

鉍工業プロジェクト形成基礎調査

(ブータン国・再生可能エネルギーによる地方電化計画)

調査報告書

平成14年11月

JICA LIBRARY



1174351(5)

国際協力事業団
鉍工業開発調査部

鉍調査
JR
03-033

鉍工業プロジェクト形成基礎調査

(ブータン国・再生可能エネルギーによる地方電化計画)

調査報告書

平成14年11月

国際協力事業団
鉍工業開発調査部



1174351{5}

プロジェクト形成基礎調査
(ブータン国・再生可能エネルギーによる地方電化計画)

調査報告書 目次

第1章	総論	3
1.1	要請の背景・経緯	3
1.2	調査の目的	3
1.3	団員構成	4
1.4	調査日程	4
1.5	主要面談者	5
1.6	調査事項・対処方針	7
第2章	協議概要	13
2.1	協議概要	13
2.2	団長所感	16
2.3	署名した協議議事録	19
2.4	面談記録・現地踏査記録	29
第3章	電力開発の現状と第9次5カ年計画	49
3.1	電力開発の現状	49
3.2	第9次5カ年計画	53
3.3	再生可能エネルギー普及の現状	56
第4章	地方電化推進政策	63
4.1	2020年までの長期開発ビジョン	63
4.2	第9次5カ年計画	63
4.3	地方電化に関する考え方	63
4.4	電力法	64
4.5	地方電化の実施体制	65
4.6	地方電化推進マスタープランの必要性	65
4.7	環境配慮	66
第5章	技術的検討	69
5.1	グリッド延伸による電化	69
5.2	再生可能エネルギー技術	72
5.3	新エネルギー技術	84
5.4	オフグリッド導入の課題	87

第6章 地方電化マスタープラン調査の構想	91
6.1 調査の果たすべき役割	91
6.2 調査の目的	91
6.3 作業項目と作業フロー	93
6.4 その他の事項	97
付属資料	91
資料.1 ブータン政府から提出された要請書	101
資料.2 第9次5カ年計画（電力セクター部分）	107
資料.3 RE-Master Plan Concept（DOEプレゼンテーション資料）	128
資料.4 Power Sector Presentation to JICA Mission（DOEプレゼンテーション資料）	133

第1章 総論

第1章 総論

1.1 要請の背景・経緯

ブータン王国は GNP354 百万ドル、一人当たりの GNP が 470 ドル（いずれも 1998 年、世銀アトラス 2000 による）の後発開発途上国（LLDCs）である。同国はインドとの密接な経済関係を基本としており、インド政府の援助で建設された水力発電所を中心とする電源開発が進展し、2001 年時点で 357MW の発電設備容量を有する。発電電力量の約 75%をインドに輸出しており、主要な外貨収入源となっている。2001 年時点における全国世帯電化率は 30%を下回っている。政府は電化率向上を重要課題として、長期ビジョンにおいても 2020 年までに全国世帯電化率 100%を達成することを目標としているが、人口の 85%が基幹送電線の敷設されている都市部から離れた地方部に居住していること、国土全体が急峻な山岳地帯に覆われていること等から、送電線延伸による地方電化の推進は容易ではない。

かかる状況の下、2000 年 8 月に同国政府より再生可能エネルギーによる地方電化を促進し、農村地域における住民の生活改善と民生向上を図ることを目的とする開発調査実施に係る要請が日本国政府に提出された。要請機関はブータン貿易産業省(Ministry of Trade and Industry)である。要請内容の骨子は以下のとおりである。

- ①未電化地域における需要マップの作成
- ②独立分散型による電化が推奨される地域の太陽光・風力ポテンシャルマップ作成
- ③未電化地域に対する電力供給計画立案（含む小水力）
- ④地方部における維持管理システム立案
- ⑤未電化村落を対象とする電化計画に係る基本設計

1.2 調査の目的

本調査は開発調査要請案件「再生可能エネルギーによる地方電化マスタープラン」に係る基礎調査を実施するものである。ブータン電力セクターは、ADB、UNDP、インドなど援助ドナーの関与が多く状況変化が激しい。また、ADBにより実施された技術協力において行われた提言を踏まえた政府の民営化政策に従って、2002 年を目標として貿易産業省電力局(DOP : Department of Power)の公社化に向けた準備が進められている。さらに、2001 年 7 月には電力法が制定され、ブータン電力規制庁（BEA : Bhutan Electricity Authority）の設置準備が進められる等、電力事業実施に関する新しい法的枠組みが構築されたばかりである。これらの理由により、技術協力を検討する際に必要となる現状のベースライン情報が不足しており、要請されている開発調査の妥当性、必要性の検討のためには同セクターの現状を確認することが必要である。本調査の目的は、先方関連機関との協議等を通じてブータン電力セクターが抱える問題点を把握し、右問題解決のための開発調査のアプローチを検討することにある。

1.3 調査団員構成

団長／総括	丹羽 颯	JICA 国際協力専門員
調査企画	立松 信吾	JICA 資源開発調査課職員
地方電化政策・法制度	大瀧 克彦	プロアクトインターナショナル株式会社
送配電系統計画	大嶋 一成	株式会社アイ・エヌ・エー
再生可能エネルギー利用	斉藤 克彦	株式会社日本開発サービス

1.4 調査日程 (2002年10月27日～11月10日)

Date	Schedule	Accommodation
1 10.27 Sun	19:10 - 23:40 4:30 Narita→Bangkok TG773	Bangkok
2 10.28 Mon	6:50 - 11:10 4:20 Bangkok→Paro KB127 12:00 - 13:30 1:30 Paro→Thimphu (by Car) 15:00 - 16:40 1:40 JICA Office	Thimphu
3 10.29 Tue	9:30 - 10:00 0:30 Director General, Dept of Debt & Aid Management 10:15 - 11:00 0:45 Courtesy call on Secretary, Ministry of Trade & Industry 11:00 - 13:00 2:00 Director, DOE, MTI and Head of Planning and Coordination Div., DOE 12:00 - 13:00 1:00 Presentation of 9FYP and proposed Study by Planning Coordination Div., DOE 14:00 - 16:10 2:10 Discussion on proposed Study with DOE 16:10 - 17:00 0:50 MTG with ADB Consultant on RE Study of the 9FYP	Thimphu
4 10.30 Wed	9:30 - 10:10 0:40 MTG with Managing Director, Bhutan Power Corporation (BPC) & Manager of Planning, BPC 10:10 - 11:00 0:50 MTG with General Manager, Customer Service Dept., BPC 11:00 - 11:50 0:50 MTG with General Manager, Development and Constructions Dept., BPC 11:55 - 12:50 0:55 MTG with General Manager, Transmission Dept., BPC 14:15 - 15:00 0:45 MTG with Head, Hydro-met Services Div., DOE 15:00 - 16:00 1:00 MTG with Head, Renewable Energy Div., DOE 16:30 - 17:00 0:30 MTG with UNDP on Energy issues	Thimphu
5 10.31 Thu	9:30 - 10:30 1:00 MTG with Head, Renewable Energy Div., DOE 10:45 - 11:45 1:00 MTG with National Environmental Commission 12:00 - 12:45 0:45 MTG with Forestry Officials on bio-mass energy 14:00 - 15:00 1:00 MTG with Ministry of Communications/Road officials 15:00 - 16:00 1:00 MTG with Department of Industry (Rural enterprise development programme, use of RE) 16:15 - 17:00 0:45 Coordination meeting with PCD, DOE officials	Thimphu
6 11.1 Fri	9:30 - 13:00 3:30 Collecting information and data (Maps, data, local consultant) 14:00 - 17:00 3:00 Coordination meeting with PCD, DOE officials 19:00 - 21:00 2:00 Dinner party hosted by DOE, MTI	Thimphu
7 11.2 Sat	9:30 - 17:00 7:30 Internal Meeting, Drafting of M/M and Report	Thimphu
8 11.3 Sun	9:30 - 17:00 7:30 Internal Meeting, Drafting of M/M and Report	Thimphu
9 11.4 Mon	9:00 - 9:40 0:40 MTG with Secretary, Planning Commission 9:50 - 13:00 3:10 Discussion with DADM/DOE on draft M/M 14:00 - 17:00 3:00 Discussion with DADM/DOE on draft M/M	Thimphu
10 11.5 Tue	9:00 - 12:00 3:00 Wrap-up Meeting & Signing of M/M with DADM/DOE 12:00 - 13:00 1:00 Reporting to JICA office 14:00 - 17:00 3:00 (Mr. Tatematsu leaves for Paro by car) 14:00 - 17:00 3:00 Collecting information /data	Thimphu (Mr. Tatematsu, Paro)
11 11.6 Wed	9:00 - 17:00 8:00 Site survey, Collecting information/data 9:30 - 12:30 3:00 (Mr. Tatematsu) Paro→Delhi KB204 14:00 - 14:40 0:40 (Mr. Tatematsu) Reporting to JICA office 15:00 - 16:50 1:50 (Mr. Tatematsu) Reporting to Embassy of Japan 0:05 - 5:35 5:30 (Mr. Tatematsu) Delhi→Bangkok TG316	Thimphu
12 11.7 Thu	9:00 - 17:00 8:00 Site survey, Collecting information/data 0:05 - 5:35 5:30 (Mr. Tatematsu) Delhi→Bangkok -0535/TG316 11:20 - 19:00 7:40 (Mr. Tatematsu) Bangkok→Narita 1120-1900/TG640	Thimphu
13 11.8 Fri	9:00 - 17:00 8:00 Collecting information/data	Paro
14 11.9 Sat	9:00 - 11:00 2:00 Collecting information/data 13:45 - 14:50 1:05 Paro→Bangkok KB126 23:40 - 7:30 7:50 Bangkok→Narita TG642	Bangkok
15 11.10 Sun	23:40 - 7:30 7:50 Bangkok→Narita TG642	-

1.5 主要面談者

●在インド日本大使館
一等書記官 木下光明

●JICA 関係者

JICA Bhutan Office

Mr. MORI Yasuyuki

Resident Representative, Bhutan office, JICA

●先方関係者

Ministry of Finance

Ms. Yanki T. Wangchuk

Director General, Department of Aid and Debt Management (DADM)

Mr. Norbu Wangchuk

Ministry of Trade and Industry

Mr. Karma Dorjee

Secretary

Mr. Sonam Tschering

Director, Department of Energy (DOE)

Mr. Bharat Tamag

Head, Planning & Coordination Division, DOE

Mr. Karma P. Dorji

Deputy Head, Planning & Coordination Division, DOE

Mr. Karma Chopel

Head, Hydromet Division, DOE

Mr. Karma Dupchu

Project Manager, Hydromet Division, DOE

Mr. J. B. Basnet, DOE

Scientific Officer, Hydromet Division, DOE

Mr. Satchi

Head, Renewable Energy Division, DOE

Mr. Sonam Yangley

Director, Department of Industry

Bhutan Power Corporation

Mr. Sonam Tshering

Managing Director

Mr. Jigme Tobgyel

Manager, Planning Division

Mr. Tenzing Yonten

General Manager, Customer Services Division

Mr. Gem Tshering

General Manager, Transmission Division

Mr. K. B. Wakhley
General Manager, Development & Construction Division

Planning Commission

Mr. Daw Tenzin
Secretary

Ministry of Home Affairs

Mr. Karma Wangdi
Deputy Chief Manager, Map Production Division, Department of Survey and Land Records

Ministry of Agriculture

Mr. D. B. Dhital
Joint Director, Forest Resources Development Division, Department of Forestry Services

National Environmental Commission

Mr. Karma Lodey Raptan
Officer, Technical Division

Donors

Mr. Anders Knudby
Programme Officer, United Nations Development programme (UNDP)
Ms. Seeta Giri
Environment Analyst, UNDP

Consultants

Mr. Tony Bull
Team Leader, Bhutan Rural Electrification Project (RE-III), ADB-TA3825-BHU
Mr. Jim Elston
Consulting Economist, Bhutan Rural Electrification Project (RE-III), ADB-TA3825-BHU

1.6 調査事項・対処方針

(1) プロジェクト実施の必要性及び実施可能性の確認

ア. ブータン電力セクターの現状と今後の見通しの確認

ブータンの電力セクターにつき以下の項目について情報収集を行い、ブータン電力セクターが抱えている問題点及び今後の見通し（開発計画、運営実施体制等）を把握する。問題点改善のため有効な協力の方法を検討し、本プロジェクトの必要性、妥当性を確認する。

- ①現状及び問題点
- ②既存の電力設備整備状況（発電設備、送配電系統設備、変電設備）
- ③電力セクターの開発計画（電力設備の拡充計画等）

イ. ブータン電力セクターにおける国際援助機関等の動向の把握

ブータン電力セクターにおいては、ADB、UNDP などの国際援助機関、我が国の他インド政府、オーストリア政府、オランダ政府などの二国間ドナーが関与して電力開発が行われてきた。現在進行中の電力セクターにおける個別プロジェクトの進行状況、実施機関等につき情報を収集し、国際援助機関、二国間ドナーの関与について現状を把握する。

ウ. 先方の開発調査「再生可能エネルギーによる地方電化マスタープラン」実施に係る意向について

(ア) 上位法制度との整合性

ブータンでは 2001 年 6 月に電力法（入手済み）が制定されている。策定されるマスタープランはこの電力法と整合性の確保されたものとする必要がある。本プロジェクト形成基礎調査では電力法の施行状況等（施行体制、策定にかかる他ドナーの関与の有無等を含め）を確認する。

(イ) 必要となるマスタープラン

提出された要請書においては、電力局が掲げている 2020 年までの全世帯電化という目標達成のための地方電化マスタープランが求められているとされている。先方のニーズに合ったマスタープランとすべく、用途等につき先方の意向を確認する。

(ウ) 調査終了後の展望

ADB がこれまで各 5 年計画ごとに地方電化プロジェクトについて 10 百万ドル規模の融資を行ってきたという情報もある。他ドナーによる協力も含む地方電化事業のための資金手当の可能性、本マスタープランの活用のあり方について先方の考え方を確認する。

エ. カウンターパート機関

ブータンの電力セクターには以下の機関が存在している。本プロジェクト形成基礎調査では各関連機関の役割、資金の流れ、事業実施能力、人材等について情報収集を行い、開発調査実施について、カウンターパート機関としての適性、受け入れ体制を確認する。電力局は 2002 年

を目標に株式企業化（公社化）が検討されているとの情報もあることから、電力局の公社化後に地方電化を担うと想定される実施主体と財源について確認する。

（ア）貿易産業省電力局（Department of Power, Ministry of Trade and Industry）

ブータンの電力セクターは貿易産業省の管轄下に置かれており、電力局が電力設備の運営・維持管理及び電力政策・規則の策定を行うとともに、内閣の直轄機関である計画委員会が策定した国家全般の開発計画（現在は第 8 次 5 カ年計画（1997-2002 年））に基づいて、大小の水力発電所、送配電線、太陽光発電設備の設置等の計画・設計・建設を担当している。

（イ）「チュカ水力発電公社」（Chhuka Hydro Power Corporation）

国内最大のチュカ水力発電所（336MW）における発電については 100%政府系公社である「チュカ水力発電公社」が担当している。

オ. 既存資料の整備状況／取得可能性の確認

開発調査実施に係る妥当性の検討においては、ブータン国の電力セクターの問題点及びその原因を適切に把握することが極めて重要である。そのため、既存電力設備にかかる資料等の整備状況及び取得の可能性につき確認する。

カ. 関連する法制度の確認

電力設備については技術基準、河川法、建築基準法、環境基準等の各省庁主管の多くの法令が関係しており、それぞれが定めるところを満たす形で整備されている。ブータン国内においても同様となることが予想されることから、関連する法令の有無を確認し、関連法制度と整合性のとれたマスタープランにするべく情報を収集する。

キ. 開発調査実施対象地域の安全管理情報の収集

開発調査実施の主な活動地域は首都ティンブーとなるものと予想されるが、ティンブーにおける既存資料の整備状況、取得の可能性によってはティンブー以外の都市へ情報収集が必要となる場合も考えられる。ついては、ティンブーにおける治安情報だけでなく、電力設備が既に整備されている地域を確認の上、かかる地域に関する安全管理の情報も JICA ブータン駐在員事務所、先方関連機関を通じ収集する。

なお、現在、外務省による安全管理情報及び JICA 安全管理課情報によれば、インド・アッサム州で分離独立を求める過激派組織であるアッサム統一解放戦線やボドランド民族民主戦線などが、インド軍に追われブータン領内に侵入してきており、また、ブータン領内のキャンプを拠点とする過激派がブータンとインドとの国境沿いのアッサム州でテロ活動を行っているとの情報があり、以下の危険情報が発出されている。

●外務省

ブータン南東部（インド・アッサム州との国境付近）：

「渡航の是非を検討して下さい」

●JICA 安全管理課

インド・アッサム州との国境付近：

「業務目的外渡航見合わせ、業務目的渡航は安全管理課に要協議」

ク. 開発調査実施可能時期の確認

ブータン国における雨期は6月から9月であるが、雨期においてはヒマラヤ山脈に遮られた南西からのモンスーンが豪雨をもたらし、毎年のように洪水や土砂崩れ等の自然災害を引き起こしている。開発調査では他の地域を踏査する必要があると予想されるため、ブータン国内におけるアクセス可能性、気候条件等の情報を収集する。また、先方の受け入れ体制についても、困難な時期があるか等につき確認する。

上述の情報を収集及び確認のうえ、開発調査が円滑に実施できる時期を確認する。

(2) 開発調査の目的・内容・実施手法についての基本的合意

本格調査の必要性および実施可能性が確認された場合、先方との協議及び現地踏査を通して本格調査における協力内容（調査対象地域／調査スケジュール／調査範囲／調査項目等）の絞り込みを可能な範囲で行うこととする。

第 2 章 協議概要

第2章 協議概要

2.1 協議概要

(1) ブータン政府の地方電化政策

調査団は、ブータン政府の地方電化政策について、以下の点を確認した。

- ① 2020年までの全世帯電化の達成を第9次5ヵ年計画以降における優先課題としており、電化目標達成のために第10次5ヵ年計画以降の地方電化計画をドナーとの交渉を含めて具体的に検討できるよう、第9次5ヵ年計画期間中に2020年までの地方電化マスタープランを完成させる必要があること
- ② 電源については、急速に増加しつつある燃料輸入の抑制という観点からも再生可能エネルギー、とりわけ自国に豊富な水力を活用した電源開発を重視しており、既存の水力発電所からの送電線延伸による電化を優先的に進めるものの、地理・地形的条件、経済的条件から送電線延伸による電力供給が困難な地域については、マイクロ水力や太陽光など独立分散型の再生可能エネルギーを活用していく方針であること

(2) 地方電化の現状及び地方電化マスタープランの位置付け・必要性

- ① これまでの地方電化は、主に ADB の支援を得つつ、5年毎の送電線延伸計画に基づいて進められてきたが、長期計画の不在により、体系的な設備整備が進められてきたとは言いがたく、従って、非効率な投資が行われている例が指摘された。調査団は2020年までに全世帯の電化を達成するためには、第9次5ヵ年計画の期間中(2002～2007年)に、電力セクターの中長期的な方向性を示すものとして、2020年を目標年次とする地方電化マスタープランを策定することの必要性と要請案件の重要性を確認した。
- ② 調査団は、想定されるマスタープランは11kV以上の送電線網についてその延伸のための全国大の計画策定作業を中心とするものであり、フィージビリティ調査を実施するものではなく、従って、400V配電網のレベルの整備にかかる設計、積算、入札書類作成等についてはマスタープランの範囲からは除外されることを説明し、先方の理解を得た。また、調査団は、DOEが現時点において適用している需要原単位は一戸当たり2kW(調理熱源、暖房を含む)とされているが、エネルギーのベストミックスという観点からの再検討の必要があることを指摘し、調査項目に含めることについて先方の理解を得た。
- ③ マスタープランは、第10次5ヵ年計画(2007～2012年)以降の電力セクター開発計画に展開されていくべきものであり、第10次の計画準備のために本開発調査の成果は2005年中に提示されることが望ましいことが先方より説明された。また、(1)及び(2)の協議を通じて要請案件の必要性、妥当性が共に確認できたため、双方協力して国家計画の中でのマスタープランの位置付けを整理し、協議議事録に添付することとした。

(3) 開発調査の目的、TORの見直しに係る基本的合意

- ① 開発調査の目的について協議を実施し、対象地域を20県すべてとすること、電力セクター開発の基本的方向性をレビューしつつ、2020年までの全世帯電化を達成するため

の長期計画を策定することを目的とすることで合意した。開発調査の実施採択については、本鉱工業プロジェクト形成基礎調査後、日本政府部内の承認を得る必要があること、最終的な内容は実施細則において定めるものであることを説明し、先方もこれを了解した。

- ② さらに、双方協力して要請書の見直しを行い、開発調査のプログラム草案を策定した。策定したプログラム草案の内容は次のとおりである。
 - 1) 電力需給構造と電力供給に係るコスト効率性の評価
 - 2) 地方村落における電化ニーズと電化のインパクトの確認
 - 3) GIS技術による未電化地域の需要マップの作成
 - 4) 2020年を目標年限とする系統内及び系統外（オフグリッド）の組み合わせによるコスト積算を含む地方電力供給計画の策定
 - 5) 地方部での電力供給についてのオペレーション、メンテナンスのための組織・ガイドランに係る提言
 - 6) 遠隔地における電力供給システムを自立的に維持するための社会開発プログラムの提言
- ③ また、電力供給は生計向上、生活水準向上のみならず、保健医療・教育等の社会福祉サービスの改善に大きく資するインフラであるとの認識がブータン側から示され、DOEは、公共施設の整備計画を電力供給計画に反映することを可能にするために、開発調査期間中、必要に応じ保健医療・教育等の社会セクターに係る政府機関関係者の関与を得る方針であることを確認した。
- ④ 開発調査の方向性を明確にすることが出来たので、調査項目についても双方で見直しを行い、その結果を協議議事録に添付することとした。

(4) 開発調査実施に必要なデータ、資料

- ① 要請案件は全国20県の完全電化計画立案を軸とするマスタープランの策定に係るものであることから、調査団は、社会経済データ（世帯分布状況等）の他、地図・水文・気象データの整備状況、取得可能性が開発調査実施可能性の検討のために重要であるとの認識に基づき、各データの整備状況について調査した。各県毎の需要想定と計画立案には、未電化村落の人口分布状況等が必要である他、先方から要望されている内容のマスタープラン策定のためにはデジタルマップの存在が必須である。村落内の世帯数については、各村落の固定資産台帳にて把握することが可能であること、5万分の1の地図は入手可能であり、デジタルマップについても近く完成予定であること、4大水系の水文データについては1991年以降前蓄積されていること等から、データ整備状況が開発調査を実施する上での重大な問題は認められないことが確認された。
- ② 一方、ADB（送配電網整備計画第3期（RE-Ⅲ）：2003年8月に報告書完成予定）、ノルウェー（電力供給設備長期計画：2003年5月に報告書完成予定）による電力セクター計画立案に係る協力が現在進行中であり、これら調査のアウトプットを本開発調査の検討に反映させる必要がある。かかる事情を踏まえ、調査団は、開発調査の開始前には、

これら他ドナーの検討結果が提供される必要があることを説明し、先方の理解を得た。

(5) カウンターパート機関

- ① 要請提出当時の電力局 (DOP) は、電力セクター改革により、政策立案と計画策定を担当するエネルギー局 (DOE)、主に送変配電設備の整備・維持管理・料金徴収を担当するブータン電力公社 (BPC)、電力料金に係る許認可等の規制を担当するブータン電力規制庁 (BEA) に分割されたことを踏まえ、本開発調査のカウンターパート機関は DOE となることを双方確認した。
- ② 調査団は、マスタープラン策定のためには、既存の送変配電設備に係る正確な理解が必要であること、DOE からの補助金により、DOE が策定した計画に基づき送・配電設備の整備等を実施する主体となる BPC との協力が必要であること、従って、本開発調査を実施する際には BPC も参加するべきことを説明し、先方の理解を得た。

(6) 今後の予定

DOE は本開発調査の速やかな実施を要請したが、調査団は、開発調査の採択については、本プロジェクト形成基礎調査の結果を踏まえ、JICA 内における検討、及び日本政府部内における検討・調整を経て、決定されるものであること、開発調査の最終的な内容は実施細則において定めるものであることを説明し、先方もこれを理解したが、第 9 次 5 カ年計画期間中 (2002～2007 年) に成果が活用可能となるようなタイミングで本開発調査の実施を期待していることが先方から改めて説明された。

2.2 団長所感

10月28日から11月9日までの13日間にわたり「森と水の資源に恵まれた」ブータンにおいてプロ形調査を実施した。好感度はアジア・ナンバーワンと評されるブータン政府関係者の誠実な対応と JOCV 事務所の森所長からの種々の助言に助けられた。今次調査における先方との合意事項については M/M および各団員の専門的意見にもとづいて報告するとして、ここでブータンにおける地方電化の要点と考えられるものについて所感を述べる。

(1) 地方電化と GNH(Gross National Happiness)

ブータンを訪れると誰もが Gross National Happiness という新思考に強い関心が引かれる。GNH とは、国民の生活向上を進めていく上で GNP といったドル換算による生産性指標に偏ることなく、恵まれた自然環境と伝統文化を大切にしつつ国民の Happiness (幸福度) を高めることだと説明された。

地方電化は GNH のなかで重要コンポーネントとされ、山間僻地の人々に対して教育と保健医療などのサービスへのアクセスを確保するため地方中核都市における学校・寄宿舎、保健・医療機関の電力供給は 1997 年から 2002 年の第 8 次 5 カ年計画期間中にほぼ完了している。地方電化をさらに加速させたいとの意向から 2020 年までに全世帯の電化達成を目標とする地方電化長期計画立案を第 9 次 5 カ年計画のなかに掲げたわけである。

ちなみに国家計画委員会と貿易産業省の次官はそろって地方電化が農村の生活改善に不可欠であり、さらに電気を使った家内工業の育成のためにまず電化ありとの大前提を強調した。

(2) 農村の高い電力消費

A DB で現在実施している第 9 次 5 カ年計画期間に実施予定の地方電化計画においては、農村 1 世帯当たりの電力需要、すなわち需要原単位としては都市部と同じ規模の 2 kW を想定している。このように異常ともいえる高い電力消費を地方電化計画に折り込む理由としては、冬季間の暖房用の電熱器と電気炊飯器や湯沸かしポットなど家電製品の普及が急速に進むことを前提としているからである。他のアジア諸国における電灯需要を目標とする地方電化とはきわめて対照的である。

農村の電力消費を押し上げている別の理由としては、ブータン政府が森林の保全・保護のために農家が燃料用の薪の調達のために木を切ることを固く制限していることがある。地方電化を急ぐもうひとつの理由が、薪燃料の代替えとして電気を農家に与えるところにある。さらに、家庭用燃料として普及しやすいはずのプロパンガスや灯油の消費量が低い現実、全国の道路網整備が西部地域のパロとティンブー周辺を除いてまだまだ劣悪であり通年交通を確保できないためであり、インド経由の輸入に依存する化石燃料は安定的な販売ルートや価格面で電気にまったくかなわない状態に置かれていることが原因であろう。今後の道路整備との関連で化石燃料の消費動向を捉える必要はある。

(3) 地方電化コストは世帯当たり 2000 ドル超

A DBによる系統網延伸の費用はすでに1世帯当たり平均2000ドルを越えている。今後さらに地理的・地形的に不利な地域について電化網を拡大していくとなれば、1世帯当たり3000ドルあるいは4000ドル以上に跳ね上がることはまちがいない。かような見込みの中で、すべての世帯に一律2kWの電力を供給することが果たしてGross National Happinessに不可欠なことであるのだろうか。地方電化はこの国の経済を左右するほどの莫大な投資を必要とする。

さらに、地方電化を2020年に完了させるという目標を立てたことは、農村人口の70%に及ぶ未電化世帯を20年足らずのうちに完了させるというものだが、費用対効果の経済面で肯定しうるものかどうか大いに検討の余地が残っていると見える。ブータン経済は水力発電エネルギーをインドへ売ることによる外貨収入が現行の歳入の半分以上を占めるなど、水資源以外に立国の基盤をもたない国である。電気を農村に提供することの尊さは認めるところであるが、今後とも1世帯当たり2kWと想定し数千ドルの費用を投入するというような固定観念にとらわれてはならないとの印象を受ける。ブータンに見合った調和ある地方電化方策というものほどのようなものとなるのか、開発調査においては提案型の検討が必要となろう。

(4) マスタープランの意義

長期的な視点に立った地方電化ならびに適正な資金措置についての計画立案はまさに今のブータンが必要としていることである。将来の需要原単位は、合理的なエネルギー消費を前提とした電気と化石燃料を組み合わせた消費形態の提案（ベストミックス）や消費サイドでの需要管理（Demand Side Management）の導入について真剣な検討が望まれる。また、地方電化を果たした結果としての社会福祉向上や地場産業の育成の指標について一層の踏み込みが必要であり、そのためには関連セクターを巻き込んだ計画立案体制の構築がなされねばならない。

開発調査においては国家計画委員会を母体とする「地方電化発展協議会」のような関係セクター調整機関の設置が望ましい。第9次5カ年計画にうたわれている県・郡レベルへの地方分権化の流れと一致した地方電化計画を提案するものとしたい。

(5) 独立分散型の再生可能エネルギーの活用の可能性

残された電化対象地域がますます地理的・地形的条件から系統延伸にとって不利となること避けられない。ミニ・マイクロ発電はkW当たりの建設コストが系統延伸に比べてきわめて高額なためこれまでのところ地方電化のオプションとしての比重が低いままにある。今後、コスト競争力が改善されるなど拡大導入の見込みは高い。

ミニ・マイクロ水力発電は1970年代にインドが、1980年代から1990年代にわが国の無償資金協力により、現在まで23地点で建設された。地方中核都市の公共施設（学校、保健所など）を中心に一般家屋へも電気を供給することに大きな貢献があった。その後の家庭の電力消費が旺盛に伸びたこともあり、供給が追いつかずピーク負荷時間帯に供給を停止することや、その後に出現したあらたな接続希望者を吸収できないために、系統による電気供給にとって替わられるサイトが出た。

1世帯当たり2kWの電力供給を独立分散型の電化手段によって達成しようとすれば多くの

制約がともなう。その打開策としては、ミニ・マイクロ水力発電の系統連携運用がブータンで目立った動きを見せてきている。インド製のミニ・マイクロ水力発電所が系統と連携のための改造が最近行われた。このことにより将来的な負荷増加への対応が可能となることに加え、豊水期や昼間の余剰発電エネルギーを系統側に投入することで経済性の向上が図れることになる。

従来、ミニ・マイクロ発電は系統がしばらく伸びることのない遠隔地の地方電化と位置づけられてきたが、系統連系を取り入れた設備設計を行うことで新しい立地の可能性が広がることに留意する必要がある。


太陽光発電は、過去に相当数の Solar Home System(SHS)が国の無償および民間ベースで設置されたが、いまだに地方電化の有効手段としての地位を確保できていない状況にある。この原因は需要家の多くがバッテリーの取り扱いに慣れていないため適正な維持管理ができなかったことや、出力が極小のために冬季間の電熱器が使用出来ない不便さが理由となっており、大変に評判が悪い。これまで電力消費の高い農村において家屋単位の SHS に限定して普及努力を行ってきたことが本当に Sustainable なことであったのか、今後の検討の余地は大いにある。たとえば、10 数戸が接近する集落を対象とした場合など、kW 級の集中方式の太陽光パネル導入が候補として考えられる。また、冬季暖房用の太陽熱温水器との組み合わせや系統と連系させるハイブリッド方式の採用についても現実性があると確信するので、開発調査のひとつの眼目とすることも検討される必要がある。

2.3 署名した M/M

MINUTES OF MEETING
FOR
THE PROJECT FORMULATION STUDY
ON
INTEGRATED MASTER PLAN STUDY FOR DZONGKHAG WISE
ELECTRIFICATION BY RENEWABLE ENERGY
IN
THE KINGDOM OF BHUTAN

AGREED UPON BETWEEN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
AND
DEPARTMENT OF ENERGY
THE MINISTRY OF TRADE AND INDUSTRY

NOVEMBER 5, 2002
THIMPHU, THE KINGDOM OF BHUTAN,



Dr. Akira NIWA
Leader
The Project Formulation Study Team
Japan International Cooperation Agency



Mr. Sonam Tshering
Director
Department of Energy
Ministry of Trade and Industry

The Project Formulation Study Team (hereinafter referred to as "the Team") organized by the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and headed by Dr. Akira NIWA, had a series of discussions on "Integrated Master Plan Study for Dzongkhag (District) Wise Electrification by Renewable Energy in Bhutan" (hereinafter referred to as "the Study") with the officials of the Department of Energy, Ministry of Trade and Industry (hereinafter referred to as "DOE") and other related ministries, divisions, organizations from October 28 to November 5, 2002. Discussions were conducted in a friendly and cordial atmosphere, and both sides agreed to record the following points as summarized conclusion of the discussions.

1. Background

Bhutan is rich in renewable energy resources, and the Royal Government of Bhutan is trying to promote rural electrification by fully utilizing the renewable energy resources. The Royal Government of Bhutan (RGOB) places high priority to hydropower generation from economical and technical standpoints in order to achieve economic self reliance. The national plan of achieving complete electrification of the whole country has been set by year 2020. Utilization of renewable energy sources is deemed to contribute to environmental protection and reducing fossil fuel imports, which are regarded as priority issues in the national policy.

2. Key roles expected for Master Plan

(1) Position of the Study in 9th Five Year Plan

DOE presented to the Team that in order to achieve electricity for all by 2020, RE Master Plan is essential, and stated the urgent necessity of JICA technical assistance to produce the plan within the 9th Five-Year Plan. The Team recognized that the national policy of rural electrification is the first priority of the 9th FYP, and implementing the requested technical assistance of the Study is important.

Both sides agreed that the Study is a prerequisite for the future FYP, and therefore has to be carried out within the 9th Five-Year Plan period. The Study is to produce a sustainable techno-economic plan and the corresponding investment plan/strategy to cover the whole electrification program up to year 2020.

(2) Formulation of M/P

The Team pointed out that the current rural electrification plan adopts the standards employed in urban supply, and indicated a necessity of establishing a revised version.

Both sides agreed the goal of the Study will be best achieved by studying 1) energy best-mix and demand side management of household electricity usage, and therefore 2) closely correlate with DOE's other 9th FYPs.

(3) Subsequent F/S for future RE projects

Subsequent to the completion of the Study, future feasibility studies for HV/MV will not be required to be carried out in the same depth as is currently being done by DOE. The feasibility studies will only concentrate on design of village wise low voltage distribution networks, cost estimate, bill of quantity, and tender documents.

(4) Input to the Power Sector 10th Five Year Plan

The preparation of the next five-year plan, namely of 10th FYP for year 2007 to 2012, has to begin in two years ahead of the scheduled commencement, which is year 2005. Both sides agreed that the Study output is a core component in the preparation of power sector 10th FYP rural electrification.

A tentative time frame of the Study superimposed in the national rural electrification programme is shown in Attachment-1.

3. Objectives of the Study

Objectives of the Study are as follows:

- (1) Evaluate supply-demand structure and cost effectiveness of the present power supply
- (2) Preparation of demand map of non-electrified villages by GIS technology
- (3) Socio-economic survey at remote villages to identify the social needs for and expected benefits from rural electrification
- (4) Formulation of on-grid and off-grid combined development plan of rural power supply for the non-electrified areas up to the year 2020 with cost estimates
- (5) Recommendation of operation and maintenance organizations/guidelines for sustainable power supply in rural areas
- (6) Preparation of social development programs targeting remote villages to achieve self-sustainable power supply system
- (7) Technology transfer of rural electrification technology with an emphasis on environmental protection and forest preservation

It has been confirmed that rural electrification will play an important role to improve the social welfare such as medical and educational services as well as living standard of rural people. Because of this, DOE will involve the relevant social sectors of the government in pursuit of improving the public facilities by means of rural electrification.

4. Tentative Scope of the Study

Both the Team and the Bhutanese side made a review on the DOE Terms of Reference for the Study dated April 29, 2001 and agreed on the following points. See Attachment -2 for the Conceptual Diagram of RE Master Plan Study.

Stage 1: Preparatory Work for Master Plan

Major work items to be conducted in this stage are as follows:

- (1) GPS survey to create database on un-electrified villages;
- (2) Socio-economic survey at candidate remote villages;
- (3) GIS mapping of un-electrified villages and their relevant information;
- (4) Analysis on "Energy Best Mix" and "Demand Side Management (DSM)";
- (5) Demand estimation and demand map creation;
- (6) Off-grid model plan with micro hydro, solar, wind energy and new technology;
- (7) Development of computer model for grid extension designing;
- (8) Testing of computer model on model districts and on-the-job training:

In this stage, utilizing local human resources would be vital for the timely execution of the work items, and employment of local consultants and/or equivalence would be established.

Stage 2: Master Plan Formulation & Supply Plan/Design

Major items to be conducted in this stage are as follows:

- (1) High and mid voltage (11kV/33kV and above) grid extension plan for Districts (single line diagram);
- (2) Identification of off-grid zones;
- (3) Survey on potential off-grid hydropower sites;
- (4) Introduction of rural organizations/industries for sustainable operation;
- (5) Off-grid rural electrification plan for Districts;
- (6) Operation & Maintenance guideline for on-grid and off-grid electrification;
- (7) Comprehensive district wise RE plan targeting the year 2020:



5. Data and information required

The below-listed data and information are prerequisites for the execution of the Study.

- (1) Digital topographical map covering whole Bhutan, (RGOB)
- (2) The final report of “Basic Design for 9th Five Year Plan Rural Electrification Program, (DOE/ADB)”;
- (3) The final report of “Water Resources Management Plan and Update of the Power System Master Plan, Bhutan, (DOE/NORAD)”;

The Team learnt that the project activities related to the above listed data and information are still far from completion, and the Team was unable to derive concrete ideas on to what extent the content and quality of the final form might influence the scope of the Study. The Team informed DOE that above studies will form essential input and hence, draft or final copies of these studies will need to be provided to JICA before the commencement of the Study.

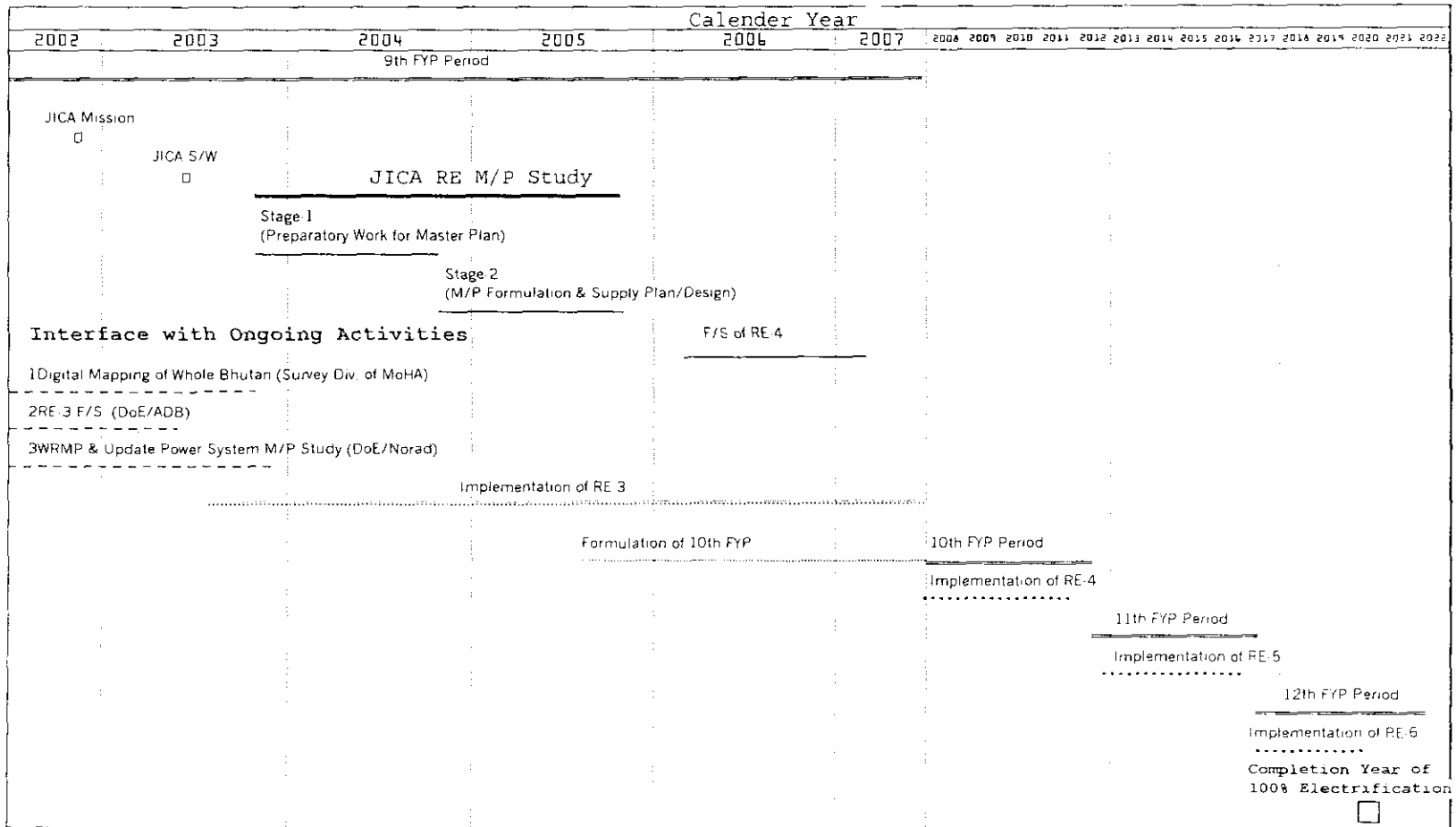
6. Counterpart organization

From July 2002, the Department of Power (DOP) was unbundled into Bhutan Electricity Authority (BEA), Bhutan Power Corporation (BPC), and Department of Energy (DOE). DOE under the Ministry of Trade and Industry (MTI) is responsible for energy planning and policy functions, and will act as the counterpart agency for the Study. BPC is in charge of implementing RE projects. Therefore, BPC shall also be involved throughout the Study.

7. Next Steps

DOE requested the Team to implement the Study as soon as possible. The Team explained that the final decision of the Study implementation would be subject to relevant reviews by JICA and consultation with officials concerned in the Government of Japan. The Bhutanese side requested the Team to pursue with GOJ so that the Study can be implemented within the 9th FYP.

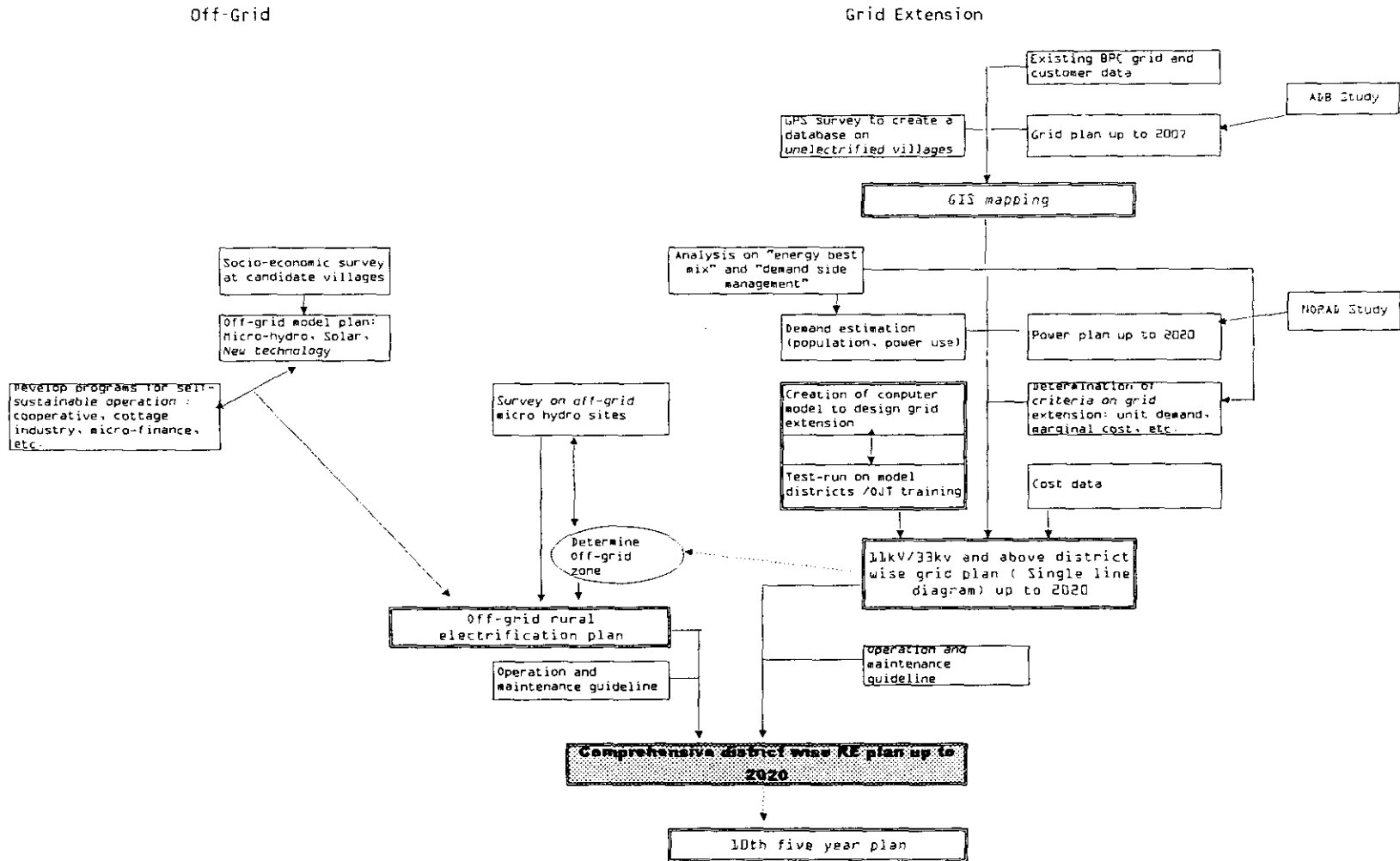




Attachment-1: Tentative Time Frame for JICA RE M/P Study

Am

Conceptual Diagram of RE Master Plan Study



Bo

W

List of the Members

JICA Project Formulation Study Team

Dr. NIWA Akira

Team Leader, Senior Advisor for Power Development, JICA

Mr. TATEMATSU Shingo

Study Planning, Program Officer, Energy and Mining Development Study Division, Mining and Industrial Development Study Department, JICA

Mr. OTAKI Katsuhiko

Policy and Legal Framework, Consultant, Proact International Co., Ltd.

Mr. OSHIMA Kazunari

Planning of Transmission and Distribution System, Consultant, INA Corporation

Mr. SAITO Katsuhiko

Renewable Energy Utilization, Consultant, Japan Development Service Co., Ltd

JICA Bhutan Office

Mr. MORI Yasuyuki

Resident Representative, Bhutan office, JICA

Ministry of Finance

Ms. Yanki T. Wangchuk

Director General, Department of Aid and Debt Management (DADM)

Mr. Norbu Wangchuk

Assistant Programme Officer, Department of Aid and Debt Management (DADM)

Ministry of Trade and Industry

Mr. Sonam Tshering

Director, Department of Energy (DOE)

Mr. Bharat Tamag

Head, Planning & Coordination Division, DOE

Mr. Karma P. Dorji

Deputy Head, Planning & Coordination Division, DOE

Mr. Karma Chopel

Head, Hydromet Division, DOE

Mr. Karma Dupchu

Project Manager, Hydromet Division, DOE

Mr. J. B. Basnat, DOE

Scientific Officer, Hydromet Division, DOE

Mr. Satchi

Head, Renewable Energy Division, DOE

Bhutan Power Corporation

Mr. Sonam Tshering
Managing Director
Mr. Jigme Tobgyel
Manager, Planning Division
Mr. Tensing Yonten
General Manager, Customer Services Division
Mr. Gem Tshering
General Manager, Transmission Division
Mr. K. B. Wakhley
General Manager, Development & Construction

Ministry of Home Affairs

Mr. Ugyen Tenzin
Dy. Surveyor General, Department of Survey and Land Records.
Mr. Karma Wangdi
Deputy Chief Manager, Map Production Division, Department of Survey and Land Records

Ministry of Agriculture

Mr. D. B. Dhital
Joint Director, Forest Resources Development Division, Department of Forestry Services

National Environmental Commission

Mr. Karma Lodey Rapten
Officer, Technical Division

Planning Commission Secretariat

Mr. Daw Tenzin
Secretary, Planning Commission.

Donors

Mr. Anders Knudby
Programme Officer, United Nations Development programme (UNDP)
Ms. Seeta Giri
Environment Analyst, UNDP

Consultants

Mr. Tony Bull
Team Leader, Bhutan Rural Electrification Project (RE-3), ADB-TA3825-BHU
Mr. Jim Elston
Consulting Economist, Bhutan Rural Electrification Project (RE-3), ADB-TA3825-BHU



2.4 面談記録

JICA ブータン駐在員事務所

日時：2002年11月7日（月）15：00-16：30

場所：JICA ブータン駐在員事務所会議室

参加者：JICA ブータン駐在員事務所 森所長
調査団全員

調査団より本プロジェクト形成基礎調査の目的、対処方針を説明の後、先方より以下のコメントが述べられた。

- ・ 今回の要請書 TOR に記載されている調査項目（全国 20 県を対象とする県毎の基本設計レベル電化計画策定）を 1 件の開発調査によって実施するのは困難との印象であり、地域の絞り込みも 1 つの選択肢であると思料する。既に実施中の農道開発マスタープランでは、当初、全国 20 県を対象とするマスタープラン策定が要請されていたが、S/W 協議時に日本側からルンチ県、モンガル県の 2 県を対象を絞ることことを提案し、ブータン側と合意した。
- ・ ADB は地方電化プロジェクトに今後 10 百万ドル程度のローンを供与していく方針だが、一方で、Technical Assistance (TA) 部分の予算が枯渇しており、JICA の開発調査による融資対象案件形成を期待しているとの情報もある。ADB により実施中の協力と今次要請の関係を明確にしておく必要がある。
- ・ 当国では、地方部における道路整備状況が極めて劣悪で 6～9 月（雨季：上砂崩れ及び道路崩落）1～2 月（冬季：路面凍結）は車両による地方部への移動は極めて危険である。また、10、11 月は観光シーズンで航空券の予約が極めて難しい。これらの点に注意が必要である。
- ・ 協議議事録への署名は援助窓口機関である財務省と要請機関が行うのが通常であり、本件については、財務省及び貿易産業省（エネルギー局）が署名することとなる。
- ・ インド（特にアッサム州）との国境付近については、治安悪化によりブータン外務省が外国人の立ち入りを禁止しており、当事務所としてもインド国境付近への関係者の立ち入りは禁止している。また、パロ県、ティンブー県以外の県への外国人立ち入りには政府のパーミッションが必要なことから、時間の余裕を持って申請する必要がある。

Department of Aid and Debt Management, Ministry of Finance

日時：2002年10月29日(火) 09:30 – 10:00

場所：Department of Debt & Management 会議室

参加者：局長 Ms. Yanki Tobgyel Wangchuk
Program Officer Mr. Norbu Wangchuk
調査団全員

先方要旨：

この部局は新しくできた組織である。

援助案件について決定されるまでは **Planning Commission** の **International Cooperation Department** が担当し、決定後は国家予算と援助資金の受け入れ、返済計画などの調整をこの **Department** が行う。

現在、日本国政府にはこの地方電化マスタープラン調査のほかに **Grid Extension** と **Micro Hydro** の2件の無償資金協力要請を出している。

Tala 発電所の運転開始後においては国家収入が増加し、財政運営は好転するが、まだブータンは途上国であり開発しなければならない分野は多いので、援助が必要であることには変わらない。

Department of Energy, Ministry of Trade and Industry

日時：2002年10月29日(火) 10:15 – 11:00

場所：局長室

参加者：局長 **Sonam Tshering**

調査団全員

先方要旨：

2002年7月に送配電を行う **Bhutan Power Corporation** (100%国有) が発足した。私はその社長も兼務している。発電はこれまで通り国が管理している。電力に関する政策や計画はこの **Department of Energy** (**Department of Power** を改名) が所管する。DOE の役割は計画を推進し、実行することであり、**Bhutan Power Corporation** は実際に事業を行う立場である。**Bhutan Electricity Authority** (2002年7月設立) は電力に関する規制や料金の認可を行う。この **BEA** は現在は DOE の下部機関であるが、2～3年後には独立した機関になる予定である。

ブータンの水力発電電力量のうち75%がインドに輸出され、国家歳入の44%を稼いでいる。

地方電化は地方部にとってメリットが大きく住民の要望が強い。2020年で100%電化という目標があり、DOEとしては全国を対象とした地方電化計画を文書のかたちで必要としている。その中には各地区ごとに、グリッドからの距離、住宅数、経済状況、電力供給コスト等が盛り込まれている必要がある。この地方電化マスタープラン調査の報告書は遅くとも第9次5カ年計画が終了する2007年6月までには必要である。これをもとに第10次5カ年計画以降の援助プロジェクトを各国と交渉することになる。地方電化の手法としてはグリッド延長、マイクロ水力、太陽光などの組み合わせである。カウンターパートはDOEである。オフグリッドのマイクロ水力はすぐに需要が超過してしまうので住民は不満を持っている。グリッドによる電化の方が望ましい。例えば、**Gasa** 県ではこれまでオフグリッドマイクロ水力の計画があったが、送電線延長に変更した。(調査団注：需要増加のスピードが速い中核地区ではグリッド延長がよいが、周辺地方部ではオフグリッドでも当分の間は問題は生じない可能性が高い。)

地方電化（調査団注：主にグリッド延長を意識）を実施するのは BPC である。これは非収益事業であり補助金が必要である。地方電化を行う際には環境への配慮が不可欠である。ADB の配電線延長計画(Rural Electrification III)のレポートが 2003 年 8 月に完成する。これは 15,000 戸分のグリッド延長計画であり、ADB の資金で 8,000-10,000 戸はできるであろうが、残りは他のドナーを見つけなければならない。グリッド延長コストは一戸当たり \$2000 と高い。最小コストで電化する方法を考えなければならない。太陽光は 1 セット \$600 であり、バッテリー交換費用は \$100 である（調査団注：特殊な太陽光専用バッテリーを想定した試算であり割高）。バッテリーの処分も環境問題となる可能性がある。局内に再生可能エネルギー課がある。太陽光の熱利用も検討したい。

現在、Power System Master Plan の見直しを Norway の援助で実施中であり、これは 150MW 以上の大型水力発電計画についてその開発優先順位づけを行っている。1990 年以降の測水データが整備されてきたため、この見直し作業が可能となった。

2002 年 1 月から新料金体系になっている（産業用・都市料金と地方料金の 2 本立て）。

2003 年 7 月から低圧需要家は 3 段階料金制度になる（都市、地方の区分はなくなる）。

80kWh/月まで	0.6 Nu/kWh
81~200kWh/月	0.9 Nu/kWh
201kWh/月以上	1.0 Nu/kWh

Tala 発電所の運転開始後(2005)において国家収入は大幅増加となるが、ブータンは多数のプロジェクトを必要としているため、援助なしでやっていけるということはない。地方電化のための財源についても国家予算と援助を半々程度の割合で進めていくという考え方であろう。

Planning and Coordination Division, Department of Energy, Ministry of Trade and Industry

日時：2002 年 10 月 29 日(火) 11:00 – 16:00

場所：Department of Energy 会議室

参加者：Head Mr. Bharat Tamag

Deputy Head Mr. Karma P. Dorji

ADB コンサルタント Mr. Tony Bull (SMEC)

調査団全員

議事要旨：

Bharat 氏が以下の 2 つのプレゼンテーションを行い、質疑を行った。

1. Power Sector of Bhutan
2. RE Master Plan Concept

要請背景に関連する主要事項は以下に示すとおりであった。

第 9 次 5 年計画では

- グリッド延長で 15,000 戸の電化（ADB の TA で計画作成中 完成 2003 年 5 月）

- Micro 水力の新設 3 カ所 UNIDO/GEF プロジェクト(日本に無償要請中)
- Mangdechu Hydroelectric Project (360 MW) US\$ 348.9 million 着手
- Punatsangchu Hydroelectric Project (870 MW) US\$ 812.9 million 着手
- 太陽光の計画なし (第 8 次 5 カ年事業の 1200 セット設置 (オランダの援助) が現在も続いている)

第 9 次以降 2020 年までに 100%電化を達成するために、人口増、戸数増を考慮し 65,000 戸の電化が必要であり、その内訳は、

第 10 次 5 カ年計画(2007-12)で 20,000 戸

第 11 次 5 カ年計画(2012-17)で 25,000 戸

第 12 次の途中 (2017-2020) までで 20,000 戸の電化を予定しており、

この 65,000 戸の電化のための総事業費は(1 戸当たり \$2,000 として)\$130 million である。1 戸当たりの需要として 2kW を基準としている。これには調理や暖房を含む。

地方電化マスタープランは全国を対象とした 2020 年までの電化計画であり、各県ごとに毎年の計画が示されているという想定である。このプランに基づき各国のドナーとプロジェクトを交渉する。5 年ごとに見直すローリングプランと考えている。電力供給力の優先順位はグリッド、オフグリッドのマイクロ・ミニ水力、太陽光、バイオマス、燃料電池 (水の電気分解で水素を製造して燃料にする) である。

質疑応答部分における先方発言の要旨は以下に示すとおり。

1. BPC 配電線延伸工事実施の能力は 1,500 世帯/年程度で、開発建設部 (Development & Construction Division) が担当している。
2. 実施中の UNDP 案件については、F/S が完了し、日本国政府の無償資金協力をハード部分について要請中で日本側からの回答待ちである。
3. ADB 支援の RE-III における電化地域 (15,000 世帯相当) の選定と送電線拡張の範囲設定については、プレ F/S (ローカルコンサルが実施) にて選定された拡張範囲をそのまま採用したため、範囲設定の根拠等に関しては責任ある回答は出来ない、プレ F/S では、17,000 世帯を一次選定し、最終的に 15,000 世帯に絞り込んでいる。
4. RE-III においては、新規電源開発については一切検討を加えていない、コスト想定については全ての資材はインドからの輸入であり、人件費はブータン国内業者の価格を使用している。

Bhutan Power Corporation

日時：2002年10月30日（水）9:30～10:10

参加者：Mr. Sonam Tshering, Managing Director

Mr. Jigme Tobgyel, Manager, Planning Division

調査団全員

議事要旨：

1. 当方より、BPCの営業収支について質問したところ先方より以下の説明があった。
 - ・ 現行電気料金は原価割れの設定となっているために、当社は財政的に非常に苦しい立場にあるが、一方で料金値上げは難しい状況にあるため、結果として営業収入が不足した場合、相当金額を政府補助金として毎年補填して貰う形態をとっている。補助金は年間200 million Nu程度である。
 - ・ 年間事業計画の中で社会的責任の一環として実施している事業もある。その内容は主に小水力及びディーゼル発電の維持・管理関連の事業である。建設事業も含めてその財源はDOEの予算として確保し、DOEの事業の実施担当機関としてBPCが活動するという形態である。国民の生活レベルが向上して、適正な電気料金を負担できるようになるまでは、このシステムは維持され、政府の補助金制度は継続せざるを得ない。
2. 当方より、電気料金の改定により収支バランスが改善される見込みについて質したところ、先方より以下の説明があった。
 - ・ 3年程度で収支均衡できる。
 - ・ Chhukaなど売電に伴う託送料金収入がある。
 - ・ 民生需要は高々5%程度であるので、現存の産業用途（精錬業、セメント製造等）に加えて新たな動力需要型産業を導入できれば収支均衡は可能である。
3. 当方より、BPCにおける地方電化についての関心を質したところ、先方より以下の説明があった。
 - ・ BPCとしては収益性のない事業（例えば太陽光設備による電化）には関心がない。他の組織形態(ESCOなど)で実施すべきである。
 - ・ DOEから要請されている開発調査についてはBPCとしてはあまり貢献できないが、例えば調査団が地方において現地踏査を実施する場合には、BPCの支店スタッフ(小規模な所で10名程度)が協力することは可能である。
 - ・ 地方電化のための専任部署は設けておらず、建設部門がDOEのからの要請に従って建設を行う体制がとられている。
 - ・ 地方電化向けとしては3～4MW程度の小水力に注目している。
 - ・ 設備容量20MW未満の水力案件はBPCが実施することになっている。計画立案はDOEが行う。
4. 当方より、要請機関のDOPが組織再編によりDOEとなったが、本格調査を実施する際のカウンターパートはどの機関になるかとの問いに対し、BPCではなくDOEであろうとの回答があった。

5. 当方より、地方電化に関するデータベースの有無について確認したところ、ADB の作業の一部として来年はじめには完成の予定である旨の回答があった。

Customer Service Division (CSD), Bhutan Power Corporation

日時：10月30日（水）10:10～11:00

参加者：Mr. Tenzing Yonten, General Manager, Customers Service Division

Mr. Karma P. Dorji, DOE

調査団全員

先方発言要旨：

1. CSD は 33kV 以下の送配電設備を担当し、マイクロ水力の発電や送配電全般を取り扱う。
2. 現在主要都市内における架空線の地下ケーブル化を計画中である。早ければ、2003 年末にも工事着手の予定。都市部外郭を送電線にてループ化し、域内にはフィーダー線にて供給するシステムを考えている。
3. 保有設備のデータベース（台帳）化については、現在 GIS 化に着手したばかりであるが、技術者不足により思うようには進捗していない。
4. 今まで ADB の支援を得ながら実施してきた 3 フェーズの RE は、各フェーズ毎に担当したコンサルタント企業の本社所在国が違い採用された技術基準が異なっており（1 期・ニュージーランド、2 期・インド、3 期・オーストラリア）、運用上の不都合があるので統一規準とする必要性を感じている。また、既存配電設備の GIS 化については、GIS を扱える技術者がいないため進捗が思わしくない。今回の M/P にて対応することはできないか。
5. 長期限界費用については、4.2NU/kWh。
6. 地方部での料金徴収については、毎月決まった日にスタッフが村長の家まで行って、村民に料金を持参してもらう方法を採用しているがこれは採算割れとなっている。送配電線の延長費用は\$2,000/世帯となっている（同国内の実績に基づくもの）。太陽光発電の場合、バッテリーの交換費用が一般世帯では負担できないため、1 ドル/月程度を各戸から徴収し、バッテリー更新の積立金に充てることも検討している。
7. 地方部(Rural Area)の定義については、町の境界(town boundary)の外側を地方部と定義している。
8. 発送電・売電の実施権限を Dzongkhag に委譲する意向は有るかとの質問に対し、部長より、技術的・財政的な面から現状においては対応が困難であると考えており、発送電・売電の実施権限を Dzongkhag に委譲することは考えていない。

Transmission Division, Bhutan Power Corporation

日時：10月30日（水）11:00～11:50

参加者：Mr. Gem Tshering, General Manager, Transmission Division

Mr. Karma P. Dorji, DOE

調査団全員

先方発言要旨：

先方より、送配電部門の担当業務と送配電設備の現況紹介がなされた。その要旨は以下に示すとおり。

- ・ 職掌範囲は、発電所出口から配電端入り口（ロードセンター）までの間の全設備で、送配電システム調査、送配電システム調査も担当している。
- ・ 既存送電線の概要は以下の通り。
220kV(S/S 2ヶ所)－158.69km
132kV(S/S 7ヶ所)－309.27km
66kV(S/S 7ヶ所)－235km
- ・ 現在、Tala 発電所から Phuentsholing を経由して、インドへ送電する 400kV 送電線を建設中である。
- ・ 計画中送電線の概要は以下の通り。
220kV Semtokha－Baso chhu－Tsirang－Gelephu－Dagana 間
132kV Tingtibi－Trongsa－Bumthang 間
- ・ 東部における送電線の概要は以下の通り。
- ・ 132kV Mongar－Gelephu 間 197.5km と Mongar－Trashigang 間が新規に完了
- ・ 第9次計画における送電線延伸計画の概要は以下の通り。
- ・ 220kV Basochhu－Damphu－Gelephu 間（Thimphu－Basochuu 間は流動的計画）
- ・ 132kV Tingtibi－Trongsa－Jakar－Mongar 間（インドが建設中の Mongar－Lhumtse 系統に接続）
- ・ 66kV Damphu－Dagana 間
- ・ 将来的には 11kV 系統は廃止して、33kV から 440V へと直接変換したい。
- ・ 当部の担当分野ではないが Chhuka (360MW) の上流 Bunakha (124MW) 地点と Tala (1,020MW) の下流 Wangchu (910MW) 地点にそれぞれ新規開発を行って約 1,030MW の増強を行う計画である（いずれも F/S 完了）。Bunakha は貯水池式であり、下流の流況改善により Chhuka 以下の発電能力が改善できる。

Development & Construction Division, Bhutan Power Corporation

日時：10月30日（水）11:55～12:50

参加者；Mr. K. B. Wakhley, General Manager, Development & Construction Division

Mr. Karma P. Dorji, DOE

調査団全員

先方発言要旨：

1. 発電所の詳細設計を行える人物がいるのか。計画段階での需要原単位の設定が過大と思われるがとの質問に、以下の回答を得た。
 - ・ 詳細設計を行える技術者はいる（現在留学中）。
 - ・ 計画段階では2kW/世帯を想定しているが、実施段階では1kW/世帯で実施している。
 - ・ 当部で開発に興味のある設備容量は100kW超の部分である。以前無償資金協力で作ったようなごく小規模の水力はすぐ電力需要が設備容量を超過するし、維持管理も困難であることから、今後何らかの改善策を講じる必要があると認識している。
2. （予算の50%を国外からの支援に頼りながら、2kW/世帯の他国の事例に比べて過大な原単位を設定する理由について問うたところ）
 - ①人口抑制、②衛生状態の改善、③教育環境の改善、④生活水準の向上など都市部と同じ課題があると考えており、この課題を解決するためには、経験上も2kW/世帯は必要だと考えている。
3. 国家目標は2020年までに世帯電化率100%達成であるが、MTI大臣の督励により2015年を達成目標年次とするという号令がかかっている。

Hydro-Met Division, Department of Energy, Ministry of Trade and Industry

日時：2002年10月30日（水）14:15 – 15:00

場所：Hydro-met division 会議室

参加者： Head Mr.Karma Chophel

Mr. Karma Dupchu

Mr.J.B. Basnet

調査団全員

先方発言要旨：

流量観測所は第一級（SCADA）は13カ所、第二級は8カ所であり、中部から南部にかけて設置されている。大きな水系は4つである。観測は1990年からであり、データがそろっているのは91年以降。最小流量が生じるのは2月から3月にかけてである。東西で大きな流量パターンに大きな差はない。サンプルデータを提供する。

気象観測所は73カ所。気象データを提供する。

NORADが実施している大型水力計画の見直し作業のC/Pを務めている。

Renewable Energy Division, Department of Energy, Ministry of Trade and Industry

日時：2002年10月30日(水) 15:00 - 16:00

場所：Head Satchi 氏 執務室

参加者： Head Mr. Satchi

調査団全員

先方発言要旨：

第8次5カ年計画でオランダ SDA の援助で1200セットを地方部に設置するプロジェクトが進行中(遅れている)。来年6月までかかる。仕様は55W パネル2枚、コントローラ 10A, 11W 蛍光灯最大5個、ソーラーバッテリー 110Ah。機材費は1セット当たり 31,000Nu で、これは約600ドルであるが、これにはスペアパーツが含まれておりそれを除けば約500ドルである。

この機材はブータンで調達した。全てインドから輸入品。各県から選ばれた43人のトレーニングを行った。ユーザーにも一部のコストを負担してもらっている。

(以下、翌日、斎藤、大滝団員が再度面談した際のやりとり)

Q1 現在進行中のプロジェクトは。

1) UNDP/SPPD Project (レポート入手)

2) 1200Sets/ Solar Home system (前述)

・落札者/事業費：TATA BP Solar India Limited/ 約34,000,000Nu

“見積もり内訳書” “コピー入手

・施工期間：2001-2003

・標準システム

a) ソーラパネル：55W 2枚

b) バッテリー：1Set/ 110Ah/ Heavy Duty：Tublar Type

c) コントローラ 10A

d) Lamp：4~5Sets/ 11W

・運搬費、据え付け費用分担区分

e) Bangarole - Phuentsholing (ブータン国境の町)：落札金額に含む

f) Ph- 各20のゾンカック：各ゾンカックが負担

g) 各ゾンカック中心部 - 需要家：運搬据え付け：SDA が負担

150Nu/day を3ヶ月間 Trainer に保証し、据え付けができなかった場合は各ゾンカックが保証する。

Q2 これまでの実績

a) RGOB/ 200Sets/87-88

Q3 納入済み SHS を調査したいが。

1) Thimphu 地区の山岳部：2カ所、いずれも歩いて1~1.5時間

2) その他街道沿いに何カ所かある

Q4 Thimphu 市内のソーラー専門店

2カ所、DSB Enterprises ほか

DSB Enterprises (ソーラー発電システム販売会社)

日時：2002年11月1日(金) 17:30-18:30

面談者：President, DSB Enterprises

斎藤、大滝

調査結果概要：

1. DSB Enterprises について

- Tata BPSolar India Limited のソーラーシステムを扱うブータンでただ一つの販売店
- DOE/Solar Division が行っている SHS1200Sets を 1999 年受注し、現在事業実施中
- Thimphu 市内にあるソーラー機材 2 店のうち、DSB の方が規模は大きい。営業年数 4 年。

2. ユニセフの Solar Project を実施した。

- 導入数：85Sets
- 学校、寺院および BHU(Basic Health Unit)を各 1 セットずつ各ゾンカックに設置した。

3. 取り扱いソーラー機器価格などについて

- Charge Controller: 1200Nu
- ランプ(11W): 1200Nu
- 蛍光灯交換ユニット：300Nu
- ソーラーパネル (単結晶)：13,000Nu/55W
- 同 (多結晶)：18000Nu/75W

4. 輸入関税：品物によって異なる。5～10%。

5. バッテリーはチューブラータイプの heavy duty 用バッテリーを推薦し、バッテリーの寿命として 5 年を標準としている。

6. 推奨システム構成：

- PV パネル：55W x 2Sets
- バッテリー：110Ah

標準適用：ランプ(11W) x 5Sets x 3hours/day

UNDP

日時：2002年10月30日(水) 16:30 - 17:00

場所：UNDP 会議室

参加者： Mr.Anders Knudby, Program Officer
Ms.Seeta Giri, Environment Analyst
Mr.Karma P. Dorji, DOE
調査団全員

先方発言要旨：

UNDP から Sustainability を考えたオフグリッド system (マイクロ水力や太陽光)は絶対に必要となるが、DOE には乗り気でないとの見方が示され、これに対して DOE Karma 氏から DOE は必ずしも反対しているわけではないとの発言があった。Sustainability が問題である。BPC は Solar には関心がないので DOE がやるしかない。

UNDP で提案しているのは3カ所のミニ水力発電所であり、いずれも遠く隔絶された地域にある。F/S は終了している。これらの発電計画はいずれも村落が自主的に管理する方式で運営することを提案している。GEF 分の\$1.9million (ソフト部分) はコミットされている。日本政府の無償資金協力をお願いしたいのはハード部分の\$3.6million であり、このほかローカル分として\$1million をブータン政府が出す予定。

調査団として、受益者数が約300世帯と少ないのは無償資金協力の是非を判断する際にマイナス要因ではないかとの指摘を行った。

Anders 個人としてはブータンでは風力発電の可能性があるのではないかと思っている。(DOE からは過去に2つの風力プロジェクトが実施されたとのコメントがあった。)

Bhutan Electricity Authority

日時：2002年10月31日(木) 09:30 - 10:30

参加者： Mr. Pem Dorjee
調査団全員

先方発言概要：

Q1 New Tariff Category によって BPC にもたらす収入の変化または増加ほどの程度を予想しているか。

- 1) リサーチレポートが提出されていないので、今のところ何ともいえない。
- 2) 新電力法は法律として議会の承認は受けたが、実施細則はこれからである。
- 3) 実施細則最終決定までのプロセスは？ : Implementation Rule Regulation(IRR)は現在ノルウェーの援助で行っており、来年の6月までにはまとまる。

Q2 Tariff 変更のプロセスは？

- 1) 現在 BPC が申請中。

- 2) DOE が審査し、MoF が承認することになっている。
- 3) IRR 成立後は BPC からの申請を受け、BEA は MoF に関係なく独自に Tarriff を決定することができる。

Q3 Tariff の値上げ幅制限は。

- 1) 最低でも 25%。

Q4 スタッフ構成

- 1) 現在 2 名、将来 25 名
- 2) 構成：法律家（弁護士）、環境専門家、プロジェクト分析専門家などが必要となる。

Q5 現行 Tariff 区分

- 1) Rural/ Commercial/ Industrial。
- 2) 95%が Commercial または Industrial の需要。

Q6 新しく提案された New Tariff システムは。

- 1) 使用量に対応した段階的 Tariff Category

	Classification	Power Consumption Range	Energy Charge
A	For Low Voltage consumers A3-block Progressive Tariff		
1	Block-1 (Life Line)	Up to 80kWh/Month	Nu 0.6/kWh
2	Block-2	81-200kWh/Month	Nu 0.9/kWh
3	Block-3	Above 201kWh/Month	Nu 1.0/kWh
B	For Medium Voltage consumers	33/11/0.6kV	Nu 0.95/kWh
C	For High Voltage Consumers	66kV and over	Nu 0.9/kWh

- 2) Rural area はあまり使わないので、全体的に支払額は減少する。

National Environmental Commission

日時：2002年10月31日(木) 10:45 - 11:45

参加者：Mr. Karma Repten, Head Technical Division

Mr. Thinley Dorji, EA Officer

調査団全員

先方発言概要：

Q1 水力発電プロジェクトに関連する EIA ガイドラインについて。kW サイズまたはプロジェクトスキームによる何らかのガイドラインがあるか。

- 1) EIA レポート借用：マンデシュウ・ルリチュウの各プロジェクトの EIA レポートは DOE より入手願う。ルリチュウプロジェクトのものが適当である。
- 2) 水力について小規模のものでも EIA を行うのが原則である。

Q2 あるとすればその Monitoring について。

- 1) 当方では計画の段階では肝心な点のみモニターしており、四六時中モニターしているのはむしろ DOE/Computer Division である。

- 2) DOE が審査し、MoF が承認することになっている。
- 3) IRR 成立後は BPC からの申請を受け、BEA は MoF に関係なく独自に Tarriff を決定することができる。

Q3 Tariff の値上げ幅制限は。

- 1) 最低でも 25%。

Q4 スタッフ構成

- 1) 現在 2 名、将来 25 名
- 2) 構成：法律家（弁護士）、環境専門家、プロジェクト分析専門家などが必要となる。

Q5 現行 Tariff 区分

- 1) Rural/ Commercial/ Industrial。
- 2) 95%が Commercial または Industrial の需要。

Q6 新しく提案された New Tariff システムは。

- 1) 使用量に対応した段階的 Tariff Category

	Classification	Power Consumption Range	Energy Charge
A	For Low Voltage consumers A3-block Progressive Tariff		
1	Block-1 (Life Line)	Up to 80kWh/Month	Nu 0.6/kWh
2	Block-2	81-200kWh/Month	Nu 0.9/kWh
3	Block-3	Above 201kWh/Month	Nu 1.0/kWh
B	For Medium Voltage consumers	33/11/0.6kV	Nu 0.95/kWh
C	For High Voltage Consumers	66kV and over	Nu 0.9/kWh

- 2) Rural area はあまり使わないので、全体的に支払額は減少する。

National Environmental Commission

日時：2002年10月31日(木) 10:45 - 11:45

参加者：Mr. Karma Repten, Head Technical Division

Mr. Thinley Dorji, EA Officer

調査団全員

議事概要：

Q1 水力発電プロジェクトに関連する EIA ガイドラインについて。kW サイズまたはプロジェクトスキームによる何らかのガイドラインがあるか。

- 1) EIA レポート借用：マンデシュウ・ルリチュウの各プロジェクトの EIA レポートは DOE より入手願う。ルリチュウプロジェクトのものが適当である。
- 2) 水力について小規模のものでも EIA を行うのが原則である。

Q2 あるとすればその Monitoring について。

- 1) 当方では計画の段階では肝心な点のみモニターしており、四六時中モニターしているのはむしろ DOE/Computer Division である。

2) 建設段階ではスポット的なチェックで、主として担当する DOE の方で監視する。

Q3 EIA の監督する範囲は？

1) 規模で監視する範囲をもうけていない。Act(基準)の一般概念として、規模やプロセスなどの制限はなくすべてのプロジェクトを監視している。

2) しかし、EIA は本来的に EIA が行うプロジェクトについてはモニターの仕方をプロジェクトの規模により差を付けている。

3) 極端に小さなプロジェクトでも当方は同様にモニタリングする。

Q4 National Environmental Commission

1) 上級政府機関の一つで、主要機関のトップ7人のメンバーからなる

2) 開発関連機関から独立して、開発に関しての判断を下す。

3) 構成 : Prime Minister(兼 Minister of Forestry), Chairman, Minister of Trade and Industry, Deputy Minister of EIA, Deputy Minister of Communication, Secretariat of Planning Commission, Director of Education

Q5 森林保護についての問題点

1) 開発地点までの幹線沿いの樹木に印を付け、伐採不可能な樹木を保護している。

2) また、送電線建設の場合私有地を通すため、それぞれの土地所有者の承認も必要になる。

Q6 バッテリーの問題

1) やはり自動車用の廃棄バッテリーの処理が問題となっている。バッテリーはインド商人が闇ルートでリサイクルしている。

2) 地方電化の点で問題になっていないが、EIA Act としてはバッテリー管理のすべての点を見ることになっているが・ ・

3) 現時点ではバッテリーリサイクルについての法律はない。

Q7 EIA のガイドラインでは 11kV 以下の送電線建設については IEE(Initial Environmental Examination)への手続きは不要となっているが。

1) IEE としてはそうであるが、現時点では承認を受けないまでもやはり所定の手続きが必要である。

2) たとえば、600kW, 6kV 配電線を伴う地方電化を考えた場合、簡単な EIA フォームで提出する必要がある。

3) 開発に伴う土地所有の問題等があるので総合的に判断しなければならないのである。この点では例外はない。

Q8 地方電化開発での自然環境保護の点から開発が禁止されている地域があるか

1) Protected Area として National Park が 8 箇所設定されている。管理は森林省。

2) NP での開発は必ずしも禁止されているとは限らないが注意を要する。

3) NP にも人が住んでいるが、そのうちの Core Zone は開発できない場所で人が居住していない。その周辺部には人が住んでもよい緩衝地帯 (バッファゾーン) が設定されている。

Q9 Master Plan/ Feasibility Study 実施について

1) M/P 段階では EIA 手続きは不要。

2) F/S については規模を問わず EIA が必要。

Forest Resources Development Division, Department of Forestry Services, Ministry of Agriculture

日時：2002年10月31日（木）12:00 - 12:45

参加者：Mr. D. B. Dhital, Joint Director

調査団全員

先方発言要旨：

Q1 Remote Area で森林破壊などの環境問題はないか。

- 1) ない。森林環境の面から見て、地方部では住民が薪を使うなどは **sustainable** である。
- 2) 通常生樹木を伐採することはできない。**Rural(R)**住民はほとんど小枝・枯れ木などを拾い集めて使っている。しかし、**R**-住民は要請により1-2本程度の樹木を伐採することが可能である。この場合、森林官は現場に行き、森林環境上問題のない伐採可能な樹木を選定する。
- 3) 都市部向け燃料（ホテル・調理・暖房など）は商業用として扱われ、若干関心を持たざるを得ない（心配の種である）が、**Rural** については問題ない。
- 4) 特に冬季 **Thimphu** での煮炊き・暖房用の薪の收拾はきわめて困難で、遠くからトラックで運んでくる。もし、どこでも薪をとってもよいことにしたら、環境保全上大きな問題が起こることになるので、我々は **Thimphu** の近郊に2カ所の指定地域をもうけて、それ以外での薪の切り出しを禁止している。しかし、**Rural** ではどこで拾い集めてもよく、環境上問題はない。
- 5) **Thimphu** の学校、特に高等学校用の暖房用薪の確保には、1から2社のコントラクターに、森林官が指定した樹木切り出しを行っている。

Q2 飛行機から見た山の頂上に集落があり、その周りには樹木がなかったが、これは森林伐採のためか。また、土地の崩落が生じているのか。

- 1) そうではない。そのような開けた土地は通常耕作地域である。しかしながら、傾斜地域での耕作を含めいかなる活動も100%禁止されている。
- 2) 同様に、河川に関しての法律(**Natural Condition Act** および **Environmental Act**)で同様に樹木の伐採など一切の活動を禁止している。
 - 大河川の両岸 100m
 - 小河川の両岸 30m

Q3 **NEC** の役割は。

- 1) 森林の管理である。
 - **Reservation**
 - **Protection**
 - **Utilization**
- 2) **Utilization** : **Bhutan** は材木の輸出を禁じている。国内での燃料・建材などの消費だけである。しかも余分な伐採は行わず、1本1本必要なだけ切って使用する。

3) **Protection** : 国土の 26.5%を **Protection Area** として、一切の樹木の伐採を禁じている。そのほかの部分については樹木の有効利用をしている。

Q4 灌漑や発電の場合でもそのような制限があるのか。

1) 別である。樹木の伐採についてのみ制限を設けている。

Q5 R-住民が、きわめて 1-5kW 程度の極小規模の水力発電器を傾斜地に据え付ける場合はどうか。樹木を切る必要があるのではないか。

1) 当然だ。開発行為である。はじめに **Environment Assessment Act** に従って、**Environment Impact Assessment** を行い、もし **feasible** と判断され得たら、樹木の伐採が許される。

2) 水力発電に限らず、道路・ホテル建設などすべての開発行為が **EIA** で **Feasible** と判断されれば許可される。

3) 森林・地質・技術など各方面の専門家からなる委員会で判断される。また、レポートは各担当分野の担当部局が作成する。

Q6 再生可能エネルギーとしてのバイオマスはどうか。

1) バイオマスとしてはまず薪である。そのほか廃棄物の資源化も考えられるが、**Bhutan** では行われていない。

Q7 地方住民は年間 1.2ton/人も薪として伐採しているとの情報があるが。

1) **R-People** が煮炊き、暖房などの目的に限って許されるのである。

2) 74.5%が緑地帯である。

3) 自然保護奨励のため、炊飯器には関税がかからない。

Q7 焼き畑農業と **Land Swapping**

1) かつて東部地域で焼き畑農業が行われたことがあるが、現在では **MoA** が規制している。

2) 焼き畑農業を止めるに当たり、同じ面積の土地と交換を行う **Land Swapping** という制度を設けている。

Q8 その他

1) パロ地区にはゾンカックが行った植林地帯がある。

2) 籾殻、その他農業副産物については **Ministry of Agriculture** が扱う。

3) ゾンカックレベルで **Social Forestry** がある。

4) コミュニティレベル所有の **Forestry** もある。

5) 施設建設に伴って生ずる木材を **Saw Dust** として私企業が有効活用を行っている。

Planning Commission

日時 : 2002 年 11 月 4 日(月) 9:00 – 9:40

参加者 : **Mr. Daw Tenzin, Secretary**

Mr. Karma P. Dorji, DOE

調査団全員

先方発言要旨：

第9次5か年計画で社会開発、インフラ開発を進めなければならない。その中で電力セクターは非常に重要である。Dzongkhag や Gewog に権限委譲するのは医療、教育など社会セクターについてであり、電力や通信は地方にはノウハウがないので分権できない。

今やグローバリゼーションはブータンの地方部にも押し寄せている。電気や電話がないということは大変な問題である。電化されれば地方は自動的に開発が進む。Dzongkhag は電化すべきエリアと住民のニーズを把握し、DOE が電力ネットワークの計画をつくるという役割分担である。どの Gewog から電化していくのかという優先順位をつけることは必要であろう。その際に、電話線と送配電網を一体的に計画することが必要であろう。こういった点で地方電化マスタープランは重要である。マスタープランに基づき DOE が F/S を行い、技術や資金の問題を具体化する。

Daw 次官の住んでいる村はティンブーから 5km の田舎であるが、最近電化され各家庭で日本製炊飯器を使っている。このように一度電化されればいろいろな電気製品が一気に普及する。したがって、地方だからといって電気の使用が少なくてよいということにならない。(地方部に行くほど配電線延長コストが上昇するという当方指摘に対して) フィージブルである限り全家庭を配電線で電化するという考え方をとるべきだ。

太陽光発電はあまりうまくいっていないらしい。使える電気にも制約がある。

ブータンの開発のスピードは速いので、重要な課題である地方電化について明確なマスタープランを早く文書としてまとめたい。JICA の協力を期待する。

第3章 電力開発の現状と第9次5ヶ年計画

第3章 電力開発の現状と第9次5ヵ年計画

3.1 電力開発の現状

第9次5ヵ年計画におけるレビューによれば、第8次5ヵ年計画の電力セクターでの達成目標は以下の様に定められている。

- a) 詳細検討の完了した電源開発案件を優先的に建設に移す。
- b) 既存の水力発電設備並びに関連する送配電施設の効率的運用により、増収を図る。
- c) 環境を汚染せず持続的運用が可能な水力等の再生可能エネルギー利用を推進する。
- c) 地方電化を促進する。
- d) 水力電源流域を将来に亘り保全するために、関連部局との緊密な連絡を保つ。
- e) 政策ガイドラインと料金制度を整備し、水力開発における一層のバイ及びマルチの支援取り付けを促進する。

ブータン国政府は、これらの目標を達成すべく以下に示す事業を実施している。

(1) 電源開発

ブータン第8次5ヵ年計画（1997～2002）における電源開発計画及び進捗状況は、表3-1に示すとおりである。

表-3.1 新規水力開発計画の概要（2002年、第8次5ヵ年計画段階）

計画名	設備容量(発生電力量)	進捗状況(完成年)	支援国
Kurichhu	4×15MW(400GWh/年)	完了(2002)	インド
Basochhu (Upper Basochhu)	62.6MW(296GWh/年)	第1期 24MW 完了 (2002)	オーストリア
Rongchhu(Kellungchhu)	200kW	完了(2001)	オランダ(一部)
Tala	1,020MW(4,865GWh/年)	建設中(2005)	インド
Mangdechhu	600MW	F/S 完了	ノルウェー(NORAD)
Punatsangchhu	1,000MW	F/S 完了	日本
Sakteng	200kW	F/S 完了	UNDP(GEF)
Sengor	50kW	F/S 完了	同上
Tang	400kW	F/S 完了	同上

出典：「第9次5ヵ年計画, Section Paper 7. Department of Power」他

第7次5ヵ年計画期間中に建設が開始された Kurichhu 発電所からの発生電力は、その約90%がインドへの供給に向けられており、これによる収入はインドルピー建てであるので、対インド向けの支払にしか通用しないものの、収入増が期待されている。

また、Global Environment Facilities(GEF)スキームに基づく国連開発計画(UNDP)支援により、Tang(Bumthang Dzongkhag, 400kW), Sakteng(Trashigang Dzongkhag, 200kW)及び Sengor (Mongar Dzongkhag, 50kW)の3地点に対する小水力開発デモンストレーション事業

の F/S が完了し、事業費の約 64%(資機材調達費及び機器操作指導費)については日本政府に対する無償資金協力の要請が提出されている。表-3.1 に示した建設完了分を含む、第 8 次 5 ヶ年計画終了時点 (2002) での既存設備の概要は表-3.2 に示すとおりである。

表-3.2 既設水力発電設備の概要 (2002 年第 8 次 5 ヶ年計画終了時点)

	設備名	設備容量	運開年	支援国/機関
1	Chhukha	336MW	1986-88	インド
2	Chhume	1.5MW	1988	インド
3	Gidakom	1.25MW	1973	インド
4	Chenari	0.75MW	1972	インド
5	Rangjung	2.2MW	1996	オーストリア
6	Khaling	0.6MW	1987	インド
7	Khalanzi	0.39MW	1976	インド
8	Jungshina	0.36MW	1967	
9	Wangdi	0.3MW	1972	インド
10	Kurichhu	60MW	2002	インド
11	UpperBasochhu	24MW(1 期分)	2002	オーストリア
	以下、その他の mini 及び mini/micro-hydro 設備			
12	Lhuntse(Gangzur)	120kW(2000 年増設)	1986	インド
13	Thinleygang	30kW	1986-87	日本(無償) ²⁾
14	Rukubji	40kW	同上	同上(同上)
15	Tangsibji	30kW	同上	同上(同上)
16	Trongsa	50kW	同上	同上(同上)
17	Bubja	30kW	同上	同上(同上)
18	Tamshing	30kW	同上	同上(同上)
19	Ura	50kW	同上	同上(同上)
20	Yadi	30kW	同上	同上(同上)
21	Kekhar	20kW	同上	同上(同上)
22	Surey	70kW	同上	同上(同上)
23	Chachey(Damphu)	200kW	1991	日本(無償) ³⁾
24	Tintibi	200kW	1992	同上(同上)
25	Darachhu(Dagana)	200kW	同上	同上(同上)
26	Lingzhi	8kW	1999	独自資金
27	Rongchhu(Kellungchhu)	200kW	2001	オランダ(一部)
	設備容量計	428.658MW		

出典：「Power Data 2000-01, DOP of MTI」他

- (注)：1. ブータン国では、設備容量 100kW 以下を Mini/Microhydro とし、100kW ~1MW を Mini hydro としている。
 2. 一般無償；「小規模水力発電計画 (第 1 期)」
 3. 一般無償；「小規模水力発電計画 (第 2 期)」

Kurichhu(4×15MW) と Basochhu 1 期(2×12MW)の運用開始により、2002 年時点でのブータンの水力発電設備容量は約 430MW(500kW 以下のマイクロ水力の設備容量計はこのうち約 1.3MW)と、大幅に増強された。

この他、世界の主要電気事業者で構成される E 7 は、Clean Development Mechanism (CDM) に基づき、Chendebji 地点(Trongsa Dzongkhag)にて、出力 70kW の小水力デモンストラーションプロジェクトの実施を計画中である。

一方で、予備用並びに自家発電用のディーゼル発電設備も共用されており、公的機関及び 3 電力公社の 49 基 11.792MW と、セメント、合板、カーバイド等の素材産業 4 社の 9 基 4.571MW が確認されている。その合計容量は約 16MW である（「Power Data 2000-01, DOP of MTI」）。

2001 年実績での国内ピーク需要は約 90MW であり、電力量で見た場合には産業部門(約 71%) 及び商業部門(約 4%)が需要量の約 75%を占め、世帯需要は約 14%を占めているにすぎない。発電された電力量の約 75%が輸出に振り向けられている。

(2) 送配電設備

旧 DOP の分割により、送配電設備はブータン電力公社(BPC)に移管された。BPC は、託送・配電・売電事業を担当する他、設備容量 100kW 以下の Mini/Micro 水力の開発・建設・運営を担当することとされている。現在、DOE においては、ADB の支援(TA 及びローン)を受けて地方電化プログラムの送配電線拡張計画(Rural Electrification Programme : Phase I~II)に基づいて送配電網の充実が進められ、今回調査時点では、BPC は以下に示す設備を保有している。(次ページ図 3-1 参照)

(送電線)

「Power Data 2000-01」によれば既存設備の概要は、以下の通りである。

33kV(架空線):	257.13km
11kV(架空線):	983.259km
11kV(地中線):	20.432km
6.6Kv:	90.912km

この他に、BPC での聴き取り調査によれば、

220kV 送電線:	158.69km(変電所 2ヶ所)、複線区間 71.00km を含む
132kV 送電線:	309.27km(変電所 7ヶ所)、Mongar-Gelephu 間 197.5km を含む

(註) 第 8 次計画期間中の延長分は計約 262km である。

66kV 送電線:	234.772km(変電所 9ヶ所)
33/11kV 送電線:	約 286km(架空線)追加

また、「第 9 次 5 カ年計画, Section Paper 7. Department of Power」によれば、同計画期間中に増設される送電線は、

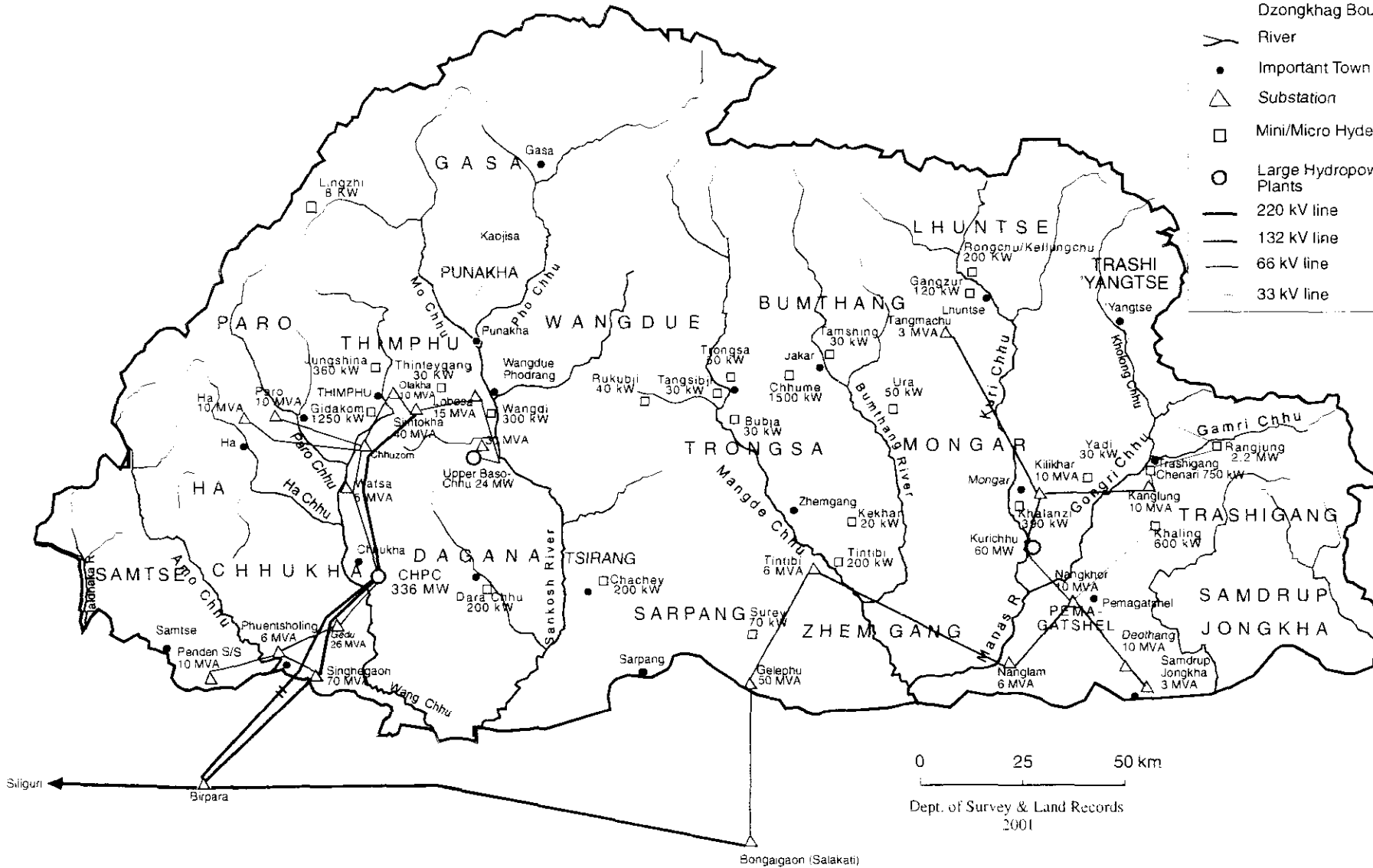
33/11kV 送電線:	約 286km(架空線)
400/230V 送電線:	504km(架空線)

となっている。さらに、これらに加えて、BPC は、2005 年運開予定の Tala 発電所から Phuenthsoling を経由してインドへ送電するための 400kV 送電線(3 線)を建設中である。

Map I : Existing Power Infrastructures at the End of 8 FYP.

LEGEND

- International Boundary
- Dzongkhag Boundary
- River
- Important Town
- △ Substation
- Mini/Micro Hydels
- Large Hydropower Plants
- 220 kV line
- 132 kV line
- 66 kV line
- 33 kV line



(配電線)

「Power Data 2000-01」によれば既存設備の概要は以下の通りである。

架空線： 1,267.837km

地中線： 45.340km

小水力用： 69.278km

なお、主要都市部においては架空線を埋設線に転換する事業が進められており、早ければ来年末にも供用開始できる見通しである。これは、都市部外郭をループ状に取り囲み、これからファイダー線を市街地へと伸ばし電力を供給するものである。当面は専用線として運用し、通信線との共用或いは共同溝(CAB)化は考えていないとのことであった。

3.2 第9次5カ年計画

2002年～2007年を実施期間とする第9次5カ年計画では、「Gross National Happiness」を実現するという基本理念の下、道路セクターに予算配分のトップ・プライオリティが置かれ、電力セクターは道路セクターに続く優先度が与えられている。とりわけ電力輸出促進のために送電線及び国内向けグリッドの拡張と動力型産業の発展・育成の促進に重点が置かれている。

(1) 電源開発計画

第9次5カ年計画期間中に着工が計画されている、あるいは、完成予定の電源は表-3.3に示す7地点である(次ページの図3-2「Map 1」参照)。このほか、E7が提案している Chendebji 地点(出力70kW)がある。

表-3.3 新規水力開発計画の概要(第9次5カ年計画)

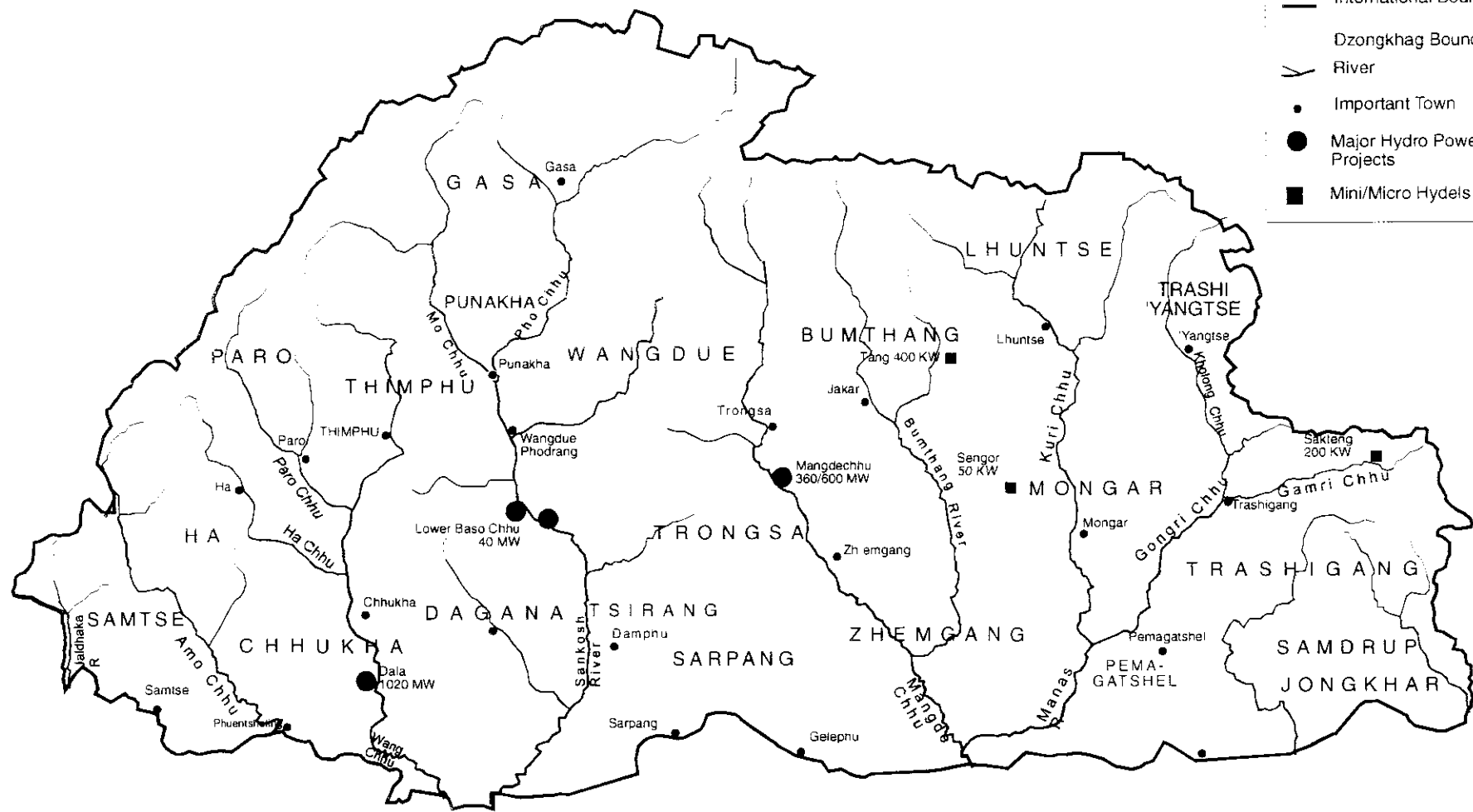
計画名	設備容量	進捗(完成予定年)	支援ドナー
Lower Basochhu	第2期 38.6MW	建設中(2004年)	オーストリア
Tala	1,020MW	建設中(2005年)	インド
Mangdechhu	600MW	F/S完了	ノルウェー(NORAD)
Punatsangchhu	1,000MW	F/S完了	日本(JICA)
Sakteng	200kW	F/S完了	UNDP(GEF)
Sengor	50kW	F/S完了	同上
Tang	400kW	F/S完了	同上

出典：「第9次5カ年計画, Section Paper 7. Department of Power」他

Map 1: Power Generation Programme & Projects During 9 FYP.

LEGEND

- International Boundary
- Dzongkhag Boundary
- River
- Important Town
- Major Hydro Power Projects
- Mini/Micro Hydels



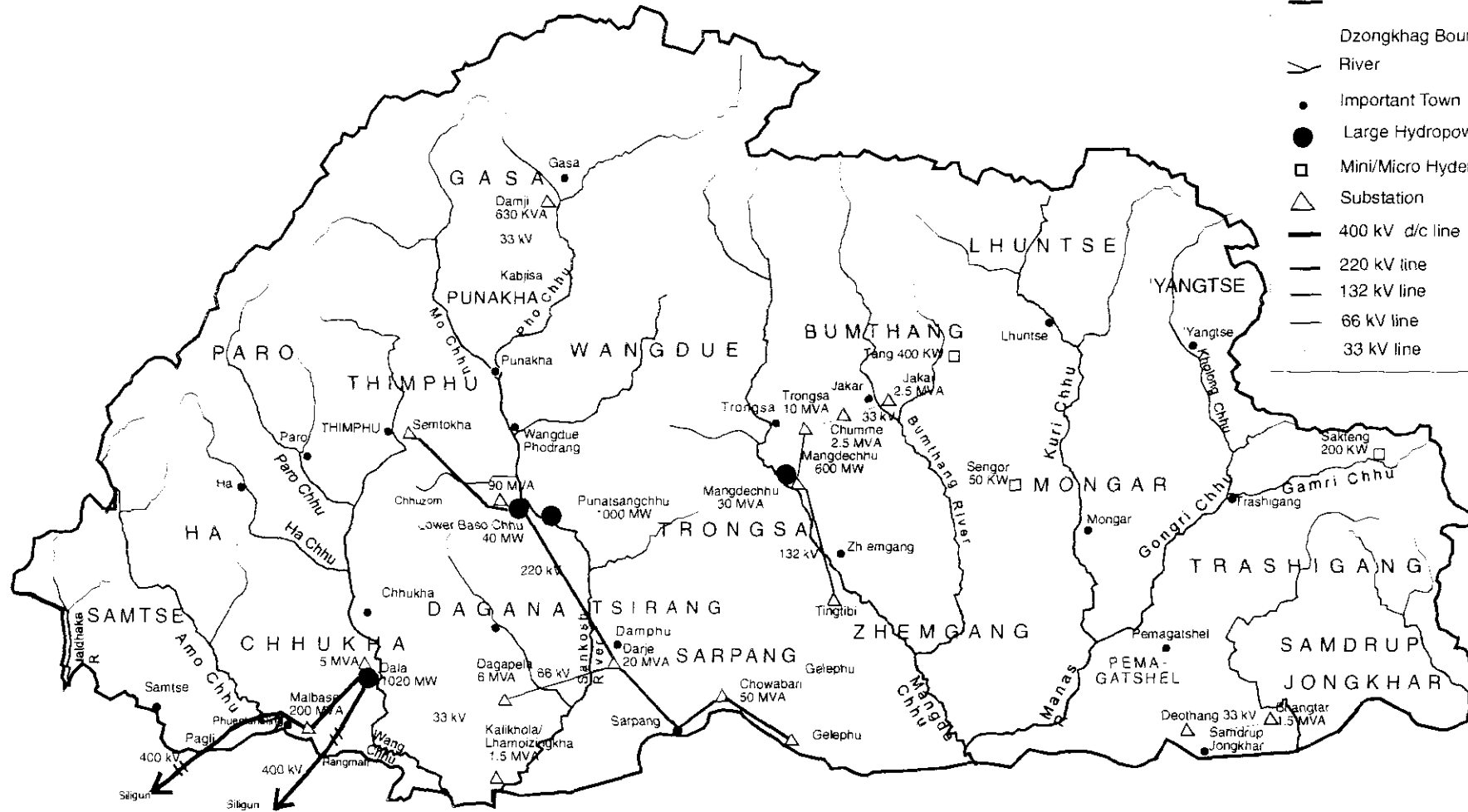
0 25 50 km

Dept. of Survey & Land Records
2001

Map II: Proposed Major Power Infrastructure Expansion During 9 FYP.

LEGEND

- International Boundary
- Dzongkhag Boundary
- ~ River
- Important Town
- Large Hydropower
- Mini/Micro Hydels
- △ Substation
- 400 kV d/c line
- 220 kV line
- 132 kV line
- 66 kV line
- 33 kV line



0 25 50 km

Dept. of Survey & Land Records
2001

(2) 送配電設備の延伸計画

現在、「ブ」国では、ADB の TA に従い、15,000 世帯の電化に向けた配電網拡張計画の F/S(「Rural Electrification Programme, Phase-III」)が実施中である。最終成果は、2003 年 8 月までには報告される見通しである。

BPC での聴き取り調査により、第 9 次 5 年計画における高圧送電線延伸計画について、以下の様に説明を受けた(添付の「Map II」参照)。

220kV : Mongar—Lhuntse 間を建設中で、完成後はインドへの電力輸出に向けられる。

220kV : Thimphu—Basochhu—Damphu—Sarpang—Gelephu 間(Thimphu—Basochhu 間は流動的)

132kV : Tintibi—Trongsa 間及び Trongsa—Jakar—Mongar 間

66kV : Damphu—Dagana 間

3.3 再生可能エネルギー普及の現状

(1) 太陽光発電

ブータンでは環境保全の点から森林の保護を行い、住民による樹木の伐採を許可制にしていること、また、ディーゼル燃料油など化石燃料の輸入規制をしていることから、地方電化計画時の電気負荷を一軒当たり 2kW に設定している。このため、PV システムはこの(過大な)電力需要に対応できないなどの理由により、ブータンでは系統電源優先の考えをその根底に持たざるを得ない事情にある。従って、今回調査の過程で、太陽光(PV: Photovoltaic)発電システムに関しては“支援は拒まず”といういわば消極的な姿勢がみられたが、政策決定サイドの意識とは反対に、多くの海外援助機関の支援で多くの PV システムの導入がなされてきている。

ア. PV システム導入規模

Renewable Energy Division/ DOE の担当責任者が代わったばかりで正確な導入実績数は確認することはできなかった。以下に今回ブータン側から入手した文献・情報に示されている内容を示す。

- a) 1980(~2000)以降にいろいろなプロジェクトのもとで導入された PV システムは、総計 1400 システムになる。この内訳は、DOP : 615 セット、ついで農業省 : 360 セット、その他である。(UNIDO/SPPD Project)
- b) 8FYP 期間中(1997-02)に設置された PV システム : 20-Zongkhag に対して合計 1109 セット(表 3-3 DoP/Pre-FS for 9th FYP Rural Electrification Program, Draft Final Report, February 2002)
- c) 1350 セットの PV 電化セット(パネル 110W、deep-cycle バッテリー 110Ah)が 8th FYP 終わりまでに調達されおり、その据え付けは公共施設照明用としていろいろな Dzongkhag で始まっている。(9th FYP/Main Document)
- d) 大規模 Project が進行中で、前項と同一の内容と思われるが参考のため記す。

- ドナー組織：オランダ SDA
- 実施期間：2001-03
- システム内容：Solar Home System、調達 1350sets、据付 1200sets
- 実施業者：TATA BP Solar India Ltd. (DSB Enterprises)
- 契約金：34,000,000 Nu
- 導入された PV システム容量：74kW (MoE 説明資料, 2002/10)

表- 3.4 Dzongkhag 別 PV システム導入量実績 (8th FYP 終了時点)

No	Name of Zongkhag	Approx. Area km ²	No of Geogs	Installed Solar Sets	Number of electrified-		
					Towns	Villages	Households
1	Bumthang	2,714	4	121	1	30	1,388
2	Chhukha	1,802	11	10	5	29	3,732
3	Dagana	1,389	11	9	2	17	398
4	Gasa	4,409	4	223			28
5	Ha	1,707	5	11	1	34	1,018
6	Lhuentse	2,888	8	42	1	24	612
7	Mongar	1,947	16	29	1	34	1,792
8	Paro	1,285	10	22	1	98	3,073
9	Pemagatshel	518	7	65	1	14	977
10	Punakha	974	10	36	1	57	1,574
11	Samdrupjongkha	2,308	11	19	3	22	1,629
12	Samtse	1,582	18 ^{*/1}	10	7	43	1,502
13	Sarpang	2,288	17 ^{*/2}	6	3	20	1,846
14	Thimphu	1,935	12 ^{*/3}	173	2	88	8,622
15	Trashigang	2,283	19 ^{*/4}	128	6	119	4,878
16	Trashiyangtse	1,438	8	58	1	22	1,043
17	Trongsa	1,807	5	66	1	6	423
18	Tsirang	639	12	6	1	5	208
19	Wangdue	4,038	15	42	1	60	1,748
20	Zhemgang	2,126	9 ^{*/5}	33	1	14	626
Total		40,077	212	1,109	40	736	37,117

*1& */2: 2-Dungkhagを含む

*3 & */5: 1-Dungkhagを含む

*4: 3-Dungkhagを含む

Data Source: DoP/Pre FS for 9th5FYP Rural Electrification Programme, Draft Final

イ. NGO の活動

ブータンには再生可能エネルギーの普及推進に熱心な幾つかの NGO があり、その内次の組織は PV システム導入に熱心である。

- Helvetas
- SNV (Stichting Nederlandse Vrijwilliger)
- Save the Children Fund

ウ. PVシステム運転追跡調査：UNIDO/SPPD Projectの中で7地点219セットの家庭用PVシステムに対して運転追跡調査を行っているので、その概要を紹介する。

- a) 76%が良好に運転されていた。システムの損壊または運転停止になった原因はバッテリーに関するもの(31%)、充電制御器に関するもの(31%)、照明に関するもの(24%)、この3つの要因で全体の93%を占めている。その他太陽電池パネル(5%)と配線関係(2%)であり、システムの損壊までの年数は平均4.6年であった。
- b) これらシステムの損壊に至る原因の多くは、大半が本来の使い方とは異なる使い方をしたことにある。つまり、高負荷の娯楽用機器や通信機器を利用するために、配線変更・インバーターの挿入などの改造が使用者自身により行われていることに起因するものであった。
- c) 納入段階での維持管理・使い方の運転管理説明が不十分であったばかりではなく、納入後60%の家庭と33%の公共施設に対してはサービス技術者の訪問もなされていない。
- d) PVシステムの利用で年間約1500 Nuの灯油・ローソク・固形燃料などが節約することが可能となった。
- e) PVシステムの利用者は誰も照明に灯油を使おうとは思わない反面、84%以上の利用者は系統電源による大パワー電源の利用を望み、利用が制限される照明専用のPV電源でよいとしたものは16%で、極めて少ない。
- f) 支払額の明示はなかったものの、回答者はPV電源ライトに支払う意志は非常に高かった。

エ. PVシステム据え付け・維持管理技術者の養成に関する取り組み

前節の調査結果にも現れているように、辺境地域住民にとっても手短かに電気照明を得たいと考えていることが分かる。また、“今後の完全電化にPVシステムの介在が短期的であれ必要である”ということはブータン政府も十分認識しており、納入PVシステムを継続的に利用できるための課題として維持管理教育の徹底の取り組みも行われている。

前項に見られるように、納入時に需要家に対し維持管理教育が徹底されず、PVシステムの改造などの誤用により、短時間にシステムの崩壊を招いたことも事実である。現在オランダの資金で行っているプロジェクトにおいて、Solar Energy Unit/DOEとTATA BP Solar India Limitedが共同で“PVシステムの据付・維持管理指導”を行うなど、PV技術者の養成も系統的に行われ始めている（資料：Kuensel紙、October 22, 2002）。

オ. PVシステム普及に関する問題

a) 無償供与と有償形式による普及方式の乖離

一般にDOEのもとに行われる外国機関によるPVシステムプロジェクトの配分方法は次のようである。全Dzongkhagを対象に、学校・BHU(Basic Health Unit)・僧院などの公共機関が優先され、残ったPVシステムが家庭に向けられるが、この場合バッテリーや照明ランプなどの更新など維持管理が可能な家庭に配分されるとのことである（聞き取り調査：配分先決定過程が不透明である・・・）。

一方、NPO 組織、Solar Electric Light Fund (SELF)が Phobjikha Valley で行っているプロジェクトでは、Revolving Fund を設定し各需要家からローン形式で資金を回収し、Solar Home System (SHS)による 500 軒の家庭の電化を目指しているというもので、いわば PV 電化の“定番”とも言える普通のやり方であり、これと DOE が行っている無償供与型の電化・普及とをどう関連づけていくかが、将来の課題になることも予想される。

b) バッテリー交換とその処理について

家庭用 PV システムは DOE ベースで導入され、かつ確認された数でも 3500 セットを超えると思われ、このほかに民間ベースで導入されたものを考えるとかなりの数になるであろう。これらは何れもバッテリーを内蔵しており、バッテリーの種類・利用頻度・維持管理などによるが 2~10 年で使えなくなり、いずれ廃バッテリーとして廃棄されているものと考えられる。ブータンではバッテリー再生の計画は今のところ無く（前掲、UNIDO/SPPD Project レポート）、PV システムの普及に伴い今後の対策として問題になる。

(2) 風力発電

ブータンにおいて現在運転中の風力発電施設はなく、“実験用として、風力発電機が設置され、灌漑用として使われた(1987 年) “ことを DOE との打合の過程で確認されたが、その詳細な記録を入手することは出来なかった。

3.4 再生可能エネルギーの今後の導入計画

PV 及び風力発電システムに関する具体的な今後の導入計画は無いようであるが、前掲 UNIDO/SPPD Project では組織・体制づくり及び太陽熱利用システムなど、再生可能エネルギー全般にわたるプロジェクトが提案されているが、具体的にこのプロジェクトを推進する援助機関が未定であるが、これらのプログラムの内、PV システムに関連する部分を示せば概要は次の通りである。

- 事業予算：37,000 million Nu
- 対象地域：全国の寄宿学校・BHU・僧院及び辺境地域の家庭
- 照明器具・充電器とバッテリーの更新が出来る家庭を対象とする
- 主なシステム：照明システム(500 セット)、温水器(25 セット)

3.5 既電化家屋の聞き取り調査

今回の調査で現地踏査を行い、系統電源と PV システムによりそれぞれ電化が行われた家庭を調査したが、この結果から言えることは次の通りである。

- a) 未電化地域といえども家庭電気製品を買える家庭がかなりあり、いったん電化されると、電気料金の安さで家庭内の主要な部分を電化できる。“2kW の配電容量は必要だ”という政策推進サイドの見解が裏付けられるようである。

b) PV システムは学校・BHU など公共機関以外にも商業用としても実用に供されている。

(1) 系統による電化家庭

a) 電化・家族構成内容

- 場所：Lapthakha Village/Talu Gewog/Punakha Dzongkhak
- 集落構成：約 10 軒程度の集落の 1 軒
- 電化時期：5 年前
- 受電：メータボックス受電(20A フェーズ付き)
- 構成家族：14 人
- 電化機器：照明(屋内 5 灯；屋外 2 灯)、ラジオ、炊飯器、カリークッカー

b) エネルギー利用など

1. 電気使用料は $200\text{kWh}/\text{Month} \times 0.5\text{Nu}/\text{kWh} = 100\text{Nu}/\text{Month}$ であった。電力使用量は $200\text{kWh}/\text{Month}$ と大きく、日本の家庭の少ない使用量と同じ程度であろう。
2. 暖房器とファンは使っていない。
3. 電気調理器以外に LPG を使っており、薪は使っていないがお祭りのような特殊な寄り合いの時は木を燃やし調理する。
4. 電化前は燃料薪を使った。また照明として薪と樹液ランプを使用

(2) PV システムによる電化家屋

a) 現地踏査の過程で、ソーラーによる電化がなされている施設とレストラン及び一般家庭を見ることが出来たが、面接調査を行うことが出来なかった。

b) 通信リピーターステーション：

- 場所：Dochula 峠
- 太陽電池容量：4kW (= 50W x 80 枚、日本メーカー製)

c) レストラン：

- 場所：Momtho Mongoo (Phobjikha に行く途中)
- ソーラシステム用途：照明用と電話用各 1 セット
- ソーラー容量：40W x 2
- バッテリー：12V, 75Ah (3000 Nu/セット)、3 ヶ月前に交換
- ランプ：18W x 5~6 セット

d) 農家：(留守のため聞き取りできず)

- 場所：Phobjikha
- 家の構造：3 層構造で、2 階部が住居
- 4 部屋ほどありどの部屋にもランプ(18W 程度)がセットされていた
- 煮炊き設備は LPG コンロであった
- 留守であったが、家の中はきれいに片づけられており、裕福な家庭と判断された。

第4章 地方電化推進政策

第4章 地方電化推進政策

4.1 2020年までの長期開発ビジョン

1999年に国王の在位25年の節目を迎え、ブータン政府は2020年までの長期開発ビジョン(A Vision for Peace, Prosperity and Happiness)を発表した。このビジョンは2部に分かれており、第1部はこれまでの開発実績の評価、第2部で将来に向けての課題を述べている。具体的な内容には乏しいもののブータンの今後の課題として人口増の抑制、雇用機会の創出、人口流入に対する都市機能の充実、地方部の生活水準の向上、人材育成の必要性、基礎産業および中小規模事業の振興、環境保護などをうたっている。電化推進については直接の言及はないが、電化の効用として出生率の低下、都市と地方の格差是正、産業用動力源の提供などが考えられ、現在の30%程度の電化率を考えれば、電化推進がこのビジョンにおいて示された課題に密接に関係する重要な政策課題として政府部内で認識されていることは容易に想像できる。

4.2 第9次5カ年計画

前述のように、2002年から2007年までを対象としている第9次5カ年計画では、長期開発ビジョンを受けて明確に2020年までに100%電化を達成するという目標を掲げた。さらに全国20の県(Dzongkhag)を対象とする地方電化マスタープランをこの第9次5カ年計画期間中に作成することも定めている。このように2020年までに100%電化を達成するという目標が公約となったことで、今後、地方電化をどのような方法で実施し、そのための資金確保をいかに行うかについて政府部内での具体的検討が必須となっている。

4.3 地方電化に関する考え方

ブータン政府の地方電化に関する考え方はPlanning Commission次官のTenzin氏の発言に代表される。すなわち、今やグローバリゼーションによってブータンの地方部でも都市部と同じ生活を欲しており、地方部だからといって電気の使用が少なくてもよいということにならない。したがって、フィージブルである限り地方部でも全家庭を配電線で電化することが基本であるという考え方である。この考え方は説得力のあるものであるが、問題はフィージブルな限界をどこにおくか、ということである。ブータンの場合にはこれまで地方部の電気料金を著しく低くを抑制してきた結果、ケロシンやLPGなどを使うよりも安いという現象が起きており、電気炊飯器や電気調理器、さらに電気暖房機などを利用する家庭が急増し、これが標準となりつつある。したがって、政策当局としてはこういった機器が利用できるように配電設備の設計を行っていくことが必要となり、事実、これまでのところ一戸当たりの需要想定として2kWという非常に大きな数値を採用している。このような状態を続けるとある特定の季節や時間帯(冬期、夕食時間帯等)に需要が集中することとなり、負荷率が低下し電力系統計画には負担が大きくなるほか、人口密度が低い地方部でケーブル径の増大が必要となるなど設備コストも上昇する。このため、電力系統の負荷率向上、コスト抑制の観点から改善策を検討する必要がある。

このようなグリッド優先の考え方が政府部内では中心となっているため、小規模な需要に対応して設計されているオフグリッド電源についての評価は低い。インドやスリランカではオフグリッドの小水力が長期間にわたって稼働している例が多数あることから、こういった方式も検討する必要があるという意見も示された。さらに、他の途上国で実施されている小規模な電源（太陽光やマイクロ水力）については、需要に対応できないという考え方からいくつかのパイロット事業は実施されたものの普及については消極的である。このようなタイプの電源は、所得が低く電気料金の負担が問題となり、電化製品の購買力にも制約があるケースには適している。このような場合には、家庭用需要として電灯と白黒テレビ程度を想定することが普通であり、一戸当たりの需要規模は 50W から 100W にとどまる。この水準であれば太陽光発電やマイクロ水力発電であっても供給可能となり、いわゆるオフグリッド地方電化のモデルパターンが適用可能となる。もちろん、こういった電源は恒久的な設備ではなく本格的な配電線による電化が行われるまでのつなぎという位置づけで行われるものである。実際にも今回の調査中に未電化村落で独自に太陽光発電によって蛍光灯を使用している家庭が散見された。しかし、配電線延伸を期待し電気炊飯器を使用したいと考えているブータンの農村部で、とりあえずこのような方式によって電化することの是非について議論が尽くされていない。なお、ブータンとしては地方電化にディーゼル発電を用いる考えは持っていない。これはディーゼル発電の運転管理が難しいこと、化石燃料の輸入を抑制する必要があることなどによるものである。

4.4 電力法

2001 年に成立した電力法 (Electricity Act) では第 61 条で MTI 大臣の責務として以下の点を目標として官民協力の下に地方電化を推進すると規定している。

1. To achieve equitable regional distribution access to electricity
2. To maximize the economic, social and environmental benefits of rural electrification subsidies
3. To promote extension of the grid and development of off-grid electrification
4. To promote renewable energy
5. To stimulate innovations within suppliers

また、500kW 以下の電力供給事業については事業免許を必要としないという規定 (第 19 条第 1 項) も盛り込んでおり、ミニグリッドなどの地方電化について事業参入しやすくしている。しかし、実際には料金をコストとはかけ離れた現行の電気料金並みにする必要があると考えられ、採算性の面からは非常に難しい。なお、太陽光については別の料金体系を設定することができればドナーの援助を受けた NGO などが事業主体となることは可能であろう。

4.5 地方電化の実施体制

電力セクターの機構改革が行われ、2002年7月（新年度）からこれまでの Ministry of Trade and Industry の Department of Power(DOP)が再編された。この結果、DOP は政策・計画を担当する Department of Energy(DOE)、電力事業（送配電）を行う Bhutan Power Corporation(BPC)（100%国営）、さらに電力関係のライセンス認可、規制（料金を含む）を行う Bhutan Electricity Authority(BEA)に分割された。将来 BEA は独立機関となる。同国で電力セクターの重要性は非常に大きく、民営化推進という基本方針の下で電力系統規模の拡大に対応して電力事業の効率的運営が必要となり、BPC の設立に至ったものである。

BPC によれば南西部工場地帯にあるフェロシリコン、カーバイドなど大口の産業用需要、さらにインドへ売電電力の託送料金などが収入の大半を占めており、家庭用料金の売上げは全体の5%にすぎないとしている。このような状態では家庭用部門については、電力供給に関する人件費、管理費用などを考えれば大幅な赤字であり、地方電化が進めばさらに赤字幅が拡大することは明らかである。BPC の営業初年度は約 200 million Nu の補填金が必要となる見込みであり、当面は独自に地方電化事業を展開する余裕はなく、政府からの指示で資金提供を受けた場合にグリッド延長やマイクロ水力によるミニグリッドの建設を行うだけであるとしている。しかし、Tala 発電所（2005年完成予定）の稼働が本格化する時点では収支均衡が可能と予想しており、さらに黒字基調となれば自己資金で配電線延長などの地方電化を推進できるという計画となっている。なお、太陽光発電については完全な赤字事業であるため引き受けないとしている。

このように、組織再編により地方電化については、計画立案をこれまでどおり政府（DOE）が行い、その実施（配電線やミニグリッドに関する部分）を BPC が行うという関係になる。太陽光などについては住民の意見確認や sustainability の実証が終了しておらず、依然としてテスト段階にあり、ドナーからの支援による事業を DOE が直接実施しているが、本格的に普及を図る段階となった時点では実施主体を整備する必要がある。

4.6 地方電化推進のマスタープランの必要性

ブータン政府の見解として 2020 年までに 100%電化を達成するため、第 10 次 5 年計画（2007~2012）以降、新たに地方部で約 65,000 戸を電化する必要があるとのことである。これには人口増や住宅増を含んでいる。これをグリッドとオフグリッドの組み合わせで達成する必要があり、この両者を含む長期計画作成が今回の M/P 調査の目標である。これまでの地方電化は ADB の援助で行われてきたが、これは既存の送配電網を前提に次の 5 年間で行うべき送配電網拡張工事について FS を行い、それに基づいて施工してきたもので、全国大でのグリッドとオフグリッドの組み合わせによる地方電化プラン（マスタープラン）は存在しなかった。

2020年までに100%電化という目標が明確に定まったことで、これまでのように5年ごとのプロジェクトを積み上げていくという手法では不十分となり、このようなマスタープランをもとに第10次5年計画以降2020年までの地方電化プロジェクトにブレークダウンし、各ドナーと早めに協議を開始することが必要になったと言える。このような性格のマスタープランであることから、第9次5年計画期間中に完成させる必要がある。特に送電線計画については道路整備と密接に関連している。2002年に全国道路整備マスタープランに関する報告書が完成したことも、地方電化マスタープランの策定について大きな支援材料である。

4.7 環境配慮

ブータンは環境保護について熱心であり、小規模な発電所や送電線計画についても簡単なEIAを実施するほどで、開発プランを立案する場合には環境配慮が非常に重要なポイントとなる。特に水力発電所や地方電化の送電線については環境保全地区として定められた地域内において計画されることも予想され、こういったゾーニングとの調整はマスタープラン段階から考慮しておく必要がある。

また、同国では森林保護を進めており、薪の使用を抑制することは重要な課題である。ただし、薪を大量に消費しているのは都市部の商店、ホテルなどであり、これについては既に規制を行っているが、地方部では人々が枯れ木や落ちた枝などを拾って使っているだけであり、薪の消費量は森林規模に対して非常に少なく、このような状態であれば森林全体への影響はほとんどないというのが森林省の見解である。