

発展途上国におけるODA水供給 プロジェクト受益者の家計収入及び 料金体系が水使用量に与える影響

伊藤 章夫¹・山田 淳²・Victor S. Muhandiki³・清水 聡行⁴・中園 隼人⁴
・松原 正典⁵

¹学生会員 博士後期課程学生 立命館大学大学院理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

E-mail: gr043040@se.ritsumei.ac.jp

²正会員 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

³正会員 立命館大学講師 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

⁴学生会員 博士前期課程学生 立命館大学大学院理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

⁵非会員 博士前期課程学生 立命館大学大学院理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

発展途上国において ODA による水供給プロジェクトが実施されているが、プロジェクト後も使用水量は少なく、農村部では水は処理されていない。著者らは 2000 年からの発展途上国における ODA 水供給プロジェクトの調査において、水道検針水量と料金表が得られた 4 カ国 12 地域等において、水使用量の影響要因を調査した。研究結果として水使用量は直接世帯収入に影響されず、料金体系と水道料金水準に影響されること、特に使用量の最多値が指標になることがわかった。また、HC (戸別給水) の収入当たりの水道料金は高いので、経済的節約のための節水している。その目安になっているのが料金体系と料金水準である。研究結果は料金を決める際に経営の安定、経営の効率化、公平性、貧困者への配慮に応用できる。

Key Words: *metered consumption, tariff structure, fixed charge, proportional charge, progressive charge*

1. はじめに

Official Development Assistance (以下ODAと略す)水供給プロジェクトが受益者に効果をもたらし、かつ現地の人々によって自立発展できることが期待されている。そのためには必要な水量が全ての受益者に合理的な価格で供給されなければならない。使用水量は貧困層には不十分¹⁾であることは知られている。Itoらはケニアの地方都市と農村の水供給システムの調査で、貧困層の水使用量(L/c/d)はそうでない人の 4-6 割であったことを示した。著者らはこれまでのODA水供給プロジェクト現地調査で水供給方法²⁾によって便利さ、使用量、料金が異なっていることを明らかにしてきた。Itoらは発展途上国 6 各国の調査で水供給システムの水供給量は平均でHC (戸別水道) は 130L/c/dで、PT (公共栓) は 20L/c/d未満であっ

たことを示した。給水方法はポイントソース (井戸等、レベルI)、公共栓 (レベルII) 及び戸別給水 (HC: House Connection, レベルIII) がある。本研究では水道メータ付き戸別給水プロジェクトにおいて、水使用量と経済的要因との関係を研究する。とりわけ世帯収入が増加すると水使用量は増加するか、料金体系が水使用量にどんな影響があるか、水道水を小規模灌漑に使用できる条件は何かを検討し、そして発展途上国にふさわしい使用水量と料金の関係を検討する。これは国連が Millennium Development Goals (MDGs) で提唱している貧困削減と安全な水を確保する両方の課題を実現するために重要である。なお、使用水量はL/capita/dayの単位で表されることが多いが、本研究では水料金体系と比較するために、主として世帯(HH: House Hold)の水を扱ったので、m³/HH/monthの単位を用いた。

2. 調査方法

(1) 調査目的

次の4項目について検討する。

- 世帯収入と水使用量の関係
- 地域単位の平均世帯収入と平均水使用量の関係
- 料金体系による水使用量の影響
- 水道水を灌漑に利用する場合の使用量と料金の実態

(2) 調査概要

2000年から2005年にかけて水道事業者から水道使用量(検針水量あるいは調定水量とも言う)が得られた4カ国(フィリピン、インドネシア、スリランカ及びケニア)の12地域の水供給プロジェクトを調査対象とした。ここで、大都市とは首都、村落とはコミュニティによって運営されているもの、地方都市とはこのいずれでもないものを使う。

(3) 調査方法

- 受益者に対するアンケートを実施する。このアンケートにより、水利用実態や評価を解析する。
- プロジェクト水道事業者から検針水量及び水道料金表をいただく。通常、検針水量は世帯ごとの12ヶ月のデータを入手する。これを基に世帯分布、使用量分布、料金負担分布を調査する。料金は家庭料金区分を使用する。(検針水量データ中の0は計算から除外した。)
- アンケート調査を実施した世帯と同一の検針水量を対応させることで、世帯毎に収入と水使用量を比較する。
- 特に、Magdalena市では約2000世帯ごとに2年近い(連続20ヶ月)検針水量データをいただいたので、料金改定後の水使用量及び使用量分布の経月変化を調査する。

3. 解析結果

(1) 世帯あたり水使用量の分布

まず、本研究の世帯水使用量の分布実態を図-1に示す。通常は、アンケート回答者数(約100件)対応の平均検針水量データ(N=100前後)を現地水道事業者から提供していただいているが、図-1のMagdalena市(フィリピン)については、およそ水供給世帯全体の検針水量データ(N=2358)をいただいたので、80m³までの範囲を最小単位である1m³階級で区分し、さらに>80の分布を作図することができた。よって、精密に見ることができた。

表-1 水道調査地域概要

Country ¹⁾ & Area	Area Scale ²⁾	Management Organization ¹⁾	Water Sources ²⁾	WTP ³⁾	No. of Collected Sample	Main Survey Year
I-Marang	Rural	Com	Sp	DIS	290	2003.3
S-Battaramulla	B-urban	Mun	Riv	SFD	39	2004.1
S-Gonaramba	Rural	Com	DW	DIS	186	1-12
S-Nuwara Eliya	L-urban	Mun	DW, Sp	DIS	178	
K-Nyeri	L-urban	Priv	Riv	SFD	84	
K-Meru	L-urban	Priv	Riv	SFD	56	2005.1
K-Murugi Mugumango	Rural	Com	Sp	None	94	0-11
K-Kabuku	Rural	Com	PS	None	98	
P-Angeles	L-urban	WD	DW	DIS	86	
P-Batangas	L-urban	WD	DW	DIS	112	2006.8
P-Tarlac	L-urban	WD	DW	DIS	60	9
P-Magdalena	L-urban	Mun	DW	None	84	

¹⁾Com: Community, WD: Water District, Mun: Municipality, Priv: Privatization

²⁾Sp: spring, Riv: river, DW: deep well, PS: protected spring, WTP: Water Treatment

³⁾SFD: Sedimentation+ Filtration+ Disinfection, DIS: Disinfection only

⁴⁾Country initial: I=Indonesia, S=Sri Lanka, K=Kenya, P=Philippines

⁵⁾B-urban: Big urban, L-urban: Local urban, Rural: not urban

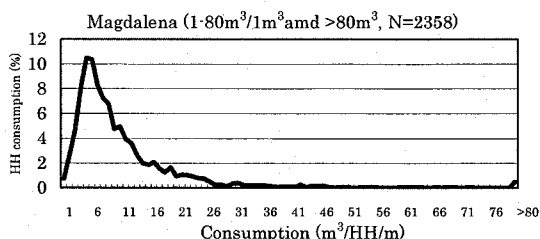


図-1 Magdalena (フィリピン) の世帯あたり使用量分布

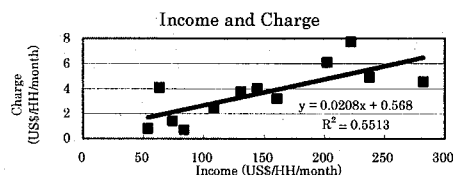
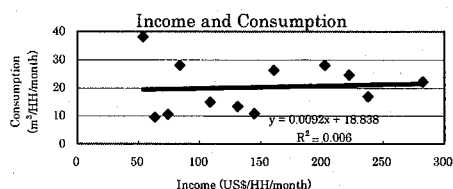


図-2 世帯収入、使用量及び料金の関係
(4カ国12地域の平均値)

分布形は最多値(ピーク)まで急激に上昇し、ピークを過ぎると緩やかに下降している。これを標本数が十分大きいケースの発展途上国における世帯あたりの代表的な

水使用量分布(度数多角形³⁾)であると考え、地域によって、ピークの値は異なる。この標本で計算すると、平均値は 11.0m³/月、中央値は 7.7m³/月、最頻値(最多値: mode) 5.5m³/月となる。著者らは平均値と最多値の開きに注目する。

多くのプロジェクトで得られた検針水量データ数は必ずしも多くないので、分布の横軸の階級をいかに取るかは、統計的な手法と発展途上国の水使用実態から判断しなければならない。

(2) 世帯あたり収入と水使用量との関係

2006年にフィリピン4市を8地域に区分して調査したので、世帯あたり収入と水使用量の単回帰分析した結果を表-2に示す。世帯あたり収入と水使用量の関係は、全般的に相関は弱い。ここで、 $R > 0.7$ の場合に相関が強いとした。また、水供給プロジェクト水道調査対象国4カ国12地域において世帯あたり収入と世帯あたり水使用量の相関を調査した結果、いずれの地域(プロジェクト)も R^2 値は0.0016から0.146の範囲であり、相関係数は0.04から0.382の範囲となり、相関は弱かった(計算結果表省略)。よって、世帯収入と世帯水使用量の関係を明らかにできなかった。

(3) 地域単位平均世帯の収入と平均水使用量の関係

4カ国12地域の調査結果を図-2に示す。世帯収入と水使用量の相関(上図)は弱い。しかし、水使用量の代りにその料金で相関(下図)を見ると、 R^2 値は0.558(相関係数 $R=0.747$)に上昇する。水使用量と料金に強い関係があることが示唆された。料金計算は著者が検針水量と料金表に基づき計算している。なお、各国の収入、料金は調査年におけるアメリカドルに換算⁴⁾されている。

表-2 世帯あたり世帯収入と水使用量の関係

		Magdalena1	Magdalena2	Angeles1	Angeles2	Batangas1	Batangas2	Tarlac1	Tarlac2
Information	HH consumption mean	15.1	8.2	31.5	21.9	18.7	26.9	20.3	33.4
	HH consumption median	11.4	6.1	26.7	18.7	16.6	23.4	19.7	26.9
	HH Income mean	228.7	91.9	211.0	177.6	319.3	164.7	186.3	298.3
	HH Income median	181.5	72.6	181.5	154.3	181.5	90.8	127.1	236
	Water Charge mean	5.6	3.4	7.6	5.2	5.1	7.3	6.3	8.3
	Water Charge median	3.7	2.6	6.6	4.4	4.2	6.1	6.0	8.0
	Charge/ HH Income (% mean)	2.5	3.7	3.6	2.9	1.6	4.4	3.4	2.8
Relational coefficient (R^2)	HH Income & HH consumption	0.099	0.040	0.012	0.181	0.001	0.006	0.002	0.016
	Individual Income & Individual Consumption	0.019	0.099	0.030	0.040	0.029	0.062	0.005	0.004
	Individual Income & Individual Consumption (Income $\leq$ US\$1/c/d)	0.409	0.007	0.041	0.400	0.006	0.005	0.190	NA
	Individual Income & HH consumption (Income $\leq$ US\$1/c/d)	0.00002	0.027	0.209	0.030	0.059	0.044	0.133	0.615

Four cities are divided by new or old areas in Philippines. HH Income unit: US\$/HH/month, HH consumption unit: m³/HH/month
Individual Income unit: US\$/c/d, Consumption: L/c/d, NA: not available (data are too few to analyse)

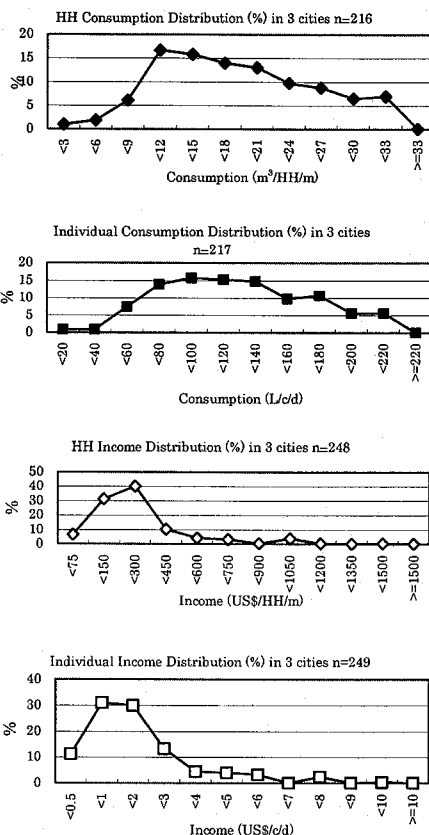


図-3 世帯使用量と世帯収入の分布の比較 (フィリピン Angeles, Batangas, Tarlac3 市合計)

(4) 水使用量世帯数分布と収入世帯数分布の比較

2006年フィリピン調査における3地方都市 (Angeles, Batangas, Tarlac) は受益者の世帯あたり水使用量と収

入をまとめて図-3に示す。図-3では、階級数はスタージェスの公式に準拠し、12としている。最小値から最大値までを等間隔に階級幅を設定している。3市の給水人口、世帯あたり水使用量、世帯あたりの月收入（アンケート結果による）はそれぞれ、州都Batangas（15万人、21m³、272ドル）、州都Tarlac（13万人、20m³、226ドル）、州都でないが主要都市Angeles（22万人、29m³、203ドル）である。いずれも、WD（Water District）の経営で、LWUA（Local Water Utility Administration）から融資を受けている。水源は深井戸である。受益者の水使用量や収入に主要都市部としての類似性がある。ちなみにMagdalena市の月世帯あたり水使用量、世帯あたりの収入はそれぞれ、10.6m³、143ドルとやや小さくなる。図-3最上図は世帯あたり水使用量の分布（3m³間隔）である。10m³付近（9-12m³範囲）に最多値（ピーク）が存在し、右側に緩やかに下降している。2番目図は1日一人あたりの原単位水量（20L/cd間隔）である。3番目図は月世帯あたり収入の分布（150ドル間隔）である。300ドルに最多値がある。最下図は1日一人あたりの収入の分布（1ドル間隔）である。国連では絶対的貧困者を1日一人あたりの生活費（収入）が1ドル以下の人と定義している。1ドルから始まる整数で1日一人あたりの収入を横軸にとっている。最多値は1-2ドル範囲である。3番目図は最下図目盛りの5倍して月換算である。5倍の意味は4市の加重平均家族数5.24人（実際採用値5人）である。世帯あたり使用量は右側に緩やかに降下するが、世帯収入は少ない値に集中している。このように、水使用量と収入は性格の異なるものであることがわかる。

（5）水使用量と料金体系及び料金水準の関係

発展途上国の料金体系³⁾はメータがないところでは無料、定額もあるが、ほとんどの戸別栓給水のプロジェクトは従量料金制、あるいは一部の区間を定額にしている。通増料金が導入されている場合も多い。日本の水道料金制は歴史的に定額→従量料金制→定額を組み入れた従量料金制の変遷⁹⁾がある。近年、小量使用者にインセンティブを与えるために完全従量料金制に回帰する傾向もある。発展途上国の水道料金体系は援助国の背景が反映していると思われる。

これまでの調査で検針水量と料金表を入手できた4カ国12地域における料金表と使用量の関係を考察する。水使用量の横軸目盛りの設定は、スタージェスの公式⁷⁾ $n = (1 + \log_{10} N / \log_{10} 2)$ において、検針水量データ数はMeruを除いて、平均N=116であるので、 $n=8.0$ となるが、

発展途上国の実態と図の見易さを考慮して、5m³、10m³、15m³、20m³、30m³、40m³、50m³、75m³、100m³、100m³超過の等差階級を組合せた10区分を基本にした。

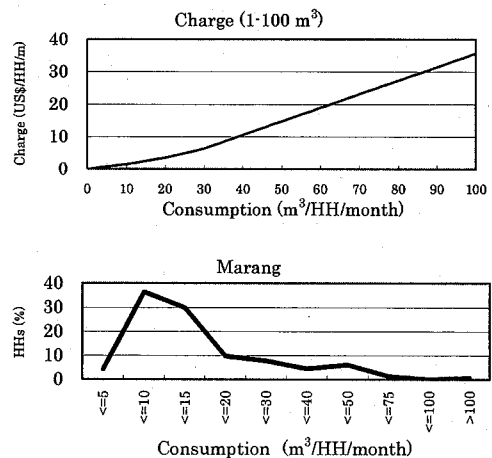


図-4 Marang（インドネシア）の料金体系と使用量の関係

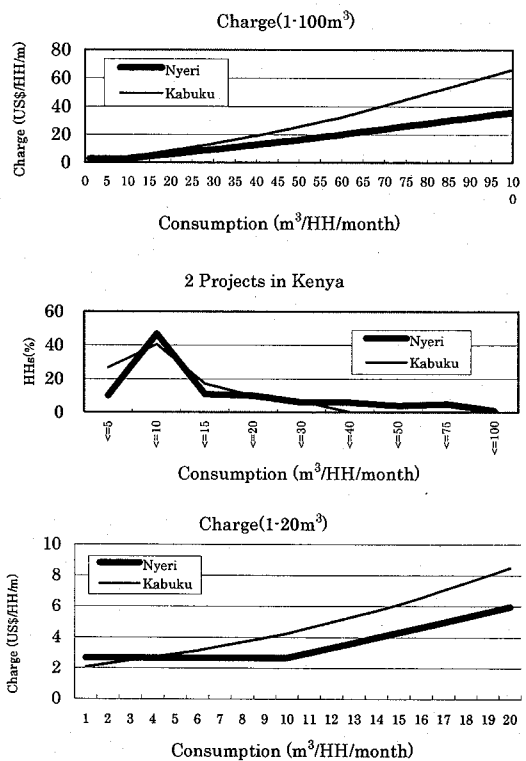


図-5 ケニアにおける料金体系と使用量の関係

a) インドネシア

Marang の事例 (図-4) では、最初のブロックと次のブロックの間に第一のピークが現れ、次ブロックの前で第二番目のピークが現れ、第三のブロックでは使用者数が急激に減少している。ここでブロックとは料金あるいは料金率が同じ範囲を言う。

b) ケニヤ

2 地域の事例を図-5 に示す。Kabuku は保護されたスプリング水 (水源) を電力ポンプで汲み上げてタンクに貯留し、重力配水する小規模村落の水道である。処理・消毒はされていない。飲料可能であるが、スプリング水源の水量に限界がある。完全従量料金制かつ、通増料金のある構造であるため、多量使用者は大都市の浄化された水の料金より高い。Kabuku のアンケート回答者は 98 件で、うち 5m^3 未満の受益者は約 4 分の 1 の 25 件となっている。この世帯は使用量を 5m^3 /月以内に抑制しようとしている。受益者は水源の事情、電力コストがかかることは理解している。Nyeri は民営化都市水道である。優良な経営と評価されている。 10m^3 まで定額料金 (下図) であるので、 10m^3 に大きくかつ鋭いピークが現れている。

c) スリランカ

2 地域の事例を図-6 に示す。Gonaramba (Kegalla) は完全従量料金制であるので少なく使用する傾向があるが、ピークは $10\text{m}^3/\text{HH}/\text{月}$ 及びその前後に現れている。Battaramulla は $20\text{m}^3/\text{HH}/\text{月}$ を越えるところから、通増曲線の勾配が大きくなるので、ここにピークが現れている。

d) フィリピン

4 地域の事例を図-7 に示す。Magdalena は地下水を塩素消毒後に給水している。 5m^3 /月までは定額で 6m^3 /月以上は従量料金制 (通増料金制はない) である。 5m^3 /月、 10m^3 /月以内に使用量を抑制している試みが見られる。 15m^3 /月以上の受益者世帯数は急激に減少する。 5m^3 階級グラフにすると、Magdalena 市のピークが $5\text{--}10\text{m}^3$ /月にある。Magdalena 市以外のピークは $15\text{--}30\text{m}^3$ /月にピークがある。また、 30m^3 /月にも大きなピークがある。貧困層でない層であると思われる。フィリピンは発展途上国の中では所得は高い。

(5) 料金改定の影響

a) 料金改定の内容

フィリピンでは政府の水供給政策により、多くの地方都市水道は独立採算制の水道公社に相当する WD (Water District) が経営をしているが、Magdalena 市は市直営

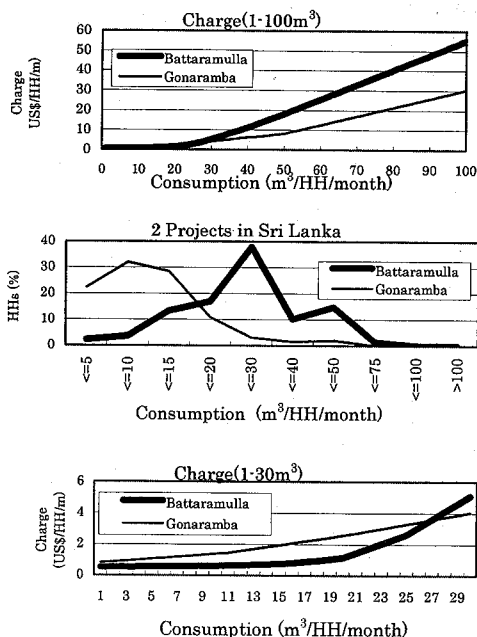


図-6 スリランカの料金体系と使用量の関係

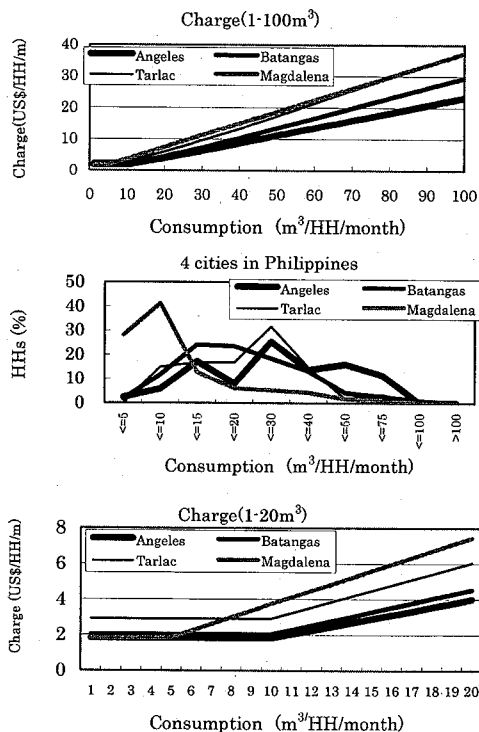


図-7 フィリピンの料金体系と使用量の関係

(LGU: Local Government Unit) である。直近の値上げは 2004 年 4 月である。料金改正は、全て従量料金制 (20.5peso/m³) から、5m³/月までは定額 (102.5 peso = 20.5 peso * 5) で、6m³/月以降は 20.5/m³の従量料金制の 2 ブロック制に改定した。これは、5m³/月未満に使用を抑制していた世帯にとっては値上げである。

市担当者によれば、夜間に水道メータが感知しない流量に絞って水を詐取することを防止するために導入した制度である。この改定が受益者の水使用構造にどんな影響をもたらしたかを観察する。

b) 受益者の使用量分布の経月変化

Magdalena LGUの厚意で得られた約2200受益者世帯分の平均月使用量 (2004 年 10 月から 2006 年 5 月まで連続 20 ヶ月分) の時間変化はおおよそ 4 期に分類できたので、その 4 例を図-8 に示す。このグラフの横軸は 1-20m³までは 1m³間隔で、20-50m³までは 10m³間隔で、及び 25m³、50m³超過を目盛られており、最多値は正確に把握されている。

第 1 期 (2004.10-2005.2) の料金改定前における完全従量料金制のもとでは料金の最も安い 1m³に近づけようとする利用者 (主として貧困層) が存在していたと思われる。この期間では使用量分布は極端に左にシフトしている。ピークは 5m³/月未満にある。しかし、水は生活必需品であるから、実際に 1m³/月が最多値にならない。ここでは貧困層が存在することが分かる。この低い領域についてはメータの精度が影響していると思われる。

第 2 期 (2005.3) はピークが 5m³/月未満にあった状況から、ピークが 5m³/月に移行している。受益者の中に 5m³/月までは同一料金であると言う認識が広まっている。

第 3 期 (2005.4-9) は極端な左シフトの分布が完全に解消している。5m³/月のピークの形は鋭くなり、受益者は 5m³/月までの定額料金を強く意識している。

第 4 期 (2005.10-2006.5) は 5m³/月にあった鋭いピークが解消し始めて、6m³/月や 7m³/月の受益者も増加する傾向が生まれている。改定後、新しいピークは 6m³/月になり、新料金体制が 20 ヶ月目にやや安定したと言える。

受益者世帯は 5m³/月まで定額に変更されて値上げされたが、定額料金限度まで使用するという単純な行動がすぐに発現しなかった。その理由としては、従来の生活スタイルが料金改定後もしばらく継続していたと思われる。

c) 受益者の水使用量の経月変化

Magdalena 市における 15 区 barangay 毎の世帯あたり月使用量の時間変化は、いずれも一様に漸増している。市全体の平均世帯あたり月使用量の変化を図-9 に示す。

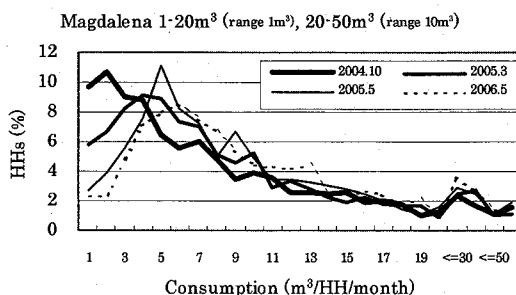


図-8 Magdalenaにおける料金改定後の使用量分布推移

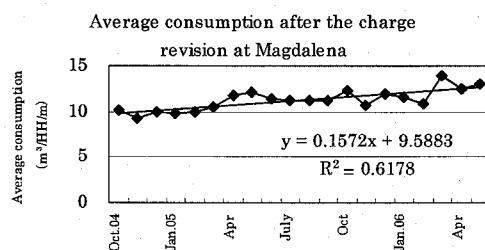


図-9 Magdalenaにおける料金改定後の使用量

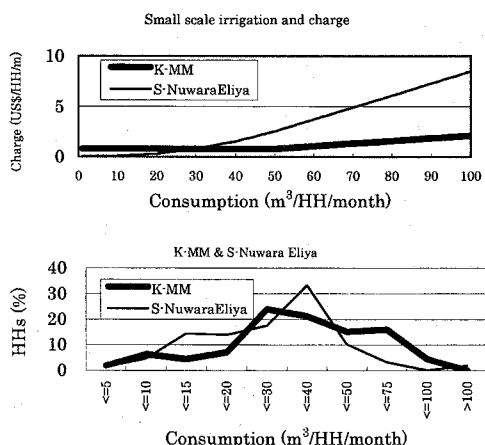


図-10 小規模灌漑を認める村落プロジェクトの料金体系と使用量の関係

20 ヶ月間に一世帯あたり平均月使用量は 9.6m³から 13.0m³にはぼ一様に増加した。増加の変化率は平均値で +0.157m³/月である。この世帯あたりの使用量の増加は料金改定前に、ピークを形成していた 5m³/月以下の少量使用世帯が、料金改定後にピークを 5m³/月から 6m³/月に移行する過程で需要の増加として現れている。完全従量料金制の時代は、受益者の使用量分布は 5m³未満にピー

クがあったが、 5m^3 までは 5m^3 と同一の料金に固定される改定があったので、受益者側に 5m^3 未満では節約・節水するインセンティブがなくなった。したがって、この層の受益者（主として貧困層）は水道使用量が受動的に増加した。

(6) 小規模灌漑導入プロジェクト

多くの発展途上国は農業国であり、自給あるいは一部を市場に出す零細規模農業にとっては灌漑水の確保は飲料水と同様に重要である。この灌漑も零細あるいは小規模である。都市型水道は一定規模の浄水場を設置、運営されるので、浄化かつ殺菌される。この水を灌漑に使うことは合理的でなく、一般に許されない。政府は飲料水・生活水の供給する事業と灌漑水の供給する事業の所管を分離しており、水道事業者が灌漑について配慮しなくてよいとされている。

しかし、農村では飲料水・生活水の供給が不十分であるので、農民は両方の水を求めている。こうした条件では、都市型の収入と水使用量の関係を単純に比較することは適当ではない。農村では収入は少ないが、灌漑が認められれば、水使用量は多くなる。農村地域で、水が豊富にあり、浄化設備がなく、よって水コストが小さく、受益者のほとんどが農民で、かつコミュニティ水道が受益者で構成される場合、小規模灌漑は許される。コミュニティは生活向上のために灌漑を奨励している。

このような条件を備えた2事例として、スリランカの Nuwara Eliya（ここは地方都市で、市水道であるが、市の周辺部は農業地域である、茶産業が有名）とケニアの Murugi Mugumango（図9ではMMと省略する）における水使用量と料金体系を図-10に示す。Nuwara Eliyaは料金が極めて低く、かつ緩やかに増加するように設定されているために、 $40\text{m}^3/\text{HH}/\text{月}$ にピークが現れている。ここは市営水道が深井戸の地下水を塩素消毒して供給している。市が低廉な水を供給する理由は、茶産業が市の奨励産業であると思われる。使用量の第2のピークが $15\text{m}^3/\text{月}$ 前後に現れているが、非農業者だと推量される。市の水道政策及び農業政策が統一された成果だといえる。受益者（農民が多い）から塩素が過剰だと言う苦情もある。Murugi Mugumangoは最初のブロックが定額制（かつ低額）であるが、 $50\text{m}^3/\text{月}$ を超えるブロックから従量料金制となるので、ピークが $30\text{m}^3/\text{月}$ 使用量に現れている。 $50\text{m}^3/\text{月}$ まで使用できないのは加入者の増加と使用量の増加による水不足が原因である。この水道事業は村落コミュニティによって経営されているので、受益者の安く

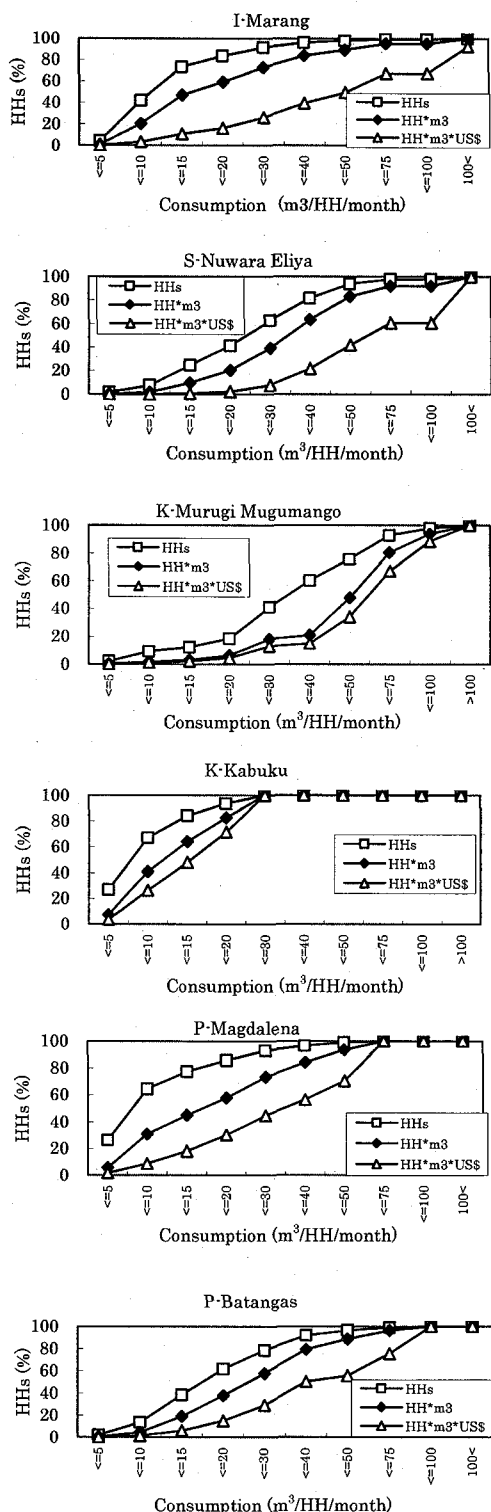


図-11 水道3曲線評価法事例

してほしいと言う要望が料金に反映されている。水源は山麓の川の上流で、比較的水質・水量とも恵まれている。

水は浄化、塩素消毒されない。重力だけで取水、送水、配水が可能である。よって、政府や地方公共団体から援助がなくても安価に給水が出来る。各地域の $50\text{m}^3/\text{月}$ 使用した場合の水道料金は当該国政府指導料金^{8)・9)}と比較するとそれぞれ、5.0%及び14.0%の低い額にとどまる。政府指導料金とは政府直営水道または政府系事業体水道が経営をしており、料金表が全国一律適用である。

よって、水使用量は灌漑利用や政策によって大きく影響される。これは農村地域に特有のことで、浄化された水が給水されることは保健衛生上好ましいが、生活の糧を得るとしても、灌漑には妥当ではない。受益者の多くは浄化された高価な水を望んでいないと言われている。しかし、上水道と灌漑用水道を両方具備することは資金が不足する。

4. 考察

(1) 水道3曲線評価方式

著者らは、日本における調査の文献で世帯分布、使用量分布及び料金負担分布が同時に示された図を見たことがない。その理由は、日本では検針水量が個人のデータとして扱われ、一般に公表されていないからであると思われる。発展途上国も制限はあるが、特定の個人名を公表しない条件で研究に利用させていただいている。同一グラフ上で評価する方法を提案する。4ヶ国12地域のうち6例を図-11に示す。図-11では水道水使用量毎の世帯数割合を□記号で、その世帯群の使用量割合を◆記号で、その世帯群の使用量に基づく料金負担割合を△記号で表している。

世帯数、地域の受益者の使用量や料金にほぼ格差が少ない場合、3曲線は限りなく重なる。使用量に格差がある場合、世帯数と使用量曲線が乖離する。従量料金制にかかる場合、料金負担曲線が乖離し、逓増料金制度が加味される場合は、3本の曲線が大きく乖離する。逓増度が高いほど乖離は大きくなる。この方式は、日本では見かけないが、発展途上国では作成することができる。この図により、水道事業者や受益者がプロジェクトの状況を容易に把握することができるので、ownership や自立発展性の確立に役立つと思われる。

(2) 受益者の水道使用水量の実態を代表する値

統計数値では代表値は平均値、中央値等が一般に採用

される。

世帯あたりの水使用量は特異な分布をしていることは「3.(4) 水使用量世帯数分布と収入世帯数分布の比較」ですでに述べた。

よって、発展途上国の水使用量を評価する場合、平均値だけでなく、通常、平均値使用量より小さいところに現れる最多値使用量の存在を考慮しなければならない。正規分布ならば平均値、中央値及び最多値は一致する。

5. 結論

2. (1) で述べた四つの調査目的の第一については、世帯収入と水使用量の相関係数は弱く、直接的関係はなかった。世帯収入と水使用量の分布の形は異なる性格である。先行研究は、発展途上国における世帯収入と水使用量の関係は明瞭ではなかった。

第二については、地域全体の平均収入と地域全体の平均使用量は相関が弱い。地域全体の平均収入と平均料金の関係では相関が強くなった。先行研究は見られない。

第三については、料金体系において料金単価が増加する水量前後に使用量分布の最多値が観察された。プロジェクトを評価する場合、平均値だけでなく最多値の動向について留意する必要がある。先行研究では平均値・中央値では論じられているが、最多値で論じたものはない。

第四については、水道水を灌漑に使用する条件は水道事業者及び地域の理解がなければならない。あわせて料金が極めて低料金でなければならない。水使用量はおよそ月 $50\text{m}^3/\text{HH}/\text{月}$ が最多値であった。先行研究は家庭用の水を灌漑に使用することを想定していない。

本研究で灌漑を除く水使用量はプロジェクト前では $50\text{L}/\text{c}/\text{d}$ 程度¹⁰⁾で少なかったが、プロジェクト後も比較的狭い範囲 ($5\text{--}15\text{m}^3/\text{HH}/\text{月}$ およそ $33\text{--}100\text{L}/\text{c}/\text{d}$) に収まることがわかった。世帯水使用量と世帯収入における格差の現れ方は同じではなく、水使用量は人間の一定の需要を満たせば十分であることがわかった。経営上¹¹⁾では、一定額の基本料金を従量料金制に導入すると、該当するブロックの事業収入増になるだけでなく地域全体の水使用量が増加することがわかった。プロジェクトを総合的に評価する上で、水道3線曲線を提案した。

参考文献

- 1) Ito A., Yamada K., Muhandiki V. S., Matsubara M.: A Case Study on the benefit to the relatively poor at ODA water supply projects in Kenya, Journal of Global Environment

- Engineering, Vol.12, pp. 33-49, 2007.
- 2) Ito A., Yamada K., Muhandiki V. S., Matsubara M., Nakazono H.: Study on direct and indirect outcome at ODA funded water supply projects in six developing countries, Proceeding of 9th Biennial Conference, The international society for Ecological Economics, 16-18 December, CD-ROM, p114, 2006.
 - 3) 奥川光太郎: 数理統計学概説, 学術図書出版社, p.33, 1965.
 - 4) International Monetary Fund: International Financial Statistics YEARBOOK 2006, 2006.
 - 5) 国際厚生事業団 (編集), 真柄泰基 (監修): 開発途上国の水道整備Q & A - 水道分野の国際協力 -, pp. 208-225, 国際協力出版会, 1999.
 - 6) www.city.kyoto.jp/suido/pdf/nenpos18.pdf, 京都市上下水道局: 平成 18 年度版京都市水道統計年報, pp.66-71, 2006.
 - 7) 前野昌宏, 三國彰: 図解でわかる統計解析, 日本実業出版社, p.33, 2001.
 - 8) 国際協力事業団, 日本工営(株), (株)日水コン: ケニア共和国メルー市給水計画基本設計調査報告書, pp.2-4, 2001.
 - 9) Sri Lanka National Water Supply & Drainage Board: Water Tariff, 2004.
 - 10) Ito A., Yamada K., Muhandiki V. S.: Evaluation of the Impact of Water Supply Projects from the View Point of Gender, Journal of Asian Women's Studies, Vol.15, pp.21-31, 2006.
 - 11) Whittington D.: Municipal water pricing and tariff design: A reform agenda for South Asia, *Water Policy*, Vol. 5, No. 1, 2003.

INFLUENCE OF HOUSEHOLD INCOME AND TARIFF STRUCTURE ON WATER CONSUMPTION AT ODA WATER SUPPLY PROJECTS IN DEVELOPING COUNTRIES

Akio ITO, Kiyoshi YAMADA, Victor S. MUHANDIKI, Toshiyuki SHIMIZU,
Hayato NAKAZONO, Masanori MATSUBARA

In developing countries, many people cannot access improved water. Although many water supply projects have been implemented by ODA, household water consumption is limited, and in rural areas untreated water is supplied. Authors surveyed ODA funded water supply projects in six developing countries from 2000 to 2006. The objective of this study is to clarify factors that influence water usage in twelve areas in four countries where measured water consumption data and water tariffs were collected. The results showed that water consumption was influenced by water tariff structure, not by income directly. Especially the mode of household's consumption is most influenced by water tariff. Authors focused on the mode of household's consumption. As house connection service charge is relatively expensive in developing countries than in developed countries, consumers in surveyed areas try to save water considering the water tariff. Small-scale irrigation is allowed at 2 projects with low charge in rural and local urban areas. The results of this study can be applied in setting tariffs with consideration of stable management, efficient management, equity and the poor.