

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
Water Quality and Usage at Kachin State in Myanmar Hilly Area

赤石布美子^{*1}, 大瀧雅寛^{*1}, 富永典子^{*2}, 佐竹元吉^{*2},

AKAISHI Fumiko, OTAKI Masahiro, TOMINAGA Noriko, SATAKE Motokichi

(^{*1}お茶の水女子大学大学院 ライフサイエンス専攻, ^{*2}お茶の水女子大学 生活環境センター)

1. はじめに

水は、生体活動に重要な役割を果たし、生命維持に不可欠なものである。しかし、利用する水が安全でない場合、下痢等の重篤な疾患を引き起こす。2004年12月26日に起きたインドネシアスマトラ島沖の津波による大災害では、津波に飲まれた即時の死者数より、その後の水汚染による下痢などに由来する死者数が多かったことから、水の重要性が分かる。安全な水へのアクセスは人間欲求の基本的なものだ、と国連アナン事務総長も言っている¹⁾。

通常、日本では、どこへ行っても安全な水が手に入る。一方、途上国においては、容易でない場合も多い。2003年のミャンマーで飲用されている井戸水、山で利用されている小川の水では、いずれも糞便汚染の可能性があることが確認された²⁾。

本稿では、井戸水よりさらに汚染を受けやすい地表水である河川水について、それが飲用されている場所での河川水の糞便汚染可能性、水質の概況について調べた。場所はミャンマーカチン(Kachin)州バモー(Bhamo)県ボーマウ(Bawmaw)郡セイロン(Sein Lon)村、Sein Lon村のある山中腹、その麓のスッレン(Sut Lem)町で調査を行った。日時は2004年11月28日に行った。

2. ミャンマーカチン州における水利用

山の頂上にあるSein Lon村では、湧水や湧水由来の池の水をそのまま飲み水、洗濯などに利用していた。どちらの水も同じ水源で、一元的給水体系であった。

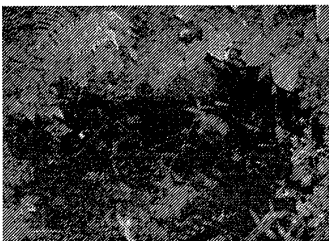


Fig.1 pond and the water tube and vase for domestic water

山の中腹の村では、掛樋を引いて沢の水を利用していた。また、水車を回して脱穀などに利用しているところもあった。



Fig.2. watershoot for domestic use

山麓では、小川の中に砂で直径60-70cm円形の堰、砂井戸を作り、その中の砂ろ過された水を飲用していた。この砂井戸の深さは雨期や降雨後は20-30cmであるが、乾期は川自体に流れる表水がなくなり、40-45cmに深くして採水するようであった。

また、小川で直に洗濯、水浴をしていた。砂井戸のあった場所から、6-7mの上流でも洗濯、水浴は行われていた。砂ろ過されている水は、周りの小川の水よりずっと清浄である、という意識があるようだ。

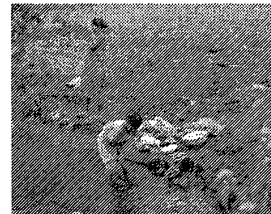


Fig.3 Washing woman in a small bathing women in a small river in Sut Len town



Fig.4 Sand Well in a small river in Sut Len town

さらに下り、対岸までの移動に船が要る広い川幅(30m程度)になると、川の水をそのまま飲むことは行われず、30m程度の浅井戸を掘って飲用していた。洗濯、水浴は井戸であったり、川であったりした。

3. 水質の決定要素

水を利用する際には、水温、水量、水質が重要な要素となる。

利用する用途に適した水質かを把握する必要がある。必要があればその改善策を講じなければならない。よって、まずは正しい水質分析が必要である。

自然界において、水は大きな循環サイクルを作っており、その特性を知る必要がある。降水、地表貯留水、河川水、湖沼水、地下水など様々な形態をとり、各々水質も異なる。

河川水は、病原微生物、分解性有機物質、有機微粒汚染

物質に特に汚染されやすい。成分の供給量、流量の変動の影響を受け、天然水の中で最も水質の変動が大きい。川幅が狭く、流速が速い場合は、岸からの距離、深さによらず同地点での水質は均質であることが多い。

Table.1 に、世界規模での陸水の主要汚染問題を、水の形態ごとに示した。

Table.1 Major freshwater quality issue at the global scale³⁾

| Issue | Waterbody | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------|----------------|------------------|
| | Rivers | Lakes | Reservoirs | Groundwaters |
| Pathogens | XXX | X ² | X ² | X |
| Suspended Solids | XX | NA | X | NA |
| Decomposable organic matter | XXX | X | XX | X |
| Eutrophication | X | XX | XXX | NA |
| Nitrate as a pollutant | X | 0 | 0 | XXX |
| Salinisation | X | 0 | X | XXX |
| Trace elements | XX | XX | XX | XX ⁵ |
| Organic micropollutant | XXX | XX | XX | XXX ⁵ |
| Acidification | X | XX | XX | 0 |
| Modification of hydrological regimens | XX | X | | X |

XXX: severe or global deterioration found
 XX: important deterioration
 X: occasional or regional deterioration
 0: rare deterioration
 NA: not applicable

4. 水質指標

今回の調査では、飲用されている河川水が微生物学的に安全性確認のために、大腸菌群濃度を測定した。

大腸菌群 (CF) : 大腸菌及び大腸菌と性質が似ている細菌の数のことをいい、水中の大腸菌群数は、糞便汚染の指標として使われている。大腸菌群は、人や動物の糞便に限らず土壌中など環境中に広く分布しているため、環境衛生管理上の汚染指標菌と考えられている。WHO 基準では、飲用水に CF は含まれていないこと³⁾となっている。

さらに、一般には水の全体的な性質を知るために、水温、pH、電気伝導度 (EC)、濁度及び色度が調べられる⁴⁾。

今回は、水温、pH、EC、TOC、DO を測定した。

水温：水中物質の溶解、化学的な反応速度、水生生物の生存などに影響する。

pH：水素イオン濃度指数を示す。

水中の化学反応に影響を及ぼす。自然水 pH は中性付近。

EC：水の導電度を示し、水中の陽イオンと陰イオン総量に関係。イオン含有量が多い下排水や海水の混入の推定に使われる。水温 1℃の上昇により 2%程度増加する。水中の溶存物質と比例関係にある。

DO：水中に溶解している遊離酸素 O₂ を示す。

水域の有機汚染の指標となる。水生生物の呼吸や好気性細菌による自浄作用に不可欠の物質。水中に有機物があると、好気性細菌による分解をうけ DO は低下する。水中 O₂ (DO) は 1 %以下(大気中 O₂ は 21 %)である。大気中からの溶解で DO は上昇し、大気-水界面の酸素溶解平衡による。

TOC：水中に在る有機物質の炭素を示し、有機汚染指標となる。

5. 水質測定方法

方法

- ① 計測場所で、水中に携帯用電気伝導度計 (HANNA Instruments, DiST6)、携帯用溶存酸素計 (Orion, Dissolved Oxygen Meters Models 810Aplus) を入れ、安定な計測器が安定な値を示すまで待ち、水温 (T) と伝導度 (EC) と溶存酸素濃度 (DO) を測定した。pH 試験紙を水中に浸し、比色した。
- ② 滅菌済みシリンジを用い取水し、大腸菌群用簡易培地 (日水化学、コンパクトドライニッスイ CF) に 1.0 mL を投入後、蓋をした。蓋した培地を体幹部の皮膚温で一昼夜保温し、形成したコロニーから菌数を計測した。
- ③ 15 mL コニカルチューブに口縁いっぱいまで水を入れて密閉し、可能な限り冷蔵庫で保管し、2004 年 12 月 2 日お茶の水女子大学にて TOC 測定器 (島津製作所、TOC-V CSH) を用いて試料水中の総炭素濃度 (TC)、無機炭素濃度 (IC) を測定し、TC - IC の差から、TOC 値を算出した。

試料

- Sein Lon 村にある湧水池 (Spring)
- Sein Lon 村にある源流 (Riverhead)
- Sein Lon Gabar 郡にある山中腹の掛樋 (Stream on the mountainside)
- Sut Len 町に流れる川の中の砂井戸内の水 (Stream on foot of the mountain)



試料採取, 測定日時

2004年12月28日に試料採取した.

付近では前日の21時より24時にかけて雹を伴う降雨(雨量5cm程度)があった.

6. 水質測定結果

Table. 2に今回調査したカチン州の河川水の水質を示した.

Table. 2 Water Quality in Kachin State

| | Time | T/°C | DO | EC | TOC | CF |
|--------------------------------|----------------|------|-----|-----|------|-----|
| Spring | Dec. 28. 7:20 | 16.0 | 13 | 11 | - | 0 |
| Riverhaad | Dec. 28. 7:35 | 14.0 | 18 | 1 | 0.84 | 9 |
| Stream on the mountainside | Dec. 28. 11:50 | 19.0 | 10 | 28 | 2.96 | 185 |
| Stream on foot of the mountain | Dec. 28. 12:30 | 23.6 | 3.2 | 336 | 8.32 | 267 |

● pH = 7.0 (all sites)

Unit (T: °C, DO: mg/L, EC: μ S/cm, TC: mg/L, IC: mg/L, CF: CFU/mL)

7. 考察

CFは湧水池から流下するに従い、濃度が上昇していた。WHOの飲用水基準を満たしたのは、湧水池のみであった。

上流に住む温血性動物が、野山に糞便をし、それが雨水に溶解して川に流れることや、付近に棲む動物が川に糞便で汚れた脚などをつけることなどにより、CFが水中で検出されたと考えられる。

また、川砂でつくった堰、砂井戸の水は清浄だ、と現地の人々は考えていたが、上流と比べて顕著に(1桁)有機物、微生物汚染が深刻であった。よって、砂井戸は有効な浄水手段ではないと考えられる。

また、乾期にはほとんど見られない下痢症の患者は、雨期には病人の3/4にものぼるといふ、カチン州の山頂近辺の村診療所での聞き取り結果²⁾がある。下痢症の主な要因は、温血動物糞便由来の病原性微生物である。雨によって様々な物質は川に流れこみ、その中に病原微生物が含まれ、それを飲用するなどして下痢症が起こっていると考えられる。今回は乾季であったが、雨が降ったということは雨季に通じ、通常乾季の状態より病原微生物などが高い濃度で検出された可能性もある。

しかし、湧水池を除く全ての場所で糞便汚染の可能性が見られたため、川の上流、中流を問わず防衛策は必要であると考えられる。ミャンマーでは、ヤンゴン市やマンダレー市などの大都市の一部を除き、消毒してある浄水は排水されていない(大都市には、大きな上水道パイプが設置

され、ホテルの上水中にはCFは検出されなかった)。山岳部への浄水の普及は、まだまだ先であると考えられるので、河川水より汚染を受けにくい地下水を利用する、飲用する際に必ず水を煮沸する、などがあげられる。

DOは、源流付近で最高値であった。源流は川幅が狭く(3cm程度)勾配も急で、流れが急であったため、大気中からの酸素供給によりDOが増加したと考えられる。湧水地点は、ほとんど水溜りのような状態で大気中の酸素が溶解せず、これより低くなったと考えられる。

山の中腹では、流れは源流より急であったが、源流よりも低いDOであった。これは、採水地点より標高で暮らす人や家畜などによる有機物で汚染されたために、低くなったと考えられる。山麓の砂井戸では、さらにDO低下は顕著である。川幅は広くなり(5m程度)、流れも緩やかであったため、大気中酸素が溶解しにくくなったことと、人家が密接し近辺に畑が広がり、汚染源となるものが上流にあったことにより、低くなったと考えられる。また、水温上昇で気体である酸素は溶解しにくくなることもDOを低下させた要因と考えられる。

ECは、源流付近で最低値となった。通常、地下からの湧水は土壌中の(無機)成分を多く含み、流下する過程で川底に沈降していく。湧水場より小さな流れとなった源流のほうが低EC値となったのは、このためだと考えられる。また、源流から流下するにしたがって、EC値は上昇した。通常、河川水は流下過程で(無機)物質を川底に沈降させるために低いはずである。

しかし、山の中腹以降でEC値が上昇した。これは、人為的な要因と自然的要因が影響を及ぼしたと考えられる。前述のCFの上昇に伴い、ECも上昇していることから、上流に暮らす人や動物の影響があることが推測される。具体的には、家庭排水や、周辺土壌に与えた肥料などの溶解が考えられる。また、水質測定日前夜の付近であった降雨で、これらが溶け込みやすくなり、EC値が上昇したとも考えられる。

8. まとめ

汚染の受けにくい地下からの湧水は、その地点から少しでも流下すると、周辺環境の影響を受け、様々な物質が融解、沈殿する。さらに下流ではその影響が積算され、より汚染などされやすいことが示唆された。

また、川の中流付近で利用されている砂井戸は、浄水設備としては不十分であり、それを過信せず、防衛策を万全に講じる必要があると考えられる。

9. 参考文献

1) WHO: The right to water, 2003

http://www.who.int/water_sanitation_health/rightwater/en

2) 赤石布美子, 佐竹元吉, 大瀧雅寛: ミャンマーの水事情, *生活工学研究* 6 (2), 212-215 (2003)

3) UNESCO, WHO, UNEP: Water Quality Assessments - A Guide of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Ed., 1992

http://www.who.int/water_sanitation_health/wqassess/

4) 日本分析化学会北海道支部: 水の分析, 第4版, 化学同人, 1994

5) 半谷高久, 小倉紀雄: 水質調査法, 改訂2版, pp198, 1985