

4. 水文地質調查

4 水文地質調査

4.1 調査方法

水文地質調査は主に4つの調査項目から構成される。

1. 水文地質解析

既存の水文地質関連調査資料を分析し、トルファン盆地の水文地質構造をとりまとめる。また、スペースシャトル地形データ (SRTM) や SPOT、LANDSAT などの衛星画像データを収集・解析し、トルファン盆地および周辺地域の地形や地質状況を把握する。

2. 物理探査

トルファン盆地内の基盤深度分布および第四紀層の層相を推定するために、TEM法による物理探査を実施する。探査深度は400~600 mとする。

3. 試掘調査

トルファン盆地を構成する第四紀層の層相や基盤深度を確認するとともに、地下地質層序を確立して水文地質区分を行うために試掘調査を実施する。試掘調査は北盆地で1箇所、南盆地で4箇所の合計5箇所で行うこととし、試掘本数は北盆地の掘削箇所で1本、南盆地では各掘削箇所2本ずつの計9本とする。

4. 揚水試験

帯水層係数を得るために、上記で掘削した試掘井において揚水試験を行う。揚水試験は段階揚水試験、連続揚水試験、回復試験の3種類を行い、透水量係数や貯留係数等のパラメータを算出する。

4.2 地形と地質

4.2.1 地形

トルファン盆地は、広域的には東に隣接するハミ盆地と合わせてトルファン-ハミ盆地（あるいは吐哈盆地）とも呼ばれ、ほぼ東西に伸びる細長い構造盆地である。大きさは、東西方向で約500 km、南北方向で最大約120 kmである（図4.1）。

盆地内の標高はトルファン盆地の方が低い。トルファン盆地の中部にある艾丁（アイディン）湖は盆地の最低点で、これは中国の最低点でもあり、その海拔標高は-155 mである。これに対して、ハミ盆地では標高0 m以下の低地は存在せず、盆地内の最低標高は約45 mである。

トルファン盆地とハミ盆地は、地形的にトルファン盆地の東部にあるクムタグ（庫木塔格）砂漠東方の鞍部（標高約295 m）により分けられる。トルファン盆地の北側は東部天山山脈、西側は中部天山山脈、南側は中部天山山脈およびそこから連続する低山～丘陵が境界となっている。

トルファン盆地の中部には、トクソン北方からトルファン西方にかけては標高300~600 mの塩山（エンシャン）が、また、トルファン北方から鄯善（シャンシャン）にかけ

ては火焰山（最高峰 851 m）が東西に帯状に分布している。このように、トルファン盆地は盆地中部に東西に分布する塩山－火焰山によって、北盆地と南盆地に分けられている（図 4.2）。

SRTM-3 データにより作成したトルファン盆地の南北方向の地形断面図を見ると明らかなように、北盆地は南盆地よりも標高が高く地形面傾斜が比較的急であるのに対し、南盆地は地形面傾斜が中央部にいくほど緩くなる（図 4.3）。

北盆地は南北方向の幅が約 20 km であるのに対して、東西方向の延長が約 170 km であり、東西方向に細長い帯状盆地である

北盆地と南盆地を区分する塩山および火焰山は、大局的には東西方向に帯状に分布するがトルファン付近では塩山と火焰山は不連続となっている。また、鄯善付近でも火焰山は不連続となっている。トルファン付近における塩山と火焰山との不連続部の幅は約 10 km あり、ここで北盆地と南盆地は直接連続している。

南盆地の南北方向の幅は約 40 km であり、東西方向の延長は約 180 km である。北盆地と同様に東西方向に長い盆地である。南盆地の中央部から東部の大部分は標高 0 m 以下の低地となっており、地形等高線は盆地内の最低点アイディン湖を中心に環状に分布している。

トルファン盆地東部に位置するクムタグ砂漠は独立した地形特性をもつ砂漠である。砂漠は東西の幅が約 60 km、南北の長さが約 40 km、面積が約 1,980 km² であり、東北東－西南西方向に長軸をもつ。クムタグ砂漠は周辺の地形よりも 100～200 m 標高が高い特徴がある。また、砂漠の中北部には、東西約 15 km、南北約 6 km の基盤岩露出域が分布している。

4.2.2 地 質

トルファン盆地の第四紀地質平面図を図 4.4 に示す。

盆地周辺部に存在する地層は古生層、中生層及び第三紀層である。地質年代の順に山地から平原部に向かい新しい地層が東西方向に帯状に分布する。トルファン盆地北側の天山山脈では石炭紀の地層が、また、盆地南側の丘陵地域ではシルル～デボン紀層が中心部に分布している。

トルファン盆地の内部には、上部二畳紀以後の地層が堆積しているが、地表に露出している地層はジュラ紀以後のもので、主に火焰山の南部に分布している。火焰山を構成する地層は、ジュラ紀層のほか白亜紀層および第三紀層で、火焰山の北部ほど新しい地層が分布する。第四紀に堆積した地層は、主に未固結の砂礫質の堆積物からなり、盆地内平原部に広く分布するほか、周辺山地の谷部にも分布している。

トルファン盆地周辺では主にジュラ紀層に石炭層が含まれているが、この地層はトルファン盆地内では石油や天然ガスを胚胎する地層として知られている。一方、水文地質学の観点からは、地下水は主に第四系の砂～砂礫層中に存在しており、トルファン盆地の水文地質基盤の多くは第三紀層である。

第三紀層の岩相は、火焰山や塩山など地表に露出しているものでは石膏質の泥岩やシルト岩を主体とするが、石油試掘関係の資料によれば、トルファン盆地の地下に分布する第三系は泥岩などの細粒堆積岩だけではなく、砂岩や礫岩なども分布している。

4.2.3 第四紀地質

トルファン盆地では南部・北部の山地や火焰山－塩山およびシャンシャン北部の一部地域を除いて、第四紀堆積物が広く分布している。

第四紀堆積物は山麓からトルファン盆地の中心部へ環状に分布し、堆積物の堆積環境は洪積→沖洪積→沖積→沖湖積→湖積→沼沢堆積→化学堆積および風成の順で変化し、層相で見ると大礫→礫→砂礫→各種の砂および砂と粘質土の互層→塩沼沢土および砂漠へと変化している。

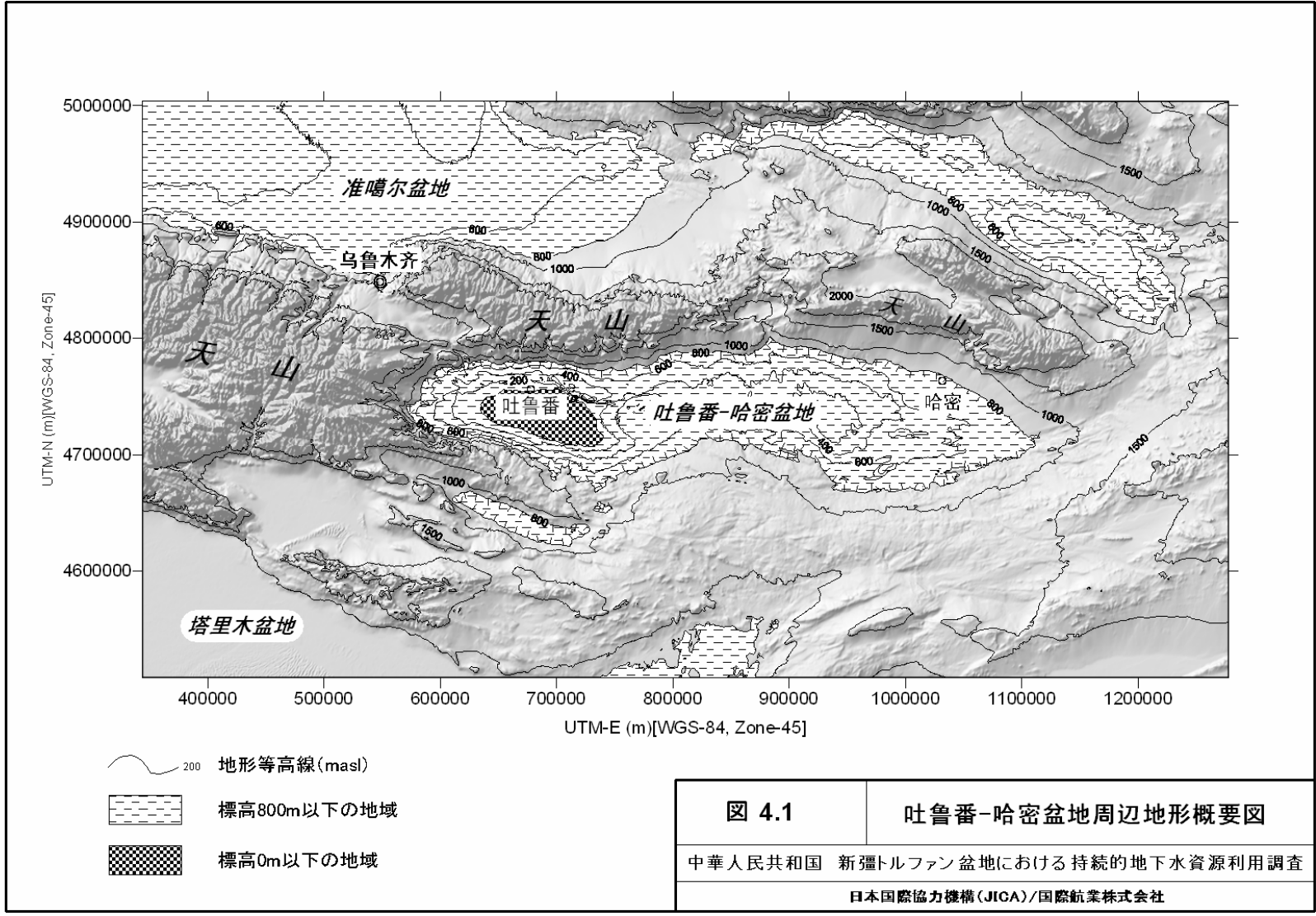
地形上では山麓傾斜礫質平原→土質平原→湖積平原および砂漠へと変化する。これら第四紀堆積物の分布状況を、図 4.4 にまとめて示す。

北盆地には層厚が数 10～1,000 m に達する第四紀の大礫層、礫層、砂層および少量の粘土層が分布し、中央部で最大層厚に達しているが、地質構造は東西方向に不均一である。北盆地の大部分の地域では粘質土層が存在しないので、帯水層の状態は単一の不圧帯水層となっている。地形面の急勾配と第四紀堆積物の厚さにより、北部盆地では一般に地下水位が地表面より 30 m 以上と深く、最も深いところでは地下水位は地表面から 300 m 以上深いところに分布する。

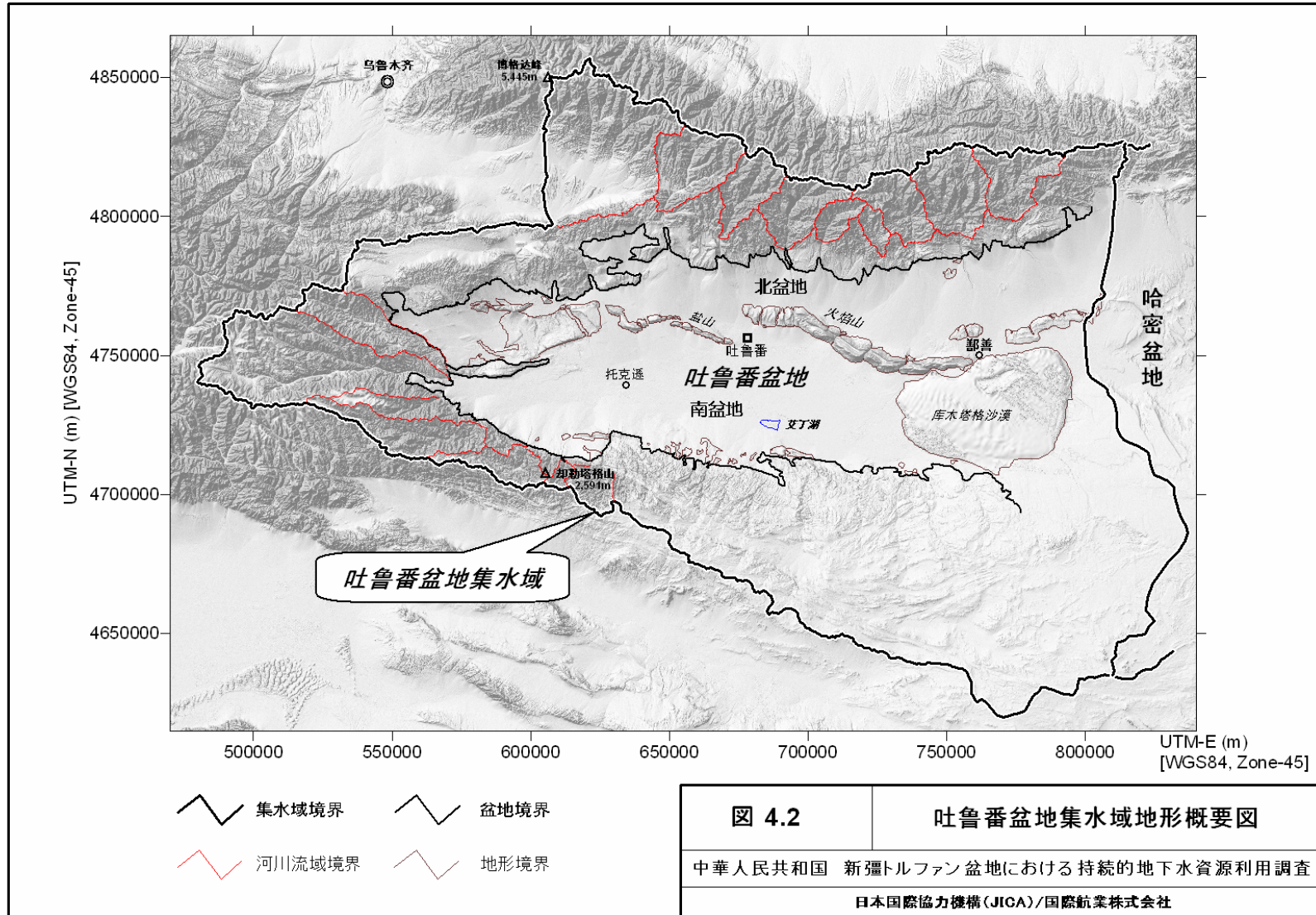
北盆地の火焰山北麓付近では、砂礫層を主とする第四紀地層中に粘質土および粘土層が挟在し、第四系の層厚は 50～500 m である。この地域の地下水は単一带水層の不圧地下水ではなく、帯水層構造の違いにより不圧地下水、被圧地下水とも存在し、一部の被圧地下水の水位は地表面より高く、自噴地下水として火焰山の北麓沿いに分布する泉から地表に流出している。

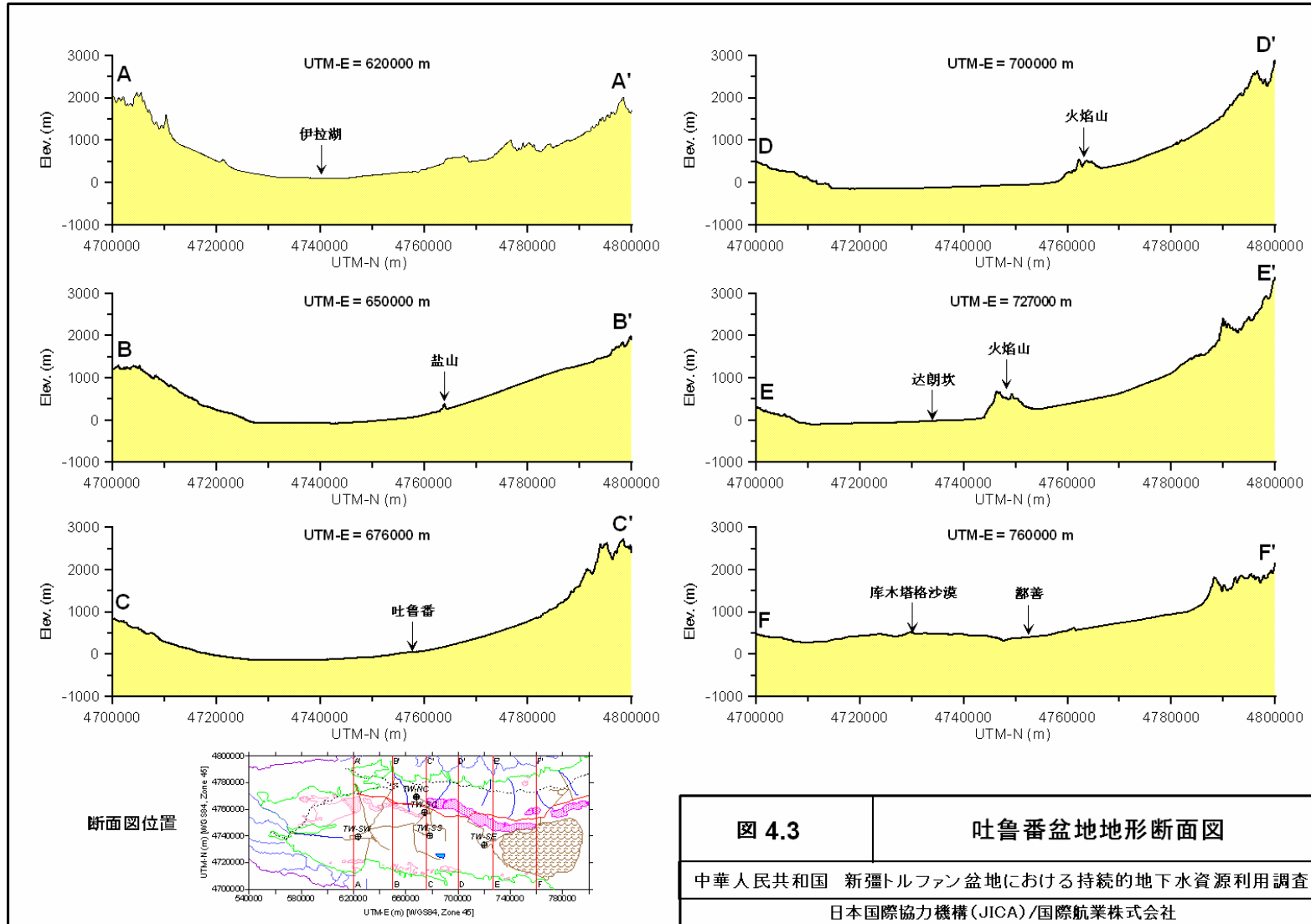
南盆地はアイディン湖を中心とする閉鎖性盆地で、層厚数 10～700 m の第四紀堆積物が分布している。第四紀堆積物の層相変化は北盆地より複雑で、礫→砂礫→砂礫／粘土・砂／粘土・シルト／粘土・湖積土とミラビル（硫曹石）・塩類層のように変化している。南盆地の大部分の地域では第四系からなる帯水層は数層に分けられ、不圧地下水と被圧地下水が存在する。被圧地下水は深層帯水層に含まれていることが多いので、泉としての流出がほとんどない。しかし、南盆地の西部から中部にかけては自噴井戸が多く自噴帯を形成している。

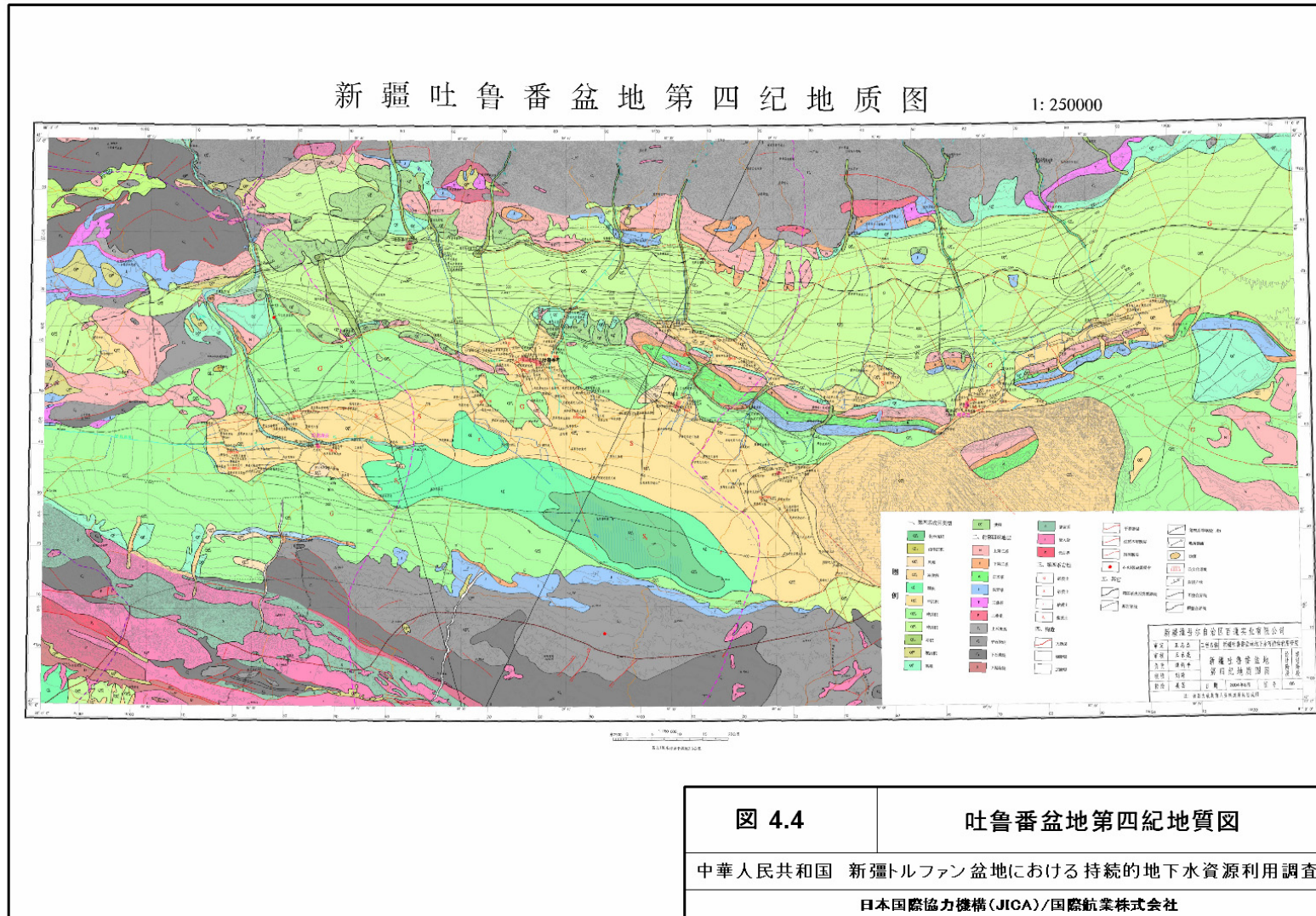
4-4



4-5







4.3 物理探査結果

トルファン盆地における地下水盆の構造と帯水層構造を的確に把握することを目的とし、過渡現象(または時間領域)電磁探査法 (TEM 法) を用いた物理探査を盆地内の 204 地点において行った。

4.3.1 比抵抗構造

現地測定データのインバージョン解析に基づき、比抵抗構造の特徴と地表地質との関連について検討し、比抵抗構造の深度別の面的な広がりを検討するために、深度 20、100、200、300、400 m 及び 600 m 深度のマッピングを行った。

トルファン盆地は、北盆地と南盆地とでは地質環境が大きく異なる。比抵抗構造の平面分布からもその違いは明瞭に認められる。既存深井戸の平均分布深度は 70m 程度であるので、100m 深度マッピング結果を中心に盆地の比抵抗構造を見ると以下のようなものである (図 4.5)。

a. 北盆地の比抵抗構造平面分布

100 m 深度では黄色～赤色の 100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上の領域は全体の 6 割以上を占め、高比抵抗の砂礫層が広く堆積していることを伺わせる。また、盆地東部の連木沁からシャンシャン県付近の地域では 20 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下の低比抵抗帯が認められ、シルトなどの細粒層、あるいは基盤となる第三紀泥岩を反映している。

b. 南盆地の比抵抗構造平面分布

100 m 深度では盆地中央部の広い範囲に上位より比抵抗値の増加傾向が見られる。盆地東部一帯の比抵抗値は 20 $\Omega\cdot\text{m}$ から 60 $\Omega\cdot\text{m}$ 程度となり、上位シルト質土壌よりやや粗粒の砂質に富む層を反映していると考えられる。南西部の高比抵抗域は上位より更に広くなり、砂礫層がこの深度で広がっていることを示唆する。トルファン市北の火焰山手前側山麓に 100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上の高比抵抗域が見られ、砂礫～砂の粗粒層の分布を反映していると考えられる。

4.3.2 考察

a. 地質・地下水と比抵抗構造の相関について

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 4.1 のようになる。

表 4.1 調査地域の地質と TEM 法比抵抗値

比抵抗値($\Omega\cdot\text{m}$)	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

比抵抗値($\Omega\cdot\text{m}$)	主な分布範囲	地質
		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

b. 帯水層構造について

北盆地では、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。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。

南盆地では、全体の被覆層は、主に 10 $\Omega\cdot\text{m}$ から最大 100 $\Omega\cdot\text{m}$ までの低比抵抗を示す砂礫～シルト質粘土の互層から構成される。断面比抵抗構造からみると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、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

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。推定された地表からの基盤深度分布を図 4.6 に示す。

北盆地ではシャンシャン縣市街地～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 30～50 $\Omega\cdot\text{m}$ 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を伺わせる。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。

