

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22310030

研究課題名（和文） 太陽光発電技術を利用した多元的便益創出型国際協力モデルの構築

研究課題名（英文） Establishment of the International Development Model toward Creating Mutual and Multi-lateral Co-benefits through Solar Photovoltaic Technology

研究代表者

金子 慎治 (KANEKO SHINJI)

広島大学・大学院国際協力研究科・教授

研究者番号：00346529

研究成果の概要（和文）：本研究では次世代型太陽光発電技術を途上国で市場化するという国際協力モデルを、気候変動対策や持続可能な発展が喫緊の課題であるバングラデシュを事例に実現可能性を検討するために、太陽光発電導入の実態について需要・供給の両面から分析した。分析の結果、モデルを用いて早期市場化による新技術の価格低下およびそれによる学習投資の節減を評価した。その上で、バングラデシュ農村部における新技術導入の需要を実証分析によって示すとともに、これまで太陽光発電を導入した世帯の特徴や導入によって得られた便益や課題、満足度とその規定要因を明らかにした。更に太陽光発電との比較のためにグリッド発電による電力供給の課題と改善点を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The research tries to examine the international development model which enhances earlier commercialization and deployment of prospective solar photovoltaic technologies in the market of developing countries, taking Bangladesh as a case where climate action and sustainable developments are primarily important development agenda. We conduct the demand and supply side analysis for disseminating solar photovoltaic technologies in rural Bangladesh, and particularly examine the following research agenda: (1) projection of prospective solar photovoltaic technologies and the potentials of subsidies for further dissemination; (2) empirical analysis of business models to penetrate the new-generation solar photovoltaic in rural Bangladesh; (3) benefits and lessons of adopting solar photovoltaic for rural households; and (4) analysis on user satisfaction and its determinants. The research also assesses the citizens' demands for improving electricity supply through grid-connection, and highlighted the characteristics of electrification through solar energy.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 6,200,000  | 1,860,000 | 8,060,000  |
| 2011年度 | 4,700,000  | 1,410,000 | 6,110,000  |
| 2012年度 | 2,900,000  | 870,000   | 3,770,000  |
| 年度     |            |           |            |
| 年度     |            |           |            |
| 総計     | 13,800,000 | 4,140,000 | 17,940,000 |

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：太陽光発電・色素増感太陽電池・技術開発・気候変動・援助政策・環境マネジメント・便益評価・国際協力

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 気候変動対策を進めるうえで、先進国が開発援助を通じて途上国の気候変動対策（緩和策・適応策）を資金的・技術的に支援することには限界があり、いかに民間資金を引き出し利用するかが重要となっている。

(2) 代替エネルギーの代表的な技術として太陽光発電がある。近年の主な普及政策である、買取価格の設定といった補助金（Feed in Tariff）であるが、太陽光発電の普及を持続可能なものにするためには、技術開発・普及戦略を市場対応型（次世代型）のものに転換し、コストブレイクスルーを促すことである。

(3) 次世代型太陽光発電技術を途上国を市場化するという国際協力モデルを想定し、その双方向的かつ多面的な便益創出のメカニズムを解明するために、新技術導入による便益創出効果を測定するとともに、既存の技術による普及の状況を検討し、更に従前のグリッドによる電化事業との比較検討することが不可欠である。

(4) バングラデシュでは近年洪水やサイクロン被害が深刻であり、気候変動もその一因とされる。同時に経済成長により温室効果ガスの排出量が急増している。気候変動による緩和策・適応策の両面が不可欠になっている国である。そのバングラデシュ農村部では農村電化の一手法として、SHS(Solar Home System)と呼ばれる、太陽光電池パネルを用いた住居用電化パッケージの普及が急速に進んでいる。

## 2. 研究の目的

(1) 色素増感太陽電池技術による技術開発を通じた市場調査（価格弾力性、所得弾力性、その他性能・機能などの要因）のために、バングラデシュ農村部にて、新しいパネルを想定した太陽光発電機器を住民に貸与するビジネスモデルを想定し、それに対する住民の需要を分析する。具体的には、既存のマイクロクレジットによる購入するシナリオと、太陽光発電で出力された電力供給を得る代わりに固定電気料金を支払うシナリオに対する、住民の導入意思を評価する。

(2) 太陽光発電による便益創出効果明らかにするために、社会調査を通じて電化がもたらす直接的便益(所得効果、生活改善、教育効果など)と、太陽光発電と携帯電話普及との関連性を分析する。太陽光発電導入による化石燃料の消費量の削減、携帯電話の充電、電灯利用によるライフスタイル（子供の勉強、読書、安全性）への影響、更に満足度の規定要因を分析する。

(3) バングラデシュ農村部ではグリッドによる送電網整備が遅れており、更にグリッドが到達した村でも停電頻度が多く安定的な電力供給サービスが図られていない。反面太陽光発電による電力供給では電灯や白黒テレビ・携帯電話の充電といった電力消費量が少ない家電製品にとどまるものの、グリッド発電では扇風機や冷蔵庫といった比較的電力消費の多い製品が利用可能というメリットがある。グリッド発電による電力供給改善（停電緩和・停電の事前通知）による便益調査を実施することでグリッド発電の課題や将来性を明らかにするとともに、農村電化政策として太陽光発電普及との比較を行う。

(4) 以上の調査を通じて、提示した国際協力モデルが気候政策、援助政策、科学技術政策においてどのような意味を持つか、さまざまな角度から検証評価する、ことを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) バングラデシュ農村部において、住民の電化状況に応じた住民調査を実施した。調査対象者は、太陽光発電（SHS）により電力供給を得ている世帯、非電化世帯の双方である。調査内容は、調査内容は、それぞれ[1]SHS 導入によってこれまでに生じた便益と課題の把握、[2]将来の SHS 導入可能性に関する市場調査、[3]携帯電話の普及と災害対策への利用可能性に関する調査、[4]携帯電話の普及と災害対策への利用可能性に関する調査、[5]グリッド電化による便益調査、である。SHS を導入済みの世帯に対しては、主に SHS 利用に関する現状把握に関する調査を実施するのに対し、非電化世帯には、SHS 導入に関する選好や意識に関する調査項目を設定した。また、グリッドによる電力供給を得ている世帯に対しても調査を行い、季節毎・時間帯別の停電頻度や停電解消や停電の事前通知による選好を尋ねた。すべての調査において収入や世帯人数等社会経済状況についても質問を行い、太陽光発電の普及や電力供給との関連を明らかにした。

(2) 太陽光発電産業及び関連技術開発を行っている研究者に対するヒアリング調査や文献調査を実施し、コストブレイクスルーを狙った将来技術として色素増感太陽発電技術の将来性や価格低下ポテンシャルについて把握した。

### 4. 研究成果

(1) Fee-for-service と呼ばれる、一定契約期間の間、太陽光発電で出力された電力供給を得る代わりに固定電気料金を支払うシナリオに対する、住民の導入意思を評価した。分析の結果、パネルの大きさの違い、契約期間の長短による住民の受け入れ度合いの差、更に電化機器の所有を希望する世帯、契約を希望する世帯の特徴を示した。更にバングラデシュの非電化世帯の半数程度が新たに Fee-for-service による契約モデルによって、次世代型太陽光発電設備を導入を希望すると想定された。また導入希望世帯の特徴は子供の数が多く、充電式懐中電灯を所持し、灯油消費量が多い世帯であることが示された。更に色素増感太陽電池技術によるパネルを、シリコンを利用した既存技術と同等の価格まで低減させるために必要な技術開発費用を推計し、補助金を通じた技術開発費用の節減の可能性を、学習曲線を通じた分析によって明らかにした。4 つの普及シナリオを想定し、既存の太陽光発電の価格と同等になるまでの研究開発費用と補助金の額を分析したところ、シナリオによっては補助金導入により需要が大きく開拓され普及が促進される結果、既存の太陽光発電と同等になるまでの研究開発費用が節減される可能性を示すことができた。

(2) SHS 導入による住民の生活水準の改善への貢献度を定量的に評価ところ、SHS を導入した世帯では、灯油消費量の大幅な減少がみられたこと、また携帯電話の利用やテレビの視聴という便益が生じたことを示した。更にライフスタイルの面においても、電灯が利用可能になったことで、特に子供の勉強に対する便益が大きいことが明らかになった。太陽光を導入した世帯に対して、導入による満足度の調査を行うとともに、満足度の決定

要因を分析した。大部分の住民はおおむね SHS の導入に満足しているとの結果が導けた。また灯油節減の程度、バッテリーの質、更に電灯利用による便益が、満足度の主な規定要因であると示した。

更に SHS を現在所有していない世帯に対して、SHS の価格が低下した際の購入希望を尋ねたところ、価格が 30%低下した際は、60%以上の住民が新規に SHS を購入することを示した。

(3) SHS 導入の決定要因を分析するために、SHS 導入世帯・非導入世帯の両方にアンケート調査を実施し、決定要因を抽出した。分析の結果、世帯収入だけではなく、住民の所持している充電バッテリーや灯油使用量、携帯電話所有台数が、SHS 導入に対して有意に影響を及ぼしていることが明らかになった。また SHS 導入世帯間において、SHS の選択に対する意思決定要因を分析したところ、収入が多いほど、灯油使用量が多いほど、更に子供の人数が多い世帯数ほど、大きな SHS を購入する可能性が高いことを示した。

(4) グリッド発電による電力供給改善による便益をコンジョイント分析によって評価した結果、停電頻度及び停電時間の減少、そして停電情報の事前通報は、住民の効用改善に寄与することが確認できた。電力供給改善を季節別・時間帯別を実施した場合の差異を示した。限界支払意志額(MWTP)を夏季と冬季とで比較すると、停電頻度の削減と停電時間の緩和の両方において、夏季の方の支払意志額が高い傾向を示した。夏季の MWTP が大きいのも、停電時間が長く続くことへの不効用が、冬季よりも大きいことを示唆していると考えられた。

事前通報への支払意志額は 5.94-17.95taka/月(世帯あたり)の WTP と示されるとともに、

夏季よりも冬季の方が大きいという傾向になった。理由として、夏季は停電そのものを緩和してほしいという需要が大きいこと、夏季は停電頻度が非常に多いため、事前通報の意味が大きくないこと(停電が多いため、事前通報の必要性が薄いこと)、という可能性が挙げられた。事前通報サービスはと示されているため、費用対効果にも配慮しつつ実施することで、住民の便益に貢献することができると思われた。

(5) 現在 SHS によって生み出されるインパクトは主に生活改善が中心であり、今後途上国での太陽光発電の市場を持続的に拡大していくためには、太陽光発電によって所得創出効果を生み出す規模の電化を実現することが不可欠であり、そのためには更なる価格低下(同価格での模拡大)が求められる。そのダイナミクスを創造し生かしていく中で、途上国の農村開発・持続可能な発展に導く仕組みづくりが求められると結論づけた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

1. Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Partha Pratim Ghosh, Akane Morinaga; Determinants of User Satisfaction with Solar Home Systems in Rural Bangladesh. Energy, 査読有, (採択済)
2. Shinji Kaneko, Satoru Komatsu, Phetkeo Poumanyong, Latdaphone Banchongohanith, Makoto Chikaraishi, Akimasa Fujiwara; Does Urbanization Matter for Developing Long-term Climate Scenario? *Global Environmental Research*. Vol.17(1), 査読

有, 2013, pp29-38

3. Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Ram Manohar Shrestha, Partha Pratim Ghosh; Nonincome factors behind the purchase decisions of solar home systems in rural Bangladesh, *Energy for Sustainable Development*, Vol.15(3), 査読有, 2011, pp284-292

4. Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Partha Pratim Ghosh; Are micro-benefits negligible? The implications of the rapid expansion of Solar Home Systems (SHS) in rural Bangladesh for sustainable development, *Energy Policy*, Vol.39(7), 査読有, 2011, pp4022-4031

5. 金子慎治, 小松悟, バングラデシュの農村電化と持続可能な発展, 東アジアへの視点 (2010年6月号), 査読無, 2010, pp27-41.

[学会発表] (計6件)

1. 小松悟, Johannes Breit, 金子慎治, Partha Pratim Ghosh 「バングラデシュ農村部における電力供給改善の便益評価」、『環境経済・政策学会 2012年大会』、東北大学 (宮城県)、2012年9月16日。

2. Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Partha Pratim Ghosh, Akane Morinaga; Determinants of User Satisfaction of Solar Home Systems in Rural Bangladesh, 5<sup>th</sup> International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection, June 6, 2012, Dublin City University, Dublin, Ireland.

3. 金子慎治, 小松悟 「太陽光発電パネルの普及に向けた技術開発と国際協力のありかた」、『第21回国際開発学会全国大会』、2010年12月4日、早稲田大学 (東京都)。

4. 小松悟, 金子慎治 「バングラデシュ農村

部での住居用太陽光発電パッケージの需要の評価」、『第21回国際開発学会全国大会』、2010年12月4日、早稲田大学 (東京都)。

5. Satoru Komatsu, Shinji Kaneko, Partha Pratim Ghosh; Are microbenefit negligible? Implications of rapid expansion of Solar Home Systems in rural Bangladesh to sustainable development, Electricity Sector and Renewable Energy International Conference, December 3, 2010, Hong Kong Baptist University, Hong Kong, China.

6. 小松悟, 森永茜, 金子慎治, Partha Pratim Ghosh 「太陽光発電を利用した分散型農村電化事業による受益者満足度の評価—バングラデシュ農村部での事例—」、『環境経済・政策学会 2010年大会』、2010年9月11日、名古屋大学 (愛知県)。

[図書] (計1件)

1. Shinji Kaneko, Satoru Komatsu, Partha Pratim Ghosh; Rural Electrification in Bangladesh: Implications for Climate Change Mitigation (Chapter 10; pp.202-226); in Ryo Fujikura and Tomoyo Toyota (eds.) *Climate Change Mitigation and International Development Cooperation*, Routledge, 2012,

[その他]

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金子 慎治 (KANEKO SHINJI)

広島大学・大学院国際協力研究科・教授

研究者番号: 00346529

(2) 研究分担者

藤倉 良 (FUJIKURA RYO) (H22-23)

法政大学・人間環境学部・教授

研究者番号：10274482

市橋 勝 (ICHIHASHI MASARU)

広島大学・大学院国際協力研究科・教授

研究者番号：10223108

後藤 大策 (GOTO DAISAKU)

広島大学・大学院国際協力研究科・准教授

研究者番号：80432847

豊田 知世 (TOYOTA TOMOYO) (H24)

島根県立大学・総合政策学部・講師

研究者番号：30550016

小松 悟 (KOMATSU SATORU)

広島大学・大学院国際協力研究科・助教

研究者番号：80553560

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：