

発展途上国における水供給システムとその水利用特性

Characteristics of Water Supply System and of Water Usage in Developing Countries

山田淳¹

佐原義規²

服部容子²

佐伯健²

Kiyoshi Yamada

Yoshinori Sahara

Yoko Hattori

Takeshi Saheki

ABSTRACT: Recent years, many kinds of ODA Projects are achieved. On the field of Water Supply, many facilities are constructed as ODA as well. However, not all of these facilities are operated or run as planned. It is because inappropriate plans and lack of follow-up. It is also because project has widespread and direct influence to users. The purpose of this study is to compile the water usage based on the field survey in the Philippines and Viet Nam, and to clear the differences depend on type of the facility. In these countries, water usage is complicated because residents use several kinds of water source simultaneously. In this study, several types of facilities: P (Point Source), PT (Public Tap), HC (House Connection) etc. and their usages are examined. Water usage and project effect of primary used source and secondary used source are targeted. The factors of simultaneous use: water charge, water pressure, waiting time to gaining, service hours, water quality etc. are considered. Characteristics of water usage and project effects are shown. It can be concluded that there are some variations among water usage and project effect in line with development from public use to privately use.

KEYWORD: ODA, Questionnaire Survey, Water Supply System, Water Usage, Domestic Water

1. はじめに

発展途上国において水供給は、人間の健康や生活、経済活動に繋がる主要なインフラであり、これまで先進諸国、国際機関の ODA 等によって多くの援助実績がある。しかし、これらの施設が、すべて当初の計画通り供用、稼動しているわけではない。これは、①途上国の環境が事前に十分把握されていない、②水供給システムの維持管理が難しい、③整備の対象が裨益住民に広くかつ直接的であるため、施設整備後の水利用やその効果の把握が難しい、といったことが原因と思われる。そのため本研究では、フィリピン共和国、ベトナム社会主義共和国を対象に実施した村落や都市での現地調査をもとに、住民の水利用の特徴を捉え、公共利用や戸別利用という観点から施設整備後の、住民の水利用特性の違いや、その効果を明確化することを目的とする。

2. 水供給システムと水利用

2.1 途上国における水供給システム 水供給システムフロー図を図1に示した。水供給システムは給水形態別にポイント給水(P)、公共栓給水(PT)、屋外戸別給水(OH)、屋内戸別給水(IH)の4つに分類することができる。各水供給システムの定義を表1に示す。PT, OH, IHの水供給システムは、動力を使用せずすべてを自然流下により賄っているシステムや、取水、導水、浄水、送水、配水で動力を用いるシステムがある。また、簡易的なシステムでは取水、浄水、配水が1つの施設にまとまっているなど多種多様である。村落ではP, PT, OH、都市ではOH, IHが

¹ 立命館大学理工学部環境システム工学科 Department of Environmental system Engineering, Ritsumeikan University

² 立命館大学大学院理工学研究科 Graduate school of Engineering, Ritsumeikan University

主に整備されているケースが多く、水源の能力と経済力に応じた水供給が行われている。

2. 途上国における水利用 途上国では、水利用を公共利用（P, PT）と戸別利用（P, OH, IH）の2つに分類することができる。また公共利用は運搬利用（水源から家庭まで運搬を行う形態）とオンサイト利用（水源・水栓にて水を利用する形態）に分かれる。本研究において主水源とは、水供給プロジェクトにより設置され、生活用水に主として利用している水源を示し、副水源とは、主水源に加え補足的に利用している水源を示す（図2）。

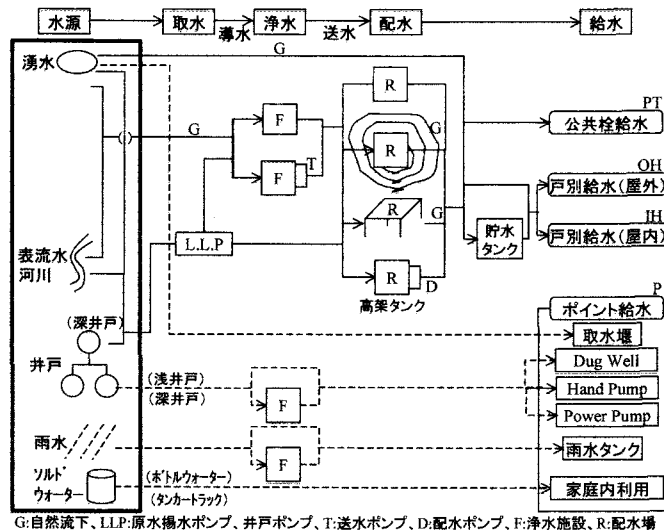


図1 水供給システムフロー図¹⁾

表1 水供給システムの定義

P	ポイント給水
PT	公共給水
OH	戸別給水(屋外)
IH	戸別給水(屋内)

パイプラインが設置されていない給水システム、井戸、湧水取水堰、雨水貯蓄など人為的に手の加わったものを指す

パイプラインにより水を供給し、1水栓を複数世帯が利用する公共の給水システム

パイプラインにより、各世帯の敷地内に水を供給する給水システム、一般に水栓は屋外に設置されており、1世帯あたり1水栓が設置

パイプラインにより、家の中まで配管されている給水システム、水栓は屋内に設置されており、一般に1世帯あたり複数水栓が設置

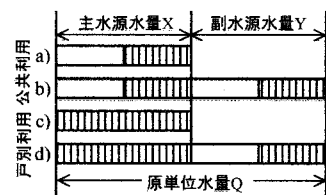


図2 途上国における水利用分類

3. 現地調査

3.1 調査概要 現地調査は発展途上国における水供給システムにおける複雑な水利用特性を捉え、その施設整備効果を明確にすることを目的に、アンケート調査、施設調査、ヒアリング調査を主体とし実施した。アンケート調査では言葉の問題があるため、現地語を理解できる調査員を雇用した。通訳を介して調査の説明を行った後、整備された給水を利用している住民に対し聞き取り形式で行った。施設調査では各施設の構造や能力を踏査し、維持管理状況、故障状況などの把握を行った。またヒアリング調査では、施設管理者や地域代表者、住民などを対象とし、地域や水利用の状況、施設整備効果を多面的に捉えることを目的とした。現地調査は、2001年1月にフィリピン共和国、2002年9月、

11月、2003年3月にベトナム社会主義共和国において、村落11地域、都市3地域を対象に実施した。調査対象プロジェクトの概要を表2に示す。

3.2 対象地域とアンケート調査の概要 表3に水供給システム別に分類した調査対象地域のアンケート調査票の回収数、水供給システムの概要を示し、図3に給水栓例を示す。また、表4にアンケート調査項目の概要を示す。

表2 調査対象プロジェクトの概要²⁾³⁾

対象国	ベトナム社会主義共和国 (VN)	フィリピン共和国 (PH)
調査実施期間	2002/9/4-13 (10日間) 2002/11/17-26 (10日間) 2003/3/7-16 (10日間)	2001/11/18-21 (4日間) 2002/1/21-31 (11日間)
プロジェクト名	A	B
プロジェクト名称	UNICEF project	Hai Phong Water Supply Project
援助機関	UNICEF	世界銀行
援助スキーム	Grant Aid	Loan
援助額	-	24million USD
プロジェクト実施期間	-	1997-02
対象地域	村落	都市
給水システム ⁴⁾	DuW, OH等	IH

*1: The First Water Supply, Sewerage, and Sanitation Sector Projectの略

*2: DW: 深井戸、DuW: 掘抜き井戸

表3 アンケート回収数と調査対象地域の水供給システム²⁾³⁾

区分	地域略号	地域名			プロジェクトタイプ	アンケート調査票回収数	主水源						副水源	施設整備以前の主水源	
		area	province	country			水供給システム				給水世帯数				
							水源	動力				給水			
							取水	浄水	配水						
村落	P	P1	Chiang Ngan	Son La	VN	A	10	Rain				RWT	50	Spring	Spring
		P2	Chiang Pan	Son La	VN	A	50	DuW				DuW	786	なし	Spring
		P3	Yen Bang	Nam Dinh	PH	A	30	DuW				DuW	-	RW	DuW
		P4	Sabang	Laguna	PH	C	16	DW				HP	50	River	DW
		P5	Cubao	Laguna	PH	C	17	DW				HP	40	River	DW
	PT	PT1	Maravilla,Malinao	Laguna	PH	C	41	DW	Pu	*	G	PT	100	Irrigation	DW
		PT2	Old Boso-Boso	Rizal	PH	D	60	Spring	G	G	G	PT	150	Irrigation	DW
	OH	OH1	Chiang Dong	Son La	VN	A	40	Spring	G	G	G	OH	-	なし	DuW
		OH2	Chiang Pac	Son La	VN	A	60	Spring	G	G	G	OH	670	Pond	PT
		OH3	Yen Bang	Nam Dinh	VN	A	56	DW	Pu	*	Pu	OH	58	POW	DuW
		OH4	Nam Giang	Nam Dinh	VN	A	100	River	Pu	**	Pu	OH	1,400	SW	PT
都市	IH	IH1	Hai Phong city	Hai Phong	VN	B	202	River	Pu	Pu	Pu	IH	108,000	RW	PT/RW
		IH2	Angeles city	Pampanga	PH	E	83	DW	Pu	Pu	Pu	IH	23,538	なし	HC/DW
		IH3	Dagupan city	Pangasinan	PH	E	81	DW	Pu	Pu	Pu	IH	16,113	なし	HC/DW

Pu: 動力、G: 自然流下、RW: 雨水、RWT: 雨水タンク、HP: ハンドポンプ、POW: 個人所有井戸、SW: 浅井戸、*: 取水・浄水・配水が同一施設、**: 浄水、配水が同一施設

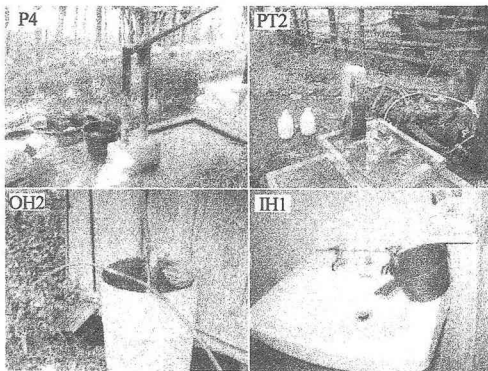


図3 給水栓例

表4 アンケート調査項目の概要

	項目	VN	PH
現在の水利用(主水源・副水源)	水源名称	○	○
	水源位置	○	○
	水源の種類	○	○
	使用目的(飲用、調理、血洗い、洗濯、水浴、手洗い、農業、家畜)	○	○
	水道料金	○	○
	1回の運搬にかかる時間(往復)	○	○
	水栓での待機時間	○	○
	1日の運搬回数	○	○
	1回の運搬に使用する容器の数	○	○
	運搬に用いる容器の容積	○	○
	水道料金の適正さ	○	○
	オンサイト利用の有無および頻度	○	○
居住地の生活環境	使用目的別水利用行動回数	○	-
	ソルトウォーター利用状況と頻度	○	○
	名前、年齢、職業	○	○
	家族数、子供の数	○	○
	収入	○	○
	家畜の種類・数	○	○
	農地面積	○	○
	水利用機器の種類と変化	○	-

4. 水利用の現状

4.1 併用利用とその水利用特性

表5に見られるように、途上国では主水源に加え副水源を併用利用しているケースが多くみられる。これは必ずしも副水源への距離が近いという理由だけでなく、様々な原因が考えられる。その原因を探るため図4に示した7項目について、併用利用に影響を与えている要因の検証を行った。地点別に示した図は、レーダーの中心に向かうほど評価が低くなる。水源併用率の高いP4、P5、PT1 OH3、OH4では多くの項目が内側に集中しており、併用率の低いPT2、OH1、OH2、IHには大きな問題は見られない。なお、P2は副水源がほとんど存在しないため、地理的な条件から併用率が低いと考えられる。水源併用率の高い5地域における主水源の使用目的を示した(図5)。OH4を除き、ほとんどの世帯が飲用調理・血洗いに主水源を使っており、この他水浴に利用している世帯も多い。洗濯は副水源を利用するケースが多い。

4.2 施設整備効果 水利用機器の変化は戸別水栓の設置地域に顕著に表れている。途上国では水洗トイレをフラッシングレバー式(先進国で利用されている一般的な水洗トイレ)と手桶式(手桶を利用し水圧により水を流すトイレ)に分類することができる。トイレ普及率の比較的低かったOH3では、フラッシングレバー式トイレの普及

率が高まることにより、普及率自体が大きく増加した。もともと水洗トイレの普及率の高かった OH4、IH1 ではフラッシングレバー式トイレの普及率が大きく増加しているが、普及率自体に大きな変化はみられない。また OH4 では洗濯機の普及があまりないのに対して、IH1 では洗濯機の普及率が大きく上昇している。これは、給水圧が上昇し屋内で水を使用できるようになったためと考えられる(図6)。水汲運搬労働量について、村落部(P, PT, OH)では大幅に減少しているが、都市部(IH)では大幅な減少はみられないのに対し、主水源水量について、村落部では大きな変化がみられないが、都市部では大きく増加している(図7)。

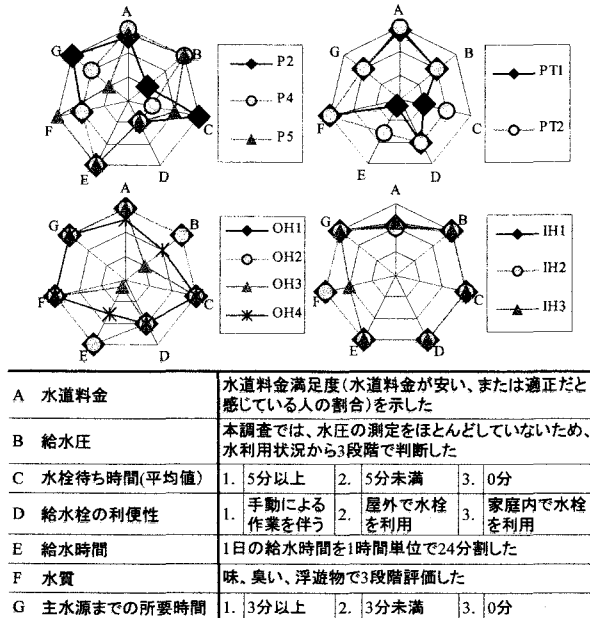


図4 併用利用に影響を与えと考えられる要因²³⁾

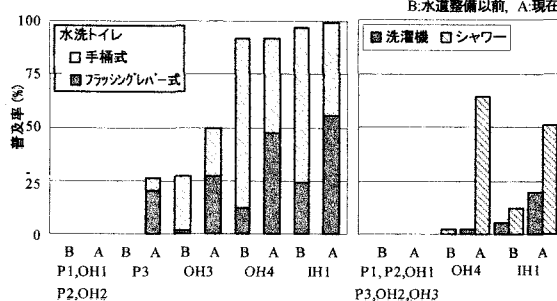


図6 水利用機器の普及率とその変化

表5 各地域の副水源併用率(%)

P1	*	PT1	90	OH1	0	IH1	11
P2	2	PT2	13	OH2	12	IH2	0
P3	*			OH3	67	IH3	1
P4	69			OH4	46		
P5	82						

* P1, P3 は、整備された水源を副水源として利用しているため省略した

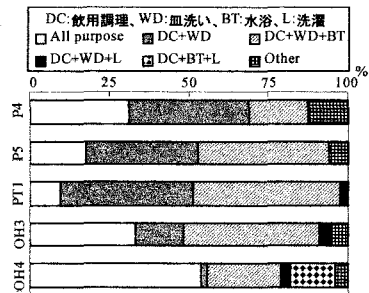


図5 地域別主水源の利用目的

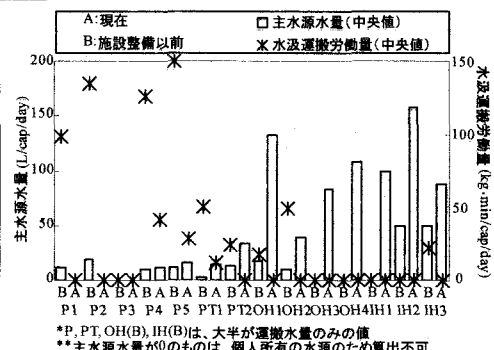


図7 主水源水量の変化と水汲運搬労働量の変化

5. 給水システムからみた住民の水利用特性

5.1 水利用特性 主水源使用目的を給水システム別で捉え、図8にまとめた。公共利用では、主水源ですべて利用を賄っているのは30%の世帯にすぎず、水質をあまり重視せず大量の水を使用する洗濯に主水源を利用しない例が多い。戸別利用(屋外)では公共利用に比べ、主水源ですべて利用を賄っている世帯の割合が多くなっているが、公共利用と同様に洗濯を主水源で賄わない場合が多い。戸別利用(屋内)では、ほとんどの世帯が主水源ですべて利用を賄っているが、わずかながら飲用・調理に主水源を用いない世帯がある。給水システムの発展によって主水源に依存する住民の割合が増加するが、戸別利用(屋外)ではより安全な水を求めて、水質が重視される飲用調理を主水源に頼らない場合がある。

5. 2 運搬水量に関する検討 主水源の水利用目的（図8a）と運搬水量

（図7）の関係を用いて、運搬水量の使用目的別の水量を以下の連立方程式より算出した。その結果を図9に示す。少ないサンプルで、アンケート結果から導いた結果で参考程度と考えるが、飲用・調理に利用する水量より他目的に利用する水量の方が多い。

$$\begin{cases} a) Q(D, C) + Q(WD) = \Sigma Q_1 \\ b) Q(D, C) + Q(WD) + Q(BT) = \Sigma Q_2 \\ c) Q(D, C) + Q(WD) + Q(BT) + Q(L) = \Sigma Q_3 \\ d) aQ(D, C) + bQ(WD) + cQ(BT) + dQ(L) = \Sigma Q \end{cases}$$

* 全83サンプル中77サンプルがa), b), c)に分類
Q1, Q2, Q3は上下各2サンプルを除いた値を採用

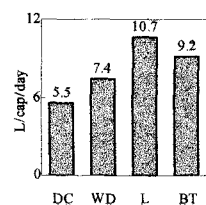
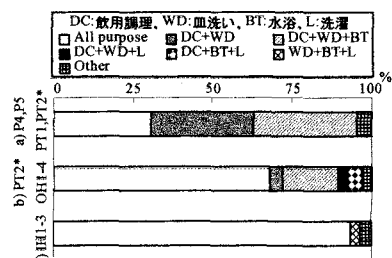


図9 使用目的別運搬水量



* PT2には公共給水と戸別給水が存在

a) 村落・公共利用, b) 村落・戸別利用(屋外)

c) 都市・戸別利用(屋内)

図8 給水システム別主水源の利用目的

6. まとめ

併用利用に関して、影響要因の検討、水利用特性に関する検討を地域別、利用形態別で行った。また、施設整備効果の把握を行った。併用利用の要因に関し、P, PT では似た傾向がみられるのに対し、OH ではIHに近い傾向が示された。このことから公共利用から戸別利用に発展することにより、住民の併用利用に関する意識、水利用行動が大きく変化するということが分かる。また表7に利用形態別での水利用特性と施設整備効果の特徴を示した。公共利用から戸別利用への利用形態の発展に伴って、住民の水利用特性や施設整備効果に変化があることを検証できた。

表7 水利用特性と施設整備効果

	水利用特性	施設整備効果
公共利用 P4, P5, PT1, PT2	主水源を全ての使用目的に利用している世帯は少ない。副水源の使用目的として「洗濯」「血洗い」が多数を占める。運搬水量使用目的は、飲用・調理より他目的の方が多い。	主水源水量は緩やかに増加しているが、水汲運搬労働が大幅に減少する傾向がある。水利用機器の普及には寄与しない。
戸別利用 -戸別給水(屋外) OH1-4	主水源を全ての使用目的に利用している世帯が公共給水に比べ多いが、屋内戸別給水に比べると少ない。副水源の使用目的として「洗濯」がメインになる傾向がある。	大幅な水量の増加がみられる。洗濯機など生活水準の向上に寄与する効果はほとんど見られないが、トイレの普及が進むなど、衛生面への意識が向上している傾向にある。
戸別利用 -戸別給水(屋内) IH1-3	副水源の併用は少ない。飲用・調理のための併用利用がみられ、安全な水を求める傾向がみられる。	地域にもよるが、水汲み運搬の減少に関する効果はほとんどみられない。水量の増加と利便性の向上に伴い、洗濯機の普及など生活水準の向上に寄与する効果が大きくみられる傾向にある。

7. 今後の課題

併用利用の影響要因やオンサイト利用に関しては、調査によって得られた情報が少なく傾向が十分に把握できなかった。今後の現地調査では、定性的、定量的なデータの両側面から情報を得ることにより、影響要因を明確にしていきたい。また今後はこれらの知見を基に、水供給システムとその水利用特性を考慮した、水供給施設の整備に関する提案、水供給分野における評価法の開発に関する提案を行っていきたい。

謝辞: フィリピン調査では JICWELS (国際厚生事業団) の協力を受けた。ベトナム調査は日産科学振興財団の助成のもと調査を実施した。関係者に謝意を表したい。

参考文献;

- 水道施設設計指針 2000 ; 日本水道協会 p.40
- 平成 13 年度開発途上国水道整備プロジェクト評価調査事業プロジェクト評価現地調査 (フィリピン) 報告書、2002 ; JICWELS (国際厚生事業団)
- ヴェトナム社会主義共和国第1, 2, 3回プロジェクト評価現地調査報告書、2002, 2003 ; 立命館大学、日産科学振興財団
- 山田淳, 竹添明生, 大崎紗恵子:PCM 手法を適用した ODA 水道整備プロジェクトの評価法開発に関する基礎的研究-インパクト評価について-, 環境システム研究, Vol.29, pp.245-252, 2001
- 山田淳, 大崎紗恵子:水道分野における ODA 評価手法確立のためのインパクト評価指標の検討, 第 13 回国際開発学会全国大会報告論文集, pp523-528, 2002