

トルコ南部の生活用水

Water for Living in Southern Turkey

富田 寿代*、水谷 令子**

Hisayo TOMITA, Reiko MIZUTANI

Abstract

This paper will examine sustainable water-resource protection in the arid region of southern Turkey. Usage and quality of water for living were investigated. Waterworks were created in the region and they have been managed relatively well. In south-eastern Anatolia, however, there were some towns where tap water was stored in tanks because of low hydraulic pressure. The water of those areas showed high concentrations of NO_3^- . Meanwhile in the Mediterranean area, water registered a remarkable hardness of more than 315 mg/L with high concentration of SO_4^{2-} . NH_4^+ , K^+ and/or PO_4^{3-} were detected in many of the samples in the investigated regions. This might suggest the possibility of groundwater contamination from excessive use of fertilizers and agricultural chemicals.

Keywords: water quality, water for living, south-eastern Anatolia

1. はじめに

地球上の陸地の 47%が乾燥地である。乾燥地とは降水量より蒸発散量が多く、水分が乏しいところで、乾燥の程度により極乾燥地域、乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿潤地域に区分される。極乾燥地帯は真の沙漠で、これを除く乾燥地に、世界人口の 20%の人々が生活し、農牧業を営んでいる。その形態は、牧畜業、降雨依存型農業、灌漑農業であるが、近年、これらの地域では沙漠化や土地の劣化などの問題が起きている。とくに、乾燥地の 38%を占め、人口増加が著しい半乾燥地域の沙漠化は深刻で、その防止が急務となっている。

*本学教授、生活環境 (Living Environment)

**本学名誉教授、生活文化 (Living Culture)

農林水産省熱帯農業研究センターによると、半乾燥地域の年間降水量は夏雨地帯で 800mm 以下、冬雨地帯では 500mm 以下で、降雨量の年による変動率は 25～50%である¹⁾。半乾燥地域を代表する農業の降雨依存型農業は、主として自然の降雨に依存して作物生産をおこなう農業形態であるため、作物収量の変動が大きく、単収は低い。灌漑農業は、河川水や地下水を畑に灌漑する。灌漑は、半乾燥地域で降雨依存型農業の可能な地域でも、安定して高い作物生産量を上げるのに有用な手段であるが、施設を設けるのに多くの資金を必要とする。降雨依存型農業の場合、土壌は一般に脊薄で有機物に乏しく、また休閑中の風食、水食の危険性が大きい。これに対して、灌漑農業では土壌の肥沃度は保たれるが、灌漑水等に含まれる塩類が土壌表層に集積しやすい²⁾。沙漠化は、人口増加や貧困などを背景とした過放牧、不適切な農地管理、森林破壊、薪炭材としての家庭用消費植物の過剰利用などが主な原因となっており、問題を解決するためには持続的農業の確立とともに、人口の抑制や貧困の撲滅を可能とする社会経済体制の構築が必須である。

トルコ共和国は食料自給国であり、農業は基幹産業である。しかし、耕地の大部分は降雨量の少ないアナトリア高原にあるため、広い休閑地や未利用地があり、灌漑普及率も低いことから、潜在的な農業開発・食料生産のポテンシャルを十分活かしていないとされてきた。南東アナトリア地方は、メソポタミア平原に連なる平地が多く、年間降水量 300mm 程度の高温半乾燥地域で、主な生業は降雨依存型農業と牧畜業（羊や山羊の放牧）であった。しかしながら、ここは2つの大河（ティグリス川、ユーフラテス川）の上流部にあたり、利用可能な豊かな水資源に恵まれている。この地方は、クルド語を母語とする人口が半数を占めているが、アラブ人、トルコ人、スリヤーニと呼ばれるシリア正教徒が混合して生活している。特色として、一人あたりの GDP が低い、識字率が低い、農業就業者の割合が高い、人口増加率が高い、平均世帯規模が大きい、人口流出が激しいなど、社会経済開発の進展の遅れが挙げられる³⁾。

南東部の開発はトルコ共和国成立当初からの課題であり、ティグリス・ユーフラテス川の水資源を活用する構想は早い段階から準備されていた。この開発計画は 1980 年代から南東アナトリア開発プロジェクト (GAP) として発展し、さらに拡大している。GAP はティグリス・ユーフラテス川の上流域に 22 のダムと 19 の発電所を建設し、電力開発と同時に、広範囲に渡る灌漑システムを構築することによって、農業だけでなく観光、採掘、産油、教育、健康、通信、産業、交通などのあらゆる方面の発展を目的としている⁴⁾。これにより南東アナトリア地方の灌漑面積は飛躍的に拡大し、農産物の生産量も向上したが、土地所有格差は解消されないままであり、機械化により労働力の需要は低下している。人口増加率は依然として高く、農村での人口吸収力が弱まって都市化が進んだものの、経済成長は雇用に直結せず、工業の発展も増加した人口を吸収するには不十分であったため、失業率の上昇やスラム化がおり、人口流出は続いている。さらに、アタチュルク・ダム (ユ

ユーフラテス川上流域)の完成により、下流のシリア=アラブ共和国やイラク共和国との間に水問題を巡る対立が生じたことに加えて、ダム下流のトルコ領内での水質汚濁、イラク領内での湿原地の荒廃、イラクでのユーフラテス川の氾濫など環境への悪影響が指摘されはじめ、マスタープランからの見直しも必要になってきている⁵⁾。

アダナ・メルシン地域の廃棄物管理計画調査では、両市ともゴミの収集・運搬サービスは十分に確立しているものの、ゴミの減量化と資源回収にとって重要な分別収集はなされず、どのような廃棄物がどこに処分されているか把握されていないうえ、廃棄物処理に対する住民の意識はあまり高くないと報告している。また、医療廃棄物や産業廃棄物も都市廃棄物処理場で処分されており、最終処分場での埋立作業がオープンダンプングあるいは環境保全対策が不十分なために、周辺環境に悪影響を与えている⁶⁾。

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⁷⁻¹⁰⁾。ここにおいて、トルコ北東部の黒海沿岸地域で使われている水は硬度の低い軟水で、中部アナトリア地域の水はpH・硬度とも高く、イスタンブール市内および周辺の水道水は硬度 200mg/L 以下の中硬水であるという結果が得られた⁹⁾。ここでは、上述のような問題を抱える南東アナトリアのマルディンから地中海沿岸のアンタルヤまでの生活用水について報告する。

2. 試料採取および実験方法

シリア国境近くのマルディン-シャンウルファーガズィアンテップから地中海沿岸のメルシン-アンタルヤまでのトルコ南部地域で調理・飲用や洗濯等に使用される生活用水を採取し、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¹¹⁾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、そのうち水酸化物と炭酸塩の 1/2 量を示すのが P アルカリ度である。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 (プロモクレ[®]・ル[®]・グリーン/メチルレッド[®])、P アルカリ度と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 Ca⁺²および Mg⁺²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、EDTA (エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム) を指示薬とした。

＜その他の測定＞ pH、電気伝導度 (EC)、全容存固形物量 (TDS)、酸化還元電位 (ORP)、塩化物イオン (Cl⁻)、硝酸イオン (NO₃⁻)、カルシウムイオン (Ca⁺²) 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⁺) はイオンメータ (堀場製作所) で測定した。可視紫外分光光度計 (UV1200 島津製作所) を使い、カリウムイオン (K⁺) は

カリボール法、硫酸イオン (SO_4^{2-}) は硫酸バリウム比濁法 (460nm)、亜硝酸イオン (NO_2^-) はナフチルエチレンジアミン法、アンモニウムイオン (NH_4^+) はインドフェノール青法、リン酸イオン (PO_4^{3-})

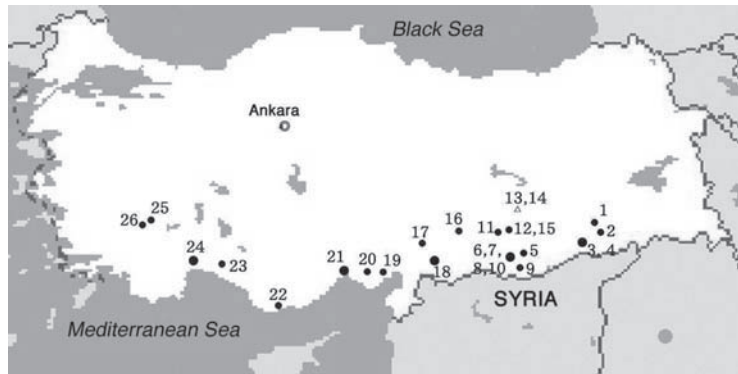


図1 調査地概図 (数字は表1の試料番号を示す)

はモリブデン青法、また、検水中の有機物の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で吸光度法により定量化した。全ての測定は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ でおこなった。

3. 結果及び考察

今回の調査地域は、冬雨地帯であり、最も雨の多い1月の月間降水量は地中海沿岸のアンタルヤで 250mm 前後、ティグリス川上流の都市ディヤルバクルで 100mm 以下である。都市や村には上水道が設置され、ほとんどの各家庭に水栓があった。図1に調査地の概図を、表1に採取試料の詳細を示す。図中の数字は表1の試料番号である。

すべての試料の P アルカリ度は 0 または 10 mg/L であり、得られた総アルカリ度はほとんどが炭酸水素イオンによるものであった。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、総酸度は遊離炭酸によるものである。遊離炭酸は水に新鮮さを与える成分であり、適量は 25mg/L 程度

表1 採取試料の詳細

Samp. No	採取日	採取地	採取場所	特記事項
1	8/20	BATMAN	レストラントイレ	Çomce
2		HASANKEYF	旧市街水場 (湧水)	住民の生活用水
3		MARDIN	ホテル洗面水	ビュロックマルディン
4	8/21	MARDIN	教会トイレ	Kirkklar Kilisesi
5		Çamlidere	休憩所トイレ	GS・マーケット・カフェテリア
6		SANLI URFA	水飲み場	イブラヒム生誕の地
7		SANLI URFA	レストラントイレ	Cevahir Konuk Evi
8	8/22	SANLI URFA	ホテル洗面水	Hotel Harran
9		HARRAN	チャイハナトイレ	Harran Kultur Evi
10		SANLI URFA	レストラントイレ	Yiediz Sarayi Konuk Evi
11	8/22	ADIYAMAN	休憩所トイレ	GS・マーケット・カフェテリア
12		KAHTA	レストラントイレ	Nesetin Yeri / Ataturk Lake
13		NEMRUT DAGI	山頂トイレ	山頂トイレ
14	8/23	NEMRUT DAGI Area	遺跡管理事務所水場	Eski Kale(Arsameia)
15		KAHTA		Zeus Hotel
16		GORBASI	休憩所トイレ	GS・マーケット・カフェテリア
17		KAHRAMAN MARAS	ドルマ屋トイレ	Yasar Pastanesi
18	8/24	GAZIANTEP(ANTEP)	ホテル洗面水	Hoteli Sevcan
19		CEYHAN	休憩所トイレ	高速道路SA
20		ADANA	GSトイレ	GS
21	8/25	MERSIN	ホテル洗面水	Mersin Hotel
22		ANAMUR	レストラントイレ	
23	8/25	ASPENDOS	休憩所トイレ	GS・マーケット
24		ANTALYA	ホテル洗面水	Best Western Kahn Hotel
25	8/26	PAMUKKALE	ホテル洗面水	Villa Lycus Hotel
26	8/27	DENIZLI	空港トイレ	

とされている¹²⁾。今回の調査では一部の試料(5mg/L)を除き総酸度は認められず、いずれもさわやかな味はしなかった。また、CODの値は0または3mg/L以下で、日本の水道水基準を満たしていた。

<南東アナトリア地域>

南東アナトリア地方は乾燥ステップ気候であり、冬季の寒さは厳しいが、夏季の気温は40℃を越すほどで、さらに1日の気温差が大きい。この地方は、GAPにより農業用の灌漑用水が引かれ、工業を主目的とした水力発電の開発で、各都市では停電もなく、都市を結ぶ道路は一様に整備されていた。しかし、貧困問題は依然として存在しており、住民は低賃金、低所得、あるいは、仕事がないなど将来への不安を持っていた。この地域の採取試料の理科学的測定結果を表2に示す。

表2 南東アナトリア地域の生活用水の理科学的測定結果

Samp. No.	pH	EC ms/m	DO mg/l	TDS g/l	ORP mV	Cl ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	SO ₄ ⁻² mg/L	Total Hardness mg/L	Total Alkalinity mg/L
1	7.0	27.8	9.6	0.18	320	5.3	6	46	53.7	<	0.21	1.48	<*	22.4	155	130
2	7.3	45.4	8.0	0.30	310	6.6	6	47	51.9	<	<	2.36	<	71.6	270	215
3	7.6	32.2	7.7	0.21	289	9.7	6	111	72.7	<	0.24	<	<	12.9	280	225
4	7.8	36.5	8.2	0.32	294	2.3	2	97	59.9	<	<	<	0.13	<	280	225
5	7.6	36.6	8.1	0.24	315	22.4	29	68	73.3	<	<	<	<	20.0	235	180
6	7.8	29.3	8.2	0.19	300	18.9	20	60	59.0	<	<	1.21	<	42.0	160	95
7	7.9	30.2	8.1	0.20	289	19.8	19	170	74.5	<	<	1.86	<	40.3	150	120
8	7.8	58.6	8.1	0.38	294	33.6	26	60	66.6	<	0.30	8.17	0.26	47.2	210	285
9	8.0	57.1	6.9	0.29	267	30.4	25	95	81.2	0.023	<	<	<	131.7	450	220
10	7.7	82.4	7.7	0.53	282	54.2	39	235	79.8	0.520	0.24	32.10	0.97	63.9	430	320
11	7.8	44.1	7.9	0.29	282	7.1	2	51	77.5	0.041	<	<	<	16.3	275	215
12	8.1	32.7	8.1	0.21	260	16.3	18	44	79.5	0.089	<	2.06	<	45.3	190	110
13	8.2	23.1	9.5	0.15	255	1.2	1	24	86.0	<	<	<	<	<	150	90
14	8.2	23.8	8.8	0.15	266	1.5	2	23	79.8	<	<	<	<	8.2	165	120
15	7.8	29.2	11.4	0.19	209	2.2	3	177	29.6	<	<	2.96	<	13.9	185	150
16	7.8	28.7	5.9	0.19	219	2.3	3	49	29.5	<	<	1.74	<	<	220	175
17	7.9	25.3	6.8	0.16	217	1.8	1	126	31.5	<	<	<	<	<	105	190
18	7.7	69.6	8.6	0.45	223	27.7	54	197	36.8	0.606	<	6.71	<	29.4	265	225

*測定範囲以下、NO₂⁻ : <0.02 mg/L, NH₄⁺ : <0.2 mg/L, K⁺ : <1 mg/L, PO₄⁻³ : <0.1 mg/L, SO₄⁻² : <5 mg/L

この地方は豊かな歴史と文化遺産に溢れているが、このうち中世の軍事的な建造物を代表する城壁に囲まれた町がディヤルバクルである。ここから東へ75kmにあるバットマンはトルコで最も重要な産油拠点で、近代的な街並みが不規則に広がり、その周囲には油井が点在していた。No. 1は町の中心にあるレストランの水道水である。硬度は155mg/Lと幾分低めであったが、 NH_4^+ が0.21mg/L、 K^+ が1.48mg/L認められた。ハサンケイフはバットマンの南東30kmほどにあるチグリス川畔の町で、中世のトルコ・クルド・アラブの遺跡が混在する旧市街と新市街の双方に多くの住民が住んでいるが、この遺跡はやがて建設されるダム湖に沈む予定となっている。No. 2は山の中腹にある旧市街の湧水で、住民はこれを生活に使っていた。ECの値は45.4ms/mで、 K^+ を2.36mg/L含み、 SO_4^{2-} 含有量は71.6mg/Lと幾分多い。ハサンケイフから75km南西にあるマルディンは城山の斜面を埋め尽くすように造られた町で、城塞からはシリア国境の先に広がる平原が見渡せる。ホテルではタンクに水道水を貯めて利用していたが、市街地の水道は高低差により水圧が下がっているためか水量にやや不安があった。No. 3, 4はこの町のホテルと教会の水道水で、前者は NH_4^+ が0.24mg/L、後者は PO_4^{3-} が0.13mg/L認められ、硬度はともに280mg/Lであった。No. 6-8と10はマルディンの西方175kmにあるシャンウルファ市内の水である。ここは、人口50万人あまりの都市で、予言者アブラハムが生まれたとされる洞窟（イスラムの聖地）には国内だけでなくシリアからも沢山の巡礼者が訪れている。No. 6はこの聖地の水場、No. 7, 8は聖地の近くにあるレストランとホテルの水道水、No. 10は郊外のレストランの手洗い用の水である。No. 6, 7の硬度はやや低いが、 K^+ を1.2mg/L以上含有していた（No. 6: 1.21mg/L, No. 7: 1.86mg/L）。No. 8からは NH_4^+ 、 K^+ 、 PO_4^{3-} のすべてが検出されて、 K^+ 濃度は8.17mg/Lであった。No. 10は同市内の他の試料と比べて、ECが82.4ms/m、硬度が430mg/L、 NO_2^- 濃度が0.52mg/Lと高く、 NH_4^+ =0.24mg/L、 K^+ =32.10mg/L、 PO_4^{3-} =0.97mg/Lであった。このレストランは市街地から外れた南部の郊外にあり、地下水を利用していると思われる。シャンウルファの南東約45kmに位置するハランは日干しレンガ造りの特徴のある家が連なる集落で、村の入り口や周辺には遺跡が点在している。住民は農耕や羊の売買で生活しているが、夏季は観光客のためにチャイハナや土産物屋を開いている。集落の中心にタンクを設置（地上10m）し、水道水を貯めて利用していた。その水（No. 9）の硬度は450mg/Lで、 SO_4^{2-} は131.7mg/Lと高い値であった。

メソポタミア北部で最も高い標高2150mのネムルート山はディヤルバクルの130km西にある。山頂の墳墓と幾つかの巨大な神像が置かれたテラスには国の内外から観光客が集まる。No. 13は山頂の休憩所、No. 14は麓にある遺跡管理事務所、また、No. 15はネムルート山近隣の町であるキャフタ市内のホテル、No. 12は同市郊外のアタチュルクダム湖畔のレストランの水道水である。硬度150-190mg/L、ECは23.1-32.7ms/mと低い値であるが、キャフタ市内の2つ試料は K^+ 含有量が2mg/Lを超えている。東部の中心都市の一つでもあ

るガズィアンテップは人口約 80 万人の工業都市で、No. 18 は市内のホテル洗面水である。硬度 265mg/L、EC が 69.6ms/m、 NO_2^- 濃度が 0.606mg/L で、 K^+ を 6.71mg/L 含有していた。南東アナトリア地域の水は NO_3^- 濃度がやや高く、半数以上の試料から NH_4^+ 、 K^+ または PO_4^{3-} が検出された。

<地中海沿岸地域>

地中海沿岸地域は夏の暑さが厳しく、冬期は雨が多く温暖である。リゾート地が並び、シーズンには多くの観光客が訪れる。表 3 にこの地域の試料の理科学的測定結果を示す。

表 3 地中海沿岸地域の生活用水の理科学的測定結果

Samp. No.	pH	EC ms/m	DO mg/l	TDS g/l	ORP mV	Cl^- mg/L	Na^+ mg/L	Ca^{2+} mg/l	NO_2^- mg/L	NO_3^- mg/L	NH_4^+ mg/L	K^+ mg/L	PO_4^{3-} mg/L	SO_4^{2-} mg/L	Total Hardness mg/L	Total Alkalinity mg/L
19	7.6	88.0	8.0	0.56	209	75.0	51	206	24.8	0.107	<*	<	0.37	7.3	320	355
20	7.6	126	6.9	0.80	208	65.6	62	150	28.6	<	<	2.83	<	146.4	580	355
21	7.7	103	7.2	0.70	200	73.4	77	199	36.3	<	<	3.88	<	67.1	440	310
22	7.6	47.3	7.3	0.31	209	11.3	18	406	27.7	<	<	<	<	71.5	390	290
23	7.7	52.9	7.3	0.33	204	15.9	12	61	32.2	<	<	2.78	<	54.5	315	275
24	7.7	50.9	8.8	0.33	202	34.9	150	21	29.9	0.510	<	<	<	28.6	45	350
25	7.4	273	7.0	1.70	712	20.5	420	141	43.1	0.035	<	8.01	0.32	635.4	340	650
26	7.6	80.2	7.3	0.51	514	29.2	27	230	45.6	0.037	<	19.13	<	82.1	540	280

*測定範囲以下、 NO_2^- : <0.02 mg/L, NH_4^+ : <0.2 mg/L, K^+ : <1 mg/L, PO_4^{3-} : <0.1 mg/L

アダナは豊かな農業地帯のチュクロワ平野の中央に位置し、綿工業を中心とした地中海沿岸で最大の工業都市であり、人口 80 万人を超えるトルコで 4 番目に大きな都市でもある。No. 20 は市内のガソリンスタンドで日常的に使っている地下水で、EC 値は 126ms/m、硬度 580mg/L と著しく高い。また、 Na^+ 、 Cl^- 濃度がそれぞれ 62mg/L 以上、 SO_4^{2-} は 146.4mg/L で、 K^+ を 2.83mg/L 含有していた。アダナから 50km 東のジェイハンにある休憩所の水 (No. 19) は、EC が 88.0ms/m、硬度 320mg/L で、 NO_2^- 含有量が 0.107mg/L と高く、 PO_4^{3-} が 0.37mg/L 存在していた。アダナの西方 65km ほどにあるメルシンは人口 70 万人の急速に発展した工業都市で、羊毛、綿などの積出港として重要な役割を果たしている。市内のホテルの水道水 (No. 21) は、EC が 103ms/m で、硬度も 440mg/L と高い値で、 Na^+ と Cl^- 濃度は 73mg/L を超えていた。 SO_4^{2-} の濃度は 67.1mg/L で、 K^+ 含有量は 3.88mg/L であった。アンタルヤは地中海沿岸で最も発展しているリゾート地であり、近郊の遺跡 (アスペンドス、ペルゲなど) の観光基地ともなっているため、一年を通して多くの観光客が滞在している。No. 23 はアスペンドスの休憩所の水道水で、硬度 315mg/L、 K^+ が 2.78mg/L であった。No. 24 のアンタ

ルヤのホテル洗面水はアルカリ度が 350mg/L に対して硬度が 45mg/L と極めて低く、 Cl^- (34.7mg/L) に比べて Na^+ が 150mg/L と高いことから、独自にイオン交換法による軟水化処理をおこなっていると思われる。

エーゲ海から東に 200km ほどの内陸にあるパムッカレは、石灰成分を含む 35°C の温泉水が山肌を伝い流れて壮大な石灰棚とプールを形成していて、観光だけでなく温泉保養地としても名高い。パムッカレのホテル洗面水 (No. 25) は、アルカリ度 650mg/L、硬度 340mg/L、 Cl^- 20.5mg/L、 Na^+ 420mg/L で、軟水化処理によって幾分硬度を下げているようだが、EC が 273ms/m、ORP が 712mg/L、 SO_4^{2-} が 635.4mg/L と著しく高い値を示した。また、 K^+ が 8.01mg/L、 PO_4^{3-} が 0.32mg/L で、成分比は他の試料とはかなり異なっている。この客室には、「蛇口からの水は飲めない」という注意書きがあり、温泉水をシャワー・洗面水として利用しているのであろう。No. 26 はデニズリ (パムッカレの隣町) にある空港の水道水である。EC が 80.2ms/m、ORP が 514mg/L、硬度が 540mg/L、 SO_4^{2-} が 82.1mg/L で、 K^+ を 19.13mg/L 含有していた。地中海沿岸地域の水は硬度が高く、 SO_4^{2-} 濃度も高い。また、 NH_4^+ は認められなかったが、 K^+ や PO_4^{3-} は半数以上の試料中に存在していた。

総硬度は Ca 硬度と Mg 硬度の総和であり、水中の Ca^{+2} すべてが炭酸塩や硫酸塩由来とするなら、表 2、3 の測定値を CaCO_3 に換算 ($\text{Ca}^{+2} \times 2.5$) すると Ca 硬度が得られることになる。しかし、試料 No. 7、10、17、18、19、21、22、26 の換算値は総硬度の値を上回っており、これらには珪酸塩やフッ化物由来の Ca^{+2} も含まれていると推測される。

今回の調査試料の多くからは NH_4^+ 、 K^+ 、 PO_4^{3-} が検出されている。アンモニア性窒素は、自然界の至る所に存在し、多くの食品中に普通に含まれている。解毒の範囲を超えた量を摂取した場合のみ有害作用を生じるが、ヒトに対する健康影響は認められていない。かつては、衛生的な面から汚染指標として重視されたが、塩素消毒が一般化してからは、浄水処理の管理項目と見なされている。カリウム (K) はヒトにとって必須元素であり、日本では水質基準は設定されていない。環境中の存在量は地核で 25.9mg/L、河川水で 2mg/L 程度である。 PO_4^{3-} は水質基準として設定されたことはなく、WHO の飲料水水質ガイドラインにもない。リン (P) は地中に広く存在し、すべての生物の必須元素であるが、環境中では、窒素 (N) と共に富栄養化の原因物質とされ、湖沼・ダム湖等の閉鎖水域では環境基準が設定されている¹³⁾。N、K、P は土壤中作物に肥料の三大要素として施される。南東アナトリアやチュクロワ平野は耕地が集中する農業地帯であるため、過剰に使用された肥料や農薬が地下水や水道原水に混入している恐れがある。さらに、アダナ・メルシンの廃棄物管理の事情を考慮すると処分場からの浸出水による河川の水質汚染なども懸念される。

各試料中の総硬度と総アルカリ度の相関を図 2 に示す。アルカリ度に比べると硬度がやや多く、軟水化処理をしていると考えられる No. 24 と 25 は相関からかなり外れているが、相関係数は 0.97 で概ねよく相関している。No. 9、10、20、21、22、26 は硬度の値と共に

SO_4^{2-} 濃度も高いため、これらの試料中では非炭酸塩（硫酸塩）を形成し、永久硬度を有していると推測される。

同様に Na^+ と Cl^- の相関を図3に示す。ややバラツキが認められるが、グラフの傾きは0.99で相関係数は0.93であった。水中の Na^+ 、 Cl^- はいずれも味に関係する項目とされ、 NaCl の閾値は210mg/Lである。健康影響については、経口投与によるLD50はラットでは3000mg/kg体重、また、濃度が2.5g/L以上の NaCl を含む飲料水を過剰に飲用していると高血圧症を引き起こすと報告されている¹³⁾。図3にプロットした試料中の Na^+ 、 Cl^- は問題となる濃度ではなく、グラフから大きく外れたNo.25は閾値を大きく超えているが、この試料は温泉水であって、飲用や調理用には使わない。

4. まとめ

南東アナトリアおよび地中海沿岸地域の生活用水を調査した。この地域の都市や集落には上水道が整備され、比較的良好に管理されている。しかし、南東アナトリアの一部の町では水量にやや不安があり、水道水をタンクに貯蔵していた。半数以上の試料から検出された NH_4^+ 、 K^+ 、 PO_4^{3-} については、肥料や農薬の過剰使用による水道原水の汚染が考えられる。一方、鉍酸酸度がないのは、多くの塩湖や

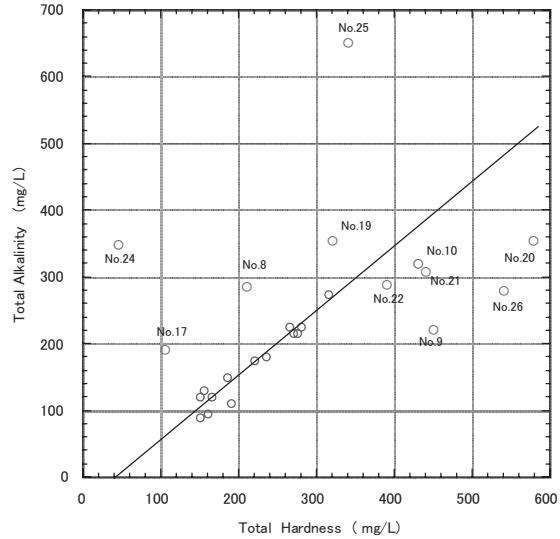


図2 総硬度—総アルカリ度の相関

$$y=0.9701x-43.1 \quad \text{相関係数}=0.96879$$

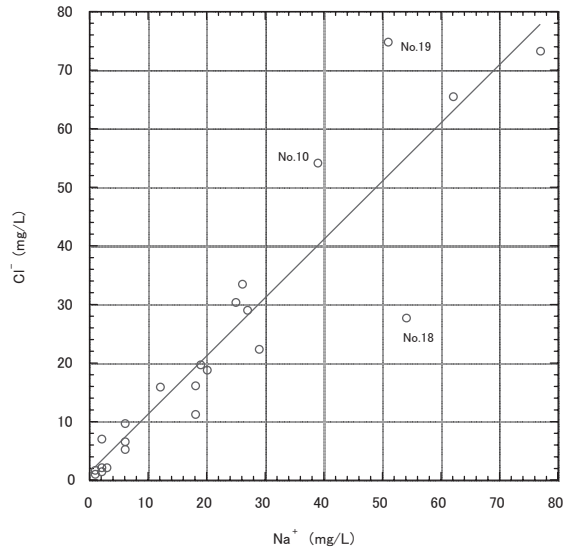


図3 Na^+ と Cl^- の相関

$$y=0.99405x+1.1538 \quad \text{相関係数}=0.92583$$

No.24: $\text{Na}^+=150 \text{ mg/L}$, $\text{Cl}^-=35 \text{ mg/L}$
 No.25: $\text{Na}^+=420 \text{ mg/L}$, $\text{Cl}^-=21 \text{ mg/L}$

塩湿地が点在するアルカリ土壌のためであろう。日本のように過度な浄水処理の必要はないが、これらのイオンを含んだ水を住民がそのまま飲んだり調理に使っていることを考えると健康と安全のためには高度浄水処理の導入が望まれる。加えて、排水処理や廃棄物処理などの衛生施設を充実させて水資源保全を徹底していくことが重要である。

文献

- 1) 稲永忍；「アジア半乾燥地域の農牧業と砂漠化減少」(地球環境学4)，岩波書店，p102-104 (1998)
- 2) 菊地俊夫；「世界の環境問題」(自然環境と文化)，大明堂， p232-235(1955)
- 3) T.Brosnahan, P.Yale and R.Plunkett：“Turkey”，lonely planet，p630、p655 (2001)
- 4) ムアメル・ヤシャル・オズキュル；「ALMANAC Turkey 2006」トルコ大使館、 p183-190 (2006)
- 5) 宮田律；「中東における環境問題と政治」中東協力センターニュース， p58 (2004)
- 6) 国際航業株式会社；「アダナ・メルシン地域廃棄物管理計画調査最終報告書」， 国際協力事業団， p9-12 (2002)
- 7) 富田寿代・水谷令子：「中央アジアの生活用水の現状」，鈴鹿国際大学紀要 No. 7, p195-205 (2000)
- 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：「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)
- 11) 日本水道協会：「上水道試験方法」，日本水道協会， p121-132 (2001)
- 12) 和田洋六；「飲料水を考える」，地人書館， p144-148(2000)
- 13) 日本水道協会：「上水道試験方法解説」，日本水道協会， p258-259, p270-274, p377 (2001)