

## ウズベキスタン南東部の生活用水

### Water for Living in South-eastern Uzbekistan

富田寿代\*、水谷令子\*\*

Hisayo TOMITA, Reiko MIZUTANI

#### Abstract

Usage and quality of water for living were investigated in Tashkent and 3 south-eastern cities in Uzbekistan and 2 north-western cities in Tajikistan, a neighboring country of Uzbekistan. Waterworks were created in urban areas of the region and piped water had high concentration of  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}$ . This indicates that raw water (surface water or groundwater) had been supplied without purification. Groundwater of flatlands in Shahrissabz and Termiz, Uzbekistan showed total hardness of 300-650mg/L and contained many ions when compared with mountain spring water of Ainy, Tajikistan.  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{NH}_4^+$  detected in a majority of samples might suggest water resource contamination with fertilizer and excreta.

Keywords: water quality, water for living, Uzbekistan, Tajikistan

#### 1. はじめに

現中央アジアはユーラシア大陸の中央部に位置し、西にはカスピ海、東は天山山脈とパミール高原に挟まれた地域を指す。概ね大陸性の乾燥気候で、降水量が少なく、ほとんどが沙漠とステップである。中央アジア諸国（カザフスタン、キルギス、ウズベキスタン、タジキスタン、トルクメニスタン）は、1991年に旧ソビエト連邦から相次いで独立したが、現在の経済は危機的状态にあり、加えて、1960年代から続く環境破壊は規模の大きさと対応の難しさの点で地球規模の問題となっている。どの国も環境より経済優先の姿勢は否めず、事態は一層深刻になり、解決の目処がつかない<sup>1)</sup>。

中央アジアは乾燥地域とはいえ、東部にそびえる山岳地帯には融雪水を源とする河川や地下水が豊富であり、それらが集まって大河となり、沙漠地帯を流れて西方に大きい内陸

\*本学教授、生活環境（Living Environment）

\*\*本学名誉教授、生活文化（Living Culture）

湖を形成する。これが、かつて世界で4番目の面積を誇ったアラル海であり、そこに注ぐ2つの大河はアムダリヤとシルダリヤである。両河川とも旧ソ連邦の自然大改造計画により多くの運河（主に灌漑水路）に大半の水量を取られ、アラル海は縮小し、大アラル（南側）は消滅の危機に瀕している。

ウズベキスタンの国土は東西に細長い。国土の85%が沙漠で、山岳地帯は南部および南東部にわずかに存在する。アムダリヤ、シルダリヤおよびその支流を利用して運河網が発達し、フェルガナ盆地はほとんど全域に灌漑が行き渡っているが、灌漑水は無償で無制限に配水されており、水不足は深刻になりつつある。他の中央アジア諸国全てと国境を接しており、また、帝政ロシア時代に植民地管理機関が置かれていたことや旧ソ連邦時代には中央アジア経済地域における物流の中心地として栄えたことなどから、国際市場の経済的連携を強化し中央アジア経済の中心国になろうという志向を鮮明に打ち出している<sup>2)</sup>。しかし、ソ連邦解体後の他の共和国と同様に資金不足による既存インフラの老朽化問題を抱え、さらに、鉄道や道路路線が複雑に入り組んだ国境線を跨ぐという非効率な配置による弊害に悩んでいる。国際市場との輸送は、黒海まで3,000km、モスクワまで3,500km、中国の主要港湾まで5,000kmという長距離のため、コストは著しく高額となり、この国の経済は輸送に大きく依存している。運輸インフラは、ネットワークとしてはほぼ十分に整備されているが、質は低い。これは、現システムがソビエト中央統制経済の観点で造られているため市場経済や急激な需要増大に対応できないこと、人的資源および資金不足から維持管理が十分におこなわれていないことによる。道路ネットワークは国土の大部分をカバーしており、特に南部と東部のシルクロード時代から存在する重要都市を結ぶ幹線道路はよく発達しているが、北部や西部の沙漠地帯は未整備である<sup>3)</sup>。

ウズベキスタンの東隣にあるタジキスタンは中央アジアの東南に位置し、国土は天山山脈とパミール高原からなる山岳地帯が90%以上を占める。多様な生物種が存在する豊かな自然に恵まれ、石炭、石油、希少金属などの天然資源も豊富である。また、中央アジアの水力発電の源である無数の河川や湖を有し、国内で消費される電力の大半を賄うことができるが、その一方で、洪水、泥流などの自然災害を引き起こす原因にもなっている。発電量の98%以上が水力発電によるもので、近隣諸国との電力売買では、5～10月は輸出超過、11～4月は輸入超過となっていて、冬期において農村地域は時間給電を強いられている<sup>4)</sup>。国土の半分以上が標高3,000m以上の高地であって耕作可能地は僅か7%以下というこの国でも、旧ソ連邦時代の大規模灌漑による土壌の塩類集積、殺虫剤や化学肥料使用による土壌と浅層地下水の汚染などが問題になっている。加えて、傾斜地での耕作や過放牧等による浸食、山間部における土石流や地滑り等も発生している<sup>5)</sup>。

タジキスタンは独立後の5年間に旧共産勢力とイスラム系野党との内戦が続いたことに加え、頻発する自然災害によって、経済は長期にわたって停滞した。国際社会の支援を得

つつ市場経済と民主主義に基づいた国づくりをおこなっている最中であるが、国民の生活水準は著しく低下しており、失業率も高く、厳しい状態が続いている。総人口の 80% 以上を占める貧困層の大半が地方の農業従事者であり（2007 年）、農民に対する貧困対策は重要課題の一つとなっている<sup>6)</sup>。

中央アジアの水道システムは他のインフラ施設と同様に老朽化が著しく、配水パイプや蛇口からの漏水や水源汚染などの問題を抱えている。ウズベキスタンの主要水源はアムダリヤ、シルダリヤ、ザラフシャン、カシュカダリヤ、スルハンダリヤなどであるが、各河川とも下流では塩分濃度が高く、有機物やフェノールの汚染が報告されている。上水道設備の普及率は都市部で 97%、地方は 68.3%（2002 年）となっているが、給水量は不足がちで時間給水がおこなわれている都市もある。水源は表流水と地下水を併用しているところが多いが、全体給水量の 30% 近くは付近に有効な水源がないため隣接地域から導水しているという。下水道設備の普及率は都市部で 73%、地方は 48% であり、全国値（57%）は発展途上国平均（49%）を上回っている（2002 年）。しかし、上下水道とも旧ソ連時代に整備されたもので、資金・機材・技術の不足により更新が滞り、大半の下水処理場が独立以後は機能していないとされる<sup>3)</sup>。

一方、タジキスタンではソ連邦時代から地下水を水源としてパイプで広域的に給水するシステムを多く建設しており、1992 年での普及率は都市部で 95%、地方で 51% であった。この数値は内戦後にやや下がったものの、WHO および UNICEF の調査（2005 年）によると都市で 93%、地方で 61% の人口が改善された水源（上水道、公共水道、井戸のいずれか）を利用している。しかし、水因性感染症が国民の疾病要因の上位を占めていることから、水供給施設は安全な飲料水を供給するものとして十分とはいえない。水供給システムの 7 割は劣化し、機能停止または機能不全の状態であり、首都ドゥシャンベにおいても、適切な浄水処理がなされないまま河川水を直接給水しているという報告もある<sup>7)</sup>。

本研究は、乾燥地域における水環境の現状を把握するとともに持続可能な水資源保護を検討することを目的として、各地の生活用水調査をおこなっている<sup>8-13)</sup>。今回は、図 1 に示したウズベキスタンのタシケントおよび南東部の 3 都市と隣接するタジキスタン北西部の 2 都市の生活用水を調査したので、その結果を報告する。



図1 調査地概図  
(試料採取地を●で示す)

## 2. 試料採取および実験方法

タシケントーホジャンドーペンジケントーサマルカンドーシャフリザブスーテルメズの各地で生活に利用している湧水や水道水を採取し、以下の項目について調べた。

＜アルカリ度、酸度、硬度＞ いずれも上水道試験方法<sup>14)</sup>に従って比色滴定で求めた。総アルカリ度とは水中に含まれる炭酸水素塩、炭酸塩、水酸化物などのアルカリ分をこれに対応する炭酸カルシウム量 (mg/L) で示したものである。また、総酸度は水中の炭酸、鉍酸などを中和するのに必要なアルカリの量をこれに対応する炭酸カルシウム量 (mg/L) で示したものである。総アルカリ度は MR 混合指示薬 (メチルレッド・ブロムクレゾールグリーン)、総酸度はフェノールフタレイン指示薬を用いた。総硬度は、水中のカルシウムおよびマグネシウムイオンの量をこれに対応する炭酸カルシウムの量 (mg/L) に換算したものであり、EDTA (エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム) 法により求めた。

＜その他の測定＞ pH、電気伝導度(EC)、全溶存固形物量(TDS)、酸化還元電位(ORP)、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)、硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、カルシウムイオン (Ca<sup>+2</sup>) は、マルチ水質モニタリングシステムU- 23 (堀場製作所) で、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)とカリウムイオン (K<sup>+</sup>) はイオンメータ(堀場製作所)で測定した。検水中の硫酸イオン (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) は可視紫外分光光度計 (UV1200 島津製作所) を用いて硫酸バリウム比濁法 [5.0～300mg/L] で、また、デジタル水質分析計 (DPM-MT 共和理化学研究所) により、亜硝酸イオン (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) はナフチルエチレンジアミン法 [0.020～1.000mg/L]、アンモニウムイオン (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) はインドフェノール青法 [0.20～5.00mg/L]、リン酸イオン (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) はモリブデン青法[0.10～5.00mg/L]、溶存鉄(Fe<sup>+2</sup>、Fe<sup>+3</sup>) は o - フェナントロリン法 [0.05～5.00mg/L]、有機物濃度に相当する化学的酸素要求量 (COD) はアルカリ性過マンガン酸カリウム法[2.0～10.0mg/L]で、それぞれ吸光度法により定量化した。[] 内は測定範囲であり、これを超える場合は試料を希釈して測定した。全ての測定は 24±1 °C でおこなった。

## 3. 結果及び考察

採取試料の詳細を表1に示す。

表1 採取試料の詳細 (調査期間8. 18～8. 25/2009)

Samp. No.	採取日	採取地	資料の種類	特記事項
1	8. 18	Tashkent	水道水	Markaziy Hotel
2	8. 19	Khojand	水道水 (洗いの水)	レストラン (ヌル)
3	8. 19	Khojand	手洗い用の水	Panchanbe bazar前のモスク
4	8. 19	Khojand	水道水	Hotel Sogd
5	8. 20	Ayni	湧水	クシェカット手前の茶屋
6	8. 20	Ayni	湧水	トグマクの休憩所
7	8. 20	Panjikent	水道水	レストラン (カモリジャンネ)
8	8. 20	Panjikent	水道水	Hotel Panjikent
9	8. 21	Samarkand	水道水	レストラン (ミリス)
10	8. 21	Samarkand	水道水	Afrasiab Museum
11	8. 21	Samarkand	水道水	Afrasiab Palace Hotel
12	8. 22	Samarkand	水道水	メロス水車小屋の調理用
13	8. 22	Samarkand	水道水	民宿レストラン
14	8. 22	Samarkand	水道水	ターニヤ宅
15	8. 23	Qurilish	共同井戸	Mirzatop 民家料理用
16	8. 23	Shahrisabz	井戸水	Orient Star Hotel
17	8. 23	Shahrisabz	井戸水	Dorussaodat 民家
18	8. 23	Termiz	水道水	Meridian Hotel
19	8. 24	Termiz	井戸水	レストラン (マリア)
20	8. 24	Termiz	水道水	Bazar
21	8. 24	Tashkent	水道水	マハラ近くのチャイハナ

都市部ではパイプで給水された水（水道水）を使っており、農業集落では井戸水を使っていた。

調査地の河川を図2に示す。図中の数字は表1の試料番号である。この地域は天山山脈やパミール高原から流れる大小の河川が多いが、アムダリヤ、シルダリヤおよびいずれかの支流以外は、その大半が融雪期にのみ水がある小さな流れであり、平地に至る川もやがて沙漠に消えてしまう。シルダリヤは、天山山脈に端を発し、フェルガナ盆地のホジャントを通り、タシケントの北方からカザフスタンに入ってアラル海に達する。一方、ヒンドゥクシュ山脈を源とするアムダリヤは、タジキスタンとアフガニスタンの国境を、さらにトルクメニスタンとウズベキスタンの国境を



図2 調査地の河川  
(図中の数字は表1の試料番号を示す)

流れてアラル海に注ぐ。現在、両河川はやせ細り、その下流は幾重にも枝分かれして、小河川のようになっている。ペンジセント（タジキスタン）、サマルカンド、ブハラ（ともにウズベキスタン）などのオアシス都市を育んだザラフシャン川はパミールを源流とするアムダリヤの支流であったが、現在はブハラを過ぎた辺りで沙漠に消えている。カシュカダリヤはシャフリザブスからカルシ（ウズベキスタン）を通り沙漠に消える河川である。

全ての試料中の2価および3価の鉄イオンは測定範囲(0.05mg/L)以下であった。また、CODの値は2mg/L以下で、有機物はほとんど含有していない。シルダリヤおよびアムダリヤ流域の試料の理化学的測定結果を表2に示す。

表2 シルダリヤおよびアムダリヤ流域の理化学的測定結果

Samp. No.	pH	EC ms/m	TDS g/L	ORP mV	Cl <sup>-</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/L	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	K <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>+2</sup> mg/L	Total Hardness mg/L	Total Alkalinity mg/L	Total Acidity mg/L
1	7.30	16.6	0.11	347	1.63	2	48.8	-	0.80	0.98	15.4	1	43.4	67	85	35
21	7.52	27.6	0.18	247	6.40	8	43.6	-	-	-	40.9	1	31.9	90	50	30
2	6.92	148	0.90	332	148.0	110	77.1	-	1.14	0.42	280.5	4	155.0	850	215	105
3	7.10	141	0.90	323	83.1	79	86.0	-	0.82	0.81	278.1	5	165.0	630	290	105
4	7.17	144	0.90	313	83.6	71	88.9	0.06	-	-	245.4	3	166.0	570	200	105
18	7.32	89.4	0.57	266	27.6	46	48.2	-	0.24	-	305.9	2	68.5	300	115	40
19	7.28	152	1.00	267	59.7	91	43.4	-	0.26	0.24	780.0	3	128.0	650	180	40
20	7.42	82.5	0.53	251	44.0	58	46.1	-	0.55	-	311.7	2	72.0	315	140	40

タシケントの水源はシルダリヤ途中の貯水湖からの運河と地下水であり、給水率は98%を超えている<sup>3)</sup>。No.1はタシケントのホテル、No.21は市内チャイハナ（ローカルレストラン）の水道水である。EC、イオン含有量ともに低く、総硬度は90mg/L以下で、水道水は概ねよく管理されている。今回の試料は2点であるが、過去のデータ<sup>1)</sup>ともよく一致している。しかし、No.1からは $\text{NH}_4^+$ が0.80mg/L、 $\text{PO}_4^{3-}$ が0.98mg/L検出されている。このホテルはさまざまな設備を備えていても実際には機能しておらず、水道水の管理にも問題があると推測する。

ホジャンドはタジキスタン北部の中心都市であり、町の中をシルダリヤが流れている。ここを含むレニナバード州は穀物、綿花栽培の他に野菜も盛んに栽培されている<sup>2)</sup>。No.2はシルダリヤの岸边に作られたレストランの洗いの水道水である。ECが148ms/m、Clは148mg/L、 $\text{Na}^+$ は110mg/Lと高く、総硬度は850mg/Lであった。No.3は市内中心部にあるバザール前のモスクに設置された水道の水、No.4はホテル洗面水である。それぞれECが141と144ms/m、Clが83.1と83.6mg/L、 $\text{Na}^+$ が79と71mg/L、総硬度が630と570mg/Lであった。3つの試料とも $\text{SO}_4^{2-}$ は245.4mg/L以上、 $\text{NO}_3^-$ は77.1mg/L以上、 $\text{Ca}^{+2}$ は155.0mg/L以上で、No.2、3からは $\text{NH}_4^+$ が0.82mg/L以上、 $\text{PO}_4^{3-}$ が0.42mg/L以上検出されており、また、ホテルの水道水（No.4）には $\text{NO}_2^-$ が0.06mg/L認められた。

テルメズはアムダリヤ河畔にある国境の町で、川の対岸はアフガニスタンである。No.18はホテル洗面水であり、ECが89.4ms/m、Clは27.6mg/L、 $\text{Na}^+$ は46mg/L、 $\text{Ca}^{+2}$ は68.5mg/Lであった。No.19はレストランの手洗い用の水であり、ECが152ms/m、Clは59.7mg/L、 $\text{Na}^+$ は91mg/L、 $\text{Ca}^{+2}$ は128mg/Lであった。このレストランでは井戸水を使用しており、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度（780mg/L）、総硬度（650mg/L）とも水道水のそれを大きく上回っていた。中央アジアの大きなバザールには水飲み場が作られていることが多い。適当な高さに水平にパイプを渡し、等間隔にあけた小さい穴から常時水道水が流れ落ちている。夏の暑い日はこれを飲むために人が並ぶこともある。No.20は市内のバザールの水飲み場で採取したもので、測定値はNo.18と似ている。いずれの試料とも、 $\text{NH}_4^+$ 濃度が0.24mg/L以上で、井戸水は $\text{PO}_4^{3-}$ を0.24mg/L含有している。テルメズを含むスルハンダリヤ地域は、亜熱帯性気候で綿花、果樹、野菜栽培がおこなわれており、農薬の使用は少ない<sup>2)</sup>とされているが、肥料は十分な量が使われているようである。

表3にザラフシャン川およびカシュカダリヤ流域の試料の理化学的測定結果を示す。ホジャンドから南西に向かいシャフリスタン峠を下るとザラフシャン川にぶつかる。道路はここから、そのまま南下し首都ドゥシャンベに続く道とザラフシャン川に沿って国境を越えてウズベキスタンに向かう道に分かれる。この分岐点周辺がアイニィで、付近には何カ所も湧水があり、それを中心に休憩所やチャイハナが造られている。道路を挟んで湧水の反対側にトイレ（簡単な囲いのみ）を作り、湧水の流れて水車を回して発電（外灯程度）

させるなどそれぞれに工夫をこらしており、農業資材などを運ぶトラックの運転手や近くの農民がよく休憩している。No.5 は分岐の 5km ほど峠寄りの、No.6 は 7-8km 西の湧水であり、調理や洗い物に使う他、ここを通る人々もそのまま飲用している。いずれも、硬度が低く、イオン含有量も少ないが、No.5 は  $\text{PO}_4^{3-}$  が 0.17mg/L、No.6 は  $\text{NH}_4^+$  が 0.77mg/L、 $\text{NO}_2^-$  が 0.03mg/L 認められた。山に暮らす人々は、湧水を人間だけでなく家畜を含めた動物と共有するものと考えていて、ここでも、放牧された山羊や羊が湧水口で水を飲んでいった。また、近くの斜面を利用して野菜を栽培しており、家畜等の糞尿や肥料が湧水に混入しているのであろう。

表3 ザラフシャン川およびカシュカダリヤ流域の理化学的測定結果

Samp. No.	pH	EC ms/m	TDS g/L	ORP mV	$\text{Cl}^-$ mg/L	$\text{Na}^+$ mg/L	$\text{NO}_3^-$ mg/L	$\text{NO}_2^-$ mg/L	$\text{NH}_4^+$ mg/L	$\text{PO}_4^{3-}$ mg/L	$\text{SO}_4^{2-}$ mg/L	$\text{K}^+$ mg/L	$\text{Ca}^{+2}$ mg/L	Total Hardness mg/L	Total Alkalinity mg/L	Total Acidity mg/L
5	7.40	19.2	0.12	270	1.36	5	71.0	—	—	0.17	53.2	1	33.4	120	70	65
6	7.41	22.4	0.15	261	2.61	5	75.5	0.03	0.77	—	37.2	1	44.5	130	130	80
7	7.41	28.4	0.18	259	3.15	8	75.7	—	—	0.12	83.5	4	60.7	180	150	80
8	7.54	15.1	0.15	255	3.16	4	80.2	—	—	—	33.5	1	47.5	105	100	70
9	7.30	39.7	0.26	263	6.75	11	80.4	0.05	—	0.11	104.6	12	83.7	240	225	50
10	7.32	45.9	0.30	257	6.97	12	81.9	—	0.67	—	99.8	2	88.4	270	190	50
11	6.49	55.6	0.35	352	7.12	12	55.8	—	—	—	96.9	2	67.4	220	160	45
12	6.78	61.6	0.38	369	7.11	14	57.8	—	—	0.26	104.5	3	70.7	250	205	45
13	7.13	43.2	0.28	312	10.1	40	58.4	—	—	—	69.5	1	31.7	135	170	35
14	7.03	58.6	0.37	304	6.93	12	47.0	—	—	—	98.3	3	55.0	195	185	40
15	7.31	151	1.00	280	76.9	150	57.7	0.04	0.21	—	368.0	4	45.6	340	170	40
16	7.10	84.6	0.53	286	38.9	29	63.2	0.03	0.31	0.48	136.5	23	141.0	570	310	125
17	7.18	57.7	0.37	286	15.7	17	47.9	—	0.93	—	125.1	2	90.3	300	250	115

ペンジセントとサマルカンドはザラフシャン川のオアシス都市であり、2つの都市は国境を挟んで約 60km の距離である。ザラフシャン川中流域に広がるオアシス地帯では、綿花や果樹の栽培と養蚕が盛んである<sup>2)</sup>。No.7 はペンジセント郊外のレストラン、No.8 は市内のホテル洗面水である。No.8 の  $\text{SO}_4^{2-}$  が 33.5mg/L、硬度が 105mg/L であるのに比べ、No.7 は  $\text{SO}_4^{2-}$  が 83.5mg/L、硬度が 180mg/L で、 $\text{PO}_4^{3-}$  を 0.12mg/L 含有していた。No.9～14 はサマルカンドの水道水である。いずれも EC 値が 39.7～61.6ms/m、 $\text{NO}_3^-$  は 47.0～81.9 mg/L、 $\text{SO}_4^{2-}$  は 69.5～104.6mg/L であるが、 $\text{Na}^+$  や  $\text{Cl}^-$  の含有量は低い。ほとんどの試料は  $\text{Ca}^{+2}$  が 55.0～88.4mg/L である。No.13 は  $\text{Ca}^{+2}$  濃度が 31.7mg/L と低い、 $\text{Na}^+$  が 40mg/L であった。

サマルカンド市内から 60km ほど南に下ったカシュカダリヤ州のキルシュでは、綿花畑や桑畑の中に農家が点在している。この農業集落では共同井戸の水をカメなどに貯めて調理に使っている。No.15 はそこの民家で使っている井戸水で、EC 値が 151ms/m、硬度が 340mg/L であった。イオン濃度については、 $\text{Na}^+$  が 150mg/L、 $\text{Cl}^-$  が 76.9mg/L、 $\text{SO}_4^{2-}$  が 368.0mg/L と高い。シャフリザブスはカシュカダリヤの流れに育まれた古都であるが、現在は、ティムールの遺跡周辺に住民が暮らす小規模な地方都市でもある。No.16 はアクサライ宮殿跡を中心とした公園の一郭にあるホテル（市内唯一）の手洗い用の水（井戸水）、そこから 1.5km ほど南にある民家の井戸水が No.17 である。No.16 は EC 値が 84.6ms/m、硬度が 570mg/L で、 $\text{NO}_2^-$  が 0.03mg/L、 $\text{NH}_4^+$  が 0.31mg/L、 $\text{PO}_4^{3-}$  が 0.48mg/L 認められた。これに比べて、No.17 は EC、硬度などは低いが、 $\text{NH}_4^+$  濃度が 0.93mg/L と高い。

アルカリ度を有する水には硫酸、塩酸、硝酸などの鉱酸による酸度は存在しないため、得られた総酸度は遊離炭酸によるものである。遊離炭酸は水に爽やかな味を与え、適量は 3～30mg/L 程度<sup>15)</sup>とされている。表 2、3 より、大半の試料は総酸度が 30mg/L を超えており、いずれの味も柔らかさに欠けていた。

山の湧水（No.5、6）に比べて、平地（シャフリザブスやテルメズ）の井戸水は硬度が高く、イオン含有量も多い。タシケントを除き水道水（パイプで配水された水）中のイオン濃度（ $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ や  $\text{Ca}^{2+}$ ）は高い。この地域は、山の斜面や町の周辺などに農地があり、さまざまな作物が栽培されている。作物の種類や地域により、化学肥料、堆肥、厩肥、発酵液肥などが使われている。検出された  $\text{NH}_4^+$ や  $\text{PO}_4^{3-}$ は、肥料等によると思われるが、これらのイオンは湧水や地下水だけでなく水道水にも含まれていた。これらのことは、調査地域の水道水がほとんど処理されていないことを示している。水中に  $\text{NH}_4^+$ や  $\text{PO}_4^{3-}$ などが存在すると水の味が悪くなるし、これらは  $\text{NO}_2^-$ や  $\text{NO}_3^-$ などと共に健康被害も懸念される。

すべての試料の  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  の相関を図 3 に示す。ややばらつきはあるが、相関係数 0.87、傾き 0.82 となり、 $\text{Cl}^-$  に比べて  $\text{Na}^+$  の量が多い。相関から外れた No.2 は  $\text{Cl}^-$  が、No.15 は  $\text{Na}^+$  が過多である。

同様に、総硬度と総アルカリ度の相関を図 4 に示す。ほとんどの試料は硬度が高めであるが、相関が認められ、No.2～4、No.15、No.16、No.18～20 を除くと相関係数 0.87、傾き 0.72 となった。

試料中で  $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  の一部が硫酸塩や塩化物を形成し、一部の  $\text{Na}^+$  が炭酸ナ

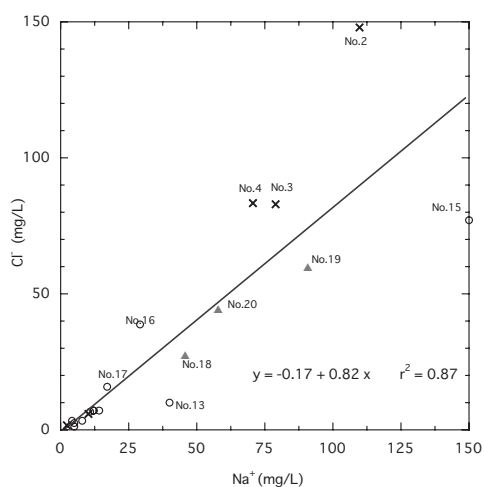


図3  $\text{Na}^+$  -  $\text{Cl}^-$  相関

▲; Amu-darya(Termez), ×Syr-Darya, ○others



トリウム由来であると仮定して、総硬度と  $\text{Na}^+$  の和（カチオン）と総アルカリ度と  $\text{SO}_4^{-2}$  と  $\text{Cl}^-$  の和（アニオン）の相関を図 5 に示す。相関係数は 0.99、傾き 1.36 となり、よく相関している。このことは、非炭酸塩硬度の存在を示唆している。No.2~4 と No.16 は、カチオン過多で相関から外れており、このカチオンは  $\text{Ca}^{+2}$  または  $\text{Mg}^{+2}$  と考えられるが、今回の測定からは相手のアニオンを特定することはできない。

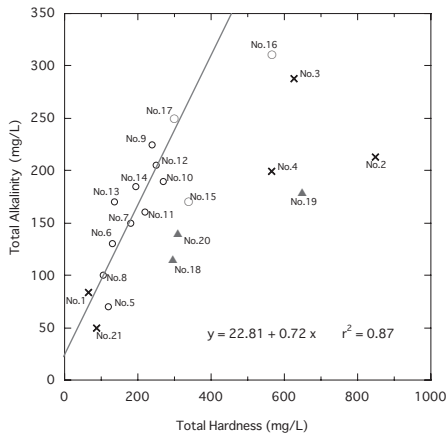


図4 Total Hardness - Total Alkalinity 相関  
▲; Amu-Darya(Termez), ×; Syr-Darya, ○; others

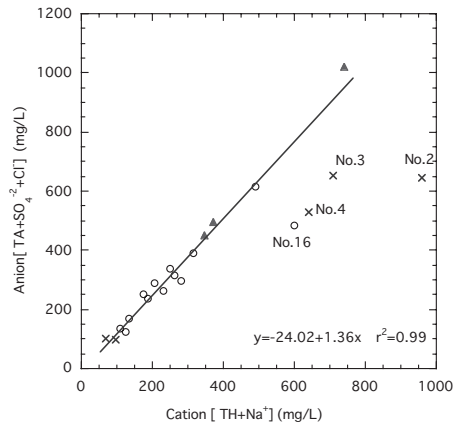


図5 カチオンとアニオンの相関

▲; Amu-Darya (Termez), ×; Syr-Darya, ○; others

#### 4. まとめ

ウズベキスタンのタシケント、サマルカンド、シャフリザブス、テルメズとタジキスタンのホジャンド、ペンジセントで生活に使われている水を調べた。都市部ではパイプで給水された水を使っており、農業集落や郊外の民家では井戸水を使っていた。大半の試料は、 $\text{Ca}^{+2}$ や $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{-2}$ の濃度が高く、 $\text{PO}_4^{-3}$ や $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ を含有していた。山（アイニィ）の湧水に比べると、平地（シャフリザブスやテルメズ）の井戸水は硬度が高く、イオン含有量も多い。タシケントを除く地域では、水道原水（地下水や河川水）の浄水処理はほとんどおこなわれていないと思われる。

検出された $\text{PO}_4^{-3}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ や $\text{NO}_3^-$ は肥料や糞尿などが地下水や河川に混入したものと思われる。中央アジアの人々は生水を飲む習慣はなく、沸かしてチャイ（茶）にするとと言われるが、これらのイオンは煮沸で除去することはできない。また、夏は湿度が極めて低く、高温になるため、水分補給が必須であり、多くの住民が湧水はもちろん、町のバザールで見かけるようにパイプで配られた水をそのまま飲んでいる。得られた測定値は有害といえる値ではないが、長期に渡って日常的に摂取しつづけることで何らかの健康被害が懸念される。住民への衛生教育も必要であるが、水源の維持や保全についての意識改革が重要であろう。

## 文献

- 1) 塚谷恒雄；「中央アジアの政治経済管見」（地球水環境と国際紛争の光と影），信山社, p73-87 (1995)
- 2) 「タジキスタン・ウズベキスタン農業・農村開発研修ニーズ調査報告書」，国際協力事業団・筑波国際センター, p10-21 (2003)
- 3) 「援助方針策定調査（カザフスタン共和国・ウズベキスタン共和国）報告書」,国土交通省・国際建設技術協会, p64-88 (2005)
- 4) 「中央アジアの電力・水資源に関する地域連携に関する委託調査報告書」，国際協力機構, p61-70 (2009)
- 5) 「中央アジア地域防災分野プロジェクト準備調査報告書」，国際協力機構, p25-26 (2009)
- 6) 「タジキスタンハトロン州南部地域持続的的地方飲料水供給計画調査最終報告書」，国際協力機構, p47-49 (2009)
- 7) 「タジキスタンプロジェクト形成調査（社会セクター/市場経済化）報告書」，国際協力事業団, p95-102(2003)
- 8) 富田寿代・水谷令子:「中国北西部の飲料水の現状」，食生活研究 22（3）, p28-34（2002）
- 9) 富田寿代・水谷令子:「トルコの生活用水調査」，鈴鹿国際大学紀要 No.11, p213-226 (2004)
- 10) 富田寿代・水谷令子:「中国内モンゴルの生活用水」，鈴鹿国際大学紀要 No.13, p113-122 (2006)
- 11) 富田寿代・水谷令子:「アムダリヤ周辺地域の生活用水」，鈴鹿国際大学紀要 No.14, p119-129 (2007)
- 12) 富田寿代・水谷令子:「トルコ南部の生活用水」，鈴鹿国際大学紀要 No.15, p163-172（2008）
- 13) 富田寿代・水谷令子:「キルギスの生活用水」，鈴鹿国際大学紀要 No.16, p59-69（2009）
- 14) 日本水道協会:「上水道試験方法」，日本水道協会, p121-132（2001）
- 15) 和田洋六；「飲料水を考える」，地人書館, p144-148(2000)