

# トルコの生活用水調査

富田 寿代・水谷 令子

## 要 旨

水環境の現状と保全について検討することを目的として、トルコの黒海沿岸、中部アナトリアおよびイスタンブールとその周辺的生活用水を調査した。黒海沿岸地域は温暖でトルコで最も雨が多い。この地方の水は、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 含有量、電気伝導度ともに低く、ほとんどは総硬度100 mg/L以下の軟水であった。パイプで導水された湧水は、同様の軟水で、細菌学的にも問題はなかった。中部アナトリア地方は乾燥ステップ気候で、年間を通して降水量が少ない。この地方で使われている水は、pH値、総硬度、電気伝導度が高く、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 含有量も多い。これは、石灰岩質の土壌の影響によるものであろう。一部のレストランやドライブインでは井戸水を利用していると推測される結果が得られた。イスタンブール近郊は降雨量が少なく、季節により寒暖の差が大きい。この地方では、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 含有量が幾分多く、総硬度が200 mg/L以下の中硬水が使われている。トルコの水道水は、細菌学的に問題はなく、CODや遊離炭酸の含有量は日本の快適水質項目の基準値を満たしていることから、通常の浄水処理がおこなわれていることがわかる。いずれの水道の蛇口でも残留塩素は認められなかった。また、いくつかの試料のDOは幾分低い。以上の結果から、使われている消毒剤の量は多くなく、浄水処理過程において硬度調整等の高度処理はなされていないと思われる。イスタンブールの大手ホテルでは独自にイオン交換による軟水化処理がおこなわれていた。

## 1. はじめに

人間の居住、活動地域の膨張は地球表面の環境に様々な影響を与えてきた。1960-90年にかけて劇的に地球人口が増加し、これを支えるための食料生産に必要な農地は猛烈に拡大され、それに伴い熱帯林の1/5が消失したと言われる。このような、土地利用の変化が広域の水循環系に与える影響を正しく推定することは容易ではないが、大規模灌漑農業によるアラル海の縮小問題など数々の深刻な環境問題が現実発生している。

人間の体内に含まれる全水分量は成人で体重の60%であり、1日に2.5 Lの水が必要であるとされている。しかし、人間は社会生活を営むために生物的に必要な量をはるかに超える水を

消費している。1人あたり1日に使用する水の量は、地域で利用可能な水量、生活スタイル、産業構造等によって大きく異なる。1990年の水使用量の世界平均は50L、アジアでは人口の80%以下が80L以下、アフリカでは人口の70%が40L以下で<sup>1)</sup>、今後、水の使用量は益々増加するものと見込まれている。水は人間の社会活動にとって不可欠であるが、水循環の急激な変動は、社会活動だけでなく生存そのものも脅かしている。

ユーラシア大陸は大まかに分けると東アジア、南アジア、西アジア、ヨーロッパの文化圏を持ち、古くからそれぞれの地域間および東西の交流がおこなわれてきた。内陸アジアは乾燥地帯が多く、それぞれの都市で工業化や観光化にともなう環境悪化が問題になっている。著者らは、水環境の現状と保全について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。すでに、中央アジアのキルギスとウズベキスタン、および中国の西安から喀什までの各都市の水事情については報告した<sup>2)-4)</sup>。

アジアとヨーロッパの結節点に位置するトルコは文明の発祥地であり、現在まで1万年におよぶ歴史と文化を有している。トルコは資源に乏しい農業国であるが、1980年代の急速な工業化政策により環境施設等の整備が大幅に遅れ、水や大気の汚染が生じている。イスタンブールの水道水は6個の水源から供給されており、そのいずれもが急激な人口増加、無計画な都市化、不十分なインフラ施設などにより汚染の懸念があると報告されている<sup>5)</sup>。ここにおいて、様々な排水の適切な処理に加えて、水源付近での居住、農業、工業などの土地利用を制限するとともに肥料や農薬の過剰使用を規制すべきであると提案されている。一方で、1980年代半ばにピークに達した金角湾の水質汚染は、湾周辺の小規模工場や船舶ドックの撤去と移転、生活排水処理施設の完成など市当局の処置により劇的に改善されている。しかし、トルコ全体では基幹施設システムが行き渡っているのは全人口の6%であり、投資資本および人員の不足から、非常に大量の家庭廃水が処理されずに廃棄されていることも事実である。産業規模で見ると、ごく少量の廃水は処理されているが、小規模工場の管理施設は欠乏しており、下水の大半は未処理のまま排出されている。また、都市廃棄物の大半を占める家庭廃棄物、医療廃棄物、産業廃棄物のうち、特に家庭廃棄物は人力で収集され、収集場所から処分場への廃棄物輸送は経済的な方法では行われていない。廃棄物の処分方法は衛生的ではなく、1991年には、都市廃棄物の81%は投棄場所に、15%は海・湖・河川に廃棄されている。各都市におけるごみ発生率は上昇しているが、廃棄物処理施設は少なく、その大部分が適切な処理をされずに投棄されているのが現状である。未処理排水の地表への廃棄、下水ならびに野外の投棄場所からの浸出水による地下水源の汚染などによる水質の劣化が懸念され、早急に対処すべき課題となっている。加えて、暖房器具は低品質の褐炭を使ったものがほとんどで、天然ガスが配備されているのは都会のみであるため、大気汚染も心配されている<sup>6)</sup>。

今回は、このような問題をかかえるトルコの黒海沿岸（トラブゾン）、中央アナトリア（アンカラ）およびイスタンブールの生活用水の水質について報告する。

## 2. 試料採取および水質分析の方法

この地域の人々は水道水をそのまま飲用したり調理に使っているため、試料はホテル・民家の水道水を採取した。採取試料の生物学的検査は現地で行われ、他の項目については試料を持ち帰り、以下の方法で調べた。

〈一般細菌、大腸菌群〉 共立理化学研究所製の試験紙に採取した水1 mL程度を吸い込ませ、一般細菌については20時間、大腸菌群については12時間、いずれも $35 \pm 2^\circ\text{C}$ で培養した後、コロニーの数を数えた。

〈化学的酸素消費量 (COD)〉 酸化剤により検水中の有機物を酸化し、その際に還元された酸化剤の量から有機物濃度を推測する試験項目である。種々の測定方法があるが、本調査では、過マンガン酸カリウム法を用いており、得られた値は化学的に酸化されやすい有機物の尺度である。

〈アルカリ度、酸度〉 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。このうち水酸化物と1/2当量の炭酸塩の存在を示すのがPアルカリ度である。また、総酸度とは水中に含まれる炭酸、鉍酸、有機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の量 (mg/L) で示したものである。いずれも、上水試験方法<sup>7)</sup>に従い、総アルカリ度はMR混合指示薬、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て測定した。

〈硬度〉 総硬度は、水中の $\text{Ca}^{2+}$ および $\text{Mg}^{2+}$ 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、上水道試験方法<sup>7)</sup>に従い、総硬度およびカルシウム硬度はEDTA法で求めた。総硬度とCa硬度からMg硬度を算出することができる。

〈その他の測定〉 pH、電気伝導度 (EC)、溶存酸素 (DO)、全容存固形物量 (TDS)、酸化還元電位 (ORP)、塩化物イオン ( $\text{Cl}^-$ )、硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ )、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 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 ( $\text{Na}^+$ ) はイオンメータ (堀場製作所) で測定した。

いずれの測定も $25 \pm 2^\circ\text{C}$ でおこなった。

## 3. 結果及び考察

### 3.1. 調査地域

トルコ共和国は、バルカン半島の南東端地域 (ヨーロッパ・トルコ) とダーダネルス海峡、ボスボラス海峡を隔てたアナトリア半島地域 (アジア・トルコ) からなる。ヨーロッパ・トルコの大部分は平野であるが、アジア・トルコはタウルス山脈が東西に走り、2,000 mを超える高山が多く、全土の平均海拔は1,130 mに達している。マルマラ海、エーゲ海、地中海に臨む

西部地方は夏期は高温で乾燥し冬期は温暖で雨量も多い。東の黒海沿岸地方は西から東に向かうに従って温度が高まり、四季を通じて雨が降り、夏の平均気温は23℃、冬は4℃前後で比較的穏やかである<sup>8)</sup>。

アナトリア地域は小アジアと呼ばれ、東西の要路にあたり、古代から開けた地域であった。紀元前2000年頃のヒッタイト時代以来の古い歴史が記録されており、その後フリギア時代、リディア・イオニア時代、ペルシア時代、ヘレニズム時代、ローマ時代、ビザンチン時代を経て11世紀のセルジューク・トルコ時代、オスマン・トルコ時代へと続く膨大な歴史と文化を有している。また、エーゲ海や地中海沿岸のリゾートに加え、イスタンブールの歴史地区、サフランボルの宿場町、トロイ遺跡など多くの世界遺産を有し、ヨーロッパはもとより世界中から大勢の観光客が訪れている。

調査地の概図を図1に、採取試料の概要を表1に示す。

黒海沿岸地方は温暖な気候で、トルコで最も雨が多い地域である。黒海の湿った空気がポントゥス山脈にぶつかり多量の降雨をもたらすため、この地域は青々とした緑におおわれている。農業、漁業、茶の生産が重要な産業で、タバコ、チェリー、ヘーゼルナッツなどの収穫が多い。夏期には天日で乾燥させるために道路脇にヘーゼルナッツが広げられる。トラブゾンは、トルコ西部の黒海沿岸で最大の港町である。数々の物資がこの港に荷揚げされ、陸路でグルジア、アルメニア、アゼルバイジャン、イランへと輸送されている。この通商は新しい生活と人口増加をもたらし、トラブゾンはこの地域の主要都市となっている。町は海岸線まで迫る山々のスロープに築かれ、1年を通して湿潤温暖で、緑に育まれている。トラブゾンの東56 km (オフ)、ここからさらに41 km ほど南に山と牧草地に囲まれたウズンギョルという名称の湖があり、湖畔の村も同名で呼ばれている。標高1,250 m のトルコ屈指の避暑地として知られ、週末は国内からの多くの観光客でにぎわう。トラブゾン以東で2番目に大きい都市であるリゼ (トラブゾンから75 km) は、山の斜面にあり、柔らかい緑の枕のような茶畑に覆われていて、典型的な黒海沿岸都市である。トルコにおける茶のプランテーションの中心を担い、山の上に建てられた研究所では、茶葉の保存・乾燥・発酵・ブレンドなどがおこなわれている。サムスのタバコの葉とともにリゼの茶は特産である。

トルコ中央部は乾燥したステップ気候で、年間を通して降水量は少ない。ポントゥス山脈と地中海沿岸を走るトロス山脈に挟まれたアナトリア高原地帯が広がり、この南北の山脈が東部で合体して高山地帯を形成している。アナトリア高原の西寄りに位置するアンカラの歴史は古く、ローマ時代にはアンキラと呼ばれて繁栄していた。1923年のトルコ共和国の誕生と同時に首都と定められて以来、近代都市のモデルとして造り上げられて発展し、現在の人口は370万人を超える大都市である。カッパドキアはアンカラの東南、アナトリア高原の中心に広がる大奇岩地帯である。数億年前エルジイエス山 (3,916 m) とハッサン山 (3,268 m) の巨大な噴火により、ネヴシェヒールの高原は石灰華、溶岩を含んだ軟らかい石、灰、泥で覆われた。この

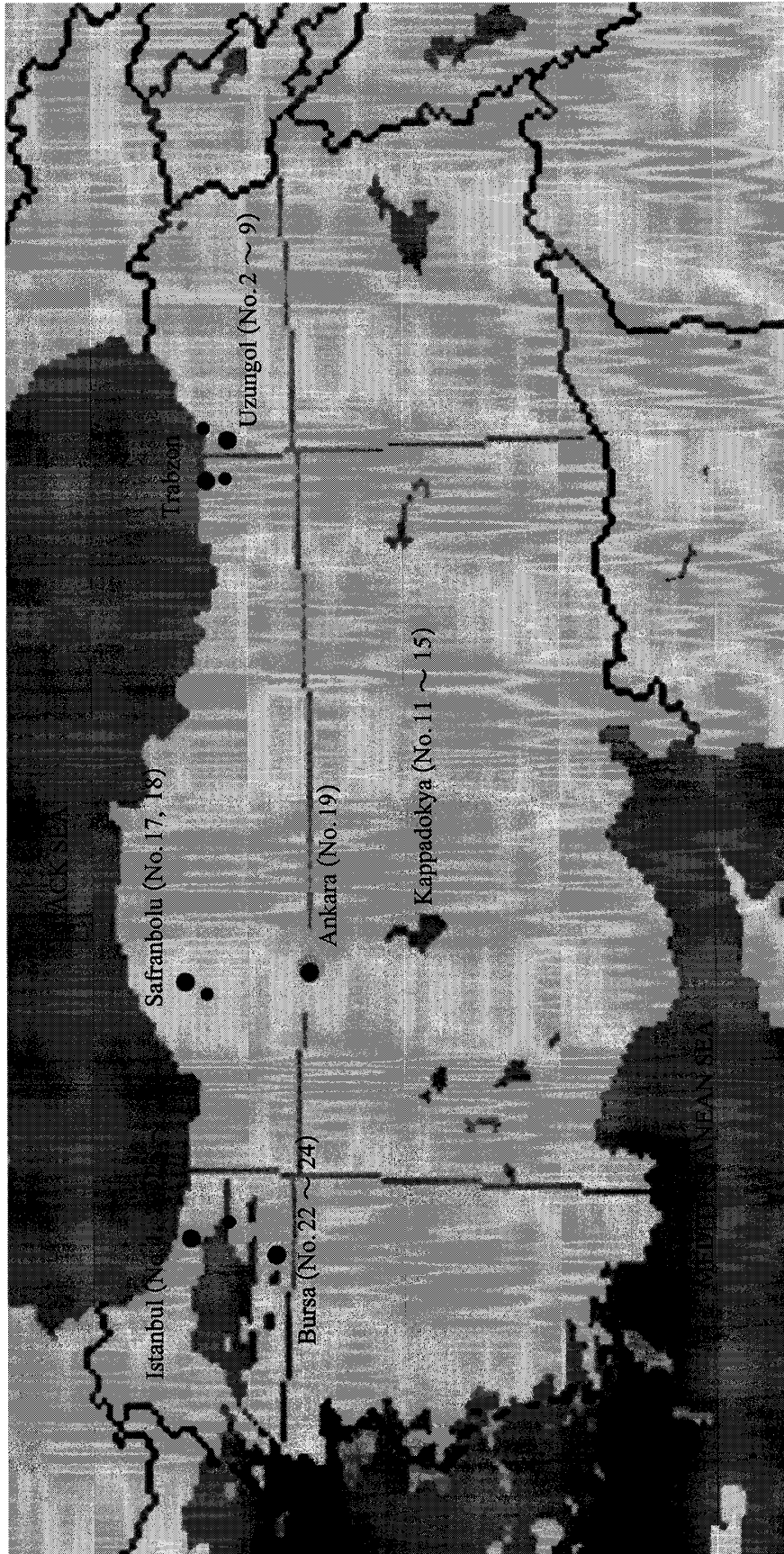


図1 調査地概図 (図中の数字は表1の試料番号を示す)

表1 採取試料の概要 (2003.08.19-08.29)

No	採取日	採取地	試料の種類	特記事項
1	08.19	Istanbul	ホテル洗面水	Radisson SAS (hotel)
2	08.20	Uzngöl	水道	Ho Geldiniz (restaurant)
3	08.20	Uzngöl	飲用	Hos Geldiniz (水挿し)
4	08.20	Of-Uzngöl	湧水	山の湧水
5	08.20	Rize	実験室水道	チャイ工場実験室
6	08.20	Rize	飲用水道	チャイ工場飲用水道水
7	08.21	Macka	ホテル洗面水	BUYUK SUMELA (hotel)
8	08.21	Sumera	湧水	Sumera Manastiri
9	08.21	Trabzon	水道	Buhara (restaurant)
10	08.21	Ankara-Kappadokya	水道	ドライブイン
11	08.22	Ürgüp	ホテル洗面水	ELKEPEVI (hotel)
12	08.22	Ortahisar	水道	じゅうたん屋
13	08.22	Avanos	水道	Dayinin Yeri (restaurant)
14	08.22	Ürgüp	水道水	Somine (restaurant)
15	08.23	Aksaray	水道水	ドライブイン (有料トイレ)
16	08.23	Gerede	水道水	ドライブイン
17	08.23	Safranbolu	ホテル洗面水	SELVILI KÖSK (hotel)
18	08.24	Safranbolu	水道水	モスク
19	08.24	Ankara	アパート水道水	運転手 (サリヒ) 宅
20	08.25	Istanbul	水道水	Sultanahamet Kofyecisi (restaurant)
21	08.25	Yalova	水道水	ドライブイン (モスク)
22	08.25	Bursa	ホテル洗面水	CELIK PALAS (hotel)
23	08.26	Bursa	屋外水道水	Ulu Camii
24	08.26	Bursa	水道水	Kebapci Iskender (restaurant)
25	08.26	Istanbul	ホテル洗面水	MARUMARA (hotel)
26	08.26	Istanbul	住宅水道水	細川宅
27	08.27	Istanbul, Saryer	水道水	共同水道
28	08.27	Istanbul, Harbiye	水道水	軍事博物館
29	08.27	Istanbul	水道水	Asitane (restaurant)

脆い岩が風と雨によって侵食され、赤、金、緑、グレーなど色とりどりの円錐形やキノコ型の岩、穴の空いた峡谷など壮観で現実離れした風景が形成された。カッパドキア地方はヒッタイト時代から交易ルートの要の町として栄え、4世紀前後からはキリスト教の修道僧たちが凝灰岩に洞窟を掘って住み始めた。地下何十mにも掘り下げられ、迷路のように張り巡らされた地下都市の跡や奇岩の中の洞窟教会堂などが数多く残され、野外博物館となっている。

サフランボルは黒海から約50 km内陸に入った険しい山々の間にあり、シルクロードへの通過点でもあったため、馬の鞍や革靴作りを主要産業とする商業都市であった。最も栄えたのは

14-17世紀で、現在は近郊の製鉄所で働く人が多くなったが、今なお中世風のトルコ特有の木造家屋が数多く残存し、そこで人々が暮らしている。

トルコ最大の都市、イスタンブールはアジアとヨーロッパの2つの大陸にまたがる都市で、古代から何世紀にもわたり文明の中心地であった。イスタンブール近郊は地中海気候区に属しているが、降雨量は少なく、季節により寒暖の差が大きい。イスタンブールの中心を貫くボスポラス海峡は黒海、マルマラ海、金角湾につながっている。マルマラ海の南西にあるブルサの街はウルダー山 (2,443 m) の斜面にあり、「緑のブルサ」として知られるように、庭園や公園が多く、緑の平原も見渡せ、盛んに果樹栽培がおこなわれている。また、古くから絹貿易と良質のミネラル分を含んだ温泉でも有名である。ヤロワはイスタンブールとブルサを繋ぐフェリーの中継点であり、イズミットとブルサを結ぶハイウェイの通過点でもある。1999年の地震で大きな被害を受けたが、現在は再建されている<sup>9)</sup>。

### 3.2. 水質調査結果

水酸化物および炭酸塩によるアルカリ分 (Pアルカリ度) はいずれの試料も0であったため、得られた総アルカリ度は炭酸水素塩によるものである。一般に、アルカリ度のある水には硫酸、塩酸、硝酸などの鉱酸は存在しない。今回の調査試料はアルカリ度が認められたことから、得られた酸度は水中の遊離炭酸を表している。遊離炭酸は水中に溶解している二酸化炭素のことで、炭酸塩や有機物の分解、空気中の二酸化炭素の溶解に起因する。地下水では有機物の分解などにより、一般に遊離炭酸が多く存在している<sup>10)</sup>。総酸度の値はほとんどの試料で20 mg/L以下であり、これは日本における水道法に基づく省令の水質基準を補完する快適水質項目に定められた遊離炭酸の目標値を満たしている。CODが高いことはその水の中に有機物が多いことを示し、水質汚濁を示す重要な指標である<sup>11)</sup>。すべての調査試料のCOD (0または3 mg/L) は、上記の快適水質項目の基準値を満たしている。また、残留塩素は調査した水道水からは検出されなかった。

黒海沿岸地方の試料の分析結果を表2に示す。

ほとんどの試料は総硬度100 mg/L以下の軟水で、総硬度に占めるCa硬度の割合は80-100%である。また、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>含有量はそれぞれ2-9 mg/L、0.681-3.51 mg/L、ECは22 ms/m以下と低く、細菌学的にもほとんど問題はない。No. 2, 3はウズンギョルのレストランの水道水と飲用の水差しの水である。成分的には類似しており、水道水を常時飲用していると思われる。No. 5, 6はリゼの茶工場の水道水で、それぞれ実験用と飲用に分けられていたが、飲用水道水のECや各種イオン濃度が幾分低めである他は成分的に大差は認められなかった。No. 7はトラブゾンから30kmほど南にあるマチカのホテルの洗面水で、総硬度は130 mg/Lであった。No. 9はトラブゾンのレストランの水道水で、総硬度が147 mg/Lであるのに対してCa硬度が95 mg/Lであり、他の試料よりMg硬度の割合が高い。No. 4はオフからウズンギョルに向かう途中の湧水、

表2 黒海沿岸地方の試料分析結果

No.	pH	cond (ms/m)	DO (mg/L)	TDS (g/L)	ORP (mV)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	COD (mg/L)	総硬度 (mg/L)	Ca硬度 (mg/L)	総アルカリ度 (mg/L)	総酸度 (mg/L)	一般細菌	大腸菌群
2	7.62	7.0	8.8	0	181	0.837	7.70	70.5	3	0	70	80	85	<5	2	0
3	7.74	13.6	8.4	0.36	183	0.681	8.22	78.1	9	0	75	80	80	<5	—	—
4	7.78	12.1	8.2	0.32	181	1.05	10.2	57.9	3	0	60	60	65	<5	1	0
5	6.82	14.8	8.3	0.38	233	3.51	11.2	30.6	5	0	55	45	50	<15	0	0
6	7.43	8.0	8.4	0.23	187	0.838	8.64	27.6	2	0	40	35	50	5	—	—
7	7.55	21	8.3	0.60	205	1.61	10.0	116	4	0	130	105	100	10	0	0
8	7.11	6.6	8.3	0.21	224	1.04	4.88	14.1	6	0	25	20	30	10	1	0
9	7.65	22	8.3	0.58	185	3.47	12.9	119	4	0	145	95	125	10	0	0

表3 中部アナトリア地方の試料分析結果

No.	pH	cond (ms/m)	DO (mg/L)	TDS (g/L)	ORP (mV)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	COD (mg/L)	総硬度 (mg/L)	Ca硬度 (mg/L)	総アルカリ度 (mg/L)	総酸度 (mg/L)	一般細菌	大腸菌群
10	7.65	86	8.2	2.7	202	67.4	72.0	311	55	0	440	275	300	35	∞	2
11	8.05	21	8.2	0.56	197	2.83	17.5	92.0	14	0	90	85	100	5	0	0
12	6.80	23	8.2	0.08	99	6.53	6.04	103	21	0	125	105	150	20	10	0
13	7.77	430	7.8	0.04	218	852	105	555	590	0	1100	625	305	10	0	0
14	8.08	19.2	8.2	0.59	212	2.94	17.2	78.7	10	0	90	80	105	5	∞	0
15	8.16	32	8.3	0.54	215	1.15	10.4	172	6	0	190	165	190	0	15	0
16	7.53	124	8.2	1.0	183	125	38.7	176	25	0	260	205	395	0	14	0
17	7.93	23	8.3	0.7	174	1.95	9.95	212	8	0	225	155	240	5-10	0	0
18	8.04	30	8.3	0.02	176	1.66	10.6	202	2	0	210	125	180	0-5	0	0
19	8.04	19	8.4	0.01	239	4.86	6.84	53.4	7	1	95	80	85	0-5	0	4

No. 8はスメラ僧院内の水で、いずれも山からの湧水をパイプで導水しているが、硬度、ECが低く、大腸菌群は検出されなかった。図2に黒海沿岸地方の水の総硬度と総アルカリ度の相関を示す。相関係数は0.82で、各試料ともよく相関しており、これらの水中のCa、Mg等のミネラル分は炭酸水素塩由来のものであることを示している。同試料のNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>の相関を図3に示す。相関係数は1.1で、No. 3がこの相関から外れてNa<sup>+</sup>含有量が幾分多いが、測定値(9 mg/L)は問題となる値ではない。

中部アナトリア地方の試料の分析結果を表3に示す。

この地域の水道水はpHが高く、総硬度が90 mg/Lを越えており、石灰岩質の土壌の影響によると思われる。No. 10はアンカラとカッパドキアの間地点にあるドライブイン、No. 13はアバノスのレストラン、No. 16はゲレデのドライブインのトイレの蛇口から採取したものである。No. 10のドライブインはTuzgolu(トゥズ湖)の北端近くに位置している。トゥズ湖は塩湖であり、今回の調査時期には水が無く、析出した湖塩が一面に広がっていた。この試料はECが



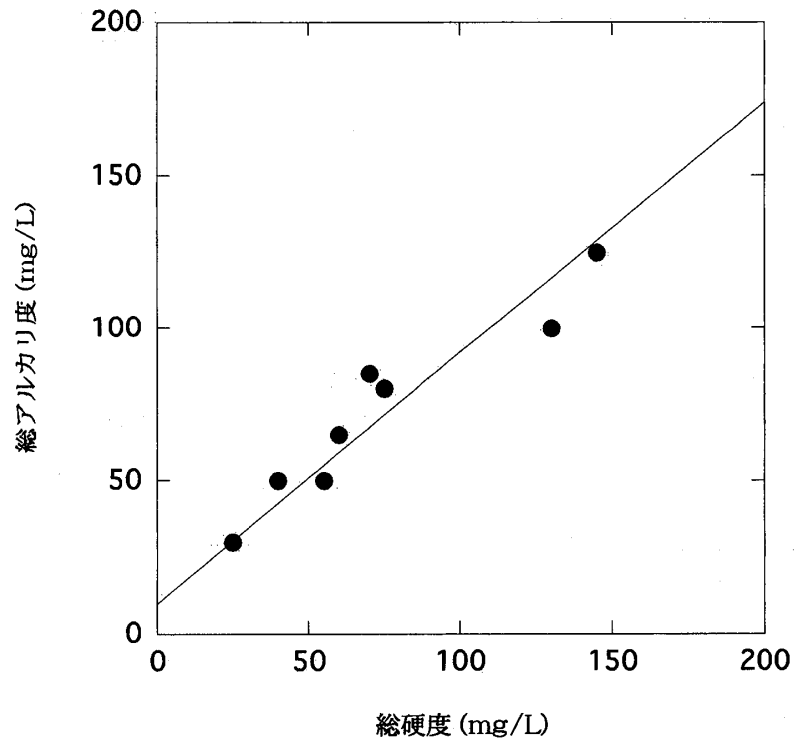


図2 黒海沿岸地域の試料の総硬度—総アルカリ度相関

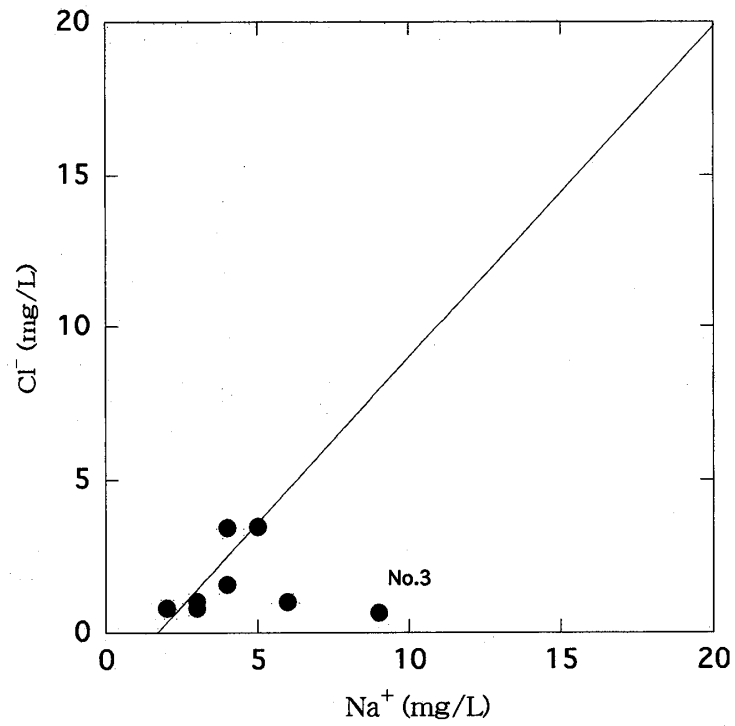


図3 黒海沿岸地方の試料のNa<sup>+</sup>—Cl<sup>-</sup>相関

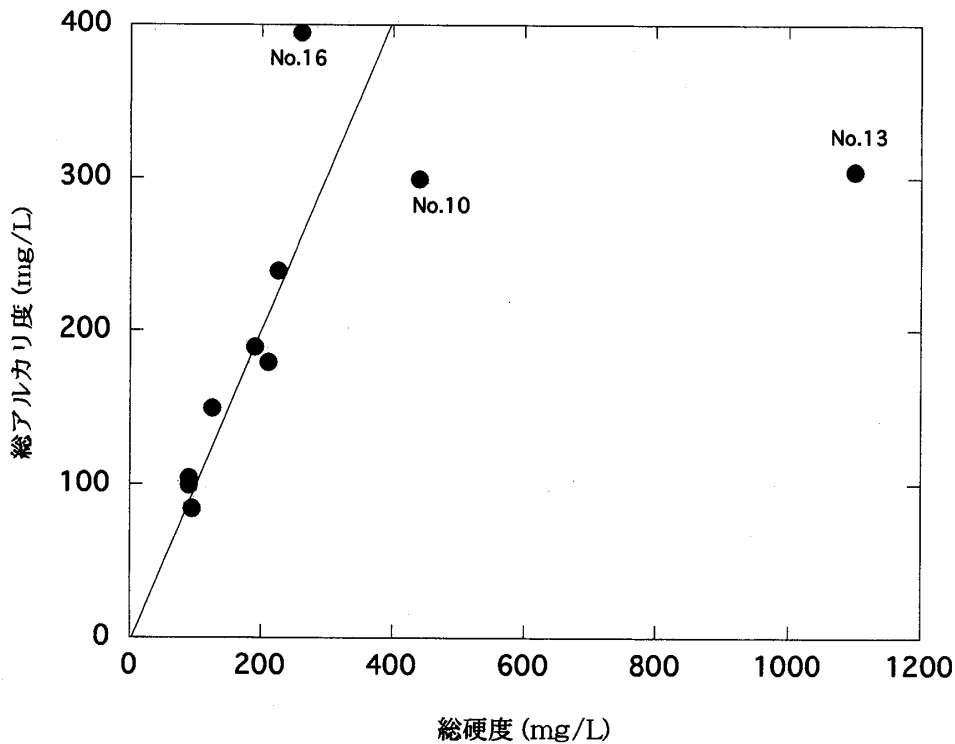


図4 中部アナトリア地方の試料の総硬度－総アルカリ度相関

86 ms/m, 総硬度が440 mg/Lで,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ 含有量はそれぞれ67.4 mg/L, 72.0 mg/L, 55 mg/Lであった. さらに, 総酸度が35 mg/Lで, 他の試料より遊離炭酸が多く存在している. No. 13のECは430 ms/m, 総硬度は1100 mg/L,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ 含有量は852 mg/L, 105 mg/L, 590 mg/Lと著しく高い値を示している. また, DOは7.8 mg/Lで, 他の試料より若干低い. No. 16はECが124 ms/m, 総硬度が260 mg/L,  $\text{Cl}^-$ 含有量が125 mg/Lであった. さらに, この3つの試料は総アルカリ度が300 mg/L以上であった. 以上の結果から, これらの施設では井戸水を利用している可能性が高い. No. 17, 18はサフランボルの水道水で, 総硬度は200 mg/Lを超えている. この試料とNo. 10, 13は, いずれも総硬度に占めるCa硬度の割合が56–67%で, Mg塩の含有量が多い. ほとんどの試料は細菌学的に問題はないが, No. 10, 14は一般細菌が多く検出された. No. 14はウルギュップのレストランの水道水であるが, いずれも配管パイプや貯水槽での汚染が考えられる. 図4, 5にこの地方の水の総硬度と総アルカリ度の相関および $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ の相関を示す. 図4の相関係数は1となり, No. 10, 13, 16がこの相関からはずれている. 図5の相関係数を0.67とすると大半の試料はこの相関にのっているが, No. 13, 16がこの相関からはずれる. No. 10, 13は総アルカリ度に比べて総硬度の値が高く, また,  $\text{Na}^+$ よりも $\text{Cl}^-$ 含有量が多いため, これらの試料中の $\text{Ca}^{2+}$ または $\text{Mg}^{2+}$ のいくらかは塩化物を形成していると思われる. No. 16は $\text{HCO}_3^-$ と $\text{Cl}^-$ の値が高いが, これらのアニオンと関連するカチオンについてはこの実験からは確定できない.

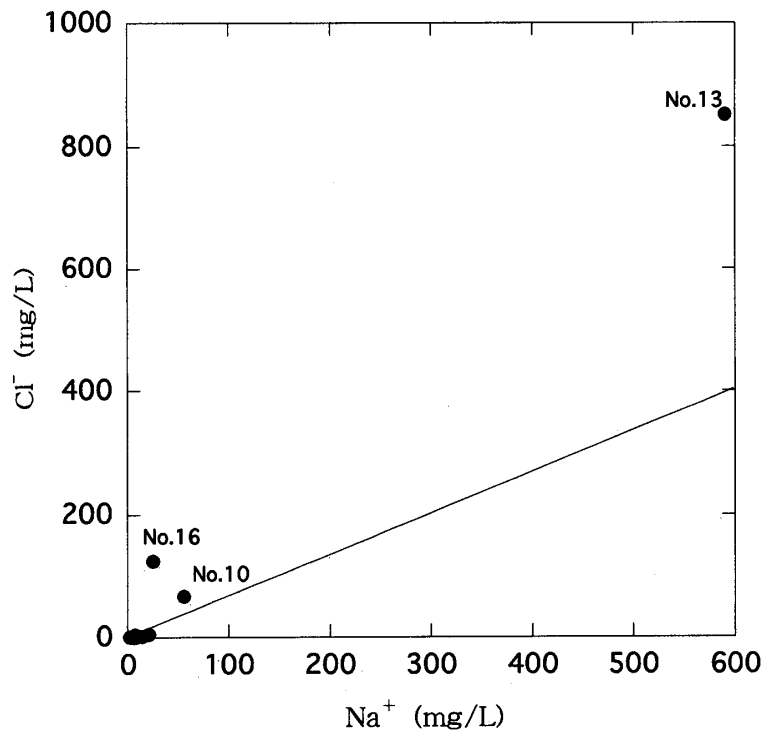
図5 中部アナトリア地方の試料のNa<sup>+</sup>-Cl<sup>-</sup>相関

表4 イスタンブールとその周辺の試料分析結果

No.	pH	cond (ms/m)	DO (mg/L)	TDS (g/L)	ORP (mV)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	COD (mg/L)	総硬度 (mg/L)	Ca硬度 (mg/L)	総アルカリ度 (mg/L)	総酸度 (mg/L)	一般細菌	大腸菌群
1	7.51	36	8.4	1.1	186	17.3	12.3	4.74	74	3	10	7	120	<5	—	0
20	7.09	30	7.4	0.01	211	21.3	9.70	61.8	17	1	150	125	105	5-10	0	0
21	7.17	15.8	7.4	0.44	233	4.24	7.49	22.9	9	0	60	45	50	5	0	0
22	7.58	30	8.0	1.0	262	3.02	11.7	73.2	4	0	195	145	180	5-10	0	0
23	7.55	38	8.0	0	310	2.87	10.4	61.8	4	0	170	105	190	5-10	0	0
24	7.59	35	6.9	0.9	304	3.20	9.98	60.7	4	0	180	110	160	5-10	0	0
25	7.48	42	7.0	1.0	304	22.5	11.5	31.5	46	0	75	60	90	5-10	0	0
26	7.39	38	6.8	1.0	318	21.2	10.8	66.4	15	0	165	130	110	0-5	0	0
27	7.69	33	7.0	1.0	305	22.5	25.9	75.9	16	0	170	125	115	0-5	0	0
28	7.68	33	7.1	1.2	306	27.7	15.3	67.9	18	0	155	155	110	0-5	20	0
29	7.68	35	7.6	0	314	20.1	9.47	62.3	16	1	195	135	90	0-5	0	0

表4にイスタンブール市内とその周辺地域の水道水の分析結果を示す。

イスタンブール市内の水道水は総硬度150mg/L以上で、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>含有量がそれぞれ10mg/L以上、20mg/L以上と幾分高い。No. 1は空港近くのホテル、No. 25は市内のホテルの洗面水で、硬度が低く、Na<sup>+</sup>含有量が多い。No. 22, 23, 24はブルサの水道水である。いずれも総硬度は170mg/L以上で、これに占めるCa硬度の割合は61-74%となり、Mgがやや多く存在して

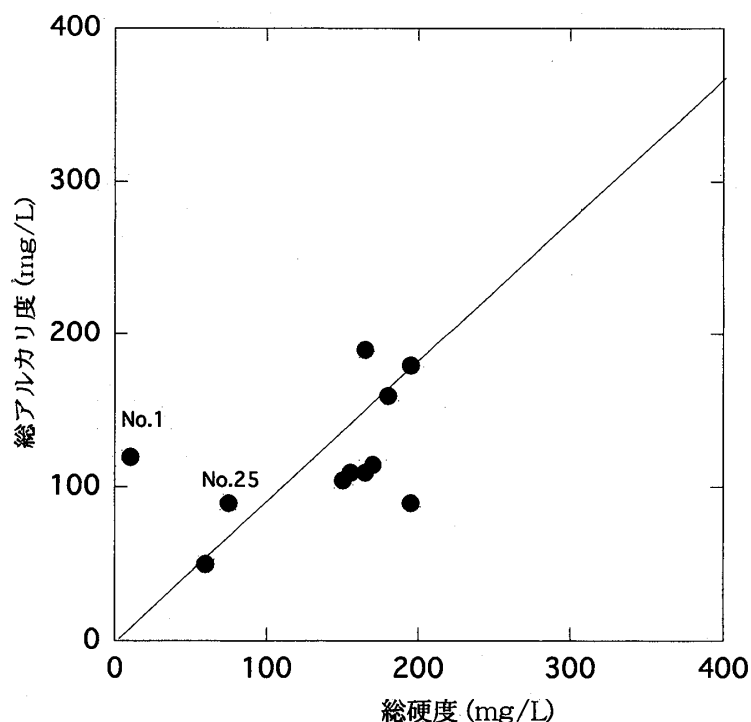


図6 イスタンプールとその周辺の試料の総硬度-総アルカリ度相関

いる。総硬度に対応して、総アルカリ度は160–190 mg/Lと高い。DOは水中に溶解している酸素の量を示し、供給源の多くは大気であるが、藻類の繁殖時には光合成によって放出された酸素を含むことも知られている。酸素の溶解度は気圧、水温、塩分などに影響され、海水や硬水では小さくなっている。一般的に水質汚濁の指標として用いられ、有機物で汚濁した水中では、生物化学的酸化により酸素が消費されるためDOの値は低くなる<sup>12)</sup>。日本の環境基本法に基づく生活環境の保全に関する環境基準では、上水道を利用目的とする河川水のDOは3段階が定められており、沈殿ろ過などの通常の浄水操作をおこなう水道2級は7.5 mg/L以上、前処理などを伴う高度の浄水操作が必要な水道3級は5 mg/L以上である。No. 1, 22, 23のDOは8 mg/L以上であったが、これを除く試料のうち7個は6.8–7.4 mg/Lで、水道3級に該当する。このことは、水道水源の汚染を表すものではないが、すでに述べたようにこの地方の水質汚染に対する懸念が報告されていることを考え合わせると、排水管理や下水処理についてのなんらかの対処が必要であろう。図6に上記試料の総硬度と総アルカリ度の相関を、図7にNa<sup>+</sup>とCl<sup>-</sup>の相関を示す。硬度とアルカリ度の相関係数は0.93で、おおむねこの相関に乗っているが、No. 1が外れている。図7の相関係数は1.28で、No. 1と25はNa<sup>+</sup>の値が高く、この相関から大きく外れている。硬度が低いことと考え合わせると、これらのホテルでは、イオン交換による軟水化処理がおこなわれていると推測される。

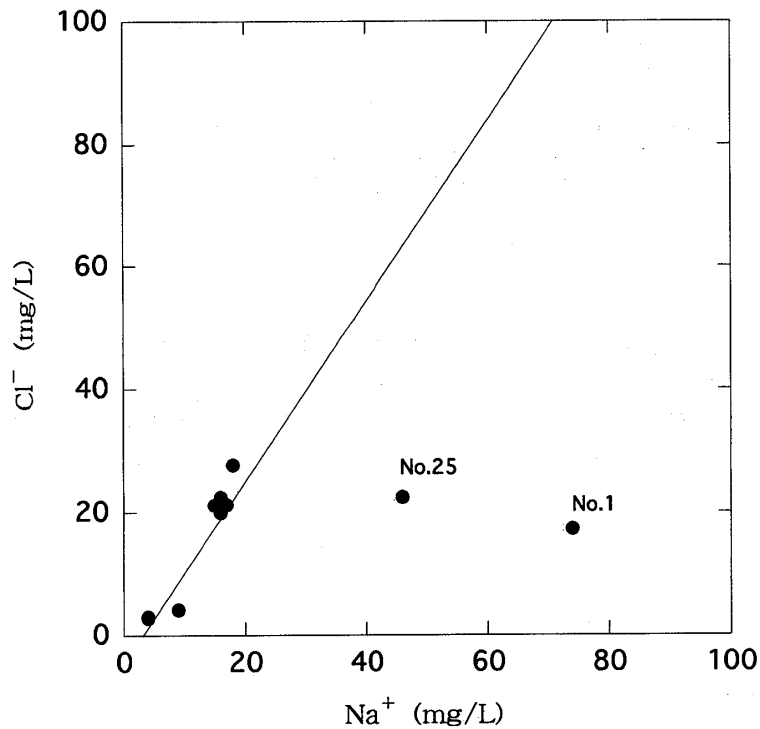


図7 イスタンブールとその周辺の試料の Na<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> 相関

#### 4. 結論

トルコの黒海沿岸地方からイスタンブール周辺にいたる各地の生活用水を調査した。その結果、黒海沿岸地域は降雨量が多いため、使われている水の多くは硬度の低い軟水で、その他のイオン含有量も低い。中部アナトリア地方の水は土壌の性質を反映して pH、硬度が高く、サフランボルの水は 200 mg/L の硬水である。アナトリアの一部のレストランなどでは井戸水を利用していると考えられる。イスタンブール市内および周辺の水道水には、硬度 200 mg/L 以下の中硬水が使われているが、市内のホテルでは独自に軟水処理がおこなわれていた。

今回調査した地域には上水道施設があり、ほとんどの試料は細菌学的に問題はなく、COD や遊離炭酸も日本の快適水質項目の基準値を十分に満たしていたことから、上水道から供給される水は塩素消毒などの一般的な浄水処理がなされていることがわかる。しかし、水道の蛇口では残留塩素が認められず、これは使用される薬品の量があまり多くないためであり、したがって、水道水の味は悪くはないが、安全のためには煮沸して用いた方がよいであろう。また、得られた結果は、浄水処理過程において硬度調整などの高度浄水処理がなされていないことを示しており、硬水に慣れない旅行者は市販のボトリング水を利用した方が無難であると思われる。

## 文献

- 1) 小池俊雄：「人間活動と水循環系のグローバルな変化（地球環境学4）」岩波書店（1999）
- 2) 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，7，195-205（2000）
- 3) 富田寿代・水谷令子：中国北西部の飲料水の現状——西安からウルムチまで——，食生活研究，22（3），28-34（2002）
- 4) 水谷令子・富田寿代：中国タリム盆地の生活用水の現状，鈴鹿国際大学紀要，9，121-132（2002）
- 5) A. Tanik: Using the example of Istanbul to outline general aspects of protecting reservoirs, rivers and lakes used for drinking water abstraction; Water, Sanitation et Health, 105, IWA, 133-141（2000）
- 6) 国際協力事業団：国別環境情報整備調査報告書（トルコ），13-27（1998）
- 7) 日本水道協会：「上水試験方法」日本水道協会，121-132（2001）
- 8) 東京書籍編集部：「世界各国要覧10訂版」東京書籍，96（2000）
- 9) T. Brosnahan, P. Yale and R. Plunkett: Turkey; lonely planet, 15-67, 111-115, 305-321, 469-489, 527-555, 570-596（2001）
- 10) 日本水道協会：「水道用語辞典」日本水道協会，633-634（1996）
- 11) 高橋裕他編：「水の百科事典」丸善，306-307（2001）
- 12) 日本水道協会：「上水試験方法解説」日本水道協会，221（2001）

富田 (Living Environment, 生活環境)

水谷 (Living Culture, 生活文化)