

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	BINAYA PASAKHALA
論文題目	Study on water management at household level in Kathmandu valley, Nepal (ネパール国カトマンズ盆地における住民による水利用マネジメントに関する研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、急速な人口集中により深刻な水不足状態となっているネパール・カトマンズを対象として、その問題解決のため、(1)住民の社会的経済的な要因の水利用に及ぼす影響の調査・解析、(2)各家庭レベルでの飲食用、非飲食用の目的別水利用量の推定とその影響要因解析、(3)各種水源の微生物健康リスクの実態把握、(4)住民の水利用実態に基づく適切な対応策の提案、について、研究するものであり、7章からなっている。 第1章は序論であり、本研究の研究対象であるネパール国カトマンズ盆地における深刻な水事情を紹介するとともに、その対策のため家庭レベルでの可能な水管理手法について説明し、本論文の目的を提示するとともに、論文構成を示している。 第2章は、文献考察であり、カトマンズ盆地について水事情を中心にその自然的、社会的特徴を調査・要約するとともに、水利用に関する世界の状況、さらに節水のための各種対応策の長短、水の微生物学的な安全性について情報をまとめている。 第3章では、カトマンズ盆地内の227世帯に対して実施したインタビュー式アンケート調査の結果をもとに、かれらの利用水源および水源の使用に影響する社会経済的な要素を検討した。その結果、ほとんどの世帯は、公共水道による水供給が不十分なため、複数の水源を利用し、井戸、配水車、小口買水およびボトル水が主要代替水源であることを示した。乾季には、供給量や枯渇により水道および個人使用井戸の使用数が減少する一方、配水車、小口買水およびボトル水の割合が増大していた。世帯収入および世帯主の最終学歴は、飲用水、非飲用水ともその水源選択で重要な要素であった。さらに、宅地面積も重要であり、より広いほど、より大きな貯水タンクを有し、私用井戸を有する割合が高かった。公共水道の供給頻度・時間は、5～7日に1回2時間程度がもっとも多く、その場合にはそれ以外の多数の水源を利用する一方、毎日1時間以上の場合には、水道以外の水源の割合が少なかった。各世帯とも使用目的により水源を使い分け、ボトル水は飲食用のみに利用する一方、井戸やStone Spout (伝統的公共湧水) は主にトイレや洗濯などに利用し、飲食用には半数以上が使用していなかった。水道・配水車・小口買水はその中間的な利用となっていた。 第4章では、3章の調査と同時に実施したアンケートおよび、それに加えて32世帯で実施したDiary Methodによる目的別水利用量調査の結果に基づき、住民の水利用量を検討・考察した。その結果、平均の水利用量は、32.3 L/d/caとアジア途上国の他都市より大幅に少ないのみならず、Gleickが提案する最低限の衛生環境維持に必要な水利用量50 L/d/caにも満たないことが明らかとなった。水利用量には様々な因子が影響するが、使用水源の種類、世帯収入、利用水源までの距離が明瞭な差をもたらすことが示された。世帯収入が下位 (1.5万以下ルピー/月/世帯、1ルピー≒1円)、中位 (1.5～3万ルピー/月/世帯)、上位 (3万超ルピー/月/世帯) それぞれのグループの水利用量は、22.2±2.			

1、 35.3 ± 6.8 、 52.9 ± 9.5 L/d/caであった。さらに、飲用、調理、洗顔、風呂、洗濯、皿洗、トイレそれぞれ水利用量が得られ、平均値で、1.7、4.6、5.3、5.5、5.7、6.7、6.6 L/d/caとなった。風呂での利用量が他のアジア地域と比べて極端に少なかった。

第5章では、各種水源での微生物汚染状況を調査し、考察した。調査指標は、大腸菌および大腸菌群であり、調査した地点は、8箇所の浄水場の流入原水、処理水（浄水場出口）、水道（蛇口水）、配水車水、小口買水、Stone Spout、およびボトル水であり、加えて各家庭での貯留の影響も検討した。その結果、7箇所の浄水場処理水と一部のボトル水以外では、大腸菌、大腸菌群とも検出された。水源別に評価すると、Stone Spoutや公共井戸などのオープン使用の水源がもっとも汚染され、つづいて私用浅井戸が続き、ついで、配水車水・小口買水・深井戸、さらに水道の順になった。ボトル水はこれらに比べ清澄であるが、大腸菌群のみならず大腸菌も検出されるものがあり、直接飲用するには不適切であった。水道は水源の中では比較的汚染度が少ないが、日常的断水の影響で各世帯では貯留して使用する。貯留は飲食用、非飲食用に分けて実施していたが、ともに貯留の間に大幅に増大しており、衛生管理上の問題点が指摘できた。

第6章では、このような深刻な水不足となっているカトマンズ盆地でそれを緩和するための実際的方法を検討した。そのため、公共水道に加え、廃水の再利用と雨水利用とで、衛生環境維持のための最低限必要水利用量50 L/d/caを満たすための条件を検討した。まず、雨水貯留のみの効果をシミュレーションした。すなわち、水道と雨水とで必要水量50 L/d/caをまかない、雨水に余りが生じる場合は、それを貯留するシステムを考えたところ、95 m³の屋根、50%の回収率がある場合では、24 m³の雨水貯留槽を設けることで、年中、50 L/d/caをまかなえることが見いだせた。しかしながら、15 m³以下の貯水槽では乾季に貯留水量がゼロとなり、条件を満たさなかった、一方、さらに廃水の再利用として、風呂廃水と洗顔廃水を洗濯に、これらの余りと洗濯廃水をトイレに利用する方法も取り入れ、並行して雨水も利用する場合を検討すると、10 m³の貯留槽を持つことで、乾季にも貯留槽が空となることなく、50 L/d/caをまかなうことが見出せ、廃水の再利用と、雨水の貯留が効果的に水不足を緩和できることを見出した。

第7章は結論であり、各章で示された主要な成果をまとめ、本論文の地球環境学における意義とともに、今後の課題を示している。

(論文審査の結果の要旨)

ネパール国カトマンズ盆地では、近年、急速な人口移入が生じているが、インフラ整備の進展がほとんど進んでおらず、その結果、電気・水道ともその整備地域の需要を大きく下回る量しか供給できていない。とりわけ、水道においては、毎日の供給時間がある方がまれで、5～7日に一度が最頻になるなど、極端に供給量が不足している。このため、人々は水道以外の各種水源を利用することで対応している現状にあり、その結果、水利用に不適な水質の水源も使用せざるをえない。

本論文は、アンケート調査、ダイアリー法による利用量調査、さらに細菌試験により、カトマンズ盆地における住民の水利用の詳細な実態を明らかにするとともに、その結果に基づき、水不足を緩和するための実際的方法を検討したものである。

本研究の学術的に重要な意義として2点を示すことができる。一つは、カトマンズにおける水利用の実態の詳細な調査と、実測（ダイアリーメソッド）により、具体的かつ正確な数値として把握した点である。同地では、人々は公共水道の供給量不足を補うため、ボトル水、公共水道栓、公共井戸、個人井戸、配水車水、小口買水、Stone Spoutなど多様な水源を利用しており、その水利用実態は複雑である。これに対し、227世帯に対するインタビュー調査、32世帯でのダイアリーメソッドによる実測で、平均32.3 L/d/caの使用水量を得るとともに、飲用、調理、洗顔、風呂、洗濯、皿洗、トイレ等々と、目的別の利用量も明らかにしている。これは、人口流入と都市インフラの未整備により住環境悪化が進むアジア途上国ではきわめて貴重なデータであり、学術的に意義深い。

さらに、本調査では、詳細なアンケート調査により、この水消費行動に影響する、様々な要因（収入、家族数、構成、学歴、宅地面積、家主/借主、水源までの距離等々）の影響を明らかにするとともに、水使用目的ごとの、水量、水源についても解析し、同地での水利用形態とそれに影響する因子との関連を構造的に把握することに成功した。これにより、同地における実際的な水不足緩和方法の提案など、今後続く研究の基礎情報を与える意味で学問的価値は大きい。

一方、地球環境学における意義としては、このような劣悪な水道水源に頼らざるをえない途上国で、微生物汚染の実態を、多数の試料の細菌試験によって明らかにした点が指摘できる。同地における浄水場はおおむね（7/8処理場）、細菌汚染のない水道水を製造しているが、家庭での水道栓ではすべて汚染されているのみならず、ボトル水も少なからざる割合で汚染されていた。とりわけ、水道の供給不足により住民は水を貯留して使用するが、その行動により汚染がさらに進行する事態が明らかとなった。代替水源はこれよりさらに汚濁し、住民がこのような細菌汚染リスクを最小にするには、このような状況を把握し、その汚染を最小減にする必要があり、そのための基礎情報を得たことは、地球環境学における意義としてきわめて重要である。

また、本研究は、社会的な意義でも価値が大きい。同地での水不足、それに伴う衛生環境の劣化を防ぐためには、基本的には水道水源開発が必要であるが、現実にはその道のりは遠く、近い将来のためには、個別家庭での対策しかない。そのための方策として、雨水利用と廃水の再利用（水のカスケード利用）を検討した。これらは、現実的な方法で、本研究により具体的必要貯水量が明らかとなり、行政を待たずにどの程度の水不足緩和が可能かを示すことに成功した。

以上の成果により、本研究は、地球環境学の発展に大きく貢献した。よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年11月25日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降

〔文書データ作成の注意事項〕