

学生海外調査研究	
雨水利用促進に向けた雨水利用受容の影響因子の把握及び受容への情報提示の影響	
氏名 西田 かおり	生活工学共同専攻
期間	2017 年 7 月 20 日～2017 年 8 月 21 日
場所	スリランカ民主社会主義共和国南部州ゴール県
施設	Ruhuna 大学等

内容報告

1. 背景

現在，世界各地域にて水需要量の急激な増加が課題となっている．水使用は生活用水，工業用水，農業用水に三分されるが，特に人口増加や経済発展に伴う生活用水需要の今後の増加が懸念される．一方で，生活用水需要を賄うのに十分な水道水給水量を確保できていない地域は多い．そこで，水道水以外の水源の家庭内での利用を今後推進していく必要があると考えられる．水道水以外の水源としては，地下水・雑排水・雨水等が挙げられる．特に雨水は，集水・貯留が容易であるだけでなく，使用に際して高度な処理を必要としないため，家庭レベルでの代替使用が可能であると考えられる．

これまで，雨水の家庭内利用の可能性については雨水の代替利用可能量の観点から議論されてきており，有効性が確かめられている．雨水利用は水道水以外の他水源（再生水，淡水化された水等）に比較し，家庭レベルで低コストにて水道水給水量の不足に対応することのできる即効策であるため，今後の拡大が期待される．しかしながら，各水源の代替利用の普及においては社会における利用への受容が必要不可欠であり，その不足により利用が拡大しなかった例は多い．雨水もまた同様に，社会における利用への受容が欠かせないものと考えられるが，その研究例は少ない．本調査では，実際に人々が水不足に直面している地域での雨水の家庭内利用に対する社会の受容程度の把握，また，受容拡大に有効な方法の探索を目的として，調査を行うこととした．

2. 雨水の家庭内利用

2.1 雨水の水質

雨水は一般的に表流水と比較して病原体の混入リスクが非常に少なく，その水質はほとんどの用途に適していることが報告されている．ただし屋根などから取水した雨水の水質は，屋根に堆積した大気中浮遊物質や鳥等の排泄物などの影響を受ける可能性がある．そのため，集水時における雨水水質を考慮した集水方式が必要である．降雨初期では特に，集水域での堆積物の影響を受けやすいため，初期雨水の排除が有効であると考えられている．

2.2 家庭内における利用方法

上述のように集水初期の雨水を除けば，雨水水質の変動は小さい．雨水利用の際の貯留法としては，図 1 に建物屋根面から雨樋，ルーフドレン等を利用した貯留が一般的である．初期雨水の排除方法には，降り始めの雨水を一定量初期雨水として溜め，超過した雨水を雨水利用に貯留する方法が挙げられる．

水量の確保という点では，その地域の降水量の推定により使用可能量をおおよそ推定できる．ただし家庭利用においては，どの程度の貯留槽を確保するかによって利用可能量が決まるとも考えられる．

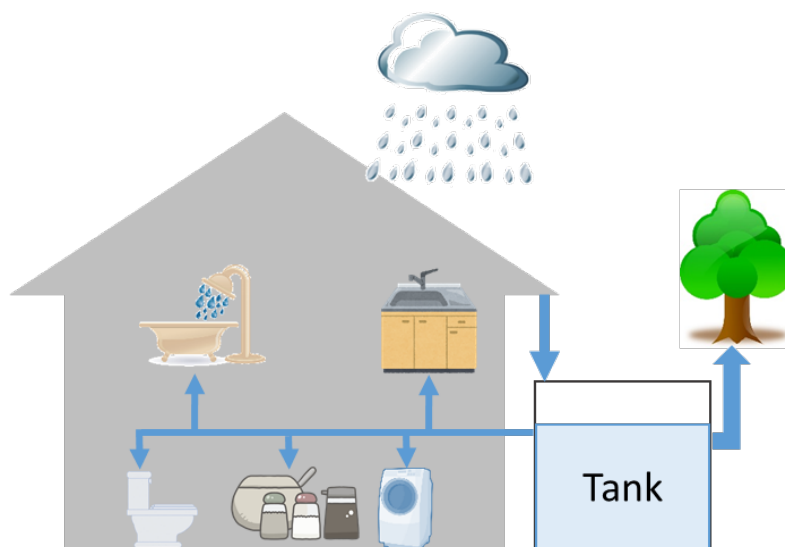


図1 家庭内における雨水利用のイメージ

2.3 家庭内における利用用途

雨水は先述の通り、元来ほとんどの用途に適しており、初期雨水の排除により良好な水質の雨水を貯留することが可能である。雨水の利用は世界各地域で始まりつつある。表1に世界各地域における雨水利用例を示す。表1に示す通り、その代表的な利用用途はサンタカタリーナ（ブラジル）ではトイレ、洗濯であり、オーストラリアではトイレ、洗濯、屋外となっている。本調査においても雨水利用が可能な用途は屋外、トイレ、洗濯となっており、人とのコンタクトが少ない用途が主な利用方法となっている。

表1 世界における雨水利用例

参考文献	地域	利用用途
Ghisi E. <i>et al.</i> (2007)	サンタカタリーナ, ブラジル	トイレ, 洗濯
Moy C. (2011)	イラワラ, オーストラリア	トイレ, 洗濯, 屋外
Gurung T. <i>et al.</i> (2014)	オーストラリア	トイレ, 洗濯, 屋外
Mukheibir P. <i>et al.</i> (2014)		
Delaney C. <i>et al.</i> (2015)		

3. 既存研究

過去に、再生水の水道水に代わる利用のプロジェクトにおいて、社会における受容が低いために再生水の利用が進まなかった例は多いことが報告されている。このように、水道水以外の水源の水道水に代わる利用の拡大にはその受容が必要不可欠であり、受容が低い場合には有効性が明らかな場合においても利用は進まない。そこで受容に関する調査が必要である。しかしながら、既存研究では、主に再生水や淡水化された水の利用への受容に関する調査が行われており、雨水利用への受容に関する調査はほとんどない。

再生水利用への受容の調査結果を主にまとめる。既存調査では、以下の点が主に調査されている。

- ・各利用用途への受容程度（どの用途であれば受容されるのか）
- ・受容程度の決定因子
- ・利用に対する許容コスト

このような調査の結果、人とのコンタクトが少ない用途（屋外、トイレ、洗濯等）ほど、再生水の利用が受容されることが各既存調査で報告されている。また、受容には、水資源保全・環境問題への認識、利用に伴う健康状態への影響に対する認識、再生水にかかる処理費用等も受容程度に影響を与えることが分かっている。また、水利用者における再生水利用の最大の利益は、水利用時の費用節減であった。また、多くの既存調査にて、処理方法についての知識を豊富に持つ人ほど、受容程度が高いことも報告されている。

再生水に比較し、水質への不安を感じる人が少ないことが予想される雨水の場合にも、同様の傾向があるのか、検討が必要である。

4. 調査概要

4.1 調査対象地域

本調査では、スリランカ民主社会主義共和国南部州ゴール県ゴール市およびアハンガマ市を対象とした。当該国の気候は熱帯性・高温多湿であり、国土は乾燥地帯と湿潤地帯に大別される。対象とした南部州ゴール県は湿潤地帯にあたる。湿潤地帯の年間降水量は **2,350 mm** となっている。水道水給水は行われているが、その普及率は **38 %**、水道水給水時間は平均して **17 時間/日** であり、未だ十分な給水が行われているとは言えない。以上より、今回の対象地域は、降水量は世界平均に比較的十分であるが、水道を介した給水においては不足している地域の代表例と言える。

4.2 調査の流れ

本調査では、回答者一人に対し、二度の質問紙調査を行った。以下に詳細を記す。

一度目の質問紙調査では、対象地域における家庭内雨水利用への受容程度を把握すること、またその受容の決定因子を知ることが目的とした調査を行った。

二度目の質問紙調査では、回答者に対して雨水利用に関する情報提供を行った後に、再度、家庭内雨水利用への受容程度を調査した。この結果を、一度目の質問紙調査にて得られた情報提供前の受容程度と比較することで、情報提供による受容程度の増大が見られるのか検討することとした。尚、提供する情報内容は、雨水水質と利用可能用途、雨水利用可能量、雨水利用に係るコストとし、雨水利用可能量、雨水利用に係るコストについては各回答者家庭の用途別水使用量（屋外、トイレ、トイレビデ、洗濯、風呂、台所）を基に推定した。

4.3 調査準備

本調査を行うにあたり、調査開始前に以下の準備を行った。

4.3.1 質問用紙の作成

上述の通り、本調査では二度の質問紙調査を行っている。一度目の質問紙内容は以下の通りである。

(1) 利用水源と利用への満足度

各水使用用途（屋外、トイレ、洗濯、風呂、台所）に利用している水源を調査する項目とした。また、利用している水源利用への満足度を三段階にて、量、質、コストの観点から評価してもらう質問項目も作成した。

(2) 雨水利用経験、雨水利用イメージの有無

雨水利用経験の有無を尋ねる項目とした。利用経験が無い場合には、家庭内において貯留・利用する方法のイメージを持っているかについても確認する質問項目を作成した。

(3) 雨水利用に対する受容程度とその理由

各水使用用途（屋外、トイレ、洗濯、風呂、台所）に雨水を利用することへの受容程度を 5 段階評価にて尋ねる項目とした。また、その理由についても用途ごとに確認する質問項目を作成した。

(4) 基本情報

回答者の基本情報として、性別・年齢・世帯収入・教育レベルについて、尋ねる項目とした。

続いて、以下に二度目の質問紙内容を示す。

(1) 雨水利用に対する受容程度

一度目の質問紙同様、各水使用用途（屋外、トイレ、洗濯、風呂、台所）に雨水を利用することへの受容程度を 5 段階評価（1：受容しない～3：受容する～5：雨水貯留タンクを導入したいと思う）にて尋ねる項目とした。

(2) 受容程度に最も影響を与えた情報

二度目の質問紙調査実施前に提供する情報（雨水水質と利用可能用途、雨水利用可能量、雨水利用に係るコストとし、雨水利用可能量、雨水利用に係るコスト）のうち、どの情報が最も、回答者の雨水利用への受容程度に影響を与えたかを尋ねる項目とした。

(3) 給水制限への認識

給水制限により生活に不便を感じているかを尋ねる項目とした。

(4) 節水意識の有無・水資源量への認識

家庭内において、節水のために行っている行動があるかを尋ねる項目とした。また、利用可能な水資源量が将来にも十分にあると考えるかについても尋ねる項目を作成した。

4.3.2 回答者に提供する情報の準備

前述の通り、二度行う質問紙調査のうち二度目の調査の前には回答者に対して三種の情報を提供することとした。以下に調査前に準備した情報について詳細を記す。

(1) 雨水水質と利用可能用途

雨水水質を水道水、地下水と比較し、利用可能な家庭内用途を示す表を作成した。比較項目

は、色度および濁度、大腸菌数、金属類とした。用途としては屋外、トイレ、洗濯のそれぞれについて利用可能かどうか、水質を基に判断し記した。以下に作成した表を示す。

表 2 雨水水質と利用可能用途を情報として提供するために使用した表

	Colour and Turbidity	E. coli	Metals		Possible purpose to use
National water	Good	not exist	not exist		Gardening: OK Toilets: OK Laundry: OK
Groundwater	Good	not exist	exist		Gardening: OK Toilets: OK Laundry: △ (Metals in groundwater may color clothes)
Rainwater stored in a tank	Good	<10 / 100mL	not exist		Gardening: OK Toilets: OK (Scientifically, this concentration of E. coli in tanks has no influence on health) Laundry: OK

(2) 雨水利用可能量

1日を通じた利用可能量について、水道水、地下水と比較した。

また、回答者の家庭における用途別水使用量（屋外、トイレ、トイレビデ、洗濯、風呂、台所）および回答者居住地域における降水量データを基に、年間を通じた雨水利用可能量を雨水利用シミュレーションにて推定した。雨水の利用用途は、屋外・トイレ・洗濯の場合、および、屋外・トイレの場合の二つの場合を想定したシミュレーションを行った。尚、回答者の家庭における用途別水使用量については所属する研究室にて行っていた水使用量実測調査の結果を提供頂き、使用した。図 2 に、年間を通じた雨水利用可能量のシミュレーション結果として、実際に提供した情報の一例を示す。このような情報を提示することで、年間を通じた降水量変動に対し、雨水による水道水需要量の代替がどの程度可能なのか、年間を通じた変動を視覚的に回答者に理解してもらうことが可能であると考えられる。

Rainwater availability in your house based on 2015–2016 precipitation when roof area is 50 m² and tank volume is 5000 L

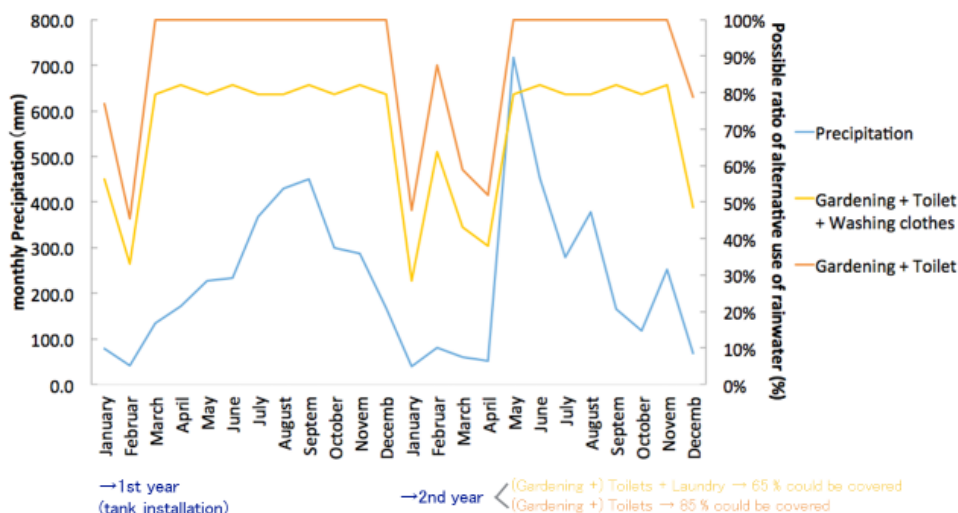


図 2 雨水利用可能量のシミュレーション結果として提供した情報の一例

また、シミュレーション結果を基に、家庭内における水需要をどれだけ雨水により代替可能かを視覚的に表現した図も、情報として提供した。

(3) 雨水利用に係るコスト

家庭内での雨水利用に際してかかる費用としては雨水タンクの設置費用が挙げられ、一般的タンクである地上設置型フェロセメントタイプのタンクの場合にはその費用は Rs. 50,000 である。また、水道料金算定方法はインターネット上で細かく公表されており、この算定方法および(2)の雨水利用可能量推定結果を基に、雨水利用により水道料金をどれだけ低減できるか、という推定が可能である。今回はこの推定結果より、雨水利用により低減された分の水道料金にて、雨水タンクの設置費用 Rs. 50,000 を何年で補うことができるか、という推定を行い、雨水利用に係るコストの情報として提供した。以下に、提供した情報文の一例を日本語にて示す。

情報文の一例：

「家庭内での雨水利用には初期費用が必要となります。地上設置型のフェロセメントタンクを設置した場合には、Rs. 50,000 が必要です。ここで、雨水を屋外、トイレ、洗濯に利用した場合、あなたの家庭では一ヶ月当たり Rs. 90.7 を節約することが可能です。つまり、45.9 年で初期設置費用をカバーすることができます。」

4.4 調査日程

本調査は、7 月 20 日より 8 月 20 日までの 1 ヶ月間実施した。毎週 3～4 日間は回答者に提供する情報の準備、および、質問紙調査を行うための調査対象家庭の事前訪問等を行った。残る毎週 3 日は、家庭を訪問し質問紙調査を実施した。

5. 結果

41 軒の家庭に対して、それぞれ二度の質問紙調査を実施した。結果については解析を進めているところであるが、傾向としては雨水利用への受容は屋外およびトイレへの利用では中程度（受容はするが、具体的に貯留タンクを設置しようとは思わない）の家庭が多い一方で、洗濯への利用では中程度の家庭および受容しない家庭が同程度存在した。風呂、台所への利用ではほとんどの家庭が受容しないと回答した。また、二度目の質問紙調査前に提供した情報はどれも回答者の受容度に影響を与えていた。特に雨水利用に係るコストに関する情報の与える影響は大きく、雨水タンクの設置費用を雨水利用により低減された分の水道料金にて補うのに当たりかかる年数が数十年以上と長い場合には、回答者の受容度に影響を与える傾向が強く見られた。

6. 最後に

本調査では、給水量の不足している地域での雨水の水道水に代わる利用を促進するために、スリランカ民主社会主義共和国にて雨水の利用への社会における受容度に関する調査を行った。結果については解析中であるが、社会における雨水利用への受容程度およびその影響因子、また、雨水利用に関する情報提供による受容拡大の可能性を論ずることが可能となるデータを収集することができたと考えている。雨水利用への社会の受容程度に関する研究はこれまで数少なく、また、本調査で対象としたスリランカ民主社会主義共和国は世界平均に比較して十分な降水量があるが、深刻な給水量の不足に直面している地域の一つであることより、貴重なデータとなった。

また、調査においては人々の水使用のあり方や水資源の捉え方等、現地での調査を行わなければ、得ることのできない質的情報を多く得ることができた。

今後は、本調査で行った二度の質問紙調査の結果を解析し、社会における雨水利用への受容の在り方を捉えていきたいと考えている。受容の程度やその影響因子は、再生水や淡水化された水の場合とは異なるのかを把握し、また、雨水利用に関する情報を持つことによる受容程度の増大の有無を解析していく。このような解析結果を、今回調査中に得ることのできた質的情報と併せて検討していくことで、今後の雨水利用拡大に有用な知見が得られるものと考えている。日本水環境学会や日本建築学会等で発表していく予定である。また、今回得られた結果を基に、博士論文の中核を担う解析が可能であると考えている。

7. 謝辞

この度は、お茶の水女子大学「グローバル女性リーダー育成カリキュラムに基づく教育実践と新たな女性リーダーシップ論の発信」プロジェクト「学生海外派遣プログラム」に採択頂き、本調査へのご支援を頂きましたことを感謝申し上げます。本調査の遂行に当たり本学指導教員の大瀧雅寛教授、一橋大学大瀧友里奈教授には、協力大学のご紹介、データのご提供を頂き、また、調査遂行に当たり大変貴重なご助言も頂きました。更には現地調査中におきましても大変お世話になりました。深く感謝申し上げます。現地調査においては University of Ruhuna の Dr. Chaminda Tushara、東洋大学の荒巻俊也教授、University of Ruhuna 学部生の Ms. Thathsaranee Rasangika, Ms. Tharaniya Joganathan、お茶の水女子大学学部生の北野栞理さんに大変なるご助力を頂きました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

参考文献

社団法人 雨水貯留浸透技術協会. 雨水利用ハンドブック. 1998.

松原誠, 井上弥九郎, 榊原隆, 山下洋正. 都市雨水の水質特性と利用効果に関する調査報告書. 国土技術政策総合研究所資料第15号. 2002;

雨水市民の会 HP. Available from: <http://www.skywater.jp/question>

L. Domenech Rethinking water management: From centralised to decentralised water supply and sanitation models. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*. 2011;57(2):293-310.

E. Ghisi, S. Mengotti de Oliveira Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment*. 2007; 47: 1731-1742

C. Moy Rainwater Tank Households. *Geographical Research*. 2012; 50(2): 504-216

T. R. Gurung, R. A. Stewart, C. D. Beal, A. K. Sharma. Smart meter enabled water end-use demand data: platform for the enhanced infrastructure planning of contemporary urban water supply networks. *Journal of Cleaner Production*. 2014

P. Mukheibir, T. Boyle, C. Moy, S. White Estimating the reliable water substitution from household rainwater tanks. *Water Practice & Technology*. 2014; 9 (3)

C. Delaney, D. Fam The 'meaning' behing household rainwater use: An Australian case study. *Technology in Society*. 2015; 42: 179-186

- S. Dolnicar, A. Hurlimann, L.D. Nghiem The effect of information on public acceptance – The case of water from alternative sources. *Journal of Environmental Management*. 2010; 91: 1288-1293
- E. Friedler, O. Lahav, H. Jizhaki, T. Lahab Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. *Journal of environmental management*. 2006; 81: 360-370
- S. Dolnicar, A. Hurliman, B. Grun What affects public acceptance of recycled and desalinated water?. 2011; 45: 933-943
- National Water Supply & Drainage Board HP. Available from
http://www.waterboard.lk/web/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=210&lang=en#key-facts-and-figures
- S. Sendanayake RAINWATER HARVESTING FOR URBAN LIVING. 2016

にしだ かおり／お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 生活工学共同専攻

指導教員によるコメント

本研究は水道供給では賄えない水量を、代替水資源である雨水を利用することにより解決を図ろうとするものであるが、水道供給が十分行えている日本国内でなく、人口増や都市化および経済発展が見込まれる海外諸国で重要となる課題である。その点、本プログラムによって海外調査を実施する意義が大変高い研究である。さらに、本研究の目的と照らし合わせて、降雨量が多いが、水道供給が不十分である地域として、スリランカ南部地域を選択している点は、非常に的確である。本研究の成果が、そのまま対象地域で活用可能な成果となる意味での社会還元性は高い。研究の実施状況については、アンケート内容を主体的に立案し、現地の協力大学（Ruhuna 大学）の学生の協力を仰ぎながらも、調査対象家庭を見つけて実施した点は高く評価できる。アンケート内容や、住民への情報の開示方法には、今後も改良が必要であると考えられるが、一定の研究成果が出ている点も評価できる。

（基幹研究院自然科学系・大瀧雅寛）

Factors and Useful Information of Acceptance of Rainwater Use

Kaori NISHIDA

Household water demand exceeds the capacity of the public water supply in many developing areas. It is considered that the alternative water resources for non-potable purposes, such as in toilets and laundry is useful to address this issue. Rainwater is an especially attractive, because it is easily stored and doesn't require complicated treatment. To expand the alternative use of rainwater, social acceptance is essential. In this survey, two times questionnaire surveys were conducted to understand the level of the social acceptance and what factors of social acceptance is important, and to examine what information on rainwater use is effective to increase the level of the social acceptance of rainwater use in Sri Lanka.