

13. パキスタン国 バルチスタン州クエッタ盆地の地下水利用
清水 真幸

○ パキスタンの水利

パキスタンは山岳部を除くと年雨量は 600mm 以下の地域が多い。

年雨量 600mm 程度ある地域では、天水（圃場内で一部に集水することも含む）で豆類等の短期作物を栽培し、集落の在る小流域毎に村池と称する溜池を造り、家畜の飲み水、時には、人間の飲料水にも用い、余裕があれば農地にも灌水している。

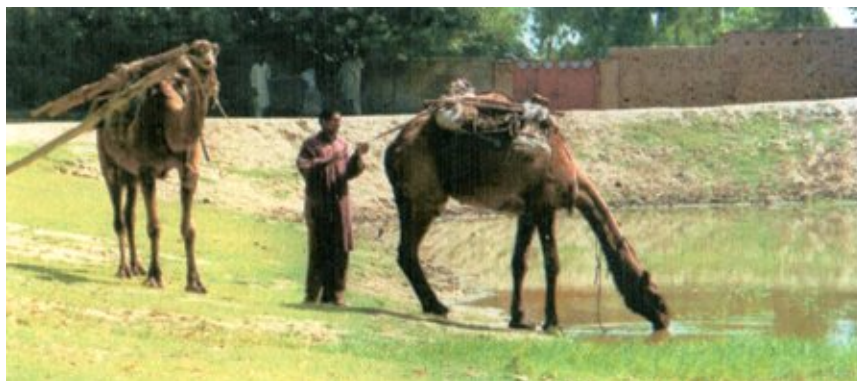


写真1 村池—1 イスラマバード近郊

乾季の家畜の飲み水、時には家庭用水、余力があれば畑地灌漑に。



写真2 村池—2 ペンジャワル近郊

簡易水道の断水で、家庭の印雑用水に。

年雨量が 400mm 程度の山麓扇状地等では、年数回の豪雨流出水を取水して、ブロック毎の面積比で均等に配分する、ロード コーヒー(Hill Torrent 灌漑、洪水灌漑)という秩序が長年堅持されてきている。



写真3 ロードコーヒー（洪水灌漑地区）の面積費分流取水堰
雨後の出水を面積比で取水する堰

○ クエッタ盆地の地下水利用

国の南西部に位置するバルチスタン州（面積は日本に近い広さ）では、インダス河流域の平地やアラビア海沿岸の小平野で、地表水を生活用水、農業用水に利用している地域も点在している。しかし、年降水量は 200mm に満たない程度の州都クエッタのある盆地では、一部の湧水を除いて地表水はほとんど見当たらない。



図1 クエッタ盆地の位置図

用水は畜力・人力による汲み上げ井戸(dug well)、圧力管井戸 (tube well)、地下水トンネルのカレーズの地下水に頼っている。クエッタ地域の農地は略 100% が地下水で灌漑されており、水の厳しいクエッタ盆地が国では有数のリンゴの産地になっている。（なお、クエッタは砦の意味を持ち、周囲山に囲まれた地形を砦に擬えたものである。）

表1 クエッタ Division の水源別灌漑面積（2000年頃）

区分	地表水路	Dug-well	Tube-well	Kareze ・ Spring	地下水計	総計
支配面積 ha	1,400	3,000	68,614	14,050	85,664	87,064
%	1.6	3.5	78.8	16.1	98.4	100.0

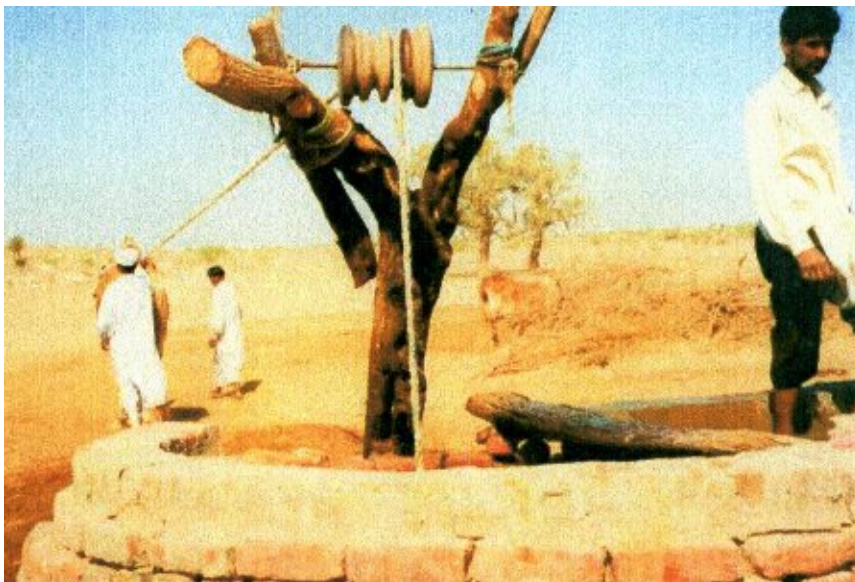
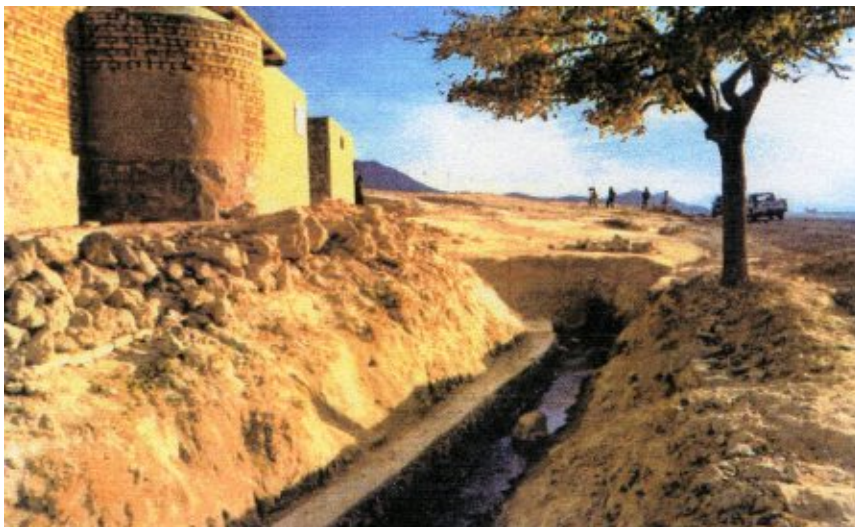


写真4 家畜・人力による汲み上げ井戸(dug well)
広い範囲で利用されている。



写真⑤ カレーズの出口-1
地表用水路に直結している。



写真6 カレーズの出口-2 右上の上流にある。

比較的大きなカレーズで、直接素掘の水路に直結している。

一般に、井戸は地下水脈を推測して掘り、カレーズは谷筋の最も低い部分を縦坑を繋いで掘り進んでいく。地下水には、①堆積層の静的堆水、②基岩石灰岩の亀裂・空洞の一時的静的堆水、③他流域から石灰岩亀裂を通して流入してくる流動的地下水があって、井戸でもカレーズでも、これらの地下水源に当たれば活用できるが、①、②は使える量が限られていて、③は隣接流域の状況が変わらなければ、持続的に期待できる。

○ カレーズ

国際的にはカナートと呼ばれ、中国西部以西、北アフリカのモロッコに至るまでの、シルクロードを中心とする広い乾燥地帯で、古くから用いられている。

地形・地質と気候条件から、パキスタンではカレーズはこの州に集中しており、州の調べでは1000本以上ある。地下トンネルの断面は人がやっと立てるほどの、時にはやっと這って進めるほどの小さく、多少の木枠支保工はあるが多くは素堀で、長さは数百メートルから数キロに及ぶ長いものもある。

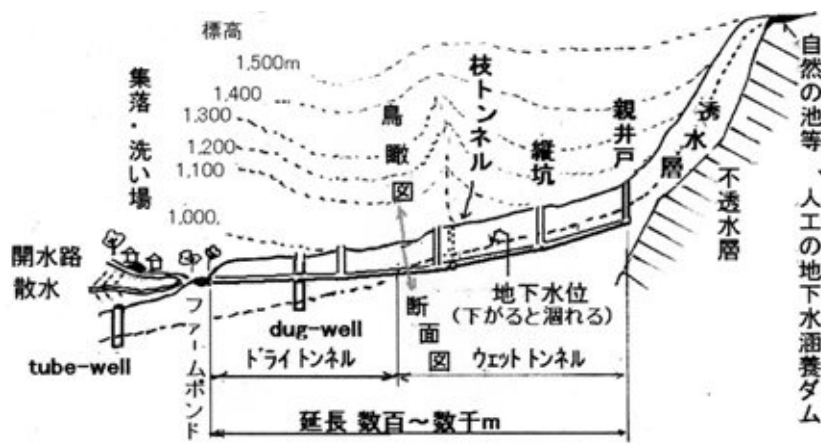


図2 一般的なカレーズ概念図（縦断面図、鳥瞰図）

古いものでは当初の掘削年代も曖昧で、水が涸れ、あるいは減って、幾度か掘り伸ばしているものも多い。簡単な構造だから、側壁が崩れたり、ヘドロが底に堆積することは避けられず、危険も伴う管理補修作業をしばしば行っている。

○ 地下水の枯渇

クエッタ盆地では、2000年頃、地下水位の低下が著しくなって、ピシン（県）では2,560のうち370、マストング（県）では2,903のうち450の井戸が涸れた。

これは、旱魃の他、恒常的な過剰汲み上げが原因で、農業開発・振興→地下水開発→人口増加・農地開発→地下水汲上げ増加→地下水低下、のスパイラルになっている。そのスパイラルを切断すべく、井戸掘りの制限、汲上げ量の制限等、様々な行政的対応が行われている。

○ クエッタ郊外の一例

10戸ほどの集落。裏に砂丘のような丘が迫っていて、その麓にある10m四方ほどの浅い池に小さなカレーズから出た水が流れ込んでいた。丘の斜面に数箇所縦坑の入口が蟻塚のように盛り上がっていた。

もともと安定的に40 l/sほどの水が来ていたが、最近30 l/sほどに減ってしまったので、カレーズを掘り伸ばして、元の水準に戻った（集落の長の話）。

丘の上に行ってみると、その先はもう少し広い谷になっている。そこには硬い岩層で塞ぎ止められてできたような池があり、相当土砂で埋まっていた。透水性の地層が集落の方に傾斜しており、その池に流れ込む水が都合よく丘を越えて地下水として集落のカレーズで集水されていたのだが、池が埋まってきて、カレーズで集水できる量も減ってきて、カレーズを掘り伸ばして、補っているということである。

○ 水土の知の進化 地下水涵養ダム

こうした事例を踏まえ、近年カレーズや井戸の上流域にこのような池を人工的に建設するようになった。一般に地下水涵養ダムという類のダムであるが、降雨の流出を一時遅らせるという意味で、**Delay Action Dam(D.A.ダム)**と名付けている。このダムは、必ずしも貯水そのものが目的ではなく、地下水を涵養することが第一の目的で、ダム堤体に近いダム底に井戸を設けて、貯留水の地下浸透を促している。



写真8 D.A.ダムの上流側堤体

常時は空。堤体の上流側に地下水涵養(浸透を促す)井戸がある。

場合によっては、文字通り、少しでも水の流れる時間を長引かせて、下流部でも取水可能時間を長引かせ、同時に地下水を涵養することを狙っている。

しかし、このような D.A ダムも、堆砂で埋まるのが宿命で、10 年もすると池敷が埋まってしまうか、埋まらないまでも池底に微粒土の不透水性の膜ができて浸透しなくなってしまうので、堆砂土を浚渫してダムの機能を回復させている（この捨土も、農地の客土、宅地造成などに考えている）。

この地下水涵養ダムの寿命は大きな関心事であり、ダム堤体は、低コスト化も狙って、隙間の有る空石積にして、時間と共に隙間が目詰まりしていくようにして、堆砂か、堤体の完全目詰まりで、期待するダムの機能が失われる頃には、別の場所に移築することも考えている。

カレーズの水量の維持・増強、地下水涵養と地下水収支のバランス維持、地下水の有効利用、何れも容易な課題ではないが、地下水利用における古くからの人の英知は、その基本は変わらずに、環境によって進化していくのだと感じる。

話題提供者のプロフィール

1937 年生まれ、

1962 年愛知用水公団採用、68 年農水省北陸農政局採用、

1972 年～75 年、OTCA/JICA 専門家としてスリランカの農村開発プロジェクトに勤務、

1981 年～86 年、FAO アジア太平洋地域事務所勤務、

この間、農業用水分野の担当官として、アフガニスタン、カンボジア、ブータン、ブルネイ、モルデイブ、モンゴル、以外のアジアの全ての国々を訪問する機会を得た。

1990 年 農水省退職後 JIID 所属で、94～99 年、インドネシア国、灌漑排水技術改善計画プロジェクトに勤務、

1999 年～2003 年パキスタン国連邦政府水利電力省に勤務して、国内各地を視察・調査、

なお、NPO 水と大地と緑の会が支援する村池改良事業に現地で協力、

1980 年技術士

1998 年 農学博士「熱帯アジアの水田用水管理」