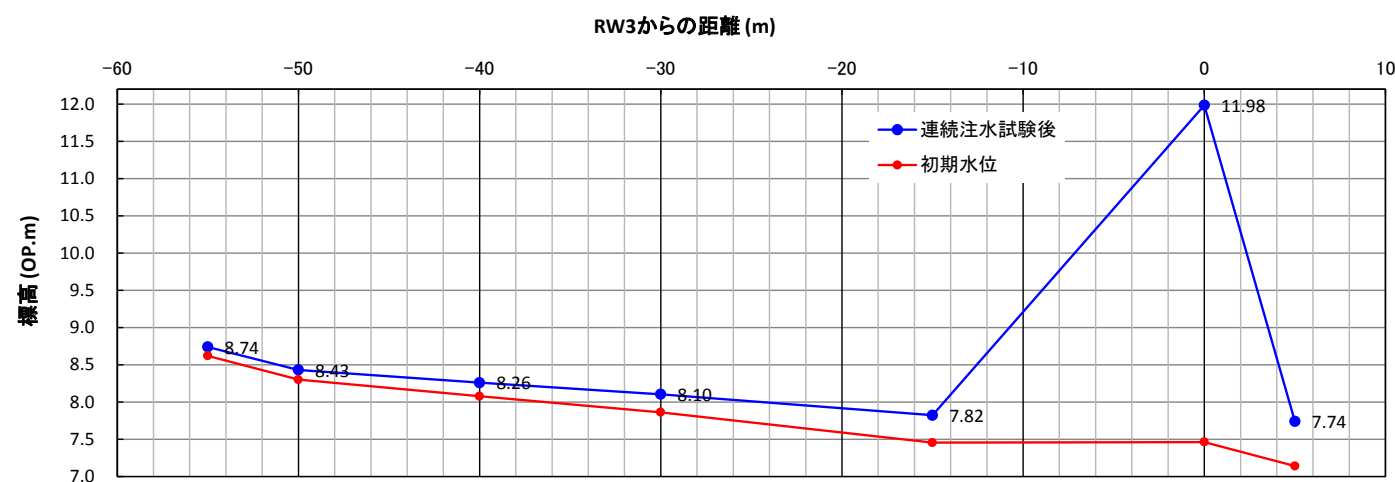
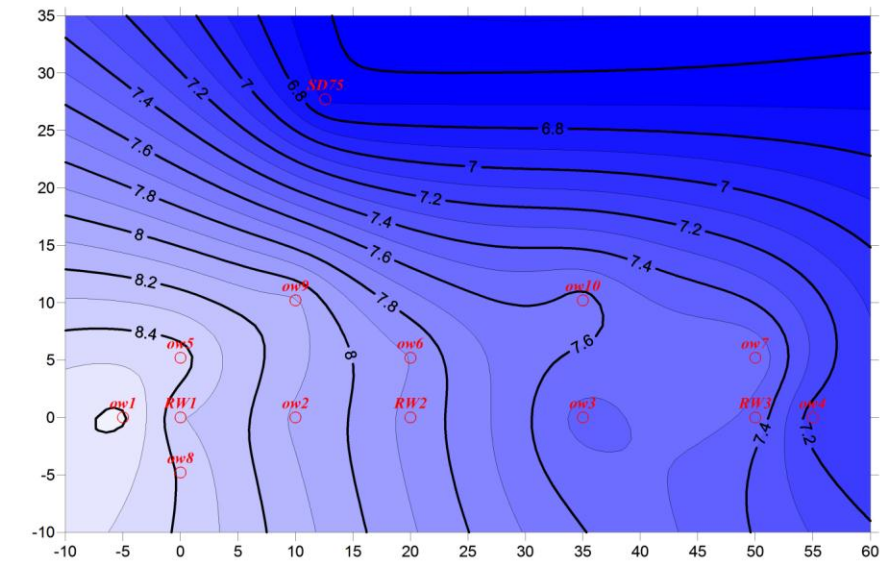
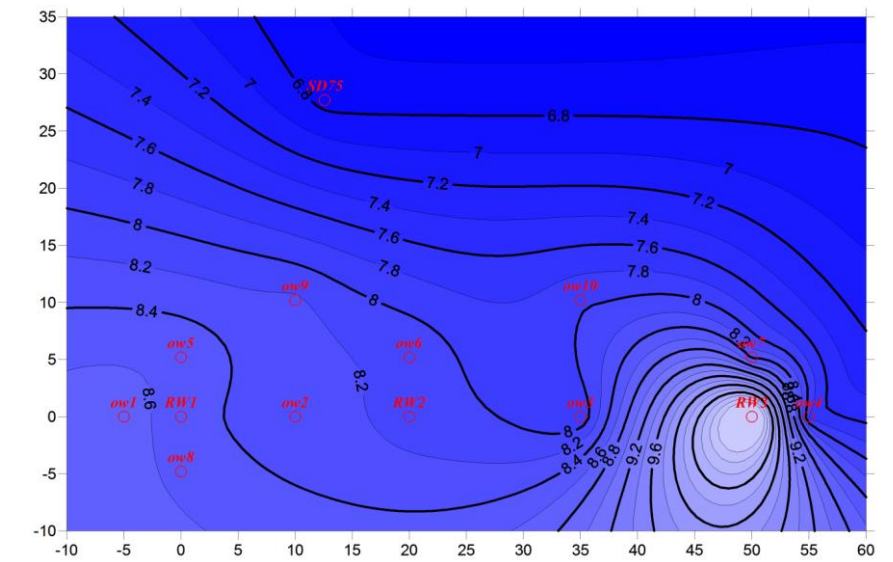


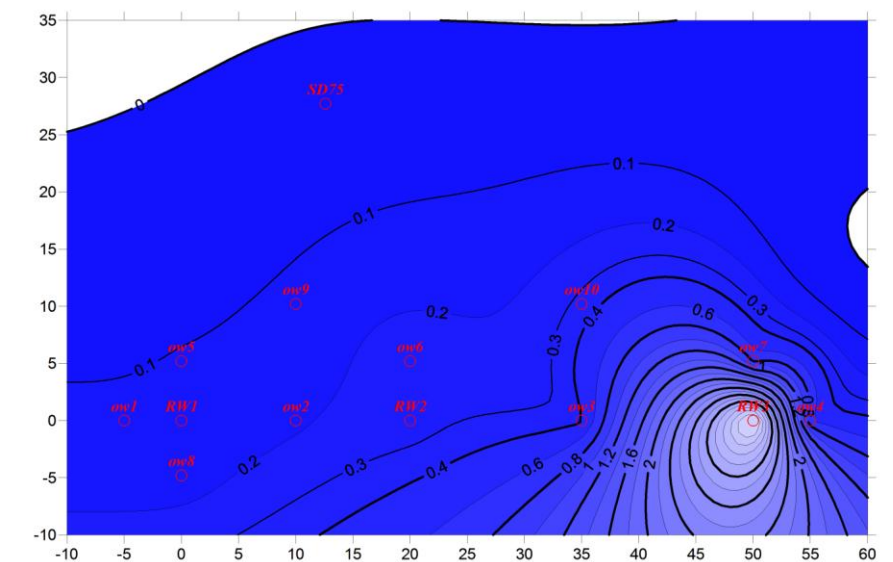
図-3.34 東西ラインの観測井水位変化量 (RW3 孔注水)



(1) 連続揚水試験前



(2) 連続揚水試験後



(3) 水位低下量

図-3.35 地下水位及び水位上昇量のコンター (RW3 孔注水)

(6) 原位置試験で求めた水理定数のまとめ

上記(2)~(5)項で詳述したとおり、原位置試験で求めた透水係数は、 $3.5\sim 4.0\times 10^{-5}$ (m/sec)であった(表-3.14参照)。これは、解析用物性値 3.00×10^{-5} (m/s)と概ね同等の値であるといえる。

表-3.14 原位置透水試験から求めた水理定数

試験名		ノイマン法 各孔の対数平均値		ティーム法	
種別	注水孔	透水係数 k (m/sec)	貯留係数 S (比産出率 S_y)	透水係数 k (m/sec)	影響圏半径 R (m)
揚水試験	RW2	3.918 E-05	1.932 E-02	2.840 E-05	63.0
注水試験	RW1	4.003 E-05	2.550 E-02	4.096 E-05	60.0
注水試験	RW2	4.024 E-05	2.501 E-02	3.755 E-05	68.5
注水試験	RW3	4.024 E-05	1.178 E-02	3.444 E-05	73.0
対数平均		3.992 E-05	1.952 E-02	3.502 E-05	65.9

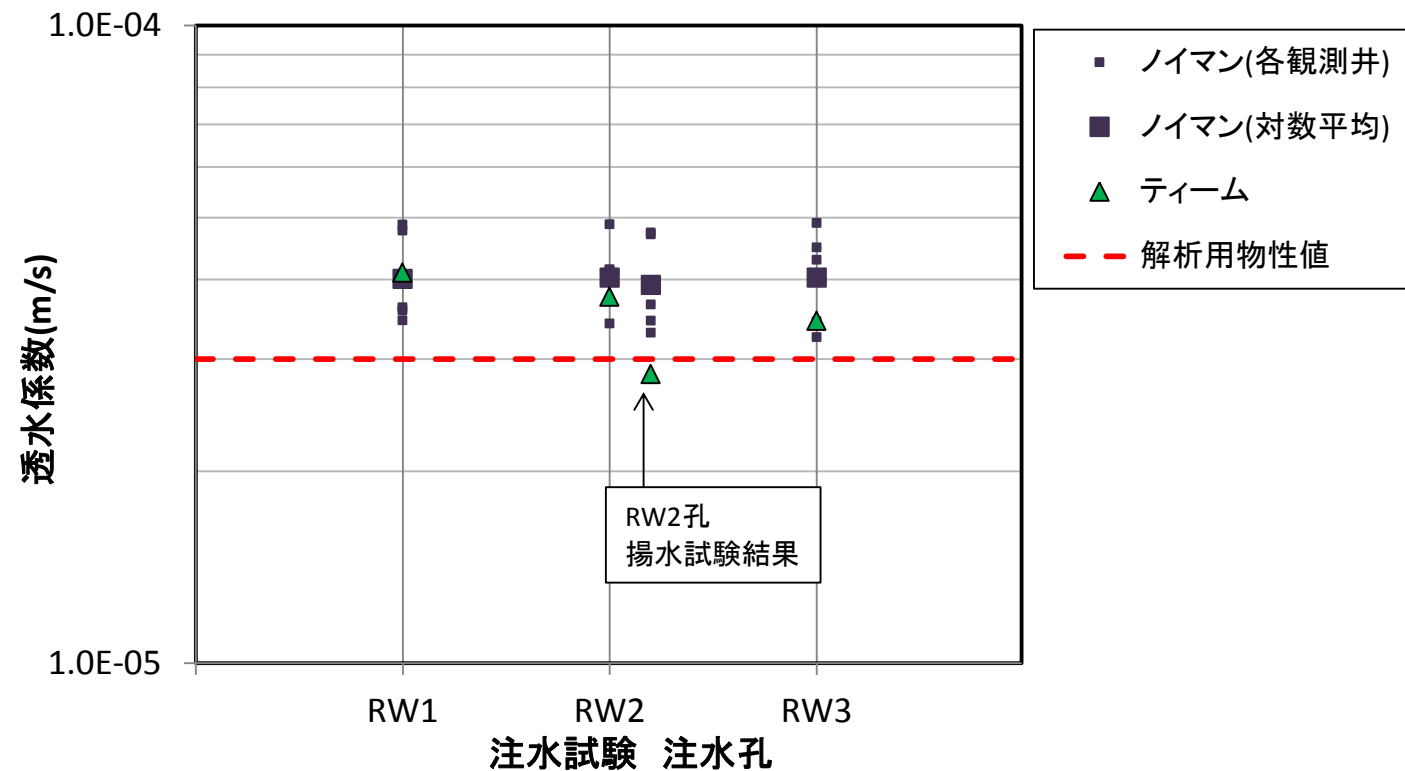


図-3.36 透水係数の比較

(7) 粒度試験結果からの透水係数の推定

クレーガーによる D_{20} と透水係数 k の関係に基づき、土質試験結果 (D_{20})より中粒砂岩層の透水係数を試算した結果を、表-3.15に示す。これらの図表に示す通り、 D_{20} より求めた中粒砂岩層の透水係数は、 $9.43\times 10^{-6}\sim 2.98\times 10^{-4}$ (m/sec) の範囲となる。

表-3.15 粒度試験結果 (D_{20}) より求めた透水係数

孔番	土質名	D_{20} (mm)	透水係数 (m/s)
ow5 c-1	中粒砂岩層	0.215	1.03 E-04
ow5 c-2	中粒砂岩層	0.081	9.43 E-06
ow5 c-3	中粒砂岩層	0.135	3.47 E-05
ow5 c-4	中粒砂岩層	0.260	1.54 E-04
ow5 c-5	中粒砂岩層	0.275	1.77 E-04
ow6 c-1	中粒砂岩層	0.225	1.13 E-04
ow6 c-2	中粒砂岩層	0.105	1.95 E-05
ow6 c-3	中粒砂岩層	0.215	1.03 E-04
ow6 c-4	中粒砂岩層	0.340	2.98 E-04
ow6 c-5	中粒砂岩層	0.230	1.18 E-04
ow7 c-1	中粒砂岩層	0.190	7.83 E-05
ow7 c-2	中粒砂岩層	0.125	2.87 E-05
ow7 c-3	中粒砂岩層	0.120	2.60 E-05
ow7 c-4	中粒砂岩層	0.125	2.87 E-05
ow7 c-5	中粒砂岩層	0.305	2.29 E-04
ow7 c-6	中粒砂岩層	0.265	1.62 E-04

※クレーガーによる D_{20} と透水係数 k の関係より算出した

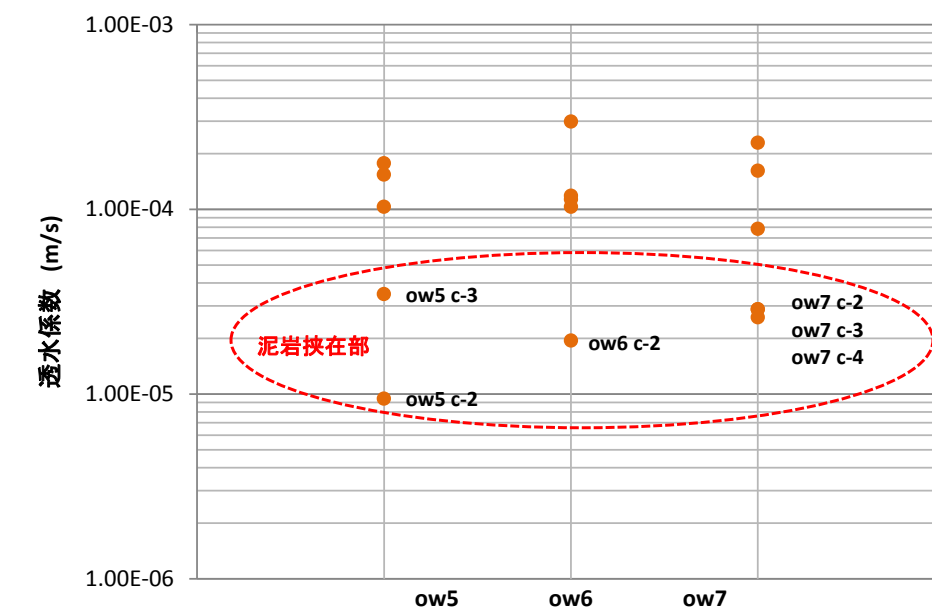


図-3.37 土質試験結果 (D_{20}) より求めた透水係数一覧図

ここで、図-3.38には土質試験位置と中粒砂岩層における泥岩挟在部の分布を示した。図-3.37の図中の楕円破線で示した部分は、泥岩挟在部の試料である。

これらのことから、 D_{20} より求められる中粒砂岩層の透水係数を、以下のように整理する。

- ・ 中粒砂岩層（泥岩挟在部以外） : $7.83 \times 10^{-5} \sim 2.98 \times 10^{-4}$ (m/sec)
- ・ 中粒砂岩層（泥岩挟在部） : $9.43 \times 10^{-6} \sim 3.47 \times 10^{-5}$ (m/sec)

なお、前項(6)で示した原位置透水試験結果と比較して中粒砂岩層の透水性が大きいが、これは粒度分布から求めた局所的な透水性を示したものであるため、地盤の透水性（平均的な透水性）とは異なることに注意が必要である。

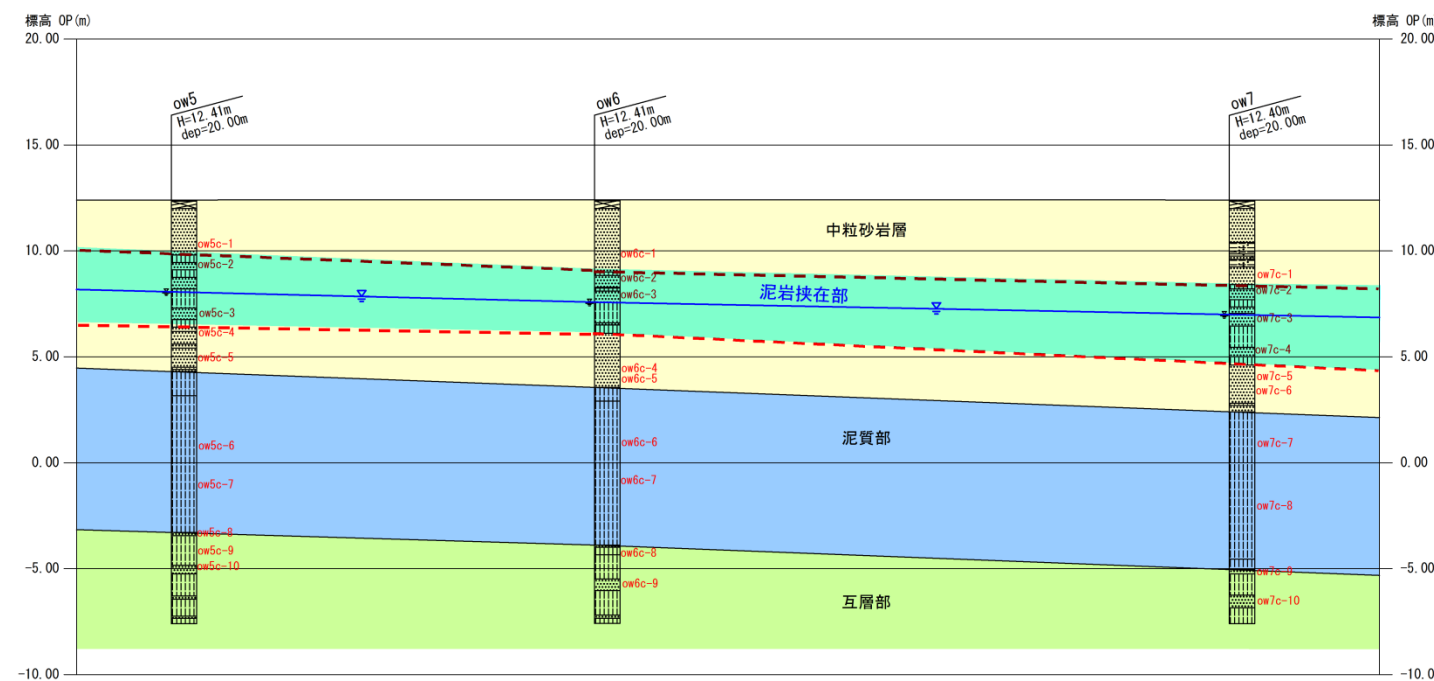


図-3.38 土質試験位置と中粒砂岩層における泥岩挟在部の分布

3.2 貯留係数（有効間隙率）の評価

不圧帯水層における貯留係数 S は、平面的に地下水の挙動を解析する際に必要な係数であり、図-3.39に示すように自由水面が低下することによって帯水層の間隙の中から排水される水量に関する値である。また、理論的には不圧帯水層の貯留係数 S は、有効間隙率に等しいとされている。

今回の実証試験において、原位置試験で求めた貯留係数は、表-3.14より 1.95×10^{-2} 程度であり、解析物性値（有効間隙率：0.41 福島第一原子力発電所周辺の地質・地下水および解析 平成 25 年 8 月 23 日 東京電力株式会社）と比較してかなり小さい値となっている。

これに関して、赤井・宇野（1964）より同様な報告がなされている。赤井らは不飽和砂質土地盤において現場揚水試験を実施して、それによって求めた貯留係数について以下のように述べている。

『今回の揚水試験から求められた有効間隙率 β の値は、高々 10^{-3} の次数であって、前に表示した値とは大いに異なっている。従来から β の値が普通考えられるよりずっと小さい値となることは気づかれており、たとえば京都市西京極における実測結果にも 10^{-2} の次数となることが述べられている。

（中略）透水係数が 10^{-3} cm/sec の次数であることと考え合わせて、揚水による重力の作用で吸引される水量は極端に小さいものになったものと思われる。（中略）確定的なことはいえないが、地盤の有効間隙率 β の性格についてはまだ問題が少なくないと考えられる。』

このことから、今回得られた貯留係数が特段異常値を示しているわけではない。また、今回求めた貯留係数が有効間隙率に比して1オーダー程度小さい値を示していることは、水分特性曲線のヒステリシスの影響等も考えられる（図-3.40）。

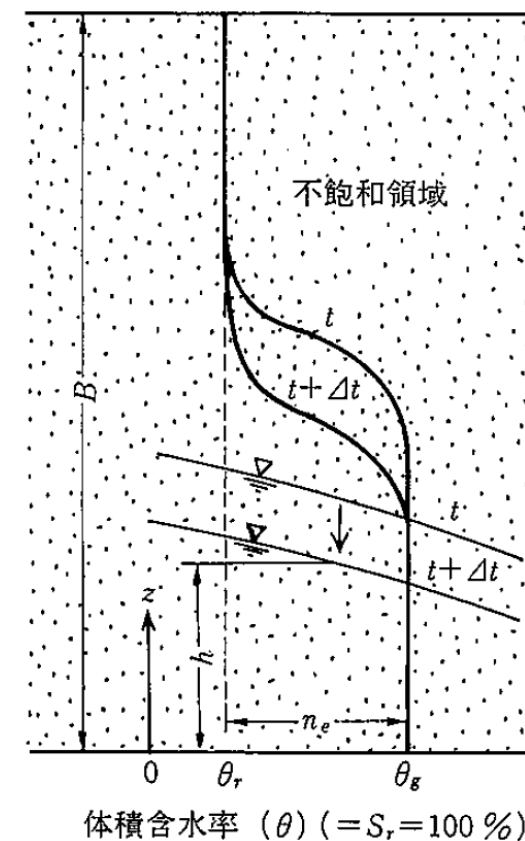


図-3.39 不飽和領域における体積含水率の分布の例

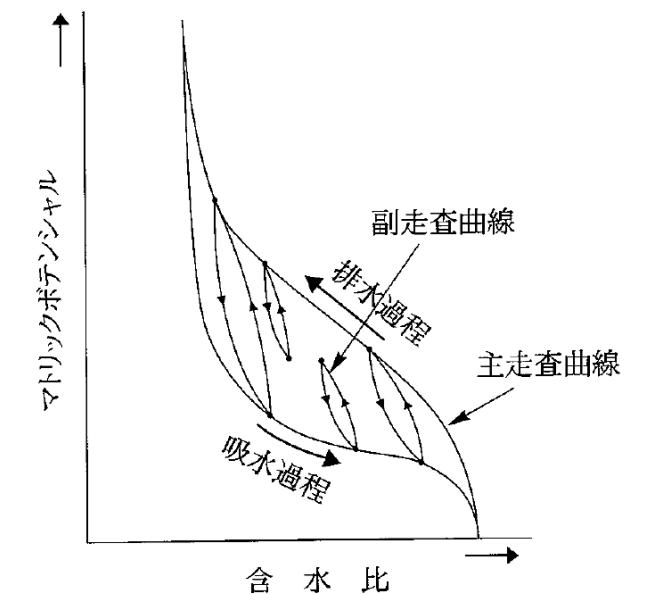
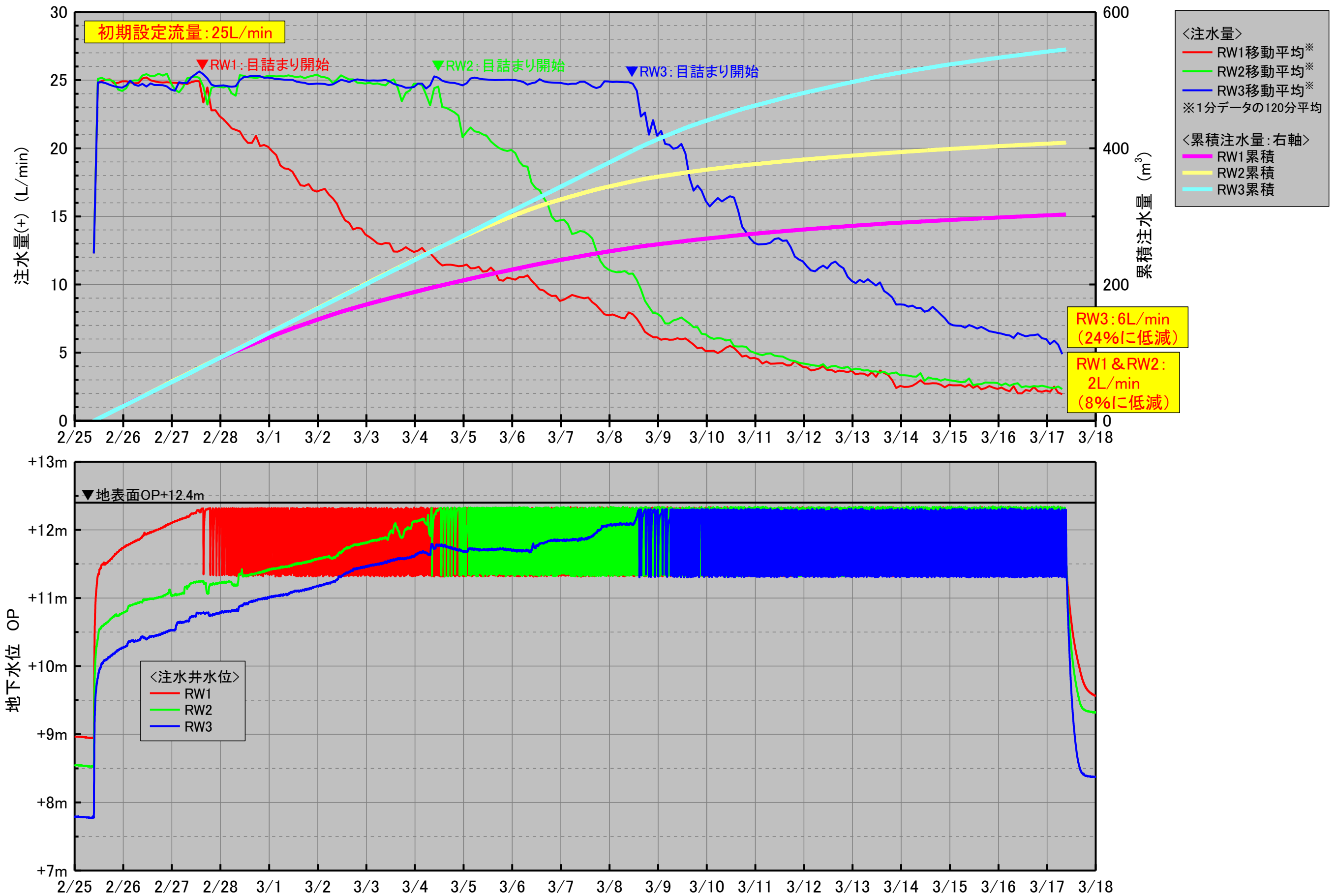


図-3.40 水分特性曲線のヒステリシスの例

3.3 目詰まり特性 (3孔注水試験結果)



3.4 逆洗浄の効果

リチャージウェルの目詰まり対策として有効な逆洗浄の効果を確認することを目的として、リチャージウェルの逆洗浄試験を実施した。

(1) 試験手順

逆洗浄試験の試験手順を図-3.41に示す。

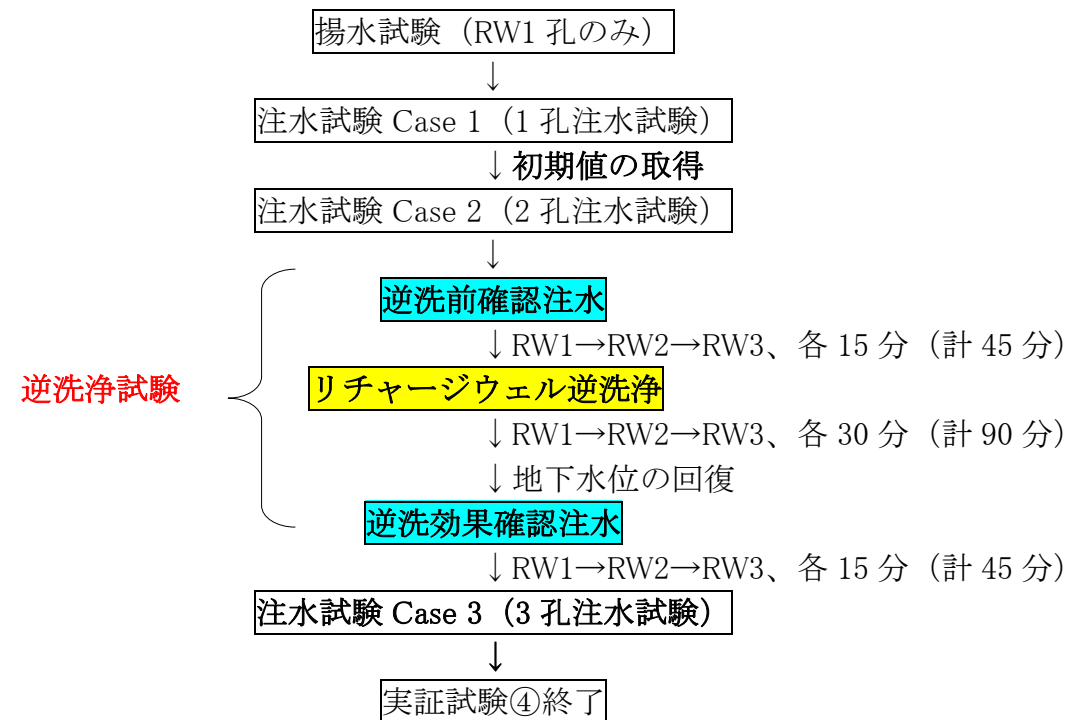


図-3.41 リチャージウェル逆洗浄試験のフロー

(2) 逆洗浄前確認注水の方法

該当するリチャージウェルに約 15 分間注水して、バルブ操作で地下水位を 1 m 上昇させる。その際、ウェル内の水位を安定させるのに必要な注水量 (Q(L/min))を測定する。

(3) リチャージウェル逆洗浄の方法

リチャージウェルの逆洗浄は、次の手順で実施する。逆洗時の累計揚水量は、約 0.7m³である。

Step-1 5 分間

- (1-1) 1 分間で 25L/min まで揚水する
- (1-2) 3 分間 揚水を継続
- (1-3) 速やかに揚水を停止する (1 分間)

Step-2 5 分間 (Step-1 と同様)

- (2-1) 1 分間で 25L/min まで揚水する
- (2-2) 3 分間 揚水を継続
- (2-3) 速やかに揚水を停止する (1 分間)

Step-3 20 分間

- (3-1) 1 分間で 25L/min まで揚水する
- (3-2) 18 分間 揚水を継続
- (3-3) 揚水を停止する (1 分間)

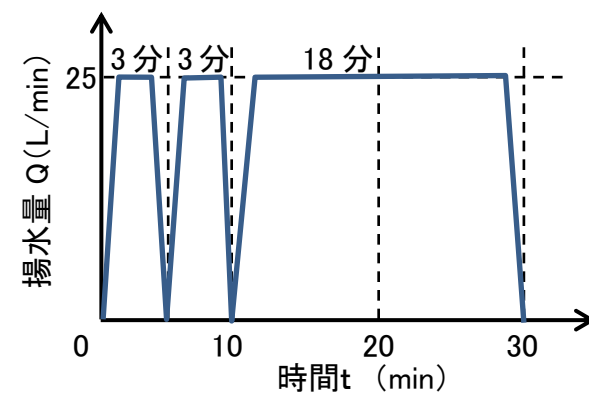


図-3.42 井戸洗浄方法の概要図

(4) 逆洗浄効果確認注水の方法 (逆洗前確認注水と同じ)

該当するリチャージウェルに注水して、バルブ操作で地下水位を 1 m 上昇させる (約 15 分間)。その際、注水井戸内水位を安定させるのに必要な注水量 (Q(L/min))を測定する。

(5) 試験結果

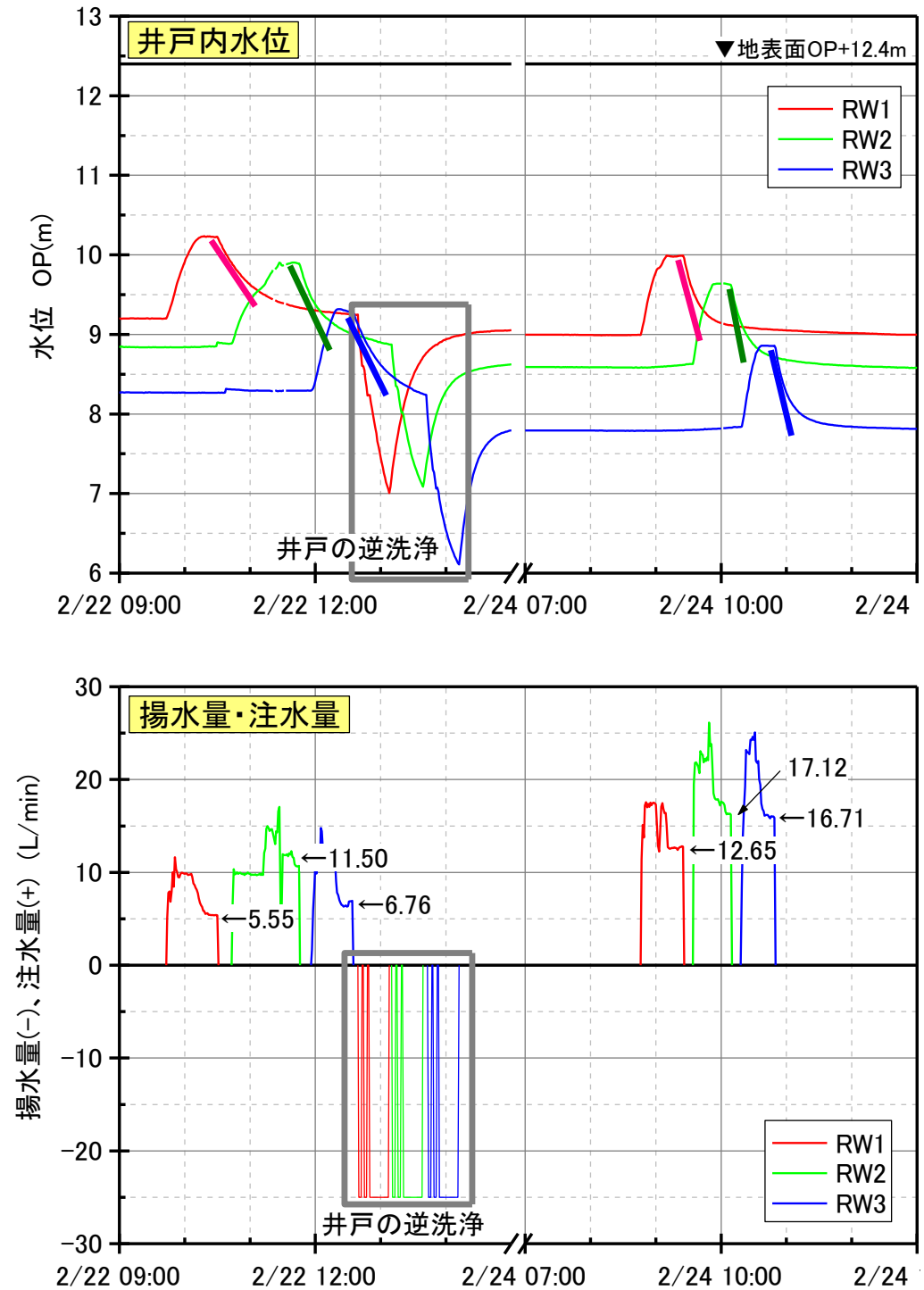


図-3.43 逆洗浄試験結果 (井戸内水位と注水量の経時変化)

(6) 逆洗浄試験の結果

表-3.16 初期注水量 (段階注水試験時)

孔番	注水開始前 孔内水位 OP(m)	注水終了時 孔内水位 OP (m)	水位上昇量 (m)	1m 上昇水位を 維持したときの 注入量 (L/min)
RW1	8.313	9.319	1.006	14.94
RW2	7.922	8.930	1.008	20.10
RW3	6.989	8.001	1.012	14.94

表-3.17 逆洗前の確認注水量

孔番	注水開始前 孔内水位 OP(m)	注水終了時 孔内水位 OP (m)	水位上昇量 (m)	1m 上昇水位を 維持したときの 注入量 (L/min)
RW1	9.201	10.229	1.028	5.55
RW2	8.884	9.891	1.007	11.50
RW3	8.292	9.301	1.009	6.76

表-3.18 逆洗後の効果確認注水量

孔番	注水開始前 孔内水位 OP(m)	注水終了時 孔内水位 OP (m)	水位上昇量 (m)	1m 上昇水位を 維持したときの 注入量 (L/min)
RW1	8.993	9.984	0.991	12.65
RW2	8.629	9.634	1.005	17.12
RW3	7.837	8.854	1.017	16.71

表-3.19 逆洗前後の注水井内水位を 1m 上昇させるのに必要な注入量

孔番	初期注水量 A (L/min) (段階試験時)	逆洗前注水量 B (L/min) (低下率: B/A)	逆洗後注水量 C (L/min) (回復率: C/A)	逆洗までの累積流量 (m³)		
				揚水量 Qout	注水量 Qin	Qin - Qout
RW1	14.94	5.55 (0.37)	12.65 (0.85)	—	267.1	267.1
RW2	20.10	11.50 (0.57)	17.12 (0.85)	37.4	293.6	256.2
RW3	14.94	6.76 (0.45)	16.71 (1.11)	—	278.5	278.5
平均	16.68	7.94 (0.46)	15.49 (0.94)	—	—	267.3

(7) 井戸の逆洗浄効果

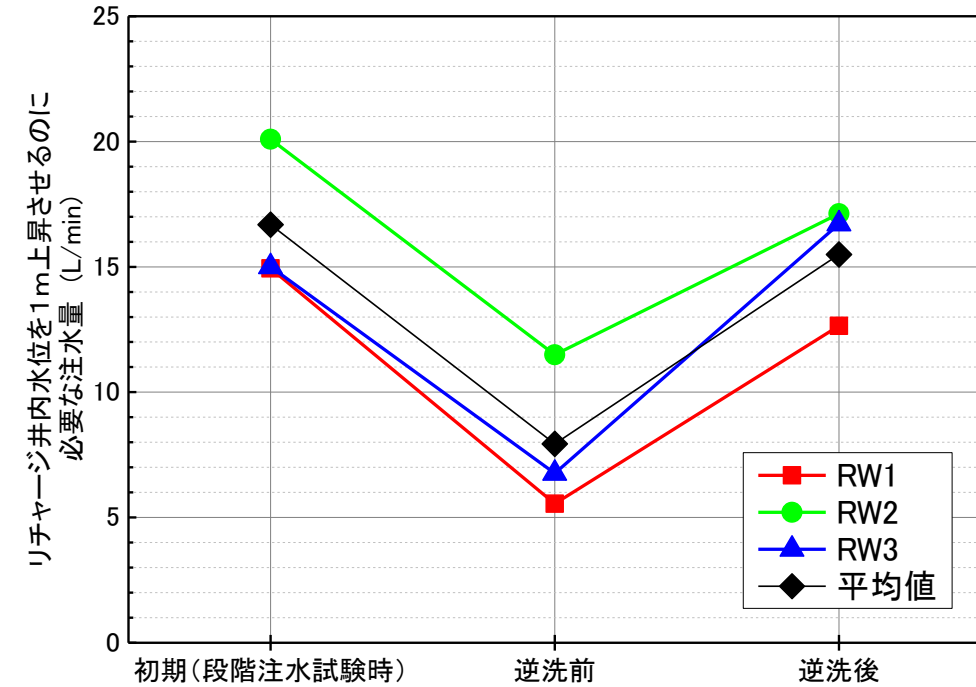


図-3.44 リチャージウエル逆洗浄効果

逆洗浄後にほぼ初期状態まで回復
(回復率: 0.94 (平均値))

(8) 井戸の逆洗頻度の検討

表-3.19より、各リチャージウエルの逆洗時までの累積注水量の平均値は 267m³であった。この流量を参考にして、いま仮に 250m³の注水で1回の逆洗浄を行うことにより初期注水量まで回復できるとすると、1孔当たりの設定注水量によって逆洗までの期間が決まる。

表-3.20 逆洗浄頻度の試算

※250m³の注水で1回の逆洗浄を行う場合

1孔当たりの平均注水量		逆洗までの日数(day) (C=250/A)	<参考>リチャージ孔が 合計 30孔の場合の合計注水量 (m³/day) (D=30A)
m³/day/孔 (A)	L/min/孔 (B=1000A/1440)		
2.0	1.4	125.0	60
3.0	2.1	83.3	90
4.0	2.8	62.5	120
5.0	3.5	50.0	150
6.0	4.2	41.7	180
7.0	4.9	35.7	210
8.0	5.6	31.3	240
9.0	6.3	27.8	270
10.0	6.9	25.0	300
11.0	7.6	22.7	330

3.5 井戸損失と井戸効率

(1) 井戸損失と井戸効率の算出方法

井戸損失（ウェルロス）は、揚水時（注水時）における井戸のすぐ外側の帯水層の水頭（井戸際水位）と井戸内水位の差（ $s_w - s$ ）である。

また、井戸効率は、揚水時（注水時）における原水位と井戸際水位の差 s に対する、この s に井戸損失を加えた水位（井戸内水位） s_w の比率（ s/s_w ）のことをいう。

※参考文献：地盤工学会「根切り工事と地下水」（p.337, 1991）。

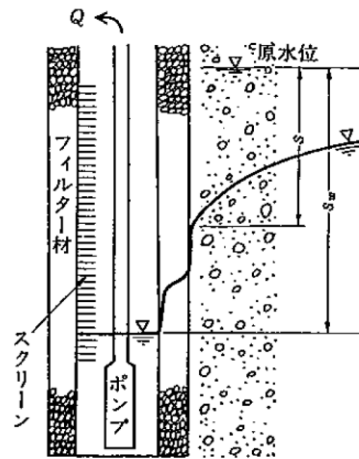


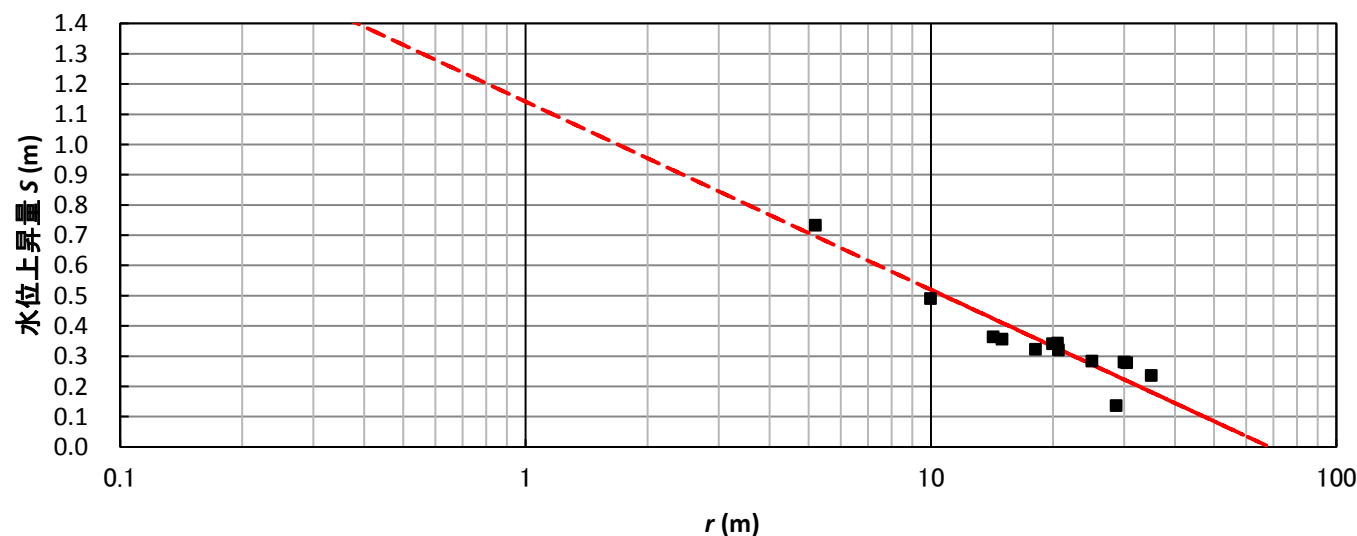
図-3.45 井戸損失と井戸効率の説明図

① 簡易法

井戸損失及び井戸効率は、地盤工学会「根切り工事と地下水」を参考に算出した。リチャージウェルの掘削孔径は 600mm であるため、リチャージウェル中心から 300mm の位置の水位を井戸際水位として設定した。井戸際水位は、対数グラフで井戸からの距離(r)が 300mm になる地点とした。

参考として、以下に RW2 孔の試験結果を用いて求めた方法を例示する。

井戸内水位	s_w	=	6.3	m	帯水層下端からの水位
井戸際水位	s	=	5.8	m	帯水層下端からの水位
井戸損失	$s_w - s$	=	0.5	m	
井戸効率	s/s_w	=	92.80%		

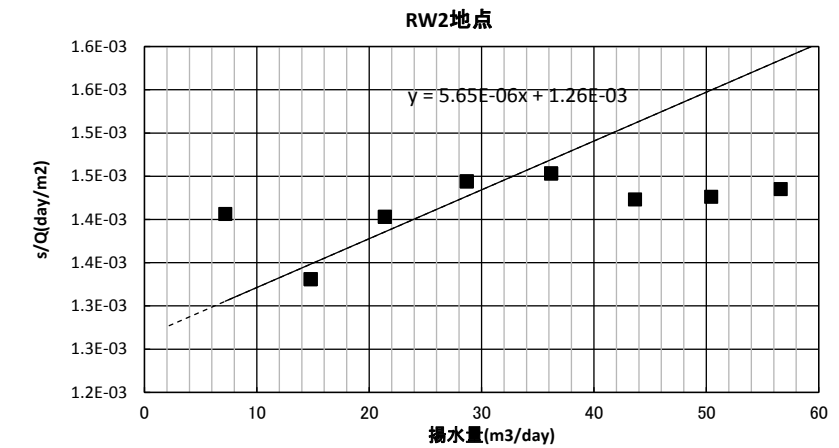


② 段階注水試験より求める方法

段階注水試験の結果より求める井戸効率は、土木研究所「地下空間建設における地下水環境の保全技術マニュアル(案)―復水工法の設計・施工法―」（1993）を参考に算出した。

ここで、 s ：井戸内水位上昇量、 B_1 ：帯水層損失係数、 B_3 ：乱流損失係数、 C ：井戸損失係数、 E_{w1} ：目詰まり前の井戸効率を示す。今回の段階注水試験は、目詰まり前の井戸を用いて実施したため目詰まり後の井戸効率は求まらない。

注水量		$(S/Q) = B_1 + (B_3 + C)Q^2$		$E_{w1} = B_1 Q / (B_1 Q + (B_3 + C)Q^2)$
(l/min)	$Q(m^3/day)$	$B_1(day/m^2)$	$(B_3 + C)(day^2/m^5)$	井戸効率 $E_w(\%)$
25.0	36.0	1.26E-03	5.65E-06	86.10%



(2) 井戸損失と井戸効率の算出

井戸損失と井戸効率の算出結果を表-3.21に示す。

この結果から、井戸効率は概ね 70%程度であることがわかる。

また、注水試験 RW2 の井戸損失が小さく井戸効率がよいのは、連続注水試験に先立って連続揚水試験を実施しているため、結果的に十分な井戸洗浄が行われたためであると考えられる。

表-3.21 井戸損失と井戸効率の算出結果

試験	簡易法		段階注水試験
	井戸損失(m)	井戸効率(%)	井戸効率(%)
揚水試験 RW2	1.1m	83.61%	—
注水試験 RW1	2.1m	71.36%	65.16%
注水試験 RW2	0.5m	92.80%	86.10%
注水試験 RW3	3.1m	67.56%	62.31%

3.6 地下水 (RW2) ・原水 (DW) 及びろ過処理水の水質

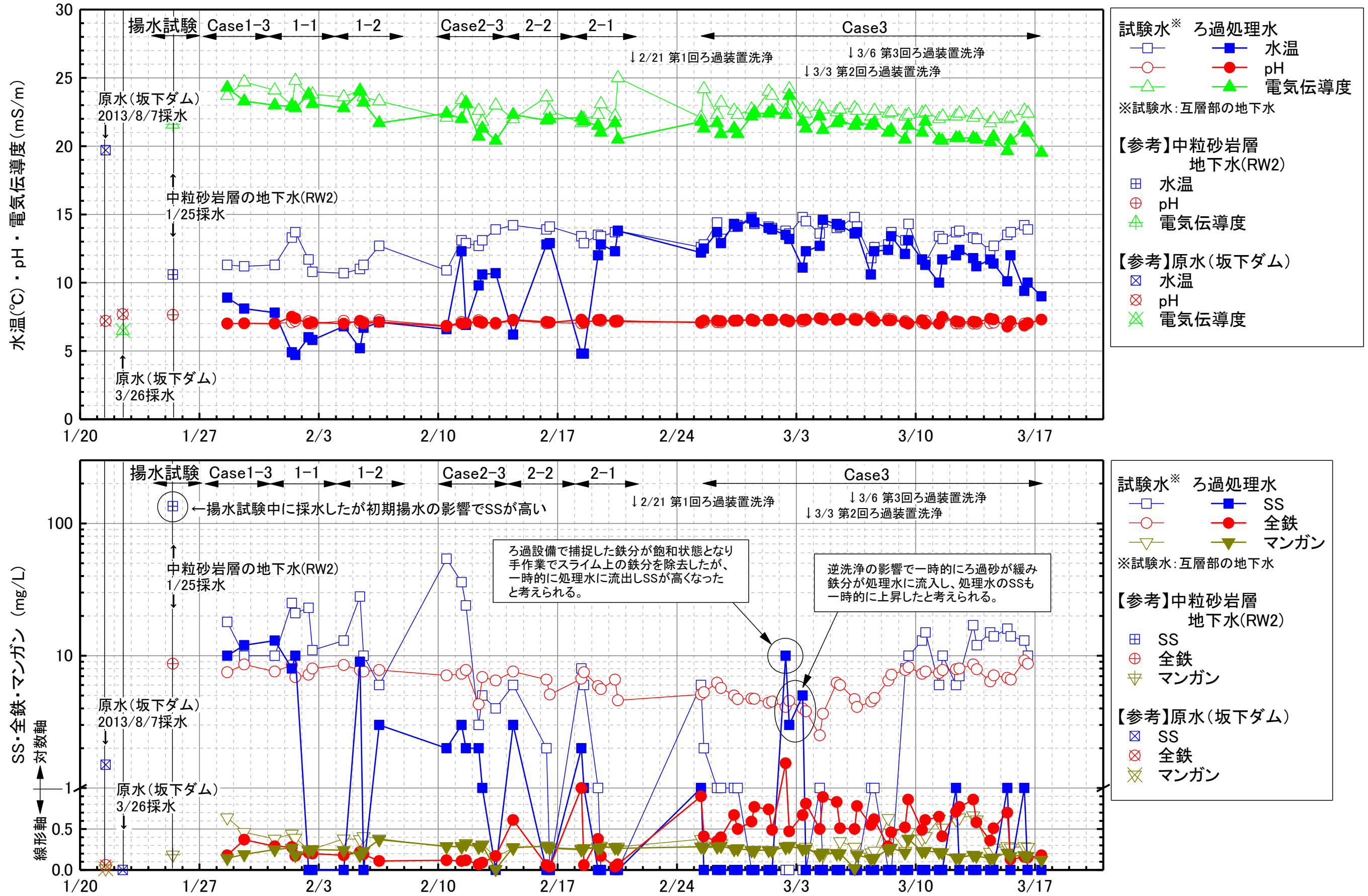


図-3.46 試験水 (DW) とろ過処理水の水質