

第3章 チベット自治区の政治経済

3-1 政治経済事情

チベット自治区は面積120万km²で、人口は255万5100人（常住人口）、1km²当りの人口は約2人と希薄であり、中国国内でも有数の貧困地域である。

チベット自治区の行政区分は、6つの地区と1つの地区級市（ラサ市）の合計7地区に分かれ、地区の下に76県と1県級市がある。ラサ市以外の地区はアリ地区、シガツェ地区、ナクチェ地区、口カ地区、コンボ地区、チャムド地区である。

チベット自治区の国内総生産は、105.51億元で、産業別に見ると、第1次産業が34.19億元（32.4%）、第2次産業が24.0億元（22.7%）、第3次産業が47.42億元（44.9%）となっている。住民1人当りのGDPは、4129元（約500ドル）と非常に低い水準に留まっている。チベット自治区の第9次5ヵ年計画期間（1996年～2000年）中のGDP成長率は14%であり、現在策定中の第10次5ヵ年計画（2001年～2005年）では、第1次産業の成長率を年平均6%、第2次産業は15%、第3次産業は12%と見積もっている。

チベット自治区の年間経常予算は約18億元であるが、自治区独自の歳入は2億元のみで、16億元を中国政府からの補助に依存している。このほかにプロジェクトベースで年間平均20億元が中国政府から投入されており、さらにその他のカウンターパート（中国国内の支援省、特別市）等からの支援が年間10億元以上ある。このようにチベット自治区は、財政的には完全に中国政府に依存している。

現在、中国政府はチベット自治区を含む中国西部地域の開発に力を入れており、本年に入り、西部大開発計画を打ち出している。

表3-1 チベット自治区の地区別人口

1990年人口調査及び1992年中国人口統計年鑑による。定住人口。

地区名	県数	チベット族	中国	その他	合計
ラサ市区	* 8	327,882	44,945	3,141	375,968
うちラサ市	—	96,431	40,387	2,998	139,816
口カ地区	12	274,235	5,715	857	280,807
コンボ地区	7	109,828	13,865	10,731	134,424
シガツェ地区	18	542,207	4,918	2,043	549,168
アリ地区	7	60,181	1,432	26	61,639
ナクチュ	11	290,771	2,954	117	293,842
チャムド地区	15	491,614	7,008	1,540	500,162
チベット 自治区合計	78	2,096,718	80,837	18,474	2,196,029

出典：1998 Tibet Information Network、*ラサ市を含む。



図3-1 チベット自治区行政区分

3-2 エネルギー - 政策

チベット自治区の主要なエネルギー - 源は水力発電、地熱、太陽光発電である。一方、石油は輸送コストがかかり、非常に高価格である。

水力発電については、中国で3番目に多くの包蔵水力を有しており、自治区の東部のキンサ川、ランサ川、ヌ川、ヤルツァンボ川に資源が集中している。特にヤルツァンボ川はチベット自治区を西から東に流れ、さらに南に向きを変えて流れる大河であり、チベット東部で南に向きを変える地域は4000万 kWの開発能力を有している。しかしながら、この地区は中部電力網から遠いため、現在はラサ川等の支流において水力発電の開発を行っている。

地熱資源については、自治区全体に地熱兆候が認められている。そのなかで経済性が高い地点は羊八井地点である。同地点は中部電力網の中央に位置しており、すでに20年以上にわたって地熱発電の開発の実績を有している。

太陽光発電については、北西部に集中している。ラサは「太陽の城」と呼ばれるほど太陽光に恵まれている。水力資源は東部に集中し、北西部地区はすくないため、北西部では太陽光発電の開発を進めている。アリ地区及びナクチュ地区の7県で太陽光発電所を建設している。

このようなチベットのエネルギー資源の賦存状況を踏まえて、チベット自治区政府は、次のような基本方針でエネルギー開発に取り組んでいる。

- ・ 水力発電の開発促進
- ・ 太陽光発電及び地熱発電の開発促進
- ・ 送配電網の拡充
- ・ 集中型電源と分散型電源の最適利用

なお、チベット自治区政府はエネルギーマスタープランを作成している。(全体で4分冊)

第4章 チベット自治区電力セクター

第4章 チベット自治区電力セクタ -

4-1 関連組織

チベット自治区電力工業局はチベット自治区政府機関で電力行政を担当している。一方、チベット自治区電力公司是、国が出資して設立した電力会社であり、電力工業局の監督の基で実際の電力供給を行っている。現在のところ、電力工業局と電力公司是、双方の最高責任者である局長と総経理を同一人物が兼務しており、実態は2つの看板と2つの機能を有する1つの組織となっている。電力公司是2000年3月から資産及び財務関係に変更を加えずに、電気事業の运营管理を国家電力公司に移行させており、将来的には国家電力公司の完全な子会社になることが決まっている。このように、チベット自治区における電力供給はこれまでの自治区政府による直営事業から、電力行政と電気事業が完全に分離された体制への移行の過渡期にある。なお、将来、円借款を利用する際には、電力公司が借款の申し込み、返済に責任を有する機関となる。

電気事業には、下記のとおり、多くの行政機関が関与している。

自治区計画発展委員会：電力発展計画、建設プロジェクト管理、生産指導型計画

自治区経済貿易委員会：経済運営、技術開発、安全生産管理等の管理・監督

自治区財政庁：国家資産、財務予算・決算の管理、事業機関の予算手当て

自治区工商局：経営許可証、営業許可証の発行

自治区物価局：電気料金の審査、許可及び電気料金の徴収

自治区税務局：税金の徴収

自治区科学技術庁：科学技術プロジェクトの研究・開発、科学技術に関する外国との協力プロジェクトの管理

自治区環境保全部門：環境保全に係る監督

自治区国土資源庁：土地の使用、資源の補償管理、地熱資源開発・研究の協力。地熱地質大隊は国土資源庁の一部である。

自治区審計局：財務の会計検査

銀行：預金、貸付、支払い、決算

4-2 電気事業の概要

チベット電力公司是、子会社、出資会社等に対する运营管理、電力関連企業の対する融資・投資、チベット中部地区の電力網の运营管理及び直屬発電所の運転管理、独立した地区電力網に対する統一的な計画・建設・运营管理、外国との経済・技術交流を行っている。同公司是、2つの事業体と6つの子会社を有している。チベット電力調度通信局は、チベット電力公司の発電部門の管理、直屬電力網の運営・管理、直屬電力網による通信の管理を行っている。中部電力網から独立している地区電力網の运营管理に対する指導監督も行っている。ラサ電業局は、チベット電力公司の電力供給部門であり、営業地域内の電力送配電を行っている。子会社としては、チベット自治区電力建設総公司、チベット地熱開発総公司、チベット606発電所等がある。1998年末における電力公司の正規職員は2693名である。

チベット電力公司が直接运营管理しているチベット中部電力網の給電範囲は、2つの市と11県であり、給電人口は43万人（そのうち常駐人口は30万人、GDPでは自治区全体の54%を占める。）である。電力網の中に、水力発電所、地熱発電所、火力発電所が12箇所あり、総出力は21万

7480 kWである。電源種別の出力は、水力発電が17.02万kW、地熱発電が2.418万kW、火力発電が2.31万kWである。電力流通設備としては、11万V送電線の延長は438km、11万Vの変電所が7箇所、総変電容量11万9千kVAを有している。送電線の電圧区分は、11万V、3.5万Vとなっている。給電運用については、2段階に分かれており、自治区として管理しているのは3.5万kV以上の送電網と主要発電所であり、1万V以下の配電網は各地方単位で運営管理している。給電指令は自動化されて、コンピュータによる管理が行われており、今後、電力の内部取引市場整備に向けてシステム整備を進める予定である。

1999年末の電力会社の資産は43.97億元である。1999年の年間発電電力量は3.89億kWh、販売電力量は2.91億kWh、収入が1億9581億元であり、2696万元を納税している。

なお、中部電力網以外の電力網も加えたチベット全体の各種発電所は1998年末時点で約400箇所、発電能力が約34万kW、年間発電電力量は1999年実績で6.8億kWhである。

4-3 電力需給状況

(1) 電化の進捗状況

チベット自治区の電化率は、郷鎮レベルで32.31%、行政村レベルで20.63%(中国全体では98%)となっており、全中国で6つの電力未供給県はすべてチベットにある。このようにチベットでは、まだ3分の2の住民は電気を使うことができない状況にある。次の第10次5ヵ年計画期間中には、郷鎮レベルの電化率を60%に、行政村ベースの電化率を40%に引き上げることにしており、さらに2015年には大部分の住民が電気を利用できるようにする計画である。

(2) 電気需要の傾向

第9次5ヵ年計画中のチベット自治区の最大電力の年平均増加率は13.2%、発電電力量の増加率は9.2%と全国に比べると高い伸びとなっているが、チベット自治区のGDP成長率年平均14%を下回っており、電力不足がチベットの経済発展の最大のネックとなっている。

チベット自治区の住民1人当りの電力使用量は、平均出力で135W/人、平均使用量で270kWh/人・年で、中国全体の平均と比較すると最大電力で57%、使用電力量で27%と非常に低い水準である。

(3) 中部電力網の需給状況

ラサ地区、ロカ地区、シガツェ地区の独立電力網の連系を進め中部電力網を形成することにしており、現在までにラサ電力網とロカ電力網が接続されており、今年中にシガツェ電力網とも完全に接続されることになっている。(給電区域2市11県)

中部電力網のうち、ラサ電力網の電力需要についてみると、照明、電気炊飯、暖房を主としており、これらの民生用需要が55%以上を占めており、工業用需要は28%である。1日の電力需要は、朝、昼、晩の食事時間に集中しており、1日の負荷の比率は3:5:1で、平均の日負荷率は0.6である。年間の電力需要のピークは第1四半期と第4四半期に集中しており、夏季と冬季の電力負荷の差が大きい。図4-1及び4-2に1999年のラサ電力網の典型的な夏季と冬季の負荷曲線を示す。

このような電力需要に対して、水力発電、地熱発電、火力発電(ディーゼル発電)で電力を供給している。流れ込み式水力発電所はベース供給力として利用されており、発電電

力量は9,602.92万kWh、最大出力の年間利用時間は5000時間、年間平均運転時間は6550時間、年間利用率57.1%である。地熱発電（出力24,000kW）はベース供給力及び第2ピーク調整力として利用されており、発電電力量は10,536.11万kWh、最大電力での年間利用時間4357時間、年間平均運転時間8000時間、年平均利用率49.7%である。ヤムドク湖揚水発電所(出力9万kW)はピーク供給力として利用されており、発電電力量は10,409.01万kWh、最大電力での発電時間は1156時間、年平均運転時間は4350時間、年平均利用率は13.2%である。チベットでは冬季が渇水期になり、流れ込み水力発電の出力は大きく低下する。このため、地熱発電は冬季の供給力として重要な役割を果たしており、1998年までは羊八井地熱発電所が冬季の最大電力の50%を供給しており、現在でも30%を供給している。表4-1に中部電力網の主要発電所の運転状況(1997年末時点)を示す。

表4-1 中部電力網の主要発電所

単位：MW,万 kWh

発電所	設備容量	発電機台数	設計年 発電量	最大調整可能出力		発電電力量		
				満水期	渇水期	95 年	96 年	97 年
合計	181.48	82	45480	158.70	146.50	27496	30596	34314
水力	130.40	57	32780	126.40	109.20	14785	17416	21846
火力	27.10	17	-	20.30	20.30	2420	2432	1993
地熱	24.18	8	12700	12.00	17.00	10291	10748	10475
ラサ電力網	158.98	59	33700	137.60	135.00	22389	20052	26290
水力発電所	109.20	37	21000	106.60	99.00	9699	9912	13864
ナチン	10.76	13	5900	9.10	6.00	5257	5492	5112
ピンツォ	5.00	4	3100	3.00	3.00	2985	3087	2907
シイチアオ	3.44	16	1600	2.50	0.00	1457	1334	1392
ヤムドク湖揚水	90.00	4	10400	90.00	90.00	-	-	4453
火力発電所	25.60	14	-	19.00	19.00	2400	2392	1950
ラサ	25.60	14	-	19.00	19.00	2400	2392	1950
地熱発電所	24.18	8	12700	12.00	17.00	10291	10748	10475
羊八井	24.18	8	12700	12.00	17.00	10291	10748	10475

附图01

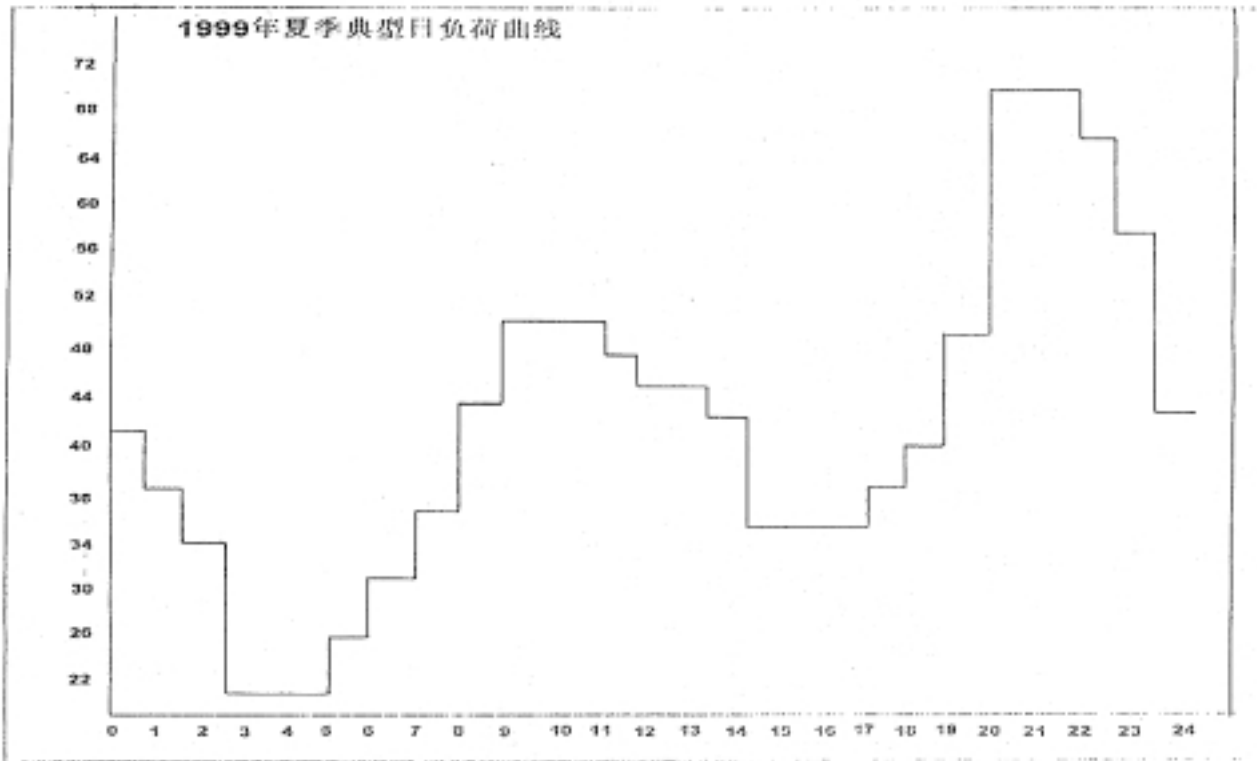


图4-1 ラサ電力網の夏季日負荷曲線

附图02

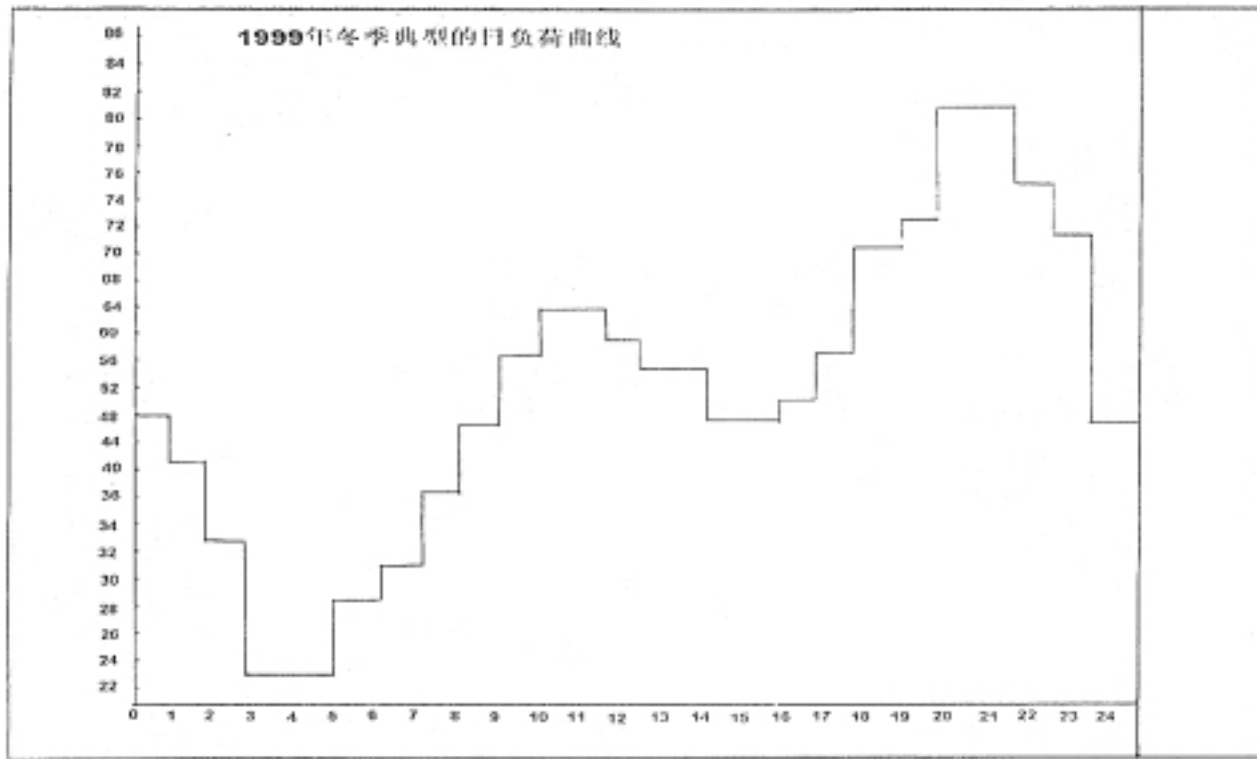


图4-2 ラサ電力網の冬季日負荷曲線

シガツェ電力網	12.10	15	5130	10.70	6.50	1603	3369	4042
水力発電	10.60	12	5130	9.40	5.20	1583	3329	3999
塘河	6.40	4	3200	6.20	4.00	364	2142	2799
チアンサン	3.20	4	1700	2.40	1.20	985	975	1014
チアンゼ	1.00	4	230	0.80	0.00	233	213	186
ディーゼル発電	1.50	3	-	1.30	1.30	20	40	43
シャンナン電力網	10.40	8	6650	10.40	5.00	3504	4174	3983
水力発電	10.40	8	6650	10.40	5.00	3504	4174	3983
ウォガ 2,3 級	10.40	8	6650	10.40	5.00	3504	4174	3983

4-4 需要想定および電力セクターにおける既存開発計画

第10次5ヵ年計画では、チベット自治区の各産業の年平均成長率を第1次産業は6%、第2次産業は15%、第3次産業は12%と見込んでいる。このような経済成長に対応するとともに電化率の向上を図るため、10次5ヵ年計画の期間に最大供給力を50万kWに、さらに2015年には100万kWに増大させる計画である。

(1) 電力網整備の基本方針

電力網については、ラサから約1100km東のチャムド地区については、雲南省、四川省、青海省に隣接していることから、30年後にはこれらの隣接する省と電力供給網を形成する見込みであり、当面は独立した電力供給網を維持することにしている。また、西のアリ地区は、ラサから1800km離れており、かつ面積30万km²に6万人しか住んでいないため、小型水力発電、風力発電、太陽光発電により電力を供給することにしている。この2地区を除く5つの地区と市については、中部電力網をさらに拡大して2010年までに林芝電力網及びナクツェ電力網との連系を行い、単一の電力網を形成することにしている。(図4-3～4-5参照) このため、中部電力網は、2005年には33万kW、2015年には60万kWの系統規模に達する見込みである。現在中部電力網の給電範囲にある県市は、13であるが、2005年には33県市に、2010年には39県市に拡大される予定である。

(2) 電力需要見通し

ラサ電力網の第10次5ヵ年計画の電力需給予測は表4-2に示すとおりである。また、チベット中部電力網の需要予測は、電力工業局が作成した「チベット中部電力網1998～2010年における建設案研究報告」(作成年が1998年と古いため、現在の第10次5ヵ年計画と比べると各産業の成長率の見通し等に差異があることに注意を要する。)によれば、表4-3に示すとおりである。これによれば、1997年から2005年までの電力需要(電力量ベース)の伸び率は年平均10.00%、1997年から2010年の伸び率は9.39%と見込まれている。

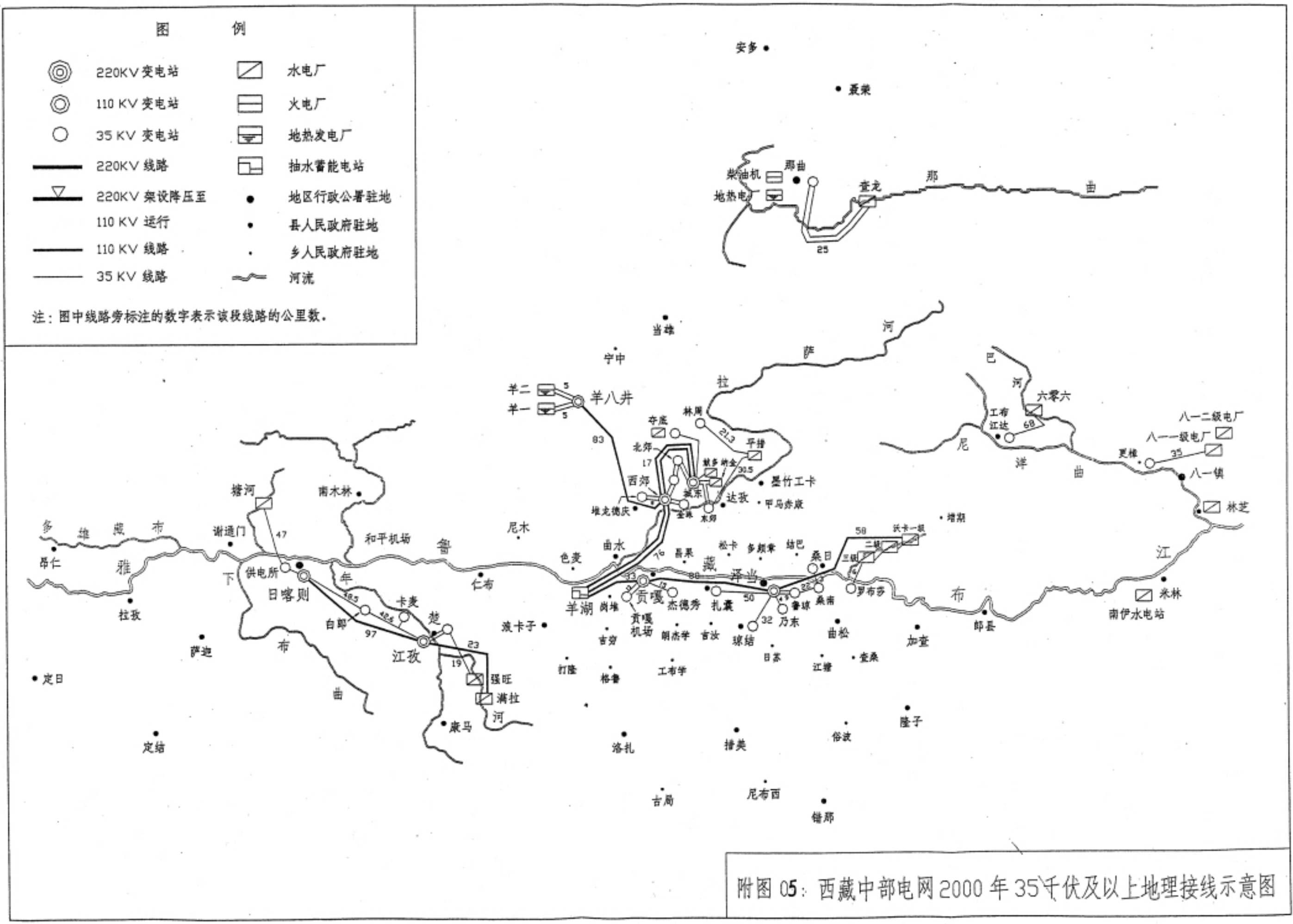


图 4-3 チベット中部電力網(2000 年時点)

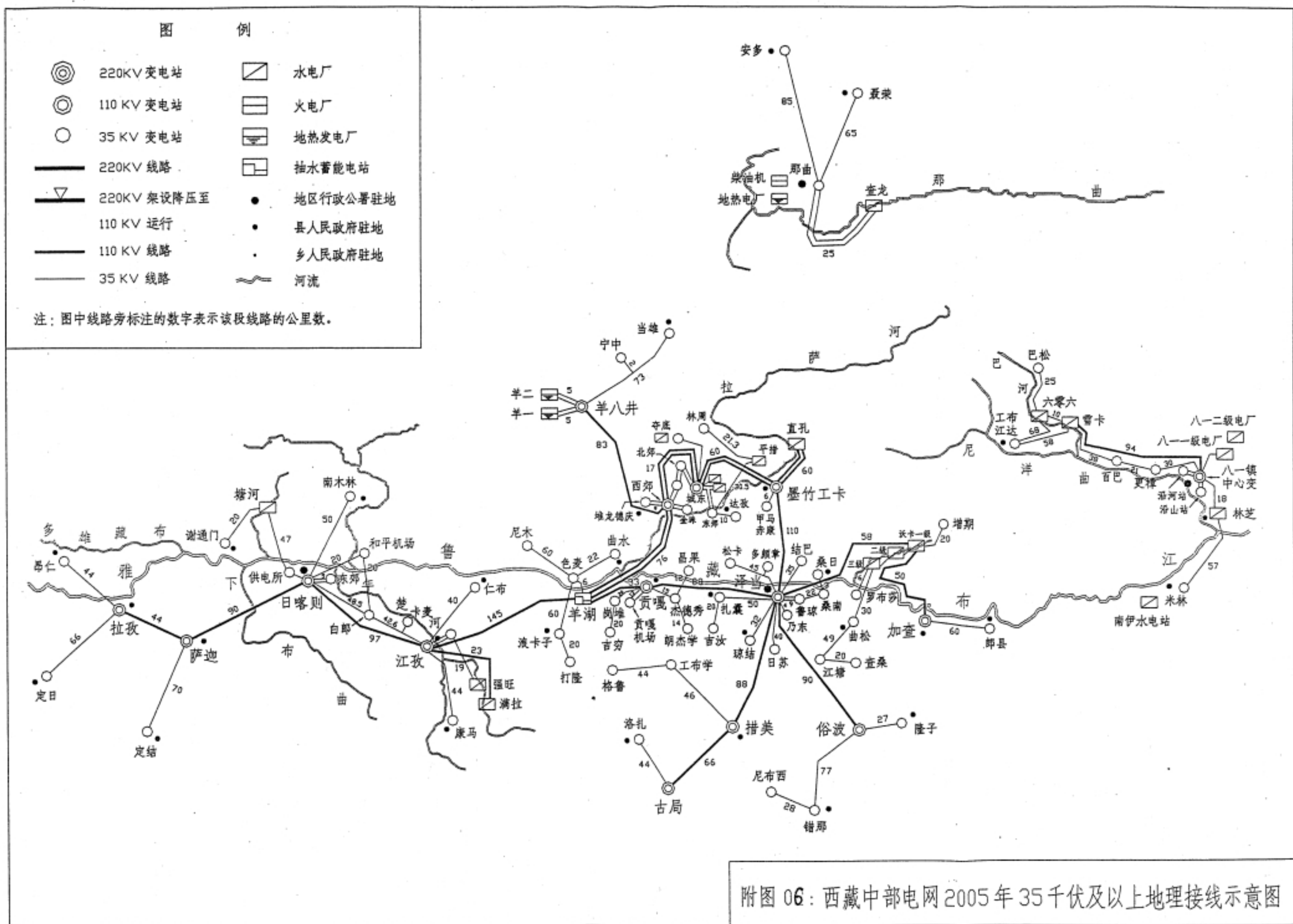


图 4-4 チベット中部電力網（2005 年時点）

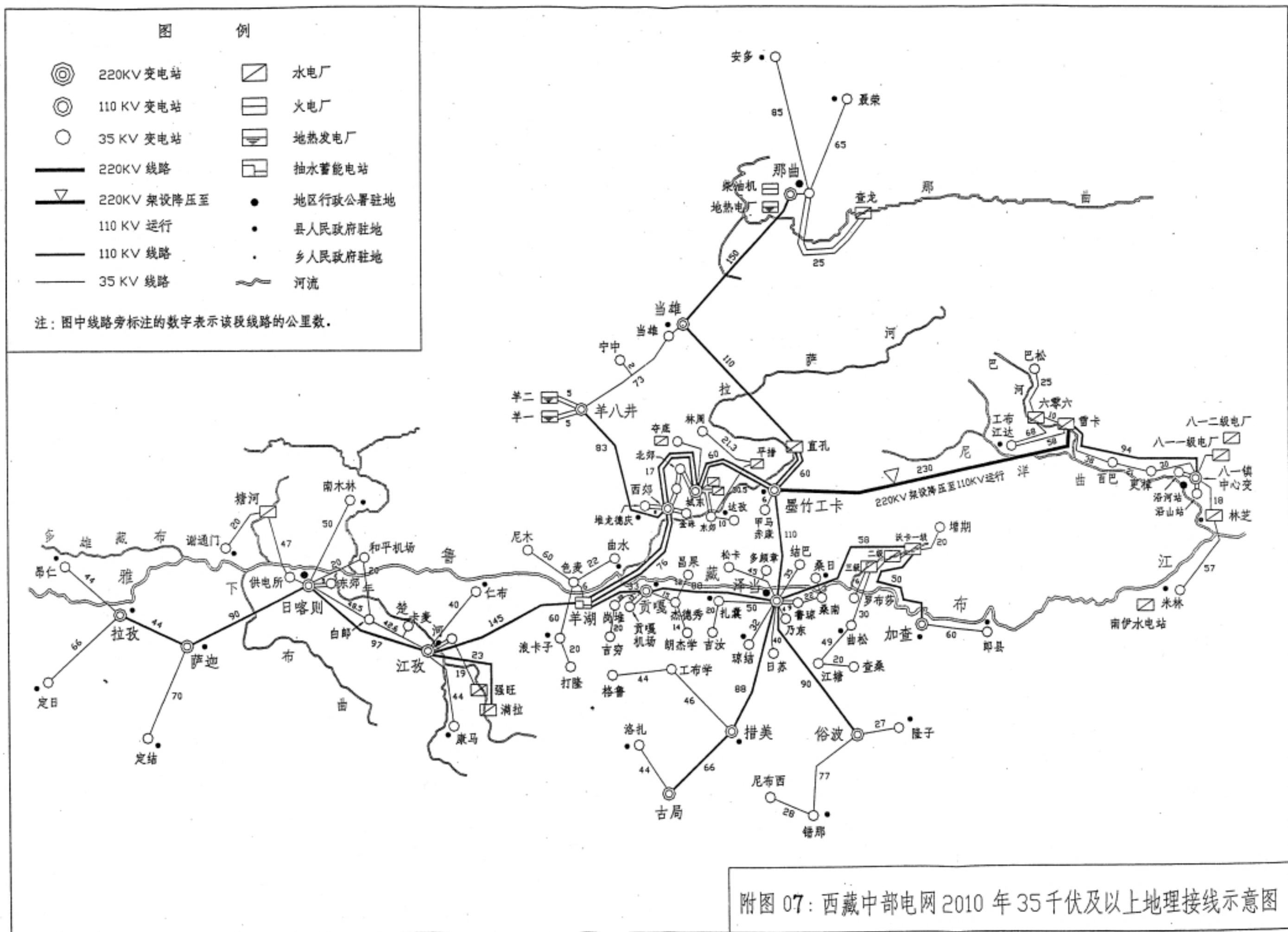


图 4-5 チベット中部電力網（2010 年時点）

表4-2 ラサ電力網電力需給予測（最大電力）

	2000 年		2001 年		2002 年		2005 年	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
調節可能な 発電出力 (kW)	114,000	110,000	114,000	110,000	114,000	110,000	114,000	110,000
最大需要電力 (kW)	70,000	87,000	75,000	95,000	80,500	105,000	115,000	140,000

注：直孔発電所10万kWが計画通り2005年前に運転開始できれば、第10次5ヵ年計画末の冬季電力不足は緩和できる。

表4-3 チベット中部電力網需要予測

単位：万 kWh、MW、%

	項目	1997	1997	2000	2005	2010	伸び率		
		実績	電力量	電力量	電力量	電力量	1997 ～ 2000	1997 ～ 2005	1997 ～ 2010
チ ベ ッ ト 中 部 電 力 網	生活用電力	15350	18732	22310	28065	47635	13.27	8.26	7.44
	農業用電力	1595	2165	4685	6210	8000	29.35	14.22	10.58
	工業用電力	7610	9150	17035	26210	36761	23.02	14.06	11.29
	官公庁その他	3703	4423	7371	12421	18250	18.54	13.78	11.52
	合計	28258	34470	51401	73666	110646	14.25	10.00	9.39
	所内及び送電損失	6056	7060	9429	13035	19526	10.13	7.97	8.14
	損失率	17.65	17	15.5	15	15	-	-	-
	発電電力量	34314	41530	60830	86901	130172	13.51	9.67	9.19
	最需発電負荷	88.0	106.5	152.1	212.0	309.9	12.61	8.99	8.56
	その他の								
シ ガ ツ ェ 電 力 網	生活用電力	2100	3900	4782					
	農業用電力	175	575	1352					
	工業用電力	790	1090	5125					
	官公庁その他	277	477	1383					
	合計	3342	6042	12642					
	所内及び送電損失	700	1066	1724					
	損失率	17.32	15	12					
	発電電力量	404	7108	14366					
	最需発電負荷	10.81	19.21	35.91					

注：1 200年末までにシガツェ電力網は中部電力網に連系される。

2 固定居住及び流動人口は1世帯3.5人、部隊は6人1世帯とする。鎮住民1世帯当りの年間使用電力量は2000kWh、農業人口1世帯当り1500kWhとし、2010年の1世帯当り年間使用電力量は、市・鎮で3000kWh、農業人口2000kWhとする。

- 3 第10次5ヵ年計画の産業別年平均伸び率は、農業6%、工業9%、その他11%、第11次5ヵ年計画期間中の伸び率は、農業5%、工業9%、その他11%とする。

(3) 電源開発計画

このような電力需要の増加に対応するため、第10次5ヵ年計画期間中に、チベット中部電力網において出力10万kW（単機容量2.5万kW、4台）の直孔発電所を開発することになっている。また、中部電力網以外の林芝電力網で、林芝巴河発電所(出力4万kW)の開発も行うことにしている。直孔発電所は、ヤムドク湖揚水発電所と連携して運転する予定であり、豊水期にはヤムドク湖揚水発電所に揚水動力を供給することが期待されている。（現在、ヤムドク湖揚水発電所は、揚水動力が不足しているため、3ヶ月ごとの試験揚水運転のみで、本格的な揚水運用は行っていない。このため、ヤムドク湖の水位が多少低下しつつある。）

なお、電力工業庁が作成した「チベット中部電力網1998～2010年における建設案研究報告」において、今後の電源開発計画に2案作成して比較検討している。この結果で、表4-4に示す開発計画が推奨されている。

表4-4 チベット中部電力網電力消費量最少時電力バランス

単位：MW

	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2010	
	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期	満水期	過水期
最少時負荷	24.8	38.0	28.5	43.6	39.7	60.8	44.3	65.4	47.1	69.4	50.6	74.6	55.4	82.7	59.7	89.0	95.4	139.5
最少時調整可能出力	38.5	11.0	43.5	36.0	83.7	46.2	88.7	46.2	88.7	72.8	194.7	72.8	189.7	72.8	190.3	84.8	213.7	96.8
水力発電	26.5	14.0	31.5	19.0	71.7	29.2	76.7	29.2	76.7	55.8	152.7	55.8	177.7	55.8	177.7	55.8	177.7	55.8
ナチン	9.1	6	9.1	6	9.1	6	9.1	6	9.1	7	10.1	7	10.1	7	10.1	7	10.1	7
ピンツォ	5.0	3.0	5.0	3.0	5.0	3.0	5.0	3.0	5.0	3.6	5.0	3.6	5.0	3.6	5.0	3.6	5.0	3.6
シンチアオ	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0	2.0	0
直孔100MW										25	75	25	100	25	100	25	100	25
ウオガ2、3	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0	10.4	5.0
ウオガ1級20 MW			5.0	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0
塘河					6.2	2.0	6.2	2.0	6.2	2.0	6.2	2.0	6.2	2.0	6.2	2.0	6.2	2.0

チアンワン					3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
チアンゼ					0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0
マンラ 20MW					15	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0	20	5.0
地熱 発電	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	18	29	36	41
羊八井	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17	12	17
羊八井北 部 120M + 120MW															6	12	24	24
電力バ ランス	13.7	-7.0	15.0	-7.6	44.0	-14.6	44.4	-19.2	41.6	3.4	114.1	-1.8	134.3	-9.9	130.6	-4.1	118.3	-42.7
ヤムドク 湖揚水用 利用可能 電力	13.7		15.0		44.0		44.4		41.6	3.4	114.1		134.3		130.6		118.3	

この計画によれば、直孔発電所が運転開始すると満水期にはヤムドク湖揚水発電所の揚水用動力が確保できる見通しとなっている。また、羊八井地熱発電所の北部地熱開発は、2005年に120MW（6000kW×2台）、さらに2010年までに120MW（6000kW×2台）の開発が見込まれている。

なお、チベット中部電力網の規模が3電力網の連系からさらに拡大したこと、第10次5ヵ年計画が策定中であることを踏まえて、新たな電力需給及び開発計画を国家電力庁西南電力観測設計院が検討中であり、9月に原案が作成され、10月に最終案が策定される予定である。

（４）電力流通設備の整備

現在、ラサ電力網東側のナチン、ピンツォ、シイチアオの3つの小規模水力発電所からの電力は35kV送電線でラサ西郊変電所に、ヤムドク湖揚水発電所からの電力は110kVの送電線2回線でラサ西郊変電所に送電している。羊八井地熱発電所からの電力は110kVの送電線1回線（85km）で同じくラサ西郊変電所に送電している。羊八井地熱発電所からラサまでの送電能力については、47MWあるが、現在は羊八井地区の地場電力消費と発電所所内電力消費を考慮すると12MWを送電しているのみであり、送電能力には十分な余裕がある。

今後の送電網の整備については、ラサ市を中心に環状の110kV送電線を整備して供給の信頼性を高める計画である。また、羊八井地熱発電所から当雄までの35kV送電線を整備することになっている。（図4-2～4-4参照。）

配電網の整備については、現在、農村電力網と都市配電網の大規模改良工事を実施中である。農村電力網については1999年から国家資金で大規模な整備事業を進めており、農村の電化率向上を図ることになっている。都市配電網の整備については、現在、ラサ市の配電網改良工事を国が1.5億円の予算を投じて1997年から3年計画で進めており、チベット全体では4億元を国が投資する予定である。ラサ市の配電網改良工事は主として、現在、2015年までの電力需要に対応できるように主幹線配電線と共用変圧器の改造を行っている。その後、10KV配電線の分・支線及び400V低圧配電線の改良工事を2001～2005年に実施する予定となっている。

4-5 電気料金と設備投資資金

チベット自治区の電気料金は地区ごとに異なっており、統一されていない。チベット中部電力網の中でもラサ電力網とシャンナン電力網では電力料金は異なっている。電気料金は、供給コスト、需要家の支払能力を考慮して、政府の審査により決められている。ラサ市の電気料金はチベット自治区内で最も高く設定されている。電気料金の構造は、基本的には従量料金のみであるが、一部の企業については基本料金（4元 / KVA、非営利法人は2元 / KVA）を徴収している。ラサ市の電気料金を表4-5に示す。

電力設備投資資金は、国が85%、自治区が7%、その他の援助資金が7%を負担しており、大半を国の援助に依存している状態である。このため、設備投資に当っては、投資資金の回収は考慮していない。電源開発計画の検討に当っては、建設コストの安さ、電力網内での適正な配置、社会政策を総合的に考慮している。

表4-5 ラサ市電力網の電気料金

用途別区分	電気料金 (元/kWh)	年間使用量 (万 kWh)	構成比 (%)	電気料金収入 (万元)
照明	0.64	11312.32	50.18	7239.88
動力	0.56	6489.29	28.79	3634.00
住宅	0.38	1520.08	6.74	577.63
農業	0.15	184.56	0.82	27.68
街路灯	0.43	324.48	1.44	139.53
動力	ピーク時	272.40	1.21	228.82
	最低値	2253.98	10.00	613.11
卸売り	0.25	184.74	0.82	46.19
合計	0.55	22541.86	100.00	12524.84

4-6 羊八井地熱資源開発計画の概要

羊八井地熱資源開発は、1970年代から開発が始まっており、1976年に羊八井地熱探査開発が正式に国家計画に組み込まれた。1977年から浅層部の地熱井を利用した1000kWの地熱発電が試験的に行われた。この試験運転の結果を踏まえて1981年から1984年に単機容量3000kWの第1発電所2～4号機を建設した。第2発電所第1～4号機は、1986年から1991年にかけて運転開始した。第2発電所の4基は単機容量3000kWで中国製である。また、第2発電所には出力3180kWの富士電機製の蒸気発電機が1基設置されており、1986年に運転開始している。

その後、羊八井地熱発電所は地熱資源の枯渇のため、出力は低下しており、第1発電所は現在出力は2200kWのみであり、第2発電所の15180kWとあわせて全出力は冬季で約17000kWとなっている。

チベット中部電力網においては、電力需要がピークとなる冬季に流れ込み式水力発電が渇水期のために出力が大幅に低下するため、羊八井地熱発電所は電力需要のピークである冬季における主要な電源となっている。また、豊水期の夏季にはピーク調整を行う電源として利用されている。今後、直孔発電所等の水力発電所の開発が進みディーゼル発電の利用が大幅に低下す

ると、羊八井地熱発電所は益々冬季のベース供給力及び各季の負荷調整用電源として重要な役割を果たすものと期待されている。電源配置の面から見ると、ラサ市を中心とする電力需要地に対して、西からヤムドク湖揚水発電所、東側からは小規模水力発電所群及び将来は直孔発電所からの電力が送られるが、羊八井は北部から電力を送電しており、潮流バランスから見ても重要な役割を果たしている。さらに、今後、チベット中部電力網をナクチュ電力網と連系する際にも重要な位置を占める。

現在検討中の電源開発計画においては、今後、羊八井北部地熱資源の開発を積極的に進めることにしており、2010年までに24000kW（6000kW、4基）の開発を見込んでいる。さらに長期的には5万kW程度の開発が可能なものと見込まれている。

4-7 他援助機関の動向

羊八井地熱開発に対しては、1982年に国連及びイタリア政府が資金援助を行い、本格的な資源調査が行われた。1992年には、羊八井の地熱資源開発を活性化するため、チベット自治区政府がラサで地熱資源開発の国際シンポジウムを開催した。このシンポジウムには、イタリア、アメリカ、ニュージーランドなどの地熱専門家及び中国国内の地熱関係者が参加し、北部地区に有望な高音地熱資源が存在することで意見が一致した。

国際シンポジウムの結論を踏まえ、UNDPが協力して、1993年に深度2006mの井戸（ZK-4002）を掘削し、95年には1459mの井戸（ZK-4001）を掘削した。この掘削作業は、中国側が掘削費用も負担して自ら行い、調査はイタリアのコンサルタントが実施した。この調査は、当初、羊八井地熱貯留層評価と発電所運転の最適化、羊八井北部高音貯留層開発のFS、チベット自治区地熱開発会社の技術的・管理的能力の向上を目的に開始されたが、予算不足による調査の滞り、テスト設備の欠如、既存データの不足などの問題点が生じ、調査内容を以下のように縮小した。

- ・ 北部羊八井の地質、地化学、物理探査
- ・ 入手可能な地下データの解析（水利地化学、岩石学的調査）
- ・ 測定許可の得られた抗井の物理的、化学的調査
- ・ 生産設備とフィールド管理についての定性的評価
- ・ トレーニング

これまでにイタリア政府及びUNDPの援助総額は、約1100万ドルである。

第5章 チベット自治区における地熱資源開発

第5章 チベット自治区における地熱資源開発

5-1 一般状況

チベット自治区は中華人民共和国の南西部に位置し、地形的には「世界の屋根」と称されるチベット高原の南西部に位置する。チベット高原は、世界で最も広い高原で、北を崑崙山脈、南をエベレスト山脈、西をパミール高原、東を雲南高原に接している。平均標高は4,000mを超え、西より東に低くなり、西部で5,000m、東部で3,000m以上である。

チベット自治区は緯度では北緯27～36.5°に位置する。これは、日本の沖縄・九州にほぼ当てはまるが、平均高度が4000m以上もあり、ヒマラヤ山脈などの高い山脈に四方を囲まれているため、高原性寒冷地帯に属する、平均気温が低く、乾燥し、強風が吹くのが特徴である。区都ラサの年平均気温は7.5℃、年降水量は426.8mm、年平均相対湿度は45%である。

チベット自治区は地熱資源が豊富であり、その地熱兆候は自治区全体で700カ所におよんでいる。また、その地熱タイプおよび分布は地質構造と関連しており、西北部および北部は中・低温型であるが、南部はインダス・ザンボ縫合帯に平行して高温型の地熱地帯が分布している。

現在、チベットの地熱開発は羊八井地熱地帯を主とするものであるが、その他にナクチュ（那曲）およびランチュウ（郎久）の2カ所で発電が行われているほか、ヤンイ（羊易）において開発調査が実施されている。

（1）ナクチュ地熱発電所

ナクチュ（那曲）地熱地帯は、羊八井地熱地帯の北方に位置する。現在、オーマツト社製の1,000kWバイナリー発電機が設置されて、ナクチュウの単独系統に供給している。中温型の地熱フィールドで、資源量はUNDPが検証している。2坑の生産井を有し、うち1坑が予備坑となっている。1992年11月に運開し、坑井より300ton/hrの熱水流体（坑口温度80℃）をポンプアップしていたが、スケールの沈着がひどく、1944年に停止した。1,000kWの発電のうち、半分の500kWを所内電力、主としてポンプ用に使用していた。ニュージーランドの専門家の指導で化学的にスケール処理し、1998年に運転を再開した。このとき所内消費電力が200kWに減少した。しかし、1999年9月に部品故障で停止し現在に至っている。

（2）ランチュウ（郎久）地熱発電所

ランチュウ（郎久）地熱地帯は、チベット自治区の西辺地域である阿里地区に位置する。中温型地熱地帯であり、第四紀層に胚胎する浅層の地熱資源開発が行われている。蒸気噴出等の地熱兆候地帯における概査により開発がなされた。地熱兆候確認地域は0.1km²と狭いが、当初1000kWユニット4台、4000kWが計画設計された。1986年に1,000kW 2台、定格出力2,000kWの発電所が建設されたが、蒸気量等の噴気地熱流体ポテンシャルの低下により1993年に正式運転を取りやめている。自治区政府は1994年にスケール処理、熱システム等のシステム改造を実施し、1994年10月に運転を再開したが、現在でも蒸気量の不足等のため、一月当たりの運転日数は7～10日程度を断続的に運転している状況である。なお、現在のシステムは、一段フラッシュ型で実出力860kW、熱水温度は102℃である。また、タービン等は青島製作所で、火力発電所の蒸気タービンを改造したものである。

(3) ヤンイ(羊易)地熱地帯

羊八井の西55kmに位置する地熱地帯である。羊八井から南に延びる高温型地熱地帯に属する。1984年より調査が実施され、現在最新の坑井は深度1,000mである。有望な地熱貯留層が200～600mで確認され、貯留層の熱水温度は200℃を記録し、地熱ポテンシャルも30MWを見込んでいる。羊八井以降の有望地熱開発地点の一つとして挙げられている。

5-2 羊八井地熱資源に関する既存調査結果

(1) 羊八井地熱地域の概要

羊八井地熱地帯は、チベット自治区の区都ラサ(拉薩)ほ北西94kmに位置し、行政区としては拉薩市当雄(ダムシュ)県羊八井区に属する。羊八井地熱地帯は、北のナクチュ(那曲)からヤルンザンボ川を超えてヒマラヤ山脈まで延びる地溝帯に位置し、地熱地帯は盆地地形、“羊八井盆地”のほぼ中央に位置し、中国～ネパール国道を境にして、南部と北部に分かれている。古くから熱泉、噴気等の地熱兆候が多く認められ、北部では硫黄鉱山も稼業していたことがある。年間平均気温は2.5℃(最高23.4℃、最低-25.7℃) 年平均気圧は604.9hPa(453.7mm Hg) 降雨量は382.8mm/year、ただし雨の65%は7～8月に降る。積雪は7～10cm程度に過ぎない。冬季は強風が吹き、気象条件は厳しい。

(2) 地熱資源開発の経緯

チベットにおける熱泉や噴気の記録は古くより認められている、しかしその正式な学術調査は比較的最近になって実施されており、ようやくその全貌が明らかになったといえる。

羊八井地熱資源については、1975年に水電部から派遣された調査団により一連の調査研究が実施され、初めて地熱発電の可能性について検討されている。1976年、羊八井地熱探査開発が正式に国家計画に組み入れられ、1984年までに特に地熱兆候の顕著な南部地熱地域で37本調査井および生産井が掘削され、最高172℃の高温が得られた。この間、1982年には国連およびイタリア政府が羊八井地熱開発プロジェクトに対して資金的な援助を行い、専門家が派遣され調査が行われた。

1987年、北部地熱開発調査を開始。ZK-352坑を掘削。950m、孔底で202℃を確認、しかし地熱流体は獲得できなかった。温度からみて高温地熱資源が北部地熱地帯深部に賦存することを確信した。

1988～1991年、資金問題があって一時開発を中止したが、この間、海外の専門家が地熱構造、貯留層、熱水の通路などについて種々の検討を行った。

1992年、自治区政府主催で国際シンポジウムを開催。イタリア、ミュージーランド、アメリカなどの海外の専門家が集まり、また、中国側からは北京大学、中国科技院、地質鉱産部などの専門家も参加した。北部に豊富な高温地熱資源が賦存することについて専門家の意見の一致をみた。

1993年、国際シンポジウムの結論を踏まえ、UN/DDSMS(国連開発援助・監理業務局)地質調査(プロジェクトCPR/93/X01)が開始され、この中で、中国独自にZK-4002が北部地熱地区で掘削された。深度2,006m、孔底で329℃という結果であった。しかし、地熱流体の噴気は初期においてはその後掘削したZK-4001より多かったものの、1～2時間で急激に減衰し、停止に至ったとのことである。これは、もともと遭遇した割れ目内の地熱流体の量が少なかったためと思えるが、蒸気量が多かったということから、急激な上記の噴出により坑井壁が崩壊したためとも考えられる。

1995年、中国独自にZK-4001の掘削が開始された。1996年に1,459m間で到達し掘削を終了した。深度950～1,240mにおいて地質構造的破碎帯に伴う地熱貯留層を確認し、二相流混合地熱流体の連続的な噴出が確認された。孔口における温度は200℃、圧力15bar、噴出流体流量は蒸気・熱水併せて302ton/hrという結果であった。噴出流体は熱水卓越型で蒸気含有量は約13%である。これらのパラメータを用いてJames法により計算すると、12MWの発電力があるという結論が得られている。

5-3 羊八井地熱発電の現況

羊八井地熱発電所は第一および第二発電所より構成されている。第一発電所はザンブ川の川岸に建設され、冷却水を直接川よりの取水により行っている。一方、第二発電所は青蔵公路（青海～西蔵街道）沿いに建設され、クーリングタワーによる冷却水の循環を行っている。西蔵地熱開発公司（羊八井地熱発電所）により運営されている。職員は403名（臨時雇用職員45名を含む）が従事している。第一発電所には4台、第二発電所には5台の計9台が設置されたが、現在稼働しているのは8台で、合計発電設備容量は24.18MWである。そのうち、第二発電所の1台は日本の富士電機（株）製のものであり、設備容量3.18MWで第二発電所の別棟に設置されている。他の発電機はいずれも中国製であり、タービンは青島汽輪機廠で、発電機は山東省の山東済南生建電機工場で作られたものである。投入年度を以下に示す。

発電所	発電機	出力	設置時期	摘 要
第一発電所	1号機	1,000kW	1977	1984年に停止
	2号機	3,000kW	1982	1988年11月に事故。1990年に新たに据え付けなおした。稼働中
	3号機	3,000kW	1981	稼働中
	4号機	3,000kW	1984	稼働中
第二発電所	1号機	3,180kW	1986	稼働中（富士電機製）
	2号機	3,000kW	1989	稼働中
	3号機	3,000kW	1989	稼働中
	4号機	3,000kW	1990	稼働中
	5号機	3,000kW	1990	稼働中

現在、羊八井地熱発電所用の生産井は第一発電所用に6坑、第二発電所用に12坑の計18坑ある。また、還元井は南部地熱地区に150および200mのものが2坑で、還元熱水の温度は25℃、還元流量は北部地熱地区には315～500mのものが3坑設けられている。生産井から噴出している地熱流体は熱水卓越型で、流体は蒸気・熱水二相流として発電所まで地上に敷設された鋼管パイプラインより輸送されている。発電所構内の一部を除き保温材が無く、内管のみの敷設である。また、発電所構内の保温材がまかれている部分も、保温材の剥離が多く認められる。ジョイントおよびバルブ部分においては蒸気・熱水の漏洩とそれに伴うスケールの沈積が認められる。なお、生産井、パイプおよびタービンに沈積するスケール対策は大きな問題となっており、タービンについては2～2.5年毎に大修繕を行っており、一方、生産井および輸送管につい

てもスケール対策は行うものの実効は出ていないとのことである。また、浅部地熱資源のためか、地熱流体は強い酸性を示し、鋼管の腐食が激しい。そのため、試験的に低圧部の一部をグラスファイバー製に置き換えている。これら、スケール対策、強酸性熱水対策棟が、今後の新たな深層部地熱開発が望まれる理由となっている。

5-4 地熱開発関連機関の技術評価

中国各地には1970年以降多くの地熱発電所が開設されてきたが、いずれも低温熱水を利用するもので、300kW以下の小規模のバイナリー発電を試験的に実施し、現在では研究業務の目的を達成して大部分が運転を停止している。また、北京、西安、重慶等の都市では、冬季間の石炭燃料による大気汚染を回避するために、近郊に存在する温泉熱水を地域暖房源にするケースが目立っている。いずれにしても、地熱資源としては浅層部の資源開発に限られている。

羊八井地熱発電所は中国における唯一の本格的な発電施設である。1977年に第1発電所の1号機が設置されて依頼、現在の第2発電所5号機まで1ユニット（第2発電所1号機の富士電機製）を除き、全て中国で製作されたものであり、3,000kW級のタービン、発電機については、製作およびメンテナンス実施が可能である。

チベット自治区における地熱発電開発は、地質鉱産庁、地熱地質大隊、地熱開発公司および電力会社が協力して実施している。このうち、地下部分の探査は、主にチベット自治区地質鉱産庁の下部機関である地熱地質大隊によって実施されている。地熱地質大隊は中国唯一の地熱探査機関であり、1976年に設立された。チベット全域の地熱兆候調査、チベット全体の地熱開発調査、羊八井や羊易のような特定地点の地熱開発調査を行っており、一般的な地質調査（踏査）はもとより、生産井、還元井および調査井などの坑井掘削、噴気、温泉水等の地化学調査を独自で実施している。特に坑井掘削については、直掘りではあるが、これまで全ての坑井を独自で掘削してきており、3,200m級の掘削能力を持つリグを所有している。

物理探査については、電気探査、磁気探査および重力探査については簡易なものを所有するのみであり、深部の探査には対応が出来ない。また、MT探査および微小地震は資機材、技術を所有せず、地熱地質大隊では実施不可能である。

化学分析については、UNDPより供与されたイオンクロマトグラフィーを1セット所有するほか、一般的な水質分析は実施可能であるが、ガス成分分析は成都あるいは北京において実施している。また、現状での地熱水は鉱物成分の含有が多く、ガスクロマトグラフィーでは操作が難しく、使用していないとのことである。なお、流体サンプリングについては、サンプラーがなく、孔口でサンプリングしている。

検層機器は、UNDPより供与されたカスター社製検層装置を所有している。既に10年以上経過して更正が必要であるが、更正装置は所有していない。

以上のように、一般的な調査および探査機器は地熱地質大隊が所有するものの、これまでの探査対象が浅層部の地熱資源であったためか、本格調査で実施が予定される、2,000m級の深部地熱貯留層を対象とする探査には対応できない状況にある。ただし、一般的地質資料は過去20数年以上の蓄積があり、これらのデータは充分活用可能である。ただし、これらの資料は電力公司、地質鉱産庁、地熱地質大隊に分散しているが、地熱地質大隊が全体的に保有している。

地熱貯留層評価については、地化学調査結果より地下温度、ポテンシャルを求めるのみであり、現在世界的に行われている地熱貯留層資源評価シミュレーションは過去においても実施されていない。

収集資料リスト

【収 集 資 料】

番 号	資料の名称	形態	収 集 資料	専門家作 成資料	J I C A 作成資料	発行機関	備考
1	西 藏 自 治 区 当 雄 県 羊 八 井 地 熱 田 北 区 区 域 地 質 図 (1:500,000) : August, 1995 【広域地質図】	青 焼 き 図 面	○			西 藏 自 治 区 地 質 鉞 産 局 地 熱 地 質 大 隊	1 葉
2	西 藏 自 治 区 当 雄 県 羊 八 井 地 熱 田 北 区 地 質 図 (1:10,000) : September, 1995 【地質図、断面図、柱状図】	青 焼 き 図 面	○			西 藏 自 治 区 地 質 鉞 産 局 地 熱 地 質 大 隊	1 葉
3	西 藏 自 治 区 当 雄 県 羊 八 井 地 熱 田 北 区 深 部 勘 査 行 程 布 置 図 (1:10,000) : January, 1997 【地質構造図】	青 焼 き 図 面	○			西 藏 自 治 区 地 質 鉞 産 局 地 熱 地 質 大 隊	1 葉
4	西 藏 自 治 区 当 雄 県 羊 八 井 地 熱 田 ZK-4002 孔 綜 合 柱 状 図 (1:5,000) : January, 1997 【ボーリング柱状図】	青 焼 き 図 面	○			西 藏 自 治 区 地 質 鉞 産 局 地 熱 地 質 大 隊	1 葉
5	Geothermal Resources Development in China (Tibet), Project CPR/93/X01. (April, 1994) 【First Interim Report】	コ ピ ー	○			UN/DDSMS & STEENRD (United Nations/ Department of Development Support and Management Services Science, Technology, Environment, energy and Natural Resources Division)	
6	Exploration and Development of Geothermal Resources in Tibet, Project CPR/88/007. (November, 1994)	コ ピ ー	○			UNDP	
7	Geothermal Resources Development in China (Tibet), Project CPR/93/X01. (April, 1995) 【Drilling Justification Report】	コ ピ ー	○			UN/DDSMS & STEENRD	
8	Geothermal Resources Development in China (Tibet), Project CPR/93/X01. (December, 1995) 【Final Report Executive	コ ピ ー	○			UN/DDSMS & STEENRD	

Summary		形態	取 集 資料	専門 家作 成資料	JICA 作成資料	発行機関	備考
番 号	資料の名称						
9	Geothermal Resources Development in China (Tibet), Project CPR/93/X01. (November, 1996) 【Amendment 1: Back up services during the drilling of well ZK-4001】	コピー	○			UN/DDSMS & STEENRD	
10	羊八井地熱田深部地熱資源調査的可行性及設想 (中国語); 余章亮 (邦訳「羊八井地熱田深層部地熱資源探査の事業化および構想」)	コピー	○				
11	羊八井地熱開発と展望 (中国語); 領主佳参、曾毅、呉方之、蔣勳烈 (邦訳「羊八井地熱の開発と展望」)	コピー	○				
12	羊八井地熱発電中存在的主要問題と解決措置 (中国語); 曾毅 (邦訳「羊八井地熱で存在する主要問題と解決措置」)	コピー	○				
13	西藏蔵中電網 1998-2000 年建設方案研究報告 (概要) (中国語) (邦訳「チベットのチベット中部電力網 1998-2000 年建設方案研究報告 (要点)」)	コピー	○				
14	Rosing D., Kaplan, U., Leshem, A.; 吐西藏地熱資源産出的電力達成到最大值 (中国語訳) (邦訳「チベット地熱資源が産出する電力を最大にしよ う」)	コピー	○				
15	The Rule of Geothermal Activities in Tibet	コピー	○			地熱地質大隊 多吉高級工程師自筆稿	
16	写真集「西藏地熱開発」	出版物	○			西藏地熱開発公司	
17	写真集「世界屋脊上的一颗明珠 - 羊八井地熱試験発電」	出版物	○			黄祖安ほか	

18	写真集「西藏羊八井地熱田」		出版物	○				西藏自治区地質鉍產局地熱地質大隊	
番号	資料の名称		形態	収集資料	専門家作成資料	JICA作成資料		発行機関	備考
19	1 区域地質 第31号 西藏自治区区域地質誌		出版物	○				西藏自治区地質鉍產局	
20	西藏自治区地熱資源開發利用規劃圖(1:4,000,000)		図面(カラー)	○				西藏自治区地質鉍產局	
21	羊八井地熱發電所熱力系統圖		青焼き図面	○				羊八井地熱開發公司	
22	羊八井熱田高温熱儲特征簡介		コピー	○				西藏自治区地質鉍產局地熱地質大隊	説明資料
23	CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE YANGBAJIAN GEOTHERMAL FIELD TIBET CHINA		コピー	○				TIBET GEOTHERMAL GEOLOGICAL TEAM	
24	羊八井地熱發電所現狀簡要概況		コピー	○				西藏地熱開發公司	説明資料
25	西藏自治区電力事業の現況		コピー	○				西藏自治区電力公司	説明資料
26	建設プロジェクト環境保護管理条例			○					