

## 76. 中国の寒冷地水文地質(2)

### (3) 天山山脈と河川群

天山山脈は図7に示したように、東西に延びる複数の山列からなり、西はパミール高原に繋がる。最高峰は1943年に、その南約20kmにあるポペーダ峰(7,439m)が発見されるまではカザフスタン、キルギス、中国の3国国境に跨る汗勝格里(ハンテングリ)峰(6,995m)が天山山脈の最高峰とされていた。

この図に見るように、標高数千メートルの山稜に発する河谷群が南北に分かれて流れ、いずれも1/20~1/30といった急流河川となり、その多くは尻無川となって砂漠に消える。

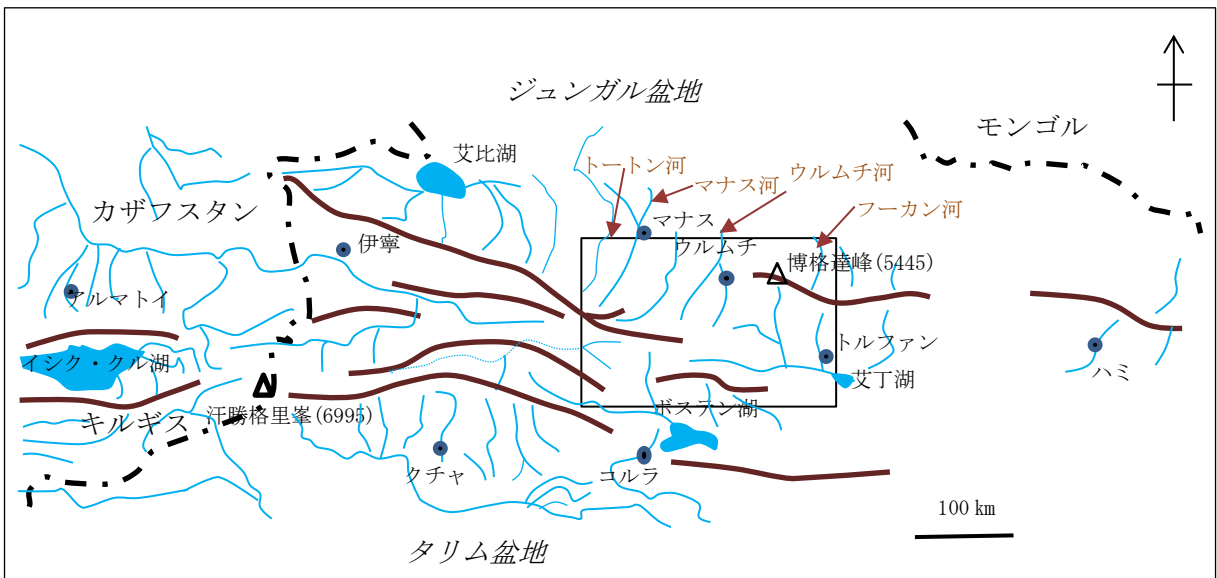


図7 天山山脈の稜線と谷系  
(□の範囲は図8に対応、矢印はこれまでに踏査した河川)

筆者は中国科学院新疆地理研究所の協力を頂いて、それらの水系のうち、准噶尔(ジュンガル)盆地側の奎屯(トートン)河、馬納斯(マナス)河、烏魯木齊(ウルムチ)河、阜康(フーカン)河を踏査したのち、阜康河に複数の観測点を設け、現地研究員<sup>脚注)</sup>の協力を得て、主として高山寒冷地区から砂漠にいたる間の水文地質環境を中心に精査、観測を実施した。

まず図8の上記河川群を含む周辺地域の氷河、永久凍土地帯、沖・洪積層、高度分布、構造線等からも判読できるように、現在も隆起を続ける天山山脈は、逆に沈降の場にあるタリム盆地や、ジュンガル盆地に大量の堆積物を供給し、山麓に広大な扇状地群を形成し、そこに自噴性の地下水を胚胎している点を重視したい(写真8)。天山南路にあった古代の伊呉国(哈密)、高昌国(吐魯番)、屈支国(庫車)車師国(吐魯番)などの西域諸国の繁栄を支えたもとはこのような豊かなオアシス環境にあったと言っても過言ではない。

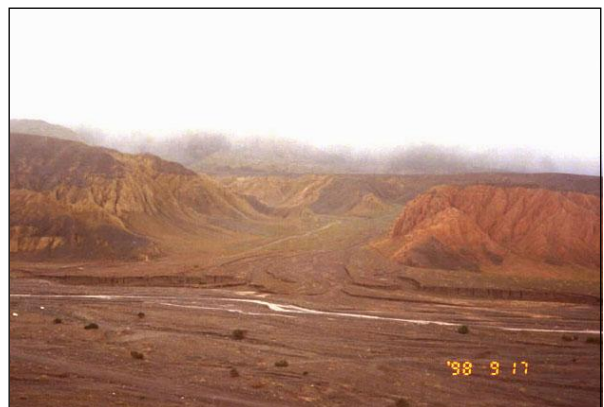


写真8 天山山脈に発する河川の扇頂部

脚注：当時の新疆地理研究所研究員の李新氏。氏はわが国、理化学研究所の三上正男氏等によるダストストームなどに関する気象観測や筑波大学名誉教授の吉野正敏氏の新疆ウイグル地域における環境変動に関する研究への協力をされている。そのうち千葉大学に在籍後学位を取得し現在は中国徐州大学教授。

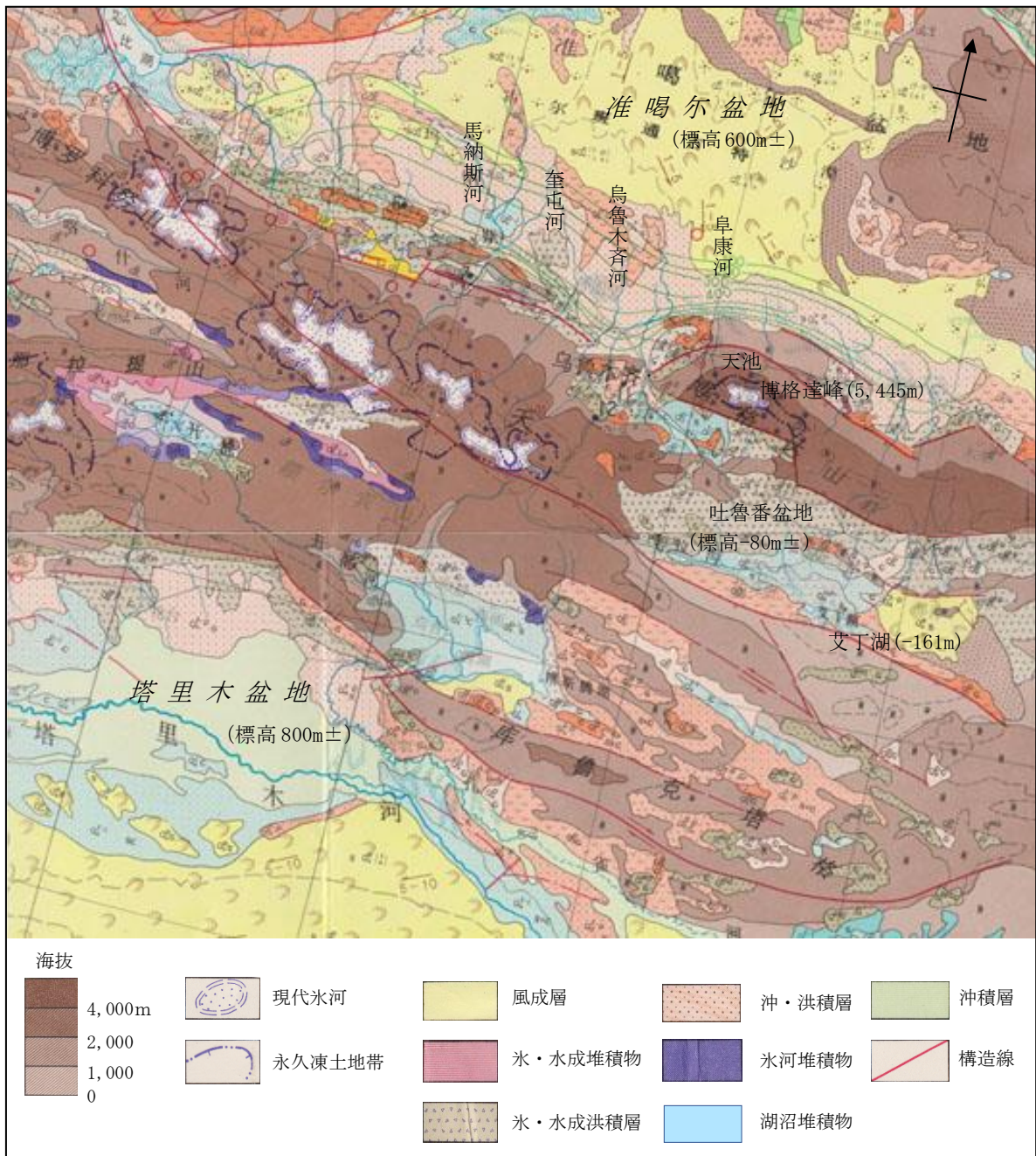


図8 天山山脈を中心とした環境地質  
 (出典：中国地質科学院(1990)第四紀地質図, 中国地圖出版社)

#### (4) 奎屯 (トートン) 河

話しは余談から入る。筆者がこの河との関わりを持つに至ったのは千葉大学に在籍中、ある日突然、中国科学院新疆地理研究所の陳 亜宇という方の訪問を受けたのが切っ掛けである。この方はこの河以外の天山山脈系の河川についても、環境地質関連の研究を進めて



こられた人で、それらの河川の特徴や治水・利水の現状を語り、熱心に筆者の来訪を勧めてくれた。もう30年以上も前のことである。

新疆ウイグル地域の河川は、海洋から遠く離れた他の大陸内部の河川流域と同様に乾燥・少雨という宿命を負っている。それにもかかわらず、この奎屯河の中流部に建設された水庫が建設後10年たらずで写真9のように、その容積の60%以上が土砂によって埋められたというのは、山体侵食が激しく、これを抑える植生を欠き(写真10)、土砂の流亡が大きいため、その要因として後背稜線部に雪氷を抱えていて、これが夏季に溶けて岩屑流のトリガーとなるのが大きく関係しているものと考えられる。

因みに流域末端部のハイドログラフ(図9)によれば、流出量に占める雨水と融雪水が大きな割合を占めているのに対して、氷河水と地下水の割合が小さい。なお氷河水についていえば年間の河川総流出量に占める割合は6.0%である。

この流域の稜線部の標高は3,600m前後で植生被覆率は5%程度と低く、その下方の“高山草甸土(Alpine meadow soil)”の被覆度は45~80%であるが、その厚さは20cm以内に留まり(写真11)、保水能が小さく、これがハイドログラフに反映しているものと考えられる。

この流域以外にも当てはまるが、山岳地区の前面には段丘が形成されていることが多く、浸食によって下流域への土砂供給の元になっているところが多い。図8の水成洪積層地帯がこれに該当する(写真12)。



写真9 土砂で埋った水庫

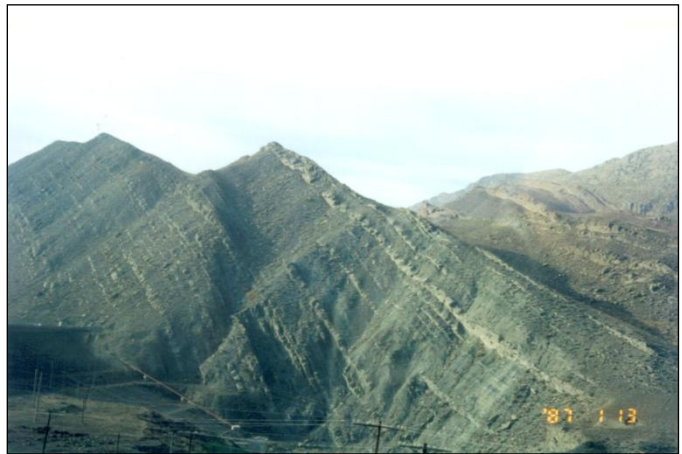


写真10 奎屯河上流の基岩むき出しの景観

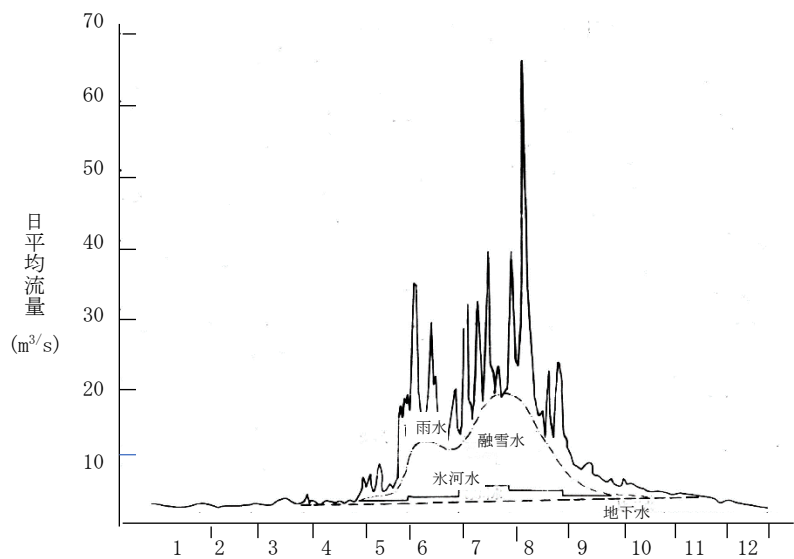


図9 奎屯河下流の流出成分

(出典: 陳 亜宇他(1995), 山地浸食与減砂治理研究 新疆人民出版社)



写真 11 奎屯河源流地帯の高山草甸土  
(標高 3,600m 以上、層厚 10~15cm で基盤岩層を広く覆う)



写真 12 奎屯河中下流域の浸食段丘  
(下流域への土砂の供給源になっている)

#### (5) 烏魯木齊 (ウルムチ) 河

烏魯木齊河の上流域には次ページの図 10 に示したように多数の水文・気象観測点があり、またその末端部には立派な氷河研究所も存在する。さらに“天山烏魯木齊河 1 号氷河”と呼ばれる氷河まで直接車でアクセスできる道路も建設されている。この河では前後 2 回にわたって踏査を実施したが、筆者がおもに注目したのは、これまでも触れてきた氷河地域の水循環における高山湿草地土、中国語では高山草甸土 (alpine meadow soil) の水文地質学的評価である。

この流域の山稜部の標高は 4,000~4,400m で、3,600m 以上に 7 条の氷河の発達を見るが、上述の第 1 号氷河が最も規模が大きい (写真 13) 河。



写真 14 氷河末端部の亀裂からの湧水



写真 13 天山烏魯木齊河 1 号氷河

氷河の下は岩屑が堆積し、融氷期にはここに水流が発生することが推定される。また同じような現象は写真 14 のように氷河末端部の氷壁からの水流でみることができる。なおこの写真は夏季 (7 月) に撮ったものである。

ここでは氷河の下は岩盤、あるいは岩屑が堆積しているが、海拔 3,000~3,600m 位にな



ると岩屑の上位に高山草甸土の分布を見るようになり(写真15)、以下海拔2,800~3,000mで亜高山草甸土、1,700~2,800mで灰褐色森林土が発達し、森林に覆われるようになる(写真16)。

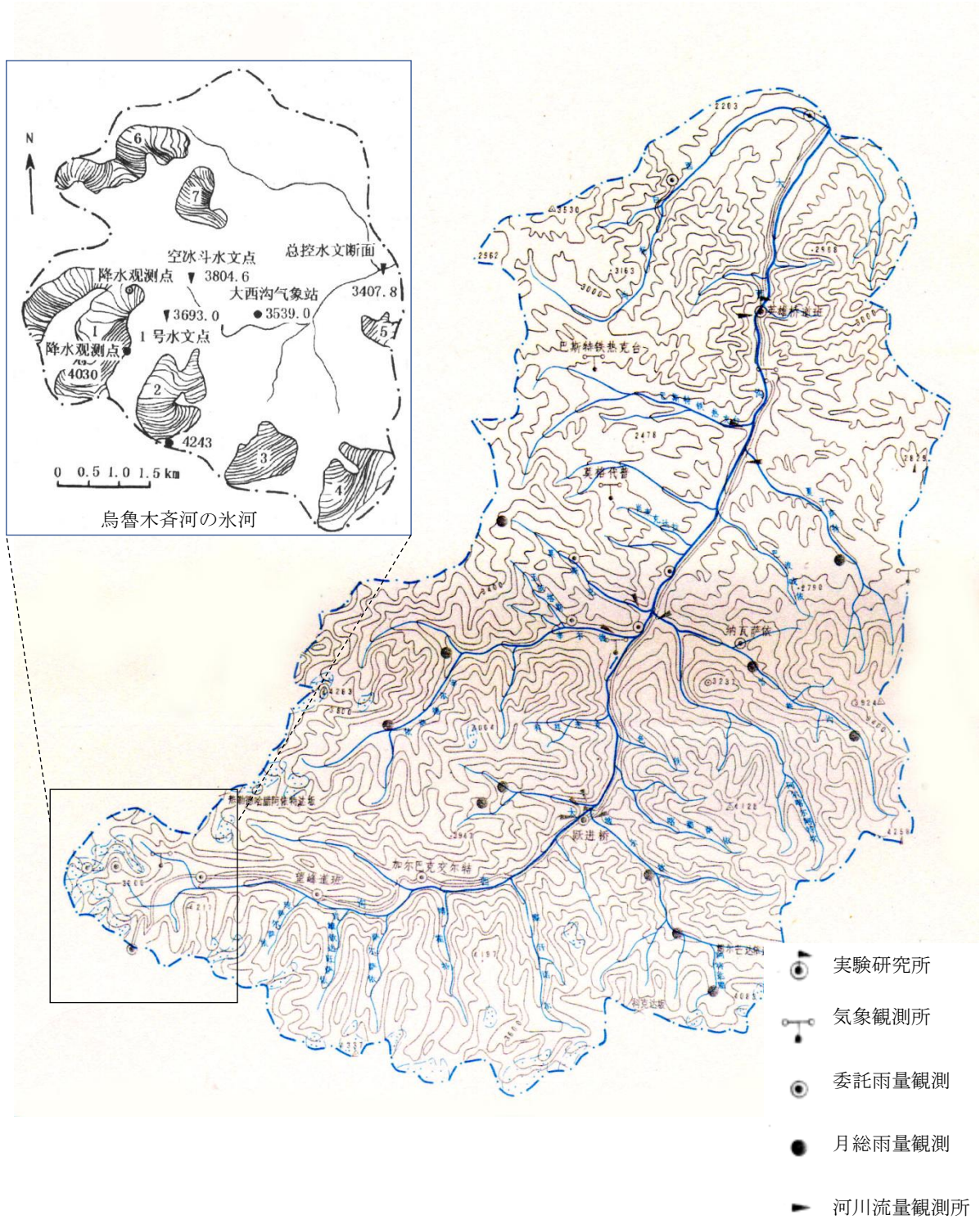


図10 烏魯木齊河源流域の氷河と関連観測拠点



写真 15 溪谷の高山草甸土

森林に覆われた山岳地帯を抜けると写真 17 のように不毛の荒漠地帯に入る。この辺りは段丘が発達し、その崖では段丘を構成する漂礫をまじえる淘汰の悪い洪積世の巨礫層が観察できる。なおこの写真

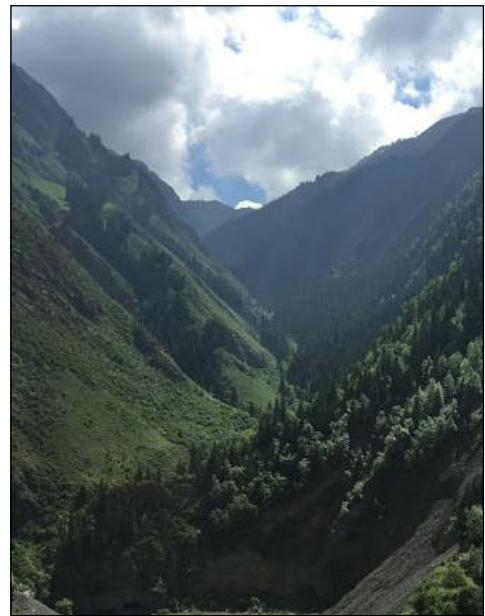


写真 16 森林帯

の前方遙か彼方には氷雪に覆われた山なみが見える。

さて、ここで改めて言うまでもないが地圏最上部に位置する土壤は水文循環の場において極めて重要な役割を演じていることはよく知られているが、このことを強烈に認識させられたのは、筆者の中国新疆ウイグルの山岳地域での調査であった。このことに関してはこのシリーズのコラム 21 『アルタイ山地のタイガ』でも触れているところである。



写真 17 烏魯木齊河末端の氷・水成洪積層

さて烏魯木齊河の標高毎の土壤に関しては表 1 のように区分されている。ここで注目されるのは、流域中、湿草地土によって被覆されている地域が全流域の 50% を超えるという事実で、このような地域の水文循環を論ずる場合、この土壤環境における水分状態は決して無視できないことがわかる。

その視点からこの流域における土壤類型別の水分特性を示したのが次ページの表 2 である。

表 1 烏魯木齊河山区土壤分布

(出典：新疆水利庁(1990)烏魯木齊河山区自然地理調査報告書)

土壤類型	海拔高度(m)	分布面積(km <sup>2</sup> )	比率(%)
高山草甸土	3,000-3,600	201.4	18.8
亜高山草甸土	2,800-3,000	162.0	15.1
山地草甸土	2,400-2,800	183.2	17.1
山地黒鈣土	2,200-2,400	34.6	3.2
山地栗鈣土	1,800-2,200	65.1	6.1
灰褐色森林土	1,800-2,600	123.2	11.5
沼沢土		0.7	0.1
裸岩・倒石錐		261.8	24.5
氷川	>3,440	38.0	3.6

草甸土：湿草地土(Alpine meadow soil)

黒鈣土：チェルノーゼム(Chernozem)のこと。いわゆる黒土に相当

栗鈣土：チェスナッツソイル(Chestnut soil)いわゆる栗色土に相当  
ステップ地帯に生成する暗褐色の土壤



この表で注目されるのは高山草甸土、すなわち我が国でいう高山湿草地土（写真18）の透水性や保水性が意外に大きいことで、表1の面積率からみても、この土壌層位が水循環の上で重要な位置を占めていることが分かる。

さて、寒冷地の永久凍土の上位にあって、融解と氷結の季節変化を繰り返す層位を凍土活動層と称する。その深度は気候、地形、土壌の物性等によって変わり、通常は深さ1.5~2m程度であるが、時には4~6m以上に及ぶことがある。なお烏魯木齊河では活動層は1.0~1.5mである。

図11は地下水位及び地温断面の季節変化を示したものである。これによると基本的に4~5月頃、気温の上昇とともに凍土が融解して地下水が蓄積され、水位が上昇する。9~10月に融解は最大深度に及び、その間地下水は河道に流出し続ける。

表2 烏魯木齊河山区土壌水分特性  
(出典：新疆水利庁(1990)烏魯木齊河山区自然地理調査報告書)

土壌類型	高山草甸土	亜高山草甸土	山地草甸土	山地黒鈣土	山地栗鈣土	灰褐色森林土
浸透率(mm/hr)	52.1	164.0			121.8	233.7
圃場容水率(%)	44.8	58.1	41.9	40.6	29.3	32.9
飽和含水率(%)	59.0	71.5	60.4	61.1	49.2	55.9



写真18 烏魯木齊河の高山湿草地土

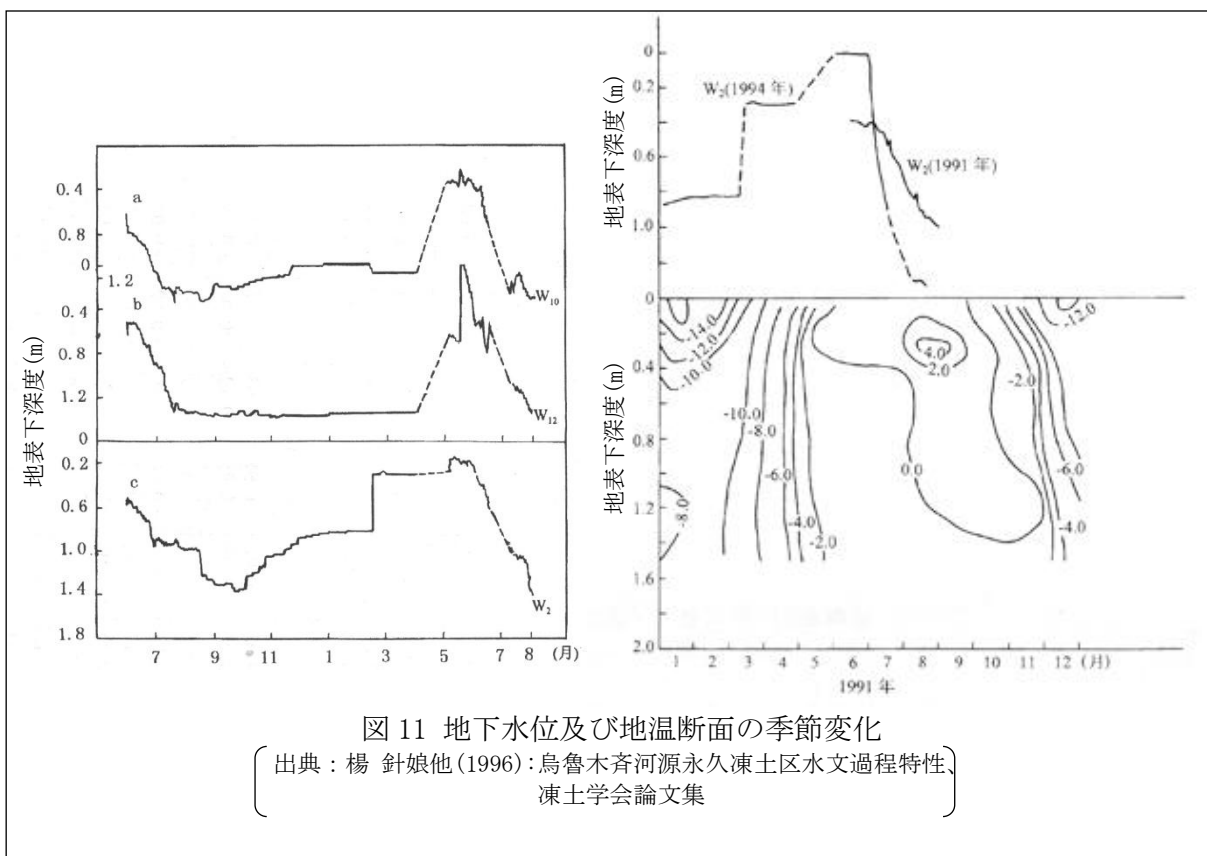


図11 地下水位及び地温断面の季節変化

(出典：楊 針娘他(1996):烏魯木齊河源永久凍土区水文過程特性、凍土学会論文集)

話は脇道に逸れるが、氷河を遠方に望む谷中に写真 19 の粗末な建屋があり、ここで一休みと立ち寄った。

実はここはミネラルウォーターの生産工場で、写真 20 のような貯水槽の水を無処理で直接ボトル詰めしていたのには驚いた。良く解釈すればそれだけ清涼な水ということであるか？

写真 19 ミネラルウォーター生産工場  
(前方に氷河を望む) →



← 写真 20 貯水槽

この項の最後に烏魯木齊河の溪口部の写真を以下に加えておく(写真 21)。前方は扇状地が広がり、農耕地が展開する。その先には人口 250 万、新疆ウイグル自治区の行政中心地のウルムチ市が存在する。これらの農業や都市機能を維持するための水源として烏魯木齊川は重要な位置にある。



写真 21 烏魯木齊河の溪口



(6) 阜康（フーカン）河

阜康河は図 12 にあるように、天山北路の東部に並ぶ吉木薩爾（ジムサル）、奇台（キダイ）などのオアシスに流れる河川に共通して、永久凍土地帯や氷河（写真 22）に水源を有する急流河川で、気候区のうちからは半湿潤～半乾燥気候区に入る。なお阜康に近い烏魯木齊観測所の年平均気温は 2.5℃、1 月平均気温は-10℃、7 月平均気温は 15℃、年平均降水量は 535.0mm である。

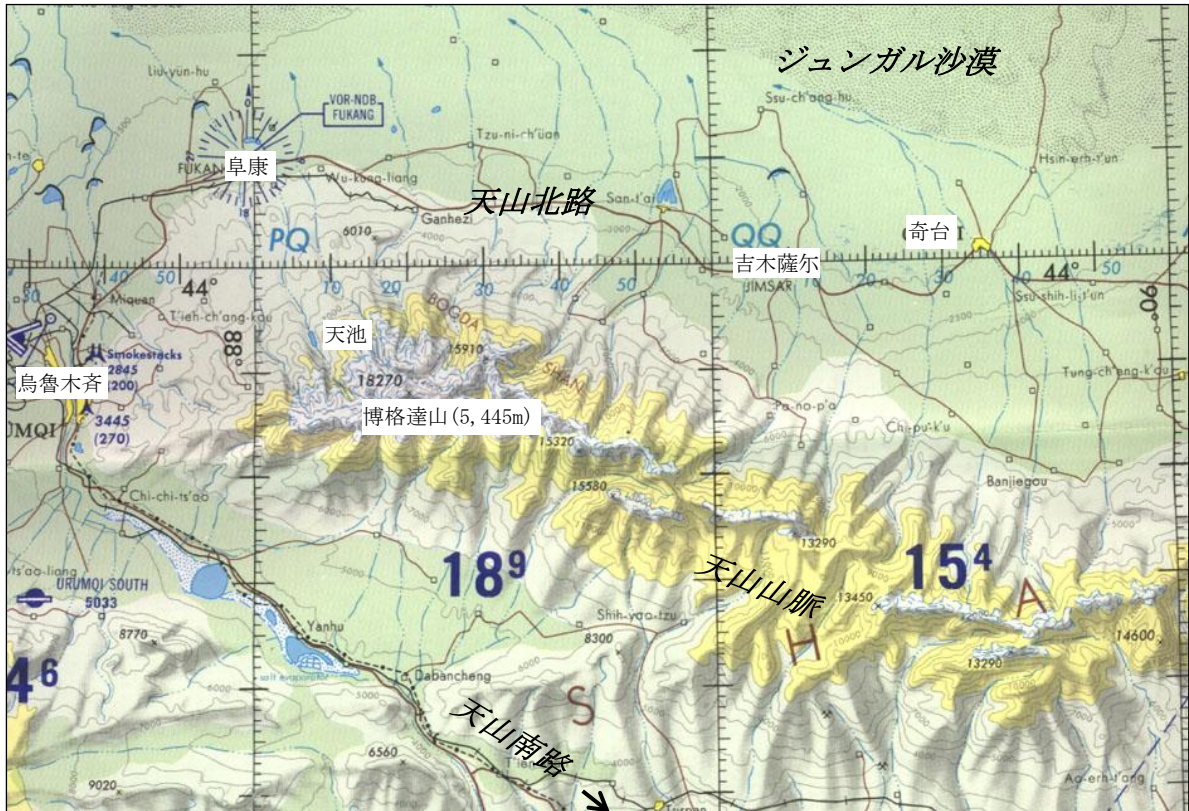


図 12 天山山脈に発する河川と天山北路のオアシス

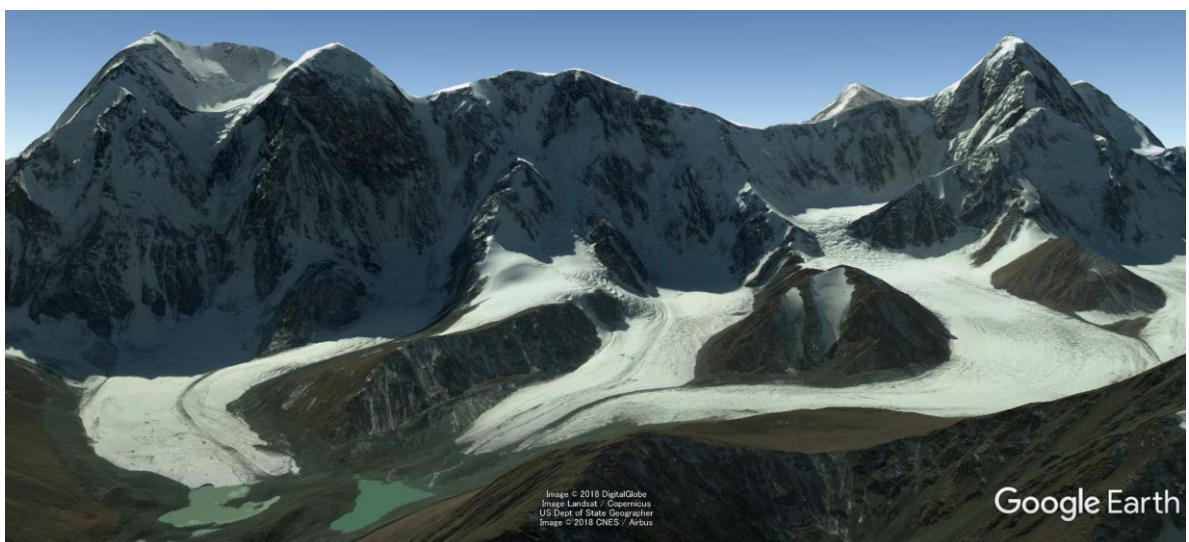


写真 22 北から眺望した博格達山の連峰 (Google Earth より作成)



圏谷から流れ出す氷河の末端には氷河湖が存在し、湖岸には高山草甸土(高山湿草地土)が堆積しているのが見える(写真 23)。そこに根を張る高山植物の開花期には観光客が列をなして訪れるという。



写真 23 氷河湖周辺の岩屑と草甸土  
(出典：中国観光ガイド)

博格達山から稜線伝いに 10 kmほど西に離れたところが阜康河の源頭部にあたり、標高は 4,000m 程である。このあたりでは小規模な氷河は見られるが、多くは高山草甸土に覆われている。下流の標高 3,000m 位になると喬木に覆われるようになり、さらに下ると標高 1,980m の天池にいたる(写真 24)。このあたりの林相はマツ科トウヒ属の雲杉を主とする。これは斜面方向によって樹勢が顕著に異なるのが特徴である(写真 30)。

天池の成因には諸説があるが、筆者は山体の大規模崩壊に起因する堰止湖であろうと考えている。

この堰止湖を支えている天然堰堤の高さは 300m を優に超えている。その斜面を七曲りに降って谷底に至る間に林相は広葉灌木林地帯にかわる。これを経てイネ科草本に覆われた低山から扇状地～段丘地帯に入り、さらに灌漑農業地帯～荒漠化草原地帯→砂漠地帯と移動するにしたがい、景観も劇的に変化する(写真 25-30)。



写真 24 厳寒の天池にて、前方左遙か博格達山系  
(足元の角礫は崩壊堆積物)



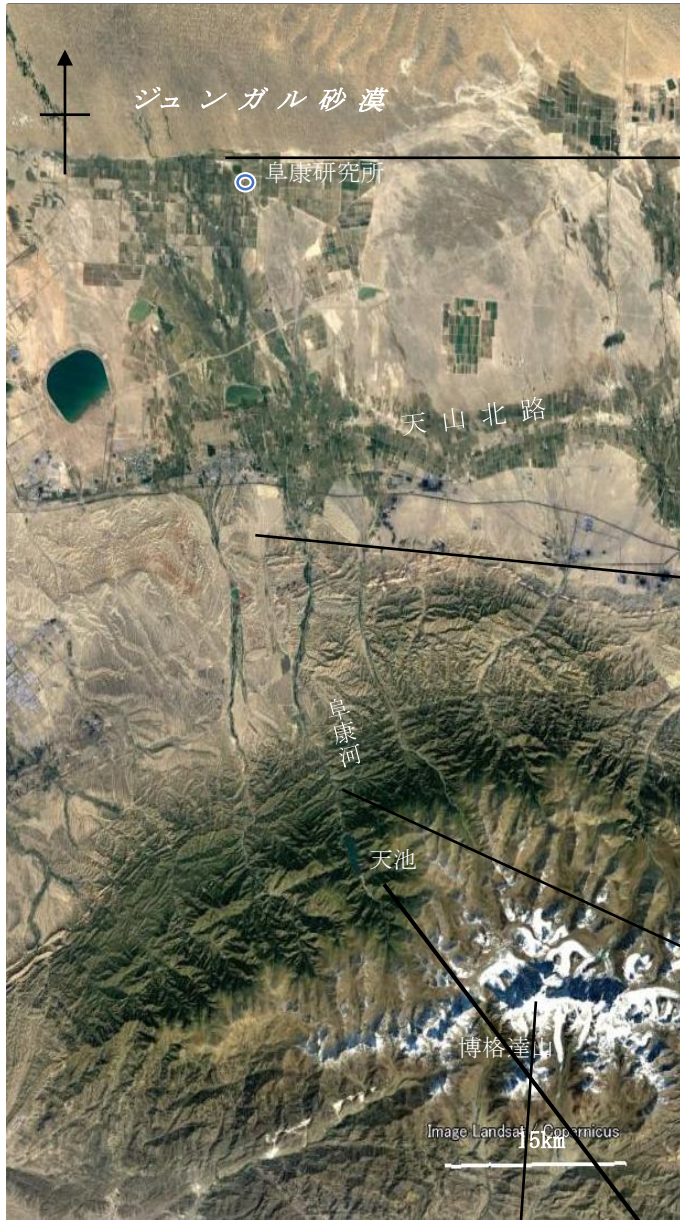
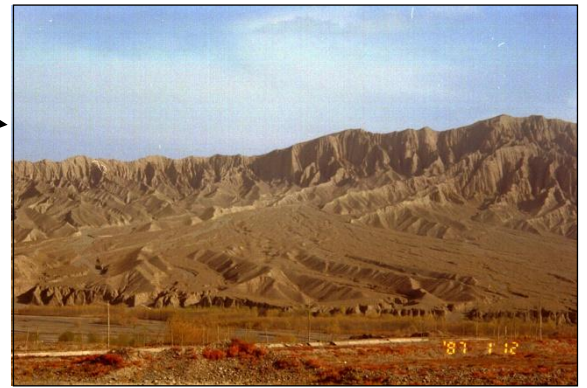
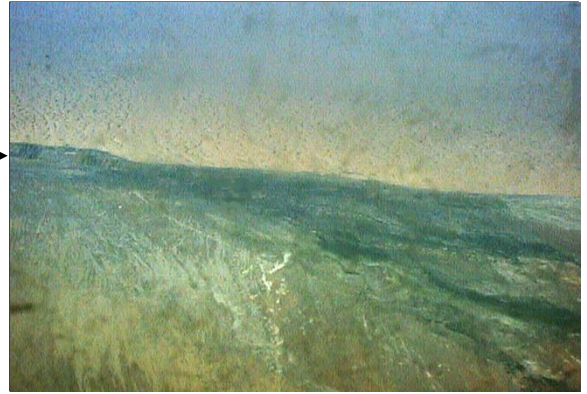


写真 25 阜康河の衛星画像





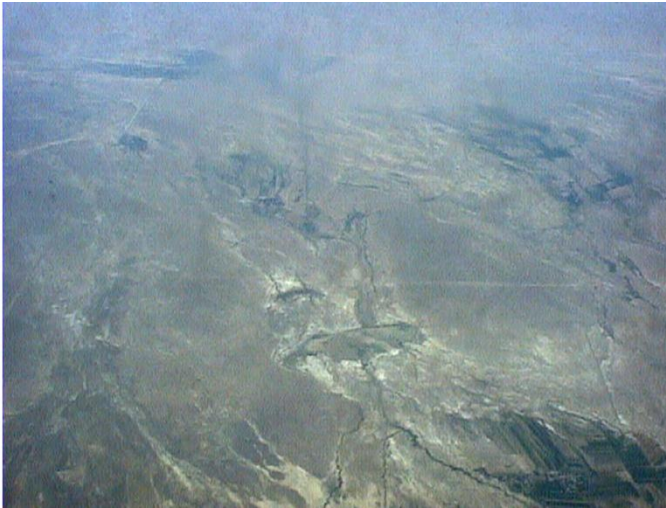


写真 31 堆砂と塩分集積が著しい阜康河の水庫

阜康河は以上のように 5,000m を超える高山から標高 500m 以下の准噶尔 (ジュンガル) 盆地まで一気に流れ下る急流河川で、他の天山山脈から流れる河川に共通した特徴を有している。砂漠に面した平地には巨大な水庫が存在し、河水はその全量がこれらに溜められ、灌漑地に導水されている。その水庫も上流から運ばれる土砂によって埋め立てられ、その水庫からは勿論のこと、灌漑地からの蒸発は塩分の集積をもたらし、ついには荒漠化が進んで、放棄された土地が広がるといった状態である (写真 31)。このように荒漠化した土

地を再生するには大量の淡水を地中に浸透させ、塩分の“洗い出し”をおこない、灌漑方法も畝間灌漑から点滴灌漑にかえるなどの対策が必要である。いずれにしても基本的な課題は阜康河の水文地質環境の把握とそれに基づいた利水法の改善である。筆者等の研究は殆ど自前による研究だったので、先方機関の便宜供与 (写真 32) とその研究者達の協力は大変助かった (写真 33)。なお荒漠化現象に関しては、当時すでに我が国、草炭緑化研究会の故川上徹氏がこの地にある研究所を拠点として地道な研究をなされていて、色々と助言を頂くことができた。



写真 32 中国科学院阜康荒漠生態研究所



写真 33 同左圃場 観測状況

(左 研究所所長、中 唐 常源氏、右 李 新氏)

氷河からはじまって砂漠に至る流域の水循環とそれに関わる地形・土壌・地質の一体的な機構解明という課題はそれ自体極めて興味あるものといえるが、これは適正な土地と水の管理によって荒漠化の防止・改善といった現実的な課題にもつながり、極めて意義あるものとしてこの阜康河を代表例として、その上流から下流にかけて複数の観測点を設け、水文観測を進めた。幸い天池には気象観測所が設置されているので、土壌のサンプリングに加えて地温や土壌水分の観測に便宜を頂いた。その一部を紹介して本稿を閉じる。



写真 34、35 は天池の湖岸にある気象観測所で、その記録の閲覧に加えて、圃場での土壌水分と地温計を設置させていただいた。土壌は典型的な高山草甸土で、層厚は 120cm であった。

図 13 はその土壌中における水分変化である。この図が示す顕著な特徴は下部の層位の土湿状態が常に上部のそれに比べて乾燥傾向にあることで、このゾーンでは地中水が常に下向きの流れの場にあることを示している。基盤岩の縦方向の亀裂が発達している場合（多くの場合このケースが当てはまる）はこの現象が更に誇張される。



写真 34 天池観測所  
(背後の露岩を覆う草甸土に注目)

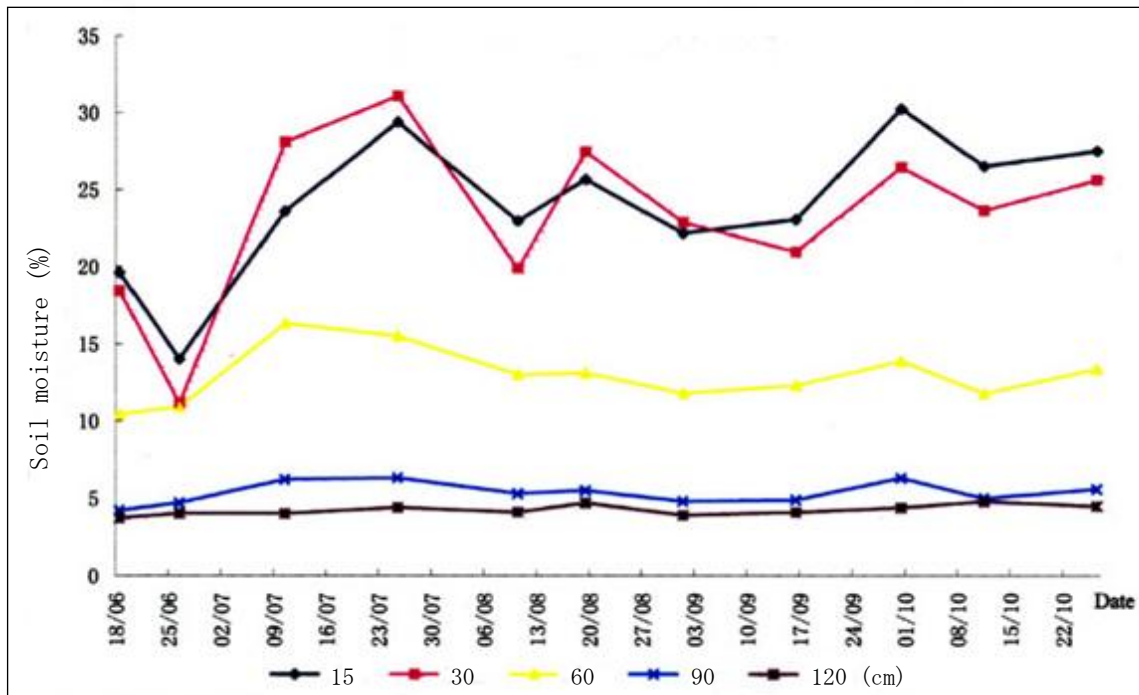


図 13 天池湖岸の高山草甸土における土壌水分変化(1998)  
(観測点は写真 35 の圃場、写真 36 参照のこと)

最後に阜康河に関して水文地質の立場から総括しておく。

- ① 阜康河流域の地下水は平原区と山岳区に大別され、各々は南から北に向う方向に分帯して取り扱い、各々の水文地質学的機能を考究する必要がある。すなわち山岳区における地下水は氷河と密接に関係しており、平原区はその受け皿の役割を演じているが、各々は水文地質環境からさらに細分される。モデル化などによって“十把一絡げ”で済むような簡単なものではない。
- ② 通年氷雪が覆う海拔 3,000m 以上の高山区は基盤岩の列隙が発達している部分から、氷雪の融水が直接基盤に浸透して地下水を涵養している。その際、草甸土は絨毯のように基盤を覆い、深部への浸透効果を高めている。
- ③ 海拔 1,800~3,000m の中山帯は比較的降水量が多く (図 14)、加えて高山の融氷水がこれに加わって地下水は豊富である。それは湧水として河川に流出する。
- ④ 海拔 800m~1,800m の低山~丘陵地帯は乾燥気候下にある。河川水は滲漏して地下水を涵養している。山間盆地及び河床の地質は砂礫質で貯水性が大きく、良好な帯水層を形成していて、河水からの涵養にとっては好条件となっている。地下水層の深度は大略 50m 程度である。
- ⑤ 海拔 600~800m の細粒土からなる平原区は、洪積扇状地から砂漠縁辺部に至る。地下水は比較的豊富で被圧性を有し、自噴するところがある。



写真 35 高山草甸土上での土壌調査

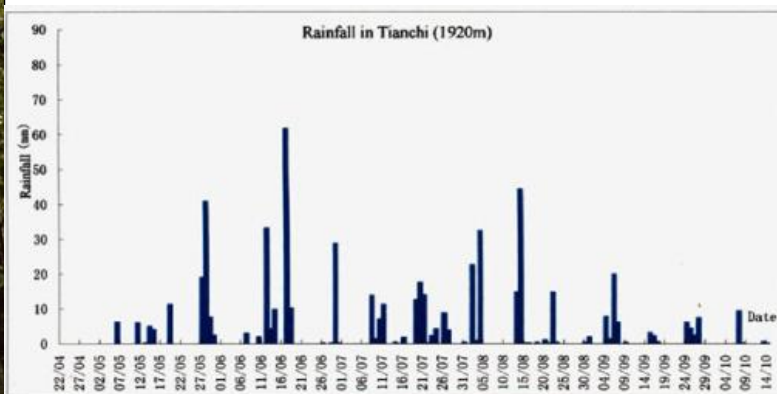


図 14 天池上流における降水量記録 (標高 1,920m)

(以下次号に続く)