

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2013～2016

課題番号：25257102

研究課題名(和文) 太陽光発電と命の水：無作為化フィールド実験による制度設計

研究課題名(英文) Solar electricity and water for life: institutional design with randomized field experiments

研究代表者

金子 慎治 (KANEKO, SHINJI)

広島大学・国際協力研究科・教授

研究者番号：00346529

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,700,000円

研究成果の概要(和文)：本プロジェクトにより、1,146の無電化・無給水の生活限界集落から無作為に抽出した45集落の2,641世帯、14,857名について3つのデータベース、Nepal Marginal Settlements Survey 2015: Households(Nepal MSS/H-2015)、Nepal Marginal Settlements Survey 2016: Village(Nepal MSS/V-2016)、Nepal Marginal Settlements Survey 2017: Social Preference(Nepal MSS/SP-2017)を構築した。

研究成果の概要(英文)：Throughout the project, we developed three database of randomly selected 45 marginal settlements without electricity and water access from 1,146 marginal settlements over the country of Nepal, which contains detail information of 2,641 households with 14,857 individuals: (1) Nepal Marginal Settlements Survey 2015: Households(Nepal MSS/H-2015); (2) Nepal Marginal Settlements Survey 2016: Village(Nepal MSS/V-2016); and (3) Nepal Marginal Settlements Survey 2017: Social Preference(Nepal MSS/SP-2017).

研究分野：環境経済学

キーワード：無作為化フィールド実験 太陽光発電 水へのアクセス SWPS 貧困削減 ネパール

1. 研究開始当初の背景

本研究が採用するアプローチ、Randomized Control Trial(無作為化比較実験)によって水供給の変更が貧困削減に寄与する機構を解明した類似研究として Ahuja et al.(2010)のインドにおける健康被害に関する研究が代表的である。この研究では公共財としての水質改善装置導入による給水状況の改善によるインパクト評価を行った。これに対して、ネパール山岳地域では給水状態に関して大きく異なった状況がある。それは急峻な山岳地帯を数 km にわたって毎日水汲みをする子供や女性の問題である。廉価な太陽光発電パネルの普及により、こうした山岳無電化地域に SWPS(Solar Water Pumping System)が導入拡大の兆しを見せており、ネパール政府が実施する導入補助政策を分析するには最適なタイミングであり、まだ誰も手を付けていない。さらに、比較的均質な変化の大きいコミュニティが多く存在することも学術研究の観点から良好なケースを提供してくれる。本提案はこうした背景から、最貧国での太陽光発電技術の貧困削減への適用に関して、これまでわれわれが研究してきた太陽光発電技術の途上国における貧困問題解決のための活用・普及問題において、私有財から公共財の供給問題へと対象を展開し、ネパール固有の地域特性を踏まえた SWPS 導入過程の集団合意形成プロセスや教育や健康を含めた多様な便益評価を目指した開発政策志向型の地域研究として企画・提案するものである。

2. 研究の目的

本研究の究極の目的は、電気や水道など基礎的な生活インフラが存在しない生活限界集落において、環境を保全しつつ人々の生活を向上させるための方途として、太陽光発電技術をいかに導入し、活用するかに関する持続可能な制度の設計に関する政策提言を行うことにある。

ネパール山岳無電化地域では飲み水確保のため多くの時間と労力を費やして徒歩で水汲みを行うことが日課となっている。世界的な太陽光発電パネルの普及と価格低下によってこうした地域で太陽光発電ポンプによる水供給システムが普及を始めた。このシステムをいかに全国展開させるかが喫緊の政策課題となっており、経済効率性の観点からシステムがもたらす便益を正確に把握し、さらに便益を増大させる手だてを同時に社会実装することがきわめて重要である。本研究はこうした課題に対する学術的アプローチとして社会実験による無作為化フィールド実験による費用便益・政策分析を目指す。この手法は周知な準備と継続的な大規模調査に時間と費用がかかるため、本申請はベースライン調査を通じた分析、社会実験の設計、長期データ取得のための体制構築を対象とする。

3. 研究の方法

3.1 Village list の作成とサンプリング

第一に、The 2001 Population Census から得られる VDC(Village District Committee)から電化状態、人口・世帯数、Ministry of Education から独自に

入手した小学校のリスト(場所)と電化されているかどうかの情報、Ministry of Water Supply and Sanitation から得られた過去の給水事業プロジェクトデータベース(位置)に加えて AEPC の所有する SWPS 導入情報を収集した。次に、75 地区のうち、平野部でナショナルグリッドによってほぼ 100%電化されている 12 地区を除外した 63 地区のうち、2,505VDCs の 22,545wards からなるデータベースを構築した。そのうち、VDC レベルで 100%電化されているものを除外、小学校が電化されている ward を除外、給水プロジェクトが実施された ward を除外、SWPS が導入された ward を除外した。その結果、1,146wards が未電化、無給水であると判定された。

1,146wards を 5 つの開発ゾーンごとに分け、階層化ランダム抽出を行った結果、60wards を選定した。

3.2 調査員の選抜と訓練

2014 年 4 月 30 日から 5 月 7 日に Dramba と Dhulikhel において第 1 回の調査員の選抜・訓練、ベースライン調査票設計のためのパイロット調査を合わせて実施した。12 人の調査員を現地訓練して、適正な調査能力について評価した結果、9 名を調査員候補者として選定した(図-1)。



図-1 第1回訓練に参加した調査員



図-2 ベースライン調査を実施した調査員

2014 年 8 月 8 日から 20 日に Tanahu において第 2 回の第 1 回の調査員の選抜・訓練、ベースライン調査票設計のためのパイロット調査を実施した。第 1 回で選抜された 9 名のうち、6 名が参

加し、追加で参加した6名と合わせて12名が適正や調査能力について評価した結果、合格した。ベースライン調査は12名の調査員でスタートしたものの、最後まで調査に参加したのは5名(図-2)であった。

3.3 ベースライン調査の実施

ベースライン調査は2014年10月から開始し、2015年7月までの10ヶ月を要した。この間、無電化・無給水に関する情報が古いため調査員が現地で初めて電化あるいは給水されていることが判明するケースがあった。この場合には、同じ開発ゾーンからランダムに選んだ代替候補調査地を次々に加えていくこととした。また、2014年秋の大雪も調査スケジュールを大幅に変更させることとなった。また、このスケジュール変更により、いくつかのwardsではベースライン調査とインターベンションを同時に実施した。こうした試行錯誤の途中、2015年春の地震によっていくつかの調査候補地がアクセス不能、あるいは被災するなどの理由で調査不能となり、代替候補調査地に置き換えることが適切ではないと判断したため、調査を断念した。その結果、最終的には無電化・無給水の45wardsについて全世界帯を対象に調査を実施し、2,641世帯、14,857名の情報を得た(図-3)。

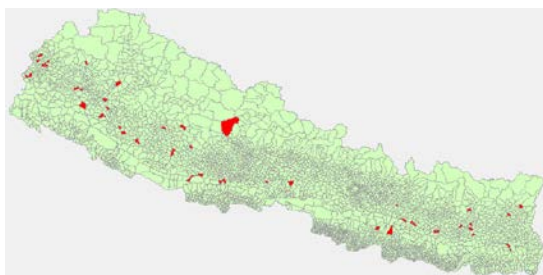


図-3 45wards の大まかな位置

3.4 インターベンション

本研究プロジェクトでは、直接 SWPS 導入の RCT を実施することが困難であったため、AEPC が実施する補助金プログラムへの応募を促進する randomized encouragement design として、補助金プログラムの説明プロモーションビデオを現地語で作成し、インターベンションとして実施した。インターベンションは、45wards のうち約半数の 22wards で実施し、各 wards を訪問し、村人に対してビデオを見せた。その際、SWPS 補助金プログラムへの応募資格、応募手順や連絡先などを説明し、情報提供を行った。将来、このうちのいくつかは補助金プログラムに応募し、政府資金によって SWPS が導入されれば、エンドライン調査を行うことによってインパクト評価が可能となる。

3.5 大規模利他性調査

本研究では、45wards の全世界帯を対象に、大規模な利他性評価のためのフィールドゲーム実験を実施した。ゲームは、dictator ゲームと pay-it-forward ゲームを取り上げ、プレイヤーの属する tole 内と ward 外のそれぞれ匿名の相手を想定した 2 ケースを実施した。ただし、tole 内と ward 外

については、順番を入れ替えた 2 パターンをそれぞれ dictator ゲームと pay-it-forward ゲームで用意し、各プレイヤーは dictator ゲームか pay-it-forward ゲームを実施することとした。また、いずれのゲームにおいても最後にリスクゲームを実施した。ネパールのような途上国の無電化・無給水といった最貧地域においてこうしたフィールドゲーム実験を大規模に実施したケースはこれまでにないと考えられる。

4. 研究成果

4.0 データベース

本研究の最大の成果は調査結果をまとめたデータベースである。本研究活動により、3つのデータベースを構築あるいは構築予定である。第一に、ベースライン調査として実施した家計調査にもとづき、Nepal Marginal Settlements Survey 2015: Households: Nepal MSS/H-2015 を構築した。GPS による位置情報のある合計約 2,600 世帯にのぼる家計データである。これは無作為化比較実験を行う以前のベースライン調査となるものである。すなわち、生活改善の度合いを測る際の(比較群とは別軸の)基準となるもので、より厳しい精度における政策評価を可能にする。第二に、村(ward)の中のさらに小規模な世帯の集まりである集落(tole)の調査を実施し、首都カトマンズや周辺のマーケットからのアクセシビリティ、意思決定・ガバナンスの構造、そして塩、食料などの日曜品の価格などの情報を収集した Nepal Marginal Settlements Survey 2016: Village: Nepal MSS/V-2016 を構築した。第三に、利他性や互惠性などのコミュニティ内の社会関係資本(社会的選好)を測るためのフィールド経済実験を実施し、その結果をまとめたデータベース、Nepal Marginal Settlements Survey 2017: Social Preference: Nepal MSS/SP-2017 を構築している段階である。以下は、Nepal MSS/H-2015 を用いた暫定的な分析結果をまとめる。これらの分析は現時点で未刊行の結果であるが、今後、他のデータベースを用いた分析結果と合わせて順次、論文として公表していく予定であるとともに、RCT 実施の機会が与えられる、あるいは Randomized Encouragement Design の結果として影響評価を行う場合の重要な研究アセットとなる。

4.1 基本統計の分布

本ベースライン調査の世帯特性に関する基本特性の特徴を確認するため、既存の大規模家計調査のうち、VDC レベルでの位置情報が得られる USAID Nepal DHS 2011 を比較対象として検討した。このデータでは農村部においては最大 5km の範囲で正確な調査地域の特定ができないよう意図的にずらした位置情報が得られる。そのため、まず、調査対象地域と VDC の位置情報をマッチングさせた上で、各 VDC の電化率や給水率データに基づき、比較的電化率や給水率が比較的低い地域を選んで比較対象サンプルを特定した。ただし、完全に無電化・無給水である地域を同定することはできない。

比較の結果、本研究の調査対象サンプルは、

平均年齢が高く、就学年数も長いことがわかった。また、USAID の調査結果では若者世代の男性が出稼ぎ等で大幅に少ないのに対して、本調査では比較的多く村に住んでいることがわかった(図-4)。また、結婚年齢や第一子出産時の母親の年齢についても本研究の結果が高く、第一子と第二子の間の期間も長い。これらの結果は調査時期の違いや比較対象選定のための類似性判定に課題があるものの、極端に条件の悪い地域における貧困層は、より条件の良い貧困層と比較して社会経済状態は比較的良いのではないかと可能性がある。ただし、より厳密な比較や評価は今後の研究課題である。

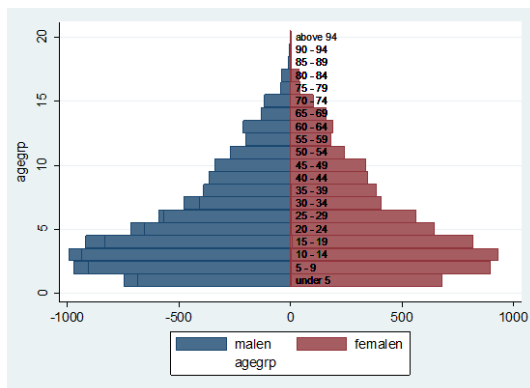


図-4 ベースライン調査の男女別人口ピラミッド

4.2 水汲みの決定要因

ベースライン調査によるデータベースを活用して、(1)各家庭の何人が水汲みに参加しているか、(2)水汲み量のうち、子供が水汲みする比率をそれぞれ決定する要因分析を行った。

表-1 水汲みが就学に与える影響

	IV	
	(1) Completion of primary school	(2) Completion of lower secondary
Hours spent on water collection		
Boys	-0.106 [0.079]	0.017 [0.150]
Girls	-0.218** [0.103]	-0.069 [0.103]
Fixed effects		
Language	Yes	Yes
Caste	Yes	Yes
Survey month	Yes	Yes
Ward	Yes	Yes
First-stage F statistic	45.447***	45.447***
Observations	643	643
R-squared	0.258	0.277

既存研究と比較して、水汲みに関連する場所や時間、水汲み回数や水汲み量などの詳細情報を用いた分析であることが特徴である。分析の結果、水汲み人数に関しては、水汲み場への距離(+)、水汲み負荷(回数や量)(+)、所得(+)、家族規模(+)、女性の世帯主(-)などが影響している。子供の水汲み労働負担率については、世帯主

の教育年数(-)、世帯主の年齢(-)、延べ水汲み時間(+)が影響していることが分かった。

4.3 水汲みと教育

ベースライン調査によるデータベースを活用して、就学年齢の児童(6歳から16歳)を対象に、周辺の世帯の水汲み場所への平均距離をIVとして用いて、世帯の水汲み時間が子供の就学状況に影響するかどうかの因果性を分析した。その結果、世帯の水汲み時間は就学の学年には影響しないが、男子の留年回数(+)に影響している。また、小学校修了に関しては女子の修了率に大きく(-21.8%)影響しており、中学校修了に関しては男女ともに影響しないことが分かった(表-1)。

4.4 水汲みとBMI

ベースライン調査によるデータベースを活用して、水汲み負荷と従事する女性のBMIの関係についてRegression Adjustment及びPropensity Score Matchingにより分析した。ここでは片道30分以下と以上で水汲み負荷量を分け、Regression Adjustmentにより、片道30分以下の水汲みをする女性は水汲みをしない女性に比べてBMIを下げる効果(表-2)が、30分以上の水汲みに従事する女性は30分以下の水汲みに従事する女性に比べてBMIを上げる効果があることが分かった。適度な水汲み負荷、すなわち片道30分以下の距離で水汲みを行う女性については、Propensity Score Matchingによる妥当性検証を行った結果、整合的な結果が得られた。そのため、適度な水汲みが体型をスリムにする効果があることが推察される。他方で、水汲み負荷が大きい、すなわち30分以上の水汲み時間がかかる女性については、Propensity Score Matchingによる整合的な結果は得られなかったため、水汲みによる効果は確認できていない。ただし、いずれも18.5から25.0の標準的なBMIの範囲を逸脱しない。

表-2 適度な水汲みと水汲みをしない場合のBMIに対する影響

	Regression Adjustment		
	(1)	(2)	(3)
ATET			
Normal water collector vs. Non water collector	-0.6247 ** (0.2092)	-0.5465 ** (0.2107)	-0.6241 ** (0.2089)
Potential Outcome Mean	22.8404 *** (0.1969)	22.7596 *** (0.1987)	22.8398 *** (0.1964)
Outcome Model Estimation: Non-water collector			
age	-0.1762 (0.0123)	-0.0151 (0.0122)	-0.0174 (0.0121)
Dalit		-1.4327 * (0.5654)	
ht_size			0.0069 (0.0859)
cons	23.4987 *** (0.5026)	23.6067 *** (0.4896)	23.4495 *** (0.7151)
Outcome Model Estimation: Normal water collector			
age	-0.0165 ** (0.0053)	-0.0174 *** (0.0053)	-0.0162 ** (0.0052)
Dalit		-0.6612 *** (0.1645)	
ht_size			0.0172 (0.0311)
cons	22.8325 *** (0.1999)	22.99369 *** (0.2046)	22.7209 *** (0.2841)

Note: Robust standard errors in parentheses. * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

4.5 カーストと教育

ベースライン調査によるデータベースを活用して、子供の就学年数などの教育に関する指標について、Oaxaca decomposition 分析による要因

分析を行った結果、経済的な豊かさや親の教育水準では説明できないカーストによる影響、とりわけ Dalit と呼ばれる最下層カーストに負の影響があることが分かった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

Ram P. Dhital, Yutaka Ito, Shinji Kaneko, Satoru Komatsu, Ryota Mihara, Yuichiro Yoshida. 2017. "Does Institutional Failure Undermine the Physical Design Performance of Solar Water Pumping Systems in Rural Nepal?", Sustainability, 8(8).

Johannes Breit, Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Partha Pratim Ghosh. 2016. "Evaluating Households' Preferences regarding Reducing Power Outages in Rural Areas: Cases in the Ganges Floodplain in Bangladesh." Environment Development and Sustainability, 18(1):73-94.

Yutaka Ito, Takahiro Ito, Satoru Komatsu, Ram P. Dhital, Daisaku Goto, Masaru Ichihashi, Keisuke Kawata, Yuki Yamamoto, Yuichirou Yoshida, Shinji Kaneko. 2014. "Does the Institutional Failure Undermine the Physical Design Performance of the Solar Water Pumping System in Rural Nepal?", IDEC DP2 Series 4(2), pp1-8.

[学会発表] (計 5 件)

Airi Kato, Shinji Kaneko. 2017. "Job preference of temporal job opportunity with injury risks in construction sector for rural villagers in Myanmar" in 2017 Asia-Pacific ESA Conference, February 16-18, 2017, Taipei, Taiwan.

Toru Sasaki, Shinji Kaneko. 2017. "Measurement of intergenerational transfer of altruistic behavior between parent and child in disaster affected area of rural Nepal" in 2017 Asia-Pacific ESA Conference, February 16-18, 2017, Taipei, Taiwan.

Hayao Matsui, Shinji Kaneko. 2017. "Community solar water pumping system and altruistic behavior in a marginalized mountain village in Nepal" in 2017 Asia-Pacific ESA Conference, February 16-18, 2017, Taipei, Taiwan.

金子慎治、吉田雄一郎、伊藤豊、小松悟 『途上地域での再生可能エネルギー導入の事例: ネパールにおける Solar Water Pumping System 導入補助金制度の技術的効率性』、化学工学会第 46 回秋季大会、九州大学、2014 年 9 月 17-19 日、招待講演

金子慎治、大木健司 『最貧地域における太陽光発電を利用したコミュニティ水供給システム』、化学工学会第 45 回秋季大会、岡山大学、2013 年 9 月 16-18 日、依頼講演

[その他]

研究室ホームページ

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/devenv/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 慎治 (KANEKO SHINJI)
広島大学・国際協力研究科・教授
研究者番号: 00346529

(2) 研究分担者

伊藤 高弘 (ITO TAKAHIRO)
神戸大学・国際協力研究科・准教授
研究者番号: 20547054

後藤 大策 (GOTO DAISAKU)
広島大学・国際協力研究科・准教授
研究者番号: 80432847

平田 道憲 (HIRATA MICHINORI)
広島大学・教育学研究科・名誉教授
研究者番号: 30111660

小松 悟 (KOMATSU SATORU)
長崎大学・多文化社会学部・准教授
研究者番号: 80553560

伊藤 豊 (ITO YUTAKA)
秋田大学・国際資源学研究科・講師
研究者番号: 00633471

山本 裕基 (YAMAMOTO YUKI)
長崎大学・水産環境科学総合研究科・助教
研究者番号: 00757974

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

Ram Krishna Pathak
Tribhuvan University・Associate Professor

Ram P. Dhital
Alternative Energy Promotion Center(AEPC)・Executive Director

吉田 雄一郎 (YOSHIDA YUICHIRO)
広島大学・国際協力研究科・教授
研究者番号: 70339919

川田 恵介 (KAWATA KEISUKE)
東京大学・社会科学研究所・准教授
研究者番号: 40622345