

博士論文（要約）

**Fundamental Barriers to Cross-border Power Trading of
Bangladesh, Bhutan, India, and Nepal (BBIN)
– Comparative Study on Development of Hydropower Resources
in Bhutan and Nepal**

（バングラデシュ、ブータン、インド、および
ネパール（**BBIN**）における越境電力取引の根本的障害
– ブータンとネパールの水力資源開発の比較研究）

荻野 馨

1. 背景

エネルギー問題の根本として、その資源の地域偏在性がある。再生エネルギーが注目されているが、太陽や風力といった自然エネルギーにしる、従来型の水力や化石燃料がどこにでもあるわけではない。エネルギーの地域間での取引は不可避であり、化石燃料はもとより、国際間の資源貿易・競争はそれ故である。ただし、国境間の電力取引となると、様々な理由で限定されているのが現状である。まず、他の資源と異なり、貯蔵や輸送が難しい。そこで電力を融通するための送電線が不可欠となるが、国境を越えた送電網が形成されているのは、北米、ヨーロッパ、そしてアジアでは局所的な地域にとどまる。さらに各国のエネルギー供給事情の違いや近隣諸国間での政治的・経済的結びつきも大きく影響すると考えられる。ASEAN, SAARC, CAREC¹のアジアの地域フォーラムでも、様々な域内エネルギー協力計画や構想が討議されることがあるが、なかなか実現に至っていない。

それでも気候変動の問題、代替エネルギー、環境保全や経済開発など地球的問題によって、近年ボーダーレスの電力取引プロジェクトが徐々に進みつつある。アジア地域での国際間の電力取引では、水力発電をベースとした、ブータンからインドへ、ラオスからタイへの電力供給が数例ある。また近年、インドから、バングラデシュ、ネパールへの電力輸出が始まった。国境周辺では、中国からは、ベトナムやモンゴルに電力が輸出されており、カンボジアはタイやベトナムから電力を輸入している。アフガニスタンへは、隣国のウズベキスタンやタジキスタン、イラン、トルクメニスタンから電力の融通がある。こうした電力の域内取引は、経済的合理性、資源の効率利用、環境・社会的影響、気候変動、また国内・域内のエネルギー供給の安全保障を考えればその研究課題は少なくない。

本研究では、特に南アジア地域、そのイニシャルをとって“BBIN”と呼ばれるようになってきた、バングラデシュ、ブータン、インド、そしてネパールの、四カ国の越境電力取引を取り上げる。そして、特にブータンとネパールの、地域資源としての水力電源の可能性と制約に焦点を当てる。BBINの国境は近接しており、近年、インドとバングラデシュ、そしてインドとネパールの国境間の送電線が連結され、技術的にBBINは送電網でつながるようになった。また、石炭、ガス、そして水資源といった、様々なエネルギー源がある。しかしながら、化石燃料は十分ではなくなり、近年ではインドは石炭輸入量で世界一となり、バングラデシュ国内の天然ガスも2023年には枯渇する見通しである。一方、ブータン、ネパールの水力発電資源はその可採量の96%以上が未開発のままとなっている。インドは、気候変動のパリ協定を批准し、再生可能エネルギーの利用を2030年までに、現在の15%から40%まで引き上げると約束した。風力、太陽光エネルギーの導入が急速に拡大しているが、その自然に頼る供給が不安定な問題はいまだ解消されておらず、新たなインドの国家発電計画では、再生エネルギーを支える柔軟の電源として、水力発電をその中心に位置づけている。この指針によって、インド東部に広がる、石炭地帯（“コール・ベルト”）から水力・再生エネルギーへのシフトが将来的に進むことが考えられる。

こうした背景もあり、様々な先行研究が、BBINや南アジア地域での電力取引の有効性を提示している。これらは、域内のエネルギーの安全保障やエネルギー・ミックスの観点からのものが多い。また、インド・バングラデシュが雨季に電力需要が高まるのに対し、ブータン・ネパールはその逆に乾季が需要ピークとなることから、季節需要の違いによる補完的な電力取引をシュミレーションしたものもある。しかしながら、このような安全保障や経済合理性のメリットとは裏腹に、現実の状況は異なっている。最たる誤算が、ネパールの状況である。ブータンの水力発電開発、その電力輸出は軌道に乗っているものの、ネパールは恒常的に電力不足で、電力輸出どころか、乾季には連日18時間にまで及ぶこともある計画停電を余儀なくされてきた。こうした電力危機から、ネパールは今年、インドからの電力輸入を本格的に開始した。歴史的にも、ブータンとネパールの水力発電開発は対照的に推移し、その影響はそれぞれの一人当たりGDPにも反映されてきたが、2000年代から広がった格差により、ネパールの数値はブータンの3分の1以下という有様である。

¹ ASEAN: the Association of Southeast Asian Nations; SAARC: the South Asian Association for Regional Cooperation; and CAREC: the Central Asia Regional Economic Cooperation.

2. 目的

BBIN の越境電力取引のベースとなるべき、ブータン・ネパールの水力発電開発は極めて対照的な状況である。理由は、インドとの対外関係や政治的安定性などの比較から説明されることが多いが、果たして本当に妥当なものなのか、他にも問題の根拠があるのではないか。こうした原因について、現在までの開発の取組みを様々な角度から比較・検証する。その上で、ブータン・ネパールの水力発電が地域資源として活用される際のあり方、さらに BBIN の今後の電力取引のあり方を明らかにすることを本研究の目的とする。最終的に、多国間のフレームワークのなかで、BBIN が電力取引市場として発展するための条件は何か、考察も加える。

3. アプローチ: 視点と方法

研究のアプローチは、“funding”（ファンディング）する立場の視点で行う。筆者はアジア開発銀行（ADB）で、BBIN を含めた南アジア諸国のエネルギー・プロジェクトや地域協力のプログラムを推進する立場にもある。従って、研究テーマである越境電力取引をファンディングによって実現させるためには、どのような問題があり、どう取り組み、解決するべきかという観点で、分析・検討を行った。実際に実施されたプロジェクトの定量的な解析を行うとともに、その因果関係について、エンジニアリング、財務、組織対応、環境・社会配慮など多角的に検証を行っている。具体的には、まずブータン・ネパールのプロジェクトのコスト差異分析を行い、両国の水力開発の類似性・相違性を明らかにした。これまで、ネパールの水力発電の開発コストがブータンよりも高いという指摘はあったが、原因が体系的に解明されたことはなかったからである。さらに、プロジェクトから電力セクターや国レベルまで視点を広げ、それぞれの国内事情が、ブータン・ネパール両国の水力発電開発や電力輸出入の現状にどのように影響しているのか、原因を分析した。また、周辺国との関わりを地政学的な観点で検証し、最後に、気候変動の枠組みへの対応の違いも取り上げ、包括的・段階的な取組みの道筋を考究した。尚、研究方法としては、先行研究などの文献調査、プロジェクト・レベルでの事例研究に加え、ADB の業務を通じた、現場での”耳目の情報”も取り入れている。プロジェクト・サイトの踏査も含め、政府関係者、開発援助機関、国営・民間企業、研究者へのヒアリングを通じ、研究成果の検証も行っている。

4. 研究から得られた知見

本研究の、主な学術的な意義と得られた知見は以下の通りである。

(1) プロジェクト・コストの違い

ブータンとネパールの水力発電開発コストについては、実際のプロジェクトのデータに基づき、分析を行い、その差異について因果関係を解明した。こうした観点からの定量的分析はこれまでなかった。発電の大きさを示す、メガワット(MW)あたりの実績値は、ブータンよりネパールのプロジェクト・コストの方がずっと高い。その原因が、政府や開発関係者の間でも長く判然としなかった。これについて、本研究で主に明らかになったのが、ブータンとネパールのプロジェクト設計における、重視するポイントの違いである。ネパールが、“流量”を重視するのに対し、ブータンは“落差”に比重があった。流量と落差は、それぞれ発電の大きさ (MW) を決めるパラメーターであり、大きければ大きいほど、MW の数値が上がるが、どちらを重視するかで、プロジェクトの建設構造物やサイト選定に大きな影響を及ぼすこともわかった。ネパールの場合、流量を最大化させるには比較的大きな川の、オープンな谷間にプロジェクト・サイトを求めることになり、流量を支えるためのダムや貯水池の規模が膨らむ。結果、環境・社会リスクの懸念も高まり、ファンディングする側の視点でもプロジェクトの難易度は上がる。構造物の大きさやセーフガード対策が全体コストを引き上げ、その複雑性から完成の遅延も避けられない。ネパールでは、このようなプロジェクトの遅延から、電力供給が需要に追いつかず、電力不足・電力危機の焦りから、より大規模な水力発電プロジェクトが求められるとい

う悪循環になっている。一方、ブータンでは、高低差の大きい地形を活かし、落差を追求することで、サイトは山深い急峻な谷間、小さな支流となり、環境・社会インパクトが小さい。またネパールと同様の発電の大きさ（MW）であっても、ダムや貯水池は相対的にずっとコンパクトであり、コスト効率が良い。ファンディングする立場からもサポートしやすいので、開発の加速化という好循環を招く。ブータン国内では、既に余剰電力の状態のため、貯水重視の構造物は求められず、インドの需要が高まる雨季に集中発電し、売電する流れが生まれている。こうした因果関係の解明により、プロジェクト・コストの大きさが、単に地形やプロジェクト設計の問題だけではなく、国内の需給状況や、国内消費・国外輸出といった用途の面ともつながりがあることが確認された。

（2） 国内事情の違い

国内の電力需給バランスや地方電化の状況、プロジェクトの実施能力、環境・社会的特性の観点から、ブータン・ネパールの水力発電開発、その輸出入の状況との関連で比較を続けた。その検証過程で、“電力の飢餓輸出”が電力の輸出入プロジェクト・計画に大きく影響を与えることが明らかになった。飢餓輸出とは、電力輸出プロジェクトによって、国内の電力供給に支障をきたす状態のことである。国内の電力が不足している状態で、電力輸出の計画を進めることは難しい。過去ネパールでも、世界銀行、ADB が、それぞれこうした水力発電の輸出案件を計画したが中断された。一方、ブータンでは電力輸出を始めて 30 年ほどになるが、国内電化率がほぼ 100%になったのはつい最近である。これは、国内供給が不完全な状況下にも、電力輸出ができていたということであり、地方電化と電力輸出は平行して行うことが可能であることを証明している。ひとつに、ブータンが地方電化を完了していなくとも、国内の電力需要をまず満たした上で、余剰した電力のみを輸出に回していたことにもよる。一方、ネパールのように停電が頻発する状況下では、電力輸出案件への非難が高まる。またブータンでは、電力輸出の利益の一部を補助金として、国内の電気料金引き下げに使うなど、輸出利益の還元を広く行った。こうした電力輸出の利益を共有・透明化する政策が、有効なことも確認された。

（3） 政治的・外交的立場の違い

先行研究では、地政学的要因、特にインドとの関わりが、ブータンとネパールの水力発電開発・電力の輸出入の明暗を分けたとの意見がある。例えば、ブータンはインドの援助を継続的に受け、ネパールはそれを拒否したと言われている。しかしながら、そうした指摘、評論は、インドから見た目線が多い。目線の角度を変えて検証すれば、別の要因も明らかになってくる。まず、国際金融機関や二国間援助の問題である。ブータンが主にインドの二国間援助を利用してきたのに対し、ネパールはインドに頼らず、ADB や世界銀行の多国間援助資金、日本、ドイツなどの二国間援助資金、または民間資金をベースに、開発を進めてきた。こうした、多国間あるいは二国間援助資金には、ネパールのような最貧国には通常、資金割当ての制限があり、単独でコストの大きいプロジェクトをサポートすることができなかった。民間資金も、ほとんどが小規模な案件ばかりで、中規模以上の水力輸出案件に至っては、検討に留まり一つも成立していない。ファンディングする側の視点で、ネパールの水力発電のプロジェクト・コストの高さをかんがみれば、こうした資金源と取組みは、はなはだ不適合であったと言わざる得ず、援助資金の配分不足や制約は、ネパールの電力危機を未然に防ぐどころか、対策自体打てなかったことを露呈している。

二点目として、インドの“二面性”が明らかになった。インドの対外支援は、伝統的な外交ツールの側面を持つ一方、インド企業の支援・利益という商業的な側面を重視する。特に近年この傾向が強まっている。インドの、ネパールやバングラデシュへの電力輸出にはこの二面性があり、インドの電力輸出価格は、商業ベースであるといえる。ネパール、バングラデシュからは、価格が高すぎるという批判が出ているが、電力輸出では、こうした商業的側面を不可避の現実として、理解する必要がある。ただし、その移行措置として中立の国際金融機関の関与が有効なことも示された。

三点目として、バングラデシュが BBIN、またネパールの不利な状況を変える潜在性があることが把握できた。インドが同意しないことが原因で、ブータン・ネパールの水力発電はバングラディッシュ

では利用されてこなかったが、近年、インドとバングラデシュの電力取引が加速される中で、変化が見られるようになった。バングラデシュ国内の天然ガスが枯渇してしまう危機感から、インドからの電力輸入だけではなく、ブータン・ネパールの水力輸入を本格的に模索し始めている。一方、ブータン・ネパールもバングラデシュへの電力輸出のための水力発電プロジェクトを望んでいることが明らかになった。インドの二面性が満たされる合意ができれば、インドも含めた、バングラデシュ、ブータン、あるいはネパールの3カ国での電力取引契約に進む可能性はある。

四点目は、中国の影響である。中国からネパール、バングラデシュ(ミャンマー経由)に電力供給の計画を持ちかけている。ブータンは中国と国交がないが、ブータン国境で中印両軍がにらみ合う事態も最近起きた。インドは対中国の牽制として、域内の電力取引によってその結びつきを強めているが、中国企業の参入を警戒し、二国間ベースの取引に傾斜し、多国間取引に発展しない。インドと中国の競争は、BBINの電力取引の進展には、プラス・マイナス両面がある。

(4) 気候変動への適応の違い(CDMに代表される開発支援策に対して)²

水力発電開発やその電力輸出が、気候変動の枠組みによって推進されることはブータンの事例からも明らかである。しかしながら、現在のクリーン開発メカニズム(CDM)では、ブータンやネパールでの水力発電プロジェクトの場合、そもそも国内の電力消費のための排出削減効果の算定が難しい(国内消費では、CO₂を排出する十分な化石燃料を代替できないとされるためである)。インドのような大きな排出国に輸出することによって、初めてその効果は算定され、CDMの仕組みが活用可能となる。しかし、なったところで、CDMが、投資採算性の低いプロジェクトを事業可能なレベルに引き上げることは、実際には起こりえないことを本研究で明らかにした。現実世界においては、このように不安要素の多い案件には、投資、融資が控えられるためである。ネパールのプロジェクトのように、コスト、リスクともに高い水力発電案件には、CDMのような仕組みの適用は難しく、したがって、ブータンのように、電力輸出目的、しかもコンパクトかつコスト効率の良いプロジェクトの有効性は明らかである。これは今後の電力取引や水力発電開発を支える、新たな気候変動の枠組みの検討を要請する。

(5) 域内電力取引市場に向けた展望

将来に向けた展望を鑑み、欧州で展開されている“Nord Pool”という電力取引市場の成り立ちの過程を検証し、BBINの現状と比較・考察を行った。BBINの二国間ベースでの取引は伸長する余地が大きいが、多国間でのスポット市場での電力売買となると、その下地の形成にすらまだまだ程遠い現実が明らかになった。電力の市場取引では、限界費用による価格決定が主体となる。そのため、燃料費がかからない、水力やその他再生エネルギーの発電価格が有利になり、石炭やガスなど化石燃料の火力発電所の淘汰が進む。裏返せば、電力市場では十分な水力や再生エネルギーによる発電量が前提となる。また国内電力の需給ギャップがある程度緩和されており、特に水力の場合、債務償却が十分進んでいることも重要であり、BBINがこうした根本的な条件を満たすには時間を要する。

² 公表済み：Ogino (2016), Conflicts of decision-making processes between Clean Development Mechanism and project finance, *Development in Practice*, 26:8, 1083-1093.