

研究論文

開発途上国農村部におけるエネルギー・アクセス向上と社会・経済的影響の定量評価

Assessment of Energy Access Improvement and the Socio-Economic Impacts in Rural Areas of Developing Countries

金川 誠* · 中田 俊彦**
Makoto Kanagawa Toshihiko Nakata

(原稿受付日2006年3月24日, 受理日2006年10月20日)

Abstract

The purpose of this study is to reveal relations between energy access improvement and poverty alleviation in rural areas of developing countries. Recently, multi dimensional aspects of poverty, for example, economy, health, and education, have been increasingly focused on, and access to modern energy such as LPG and electricity is one possible solution. As a case study, cooking and lighting demand of unelectrified rural areas in Assam state, India, has been analyzed. An energy-economic model has been developed to analyze possibility of energy access improvement through dissemination of a gas stove and electric lighting appliances for cooking and lighting demand, respectively. Moreover, we have estimated changes in the socio-economic conditions, the average Respirable Suspended Particulate Matter (RSPM) exposure of women and a literacy rate above 6 years old, in the areas. For the cooking demand, the RSPM exposure will be reduced to below $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the WHO criterion of Suspended Particulate Matter (SPM), due to increase in the income level. For the lighting demand, it is shown that complete household electrification will be achieved by the year 2012 based on the model analysis, and the literacy rate in Assam will increase to 74.4% from 63.3%.

1. 序論

本研究の目的は、開発途上国農村部のエネルギー・アクセス向上の可能性とその社会・経済的影響を解析して、エネルギー・アクセス向上と貧困削減との関係を定量的に明らかにすることである。ケーススタディとしてインド共和国の農村部を対象とするエネルギー・経済モデルを設計して、経済性をもとに木材からLPGへの燃料の代替や未電化地域の電化の可能性を解析する。さらに、モデル解析の結果から、対象地域における汚染物質への曝露量および識字率がどの程度改善するかを推計する。“エネルギー・アクセス (Energy Access)” は、電力やLPGなど先進国で利用されているエネルギーの入手可能な価格での継続的な利用という意味で多くの文献¹⁾ で用いられている。

近年、貧困は単に経済的な困窮だけでなく、健康、教育、環境などの社会的要素の劣悪な状況も含む。開発途上国の貧困問題の解決なくして持続可能な開発は不可能であり、エネルギー分野において、国際エネルギー機関 (International Energy Agency, IEA) は、エネルギー消費機器や使用され

る資源の変化が貧困緩和に及ぼす影響に注目している。2000年では24億人がエネルギー需要を木材などの直接燃焼により賄い、16億人が電力のない生活を余儀なくされている²⁾。

開発途上国のエネルギー問題に対して、先行研究は3つに大別される。すなわち、政策やプログラムを調査した記述的研究³⁾、エネルギー消費機器の経済性や効率などを実験や現地調査により測定した実験的研究⁴⁾、モデル解析などによる解析的研究⁵⁾ である。モデル解析では、先進国を対象とした解析と同様に、途上国のエネルギー需給構造の最適化や機器の導入可能性を解析する。しかし、エネルギー需給構造の変化が貧困削減に及ぼす影響を明らかにするには、解析結果からその社会・経済的影響を算出する必要がある。したがって、本研究ではモデル解析と社会・経済的影響の推計を組み合わせることで、エネルギー・アクセス向上が社会・経済的状況の改善を通して貧困削減に及ぼす影響を定量的に求める。

2. エネルギーと貧困

近年、貧困の経済的側面のみならず社会的側面にも関心が高まり、機会の確保が貧困削減につながると考えられている。エネルギー・アクセスは機会の一つであり、エネ

*東北大学大学院工学研究科技術社会システム専攻

** / / / / 教授

E-mail: nakata@cc.mech.tohoku.ac.jp

〒980-0579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-11-815

第21回および第22回エネルギーシステム・経済・環境
コンファレンスの内容をもとに作成したもの

ギー・アクセスの確立により開発途上国の社会・経済的状況は大きく改善する。たとえば、エネルギー・アクセス向上は所得の創出、ジェンダーの問題、生産性の向上などに密接に関連し、これらの社会・経済的要因の改善を通して貧困削減に寄与する。これは、エネルギー・アクセス向上が国連の定めるミレニアム開発目標(Millennium Development Goals, MDGs)の達成にも深く関わることを意味する。電化により機械化の進展や新事業の創出が起り、所得が創出されることで、MDGsの第一の目標である“極度の貧困と飢餓の撲滅”の達成が促進される。

健康状態は、貧困に密接に関連している。低所得あるいは失業による慢性的な栄養不良により、貧困層の健康状態は概して悪い。また、多大な治療費負担により予期せぬ貧困に陥る事例もある。エネルギーの利用と健康も関係があり、木材収集などの重労働や調理時の木材の直接燃焼による室内汚染が問題となっている。途上国農村部では、調理用エネルギーがエネルギー消費の大部分を占めているため、エネルギー・アクセス向上が健康状態に及ぼす影響は大きい。

教育機会の確保も、貧困削減に必要な不可欠である。貧困層は、富裕層に比べ十分な教育機会を得ていない。また、就学年数や識字率などの教育レベルが低いため、所得水準は著しく低い。エネルギーと教育の関連性については、電化などによる生産性の向上で労働時間が削減されると、学習に時間を割くことができる。また、電気照明機器が普及することで、夜間の学習環境を改良できる。途上国農村部では照明用エネルギー消費量は少ないが、基本的ニーズである電力へのアクセスは教育レベルの上昇に大きく寄与すると考えられる。

3. 対象地域

本研究では、ケーススタディとして、インド共和国アッサム州の未電化地域⁶⁾を対象に解析を行う。アッサム州の人口は約2,600万人で、87.1%が農村部に居住している⁷⁾。1人あたり州民総生産(Gross Domestic State Products, GDSP)および1人あたり電力消費量(US\$161, 20.4kWh)は、ともにインドの平均(US\$281, 75.2kWh)を下回り、日本の値(US\$44,834, 7,601.9kWh)と比較して非常に小さいことがわかる。

表1 対象地域の基本データ⁶⁾

人口 [人]	5,958
男性	(54%)
女性	(46%)
人口増加率	1.4%
エネルギー消費量 [GJ]	67,267
調理及び温水(薪)	(85%)
暖房(薪)	(14%)
照明(灯油)	(1%)

表1に対象地域の基礎データを示す。対象地域では、エネルギー消費量の8割以上が調理に使用されている。また、対象地域は未電化であり、灯油にて照明需要を満たしている。インド全体では、世帯電化率は50%を下回っていて、インド政府は2012年までの全世帯電化達成を目的とする“Mission 2012: Power for All”を電力部門の重要な政策目標と位置づけ、系統電力の拡充および再生可能エネルギーを含む分散型電源の普及を推進している。

4. 調理需要における

エネルギー・アクセス向上の検討

調理用エネルギーに注目した解析では、エネルギー・アクセス向上はガス調理機器の普及を通して調理用エネルギー源が木材からLPGへ移行することと定義する。調理需要は、想定される調理機器のなかで、単位消費エネルギーあたりのコストが最も低い調理機器によって賄われる。

4.1 機会費用とRSPM曝露量

本解析では、エネルギー・アクセス向上の社会・経済的影響として女性の機会費用と開発途上国の呼吸器系疾患の主因であるRespirable Suspended Particulate Matter (RSPM)曝露量を考慮する。木材調理機器を使用している途上国農村部の女性は、ガス調理機器を使用する場合に比べて、1日あたり平均1.1時間を、木材収集など調理に関する活動に追加的に費やしている⁸⁾。式(1)に示す機会費用にもとづいて、農村部の世帯の所得レベルから、女性が木材調理機器での調理に従事することで発生する機会費用の損失を外生的な入力パラメータとして木材価格に転嫁する。

$$\text{Women's opportunity cost with fuelwood [US\$/GJ]} = \frac{\text{Women's opportunity cost [US\$/hour]}}{\text{Daily energy consumption [GJ/day]} \times \text{Extra time with fuelwood [hour/day]}} \dots (1)$$

また、対象地域の平均RSPM曝露量は、従来型木材調理機器、改良型木材調理機器、ガス調理機器の普及率から式(2)により求められる。

$$\text{Average RSPM exposure } [\mu\text{g}/\text{m}^3] = \sum (24 \text{ hour RSPM exposure of a stove } [\mu\text{g}/\text{m}^3] \times \text{Adoption rate of a stove } [\%]) \dots (2)$$

4.2 エネルギー経済モデル

本研究では、対象地域のエネルギー・アクセス向上の可能性を解析するためにエネルギーアクセスモデルを設計した(図1)。本モデルは、5個の最終需要家ノード、21個の技術変換ノード、7個の資源ノード、さらに6個の市場ノードによって構成されている。解析期間は2004年~2012年までとし、解析ツールMETA・Net¹⁴⁾を適用して、想定する機器の技術特性および経済性をもとにエネルギー需給構造の最適化を行う。なお、解析ツールの詳細については先行研究を参照されたい^{15), 16)}。また、調理需要の解析では、

表2 各種調理機器の仕様⁹⁻¹²⁾

	費用* [US\$/unit]	寿命 [年]	熱効率 [-]
従来型木材調理機器	0.24	2	0.150
改良型木材調理機器	1.20	3	0.260
ガス調理機器	24.10	5	0.541

*US\$1 = 41.5 [Rs.]¹³⁾.

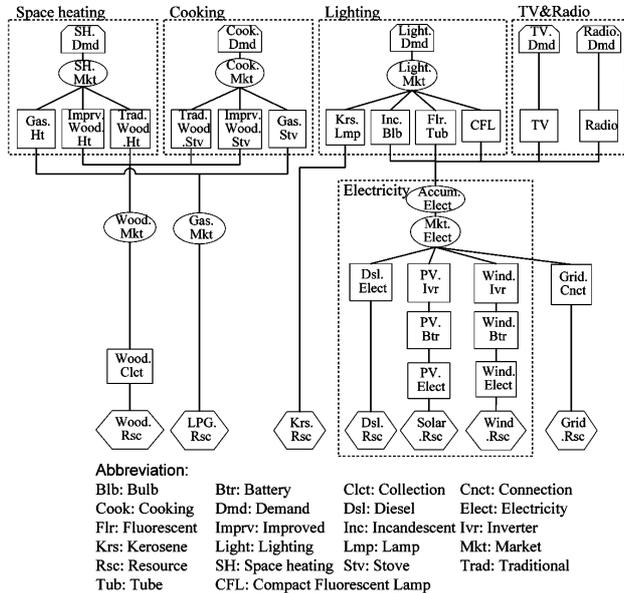


図1 エネルギーアクセスモデル

表2に示す調理機器を想定してガス調理機器の普及可能性を解析する。

4.3 解析結果

図2に、調理需要の解析結果を示す。機会費用が増加しない、つまり所得レベルが向上しない場合、対象地域では従来型木材調理機器が2012年においても依然として用いられる。女性の機会費用が増加することで、改良型木材調理機器、ガス調理機器は普及する。機会費用がUS\$18/GJのとき、全世帯でガス調理機器が使用される。いっぽう、ガス調理機器が普及することで対象地域の平均RSPM曝露量は大幅に低減して、機会費用がUS\$9/GJのときに平均RSPM曝露量はWHOのSuspended Particulate Matter (SPM)の基準値190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を達成することが明らかとなった。

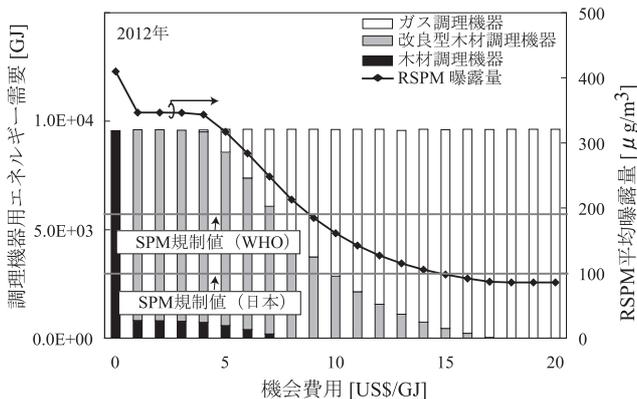


図2 調理需要構成の解析結果およびRSPM曝露量

表3 識字率に影響を与え得る要因^{7), 18-21)}

	要因	年次
経済	一人あたりGDSP* (自然対数)	2000-01
	一人あたりの教育支出 (自然対数)	2001-02
教育	1,000人あたりの小学校教員数	2002-03
	1,000人あたりの小学校数	2002-03
地政	1,000km ² あたりの鉄道密度	2000-01
	1,000km ² あたりの道路密度	1998-99
社会、文化	世帯規模	2001
	男女比率**	2001
	指定カースト比率	2001
	指定民族比率	2001
	ヒन्दゥー教徒比率	2001
	キリスト教徒比率	2001
電力	一人あたりの電力消費 (自然対数)	2000-01
	一人あたりの家庭用電力消費 (自然対数)	2000-01
	世帯電化率	2001

*GDSP: 州内総生産
**男女比 = 女性数/男性数.

5. 照明需要における エネルギー・アクセス向上の検討

照明用エネルギーの解析では、エネルギー・アクセス向上は電気照明機器の普及を通じて照明用エネルギー源が灯油から電力へ移行することと定義する。照明需要は、想定される照明機器のなかで、単位使用時間あたりのコストが最も低い照明機器によって賄われる。

5.1 識字率

本解析では、エネルギー・アクセス向上の社会・経済的影響として、7歳以上の識字率をインドの統計データにもとづいて重回帰分析により推計する。教育レベルは、おもに教育の機会、質、行政を含むマネジメントを改善することで向上する¹⁷⁾。また、図3に示すように、インドでは電

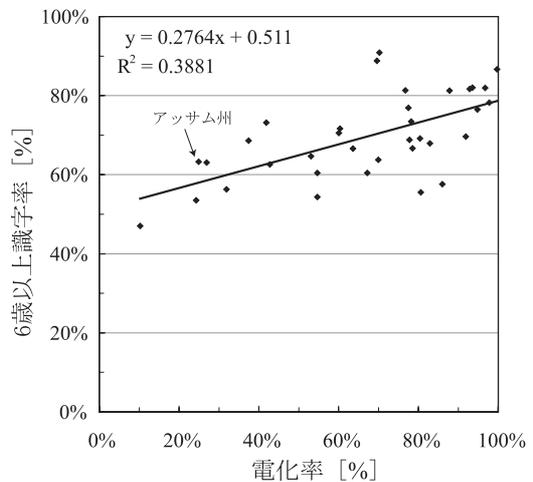


図3 2001年インドにおける、電化率と識字率の関係 (Banthia, J. K., 2003¹⁸⁾ およびOffice of the Registrar General, 2006⁷⁾ に基づき作成)

表4 照明機器の仕様^{22), 23)}

機器費用* [US\$]	電灯* [US\$]	寿命 [時間]	単位時間あたりの 電力消費量 [kWh]	
灯油ランプ	0.602	0	5**	0.400
白熱灯	0.736	0.241	1,000	0.060
蛍光灯	6.024	1.205	10,000	0.040
CFL***	0.736	4.819	10,000	0.011

*US\$1 = 41.5 [Rs.]¹³⁾
 **灯油ランプの寿命は年単位
 ***CFL：小型蛍光灯。

表5 発電技術の仕様^{12), 24~27)}

設備費* [US\$/kW]	運転維持費 (固定) ** [US\$/kW]	運転維持費 (可変) ** [mills/kWh]	寿命 [年数]	発電 効率 [-]	
ディーゼル	289	7.229	6.024	10	0.278
PV	7,229	180.72	0	25	1
風力	1,479	36.97	0	20	1
系統***	919	29.87	1.246	30	0.234

*US\$1 = 41.5 [Rs.]¹³⁾
 **系統電力以外の運転維持費 (固定) は設備費の2.5%に設定。
 ***ガス火力発電

表6 重回帰分析の結果

	6歳以上の識字率	
	偏回帰係数	標準偏単回帰係数
定数項	-0.489 (0.040)**	
電化率	0.166 (0.004)*	0.421
男女比	0.683 (0.003)*	0.425
道路密度 (自然対数)	0.142 (<0.001)*	0.684
決定係数 R ²	0.743	
サンプル数	19	

注：() 内の数値はp値を示す。
 * 1%有意水準。
 ** 5%有意水準。

力と識字率に相関関係が確認できる。したがって、表3に挙げる要素から、5%の統計的有意性を基準としてステップワイズ法を用い、識字率を被説明変数とする重回帰分析の説明変数を選定する。なお、2001年のアッサム州の電化率と識字率は、それぞれ24.9%と63.3%である。

5.2 エネルギー経済モデル

照明需要におけるエネルギー・アクセス向上の検討についても、本研究で作成したエネルギーアクセスモデルを用いて、解析期間を2004年~2012年までとし、電気照明機器の普及可能性を解析する。照明需要の解析に使用する照明機器および発電技術の入力パラメータを表4および表5に示す。

5.3 解析結果

表6に重回帰分析の結果を示す。インドでは、7歳以上の識字率の説明変数として、世帯電化率、男女の人口比、1,000km²道路密度が選択される。世帯電化率は、標準偏回

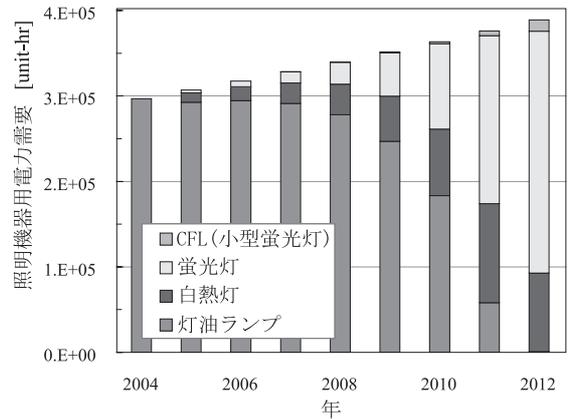


図4 照明需要構成の解析結果

帰係数から、他の2変数と比べて識字率に与える影響は小さいことがわかるものの、1%のレベルで統計的に有意である。また、図4に照明需要のモデル解析の結果を示す。解析の結果、電気照明機器は灯油ランプと比較して高効率で単位需要あたりの経済性に優れるため、インド政府の政策目標である2012年までの全世帯電化は達成される。特に、蛍光灯は多くの世帯で用いられて、照明需要の73%を賄う。ここで、アッサム州の世帯数の85.5%を占める¹⁸⁾、農村部の全世帯が電化されると仮定すると、アッサム州全体の世帯電化率は24.9%から96.3%に大きく上昇する。したがって、重回帰分析とモデル解析の結果から、式(3)に示すようにアッサム州の7歳以上の識字率は、63.3%から74.4%に向上することがわかった。

$$\begin{aligned}
 \text{Literacy rate above} \\
 \text{6 years old} &= -0.489 + 0.166 \times \text{Household electrification rate} \\
 &\quad + 0.143 \times \text{Log (Road density)} + 0.683 \times \text{Sex ratio} \\
 &= -0.489 + 0.166 \times 0.963 + 0.143 \times 3.039 + 0.683 \times 0.935 \\
 &= 74.4 [\%] \quad \dots (3)
 \end{aligned}$$

6. 考察

モデル解析は、一般的に種々の前提条件の下で最適解を求めている。しかし、開発途上国農村部では、想定した前提条件が必ずしも確保されていない。したがって、エネルギー経済モデルから得られた結果がどのような条件下で有効であるかを考察することは必要不可欠である。

本研究にて適用した解析ツールでは、モデルにて考慮した資源は安定供給が保障され、また需要家は市場において、エネルギー消費機器の現在割引価値と使用する資源価格の合計価格をもとに使用する機器を選択している。つまり、供給側ではインフラおよび資源の供給能力、需要側では機器への初期投資を考察する必要がある。

まず、インフラに関して、アッサム州はインフラ整備が進んでいて、1,000km²道路密度は1093.58kmと政府直轄地を除く25州の中で10番目に位置している¹⁹⁾。また、対象地

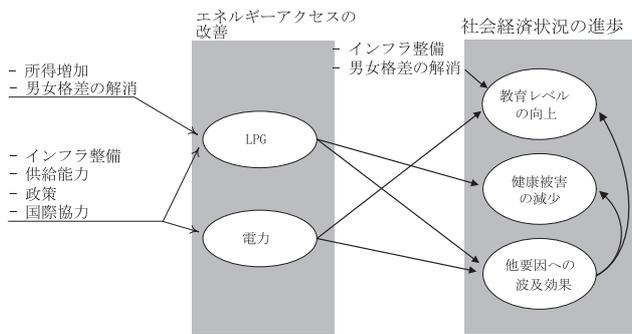


図5 エネルギーアクセス向上と社会・経済的影響

域の属するジョールハト (Jorhat) 地域では、90.92%の村が舗装道路に隣接している²⁸⁾。

次に、LPGの供給能力の面では、インド政府は1993年にLPG市場を民間に開放している。その結果、購入希望者に対する供給が速やかに行われるようになった。また、貧困層向けに5kgの小型のLPGシリンダー（通常は14.2kg）による配送も行われている²⁹⁾。電力部門でも、供給能力の増強のために、1991年に発電部門への民間参入が認められた。現在では、総発電量の約10%を民間企業が担っている³⁰⁾。また、農村電化については、インドでは送電損失が30%を超えるので、再生可能エネルギーなどの分散型電源の活用が促進されている³¹⁾。

このように、供給側では、特に供給能力の拡大に関して、インドは民間投資を有効活用している。すなわち、開発途上国では、エネルギー・アクセス向上のために民間投資を活性化する必要があり、市場自由化政策などの政府政策や政府開発援助 (Official Development Assistance, ODA) の触媒効果³²⁾を見込んだ国際援助により、投資環境の整備が求められる。

いっぽう、需要側では、LPGや電力を消費する機器は、技術的性能や単位需要あたりの費用では従来使用されている機器に優れるものの、相対的に多額の初期投資が必要なため普及が妨げられている。したがって、開発途上国農村部にてエネルギー・アクセス向上を実現させるためには、補助金やマイクロ・クレジットなどによる初期投資額の低減が効果的である。ここで、マイクロ・クレジットとは、社会的信用を利用した、貧困層向けの小額融資制度である。事実、補助金とマイクロ・クレジットを組み合わせることで、PVパネルによる地方電化を達成したネパールの例が報告されている³³⁾。

以上の考察をもとに、本研究から得られた結果をまとめると、図5のように表わすことができる。

7. 結論

本研究では、開発途上国農村部におけるエネルギー・アクセス向上の可能性とその社会・経済的影響を定量的に明

らかにした。インド共和国アッサム州の未電化農村地域を対象としたケーススタディでは、エネルギー・経済モデルを用いて、エネルギー消費機器および資源の技術的特性や経済性をもとにエネルギー・アクセス向上の可能性を明らかにした。また、社会・経済的側面については、モデル解析の結果を適用し、健康状態の指標として女性の平均Respirable Suspended Particulate Matter (RSPM) 曝露量を算出して、教育レベルを表す7歳以上の識字率を重回帰分析を用いて推計した。

エネルギー・経済モデルと社会・経済的要素の推計を組み合わせた本研究の結果から、以下のことが明らかになる。

- 調理需要では、女性の機会費用、つまり所得の増加に伴い改良型木材調理機器およびガス調理機器が普及して、従来型木材調理機器を代替する。
- 調理需要での社会・経済的影響としてRSPMへの曝露による健康被害を考慮した。対象地域の女性の平均RSPM曝露量は、機会費用がUS\$9/GJのときにWHOのSuspended Particulate Matter (SPM)の基準である $190\mu\text{g}/\text{m}^3$ を達成する。
- 照明需要における重回帰分析の結果、インド共和国の29の州および政府直轄地では、7歳以上の識字率の説明変数として世帯電化率、男女の人口比、 $1,000\text{km}^2$ 道路密度が選定される。
- 照明需要のモデル解析の結果、灯油ランプと比較して、電気照明機器の単位需要あたりの価格は低いため、2012年までに対象地域の全世帯電化は達成される。特に、蛍光灯は照明需要の73%を賄う。
- アッサム州農村部の全世帯が電化されると仮定すると、他の要素を一定として、アッサム州の識字率は63.3%から74.4%に向上する。

技術・経済的側面から見ると、開発途上国農村部においてエネルギー・アクセスが向上する可能性はきわめて高い。しかし、エネルギー・アクセスを確立するためには、インフラの整備、電力やLPGの供給能力の拡大が必要不可欠である。これに対して、本研究の対象地域では、民間投資の活用によりインフラや供給能力は整っている。いっぽう、モデル解析では、需要側である世帯の現在割引価値にもとづくエネルギー消費機器の選択を仮定している。このような前提条件に対して、政府政策や国際援助などを考察することで、モデル解析と社会・経済的影響の推計の結果から、開発途上国農村部におけるエネルギー・アクセス向上と貧困削減の関係に対して知見を得ることができる。すなわち、政府補助金とマイクロ・クレジットの組み合わせにより機器の初期投資額を減額することで、貧困層の購入機会を増加させることができる。結果として、エネルギー・アクセス向上は促進されて、社会・経済的状況の改善を通じた貧

困削減が期待できる。さらに、エネルギー・アクセス向上は、環境、衛生、所得など本研究で考慮した健康や教育以外の社会・経済的要素にも影響を及ぼす。これらの要素が改善することで、エネルギー消費量の増加あるいは健康や教育レベルのさらなる向上が見込まれる。このように、エネルギー・アクセスの向上を契機として、相互誘発的な社会・経済的状況の改善が起こり、開発途上国の発展、ひいては持続可能な開発の達成が期待できる。

今後は、現地調査にもとづくデータを使用する、より多くの社会・経済的要素を対象とする、エネルギー・アクセス向上と社会・経済的状況の改善との相互作用を考慮することなど、開発途上国の実情に即した解析が必要である。

謝辞 本研究の遂行にあたり、スイス連邦工科大学チューリッヒ校 (ETH) 経営工学科Daniel Spreng教授およびコロンビア大学機械工学科Vijay Modi教授の有益な助言を頂いたので、ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) S. C. Bhattacharyya ; Renewable energies and the poor : niche or nexus?, *Energy Policy*, 34-6 (2006), 659-663.
- 2) International Energy Agency (IEA) ; Energy and poverty, (2002), In: *World Energy Outlook 2002*, International Energy Agency.
- 3) I. H. Rehman, P. Malhotra, R. C. Pal, and P. B. Singh ; Availability of kerosene to rural households : a case study from India, *Energy Policy*, 33-17 (2005), 2165-2174.
- 4) O. R. Masera, B. D. Saatkamp, and D. M. Kammen ; From linear fuel switching to multiple cooking strategies : a critique and alternative to the energy ladder model, *World Development*, 28-12 (2000), 2083-2103.
- 5) M. I. Howells, T. Alfstad, D. G. Victor, G. Goldstein, and U. Remme ; A model of household energy services in a low-income rural African village, *Energy Policy*, 33-14 (2005), 1833-1851.
- 6) R. Sarmah, M. C. Bora, and D. J. Bhattacharjee ; Energy profiles of rural domestic sector in six un-electrified villages of Jorhat district of Assam, *Energy*, 27-1 (2002), 17-24.
- 7) Office of the Registrar General ; Census of India, 2001, (2006), <http://www.censusindia.net>. Last accessed on February 8, 2006.
- 8) UNDP/ESMAP ; The impact of energy on women's lives in rural India, (2004), World Bank.
- 9) N. Jungbluth, M. Kollar, and V. Kob ; Life cycle inventory for cooking : some results for the use of liquefied petroleum gas and kerosene as cooking fuels in India, *Energy Policy*, 25-5 (1997), 471-480.
- 10) S. Rubab and T. C. Kandpal ; Biofuel mix for cooking in rural areas : implications for financial viability of improved cookstoves, *Bioresource Technology*, 56 (1996), 169-178.
- 11) M. Subramaniam ; Whose Interests? Gender issues and wood-fired cooking stoves, *American Behavioral Scientist*, 43-4 (2000), 707-728.
- 12) Tata Energy Research Institute (TERI), Energy Research Institute, Wageningen Agricultural University, and IIASA ; Potential for use of renewable sources of energy in Asia and their cost effectiveness in air pollution abatement, (1999), http://www.dow.wau.nl/msa/renewables/Downloads/workpackage1/Final_report_workpackage_1.pdf. Last accessed on February 8, 2006.
- 13) World Bank ; *World Development Indicators 2004*, (2004), The World Bank.
- 14) A. Lamont ; User's Guide to the META-Net Economic Modeling System Version 1.2, (1994), UCRL-ID-122511, Lawrence Livermore National Laboratory.
- 15) M. Kanagawa and T. Nakata ; Analysis of the impact of electricity grid interconnection between Korea and Japan - Feasibility study for energy network in Northeast Asia, *Energy Policy*, 34-9 (2006), 1015-1025.
- 16) T. Nakata ; Energy-economic models and the environment, *Progress in Energy and Combustion Science*, 30-4 (2004), 417-475.
- 17) Japan International Cooperation Agency (JICA) ; Educational experience of Japan : consider education development in developing countries, (2003), Japan International Cooperation Agency, (in Japanese).
- 18) J. K. Banthia ; Tables on houses, household amenities and assets (Census of India, 2001 : Series-1 India), (2003), Controller of Publications.
- 19) Centre for Monitoring Indian Economy (CMIE) ; *Infrastructure*, (2004), Centre for Monitoring Indian Economy.
- 20) Ministry of Human Resource Development of the Government of India ; *Annual Report 2004-05*, (2005), Ministry of Human Resource Development of the Government of India.
- 21) Ministry of Statistics and Programme Implementation of the Government of India ; Statement : Gross state domestic product at 1993-94 prices, (2006), http://mospi.nic.in/7_gsdp_const_9394ser.htm. Last accessed on February 8, 2006.
- 22) C. Jana and R. N. Chattopadhyay ; Block level energy planning for domestic lighting - a multi-objective fuzzy linear programming approach, *Energy*, 29, (2004), 1819-1829.
- 23) A. Kumar, S. K. Jain, and N. K. Bansal ; Disseminating energy-efficient technologies : a case study of compact fluorescent lamps (CFLs) in India, *Energy Policy*, 31-3 (2003), 259-272.
- 24) R. Banerjee ; Comparison of options for distributed generation in India, *Energy Policy*, 34-1 (2006), 101-111.
- 25) Central Electricity Authority ; Broad status of thermal power projects in Assam, (2005), <http://cean.nic.in/data/tpm/BS%20ASSAM.pdf>. Last accessed on July 18, 2005.
- 26) S. Chakrabarti and S. Chakrabarti ; Rural electrification programme with solar energy in remote region - a case study in an island, *Energy Policy*, 30-1 (2002), 33-42.
- 27) R. Tongia and R. Banerjee ; Price of power in India, *Energy Policy*, 26-7 (1998), 557-575.
- 28) National Commission on Population of the Government of India ; District-wise social economic demographic indicators, (2001), National Commission on Population of the Government of India.
- 29) Ministry of Petroleum and Natural Gas of the Government of India ; *Annual Report 2004-05*, (2005), Ministry of Petroleum and Natural Gas.
- 30) Central Electricity Authority ; All India electricity statistics 2005 : general review 2005, (2005), Central Electricity Authority.
- 31) Ministry of Non-Conventional Energy Sources of the Government of India ; *Annual Report 2003-2004*, (2004), http://mnes.nic.in/annualreport/2003_2004_English/index.html. Last accessed on February 8, 2006.
- 32) T. Watanabe and Y. Miura ; ODA - What can Japan do?, (2003), Chuokoron-shinsha.
- 33) The GEF Small Grants Programme ; A new micro-credit system for solar panels in remote villages, Nepal, (2006), http://sgp.undp.org/download/SGP_Nepal.pdf. Last accessed on February 8, 2006.