

4.4 試掘調査結果

試掘調査は、トルファン盆地の地下地質状況を直接確認することにより地下に分布する第四系の基本地質層序を確立して帯水層区分を行うとともに、試掘孔を地下水観測井として仕上げて地下水の水量や水質を把握することを目的として実施した。

4.4.1 調査実施体制と工程

試掘調査は、現地再委託により、以下の体制で実施した。

表 4.4.1 試掘調査実施体制

	調査委託元	再委託先
人員構成	JICA調査団 団員1名	新疆ウルムチ地質勘察科技開発公司 担当技術者 エンジニア2名（コア鑑定及び揚水試験） エンジニア1名（物理検層） 試掘機長1名、 試掘作業員 班長3名、作業員9名、炊事夫等2名
業務内容	再委託先へのTOR指示、調査期間中の再委託先監督、成果品チェック	試掘施工、コア鑑定、物理検層、揚水試験

試掘調査は、現地再委託により、以下の工程で実施した。

表 4.4.2 試掘調査工程

作業内容	2004年						
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
試掘地点の選定 土地使用の交渉	1 30						
試掘工事 物理検層 揚水試験		1					25

4.4.2 試掘場所と数量

試掘場所は、図 4.4.1に示すように、北盆地で1箇所、南盆地で4箇所の合計5箇所とした。試掘箇所は、既存井戸資料の位置や精度等を把握した上で、盆地内の南北方向と東西方向の地質断面図を作成することを目的に選定した。このうち、北盆地では中央部の1箇所において、予定深度400mの試掘孔を1孔掘削した。南盆地では、地質状況が複雑で複数の帯水層ユニットに区分されると推定されたので、4箇所それぞれにおいて深層帯水層を対象とした試掘孔と浅層帯水層を対象とした試掘孔を1本ずつ掘削した。本調査で実施した試掘調査の数量を、表 4.4.3にまとめて示す。

表 4.4.3 試掘箇所と試掘孔別掘削深度

盆地名	盆地内地域	掘削箇所記号と座標 (UTM WGS84, Zone 45)	試掘井番号	掘削深度 (m)
北盆地	中部	TW-NC 667998E 47692273N	TW-NC-1	400
南盆地	中部	TW-SC 674340E 4757688N	TW-SC-1	409.3
			TW-SC-2	130
	西部	TW-SW 623390E 4739461N	TW-SW-1	300
			TW-SW-2	66
	東部	TW-SE 719966E 4733255N	TW-SE-1	245.9
			TW-SE-2	70
	南部	TW-SS 678217E 4740216N	TW-SS-1	253.36
		TW-SS-2	50	
合計		5箇所	9孔	1924.56 m

4.4.3 試掘柱状図

試掘作業は、1箇所あたり2孔の試掘を行う南盆地の試掘箇所では、まず、深度の深い試掘孔（第1孔）から掘削を開始し、以下に述べる方法で地下地質状況を確認した。深度の浅い試掘（第2孔）は、第1孔の試掘結果を踏まえて掘削した。

地質サンプルは、北盆地の1孔（TW-NC-1）と南盆地の4孔（それぞれの掘削箇所ですべての深度の深い第1孔）から採取した。地質サンプルは、コアサンプルとスライムサンプルの2種類とした。コアサンプルは、原則として深度10mごとに1回、1m区間のコアを採取した。コアサンプルの採取はコアチューブまたはコアサンプラーを使用し、地層の堆積構造を把握するため不攪乱試料の採取に努めた。なお、地層が砂礫層でコアサンプルの採取が困難である場合は、スライムサンプルを採取した。スライムサンプルは、コアサンプル採取箇所以外の試掘区間において、深度1mごとに採取した。採取したコアサンプルは、地質観察後直ちにビニールシートで包装して乾燥や崩壊、異物混入を防ぐ処理を行った。また、後日でも十分に判読できるような方法で試掘番号、サンプル番号、コア深度、コアの上下方向を明記して、適切なコア箱に保管した。採取したスライムサンプルも同様にして、地質観察後直ちにビニール袋に入れて封印し、後日でも十分に判読できるような方法で試掘番号とサンプル深度を明記して保管した。

a. TW-SE-1 孔柱状図

鄯善（シャンシャン）県達朗坎（ダランカン）の試掘箇所 TW-SE で掘削した TW-SE-1 孔の地質柱状図および井戸構造図を図 4.4.2 に示す。TW-SE-1 孔では深度 245.9 m まで掘削したが、深度 235.7 m で基盤岩である第三系の泥岩に着岩した。本調査で実施した試掘の中で、第三系基盤岩に到達した試掘孔は、TW-SE-1 孔だけである。

試掘結果によると、地表面から深度 30.4 m までは砂質ローム層、その下位には深度 76.2 m まで細粒砂層、さらに深度 90.2 m までは砂質ローム層が分布している。このうち、上部の砂質ローム層は黄褐色を呈し、淘汰がよい。中部の細粒砂層は灰色～灰黄色を呈し、深度 30.4～51.3 m 付近までは淘汰のよい細粒砂からなるが、深度 51.3～70.1 m の間は淘汰不良の細粒～中粒砂となり、その下位の深度 70.1～76.2 m では淘汰のよい粗粒砂からなる。下部の砂質ローム層は灰黄色を呈し、小礫および粗粒砂を含む。

深度 90.2～190.2 m 間は、淡黄色～褐色の粘土質ローム層が厚く分布している。このうち、上部の深度 140 m 付近までは淘汰が悪く小礫を含む。深度 140～160 m 間は淡黄色の粘土質ロームより構成される。深度 167 m 付近のコア試料中には石灰質のノジュールが含まれる。深度 172 m 付近のコア試料では極細粒砂が混入し、深度 180 m 付近のコア資

料中では、灰色の粘土質ローム中に3×4 cmほどの大きさをもつ黄褐色の細粒砂ブロックが含まれる。

深度190.2～210.2 m間には砂質ローム層が分布する。褐色を呈し、中粒砂薄層が挟在するとともに小礫をわずかに含む。深度190 m付近のコア試料には大きさが1.5×1×0.5 cmの礫が含まれる。深度200 m付近のコアには大きさが10×8 mmの礫とともに、3.5×2.0 cmの大きさをもつ石灰質ノジュールが含まれる。

深度210.2～235.7 mには褐色～赤褐色を呈する比較的締りのよい粘土質ローム層が分布する。深度210.2 m付近のコアは締りがよく褐色を呈し、粘土含量は80%程度である。7×5 mm程度の大きさの礫を少量含むとともに、少量の石灰質ノジュールの風化物を含む。深度220 m付近のコアは赤褐色を呈し、比較的締りがよい。中～細粒砂および赤色の破碎した粘土を含む。深度230 m付近のコアは粘土含有量が70%以上であり、砂のブロックや石灰質のジュールおよび小礫を含む。

深度235.7 m以深は第三系の基盤岩である。灰色～灰褐色を呈する緻密で硬く塊状の泥岩からなり、この地域の水文地質基盤となっている。

b. TW-SC-1 孔柱状図

トルファン市街地に近いトルファン市亚尔乡の試掘箇所 TW-SC で掘削した TW-SC-1 孔の地質柱状図および井戸構造図を図 4.4.3 に示す。TW-SE-1 孔では深度409.3 mまで掘削したが、想定していた第三系基盤には着岩せず基盤岩深度が予想以上に深いことが判明した。

試掘結果によると、TW-SE-1 孔の地質状況は大きく3つに区分され、地表面から深度129.0 mまでは砂質ローム層および礫層、深度129.0～344.0 mまでは粘土質ローム層主体、深度344.0～409.3 mまでは砂礫層と粘土層の互層で構成される。

地表面から深度77.0 mまでの砂質ローム層は黄土色～褐色を呈し、深度30 m付近より浅い部分では淘汰良好である。深度38 m付近には砂礫層を挟み、深度38～42 m間は玉石を含む砂礫層となる。それより下位では塊状の褐色砂質ローム層が分布し、深度65.5 m付近には礫層を挟む。深度77.0～109.0 m間は砂質ローム層を主体とする砂質ローム層と含礫砂層の互層となる。深度79.9 m、90.1 m、100.1 m付近のコア試料では、よく円磨された礫を含む。深度109.0～129.0 m間には青灰色を呈する円礫層が分布する。礫の円磨度は良く、深度120.25 m付近は玉石混じりとなる。

深度129.0～191.5 m間は褐色・塊状の粘土質ローム層が分布する。深度139 m付近には礫層を挟み、153 m付近には円礫層を挟む。深度154 m付近では粘土混じり礫層となる。深度181.5 m付近のコア試料では円礫を含む淘汰の比較的よい砂質ローム層となる。深度191.5～201.5 m間は青灰色の砂礫層が分布する。基質は砂質ロームからなり、195.5 m付近には円礫層を挟む。深度201.5～258.0 m間は褐色・塊状の粘土質ローム層で、ところどころに含礫砂質ローム層の薄層を挟む。深度204 m付近は粘土層であり、深度204.9 m付近のコア試料には粘土質ローム層中に15%ほどの礫を含む。また、深度215.8 m付近においても粘土層となり、礫を15%含む。深度236 m付近には砂質土が分布する。258.0～265.5 m間は中粒砂を主とする砂礫層が分布し、258.0 m付近では円礫を多く含む。深度265.5～344.0 m間には褐色・塊状で緻密な粘土質ローム層が分布する。このうち、深度278 m付近には砂礫層を挟み、深度290～310 m区間のコア資料中にも塊状粘土質ローム中に礫が混入する。深度310 mより下位では、313 m、316 m付近で層相が変化し、深度324 mや337 m付近では円礫層を挟む。

深度344.0～361.0 m間では灰色で円磨度の比較的良好な砂礫が分布する。343 m付近では円礫層となり、径0.5～20 mmのよく円磨された礫を含む。深度361.0～376.0 m付近で

は灰白色の緻密な粘土層が分布し、直径 0.5～20 mm の礫を挟む。深度 376.0～387.5 m では砂礫層となり、その地層の基底は固結した状態となっている。387.5～409.3 m には灰白色の緻密な粘土層が分布し、30 mm 程度の塊状構造を示す。

c. TW-SS-1 孔柱状図

トルファン市南部にある 221 団 5 連の試掘箇所 TW-SS で掘削した TW-SS-1 孔の地質柱状図および井戸構造図を図 4.4.4 に示す。TW-SS 付近では基盤岩は比較的浅い深度に分布すると想定し、TW-SS-1 孔では深度 253.36 m まで掘削したが、基盤岩はそれよりも深くに分布することが判明した。

試掘結果によると、TW-SS-1 孔の地質状況は比較的細粒な堆積物であり、粘土質ローム層の優勢な粘土質ローム層と砂質ローム層の互層からなる。地層中に一部礫が混入することがあるが、層厚の厚い礫層は存在しない。

地表面から深度 30.0 m までは褐色で塊状の粘土質ローム層で、深度 10.1 m 付近のコア試料には少量の細粒砂が混入する。深度 20 m 付近のコアではセメント質物質による固結が認められ、深度 25～30 m では礫を混入する。深度 30.0～51.5 m 間は褐色の砂質ローム層で、小礫を薄層状に挟む。深度 40.1 m 付近のコア試料では砂質ローム層中に礫を含み、50.5 m 付近のコアではセメント固結により細礫が粗礫化している。

深度 51.5～112.5 m 間は褐色の粘土質ローム層であり、粘性土を主体とするが小礫層を薄層状に挟む。深度 70.1 m 付近のコア試料には、最大 10 mm の礫を含むほか、深度 59.8 m から 78.1 m 付近のコア試料には礫が混入する。深度 90.0 m から 110.1 m のコア試料には礫は混入しないが、セメント物質による固結が観察される。深度 112.5～121.0 m 間は褐色の砂質ローム層となる。

深度 121.0～167.5 m 間は褐色で緻密・塊状の粘土質ローム層が分布する。深度 136.7 m 付近から 1.7 m の層厚で含礫粘土質ローム層に変化するが、それ以外はほぼ均一な粘土質層である。深度 167.5～181.0 m では褐色の砂質ローム層が分布し、181.0～194.0 m には褐色・塊状の粘土質ローム層が分布する。

深度 194.0～215.0 m 間には砂質ローム層が分布するが、小礫層を薄層状に挟む。深度 201.8 m 付近のコア試料にはセメント質固結が認められるほか礫が混入する。深度 215.0 m 以深の地層は孔底まで粘土質ローム層であり、褐色・塊状で緻密な層相を呈する。

d. TW-SW-1 孔柱状図

托克遜（トクソン）県伊拉湖郷の試掘箇所 TW-SW で掘削した TW-SW-1 孔の地質柱状図および井戸構造図を図 4.4.5 に示す。TW-SW 付近では基盤岩は深度 300 m 付近に分布すると想定し、TW-SS-1 孔では深度 301.04 m まで掘削したが基盤に着岩せず、基盤岩はそれよりも深くに分布することが判明した。

試掘結果によると、TW-SW-1 孔の地質状況は礫層、砂層、粘土層の互層であり、複雑な地層構成となっている。このうち、粘性土層で境された砂層・礫層は地表から深度 301 m までの区間に 6 層準あることが確認された。

地表面から深度 17.5 m までは黄褐色の粘土質ローム層であり、緻密塊状で比較的締まっている。下部は砂質土に漸移する。深度 17.5～60.0 m 間は黄褐色の円礫を主とする砂礫層が分布する。礫の円磨度は高く、多くの礫が球状を示す。この砂礫層は層相変化が激しく、一部で含礫砂質ローム層となる。深度 60.0～80.5 m には黄褐色を呈する緻密・塊状の粘土質ローム層が分布するが、68.6 m 付近では砂質土層が挟在する。

深度 80.5～98.5 m には黄褐色の含礫砂質ローム層が分布するが、深度 89.5～92.5 m 間

は粘土質ローム層となる。深度 98.5～124.0 m 間は褐色ないし青灰色を呈する砂礫層で、層相は不均一である。深度 120.5 m 付近には粘性土を含むほか、基質にシルトを比較的多く含む。深度 124.0～140.5 m 間は黄褐色の粘土質ローム層であり、砂礫層の薄層を含む。

深度 140.5～160.0 m には褐色～青灰色の円礫層があり、礫の円磨度が高く、淘汰も良好である。深度 160.0～192.0 m には黄褐色の含礫砂質ローム層があり、局部的に砂礫層の薄層を挟む。深度 192.0～223.0 m 間は黄褐色の砂礫層が分布しており、底部では砂質円礫層となる。この礫層中には最大径 25 cm の礫が存在する。深度 223.0～240.5 m 間には黄褐色で緻密・塊状の粘土質ローム層が分布する。

深度 240.5～260.0 m には円礫からなる青灰色の砂礫層があり、淘汰がよく礫はよく円磨されている。260.0～268.5 m 間は黄褐色で塊状の粘土質ローム層が分布する。深度 268.5～282.0 m 間には円礫からなる淘汰の良い青灰色の砂礫層がある。その下位の 282.0～288.5 m には黄褐色で塊状の粘土質ローム層が分布する。深度 288.5 m から孔底の 301.0 m には褐色の砂礫層が分布する。この砂礫層の基質にはシルトの含有量が比較的高い。

e. TW-NC-1 孔柱状図

北盆地のトルファン市塔爾郎水管站の試掘箇所 TW-NC で掘削した TW-NC-1 孔の地質柱状図および井戸構造図を図 4.4.6 に示す。TW-NC 付近では基盤深度はかなり深いと想定していたが、TW-NC-1 孔では深度 400.36 m まで掘削したが基盤に着岩せず、基盤岩は想定どおりかなり深くに分布することが確認された。

試掘結果によると、TW-NC-1 孔の地質状況は南盆地で掘削した 4 箇所の試掘孔の地質状況とは大きく異なり、粘性土層をほとんど含まず主に礫層から構成される。

地表面から深度 219.0 m までは円礫～礫層からなる。灰色から灰白色を呈し、円礫の最大径は 50 cm、平均径は 2～5 cm である。礫の形状は円磨度の高い円礫から亜角礫までさまざまである。礫種は凝灰岩や石英質砂岩が多い。

深度 219.0～255.4 m 間は玉石礫層で、灰色～灰白色を呈する。礫の多くは径 5～10 cm であるが、なかには径 30 cm の礫も含まれる。

深度 255.4 m から孔底の 400.4 m までの区間は砂質円礫層であり、灰白色を呈する。礫径は一般に 2～5 cm で、角礫も含まれる。礫種は凝灰岩と石英質砂岩が主である。局部的に粘性土の含有量が高く、30% に達する部分もある。

4.4.4 孔内物理検層

孔内物理検層は、試掘孔内の地下地質の物理特性を把握して、地層の層相評価を行うための基礎資料を得るために実施した。孔内物理検層は、1 箇所あたり 2 孔の試掘を行う南盆地の試掘箇所では、深度の深い試掘孔（第 1 孔）で実施した。また、北盆地の試掘箇所（TW-NC）では、TW-NC-1 孔において実施した。

本調査で実施した孔内物理検層は、電位比抵抗（ノルマル比抵抗）検層、勾配比抵抗（ラテラル比抵抗）検層、自然電位検層、および自然ガンマー検層の 4 種類である。検層機材は中国製の「JGS-1 智能測井系統」を使用した。検層方向は下向きとし、電動ウィンチによりセンサーを孔内に下ろしながら 0.1 m 間隔（降下速度 6 m/min）または 0.2 m 間隔（降下速度 12 m/min）で測定した。測定結果はデジタル記録で保存し、パソコンでグラフ化と必要に応じてデータ処理を行った。

電位比抵抗（ノルマル比抵抗）検層および勾配比抵抗（ラテラル比抵抗）検層は、地層の比抵抗をそれぞれの電極配置法に従って地層に電流を流し、地層の比抵抗を連続的

に測定するものである。得られた比抵抗値から、地層の層相や地下水塩水化の有無などを把握することができる。自然電位検層はノルマル法の電極配置を使用して、孔内電極と地上電極との間の電位差を連続的に測定する検層である。自然電位の変化を連続的に記録することにより、地層の層相を推定することができる。自然ガンマー検層は、地層中に含まれる天然放射性元素から放射される自然ガンマー線量を測定するもので、地層の層相推定や地層対比に利用される。

a. TW-SE-1 孔物理検層結果

鄯善（シャンシャン）県達朗坎（ダランカン）の TW-SE-1 孔で実施した物理検層結果を図 4.4.7 に示す。

電位比抵抗値は $4\sim 12\ \Omega\cdot\text{m}$ の範囲に分布しており、比較的小さな値を示す。検層実施時に測定可能であった深度 17 m 付近から 243 m 付近までの比抵抗分布をみると、深度 20 ~ 50 m にかけては層相に関係なく比抵抗曲線が凹型となり比抵抗値が下がっており、地下水が塩水化していることを示唆している。それより下位では塩水化の影響は小さく、比抵抗値は地層の層相に応じて細粒砂層や砂質ローム層で比較的高く、粘土質ローム層で低い傾向が認められる。なお、基盤である第三系の泥岩は、層相としては比較的粒度の細かい堆積岩であるにもかかわらず、比抵抗値は $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上と大きな値を示し、第四系の粘土層と容易に区別することができる。第四系の中で比較的大きな比抵抗値は深度 48 ~ 60 m 付近の細粒砂層中や深度 82 m 付近の砂質ローム層中、および深度 185 ~ 207 m の砂質ローム層付近に見られ、これらは小礫や中粒砂層が挟在する位置と一致している。

勾配比抵抗は一般に薄層検出や地層境界の同定に使用されるが、TW-SE-1 孔では泥水中で比抵抗を測定したため、主に薄層検出に使用することができる。勾配比抵抗法による比抵抗値分布をみると、深度 15 ~ 45 m 付近の砂質ローム層や細粒砂層上部では $20\sim 60\ \Omega\cdot\text{m}$ と比較的大きな値を示すが、深度 45 ~ 210 m 間の細粒砂層や砂質ローム層、粘土質ローム層では $20\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の小さな値を示す。このなかで、深度 145 ~ 150 m 間には比抵抗値が $70\ \Omega\cdot\text{m}$ に達するピークがあり、これは粗粒堆積物の薄層あるいは石灰質ノジュールの密集部を推定される。深度 210 ~ 236 m 付近までの粘土質ローム層では比抵抗地はやや高く $40\ \Omega\cdot\text{m}$ を超えるピークも認められる。基盤である第三系泥岩では、電位比抵抗値と同様に大きな比抵抗値を示す。

自然電位は $100\sim 320\ \text{mV}$ の範囲にあり、全体的な傾向としては深度とともに自然電位が緩やかに低下する。細かく見ると、深度 20 ~ 50 m にかけて自然電位曲線が凹型に下がり、電位比抵抗と同様に塩水の存在を示唆している。それ以深では、深度 75 m 付近をピークに緩やかに下がり、第三系泥岩が最も低い値を示す。

自然ガンマー線量は、概ね $20\sim 40\text{API}$ の間で変化しているが、深度 15 ~ 35 m の浅層部ではやや低い。深度 115 m 付近や 227 m 付近の粘土質ローム層中に $50\sim 60\text{API}$ に達するピークが認められるほか、深度 140 m 付近でやや値が低下するが、明瞭な地層境界を検出することはできない。

b. TW-SC-1 孔物理検層結果

トルファン市亚尔乡の TW-SC-1 孔で実施した物理検層結果を図 4.4.8 に示す。TW-SC-1 孔のオリジナル検層データは深度 10cm ごとに記録したが、このうち電位比抵抗、勾配比抵抗および自然ガンマー線量はノイズにより影響を受けているため、ノイズ除去フィルター（上下 10 個ずつ、合計 20 個のデータの移動平均）によりデータ処理を行った。

電位比抵抗値は $2\sim 23\ \Omega\cdot\text{m}$ の範囲に分布しており、粘性土を主体とする層相では $5\ \Omega\cdot\text{m}$ を示すことが多い。検層実施時に測定可能であった深度 15 m 付近から 407 m 付近までの

比抵抗分布をみると、地表から深度 77.0 m に分布する砂質ローム層は概ね $5 \Omega \cdot \text{m}$ 以下であるが、38~42 m に挟在する砂礫層では比抵抗値が $15 \Omega \cdot \text{m}$ を超える。深度 77.0~109.0 m の砂質ローム層および 109.0~129.0 m の円礫層では比抵抗値が $10 \Omega \cdot \text{m}$ を超える部分が多く、とくに円礫層中には $20 \Omega \cdot \text{m}$ を超える TW-SC-1 孔で最も高い比抵抗値のピークがある。これに対して、深度 129.0~344.0 m 間の粘土質ローム層は比抵抗値が低く、とくに深度 150 m 付近から 240 m 付近にかけては挟在する砂礫層部分を除いて $2 \sim 3 \Omega \cdot \text{m}$ 程度である。深度 265.5~344.0 m の粘土質ローム層中には比抵抗値が $5 \Omega \cdot \text{m}$ を超える小さなピークが数箇所みられ、上位の粘土質ローム層よりも粗粒な堆積物を含んでいることを示す。この間の深度 191.5~201.5 m と 258.0~265.5 m には砂礫層が分布するが、そこでの比抵抗値のピークは $11 \sim 14 \Omega \cdot \text{m}$ である。深度 344.0 m 以深は砂礫層と粘土層との互層になっており、比抵抗値もそれに応じた値を示す。砂礫層では比抵抗値が $10 \Omega \cdot \text{m}$ を超える部分の厚さがそれぞれ 10 m 以上あり、良好な帯水層である可能性を示している。

勾配比抵抗値は $5 \sim 200 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲に分布しているが、勾配比抵抗曲線の形状は電位比抵抗曲線のそれとよく似ている。粗粒堆積物が分布する箇所では、勾配比抵抗値が $80 \Omega \cdot \text{m}$ を超え、とくに深度 109.0~129.0 m に分布する円礫層中には $200 \Omega \cdot \text{m}$ に達するピークが存在する。細粒堆積物の勾配比抵抗値は、深度 180 m よりも浅い部分では $40 \sim 80 \Omega \cdot \text{m}$ と比較的高いが、それより下位の深度 330 m 付近までの細粒堆積物では $5 \sim 40 \Omega \cdot \text{m}$ 程度と低い。

TW-SC-1 孔の自然電位の分布は、大きく 4 つのゾーンに分けることができる。深度 77.0 m までの砂質ローム層では概ね 40 mV 程度であるが、深度 77.0~240 m 付近までの砂質ローム層、円礫層、粘土質ローム層では 40 mV を超え、とくに粘土質ローム層では 60 mV を超える。ところが、深度 260 m 付近に分布する砂礫層とその下位に分布する粘土質ローム層では 20 mV 程度の低い値を示す。深度 360 m 以深では 20 mV 以上と高くなり、とくに粘土層中では 40 mV を越える部分がある。以上の自然電位の分布特性から、深度 260 m 付近に分布する砂礫層を境にして、その上下にある粘土質ローム層は堆積年代あるいは堆積環境に違いがあるものと推定される。

自然ガンマー線量は $6 \sim 16 \text{API}$ の範囲にあり、深度 15~170 m 付近にかけて平均値が 7API から 11API に徐々に上昇し、それ以深では $10 \sim 14 \text{API}$ となっている。深度 170~235 m と 310~360 m 区間の粘土質ローム層中には自然ガンマー線量が 14API を越えるピークが数箇所あり、放射性元素を含む粘土鉱物が比較的多く含まれることを示している。

c. TW-SS-1 孔柱状図

トルファン市南部にある 221 団 5 連に掘削した TW-SS-1 孔において実施した物理検層結果を図 4.4.9 に示す。

電位比抵抗値は $5 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲に分布しており、比抵抗曲線の形状や比抵抗値から TW-SS-1 孔の電位比抵抗分は大きく 3 つのゾーンに区分することができる。深度 10~35 m 間は電位比抵抗値が $20 \Omega \cdot \text{m}$ 前後と比較的低く、地下水塩水化の影響を受けている可能性がある。深度 35~120 m 間は砂質ローム層や粘土質ローム層に対応する区間であるが、電位比抵抗は $20 \sim 40 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲で変化しており、その変化幅が比較的大きい。比較的高い比抵抗値のピークは、挟在する礫やセメント物質による固結部と推定される。深度 120 m 以深では、粘性土を主体とする地層では電位比抵抗値は $15 \sim 30 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲にあり、砂質ローム層でセメント質固結や小礫層を挟む部分では $30 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$ のピークが現れる。

勾配比抵抗曲線も、その形状や比抵抗値から 3 つのゾーンに区分され、そのコントラストは電位比抵抗曲線よりも明瞭である。深度 10~35 m 区間では、比抵抗値は $10 \sim 20 \Omega \cdot \text{m}$ と低い値を示し、浅層部に塩水化した地下水が分布することを示している。深度 35~120 m 間は勾配比抵抗値が比較的高く、 $20 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$ の範囲で変化している。とくに、

深度 35～60 m 間の砂質ローム層と粘土質ローム層、および 100～120 m 間の粘土質ローム層と砂質ローム層では、比抵抗値は 30～60 $\Omega\cdot\text{m}$ と高い値を示す。深度 120 m 以深では、比抵抗値は 10～30 $\Omega\cdot\text{m}$ の範囲で深度とともに徐々に下がり、変化幅も比較的狭い。電位比抵抗曲線で明瞭な深度 195 m 付近のピークは、勾配比抵抗曲線では小さいピークとなる。なお、孔底付近の深度 245 m 以深では勾配抵抗が 30 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上に上昇しており、電位比抵抗ではこの部分は低い比抵抗値を示すことから、層相が変化している可能性がある。

自然電位曲線は細かく変化しているものの、大局的には浅層部から深層部にむかい徐々に比抵抗値が下がる傾向を示す。深度 110 m 付近までは 250 mV と比較的高い値を示し、比抵抗値は深度とともにわずかに低下するだけであるが、深度 120 m 付近から孔底にかけて自然電位は 250 mV から 150 mV へと直線的に低下する。この変曲点の位置は、電位・勾配両方の比抵抗曲線の変曲点と一致しており、これが地下地質の境界を表していると判断される。

自然ガンマー線量は、概ね 30～40API の範囲で変化している。自然ガンマー曲線では比抵抗曲線でみられた地層境界は不明瞭であるが、自然ガンマー線量は深度とともに徐々に大きくなる傾向がある。深度 153 m 付近の粘土質ローム層には 50API に達するピークがひとつあり、深度 230 m 付近の粘土質ローム層中にはガンマー線量が 30API 以下に低下する部分が認められる。

d. TW-SW-1 孔柱状図

托克遜（トクソン）県伊拉湖郷で掘削した TW-SS-1 孔において実施した物理検層結果を図 4.4.10 に示す。

電位比抵抗は、礫層から粘土層まで複雑に変化する層相を反映して 5～250 $\Omega\cdot\text{m}$ の範囲で複雑に変化している。比抵抗値は細かな層相に対応しており、深度 17～32 m 付近の砂礫層や深度 150 m 付近の円礫層では、200 $\Omega\cdot\text{m}$ を超えるピークがみられる。一方、粘性土が主となる層相では、比抵抗値が 30 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下に低下している。TW-SS-1 孔の中で電位比抵抗値からみた最も粗粒な礫層は、深度 140.5～160.0 m に分布する円礫層である。

勾配比抵抗は、電位比抵抗と同様に層相の変化に対応して 10～400 $\Omega\cdot\text{m}$ の範囲で変化している。勾配比抵抗曲線は電位比抵抗曲線よりも層厚の厚い砂礫層の分布をよく現している。勾配比抵抗により同定される砂礫層の発達する層準は、深度 20～40 m 区間と 140～155 m 区間が顕著であり、このほか深度 240～250 m 間と 275～285 m 間も明瞭である。

自然電位は 100～120 mV の範囲にあり、深度とともに大きくなる傾向がみられる。深度 20～130 m 間では 105 mV から 113 mV まで緩やかに上昇し、深度 130 m 以深では 113～115 mV の範囲で比較的安定した値を示す。粘性土中の所々で小さなピークが数箇所もられるほか、深度 123 m および 132 m 付近には自然電位が 10 mV 程度低くなる箇所がある。

自然ガンマー線量は概ね 35～50API の範囲で変化している。深度 10～50 m の区間では 40API 前後の値を示すが、深度 70～80 m 間の粘土質ローム層では 60API まで上昇する部分がある。このほか、深度 160～180 m の含礫砂質ローム層中や深度 205 m 付近の砂礫層中にも、自然ガンマー線量が 50API を超える部分がある。

e. TW-NC-1 孔柱状図

北盆地のトルファン市塔尔郎水管站で掘削した TW-NC-1 孔の物理検層結果を図 4.4.11 に示す。

電位比抵抗値はほとんど礫層からなる層相を反映して一般に高く、200 $\Omega\cdot\text{m}$ 付近で変化

している。このうち、深度 220～250 m の玉石礫層では、比抵抗値が他よりも明瞭に高く、250～320 $\Omega\cdot\text{m}$ を示す。一方、深度 220 m 付近や 240 付近、345 m 付近などには砂質円礫層中には比抵抗が 200 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下と低い部分があり、こうした場所では礫が少なく砂質土が主体になっていると判断される。

勾配比抵抗は電位比抵抗よりも大きな値を示し、300～900 $\Omega\cdot\text{m}$ の範囲で変化している。勾配比抵抗曲線は、大局的には深度 50～90 m 付近まではやや上昇するものの、深度 90 m 付近から 290 m 付近では徐々に低下し、深度 290 m 以深では 400 $\Omega\cdot\text{m}$ 前後で推移する。

自然電位は 20～80 mV の範囲で変化している。深度 50～110 m 間では深度とともに 40 から 20 mV まで低下するが、深度 110 m 以深では深度とともに自然電位が高くなる。そのうち、深度 200 m 付近で急激に 40 mV から 60 mV に上昇することが特徴的である。

自然ガンマー線量は、深度 50～400 m の区間では概ね 30～40API の範囲で変化している。深度 120～140 m 間で 30API 以下に低下する部分が数箇所あり、深度 200 m 付近で最高値がやや低下する。また、深度 380 m 付近に 40API まで上昇する部分がある。

4.4.5 井戸構造と地下水位

各試掘箇所での地下地質状況および孔内物理検層結果を踏まえて、地下水観測井として仕上げるための井戸構造を決定した。1 箇所あたり 2 孔の試掘を実施した南盆地の試掘箇所では、深度の深い試掘孔（第 1 孔）の地質観察と孔内物理検層結果を踏まえて、第 1 孔近傍で掘削する浅い試掘孔（第 2 孔）の井戸深度と井戸構造を決定した。

a. TW-SE 地点

鄯善（シャンシャン）県達朗坎（ダランカン）の TW-SE 地点では、深度 245.9 m まで掘削した TW-SE-1 孔の試掘調査結果を踏まえて、図 4.4.12 に示すように TW-SE-1 観測井の井戸深度を 216.0 m、TW-SE-2 観測井の井戸深度を 70.0 m と決定した。

TW-SE-1 観測井のスクリーンは、深度 190.2～210.2 m に分布する砂質ローム層が比較的高い比抵抗値を示すことから、この地層が深層帯水層になっていると判断して、深度 190.0～210.0 m の 20 m 区間に設置した。一方、TW-SE-2 観測井では、深度 30.4～76.2 m に分布する細粒砂層の中で、深度 60 m 付近に電位比抵抗値の高まりがあることから、この部分をカバーできるように深度 54.0～66.0 m の 12 m 区間にスクリーンパイプを設置した。

井戸洗浄後、水位が安定して揚水試験を開始する前に、各観測井の地下水位（静水位）を測定した。その結果、TW-SE-1 観測井の 2004 年 7 月下旬の地下水位は地表面から 30.08 m、TW-SE-2 観測井のそれは地表面から 48.98 m も深くにあることが明らかになった。TW-SE-2 観測井の地下水位は TW-SE-1 よりも 18.9 m も深く、TW-SE-1 観測井が観測する浅層帯水層では周辺地区の既存井戸による地下水揚水量が大きく、浅層帯水層の地下水位が大きく低下している実態が明らかになった。

b. TW-SC 地点

トルファン市亚尔乡の TW-SC 地点では、深度 409.3 m まで掘削した TW-SC-1 孔の試掘調査結果を踏まえて、図 4.4.13 に示すように TW-SC-1 観測井の井戸深度を 391.0 m、TW-SC-2 観測井の井戸深度を 130.0 m と決定した。

TW-SC-1 観測井のスクリーンは、深度 344.0～361.0 m と 376.0～387.5 m に分布する砂礫層が比較的高い比抵抗値を有し良好な帯水層を形成していると判断して、深度 345.0～

354.0 m 間と 376.0～385.0 m 間の 2 箇所計 14.0 m 設置した。一方、TW-SC-2 観測井では、深度 109.0～129.0 m に分布する円礫層が浅層部の主要な帯水層であると判断して、深度 110.0～124.0 m の 14 m 区間にスクリーンパイプを設置した。

井戸洗浄後、水位が安定して揚水試験を開始する前に、各観測井の地下水位（静水位）を測定した。その結果、TW-SC-1 観測井の 2004 年 9 月中旬の地下水位は地表面から 10.30 m、TW-SC-2 観測井のそれは地表面から 20.40 m にあることが明らかになった。TW-SC-2 観測井の地下水位は TW-SC-1 よりも 10.1 m も深く、TW-SC 地点周辺では既存井戸からの地下水揚水により、浅層帯水層の地下水圧が低下していると推定される。

c. TW-SS 地点

トルファン市南部 221 団 5 連の中に位置する TW-SS 地点では、深度 253.4 m まで掘削した TW-SS-1 孔の試掘調査結果を踏まえて、図 4.4.14 に示すように TW-SS-1 観測井の井戸深度を 221.0 m、TW-SS-2 観測井の井戸深度を 50.0 m と決定した。

TW-SS-1 観測井のスクリーンは、深度 194.0～215.0 m に分布する砂質ローム層中に比較的高い電位比抵抗値のピークが 2 箇所検出されたことから、砂質ローム層中の粗粒堆積物層が深層帯水層を形成していると判断して、深度 191.0～215.0 m の 24 m 区間に設置した。一方、TW-SS-2 観測井では、深度 30.0～51.5 m に分布する砂質ローム層が比較的高い比抵抗値を有することからこの地層が浅層帯水層を形成していると判断して、深度 30.0～48.0 m の 18 m 区間にスクリーンパイプを設置した。

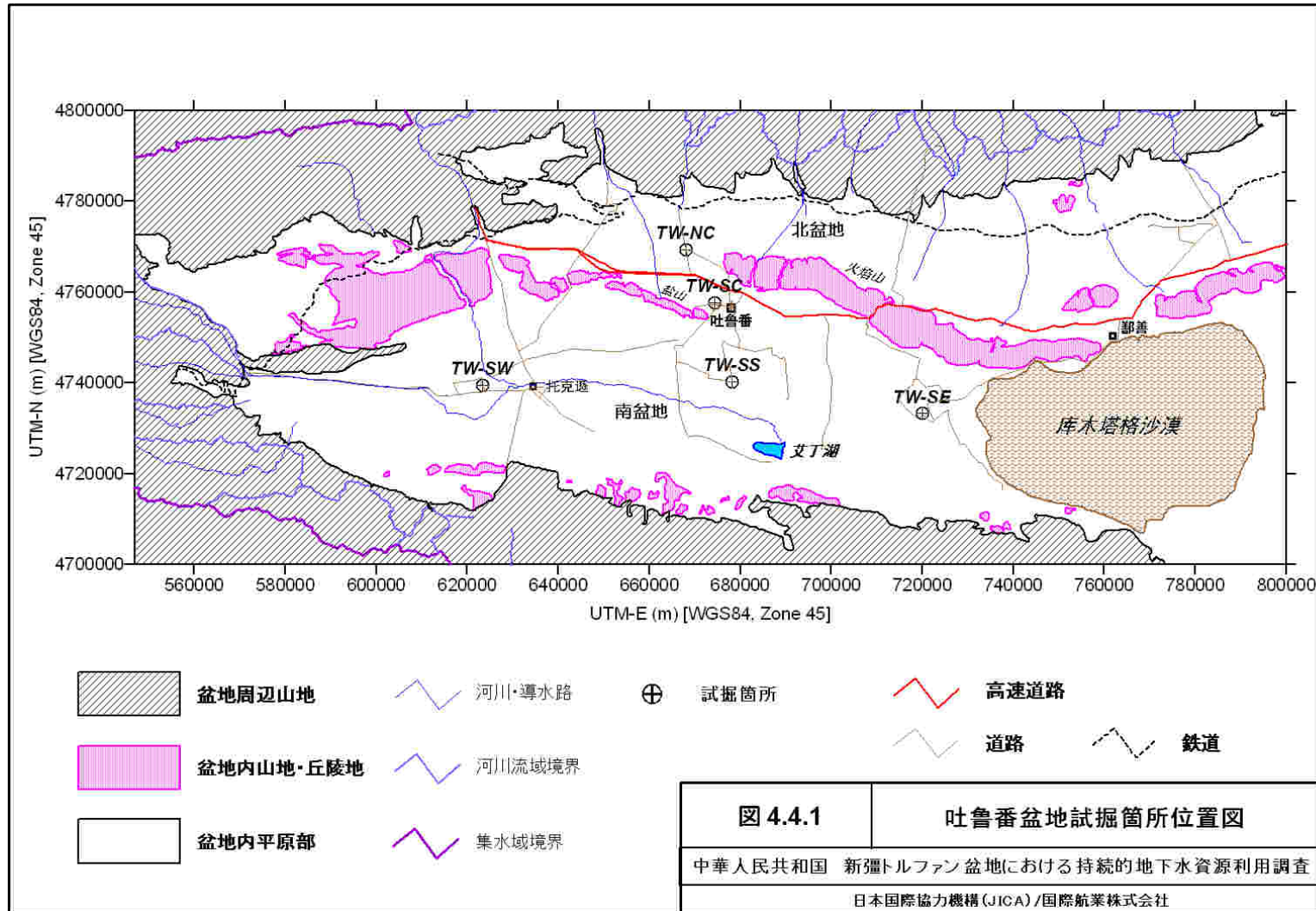
井戸洗浄後、水位が安定して揚水試験を開始する前に、各観測井の地下水位（静水位）を測定した。その結果、TW-SS-1 観測井の 2004 年 10 月下旬の地下水位は地表面よりも 1.41 m 高く自噴しており、TW-SS-2 観測井のそれは地表面から 1.84 m の深度にあることが明らかになった。両者の水頭差は 3.25 m あり、TW-SS-1 観測井の対象である深層帯水層は上位に分布する比較的厚い粘性土層により被圧されており、地表面よりも高い水頭を有することが明らかになった。

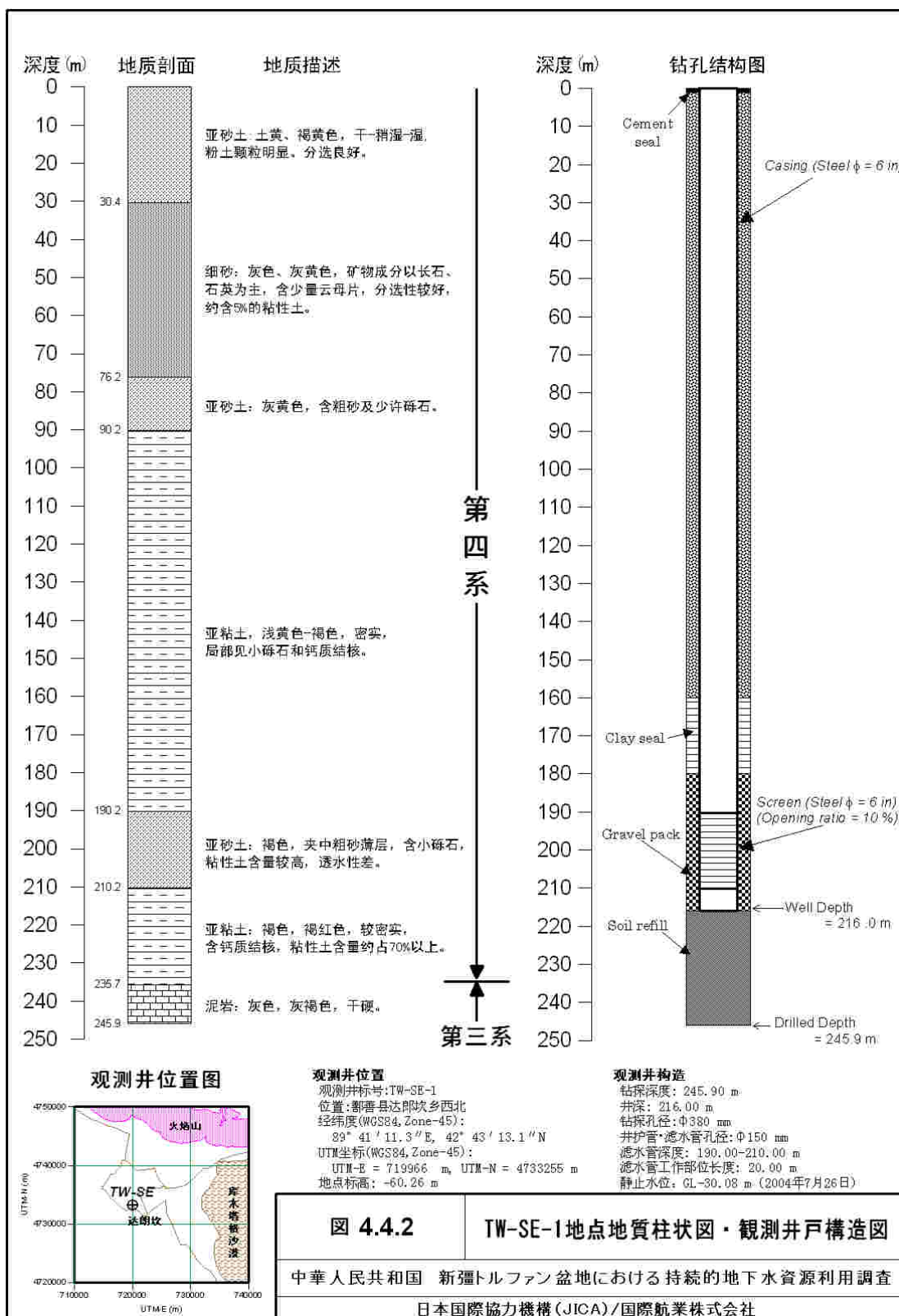
d. TW-SW 地点

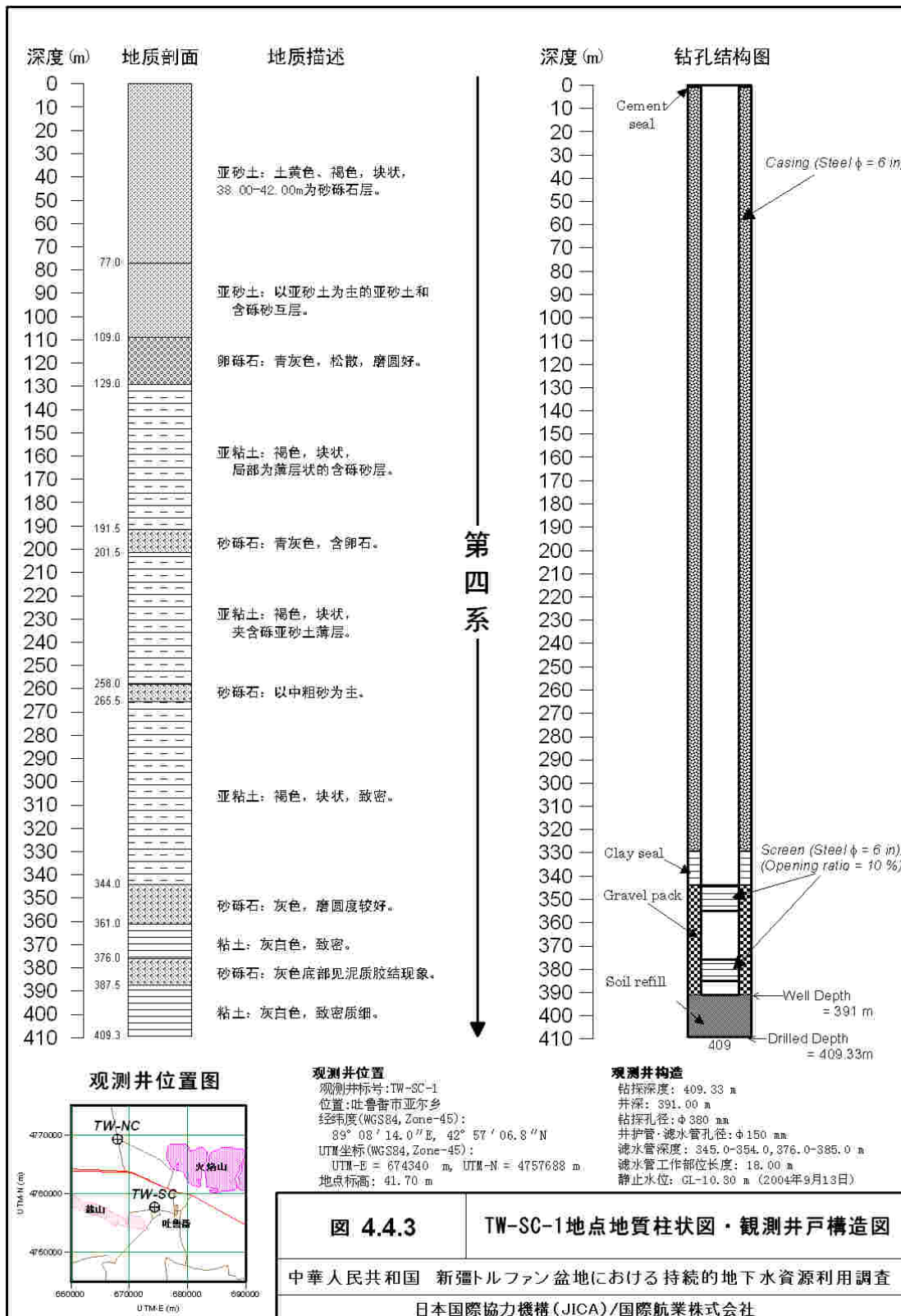
托克遜(トクソン)県伊拉湖郷の TW-SW 地点では、深度 301.0 m まで掘削した TW-SW-1 孔の試掘調査結果を踏まえて、図 4.4.15 に示すように TW-SW-1 観測井の井戸深度を 288.0 m、TW-SW-2 観測井の井戸深度を 66.0 m と決定した。

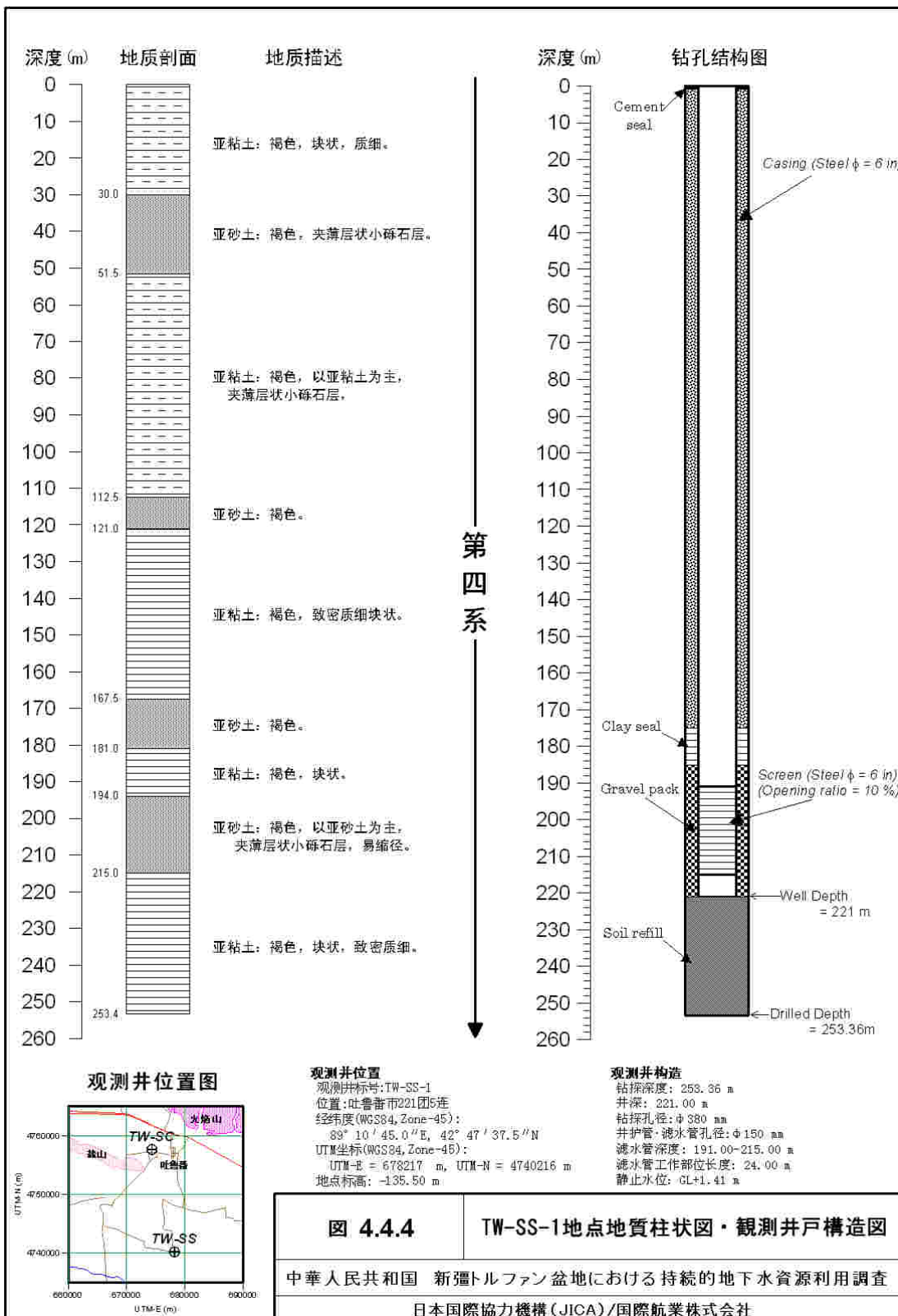
TW-SW-1 観測井のスクリーンは、深度 268.5～282.0 m に分布する砂質円礫層が比較的高い比抵抗値を連続して示すことから、これが深層帯水層の主要部を形成していると判断して、深度 264.0～282.0 m 間にスクリーンパイプを設置し、このうち深度 268.5～282.0 m の 13.5 m 区間にスクリーン加工を施した。一方、TW-SW-2 観測井では、深度 17.5～60.0 m に分布する砂質円礫層が高い比抵抗値を有することからこの地層が浅層帯水層を形成していると判断し、その下半部の深度 42.0～60.0 m の 18 m 区間にスクリーンパイプを設置した。

井戸洗浄後、水位が安定して揚水試験を開始する前に、各観測井の地下水位（静水位）を測定した。その結果、TW-SW-1 観測井の 2005 年 1 月上旬の地下水位は地表面より 6.97 m も高く自噴しており、TW-SW-2 観測井の地下水位は 2004 年 12 月上旬時点で地表面から 0.31 m の深度にあることが明らかになった。両者の水頭差は 7.24 m あり、TW-SW-1 観測井の対象である深層帯水層は上位に分布する複数の粘性土層により被圧されており、地表面よりもかなり高い被圧水頭を有することが明らかになった。









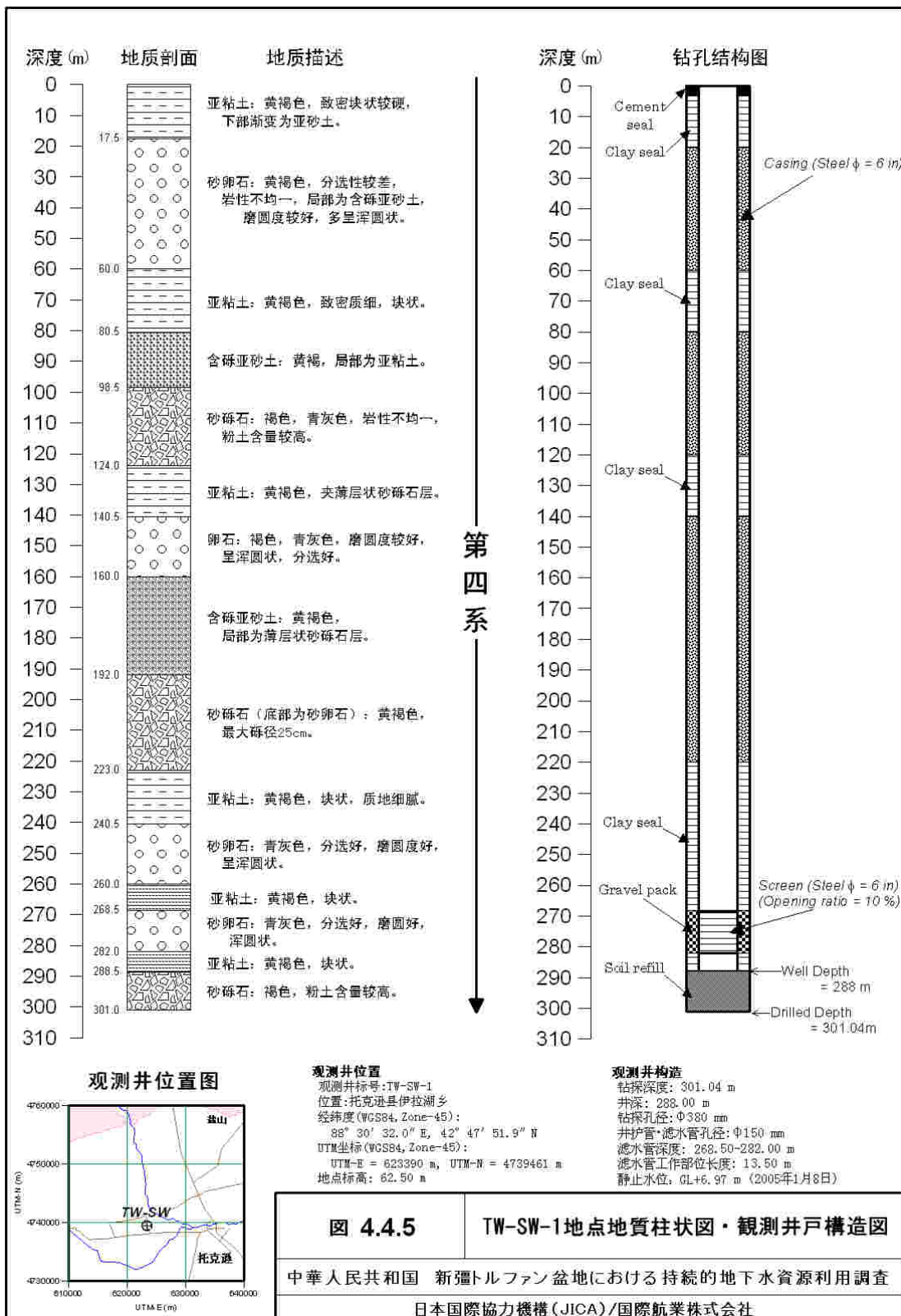


图 4.4.5

TW-SW-1地点地质柱状图・观测井戸構造图

中華人民共和國 新疆トルファン盆地における持続的地下水資源利用調査

日本国際協力機構 (JICA) / 国際航業株式会社

