インド農村部における飲料水源の選択要因

— 味と安全性の観点から —

Choice Factors of Drinking Water Source in Rural India

From the Point of Taste and Safety

佐藤壮夫 山路永司

Morio SATO Eiji YAMAJI

(東京大学大学院新領域創成科学研究科)

(Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

I 背景と目的

下痢症は五歳以下の子どもの死因として二番目に多く、死亡数は年間約 150 万人に上る¹⁾。安全な水源の確保、適切な排泄物の処理、安全な衛生習慣の獲得が下痢症伝播の防壁として機能すると言われている²⁾。

インドは世界最多の約 39 万人の子どもが下痢症によって死亡しており³⁾、その解決が求められている。特に農村部では 69% の住民が野外排泄を行っており⁴⁾、水源への影響が懸念される。インド農村部では元々トイレを使う習慣がないこと⁵⁾、貧困層が多いためトイレを整備する経済的な余裕がないこと⁶⁾ から、トイレの整備はあまり進んでおらず、安全な飲料水源の確保が重要である。

インド農村部では、16% の住民が安全な飲料水へのアクセスを持たないとされており⁴⁾、その整備を急ぐ必要がある。しかし、必ずしも整備された安全な飲料水源が使用されるとは限らない⁷⁾。住民は多様な条件から飲料水源を選択しており、安全性だけがその選択要因とはなりえない。住民が安全な飲料水源を使い、子どもの下痢症被害を減らすためには、住民の飲料水源の選択要因を把握し、それに沿った形で整備を進めなければならない。

先行研究には、水源までの距離や水運びに要する時間に着目し、水運びのストレスと水源の選択との関係について明らかにしたものや^{8) 9)}、経済的な観点から代替可能な飲料水について検討したもの¹⁰⁾ 等が存在する。しかし、いずれも「どの水源から調達したいか」という調達の選好について着目したものであり、「どの水を飲みたいか」という飲用の選好について着目し、それと飲料水源の選択との関係を検討した研究は少ない¹¹⁾。

そこで本研究は、インド農村部を対象地とし、味や安全性という飲用の選好に関わる要素が、住民の飲料水源の選択に与える影響を明らかにすることを目的とした。

II 方法

インド・アンドラプラデシュ州スリカラム県ソンペタ市から南へ約 2km の距離に位置する P 村と、北へ約 10km の距離に位置する T 村を対象地とした (図 1)。この二村には、池^{注1)}、寺に設置された井戸 (寺井戸)^{注2)}、州政府が整備した手押しポンプ井戸 (ポンプ)、個人が自宅内に建設した井戸 (個人水源)^{注3)} 等、多様な水源が存在し、住民はこれらの中から選択して使用している。各井戸の深さは、住民の話によると、寺井戸が 5m、個人水源が 7~18m、ポンプが 24m である。

本研究では、2010 年以降これまでに計三度の現地調査を行っており、本稿は 2012 年 4 月 16 日から 26 日までの期間で行った三度目の現地調査の結果に基づいている。その際の現地調査では、住民への聞き取り調査および飲料水源の水質調査を行った。

聞き取り調査は、P 村で 20 世帯、T 村で 5 世帯に対して行い、日常的に使用している飲料水源や、各飲料水源の水に対する味や安全性の評価等について尋ねた。これらの世帯はいずれも一歳未満の乳児がいる世帯で、回答者は乳児の母親および水運びを行っている者とした。

水質調査は、聞き取り調査を行った世帯が実際に使っていると答えた各飲料水源と、使われてはいないものの

図 1 対象地

Fig. 1 Survey site

調査世帯から近く、聞き取り時に住民が言及したポンプについて行った。図2と図3に、それぞれP村およびT村での水質調査および聞き取り調査を行った場所の位置を示した。ただし、番号がついていないポンプについては水質を測定していない。

測定項目は、大腸菌群濃度、鉄濃度、全硬度、水温、電気伝導率（EC）とした。大腸菌群濃度の測定には検出紙を、鉄濃度と全硬度の測定にはパックテストを、水温とECの測定にはポータブル水質計を使用した^{注4）}。

III 結果

1 各水源の生物学的・化学的性質

各水源の水質測定結果を、P村については表1に、T村については表2にそれぞれ示した。これらの水源は、聞き取り調査を行った世帯が実際に使用している水源およびポンプ使用世帯から最も近いポンプである。P村では、インタビューを行った20世帯のうち、14世帯が寺井戸を、4世帯がポンプを、2世帯が自宅に設けた個人水源を、それぞれ飲料水源として使用していた。T村では、聞き取り調査を行った5世帯のうち、3世帯が池を、1世帯がポンプを、1世帯が個人水源を、それぞれ飲料水源として使用していた。

WHOの飲料水水質ガイドラインは、安全上の点から1mLの検水から大腸菌群が検出されてはならないとしている。P村の水源については、半数以上の調査世帯が使用している寺井戸からは1mL中に25個、個人水源とし

図2 P村における飲料水源と聞き取り調査世帯の位置

Fig. 2 Location of drinking water sources and households in P-village

図3 T村における飲料水源と聞き取り調査世帯の位置

Fig. 3 Location of drinking water sources and households in T-village

表1 P村における各水源の水質測定結果

Table 1 Result of water quality survey in P-village

	使用世帯数	大腸菌群[個/mL]	鉄[mg/L]	全硬度[mg/L]	水温[°C]	EC[mS/cm]	測定日
寺井戸	14	25	0	125	27.8	0.73	2012/4/17
ポンプ1	2	9	0.05	100	28.4	0.91	2012/4/25
ポンプ2	2	1	0.05	100	28.9	2.39	2012/4/16
ポンプ3	0	4	0.3	150	29.1	2.91	2012/4/16
ポンプ4	0	11	0.3	125	29.0	1.82	2012/4/19
ポンプ5	0	0	0.5	150	29.2	1.89	2012/4/25
個人水源1	1	32	0	50	28.6	2.23	2012/4/19
個人水源2	1	-	0	100	30.1	1.33	2012/4/19

注：1）使用世帯数は聞き取り調査世帯（計20世帯）の内訳である。

表2 T村における各水源の水質測定結果

Table 2 Result of water quality survey in T-village

	使用世帯数	大腸菌群[個/mL]	鉄[mg/L]	全硬度[mg/L]	水温[°C]	EC[mS/cm]	測定日
池	3	59	0	20	33.4	0.66	2012/4/25
ポンプA	1	7	0.2	100	31.4	1.96	2012/4/24
ポンプB	0	1	0.8	200	32.0	3.75	2012/4/24
個人水源	1	3	0	200	32.3	2.31	2012/4/24

注：1）使用世帯数は聞き取り調査世帯（計5世帯）の内訳である。

て使用されている井戸からは 32 個の大腸菌群が検出されたのに対し、一部の調査世帯が使用しているポンプからはそれぞれ 9 個および 1 個の大腸菌群が検出された。T 村の水源については、半数以上の調査世帯が使用している池からは 59 個の大腸菌群が検出されたのに対し、ポンプからは 7 個、個人水源である井戸からは 3 個検出された。WHO のガイドラインを満たした水源は P 村のポンプ 5 だけであった。

対象地に設置されているポンプの井戸管には鉄が用いられている。P 村、T 村のいずれにおいても、ポンプ以外の水源の水からは鉄が検出されなかったのに対し、ポンプの水からはいずれも鉄が検出された。WHO 飲料水水質ガイドラインには、味や着色の点から、鉄濃度を 0.3mg/L 以下にすべきという基準が設けられている。水に含まれる鉄濃度はポンプ毎で異なり、調査世帯が使用していたポンプの水の鉄濃度は、いずれも WHO の基準を満たしたのに対し、調査世帯が使用していないポンプの水の鉄濃度は基準を満たさなかった。

全硬度、温度は味に影響を与える要素であり、WHO の飲料水水質ガイドラインにおいても言及はされているが、基準は特に設けられていない。全硬度は P 村の個人水源 1、T 村の池が 50mg/L 以下で最も低かった。水温は P 村では寺井戸が、T 村ではポンプ A がそれぞれ最も低かった。EC は P 村では寺井戸が、T 村では池がそれぞれ最も低い値を示した。

2 住民による各水源の味に関する評価

P 村および T 村の住民が、各水源の水に対して味を評価した結果を表 3 に示した。T 村は調査世帯が比較的近距离に位置し、各ポンプの水の味を認識していたので、2 種類のポンプを区別して集計することができた。一方、P 村は調査世帯が広範囲に及び、住民が全ポンプの水の味を認識していなかったため、各ポンプを区別せず統合して集計した。P 村では 68% の住民が寺井戸の水を「とてもおいしい」と答えたのに対し、70% の住民はポンプの水を「まずい」と答えた。T 村では全ての住民が池の水とポンプ A の水を「とてもおいしい」もしくは「おいしい」と答えたのに対し、ポンプ B の水については「とてもまずい」と答えた。

次に、P 村におけるこの各水源の水の味の評価をそれぞれ 2, 1, -1, -2 点という点数にし、それぞれ『寺井戸の水に対する味の点数 - ポンプの水に対する味の点数』という式で、寺井戸とポンプの水の味の評価の差を算出した。例えば、寺井戸の水を「おいしい」と答え、ポンプの水を「まずい」と答えた場合は、『1 - (-1) = 2』で両者の味の評価の差は 2 点となる。このように

求めた味の比較と、実際の使用水源との関係を表 4 に示した。寺井戸もしくはポンプを使用している 18 世帯のうちの 94% がポンプよりも寺井戸の水の味を高く評価し、さらにそのうちの 82% が日常的な飲料水源として寺井戸を使用していた。聞き取り調査の際、味について質問する前から「寺井戸は冷たくておいしい」「ポンプは金属の味がするので飲みたくない」といった発言をした世帯が複数存在した。また、ポンプよりも寺井戸の水の味をより高く評価した 4 世帯のうちの 3 世帯は、飲料水源としてポンプを使用していた。その理由として、1 つの世帯は家から水源までの距離の近さを挙げていた。

T 村について同様に、味の評価別にみた住民の使用

表 3 各水源に対する味の評価
Table 3 Evaluation about taste of each water source

		とても おいしい	おいしい	まずい	とても まずい	無回答
P 村	寺井戸	13	5	1	0	1
	ポンプ	0	6	14	0	0
T 村	池	3	1	0	0	1
	ポンプ A	0	4	0	0	1
	ポンプ B	0	0	0	4	1

表 4 P 村住民による寺井戸の水とポンプの水の味の比較と使用水源

Table 4 Choice of water source and comparison between tastes of water from Temple well and from pump wells in P-village

		使用水源	
		寺井戸	ポンプ
味の評価	寺井戸 > ポンプ	4点	0
		3点	8
		2点	4
		1点	2
		0点	0
	寺井戸 = ポンプ	0点	0
		-1点	0
		-2点	0
		-3点	0
		-4点	0

表 5 T 村住民による寺井戸の水とポンプの水の味の比較と使用水源

Table 5 Choice of water source and comparison between tastes of water from Temple well and from pump wells in T-village

		使用水源	
		池	ポンプ A
味の評価	池 > ポンプ	4点	0
		3点	0
		2点	0
		1点	3
		0点	0
	池 = ポンプ	0点	0
		-1点	0
		-2点	0
		-3点	0
		-4点	0

水源の集計を表5に示した。ポンプAよりも池に対して高い評価をした3世帯はいずれも池を飲用水源として使用していた。また、池とポンプAについて同じ評価を出した1世帯はポンプAを使用していた。その理由として「みんなが使っている」点を挙げていた。ただし、この飲料水源にポンプAを選択している世帯は、料理用の水には池の水を使用しており、その理由として、「池の水を使った方が米やチャイをおいしく作ることができるから」と発言した。

3 住民による各水源の安全性に関する評価

P村およびT村の住民の、各水源の水に対する安全性の評価を、表6に示した。表3の味の評価と同様に、T村は2種類のポンプを区別して集計したのに対し、P村は各ポンプを区別せず、統合して集計した。P村では、寺井戸とポンプどちらも「安全」と答える住民の方が多かったが、寺井戸に対する評価の方がより高かった。T村では、ポンプAについてはすべての回答者が「安全」と評価したが、池およびポンプBについては、評価が分かれた。

次に、P村では寺井戸とポンプ、T村では池とポンプAについて、水の安全性に対する評価を世帯間で比較し、その評価別に実際の使用水源を集計した(表7)。P村のポンプ使用世帯はいずれも、寺井戸とポンプに対し同じ安全性の評価を下しており、どちらも安全だと答えていた。また、寺井戸の水を「安全でない」とし、寺井戸よりもポンプの水の安全性を高く評価したにも関わらず、日常の使用水源に寺井戸を使用している世帯は2世帯存在し、寺井戸の水が「安全でない」理由として、1つの世帯は「寺井戸の水が原因で病気になったことがある」点を挙げ、もう1つの世帯は「風呂や洗濯行為の飛沫が入る」点を挙げていた。しかし、「ポンプの水は時々錆が出てくる」「寺井戸の水がおいしい」という理由から寺井戸を選択していた。T村では、ポンプAよりも池の水の安全性を高く評価した回答者はいなかった。しかし、池について「安全でない」と回答したものの、池を飲料水源としている世帯が1つ存在した。安全でない理由として「池で風呂や洗濯行為を行っていること」を挙げていたが、「先祖の代から池の水を使っていること」「池の水の方がおいしいこと」を理由に池を飲料水源として使用していた。

P村における寺井戸とポンプの水について、また、T村における池とポンプの水について、回答者による味と安全性の評価毎に集計したものを表8、表9にそれぞれ示した。水の味を「おいしい」もしくは「とてもおいしい」と答えた回答者の多くは、その水の安全

表6 各水源に対する安全性の評価

Table 6 Evaluation about safety of each water source

		安全	安全でない	無回答
P村	寺井戸	17	2	1
	ポンプ	12	6	2
T村	池	2	3	0
	ポンプA	4	0	1
	ポンプB	2	2	1

表7 各水源の水の安全性評価の比較と使用水源

Table 7 Choice of water source and comparison between safeties of water from each water source

		使用水源	
P村		寺井戸	ポンプ
安全性評価	寺井戸>ポンプ	6	0
	寺井戸=ポンプ	5	4
	寺井戸<ポンプ	2	0
	無回答	1	0
T村		池	ポンプA
安全性評価	池>ポンプ	0	0
	池=ポンプ	2	0
	池<ポンプ	1	1
	無回答	0	0

表8 P村住民の水源に対する味と安全性の評価

Table 8 Evaluation about taste and safety by people in P-village

		安全	安全でない
寺井戸	とてもおいしい	12	1
	おいしい	4	1
	まずい	1	0
	とてもまずい	0	0
ポンプ	とてもおいしい	0	0
	おいしい	5	0
	まずい	7	6
	とてもまずい	0	0

注：1) 寺井戸無回答1, ポンプ無回答2

表9 T村住民の水源に対する味と安全性の評価

Table 9 Evaluation about taste and safety by people in T-village

		安全	安全でない
池	とてもおいしい	2	1
	おいしい	0	1
	まずい	0	0
	とてもまずい	0	0
ポンプA	とてもおいしい	0	0
	おいしい	4	0
	まずい	0	0
	とてもまずい	0	0
ポンプB	とてもおいしい	0	0
	おいしい	0	0
	まずい	0	0
	とてもまずい	2	2

注：1) 池, ポンプA, ポンプBいずれも無回答1

性について「安全」と答えたのに対し、水の味を「まずい」もしくは「とてもまずい」と答えた回答者の半数は、その水源の水の安全性について「安全でない」と答えた。また、安全性に関する質問に対して当初わからないと述べた回答者に対して、どちらかに決めるよう促したところ、「ポンプは味が悪いので安全でないと思う」と答えた。

4 水運びに対する住民の認識

日常の水運びに対する負担感について尋ねた結果を、使用水源別に集計した（表 10）。P 村では使用水源からの水運びを「大変」だと感じている世帯数は、「簡単」だと感じている世帯数よりも少なかったものの、39%が「大変」もしくは「とても大変」だと感じていた。また、T 村で池の水を飲料水として使用している3世帯は、いずれも池からの水運びを「大変」と答えており、その理由として、「雨季になると池近くの道がぬかるんで歩きづらくなるから」と答えた。

表 10 使用水源別の水運び負担感

Table 10 Burden of carrying water from each source

		とても 大変	大変	簡単	とても 簡単
P 村	寺井戸	1	5	8	0
	ポンプ	0	1	2	1
T 村	池	0	3	0	0
	ポンプ	0	1	0	0

IV 考察

1 各水源の安全性と住民の認識

1 つのポンプを除き、すべての水源から大腸菌群が検出され、下痢症の感染リスクが存在することが確認された（表 1, 表 2）。特に、大半の住民が飲料水源として使用している寺井戸や池の水には多くの大腸菌群が含まれ、そのリスクは高かった。それに対し、ポンプの水に含まれる大腸菌群の濃度は低く、リスクの低い水源だと言える。これは、井戸は浅井戸で表層水の影響を受けやすい不圧帯水層に由来するのに対し、ポンプは深井戸で表層水からの影響を受けにくい被圧帯水層から汲み出しているためだと考えられる。

ところが、結果Ⅲ-3 で示したように、住民による各水源の安全性に関する評価は、水質測定結果から考えられる下痢症感染リスクとは異なっており、住民は水源の安全性について正しい知識を有していないことがわかった。そのため、住民は自身の経験や味、水源周辺の様子等に基づいて安全性を評価していた。

下痢症感染リスクの低い水源を使用するよう住民に促すためには、水源の安全性に関する正しい知識を普及することが必要である。知識の普及に寄与するものとして、“Anganwadi Worker”^(注5) や医師、学校の先生等の有識者や、テレビや新聞等のメディアが考えられるが、現時点で住民に正しい知識は普及していない。この理由として、有識者やメディアも正しい知識を有していない、知識はあるものの住民へ伝えようとしていない、伝えてはいるが住民が受け入れないといったことが考えられる。知識普及の阻害要因を明らかにすることが今後望まれる。

2 水源の水質と味の認識

水の鉄濃度を測った結果（表 1, 表 2）、ポンプの水からは鉄が検出されたのに対し、寺井戸や池の水からは鉄が検出されなかった。また、ポンプ間でも鉄濃度には差があり、住民が使用していたポンプの水の鉄濃度はいずれも WHO の基準である 0.3mg/L 以下だったのに対し、飲料水として使用されていなかったポンプの水の鉄濃度は 0.3mg/L を上回った。このことは、住民の「ポンプは金属の味がするため飲みたくない」という発言や、表 3 の T 村におけるポンプ A とポンプ B の味の評価の違いにも現れている。住民の話によると、ポンプ B は 15 年前、ポンプ A は 9 年前に州政府によって整備された。ポンプの井戸管は鉄で作られており、古いポンプの水の方が水に含まれる鉄濃度が高いことから、老朽化によって鉄濃度が上昇したと考えられる。老朽化による味の劣化を防ぐため、井戸管の材質を鉄ではなく塩ビ管にする等の対策が必要である。

また、表 4 および表 5 の結果から、大半の住民は、味の評価の高い水源を飲料水源として選択していることがわかった。住民にとって味は水源選択の大きな要因となっていると言える。ただし、味の評価に反して水源を選択している世帯もわずかに（3 世帯、14%）存在し、聞き取り調査時の発言から、水運びの労力削減がその理由である考えられる。水運びの労力を大変だと考えている住民は少なくない（表 10）が、本研究の対象農村では味の良い水源までの距離が共に 500m 以内に位置しており、水運びの労力よりも水の味を優先させていると考えられる。

V 結論

伝統的な水源の寺井戸および池は下痢症感染リスクが高く、州政府が整備したポンプ井戸はリスクが低かったが、住民は安全性について正しい認識を持ってお

らず、リスクの高い水源を選択していた。その際の選択要因として、水の味が強い影響を与えていることが明らかになった。対象地のポンプ井戸は井戸管が鉄できており、老朽化によって水に含まれる鉄濃度が上昇し、その結果、水の味は悪化してしまう。今後、下痢症感染リスクの低い水源であるポンプを整備する際は、安全な水源の使用を住民に促すためにも、老朽化による味の悪化が起きない材質を使用する必要があると考えられる。

注

- 注1) 対象地で古くから使用されてきた水源。P村では使われなくなったが、T村では現在も飲料水源や生活用水源として使用されている。
- 注2) 約30年前に作られた。一部の住民は、井戸の横で風呂や洗濯行為を行っている。
- 注3) 揚水方法は手動および電動である。
- 注4) 大腸菌群検出紙には、サン化学株式会社製のサンコリ大腸菌群検出紙を使用し、37℃(精度±1℃)に保った恒温器(柴田科学株式会社製カルボックスCB-101型)で15-24時間培養した後測定した。バックテストは、共立理化学研究所製のWAK-Fe(D)、WAK-THを、ポータブル水质計には、HANNA社製のHI98130を使用した。
- 注5) 対象地域の村には"Anganwadi Worker"という政府保健省が雇用している者が二名ずつおり、5歳以下の子どもがいる世帯に対して、健康・栄養・教育の三点について指導を行なっている。

引用文献

- 1) WHO (2008): *The Global Burden of Disease: 2004 update*. 14-16
- 2) Car, R (2003): 排泄物に関連する感染と伝播の制御における公衆衛生の役割 (Fewtrell, L. and Bartram, J.

編, 金子光美・平田強監訳, 『水系感染症リスクのアセスメントとマネジメントーWHOのガイドライン・基準への適応ー』, 技報堂出版, 89-112

- 3) UNICEF and WHO (2009): *Diarrhoea; Why Children Are Still Dying and What Can Be Done*.
- 4) UNICEF and WHO (2010): *Progress on Sanitation and Drinking-Water: 2010 update*.
- 5) Banda, K., Sarkar, R., et al. (2007): Water Handling, Sanitation and Defecation Practices in Rural Southern India: A Knowledge, Attitudes and Practices Study. *Transactions of the Royal Society of Tropical and Hygiene*, 101, 1124-1130
- 6) Jha, P., K. (2003): Health and Social Benefits from Improving Community Hygiene and Sanitation: An Indian Experience. *Journal of Environmental Health Research*, 13, 133-140
- 7) Madanat, S. and Humplick, F. (1993): A Model of Household choice of Water Supply Systems in Developing Countries. *Water Resources Research*, 29(5), 1353-1358
- 8) Persson, T., H. (2002): Household Choice of Drinking-Water Source in Philippines. *Asian Economic Journal*, 16(4), 303-316
- 9) Boone, C., Glick, P., and Sahn, D. E. (2011): Household Water Supply Choice and Time Allocated to Water Collection: Evidence from Madagascar. *Journal of Development Studies*, 47(12), 1826-1850
- 10) 眞子岳・北脇秀敏・モハメド マフィズル ラーマン (2011): バングラデシュ農村部における経済的に適切な代替水の選択に関する研究. 農村計画学会誌, 30, 213-218.
- 11) Sato, M. and Yamaji, E. (2012): Safety of Drinking Water Source and People's Choice Behavior in Rural India. *The 3rd International Conference on Environmental and Rural Development*, 58

Summary: The objective of this study was to reveal people's choice factors of drinking water sources from the viewpoint of its taste and safety. Temple well and pond that were traditional sources had high risk of diarrhea and pump wells that the state government built had low risk of it, but many people used temple well and pond for drinking. This is mainly because people didn't have proper knowledge about the risk of diarrhea by using Temple well and pond water and chose it by its taste. Without using iron pipe for well casing is very important to encourage people to use pumps whose risks of diarrhea are low.

キーワード (Keywords): 飲料水源 (Drinking Water Source), 選択要因 (Choice Factor), 味 (Taste), 安全性 (Safety), インド農村部 (Rural India)

(2012年5月20日 受付)

(2012年9月16日 受理)