

バングラデシュ人民共和国における 再生可能エネルギーを利用した電力開発の展望

五味 泰久
指導教員 高柳 彰夫

1. はじめに一論文の目的と全体の枠組み

これまで電力開発は経済開発の枠に組み込まれてきたが、人類が依然必要とし、今後も引き続き行われるであろう電力開発に、「人間開発」、「社会開発」、「持続可能な開発」の一部として果たしうる役割はないのだろうか。本稿では、代表的な貧困国であり、多くの機関により援助が行われているバングラデシュで展開されている再生可能エネルギーを利用した電力開発に焦点を当て考察した。

第1章は、「電力開発を進める上で考慮すべきこと」として、環境、社会開発・人間開発そしてローカルの強化の3点について取り上げた。

第2章は、「バングラデシュに必要な電力と発電方式の現状」として、各国の一人当たりの発電量といくつかの人間開発指数の関係を表したグラフから、最低限必要な一人当たりの発電量を算出し、現時点で足りていないバングラデシュの発電量を求めた。また、バングラデシュの発電方式の現状をまとめた。

第3章から第5章までは、バングラデシュにおいて再生可能エネルギーを利用した発電に関わる各セクターの取り組みをまとめた。第3章はバングラデシュ政府、第4章はNGO、第5章は国際機関についてそれぞれ取り上げた。

終章では、各セクターによる取り組みを比較したうえで、問題点を整理し、今後の展望についてまとめた。

2. 電力開発を進める上で考慮すべきこと（修士論文第1章の概要）

(1)環境

世界はいま、保健、衛生、ジェンダー、教育など様々な問題を抱えている。中でも環境問題は多くの国が何らかの被害を受ける非常に大きな問題で、その環境問題の中でも地球温暖化は長期的な展望を持って、かつ出来るだけ速やかに対策に取り組まなければならない大きな問題といえよう。そして、地球温暖化の原因の一つとして、温室効果ガスの排出量増加が挙げられている。

世界が温室効果ガス削減に向けて動く中で、発電により発生する大量の温室効果ガスの削減は、地球温暖化の対策の一つとして、その位置づけは高いものであると認識されているといえよう。

(2)社会開発・人間開発

電化によるインパクトは本来経済活動にとどまるものではない。電化して年月が経った地域では、多くの住民が子供に教育を受けさせ、家族計画に賛成するとともにその知識や方法を知っており、便所を使用する住民も多く衛生観念が高い。¹⁾ 電化されることにより住民の教育に対する関心が高まり、家族計画や衛生観念の理解が深まる。こういった啓発は社会開発、人間開発そのものである。社会開発、人間開発の観点からも電力開発の果たす役割は小さくないといえよう。社会開発、人間開発が遅れている地域こそ優先して電化を進め、その地域の住民が電気の恩恵を享受できるようにすることも重要なことであろう。

(3)ローカルの強化

経済の単一化が進む中で、独立間もない政治的に不安定で経済的に未発達だった途上国が国際的な市場経済に組み込まれ、先進国が考えた先進国に有利な仕組みのなかで途上国は国家の営みを事実上続けてきた。このようなグローバル化が進む中で、競争原理に晒されている途上国に対して開発援助を行なう場合、与えられた条件の中でどのように進めることが有効なのか検討する必要がある。そして、その対策の一つがローカルの強化であると考えられる。

ときに搾取的な表情をもつグローバル化の枠組みの中で途上国が自立するためには、貧困からの根本的な解放が必要であり、貧しさゆえに電気・ガス・水道等の基本的なインフラ整備がなされず、インフラ整備ができないために開発も進まないという悪いサイクルから途上国が脱却するためには、最低限のインフラを整備する必要がある。インフラを整備し技術力を高めることは、その国に持続可能な発展をもたらす。つまり、自国のニーズをできるだけ自国で賄えるようになることを目指せば、より良い技術協力になるのではないかと考えられる。

環境保護、ローカルの強化等の観点から電力開発を行なうことを考えた場合、その有効な発電方式として、再生可能エネルギーを利用した分散型の発電システムは有効であると考えられる。

3. バングラデシュに必要な電力と発電方式の現状 (修士論文第2章の概要)

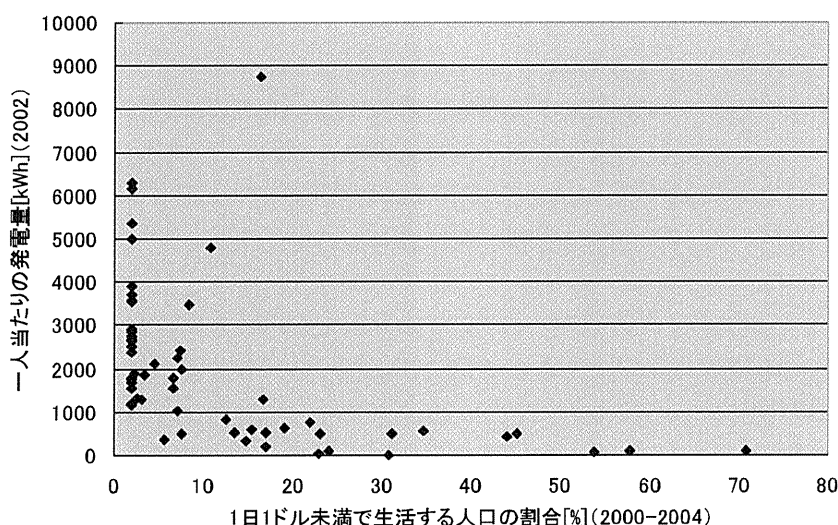
(1)人間開発の観点から見た、途上国に必要な一人当たりの発電量

人類は豊かさを求めるのと同時に電力の開発を進めてきた。途上国の開発についても、これまでインフラを整備する際に電力開発はその中心のひとつに据えられてきたし、今もなお多くの国において電力開発は中心的な地位を維持している。

しかし、約160カ国におよぶ全ての途上国が現在の先進国並みに電力を得るには、かなりの数の発電設備を必要とする。発電方式がどうあれ地球への環境負荷が決して小さくないことは容易に想像がつく。

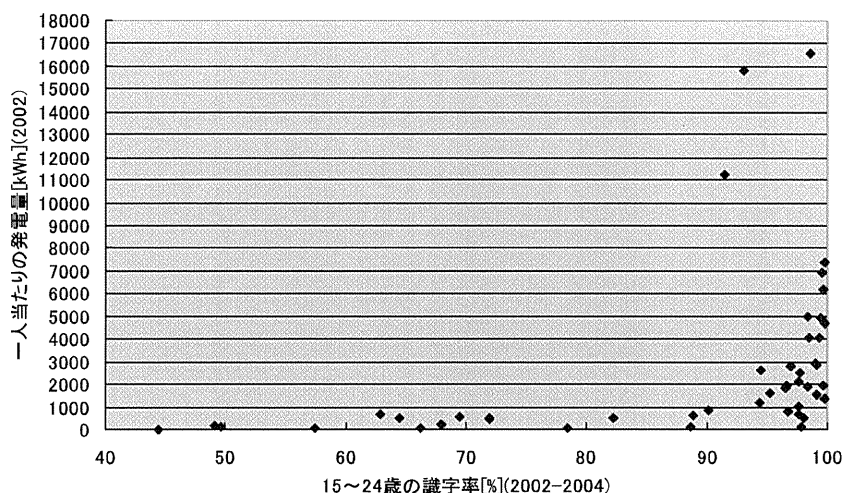
環境への負荷を最小限に抑え、かつ途上国の人々が人間らしく生きて行けるためには具体的にはどれだけ電力開発を進めればよいのか。人間開発の観点から、いくつかのミレニアム開発目標の指標と発電量を照らし合わせて検証した。

グラフ1 1日1ドル未満で生活する人口の割合 [%] と一人当たりの発電量の関係
(世界銀行ウェブサイト²⁾ のデータより筆者作成)



グラフ1は、世界各国の1日1ドル未満で生活する人口の割合 [%] と、年間の一人当たりの発電量との関係を表したもので、プロットはほぼL字型になっていることが分かる。また、1日1ドル未満で生活する人の割合が20 [%] を超えているのは、一人当たりの発電量が1,000 [kWh] 未満の国々であり、逆に1,000 [kWh] 以上のほとんどの国々は1日1ドル未満で生活する人の割合が10%未満であることが分かる。

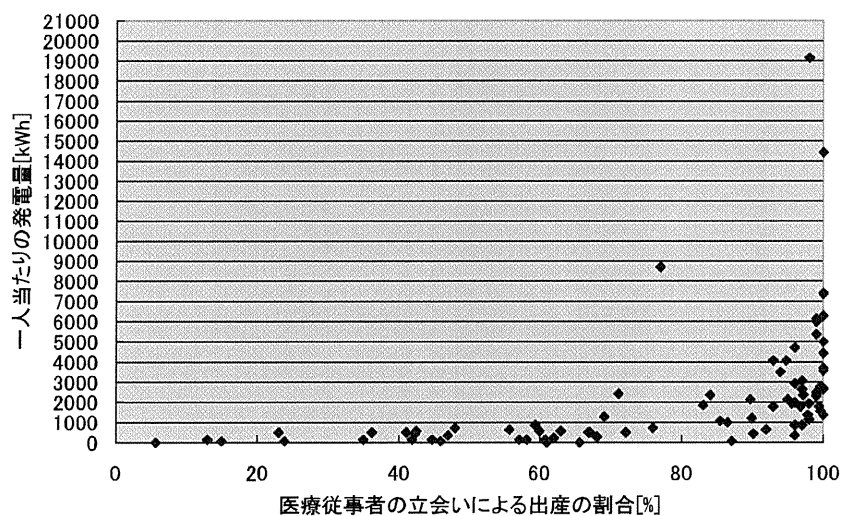
グラフ2 15～24歳の識字率と一人当たりの発電量の関係
(世界銀行ウェブサイト³⁾のデータより筆者作成)



グラフ2は、15歳から24歳までの識字率と一人当たりの発電量の関係である。得られたデータは国によって2002年のものから2004年のものまでであり、サンプル(国)数が46カ国とやや少ないが、こちらもL字型の散布になっていることが分かる。

一人当たりの発電量1,000 [kWh] を境に、それ未満の国の多くは識字率が90%以下またはそれを大きく下回っており、逆に1,000 [kWh] 以上のすべて国の識字率が90%以上であることが分かる。

グラフ3 医療従事者の立会いによる出産の割合と一人当たりの発電量の関係
(世界銀行ウェブサイト⁴⁾のデータより筆者作成)



グラフ 3 は、世界84カ国の医療従事者の立会いによる出産の割合と一人当たりの発電量の関係を表したものである。値は2000年から2004年までで得られた最新のデータを使用している。X（横）軸は一人当たりの発電量、Y（縦）軸が医療従事者の立会いによる出産の割合である。

プロットはほぼL字型になっており、医療従事者の立会いによる出産の割合が80%を下回っているほとんどの国は、一人当たりの出力が1,000 [kWh] 以下で、一人当たりの発電量が1,000 [kWh] を超えているほとんどの国は、医療従事者の立会いによる出産の割合が80%を超えている。

1日1ドル未満で生活する人口の割合、15歳から24歳までの識字率および医療従事者の立会いによる出産の割合以外に、5歳未満児の死亡率、HIV感染率（15～49歳）、出生時の平均余命と年間の一人当たりの発電量との関係を調べると、いずれのグラフもプロットはほぼL字型になり、一人当たりの発電量が1,000 [kWh] を境にそれぞれの指標に変化があることがわかる。したがって、人間開発の観点からすれば電力開発を行なう上で、1,000 [kWh] は一つの目標になり得ると考えられる。

(2)人間開発の観点から見たバングラデシュに必要な発電量

バングラデシュの国民一人当たりの発電量は135.85 [kWh] である。1,000 [kWh] を目標とした場合、開発すべき一人当たりの年間の電力は、

$$1000.00 - 135.85 = 864.15 \text{ [kWh]}$$

国全体では、

$$864.15 \text{ [kWh]} \times 140000000 \text{ (1億4千万) [人]} \\ \approx 120,981,000,000 \text{ [kWh]}$$

この電力を発電するのに必要な発電設備の発電量は、以下のようにになる。

$$120,981,000,000 \text{ [kWh]} \div 365 \text{ [日]} \div 24 \text{ [時間]} \\ \approx 13,810,616.44 \text{ [kW]}^{5)}$$

(3)バングラデシュにおける発電の現状について

バングラデシュの発電量は急速に増えている。また、バングラデシュは天然ガスが豊富で、1990年代から発電に使用される一次エネルギーの80%以上を賄っている⁶⁾ことが、特徴といえる。2002年の段階で、発電に使われる資源の割合はグラフ 2 のような内訳になっており、全発電量に占める天然ガスを利用した発電量の割合は約85%と依然高い。割合としては90年代以降頭打ちとなっているが、各援助機関が開発に力をいれていることもあり、今後も利用されつづける可能性は高い。

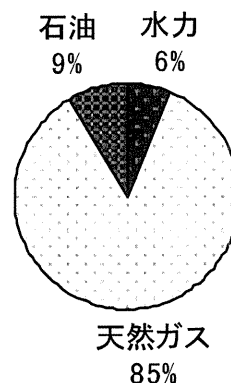
なお、バングラデシュに限ったことではないが、再生可能エネルギーを利用した発電方式による発電量は現在のところきわめて少ない。

また、グラフ 4 の中では、水力発電が再生可能エネルギーによる発電に当てはまるが、いわゆるダムを利用した大規模開発によるもので、国土の大部分が平坦なバングラデシュにおいては、小型水力発電を除き水力を利用した発電の割合が増える可能性は低い。

そして、特に国境付近で送配電網が行き届いていない地域が多いことも、特徴のひとつにあげられる。

グラフ 4 バングラデシュで発電に使用される一次エネルギー内訳

(世界銀行ウェブサイト⁷⁾のデータより筆者作成)



バングラデシュで発電に使用される一次エネルギー内訳 (2002年)

4. 各セクターによる取り組み（修士論文第3～5章の概要）

バングラデシュにおいては、政府、NGO、国際援助機関の三つのセクターが再生可能エネルギーを利用した電力開発の分野で大きな役割を果たしている。

(1)バングラデシュ政府

バングラデシュ政府は環境に関する国際条約に批准するなど、環境保護について関心を示している。また、再生可能エネルギーに関する研究開発を行なうとともに、太陽光、風力発電に係る輸入関税などを撤廃し、また補助金事業を運営するなど、再生可能エネルギーを利用した電力開発を積極的に進めている。

PRSP（貧困削減戦略文書）でも、特にオフグリッドにおける電力開発で再生可能エネルギーに大きく期待をしていることが伺えるが、この未電化地域の電化がバングラデシュ政府の目指す目標の一つの特徴といえよう。

(2)NGO

バングラデシュにおける再生可能エネルギーによる電力開発で、NGOが果たしている役割は極めて大きい。特にグラミン・ショクティが設置した設備の容量は2 [MW] を超えており、政府系機関による設置容量よりも大きいのだが、グラミン・ショクティは、同系列のグループが進めている携帯電話への電力の供給を目的としてこの分野への参入が始まった経緯もあり、活動の多角化の一環と取れるのもその取り組みの特徴といえ、それは同時にマイクロクレジットの拡大を伴っている場合が多い。

(3)国際援助機関

国連、世界銀行、米国国際開発庁（USAID）といった国際機関は、再生可能エネルギーと同時に天然ガス⁹⁾の開発にも力を入れているが、他の機関に比べて取り組みが遅れていたADBも再生可能エネルギーを利用した電力開発に対する支援を表明するなど、この分野に対する支援は拡大の傾向にある。

5. 課題と今後の展望（修士論文終章の概要）

(1)各セクターによる取り組みの比較

政府は未電化地域の電化、NGOはマイクロクレジットの拡大、国際援助機関は環境をそれぞれの中心課題としているように見える。しかし、どのセクターにとっても他のセクターが主眼を置いている目標を達成することもまた重要であると考えられる。

いずれのセクターもバングラデシュの貧困削減を目指しており、未電化地域の電化はその一つの手段と考えられている。また、コストのかかる電力開発は費用を捻出する方法を検討する必要があり、マイクロクレジットはそれを解決させうる有効なオプションと考えられている。そして環境の問題についても、国土のほとんどが海拔の低いデルタ地帯で構成されているバングラデシュにとって、地球温暖化による海面上昇は逼迫した問題であり、これは政府やNGOを含むバングラデシュ全国民にとっても当然大きな問題である。

そして、主な政府系機関は、UNDPや世界銀行といった援助機関の支援を受けながら事業を進めている。また環境面を考慮し再生可能エネルギーの開発を目指し、政府はNGOに対して積極的な支援を行っている。NGOは経済的な効果を特に強調してはいるが、政府系機関と足並みをそろえるように環境へ配慮しつつオフグリッド地域の電化を進めている。つまり、各セクターは基本的に政府の方針に従い、おもにオフグリッドにおいて再生可能エネルギーを利用した電力開発を行なうために連携している。

(2)問題点

再生可能エネルギーによる電力開発の問題点を考えた場合、特に最も広く進められている太陽光発電システムについて考察した場合、現在のところ4つの問題が考えられる。

第一に、サイクロンシェルターなどの施設への設置を除き、多くの場合電気料金を支払える層への供給が中心になっており、最貧困層への援助が後回しになっているケースが多いといえることである。バングラデシュの一人当たりのGDPは376ドルで、1日1ドル未満で生活する人口の割合は36.0%、同様に1日2ドルの場合は82.8%である。1日1ドル未満で生活する人びとにとって、太陽光発電システムは非常に高価であり、彼らにいかんにかに電気を供給するかが一つの課題である。

第二に、国全体として係る費用についてだが、一人当たりの目標発電量を1,000 [kWh] とした場合、仮にこれを全て現在NGO（グラミン・ショクティ）が販売している太陽光発電システムで賄った場合、およそ804億5,551万4,892ドルが必要となる。単純計算ではあるが膨大な資金が必要になる事は明らかで、簡単には捻出できないと考えるのが常識的であろう。

第三に、太陽光発電システムの購入に掛かる経費は、送配電網から電力供給された場合の電気料金と比べて高額で、送配電網の整備が期待できる地域において、太陽光発電システムが選択されにくい点が上げられる。

最後に、後発NGOの参入が難しく価格競争が生まれにくい可能性があることが考えられることである。多くのNGOが再生可能エネルギーを利用した発電システムを導入しているが、設置台数は2つの大手NGOによるものが大多数を占めている。これは、政府系組織の設置台数をも凌ぎ、他の団体が今後この分野で存在感を示すことは容易ではない。非営利とはいえ特定のNGOに独占されることについては危機感を覚えざるを得ない。

(3)今後の展望

①貧困層が電気の恩恵を受けられるために

電力開発を行なう際は、環境保護、人間開発、ローカルの強化に加え、盗電の防止、コストなどを合わせて検討することが望ましいと考えられる。

まず、環境保護については、再生可能エネルギーが自然エネルギーと同義と考えられており、火力や大型ダム開発を伴う水力と比較すれば環境への負荷は非常に小さい。

次に人間開発についてだが、もちろん電気があるだけでは死亡率、出生時平均余命、識字率などいずれの人間開発指数も向上しない。しかし、人間開発の指標と発電量の関係を表したグラフは、電力が果たす役割が小さくないことを如実に物語っている。電気をいかに上手く利用するか、それを考えることがまず必要であると考えられる。人間開発の視点からも最も電力の恩恵を本来受けるべき層の人々に、いかに電力を分配するかについて検討する必要がある。彼らに電気を供給でき、社会開発・人間開発を達成しうる場所として考えられるのは、学校や医療施設のような公共施設である。このような施設を優先的に電化することで、貧富の差を越えて多くの人々に電気の恩恵が行き届く事になるし、電化に係る一人当たりの経費は各家庭を電化するよりも低く抑えられる事も明らかである。

ローカルの強化と盗電の防止の面では、住民のコミュニティの参加が期待される。コミュニティで管理することで防犯の意識も高まり、そしてコミュニティが電化されることでコミュニティの強化、さらにはローカルの強化につながると期待される。こういった観点から、特に送配電網が整備されていない地域では、コミュニティを一つの単位とした独立系の発電方式が有効であると考えられる。

コストについては、発電効率、製造コストの技術は各メーカーが競う形で向上しているが、少なくとも現状においては、特に貧困層にとって太陽光発電システムを導入することは経済的に容易ではない。新たなマイクロクレジットの開発が期待されるとともに、クリーン開発メカニズム（CDM）を積極

的に利用し、民間企業の資金力を迎え入れることも重要であると考えられる。CDMは現在のところ従来からのODAとは別枠で追加的に行なうものとされているが、この取決めがいつ見直されても、それに対応できるように準備を進めておくことが望ましいと考えられる。

②有効な発電システムの考察

発電システムを途上国側コミュニティ自力で維持、管理、生産することを優先させるのであれば、太陽光パネルよりも風力などの動力を利用することも有効であると考えられる。動力を利用した発電機は、原理的に構造は電気モーターと同じであり、途上国ですでに広く利用されている。先進国が製造したものに比べれば効率などは劣るが、太陽光と同様、地球上のあらゆる場所で手に入る風力エネルギーは、途上国に既存の技術を応用でき得る余地が少なからず存在する。

6. 終わりに

人間の生活の変化とともに電気への依存度も変化している。今回一つの基準とした1,000 [kWh]も、時代の流れとともに上下する可能性がある。しかし、少なくとも現時点での一つの目安にはなりうると思われる。あとはこれをどのように分配すると効果的なのかを検討する必要があるが、開発が遅れている場合が多い地方に分配することが有効であろうと本稿では結論付けた。それも出来るだけ低所得者に電気の恩恵を行き渡らせるためには、家庭よりも公共の施設を優先して電化させることが有効であろうと考えられる。今後は、地方あるいはそこにある公共施設等が電化された場合に具体的にどのように電気を利用することが有効なのかを検討する必要があるものと考えられる。学校や医療施設については、これまでの一般的な電気の使用利用方法を踏襲すれば、概ねその役割を十分に果たすと思われるが、学校や医療施設以外の公共施設として考えられるモスクや教会のような宗教関連施設や、サイクロンシェルターや図書館のような施設が元々の目的以上に複合施設として、社会開発・人間開発の観点からもその役割を果たせられるようにするためには、どのように電化することが有効なのかについて、今後検討する必要があると考えられる。

〔注〕

- 1) 林俊行「農村電化」社会開発研究会編『入門社会開発』所収、国際開発ジャーナル社、1996年3月、108頁。
- 2) 世界銀行ウェブサイト：<http://devdata.worldbank.org/dataonline/>、2006年3月31日。
- 3) 世界銀行、同上サイト、2006年3月31日。
- 4) 世界銀行、同上サイト、2006年3月31日。
- 5) ここでは電力の損出は無視する。
- 6) 世界銀行ウェブサイト：<http://devdata.worldbank.org/dataonline/>、2006年3月31日。
- 7) 世界銀行、同上サイト、2006年3月31日。
- 8) 天然ガスはクリーンエネルギーのひとつであると分類されている。