

2

アフガニスタン国における 深層地下水調査

高橋 徹

TAKAHASHI Toru

株式会社三祐コンサルタンツ
海外事業本部/技術第2部



1—はじめに

アフガニスタンは、1979年の旧ソ連の侵攻による内戦とその後のタリバンの台頭により大きく荒廃したが、2001年9月11日のアメリカ同時多発テロ後、英米軍を中心とした連合軍の攻撃を受けタリバン政権が崩壊した。そして宗教・政治・軍事面の擾乱が収拾され、現在は国際社会からの支援を受け、民主国家として

復興に取り組んでいるところである。

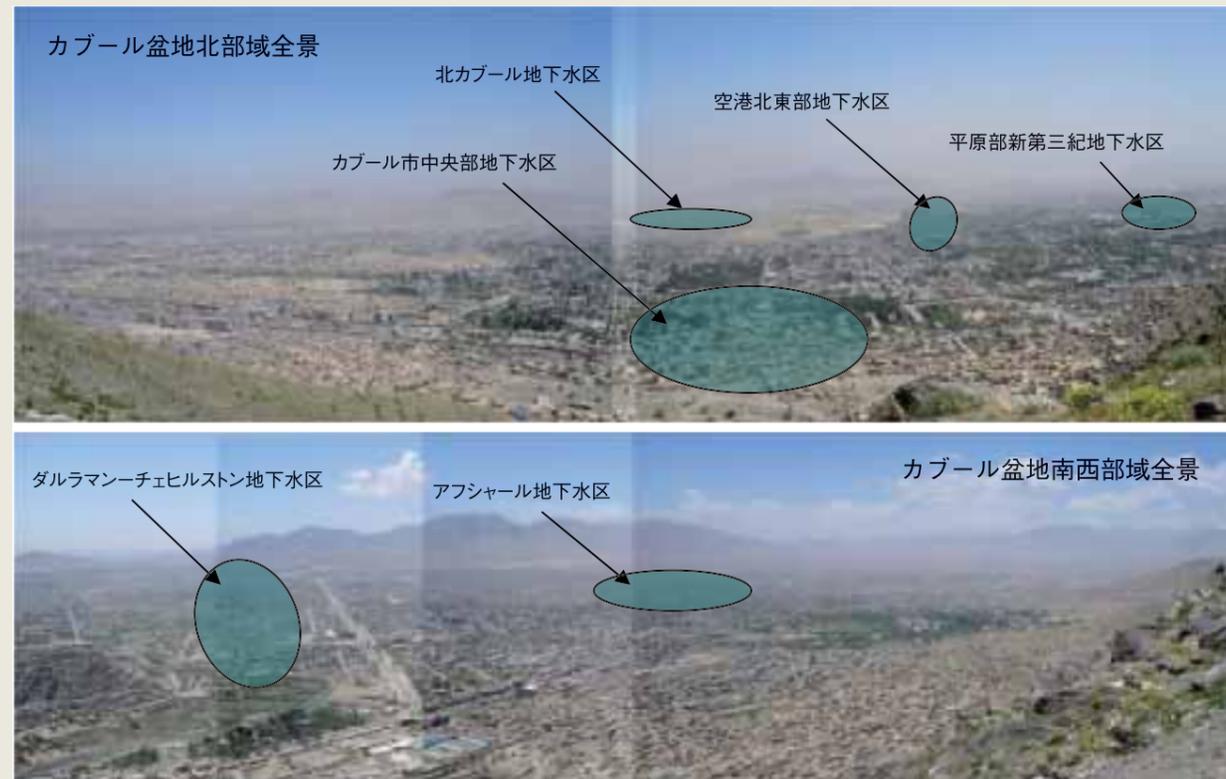
アフガニスタンの首都カブールは、古くは洋の東西を結ぶシルクロードの中間に位置する交易都市であり、現在の人口は250万人を超すと推定される。

2—調査の背景

カブール市の上水道設備の多くは1970年代に整備されたもので老朽化



■図1—カブール市位置図



■写真1—テレビ塔のある山から俯瞰した地下水区の状況
カブール市街部は住居が密集するため井戸掘削候補地の選定が難しい

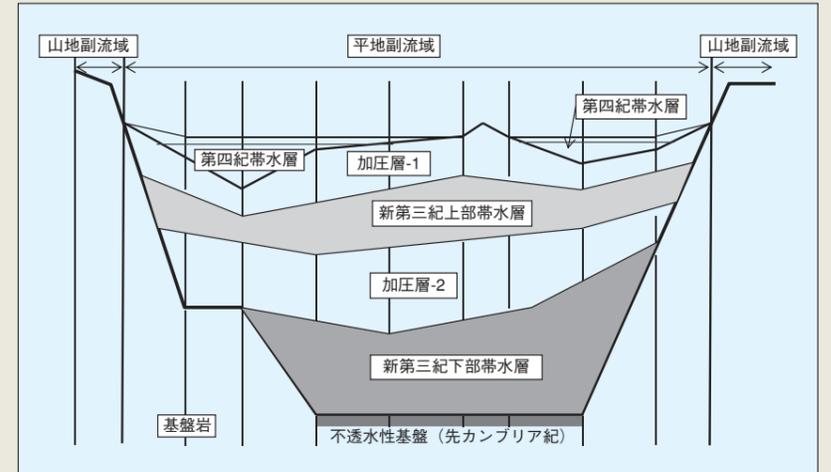
が進んでいる上、内戦後の避難民などの流入により現在の給水率が20%程度と低く、施設の整備は急務となっている。多くの市民は、市内におよそ3,500箇所あるといわれる個人宅の浅井戸や援助機関・NGOが掘削したハンドポンプ井戸等から飲料水を得ているほか、湧水や河川水等を生活に利用している。これらはいずれも水質に問題がある上、昨今では無秩序に揚水を行っているため地下水位の低下が著しく、将来は地下水資源の枯渇の恐れさえもある。

弊社は現在、独立行政法人国際協力機構(JICA)による開発調査である「カブール市給水計画調査」に従事してカブール盆地の水文調査を行い、既存帯水層の賦存量の調査と新規帯水層の探査を行っている。この調査の目的はカブール市に安全な水を供給するために水資源賦存状況を把握し、調査を通して先方実施機関への技術移転を図ることである。調査結果は給水施設整備計画・地下水資源管理計画への利用が想定されている。

3—カブール盆地の特性

カブール盆地の基盤は、ヒンズークシ山脈の骨格をなす先カンブリア紀から古生代の基盤岩であり、その襞の間に新第三紀層が堆積し、これを浸食したカブール川による洪積層・沖積層等の第四紀堆積物が覆っている。

2004年以前にはカブール盆地の帯水層は第四紀堆積層内に胚胎される浅層地下水のみであると考えられていた。しかし近年JICAの専門家により、1980～1983年に旧ソ連が実施した大規模な水理地質調査報告書の存在が明らかにされた。報告書によると不透水性の基盤岩だと思われていた第四紀堆積層の基



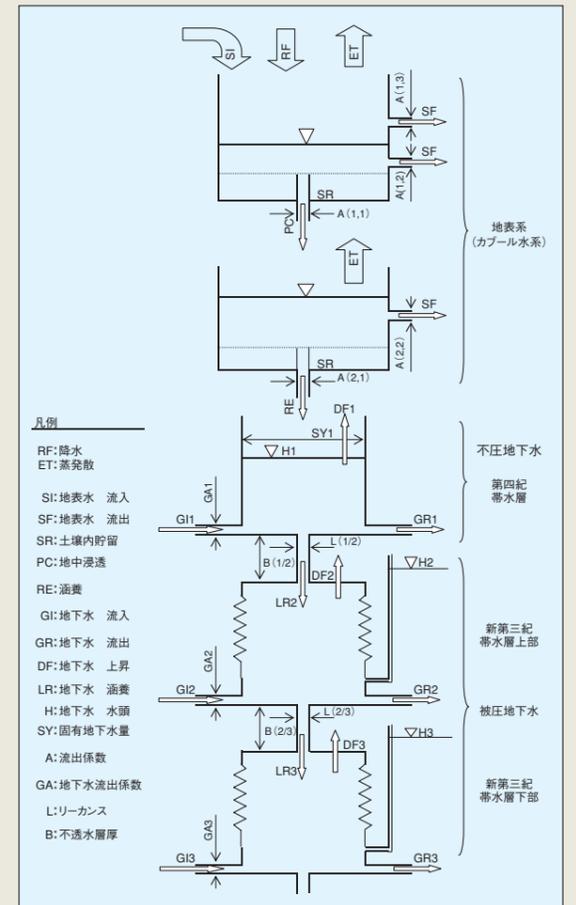
■図2—地層断面モデル

底に新第三紀層が分布し、その中～下部に砂岩や礫岩からなる優勢な深層帯水層が存在するという(図2)。これは過去に地下水開発の行われていない手付かずの地下水資源である。本件調査ではこの深層帯水層を調査して資源量を評価するために、深度600m級の井戸を掘削している。

なり、不圧の第四紀帯水層とその下部の被圧した新第三紀帯水層とが分布していると考えられる。

4—水文循環モデル

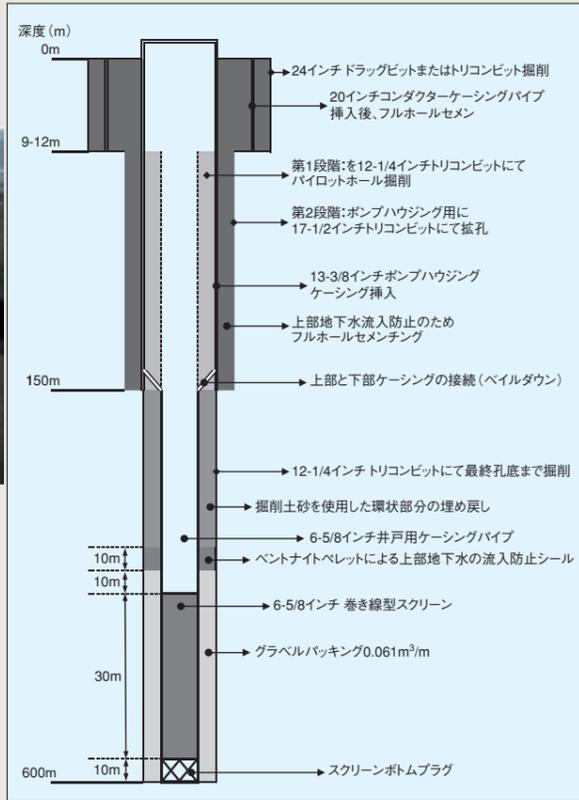
地下水資源量の評価やその開発ポテンシャルの評価では、持続可能な水資源開発を念頭に解析することが必要である。一般に周囲を山脈で囲まれた地形では、地下水は独立した地下水盆を形成し、供給・涵養・流出といった水循環を繰り返しバランスしている。カブール盆地の自然の水文循環はモデル化すると図3のように



■図3—水文循環モデル
自然界の水文循環をモデル化したものであり、降雨量、地表水取水量、地下水揚水量等を入力し、地下水流出、地下水涵養量等を得る。地下水涵養量から現在の取水量を引いたものが地下水開発ポテンシャルになる



■写真2—600m級井戸の掘削機材(井戸掘削機・発電機・泥水濾過装置)(地上部分)



■図4—600m級調査井戸(テレスコピック形状)の掘削プログラム(地下部分)

5—地質調査と物理探査

本件調査では既存の旧ソ連によるボーリング調査資料に加えて、航空写真・衛星画像の判読、水理地質専門家による露頭調査、TDEM法(時間領域電磁探査法)を用いた物理探査、調査井戸掘削を行い、推定基盤岩等深線図および総合水理地質図を作成するものである。TDEM法は、電気探査(垂直法)と比べ精度が高く、かつ接地抵抗や地形の影響も受けないことから、乾燥地域の探査に有効な地下水調査法の一つである。本件のような低抵抗が比較的低い地層(100Ω・m以下)に対して感度がよく、解析能が期待できる。

6—調査井戸掘削工事

帯水層の状況を直接把握するために調査対象地域内に400～600m級の試掘井戸を掘削する。中～大深度井戸の掘削において難しくかつ重要な点は、①掘削泥水の濃度管理、②ビット給圧の調整、③適切な段掘りである。掘削泥水はその比重によって掘削中の井戸孔壁を支え、崩壊を防ぐ役割を果たす。通常地層を掘進するときは地層中の粘土分を溶かし

て徐々にその比重を増すが、いったん優勢な被圧帯水層に当たると湧出した地下水で希釈され、一気にその比重を減じて孔壁を保持できなくなる。このとき、ビット給圧が小さければ掘進は捗らず、大きすぎれば穴曲がり(はかど)を来す。そのため、中～大深度の井戸掘削では上部の軟質部



■写真3—乾期のカブール川
カブール盆地に入ると地表勾配が緩くなって伏流水となり夏から冬にかけて河床が露出する。春には雪解けの水が大量に流入して水位は2～3mまで上昇する



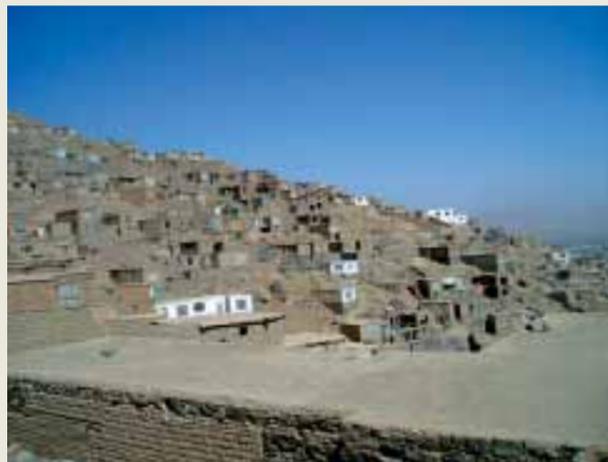
■写真4—カブール川と灌漑用水路
カブールの年間降水量は300mm程度で、少ない河川水の大部分は上流部に設けられた堰で取水される。河川よりも緩い勾配で長距離を流れていくため、高度の異なる6本以上の用水路が並行する区間もある



■写真5—既存の公共井戸
釣瓶式の浅井戸に人力ポンプを取り付けた例。歩道に設置され、住民が無料で利用できる。個人宅では近年水位が低下して揚水不能となり、浅井戸の底に小口径の深井戸を掘り足して水中ポンプを挿入する親子式の井戸も見られる



■写真6—公共給水栓の状況
上下水道公社の管理する深井戸から斜面上の配水池に送られた水の多くは公共給水栓を通じて無料で給水されている。配水管の老朽化に加えて水栓が設置されていない給水所もあり、有効に利用されない水量は多いと考えられる



■写真7—斜面上に並ぶレンガ積みの家屋
内戦による地方からの流入人口により、カブール市中心部の居住地は飽和しており、基盤岩の岩山の斜面上にも次々と住宅が築造されている。仮設の電線が引かれる地区もあるが、上下水道は概して未整備である



■写真8—急傾斜地区における生活水運搬の様子
低所得者層が居住する傾斜地区には給水車の入れない狭い路地や階段が多く、山麓の公共給水栓で水を汲んだポリタンクを子供が背負ったり、ロバに載せたりして斜面上の各家庭まで毎日運搬している

を大口径のケーシングで押さえ、内部を小口径のビットで掘削する「段掘り」を行う。本件の600m級井戸では3段掘りとしている(図4)。

7—地下水・表流水調査と給水施設調査

本件調査では水収支モデルから地下水開発可能性を評価する。このうち地表水については、主要河川のカブール盆地への入口と出口において水位・流量観測を行い、地下水盆への総流入量に対する総流出量(河川流出量・流域からの蒸発量・地域内での表流水取水等の和)の水収支

を検討する。乾期(夏季)に河川流量調査に赴くと、川には水がないのに峡谷の上方をよく見れば、斜面の高い位置に土水路が何本も張られ、上流部で取水された用水が滔々と流れるさまに、これが乾燥地農業というものかと感じ入る。地下水系の調査としては、地下水の現況と給水需要の把握のための上水道施設の調査、毎月100箇所の井戸に対する継続的な地下水位と水質の観測を行っている。市内では洗車や庭園の水遣りをする人々の姿がよく見られることから、節水文化の定着も今後の課題の一つでな

はいかと考えられる。

8—おわりに

本件調査では2007年度末までに深度600m級の井戸2本の掘削を終え、さらに2年余の期間、調査を継続する。調査結果から、今後の地下水の開発・利用・管理計画作成に必要な水理地質図(地質図、地質断面図、基盤岩基底面等高図、滞水層構造図など)を完成させる。また深度600m級の調査井戸掘削作業を通じ、近代的な地下水探査に関する技術移転を継続する計画である。