

沙 漠 研 究

JOURNAL OF ARID LAND STUDIES

目 次

特集 タクリマカン沙漠—人間活動と環境変化—

口 絵

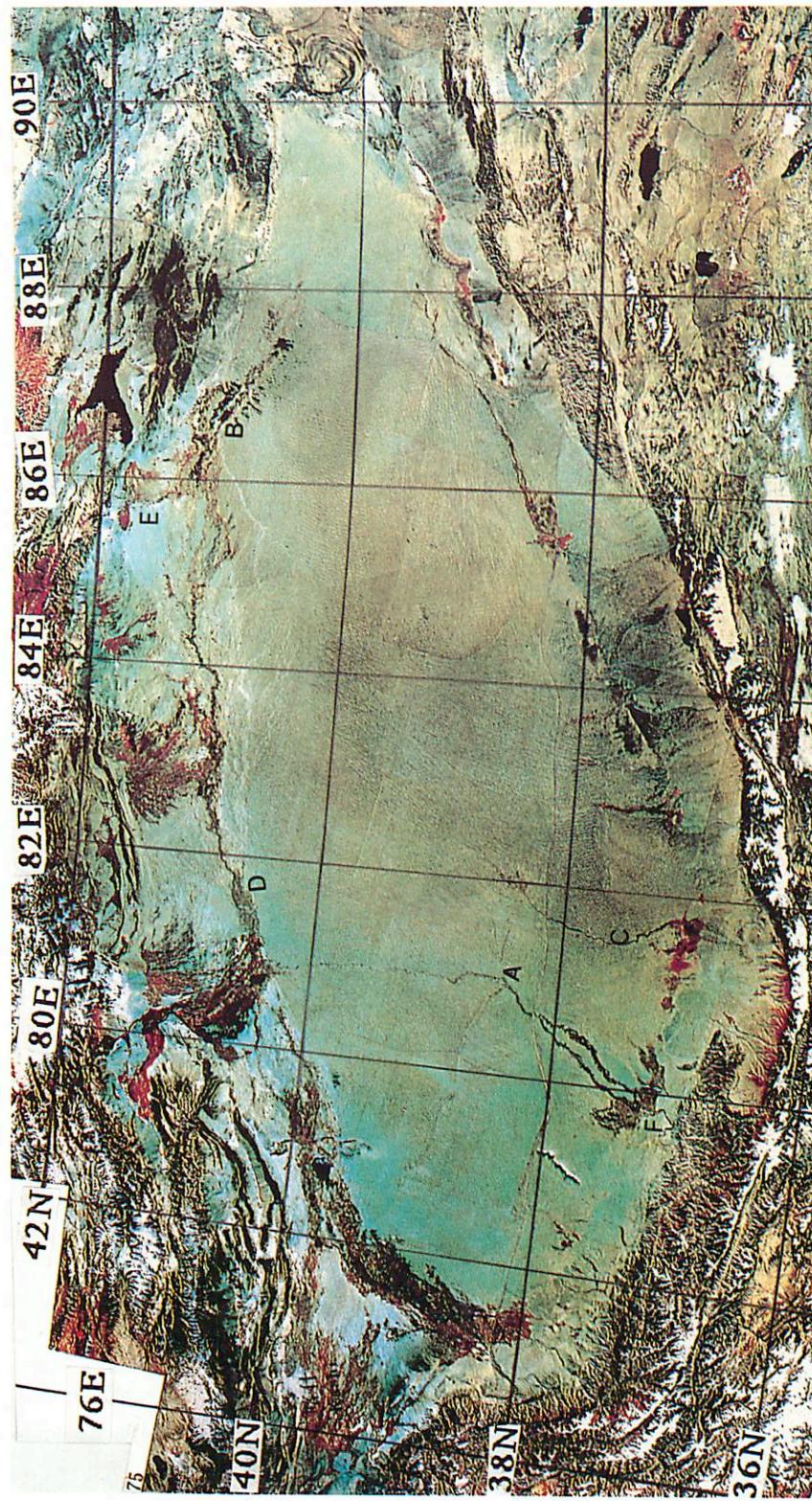
1. 土屋 清：タクリマカン沙漠の Landsat MSS 疑似カラーモザイク画像
2. 高村弘毅：タクリマカン沙漠の環境と人間活動

高村弘毅：特集「タクリマカン沙漠—人間活動と環境変化—」に寄せて	87- 89
梅村 坦：ユルドゥス草原とタリムのオアシス	91-106
吉野正敏・藤田佳久・有薗正一郎・杜 明遠・雷 加強：タクリマカン沙漠 における沙漠化に及ぼす農業的土地利用の影響	107-115
相馬秀廣：タクリマカン沙漠における沙漠化—塩類集積、砂の被覆、風食—	117-129
朱 震達・王 潤：タクリマカン沙漠周辺地域における荒漠化問題（英文）	131-136
王 潤：中国新疆タリム盆地における土地利用と土地荒廃（英文）	137-144
土屋 清・小黒剛成：人工衛星から見たタクリマカン沙漠 —リモートセンシングの応用—	145-154
小黒剛成・土屋 清：人工衛星SPOTデータによるタクリマカン沙漠オアシ スの沙漠化地域の抽出	155-162
石山 隆・森山雅雄・竹内延夫・梶原康司・杉原滋彦・刘 培君：衛星データ によるタクリマカン沙漠南部のホータンオアシス周辺の地表土壤 水分の評価	163-172
杜 明遠・吉野正敏・藤田佳久・有薗正一郎・真木太一・雷 加強：中国タ クリマカン沙漠における最近の気候変化と農業活動（英文）	173-183
何 清・趙 景峰・長島秀樹：タクリマカン沙漠における砂嵐の分布特性 (英文)	185-193
矢吹貞代・岡田昭彦・上田 晃・樊 自立・常 青：中国新疆砂漠域におけ る陸水中の塩類構成イオンの挙動—同位体地球化学の立場から—	195-216
胡達拜地 ミジチ：タクリマカン沙漠のフローラと植生の概観	217-221

1. タクリマカン沙漠の Landsat MSS 疑似カラー・モザイク画像

1. False Color Landsat MSS Mosaic Image of the Taklimakan Desert

Courtesy by Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences. Latitude and longitude lines by K. TSUCHIYA.



モザイク画像作成は中国科学院遥感应用研究所、緯度経度線記入は土屋、緯度経度線記入は土屋、A点から北方に延びる線は和田河、西方に延びる線は麻扎塔格山脈、D～Bの濃緑線はタリム河、C点西側を南北に延びる線はケリヤ河、Eは和田オアシス、Fはコルラ市、Gは庫爾勒市、Hは和田市、Iは喀什市、Jは阿克苏市、Kは库车市、Lは轮台市、Mは库尔班乡、Nは库车河、Oは塔里木河、Pは阿克苏河、Q是叶尔羌河、R是和田河、S是喀什河、T是额尔齐斯河、U是额尔齐斯河、V是额尔齐斯河、W是额尔齐斯河、X是额尔齐斯河、Y是额尔齐斯河、Z是额尔齐斯河。画像中に見える不連続な線は画像の縫ぎ目。使用されている画像は1970年代に観測されたもの。

(土屋 清, Kiyoshi Tsuchiya)

2. タクリマカン沙漠の環境と人間活動

2. Environment and Human Activities in the Taklimakan Desert



写真1. タリム盆地西部にある Gez 河上流の Kiqik Kara Kol 湖と Kongur 峰の氷河。

この氷河が Gez 河の水源になっている。(1994年9月10日撮影)

Photo 1. The Kiqik Kara Kol Lake on the upper reaches of Gez River in the western part of the Taklimakan Desert. The peak is Kongur, from which Gez River originates. (Sep. 10, 1994)



写真2. タリム河中流域における沿岸の胡楊林 (*Populus diversifolia*)。
Qiman 近辺のタリム河沿岸にて。
(1994年9月13日)

Photo 2. Forest of *Populus diversifolia* in the middle reaches of Tarim River, near Qiman. (Sep. 13, 1994)



写真3. 地下水位低下により立ち枯れした
胡楊林 (*Populus diversifolia*)。
Bugur から約 40km 南のタリム河下流の沿岸にて。
(1995年8月26日)

Photo 3. Forest of *Populus diversifolia*, which has dried up due to the falling of ground water level in the lower reaches of Tarim River ca. 40km south of Bugur. (Aug. 26, 1995)



写真4. タクリマカン沙漠南部の *Tamarix* などの灌木で造られた家屋. Lop 県 Beshtograk 村にて. (1994年8月30日)

Photo 4. A rural house made of *Tamarix* in the southern part of the Taklimakan Desert, at Beshtograk, Lop. (Aug. 30, 1994)



写真5. Keriya の幹線道路に沿う防風林. (1994年9月4日)

Photo 5. Windbreaks along the main street of Keriya. (Sep. 4, 1994)



写真6. *Rhagmites* spp. で造られた防砂草方格（砂防用に草を格子状に並べたもの). タクリマカン沙漠を横断する Bugur-Niya 間の石油道路 (Bugur から 70km の地点) にて. (1995年8月26日)

Photo 6. The sand protective straw checkerboard of *Phragmites* spp. along the trunk road from Bugur to Niya ca. 70km south of Bugur. (Aug. 26, 1995)

(高村弘毅, Hiroki TAKAMURA)

特集：「タクリマカン沙漠一人間活動と環境変化ー」に寄せて

高 村 弘 毅*

1. まえがき

タクリマカン沙漠においては、古くから自然的原因による外来河川の水量の変化や降水量の変化などにより、人間活動の基盤となる水・土地・草原・森林・生物などの資源環境の条件が変化してきたことは、先学者達によつて明らかにされている。しかし、今世紀に入って、特に後半世紀において、過放牧・乱伐・乱墾など人為的インパクトに起因する環境の劣悪化（沙漠化はその一つの現象）には著しいものがある。

乾燥地域における環境劣悪化の代名詞のように扱われる沙漠化は、1960年代後半にアフリカのサヘル地帯での進行が指摘されてから、UNESCO, FAO, WMOなどの国際機関をはじめ各國においても、人間生存を脅かす環境問題として注目されるようになった。なかでも、1977年にナイロビで開かれた国連砂漠化会議(UNCOD)で、沙漠化が地球的規模で起こっている現象であることが確認されて以来、国際社会が協力してその防止活動を取り組むべき地球規模環境問題として位置づけられるようになった。わが国も、1980年代に入って、経済先進国として遅ればせながら国際機関に対応できる国内機関の整備に着手し、研究やその対応の促進などに取り組むようになったのである。

このような社会的動向の中で、筆者ら乾燥地域の研究に関心を寄せる人々が中心となって1983年9月、日本地理学会に乾燥地域研究グループ、同作業グループという名称の研究組織を段階的につくり、一連の研究活動を進めてきた。その成果は、日本地理学会1986年度秋季学術大会のシンポジウムIと、その報告「「砂漠化」の地理学」(地理学評論, 60A-2, 1987)で集約され、さらに1988年2月の「「砂漠化」の地理学特集号」(地理学評論, 61A-2)で概ね総括された。これは、日本沙漠学会発足の気運にインパクトを与え、さらに、わが国における沙漠化研究の活性化に貢献することとなった。その後、乾燥地域を有する国々において資料や情報の提供がある程度緩和さ

れたこと、当該国の経済発展に呼応して研究が少し進展したこと、Landsat (USA) や、SPOT (France), MOS (日本), NOAA (USA) などの人工衛星のデータが入手し易くなったことなどの影響もあり、アジアはもとよりアフリカやオーストラリア、南米など世界各地の乾燥地域に関して研究する人が増加した。また、研究手法だけでなく、研究成果も大いに向上した。しかし、わが国は、研究対象である乾燥地域をもたない弱さに研究の立ち遅れが重なったため、世界をリードする成果を未だ見出せずにいるのが現実である。そこで、日本沙漠学会は、わが国と距離的に近いうえ、歴史的にも密接な関係があり、さらに科学技術庁の「砂漠化機構の解明に関する研究」をはじめ、大学・研究機関等の日中共同研究プログラムの実施を通じてデータの蓄積が急速に進んだ中国のタクリマカン沙漠を取り上げ、沙漠化とその研究ならびに防止対策の現状などについて整理し、視点を見極めて今後の研究指針を特定する必要があるのではないかということになり、1995年度学術大会（1995年5月20日（土）、21日（日）、於：立正大学）の第2日目の午前の一般研究発表に「タクリマカン沙漠特別セッション」を設定し、これに連動させる形式で同日の午後、シンポジウム「タクリマカン沙漠における生活基盤の変化とその対応」（オーガナイザー、高村弘毅・吉田榮夫・一国雅巳）を企画し、実施した。

「タクリマカン沙漠特別セッション」では、衛星写真による土壤水分や地況の解析、固定・半固定砂丘の形成と発達、砂嵐の分布、環境同位体による塩類挙動の分析、気候変化とオアシス農業、生態系の保全の7件の発表が行なわれた。

一方、シンポジウムでは、オーガナイザー代表の高村弘毅からシンポジウム開催の趣旨説明がなされたのち、大森博雄（東京大学）、門村 浩（東京都立大学）が座長となり、この会議のために（財）福武文化振興財団の国際交流助成（対象研究テーマ：タクラマカン沙漠の環境変化と人間活動—沙漠化防止に向けての国際的共同研究。研究代表者：高村弘毅、共同研究者：梅村 坦・門

* 特集号編集委員長・立正大学文学部地理学教室

村 浩・小堀 巍・吉野正敏・朱 震達・胡達拜地 米吉堤・ムハタール=チョン)により中華人民共和国から招聘した中国科学院研究員朱 震達 (Zhenda ZHU) の "The Problem of Desertification in the Marginal Regions of the Taklimakan Desert" (タクリマカン沙漠における荒漠化問題について), 新疆大学教授 胡達拜地 米吉堤 (Mijit HUABERDI) の "The Features of Vegetation and Eco-Geography in Taklimakan Desert" (タクリマカン沙漠の植生形態と生態地理学について) をはじめ, 日本側から土屋 清 (帝京大学) 「人工衛星から見たタクリマカン沙漠 – リモートセンシングの応用」, 相馬秀廣 (奈良女子大学) 「タリム盆地における最近の環境変化と追跡の立地」, 高村弘毅 (立正大学)・Muhtar QONG (立正大学大学院生) 「タクリマカン沙漠における水文環境と共生の崩壊について」, 梅村 坦 (中央大学) 「天山の牧地とタリムのオアシス農耕」, 吉野正敏・藤田佳久・有菌正一郎 (愛知大学)・杜 明遠 (国際農林水産業研究センター)・雷 加強 (新疆生物土壤沙漠研究所) 「タクリマカン沙漠のオアシスにおける人間活動と沙漠化」の7件の発表があった。発表につづき, 一国雅巳 (埼玉大学) の司会で総合討論が進められ, 外来河川の上中流域における水資源開発と下流域における沙漠化の拡大の関係, 草原と原生林の保全の緊急性, オアシスへの人口集積とその周辺の沙漠化, 燃料・食料・飼料の改善の火急性, 文化大革命の功罪, などについて活発な質疑応答が交わされ, 最後に小堀 巍 (日本沙漠学会会長) が総括してシンポジウムが締めくられた。散会に先立ち, 門村 浩・学会誌「沙漠研究」編集委員長より, 本シンポジウムの成果と特別セッションでの報文を一冊の特集号の形にまとめ, 本学会会員はもとより広く社会に還元してほしいとの要望が出された。

以上の経過を踏まえて, 日本沙漠学会の学会誌常設編集委員会とは別に編集委員会 (委員長: 高村弘毅, 委員: 梅村 坦・岡田昭彦・門村 浩・長島秀樹) を設置して

特集号の編集にあたることにした。特集号のタイトルは「タクリマカン沙漠 – 人間活動と環境変化 – 」と定め, この委員会において, 前回のシンポジウムと特別セッションで発表した方々に投稿を呼びかけ, また不足する分野は編集委員会の責任で投稿を依頼し, 可能な限り内容を充実させることとした。

その結果, シンポジウムの発表論文から6件, 特別セッションから5件, 依頼原稿1件, 計12件の投稿をいただくことができた。論文の内容は, オアシスや土地利用などの人間活動と環境 (とくに沙漠化) の関係を扱っているものが5件, 気候と農業の関係2件, 陸水関係1件, 植物関係1件, リモートセンシングによる土壤水分や環境変化の調査法3件である。当初, 掲載方法は, 論説, 論文, 展望, 短報などの区分, あるいはジャンル別構成を考ていたが, 諸般の事情でこれにとらわれることなく編集した。編集作業に際しては, 学会誌の投稿規定, 執筆要領に基づくことを原則としたが, 著者の意図ができるだけ尊重するため用語の定義や概念規定の統一などは行なわないことにした。しかし, 特集号の性質もあり, やむを得ず編集委員会の責任で修正させていただいたところもあり, 特に胡達拜地 米吉堤氏の招待論文は英文で寄稿されたものを和文に抄訳して収録した。ご理解願いたい。

国際連合の場では, 沙漠化防止への国際協力による新たな対応策を盛り込んだ『砂漠化防止条約』が制定され, 本年 (1996) 中にも発効する機運にある。これを受けて中国でも, タクリマカン沙漠等の乾燥地域における持続的発展計画の一環としての総合的な沙漠化防止国家行動計画を立案する必要に迫られているはずである。本特集号が, タクリマカン沙漠はもとより, 中国各地, さらには世界各地の乾燥地域における環境管理に資することができれば幸いである。また, こうした実際面への応用を指向した自然科学と社会科学の両分野に跨る基礎的研究の一層の発展を期待したい。

Taklimakan Desert: Man and Environment-An Introduction

Hiroki TAKAMURA*

This special issue carries the papers presented both at the Symposium on "Environmental Change and Human Response in the Taklimakan Desert" and at the Special Session on "The Taklimakan Desert", held on 21 June 1995, at Rissho University, Tokyo, on the occasion of the Annual Meeting of the Japanese Association for Arid Land Studies, and also includes one specially invited paper.

Among the world drylands, the Taklimakan Desert in China is one of the closest drylands to Japan for which many studies have been carried out by various fields of Japanese researchers, ranging from natural to social sciences, since the early times. In addition, during the last decade, Japan-China cooperative study projects on this desert and surrounding areas, including those funded by the Japan Science and Technology Agency and several universities, have increasingly accumulated new findings on the past and recent environmental changes, socio-economic changes, and human adjustments to those changes. Among others, as a result of recent increased human impact on land and water resources, rapid deterioration in the environment, in the form of land degradation/desertification, has seriously affected the marginal regions of the deserts, particularly in and around oasis areas.

This issue is an attempt of an interdisciplinary approach to combat this dryland problem through providing basic materials and ideas necessary for a better understanding of the recent changes in man-environment system particular to the Taklimakan Desert.

Key Words : Taklimakan Desert, Man and environment, Land degradation, Desertification, Interdisciplinary approach

* Chief Editor of Special Issue, Department of Geography, Faculty of Letters, Rissho University.

ユルドゥズ草原とタリムのオアシス

梅 村 坦*

1. はじめに

タクリマカン沙漠周辺におけるオアシスの歴史と現状をみると、それが中央アジアの遊牧・牧畜世界との相互交渉のもとで育まれてきている事実を無視してはならない。中央アジアでは、天山山脈およびシル河のラインが南北の区切として意味をもち、それより北方の草原遊牧の世界と、南方のオアシス農村都市世界という異なる二つの生業世界から歴史が成り立っている。どちらか一方だけをみていたのでは、歴史も現実も見誤ることになる。しかし、実際のところ、歴史叙述の大部分は都市文明の手によって担われてきた。牧畜・遊牧世界には文字による歴史の叙述という習慣はもともと備わっていない。したがって、両世界の日常的な相互関連の実際については、偏った記録が歴史をみる目を曇らせたり、誤認させたりするのである（梅村、1985, 1986, 未刊；岡田, 1992: 95-100）。現在の新疆の人びとの生活を観察する場合にも、われわれは都市文明や農村社会、それを拠点とした流通経済、もしくは最近の市場経済の発展などの侧面のみに目と関心を奪われ、本来の厳しい自然環境の中に生きる牧民社会を忘れがちである。

新疆における牧畜・遊牧の世界といえども、流通経済に無縁であるわけではなく、改革・開放政策の市場経済の中に組み込まれていることは事実である。こういう時にこそ、どちらの社会・文化も、乾燥内陸地帯で育まれてきたものであり、自然との調和の上で成りたってきたことをあらためて想起し、中央アジア、とくに新疆ウイグル自治区に暮らす人びとの社会と文化の基盤について考えつつ、現在の課題を指摘してみたいと思う。

本稿は1987年以来、92年と94年を除く毎年、筆者が新疆を訪れ、各種の調査に従事してきた際の知見に基づくものであり、とりわけ1993～1995年度文部省科学研究費・国際学術研究による成果の一部でもある。

2. ユルドゥズ草原における遊牧の現在

新疆ウイグル自治区における遊牧は、ジュンガル盆地を中心として東のアルタイ山脈すなわちモンゴル国境地

帯と、西のカザフスタン国境地帯、そして天山山脈の北麓および天山山中、さらにタクリマカン沙漠西縁にあたるパミール高原の東麓を中心とする。

そのいずれの地域においても、現在では多くの場合が冬営地を拠点として半ば定着的な遊牧に変化してきている（梅村、未刊）。それは中国の定着化政策の反映でもある。とはいえるアルタイの場合など、年間の移動距離が400kmをこえる集団も少なくないし、改革・開放政策は牧民を草原に回帰させる側面も生み出している。

本来、遊牧は、草原と山地および河川、また都市や農地の分布状況に応じて、実にさまざまな移動形態をとる。長い遊牧の歴史の上でも、個々の時代環境や集団の離合状況、定着農耕文明とのかかわり方などにともなって、比較的限定された地域を安定した牧地とする集団や、民族移動にかかわるような長大な移牧の明け暮れが日常であるような集団もありえた。

ここで検討するのは、天山山脈のまっただなかにあるユルドゥズ草原である。現在でも周辺の地域と隔絶しがちな地理環境にあって、農業その他の生産活動をおこなわず、牧民が年間完結したほぼ純粹の遊牧生活をおこなっている事例である。この地の遊牧生活については、従来じゅうぶんな報告がない¹⁾。

筆者は1993年9月4日～9月10日、新疆探検協会と国立民族学博物館の松原正毅氏の手配によって、現中央大学文学部の松田俊道氏とともに現地調査をおこなった。その際、中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所巴音布魯克草原生態観測試験站長で、副教授の葉爾道來提=スラ別克 Er-dawlet Slabek (カザフ族、以下の本文ではダウレトと略称する) 氏に世話をなり、多くの口頭情報や資料をいただいた。特に記して感謝したい。

わずか1週間の滞在時間はまったく不十分であったが、主として古代遺物の発見・調査とできるだけ広範囲の観察を目的とした。遺物の「発見」などについては別に報告したい。

1) 地理的自然環境

この草原の名は、現在の行政区画からいえば巴音郭楞蒙古（バインゴル-モンゴル）自治州の西北部にあたる巴音布魯克（バインブラク Bayin Bulaq）草原である

(たとえば、《巴音郭楞蒙古自治州概況》編寫組、1985)。ユルドゥズ Yulduz はむしろ古名であり、漢字では尤魯都斯もしくは珠勒都斯と書く。トルコ系言語で「星」の意味である。かつてはトルコ系の人びとがいて、その人びとの遺したと考えられる歴史遺物があり、今も人口の5%ではあるがカザフ遊牧民がいる草原であることを意識して、本稿ではこの語を使うことにする。パインプラクはモンゴル語で「豊かな泉」を意味し、モンゴル帝國期より以後にモンゴル遊牧民が展開したことが現在の行政区画の名称の由来である。天山山中におけるこの大盆地状の草原には文字どおり天空の星のごとく数多くの泉と河川があり、それらは草原を潤したあと、まとまって東へ下り、ユルドゥズ河、別名カイドゥ(開都 Heidiq)河となってボスタン湖(古名: バグラシュークル)に注ぐ。この水系は紀元前からカラシャフル(アグニ=焉耆)オアシスなどタリム東北端のオアシス国家を形成し、またコンチエ(孔雀)河の水源となって古くはロブーノールにいたる諸オアシスを養っていた。現在この自治州の都コルラ(庫爾勒)オアシスも、またタリム盆地北縁の諸オアシスも、みな天山の恩恵にあずかっている。

さてユルドゥズ草原は、『干旱区研究』¹⁾ 6-2 (1989増刊) (以下『研究』と略称) : 5-6, 地図による確認²⁾、および現地での調査によれば、次のような位置と地形をもつ。

行政的にみた大まかな位置は、東経82° 27' から86° 17', 北緯42° 18' から43° 34' の、東西約270km, 南北約140kmの地域にある。盆地は東部の小ユルドゥズと、それと氷河を戴く主峰4,919mのイルウェン Irwen (TPCではErbengと表記) 山系を隔てて西南の大ユルドゥズとに分かれ、盆地の平均海拔は2,400~2,800m。小ユルドゥズの方が高い。小ユルドゥズの北は海拔5,289mの主峰をもつイリン・カブルガ Ilin Qaburgha (TPCのEreh Habirga) 山系が迫り、2,800~3,100mまでの山腹や渓谷が牧地にも利用されている。大ユルドゥズの北は主峰4,253mのナラト Narat 山系、南は最高峰4,635mを擁し氷河をもつカルルク Qarliq 山系である。比較的平らな草原の中央から遠望できる南北の山々は万年雪に覆われている。草原中心部の広さは、小ユルドゥズで東西50km、南北20km余り、大ユルドゥズで東西80km、南北25~30kmというところであるが、牧地として利用されているのは山腹や渓谷深くまでを含み、それよりずっと広い。從来、日本の歴史分野では、ここ全体をユルドゥズ渓谷と呼びならわしてきたが、実際に草原に登りきってしまえば、そこはまさしく大平原である。

こうした天山山中の大盆地ユルドゥズ草原は、西北のイリ渓谷からの気候の影響を受けて、降水量が比較的多

いため高山性の草や森林にめぐまれ、さらに風を避け、避寒条件もととのっていて、山地部分は冬季の放牧にとくに適している。盆地底部は寒気が滞留し、冬の放牧にはむかない。後掲の図1でも、冬营地が山腹から渓谷深くに分布していることを確認できよう。『研究』: 7によれば、この草原の年平均気温は-4.5°C、1月の最低気温は-46.6°Cであるが、低部(標高約2,600m)の冬の気温は-35°Cである。また7月の最高気温は28°Cに達する。年間の降水量は全体の平均で276.2mmという数字があるが、盆地西端では260~300mm、東端で300~400mm、南のカルルク山系で650~700mm、北のナラト山系で450~500mmと、均一ではない。筆者滞在中の9月初め、小雪が舞い、山々の雪線がみる間に下がった。これに対して年間蒸発量は1,022.9mmから1,247.5mmと激しく、豊かな河川と泉がなければ、とうてい草原は保たれないことがよくわかる。

利用可能な草地は全体で約2,620万畝すなわち17,500km²ほどであり、これが固定的に放牧地として使われている(『研究』: 13, 16)。

2) 草原内部の集団: 人と家畜

中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所巴音布魯克草原生態観測試験站は、大ユルドゥズ草原のほぼ中央におかれている。独庫公路すなわち天山北の独山子(奎屯市南郊)と天山南の庫車(クチャ)とを結ぶ天山綫断道路が、大ユルドゥズと小ユルドゥズのちょうど接点あたりの隘路に位置する草原唯一の町パインプラク(図1のTマーク)から大ユルドゥズを西南に直行してから正南方向へカーブした地点の西側(図1のCマーク)にあたる。

所長のダウレト氏は1971年から10年間、この草原に住んだ。その後、現在に至るまでは毎年4月から11月のあいだだけの滞在で観測・研究を続けている。冬は別の若い所員がかわる。氏は、1972年から、この草原における牧民集団の牧区わりあての作業に従事した。広大な草原に低い土壘を築いて放牧地の境界線をつくったりもしたという。今もその土壘が残る場所がある。それは植生や季節のバランスを考慮したものであって、それまでの伝統的な遊牧集団のテリトリーとは基本的に無関係に計画されたようである。それが基本となって、現在では家畜をしたがえる人間の集団は行政区画上で3郷11村に分けられている(『研究』: 14)。

しかし、より詳しい事情は、1982年から1987年までの草原全土の草地と遊牧集団の調査結果をダウレト氏自身がとりまとめ、栗紅・張迎華の両氏が清書した「巴音布魯克草地類型図」(1:100,000) (以下には「類型図」と呼

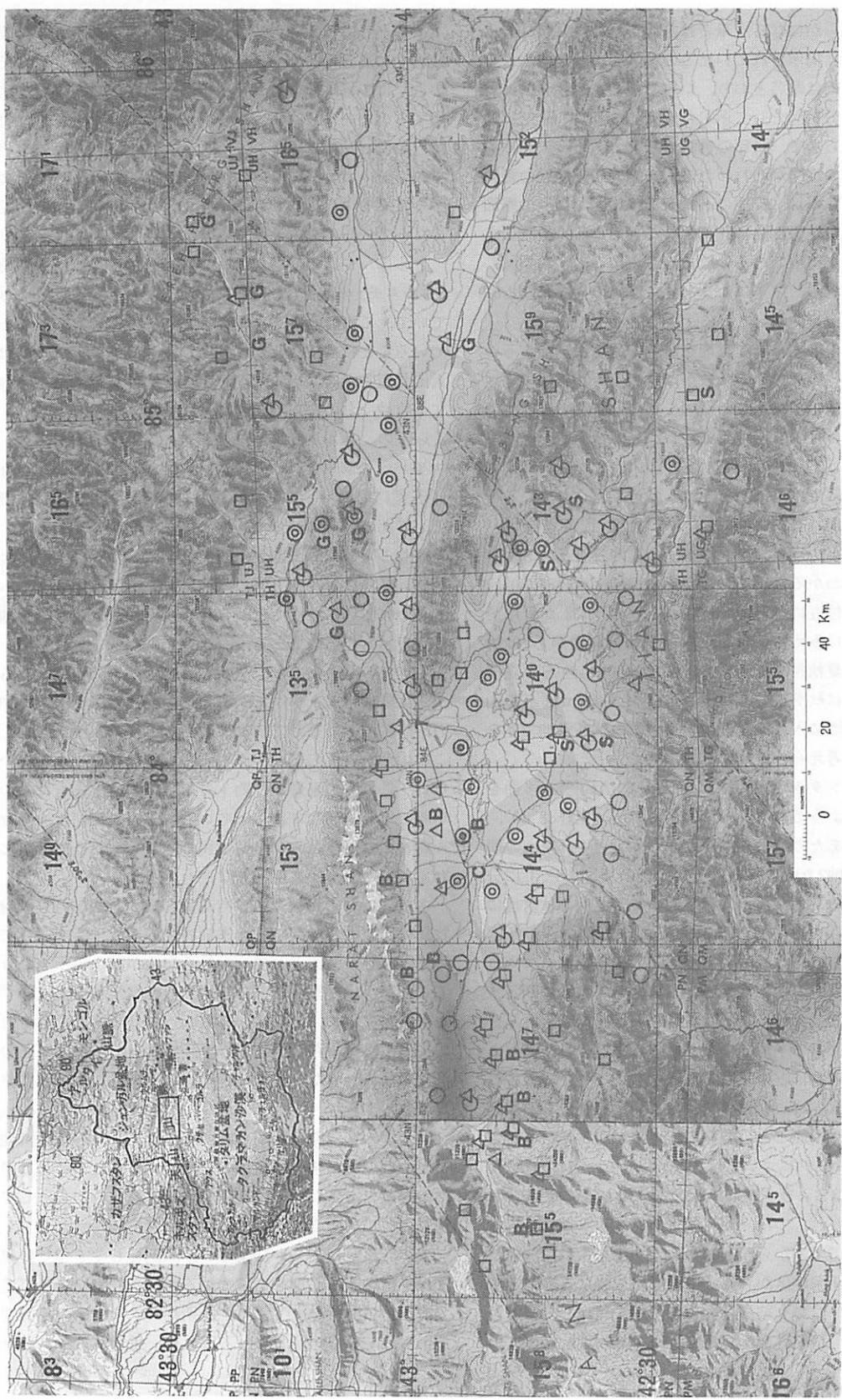


図1. ユルドゥス草原の四季营地分布図。(TPC³) に「類型図」を載せて作成
 ○春营地 ○夏营地 △秋营地 □冬营地
 B: バインチラ集団の营地分布, S: 三郷四村の营地分布, G: ゴルウェントルタイ集団の营地分布
 T: バインチラクの町, C: 巴音布魯克草原生態観測試験站

ぶ)から明らかになる。筆者は許可を得て、試験站の一部の壁一面に掲示されていたこの地図を手写した。この地図の主目的は題名どおり、草木の種類を植物学的に調査・分類し分布図として示したものであり、「研究」の諸成果とならんで、長年の苦労の結実である。それにも劣らず、この地図がわれわれの人文学的研究課題の資料として有用なのは、草地のどこをどの集団がいつの季節に利用するかが書き込まれていることである。集団ごとの季節移動が再現できるのである。主にこの「類型図」に基づきながら、以下にユルドゥズ草原の人間集団と家畜集団の実際を俯瞰してみる。

いちいちの集団の季節营地をすべて個別に紹介するがわかりやすいが、その紙数がないので、29集団の营地すべてを一括して図示した(図1)。それぞれの集団の各季節营地は互いに錯綜している。

さしあたって二つの例を示す。図中のSマークは大ユルドゥズ東部で、三郷四村という名を与えられている集団の营地、Bマークは大ユルドゥズ西部、巴音塔拉(バインタラ)という名称をもつ集団の营地である。Sマークをみればわかるように、この集団はほぼ東経 $84^{\circ}30'$ 、北緯 $42^{\circ}45'$ 付近に春营地を1カ所もつ。夏は2カ所に分散するようみえる。すなわち一つは春营地から10kmほど東南の夏秋营地で、もう一つは約50km西方の夏秋营地。前者は秋を過ごした後さらに東南40kmほどの山がちの冬营地に入り、後者はすぐ北側の秋冬营地で冬を越すものと考えられる。

次にバインタラの集団(B)は、さらに広範囲の移動をする集団のようである。春营地が1カ所、東経 $83^{\circ}50'$ 、北緯 $42^{\circ}55'$ あたりにある。そこから西北西約40kmの渓谷内の夏营地2カ所に移る。その後この集団も二手に分かれる模様である。一つは春营地のすぐ北側の秋营地に移動してからさらに西北20kmたらずの山麓渓谷の冬营地に入る。もう一つは西部の高地内の渓谷奥深くへ入っていく、3カ所の秋冬营地とさらに西の冬营地に到着する。春营地と最も遠い冬营地は直線距離で100kmほどになるが、家畜の子育てに1カ所の春营地のみが使用されるのか、どれほどの家畜の種類と数によって構成される集団か、などについての情報はない。それでも、移動距離の長さや季節ごとの展開の仕方などがみてとれるであろう(Gマークについては後述)。

『研究』: 13およびダウレト氏の話によれば、庫車(クチャ)、輪台(ブルグ)、阿克蘇(アクス)などタリム盆地オアシスの境内から険しいカルルク山系を越え、またイリ渓谷の新源地区からもこの草原に放牧に入ってくる牧民がいる。しかし彼らは固有の草地を確保しているわけではない。草原外部から来て固有の放牧地をもってい

るものとしては、州の東部の和硕県⁴が小ユルドゥズ東端近くに夏营地をもち、また生産建設兵团の農二師がその近くに冬营地⁵をもつ。その季節だけにこの草原を利用するのであろう。1993年9月4日、焉耆から和静を経て巴倫台(バルンタイ)を登り、ユルドゥズ東の入り口であるチャガンノール峠にいたる渓谷を続々と反対に降りてくる羊の大群がいくつもあった。秋になって山をくだっていているのである。

さらに、やはり小ユルドゥズの東北端には烏魯木齐(ウルムチ)市食品牧場が春・夏・秋・冬の营地をもつていて、これは年間をとおしてウルムチ市用の家畜を養っていることになる。ほかに生産建設兵团農六師(本拠は天山北麓)とユルドゥズ河下流の焉耆回族自治州の所有する牧地、および自治州所属の種畜場がある。

以上の、ユルドゥズ外部の組織に所属する家畜数が、ユルドゥズ草原全体の家畜の約40%をも占めるという(『研究』: 13)。いまやユルドゥズ草原は遊牧経済の点で、外部と密接に結びついていることが判明する。

残りの家畜約55万頭が、「類型図」に基づく勘定によれば、純粹にユルドゥズ草原内部にいる26の集団によって養われている。表1はその集団がもつ季節ごとの营地の数を示したものである。

現地での話によれば、家畜数は公称で約53万頭であるが、実際には羊とヤギで約37万、馬約10万、ヤク⁶約10万、牛約1万、そしてラクダ約1千ということである。この場合、外部の集団が保有する家畜は勘定に入っていない。これらの家畜が、約1万1千の人口とともにこの草原で年間を通して暮らしている。人口の95%はモンゴル遊牧民。残りはカザフ遊牧民で、バインプラクの町にわずかにウイグル人や回族なども住む。

さて、これら50数万頭の内部家畜集団と約1万人の遊牧民は草原の中で完結した季節移動の遊牧生活を送っていて、移動の結果として、かれら自らが天山の下へ降りることはない。季節ごとの营地(放牧地)利用には必ずしも厳密に定まった期間があるわけではなく、それぞれの占める移動経路や放牧地の場所によって、集団ごとの利用の仕方も異なるが、一般的にいうと表2のように整理される。

ユルドゥズ草原は原則として各集団ごとに四季の营地をもつ典型的な移動遊牧民の世界であること、そして当然の結果であるが、遊牧は冬营地と夏营地を中心として運営されていることがよくわかる。

表1をみれば明らかなように、原則としてすべての集団は冬营地と春营地をもっているが、三郷二村の冬营地、三郷三村の春营地と冬营地、托斯都(タスド)の冬营地が示されていない。しかし三郷共有と思われる冬营地が

表1. ユルドゥズ内部遊牧集団と季節營地数（「類型図」の分析から）。

小ユルドゥズ							
西部	一郷一村	春1	夏1	夏秋1		冬2	
	古尔温吐勒台	春1	春秋1	夏秋2		冬1	他1
	先盛上優郷	春1	夏2			冬1	
	伊克扎克斯台	春1	夏1	夏秋1		冬1	
東部	一郷二村	春1	夏1			冬1	
	鞏乃斯溝	春1		夏秋2		冬1	
中部	一郷三村	春1	夏1	夏秋1		冬2(?)	
大ユルドゥズ							
西部	二郷一村	春1	夏2	夏秋1	秋1	秋冬2	冬3
	二郷二村	春1	夏1	夏秋1		秋冬1	冬1
	二郷三村	春1	夏1	夏秋1		秋冬2	冬1
	二郷四村	春1	夏1	夏秋1		冬1	
	阿木爾郭楞	春1	夏2	夏秋1	秋1	秋冬1	冬2
	巴音塔拉	春1	夏2		秋1	秋冬3	冬2
	巴音布魯克	春1	夏1	夏秋1		秋冬1	冬1
	科克烏蘇	春1	夏1			秋冬1	冬2
	那拉特	春1	夏2		秋1		冬1
	(二・三郷共有)		夏1)				
東部	三郷一村	春1		夏秋1		冬2	
	三郷二村	春1		夏秋1		—	
	三郷三村	—		夏秋3		—	
	三郷四村	春1		夏秋2		秋冬1	冬1
	三郷五村	春1		夏秋1		冬1	
	三郷六村	春1	夏2	夏秋1		秋冬1	
	三郷七村	春1		夏秋1		冬2	
	(三郷共有?)	春1				冬1)	
	多爾布力金	春1	夏1	夏秋1	秋1	冬1	
	包爾額爾溫	春1	夏1	夏秋1		冬1	
	托斯都	春1	夏2	夏秋1		—	

*二郷三村と共有か。

以上の他に、小ユルドゥズ東部には本文で述べたように外部からの集団の牧地がある。

大ユルドゥズには、()で示したように二郷と三郷とが共有する夏營地が1カ所、三郷共有と思われる春營地と冬營地がそれぞれ1カ所みとめられる。

ある。三郷は七村までの集団があり、托斯都集団の展開する牧地とそれらはほぼ大ユルドゥズ東南部に集中しているから、おそらくは托斯都の冬營地も三郷三村の春營地も共用されているのではないかと想像される¹⁰。また、独自の春營地をもたない場合には、冬營地が春營地の役割を果たすことも想定される。

冬營地は、遊牧生活において人にとっても家畜にとっても必ず確保しなければならないものであり、高地厳寒の山岳草地であるユルドゥズでは格別の意味をもつ。

春營地は、年間に占める面積比率が低いにもかかわらず各集団が確保しているのは、家畜出産のために違いない。ただしこの草原の遊牧誌は現在のところ明らかではない¹¹。

夏は、遊牧にとっての季節のハイライトであり¹²、すべての集団が夏營地または夏秋營地を十分に確保してい

る。夏營地のかわりに夏秋營地をもつ例としては、先の三郷四村などがあるが、そのほかにも小ユルドゥズではたとえば古尔温吐勒台(朵)(ゴルウェントルタイ)集団がある。この集団の遊牧範囲は小ユルドゥズの集団の中では最も広く、冬營地はイリン-カブルガ山地の渓谷奥深くにあり、また夏秋營地を小ユルドゥズの中央部と西端に合計2カ所もっている。この集団の全營地は、図1にGマークで表示した。『研究』では同じく伊克扎克斯台(イフ・ジャガスタイル)集団が夏營地をもたないもう一つの集団であるが、「類型図」によれば最低一つの夏營地をもつ。これは唯一大小ユルドゥズにまたがって牧地を保有する集団である。大ユルドゥズでは、三郷一村~五村、七村が夏秋營地となっている。

以上を要するに、この草原では定着的要素が少なく、冬と夏を主たる營地とする移動牧畜でも春と秋の營地が

表 2. 季節ごとの草地利用面積・占有比率と羊収容頭数。(『研究』13-15より作成)

季節営地	利用月	km ²	年間占有比率	羊収容頭数*
冬営地	11～3月	425	24.33%	106万
春営地	4, 5, (6月)	235	13.47%	90万
夏営地	6～8月	422	24.17%	174万
夏秋営地	6～10月	356	20.39%	100万
秋営地	9, 10月	147	8.41%	68万
秋冬営地	9～3月	161	9.23%	23万

* 草地が収容しうる家畜を羊の頭数に換算した概数。

これほど明確だということは、その移動性がまさに遊牧というに値する内容のものであることを物語っている。

なお、集団ごとに、飼育している家畜の構成が異なっていても不思議はない。またその数も勿論均一ではない。そうしたことでも、営地の設定に反映されているに相違ないが、長期にわたる現地遊牧誌の調査が期待されるところである。

3) 牧地が抱える問題点

豊かな遊牧草原であるユルドゥズは、冬季にはほぼ完全に外界との接触が絶たれる。草原低地の積雪は20～30cmであるが、各峠道は3～4mに達し、舗装された独庫公路も閉鎖される。そうなれば、ブルドーザー先導の草原東部バルンタイ越え——それは行政区画上確保されるルートなのである——が、かろうじて可能であるほかは、乗馬による雪中難行しか交通手段はなくなる。こうして、いってみれば年間完結型の、すなわち人と家畜の集団がこの盆地から外に出ることのない遊牧世界が保全されているのである。

しかし、農耕地や都市文明とまったく無縁の遊牧社会というものは、歴史的にみても数少なかったとみるべきであり、このユルドゥズ草原も例外ではなかった。

そしてそれらの影響は、自然の草原にも及んでくる。とりわけ都市文化の発達と人口増加による畜産物需要の増加は、草原に過放牧をおこなわせる。

『研究』は、1981年から1987年にかけて草原調査研究を実施して科学的に草原を分析し、その合理的な利用と改良計画を提言・実施しようとするものであった。それは、草地の退化現象が目立って進行し、約1,289万畝=1,933km²（利用可能な草原の49.2%）がその影響を受けているからである。

1977年ころ、羊が好む狐茅（*Festuca sulcata*）や針茅（*Stipa capillata*）の草地の蓋地率は52.8%，0.66アルあたり55kgの青草を刈り取ることができたが、10年経ってみるとそれぞれの数値は30～35%，34kgに低下した。また、積雪は少ないが、風の強い盆地周辺部に多い高草（*Cobresia filifolia*）は、1963年当時75～90%，

241.5kgだったのが、1987年には80～85%，131.1kgに落ちたという（『研究』：3）。わかりやすくいえば、草原において、草の丈・密度ともにかつては高く、「馬も見えない」くらいだったのが次第に「羊がかくれる」程度になり、今では「タルバガン（草原の大型ネズミの一種）でもよく見みえる」ということになったのである。現在、ユルドゥズ盆地中央低部の草地の一部は、みるからに瘦せて、薄いところが目立つ。草の根の層が薄いため、車が奔放に往来すればたちまち轍が草原を痛める。そのため、家畜の季節移動の道筋がほぼ決められているほどに草地保護には神経が使われている。水量豊かな河川や湿地帯がある一方、枯れた季節河川の周辺では塩分が吹き出していた。

こうした草地退化の主要な原因は家畜の増加であり、また気候の乾燥化である。このほかにタルバガンや虫による草地への害や、季節草地利用の偏りなどの人為的原因があげられている（『研究』：25）。

『研究』：51-55にはこれらの問題提起とともに各種の方策が提言されている。最終的には、飼料としての草を確保する方法として半人工・人工の草場を大規模に育成するべきであり、改良草地を50万畝、人工草地5万畝、季節調整草地84.7万畝を建設することだという。すでに数カ所の人工草地があり、柵で囲んで家畜を入れずに数年を経ることによって、背の高い草が群生している。

また、草地・地形・気候その他の条件からみて、1988年における適正な家畜規模は羊53万、馬4.24万、ヤク（牛）6.36万の計63.6万頭であるというが、この数は、先にみた外部集団の家畜を入れて考えればすでに大きく突破されている。

毎年2%の家畜増として、8～9年後には草原の限界に達するであろうが、増加率と死亡率などを勘案して、家畜の年齢による淘汰、商品化率などが提案され、そのために全家畜の個体ごとの測定がおこなわれている。

こうした対策は果たして功を奏するだろうか。最近では下界のオアシス都市での畜肉需要が高まり、1985年以来の市場経済化の浸透によって、トラックでまとめ買いにくる都市の商人に、牧民は比較的自由に羊などの家畜

を売ることができるようになった。クチャやアクスはもちろんのこと、タリム盆地南縁のホータンから買い出し商人がやってくる場合もあるという。売れれば家畜を増やしていくこうとするのが今の個人経営である。いきおい過放牧が促進される。それでもオアシスや都市の住民にとってみれば、食肉としての羊の価格は高騰しているという印象が根強くある。草原はいよいよ家畜供給をふやそうとする。草地の保護、生産調整という長期的・集団的目標をもった努力は省みられなくなるのではないだろうか。

ユルドゥズのような完結した純粋遊牧草原にとって、都市経済の流入により、短期的にみれば、ゲル（テント）の新調、家具什器の充実や買い替え、石油ランプや自家発電装置の購入など、一挙に生活環境の向上を進め得るが、畜肉需要への無原則な対応は草原そのものの生命に深刻な打撃を与えかねないのである。

3. オアシスの規模と都市・農村の人口

ユルドゥズ草原との関係が少なからずみられたタリム盆地周辺のオアシス都市農村の事情を、次に考えてみたい。ユルドゥズの遊牧世界にはウルムチという大都会の影響も入っているのは確かであるが、ここでは特には対象としない。別格の100万都市であり、別の考察が必要になるからである。

草原に畜肉などの供給向上を要請するのは、オアシスの都市化の進行であると同時に、その人口の増大だと思われるので、人口問題を中心にとりあげる。

さて、オアシスは、大小さまざまな規模をもってタリム盆地の歴史・文化を彩ってきた。極度の乾燥地帯、沙漠地帯の中に形成されるオアシス、しかも歴史に名を残してきたオアシスの水は、例外なく山岳からの河川によって供給される。タクリマカン沙漠周縁のオアシスは扇状地上、もしくは大河川に沿って形成されるのがふつうであることは一般的地図をみても一目瞭然である。いってみればオアシスの規模は河川の大小に決定されている。

しかも、オアシスの維持は人工的な諸策によって保証されなければならない。治水による季節洪水への対処、灌漑水路建設整備による農地の確保や拡大、防風防砂林による沙漠からの砂侵入と風害の防止などである。これらに障害がおこれば、小規模河川による小オアシスは滅亡する。大規模河川による大オアシスでも、歴史的視点からみれば土着権力機構は崩壊する。

扇状地や河川流域のオアシスといつても、人間が農地を形成し、集落を配置する位置は自から限定がある。河川のあまりに上流では、季節（融冰期）洪水のため農地

はそれほど拡大できない。扇状地のある程度下流域に農地は広く経営されることになる。しかしその廃水は塩度が高くなって、さらに下流方面への拡大は難しい。もしさらに下流域に別のオアシスがあって、上流のオアシス人口や農地が増大すれば、下流オアシスはたちまち水問題を抱えることになる。ロブ・ノールの枯渇や、後に触れるタリム東南縁の諸オアシスの命運などは、気候乾燥という大原因のほかに、上流域での水の消費という人間活動を要因として考慮すべきであり、これは、いつどのオアシスについてもあてはまる事情であろう。

こうして、オアシスは水系とは直角方向に農地を広めざるをえない。そうするには上流から人工的に水を引いてこなければならない。そうしたオアシスも、時が経ち、人口がふえ、農地が拡大していくばオアシス内部の下流域に塩分集積がおこりやすくなり、結果的に領域は限定されてきて、いつかその限界に達することになる。

このように、オアシスの規模は、自然による所与の条件の上に、人工的努力が支えて決定してきた。この人間の営為を端的に数字で示すのが、オアシスの人口統計である。特定のオアシスがどれだけの人口を養えるか、また養わせる努力がはらわれているか、その指標として人口数を検討してみよう。

1) 紀元前の人口統計

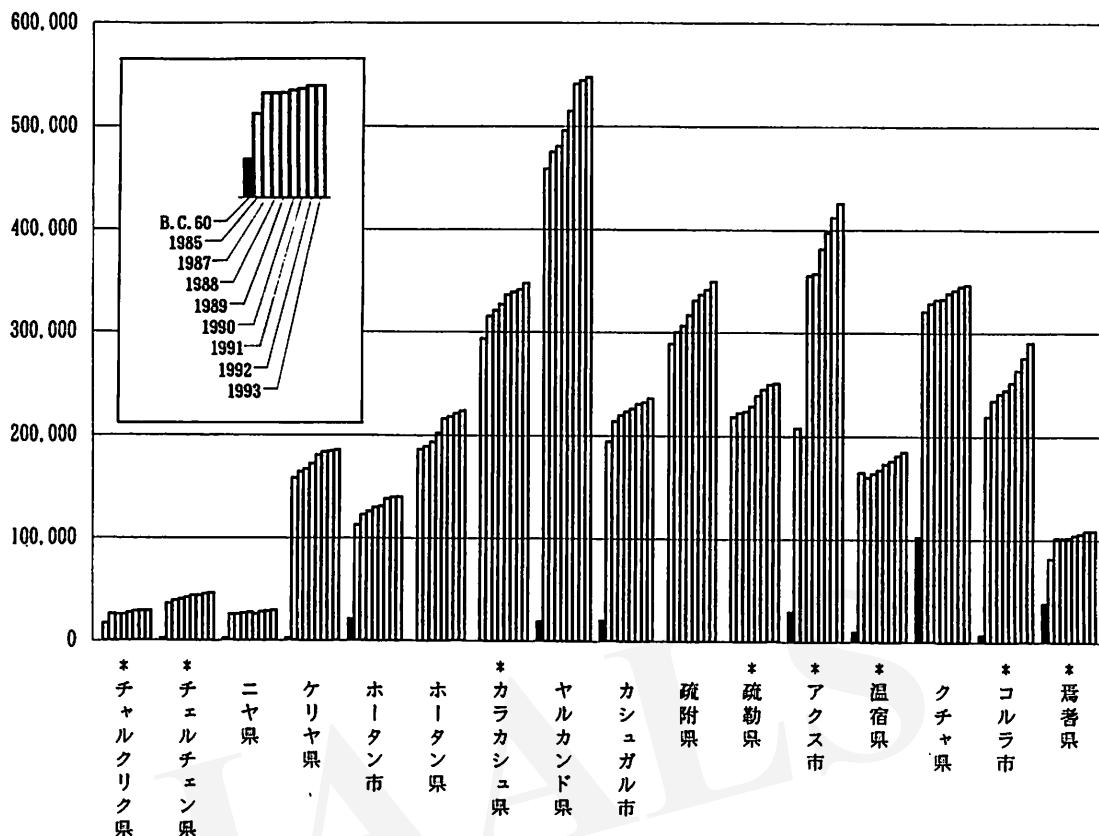
表3は、左から、タクリマカン沙漠東南から時計回りしてたどれる主なオアシスの人口数を、古代の例ひとつと、最近の8年について表示したものである。地名は統計数値を利用する関係で、現在の行政区画名を用いた。

各オアシスごとの左端の黒い棒グラフは、紀元前60年、漢による西域諸国人口数（『漢書』西域伝より）¹⁰⁾である。これらの数字は、あくまでも参考としてみるべきものにとどまるが、これによって、当時の各オアシスのもつ人口許容量のおおまかな対比が可能であろう。

オアシス経営も、現代からみればおそらく自然まかせに近い時代に、クチャ（古名：亀茲国）は10万を超える人口を養うことができた（102,393人）。同じタリム盆地北縁の焉耆（焉耆国、アグニ、カラシャフル）は前述したようにユルドゥズ（カイドゥ）河の賜で、ここにあげた中で第二の人口をもつ（38,100人）。人口の第三、アクス（姑墨国、29,000人）も、クチャ、アグニ同様、天山の水系によるオアシスである。温宿（温宿国、9,900人）はアクスのわずかに上流で、オアシス構造としては一体と考えるべきであろう。

これに対してタリム盆地の西および西南のオアシスであるホータン（于闐国、21,700人）、ヤルカンド（莎車国、19,422人）、カシュガル（疏勒国、20,647人）は、当

表3. タリム盆地のオアシス人口。(『漢書』西域伝・『新疆年鑑』より作成)



*: 生産建設兵团を領域内にもつオアシス

時の規模は比較的小さいが粒がそろっている。

タリム盆地東南では現在でも水系そのものが小さく、当時もチャルチエン(且末国)ではわずか1,930人である。チャルクリク(婼羌)についてはオアシス比定が難しいが、いわゆる楼蘭の鄯善国の一端と考えると、広い領域をもっていた当時の人口は17,012であった。それは表3には示していない。現在のニヤ(民豊)には戎盧国(1,901人)を、現在のケリヤ(于田)には渠勒国(2,470人)を、それぞれ仮に比定したものであるが、当時この一帯で最大のオアシスであった扞弥国(23,580人)と第二の精絕國(3,860人)は、今やタクリマカン沙漠の中の遺跡でしかない。その滅亡の原因是、ここが砂丘移動の集中する地域だからであろうし¹⁰⁾、また水脈が細いためであろう。

これら紀元前のオアシス人口と現在のオアシス人口とを直接に比較するのは難しい。領域や統計のとりかたが異なっているだろうからである。しかし、まず第一に、紀元前のオアシスをほぼ現在のオアシスに比定しうるのは、オアシス生成場所が限定されているからにはかなら

ない。第二に、タクラマカン東南辺の諸オアシスの人口が現在でも極端に少ないので、オアシスには自然の許容量があることのよい例示である。さらに、古代に比べて現在の人口は格段に増大しており、それは歴史的なオアシス経営の結果である。これだけは確実にいい得ることである。

2) 現在のオアシス人口統計

棒グラフのオアシスごとの右8列は、新疆年鑑¹²⁾による現代の各行政区画の、1985年、そして1987年から1993年までの人口数である。統計の上でオアシスをみると、ホータンとカシュガルについては、都市(行政区画としてのホータン市、カシュガル市の中心部、注15参照)のみに限ってはならず、周辺農村地区を視野にいれるため、それぞれホータン県・カラカシュ(墨玉)県、そして疏附県・疏勒県を表示した。ただし、そのようにするととくに県の場合、その行政区画の中に、オアシス都市農村以外の半沙漠や山岳など広い範囲が含まれてくるが、その人口はきわめて少ないので、今は統計上の数字をその

まま用いる。それらのうち、1985年、1993年そして中間の1989年の実数は 表4-1（後に詳述）に示したとおりである。いずれにしても、個々のオアシス領域を厳密に限定するのは非常に困難であり、以下の数値からの考察も行政区画を基にしたものにならざるをえない。

最近9年間の人口動態を表3でみると、まず温宿県が1985年から1987年にかけて一時減少しているのが目立つが、温宿県の機構の一部がアクス県に編入になったために前年より4,933人が減って160,415人となったという¹³⁾。したがって1986年は165,348人であった。この数値は1985年の165,299人と比べてリーズナブルであろう。ほとんどのオアシスの人口がほぼ順調に増加しているのに対して、グラフで最も奇異に映るのはアクス市のやはり1985、1987年であろう。その理由を説明しよう。

(a) 新疆生産建設兵团とオアシス

実は、表3上のこの2年間のアクス市人口については、新疆生産建設兵团の農一師の人口のうち、アクス市に属する部分を減じたものを示してある。減じたのは、1985年で131,478人、1987年で148,602人であり、もしそれを含めれば、アクス市人口も、他のオアシスのグラフと同様、比較的なだらかな増加カーブを呈することになる。あえてそれを除いて表示した理由は、オアシス辺地の積極的開発維持の程度を、換言すれば本来の伝統的オアシス領域の人口を示すためである。アクス市の行政区画内には生産建設兵团に属する12の団場があり、いずれもアクス河南端からタリム河周辺に分布している（新疆维吾尔自治区統計局、1993: 69; 新疆维吾尔自治区測繪局、1985: 44）。それらはすべて幾何学的プランの人工的灌溉用水路によって形成された農地であることが中国科学院蘭州沙漠研究所（1980）によってみてとれる。すなわち、このアクスの例は、少なくとも1988年以降の人口数が兵团によるきわめて人為的開拓・開墾・開発によって保証されたものであることを、よく示しているのである。原資料により、表3のチャルクリクの1985年の人口も兵团の9,897人を除いた数値であり、同様にチャルクリクも同じく810を、カラカシュも4,823を、焉耆も32,281を除いた数値で棒グラフにしてある。実数は表4-1参照。

新疆生産建設兵团は、新中国成立に際して導入された人民解放軍を母体として、1954年に175,400人の規模をもって成立し、新中国による新疆開拓の先兵として、文字どおりの機能をもち、新疆各都市・各地区に分散配置されて工業生産にも大きな役割を果たしてきているものである。新疆生産建設兵团史志編纂委員会（1989: 481）によれば、その人口の増加率は1963年までは21~37%，1965年から1971年の間は最大で48%を含む40%代を続け、1975年から急速に落ちて20~10%代であった。そ

して1981年からはマイナス成長もでるようになり、数%の伸びに現在はおちついている。それでも最大時で225万人（1983年）、1993年には新疆全人口16,052,648人中、2,197,600人の大勢力である。重要なのは、その88.2%が漢族によって構成される（『新疆年鑑』1994年版: 43,438ことである。

『新疆年鑑』の1986年版「概況」（30-146）、1988年版の「地州市県建設」（553-664）、および新疆维吾尔自治区統計局（1993: 68-69）に表記されたところによると、本稿で基本として扱っている16のオアシス行政区画のうち、その領域内に、都市における少人数の事務所（例: カシュガル市）などをのぞき、兵团の団場という独自の開発地区をもつのは、表3、表4-1に*印を付したチャルクリク、チャルチエン、カラカシュ、疏勒、アクス、温宿、コルラ、焉耆の8カ所である。但し、新疆维吾尔自治区統計局（1993）にはチャルチエンの表示がない。なお、1992年末に、ヤルカンドには「農場」と称する500人規模のものがあるが、これはあまりに小規模で、地図上でも確認できないため除外する。他はすべて数千人以上の人口をもつ。最低でもカラカシュ47団の4,013人（1992年）、最高ではアクス1団の17,207人（同）である。アクスの例にみたように、オアシスの兵团は、基本的にその中枢領域部には置かれない。河川流域であってもあくまでも辺境開拓、新たな農地開墾に必要な、本来のオアシス水系から離れた沙漠部分や別水系の領域など、自然環境としては本来劣悪な地域にある¹⁴⁾。そこを開拓し、農地化し、ある意味では沙漠の緑化をおこない、新たなオアシスを形成し、また工業など諸産業の発展を目指すことに邁進してきたのが兵团である。

兵团人口を除外してグラフ表示をした上述の5カ所の人口（1985、1987年アクス・1985年チャルクリク・1985年チャルチエン・1985年カラカシュ・1985年焉耆）を別として、兵团を擁する残り3カ所すなわち疏勒・温宿・コルラのオアシス人口については、『新疆年鑑』人口統計資料に、それぞれ行政区画内の人口と記されていることからみて、兵团の人口が含まれていると考えなければならない。それら兵团の個別人口の年度例は新疆维吾尔自治区統計局（1993）に示されている。

アクス人口の棒グラフの不自然さには、以上のような理由があった。その他の、兵团を領域に含まない8地域については、ほぼそのままの数字をオアシス中枢部本来の姿に近いと考えて、そのオアシスの発展とみてよいだろう。

いずれにしても、現在のオアシス人口分析には兵团という特色ある存在を無視してはならないのである。

(b) オアシスの現状I: 人口からみた規模の比較

表4-1. オアシスごとのウイグル族・漢族・全人口(人) [1985-1993]. (『新疆年鑑』1986, 1990, 1994年版より作成)

オアシスの行政区分名	1985年			1989年			1993年		
	ウイグル	漢	全人口	ウイグル	漢	全人口	ウイグル	漢	全人口
[東南録]									
・チャルクリク県	10,130	16,189	26,852	10,616	14,921	26,132	11,331	17,379	29,317
・チルレン県	32,194	5,201	37,471	36,139	6,318	42,539	38,219	8,038	46,349
小計	42,324	21,390	64,323	46,755	21,239	68,671	49,550	25,417	75,666
[南・西録]									
ニヤ県	23,719	2,072	25,847	25,948	1,794	27,775	27,259	2,276	29,574
ケリヤ県	153,656	4,299	158,143	169,352	2,905	172,380	183,152	2,787	186,120
ホータン市	94,959	17,297	112,837	104,573	24,856	129,912	117,438	22,308	140,233
ホータン県	185,431	1,057	186,671	201,085	1,000	202,264	222,256	1,044	223,521
・カラカシュ県	292,624	5,256	298,019	321,495	4,787	326,371	342,187	4,710	346,993
ヤルカンド県	(443,947)	(11,927)	458,718	475,883	15,677	495,893	522,657	19,851	547,424
カシュガル市	145,132	47,374	194,479	166,988	53,482	223,164	176,057	56,997	236,019
疏附県	286,426	1,749	288,901	313,622	2,126	316,526	344,828	3,113	348,706
・疏勒県	203,297	14,689	218,554	213,487	14,346	228,599	233,457	16,506	250,648
小計	1,829,191	105,720	1,942,169	1,992,433	120,973	2,122,884	2,169,291	129,592	2,306,238
[北録]									
・アクス市	148,432	186,769	339,183	165,666	186,646	356,638	188,764	231,095	425,856
・ウシュ県	127,052	12,634	144,835	139,489	11,409	156,792	147,686	11,590	165,043
・温宿県	128,196	32,897	165,299	130,978	31,871	167,445	143,226	37,112	185,225
クチャ県	284,323	34,332	320,285	300,147	29,945	332,124	313,270	30,353	345,771
・コルラ市	74,316	138,611	219,048	84,334	152,905	244,576	88,329	191,830	290,202
・焉耆県(回族)	27,872	60,208	113,673	29,725	44,803	101,977	31,507	48,522	108,743
(22,235)			(24,006)				(25,125)		
小計	790,191	465,451	1,302,323	850,339	457,579	1,359,552	912,782	550,502	1,520,840
合計	2,661,706	592,561	3,308,815	2,889,527	599,791	3,551,107	3,131,623	705,511	3,905,744
無団オアシス	1,617,593	120,107	1,745,881	1,757,598	131,785	1,900,038	1,906,917	138,729	2,057,368
有団オアシス	1,044,133	472,454	1,562,934	1,131,929	468,006	1,651,069	1,224,706	566,782	1,848,376
全新疆	6,294,348	5,349,239	13,611,370	6,827,344	5,531,630	14,541,604	7,589,468	6,036,700	16,052,648

* 生産建設兵团を領域内にもつオアシス。

本表では、表3に示したオアシスの他に、参考としてウシュ県を加えた。

全人口とはウイグル族・漢族人口に、それ以外の民族人口を合わせた数字である。

ヤルカンド県の1985年人口数()は、%統計数字からの逆算による。

焉耆県とは焉耆回族自治県のこと。ウイグル族の欄に示した回族人口は、小計・合計欄には反映されない。

有団、無団とは、生産建設兵团の有無を意味する。

以上のような条件のもとで、筆者の現地見聞をまじえながらあらためて表3をみると、オアシスの現状がいくつか浮かび上がる。その際、地図として、中国科学院蘭州沙漠研究所(1980)は、視角的に概観を得られるものとして有効である。

(1) 都市集中が進んでいない農村中心のオアシスとしては、ヤルカンド(莎車)-オアシスの人口保養力がタリムで最大である。それはヤルカンド河の水量によるものであろう。兵团はない。1993年総人口: 547,424。

(2) カシュガル(喀什)市・疏附県・疏勒県の人口総体はヤルカンドをはるかに上回る。カシュガル市は

タリム最大の都市である¹⁰。大都会を中心として周囲の豊かな農村を従える典型的な総合オアシスとしてみると、疏勒にひとつしかない兵团である41団場(1992年末には5,118人)を差し引いたとしても、ここは最大のオアシスのひとつと考えてよいだろう。1993年総人口: 835,373。

(3) ホータン(和田)市とホータン県、カラカシュ(墨玉)県をあわせると、カシュガル-オアシスに次ぐ人口をもつオアシスである。都會そのものはカシュガルほどの規模をもたないが、ヤルカンドよりも密集した都市である。ヤルカンド-オアシスや疏勒県と疏附県を含むカシュガル全体のオアシスほどの緑

表4-2. 新疆のウイグル族・漢族・全人口の増加率(%) [1985-1993].

	A. 1985-1989増加率			B. 1989-1993増加率			C. 1985-1993増加率		
	ウイグル	漢	全人口	ウイグル	漢	全人口	ウイグル	漢	全人口
タリム全オアシス	8.6	1.2	7.3	8.4	17.6	10.0	17.7	19.1	18.0
無団オアシス	8.7	9.7	8.8	8.5	5.3	8.3	17.9	15.5	17.8
有団オアシス	8.4	-0.9	5.6	8.2	21.1	12.0	17.3	20.0	18.3
東南縁オアシス	10.5	-0.7	6.8	6.0	19.7	10.2	17.0	18.8	17.6
南・西縁オアシス	8.9	14.4	9.3	8.9	7.1	8.8	18.6	22.6	18.9
北縁オアシス	7.6	-1.7	4.4	7.3	20.3	11.9	15.5	18.3	16.8
全新疆(北疆を含む)	8.5	3.4	6.8	11.2	9.1	10.4	20.6	12.6	17.9

地面積もないのに人口が多いオアシス、ということになり、カラカシュ(黒玉)河とユルンカシュ(白玉)河に恵まれた非常に効率のよいオアシスといえる。両河川に挟まれた農村の人工的区画經營はみごとなものである。兵团はカラカシュに47団場がある¹⁶⁾。1993年総人口: 710,747。

- (4) アクス(阿克蘇)市と温宿は、地勢としては同一オアシスとみなすべきである。兵团のほとんどはオアシス南辺外のタリム河流域にある。オアシス人口は、その兵团人口を除く1985年のアクス市人口+その人口の増加分+温宿人口-若干の温宿領域内兵团人口と計算されるとすれば、1993年の総人口試算は40万近くになるであろう。なお、この複合オアシス全体の兵团人口は1988年で合計188,625人という多さであった(新疆生産建設兵团史志編纂委員会、1989: 74)。なお、新疆維吾尔自治区統計局(1993: 68)によると1992年末では140,896人に減っている。
- (5) クチャ(庫車)の人口は、紀元前からの人口の伸び方としては最低である。それは、早くから開発が進んだ結果であろう。1993年総人口: 345,771。
- (6) コルラ(庫爾勒)市は、本来ボスタン湖から出てコンチエ河、タリム河に注ぐべき水系を利用したものであるが、兵团による大規模な新規灌漑開拓の農場をもつ。近代的な人為活動によって、オアシスはここまで拡大しうることを明示している。1993年総人口: 290,202。
- (7) ケリヤ(于田)は、兵团を持たない南縁のオアシスでも、自然河川とその治水整備などによって、現在では20万人近い人口を養えるということの実例である。1993年総人口: 186,120。

(c) オアシスの現状 2: ウイグル族と漢族
もう少し詳しくオアシス人口の実態を探るために表4-1をみる。ことに歴史的に現地住民であったウイグル族と、この40年間に急成長した兵团を含む漢族との人口比較を試みたい。表3とは異なり、ここでは兵团をもつ

オアシスはすべてその人口を含めた数値である。また、後述(第3項)の参考のためもあって、アクス・温宿につらなるオアシス地域としてウシュ(烏什)県も表示した。これら17のオアシス行政区画の人口構成は圧倒的にウイグル族と漢族があるので、焉耆回族自治州を除いて、両民族のみをとりあげた。

まず、表4-1集計数値からみると、1985年、1989年、1993年ともに、これらのオアシス全人口に占めるウイグル族の比率は、ほとんど変わりがなく80~81%台となるのだが、兵团をもつオアシスでは約66~68%、兵团をもたないオアシスでは92%台と、大きく数値を異なる。これは兵团全体の統計に明らかなように、兵团に占める漢族の割合の高さが、オアシス人口にもそのまま反映されている結果に違いない。

ここでオアシスの位置を念頭におくと、兵团の分布とウイグル族の多寡は相関的に偏りがあることがわかる。すなわち、兵团をもたない8行政区画のうちクチャを除くと、ニヤ・ケリヤ・ホータン市・ホータン県・ヤルカンド・カシュガル市・疏附のすべてがタリム盆地の南および西の縁に分布する。この地域で上記3年の統計をさらに細かくみてみると、ホータン市とカシュガル市を除く5県でいずれの年もウイグル族人口が92%を超える(1985年ニヤの91.8%を含むとすれば)。つまり、タリム盆地(南新疆)でもとりわけこの地域にウイグル族が集中している。そのことは、全新疆に占めるウイグル族の数値が46~47%であるのと比べれば明らかである。一方、漢族は、ウイグル族が圧倒的多数のこの地域のオアシス社会の中では、ホータン、カシュガルの二つの都市部に集中していることがわかる。

また、タリム南・西縁の地域で兵团をもつのはカラカシュと疏附のみであるが、それらもウイグル族が前者では98%台、後者でも93%台という数値を示す。統計上明らかなカラカシュの1985年の兵团人口は、前にもみたとおり4,823人で、全人口の1.6%にすぎなかった。1992年にいたっては4,013人で、1.2%弱である。

念のために、総人口の少ないチャルクリクと切尔チエンというタリム東南縁のオアシスを除き、タリム南・西縁のオアシスと、タリム北縁のオアシスのウイグル族と漢族の比率を比較しておくと、それぞれ全人口に占める割合は、前者のウイグル族は93.9%，漢族は5.6%であるのに対して、後者のウイグル族は60.0%，漢族は36.2%となる。

以上のように、タリム南・西地区的オアシスの農村部は兵团の有無にかかわらずほとんどウイグル族一色の社会である上に、兵团のないオアシスはこの地域に集中している（クチャだけは兵团をもたないがタリム盆地北縁に位置する）。このことは、この地域にこそ伝統的な現地人によるオアシスの姿が残っていることを物語る。

一方、兵团をもつオアシスの分布は、チャルクリク、切尔チエンという少人口オアシスがタリム東南にあるほかは、ほとんどがタリム北縁にならんでいる。その中で人口が20万台以上のアクス市、コルラ市という、近代的な都会をもつオアシスでは、1993年で漢族人口の占める割合はそれぞれ54.3%と66.1%という高い数値を示す。同じ北縁のオアシスのうち、全人口数ではアクスとコルラの中間にあたるクチャには兵团ではなく、しかも漢族人口は8.8%にすぎない。漢族は、兵团と、そして都市に結びついていることが確認できる。

それでは、ウイグル族、漢族そして全人口の8年間の動態はどうなっているのか。表4-1をもとに人口増加率を計算したのが表4-2である。1985～1993年にわたる8年間の増加率(C)では、全オアシスでみるとわずかに漢族人口の増加率がウイグル族を上まわっている中で、兵团をもつオアシスの漢族の伸びが、もたないオアシスのそれを凌駕しているのがわかる。この傾向は、1989年以前と以後とで大きく異なる。前半期の増加率(A)に比べて後半期(B)では、ウイグル族の増加率は兵团の有無にかかわらずほとんど変わらないのに、漢族の増加率がことに兵团をもつオアシスで突出している。このことは、改革・開放政策の進展とともに内地から漢族が大量に新疆へ流入してきていることを示している。オアシス都市部に漢族が増加しているのは事実であるが、兵团もその傾向を支えているのであろう。表4-1の数値を計算してみれば、とくに北縁のアクス市、コルラ市の漢族人口増加率はウイグル族よりはるかに高いのが目立つ。

もうひとつだけ、兵团の有無に関係なく、タリムの南・西縁オアシスと北縁オアシスの人口増加率を比較しておく。表4-2の下部である。これをみれば、南・西縁ではウイグル族の増加率は常に北縁より高い数値を示す。同時に、1993年までの8年間では漢族も北より高く、当然、全人口も同じ傾向である。

タリムのオアシス全体の人口増加率は、全新疆の人口増加率と比べて、8年間でみるとほとんど変わることろがない（前者18.0%，後者17.9%）にもかかわらず、ウイグル族は全新疆を下回り（20.6%に対して17.7%）、漢族は上回っている（12.6%に対して19.1%）ことがわかる。

以上を要するに、タリムのオアシスの中では、1) 南・西縁の諸オアシスはウイグル族を中心に伝統的オアシス規模を基盤として人口増加が著しいが、漢族の増加率も高い。2) おしなべて、漢族の増加率はウイグル族のそれに比べて高い。3) 地域を問わず、漢族は都市を中心に増加する傾向にある。4) 漢族が兵团の中に占める割合は、北縁オアシスで高い、ということを指摘できるであろう。

また、8年間でオアシス全人口は18%増加しているが、オアシスは有限であり、この増加率の今後は保証の限りではない。母数の大きなウイグル族人口の増加率には微減傾向がみえ、少数である漢族の増加率は地域差に変動がありながらも上昇傾向にある。民族の母数が異なるため、人口増加の脅威に民族の別をいうことはできないが、現地ウイグル族のメンタリティの問題からしても軽視できる傾向ではない。

3) オアシス人口の歴史的鳥瞰

以上のような最近のオアシスの人口増加は、過去100年くらいの時間の流れの中で、どのように位置づけられるだろうか。18世紀まで遡ったウイグル族人口の数値としては、堀（1977）が利用できる。それは18世紀後半～20世紀のデータを各種の指標を使って修正、整理したものである。いま、本稿があつかっているタリム盆地のオアシスに限って、その分析の結果のみを表5として表示しなおして、オアシス人口の変遷をたどってみる。

これによれば、各オアシスのウイグル族人口は、20世紀初頭から1940年代までに大体が飛躍的な増大をとげている。1909年と1940・1941年の約32年間の増加率（表5のD-B/B欄）は、ホータン61.3%，ヤルカンド12.2%，カシュガル88.3%，クチャ+アクス+ウシュ（+温宿）64.1%，カラシャフル146.5%となる。しかし、これにたいして、1940・1941年から約52年後の1993年までの増加率（表5のE-D/D欄）は、ホータン12.7%，ヤルカンド-6.8%，カシュガル5.1%，クチャ+アクス+ウシュ+温宿36.5%，そしてカラシャフルにいたっては-70.3%という具合に、前半期に比べて軒並み極端に減少している。

1940・1941年のタリム盆地全体における漢族人口はわずかに1%であった¹⁷ことからみると、人口をオアシスの規模測定の指標に用いるには、1993年のオアシスの人

表 5. 18世紀後半・20世紀前半のウイグル族人口（参考値：1993年（全人口））。
 （堀、1977；『新疆年鑑』1994年版より作成）

	A. 1760頃	B. 1909年	C. 1928年	D. 1940・41年	E. 1993年	D-B/B	E-D/D
ホータン	72,500	375,000	363,000	605,000	681,881 ^{**} (710,747)	0.613	0.127 (0.175)
ヤルカンド	100,000	500,000	487,000	561,000	522,657 (547,424)	0.122	-0.068 (-0.024)
カシュガル	100,000	478,000	449,000	900,000 ^{**}	946,147 ^{**} (1,030,933)	0.883	0.051 (0.145)
クチャ	24,000	125,000	175,000	581,000 ^{**}	313,270 (345,771)	0.641	0.365 (0.931)
アクス (+温宿?)	48,000	182,000	262,000		331,990 ^{**} (611,081)		
ウシュ(烏什)	24,000	47,000	66,000		147,686 (165,043)		
焉耆 (カラシャフル)	-	43,000	71,000	106,000	31,507 (108,743)	1.465	-0.703 (0.026)

*1 この「カシュガル」にはヤンギヒサール（英吉沙）の人口が加えられている。1928年のその人口は、94,000人であった。

*2 この数字は、クチャ・アクス・ウシュの合計である。

*3 ホータン市・ホータン県・カラカシュ（墨玉）県の総計数字。（）内の全人口数値も同様。

*4 カシュガル市・疏附県・疏勒県にヤンギヒサールを加えてある。（）内の全人口数値も同様。

*5 アクス市と温宿県の総計。（）内の全人口数値も同様。

口にはウイグル族人口ではなくて、全人口数を用いるべきかもしれない。その場合、1940・1941年からの人口増加率は、ホータン17.5%，ヤルカンド-2.4%，カシュガル14.5%，クチャ+アクス+ウシュ93.1%，カラシャフル2.6%となる。クチャ+アクス+ウシュを除いて、やはり前半期の伸び率をはるかに下回る。

20世紀後半に人口増加率が大きく突出しているアクスについてみると、そこにはやはり、漢族の大量進出が影響をおとしているようである。

表3の分析でも触れたように、アクス南辺のタリム河流域を中心として、生産建設兵团農一師の12の團場が形成されている。農一師は1988年段階で約19万の人口をもち、そのうちの93.76%にあたる176,849人が漢族である（新疆生産建設兵团史志編纂委員会、1989: 74）。また、この数字をさしひけば、アクスの近52年のウイグル族人口の増加率は34.5%，全人口では60.6%という数値におちつくのである。

カラシャフルについては、1940・1941年から比べると、人口の民族構成が大きく変わったが、オアシスの規模としてはほとんど変わっていないと考えるべきであろう。

このようにみてくると、タリム河の水系を開拓したアクス地区の社会的人口増が目立つものの、20世紀前半期の人口増加率から比べれば、後半期は急速ににぶっていることが判明する。ここでも、時代によるオアシス領域と、統計にのる人口掌握基準の違いを念頭におかなければ

ばならないが、それにしても人口増加率の相対的低下現象の傾向は間違ひなかろう。

これは何を意味するのだろうか。新中国になってから、とりわけ最近における都市の発展はめざましいものがある。物資流通などの総合的・歴史的な資料収集とその分析がまたれるところであるが、オアシスの人口保養力も、流通経済の急速な拡大発展によって、かならずしもかつてのように当該オアシス農村の経済力に大きく頼る必要はないことは確かであろう。それが最近のオアシス人口の増加の原因のひとつであるに違いない。また、生産建設兵团の動向も人口統計に反映されている。にもかかわらず、すでに飛躍的な人口増加がみられないのは、すなわち、各オアシスの自然の人口保養力が、すでに限界を迎えるようとしているからではないだろうか。

こうした観点には、なお分析すべき課題があまりにも多い。流通の問題のほかにも、各オアシスの農業生産力・工業生産力・産業別人口比率の歴史的推移をはじめ、多面的な経済分析が必要であろう。しかし、それらの資料はまだ少ない。ここでは地勢面と人口を中心にして、オアシスの姿の概観をとらえてみた次第である。

4. おわりに

タリム盆地のオアシスが、その人口保養力の限界に近いとする見方が、仮に大きくは誤っていないとすれば、保養力の維持、拡大をはかるために物資流通や工業化による都市経済の発展こそ期待されたとしても、オアシス農業生産物としての食糧確保は早晚、重大な課題となる。

こうした人口増大の背景の中で、タリムの諸オアシスにとって重要な、また都市化現象の進展とともに増大する畜肉の供給源のひとつであるユルドゥズ草原も、また大きな岐路に立たされていることは疑いない。

総合的な見通しを得るにはなお多くの未解明の課題や、統計の不足の面がある。多面的な政策対応もおこなわれているであろう。しかし、牧畜地域を考慮にいれてみるならば、以上の予備的考察からも、オアシスの綠化拡大、たとえば生産建設兵团による開拓の進展と人口増加とが連動しうること、そのことと、中国全体の経済発展にも関連して進む都市化現象とは、ともに牧畜への需要を高め、結果的に草原の過放牧、沙漠化促進につながりかねないことを指摘できるであろう。

遊牧・牧畜とオアシス農耕とは、長い歴史の中で共生を可能にしてきた。この自然に密着して営まれてきた新疆地域の生業ユニットの積極的な意味を、この時点で吟味しなおす必要があると考えるものである。

注

- 1) 答者は、国立民族学博物館における研究会で調査概要を口頭報告したほか、日本沙漠学会1994年度第5回学術大会で「最近の日本人による新疆調査：ユルドゥズ草原研究への道筋」として簡単に触れ（論演要旨集第5集、18-19）、また日本沙漠学会の沙漠誌分科会（仮称）第1回研究会（1994. 6. 14法政大学）で「中国新疆牧地について」と題し、さらにユルドゥズ草原の実状については第31回野尻湖クリルタイ（1994. 7. 19）でも口頭報告をした。また、注2)参照。
- 2) 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所の定期刊行物、本号は「巴音布魯克草場研究成果専輯」であり、以下の論文が掲載されている。巴音布魯克草原試験站「巴音布魯克草場類型特点、草場退化及其合理利用和改良研究工作報告」1-5; 同「巴音布魯克草場資源及其評価」5-21; 葉爾道來提、麥來、阿德勒「巴音布魯克草場環境条件及合理利用探討」21-26; 同「巴音布魯克季節草場の群落特征及其貯草量の研究」26-29; 同「狐茅草原群落結構和地上生物量季節動態」30-33; 同「巴音布魯克草場退化的研究」33-39; 葉爾道來提、麥來「老芒麥馴化和栽培的研究」40-46; 葉爾道來提「狐茅的研究」47-50; 葉爾道來提、麥來、阿德勒「巴音布魯克草場合理利用和改良区劃草案」51-55。以下の引用では『研究』と略称し、そのページ数を示す。
- 3) TPC F-7D: *Tactical Pilotage Chart, 1st edition, Compiled March 1990, Scale 1:500,000.* 本文にあげる主峰群の海拔高

度は、この地図によるとさらに高い。

- 4) 「研究」: 13には和静県農区として記されているが、「類型図」によれば和頃県混合夏牧場となっている。
- 5) 地図に明確な所属表示はないが、付近にある夏秋牧場も、これに属するものと思われる。
- 6) これはこの100年間にチベットから導入されたものである。ちなみに、1958年のチベット動乱の際、多くのチベット人がはるばるとタリム盆地を迂回縦断して、このユルドゥズ草原にまで逃れてきた。かれらがチベットに戻ったのはごく最近のことであるという。
- 7) 「研究」は15集団にまとめて記述してあるため、より詳しい「類型図」を検証するには、この場合役立たない。表1参照。
- 8) 答者の調査と同じ1993年の8月上旬には、松原正毅氏の一行が短期間ではあるが聞き取り調査に入っているので、その成果公表に期待したい。
- 9) 張 (1986): 83-113.
- 10) 枝 (1971) 参照。
- 11) 真木はか (1995: 96-101).
- 12) 新疆維吾尔自治区地方志編纂委員会編、1986年の統計を掲載しているはずの1987年版は未見。
- 13) 『新疆年鑑』1987年版: 628.
- 14) その位置を概観するには、新疆維吾尔自治区測繪局 (1985) が便利であろう。
- 15) カシュガル市の領域は実際の都会部のみの15km²であるのに対し、それより人口数値上では大きく見えるコルラ市は7,449km²で周辺部を広く含む。また、タリム盆地のオアシス市としては最大の人口を擁し、ごく近年の人口増加率が高いアクス市の領域は、扇状地全域からタリム河一帯を含む18,264km²である（『新疆年鑑』1986年版）。
- 16) 実際には、兵团組織のひとつとして和田農場管理局というものがあり、1988年末に人口19,329を擁している。その81%はウイグル人であり、他の開拓兵团とは多少様子の異なるものようであるので、オアシスの規模を考える際には、別途あつかう必要なしと考えておきたい（新疆生産建設兵团史志編纂委員会、1989: 109-110）。
- 17) 堀 (1977): 14.

引用文献

- 張 承志 (1986): 『モンゴル大草原遊牧誌』朝日選書。
- 坂 一雄 (1971): 中央アジア・オアシス都市国家の性格。「岩波講座世界歴史」6: 327-358。(再録『シルクロードの歴史から』研文出版社、1977: 113-150)
- 堀 直 (1977): 18-20世紀ウイグル族人口試論。「史林」60-4: 111-128.
- 真木太一・潘伯榮・杜 明遠・皎島良次 (1995): 中国北西部の新疆および特にトルファンにおける沙漠気候と砂丘移動。「沙漠研究」4: 91-101.
- 岡田英弘 (1992): 『世界史の誕生』ちくまライブラリー73, 筑摩書房。
- 梅村 垣 (1985): 遊牧・農耕関連論序説—ユーラシア地域を中心として—。「ユーラシア社会史における遊牧・農耕及び通商に関する基礎的研究」東洋文庫: 5-11。
- 梅村 垣 (1986): 中央ユーラシア社会史研究の展望—現地出土文書・隣接諸分野をめぐる覚え書き—。「学術月報」39-9: 36-39.
- 梅村 垣 (未刊): 遊牧民と定居社会—新疆の事例を中心に—。「国立民族学博物館研究紀要」

- 《巴音郭楞蒙古自治州概況》編寫組（1985）：『巴音郭楞蒙古自治州概況』新疆人民出版社。
- 新疆生產建設兵团史志編纂委員會（1989）：『新疆生產建設兵团年鑑1989』新疆人民出版社。
- 新疆維吾爾自治区地方志編纂委員會編：『新疆年鑑』1986・1988・1989・1990・1991・1992・1993・1994各年度版，新疆人民出版社。
- 新疆維吾爾自治区統計局（1993）：『新疆統計年鑑』1993，中國統計出版社。
- 新疆維吾爾自治区測繪局（1985）：『新疆維吾爾自治区交通圖冊』測繪出版社。
- 中国科学院蘭州沙漠研究所（1980）：『塔克拉瑪干沙漠風沙地貌圖 The Map of Aeolian Landform in Taklimakan Desert 1: 1,500,000』中国地圖出版社。
- 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所（1989）：『干旱區研究』6-2。

Yulduz Grasslands and Oases in the Tarim Basin

Hiroshi UMEMURA*

The history of Central Asia has been constructed by two types of society, nomadism and agriculture, which have always kept a relationship with each other either in peace or in warfare. Under the authority of P.R. China, the relationship of the two societies in Xinjiang seems to have been controlled well.

When one visits one of the famous nomad areas, Yulduz basin in the Tianshan mountains for instance, one can see traditional and pure nomad society. They keep four seasonal camps there and do not go down from the basin in order to spend the special season. Such a situation will be shown in the map and Tables 1 and 2. But, in reality, the grass of Yulduz is not enough to sustain livestock; in the past ten years the degradation of the grass has intensified. In this period, nomadic people have been permitted to sell their livestock to the merchants coming from towns of oases located around the edge of Tarim basin. It should be noted that the wide Yulduz grassland faces the dangerous situation of over grazing. This tendency is influenced by the increase of population of oases, including towns and cities outside of Yulduz.

Subsequently, when the recent population data of oases of Tarim basin and some historical materials are analyzed, it is confirmed that each oasis has increased its population as seen in Tables 3, 4-1 and 4-2. Moreover, one can see the characteristic tendency between the increasing rate of Uyghur people and Han-Chinese people in these eight years. In the first four years, Uyghur people of Tarim oases had increased 8.6%, while Han-Chinese increased only 1.2%, but in the next four years the numbers became 8.4% and 17.6%. Of course, most of the population of the Tarim oases is Uyghur, especially in the southern and the western part of the basin. Nevertheless, it may be pointed out that the increase of the Han-Chinese is concentrated in the Corps for Production and Construction of Xinjiang, which were founded 40 years ago basically at the new frontiers of the oases area, and in the cities of oases.

On the other hand, the increasing rate of population of the latter half of the 20th century has greatly diminished in comparison with that of the first half of the century (Table 5). It may indicate that the oases cannot accept and provide for the population much longer.

But, for the time being, the oases still feed the population; on the contrary, the nomadic population of the Yulduz grassland is rigidly limited. The trend of increase of population of oases leads to the need for increased production of meat, and this development of civilization plays the role of increasing the whole of the oases population. So that it should be recognized that the increase of the population of oases not only influence directly the food problem of the oases themselves, but also oppresses the grassland much.

Key Words: Nomad, Oasis, Population, Yulduz, Tarim Basin

* Faculty of Policy Studies, Chuo University, 742-1, Higashinakano, Hachioji, Tokyo, 192-03 Japan.

(Received September 25, 1995; Accepted January 12, 1996)

タクリマカン沙漠における沙漠化に及ぼす 農業的土地利用の影響

吉野正敏^{*}・藤田佳久^{*}・有薗正一郎^{*}・杜 明遠^{**}・雷 加強^{***}

1. はじめに

世界の沙漠化に関する研究は多い。新しいIPCCのレポート (LE HOUEROU and Convening Lead-Author, 1995) においても理学・工学・農学・医学などの面からの研究成果が極めて多いことがわかる。また、タクリマカン沙漠だけについても中国の研究者の成果は非常に多く、多方面からの成果がすでに刊行されている。

しかしながら、人間活動とのかかわりを扱った論文は少なく、あっても定量的な解析はほとんど行なわれていない (周, 1983; 胡 知育, 1984; 夏・雷, 1988; 胡 文康, 1990, 1992; 夏ほか, 1991)。上述のIPCCレポートでも農業工学の技術的な研究成果が主で、農家経済・土地利用計画・観光開発などについての成果は少ない。そこで、既存資料を可能な限り収集し、それを整理・解析する一方、現地において農民から直接の聞き取りを行ない、その結果を整理して、刊行されている統計資料ではとらえられない点を補い、人間活動とのかかわりを明らかにすることを試みた。すでに、その一部は公刊した (吉野ほか, 1995b; 杜ほか, 1995)。本稿はその基礎に立って、タクリマカン沙漠の乾燥度とその中における地域的差異を述べ、オアシスにおけるウイグル族・漢民族・蒙古族の農民の生産活動への影響、沙漠化との結びつきなどについて記述する。最後に今後の問題点をまとめる。

2. 研究方法・資料など

聞き取り項目、および被聞き取り者、および聞き取りの記録は、1993年の結果 (吉野ほか, 1993) と、1994年の結果 (吉野ほか, 1995a) をそれぞれ仮印刷にしてある。聞き取りを行なった農家は、南縁のオアシスでは和田 (ホータン) 6軒、策勒 (チーラ) 4軒、北縁のカラとアクス、および西縁のカシュで合計9軒であった。策勒では公務員 (教員) 宅1軒でも行なった。聞き取りは1軒で約2時間をかけた。

使用した統計資料は既刊の国家統計局農村社会経済統計司の編集による「中国分県農村経済統計概要」の1985年から1991年版である。

3. 調査地域の環境

1) 乾燥状態

タクリマカン沙漠はタリム盆地 ($8.4 \times 10^5 \text{ km}^2$) の中の約39%を占める。タクリマカン沙漠の周縁の山地はタリム盆地の38%，山地と沙漠の中間の平原と呼ぶ部分は23%に過ぎない。

タクリマカン沙漠の気候環境についてはすでにたくさんの記述がある。特にその乾燥の程度は、ソーンスウェイトの水収支の計算法 (THORNTHWAITE, 1948) によって、年水不足量を求めるとき 750 mm 以上に達する。その地域は図1の(上)に示す通りで、中国北西部のタクリマカン沙漠を中心とした範囲に広がっている (YOSHINO et al., 1982)。また、ケッペンの気候分類法によるB気候 (BW+BS気候) の出現頻度は、図1の(下)に示す通りで、100% (すなわち毎年かならずB気候) の地域がやはりタクリマカン沙漠を中心にして分布し、上記の年水不足量が 500 mm 以上の地域とほぼ一致している (YOSHINO et al., 1981)。また、耿 (1986) は乾燥指数 ($K = 0.16 \sum t_{10}/r_{10}$, ただし, r_{10} は日平均気温 $\geq 10^\circ \text{C}$ の期間の積算気温) の分布を示した。その結果、タクリマカン沙漠の内部は 64 以上、周縁でも 32 ~ 64 で、極端な乾燥状態を示す。局地的なトルファン盆地を除くと、広大な面積でこれほどの乾燥を示す地域は中国の中では他にない。

表1には若羌 (Ruochiang, ルオチャン) における1954年~1970年の水不足量の毎月の平均値と、その標準偏差を示す。平均年不足量は 823.4 mm に達し、タクリマカン沙漠の中でも非常に乾燥していることがわかる。さらに重要なことは、月別の標準偏差で、特に畑の耕作準備の季節である3月・4月と、成育の季節である7月に大きい。このことは農業的水利用において好ましくない。

* 愛知大学地理学研究室

** 農林水産省国際農林水産業研究センター

*** 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所

(受付: 1995年10月6日, 受理: 1996年1月12日)

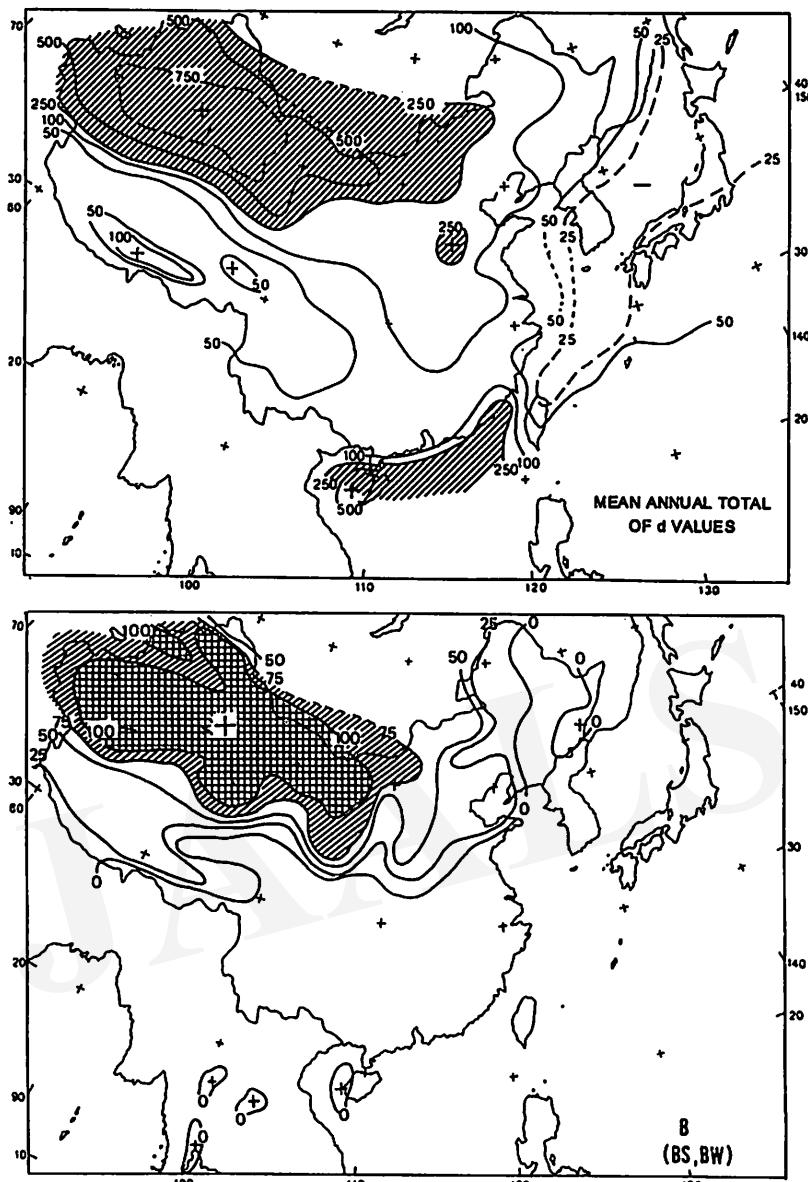


図 1. (上) ソーンスウェイトの1948年の方法で求めた水不足量 (d) の分布 (YOSHINO *et al.*, 1982).
 (下) ケッペンの気候分類法によるB気候の出現頻度 (%) の分布 (YOSHINO *et al.*, 1981).

い条件である。

2) 局地循環系

次にタクリマカン沙漠の中の気候地域差を述べる。タクリマカン沙漠内の地面付近の高度における大気循環系からみると、冬には盆地に冷気が堆積するので高気圧性の循環が卓越し、夏には沙漠が熱的に高温になるので低気圧性の循環が発達する。その中間の春と秋にはその遷移的な循環の型がみられる。すなわち、盆地の東半と西半でそれぞれ高気圧性と低気圧性の異なる循環型がみら

れる季節がある (YOSHINO, 1994)。これが5月と10月で、この二つの遷移月からみて、夏(4カ月)の方が冬(6カ月)より短い。

そうして、冬は南縁の西部には西風が入り込むが、東部では高気圧性の循環による北東の風が卓越する。しかし、北縁では両方の風系ともそれほど強くはない。一方、夏には南縁では西部でも東部でも低気圧性の循環によって西よりの風が卓越する。北縁では上空の偏西風とキャンセルし、東よりの風は弱い。結果として、いずれの季節も南縁では風が強く、北縁では比較的弱い (吉野,

表 1. 若羌*における水不足量**の年変化、1954-1970年の平均。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平 均	0.0	0.1	28.2	64.1	114.4	155.3	177.2	154.9	91.6	35.9	1.6	0.0	823.4mm
標準偏差	0.0	0.2	34.5	11.1	9.0	8.9	12.0	6.7	7.5	5.1	2.2	0.0	44.2mm
水不足量の出現頻度	0	6	88	100	100	100	100	100	100	100	47	0	100 %

*Ruoqiang (39°02' N, 88°10' E, 888.3m)

**THORNTHWAITE (1948) の水収支計算法で求めた (YOSHINO and URUSHIBARA, 1982による)

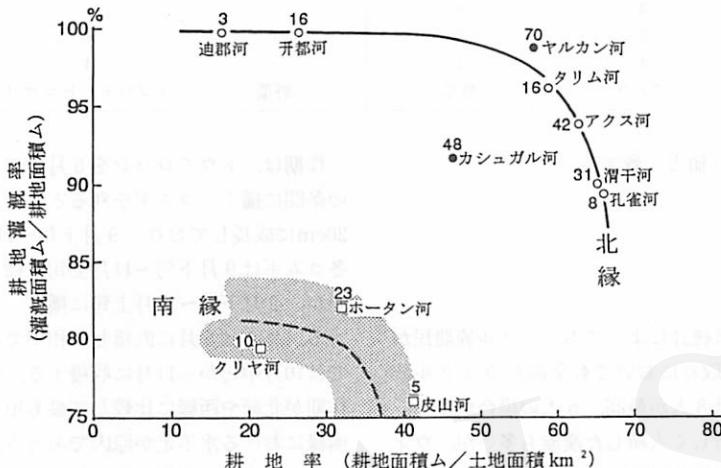


図 2. タクリマカン沙漠におけるオアシスの耕地率と耕地灌漑率の関係。

□: 南縁の河川流域, ○: 北縁の河川流域, ●: 西縁の河川流域

数字は現在の供水量 × 10³ m³

(1992; YOSHINO, 1992).

これらの主要な気流の境界付近、または限界付近では強風が吹き、砂あらしとなることが多い。また、まれにではあるが地面付近に湿った空気が侵入し (YATAGAI and YASUNARI, 1994; 安成・谷田貝, 1995), 上空には高緯度からの寒気が流入して強い上昇気流が起こる。こういう気象状態のときには局地的に強い雨が降ることがある。これにともない洪水が発生し、大きな被害を受ける。死者や家屋の損害も大きい (「新疆減災40年」編委会, 1993; 吉野, 1995)。

3) 耕地灌漑率

タクリマカン沙漠の北縁と南縁における自然条件の第2の大きな差は、利用できる水量の差に起因する。その実態を量的に明らかにするため、図2を画いた。この図に使用した数値は、中国科学院塔克拉瑪干沙漠綜合考察隊 (1993) による刊行物の表2の14と表2の15の「流域別の土地面積、耕地面積、灌漑面積、現状供水量」から得た。横軸には耕地率 [耕地面積 (ム, 亩)/土地面積 (km²)] を、縦軸には耕地灌漑率 [灌漑面積 (ム) / 耕地面積 (ム)] をとり、タクリマカン沙漠の11の流域に

ついてプロットし、両者の関係をみたものである。この図から明らかになる事実は次の通りである。

(i) 一般的にみて耕地灌漑率は北縁では90~100%だが、南縁では75~85%で、比較的小さい。この差は、乾燥度の差、天山山脈より昆仑山脈の水が少ないなど自然環境の地域差、および地域の総生産（すなわち設備投資力）の差などのすべてに起因すると考えられる。

(ii) 北縁における耕地灌漑率は、耕地率が55以上になると減少し始め、60で急減し、65以上では90%以下になる。この曲線に示される事実は、将来、耕地面積がいくら増加しても灌漑率は大きくなりえないことを意味している。

(iii) 南縁でも曲線が示す傾向は北縁と同じと考えられるが、耕地率が40以上で耕地灌漑率は激減する。北縁が60であったのに比較すると3分の2の閾値で、これは(i)に述べた現状のひとつの具体的な数値である。

(iv) 南縁において耕地灌漑率が激減するときの閾値は約77で、これは北縁の約0.8倍である。この値は、北縁において耕地率が30以下の場合、耕地灌漑率はほぼ100%となるが、南縁では、かなりの幅はあるが耕地率30以下の耕地灌漑率は約80%と図から読み取れる。これ

表 2. タクリマカン沙漠オアシスにおける聞きとり農民の耕地面積と作物。

	南 緑		北 緑		西 緑	
	ホータン(和田)	チーラ(策勒)	コルラ(庫爾勒)	アクス(阿克蘇)	カシュ(喀什)	
聞きとり家庭数	6	5	2	4	3	
平均家族構成員数	4.3人	8人	4.5人	6.0人	5.7人	
平均耕地面積	—	13.2ム	35ム	約40ム	8.2ム	
栽培作物面積の順位	水稻 小麦 とうもろこし ワタ 果樹 その他	1 — 2 3 4 ブドウ	— 2 3 4 1 牧草	2 — — 1 — 野菜	2 3 — 1 4 アブラナ, ヒマワリ	— 2 — 1 3 コウリヤン

は上記の約0.8倍という値と一致する。

4. 農家経営の実態

1) 耕 作

南緑のオアシスでは統計によてもウイグル族農民が100%で、今回の聞き取りにおいても全部がウイグル族であった。家族構成は8人が最高、5人の場合が多い。北緑では兵团として新しく入植した漢族も多いが、ウイグル族農民からの聞き取りはアクスで4軒、カシュで3軒において行なった。

耕地面積は南緑のホータンとチーラにおける聞き取り農家の平均では8.7ム/農家であったが、北緑のコルラとアクスでは2.5ムから約110ムとばらつきが大きい(1ム=6.67a、すなわち1ha=15ム)。この110ムを除くと、北緑の平均は24.4ム/農家となり、南緑のオアシスに比較して、1軒あたりの耕作面積は約3倍も広い。しかし、西緑のオアシスのカシュでは8.2ム/農家で、南緑とほぼ同じである。なお、兵团の漢族の農民の耕地面積は35ムである。オアシス別にまとめた耕地面積と作物の実情は表2に示す通りである。

栽培作物は北緑のオアシスではワタが第1位で水稻、コムギ、果樹、トウモロコシ、アブラナ、ヒマワリなどが多い。表2の下部にそれらの順位を示した。南緑では水稻、ワタ、コムギ、トウモロコシ、ブドウ、果樹などが多く、ワタが第1位ではない。ワタは換金作物として重要な作物だが、12、1、2月に水を必要とする(吉野、1994)。氷河からの水にたよっているこの地域では、冬は灌溉水が特に不足する季節なので、南緑のオアシスではワタを広い面積で栽培することが難しい。南緑では灌溉水が不充分なためと考えられる。それに対して北緑と西緑のオアシスではワタが第1位にくるのが対照的である。換金作物としてのワタの意義が農民の経済状態に強く反映している。

作期は、トウモロコシを5月中旬～6月上旬にコムギの条間に播く。コムギを刈るときにトウモロコシは10～20cmに成長しており、9月下旬～11月上旬に収穫する。冬コムギは9月下旬～11月上旬に播く。春コムギは少ないが、2月下旬～3月上旬に播く。いずれも7月に収穫する。コメは6月に直播し、和田では10月上旬、コルラでは10月中旬から11月に収穫する。和田におけるコメの作期が北緑や西緑に比較して最も短いが、これはやはり南緑における水不足が原因であろう。そのためと思われるが、コムギの作期が長くなっている。

ワタは4月初めに播き、9月上旬～11月上旬に収穫する。種を播く適期が他の作物より短いことは、水利用の面からは厳しい条件となる。

トウモロコシの収量は条件の悪いところで350～400kg/ム、普通は500kg/ムである。コムギは400～500kg/ム、ワタは200～250kg/ムである。

2) 燃 料

燃料利用に関しては、現在、次の3型態がある。すなわち、(i) 沙漠からの薪や庭の枝やワラのみを使う、(ii) 一部(冬)は石炭、一部(夏)は薪や庭の枝やワラを使う、(iii) 夏冬とも石炭を使う、の3型態である。沙漠から取ってくる場合はボプラとタマリックスの根を掘ってくる。

燃料または建材としてのタマリックスの採取は一般的にはオアシスから1950年代には数km以内、1960年代には10～20km、1980年代には30～50kmと言われている(劉・張、1987)。今日、沙漠における薪の伐採は沙漠化につながることを農民もよく知っており、南緑のオアシスのある小隊では70%の人は沙漠へ採取にはいかないと言う(吉野ほか、1995a)。しかし、詳細な採取範囲や数字は不明である。ロバ車で沙漠へ行く場合、南緑の農民はオアシスから30kmまでの範囲へは日帰りが可能である。1週間に1回、夜半の2時に出発して18時頃帰

表 3. タクリマカン沙漠オアシスにおける聞きとり農家の燃料と収入。

	南 緑		北 緑		西 緑
	ホーラン(和田)	チーラ(策勒)	コルラ(庫爾勒)	アクス(阿克蘇)	カシュ(喀什)
聞きとり家庭数	6	5	2	4	3
平均家族構成員数	4.3人	8人	4.5人	6.0人	5.7人
石炭を使う家庭数	4(5)	2	2	4	3
一冬に使う石炭の量	1トン以上	1~2トン	1~2トン	2トン以上	500kg~2トン
石炭を使用する農家の率	約50%	約10%	100%	100%	100%
石炭を使用し始めた年	1983年	1985年	1980年代	1970年代, 1989年から100%	1978年か1980年
沙漠へ伐採にいく回数	—	週1~2回	年に10回	年に7回	0
沙漠へ伐採にいく方法 : 現在	—	沙漠へ30km以上, 22~2時出発, 14~18 時帰る	沙漠へ数十km以上, 朝食後出発し17時 帰る	沙漠へ数十km以上, 朝食後出発し17時 帰る	—
: 最も極端な場合	沙漠へ130km以上, 13~15日かけて8~ 10家族でいく	—	沙漠へ数十km以上, 2~3日かけていく	沙漠へ100km以上, 1週間以上かけて, 3家族以上, 10~15 家族でいく	月に1回, 1回で 7~10日かけて, 数 家族でいく
農村総生産(元)/人	799	841	—	1,058	1,367

る。1980年代後半、片道に数日をかけてオアシスから約135kmの地点まで行って伐採した例がある。この場合は、秋と冬1回、8~10家族が1団となって、1ロバ車に150~500kg(平均して230kgと推定される)積んで帰った。和田河西岸における薪の伐採量は最近では2.6万トン/年と推定されている。アクスのウイグル族農民も、1988年以前にはタリム河の南側と北側へ、1回に6日間、1年に6~7回の割で行ったという(吉野ほか、1995a)。伐採に行って和田の人間に会ったことがあると語った。別の農民は1989年以前には200kmまで行ったことがあると言う。

南縁の農家で石炭を使わない理由は「値段が高くて購入できない」ことである。値段の地域差はほとんどなく、130~150元/トン、粉炭は80元/トンである。家族数にもよるが、一冬に1~2トン使用する。現在、石炭だけで燃料をまかなっている農家数は南縁では全体の10%以下と推定される。しかし、北縁と西縁では夏は枝やワタのワラなどを使い、冬には石炭を使う農家数はほぼ100%近く、その中で、冬には沙漠へ年に7~10回行って石炭消費を少なくしている農家数は約20%である。すなわち、冬に石炭だけで燃料をまかなっている農家数は北縁と西縁では約80%で、南縁と大きな差がある。

表3は燃料に関する聞き取りの結果で、沙漠化の大きな要因のひとつである燃料伐採に関する実態である。海烈提(1989)によると、新疆の農村におけるエネルギー資源の消費状態は、生物(すなわち沙漠からの燃料収集やオアシス内の植林の計画的な循環伐採など)によるものが70%、石炭が16%、石油が12%、電力が2%である。

タクリマカン沙漠のオアシスでは、沙漠からの燃料や、量は少ないがオアシス内の植林の計画的伐採に頼る率は、この新疆平均の値より高いと推定されていたが、詳細は不明であった。表3によって、その一端が明らかにされたと思う。

3) 最近の土地利用の変化

タクリマカン沙漠とトルファン・ハミ地区における最近の土地利用の変化を次に調べた。耕地が林地に改まった面積(C₁)、耕地が牧野に改まった面積(C₂)、国家施設・建造物基地の占有面積(C₃)、村などの公共建造物の占有面積(C₄)、農民個人の建物の占有面積(C₅)の変化をみると、図3に示すようにタクリマカン沙漠の北西縁のオアシスにおいて、C₁、C₂すなわち耕地が減少している面積がきわどって大きい。例えば温宿、庫車(クチャ)などでは、16,000ha(約1,060ha)も減少した。

次いで西縁のオアシスでC₁が大きい。C₁の比重が大きいという傾向は南縁にも共通しているが、絶対値は最も小さい。図は省略するが、データのある1980年代末から1990年代初めに至る時代では、図3とほぼ同じ状況にある。

1985年から1991年にかけた1人当たりの農業生産額の変化率、すなわち、[(1991年の値)-(1985年の値)]/[1985年の値]を%で表現した値で求めると、次の通りである(Du et al., 1996)。すなわち、和田は144、カシュは180、コルラは466、アクスは398で、北縁と西縁のオアシスが南縁のオアシスの2.7~3.2倍にも及ぶ。また、1人当たりの播種面積は和田は-14、カシュは-2でいず

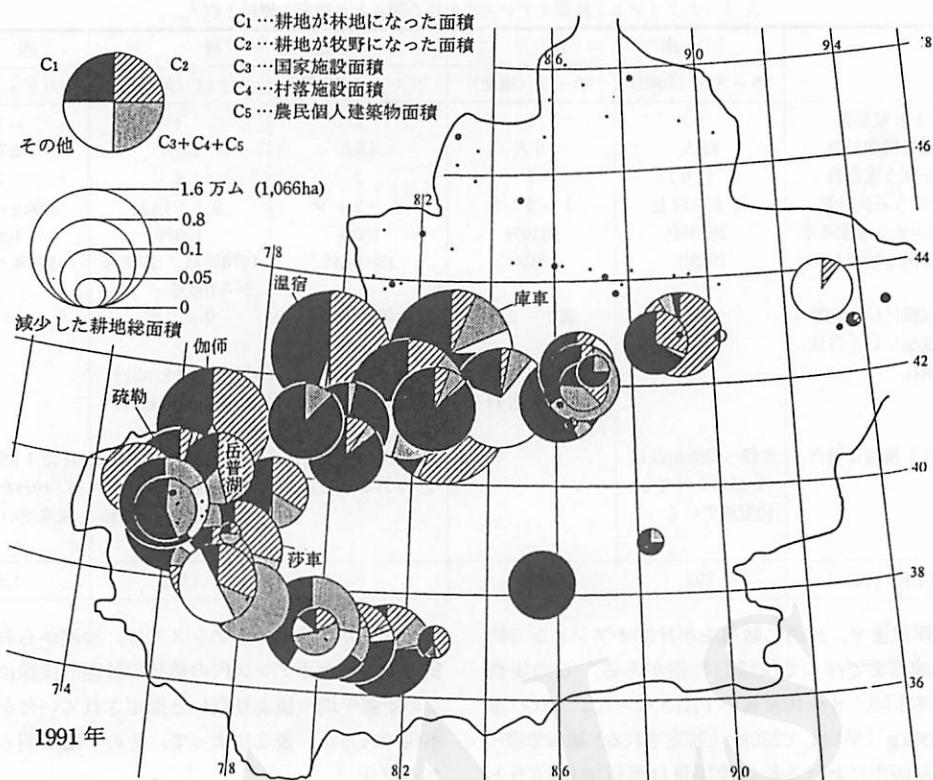


図 3. タクリマカン沙漠における県・市別にみた減少した耕地面積とその転換の割合, 1991年.

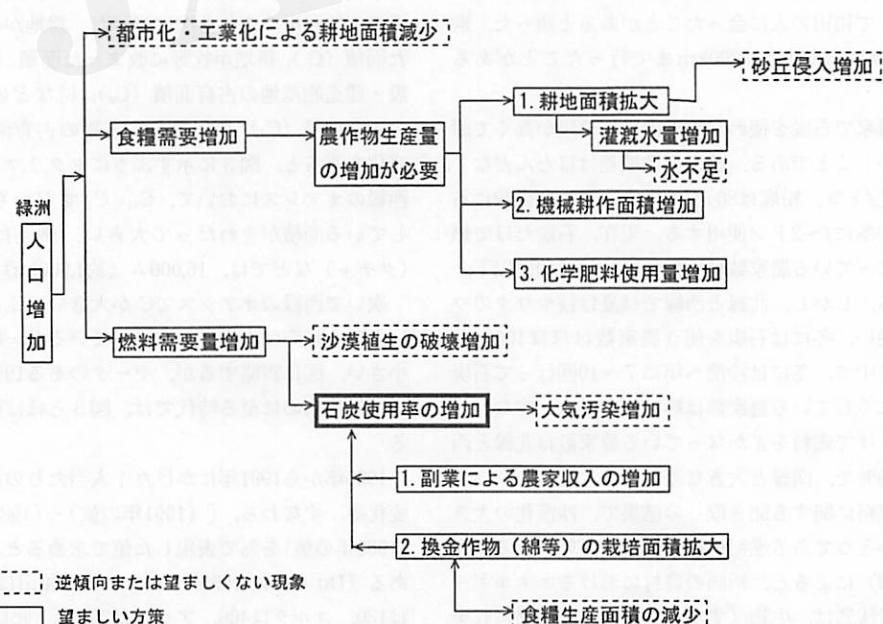


図 4. オアシスの農業的土地利用からみた諸現象の流れと問題点.

れも減少したのに対して、コルラは+52、アクスは+91で増加した。これをみても、南縁と西縁のオアシスの農家経済はわるく、北縁のオアシスの農家経済は比較的よいことがわかる。

5. 沙漠化と人間活動

以上に述べてきた聞き取りの結果や統計資料の整理などをふまえて、タクリマカン沙漠のオアシスにおける農業的土地利用からみた問題点をまとめると図4の通りになる。

オアシスの人口増加は、オアシスにおける都市化・工業化による耕地面積の減少につながる。造林面積は増加しても、沙漠化による耕地面積の減少をさらに增幅させる。一方、人口増加によって食糧需要が増加し、これは農作物生産量の増加を必要とする。そして耕地面積の拡大を必要とする。さらにこの過程は砂丘の侵入増加や、灌漑水量の増加（策勒県総合発展規画委員会、1988）による水不足を招き、オアシスにおける環境の発展に対してマイナスの要因として働く。また農作物生産量を増加させるには機械耕作面積の増加や、化学肥料使用量の増加の方策をとらねばならない。この二つは収量の増加にはなるが、土地の悪化をしばしば引き起こすことに留意せねばならない。

他方、人口増加によって燃料需要量の増加が必要となる。これは当然、沙漠の植生を破壊することに連なる。そのため、石炭、さらに将来は石油を使わねばなるまいが、これは大気汚染を増加するマイナス傾向になる。

高価な燃料を買うことができるよう副業などによる農家収入を増加せねばならない。換金作物であるワタはより多量の水を必要とし、また食糧生産面積の減少をもたらす。例えば、タクリマカン沙漠南縁のニヤ河流域の人口約300のカバクアスカン村でも、1991年から1992年にかけてワタの作付面積は約2.5倍になった（三井ほか、1995）。しかし、コムギの栽培面積は約半分、トウモロコシも少なくなった。これらの関連を総合的に量的に詳しく考慮して、将来の方策を検討しなければならない。また、オアシスにおける人口集中による気候の変化（杜、1993a,b; Du and MAKI, 1994）も、地球規模の気候の変化に加えて21世紀の重要な課題である。

筆者らも、高村・ムハタル（1994）が提言の第1番にあげた沙漠植生にたよらない代替エネルギー資源の導入確立がやはり急務と考える。特に、タクリマカン沙漠の南縁のオアシスではさし迫った課題である。石炭を購入できる経済的基盤を農民に与えることが当面は必要である。そのためには、じゅうたん織りなどの副業による農

家収入の増加を政策として取り入れなければならないであろう（吉野、1994；吉野ほか、1994）。家族構成や農家の間取り（有菌、1994, 1995）からもこれが可能と考えられる。羊も過放牧となれば沙漠化につながるので、過放牧にならぬような計画をたてつつ、例えば、じゅうたんの質（デザイン、染料など）の向上、働き手の教育・指導、販売システムの確立などで、まだ収入向上の余地は充分にあると考えられる。

謝 辞

平成5年度と6年度の科学技術庁振興調整費による「沙漠化機構の解明に関する日中共同研究」の一部を愛知大学が受託したが、この研究はその成果の一部である。研究の推進には、日本科学技術庁、中国科学院の関係各位に非常にお世話になった。記して感謝する次第である。また、現地の聞き取りに際して、われわれの質問に心よく応じて下さった農民の方々にも御礼申し上げる次第である。

引 用 文 献

- 有菌正一郎（1994）：タクリマカン沙漠南縁オアシスにおける民家の諸形態。「愛大史学」3: 29-51.
- 有菌正一郎（1995）：タクリマカン沙漠北縁オアシスにおける民家の諸形態。「愛大史学」4: 37-59.
- 夏 訓誠ほか著、邱 華盛訳（1991）：『沙漠の開発と利用』新疆科技衛生出版社、ウルムチ、122p.
- 三井嘉都夫・小寺浩二・細田 浩・田部秀男・坪井塑太郎（1995）：タクリマカン沙漠南縁ニヤ河流域における人間活動と環境変化。「沙漠・水・人間」日中合同法政大学タクリマカン沙漠調査報告書」：13-28.
- 高村弘毅・ムハタル チョン（1994）：新疆ウイグル自治区における沙漠化とその防止について。「立正大学大学院紀要」10: 1-22.
- 杜 明遠（1993a）：最近40年間中国の沙漠地域の気温と降水量の変化。「日本沙漠学会講演要旨集」4: 5-6.
- 杜 明遠（1993b）：中国気温・降水量の変化図表。（自家版）
- 杜 明遠・吉野正敏・藤田佳久・雷 加強・真木太一（1995）：最近中国新疆のタクリマカン沙漠におけるオアシスの農業活動と気候変化。「日本沙漠学会講演要旨集」6: 45-46.
- 安成哲三・谷田貝亜紀代（1995）：ユーラシア内陸域における水蒸気輸送・発散の季節変化。甲斐恵次編：『平成6年度科学技術振興調整費による「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」の「概観測・蓄積データの収集・解析」の「沙漠化データベースの作成と気候システムの解析』筑波大学地球科学系、55p.
- 吉野正敏（1992）：新疆の沙漠地域の雨と風。「沙漠研究」1: 1-15.
- 吉野正敏（1994）：タクリマカン沙漠南縁のオアシス和田・策勒の環境と人間活動。「愛大史学」3: 1-27.
- 吉野正敏（1995）：タクリマカン沙漠のオアシスにおける気候変遷・沙漠化と人間活動(2)－人口変化・気象災害－。「愛知大学文学論叢」110: 66-88.
- 吉野正敏・藤田佳久・有菌正一郎・杜 明遠（1993）：『タクリマカン沙漠南縁の和田・策勒におけるウイグル族農民からの聞きとり記録（1983年8月-9月）』愛知大学文学部地理学研究室、26p.

- 吉野正敏・藤田佳久・有園正一郎・杜 明遠 (1994): タクラマカン沙漠南縁の和田・策勒におけるウイグル族農民の農業生産活動。「沙漠研究」3: 125-135.
- 吉野正敏・藤田佳久・有園正一郎・杜 明遠・雷 加強 (1995a): 「タ克拉マカン沙漠の北縁と西縁のオアシスにおける農民からの聞きとり記録(1994年7月-8月)」愛知大学文学部地理学研究室, 22p.
- 吉野正敏・藤田佳久・有園正一郎・杜 明遠・雷 加強 (1995b): タ克拉マカン沙漠のオアシスにおける気候変遷・沙漠化と人間活動(1) -農業的土地利用と農家経済-。「愛知大学文学論叢」110: 90-106.
- 策勒県総合発展規画委員会 (1988): 「新疆維吾爾自治区策勒県国民经济・社会総合発展規画 1986-2000」346p.
- 耿 寛宏 (1986): 「中国沙区の気候」科学出版社, 230p.
- 海烈提 吐尔逊 (1989): 新疆能資源及其合理開発利用問題。「干旱区資源与環境」3-1: 110-119.
- 胡 知育 (1984): 塔里木盆地南縁綠洲沙漠化的演変及其整治。「新疆地理」7-3: 47-51.
- 胡 文康 (1990): 新疆“絲綢之路”及其環境変遷。「旱干区研究」7-4: 1-8.
- 胡 文康 (1992): 20世紀塔克拉瑪干沙漠環境及其変遷。「旱干区研究」9-4: 1-9.
- 劉 名廷・張 鵬雲 (1987): 新疆柽柳属 植物資源及其合理利用。劉 名廷編:『柽柳属研究鑑定成果文集』中国科学院生物土壤沙漠研究所: 19-52.
- 「新疆減災40年」編委会 (1993): 「新疆減災40年」地震出版社, 北京, 321p.
- 夏 訓誠・雷 加強 (1988): 策勒綠洲歴史時期沙漠化初探。「旱干区研究増刊号(策勒県流沙治理試験研究成果専輯)」: 40-48.
- 中国科学院塔克拉瑪干沙漠綜合科学考察隊 (1993): 「塔克拉瑪干沙漠地区水资源評価与利用」科学出版社, 302p.
- 周 興佳 (1983): 和田地区沙漠化的現状及其防治。「新疆環境保護」1983-3: 7-8.
- DU, M. and MAKI, T. (1994): Climatic differences between an oasis and its peripheral area in Turpan Basin, Xinjiang, China. *JIRCAS J.*, 1: 47-55.
- DU, M., YOSHINO, M., FUJITA, Y., ARIZONO, S. and LEI, J. (1996): Climate change and agricultural activities in the Taklimakan Desert, China, in recent years. *J. Arid land Studies*, 5: 173-183.
- LE HOUÉROU, H.N. and Convening Lead-Author (1995): Climate change, drought and desertification. *IPCC, Working Group II, Adaptation and Mitigation, Subgr.*, II.A. 3: 1-53.
- THORNTHTWAITE, C.W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38: 55-94.
- YATAGAI, A. and YASUNARI, T. (1994): Trends and decadal-scale fluctuations of surface air temperature and precipitation over China and Mongolia during the recent 40 year period (1951-1990). *J. Met. Soc. Japan*, 72: 937-957.
- YOSHINO, M. (1992): Wind and rain in the desert region of Xinjiang, Northwest China. *Erdkunde*, 46: 203-216.
- YOSHINO, M. (1994): Atmospheric circulation in the arid and semi-arid region in China. *Proc. International Symp. on HEIFE, Kyoto Univ.*, Nov. 8-11, 1993: 39-50.
- YOSHINO, M. and URUSHIBARA, K. (1981): Regionality of climatic change in East Asia. *GeoJournal*, 5-2: 123-132.
- YOSHINO, M. and URUSHIBARA, K. (1982): International variation of water deficiency over East Asia. *Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. A*, 3: 39-66.

Impact of Agricultural Landuse on Desertification in the Taklimakan Desert

Masatoshi YOSHINO*, Yoshihisa FUJITA*, Shoichiro ARIZONO*,
Mingyuan DU** and Jiaqiang LEI***

In order to study on the relationship between the human activities and desertification in the Taklimakan Desert, collection of data on the agricultural landuse in the oases was tried by us, interviewing with the farmers. In 1993, field studies were carried out in the areas of Hotan and Qira in the southwestern part of the Desert and, in 1994, in Korla, Aksu and Kashi in the northern and western parts of the Desert. The question items of interview were: family structure, living history, house planning, area for house and cultivation, number of animals, cultivation/harvesting and production of crops, irrigation, ground and well water, fuels, damages by wind/flood/salinization, income from agriculture and side-works, health and living conditions, traffic/transportation conditions and so on. Main results obtained are:

- (1) The farmers' income in the southern part of the Desert is very low, as compared with those in the northern and western parts.
- (2) Farmers in the southern part use wood fuel from the desert, because of high price of coal.
- (3) In severe cases, farmers go into the desert to collect fire wood more than 130km far from the oases by donkey-coaches.
- (4) In the case, that family members have chances to work for sideworks and get more money by carpet making, for example, they can use coal in winter. Higher-up of economic condition of farmers may result in reducing amount of cutting vegetation in the desert.
- (5) In the northern part of the Desert, there found no serious desertification.
- (6) Salinization, however, is serious, because they utilize enough water for irrigation.

Key Words: Desertification, Human Impact, Human Dimensions, Taklimakan Desert, Land Use

* Institute of Geography, Aichi University. Machihata-cho, Toyohashi, 441 Japan.

** Japan International Research Center for Agricultural Sciences. Tsukuba, 305 Japan.

*** Xinjiang Institute of Biology, Pedology and Desert Research, Chinese Academy of Sciences. Urumqi, China.

(Received October 6, 1995; Accepted January 12, 1996)

タクリマカン沙漠における沙漠化 —塩類集積、砂の被覆、風食—

相馬秀廣*

1. まえがき

沙漠化は、地下水位の相対的な低下などを原因として生じる現代の重要な環境問題の一つである。地下水位の相対的な低下は、降水量の減少あるいは気温の上昇など自然環境自体の変化に伴う乾燥化、さらには、灌漑用水などへの河川水の多量な取水や樹木の過剰な伐採による飛砂の侵入・被覆の増大など人為的原因によっても生じ、土地条件の悪化（環境悪化）を引き起こす。タリム盆地にみられる沙漠化には、飛砂で地表面が被覆される沙漠化（以下“砂の沙漠化”と呼ぶ）と地表面への塩類の集積による沙漠化（以下“塩の沙漠化”と呼ぶ）に加えて、風による侵食の増加などがある（朱・劉、1981；河野、1986；松本、1988）。

中国北西部に位置し、タクリマカン沙漠が広く分布するタリム盆地は（図1）、現在沙漠化が深刻化している地域の一つである。当盆地では、かつてのシルクロードに関連する集落遺跡の位置は、同じ河川沿いにあってそれぞれにほぼ対応すると考えられる現在のオアシスの位置を比較すると、盆地の北縁側では両者はそれほど離れていないのに対して、南縁側ではかなり離れているものが多い。ニヤ遺跡のようにかつて長かった河沿いに100km以上も離れ、現在は砂に埋もれている例も少なくない（保柳、1976：53-103）。

また、タリム盆地の縁辺部に存在するオアシスでは、現在、北・南両縁地域で必ずしも同質の沙漠化が同様の重みで発生しているわけではない。ピーチンやホーティエンなどの南縁沿いのオアシスでは、飛砂による砂の沙漠化が深刻であり（朱ほか、1964），これに対して、アクスなどの北縁沿いのオアシスではタリム河本流との合流点付近およびタリム河本流沿いのその上流側で、塩害（塩の沙漠化）が問題となっている。これに関連して、塩性湿地は、巨視的にみると、北縁沿いのオアシス付近に広いのに対して南縁のオアシス付近ではあまり明瞭ではない（西北師範学院地理系、1984：173-174）。これらのこととは、誘因としての気候変化、とりわけ乾燥化に伴う河川流量の減少や水位の低下に対する反応が地域の土

地的な自然条件などの違いによって異なり、このため沙漠化の状況や被害の実態が異なる可能性のあることを示している。

以下、自然環境の変化や人為的影響などによる地下水位の低下を誘因として、沙漠化の実態が気候条件および土地的な自然条件などの違いによりどのように異なるかについて、タリム盆地を例として、歴史時代の遺跡における立地環境の変化との関わりを含めて、主に自然地理学的な視点から検討する。調査地域としては、トンリック付近、ユーティエンオアシス付近、ケリヤ河下流域、ホーティエンオアシス付近、楼蘭古城付近などをとりあげ、現地調査および衛星画像の判読などに基づいて検討する。

2. 地域概観

タリム盆地は、周囲をテンシャン、パミール、コンロン、アルティンの各山脈（高原）に囲まれた盆地で、砂漠が主体の、典型的な山陰沙漠であるタクリマカン沙漠がその大部分を占めている。年降水量は盆地の周縁付近では50mm前後であるが、盆地東部では25mm程度（ZHU *et al.*, 1986）と特に乾燥している。盆地へ流入する河川は、高山地域の雪や氷河の融解水によって主に涵養され、6月以降急増する流量は10月以降に急減し（中国科学院『中国自然地理』編集委員会、1981），これに伴い地表水の存在する範囲も大幅に縮小する。一方、乾燥した内陸盆地の特性から、夏の終わりである9月以降も強い日射を受けて日中は気温が上昇する。年間の可能蒸発力は年降水量の80倍前後（阿部・駒井、1986）に達し、盆地の南東部では100倍を超えるところもある（張ほか、1987）。このため、氾濫原などの地下水位が高い部分では地表面付近に徐々に塩類が集積しやすく、季節的な変化として、河川流量の減少とともに塩類が集積する範囲も広がる。

本流下流部にダムが建設される以前のタリム河は、夏季には盆地南西部のヤルカント河からタリム盆地の西縁および北縁部を経て海拔830mのタイトマ湖へ注ぎ、全体としてはひと続きの河川となり、その流域面積は約

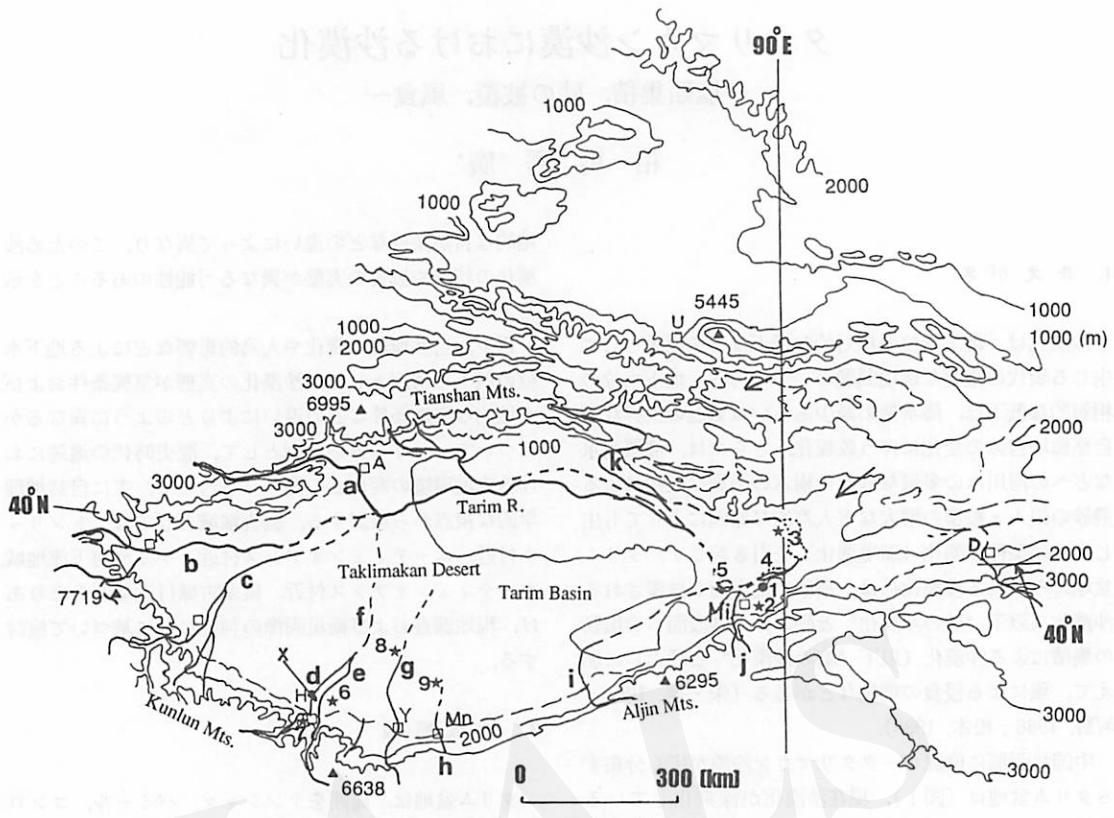


図1. 調査地域.

a : アクス河, b : カシュガル河, c : ヤルカント河, d : カルカシュ河, e : ユルンカシュ河, f : ホーティエン河, g : ケリヤ河, h : ニヤ河, i : チェルチエン河, j : ミーラン河, k : コンチエ河

A : アクス, D : トンコウ, H : ホーティエン, Mi : ミーラン, Mn : ミンフォン, K : カシュガル, U : ウルムチ, Y : ユーティエン

1. トンリック, 2. ミーラン遺跡, 3. 楼蘭古城 (東にロブノール), 4. カラコシュン, 5. タイトマ湖, 6. ラワク遺跡, 7. メリカワット遺跡, 8. カラドン遺跡, 9. ニヤ遺跡

19.8万km²で、全長は約2,200kmに達していた（中国科学院『中国自然地理』編集委員会, 1981）。しかし、冬季には河川水量が減少するため、主にアクス河からの水が本流となり、ヤルカント河、カシュガル河、ホーティエン河などはアクス河（タリム河）まで届かない。

タリム盆地の周囲では、山岳氷河は西部から北部にかけて発達がよい。このため、タリム河では流量の大きな支流が、主に西側と北側から、順次広い扇状地を形成して本流に合流している。しかし、本流は激しい蒸発作用にさらされつつ緩やかな勾配で流下するため、流量が大きく減少しやすい。タリム河は、流量が大きく減少した本流へ、流量の多い支流が順次合流して最終的に1本の水系が構成される、駅伝型とでもいうべき河川である。

タリム盆地では、オアシスは山麓の扇状地、とりわけ湧水が得られる扇端付近を中心に分布し（以下“山麓オアシス”と呼ぶ）、さらに流量が大きな河川沿いでは、



図2. トンリック付近の塩性草原。

山麓オアシスに連続して下流側へも広がっている（以下“河畔オアシス”と呼ぶ）。

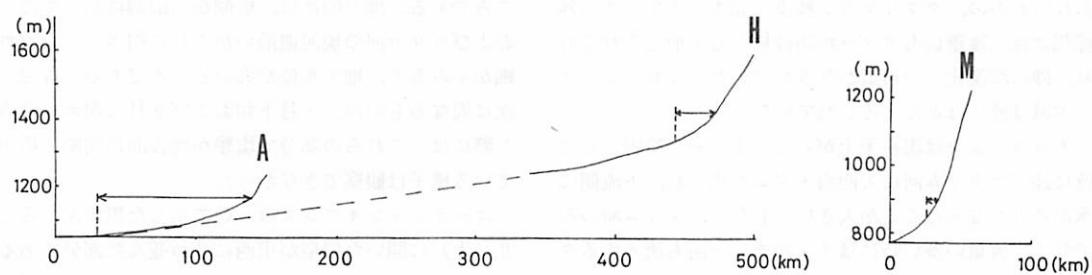


図3. 河床縦断面.

A: アクス河, H: ホーティエン河, M: ミーラン河
矢印はオアシスの範囲.

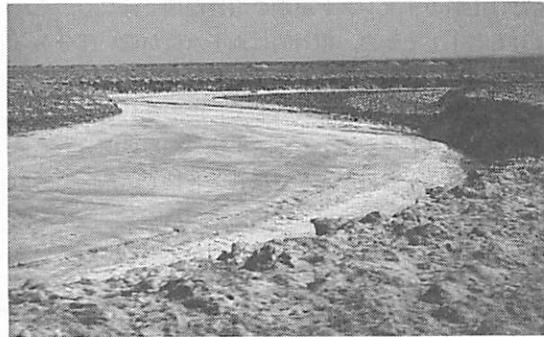


図4. 河床に広がる塩類(ミーラン河).

3. 沙漠化の実態

1) トソリック付近

PRZEWALSKY が19世紀後半に報告し, RICHTHOFEN との間で, いわゆるロプノール論争 (HEDIN, 1940; 保柳, 1943) のもととなったカラコシュン (湖) は, かつてのロプノールの南西方約30km, タリム盆地の南東部に位置する (図1). カラコシュンの上流 (南方) 約20km 付近は, トソリックと呼ばれ, 塩性草原および塩殻地が広がる (相馬, 1995). タリム盆地の縁辺部では, 塩性草原は地下水位が高い扇端付近によく発達する. 1988年9月下旬から10月上旬にトソリック付近で観察した塩性草原では, アシやタマリックスがまばらに生え, 露出した泥質な地表面には一面に塩類皮殻が形成されて乾裂がはいり, アシの根元には, 地面とのわずかなすき間から地下水が蒸発しやすいため, 白く塩類が析出していた (図2). これらの状況は, 後述のユーティエンオアシス付近に分布するアシが密生した塩性湿原に比べ, かなり乾いていることを示している.

砂は, 凹みなどの風陰部分を除くと, 地表面にみられない. また, 紅柳包 (Tamarix cone) は, はるか遠方の段丘面上には分布するものの, この付近の塩性草原では形成されていない. このように, トソリック付近の塩

性草原では, 風成砂は現在ほとんど堆積していない.

タリム河は, 少なくとも19世紀後半から20世紀中頃にかけてはカラコシュンへ流入していたが, 1952年にその上流約300kmのチケンリックで大西海子ダムが造られて以降, ダム下流へ水はほとんど流れていなかった. また, トソリックの北側を流れるミーラン河 (図3) は, タリム河を除くとカラコシュンへ注ぐことが可能な唯一の流量が大きい河川であり, トソリック上流約50kmに位置するミーランオアシスのすぐ上流では, 1988年10月上旬の観察によればかなりの水量で流れている. しかし, トソリック付近では, ミーラン河の河床にはごく小さな水たまりを残して塩類が白く全面に析出し, さらに両岸には固く塩類皮殻が形成されていた (図4). また中国発行の地形図では, ミーランオアシスの北西約40kmには, 南流するタリム河と東北東へ流れるチャルチエン河との合流点付近にタイトマ湖が表現されているが (図1), ここでも1988年10月上旬に水面は確認できなかった.

ミーランオアシスでは, 小麦, 綿, トウモロコシなどに加えて, ブドウやスモモなどの果樹が栽培され, 街ではトマトやキュウリなどの野菜も売られていた. また聞き取りによれば, 1950年頃漢族が第二次大戦後初めて建設兵団として入植した時には, 遊牧中心のイスラム教徒が500人ほど生活するだけであったが, その後漢族を中心農業人口が増え, 1988年には全体で1万人に達していた. ミーラン河の水量がミーランオアシスのすぐ上流でかなり多かったにもかかわらずトソリック付近ではほとんど観察されなかったのは, 同オアシスにおける人口増加・耕地の拡大とそれに伴う河川水の人為的消費量の増大によるものであろう.

ミーラン河が形成した扇状地は, タリム盆地のなかでは小規模である. ミーランオアシスは, 東方約10kmに存在する漢代から8世紀にかけて栄えたミーラン古城と同様に, この扇状地の扇央から扇端にかけての礫沙漠 (ゴビタン) 末端付近に立地する. オアシス付近では高さ1m以下の小規模な紅柳包を除くと明瞭な砂丘は分布

しないものの、タクリマカン沙漠に面するオアシスの外縁部には、幾重にもボブラが防砂林として植えられており、砂の沙漠化への対策がなされていた。なお、ミーラン古城は砂にほとんど覆われていない。

カラコシュンは現在干上がっている。その原因として、既に述べたタリム河に大西海子ダムが造られ、下流側に水がなくなったことが大きい。しかし、タリム河のみでなく、流量の多い時にはチャルチエン河も流入するタイトマ湖で10月に水が確認できなかったこと、また、ミーランオアシスの下流側で河川流量が激減していることなどから、カラコシュンに現在水がない理由は大西海子ダムの建設だけでは説明できない。チャルチエン河でも、ミーラン河と同様に、タイトマ湖より上流のオアシスで河川水を大量に消費したため、流量が大きく減少したことが推察される。

ところで、タリム盆地の南西側背後にそびえるコンロン山脈西部では、カシュガル付近へ南から流入するゲズ河の最上流地域で、小氷期のものと推定されるモレーン群が現在の氷舌端のすぐ下流側に認められている（小野ほか、1994）。PRZEWALSKY がカラコシュンを報告した19世紀後半は小氷期の終わりにあたることから、保柳（1976）にみられるように、タリム河、チャルチエン河、そしてミーラン河の上流地域でも氷河や雪に覆われた面積が拡大し、融解水量は現在よりも多かったことは確実であろう。小氷期終了後における融解水量の減少は、カラコシュンやタイトマ湖で現在水がみられないことの遠因をなすものと考えられる。

以上の点から、いずれにしても、著者が調査したトンリック付近ではカラコシュンに湖水が存在した頃に比べて河川流量が減少し、これに加えて、最近ではミーランオアシスなどにおける河川水の人為的な消費量の増大により河川水位が一層低下した。その結果、風成砂の供給が少ない状況の下、扇端付近を中心にその下流では塩類の集積が進み、塩性草原を含めて、塩の沙漠化が発生あるいは進行してきたことは確実である。

2) LANDSAT MSS 画像からみたユーティエンオアシス付近における塩類集積と砂丘の移動

(1) 塩類集積

ユーティエンオアシスは、タリム盆地南縁のほぼ中央部に位置し（図1）、コンロン山脈から北流するケリヤ河が山麓部に形成した扇状地の扇端付近に分布する。図5は、ケリヤ河の水量が夏よりも大きく減少した時期（1976年11月20日）に撮影されたLANDSAT MSS 画像である。図5から、以下の点が判読される。

Aで示した白くみえる部分は、塩類の集積していると

ころである。地形的には、扇側から扇端にかけての一部およびケリヤ河の現河道沿いがこれに相当し、いずれも細かくみると、地下水位が高いところである。なお、年次は異なるものの、8月下旬および9月に現地を調査した際には、これらの部分で塩類が地表面に明瞭に析出している様子は観察できなかった。

ユーティエンオアシスは、Oで示した黒ずんでみえる北（上）に開いた扇型が東西に2つ並んだ部分である。図5によれば、平面的にはアシが密生した扇端付近の塩性湿地（図5のS）を縁どるように、オアシスはその上流（山）側へ扇央にかけて形成されている。これは、厳密には山麓のオアシスが扇端の塩性湿地ではなく、それよりも若干上流側の、相対的に地下水位が低い部分から扇央にかけて立地することを示している。

また図5において、2つの並んだ扇形部分から南方へ延びる、数列の黒ずんでみえる帯状の細長い部分もオアシスである。さらに、図5では判読しにくいか、扇形のオアシス化した部分は東西に自動車で横断した際、氾濫原を除いて少なくとも3段の段丘面から構成されていることが確認された。これらは、扇形部分の地域も含めて、オアシスの範囲が平面的に立体的にミーランオアシスなどと同様に拡大してきたことを示している。

ところで、オアシスは湿地や氾濫原など地下水位がほぼ地表面に達しているところにはみられない。これは、このようなところでは激しい日射と地下水の蒸発に伴う地表付近への塩類集積が顕著であるため、オアシスを形成する場所として不適切なことを示している。扇端付近における集落立地という視点からみれば、日本のような湿润地域に比べて、タリム盆地のような乾燥地域では、集落は扇状地の末端よりも若干上流側に形成される傾向のあることを示している。

以上のことから、図5はオアシスのすぐ下流側および側縁部分では、河川流量が大きく減少した時期に塩類集積が顕著となることを示している。このようなオアシス内部とこれに隣接した下流側における塩類集積の違いは、オアシス内における河川水の大量消費とその下流での水量の急減を反映したものといえる。

(2) 砂丘の移動

ユーティエンオアシスから下流側100km付近までのケリヤ河下流地域では、基本的には、紅柳包を含めて砂丘が形成されていたのは3面よりも高位の段丘面であり、塩類集積は最低位段丘である1面および2面で生じていた（遠藤ほか、1992；相馬ほか、1993）。一方、ユーティエンオアシスの下流（北）側には広大なタクリマカン沙漠が広がり、流下するケリヤ河は途中で消失している。

図6は、ユーティエンオアシスの下流約60km付近

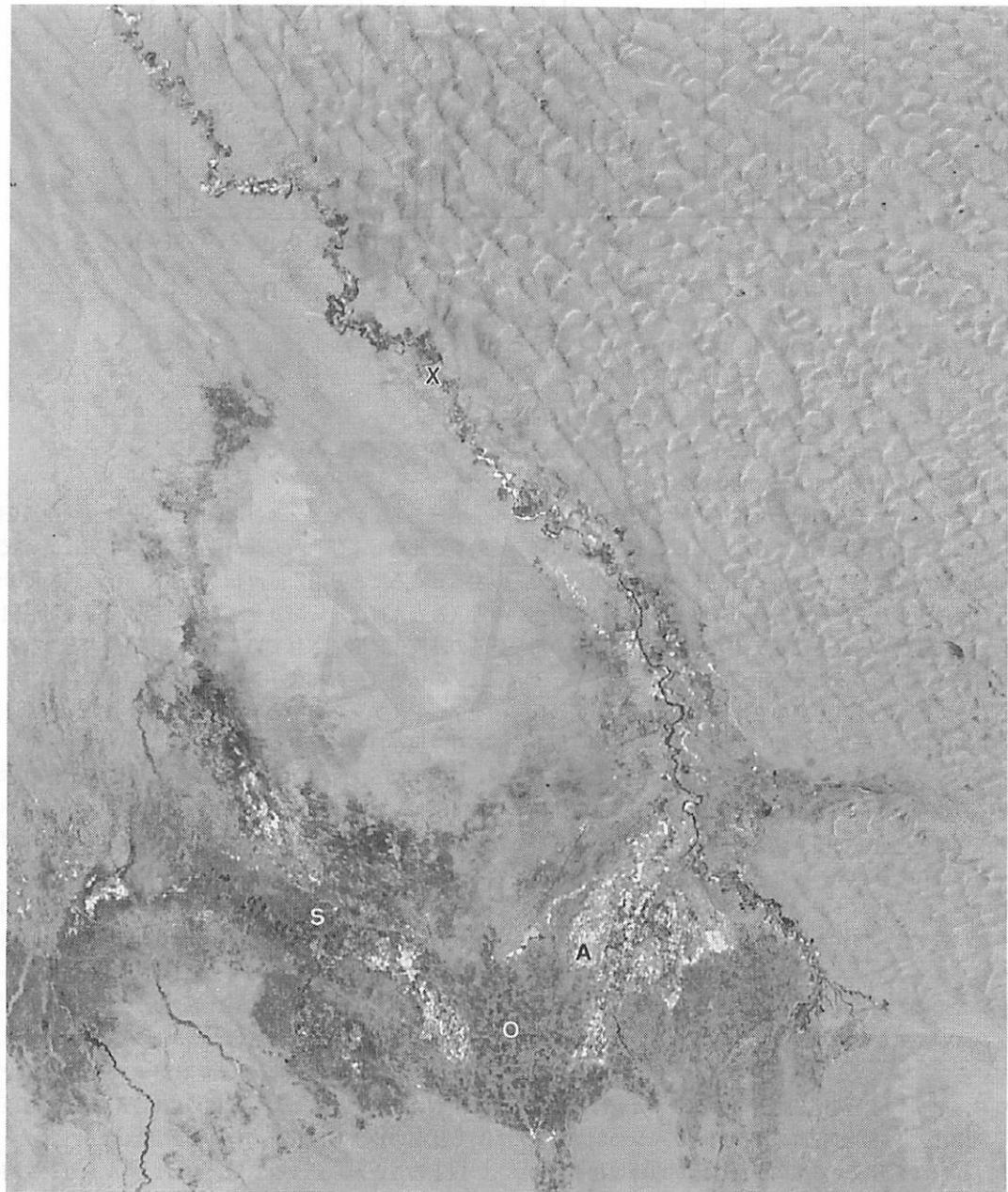


図 5. ユーティエンオアシス付近の LANDSAT MSS 画像（1976年11月20日撮影）。
A : 塩類の集積, O : ユーティエンオアシス, S : 塩性湿地, X : 粒度分析用試料採取地点

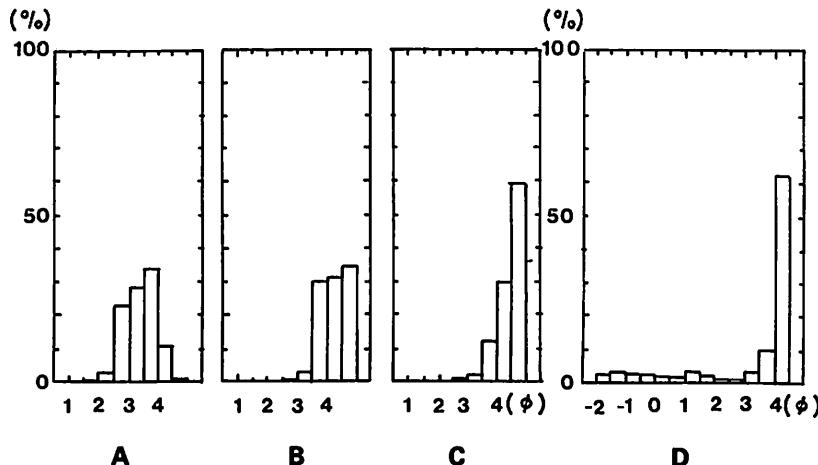


図6. 堆積物の粒度組成
A : 紅柳包, B : 1面 ($-30\text{cm} \sim -40\text{cm}$), C : 1面 ($-60\text{cm} \sim -70\text{cm}$),
D : ユルンカシュ河の河床 (場所は図1に示した)

(図5のX)における最低位段丘(1面)の堆積物と、付近に分布する段丘面(3面)を覆う風成砂の粒度組成を、0.5φ間隔で示したものである。風成砂は、1面堆積物から主にシルトサイズを除いた粒子(砂)で構成され、しかも細砂によく淘汰されている。このことは、秋以降の河川流量が減少して干あがった河床や氾濫原から風で運ばれた粒子のうち、シルトサイズ以下のものは遠方へレスとして運ばれ、残った砂サイズのものが砂丘砂の新たな材料として加わることを示している。

ところで、現在ケリヤ河の右岸側ではバルハーン型砂丘群が北東方向から活発に移動しており、その先端(以下“バルハーンフロント”と呼ぶ)の一部は河道近くにせまっている(遠藤ほか, 1992; ENDO *et al.*, 1995)。この傾向は下流側ほど顕著である。北東方向から移動中の砂丘群は、主に既存の砂沙漠の砂などが再移動したもので構成されている。このバルハーンフロントは、ユーティエンオアシス付近では、現在まだ1面と2面には到達していない。しかし、ユーティエンオアシスの北東側は現在砂の移動が活発な地域であり、現状がそのまま継続すれば、このオアシスが深刻な砂の沙漠化にさらされる危険性を示唆している。

なお、ケリヤ河下流地域付近のタクリマカン沙漠では、衛星画像による縦列砂丘群の平面的パターンの判読に基づき、砂丘群を形成する風向が最終冰期以降現在までに北西→北東→北西→北東と変化してきたことが指摘されている(SOHMA, 1995)。砂丘の堆積年代から(KANEMAKI *et al.*, 1993; 印牧ほか, 1994)、相対的に寒冷な時期に北西風が卓越するように変化したこと、すなわち上空の偏西風が強まった時期に、タリム盆地でも相対的に北西風が強まった可能性が示唆される。

3) かつて河畔にあったラワク遺跡

ホーティエンオアシス付近は、タクリマカン沙漠を移動する北東および北西方向からの砂丘群が現在ほぼ収束するところであり(ZHU *et al.*, 1986)、オアシス北縁付近(たとえば、イエンリック)では、砂の侵入が活発で砂の沙漠化に悩まされている。西域南道最大とされるラワクの仏塔(長沢和俊・NHK取材班, 1980)は、ホーティエンオアシスの中心部から北北東へ約30km付近にあり、現在は砂に埋もれている。

1896年にS. HEDINによって発見されたラワク遺跡群は、STEIN (1921: sh. 20, 27)によれば、ユルンカシュ河本流とその東側の分流とに挟まれた砂丘地帯に存在する。しかし、マルチスペクトルのSPOT画像(図7)では、STEINがラワク遺跡群を示した付近に幅数100mで蛇行した平面形を呈する、砂丘や植生のみられない平坦な部分が認められ、かつて分流していた旧河道の一つと判読される(SOHMA, 1995)。その後、この地域の1/20万地形図を判読する機会を得た。同地形図においても、1,340mと1,360mの等高線の平面形がラワク遺跡群付近で山側に箱型に凹んでおり、幅の広い旧河道・氾濫原ないし比高の小さな段丘面の存在が確認される。

以上のことから、ラワク遺跡群は、ユルンカシュ河の流量が現在よりも多かった時期に、分流した1本の流路沿いに形成された河畔オアシスであったことが明らかである。

ところで、扇頂からタリム河との合流点までホーティエン河の(正式には、ユルンカシュ河と西のカルカシュ河が合流した後、ホーティエン河になる)の河床縦断面



図 7. ラワク遺跡付近の SPOT 画像 (1988年10月12日撮影).
1. ラワク遺跡付近の旧河床, 2. ユルンカシュ河, 3. ユルンカシュ河東側の分流
© CNES 1988 SPOT ® RESTEC

(図3) からみると、ラワク遺跡群は扇端のやや下流側にあり、地形的には地下水位が高く、塩の沙漠化が発生しやすいところである。しかし現実には、この遺跡群はSPOT画像では明瞭に認められないものの、砂に埋もれている。

なお、ホーティエンオアシスの中央部から南（コンロン山脈側）へ10kmほどの、段丘化したゴビタンにはメリカワット遺跡が分布する。唐代頃まで利用されたこの遺跡は現在廃墟となっているが、ほとんど砂に覆われておらず、地表面には土器片が散在している。砂の沙漠化を受けていない点は、同じようにゴビタンに分布するミーラン遺跡と同様である。

4) 砂の堆積から風による侵食へ—樓蘭古城付近に分布するヤルダンと風食を受けた紅柳包—

樓蘭古城は、かつてのロブノールの西岸側、コンチエ河の三角州に位置する。コンチエ河の北側に存在するクルック山地は標高が2,000～3,000mと低く、盆地との比高が小さい（図1）。さらに、水蒸気を運搬する偏西風に対して天山山脈の山陰にあたるため降水は極めて少なく、氷河も存在しない。このため、クルック山地からコンチエ河やロブノールへ注ぐ流れはいずれも流量が極めて少なく、運搬される土砂量も少ない。

一方、ロブノールは漢代には塩湖であった（漢書西域伝）。当時の湖岸から30kmほど西へ離れた樓蘭古城内の仏塔の基礎上部には、HEDIN（1940）が指摘したように、淡水性のモノアラガイなどの貝類を多量に含む泥層が存在する。かつて、少なくとも古城付近まで、広大な淡水（あるいはこれに近い）湖が広がっていたことは確実である（保柳、1976）。この広大な湖底に堆積した泥層は北東風の強烈な侵食を受け、現在は一面のヤルダン群地域へと変化している。また、古城から南へ20kmほどの流路跡近くには、段丘面上に風食を受けた紅柳包が分布する（図8）。この紅柳包は、この付近がかつての砂が供給される環境から風で侵食を受ける環境へ変化したことを示している（相馬、1995）。

このように、現在の樓蘭古城付近では、河川に水流がないことに加えて北東からの強風にさらされ、しかもこの強風が、砂丘を形成するのに十分な砂を風上側から供給していない点に特徴がある。すなわち、強風の下で沙漠化が極端に進行した結果、風食（以下“風食の沙漠化”と呼ぶ）が顕在化したことを見ている。



図8. 風食を受けた紅柳包（樓蘭古城から南へ約20km）。

4. 沙漠化の発生に関する要因

1) 塩の沙漠化

トクリック付近にみられた塩の沙漠化は、河川水の大幅な減少に伴うものである。また、河川の水量が減少した時期のユーティエンオアシス付近の衛星画像にも、地下水位が高いところで塩類が析出しているのが認められる。これらのこととは、激しい蒸発作用が卓越するタリム盆地では、オアシスが拡大したり河川水の消費量が増したりすると、それらの下流側地域では常に塩の沙漠化が顕在化する危険性があることを示している。すなわちタリム盆地では、地下水位が高いところでは常に塩の沙漠化の恐れが存在するといえる。

図3は、アクス河、ホーティエン河、ミーラン河の扇頂付近からタリム本流との合流点（ミーラン河はチャルチエン河合流後のタリム河）までの河床縦断面である。アクス河とホーティエン河は、それぞれ北側と南側からタリム盆地へ流入する代表的な支流であり、ミーラン河はタリム盆地で山麓にオアシスを形成している河川の中で最も小さい河川の一つである。そしてアクス河とホーティエン河は、ほぼ同じ地点で本流であるタリム河に合流している。

いずれの河川でもオアシスは傾斜の遷緩点付近に分布しているが、アクス河のみ、遷緩点からかなり下流までオアシスが広がっている。山麓オアシス部分の平均傾斜は、アクス河から順に約1, 3, 50%であり、オアシスの規模は傾斜が緩やかなほど大きくなっている。保柳（1976: 27-29）は、タリム盆地におけるオアシスの規模の違いを上流地域の高さと万年雪の分布に求め、北側のものを平地の大オアシス、主に南側のものをテラス頂部（の末端か、著者注）の小オアシスとしている。山地

地域を除いて盆地側から検討すると、扇状地（主に扇央）部分の傾斜がアクス河とホーティエン河とあまり差がないことから、扇端部分の下流側への広がりが山麓オアシスの規模を規定していることがわかる。

アクス河は、地下水の局地的な基準面となるタリム本流までの距離が相対的に短いため地下水位が低下しにくく、また緩傾斜であるため扇端部分が三角州（扇状地性三角州）の形状を呈して本流へ合流している。アクス河の山麓オアシスが、傾斜の遷緩点からかなり下流側まで広がっているのは、このためである。また、傾斜が緩やかになるほど、泥質な河床堆積物が卓越して地下水位の低下が抑制されるとともに流速が遅くなるため、蒸発による水分の消失が増加するので、塩の沙漠化が生じやすい。さらに、アクス河のこのような地形条件は洪水氾濫を発生させやすく、しかも一度湛水すると水がひきにくいという特性をもっており、塩類の集積を促進しやすいといえる。

一方、タリム盆地北縁側は強い卓越風の風向きが大局的には北寄りで（吉野, 1991），砂の主要供給源であるタクリマカン沙漠に対して風上側に位置すること、さらに卓越風の風上側は河川の上流側で河床堆積物はオアシス付近よりも粗粒化することなどにより、砂の沙漠化は起こりにくくと判断される。これに対して、塩類の集積を促進する日射条件はタリム盆地全域でさほど大きな違いは認められず、この面では南北における相違は現われにくい。

これらのことから、アクス河の山麓オアシスの下流端付近は、3河川の扇状地の中で最も広い範囲で塩の沙漠化が生じやすくなる。そして、このようなアクス河で推定される塩の沙漠化への傾向は、タリム本流が盆地の北縁に近い部分を通過して合流点付近の地下水位の低下を妨げることから、北側からタリム本流へ流入する支流の扇端付近でほぼ共通するものと判断される。タリム盆地北縁側のオアシス付近には、塩性湿地が多い（西北師範学院地理系, 1984）が、この点も塩の沙漠化の発生しやすさと調和的である。

なお、流量の減少期になると、本流まで水流が到達しないヤルカント河やカシュガル河の下流（末）端付近にみられる分流部分でも、同様に上流側における河川水の取水の増大により塩の沙漠化が起こりやすいことが推定される。

2) 砂の沙漠化

砂の沙漠化が発生するには、いくつかの条件が必要である。まず、供給源となる移動可能な砂が大量に存在することである。既存の砂沙漠の縁辺部では、砂質の堆積

物が毎年卓越して供給される幅広い河床の存在などの地形容的条件が必要である。幅広い河床には、流量の季節変化が著しい河川の場合、流量が大きく減少する季節に移動可能な粒子が豊富に存在する。さらに気候的には、強い卓越風にさらされることである。人為的にタマリックスなどの樹木が取り除かれると砂の移動が容易となり、砂の沙漠化を引き起す風の影響は加速される。

ホーティエンオアシス付近は、既に述べたように砂の侵入が活発であり、砂の沙漠化を受けているところもある。さらに、タクリマカン沙漠を流下するホーティエン河の下流地域では、河床への飛砂の堆積が活発なため古い段丘面が新規の段丘面の下に埋積される一種の天井川化が進行し、下流側ほど著しいことが指摘されている（遠藤ほか, 1993; ENDO *et al.*, 1993）。一方、河床縦断面（図3）からみると、ラワク遺跡で述べたように、ホーティエンオアシスの下流側末端付近は地形的には塩の沙漠化が発生しやすいところである。さらに、その付近の河床堆積物もシルト以下の粒子が多く（図6）、地下水位が低下しにくいので塩の沙漠化にとっては好ましい条件を備えている。

河床付近では、一般には下流側ほど水を通しにくい細粒な堆積物が卓越する傾向があるため、砂質の堆積物が卓越するところと相対的に地下水位が高いところとは必ずしも一致しない。後者の方が、前者に比べて一般的には下流側に分布する。この点からみれば、初期の段階においては砂の沙漠化が起きやすいところと、塩の沙漠化が起きやすいところとは空間的に異なることになる。

飛砂による被覆は、移動できる未固結の砂が存在する場所の風下側で生じる。したがって、飛砂による沙漠化と塩類集積による塩の沙漠化のいずれが顕在化するかは、対象とする地域の地形条件、移動できる砂の存在、その砂を移動させる卓越風に対する位置などが関連することになる。ホーティエンオアシスの北縁付近では砂の沙漠化に悩まされ、ラワク遺跡は砂に埋もれていた。これらの事実は、塩の沙漠化を覆い隠して砂の沙漠化が進行してきたことを示している。このことは、基本的には、砂の主要な供給源であるタクリマカン沙漠の風下側に当オアシスが位置することに規定されている。

ホーティエン河の場合、扇端の下流側は日本の平野では自然堤防帯（ただしここでは自然堤防は形成されていない）に相当し、1本となった流路がタクリマカン沙漠の中を流下している。扇状地部分で分流した流路は、下流になるにつれて数が減る。この過程で、一般的には消滅する流路付近で塩の沙漠化が発生するはずである。しかしホーティエン河では、この分流の数が減少する部分がタクリマカン沙漠の移動砂丘地域に含まれるため、塩

表1. タリム盆地の南北両線の比較

	オアシスの種類	山麓オアシスの勾配	タリム河合流までの地形	本流までの流路形状	卓越風との関係	沙漠化
北縁側 (アクス河)	山麓型	緩	扇状地性三角州	短く、分流、勾配急	風上側	塩の沙漠化>砂の沙漠化
南縁側 (ホーティエン河)	山麓型 河畔型	急	砂丘	単一、長く天井川化、勾配緩	風下側	砂の沙漠化>塩の沙漠化

の沙漠化とともに砂の沙漠化が発生し、時間の経過とともに砂の沙漠化が風下側へ拡大するようになる。

風成砂の供給が多い条件のもとで流量が減少すると、扇面上を分流する河川では各々の河道の固定化が進行するともに飛砂に覆われやすくなり、時には流路の上流部分が飛砂で埋積され流れのとだえることが生じる。ラワクの仏塔の存在を支えた流路は、まさにこのようにして水がきなくなったものと考えられる。

3) 風食の沙漠化

ロブノールへ河川水が流入していた時期には、適当な地下水位の下でタマリックスが生育し、そして、主に河川で運ばれた砂が水位の低下した季節に風で運ばれ、紅柳包が形成された。しかし、流入水がとだえるかあるいは激減して河川からの砂の供給が衰え、さらにタマリックスも枯死すると、紅柳包の形成は終了し、これに代わって、砂やより細かい粒子を削磨材料とした風食が活発となり、紅柳包もこれにさらされるところとなった。

風食を受けた紅柳包は、河川が枯れたことにより、砂の堆積地域から風食の沙漠化地域へ変化したことを示している (SOHMA, 1995)。これは、ロブノールの周辺にはかつての大きな淡水湖時代に堆積した泥質層が広く分布することや強い北東風にさらされることなどに加えて、この地域の北側に存在するクルックタークへの降水量が少なく (保柳, 1976), 河川からの砂質堆積物の供給が極めて少ないとによるものと判断される。

一般に河川の下流地域では、洪水氾濫がなくなり流水も到達しなくなると、河からの土砂供給がとだえる。とりわけ、強風下におかれ乾燥地域では、砂丘に覆われるか風食を受けるかのいずれかとなりやすい。そして、泥質な堆積物が地表面に露出した場所では、地面付近を移動する砂の供給が砂丘を形成するほど多くないと、ヤルダンが形成されやすい。ヤルダンは、ロブノール周辺のみでなく小規模なものが河川の氾濫原に分布していることがあり、また塩類皮殻に覆われた地形面から発達したものも多い。ヤルダンの存在もまた、風食の沙漠化地域への変化を示している。

4) 沙漠化の過去、未来

タリム盆地では、南から流入 (北流) する河川沿いに、砂に埋もれた (砂の沙漠化を受けた) 遺跡が多いことはよく知られている (たとえば、STEIN, 1921)。たとえばケリヤ河の下流地域では、ユーティエンオアシスの下流約150km付近に漢代から唐代頃まで利用されたカラドン遺跡 (STEIN, 1903) が存在し (図1)、また、ニヤ川沿いには山麓オアシスであるミンフォンから北へ約120km付近に、漢代から3~4世紀に栄えたニヤ遺跡 (大唐西域記) がある。いずれも、かつての水量が多かった時期にタクリマカン沙漠の中に形成された河畔オアシスである。さらにラワク遺跡も、かつての水量が多い時期に形成された河畔のオアシスという点で共通する。これらの遺跡は、その後河川流量の減少とともに砂の沙漠化を受けたところである。

しかし、タリム盆地南縁付近に想定されているいわゆる西域南道に近い、現在廃墟となった遺跡が、すべて砂の沙漠化を受けているわけではない。ゴビタンに立地したメリカット遺跡やミーラン遺跡では、砂の沙漠化は顕著ではなかった。これは、これらの遺跡が付近を流れる河床から供給される砂の量が少なく、また現在のバルハンフロントから大きく離れているためである。

すなわち、西域南道付近で砂の沙漠化を受けた遺跡は山麓オアシスよりも下流側の河畔に位置し、流量の減少に伴い河川の水が到達しなくなった点で共通している。

なお、同じように河川の水が到達しなくなったところでありながら、ラワク遺跡は砂の沙漠化を受け、楼蘭では風食の沙漠化が生じた。これは、砂に覆われるか、あるいは砂で削られるかの違いである。したがって、両者の違いを決定したのは、風による砂の供給量の差であると判断される。

ところで、遺跡における沙漠化は当然過去に発生したものである。これに対して、ユーティエンオアシス付近の現状は、将来の砂の沙漠化を予想させるものがある。すなわち、ケリヤ河の下流地域ではバルハンフロントは既に河道付近へ侵入し、さらに風下側である上流 (ユーティエンオアシス) 側へ前進している。一方、ユーティエンオアシス付近では、すぐ下流側で塩類の集積が進むと

とともに、その東方からもバルハントンが近づいている。上流側も含めて、オアシスの拡大および河川水の人為的消費の増大がこのまま将来も継続すれば、ユーティエンオアシスの下流側先端部分ではタリム盆地の山麓オアシスの末端付近と同様に塩の沙漠化をまず受け、さらにその後、砂の沙漠化を受けることが予想される。時には、飛砂による地表面の被覆と塩類の集積とが同一の場所で同時に生じることも予想される。それは、ラワク追跡付近が経てきたのと同じ道であろう。

5. まとめ

沙漠化の実態が気候条件および土地的な自然条件などの違いによりどのように異なるかについて、タリム盆地を例として、歴史時代の追跡における立地環境の変化との関わりを含めて検討した。その結果、以下の点が明らかとなった。

1) タリム盆地では強い日射を長時間にわたって受けたため、地下水位が高いところでは常に塩の沙漠化を受けやすい。とりわけ、タリム盆地へ北側から流入する河川の山麓オアシスでは、卓越風の風上側に位置することも加わり、河川水の人為的取水量の増加などによりタリム河に合流するまでの三角州扇状地的な分流部分で塩の沙漠化が生じやすい。

2) タリム盆地へ南側から流入する河川の山麓オアシスでは、塩の沙漠化に加えて、風上側にタクラカマン沙漠が存在するため砂の沙漠化が生じやすく、後者による被害がとりわけ深刻である。山麓オアシスの下流側に長く延びる流路沿いでは、河床勾配が緩く、しかもタクリマカン沙漠の中を流下するため、砂の沙漠化が極めて生じやすい。かつてのシルクロードに関連する、これらの河川に沿う河畔のオアシスとして成立した追跡は、いずれも砂の沙漠化を受けて現在砂に埋もれている。

以上の点をアクス河とホーティエン河を例として盆地の南北を比較すると、表1のように要約される。

3) 塩湖時代のロブノールに近接して栄えた楼蘭周辺では、背後の山地であるクルックタークでの降水量が少なく河川からの砂質堆積物の供給が極めて少ないため、河川が枯れたことにより、砂の堆積地域から風食の沙漠化地域へと変化した。

4) どのような沙漠化が発生するかを規定する主要な要因は、山麓オアシスを含めた下流側の地形条件、砂を活発に移動させる卓越風に対する位置関係、そして、その卓越風で運搬される砂の量であると判断される。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、日本大学文理学部の遠藤邦彦教授にはタクリマカン沙漠での日中共同研究に参加する機会を与えていただき、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの石山 隆助手にはSPOT画像の利用に便宜をはかっていただいた。さらに、匿名の査読者から適切なコメントをいただき、奈良女子大院生のInge DANIELSさんには英文を校閲していただいた。記してこれらの方々に謝意を表します。

引用文献

- 阿部治平・駒井正一郎(1986) :『中国の自然地理』東京大学出版会、任 美飼主編(1982) ,『中国自然地理綱要(修訂版)』遠藤邦彦・相馬秀廣・渡辺満久・印牧もとこ・藤川格司・浜田誠一・夏 訓成・曹 琼英・穆 桂金・趙 元杰・閻 順・李 元芳・朱 衛東(1992) :タクラマカン沙漠克里雅河流域の地形・堆積物と古環境。科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成3年度成果報告書 : 43-56。
- 遠藤邦彦・相馬秀廣・渡辺満久・印牧もとこ・藤川格司・浜田誠一・夏 訓成・曹 琼英・穆 桂金・趙 元杰・閻 順・李 元芳・朱 衛東(1993) :タクリマカン沙漠和田河流域の地形・堆積物と古環境。科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成4年度成果報告書 : I-23。
- 保柳睦美(1943) :『北支・蒙古の地理』古今書院。
- 保柳睦美(1976) :『シルク・ロード地帯の自然の変遷』古今書院。
- 印牧もとこ・遠藤邦彦・浜田誠一(1994) :タ克拉マカン沙漠における風成環境の変遷。「日本第四紀学会講演要旨集」24 : 74-75。
- 河野通博(1986) :中国における沙漠化の現状と防治策。「国際農林業協力」9-3 : 53-67。
- 松本 駿(1988) :乾燥地域における水利用と塩類集積。「地理学評論」61A : 155-169。
- 長沢和俊・NHK取材班(1980) :『NHK大英博物館 5—中央アジア・東西の文明 の十字路』日本放送出版協会。
- 小野有五・相馬秀廣・渡辺満久・宮原智哉・藤川格司・趙 元杰(1994) :コンロン山脈西部、ムスターク・アタ、コンゴール周辺の氷河地形。「日本地理学会予稿集」45 : 20-21。
- 相馬秀廣(1995) :楼蘭古城付近の地形。「奈良女子大学地理学研究報告」V : 27-46。
- 相馬秀廣・遠藤邦彦・渡辺満久・印牧もとこ・藤川格司・浜田誠一・夏 訓成・曹 琼英・穆 桂金・趙 元杰(1993) :タクラマカン沙漠の段丘形成と砂丘地形からみた更新世末期以降の古環境—ケリヤ河を例として—。「地形」14 : 245-263。
- 吉野正敏(1991) :新疆の沙漠地域の風と雨。「沙漠研究」1 : 1-15。
- 西北師範学院地理系(1984) :『高等学校教学参考用 中国自然地理図集』地図出版社。
- 張丙乾・李培清・樊自立・馬仁文・閻健(1987) :罗布泊琼洼地土壤分层规律的初步研究。中国科学院新疆分院罗布泊综合科学考察队:『罗布泊科学考察与研究』171-181。
- 中国科学院「中国自然地理」編集委员会(1981) :『中国自然地理 地表水』。科学出版社。
- 中国科学院蘭州沙漠研究所(1980) :塔克拉瑪干沙漠風沙地貌図(1:1500000)。科学出版社。

- 朱 震立・郭 恒文・吳 功成（1964）：塔克拉瑪干沙漠西南地区綠洲附近沙丘移動的研究。「地理學報」30-1 : 35-50。
- 朱 震立・劉 猛（中国科学院蘭州沙漠研究所）（1981）：『中国北方地区的沙漠化過程及其治理区』中国林業出版社。
- ENDO, K., XIA, X., CAO, Q., MU, G., ZHAO, Y., JI, Y., YAN, S., KANEMAKI, M., WATANABE, M., SOHMA, H., HAMADA, S. and FUJIKAWA, K. (1993) : Terraces and sand dunes along Keriya River in Taklimakan Desert, China. *Abstract of 1993 Japan-China International Symposium on the Mechanism of Desertification. March 2, 1993. Tukuba, Japan.*
- ENDO, K., KANAMEKI, M., WATANABE, M., ONO, Y., SOHMA, H., ZHAO, Y. and MU, G. (1995) : Environmental changes in and around Taklimakan Desert and the surrounding areas. *Proceedings of The International Symposium on Paleoenvironmental Changes in Tropical-Subtropical Monsoon Asia: Research Center for Regional Geography, Hiroshima University, 24 : 177-187.*
- HEDIN, S. (1940) : *The Wandering Lake*. New York. (岩村 忍・矢崎秀雄訳 (1943) : 「さまよえる湖」筑摩書房)
- KANEMAKI, M., ENDO, K., XIA, X., CAO, Q. (1993) : TL ages of sand dunes in Keriya River Field, Taklimakan Desert. *Proceedings of 1993 Japan-China International Symposium on the Mechanism of Desertification: March 2, 1993, Tukuba, Japan.*
- SOHMA, H. (1995) : Environmental changes in the Taklimakan Desert. *Silk Roadology, 1 (Space Archaeology)* : 39-54.
- STEIN, A. (1903) : *Sand-buried Ruins of Khotan*. London.
- STEIN, A. (1921) : *Serindia—Detailed Report of Explorations in Central Asia and Westernmost China. V: Maps*. Motilal Babasidass.
- ZHU, Z., LU, S., WU, Z. and DI, X. (1986) : *Desert in China*. Institute of Desert Research, Academia Sinica Lanzhou.

Desertification in the Taklimakan Desert : Salinization, expansion of sand-covered area and wind erosion

Hidehiro SOHMA *

Differences in the types of desertification that occurs in and around the oases in the marginal part of the Tarim Basin, north-western China were investigated, focusing on the differences in climatic and terrestrial conditions based on ground and satellite images observations. Attention was also paid to environmental changes taken place around Lou-Lan and other historical ruins. The main results obtained can be summarized as follows:

1) In general, because of intense and long-lasting sunshine resulting in high evaporation rate and the rapid increase in artificial use of river water for irrigation, desertification in the form of salts accumulation, i.e., salinization has predominantly progressed in the areas where groundwater level is high. Especially, in the large-scale piedmont oases, which are situated in the northern and northwestern part of the Tarim Basin and are formed in connection with tributaries of the Tarim River originating from glaciated high mountains, this type of desertification is common to every oasis. This has been caused by the coupled effect of prevailing winds from the northwest and northeast that evacuate the sands of the Taklimakan Desert to the opposite directions, and of long and gently sloping braided channels that help both evaporation of groundwater and stagnation of floodwater for a long period.

2) Piedmont oases on the southern margin of the Tarim Basin, situated in the leeside of the prevailing winds, having been suffered from the encroaching aeolian sands from the Taklimakan Desert and from salts accumulation. In the oases on the lower reaches of the rivers extending into the Taklimakan Desert from southern piedmont oases, invasion of aeolian sands has a special importance. On the lower part of the southern piedmont zone, there were riparian oases which prospered in relation with the Ancient Silk Road. They turned into ruins and are now covered with a thick deposit of dune sand, owing to environmental changes taken place in the recent past. This has occurred as a result of decreased running water assumed to be caused by a decrease in the volume of mountain glaciers in the headwaters.

3) Lou-Lan prospered in relation with the Ancient Silk Road as a riparian oasis close to the Lop Nor when it was in the salt lake stage. Because of low elevation, the mountains, situated in the northward of Lou-Lan, have received a small amount of precipitation and supplied a limited amount of sand particles to the downstream areas. For this reason, when the running water in the Lou-Lan area ceased to flow, it changed from an area of sand deposition characterized by the formation of tamarix cones to an area of severe wind erosion dominated by yardan topography.

4) It is concluded that main factors controlling desertification types in the Tarim Basin are ; geomorphological conditions of the lower reaches of rivers, position of the oases in relation with the sands moving from the Taklimakan Desert by the prevailing winds, and the amount of movable sands.

Key Words : Desertification, Salinization, Moving sand, Wind erosion, Silk Road, Taklimakan Desert

* Faculty of Letters, Nara Women's University, Kita-uoyanishimati, Nara, 630 Japan.

(Received December 25, 1995 ; Accepted February 2, 1996)

The Problem of Desertification in the Marginal Regions of the Taklimakan Desert

Zhenda ZHU* and Tao WANG*

Abstract

The areas of desertified land in the marginal regions of the Taklimakan Desert are more than 28,300km², of which 58.5% was formed during the historical period and 41.5% during the last century. The desertification in the historical period mainly occurred in the oases which were located in the lower reaches of rivers in the southern and eastern parts of the desert. In the northern part of the desert, due to the changes of the river course or irrational practice of irrigation, the farmlands were desertified by wind erosion and salinization. Since the last century, the processes of desertification in the regions have been accelerated due to the increase of human impacts on land and water. Meanwhile, some areas were suffered from sand dune encroachment.

Based on the study of desertification in the marginal regions of the Taklimakan Desert, we can point out its regionality and suggest some combating measures as follows:

1. The areas along rivers: Most active and severe desertification occurred during both historical and present periods, especially in the last 100 years. It is necessary to work out an overall programme of rational water resources management to avoid over-utilization of water in the upper and middle reaches, to prevent serious salinization and shortage of water in the lower reaches, and to protect oases from wind erosion and encroachment. The oases should be protected by wind breaks belts.

2. The shrub-covered sand mounds areas around the newly cultivated land: Shifting sand and deflated land spread rapidly and the degree of desertification is severe and moderate. The controlling measures should be taken to protect the existing vegetation, to establish artificial forest for decreasing wind erosion, and to improve agricultural environment in the cultivated areas.

3. Unused areas along the rivers: Wind erosion and/or salinization are too serious to be used for cropland. Most of those areas have *Populus diversifolia* forests. So better way is to keep them as natural conservation areas.

Key Words: Desertification processes, Desertification control, Marginal regions, Taklimakan Desert, China

1. Introduction

The Taklimakan Desert is situated in an inland basin, Tarim Basin, in which alluvial and lacustrine deposits are widely distributed. Although we take it as an original desert which cannot be related to desertification since it was

formed in prehistoric times. It is not difficult to find the different features of desertification, which were developed during human history, in the marginal regions, especially around oases and along rivers. According to the studies we carried out since the late 1950s, the Taklimakan Desert, in which eolian landforms are composed of different dunes with huge

* Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences. Lanzhou, 730000.

Desertification Research Centre, National Environmental Protection Agency. Nanjing 210042, China.

(Received November 10, 1995; Accepted February 2, 1996)

bodies and vast areas, was formed gradually from Mid-Pleistocene to Holocene (ZHU, 1960, 1961, 1962, 1964; ZHU and WU, 1980; ZHU *et al.*, 1980, 1981). The dry and windy climatic conditions created the desert. So, when we discuss desertification in the region, we do not include the desert areas since what we believe the desertification is land degradation resulting mainly from adverse human impacts (ZHU and LIU, 1981; WANG, 1986). But in the marginal regions of the desert there are many processes of land degradation, such as wind erosion, salinization and dune encroachment (ZHU *et al.*, 1982; ZHU and LIU, 1989; ZHU and WANG, 1990; YIN *et al.*, 1992). There are many ancient cities and abandoned oases of Han Dynasty (since 206 B.C.) and Tang Dynasty in the marginal regions and along the Silk Road which were buried by sands, such as Loulan, Andir, Jinjue, Kalaton, etc. (Fig.1). All of those prove the environmental degradation and desertification. Beside the historical records, the present processes of desertification should bring to more attention on the utilization of natural resources. It is im-

portant to learn lessons from the past environmental changes and desertification as well as to combat the degradation at present and to prevent it for the future (ZHU and LIU, 1981, 1989; ZHU and WANG, 1993).

2. Historical Desertification

The historical desertification means those happened in the historic time due to human impacts. The major desertified lands were formed in the lower reaches of rivers, along the rivers and in the alluvial fan areas with different characteristics.

1) Southern and Eastern Parts of the Taklimakan Desert

In the southern regions, some ancient cities and towns are distributed along the rivers in the periphery of the desert. They are formed in the lower reaches of interior rivers but not in the areas with sand dunes. A document from the Han Dynasty, *i.e.*, *Western Regions Biography*, Qiemo and Jinjue (Nos. 4 and 6 in Fig. 1)

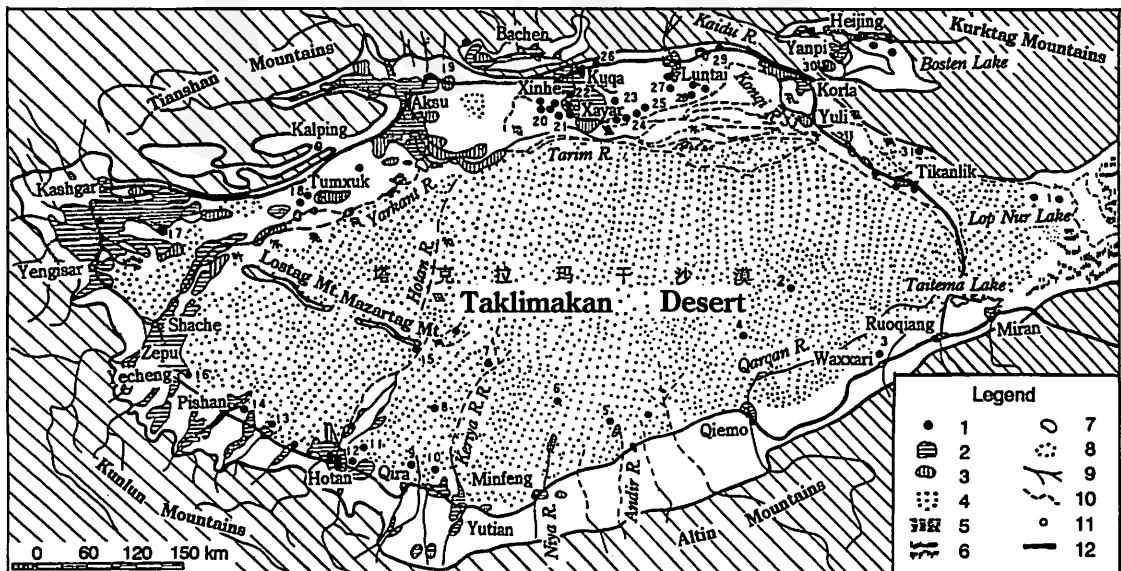


Fig. 1 The abandoned ancient oases by the desertification in Taklimakan Region.

1. abandoned ancient oases (1: Loulan ancient city, 2: Miran ruins, 3: Waxxari ancient city, 4: Ancient Qiemo, 5: Andir ancient city, 6: Niya ancient city, 7: Kelaton, 8: Dandanwulik, 9: Wucengtoli, 10: Laodamago, 11: Bugaiwilik, 12: Yuetgan, 13: Canggui ruins, 14: Ancient Pishan ruins, 15: Mazartag ruins, 16: Kehan city, 17: Damian town, 18: Tuohushalai, 19: Kalayurgun, 20: Dawangkum, 21: Tongguzibashi, 22: Yangdakeqin, 23: Yangdakesar, 24: Qiongsar, 25: Ganshijiati, 26: Pijiak, 27: Heitaiqin, 28: Zhaoguo, 29: Yeyungo, 30: Ziniquanzi, 31: Yinpan), 2. old oases, 3. new oases, 4. sandy desert, 5. marsh, 6. salt marsh, 7. lake, 8. seasonal lake, 9. river, 10. dried river, 11. city and town, 12. road.

were thickly inhabited oases. These oases were desertified later. For example, ancient Loulan (No. 1 in Fig. 1) on the delta in the lower reaches of the Konqi river was a prosperous town in the Han Dynasty, but at present, the landscape is dominated by the distribution of barchans and barchan chains, Yardan and bush-covered sand mounds throughout the whole region. The ruined town Kelaton (No. 7 in Fig. 1) on the delta in the lower reaches of the Keriya river and that of Jinjue on the delta in the lower reaches of the Niya river are noted for their alternating distribution of bush-vegetated sand mounds, barchans and barchans chains. The preserved living quarters, cropping fields and irrigation system in these ruined ancient towns indicate that these places were oases with good condition for living and agricultural practicing. For example, radiocarbon dates obtained from unearthed relic of wood for a house at the ruined town Kalaton, which was located in the lower reaches of the Keriya river, suggest that some houses were built about 2,130 years B. P., and the town was settled until the 4th to 5th century. But it was abandoned because of some reasons, such as excessive use of water in the upper and middle reaches of the river, destruction of water conservancy by warfare and the changes of river courses due to silt deposition. The events reinforced the gradual abandonment of the oases relying on the rivers in the arid zone. Natural vegetation on the two banks of the rivers withered and died. Under wind action, sand plains were developed into the landscape of alternating bush-vegetated sand mounds and barchans or barchan chains. Sand dunes in the outskirts of the oases started to encroach since the oases themselves lost their vegetation protection. Sand invasion caused gradually the oases in the lower reaches of the interior rivers to be desertified land.

2) Northern Part of the Taklimakan Desert

At the north edge of the Taklimakan Desert there are some alluvial plains along the south foothill of the Tianshan Mountains. It is easy to find some cultivated areas of the Han and the Tang Dynasties, which were already buried by dunes. The immigrants chose alluvial fans with

better phreatic water supply and terraces to cultivate. But due to irrational irrigation during a long time and the rise of groundwater level, it was difficult for the people to avoid the salinization. As a result the cropping was seriously affected and finally the cultivated lands were abandoned. Examples of ruined ancient towns of the Han and Tang Dynasties are found in the periphery of Xinhe, Xayar and Kuche (Nos. 20, 21, 22 in Fig. 1). In these abandoned cultivated lands on the alluvial fans, fine sandy materials overlying the fringe areas and those deposited on dried riverbeds were transported by windforce. This sand transportation reinforced the cultivated lands to extend into the desertified land dominated by bush-vegetated sand mounds.

It should be pointed out that the desertification took place generally in arid areas as soon as the river course changed through human intervention such as irrational irrigation water supply or under natural factors. Most of these areas were buried and less populated, so that it is impossible to reverse the desertification.

3. Present Processes of Desertification

During the last century, the desertification in the marginal regions of the Taklimakan Desert has shown an accelerated process. Misuse of water resources in arid zone is the major cause of the process. It is particularly true in the areas along the rivers. For instance, along the Tarim river, a most important river in the desert, agricultural development on a large scale consumed a great deal of water in the upper and middle reaches (for example, irrigated farmland consumes 16,000 to 22,000m³/ha/y). More negative effect on the lower reaches is the construction of reservoirs in the middle of the river such as the Aysamir and the Daixhaizi Reservoirs (Fig. 1). So in the lower reaches river runoff has decreased year by year, especially during dry seasons. Meanwhile underground water level dropped down from 3–5 m in the 1950s to 8–10 m in the 1980s, and mineral concentration increased from less than 1.0g/l to more than 2.4g/l. With the decrease of water supply, the natural vegetation growth declined and great numbers of *Populus diversi-*

Table 1. Development of desertification in the lower reaches of the Tarim River (%) (WANG, 1986)

Year	Types of the desertified land			Woodland
	shifting dunes	semi-fixed dunes	fixed dunes	
1958	44.4	23.3	20.6	11.7
1978	54.5	23.5	13.0	9.0
1983	64.6	25.0	5.2	5.0

Table 2. Desertified lands in the marginal regions of the Taklimakan Desert (unit: km²).

Types of desertified land	Desertified area	Percentage of the total
1. Historical period	19,702	58.5
2. Present	13,974	41.5
Total	33,676	100.0
among 2:		
2.1 wind eroded farmland	3,838	11.4
2.2 salinized farmland	5,410	16.1
2.3 abandoned land because of the water-cut off	3,430	10.2
2.4 encroachment of dunes	1,296	3.8

folia lost their regenerative potential. Human excessive collection of fuelwood reinforced the extension of exposed surface. The area of shifting sands was gradually extended under windforce. Tabel 1 shows the development of the desertified areas in the lower reaches of the Tarim river.

Meanwhile the areas of salinized land along the upper and middle reaches of rivers in the marginal regions reached to more than 541,000 ha.

4. The Types of Desertified Land

According to the above analyses, the desertification developed in the marginal regions of the Taklimakan Desert can be classified into following four types:

- a. along rivers;
- b. in the border areas of alluvial and lacustrine deposits;
- c. around and in oases; and
- d. oases threatened by encroaching sand dunes.

Table 2 shows the desertified lands in the marginal regions of the Taklimakan Desert. Among the desertified lands 90.7% was caused mainly by human poor management of agriculture or other activities and only 9.3% was

Table 3. Percent changes in the desertified lands in the oases of the Taklimakan Desert during 1958–1978.

Region	Year	Percentage of the desertified lands	
		Shifting dunes	Fixed dunes
North part of Pishan	1958	51	49
	1978	62	38
North part of Yutian	1958	22	78
	1978	48	52
East part of Jiasi	1958	31	69
	1978	45	55
Lower reaches of the Tarim river	1958	43	57
	1978	66	44

created by natural factors.

The desertification is a gradual dynamic process which is characterized by different environmental conditions from place to place:

(1) Cropland is subject to be eroded by wind if there are no effective windbreaks systems, or is subject to be salinized if irrational irrigation is practiced. It is easy to find desertified landscape resulting from wind erosion or salinization.

(2) In the areas with fixed and semi-fixed sand dunes, the increase of shifting dunes and the decrease of vegetated dunes are the indica-

tors of the development and the intensity of desertification. Table 3 shows the intensification of desertification in the oases areas.

(3) In the areas adjacent to the periphery of sand desert, sand dunes move forward under prevailing winds and the landscape with shifting sand dunes appeared on the rangeland and farmland.

5. Measures to Combat Desertification

In the marginal regions of the Taklimakan Desert, the desertified land has spread quickly and the present situation is serious. Since it was caused mainly by human mistake, if we pay more attention to the utilization of natural resources, such degradation could be prevented and controlled. There are some good examples to combat desertification in the regions and so far adopted measures can be summarized as follows:

(1) Taking the inland river basin as a whole ecological system to prepare a master programme. In accordance with the principles of overall consideration of all factors in the upper, middle and lower reaches of rivers it is important to unify the management and utilization of surface and underground water resources, to allocate reasonably the water supply along the river, to implement the regulation of regional general layout and the structure of irrigated oases which rely on water supply and to establish stable and high efficient artificial ecosystem in the river valley.

(2) Taking irrigated oases as the centre to plant sand blocking belts of grasses (use the surplus water in winter season) at the outskirts of oases and plant mixture sandbreaks composed of trees and shrubs at the margin of oases and farmland protective networks and windbreaks in the interior of oases.

(3) Regarding the moving dunes around the edge of oases, sand barriers should be planted on moving dunes and sand-holding species should be planted inside, and sand barriers and shrublands should be established in the inter-dunes areas to create a comprehensive protective system.

(4) In the shifting sand dune areas, where traffic lines pass through, to stabilize the dunes

is most necessary. For instance, along the highway connecting the centre areas (oil fields) of the Taklimakan Desert the necessary measures are sand fixation by large checkerboard system and vertical sand barriers. These measures are now working well along the desert highway in the centre of the Taklimakan Desert.

References

- WANG, T. (1986): Process in desertification and predicting of its developmental trends in Argan region in the lower reaches of Tarim River, Xinjiang. *J. Desert Research* (Lanzhou), 6-2: 16-26. (in Chinese with English abstract)
- YIN, Z., YANG, Y. and WANG, S. (1992): *Holocene Environmental Variation and Prosperity and Decline of Human Civilization in Arid Regions of the Northwestern Part of China*. Geology Press, Beijing. (in Chinese)
- ZHU, Z. (1960): The natural features of deserts in the Tarim Basin. *J. Geographical Knowledge* (Beijing), No. 4. (in Chinese)
- ZHU, Z. (1961): Some issues on development and utilization of Taklimakan desert. *J. Geography* (Beijing), No. 4. (in Chinese)
- ZHU, Z. (1962): The Natural features and its utilization in the southwestern part of the Taklimakan Desert. *Study on Desert Control*, No. 3, Science Press, Beijing. (in Chinese)
- ZHU, Z. (1964): A study on dune-movement nearby oases in the southwestern part of the Taklimakan desert. *Acta Geogr. Sinica* (Beijing), 30-1. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z. and LIU, S. (1981): *Desertification Processes and Its Combating Regionalism in the North China*. Forestry Press of China, Beijing.
- ZHU, Z. and LIU, S. (1989): *Desertification and Rehabilitation in China*. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z. and WANG, T. (1990): An analysis on the trends of land desertification in North China during the last decade based on examples from some typical areas. *Acta Geogr. Sinica* (Beijing), 45-4: 430-440. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z. and WANG, T. (1993): The trends of desertification and its rehabilitation of China. *UNEP, Desertification Control Bull.*, No. 22: 27-30.
- ZHU, Z. and WU, Z. (1980): *Deserts in China*. Science Press, Beijing. (in Chinese)

- ZHU, Z., ZHONG, D. and LI, B. (1980): *The Map of Aeolian Landform in the Taklimakan Desert*. Cartographic Publishing House, Beijing. (in Chinese and English)
- ZHU, Z., CHEN, Z., WU, Z., LI, J., LI, B. and WU, G. (1981): *Study on the Geomorphology of Wind-drift Sands in the Taklimakan Desert*. Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z., HOU, R. and LIU, S. (1982): The changes of desert during historical period. In *Physical Geography of China ed., Physical Geography of China (Historical Physical Geography)*, Science Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)

タクリマカン沙漠周辺地域における荒漠化問題

朱 震達^{*}・王 濤^{*}

タクリマカン沙漠の周辺では、28,300km²以上の土地が荒漠化に冒されている。その41.5%は過去の100年のうちに生じた。歴史時代における荒漠化は、主に南部及び東部の河川の下流部に位置するオアシスで起きている。北部では、河川流路の変動または不適切な灌漑のために、農地が風食と塩類集積によって荒漠化した。荒漠化のプロセスは、前世紀以来、土地と水に対する人間活動のインパクトの強化に伴って加速されてきた。砂丘の侵入に脅かされている地域もある。

タクリマカン沙漠周辺における荒漠化の地域性とその防止対策の要点は次のとおりである。

1. 河川沿岸地域：歴史時代以来、特に最近の100年間に顕著な荒漠化が進行。上・中流域での過剰な水利用のは正、下流域での顕著な塩類集積の防止と水不足の解消、オアシスの風食と砂丘の侵入からの防護を可能ならしめる総合的な水資源管理の実施と防風林の造成によるオアシスの防護が必要とされる。
2. 新たに開拓された農地周辺の灌木被覆砂マウンド地域：流砂と風食土地が急速に拡大し、極ないし中程度の荒漠化が進行。現存植生の保護、風食防止のための人工林の造成、農耕地の環境整備を必要とする。
3. 河岸沿いのその他の地域：風食と塩類集積がひどいため耕地としての利用は不可能。胡楊 (*Populus diversifolia*) の残存林を自然保護地域として保全することが望まれる。

^{*} 中国科学院沙漠研究所、蘭州、730000。
中国環境保護局荒漠化研究センター、南京、210042

(受付：1995年11月10日、受理：1996年2月2日)

Land Use and Land Degradation in the Tarim Basin, Xinjiang, China

Tao WANG*

Abstract

In the Tarim Basin, the land use for agriculture has a long history, and has played a decisive role in the social and economic development. The human impact on the land for improving the environment is considered to be favorable for the sustainable development, such as the expansion of the old oases, the exploitation of the new oases, the increase of artificial woodland and the construction of irrigation and drainage systems and reservoirs. Those brought about a great advance in agricultural production. But, because of unreasonable way and intensity of the land use with the limited natural resources and the very fragile ecosystem, the land degradation, such as salinization, deforestation and sandy desertification expanded quickly, resulting in a heavy loss of the natural resources. Especially, during the last 100 years, along with the continuous increase of the population and the human economic activities, the over-cultivation, over-grazing, over-gathering of the fuelwood and misuse of water resources become more and more serious, which led to a large area of degraded land. Up to now, there are at least 5,410 km² of salinized land and 8,570 km² of sandy desertified land. So the combating land degradation is the most important task for the sustainable development in the Tarim Basin.

Key Words: Land use, Land degradation, Tarim Basin, Xinjiang, China

1. Introduction

The Tarim Basin is situated between the Tianshan Mountains and the Kulum Mountains in Xinjiang Uygur Autonomous Region. Its centre part is occupied by the Taklimakan Desert, and many oases are distributed around its border districts. It is a typical interior basin in the extreme arid zone. In the last 100 years, the land use has provided a lot of necessities to the society and has ameliorated the environment for human survival and development. But, during the same time, a large area of land has degraded due to the poor management of the land use. For example, the salinization was caused mainly by the overuse of water in the upper and middle reaches of the rivers, meanwhile the sandy desertification spread because there was no water supply any more in the lower reaches. In addition, because of the over-

gathering of fuelwood, many oases lost their natural windbreaks system and were suffered from the degradation of cropland and rangeland in the oases due to wind erosion. It is very regret for such situations which have not been improved effectively up to now. So it is necessary to evaluate the land use and land degradation from the past experiences and lessons. This paper outlines the land use and land degradation in the Tarim Basin and gives some suggestions for a better management of land use and combating the land degradation.

2. Land Use

In the Tarim Basin, except some negative factors like the dry and windy, the climatic conditions have some favorable aspects for land use, such as $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperatures are more than $4,000^{\circ}\text{C}$, and sunshine times are 2,600–3,000h (Table 1), meanwhile there is a

* Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences. Lanzhou, 730000.

Desertification Research Centre, National Environmental Protection Agency. Nanjing 210042, China.

(Received January 10, 1995; Accepted February 2, 1996)

Table 1. Selected climatic factors in the Tarim Basin.

Region	Mean annual temperature (°C)	≥10°C accumulated temperature (°C)	Precipitation (mm)	Evapotranspiration (mm)	Sunshine (h)
Kurla	11.3	4,253	52	2,788	2,996
Aksu	9.8	3,788	57	2,500	2,830
Kashgar	11.7	4,194	64	2,400	2,802
Hotan	12.1	4,300	35	2,518	2,695
Ruoqiang	11.5	4,356	17.4	2,902	2,800

fairly large quantity of water resources from surface and groundwater runoff, which make it possible for human survival and development. According to archaeological data, since as early as New Stone Age, the land had been opened up gradually along with the development of the primitive agriculture and animal husbandry. Many cultural relics can be found around the marginal areas of the Tarim Basin, like in Qiemo, Minfeng, Yutian, Pishan, Bachu, Aksu, Kuqa and other places, which prove to the period of early land use of the ancient society between 10,000–3,000 years B.P. The human influence on the land increased since the economic pattern changed from hunting and gathering to cropping. The earliest evidences of cropping practices have been found in a common grave in the lower reaches of Konqi River like as some unearthed farm implements and wheat grains which date back to 4,000 years B.P. There were more than 10,000 population in the Loulan ancient city at 2,000 years B.P. During the Han Dynasty (206 B.C.–220 A.D.), the government had garrison troops, and peasants opened up wasteland and grew food grains in Luntai. "There are 5,000 qing irrigated farmland (1 qing=1.82 ha during the Han Dynasty)" as the historical book recorded. A large-scale irrigation system with channel of more than 50 km in length, constructed in the Han Dynasty, was discovered in the southeastern part of the Xayar Country. Up to the Tang Dynasty (618–970 A.D.), the agriculture obtained further development as the areas of farmland expanded and the settlements were full of life in many natural oases so that many towns and cities could left their name along the Silk Road. The irrigation works and cropping agriculture made great advances during the Qing Dynasty (1644–1911). Based on

the reports of the Guanxu 31 year (1905), there were 563 trunk canals and 1,887 branch canals for irrigating 600,000 ha of agricultural land only in the southern part of the Tarim Basin. In brief, a considerable tract of cropland had been formed during the latter half of the Qing Dynasty.

The areas of cultivated land always expanded with the increase of population for a very simple reason, *i.e.* to feed increased population. Take the Kuqa oasis as an example, there were 24,258 families and 124,872 populations, 33,000–40,000 ha farmland at the end of the 18th century, 60,212 families and 249,998 population, 83,000 ha in 1949 and 128,128 families, 605,621 population, 115,000 ha in 1988. In the oases of Kaxgar and Yarkant Rivers, there were 152,000 population and 320,000 ha farmland in 1948, 280,000 population and 490,000 ha in 1988 (WANG, 1991). So it was very necessary to build the artificial oases based on the natural oases. Most of natural oases are distributed along the N-S trending rivers exhibiting a belt or spot pattern in the marginal region of the Tarim Basin. The artificial oases expanded to the W-E direction, depending on the fertility of the land along the foot of mountains and the convenient conditions to intake channel water into the fields. The areas of cultivated land increased by the linkage of small oases into a larger one or an oasis-belt. This was a positive aspect of land use in the arid regions and was very beneficial. The oases areas in Xinjiang occupy only 4% of the total area but hold 95% of the total population and most of all the social property (HAN, 1991), so the agricultural land use in the oases is of vital importance for subsistence and development. Table 2 shows the land use of the Tarim Basin in 1985 (WANG *et al.*, 1989).

Table 2. The land use in the Tarim Basin as of 1985. (unit: × 1,000ha) (WANG *et al.*, 1989)

Region	Total area	Farmland area		Woodland area		Rangeland area		No usable land area	
		area	%	area	%	area	%	area	%
Southern part*	45,434.1	927.6	2.04	729.9	1.61	1,106.8	24.45	32,669.8	71.90
Bayingolin	47,655.6	192.9	0.40	822.5	1.73	9,303.0	19.52	37,337.3	78.35
Aksu	13,211.1	536.7	4.06	834.6	6.32	4,278.9	32.39	7,560.8	57.23
Total	106,300.8	567.2	1.56	2,387.0	2.25	24,688.7	23.22	77,567.9	72.92

*including the Kashgar, Hotan and Kizilus Region.

Land use for the farmland under cultivation spread mainly in the middle and lower parts of the deltas, piedmont alluvial fans and the alluvial plains. The crops are wheat, paddy rice, cotton, oil-bearing crops (rape, sunflower etc.), beet, melon and others, and some of them are harvested twice per year. It is a typical irrigated agricultural practice in the arid regions. Other lands are used for orchards of the grapes, pear, apple, apricot, peach and plum. Most of the mulberry fields are located in the Hotan region. The woodlands, which are distributed mainly along the rivers, are composed of artificial ones, like windbreaks forests and fuelwood forest, and natural ones, like the broadleaf forest dominated by *Populus diversifolia* and *P. prunosa*, and the shrub forest by *Holoxylon ammodendron* and *Tamarix* spp. Most of the rangeland is natural pasture. The desert steppe is located in the plains below 1,000 m above sea level and the steppe is located between 1,000–1,700 m above sea level. The waterbody includes fresh and salt lakes, rivers, reservoirs and swamps. There is very limited areas of land for cities, towns and traffic.

The features of land use in the Tarim Basin can be summarized as follows:

(1) The rate of usable land is very low, as noted in Table 2; more than 72.9% of the land is not usable;

(2) The type of land use is not rational. Among the used land, the rangeland keeps about 85.91% with extreme low productivity and economic value. The farmland takes only 5.77%, and the woodland 8.32%;

(3) The areas of land use for non-agriculture purpose is small, only about 1% of the total land areas, because the industry, commerce and communication are not yet flourish;

(4) The regional variation in land use type is

very clear; the alluvial plains and fans with better water and soil conditions are productive areas, the areas along the rivers are broadleaf forests, shrub-lands and better pastures. Other areas are occupied by sandy deserts, gravel deserts (Gobi) and rocks.

Since the 1950's, along with the pressure of population growth and expansion of production, the area of cultivated land has developed gradually. The population has increased from 4.33×10^6 in 1949 to 14×10^6 in 1988 (three times more), and the cultivated land has increased from 1.2×10^6 ha in 1949 to 4×10^6 in 1988 (two times more) in Xinjiang. The total area of reclaimed wasteland reached 3,580,000 ha and the net increase of the farmland was 1,867,000 ha, two times of that before the 1950s. For example, in the catchment of four branches (Yarkant, Kaxgar, Aksu and Hotan rivers) of the upper reaches of the Tarim River, the farmland expanded 300,000 ha more. Many of those newly developed land accomplished the system of wind protecting plantation, which improved the ecological environment and land productivity. Meanwhile, a lot of efforts have been made on the construction of irrigation and drainage systems, and land fertilization, so that the per unit area yield of grains increased from 1,360 kg/ha in the middle 1970's to 2,680 kg/ha in the late 1980's. During the same period, the yield of oil crops and beet also increased from 550 kg/ha to 1,180 kg/ha and from 11,430 kg/ha to 26,240 kg/ha, respectively. In brief, the benefits of land use were tremendous. It has provided all of agricultural production in Xinjiang and proved a decisive effect in improving the well-being of the people and developing the economy and society.

Table 3. The farmland quality in the Tarim Basin as of 1985. (unit: ×1,000ha) (WANG *et al.*, 1989)

Region	Area of farmland	First class [*]		Second class [*]		Third class [*]	
		area	%	area	%	area	%
Bayingolin	192.90	53.59	27.78	106.51	55.22	32.80	17.00
Aksu	536.74	308.87	56.80	133.75	24.92	98.12	18.28
Kashgar	629.31	252.56	40.13	251.50	39.97	125.25	19.90
Hotan	226.87	142.11	62.64	54.45	24.00	30.31	13.36
Kizilsu	71.45	12.64	17.70	27.90	39.06	30.89	43.24
Total	1,657.27	764.02	46.15	574.11	34.68	317.37	19.17

* The first class: good farmland with high quality, without degradation. The second class: land affected by some degraded factors like salinization, waterlogging, wind erosion and so on. The third class: land affected seriously by various degraded factors and land with poor quality.

3. Land Degradation

In the arid regions, the natural oases can be considered as a special ecosystem. The formation and development of every oasis are depended on water supply from the river. Along with the increase of cropping land and the productivity, it has become necessary to reallocate the water resources. As a result the periphery of oases was exploited and a new ecosystem was formed. This is the process of formation of so called artificial oases, which transformed and replenished the natural oases. But if the human activities were not coordinated with the natural environment and exceeded its carrying capacity, the environment will be degraded to unfavorable conditions for the human sustainable development, such as the spread of the land degradation (Fig. 1). In the Tarim Basin, those unfavorable conditions have been displayed mainly by the following.

1) Land Salinization

Relied on the better supply of water resources in the upper and middle reaches of rivers, the cropping land expanded in a large scale. For example, only in two years of 1957 and 1958, 72,000 ha or more wasteland were reclaimed, 5 reservoirs and 17 state farms were constructed along the Tarim River. This enabled 122,000 ha or more cropland to be irrigated (ZHOU, 1991). Although the wasteland in the Tarim Basin can be transformed into good farmland through drainage works and desalination, rotation of crops and fertilizing, yet it is easy to lead to the salinization due to an acute

change of water and salt movement resulting from careless management of the land. It is a common problem in many irrigation areas of the Tarim Basin. In the irrigation system, the utilization coefficient of canal water system was low, although a great quantity of irrigation water was supplied to the fields. This was a major reason for leading to a large quota of irrigation. The irrigation way was also poor like as the flood irrigation, so the gross quota of irrigation was more than 16,000³/ha and in some areas more than 22,500³/ha. Such practice not only wastes the water resources but also cannot meet the water need for crops in the good timing and quantity. This has resulted in the raising of groundwater level, leading to the creation and expansion of the land affected by salinization.

In the Tarim Basin, the farmland can be graded into three classes according to the quality (Table 3). Among the criteria for land evaluation, the most important factor is the salinization. A total of 751,000 ha farmland in the Table 3 was affected by the salinization and more than 72% of those areas have been salinized in different degrees, *i.e.* about 5,410 km², which accounted for 32.64% of the total areas of the farmland in the Basin.

2) Vegetation Degeneration

In the arid zone, the decisive factor to the ecosystem is the water, which will affect directly the environment by the changes of its quantity, quality and regional distribution. There are 106×10⁶ ha of cropland in the Tarim Basin and most of them are located in the

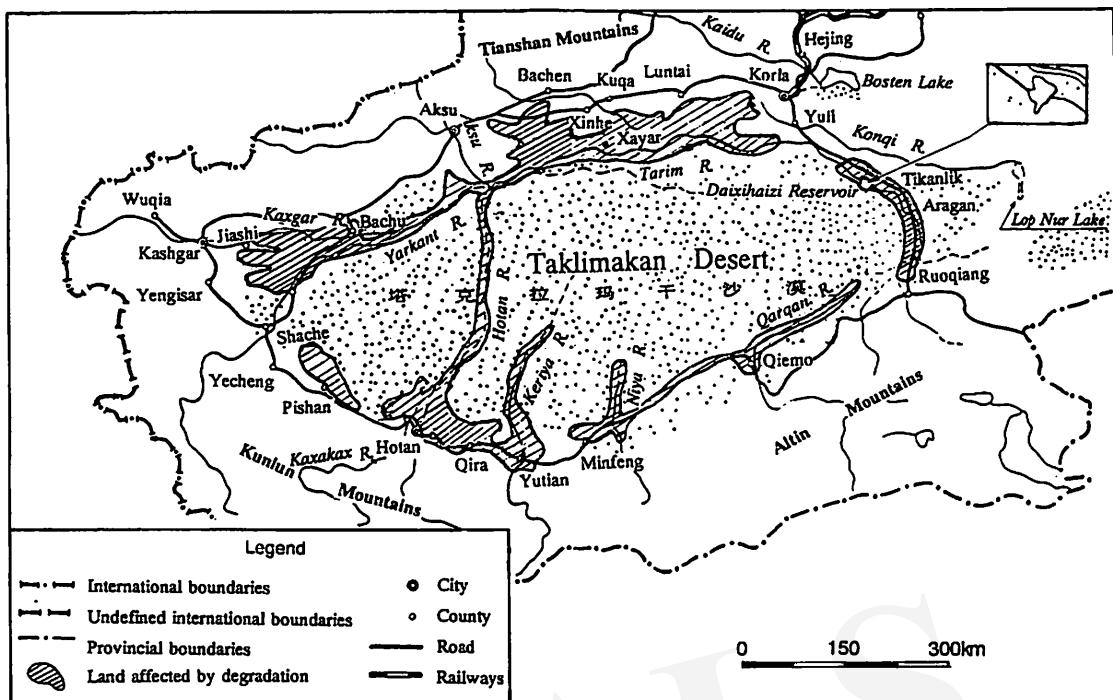


Fig. 1. The sketch map showing the distribution of areas affected by land degradation in the Tarim Basin.

upper and middle reaches of rivers. Because more than half of those croplands were opened up since 1950s, much water was used in the upper and middle reaches, so the water supply decreased or even stopped in the lower reaches of every river. This was one of the reasons for vegetation degeneration. Take the Tarim River system as an example, the river valleys converge some river systems, which come down from the Tianshan Mountains and the Kunlun Mountains. There was enough runoff so that a large lake, the Lop Nur Lake with more than $3,000 \text{ km}^2$, was formed in the end of the river system. But, during the last 5 decades, due to the development of agriculture and the sharp increase of the water consumed for irrigation, the water supply to the lower reaches has decreased constantly. The artificial Daixihaizi Reservoir became "the end of lake" (see Fig. 1). The lower reaches from the Tikanlik had received less and less runoff from the upper reaches decade by decade as follows: $8-9 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1950s, $3.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1960's, $0.55-1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 1970s, less in 1980s and almost 0 since 1990. More than 300-km long river beds dried

out for many years (ZHOU, 1991). The groundwater of the both sides along the river course declined quickly from 3-5 m to 8-10 m or more. For instance, the groundwater levels were 3-5 m in two wells in 1950s in the Aragan and they descended to 11-13 m in 1985 (WANG , 1986). The result was that a vast area of the woodland, which was mainly composed of *Populus diversifolia*, has disappeared along the dried river beds. Table 4 shows the *Populus diversifolia* woodland degradation in the lower reaches of the rivers in the Tarim Basin (ZHOU , 1991). The rangeland degradation was also caused by the shortage of water supply and by the overgrazing sometimes.

The decrease of the water supply, which can be taken as an indirect human impact, was an important factor for the degradation of woodland, but a more important factor, the direct human impact, was to fell the trees for opening up wasteland and to gather fuelwood for heating and cooking, which resulted in the woodland to be destroyed much quickly. Table 5 shows that at least 285,000 ha of *Populus diversifolia* woodland were destroyed since

Table 4. The *Populus diversifolia* woodland degradation in the lower reaches of rivers in the Tarim Basin. (unit: ×1,000ha)

River	1950s	1980s	Decrease %
Tarim River	54.00	16.40	-69.6
Yarrows River	171.30	94.60	-44.7
Kaxgar River	70.00	28.60	-59.1
Kaxakax River	10.70	1.17	-89.0

Table 5. The woodland degradation in the Tarim River. (unit: ×1,000ha)

	Upper reaches	Middle reaches	Lower reaches	Total
1950s	230.0	175.8	54.0	459.8
1980s	58.2	100.2	16.4	174.8
Decrease	171.8	75.6	27.6	285.0
%	-74.70	-43.00	-69.60	-61.98

1958 not only in the lower reaches but also in the upper and middle reaches of the Tarim River.

3) Sandy Desertification

The sandy desertification is a major part of land degradation in the Tarim Basin (ZHU and LIU, 1981, 1989; WANG, 1989), which has been mainly caused by the excessive human activities facilitating wind erosion. Wind erosion occurred after the vegetation has been destroyed by over-cultivation, over-collection of fuelwood, over-grazing and misuse of water resources. When wind eroded the farmland and range-land, the top soil was transported to everywhere. The shifting sands accumulated at the leeward side and gradually developed to mobile dunes. The features of the land surface changed to deflated fields. Those processes damaged the structure of the soil and led to a rapid decline of the biomass production and the potential productivity of the land. During the last century the processes of the sandy desertification developed very quickly and were composed of following three main forms:

a) In and around the oases, since the large areas of the woodlands and rangelands were degraded by the different human activites as mentioned above, many oases and farmlands lost the windbreaks systems. Wind erosion not only harmed the farmlands and oases, but also endangered the former woodlands and

rangelands themselves. In this case, most of the shifting sands come from those areas which were suffered from wind erosion. In the Tarim Basin, about 3,840 km² of desertified sandy land have been developed from this process during the last century (ZHU, 1987).

b) Along the lower reaches of the rivers there were many areas of farmland which had to be abandoned because the water supply had been cut off. Those areas were subject to be eroded by the wind and became to the desertified land in some years later. For example, only in 5 state farms in the lower reaches of the Tarim River had discarded 8,600 ha since 1970s. In Hotan region, more than 30,000 ha of farmland were desertified after they have been given up. The total areas of such desertified land were 3,430 km² and most of those was formed since 1950s.

c) Since most of the oases face the deserts in the Tarim Basin, it is very difficult to protect the oases from the movement of shifting sands and the encroachment of dunes, although some efforts have been made in some areas. About 1,300 km² land have been degraded by this process during the last century (ZHU, 1987).

So the total areas of the sandy desertification is about 8,570 km² in the Tarim Basin, which was formed during the last 10 decades.

4. Conclusion

The land use has achieved many good results

and has greatly contributed to the socio-economic development and people's living standard in the Tarim Basin. But the land degradation has spread seriously too, which has been caused mainly by the unceasing pressure of population and overuse or misuse of land and water. Based on the evaluation, some suggestions can be made for improving the land use and combating the land degradation as follows:

- a) To reasonably utilize the water resources and to accelerate the development of economized water use for agriculture and intensive farming.
- b) To work out a unified plan of land use and to regulate the structure of land use for agriculture, animal husbandry and forestry;
- c) To continuously establish the artificial windbreaks system for protecting the oases from wind erosion, and to construct artificial fuelwood forests land and grasslands so that to utilize the natural rangelands and woodlands in a moderate degree for protecting the vegetation degeneration; and
- d) to increase the technological and funds input for raising the land productivity.

References

- HAN, D. (1991): The strategic points and countermeasures for combating land degradation in Xinjiang. *Geographical Symposium of Arid Zone* (Urumqi), 2: 122-128. (in Chinese with English abstract)
- WANG, S. (1991): Current oases and its development tendency in the arid areas of China. *Geographical Symposium of Arid Zone* (Urumqi), 2: 39-44. (in Chinese with English abstract)
- WANG, L. XU, J. SHI, Z. and ZHEN, W. (1989): *The Capacity of the Land Resources in Xinjiang*. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- WANG, T. (1986): Process in desertification and predicting its developmental trends in Argan region in the lower reaches of Tarim River, Xinjiang. *J. Desert Research* (Lanzhou), 6-2: 16-26. (in Chinese with English abstract)
- WANG, T. (1989): A comparative study on desertification of typical areas in Northern China. *J. Desert Research* (Lanzhou), 9-1: 113-136. (in Chinese with English abstract)
- ZHOU, X. (1991): The deserts features and the deserts environmental evolution in Xinjiang. *The Desertification and Its Control in Xinjiang*, Sceince Press, Beijing: 1-40. (in Chinese)
- ZHU, Z. (1987): Desertification processes and developmental tendency in Taklimakan desert region. *J. Desert Research* (Lanzhou), 7-3: 16-28. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z. and LIU, S. (1981): *Desertification Processes and Its Combating Regionalism in the North China*. Forestry Press of China, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- ZHU, Z. and LIU, S. (1989): *Desertification and Rehabilitation in China*. Sceinece Press, Beijing. (in Chinese with English abstract)

中国新疆タリム盆地における土地利用と土地荒廃

王 淑*

タリム盆地における土地利用の歴史は長く、社会・経済発展のなかで重要な役割を果たしている。その土地利用の変遷の中で、人間は一方では持続的発展のために自然環境を改変してきた。例えば、古いアオシスの拡大、新たなオアシスの開拓、人工林の拡大、ダム及び灌溉システムの建設等が生産の発展を大いに促進している。しかし他方では、不合理な土地利用が、厳しい自然条件と脆弱な生態システムの下で、塩分集積、植生退化、砂漠化等の土地荒廃を著しく進行させており、自然資源の喪失をもたらしている。とくに、最近100年間の生産活動の拡大に伴って、過度の開墾、伐採、放牧及び水資源の不合理的利用が深刻になってきており、大面積の土地荒廃をもたらしている。これまでに、少なくとも $5,410 \text{ km}^2$ で塩類集積が、また $8,570 \text{ km}^2$ で砂漠化が進行している。したがって、土地荒廃防止対策がタリム盆地の持続的発展を可能にするための最も重要な課題となっている。

*中国科学院沙漠研究所、蘭州、730000。

(受付：1996年1月10日、受理：1996年2月2日)

中国国家環境保護局荒漠化研究センター、南京、210042。

科学技術庁（STA）特別研究員、農林水産省農業環境技術研究所。

人工衛星から見たタクリマカン沙漠 —リモートセンシングの応用—

土屋 清^{*}・小黒剛成^{*}

1. 前書き

自然環境が厳しく、交通手段の乏しい沙漠の地表面状態の把握には衛星による観測データへの期待が大きい。タクリマカン沙漠に関しては古くからシルクロードに沿っての記録があり、部分的に行なわれた調査結果を取り入れた、タクリマカン沙漠全体を示す地図等も出版されており、衛星による調査報告も出版されるようになった(栗・劉, 1990; 孫・劉, 1991)。一方日本でも砂漠化機構の解明に関する中国科学院との共同研究で、杉原(1991)、土屋・石山(1991)、土屋(1992)、石山ほか(1994)、FUJIKAWA and NAKAYAMA(1994)、遠藤ほか(1994)などのタクリマカン沙漠地表面状態の解析例、長島・内田(1991)による3次元地形解析例等の報告がある。

衛星からの観測データは、観測センサの瞬時視野に対応する対象物からの太陽光の分光反射量または対象物からの放射量、あるいは衛星センサから発射するマイクロ波の対象物による反射量(合成開口レーダ)等で、観測された量には大気そのほかの影響が入っている。このためにセンサの瞬時視野に比較して空間スケールの大きな対象物や反射率に顕著な差のある対象物、例えば森林、裸地、水域等の識別は容易であるが、乾燥地域の土壤水分量、塩害の程度、土壤侵食、植生の種別の分類等の分光反射率の微小差を必要とする問題や、空間スケールの小さな現象の解明等については多くの問題のあることがHILL *et al.* (1995), MOUGENOT and POUGET (1993), ESCADAFAL (1993)等によって指摘されている。これらの問題には、現在の衛星センサの空間分解能もスペクトル分解能も不十分である。これらの不十分さの補完には連続的に観測された衛星データ、対象地域中の数カ所での衛星観測と同期した大気や、対象物の観測(ground truth)があればある程度の推定は可能であるが、タクリマカン沙漠のように衛星データ取得の機会が非常に少ない所では、詳細な解析は非常に難しい。ここでは衛星の概要の紹介、議論の対象になるような複雑な方法でな

い簡単な確立された処理法による衛星データの応用例について述べることにする。

2. リモートセンシング衛星

付表1に観測データを誰でもが簡単に入手できるアメリカ、フランス、日本の衛星の概要を示す。宇宙開発事業団の開発する衛星は、打ち上げ成功後花の名前がつけられるが、一般には開発中の英語名の略称が使われている。例えばMOS (Marine Observation Satellite)-1の日本名は「もも」、JERS (Earth Resources Satellite)-1の名前は「ふよう(芙蓉)」であるが、通常はMOS-1、JERS-1等が使われている。なおERSは歐州宇宙機関(ESA)の海洋観測を主目的にしたERS(European Remote Sensing Satellite)と区別するためにJERS-1という略号が使われている。タクリマカン沙漠の場合、この地域をカバーできる衛星データ受信所が無いので、特定場所の観測に利用できる機会の非常に少ない衛星搭載テープレコーダーに頼るしかない。また光学センサの場合雲の下の観測は不可能なので、実際に利用できるタクリマカン沙漠のデータは非常に少なく、これが詳細解析のネックになっている。

3. タクリマカン沙漠の全景

図1は中国科学院遥感応用研究所で作成したLandsat MSS疑似(false)カラー画像のモザイク画像に土屋が緯度・経度線を記入したもので、このモザイクには約60シーン(枚)の画像が使われている。前章で述べたような理由で、雲の無い良好なタクリマカン沙漠の衛星データが非常に少なく、このモザイクに使われた画像の観測年・季節にはかなりの差があり、1972年末から1970年代末までのデータで、約20年前のタクリマカン沙漠の地表面状態を表わしている。

個々の画像には南北方向に約12%、東西方向には平均で約40%の重複がある。それらの画像のうちの雲の無い、鮮明な所を利用してモザイクしたもので、つなぎ目が断

* 帝京大学理工学部

(受付: 1995年12月20日, 受理: 1996年2月2日)

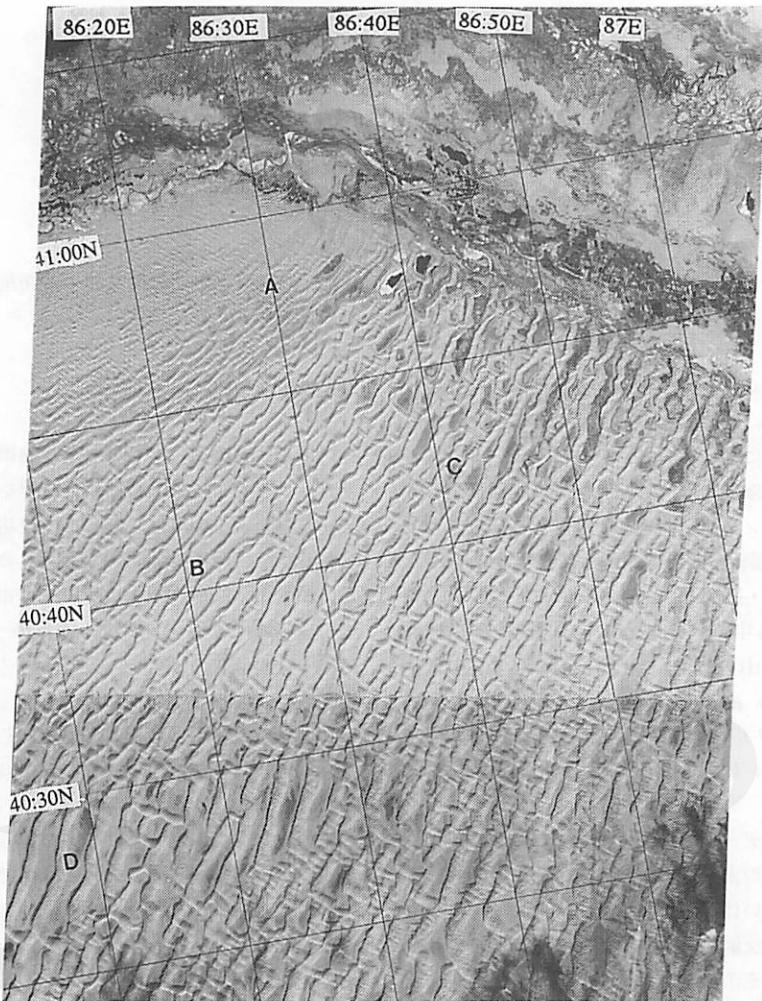


図 1. タリム河下流第31～35農団場およびその周辺沙漠域を示す JERS-1 OPS ナチュラルカラー画像。
観測: 1992年11月24日。

層のように見える。ただし和田（ホータン）河下流部のA点（ $38^{\circ}27'N/80^{\circ}52'E$ ）付近から西方に伸びる線は麻扎塔格（マザルターク）山脈である。北東部タリム河下流（B点）付近から中央部、さらにケリヤ河下流（C点）付近にかけては発達した縦列型の砂丘群が見える。

この写真は疑似カラーで、赤い所は健康な植物の多い所、青い所は白色系の砂の多い所、白い所は塩・雪水・雲等、黒色は水域や影である。北部のタリム河沿いのD点の西側の植生のある所は第2次大戦後、農団（日本語では農業開拓団に相当）によって農地化された所で、綿花、トウモロコシの他にかなり広い地域にわたって水稻が栽培されている。D点東方の黄色の所は、旧河道や洪水/豊水時には水の流れのある所である。現地調査の結果では河川敷や、豊水期に川になったり水の溜まるような所では塩が地表面に分布している所が多く見られるこ

とから、これらの場所では塩が表面に分布していたり、あるいは反射の強い白っぽい砂の多いことが推定される。またこの画像の沙漠の中で青い所は白色系から薄黄色の砂沙漠、褐色の所は疎らな乾燥した植生のあるゴビ（石、礫の多い）沙漠である。北部の天山山脈、南部のコロン山脈等の白い所は雪水である。この図からタクリマカン沙漠および周辺の20年前の全体像の把握が可能である。

4. 北東部タリム河下流域（口絵写真1のB点の南東、31～35農団付近）

1) 土地利用変化

図1はコルラ市（口絵写真1のE）南東方約100～200kmのタリム河とその東方の孔雀河の間に展開している第31～35農業団地（中国語では農団場）と、その南西方

向にある砂丘群を示す1992年11月4日のJERS-1ナチュラルカラー画像である。この地域は第2次大戦後に、第31~35農団によって農地化され、現在でも小規模ではあるが多少植生の生えている沙漠地の農地化が行なわれて

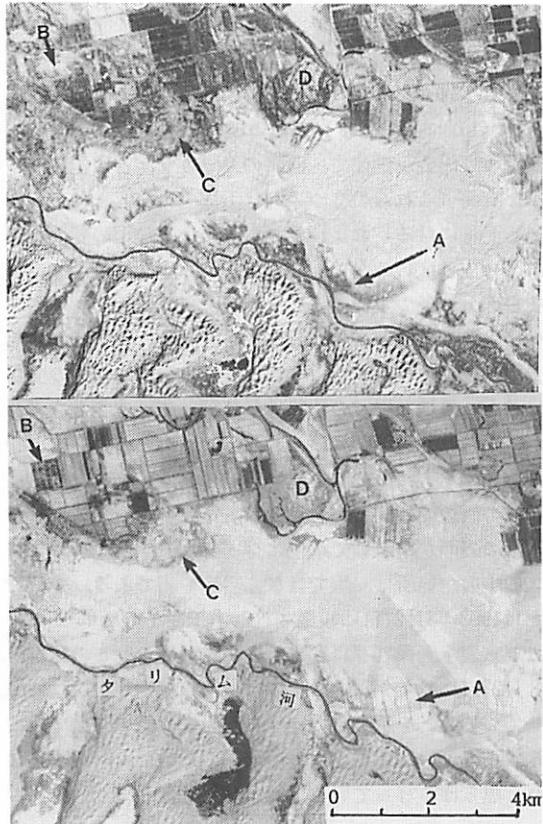


図2. 土地利用変化を示すSPOT画像。

上: 1989年1月20日, 下: 1993年4月21日. A, Bは農地化された所. Cは今後農地化の可能性のある所. Dは梨園.

いる。図2の上、下の図はそれぞれ1989年1月20日および1993年4月21日の $40^{\circ}48'N/87^{\circ}00'E$ 付近のSPOT画像で、矢印AおよびBの所が1993年には農地化されているのがわかる。1993年8月下旬の現地調査で得た情報では、この農団では一般の農産物に加えて、特に梨とその角が秘薬として非常に高値で売れる鹿牧場のおかげで経済状態が非常に良く、多くの新住宅の建設が進行しており、住民の増加に対応するために農地の開発も必要になってきたとのことであった。Cは今後農地化の可能性のある小灌木や植生等のある荒れ地、Dは梨園である。新たに農地化された面積は、A地点が約120ha、B地点は約70haである。なお図2で白い所は塩が地表面に斑点状に現われている所である。

2) 水分布

図3は1973年9月30日のLandsat MSS画像で、図1と比較して水域を表わす黒色部、例えば貯水池（図中のD）、その北側にある湖沼等やタリム河南西のタリム河に接した沙漠域の大砂丘の間の低地等がかなり広い。なお図1と図3の緯度・経度線は、前者が宇宙開発事業団地球観測センター、後者はNASAの処理によるもので少しのずれがある。現地の第33農団長や幹部の話では上流地域での水使用量の増大のためにこの地域の水量が年々減少しているとのことであった。タリム河下流域の流量減少については梁・劉（1990）等の報告もある。また杉原・石山（1995）の同時期（秋期）の衛星写真によるボステン湖（口絵写真1、 $42^{\circ}N/82^{\circ}E$ にある湖）の水域の調査結果でも1973年から1992年の間に湖面水域がかなり減少していることが示されている。タクリマカン砂漠の河川や湖沼の水量には季節変動があるので豊水期の図3と豊水期末から少水期に入った図1の比較から直ちに水量

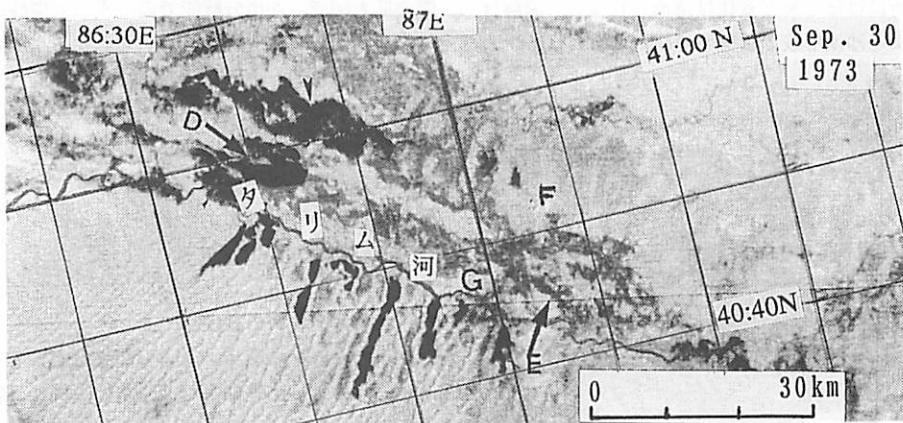


図3. Landsat MSS画像。
Dは貯水池. Fは小砂丘地域, Gは図2の場所, Eは塩が地表面に現われている所. 黒色部分は水域.
観測: 1973年9月30日.

の経年減少を断定することは難しいが、我々が現地調査をした豊水期の1993年8月中旬には図3-D点の貯水池の半分ぐらいには水がなかったことから、この地域の水量の減少していることは確かのようである。湖沼や大きな河の水量の変化の調査に衛星データはかなり有効である。

3) タリム河西方の砂丘

口絵写真1、図1からも明らかなように、タリム河の南西方の沙漠には発達した縦列型砂丘が連なっている。砂丘の方向はほぼ北東～南西でこの地方の卓越風向（吉野、1991）および新疆ウイグル自治区気候表にある強風の風向と一致している。図1の砂漠域北西部では北東の方向の砂丘に重疊してそれと直角方向の間隔の狭い起伏が見られる。砂丘の間隔は場所によって異なり、図1のA, B, C, D点では、それぞれ平均で約1.3, 1.6, 1.7, 2.7kmである。詳細に見ると、図4に示すようにタリム河南方の大砂丘の上に小砂丘がある。これらの小砂丘の間隔は平均でaの方が約140m、bの方が約110mぐらいである。タクリマカン沙漠の砂丘の形状の多様性については他にも報告（ZHU, 1986）がある。砂丘の形状は冬の冷たい季節風の暖かい海上への吹出しに伴って発生する対流雲の形状に似ている。雲の場合、風の強い（風速の鉛直shearが大）時には風向に平行に並び、弱くなるにつれて風向に直角に配列し、さらに弱くなるとBenardcell状になる（TSUCHIYA and FUJITA, 1968）。このことが砂丘形成にも適用できるとすれば北西部ではやや風速が小さいことになる。

高分解能のLandsat衛星画像取得が可能になった1972年後半や1973年頃の画像と最近の画像と比較して、衛星画像の空間分解能の範囲では、大きな砂丘についてその形や場所にはほとんど変化は認められない。遠藤ほか(1994)による沙漠形成史に関する研究によれば、ケリ

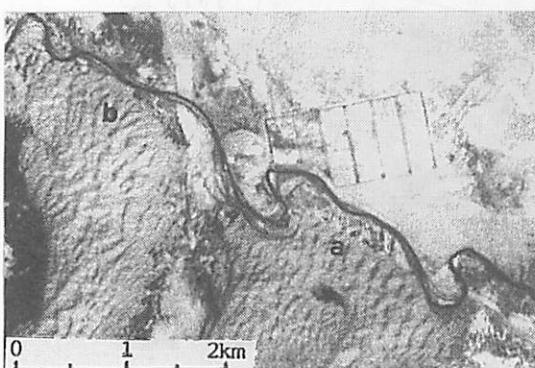


図4. 大きな縦列型砂丘上の小砂丘。
観測: 1993年4月24日。

ヤ河東岸の縦列砂丘は1万7千年前に形成され、現在は小砂丘(dune)の形成が主であるとの報告があるが、上記の大砂丘も古い時代に形成されたもので、砂丘の発達ではsteady stateの状態になっているものと思われる。

5. 南部の和田（ホータン）地域

写真1はタクリマカン沙漠南部最大のオアシス、和田（口絵写真1のF）とその周辺のSPOT-2 HRVの疑似カラー表示画像で、西側のカラカシ河と東側のユルンカシ河（これらの2つの河は下流で合流し、和田河という名称になる）およびその東側の小さな川の間の青色部分は白っぽい細かい砂からなるバルハーン型の小砂丘群、黄色部分は多少の植生のある砂丘群と荒れ地で、地表面の砂の色は黄褐色系のものと推定される。オアシスの部分が褐色に現われているのは、農地に緑色の植生の少ないと、農地の周辺の防風林が落葉していることを表わしている。北東部隅には北北西～南南東の縦列型の小砂丘、その下方にはそれと直角方向の小砂丘群がある。

この画像の観測日が2月24日で気温が低いために、貯水池の表面が結氷して水色に写っている。河岸やオアシスの中の白い所は、塩ではなく雪氷や霜である。このことは1993年3月27日に観測されたJERS-1のナチュラルカラー表示画像（写真2）から明瞭である。この写真は、3月27日にはオアシスの中では緑色の植生がかなり増加していることを示している。また河岸や低い土地では雪氷、霜等の融解で土壤水分の増加のために反射が弱くなり、黒っぽく写っている地域がかなりある。

1) 和田オアシス北方のバルハーン型砂丘群

図5はユルンカシ河の東岸 $37^{\circ}15'N/79^{\circ}57'E$ 付近の東側の拡大図で、20m分解能でのバルハーン型砂丘群を示している。現地写真（図6）からもわかるように、衛星画像で見られる個々の砂丘はさらに小さな砂丘からなっている。図5中の解析図は同図上部の直線に沿ってのバンド1, 2, 3（付表参照）の輝度値のプロファイルで、これから計算した砂丘平均間隔は159.2m、標準偏差は43.6mである。写真的砂丘の影から推定される砂丘の高さは最高で100m以下である。

2) 和田オアシスの農地

タクリマカン沙漠オアシスの農地はどこでもきちんと碁盤の目のように整備され、道路の両側には防砂用のボプラが植えられている。写真3は和田市街地の中心から西方約12km、 $37^{\circ}05'N/79^{\circ}46'E$ 付近の1992年3月27日の農地の状態を示している。緑色部は葉のあるボプラ並

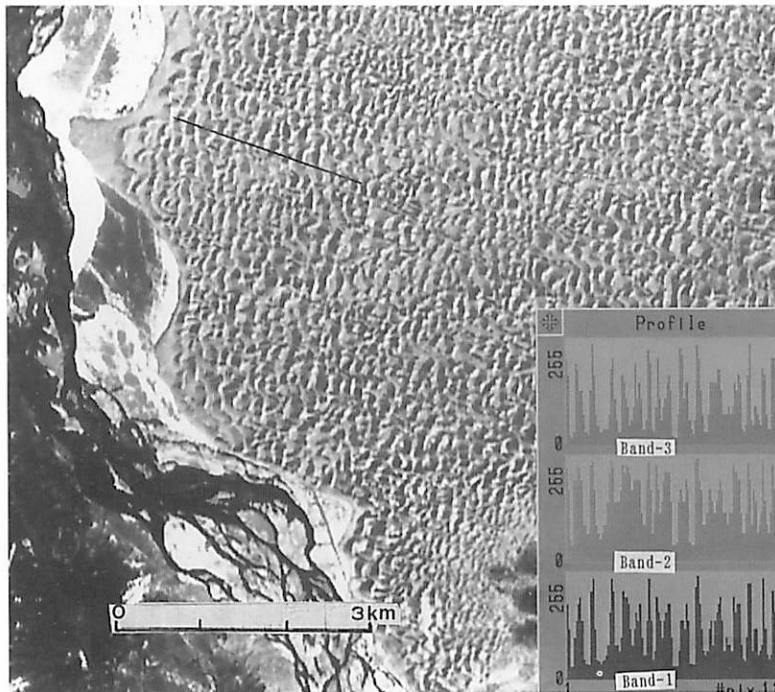


図 5. ユルンカシ河（東側の河）東方のバルハニ型砂丘群。
図中の解析図は図中の直線に沿った SPOT HRV バンド 1, 2, 3 の輝度値
(最小 0, 最大 255) プロファイル。観測: 1992年 2月 24日。



図 6. 図 5 の砂丘の現地写真。
撮影: 1994年 9月 6日。



図 7. 図 3 の矢印の所のボプラ並木。
撮影: 1994年 9月 7日。

木やある程度生育した作物、黄色部はまだ十分に成長していない作物、赤色部は裸地である。

農地はほぼ500m×250mに区画され周囲にボプラが植えられている。農民の住宅はこの中にあり、それぞれの農地はさらに細分されている。図7は写真3の矢印の所で撮影した写真で、この写真からボプラ並木の大きさがわかる。ボプラ並木は北方からの飛び砂を防ぐために東西方向の道路の両側では幅が広く並木というよりは防砂林という感じである。作物の識別は、作物の生育期の連続衛星画像があればある程度可能と思われる。

3) 沙漠化域

タクリマカン沙漠南部では飛砂による沙漠化の危険に曝されている。現地での聞き取り調査では1950年末から1960年代初めにかけて、盗伐による防砂林の損失、オアシス周辺草原における大規模な薬草根採掘に伴う土壤侵食等のためにかなりの沙漠化があったとのことである。その後の対策により最近は鎮静化していて、衛星データが利用できるようになった1972年末からの衛星データ解析では沙漠化域はあまり認められない。杉原・石山(1994)による和田の東側にある小オアシス、チーラ地区の1973年7月24日と1988年7月27日の衛星データ解析結果では、チーラ市の南東部の貯水池の北方と北東部の

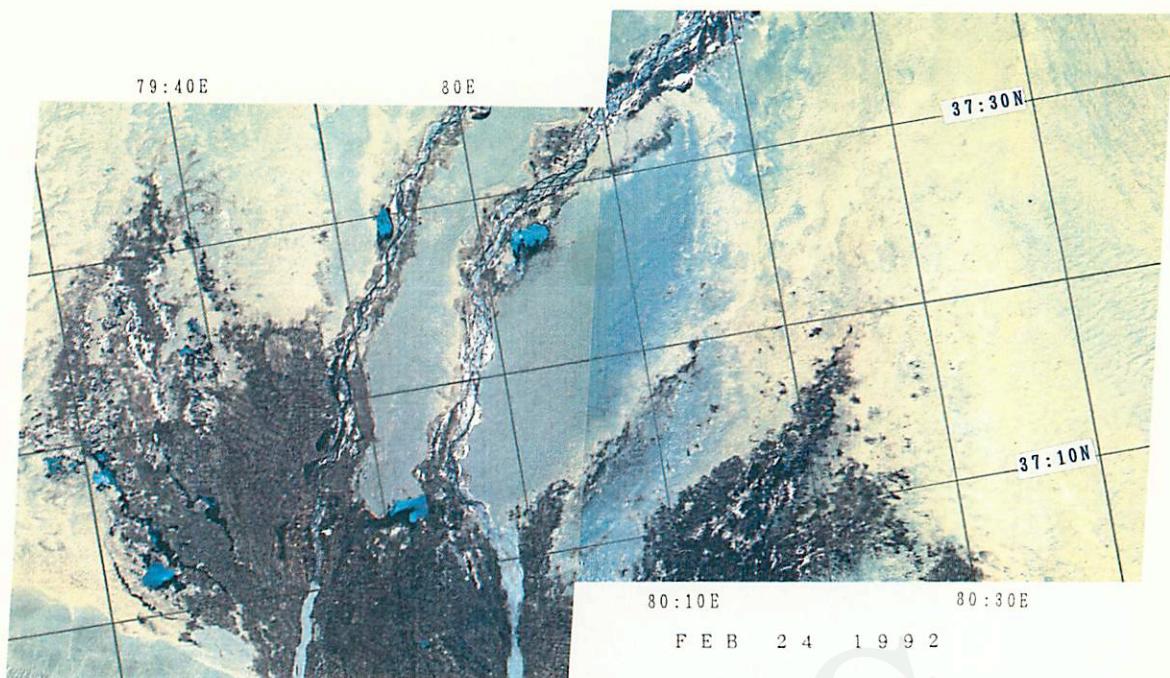


写真 1. タクリマカン沙漠南部最大のオアシス、和田（ホータン）を示す SPOT 疑似カラー画像。
観測: 1992年 2月 24日。水色部分は結氷している貯水池、白色部分は雪水、霜等。

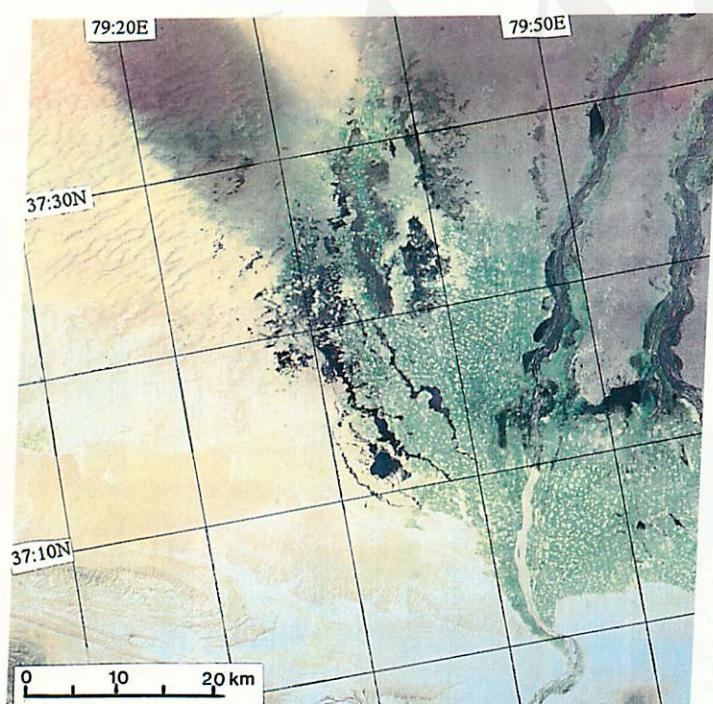


写真 2. 和田オアシスを示す JERS-1 OPS のナチュラルカラー画像。
黒色部分は水、黒っぽい所は土壤水分の多い所、黄色部は疎な小植生のある所。
観測: 1993年 3月 27日。



写真 3. 和田市市街地中心部西方約12km
(37°05' N/39°46' E付近) の農地。
緑は植生、黄色は成長過程の小作物のある所、赤色は裸地。

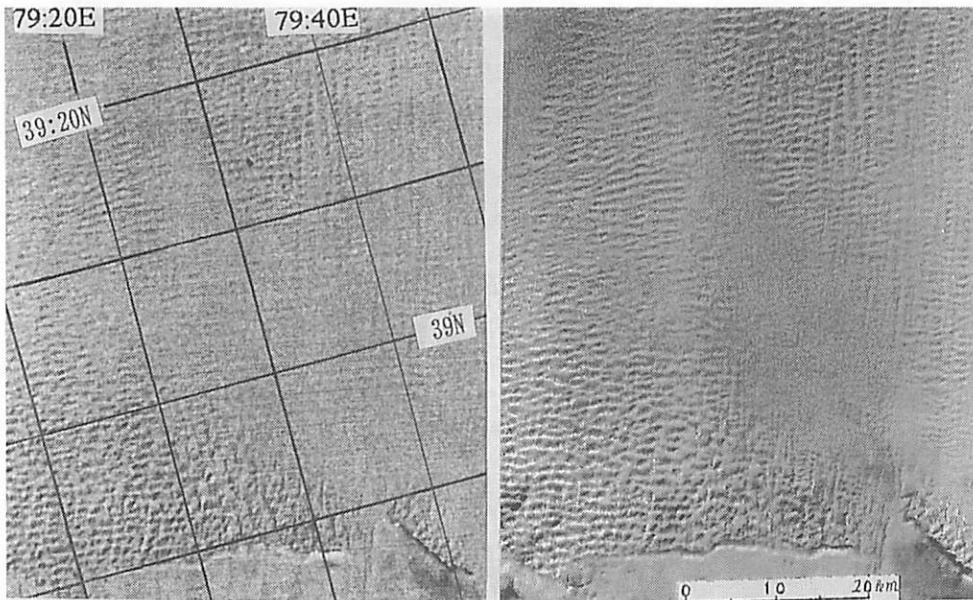


図 8. 麻扎塔格山脈付近のLandsat MSS (1975年10月4日) (左) と JERS-1 OPS (1992年12月30日) (右) 画像。17年間に大きな変化は認められない。

沙漠との境界の極く狭い場所で沙漠化域が抽出されたが、むしろ農地の拡大の方が大きかった。一方、小黒・土屋(1995a, b)は最も空間分解能の高いSPOT画像による最近の和田オアシスの沙漠化域の抽出を試みたが、抽出された地域は和田市から遠く離れたカラカシ河(西側の河)の下流 $37^{\circ}33'N/79^{\circ}55'E$ 付近とユルンカシ河(東側)の下流 $37^{\circ}20'N/79^{\circ}59'E$ 付近の防砂林の植林等の対策が不十分な所で、1988~1990の2年間に、ごく狭い所でそれぞれ約250mと120m幅の草原地の裸地化が検出された。

6. 麻扎塔格(マザルターク)山脈付近の砂丘

図8の左図は1975年10月4日のLandsat MSS、右図は1992年12月30日のJERS-1 OPS画像で、麻扎塔格山脈(口絵写真1のA点の西方)付近の砂丘を示している。麻扎塔格山脈北側の山脈から遠い所では、強風時の卓越風向の北北東風に平行な縦列型砂丘であるが、山脈に近くにつれて砂丘の卓越方向は山脈に平行な東西方向に変わり、それに南北方向の砂丘の重畠が認められる。気流が山脈等の障害物にぶつかると進行性の波動と後退性の波動が発生する。この場合の砂丘の形成にはこのような波動が関与しているものと思われる。衛星画像から推定される麻扎塔格山脈北側の砂丘の平均間隔は約1.16kmである。

ここには示していないが、山脈の南方には北北東の卓越強風に平行な縦列型砂丘が見られる。なおタクリマカン沙漠北東部の大きな縦列砂丘の場合と同じように、ここ

でも衛星画像の空間分解能の範囲では17年間に砂丘の位置や形に大きな変化は認められない。麻扎塔格山脈の南方のオアシス地帯への北方からの大量の砂輸送のあることは事実で(長島ほか, 1994, 1995), 著者自身も現地調査中に砂嵐に遭遇し、砂輸送の物凄さを体験した。砂丘を形成している砂は強風で吹き飛ばされるがまたその補給もあり、長期的には砂輸送に関して連続の条件が満足されているためであろう。

7. 合成開口レーダ(SAR)データ

図9はJERS-1搭載合成開口レーダによる和田オアシスの画像である。河川、道路、農地、急峻な地形等は明瞭に写っているが、光学センサによる観測画像には明瞭に写っている小砂丘はSAR画像では写っていない。和田オアシスの東方のケリヤ河(口絵写真1のC地点)流域のSAR画像でもケリヤ河東側の縦列大砂丘は写っているが、西側の小砂丘は写っていない。合成開口レーダは、レーダからの電波の対象物による反射をとらえるもので、反射電波の強度は対象物の地形や誘電率等に依存し、光学センサとは異なる情報が得られる。アメリカのSeasat衛星搭載SARではサハラ沙漠の地下の旧河道の発見の例がある。JERS-1 SARデータでタクリマカン沙漠の地下情報についてはこれまでのところでは興味ある結果は得られていない。データ処理法の開発によっては可能性がでてくるものと期待される。

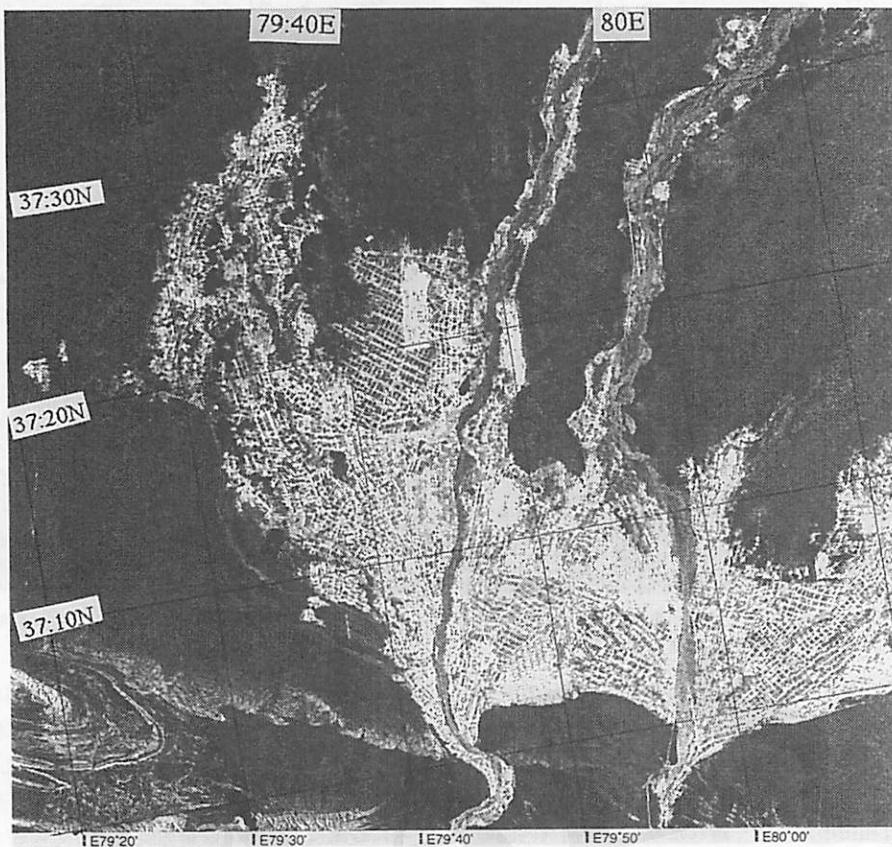


図 9. JERS-1 の SAR 画像。

観測: 1993年12月7日。

8. まとめ

以上の解析結果をまとめると次のようになる。(1) タクリマカン沙漠オアシス内の農地は大きな矩形に区画され、防砂用のボプラ並木で囲われているので識別が容易で面積の推定も容易である。(2) タリム河下流域の流量は20年前と比較して減少している。北東部にある31~35農団付近にある貯水池、湖沼等の水量も同様である。(3) タクリマカン沙漠北東部からケリヤ河中流域にかけて特に発達した縦列型砂丘がある。平均間隔は1.5kmぐらいで、特に広い所では2.7kmぐらいである。(4) 砂丘形成に対する顕著な地形の影響が麻扎塔格山脈付近で見られる。もしこの山脈が無ければこの地方の卓越強風方向の北北東の風に沿った縦列型砂丘が形成されていたのもと思われる。(5) 砂嵐時にはかなりの砂輸送があり、瞬間に砂丘の変形等があることと思われるが、20年前の衛星画像と最近の衛星画像の比較では、衛星画像で識別が容易な大きな砂丘の形状等の変化はほとんど認められない。これは瞬間に砂量の集束、発散があっ

ても長期的にはバランスが保たれ、砂輸送に関する連続の条件が成り立っていること、砂丘の発達には限界があり、ある大きさに達すると成長が止まり steady state の状態に到達して衛星画像では変化の識別が困難になるためであろう。(6) JERS-1 合成開口レーダデータでは大砂丘、農地、河川、道路、急峻な地形等の識別は容易であるが、小砂丘、地下情報等の抽出は困難である。

謝 辞

この研究は科学技術振興調整費による「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」の一環として実施したものである。また JERS-1 のデータは、宇宙開発事業団・通産省の JERS-1 検証研究で無償提供されたものである。この誌上を借りて関係者各位に深甚なる謝意を表します。最後に本論文に貴重な助言、適切なコメントを寄せて頂いた査読者に心からのお礼を申し上げます。

引 用 文 献

- 遠藤邦彦・相馬秀広・渡辺満久・小杉正人・印牧もとこ・藤川格司・中山裕則・江口誠一・浜田誠一(1994): 砂漠域、湖沼堆積物の解析。科学技術庁研究開発局「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成5年度成果報告集: 25-63。

- 石山 隆・土屋 清・杉原滋彦・劉 培君 (1994) : タクラマカン砂漠の地表状態の調査. 「地学雑誌」103:334-351.
- 長島秀樹・内田 修 (1991) : SPOT画像による砂漠地形の3次元解析. 「沙漠研究」1:53-59.
- 長島秀樹・岡崎守良・山田 豊 (1994) : 砂輸送量・砂位変化、砂の粒度分布. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成5年度成果報告書: 164-173.
- 長島秀樹・橋内徳司・山田 豊 (1995) : 砂輸送量・砂位変化、砂の粒度分布. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成6年度成果報告書: 149-162.
- 小黒剛成・土屋 清 (1995a) : タ克拉マカン砂漠における砂丘移動について. 「日本リモートセンシング学会第18回学術講演論文集」: 157-158.
- 小黒剛成・土屋 清 (1995b) : 人工衛星SPOTデータによるタクラマカン砂漠の地表面状態の把握. 「日本沙漠学会講演要旨集」6:41-42.
- 杉原滋彦 (1991) : 土地利用形態の調査. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成2年度成果報告書: 90-101.
- 杉原滋彦・石山 隆 (1994) : 土地利用形態の調査. 科学技術庁「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究報告書」: 98-112.
- 杉原滋彦・石山 隆 (1995) : 土地利用形態の調査. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成6年度成果報告書: 94-101.
- 土屋 清 (1992) : タ克拉マカン砂漠の地表状態の調査. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成3年度成果報告書: 85-111.
- 土屋 清・石山 隆 (1991) : タ克拉マカン砂漠の地表状態の調査. 科学技術庁研究開発局「沙漠化機構の解明に関する国際共同研究」平成2年度成果報告書: 73-89.
- 吉野正敏 (1991) : 新疆の砂漠地の風と雨. 「沙漠研究」1:1-15.
- 孙 司衡・劉 培君 (1991) : 「再生資源遥感研究」中国林業出版社, 374p.
- 柴 匡一・劉 培君 (1990) : 「塔里木河两岸資源与遥感研究」科学技術出版社, 255p.
- ESCADAFAL, R. (1993) : Remote sensing of soil color: Principles and applications. *Remote Sensing Rev.*, 7: 261-279.
- FUJIKAWA, K. and NAKAYAMA, Y. (1994) : A study on geomorphological classification along Hotan River in the Taklimakan Desert by the satellite images and field surveys. *Japan China Int. Symp. on the Study of the Mechanism of Desertification (JCISSDM)*: 51-60.
- HILL, J., MEGIER, J. and MEHL, W. (1995) : Land degradation, soil erosion and desertification monitoring in Mediterranean ecosystems. *Remote Sensing Rev.*, 12: 107-130.
- MOUGENOT, B. and POUGET, M. (1993) : Remote sensing of salt affected soils. *Remote Sensing Rev.*, 7: 223-232.
- TSUCHIYA, K. and FUJITA, T. (1968) : A satellite meteorological study of evaporation and cloud formation over the western Pacific under the influence of winter monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan, Ser. II*, 45: 232-250.
- ZHU, S., LIU, S., WU, Z. and DI, X. (1986) : *Desert in China*. Inst. of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou: 45-66.

付表1. 高分解能観測センサ搭載衛星とセンサ仕様。

衛星名	Landsat (米)		SPOT (仏)	MOS-1 (日)	JERS-1 (日)
センサ	MSS	TM	HRV	MESSR	OPS
観測波長 μm	0.5-0.6	0.45-0.52	0.50-0.59	0.51-0.59	0.52-0.60
	0.6-0.7	0.52-0.60	0.61-0.68	0.61-0.69	0.63-0.69
	0.7-0.8	0.63-0.69	0.79-0.89	0.72-0.80	0.76-0.86*
	0.8-1.1	0.76-0.90		0.80-1.1	1.60-1.71
		1.55-1.75	0.51-0.73		2.01-2.12
		10.4-12.5	パンクロモード		2.13-2.25
		2.08-2.35			2.29-2.42
分解能 (m)	79 (1-3号) 81 (4-5号)	30 熱赤外は120	20 パンクロモードでは 10m	50	18.3×24.2
観測幅 (km)	180		60 (2個同時 運用 117)	100 (2個同時 運用 200)	75
打上日 回帰	1972.7.23 18日 (1-3号), 16日 (4-5号)	1982.7.16	1986.2.22 26日	1987.2.19 17日	1992.2.11 44日

Landsat TMは4号から、SPOTはポイントブル機構によりステレオ観測可。

JERS-1の*印のバンドは2個あり1個はステレオ観測用で前方視。JERS-1には合成開口レーダ(SAR)もあり、観測周波数1,265 MHz、分解能18m、雲があっても観測可。