

#### 1 4. 中国新疆ウイグルのカレーズ（1）ートルファン盆地ー 注1)

##### 1. はじめに

平成8年度の文部省「創造開発研究」による短期在外研究でトルファンを訪れたのが中国でカレーズを見た最初であった。それ以来毎年のように現地調査で当地を訪れてきたが、年ごとに変わるトルファン市の様子には目をみはるものがある。その典型ともいえる姿を郊外に改築新装された写真1の「吐魯番坎児井博物館」にみる事が出来る。特段これといった目玉のないトルファンでは重要な観光スポットの一つとなっているようで、観光バスが何台も停まれる広場が目の前にある。かつての粗末な展示館は周辺の鄙びた町並みの中にひっそりと建っていたが、その姿は今はない。その当時のゲート脇には、カレーズを保存し、その活用を奨励した、故 鄧小平氏のパネル文書が掲げてあり、印象的であった。



写真1 トルファンのカレーズ博物館

よく知られているように、カレーズはイランのカナート、北アフリカのフォガラ、中近東ではファラジと呼ばれているものと構造的に同じものであり、実際に筆者はオマーン山地で同種の取水施設をいくつか観察している。

カナートは人類が水を得るために如何に多大な労苦をつぎ込んできたかを説明するための格好の素材であることから、日本でも地下水学関係の書物をはじめ、水問題をあつかった一般書にも

多く紹介されてきた。筆者も講義などでよくカナートの話をしてきたが、関係文献を読み漁るうちに、これまで我が国で紹介されてきたものは、概念的な説明に留まり、より本質に迫るためには、現地調査が不可欠であると思うようになった。

幸い「中国科学院新疆生態与地理研究所」所長の宋 郁東氏（当時）をはじめ、所内の研究者や、これまでトルファン地区のカレーズについて調査し、多くの知見を持っておられる「新疆吐魯番地区水利処」の黄 志信氏（写真2）との懇談、また地元のカレーズ職人や、カレーズを利用している現地の人たちへの聞き取り調査、前後3回にわたる深井戸、湧水、カレーズ水のサンプリングと国内に持ち帰っての、これらの水質分析、さらにカレーズに関する文献、統計資料も多数入手でき、所期の目的を達成することが出来た。これらの成果の一部は千葉大学環境リモートセンシング研究センターから出版した、「中国新疆ウイグルの環境変動とその危機，1910年」に掲載されたが、今回はこれに若干手を入れたものを掲載することにした。

注1 本文は、かつて N 社のHPに掲載したものに新知見を加えて書き直したものである。なおこの調査は現地の事情もあって中断しているが、まだ継続中であり、以降のことを考えて今回はその第一報とした。



写真 2 は天山山地に発する河川の溪口部に建設された取水口で、これより開渠により、トルファン盆地の灌漑地へ導水されている。

写真 2 吐魯番地区水利処の黄 志信氏（右）と筆者

## 2. カレーズの考証

さて、カレーズは新疆ウイグル地域での呼び名で、中国語では坎兒井（カンアルチン）と称する。特に意味のない「兒」の文字を除いて単に坎井（カンチン）と呼ぶ場合もある。ところで「坎」は“あな”、あるいは“くぼみ”の意味であるが、中国では別に陝西省あたりの黄土高原地帯に特有な急崖のことを指すそうである。いずれにしても坎兒井という言葉には、これまでに我が国に紹介されてきたカナートの構造にかかわるような意味は含まれていない。なお、イランと接するトルクメニスタン南部の山岳地帯にも数多くのカナートが存在するが、ここでの呼び名は、“Kyariz”である。

中国のカレーズはイランから伝わったと云われているが、それを実証するような記録は残っていない。仏教の伝来やその他諸々の東西交流の記録は数多く残っているのに、カレーズに関するものがないことから中国独自に発達したのかもしれないという意見もある。（前記黄 志信氏などによる）また中国では「明」時代に屯田兵が掘ったのが初めてだという説もある。（記録の内容はメンテナンスにかかる費用の請求に係るものだという）

新疆ウイグル自治区水利庁(Department of Water Conservancy of Xinjiang Uygur Autonomous Region)の王 鶴亭 (Wang Hoting, Study on Xinjiang Karez , 1993) がこのことに関してやや詳しい考証をしているので、これを以下に引用させていただく。

史記によれば、漢の武帝の時代に、今日の陝西省のほぼ中央部を北から南へと貫流する洛河から取水して、大荔 (Dali) の洛惠渠灌漑区(Luohui Canal Irrigated area)にいたる水路（竜首渠, Longshou canal）の壁が度々崩れるので、万余の軍隊を派遣して井戸を掘り、これを横に繋げて水を導いたという記録がある。井戸の深さは、中には 133m に達するものがあったという。これが Jingqu（井渠）、つまり Well Canal の起源だという。また漢書の中にも同じような記述があるという。なお、清朝の史学者王 国維もカレーズはこの古代の Jingqu に由来するとしている。

新疆のカレーズは一般にはこのように古くなく、200 年以上を遡らないというが、トル

ファン盆地のものは300年以上と思われるものもある。1950年の初めに高昌故国の東北、鄯善（シャンシャン）県魯克泌西側に洋海（ヤンハイ）水庫が作られたとき、最初の冬には貯水されたが、まもなく漏水がはじまり、破損した。これを調べたところ、この下に廃棄された昔のカレーズが見つかった。注意深く修理が行われ、回復したが、また再び破損した。そしてさらに深いところに別のカレーズが見つかったという。これは恐らく、1,000年以上のものと思われる。なお最近カレーズの壁画が托克遜（トクソン）地方の山地に発見されたとして博物館にその写真が展示してあったが、これをカレーズとするかどうかについては検討の余地がありそうに思われる（写真3、図1）。

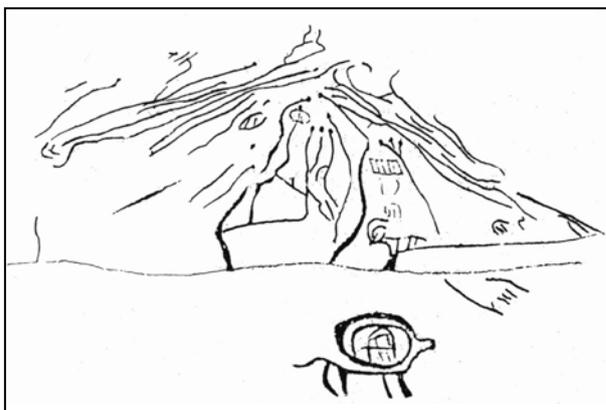
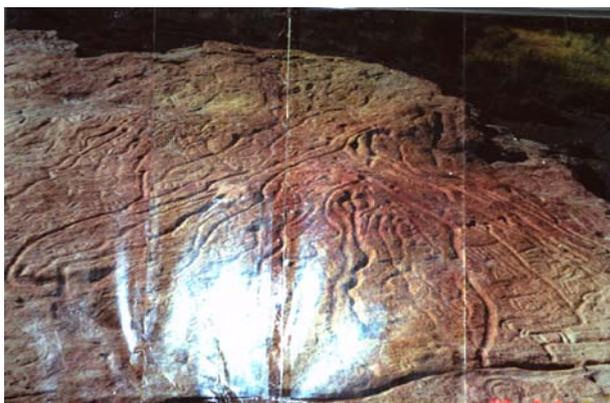


写真3、図1 托克遜県の岩画

見られる。

この岩画の内容からみると、これは今から約2,500～3,000年前に作られ、中国で最も古い水利図の一つであると言える。岩画は地表に露出した面積約30平方メートルの砂岩に画かれており、その砂岩は北から南へやや傾斜している。岩に刻まれた絵の面積は約10平方メートルである。ある人はこれを次のように解説している。

『この砂岩の北側の突起部分に泉と思われる円形或いは楕円形の窪みが30個彫られ、またそれぞれの窪みから溝が刻まれていて、そのあるものは単独に遠くへ流れていた

下の図はウルムチの本屋で偶然手に入れた「新疆岩画」の中から引用したもので、上の実物の写真を図化したものである。その説明にはこうある。

「人畜の生存には水が必要であるから、各民族の遊牧民が求めてきた年中放牧できる場所は良質な草と共に、水にも恵まれている場所である。従って遊牧民は牧場の水源を非常に重視していた。托克遜（トクソン）県の科普加衣（カブカイ）にある岩に書かれた詳細な水利図はその証拠である。また米泉県の独山子村、木壘県の博斯坦（ボスタン）牧場などの岩画にも、水を飲んでいる家畜の様子が刻まれているが、科普加衣（カブカイ）の水利図の様に詳細ではない。

カブカイは天山南麓の低山地区に属し、トルファン盆地にある。ここは古来より中国で最も乾燥している地域の一つとされ、古代車師（シャシ）族の牧畜地となっていて、岩画からそれほど遠くないところに彼等の墓地が多く

り、またあるものは流れの途中で他の泉と合流し、より大きな溪流となったりして、最後にはそれらの流れは泉の流向と直交した深い谷に注いでいる。』

この水利図の傍に山羊が先頭に立つ 2 列の家畜が水路へ水を飲みに行く様子が生き生きと画かれている。また、北側約 30 メートル離れた別の砂岩にも湧水の流れが 2、3 本刻まれている。その源の泉も円形状で、その下に手形や山羊の絵も描かれている。この絵はここにある水利図より小さく、泉の数も少ない。これらのことから、古代遊牧民は水と水利を重視していることが分かる。なお同じ場所の岩画群の中には虎や狼が羊を襲う画があり、遊牧民が猛獣の襲来を極度に恐れていたことがうかがえる。』

---

カレーズの起源に関して前出の王 鶴亭氏はなお次のようにも述べている。井渠 (Jingqu)、すなわち Well canal、または窄井 (Chuanqu)、すなわち Tunneling well はともに水源は河川水や湧水などの地表水であるが、地下を自然流下によって目的地まで導いている点で、手法や工法はカレーズと同じである。実際、トルファン県の紅柳園というところには 2 条のカレーズがあるが、これは大河沿河 (トルファン市の北西、Da-Ho-Yan) の河谷底から台地面へと導水している。その水路は地下にあり、全体の構造はカレーズと同様であるという。また托克遜県の先鋒郷 (Xinfeng) を流れる白楊河 (Baiyang River) の右岸には湧水によって刻まれた深いガリがあり、そこから取水し、導水している古いカレーズがある。水源が地下にあるか、地表にあるかの違いだけで、本質的にはカナートと同じといえる。

漢書の中にある別の記録によると、前 53 年に漢帝は穀物輸送のための運河に水を供給するため、破曩將軍 (General Xinwuxian) を 15,000 人の兵士とともに、敦煌に派遣し、西方にむかって導水するための卑テイ候井 (Beitihou well) を造らせたという。漢書を書いた三国時代の学者、孟 康 (Mengkang) は Beitihou well は、これはすなわち「大井」のことであって、水源は白竜堆東土山 (Bailong Dui) の麓の地下から湧出するものと記述している。

隋王朝の沙州図鑑、即ち敦煌の地方誌にも General Xinwuxian の逸話が引用されている。すなわち、十分な航運のために必要な水量を確保する必要に迫られたといった内容である。敦煌と新疆の白竜堆の間は地表水が極めて乏しく、運河の水を更新するために大量の地下水が求められた。(祁連山脈の北麓には各所に湧水があり、それぞれ名前がつけられていて中には人工的に湧出させた可能性のあるものがある。それらのことを指すのか？ (筆者注) これらのことから“大井”(Big well) とは、well canal あるいは tunnelling well のことで、カレーズそのものを指すものといえる。

王 鶴亭氏は自然の湧水に人工的に手を加えることによって、船の通運に必要な水量が確保されたものと考えているようである。また白竜堆の西には楼蘭 (Loulan) の故国があり、その北がトルファンである。上記のようなカレーズに関する技術がここを経由して伝わっ

たとえてもよいとも述べている。さらにカレーズに関する用語や道具に中国語のものが多くにも注目する必要があるとしている。以上を要するに中国の多くの研究者は新疆ウイグル地域に存在する多くのカレーズは中国独自に発達したものとする立場をとっているようである。

現存するトルファン盆地のカレーズの多くは 300～350 年前、つまり明代から清代にかけて建設されたものとされ、これらの中には古い時代のものを修復したものも含まれている



写真 4 トルファン盆地中央部における塩分集積状況

ようである。また中華人民共和国成立後も農業生産の増強の一翼を担うものとして、一時期新たに多くのカレーズが建設されたが、盆地中央部の艾丁湖に近い地域に建設されたものは、明渠による大量灌漑水の導水によって、地下水の塩分濃度が次第に高くなるとともに、現在は放棄されるものが多くなっている。

(写真 4)

なお以下に引用した「清朝吐魯番地区坎児井分布図」(図 2)は新疆大学出版社(1993)による「吐魯番坎

児井」に掲載されているもので、同大学の古文書の中から発見されたカレーズに関する貴重な資料である。作成されたのは清朝同治帝(1861～1875)の時代といわれている。

この図によると、この地域のカレーズには、①天山山脈系の地下水に水源を求めているもの、②吐魯番盆地を南北に分かつ火炎山の存在と密接な関係にある地下水に水源を求めているもの(後述)、③盆地の南縁を限る覚羅塔格、あるいは庫魯克塔格に涵養源を有する地下水に求めるもの、の 3 種が区別される。なお塔格(タグ)とはウイグル語の当て字で山を意味する。吐魯番盆地の東側を限る砂漠を庫木塔格砂漠(クムタグ砂漠)と称しているが、塔格の字が使われていることから、この砂漠は山のような大きな砂丘が分布していることがイメージできる。

なお上記の庫魯克塔格の南側には孔雀河が流れ、その末端に羅布泊(ロプ湖)が位置し、また楼蘭古城の遺跡がある。

### 3. トルファン盆地とカレーズの立地環境

トルファン盆地は新疆ウイグル自治区の東部に位置する盆地で、その西縁と北縁は博格達山(ホゴタ山, 5,445m)を主峰とする天山山脈の主脈に接し(写真 5)、東縁と南縁はそれぞれ庫木塔格砂漠と覚羅塔格山地(600～1,500m)がその輪郭を限る。盆地は東西に長く、250km、南北の幅は 60～80km である。また盆地の中心部にある艾丁湖(アティ湖)は死海に次いで世界第 2 位の低地で、海拔マイナス 154m に達する(写真 6)。

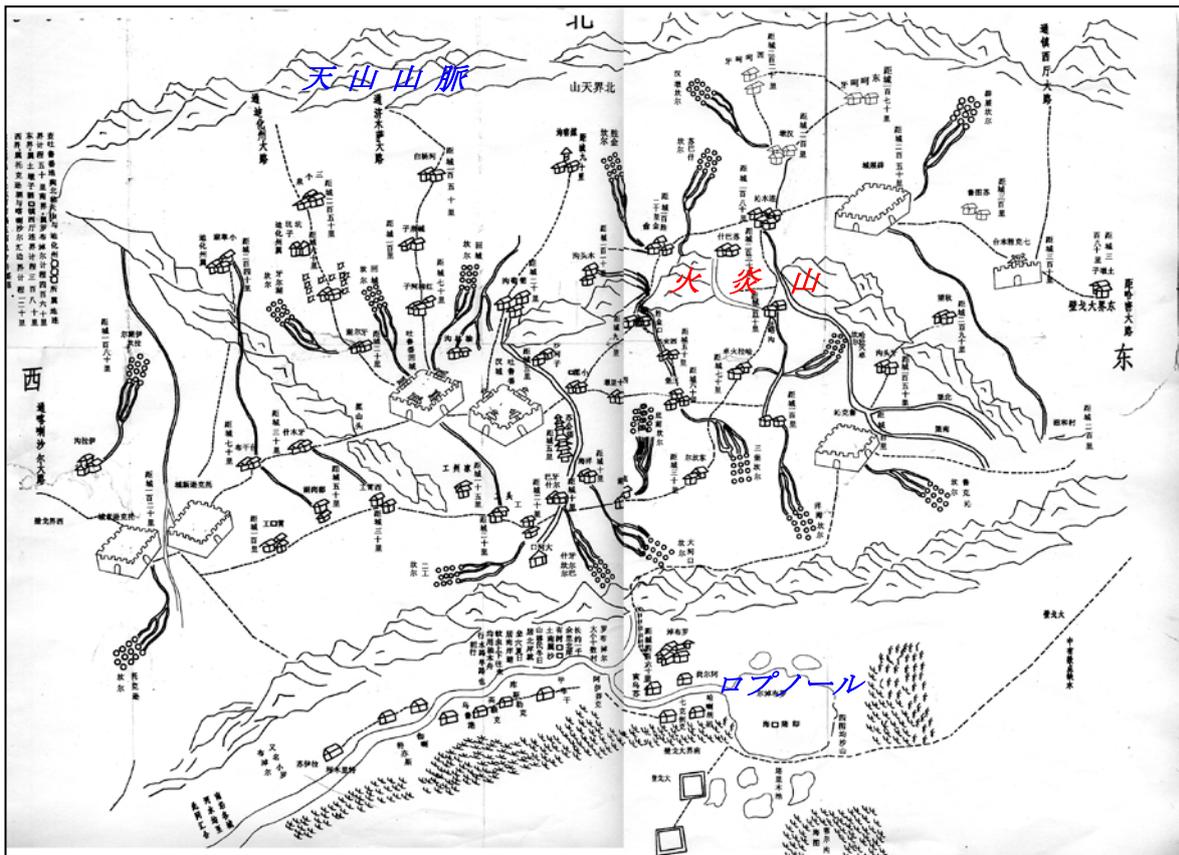


図 2 清朝吐魯番地区坎兒井分布図



写真 5 天山山脈 (博格達山)



写真 6 艾丁湖 (標高-154m)

天山山脈の前山といったかたちに、西遊記で有名な火焰山 (400~800m) が西北西から東南東に伸びてこの盆地を南北に2分しており、これを境として北部は沖積世~洪積世の礫平原となっており、南部は天山山脈に水源を有する河川が火焰山の狭窄部 (塔克布拉克、麻托亜勒迪、布隆、亜曼夏などの複数の狭窄部) から流れ出してつくった扇状地地帯と、その扇端部から盆地中央部に続く沖積低地からなっている。

図 3 はトルファン盆地の概要図である。

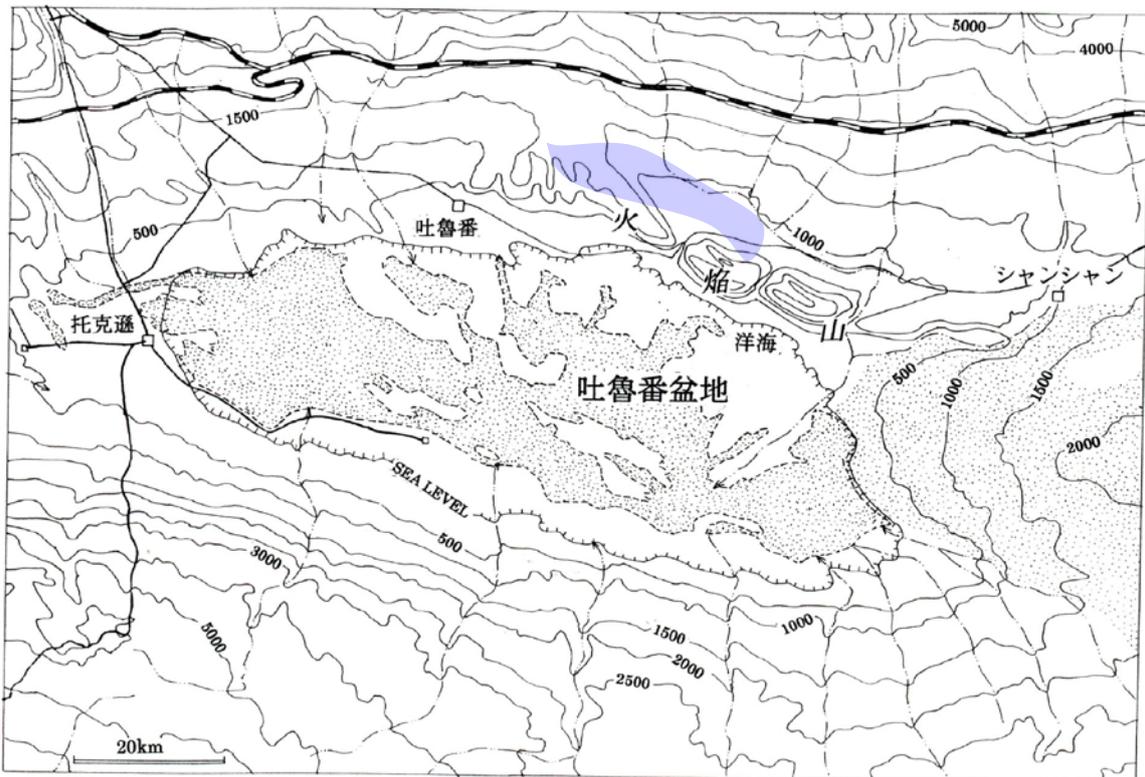


図3 トルファン盆地の地形概要

トルファン盆地は典型的な内陸極乾燥地域といえる。年間の気温較差が大きく、夏季の最高気温は 50℃に達し、冬季には-30℃にも達する。年間降水量は最高でも 50mm 程度で、平均は 17mm である。なお、これまでの最低記録は 2.9mm と記録されている。これに対して平均蒸発量は 2,845mm に達する。

天山山脈の山麓斜面の延長は、少なくとも 40 度以上の急勾配で盆地側へ潜りこみ、その上を厚さ 300m 以上の礫の厚層が覆っている。この礫平原の地形勾配は 1/20~1/25 と、かなり大きい。天山山脈から流入する河川水はこの礫平原に入ると直ちに地下深部に浸透し、地下水面はその中心部では 100m 以上に達する。しかし、火焰山が一種の地下バリアのように機能しているその北側にあたる地域では地下水位が浅く、場所によっては湧水や沼沢地が存在する(図3の青色部分)。この地形・地質配置は火炎山の南側にあたるトルファン盆地の主要地域の地下水の存在、いいかえればカレーズの立地を可能にしている点で大きな意味を有している。図4によってこのことをやや詳しく考察してみる。これは新疆農学院水利系の郭西万および、郭西万、董新光による「新疆吐魯番盆地坎児井工程的發展前景」より引用した天山山脈と吐魯番盆地を結ぶ南北方向の模式断面図である。図示のように吐魯番盆地は火炎山を境として、北盆地、南盆地に二分されている。いずれも陥没性の盆地で、そこには第四紀の厚い未固結砂礫層が堆積している。

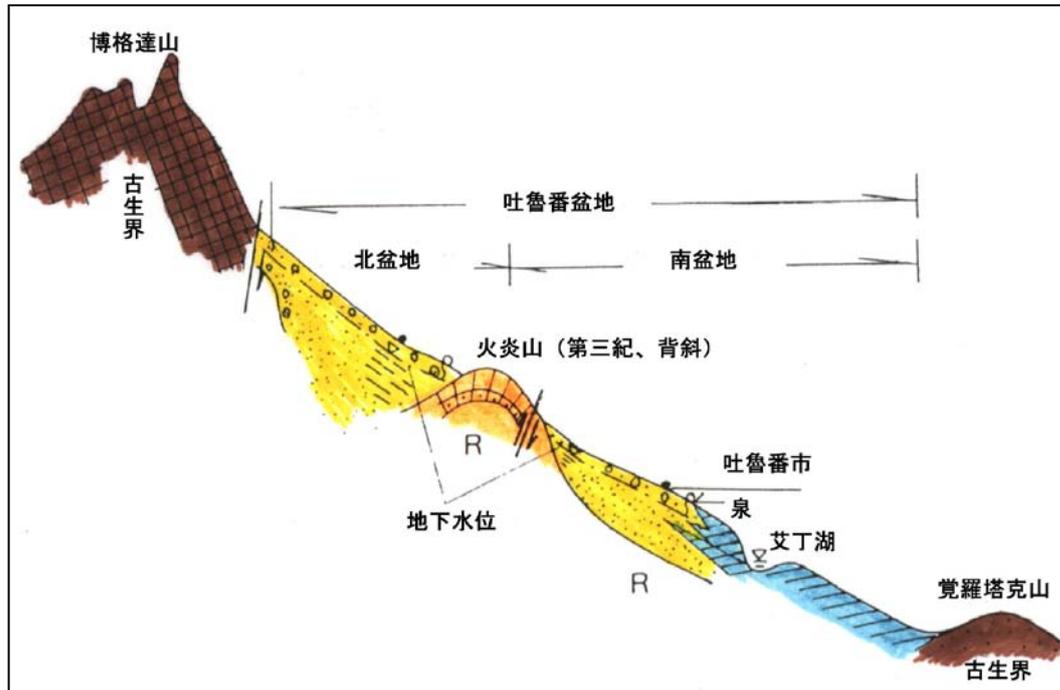


図4 トルファン盆地の模式地形・地質断面図

火炎山はその山脈軸を背斜軸とする褶曲山地で第三紀～先第三紀の砂岩、頁岩類からなり、上記砂礫層中の地下水の不透水性基盤をなし、天山山脈から涵養された地下水は一旦ここで塞き止められるかたちになる。つまり北盆地の地下水の、いわば“天然の地下ダム”のように機能しているといえる。一方、融雪時、あるいは豪雨時にはその地下水は上昇して溢れ出し、地表水に加わって洪水の発生に寄与するかたちとなる。このような突発性の洪水は火炎山の狭窄部から流れ出す恒常水流とともに扇状地に入るとまもなく伏流して地下水になる。写真7はそのような状況を示す。

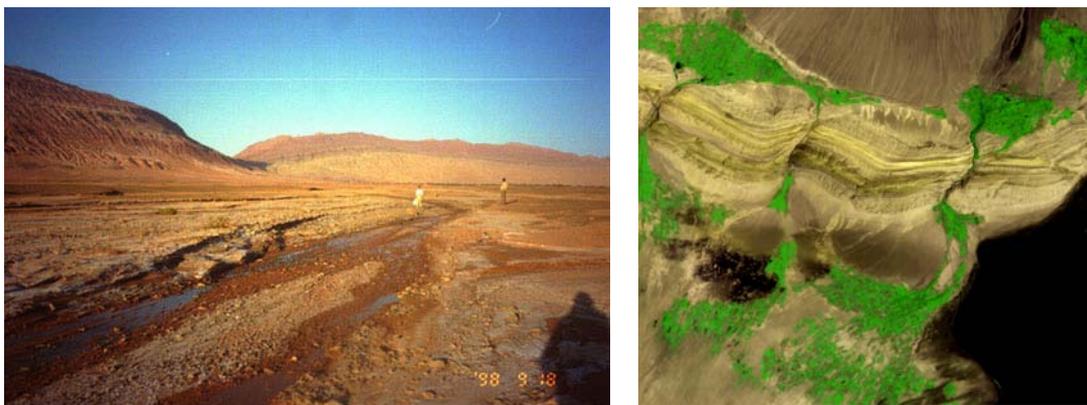


写真7 火炎山の狭窄部から溢流した洪水(左)とその部分の衛星画像(JERS-1)



写真8 トルファン盆地におけるカレーズの典型的な立地状況  
(写真7と比べるとその立地環境がよく理解できる)

トルファン盆地にみる大多数のカレーズは写真8のように、このようなところに立地しており、豎坑群は図5に示したように扇頂部を中心として放射状に配列するかたちとなる。なおこの扇状地の地形勾配は扇頂部で1/30~1/50、扇端部で1/100程度であり、カレーズの底面勾配も1/100前後である。

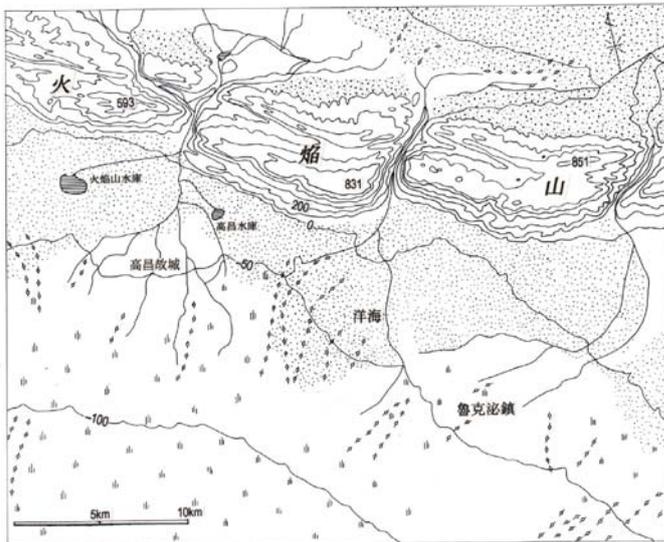


図5 カレーズの配置 (写真5, 6参照)

さて、カレーズの豎坑群は地形勾配、云いかえれば堆積層の傾斜方向に並んでいるのが普通であるが、鄯善地方(図3参照)のカレーズの中にはそれと平行しているもの、あるいはその方向に刻まれた涸れ谷や凹地に並んでいるものがある。これらはさしずめ“地下集水溝”といえるもので、複数の豎坑群が母井戸の役割を担っているようなものであり、通常のカレーズとは異なるタイプといえる。カナートを『地下水を水源とし、これを地表勾配より緩い勾配



写真9 鄯善地方の特異なカレーズ

の地下導坑によって横に繋げ、ついには地表に導水する一連の施設』とすれば、これもその範疇に入るといっても良いであろう(写真9)。このことに関して若干付言しておく。

楊錫金ら(1933)は甘肅省の祁連山脈東

部に位置する黄土丘陵を刻む庄浪河沿いの集落、満城というところで最近建設された“載引潜流工程”(phreatic water flow intercepting canal installation)について紹介し、カレーズとの比較を試みているが、これも基本的にはカレーズの範疇に入るという立場をとっている。氏らによればこれは溪流床下の浅層地下水(数m以浅)を川沿い数キロにわたる暗渠を設けて取水して灌漑地に導くものである。(河床を横断する方向に設置する場合もある)構造は集水部と導水部からなり、延長は800m程度である。上に述べた鄯善(シャンシャン)地方の場合と同様の立地条件にあるといえる。

規模はこれらよりはるかに小さいが、筆者が調査を続けてきた河北省石家荘の太行山の山中にも河床中に地下水路と豎坑からなる暗渠を設けて潜流地下水を取水しているところがあり、構造的には広義に解して上記と同様にカレーズの範疇に入ると考えても良い。(写真10, 11)このように考えるとカレーズの起源を必ずしもイランに求める必要はないとする中国研究者の意見は一概には否定できないように思われる。



写真10 河北省西部の太行山の山中にみる地下水路(矢印は豎穴の位置)

写真11 同上の豎穴の一つ。



#### 4. トルファン盆地の水利用とカレーズの現状

1950年代にはじまるいわゆる“人民公社時代”以降、新疆ウイグル地域においても中国の他の例に漏れず、大規模な開拓事業が行われてきた。その担い手になったのは兵团（一種の屯田兵）で、それは現在の地区名に兵团名が使われていることから理解できる。この時代、農地開発とともに水資源開発が進められたのは言うまでもない。トルファン盆地での水資源開発が他地域のそれと異なる点は初期にはこの地域に特有な伝統的な水利用法、つまりカレーズが盛んに建設されたことである。現存するカレーズには先にも述べたように、このような新しいものもいくつかある（写真12）。

トルファン盆地の農作物は葡萄、綿花、トウモロコシなどであるが、灌漑地域が限られるカレーズには限界があるためと、水利用量の増大のため、河川水の直接利用、つまり大



写真12 人民公社時代に造られた新しいカレーズ（現在は廃棄されている）

掛かりな明渠の建設がカレーズにとって代わって来た。図6からその状況が読み取れる。特に注目されるのは1950年代後半から増大してきた河川水の取水と1960年代に入ってから深井戸からの揚水である。

これに対してカレーズ、湧水の利用といった、いわば伝統的な水利用は減少の一途を辿っている。

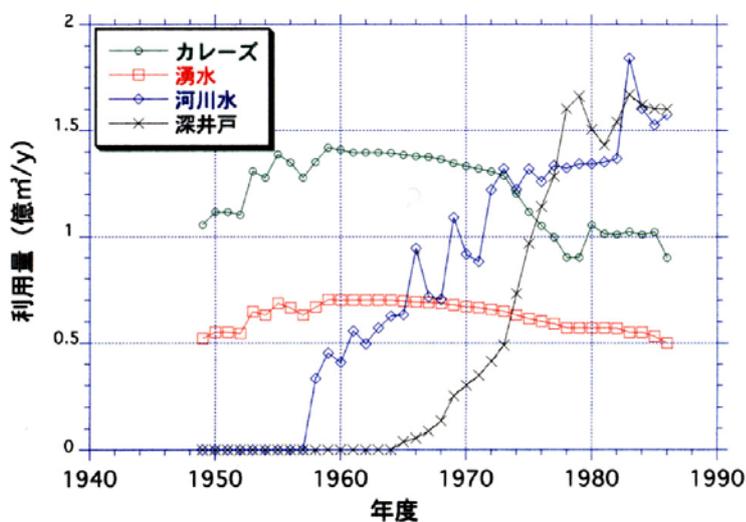


図6 トルファン盆地東部鄯善県の水利用

このような傾向は1950年代以降に至っても変わらず、1957年時点で、1,237箇所1966年時点で、1,161本を数えたカレーズが、1998年時点で725箇所、2003年時では404箇所にまで減少している。図7にその状況を示しておく。

カレーズの減少と対称的に深井戸取水、河川取水が増加している。特に深井戸の増加が著しく、1949年に1,049本であったものが、1994年には2,632本に達し、2004年では5,254本に達している。

その影響のため、1974年頃からカレーズが涸れ始めたという。

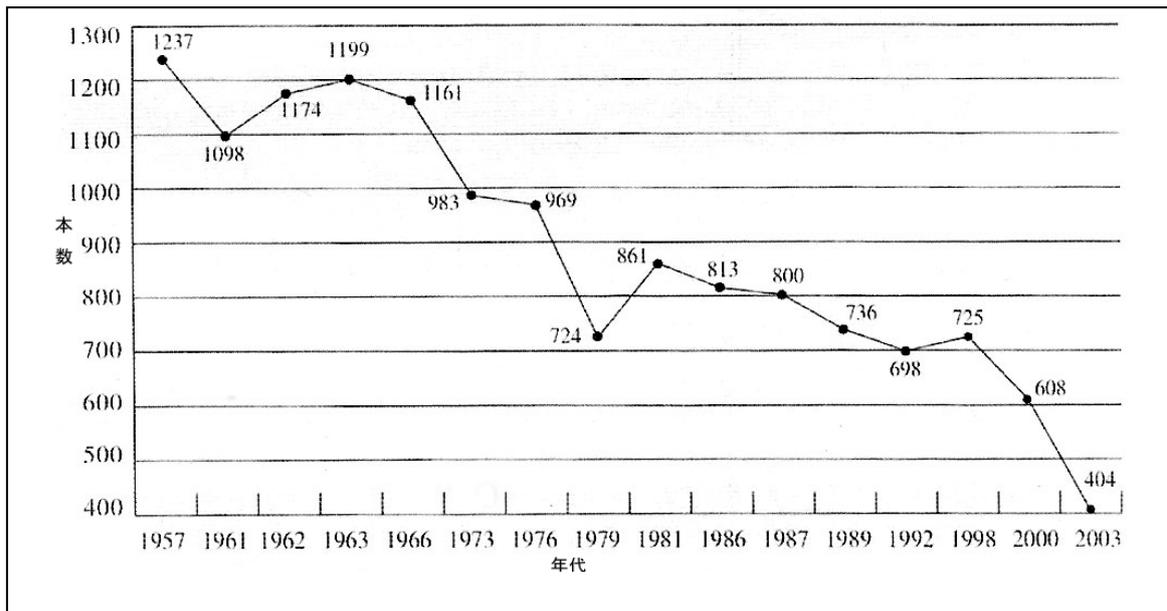


図7 トルファン盆地におけるカレーズの減少  
Zafar Adeel, et al(2008)による。

カレーズの水深は平均 1.5m 程なので、地下水位の低下はカレーズの存続に決定的な影響を与える。地下水位の低下に拍車をかけたのは 1989 年頃から盛んになったトルファン盆地での石油開発である。急速に増大する人口と関連施設を支える水源としての地下水の利用量が増大したためである。多くの地区で 1989 年から 1991 年までの 2 年間で約 3m の地下水位低下を示したという。

カレーズが衰退傾向にある理由には上述以外に、例えばメンテナンスが大変であることと、それに要する経費の問題がある。現地で聞いた一つの例を紹介しよう。1987 年ごろまで 40ℓ /sec 程度の水量を産出していたあるカレーズが涸れてきたので 4 年かけて上流側に前進させ、水量を確保することができたが、その費用は 38 万円に達した。この額はポンプ、電源設備を加えた深井戸 1 本の費用 20 万円をはるかに上回っている。しかし 1997 年ごろにはふたたび水量が 15ℓ /sec 程度にまで低下したとのことである。極端な場合には一つのカレーズの 1 年間に要する管理費は井戸 1 本の掘削費に匹敵するともいう。

浚渫などのメンテナンスは多くの場合、1～2 年ごとに行うこととしており、毎回大量の沈澱土砂や崩落土砂の取り除きが行われている。写真 13 は土砂の引き上げ装置であり、写真 14 は豎孔から引揚げられた土砂の塊りである。その重さは、一つ 20kg 以上はありそうである。これが豎孔の周りにうず高く積み重ねられている。最近では引揚げに耕運機などの動力を利用するようになったが、横孔での作業は人力に依っている。このような重労働に耐えられるカレーズ職人が少なくなったこともカレーズの衰退の大きな要因だともいえる。カレーズ職人には一種の職業病というのがあって、その大半は関節炎だという。これらのこともあって最近では、より貧しい地域からの出稼ぎ労働者がメンテナンス作業な

どに従事しているという。



写真 13 土砂巻上げ装置



写真 14 引き上げられた土砂のかたまり

カレーズのメンテナンスにおいて最も注意が払われているのは堅坑の坑口部分である。この部分に残土が環状に盛られているのは流水の侵入を防止する為であることは言うまでもないが、単にそれだけではなく、坑口部分に浸透した水分によって地層中の塩分が溶出して地層の強度が低下し、坑壁が崩れ易くなるのを防止する意味もある。さらに坑口を蓋で覆っているケースが多く見受けられるがこれも単に残土や風送砂の堅坑への侵入を押さえるだけではなく、凍結融解による坑壁の崩れを押さえるためでもある。一方夏季には蓋を取り除いで坑口部分を乾燥させるといった配慮もなされている。写真 15 はその開口部の一例である。



写真 15 カレーズ立坑の坑口

さて、カレーズの利用はこのように衰退の傾向にあるとはいえ、現在でもなお年間 2.5～3 億 $\text{m}^3$ の水量が確保されおり、その灌漑面積は全耕地の 30%にあたる。なお、カレーズ 1 箇所あたりの流量は 10～200 /sec 程度であるが、最大のものでは 2000 /sec 以上に達するものがある。しかし地下水の主な涵養源である天山山脈からの河川水が図 8 のように、その溪口部、つまり地下水の涵養域にあたる部分で大規模な頭首工（写真 16）によってカットされ、3 面張りの明渠（写真 17）によって灌漑地に導水されている現況ではカレーズの枯渇への道は避けられない。事実このような経過をたどって廃棄されたカレーズを各所で目にする事が出来る（写真 18, 19）。

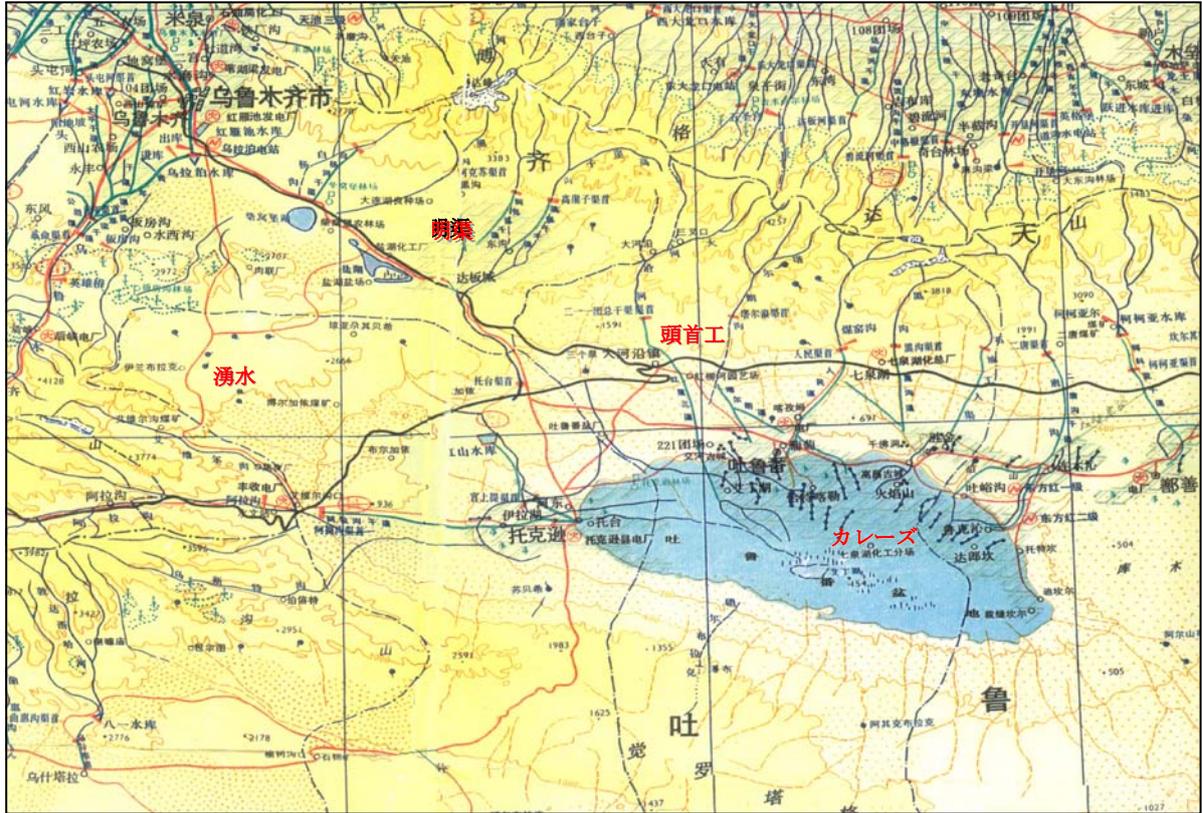


図8 トルファン盆地の利水状況



写真16 大規模な頭首工



写真17 三面張りの明渠



写真18 廃棄されたカレーズ (鄯善県)



写真19 ゴミ捨場と化した立坑 (吐魯番県)

## 5. トルファン盆地のカレーズの特質

トルファン盆地のカレーズは、大きくは先に述べた地形地質条件のもとに立地しているが、水質の上から見るとさらに下記のように区分される。(図4、図5参照)

- ①天山山脈の南麓から火炎山の北側にかけて発達する礫平原の末端部に立地するもので水質は良く、しかも湧出量が多いため飲料を始め、あらゆる用途に利用されている。しかし地下水面が深く、しかもほとんどが固結した礫からなり、掘削が容易ではないため数は少ない。
- ②火炎山の南麓に広がる扇状地部に立地するもので、トルファン盆地のカレーズの典型といえ、数も多い。水質は上記に比べて劣るが、飲用としても支障なく利用されている。地質は上流部では砂層～砂質礫層からなり、下流部に行くに従って泥質あるいは泥層との互層に漸移する。
- ③上記の下流地域、トルファン盆地中央部の低地帯、特に艾丁湖の北東部に数多く分布している。水質は悪く、水量も少ない。したがって灌漑用水以外に利用されることはない。地下水面の深さは浅く、最も深いものでも20m以下である。宋 郁東(1993)によれば、この部分の地下水は上流部の灌漑水が浸透したもので、いわば反復利用の結果、溶存成分が多くなったものと説明している。地元ではこれらを“泥カレーズ”と称し、①、あるいは②の“砂カレーズ”と区別している。

1987年に報告された「トルファン地区坎児井有関技術問題及水資源開発利用戦略対策研究」によればトルファン盆地のカレーズは水文地質条件との関係から次の3つに区分されるとしている。すなわち、

- ①山前側滲水首部補給型坎児井
  - ②河谷型潜流補給型坎児井
  - ③平原潜水補給型坎児井
- である。

①のタイプは教科書等によくでてくるカナートそのもので、天山山脈南麓に展開する礫平原に立地している。トルファン市北部に現存するこのタイプのカレーズは放棄されたものが目立ち、埋め立てられたものや中にはゴミの投棄場所となっているものがある。これに対して鄯善市(シャンシャン市)の北部には現存するものがまだあり、なお利用されている。②のタイプは火炎山の狭窄部を扇頂部として南に展開する扇状地に立地するもの、または火炎山北側の低地帯や旧河谷沿いに立地してその地下水を対象とするものである。これについてはすでに述べた。

③のタイプは前項②に述べたものと同一で、①のカレーズによってその存在が可能になっているともいえる。人民公社時代にも新しいカレーズが多く掘られたと云われているが、その多くはこのタイプのものであろう。

## 6. カレーズの今後

先にも述べたようにカレーズは確実に深井戸にとって代えられている。深井戸の場合、地下水位が1m下がっても殆ど支障がないが、一般に水深が0.4~0.6mと限られているカレーズにあっては地下水位の低下は致命的な打撃となる。廃棄されたカレーズの殆どは地下水位低下によるものといわれている。

カレーズ利用の衰退やその放棄を憂える識者は多い。新疆吐魯番地区水利処の黄志信氏や中国科学院新疆生態・地理研究所所長の宋郁東氏等である。また地元年配者たちのカレーズへの愛着は依然としてまだ大きい。最近では鑿井による取水とカレーズ利用の調和が試みられている。

カレーズの長所短所を整理すると次のようである。

長所：①自流のため動力源が不要、②施工工具が簡単、③水量が安定しており、用水管理が容易、④灌漑区はカレーズ単位になされているため管理がゆきとどく、など。

短所：①水深が浅く相互影響が大きい、②年間を通じて垂れ流しの状態にあり、下流側では沼沢地や塩湖が出来やすい、③メンテナンスに経費がかかり、技術者も少なくなっている。④孔壁は剥き出しであり、また礫質であるため漏水による損失がある（15%以上に達するという報告がある）、⑤旧河床といった限られた地区に集中しているものが多く、これらの相互影響が大きい、⑥資金不足のため維持できなくなっている、など。

筆者は短所を克服して長所を活かし、その保存策を考えるべきだと考えているが、その理由の主なものにはエネルギー消費抑制、節水意識の向上、緑地の維持、合理的な反復利用（上流側のカレーズ灌漑水の浸透水を下流側で再度カレーズによって取水している例など）、そしてなによりも文化財としての価値である。

ここで新疆坎児井調研組がまとめた報告書（「吐魯番地区坎児井有關技術問題及水資源開發利用戰略対策研究」, 1987）で提案された興味あるカレーズの改良案を紹介しておく。

### 【A 方案】

まず基礎調査として全カレーズについて水文地質条件を勘案した診断をおこなう。その結果良好と判断されたものについて、母井戸から地下水流動方向に向かって放射状に300~500mの水平孔を設置し、地下水の取水範囲を拡張する。その裸孔内に土管を設置し、外部は透水性材料で充填する。途中の導水部分についても土管を設置するが周辺に漏水を防ぐための充填を行い、流量の増大を図る。導水部には200m間隔ぐらいに砂溜めを備えた堅井戸が掘られ、定期的な清掃を行う。なお改良工事が施工されることによって水量が減少した周辺のカレーズ灌漑地については明渠の分水を優先的に行うものとする。

### 【B 方案】

地表勾配が大きいため、上流域には地下水があるが、下流部で枯渇しているような地区について適用しようとするものである。原理はサイフォンによるもので、つぎの2通りが考えられる。

#### ① 改造型

母井戸の地下水面下に取水管を設置し、これを従来の横穴に布設したパイプを通して出

口まで導水するもの。出口部分には真空抽出用の支管が設けられる。従来の堅穴は埋め戻すこともある。

② 新建型

初めからサイフォンによる取水を考えて新設するものである。

ここでA 方案を図 9 に、また B 方案としている 2 案の模式図を図 10 に示しておく。

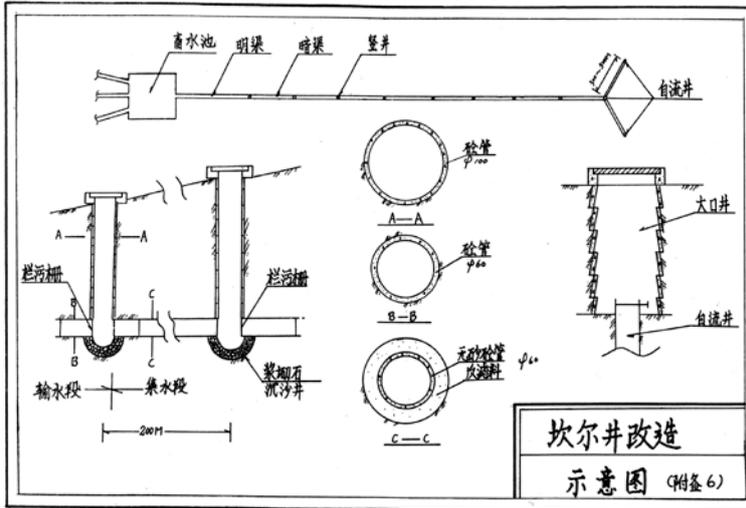


図 9 カレーズの改造案(1)

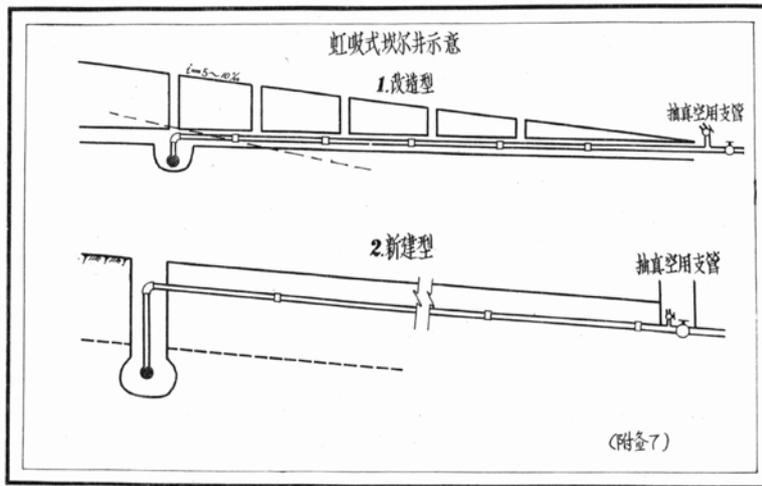


図 10 カレーズの改造案(2)

先にも述べたようにトルファン盆地では 1987 年に大がかりな調査が行われて以後、最近の状況は把握されていない。しかしその存続が危機的状況にあるカレーズを再評価し、保存を訴える識者は多い。

大規模な明渠網の整備や深井戸の建設は灌漑面積の拡大と農業生産量の飛躍的増加をもたらし、これを喜ぶ地元自営農民は多い。しかし明渠による過剰な灌漑は蒸発量の増大につながり、灌漑地の塩分集積を加速化させているのも事実である。このようにして荒漠化が進み、放棄された農地は盆地中心部の艾丁湖周辺で目立つ。写真 20 はそのような土地の例である。

さらに次のような意見もある。すなわち、カレーズの水量は 少ないものの、年間を通して流れ続けているので、下流部の緑は維持されているが、深井戸の稼働は灌漑期だけに限られている。従ってその他の期間では緑が失われることになり、荒漠化の進行を助ける



かたちになるというものである。最近カレーズの効用を再評価すると共に、その文化遺産としての価値を認め、保存に力を入れ始めたと聞いているが、これは大変喜ばしいことだと思っている。

写真 20 荒漠化した灌漑地

#### 参考文献

- 1) 王 国維：西域井渠考、新疆大学出版社「吐魯番坎兒井」、pp.3-pp.4、1993.
- 2) 王 鶴亭：新疆の坎兒井研究、新疆大学出版社「吐魯番坎兒井」、pp.5-pp.19、1993.
- 3) 儲 杯貞：清朝吐魯番地区坎兒井分布図紹介、新疆大学出版社「吐魯番坎兒井」、pp.75-pp.77、1993.
- 4) 黄 文房：新疆坎兒井的歴史現状和今後發展、新疆大学出版社「吐魯番坎兒井」、pp.50-pp.56、1993.
- 5) 坎兒井調研組：吐魯番地区坎兒井有關技術問題及水資源發展利用戰略对策研究、新疆吐魯番地区坎兒井有關技術研究成果報告之一、pp.1-pp.53、1987.
- 6) 吐魯番地区水利処：「新疆坎兒井基本狀況統計表」、1998.
- 7) 蘇 北海：「新疆岩画」、新疆美術攝影出版社、1994.
- 8) 独立行政法人 国際協力機構：「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報告書」、2006.
- 9) 相馬秀広：内陸中央アジアの環境変化ートルファン盆地のカレーズを中心としてー、公開セミナー「人文地理学のフロンティア」、pp.35-pp.41、2001.
- 10) 相馬秀広：高解像度の衛星画像・衛星写真を用いた環境変化の解析、平成 11-13 年度科学研究費補助金（基礎研究 B）研究成果報告書、2002.
- 11) 三蔵法師の道研究会：「三蔵法師のシルクロード」、朝日新聞社、1999.
- 12) 王 鶴亭：対新疆坎兒井的研究：干旱地区坎兒井灌漑国際學術研究討論会文集、pp.1-pp.5、1993.

- 13) 黄 志信：吐魯番盆地的坎兒井、干旱地区坎兒井灌溉国際学術研究討論会文集、pp.54-pp.60、1993.
- 14) 郭 西万、董 新光：新疆吐魯番盆地坎兒井工程的發展前景、干旱地区坎兒井灌溉国際学術研究討論会文集、pp.160-pp.164. 1993.
- 15) 楊 錫金、孫 良英、王 開学：甘肅省庄浪河谷滿城載引潜流工程、干旱地区坎兒井灌溉国際学術研究討論会文集、pp.165-pp.167、1993.
- 16) 新疆維吾爾自治区測繪局：中華人民共和国新疆維吾爾自治区地圖集、1995.
- 17) Zafar Adeel, et al. : What makes traditional technologies tick? A review of Traditional Approaches for water management in Drylands. UNU desertification series No.8、2008.