

令和 2 年 5 月 14 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01936

研究課題名(和文) 途上国における住民のオーナーシップ向上を目指した水利用システムのデザイン手法

研究課題名(英文) Design of water use system enhancing citizen's ownership in developing countries

研究代表者

荒巻 俊也 (Aramaki, Toshiya)

東洋大学・国際学部・教授

研究者番号：90282673

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：急速に都市化が進行する途上国都市圏の水供給システムが抱える問題を解決するため、水利用システムの管理にあたって、地域住民のオーナーシップを高めつつ、現場に即した実践的な方法論の検討を行うことを目的とした。対象はベトナム・ハノイ都市圏およびスリランカ・ゴール県とし、さまざまな調査結果から、地域での自立的な水利用システムを構築していくうえでの地域住民への適切な情報提供と理解の重要性、水供給-生活排水処理-地域の水環境の保全の関係性についての地域住民の認識と一体的に管理していく必要性などが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水供給計画や水環境のモニタリングなど工学的な計画技術と、そこに住む人々の水利用に対する意識や選好といった認知科学、コミュニティとの関係といった社会学的な側面を組み合わせ、実際に急激に都市化が進む地域を対象として実態調査をもとに、現地に即した水供給の計画や水システムの管理の在り方について提案を行っていることに意義があり、その成果は今後インフラ整備が進む途上国都市圏に対して有益な方法論を提供できるものと考えている。

研究成果の概要(英文)：In order to solve the problems on water use systems in rapidly developing urban area of developing countries, practical approaches to enhance residents' ownership on local water systems were discussed through the field survey on Hanoi in Vietnam and Galle in Sri Lanka. Through water use and water quality monitoring in water supply and the surrounding environment, interviews and questionnaire surveys for residents and residents' representatives, several implications to better management of water systems have been obtained: (i) to provide appropriate information on water use and water environment to residents, and their understanding, (ii) to recognize the relationships among water use, wastewater management and water environment, and integrated management of them, and so on.

研究分野：都市環境工学

キーワード：水利用システム 多元的水源 住民選好 住民意識 途上国

1. 研究開始当初の背景

途上国の都市圏では急速な人口集中と生活水準の向上による水利用量の増加により水需給が逼迫しており、行政による水道施設の整備が急ピッチで行われている。一般的に水道施設整備は公衆衛生を改善し住民の利便性を高めるが、急速に需要が増大する途上国都市圏の場合十分な量と質の水をすべての地域に供給することは困難を伴うため、とすれば断水や負圧による水質の悪化を招くなどの問題が生じている。一元的に水道施設のみに頼るのではなく地下水や雨水などのコミュニティ固有の水源を活用した水利用システムが実現できれば、上述の問題が生じる可能性を少なくできる。

コミュニティ固有の水源を有効に、かつ持続的に活用するためには、コミュニティの特性をよく知る住民自身が、主体的に計画や運営管理に関わっていくことが必須である。昨年採択された国連の持続可能な開発目標でも水やサニテーション管理への地域コミュニティの参加の重要性が明記されたように、水道とコミュニティ固有の水源を取り込んだ多角的な水利用システムの構築には、住民の主体的な参加を促し、住民自身のオーナーシップを高めつつ、水利用計画を立案し、運用していくことが必要である。その実現化のためには、実践的な方法論の検討や、現場に即したツール開発が必須である。

2. 研究の目的

本研究では、急速に都市化が進行する途上国都市圏の水供給システムが抱える問題を解決するため、現場に即した実践的な方法論の検討を行い、持続可能なシステムへの転換をはかることを目的としている。具体的には、ベトナム・ハノイ都市圏およびスリランカ・ゴール市域を対象として、用途別水需要量とそれに見合う複数水源の水質を把握し、水源の水質管理のための排水対策も含めた水利用システムのオプションを検討するとともに、住民が受入れ可能な水利用オプションの検討、あるいは受入に影響を与えている要因や住民の水利用に対する意識や行動を明らかにする。また、公共水道の導入と公共水域の管理の事例をもとに、住民の主体的な参加のための方法を検討することにより、地域住民のオーナーシップ(当事者意識)を高めつつ、適切な水利用システムをデザインするための手法を検討する。

3. 研究の方法

ベトナム・ハノイ都市圏およびスリランカ・ゴール県における都市化が進行している地域を対象として調査を実施する。ハノイ都市圏では、都市化の進行状況や水供給システムの導入状況が異なる複数のコミュニティに対して、地域住民の水利用実態や水利用に対する意識、地域の水環境への関わりなどの他にコミュニティ単位での水管理の実態を調査し、都市化の進行が地域住民やコミュニティにどのような影響を与え、そのなかで適切な水管理のためにどのような対応が可能であるのかを検討した。ゴール県では、市街域と郊外において水利用に付随する諸問題に関して用途別水利用も含めた水利用や生活排水の処理、周辺水環境の汚染状況などの客観的な実測データを取得しつつ、住民に情報を開示することで、住民による問題の理解と具体的な方法の提案が可能なのかを検討した。

4. 研究成果

(1) ハノイ都市圏における公共水道の普及とそれに伴う水利用状況の変化の分析

公共水道が既に導入され水利用に変遷が生じている Mau Long 地区(2017年度)、導入が進みつつある Vin Ninh 地区(2018-2019年度)、導入が始まったばかりの Yen Vien 地区(2019年度)、これから進むものと考えられる Ha Hoi 地区(2018年度)を対象とした。各地区において、コミュニティリーダーの紹介により、おおよそ60軒程度の家庭を対象としてインタビュー形式での質問紙調査と家庭内で水利用状況の調査を実施した。また、Yen Vien 地区以外では、公共水域における水利用や公共水域の管理がどのように変わったのかについての調査・分析を行った。

質問紙調査では、水利用に対する意識、公共水道への期待や導入前後での認識の変化、公共的水場の利用や管理への参画状況、などを尋ねた。図1はその結果の一部である。

左側の図は普段から節水を意識しているかを尋ねたものである。なお、本プロジェクトが始まる前に予備調査を行った Sai Son 地区(公共水道未普及地域)の結果も加えて比較を行っている。公共水道が導入されてから暫く経過している ML 地区での意識が高い傾向にあり、現在導入が進んでいる VM 地区や YV 地区が続き、公共水道がまだ導入されていない HH 地区や SS 地区で低い傾向にあった。それぞれのコミュニティごとにその他の状況の違いはあるものの、公共水道の導入に伴う料金徴収が節水意識に影響を与えていることが示唆される。

右上および右下の図は公共水道が導入されている3つのコミュニティにおいて、導入後に水量の安定性や水質が改善されたかどうかを問うたものである。水量の安定性、水質ともいずれのコミュニティでも肯定的な意見が多くを占めたが、コミュニティごとに若干の違いがでた。ハノ

イ市内では公共水道でも場所によって水源が異なり、また水供給の安定性も異なっており、その状況を反映しているものと考えられた。

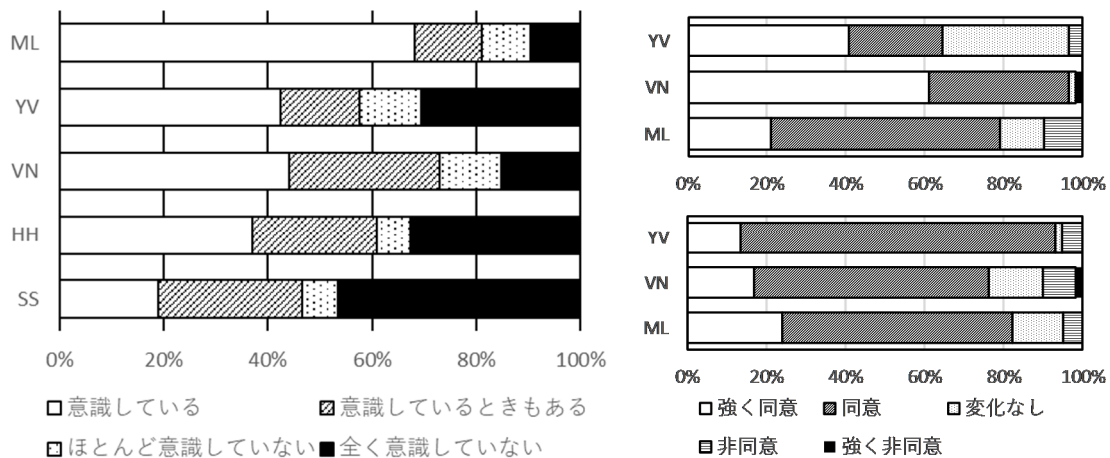


図 1 各コミュニティにおけるアンケート調査の結果：(左) 普段から節水を意識しているか、(右上) 公共水道導入により水量の安定性が改善されたか、(右下) 公共水道導入により水質が改善されたか。

ML(Mau Long), YV(Yen Vien), VN(Vin Ninh), HH(Ha Hoi), SS(Sai Son)

図 2 は同様に ML 地区の質問紙調査の結果であるが、公共水道導入前後の公共的水場の利用状況および維持管理活動への参加状況の変化を表したものである。導入前は野菜を洗うなど実際的な利用が多かったが、導入後の現在では景観的な利用以外はほとんどなされていない状況であった。また、維持管理のための清掃活動などの参加状況も減っていることが確認された。ほかのコミュニティにおいても、公共水道の導入に伴い実際的な利用が減っている状況が確認されている。

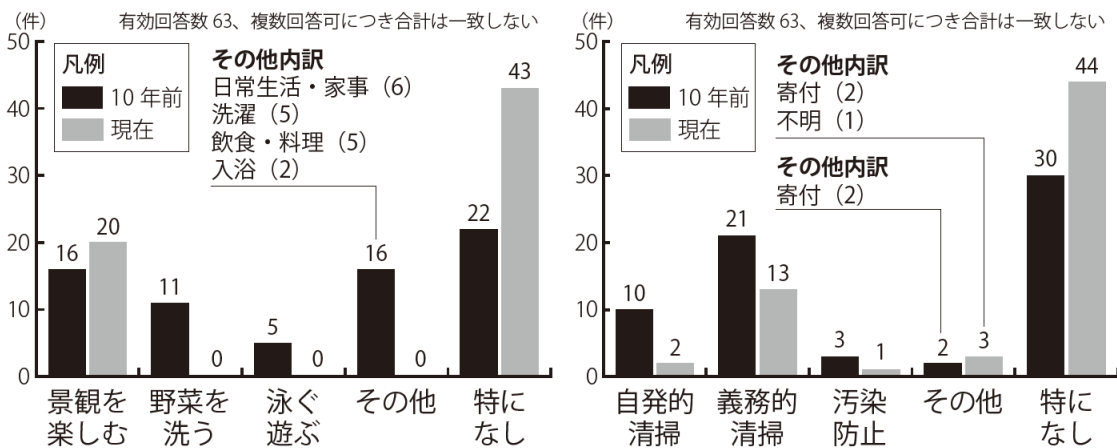


図 2 (左) 公共的水場の利用の時系列変化、(右) 公共的水場の維持管理活動の時系列変化¹⁾

全体的な傾向としては、公共水道の導入による満足度は高い傾向にあり、また未導入の地域においても導入が期待される傾向にあった。ハノイ市域では、地域によって公共水道導入前の水利用状況や水質が異なり、また導入後も供給区域内において水道サービスの状況には差がある状況である。それを反映して、同じように都市化が進行しているコミュニティであっても、人々の意識には違いがある部分があった。

また、公共水道の導入に伴いコミュニティにおける公共的水場の実際的な利用が減り、それを維持管理するための活動への参加も減る傾向にあった。一方で、そのような公共的水場の景観的な利用の価値を認め、水場の環境改善に取り組むコミュニティもでてきている。そのようなケースでは自発的な維持管理より、明確な責任体制のもと維持管理が行われている状況も確認された。

(2) スリランカ国ゴール県における水利用実態調査と住民への情報フィードバック

スリランカ国ゴール県では、市街域と郊外において水利用に付随する諸問題に関して客観的な実測データを取得しつつ、住民に情報を開示することで、住民による問題の理解と具体的な方法の提案が可能なのか検討した。水利用に関する問題点としては、各家庭において必要十分な

水利用ができていないのか、多様な水源の利用可能性はあるのか、生活排水の処理は充分であるのか、の3点である。以下個別に成果を報告する。

家庭における水利用状況について

ゴール市街と郊外において、小型流量計の導入により用途別水利用の調査を実施した。対象家庭は100件とした。同時にアンケートにより各家庭の状況を調査した結果と合わせて分析したところ、世帯人数、収入、年齢、性別、教育レベル、給水水圧といった因子と、水使用量に有意な相関は見られなかったが、季節間および地域間（市街か郊外か）には有意な差がみられた（図3, 4参照）。これらの結果は将来的な水資源管理の基礎データとして貴重なものであるだけでなく、後述の多元給水としての雨水利用性や、生活排水の周辺環境への影響を検討する際や、住民とのコミュニケーションを行う際に、基本データとして用いることができた。

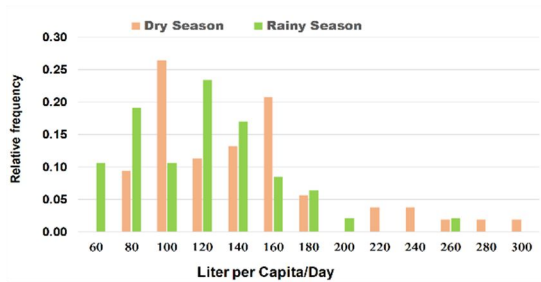


図3 一人当たりの水使用量分布²⁾

End use	Seasonal Variation (l/cap/d)		Regional variation (l/cap/d)	
	Dry	Rainy	Urban	Rural
Toilet	24	17	28	18
Kitchen	30	19	27	23
Washing clothes	33	37	31	37
Bath	35	28	33	31
Out door	9	7	10	7
Total	131	108	129	116

図4 用途別水使用量（季節差と地域差）²⁾

多様な水源の利用可能性について

ゴール市郊外において、雨水利用の可能性と住民の受け入れ意識について検討した。その結果、水利用時に人が水に触れる可能性や摂取の可能性が低い用途ほど受容性が高いことが分かった。その背景には、雨水水質への不安があった。雨水利用に関する情報（質、量、コスト）を住民に提供したところ、トイレ、風呂、洗面の三用途の受容性が有意に高まった（図5参照）。また質、量、コストのいずれか特定の情報が有効なのではなく、住民は総合的に判断していることが明らかになった。雨水利用を進める上では、住民に十分な情報を提供することが有効であることが推察された。

また上記にて得たゴール市の用途別水使用量と当該地域の降水量、さらに屋根面積（集水面積）のデータを用い、モンテカルロシミュレーションにより、雨水によりどの程度トイレ用水が賄えるのか算定し、必要な雨水タンク容量を世帯人数ごとに推定した（図6参照）。

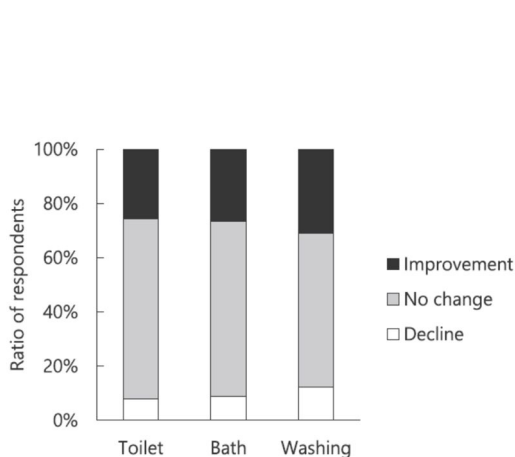


図5 情報提供による雨水利用の受け入れ意識変化³⁾

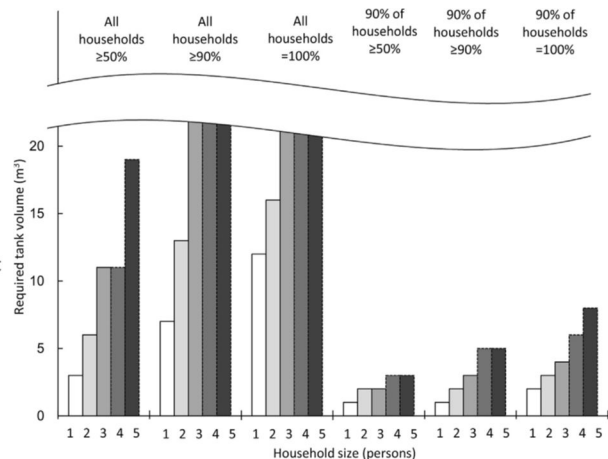


図6 トイレ洗浄水への雨水利用における各稼働率、各世帯人数に必要なタンク容量³⁾

生活排水の処理と周辺地下水への影響について

ゴール市郊外の Angulugaha というコミュニティを対象とした。この地域は生活用水を各家庭の井戸に頼っており、かつ生活排水処理として尿を個別簡易型オンサイト処理（Pit latrine や Septic tank）して地下浸透しており、地下水の人糞便汚染に対する重要性が高い。対象地において井戸とオンサイト処理の位置を調べ、かつ井戸水（地下水）中の大腸菌濃度および人糞由来特異性が高い PMMoV（Pepper Mild Mottle Virus）濃度を調べ、個別型排水処理と地下水汚染の状況を把握するとともに、住民に対しその結果をフィードバックすることにより、住民主体の問題解決につながるか検討した。

その結果、井戸水中の大腸菌と PMMoV の相関は低く大腸菌によるヒト糞便汚染の把握は困

難であること、井戸-個別排水処理の距離が近いと PMMoV 濃度が高くなる傾向があること。処理装置内の汚泥を取り除くといった適切な管理をしていた個所では距離が近くても PMMoV が検出限界以下であり維持管理の仕方が地下水汚染に影響している可能性があることが示唆された。

さらに、以上の結果を現地の水関連の行政官および住民に対しフィードバックして、状況を把握してもらうとともに住民主体の解決方法を考えてもらうことができた。

(3) まとめ

ゴール市での事例では、地域での自立的な水利用システムを構築していくうえで、地域住民への適切な情報提供と理解が重要であることが示唆された。また、生活排水の適切な処理が水利用に影響を与えていることをふまえ、水供給 - 生活排水処理 - 地域の水環境の保全、の関係性を地域住民にきちんと認識してもらい、一体のものとして管理していくことの重要性が示唆された。

ハノイ市での事例では、都市化の進展に伴い大規模集中型の水供給システムが導入されている中で、それは地域住民の利便性の向上に寄与している状況は多いものの、一方で地域の水環境の直接的な利用が減ることから、そこへの関心を失わせる傾向にあることがわかった。その一方で景観的な利用に価値を見だし、政府の支援のもとコミュニティベースで保全を進めている事例もあった。伝統的に住民およびコミュニティ主体の水管理が行われていた状況は都市化の進行に伴い変化していくものの、景観的な利用の価値などの地域住民の理解を進めることにより、住民が主体となって水利用システム全体をよりよい形にしていくことができるものと思われる。

<引用文献>

- 1) 伊藤・窪田，ハノイ郊外都市集落における公共の水場の維持管理体制の変化に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（都市計画），pp.205-206，2018.
- 2) Chaminda T. et al., Quantification of end-uses of residential water consumption: A case study in Galle District, Sri Lanka, Water and Environment Technology Conference, 2018.
- 3) Takagi K. et al., Availability and public acceptability of residential rainwater use in Sri Lanka, Journal of Cleaner Production, 234, pp.467-476, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Takagi Kaori, Otaki Masahiro, Otaki Yurina, Chaminda Tushara	4. 巻 234
2. 論文標題 Availability and public acceptability of residential rainwater use in Sri Lanka	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 467 ~ 476
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jclepro.2019.06.263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件/うち国際学会 7件）

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	大瀧 雅寛 (Otaki Masahiro) (70272367)	お茶の水女子大学・基幹研究院・教授 (12611)	
研究分担者	窪田 亜矢 (Kubota Aya) (30323520)	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・特任教授 (12601)	
研究分担者	大瀧 友里奈 (Otaki Yurina) (50422382)	一橋大学・大学院社会学研究科・教授 (12613)	