

にわたって $20\sim 90\ \Omega\cdot\text{m}$ 比抵抗域が最も広く分布している。トルファン市街地より南の地域で $30\sim 100\ \Omega\cdot\text{m}$ とやや高い中比抵抗域は、南東と南南西に別れて分布する特徴が見られる。深度 $300\ \text{m}$ になると南盆地東端の比抵抗値が更に低くなり、ダランカン村落付近では $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗域となる。

$400\ \text{m}$ 深度では、トルファン市街地南方の $30\sim 100\ \Omega\cdot\text{m}$ の中比抵抗層は主に南西方向に延び、火焰山沿い南東部への分布がこの深度で消失している。盆地東部の大半は $10\ \Omega\cdot\text{m}$ ないしそれ以下の低比抵抗域が一様に分布する。深度 $600\ \text{m}$ になると、 $10\sim 30\ \Omega\cdot\text{m}$ の低比抵抗域がほぼ盆地全体にわたって分布する。

アイディン湖周辺では各深度とも概ね $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗を示している。表層の塩化土壌及びシルト～粘土から構成される湖成堆積層を反映していると思われる。 $300\ \text{m}$ 以深に見られる $3\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の超低比抵抗については、地表の塩化層土壌による電流封じ込み現象の影響に起因するもので、真の比抵抗構造は反映されていない。

4.3.6 比抵抗構造の断面分布

前述の平面分布の分析結果により、トルファン盆地の比抵抗構造の面的な分布をほぼ把握できるようになった。更に深度方向比抵抗構造と地下水盆構造とを比較・検討するために、北盆地においては NB と NBE、南盆地においては SB、SBE と SBW 及び両盆地を貫く NS の 6 本の測線を選定し、比抵抗構造断面図を作成した。各側線の比抵抗構造断面図を図 4.3.12～図 4.3.17 に示す。図中の比抵抗値は対数表示であり、色の区分は平面図と同じである。次に、各断面に見られる比抵抗構造の特徴について述べる。

a. 北盆地縦断 NB 断面と横断 NBE 断面

図 4.3.12 に示す NB 断面は、ほぼ東西方向に北盆地を縦断するように選定した。西の N001 から N054 間の各測点を結び、長さはほぼ $160\ \text{km}$ となる。地形は南に緩傾斜する山麓手前の沖積扇状地である。測線方向では、N001 測点では標高約 $1,240\ \text{m}$ で、測線のほぼ中央にある N028 測点では標高約 $350\ \text{m}$ であり、 $900\ \text{m}$ 近い高低差がある。断面図では縦横の縮尺が異なり、高低差が大きく拡張されて表している。測線全体の比抵抗構造は、N028 測点付近を境として、東と西では明瞭な相異が認められる。

北盆地の中央部で実施された TW-NC 地点の試掘調査によると、地表から孔底の $400\ \text{m}$ まで砂礫層が主体をなし、 $280\ \text{m}$ 付近から地下水位面に達している。この井戸の近傍にある測定点 N015 の解析結果は $100\ \text{m}$ 以浅では $1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上であり、 $200\sim 300\ \text{m}$ 間では $200\ \Omega\cdot\text{m}$ 、 $450\ \text{m}$ 以深では $30\ \Omega\cdot\text{m}$ 程度まで低下している。TW-NC で確認された地層状況との対比によって、北盆地の $300\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗層は乾燥砂礫層、 $300\sim 100\ \Omega\cdot\text{m}$ の中比抵抗層は含水砂礫層、 $30\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗層は砂～シルト質粘土の細粒層あるいは第三系基盤の泥岩層にそれぞれ対応すると考えられる。

西の N001～N026 まで比抵抗値は、大局的に上位から下に向かって低下する傾向が見られる。N026 より西では比較的厚い $100\sim 1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ の高比抵抗層が認められる。これは主として砂礫層に対応でき、赤色の $300\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗域を乾燥砂礫層とする場合は、比抵抗値が $300\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の部分は含水砂礫層であり、局部で見られる $100\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗域は砂～シルトなどの細粒層を反映していると思われる。この範囲では比抵抗構造が深部に向かってほぼ単調に低くなる傾向があり、地下水は単一の自由帯水層であることを示唆している。比抵抗構造から、地下水位面が概ね $200\sim 300\ \text{m}$ であると推定できる。N021 は火焰山北縁の近く位置し、帯水層はほぼ地表付近まで上昇しているため、両側に比べて低比抵抗値を示している。また、N021～N024 の間の深度 $300\ \text{m}$ 付近では中低比抵抗層が挟在し、細粒層の存在を反映していると考えられる。基盤岩の深度につい

では、N004 の深度 250 m 付近に $20 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗があり、地表の基盤岩分布から見ると、ここは基盤の浅い部分に相当し、低比抵抗は基盤を反映するものと思われる。これより東は、測線が盆地の中央に向かい、基盤に相当する低比抵抗層が直接観測されず、その傾向から基盤深度が 1,000 m 近くになると推測できる。

東の N028～N054 では比較的複雑な比抵抗構造を示している。N028 では $100 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗域は深部まで続き、東と西の比抵抗構造の境界を成している。N31～N042 間では上部に $100 \Omega \cdot \text{m}$ 以上の高比抵抗域が深度 300 m までほぼ水平に分布し、その下には低比抵抗～中比抵抗～低比抵抗の繰り返し構造が見られる。更に東側の N046～N054 では地表から低比抵抗～中高比抵抗～低比抵抗の構造を示す。上部の高比抵抗域は砂礫を主体する沖積層、下部の $20 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗層はシルト質粘土などの不透水層とすれば、その下に存在する $20 \Omega \cdot \text{m}$ 以上の中比抵抗層は被圧帯水層の存在を示唆し、その深度は地表からおよそ 100～300 m のあいだとなる。N046～N054 は火焰山北縁の近くに位置し、中比抵抗層が地表部近まで分布し、被圧帯水層の地下水が地表付近まで上昇していることを示唆している。最下部の低比抵抗層は基盤を反映するもので、N031～N054 の間は凡そ 600～300 m と東に向かって浅くなっていると思われる。

NB 断面の N037 付近における比抵抗構造の南北方向での変化を確認するため、図 4.3.13 に示すような北盆地東部を横断する NA01～NA03 の 5 測点を結んで NBE 断面を作成した。地形は天山南麓山前の標高 1,000 m から火焰山東北端の 400 m まで単調的に下がる沖積地である。比抵抗構造は北の山地縁部から盆地中央部まで $100 \Omega \cdot \text{m}$ 以上の高比抵抗層が厚く分布し、砂礫層を反映する。N039 より南は地表から $10 \sim 40 \Omega \cdot \text{m}$ の低比抵抗を示し、主に砂～シルト質の細粒の堆積物が分布していると考えられる。このあたりは基盤が地表に露出している地域の近くであり、 $10 \Omega \cdot \text{m}$ の低比抵抗層は基盤の第三紀泥岩層を反映していると考えられる。

b. 北盆地～南盆地横断 NS 断面

図 4.3.14 に示す NS 断面はほぼ南北方向に北盆地と南盆地の中央部を横断するように選定した。北盆地の N017 から南盆地南縁の S106 間の各測点を結び、長さほぼ 60 km となる。地形は北盆地の山前緩傾斜沖積扇状地、火焰山・塩山山間部、及び南盆地内の平坦な沖積地である。アイディン湖付近では標高 160 m であり、測線上の標高差は 880 m 程度である。

火焰山・塩山山間部を境にして、北盆地と南盆地の堆積環境の違いを反映し、比抵抗構造に明瞭な違いが見られる。N018 より北側は、北盆地の NB 及び NBE 断面で見られる比抵抗構造と同様で、主として $100 \Omega \cdot \text{m}$ 以上の高比抵抗層であり、砂礫層が厚く分布していることを示唆する。400 m 以深で見られる比抵抗 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の層は、砂～シルト～粘土等の細粒堆積物を反映していると考えられる。N016 では N015 と異なる多層構造が示しており、ここから $20 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗層が現れ、火焰山に近づくにつれて基盤が浅くなっていると考えられる。

N018 より南はほぼ南盆地に入り、全体的に $10 \sim 40 \Omega \cdot \text{m}$ の低比抵抗のバックグラウンドを示すようになる。従って、主に細砂～シルト質粘土等の細粒層が分布していると考えられる。N018 測点の近くで実施された TW-SC の試掘結果によると、地表から孔底までほぼ砂質～シルト質粘土が分布し、深度 80～120 m の間に砂礫層が認められる。N018 測点の比抵抗構造と主に $30 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗を示し、深度 60～120 m に $30 \Omega \cdot \text{m}$ よりやや高い層が見られ、試掘調査の結果をほぼ一致する。SA03 より南の南盆地領域内では比抵抗の多層構造が見られ、 $30 \Omega \cdot \text{m}$ よりやや高い部分は砂礫質の帯水層を反映している可能性がある。SA05 より南側は、アイディン湖周辺地域にあたり、表層の塩化土壌を反映する $3 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の超低比抵抗層が見られる。その下にシルト質粘土～粘土の湖成堆積物と思われる $10 \Omega \cdot \text{m}$ 以下の低比抵抗層が分布している。

c. 南盆地縦断 SB 断面

図 4.3.15に示す SB 断面は、東西方向に南盆地を縦断するように、西の S007 から東 S132 測点間の各測点を結び、長さはほぼ 150 km となる。S007～S027 間は山縁部の緩傾斜沖積扇状地であり、これより東は平坦な沖積地形が続く。測線上の高低差は約 750 m である。

西側の S007～S027 の間では、100～300 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗層が厚く分布し、比抵抗構造は北盆地で見られる沖積層と相似し、礫層を反映する。下部に見られる 100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下のやや低い比抵抗層は、第四紀底部の細粒あるいは基盤表面を反映していると思われる。既存の地質資料によると、盆地の南西境界では中生代の礫岩・砂岩層が第四紀層と不整合に接している。一般的に砂岩・礫岩層の比抵抗は数十～数百 $\Omega\cdot\text{m}$ であり、従って、この区間の地表から 400 m 以深で見られる 100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗域は、中生代の砂岩・礫岩層に起因すると思われる。

S036 より東は南盆地内のやや平坦な沖積平野となり、比抵抗構造は主に 100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下のバックグラウンドを示す多層構造である。本測線上の 3 ヶ所において実施された試掘調査の結果と対比して、比抵抗層と地質の相関について検討する。

S041 近くで実施された TW-SW 試掘調査の結果によると、120～180 m と 230～280 m 二つの礫層が確認された以外に、地下 300 m までは主に細礫を含むシルト質粘土層である。この結果と対比して、S041 から S075 までの間に深度 100 m あたりに存在する 30～100 $\Omega\cdot\text{m}$ の中比抵抗域は上記の 120～180 m の礫層に対応できることがわかる。従って、南盆地内では、バックグラウンド値よりやや高い 30～100 $\Omega\cdot\text{m}$ の比抵抗層は含水の砂礫層を反映すると考えられる。これに相当する比抵抗層は S095～S085 の間の地下 250 m 以深でも認められ、上記 TW-SW で確認された下部の礫層に相当すると思われる。

S099 で実施された TW-SS 試掘調査によると、地表から 250 m 孔底まではシルト質粘土が主体となり、深度 40～100 m 間に砂質層が確認された。比抵抗断面では、深度凡そ 20～100 m に 30～60 $\Omega\cdot\text{m}$ の中比抵抗域が抽出され、断面上でよい連続性を示している。これは上記の砂質層の深度とほぼ一致し、その分布を反映していると考えられる。また、S099 と S095 の間では、深部比抵抗構造の不連続が見られる。既存の地質データによると、この位置に NNW-SSE 系断層の存在が推定されていることから、この不連続はこの断層の存在を裏付けることとなる。

TW-SE 試掘地点では、深度 240 m で岩基盤岩が確認された。比抵抗構造の結果から見ると、TW-SE 測点でその深度にほぼ対応して、20 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗となる。従って第三紀泥岩層の上部が帯水層に覆われている場合は 20 $\Omega\cdot\text{m}$ 前後の比抵抗を示すと考えられる。ただし、基盤岩の比抵抗値は岩種あるいは被覆層の状況によって一概に低比抵抗とは言えない。

d. 南盆地横断 SBE と SBW 断面

図 4.3.16に示す SBE 断面は、南盆地東部のほぼ中心線を南北に横断するように、北の SA06 から南の SA10 測点間の各測点を結び、長さはほぼ 45 km となる。地形は平坦で主に沖積層と湖成層が分布する。測線全体は海拔 0 m 以下となり、SA10 では-160 m で最も低く、測線高低差は約 120 m である。

SBE 断面の比抵抗構造から見ると、北の SA06 から SA09 まで主に緑色で示す 10～50 $\Omega\cdot\text{m}$ の低比抵抗層が一様に分布するのが特徴である。これは砂～シルト質粘土などの細粒堆積物が混在する互層を反映し、全体の層厚は約 300 m であると読み取れる。深度 200 m 付近に挟在する青色の低比抵抗層は、不透水層のシルト質粘土層であると考えられる。また、30～50 $\Omega\cdot\text{m}$ とやや高い値を示す範囲は砂層を反映すると思われる。SA06～S112 測点の間に、深度 300 m 付近で深部帯水層と思われるやや高い比抵抗層が認められ、こ

れは TW-SE で確認された基盤岩 (240 m) 直上の砂層と比較できる。基盤深度については、20 Ω·m 以下を第三紀泥岩とする場合は、下部の低比抵抗境界は基盤表面に対応できる。S120 と SA10 間ではアイディン湖の湖成粘土及び塩化土壌となり、全体が 5 Ω·m 以下の超低比抵抗を示す。

図 4.3.17に示す SBW 断面は南盆地西部を北東-南西方向に横断するように、S023～S057 点間の各測点を結び、長さはほぼ 50 km となる。南西の S023 測点の標高は約 500 m で、北東に向かって傾斜し S049 では約 40 m となる。

南端から S032 までは、100～1,000 Ω·m の高比抵抗層が認められる。この高比抵抗層は薄い低比抵抗層によって上下二つに分断され、上部は主に山地縁部の乾燥砂礫層を反映すると思われる。深部の高比抵抗域は前述の SB 断面の西端と同じく、中生代基盤岩を反映していると思われる。S032～S049 の間に分布する白楊河 (トクソン河) の河川沖積層は概ね 10～40 Ω·m の低比抵抗を示す。この中に、地表から 40 m 付近と 240～300 m の深度にそれぞれ 30 Ω·m よりやや高い比抵抗域が認められる。これは SB 断面で見られる比抵抗構造とほぼ一致する。S049 より北に見られる 100 Ω·m 以上の高比抵抗層は塩山南縁に分布する砂礫を主体とする沖積層に対応する。

4.3.7 考察

a. 地質・地下水と比抵抗構造の相関について

前述の解析結果をもとに、本地域に分布する第四系及び基盤岩の岩種と TEM 法で求められた比抵抗値との相関は表 4.3.6 のようになる。

表 4.3.6 調査地域の地質と TEM 法比抵抗値

| 比抵抗値(Ω·m) | 主な分布範囲 | 地質 |
|--------------|-------------|------------------------|
| 300～1,000 以上 | 北盆地、南盆地南西部 | 乾燥砂礫層 |
| 100～300 | トルファン盆地全体 | 含水砂礫層、中生代基盤岩 |
| 30～100 | 南盆地、北盆地東部 | 砂～シルト層 (帯水層) 中生代基盤岩 |
| 10～30 | 南盆地、北盆地東部 | シルト～粘土 第三紀泥岩基盤 |
| 10 以下 | 南盆地アイディン湖周辺 | 粘土、塩化土壌 |

以上の比抵抗値区分をもとに、比抵抗構造の平面及び断面分布から地下水盆構造を大局的に把握できると考えられる。

b. 帯水層構造について

北盆地の比抵抗構造図 (図 4.3.12) に示す NB 断面から見ると、主に高比抵抗を示す砂礫層が地下深部まで分布し、地下水も単一自由帯水層となっている。水位は最も深いところで地表から約 300 m 以上となる。NS 断面から見ると、水位は北から南へおよそ海拔 600 m から 300 m 前後まで下がり、地表からの深度は火焰山北麓付近でおよそ 50 m 以浅となる。恰勒坎河より東の北盆地東部では、盆地の北側から南側に向かって、高比抵抗層を示す砂礫層が薄くなり、単一の自由地下水帯水層から複数の帯水層に分かれる。図 4.3.13に示す NBE 断面からみると、地下水位は北から南へおよそ海拔 600 m から 400 m

まで下がり、N039 付近では複数の帯水層に分かれ、上部層の地下水位は地表近くまで上昇している様子を伺わせる。

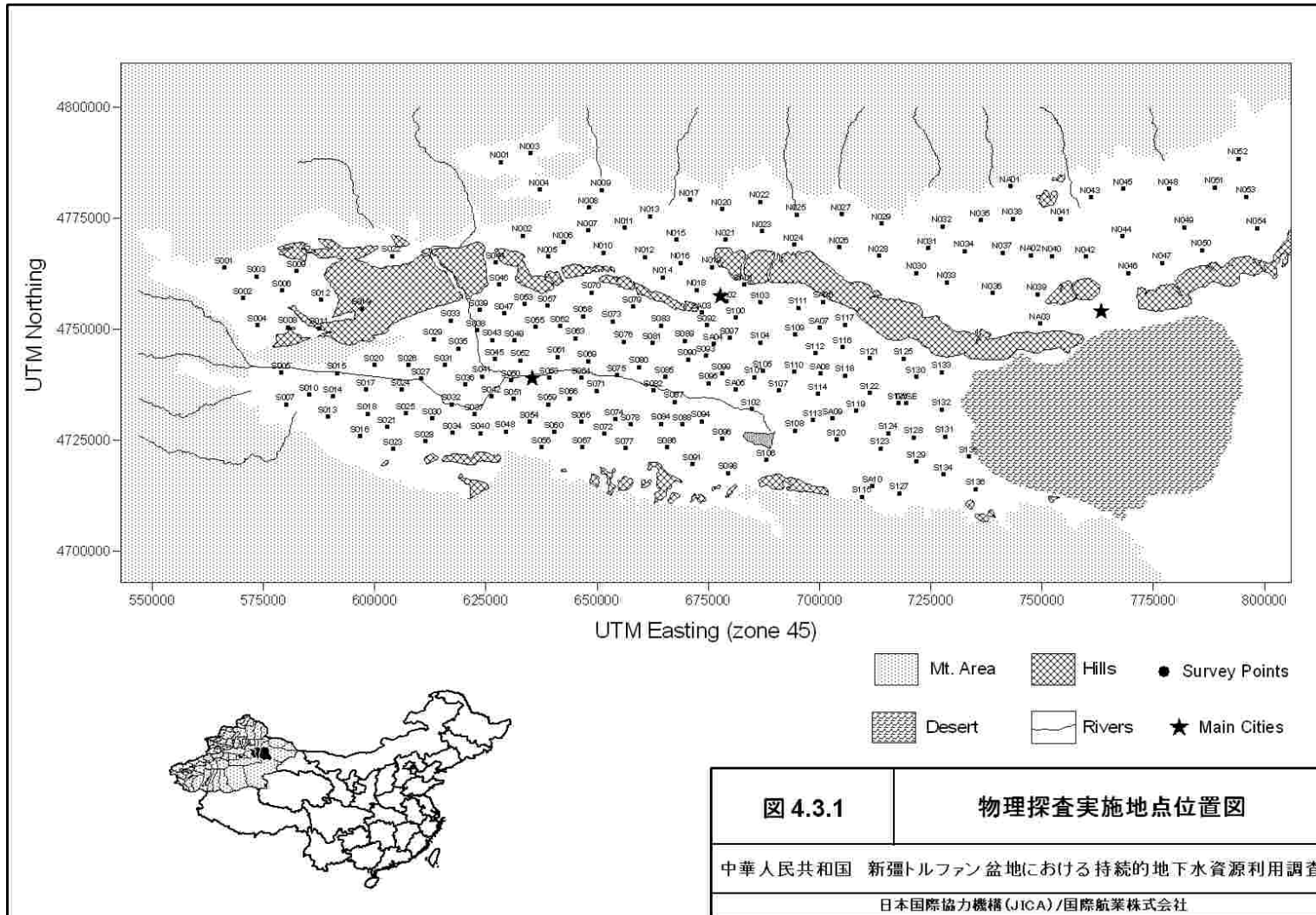
南盆地については、南西部の山麓前に分布する砂礫沖積層を除いて、盆地全体の被覆層は、主に $10 \Omega \cdot \text{m}$ から最大 $100 \Omega \cdot \text{m}$ までの低比抵抗バックグラウンドを示す砂礫～シルト質粘土の互層から構成される。低比抵抗バックグラウンドの中に見られる $30 \Omega \cdot \text{m}$ よりやや高い比抵抗域は、砂礫の割合の多い層を反映していると考えられ、比抵抗構造より、地表付近の不圧帯水層と深部の被圧帯水層の分布を大局的に推定することができる。図 4.3.15 に示す SB 断面の S036 測点から盆地東縁まで、図 4.3.17 に示す SBW 断面の S049～S032 測点の間、図 4.3.14 に示す NS 断面の N018～SA05 の間、及び図 4.3.16 に示す SBE 断面の SA06～SA09 の各区間においては、上部帯水層の水位は概ね地下 30 m 以浅～0 m となり、広範囲にわたって連続的に分布していることが認められる。下部の被圧帯水層は、SB 及び SBW 断面では比較的明瞭であり、地表から深度およそ 200～300 m の間で多少の起伏変化を見せながら、ほぼ連続的に分布している。また、この下部層は盆地の東部及びアイディン湖周辺に向かって、上部層に合流する傾向が認められる。

c. 基盤深度について

前述の比抵抗構造平面図及び断面図をもとに、既存地質資料と対比し、TEM 比抵抗構造から基盤深度の大局的な分布特徴について検討した。既存資料によると、北盆地の基盤深度は最大 1,000 m 以上に達し、本調査の解析可能な深度を超えている。また、南盆地では全体の比抵抗バックグラウンドが低いため、励起電流が低比抵抗層に閉じ込められ、解析可能深度が浅くなり、基盤に到達できない場所もある。このような測点については、既存資料をもとに、断面上において基盤が確認し得る測点から、全体の傾向によりおよそその深度を推定した。推定された地表からの基盤深度分布を図 4.3.18 に示す。

北盆地ではシャンシャン県市街地～柯柯亜河を境に西と東で基盤構造の違いが見られる。西盆地では基盤深度が主に 400～600 m 以上となり、沖積扇状地の中心部で最も深く、1,000 m 以上に達するところもあると思われる。柯柯亜河より東では、基盤が一旦隆起してから、東に向かって再び深くなる傾向が認められ、第四紀層の層厚は 300～500 m の範囲が盆地内の大半を占めている。

南盆地の基盤深度は、西部から東部へ向かって浅くなる傾向が見られる。トルファン市を含む火焰山・塩山山間部では基盤深度が凡そ 400～500 m であり、この深度の範囲はトルファン市街地からトクソン県西部まで広がるように続く。既存資料によるとトクソン県を中心とする地域では、基盤深度が深いところで 700 m 以上に達し、比抵抗構造からは間接的に深度 500 m 以上であることが認められる。この地域では $30 \sim 50 \Omega \cdot \text{m}$ を示す砂礫～シルト混在層の厚さはおよそ 400 m であり、南盆地の中では地下水の最も豊富な地域であることが伺わせる。トルファン市～アイディン湖より東では、基盤深度およそ 400～200 m となる。南のアイディン湖周辺地域では凡そ 100～200 m となり、基盤深度が最も浅い地域である。



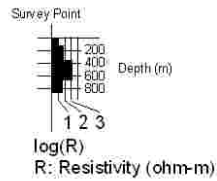
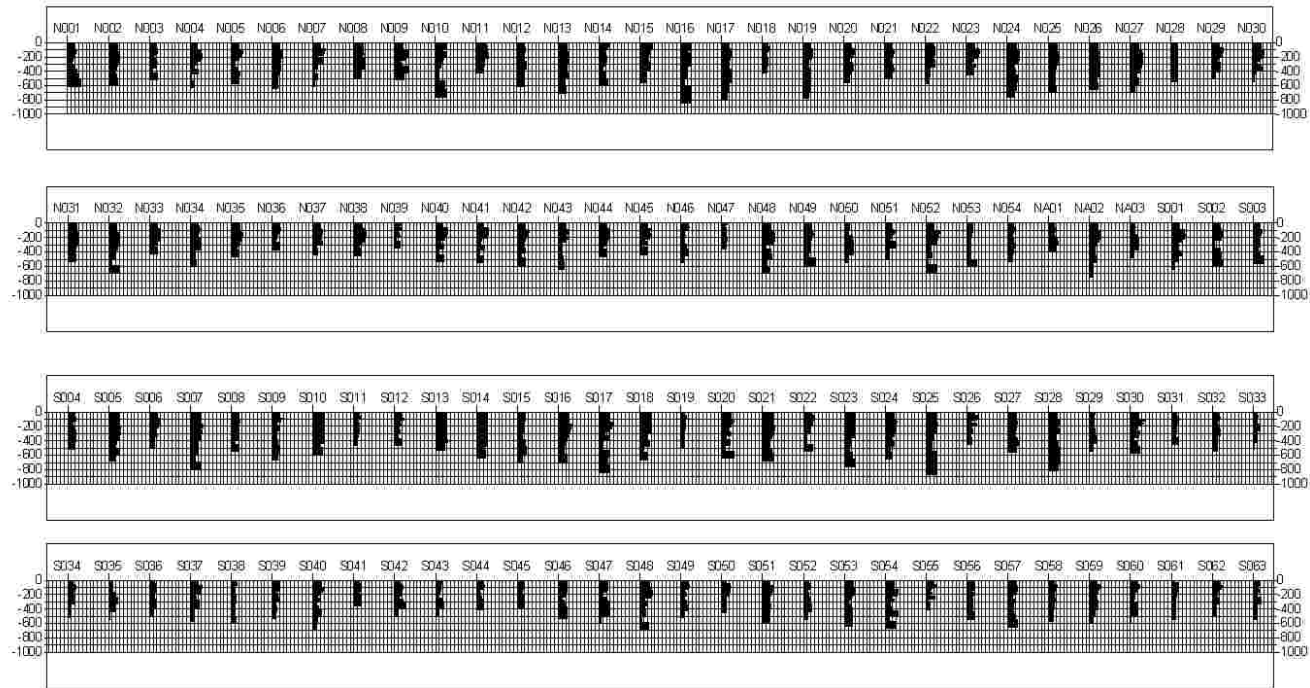


図 4.3.3

TEM法インバージョン解析結果(1)

中華人民共和国 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

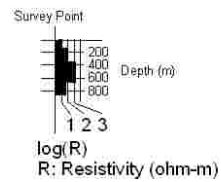
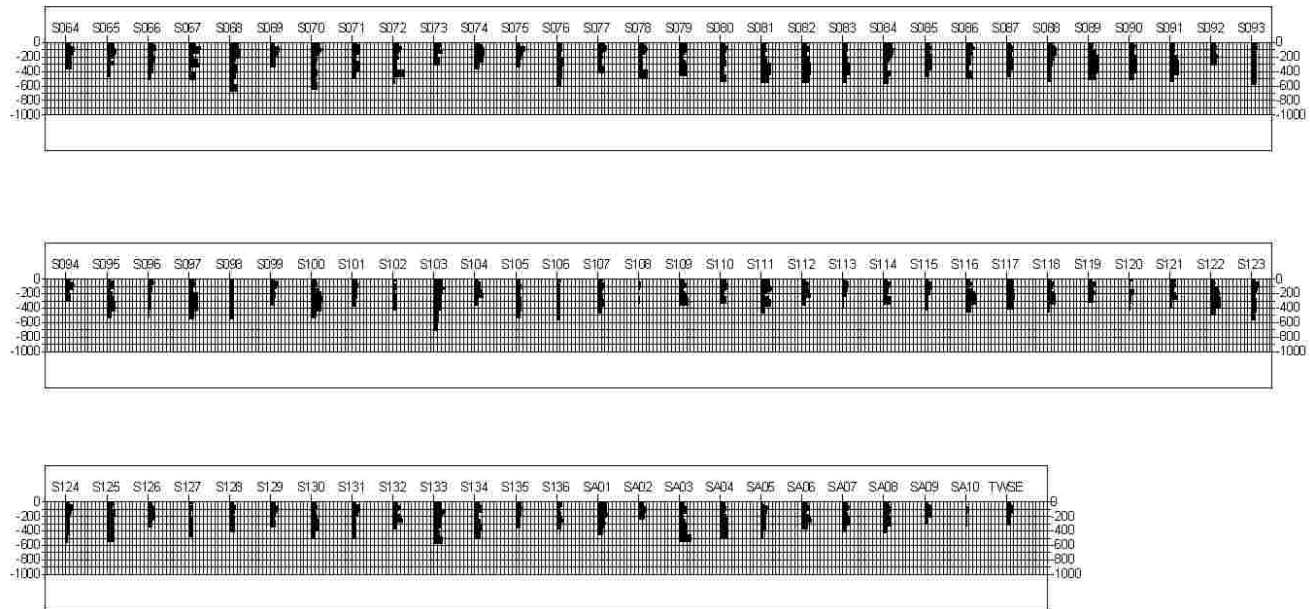
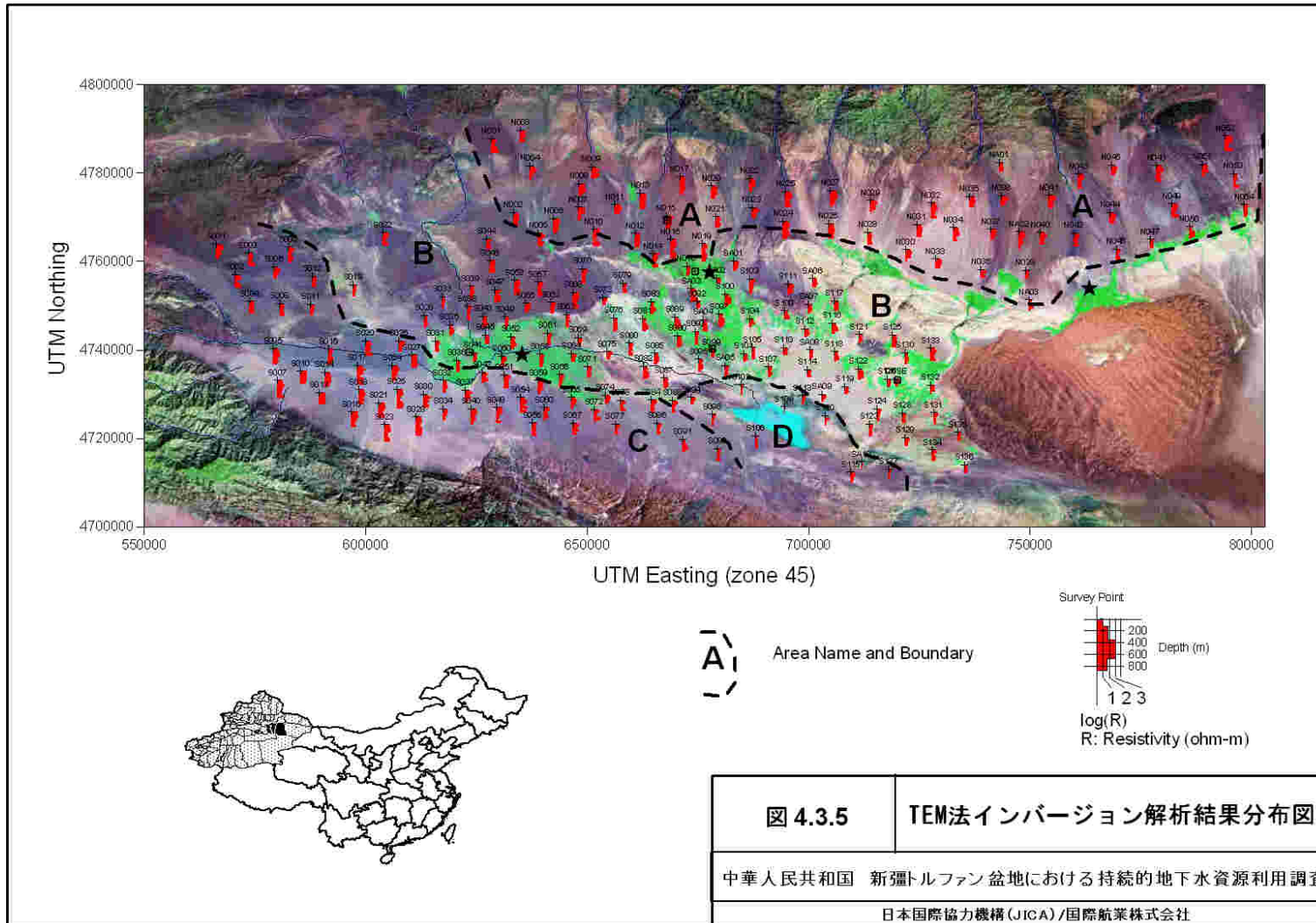


図 4.3.4

TEM法インバージョン解析結果(2)

中華人民共和国 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



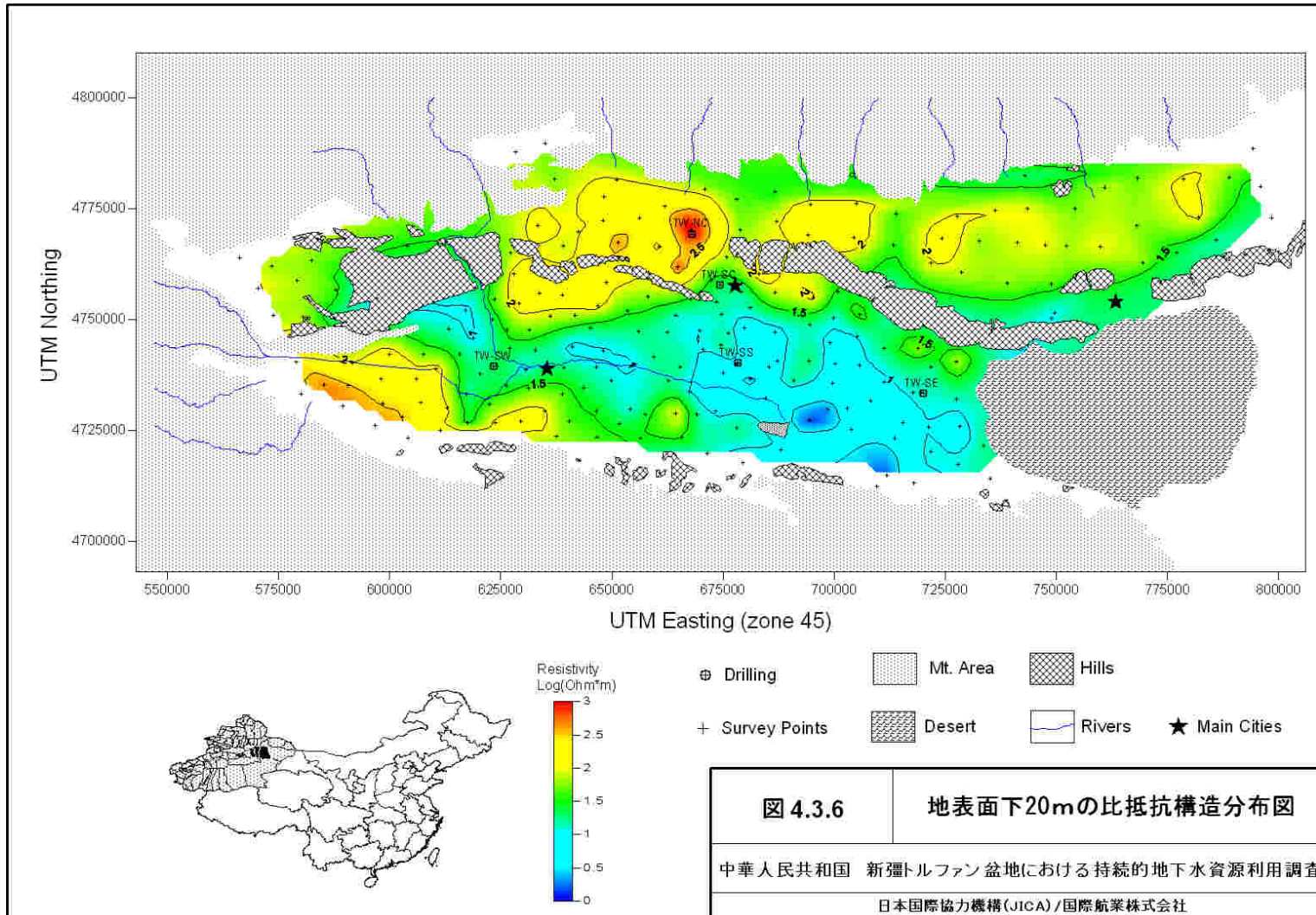


図 4.3.6

地表面下20mの比抵抗構造分布図

中華人民共和国 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

