

4.5 揚水試験結果

本調査で掘削した試掘孔を観測井として仕上げた後、帯水層の能力を把握して地下水シミュレーションに必要な帯水層定数を得るために、揚水試験を実施した。また、揚水試験結果に基づき観測井の井戸効率も評価した。

合計 9 本の新規観測井において、段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験の 3 種類の試験を計画したが、北部盆地の TW-NC-1 観測井では地下水位が極端に深いため揚水試験が実施できず、その代わりに注水試験を実施した。

4.5.1 試験実施方法

揚水試験は、調査団およびカウンターパートの指導・監督の下、現地再委託により実施した。各試験の実施方法は、次のとおりである。

a. 予備揚水試験

井戸仕上げ終了後、本格的な揚水試験を実施する前に予備揚水試験を実施した。予備揚水試験の目的は、本格揚水試験で使用する水中モーターポンプの能力を確認するとともに、あらかじめ概略の水位降下量を把握することである。

予備揚水試験は比較的短時間で行い、地下水位が静水位に回復したことを確認してから本格揚水試験を行った。

b. 段階揚水試験

段階揚水試験は、次の 3 点の目的を達成するために実施した。

- 揚水量を段階的に変化させて揚水量と水位降下量との関係を把握する
- 各段階における比湧出量を計算し、井戸損失や帯水層損失、井戸効率などのパラメータを算出して観測井の能力を評価する
- 連続揚水試験における揚水量を決定する

段階試験の目的を達成するためには最低 3 段階の試験が必要であるが、本調査では揚水量増加時 5 段階、揚水量減少時 4 段階の合計 9 段階の試験を実施した。各段階の揚水時間は 180 分 (=3 時間) とし、各段階において揚水量を一定に保つように細心の注意を払った。揚水量は、三角ノッチを使用して測定した。

地下水位は手動の地下水位測定装置を使用して、表 4.5.1 に示す時間間隔で測定した。

表 4.5.1 段階揚水試験各段階の地下水位測定時間間隔

各段階経過時間	測定時間間隔
0~2 分	1 分毎
2~20 分	2 分毎
20~60 分	5 分毎
60~180 分	10 分毎

測定した地下水位データは、試験開始前にあらかじめ測定しておいた静水位との関係

から時間ごとの水位降下量に変換し、それを試験解析に使用した。

c. 連続揚水試験

連続揚水試験は、次の目的を達成するために実施した。

- 透水量係数（透水係数）や貯留係数などの帯水層パラメータを得る
- 時間 - 水位降下量曲線の形状から帯水層の種類（完全被圧帯水層、漏水性被圧帯水層など）を把握する

連続揚水試験の目的を達成するためにはなるべく長時間にわたり一定の揚水量で試験を行う必要がある。本調査では、2,880分（＝48時間）の連続試験を実施した。地下水位は表 5.5.2 に示す時間間隔に従い測定し、揚水量は定期的に三角ノッチを使用して測定した。

表 4.5.2 連続揚水試験の地下水位測定時間間隔

各段階経過時間	測定時間間隔
0～6分	1分毎
6～10分	2分毎
10～60分	5分毎
60～120分	10分毎
120～180分	20分毎
180～360分	30分毎
360～1440分	60分毎
1440～2880分	120分毎

測定した地下水位データは、試験開始前にあらかじめ測定しておいた静水位との関係から時間ごとの水位降下量に変換し、それを試験解析に使用した。

d. 回復試験

回復試験は、次の目的を達成するために実施した。

- 透水量係数（透水係数）を得る

回復試験は、連続揚水試験終了後（＝ポンプ運転停止後）直ちに開始した。本調査では、回復試験の実施時間は1,440分（＝12時間）とした。地下水位は表 5.5.3 に示す時間間隔に従い測定した。

表 4.5.3 回復試験の地下水位測定時間間隔

各段階経過時間	測定時間間隔
0～2分	1分毎
2～20分	2分毎
20～40分	5分毎
40～120分	10分毎
120～480分	30分毎
480～1440分	60分毎

測定した地下水位データは、試験開始前にあらかじめ測定しておいた静水位との関係から時間ごとの残留水位降下量に変換するとともに、揚水開始後時間 (t) と揚水停止後時間 (t') との関係から時間比 (t/t') を求め、それを試験解析に使用した。

4.5.2 試験解析方法

a. 段階揚水試験の解析方法

段階揚水試験の結果は、まず時間 - 水位降下量グラフに整理して、各段階の揚水量 Q と水位降下量 s を求め、段階別の比湧出量 Sc とその逆数を算出した。比湧出量 Sc は、次式で求められる。

$$Sc = \frac{Q}{s} \quad (\text{式 4.5.1})$$

次に、井戸損失係数と帯水層損失係数を求めるために、横軸に揚水量、縦軸に比湧出量の逆数 ($1/Sc$) をとるグラフを作成した。Jacob (1947) によれば、揚水井戸内の総水位降下量と井戸損失係数、帯水層損失係数との関係は次式で表すことができる。

$$s_w = BQ + CQ^2 \quad (\text{式 4.5.2})$$

ここに、 s_w は総水位下降量(m)、 B は帯水層損失係数(day/m²)、 C は井戸損失係数(day²/m⁵)、そして Q は揚水量(m³/day)である。

(式 4.5.2) の両辺を揚水量 Q で割ると、

$$\frac{s_w}{Q} = B + CQ \quad (\text{式 4.5.3})$$

となる。ここで、 s_w/Q は比湧出量 Sc の逆数である。上述のグラフにプロットされた各段階の揚水量 Q と比湧出量の逆数 $1/Sc$ の点に近似するような直線を引くと、その直線の切片は帯水層損失係数 B 、傾きは井戸損失係数 C として求めることができる。

得られた帯水層損失係数 B と井戸損失係数 C を利用して、各段階の井戸効率と平均井戸効率を算出した。各段階の井戸効率は、次式で定義される。

$$E_w = \frac{S_w - S_L}{S_w} \quad (\text{式 4.5.4})$$

ここに、 E_w は井戸効率、 S_w は総水位降下量、 S_L は井戸損失による水位降下量である。Jacob (1947) の示した関係を (式 4.4.4) に代入すると

$$E_w = \frac{(BQ + CQ^2) - CQ^2}{BQ + CQ^2} \quad (\text{式 4.5.5})$$

となり、これを簡略化すると、

$$E_w = \frac{BQ}{S_w} = B \times Sc \times 100(\%) \quad (\text{式 4.5.6})$$

となり、帯水層損失係数 B と比湧出量 Sc から井戸効率 E_w が簡単に求められる。本調査では、各段階の井戸効率をもとに、観測井毎に平均井戸効率を求めた。

なお、本調査では各段階の Q - s_w 関係を両対数グラフにプロットし、 Q - s_w 曲線の変曲点や揚水量増加時と減少時の履歴の変化の有無を確認した。

b. 連続揚水試験の解析方法

連続揚水試験の結果は、片対数グラフの横軸（対数軸）に揚水開始後の時間 t 、縦軸（算術軸）に水位降下量 s をとり、時間 - 水位降下量グラフにプロットした。

非定常流被圧完全井から地下水を揚水した場合、その水位降下量は Theis (1935) により次式で表される。

$$s = (Q/4\pi T) W(u) \quad (\text{式 4.5.7})$$

ここに、 s は水位降下量、 Q は揚水量、 T は透水量係数、そして $W(u)$ は井戸関数である。井戸関数 $W(u)$ は次式で表され、

$$W(u) = \int_u^{\infty} e^{-u}/u \, du \quad (\text{式 4.5.8})$$

このなかの u は次式で表される。

$$u = r^2 S/4Tt \quad (\text{式 4.5.9})$$

ここに、 r は井戸半径、 S は貯留係数、 T は透水量係数、そして t は時間である。（式 4.5.8）を展開すると、

$$W(u) = -0.577216 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots \quad (\text{式 4.5.10})$$

と表されるが、Cooper and Jacob (1946) は（式 4.5.10）を簡略化して、水位降下量 s を次のように表した。

$$s = \frac{Q}{4\pi T} (-0.5772 - \ln u) \quad (\text{式 4.5.11})$$

これを変形すると、

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln \left(\frac{4Tt}{r^2 S} \right) - 0.5772 \right] \quad (\text{式 4.5.12})$$

さらに、自然対数から常用対数に変換して次式を示した。

$$s = \left(\frac{2.30Q}{4\pi T} \right) \log \left(\frac{2.25Tt}{r^2 S} \right) \quad (\text{式 4.5.13})$$

Cooper and Jacob の直線解析法では、連続揚水試験結果から得られる前述の時間-水位降下量プロットに近似する直線をフィットさせ、その直線の対数 1 サイクルあたりの水位降下量を Δs として、透水量係数 T を次式で求める。

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi \Delta s} \quad (\text{式 4.5.14})$$

また、貯留係数 S は、上述の直線が水位降下量 $s = 0$ となる時間を t_0 として、次式で求める。

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \quad (\text{式 4.5.15})$$

c. 回復試験の解析方法

回復試験の結果は、片対数グラフの横軸（対数軸）に時間比 t/t' 、縦軸（算術軸）に残留水位降下量 s' をとり、時間比 - 残留水位降下量グラフにプロットした。

Theis (1935) は非定常流被圧完全井の残留水位降下量を次式で表した。

$$s' = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln\left(\frac{4Tt}{r^2S}\right) - \ln\left(\frac{4Tt'}{r^2S'}\right) \right] \quad (\text{式 4.5.16})$$

ここに、 s' は残留水位降下量、 Q は揚水量、 T は透水量係数、 t は揚水開始後時間、 t' は揚水停止後時間、 r は井戸半径、 S は水位降下時の貯留係数、 S' は水位回復時の貯留係数である。

ここで、水位降下時と水位回復時の貯留係数を等しいと仮定し、(式 4.5.16) を自然対数から常用対数に書き直すと、残留水位降下量 s' は次のように表すことができる。

$$s' = \left(\frac{2.30Q}{4\pi T} \right) \log\left(\frac{t}{t'}\right) \quad (\text{式 4.5.17})$$

回復試験直線解析法では、前述の時間比-残留水位降下量プロットに近似する直線をフィットさせ、その直線の対数 1 サイクルあたりの水位降下量を $\Delta s'$ として、透水量係数 T を次式で求める。

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s'} \quad (\text{式 4.5.18})$$

なお、回復試験の解析では、水位降下時と水位回復時の貯留係数を等しいと仮定しているため、貯留係数を求めることはできない。

4.5.3 段階揚水試験解析結果

新規観測井の段階揚水試験解析結果は、次のとおりである。なお、北部盆地の TW-NC-1 観測井では、静水位が地表面から 290 m 付近と非常に深くに分布するため、段階揚水試験を実施することができなかった。

a. TW-SE-1 観測井

TW-SE-1 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.1 に示す。段階揚水試験は揚水量を 24.28 m³/day から 193.97 m³/day まで変化させて実施した。最大量揚水時の水位降下量は 10.50 m で、その比湧出量は 18.47 m²/day である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加するほど地下水位が安定化するまでに時間がかかり、とくに第 5 段階では水位が大きく低下するとともに 3 時間後でも水位の安定化は不十分であった。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、1 段階と 9 段階のデータを除き他のプロットは直線状に並ぶ。これらのプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 4.12E-02 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 5.82E-05 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量増加時と減少時の履歴曲線はほぼ同じ位置を示し、揚水量増加時には第 2 段階と第 4 段階に変曲点がみられる。

b. TW-SE-2 観測井

TW-SE-2 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.2 に示す。段階揚水試験は揚水量を $14.69 \text{ m}^3/\text{day}$ から $68.60 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。TW-SE-2 観測井では揚水試験前の静水位は -48.98 m と低く、5 段階目の水位降下量は 10.20 m を超え、水中モーターポンプ上端よりも水位が低下し記録をとることができなかった。5 段階目の水位降下量を 10.02 m と仮定して比湧出量を求めると $6.85 \text{ m}^2/\text{day}$ となるが、実際にはもっと小さいことになる。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水中の水位が不規則に変化しており、試験中の揚水量管理に問題があったと判断される。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、各段階のプロットはほぼ直線状に並び、水位降下量を 10.02 m と仮定した場合の 5 段階目のプロットもこの直線付近に位置する。5 段階目を除くプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 8.40E-02 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 8.52E-04 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量増加時と減少時の履歴曲線はほぼ同じ位置を示し、第 3 段階と第 7 段階にわずかな屈曲があるがほぼ直線的な履歴曲線を示す。

c. TW-SC-1 観測井

TW-SC-1 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.3 に示す。段階揚水試験は揚水量を $94.52 \text{ m}^3/\text{day}$ から $264.21 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。最大量揚水時の水位降下量は 8.10 m で、その比湧出量は $32.62 \text{ m}^2/\text{day}$ である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加するほど地下水位が安定化するまでに時間がかかり、とくに第 5 段階では 3 時間経過しても水位は十分に安定化しなかった。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、1 段階目と 9 段階目および 2 段階目と 8 段階目のプロットが最小二乗法で求めた直線からはずれてプロットされる。その直線の切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 2.68E-02 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 1.59E-05 \text{ day}^2/\text{m}^5$ が求められる。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量増加時と減少時の履歴曲線はほぼ同じ位置を示すが、第 2 段階と第 8 段階にわずかな屈曲が認められる。

d. TW-SC-2 観測井

TW-SC-2 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.4 に示す。段階揚水試験は揚水量を $61.95 \text{ m}^3/\text{day}$ から $256.61 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。TW-SC-2 観測井では揚水試験前の静水位は -20.40 m と低いが、最大量揚水時の水位降下量はわずかに 1.05 m で、その比湧出量は $244.4 \text{ m}^2/\text{day}$ と大きい。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水中の水位が不規則に変化しており、試験中の揚水量管理に問題があったと判断される。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、各段階のプロットはややバラついている。そのため、揚水量増加時のプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから

帯水層損失係数 $B = 3.67E-03 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 1.73E-06 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量が比較的少ない段階において、揚水量増加時に比べて減少時の履歴曲線が上側に位置しており、揚水量減少時の水位降下量のほう大きいことを示している。

e. TW-SS-1 観測井

TW-SS-1 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.5に示す。段階揚水試験は揚水量を $71.54 \text{ m}^3/\text{day}$ から $271.99 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。最大量揚水時の水位降下量は 28.63 m で、その比湧出量は $9.50 \text{ m}^2/\text{day}$ である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加するほど地下水位が低下する割合が大きくなり、水位が安定化するまでの時間も長くかかるようになる。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、揚水量増加時のプロットはほぼ直線上に分布するが、揚水量減少時のプロットはややバラついている。そのため、揚水量増加時のプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 9.93E-02 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 2.98E-05 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量が比較的少ない段階において、揚水量増加時に比べて減少時の履歴曲線が上側に位置しており、揚水量減少時の水位降下量のほう大きいことを示している。

f. TW-SS-2 観測井

TW-SS-2 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.6に示す。段階揚水試験は揚水量を $58.75 \text{ m}^3/\text{day}$ から $287.88 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。最大量揚水時の水位降下量は 10.22 m で、その比湧出量は $28.17 \text{ m}^2/\text{day}$ である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加しても水位は比較的早期に安定している。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、揚水量増加時のプロットはほぼ直線上に分布するが、揚水量減少時のプロットは7段階目から9段階目にかけて増加時のプロットより上側に分布する。そのため、揚水量増加時のプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 1.98E-02 \text{ day/m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 5.46E-05 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量が比較的少ない段階において、揚水量増加時に比べて減少時の履歴曲線がかなり上側に位置しており、揚水量減少時の水位降下量のほう大きいことを示している。

g. TW-SW-1 観測井

TW-SW-1 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.7に示す。この観測井では、静水位が2005年1月8日時点で地表面よりも 6.97 m 高い位置にあるため、それよりも高くケーシングパイプを延長してそこからポンプを挿入して揚水することが不可能である。そこで、地表面付近でケーシングパイプの管頭を塞ぎ、そこから2本のパイプを設置して、それぞれ流量調節バルブを取り付けた。パイプのひとつはポンプの揚水に代わる流出用パイプとし、もうひとつは水銀圧力計に取り付ける水圧観測用パイプとした。水圧観測用パイプは、写真 5.5.1 に示すU字型水銀式圧力計の左側に接続して、被圧地下水の圧力を水銀柱の高さで読み取れるようにし、読み取った水銀柱高さの変化を水位変化に換算した。



写真 4.5.1 TW-SW-1 観測井に設置したU字型水銀式圧力計

段階揚水試験はパイプからの流出量を $149.76 \text{ m}^3/\text{day}$ から $270.0 \text{ m}^3/\text{day}$ まで 4 段階に変化させて実施した。最大量流出時の水位降下量は 2.71 m で、その比湧出量は $99.73 \text{ m}^2/\text{day}$ である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加しても水位は比較的早期に安定している。

流出量 - 比湧出量逆数グラフでは、流出量増加時のプロットはほぼ直線上に分布する。このプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = -9.63\text{E-}04 \text{ day}/\text{m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 4.40\text{E-}05 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。このように帯水層損失係数 B が負の値を示す原因は、本観測井が比較的高い圧力を有する自噴井であることに起因していると考えられる。

流出量 - 水位降下量の両対数グラフでは、流出量が比較的少ない段階において、流出量増加に対する水位降下量が大きくなるが、流出量が大い時期には水位降下量が増加する割合が減少する。

h. TW-SW-2 観測井

TW-SW-2 観測井の段階揚水試験解析結果を図 4.5.8に示す。段階揚水試験は揚水量を $86.40 \text{ m}^3/\text{day}$ から $287.88 \text{ m}^3/\text{day}$ まで変化させて実施した。最大量揚水時の水位降下量は 1.83 m で、その比湧出量は $157.3 \text{ m}^2/\text{day}$ である。時間 - 水位降下量グラフをみると、揚水量が増加しても水位は比較的早期に安定しているが、第 5 段階での水位低下量が大きい。

揚水量 - 比湧出量逆数グラフでは、揚水量増加時のプロットは第 4 段階を除いてほぼ直線上に分布するが、揚水量減少時のプロットは 6、8、9 段階のものがバラついている。そのため、揚水量増加時のプロットに近似する直線を最小二乗法で求め、その切片と傾きから帯水層損失係数 $B = 5.80\text{E-}03 \text{ day}/\text{m}^2$ 、井戸損失係数 $C = 1.17\text{E-}06 \text{ day}^2/\text{m}^5$ を得た。

揚水量 - 水位降下量の両対数グラフでは、揚水量が比較的少ない段階において、揚水量増加時に比べて減少時の履歴曲線がかなり上側に位置しており、揚水量減少時の水位降下量のほう大きいことを示している。また、第 4 段階と第 6 段階で曲線が屈曲している。

i. 井戸効率

本調査で設置した JICA 地下水観測井における段階揚水試験の結果を、表 4.5.4にまとめて示す。この表には、各観測井の段階ごとに算出した井戸効率と、平均井戸効率も示す。

本調査で設置した地下水観測井のうち、試験実施不可能であった TW-NC-1 観測井と高い被圧水頭を有し帯水層損失係数が負の値を示す TW-SW-1 観測井を除くと、段階揚水試験を実施した 7 本の平均井戸効率の平均値は 85.46 % であり、最高値は TW-SS-1 観測井の 97.12 %、最低値は TW-SS-2 観測井の 67.60 % である。平均井戸効率が 90 % を超える観測井は、TW-SC-1、TW-SC-2、TW-SS-1、および TW-SW-2 の 4 本であり、これらの井戸は井戸効率が高いと評価できる。

一般に、地下水生産井の井戸効率は 70~90 % が平均的な値であるとされるが、その範囲の平均井戸効率を示す観測井は TW-SE-1、TW-SE-2 の 2 本であり、これらの井戸の井戸効率は平均的であると評価される。TW-SS-2 観測井の井戸効率は 67.60 % であり、井戸効率がやや低いと評価される。

4.5.4 連続揚水試験・回復試験解析結果

新規観測井の段階揚水試験解析結果は、次のとおりである。なお、北部盆地の TW-NC-1 観測井では、静水位が地表面から 290 m 付近と非常に深くに分布するため、連続試験と回復試験を実施することができず、代わりに注入試験と回復試験を実施した。

a. TW-SE-1 観測井

TW-SE-1 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.9に示す。連続試験では、一定揚水量 $194.0 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始 6 分後までは直線的に約 9 m 水位が降下するが、その後は 600 分までの間、やや変動しながら緩やかに直線的に水位が降下する。600 分以降は水位がほとんど低下せずに安定し、2,880 分後の最終水位降下量は 10.50 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $18.47 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SE-1 井の観測対象である深層帯水層は漏水性帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線のなかで、6~600 分後の直線部分に最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 0.712 m と求められる。したがって、透水量係数は $49.83 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。貯留係数は、直線の傾きが小さいため水位降下量が 0 となる時間 t_0 も $4.44\text{E-}16\text{day}$ と小さく、井戸半径が 0.075 m であるので $8.84\text{E-}12$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線のなかで、時間比 t/t' が 20~1,000 の範囲に直線部分が現れる。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量は 0.281 m であるので、透水量係数は $126.4 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。なお、回復試験中にも水位曲線に変動がみられることから、周囲の既存井戸による地下水揚水の影響を受けていると推定される。

TW-SE-1 観測井では、回復試験による透水量係数は連続試験のそれよりも約 2.5 倍大きい。回復試験の水位曲線は周囲の揚水の影響を受けていると考えられるので、透水量係数の採用値は連続試験による $49.83 \text{ m}^2/\text{day}$ が妥当である。

b. TW-SE-2 観測井

TW-SE-2 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.10に示す。連続試験では一定揚水量 $68.60 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水したが、揚水開始直後 2 分目には水位降下量が 10 m 以上となりポンプ設置深度まで下がってしまったため、解析することができない。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線のなかで、時間比 t/r^2 が 5~500 の範囲に直線部分が現れる。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量は 1.06 m と求められるので、透水量係数は $11.81 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。

TW-SE-2 観測井では、連続試験による透水量係数は直接的には得られなかったが、段階揚水試験による 5 段目以外の比湧出量の平均値は $8.99 \text{ m}^2/\text{day}$ であるので、Logan(1964)の比湧出量から透水量係数を推定する方法を用いると、推定透水量係数は $10.97 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。したがって、TW-SE-2 観測井の透水量係数採用値は、回復試験による $11.81 \text{ m}^2/\text{day}$ で妥当である。

c. TW-SC-1 観測井

TW-SC-1 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.11に示す。連続試験では、一定揚水量 $272.0 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始後 70 分までは直線的に約 9.5 m 水位が降下するが、その後は水位が緩やかに上昇して 200 分後には約 8.8 m となる。200 分以降の水位はほぼ安定しており、2,880 分後の最終水位降下量は 8.71 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $31.23 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SC-1 井の観測対象である深層帯水層は漏水性帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線のなかで、1~70 分後の直線部分に最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 1.27 m となる。したがって、透水量係数は $39.14 \text{ m}^2/\text{day}$ と求められる。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $1.33\text{E-}09 \text{ day}$ となり、井戸半径が 0.075 m であるので $2.08\text{E-}05$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線のなかで、時間比 t/r^2 が 3~1,000 の範囲にきれいな直線部分が現れる。この区間に最小二乗法で近似した直線を引き、1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると 1.13 m であるので、透水量係数は $43.95 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。なお、回復試験中にも水位曲線には不規則な変動がみられないことから、連続試験途中の水位上昇は揚水量管理に問題があったためと推測される。

TW-SC-1 観測井では、連続試験と回復試験による透水量係数はほぼ同じ値を示すので、透水量係数の採用値は両者の対数平均をとって $41.48 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

d. TW-SC-2 観測井

TW-SC-2 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.12に示す。連続試験では、一定揚水量 $256.6 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始 1 分後から 60 分後までの期間は約 0.5 m から 0.6 m へと緩やかに低下するが、100~200 分後にかけては 0.6 m から 0.95 m へと急激に 0.35 m 低下する。その後は上下変動を繰り返しながら全体的に徐々に低下し、2,880 分後の最終水位降下量は 1.01 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $254.1 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。なお、水位変動曲線にみられる上下変動は約半日の周期を有しており、観測

井近傍の既存井戸の揚水による影響が出ているものと判断される。時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SC-2 井の観測対象である帯水層は、漏水の少ない帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線は既存井揚水の影響を受けているため、連続試験全期間である 1~2,880 分間のプロットに最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 0.137 m と計算される。したがって、透水量係数は $341.9 \text{ m}^2/\text{day}$ と求められる。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $6.31\text{E-}08 \text{ day}$ となり、井戸半径が 0.075 m であるので $8.63\text{E-}03$ と計算される。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線にも既存井揚水の影響がみられるが、時間比 t/t' が 3~1,000 の範囲は大局的に直線状を示す。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると $8.81\text{E-}2 \text{ m}$ であるので、透水量係数は $533.3 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。

TW-SC-2 観測井では、回復試験による透水量係数は連続試験のそれより約 1.5 倍大きい。両者とも既存井揚水の影響を受けているので、透水量係数の採用値は両者の対数平均をとって $427.0 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

e. TW-SS-1 観測井

TW-SS-1 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.13 に示す。連続試験では、一定揚水量 $272.0 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始 1 分後から 400 分後までの区間はほぼ直線状に約 28 m に達するまで水位が降下するが、400 分以降の水位はほとんど安定し、2,880 分後の最終水位降下量は 28.18 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $9.65 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。なお、時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SS-1 井の観測対象である深層帯水層は、漏水性帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線のうち、直線状に水位が低下している 1~400 分間のプロットに最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 7.11 m と求められる。したがって、透水量係数は $7.002 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $1.89\text{E-}05 \text{ day}$ となり、井戸半径が 0.075 m であるので $5.30\text{E-}03$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線は、時間比 t/t' が 9~2,881 の全区間できれいな直線状を示す。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると 6.95 m であるので、透水量係数は $7.163 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。

TW-SS-1 観測井では、連続試験と回復試験による透水量係数はほぼ同じ値を示すので、透水量係数の採用値は両者の対数平均をとって $7.082 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

f. TW-SS-2 観測井

TW-SS-2 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.14 に示す。連続試験では、一定揚水量 $287.9 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始 2 分後から 500 分後までの区間はほぼ直線状に約 10.3 m に達するまで水位が降下するが、500 分以降の水位は小規模な不規則変動を示しながらもほぼ安定し、2,880 分後の最終水位降下量は 10.36 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $26.25 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。なお、時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SS-2 井の観測対象である浅層帯水層は、漏水性帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線のうち、直線状に水位が低下している 1～500 分間のプロットに最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 1.28 m と求められる。したがって、透水量係数は $41.02 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $2.80\text{E-}09 \text{ day}$ となり、井戸半径が 0.075 m であるので $4.60\text{E-}05$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線は、時間比 t/t' が 3～2,881 の全区間でほぼ直線状を示す。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると 1.04 m であるので、透水量係数は $50.65 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。

TW-SS-2 観測井では、連続試験と回復試験による透水量係数はほぼ同じ値を示すので、透水量係数の採用値は両者の対数平均をとって $45.58 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

g. TW-SW-1 観測井

TW-SW-1 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.15 に示す。連続試験では、一定流出量 $270.0 \text{ m}^3/\text{day}$ で 600 分間試験を実施した。これは、本観測井が高い被圧水頭を有する自噴井であり、水圧を測定する水銀式圧力計の測定範囲が限定されたためである。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、水位はほぼ直線状に低下して、揚水開始から 600 分後の最終水位降下量は 0.45 m であった。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線に最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 4.27 m と求められる。したがって、透水量係数は $1157.1 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $8.76\text{E-}12 \text{ day}$ となり、井戸半径が 0.075 m であるので $4.05\text{E-}05$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線は、時間比 t/t' が 3～961 の全区間でほぼ直線状を示す。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると 0.486 m であるので、透水量係数は $101.7 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。

TW-SW-1 観測井では、連続試験は水銀式圧力計による測定のため段階試験の直後に実施せざるを得ず、連続試験の解析結果は信頼性が低い。一方、最大流出量と最終水位降下量との関係から比湧出量が $98.83 \text{ m}^2/\text{day}$ と求められ、この値は回復試験による透水量係数はほぼ同じ値を示すので、透水量係数の採用値は回復試験による $101.7 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

h. TW-SW-2 観測井

TW-SW-2 観測井の連続揚水試験と回復試験の解析結果を図 4.5.16 に示す。連続試験では、一定揚水量 $287.9 \text{ m}^3/\text{day}$ で 48 時間揚水した。片対数グラフに時間 - 水位降下量関係をプロットすると、揚水開始 2 分後から 500 分後までの区間は小規模に不規則な変動を示しながらほぼ直線状に降下するが、500 分以降は小規模な不規則変動を示しながらもほぼ安定し、2,880 分後の最終水位降下量は 1.99 m であった。したがって、連続揚水試験による比湧出量は $144.7 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。なお、時間 - 水位降下量曲線の形状から、TW-SW-2 井の観測対象である浅層帯水層は、漏水性帯水層であると判断される。

連続試験による時間 - 水位降下量片対数曲線のうち、直線状に水位が低下している 1～500 分間のプロットに最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 0.205 m と求められる。したがって、透水量係数は $257.4 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。貯留係数は、近似直線を延長して水位降下量が 0 となる時間 t_0 を求めると $4.23\text{E-}11 \text{ day}$

となり、井戸半径が 0.075 m であるので $4.35E-06$ となる。

回復試験では、片対数グラフにプロットした時間比 - 残留水位降下量曲線は、時間比 t/t' が 4 ~ 2,881 の区間で緩やかな変動を示しながらもほぼ直線状となる。この区間に最小二乗法で近似直線を引き、その 1 対数サイクルあたりの残留水位降下量を求めると 0.214 m となるので、透水量係数は $246.7 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。

TW-SW-2 観測井では、連続試験と回復試験による透水量係数はほぼ同じ値を示すので、透水量係数の採用値は両者の対数平均をとって $262.0 \text{ m}^2/\text{day}$ とすることが妥当である。

i. TW-NC-1 観測井

TW-NC-1 観測井では、地下水位（静水位）が地表面から 289.82 m（2004 年 11 月 3 日）と極端に深く存在するため、これだけの揚程で十分な揚水量を確保できるポンプが入手できないため、連続揚水試験と回復試験の代わりに注水試験と回復試験を行った。

注水試験は、井戸内に一定の注入量で水を注入して、井戸孔内の地下水の上昇を所定の時間間隔で測定する試験である。本調査では、井戸掘削後にベアラー法による井戸洗浄を十分に行った後に、水質分析用試料を採取して、水位が十分に安定して静水位を確認した後に、TW-NC 地点付近を流れる導水路の水を電動ポンプで注入した。

注水試験と回復試験の結果を図 4.5.17 に示す。注水試験では、注入量を流量計でモニターしながら $231.9 \text{ m}^3/\text{day}$ の一定流量で 90 分間試験を行った。片対数グラフに時間 - 水位上昇量関係をプロットすると、注水開始 2 分後から 15 分後まではほぼ直線状に 6.38 m 水位が上昇するが、15 分以降は水位のさらなる上昇はみられず、上昇量が 6.38 m のままで 90 分まで継続する。

注水試験による時間 - 水位上昇量片対数曲線のうち、直線状に水位が上昇している 1 ~ 15 分間のプロットに最小二乗法により直線を引くと、その 1 対数サイクルあたりの水位降下量は 5.69 m と求められる。理論上では井戸から地下水を汲み出す揚水試験と井戸内に水を注入する注水試験では、同じサイズで上下方向の向きが異なる地下水位低下コーンまたは地下水位上昇コーンが形成され、注水試験時の注水量 Q' と水位上昇量 s' から透水量係数を求めることができる。この方法で求めた透水量係数は $7.463 \text{ m}^2/\text{day}$ と算出される。なお、貯留係数は本調査で実施した注水試験では求めることができない。

回復試験は、注水停止後 90 分間の水位の回復状況を測定した。水位回復試験の結果は図 4.5.17 の下図に示すが、注水停止 4 分後に孔内水位は静水位まで低下した。これは、注水時間が 90 分間と短いためと推定され、回復試験による透水量係数は求めることができない。

図 4.5.18 には、注水試験を単孔式透水試験として解析した結果を示す。本調査で実施した注水試験は同図の上部に示すように模式的に表すことができる。単孔式透水試験には大きく分けて非定常法解析式と定常法解析式があり、同図右上に示す注水試験結果のパラメータを代入して試験区間（＝スクリーン設置区間）の透水係数と透水量係数を求めた。その結果、非定常法では透水係数が $0.325 \text{ m}/\text{day}$ 、透水量係数が $7.80 \text{ m}^2/\text{day}$ と求められる。一方、定常法では透水係数が $1.223 \text{ m}/\text{day}$ 、透水量係数が $29.36 \text{ m}^2/\text{day}$ と求められた。なお、参考値として注水試験における注水量 Q' と水位上昇量 s' から比湧出量を計算すると $36.35 \text{ m}^2/\text{day}$ となるので、Logan(1964)の方法を使用して透水量係数の概算値を算出すると $44.34 \text{ m}^2/\text{day}$ となる。さらに、一般に注入試験により得られる透水係数や透水量係数は揚水試験で得られる値よりも小さいことが知られている。したがって、TW-NC-1 観測井の透水量係数の採用値は、単孔式透水試験の定常法解析式で求めた $29.36 \text{ m}^2/\text{day}$ が妥当であると判断される。

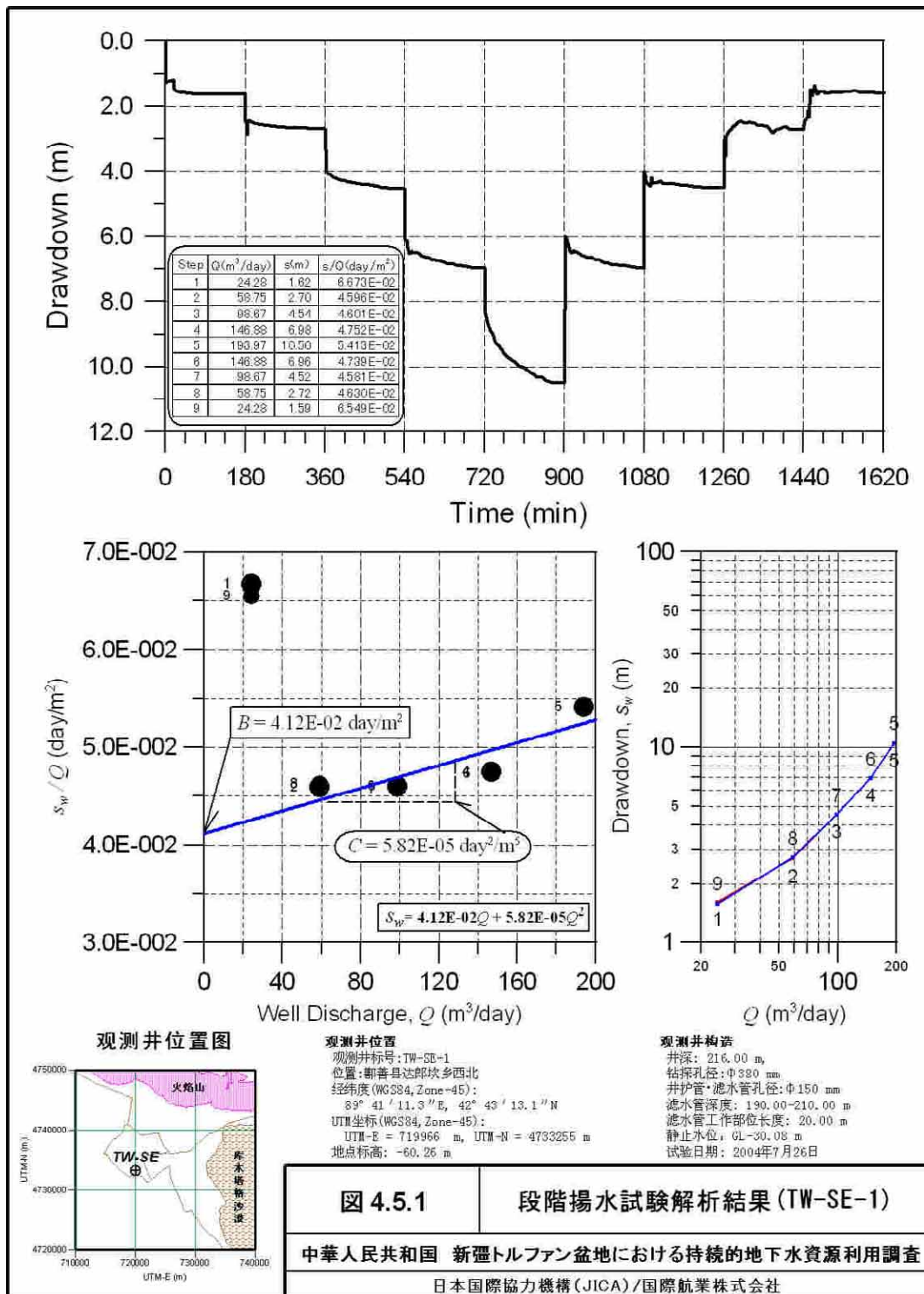
4.5.5 新規観測井の帯水層係数

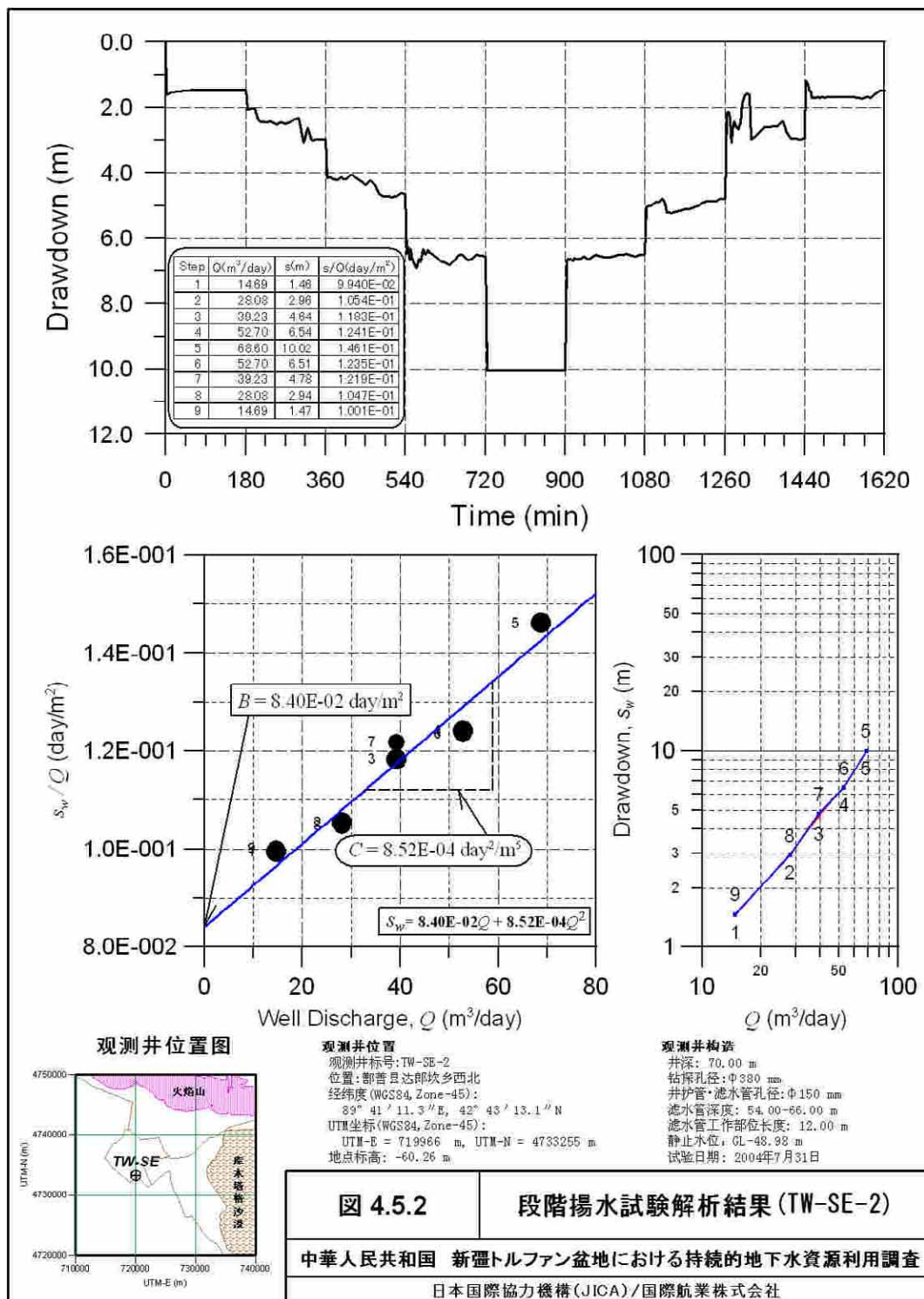
新規観測井で実施した揚水試験により得られた帯水層係数をまとめて表 4.5.5に示す。このうち、透水量係数は、各試験の状況を踏まえて採用した値を、「透水量係数採用値」として示した。また、スクリーン部の透水係数は、透水量係数採用値をスクリーン総延長で除することにより算出した。したがって、この透水係数は帯水層全体ではなく、各井戸のスクリーン部分の帯水層の透水係数を表している。

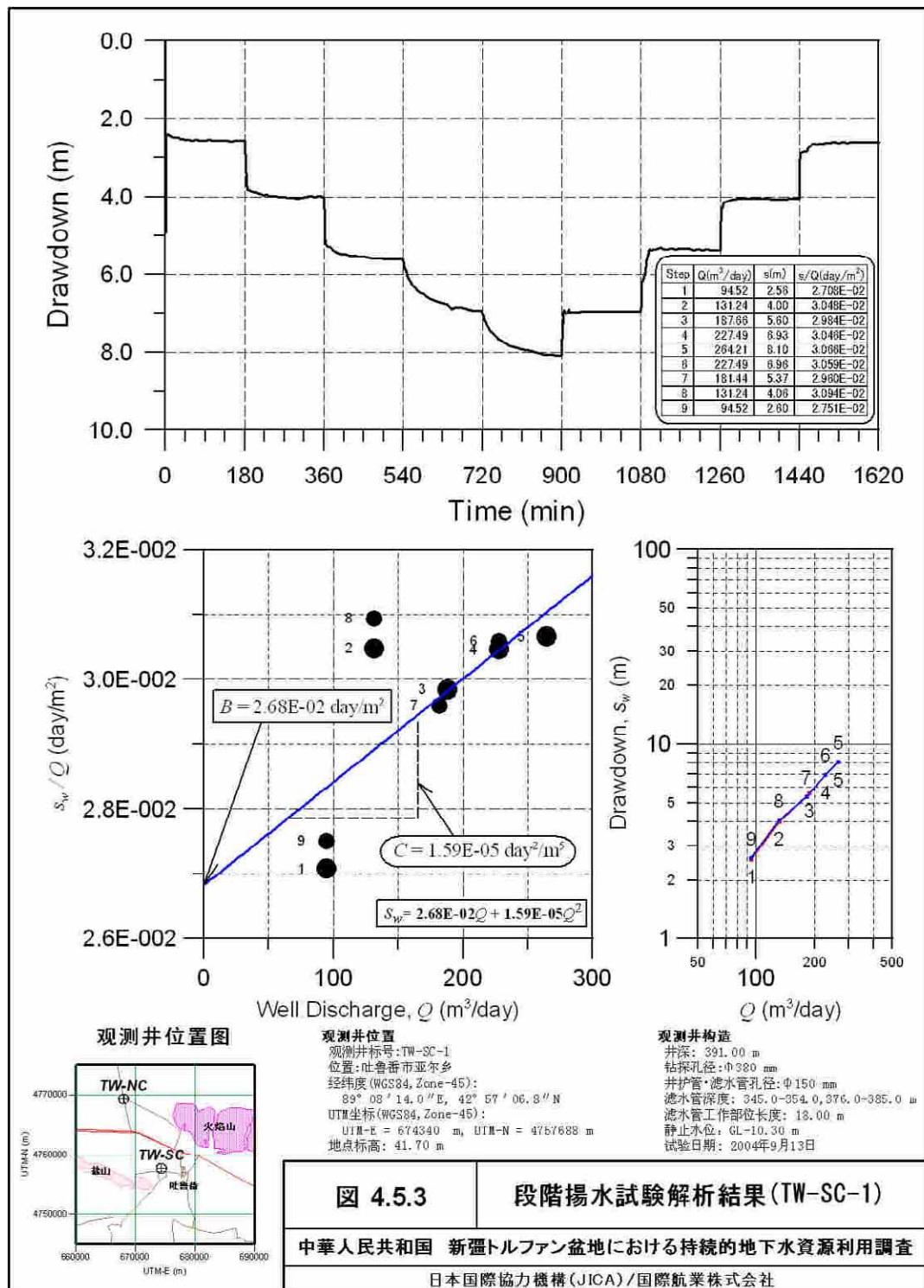
透水量係数の最大値は、トルファン市街地西部の浅層帯水層を対象とした TW-SC-2 観測井で得られた $427.0 \text{ m}^2/\text{day}$ である。一方、9本の観測井で最も小さい透水量係数 $7.082 \text{ m}^2/\text{day}$ が得られたのは南盆地南部の深層帯水層に掘削した TW-SS-1 観測井である。南盆地では、合計 4 地点でそれぞれ 2 本ずつ観測井を設置したが、このうち深層帯水層の透水量係数が浅層帯水層よりも大きいのは TW-SE 地点だけであり、残りの地点では浅層帯水層の透水量係数が大きい。

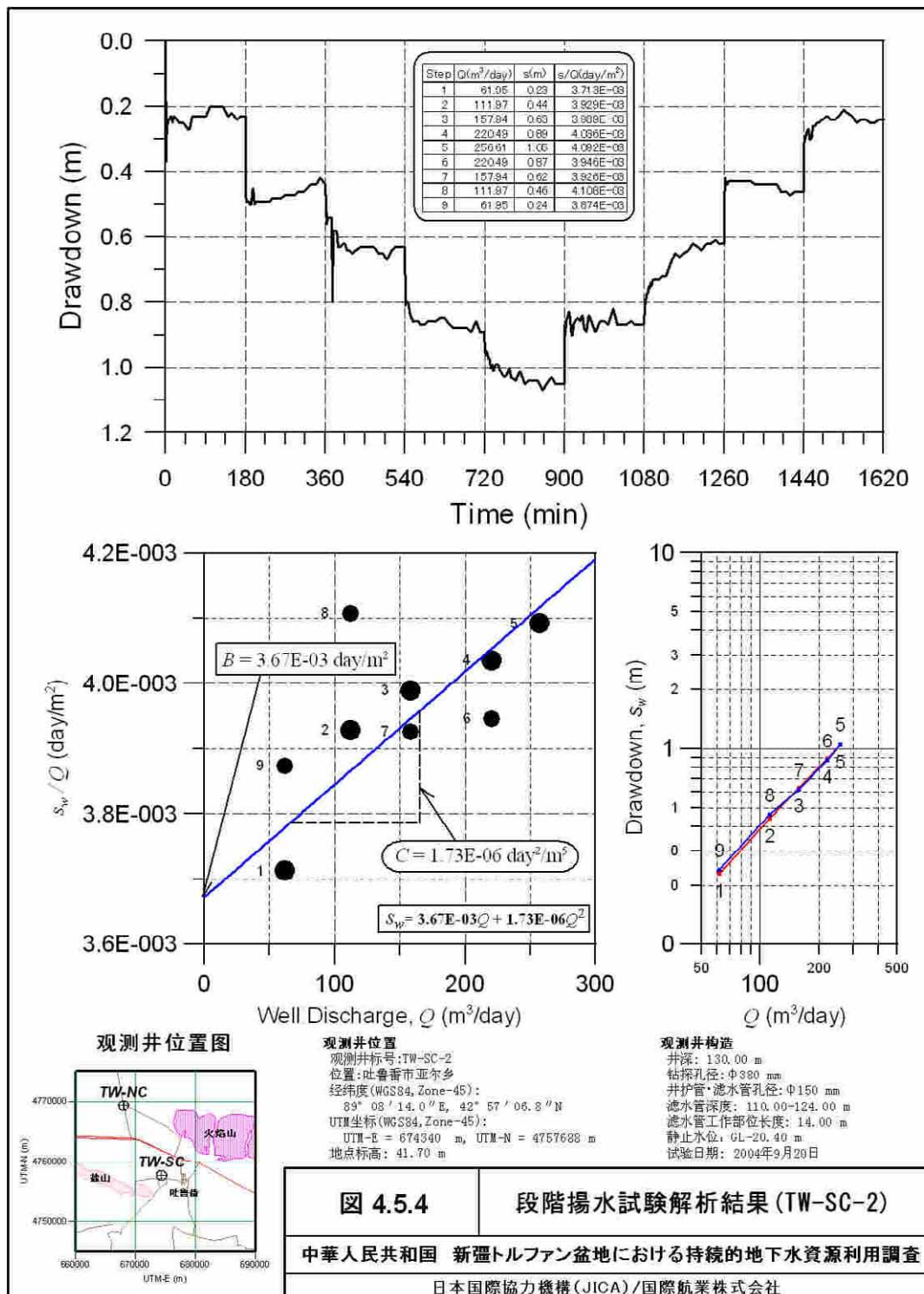
透水係数は $0.295 \sim 30.50 \text{ m/day}$ の範囲にあり、透水量係数と同様に南盆地では TW-SE 地点を除いて浅層帯水層の方が大きな値を示す。なお、北盆地では TW-NC-1 観測井だけで帯水層係数が得られたが、この観測井は深度 $360 \sim 384 \text{ m}$ と北部盆地の中でも比較的深い部分を対象としているため、既往調査では知られていなかった北部盆地中央部深部の帯水層係数が本調査で初めて得られたことになる。得られた透水量係数および透水係数は、南盆地の深層帯水層と比較して決して小さくなく、むしろ低めの値となっている。なお、北盆地の中央部から北部では地下水位が非常に深く分布しているため、地下水面よりも上位の不飽和帯での透水係数は揚水試験で求めることはできない。

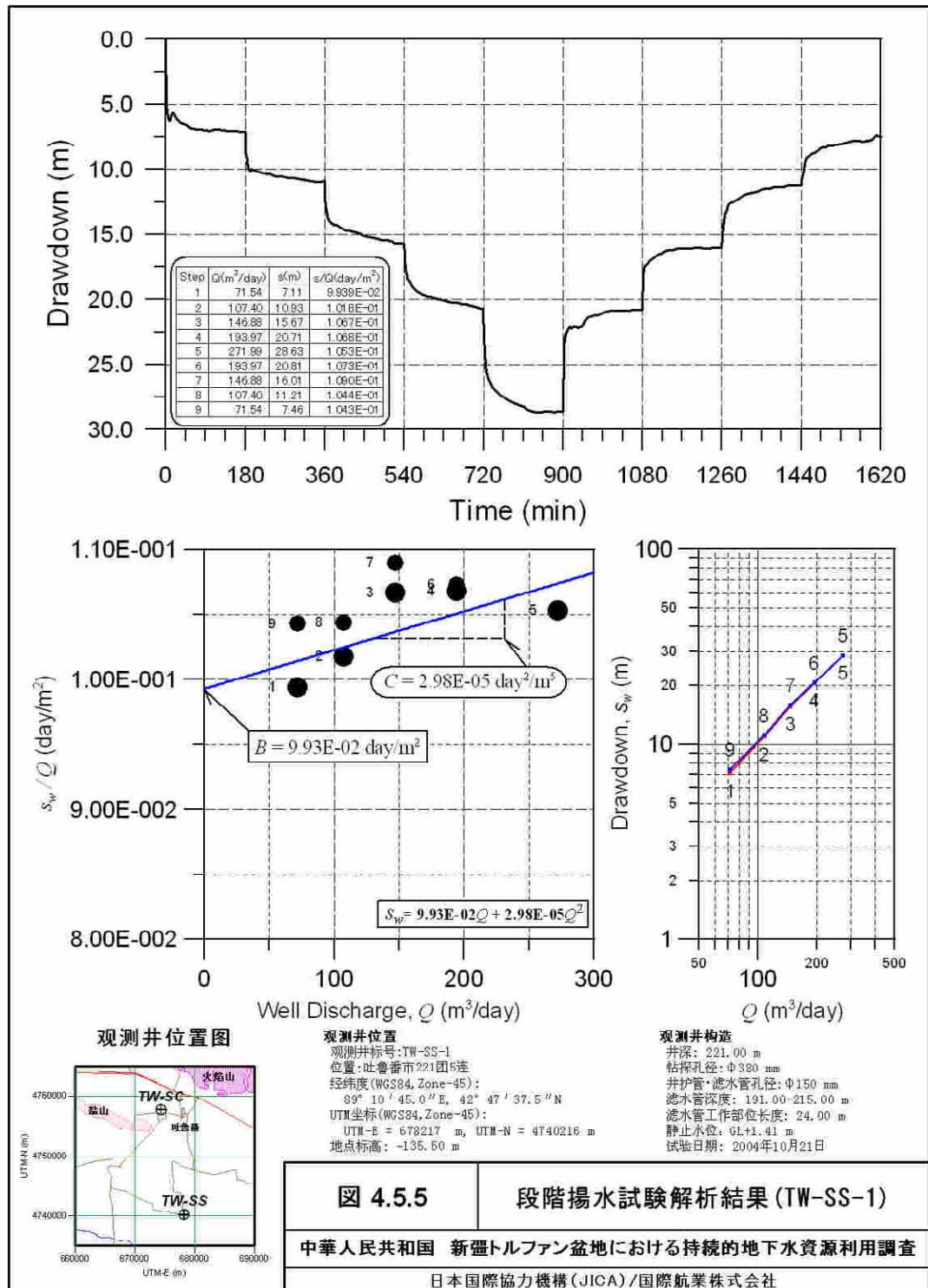
前述の表 4.5.5には、採用した透水量係数と比湧出量との関係から、Shibasaki(1996)が提唱した T/Sc 係数を示した。一般的な被圧帯水層の T/Sc 係数として、Logan (1964) が 1.22、Driscoll (1986) が 1.39 を示したが、この値は帯水層の状態や井戸構造、井戸ロスの程度により大きく変化する (Shibasaki, 1996)。本調査で設置した観測井では、一般的な T/Sc 値よりも高いものが多い。

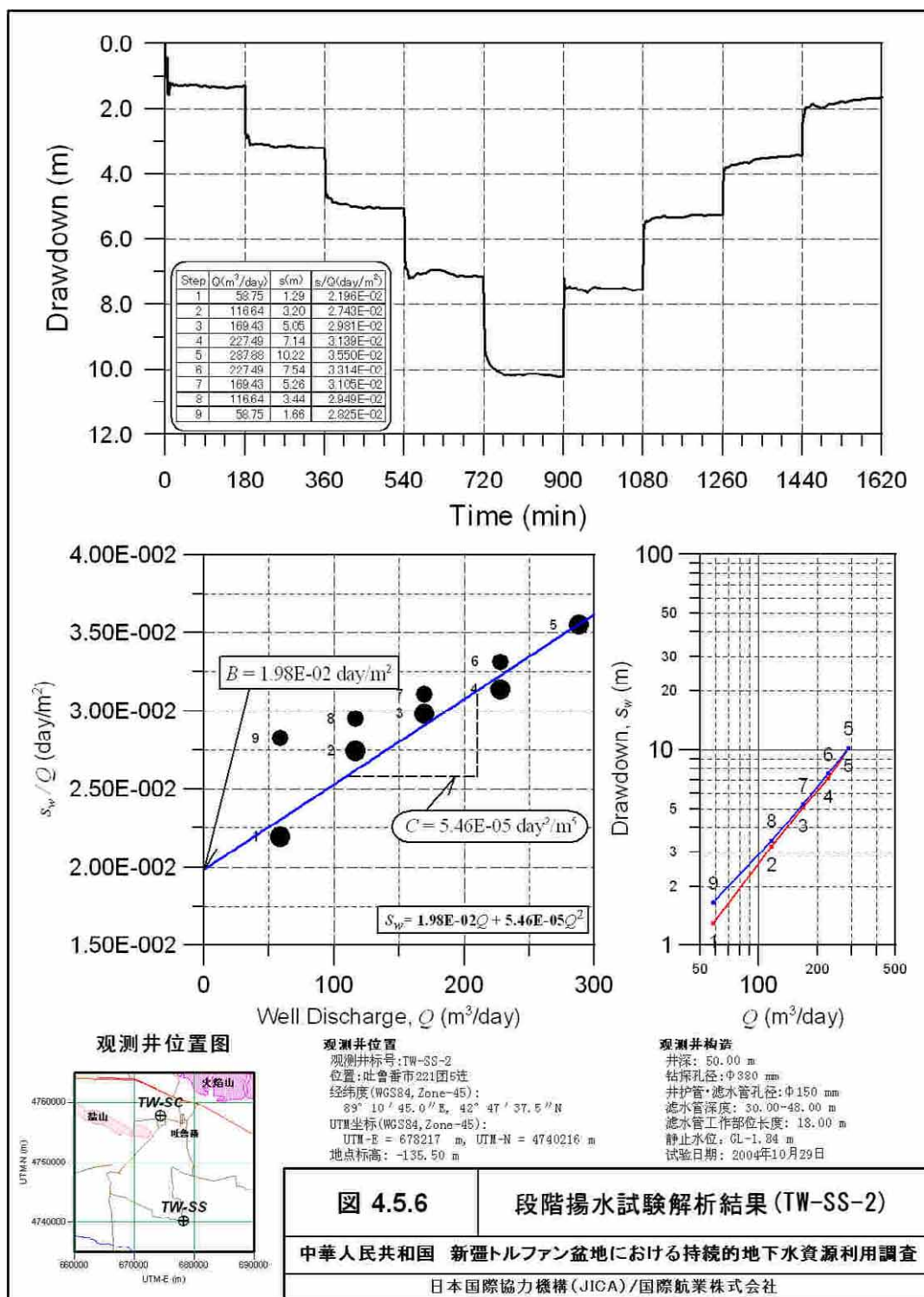


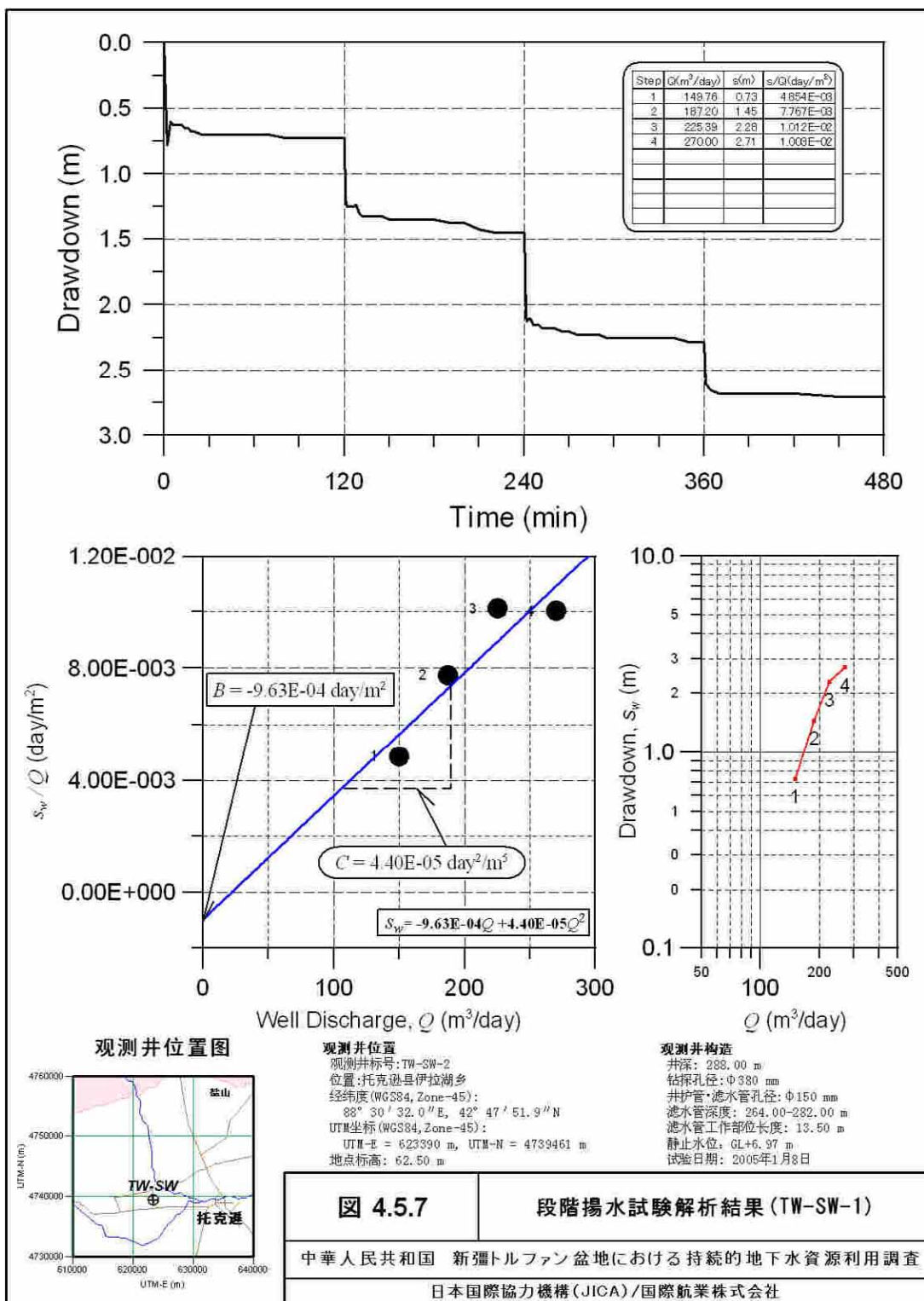












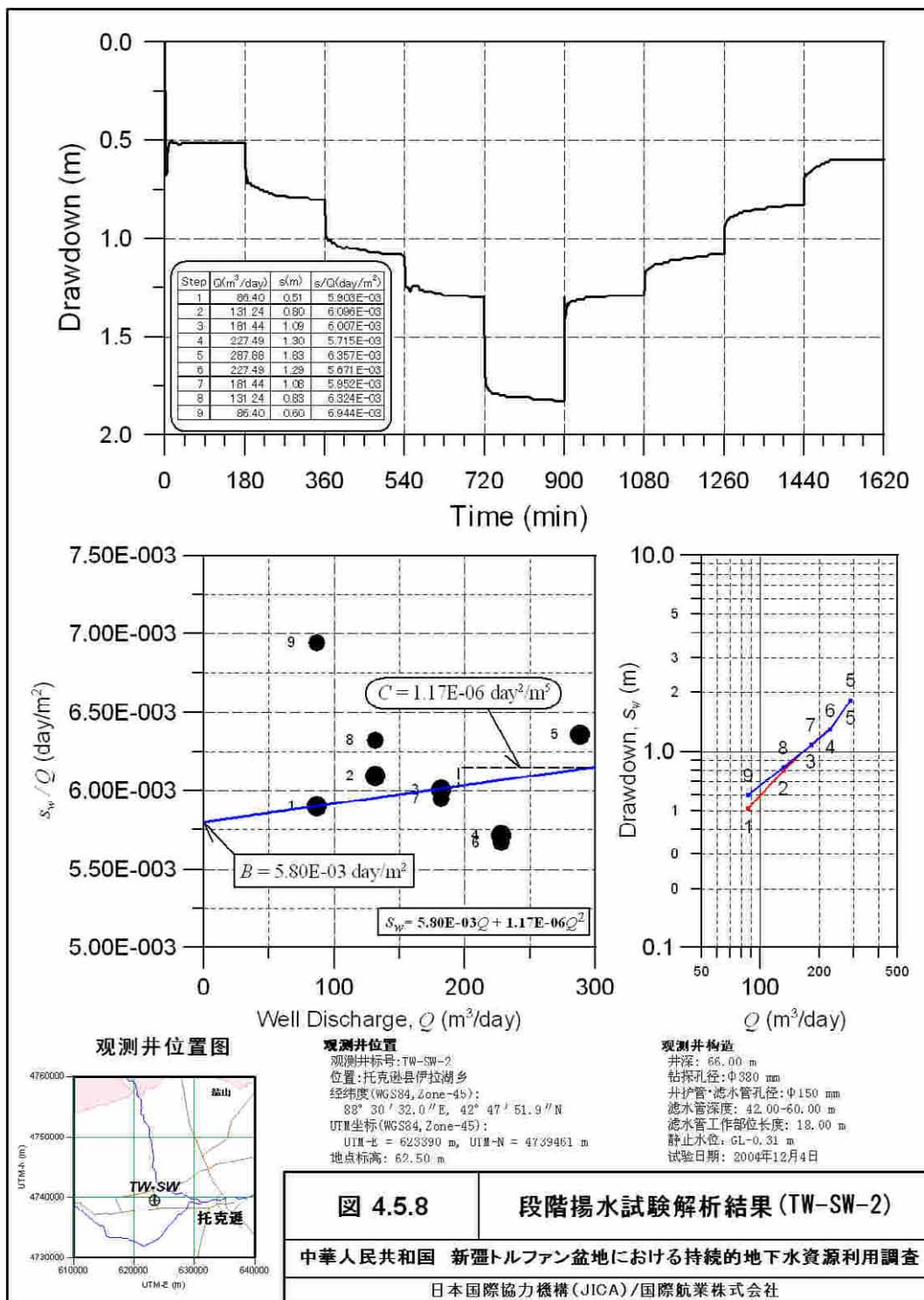


表 4.5.4 JICA 地下水観測井段階揚水試験結果総括表

試掘地点名	観測井番号	掘削深度 (m)	井戸深度 (m)	スクリーン深度 (m)	スクリーン総延長 (m)	試験日 (Y/M/D)	静水位 (m)	1段階	2段階	3段階	4段階	5段階	6段階	7段階	8段階	9段階	井戸評価パラメータ			備考	
								$Q_1(m^3/d)$	$Q_2(m^3/d)$	$Q_3(m^3/d)$	$Q_4(m^3/d)$	$Q_5(m^3/d)$	$Q_6(m^3/d)$	$Q_7(m^3/d)$	$Q_8(m^3/d)$	$Q_9(m^3/d)$	帯水層	井戸	平均		
								$s_1(m)$	$s_2(m)$	$s_3(m)$	$s_4(m)$	$s_5(m)$	$s_6(m)$	$s_7(m)$	$s_8(m)$	$s_9(m)$	損失係数	損失係数	井戸効率		
$Sc_1(m^2/d)$	$Sc_2(m^2/d)$	$Sc_3(m^2/d)$	$Sc_4(m^2/d)$	$Sc_5(m^2/d)$	$Sc_6(m^2/d)$	$Sc_7(m^2/d)$	$Sc_8(m^2/d)$	$Sc_9(m^2/d)$	B (d/m ²)	C (d ² /m ²)	(%)										
$Ew_1(\%)$	$Ew_2(\%)$	$Ew_3(\%)$	$Ew_4(\%)$	$Ew_5(\%)$	$Ew_6(\%)$	$Ew_7(\%)$	$Ew_8(\%)$	$Ew_9(\%)$													
TW-SE	TW-SE-1	245.9	216.0	190.0-210.0	20.0	2004/7/26	-30.06	24.28 1.62 15.0 61.75	58.75 2.70 21.8 89.65	96.67 4.54 21.7 89.54	146.88 6.98 21.0 86.70	193.97 10.50 18.5 76.11	146.88 6.96 21.1 86.95	98.67 4.52 21.8 88.94	58.75 2.72 21.6 88.99	24.28 1.59 15.3 62.81	4.12E-02	5.82E-05	81.38		
	TW-SE-2	70.0	70.0	54.0-66.0	12.0	2004/7/31	-48.88	14.69 1.46 10.1 84.51	28.08 2.96 9.5 79.69	39.23 4.64 8.5 71.01	52.70 6.54 8.1 67.69	68.60 10.02 6.8 57.51	52.70 6.51 8.1 68.01	38.23 4.78 8.2 68.93	28.08 2.94 9.6 80.23	14.69 1.47 10.0 83.83	8.40E-02	8.52E-04	73.50	静水位が深く5段階目地下水位はポンプ深度まで降下。	
TW-SC	TW-SC-1	409.3	391.0	345.0-354.0 376.0-385.0	18.0	2004/9/13	-10.30	94.52 2.56 36.9 99.95	131.24 4.00 32.8 87.83	187.66 5.60 33.5 89.81	227.49 6.93 32.8 87.98	264.21 8.10 32.6 87.42	227.49 6.96 32.7 87.60	181.44 5.37 33.8 90.55	131.24 4.06 32.3 86.63	94.52 2.60 36.4 97.43	2.68E-02	1.58E-05	90.48		
	TW-SC-2	130.0	130.0	110.0-124.0	14.0	2004/9/20	-20.40	81.86 0.23 269.3 98.85	111.87 0.44 254.5 93.39	157.94 0.63 250.7 92.01	220.49 0.89 247.7 90.92	256.61 1.05 244.4 89.69	220.48 0.87 253.4 93.01	157.94 0.62 243.4 89.33	111.87 0.46 243.4 89.33	81.86 0.24 258.1 94.73	3.67E-03	1.73E-06	82.83		
TW-SS	TW-SS-1	253.4	221.0	191.0-215.0	24.0	2004/10/21	+1.41	71.54 7.11 10.1 99.91	107.40 10.93 9.8 97.57	146.88 15.67 9.4 93.08	193.97 20.71 9.4 93.08	271.99 28.63 9.5 94.34	193.97 20.81 9.3 92.56	146.88 16.01 9.2 91.10	107.40 8.05 9.6 85.13	71.54 6.05 11.8 117.42	8.93E-02	2.98E-05	87.12		
	TW-SS-2	50.0	50.0	30.0-48.0	18.0	2004/10/29	-1.84	58.75 1.29 45.5 90.18	116.64 3.20 36.5 72.17	169.43 5.05 33.6 86.43	227.49 7.14 31.9 63.09	287.88 10.22 28.2 55.77	227.49 7.54 30.2 58.74	169.43 5.26 32.2 63.78	116.64 3.44 33.8 67.14	58.75 1.66 35.4 70.08	1.98E-02	5.46E-05	67.60		
TW-SW	TW-SW-1	301.4	288.0	268.5-282.0	13.5	2005/1/8	-6.97	149.76 0.78 205.2 -19.76	187.20 1.45 129.1 -12.43	225.36 2.25 98.9 -9.52	270.00 2.71 99.6 -9.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	自噴井で被圧水頭が極端に高いためポンプ揚水不可能。バルブ調節で4段階の試験を実施
	TW-SW-2	66.0	66.0	42.0-60.0	18.0	2004/12/4	-0.31	86.40 0.51 169.4 98.26	131.24 0.80 164.1 95.15	181.44 1.08 166.5 96.55	227.49 1.30 175.0 101.50	287.88 1.83 176.3 91.24	227.49 1.29 176.3 102.28	181.44 1.08 168.0 97.44	131.24 0.83 158.1 91.71	86.40 0.60 144.0 83.52	5.80E-03	1.17E-06	85.29		
TW-NC	TW-NC-1	400.4	380.0	360.0-384.0	24.0	2004/11/3	-289.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	地下水位が極端に深いため段階試験実施不可能

Q: 揚水量, s: 水位降下量, Sc: 比湧出量, Ew: 井戸効率