

## 第5章 電力関連開発計画

### 5.1 第9次5ヵ年計画

ブータン国の水力ポテンシャルは30,000 MW を超えると推定されているが、第8次5ヵ年計画までに利用されているのはその1.42%に過ぎない。

第9次5ヵ年計画では、水力発電セクターの目標を次のように掲げている。

- 発電能力を高めることによる、国家の経済自立性の強化
- 持続的で環境に優しい水力資源の活用による、質・量ともに信頼性のある電力の供給
- 2020年までの電化率100%の達成

表-5.1.1は第9次5ヵ年計画の支出額で、エネルギーセクター全体の支出6,360 million Nu.のうち、6,218 million Nu.を中央政府の計画に、142 million Nu.を県が実施する計画に、拠出している。

表-5.1.1 第9次5ヵ年計画の支出額

(million Nu.)			
	経常費用	投資費用	合計
Centre	1,718	4,500	6,218
Dzongkhag	139	3	142
Total	1,857	4,503	6,360

出典：第9次5ヵ年計画

上記の目標を達成するために、以下の分野それぞれの方針・戦略が実施される必要がある。

- 民間参入のための環境整備
- 地方電化
- 組織制度の強化
- 発電・送電・配電の自動化
- 電力料金システムの設定
- エネルギー・水資源マスタープランの準備
- 基幹送電線の建設

### 5.2 電力システムマスタープラン (PSMP) のレビュー

#### 5.2.1 概要

NORAD 資金によりノルウェーのコンサルタント Norconsult International, Ltd.が2001年から2004年にわたり、ブータン電力セクターの、2022年までの下記主要分野を調査した。これが、電力システムマスタープラン (PSMP) である。

- 次期大型水力発電プロジェクトの検討、評価と開発優先順位
- 発電所開発に伴う高圧送変電設備の計画
- オフグリッド電力供給の検討・提言

配電システムの検討は実施していない。最終報告書は2004年4月に提出された。以下に、PSMPのFinal Reportに記載されている上記項目の検討方法、および、それらの関連調査結果の概要を記す。

### 5.2.2 PSMPにおける電力需要想定

ブータン国の20県(Dzongkhag)について、需要原単位毎に、2022年までのピーク電力と電力量の想定を行っている。想定手法については、本報告書の12.2節に述べる。

需要想定はベース・ケースと、送電系統計画用の2ケースについて実施している。両者の相違点は、現在DOEに申請されている工業団地の開発および既設工場の増設による電力需要増を、需要想定に考慮するか否か、という点だけである。申請されている工業開発が、極めて不確実であるとの判断から、ベース・ケース想定にはこれら工業需要の大部分を見込んでいない。一方、これら工場負荷が仮に接続した場合、計画した送電系統の容量確認のために作成したのが、送電系統計画用想定である。

ベース・ケース想定は、県毎に需要家カテゴリー別(一般家庭、工業、商業、公共の4部門)の年間消費電力量を算出し、仮定した損失率を加味して、各年の必要電力量を算出している。さらに県別に仮定した負荷率から各年のピーク電力を求めている。得られたピーク負荷を既設および新設予定の高・中圧変電所に配分している。

送電系統計画用の電力量の想定結果は報告されていない。ベース・ケースのピーク負荷に新設・増設の工業負荷のピーク負荷を加えてピーク電力を算出しているのみである。

PSMPの全国需要想定結果は下記の通りである。

表-5.2.1 PSMP 需要想定結果

需要家		2005	2010	2015	2020	2022	年伸び率
ベース・ケース想定							
消費電力 (GWh)	家庭	88	141	202	272	305	7.60%
	工業	487	584	779	988	1,062	4.69%
	商業	30	46	67	95	109	7.88%
	公共	29	43	63	91	106	7.92%
	合計	615	813	1,110	1,447	1,582	5.72%
損失(GWh)		75	134	179	193	211	6.27%
必要電力 (GWh)		690	947	1,289	1,640	1,793	5.78%
ピーク負荷 (MW)		129	191	252	323	352	6.08%
送電計画用想定							
ピーク負荷 (MW)		136	328	413	476	536	8.40%

(出典：PSMP Final Report, 2004年4月)

PSMPは、その需要予測の結果、2022年までのオングリッドによる家庭電化率は55%になるとしている。これは、政府目標より低い。現在の電力量メーター取り付け方式では、実際の需要家数を把握できないために、電化率が低目になっている可能性があるとしている。というのは、1メーターを複数の消費者が共用しており、これをDOE/BPCは大口需要家のカテゴリーに入れているためである。

Tala (1,020 MW) 水力発電所は2006年に完成予定であり、Basochhu-II (40 MW) 水力発電所は2004年に完成した。発電所の出力と発電量は大幅に増加するが、すべての水力発電所がRun-of-Riverであるため、渇水期の出力・発電量が極端に低下する。したがって、

Tala 発電所の後に新たな電源が開発されない場合には、2017年には PSMP が想定した全国合計電力が、ピーク需要に対し不足状態になるとしている。なお、東部地域は Kurichhu 発電所（実績発電出力は 48 MW）により電力供給が行われている。この地区の PSMP のピーク電力予測では、2010 年以前に需要が Kurichhu 発電所の出力能力を超え、インドからの輸入電力に依存することになるとしている。

### 5.2.3 今後の水力発電所候補地点

1993 年に実施した PSMP（同じ Norconsult International, Ltd. が実施）を再検討した結果が 2001 年から 2004 年の PSMP にまとめられている。新規水力発電所開発は、インドへの電力輸出を主目的としているが、国内供給も行う大型プロジェクトとしている。78 ケ所の開発候補地点を、9 段階のスクリーニングを通して、20 地点に限定している。次いで概略設計、コスト算出、IEE を通じて 11 候補地点に絞った。これら 11 候補地点について環境、水文データ（年平均流量、常時流量、洪水流量など）、トンネル・地下発電所の岩盤などを検討している。また、常時ピーク電力量、季節電力量の試算結果から工事用道路、取水ダム、トンネル、圧力管、発電所、放水トンネルなどの予備設計、ならびに 571,430 分の 1 地図から送電線ルートの選定・送電線路設備の概略を決定している。これらの設計に基づき、建設費を積算し、発電量を基に、O&M 費用を含め、候補発電所費用の現在価値化法による経済分析結果、社会・環境評価、技術的評価などの項目に対して、関係者による MCA (Multi Criteria Analysis) 法により開発優先順位を検討している。この結果により、11 開発候補地点の優先順位を決定し、2022 年までに開発する 5 候補地点と追加調査すべき 2 地点、合計 7 地点を優先プロジェクトとして決定している。なお、最優先開発候補地に選定されたプロジェクトは、2000 年に JICA が F/S を実施した Punatsangchhu-I 発電所である。開発優先発電所の概要を表-5.2.2 に示した。

表-5.2.2 優先開発水力発電所

優先度	候補地点	所在県	発電形式	設備容量 (MW)	最大出力 (MW)	常時出力 (MW)	常時ピーク (MW)	年間平均発電量 (GWh)	常時ピーク発電量 (GWh)	予定建設期間	投資額 (10 <sup>6</sup> US\$)	発電原価 (USc/kWh)
1	Punatsangchhu-I	ウオンデュボダン	ROR	1,002	973	168	920	4,770	1,343	07-11	861.3	2.86
2	Mangdechhu	トンサ	ROR	670	651	92	535	2,909	782	09-13	587.7	3.23
3	Punatsangchhu-II	ウオンデュボダン	ROR	992	949	165	888	4,667	1,297	11-15	875.1	2.97
4	Chamkharchhu-I	ブムタン	ROR	671	651	113	645	3,207	942	14-19	546.8	2.97
5	Chamkharchhu-II	ブムタン	ROR	568	551	95	546	2,714	797	18-22	407.0	2.48
6	Kholongchhu	ヤンツェ	ROR	486	478	61	361	2,207	527	20-23	382.9	2.64
7	Amorchhu	サムツェ	ROR	499	487	82	473	2,210	690	5年間	500.9	3.62
上記 7 発電所合計				4,888	4,746	776	4,368	22,684	6,378	-	4161.7	-

出典：PSMP Final Report, 2004 年 4 月 註：ROR：流れ込み式

### 5.2.4 送電系統の開発

#### プロジェクト関連送電系統

PSMP では、2022 年までに開発すべき候補発電所から、インドへの電力輸出用の送電線および国内供給用の高圧送電線の概略ルート、工事用電力供給変電所の開発年度と設備

概要が、検討されている。インドへの電力輸出には、400 kV 系の適用を予定している。なお、10.1 節に示すように、国内電力系統には、通常の系統信頼度基準を適用している。系統の運用を総合的にコントロールする、中央給電指令所の設置には触れていない。本調査では、これらの国内の既設および計画の変電所を基に、電化計画が検討されることになる。表-5.2.3 に建設予定の送変電設備概要、図-5.2.1 に 2020 年の計画系統図を示した。

表-5.2.3 新設予定送変電設備

	電圧 (kV)	回 線 数	距離 (km)	建設時期				使用電線 (ACSR)
				2003 -2007	2008 -2012	2013 -2017	2018 -2022	
新設発電所関連送電線								
Punatsangchhu-I ~ II	400	2	23		O			2 × Martin (690 mm <sup>2</sup> )
Punatsangchhu-I ~ India	400	2	101		O			4 × Martin (690 mm <sup>2</sup> )
Mangdechhu ~ Tingtibi	400	2	37			O		2 × Moose (525 mm <sup>2</sup> )
Tingtibi ~ India	400	2	82			O		4 × Moose (525 mm <sup>2</sup> )
Chamkharchhu-I ~ II ~ Tingtibi	400	2	30				O	3 × Moose (525 mm <sup>2</sup> )
国内供給用送電線								
Gelephu ~ Chowabari	132	1	(60)	O				Panther (200 mm <sup>2</sup> )
Basochhu-II ~ Panatsangchhu-I	220	1	(15)		O			Zebra (400 mm <sup>2</sup> )
Malbase ~ Singhegaon	220	1	(10)	O				Zebra (400 mm <sup>2</sup> )
Sarpang ~ Chowabari	132	1	(50)		O			Panther (200 mm <sup>2</sup> )
Sarpang ~ Damphu ~ Dagapela	66 (or 132)	1	(40)		O			Dog or Panther
Singhegaon ~ Pasakha	66	2	(20)	O				Dog (100 mm <sup>2</sup> )
Simtokha-I ~ Olakha	66	2	(14)		O			Dog (100 mm <sup>2</sup> )
Olakha ~ Chuzom	66	1	(18)			O		Dog (100 mm <sup>2</sup> )
Chukha ~ Gedu	66	1	(20)		O			Dog (100 mm <sup>2</sup> )
Singhegaon ~ Gomtu	66	1	(50)				O	Dog (100 mm <sup>2</sup> )
発電所工事用送電線								
Basochhu-II ~ Punatsangchhu-I	33	1	(10)	O				n.a
Tingtibi ~ Mangdechhu	66	1	(97)		O			Dog (100 mm <sup>2</sup> )
Punatsangchhu-I ~ II	33	1	(10)		O			n.a
Tingtibi ~ Chamckharchhu-I ~ II	33	1	(30)			O		n.a
国内供給用変電所								
Tingtibi	420	-	-				O	-
Punatsangchhu	420/220	-	-		O			-
Sarpang	420/132 /66	-	-		O			-
Basochhu	66/33	-	-	O				-
Tingtibi	132/66	-	-		O			-
Mangdechhu	66/33	-	-		O			-
Chamkharchhu	132/33	-	-				O	-

出典：PSMP, Final Report, 2004 年 4 月

## 東西連系線

### (a) 現状

Kurichhu 発電所を中心とした東部系統と Chukha, Basochhu 発電所を核とした西部系統は現在相互に連系されていない。しかしながら、両系統ともインド電力系統との国際連系送電線を単独に運転している。したがって、インド東北部の送電系統を通じてブータンの両電力系統は電氣的に接続されている。PSMP ではインド系統を通じて連系されているので、敢えてブータン国内の基幹送電線による連系の必要性はないというスタンスである。

### (b) 連系計画

電力系統の開発段階に応じて、必然的に、部分的な国内連系は形成されることになる。即ち、Punatsangchhu-I 発電所開発 (2012 年運開予定) に伴いこの発電所から Sarpang 変電所 (400/132/33 kV) 経由でインドへの 400 kV 系統が建設される。この Punatsangchhu-I 発電所は Basochhu 発電所経由でティンブー県の主要変電所である Simtokha に 220 kV 送電線で接続される計画である。一方、Sarpang 変電所は 2012 年までには 132 kV 送電線 (熱容量は 80 MW 程度) で東部系統と接続される計画である。計画が実現すれば、ブータン南部地域において 2012 年には東西両電力系統の連系が完成することになる。その後の新設発電所の開発に関連して、輸出用の 400 kV 送電系統は新設されるが、ブータン国内における東西連系の具体的な補強計画はない。

### (c) 東部系統の電力逼迫問題

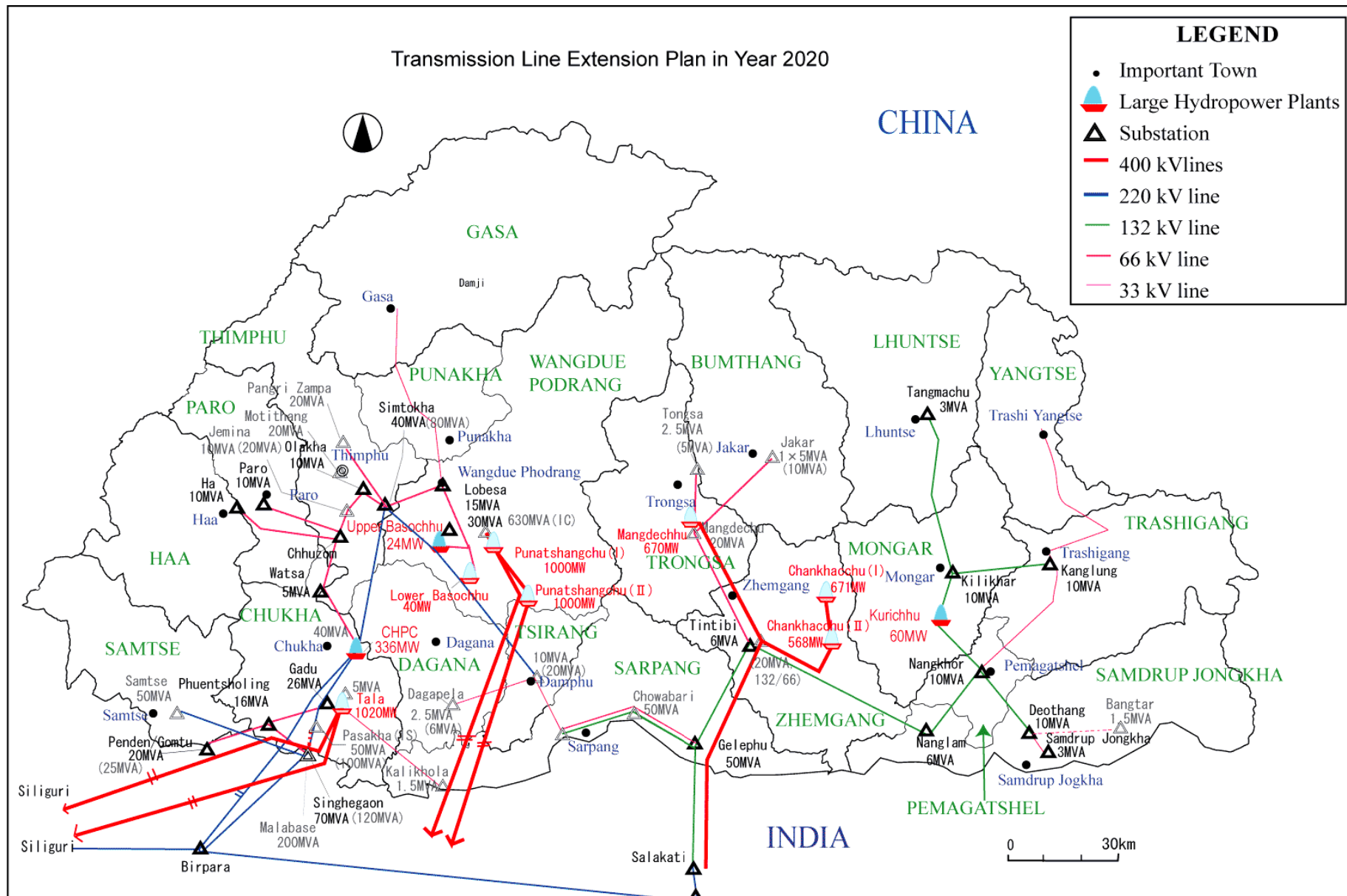
後記 12.7 節にて検討したが、2007 年の東部系統のピーク需要予測値 (High Growth Scenario) は 78 MW (Deothang の新設工業負荷 20 MW が 2007 年に投入予定) であり、Kurichhu 発電所の過去のピーク実績 48 MW を超すと想定され、132 kV 連系線の完成する 2012 年までは東部系統に電力不足が生ずる。この間はインド経由で迂回する西部系統の余剰電力に依存することになる。標準成長シナリオに沿った需要の伸びの場合にも供給力が 5~6 MW 不足する危惧がある。Mangdechhu 発電所の運開する 2014 年以降は東部系統も電力不足の心配は全くない。

### (d) 連系線補強計画案

Sarpang 経由以外のブータン国内における東西連系の具体的な補強計画はないが、DOE は独自に国内発電電力の需要家への効率的で安定した電力供給のためループ国内連系を検討しており、現在のところ下記の追加連系案が浮上している。

- (i) Simtokha (西部)-Trongsa (132 kV) - Jakar-Kilikhar (東部) (132 kV) 送電線ならびに Trongsa - Mangdechhu 発電所 (132 kV) 送電線
- (ii) Simtokha (西部)-Trongsa (220 kV) - Jakar-Kilikhar (東部) (132 kV) 送電線ならびに Trongsa - Mangdechhu 発電所 (132 kV) 送電線
- (iii) Punatsangchhu-I - Mangdechhu (400 kV) - Jakar (132 kV) - Kilikhar (132 kV)

上記の(iii)案は送電線がその全ルート 70 km にわたり、Black Mountain National Park を通過すること、および全くアクセスのない山岳地であることから、実現は極めて困難であると思われる。国の中央部を貫通し主要都市を経由する東西ハイウェイ沿にルート選定が可能な (i), (ii) 案が妥当であると考えられる。送電容量から考えて、220 kV 基幹連系が推奨される。これにより、ブータン国内のループ連系が完成することになる。インド系統を通じての連系か、あるいは国内独自のループ連系となるかは電力自給に関する国家のポリシーの問題である。



出典：PSMP, Final Report, 2004年4月

図-5.2.1 2020年の電力系統図

### 5.2.5 2022年までの総合開発計画

#### (1) 電力設備

2022年までに開発予定の、新規水力発電所と付随の送変電設備の建設計画は、下記のとおりとなる。なお、2005年中に一部運転開始の予定の Tala (1,020 MW) 水力発電所が西部地域で建設中である。Tala 発電所とインドを連系する 400 kV の 2 ルート送電線は工事中である。

表-5.2.4 2022年までの電力系統長期開発計画

発電所名 / 国内送変電	建設時期	投資額 (10 <sup>6</sup> US\$)	最大出力 (MW)
Punatsangchhu – I 発電所	2007-2011	861.3 (1)	973
Mangdechh 発電所	2009-2013	587.7 (1)	651
Punatsangchhu – II 発電所	2011-2015	875.1 (1)	949
Chamkharchhu – I 発電所	2014-2019	546.8 (1)	651
Chamkharchhu – II 発電所	2018-2022	407.0 (1)	551
220 kV, 132 kV, 66 kV 送電線	2007 まで	12.0	-
132 KV, 66 kV 変電所 (5ヶ所)	2007 まで	10.0	-
220 kV, 132 kV, 66 kV 送電線	2008-2012	10.8	-
132 KV, 66 kV 変電所 (3ヶ所)	2008-2012	9.0	-
66 kV 送電線	2013-2017	1.0	-
66 kV 変電所	2018-2022	1.5	-
増加負荷に対応する送変電増強一式	2007-2022	15.0 (2)	-
投資額合計		3,337.2	

注：(1) 輸出電力用送電線の建設費も含む、(2) JICA 調査団の推定  
出典：PSMP

#### (2) 電力中央給電指令所 (NLDC: National Load Dispatching Center)

東西両電力系統が個別に運転されていることもあり、各々独自の指令ルートにより系統が運用され、全国規模の電力系統の総合運用は行われていない。

今後工業生産が加速され、かつ、地方電化網が拡張した場合に、電力の安定供給が一層の重要性を帯びてくる。さらに、現在単独に運用されている東西の電力系統が、近い将来連系されることにより、系統運用が複雑化することになる。効率的な連系系統の運用が求められることになり、全国規模の電力設備の運転・保守・運用を一元的に監視・制御する NLDC が必要不可欠となる。適切な電力系統の中央監視・制御を実施することにより、系統安定度の向上、停電時間の短縮、系統損失電力の低減、運転・保守要員の当該作業の効率化などが期待できる。

DOE は NLDC の必要性を認識し、インドの Power Grid Corporation に F/S 調査報告書 (2003 年 7 月) を作成させている。報告書内容は既設の制御・通信設備を最大限に活用した計画案であり、下記を主目的としている。

- 電力系統と設備のリアルタイムでのデータ収集・処理・集積
- 電力系統の運転シーケンスの解析と電力施設各所への運転指示
- 系統としての最経済的な各発電所出力計画の作成と指示
- 翌日・翌週の需要想定と発電得失を考慮した各発電所の発電計画の作成
- 需給バランスを送電線のフロー・周波数からモニターの上コントロール

### ➤ システム事故の経済的な解決策の作成

東部系統の Kurichhu 発電所・各変電所と Nangkhon Master Center、各変電所間は現在 PLC（電力線搬送）にて接続されている。既設通信設備の流用が可能である。これら東部系統と NLDC とはリースの通信線または VSAT（衛星通信）による方法を計画している。西部系統では現在進行中の OPGW を活用した通信方法が計画されている。各発電所・変電所間およびこれら設備と NLDC 間はすべて OPGW 通信による計画である。

上記 F/S 調査結果では、2003 年価額ベースで約 167 百万 Nu. (4.2 億円相当) を積算している。これは、設備、土地、工事費、コンサルタント費も含んでいる。また、諸便益を考慮すればこの投資額は 4.5 年で回収可能であると推定している。

国内基幹電力系統の完成予定であり、かつ、新設 400/132 kV Sarpang 変電所を経由して南部における東西連系が実現予定の 2012 年までには、ブータン電力セクターの効率的・経済的なシステム運用のために、NLDC の完成が必要である。したがって、NLDC の詳細設計、実施予算の見直しと資金源のアレンジを即急に開始すると同時に、要員研修プログラムを検討する必要がある。

## 5.2.6 建設資金調達

表-5.2.4 に示す通り 2022 年までの開発予定の 5 発電所建設への投資額は、PSMP によれば、2003 年価値で総額約 US\$3,300 百万である。国内供給用の新設送変電設備および負荷増加に対応する送変電設備増強費を加えると US\$3,400 百万に達すると考えられる。この内 Punatsangchhu-I 発電所には、インドが投資することが確認されている。その他のプロジェクトに対する資金調達が問題であると指摘している。

ブータン政府の財源にも限度がある。開発途上国の電力セクターへの民間投資については、水力発電よりも建設期間の短い火力発電へ移行する傾向と、水力発電開発に伴う環境問題がある。また、従来の多国間支援や 2 国間支援も、巨大投資額の面から期待できない。インドは水力電力を必要としているのは明らかであるが、インド財政にも限度があり、果たして今後もインドからの投資が継続して得られるか疑問である。PSMP は、他国での民間投資プロジェクトは、ほとんど 300 MW 以下のものを対象としていると説明している。ブータン国の計画の場合にはこの限度の 2-3 倍のスケールとなっている。この問題を解決するには、世銀や ADB の公共出資と民間の、共同出資案を提案している。さらに、実現性のある財源は大型プロジェクトに確保し、民間参加の国際財源は、より現実的なプロジェクトに当てられるべきであると奨めている

## 5.2.7 オフグリッド地域への電力供給

PSMP では、現在のオフグリッドへの電力供給オプションを述べているのみである。アクセスの問題や経済性の問題でオングリッド供給できない地域の電化対策についての記述はない。

PSMP で議論されているオフグリッドへの供給対策は、グリッド拡張はディーゼル発電機や小水力発電による、ミニグリッドを構成するオプションとの比較の上で、決定すべきであるとしている。さらに、遠方の地域でのディーゼル発電機と小水力のオプションは、高い建設費、運転用燃料・スペアパーツの運搬、保守技術の問題などから、実現性はないと述べている。



バイオマス発電、バイオガスも考慮されるが、燃料源の少ないブータンには、あまり効果的ではないとしている。風力発電やディーゼル発電との併用のオプションもあるが、現状では高いコスト、低い信頼性、風力データの不足などから、実現性に期待できないとしている。

PV 利用の SHS オプションの適用については、自然環境の変化や冬季の発生電力の低下など電力の不安定、および、バッテリー・チャージャーの保守の困難から、住民のニーズを満たさない。現在までに、多数の PV システムがブータンに設置されてきたが、バッテリーの問題やチャージャーの故障が極めて多く、修理技術や保守技術にも問題が多いとし、PV 機器の保守と修理は販売者の責任とすべきであると提言している。

### 5.3 配電線拡張計画（ADB/RE-1, RE-2, RE-3）のレビュー

#### 5.3.1 配電線拡張計画（ADB/RE-1, RE-2, RE-3）の概要

ブータンではこれまで3回にわたり ADB ローンによる地方電化計画（ADB/RE-1, RE-2, RE-3）が進められている。

ADB/RE-1 は、1992 年から 97 年の 5 カ年で計画され、実際の工事は 2000 年 6 月に完了し、約 3,000 世帯が電化された。

ADB/RE-2 は、1997 年から 2002 年の計画で、2003 年 12 月に工事が完了されている。150 の村の約 6,000 世帯が電化される計画で、2004 年 1 月時点で約 7,000 世帯の電化が確認されており、最終的には 10,000 世帯以上が電化されるものと見込まれている。

なお、ADB/RE-3 は 2002 年から 07 年の計画で、現在実施中であり、8,357 世帯が電化の対象となっている。

プロジェクトのコンサルティングは、それぞれ ADB/RE-1 が WORLEY（ニュージーランド）、ADB/RE-2 が TATA Consulting Engineering（インド）、ADB/RE-3 は SMEC（オーストラリア）が実施している。

各プロジェクトにおける中圧配電線（33 kV, 11 kV）の拡張計画値は次頁の表-5.3.1 のとおりである。

表-5.3.1 地方電化計画（ADB/RE-1, RE-2, RE-3）の配電線拡張計画（単位：km）

県名	ADB/RE-1			ADB/RE-2			ADB/RE-3		
	33 kV	11 kV	計	33 kV	11 kV	計	33 kV	11 kV	計
ティンブー県	0	8	8	35.4	13.6	47.0	17.87	0.79	18.66
チュカ県	24	0	24	26.8	6.1	31.9	71.14	25.07	96.21
ハ県	0	0	0	0	0	0		12.36	12.36
パロ県	0	13	13	24.1	16.4	40.5	47.75	13.06	60.81
サムツェ県	25	0	25	23.4	0	23.4		51.88	51.88
チラン県	0	0	0	0	0	0	1.69	35.31	37.00
ダガナ県	0	0	0	0	11.7	11.7	15.46	14.4	29.86
プナカ県	45	0	45	36.8	0	36.8	34.27	4.5	38.77
ガサ県	0	0	0	0	0	0	29.86		29.86
ウォンデュポダン県	19	0	19	15.5	0	15.5	43.91	22.77	66.68
ブムタン県	20	0	20	0	3.6	3.6	0	44.76	44.76
サルパン県	30	0	30	0	6.4	6.4	49.64	8.9	58.54
シエムガン県	0	0	0	0	0	0	38.13		38.13
トンサ県	19	0	19	0	0.1	0.1	49.31		49.31
ルンツェ県	0	0	0	0	23.2	23.2	34.22	20.51	54.73
モンガル県	2	0	25	34.0	26.0	60.0	63.16	18.34	81.50
ペマガツェル県	0	0	0	33.4	11.1	44.5	31.14	11.28	42.42
サムドゥップジョンカ県	0	0	0	0	0	0	46.1	30.71	76.81
タシガン県	29	0	0	2.5	23.9	26.4	22	71.76	93.76
ヤンツェ県	45	0	0	13.4	0	13.4	51.7	5.06	56.76
合計	252	21	273	245.3	142.1	387.4	647.35	391.46	1038.81

### 5.3.2 ADB/RE-1 および RE-2

ADB/RE-1 では、要請のあった 12 県 5,690 世帯の中からチュカ、パロ、プナカ、タシガン、ヤンツェ、ティンブー、ウォンデュポダンの 7 県の約 3,000 世帯を対象に電化計画が策定された。選定に際しては、コストから見た可能性や、社会経済性などの要素が勘案され、その結果ブムタン、モンガル、サムツェ、サルパン、トンサの 5 県については計画からは見送られた。

この計画には、配電線の延線の他に Basochu 220 kV 送電線（Basochu～Simutokha 変電所間）の建設も含まれており、配電線工事費としては US\$7.5 million が見込まれた。

また ADB/RE-2 では、15 県、150 村の約 6,000 世帯が電化される計画であり、選定に際しては、発電容量、配電線の電圧降下や容量といった技術的な要件、将来の Kurichhu、Basochhu 水力発電所計画にともなう送電線工事および総工事費などが検討された。

総工事費は約 US\$12.1 million で、そのうちの約 US\$10 million は海外からのローンが見込まれた。なお 1 世帯当りの電化コストは、約 US\$2,000 となる。

### 5.3.3 ADB/RE-3

ADB/RE-3 では、8 県 8,357 世帯が電化の対象になっている。当初は、20 県 15,000 世帯を対象としていたが、工事費が US\$21 million と多額に上ることから、対象世帯数が削減されたものである。

対象となる県および世帯は、以下のような手順で進められた。まず次の基準により対象は12県約11,500世帯に絞られた。

- 将来的に送電線計画のある地域は対象から除外。
- 遠距離にあり、費用からみて実現性の低い地域は対象から除外。
- 国立公園内の地域は対象から除外。

こうした作業の後、工事費やEIRRといった経済的指標を考慮した上で、約1,600-3,500世帯（全体の20-43%）の貧困層を対象に加え、8県8,051世帯が選定された。

なお総工事費は、US\$11.4 million と見積もられており、1世帯当りの電化コストは約US\$1,400となる。

2005年9月現在、ADBより8,357世帯、オランダのSDSより3,799世帯、オーストリアの資金より1,096世帯、ブータン政府資金により529世帯の、合計13,781世帯の資金が拠出されることになっている。ただし、第9次5カ年計画のターゲットはあくまで15,000世帯であり、第9次5カ年計画中に、残り1,219世帯の電化を、各種ドナーを通じて実施する見込みであったが、資金手当てはついていない。

表-5.3.2 ADB/RE-1 および RE-2 の電化計画世帯数

県名	ADB/RE-1	ADB/RE-2
ティンプー県	104	738
チュカ県	597	464
ハ県	0	0
バロ県	160	294
サムツェ県	0	231
チラン県	0	0
ダガナ県	0	94
ブナカ県	585	473
ガザ県	0	0
ウォンデュポダン県	201	315
ブムタン県	0	98
サルバン県	0	189
シエムガン県	0	0
トンサ県	0	14
ルンツェ県	0	265
モンガル県	0	828
ペマガツェル県	0	828
サムドゥップジョンカ県	0	
タシガン県	750	739
ヤンツェ県	750	440
合計	<b>3,147</b>	<b>6,010</b>

出典：DOE

表-5.3.3 ADB/RE-3 の計画概要

県名	1世帯当り 電化コスト(US\$)	世帯数	EIRR (%)
チュカ県	1,890	901	10.71
ルンツェ県	1,691	631	12.03
モンガル県	1,634	1,093	12.45
ペマガツェル県	1,351	981	14.93
ブナカ県	1,423	521	14.23
サムツェ県	1,229	1,259	16.27
サルバン県	1,267	936	15.83
タシガン県	1,171	1,729	16.99

出典：DOE

## 5.4 オフグリッド電源による開発計画

### 5.4.1 小水力発電

小水力発電所については、本邦の無償資金協力援助で建設された13カ所を含め、多くの小水力発電所が稼働している。

しかしながら DOE/BPC は、これまでの経験から、小水力発電所を建設してもすぐ需要が超過してしまい、また、トラブルも多く、管理が困難であるという意見を持っている。また、配電線に比べて土木構造物、水車発電機などの維持管理が難しいという問題もあり、現在は、小水力発電所の保守管理は BPC の職員が行っているが、このまま続けることは困難ということである。小水力発電所の維持管理については、地元の村が実施するのが理想ではあるが、現実には専門家による運転・保守を想定した設計が行われているため、村民の知識レベルでは対応困難である。これらの点は、遠隔地にオフグリッド水力を計画する場合の重要なポイントとなる。

さらに、小水力発電所の建設に当たっては、水車発電機の搬入などトラックの通れる道路を確保する条件をクリアする必要がある。アクセスが困難な村落に対して小水力を建設する場合、輸送・建設方法、コスト、維持管理面が障害となる。

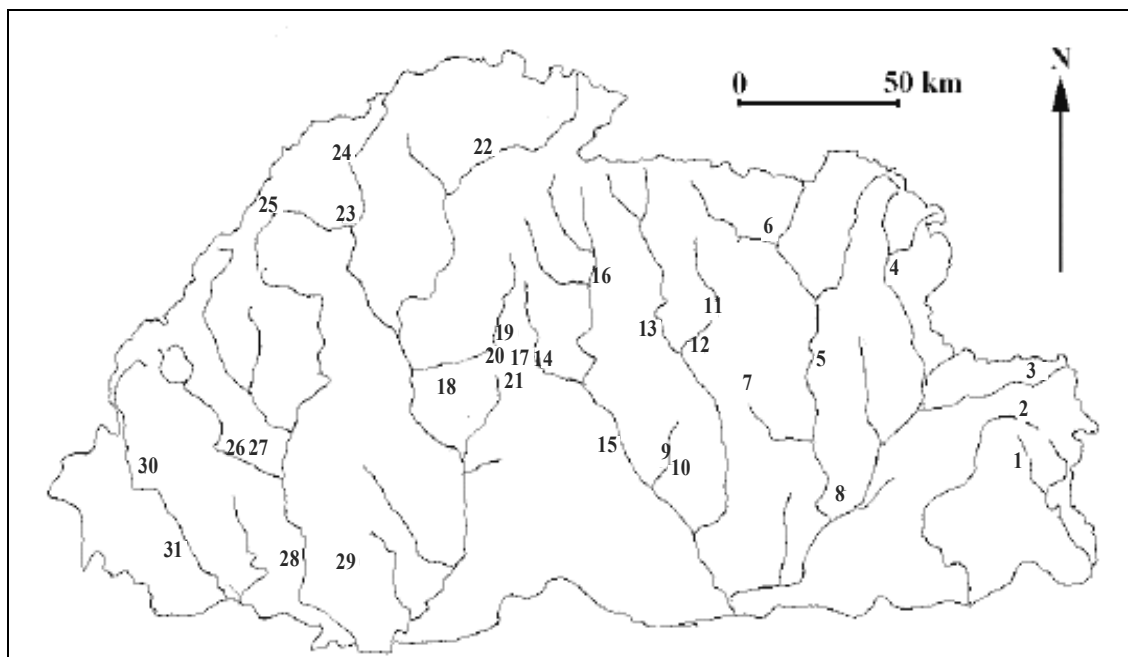
これまでに行われた小水力発電に関する調査・計画は、建設済プロジェクトの調査を除くと、インド Central Water Commission による調査（1980年代頃）、スウェーデンの技術援助による調査（1999年）と、UNDP/GEF による調査（2000）<sup>1</sup>があり、この他、DOE による独自の調査も行われている。しかしながら、これらの調査で提案された地点は、いずれもアクセスの比較的に良い地点が多く、既にグリッドにより電化済、または、近い将来に系統接続が予定されている地点も多い。

現在、実施が決定されている具体的な小水力プロジェクトは、UNDP/GEF 調査で検討された候補地の1つであるモンガル県 Sengor 地点（UNDP/GEF とブータン政府によるデモンストレーションプロジェクト）と、先進7カ国の電力会社による NGO 組織 e7 により2004年中に建設開始が決定されている、トンサ県 Chendebji 小水力（70 kW）小規模 CDM プロジェクトの2箇所のみである。

#### (1) スウェーデンの技術援助による調査（1999年：フェーズ-1）

スウェーデンの技術援助による調査（コンサルタントは SwedPower）では、当時の DOP（DOE の前身）が選定した31箇所のポテンシャルサイト（図-5.4.1 および表-5.4.1）を、様々なクライテリアによりスクリーニングした後、最終的に8箇所を選定し、現地踏査を実施している。選定された8箇所の候補地は、Sakten（タシガン県、150 kW）、Autsho（ルンツェ県、150 kW）、Sengor（モンガル県、50 kW）、Tang（ブムタン県、200 kW）、Tali/Buli（シエムガン県、200 kW）、Khotokha（ウォンデュポダン県、100 kW）、Dorokha（サムツェ県、750 kW）、Gasa（ガサ県、100 kW）である。

<sup>1</sup> スウェーデンによる調査と UNDP/GEF の調査は一連の調査であり、2つのフェーズをそれぞれのファンドにより実施されたものである。



出典：Project INT/94/R13 – Swedish Fund for Consultancy Services 98 BHU 3150 Micro/Mini Hydropower Development Project, Final Report, SwedPower, 10 Jan. 2000.

図-5.4.1 DOP 選定による小水力発電候補地 (1999年当時)

表-5.4.1 DOP 選定による小水力発電候補地リスト

Dzongkhag	No.	MHP Proposed Site Name	P (kW) by Swdish Study 1999	P (kW) by UNDP/GEF Study 2000	Notes
Samdrup Jongkhar	1	Shingkhar / Lauri			
Trashigang	2	Merak			
	3	Sakten	150	200	
Yangtse	4	Upper Yangtse			
Lhuntse	5	Autsho	150		Grid will connect (9thFYP)
	6	Upper Lhuentse			
Mongar	7	Sengor	50	50	UNDP/GEF.Project (2004-)
	8	Kengkhar			
Zhemgang	9	Tali	200		
	10	Buli			
Bumthang	11	Tang	200	400	Grid will connect (9thFYP)
	12	Tangsebi			Grid will connect (9thFYP)
	13	Shuri Kertsho			
Trongsa	14	Chendibji			e7 CDM Project (2004-)
	15	Korphu			
	16	Upper Bji			
Wangduephodrang	17	Sephu			
	18	Khotokha	100		Grid will connect (9thFYP)
	19	Dangchu			
	20	Nobding			
	21	Phobjikha			PV
Gasa	22	Lunana			
	23	Gasa	100	150	Grid will connect
	24	Laya			
Thimphu	25	Lingshi			DOE Study (2003-2004)
Paro	26	Nagu			Grid will connect (9thFYP)
	27	Bitekha			Grid will connect (9thFYP)
Chukha	28	Dungna			Grid will connect (9thFYP)
	29	Getana			
Haa	30	Sombeykha			
Samtse	31	Dorokha	750		

JICA 調査団作成(原典：Project INT/94/R13 – Swedish Fund for Consultancy Services 98 BHU 3150 Micro/Mini Hydropower Development Project, Final Report, SwedPower, 10 Jan. 2000.)

**(2) UNDP/GEF による調査 PDF-B (2000年：フェーズ-2)**

フェーズ I で選定された 8 箇所の候補地から、DOP により 4 箇所 (Sakten, Sengor, Tang, Gasa) が選定され、この 4 箇所について、より詳細な調査が行われた。

UNDP/GEF による小水力発電調査 (2000 年) の概要を表-5.4.2 に示す。

しかしながら、Gasa および Tang については、近年中にグリッド延長されることがほぼ決定しており、Sakten についても、グリッド延長による電化が望ましいと DOE は考えている。

**表-5.4.2 UNDP / GEF の調査 (2000 年) で提案された小水力発電計画**

Site	Sakten	Sengor	Tang	Gasa
Distance of site from road	25 km	on road	1.5 km	30 km
Type of scheme	run-of-river	run-of-river	run-of-river	storage
Type of intake	diversion weir	Tyrolean weir	diversion weir	storage intake
Location settling basin (= desilter)	20m after intake	15m after intake	10m after intake	20m after intake
Type of headrace	open canal	low pressure pipe	open canal	none
Headrace canal/pipe length	950 m	660 m	2400 m	-
Location forebay	end of headrace	none	end of headrace	storage as forebay
Penstock	steel pipe	steel pipe	steel pipe	polyethylene/steel pipe
Penstock length	283 m	372 m	410 m	881 m
Penstock diameter	0.350 m	0.250 m	0.500 m	0.250 m
Location powerhouse	at river bank	at river bank	at river bank	at river bank
Type of turbine(s)	turbo impulse	crossflow	crossflow	pelton
Gross Head	128 m	102 m	105 m	228 m
Net Head	117 m	85 m	102 m	204 m
Design Flow	230 l/s	90 l/s	670 l/s	95 l/s
Available Flow	240 l/s	120 l/s	680 l/s	54 l/s
Installed Capacity	200 kW	50 kW	2 × 200 kW	150 kW
Firm power available	200 kW	50 kW	400 kW	94 kW
Peak power demand forecast (Year 2010)	200 kW	45 kW	393 kW	149 kW
Assumed energy load factor	0.35	0.35	0.35	0.35
Estimated annual energy generation (Year 2010)	595 GWh	149 GWh	1'190 GWh	446 GWh
Length transmission lines, 11 kV	8 km	1.4 km	28 km	7 km
Length distribution lines, 0,4 kV	3 km	1 km	10 km	5 km

Source: UNDP/GEF, "Bhutan Mini And Micro Hydropower Development Project", ETC Energy, ENTEC, November 2000

Note: コンサルタントはオランダの ETC Energy、スイスの ENTEC、ブータンのローカルコンサルタント

**(3) UNDP/GEF の Fund による Sengor 小水力デモ・プロジェクト**

UNDP/GEF では、Sengor (モンガル県) において、人材育成、組織強化、持続可能な小水力発電の運営・維持管理のためのデモンストレーション・プロジェクトの実施を決定している。2004 年中にはプロジェクトが開始される予定となっている。資金は、GEF が US\$700,000、UNDP が US\$200,000 支出することとなっている。なお、このプログラムでは、DOE が主体的に実施する事となっており、村落の住民参加による建設、運営・維持管理、モニタリングが含まれ、村落住民が小水力発電所を運転・維持管理できるよう技

術者の育成も行われる予定となっている。なお、Sengor は、UNDP/GEF による調査終了後、年々世帯数が増加しており、DOE では電力需要予測を見直し、計画出力を 50 kW から 100 kW へ増加する計画としている。

しかしながら、Sengor の計画地点は、乾季の河川流量が少なく、通常の小水力発電の方式では 50 kW 程度が出力の限界となることから、DOE では、代替候補地の再調査を行うと共に、ヘッドタンクの容量を大きくして低負荷時に貯水し、ピーク時にこの水を用いて 100 kW まで出力を高める設計を行った。

**(4) その他の小水力発電計画**

上記計画の他、DOE ではティンブー県北部の Lingzhi において、新規の小水力発電所計画の調査を実施している。DOE による予備調査によると、4 箇所の代替候補地点が存在し、35-90 kW 程度の発電が可能で、計 76 世帯の電化が可能とのことである。ただし、付近は 7,000 m 級のヒマラヤ山脈の麓であり、建設・運搬などのアクセスが課題となる。

また、2001 年に当時の DOP が実施した、Shingkar Lauri (サムドゥップジョンカ県)、Laya (ガサ県)、Ura for additional (ブムタン県)の 3 箇所の小水力ポテンシャル調査がある。

これまでに調査・計画された小水力発電サイトを図-5.4.2 に示す。

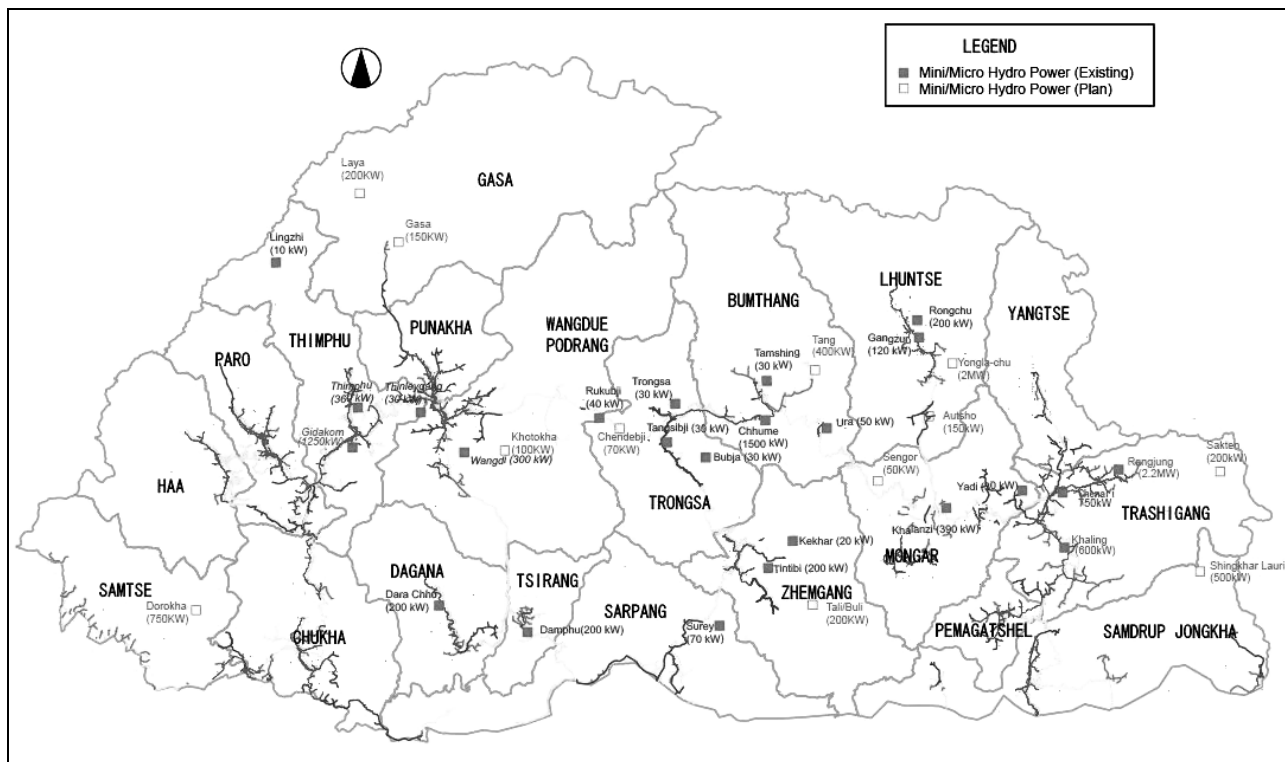


図-5.4.2 既存調査・計画中の小水力発電計画サイト

### 5.4.2 太陽光発電

第9次5ヵ年計画では、グリッド延長や小水力等による電力供給が困難な地域に対し、太陽エネルギーを利用する方針が示されている。この計画では太陽エネルギーの利用として、小型太陽光発電設備（Solar Home System: SHS）、及び、太陽温水器システム（Solar Hot Water System: SHWS）の設置が予定されている。

#### (1) 太陽光発電（SHS）

SHS については、第9次5ヵ年計画に示された計画設置数のうち約半分を、2004年7月から設置する予定となっている。各県に提供可能なシステム数は、DOEの再生可能エネルギー課（RED）を通じて、事前に各県に通知されている。設置箇所については、現在選定中である。選定方法は、各村落が相談の上設置場所を決定し、郡に申請書を提出し、郡から県に提出される。システムの購入は、入札で行われ、運搬・設置費は各県と利用者が負担することを考えている。SHS 設置の実施時期、件数、資金源は以下に示すとおりであり、システムの構成と設計パラメーターを表-5.4.3に示す。

- 実施期間 : 2004年7月～2005年6月
- 合計システム数 : 450件
- 資金源 : RGoB
- 合計予算 : 13 million Nu.

表-5.4.3 設置予定のSHSシステムの構成と設計パラメーター

S. Nos.	Parameter	Value	Unit
1	Yearly average Horizontal Solar Irradiation (Country Average)	4.25	kWh/m <sup>2</sup> ·day
2	Daily operation hours	4	Hours
3	Derating factor of PV module (Dust, Temperature etc.)	10	%
4	Days of Autonomy	3	Days
5	Battery Efficiency	85	%
6	Depth of Discharge (DOD)	80	%
7	Ballast of Efficiency of Light	80	%
8	Coldest average temperature	-20	°C
9	Temperature Derating factor of Storage Battery	85	%
10	Provided length of Cable (Size: 2.5 Sq. mm, Copper)	50	meter
11	Charge Controller (12 V DC type)	10	Amp
For the Schools, Monasteries and other public Institutions			
12	CFL Lights (Number of light 5)	11	Watt/light
13	PV module specification (55 Wp × 2 nos.)	110	Wp
14	Storage Battery (Capacity at C10 rate, Tubular, Deep Cycle)	110	Ah
For the Rural households			
15	CFL Lights (Number of light 3)	11	Watt/light
16	PV module specification	70	Wp
17	Storage Battery (Capacity at C10 rate, Tubular, Deep Cycle)	70	Ah

Source : Renewable Energy Division (RED)/ DOE

しかし、このシステムのための予算配分は、まだ為されておらず、予算の関係でプログラムは実現していない。2005年5月には、別のプログラムが発表されている。システムの数、合計予算、及び、システムの構成を、以下に示す。



表-5.4.4 2005年度太陽光発電のプログラム

項目	数量	単位	補足
合計システムの数	258	セット	
ソーラーランタンの数	42	セット	
合計予算	5.98	百万 Nu.	
各 PV システムの構成：			
PV モジュール容量	60	Wp	
ランプの種類	11	W	CFL
ランプの数	3	個	
蓄電池容量	70	Ah	deep cycle tubular
無日照日	3	日	
利用時間	4.5	時間/日	
各ソーラーランタンの構成：			
PV モジュール容量	10	Wp	12V
ランプの種類	7	Wp	CFL
蓄電池の容量	7	Ah	maintenance free
利用時間	4.5 ~ 5	時間/日	estimated value

出典：Renewable Energy Division (RED)/ DOE

(2) 太陽熱温水器 (SHWS)

太陽熱温水器については、具体的な設備容量、サイズ、計画実施に必要な予算等の確保方法は決まっておらず、現在 DOE で検討中である。

表-5.4.5 に、第9次5ヶ年計画中に予定されている再生可能エネルギー実施計画の概要を示す。また、第9次5ヶ年計画で予定している SHS 及び SHWS の設置数を、表-5.4.6 に示す。

表-5.4.5 再生可能エネルギー計画の概要 (第9次5ヶ年計画)

1. Sector	Electricity (Light)
2. Location	20 Dzongkhags
3. Executing Agency	Department of Energy (DOE)
4. Implementing Agencies	Dzongkhag Electricity Section of BPC and Alternate Energy Division (RED)
5. Estimated cost during 9 FYP	Capital 200 million Nu. Total 200 million Nu.
6. Duration	5 years
7. Implementing Date	From the date, fund is released
8. Status	Fund mobilization

出典：Renewable Energy Division (RED)/ DOE

表-5.4.6 第9次5ヵ年計画で予定している SHS および SHWS 設置数

S. Nos	Dzongkhag	Number of System	
		Photovoltaic (SHS)	Solar Hot Water Systems (SHWS)
1	Bumthang	22	10
2	Chukha	60	30
3	Dagana	45	20
4	Gasa	8	5
5	Haa	19	10
6	Lhuntshi	42	20
7	Monggar	73	40
8	Paro	47	30
9	Pemagatsel	65	30
10	Punakha	35	20
11	Samdrup Jongkhar	67	20
12	Samtse	83	25
13	Sarpang	62	20
14	Thimphu	43	40
15	Trashigang	115	60
16	Yangtse (Trashiyangtse)	54	30
17	Trongsa	24	20
18	Tsirang	46	20
19	Wanduephodrang	55	30
20	Zhemgang	35	20
Total		1,000	500

出典: Renewable Energy Division (RED) / DOE

Note: (a) For PV system there may be two type of systems.

(1) 3 light system for small households with around 60Wp Module and 60 to 70 Ah battery.

(2) 5 light system for rather large households with around 110 Wp Module and 110 Ah battery.

(b) The size of the SHWS is not yet decided.

(c) The founding source is not yet finalized.

### 5.4.3 バイオマスエネルギー利用

ブータンは世界でも有数の一人当たりの薪消費量が多い国である。未電化世帯の 99.7% が調理に薪を使用し、81.7%が暖房に使用している<sup>2</sup>。地方では薪を一日平均一人当たり 3.95kg<sup>3</sup>、年間一人当たり 1.27 トンを消費し、薪が 84.6%の国内エネルギー消費をまかなっているというデータ<sup>4</sup>もある。薪の消費量を減らすことが、森林資源の保護に効果的に結びつくため、薪炭利用効率化が推奨されている。UNDP による GEF(Global Environment Facility)が、SGP(Small Grants Programme)として、1998 年から 1992 年に、改良薪ストーブによる森林資源効率化プロジェクトを、タシガン県、チラン県において実施した。また、Austrian-Bhutan Energy Sector Program の中で同様のプロジェクトが計画されている。しかし、バイオマスエネルギーの発電利用に関し、明確な導入計画は、現在のところ策定されていない

### 5.5 電力セクターにおけるドナーの活動状況

電力セクターにおけるドナー毎のプログラム・プロジェクトの活動状況は以下である。

<sup>2</sup> Fuelwood Consumption and Alternative Energy Sources in Bhutan, 2001, Norlha

<sup>3</sup> 未電化村落データ収集調査 (JICA 調査団、2004 年)

<sup>4</sup> Wood Energy Sectoral Analysis,1991, FAO

表-5.5.1 電力セクターにおけるドナーごとの活動状況

Donor	Project Title	Type	Duration	Amount (x10 <sup>6</sup> US\$)	Remarks
ADB	Power System Development	PPTA	1993-1994	0.245	WORLEY
	Rural Electrification Project (ADB/RE-1)	Loan	1995-1999	7.500	
	Second Rural Electrification	PPTA	1997-1998	0.600	TATA
	Institution & Financial Development DOP	PPTA	1997-1998	0.400	
	Sustainable Rural Electrification (ADB/RE-2)	Loan	1997-2002	-	
	Rural Electrification and Network Expansion (ADB/RE-3)	PPTA	2002-2003	-	SMEC
JICA	Establishment Project for Micro Hydropower Facilities (Phase-I)	Grant	1986-1987	-	
	Establishment Project for Micro Hydropower Facilities (Phase-II)	Grant	1991-1992	-	
	Feasibility study of Punasangchu HPP (870 MW)	F/S completed	1999-2001	-	
e7	Chendebji (70 kW)	F/S completed	2001-	-	CDM Project
UNDP/GEF	Rural Energy Development Project, Rangjung	Grant	1994-1996	0.037	
	Mini/Micro Hydro Development Feasibility Study Decentralization of Rural Electrification (Sakteng :200 kW, Sengor :50 kW, Tang :400 kW)	Grant	1998-1999	0.364	
	Solar Energy Programme Review and Preparation of Sustainable Solar Energy Programmes and Project Proposals in Bhutan	Grant	2001-2002	0.055	
	Replacement of Naked Kerosene Lamp with Solar Lanterns to Reduce Carbon-dioxide Emission by Mendrelgang Farmers Association (MFA)	Small Grants Programme	2003-2004	0.003	
Government of India	Rural Electrification	Grant	1993-1999	1.108	
	Subtransmission and Distribution (Urban Areas)	Grant	1993-1999	0.625	
	Semtokha II	Grant	1993-1994	0.504	
	Mini/Hydel, Thimphu (Rehabilitation)	Grant	1994-1998	0.313	
	Geytsa Pondage Scheme (Rehabilitation)	Grant	1996-1997	0.018	
	Kurichhu Hydro Power Project	Loan	1994-2001	24.045	
	Kurichhu Hydro Power Project	Grant	1995-2001	38.304	
	Tala Hydro Power Project	Loan	1996-2004	132.788	
	Tala Hydro Power Project	Grant	1997-2004	199.151	
	Power Transmission Eastern Grid	Grant	1998-2002	18.859	
	Power STD Phase II (Thimphu & Paro)	Grant	1998-2002	9.318	
	Eight Mini-Hydels	Grant	1998-2002	4.859	
	Improvement and Upgradation of Transmission Grid	Grant	1998-2002	4.479	
	Rural Electrification Transmission Lines	Grant	1998-2002	1.031	
Urban Electrification	Grant	1998-2002	6.374		
Improvement and Upgradation of Electric Services	Grant	1998-2002	9.765		
Netherlands Government	Solar Lighting	Grant	1995-1999	0.472	
	Rural Electrification	Grant	1995-1999	1.373	
	Mini Hydel Kellungchu	Grant	1999-2002	-	
	Rongchhu (Kellungchhu) HPP (200 kW)	Grant	2001	-	
Swedish Fund/GEF	Sustainable Mini/Micro Hydropower Development for Rural Electrification	Grant	1999-2003	0.392	
Government of Norway (NORAD)	Water Resource Management Plan and Hydro Power Master Plan Update	Grant	2002-2004	-	
	Feasibility Study of Mangdechhu HPP (360 MW)	Grant	1998-2000	-	
	Mangdechhu HPP (600 MW)	F/S completed	1998	-	
Government of Austria	Rangjung Hydropower Project	Grant	1993-1996	6.415	
	UpperBasochhu Hydropower Project (Phase-I 24 MW)	Grant	1996-2000	14.435	
	UpperBasochhu Hydropower Project (Phase-I 24 MW)	Loan	1996-2000	13.633	
	Lower Basochhu Hydropower Project (Phase-II 38.6 MW)	Grant	2004-	-	Under Construction
	Lower Basochhu Hydropower Project (Phase-II 38.6 MW)	Loan	2004-	-	

出典：「Power Data 2000-01, DOP of MIT」他

注) ブータン国では、設備容量 100 kW 以下を Mini/Micro hydro とし、100 kW~1 MW を Mini Hydro としている。

## 5.6 道路開発計画

ブータン国における電化計画の策定においては、国土の大部分を占める急峻な山間地域へ、いかに電力を供給するかが重要な鍵となる。アクセス道路が存在しない場所へ電力を供給する場合、適用可能な製品・設備が制限されるため、建設工事やメンテナンスが困難となり、電化計画自体に大きな制限がかかる。こうしたことから、地方電化マスタープランの作成は、既存道路及び将来の道路計画との整合性を図りつつ進める必要がある。

ブータン国では、1959年に初めて車両が通行可能な道路が建設されて以来、急速に道路網が発達している。1961年にはブータン国政府により道路建設に関する5ヵ年計画が開始され、現在では第9次5ヵ年計画（2002年～07年）が進められている。道路総延長は約3,746 km（1,558 kmの幹線道路を含む）である。多くの道路は、DANTAK (a Division of the Indian Border Roads Organization of the Indian Army) によって建設され、ほぼ全ての幹線道路及び地方道路、約40%の支線道路は舗装されている。

しかし、多くの地方村落は、未だに主要道路へのアクセスができない状況にある。こうした状況の中、ADBの支援の下、道路計画のマスタープランが作成された。この計画は、第10次から第13次5ヵ年計画（2008年から27年）に関するもので、各県から要請のあった支線道路を中心に、約2,465 kmの建設が対象となっている。なお、この中には第2東西幹線道路（Second East-West Highway）も含まれている。この計画が実現すれば、道路から徒歩で半日以内に到着できる地方の住民の割合が30%に達することになるとしている。

ブータン国の道路管理及び道路開発計画は、一元管理が行われておらず、下記の機関により個別に管轄されている。

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| (1) 労働産業省（道路局） | : 幹線道路、地方道路、支線道路 |
| (2) 農業省        | : 農業道路、農道、林間道路   |
| (3) 教育省        | : 通学路            |
| (4) 貿易産業省      | : 鉱道、電力産業道路      |
| (5) 情報通信省      | : 情報通信道路         |
| (6) 保健省        | : 保健道路           |

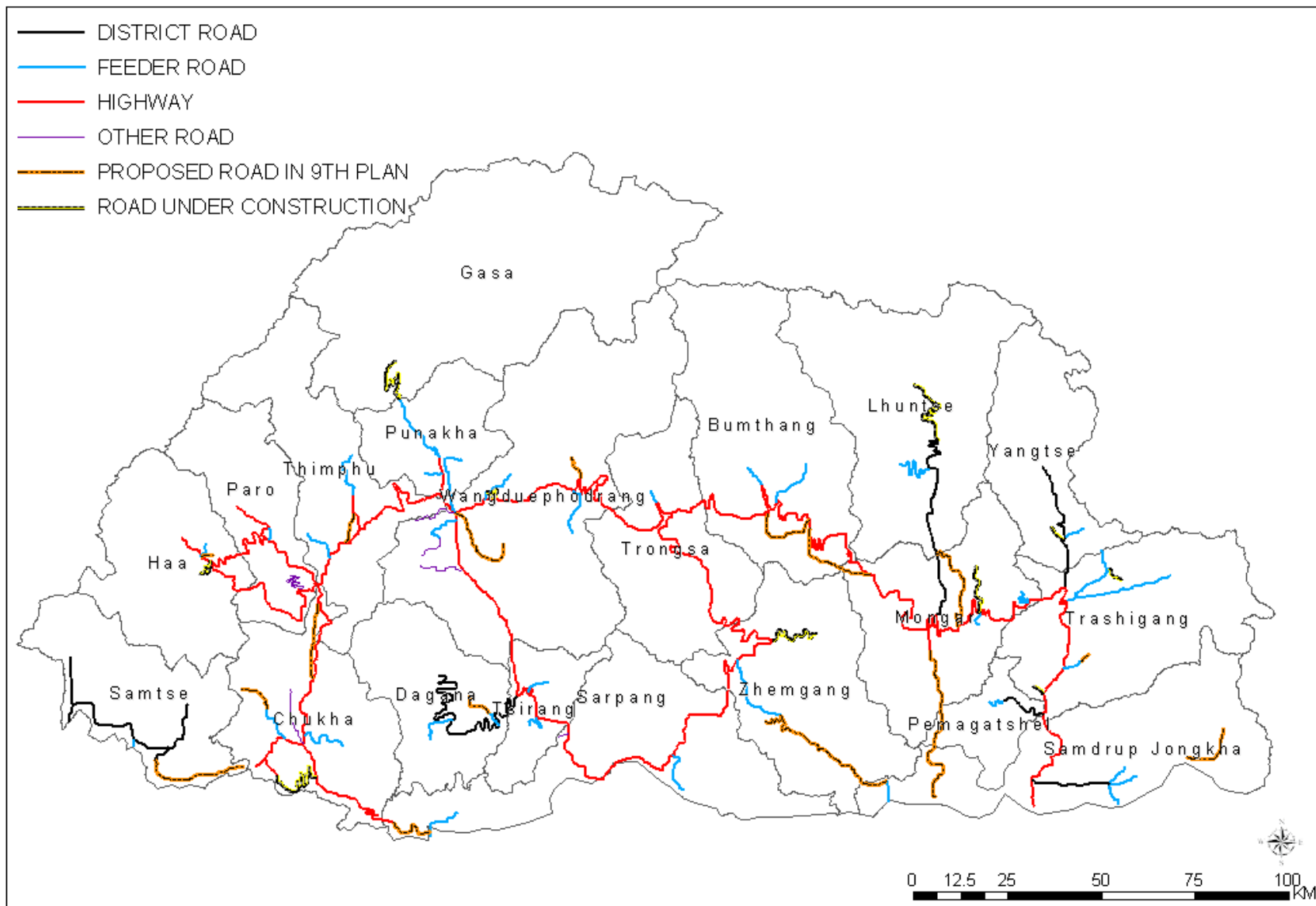
計画局(Department of Planning, Ministry of Finance)が全体の計画と省庁間の調整を行うことになっているが、全国規模の道路管理及び道路開発計画に整合が取れない状況にある。さらに、世界銀行、UNDP、日本等のドナー機関により新たに道路・橋梁等が年々建設されているが、これらの既存道路の情報も正確に把握されていない。

また、既存の道路データの管理方法に関しては、どの機関もほぼ同様であったが、都市と都市あるいは村と村を繋ぐ距離のみを単純な表に示したものや、概略ルートを座標のない地図に表示したいわゆるポンチ絵的な画像が存在するのみである。正確な位置情報を持ったGIS上や地形図上では管理されていない。これは、今回ヒアリング調査を行った労働産業省道路局、農業省、情報通信省の3機関共にいえる事である。前述のADB/TAによる道路マスタープラン（図-5.6.1）においても、都市と都市を概略ルートで結ぶだけ

の概念図と概算距離のみの情報であり、本調査の GIS データとの整合を図ることはできなかった。

従って、具体的に電化地域が特定され、配電線延長計画を策定する段階において、正確な既存道路位置及び道路整備計画を図面上で確認した上で、詳細な配電線延長ルートや実施時期の決定を行う必要がある。

なお、2004年に道路決議（Road Act）がブータン国で初めて策定された。道路の種別、技術的な基準、道路に関する権限が定められ、労働産業省道路局によりブータン国の全ての道路が一元管理される計画となっている。ただし、一元管理が機能するまでにはまだ数年の時間がかかるものと考えられる。前述の問題はブータン国としても重要な問題として認識されており、ブータン国の全ての既存道路及び道路計画の正確な把握と GIS 地形図上での管理が望まれている。



出典：Road Planning & Management Strengthening Project (ADB/TA) Final Report

図-5.6.1 ブータン国道路ネットワーク図

## 第6章 情報通信分野の現状と開発計画

### 6.1 地方電化と情報通信

地方電化事業において、電灯を灯すだけでは、事業の便益を出すことは一般的に難しい。本調査をただの紙で終わらせないためには、あらゆる方向から実現可能性を検討する必要がある。従って、地方電化事業では、いかに便益を上げられるかが事業実施に結びつくこととなり、電化による多様な便益を確実に生み出させることが重要となる。

地方電化の便益として挙げられるのは、ローソクやランプの油代などの直接的な費用の低減のほかに、室内が明るくなることによる生活の質の向上、学習時間や余暇の創出、あるいは家内制手工業や内職などの時間をもてることによる収入の増加、電気調理や暖房、水汲みなどに使用することによる薪炭や燃料などの削減、煙の低減による健康面への効果、薪拾いや水汲みに要する時間の節約と重労働からの開放（特に女性や子供）とジェンダーへの効果などが挙げられる。

この他、電化による便益効果としては、農業への利用や新たな産業の創出、生産性の向上なども挙げられ、さらには通信、ITとの組み合わせにより遠隔教育、医療、地方行政サービスの向上や、地方からの情報発信、市場動向把握が可能となる。また、気象・災害などの情報伝達や、治安向上への効果も期待できる。

将来的には、地方電化に通信を盛り込むことによって、双方の事業に様々な付加価値が得られることとなる。特に、地方行政組織と中央政府組織間のネットワーク化による地方行政支援や、遠隔医療、遠隔教育は地方分権化にも大きな効果が期待できると考えられる。

地方電化が実現したとしても、受け手側に電化製品がなければ電力を享受することができない。同様に、通信網が整備されたとしても、安定した電気が十分に得られなければ、そのメリットは享受できない。通信網と配電網を別々に整備するよりも、同時に整備したほうが、設備や機材を共有して使用できるなど、必要な費用も安く済むことになる。

### 6.2 情報通信網の現状と開発計画

#### 6.2.1 情報通信網の現状

通信として一般に利用されているものは、1) 電話、2) ラジオ・テレビ、3) インターネットの3つであり、順に必要となる電気の容量は大きくなる。サービスエリア、容量などの点を鑑みると、ブータン国における現状の通信環境は良いとは言えないが、情報通信網の拡張はこれらの通信環境の改善に大きく寄与するものと考えられる。

ブータン通信公社(BTL: Bhutan Telecom Ltd.)が主に固定電話、携帯電話とインターネット接続サービスを、ブータン放送公社(BBSC: Bhutan Broadcasting Service Corporation)がラジオ・テレビ放送を行っている。また、VSAT<sup>1</sup>を利用した民間のインターネット接続サービス業者も存在する。各地のケーブルテレビ会社も民間である。

<sup>1</sup> Very Small Aperture Terminal: 超小型衛星通信用地球局あるいはそれを用いた衛星通信システム。地上通信網の整備が困難な地域や災害対策用通信システムとして使用されている。1.5 Mbps程度でのデータ通信も可能。

電話ネットワーク

ブータン通信公社の通信網は、1991年からの本邦の無償資金協力により整備された。現在、幹線にはおもにマイクロウェーブを使用しているが、近年の情報化に伴い、通信容量に限界が来ている。2004年6月には Thimphu - Phuntsholing、Paro 間の既設の 66 kV 送電線に敷設された光ファイバーの運用が開始されたばかりである。日本では、無線よりも安定性・信頼性に優れる光ファイバーをメインとして、マイクロウェーブをサブとして利用しており、ブータン国においても光ファイバー網の整備が望まれている。

マイクロウェーブを使用している電話回線網については、ティンプー～タシガン間で従来の 34 Mps の PDH<sup>2</sup> から 155 Mbps の SDH<sup>3</sup>へのアップグレードが計画されている。これにより撤去される PDH 機器は、低容量な DRMASS<sup>4</sup>を利用している区間に転用される。

現在の電話加入者は 31,896 (2005年6月末現在)で、電話の普及率(回線数/人口)は 4.3%である。首都ティンプーエリアの加入者は 14,150、南部国境に位置する Phuntsholing エリアの加入者は 5,533 で、これらで加入者の 6 割以上を占めている。2007年には普及率を 7%にする計画がある。

第9次5カ年計画中に全郡に最低10本の電話回線を導入することが目標とされており、ブータン通信公社ではデンマークの援助により地方電話網拡張プロジェクトを進めている。現在の 81 郡に加え、2006年末までにさらに 90 郡、2007年末までにほぼ全ての郡をカバーする計画である。地方への電話網は主に WLL<sup>5</sup>によっているが、地理的要因を考慮して、VHF (Very High Frequency)や VSAT なども導入を進めている。有線電話網単体の地方への拡張は、費用面で不利なため、ブータン通信公社では積極的には考えていない。

表-6.2.1 に現在ブータン国の電話網で採用されている方式・使用を、図-6.2.1 に 2004年9月現在の電話網を示す。

表-6.2.1 ブータン電話網の方式と位置づけ

方式・仕様	容量	ブータンの電話網における位置づけ
SDH STM-1 155 Mbps Optical Fiber	電話 1,890 回線またはテレビ 4 チャンネル相当	光ファイバーでは Thimphu - Paro ・ Phuntsholing で運用中。マイクロウェーブでは東西幹線に、既存の PDH 方式からのアップグレードとして導入予定。
SDH STM-1 155 Mbps Microwave		
PDH 34Mbps Microwave	電話 480 回線相当	ブータンの電話網の幹線はこの方式を採用。
PDH 8Mbps Microwave	電話 120 回線相当	
DRMASS(2E1)	電話 60 回線相当/システム	デジタル加入者無線システム。支線はこの方式が多い。
CorDECT WLL	電話 12 回線相当/システム	加入者無線方式。地方電話網拡張プロジェクトでは基本的にはこのシステムが導入される予定。

JICA 調査団作成

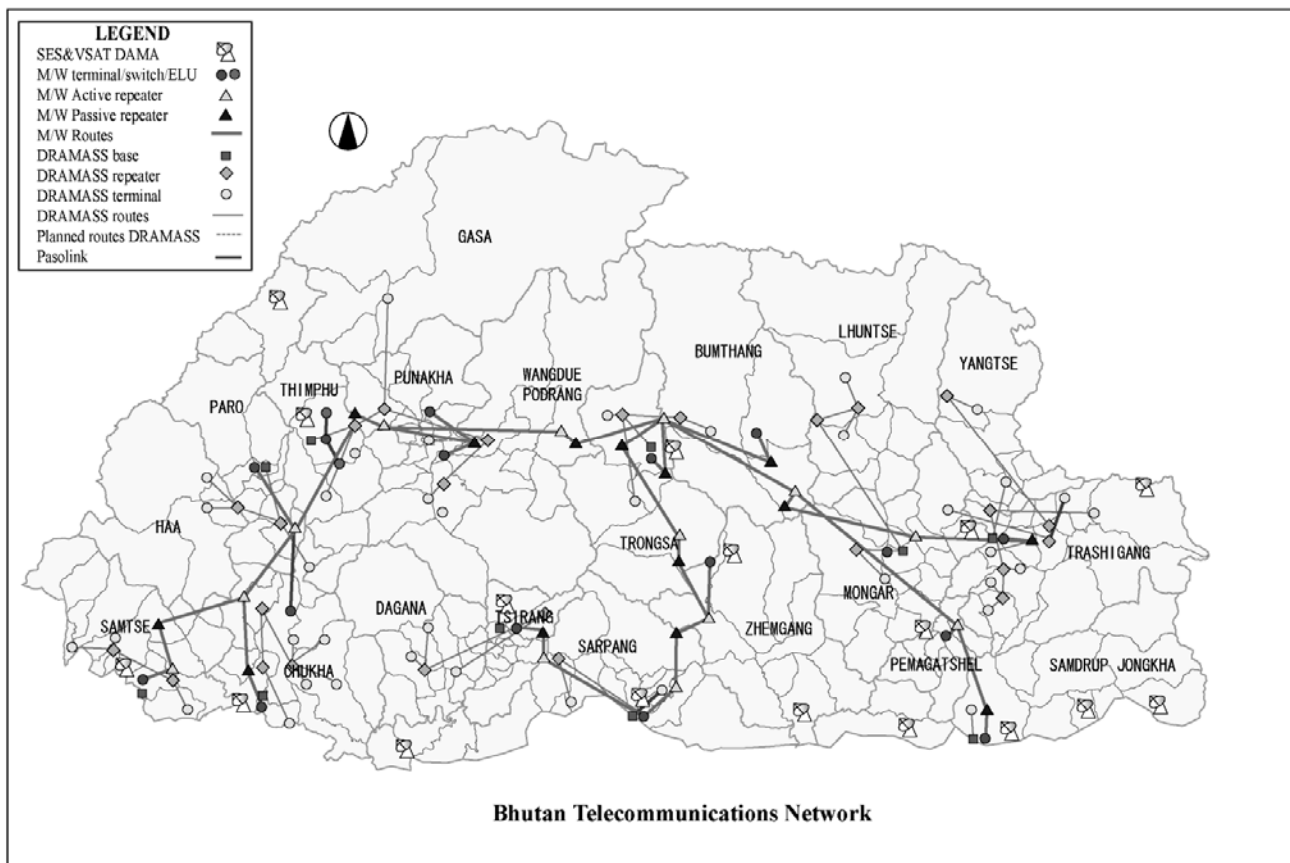
<sup>2</sup> Plesiochronous Digital Hierarchy: 非同期デジタル網

<sup>3</sup> Synchronous Digital Hierarchy: 同期デジタル網。PDH よりも大容量通信が可能で、テレビ放送にも利用可能。

<sup>4</sup> Digital Radio Multiple Access Subscriber System: デジタル加入者無線システム

<sup>5</sup> Wireless Local Loop: 無線ローカル・ループ。最近では FWA(Fixed Wireless Access: 加入者系固定無線アクセス・システム)と呼ばれる。PHS 技術などを活用した、固定電話網の末端部分を有線ではなく無線によって接続する方式。数 Mbps から数十 Mbps のデータ通信が可能な技術もある。





JICA 調査団作成

図-6.2.1 既設 BTL 電話ネットワーク (2004年3月現在)

携帯電話

GSM携帯電話サービス B-Mobileはブータン通信公社により 2003年11月に開始された。当初、サービスエリアは Thimphu-Paro、および、Thimphu-Phuentsholing と、これらを結ぶ国道沿いのみであったが、2004年10月現在、Punakha, Wangduephodrang, Gelephu, Samdrup Jongkhar の市街地とその周辺も、サービスエリアとなった。2005年7月現在の加入者数は 28,500 である。加入者の急増にともなう夕方から夜間の需要のピークに対応しきれていないが、現在、設備の増強が進められている。

インターネット

1999年6月にブータン通信公社によるインターネットサービスプロバイダ DRUKNET がサービスを開始した。固定電話が敷設されているところであれば、おおむねダイヤルアップ接続が可能である。しかし、特に地方では民間企業や一般家庭へのパソコンの普及が進んでいないため、ユーザーは主に、政府機関や限られた企業、ビジネスマンや外国人である。専用線サービスも高価なため、一部の政府機関などが導入しているのみである。1999年11月には 500 であったユーザー数は、2005年6月現在ではダイヤルアップが 3,335、専用線が 34 となっている。DRUKNET は通信衛星を利用してブータン国外との 4 系統の通信網を確保しているが、その利用料の高さが専用線サービス料金の高さの原因となっている。DRUKNET 単体では赤字である。

中央省庁では専用線を介してインターネットに接続された LAN<sup>6</sup>が整備されているが、各県庁ではこれが少しずつ始まった段階である。また、複数の省庁・公社が中央と地方の拠点間を結ぶネットワークデータベースをそれぞれ独自に計画あるいは導入しているが、専用線が高価であることから、低速なダイヤルアップ接続で運用されているものが大半である。情報通信網の拡張により、情報化や地方分権が促進されると考えられる。

現時点ではブータン通信公社は ADSL<sup>7</sup>などの高速のインターネット接続サービスを提供していないが、2004年6月から、民間の企業が VSAT を使用した高速インターネット接続サービスを開始している。PLC<sup>8</sup>通信は、電力セクターの拠点間（発電所・変電所など間）の業務連絡用にも使われている。

### 6.2.2 情報通信網の開発計画

2004年6月現在、ブータン西部の送電線網の大半には OPGW<sup>9</sup>が敷設されている。これはブータン通信公社が BPC の送電設備に敷設したものが主で、BPC が保守費用と鉄塔のリース料、ならびに 24 芯のうち 12 芯を使う権利を受け取る契約によるものである。

ブータン通信公社と BPC は OPGW 網の拡大について協議を進めている。ブータン南部の Gelephu 経由で、OPGW の東部への拡張が計画されている。また、ブータン国の今後の ICT<sup>10</sup>政策文書である BIPS<sup>11</sup>が光ファイバー網の整備について明記している。BPC も今後敷設される送電線には OPGW を併架することとしている。

ブータン通信公社は 2007 年に終了する地方電話網整備計画で導入した設備の置き換えとなるタイミング、つまり 2017 年ごろから送電線網から先の部分についても、少なくとも郡センターまでは、配電網を利用して情報通信網の整備を進めたいとしている。

情報通信省 (MoIC: Ministry of Information & Communication) の情報技術局 (DIT: Department of Information Technology)は、各省庁や関連機関と調整の上、地方の行政機関、ケーブルテレビ会社などに敷設を進めたいとしている。財源については各省庁と協議するとともに、パッケージ化してドナーとの協議を行いたいとのことである。また、東西を結ぶ送電線網に併架される OPGW とは別に、東西道路沿いに光ファイバーを敷設することで、経路を二重化し、より信頼性を高めたいと、DIT は考えている。これに加えて、インドのカルカッタまで光ファイバーを敷設し、これを現在の通信衛星経由の接続に代えることで、インターネット接続コストの低減を図る考えである。BIPS は通信分野のほか、放送分野、教育分野、医療分野での情報通信網の活用を取り上げているが詳細な計画はまだ策定されていない。

<sup>6</sup> Local Area Network

<sup>7</sup> Asymmetric Digital Subscriber Line: 非対称デジタル加入者線。電話線を通信線として利用する技術で上り方向と下り方向の通信速度が異なることが特徴の、DSL(Digital Subscriber Line:デジタル加入者線)技術の1つ

<sup>8</sup> Power Line Carrier: 電力線搬送。日本では一部の電力会社で実証実験が開始されている、送電線や配電線自体を通信線として利用する技術

<sup>9</sup> Optical-fiber Composite Overhead Ground Wire: 光ファイバー複合架空地線。架空送電線の避雷のために設置される架空地線に光ファイバー通信機能を兼備えた多用途電線

<sup>10</sup> Information & Communication Technology: 情報通信技術

<sup>11</sup> Bhutan ICT Policy & Strategy

なお、ブータンポスト(郵便局)では、ITU<sup>12</sup>、UPU<sup>13</sup>、インド政府の協力を得て、e-Postプロジェクトを進めている。概要は後述の表-6.5.1に示したが、安定した電力供給、高速インターネット接続に期待する部分も大きい。

### 6.3 テレビ放送網の現状と開発計画

BBSCは1999年6月にテレビ放送を開始した。現時点ではブータン国唯一の放送局である。ブータン国のテレビ放送網の現状と開発計画は、以下の通りである。

#### 6.3.1 テレビ放送網の現状

1999年BBSCの放送開始以来、直接放送波による放送のサービスは首都圏に限られている。2004年からThimphu - Phuntsholingの光ファイバーを利用して、Phuntsholingではティンプーとの同時放送が可能となった。それ以外の地方ではBBSCの放送をビデオカセットに録画したものを地方に陸路で輸送・配布し、各地のケーブルテレビ会社がそのカセットを再生している。このため、地方では1~4日遅れで番組が放送されており、早期のテレビ放送網の整備拡張が望まれている。なお、全てのケーブルテレビ会社にはBBSCの放送を同時放送、若しくは、再放送する義務が課されている。

BBSCの放送は、1999年6月のテレビ放送開始時には1日1時間であったが、現在は8時間に拡大されている。内訳はブータンの国語であるゾンカが6時間、英語が2時間である。放送時間の拡大を計画しているが、番組の量・質ともに向上の必要があると専門家も認めている。政府は「ブータン国固有の文化・伝統の継承、民意の統一」の役割をBBSCに期待しているが、テレビが娯楽としてしか捉えられておらず、BBSC上層部や政府の方針が明確に示されていない点も専門家から指摘されている。

ケーブルテレビ会社はブータン全20県のうち19県に計34社あり、各ケーブルテレビ会社は、BBSCのほか、DDI、CCTV、BBC、CNN、Arirangなど、インド、中国、イギリス、アメリカ、韓国などの番組を放送している。一部のケーブルテレビ会社では、日本のNHKの放送も行っている。BBSC以外の放送は衛星から受信している。ケーブルテレビの利用料は300 Nu./月(2004年6月現在)であるが、その収益の30%が政府に納められている。BBSCの収入源は政府からの拠出金とコマーシャルから成っている。

なお、ブータン国内では3.5万台のテレビ受信機が存在する<sup>14</sup>。

一方、ラジオはFMと短波で1日11時間放送されている。ゾンカが5時間、英語、ブータン東部の言葉の1つであるシャショツパカ、ネパール語が各2時間となっている。未電化地域を含む国内の大半の地域で聞くことができるため、テレビよりも一般的なメディアとなっている。短波は地域や時間帯によって音声クリアではないことから、現在、BBSCではDANIDA(デンマーク)の援助により、FM放送網の拡張を進めている。

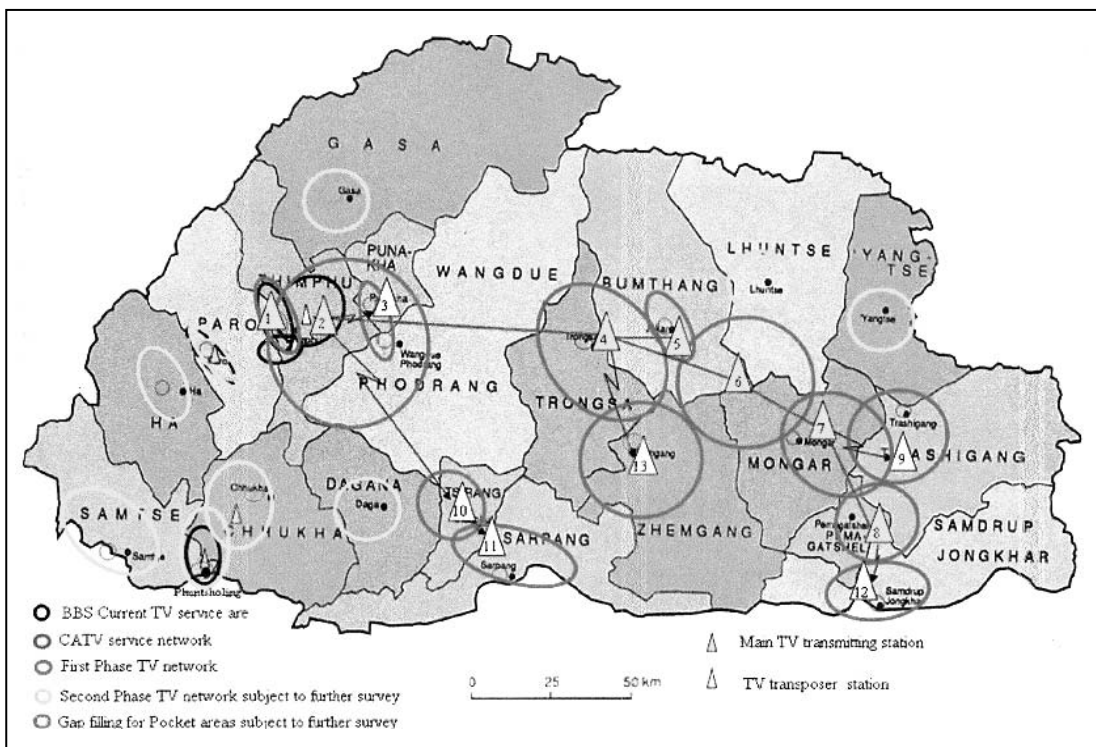
<sup>12</sup> International Telecommunications Union: 国際電気通信連合

<sup>13</sup> Universal Postal Union: 万国郵便連合

<sup>14</sup> Media Impact Study 2003, Ministry of Information and Communication, 2003

6.3.2 テレビ放送網の開発計画

特にブータンのような山国の場合、放送網の拡大には衛星が有利である。実際、ITU による放送衛星の導入が計画されている。しかし、自国の衛星がない以上、通信路を他国に押さえられることとなるため、BBSC は光ファイバー網に強い期待をもっている。これはまた、自国の通信路が技術力の向上のためにも必要であると考えている。現在、「BBSC 全国 TV ネットワーク網構築<sup>15</sup>」が BBSC から日本政府に無償資金技術協力として要請されている。BBSC の放送ネットワーク拡張計画を図-6.3.1 に示す。



出典：BBSC

図-6.3.1 BBSC 放送ネットワーク拡張計画

2004年7月3日にはBBSCでは初めて10時間の生中継（戴冠記念アーチェリーの決勝戦）をティンパーから行うなど、着実に番組づくりの能力をつけてきている。放送網の整備は、BBSC テレビの番組を地方にリアルタイムで送信することを可能にするのみならず、地方からの中継も可能とする。これにより番組・情報の量・質の向上が期待できる。

ブータンでは道路・通信網から離れた、教員数の不足している学校が多く存在している。通信・放送網の整備は、教育分野（例えば放送教育）での利用も期待できる。さらに双方向通信が可能なシステムになれば、その遠隔教育や農業情報（気象・歳時記等）、環境保全、災害防止、遠隔医療、保健・衛生の強化等、放送網拡大の効果も大きくなる。

<sup>15</sup> ブータン通信公社が整備しているSDHマイクロウェーブ網や光ファイバー網、あるいは地上波オフエアー方式（電波を中継地点で増幅させる方式）で、全国13か所にテレビ中継所を設置する計画

## 6.4 電力供給事業における通信の現状と今後

### 6.4.1 通信設備の現状と今後

#### (1) 通信設備の現状

ブータン電力設備の運営は DOE/BPC が担当している。Chukha, Kurichhu および Basochhu-I & II の水力発電所の運転・保守は、公社形態の Chukha Hydro-Power Corporation (CHPC), Kurichhu Hydro-Power Corporation (KHPC), Basochhu Hydro-Power Corporation (BHPC) が DOE の管轄下で実施している。送電系統と配電系統の運転・保守は、BPC がその任に当たっている。

電力系統は、Chukha および Basochhu 発電所を含む西部系統と Kurichhu 発電所を含む東部系統に分割されており、現在は両系統の連系はなされていない。それぞれの系統の発電所と高・中圧の変電所間は、すべて送電線を利用した電力線搬送 (PLC) 通信方式により接続され、情報伝達・収集と運用指令に活用されている。PLC のバックアップとして VHF を使用する無線通信も設置されている。VHF の携帯電話は送電線の保守作業にも使用されている。VHF による通信距離は限られているために、2004 年 12 月までに中継局を増設して通話距離を伸ばす予定である。マイクロウェーブの通信設備は設置されていない。送電線による連系が完成していないために、PLC 通信が利用できず、西部・東部電力系統は単独の運用を余儀なくされているのが現状である。

#### (2) 通信設備の今後

PLC 通信設備による限定された情報量および音質不良の問題による非効率な系統運用を改善するべく、DOE/BPC はより大きな情報伝達容量と良質な通信性能を有する光ファイバー通信を、電力系統に採用することを決定した。

既設 66 kV 以上のすべての送電線には、送電設備を雷から保護するために電力線の上に亜鉛めっき鋼撚線の架空地線 (Ground-Wire: GW) が全ルートにわたり導入されている。光ファイバーを内蔵し、かつ従来の避雷防止機能を有する架空地線 (OPGW) を既設の GW と置換することにより、通信機能の大幅な改善が可能となる。適用するすべての OPGW は 24 芯の光ファイバーを有している。

BPC は、まず西部系統の既設 66 kV 以上のすべての送電線の GW を OPGW に置換することとしている。2005 年 2 月現在この OPGW 置換工事は Chuzom-Ha 66kV 送電線を除きすべて完了している。OPGW による通信を可能にするには、発電・変電所やその他の基地局に終端装置や端末機器が必要であるが、現在は未設置である。ティンプー近郊の 10 変電所間 (33 kV も含む) にも OPGW システムを設置し、同系統内の Chubachu 制御所との回線を運用することになっている。BPC は、OPGW 機能を電力分野の SCADA (系統監理・データ収集)、テレメータリング、遠方監視制御、音声回路に活用することにしてている。さらに、DOE はティンプー近郊に中央給電指令所 (NLDC: National Load Dispatching Center) の建設を検討中である。将来 OPGW による伝送データの集積・分析、系統運用指令などを一括して司ることになる。BPC はこれら電力系統の運用に使用する以外の余剰芯を、他分野へ利用することも考慮している。

東部電力系統の送電線への OPGW 適用の具体的な計画は現在のところないが、今後建設される国内供給用の送電線には、東部・西部系統とも、すべて OPGW を設置する計画で

ある。さらに、首都ティンプーの既設 33 kV 配電線にも、電柱を利用して光ファイバーを増架し、情報伝達収集・給電運用に活用する計画がある。

既設のインドとの連系送電線には現在のところ OPGW を適用する計画はない。従来の PLC 方式を維持する方針である。

#### 6.4.2 OPGW に対する BPC とブータン通信公社の運用形態

豊富な通信容量を有する OPGW を西部電力系統へ採用するにあたっては、電力セクターのみならず国内通信セクターへの活用も検討された。その結果、電力セクターの BPC と通信セクターのブータン通信公社 (BTL) との間で OPGW 設置と運用に関する業務契約が 2002 年 11 月 18 日に締結された。その業務分担や費用分担は契約書に記載されているが、契約内容の概要は下記の通りである。

- 1) BTL が OPGW の材料費と既設 GW との置換工事費を全額負担する。BPC はその資産である既設鉄塔支持物を提供する。
- 2) BTL は BPC 送電線が無停電の状態ですべて既設 GW を OPGW と置換する工事を実施する。工事中の事故により送電を停止させた場合には、BTL は供給可能であった輸出電力量に export tariff、国内供給電力には domestic tariff を適用して BPC に補償する。(幸い事故はこれまでに生じていない)
- 3) 完成後の OPGW は BTL の資産とする。
- 4) 送電線の保守は BPC、OPGW の保守は BTL の責任とする。
- 5) 使用する OPGW は光ファイバー 24 芯の容量とし、BPC と BTL はそれぞれ 12 芯ずつそれぞれの専門分野の業務用として使用する。
- 6) BTL は 12 芯を無償で BPC へ提供する。
- 7) 24 芯を 12 芯ずつに分岐する点以降の端末機は各自で購入し運転・保守する。
- 8) BTL は OPGW のコスト (端末機と付属機材を除く) の 3% を毎年 BPC に保守費と鉄塔のリース代として支払う。
- 9) BPC 分は power sector 専用を使用することとし、Telecom Act により許可がない限り他の事業に使用したり、一部を BTL 業務と競合する第 3 者に移譲してはならない。
- 10) 仮に BPC またはその子会社が将来、通信事業を行ったり、または他の通信事業者に回線をリースすることを BTA (Bhutan Telecommunications Authority) が許可した場合には、それによる収入は BPC のものとする。
- 11) 契約期間 (40 年) に OPGW の replacement が必要となった場合には BTL が自己資金で実施する。
- 12) BPC の BTL に対するリース料金は 10 年毎に見直す。

この契約書は、西部電力系統に限定したものであり、他地域に OPGW システムが展開する場合には別途契約することになる。

なお、最近完成した BPC 西部系統内の Basochhu-II 発電所～Simutokha 変電所間の 220 kV 新設送電線にも 24 芯の OPGW が送電線工事の一部として含まれている。これは BPC の資産となっている。

ブータン通信公社は 2004 年 6 月から 12 芯の光ファイバーのうち 4 芯を電話回線として、また、余剰の芯の一部を BBSC にリースしている。今後は光ファイバーをマイクロウェーブ通信網に代わるメインの通信網にする意向である。

6.5 情報通信分野におけるドナーの活動状況

情報通信分野におけるドナーの活動状況は次の表-6.5.1 の通りである。

表-6.5.1 情報通信分野におけるドナーの活動状況

<b>JICA(日本)</b>	
Local Network Expansion Technology Improvement and Human Development Project (加入者線路網整備拡充および人材育成プロジェクト)	首都 Thimphu 始め Paro・Phuntsholing 等地方主要都市内の加入電話網整備拡充建設工事のため、建設機材(掘削機等 4 千万円)を供与/技術指導を行い、固定電話数は 17 千(2001 年末)~32 千加入数(2005 年 6 月末)と約 1.9 倍になった。また、ブータン通信公社と JV で研修センターを構築し、各種研修コースを立ち上げ、実施している。
専門家・青年海外協力隊・シニア海外ボランティアの派遣	各省庁やブータン通信公社、BBSC、その他機関に 18 名を派遣中(2004 年 6 月 30 日現在)
<b>UNDP(国連開発計画)</b>	
Pilot Public Access to Information and Services Project	政府による情報やサービスを地方から得るためにインターネットにアクセスできるパイロット拠点の設置と今後の情報収集ならびに、これらの仕組みの利点を訴えるキャンペーンの実施 (2004/03-2004/12)
Institutional Capacity Building and Policy Support for the Ministry of Communications	ブータン政府の ICT 政策立案とそのために必要なネットワークなどのインフラストラクチャの確立(2002/09-)
UNV Support to ICT Capacity Building in Bhutan's Public Sector	主にブータン国の ICT 分野における人材育成に携わる人材の養成のために国連ボランティアを 5 名派遣(2002/11-2004/11, Funded by Japanese Trust Fund)
E-business Piloting and Readiness for Rural Women Artisan and Enterprise	地方の女性の職人に対するビジネスや技術の指導と電子商取引を開始するための政府機関や企業など関係者への訓練など(2003/08-, Funded by Japan Women in Development Fund/UNDP)
Planning Information Network for Good Governance	中央と県庁とがデータを共有できるデータベースシステムの構築と全 20 県の県庁職員を対象としたコンピュータのワークショップの開催ほか(2000/11-, Funded by Japan Human Resource Development Fund)
<b>DANIDA(デンマーク)</b>	
全国 FM ネットワーク網整備	ラジオ放送網の強化と FM サービスエリアの拡大
Rural Telecommunication Project	各郡に 10 本の電話線を導入する。
<b>インド政府</b>	
e-Post Project	全国 110 の郵便局のうち 38 局にインターネット接続環境を整備し、FAX や電子メールのサービス、公共料金収納サービスを開始する他、政府サービスの窓口ともなる計画。対象となる郵便局は県または支庁の庁舎所在地レベルの街にあるが、中には Lingzhi, Gasa, Lunana, Merak など、電力供給網や電話線のオフグリッドとなっているところもある。Bhutan Post (郵便局)と ITU/UPU とのプロジェクト。ブータン通信公社も、資金の拠出や電話線の配線、ブータンポスト職員に対するパソコン研修への講師派遣などで協力をしている。
Thimphu Wide Area Network	ティンプー市街地に位置する各省庁間を結ぶ光ファイバー網の構築
Local Area Network for 20 Districts	各県への LAN(Local Area Network)の導入
Multipurpose Community Centers in 10 Selected Rural Areas	DIT が Bhutan Post と協力して行うプロジェクト。パイロットプロジェクトとして 10 のテレセンターを設置し、電話、FAX とインターネットへの接続環境を提供する。

JICA 調査団作成

## 6.6 地方行政における情報通信網の現状と可能性

前述の通り、複数の省庁・公社が中央と県(Dzongkhag)レベルとを結ぶネットワークデータベースシステムを、それぞれ独自に計画あるいはすでに導入している。しかし、専用線が高価であることから、いずれのシステムもダイヤルアップ接続による運用が前提となっている。依然として、紙、あるいはフロッピーディスクを郵送でやりとりしている省庁もある。システムはあっても情報通信網の整備が遅れているが故に、システムが有効に活用できず、地方行政の効率化が進んでいない現実がある。

配電網が未整備となっているガサ県を含め、電話、ファクシミリは各県庁にある。また、パソコンも日常業務に使用されているが、庁舎内の LAN 接続やインターネットに常時接続できる環境については、まだ始まったばかりの段階である。一方、郡レベルとなると、郡(Gewog)センターでも、配電網や電話網のオフグリッドとなっているところが多い。ブータン通信公社によると現在、全201郡のうち81郡において電話が利用可能である。2006年末までには171郡、2007年末には199郡が利用可能となる計画である。

現在、JICA では地方行政のシステム強化と支援（法制度やガイドライン）、行政官の能力向上、地方分権に関係している機関のハード面での強化の支援を行う地方行政プロジェクト(Local Government and Decentralization Project)を実施中である。電話に対する郡センターのニーズは特に大きい。

タイプライターの供与と、郡センターの建物建築も予定しているが、コンピュータの郡レベルへの供与は配電線電話網の普及度から、予定されていない。

郡センターまでの安定した電力供給と通信網の整備は、今後のブータン国の地方分権化を効率的なものとするとともに、郡センター以外の社会基盤となる施設、例えば学校、農業関係施設、医療施設にとっても大きなプラスになり、ブータン国の地方の発展に大きく寄与するものと考えられる。



## 第7章 未電化村落の現状

### 7.1 未電化村落データ収集調査の概要

本調査の計画対象となる全国の未電化村落（第9次5カ年計画以降に電化されるべき全村落）について、(1) 村落の位置と世帯数の確認、(2) 村落と標本世帯の概況データ収集、及び(3) 収集データをGISデータとして整理する業務を現地再委託業務で実施した。また、本委託業務では、未電化村落の将来の電力需要、電力使用形態及び運営・維持管理上の課題を明らかにするため、オングリッド及びオフグリッドの代表的既電化村落を選定し、(1) 村落及び標本世帯の概況データの収集、及び(2) 収集データをGISデータとして整理する業務についても実施した。なお、実施した未電化村落データ収集調査の概要を表-7.1.1に要約した。

表-7.1.1 未電化村落データ収集調査の実施概要

項目	内容	
調査目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>第9次5カ年計画以降に電化されるべき全未電化村落について、(1) 位置情報、(2) 村落及び世帯の概況、(3) 代替エネルギー利用実態、(4) 電化に対する意見等に関するデータを村及び世帯レベルで収集し、GISデータベースに入力。</li> <li>未電化村落における課題を明確にするため、オングリッド及びオフグリッドで電化された代表的既電化村落を選定し、(1) 村落及び世帯概況、(2) 電力利用実態、(3) 電力需要、(4) 運営・維持管理に関するデータを村及び世帯レベルで収集し、GISデータベースに入力。</li> </ul>	
調査対象地域	未電化村落	第9次5カ年計画以降に電化されるべき全未電化村落を対象（但し、現地調査が著しく困難な村落や、立入り制限地域の村落は除く）
	既電化村落	オングリッド、小水力発電、太陽光発電で電化された代表的既電化村落
調査種別	未電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落位置確認調査（悉皆調査、1,716村落、実績）</li> <li>村落調査（悉皆調査、1,716村落、実績）</li> <li>世帯調査（標本調査、627世帯、実績）</li> </ul>
	既電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落調査（標本調査、15村落、グリッド、小水力発電、太陽光発電で各5村落、実績）</li> <li>世帯調査（標本調査、75世帯、各村落5世帯、実績）</li> </ul>
調査方法	未電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落調査（個別面接調査及びGPS測定、村長）</li> <li>世帯調査（個別面接調査、世帯主）</li> </ul>
	既電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落調査（個別面接調査、村長）</li> <li>世帯調査（個別面接調査、世帯主）</li> </ul>
調査項目	未電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落調査（位置情報、アクセス、主要産業、公共及び商業施設、代替エネルギー価格、開発優先度、気象情報）</li> <li>世帯調査（世帯収入及び支出、代替エネルギー利用、入手、消費の実態、入手及び消費の実態、料金支払意思）</li> </ul>
	既電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>村落調査（アクセス、主要産業、公共及び商業施設、電力供給状況、電力需要、電化便益、代替エネルギー価格）</li> <li>世帯調査（世帯収入及び支出、電力需要、電気料金支払、電化便益、代替エネルギー利用、入手及び消費の実態）</li> </ul>
調査成果品	未電化村落調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>未電化村落の位置をGIS地図上に表示した地図の作成（県及び郡の行政区の境界線等を含む）</li> <li>調査結果の単純集計表及び調査結果のGISデータ作成</li> </ul>

JICA 調査団作成

### 7.2 村落の定義

ブータン国の最小行政単位は郡(Gewog)であり、「村」に関しては公式な定義又は規定は特に見受けられない。このような状況にあって、本調査の目的に則り、「電力需要点」としての「村」を以下の4種類に限定して定義した。

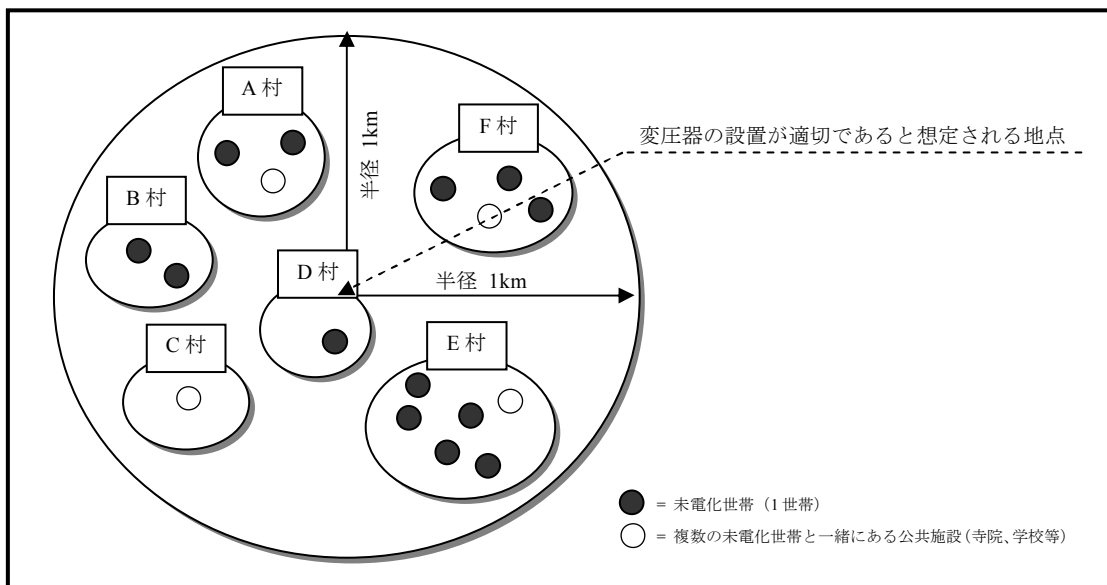
- (1) 通常村落： 通常で理解される「村」で、全体として一定した集積度を

もち、距離的にも近接した間隔で位置している複数世帯で構成されており、周辺の他村にも比較的近接した位置にある集落。

(2) 孤立村落 (世帯)： 遠隔地の山の斜面や頂上等に位置していて周辺の他村から距離的に孤立している、単独世帯 (1 世帯のみ) または少数の複数世帯で構成されている「村」。

(3) 孤立村落 (公共施設)： 孤立世帯と同様、遠隔地の山の斜面や頂上等に位置していて周辺の他の村から距離的に孤立した形で単独に存在する、恒常的に一定数の人が居住している公共施設 (特に寺院等) で、DOE の要望によりこれらを1つの電力需要点として「村」と定義した。

(4) 複合村落： 変圧器の設置が適切であると想定される地点を中心として概ね半径 1 km 以内にある複数の「小さな村 (単独世帯又は少数の複数世帯で構成される村)」や公共施設によって構成される集合体を「1つの電力需要点」として「1つの村」と定義した。これらの「複合村落」は、本調査の GIS データベースでは、複数の村落名を併記した形で記載した (例「A/B/C/D/E/F 村」)。なお、DOE が電化を計画する際にも、変圧器の設置想定地点より半径 1 km 以内にある世帯を1つの電力供給単位とすることを目安としている。「複合村落」の構成を概念図として図-7.2.1 に示した。



JICA 調査団作成

図-7.2.1 複数小村落を1つの電力需要点と定義した「複合村落 (A/B/C/D/E/F)」の概念図

### 7.3 調査結果の概要

#### 7.3.1 未電化村落の調査結果

##### (1) 未電化村落の村落数、世帯数及び人口

調査の結果、第9次5カ年計画以降に電化されるべき未電化村落は、全部で1,716村落 (世帯数29,942、人口225,658) があることが判明した。なお、未電化村落の県別村落数及び世帯数を表-7.3.1に要約した。また、未電化村落の世帯数及び人口については、Appendix A-I-1にまとめた。

表-7.3.1 第9次5カ年計画以降に電化される未電化村落、世帯及び人口の県別概要

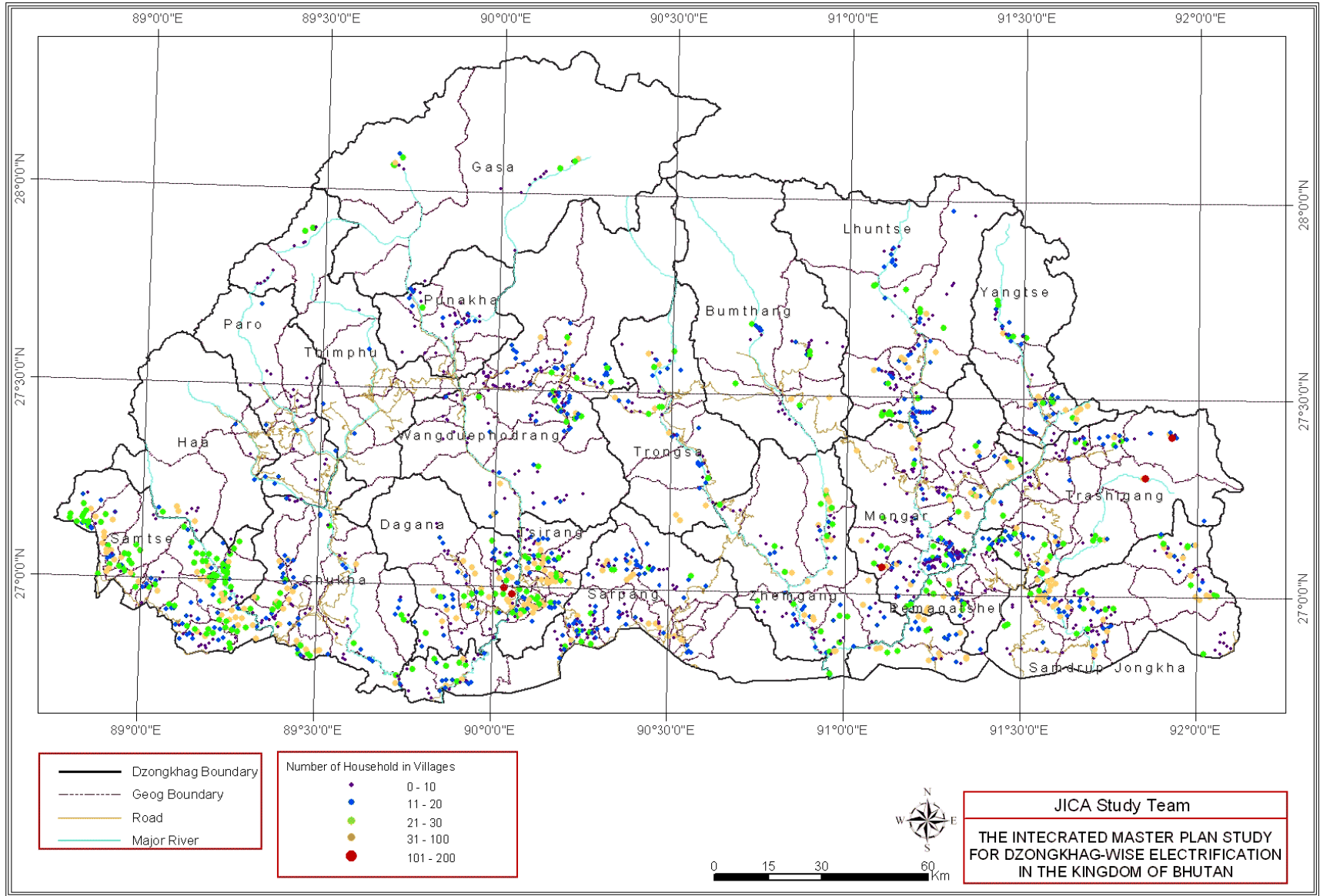
県名	未電化村落数		未電化世帯数		未電化人口	
		%		%		%
ティンブー	16	(0.9)	132	(0.4)	908	(0.4)
チュカ	108	(6.3)	1,814	(6.1)	12,319	(5.5)
ハ	15	(0.9)	248	(0.8)	1,663	(0.7)
パロ	22	(1.3)	162	(0.5)	1,250	(0.6)
サムツェ	181	(10.5)	4,318	(14.4)	33,757	(15.0)
チラン	86	(5.0)	2,186	(7.3)	18,922	(8.4)
ダガナ	82	(4.8)	1,765	(5.9)	12,442	(5.5)
ブナカ	35	(2.0)	263	(0.9)	2,089	(0.9)
ガサ	21	(1.2)	331	(1.1)	1,936	(0.9)
ウォンデュボダン	155	(9.0)	1,714	(5.7)	12,167	(5.4)
ブムタン	35	(2.0)	446	(1.5)	3,137	(1.4)
サルパン	162	(9.4)	2,570	(8.6)	19,116	(8.5)
シェムガン	92	(5.4)	1,627	(5.4)	17,637	(7.8)
トンサ	49	(2.9)	860	(2.9)	7,214	(3.2)
ルンツェ	103	(6.0)	1,377	(4.6)	8,827	(3.9)
モンガル	183	(10.7)	2,662	(8.9)	18,617	(8.3)
ペマガツェル	33	(1.9)	650	(2.2)	4,794	(2.1)
サムドゥップジョンカ	177	(10.3)	3,573	(11.9)	25,853	(11.5)
タシガン	105	(6.1)	2,087	(7.0)	15,175	(6.7)
タシヤンツェ	56	(3.3)	1,157	(3.9)	7,835	(3.5)
合計	1,716	(100.0)	29,942	(100.0)	225,658	(100.0)

出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004年）

(2) 未電化村落の位置

村落調査で実施した GPS 測定により、全未電化村落の位置が確認された。GIS で表示した未電化村落の位置を図-7.3.1 に示した。

また、県別の未電化村落の位置を、Appendix A-I-1 にまとめた。

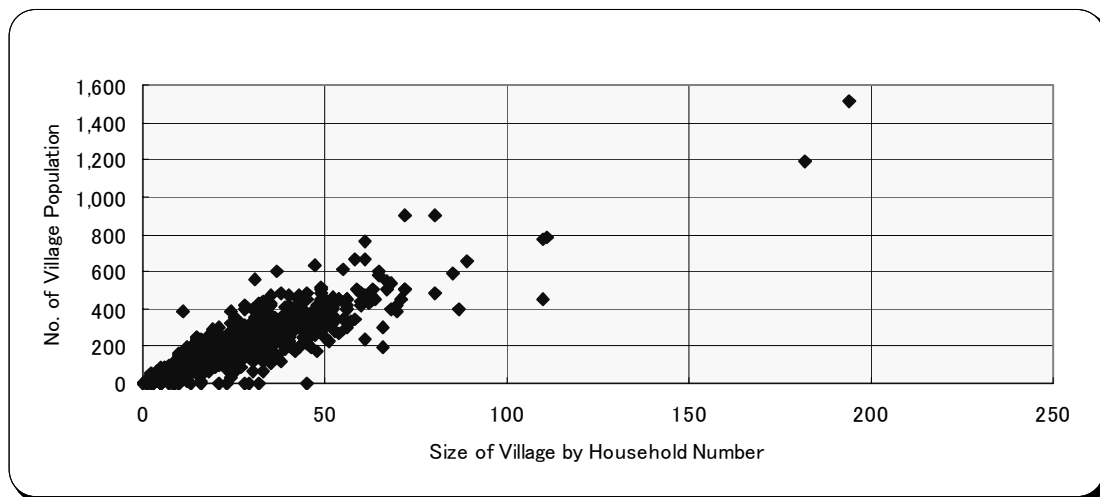


出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004 年）

図-7.3.1 第9次5カ年計画以降に電化されるべき未電化村落の位置

(3) 未電化村落の世帯数及び人口分布

未電化村落における1村落当たりの世帯数（平均17.5、最大194、最小1）及び人口（平均131.6、最大1,517、最小1）の分布は、図-7.3.2に示したとおりである。



出典：未電化村落データ収集調査（JICA調査団、2004年）

図-7.3.2 未電化村落の世帯数および人口による分布

(4) 未電化村落の村落概況

未電化村落の概況を示す主要項目について、調査村落（1,716村落）の全体平均値を表-7.3.2に要約した。なお、県別の概況に付いてはAppendix A-I-1を参照。

表-7.3.2 未電化村落の主要概況

未電化村落の概況を示す主要項目		結果の主要概況
平均世帯員数		7.5人
世帯数年平均増加率 1998-2003年		2.6%
村落への車両通行可能アクセス道路		道路沿の徒歩平均所要時間（6.1時間）
県庁所在地へ行く手段、平均所用時間、平均運賃（バス・タクシー等利用の場合）		徒歩（83.2%、8.5時間）、バス・タクシー（69.8%、2.7時間、123 Nu.）、バス・タクシー以外の車（1.2%、9.1時間）
郡センターへ行く手段と平均所用時間、平均運賃（バス・タクシー等利用の場合）		徒歩（95.0%、3.1時間）、バス・タクシー（8.3%、1.1時間、73 Nu.）、バス・タクシー以外の車（0.3%、0.9時間）
主要現金収入		賃金・雇用（87.8%）、乳製品（81.6%）、野菜（57.5%）、換金作物（45.6%）、果物（40.3%）、食料作物（35.2%）、織物（21.4%）、バスケット製造（14.7%）、木製器具（5.7%）
代替エネルギーの平均市場単価		LPG 14kg（347.4 Nu./リットル）、LPG 4kg（168.0 Nu./リットル）、ディーゼル油（23.0 Nu./リットル）、ケロシン（14.4 Nu./リットル）、乾電池（11.2 Nu./本）、蠟燭（3.0 Nu./本）
村落内施設	公共施設	寺院（34.8%）、医療施設（11.8%）、学校（10.7%）、郡事務所（4.3%）
	商業施設	商店（8.8%）、ホテル・レストラン（8.8%）
開発最優先セクター（上位3位）		運輸セクター（43.8%）、電力セクター（43.5%）、水供給セクター（6.6%）、
電化に際して村が協力可能な業務		配電線建設（93.2%）、配電線の監視・報告（76.5%）、検診・料金徴収（13.1%）
村内気象状況	雨が継続的に降る最大日数	平均（4.2日間）、最長（15.0日間）、最短（0.5日間）
	曇り継続的となる最大日数	平均（2.9日間）、最長（15.0日間）、最短（0.5日間）
	雪が継続的に降る最大日数	平均（1.6日間）、最長（7.0日間）、最短（0.3日間）
	風が恒常的に吹く村落	394村落（22.9%）
	強風が恒常的に吹く村落	48村落（2.8%）

出典：未電化村落データ収集調査（JICA調査団、2004年）

注1) 表中の%表示は、調査した未電化村落全体数（1,716村落）に対する各項目の該当村落数の比率である。

(5) 未電化村落の世帯概況

未電化世帯の概況を示す主要項目について、標本世帯（627世帯）の全体平均値を表-7.3.3に要約した。なお、県別の概況については Appendix A-I-1 を参照。

表-7.3.3 未電化世帯の主要概況

未電化世帯の概況を示す主要項目		結果の主要概況	
平均世帯員数		8.5人	
平均世帯年間収入		28,481 Nu.	
平均世帯月間支出		食費（714 Nu.）、衣服費（387 Nu.）、燃料費（238 Nu.）、交通費（141 Nu.）、住居費（15 Nu.）、仕送（122 Nu.）、その他（117 Nu.）	
平均所有農地面積		水田（1.2エーカー）、畑地（3.1エーカー）	
代替エネルギー別主要用途		クロシ（照明 97.0%）、ディーゼル油（製粉 4.5%）、蠟燭（照明 7.2%）、乾電池（ラジオ等 70.2%、照明 60.9%、防御 45.1%）、LPG（調理 5.3%）、薪（調理 99.7%、暖房 81.7%）	
代替エネルギー使用状況 ・クロシ ・ディーゼル油 ・蠟燭 ・乾電池	平均購入頻度	クロシ（78日毎）、ディーゼル油（63日毎）、蠟燭（136日毎）、乾電池（51日毎）	
	1回平均購入量	クロシ（9.4リットル）、ディーゼル油（25.9リットル）、蠟燭（18.4本）、乾電池（8.0本）	
	平均購入単価	クロシ（14 Nu./リットル）、ディーゼル油（22 Nu./リットル）、蠟燭（4 Nu./本）、乾電池（11 Nu./本）	
	入手手段	徒歩	クロシ（92.8%）、ディーゼル油（4.3%）、蠟燭（6.2%）、乾電池（85.8%）
		バス・タクシー	クロシ（25.7%）、ディーゼル油（2.6%）、蠟燭（1.6%）、乾電池（12.6%）
		他者依頼	クロシ（0.2%）、ディーゼル油（N/A）、蠟燭（N/A）、乾電池（N/A）
	平均所用購入時間	徒歩	クロシ（6.6時間）、ディーゼル油（5.4時間）、蠟燭（3.7時間）、乾電池（6.5時間）
		バス・タクシー	クロシ（1.6時間）、ディーゼル油（1.3時間）、蠟燭（1.4時間）、乾電池（2.0時間）
他者依頼		クロシ（10.0時間）、ディーゼル油（N/A）、蠟燭（N/A）、乾電池（N/A）	
平均運賃（バス・タクシー利用の場合）	クロシ（106 Nu.）、ディーゼル油（115 Nu.）、蠟燭（209 Nu.）、乾電池（88 Nu.）		
代替エネルギー使用状況 ・LPG	平均所有数量	14kg（2シリンダー）、4kg（2シリンダー）	
	平均補充頻度	LPG 14kg（3ヵ月毎）、LPG 4kg（3ヵ月毎）	
	平均補充費用	LPG 14kg（335.7 Nu.）、LPG 4kg（165.0 Nu.）	
	入手手段	徒歩（3.3%）、バス・タクシー（5.7%）、他者依頼（0.2%）	
	平均所用時間	徒歩（5.1時間）、バス・タクシー（2.6時間）、他者依頼（24.0時間）	
	平均運賃（バス・タクシー等利用の場合）	167.5 Nu.	
代替エネルギー使用状況 ・薪	平均貯蔵量	バックロート（35.9エット）、トラックロート（1.2エット）	
	貯蔵量の平均持続期間	冬（55.2日間）、夏（70.7日間）	
	使用用途	冬	調理（72.7%）、暖房（17.7%）、照明（1.3%）、その他（7.9%）
		夏	調理（86.7%）、暖房（3.0%）、照明（1.3%）、その他（8.2%）
	薪収集方法	購入（0.2%）、傭人雇用（21.4%）、家族員（90.6%）	
	平均購入・収集頻度	購入（1年毎）、傭人雇用（9.2ヶ月毎）、家族員（4.6ヶ月毎に29.7日間）	
	平均雇用／従事人数	傭人雇用（10.1人）、家族員（3.1人）	
	平均雇用／従事期間	傭人雇用（4.6日間）、家族員（4.2日間）	
平均収集量	傭人雇用	バックロート（120.6エット）、トラックロート（2.1エット）	
	家族員	バックロート（119.4エット）、トラックロート（1.6エット）	
平均賃金（傭人雇用のみ）	82.5 Nu./日/人		
支払意思	平均最大支払意思額	100 Nu.以下（23.1%）、100-200 Nu.（55.5%）、200 Nu.以上（21.2%）	
購入希望電化製品		ライト（99.7%）、炊飯器（95.4%）、湯沸器（93.8%）、ラジオ（81.0%）、カレークッカー（81.0%）、部屋暖房器（55.2%）、テレビ（51.4%）、アイロン（46.1%）、調理用ストーブ（41.9%）、扇風機（34.4%）、冷蔵庫（28.2%）	

出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004年）

注 1) N/A = 該当する回答なし

注 2) 表中の%表示は、調査した未電化世帯標本数（627世帯）に対する各項目の該当世帯数の比率である。

7.3.2 既電化村落の調査結果

(1) 既電化村落の村落概況

既電化村落の概況を示す主要項目について、標本村落（15 村落）の全体平均値を表-7.3.4 に要約した。なお、村別及び電化方法別の概況については Appendix A-I-2 を参照。

表-7.3.4 既電化村落の主要概況

既電化村落の概況を示す主要項目		結果の主要概況
平均世帯員数		6.7 人
世帯数年平均増加率 1998-2003 年		3.4%
村落への車両通行可能アクセス道路		道路沿の徒歩平均所要時間（10.5 時間）、乾期通行可能（16.0%）、雨期通行可能（44.0%）
県庁所在地への手段、平均所用時間、平均運賃（バス・タクシー等利用の場合）		徒歩（24.0%、12.7 時間）、バス・タクシー（52.0%、2.9 時間、138.0 Nu.）、バス・タクシー以外の車（N/A）
郡センターへ行く手段と平均所用時間、平均運賃（バス・タクシー等利用の場合）		徒歩（100.0%、1.8 時間）、バス・タクシー（N/A）、バス・タクシー以外の車（N/A）
主要現金収入		賃金・雇用（56.0%）、乳製品（44.0%）、換金作物（32.0%）、野菜（28.0%）、果物（20.0%）、食料作物（20.0%）、織物（12.0%）、バスケツ製造（N/A）、木製器具（N/A）
代替エネルギーの平均市場単価		LPG 14 kg（348.2 Nu./シリンダー）、LPG 4 kg（120.0 Nu./シリンダー）、ディーゼル油（21.7 Nu./リットル）、ケロシン（13.3 Nu./リットル）、乾電池（10.8 Nu./本）、蠟燭（3.0 Nu./本）
村落内施設	公共施設	寺院（66.7%）、学校（66.7%）、医療施設（60.0%）、郡事務所（33.3%）
	商業施設	商店（93.3%）、ホテル・レストラン（53.3%）
電力供給状況	村内電化率	72.3 %
	平均電力供給時間	雨期（21.6 時間）、乾期（24.0 時間）
	停電発生経緯	8.0%
	平均停電発生回数 2003 年	雨期（7.5 回）、乾期（1.0 回）
平均停電発生時間 2003 年		雨期（1.5 時間）、乾期（10.5 時間）
電化による便益		収入増加（86.7%）、支出減少（73.3%）、学習時間増加（100.0%）、生産活動増加（100.0%）、健康状況改善（100.0%）、薪消費量減少（60.0%）
動力別の村落内電動機器	米製粉機	電気（8%）、ディーゼル（24%）
	小麦製粉機	電気（8%）、ディーゼル（12%）、水力（4%）
	製材機	電気（4%）

出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004 年）

注 1) N/A = 該当する回答なし

注 2) 表中の%表示は、調査した既電化村落全体数（15 村落）に対する各項目の該当村落数の比率である。

(2) 既電化村落の世帯概況

既電化村落の概況を示す主要項目について、標本世帯（75 世帯）の全体平均値を表-7.3.5 に要約した。なお、村別及び電化方法別の概況については Appendix A-I-2 を参照。

表-7.3.5 既電化世帯の主要概況（1/3）

既電化世帯の概況を示す主要項目		結果の主要概況
平均世帯員数		7.1 人
平均世帯年間収入		43,942 Nu.
平均世帯月間支出		食費（997 Nu.）、衣服費（381 Nu.）、電気料金（66 Nu.）、燃料費（400 Nu.）、交通費（265 Nu.）、住居費（15 Nu.）、仕送（139 Nu.）、その他（268 Nu.）
平均所有農地面積		水田（2.7 エーカー）、畑地（5.9 エーカー）
代替エネルギー別主要用途		電気（照明 93%、調理 41%）、ケロシン（照明 56%）、ディーゼル油（製粉 8%）、蠟燭（照明 28%）、乾電池（照明 51%、ラジオ等 36%、防犯 35%）、LPG（調理 33%）、薪（調理 89%、暖房 69%）

出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004 年）

注 1) N/A = 該当する回答なし

注 2) 表中の%表示は、調査した既電化世帯標本数（75 世帯）に対する各項目の該当世帯数の比率である。

表-7.3.5 既電化世帯の主要概況 (2/3)

既電化世帯の概況を示す主要項目		結果の主要概要		
代替エネルギー 使用状況 ・ケロシン ・ディーゼル油 ・蠟燭 ・乾電池	平均購入頻度	ケロシン (157 日間)、ディーゼル油 (34 日間)、蠟燭 (59 日間)、乾電池 (63 日間)		
	1 回平均購入量	ケロシン (7.0 リットル)、ディーゼル油 (36.4 リットル)、蠟燭 (6.3 本)、乾電池 (9.4 本)		
	平均購入単価	ケロシン (13 Nu./リットル)、ディーゼル油 (21 Nu./リットル)、蠟燭 (6 Nu./本)、乾電池 (11 Nu./本)		
	入手手段	徒歩	ケロシン (38.7%)、ディーゼル油 (4.0%)、蠟燭 (25.3%)、乾電池 (60.0%)	
		バス・タクシー	ケロシン (29.3%)、ディーゼル油 (9.3%)、蠟燭 (N/A)、乾電池 (4.0%)	
		他者依頼	ケロシン (2.7%)、ディーゼル油 (N/A)、蠟燭 (N/A)、乾電池 (N/A)	
	平均所用購入時間	徒歩	ケロシン (11.6 時間)、ディーゼル油 (0.9 時間)、蠟燭 (2.9 時間)、乾電池 (10.7 時間)	
バス・タクシー		ケロシン (2.2 時間)、ディーゼル油 (1.9 時間)、蠟燭 (N/A)、乾電池 (0.7 時間)		
他者依頼		ケロシン (5.3 時間)、ディーゼル油 (N/A)、蠟燭 (N/A)、乾電池 (N/A)		
平均運賃 (バス・タクシー等利用の場合)	ケロシン (107 Nu.)、ディーゼル油 (89 Nu.)、蠟燭 (N/A)、乾電池 (63 Nu.)			
代替エネルギー 使用状況 ・LPG	平均所有数量	14 kg (1.5 シリンダー)、4 kg (N/A)		
	平均補充頻度	LPG 14 kg (2.0 カ月毎)、LPG 4 kg (N/A)		
	平均補充費用	LPG 14 kg (338 Nu.)、LPG 4 kg (N/A)		
	入手手段	徒歩 (N/A)、バス・タクシー (26.7%)、他者依頼 (6.7%)		
	平均所用入手時間	徒歩 (N/A)、バス・タクシー (3.7 時間)、他者依頼 (42.0 時間)		
	平均運賃 (バス・タクシー等利用の場合)	124 Nu.		
代替エネルギー 使用状況 ・薪	平均貯蔵量	バックロート (28.8 ユニット)、キュービックフィート (120.0 ユニット)、トラックロート (1.3 ユニット)		
	貯蔵量の平均持続期間	冬 (80 日間)、夏 (105 日間)		
	使用用途	冬	調理 (63%)、暖房 (37%)、照明 (N/A)、その他 (24%)	
		夏	調理 (85%)、暖房 (12%)、照明 (N/A)、その他 (29%)	
	薪収集方法	購入 (8.0%)、傭人雇用 (36.0%)、家族員 (56.0%)		
	平均購入・収集頻度	購入 (364 日毎)、傭人雇用 (10.4 ヶ月毎)、家族員 (5 ヶ月毎に 18 日間)		
	薪購入	平均購入量	1.3 トラックロート	
		平均購入額	3,383 Nu.	
		購入手段	徒歩 (N/A)、バス・タクシー (6.7%)、他者依頼 (N/A)	
		平均所用購入時間	徒歩 (N/A)、バス・タクシー (1.2 時間)、他者依頼 (N/A)	
		平均運賃	バス・タクシー (1,363 Nu.)	
	傭人雇用 又は家族 員による 薪収集	平均雇用／従事人数	傭人雇用 (6.9 人)、家族員 (3.7 人)	
		平均雇用／従事期間	傭人雇用 (6.9 日間)、家族員 (N/A)	
平均収 集量		傭人雇用	バックロート (102.3 ユニット)、キュービックフィート (461.3 ユニット)、トラックロート (1.2 ユニット)	
		家族員	バックロート (69.3 ユニット)、キュービックフィート (15.0 ユニット)、トラックロート (1.9 ユニット)	
平均賃金 (傭人雇用)	106.3 Nu./日/人			
電化による便益	世帯収入増加 (80.0%)、世帯支出減少 (70.7%)、学習時間増加 (93.3%)、生産活動増加 (88.0%)、健康状況改善 (97.3%)、薪消費量減少 (50.7%)			
月額支払電気料金	平均額	冬 (107.9 Nu.)、夏 (92.8 Nu.)		
	最高額	冬 (375.5 Nu.)、夏 (600.0 Nu.)		
月額支払電気料金 (2003 年)	平均額	12 月 (94.1 Nu.)、9 月 (83.3 Nu.)、6 月 (79.9 Nu.)、3 月 (83.0 Nu.)、1 月 (94.2 Nu.)		
	最高額	12 月 (364.0 Nu.)、9 月 (270.0 Nu.)、6 月 (392.0 Nu.)、3 月 (305.0 Nu.)、1 月 (296.0 Nu.)		
月間電気使用量 (2003 年)	平均使用量	12 月 (117.0 kWh)、9 月 (91.8 kWh)、6 月 (84.9 kWh)、3 月 (96.2 kWh)、1 月 (105.0 kWh)		
	最高使用量	12 月 (403.0 kWh)、9 月 (341.0 kWh)、6 月 (318.0 kWh)、3 月 (344.0 kWh)、1 月 (352.0 kWh)		

出典：未電化村落データ収集調査 (JICA 調査団、2004 年)

注 1) N/A = 該当する回答なし

注 2) 表中の%表示は、調査した既電化世帯標本数 (75 世帯) に対する各項目の該当世帯数の比率である。



表-7.3.5 既電化世帯の主要概況 (3/3)

既電化世帯の概況を示す主要項目		結果の主要概要
料金支払状況		毎月支払っている (92.0%)、毎月支払っていない (8.0%)
料金支払方法	料金支払手段	徒歩 (46.0%)、バス・タクシー (42.0%)、他者依頼 (N/A)
	平均所用時間	徒歩 (3.9時間)、バス・タクシー (1.0時間)、他者依頼 (N/A)
	平均運賃	バス・タクシー (60 Nu.)
太陽光発電システム	適用パネルサイズ	55 Wp (4村落)、50 Wp (1村落)
	平均設置パネル数	2.0 パネル
	平均バッテリー容量	97 Ah
	平均設置バッテリー数	1 個
	平均電力供給時間	雨期 (4.1時間)、乾期 (5.6時間)
	平均1回充電期間	2.6 日間

出典：未電化村落データ収集調査 (JICA 調査団、2004年)

注 1) N/A = 該当する回答なし

注 2) 表中の%表示は、調査した既電化世帯標本数 (75 世帯) に対する各項目の該当世帯数の比率である。

### 7.3.3 未電化村落の電化に係わる主要な現況と考慮されるべき事項

未電化村落だけでなく既電化村落における調査結果も踏まえ、本調査の目的である未電化村落の電化に係わる主要な現況の内、考慮されるべき事項を表-7.3.6 に要約した。

表-7.3.6 未電化村落の電化に係わる主要な現況と考慮されるべき事項

課題項目	調査結果に係わる現況	考慮されるべき事項
資材搬入が困難である未電化村落が今後の電化対象村落に多い	調査した未電化村落から最も近い車両通行可能道路までの所用時間は、徒歩で平均 6.1 時間である。更に、これらの道路の約半数 (44.1%) は、乾期でも車両通行が不可能である (降雨や崖崩れ等による損傷が未修復のままであると推測される)。	現在まで3期にわたって実施されて来ている地方電化事業 (ADB/RE-1, RE-2, RE-3) においても同様の課題が既に認められている。しかしながら、今後電化されるべき未電化村落の多くが更なる遠隔地に所在しているため、設置すべき変圧器の価格等も十分に考慮しながら、変圧器の寸法や重量等の規格、運搬手段や工事費用等が、計画において十分に考慮される必要がある。
代替エネルギーが既電化世帯においても使用され続ける可能性が高い	調査した既電化世帯では、電気 (照明 93%、調理 41%) の他、ケロシン (照明 56%)、薪 (調理 89%、暖房 69%)、蠟燭 (照明 28%) 等の代替エネルギーを未だ多く利用している。調査結果より試算した月間平均収入 3,662 Nu. の内、10.9%にあたる 400 Nu. を代替エネルギーに毎月支出しており、更に電気代を月平均 66 Nu. 支出している)。又、電化により薪の消費量が減少した既電化世帯は約半数 (51%) に留まっている。	今後電化される未電化世帯の殆どは遠隔地にあるため、地形的に電化し易い地域にあった既電化世帯に比べて世帯収入は限られており低い状況にある (既電化世帯の 64.8%)。このため、今後電化される未電化世帯の電化製品 (照明、調理、暖房用等の器具) の購買力は必ずしも高くないと想定される。また、既電化世帯でも未だに多くの代替エネルギーが使用、消費されている実態を考慮すると、今後電化されるべき未電化世帯の電力需要予測に、これらの状況が考慮される必要がある。

JICA 調査団作成

### 7.4 未電化村落における生活水準の現状

未電化村落の調査結果の中より、未電化村落の生活水準の状況を示すデータを指標として選択し、既電化村落と未電化村落の生活水準の比較内容を表-7.4.1に要約した。

表-7.4.1 未電化村落と既電化村落における生活水準の比較

比較指標項目		比較指標数値		未電化村落の水準 (既電化村落に対する比較)	
		未電化村落	既電化村落		
平均世帯年間収入		28,481 Nu.	43,942 Nu.	既電化村落の約 65%程度	
平均所有農地面積		水田	1.2 エーカー	既電化村落の約 44%程度	
		畑地	3.1 エーカー		
村落施設	公共施設	寺院	34.8%	60.6%	公共・民間施設へのアクセスは、遠隔地にある未電化村落が多く、公共・民間施設数は既電化村落に比べて極めて少ない水準にある。
		医療施設	11.8%	60.0%	
		学校	10.7%	66.7%	
		郡事務所	4.3%	33.3%	
		商店	8.8%	93.3%	
	商業施設	ホテル・レストラン	8.8%	53.3%	

出典：未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004 年）

注 1) 表中の%表示は、調査した未電化村落全体数（1,716 村落）に対する各項目の該当村落数の比率である。

注 2) 平均世帯年間収入は未電化村落の世帯調査（627 世帯）の結果を用いたが、その他の項目は村落調査（1,716 村落）の結果を用いた。

表-7.4.1 に要約された未電化村落と既電化村落の生活水準の比較結果を基に、未電化村落の生活水準の概要を表-7.4.2 に要約した。

表-7.4.2 未電化村落の生活水準の概要

想定される生活水準の状況	生活水準の状況の説明
限られた生計手段	農村世帯の生計手段の基礎である水田や畑地等の農地の所有面積は、既電化村落に比べて未電化村落の方が概ね 50%以下と低い水準にある。自家消費分を除くと農作物によって得られる現金収入は、限られたものであると想定される（未電化村落の平均年間世帯収入は、既電化村落の約 65%である）。
社会サービスへのアクセス度は低い	既電化村落に比較して、本調査の対象である未電化村落の多くは遠隔地に所在しているため、未電化村落内にある公共施設は、既電化村落に比べて概ね 20%以下と極めて低い水準にあり、医療や教育等の基本的な社会サービスを受けるには、少なくとも公共施設が比較的整備されている郡センターまで行く必要がある。特に、病院へ行く場合は、県庁所在地まで行く必要がある。また、商業施設に付いては、遠隔地の村落では非常に限られている。
村落の外部との低いアクセス度	未電化村落までの車両によるアクセス度は低く、村落より車両通行可能道路までの平均所用時間は徒歩で約 6.1 時間を必要とする。また、乾期においても車両が通行可能道路は、既電化村落に比べて概ね 44%と、かなり限られた状態にある。また、郡センター及び県庁所在地へ行くための主要な手段は徒歩であり、長い時間を要する。特に、県庁所在地へは極めて長い時間を要する。

JICA 調査団作成

### 7.5 電化対象村落数、世帯数

未電化村落データ収集調査の結果に基づいて、第 9 次 5 カ年計画以降に電化対象となる未電化村落数、世帯数を表-7.5.1 に要約した。対象となる未電化村落は、全部で 1,745 村落（30,064 世帯）である。なお、既電化村落内にある未電化世帯（世帯数 37 世帯）は、BPC による低電圧線設置のみで電化が可能であるので、本調査の電化対象より除外した。

表-7.5.1 第9次5カ年計画以降に電化対象となる未電化村落数、世帯数

種別	内容	未電化村落数	未電化世帯数	備考
電化対象村落	調査実結果により確認された第9次5カ年計画以降に電化されるべき未電化村落	1,716	29,942	-
	安全配慮のため現地調査が未実施である未電化村落	13	85	サルパン及びサムドゥップジョンカの2県が該当。
	遊牧世帯の未電化村落	16	37	ティンプー及びパロの2県が該当。これらの世帯では携帯用電灯等を整備して電化を達成する。
	合計	1,745	30,064	-

出典： 未電化村落データ収集調査（JICA 調査団、2004年）

## 7.6 全国電化達成時の電化世帯の推計

### 7.6.1 既電化世帯の概要

最初に、全国電化達成時の電化世帯を推計するにあたって、DOEより入手した農村部及び都市部の電化資料に基づいて、2004年6月現在迄に電化された世帯の概要（既電化世帯数 39,311世帯）を表-7.6.1に要約した。

表-7.6.1 2004年6月現在迄に電化された既電化世帯の概要

地域	5カ年計画／電力供給事業体	既電化世帯	
		既電化世帯数 (実績値)	累計既電化世帯数 (実績値)
農村部	第6次5カ年計画	7,360	7,360
	第7次5カ年計画	5,476	12,836
	第8次5カ年計画	8,822	21,658
	第9次5カ年計画（2004年6月現在）	447	22,105
	小計	22,105	22,105
都市部	Bhutan Power Corporation	15,508	-
	Tala Hydro Power Corporation	950	-
	Chukka Hydro Power Corporation	576	-
	Kurichu Hydro Power Corporation	172	-
	小計	17,206	-
合計（農村部＋都市部）		39,311	-

出典： 農村部及び都市部の電化資料（DOE、2004年）

注1) 参考までに、電化された公共・民間施設数については、農村部では2,728施設、また都市部では1,802施設で、合計4,530施設である。

### 7.6.2 全国電化達成時の電化世帯の推計

7.6.1節で述べた2004年6月現在迄に電化された既電化世帯の概要と、7.5節で述べた第9次5カ年計画以降に電化対象となる未電化世帯の概要に基づいて、ブータンの国家目標である全国電化達成年の2020年における電化世帯の概要（電化世帯数 83,951世帯）を表-7.6.2に要約した。

**表-7.6.2 全国電化達成時の電化世帯の推計概要**

	電化世帯数	累計電化世帯数	備考
第6次から第9次5カ年計画(2004年6月現在)	39,311	39,311	世帯数は実績値
第9次5カ年計画(2004年7月以降2007年末迄)	14,576	53,887	世帯数は計画値
第10次5カ年計画以降2020年迄	30,064	83,951	未電化村落データ収集調査の調査結果値
<b>合計</b>	<b>83,951</b>	-	-

出典：農村部及び都市部の電化資料（DOE、2004年）、未電化村落データ収集調査（JICA調査団、2004年）

## 第8章 マスタープラン策定における GIS の活用

### 8.1 GIS プログラムの導入経緯

本調査では、ブータン全国を網羅する地方電化マスタープランを作成するため、既存および新規に取得された空間データを、同一の座標系で統合を取り、ひとつのデータベースの構築を行った。このデータベースは、調査の進捗にあわせ、随時、修正・更新作業が必要となる。そのため、データベースの適切な管理は、調査を実施する上で重要な要素となる。

そこで本調査では、コンピュータ上で空間データを扱う GIS (Geographic Information System) を導入することで、効率的なデータ管理を行った。GIS を導入することにより、デジタルによる空間データの管理を行い、効率的なプロジェクト運営を図った。

### 8.2 ブータンにおける GIS データの開発状況

ブータンにおける GIS データは、内務省 (Ministry of Home Affairs) の測量登記局 (Dept. of Survey and Land Records) により既存の 1/50,000 地形図 (紙地図) のデジタル化作業が進められている。2004 年 6 月時点での測量登記局作成状況を以下に示す。

表-8.2.1 測量登記局における GIS データの作成状況

GIS データ作成済み	GIS データ未作成		計
34 面	47 面		81 面
	地形図あり	地形図なし	
	19 面	28 面	

JICA 調査団作成

表-8.2.2 地形図から作成している GIS データ一覧

項目	データ形式	属性データ	備考
等高線	ライン	ID, 標高	図郭により 1:100,000 程度の精度
河川	ライン	ID	
道路	ライン	ID	
人口建造物	ポイント	ID, 建物種	

Dept. of Survey and Land Records へのヒアリングにより JICA 調査団作成

本調査においても、測量登記局による GIS データの利用を検討していたが、測量登記局からは、「まだ作成途中であること」を理由として使用許可が下りなかった。このため、調査開始時点では農業省が所有する GIS データを再構築し、本調査の基礎データとして利用することとした。

ブータンにおける GIS データの取り纏めを行っている機関は、内務省測量登記局である。その他、農業省や WWF、ローカルコンサルタントなどにより独自の GIS データが作成されている。しかし、各組織が独自に GIS データの開発を行っているため、データの精度は様々であり、かつ、データの適切な管理がなされていないのが現状である。また、元データの出典、作成年度等の基礎情報が、データ使用者にまで伝えられていない。

さらに、GIS データを管理する上で重要な座標系の管理も明確ではなく、使用される座標系は、組織・データにより異なっているのが現状である。これまでブータン国では、国際標準の座標系の導入が図られておらず、地域毎に様々な座標系を用いている。

### 8.3 構築した GIS データベース

#### 8.3.1 既存 GIS データとその活用

2004年1月に農業省が管理するGISデータ(行政界、道路、河川データ)を入手した。このデータは、人工衛星画像Landsat<sup>TM</sup>を基に作成されたものである。データの作成年、元になったデータの取得年、データ精度、行政地区境界を作成した際に参考とした資料等の詳細情報は、明らかになっていない。

本調査では、これらのGISデータを本調査の基礎データとして用いることとした。これらのデータを活用するにあたり、以下の2点について更新を行った。

- 1) データの座標系を国際標準座標系へ変換
- 2) 県 (Dzongkhag)、郡 (Gewog) の両行政地区境界データの更新

座標系の変換に関しては、調査当初はブータンでGISを使用する機関の間に、共通の座標系を使用するという認識が無かった。このため、本調査では国際標準座標系であるUTM座標系を導入し、本調査のデータベースは、すべてこの座標系への統一を行った。

なお、本調査が始まって以降、ブータン国内にGIS活用に関するワーキンググループが発足し、ブータン独自の座標系を設定する動きが見られるが、まだその結論は出ていない。今後、ブータン国を統一する新座標系の設定が行われた場合、本調査のデータベースを、すべてその新設座標系へと変換することは可能である。

また、県 (Dzongkhag)、郡 (Gewog) の両行政地区境界データに関しては、様々な統計書や報告書を参考にDOEの管理のもと、データの更新作業を実施し、GISデータの再構築および地名表記の統一を図った。

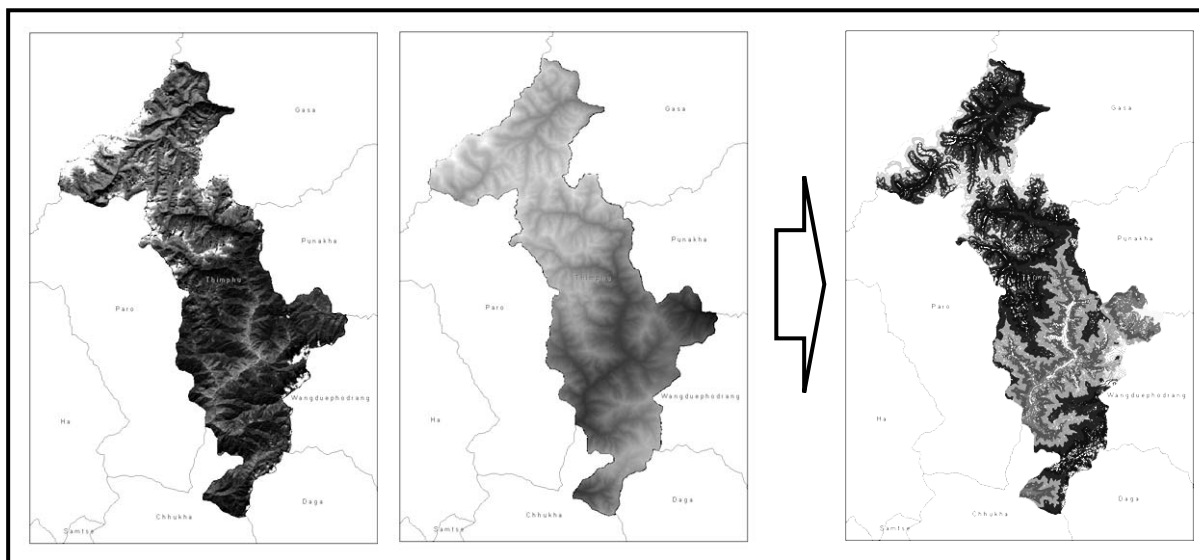
#### 8.3.2 衛星画像利用による全国GISコンターマップの作成

本調査では、全国を統一した精度、かつ、マスタープランを作成するに適する精度でデータの整備を行う必要がある。しかしながら、この条件に合致する既存データは、ブータン国では存在しないことが判明した。そのため、本プロジェクトを実施するに当たり、特に配電線の長さを計算するために必要となる地形データ(標高データ)を、新たに作成する必要が生じた。

そこで、本調査では、人工衛星画像からブータン全国のGIS等高線図の作成を行った。使用した人工衛星画像は、(財)資源・環境観測解析センターが管理するASTERである。ASTERを採用する理由は、1) 地表面のテクスチャーデータに加え、地形データ(等高線)が作成可能であること、2) ブータン全国の画像が取得可能であるために、全国を統一した精度で標高データの作成が可能であること、3) 最大標高誤差が公表値で15mで

あるため（山岳地は誤差が増えるとの報告もある）、マスタープランを作成するレベルでは必要な精度を満たしている、という3点である。

ブータン全土を網羅するためには、おおよそ計25枚のASTER画像が必要となる。しかしながら、ASTERは可視光のセンサーを用いているため、雲を透過することが出来ない。そのため雲のかかっている地域（特に山岳地域）に関しては同じ領域を複数枚購入し、可能な限り雲量の少ない画像の合成を行い、ブータン全国を同一精度で地形図を作成する必要がある。従って、本調査では40枚の画像を購入し、全国を網羅するGISコンターマップの作成を行った。



JICA 調査団作成

図-8.3.1 ASTER 画像からのコンター作成例（ティンプー県）

### 8.3.3 新規取得を行った GIS データ

既述の地形データのほか、本調査ではマスタープラン作成に当たり、以下の2点のデータを新規に取得し、本調査のGISデータとして、データベースへの追加を行った。

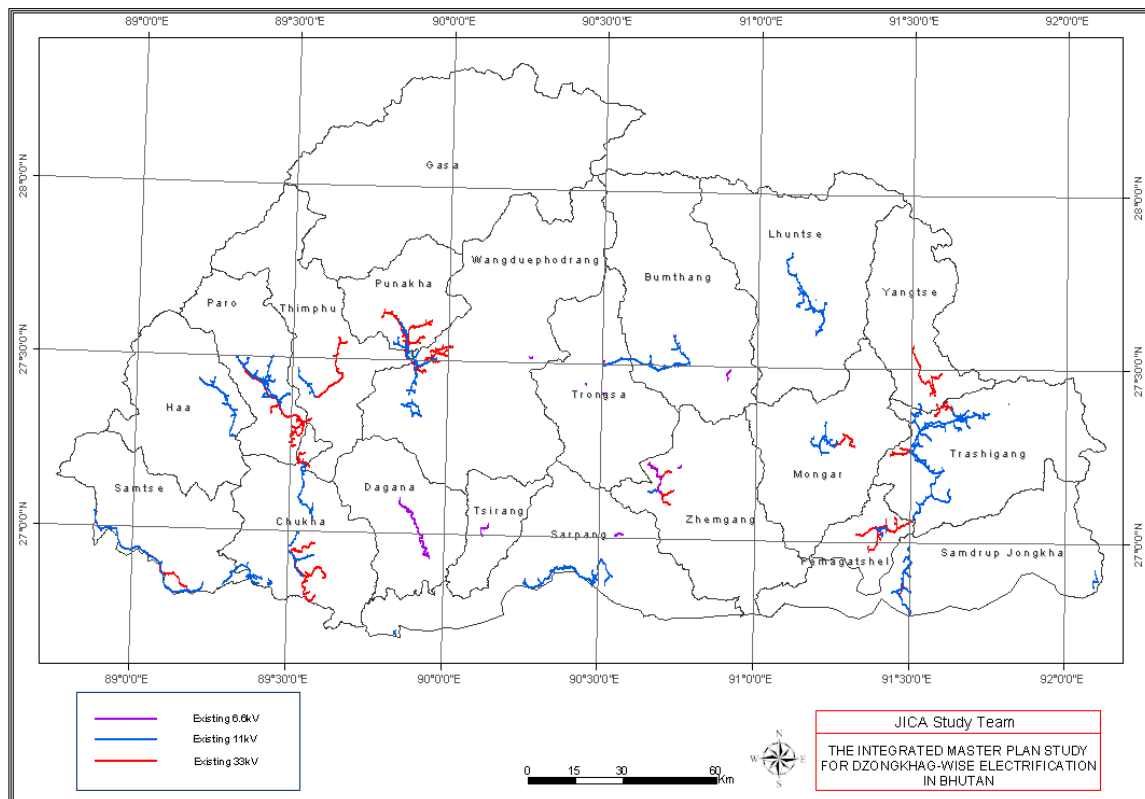
- 1) 全国の既設配電設備位置情報
- 2) 全国の未電化村落位置情報

全国の既設配電線位置情報の取得に関しては、以下の方法で行った。

- 1) 調査の初期にDOE、BPCに対しGPSを用いたデータ取得方法に関する研修を行った。
- 2) その研修を元にBPCがGPSを用いて既設施設の位置情報(緯度・経度)の取得を行った。
- 3) GISへ取り込む既設施設について、系統解析に必要となる電線のつながりや変圧器容量等の属性情報の取得を行った。

さらに、ローカルコンサルタントによる未電化村落調査で、全国の未電化村落の位置をGPSにより取得し、さらに変圧器容量の設定などに必要となる村落情報をGISデータと

して、データベースの構築を行った。(調査の詳細は7章 未電化村落データ収集調査の概要を参照)



JICA 調査団作成

図-8.3.2 新規取得 GIS データ・既設配電線(全国)

### 8.3.4 データベースの構成

本調査で構成した GIS データは、以下の通りである。

- 1) 農業省をはじめとする関係機関から入手した既存の GIS データ
- 2) 入手した GIS データを元に様々な統計資料、報告書などを参考に、DOE 管理のもと最新の状態へ更新を行ったデータ
- 3) ASTER 衛星画像から作成した地形データ(標高データ、等高線)
- 4) 本調査により新たに入手したデータ (既存配電施設データ、未電化村落データ)
- 5) 配電線拡張計画 (ADB/RE-3) データ
- 6) マスタープランにおける配電線拡張予定データ

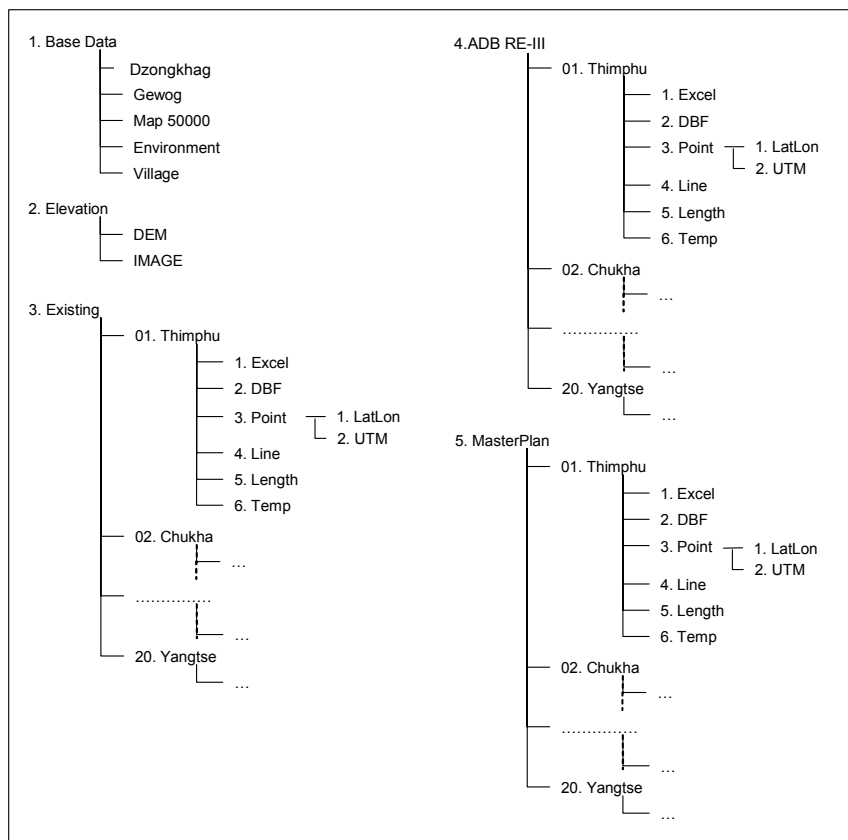
表-8.3.1 に本調査で作成した GIS データベースの一覧を示し、図-8.3.3 に本調査で作成した GIS データベース構成を示す。



表-8.3.1 本調査の GIS データベース一覧

	項目	データ形式	属性データ	Base Data	備考
既存データ (更新あり)	土地利用	ポリゴン	土地利用	衛星画像	更新作業中につき入手不可
	河川	ライン	ID	衛星画像	主な河川と詳細河川の2データ
	道路	ライン	ID	衛星画像	
	標高	ライン	標高値		
	行政界 県、郡	ポリゴン	ID、名称など	-	DOE 監修による更新あり
	流域界	ポリゴン		衛星画像	
	国立公園	ポリゴン	名称、面積など	-	
	森林管理区域	ポリゴン	名称、面積など	-	紙地図にて入手
	コリドー	ポリゴン	ID、面積など	-	
新規取得	ADB/RE-3 による 配電施設位置	ポイント ライン	電圧、距離など	GPS より取得	ローカルコンサルタント作成 GIS データは再作成
	地形データ (等高線)	グリッド ライン	標高値	衛星画像 (ASTER)	
	未電化村落位置	ポイント	名称、戸数、ON-OFF Grid など	GPS より取得	経済計算による ON-OFF Grid
新規作成	配電施設位置	ポイント	配電柱、変電所位置など	GPS より取得	
	マスタープラン 配電施設位置	ポイント ライン	電圧、距離、経済計算情報など オン・オフグリッド、電化フェーズ、フィーダの 経済評価結果		

JICA 調査団作成



JICA 調査団作成

図-8.3.3 GIS データベース構成

8.4 マスタープラン作成に関する他プログラムとの連携

本調査は、GIS をデータベース管理のツールとしても用いているため、GIS 上で検討・作成されたマスタープランデータを、系統解析、経済評価などの他プログラムへ引渡し、そこで検討された結果を再度 GIS データへ反映させる必要がある。そのため、他のプログラムとの連携を図るためのインターフェースの設定を行った。

以下に系統解析および経済計算プログラムとのインターフェースとして設定した形式および項目について以下に述べる。

8.4.1 系統解析プログラムとのインターフェース

GIS と系統解析プログラムとのデータの受け渡しに関しては、Microsoft Excel を通じたデータの交換を行った。カウンターパートへの系統解析プログラム研修を実施し、系統解析担当のカウンターパートを交えて確認を行い、両ソフトウェアのデータ受け渡し方法に問題がないことを確認した。

本調査において、GIS から系統解析プログラムへ受け渡しが行ったデータは、以下のとおりである。

表-8.4.1 GIS から系統解析プログラムへの受け渡しデータ一覧

NO	データ項目
1	既存施設 ID
2	Tap Off 位置
3	配電線種
4	変電所位置
5	平面での距離
6	地形を考慮した距離

JICA 調査団作成

表-8.4.2 GIS から系統解析プログラムへの受け渡しデータ例

POLE_#	VOLTAGE_LEVEL	TAP_OFF	Previous Pole#	SIZE	SUBSTATION	ELEVATION	X	Y	2D Length (m)	3D Length (m)	2D SUMUP Length	3D SUMUP Length
S10H1	11kV			DOG		1,412	192,631.79315	3,028,125.51552	154.33	154.34	154.33	154.34
S10H2	11kV	Yes	S10H1	DOG		1,410	192,776.74906	3,028,178.47630	60.89	62.26		
S10H3	11kV		S10H2	DOG		1,423	192,717.68204	3,028,193.25957	90.73	90.87	215.61	217.24
S10H4	11kV		S10H3	DOG		1,418	192,793.22835	3,028,243.51331	63.98	64.11		
S10H5	11kV	Yes	S10H4	DOG		1,414	192,833.10763	3,028,293.54668	113.29	117.46		
S10H6	11kV		S10H5	RABBIT		1,445	192,784.14313	3,028,395.71126	73.03	73.58		
S10H7	11kV		S10H6	RABBIT		1,454	192,738.00655	3,028,452.32510	86.93	88.99	441.61	458.09
S10H8	11kV		S10H7	RABBIT		1,473	192,708.34515	3,028,534.04200	89.04	93.96		
S10H9	11kV		S10H8	RABBIT		1,503	192,668.72952	3,028,613.78862	79.30	84.10		
S10H10	11kV		S10H9	RABBIT	Yes	1,531	192,642.86300	3,028,688.75550				

JICA 調査団作成

なお、系統解析プログラムにおいては、配電線路の距離情報が、重要な要素となる。GIS で算定する距離情報は、単純な配電柱間の距離だけではなく、タップオフ (配電線の分岐点) までの距離、変電所までの距離、配電線種が変更された位置までの距離など、多岐にわたる。これらのデータは全て ASTER データを用いた地形を考慮した長さとして、エクセル上で計算し、系統解析プログラムへとデータの受け渡しを行った。

### 8.4.2 経済計算とのインターフェース

本調査は、GIS 上で全国配電線延長計画をすべての未電化村をグリッドで結ぶ計画（オプション-1, All On-grid）を策定した。そこから、経済計算によって、配電線により電化される、いわゆるオングリッド村、そして太陽光などの独立電源により電化されるオフグリッド村が決定される。刻々と変化する経済データに対応し、常にデータベースの更新が要求される。したがって、GIS と経済計算プログラムとのデータの受け渡しは非常に重要な要素であり、本調査の効率を大きく左右するものとなる。

経済分析は Visual Basic でプログラム化されている。よって、経済分析のデータは、系統解析と同様、Microsoft Excel を通じて交換を行うこととした。本調査において、GIS から経済計算プログラムへ受け渡しを行ったデータは、以下のとおりである。

表-8.4.3 GIS から経済プログラムへの受け渡しデータ一覧

NO	データ項目
1	既存施設 ID
2	電圧
3	配電線種
4	ABS, SVR, 変圧器個数、設置位置
5	村落 ID
6	タップオフ位置
7	配電計画案位置情報
8	環境保護エリアにかかる配電線情報

JICA 調査団作成

上記の配電線データをもとに経済計算を実施し、オン・オフの境界を決定し、事業実施の時期を決定する。経済計算はプログラムで行い、結果のデータ変換を行って、GIS のデータベースに直接結果を書き込む経済計算の結果、GIS に受け渡されるデータは、以下に集約される。

表-8.4.4 経済プログラムから GIS への受け渡しデータ一覧

NO	データ項目
1	村落間、タップオフ/村落間、タップオフ間距離
2	2003 年、2007 年、2012 年、2020 年次世帯数
3	ピーク需要、エネルギー需要
4	グリッドの便益、コスト
5	オフグリッドの便益、コスト
6	オングリッド・オフグリッドの判定結果
7	フィーダの世帯数、距離、コスト
8	フィーダの電化計画実施時期

JICA 調査団作成

また、経済計算の結果を反映させるための GIS データの更新作業に関しては、別途機会を設け、DOE、BPC の両カウンターパート機関のエンジニアに対してトレーニングを実施した。経済計算結果を GIS 上で反映させるデータ更新に関するトレーニングについては、8.5.2 節技術移転、カウンターパートトレーニングによる人材育成に、その詳細を述べる。

## 8.5 GIS を利用する組織およびデータ管理体制

### 8.5.1 GIS を利用する組織およびその調査当初能力

本調査において、配電線延長計画のデータ作成・検討ツール、そして配電線延長計画にかかわる情報のデータベース管理ツールとして GIS を活用した。このため、カウンターパート機関の GIS 活用技能の習得は、調査を進めるにあたり非常に重要な課題であった。

本調査では、カウンターパート機関である DOE、BPC の両機関が、自ら考え、自らマスタープランの作成を行い、そして状況に応じて自らデータの更新を行える能力を身につける事を目標に設定し、そのための技術移転を行った。

調査当初、GIS を実際の業務に利用した経験のある者はなく、また、本調査で利用する GIS ソフトウェアの使用経験者は皆無であった。したがって、本調査を遂行するにあたり、GIS 操作にかかわる技術移転は重要課題であった。初期段階におけるカウンターパート機関の能力の把握は、技術移転を行う上でも重要な課題である。以下に本調査で実施した GIS に関する技術移転の概要を示すとともに、人材育成の評価を示す。

### 8.5.2 技術移転、カウンターパートトレーニングによる人材育成

本調査では、カウンターパートに対し、GIS の概念および GIS の機能を学んだ上で、GIS ソフトウェアの操作の習得に努めた。これは、単なるマニュアルどおりの操作に徹するオペレータとしての GIS ユーザーを育成することを目的とするのではない。調査期間中、そして調査終了後も GIS を用いることで何が可能になるのかを自らが考え、問題に直面したときも自ら考え、そして個々の問題に対応するべく、人材の育成を目標に設定したためである。

そこで、DOE、BPC の関係エンジニアに対し、現地調査期間におけるトレーニング、OJT、および本邦におけるカウンターパート研修を通じ、GIS にかかわる技術移転を行った。

第 1 回目は、2004 年 1 月 19 日から 23 日までの 5 日間にわたり、GIS の基礎ならびに GIS ソフトウェアの基礎操作に関するトレーニングを実施した。参加者は DOE、BPC をあわせ、計 9 名のエンジニアであった。GIS のカウンターパートだけではなく、配電計画や環境影響調査などのカウンターパートからも参加もあり、本調査で用いるデータベースの構造を理解するに当たり有益であった。

#### 第 1 回実施研修内容

##### GIS 研修

実施日時： 1 月 19, 20, 21, 22, 23 日(5 日間)

実施時間： 10:00-13:00, 14:30-17:00

実施場所： BPC

参加者： DOE ; Mr. Karma P Dorjee, Ms. Dechen Wangmo, Ms. Wangmo

： BPC ; Mr. Sunil Rasaily, Mr. Ujjiwal Deep Dahal, Mr. Tshezing Tenjin,

Ms. Dechen Dema, Mr. Nepal

： JICA Study Team ; 白田

実施内容： GIS の基礎、GIS 活用事例紹介、GIS ソフトウェア操作基礎、本調査データ作成に関する基礎知識および実習

第 2 回目は 2004 年 6 月に行った。トレーニング参加者を GIS のカウンターパートのみに絞り、より専門的な知識・技術の取得および本調査で利用する GIS 操作機能の取得に注力した。第 2 次調査における GIS トレーニングに参加したものは、DOE より 3 名、BPC

より2名の計5名のエンジニアである。第2回目に実施したトレーニングの詳細は、以下に示すとおりである。

### 第2回実施研修内容

#### 地方電化手法の説明と GIS の導入研修

実施日時： 6月17, 18日 (2日間)

実施時間： 10:00-13:00, 14:30-17:00

実施場所： BPC

参加者： BPC ; Mr. Sunil Rasaily, Mr. Ujjiwal Deep Dahal, Mr. Tshezang Tenjin  
: JICA Study Team ; 白木、臼田

実施内容： 配電線延長、配電設備・計画基準の考え方、地形図を用いた配電線延長の実習

#### GIS 研修

実施日時： 6月27, 28, 29, 30日(4日間)

実施時間： 10:00-13:00, 14:30-17:00

実施場所： DOE

参加者： DOE ; Mr. Karma P Dorjee, Ms. Dechen Wangmo, Ms. Wangmo

: BPC ; Mr. Ujjiwal Deep Dahal

: JICA Study Team ; 臼田

: 地方電化手法の説明と GIS の導入研修で実施した実習の GIS データ化、GIS を用いた既設データの入力、修正、配電線データ入力、更新、系統解析へのデータ受け渡しなどマスタープラン策定に必要な GIS 操作実習

以降は、期間を設けたトレーニングは実施していないが、現地調査期間は常に DOE、BPC の両カウンターパート機関との共同作業を実施し、GIS の技術移転に努めた。DOE、BPC の両機関の共同作業により、GIS を用いた全国配電線延長計画の策定を完遂した。そして、2004年10月の第2回ワークショップ、2005年6月に実施した第3回のワークショップにおいて、カウンターパートがプレゼンテーションを準備し、自らの表現で、配電線延伸計画策定における GIS 活用方法およびその有用性を語った。これらを勘案すると、調査当初に設定した、技術移転および人材育成に関する目標を十分に達成したと評価できる。

調査当初に設定した GIS の基礎知識の習得、マスタープラン作成に必要な GIS のデータ作成の2点の目標は達成したが、上述の通り、本調査で作成したデータベースは絶えず更新が必要とされる。したがって、GIS のカウンターパートは、本調査終了後も状況に応じたデータの更新を行い、常にデータベースの維持管理を行う必要がある。

本調査中の技術移転項目には、GIS のカウンターパートに対するデータの更新作業、そしてデータベースの維持管理に関するトレーニングは含まれていなかった。このため、その重要性を改めて認識し、本調査のデータベースを管理・運営を行う人材の育成に関して提案を行った。その結果、2005年5月にカウンターパートトレーニングとして、本邦において約1ヶ月間の研修を実施することとなった。DOE から2名のエンジニア、BPC から2名のエンジニア、そしてブータンの GIS のとりまとめを行う立場にある内務省測量登記局から1名のエンジニアがトレーニングに参加した。内務省測量統計局からの参加は、本調査を通じて新規に作成されたデータおよびデータベースを内務省測量統計局にも理解してもらおうとともに、今後のこのデータベースの維持管理をブータン国として実施する際の GIS 専門家としてのアドバイスを求めるためであった。つまり、本データベースは DOE、BPC のみが管理するものではなく、ブータン国すべてに有益なデータと

して、国家としてデータベースの活用を期待するものであり、そのための人材育成を企図した。

カウンターパートトレーニングで実施した研修の概要は、以下に示すとおりである。

#### 2005年5月 カウンターパートトレーニングで実施した研修内容

##### GIS の活用、操作基礎、データ更新に関する研修

実施日時： 5月9日より1ヶ月間（内 GIS トレーニングは2週間程度）

実施時間： 10:00-13:00, 14:00-18:00

実施場所： 日本工営株式会社

参加者： DOE ; Mr. Nowang, Mr. Hari

BPC ; Mr. Ujjiwal Deep Dahal, Ms. Dechen Dema

Dep. Of Survey ; Mr. Shankar

: JICA Study Team ; 西牧、白田、中川

実施内容： GIS の基礎、応用に関する講義、他分野での GIS 活用事例の紹介、GIS 基礎操作の実習、データ編集実習、VBA プログラムの導入、経済計算結果を反映させたデータの更新実習

さらに、本調査を通じ DOE、BPC は GIS の有用性を十分に理解し、自らの業務に自主的に取り入れを行っている。DOE は、本調査にて GIS を学んだエンジニアの能力をさらに伸ばそうと、2名のエンジニアを1ヶ月間の海外研修に派遣した。

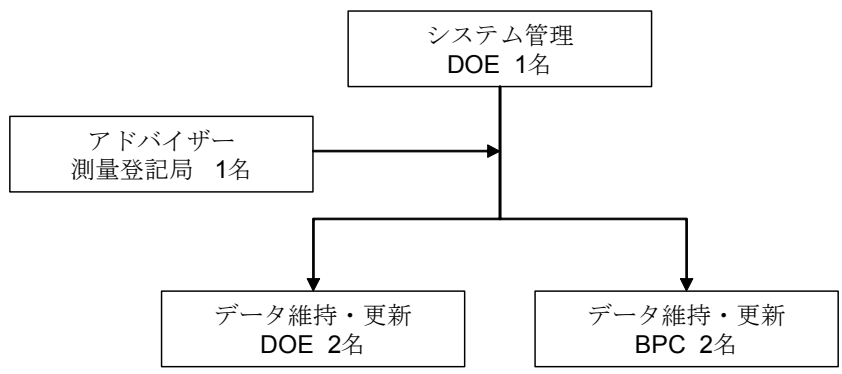
また、BPC では GIS のセクションを新たに設置し、広く業務に GIS を活用しようという取り組みを行っている。本調査では全国の中圧配電線の位置情報を GPS を用いて取得し、GIS 上でデータベースとして管理をしているが、BPC の自主的な取り組みとして、本調査の手法を用い、ティンブー、パロといった県を試験的に取り上げ、すべての低圧配電線の位置情報を GPS で取得し、GIS データベースとしての管理を試みている。

以上のように本調査での GIS 活用を通じ、GIS の認識および活用の場は、本調査内でとどまるのではなく、広くブータン国内に有益と認識されたと判断できる。今後も本調査で作成したデータベースをさらに発展させ、他分野へも活用することを念頭に入れたデータベースの更新を行いたいと考える。また、データベースの精度を更新させることは、本調査の精度を向上させることにも直接つながることである。そのひとつの例として、詳細かつ最新の道路データの取得は、配電線計画の精度を向上させるだけでなく、事業実施時期の策定に大きな影響を及ぼす。また、環境保護に関するデータの取得、既存データの更新による精度向上は、環境保護を大きく謳っているブータン国にとって不可欠である。

このように、配電線計画策定に必要なデータは複数の分野のにまたがっており、本調査のデータベースを充実させることは、ブータンの他のセクターデータを充実させることにも繋がり、ブータン国にとって非常に有益なことであるといえる。

### 8.5.3 GIS データベースの管理体制

本調査で作成したデータベースは、状況の変化に応じて刻々と変化し、絶えず更新作業を必要とするデータである。したがって、今後の GIS データの維持・管理体制の構築は、マスタープランを実現させる上での必須条件といえる。以下に、調査団が提案するブータンにおける GIS データベースの管理組織、体制及びデータベースの維持・管理に必要な人数を示す。



JICA 調査団作成


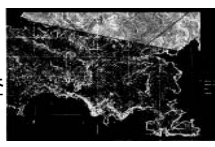
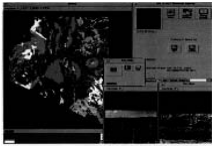
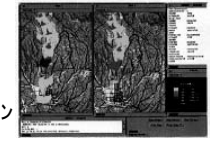
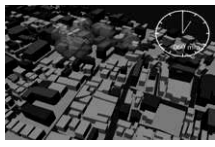

図-8.5.1 GIS データベースの管理体制

### 8.6 GIS データベースの他分野での利用可能性

本調査で構築した GIS データベースは、ブータン国全土を管理する空間データであり、本地方電化調査のみならず、様々なプロジェクト・用途においても活用可能なデータである。ブータン国における GIS データベースの活用可能な用途の一例を以下に示す。

#### (1) 行政分野、住民の生活向上、民間分野への適用

交通計画	水資源開発計画	泥流シミュレーション
生物生息環境調査	避難解析	延焼シミュレーション

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">交通計画</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 道路</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">環境</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 生物生息域調査</li> <li>■ 交通量調査</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">資源探査</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水資源開発</li> <li>■ 鉱物資源探査</li> </ul> 
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">自然災害</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 泥流シミュレーション</li> <li>■ 土石流シミュレーション</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">人的災害1</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 延焼シミュレーション</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">人的災害2</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 避難解析</li> </ul> 

#### (2) 都市計画分野への適用

道路・交通計画	環境管理	上下水道管理	河川管理
観光・景観	緑地管理	防災対策	地籍管理

<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">道路</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 道路管理</li> <li>■ 交通量調査</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">環境</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 環境管理</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">上下水道</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 水道管管理</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">河川</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 河川管理 (氾濫、水質等)</li> </ul> 
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">観光</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 観光情報提供</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">緑地</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 都市内緑地管理</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">防災</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 避難情報提供</li> </ul> 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">地籍</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 徴税管理</li> </ul> 



## 第9章 環境社会配慮

### 9.1 国家環境政策

環境に関する国家計画及び国家戦略として、表-9.1.1 に示すものが策定されている。これらの計画・戦略に通じて謳われているのは持続可能な開発である。ブータン国の環境への取り組みにおいては、適切な配慮を伴う開発は、決して否定されるものではない。同時に、環境保全は、全てのセクターによる取り組みにより達成されるべきものとされている。

表-9.1.1 環境に関する国家計画及び戦略

名 称	所轄官庁	制定年
The Middle Path, National Environment Strategy for Bhutan	国家環境委員会 National Environmental Commission	1998
Bhutan 2020 A Vision for Peace, Prosperity and Happiness	計画委員会 Planning Commission	1999
Biodiversity Action Plan for Bhutan 2002	農業省 MOA	2003
Vision and Strategy for the Nature Conservation Division 2003	農業省 Department of Forestry Services, MOA	2003

JICA 調査団作成

以下に、表-9.1.1 に示した国家計画・国家戦略の抜粋を示す。

(1) The Middle Path, National Environment Strategy for Bhutan (1998 年策定)

持続可能な経済発展のための3つの手段として、水力利用の推進、農業自給の増加、工業基盤の拡充を掲げ、それぞれの手段の発展を可能とする条件並びにその開発の意味を記している。

水力利用の推進に関しては、水力の源である流域の保全が不可欠であり、そのためには、社会経済活動に対する政府による制限が必要であるとの認識を示した。そこで政府は、国土の少なくとも60%の森林被覆率を保つと確約した。また、国立公園等の保護地区の保全に関しては、森林セクターのみに委ねられるべきものではなく、その流域の恩恵を受ける全てのセクター、特に水力セクターが貢献すべき課題であるとしている。

(2) Bhutan 2020, A Vision for Peace, Prosperity and Happiness (1999 年策定)

2020年までの成長過程と、2020年に達成すべき展望が示されている。

2020年においても、国土の60%の森林率を保ち、国土の多くを国立公園等の保護地区に指定している。ブータン国のアプローチにおいて、自然資源は、保全される対象としてのみ存在するものではなく、適切な配慮と叡智をもって、持続可能な社会経済開発に供される資産であるとみなされている。

(3) Biodiversity Action Plan for Bhutan 2002 (2003 年策定)

環境への脅威を認識したうえで、以下の4つのコンポーネントを推進することにより、現況改善が可能であると述べられている。また、これらの4つは同時に進められなければならない。

- ・ 保護地区 (Protected Areas)、バッファー地区、並びに生物回廊 (Biological Corridors) の管理
- ・ Integrated Conservation Development Programmes (ICDPs)
- ・ 環境教育
- ・ 研究、調査、モニタリング

なお、自然遺産、生物多様性の保護は、森林セクターのみではなく、全てのセクターのプログラムにおいて、多様な手法で進められるべきものである。

#### (4) Vision and Strategy for the Nature Conservation Division 2003 (2003 年策定)

ブータン国の自然保護は、開発目的の持続可能な自然利用を否定するものではないと示している。一方で、流域はブータン国にとって最も重要な生体的機能を有し、これにより、飲料水、水力、灌漑への水利用が確保されることも示している。

また、保護地区 (Protected Areas) の管理の主目的は生態系の保全であるが、社会経済開発も無視できない側面であること、自然への脅威への対応は、開発による環境影響や制約の理解、代替案の提示により適切に行われるものであるとしている。

## 9.2 環境関連法制度

### (1) 環境関連法規

自然環境に富むブータン国の特性から、自然環境保護に関する法制度は整っている。一方、公害に関する法や基準は、未整備のものも多い。ブータン国の環境関連法規は、表-9.2.1 に示すとおりである。

### (2) 自然保護・森林保全

ブータン国土の約7割を占める森林の保全に関連する法規には「森林自然保全法」、「森林自然保全規則」が存在する。現在まで、4つの国立公園 (National Park)、1つの自然保護区 (Natural Reserve)、4つの野生生物保護区 (Wildlife Sanctuary) の計9つの保護地区 (Protected Area) が制定されており、そのうち5つに関しては保護管理計画が策定済みである。各保護地区の活動に対しては、UNDP/GEF、WWF 等のドナーが資金援助を行っている。これらの保護地区面積は、総計で国土の約26%を占める。さらに保護地区を繋ぎ、野生動物の移動が可能である地域として、生物回廊 (Biological Corridor) が定められている。

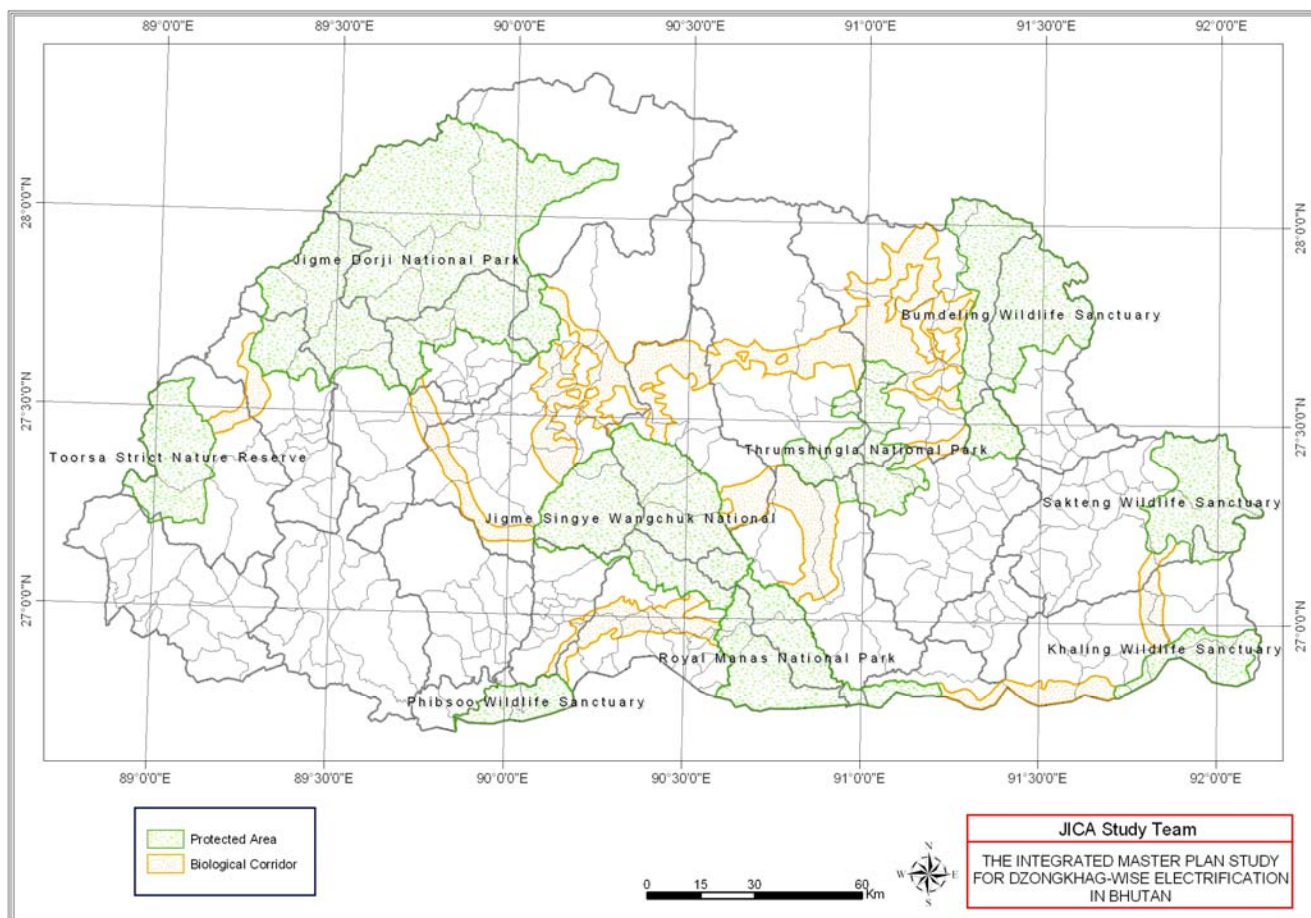
保護地区 (Protected Area) 内は、core zone、administrative zone、seasonal grazing zone、enclave zone、buffer zone、multiple-use zone の6つに類型区分され、区分ごとに制限される活動等が定められることとされているが、その明確な区域分けは未だ行われていない。

農業省森林部 (Department of Forestry, MOA) では、持続的森林管理を進める取り組みとして、森林管理区域 (Forest Management Unit: FMU) を定めている。14区のFMUが既に定められており、それぞれの管理計画を有し、さらに7区のFMUの指定が計画中である。また、FMUに準じる森林管理単位として、7区の Working Scheme も定められている。

表-9.2.1 ブータン国の環境関連法規

法・規則名称	所轄官庁	制定年
森林法 Forest Act 1969	農業省森林局 Department of Forestry, MOA	1969
森林自然保全法 Bhutan Forest and Nature Conservation Act 1995	農業省 MOA	1995
森林自然保全規則 Forest and Nature Conservation Rules of Bhutan	農業省 MOA	2000
環境影響評価法 Environmental Assessment Act 2000 (EA Act 2000)	国家環境委員会 National Environmental Commission	2000
環境クリアランスと戦略的環境影響評価規則 Regulation for the Environmental Clearance of Projects and Regulation in Strategic Environmental Assessment	国家環境委員会 National Environmental Commission (NEC)	2002
電気法 Electricity Act of Bhutan	貿易産業省エネルギー局 Department of Energy, MOTI	2001
土地法 Land Act 1979	内務省 MOI	1979
農薬取締法 Pesticides Act of Bhutan 2000	農業省 MOA	2000
家畜法 Live Stock Act of Bhutan 2000	農業省 MOA	2000
生物多様性 Biodiversity Act of Bhutan 2000	農業省 MOA	2000
種法 Seed Act of Bhutan 2000	農業省 MOA	2000
用地取得法 Land Acquisition Act 1990	内務省 MOI	1990
鉱山及び鉱物管理法 Mines and Minerals Management Act 1995	貿易産業省 MOTI	1995
植物検疫法 Plant Quarantine Act of Bhutan	農業省 MOA	2000
都市域の下水衛生管理環境規定 Environmental Codes of Practice for Sewage and Sanitation Management in Urban Areas	国家環境委員会 NEC	2000
有害廃棄物取扱い環境規定 Environmental Codes of Practice for Hazardous Waste Management	国家環境委員会 NEC	2002

JICA 調査団作成



出典： Department of Forestry, MoA

図-9.2.1 保護地域と生物回廊 (Biological Corridor) の位置

(3) 環境影響評価

環境影響評価に関連する法規には、「環境影響評価法」、「環境クリアランスと戦略的環境影響評価規則」が存在する。後者は、前者に基づき制定された。環境クリアランス規則に基づき、ADB の支援により、セクターごとのガイドライン (Sectoral Guidelines) が策定された。従来からのセクターガイドライン (1999 年策定) では送電事業のものが存在したが、2003 年のセクターガイドライン改訂において配電事業も対象に含まれ、「配電及び送電事業のガイドライン」とされた。

プロジェクトの実施に伴い管轄機関からの開発合意 (development consent) を得る必要がある場合、政府によるプロジェクトで開発合意が必要でない場合、環境影響評価法の規定により、いずれの場合もプロジェクトの実施に先立ち National Environment Commission Secretariat (NECS : NEC 事務局) から環境クリアランスを取得する必要がある。

プロジェクトの実施における環境影響評価法関連の手続きについては、9.4 節に後述する。

9.3 環境データの現況と課題

(1) 自然環境

生物多様性の保全や、持続可能な発展は、ブータンの国家政策において重要視されている。それを反映し、生物種のインベントリーや、自然環境保全に関する計画策定に対しては、努力がなされてきている。

生物種に関する基礎データは、表-9.3.1 に示すとおりである。また、動植物に関する調査はこの他にも多く実施されており、生息・生育種の豊かさが記録されている。しかし、これらのデータに関する体系的な整理は行われていない。

表-9.3.1 生物種に関する基礎データ

資料等名称	発行元	発行年
Forest and Nature Conservation Act 1995	Ministry of Agriculture	1995
1996 IUCN Red List of Threatened Animals.	IUCN- The World Conservation Union	1996
2000 IUCN Red List of Threatened Species	IUCN- The World Conservation Union	2000
Flora of Bhutan	Nature Conservation Division, Ministry of Agriculture	2002
Biodiversity Action Plan for Bhutan 2002	Ministry of Agriculture	2002

JICA 調査団作成

また、国立公園地区の管理について、ドナーの支援を受け、いくつかの国立公園については管理計画は策定済みである。しかし、6 つに類型区分されるはずのエリア分けや、区域内での活動や土地利用の方針は不明確な状況である。保護地区内には、住民が生活を続けているが、その活動に対して、今のところ制限がかけられる予定はない。

一方、都市化や産業の発展に伴い水質や大気質、土壌等の汚染が懸念されてはいるが、未だ比較的深刻な状態にはないためか、その取組みの優先順位は低いと判断される。環境基準や排出基準が完全には整備されておらず、いわゆる公害系の環境現況の把握の調査も行われていない。自然環境のみならず生活環境保全のためにも、この分野の人材や基盤整備の推進が望ましい。

土壌浸食は、ブータン国にとって重大な環境問題のひとつとして認識されているものの、国レベルの現況把握が可能な調査及び調査結果は存在しない。

(2) 社会環境

社会環境配慮の対象とすべき一項目である少数民族は存在するものの、その分布は、統計で把握されていない。寺院及び修道院等を含む宗教関連施設の件数は 500 を超え、リストでは整理されているものの、それらの正確な位置に関する資料は整備されていない。

環境影響評価(EIA)における社会環境影響の検討は、プロジェクトの実施に際して、個別に検討されるのが実際である。なお、EIA は環境クリアランス取得の過程で必要となる場合がある。

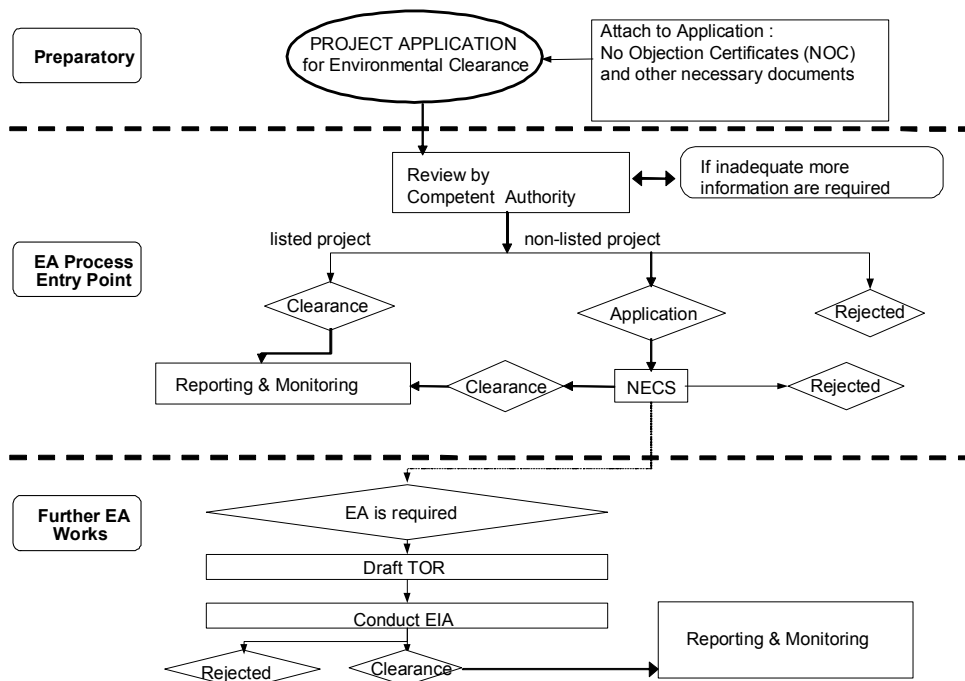
9.4 地方電化に関連する環境法と手続き

(1) 環境クリアランスの取得

既述のとおり、ブータン国環境影響評価法 (EA Act 2000) 等の規定により、地方電化プロジェクトについても、実施に先立ち NECS から環境クリアランスを取得する必要がある。環境クリアランスの取得手続きフローは、**図-9.4.1** に示すとおりである。

一般的な環境クリアランスの取得の手続きは以下のとおりである。

プロジェクト実施者は、まず計画事業の「環境情報 (Environmental Information)」を環境クリアランスの申請として、管轄政府機関と NECS に提出する。セクターガイドラインが存在する事業種の場合には、環境情報はそれに従って作成される。地方電化プロジェクトの内容として想定される配電事業に関しても、セクターガイドラインが策定されたことから、環境情報の作成はこの規定に従うこととなる。管轄機関・NECS が環境情報の内容審査を行い、記載内容が適切だとみなされる場合には、事業提案の公表がなされる。



出典：Sectoral Environmental Assessment Guideline, NEC

図-9.4.1 環境クリアランス申請及び取得に関する手続きフロー

記載内容が充分だと判断された環境情報（環境クリアランス申請）に基づき、NECS はスクリーニングを実施する。スクリーニングの結果は次の3種類となる。

- 1) 環境影響評価法に定められた条件を満たし、事業による環境影響が低減され、受容できる範囲のものであり、事業が持続的発展に貢献するものと認められることから、環境クリアランスが発行される場合
- 2) 環境影響が懸念されるため EIA の実施が求められる場合
- 3) プロジェクトが却下される場合

EIA の実施の場合には、事業実施者は EIA の TOR を作成し、NECS の承認を経て、EIA 報告書を作成し、それを公表する。実施者は、規則に定められる期間内に公表の手続きを完結し、NECS は EIA 報告書の内容に基づき、環境クリアランスを発行する。ただし、現在手続き中の送電線事業を除き、現行法（EA Act 2000）に則って実施された EIA は存在しない。

なお、全ての環境クリアランスは、環境影響低減の手法やモニタリング等の環境保全のための条件を事業実施者に対して示すことが規則に定められている。

また、NECS へのヒアリングでは、環境影響評価法及び関連規則には規定はないものの、保護地区（Protected Areas）内での今後の地方電化プロジェクトに対しては、EIA の実施を求める可能性があるとのことであった。

(2) 用地取得及び住民移転

プロジェクト用地に民間所有地が含まれる場合には、土地法（Land Act 1979）に従うことになる。民間登録地の収用に伴う補償に関するルールは、Land Compensation Rate（土地補償レート）として、土地法の制定以前から何度も改訂が行われてきた。最新の改訂版である 1996 年制定の土地補償レートに記載される土地収用価格は、表-9.4.1 に示すとおりである。

表-9.4.1 土地補償レート

土地種別	補償レート
非都市域（Rural Land Compensation Rate）	
田圃（Chhuzhing）	35,000 Nu./acre
降雨のある乾燥土地（Kamzhing）	20,000 Nu./acre
移動農耕地（Tseri/Pangzhing）	5,000 Nu./acre
都市域（Urban Land Compensation Rate）	
首都ティンブー（Thimphu town）	
商業地（Commercial area）	30 Nu./ft <sup>2</sup> (1,306,800 Nu./acre)
住宅地（Residential area）	20 Nu./ft <sup>2</sup> (871,200 Nu./acre)
A クラス都市	
商業地（Commercial area）	20 Nu./ft <sup>2</sup> (871,200 Nu./acre)
住宅地（Residential area）	10 Nu./ft <sup>2</sup> (435,600 Nu./acre)
B クラス都市	
商業地（Commercial area）	10 Nu./ft <sup>2</sup> (435,600 Nu./acre)
住宅地（Residential area）	5 Nu./ft <sup>2</sup> (217,800 Nu./acre)
C クラス都市	
商業地（Commercial area）	5 Nu./ft <sup>2</sup> (217,800 Nu./acre)
住宅地（Residential area）	2 Nu./ft <sup>2</sup> (87,120 Nu./acre)

注：都市のクラス分類は、出典資料の Annex に示されている  
 出典：土地補償レート（Land Compensation Rate 1996）Ministry of Home

土地補償レート 1996 には、家屋の補償は登録されたエンジニアがケースごとに評価する価格を基に行われること、農業用地の補償は果樹の樹種・樹齢ごとの1本当たりの補償額に基づき行われることが示されている。しかし、他の生計・職業に関する補償、住民移転に伴う手続きは触れられていない。

なお、土地法では、用地取得の補償は、補償金ではなく、可能な限り代替地の手配により行うよう記されている。

### (3) 森林伐採・保護地区の利用

政府保全林 (Government Reserve Forest) を、道路、灌漑用水、電気・電話等の配線等の政府の用途のために伐採する場合には、書面にて農業省に申請する必要がある。政府保全林には、Community Forest として地域住民が管理すると指定した地域と、特に政府保全林から除かれた森林以外が含まれる。

保護地区 (Protected Area) 内は、書面での許認可がある場合を例外として、建設行為、生物の採取、居住や耕作等は原則禁じられる。

政府保全林の利用申請には、プロジェクト名、伐採箇所・距離・幅、保護地区 (Protected Area) が含まれる場合には、その名称等を記載し、申請書として県を經由して農業省に提出する。農業省は、申請を拒絶し申請者にその旨を通知するか、もしくは DFO (Divisional Forest Officer)、NECS、県等のスタッフからなる調査チームを派遣し、その検討を経て申請の是非が判断される。

## 9.5 地方電化マスタープラン策定に係る環境社会配慮

### (1) 戦略的環境影響評価への取組み

ブータン国には「環境影響評価法」に基づき制定された「環境クリアランスと戦略的環境影響評価規則」が存在する。この規則において、戦略的環境影響評価 (SEA) の手法や手続きに関するガイドラインが、NECS により策定されるものとされているが、未策定であり、SEA は計画策定の際に実施が求められる状況にはない。

本調査でのブータン全土を対象とするマスタープラン策定段階で、環境に対する適切な検討を行い、自然的・社会的に脆弱な地域の保全に努める意義は大きいものとする。NECS もその環境保全への貢献の可能性を認めている。今のところブータン国での SEA 事例はないものの SEA 実施への取組みについては、その手法・過程の検討において協力することに、合意を示した。

ブータン国は、SEA 事例を正式承認する実際の手続きを有していないため、本調査では、SEA を「マスタープラン段階の環境配慮」と位置づけ、ブータン政府の規則に準じて、ケーススタディとして実施した (実施内容と結果は、第 17 章参照)。

### (2) 環境社会配慮の方針

マスタープランでの環境社会配慮においては、SEA の考え方を念頭に置き、M/P 段階の環境配慮実施、(ワークショップ等を通じた M/P の公表による) 政策決定に関する透明性の確保に努めるものとする。また、累積的環境影響の低減にも留意する。

また、環境社会配慮における環境側面、配慮項目等は、ブータン国の法制度や JICA 環境社会配慮ガイドラインのみならず、世界銀行、ADB 並びに JBIC といった国際ドナー機関の環境ガイドラインを考慮して決定した。

環境現況とマスタープランでの提案事業の特性から、事業の実施に際して最も問題となるのは森林伐採、保護地区 (Protected Area) 内でのプロジェクト実施と考える。

以上より、次の 2 点を環境社会配慮の方針とした。

- 保護区 (Protected Area) 及び生物回廊 (Biological corridor) を環境保護における優先地区とする
- 事業実施に伴う累積的環境影響を考慮する

なお、農業省森林局 (Dept. of Forest, MOA) の管轄事項である保護地区内のゾーニングは、保護地区内での事業実施の検討において有用な情報となるが、明確な区分や方針は示されていない。また、保護地区内での事業に対しても、現行法 (EA Act 2000) に基づき EIA が求められた例は無い。

## 9.6 CDM 活用への取組みの現況と M/P 対象地方電化への適用の可能性

### (1) CDM 活用への取組み

気候変動枠組条約に基づくブータン自国の取り組みとしては、2000年9月に NEC が温室効果ガスのインベントリーを策定するとともに、温暖化がブータンに及ぼす影響について検討を行い、「First Greenhouse Gas Inventory」として著した。

プロジェクトレベルでの取り組みでは、e7 (G7 を構成する先進国電力会社 9 社により構成される団体) が e7 Fund For Sustainable Energy Development を活用し、トンサ県チェンデブジ小水力発電プロジェクトを小規模 CDM プロジェクトとして推進している。e7 の構成会社である日本の関西電力がチェンデブジ小水力発電プロジェクトの推進において中心的役割を果たしている。ブータン政府、日本政府ともこのプロジェクトを CDM プロジェクトとして承認し、CDM 指定運営機関 (DOE : Designated Operational Entity) による有効化審査 (validation) を経て、2005年5月23日に CDM 理事会 (EB : Executive Board) による登録 (registration) が行われた。

Chendebji 小水力発電 CDM プロジェクトのプロジェクト設計書 (PDD) では、以下に示す前提に基づき、当該地域のディーゼル発電による電化ケースをベースラインと設定し、プロジェクト実施により主にディーゼル燃料の燃焼に伴う温室効果ガスの排出が削減されるものとしている。

- Chendebji の電化計画は第9次5カ年計画に含まれておらず、小水力発電による電化が実施される予定はない。
- ブータンにおける小水力発電施設のほとんどは、外国からの公的援助により建設されており、e7 プロジェクトがない場合には、ブータン国は小水力発電施設を整備する資金がなく、当該地域はディーゼル発電により電化される。

なお、PDD ではグリッドによる電化の可能性については、言及されていないものの急峻な地形等の要因により、実現困難としているものと推察される。

### (2) M/P 対象地方電化への適用の可能性

水力利用を推進する国家政策や、既存の電力偏在をグリッド延伸により解決しようとする取組みの状況を考慮すると、大規模な「バイオマス利用による化石燃料の代替」や「自然エネルギーの利用」に関する CDM プロジェクトは想定しにくい。

一方、小規模 CDM に関しては、ブータンには Chendebji 小水力発電という実績が存在する。削減される温室効果ガス量を考慮すると、ブータン国の地方電化で小規模 CDM プロジェクトを推進する場合には、Chendebji プロジェクトのシナリオがそうであるように、「再生可能エネルギープロジェクト」であり、「ベースラインを化石燃料での電化、即ちディーゼル発電と考える」プロジェクトの可能性が高いと考えられる。グリッド電化が困難と判断され、適切なユニットとして再生可能エネルギーによる電化対象地域があり得る場合には、小規模 CDM プロジェクトとしての推進が可能と考えられる。なお、再生可能エネルギープロジェクトの小規模 CDM プ



プロジェクトの定義は「設備容量(最大出力容量)が 15 MW (又は同量相当分) まで」であること、さらに、地方電化に対する ODA (政府開発援助) の流用による公的資金の活用はできないことに留意する必要がある。

ここで、オングリッド電化による灯油、LNG、薪炭材の削減効果に基づく CDM 適用の可能性に触れる。未電化村がグリッドの延長により電化された場合に、各世帯においてランプなどに使用される灯油、LNG、薪炭材が削減され、それらの燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量が減ることはほぼ確実である。ディーゼル発電に関しては、Kalikhola と Panbang に独立系統で運用されている地域が既に存在し、グリッドの延長により、ディーゼル使用量が削減に含まれる。これらの削減効果に CDM を適用するためには、ベースラインを設定するシナリオの CDM 方法論に対して CDM 理事会による承認を受け、温暖化ガスの削減効果を論理的に立証した PDD について、審査・登録を受ける必要がある。この場合、論理性やプロジェクトの追加性への留意が必要である。同様のシナリオに基づく「発生源からの人為的な排出を減少させる事業で、二酸化炭素等価物排出量が 15 kton/年未満である場合」には、「化石燃料の転換」事業として小規模 CDM の適用が検討され得る。

以下に、オングリッド電化への CDM 適用の場合に考えられるシナリオを例示した。現実に CDM 事業としての事業化を進める場合には、多様なデータに基づき事業を論理的に導くために更なる調査が必要である。

- オングリッドによる電化が行われない場合には、対象地域はディーゼルにより電化が行われる。オングリッド事業が CDM で実施されることにより、ディーゼル発電に消費されるはずであったディーゼルの燃焼分の GHG が削減される。
- オングリッドによる電化が行われない場合には、対象地域は熱源として薪炭材を使用し続ける。さらに、人口増加等の要因から、薪炭材利用量が増加し、森林伐採が進む。オングリッド事業が CDM で実施されることにより、薪炭材利用量増加に伴い排出されるはずであった GHG が削減される。(持続可能な状態での、薪を含むバイオマスの燃焼に伴う CO<sub>2</sub> の排出は、基本的には PDD のベースラインの設定においてカウントされない。しかし、ここでのベースラインは将来に薪炭材消費量が増加する状況を想定しているため、CDM でのカウントが可能と考える。)

ブータン国  
地方電化マスタープラン調査  
ファイナルレポート

**PART-B 調査の手法と分析**

## 第10章 電力技術基準

### 10.1 送変電設備技術基準の現状

#### 10.1.1 現状

発電・送電（66 kV 以上を送電線と称している）・高圧変電設備に関する国家または DOE/BPC の技術基準は現時点では作成されていない。唯一、DOE の年報（Power Data）の中に、送電配電の電圧許容変動は $\pm 5\%$ 以内、周波数変動は $\pm 3\%$ 以内とすることが示されている。既設設備のほとんどが、インドの援助によること、また、インド電力系統と連系していることから、設備・機器の設計技術基準は、インドの CEA（Central Electricity Authority）が作成した基準を参照している。

プロジェクトの計画や F/S 設計は、担当したコンサルタントにもよるが、ブータンの高い標高による絶縁強度の低下を考慮した絶縁油の特性など、特殊な気象条件に配慮しつつ、当該コンサルタントの自国基準ないしは IEC に基づいて実施されている。

PSMP では、インドへの電力輸出のプロジェクトを主にしていることもあり、インドの現在および将来の系統運用の信頼度基準に適合すべきであるとしている。また、国内の電力系統構成に関しては、ブータンの現在および近未来の系統規模および設備の経済性の面から、系統構成要素（発電機、変圧器、送電線の回線数など）の一つが故障しても系統全体に波状停電を引き起こさないような系統の構成や設備の増強を考慮する N-1 基準は、必ずしも適用する必要はないと提言している。

国内の高圧基幹系統の計画・設計に際しては、その重要度に応じて、また輸出用送電系統への影響を検討して N-1 基準の適用に配慮する必要がある。

#### 10.1.2 基準作成の動向

ADB の支援（TA）により、ブータンの電力関係の技術基準作成のためのコンサルタントチームが、2004 年 5 月に派遣され、2005 年 9 月に完了する予定である。ブータン側の受け入れ機関は、DOE の一組織である Bhutan Electricity Authority (BEA) である。支援内容は、電力セクターに係わる Regulation/Codes 作成のためのブータン側の組織制度の評価や関係者のキャパシティビルディングを含む下記の分野である。

- (a) 発電所の構造物のモニタリングに関する規定
- (b) 水力発電所の維持管理の安全規定
- (c) 電気関係の安全規定

BEA には ADB-TA 支援の他にも NORAD から支援が提供されているが、これは電力料金設定などに関するものである。

## 10.2 配電設備技術基準の現状

### 10.2.1 設備・計画技術基準

ブータン国には、現在、統一された技術基準が存在せず、プロジェクトごとに基準を決定して設備形成を行っている。ADB/RE-1、RE-2、RE-3 のそれぞれの基準、あるいは DOP が 1998 年に作成し小規模工事で採用されている基準 (Basic Standards, Guide lines and Cost Estimation for infrastructure construction pertaining to power Sub-transmission and Distribution) は、わずかではあるが異なっている。各基準の概要は次頁の表-10.2.1 のとおりである。

なお、BPC と共に BEA への技術協力を行っている ADB のコンサルタントが、建設・設計の基準を作成している。

### 10.2.2 建設基準

DOE および BPC には建設基準はなく、建設基準はプロジェクト毎に作成されて実施されているのが現状であり、類似点が多い。この章では、ADB/RE-2 で適用された仕様書の主要な部分を述べる。

#### (1) ルートの選定

- ・提案されたルートは、最も短い実用的な距離のものであること。
- ・線路の保守・事故時に容易に現場に到達できるように、道路沿いに選定すること。

下記の地域は出来る限り避けること。

- a) 急峻な丘と谷
- b) 都市開発地域
- c) 車道から遠い地域
- d) ルート上に突然の変化が起きそうな地域
- e) 横断の困難な道路、川、排水路など
- f) 飛行場の近辺
- g) 自然災害が起きそうな地域

#### (2) 配電線の位置

- ・配電線は急な坂、谷、湖、森、川など自然の障害を可能なかぎり避けること。
- ・配電線は建物、火災、交通、他の危険から安全な距離をとること。
- ・配電線は特殊事情を除いて、校庭、墓地を交差しないものとする。
- ・配電線は、爆薬を貯蔵する建物から離すこと。

#### (3) 支障木の伐採幅

支障木の伐採幅は電圧と線路の重要性による。伐採幅の制定は限定出来ないが、下記の伐採幅を出来る限り守らなければならない。

線路電圧		伐採の必要幅
(a)	低圧 240 V to 415 V	現場スタッフの指示による
(b)	11 kV 配電線 (一般)	線路の中心から両側 4.6 m および線路に落下する様な支障木
(c)	11/33 kV 配電線 (幹線)	線路の中心から両側 6.1 m および線路に落下する様な支障木

表-10.2.1 プータンの配電設備基準の比較

		ADB/RE-1 規格 (WORLEY : ニュージーランド)	ADB/RE-2 規格 (TATA : インド)	ADB/RE-3 規格 (SMEC : オーストラリア)	DOP 規格
中圧電圧		33 kV, 11 kV, 6.6 kV	33 kV, 11 kV	33 kV, 11 kV, 6.6 kV	33 kV, 11 kV
支持物	共通	鋼管柱 (亜鉛めっき)	鋼管柱 (ペインティング)	鋼管柱 (ペインティング)	鋼管柱 (注) インド規格適合品
	中圧	10 m (2.0 kN あるいは 4.5 kN) 11 m (3.5 kN あるいは 5.0 kN) *10 m (2.0 kN)は直線路にのみ使用	10 m (2.0 kN): 33 kV 用 9 m (1.93 kN): 11 kV 用	10 m (2.0 kN): 33 kV 用 9 m (1.93 kN): 11 kV 用	33 kV: 10 m 以上 11 kV: 9 m 以上
	低圧	8 m (1.4 kN あるいは 3.5 kN)	8.5 m (1.93 kN)	7.5 m	8.5 m
変圧器		油入変圧器(容量) 三相: 100, 63, 25 kVA	油入変圧器(容量) 三相: 160, 100, 63, 25, 16 kVA (注) 160 kVA は 33 kV のみ	油入変圧器(容量) 三相: 500, 315, 250, 160, 125, 63, 25, 16 kVA (注) 25, 16 kVA は 11 kV のみ 単相: 10 kVA (6.6 kV 用)	油入変圧器(容量) 三相: 500, 315, 250, 160, 125, 63, 25, 16 kVA
電線	中圧	ACSR (Wolf, Dog)	33 kV:ACSR (Wolf,Dog,Rabbit) 11 kV:ACSR (Dog,Rabbit)	33 kV:ACSR (Wolf, Dog, Rabbit) 11 kV:ACSR (Dog, Rabbit)	33 kV:ACSR (Wolf,Dog,Rabbit) 11 kV:ACSR (Dog,Rabbit)
	低圧	ABC (50 mm <sup>2</sup> )	ABC (50 mm <sup>2</sup> ), XLPE (4 芯、2 芯)	ABC (50 mm <sup>2</sup> )	都市部:ACSR (Dog), 郡部: ACSR (Rabbit)

		ADB/RE-1 基準 (WORLEY : ニュージーランド)			ADB/RE-2 基準 (TATA : インド)			ADB/RE-3 基準 (SMEC : オーストラリア)			DOP 基準						
最大径間 (m)	中圧	記述なし															
			33 kV	11 kV		33 kV	11 kV		33 kV	11 kV		33 kV	11 kV				
			Wolf	60	-	Wolf	55	-	Wolf	55	-	Wolf	55	-			
			Dog	60	60	Dog	60	65	Dog	60	65	Dog	60	65			
	Rabbit	60	60	Rabbit	65	65	Rabbit	65	65	Rabbit	65	65					
	低圧	記述なし			50 (ABC 使用時)			40 (7.5m 柱使用時)			45						
変圧器の設置方法		柱上設置			柱上設置 (変圧器の地上高は 2.5 m 以上)			160 kVA までは柱上設置 250 kVA 以上は地上設置			160 kVA までは柱上設置 250 kVA 以上は地上設置						
電線の 離隔 (m)	地上高	道路横断・道路沿線	33 kV	11 kV	低圧	道路横断	33 kV	11 kV	低圧	道路横断・道路沿線	33 kV	11 kV	低圧	地上高	33 kV	11 kV	低圧
		道路以外	6.5	6.5	5.5	6.1	6.1	5.8	6.1	6.1	5.5	6.5	5.5	5.0			
	電線相互	水平	0.9	0.7	-	水平	0.9	0.7	-	水平	0.9	0.7	-	水平	0.9	0.7	-
		垂直	1.0	0.6	-	垂直	1.0	0.6	-	垂直	1.0	0.6	0.3	垂直	1.0	0.6	-
	建物	記述なし			33 kV	11 kV	低圧	記述なし			記述なし						
		水平	1.8	1.2	-	水平	1.8	1.2	-	水平	1.8	1.2	-	水平	1.8	1.2	-
	異なった電圧の電線相互	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2	33 kV / 11 kV	1.2		
		33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5	33 kV / 低圧	1.5		
		11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2	11 kV / 低圧	1.2		
		中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8	中圧 / 通信線	1.8		
低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6	低圧 / 通信線	0.6				

注) \*Wolf, Dog は幹線に使用、Rabbit は分岐線に使用。

JICA 調査団作成

#### (4) 支持物の建設

掘削は線路のルート調査、および、ポール的位置に測量杭を打った後に始めなければならない。一般にブータンでの掘削はピック、バールとスコップで行われる。アースオガーを使用する時もある。基礎の掘削される深さは低圧柱 8.5 m と 11 kV 柱 9.0 m で 1.6 m また 33 kV 柱 10.0 m で 1.9 m とする。

接地抵抗地は出来る限り低く 10 オームを超えてはならない。

#### (5) 支持物の支線およびアンカー

支持物に影響をおよぼす張力のアンバランスによる傾斜/引き上げ、支持物の破壊が生じる下記の場所には、支線を 1 本または 1 本以上取り付けなければならない。

(a) 角度点 (b) 最終支持物 (c) T 分岐点 (d) 引き上げ張力のかかる支持物

#### (6) 架線工事

- ・電線ドラムは、電線を傷つけずに、延長作業場に輸送する。
- ・ドラムは常に自由に回転出来る様に設置されなければならない。
- ・延長中は電線がポールの金具に触れない様、また地面に擦れない様に監視をしなければならない。
- ・電線を支持するために、木製のトラスを使用すること。
- ・ポールには、木製の電線保護材または金属の鉤車を使用して通過させなければならない。
- ・電線の延長工事終了後に、緊線工事をはじめる。
- ・緊線工事を行う区間の両終端部には、仮の支線を取り付ける。
- ・電線の弛度は、電線の特性と径間により、弛度-温度チャートに従って決める。
- ・弛度は、緊線区間の中間の径間にて、調整しなければならない。

#### (7) 配電線の接地

- a) 支持物 – すべての金属の支持物は接地すること。
- b) 鋼管柱 – 中電圧のすべての支持物は、腕金とがいのピンを接続し、支持物に沿って接地工事を施工しなければならない。また低圧線は 5 基ごとに、これらの接地工事を施工しなければならない。

開閉器、変圧器、ヒューズの載った全ての支持物は、接地を施工しなければならない。建設中に施工される接地工事は図面にて示される。接地抵抗地は出来る限り低くし、10 オームを超えてはならない。

#### (8) 配電用変圧器の設置

配電用変圧器の主要な設置位置は下記による。

- a) 設置位置は配電負荷の中心に近いこと
- b) 設置位置は障害物から離れておりまた架空配電線に近いこと
- c) 設備の運搬を容易するために道路に近くに設置すること
- d) 盗難を防ぐため見やすい位置に設置すること

配電用変電所、設備の接地、構成は関連図面に従うこと

### 10.2.3 保守基準

BPC では、保守に関するガイドラインである「Maintenance Schedule for Distribution System」をベースとして保守・点検が行われている。このガイドラインには、配電用変電所、架空・地中中圧配電線、低圧配電線、引込線といった、設備ごとに詳細な点検項目や記録様式が定められている。なお、巡視・点検の周期についてもガイドラインにより定められているが、定期的には実施されておらず、実際にはマネージャーの指示に基づき点検・保守が実施されているのが現状である。また、点検記録は保管されているものの、明確な保管期限は定められてはいない。

保守の体系は、計画的に実施するものと必要時に随時実施するものに分類されている。

- a) 計画的保守項目
  - 1) 点検 (Inspection)
  - 2) 予防保全 (Preventive Maintenance)
  - 3) オーバーホール (Overhauls)
- b) 随時実施項目
  - 1) 特別点検 (Special Inspections)
  - 2) 夜間点検 (Night Inspections)
  - 3) 緊急点検 (Emergency Inspections)
  - 4) フォローアップ点検 (Follow-up Inspections)
  - 5) 検査点検 (Check Inspections)

なお、用品別の代表的な巡視・点検項目は表-10.2.2 のとおりである。

表-10.2.2 BPC の巡視・点検項目

用品	巡視・点検項目
配電変電所	支持、接続、ヒューズ、絶縁油、ブッシング、アレスタ、開閉器、接地、電圧等
架空中圧配電線	支持物、支線、腕金、碼子、導体、ジャンパー、伐採等
地中中圧配電線	ケーブル、ヒューズ、接地、遮断機等
低圧配電線	支持物、導体、伐採等
引込線	引込線、引込口、計器盤等

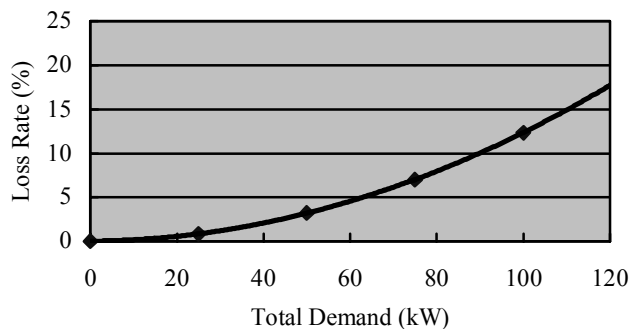
JICA 調査団作成

### 10.3 過去の配電計画における問題点

#### (1) 大容量変圧器の標準的使用

これまでは、大容量の変圧器を需要の中心に設置し、低圧線により広範囲に電力供給をおこなうという設計が多くなされていた。第 9 次 5 ヵ年計画においても、大半の変圧器容量が 63 kVA で設計されている。しかし、大容量変圧器の重量は 33 kV 三相 63 kVA で重量が 700 kg と重いことから、人力に頼らざるを得ない山間地域においては、作業は困難をともなう。さらに、負荷が分散している地方においては、低圧線のコストや低圧線によるロスが生じることから、こうした設備形態は経済的ではない。特に、中圧線と低圧線の併架を行っていないブータンにおいては、低圧線延長の増加は、単に電線数量の増加だけではなく、支持物本数の増加にも繋がる。よって、低圧線を多く施設することは、非経済的である。したがって、適切な配電用変電所の配置が必要となる。

マスタープランにおいては、車両のアクセスができない山間部においては、変圧器の容量を 25 kVA 以下とすることを標準とした。なお、現行使用している最小の容量は、33 kV が 63 kVA、11 kV が 25 kVA であるが、33 kV については 25 kVA、11 kV については三相で 16 kVA、単相では 10 kVA までの変圧器の調達が可能である。なお、利用率 100% の 1 台の変圧器が供給する負荷と低圧線による銅損の関係を **図-10.3.1** に示す。このグラフからも、従来の 63 kVA 主体の供給方式よりも、25 kVA 程度の小容量変圧器を複数台用いた方が、配電ロスの面からも有利であることが分かる。



条件 1 世帯あたりの需要：1.1 kW  
 2 世帯間の距離：130 m  
 低圧線：50 mm<sup>2</sup> ABC  
 JICA 調査団作成

**図-10.3.1 需要と低圧線ロスの関係**

**(2) 標準径間の設定**

これまでの地方電化プロジェクトでは、支持物の丈尺と電線の許容地上高をもとに、標準径間が定められていた。こうした方法は、平地においては意義があるが、山間部の特に谷越えで電線を施設する場合には意味を持たない。逆に谷越えで長径間の電線施設が可能な場合においても、一定の間隔で画一的に支持物設計を行うといった弊害も、生じていた。

径間は地形、支持物の丈尺・強度、電線の弛度等を総合的に判断して決定するべいであり、一概に標準径間を定めることは不適切である。むしろ弛度と径間等の関係についての理解を深めることが重要である。

なお、マスタープランのコスト積算に必要なとなる支持物の数量は、既存の設備の平均径間を基に算定した。

**(3) 配電変圧器の低利用率運転**

従来の地方電化では、実際の需要に対して、変圧器容量が過大になっているケースが多々発生している。このことは、単に過大な投資となっているのみならず、需要にかかわらず一定に発生する変圧器の無負荷損も増加することから、経済的な損失は大きい。今回のマスタープランでは、的確な需要想定を行うことで、適切な容量選定を行った。

**(4) 配電線延長の相違**

これまでの地方電化では、配電線ルートが地形を考慮せずに選定されている場合が多かった。図面上では直線のルートで設計されているものの、実際の工事では地形上、直線路で電線を施設することが出来ずに谷等を迂回せざるを得なくなり、計画時と比べて予算が超過するケースが発生していた。マスタープランでは、GIS を活用することで現実的なルート選定が可能となることから、計画段階と実施後での工



事費の乖離が、低減できる。

#### (5) 小容量配電線からの大容量配電線の延長

通常、電線の太さは末端へ行くほど細くなるが、現存の設備の中には小容量（細い）の電線の先に大容量（太い）電線が接続されているケースが存在している。こうした設備形態においては、細い電線の部分において過電流が生じる可能性がある。このことから、太い電線により延長する必要がある場合には、確実に電源側の電線も、同等以上のサイズに張り替える必要がある。

### 10.4 技術基準に関するブータン側の要望と検討結果

#### (1) 支持物

支持物は、その重量と長さが作業性に影響を与えることから、山間部においては作業性を考慮した用品を選定する必要がある。現行の鋼管柱は 9 m 柱で約 150 kg であることから、下部の部材では長さ 5 m 程度、80-90 kg 程度の重量となる。

このため、より作業効率のよいパンザマストや木柱について検討を行った。

##### (a) パンザマスト

パンザマストの総重量は、従来使用しているスチールポールよりも重いものの、4～5 のパーツに分かれており、1 パーツ当りの重量が 50 kg と軽量であることから、作業性が向上する。また、長い丈尺の支持物が必要な場合には有益である。なお価格が従来品に比べて 50-100% 高くなることと、地際径が太くなるため、掘削容積が多くなることなどから、使用箇所は限定される。

##### (b) 木柱

木柱については、1) 自国での入手が容易であること、2) コンクリート柱などに比べて軽量であること、3) 昇柱が比較的容易であることなどから、地方電化に適した支持物材料である。一般的には、腐食を防止するために、薬剤による腐食防止処置を施したのものや、人工乾燥（kiln-dried:KD）させたものが使用されている。価格は 9～11 m 程度の木柱を国外から調達した場合で、US\$100-200 程度と想定される。ブータン国内で 8 m 程度の短尺柱を製造した場合には、比較的低価格での調達が可能と考えられる。しかし、木柱は強度が材質に依存するため想定が難しい。また、腐朽により強度が低下するなどの短所も有する。よって、安全性を考慮して低圧電線に ABC ケーブルを使用する場合に限り、木柱を使用すべきである。なお、腐食防止処置を施した木柱を使用する場合には、薬剤により環境汚染が生じないように配慮する必要がある。

#### (2) 電線

##### (a) 裸電線

ブータンでは現在、ACSR（Aluminum Conductor Steel-Reinforced）を使用しているが、価格が安価な AAC（All-Aluminum Conductor）の採用について検討を行った。

AAC は ACSR に比べて低廉であることに加えて、軽量であることから、人力での作業を余儀なくされるブータンにおいては効果的である。しかし、反面、以下のデメリットもある。

- 1) ACSR に比べて強度が弱いため、長径間への使用には適さない。
- 2) 保守、メンテナンス上、ACSR と AAC の混在は好ましくない。このため、AAC を採用する場合には、既存の ACSR を取り替えの都度、AAC に変更していくの

が好ましい。この場合に、地上高確保のため、電柱の割り込みや電柱の建て替えを生じる可能性がある。

- 3) 環境保護地区に使用する被覆電線には、強度上の問題から、AAAC (All-Aluminum Alloy Conductor) の使用を考えている。しかし、強度が異なった場合に、管理が煩雑になる。

ブータンの標準的な径間について行った試算では、AAC を採用することにより生じる支持物本数の増加（あるいは長尺柱の使用）によるコスト増を考慮すれば、AAC 採用によるコストダウンは、数%にとどまる。よって、従来どおり ACSR を標準とする。なお BPC では、実際のプロジェクトにおいては、資機材の運搬がきわめて困難な場所等、特定の地域を限定して、AAC の試行的な使用を行うことも検討している。

#### (b) 被覆電線

ブータンでは、山間地に中圧配電線を施設するケースが多数発生する。近年、線路敷設のための伐採が困難となっていることから、伐採量の削減と樹木の成長にともなう樹木接触による地絡故障の低減を目的とした、絶縁電線の使用を検討している。具体的には AAAC に架橋ポリエチレン被覆を加工した絶縁電線を想定しており、裸電線の 120%程度の価格で調達が可能であると考えられる。適用箇所は、伐採が困難な保護地区を対象とし、絶縁電線の採用により、定められている電柱から片側 6 m、両側で 12 m 程度の伐採範囲が、4 m 程度まで削減できると考えられる。なお、伐採範囲の削減するため、電線の装柱も従来の三角装柱から垂直装柱に変更することが望ましい。

### (3) 変圧器

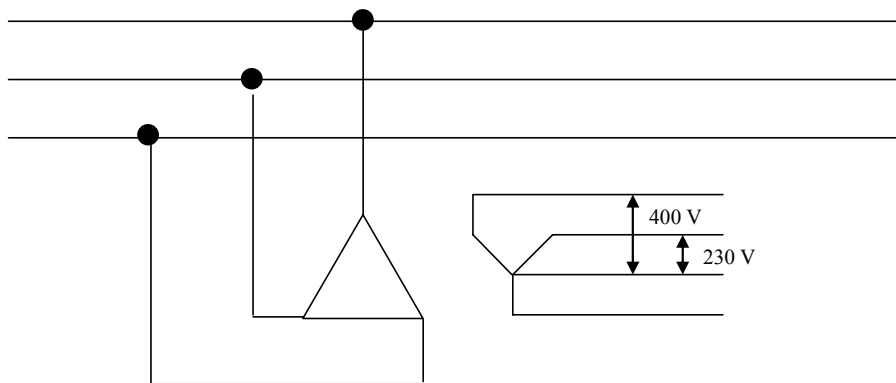
山間地への変圧器の輸送は大きな課題となっており、変圧器の小容量化（軽量化）と、さらには単相変圧器の使用によるコストダウンについて取り組む必要がある。このため、単相変圧器とモールド変圧器の採用について検討を行った。

#### (a) 単相変圧器

ブータンでは、これまでは、3 相変圧器を使用している。しかし、地方では、将来的にも 3 相負荷が見込まれないような村落があるため、こうした地域には、単相変圧器を使用する。単相変圧器は、一般的に、3 相変圧器と比べて小容量の変圧器が入手可能であるため、変圧器の小容量化の点においても有効な手段である。

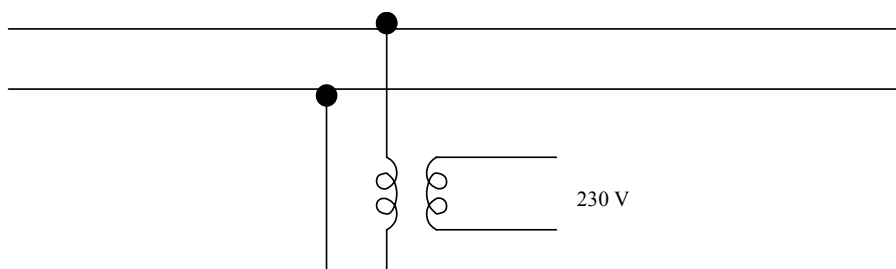
単相供給は、変圧器単体においては同容量の変圧器であれば、価格、重量ともほぼ同等であるが、中圧配電線の導体数が 1 条分削減できることから、トータルコストの低減が図られる。なお、将来的に 3 相負荷が発生した場合は、電線の 1 条添架と変圧器の 3 相化（3 相変圧器への交換あるいは、単相変圧器を 2 台追加し計 3 台による 3 相化）により、3 相負荷にも対応可能である。

なお単相供給を行う場合には、中圧線 1 線あたり電流が大きくなり、電圧降下も大きくなることや、中圧配電線の負荷のバランス等にも配慮する必要がある。



JICA 調査団作成

図-10.4.1 三相供給

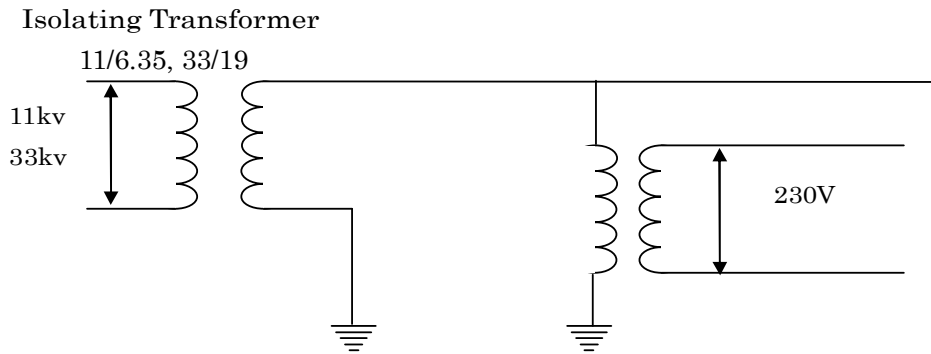


JICA 調査団作成

図-10.4.2 单相供給

(b) 一線大地岐路方式

单相供給の一つの手法として、一線大地岐路方式 (Single Wire Earth Return : SWER) が、地方電化の手法として注目されている。この方式は、单相の 1 導体の代わりに大地を使用するものであり、導体が 1 条でよいことから、電線のコストが削減できる。また、電線間の混触の恐れがないことから、電柱間の径間を長く取ることができるなどの長所がある。このため、長距離・小需要の地方電化を行う場合のコストダウン手法として、一部の国で採用されている。その反面、専用の絶縁変圧器や SWER 専用の配電用変電所が必要となることから、中圧配電線の距離の短い場合にはメリットが出にくい (一般には損益分界は 8 km 程度とされている)。このほか、3 相負荷が発生した場合には、これらの設備の他所への流用が困難なため、埋設費用となる恐れがある。適用に当たっては、これらのリスクも考慮する必要がある。なお、SWER は大地を電流が流れることから、保安上の問題や通信線への影響も考慮する必要がある。ニュージーランドの規定 (New Zealand Electrical Code of Practice for Single Wire Earth Return Systems: NZECP 41:1993) では、接地抵抗が 5 オーム未満であることや、負荷電流が 8 アンペア以下であることが定められている。また、保守管理上の労力の増加も考慮しなければならない。



JICA 調査団作成

図-10.4.3 SWER 方式

(c) モールド変圧器

モールド変圧器は、絶縁油を使用しないことから、難燃性を要求されるビル内での使用には有効である。しかし、絶縁材料として使用されるエポキシ樹脂が紫外線に弱いことから、屋外で使用する場合は、専用の箱を用いるなどの配慮が必要となる。また、一般には、油入変圧器と比較して重量は同等かそれ以上、価格的には2倍以上であるため、特殊な目的以外での利用の意義は少ない。なお、小容量の油入変圧器は入手が困難であるため、その代替手段として、他国ではわずかな世帯への供給用に小容量（1 kVA 程度）のモールド変圧器を使用した例はある。

(4) 碍子

碍子の種類は、材質により磁器碍子、ガラス碍子、ポリマー碍子に分けられる。現状は磁器碍子を使用している。3 種類の碍子について、性能、作業性、経済性について比較、評価を行った。

(a) 磁器碍子

磁器碍子は、最も一般的でかつ信頼度の高い碍子である。磁器碍子は、主に分子間の結合が強い、水晶、アルミナ、ムライト等の結晶相で構成されており、強い機械強度を有する。磁器碍子は、わずかな亀裂では容易に破損に至らない。反面、外観から損傷を確認することは困難な場合があり、線路故障の際に原因の発見に時間を要することもある。

(b) ガラス碍子

ガラス碍子は、主に二酸化ケイ素と酸化ナトリウム、一酸化カルシウムで構成されている。ガラス碍子は基本的に脆い材料で、機械的強度にも弱い。このため、急冷化工程を施すことにより強度の改善が行われている。ガラス碍子は、表面と内部での応力バランスが崩れるとシャッターと呼ばれる「小さな破片になり粉々に飛散する現象」が発生する。ガラス碍子は、劣化するとシャッターするため、地上からの巡視により比較的簡単に発見することができるが、劣化率が磁器碍子に比べて高いことから故障件数も増加する。また、ガラス片の飛散による安全性の確保も課題となる。価格および重量は磁器碍子と同等である。

(c) ポリマー碍子

ポリマー碍子は磁器碍子と比較して、価格は約 2.5 倍、重量は約 1/7 程度である。投石等の衝撃には強い。

このように、碍子の材質には一長一短があるため、従来どおり、磁器碍子を標準としながら、山岳地域において作業性を重視する場合や、故障探査が困難な場所については、ポリマー碍子やガラス碍子の使用も考慮するのが、適当であると考えられる。

**(5) 電圧調整器**

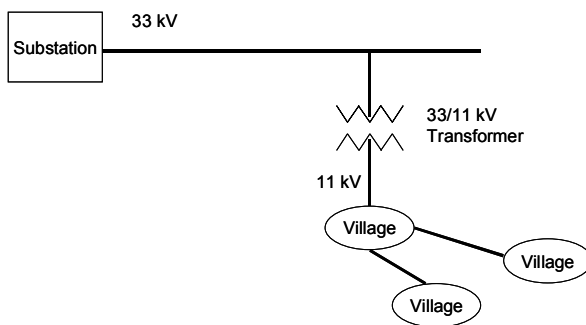
中圧線を長距離にわたって拡張する場合、電圧低下が問題となる。この場合、中圧線の電圧調整器の採用が、効果的である。なお一般的な容量は 3,000-5,000 kVA であり、重量が大きいことから、道路沿いに設置することが前提となる。

**(6) カップリングトランス**

地方電化においては需要が小さく、10 kVA 以下の小容量の変圧器で十分な場合が多々発生する。33 kV については、25 kVA 未満の小容量変圧器の調達が困難であるため、小需要にもかかわらず、25 kVA の変圧器を使用せざるを得ない状況が起こり得る。こうした場合には、

- 1) 材料コストの増加
- 2) 鉄損によるロスの増加
- 3) 作業性の低下

などの、デメリットが生じる。この対策として、33 kV から 11 kV へ降圧をおこなうカップリングトランスを設置し、11 kV 用の小容量変圧器を使用することで対応を行う。なお、カップリングトランスの価格が、容量 300-500 kVA 程度のもので US\$ 30,000-40,000 程度であることを考慮すると、適用地域は、33 kV から 11 kV の小容量変圧器に変更することでこの価格に相当するコストダウンが見込まれる場所に限定される。



JICA 調査団作成

図-10.4.4 カップリングトランス

### 10.5 マスタープランに適用する配電設備・計画技術基準

技術基準の検討に際しては、次の 3 つの要件を勘案して、ブータンに適した技術基準の選定を行った。

1) 安全性・信頼性

電柱、電線等の配電設備は、風雨にさらされる露出箇所や人家に隣接した地域に施設されることから、設備の安全性、信頼性を考慮して基準を選定した。

2) 作業性

国土の大半が山岳地帯に位置するブータンにおいては、資機材の輸送もその多くを人力に頼っているのが実状である。こうしたことから、設備の重量等、作業性に配慮した設備基準とした。

3) 経済性（ライフサイクルコスト）

地方電化においては資金調達を重視するあまり、イニシャルコストが重視されがちである。持続的な設備運営を考慮して、イニシャルコストに加えて、維持管理コストや、エネルギーロスの考慮した設備基準とした。

支持物強度等の検討を行う際に必要となる自然条件について、ブータン国の気象条件から、下記のとおり定め、基準の検討を行った。

温度	最高	40 ℃
	最低	-10 ℃
風速		27 m/s

なお、従来の基準では、電線の風圧荷重を計算する際に、一律で厚さ 10 mm の着氷を想定した。しかし、ブータン国の実状から、標高 3,000 m 以上の地域においてのみ、着氷を想定することとした。これに伴ない、着氷を考慮しない地域においては、設備強度上の裕度が生じることから、設備コストの削減を図ることが可能である。

#### 10.5.1 計画技術基準

(1) 電圧

中圧の定格電圧は 33 kV、11 kV とする。なお 6.6 kV については既設の設備から延長する場合のみ適用するが、将来的には 33 kV、11 kV へ収斂させていく。

低圧の定格電圧は 230/400 V とし、需要家との接続点における電圧変動は、常時において定格電圧の±10%を限界とする。

中圧配電線は末端の電圧が、公称電圧の、概ね±5%以内になるよう設計する。

(2) 配電方式

地方電化における中圧配電線は、樹枝状配電線とする。なお幹線以外で、かつ、3 相負荷の発生が見込まれないような場所においては、単相による中圧線延長を導入する。

(3) 離隔

電線の地上高および他の電線との離隔は、**表-10.5.1** 及び**表-10.5.2** のとおりとする。

表-10.5.1 地上高

	33 kV	11 kV	低圧 (ABC)
道路横断	6.1 m	6.1 m	5.5 m
その他	5.8 m	5.8 m	4.5 m

JICA 調査団作成

表-10.5.2 電線相互の離隔

33 kV と 11 kV	1.2 m
33 kV と 低圧	1.5 m
11 kV と 低圧	1.2 m
中圧と通信線	1.8 m
低圧と通信線	0.6 m

JICA 調査団作成

### 10.5.2 主要配電設備の規格

配電設備は、IEC、BS、ANSI 等の国際規格に適合した器材とする。なお機材の仕様の多様化防止の観点から、以下の仕様を標準とする。

#### (1) 変圧器

配電用変電所に使用する変圧器の容量は、表-10.5.3 のとおりとする。

表-10.5.3 標準的に使用する変圧器の容量

種類		容量 (kVA)
33 kV	3 相	25, 63, 125, 160, 250, 500
	単相	25
11 kV	3 相	16, 25, 63, 125, 160, 250, 500
	単相	10, 25

JICA 調査団作成

#### (2) 電線

中圧用電線は ACSR を標準とし、そのサイズは以下のとおりとする。

表-10.5.4 標準的に使用する電線の仕様

	Wolf	Dog	Rabbit
公称外径 (mm)	18.1	14.2	10.1
重量 (kg/m)	0.7256	0.3943	0.2139
許容電流 (A)	398	300	193

JICA 調査団作成

なお、山間地においては地絡故障の低減を目的とした絶縁電線として、AAAC の使用を行う。

表-10.5.5 絶縁電線の仕様

	AAAC 150	AAAC 95	AAAC 50
公称外径 (mm)	18.9	16.1	12.7
重量 (kg/m)	0.510	0.350	0.200
許容電流 (A)	485	370	245

JICA 調査団作成

また、低圧用電線は比較的低位に施設されることや、住居に接近して施設されることが多いことから、安全面に配慮して ABC ケーブルを標準とする。

### (3) 支持物

支持物は従来から使用している、鋼管柱（ペインティング）を標準とする。なお、山間地等においてはより部材が軽量なパンザマストの使用も限定的に行う。

また、ABC ケーブルを支持する低圧柱に限定して木柱を使用する。

なお、支持物の丈尺は、33 kV が 10 m 以上、11 kV が 9 m 以上、低圧が 7.5 m 以上を基本とする。

標準的に使用する鋼管柱の仕様は、表-10.5.6 のとおりである。なお、想定荷重に対して十分な強度を有するものであれば、これ以外の仕様であっても、問題はない。

表-10.5.6 標準的に使用する鋼管柱の仕様

長さ (m)	強度 (kN)
10	2.00
9	1.93
8.5	1.93

JICA 調査団作成

## 10.5.3 設計方針

### (1) 配電用変電所

配電用変電所の容量は村落ごとの負荷に応じた容量を選定する。なお、基本的には 3 相とし、動力負荷が生じる恐れがないような村落については、25 kVA 以下の変圧器については単相変圧器を設置する。

配電用変電所は、各村落の負荷中心付近で道路沿いに設置する。なお、付近に道路がない場合は、山間地では作業性を考慮し、変圧器容量は 25 kVA を上限とする。道路付近に設置する場合は、低圧線コストやロスを低減するために、上限は 125 kVA を標準とする。配電用変電所は、変圧器容量が 250 kVA までは柱上設置とし、それを超過する場合は、地上設置とする。

### (2) 配電線ルート

配電線ルートは、作業性や保守のしやすさを考慮して、極力、道路に沿って施設する。なお、山間地に配電線を施設する場合には、極力高低差の少ないルートを選定することとし、傾斜は概ね 30 度を上限とする。

### (3) 電線

電線は、負荷電流および電圧降下を考慮してサイズを選定する。基本的には Wolf



は幹線に、Rabbit は分岐線に使用する。電圧降下は、中圧線において末端での電圧変動は定格電圧の±5%を目標とする。

#### (4) 支持物

支持物は、支持物にかかる風圧荷重や垂直荷重を考慮して、配電用変電所施設箇所、開閉器施設箇所、分岐箇所、アンクル柱、長径間箇所、河川横断箇所、急傾斜地等はH柱（ダブルポール）とする。また適正な地上高が確保できるよう、径間と支持物の高さを考慮する。

#### (5) 開閉器

故障時に故障区間を限定するために、幹線においては概ね10 km ごと、また長距離の配電線が分岐する場合は、その分岐点を目安として、必要な箇所に開閉器を設置する。

#### (6) その他

電圧降下が問題となる11 kV 配電線について、電圧降下を改善するために、必要に応じて線路中に電圧調整器を設置する。容量は1,000 kVA、2,000 kVA、3,000 kVAを標準とする。

上記に加え、配電設備計画技術基準について、DOE/BPC より **Appendix-B-V** のコメントが提出されている。