

24. カトマンドゥ盆地における水道・衛生問題の現況

State of Drinking Water and Sanitation in the Kathmandu Valley

マドゥスダン B. シュレストダ*, ナレス カジ タムラカール*, 湯浅 晶*, 篠田 成郎*

SHRESTHA Madhusudan B.*, TAMRAKAR Naresh Kazi**, YUASA Akira*, SHINODA Seirou*

ABSTRACT; Water deficit and degradation of water quality have been a great concern in the Kathmandu valley. Tap water, distributed by the government owned body, the Nepal Water Supply Corporation (NWSC), was found contaminated. Due to huge deficit of water, the NWSC could not supply water to the population daily, regularly and timely. Intermitten water supply and poor water supply networks have been a cause of water quality degradation.

Population connected to NWSC supplies fully or partially depended on alternate sources like shallow wells, deep wells, river, stream etc. Inadequate sewerage, on-site sanitation, and wastewater treatment facilities in one hand, and dumping solid wastes, discharging industrial, domestic and agricultural effluents along or into the rivers in other have caused the degradation in these alternate sources' water quality.

Rocketing growth of population and unplanned urbanization occurring in the valley may be largely responsible for this grave situation. Providing an ample and satisfactory quality of drinking water is in great emergency in the valley.

KEYWORDS: Kathmandu valley, drinking water, water deficit, sanitation, water pollution

1. はじめに

国土面積のわずか0.45%に全人口の6%が集中しているカトマンドゥ盆地の水道水の需要量は16万～19万 m^3 /日と推定されているが、実際は雨季に14万 m^3 /日、乾季に9万 m^3 /日しか供給されていない。また、水道水の配水システムは最も古いもので100年以上も経ち、漏水量は配水量の36%に達しており、結局全需要量の約40%程度しか給水されていない⁹⁾。近年の人口の急増と急速な都市化により水道水の不足と水質の悪化が著しく進行し、地域の発展と住民の社会福祉に大きな障害を与えている^{1,9-11)}。1日当たりの給水時間帯はわずか数分から数時間程度にすぎず、飲料水の確保さえ困難な状況におかれている。不足水量を補うための地下水の過剰揚水が行われたために、地下水涵養能力の低下が生じている^{4,9,11)}。水道水源の約50%を占める地下水は、未処理下水・家庭排水・工業排水・農業排水の流入やごみの埋め立てなどにより汚染され、安全な水源を保全・確保することが益々困難な状況におかれている^{6,11)}。

カトマンドゥ盆地における生活用水（地表水・地下水）の水質調査報告は少なく、政府が給水している水道水の水質についての報告もまれである。政府の直営の水道水施設から給水されているのは人口の85%であるが、そのうちで現在の給水状態に満足しているのはわずか34%である。給水を全く受けていない人口は15%である。多くの住民は政府の給水システムに対して大きな不満・不便を抱き、安全な生活用水の確保に毎日窮している⁹⁾。

本研究では、カトマンドゥ盆地における給水量、給水時間帯、給水水質の現況を明らかにするとともに、水質悪化の因果関係について検討し、今後の安全な水質の改善対策の基礎資料として提供することを目的とする。

* 岐阜大学流域圏科学研究センター

*Gifu University River Basin Research Center, Gifu city, Japan

** トリブバン大学大学院中央地質学科

**Tribhuvan University Central Department of Geology, Kathmandu, Nepal

2.1 調査地の概要

KATHMANDU VALLEY

BANSBARI WSF

BALAJU WSF

DOODHPOKHARI & SUNDARIGHAT WSF

BODE WSF

BHAKTAPUR WSF

CHAPAGAON WSF

SAINBU WSF

Manohari dug wells area BHAKTAPUR

Legend:

- @ 水道水 / 受水タンク (Tap water / Water tank)
- * 河川 / 湧水 (River / Spring)
- + 湧井戸水 (Borehole water)
- # 浄水所 (Water treatment plant)

カトマンドゥ盆地では、政府のNepal Water Supply Corporation(NWSC)により運営・管理されている Bansbari Water Supply Facilities (WSF) (1895年創立), Doodhpokhari/Sundarighat WSF (1896年創立), Balaju WSF (1930年創立), Sundarijal WSF (1966年創立), Chapagaon WSF (1977年創立), Bode WSF (1984年創立), Sainbhu WSF (1977年創立) および Bhaktapur WSF (1996年創立) の8つの水道水供給施設(以下WSFと呼ぶ)から水道水を供給されている。現在、Sainbhu WSFを除いて7ヶ所のWSFが地表水と地下水を水源としている⁹⁾。

Bode WSF と Bhaktapur WSF を除いて、6ヶ所の WSF から給水されている水道水および一般住民が生活用水として使用している地表水（沢水、湧き水）と浅井戸水の水質検査を行った。カトマンドゥ盆地では給水日時帯が配水区域によって大きく異なるため、一部の住民は水道水を受水タンクに貯留することがある。このような地区では受水タンクの水を採取して水質検査を行った。また、カトマンドゥ盆地を流れる Bagmati 川とその主な支流である Bishnumati 川、Dhobi khola 川、Manahari 川および Nakkhu khola 川についても水質検査を行った。水質検査は簡

易水質分析法 ((株)共立理化学研究所製パックテスト, WAK - NH₄, NO₃, COD) および一般細菌試験紙(TPA-BG)・大腸菌群試験紙(TPA-CG, TKG)を用いて行った. 採取および水質検査は2001年11月に行った.

なお, 2002年3月に Kathmandu 市と Lalitpur 市の10の地域において, 給水日, 給水時間帯, 水導水の消費量および一般家庭内の浄水方法に関するアンケート調査を行った.

3. 結果および考察

3.1 水道水量の不足問題

表-1 カトマンドゥ盆地における給水状態

地域	乾季			雨季			飲用消費量 (L/日) (1人/L)	家事用消費量 (L/日) (1人/L)	浄水方法
	給水時間帯	給水日	給水時間 (分)	給水時間帯	給水日	給水時間 (分)			
Kirtipur, Tanglaphant (8人家族)	6:00 - 6:30	二日おき	30	6:00 - 6:30	二日おき	30	60 (7.5)	140 (17.5)	フィルター・ 煮沸
Kirtipur, Panga (6人家族)	5:00 - 9:00 16:00 - 20:00	毎日	480	5:00 - 9:00 16:00 - 20:00	毎日	480	100 (16.7)	400 (66.7)	フィルター・ 煮沸
Dhobighat (17人家族)	6:00 - 7:00	毎日	60	5:30 - 6:30	毎日	60	50 (2.9)	450 (26.4)	フィルター・ 煮沸
Mangalbazar (18人家族)	5:00 - 9:00	不規則	240	4:00 - 10:00 13:00 - 15:00	不規則 (火曜日と土曜日 休給水)	480	50 (2.7)	650 (36.1)	フィルター・ 煮沸
Satdobato (2人家族)	5:00 - 15:00	毎日	600	5:00 - 15:00	毎日	600	30 (15)	60 (30)	フィルター・ 煮沸
Basantapur (3人家族)	4:00 - 6:00 と 17:00 - 18:00	毎日	180	4:00 - 6:00	一日おき	120	20 (6.7)	280 (93.3)	フィルター・ 煮沸
Newbaneswor (6人家族)	4:00 - 8:00 と 16:00 - 20:00	毎日	480	4:00 - 8:00 16:00 - 20:00	一日おき	480	30 (5)	270 (45)	フィルター・ 煮沸
Bishalnagar (10人家族)	3:00 - 6:00	一日起き	180	3:00 - 6:00	毎日	180	100 (10)	900 (90.0)	フィルター・ 煮沸
Nayabazar (6人家族)	4:00 - 7:00	一日起き	180	4:00 - 8:00	毎日	240	100 (16.7)	500 (83.3)	フィルター
Mhyepi (27人家族)	4:00 - 7:00	一日起き (3月~6月)	180	5:00 - 9:00	毎日 (7月~2月)	240	500 (18.5)	700 (25.9)	フィルター・ 煮沸

() : 1人当たりの消費量

カトマンドゥ盆地における給水時間帯と消費量を表-1に示す. 一日の給水時間は30分~600分であり, 乾季には給水時間がさらに短い. また, 給水時間が不規則であるため, 一日中給水栓を見張らなければならず, 住民の生活に大きな不便を与えている. 年間を通して毎日給水を受けている地域はPanga, Dhobighat およびSatdobatoである. 同一の配水区域でも給水時間帯に差があり, 配水施設の付近で, 配水施設より低い位置にある地域では給水時間が長くなっている⁹⁾. 水道水の消費量は表-1のように, 一人当たりの飲用消費量は2.7~18.5 L/日程度で, 家事用消費量は25.9~93.3 L/日である.

近年, カトマンドゥ盆地の人口は年間3.3%の増加率で急増し, 都市部の人口は年間7.5%の率で増加している. これに伴い水不足の問題が益々深刻化している. 1977年代まで地表水のみを水源としてきたNWSCは, 現在では総水源の約50%を地下水に依存しているが, 未だに市民に十分な水量を給水できていない. カトマンドゥ市において, NWSCから水道水を給水されている市民の52%は, 水道水のほかの水源(地表水・地下水)から不足水量を補っている. 1993年の調査によると, 一般住民による深井戸(126本)および浅井戸(183本)からの揚水量は13,000万m³/日に達しており, カトマンドゥ盆地における1日の需要量の約10%を占めている⁹⁾. 地下水の過剰な揚水により4年間で10m以上の水位低下が生じた井戸もある¹¹⁾. カトマンドゥ盆地の地下水涵養能力は年間5mm~15mmであり, 年間4万~120万m³が地下へ供給されていると推測される. しかし, 現在の地下水の揚水速度は自然涵養能力の約20倍以上であることから100年後には地下水が枯渇する危険性が予測されている³⁾.

水不足の解消に向けて政府は, カトマンドゥ盆地の北東にそびえる標高5,875mのJugal Himalを源とするMelamchi川から導水する新たなプロジェクトを計画しているが, その恩恵を受けるのは十数年先になると予測されている⁹⁾. このように, 現在の水不足の問題はカトマンドゥ盆地の住民が最も困窮している問題の一つである.

3.2 カトマンドゥ盆地における生活用水の水質

カトマンドゥ盆地の住民は政府のNWSCから給水されている水道水を飲料水として使用し, 周辺の地表水および浅井戸水を主に生活用水として使用している. なお, ここでは浅井戸水および地表水を補足用水と呼ぶ. NW

から給水されている水道水と補足用水の水質は表-2に示す。

(A) 水道水の水質

表-2 カトマンドゥ盆地における水道水および補足用水の水質検査結果

試料 番号	場所	種類	PH	EC (μ /c)	濁度	色度	COD (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Cl ₂ (mg/L)	大腸菌 (群数/mL)	一般細菌 (群数/mL)	水道水供給施設
1	Mudkhu dhoka	導水管	8.29	27	0-0.5	0	0-5	0.16	0.46	0	-	-	Balaju WSF
2	Balaju	給水栓	7.53	14.01	2	6	0-5	0.0-0.15	1.15-2.3	0.01	111	30	Balaju WSF
3	Vanasthali	給水栓	7-8	-	-	-	0-5	<0.15	<0.23	-	0	0	Balaju WSF
4	Nayabazar	給水栓	7.31	11.03	0	0	0-5	0.15-0.38	0.46-1.15	0.03	0	0	Balaju WSF
5	Nayabazar	市販浄水器	7.67	10.42	0.5	5	0-5	0.16	0.46	0	0	0	Balaju WSF
6*	Nayabazar	給水栓	7-8	-	-	-	0-10	0.15	0.46-2.3	-	1-10	1-90	Balaju WSF
7*	Shova bagwati	給水栓	7-8	-	-	-	0-10	0.15-0.38	0.23-2.3	-	2-25	1-30	Balaju WSF
8	Tahachal 1	給水栓	6.7	5.63	0	10-20	10-20	0.0-0.15	0.23	0	4-178	22	Balaju WSF
9	Tahachal 1	フィル ター・煮沸	8.36	12.03	0.5	2	5-10	0.16	0.46-1.15	0	0	2-18	Balaju WSF
10	Tahachal 2	給水栓	7.48	10.46	1	5	0-5	0.0-0.15	0.46-1.15	0.01	0	0	Balaju WSF
11	Tahachal 2	市販浄水器	7.82	11.92	0	0	5	0.0-0.15	0.46	0	0	0	Balaju WSF
12	Budanilkantha	公衆給水栓	7.37	3.22	0-0.5	6-10	5-10	0.16	0.23	0	6-111	-	Bansbari WSF
13	Bansbari	浄水場	8.92	10.35	0	0	5-10	0.0-0.15	0.23	>2.05	0	-	Bansbari WSF
14	Maharajganj	受水タンク	9.5	11.02	0	0	0-5	0.0-0.15	0.23	0.54	-	-	Bansbari WSF
15	Lazimpat	給水栓	7.57	5.13	2	10	0	0.0-0.15	0.23	0.01	13	60	Bansbari WSF
16*	Samakhushi	給水栓	7-8	-	-	-	0-10	<0.15	0.46	-	1-12	2-11	Bansbari WSF
17	Dhalko	受水タンク	7.38	10.35	0	0	10	<0.16	0.23	0	0	10-11	Bansbari WSF
18	Bhajangal	浄水所	7.83	21.5	0	0	0-2	0.8	0.23	0	0-3	20	Doodhpokhari WSF
19	Kirtipur	給水栓	8.01	22.2	<0	<0	2-4	0.16	0.23-0.46	0	11-177	15	Doodhpokhari WSF
20	Sundarijal	導水管	7.7	2.67	0.5	5	0-5	0.0-0.15	0.23	0	0	3	Sundarijal WSF
21	Sundarijal	公衆給水栓	7.36	4.32	0.5	<2	0-5	0.16	0.23	0	4	15	Sundarijal WSF
22	Boudha	給水栓	7.46	2.9	2	5	0-5	0.16	0.23	0.01	7	13	Sundarijal WSF
23	Sinamangal	給水栓	7.18	8.92	2	10	5	0.0-0.15	1.15-2.3	0.01	0	6	Sundarijal WSF
24	New Baneshowr	給水栓	6.81	19.85	5	>20	5-10	0.15-0.38	2.3-4.6	0.02	0	66-78	Sundarijal WSF
25	New Baneshowr	受水タンク	7.21	9.75	5	10	0-5	0.0-0.15	0.46-1.15	0.05	1	2-8	Sundarijal WSF
26	Asan	給水栓	6.37	6.08	0	0	5-10	0.16	0.23	0	20	0-20	Sundarijal WSF
27	Tripureshowr	給水栓	7.28	8.53	2	10	5-10	<0.16	0.46-1.15	0.01	0	2-6	Sundarijal WSF
28	Pako	給水栓	7-8	-	-	-	5	0.15	1.15	-	0	0	Bansbari WSF & Sundarijal WSF
29	Thamel	給水栓	7-8	-	-	-	5	<0.15	0.46	-	0	0	Bansbari WSF & Sundarijal WSF
30	Satmule	導水管	8.15	20.7	<0	<0	0-2	0.16	0.23	0	0-22	76-77	Sainbhu WSF
31	Sanepa	給水栓	8.01	21.8	0	0	10	<0.16	0.23	0.01	0	0-1	Sainbhu WSF
32	Taukhel	浄水場	8.1	15.68	1	6	0-5	<0.16	0.23	>2.05	0	0	Chapagaon WSF
33	Pyangaun	公衆給水栓	8.01	24.6	0.5-1	0-2	5-10	<0.16	0.23	0	0	8-25	Chapagaon WSF
34	Mangalbazar	給水栓	7.51	21.2	<0	<0	0-5	0.16	0.46	0.01	3	10	Chapagaon WSF
35	Sunakhothi	給水栓	8.54	17.4	0.5	2	5-10	<0.16	0.23	0	0	2	Chapagaon WSF
36	Nakhu	導水管	8.34	19.49	10	>20	0-5	<0.16	0.23	0	11	4	Sundarighat WSF
37	Sundarighat	浄水場	7.7	22.4	1	5	0-5	0.16	0.46	>2.05	0	0	Sundarighat WSF
38	Balkhu	受水タンク	7.93	19.59	0	0	0	0.16	0.23	0	1	0	Sundarighat WSF
39	Kuleshowr	受水タンク	8.07	21.8	0.5-2	6	5-10	<0.16	0.23	0.06	0	3-30	Sundarighat WSF
40	Kuleshowr	受水タンク	6.08	7.34	0.5	4	10-20	<0.16	1.15-2.3	0.01	0	5-13	Sundarighat WSF
41	Panchmane	地表水	7.77	4.7	0	0	0-5	0.0-0.15	0.23	0	-	-	
42	Phar ping	地表水	7.91	24.4	<0	<0	0-2	0.16	0.46	0	0-11	2	
43	Bosan khola	地表水	7.98	7.32	<0.5	<2	0-2	0.16	0.46	0	7-66	4	
44	Muledole	地表水	7.88	24.5	0	0	5-10	<0.16	0.23	0	0	5-7	
45*	Tokha	地表水	7-8	-	-	-	0-5	<0.15	<0.23	-	4-37	3-49	
46*	Nayabazar	井戸水	8-9	-	-	-	10	<0.15-7.7	4.6-10	-	100-700	100-2000	
47	Lazimpat	井戸水	6.66	38	3-5	20	20-50	1.6-4.0	0.23	0	1-7	22	
48	Jawalakhel	井戸水	-	87.7	0	0	10	7.77	10	0.01	11	4-13	
49	Patan	井戸水	-	103.9	0	0	20-50	<0.16	10	0.01	11	3-5	
50	Nagarjun	タンカー水	7.79	27.4	0	0	0-5	0.0-0.15	0.46	0	-	-	

*: 7日間継続的に行った水質検査結果

表-2に示すように、NWSCが給水している水道水の約40%から大腸菌が検出された。浄水場で塩素消毒した直後の水導水（試料番号13, 32, 37）には大腸菌や一般細菌が検出されなかった。給水栓からの大腸菌の検出は、残留塩素が0.01 mg/L以下の場合に顕著であり（試料番号2, 15, 22, 34）、残留塩素が0.05 mg/L以上の場合には全く検出されなかった。配水管内の水道水の汚染は、上水管が下水管の横に敷設されていることや配水管の劣化などの原因によって生じたものと考えられる。JICA（1990）の報告でば、水道管内でのNH₄、Fe、Mnにより残留塩素が完全に消費されているとしている⁶⁾。以上のことから、消毒効果を維持するためには、水道管内にある程度の残留塩素濃度を保持できるような配水システムの維持管理を行うことが重要である。

水道水の水質は、表-2に示すように同一配水区域内および地域内においても異なっている（試料番号28と29を

除く)。例えば、試料番号 2, 3, 8, 10 は同一 WSF の配水区域であり、試料番号 2 と 3 および 8 と 10 はそれぞれ同一地域である。同じ地域である Tahachal 1 と Tahachal 2 の水質をみると、Tahachal 2 の水質に比べて Tahachal 1 の水質は低質である。給水日および時間帯に関係なく、常に汚染されている水道水も多く、例えば、Nayabazar, Shovabagwati および Samakushi の 3 つの地域の給水栓を 7 日間継続的に検査したところ、汚染の頻度は 100% であった (試料番号 6, 7, 16)。

カトマンドゥ盆地では、人口の約 85% が NWSC による水道水を使用しており、残りの 15% の人口は周辺の水源 (地表水および地下水) や公衆給水栓に依存している⁹⁾。カトマンドゥ盆地の所々には、NWSC が所有する取水池、導水管および配水管から個人的に、または、公的に受水している場合もみられる。例えば、Balaju WSF の水源の一つである Chhahare khola 川からの導水管から受水した水 (試料番号 1) は周辺の住民が無消毒のまま飲料水として使用している。また、試料番号 12 と 21 は、配水管から受水した公衆給水栓の水道水である。

住民は水道水を直接飲用する場合と、市販浄水器などによって浄化してから飲用する場合がある。表-1 および表-2 に示したように、家庭内でろ過・煮沸した水道水を飲料水として使用することが多い。家庭内で浄化した水 (試料番号 5, 9, 11) には大腸菌が検出されず、安全性を高める効果が認められている²⁾。

(B) 補足用水の水質

最も都市化が進んでいるカトマンドゥ盆地の中心部から数 km 離れた山麓では、地表水 (試料番号 41 ~ 45) を生活用水としている住民が多く、盆地の中心部ではほとんど地下水を生活用水としている住民が多い (試料番号 46 ~ 50)。

表-2 に示すように、Muldole (試料番号 44) を除く他の地表水は大腸菌により汚染されており、飲料水としては不適である。にもかかわらず、地表水を浄化せずに直接飲料水としている家庭が多い。カトマンドゥ盆地の北部に位置する Tokha (試料番号 45) は急勾配山地に位置し、ほとんどの住民は農業に依存している。この住民が生活用水としている水源 (地表水) の水質を 7 日間継続的に検査したところ、大腸菌により汚染されており、汚染原因は、未処理の下水・家庭排水・農業排水および家畜舎排水の流入によるものと考えられる。とくに、野外便所と家畜の放牧は水質の悪化に大きく関与していると考えられる。ネパールでは、便所を利用できる人口は 19.8% にすぎず、Tokha のような山村地帯では便所を持たない家庭がほとんどである。⁸⁾

カトマンドゥ盆地の中心部では、浅井戸水・深井戸水を生活用水および工業用水として使用しているケースが多い。浅井戸水は、飲用以外の目的で使用するが多いが、地域・家庭によっては飲料水として使用していることもある。表-2 に示すように、井戸水は地表水と同程度あるいはそれ以上に大腸菌によって汚染されており、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の値も高い。Nayabazar (試料番号 46) において井戸水の水質を 7 日間継続して検査したところ、井戸水は大変に汚染されていた。

近年、一般住民や市内のレストランなどは市販のタンカー水を補足用水として買い求める傾向が増加している。タンカー水は、カトマンドゥ盆地周辺の多数の水源 (地表水) から採水し、浄水処理せずに市内で販売している。これらの水源の一つの Nagarjun Royal Forest からの沢水 (試料番号 50) の水質は他の表面水の水質に比べて若干良好である。しかし、売価は 1m^3 当たり 100 ルピー程度 (1 US \$=77.85 ルピー) であり、NWSC が給水している水道水より 25 倍も高い。Kathmandu 市と Lalitpur 市の一般家庭の平均年間収入は 24,000 ルピーであり¹²⁾、タンカー水を購入できる家庭は極めて少ない。また、表-1 に示したように、一般家庭の一日の消費量は 200L ~ 1,200L (2 人の家族を除く) であり、この量をタンカー水で賄うには 7,300 ルピー ~ 43,800 ルピーにものぼる。

3.3 カトマンドゥ盆地を流れる河川の水質

急速な都市化に伴う Bagmati 川の汚染は著しく深刻化している。Bagmati 川へ流入されている BOD の負荷量は 1 人当たり 31g/日であり、DO が年間 0.3 mg/L の速度で減少している⁷⁾。図-1 に示すように、Sundarimal WSF の水源である Bagmati 川では取水地点から 20 数 km 下流にいたる間に、主な支流の Mahanari 川、Dhobi khola 川、Bishnumati 川および Nakkhu khola 川の順に合流している。Bagmati 川および支流の水質を表-3 に示す。

本川および支流の水質は下流へ行くにつれ、EC、濁度、色度、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ および大腸菌の値が高くなっていく。Bagmati 川の流域面積は 34.6 km^2 で、上流域の約 42% は Balaju WSF、Bansbari WSF および Sundarimal WSF

の水源域である Shivapuri 国立公園に位置し、下流域は都市部に位置している⁹⁾。Sundarijal WSF の取水池から下流約 1 km の地点から多数の集落が発達しており、10 数 km 下流域には大きな町が発達している。Bagmati 川および支流の汚染はほとんど未処理の下水・工場排水・家庭排水の流入およびごみの埋め立てなどによるものである^{1, 4, 7, 9-11)}。

表-3 カトマンドゥ盆地を流れる河川水の水質検査結果

河川名	場所/地点	PH	EC (μ /cm)	濁度	色度	COD (mg/L)	NO ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	大腸菌 (群数/mL)	一般細菌 (群数/mL)
Bagmati 川										
上流域	Sundarijal 取水池	7.03	6.97	0.5-1.0	2	0-5	0.16	0.23	4	0
Sundarijal 取水池から 9,350 m 下流	Jorpati	7.63	6.52	>15	>20	0-5	0.1-0.15	0.46	111	>100
18,050 m 下流	Manahara 川と合流	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,350 m 下流	Dhobi khola と合流	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21,600 m 下流	Bishnumati 川と合流	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24,850 m 下流	Nakkhu khola 川 と合流	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,750 m 下流	Himal cement	7.39	36.8	15	>20	20-50	1.6-4.0	0.46	111-188	10
Manahara 川	Phuyalgau	8.04	6.94	5-15	>20	5-10	0.0-0.15	0.46	2	30
Dhobi khola 川										
上流域	Phedigaon (Bansbari 取水池①)	7.36 7.27	17.1 4.78	0-0.5 0.5-2	0-5 10-20	5-10 5-10	0.16 0.16	0.23 0.23	- -	- -
Bansbari 取水池①から 600 m 下流	Budanilkantha	7.32	25.3	>15	>20	10	0.15-0.38	1.15	2-6	
9,000 m 下流	Gopi Hall	7.15	28.6	>15	>20	20-50	1.6-4.0	**	78-111	10
Bishnumati 川										
上流域	Sarkigaon (Bansbari 取水池②)	7.8	2.3	0.5-1	2-5	0-5	0.0-0.15	0.23	-	-
Bansbari 取水池②から 600 m 下流	Charchare khola 合流地点	7.68	6.78	2-3	10	0-5	0.0-0.15	0.23	-	-
7,300 m 下流	Ringroad bus park	7.24	18.45	15	>20	5-10	0.8-1.6	0.46-1.15	145-177	20
10,000 m 下流	Shovabhagawati	7.19	33	>15	>20	20-50	0.8-1.6	**	133-155	10
Nakkhu khola 川										
採石場より 300m 上流	Nallu khola (Tikabhairav)	8	14.31	0	0-2	5-10	0.16	0.23	0	2-4
採石場から 1,400m 下流	Nallu khola (Tikabhairav)	8.26	16.39	>15	>20	0-5	0.16	0.23	10	3
	Lele khola (Tikabhairav)	8.26	19.51	5	10	5-10	0.16	0.23	1	19-38
	Nakkhu khola	7.8	15.71	>15	>20	0-5	0.16	0.23	17	0-3
	Sundarighat intake	7.9	20.1	>15	>20	5-10	0.16	0.23-0.46	>100	10-13

(-): 値なし **: 測定ミス

Manahari 川は集落の少ない沖積平野に流れているおり、両岸では広い範囲にわたって穀物・野菜を栽培している。本川が流れる平野部は Bhaktapur WSF と Bode WSF の水源であり、多数の地下水揚水ポンプが設置されている。この川の汚染は上流に散在する集落からの排水、農業排水、家畜の放牧および採砂によるものと考えられる。

Dhobi khola では取水池の下流 600m のところにカーベット工場があり、工場排水が本川へ流入している。また、川の両岸には集落が発達しており、家庭排水も川に流入している。Dhobi khola 川と同様に Bishnumati 川も、上流域から家庭排水や農業排水が本川へ流入している。カトマンドゥ盆地の中心部では、Bishnumati 川と Bagmati 川の氾濫域の広い範囲にわたりごみが埋め立てられている。また、これらの川の両岸には難民や移民の数万件にものぼる世帯が暮らしており、そこからの家庭排水・下水が直接川に流入している。そのほか、家畜の死体なども川へ捨てられている。

Nakkhu khola 川は主流の Nallu khola 川と支流の Lele khola 川が合流した川であり、Sundarighat WSF の水源となっている。上流域の Nallu khola 川は、表-3 に示すように採石により汚染されている。採石場から約 1,400 m のところでは、濁度・色度の値が非常に大きくなっている。同じ地点の Lele khola 川の水質と比較しても、Nallu khola 川の濁度・色度の値が明らかに大きい。これは、生産された多量の土砂が本川へ流出したためである。多量の土砂の流出は、水質の悪化のみならず、河床の上昇にも大きな影響を及ぼしている。また、源流（採石場付近）から数 100 m 下流から集落が発達がみられ、家庭排水・農業排水が川へ流入している。下流に行くにつれ水質が悪化し、下流 13,400 m の取水地点では水質がさらに悪化した原水を Sundarighat WSF の浄水場へ導水している。

上記のほか、河川は火葬場からの排水・廃物の流入によっても汚染されている⁴⁾。Bishnumati 川や Bagmati 川沿いに多数の火葬場が設置されており、火葬場からの排水・廃物なども川へ流出している。このように汚染された河川水を生活用水として生活して利用する住民もいる。汚染された河川水による伝染病、例えば、赤痢、チフス、コレラなどは至るところで流行している^{5,9,11)}。

3.4 ごみ・下水・衛生問題

カトマンドゥ盆地では昔からごみは市や住民によって集積され、河川敷に埋め立てられてきた。都市部の周辺に流れている河川を踏査したところ、家庭ごみ、蓄殺屋ごみ、レストランごみ、店舗ごみ、建築材、工場廃棄物などのごみが河川沿いに捨てられており、人口・人家の多い箇所ほどごみの量が多くなっていることが確認できる。

カトマンドゥ盆地における固体ごみ排出量は、1961年に56 t/日、1990/1991年に190 t/日、1994/95年に235 t/日と年々急増している¹²⁾。政府によるごみの集積・処分は十分ではなく、都市部の衛生状態が悪化している。Thapa (1998)によれば、政府は1994/95年に総ごみ量の33%しか集積・処分できなかったと報告している。現在、政府は市内から出る総ごみ量の60%～70%を集積し、その約50%程度河川に埋め立てている。

1993年の統計をみると、カトマンドゥ盆地から出るごみの内訳は、腐敗物85%、プラスチック5.4%、皮・ゴム1.6%、ガラス品3.1%、電池0.2%、その他の金属2.1%であり、大半が有機質のごみである¹²⁾。1980年代から1991年にわたり、ごみの一部を堆肥化して、年間数100t～数千tのコンポストが生産され、そのほとんどが一般農民によって消費されていた。現在では有害ゴミ、焼却ゴミ、不燃ゴミなど全てと一緒に河川に埋め立てられており、周辺土壌や地下水を汚染する一因となっている。

カトマンドゥ盆地には4ヶ所の合理式下水道があり、2つはKathmandu市とLalitpur市で共用されており、残りの2つはBhaktapur市で共用している。しかし、現在のところBhaktapur市の2ヶ所のみの下水処理場を運転中であり、Kathmandu市およびLalitpur市の下水は直接河川へ放流されている⁹⁾。また、全国の4,271の工場のうち72%はカトマンドゥ盆地に集中し、工場排水も直接河川へ放流されている。このように、未処理の下水・家庭排水・工業排水・農業排水の河川への流入およびごみの埋め立てが地表水・地下水の汚染をしている^{1,7-11)}。

ネパールにおける衛生施設、とくに、便所の普及率は22%（都市部61.4%）程度である⁸⁾。カトマンドゥ盆地で、NWSCの下水道の恩恵を受けている人口は約54%程度であり、残りの46%は、下水タンク、河川、道路、空き地などに下水を排出している⁹⁾。NWSCの下水道施設の恩恵を受けていない人口の56%は、透水式の下水タンクを所有しており、汚水が地下に浸透し、河川に流出する仕組みとなっている。国の第8財政計画（1997／2002）では、衛生施設（主に便所）の普及率を全人口の40%（山村地帯14.4%、都市部24.0%）まで促進させようとしているが、未だにその目標に達成することができていない。衛生状態の悪化には、衛生観念の不足、乏しい知識、低い教育、不十分な経済力などが関連している。しかし、生活用水・飲用水の不足も重要な一因であり、水不足が衛生状態を悪化させ、悪い衛生状態が水源を汚染するという悪循環が生じている。

4. まとめ

カトマンドゥ盆地における水道水の水質悪化と水量不足は地域の発展や社会福祉に大きな障害を与えている。政府が給水している水道水は、給水栓の段階では飲料水として不適であり、住民は飲料水の確保に大きな不安を抱いている。近年、水不足のために地下水に依存する住民が多くなり、地下水の過剰揚水が行われている。未処理の下水、家庭廃水、工場排水、農業排水およびごみの埋め立てにより、水源の地下水が汚染され、良好な水源の確保が困難な状況におかれている。また、水不足が衛生状態を悪化させ、悪い衛生状態が水源の水質を悪化させている。

政府はこれらの問題に対して未だに十分な対応を講じることができず、住民が益々窮している。カトマンドゥ盆地において、安全で十分な水道水の確保・供給および衛生状態の改善・整備することが急務である。同時に、一般家庭での簡易的な浄化方法に関する研究・開発を行っていく必要性がある。

引用文献：

1. A. P. Karmacharya and C. B. Pariyar, Quality of ground water in Kathmandu valley, Nepal, Environment and Agriculture, Vol. 2, ed. by P. K. Jha, S. R. Baral, S. B. Karmacharya, H. D. Lekhak, P. Lacoul

- and C. B. Baniya (eds.), ECOS, TU, Kathmandu, Nepal, 2001, pp. 499-502.
2. Adhikari R K; Rai, S K; Pokhrel, B M; Khadka, J B Comparative bacterial study of oral rehydration solution (ORS) prepared in plain unboiled and boiled drinking water of Kathmandu valley, Indian Journal of Pediatrics, Volume 56, Issue 2, March - April 1989, pp. 213-217.
 3. Cresswell, R G; Bauld, J; Jacobson, G; Khadka, M S; Jha, M G; Shrestha, M P; Regmi, S: A first estimate of ground water ages for the deep aquifer of the Kathmandu Basin, Nepal, using the radioisotope chlorine-36 Ground Water, Volume 39, Issue 3, May - June 2001, pp. 449-457.
 4. Ha, S R and Pokhrel, D, Water quality management planning zone development by introducing a GIS tool in Kathmandu valley, Nepal, Water Science and Technology: Journal of the International Association on Water Pollution Research, Volume 44, Issue 7, 2001, pp. 209-221.
 5. Ise, T; Pokharel, B M; Rawal, S; Shrestha, R S; Dhakhwa, J R, Outbreaks of cholera in Kathmandu valley in Nepal, Journal of Tropical Pediatrics, Volume 42, Issue 5, October 1996, pp. 305-307.
 6. JICA: Ground water management project in the Kathmandu valley, Final/Supporting report, HMG of Nepal, Nepal Water Supply Corporation, Kathmandu, Nepal, 1990.
 7. Karn, S K; Harada, H Surface water pollution in three urban territories of Nepal, India, and Bangladesh, Environmental Management, Volume 28, Issue 4, October 2001, Pages 483-496.
 8. Nepal Sanitation Action Steering Committee :Nepal state of sanitation report 1999/2000, Steering committee for national sanitation action, Dept. of water supply and sewerage, Environmental sanitation section, Kathmandu, Nepal, 2000, pp.101.
 9. Nippon Koei Co. Ltd. (in association with TAEC consult P. Ltd and NESS (p) Ltd.) : Melamchi Water Supply Project, Environmental Impact Assessment, Vol. (1) Main report, Kathmandu, Nepal, 2000.
 10. Sharma, C. K: Some symptoms of Environmental degradation in Nepal (1950-1994), Printing support Pvt. Ltd. Kathmandu, Nepal, 1995 pp. 171.
 11. 酒井 治孝 (編) : ヒマラヤの自然詩, 東海大学出版会, 1997, pp. 157-175.
 12. Thapa, G.B, Lesson Learned from Solid Waste Management in Kathmandu, Nepal, Volume 22, No.2, 1998, pp. 97-114.