

ネパール・カトマンズにおける生活の質（QOL）に着目した水処理施設整備評価

山梨大学 学生会員 ○稲垣 達希 山梨大学 正会員 武藤 慎一
山梨大学 新藤 純子 神戸市看護大学 相原 洋子

The Small Earth Nepal (SEN) Sudarshan Rajbhandari

1. 背景・目的

ネパール連邦民主共和国は、発展途上国の中でも特に発展が遅れているとされるが、近年観光業を中心とした産業発展により、特に首都カトマンズでの人口増加が著しい。では国の産業発展や観光業の発展にともない人口増加が著しい。都市部人口増加によって顕在化する問題の1つに水不足がある。ネパールはヒマラヤ山脈南部に位置し、元々は水資源が豊富である。しかし、適切な水処理施設および水道が整備されてこなかったためにカトマンズでも水供給が十分ではない。そのため人々は井戸などから自ら取水して利用しているが、廃水がそのまま地下水に流入したり、汚染物質が混入したりするため、地下水利用は衛生的に問題であると考えられる。そのため、カトマンズの将来の発展を考えても適切な水処理システム整備が必要になる。安全で安定的な水供給はカトマンズにおける観光業の発展にもつながると考えられる。

福地・武藤（2015）¹⁾では、こうした問題意識の下ネパール全国を対象に水処理施設評価と、地下水から転換させるための水マネジメント政策の評価を行っている。しかし、それらはネパール全国が対象であったため、抽象的評価にとどまっていた。そこで本研究では対象を首都カトマンズに限定し、さらにカトマンズ盆地内のVDC（Village Development Committee）やWardという細かい地区ごとの評価を試みることで、具体的かつ現実的な施設整備評価の実施を目的とする。また、福地・武藤では応用一般均衡（CGE）モデルに基づき、水供給に対する量的評価は行えていたが、環境改善に係わる質的な評価は必ずしも十分ではなかった。そこでQALYという考えに基づく質的面で評価方法を提案することも本研究の目的である。

2. ネパール・カトマンズの水需給の現状

図1は、ネパールの都市部人口と地方人口と都市人口率を示したグラフとなっている²⁾。全体人口の増加とともに都市人口率が増加していることが分かる。都市人口率の増加は逡巡してきているが、まだ上昇傾向が続くと予想され、今後もカトマンズを中心とした都市部人口が増えていくとされている。

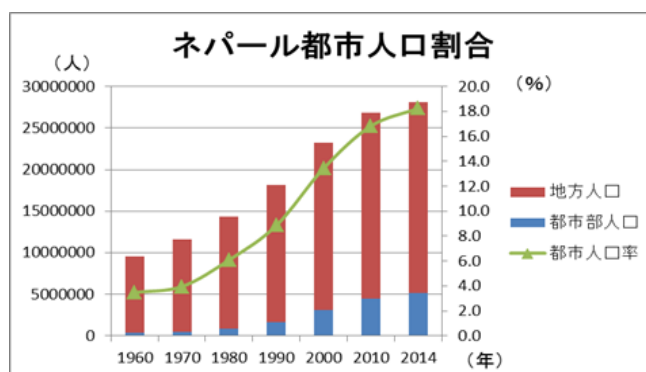


図1.ネパール都市人口割合の変化

次に、カトマンズでの水需給の現状を示す。まず、図2にカトマンズ盆地水道公社（KUKL）から提供されたカトマンズ盆地を対象とした地域ごとの給水時間の分布図³⁾を示す。紫、赤、オレンジ部はカトマンズ中心部に近い場所ではあるが給水時間があり、水供給が必ずしも十分でない地域である。次にカトマンズ全体での水需給量を図3に示す。これもKUKLによるデータである。グラフを見ると乾季の供給水のうちの市場水が占める割合は約30%でありその他は地下水などで補われていることが分かる。

さらにVDCごとに水需要と水供給を推計したものが図4である。図4の水需要は全体の水需要とその総人口で割って求めた「1人当たりの平均水需要量7.8L/日」に、VDCごとの人口をかけることで導出した。カトマンズ総水需要量は図3から求め、VDC人口はネパール統計局³⁾より取得した。

キーワード カトマンズ, QOL, 現地聞き取り調査, 地域別水需給, 応用都市経済モデルへの健康評価導入

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 稲垣達希 TEL.090-7040-7459 E-mail:t12ce008@yamanashi.ac.jp

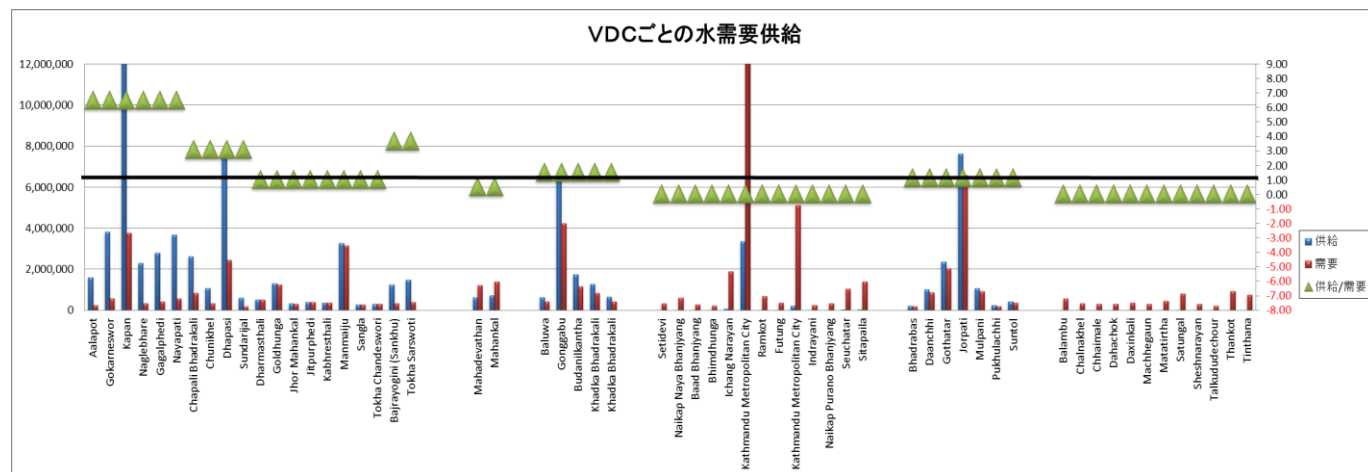


図4.VDC ごとの水需給量推計結果

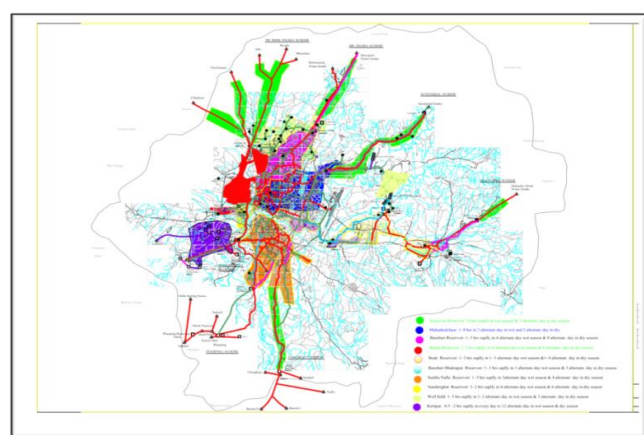


図2.地域ごとの給水時間

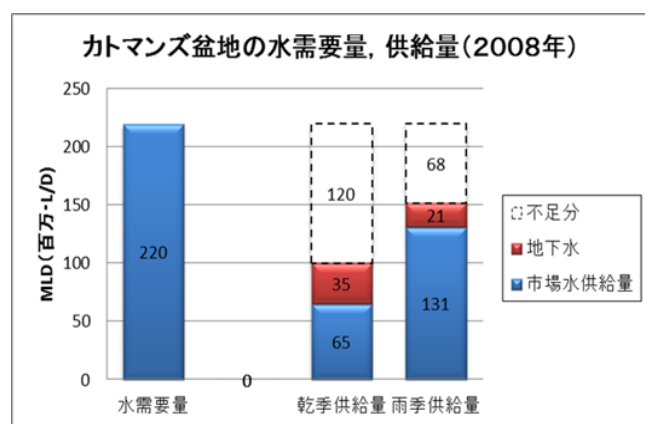


図3.カトマンズ全体の水需給

一方、水供給は水プラントの供給量データを用いて、まず図1の配水地域の図から水プラントがどのエリアのVDCに供給しているのかを求め、さらにエリア内のVDCに関してはその人口により按分して求めた。

緑の散布図は水供給／水需要を表したものである。1を切るVDCエリアは、図1における青、赤、紫であることが分かった。特に赤の地域はカトマンズの中心部であるが、水が不足しているこ

とが分かった。

3. 地域住民への聞き取り調査概要および結果

図4で示した市場水供給で水需要を満たしていない地域は地下水などの非市場水の取水、あるいはボトル水の購入により水不足を補っている。非市場水の利用により、量としては水需要と水供給が一致した均衡状態が成立しているともいえる。しかし、非市場水は質的には十分とは言い難く、現状でそれがどの程度であるのかを把握する必要がある。カトマンズの主な取水源となっているヒマラヤ山脈の地質は肥沃であるため、有害な物質が含まれている。そのため汚染が進んだ地下水を摂取し、腹痛や嘔吐などで健康被害の発生する恐れもある。その結果、医療費が生じたり、労働力の低下につながったりしている可能性がある。

そこで、SATREPS（代表：風間ふたば山梨大学教授）プロジェクトの一環として、現地住民に聞き取り調査を行い、水の使用、生活状況、生活の質（QOL）についてアンケートを実施した。これにより、非市場水利用に伴う不満や不安感、実際の健康影響などをQOLにより評価する。聞き取り期間はカトマンズでは乾季にあたる2015年の4月からであり、具体的な質問項目は以下のとおりである。

- ・水利用実態について：市場水消費量、地下水消費量、ボトル水消費量など

- ・水利用におけるQOLについて：

「安全な水道水を利用できないことについて不安があるか」

「水取水による健康被害について不安があるか」
 「悪質な水を利用することについて不安があるか」
 「汚い水源からの水取水について不安があるか」
 「水を取水するのに時間を費やすことについて不満があるか」
 「水汲みが理由で仕事の時間が減ることについて不安があるか」
 「安全な水を手に入れるのに値段が高いことについて不安があるか」

「家族と水利用について話し合うことがあるか」
 「現在の生活に満足しているか (QOL)」

アンケートの対象地域は、図4のVDC31が対象であり、さらにVDCにより小さいWardという地区単位で集計を行った結果を以下に示す。まず水利用実態と水利用に関するQOLの結果を図5に示す。QOLについては緑のプロットにより「安全な飲み水を使用することができないことについて不安」を示した。地下水利用率が高いWardでは水利用に対して不安が高い。具体的には、水利用QOLの全体平均は2.49であり、地下水利用率が過半数を占め、かつ「水利用に対して不安」について2.49以上だったWard数は9地域であった。また市場水利用率と「安全な飲み水を使用することができないことについて不安があるか」の散布図(図6)により示す。これより、市場水利用率が高まれば、不安感が減少するという傾向はあるように思われる。

次に、「地下水消費量」と「健康影響について不安があるか」についての関係を図7に示す。図7からは、地下水消費量と健康影響については、ほ

とんど相関がないことが分かる。これは地下水利用と水の安全性に関する知識、意識に差があるためと思われ、水利用について教育が進んでいない現状があると思われる。地域によっては地下水しか利用できないところがあることも1つの要因といえる。これは、今まで地下水のみで生活してきた人々にとっては、地下水を使用するのが普通であると考えているため、地下水消費量が多くてもQOLは高いと答えたとも解釈できる。

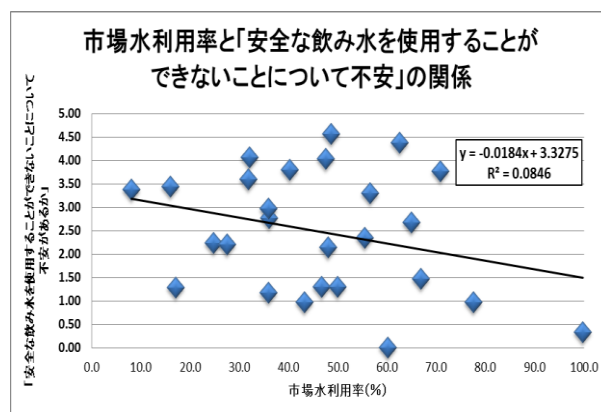


図6. 市場水利用率と「安全な飲み水を使用することができないことについて不安」の関係

4. 整備評価モデルへの外部性の導入

3.ではカトマンズにおいて、現状の水利用に対する人々の満足度をQOLにより評価した。

次に、水処理施設整備により、その満足度がどれだけ向上するかの評価を行う。そこで家計の行動モデルツリーは、以下のとおりとする。ここでは、簡単化のため家計は合成財と水のみを消費するものとし、水に対してはボトル水、市場水、非市場水の選択を行う。これらは、福地・武藤でも

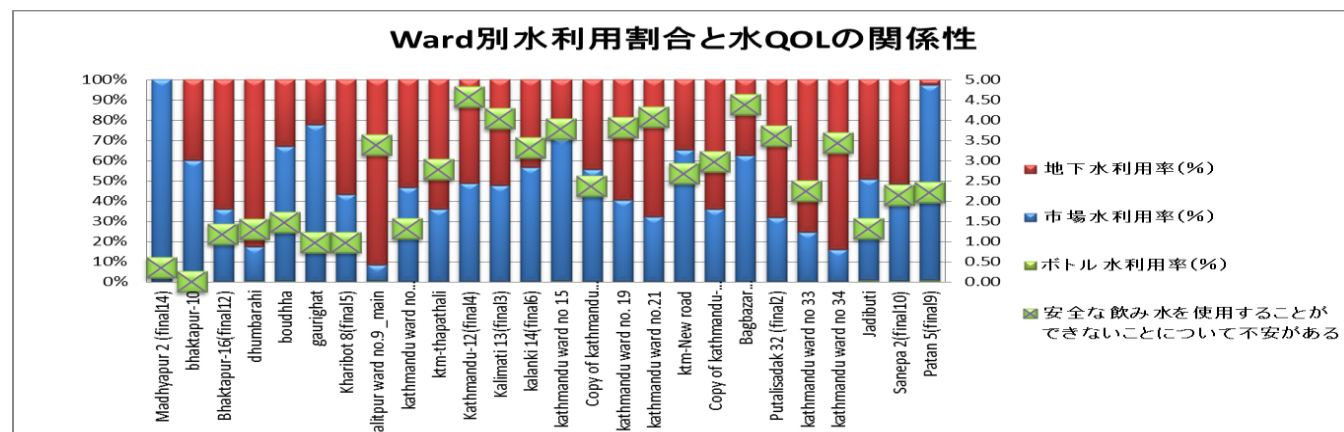


図5. 水利用割合と水利用QOLについての関係

用いた Barro 型 CES 効用関数一定制約下での階層的支出最小化問題により定式化する (図 7). ただし, ボトル水, 市場水, 非市場水の選択に際しては, 3. で示した QOL 評価を組み込む. その基本的考え方は QALY による. QALY とは, 平均寿命に QOL を 0~1 に基準化したものを乗じて, 質を考慮した寿命により評価を行うものである⁶⁾. その考えを応用し, ここでは同じ量の水であってもボトル水, 市場水, 非市場水では質が異なり, その質の違いを基準化された QOL 値を乗じて表現しようとするものである. そして, そのときに用いる QOL 値は 3. より求められると考えている. ボトル水, 市場水, 非市場水の選択モデルの定式化は以下になる.

$$p_W z_W = \min_{x_{BW}, x_{MW}, x_{NMW}} p_{BW} x_{BW} + p_{MW} x_{MW} + p_{NMW} x_{NMW} \quad (1)$$

$$z_W = \gamma_W \left[\alpha_{BW} \{ \beta_{BW} \cdot QOL_{BW} x_{BW} \}^{\frac{\sigma_W - 1}{\sigma_W}} + \alpha_{MW} \{ \beta_{MW} \cdot QOL_{MW} x_{MW} \}^{\frac{\sigma_W - 1}{\sigma_W}} + \alpha_{NMW} \{ \beta_{NMW} \cdot QOL_{NMW} x_{NMW} \}^{\frac{\sigma_W - 1}{\sigma_W}} \right]^{\frac{\sigma_W}{\sigma_W - 1}} \quad (2)$$

ただし, x_{BW}, x_{MW}, x_{NMW} : ボトル水需要量, 市場水需要量, 非市場水需要量, p_{BW}, p_{MW}, p_{NMW} : ボトル水価格, 市場水価格, 非市場水価格, $\alpha_{BW}, \alpha_{MW}, \alpha_{NMW}, \beta_{BW}, \beta_{MW}, \beta_{NMW}, \gamma_W$: パラメータ, σ_W : 代替弾力性パラメータ.

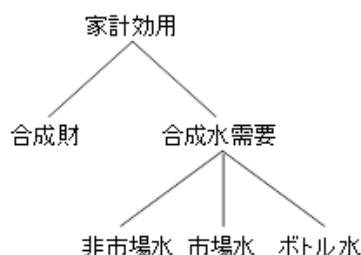


図 7. 家計の行動モデルツリー

$QOL_{BW}, QOL_{MW}, QOL_{NMW}$ は, 3. よりボトル水, 市場水, 非市場水に対する QOL 値を導出し, そして, ボトル水の QOL 値が 1 になるように基準化した上で, 相対的な市場水, 非市場水の QOL 値を求めることにより与えられる.

また, パラメータについては, カトマンズ全体で共通であるとし, 全体の消費量からパラメータをキャリブレーションする. その結果, 各地域のボトル水, 市場水, 非市場水の需要関数が得られる. 一方, 各水の供給は,

地域ごとにボトル水, 市場水, 非市場水別供給がなされるとする. そして, 各地域の実際の水需要量が再現されるように, それらの供給技術を求めることとする.

以上の定式化により水処理施設整備は, 水供給に伴う技術向上として, さらに QOL 変化としても表現可能となる.

5. おわりに

本研究では, ネパールのカトマンズを対象に, VDC 別の水需給量の推計と現地調査によるアンケート調査による QOL 評価を実施した. VDC 別の水需給量推計では, 水供給施設の供給量と配水地域を設定し供給量配分をした. 地域によって大きく水需給のギャップが生じ, 特に人口の多いカトマンズ中心部では大きかった.

聞き取り調査の集計では, 主に QOL と水利用状況について把握した. 地域ごとで水に対する認識の違いがあり, 単純に水道を整備し, 地下水消費量を減少させても健康影響への不安が取り除かれることにはならない. 水道整備を行い, 安全な水質で供給可能になれば, 悪質な水質への不安が取り除かれることが明らかとなった.

今後は, 構築した水処理施設整備評価モデルによる簡易処理施設を含む整備評価を実施する予定である. それらの結果は, 講演時に発表する予定である.

謝辞

本研究は「SATREPS・ネパール水安全性プロジェクト (代表: 風間ふたば (山梨大学国際流域環境研究センター), Narendra Man Shakya (トリブバン大学))」の研究成果の一部である. 関係各位には, ここに記して感謝の意を表する次第である.

参考文献

- 1) 武藤慎一, 福地良平, 新藤純子: ネパールにおける水マネジメントの経済評価, 第 43 回環境システム研究発表会講演集, pp.1-8, 2015.
- 2) The World Bank: 世界開発指標—ネパール—, 2015 (<http://www.worldbank.org/>).
- 3) KUKL: Kath. Valley Sur. water production data.
- 4) Government of Nepal: Central Bureau of Statistics, population, population, 2011.
- 5) 国際協力機構 地球環境部管理第二課: 事業前評価表 (地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS)), http://www2.jica.go.jp/ja/evaluation/pdf/2013_130077_1_1_s.pdf, 2013.
- 6) Calculating: QALYs, comparing QALY and DALY calculations, Oxford University, P402-403: 2006.