

ミャンマー中部の生活用水

Water for Living in Central Myanmar

富田 寿代*, 水谷 令子**

Hisayo TOMITA, Reiko MIZUTANI

Abstract

Usage and quality of water for living were investigated in Bagan, Mandalay, Inle Lake and Taunggyi in the central area of Myanmar. Almost all people in the country do not have direct access to a water supply system. However, piped water is also groundwater or surface water without filtration and chlorination because there are few water purification plants. Furthermore, the majority of latrines are the pit type, and domestic sewage is directly discharged into surface waters such as rivers and lakes. Therefore, the contamination of raw water and soil influences the water quality directly. Many samples had a high concentration of Na⁺ and total alkalinity. The existence of NO₂⁻, NH₄⁺ and K⁺ in all the samples suggest the raw water was polluted with human waste and chemical fertilizers.

Keywords: water quality, water for living, central area of Myanmar

1. はじめに

東南アジア 10 カ国からなる ASEAN は過去 10 年間で高い経済成長を示し、その潜在力は世界中から注目されている。この地域は日本とは古くから人的・文化的交流があり、現在は重要なビジネスパートナーでもある。そのうちの 1 つであるミャンマー連邦共和国は 2011 年の新政権樹立により経済の発展が期待され、各国の企業進出が加速している。しかし、長く経済が低迷していたことで、安定した電力供給、上下水道、港湾道路網等のインフラは未整備のままである。特に給水分野については全国を一元的に所掌する機関がなく、全体計画の未整備、施設の老朽化、運営体制の遅れなどの課題を抱えている。水道普及率は国全体でみると 8.2% (2015 年) と極めて低い¹⁾。

ミャンマーの国土は南北に長いいため北部、中部、南部で気温や降水量が異なるが、一般的には暑季 (3 月～5 月中旬)、雨季 (5 月下旬～10 月中旬)、乾季 (10 月下旬～2 月) の 3 季に分けられる。南部のヤンゴン市周辺の年間平均降水量は 2,700mm であるが、中部平原地帯には年間降水量が日本の 1/3 程度の乾燥地域がある。この地域には深刻な水源不足に

*本学教授、生活環境 (Living Environment)

**本学名誉教授、生活文化 (Living Culture)

悩む村落が多い²⁾。

マンダレー市は中部乾燥地域に位置し、ヤンゴン市に次ぐ第二の商業都市であると同時に、仏教文化と信仰の中心地となっている。この都市の上水道平均普及率は57%で、水源は地下水(95%)と表流水である。地下水は深さ100m以上の深井戸から取水し、浄水処理をしないで配水している。表流水の場合は緩速ろ過処理後に配水するが、浄水場の稼働率は19%と低い。消毒施設は1994年の塩素ガス漏洩事故で故障したままで、水道水の塩素消毒はおこなわれていない。安全な飲料用水供給とは言い難く、給水地域の市民は、水道水を洗濯、掃除、散水に利用し、飲用には市販水か私有井戸の水を購入するか水道水を煮沸処理して使う³⁾。

既存水道施設の1日平均配水量と給水人口から試算される1人当たりの給水量は114~124L/人・日で、ASEAN諸国の他の都市と比べても低い。市の東部地区では日常的な低給水水圧のため時間給水がおこなわれている。南部地区のピジータゴン区では、近年の人口増や商業施設等の建設ラッシュによる水需要の急増に対応ができておらず、上水道普及率は5.7%に留まっている。貧困層が多い同地区の住民の大多数は、家庭排水等によって水質が悪化した非衛生的な浅井戸の利用を余儀なくされている。そのため、この地区の住民の水系疾病への罹患率は、市内の他地区より高く、下痢患者数はさらに増加傾向にある⁴⁾。中部乾燥地域には、マンダレー市以外にも、バガン、メイティーラ、サガイン、モンユワなど仏教遺跡を有する都市が多く、観光客を含む交流人口の増加は、この地域に与える更なる環境負荷を予測させる。

現在、ヤンゴン市の上下水道施設整備⁵⁾や水環境改善事業⁶⁾、シャン州国境地域への飲料水供給⁷⁾等の日本が支援する数多くのプログラムとともに、北九州市が企画提案するマンダレー市の浄水場運転管理能力向上事業⁴⁾が進められている。長期的には設備の充実が期待されるが、個々の家庭の生活環境がすぐに向上するものではない。ミャンマーの水利用を含めた生活環境についてはいくつかの報告⁸⁾⁻¹²⁾があるが、近年における同国の変革は著しく、ヤンゴンやマンダレーに留まらず各地で都市化や開発が続いており、自然環境に与える影響は少なくない。

安全で清浄な水へのアクセスは健康で文化的な生活には不可欠であり、産業の発展にも重要である。筆者らは、アジア乾燥地域における水環境の現状を把握するとともに適切な水資源保護管理を検討することを目的として、各地の生活用水の水質および使用方法についての調査をおこなっている。ここにおいて、それぞれの地域では洗濯や調理には水を使いすぎない工夫をしている一方で、配水パイプや水栓からの慢性的な漏水が目立つこと、一般的な水道水不信と地下水や湧き水に対する過度の信頼が存在すること、貯水タンクの不適切な管理で細菌が繁殖していることなどを明らかにし、環境教育の徹底と環境意識の向上の必要性を指摘した¹³⁾⁻²⁰⁾。本稿では、上述のような問題を抱える、ミャンマー中部地域の生活水を調査したので、その結果を報告する。

2. 試料採取および実験方法

ミャンマー中部のバガン、マンダレー、インレー湖、タウンジーで生活に利用している地下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、硬度>

いずれも上水道試験方法²¹⁾に従って比色滴定で求めた。総アルカリ度 (TA1) 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、MR 混合指示薬 (メルク社[®]/プロムクゾールグリーン) を用いて測定した。総硬度 (TH) 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) を用いて求めた。

<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^-)、硝酸イオン (NO_3^-)、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-2 (堀場製作所) で、ナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) はイオンメータ (堀場製作所) で測定した。また、デジタル水質分析計 (DPM-MT 共和理化学研究所) を用いて、亜硝酸イオン (NO_2^-) 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_4^+) はインドフェノール青法 [0.20–5.00mg/L]、検水中の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 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ でおこなった。

3. 結果

調査地であるバガン、マンダレー、インレー湖は歴史的な仏教遺跡を多く有する観光地であるだけでなく、これらのパゴダ (仏塔) や僧院は重要な宗教施設でもあり、季節を問わず大勢の人々が訪れている。参拝や観光を目的とするため滞在期間は短い、この地域の交流人口は住民の数をはるかに越えている。調査時期が乾季であったので、水量は比較的豊かであったが、暑季になるとこの地域の河川や湖の水位は一気に下がるという。

ミャンマーでは、飲食店やパゴダ、郊外の道端など至るところに飲料水の壺が置かれている。この壺をミャンマー語で Ye0 (水) を Ye、壺を 0) という (図 1)。水を施すことで、功德を得るとの考えから、寺院へ寄付をする



は住民が日常的に飲用している水であるが、喫茶店やレストランでは市販水を、主要な宗教施設では処理水を入れていた。利用頻度が高いほど補給回数も多く、そのようなYe0はタクシーやバスの運転手や参拝者が口を漱いだり飲用に利用していた。伝統的には素焼きの壺を使う。表面に浸みだした水が蒸発する際に周りの熱を奪い壺全体が冷やされ、暑い屋外でも中の水温が下がる。経験から得られた合理的な仕組みである。今回の調査では、利用頻度の高いYe0の水を採取した。表1に採取試料の詳細を、図2に調査地の概図を示す。図中の数字は試料番号である。すべての試料のCODは測定範囲以下(2mg/L以下)であり、水中の有機物は0または微量であった。

Ayeyarwady川はミャンマー中央を南北に縦断し、多くの河川港を擁する水運の要である。この川の中流域東岸の平野部一帯に仏教遺跡が林立する地域があり、世界三大仏教遺跡のひとつに数えられている。ここがバガンであり、仏教の聖地となっている。特に遺跡が集中するオールドバガン地区は、城壁で囲まれ、考古学保護区となってい

表1 採取試料の詳細 (1/30~2/7/2014)

Samp. No	採取日	採取地	資料の種類	特記事項
1	1.30	Yangon	ホテル洗面水	Thamada Hotel
2	1.31	Bagan	市販水	喫茶店のYe0; Nyaun U ~ Old Bagan
3	1.31	Bagan	水道水	バガン料理店のYe0; Old Bagan
4	1.31	Bagan	ホテル洗面水	Sky Palace Hotel; New Bagan
5	1.31	Bagan	RO処理水	Buhpaya Pagoda水飲み場; Old Bagan
6	2.1	Myingyan	井戸水	食堂のYe0
7	2.1	Myo Thar	井戸水	村の生活用水
8	2.1	Mandalay	水道水	Mandalay Hill頂上のYe0
9	2.2	Mandalay	ホテル洗面水	Shwe Ingyinn Hotel
10	2.2	Mingun	河川水	Mingun BellのYe0
11	2.2	Mandalay	RO処理水	Mahamuni Pagodaの水飲み場
12	2.2	Mandalay	水道水	市内フードコートの手洗い場
13	2.2	Mandalay	井戸水	市内シルク工房
14	2.2	Mandalay	水道水	郊外レストラン
15	2.3	Aungban	井戸水	村の共同井戸
16	2.4	Inle Lake	水栓	湖上の工房の手洗い場
17	2.4	Nyaung Shwe	ホテル洗面水	Hu Pin Hotel
18	2.5	Taunggyi	RO処理水	Sut San Tun Hospital
19	2.6	Taunggyi	ホテル洗面水	Nyein Chan Hotel
20	2.7	Heho	水道水	空港手洗い水

*Ye0: 水の壺 (Ye:水 0:壺)

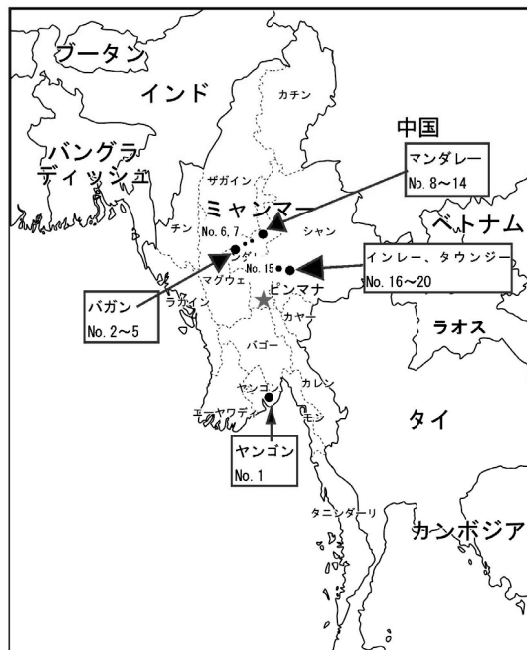


表2 採取試料の測定結果 (バガン)

Samp. No	pH	EC ms/m	TDS g/L	ORP mV	Cl ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	TH** mg/L	TAI*** mg/L
1	7.20	21.6	0.14	404	10.5	14	19.5	0.023	0.47	39	0.64	8	8
2	6.80	12.2	0.08	335	2.18	12	18.2	u*	0.28	15	0.12	18	20
3	6.70	16.2	0.11	326	1.61	10	21.5	0.240	0.61	3	3.76	86	110
4	6.88	894	5.60	295	74.3	550	21.1	0.020	0.24	6	4.69	98	320
5	6.80	0.6	0.00	321	1.98	10	16.5	u	0.48	5	2.79	80	70
6	7.58	1.9	0.01	284	33.0	400	24.3	u	0.27	5	3.87	75	105

*u:測定範囲以下 (NO₂⁻測定範囲: 0.02~1mg/L)、**TH:Total Hardness、***TAI:Total Alkalinity、

No.1 はヤンゴン市内のホテル洗面水であり、比較のために採取した。EC は 21.6ms/m、TH、TAI とも 8mg/L と低い値であったが、NH₄⁺ が 0.47mg/L、K⁺ が 39mg/L 検出された。この市の水道は、取水した表流水の 2/3 が浄水処理なしでそのまま配水されており⁵⁾、この試料も十分な処理は施されていない。

ニャンウー (Nyaun U) はバガン観光の拠点となる町である。ニャンウーとオールドバガン (Old Bagan) を結ぶ街道沿いには幾つもの飲食店が建ち並び、店内に置かれた Ye0 の水を飲むために、客以外の村人やタクシー等の運転手が気軽に出入りしている。No.2 は、そのような店 (喫茶店) の Ye0 の水である。ここでは、Ye0 の横に市販水 (蒸留水) のボトルを並べ、頻繁に補充していた (図 3)。EC 12.2ms/m、TH 18mg/L、Na⁺ 12mg/L であったが、NH₄⁺ が 0.28mg/L、K⁺ が 15mg/L 残留していた。No.3 はオールドバガンにあるレストランの Ye0 の水である。ここでは、水道水を使っており、EC は 16.2ms/m であったが、TH が 86mg/L、TAI が 110mg/L と高く、NO₂⁻ を 0.240mg/L、NH₄⁺ を 0.61mg/L、K⁺ を 3mg/L 含有していた。一部の高級ホテルを除いて、宿泊施設のほとんどはニャンウーとニューバガン (New Bagan) に集まっており、No.4 はニューバガンのホテル洗面水である。EC 894ms/m、TH 98mg/L、TAI 320mg/L、Na⁺ 550mg/L、Cl⁻ 74.30mg/L と高い値を示し、NH₄⁺ と K⁺ も若干検出された。これも水道水



図3 喫茶店の Ye0 (No.2)

右端のボトルの市販水を入れている

てられたと伝えられるが、1975年の地震で倒壊し、現在のパゴダはその後再建されたものである。パゴダを背に、川に映る夕日を眺めることができ、信者を含め多くの観光客が訪れている。ここでは小型の太陽光発電RO（逆浸透膜）処理装置を設置し、河川水をROカートリッジに通した後タンクに貯水し、誰でも飲用できるようになっていた。No.5はこの処理水である。EC、Na⁺、Cl⁻などは低い値を示したが、TH 80mg/L、TAI 70mg/Lであり、NH₄⁺が0.48mg/L、K⁺が5mg/L残留していた。



図4 共同井戸 (No.6)

ミンジャン (Myingyan) はバガンの北西 15km にある Ayeyarwady 川東岸の商業都市である。No.6 はミンジャンの食堂で日常的に使っている共同井戸 (図4) の水である。EC は 1.9ms/m と低い値であるが、TH 75mg/L、TAI 105mg/L、Cl⁻ 33.00mg/L で、Na⁺ 濃度は 400mg/L と高い。バガンで採取した試料 (No.2-5) は pH6.70-6.88 で、他の地域より低い値であった。

ミンジャンから Ayeyarwady 川を上流に 150km ほど上った東岸に位置する都市がマンダレー (Mandalay) である。ミャンマー北中部の商業や通信の中心となっており、主要産業は絹織物、翡翠の切り出しと研磨、寺院の装飾品等の制作、醸造および蒸留である。マンダレー市で採取した試料の測定結果を表3に示す。

表3 採取試料の測定結果 (マンダレー市)

Samp. No	pH	EC ms/m	TDS g/L	ORP mV	Cl ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	TH** mg/L	TAI*** mg/L
7	8.02	90.0	0.60	268	8.91	28	28.0	0.045	u*	2	1.25	25	520
8	7.58	23.0	0.15	297	1.14	7	14.9	0.143	0.24	6	3.30	74	105
9	7.64	45.7	0.30	313	3.07	96	17.9	0.021	0.33	2	0.83	37	200
10	7.36	9.6	0.06	326	0.75	5	15.2	0.047	0.76	2	4.05	72	55
11	7.76	27.0	0.18	299	1.76	87	27.1	0.021	u	2	3.27	13	250
12	7.89	40.3	0.26	293	3.41	110	27.5	0.054	0.20	5	2.23	18	230
13	7.27	155	1.00	314	41.0	210	31.7	0.028	0.26	0	17.80	97	350
14	7.70	73.4	0.47	293	2.51	160	30.4	0.051	0.33	8	1.73	29	310

* u:測定範囲以下 (NO₂ 測定範囲: 0.02-1mg/L)、**TH:Total Hardness、***TAI:Total Alkalinity、

り、これを生活に使っていた。No.7はその井戸水であり、pH 値は 8.02、EC 90.0ms/m で、TH は 25mg/L と低い、TA1 は 520mg/L と高い。NO₂⁻ が 0.045mg/L であり、NH₄⁺ は測定範囲以下 (0.2mg/L 以下) であった。

マンダレー市の中心部の商業地区にはマンダレー・セントラル駅 (ヤンゴン-マンダレー間を結ぶ幹線鉄道) があり、駅の北側にはミャンマー最後の王朝の王宮が再建され、市の南部にはマハムニ寺院がある。マハムニ寺院の南側には国際空港があり、さらに、その西のピジータゴン区と南東の工業地帯は現在も開発が続いている。王宮の北東にそびえるマンダレーヒル (Mandalay Hill) は丘全体が聖地になっており、頂上には幾つものパゴダがある。No.8 は頂上テラスの Ye0 の水であり、EC 23.0ms/m、Cl⁻ 1.14mg/L、Na⁺ 7mg/L と低い値を示したが、TH 74mg/L、TA1 105mg/L で、NO₂⁻ 0.143mg/L、NH₄⁺ 0.24mg/L、K⁺ 6mg/L であった。これは、マンダレーヒル中腹の配水池から給水された水道水である。

No.9 は、セントラル駅西隣のホテル洗面水である。EC 45.7ms/m、TH 37mg/L、TA1 200mg/L、Na⁺ 96mg/L で、NO₂⁻ 0.021mg/L、NH₄⁺ 0.33mg/L、K⁺ 2mg/L であった。また、No.12 はホテルの近くにあるフードコートの水道水で、EC 40.3ms/m、TH 18mg/L、TA1 230mg/L、Na⁺ 110mg/L で、NO₂⁻ 0.054mg/L、NH₄⁺ 0.20mg/L、K⁺ 5mg/L であった。No.14 は市東部の郊外に造られた新しいレストランの水道水である。EC 73.4ms/m、TH 29mg/L、TA1 310mg/L、Na⁺ 160mg/L で、NO₂⁻ 0.051mg/L、NH₄⁺ 0.33mg/L、K⁺ 8 mg/L であった。マンダレーヒルを含む市の北部、駅周辺、東部の水道は、それぞれ異なった配水池から給水されており³⁾、含有するイオンの組成比は幾分異なっている。

マハムニ寺院にはマンダレー最大のパゴダ (Mahamuni Pagoda) があり、国内各地から信者が巡礼に訪れている。この水飲み場には、太陽光発電 RO 処理装置が設置され、処理した水道水を信者や観光客が飲用したり、ボトルに入れて持ち帰っていた (図 5)。No.11 はこの処理水であり、EC 27.0ms/m、TH 13mg/L、TA1 250mg/L、Na⁺ 87mg/L で、NH₄⁺ は測定範囲以下だが、NO₂⁻ 0.021mg/L、K⁺ 2mg/L であった。

No.13 はマンダレー駅の 6km ほど南東にあるシルク工場の私有井戸の水である。EC 155ms/m、TH 97mg/L、TA1 350mg/L、Cl⁻ 41.0mg/L、Na⁺ 210mg/L で、NO₂⁻ 0.028mg/L、NH₄⁺ 0.26mg/L で、それぞれの値は高い。市内で採取した試料 (No.8, 9, 11-14) の pH 値は 7.27-7.89 であった。



図 5 貯水タンク (No.11)

どがある。No. 10 はミングォンの鐘の鐘楼に設置された Ye0 の水である。EC は 9.6ms/m と低い値であったが、TH 72mg/L、TAI 55mg/L、NO₂⁻ 0.047mg/L、NH₄⁺ 0.76mg/L、K⁺ 2mg/L であった。この Ye0 は村人たちが丁寧に管理しており、河川水を補充していた。

シャン州はミャンマー東部に位置し、中国の雲南省、タイ王国と接している。州の政治経済の中心であるタウンジー市と観光名所であるインレー湖は州の西部にある。表 4 にインレー、タウンジーで採取した試料の測定結果を示す。

表4 採取試料の測定結果（インレー・タウンジー）

Samp. No	pH	EC ms/m	TDS g/L	ORP mV	Cl ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	TH** mg/L	TAI*** mg/L
15	7.95	20.0	0.30	303	18.9	20	29.8	u*	0.27	2	10.60	84	110
16	8.03	39.3	0.26	305	1.26	5	31.1	u	u*	0	12.60	97	150
17	8.01	47.1	0.31	316	2.73	16	29.7	u	0.44	1	11.40	95	110
18	7.86	59.2	0.38	318	9.01	20	30.7	u	0.47	2	16.70	69	145
19	7.60	105	0.70	328	20.7	48	29.0	2.60	0.74	6	16.30	93	120
20	7.68	71.5	0.46	325	0.61	4	29.1	u	0.31	1	22.10	192	55

* u:測定範囲以下 (測定範囲: NO₂⁻: 0.02~1mg/L, NH₄⁺: 0.2~5mg/L)

TH:Total Hardness、*TAI:Total Alkalinity、

マンガレー市から 250km ほど南の二つの国道が交わる辻の村アウンベイ (Aungban) は、長距離バスや観光バスの中継点となっており、休憩所や飲食店、土産物屋がある。No. 15 はこの村の共同井戸の水である。EC 20.0ms/m、TH 84mg/L、TAI 110mg/L、Cl⁻ 18.9mg/L、Na⁺ 20mg/L で、NH₄⁺ 0.27mg/L、K⁺ 2mg/L であった。

インレー湖 (Inle Lake) は標高 1300m のシャン高原にある淡水湖で、インダー族が沿岸や湖上で生活している。彼らは藻や水草が集まってできた浮島に湖岸の土や泥を載せて固め、その上に家屋や畑を造る。湖上には、村落や畑、伝統工芸の工房の他に、寺院やホテルもある。No. 16 は湖の中央にある水上工房で作業や生活に使っている水で、湖水を汲み上げて導水していた。EC 39.3ms/m、TH 97mg/L、TAI 150mg/L で、Cl⁻ や Na⁺ 濃度は低く、NH₄⁺ や K⁺ は検出されなかった。湖の北東のニャウンシュエ (Nyaung Shwe) は小さい町であるが、ホテル、ゲストハウス、レストラン、雑貨屋などを有し、インレー湖観光の拠点となっている。No. 17 はこの町のホテル洗面水であり、EC 47.1ms/m、TH 95mg/L、TAI 110mg/L で、NH₄⁺ が 0.44mg/L であった。No. 16 と 17 の結果は類似しており、この町の水源が湖水であることを示しているが、ニャウンシュエの水道は湖岸で取水したために NH₄⁺ が検出されたと思われる。湖周辺には多くの集落があり、水上集落とともに、生活排水はそのまま

湖に流している。中央の湖水からは NH_4^+ や K^+ は検出されていないが、この状況で観光客が増え続ければ水質の汚染は否めない。集落下水処理場や個別浄化槽の設置など早急な対策が求められる。

タウンジー市 (Taunggyi) はインレー湖の北東 30km、標高 1400m の高地にあり、避暑地としても賑わっている。No. 18 はこの州で一番大きな診療所 (Sut San Tun Hospital) で入院患者とその家族および職員が飲用している水である。複数の RO カートリッジを屋外に設置し、太陽光発電により水道水を処理し、大型タンクに貯蔵していた (図 6)。この水を導水している水場では、患者の家族や職員が飲用のためにポットやボトルに汲むほか、果物や野菜を洗っていた。

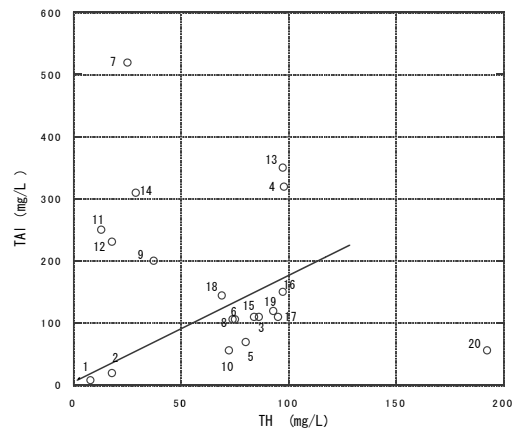
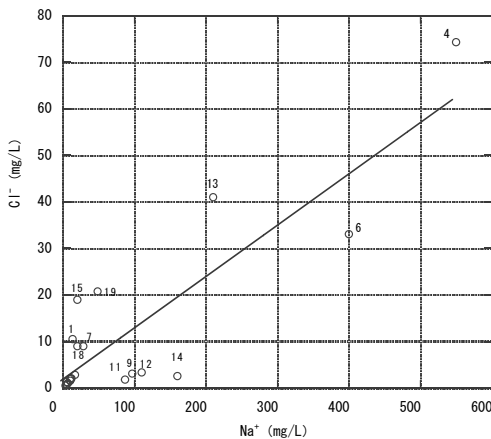


図 6 RO カートリッジと貯水タンク (No. 18)

EC 59.2ms/m、TH 69mg/L、TAI 145mg/L、 Cl^- 9.01mg/L、 Na^+ 20mg/L で、 NH_4^+ が 0.47mg/L 残留していた。No. 19 は、市内中心部にあるホテルの洗面水である EC 105ms/m とやや高く、 Cl^- 20.7mg/L、 Na^+ 48mg/L、TH 93mg/L、TAI 120mg/L で、 NO_2^- 2.60mg/L、 NH_4^+ 0.74mg/L、 K^+ 6mg/L を含有していた。

タウンジーの西 40km のヘーホー (Heho) には空港があり、No. 20 は空港の水道水である。TH は 192mg/L と高い値であったが、EC 71.5ms/m、TAI 55mg/L で、 NH_4^+ 0.31mg/L であった。これらの試料の pH 値は 7.60~8.03 で、他の調査地より高い傾向がある。

すべての試料中の Na^+ と Cl^- の相関を図 2 に、TH と TAI の相関を図 3 に示す。図 2 の相関係数は 0.86 であるが、傾きは 0.11 となり、 Cl^- に比べて Na^+ 濃度が著しく高い。図 3 のバラツキが大きく、相関から外れた No. 7、11、12、14、20 を除くと相関係数は 0.53 と



る。No. 11、12、14 はマンダレーで採取した試料であり、TAI/TH>10 である。

一般的に、Na⁺はNaClに、THは炭酸塩(一時硬度)に由来することが多いが、図2、3より、それぞれ異なったイオンとの結びつきが考えられる。図4に[Na⁺+TH]と[Cl⁻+TAI]の相関を示す。No. 4、6、7を除いてよく相関しており、係数は0.89となった。調査試料は、主に地下水や河川水であり、水源地周辺の土壌などの性質を反映しNa炭酸塩やCa塩化物などを形成しているのであろう。

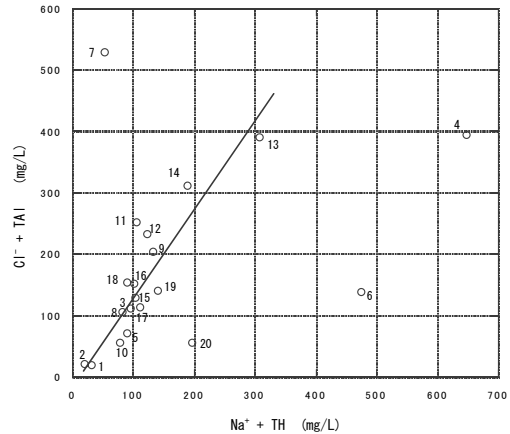


図4 [Na⁺+TH]と[Cl⁻+TAI]の相関

(図中の数字は試料番号を示す) $y = 1.43x - 8.47$ $r^2 = 0.89$

今回調査した地域のホテルや病院などの施設には、水道設備があり、水量は比較的豊富であったが、水質が良好とはい

い難い。また、数カ所の施設ではRO処理水を無料で提供していた。水道水が消毒されていないため、主要な宗教施設や病院などが独自にこの装置を設置し、住民が利用している。日常的に不安定な電力供給と給水量、信頼できない水質に不安を抱く住民にとって、「太陽光発電」「RO処理水」の表示は「安全」の二文字に写っているのかもしれない。確かに、RO処理は、イオンの98%以上を除去可能であり、海水淡水化や廃水再生処理から家庭用浄水器まで広く応用されている。造水量は、電圧、水温、原水の状態(イオン濃度や汚染度)、除去率により異なるが、日本の水道水を浄化する場合200L/day程度である。試料のNo. 5、11、18はRO処理装置と直結する蛇口から採取した処理水であるが、いずれもイオンが残留していた。電力不足、貯水タンクの清掃やROカートリッジの交換等の保守管理の不備などが原因で十分に機能していない可能性がある。

ミャンマーでは、下水道が整備されて下水処理がおこなわれているのはヤンゴン、マンダレーの都市部のみであり、全体の4%程度とされる。また、下水処理施設は老朽化が進み、生下水と処理水の水質には大差がなかったとの報告もある⁶⁾。マンダレー市では70%以上の世帯がピット式トイレ(穴を掘って地面に吸い込ませる)で、残りは腐敗槽(septic tank)付き注水式トイレ(水で流した尿尿をタンクに貯めて放置し嫌気性処理をおこなう)である。さらに、生活雑排水は道路沿いの開放型排水路を通して河川等に排出される。一方、都市部を外れると稲作や畑作が盛んで、腐敗槽の汚水を天日乾燥して肥料とする他に化学肥料も使われる³⁾。すでに都市周辺では、地下水や河川水の汚染や湖沼の富栄養化が深刻であるが、地方での汚染も皆無とはいえない。各国の様々な技術支援や資金援助により、都市部には高層ビルが乱立し、各都市をつなぐ高速道路も敷設され、表面的には近代化が進んでいる。しかし、住民は衛生的な生活環境と安全な水の確保を希求している。上

水道施設の整備と下水道施設の建設も重要であるが、浄化槽（domestic wastewater treatment unit）の導入なども検討すべきであろう。このことは今回調査した中部地域の観光地ではさらに切実な課題である。

参考文献

- 1) グローバルノート国際統計 (<http://www.globalnote.jp/post-12192.html>) 2015. 9. 10 閲覧
- 2) 協和コンサルタンツ他：マンダレー市セントラルドライブーン給水計画調査最終報告書、JICA（2003）28-32
- 3) TEC インターナショナル他：マンダレー市上水道整備計画準備調査最終報告書、JICA（2015）25-32
- 4) ミャンマー・マンダレー市における浄水場運転管理能力の向上事業、地域経済活性化特別枠事業、JICA (http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/tokubetsu/mya_02.html) 2015. 9. 10 閲覧
- 5) TEC インターナショナル他：ミャンマー国ヤンゴン市上下水道施設改善プログラム協力準備調査報告書、JICA（2015）12-54
- 6) 大五産業株式会社：ミャンマー国適正技術としての浄化槽を用いた水環境改善事業案件化調査業務完了報告書、JICA（2015）25-40
- 7) パシフィックコンサルタンツインターナショナル：ミャンマー連邦国シャン州国境地帯飲料水供給計画基本設計調査報告書、JICA（2013）13-46
- 8) 田中勝也他：ミャンマーデルタ地帯における安全な飲料水の供給に向けた便益評価、人間と環境 38(1)（2012）7-12
- 9) 赤石布美子他：ミャンマー山岳部カチン州における河川水の水質と利用状況、生活工学研究 7(1)（2005）96-99
- 10) 赤石布美子他：ミャンマーの水利用、生活工学研究 6(2)（2004）212-215
- 11) 赤石布美子他：ミャンマーにおけるバイオトイレ設置可能性調査、生活工学研究 6(2)（2004）224-225
- 12) 越川康夫他：ミャンマーの民族を異にした伝統的集落における生活環境に関する調査研究、日本建築学会中国支部研究報告集 25（2002）609-612
- 13) 富田寿代、水谷令子：カザフスタン南東部の水、鈴鹿国際大学紀要 18(2012)65-73
- 14) 富田寿代、水谷令子：ウズベキスタン南東部の生活用水、鈴鹿国際大学紀要 17（2011）117-126
- 15) 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 16(2010)59-69
- 16) 富田寿代、水谷令子：トルコ南部の生活用水調査、鈴鹿国際大学紀要 15(2009)163-172
- 17) 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 14（2008）

119-129

- 18) 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 13(2007)113-122
- 19) 富田寿代、水谷令子：中国タリム盆地の生活用水の現状、鈴鹿国際大学紀要 9(2003)
121-132
- 20) 富田寿代、水谷令子他：中国北西部の飲料水の現状、食生活研究 22(3)(2002)28-34
- 21) 日本水道協会：「上水道試験方法・理化学編」，日本水道協会，p21-32（2011）