

## 中国新疆省の水源「カレズ」

木本 凱夫・石川日出志\*・中俣 均\*\*・小堀 巖\*\*\*  
夏 訓誠\*\*\*\*・宋 郁東\*\*\*\*・樊 自立\*\*\*\*・姜 猷德\*\*\*\*\*  
三重大生物資源学部, \*明治大学文学部, \*\*法政大学文学部, \*\*\*明治大学政経学部,  
\*\*\*\*中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所, \*\*\*\*\*中華人民共和国新疆省水利庁

## KAREZ, WATER RESOURCES IN XINJIAN, CHINA

Yoshio KIMOTO, Hideshi ISHIKAWA\*, Hitoshi NAKAMATA\*\*, Iwao KOBORI\*\*\*  
Xun-chen XIA\*\*\*\*, Yu-dong SONG\*\*\*\*, Zi-li FAN\*\*\*\*, Xian-di JIANG\*\*\*\*\*

### Abstract

This is a report of field research on Karezes in Turpan and Hami in 1988. Both districts are in Xinjiang, China. The research was conducted by the Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research Chinese Academy of Sciences (XIBPDR) and an exploratory party from Japan sponsored by the Japanese Ministry of Education.

Much information was obtained on Karezes. For example, how to excavate them, the quantity of ground-water, how to maintain them, how to use their water for fields and present their troubles in Turpan and Hami.

This abstract shows the troubles of Karezes, their vitalization and mentions conservation of water-resources in the future. We appreciate Xinjiang Bureau of Water Conservancy (XBWC) for their important information and suggestions. But this briefing is private and the first author takes the responsibility for mistakes.

### 1. Lowering of the Ground-water Table

The biggest problem of the Karezes in Turpan and Hami is lowering of the ground-water table. The Karezes depend on ground-water but many Karezes excavated when the ground-water table was moderate high. Lowering of the ground-water table can not keep this condition and serves poor water resources.

The construction of open channels in 1960-1970s to get snow-melt water from the Tien Shan Mts., was possibly due to lowering the ground-water table. Snow-melt water flow in many rivers infiltrates the desert land from the river beds. This infiltration has enriched the ground-water of Turpan and Hami for a long time. But new open channels convey water to fields directly and do not give the river-flow enough time to infiltrate the desert land. The ground-water has thus decreased considerably.

Today, thousands of small pump stations pump ground-water for irrigation in Turpan and Hami but they also lower the ground-water table. The ground-water table is thus not available for many Karezes.

The great success of agricultural and industrial development in Turpan and Hami is due to water resources development and conservation by those pumps and open channels. But the Karezes are suffering from little water due to modern water facilities.

## 2. Breakdown of the inner walls of Karez

Most outlets of the Karezes are near villages or vegetable fields, i.e. oasis. The soil around an oasis is silty. Silty soil is good for vegetable growth but not for the structure of Karezes. When silty soil becomes moisture, it becomes loosely. Flow of a Karez gives moisture to the inner wall and makes erosion continuously along the watered lower part of the wall. After a moderate time, the walls become weak and falls down.

This situation has continues for a long time. The diameter of a Karez becomes bigger and bigger under a silty soil area. This is very dangerous for the people of a village, because big diameter thins top soil of a Karez near the outlet. In fact, there are many big hole-rows in some villages caused by dropping of top soil.

When soil deposits on the bed of a Karez, flow is dammed up leading to greater depth. This causes water loss through infiltration by high water depth pressure.

## 3. Possibility of Water Pollution

The success of agricultural development in Turpan and Hami depends also on popularization of chemical fertilizer. But this may lead to ground-water pollution, because some Karezes get seepage water from vegetable fields. If water contains excess chemical fertilizer, pollution will eventually result.

## 4. Vitalization

To lessen the decrease in ground-water flow, the bureau and farmers try to extend a Karez toward the up-stream to obtain more water but without success in some cases.

The basic problem of Karezes is the lowering of ground-water. So, the bureau has recommended farmers to keep their pump stations away from the under-ground way of a Karez. This is good policy to conserve the ground-water table.

But to farmers who want to get much water and produce much food, the pump station is more convenient and reliable. Pumping ground-water will be more popular and facilities larger in next ten years possibly. But this may lead to serious problems for Karezes.

XBWC is trying to recharge the ground-water by flood flow every year. When heavy rain falls in the Tien Shan Mts., they forecast the time that the flood water will reach the desert. This will lead to good results provided the farmers work here.

Vitalization of Karezes depends on recharging the ground-water over a long period. In a short term, extension of their length and protect work for seepage from inner wall of Karez are good policies. In any case, the vitalization must be a part of the strategy of water resources development and conservation for the Tien Shan Mts., in the near future.

## 5. Renovation of the Water Delivery System

Farmers in the vicinity of an oasis share water from Karezes very strictly. They have a conventional water delivery system for villages and fields. The system is very good, because all farmers can obtain water easily and equally. Only the quantity of water may be inadequate.

To improve the system, field research for unit water requirement of crops and vegetables is needed. The results of this research and appropriate improvement of form and dimensions of fields may save water for fallow irrigation.

Most delivery channels from Karezes are made by soil. Sometimes a channel breaks and water flows into roads and other places. To prevent spillover and seepage, seal materials for channel beds

and walls are needed.

Attention should be directed to the fact that when a channel is covered by seal, flow condition change. If the new design discharge for sealed channel is equal to old one, flow velocity will increase causing water depth to be low.

These improvement, research and work have already been started and strongly supported by XIBPDR and XBWC. But the difficulty is not research but money.

6. Observation of Ground-water

To vitalize Karez, we need more precise data on ground-water moving in the desert. LAND-SAT clearly showed the ground-water or soil moisture everywhere on the earth. Unfortunately continuous data are not available on it. We must create an observation system for ground-water and on which the future supply of water for the Karezes will depend.

The Tien Shan Mts., await future development of water resources and water power generation. Some Karezes will obtain water from the Tien Shan Mts., as a result. Some inner walls will be sealed to become under-ground reservoirs for excess flood water.

Key words: Karez, Lateral well, Water-resources, Irrigation, Ground-water, Oasis, Turpan, Hami, Xinjiang, China

目 次

I 調査目的と地区の概要	111	2 ラオバ	
1 はじめに		3 送配水系統と標準灌漑面積	
2 カレーズとは?		4 端末畑地での水利用	
3 トルファン・ハミ盆地の気象・水文条件		5 水 質	
4 農 業		V カレーズの維持管理	135
II カレーズの概要	116	1 崩壊防止対策と復旧	
1 形 態		2 掘り増し工事	
2 用 途		VI 河川水利用ならびにポンプ灌漑の普及	137
3 分布と本数		1 導入路建設による雪解け水・洪水の利用	
4 流 量		2 小型ポンプの打設の進展	
5 構造と漏水		3 地下水位の低下とカレーズの涸渇	
III カレーズの掘削法	124	4 ダム(水庫)の建設	
1 段取と施工順序		VII 現状の対策と今後の水利用の方向	142
2 掘削作業		1 現状の対策	
3 測 量		2 今後の水利用の方向	
4 工事費		VIII トルファン・ハミ盆地での水資源開発の発展段階	
IV カレーズ灌漑	130	—総括にかえての仮説—	144
1 水源水量		付 録 県・郷鎮の農業と水源の統計数値	145
		謝 辞	149
		注	150

I 調査目的と地区の概要

1. はじめに

昭和63年度文部省海外学術調査研究補助金でもって、著者たちは中華人民共和国新疆省ウイグル自治区の主要水源施設であるカレーズを調査する機会に恵まれた<sup>1)</sup>。その経路は図I-1に示すとおりである。調査隊は地理

学・地質学・考古学・民族学・水文学・農業土木学を専攻する多彩なメンバーで構成された。カレーズを一つの切り口から見ることを避け、なるだけ地域の中の生産生活施設として捉えようとの試みであった。その総合的な報告は今回に引続いて計画されている、新たな調査結果を合わせて発表されるであろう。

調査の最大の難点は地勢図・地形図が入手できないこ

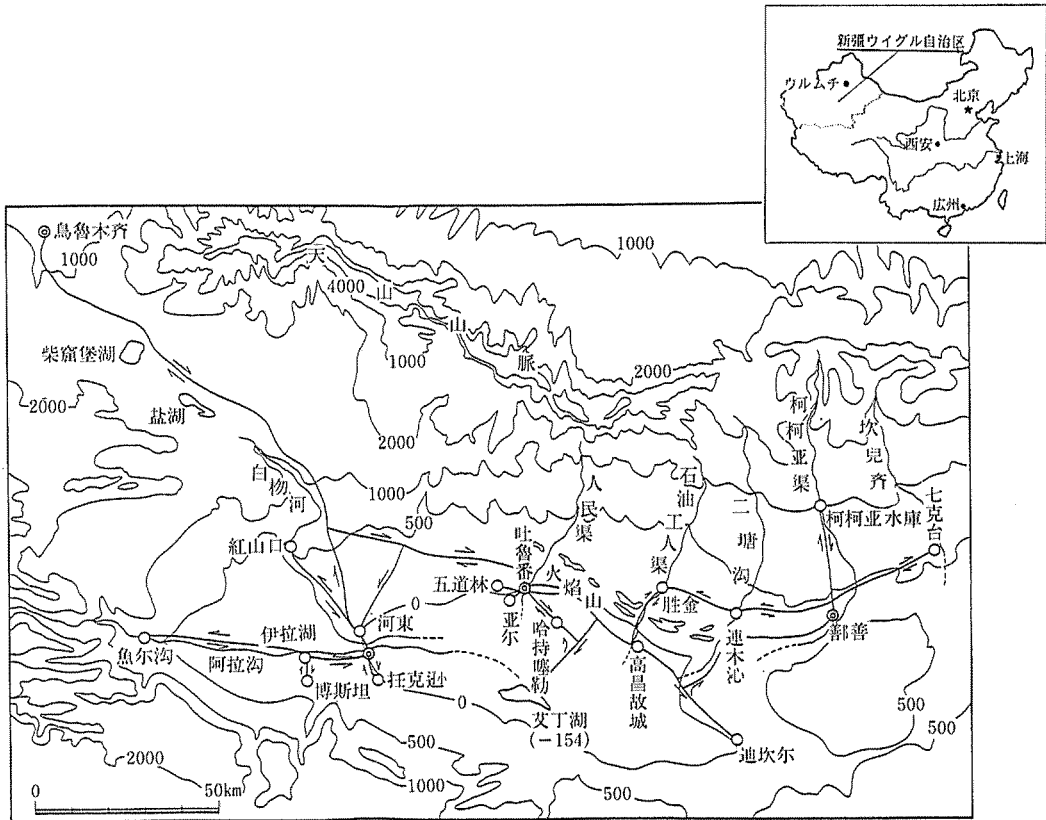


Fig. I-1 The Trail by the Troop

とであった。中国の国情から外国へは公表できぬ規則なのでいたしかたない。地図抜きの現地調査というものが、いかなる状況をもたらしたかは以下の本文で御賢察願いたい。また、ある時は文学的表現でもってなされる説明に戸惑を感じることもあった。

ともかく旺盛かつ多方面な質問を中国語へ、さらにウイグル語へとの通訳も激務であったことは確かである。ために互いに応答の疎通を欠いて隔靴搔痒の念もなきにしもあらずであったが、不十分を承知で調査と聞き取り結果をここにまとめた。水源であるカレーズからの流量と畑への灌漑水量、またカレーズの掘削土量と掘削距離の検算などに、時として不整合が見られる。細部の詰めに関しては日を改めて論じたい。また聞き取り数字に隊員間の不一致があった。それらは見苦しい記述だが併記して [?] をつけた。御寛恕願いたい。

## 2. カレーズとは？

カレーズとは沙漠の中にあるオアシス（緑州）の水源を地下水に求め、山地に向けて地下に長大な集水暗渠を素掘りで掘り進める横井戸である。その掘削距離が長いために施工の方便として、横井戸から地上へと多くの竖井が掘抜かれる（図II-4参照）。掘削土砂の搬出、いわゆるズリ出しの便と、空気・明り採り、さらには職人や道具・食料の出し入れのためでもある。

この横井戸型地下水集水施設は世界の乾燥地帯に広く散見できる。たとえば、新疆省の西隣りのアフガニスタンでも新疆とおなじようにカレーズといい、続くイランではカナートと呼ばれる。アラビア半島に渡り、その先端はオマーンではファラジ。さらに西に行ってサハラ沙漠ではその名もフォガラとなり、スペインから大西洋を渡り南米のペルーまで分布するといわれる。

東へは中国新疆省の西域南道や天山南路、おなじく天

山北路、いわゆるシルク・ロードに沿う山麓や扇状地に掘られ、それは省の東端ハミ（哈密）にまで続く。カレーズとは古来から新疆省に在住しているウイグル族の言葉であるが、中国名では坎兒井（カンアルジン/カンアルチン）、または略して坎井（カンジン/カンチン）があげられている。

アジア大陸東方面で報告されている大型のカレーズは新疆のハミまでであるが、これを小規模にした地下水集水施設が日本の鈴鹿・養老山系の山麓・扇状地に、マンボとして存在することは知られて久しい。また、韓国全羅南道にも万能沢（マンヌンボ）として、似たような横井戸が存在するという報告もある<sup>2)</sup>。

### 3. トルフアン（吐魯番）<sup>3)</sup>・ハミ（哈密）盆地の気象・水文条件

#### (1) 気象

調査はカレーズが広く分布する新疆省の中でも、トルファン・ハミ盆地に限って行った。もちろんカレーズの分布の濃いところという他に、調査費・調査日程からの制限もある。さらには、いわゆる開放区、つまり中国政府から外国人の立ち入り許可が出ていない地区での調査はまず不可能なためである。両地区の気象条件を簡単に記しておく。以下、数表等で有効桁数が揃っていないのは、資料ではなく聞き取りに基づくためである。

表 I-1 トルフアン沙漠植物研究ステーション (°C) の蒸発と降水

年平均蒸発高：2,000
年平均降水高：16（最大25 最小8）

ステーションは1972年設立

表 I-2 トクスン水電所 (°C, °) の気温・蒸発・降水

年平均気温：13.8（最高48 最低-25.5）
年平均蒸発高：3,440（最大4,100）
年平均降水高：6.3（最大22.0 最小0.6）

水電所は水利庁の支所で水利と発電を扱う

トクスン（托克遜）県はトルファン・ハミ盆地の西端にあり、中央部にある植物研究ステーションと比べ、おなじ沙漠でも表のようにその気象は場所でかなり違う。

もっとも植物研究ステーションでも、鋭意進められている育成試験による植生がなければ年間蒸発高は3,000<sup>4)</sup>におよぶ。また [年平均降水高] とのよう平均処理されているとはいえ、例えばトルファンに降る降水は春と夏の数日、朝にわずかにパラつくか、一日中霧雨のように降るていどのものである。

表 I-3 ハミ水利局の降水と蒸発 (°/日)

年降水高（1950年）	13
(1964年)	9.6
平均日蒸発高	8.2

#### (2) 風

その他に留意しておかねばならない気象条件として大風がある。大風はカレーズにも農業にも大きな支障をもたらす。トルファン・ハミ盆地では1961年に中国の分類でいう12級（40<sup>5)</sup>/秒以上）の大風が吹いた。作物は全部飛んでしまい、表土は10<sup>6)</sup>もなくなり、死者も出たし羊も死ぬという大風であった。小麦が飛ばされた後にはコウリヤンを植えてしのいだ。もちろんカレーズも後述する竖井から土砂が入り、そのため埋没し流量は大幅に減少した。



Photo I-1 河東郷の防風壁  
水は用水路から意図的に流されている

盆地の中でも、とくにトクスンでは風が強い。1979年以來、24<sup>7)</sup>/秒以上の大風が毎年1回吹く。それほどの大風でなくとも7<sup>8)</sup>/秒以上の強風が年平均108日も吹く。詳細は後述するがトルファン・ハミ盆地では地下水位の低下が生じており、その影響でトクスンでは植生の

枯れが促進されているらしい。そして、この植生の枯れが原因でトクスンでは強風の日が増え、それは年に120日にも達したという（トクスン水電所）。またトクスン県の風の通り道はかつて4本だったが、今では14本にも増えたとの解説であった。

春3月から4・5・6月にかけて吹くこの大風は、以前にも増して村や農地への風砂の影響をさらに強くしつつある。防風対策としては防風林はもちろん、防風壁も造られている。防風壁は当初は風に直角に据えたが、これでは壁の両端から砂が中に舞い込むことが分かった。そこで風に対して45度のA型が、トクスンの河東郷とトウティ郷で試されている。

(3) 河川水文

トルファン・ハミ盆地の河川水文状況について「天山山体演化」（中国科学院新疆地理研究所<sup>49</sup>）を引用してみる。

トルファン・ハミ盆地はわが国の陸地で最も海拔の低いところであり、この特殊な地理環境はそこをひとつの独立した水系区域にしている。この水系区域は哈爾里克山・巴里坤山・博格達山南斜面の河流、天格爾山東部の河流を包括し、計45の河川で年間流出量は19.2億立方<sup>50</sup>である。盆地水系地域は海拔-154<sup>51</sup>のアイティン（艾丁）湖と海拔81<sup>52</sup>のハミ疏勒諾爾の2ヶ所に集水区域を形成し、（中国の分類

で、筆者注）準1級水系をなす。トルファン盆地水系は白楊河・阿拉溝・大河沿子溝・塔爾朗溝・煤窟溝・二塘溝と柯々牙溝などからなる。トルファン盆地の一番低い地点は博格達山に遠く、その上、火焰山・鹽山など博格達山の手前にある低い山帯にへだてられるため、博格達山から河流が運ぶ送流物質は、まずこれら低い山帯の北部を東西に走る盆地に堆積する。山帯の南部は送流物質の生成源が少なく、それがまた細顆粒なのでアイティン湖低地は堆積量が比較的少ない。さらに、この低地は長期にわたって沈降状態にあるので、湖面は海面以下となり国の中でも最も低いところとなっている（図I-2）。ハミ盆地水系は哈爾里克山・巴里坤南斜面の29の小河川を有し、流域面積は8.1万平方<sup>53</sup>である。こちらは途中で山帯がないので山地からの河川は直流し、山麓で広大な沖積-洪積傾斜平原を形成している。

トルファン・ハミ盆地に流れ込む河川は山地から出ると地下に伏流してしまうので、当地の人々は水源を開発するため古くから独特の引水工事-坎兒井の掘削を行った。坎兒井（の豎井、筆者注）は地面に低い墳丘として等間隔に点在し、山裾から（複数が、筆者注）平原に向かって放射状に分布するので非常に目立つものである。

上の文でいうボゴダ（博格達）山手前にある低い山帯を

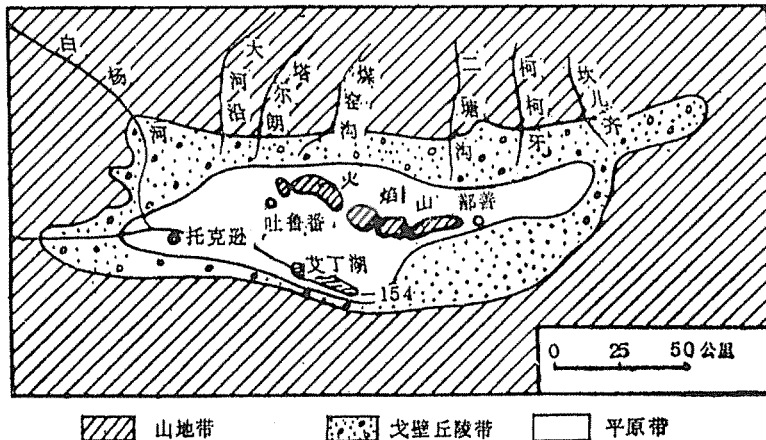


Fig. I-2 The Sketch of Turpan River Basin Topology

(By Xinjiang Geograpy Institute)

吐魯番盆地水系与環形地貌略圖

(中国科学院新疆地理研究所「天山々体演化」)

なす火焰山には小さなダム（水庫）が2,3築造されている。天山からトルファン方面へ導水する人民渠に付帯して葡萄溝水庫、それと石油工人渠から導水する火焰山水庫と高昌水庫である。白楊河にも白山、紅山の水庫があるが、これらダムについては『VI-3』に後述する。

河川流量はそれぞれの河川が形成する扇状地扇頂附近で、流速計による流速に流積をかけて求められている。測定は各水利局の水文ステーションの担当である。カレーズの流量も水利局がすべて管轄しているらしいが、今回の調査は科学院が現地段取を担当したので、これら具体的な河川資料の収集は次の機会に回すこととなった。

#### 4. 農 業

中華人民共和国が成立した1949年、いわゆる解放後から現在に至る間にトルファンの各地区で人口は2～3倍となり、畑面積も倍となった。農業はすべて灌漑農業である。農産物は「糧食」といわれる小麦・コウリヤンなどの穀物と綿花が全体的な主産品で、西瓜や甜瓜（いわゆるハミウリ）とブドウが地区によっては盛んに栽培されている。この状況をトルファンの隣のシェンシェン県（鄯善/ピチャン）についてみたのが次表である。

表 I-4 シェンシェン県の人口と農業

	人 口	畑
1957年前*	5 万人	15万畝
現在	14.7	32

シェンシェン県水利局による

シェンシェン県での主作物は小麦・コウリヤン・綿花・ブドウである。解放後は綿花とブドウの栽培面積が増えた。面積の増えたのはそれまでのカレーズ灌漑に加えて、河川水とポンプの導入による灌漑水量増による。

ハミでは解放直後には混乱のためカレーズの流量が減少した。それでも面積は増えたという。これはそれまでカレーズを所有していた地主の畑が整理統合され、無駄な配水ロスがなくなったことによる増がある。また開畑もある。ただしこの開畑はほとんどがコウリヤンとト

ウモロコシである。ということはまだ地味や水に不足のある耕境が開拓されたのであろう。解放前の作目は主として小麦、そしてコウリヤンとトウモロコシであった。

作付面積をトルファンのヤル（亜爾）郷（人口4万人、面積8万畝）の数字で少し詳しく見てみよう。「郷」、もしくは「郷鎮」とは中国の行政区画である省一地区一特別市・市一県に次ぐ行政単位で、旧の村落、または数村に相当する。この下にさらに日本でいえば旧の小さな村、または大字にほぼ相当する基本単位の生産隊がある。108の生産隊で構成されるヤル郷の農地面積の内訳は次表のようになる。

表 I-5 ヤル郷の作付面積（万畝）

畑5	ブドウ 2.8	綿花 1.8	蔬菜とスイカ 0.4
2毛作含む延べ面積			

ヤル郷もそうであるが、トルファン・ハミ各郷の作付面積は毎年固定したものではなく、その年の灌漑水量の範囲で作物の作付が按分される。灌漑水量が年変動する理由は後述するが、その年の気象によって生起する洪水利用と、天災・人災によるカレーズの事故などが原因となる。

ヤル郷の綿花の50%は高品位とされる長繊維品種であるという。トルファン附近で綿花が普及したのは綿花センターが設立され、農家への指導に力が入れられたのが大きい。綿花は1979/1980年では中国は世界一の輸入国であった。それが数年後の1984/1985年には世界一の輸出国となり、世界貿易市場の一大パワーとなっている。そのせいか、こここのところ農業では綿花が一番金になるという（トルファン勝金郷）。

表 I-6 大泉湾郷の麦の収量と畑・牧畜収入

小麦	最大 800 <sup>kg</sup> /畝	平均380 <sup>kg</sup> /畝
大麦	〃 550	〃 375
1 農家の平均畑年収入	20,000元	
同 牧畜年収入	60,000—70,000元	

大泉湾郷役場による  
参考、郷長の年収2.3万元。小麦の化学肥料80<sup>kg</sup>/畝

\* 以後しばしば1957年が以前の状況を示す年度にとられる。これは中国の国家第1次5ヶ年計画の最終年であるとともに、その前年1956年末に公私合営化が完成し中国の社会主義的改造の達成をみた。すなわち1957年は社会主義中国の実質的な元年である。また面積の基本単位である畝は6.667<sup>坪</sup>に相当する。

トルファン・ハミ盆地の主作物である麦はどうであろうか。ハミ大泉湾郷でみてみよう。

この小麦の生産性は気象条件の悪いトクスンになると平均200<sup>kg</sup>/畝まで下がる。トクスンでは今年（1988）は農業の開始時期に大風が吹いた。それでもって小麦は3回も蒔きなおさねばならなかった。さらに毎年5月に熱風が吹いて小麦が枯れるので、トクスンの農業生産性は低くならざるをえない。またトクスンでは用水の需給バランスがよくなく、とくに春の農作業開始時に水が少ないのも生産性向上のネックである。次にトクスンでの農作物の作期を一覧しておく。

表 I-7 各作物の作期（トクスン県）

小麦	2月末—6月末
綿花	4月初—10月
瓜	4月—10月
コウリヤン	5月（一期）— 7月（二期）小麦の後作

トクスン水電所による

トルファン・ハミ盆地での農業は、だいたい10月で終わる。冬場の農家は堆肥作りや水利施設の改修と休息で過ごす。金肥は早くから入ってきており、よく使っている。農業収入の経年変化をシェンシェン県の例で見てみよう。対比のために同県の郷鎮企業（農村工業）収入も付記しておく。

表 I-8 シェンシェン県農業と郷鎮企業の収入経年変化

年	農業収入	郷鎮企業収入
1983	419万元	253万元
84	360	436
85	506	499
86	573	619
87	847	688

シェンシェン県資料

先述のようにその年の灌漑水量や風などに影響され、変動は激しいものの農業収入は確実な増加基調にある。

## II カレーズの概要

### 1. 形態

新疆のカレーズの一般形態を図II-1に示す。横井戸掘削距離の平均は新疆省で3—5<sup>m</sup>、最大のものは10<sup>m</sup>以上にもなり、最小は1<sup>m</sup>未満とごく短く長ささまざまな規模がある。横井戸に付帯する堅井はカレーズの際だった特徴とされ、その数は新疆の平均的な1本のカレーズで100ぐらいにも達する。堅井の最大深さはトルファン・ハミ盆地では100<sup>m</sup>を越す。平均的なカレーズでも堅井の最大深は50<sup>m</sup>前後である<sup>5)</sup>。

カレーズの基本形態は横穴1つで地下水脈目指してゴビの地下を掘り登るが、中には水源量の増加を意図して上流で横穴をY字型に開くものや、落盤で埋まった隣のカレーズから横導水するものもある。

堅井の掘削、さらに横井戸の掘削で揚げられた土砂は、堅井の地表開口部（井口、チンコウ）の周りに捨てられ、湯飲みを伏せたような大きな盛土を形成して残る。地面が茶と黒で彩られる平坦なゴビ（戈壁）に立つと、カレーズのあるところでは大きな盛土が点々と、はるか山麓めがけて一直線に走るのが見れる<sup>6)</sup>。

点々と盛土が続く反対方向の先は、主として白楊の植林による防風林の緑が、カレーズの水を利用するオアシスの位置を知らせてくれる。オアシスの生産隊/村落は通常一本もしくは複数のカレーズを水源として所有し、カレーズには村の名がそのまま被せられていることが多い。カレーズを村落間で共用している例はまずないようである。

トルファン盆地の地質・地形生成過程と関係するが、現地ではカレーズを掘る場所の土質によって、「砂のカレーズ」と「土/泥のカレーズ」とに便宜的に二分している<sup>7)</sup>。しかしカレーズそのものの構造は異なるものではない。「砂のカレーズ」とは山麓から続く砂礫層、いわゆるゴビに掘られたものをいう。「土のカレーズ」はゴビからさらに盆地中央の最低位部にかけて堆積したシルト質土に掘られたものをいう。このように掘削場所の土質によって便宜的に分類されるものの、一本のカレーズは長く、上流部の「砂のカレーズ」から下流オアシスのある附近で「土のカレーズ」へと移行するのが一般形態である。

おおまかにいえば、カレーズはゴビ上流部の砂礫層で



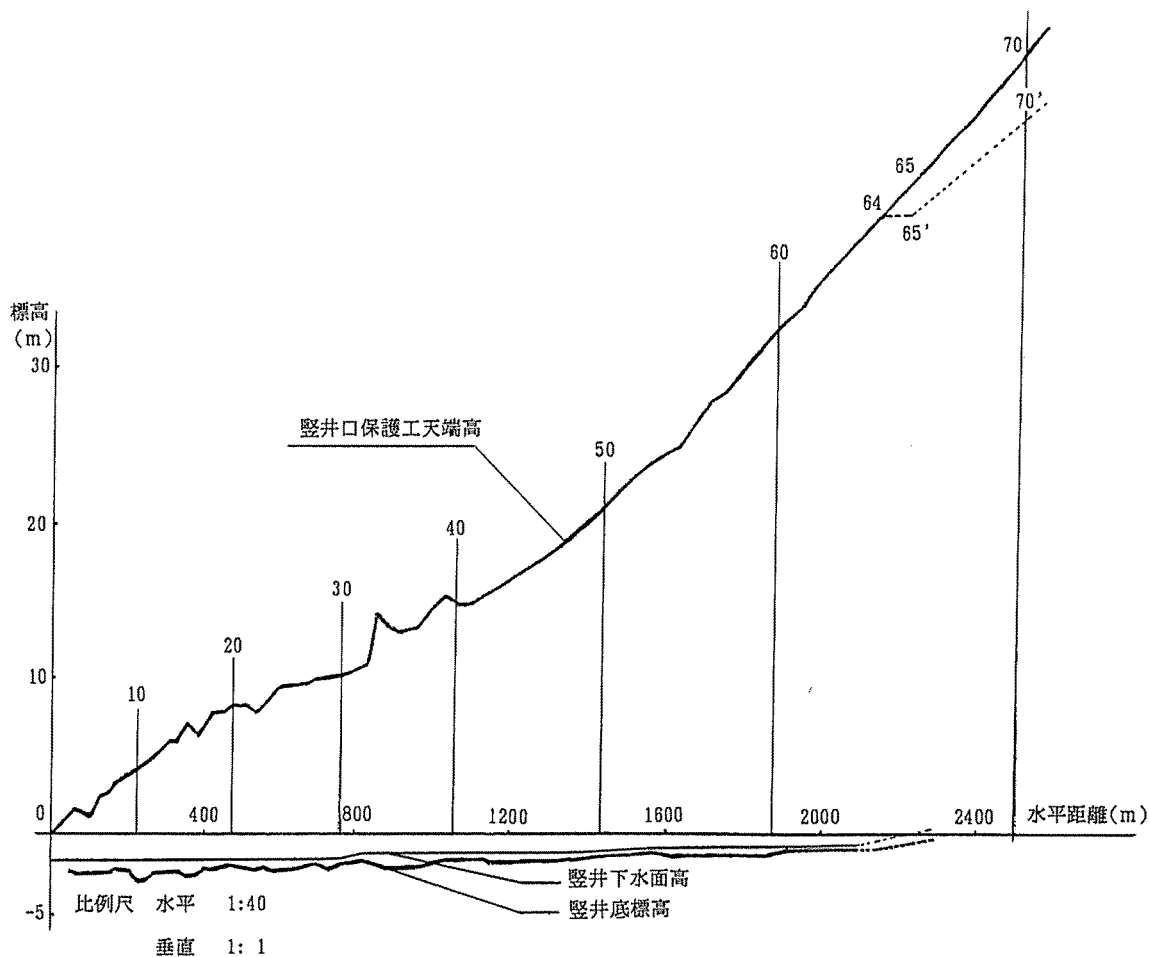


Fig. II-1 (A) The Longitudinal Section of Wudaolin Karez in Turpan  
(Surveyed by The Troop)  
五道林カレーズの断面測量図 (調査隊)

地下水を集水して、村や畑がある堆積土地帯のオアシスへと水を運ぶ。もちろんカレーズは「土」だけのものもある。これらは堆積土からなる盆地低位部附近という地形条件のため、その土被りは浅い。したがって「土のカレーズ」は地下水の集水条件が「砂のカレーズ」よりも不利になる上に、日中の地表部への熱射の影響を受けるからか、地下水そのもの水温も高くならざるをえないところもあるようである。そして土のカレーズはより上流にあるカレーズからの灌漑用水の浸透水も集水して地下水に加え、それら用水量に見合った畑を抱える村落を形成している<sup>8)</sup>。

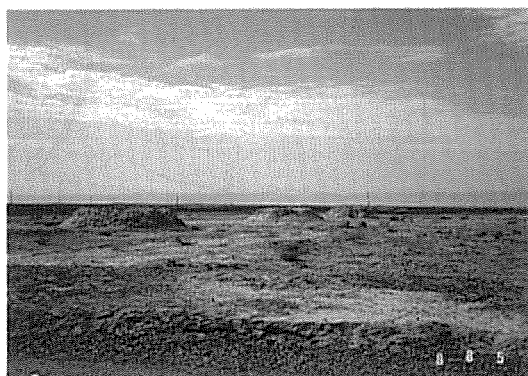


Photo II-1 恰特喀勒郷附近のカレーズ竖井の列はるか後方は火焰山

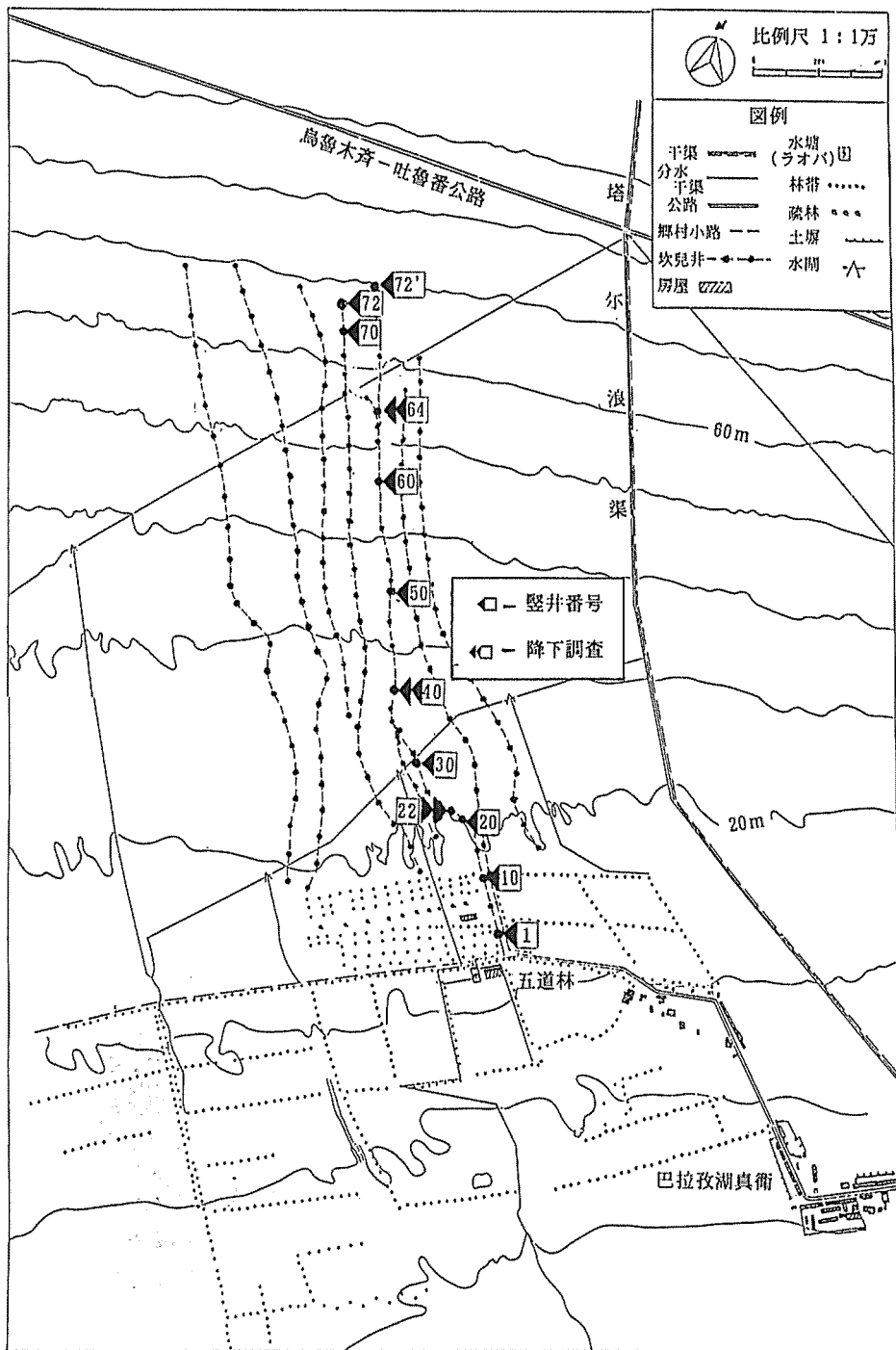
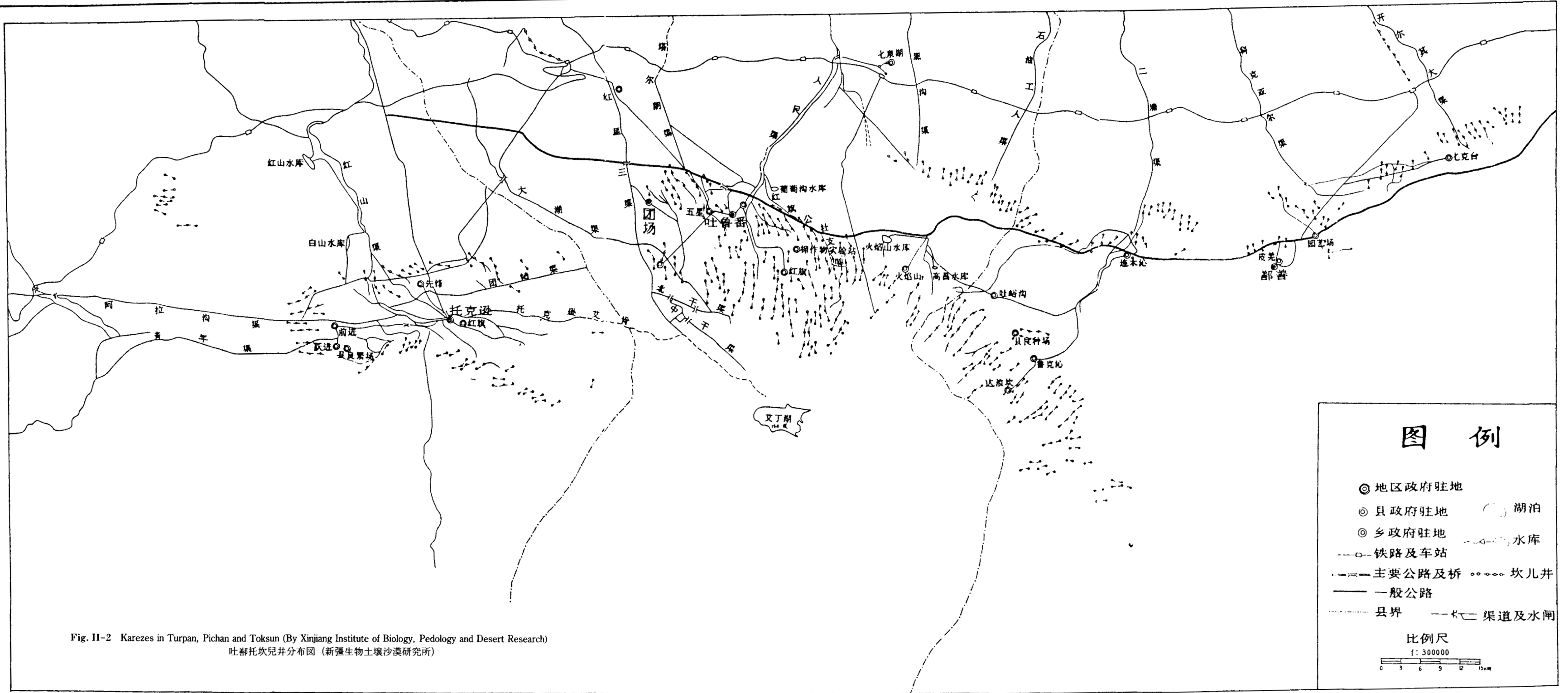


Fig. II-1 (B) The Ground Map of Wudaolin Karez System in Turpan  
 (Surveyed by Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research)  
 五道林カレズ水利の平面測量図 (新疆生物土壤沙漠研究所)

# 吐鄯托坎儿井分布图



## 图例

- ◎ 地区政府驻地
- ◎ 县政府驻地
- ◎ 乡政府驻地
- 铁路及车站
- — — 主要公路及桥
- 一般公路
- · — · — 县界
- 湖泊
- — — 水库
- · · · · 坎儿井
- — — 渠道及水闸

比例尺  
1:300000

0 3 6 9 12 15 km

Fig. II-2 Karezes in Turpan, Pichan and Toksun (By Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research)  
吐鄯托坎儿井分布图 (新疆生物土壤沙漠研究所)

2. 用 途

カレーズの用途は生活用水と畑用水（家畜の飲料も含めて）との共用のものと、畑用水のためだけのものがある。トルファンのカレーズは全畑地の1/3にあたる18,000<sup>㊦</sup>（27万畝）を灌漑していて、水資源に乏しい沙漠では極めて重要な水源施設であることが理解できよう。また生活と畑の共用とはいっても、飲用・洗面・洗濯などの生活用水はカレーズの出口近くの清浄な水が利用され、用水はその後に水路を流下して畑に回される。かなり人口が集中してきてた市部では、カレーズの水が生活用水のためだけに利用されるところもでてきたようである<sup>9)</sup>。

3. 分布と本数

(1) 分布

図II-2に新疆生物土壤沙漠研究所作成のトルファン・シェンシェン・トクスン（吐鄯托）でのカレーズの詳細な分布を、さらに図II-3は2を簡略化して推定等高線を書入れて示す。両図から分布の特徴を拾い上げると

- 1) 火焰山の南北斜面裾に多い。
- 2) 火焰山南部では斜面裾よりも、さらに中央部へ下がった低い位置にもある。
- 3) トルファン西部の阿拉溝山地にも多い。

大局的に見るとカレーズ群は水源であるそれぞれの沢から放射状にオアシスに向けて走っている。本論から逸れるが、トルファンの古くからのオアシス群が砂礫と堆積土の境界、ほぼ海拔0<sup>㊦</sup>から100<sup>㊦</sup>のところまに位置するのが注意を引く。例えばトルファン市は100-120<sup>㊦</sup>の標高である。もちろん海拔0<sup>㊦</sup>からアイティン湖へかけての海拔下にもオアシスおよびカレーズはかなり存在する。これらオアシスの開発過程も興味ある課題といえよう。

(2) 本数

トルファン・ハミ盆地で、カレーズの本数と総流量の経年変化を記録したのが次表である。

トルファンのカレーズの本数は漸減傾向にある。『I-3, 気象条件』で述べたように1961年に12級（40<sup>㊦</sup>/秒以上）の大風が吹いた。トルファン盆地の土が約10<sup>㊦</sup>もなくなるほどのもので、このときにカレーズは殆どが埋まった。1966年-1979年は文化大革命の期間で維持管理に手が回らず724本しか残らなかった。その後、人民公

表 II-1 トルファン地区のカレーズの本数と総流量 (m<sup>3</sup>/s) の経年変化

年	本 数	総流量	備 考
1949	1,084	17.64	
57	1,237	17.86	
61	1,089	18.53	40 m/s 以上の大風が吹く
62	1,174	18.57	↑
66	1,161	20.95	文革
73	938	16.13	↓
79	724	14.06	
86	813	14.63	
87	861	—	

トルファン水利局調べ。涸渇したカレーズも含む？

社や水利局が改修や掘削を行い、本数は少なくなったが水量としては増えてきている。

ハミ水電所によれば1957年にはカレーズの総延長は5,000<sup>㊦</sup>で水量も多かった。そして調査洩れのあるカレーズも多い。例えばダムを造るときに深く掘ると古いカレーズが出てくるがあったという。これらカレーズでは涸渇したものもあり、1987年調べで流れのあるカレーズは129本と数えられた。

表 II-2 ハミ地区のカレーズの本数と総流量 (m<sup>3</sup>/s) およびその灌漑可能面積 (畝) の経年変化

年	本数	総流量	灌漑可能面積
1950	500	6.24	61,400
1956	455	—	—
1964	430	5.93	80,000
1979	370	—	—
1981	185	1.81	—
1982	280	—	—

ハミ水電所調べ。ただし、涸渇したカレーズも含む。

最上段1950年は解放前の数字。  
61,400畝はハミ農地総面積の約1/3にあたる。

1981年の数字であるが、ハミ県のカレーズの分布を郷ごとに較べてみよう。

これら各郷にはカレーズの他に泉もあり灌漑水源として利用されている。しかし、カレーズの本数は各郷が所有している泉の数とは関係がないらしい。それと郷ごとにカレーズの数が大きく異なる。郷の歴史が古いところ

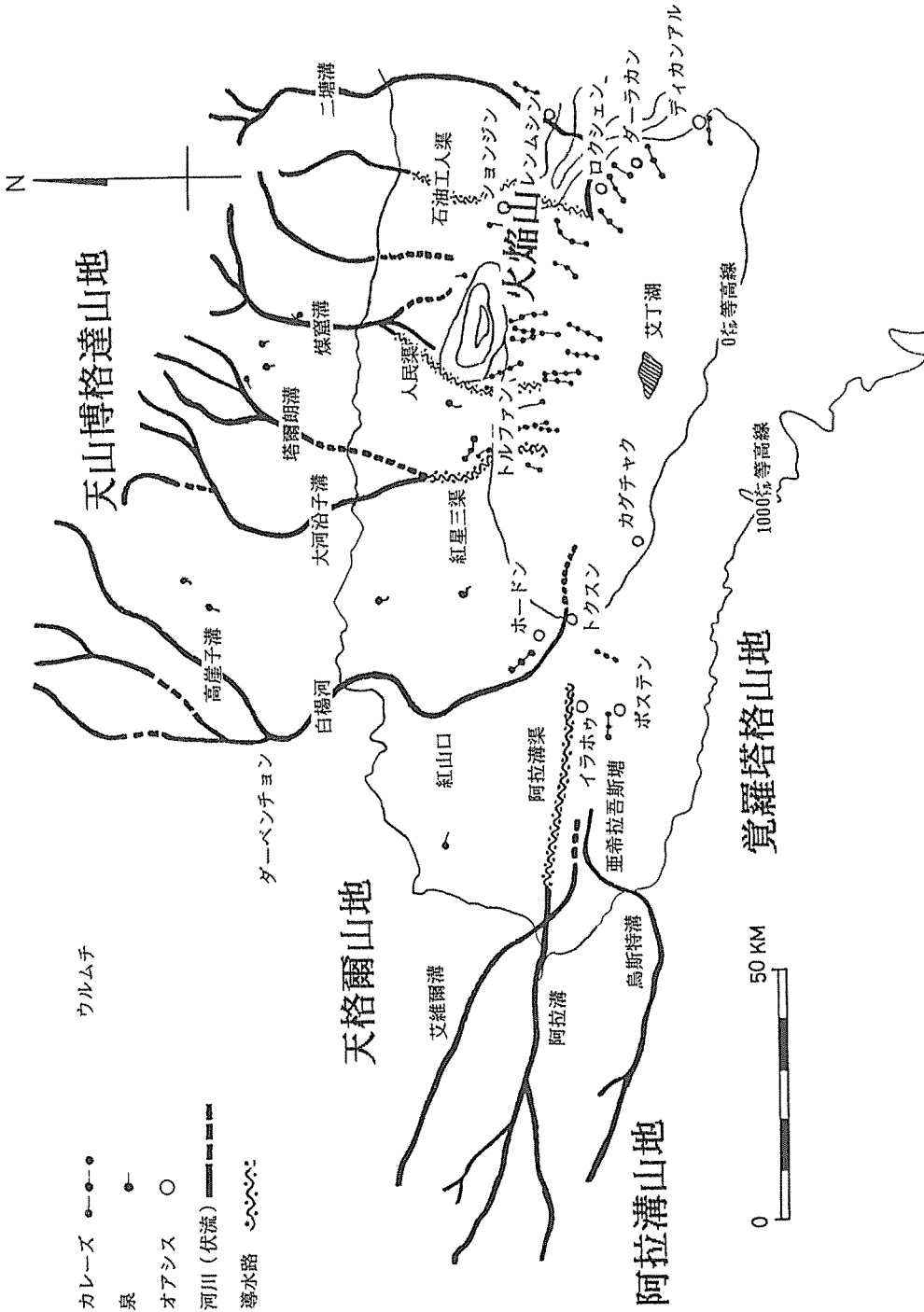


Fig. II-3 Karez and Rivers in Turpan (By KIMOTO)

トルファン地区のカレーズ分布 (木本)

資料 山東省地圖出版社「新疆维吾尔自治区地圖」

中国国際旅行社吐魯番支社「吐魯番旅游圖」

表 II-3 ハミ各郷にあるカレーズの本数 (1981)

泌城	67(57)	大泉湾	10	二堡	53
五堡	53(52)	七角井	2(7)	柳樹	2(7)

( ) 内は別途開取り数。計187本 (186本)

は地下水量も多い。ということは逆にその水源でもって早くから開発されたということでもある。カレーズが少ない郷は農業生産力も低く、人口・畑が少なく地下水位も低いということがいえそうである。

いずれにしてもトルファン・ハミ盆地では、開畑の可能性のある土地は現段階の水資源でもって広げられるだけ拓かれてしまっている。したがってこれ以上のカレーズによる畑面積の増加、つまりカレーズの新設は無理な段階にきているらしい。たとえばトルファンでは近年に新しいカレーズの掘削はない。すべて掘り増しである。ハミでは新規掘削がある。これら掘り増しも、新規掘削も土地生産性の向上を目指しての流量増という意図を持つようである。掘り増しについては『V-2、カレーズの維持管理』の節で述べる。

#### 4. 流 量

1967年、1973年、1980年それぞれに、トルファン水利局は管内で計3回のカレーズの流量悉皆調査をした<sup>10)</sup>。その結果、一本のカレーズから出る流量は普通10-20 $\frac{\text{L}}{\text{s}}$ を越す。最大のもは150 $\frac{\text{L}}{\text{s}}$ 、最小のものは日0.5畝の灌漑で牛が飲めば出なくなるぐらいのわずかな量であると整理された。今回の調査で測定した流量と水質を表II-4、5に一覧にしておく<sup>11)</sup>。

カレーズの水源は地下水であり、基本的にはその流量変動は少ないはずである。しかしながら実際は突発的な事情で流量はかなり変動している。その例をトルファンの一村落である紅旗公社の大坎といわれるカレーズの記録で表II-6に示しておく<sup>12)</sup>。

#### 5. 構造と漏水

カレーズの構造の名称を中国の用語でもって図II-4に整理しておこう。図は砂のカレーズ(番号7, 以下「番号」省略)の典型を示している。ポイントとなるのは地下水面(9潜水面)である。カレーズの暗渠部が地下水面よりも下にあれば、地下水が暗渠に流入してくる。

表 II-4 カレーズの流量 (立方メートル/秒), その他の実測記録

カレーズ	月 日	流 量	水温 $^{\circ}\text{C}$	pH	備 考
アスカラジ坎	8/ 3	0.026	17.8	8.30	
ミマーズ坎	3	0.060*	18.4	8.30	*水路が直角に曲っている
ルーズ坎	3	—	—	—	堅穴に吊るした不安定な計測
紅旗公社	5	0.038	17.7	8.03	水路で測定。設計流量0.070
ズオンカ	12	0.049	17.7	8.14	園芸場のカレーズ
小坎兒	13	0.068	18.3	7.80	
ハーバー坎	13	—	17.7	8.52	
宇伍都約坎	13	0.092*	17.7	8.22	*水路断面不整形につき参考
縣長家坎		—	18.3	8.60	
甯不台古坎	14	0.066	17.0	8.47	
馬場坎	14	0.041	18.5*	8.45	*出口でなく水路で測定
都路紅坎	14	0.175	17.1	8.38	
トワンジェ坎	17	0.020	16.8	8.44	
タシュメット坎	18	0.083	16.5	8.02	
オイマン坎	18	0.134	17.8	8.04	
大朶坎	18	0.040	17.3	8.37	
克恰克瓜坎	19	0.072	22.2	8.30	
アイティン湖	5	—	37.4	7.12	
阿拉溝土砂吐	17	—	16.1	8.74	

表 II-5 新疆生物土壤沙漠研究所  
采樣日期：

分析号	采深地点 樣度点	gr/l								
		干涸 残渣	全盐	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>
1	艾斯卡 瓦基	0.216	0.237	0	0.083	0.027	0.058	0.022	0.005	0.042
2	米五馬吉	0.160	0.190	痕	0.090	0.014	0.034	0.018	0.008	0.026
3	五量鄉 南承压水	0.168	0.172	痕	0.045	0.016	0.049	0.014	0.005	0.043
4	阿不都熱 夜木坎兒井	4.260	3.568	0.030	0.450	0.436	1.572	0.111	0.149	0.820
5	艾丁湖 地下水	364	343.77	0	0.750	175.76	36.017	0.084	0.184	130.970
6	紅旗公社二大 隊80 m 坎兒井	0.892	0.811	0	0.098	0.144	0.324	0.101	0.027	0.117
7	紅旗公社二大 隊坎兒井	0.648	0.677	0	0.143	0.102	0.227	0.062	0.016	0.127
8	棉作 大坎兒井	1.096	0.866	痕	0.072	0.283	0.243	0.157	0.041	0.070
9	五道林 64号豎井	0.316	0.284	微	0.108	0.027	0.067	0.026	0.008	0.049
10	五道林 40号豎井	0.256	0.279	微	0.105	0.029	0.066	0.026	0.008	0.045
11	五道林 22号豎井	0.236	0.232	微	0.057	0.030	0.062	0.026	0.008	0.048
12	迪坎鄉 第一号坎	0.444	0.467	0	0.080	0.100	0.137	0.023	0.008	0.119
13	迪坎鄉 第二号坎	0.556	0.577	0.013	0.092	0.122	0.160	0.017	0.008	0.166
14	連木必鄉 写昆坎兒井	0.148	0.168	0	0.090	0.015	0.018	0.026	0.005	0.014
15	七克台鄉三大隊 三小队小坎兒井	0.332	0.334	微	0.135	0.031	0.075	0.035	0.009	0.049
16	阿拉溝	0.160	0.165	0.015	0.051	0.014	0.026	0.039	0.008	0.012
17	波斯埋鄉 团结坎兒井	0.260	0.282	0.007	0.108	0.027	0.062	0.043	0.010	0.025
18	河東鄉 八大隊	0.408	0.451	0.019	0.153	0.048	0.098	0.058	0.011	0.064
19	南湖大隊 排水溝	1.344	1.34	0.015	0.270	0.206	0.444	0.099	0.047	0.256
20	克其克達卡 坎兒井	0.828	0.764	痕	0.093	0.168	0.263	0.048	0.026	0.166
21	哈密二堡 三大隊二小队	0.120	0.125	0	0.072	0.007	0.013	0.018	0.003	0.012
22	哈密二堡 六大隊四小队	0.160	0.154	0	0.045	0.021	0.031	0.015	0.003	0.039
23	哈密大泉 灣坎兒井	0.160	0.172	0	0.066	0.017	0.024	0.031	0.004	0.030

土壤室土壤塩分分析報告表  
1988年8月30日

m·e/l							PH	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	電導率 (10 <sup>-3</sup> mho, 25°C)
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>			
0	1.353	0.774	1.204	1.075	0.430	1.826	7.7	17.54	0.443
	1.476	0.387	0.699	0.914	0.645	1.126	8.0	19.94	0.330
	1.476	0.464	1.021	0.699	0.376	1.886	7.8	16.86	0.368
0.984	7.380	12.281	32.752	5.536	12.201	35.66	8.2	24.36	7.167
0	12.30	4951.04	750.35	4.300	15.050	5694.34	7.3	9.10	48.660
0	1.599	4.061	6.751	5.074	2.236	5.101	7.7	21.98	1.697
0	2.337	2.862	4.73	3.118	1.290	5.521	7.5	21.78	1.320
0	1.181	7.768	5.053	7.826	3.354	3.022	8.10	16.18	1.933
0	1.771	0.774	1.398	1.290	0.538	2.115	8.20	18.22	0.528
0	1.722	0.813	1.376	1.290	0.645	1.976	8.20	18.92	0.528
0	1.919	0.832	1.301	1.301	0.645	2.106	8.30	20.28	0.528
0	1.304	2.804	2.849	1.129	0.645	5.183	7.65	20.96	1.037
0.443	1.501	3.443	3.333	0.860	0.645	7.215	8.30	21.64	1.254
0	1.476	0.425	0.376	1.290	0.376	0.611	7.85	14.94	0.311
	2.214	0.870	1.559	1.774	0.753	2.116	8.15	17.54	0.604
0.492	1.073	0.387	0.538	1.935	0.645	0.510	8.20	9.36	0.377
0.246	1.772	0.774	1.29	2.161	0.849	1.072	8.20	14.94	0.509
0.640	2.509	1.354	2.043	2.881	0.882	2.783	8.20	15.68	0.858
0.492	4.428	5.802	9.245	4.945	3.870	11.152	8.30	23.00	0.255
0	1.525	4.738	5.483	2.419	2.096	7.231	8.15	11.84	1.650
0	1.181	0.193	0.269	0.914	0.215	0.514	8.20	15.86	0.205
0	1.476	0.580	0.656	0.753	0.247	1.712	8.20	13.08	0.360
0	2.165	0.484	0.505	1.559	0.290	1.305	8.20	14.64	0.350



表 II-6 紅旗公社大坎の流量経年変化

年	流量/秒	備考
1852	3	口承から推定される初掘
1952	30	初掘者の子孫が掘り進む
1985	0	落盤で水が出なくなる
1986	126	落盤による堆積土砂を除去
1988	70	水電所の測定

紅旗公社調べ

その部分は集水（1進水）部分にあたる。地下水面が暗渠よりも下になれば地下水の流入はなくなり、暗渠は集水した地下水を導水（2輸水）する機能しかもたない<sup>13)</sup>。暗渠出口（10）からオアシス（6）までは明渠（3）が続く。明渠に出た流れは一般的にオアシスの入口付近で小さな調整池（5）に貯溜される。図では明渠以下の部分が堆積土層（8）となっているが、ここにカレーズが掘られたならば土/泥のカレーズとなる。暗渠掘削土砂は堅井（4直井）から搬出される。

さて、暗渠の勾配にも関係するが、この図から分かるように地下水面が高いと暗渠の集水部分が長くなり、導水部分は短くてすむ。逆に地下水面が低いと導水部分が長くなってしまふ。透水性のいいゴビでは地下水の集水は容易であるが、それだけに導水部分が長くなればなるほど浸透損失もまた大きい。地下水面の高さがカレーズの水源量に決定的な役割を演じているのが理解できよう。

表 II-7 五道林カレーズの流量と浸透損失 (流量/秒, %)

測定堅井点	出口	22号	40号	64号
累積距離 (km)	0	530	1590	2090
測定日	8月9日	—	—	22 28
と流量	同 10日	(15)	20	—
区間損失率		(25)	9	21
累積損失率		(46)	29	21

注、64号堅井から上流はY字型に開く。したがって2方向からの流量、それぞれ15流量/秒と13流量/秒の合計が64号点での合計流量となる。なお堅井の最遠点は71号で、出口から2458mの距離になる。

出口上流の分水については当日は実施していないとの聞き取りを得たが、施設からの漏水その他についての確証はない。

次表は五道林カレーズの堅井を降下して得た実測値から概算した暗渠内部での浸透損失量である。測定日が2日にわたっていることと、出口すぐ上流の暗渠内からの分水施設があることから正確な値とはいえないが、浸透損失の大きいことが了解できる。

### III カレーズの掘削法

#### 1. 段取りと施工順序

##### (0) 送配水施設

カレーズそのものの掘削にかかる前にカレーズからの水を貯溜し、さらに畑地まで送配水する施設が造られる。すなわち最初の工事はカレーズからの流れを一旦貯溜するラオバ（滾壩/傍坝）という小さな平底の池である<sup>14)</sup>。

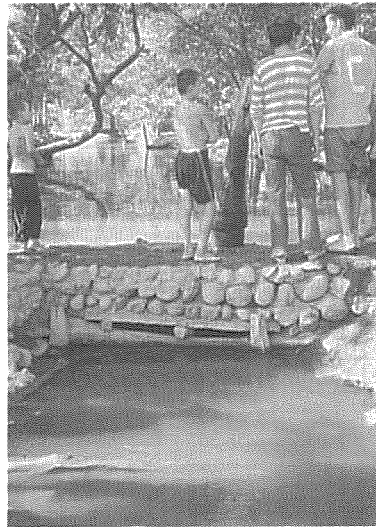


Photo III-1 紅旗公社のラオバ 樋の開閉用栓に注意

ラオバは築堤するものもあるが、わずかな窪地を利用するものもある。いずれにしろ夜間貯溜を意図する。そしてこれは冷たい地下水の水温上昇にも役立つ。ラオバはすべての畑へ水がかかる高さの位置を選んで設けられる。

次にラオバからの開水路が畑へと向けて掘削される。水路が途中で低位部を通過し、そのままと標高をかなり落とさねばならぬ場合もある。この対策としては流れの標高を落とさぬように土を築立て水路壁が高くされるのが一般的のようである。

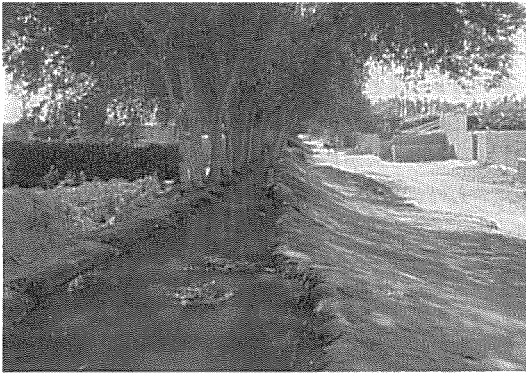


Photo III-2 土盛水路 (シェンシェン県内)

ラオバが先ず造られるとしたが、必ずしもそれがすべてではないようである。特に流量が多いカレズでは夜間貯溜できるだけのラオバの容量が確保できず、流下するにまかせるところもある。また、カレズからの流れを見てからラオバの築堤位置を選定することもあるようである。

(1) 路線設定

カレズの掘削路線設定のために、ポウトオウ (包頭) と呼ばれるカレズ掘りの親方が天山々脈の東部ボコダ山地か、その前面の火焰山の沢へ、さらには西部のティエンゴル (天格爾) 山地やアラク (阿拉溝) 山地の

沢へと登る。そこで包頭は沢から村を結ぶ線を眺め、その途中の地下水の浅そうな麓一扇状地扇端附近にまず一本堅井を試掘して水量を調べる。包頭は経験で地下水の湧く堅井をだいたい一発で掘り当てるが、水量が不足のようだとさらに別のところに改めて試掘する<sup>15)</sup>。

このようにして地下水が湧く堅井が見つかると、包頭やカレズの発注者は近隣の村落や郷に新しい堅井の存在を知らせて回る。でないとい他の人や村が自分たちのカレズの水源保護のために、この堅井を壊してしまうからである。堅井の深さは当然ながら地区の地下水位によって異なる。有力な河川がないトルファン地区では平均的な最大深が50m前後と深い、白楊河とアラ溝が流下するトクスンではそれが18mぐらいと浅い。

(2) 地表勾配と堅井の掘削深の算定

堅井の地下水量がよければ、そこから村までの標高差と距離が包頭の指図で測られる。測量法は簡単な道具—長さの目盛を印した網と筒に水を張る水準器、それにこれも長さの目盛を印したポールを使ったレベル測量である。堅井から順にポールを立て、その間を水準器を利用して網を水平に張り、距離と高低差を測りながら村へと下りて行く。

このようにして測られた地表勾配と、暗渠の標準底勾配1/1,000-1/2,000から各堅井の掘削深が計算される。

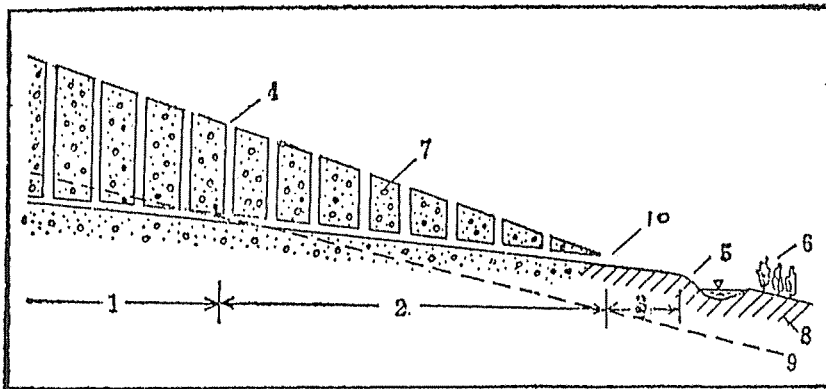


Fig. II-4 The Longitudinal Section of Karez Water System (By Xunchen-Xia, Added Japanese by Author)

- 1. The Section Collecting Ground Water
- 2. The Section Conveying Ground Water
- 3. Open Channel
- 4. Shaft
- 5. Pond
- 6. Oasis
- 7. Gravel
- 8. Silt
- 9. Ground Water Level
- 10. Outlet of Karez

カレズ水利の断面図 (夏訓誠「吐魯番盆地」に日本語注釈を加筆)

- 1. 地下渠道的進水 (集水) 部分
- 2. 地下渠道的輸水 (導水) 部分
- 3. 明渠
- 4. 直井
- 5. 滌壩 (小調整池)
- 6. 緑洲 (オアシス)
- 7. 砂礫石
- 8. 土層 (堆積シルト)
- 9. 潜水面 (地下水面)
- 10. 龍口 (暗渠出口)

深さを測るのも目盛を印した網が用いられる。

### (3) 掘削開始

掘削工事はカレーズの出口からかかる。下流から始めるのは地下水の流れを避け、足場のいいところで作業をするためである。そして掘り進む距離が長くなりだすと、掘削で出てくるズリを出口まで運ぶのに手間がかかる。そこでズリを暗渠の途中から抜出す堅井が掘られる。堅井はつねに暗渠の切羽附近だけで掘らずとも、路線の先に複数の本数を掘り、それぞれから単独で作業にとりかかってもよい。そうすれば工期も短縮できる。この場合、暗渠を掘る方向は別の方から掘り進んでくるツルハシの音を聞いて、だいたいの見当をつけることもできる。測量技術とも関連するが、暗渠は全体としては直線だが、各堅井を結ぶ暗渠どうしは必ずしも直進しているわけでもなく、また勾配も一様ではない。堅井の間隔はだいたい30-50 $\text{m}$ である。

### (4) 掘増し

暗渠が最初に試掘された山麓の堅井に到達すると、そこからさらに上流へ、それも地下水源の沢の方向へと暗渠を曲げながら、堅井にして三本ほどの距離を掘る。地下水流量の安定を図るためである。だから沢から遠いカレーズほど沢へ近づけようと、上流部路線の曲がりが大きく掘削距離も長くなる。ともかくこのように地下水々源に当たると地下水が暗渠を流れ出す。したがって掘削は排水をしながらとなるので、上流へ掘り登るのみとなる。暗渠の中の流れは深くてもだいたい膝頭ぐらいまでなので、水そのものによる危険はない。

### (5) 掘削の規制

昔はカレーズの数が少なかったので掘るのになんの制限もなかった。しかし本数が増えてからは一番上の堅井の深さや、さらに掘増して沢附近に至る暗渠の距離については地元で規制が取決められるに至っている。例えばハミでは互いのカレーズの間隔は400-500 $\text{m}$ が自主規制とされる。シェンシェン県ではおなじ距離が水利局の保護条令としてとられている。もっとも現場では涸れて放棄されたカレーズと、その後新しく掘られたカレーズがあり、ゴビで見た目のそれら堅井列の横間隔は100 $\text{m}$ 以内と近い。トルファンの上道林カレーズでは隣の放棄されたカレーズとの間隔は、約60-90 $\text{m}$ であった(図II-5参照)。

## 2. 掘削作業

### (1) 堅井の形状と搬出入方法

砂のカレーズと土のカレーズとでは堅井の口が原則として丸と長方形に分かれる。だいたい砂のカレーズが丸で、土のカレーズが長方形となっている。もっとも砂でも深いものが丸で、浅いと長方形であるという。掘削土質から土のカレーズと通称される堆積土は、湿気を含まない限り固くて堅井を掘るのは相当困難である。だから堅井が長方形なのは土工量を少なくする意味もある。長方形の穴は掘削作業に必要な最小限の広さで、長辺が1 $\text{m}$ 強、短辺が70 $\text{cm}$ ぐらいと狭いが、深さが短いので作業の労苦は耐えられるという。

具体的には長方形の堅井では足を投出して座り、両足の隙間から土を掘削する。そして適当なところで身体を入れ替える。丸い堅井では両膝をついて半円分掘り、これも身体的位置を入れ替えて残り半円を掘る。もっとも丸穴が主流の砂のカレーズでも堅井はだんだん深くなるので、作業量として苦しいのは長方形とおなじであろう。

堅井の上には滑車をつけた高180 $\text{cm}$ 幅100 $\text{cm}$ 程度の櫓が据え付けられる。この櫓は白楊の材で組み立てられていて、工事があればロバや牛に引かせた荷車で現場まで運ぶ。滑車にかけられるロープは径3 $\text{cm}$ ぐらいの麻のロープを、さらに3本撚り合わせ径5 $\text{cm}$ ぐらいで太い。堅井を上下させるロープは牛馬やロバで引かれる。堅井の深さが50 $\text{m}$ ぐらいまでならばロバが使われ、それより

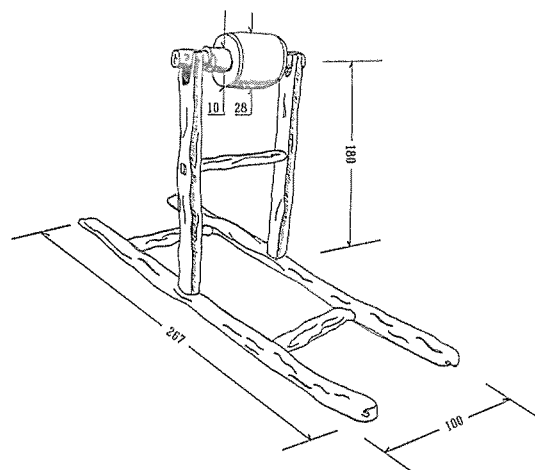


Fig. III-1 Sketch of a Pulley Block and its Mesurments (cm, Illustrated by ARII)

滑車の寸法, 単位 $\text{cm}$  (写、有井)



Photo III-3 ロープの点検  
五道林カレズ

も深いと力の強い牛馬が登場する。ロバや牛馬はロープの上下げ動作に訓練が施されている。例えばロープを1回引くと前進, 2回だと後退といった合図で動く。このようなズリ出し・運搬の動力も, 近年では人力・畜力からトラクターへ, 用具のロープは麻からワイヤーへと改良されてきている。

ロープの先には大きな鉄のフックがつけられていて, 道具やバケツはフックに引っ掛けられる。人の場合はフックを利用してロープの先に輪を作り, その中に片足を太ももまで入れてロープにぶら下げる。竖井をロープで降りて行くうちに回転が加わり, その揺れで身体が壁

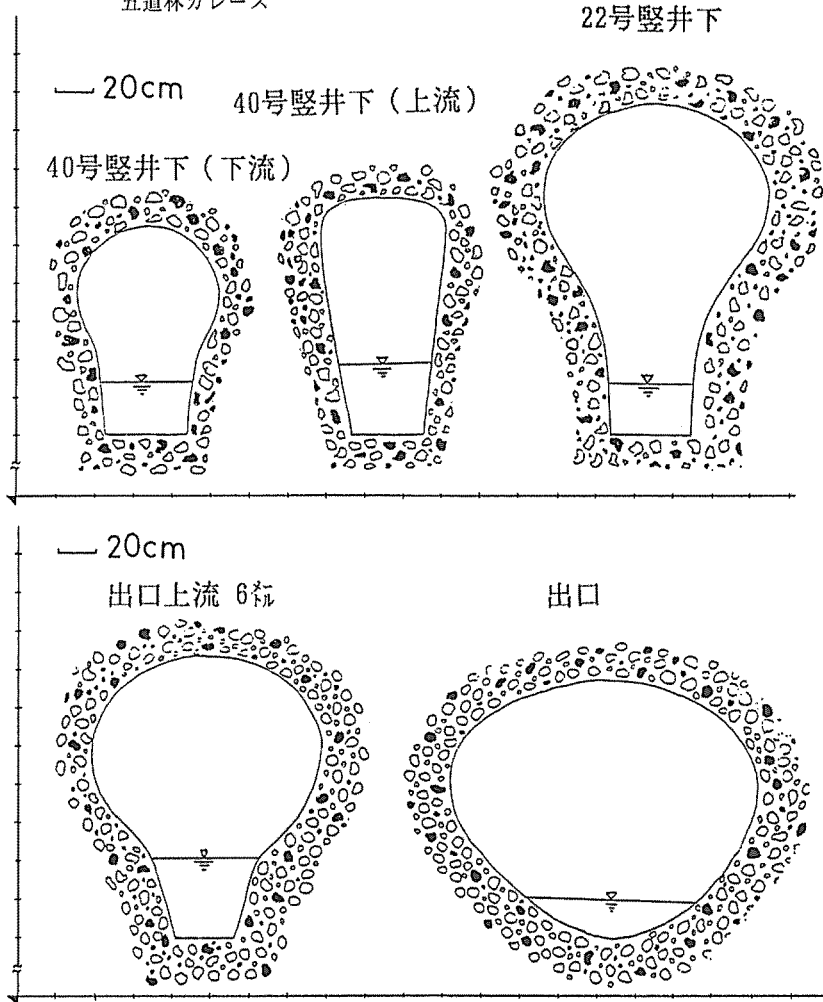


Fig. III-2 Inner Sketch of Wudaolin Karez in Turpan  
(Illustrated by ARII)

五道林カレズの内部形状 (写 有井)

にぶつかる。これを防止するには片足を壁に突っ張るが、そのために壁の砂礫が崩れ落ちる。これら加速のついた砂礫が頭や身体に当たるのは大変に危険なことで、底に着地するとすぐに横穴に駆け込まねばならない。そして落石が静まるのを待つのである。

## (2) 掘削作業

カレーズ掘りにかかる人数は、竖井が10 $\text{m}$ 以内の規模ならば2-3人で掘る。10 $\text{m}$ 以上だと4-5人になる。シェンシェン県のレンムシン(連木沁)で掘り増しをしていた現場では、カレーズの中の切羽に1名、ズリ出しに1名、地表ではズリの受取り・排土に1名、鍛冶その他に1名であった。これらの受持は互いに交代で行われる。

職人は暗渠の中でまず両膝をついた中腰で、切羽の下部から上部へと掘削にとりかかる。道具は狭いところでも使えるようにと、柄を短くし一方の刃を切り捨てた鶴嘴一いわゆる短ツールを切羽へ振る。短ツルの刃先はゴビ、すなわち砂のカレーズではすぐに摩耗するので、二・三本の代えを用意している。刃先は80%ぐらいである。これを暗渠1 $\text{m}$ 掘るのに2-3本替える。このようにして摩耗した刃先を打ちなおすために、掘削現場の地上には簡単な鍛冶施設が用意される。また職人たちは作業現場近くに10畳ぐらいの大きな土穴を地中に掘り、そこに煙突を立てて煮炊き寝泊りをしている。

砂のカレーズでは幅70 $\text{cm}$ 、高180 $\text{cm}$ の暗渠を掘るのに、だいたい日80 $\text{cm}$ 進む。竖井は日に1.5(0.6?) $\text{m}$ である。切羽からのズリは掘り手が手で股の間から後へ掻き出す。それをタマリスクの枝で編んだ籠、現在では皮や古タイヤで作ったバケツに入れて、竖井のところまでに運ぶズリ運び係がいる。竖井からは滑車でバケツを吊り上げるが、排土はバケツで50-60杯/日が標準のようである。

人手があれば地下水が湧かない限り、暗渠へは交代で何人も入って掘る場合もある。が、技術はそれぞれの掘り手によってアンバランスなのは避けられない。ハミでは農閑期を利用して農家が共同で一本を4-5年かけて掘るようである。次の竖井までの暗渠の長さは、竖井の深さのだいたい1.5倍が目安である。ところがゴビの下を沢の方へ掘り進むにつれて竖井は次第に深くなり、暗渠の掘削距離もだんだんと長くなる。こうなると暗渠はその所定長さの1/3か1/2掘ると、そこで一旦掘止めて次の竖井の掘削にかかる。そして次の竖井から逆方向、

下流に向けて暗渠を掘り戻す。こうすればズリを出す距離が短くてすむ。すべてズリ出しの労力を考えた経験則であるらしい。

切羽での落盤はよくある。とくに地下水量が多いところでは土質の緩みがあり、落盤が多く危険である。落盤および危険防止のために切羽の壁と天井には桑の木で支保工を作る。だいたい砂のカレーズは砂礫の土質がしっかりして落盤は少ない。だから掘削距離も長い。逆に郷に近い土のカレーズでは砂のカレーズとは違い、湿りに弱く落盤の危険は大きい。落盤で死んだ職人もかなりの数にのぼる。トルファンで聞き取りを行った現役のカレーズ職人は、今までの自分の作業中に七人の死者を数えたという<sup>16)</sup>。

## (3) 道具と作業環境

新規掘削にしる改修にしる、暗渠での作業は地下水が出てくると寒いので苦勞するらしい。もっともポンプが打設されだした後は、その揚水の影響か7月が地下水位が一番低くて掘りやすいという地区もあった。また寒さも冬の作業ならば逆に暖かくていいともいう(ハミ)。作業員の昼食はウィグル族の常食であるナン<sup>17)</sup>と茶で、これもロープで下ろす。竖井の深さが40 $\text{m}$ を越すと上からの声が底では聞こえないので、ロープの上げ下げなど作業の合図はベル、その他の信号を送る。

カレーズの掘り方には解放前後で変化があったという。すなわち以前はツルハシやスコップは大きなものだったが、解放後は短い便利なものとなったとの説明を受けた。しかし、従前も短い道具がつかわれていたのではなかろうか。竖井からの土砂搬出の動力は牛や馬からトラク

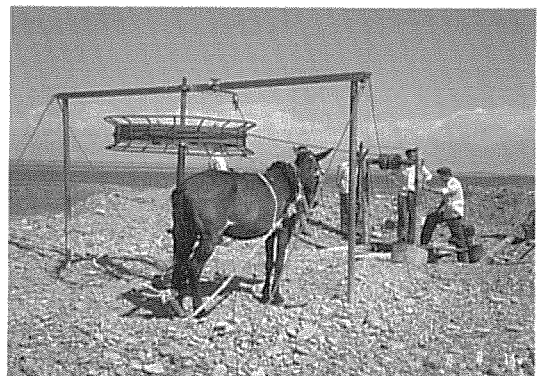


Photo III-4 ロバによる牽引  
五道林カレーズ

ターに変わりつつあることは先述した。巻上げの櫓についてはロープ巻取の径を大きくし、バケツの上げ下げのスピードアップが図られた。このような大きい巻取は直径を地面と垂直方向に構えたと櫓の高さが嵩むので、巨大な糸巻車が地面と水平に備えられる。掘削工具は以下の4つのみで、括弧内はウィグル語である。短ツル(ジュタ)、鋤簾(チャックマン)、ランプ(ドンホラ)、籠(スワッ)。



Photo III-5 掘削用短ツル  
シェンシェン県先進坎

### 3. 測 量

#### (1) 直線出しと測距

暗渠の掘削方向は3つの目印が一直線に重なるように見通して定められる。すなわち、明り採りのランプを掲げ、地上の滑車から竖井に吊り下げられたロープ二筋とランプがすべて重なるように、掘り手が振り返りながら確認し進む。地上では同じ滑車の二筋のロープを利用して、次の竖井を掘ろうとする位置に人を立て、これらが一直線になるように見通して方向を出す。

直線出しは時代とともに改善工夫されてきている。例えばロシア領に近い地区ではコンパスが使われることもあるという。ハミでは直線出しにランプを使わず、地上からの太陽光を鏡で反射させて利用することもある。地上の鏡で太陽を受け、穴の中の鏡は固定しているものと想像される。ハミでも昔はロープとランプで方向を出していたが、これはランプの煤が目や鼻に入り作業が大変だったらしい。それで綿油など植物系の油が使われる。石油ランプは危なくて使えないという聞き取りもあったが理由は不明である。

距離の計測は巻尺があっても暗いからあまり使われない。暗渠部では掘り手が両手を広げた長さ、1個(1ブルグウラッチ、約1.6 $\text{m}$ )で測る。地上部は単位の長さに切られた棒か紐を使う。

#### (2) 勾配出し

暗渠の標準底勾配は1/1,000-1/2,000である。この勾配出しは暗渠を流れる地下水の水深を利用して測られる。具体的には暗渠長60 $\text{m}$ に6.5 $\text{‰}$ の勾配をつけるのが標準のようである。それにはまず手の2スパンの長さ約3.2 $\text{m}$ を、歩幅(30-40 $\text{cm}$ )で10歩などと覚える。次に職人のくるぶしに流れの水面がくる程度に、流止めの小さな土盛を竖井の下で作る。これは人の足の裏からくるぶしまでが、だいたい6.5 $\text{‰}$ なのを利用している。そして歩幅でもって距離を出し、60 $\text{m}$ のところでは流れの水面がほぼ足の裏にくるように勾配をつけながら掘り進む。地下水が深いとくるぶしと足裏の代わりに膝頭とすねが使われる(トクスン県ポステン郷)。

地下水が流れないいわゆる暗渠の輸水部の掘削では、職人たちは勾配の出しようがない。そこでの暗渠勾配は職人の勘と経験で掘り上げていく。そして貫通して水が流れ出してから、流れの深淺でもって切盛修正していく。このように身体を利用した原初的な測量と経験による職人の勘が用いられているので、カレーズの暗渠の底は凹凸が多い。したがって通水後、発注した生産隊の隊長、昔ならば地主かそれに代わる者が暗渠の中を上流から下流まで横歩きして、たとえば膝頭までの水位で一樣に流れているかどうかをチェックする。暗渠の底に大きな深淺があると、そこに泥が溜まりダム状になって流れの水位を上げ、その湿りで壁や天井が落盤する危険があるからである。それでも一樣な底勾配とはならないようで、その様は図II-1、五道林カレーズの縦断図を参照されたい。

### 4. 工事費

カレーズの掘削は解放以前は地主か、金のある農民が3-4人共同でカレーズ掘りの職人に注文した。現在はカレーズを共同所有する生産隊が発注する。工事費は完工した一本について支払われるが、水が出なければ発注者は工事費を払わない。また、水量が少なければ工事費の値引きが発注者によってなされる。1日で1.2 $\text{m}^3$ (20畝)の畑へ給水できる標準的な流量(10 $\text{L}/\text{s}$ , 72 $\text{L}/\text{min}$ )

日)であれば契約通りの工費が支払われる。

古い時代ではカレーズの暗渠について、手の長さ4つにつき油・小麦を地主から貰う現物支給であった。現在は1畝あたり50元が相場のようなのである<sup>18)</sup>。これら工事費、または後述のポンプの設備費や電気代は、農家が耕作面積に応じて現金で支払っている。貫通の時にはカレーズの出口で羊を殺し、その首を流れにつけて血を流し、その後で村人全員で祝うところもある(トルファン<sup>19)</sup>のヤル郷<sup>19)</sup>。

カレーズはかつての地主にしる生産隊にしる発注者のもので、カレーズからの水も発注者の所有が原則だという。地主制を否定した解放、さらに人民公社の設立と解散、そして旧村落もしくは大字に相当する生産隊の自立と、中国農村の共同組織形態はかなり変化してきたのは周知のところである。しかしながら、わずかの見聞であるが古いカレーズでは出口近くに、だいたい村の実力者の家があるような印象をもった。

#### IV カレーズ灌漑

##### 1. 水源水量

トルファンを始め新疆では1957年以前の水源は泉とカレーズだけであった。その後、農業生産の拡大を目指し、河川や天山などの山地から雪解け水の導水が図られた。これら地表水の利用に続き1960年代後半からは、地下水利用のためのポンプの打設が急速に広まり今日に至っている。すなわち新疆の水源施設は多様化してきており、カレーズの水源としての役割は相対的に低下してきている。

とはいえトルファンでもハミでも、畑地面積の1/3をカレーズと泉が灌漑していて、それらの水源施設としての重要性に変わりはない。表IV-1にハミ県での各水源施設を一覧する。

シェンシェン県についてもまったく同様である。1957年以前の水源はすべてカレーズと泉であった。それ以後、二塘河・柯々亜渠・坎兒河などの洪水導水渠が三本開鑿され、さらに1965年以後はポンプが打ち出された。

シェンシェン県の総供給量4.1億<sup>3</sup>、/年は、農地総面積2.1万<sup>2</sup> (32万畝)へかけると仮定すれば、その通年灌水高は約5<sup>3</sup>、強/日となる。年間総蒸発散高を3000<sup>3</sup>、とすれば、平均日蒸発散高は約8<sup>3</sup>、となり、供給高は蒸

表 IV-1 ハミ県の水源施設と供給量 (億<sup>3</sup>、/年, %)

総供給量	5.21	
内 河川 (3本)	2.7 (52)	29本の分水路
ポンプ	0.7 (13)	602台
カレーズ	0.57 (11)	185本
泉	1.24 (24)	142ヶ所

泉は山麓にも村落周辺にも存在する。他県に比べてハミは泉が多いが、それでも次第に少なくなっている。新疆でいう泉とは池底からの湧水もあるが、崖錘、河岸段丘や河底から多量に滲み出る、水文学でいうところの中間流出も指す。畑地面積は24万畝で解放前は14万畝であった。

以上、ハミ水利局1981年値

表 IV-2 シェンシェン県の水源施設と供給量 (億<sup>3</sup>、/年, %)

河川	1.6 (39)
カレーズと泉	1.3 (32)
ポンプ	1.2 (29)

七克台役場による

発散高よりも少なくなる。もちろんこれは総面積が小麦一コーリヤンの2毛作を含む延べ面積で表されているからでもあるが、概算としてはシェンシェン県の水資源の逼迫がうかがえる。

ところで古くからのカレーズによる灌漑が、ここトルファン・ハミ盆地の特徴であるが、さらに古来からの別の灌漑水源があるのを見落してはならない。それは遠く山岳部の雪解けや大雨によって引き起こされる洪水である。新疆では洪水を水路ないしは自然氾濫によって農地に導水し、灌漑の用を図っているのも大きな特色として報告しておきたい。

この洪水が生じる時期はほぼ決まってはいるものの、その量についてはその年の気候による変動的なものとならざるを得ない。農地への灌漑回数が一作期にわずか数回という砂漠での、この洪水の灌漑用水としての役割は大きい。したがって洪水流量の大小によって作付面積に相当な増減が出てくる。またその地下浸透量はタイムラグをとまってカレーズの流量増ともなって出てくる。

表I-8のシェンシェン県の農業収入の年変動には、この洪水利用による灌漑回数の多少も反映されているはずである。トルファンのヤル郷では洪水があれば2,000-

2,500畝も追加灌漑ができ、洪水年の作付面積は増えるのである。ただ、この洪水は時によってはカレーズの埋没・崩壊を引き起こす。だから洪水に対してのカレーズ保護は大切な維持管理作業の一つとなっている。

トクソンの水源水量は次のようである。

表 IV-3 トクソン県の水源施設と供給量

水 源	供給量 (億 <sup>リ</sup> /年)
地表水	
内 白楊河	1.14
アラク	1.10
地下水	2.40
全供給量	4.20

トクソン水電所による

トクソンの表は全供給量の内訳の合計が合わない。ただし、畑の灌漑は毎年だいたい3.3億<sup>リ</sup>使うという。全供給量との差0.9億<sup>リ</sup>は生活および家畜の用水、さらには送配水損失の計となるが、その値は21%である。水利局の説明だと送配水損失は10-15%とのことであり、生活用水は10-5%のオーダーと見積もられる。

## 2. ラオバ

### (1) 操作

カレーズの水は夜間までも輪番管理して流すのではない。だからそのままだと、夜間の水はカレーズを所有する村にとっては、下流へと無駄に流れ去ってしまうだけとなる。そこで平底のラオバをカレーズの出口や村の中に造って、そこに夜間の水を溜め昼間に一気に流す。もっともこのように夜間貯溜を図り、かなりの流量を流さねば最末端の畑地まで用水が到達しない。土水路からの浸透損失が大きく、流れの流速・流量ともに不足してしまう。また、それだけ畑が限界地まで拓かれていることでもある。

ラオバの具体的な管理操作を、ハミ県の二堡郷小坎のカマルハン・ラオバについて二堡の郷長から聞いてみた。ラオバの水量が多いときには、村の役員が朝3時か4時にラオバの放水樋の栓を抜いて用水を流し、午後8時に閉める。水量が少ない場合は、朝の7時か8時に抜いて昼はいったん閉める。そして午後再び開けて、通常よりも早く5時から7時には閉めて節約する。

ラオバの浸漬は少ない年で農作業が始まる3-4月に毎年1回。多い時は1ヶ月に1回する。毎年の修理代(水利費)は農民が払う。一畝につき年5-6元である。

### (2) 改修

近年、水利局の指導と補助によってこれらラオバの改修が鋭意進められている。改修は低い堤で囲われた、もしくは窪地を利用しただけのラオバを、側壁・底部ともに全面コンクリート、もしくはモルタル張りにするだけで容量は今の段階ではいじらない。このようにラオバをすべてコンクリートかモルタルにすると、浸透損失を防ぐことによる貯溜量増で、現況の1/3増以上の面積を灌漑できるらしい。たとえばトルファン五道林カレーズのラオバの場合(面積100<sup>m</sup>2強、水深80-100<sup>cm</sup>)、以前の灌漑能力は1.33<sup>億</sup>であったのが2.66<sup>億</sup>へと倍加したという。

浅く広い本来のラオバはカレーズの水の低い水温を高める機能と、泥やごみを沈澱させる機能が期待されている。そして日中の高温による水面蒸発を抑えるために、ラオバ周囲は白楊や柳の植林で日射しが遮られる。とはいえ、ラオバの内面舗装は浸透はなくなるものの、気温による貯溜水の保温効果で、かえって水質が悪くなるのではないだろうか。また、ラオバで魚や家鴨を飼育するところもある。これら養殖のためのラオバ利用は、生活用水の利用ゾーンよりも下流が原則であるようだったが、今後はより徹底すべきであろう。

ラオバのみの貯溜に頼らずカレーズの出口に水門を造り、カレーズの暗渠内部に水を貯溜することも関係者の一部では考えられている(生物土壤沙漠研究所)。しかし、これは水門による堰上げ効果によってカレーズ内部の水位を上げることとなる。そして水位上昇によって暗渠内部の湿りの範囲が広がり、壁や天井の落盤を誘発する恐れがある。また、水位が増えることによる水圧の上昇により、カレーズ内部での地下浸透量を増やすであろう。つまりカレーズ自体に貯溜機能を持たせるのは、内部の覆工が整備されていない現状では避けるべきではなからうか。特にカレーズの出口付近は湿りで崩れやすい土のカレーズである。

ラオバは平底であるとしたが、火焰山の北では地形勾配があるのでラオバの堤はかなり高く、溜池に近いラオバが造られているところもあった。これらラオバの容量は夜間貯溜量から算定されたものか、畑までの送配水流



量が基準なのか聞き漏らした。

### 3. 送配水系統と標準灌漑面積

#### (1) 送配水管理

『Ⅲ. カレーズの掘削』のところでみたように、ラオバと水路の段取りができてからカレーズが掘られる。カレーズ、またそれに続くラオバと水路の維持管理工事は水利局の管轄に入る。そしてラオバや幹線用水路は水利局によってモルタルや玉石張りにかなり改修されてきている。すべて送水途中の浸透損失を防ぐためである。またトルファンは盆地ゆえ水路勾配がかなりあり、早いところでは流速が1分/秒近く出ている。とはいえ幹線以下は、まだ土水路も多い。そのためこれら土水路の部分では崩れや側壁高の不足などからしばしば溢水がみられ、カレーズから畑地への送配水途中の浸透や漏水による損失はかなり多いようである。トルファン水利局の説明だとその値は10-15%だという。



Photo IV-1 カレーズからの水路  
ハミ地区二堡郷

加えて注意しておかねばならないのは、カレーズからの水が畑地だけにかけられるのではないということである。生活用水としても使われるが、この消費量は問題となるほどではない。問題は防風林への灌漑である。防風林灌漑は調査関係者の間でも意外に見落とされている。用水路は道路脇に沿って走るが、オアシス存在の必須条件である防風林もおなじように道路に沿って走っている。そして用水路でのゲート操作や堰立てによる横浸透、もしくは意識的な溢水で防風林への灌漑がなされている。時間決めとはいえ、その量はけっして少ないものではない。

先の損失率10-15%の値は、これらかなりの面積を占める防風林への灌漑を含むものかどうか、これについては確認をとることができなかった。

さて、ラオバから畑地へと用水が送配水されるが、水源がカレーズやポンプの場合はローテーション灌漑が原則となっている。灌漑順は春から始まる畑作物の作付順がベースである。その枠の中で各農家の畑地への灌漑順が組まれる。ところで施設の実質的な操作管理はポンプ、河川水とともに、カレーズも生産隊に任されている。生産隊では管理は役員が2人いて監督し（シェンシェン県七克台郷宇伍都約坎兒井の例）、引水は農家が個別に行う。管理役員は農家が引水する順番を決めるだけであって、畑での配水には直接に従事しない。日本での農業用水事情から考えると、役員の出張りがないと盗水などの懸念がある。が、ここ新疆沙漠では水は貴重であるし、それだけに農民は灌漑ローテーションの順を守るので、役員が畑へ出向く必要がないのである。万が一、誰かが違反したとしても、貴重な灌漑用水に貴重な金一現金であれ賦役であれ一を払って順を待っている農民の間で、そのような不心得はすぐに発覚してしまう。



Photo IV-2 畑への引水作業  
ハミ地区二堡郷

余水はブロック水路の末端から畑または道路や空き地に流し込んでいる。沙漠のこととて、当然ではあるが排水不良の心配はまったくない。むしろ余水が生じていることを心配の方がいいだろう。それと送配水管理改善

のヒントとして付加しておく。解放後に維持管理の混乱から一時カレーズからの流量が減少したらしい。それでも当時から農地面積が増えたという。それは生産目標達成の努力もあったろうが、それまでカレーズを所有していた地主の畑が整理統合され、送配水途中の無駄な水ロスがなくなったことによる増があるという。

#### (2) 標準灌漑面積と流量

カレーズ灌漑では1日に1.0-1.2% (約15畝)を灌漑できる流量が一つの目安とされている郷もあり、それはだいたい10%<sup>3</sup>/秒と見積もられている。これを日消費水深にすれば約86%<sup>3</sup>となる。カレーズからの標準流量は各地で異なるが、平均的に見れば日消費水深100%<sup>3</sup>前後が灌水の標準単位のようなのである。こう考えれば流量の大きい、例えば40%<sup>3</sup>ぐらいのカレーズでは4.2%<sup>3</sup>/日の灌漑ができる。トルファンで最大のカレーズは150%<sup>3</sup>/秒で、日7%<sup>3</sup> (約100畝)を潤している。灌漑面積が大きくなるにつれて灌水量の効率が悪くなるのは、送配水や畑での浸透損失も大きくなるからであろうか。

ともかくこれらのカレーズの日灌漑可能面積を基準として、郷や生産隊の中で農家所有もしくは耕作農地への灌漑ルーテーション日程が組まれる。郷の農地面積や作付作物によって異なるが、ルーテーションは15日から20日が普通らしい<sup>20)</sup>。

ここで説明のために『日消費水深』という言葉を使ったが、新疆の水利局や水電所でこの語は使われない。あくまでも『面積/日』、もしくは『トン/年』が、灌漑計画の基準単位であって、日もしくは1回についての灌水深の概念は採用されていないようである。面積もしくは総トン数が基本単位に採用されている意味は、連続灌漑や細かい送配水管理ができないというよりは、オアシス畑農業ではそうする必要がないか、もしくは現状の水利ではあまり意味がないということではなかろうか。

### 4. 末端畑地での水利用

#### (1) 末端灌漑水量

ルーテーション・ブロックへ分配水するバルブやゲートが位置するところまでは、原則として輪番順にしたがい幹線水路に用水が流されている。バルブやゲートの操作は生産隊の役員がする。支線から取水する畑地の灌漑形態は畦間灌漑である。順番にあたった農家が決められた時間に用水路を土で堰止め自己の畑へ引水する。畑が

水口から細長いものはロスが大きくなるか、逆にかなりの水量を引水せざるをえない。この灌水効率から見た畑形態についての調査は残念ながら今回は落とした。



Photo IV-3 ブドウ畑の畦間灌漑  
シュンシュン県園芸場

このように末端の畑地では決められた時間分水が基本であるが、農家が作付や畑作物の成育事情によって互いに用水を個人で取り引きすることもあるので、一枚の畑への配水時間そのものはかなり長短がある。農家間で取り引きされるのは水だけではない。畑地も表向きは人民政府の所有だが、内実は個人間の取決めで貸し借りや作付がなされたという。つまりかつての人民公社による農地と生産物の全員所有から、生産性の向上を狙って一部は個人の所有に実質は変わったようである。これらは最近の中国の経済体制の改革に沿うものであるらしいが、それぞれの地域・地区での実態は改めて調べねば正確かつ詳細なことはいえない。

灌漑は1畝につき1回70-90% (約120%<sup>3</sup>/日)をかける。もっとも取水ベースでは年間1,200%<sup>3</sup>/畝であるらしい。灌漑ベースだと10回、80%<sup>3</sup>の灌水として年間約800%<sup>3</sup>となり、取水ベースの1,200%<sup>3</sup>をかなり下回る。その損失は33%にも及び、トルファン水利局のいう10-15%をはるかに越す。これは浸透損失やその他流量観測の誤差で両者の差が大きいのか、また二毛作など別の事情があるのか基本的な未確認事項として残った。

灌水回数は作物によって、またおなじ作物でも各地区やその年度の水事情によっても異なる。二例をあげておく。

#### (2) 末端水利用の合理化

先述したように灌漑ルーテーションは15日から20日が

表 IV-4 シェンシェン県での年灌漑回数

	多い場合	少ない場合
小麦	5	3
綿花	7	4-5

ただし、ここ的小麦は年1作

表 IV-5 ハミ県大泉湾での年灌漑回数と灌漑水量

作物	回数	1回の水量
小麦	7-8	80 <sup>ト</sup> /畝 (120 <sup>リ</sup> )
スイカ	15	40 <sup>ク</sup> (60 <sup>リ</sup> )

普通らしい。かなりの間断日数ではあるが、沙漠ではわずかの水気があれば植物の成育がみられる。たとえば河川水を導水する水路がゴビの中を延々と走るが、砂礫以外なにもない沙漠で水路に沿ってのみ低い灌木がまばらな緑を見せる。逆にそのまばらな緑の直線が茫漠たるゴビの中に水路の存在を知らせてくれる。緑は水路からの浸透水が育てているのである。カレーズの堅井の周りの土盛にも、ラクダ草かタマリスクがわずかな緑の姿を見せる所もある。地下からの毛管上昇か蒸発が水分を補給しているのであろう。日中と夜間の寒暑の差の激しい沙漠気候も、この毛管上昇作用を促進しているのかもしれない。畑土壌そのものがあまり保水力がなさそうな上に、日中の高い蒸発高にもかかわらず、かなりの間断日数で栽培が可能なことには驚かされる。オアシス農業での灌漑土壌水分および蒸発散は大きな研究課題であろう。



Photo IV-4 雪解け導水路  
五道林カレーズ上流附近の塔爾朗渠分線

しかし水が潤沢であるに越したことはない。農民は水利局にたいして水はたくさんいるといつもいう。ところが水事情が逼迫しつつあるシェンシェン県では、去年から灌漑用水について水量切符を有料で発行することにした。1978年以前の人民公社時代は、カレーズの水利費は公社すなわち政府が負担し、農民個人では払わなかったものである。人民公社解散後は代わって生産隊がカレーズの維持管理費を出すようになったが、この支出が嵩んできたので去年(1987)から灌漑水利費の負担を農民に求めた。この金で維持管理費(年2万元)を生産隊が払うようにしている。したがって人民政府からは工事材料の提供を受けるだけとなった。

水量切符とはいえ、これは実質の水利費で100(10?)<sup>ト</sup>/4角である。切符制にすると農民が節水をして年総供給量で300万<sup>ト</sup>浮いたと当局はいう。この余剰を川底からゴビに流すようにしたところ(川の downstream はゴビに消えてなくなる)地下水が増えたらしい。それにしても水量切符で節水が可能になるということは、量でなくて時間や面積単位での灌漑に合理化の余地があることを示唆する。

## 5. 水 質

それぞれの村ですべての生活用水はカレーズの出口からすぐ、飲み水、料理の下ごしらえ、食器洗い、洗面、洗濯、水浴びのような順で利用する場所が上流からはっきりと分けられている。けれどその順をもっと徹底させるべきではないかと思われる村もあった。例えば流速があまりないカレーズの出口や貯水のためのラオバでは、食器洗いの残滓が底にかなり残ってしまう。つまりカレーズからの流量が少ない村にそれは散見できた。これら生活用水は共用水路一本ですべて用を足さずに、目的にあった引水もしくは貯水施設を将来はつくるべきではなかろうか。もっともそれら施設が作られていないということは、流下流量の確保が優先されているのかもしれない。

それにしても地下水位が浅いところなどでは、生活排水の浸透による地下水の汚染の心配があるのではないか。それとカレーズの土被りが浅く、砂地なので気温が伝わりやすいのか、カレーズからの流れの水温も高いようである(例えばシェンシェン県迪坎兒郷)。またカレーズの出口からの水路にアオコらしき草がでていて、かなり富栄養化しているのではないかと感じられる所もあった。

原因は出口すぐ上流に拓かれた畑の肥料が、浅い地下水に入ってきた影響かもしれない（シェンシェン県長家坎児井）。

## V カレーズの維持管理

次章VIで述べるように河川水やポンプの導入により、水源としてのカレーズの役割は低下してきているものの、地元も当局も維持管理と機能回復には相当な力を注いでいる。カレーズそのものの維持管理は大きく二つに分けられる。一つは暗渠の落盤や竖井の埋没などの崩壊防止対策と復旧である。もう一つには流量減を補う掘り増し工事がある。この他にカレーズ内や、それに続く明渠からの漏水対策も重要課題として考えられているが、これらの工事は莫大な費用がかかり今すべてに実施するのは不可能なようである。したがって崩壊防止そして流量増加対策に主力が注がれている。

### 1. 崩壊防止対策と復旧

#### (1) 暗渠の落盤

砂礫が堆積したゴビとは異なり、村や畑地の近くでは暗渠壁を構成する土粒子は細かく、いわゆる土のカレーズとなる。そのためカレーズの流れが暗渠の底部や側面を浸食して側壁全体が滑り落ちだす。さらには天井までもが落盤してくる。この滑りや落盤は繰り返し続いていて、今では暗渠出口付近は中を軽トラックが走れるぐらいの大きさになってしまったカレーズも多い。また湿気の他に地表を走る車が与える振動による崩壊もある。

カレーズの土被りが浅くなっていく村中では、暗渠が走る上の地面に大きな穴が抜け、それが点々と続く姿も見受けられた。この穴抜けが進行するとカレーズの上は青天井となり、その様は小さな浸食谷の沢水ようになる。そこを肩に天秤棒、その両端にバケツをかけ、下まで降りて行って水を汲むのは婦人や娘さんの仕事のようなものである。この青天井になった土のカレーズは人口の多い村で見られた。

落盤はカレーズの流れによる浸食や湿気など、いわば自然要因だけで引き起こされるのではない。地表面からの浸透水による湿りでも引き起こされている。すなわち畑地への灌漑による地表からの浸透水が、車の走行振動とともに人的要因としてあげられる。それを防止するた

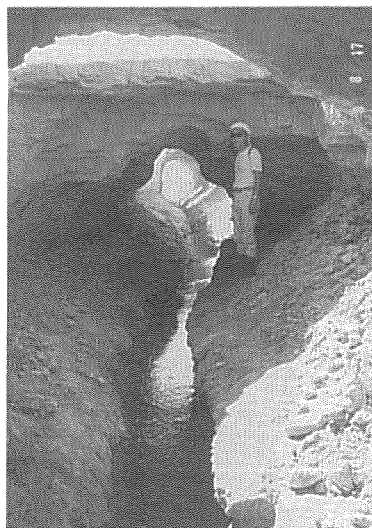


Photo V-1 カレーズの崩壊  
トクスン県ポステン郷

めにカレーズの両側、各30 $\mu$ 以内に畑を作ってはいけない規則がトルファン水利局から出された。ところが農民にこの規則がなかなか守られず、畑をカレーズが走る上2 $\mu$ ぐらいまで近づけてくるのが現状である。

#### (2) 暗渠内の浚渫と保護工

暗渠内に堆積した泥土は流れの水位を堰上げて壁を浸し、これが壁の締まりを緩めて落盤を加速する。またさらに高まった水位はその圧で、暗渠底部からの地下への浸透を促し漏水を増やす。これらの障害を防止するために、暗渠内に堆積した泥土は浚渫に努められる。浚渫の回数は各カレーズで異なるようだが、泥土の堆積をあまり生じない流速があるカレーズでも年1回20人ぐらいで実行される。また突発事故でカレーズが落盤し流れが止まったときなど、村全体が働いて金を作り、その金でカレーズ職人に依頼して修復したところもある（トクスン県カグチャク郷）。

繰り返し続くカレーズの内部や出口の崩壊に対して、コンクリートや木材による保護工の施工が進められている。暗渠の壁の滑りを防止するには桑材の柵板や、コンクリート柵板で側壁が造られている<sup>21)</sup>。コンクリート柵板は各県に製造工場があり、原材料は人民政府から支給される。1 $\mu$ あたり50元である。また、手仕事のできる範囲の修理については、普段、人民政府から材料が農民に配付され用に立てているようである。

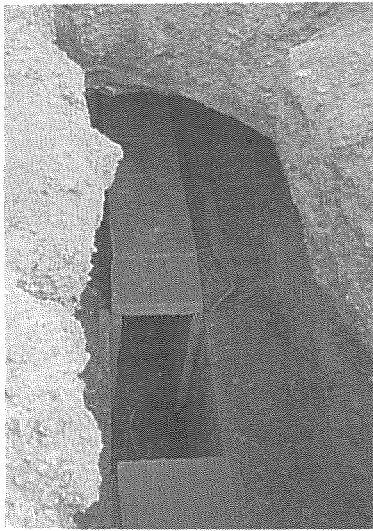


Photo V-2 カレーズの内部覆工  
シェンシェン県 燕下城カレーズ?

側壁の施工とは異なり、コンクリートの円形管や卵形管を施用するカレーズも多い。これらコンクリート管は底にたまった泥を出しやすく、さらに水が地下に浸透するのを防ぐ利点がある。卵形管が好まれるようだが、これは力学的に強固であるというのがその理由となっている。

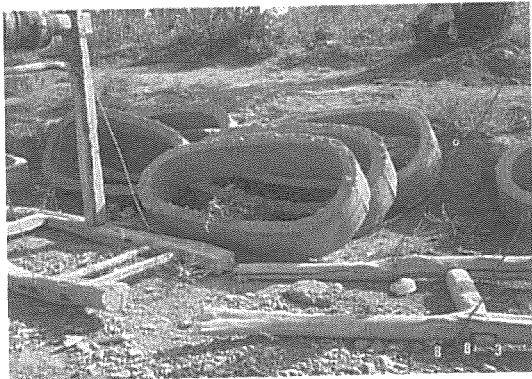


Photo V-3 卵形覆工  
トルファンアスカワジカレーズ附近

円形管や卵形管の規格は各地で異なるようである。トルファンでは1987年の円形管価格が20元である。強度などからして卵形管が一番いいとされるが、卵形管（長径170㎜，短径60㎜，肉厚6㎜，幅32㎜）は1つ30元で1

は100元もする。

### (3) 竖井の保護

竖井の管理も大事である。とくに開口部周りの土盛が崩れていたりしたならば、天山での大雨に起因する洪水が沙漠へ氾濫すると、洪水流は竖井に易々と落ち込み崩壊埋没する。沙漠への洪水氾濫は稀ではあるが、洪水や洪水灌漑の落筋においては開口部の土盛は、あたかも局部的輪中堤のような役を果たす。

洪水だけではなく、大風が運ぶ砂礫や風に曝され、土盛そのものの崩れによる竖井の埋没もある。シェンシェン県長家坎兒井の例では、1961年の大風でカレーズが土砂で埋没した。そして次の年はカレーズの水が2畝/日の灌漑量しか出なくなり、その復旧は大仕事であった。これら風水害による崩壊埋没の復旧がかなわず、放棄されたカレーズも各地で多い。

竖井の保護は開口部を白楊の材木で覆い、さらにその上に白楊の枯れ葉を敷いてなされる。また重要なカレーズの竖井には開口部へ円形管が1, 2ヶ重ねて埋け込まれ、その上に厚いコンクリート板の蓋が置かれ防護されている。これら竖井が保護材料で完全に覆われているかどうか、周りの土盛の崩れはないかを、生産隊の役員は一つ一つの竖井について毎日ロバの荷車に乗り確認して回る。異常があればその大小によって村人なり、カレーズ掘りの職人なりを召集して修復がなされる。

### (4) 明渠

風砂でもっとも埋りやすいのはカレーズ本体よりも明渠である。埋まりやすい箇所では土砂流入防止のコンク

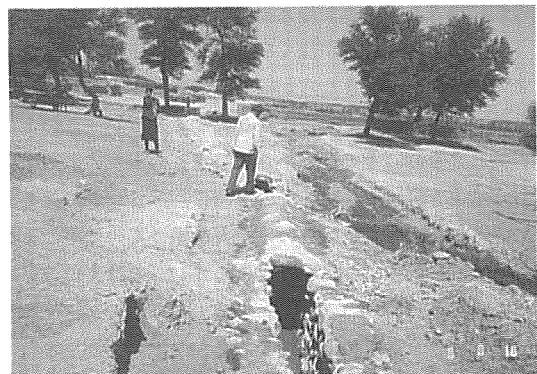


Photo V-4 明渠の覆工  
木立のところでオイマンカレーズと立体交差している  
トクスン県タシュメットカレーズ

リート暗渠や、モルタルの天蓋がかけられるなどの保護工事が進められている。土砂流入防止のコンクリート暗渠については、10万円/㌦の経費である。

## 2. 掘り増し工事

地下水位が下がるなどの理由でカレーズの流量が減少してきたならば、地下水の集水渠部分を長くするために、暗渠をさらに上流に掘り増す工事が施される。例えばトクスンでは涸れたカレーズをさらに700㌦先にのぼしたところ、わずかではあるが20㌦/日(0.23㌦/秒)の水が再び出てきた。ポステンのカレーズの1本は1985年に水がなくなったが、人民政府からの補助金で山の方に700㌦掘り上げて保全を図っている。

先述の大風で埋まったシェンシェン県長家坎兒井は、以来23年間毎年3人で暗渠を掘削延長した。その結果、水が多くなり50畝/日の灌漑ができるようになってきている。この長家坎兒井のように毎年少しずつ掘り増すカレーズは案外と多い。トクスンの河東郷では1975年から流量を守るために毎年120㌦を掘り足している。ハミ県二堡のマダショウ(馬德寿)カレーズもそうである。

掘り増し工事の他にも水量増を図る手立てがある。それは落盤して放棄された隣接するカレーズと上流で横連絡して導水したり、落盤部を迂回するバイパス工事などである。トルファン市の五道林カレーズやシェンシェン市のハーバ(哈巴)カレーズが前者の典型的な例である。いずれにしろこのような修理は新しいカレーズを掘るよりもむずかしいらしい。

掘り増しではなく、カレーズの流量域を補う特殊な工事がハミ県大泉湾郷でみられた。以前は大泉湾郷附近は地下水位が高く、少し掘っても泉が湧いたところであった。しかし、近年は地下水位が下がってきた影響でカレーズの流量が減少し出した。そこで流量の出がおもしろくなくなった4本のカレーズの上流部で、それぞれの横30-50㌦のところ80㌦の深井戸を4本掘り(1982)、被圧地下水を揚げて横導水する工事を施し好成績を上げている。既存のカレーズの中に井戸を掘らなかったのは、地下水の吹上げによる落盤を避けるためである。ここでの被圧地下水は地表へ吹き上げるまでにはいたらない。そこで地下に暗渠を掘り横導水した。ハミ地区ではその他にもカレーズの上端をY字型の2本暗渠にして、地下水の集水機能を向上させる工夫も見られた。

表 V-1 ハミ県大泉湾郷の補助水源の効果(㌦/秒)

	カレーズ	自噴井		
四隊坎	0.042	0.010		
五隊坎	0.093	0.012		
六隊坎	0.050	0.010		
七隊坎	0.032	0.031		
計	0.217	+	0.063	=0.270

ハミ水利局による

## VI 河川水利用ならびにポンプ灌漑の普及

### 1. 導水路建設による雪解け水と洪水の利用

中国が社会主義的改造の達成を完了した1957年の翌年からは、トルファンを始めとして新疆沙漠ではカレーズ灌漑を補強する河川水の導水が開始された。例えばトル



Photo VI-1 アラク渠  
トクスン県



Photo VI-2 白楊河  
トルファンからダーベンチョン峠へ向う途中(前日山間部で少し降水があった後)

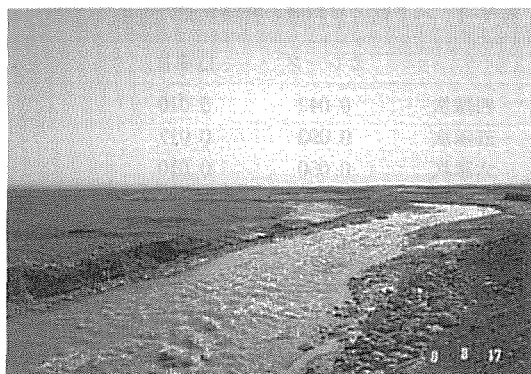


Photo VI-3 アラク渠末端からゴビへの放水  
(ただし平水時)

ファンでは天山々脈からの雪解け水、ないしは洪水を農地へ導水する水路の建設がなされた。

事例をトルファンのヤル郷でみれば山間地を55<sup>km</sup>も切通し、総延長90 (70?)<sup>km</sup>の紅星三渠が素掘りで引かれた。さらに近年にいたり郷の生産隊組織が人民政府からコンクリートなど原材料を購入し、配合・施工を自前で行い、この水路内面をコンクリート舗装に仕上げた。

河川水導水の経緯をトクスンで少し詳しくみてみよう。トクスンの山地水源は北部のダーベンチュン（達坂城）山地とボゴダ峰、西部のカラウーチンとティエンゴル峰がある。その他南部のアラク山地に8本ほどの沢が存在する。これらで水源として利用されているのは、流量が安定している北部山地からのバイヤンホー（白楊河）と、西部からのアラクの2河川のみである（図 II-3 参照）。

アラクは山地を出て扇状地にかかる時、流れがすぐにゴビに伏流してしまう礫河川である。そこで伏流する前に取水して村々まで直接に水を引くアラク渠の開鑿となった<sup>22)</sup>。その後、導水の余水をゴビへ放水して地下水位を上げる目的もあり、7年前にはモルタル玉石張り水路とされた。すなわち、アラク渠の流れの一部は水路末端からゴビに直接放水され、そのまま自然浸透させられている。このように現地当局が地下水位の上昇に腐心しているのは、カレーズの水源流量の回復とともに、植生維持のための土壌水分保持も目的とされる。植生維持は沙漠化防止対策の基本として新疆では位置づけられている<sup>23)</sup>。

アラクの取水堰は自然乱流状態で広がる礫河川左岸に取り付けられ、網の目に分流している4本の流れを集め

る位置に選定されている。河床はまったくの転石と砂礫でなっている。取水すぐ後の導水路部に多く取り付けられた土砂吐は、水路に堆積するこれら砂礫の排出に苦労していることを教えてくれる。

土砂吐の構造は水路を大きく湾曲させ、それによって生じる水路横断方向への流れの渦運動を利用して砂礫を吐き出すものである。アラク渠は勾配がきつくと平水時でも流速が早い。したがって土砂吐以後の水路には土砂堆積の心配はあまりない。ただ、洪水を導水するとなると、その流量・流速で水路がいつも破損するので毎年修理に追われる困難もある。

アラク渠が開鑿される以前の、トクスンの利用水量は次表のようであった。

表 VI-1 アラク渠開鑿前のトクスンの水源流量

水 源	流 量
カレーズ	4.5 <sup>トン</sup> /秒
白楊河、アラク	4.0

トクスン水電所による

当時の利水不安定なアラク沿岸ではコウリャンだけが作られていた。アラクに導水路ができてからの用水事情は河川水が主になり、カレーズは補助的になった。さらに後述するが1970年以後、ポンプの打設の進展により、カレーズからの水の出は一層少なくなった。

アラク渠の開鑿はトクスンの灌漑用水を安定させただけでなく、農地面積と人口の増加ももたらした。次表に後述の紅山ダム建設後の数字も合わせて示す。

表 VI-2 アラク渠開鑿にともなうトクスンの人口・農地面積の増加

時 代	農地面積	人 口
解放前	—	1.4万人
アラク渠開鑿前	12万畝	4
開鑿後	16	6.5
紅山ダム建設後	—	9

トクスン水電所による

## 2. 小型ポンプ打設の進展

灌漑水源の増加と安定を目指して河川水利用が図られたとともにポンプの打設も目覚ましい。例えば1960年



代末から1970年代にかけてトルファンでは3,500本ものポンプが打たれた。これらポンプ揚水量は年に2-2.5億<sup>ト</sup>で、施設能力としては5億<sup>ト</sup>ある。

ポンプの数は多いが、それらのほとんどは20<sup>ト</sup>程度の小型のものである。打設深はトクسن県西のポستن（博斯坦）のように、扇状地先端に位置して地下水が4<sup>尺</sup>と高いところでも、揚水による地下水干渉を避けるために約50<sup>尺</sup>深に打っている。工事費についてみれば、50<sup>尺</sup>深のポンプ機場で掘削が6,000元、電気・ポンプ・上物を入れて10,000元程度らしい<sup>24)</sup>。

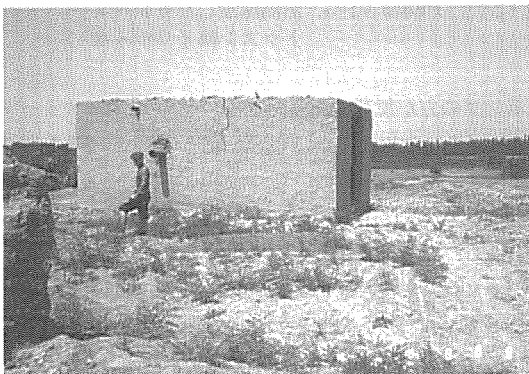


Photo VI-4 ポンプ機場  
トルファン勝金郷

ポンプの打設は新疆全域的な傾向のようだが、その稼働状況は地域によって微妙な差がある。例えばトルファンの勝金郷では251台ものポンプが灌漑面積の85%を占め、涸れたものも含めて111本あるカレズは残り面積の15%と、ほとんどポンプ灌漑が主力となった。逆にシェンシェン県での灌漑流量はポンプよりもカレズの方が多。シェンシェン県はカレズの流量が他地域に比べて比較的豊富ということもあるが、ポンプに関しては電力事情が悪いために稼働が思うにまかせない面もある。この電力不足はかなり恒常的であるらしく、シェンシェン県の連木沁郷では、そのためポンプは既設台数の半分以上も使われていない。ハミ県の二堡も夏には180台あるポンプの稼働が1/3にまで減少してしまう。

ポンプ灌漑についてはハミの例だと200時間で300畝が供給側の目安である（36畝/日）という。配水は個人が引水する場合とブロックで引水する場合がある。それに作物別でも方法が異なる。某郷の具体的なポンプ総揚水

量は38<sup>億ト</sup>/秒（1時間約140<sup>億ト</sup>）で200-300畝（13-20<sup>億ト</sup>へ約20<sup>億ト</sup>/日）の灌漑能力を有する。トルファンの勝金郷では80<sup>尺</sup>深のポンプ1台で1時間に80<sup>億ト</sup>出る。

このように小型ポンプが普及したことは、トルファンなどでの灌漑条件を著しく改善した。たとえばカレズだけに頼っていた頃では、作付作物によってちがうが、1枚の農地の灌漑ローテーションはだいたい20日-30日だった。これがポンプの打設で15日と大きく縮まった。これらポンプは新しく打たれても、用水としてはカレズの旧水路への補給であり、村に新しい水利体系を作り出すものではないようである<sup>25)</sup>。

ポンプの建設費や電気代は、かつては人民政府から支給されていたが、この2-3年は利用する生産隊が払っている。これら支払いは分割ではなくて、一度払いである。農業電力代金は聞き取りに乱れがあり、正確なところは不明として残った。例えば科学院関係者は畑30畝で、灌漑1回につき9.6元。水利局関係者は20元という。別に小麦は250<sup>ト</sup>について年に2元の電気代を負担との聞き取り結果もあり、灌漑回数・面積に賦課するのか、それとも生産高では基本的に違う。制度と数値を正確に記録できなかったのは残念である。

### 3. 地下水位の低下とカレズの涸渇

#### (1) 地下水位の低下

カレズの流量減、涸渇の原因である地下水位の低下は、山地水源からの直接導水、さらには導水路内面のモルタルもしくはコンクリート舗装により、それぞれ地下水涵養となっていた伏流量と浸透量の減にある。そして普及したポンプでの地下水揚水が拍車をかけたようである。ゴビに伏流浸透していたこれまでの冬季流量を、最近建設されたダムに溜めこむことも追い打ちとなった。

表 VI-3 地下水位低下の間取り結果

トルファン	ヤル郷	街中の庭の井戸は1956年には5 <sup>尺</sup> 深さで地下水が出たが、現在では10 <sup>尺</sup> 以上になってしまった。つまり地下水位が5 <sup>尺</sup> 以上も下がった。
シェンシェン	連木沁郷	3年間で地下水が2 <sup>尺</sup> 下がった。
ハミ	大泉湾郷	ポンプが入った1964年から地下水位は毎年10 <sup>尺</sup> 下がり1970年から今年1988年までで1 <sup>尺</sup> 下がった。



地下水位の低下を聞き取りではあるが表 VI-3 に整理してみる<sup>26)</sup>。

農業生産力の向上のための水源開発という大目的があったとはいえ、ポンプ打設の急速な展開には歯止めが効かない問題もあったようである。すなわち、文化大革命のころは水利局の権限よりも農民の自主開発の発言力が強く、ポンプ打設への適正規模および配置といった規制ができなかった。さらに、当時はポンプを新疆全域に3万本打つというのが省政府幹部の目標であったともいう。

ポンプ設置場所についてはカレーズの出口すぐ近くに打つものも多かった。ラオバもしくは水路へすぐに注水できるからであろう。これはシェンシェン県のロクシェン（魯克心）郷でとくに多い。トルファン市のヤル郷でもポンプは村の地の中心に掘られるのが普通であった。それでもって地下水位が下がるのを経験して、これからはカレーズの下流で掘りたいと関係者は反省して言う。

それやこれやで、さすがに今日は農村からも水利局へポンプ打設を規制するよう圧力がかかっているようであるし、また水利局も規制に乗り出している。たとえば1985年にシェンシェンの水利局はカレーズが走る地下水干渉範囲内に、横断方向400-500m以内にポンプを打つてはならないなどの保護条例を出した。とはいえ、水利局に届けをしなくて、個人で10-20mの浅井戸を好きな所に掘る傾向がないとはいえない（シェンシェン県）。ポンプを個人資金で打設することは1987年に認められたようで、そのための政府補助金も出されている。さらにそのポンプでの個人利用に余水が出れば、他の利用者への売水も可能となつたらしい。

## (2) カレーズの涸渇

ポンプの急速かつ広範な打設によって、水源施設としてのカレーズのシェアは相対的に低くなってきている。また、地下水位の低下により、カレーズの流量そのものも減少傾向が見られる。さらにカレーズを掘るには1年以上かかり建設費も高くつく。農民が直接掘削作業に従事する一部地区では、危険なのでカレーズをあまり掘りたがらない傾向が出てきた。さらに掘ったとしても、地下水位が下がってきているところでは期待するほどの流量が得られるか確証はない。

その点、ポンプは一週間で設置がすみ、建設費もカレーズの1/3-1/4でできる。電気さえ完全供給されれば



Photo VI-5 涸渇埋没したカレーズ  
トクスン県イラホウ郷

ポンプの方が便利である（紅旗公社）。それにカレーズの水は冬に利用できないで下流地区へ流れ、さらにはアイティン（艾丁）湖にいってしまえば無駄になる。だからもう掘りたくない、ポンプが主力になった上流の村（トルファン勝金郷）の意見もある。

流量減が進行しカレーズが涸渇してしまい放棄されたものも多い。トルファンの勝金郷でみれば、台帳数111本だが現在生きているのは32本であとは涸れたという。特にゴビで掘った砂のカレーズは全部が涸れてなくなった。土のカレーズは水がまだある。トクスンではイラフシャがまず涸れた。西部の高地にあることと、雪解け水や洪水が涵養していた地下水が人工水路のアラクができて以来不足しだしたためである。

カレーズの流量が減少しつつある基本的な原因は、繰り返して述べる地下水位の低下である。それに加えて維持管理からくる問題もある。修理には毎年力が入れられていたものの、文革当時の数年間は手間が回らなかった。それ以後は以前ほどの丁寧な維持管理ではなくなった村もある。シェンシェン県のダーラ（達郎）坎の例だと1952年は50畝（3.3%）の灌漑ができたが、1972年は1日に2（1.2%）と激減した。落盤による暗渠中の泥の堆積が原因であり、その後回復して今は40畝にもどっている。

これら流量減への対策としては先述のようなカレーズの掘り増しもあるが、低下した地下水の回復も図られている。すなわち河川洪水をゴビに引いて地下浸透させるのである。たとえばアラク上流部のゴビに、河川に直角に数ヶ所、高3m、延長1kmほどの土壘をブルで掻き上げ、ここに洪水を導水し潜水浸透させる。また白楊河の



Photo VI-6 白楊河からの洪水流をゴビに湛水貯溜するためのプルによる掻上げ堤防 (トクスン県河東郷上流)

雪解けによる増水をもゴビに導水し、カレーズの堅井が走る方向と平行に築いた土塁でもって浸透を図っている (トクスン)。

洪水もしくは雪解け水の導水は効果があるようで、河川水を引いたために低下していた地下水位が1.5m高くなったという (シェンシェン県運木分沁のスバシュ)。ただ雪解け水は気温に、洪水は気象に左右され、4, 5, 6月の間のいつくるか分からない。今年 (1988) は7月17日にもきた。これら雪解けや洪水による増水は、1日のときもあれば3日も続くときもある (トクスン)。

もちろんカレーズはまだまだ新疆の重要な灌漑水源施設であり、それに頼っている地区も数多い。また大きなカレーズがある郷ではポンプは不要であるという (トルファン紅旗公社)。カレーズの利点として彼らがあげる条件は次のようなものである (トルファン水利局)。

- 動力エネルギーが不用。
- 構造が簡単。
- 蒸発・浸透が少ない。
- 明渠と異なり風砂の影響が少ない。

しかしながらカレーズの新規掘削は少ない<sup>27)</sup>。それよりは資金が集められてポンプが打たれる。カレーズからポンプへと、トルファン・ハミ盆地では依存する水源施設が、かなりの趨勢で移行しだしているのが現状といえよう。カレーズの将来についての地元の意見を並べておこう。

■ カレーズの将来は社会情勢にかかわるもので、存続できないこともありうる (ハミ)。

■ それでもカレーズはトルファン・ハミの特徴であるし、水源さえ安定すれば、歴史的保存の可能性がある (紅旗公社, 勝金郷)。

■ また工具がよければ現状維持ができるであろう (トクスン)。

#### 4. ダム (水庫) の建設

トクスン県ではアラク渠とならび、白楊河の水を導水貯溜する紅山ダムをトクスン市東北部の紅山に築造した。ダムは白楊河を締め切るのではなく、すでに存在した小さな湖を嵩上げて利用したものである。そして白楊河からの導水路途中に、カレーズ掘削技術を応用した隧道を掘りダムへ注水している<sup>28)</sup>。

天山々脈の西部を構成するボゴダ山地を水源とする白楊河は、上流部山地はウルムチ市の行政区に入るものの、河川利水はトクスン県がほぼ全量利用しているようである。この白楊河の水を他県が取水するような事態になれば、トクスン県の死活問題となる。トクスン水利局関係者にいわせると、水がなくなり廃墟となった桜蘭の例もある。トクスン県はそのような取水に対して異議申し立てをするし、政府も黙ってはいないだろうという。



Photo VI-7 紅山ダム (トクスン県)  
右下の流れは白楊河右岸に取水する灌漑導水路からの分水

ダム建設をもう1つの事例、シェンシェン県のククヤ (柯々亜) ダムで詳しくみてみよう。ククヤダムの建設動機は河床からの漏水が多いので、河川水が農村・農地まで必要な時期にあまりとどかなかったことによる。そこでダムによる貯水を大量一気に放水することによって

問題を解決しようとした。また冬場の河川水を無駄に流下させまいという考えもあった。

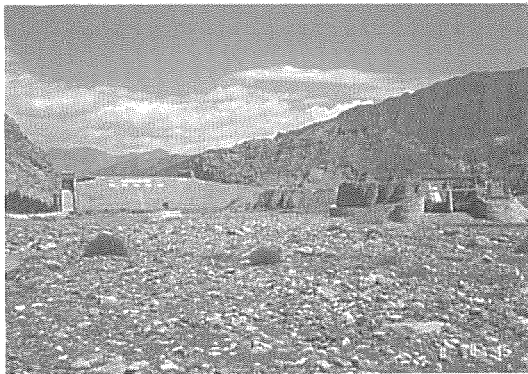


Photo I-8 ククヤダム (シェンシェン県)  
正面左が余水吐、右は取水・放水調節堰

さらにシェンシェン県で力が入れられ出した、ブドウ栽培開始の4月にカレーズの水だけでは不足することも大きい。このような事情からシェンシェン県で一番大きい河川にダムの築造がなされた。ダムの諸元は以下のようになる。

表 VI-4 ククヤダム諸元

貯水量	1,000万 <sup>ト</sup>	ロックフィルダム
高	41 <sup>尺</sup>	天端幅(道路利用) 7 <sup>尺</sup> 天端軸長 135 <sup>尺</sup>
		本体礫積みの表面を10 <sup>号</sup> 厚コンクリート舗装
		上流側法面はアスファルトフェーシング
高水吐	幅12 <sup>尺</sup> 高8 <sup>尺</sup> のテンターゲート	
計画最大高水量	790 m <sup>3</sup> /s (既往最大流量350 m <sup>3</sup> /s)	
標高	1906 <sup>尺</sup> 降水高 25 <sup>mm</sup> /年 蒸発高 2,500 <sup>mm</sup> /年	
建設費	1,430万元 (自治区支出)	

#### ダム管理所による

築造年は1977-1985年である。当初は受益農民総出で人力で石を積んでいたが、進捗・施工がよくなかったのでシェンシェン県水利局が重機などを入れて引き継いで完成した。建設では9人の死者が出た。設計や水理実験的なことは、水利局とウルムチの八一農学院で実施検討された。

ククヤダムの機能は管理所の説明による分類では次の5項目となる。

1. ダム貯溜
2. 高水調節
3. 河道維持
4. 灌漑用放水
5. 自家発電 (少々)

具体的な操作としては、通常20<sup>%</sup>の放水を原則として行う。放流量のチェックはダム下流の河道につけられた水位測定施設による。放水量20<sup>%</sup>については計画的な根拠はない。ダム貯水量と受益畑用水の需要を勘案して、経験的に放水量を調節している。150<sup>ト</sup>/秒を越える放水はダム下流の自然河川両岸が削られて、道路に被害がおよび危険となる。

農作業が活発になる5月1日から8月末まで多く放水するが、目的はすべて畑の灌漑である。今年(1988)は今まで(8月14日)の総放水量は3,900万<sup>ト</sup>となっている<sup>29)</sup>。冬場になり農作業が終わる10月20日から4月1日までは、放水を止めて貯水に務める。下流、受益農家からのダム放水の要求は水電所を通してダムに伝えられる体制となっているが、現在まで要求が出たことはない。

貯水池内堆砂については50年堆積で計画しているが、上流にもう一つ土砂溜め専用のダムが計画されている。ククヤダムの有効貯水容量を充分に確保する目的である。

ダム管理は62人が正規人員だが、現在は39人が常駐および通勤している。その内容はダムの監査、発電、水門、警備、緑化(ダム周辺部)、事務行政である。管理の問題点としては、ダム工事が完全に完了していないことにつきる。未施工部分は堤体底部のドレイン(排水)で、毎年放水を止める10月20日から継続工事をしている。その他、ダムサイト両脇の山からの岩石の崩壊が多く、これらが堤体に衝らないかが心配されている。

ダムの管理人員は多い。男女すべての人民が働くためには政府が人民に職を与える義務があり、職種を増やさねばならぬ事情も働くのかもしれない。管理所では食料の一部自給も行われている。すなわち鶏を飼い、養魚もおこなう。どうしたことか野菜はできないという。日常物資はシェンシェン県水利局からトラックが毎日運んでくる。

## VII 現状の対策と今後の水利用の方向

著者の一人である新疆水利局の姜猷徳高級工師、ならびにトルファン水利処の黃志信処長による解説を土台に、カレーズの現状への対策と今後のトルファン・ハミ盆地の水利用の方向を検討してみる。

## 1. 現状の対策

### (1) カレーズへの保護工・覆工の布設

カレーズの数が多いことと、政府予算が限られていることからすれば、崩壊と漏水防止のための保護工を布設する小工事の推進が当面の基本となろう。具体的には『V. カレーズの維持管理, 1. 崩壊防止対策と復旧』で述べた工事である。

### (2) カレーズ水利の整理再編

増加を続けるポンプについては、地下水位を安定させるように合理的に配置する。それとともにカレーズの暗渠どうしによる連絡導水、さらには明渠での連絡など、カレーズ水利体系そのものの合理的な整理再編もスケジュールにのせるべきではないか。これは解放前の地主や富裕農家による個別的なカレーズ水利よりも、その後の生産隊による郷鎮一円管理が、おなじ流量ながらより広い農地を灌漑できている事実が合理化の示唆に富む。すなわち、解放前は地主や富裕農家の自作地・小作地へと飛び飛びに配水することから、漏水や配水ロスなどかなりの無駄水があったものようである。現況の漏水や配水ロスについてもおなじように合理化の道は残されているはずである。

### (3) 明渠の改修

合理化の一つの方策として新疆省水利庁で、浸透ロスを防ぐために用水路やラオバのコンクリートやモルタル舗装が進められつつある。これらによる節水効果は確かに大きいし、事業そのものは積極的に進められてしかるべきである。けれども舗装によるマイナスの影響についても配慮しておくべきであろう。たとえば水路の舗装は流速を増す。これはおなじ流量ならば水位は低くなって流れることを意味する。さらにはその流速で泥などの水路底の堆積物が流され、堆積は現在よりはるかに少なくなるであろう。これもまた水路内水位を低くする。この水位低下が既設のゲートによる送水操作や分水操作にどのような影響をもたらすのか、前もって点検しておくことは無意味ではない。

### (4) ラオバの改修

ラオバの舗装は漏水を防ぎ、その分が貯水量増となる。しかしながらその一方ではコンクリート底面の上に木の葉や泥の堆積を招く(ラオバは蒸発を防ぐ意味から木立の中に造られている)。そしてラオバのもう一つの目的でもあるコンクリート、もしくはモルタル内での貯水々

温の上昇は、カレーズからの清涼な地下水を変質させる可能性がある。ラオバに関しては水質のみならず、その適正貯水容量や送水に要するヘッドなどの、合理的な水理設計の指針も欲しい。ラオバを深く掘って貯水容量を増大させることも考えられるが、これはポンプ・アップが必要となる。もっともコスト計算と水圧増による漏水の防止に見込みがあれば、この方法も検討に値しよう。

### (5) 末端水利利用実態の把握

カレーズによる送配水、つまり用水の供給の合理化とともに、農家の水需要、すなわち末端の水利利用についても、その実態と農地または作物への適正な水分補給の把握調査に務めるべきであろう。もちろん水利庁では作物別必要水量の確定と、それをもとにした灌漑ローテーションの合理化が考えられている。1990年にはトルファンに用水量実験所が設立され、作物別蒸発散と浸透の測定が開始されだした。そして合理化節水の目標として、現在の1,000<sup>ト</sup>/畝/年の標準用水量を600<sup>ト</sup>/畝/年にまで落とそうとしている。

用水計画の基本試験として個別の畑の入口で量水を試みる必要性は、これも新疆の水利庁で強く取り上げられている。しかし予算の不足で残念ながら実施ができない段階である。これら水供給の合理化とともに進められねばならないのは、ポンプやダムなどの水資源施設の建設資金分担についても対応が可能になるような組織作りであろう。それは農村・農家からの自発的対応もさることながら、政府当局の適切な指導と資金援助が不可欠である。

### (6) 基礎水文・水理資料の集積

これら生活用水をも含むカレーズによる農業用水の需給については、トルファン盆地を始めとして、新疆省の河川流量、蒸発散高、地下水流動など地域水文データの総合的な集積が必要なことはいうまでもない。

## 2. 今後の水利利用の方向

### (1) フレーム

根源的課題としては新疆の人口を増やさないようにすることが、迫りつつある水資源逼迫状況を回避する方策であると水利庁関係者はいう。それとともにトルファン・ハミ盆地全体の水利利用計画として、河川水を合理的に使う検討が要請される時期となってきた。新疆水利庁は水資源施設の使い分けによる広域反復利用将来計画を

策定中である。たとえばトルファン盆地で具体的にみれば、火焰山以北と天山にはさまれる上流高位部、いわゆる天山北路地帯は雪解け水を全量取水して河川灌漑を行う。火焰山南部のゴビでは北部の河川灌漑による浸透地下水を受けて、現状のカレーズを活性化させる<sup>30)</sup>。

このカレーズ灌漑地帯では、中でも上流と下流のカレーズ間でも反復を図るとされる。つまり上流のカレーズから畑に灌漑された浸透水を、地下水に合わせて下流のカレーズが利用する構図である。さらにアイティン湖畔に近い盆地最低位部附近では、塩分が濃い浅層地下水の利用を避けて深層地下水の揚水を行なう。揚水にもなう地下水水位低下は沙漠の土地利用の障害となっている、土壌表面への塩分上昇を防止するものとも期待されている。

## (2) 具体的企画

フレームの壮大な将来計画である。トルファンの現状の河川水は年4-4.5億<sup>3)</sup>の量で、トルファン盆地では41万畝を灌漑している。火焰山北部はその内の15万畝と少ないが、河川水をさらに振り向け、新たに25万畝の開畑をする。つまり北部で新旧計40万畝の河川灌漑を実施する。ということは逆に南部の25万畝の農地は水源を失うことになる。これに代わる新たな水源として大量の浸透水を受けるカレーズの流量増と、とくに最下流部はポンプ利用が見込まれている。

もともと最下流部附近の土地は塩分上昇が多くて畑にできない。豊水期に河川水が下流まで流れたとしても、無駄水になるだけである。したがって上流で河川水を使いきってしまった方が利用価値があると水利庁は判断しているらしい。さらにこのようにして河川からの浸透水を失う最下流では、地下水水位が下がり塩分上昇も抑えられる。こうして最下流部附近の土地が、いずれ農地利用が可能となったところへ300<sup>4)</sup>以下からポンプアップして灌漑する。このポンプアップは地下水水位をさらに下げる効果が期待されている。

北部の新規開畑は25万畝を一度にとりかかるのではなく、年5-8万畝ずつ進め、様子を見ながら実施したいと水利庁関係者はいう。畑作物としては5年性のブドウが1畝で1,000元とれるので妥当と考えられている。開発費は2.5億元と見込まれ、人民政府から60%の1.5億円の補助を仰ぎ、農民は40%を負担する構想で計画は進められている。

## Ⅷ トルファン・ハミ盆地での水資源開発の発展段階 —総括にかえての仮説—

### 1. 泉

原初、自然の湧水を利用したオアシスの形成がなされた。ナツメヤシがわずかな木影をなし、ラクダの隊商が立ち寄るオアシスのイメージだろう。この自然オアシスの時代は長かったはずである。トルファンではナツメヤシではなく、古くからの柳・榆とともに解放後は白楊の平地植林が強力に進められた。

このオアシスで気になることがある。それは山地からの流れが形成した扇状地に潜った水が再び湧く扇端に沿って、多くのオアシスが分布する傾向が見て取れる。いわゆるシルクロードの一街道である天山南路と、古アイティン湖々畔ではなかったであろうか、海拔ゼロメートルの標高線の間に沿ってポツポツと連なる古いオアシス群の存在はその形成過程に暗示的である。

### 2. カレーズの掘削

自然の泉だけでは流量が不足したり、また涸渇する泉もあったであろう。泉の涸渇には沙漠の盛んな蒸発作用とともに、素人考えだがトルファン盆地自体の地質年代的な地下水低下、もしくは供給水源の減があるのではないだろうか。海拔マイナス155<sup>5)</sup>におよぶアイティン湖が干上がったのも、この観点からの説明を期待したい。

ともかく不足する泉の水源増を求めて横方向にカレーズが掘られたものと想像できる。この掘削技術はイランから伝播したとする説と、中国自生説がある。トルファンでは涸渇したものも含め、861本のカレーズの存在が水利局によって確認されている。

### 3. 河川水利用

トルファン・ハミ地区経営のためにより豊富な水源が求められ、それは天山などからの雪解け水の直接利用となった。すなわちそれまでは沙漠に入ると地下に浸透するにまかせていた河川水が、人工導水路の建設で農地・農村のあるオアシスまで引かれた。導水路はその後に漏水を防止するため、コンクリート玉石張りとして改修された。

#### 4. ポンプの打設

電力の普及とともに導水路建設よりもさらに簡便なポンプの打設が盛んになった。これら河川水の利用や、ポンプの打設は新疆の農業生産や人口の飛躍的増大をもたらした。その反面、それまで沙漠の地下水を涵養していた水源を収奪する結果となり、深刻な地下水低下の問題を引き起こしてしまった。

#### 5. ダム（水庫）の建設

冬場、農業生産が休止する期間の河川水を貯溜するためのダムの建設も開始された。これは導水路建設に代わる意味を持つ。すなわち自然河川であればその流量が少ないと、オアシスまで到達する以前に流れは沙漠に消えてしまう。そこでダムに貯溜した大流量でもって河川の流れを持続させる。ただ、このダムも冬場の河川水を沙漠に浸透する前にカットするので、地下水位の低下に追い打ちをかけた。

#### 6. 地下水位の回復

新疆自治区政府は地下水の揚水規制（ポンプ台数や打設位置）に乗り出しているが、その効果はまだ出てきてはいない。自治区政府がとっている地下水位回復の方策はもう一つある。それは高山地帯からの雪解け水の余剰や洪水の沙漠へ導水である。これらの河川氾濫水をゴビに浸透させ地下水の涵養が試みられている。

#### 7. 表流水・地下水連動化による広域反復利用

地下水位の低下は泉とカレーズはいうにおよばず、ポンプの稼働効率にも深刻な影響をもたらした。つまり現状の水源地ではトルファン・ハミ地区、とくにトルファンは水資源の逼迫段階に到達しつつある。このため国策でもある人口抑制が水資源問題の解決策の一つとして、新疆の当局で取り上げられている。

それとともに水利用の合理化、すなわち広域反復利用が検討されだした。たとえばトルファン盆地で具体的にみれば、火焰山以北、天山にはさまれるいわゆる天山北路は全量取水の雪解け河川灌漑を行う。火焰山南部はこの浸透地下水を受けて、現状のカレーズを活性化させる。上流と下流のカレーズ間でも反復を図る。つまり広域地下水維持用水の考えが検討されているともいえよう。さらに盆地最低位部附近では深層地下水の揚水を行う。こ

れは土壌への塩分上昇を防止する役目も期待される。

#### 8. 水質問題の潜在

この広域反復利用による総合的な水管理については、河川データやダム管理、それにポンプとカレーズ、さらには末端水利用の詳細なデータ提供を受けなかったので、軽々しく論じることはできない。ただ、反復利用の高度化は水質問題を課題とするようになるかもしれない。つまり農業生産の飛躍的な上昇は肥料の多用が一つの柱である。これら肥料成分が浸透することによって、地下水の富栄養化が懸念される。カレーズが灌漑用のみならば、好都合なのかもしれないが、生活用水と兼用している現状では前もった検討が必要とされよう。

また生活の利便化にともない、洗剤その他の利用による水利用様式の変化が水質汚濁に繋がることは、内地中国ですでに深刻な問題となってきた。新疆でも事前に策を構えるだけの汚濁可能性はある。

#### 9. 天山水資源開発

現状の水資源施設での水資源が逼迫しつつあるならば、目をはるか北に雪を抱く天山ボゴダに向けざるをえないであろう。火焰山その他、トルファン盆地に近い低山地ではダムサイトの適地はなく、また沙漠気候の降水特性から安定した河川流量は期待できそうにもない。電源開発をとまなう天山水資源開発がトルファン・ハミ盆地を含む天山北路・南路地帯のより発展の鍵ではなかろうか。

ただ、山間部でも潜流が生じるようである河床状況や、大量の砂礫や岩を搬出する降雨流出特性など、開発の前には極めて困難な問題が横たわる。従来日本や西欧で経験された水資源開発の手法が、そのまま持ち込めるかどうか疑問とするところである。したがって開発は、先立って天山々系の河川特性の解明を必須とするのはいうまでもない。

#### 付録：県・郷鎮の農業と水源の統計数値

現地水電所や役場で、それぞれの県・郷鎮の農業統計数値の説明を受けた。中国全土や各省、さらには大都市の統計数値は容易に得られるものと想像する。しかし、郷鎮にまでとなると入手しうるかどうかが疑問とするこ

ろである。そこで冗長不統一ではあるが、記録した農業統計数値を付記しておく。これは実態の紹介を中心とした本文を、詳細に吟味する場合にも役立つと考えてのことである。

トルファン

【ヤル郷】 1本のカレーズで平均約1,500畝をローテーション灌漑している。付表では現在123本のカレーズが計上されているが、生きているのは32本と少ない。

付表1 ヤル郷のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
1950年以前	135本	—
1963年	166本	打設開始
現在	123本	226台

解放軍が掘ったカレーズの水は今でも出ている。他のカレーズが涸れた原因は1963年に打ち始めたポンプである。現在実際に使っているポンプは205台。できるだけポンプを使わないようにしてカレーズの回復を図っている。

このあたりのカレーズで一番古いのは五道林坎兒井で、堅井の最大深は40-45mである。長さは短いので1m、長いので4-5m続く。

【紅旗公社】 トルファンで一番大きなカレーズ、大坎をかかえているらしく、この地は緑豊かである。また、ここはかつての農業普及中心であり、今は綿花の研究ステーション（綿花農業普及中心、綿作物実験站）がある。

付表2 紅旗公社の人口と面積およびカレーズ

面積	50,000畝
畑	37,000畝
カレーズ	7ヶ所

現在カレーズは5ヶ所を使用している。大坎は長さ6.3m、70L/秒の流量がある。扇状地の扇端にある最上流の井戸は86mの深さを持つ。

【勝金郷】 天山と火焰山に挟まれた位置にあり、東から西へ27mと地区は東西に細長い。

作付 綿花、ブドウ (11,000畝)、小麦、コウリヤン (小麦の後)

綿花が一番利益がいい。ブドウは1m<sup>2</sup>の肥料で1m<sup>2</sup>の生産である。

付表4 勝金郷のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
1975	一番多かった	70年代から打設
1986	111本	251台

1975年では700畝/日の灌漑がカレーズでできた。1970年-80年にポンプを盛んに打った（ただし、トルファン水利局の説明だと60年代末から70年代にかけてとあり、この10年の差は地域差か説明の誤差か）。最大のものは37m<sup>2</sup>で、最小は5.5m<sup>2</sup>。

付表5 シェンシェン県のカレーズの経年変化

年	カレーズ	流量
1957	487本	8L/秒
1988	309	5

カレーズと泉が一番出ていたところは、カレーズから毎秒8Lであったが、今は5Lに落ちている。1957年以後は新規の掘削はなく、修理のみである。シェンシェンは水源規模が小さいからか、トルファンよりも水源が早く逼迫するようだ。

【七克台郷】

付表6 七克台郷の人口と農地面積

	人口	畑
1957年前	2,000人	—
現在	11,000	25,000畝

作付：糧食（小麦・コウリヤンなどの穀物）、綿花 瓜で、ブドウは少ない。20年前は穀物だけだった。

付表7 七克台郷のカレーズとポンプ

年	カレーズ	ポンプ
1988	本数 33	112
	流量 平均 500畝を灌漑	500

平均的には1日総水量で500畝灌漑できる。大きなのは1日50畝を灌漑できるが、小さいのは3-4畝しかできない。よく使っているのは大きな2本で50畝と30畝を灌漑している。けれどもこここのところカレーズが古くなってきて、全体的に水量が少なくなってきた。水がなくなったカレーズは2本である。

1988年調査隊によるカレーズの出口から最遠距離の竖井の深さ実測例。(テープにつないだ電流計による) A 坎:52.4m 水あり。B坎:51.2m 水なし

【宇伍都約坎兒井生産隊】

付表8 宇伍都約坎兒井生産隊の人口、農地面積および水源

人口	340人
畑	100 ha
防風林	100畝
ポンプ	なし
カレーズ	3本

総延長距離は10<sup>km</sup>で大きいのは7<sup>km</sup>。ということは残りの2本で3<sup>km</sup>の長さで、それぞれ小さい規模であることが分かる。もともとは5本だったが、1本は農場に寄付した。もう1つは洪水で壊れた。最初のカレーズは100年前に造った。その時に植えた楊が大木となってカ

レーズの出口近くにある。竖穴は155本で最も深いのは50mある。このあたりで一番深い長家カレーズの竖穴は80mである。1962年当時はまだ畑がすくなくて、カレーズの水が少なくなったからといって別段の制約はしなかった。

【連木沁郷】

付表9 連木沁郷の人口と農地面積

人口	24,000人
畑	38,000畝
生産隊	13(12?)

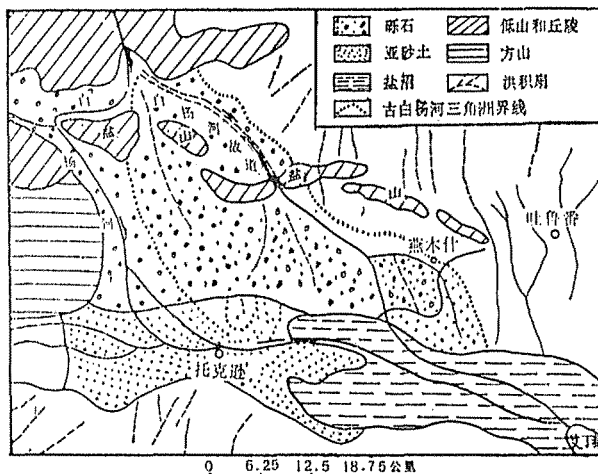
他に実験地を持っている生産隊(過去の普及所)が1ヶ所ある

付表10 連木沁郷の水源

	カレーズ	ポンプ	泉
1964年前	84本	—	?
1988	26(64?)本	200台	8ヶ
日灌漑面積(畝/日)	466	730	310

ポンプは全部が稼働しているとは限らない

この郷は洪水、カレーズ、ポンプ、泉と水源があるが、よく使うのはカレーズとポンプである。ポンプは1976年から打たれ現在74(84?)台を使っている日平均灌漑面



付図-1 吐魯番盆地西部白楊河變遷 (据《新疆地貌》)

Attached Fig.-1 Transition of River Paiyang in the Western Turpan Basin (By Xinjiang Geograpy Institute) 吐魯番盆地西部白楊河變遷 (中国科学院新疆地理研究所「天山々体演化」)



積は9畝となる。泉は8ヶ所あり、これを1つにまとめて集水し、あらためて150?の水路に分水する。泉1ヶ所の日平均灌漑面積は38.7畝となり、カレーズの17.9畝よりも大きい。泉はかなり流量が豊富なようである。

この郷は相当な豊かさのようであった。直径164?の石碾が転がっていたことも、収穫高の多さを物語るものではないだろうか。ハンドゥ(喊墩)のセプタイグル(宬不台古)カレーズも320年前の掘削だと言うし、どうも古くから開発された本村のようである。天山の近く地下水は豊富だし、土地もいいような感じを受けた。山に近いから中腹までの放牧もなされている。ブドウが年に4,000万?生産し、瓜もやっている。接待を受けた農家は年60,000元の収入がある。貨幣価値の変動もあり、かつて万元戸といわれた農家も10万元戸から、いずれは100万元戸へと名称も変わるであろう。

トクソン県

地質が白楊河の乱流氾濫原のようで、トルファンやハミの地質とは別である(付図-1参照)。

最大のカレーズは120?/秒の水量を誇る。西にあるイラホウ(伊拉湖)で30本以上のカレーズがすべて涸れ、用水の供給源が少なくなった。だからアラクと白楊河2本の河川の水源としてのウエイトが大きくなってきた。アラクの上流には誰も人は住んでいなかったが、現在は石炭掘りで4万人が住んでいる。町は海拔ゼロ・メートル標高に位置する。

付表11 トクソン県の人口と農地

	人口	畑
1957年	3-4万人	100,000畝
現在	9.2	185,000

作付：小麦，コーリヤン，綿花，甜瓜，大豆，ブドウ

付表12 トクソン県のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
70年代初期	184本	—
流量	4.8 m <sup>3</sup> /s	
70年代以後	54本	784本
流量	1.5 m <sup>3</sup> /s	

【ポステン(博斯坦)郷】カレーズと河川取水の用水は6,000人と10,000頭の家畜の飲み水でもある。カレーズは21本で、内訳は砂坎が11、土坎が10となる。最も古いのは1778年に掘られたと伝えられる。流量は総計1,800?/秒で砂のカレーズは100-120?/秒である。50年代始めはカレーズだけでよかった。これらの水源は5本の沢水の浸透だが、土のカレーズは今では放棄している。83年までで4本、50?/秒しか流量がない。

この郷では灌漑は農地ブロックごとのローテーションではなく、幹線から支線と分岐する全水路に一気に流し、アイティン湖までの村々を灌漑している。水源が河川であるからできる芸当で、取水しうるだけの量が流下している。ポステンでもカレーズを使っている村は、この河川水灌漑地区よりももっと上流である。

【ホードン(河東)郷】トクスンから5?西、つまり上流。上のポステン郷よりも白楊河に近い。

トクスンの風の通り道13本のうち12本がここにある。210年まえ、この郷の西側高位部は農地だったがその後、沙漠化が進み植物が枯れた。現在カリブリム(沙拐棗)を植えて植生分布拡大をはかっている。

付表13 河東郷の人口と農地

人	13,000人(2,850世帯)
畑	35,000畝
生産隊	57

作付：小麦，綿花，落下生，コウリヤン

付表14 河東郷のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
1770*	掘削開始	—
1970	64本	
1975		打設開始
1988	15本	180本

1970年のカレーズでは砂坎51 土坎13

最初は泉だけだったが、カレーズが1770(1670?)年に掘られた。水量の大きいのは100(50?)?/秒であり、少ないのは10-20?/秒。カレーズの長いのは4?あったが、平均では2?ぐらいのが多い。1978年からカレーズの涸渇が始まった。

井戸の深さが40?では水は出ない。一番深いのは80?

である。地下水が下がって地盤沈下するようなことはない。近くのポステン郷もポンプは浅いようだけれど40m打っている。

【喀克恰克郷】 トルファン盆地南の山の麓。西部や東部のゴビに比べて砂礫にとがりが目立つ。この郷は春にとくに水が少ない。60年代末からポンプを打ち出して、現在780本ある。春の農業開始期が水不足なので、このころにとくに多く使う。ポンプがなければ小麦は作れない。カレーズは6月始めに水量が多く118本?あった当時は4.8<sup>ト</sup>/秒が出た。

ハ ミ

【二堡郷】

付表 15 二堡の人口と面積および農地面積

人口	11,084
面積	64.4平方 <sup>キ</sup> 。
畑	28,600畝

作付、小麦が主。西瓜、ピナス、コウリヤンなど少々。

小麦が主なのは文革のときの村の取り決めがそのまま続いているから。ブドウを作らないのは気温が低いことと、1986年から少し入ってきてはいるが、村の技術がまだ未熟だから。水がブドウ栽培の規制要因ではない。近くの五堡では水は少ないがブドウ作りが盛んである。

付表 16 二堡郷のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
解放後	108本	一台
現在	53	180

解放ごろは地下水も豊富だった。カレーズ長さはだいたい5-6<sup>キ</sup>で現在生きているのは47本。アルプウ(二堡)にあるマダショウ(馬德寿)坎がハミ第一のカレーズで、暗渠が5.9<sup>キ</sup>、竖井140本、最大深45.5<sup>キ</sup>。流量は144<sup>リ</sup>/秒。ただし、1987年の水利局の測定では100<sup>リ</sup>/秒であった。

もう一つ大きいカレーズは昨年の洪水で壊れ、現在修理中。これは5.1<sup>キ</sup>の暗渠に竖井153本、最大深39.3<sup>キ</sup>。

つけくわえればハミで最も深いカレーズの竖井は53<sup>キ</sup>である。二堡のカレーズは減ったが、ハミ地区全体としてはカレーズの本数が増徴しているらしい。けれど農地面積は増えていない。これは涸れたカレーズを新しい掘削で補うからである。

【大泉湾郷】

付表 17 大泉湾郷の人口と農地面積

人口	7,582人
畑	21,827畝
生産隊	25

作付、小麦、コウリヤン、ピナス、甜瓜、大麦、デントコーン、トウモロコシ、ピーナツ

付表 18 大泉郷のカレーズとポンプ

	カレーズ	ポンプ
解放前	48本	—
現在	4	181台
流量 <sup>リ</sup> /秒	0.27	2.7

カレーズは1914年に掘削開始  
ポンプは165本を稼働させている

ハミ水利局による

郷を形成する村は5つで、解放軍が水路を掘削して設置したヒンタン園芸場を1つ持つ。1978年から郷では「五好建設」を実施している。五好とは、道路、防風林、畑、村、渠をいう。人民政府から補助金が出て、主に技術とコンクリートの提供があった。

謝 辞

トルファン・ハミ地区の各郷長、水電所の方々には、多方面にわたる聞き取り、さらにはカレーズの流量・水質・構造の実測と、調査隊の数多い要求に懇切丁寧に対応していただきました。本報告を作成できましたのも、ひとえに現地の御援助・御教示のたまものであります。各位に深謝申し上げます。最後になりましたが新疆生物土壤沙漠研究所の朱衛東聯絡官、トルファン水利局アイメイティ(艾買提)技師には、すべての日程について通訳と調査設定に携わっていただきました。感謝の他ありません。

## 注

- 1) 昭和63年度文部省科学研究費海外学術調査補助金採択課題(「カナート水利体系をもつオアシス社会の比較研究」, 代表 小堀 巖 明治大学教授)。
- 2) 榎根・田中・肥田「三重県のマンボについて」地理学評論 46巻9号 1973。マンヌンボについてはこの文献の中での留学生の発言を頼りに、その後の研究では韓国での存在を裏付けるものとして云々されている。かなり以前の報告であるが、現地での確認はいまだにされていない。
- 3) トルファンと発音するよりもトゥルファン(Turpan)の方が正確らしい。
- 4) 科学出版局 1986
- 5) イランの横井戸(カナート)にはより長大なものが多い。最大のもので70<sup>m</sup>にもおよぶらしい。また最大最大深井深も300<sup>m</sup>に近いという。岡崎正孝, 「カナート, イラの地下水路」論創社 1988
- 6) ゴビとは礫沙漠そのものの意味であり, したがって「ゴビの沙漠」といった用語は重複することになる。
- 7) 「砂」と「土」はトルファン水利局による分類である。ウイグル族は「砂」と「畑」とに分類する。「砂」は漢族でいう「砂」, すなわち砂礫でおなじだが, 「畑」が「土のカレーズ」に相当する。トクスのウイグル人技師はそれぞれ「石子」と「流砂」と書いて解説してくれた。
- 8) この地下水の反復利用に見られる上下流の関係は, オアシスの新旧開発過程にかかわるものかもしれないが, 今回の調査では立ち入ることはできなかった。
- 9) トルファン市内に飲用のみの利用となったカレーズが導かれているらしい。
- 10) 水質はしていない。
- 11) シェンシェン七克台郷で1988年8月13日に測定した中坎は87年の電力局の測定では21<sup>m</sup>だった。これが今回増えているのは隣の46<sup>m</sup>出ているカレーズが落盤で塞がれたことにより, その地下水の一部が回ってきた可能性がある。
- 12) 水利局では重要度もしくは流量によって, それぞれの村落の代表的なカレーズ(坎兒井)を, 大坎, 中坎, 小坎として扱っている。
- 13) 暗渠部の名称についてハミでは集水部を「有水段/水活」, 導水部を「揚水段/旱活」とも表現していた。
- 14) 潦は雨や大水による池の意。壩は堰の意。新疆ではウイグル語を漢音で表すため, ウイグルの発音と差が出る場合もある。また, ウイグル語を漢語で音表記するに, 時として統一がなされていない場合がある。例えば図II-1での「塔尔浪(トルラ)渠」は, 図II-2で「塔尔朗渠」とされている。
- 15) 扇状地の地下水の一般的形態からして, 中腹まで掘り登ると地下水ががえって深くなる可能性もある。またそのため堅井も深くなるし, 大きな石が出て掘削に苦勞するかもしれない。いずれにしろ地下水等高線の常時観察が将来必要であろう。それと沢を目掛けてすべてのカレーズが集中するが, 間隔の規制があり, これもカレーズが扇状地の上まで登れない理由の一つである。
- 16) ケレム, ムラブ, アブレド, ヤーズの各氏で, それぞれ相当の高齢であった。測量を含めカレーズ掘りの技術は記録や一般人への口伝などはないという。トクスン県のポステンで聞き取りに応じてくれたガーティエ氏(64才)はカレーズ掘りはおじいさんのおじいさん, つまり4代前からやっている。普段は畑を耕作しているが, 作業の時は彼の息子も掘るし, 奥さんも土を運ぶ係と一緒に手伝っている。掘り方は親から教わった。彼の兄弟は皆カレーズ職人で附近のカレーズ48本を全部修理した。
- 17) ナンとはピッツァの台のようなもので, パンとともに小麦系の食物を代表するものである。素焼のものからニンニク, または玉ねぎをまぶして味をつけたものもある。
- 18) 堅井の勘定は別なのか含むのかは聞き渡らした。
- 19) イランでは娘(実態は後家でもいい)がカレーズの流れにつかり, カレーズと疑似結婚をして祝うという。岡崎正孝, 同上
- 20) カレーズでとられている灌漑単位面積の例を示しておく。  
五道林(五道林) 40畝/日  
大坎(紅旗公社) 80 〃  
中坎(鄯善園芸場) 21 〃  
小坎(七克台郷) 30 〃  
宇伍都約坎兒井 大坎 50畝/日  
中坎 40 〃
- 21) コンクリート柵板は長120-140<sup>cm</sup>, 高20<sup>cm</sup>の2枚継, 厚4<sup>cm</sup>。各々側壁の柵板を支える支柱の根入れは20-25<sup>cm</sup>で, 左右の支柱の頭に山留めがわたされる。
- 22) 右岸にも青年渠と名のつけられた導水路があるようである(図II-1参照)。
- 23) ゴビではないが砂沙漠では高6<sup>m</sup>の砂丘が年に30-50<sup>m</sup>も移動する。これらに対する防止策, または研究についてトルファンの沙漠植物研究所での解

説は次のようなものであった。

研究所では砂丘の移動を阻止し緑化促進のために、乾燥に強い植物の栽培試験および種子や苗木の育成がなされている。沙漠の移動を阻止するために、カレーズの冬の水で灌漑するとともに、乾燥に強い植物を選んで植えつける実験が行われた。その結果、緑の面積が増え始め植物の種類はもちろん、植物群の中に生息する動物類も増えた。それで、研究所は現在までに沙漠に強い植物の26種の種を20ト、植物を100万ト(200万本?)育成し沙漠の各地へ供給した。

研究所の植林は肥料や土壌改良をせずに自然の沙漠の土に植えたものである。そして少しずつよく成長したということであった。けれどタマリスクの根が10倍も張るということは、灌漑による深部の土壌水分保持が効いているからだろうか。この試験場は灌漑用井戸を持っている。

- 24) 打設深や口径によって工事費は異なる。ハミの二堡では80cm深のポンプが、一本は11,000-13,000元、他の一本は18,000元だという。
- 25) もっともハミの二堡では、ポンプの水80%は専用水路に流し、20%をカレーズの水路からオバに入れている。ただ、専用水路とはいえ、いずれは旧の水路にはいるのではないか。これも未確認として残った。
- 26) 地下水に関して詳しい資料は入手できなかった。ただ、トルファン博物館に掲げられていたトルファンの地下水等高線図によると、火焰山が天山

からの地下水位を地下ダムのようにして遮っている様子が描かれていた。そして火焰山をくぐって出てくる地下水位は3-5m深とされていた。火焰山南部、すなわち地下水の下流側であるが、被圧地下水はないという。

ハミには地下10-20mのところに帯水層がある。ただし、これ以上掘ると地下水が出ないらしい。例えばポンプも50m以上だとかえって水が出ない。しかし、おなじハミでも大泉郷のらうに被圧地下水が出るところもある。

- 27) 比較的地下水位の高いハミでは、トルファンと少し事情が違う。カレーズは掘りさえすれば後は金が不要で水が出る。1982年から1988年までに新しく16本掘った。掘るのは11月から4月までの冬場である。冬は農閑期で掘削に来る農民への賃金が安い。また、カレーズの中が暖かくて働きやすいともいう。
- 28) 紅山ダムよりも先に、より下流に白山ダムが築造されているようだが、集水・貯水の便か規模が小さいためか重要視されていないようである。
- 29) 貯水量よりもはるかに多いが、これは河川の自流量も合わせての数字である。
- 30) 水利用の極限的利用段階に達したと思われるシェンシェンの水利処でもおなじ将来構想の説明を受けた。すなわち上流は河川水を使い積極的に地下水を涵養し、下流はカレーズと泉を利用する反復利用に務める。その間は河川水とカレーズ・泉の利用とする。