水文・水資源学会誌
J. Japan Soc. Hydrol & Water Resour.
Vol. 7, No. 3 (1994) PP. 223-227

タクラマカン砂漠地域の水文環境

Hydrological Conditions in and around the Taklamakan Desert

王良瑋*・曲耀光*

Wang Lian Way・Qu Yao Gouang

米谷恒春**

Tsuneharu YONETANI

中国科学院 蘭州冰川凍土研究所

Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia

科学技術庁 防災科学技術研究所

National Research Institute for Disaster Prevention and Earth Science

I. はじめに

1980年代の初めにアフリカのサヘル地方の干ばつとこれによる難民の発生がきっかけとなって、人間活動が関与した砂漠化が国際的な関心事となり、現在、この問題は多くの国が取り組んでいる地球環境問題の一つになっている。国土の約25%が年降水量250mm以下の乾燥地域に属し、ゴビ砂漠、タクラマカン砂漠等の広大な砂漠を有する中国では、砂漠の自然環境特性を明らかにするための調査、砂の固定技術などの国土保全のための技術開発、等を実施する研究機関として中国科学院蘭州沙漠研究所(1959年に北京の中国科学院地理研究所砂漠研究室から発展)、中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所(1963年設立)を設け、古くから砂漠に関連する研究を推進している。当然のことながら、乾燥地域における水資源、

水文状態に係る問題の解明は重要な研究分野になっている。

現在、中国での砂漠地域での水文に関連する主要な問題は、(1)河川上流のダム設置にともなう中・下流域での流量の減少、水質悪化、湖水の枯渇、植生の破壊等の砂漠化、(2)灌漑に必要な以上の水の供給が地下水位の上昇を引き起こすことによって生じる土壌の塩分集積、(3)地下水の多量なポンプアップによる局所的な地下水位の低下による植生の破壊、(4)長期的かつ総合的な水利用計画の欠如、である(Gao et al., 1992)。なお、同じ報告によれば(1)に関連する不合理な水資源の利用により砂漠化した土地は今までに約39,000km²に達している。

本報告では中国タクラマカン砂漠地域の水文環境について、中国でなされた調査・研究および科学技術庁科学技術振興調整費による日中国際共同研究砂

図一1 タクラマカン砂漠の位置と地形の概要

*Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica 蘭州市東崗西路174号73000, 中国

**防災科学技術研究所 気圏・水圏地球科学技術研究部 〒305 茨城県天王台3-1

Atmospheric and Hydrospheric Science Division, NIED, Tennodai 3-1, Tsukuba 305, Japan

漠化機構の解明研究の一環として筆者らが実施した観測で今までに得られた成果に基づき、その概要を説明する。

II. 地形状況

タクラマカン砂漠はユーラシア大陸の中央部、東経77°～94度、北緯37°～42度の間にあるタリム盆地の大部分を占め、面積約30万km²を有している。中心部では高さ100～200m、長さ10km程度の砂丘が連なる大砂漠である。地形的には西が高く東が低く、標高は、西から南西部分が1,200～1,400m、東から北東では815～875mであり、平均で1,000mとなる(図-1参照)。

タリム盆地は東側を除く三方が山脈に囲まれている。北側は平均海拔3,500mのテンシャン (Tian Shan) 山脈が1,700kmにわたって在り、西側はパミール高原が、南側はコンロン (Kunlun) 山脈がチベット高原との間に横たわっている。コンロン山脈はテンシャン山脈より高く、勾配も急であり、6,000m級の高山が連なっている。テンシャン山脈の南斜面では雪線が3,500～4,000mの範囲にあり、西の方には大きな氷河があり、積雪量が多い。また、コンロン山脈の北斜面では雪線は約5,000mにあり、一般に、5,500m以上の高山に氷河が分布している。

砂漠の中心から周辺の山に向かって四つの自然景観帯が認められる。即ち、砂漠・塩湖帯、オアシス帯、山麓礫石帯および高山帯である。塩湖帯の土壌

はアルカリ土壌であり、水質は高い硬度(硬水)を示している。従って、アルカリ耐性の植物だけが生育可能である。タリム盆地東端(タリム河が終わる辺り)一帯が塩湖帯の景観を呈している。オアシス帯では、地下水位は深くはなく、水質も淡水または弱硬水である。生活圏の形成と農業活動がこの地帯の特色である。山麓礫石帯では多数の礫の存在と植生が希であること、深い地下水位が特色となっている。最外縁の高山帯では植生、土壌、水文状況が高さによって変化している。テンシャン山脈の西部で高さによる変化が最も顕著であり、そこでは高度が増すに従って高山森林から草原へと変わっている。

III. 気候状況

タリム盆地は大陸内部にあり、かつ高山に囲まれているため、典型的な大陸性気候を呈している。チベット高原とコンロン山脈は南方インド洋からの高温多湿な季節風の進入を妨げている。テンシャン山脈は北極海の湿った気団の南下を困難としている。また、タリム盆地の東方にはいくつかの山々があり、タリム盆地が太平洋から遠く隔たっていることと相まって、太平洋気団の影響を弱めている。タリム盆地東縁の低い地形に沿って蒙古、シベリアからの乾燥した気団が進入する。このような地形の影響のため、気候条件は以下のように盆地内は非常に乾燥しており、山間部では比較的降水量が多く、氷河が存在している。

図-2 チーラでの月降水量とチーラ河での月流量の変化 (1980～1983)

1) 降水量はタクラマカン砂漠から周辺の山間部へすすむに従って著しく増加している。砂漠の中心部及び標高の低い東部地区では平均年降水量が10mm以下であり、周辺の高山地域では400mm以上になっている。降水量の月変化を示す例として、タクラマカン砂漠南縁のオアシスのチーラ(Qira, 位置は図-1参照)での1980~1983年の月降水量の変化をチーラ河の月流出量の変化とあわせて示す(図-2参照)。これからも分かるように、降水は6~9月に集中している。また、寒候期の河川流量は非常にわずかである。

2) 平均気温は砂漠地区で高く山岳地帯で低い。砂漠地域での平均気温は11°C, 日較差の平均は30°C, 年最高気温と年最低気温の差は50~60°Cに達する。

3) 蒸発皿で測定された蒸発量は通常2,100mmで時には3,000mmを超えることがある。乾燥し、気温が高いので蒸発が盛んであり、蒸発がポンプアップ等の人工的消費を除くと唯一の地下水減少要素である。

IV. 水文環境

降水量が少ないタリム盆地に流入する河川の源は山間部であり、北東部は外に向かって開けているとはいえタリム盆地より標高が高いので、閉鎖的な内陸水系となっている。この地を流れる河川は幾十とあるが最大のものはタリム(Tarim)河である。タリム河は阿克苏河, ヤルチャン河, ホータン河, カシュガル河などの大きな河川を合わせ、タクラマカン砂漠の北縁に沿ってタリム盆地を東から西へ横断し、その後南下してタイテマ湖に注ぎ込んでいる中国最大の内陸水系である。東部にはタリム河以外にコンジェ河, チャミチェン河の大河川が流れており、これはそれぞれロブポとタイテマ湖に流れ込んでいる。

この他に砂漠内で消えている河川が多数ある。後でその流出状況などをやや詳しく示すチーラ河もその一つである。

李・趙(1965)によれば、氷河を源とする河川は約40あり、河川長は100~1,000km, 平均流量は3~190 m³/sec, 年間流量1~60億m³となっている。タクラマカン砂漠に流入する年間流量は約385億m³である。コンロン山脈を起源とする河川は約20, これらがもたらす年間水量は160億m³, 砂漠に流入する総流量の42%を占め、テンション山脈を起源とする河川は約12, これらがもたらす年間水量は168億m³, 全体の44%を占めている。パミール高原を起源とする河川は4, これらがもたらす年間流量は約45億m³, 12%を占め、アルキンサンを起源とする河川は4, これらがもたらす年間流量は約12億m³, 4%を占めている。

周辺の山間部の地下水を源とする河川も多くある。これら河川の年間流量の総計は約23億m³である。このような河川は西部に多く前記総流量の48%を占め、ついで26%を占めるテンション山脈地区, 21%を占めるコンロン山脈地区となる。アルキンサン地区では4%程度である。

山地に降雨があると急激な河川の増水をもたらすが、高山の氷河および積雪の融解によるものは夏季に流量が著しく増加するという顕著な季節変化を示す。図-3に氷河を起源とする河川と地下水を起源とする河川の典型的な流量の季節変化を示す。地下水を起源とする河川では氷河を起源とする河川ほど季節変化が激しくなく、夏の流量が少ない川もある。

タクラマカン砂漠が非常に広大なこともあり、水文過程, 地下水形成過程, 地下水量などの調査は多くの困難を伴う仕事である。現在までのところ、タ

図-3 氷河を起源とする河川(左)と地下水を起源とする河川(右)の流量の季節変化
(李・趙, 1965による)

ク라마カン砂漠の水収支についての詳しい計算はなされていないが、概略次の通りと考えられている。前述の通り、タクラマカン砂漠に山間部から流入する水量の総計は年間408億 m^3 である。周辺の山間部は第四紀の地質からなっているので地下水が形成され易く、山間部から流入する流量の約1/2が地下水になると考えられる。即ち、年間約200億 m^3 が地下水として補給され、同量が蒸発していることになる。

中国科学院などによる調査結果によるとタクラマカン砂漠の地下水資源は8兆トンであることが、最近、報道された (THE21, 1993)。つまり、タクラマカン砂漠の下に、200—300mの層厚をもつ帯水層があり、8兆トンもの地下水が埋蔵されていると推察されている。地下水涵養量が報告されているように年間200億トンとすれば、滞留時間は400年ということになる。一方、我々がチーラで行った揚水試験により評価した透水係数等を用いて、源流から砂漠までの到達時間を評価すると700時間弱となった。これらの数値はそれなりの整合性が保たれているように思われるが、確かなことを言うにはさらなるデータの集積が必要であろう。

V. チーラ河の流出特性

この節では、全長100km強、流域面積約2,000 km^2 で、源流域に氷河 (写真) を有するチーラ河の流出特性について、既に発表されたもの (Yonetani *et al.*, 1993) に最近の成果を追加して記す。

既に図-3に示したように、他の氷河を起源とする河川と同じように、寒候期の流量は非常に少なく、降水の多い夏を中心に河川流量が多くなるという顕著な季節変化を示している。しかしながら、降水量と流量の相関は必ずしも明確ではない。図-4は1980~1983年のデータに基づく月降水量と月流出高

の関係を示している。図から月流出高が降水量によらず7、8月に最も多く、次いで5、6、9月に多いことが読み取れる。

チーラ河中流域、標高2,600mで測定した河川流量と気温の時間変化を10月と6月末の各々数日について図-5に示す。ほとんど全ての日で気温は顕著な日変化を示しており、日較差は15°C程度になっている。ところで、最高気温が約15°Cであった10月のときには流量はほとんど変化していない。一方、最高気温が20°Cを超える日があった6月末では、最高気

図-4 チーラ河の月降水量、月流出高の相関図 (1980~1983)

図-5 チーラ河観測点での河川流量と気温の時間変化

写真 チーラ河源流域の氷河

温が15°Cに達しなかった30日を除いて、流量も顕著な日変化を示している。そのピークは、気温が最高値を示す16時頃より8時間後の0時頃(北京時間)に記されている。

この河川流量の時間変化は次のように解釈するのが妥当であろう。即ち、氷河の融解がチーラ河の流量の多くの部分を占めている。このため、日中の気温が一定の高さ以上になる夏の日に河川流量は顕著な日変化を示す。この解釈は図一4に示された河川流量が降水量に大きくは依存せず7、8月に最も多いこととも矛盾しない。

VI. おわりに

タクラマカン砂漠周辺での水文環境についてその概要を記し、砂漠に流入する一小河川であるチーラ河について、氷河を起源とする河川の流出特性をみた。

氷河を起源とする河川で融解が河川流量の多くの部分を占めているならば、また地球温暖化がこの地域で降水量の増加をもたらさないならば、地球温暖化は短期的には流量の増加をもたらすが、長期的には水資源の減少を生じることになる。タリム盆地のいくつかの河川流量の経年変化を調べた結果では、氷河を主な水源とする河川では流量が増加、降雨を主な水源とする河川では流量が減少、という傾向が認められている(Tang, 1992)。これと同時に、この地域では1940年頃から気温が上昇していること(Ling, 1990)、テンシャン山脈にある氷河が1980年代に著しく縮小したこと等(Shi and Ren, 1990)が報告されており、このような地域での氷河を含む水文気象の観測は、この地域の水資源の面みならず気候変化の監視の面からも重要となってくるのではない

かと思われる。

謝辞：本文をまとめるにあたり、視点と発表の機会を与えて下さった本誌編集委員村上雅博博士に感謝致します。なお、チーラ河の流出特性等は、科学技術振興調整費「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」の成果の一部であることを記しておきます。

参考文献

- Gao Qianzhao et al., (1992): Water resources in the arid zone of Northwest China, *J. Desert Research*, 12, No.4, pp. 1-12 (中国語).
- 李寶興・趙運昌 (1965): 塔里木盆地の地下水及其形成条件. 治砂研究 No. 6.
- Ling Yuquan (1990): The climatic characteristics and its changing tendency in the Taklimakan Desert, *J. Desert Research*, 10, No. 2, pp. 9-19 (中国語).
- Shi Yafeng and Ren Jiawen, (1990): Glacier recession and lake shrinkage indicating a climatic warming and drying trend in Central Asia, *Annals of Glaciology*, 14, pp. 261-265
- Tang Qicheng, 1992: Recent tendency analysis of river discharge in Tarim Basin, *J. Desert Research*, 12, No. 2, pp. 15-20 (中国語).
- The 21 (1993): 8兆トン タクラマカン砂漠の埋蔵水, 8月号, p. 9.
- Yonetani, T., T. Kimura and Wang Lian Way (1993): Run-off characteristics in the Cele River basin, *Japan-China international symposium on the study of the mechanism of desertification*, pp. 8-2

中国タクラマカン盆地よりチーラ河原流域の山岳氷河を望む

(王良璋・中国科学院, 1993年9月撮影)