

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
要約

平成 17 年 10 月

独立行政法人 国際協力機構
経済開発部

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
要約

平成 17 年 10 月

独立行政法人 国際協力機構
経済開発部

序 文

日本国政府はブータン王国の要請に基づき、同国の全土を対象とする地方電化マスタープラン調査を行うことを決定し、国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成 15 年 12 月から平成 17 年 11 月までの間に 6 回にわたり、日本工営株式会社の福地智恭氏を団長とし、同社の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団はブータン王国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を行い、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、ブータン王国の地方電化推進に寄与するとともに、両国親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、本調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心から感謝を申し上げます。

平成 17 年 11 月

独立行政法人国際協力機構
理事 伊沢 正

平成 17 年 11 月

独立行政法人 国際協力機構
理事 伊 沢 正 殿

伝 達 状

ブータン国地方電化マスタープラン調査を終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。2年間にわたるブータン国関係諸機関との共同作業の成果を本報告書にまとめました。

ブータン国にとって本報告書は、野心的にも見える目標「2020年までに全国民への電力供給達成」を実現させる実行計画書としての役割を担っています。幸い、本報告書のマスタープランに沿って、次の行動がすでに始動しています。目標は達成されると信じます。また、別の視点から、このマスタープランは、地方開発における経済性の追求と環境保全という未だに相反する概念として位置づけられる2つの目標を達成するための、現時点における均衡点を合理的に示したものだといえます。示した均衡点は、地方電化世帯数の約9割を配電線延長により電化、残りの1割をオフグリッドにより電化することです。本調査では、戦略的環境影響評価も実施し、マスタープランとしては今までになく大きな比重で、環境への配慮が組み込まれています。ただ、旅人の目を持てば、民家の屋根に干された真っ赤な唐辛子が、水田の緑が、雪をかぶった山々が織り成すのどかな風景の中に、配電線はしっくり溶け込んでくれません。計画が実施されれば、鬱蒼と茂った森林を伐採しなければならないことも事実ですが、適切なルート設定と被覆線の採用により、伐採を最小化するように配慮しました。

本調査では技術移転を、目的意識を持って真剣に行いました。再生可能エネルギーをはじめとする新たなエネルギー分野の技術革新は著しく、その経済性は急速に高まりつつあります。均衡点はマスタープランが見直されるたびに、より環境保全側にシフトするでしょう。今後、ブータン国が彼ら自身でマスタープランを見直し、新たな均衡点を正しく示すことができることを目標に技術移転を行いました。

強烈な文化主張と新たな価値観を発信し続けるブータン国の思想と活動が、形骸化することなく、その思想と活動の下で、本報告書で示したマスタープランが変化し続けることを願う次第です。

最後に、ブータン国のカウンタパートおよび関係諸機関の調査に対する真摯な態度とご協力、貴機構担当部署、現地のブータン事務所、インド事務所の親身なご支援とご指導に、心から感謝申し上げます。また、国際協力銀行、在インド国日本大使館、アジア開発銀行より、本計画の実現に向けいただきましたご支援とご協力に、厚くお礼申し上げます。

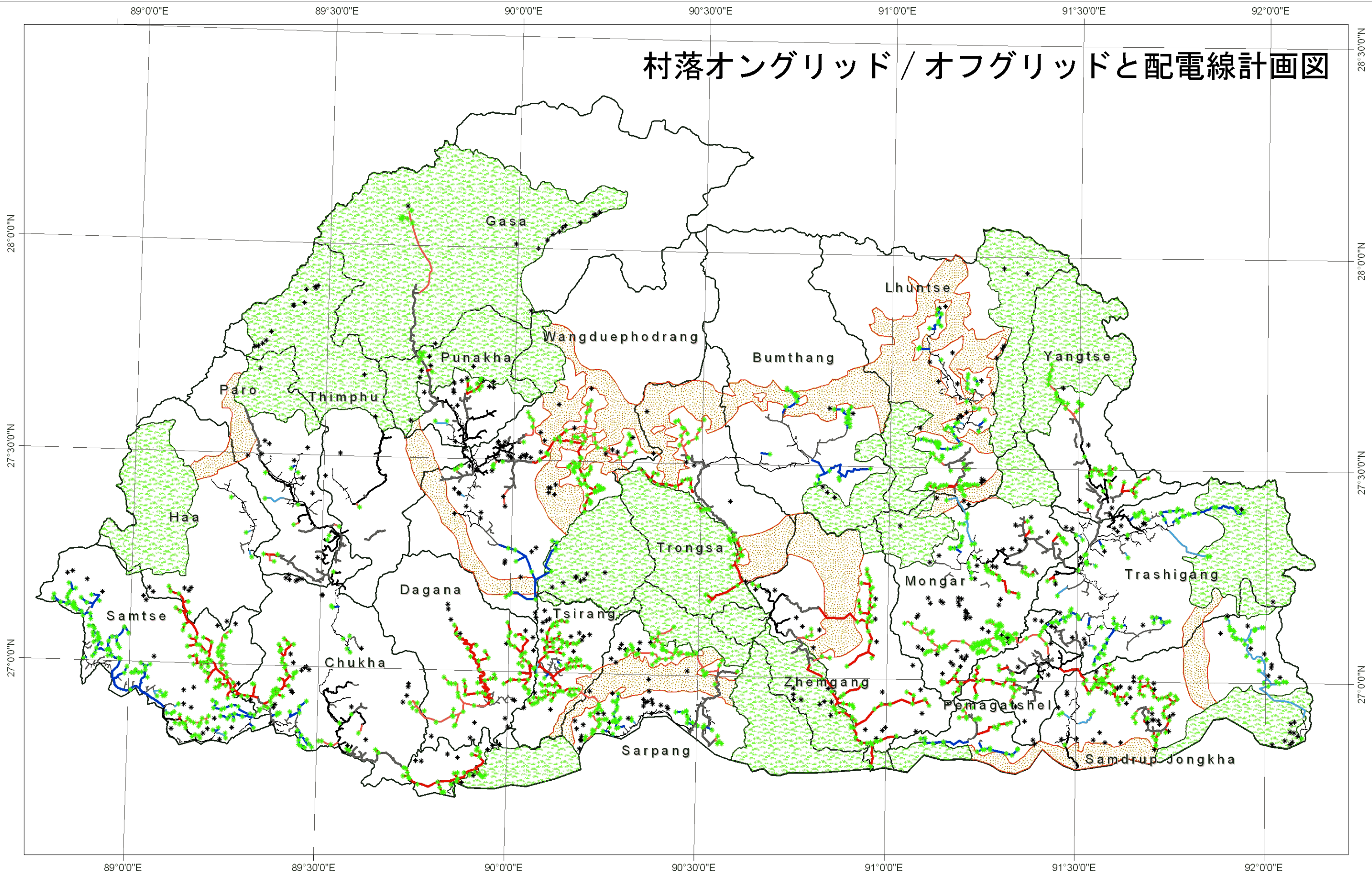
ブータン国地方電化マスタープラン調査団
総括 福地 智恭

福地 智恭

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
要約

県別マスタープラン
プロフィール

村落オングリッド / オフグリッドと配電線計画図

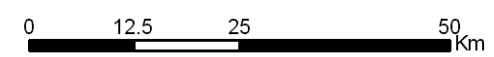


	9th FYP 11kV
	9th FYP 33kV
	Existing 11kV
	Existing 33kV

	10th FYP target 20,000 HH Electrified
	11kV 10th FYP 2007-2012
	33kV 10th FYP 2007-2012
	11kV 11th FYP 2012-2017
	33kV 11th FYP 2012-2017


	Protected Area
	Corridor

	On-grid Village
	Off-grid Village



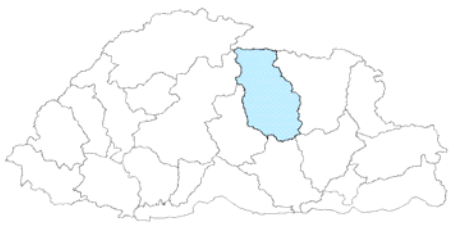
JICA Study Team
 THE INTEGRATED MASTER PLAN STUDY
 FOR DZONGKHAG-WISE ELECTRIFICATION
 IN BHUTAN

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	-		
2	Name of Dzongkhag	BHUTAN (All 20 Dzongkhags)		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	1,717	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	30,298	
		in 2007 (Forecasted):	33,259	
		in 2012 (Forecasted):	37,217	
		in 2017 (Forecasted):	41,469	
		in 2020 (Forecasted):	44,218	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	858	(50.0%)
		11th FYP (2012-2017):	410	(23.9%)
		TOTAL	1,268	(73.8%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		449	(26.2%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	21,519	(64.7%)
		11th FYP (2012-2017):	7,819	(23.5%)
		TOTAL	29,338	(88.2%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		3,918	(11.8%)
9	Investment for On-grid (x1000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	2,214,793	49,218 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	996,217	22,138 (US\$1,000)
		TOTAL	3,211,010	71,356 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1000 Nu.)		114,407	2,542 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	1,579,952	
		11th FYP (2012-2017):	741,885	
		TOTAL	2,321,837	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	55.2%	
		On-grid in 2012:	84.0%	
		On-grid in 2017:	94.7%	
		Off-grid in 2017:	5.3%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	A		
2	Name of Dzongkhag	Bumthang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	35	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	446	
		in 2007 (Forecasted):	494	
		in 2012 (Forecasted):	553	
		in 2017 (Forecasted):	630	
		in 2020 (Forecasted):	681	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	30	(85.7%)
		11th FYP (2012-2017):	0	(0.0%)
		TOTAL	30	(85.7%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		5	(14.3%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	475	(96.2%)
		11th FYP (2012-2017):	0	(0.0%)
		TOTAL	475	(96.2%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		19	(3.8%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	64,605	1,436 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	0	0 (US\$1,000)
		TOTAL	64,605	1,436 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		624	14 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	64,454	
		11th FYP (2012-2017):	0	
		TOTAL	64,454	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	75.4%	
		On-grid in 2012:	99.1%	
		On-grid in 2017:	99.1%	
		Off-grid in 2017:	0.9%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By the target year of 2020, 30 villages, corresponding 86% of non-electrified villages, are planned to be connected to the grid. This will provide on-grid electricity to 653 households, which is 96% of the non-electrified households. All grid extensions are to be implemented 10th FYP. There will be 28 off-grid households 5 villages. The total route length of the planned 11 kV medium voltage line is 64 km. The electricity will be supplied from Jakar and the proposed Garpang transmission substations. Since 8 km of the feeder MPA11F1 will pass through a biological corridor, covered conductors will be installed from this section of the feeder. The on-grid electrification cost is 65 million Nu. and that of off-grid is 0.62 million Nu. The on-grid electrification percentage is projected to be 75% in 2007, and will reach 99% in 10th FYP. The remaining 1% will be off-grid.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	B		
2	Name of Dzongkhag	Chukha		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	108	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	1,814	
		in 2007 (Forecasted):	1,985	
		in 2012 (Forecasted):	2,244	
		in 2017 (Forecasted):	2,536	
		in 2020 (Forecasted):	2,699	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	63	(58.3%)
		11th FYP (2012-2017):	15	(13.9%)
		TOTAL	78	(72.2%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		30	(27.8%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,422	(71.6%)
		11th FYP (2012-2017):	279	(14.1%)
		TOTAL	1,701	(85.7%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		284	(14.3%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	122,292	2,718 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	31,442	699 (US\$1,000)
		TOTAL	153,734	3,416 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		8,626	192 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	94,186	
		11th FYP (2012-2017):	31,376	
		TOTAL	125,562	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	56.4%	
		On-grid in 2012:	87.6%	
		On-grid in 2017:	93.8%	
		Off-grid in 2017:	6.2%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, 2,312 households in 78 villages, equivalent to 72% of the total number of non-electrified villages, will be connected the grid. A total of 387 households in 30 non-electrified villages will be off-grid. The total route length of the planned medium voltage line is 126 km, with 74% being 33 kV and the rest being 11 kV lines. 94 km will be constructed in 10th FYP and 31 km will be constructed in 11th FYP. There are no environmentally protected areas in this Dzongkhag. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 122 million Nu., and that of 11th FYP is 32 million Nu. The off-grid investment is 8.7 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 56%, and will increase to 88% in 10th FYP and 94% in 11th FYP. The remaining 6% will be off-grid.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	C		
2	Name of Dzongkhag	Dagana		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	83	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	2,121	
		in 2007 (Forecasted):	2,360	
		in 2012 (Forecasted):	2,692	
		in 2017 (Forecasted):	3,073	
		in 2020 (Forecasted):	3,313	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	48	(57.8%)
		11th FYP (2012-2017):	17	(20.5%)
		TOTAL	65	(78.3%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		18	(21.7%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,731	(73.3%)
		11th FYP (2012-2017):	429	(18.2%)
		TOTAL	2,160	(91.5%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		200	(8.5%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	191,245	4,250 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	57,737	1,283 (US\$1,000)
		TOTAL	248,982	5,533 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		6,241	139 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	131,861	
		11th FYP (2012-2017):	42,850	
		TOTAL	174,711	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	34.2%	
		On-grid in 2012:	92.2%	
		On-grid in 2017:	93.3%	
		Off-grid in 2017:	5.9%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>On-grid connection to 3,033 households in 64 non-electrified villages, equivalent to 78% of the total of number of non-electrified villages, is the plan for 2020. This includes 545 households (forecast for the year 2020) connected to the existing 6.6 kV lines, for which power is currently supplied by a small hydropower. The 6.6 kV lines will be replaced with 33 kV lines. In addition, 18 villages with a total of 280 households will be off-grid.</p> <p>The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is 175 km. For Dagana Dzongkhag, 132 km will be constructed in 10th FYP, including 45 km of existing 6.6 kV line replacement for the Dagana Small Hydropower. The remaining 43 km will be extended in 11th FYP. There are no environmentally protected areas in this Dzongkhag. Electricity will be supplied from the proposed Goshi substation, except for Lajab, Tsangkha and Drugelgang Gewog in the eastern areas, which will be supplied from Tsirang.</p> <p>Total on-grid electrification cost in 10th FYP is 191 million Nu., and that for 11th FYP is 58 million Nu. Total investment for on-grid electrification is 249 million Nu. and the off-grid investment is 6.3 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 is projected to be relatively low at 34%. However, this will rise to 92% in 10th FYP and 93% in 11th FYP. The off-grid electrification will be 7%.</p>			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	D		
2	Name of Dzongkhag	Gasa		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	21	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	331	
		in 2007 (Forecasted):	362	
		in 2012 (Forecasted):	403	
		in 2017 (Forecasted):	448	
		in 2020 (Forecasted):	476	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	0	(0.0%)
		11th FYP (2012-2017):	7	(33.3%)
		TOTAL	7	(33.3%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		14	(66.7%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	0	(0.0%)
		11th FYP (2012-2017):	184	(50.8%)
		TOTAL	184	(50.8%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		178	(49.2%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	0	0 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	30,255	672 (US\$1,000)
		TOTAL	30,255	672 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		5,193	115 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	0	
		11th FYP (2012-2017):	32,039	
		TOTAL	32,039	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	36.4%	
		On-grid in 2012:	36.4%	
		On-grid in 2017:	68.7%	
		Off-grid in 2017:	31.3%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>Half of the land in this Dzongkhag is covered by environmentally protected areas. By 2020, on-grid connection will be provided to 243 households in 7 villages, which is equivalent to 33% of the total number of non-electrified villages and 51% of the total of the non-electrified households. There is only one feeder, MPD33F1, which is 33 kV. This feeder, which will have a line length of 32 km, is planned to be extended in 11th FYP. Because of the environmental sensitivity of the route, feeder MPD33F1 was selected as the target for the draft TOR of an expected EIA study. This feeder extends in protected area and very steep mountains. Considering technical limitations anticipated especially over snow capped mountains during construction, as well as operation and maintenance and environmental issues, it would be recommended that small hydro be applied.</p> <p>As for 33 kV lines come from Lobesa 66/33/11 kV substation, only one 33 kV circuit breaker is installed for the supply to Punakha, Gasa, and Wangduephodraung. Thus, installation of separate 33 kV circuit breaker in each Dzongkhag needs to be examined in the F/S stage to enhance the reliability.</p> <p>Lunana Gewog will be all off-grid. There will be 233 off-grid households, equivalent to 49% of the non-electrified households in Gasa Dzongkhag. This is by far highest percentage of off-grid in the master plan for Bhutan.</p> <p>On the on-grid electrification investment is 30 million Nu. and the off-grid investment will be 5.2 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 is projected to be 36%. No change will occur in 10th FYP. However, the percentage will increase to 69% in 11th FYP. Accordingly, it is preferred to prioritize the implementation of off-grid electrification from 10th FYP, taking Dzongkhag equity into account. At 31%, the planned off-grid electrification percentage is the highest in the nation.</p>			

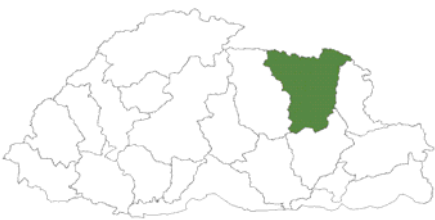
*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	E		
2	Name of Dzongkhag	Haa		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	15	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	248	
		in 2007 (Forecasted):	277	
		in 2012 (Forecasted):	320	
		in 2017 (Forecasted):	368	
		in 2020 (Forecasted):	402	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	8	(53.3%)
		11th FYP (2012-2017):	2	(13.3%)
		TOTAL	10	(66.7%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		5	(33.3%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	182	(65.7%)
		11th FYP (2012-2017):	26	(9.4%)
		TOTAL	208	(75.1%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		69	(24.9%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	23,349	519 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	3,123	69 (US\$1,000)
		TOTAL	26,472	588 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		2,229	50 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	20,925	
		11th FYP (2012-2017):	3,465	
		TOTAL	24,389	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	77.0%	
		On-grid in 2012:	92.1%	
		On-grid in 2017:	94.3%	
		Off-grid in 2017:	5.7%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>A total of 302 households in 10 villages, equivalent to 75% of non-electrified households and 67% of the non-electrified villages, will be connected to the grid by 2020. Half of the Dzongkhag is covered by a national park. However, there are no target non-electrified villages found in the area. In Haa Dzongkhag, 100 households, representing 30% of the non-electrified households in 5 villages, will have off-grid electrification.</p> <p>The total route length of the planned medium voltage line is 24 km. For this line, 85% will be 33 kV and the remaining 15% will be 11 kV. Most of this route (21 km) will be constructed in 10th FYP and 3 km will be constructed in 11th FYP. The starting point of the line will be Chukha in the southern part of the Dzongkhag, and the line will also pass through Samtse. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 23 million Nu., and that of 11th FYP is 3 million Nu., bringing the total to 27 million Nu. The off-grid investment will be 2.3 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be 77%, and increase to 92% in 10th FYP and 94% in 11th FYP. The remaining 6% is the off-grid electrification percentage.</p>			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	F		
2	Name of Dzongkhag	Luntse		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	103	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	1,377	
		in 2007 (Forecasted):	1,477	
		in 2012 (Forecasted):	1,619	
		in 2017 (Forecasted):	1,753	
		in 2020 (Forecasted):	1,852	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	46	(44.7%)
		11th FYP (2012-2017):	27	(26.2%)
		TOTAL	73	(70.9%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		30	(29.1%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	821	(55.6%)
		11th FYP (2012-2017):	362	(24.5%)
		TOTAL	1,183	(80.1%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		294	(19.9%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	96,182	2,137 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	49,451	1,099 (US\$1,000)
		TOTAL	145,632	3,236 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		8,202	182 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	53,376	
		11th FYP (2012-2017):	34,379	
		TOTAL	87,755	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	44.1%	
		On-grid in 2012:	75.2%	
		On-grid in 2017:	88.9%	
		Off-grid in 2017:	11.1%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>By 2020, 73 villages with 1,484 households, equivalent to 71% of the total number of non-electrified villages and 80% of the non-electrified households, will be connected the grid. Off-grid electrification will be provided to 368 households in 30 villages, which represents 29% of the non-electrified villages and 20% of non-electrified households.</p> <p>The total route length of the planned medium voltage line is 88 km. For this route, 33% will be 33 kV lines and the remaining 67% will be 11 kV lines. Construction of 53 km will be completed in 10th FYP and 34 km will be constructed in 11th FYP. Many areas of the Dzongkhag are environmentally protected areas. This will require covered conductors being installed for a total of 3.2 km of the distribution line, of which 1.8 km will be constructed in 10th FYP.</p> <p>Currently, 132 kV transmission line from Kilikhar (Mongar) to Tangmachu (Lhuntse) is charged at 33 kV and 33 kV source for Autsho is directly tapped from 132 kV line. It is needed to include the study for the construction of substations in F/S.</p> <p>It is preferable to introduce off-grid electrification for villages in environmentally protected areas that are far from the planned distribution lines. Khoma Gewog is the priority location for off-grid electrification.</p> <p>The on-grid electrification cost in 10th FYP is 96 million Nu., and that of 11th FYP is 49 million Nu., bringing the total to 145 million Nu. The required off-grid investment will be 8 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be 44%, and increase to 75% in 10th FYP and 89% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 11%.</p>			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	G		
2	Name of Dzongkhag	Mongar		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	183	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	2,662	
		in 2007 (Forecasted):	2,865	
		in 2012 (Forecasted):	3,172	
		in 2017 (Forecasted):	3,480	
		in 2020 (Forecasted):	3,686	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	44	(24.0%)
		11th FYP (2012-2017):	82	(44.8%)
		TOTAL	126	(68.9%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		57	(31.1%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,057	(36.9%)
		11th FYP (2012-2017):	1,310	(45.7%)
		TOTAL	2,367	(82.6%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		498	(17.4%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	119,282	2,651 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	172,939	3,843 (US\$1,000)
		TOTAL	292,221	6,494 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		14,309	318 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	62,856	
		11th FYP (2012-2017):	111,164	
		TOTAL	174,019	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	51.0%	
		On-grid in 2012:	69.1%	
		On-grid in 2017:	91.5%	
		Off-grid in 2017:	8.5%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, 126 villages with 3,044 households, equivalent to 69% of the total number of non-electrified villages and 83% of the non-electrified households, will be connected the grid. There will be 642 off-grid households, which is the largest number of off-grid households in one Dzongkhag in Bhutan. The total route length of the planned medium voltage line is 174 km. For this route, 80% will be 33 kV lines and the remaining 20% will be 11 kV lines. There will be 63 km of line constructed in 10th FYP and 111 km in 11th FYP. Electricity is provided from Pemagatshel in the southern part of the Dzongkhag. The feeder that extends to Lhuntse includes 17 km in environmentally protected areas. This section of the line will use covered conductors. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 120 million Nu., and that of 11th FYP is 173 million Nu., bringing the total to 292 million Nu. The off-grid investment will be 14 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 51%, and increase to 69% in 10th FYP and 91% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 9%.			

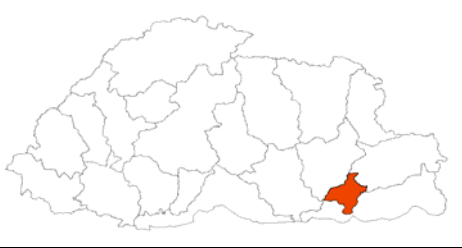
*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	H		
2	Name of Dzongkhag	Paro		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	22	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	162	
		in 2007 (Forecasted):	174	
		in 2012 (Forecasted):	196	
		in 2017 (Forecasted):	221	
		in 2020 (Forecasted):	234	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	5	(22.7%)
		11th FYP (2012-2017):	6	(27.3%)
		TOTAL	11	(50.0%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		11	(50.0%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	57	(32.8%)
		11th FYP (2012-2017):	47	(27.0%)
		TOTAL	104	(59.8%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		70	(40.2%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	5,447	121 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	8,735	194 (US\$1,000)
		TOTAL	14,182	315 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		2,051	46 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	5,577	
		11th FYP (2012-2017):	12,297	
		TOTAL	17,874	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	96.0%	
		On-grid in 2012:	97.3%	
		On-grid in 2017:	98.4%	
		Off-grid in 2017:	1.6%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan Almost all the households in Paro (96%) will be electrified in 2007, as most already have electricity. By 2020, on-grid connection will be provided to 11 villages with 142 households, equivalent to 50% of non-electrified villages and 61% of non-electrified households. There will be 92 off-grid households. The total route length of the planned medium voltage line is 18 km, of which 48% will be 33 kV lines and the remaining 17% will be 11 kV lines. For this route, 6 km will be constructed in 10th FYP and 12 km will be constructed in 11th FYP. There are some non-electrified villages in environmentally protected areas in the northern part of the Dzongkhag, and these will be off-grid. The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 5 million Nu., that of 11th FYP will be 9 million Nu., bringing the total to 14 million Nu. The off-grid investment will be 2 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 96%, which is the highest in Bhutan. This is because most parts of the Dzongkhag are already connected to the grid. It will increase to 97% in 10th FYP and 98% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 2% by 2020.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	I		
2	Name of Dzongkhag	Pemagatshel		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	33	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	650	
		in 2007 (Forecasted):	643	
		in 2012 (Forecasted):	643	
		in 2017 (Forecasted):	643	
		in 2020 (Forecasted):	643	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	16	(48.5%)
		11th FYP (2012-2017):	10	(30.3%)
		TOTAL	26	(78.8%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		7	(21.2%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	470	(73.1%)
		11th FYP (2012-2017):	125	(19.4%)
		TOTAL	595	(92.5%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		48	(7.5%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	48,320	1,074 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	22,991	511 (US\$1,000)
		TOTAL	71,311	1,585 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		1,070	24 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	31,521	
		11th FYP (2012-2017):	23,752	
		TOTAL	55,273	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	76.8%	
		On-grid in 2012:	93.8%	
		On-grid in 2017:	98.3%	
		Off-grid in 2017:	1.7%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, 26 villages with 595 households, equivalent to 79% of the total number of the non-electrified villages and 93% of the non-electrified households, will be connected the grid. The number of off-grid households will be 48. The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is 55 km. 32 km will be constructed in 10th FYP and the remaining 24 km will be constructed in 11th FYP. There are no environmentally protected areas in this Dzongkhag. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 48 million Nu., and that of 11th FYP is 23 million Nu., bringing the total to 71 million Nu. The off-grid investment will be one million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 77%. This will increase to 94% in 10th FYP and 98% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 2%.			

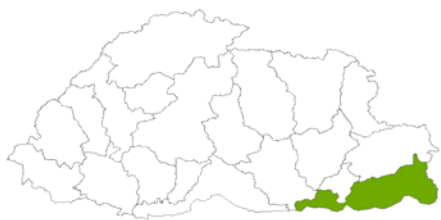
*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	J		
2	Name of Dzongkhag	Punakha		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	35	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	263	
		in 2007 (Forecasted):	275	
		in 2012 (Forecasted):	294	
		in 2017 (Forecasted):	313	
		in 2020 (Forecasted):	331	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	15	(42.9%)
		11th FYP (2012-2017):	2	(5.7%)
		TOTAL	17	(48.6%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		18	(51.4%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	167	(60.7%)
		11th FYP (2012-2017):	15	(5.5%)
		TOTAL	182	(66.2%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		93	(33.8%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	21,812	485 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	3,211	71 (US\$1,000)
		TOTAL	25,023	556 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		2,496	55 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	22,139	
		11th FYP (2012-2017):	5,426	
		TOTAL	27,565	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	88.6%	
		On-grid in 2012:	95.5%	
		On-grid in 2017:	96.1%	
		Off-grid in 2017:	3.9%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, 17 villages with 219 households, equivalent to 49% of the total number of non-electrified villages and 66% of the non-electrified households, will be connected the grid. The number of off-grid household will be 112. The total route length of the planned medium voltage line is 25 km. For this route, 76% will be 33 kV lines and remaining 24% will be 11 kV lines. There will be 22 km constructed in 10th FYP and 3 km will be constructed in 11th FYP. In addition, 7 km of the distribution line passes through environmentally protected areas and covered conductors will be installed in this section. All of the line that is in the environmentally protected area will be constructed in 10th FYP. As for 33 kV lines come from Lobesa 66/33/11 kV substation, only one 33 kV circuit breaker is installed for the supply to Punakha, Gasa, and Wangduephodraung. Thus, installation of separate 33 kV circuit breaker in each Dzongkhag needs to be examined in the F/S stage to enhance the reliability. The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 22 million Nu., and that of 11th FYP will be 3 million Nu., bringing the total to 25 million Nu. The off-grid investment will be 2.5 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 89%, which is the third highest in Bhutan. It will increase to 95.5% in 10th FYP and 96.2% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 4%.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	K		
2	Name of Dzongkhag	Samdrup Jongkhar		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	177	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	3,573	
		in 2007 (Forecasted):	3,837	
		in 2012 (Forecasted):	4,200	
		in 2017 (Forecasted):	4,590	
		in 2020 (Forecasted):	4,842	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	83	(46.9%)
		11th FYP (2012-2017):	45	(25.4%)
		TOTAL	128	(72.3%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		49	(27.7%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	2,212	(57.7%)
		11th FYP (2012-2017):	1,221	(31.8%)
		TOTAL	3,433	(89.5%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		401	(10.5%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	203,489	4,522 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	173,691	3,860 (US\$1,000)
		TOTAL	377,180	8,382 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		11,300	251 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	144,186	
		11th FYP (2012-2017):	106,173	
		TOTAL	250,358	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	31.2%	
		On-grid in 2012:	70.7%	
		On-grid in 2017:	92.8%	
		Off-grid in 2017:	7.2%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>There are 4,842 non-electrified households predicted for 2020, which is the second largest in Bhutan after Samtse. There are 4,335 households in 128 villages, equivalent to 72% of the total number of the non-electrified villages, that will be connected to the grid. The total route length of planned medium voltage lines is 250 km. Of this, 50% will be 33 kV lines and the remaining 68% will be 11kV lines. Lauri and Serthing Gewog in the northeastern part of the Dzongkhag will be supplied from India. In addition, 14 km of feeder MPK11F2-4 passes through a national park. This is the longest length of line in a protected area. In addition, the source identified for grid extension is from Daifam which receives electric supply from India and this supply is known for its poor reliability. Therefore, the feasibility study of micro hydro is recommended for not only provide reliable supply of electricity to the Shingkhar Lauri villages but can also feed back the Daifam villages by our own supply in the future.</p> <p>The on-grid electrification cost in 10th FYP is 203 million Nu., and that of 11th FYP is 174 million Nu., bringing the total to 377 million Nu. The off-grid investment is 11 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be quite low at 31%. However, it will become 71% in 10th FYP and 93% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 7%.</p>			

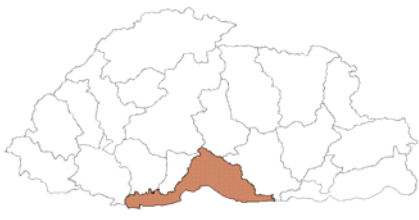
*: Numbers are based on the foreasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	L		
2	Name of Dzongkhag	Samtse		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	181	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	4,318	
		in 2007 (Forecasted):	4,765	
		in 2012 (Forecasted):	5,366	
		in 2017 (Forecasted):	6,088	
		in 2020 (Forecasted):	6,541	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	119	(65.7%)
		11th FYP (2012-2017):	41	(22.7%)
		TOTAL	160	(88.4%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		21	(11.6%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	3,658	(76.8%)
		11th FYP (2012-2017):	852	(17.9%)
		TOTAL	4,510	(94.6%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		255	(5.4%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	280,368	6,230 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	71,205	1,582 (US\$1,000)
		TOTAL	351,573	7,813 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		7,756	172 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	243,224	
		11th FYP (2012-2017):	57,265	
		TOTAL	300,488	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	39.5%	
		On-grid in 2012:	85.9%	
		On-grid in 2017:	96.8%	
		Off-grid in 2017:	3.2%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>By 2020, 6,193 households in 160 villages, equivalent to 88% of the total number of the non-electrified villages and 95% of the non-electrified households, will be on-grid. This is the largest number of on-grid houses in a Dzongkhag in Bhutan. The number of off-grid households will be 348.</p> <p>The total route length of the planned medium voltage lines is 292 km. For this route, 45% of the lines are 33 kV and the remainders are 11kV lines. Most of the route (234 km) is planned to be extended in 10th FYP, and the remaining 57 km will be extended in 11th FYP. There route does not pass through any environmentally protected areas.</p> <p>Mayona, Dungtoe, Dorokha, Denchhukha and Tading Gewogs in the eastern part of the Dzongkhag are to be supplied from Chukha. Bara and Tendu Gewogs in the northwestern part of the Dzongkhag are to be supplied from Jaldhaka substation in India. This will require installation of two voltage regulators and replacement of 20 km of existing lines. As the demand and characteristics of the lines in India is not clear, it is needed that the design be examined measuring the voltage at the receiving point from India.</p> <p>The on-grid electrification cost in 10th FYP is 280 million Nu., and that in 11th FYP is 71 million Nu., bringing the total to 352 million Nu. The off-grid investment will be 8 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be 40%. It will increase to 86% in 10th FYP and 97% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 3%.</p>			

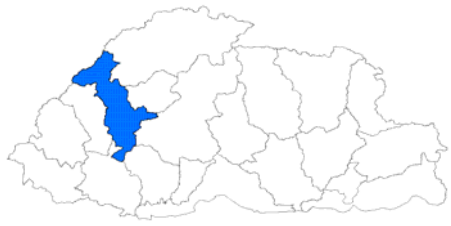
*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	M		
2	Name of Dzongkhag	Sarpang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	162	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	2,570	
		in 2007 (Forecasted):	2,993	
		in 2012 (Forecasted):	3,457	
		in 2017 (Forecasted):	3,999	
		in 2020 (Forecasted):	4,346	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	59	(36.4%)
		11th FYP (2012-2017):	64	(39.5%)
		TOTAL	123	(75.9%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		39	(24.1%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,385	(46.3%)
		11th FYP (2012-2017):	1,223	(40.9%)
		TOTAL	2,608	(87.1%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		385	(12.9%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	123,481	2,744 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	134,572	2,990 (US\$1,000)
		TOTAL	258,053	5,735 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		12,370	275 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	92,646	
		11th FYP (2012-2017):	105,796	
		TOTAL	198,443	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	41.2%	
		On-grid in 2012:	68.4%	
		On-grid in 2017:	92.4%	
		Off-grid in 2017:	7.6%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, there will be 3,791 on-grid electrified households in 123 villages, which is equivalent to 76% of the total of the non-electrified villages and 87% of non-electrified household. The number of off-grid households will be 555, which is the second largest number for a Dzongkhag. The total route length of the planned medium voltage lines is 198 km. For this route, 82% of the lines will be 33 kV and the remaining lines will be 11kV. 92 km is planned to be extended in 10th FYP and 106 km is planned to be extended in 11th FYP. The electricity needs of Lhamnozinkha and Michula Gewogs are currently supplied by diesel generators. These Gewogs have been prioritized for 10th FYP implementation to save the cost diesel fuel. Lhamozinkha, Deorali, and Nichula Gewogs will be supplied from Chukha, while Senge and Hiley Gewogs will be supplied from Tsirang. Belkhola, Larpani and Hiley Gewogs will be supplied from the Golephu substation, and an installation of voltage regulator is required for these areas. In addition, currently, there is no 33 kV source at Gelephu Substation. Therefore, it needs to examine to install either 132/33 or 66/33kV transformer at the substation in the F/S stage. Four (4) feeders go through environmentally protected areas and these lines will have covered conductors within the protected areas. The total length of the lines in the protected areas is 32 km. Of this, 11.1 km is planned to be implemented in 10th FYP. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 123 million Nu., and that in 11th FYP is 134 million Nu., bringing the total to 258 million Nu. The off-grid investment will be 12 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 41%. This will increase to 68% in 10th FYP and 92% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 8%.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	N		
2	Name of Dzongkhag	Thimphu		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	16	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	132	
		in 2007 (Forecasted):	135	
		in 2012 (Forecasted):	146	
		in 2017 (Forecasted):	152	
		in 2020 (Forecasted):	157	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	0	(0.0%)
		11th FYP (2012-2017):	1	(6.3%)
		TOTAL	1	(6.3%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		15	(93.8%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	0	(0.0%)
		11th FYP (2012-2017):	14	(10.4%)
		TOTAL	14	(10.4%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		121	(89.6%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	0	0 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	1,604	36 (US\$1,000)
		TOTAL	1,604	36 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		3,143	70 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	0	
		11th FYP (2012-2017):	1,482	
		TOTAL	1,482	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	93.0%	
		On-grid in 2012:	93.0%	
		On-grid in 2017:	93.7%	
		Off-grid in 2017:	6.3%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, just 16 households in one village, equivalent to 6% of the total of the non-electrified villages, will be on-grid. The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is only 1 km. No village will be connected to the grid in 10th FYP and the 14 households will be connected in 11th FYP. 141 households in 15 villages will be off-grid. The on-grid electrification cost in 11th FYP is 1.6 million Nu. and that of the off-grid electrification is 3.2 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be as much as 93%, as almost all the areas are already electrified. It will be the same in 10th FYP and finally increase to 94% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 6%.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	O		
2	Name of Dzongkhag	Trashigang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	105	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	2,087	
		in 2007 (Forecasted):	2,206	
		in 2012 (Forecasted):	2,370	
		in 2017 (Forecasted):	2,553	
		in 2020 (Forecasted):	2,663	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	67	(63.8%)
		11th FYP (2012-2017):	15	(14.3%)
		TOTAL	82	(78.1%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		23	(21.9%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,606	(72.8%)
		11th FYP (2012-2017):	444	(20.1%)
		TOTAL	2,050	(92.9%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid*		156	(7.1%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	172,827	3,841 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	46,825	1,041 (US\$1,000)
		TOTAL	219,653	4,881 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		4,279	95 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	102,740	
		11th FYP (2012-2017):	30,457	
		TOTAL	133,197	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	74.8%	
		On-grid in 2012:	93.1%	
		On-grid in 2017:	98.2%	
		Off-grid in 2017:	1.8%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, there will be 82 villages with 2,471 households connected to the grid. This is equivalent to 78% of the total number of non-electrified villages and 93% of non-electrified households. The number of off-grid households will be 192. The total route length of the planned 11 kV medium voltage line is 133 km. Of this, 102 km (97%) will be constructed in 10th FYP and 31 km will be constructed in 11th FYP. The 17 households in Merak Gewog will be supplied from Samdrup Jongkhar. An ABS will be installed in Sakten and Kangpara Gewogs. Lines in Sakten and Merak Gewogs pass through environmentally protected areas and will require covered conductors to be used in these areas. Feeder MPO11F1-3 will be expanded in 10th FYP and there will be 18 km within protected areas. One option for MPO11F1-3 is to apply 33 kV system instead of change the feeder from 11 kV system with voltage regulator. There is a technical merit for 33 kV including reduction of power loss, however, 11 kV has a cost merit. It is recommended to conduct additional examination from overall perspective in a feasibility study. The on-grid electrification cost in 10th FYP is 173 million Nu., and that in 11th FYP is 48 million Nu., bringing the total to 220 million Nu. The off-grid investment is 4 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 75%. It will increase to 93% in 10th FYP and 98% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 2%.			

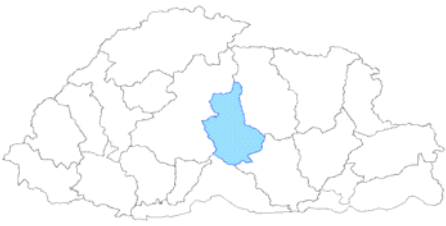
*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	P		
2	Name of Dzongkhag	Yangtse		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	56	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	1,157	
		in 2007 (Forecasted):	1,262	
		in 2012 (Forecasted):	1,407	
		in 2017 (Forecasted):	1,570	
		in 2020 (Forecasted):	1,678	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	31	(55.4%)
		11th FYP (2012-2017):	20	(35.7%)
		TOTAL	51	(91.1%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		5	(8.9%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	874	(69.3%)
		11th FYP (2012-2017):	353	(28.0%)
		TOTAL	1,227	(97.2%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		35	(2.8%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	90,770	2,017 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	51,674	1,148 (US\$1,000)
		TOTAL	142,444	3,165 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		1,025	23 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	36,694	
		11th FYP (2012-2017):	28,571	
		TOTAL	65,265	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	59.3%	
		On-grid in 2012:	87.5%	
		On-grid in 2017:	98.9%	
		Off-grid in 2017:	1.1%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, there will be 51 villages with the households of 1,632 connected to the grid. This is equivalent to 91% of the total number of the non-electrified villages and 97% of the non-electrified households. A total of 46 households will be off-grid. The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is 65 km. All electricity will be supplied from the Trashigang substation. There will be 37 km of line constructed in 10th FYP and 29 km constructed in 11th FYP. Covered conductors will be installed for 14 km of the distribution line, where it passes through environmentally protected areas. The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 91 million Nu., and that in 11th FYP will be 52 million Nu., bringing the total to 142 million Nu. The off-grid investment will be one million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 59%. It will increase to 87% in 10th FYP and 99% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be only 1%.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	Q		
2	Name of Dzongkhag	Trongsa		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	49	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	860	
		in 2007 (Forecasted):	961	
		in 2012 (Forecasted):	1,115	
		in 2017 (Forecasted):	1,278	
		in 2020 (Forecasted):	1,404	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	33	(67.3%)
		11th FYP (2012-2017):	11	(22.4%)
		TOTAL	44	(89.8%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		5	(10.2%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	706	(73.5%)
		11th FYP (2012-2017):	223	(23.2%)
		TOTAL	929	(96.7%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		32	(3.3%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	99,236	2,205 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	36,591	813 (US\$1,000)
		TOTAL	135,827	3,018 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		1,092	24 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	68,650	
		11th FYP (2012-2017):	26,991	
		TOTAL	95,641	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	44.4%	
		On-grid in 2012:	85.3%	
		On-grid in 2017:	98.1%	
		Off-grid in 2017:	1.9%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>By 2020, there will be 44 villages with 1,355 households connected to the grid. This is equivalent to 90% of the total number of non-electrified villages and 97% of the non-electrified households. There will be 49 off-grid households.</p> <p>The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is 96 km. Electricity will be supplied from the Trongsa substation. There will be 69 km of line constructed in 10th FYP and 27 km will be constructed in 11th FYP.</p> <p>Three feeders pass through environmentally protected areas and covered conductors will be required where this occurs. There are 27 km (68% of total length) in protected areas. All of these lines will be constructed in 10th FYP.</p> <p>The on-grid electrification cost in 10th FYP is 100 million Nu., and that of 11th FYP is 37 million Nu., bringing the total to 136 million Nu. The off-grid investment will be 1.1 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be 44%. It will increase to 85% in 10th FYP and 98% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 2%.</p>			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	R		
2	Name of Dzongkhag	Tsirang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	86	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	2,186	
		in 2007 (Forecasted):	2,594	
		in 2012 (Forecasted):	3,064	
		in 2017 (Forecasted):	3,432	
		in 2020 (Forecasted):	3,686	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	69	(80.2%)
		11th FYP (2012-2017):	1	(1.2%)
		TOTAL	70	(81.4%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		16	(18.6%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	2,423	(93.4%)
		11th FYP (2012-2017):	30	(1.2%)
		TOTAL	2,453	(94.6%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		141	(5.4%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	234,916	5,220 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	3,182	71 (US\$1,000)
		TOTAL	238,099	5,291 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		4,413	98 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	117,228	
		11th FYP (2012-2017):	3,623	
		TOTAL	120,851	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	23.8%	
		On-grid in 2012:	95.0%	
		On-grid in 2017:	95.9%	
		Off-grid in 2017:	4.1%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, there will be 70 villages with 3,488 households connected to the grid. This is equivalent to 81% of the total number of non-electrified villages and 95% of the non-electrified households. There will be 198 off-grid households. The total route length of the planned medium voltage line is 121 km. For this route, 95% of the lines will be 33 kV supplied from the Dhajay substation. The remaining 5% will be 11kV lines. The route will also provide electricity to Dagana. Most of the route (117 km) will be constructed in 10th FYP and the remainder (3 km) will be constructed in 11th FYP. The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 235 million Nu., and that in 11th FYP will be 3 million Nu., bringing the total to 238 million Nu. The off-grid investment will be 4.5 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 25%, which is the lowest for a Dzongkhag. This will increase to 95% in 10th FYP and finally 96% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 4%.			


*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	S		
2	Name of Dzongkhag	Wangdue phodrang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	155	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	1,714	
		in 2007 (Forecasted):	1,837	
		in 2012 (Forecasted):	2,011	
		in 2017 (Forecasted):	2,190	
		in 2020 (Forecasted):	2,305	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	65	(41.9%)
		11th FYP (2012-2017):	37	(23.9%)
		TOTAL	102	(65.8%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		53	(34.2%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	937	(51.0%)
		11th FYP (2012-2017):	526	(28.6%)
		TOTAL	1,463	(79.6%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		374	(20.4%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	128,685	2,860 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	77,878	1,731 (US\$1,000)
		TOTAL	206,563	4,590 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		10,275	228 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	124,608	
		11th FYP (2012-2017):	71,367	
		TOTAL	195,975	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	56.5%	
		On-grid in 2012:	78.7%	
		On-grid in 2017:	91.1%	
		Off-grid in 2017:	8.9%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan <p>By 2020, there will be 102 villages with 1,844 households connected the grid. This is equivalent to 66% of the total number of non-electrified villages and 80% of the non-electrified households. The number of off-grid households will be 461. The total route length of the planned medium voltage line is 196 km. Of this, 72% will be 33 kV lines and the remaining 28% will be 11 kV lines. For this route, 125 km will be constructed in 10th FYP and 71 km will be constructed in 11th FYP.</p> <p>A combined length of 58 km of covered conductors will be required for four feeders which go through environmentally protected areas. Two of these feeders, having a length of 45 km, will be constructed in 10th FYP. The other two feeders, having a length of 13 km, will be constructed in 11th FYP. The lines pass through protected areas in total of 60 km.</p> <p>As for 33 kV lines come from Lobesa 66/33/11 kV substation, only one 33 kV circuit breaker is installed for the supply to Punakha, Gasa, and Wangduephodraung. Thus, installation of separate 33 kV circuit breaker in each Dzongkhag needs to be examined in the F/S stage to enhance the reliability.</p> <p>The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 130 million Nu., and that in 11th FYP will be 78 million Nu., bringing the total to 208 million Nu. The off-grid investment will be 10 million Nu.</p> <p>The on-grid electrification percentage in 2007 will be 57%. It will increase to 79% in 10th FYP and finally reach 91% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 9%.</p>			

*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

Dzongkhag-wise Rural Electrification Master Plan

1	Dzongkhag Code	T		
2	Name of Dzongkhag	Zhemgang		
3	Nos of Non-electrified Village	in 2003 (Actual):	92	
4	Forecasted Nos of Non-electrified Household	in 2003 (Actual):	1,627	
		in 2007 (Forecasted):	1,757	
		in 2012 (Forecasted):	1,945	
		in 2017 (Forecasted):	2,152	
		in 2020 (Forecasted):	2,279	
5	Nos of Villages to be electrified by On-grid	10th FYP (2007-2012):	57	(62.0%)
		11th FYP (2012-2017):	7	(7.6%)
		TOTAL	64	(69.6%)
6	Nos of Villages to be electrified by Off-grid		28	(30.4%)
7	Nos of Household to be electrified by On-grid *	10th FYP (2007-2012):	1,336	(76.0%)
		11th FYP (2012-2017):	156	(8.9%)
		TOTAL	1,492	(84.9%)
8	Nos of Household to be electrified by Off-grid *		265	(15.1%)
9	Investment for On-grid (x1,000 Nu.)	10th FYP (2007-2012):	188,487	4,189 (US\$1,000)
		11th FYP (2012-2017):	19,112	425 (US\$1,000)
		TOTAL	207,599	4,613 (US\$1,000)
10	Investment for off-grid (x1,000 Nu.)		7,712	171 (US\$1,000)
11	Distribution Line Length (m)	10th FYP (2007-2012):	163,081	
		11th FYP (2012-2017):	13,412	
		TOTAL	176,493	
12	Dzongkhag Electrified Ratio	On-grid in 2007:	24.3%	
		On-grid in 2012:	81.9%	
		On-grid in 2017:	88.6%	
		Off-grid in 2017:	11.4%	
		TOTAL in 2017:	100.0%	
13	Features for the Master Plan By 2020, there will be 64 villages with the 1,933 households connected to the grid. This is equivalent to 70% of the total number of non-electrified villages and 85% of the non-electrified households. The number of off-grid households will be 346. The total route length of the planned 33 kV medium voltage line is 176 km. Two (2) feeders pass through environmentally protected areas. This will required covered conductors to be applied over a total length of 39 km. Both of these feeders are to be constructed in 10th FYP. The on-grid electrification cost in 10th FYP will be 188 million Nu., and that in 11th FYP will be 19 million Nu., bringing the total to 208 million Nu. The off-grid investment will be 8 million Nu. The on-grid electrification percentage in 2007 will be 24%, which is second lowest for a Dzongkhag. It will increase to 82% in 10th FYP and 89% in 11th FYP. The off-grid electrification percentage will be 11%.			

*: Numbers are based on the forecasted household number in 2007.

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
要約

目次

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
要約

レポートの構成

調査対象位置図

県別マスタープランプロフィール

PART -A	現状と計画策定の基礎情報
----------------	---------------------

- 第1章 序論
- 第2章 ブータン国の概要
- 第3章 電力セクターの現状
- 第4章 既存電力設備
- 第5章 電力関連開発計画
- 第6章 情報通信分野の現状と開発計画
- 第7章 未電化村落の現状
- 第8章 マスタープラン策定における GIS の活用
- 第9章 環境社会配慮

PART-B	調査の手法と分析
---------------	-----------------

- 第10章 送配電設備の電力技術基準
- 第11章 オフグリッド電化計画
- 第12章 電力需要予測
- 第13章 地方電化の計画手法
- 第14章 マスタープラン策定の分析結果

PART-C **マスタープラン実施戦略**

- 第 15 章 経済評価ベースのオングリッド地方電化マスタープラン
- 第 16 章 最適地方電化マスタープラン
—マスタープラン調査の結果—
- 第 17 章 戦略的環境影響評価
- 第 18 章 情報通信網拡張計画
- 第 19 章 実施計画
- 第 20 章 運営維持管理計画
- 第 21 章 結論と提言

APPENDIX

- APPENDIX A PRESENT SITUATION AND PLANING CONDITION**
- APPENDIX B PLANNING METHODOLOGY AND ANALYSIS**
- APPENDIX C MASTER PLAN AND IMPLEMENTATION STRATEGY**

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
要約

目 次

PART-A 現状と計画策定の基礎情報

1.	序論.....	1
	(1) 背景.....	1
	(2) 調査の目的.....	1
	(3) 調査団構成.....	2
2.	ブータン国の概要.....	2
	(1) 国土.....	2
	(2) 民族構成.....	2
	(3) 政治体制.....	2
	(4) 開発政策.....	3
	(5) 地方行政区.....	3
	(6) 経済概況.....	3
	(7) 経済予測.....	3
	(8) 自然と環境.....	3
3.	電力セクターの現状.....	4
	(1) 政策・法制度・組織.....	4
	(2) 電力料金.....	4
	(3) 電力需給.....	5
	(4) 経営状況.....	5
	(5) インドとの電力融通契約.....	5
	(6) 再生可能エネルギーに関する政策・制度.....	5
4.	既存電力設備.....	5
	(1) 電力系統.....	5
	(2) 発電設備.....	6
	(3) 送電設備.....	6
	(4) 変電設備.....	6
	(5) 配電設備.....	6
	(6) オフグッド設備.....	7
	(7) 小水力発電設備.....	7
	(8) 太陽光発電設備.....	7
	(9) その他の発電設備.....	7
5.	電力関連開発計画.....	7
	(1) 電力システムマスタープラン(PSMP).....	7

(2)	配電線拡張計画(ADB/RE-1, RE-2, RE-3).....	8
(3)	オフグリッド電源による開発計画.....	8
(4)	電力セクターにおけるドナーの活動状況.....	9
(5)	道路開発計画.....	9
6.	情報通信分野の現状と開発計画.....	9
(1)	地方電化と情報通信.....	9
(2)	情報通信網の現状と開発計画.....	10
(3)	電力供給事業における通信の現状と今後.....	11
(4)	情報通信分野におけるドナーの活動状況.....	12
(5)	地方行政における情報通信網の現状と可能性.....	12
7.	未電化村落の現状.....	12
(1)	未電化村落データ収集調査の概要.....	12
(2)	未電化村落の調査結果.....	12
8.	マスタープラン策定における GIS の活用.....	15
(1)	GIS プログラムの導入経緯.....	15
(2)	ブータンにおける GIS データの開発状況.....	15
(3)	衛星画像利用による全国 GIS コンターマップの作成.....	15
(4)	マスタープラン作成に関する他プログラムとの連携.....	15
9.	環境社会配慮.....	16
(1)	国家環境政策.....	16
(2)	環境関連法制度.....	16
(3)	地方電化に関連する環境法と手続き.....	16
(4)	地方電化マスタープラン策定に係る環境社会配慮.....	17
(5)	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.....	17

PART – B 調査の手法と分析

10.	電力技術基準.....	18
(1)	変電設備技術基準の現状.....	18
(2)	配電設備技術基準の現状.....	18
(3)	過去の配電計画における問題点.....	18
(4)	技術基準に関するブータン側の要望と検討結果.....	19
(5)	マスタープランに適用する配電設備・計画技術基準.....	19
11.	オフグリッド電化計画.....	20
(1)	再生可能エネルギーポテンシャル.....	20
(2)	既設オフグリッド電化に適用されている技術基準の現状.....	21
(3)	マスタープランに適用する技術基準およびモデル.....	21
12.	電力需要予測.....	22
(1)	概要.....	22
(2)	未電化村落の電力需要予測手法.....	22

(3) 未電化地域村落の需要予測結果.....	22
(4) 既電化地域の需要予測結果.....	22
(5) 全国レベル需要予測.....	23
(6) PSMP 需要予測値との比較.....	23
(7) 電力需給バランスの検討.....	23
13. 地方電化の計画手法.....	24
(1) 全体計画フロー.....	24
(2) オングリッド・オフグリッドの境界設定手法.....	25
(3) 経済評価手法.....	26
14. マスタープラン策定の分析結果.....	26
(1) 地方電化マスタープランの全容.....	26
(2) オプションスタディー.....	28
(3) 事業費積算.....	28
(4) 貧困削減効果.....	28

PART - C マスタープラン実施戦略

15. 経済評価ベースのオングリッド地方電化マスタープラン.....	30
(1) オングリッドフェーズ別電化計画.....	30
(2) フェーズ-1 (2007-2012年)オングリッド電化計画.....	30
(3) フェーズ-2 (2012-2017年)オングリッド電化計画.....	30
16. 最適地方電化マスタープラン —マスタープラン調査の結果—.....	30
(1) 概要.....	30
(2) 第10次5ヵ年計画のオングリッド電化計画.....	31
(3) 第11次5ヵ年計画のオングリッド電化計画.....	31
(4) オフグリッド電化計画.....	31
(5) 経済評価.....	33
(6) 電化率.....	33
17. 戦略的環境影響評価.....	34
(1) 戦略的環境影響評価適用の目的.....	34
(2) 環境影響の低減策(環境社会配慮の方針).....	35
(3) 計画策定における情報公開.....	35
(4) 事業実施段階における環境影響低減策.....	35
(5) 環境影響評価 TOR 案策定.....	36
18. 情報通信網拡張計画.....	36
(1) 情報通信網拡張計画.....	36
(2) 情報通信網拡張計画における需要と便益.....	36
(3) 情報通信網拡張計画のコスト.....	37
(4) 情報通信網拡張計画の経済評価.....	37

19. 実施計画	37
(1) プロジェクト・パッケージ	37
(2) 資金計画	38
(3) 地方電化実施組織体制	38
(4) 実施スケジュール	39
(5) 第 10 次 5 カ年計画時の実施計画	39
20. 運営維持管理計画	42
(1) オングリッド維持管理組織体制	42
(2) オフグリッドの維持管理体制	42
(3) 人材育成	43
(4) ディマンド・サイド・マネジメントの適用可能性とマスタープランでの取り扱い...	43
21. 結論と提言	44
(1) 結論	44
(2) 提言	45

付 表

表-1 調査団の構成	2
表-2 一般ユーザー電力料金	4
表-3 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	13
表-4 概算総事業費	28
表-5 配電線延伸の経済評価のまとめ	33
表-6 県別電化率	34
表-7 情報通信網拡張計画において想定される需要と便益	36
表-8 情報通信網拡張計画の総事業費	37
表-9 実施スケジュール	40

付 図

図-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	14
図-2 地方電化計画マスタープラン策定作業の全体フロー	24
図-3 ベースケースにおける配電網とオン・オフグリッド村落図	27
図-4 フェーズ別オングリッド地方電化計画	32
図-5 第 10 次 5 カ年計画オングリッド電化計画のシナリオ例	41
図-6 太陽光 SHS オフグリッド電化の実施フレームワーク	43

用語表

略 語	英 語 表 記	日 本 語 表 記
	Bhutan Agencies	ブータン国機関名
BBSC	Bhutan Broadcasting Service Corporation	ブータン放送公社
BEA	Bhutan Electricity Authority	ブータン電力庁
BHU	Basic Health Unit	基礎保健所
BPC	Bhutan Power Corporation	ブータン電力公社
BTL	Bhutan Telecom Ltd.	ブータン通信公社
CHPCL	Chukha Hydro Power Corporation Ltd. (former: Chukha Hydro Power Corporation: CHPC)	チュカ水力発電公社
DFO	District Forestry Office	県森林事務所
DOA	Department of Agriculture	農業省農業局
DOE	Department of Energy (former: Department of Power)	貿易産業省エネルギー局
DOF	Department of Forest (former: Department of Forestry Services)	農業省森林局
DOP	Department of Power (now: Department of Energy)	(旧) 貿易産業省電力局 (現) 貿易産業省エネルギー局
DoSLR	Department of Survey and Land Records	農業省土地調査・登記局
DOR	Department of Roads	公共事業省道路局
DYT	Dzongkhag Yargay Tshogdu / Dzongkhag Development Committee	県開発委員会
GYT	Gewog Yargay Tshogdu / Gewog Development Committee	地区開発委員会
HSD	Hydromet Service Division	ブータン国貿易産業省エネルギー局水文観測部
MTI	Ministry of Trade and Industry	ブータン国貿易産業省
MHA	Former: Ministry of Home Affairs (now: Ministry of Home and Cultural Affairs)	(旧) ブータン国内務省 (現) 内務文化省
MoWHS	Ministry of Works and Human Settlement	ブータン国公共事業省
MOA	Ministry of Agriculture	ブータン国農業省
MOF	Ministry of Finance	ブータン国財務省
NEC	National Environment Commission	国家環境委員会
NECS	National Environment Commission Secretariat	国家環境委員会事務局
RCSC	Royal Civil Service Commission	ブータン国人事院
RED	Renewable Energy Division	ブータン国貿易産業省エネルギー局再生可能エネルギー部
RGoB	Royal Government of Bhutan	ブータン国政府
RNR-RC	Renewable Natural Resources Research Centre	再生可能天然資源研究センター
	Foreign organizations	国際機関名
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
ANSI	American National Standards Institute	米国規格協会
DANIDA	Danish Development Assistance (under the Royal Danish Ministry of Foreign Affairs)	デンマーク国際開発援助
-	e7	G7に加盟する先進7カ国中の主要な9つの電力会社により設立された世界的な電力NGO
EOJ	Embassy of Japan	日本国大使館
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
	Helvetas	スイスに本部を置くNGO
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	国際自然保護連合

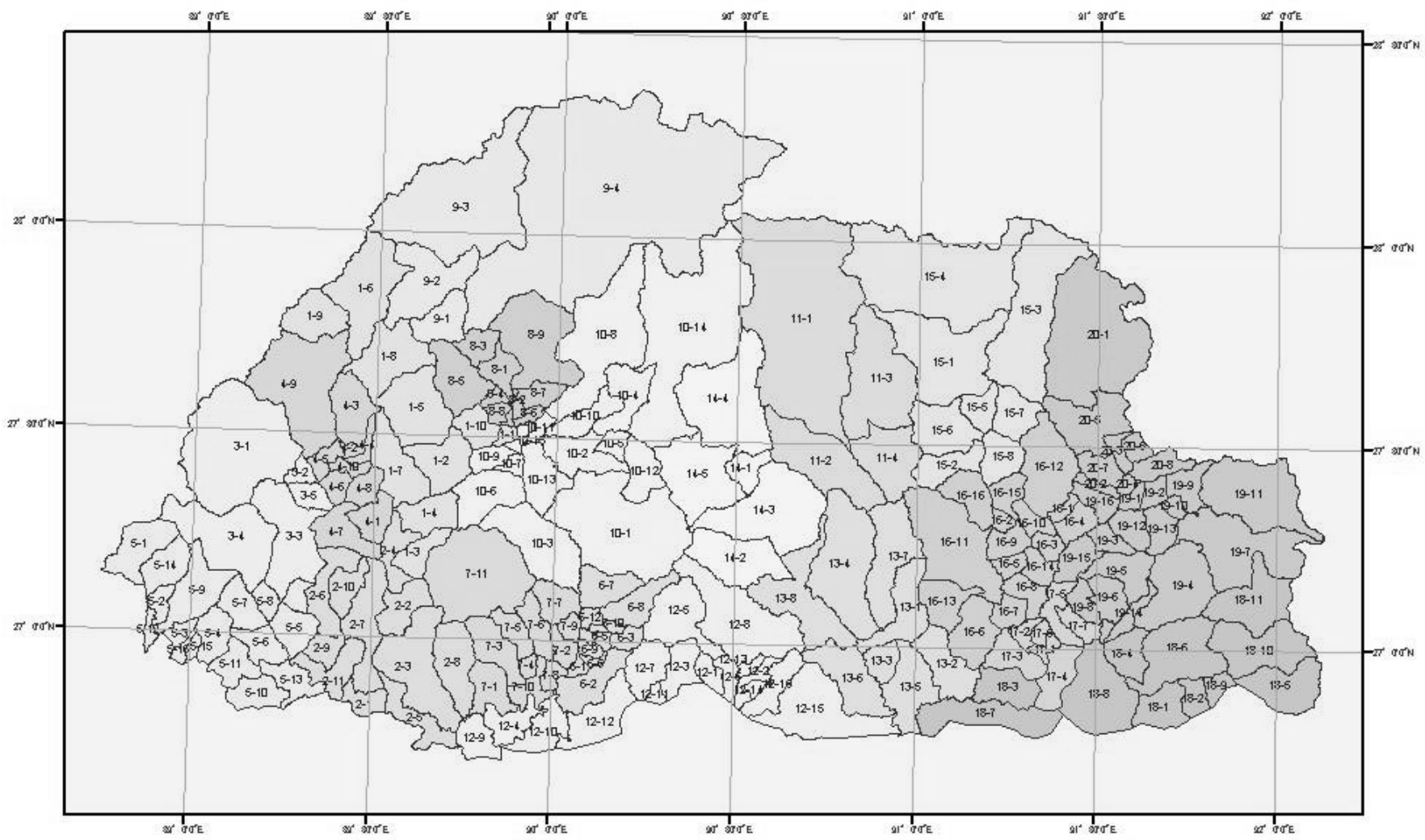
用語表

略 語	英 語 表 記	日 本 語 表 記
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency (Japan)	国際協力機構
NORAD	Norwegian Agency for Development Cooperation	ノルウェー開発協力庁
PTC	Power Trading Corporation of India Ltd.	インド電力取引公社
SNV	Stichting Nederlandse Vrijwilligers	オランダ発祥のNPO
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNEP	United Nations Environment Programme	国連環境計画
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	国連工業開発機構
WB	World Bank	世界銀行
WWF	World Wildlife Fund	世界自然保護基金
Unit/Technical Terms		単位/技術用語
AAAC	All-Aluminum Alloy Conductor	-
AAC	All-Aluminum Conductor	全アルミニウム導線
ABC	Aerial Bundle Cable	-
ACSR	Aluminum Conductor Steel Reinforced	鋼心アルミより線
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer	地球観測用の高性能センサ
AVR	Automatic Voltage Regulator	自動電圧調整装置
BS	British Standards	英国規格
B-C, B/C	B: Benefit, C: Cost	B: 便益、C: 費用
CFL	Compact Fluorescent Lamp	
Ch	Chetrum	ブータン通貨 (チェトラム) 1 Nu = 100 Ch
EIRR, FIRR	Economic/Financial Internal Rate of Return	経済/財務内部収益率
EL() m	Meters above Sea level	海拔() m
FY	Fiscal Year	会計年度
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Green House Gas	
GWh	Giga Watt Hour (one billion watt hour)	百万キロワット(10億ワット)時
HV	High Voltage	高電圧
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率
kW	Kilo Watt	キロワット
LED	Light Emitting Diode	
LV	Low Voltage	低電圧
MV	Middle Voltage	中電圧
MW	Mega Watt (one million watt)	千キロワット、百万ワット
Nu.	Ngultrum; Bhutanese currency; 1 Nu. ≈ ¥2.6 US\$1=45 Nu., if not specified	ブータン通貨 (ヌルタム) 1 Nu. = 約 2.6 円 特記のない限り、1US\$ = 45 Nu.
OPGW	Optical-Fiber Composite Overhead Ground Wire	光ファイバー複合架空地線
Paise	Paisa (singular)	インド通貨 Rs 1 = 100 paise
PLC	Power Line Carrier	電力線搬送
PV	Photovoltaic	太陽光発電
SHS	Solar Home System	ソーラーホームシステム
SHWS	Solar Hot Water System	太陽温水器システム
SWER	Single Wire Earth Return	一線大地岐路方式
USc	US Cent	米国通貨(セント) \$1 = 100 c
US\$	US Dollar	米国通貨(ドル)
Others		その他
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム

用語表

略 語	英 語 表 記	日 本 語 表 記
-	Chimi	国会議員
-	Dungkhag	県支区
-	Dungkhag Administration	県支区庁
-	Dungpa	県支区長
-	Dzongkhag	県
-	Dzongda	県知事
-	Dzongkhag Administration	県庁
-	Dzongrab	県副知事
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価
FYP	Five Year Plan	5 年計画
F/S	Feasibility Study	フィージビリティスタディ、実現可能性調査
-	Gewog	郡
GNH	Gross National Happiness	国民総幸福量
-	Gup or Mandal	地区長
HEPP	Hydroelectric Power Project	水力発電計画
ICB	International Competitive Bidding	国際競争入札
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
LCB	Local Competitive Bidding	国内競争入札
L/A	Loan Agreement	借款協定
-	Mangmi	地区議員
MOU	Memorandum of Understanding	協議覚書
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
M/P	Master Plan	マスタープラン
NGOs	Non Governmental Organizations	非政府組織
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PA	Protected Area	保護地区
PSMP	Power System Master Plan	電力システムマスタープラン
RE	Rural Electrification	地方電化
RESCO	Rural Electrification Service Company	地方電化サービス会社
REC	Rural Electrification Center	地方電化センター
RE-1	Rural Electrification Programme Phase I	ADB 地方電化プログラム (第 1 期)
RE-2	Rural Electrification Programme Phase II	ADB 地方電化プログラム (第 2 期)
RE-3	Rural Electrification Programme Phase III	ADB 地方電化プログラム (第 3 期)
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境影響評価
S/W	Scope of Works	実施調査細則
TOR	Terms of Reference	実施項目
T/A	Technical Assistance	技術援助
-	Tshogpa	村議員
VEC	Village Electrification Committee	村落電化組合

JICA 調査団作成



Administrative Map of Bhutan

DZ/NAME		
	Paro	Thimphu
	Samtong	Trashigang
	Chukha	Trungpa
	Diapa	Taklung
	Chuxa	Marghaupholding
	Haa	Yangha
	Lhunkhli	Changlung
	Namgyal	
	Paragatal	
	Parulha	
	Sandakjangthar	
	Sandha	
	Sarpang	



地名表記 (県及び郡)

Dzongkhag (県) : 20県
Gewog (郡) 総数 : 201郡

- | | | | |
|--|--|--|--|
| <p>1 Thimphu Dzongkhag
ティンプー県</p> <ul style="list-style-type: none"> 1-1 Bapisa 1-2 Chang 1-3 Dagala 1-4 Genye 1-5 Kawang 1-6 Lingzhi 1-7 Mewang 1-8 Naro 1-9 Soe 1-10 Toepisa <p>2 Chukha Dzongkhag
チュカ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 2-1 Bhalujhora 2-2 Bjachho 2-3 Bongo 2-4 Chapchha 2-5 Dala 2-6 Dungna 2-7 Geling 2-8 Getana 2-9 Logchina 2-10 Metap 2-11 Phuentsholing <p>3 Haa Dzongkhag
ハ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 3-1 Bji 3-2 Katsho 3-3 Sama 3-4 Sangbay 3-5 Uesu <p>4 Paro Dzongkhag
パロ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 4-1 Doga 4-2 Dopshari 4-3 Doteng 4-4 Hungrel 4-5 Langgong 4-6 Lungnyi 4-7 Naja 4-8 Shapa 4-9 Tsentso 4-10 Wangchang <p>5 Samtse Dzongkhag
サムツェ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 5-1 Bara 5-2 Biru 5-3 Charcharay 5-4 Chengmari 5-5 Denchhukha 5-6 Dorokha 5-7 Dungtoe 5-8 Mayona 5-9 Namgyeltchholing 5-10 Pagli 5-11 Samtse 5-12 Sipsu 5-13 Tading 5-14 Tendu 5-15 Ugyentse 5-16 Yoeseitse | <p>6 Tsirang Dzongkhag
チラン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 6-1 Barshong 6-2 Beteni 6-3 Dunglegang 6-4 Gosaling 6-5 Kikhorthang 6-6 Mendrelgang 6-7 Patala 6-8 Phuentsenchhu 6-9 Rangthang Ung 6-10 Semjong 6-11 Tshokhorlong 6-12 Tsirangtoe <p>7 Dagana Dzongkhag
ダガナ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 7-1 Dorona 7-2 Drujegang 7-3 Gesarling 7-4 Goshi 7-5 Kana 7-6 Khebisa 7-7 Lajab 7-8 Trashiding 7-9 Tsangkha 7-10 Tsendagang 7-11 Tseza <p>8 Punakha Dzongkhag
プナカ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 8-1 Chhubu 8-2 Dzoma 8-3 Goenshari 8-4 Guma 8-5 Kabjisa 8-6 Lingmukha 8-7 Shenga- Bjime 8-8 Talo 8-9 Toewang <p>9 Gasa Dzongkhag
ガサ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 9-1 Goenkhamé 9-2 Goenkhatoe 9-3 Laya 9-4 Lunana <p>10 Wangduephodrang Dzongkhag
ウォンデュポダン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 10-1 Athang 10-2 Bjena 10-3 Daga 10-4 Dangchhu 10-5 Gange 10-6 Gasetsho Gom 10-7 Gasetsho Wom 10-8 Kazhi 10-9 Nahi 10-10 Nyisho 10-11 Phangyuel 10-12 Phobji 10-13 Ruepisa 10-14 Sephu 10-15 Thedtsho | <p>11 Bumthang Dzongkhag
ブムタン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 11-1 Chhoekhor 11-2 Chimume 11-3 Tang 11-4 Ura <p>12 Sarpang Dzongkhag
サルバン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 12-1 Bhur 12-2 Chhuzagang 12-3 Dekiling 12-4 Deorali 12-5 Doban 12-6 Gelephu 12-7 Hiley 12-8 Jigmechhoeling 12-9 Lhamoi Zinkha 12-10 Nichula 12-11 Sarpang 12-12 Senge 12-13 Serzhong 12-14 Taklai 12-15 Umling <p>13 Zhemgang Dzongkhag
ジェムガン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 13-1 Bardo 13-2 Bjoka 13-3 Goshing 13-4 Nangkhor 13-5 Ngangla 13-6 Phangkhar 13-7 Shingkar 13-8 Trong <p>14 Trongsa Dzongkhag
トンサ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 14-1 Dragteng 14-2 Korphu 14-3 Langthil 14-4 Nubi 14-5 Tangsibji <p>15 Lhuntse Dzongkhag
ルンツェ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 15-1 Gangzur 15-2 Jaray 15-3 Khoma 15-4 Kurtso 15-5 Menbi 15-6 Metsho 15-7 Minjay 15-8 Tsenkhar <p>16 Mongar Dzongkhag
モンガル県</p> <ul style="list-style-type: none"> 16-1 Balam 16-2 Chaskhar 16-3 Chhali 16-4 Drametse 16-5 Drepung 16-6 Gongdue 16-7 Jurme 16-8 Kengkhar 16-9 Mongar 16-10 Ngatshang 16-11 Saleng 16-12 Shermung 16-13 Silambi 16-14 Thangrong 16-15 Tsakaling 16-16 Tsamang | <p>17 Pemagatshel Dzongkhag
ペマガツェル県</p> <ul style="list-style-type: none"> 17-1 Borang 17-2 Chhimung 17-3 Dungme 17-4 Khar 17-5 Shume 17-6 Yurung 17-7 Zobel <p>18 Samdrup Jongkhar Dzongkhag
サムドゥップジョンカ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 18-1 Dechhenling 18-2 Gomdar 18-3 Hastinapur 18-4 Lauri 18-5 Martshala 18-6 Norbugang 18-7 Orong 18-8 Pemathang 18-9 Phuentshothang 18-10 Samrang 18-11 Serthig <p>19 Trashigang Dzongkhag
タシガン県</p> <ul style="list-style-type: none"> 19-1 Bartsham 19-2 Bidung 19-3 Kanglung 19-4 Kangpara 19-5 Khaling 19-6 Lumang 19-7 Mera 19-8 Nanong 19-9 Phongme 19-10 Radi 19-11 Sakteng 19-12 Samkhar 19-13 Shongphu 19-14 Thrimshing 19-15 Udorong 19-16 Yangnyer <p>20 Yangtse Dzongkhag
ヤンツェ県</p> <ul style="list-style-type: none"> 20-1 Bumdeling 20-2 Jamkhar 20-3 Khamdang 20-4 Ramjar 20-5 Tashi Yangtse 20-6 Toetsho 20-7 Tomzhangtshen 20-8 Yalang |
|--|--|--|--|

出典： 内務文化省、中央統計局、ブータン測量局、貿易産業省電力局

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
要約

本文

PART-A 現状と計画策定の基礎情報

1. 序論

(1) 背景

ブータン国地方電化マスタープラン調査（以下「本調査」という）実施の背景には、現在 50%程度に留まっている国内電化率を 2020 年までに 100%にしようとする、壮大かつ長期の目標がある。この目標は、1999 年に策定されたブータン国の 2020 年までの長期ビジョン “A Vision for Peace, Prosperity and Happiness” の中で、都市部と地方部の格差是正、貧困削減、産業振興等の観点から、地方農村部の電化を重要な政策目標とし、その具体的な数値目標として設定されたものである。

それまでの地方電化は、主に ADB（アジア開発銀行）の融資、インドや他国のドナーの援助、そしてブータン政府独自により、電源および送電線の開発状況と整合性をとりながら、実施しやすい地域から電化を進めるといった手法がとられてきた。

2001 年 2 月、ECFA（海外コンサルティング企業協会）は、調査団をブータンに派遣、再生可能エネルギー利用地方電化予備調査を実施した。ECFA 調査団は、現在の手法による地方電化の延長線上に、2020 年までの電化率 100%達成は困難であると認識し、目標達成のための戦略的な総合開発計画、つまりマスタープランの策定をブータン側に提案した。ブータン側はこのマスタープラン策定の必要性・重要性を理解し、ECFA 調査団の支援の下、日本政府に対するマスタープラン調査実施の要請書を作成した。

要請書はブータン政府内の正式手続きを経て、2001 年 8 月に日本政府に提出された。これを受けて、国際協力事業団（現独立行政法人国際協力機構）は 2002 年 10 月にプロジェクト形成基礎調査団を派遣、2003 年 6 月には予備調査団を派遣し、調査内容についてブータン政府との協議を行った。これらの過程を経て、本調査が実施されることとなった。

(2) 調査の目的

本調査は、1) ブータン全土を対象として、オングリット電化とオフグリット電化の組合せによる村落単位での電化計画マスタープランを策定すること、2) 策定されたマスタープランをブータン自身がスムーズに改訂できるよう、カウンタパートへの技術移転を行うことを目的とする。

主な業務内容は以下の通りである。

- 1) 第 9 次 5 カ年計画(2002-2007 年)実施後の未電化村落のデータベース構築(GIS 図化を含む)
- 2) 未電化地域における電化計画策定手法(配電線延長の場合は、計画の基本方針、適用する計画標準、採用する設備仕様の概要等、オフグリッドの場合は技術的手法、維持管理手法等)の提示
- 3) 1) 及び 2)に基づく県(Dzongkhag)毎の村落レベル電化計画の策定(配電線延長の場合は、電化対象需要家数、配電線路長、変電所新增設、コスト等を含む 33 kV、11 kV 系統計画と系統図等、オフグリッドの場合は電源種別の選択と規模、給電範囲、電化対象需要家数、コスト等)
- 4) 地方電化の社会・経済評価と効率的な推進のための政策提言

5) 関連行政組織の担当者への技術移転(キャパシティビルディング)

(3) 調査団構成

本調査団は以下の団員により構成された。

表-1 調査団の構成

No.	担当	氏名
1	総括/電力計画	福地 智恭
2	配電計画/設計・計画基準	白木 圭二
3	配電設備	有田 利行
4	村落社会経済調査	銅直 一彦
5	GIS/データベース	白田 暁子
6	送電計画	大原 一倫
7	電力需給計画 (全国レベル)	中島 浩
8	財務・経済分析	西牧 宏
9	小水力発電/電力需給計画 (村落レベル)	平田 潔
10	太陽光発電及び新・再生可能エネルギー(小水力を除く)	ディパック ビスタ
11	環境影響調査	神下 高弘
12	情報通信計画	小川 良輔
13	業務調整/バイオ発電計画	中川 由香
14	業務調整	山村 賢輔

2. ブータン国の概要

(1) 国土

ブータンは、東部ヒマラヤに位置する国土面積が 38,394km² の小国で、国土の殆どを険しい山と深い森林で覆われている。その国土は、北と北西でチベット地方(中国)に、西でシッキム地方(インド)、南西で西ベンガル地方(インド)、南でアッサム地方(インド)、東でアルナチャル・プラデシュ地方(インド)に接している。この小さな国土に、推計で約 75 万人の人々が住んでいる¹。

(2) 民族構成

ブータン国民は大別して 3 つの民族グループで構成されている。東部地域に居住するシャーチョップ(Sharchops)は先住ブータン人と認識されており、広義では東ブータン人と呼ばれている。ここで言う東ブータンとは、伝統的な区分であるペレ・ラ峠以東の地域を指す。また、ンガロップ(Ngalop)は、9 世紀以降ブータンへ移住して来たチベット系の民族で、西部地域に多く居住している。そして、ネパール系ブータン人であるローツァンパ(Lhotshampa)は、19 世紀末にブータンの南部地域に移住して来た。これらの 3 つの民族以外にも、独自の言語を持つ小さな民族が多く存在するが、各々の数は少数である。

(3) 政治体制

ブータン国は、20 世紀初頭の 1907 年に成立した世襲君主ウォンチュック家を擁する君主制国家である。2005 年 3 月に成文憲法の草案が公表された。現在のところ、過去の政府告示、伝統的な慣習法、国王勅令、口頭の王令等も、法律に準じた効力を持っている。

¹ Statistical Yearbook 2003, NSB, RGoB

国王の下、国会、王室顧問会議、内閣、最高裁判所の諸機関が並立している形態を取っている。現行の内閣は、内務文化省、外務省、大蔵省、公共事業省、農業省、教育省、保健省、貿易産業省、情報通信省、労務・人的資源省の10省の大臣10名から構成され、大臣の内の1名が輪番制で任期1年の首相職(内閣議長)を勤める。国会は151議席からなる一院制で、議員は、住民選出の国民代表106名、仏教委員会選出の仏教会代表10名、国王指名の高級官僚、県知事、その他政府官吏35名で構成されている。

(4) 開発政策

ブータン国の現国王、第4代ジグミ・シンゲ・ウォンチュック国王によって、1976年に国民総幸福量(Gross National Happiness: GNH)が提唱された。国の開発政策の基本方針はGNHの理念に則っており、自然環境の保護と独自の文化を維持しつつ、社会経済開発を進めて行く、基本施策が実行されている。これは、1970年代以降、近代化と市場経済化の中で、ブータンが経験して来た地域格差、所得格差、教育格差等における、経済開発の負の側面への反省に基づき、その是正を目指して提唱された施策である。現国王が明示している開発目標は、①独立独行、②持続性、③民間セクターの効率性と開発、④住民参加と地方分権、⑤人的資源の開発、⑥地域的にバランスの取れた開発の6項目である。

(5) 地方行政区

ブータン国の地方行政は内務文化省が担当しており、その管轄の下、県(Dzongkhag)及び郡(Gewog)という行政区を置いて地方行政が執り行われている。但し、全国20県の内、規模が大きな8県においては、特に県支区(Dungkhag)を置いて幾つかの郡を管轄している。現行では、県の総数は20県、また郡の総数は201郡である。

(6) 経済概況

ブータン国の経済規模はGDPで5億ドルである。マクロ経済および政府の財政運営は良好な水準にあり、GDPは1997-2001年の5年間で、平均6.6%の成長を示している。9%台だった物価上昇率は、2000年以降は4%以下に低下している。債務返済比率も、2001/2002年で6%台と、途上国の中では極めて健全なグループに属している。しかしながら、債務GDP比率は、1999/2000年の38.7%から翌年の47%、2001/2002年の55%と、急速に拡大する傾向にある。それにあわせて、経常収支も近年その赤字が拡大する傾向があるが、これは近年の借り入れの純増と比例している。

(7) 経済予測

第9次5ヵ年計画の経済予測は、電力セクターと建設セクターの急激な伸びに、かなりの部分を支えられた予測となっている。全体では、5年間で、年平均実質8.2%の成長を見込んでいる。2000年の段階で、穀物生産(17.4%)、牧畜(7.1%)、林業(10%)を合わせた農林業はGDPの34.5%、電力、建設はそれぞれ、9.7%、11.4%を占めていた。これが第9次5ヵ年計画の終了年である2007年には、電力、建設が14.6%、17.8%を占め、穀物生産の12.7%をしのぐ規模となることが予想されている。Tala水力発電所をはじめとする大規模発電所の建設、稼動がこうした成長の源泉とされているものと推測される。

(8) 自然と環境

ブータン国の自然環境は、その高い標高と急峻な地形、豊富な森林分布により特徴付けられる。山岳地域が多くを占める国土において、標高は、海拔160 m程度から7,000 m

以上と、変化に富む。動植物相が豊かで、世界でも有数の生物多様性に富む地域として「10 global hotspots」のひとつにも数えられる。

気候は、標高によって多様に変化する。大きくは、気温が高く湿潤な南部、気温が低く乾燥する北部、温暖で乾燥する峡谷地、及びヒマラヤの酷寒地域に区分される。降水量も地域により様々で、年間 500 mm 以下の厳しい気候の北部、年間 1,000 mm 以上の比較的穏やかな中央部、年間 5,000 mm 以上の高温多雨の南部等、地域特性の変化が大きい。

3. 電力セクターの現状

(1) 政策・法制度・組織

ブータン国における電力政策は Gross National Happiness (GNH)の基本理念の下、2020 年までに 100%の地方電化達成を前面に打ち出している。2004 年 6 月現在における都市部を除く地方村落の合計世帯数は、推計 68,851 世帯であり、この内、既電化の地方村落世帯数は 24,833 世帯 (36%) である。地方電化の推進の一方で、外貨獲得の支柱をなす水力発電を中心とする電力セクターの効率的運営という、相反する政策課題が存在する。こうした効率化の流れとして、2001 年 7 月議会は「電気法: Electricity Act」を可決した。これにより、それまで電力の政策作りから発電・売電までを一括して担当していた Department of Power が、Department of Energy (政策担当)、Bhutan Power Corporation (送電、売電)、Bhutan Electricity Authority (電力産業規制)に 3 分割されることになった。

電力政策および電力の開発・供給の監督を行っているのは中央政府の貿易産業省 (Ministry of Trade and Industry)の中のエネルギー局(Department of Energy: DOE)である。DOE は、計画調整課、再生可能エネルギー課、気象・水文課、ブータン電力庁の 4 つの部署から構成されている。ブータン電力庁が、最終的には電力発電・供給という経済活動の規制・監督を担当することになっており、現在は組織の強化が行われている段階である。電力送配電の実務は、ブータン電力公社(Bhutan Power Corporation: BPC)が行っている。

(2) 電力料金

BPC の一般家庭ユーザーの料金体系は次の表のとおりである。

表-2 一般ユーザー電力料金

Range	Tariff (Nu./kWh)
1-80 kWh	0.6
81-200 kWh	0.95
Above 201 kWh	1.2

出典：BPC

BPC によると、料金の累進性のために、これまでの平均料金は 0.9 Nu./kWh になっている。一方、事業所の場合には、これまでは基本料金が存在しなかったが、「Demand Charge」の名前で、接続料金が導入され、kW 当たり 54 Nu.が課される。従量料金は中圧ユーザーが 0.95 Nu./kWh、高圧ユーザーが 1.2 Nu./kWh である。ユーザーにとってのコストは、電力料金だけではなく、接続のための初期費用がある。接続費用は主に機材費で、平均で 3,145 Nu.が必要と推定されている。この費用は、貧困世帯にとっては、1 ヶ月の現金収入に匹敵する金額であるので、接続料金のために電化を見合わせる可能性もある。

(3) 電力需給

発電設備容量は、2002年時点で、太陽光発電を除いて445 MWであり、内97%を水力発電が占めている。同年の国内ピーク総需要は105 MWを記録している。一方、2002年の総発電電力量は2,200 GWh/年であり、電力損失を考慮した国内消費電力量は、664 GWh/年であった。したがって、供給能力は、国内のピーク需要・電力需要量を上回っており、現在のところ、発電容量は十分に余力を有している。ブータン国はその余剰電力をインドに輸出している。

2004年4月現在の総需要家数は47,878で、その過去6年間の平均伸び率は12%を記録している。

(4) 経営状況

ブータン国の電力セクターは、現在、発電部門と送配電部門の2つに分割される。前者は3つの大きな水力発電所が独立経営を行っており、後者はBPCが一括して担当している。

BPCが設立されてからの財務諸表はまだ公表されていない。

発電部門では、現在運転中のChukha水力発電所、Kurichhu、Basochhu水力発電所を比較すると、最終的に国庫に大きく寄与しているのがChukhaで、Kurichhuは2003年の場合、発電量が目標値を下回ったために、まったく寄与していない。2006年の運転開始を予定しているTala水力発電所(1,020 MW)は、その発電量が年間3,962 GWhに達することが計画されており、発電所からの国庫への寄与は一気に倍増することが期待されている。

(5) インドとの電力融通契約

西部電力系統で運転している現在国内最大のChukha水力発電所の余剰電力をインドに輸出するために、ブータン側DOEとインド側Power Trading Corporation of India Ltd. (PTC)間で2002年10月1日から14.5年間の契約を締結した。有効期限は14.5ヵ年であるが、取引の電力単価は3-4年毎に見直すことになっている。

(6) 再生可能エネルギーに関する政策・制度

DOEのもとに再生可能エネルギーを担当するRenewable Energy Division (DOE-RED)が設立されたのは2002年7月である。2年が経過した2004年6月現在、DOE-REDとしての再生可能エネルギーに関する政策・制度はまだ成立していない。しかし、DOE-REDはブータン国政府から、今後全ての再生可能エネルギーの導入、技術開発、人材育成、システムの効率化等を促進して行くことを使命としている。現時点におけるDOE-REDの目標は、主に太陽光エネルギー、バイオマスの利用推進、エネルギー節約と効率改善(Energy conservation and efficiency improvement)の統合化されたエネルギーのマスタープランの計画と実施、及び以上の計画を速やかに進めるための、規格や制度の整備が必要である。

DOE-REDの今後の活動としては、再生可能エネルギー利用に係わる適切な法律・制度のフレームワークを構築することが、最優先課題である。

4. 既存電力設備

(1) 電力系統

ブータンの2004年現在の主要電力系統は、東部・中央地域をカバーする132 kVを最高電圧とする系統と、西部地域をカバーする220 kVを最高電圧とする系統の2つに分かれ

ている。両系統の国内での連系は未だ形成されていない。ブータンとインド東北部の国際連系線を通じて、電力の迂回が可能である。

(2) 発電設備

発電設備の97%は水力発電である。主要水力発電設備は、運転には特に重大な支障は生じていない。すべての既設水力発電所は流れ込み式(Run-of-River)タイプである。また、現在建設中で2006年完成予定のTala (1,020 MW) と2004年に完成したBasochhu-II (40 MW) 水力発電所もRun-of-Riverタイプ(流れ込み式)である。したがって、将来需要が増加した場合に、低流量期間のピーク負荷需要や電力量需要に対応できるかどうかを、慎重に検討する必要がある。これら発電所のピーク電力・発生電力量とも現在の需要を充分満たしており、余剰電力はインドに輸出している。

(3) 送電設備

現在のブータン国内で運転している最高送電電圧は220 kVであり、西部地域のChukha水力発電所からティンブー県のSimtokha変電所およびインドBirpara変電所への電力輸送出用送電線に適用されている。西部地域の系統電圧は220 kVと66 kVであり、中央・東部地域の送電系統電圧は132 kVである。220 kV送電線はChukha発電所関連の6区間308 km、132 kVは中央・東部地域9区間354.2 km、西部地域の66 kV設備が14区間246.1 kmで運転されている。2005年完成予定のTala水力発電所からインドへの電力輸出用に400 kV送電線を建設中である。

運転地域の標高が高いために、設備の絶縁強度を、通常より高めに設定している。使用電線は、電圧によりサイズが統一されていることも、この国の特色である。すべてACSR(鋼芯アルミより線)を適用し、220 kV送電線にはZebra (400mm²)、132 kV送電線にはPanther (200 mm²)、66 kV送電線にはDog (100 mm²) を使用している。

(4) 変電設備

2004年7月現在、中央・東部系統に9カ所(設備総容量210 MVA)、西部系統に15カ所(設備総容量812.5 MVA)の高圧変電所が稼働している。発電所端の変電設備を除き、既設高圧変電設備は、すべて従来型の機器構成で屋外式である。送変電系統の運用の統括は、東部系統ではKilikhar 132 kV変電所、西部系統の北半分をSimtokha 220 kV変電所、南半分を220 kV Singhegaon変電所がPLC回線を使用して実施している。

近い将来には、OPGWによる通信回線と系統中央コントロール・センターにより、全国系統の運用を行うことが計画されている。

(5) 配電設備

ブータンの配電設備は、33-6.6 kVの中圧配電線、400 Vの低圧配電線、33 kV以下の配電用変電所から構成されている。

33-6.6 kVの中圧配電線の総互長は約1,500 kmであり、県別の内訳は首都ティンブーがその約16%、ブータン東部のタンガン県が約18%を占めている。ティンブーでは、11 kV配電線の地中化が進んでおり、その互長は、約26 km、約23%に達している。

低圧配電線の総互長は、約1,500 kmである。

配電用変電所については、全794カ所のうち約82%が11/0.4 kVの変電所である。

(6) オフグリッド設備

オフグリッドによる電化世帯数は、2004年6月現在で、太陽光が最も多く2,336世帯(DOE把握分)、次いで小水力による独立系統(ミニグリッド)が1,721世帯となっている。これらの中には、ディーゼルと併用されているものがある。一方、ディーゼル発電のみによる電化世帯数は129世帯となっている。

(7) 小水力発電設備

2004年6月現在で15カ所の小水力発電所が稼働している。このうち、13カ所の小水力発電所が日本の無償資金協力で建設された。すでに幾つかの小水力発電所は、系統連携されている。

(8) 太陽光発電設備

ブータン全土で239 kWp以上の太陽光発電システムが設置済みであるとされているが、ブータン政府が独自に実施した太陽光発電のプロジェクトは少なく、各国ドナーからのプロジェクトによる設置がほとんどである。しかし、既に太陽光発電機器の一般への販売も開始されており、ビジネスベースでの普及も始まっている。

現時点では、太陽光、風力、バイオマス等の再生可能エネルギーを利用した村落全体の電化が行われた例はないが、DOE-RED (Renewable Energy Division)が、外国援助機関の協力のもとに、小型太陽光発電設備(ソーラーホームシステム: SHS)を一般住宅、修道院、寺院、学校、診療所等に設置した実績がある。

(9) その他の発電設備

現在、オフグリッド独立電源として運用されているディーゼル発電機は、ブータン国内ではKalikholaとPanbangの2箇所であり、両地域とも独立系統(ミニグリッド)として電力供給が行われている。

風力発電施設は、現段階では確認されていない。また、バイオマスエネルギーの利用については、かつて試験的にバイオガスプラントが導入された実績はあるが、バイオマス発電施設としては現段階では確認されていない。

5. 電力関連開発計画

(1) 電力システムマスタープラン(PSMP)

電力システムマスタープラン(PSMP)調査は、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年の間に行った調査で、ブータン電力セクターの2022年までの下記分野を調査したものである。

- 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。

次期大型水力発電プロジェクトについては、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た大型プロジェクトで、国内供給も行うとしている。78カ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。さらに、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。

高圧送変電設備については、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、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、地方電化計画を検討した。

オフグリッド電力供給については、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。オングリッドの拡張を実施しても、現実には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や世帯の電化の対策についての記述はない。

(2) 配電線拡張計画(ADB/RE-1, RE-2, RE-3)

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 ヶ年で計画され、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。

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。

(3) オフグリッド電源による開発計画

■ 小水力発電

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)²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の Chendebji 小水力(70 kW)小規模 CDM プロジェクトの 2 ヶ所である。

² 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。

■ 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。

■ バイオマスエネルギー

ブータンは世界でも有数の1人当たりの薪消費量が多い国である。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。

(4) 電力セクターにおけるドナーの活動状況

電力セクター全体としては、インドの支援が圧倒的に多く、特に水力発電所の建設が支援予算のほとんどを占めている。地方電化については、過去3度の5ヵ年計画にADBがローンを提供している。現在進められている第3次地方電化計画(ADB/RE-3)が、その3回目のローンによるものである。

他に、水力、小水力、太陽光の分野で、オーストリア、日本、ノルウェー、UNDP、オランダ、スウェーデンが主なドナーとなっている。

(5) 道路開発計画

ブータン国では、国土の大部分を急峻な山間地域が占めるため、アクセス道路が存在しない場所へ電力を供給する場合、建設工事やメンテナンスが困難となり、電化計画策定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。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。ADBの支援の下、第10次から第13次5ヵ年計画(2007-27年)を対象期間とした道路計画マスタープランが作成されたが、ほとんどの計画に対し実施のための予算ができていない。

さらに大きな問題は、既存道路の情報も正確に把握されていないことである。既存道路は正確な位置情報を持っておらず、GISや地形図上で正確な位置を確認することはできない。

配電線延長計画を策定する段階で、正確な既存道路位置及び道路整備計画を図面上で確認することが極めて重要である。まずは、ブータン国の全ての既存道路位置の正確な把握とGIS地形図上での管理が望まれる。

6. 情報通信分野の現状と開発計画

(1) 地方電化と情報通信

地方電化事業において、電灯を燈すだけでは、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。

電化による便益効果としては、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。

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、必要な費用も安くて済むことになる。

(2) 情報通信網の現状と開発計画

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、VSAT³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。

■ 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66kV送電線に敷設された光ファイバーの運用が開始された。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。第9次5ヵ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。

■ 携帯電話

携帯電話サービス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, 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。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。中央省庁では専用線を介してインターネッ

³ 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。

トに接続された LAN⁴ 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。

現時点ではブータン通信公社は ADSL⁵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。

■ テレビ放送

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。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たが、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は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。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⁶。

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。現在、ブータン政府は日本政府に、マイクロウェーブや光ファイバー網による全国 TV ネットワーク網構築のため、無償資金技術協力を要請している。

■ ラジオ放送

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。

(3) 電力供給事業における通信の現状と今後

電力系統は、西部系統と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。

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。光ファイバーを内蔵し、かつ本来の避雷防止機能を有する架空地線 OPGW を既設の架空地線と置換する計画である。

⁴ Local Area Network

⁵ 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

⁶ Media Impact Study 2003, Ministry of Information and Communication, 2003

BPC は、まず西部系統の既設 66 kV 以上のすべての送電線の架空地線を 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。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。

(4) 情報通信分野におけるドナーの活動状況

情報通信分野では、日本、UNDP、デンマーク、インドが支援活動を行っている。

(5) 地方行政における情報通信網の現状と可能性

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。県庁レベルでは、電話、ファクシミリ、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。

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。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。

7. 未電化村落の現状

(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ヵ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。

(2) 未電化村落の調査結果

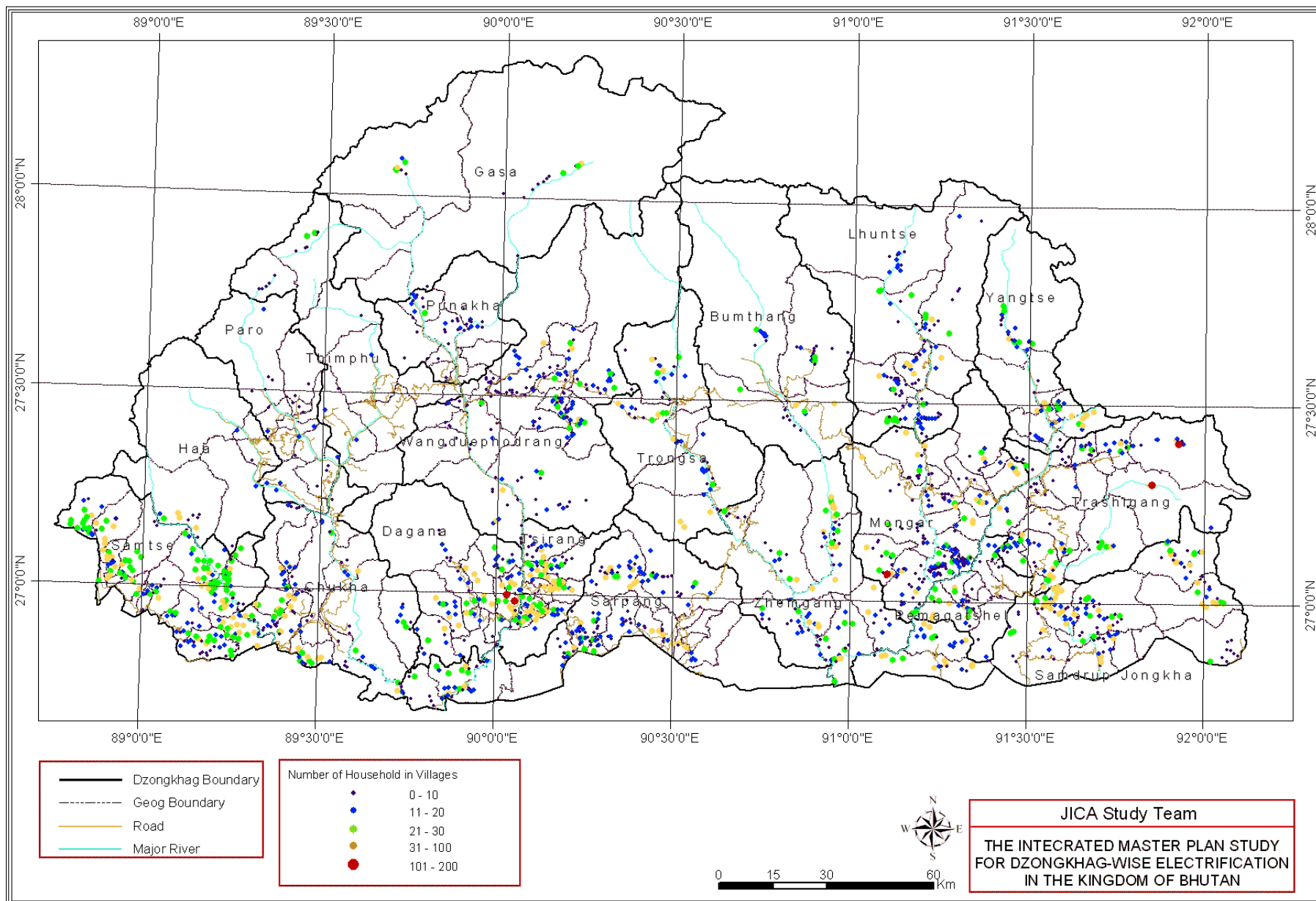
調査の結果、第9次5ヵ年計画以降に電化されるべき未電化村落は、全部で 1,716 村落(世帯数 29,942、人口 225,658)あることが判明した。未電化村落の県別村落数及び世帯数を表-3 に要約した。

表-3 第9次5ヵ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)
プナカ	35	(2.0)	263	(0.9)	2,089	(0.9)
ガサ	21	(1.2)	331	(1.1)	1,936	(0.9)
ウオンデュポダン	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)
シエムガン	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)

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-1 に示す。



Source: Village Baseline Survey for Rural Electrification (JICA Study Team, 2004)

図-1 第9次5ヵ年計画以降に電化されるべき未電化村落の位置

8. マスタープラン策定における GIS の活用

(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、効率的な調査の運営を図った。

(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。

(3) 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 15 m 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。

(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、系統解析および経済評価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、これら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。

9. 環境社会配慮

(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、ブータン政府は、適切な環境配慮を伴う開発は、決して否定されるものではないとしている。

(2) 環境関連法制度

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。

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。

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。

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。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。

(3) 地方電化に関連する環境法と手続き

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 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。

まず、プロジェクト実施者は、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、NECSに提出する。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。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1) 環境クリアランスが発行される場合、2) 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、の3種類となる。

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。

他に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。また、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。

(4) 地方電化マスタープラン策定に係る環境社会配慮

ブータン国では、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。また、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。

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。

(5) 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

■ 取組みと現状

プロジェクトレベルでの取組みとして、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実施している。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。

■ M/P 対象地方電化への適用の可能性

オフグリッドの場合、チェンデブジ小水力発電プロジェクトの実績より小規模 CDM の適用は可能といえる。

オングリッド電化を CDM 事業として進める場合には、更なる調査が必要であるが、以下の 2 つのシナリオを採用し、CDM 適用の可能性は十分にあると考える。

- 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温室効果ガスが削減される。
- 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。オングリッド電化により、薪炭材利用量増加に伴い排出されるはずであった温室効果ガスが削減される。

PART - B 調査の手法と分析

10. 電力技術基準

(1) 変電設備技術基準の現状

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。

(2) 配電設備技術基準の現状

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とでは、わずかではあるが基準が異なっている。

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実状である。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。

(3) 過去の配電計画における問題点

過去の配電計画の問題点として、以下の点が挙げられる。

- 大容量変圧器の標準的使用: 大半の変圧器容量が 63 kVA で設計されている。変圧器の重量は 33 kV 三相 63 kVA で 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、作業は困難をとまらう。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、経済的ではない。
- 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。
- 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。
- 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。

- 小容量配電線からの大容量配電線の延伸: 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。
- (4) 技術基準に関するブータン側の要望と検討結果
- 技術基準に関するブータン側の要望として以下の検討を行った。
- 支持物: 山間部における作業性を考慮したパンザマストと木柱の適用について検討を行い、ともに限定的な利用を提言した。
 - 電線: 価格が安価な AAC (All-Aluminum Conductor) の採用について検討を行った。しかし、AAC 採用によるコストダウンは数%にとどまるため、従来どおり ACSR を標準とする。また、伐採が困難な保護地区に対しては絶縁電線の採用を提言した。
 - 変圧器: 将来的にも 3 相負荷が見込まれないような村落には単層変圧器の採用を提言した。単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) についても検討したが、デメリットも大きいことが分かった。また、小型のものがあることから、モールド変圧器についても検討したが、結果として、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ことを述べた。
 - 碍子: 現状は磁器碍子を使用しているが、重量が重く作業性が悪いことと、投石により破損するケースがあることから、特徴についてガラス碍子、ポリマー碍子について、性能、作業性、経済性について比較、評価を行った。結果として、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にはポリマー碍子を、故障探査が困難な場所についてはガラス碍子を、使用することを考慮することを提言した。
 - 電圧調整器: 中圧線の電圧低下対策として、電圧調整器が効果的であることを述べた。
 - 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、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を提言した。
- (5) マスタープランに適用する配電設備・計画技術基準

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の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。

11. オフグリッド電化計画

(1) 再生可能エネルギーポテンシャル

■ 気象・水文データの存在状況

ブータン国では、DOE の気象水文課 (Hydromet Services Division) が、全国の水文・気象の観測およびデータ管理を一括して行っている。DOE が管理する気象観測ネットワークでは、全国で計 84 箇所の気象観測所があり、農業気象観測所 Agro-Meteorological Station (Class A) 12 箇所、一般気象観測所 Climatological Station (Class C) 64 カ所がある。これらの観測所では、基本的に毎日 2 回(朝 9:00 と 14:00)、マニュアルでの観測が行われている。

水文観測所は、主な水系に設置されている 1 級流量観測所 (Primary) 16 箇所と 2 級流量観測所 (Secondary) 8 箇所の常時観測所があり、河川水位・流量、浮遊土砂量などの観測が 1987~1991 年頃から開始されている。このほか DOE では、全国 72 箇所の中小河川の観測所 (Lean Season Station) において、1992 年頃から年 1 回程度 12 月~4 月の乾季 (不定期) に低水流量を観測している。

■ 小水力発電ポテンシャル

ブータン国全域を対象とした小水力発電に関する定量的なポテンシャル調査は未だ行われていない。

しかし、先に述べた全国 72 箇所の中小河川乾季流量観測データなどから、ブータン国の東部は概ね、乾季でも小流域河川の流量が豊富であり、特に、北東部のルンツェ県、ヤンツェ県および中部プナカ県の流量は大きいといえる。これらの地域は、地形も急峻であることから小水力発電ポテンシャルが大きい地域であるといえる。一方、西部のティンパー県、チュカ県は、ブータン国内の他県と比較すれば、乾季比流量の値は小さい値となっている。しかしながら、一般的な他国の比流量と比較すれば良好な流量を有し、流域面積と地形 (落差) 次第では、十分なポテンシャルを有しているといえる。

■ 太陽光およびその他の再生可能エネルギー利用発電のポテンシャル

太陽光発電システムの設計で必要となる日射量データは、現在ブータン国ではほとんど存在しない。NASA の衛星データを利用し、概略のポテンシャル推定を行った結果、雨季に降水量の多いブータン国南東部では、平均日射量は 4.3 kWh/m²/日程度となっているが、北部のガサ県や西部では、平均 4.6 kWh/m²/日以上と高い太陽光ポテンシャルであることが分かった。全国平均でも 4.4 kWh/m²/日以上になり、全国的に高いポテンシャルを有しているといえる。

風力については、ブータン国の険峻な地形からも、全国的に風力ポテンシャルは高いものと推察されるが、風況マップ作成や風力発電ポテンシャルの調査も行われていない。

また、バイオマスについては、現在まで、バイオマス発電に関する調査・計画はほとんど行われてこなかったため、発電のデータはない。しかし、国土の殆どが森林で覆われていることから、木質バイオマスのポテンシャルは大きいといえる。さらに、南部低地

は温暖であり、半牧半農の形態も多いため、家畜の糞尿を用いたバイオガスのポテンシャルは高いと考えられる。

(2) 既設オフグリッド電化に適用されている技術基準の現状

小水力発電および太陽光発電は、プロジェクト毎に支援ドナーの技術基準が適用されているのが現状である。また、風力、バイオマスエネルギーについては、実験設備を除いて設備の導入実績がないため、技術基準は存在しない。

(3) マスタープランに適用する技術基準およびモデル

■ 小水力発電

日本の無償資金協力により建設された小水力発電所 (13 ヶ所) は、建設後 10 年以上が経過しているが、現在もなお概ね順調に稼働している。そのため、基本的には日本の無償資金協力で建設された小水力発電施設に適用された技術基準を踏襲することで問題はないと考える。ただし、送電電圧については、日本の無償で建設された小水力発電では 6.6 kV が採用されているが、国際規格であり、ブータン国で標準規格に用いられている電圧 (11 kV 等) を使用することとする。

サイトの条件に合わせて個別に設計するため、標準モデルは提言できないが、ヘッドタンクを将来拡張できる設計としておくなど、将来のピーク需要の伸びに容易に対応できるようにしておくことが望ましい。地方でも熱源として電力を使うブータン国では、将来、ピーク需要が急激に伸びる可能性が高いためである。

■ 太陽光発電

技術基準は国際規格を適用する。

モデルは、ブータン国では一般に民家が分散していることからソーラーホームシステムとする。設備の規模は照明のみを対象とした小型太陽光発電設備と、配電線の延長による電化と同等(量・質とも)の電力供給を行う場合を想定した大型太陽光発電設備の、2 つのモデルを提示した。小型設備の PV モジュール容量は 45 Wp、大型設備の PV モジュール容量は 550 Wp である。小型設備の照明器具としては、LED ランプを標準とした。

■ バイオマスエネルギー

バイオマスを利用したエネルギー供給システムは、ボイラー焚タービン発電、ガス化発電、および、メタン発酵の 3 種に大別できる。このうち、ボイラー焚タービンは系統用の規模であり、グリッドの電源が大型水力により供給されるブータン国においては不適と考えられる。ガス化発電は、原料となる籾殻やウッドチップなどの集積が必要になり、ある程度の規模以上の製材産業や大規模な精米所のある場所に設置されることが、経済上必要である。この条件に合致する場所は、ほぼ確実にオングリッドにより電化されるため、オングリッド電化の対象外となる。一方、メタン発酵は、世帯規模のエネルギー消費にも適用可能である。

したがって、バイオマスの適用のモデルとして、メタン発酵バイオガスから煮炊きの熱供給を行うことにより、照明のみのオフグリッド小型太陽光発電を補う位置付けを提案する。

12. 電力需要予測

(1) 概要

需要予測では、まず、過去の需要予測のレビューを行った。レビューを行ったのは ADB/RE-1、RE-2、RE-3 および電力システムマスタープラン(PSMP)における需要予測である。

本マスタープランに適用する未電化地域の需要予測は、ローカルコンサルタントが実施した未電化村落および既電化村落の現地調査の結果を用いて行った。

未電化村落の予測需要がマスタープラン策定において最も重要な数値であるが、さらに、既電化地域の需要予測も行った。未電化、既電化両需要予測を合わせ、全国レベルの需要予測とし、PSMP との比較および全国レベルの需要バランスの検討も行った。

(2) 未電化村落の電力需要予測手法

地方電化マスタープランの対象となる村落は、過半数の村落が 10 世帯前後の小規模な村落である。このため、各村落の電力需要は、一般家庭用需要が主となり、商工業の需要は副次的なものとなる。規模のやや大きな村落においては、商店、学校、診療所、寺院、小規模産業の需要が考えられるものの、その電力需要は小規模なものになると考えられる。

村落実態調査において確認された地方農村部の電力使用実態を基に、配電計画の前提となる需要原単位(一般家庭用、公共施設、商業用、工業用等に分類)を算出した。また、これらの原単位と、未電化村落の世帯数および各世帯の電力需要の伸び等を用いて、未電化村落の 2020 年までの電力需要想定を行った。マスタープランで用いる需要想定の対象期間は 2020 年までとするが、国家 5 ヶ年計画のフェーズに合わせ、2007 年、2012 年、2017 年、2020 年の 4 段階での需要を算定した。さらに、一律の需要の伸びを仮定してブータン側からの要請により 2030 年までの需要想定を、参考値として算定した。

(3) 未電化地域村落の需要予測結果

全国の未電化村落の潜在需要予測の結果、2003~2020 の年平均伸び率は、最大負荷は 2.4%、月間消費電力量は 3.4% となった。

最大負荷の全国合計は 2020 年で約 58 MW で、同じく 2020 年の月間消費電力量は約 9.6 GWh であった。

2003 年時点での未電化地域の家庭需要家 1 世帯あたりの最大負荷 1.25 kW が、2020 年での予測値は 1.47 kW となった。同様に 1 世帯 1 ヶ月当りの平均電力消費量は、2003 年で 120 kWh が、2020 年での予測値は 141 kWh となった。

(4) 既電化地域の需要予測結果

全国の既電化地域の 2020 年の最大負荷と必要電力量は、2002/03 年のそれぞれの実績値の 3 倍と 4 倍となり、年平均伸び率は標準成長シナリオで、それぞれ 6.7%、8.6% となった。最大負荷の全国合計は 2020 年で約 384 MW で、同じく 2020 年の年間消費電力量は約 2072 GWh であった。

全国の電力量需要の 80% は工業セクターが占めている。工業セクターの 2020 年までの電力量の年平均伸び率(標準成長シナリオ)は 9%である。一方、一般家庭の需要量の年平均伸び率は 5.0%の結果となっている。

県別では、工場の新設が計画されているサルパン、シェムガン、モンガル、サムドゥップジョンカ県の需要伸びが他の県に比べて高い。

(5) 全国レベル需要予測

2003~2020年の期間で、全国の最大負荷の年平均伸び率は7.4%である。同様に、消費電力量の年平均伸び率は9.2%である。2020年における最大負荷の全国合計値は、約440MWで、同年の年間消費電力の全国合計値は約2,200GWhである。

未電化地域の既電化地域に対する消費量の比率は新・増設工業需要の投入前後で10%台から5%台に移行している。ブータンにおける工業セクターの需要に占める割合の大きさを表している。工場の新設・増設が、国の電力セクターへ重大な影響を与えることになる。したがって、工場計画の変更の都度、電力需要予測の見直しが必要である。

(6) PSMP 需要予測値との比較

需要の大半を占める工業負荷の増・新設時期の仮定により、年度毎の予測値は大幅に変わる。代表年を2013年、2020年に選定して、国全体の需要に対する調査団想定値（標準成長シナリオ）とPSMP 想定値の比較を行うと、工業セクターに対する予測値に、顕著な差が見られる。工業セクターにおける2020年のPSMPの全国年間電力量予測値と調査団の予測値の差異は595GWhであった。

PSMPは新設・増設の大型工業計画をネガティブに評価し、想定の中に部分的に取り入れているのみであるように見受けられる。一方、調査団の工業需要想定は、成長シナリオにより多少の修正を施したが、申請されている新・増設の計画を全面的に取り入れた。工業セクターの需要想定以外は、両想定値の差はないと判断される。

(7) 電力需給バランスの検討

検討結果は下記の通りである。

- 1) 国全体の年間需給バランス：供給力が需要量を上回り、なんら問題はない。
- 2) 国全体の渇水期における需給バランス：標準成長シナリオでの需要予測では問題ない。高成長シナリオの2010年と2011年の2年間には必要電力量の数パーセントの不足が危ぶまれるが、2012年のPunatsangchhu-Iの運転開始により解決する。
- 3) 東西電力系統別の年間および渇水期の需給バランス：西部系統では年間および2月のバランスになんら問題はない。東部系統においては2007年~2011年の期間において下記のケースで電力供給に不足を来す可能性がある。
 - 高成長シナリオ(年間および渇水期)：必要電力量およびピーク電力
 - 標準成長シナリオ(年間)：ピーク電力

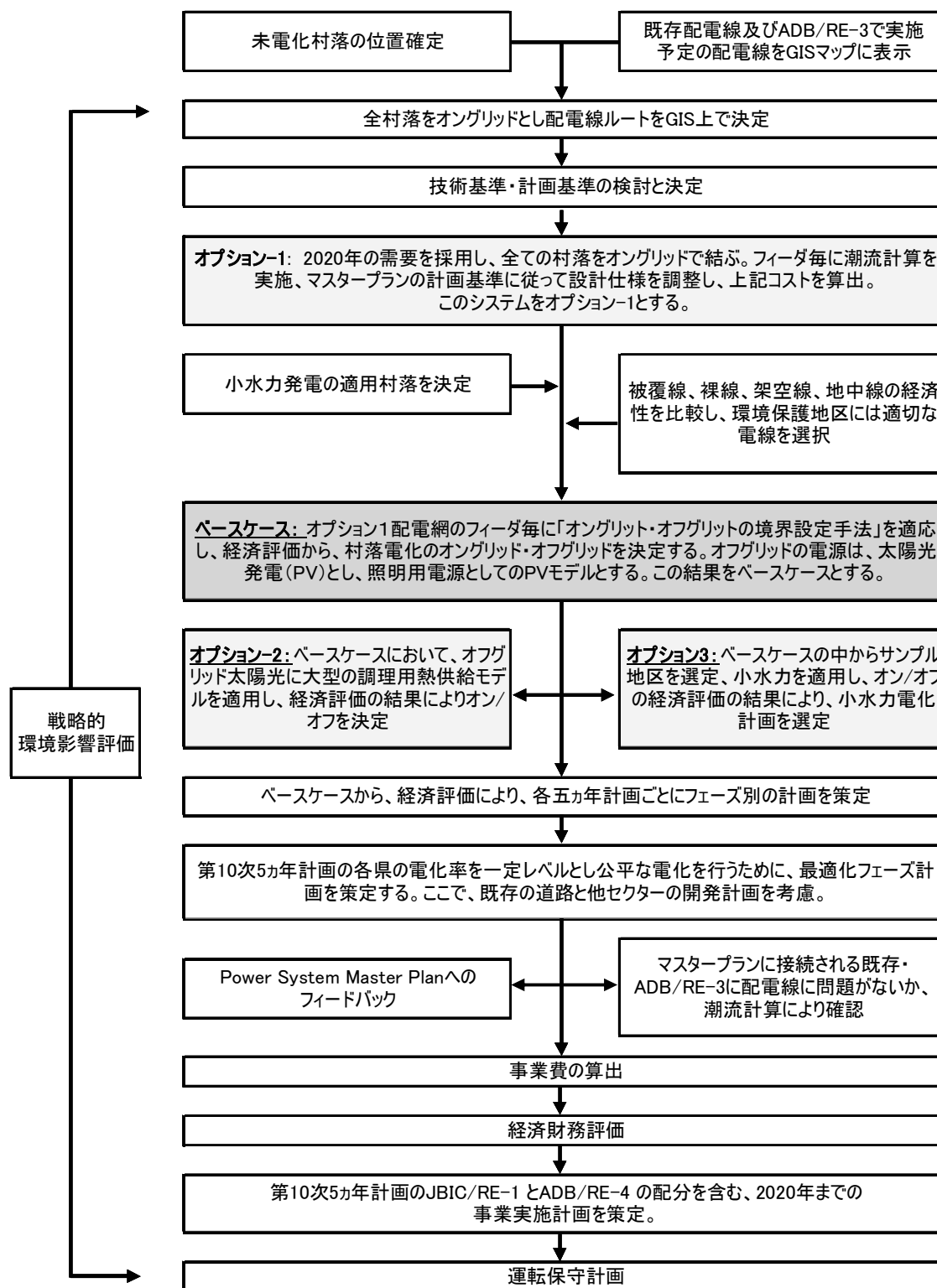
西部系統の余剰電力を東部系統へ融通することにより予想される東部系統の不足電力は解消される。Tsirang (Darje) 変電所からChowabari工業団地への132kV送電線またはPunatsangchhu発電所からSarpang変電所~Gelephu変電所のルートは2012年完成予定ゆえ、インド系統経由により電力融通を行うことになる。

需要予測と工業団地の建設スケジュールを頻繁にレビューして、バランス状況を検討し必要に応じて対処方針を決定すべきである。

13. 地方電化の計画手法

(1) 全体計画フロー

地方電化計画マスタープラン策定作業の全体フローを図-2 に示す。



JICA 調査団作成

図-2 地方電化計画マスタープラン策定作業の全体フロー

まず、村落社会調査により、全ての未電化の位置をデータベースに納め、GIS上に図示した。同様に、全ての既存配電線のルートと、第9次5ヵ年計画で建設予定となっている配電線ルートを、GISデータとしてまとめ、図示した。既存配電線、第9次5ヵ年計画の配電線、あるいは新規建設予定の変電所から、電化目標の未電化村に対して、新規の配電線のルートを計画した。まず、100%の未電化村を全てオングリッドとした際の全体像を把握するため、全ての未電化村を配電線で結んだ。このケースを「オプション-1」とした。この配電線ルートはGIS図上で設計した。

一方、小水力の候補地を選定し、マップスタディを行った。環境保護地域に対しては、コストと環境影響を考慮し、環境負荷低減が可能になる配電線の選定を行った。

電化手法、即ち、オングリッドとオフグリッドの決定は、オン・オフのコストと便益の経済評価により行った。まず、オプション-1の結果において、環境保護地域に選定した被覆線を用いて、コストを算出した。オフグリッドと判定された村落の電源には、照明のための小型PVシステムを適用した。このオン・オフを判定したものを、「ベースケース」と名づける。

ベースケースにおいて、さらに2つの代替案を検討した。1つは、オフグリッドの電源に、調理の熱源の供給を可能にする容量を持つ、大型のPVシステムを適用したものである。これを「オプション-2」とした。もう1つは、オフグリッド電源に、小水力の候補地に小水力を用いる。これを「オプション-3」とした(14章)。

また、5ヵ年計画ごとのフェーズ別計画を、ベースケースより、策定した。経済評価により、フィーダごとの実施優先順位を決定した(15章)。ブータン国政府の方針である、国内の開発の公平性を考慮し、第10次5ヵ年計画終了時の各県の電化率ができるだけ等しいレベルになるように、フェーズ別開発計画を最適化した。また、既存道路近辺のフィーダも実施の優先化を行った(16章)。

マスタープランの結果は、PSMP(Power System Master Plan)へフィードバックした。最適化された計画において、マスタープランの配電線を追加した場合の、既存配電線と第9次5ヵ年計画配電線への適合性を検討した。

最後に、プロジェクトコストを算定し、経済評価を行い、プロジェクトの実施計画を作成し(19章)、維持管理計画を立てた(20章)。実施計画では、第10次5ヵ年計画における「JBIC/RE-1」と「ADB/RE-3」の配分案を作成した。

(2) オングリッド・オフグリッドの境界設定手法

ブータンにおける地方電化は配電網の延長による電化が主となる。しかし、経済性の低い遠隔地については、独立電化方式を採用することになる。

本マスタープランの主要業務のひとつに、配電網の範囲の設定がある。何十kmも離れている小村落へのグリッドの延伸には、経済性はない。また、逆に既存のグリッドから数十mしか離れていない大きな村への延長の経済性が大きいことは、特別な評価を待たずして、明らかである。その中間に位置するような村落へのグリッドの延長を、どのように判断するかが問題である。

ある村落へのグリッド延長は、それより内側にある村落への延長に依存していることが明白である。内側の配電線接続のための費用は、それにつながるすべての村落の便益を考慮しながら、判断する必要がある。たとえ特定の村落への接続ラインが、当村落単独の純便益では正当化できないものであったとしても、それにぶら下がる外郭の村落の純

便益が大きければ、正当化されうる。このようにオン・オフグリッドの境界設定は、ある村落につながる全ての電源側の接続の純便益の総和による経済評価により行った。

(3) 経済評価手法

経済評価では、まず、プロジェクトに対する消費者余剰を便益として定量化した。それと経済的費用を、現在価値ベースで対比させて、投資効率 (EIRR) を算定した。費用、便益の評価で基本となるのが、プロジェクトの実施、非実施 (あるいは代替案実施) を比較して、その差額を、便益、費用ともに計算する方法である。ある・なしの二者択一の選択をするために With/Without 分析とも言われる。

地方電化マスタープランにおいては、大別して「グリッド」、「独立グリッド」、「ソーラーホームシステム(SHS)」の3種類の電化方法が考えられる。

SHS の場合には、ケロシンランプの代替として、蛍光灯等による照明を利用することが主であり、出力を大きくすれば、ラジオや TV の視聴も可能となる。しかしながら、通常の SHS の設備容量では、グリッドによる電化世帯のように、他の電化製品、特にブータンでは照明に次いで人気の高い電気炊飯器等の需要を満たすことはできない。したがって、便益の評価も、一般電化と SHS では、区別して考えることとした。

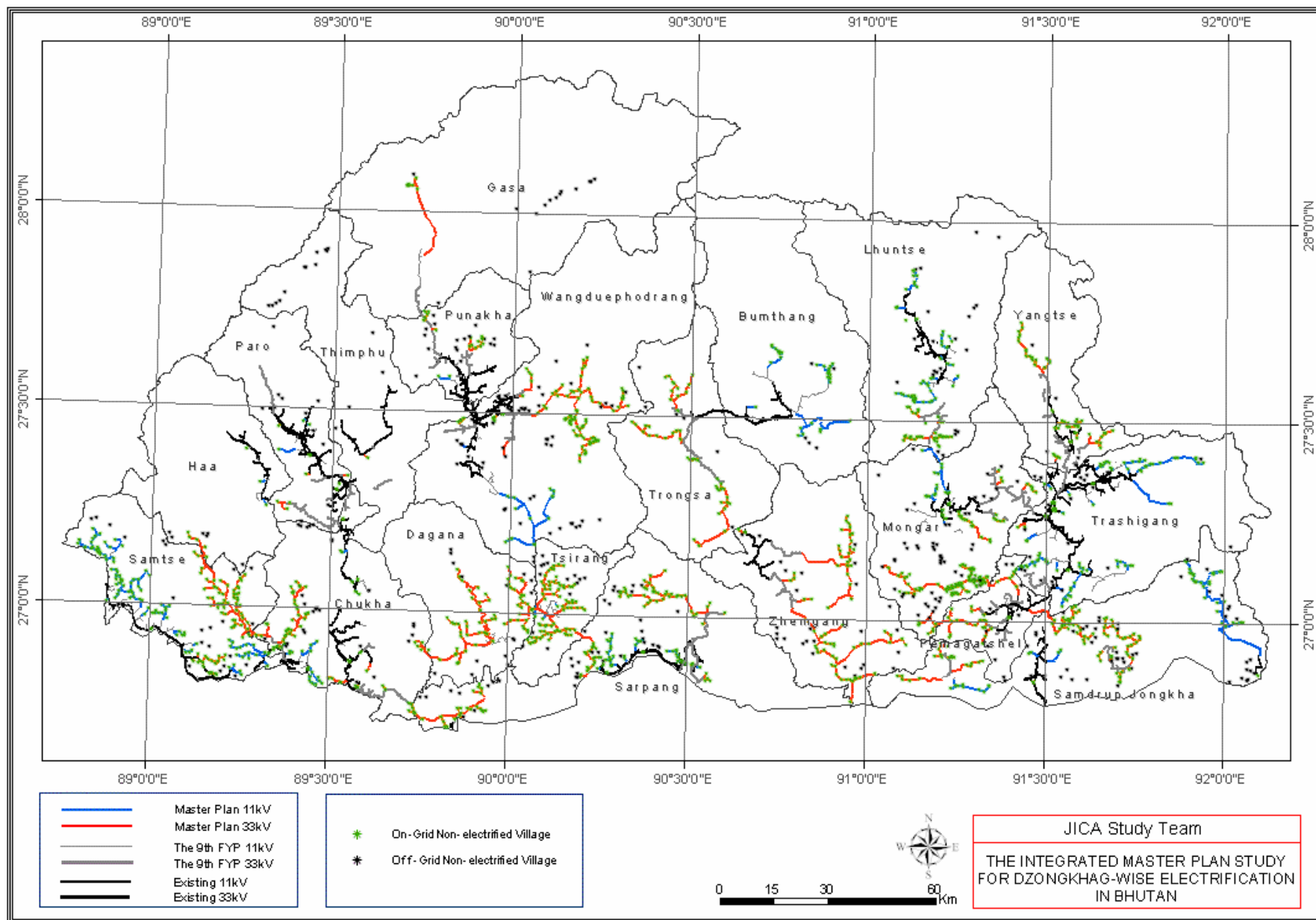
14. マスタープラン策定の分析結果

(1) 地方電化マスタープランの全容

マスタープランの最終目標年 2020 年時点における、未電化村落のオングリッド・オフグリッドを決定した。オフグリッド電化方法は、45 Wp の出力をもつソーラーパネルのソーラーホームシステムで、これと配電線延長のオングリッド電化との比較評価を行った。評価の結果、村の総計の 1,716 のうち 1,267 の村落がグリッドに接続する方が経済便益は大きいという評価となった。図-3 に村落のオン・オフ判定結果と配電線を示す。これをベースケースとする。

延線される配電線の距離は、2,322 km となる。配電部分の電化コストは約 US\$71.4 百万、オフグリッド電化コストが約 US\$2.54 百万、合計約 US\$73.9 百万となった。

オングリッドとなった配電線の内、環境保護地域内に延伸されるのは、12.3%にあたる 286 km であった。この距離については、裸線ではなく、森林の伐採幅を減じるために被覆線を用いた。このために生じたコストは、US\$0.6 百万であった。



JICA 調査団作成

図-3 ベースケースにおける配電網とオン・オフグリッド村落図

(2) オプションスタディー

ベースケースに対して、全ての村落をオングリッドとした場合をオプション-1 とし検討した。オプション- 1 の概要コストは US\$91.4 百万で、ベースケースと比較し、US\$17.4 百万高くなった。

オプション-2 では、550 Wp の出力をもつソーラーパネルのソーラーホームシステムを検討した。これは、照明だけでなく、炊飯器など調理のための電力ニーズをまかなう仕様で、設計したものである。その目的は、グリッド接続と同等の効用をもたらすオフグリッドの代替案として比較するためである。この大型のソーラーホームシステムを代替案としたオン・オフグリッド判定の結果、2020 年の世帯数 44,218 のうち、99.1%に相当する 43,803 世帯がオングリッドとなる。オプション-2 への投資は、合計で US\$88.1 百万となる。

オプション-3 として、39 ヲ所(スキーム)の小水力発電候補地について、オフグリッド小水力による電化計画を机上検討し、オングリッド電化計画との経済性評価を行った。経済性評価の結果、39 ヲ所のうち、ティンブー県の Lingzhi および Jangothang、ガサ県の Laya、モンガル県の Sengor、タシガン県の Khelphu の 5 ヲ所がグリッド延長より経済性のある可能性が示された。ただし、机上検討結果であるため、現地調査も含め更なる検討が必要である。また、オングリッド電化の電源をインドに頼らざるをえないサムドゥップンジョンカ県の Shingkar-Lauri も、オフグリッド小水力による電化を検討すべき地点である。

JICA 調査団作成

(3) 事業費積算

配電設備に加え、オフグリッド(小型ソーラーホーム)設備、通信設備を含め、事業実施の小計を算出し、小計の約 7%の外国コンサルタント費用と 2%の研修費用を含め、総事業費とした。配電設備、通信設備共に、機材、輸送、据付費に 3%の管理費を含んだ金額となっている。総事業費は、US\$86.5 百万となった。

表-4 概算総事業費

項目	金額 (1,000 Nu.)	金額 (US\$)
配電設備	3,211,010	71,355,785
通信設備	242,762	5,394,720
オフグリッド(小型ソーラーホーム設備)	114,407	2,542,375
小計	3,568,180	79,292,879
コンサルタント費用	255,000	5,666,667
研修費用	71,364	1,585,858
総事業費	3,894,543	86,545,404

JICA 調査団作成

(4) 貧困削減効果

貧困削減は、ブータン政府の政策目標の中でも、重要な位置を占める課題である。貧困削減効果の分析は、分配分析とそれ続く貧困削減分析によって行う。その手法は、ADB

の採用する標準的な方法に基づくものである。分配分析の第一は、地方電化にかかわるキープレイヤーを特定することである。次に、財務の純益と経済的純便益、純費用を負担する既プレイヤーに配分していく。分配が完了した段階で、セクターごとに、貧困層の占有率から、貧困層の受益額、負担額を算定し、全体の純便益の中で貧困層への便益の配分の割合、すなわち「貧困削減効果比率」を導出する。具体的には、貧困削減効果率は、貧困層の受け取る経済便益を、プロジェクトとしての経済純益の総額で除した比である。

本計画では、この比率は54%となった。これは、プロジェクトのもたらす経済純便益のうちの54%が、貧困層に帰属することを意味している。

PART - C マスタープラン実施戦略

15. 経済評価ベースのオングリッド地方電化マスタープラン

(1) オングリッドフェーズ別電化計画

地方電化計画は、各5ヵ年計画に準じ、以下の3段階に分かれて実施することになる。

- フェーズ-1：第10次5ヵ年計画、2007-2012年
- フェーズ-2：第11次5ヵ年計画、2012-2017年
- フェーズ3：第12次5ヵ年計画、2017-2020年（100%電化計画最終年次）

オングリッドの場合、このフェーズ別電化計画のために、各フィーダをどの段階で延長していくかを決定せねばならない。まずは、純粋な経済評価に基づいて、各フィーダの実施の優先順位付け、実施のフェーズ分けを行い、オングリッドのフェーズ別電化計画を策定した。経済性を評価するひとつの目安として、12%以上のEIRRを目標とした。

(2) フェーズ-1 (2007-2012年)オングリッド電化計画

第10次5ヵ年計画をフェーズ-1とし、合計209フィーダを、EIRR順に、2007年の世帯数が20,000に達するまで選択した。その結果、フェーズ-1として、125フィーダを選択した。

フェーズ-1の投資額合計はUS\$47.3百万、配電線合計距離は1,431 km、オングリッド電化世帯数は2007年換算で20,654世帯となった。フィーダ中、最高のEIRRはルンツェ県のフィーダMPF11F1-7で57.7%、最低はシェムガン県のMPT33F2-6で12.4%であり、全てのフィーダEIRRが12%を超えることとなった。

(3) フェーズ-2 (2012-2017年)オングリッド電化計画

第11次5ヵ年計画をフェーズ-2とする。209中、フェーズ-1の残り84フィーダを、フェーズ-2で実施することになる。この場合、オングリッド電化計画は第11次5ヵ年計画中に終了する。

フェーズ-2の投資額合計はUS\$24.0百万、配電線合計距離は891 kmとなる。オングリッド電化世帯数は、2007年換算の世帯数で、8,687世帯となる。高いEIRRのフィーダはフェーズ-1で実施されているので、フェーズ-2では低いIRRのフィーダが残ることになる。フィーダ中、最高のEIRRはチュカ県のMPB33F2-7で21.4%、最低はサムツェ県のMPL33F2-12で6.8%であった。尚、48本のフィーダのIRRが12%を下回る。

16. 最適地方電化マスタープラン —マスタープラン調査の結果—

(1) 概要

15章で行った純粋な経済評価によるフェーズ分けの結果、計画では、第10次5ヵ年計画終了時における県ごとの電化率に、大きな偏りが生じた。たとえば、人口の多い県では、その多い人口から得られる便益でフィーダのEIRRが高い傾向を示す。この結果、第10次5ヵ年計画に含まれるフィーダが多くなり、第10次5ヵ年計画終了時点でこれらの県の電化率は相対的に高くなった。また、第9次5ヵ年計画終了時点で、すでに高い電化率を有する県があった一方で、これに比して、第10次5ヵ年計画終了後も依然として低い電化率に留まった県もあった。ブータン政府は、地方開発については、開発

の公平性を、最も重要な方針としている。地方電化においても各県の電化の進捗を同等にする、つまり、第10次5ヵ年計画終了時の電化率をできる限り同等にすることを方針としている。

したがって、本章では上記の方針にしたがい、15章で策定した第10次と第11次5ヵ年計画の実施内容に調整を行った。調整後の計画を最適オングリッド電化のフェーズ計画とした。ここで、調整においては、他開発セクターとの整合性、フィードの既設道路からの距離もフェーズ分けの判断材料とした。さらに、完成した最適オングリッド電化システムで系統解析を行い、システム上の問題点とその対策を示した。

上記に加え、オフグリッドの電化計画についても述べ、これらオングリッドとオフグリッドの計画を合わせ、最適地方電化マスタープランとし、本調査の最終結果として説明した。


(2) 第10次5ヵ年計画のオングリッド電化計画

全213フィード中、フェーズ-1で実施するフィード数は、130フィードとなる。これに接続される世帯数は2007年換算で21,519世帯である。この世帯数にはダガナ県の既存小水力電化地域の張替え対象513帯数を含むので、マスタープラン対象の未電化世帯のうち第10次5ヵ年計画で新たに電化されるのは21,006世帯となる。

配電線の総延長距離は1,580 kmで、その計画実施費用はUS\$49.2百万となる。

(3) 第11次5ヵ年計画のオングリッド電化計画

フェーズ-2となる第11次5ヵ年計画では、213フィード中、フェーズ-1で実施した残りの83フィードを、建設することになる。電化率100%のターゲット年である2020までのフェーズ-3を待つことなく、フェーズ-2でオングリッド電化は終了する計画となる。第11次5ヵ年計画のオングリッド投資額合計はUS\$22.1百万、配電線建設総距離は742 kmとなる。オングリッド電化世帯数は、2007年換算の世帯数で、7,819世帯となる。

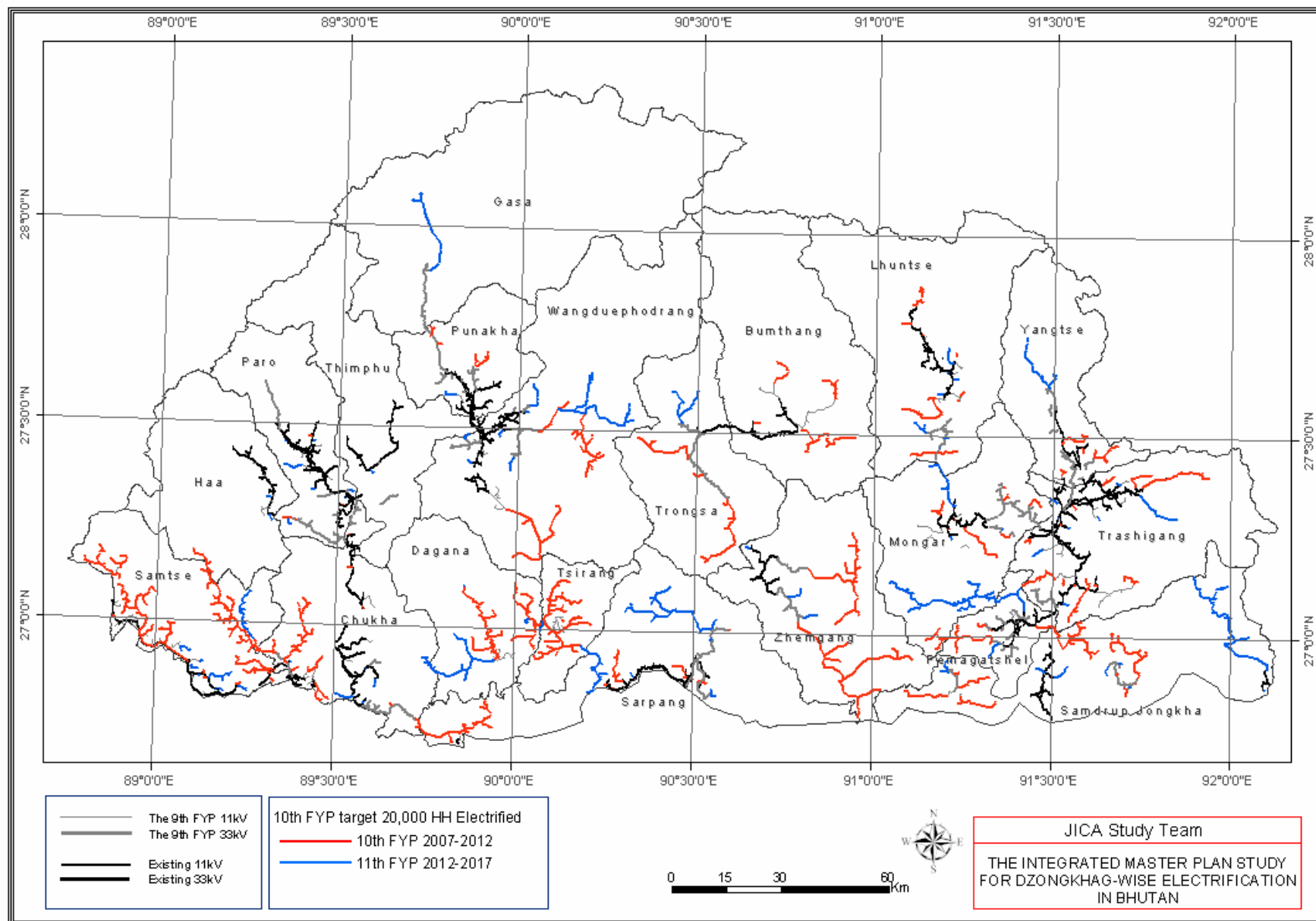
第10次5ヵ年計画分も含め、第11次5ヵ年計画終了時のフェーズ別の配電線延長計画を、-4に示す。

(4) オフグリッド電化計画

本マスタープランの対象となる未電化世帯数は、2020年の予測値で全国44,218世帯となる。オフグリッドでの電化計画世帯数は、2020年において、上記世帯数の11.6%に当たる5,133世帯となる。この世帯数は2007年時点の予測では3,918世帯となる。

オフグリッド電化のシステムは基本的に太陽光のソーラーホームシステムとし、電源ポテンシャルの高い小水力発電は、ドナーからの無償支援が確保された場合に、オプションとして導入する。したがって、マスタープランでは、配電線延長によるオングリッド電化とソーラーホームシステムによるオフグリッド電化で、プロジェクトコストの算出と経済評価を行い、小水力発電のプロジェクトコストはマスタープランの実施コストの中には計上していない。

第10次5ヵ年計画でのオフグリッド電化計画は、DOEの方針に基づき、2,000世帯の電化達成を目標とする。第11次5ヵ年計画のオフグリッドは、第10次5ヵ年計画で導入されなかった全てのオフグリッド電化計画世帯が、導入の対象となり、2007年換算世帯数で、約1,900世帯が対象となる。



JICA 調査団作成

図-4 フェーズ別オングリッド地方電化計画

(5) 経済評価

最適化したオングリッド電化計画について、表-5 に、各 5 カ年計画別の経済評価結果を取りまとめた。フェーズ-1 の第 10 次 5 カ年計画(2007～2012 年)は合計 US\$49.2 百万(2,214 百万 Nu.)の投資額を必要とし、その全体の EIRR は 15%である。第 2 段階であるフェーズ-2 の第 11 次 5 カ年計画(2012～2017 年)では、US\$21.1 百万(950 百万 Nu.)の投資額で、EIRR は 13%となる。

表-5 配電線延伸の経済評価のまとめ

	Unit	Phase-1	Phase-2
		2007-2012	2012-2017
Investment	Nu. million	2,215	996
	US\$ million	49.2	22.1
Distance	km	1,580	742
Household	Nos	21,519	7,819
EIRR	%	14.6%	12.8%

JICA 調査団作成

ソーラーホームシステムの経済評価結果は 45 Wp の小型システムと 550 Wp の大型システムでは、まったく異なる結果となっている。小型のシステムの EIRR が 25%であるのに対して、大型システムの EIRR は、-9%と算出された。

(6) 電化率

表-6 に県ごとの累積電化世帯数と電化率を示す。

2007 年時点で 55.2%であったオングリッド電化率は、第 10 次 5 カ年計画終了時には 84.5%、第 11 次 5 カ年計画終了時には 94.7%となる。本マスタープランでは地方電化の電化率 100%は第 11 次 5 カ年計画で達成されることになる。つまり、地方世帯の約 95%⁷が配電線に接続され、残りの 5%がオフグリッドとなる。

⁷ 既存、第 9 次 5 カ年計画の電化世帯を含んだ電化率。

表-6 県別電化率

Dzongkhag	Target nos of Electrification	At the end of 9th FYP		At the End of 10th FYP			At the End of 11th FYP			
		On Grid Electrified Households	% On-grid Electrified	On Grid Electrified Households	off + non-electrified Households	% On-grid Electrified	On Grid Electrified Households	Off-grid Households	% On-grid Electrified	Total % Eletrified
Bumthang	2,012	1,518	75.4%	1,993	19	99.1%	1,993	19	99.1%	100%
Chukha	4,550	2,565	56.4%	3,987	563	87.6%	4,266	284	93.8%	100%
Dagana	2,983	1,019	34.2%	2,750	233	92.2%	2,783	200	93.3%	100%
Gasa	569	207	36.4%	207	362	36.4%	391	178	68.7%	100%
Haa	1,203	926	77.0%	1,108	95	92.1%	1,134	69	94.3%	100%
Lhuntse	2,643	1,166	44.1%	1,987	656	75.2%	2,349	294	88.9%	100%
Mongar	5,851	2,986	51.0%	4,043	1,808	69.1%	5,353	498	91.5%	100%
Paro	4,387	4,213	96.0%	4,270	117	97.3%	4,317	70	98.4%	100%
Pemagatshel	2,772	2,129	76.8%	2,599	173	93.8%	2,724	48	98.3%	100%
Punakha	2,414	2,139	88.6%	2,306	108	95.5%	2,321	93	96.1%	100%
Samdrup Jongkhar	5,574	1,737	31.2%	3,940	1,634	70.7%	5,173	401	92.8%	100%
Samtse	7,879	3,114	39.5%	6,772	1,107	85.9%	7,624	255	96.8%	100%
Sarpang	5,093	2,100	41.2%	3,485	1,608	68.4%	4,708	385	92.4%	100%
Thimphu	1,933	1,798	93.0%	1,798	135	93.0%	1,812	121	93.7%	100%
Trashigang	8,752	6,546	74.8%	8,152	600	93.1%	8,596	156	98.2%	100%
Trashiyangtse	3,102	1,840	59.3%	2,714	388	87.5%	3,067	35	98.9%	100%
Trongsa	1,729	768	44.4%	1,474	255	85.3%	1,697	32	98.1%	100%
Tsirang	3,406	812	23.8%	3,235	171	95.0%	3,265	141	95.9%	100%
Wangdue phodrang	4,225	2,388	56.5%	3,325	900	78.7%	3,851	374	91.1%	100%
Zhemgang	2,322	565	24.3%	1,901	421	81.9%	2,057	265	88.6%	100%
TOTAL	73,399	40,536	55.2%	62,046	11,353	84.5%	69,481	3,918	94.7%	100%

All households were forecast number of the year 2007 to calculate electrified percentage, since existing electrified household in 9th FYP was only available in 2007.

* Dagana includes 396 households connected to existing line to be replaced.

JICA 調査団作成

17. 戦略的環境影響評価

(1) 戦略的環境影響評価適用の目的

ブータンは、2020年の100%電化率を目標と掲げる一方で、持続可能な発展や、60%の森林被覆率を確保すること等を挙げて、開発と環境の両立を目指している。環境法制度においては「環境クリアランスと戦略的環境影響評価規則」で、マスタープラン策定時のSEAの実施を規定している。しかし、今のところSEAが実施された事例は存在しない。本マスタープランの策定においては、SEAを「事業実施に伴う重大な環境影響を回避するための、マスタープラン段階における環境配慮」としてその考え方を適用し、ケーススタディとして実施した。

上記規則や、JICA環境社会配慮ガイドラインを考慮して、以下の3点をSEA適用の基本コンセプトとした。

- 1) 地方電化事業に係る政策、方針の考慮
- 2) 政策決定における情報公開と透明性の促進
- 3) ブータンのSEAガイドラインとの整合

マスタープランの策定へのSEAの考え方の適用により達成される事項として、以下が想定される。ケーススタディでは、これらに関しても貢献する実施内容となるよう留意した。

- 持続可能性の概念が政策決定に反映されることを容易にする
- 累積的で大規模な環境影響に関し、早期段階での配慮を行う
- 事業実施段階での環境影響評価EIAの実施を強化し、支援する

(2) 環境影響の低減策(環境社会配慮の方針)

次の2点を環境社会配慮/環境影響低減の方針とした。

- 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。

上記で生物回廊(Biological corridor)とは、保護区間を繋ぎ動物の移動を可能とすることを意図して規定されたエリアである。

また、累積的環境影響とは、複数の大規模事業に伴い各事業の環境影響が累積していくことであり、その低減は、他のセクターとの連携により推進可能である。本調査のマスタープラン策定では、道路事業を考慮して配電計画を行うものとした。

■ マスタープランにおける環境影響低減策

上記の方針に基づき、環境影響低減策として、以下の3つを採用した。

- 配電線ルートは、道路に沿って敷設
- 保護地区内へのグリッド敷設は極力回避
- 保護地区内へのグリッド敷設を行う場合には、被覆線を用い、線下伐採範囲を削減

■ 環境コストの考慮

本マスタープラン策定においては、事業の経済評価において環境側面を考慮するために、環境対策に要する環境内部コストの一部を、事業コストとして計上した。一方、工事中のコミュニティへの影響や生態系変化といった、市場では取り扱われない社会・環境費用にあたる環境外部コストは、貨幣価値への換算が困難であり、不確実性が高いためマスタープランでの検討には含めない。

保護地区内へのグリッド延伸計画においては、被覆電線の採用で配電線周辺の森林伐採を最小限とする対策を採用し、この対策に伴うコスト上昇を内部コストとして事業費に計上した。オン/オフ電化を判断する経済評価においては、このコスト上昇を考慮した。この環境対策コストの内部化により、マスタープラン策定において環境保護に重み付けを行ったこととなり、保護地区内のグリッド延長の提案は縮小した。事業の実施前に、特に保護地区においては、事業用地の環境現況の再確認を行い、精度を高めた環境検討を実施する必要がある。

(3) 計画策定における情報公開

本調査では、3度のワークショップを開催し、いずれのワークショップにおいてもマスタープラン策定における環境配慮、環境検討について発表を行い、地方電化事業と環境への影響等について意見交換を行った。

(4) 事業実施段階における環境影響低減策

事業実施段階では、各事業区域周辺の個別の状況が存在し、それらが明らかになる。そのため、マスタープランでの対策以外にも、環境影響への対策を講じる必要が生じる可能性がある。

本マスタープランでは、道路セクターとの連携による事業の容易かつ円滑な推進を想定した。道路セクターのみならず、他のセクターの蓄積や経験を活かし、GIS等のデータ

の共有化を進め、累積的影響が懸念される道路開発や都市開発事業等の SEA、または EIA 等の環境検討においても、蓄積・共有された情報が有効に活用されることが望まれる。

(5) 環境影響評価 TOR 案策定

環境影響評価法(EA Act 2000)では、環境クリアランス申請に示される情報に基づく審査により、重大な環境影響を伴うと判断された事業に対してのみ、EIA の実施を規定している。EIA の実施に際しては、先に EIA の TOR (Terms of Reference)を NEC に提出する必要がある。しかし、今のところ、当該法に基づく手続きを経て、EIA が実施された事例はなく、現況調査方法や影響予測、評価手法、すなわち実施内容の TOR が明確ではない。環境影響評価 TOR 案の策定は、その TOR 案が、EIA が必要と判断された事業の EIA 実施の際に参考となり、適切な EIA の実施に資することを目的とした。

18. 情報通信網拡張計画

(1) 情報通信網拡張計画

本マスタープランでは「配電線の延長が予定される郡のセンターまで、配電線と同時に光ファイバーを併架する」ことを提言した。

ただし、既設の配電線についても必要に応じて情報通信網を整備しなければネットワークとして機能しない。そこで、既設配電網に追加する情報通信網についてもそのコストを計上し全体コストを算出した。

(2) 情報通信網拡張計画における需要と便益

現時点で想定される需要とそれによって得られる便益は次表のとおりである。

表-7 情報通信網拡張計画において想定される需要と便益

行政	行政業務の効率化と地方分権の促進 住民サービスの向上 各省庁のデータベースシステムの効率的な活用
通信	基幹回線の安定・高速・大容量化 地方への回線の高速・大容量化 ネットワークの IP 化への対応 長寿命な光ファイバー化によるメンテナンスコストの節減 新しいサービスの導入が可能になることによるブータン通信公社の収益増
放送	電波の届かないエリアへ番組配信が可能になることによるサービスエリアの拡大 地方で撮影した映像を中央に送ることが可能となることによる番組制作への活用と番組の質の向上 各地のケーブルテレビ会社への番組配信のリアルタイム化
教育	インフラの改善で地方への赴任を拒まない教員が増加することによる地方の教育の質的向上 地方の教員に対するオンラインでの研修機会の提供 児童・生徒に対する遠隔教育やコンピュータ教育の可能性
保健	通信事情の改善 ビデオフォンを経由した中央病院・県病院配属の医師等技術者による診察・指示 インターネット等により最新の医療情報の収集

JICA 調査団作成

上記に加え、既に利用が始まっている電力セクターでの電力システム制御は確実な需要である。

(3) 情報通信網拡張計画のコスト

総事業費の算出結果は表-8のとおりである。総事業費はUS\$5.4百万と見積もられる。

表-8 情報通信網拡張計画の総事業費

品目	数量	単価	小計	設置の対象・備考
光ファイバーケーブル	1,015km	US\$2,160/km	US\$1,974,456	本マスタープランにより延伸される配電網に併架される。敷設費用を含む。
光ファイバーケーブル	1,224km	US\$2,160/km	US\$2,380,968	既設ならびに ADB/RE-3 の配電網に併架される。敷設費用を含む。
光終端装置	40	US\$18,000/Unit	US\$648,000	設置費用、輸送費を含む。
加入者構内装置	193	US\$1,920/Unit	US\$333,696	設置費用、輸送費を含む。
リピーター	80	US\$800/Unit	US\$57,600	設置費用、輸送費を含む。
計	-	-	US\$5,394,720	-

単価は第 10 次 5 年計画での導入分に対するものである。第 11 次 5 年計画以降では単価が下がるため、数量×単価は小計と一致しない。

JICA 調査団作成

(4) 情報通信網拡張計画の経済評価

安全保障の観点では、情報通信網は単なる経済評価以上の重要な価値がある。しかし、本マスタープランでは費用節約効果や付加価値による便益のみに限定して経済評価を行った。経済評価の結果は投資利益率(ROI)が第 10 次 5 年計画では 1.8%であった。しかしながら、第 11 次 5 年計画では 6.29%、第 12 次 5 年計画では 24.0%に向上する。感度分析(前提条件を変化させた場合の経費の増減額を試算する分析)における 20%の導入費用増加ケース、想定よりも 20%需要が少なかったケースでは、第 10 次 5 年計画では各々 1.6%、-0.3%の EIRR となった。インターネットの需要が 100%実現した場合は 9.0%の EIRR であり、全く実現しない場合には EIRR は-2.5%となる。

高速情報通信網の便益は、情報通信網の構築以外に、ソフトウェア、クライアントレベルでのハードウェアや、配信されるコンテンツなどにも左右される。人的資源も重要な要素であるが、地方では新しい技術に対応した人的資源は不足している。また、最も重要な要素は、公共あるいは民間の新たなサービスの導入を推進し、便益を目に見える形にするための制度である。ブータン国のような小さな国においては、政治的な指導力が発揮され投資が適切なタイミングでなされるかどうかの問題である。より詳細な実現可能性の把握のためには、これらを含めたより広い社会的な制度について調査も行う必要があるだろう。

19. 実施計画

(1) プロジェクト・パッケージ

地方電化マスタープランの包括的な実現性を確保するためには、プロジェクトを複数のパッケージに分割した。具体的には 8 つのパッケージを提案した。これにより、様々なドナーがプロジェクトを選択でき、実施へのハードルを低くすることができる。

言うまでもなく、ブータンは、将来、独力でプロジェクトを実施し、引き続き独自の政府予算と人材のみで、持続的にそのプロジェクトを運営できるようになる必要がある。

ただし、現段階では、ブータンはプロジェクトの実施のためのドナーを求め、ドナーはその予算と援助方針に見合う優良なプロジェクトを求めている。現段階では、このプロジェクトのパッケージ化は、ブータン国とドナー双方にとって、有用であると言える。

(2) 資金計画

■ オングリッド電化

オングリッド電化、即ち、配電線延伸プロジェクトの資金源は、JBIC と ADB のローンによることを想定している。

ブータン国政府は 2005 年 5 月 24 日に円借款の要請書を公式に日本大使館に提出している。この円借款要請に応じて、JBIC は 2005 年 11 月より、SAPROF (Special Assistance for Project Formation) 調査を実施することになっている。

ADB は、第 7 次、第 8 次、第 9 次 5 カ年計画における主要な資金の拠出者であった。第 10 次 5 カ年計画においても、継続して融資を行う意思を有している。

■ オフグリッド電化

14 章、16 章のマスタープランの検討の結果、オフグリッド電化の規模は、全未電化世帯の 12% に相当する 5,133 世帯で、第 10 次 5 カ年計画において 2,000 世帯をオフグリッドで電化する計画である。ブータン政府は、この実施資金に、ローンは適用せず、無償資金を活用する、あるいは政府予算の内から拠出する方針である。

継続的なオフグリッド電化のためには、設備投資の補助金、計画、広報、キャパシティビルディング、モニタリング等にかかる費用、民間の助成等のための財源を確保する必要がある。ドナーの援助が期待されるが、これらの資金をさらに確保するため、オフグリッド電化基金設立を提案した。

(3) 地方電化実施組織体制

■ オングリッド電化

BPC の現況業務に改善と効率化は必要であるが、基本的には DOE と BPC の実施体制と業務分担は、現在の形態を踏襲する。また、DOE の第 9 次 5 カ年計画に掲げられている電力セクターへの、下記方針の遂行が重要である。

- 技能開発とトレーニングによるセクターの人的資源開発
- 中央保守部門の設立の検討 (Begana と小型変圧器工場の民営化)
- 市町村公共企業体の電工の配電サービス参加の検討 (市街地の公益事業への奉仕)
- 企業能力の開発、および、地域団体所属や個人営業の電工・内線電工・外線電工の建設・保守契約への技能訓練
- ADB-TA による民間の電気技能者・内線電工・外線電工の技能開発と訓練

■ オフグリッド電化

オフグリッド電化の実施・維持・管理のための組織体制の構築について、ソーラーホームシステムの導入を念頭に、下の 3 点を方針とする。

- 補助金を適用する。同時に、住民の主体性を強化するため、村落住民の設置費用負担と、維持管理の経費負担を促す。

- 調達における効率性を図るため、機器は政府が一括購入で購入し、政府の所有とする。システムは各世帯へ貸与し、設置費という形で料金を徴収する。
- 設置、及び、維持管理は民間が行う。官民の連携体制を構築することにより、効率化を促す。

上記方針にしたがい、実施組織として想定できる、再生可能エネルギー部、財務省、開発金融機関、民間セクター(Rural Electrification Service Company: RESCO)、村落住民、など、それぞれの役割を提言した。

(4) 実施スケジュール

プロジェクトの実施工程を、**表-9**に示す。

(5) 第10次5ヵ年計画時の実施計画

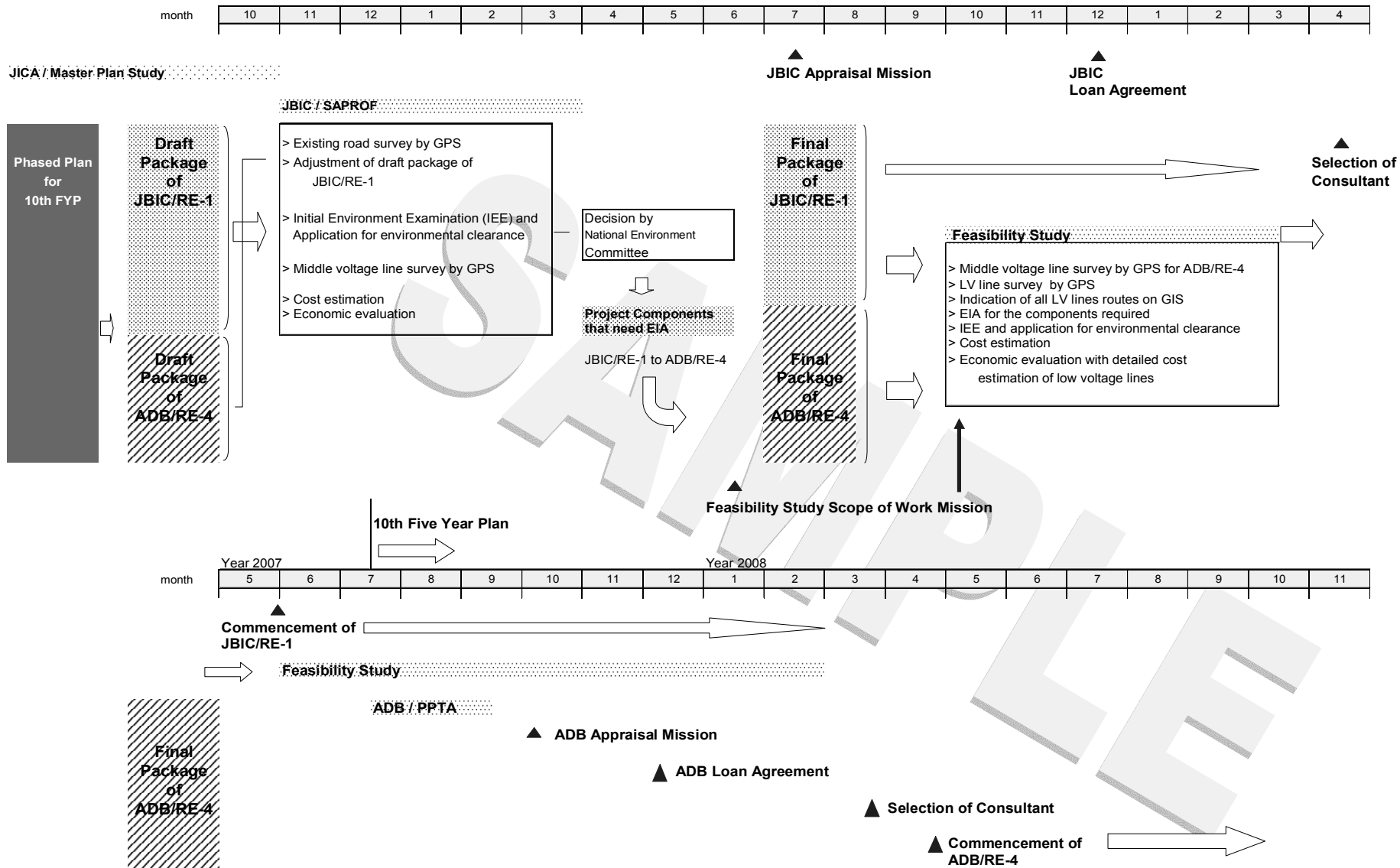
マスタープランで策定された計画が実施されるのは、2007年7月中旬から2020年の同時期までである。マスタープランの第1の実施フェーズである第10次5ヵ年計画が2007年7月に始まり、2012年7月中旬に終了する。

マスタープランの中でも主要な位置を占めるオングリッド電化計画の第10次5ヵ年計画におけるシナリオの例を**図-5**に示す。

STUDY/WORK ITEM	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020										
	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O	J	A	J	O					
Distribution Line Extension																																									
Feasibility Study			■	■	■	■	■					■	■	■	■																										
Selection of Consultant					■		■							■		■																									
Detailed Design					■	■		■							■	■		■																							
Preparation of Tender Documents							■		■							■		■																							
Selection of Contractor							■		■							■		■																							
Material Transportation and Construction								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Commissioning																■	■																								
Off-grid Electrification (Solar Home System)																																									
Feasibility Study			■	■	■	■								■	■	■																									
Basic Design Study							■	■								■	■		■																						
Implementation										■	■	■								■	■																				
Off-grid Electrification (Small Hydro Electrification)																																									
Feasibility Study			■	■	■	■								■	■	■																									
Basic Design Study							■	■								■	■		■																						
Implementation										■	■	■								■	■																				
Information and Communication Network Extension																																									
Feasibility Study			■	■	■	■								■	■	■																									
Selection of Consultant							■									■																									
Detailed Design							■	■								■	■		■																						
Preparation of Tender Documents									■								■		■																						
Selection of Contractor										■							■		■																						
Material Transportation and Construction										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Commissioning																■																									

JICA 調査団作成

表-9 実施スケジュール



Note: The scenario is prepared as sample by Study Team, there is no any commitment for the studies stated above to be conducted.

JICA 調査団作成

図-5 第 10 次 5 カ年計画オングリッド電化計画のシナリオ例

20. 運営維持管理計画

(1) オングリッド維持管理組織体制

財務的には採算性のない地方電力供給事業を持続的に行うためには、財務の透明性と電力供給事業の効率化を図る必要がある。そのため、「地方電力事業持ち株会社」と「村落配電会社」の新設を提言した。

■ 地方電力事業持ち株会社

ブータンでは、政府が地方の電化および運営事業に補助金を支出することに対する、合意がある。その一方で、過度の補助金が経営効率向上のインセンティブを削ぐ可能性がある。一方で、過小の補助金は、サービス品質の劣化、ないしは、負の投資を招く可能性も懸念される。つまり、適正な電力料金と補助金の水準を決定する必要がある。このためには、正確な会計情報が必要である。

地方電化に係わる正確な会計情報を得るためには、全国の電力供給事業を行っているBPCより、地方電力供給事業を分離独立させることが最も効果的である。ただし、二重の組織を作る無駄を避けるため、この組織は、運転保守等の現場のスタッフを一切持たず、外部の機関との財務上の取引のみを行う。

本提案において、小規模な持ち株会社が、地方電力事業に係わる全ての資産を所有することになる。しかしながら、その業務範囲は財務管理のみに限定する。有能な経営能力を持ったスタッフから構成される小規模な組織のほうが、経営効率を向上するには適しているため、地方電化事業の建設の際においても、効率的なマネジメントを追求することができる。

■ 村落配電会社

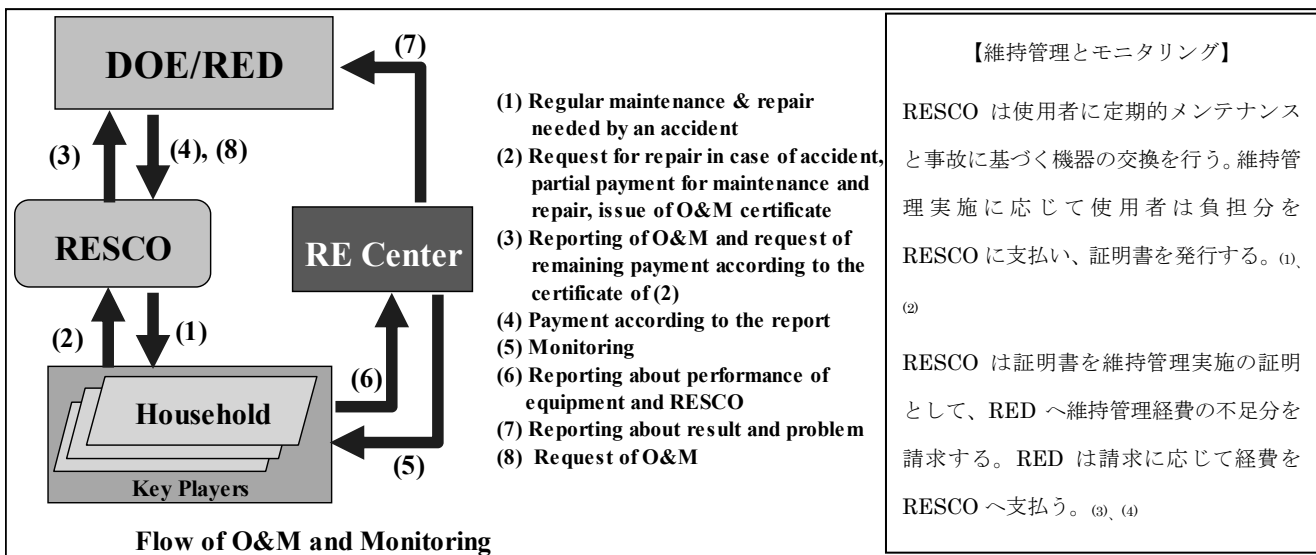
メーターの検針および料金回収の費用を削減するひとつの方法として、業務を村レベルに委託することが考えられる。村レベルというのは必ずしも1村落ではなく、数箇所の村をまとめた経済的な単位である。村レベルでの運営が、コスト削減に繋がることは間違いない。しかしその一方で、運営に関わるリスクと技術能力の欠如が招くリスクを、十分に認識しなければならない。

村落配電会社(VPDC)は中圧線端のトランス以降の低圧ラインの保守、運営が業務範囲となる。具体的な業務としては、メーターの検針および料金回収、低圧線の保守、ユーザーへの室内配線サービスである。BPC・DOEの支援により、技術スタッフの能力向上ないし、高い保守基準を完全に満たすことは不可能である。不測の事故、あるいは重要な機材の交換が必要になる事態に備えて、一種の保険のシステムが必要である。この保険のシステムは、BPCあるいは地方電力事業持ち株会社が運営する必要がある。

(2) オフグリッドの維持管理体制

ブータン国の世帯ベースのソーラーホームシステムを用いたオフグリッド電化においては、民間が維持管理を実施する体制を提言する。

具体的には、以下のフレームワークを提案する。



JICA 調査団作成

図-6 太陽光 SHS オフグリッド電化の実施フレームワーク

(3) 人材育成

地方電化における人材育成として以下の2点を提言した。

- 地方電化センターの設立
- 管理スタッフおよび維持管理スタッフの訓練

地方電化センターは、地方電化にかかる人材育成と維持管理を担当する。ティンパー、ウォンデュポダン、モンガルを拠点とし、それぞれ、東部、中央部、西部を管轄する。管理スタッフの訓練とは、DOE と BPC 本店の管理職及び準管理職にある技術専門スタッフを対象とした能力の開発及び向上を目的とし、維持管理スタッフの訓練とは、BPC 支店職員および現地囑託職員(村落住民)の地方電化維持管理に関する基本的な技能および知識を提供することを目的としたものである。

(4) ディマンド・サイド・マネジメントの適用可能性とマスタープランでの取り扱い

ディマンド・サイド・マネジメント(DSM)は、省電力機器の活用や負荷の平準化など、需要家側でのマネジメントにより、エネルギー供給システム全体としての効率を高めようとするもので、ブータンの地方電化にも適用可能といえる。

ブータン国の地方村落における具体的な DSM の適用方法として、特に以下を提案した。

- LED ランプの採用
- 需要家側での水素製造とその利用

21. 結論と提言

(1) 結論

本マスタープラン調査の結論を以下に示す。

1. 本マスタープランの対象となる第10次5ヵ年計画以降すなわち2007年7月より電化すべき未電化村落の現地踏査を行った。その結果、1,716村落が電化対象村落であり、そこには29,942世帯があることを確認した。
2. 未電化村落の位置はすべて緯度・経度を確認しGISデータとして記録した。また、既設配電線位置、第9次5ヵ年計画で実施されるADB/RE-3の計画配電線位置もGISデータとして記録し、マスタープラン策定の主要な作業はGIS上で効率的に行った。
3. 未電化村落の2020年までの電力需要予測を行った。2020年時点における合計未電化世帯数は43,702世帯まで増加していると予測し、その全体需要はピークで58.6MW、電力量で9,623MWh/月と予測した。
4. 既電化地域の電力需要も予測し、既電化地域と未電化村落の電力需要を合わせた全国レベルの2020年時のピーク需要は442.7MW、電力量で182GWh/月となった。発電側は、2006年より1,020MWの発電容量を持つタラ水力発電所が運転開始を予定しており、合計発電能力は約1,450MWとなるため、発電側の問題は無いといえる。
5. 未電化村落の電化方法は、配電線延長によるオングリッドとソーラーホームシステムによるオフグリッド電化を、経済合理性に基づいて比較し、村落毎に決定した。
6. 上記の結果としてオングリッド電化は、2020年時点で未電化村落の73.8%、未電化世帯の88.4%で、残りがオフグリッド電化となった。配電線の総延長は2,321km、配電線延長コストUS\$71.356百万となった。オフグリッド電化のソーラーホームシステムのコストはUS\$2.54百万であった。
7. マスタープランでは、第11次5ヵ年計画終了時(2017年)に100%電化を達成する計画とした。計画は県別にまとめたものも作成し、各県が参照しやすいものとした。
8. 第10次5ヵ年計画のオングリッド電化は、858村落、21,519世帯(2007年換算)、投資額はUS\$49.2百万、第11次5ヵ年計画では、410村落、7,819世帯(2007年換算)を電化、投資額はUS\$21.1百万である。
9. オフグリッド電化のオプションとして、合計39の小水力発電計画について机上検討を行い、オングリッド電化との経済性比較を行った。この結果、5計画(Lingshi, Jangothang, Laya, Sengor and Khelphu)が、グリッド延長よりも経済的であるという結果となった。この内Sengorについては、UNDP/GEFの支援により小水力プロジェクトが2005年中に開始される予定である。他の4計画およびグリッド延長が技術的に困難な地点やインドからのグリッド延長をする場合に電力供給の信頼性に懸念のある地点(Samdrup Jongkhar 県の Shingkar-Lauri 地点など)については、今後、小水力発電の適用可能性について、更なる詳細調査やF/Sの実施が望まれる。
10. マスタープラン策定段階において、環境保護を明確に重視し、必要な対策・提言を行っているので、事業実施に伴う環境影響は低減されるものと考えられる。
11. 地方開発を効率的に進めるため、地方電化計画と共に情報通信網の拡張を計画した。計画は第10次から第12次までの3期の5ヵ年計画で実施されるものとし、それぞれ

れの EIRR は順に 1.8%、6.2%、24.0%となった。結果より、計画実施の合理性はありと判断する。

12. 地方電化事業の運営維持管理体制について検討を行い、オングリッド電化については、持株会社制と地方分散型運営の考え方を導入し、財務的に透明性のある効率的な運営体制を提案した。オフグリッドについては、所有者意識を高め事業の持続性を確保するため、需要家のコスト負担と、民間機能の導入による維持管理体制を提案した。
13. マスタープラン策定作業は、技術移転を重視し、カウンタパートとの完全な協同作業で行った。また、「ワークショップをカウンタパート自身で行うこと」など明確な技術移転の目標も定めたため、効率的かつ高いレベルの技術移転を行うことができた。

(2) 提言

以下を本マスタープランの提言とする。

1. 第 10 次 5 年計画のオングリッド電化については、JBIC および ADB パッケージを提案し、それぞれのローンによる計画の実施を提言している。JBIC は SAPROF の実施を予定しており、この調査で中圧配電線の現地測量、環境クリアランスの申請までは可能と考える。その後、低圧配電線のルート決定と数量算出、EIA が必要となった場合にはその実施が、大きな作業として残る。この作業を、ADB パッケージの同作業も含め、JICA 他各ドナーの技術支援の中で行うことを提案する。
2. マスタープランは、可能であれば毎年、長くとも 5 年に 1 度は見直す必要がある。この見直し作業をブータンが自分で行えることを目標に、今回のマスタープランでは技術移転に力を入れた。時間の経過とともにマスタープランを構築している各種条件が変化する。特に想定需要、技術進歩の著しいソーラーホームシステムを構築する機器の価格低下には注意し、最新の情報を元にマスタープランの見直しを行うことを提言する。
3. 上記の想定需要については、今回の需要予測の前提条件が適切であるかどうかを、サンプル各需要家端で電力消費量の 24 時間計測を行い、それによって確認することを提言する。
4. 需要側対策(Demand Side Management)の一つとして、将来は、オフピーク時の余剰電力を利用して水の電気分解を行い、水素としてエネルギーを貯留し、ピーク時には、貯留した水素から電気と熱を取り出す、燃料電池などの新技術の適用も検討すべきである。また、蓄えられた水素は、電気のみならず、水素を直接燃焼させるガスコンロや、燃料電池自動車などにも利用可能である。これにより薪炭や化石燃料の削減効果も期待でき、森林保全にも有効となろう。
5. 環境に関する基礎データのデータベース化を提言する。自然環境、社会環境の既存資料の整備が遅れている。動物相、植物相に関する調査は数多く行われているものの体系的な整理が成されていないため、十分に活用できないのが現状であった。
6. 本調査で検討した情報通信網拡張は、地方開発をセクター間で協調して行うことで、その開発コストを低減させかつ効率的に行うことができる提案である。今後、フィージビリティ調査で、さらに検討することを提言する。