

中国チベット羊八井地熱資源開発計画
(鉍工業プロジェクト形成基礎調査)
報告書

2000年9月

国際協力事業団
鉍工業開発調査部

拉薩市游覽圖



西藏自治區旅遊棧路略圖



旅 游 熱 點

- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
- 旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱

(海濱旅遊)

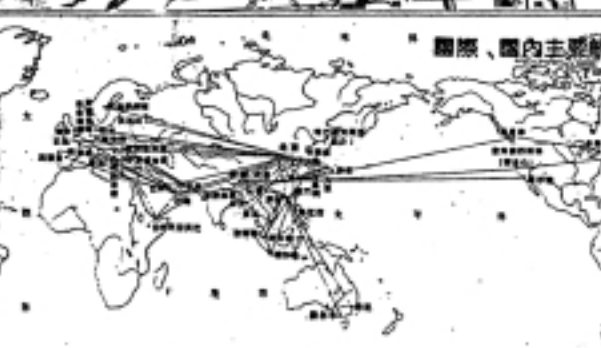
山海關 遼寧省
興安嶺 遼寧省
興安嶺 遼寧省
興安嶺 遼寧省

(交通)

旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱
旅遊——由電到一轉本——加蓋海濱

②	蘇聯駐華中亞細亞總領事	小室、山崎	8	野矢四郎、山崎、高橋
③	哈爾濱市中區	德田	9	民部省、銀行、郵政
④	蘇聯駐華中亞細亞總領事	田代、(省)野	10	德田、民部省、郵政
⑤	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	11	德田、民部省、郵政
⑥	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	12	德田、民部省、郵政
⑦	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	13	德田、民部省、郵政
⑧	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	14	德田、民部省、郵政
⑨	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	15	德田、民部省、郵政
⑩	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	16	德田、民部省、郵政
⑪	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	17	德田、民部省、郵政
⑫	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	18	德田、民部省、郵政
⑬	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	19	德田、民部省、郵政
⑭	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	20	德田、民部省、郵政
⑮	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	21	德田、民部省、郵政
⑯	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	22	德田、民部省、郵政
⑰	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	23	德田、民部省、郵政
⑱	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	24	德田、民部省、郵政
⑲	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	25	德田、民部省、郵政
⑳	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	26	德田、民部省、郵政
㉑	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	27	德田、民部省、郵政
㉒	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	28	德田、民部省、郵政
㉓	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	29	德田、民部省、郵政
㉔	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	30	德田、民部省、郵政
㉕	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	31	德田、民部省、郵政
㉖	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	32	德田、民部省、郵政
㉗	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	33	德田、民部省、郵政
㉘	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	34	德田、民部省、郵政
㉙	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	35	德田、民部省、郵政
㉚	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	36	德田、民部省、郵政
㉛	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	37	德田、民部省、郵政
㉜	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	38	德田、民部省、郵政
㉝	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	39	德田、民部省、郵政
㉞	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	40	德田、民部省、郵政
㉟	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	41	德田、民部省、郵政
㊱	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	42	德田、民部省、郵政
㊲	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	43	德田、民部省、郵政
㊳	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	44	德田、民部省、郵政
㊴	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	45	德田、民部省、郵政
㊵	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	46	德田、民部省、郵政
㊶	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	47	德田、民部省、郵政
㊷	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	48	德田、民部省、郵政
㊸	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	49	德田、民部省、郵政
㊹	蘇聯駐華中亞細亞總領事	德田、山崎	50	德田、民部省、郵政

北京與世界主要城市時差對照表

[illegible]



徐明陽チベット自治区
常務副主席との会談



電力工業局での協議



M/M署名



羊八井地熱発電所第2発電所全景



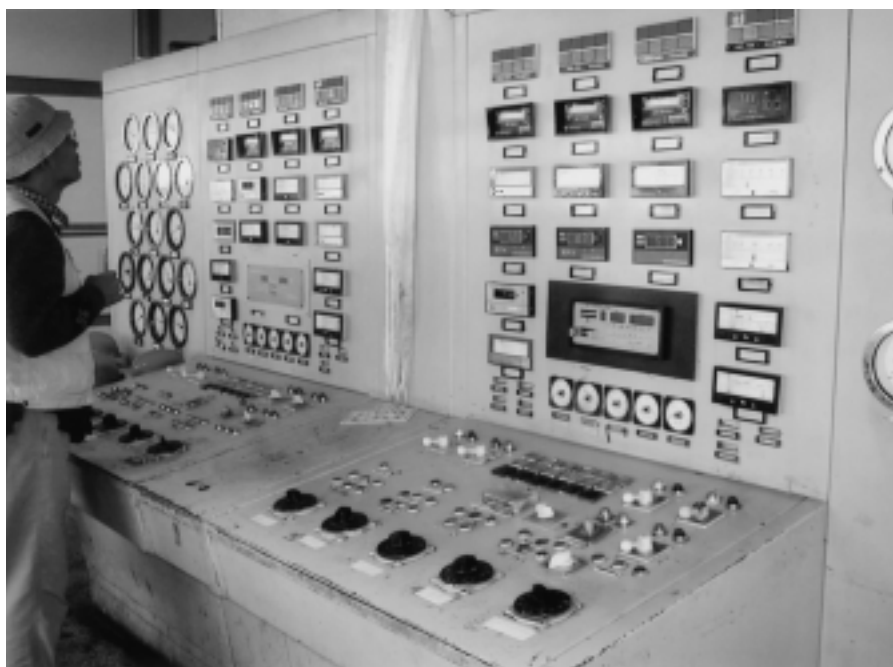
第2発電所フラッシャー



地熱フィールドから発電所までの
蒸気・熱水配管



第2発電所
中国製蒸気タービン・発電機



第2発電所制御盤



パイプの状況
(良く管理されている。)



復水冷却地



復水冷却塔



バルブに付着するスケールの状況



北部地熱フィールドからみた
羊八井地熱地帯(中央が第2発電所)



ZK4001井戸遠景



ZK4001井戸周辺の変質帯の状況



ZK4001井戸の噴気状況
(掘削用タワーを設置したままの状態)



ZK4001井戸の噴気状況 (横方向に噴気)



UNDPが供与した計測器懸垂車



発電所脇の温水プール



温水プールに隣接する
食堂及び喫茶店



発電所ゲスト用ハウス
(UNDP調査時に建設したもの)



ゲストハウス内部（居間）



ラサ羊八井までの道路状況
全面改修中（所要3.5時間）
（中央部はカルバート工事中）

チベット羊八井地熱資源開発計画（プロジェクト形成基礎調査）報告書 目 次

序文
位置図
写真

第 1 章	調査団の概要	1
1-1	プロジェクトの背景および今回調査の目的	1
1-2	調査団構成	1
1-3	調査日程	2
1-4	チベット羊八井地熱開発の概要	2
1-5	要請内容	3
1-6	対処方針	4
第 2 章	調査結果の概要と協議議事録	7
2-1	プロジェクト実施の必要性および実施可能性の確認	7
2-2	中国側からの提案書	10
2-3	締結した協議議事録（Minutes of Meeting：M/M）	13
2-4	団長所感	40
2-5	S/W協議時の留意事項	40
2-6	主要面談者リスト	42
2-7	面談議事メモ	43
2-8	現地踏査記録	47
第 3 章	チベット自治区の政治経済	51
3-1	政治経済事情	51
3-2	エネルギー政策	52
第 4 章	チベット自治区電力セクター	53
4-1	関連組織	53
4-2	電気事業の概要	53
4-3	電力需給状況	54
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	57
4-5	電気料金と設備投資資金	64
4-6	羊八井地熱資源開発計画の概要	64
4-7	他援助機関の動向	65
第 5 章	チベット自治区における地熱資源開発	67
5-1	一般状況	67
5-2	羊八井地熱資源に関する既存調査結果	68
5-3	羊八井地熱発電の現況	69
5-4	地熱開発関連機関の技術力評価	70
	収集資料リスト	71

第 1 章 総論

第1章 調査団の概要

1-1 プロジェクトの背景および今回調査の目的

(1) プロジェクトの背景

チベットは広大な面積（120万km²）に人口240万人で、1km²当たりの人口密度は2人と極めて希薄であり、大半は遊牧民で中国国内でも有数の貧困地帯となっている。現在のチベットの中央電力網の電力供給範囲は2市11県で、供給区域内の人口は80余万人、電力使用人口は50余万人となっている。供給区域内の電力需要は5億kWhと言われているが、実際の年間発電量は3.44億kWhで大幅な電力不足となっている。しかしながら、火力発電については燃料輸送に大幅なコストがかかるため、採算性の乏しい状況になっており、水力発電についても気候・地形・地質等の特質から、開発が困難な状況となっている。

こうした状況下で、チベット自治区では有望な電源の一つとして、1970年代から地熱開発に積極的に取り組んでいる。最も有望な地熱地帯である羊八井については、1975年以来の国連を初めとする援助機関からの協力を通じて探査・開発が行われてきており、これまでに第一発電所、第二発電所が建設された。これらの発電所はいずれも浅層地熱フィールドの井戸（殆ど深度500m以内）から得られる水蒸気を利用したもので、合計最大出力25MWの実験的な発電を行ってきた。また、これらの発電所はチベット中部電力網によりラサ地区等の主要電源となり、同地区の電力不足に重要な貢献をしてきた。

しかしながら、現在は施設の老朽化、浅層部の地熱資源の減衰により稼働している発電所は第二発電所のみで第一発電所は停止しており、最大出力17MWと供給能力が減少している。また、今後は、電力網の拡大、人口増加、工業開発等により大幅な電力需要の伸びが見込まれており、さらに深刻な電力不足状況となることが懸念されている。

こうした背景のもと、中国政府よりJICAへ深層部の地熱資源の探査及び評価を主目的に本件開発調査が要請された。

(2) 今回調査の目的

本件プロジェクト形成基礎調査では、本件開発調査の実施可能性および必要性を先方との協議及び現地踏査により確認し、開発調査のフレームワーク（調査内容、実施時期、実施期間、調査対象地域等）を形成することを目的とする。

1-2 調査団構成

(1) 団長／総括	三平 圭祐	JICA 鉱工業開発調査部長
(2) 調査企画	小早川 徹	JICA 鉱工業開発調査部 計画課
(3) 作業管理	五十嵐 壮太郎	JICA 鉱工業開発調査部 資源開発調査課
(4) 電力セクター調査	湯本 登	プロアクトインターナショナル（株）
(5) 地熱資源開発	藤枝 誠	東電設計（株）
(6) 通訳	飯村 直子	（財）日本国際協力センター

1-3 調査日程

日付			調査工程	宿泊地
1	7月20日	木	移動 [成田→北京]、JICA中国事務所打ち合わせ	北京
2	7月21日	金	国家科学技術部、NEDO北京事務所、JBIC北京事務所表敬	◇
3	7月22日	土	移動 [北京→成都]	成都
4	7月23日	日	移動 [成都→ラサ]、チベット自治区関連機関打ち合わせ	ラサ
5	7月24日	月	関連機関合同協議 (チベット自治区科学技術庁)	◇
6	7月25日	火	羊八井地熱フィールド視察	◇
7	7月26日	水	関連機関合同協議 (チベット自治区電力工業局)	◇
8	7月27日	木	関連機関合同協議 (◇)、チベット自治区常務副主席会見	◇
9	7月28日	金	関連機関合同協議 (◇)	◇
10	7月29日	土	羊湖揚水発電所視察、協議議事録署名	◇
11	7月30日	日	移動 [ラサ→北京]	北京
12	7月31日	月	JICA事務所報告、在中国日本国大使館報告、移動 [北京→成田]	

1-4 チベット羊八井地熱開発の概要

現在までの経緯

- (1) チベットにおける熱泉や噴気泉の記録は古くから存在したが、1970年に行われた初期の調査において、既にチベット自治区からペルシャにかけてのヒマラヤ北部高地における地熱資源のポテンシャルの高さが指摘されている。
- (2) 1975年に水電部が実施した調査によって、初めてこの地域における地熱発電可能性が明らかとなり、翌76年には羊八井地熱探査開発が正式に国家計画に組み入れられることとなった。84年末までに37本の試錐孔が掘削され、最高172 の高温が得られた。この間、77年から浅層地熱フィールドの井戸を使用した実験的発電 (87年から本格的発電) が開始されたほか、82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、専門家の派遣による調査活動 (CPR/81/011) を合同で行った。
- (3) 87年に北部開発を開始し、井戸を掘削したが地熱流体は得られなかった。88年から91年にかけて資金問題から一時開発を中止したが、この間、海外の専門家が地熱構造・含水層・熱水の通路などについて種々の検討を行った。
- (4) 92年、チベット自治区政府主催で国際シンポジウムを開催し、国内外の専門家を招待した。北部に豊富な高温地熱資源が賦存することについて、専門家の意見は一致した。
- (5) 93年、国際シンポジウムの結論を踏まえ、UNDPによる地質調査が開始された。ZK-4002 (深度2,006m、孔底で329) を掘削したが、ガスのみで地熱流体を得ることは出来なかった。
- (6) 95年、ZK-4001 (深度1,459m) を掘削した結果、流量302ton/hr、孔口温度200 、圧力15kg/cm²のガス・水の混合体を得た。12MWの発電力があるという計算結果が得られた。

現状

羊八井の浅層地熱フィールドの井戸 (深度500m以内) から得られる水蒸気を利用して、最大能力17MWの発電を行っている。高所のため大気圧が低く蒸気圧に問題はないとされるが、地熱流体中に含まれる硫酸や塩酸などの影響によりパイプやタービン等に腐食が見られ、問

題となっている。稼働中の発電所は第二発電所と呼ばれており、第一発電所は稼働していない。

将来計画

これまでの調査結果から、羊八井北部に極めてポテンシャルの高い深層地熱フィールドが存在することが有望視されているため、チベット側は深刻な電力不足を解消する有力な手段として、以下の計画に従って中国では初めての試みとなる深層地熱開発を進めていく方針である。

- (1) 主として既存の深層ボーリング(ZK-4001およびZK-4002)からの噴気蒸気を利用して、小規模発電所を建設する。
- (2) 広域の開発計画作成のため、広域地表調査、調査井掘削、貯留槽評価を行う。
- (3) 第2期以降の建設工事を行う。

1-5 要請内容

チベット側は、1999年度案件として上述の将来計画における2)の調査井掘削を含めた形で協力要請を行っていたが、今回は1)の発電所建設、2)の広域調査および3)の発電所増設にかかる計画策定のみを要請しており、2000年度案件として要請内容を縮小してきた経緯がある。具体的な協力要請の内容は以下のとおり。

(1) 地熱構造モデルの再検証

これまでの調査で明らかになっている地熱構造に関し、以下の3つの方法を通じた地質情報の収集から再度検証する。

- 1) 物理探査(MT法測定、微少地震法等)
- 2) 地球化学探査(地殻の土壌にある気体組成測定)
- 3) 過去のボーリングに関する調査結果(地質・破碎状況・逸水状況・孔井検層結果)の情報収集

(2) 上述の地熱構造モデルの検証結果を踏まえたうえで、既存4001号井戸の噴気試験及び貯留槽モデルの再評価を行う。

1) 噴気試験

噴気確認試験

長期連続噴気試験(約3ヶ月間)

坑口圧、流量測定、流体サンプリング、化学分析、坑井内温度、圧力検査など
関連調査

周辺坑井での水位経時変化観測など

2) 貯留層シミュレーション

貯留層数値モデル作成

三次元自然状態シミュレーション

三次元ヒストリーマッチング

生産挙動予測シミュレーション

安定可能開発可能量の評価

(3) 上記を踏まえ、羊八井北部の高温地熱資源の初歩的な開発計画の策定を行う。

- 1) 既存井戸を利用した小規模地熱発電所建設計画の作成
- 2) 将来の広域探査計画と発電所増設の計画作成

1-6 対処方針

1-6-1 プロジェクト実施の必要性および実施可能性の確認

(1) チベット自治区の電力需給の現状と今後の見通しの確認

チベット中部電力網について、以下の項目についての情報収集を通し、電力需要の長期的な見通しと電力供給の設備等について現状および将来計画を把握する。また、本格調査の実施にあたり、既存の開発計画との重複や矛盾が生じないか確認する。

- 1) 電力需要
- 2) 需要想定（都市開発計画などの把握）
- 3) 既存の電力設備（電源施設・送配電網）の設備状況及び運転・保守管理状況
- 4) 電力設備（電源施設・送配電網）の拡充計画等

(2) チベット自治区における他の国際援助機関の動向の把握

チベット自治区電力セクターにおいて、他の援助機関による関連プロジェクトがあれば、その動向を把握した上で本調査の必要性を確認する。

(3) 先方の本プロジェクト実施にかかる意向について

1) 上位計画（チベット自治区における開発計画）との整合性

現在、チベット自治区の開発計画等については未確認であり、本プロジェクト形成基礎調査により右に相当する計画の有無を確認する。存在する場合は政策面を含めた電力セクターの動向の中で本プロジェクトの位置付けを確認する。

2) プロジェクト実施に向けた方針

本プロジェクトについて、先方は円借款による事業化を希望しているとの情報があるため、本プロジェクト形成基礎調査において確認する。また、先方が本件にかかる日本への協力要請について、具体的な内容と高いプライオリティを有しているか確認する。

(4) チベット自治区における関連機関の役割の明確化とカウンターパート機関の確認

本プロジェクト形成基礎調査について関連するチベット自治区内の機関は以下のとおりである。

チベット自治区科学技術部

チベット自治区電力工業庁

電力セクター行政部門を担当している。

チベット自治区電力公司

国の出資により設立された実施機関（国有企業）であるが、電力工業庁と実質的には二枚看板の体制となっており、役員も双方を兼務している。総合資産は7.6億元であるが、参加に17の子会社を抱え、実際には30億元を超える資産を保有している。2.9億元の債務を抱えるが、チベット自治区では最も債務の少ない優良企業となっている。

チベット地熱開発公司

電力公司傘下の企業の1つであり、羊八井地熱発電所の運営・管理を担当している。

チベット自治区地質局地熱地質大隊

電力公司と密接な連携をとりながら、地熱開発にかかる地質調査を担当している。

本件要請書は、チベット自治区科学技術委員会から提出されており、現段階ではカウンターパート機関が明確でないため、本調査にて確認する。2)のチベット自治区電力工業庁が正式なカウンターパート機関となる可能性が高いが、現時点で他の関連機関の同地区における電力セクターの中での役割、影響力等が明確でない。今後、本格調査に

移行した場合に円滑な調査を進めるためにも、各機関の役割、影響力等を本プロジェクト形成基礎調査で確認する。

(5) データ整備状況/取得可能性について

中国では先方からの資料の提供が（主に資金的理由により）滞る場合があり、また地形図等の一部資料の持ち出しを制限される可能性もあることから、開発調査を実施する上で必要なデータについて、その整備状況と入手可能性を確認する。

(6) 関連する許認可制度について

当該プロジェクトの実施段階で許認可を受けるべき事項（EIAなど）について情報を収集し、本件開発調査での対応可能性を整理する。

1) 関連機関の役割について

2) 具体的手続きについて

(7) 調査対象地域の安全管理情報の収集

本件調査対象地域はチベット自治区のラサ市の北西90kmに位置する。現時点では特筆すべき具体的な危険情報は得られていない。しかしながら、本格調査移行時には調査団の長期滞在が予想されるため、JICA中国事務所、先方関連機関等に対し、安全管理に関する情報があるか確認する。

(8) 調査実施可能時期の確認

チベット自治区においては冬季の気候が厳しく、サイトへのアクセスが制限されることが予想されるため、本格調査を円滑に実施できる期間を確認する。

1-6-2 本格調査の目的・内容・実施手法についての基本的合意

本格調査の必要性および実施可能性が確認された場合、先方との協議および現地踏査を通して日本による協力内容（調査対象地域/調査スケジュール/対象設備/調査項目など）の絞り込みを可能な範囲で行い、協議結果として合意に至った事項については協議議事録として記録する。現段階で想定される本格調査内容（案）は以下のとおり。

(1) 調査の目的

これまでに実施した調査結果の見直しと既存ボーリングからの噴気に関する試験をとおりして貯留槽の評価を行うとともに、既存ボーリングを利用した発電所の建設計画を策定する。また、同時に、羊八井北部の深層地熱フィールド全域にわたる将来的な開発計画（広域調査計画、調査井掘削計画、発電所増設計画、資金計画など）を作成する。

(2) カウンターパート機関

チベット自治区電力工業庁を正式なカウンターパート機関とするが、調査の実施に当たっては他の関連機関（チベット自治区電力公司、チベット自治区地熱開発公司、チベット自治区地熱地質大隊など）とも適宜密接に連携していくこととする。

これら関連機関は、調査進捗の過程で現地再委託先となる可能性もある（中国では現地再委託先が著しく限定される傾向にある）ため、協議議事録の締結に当たっては十分配慮する必要がある。

(3) 調査対象地域

本調査の対象地域は羊八井北部の高温地熱地帯である。羊八井地熱地帯はラサ市の北西90kmに位置し、行政区としてはラサ（拉薩）市当雄県羊八井区に属する。

(4) 調査期間

調査期間は約1年程度を目途とする。

(5) 調査項目

調査項目については、基本的には先方からの要請内容に沿うこととするが、今回調査で既存の電力設備や調査井の状況を確認したうえで、より効果が高いと思われる調査手法を模索する。

第2章 協議の概要と結果

第2章 調査結果の概要と協議議事録

2-1 プロジェクト実施の必要性および実施可能性の確認

(1) チベット自治区の電力需給の現状と今後の見通しの確認

1) 電力需給状況

99年度の自治区内の最大出力は34万kWであり、総発電量は6.8億kWhであった。第9次5カ年計画期間中に最大電力は13.2%、総発電量は9.2%、GDPは14%の伸び率を達成したが、GDPの伸び率に比べ発電量の伸び率が追いついていない状況となっている。1人当たり最大電力は135W、発電量は270kWhであり、それぞれ全国平均の57%、27%となっている。また、電化率は郷鎮レベルで37%、村落レベルでは21%となっており（全国平均の電化率は98%）、自治区内人口の約3分の2が未電化である。こうした電力不足は、自治区内の社会経済発展を進めるうえでの大きな制約となっている。しかしながら、自治区において最も開発量の大きい水力発電についてもほとんどがダムのない流れ込み式となっているおり、電力需要の大きな冬が渇水期に当たってしまうことから、冬季の電力不足が深刻な状況となっている。こうした状況を踏まえ、かつては火力発電の開発にも取り組んだが、燃料に係る費用などが大きく、経済的に成立しないことが明らかとなっている。このため、地熱発電が特に冬場の渇水期において重要な位置を占め、最大出力で電力網全体の50%以上を占める（1998年までの平均）状況となっている。

2) 将来需要の見通し

第1次、第2次、第3次産業は、第10次5カ年計画（2001～2005年）中に自治区全体でそれぞれ年平均6%、15%、12%の成長率を達成する見通しであり、これら産業の成長に合わせた発電能力の増強（同計画中に約50万kWへの拡張）が必要となっている。

3) 電力供給体制および将来計画

チベット自治区の電力供給構造については、現在、ラサ市地区、ロカ地区、シガツェ市地区の独立電力網の連系（2市11県）を進めており、今年中に中部電力網として連系が完了する予定である。チベット自治区には7つの市、区があるが、最終的には最西端のアリ地区と東部のチャムド地区を除き、中部電力網に連系させる計画である。中部電力網を構成する2市11県の連系発電所の供給力（連系しない独立発電所を除く）は、12発電所、合計出力21.748万kWであり、電源別構成としては、流込み式水力発電が8万200kW、ヤムドク湖揚水発電所9万kW（天然のヤムドク湖を上池とし、ヤルザンボ川を下池替わりとする揚水発電所であるが、現在のところピーク用発電所としてのみ使われており、揚水は行われていない。）、羊八井地熱発電所2.418万kW（実際の発電能力は地熱資源の枯渇により、冬季で1.7万kW、夏季で1.2万kW程度に低下している。）、火力発電所（ディーゼル）2.31万kWとなっている。流込み式水力発電所はベース電源、ヤムドク湖発電所はピーク電源、羊八井地熱発電所はベース電源と調整用電源を兼ねて利用されている。火力発電は燃料費が非常に高いため冬季ピーク調整用としてのみ利用されている。今後の電源開発計画としては、2005年までに直孔発電所（出力10万kWの水力発電所）と林芝巴河発電所（出力4万kWの水力発電所）の建設を国家資金で行うことにしている。直孔発電所が完成した段階で、ヤムドク湖揚水発電所と連携させて運転することにより、ヤムドク湖の水位低下を緩和させる計画である。このような電源構成の中で羊八井地熱発電開発計画は、渇水期（冬季）の流込み式水

力発電の出力低下を補うとともに、系統全体の調整用電源として重要な役割を担うことが期待されている。

送電網については、ヤムドク湖揚水発電所からラサ市までの間で11万V 2回線、羊八井地熱発電所からラサ市までの間で11万V 1回線が整備されている。羊八井揚水発電所からラサ市までの送電能力は4.7万kWあり、現在羊八井地熱発電所からラサ市に送電している最大電力1.2万kWに対して十分な余裕を有している。また、チベットでは農村電力網と都市電力網の拡大整備に国家が多額の資金（農村電化網整備に2000億元、都市電力網整備に4億元）を投じており、ラサ市内の配電網改良整備は来年度中に完了予定である。

（２）チベット自治区における他援助機関の動向把握

現在のところ、先方は他援助機関からの協力の受け入れを考えておらず、日本からの協力のみを想定している（これまでGlobal Environmental Facilityへの協力要請について世銀と話し合った経緯があるが、金利面で不利であったことと手続き面で複雑であったことにより、日本側（JICAおよび円借）へ協力を依頼する方針を決定しており、他の援助スキームとの比較検討をした後、今回要請に至ったものと思われる。）

（３）先方の本プロジェクト実施にかかる意向について

１）上位計画との整合性

既に第9期全人民代表第3回会議（2000年3月5日）で表明されており、また次期（第10次）5カ年計画の重点項目として位置付けられる予定の「西部大開発戦略」において、電力を含むインフラ整備の必要性が謳われている。チベット自治区電力セクターにおいても、上述したような電力需給の逼迫と開発可能なエネルギー源が限られていることから、以下の4つの開発方針を掲げている。

水力発電の開発促進

地熱発電および太陽光発電の開発促進

送配電網の拡充

集中型電源と分散型電源の最適利用

電力セクター開発計画については、99年8月に一度策定したものの、最近の西部大開発の流れを受けて現在再検討中である。現在、西南勘測設計院（国家電力公司下の6勘測設計院の1つ）で具体的な計画を策定中であり、2000年の10月を目途に報告書が作成される見通しであるため、次回の（予備）調査時にはより具体的な内容を示せるとのコメントが中国側からあった。

２）プロジェクト実施に向けた方針

本プロジェクトについて、先方は円借款による事業化を希望している。中国側自己資金による事業化も選択肢として想定されるが、チベット自治区の予算では十分でないため、中央政府からの支援が必要な状況となっている。いずれにしても、現在の1本の調査井では資源量を証明するに至らず、中央政府に対して資金を要求する根拠として不十分な状況となっている。このため、JICA開発調査によって開発可能な地熱資源量を明確にし、今後の開発計画の基礎とするとともに、事業化に当たっての資金調達の根拠資料としたいというのが、先方が今回の要請に至った背景である。具体的には、「JICA開発調査→中国側によるPre-F/S、F/S（環境影響評価を含む）→円借款要請（あるいは中央政府への支援要請）」のプロセスに従って開発を進めていくことを先方は想定している。羊八井地熱資源の具体的な開発計画についても、上述のとお

り、全体の電源開発計画の見直しに従って現在再検討中であるが、まずは開発可能な資源量を的確に評価することが先決であり、具体的な発電所の建設計画もその後に策定されると予想される。

(4) チベット自治区における関連機関の役割の明確化とカウンターパート機関の確認

本プロジェクトに関連するチベット自治区内の機関は以下のとおりである。

チベット自治区科学技術庁

チベット自治区における本件開発調査の窓口機関であり、羊八井地熱フィールドの開発に関しては、チベット自治区電力工業局とともに関連会社の管理機関としての役割を果たしている。

チベット自治区電力工業局

電力セクター行政部門を担当しており、羊八井地熱フィールドの開発に関する管理機関である。

チベット自治区電力公司

電力工業局と実質的には二枚看板の体制となっているが、公司の方は企業としての電気事業を担当している。総資産は43億元であり、羊八井地熱フィールドの開発については実施機関として関与している。従来はチベット自治区政府の管轄下にあったが、2000年の3月13日に自治区人民政府と国家電力公司の間で協定を結び、国家電力公司の管轄下に入った。将来的には国家電力公司の子会社となる予定であり、それに伴って羊八井地熱発電所も国家電力公司の管轄に移管される見通しである。チベット電力公司の設備投資資金の85%は国家から提供されており、自治区政府の負担はわずか7%（その他セクターからの援助が7%あり）と国の優遇政策を受けている。従って電気料金については需要家の支払能力に応じた料金設定が行われており、投資資金の回収は一切考慮されていない。

チベット自治区地熱開発公司

電力公司傘下の企業の1つであり、羊八井地熱発電所の運営・管理を担当している。羊八井地熱フィールドの開発については、電力公司の影響の下、実施機関として関わっている。

チベット自治区地質鉱山庁地熱地質大隊

羊八井地熱フィールドの開発については、電力公司から一部の仕事（地質調査等）を請け負っている関係にあるため、地熱開発公司と同様に電力公司の影響の下で実施機関の1つとして関与している。なお、地質大隊の上部機関であるチベット自治区地質鉱山庁は、将来的にチベット自治区国土資源局と合併し、国土資源庁へと改組する予定である。

調査団は、電力セクターの管理機関である電力工業局が他関連機関への影響力の観点からカウンターパート機関として適切であると判断し、その旨中国側に伝えたところ先方も同意見であった。

(5) データ整備状況/取得可能性について

今回調査においても、関連機関の承認が必要であることを理由として、一部資料（チベット自治区における電力セクターの開発計画など）の提供がなされない場面があった。このため、JICAの開発調査スキームを先方に説明し、原則として調査に関連する資料は全て調査団に提供して欲しい旨先方に伝えた。提供するうえで許認可が必要な資料についても、こういった機関に認可を求めるべきかあらかじめ明らかにしたうえで可能な限りの資料を提供するよう協力を求め、中国側の了解を得た。（協議議事録に記載）

(6) 関連する許認可制度について

当初、本調査において既存井戸を利用した小規模発電所のF/Sを調査項目として含むことを想定していたため、それに伴う環境影響評価についても実施する方針で検討していた。しかしながら、協議の過程で中国側の当該F/Sの実施を要請しない意向が明らかとなったため、環境影響評価については本格調査終了後に中国側がPre-F/Sの段階で開始することとした。(協議議事録に記載)

また、その他の関連する許認可事項として、本格調査段階で調査団がチベット自治区内において噴気試験等の調査活動を行うに当たって一定の許可(探鉱調査権)が必要であるとの説明が中国側からあったため、本格調査の開始前にコンサルタント(本格調査団)の関連情報を先方に送付することとした。

(7) 調査対象地域の安全管理情報の収集

本件調査対象地域はチベット自治区のラサ市の北西90kmに位置する。今回調査ではラサ市内、羊八井サイト、およびラサ市から羊八井までの経路(道路工事中にて悪路)において、特筆すべき具体的な危険情報は得られなかった。また、ラサ市および羊八井においては携帯電話(JICA北京事務所にて貸与可能)の使用が可能であり、緊急連絡用の通信手段を確保できることを確認した。

(8) 調査実施可能時期の確認

チベット自治区においては冬季の気候が厳しいため、サイトでの野外調査が可能な期間は4月から10月までに限られるとの情報を中国側関係者から得た。

2-2 中国側からの提案書

今回協議において、中国側から以下に示すS/Wの内容に係る提案書が提出された。

開発調査S/W案(仮訳)

一. 地質調査

1. 羊八井熱田及び外周地面の地質調査

中国側がすでに所有している資料の分析研究の基礎の上に、熱田の範囲及びその周辺地区の地質構造及び地層、マグマ活動、水文地質背景などについて実地調査を行い、熱田の地質特徴を実証し、さらに確認する。熱田の地域性または背景地質モデルの構築のために信頼性のある根拠を提出する。

2. 熱田の深部地層、岩性につき、必要な補足調査及び研究を行い、深部地層の形成時期を確定し、熱田の地質モデルを完成する。(既存の深部と浅部のボーリングデータを利用し、サンプリング及び測定試験を補足する。変質サンプル、同位元素サンプル、岩石薄片を含む。)

二. 地球物理探査

1. 高精度のMT測定

世界でも先進的なEMI社製のMT - 24を利用し、日本のGPSを用いた多点同時測定を採用されたい。遠隔測定(Remote Reference)、測点数60点。対象範囲約10平方キロ。測定震度3000m。

2. 微小地震測定

測点は4 - 6点。連続観測4ヶ月。また、日本の専門家が現場にて中国側の技術者を養成し、併せて、今後の継続的な観測のため必要な機材を提供していただきたい。

三. 熱貯留層の工学的測定

1. ZK4001井の連続3ヶ月間噴気試験

セパレーターにより蒸気と熱水に分離させ、それぞれの温度、圧力、流量などの変化状況を測定する。ZK4001井の噴出試験中の噴出流体総量は約302トン/時間であり、その処理案として以下の3案が上げられる。

- 1) 噴出した流体の温度と圧力を降下し、直接現在の第2発電所の発電システムに繋げ、発電所の発電に利用する。この案は、圧力を降下させる設備及び輸送パイプの敷設にかかる費用が必要となる。
- 2) 現存の廃棄した生産井または施工中の井戸より2 - 3井を選び、浅層熱田に戻す。この案は、パイプ敷設及び廃棄井戸の修復または新設井戸による排水還元の費用が必要となる。
- 3) 直接地表に排出する。この案は比較的費用がかからず、ただ排出パイプを敷設する費用を要す。ただし、周辺環境にある程度の影響を与えるため、熱田周辺の環境アセスメントが必要となる。

2. ZK4001井の噴気前に周辺の一部の生産井において熱貯留層の工学的測定作業を行う。

3. ZK4001井の噴気試験中及びその前後を併せた6ヶ月間において、一定数量の井戸に対し、長期的な水位、圧力、温度などの変化及び回復データ等の観測を行う。

4. 深部の高温流体噴出前の相対的パラメーターを把握するため、ZK4001井噴気前にZK4002井及びその周辺の一部の井戸に対し、温度、圧力、検層を行う。併せて、ZK4001井の試験終了後、ZK4002井などに対し、約3ヶ月の孔内圧力及び水位などのパラメーターの回復時測定を行う。

熱貯留層の工学測定はよく6ヶ月間を要する。必要な機材について、中国側が現有しているものは9000型プルート毛細管式検層車1台であり、その他の機材、例えばオリフィス、温度、圧力測定機器については日本側の提供を希望する。

四. 流体地球化学測定

熱田内の地表水及び周辺の冷水、雪水、深部及び浅部の地熱流体地球化学特性の研究については、中国側はすでに大量の研究を行い、比較的良い成果を得ている。しかしながら、先進的な方法により検証する必要がある。そのため、既存資料の分析研究を基に、深部流体の化学成分、不活性気体及び同位元素などを補足測定し、熱田の地球化学モデルを完備する。

五. 総合検討及びシミュレーション

これまでの地質資料の収集を通じ、以上の実地踏査の結果を総合し、羊八井地熱田深部の熱貯留層に対しシミュレーションを行う。

1. 羊八井熱田の深部資源数値モデルを提出する。
2. 羊八井熱貯留層の3次元モデルを提出する。
3. 生産シミュレーションを行う。

4. 羊八井高温地熱資源の初歩的な開発計画を策定する。
5. 羊八井熱田総合地質モデルを作成する。
6. 将来的な熱田全体の踏査計画及び発電所の拡大計画を策定する。

六．研修計画

1. 先進的な熱貯留層シミュレーション解析及び孔内流体シミュレーション解析用のハード及びソフトの提供を希望する。また、3 - 4名のチベットの技術者を日本に派遣し、日本での本調査の報告書作成及び熱貯留層シミュレーションに参加し、日本専門家からの技術移転を受ける。
2. 日本人専門家がチベットにて調査を行う間、一定の期間をアレンジし、中国側技術者の研修を行う。研修内容は野外の実地調査方法、室内における熱貯留層解析方法及び物理探査、地質、地球化学、資源量評価などの先進的技術及び新しい理論及び知識を含むものとする。これをもって、チベットの地熱資源探査チームの技術レベルを向上させる。
3. 深さ2500mの探査ボーリングを施工し、新しく作成した熱貯留層モデルの検証を行うことを申請する。
4. 調査期間は1年6ヶ月間とする。(2001年1月から2002年6月)

上記の提案書に基づき、中国側から以下のような説明がなされた。

- (1) 地質調査については、中国側で20年間の実績があるが、これまでの調査結果を今回日本の専門家から評価してもらい、一般的に公認されたものとしたい。
- (2) 物理探査については、地熱資源の商業開発に当たっての精度の高いMT法と地熱流動通路を明確に把握するための微小地震測定法に関し、日本からの技術移転を希望する。
- (3) 噴気試験については、以前、ZK-4001の噴気試験を15日間だけ行い、流量・温度等の解析を行った経緯がある。その結果は、国内の専門家によって承認済みであるが、発電所を建設するうえではより長期にわたる噴気試験を行い、信頼性・安定性の確認と周辺井戸パラメーターの測定・解析する必要がある。実際の噴気試験に際しては、周辺への環境影響を考慮する必要があることから、提案書に記載した3案のうち、1案あるいは2案が現実的と言える。但し、噴気試験の実施に当たっては、以下のような作業分担（費用分担）を提案したい。[小早川1]

気水分離器、消音器、流量測定堰については、日本側の設計に従って、中国側（地熱開発公司、地熱地質大隊）が製作・設置の作業を行う。

排熱水対策については、1案あるいは2案を採用する場合、パイプ等の資機材調達にかかる費用は日本側で負担する。但し、設置作業は中国側（地熱開発公司、地熱地質大隊）が行う。

- (4) 地化学測定については、これまで中国側で独自に実施してきたが、調査結果を今回日本の専門家から評価してもらい、一般的に公認されたものとしたい。また、深部の地化学的溫度の理論的背景を解明したい。
- (5) 総合検討およびシミュレーションについては、既存調査井ZK-4001の生産予測シミュレーションと羊八井地熱フィールド全体の開発計画策定が最も重要な内容となる。また、将来的に拡大生産を行ううえで総合的な地質モデルを作成することが重要となる。『羊八

井高温地熱資源の初歩的な開発計画」の具体的なアウトプットとしては、羊八井地熱フィールド全般における開発可能な発電所の規模や初歩的な発電方式・プロセスを明らかにして欲しい。また、深層部地熱資源の開発に伴って、現在の浅層部地熱発電所のパフォーマンスがどのように変化するかを把握し、技術的・経済的に最適な対策がどういったものかを明確にしたいと考えている。

- (6) 地熱地質大隊の技術力は、国際的な水準からはまだまだ遅れている。今回のJICA開発調査では、是非とも長期的な視点から技術移転と関連する資機材の供与をお願いしたい。

2-3 締結した協議議事録 (Minutes of Meeting : M/M)

協議においては、プロジェクトの必要性および実施可能性を確認し、さらに上述に提案書に基づいて中国側と本格調査内容に関する絞り込みを可能な範囲で行った。協議の結果は協議議事録として記録し、中国側（チベット自治区科学技術庁／電力工業庁）と署名・交換をした。締結した協議議事録を次項に示す。

中華人民共和国

チベット羊八井地熱資源開発計画
(プロジェクト形成基礎調査)

協 議 議 事 録

日本国

国際協力事業団

中華人民共和国

チベット自治区科学技術庁
チベット自治区電力工業局

中華人民共和国チベット自治区政府の申請に基づく同国国家科学技術部の要請に応じ、チベット羊八井地熱資源開発計画に係る日本国国際協力事業団（以下「JICA」という）のプロジェクト形成基礎調査団（以下「調査団」という）は、2000年7月20日から7月31日まで中華人民共和国を訪問し、本計画について中華人民共和国チベット自治区関係機関（以下「中国側」という）と一連の協議を行った。この期間中に、チベット自治区徐明陽常務副主席およびチベット自治区発展計画委員会、科学技術庁、国土資源庁、電力工業局の責任者が調査団と会見し、本プロジェクトに対する支持を表明した。協議の結果は以下のとおりである。

1. JICA 開発調査に関する説明

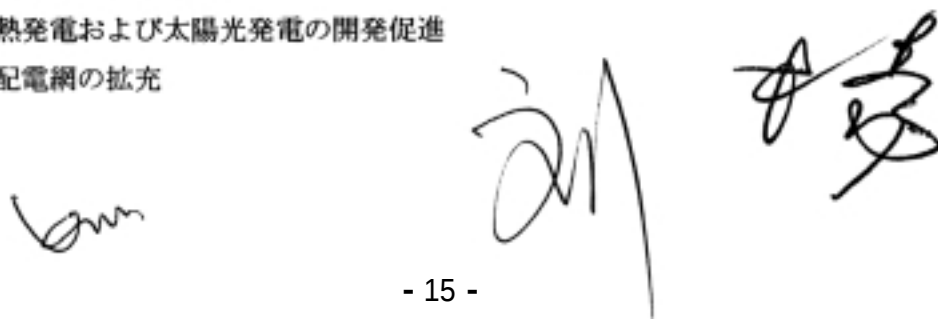
調査団は、JICA が行う開発調査の一般的な枠組みについて説明するとともに、今回プロジェクト形成基礎調査が案件採択前の情報収集を目的として実施され、本案件の採択については調査団の報告を基に日本側で今後検討されることについて説明し、中国側の理解を得た。また、JICA 開発調査を実施するに当たって「中国側がとるべき措置」について、次回調査における実施細則締結時に合意が得られるよう中国側が必要な手続きをとることとした。特に JICA 開発調査に関する以下の点について、調査団と中国側は同意した。

- (1) 本格調査実施上必要となる資料については、実施細則（S/W）締結前に中国側が日本側に対する資料提供の承認手続きをとる。
- (2) 本格調査の成果品として作成される報告書は、原則として日本において公開されるが、公開の範囲については本格調査終了の段階で日本側と中国側で協議のうえ決定する。報告書は日本語および英語にて作成する。但し、中国側は中国語の要約版作成について調査団に要請した。
- (3) 調査用資機材の供与については、日本側が中国側と協議のうえ、本格調査終了の段階で決定する。

2. 羊八井地熱資源開発の中国側開発計画における位置付け

中国側は、羊八井における深層部地熱資源開発の重要性に関し、以下のとおり説明した。

- (1) 中華人民共和国政府は、西部大開発戦略において、チベット自治区を含む西部地域でのインフラ整備を推進する方針を表明している。本件も、チベット自治区における社会経済面での遅れを解消するうえで必要となる電力インフラの整備を目指すプロジェクトとして位置付けられる。
- (2) チベット自治区電力工業局は、将来的な産業発展の基盤としての電力インフラの整備と電化率の向上に向け、以下の4つの開発方針を掲げている。
 - ①水力発電の開発促進
 - ②地熱発電および太陽光発電の開発促進
 - ③送配電網の拡充



④地域の状況に応じた集中型電源と分散型電源の補完的かつ最適な利用

- (3) このうち、水力発電は冬の渇水期に電力供給能力が低下し、太陽光発電については発電量に限界があるため、安定的な電源としての地熱発電の開発が急がれている。

3. プロジェクトの事業化方針

チベット自治区電力セクターでは、中央政府の方針により、重要プロジェクトについて資金面での支援を受けている。本件の事業化に際しては、こうした中央政府からの資金手当てが想定されるが、資金の申請に当たって地熱資源のより正確なポテンシャル評価が求められている。また、中国側からは、日本政府に対して優遇利率のソフトローンを申請したいとの意向が表された。

4. 本格調査内容に関する協議

今回調査中に、中国側は別添 1 の S/W に係る提案書を調査団に提示した。本格調査内容については S/W 締結時に最終決定することを確認したうえで、提案書に基づき調査団と中国側で以下のような協議を行った。

(1) 調査目的について

中国側は、羊八井地熱フィールドのより詳細な地質構造モデルを構築するとともに、深層部熱貯留層を的確に評価することが現段階での最重要課題であるとし、既存井戸（ZK-4001）を利用した小規模地熱発電所の建設に係る F/S は今回要請内容に含めない意向を表した。調査団は、中国側の意向を理解し同意を示した。

(2) 調査実施体制について

本格調査の実施に当たっては、中国側においてチベット自治区電力工業局が責任機関となることについて、調査団と中国側は確認した。

(3) 調査対象地域について

別添 2 の地図に示された範囲を評価対象範囲とすることで、調査団と中国側は確認した。

(4) 調査項目について

1) 地質調査

調査団は、調査項目として必要であることを認めた。調査団は、中国側の既存資料に関し、本格調査の実施に当たっては円滑な提供がなされるよう要望した。

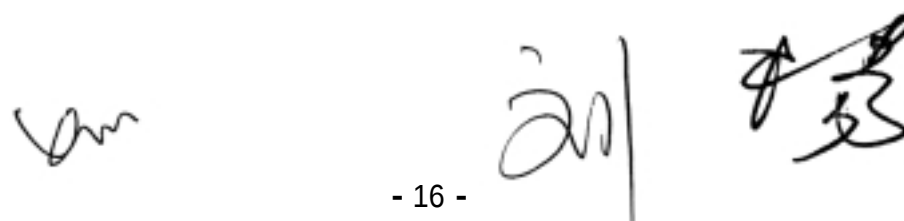
2) 地球物理探査

◆MT 測定

調査団は、調査項目として必要であることを認めた。但し、具体的内容については、本格調査にて上述 1) の結果を踏まえて確定すべきものであることを説明し、中国側の同意を得た。

◆微小地震測定

調査団は、本調査項目については技術的側面からの実施の有効性を検討する必要が



ある旨説明し、S/W 締結時に実施の有無を決定することで中国側の同意を得た。

3) 熱貯留層の工学的測定

調査団および中国側は噴気試験の重要性について確認した。排熱水処理については、S/W 締結時に確定することとした。中国側は実施に当たっての費用負担に関し、①気水分離器、消音器、流量測定堰については、日本側が決定した仕様あるいは設計図に基づいて、中国側が製作・設置する、②排熱水対策に係る費用については、日本側の費用負担を期待する、旨要請した。②に関して、中国側が参考としての見積もりを8月末までに日本側に提出することとした。

4) 流体地球化学測定

調査団および中国側は、調査項目として重要である旨確認した。化学分析について、分析結果の精度を確保する必要から日本において行う方針を確認した。

5) 総合検討およびシミュレーション

中国側は、既存井戸（ZK-4001）を利用した小規模地熱発電所の建設計画ではなく、羊八井地熱フィールド全体における長期的な地熱発電所開発方針の策定を要請した。調査団は中国側の意向に同意し、具体的な発電所建設計画の策定およびそれに伴う環境影響評価については、本格調査終了後に中国側が実施する方針を確認した。

6) 研修計画

◆シミュレーション解析用ハードウェアおよびソフトウェアの供与

中国側は、シミュレーション解析について、本格調査終了後も継続的なモニタリングを通してシミュレーション結果の精度を高めていくことが重要であり、また、長期的に見込まれる地熱資源の状況変化に対応する必要があることから、解析作業に係る技術移転と関連するハードウェアおよびソフトウェアの供与を調査団に対して強く要望した。調査団は、①解析作業に係る適切な技術移転にはより長期間を要すること、②シミュレーション解析用のハードウェアおよびソフトウェアの提供については予算面で制約があることから、要望の受け入れは困難であると発言した。

◆日本における研修

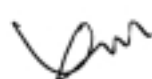
調査団は、開発調査に伴う研修では通常1名の研修員を受け入れており、3～4名の研修員を受け入れることが困難である旨説明した。但し、調査団は中国側から研修の要望があったことを日本側に伝える意向を表明した。

◆チベット自治区における研修

調査団は、開発調査における技術移転は共同作業を通して行われることが基本であるが、調査活動の支障にならない範囲であれば講義形式の研修も可能であるとの説明をし、中国側の理解を得た。

◆探査ボーリング

中国側は、開発可能な資源量を適切に評価するうえで追加的なボーリングは不可欠であり、可能であれば今回調査項目に含めて欲しい旨要請した。また、傾斜掘りの技術に関し、日本側からの移転に対する要望がなされた。



この協議議事録は、下記の3者の署名により確認されるものとする。

2000年7月29日

日本国
国際協力事業団
プロジェクト形成基礎調査団長

三平圭祐

三平圭祐

中華人民共和国
チベット自治区科学技術庁
庁長

劉玉超

劉玉超

中華人民共和国
チベット自治区電力工業局
局長

楊海浜

楊海浜

km

劉

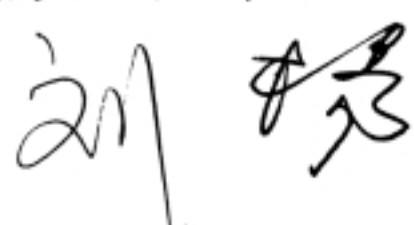
西藏羊八井地热田深部资源调查项目 工 作 计 划

(申请日本JICA援助项目工作内容)

西藏自治区地域辽阔，面积120多万 Km^2 ，平均海拔4000M以上，素有世界屋脊和第三极之称。西藏境内矿产资源丰富，尤以地热能资源分布广泛，温度高，蕴藏量大，具全国首位。西藏和平解放以来，国家非常重视西藏的地热资源勘查开发事业，投入了大量资金对全区地热资源进行科学考察，资源区划等科研工作并专门组建地热勘查专业队伍，对羊八井和羊易等重点地热田开展了地热地质勘查和资源评价工作。

西藏高原中部有两条重要的高温地热活动带，一是沿雅鲁藏布江缝合带的火山—岩浆弧区高温地热活动带，二是羊八井—多庆错高温地热活动带。全区热水总涌水量为0.97万升/秒，天然热流量约为68万大卡/秒，开发利用潜力巨大。

羊八井热田位于拉萨市北西方向92Km处，热田海拔4300~4450M间，热田的地热资源勘查工作始于1976年，

先后开展了地热地质、地球物理、地球化学、水文地质等项工作，并施工了大量的勘探孔和生产井孔。提交了浅层热储资源评价报告，北区深部资源普查报告，深部高温资源形成机制研究报告，以及国际援助合作项目成果报告。1977年第一台地热试验型1MW机组发电成功以来，目前已建地热电厂总装机容量达25.18MW，为拉萨地区社会经济发展起到了重要作用，然而，到目前为止，羊八井热田所利用的是浅层热储资源，浅层资源经二十余年的开采，现热储各类参数具明显下降，已无力满足25.18MW 装机容量机组的正常运行。为此，国家有关部门和西藏人民政府高度重视羊八井热田深部资源的地质勘查工作，1987年和1993年、1996年在热田北区分别投资施工了K352、ZK4002、ZK4001三个深部探采结合性质的深井，并获得了令人鼓舞的成果，ZK4002孔测得329.8℃高温数据，ZK4001获得单井发电潜力达12.58MW。已引起国家有关部门和国内外地热界的极大兴趣，为羊八井的热田深资源的勘查开发利用开辟了崭新而广阔的前景。



地热资源作为新能源加以勘查、开发在我国起步较晚，而如羊八井北区这样的深层高温地热资源的勘查，可以说才刚刚起步，勘查过程中涉及到的许多技术问题国内还无先例可借鉴，需要引进国际先进技术援助，提高和完善西藏高温地热资源勘查，开发利用技术水平。为此，向日本JICA矿工业开发调查部申请，以下中国西藏羊八井地热资源开发调查项目工作内容：

一、地质调查

1、羊八井热田及外围地面地质调查

在中方已有的资料分析研究基础上对热田范围及其周边地区地质构造及地层、岩浆活动，水文地质背景等进行实地调查，验证并进一步确认热田地质特征，为建立热田区域性或背景地质模型提供可靠依据。

2、对热田深部地层、岩性进行必要的补充调查和研究，确定深部地层形成时代，完善热田地质模型。（利用已有的深、浅部钻探资料，补充采样及测试，包括蚀变样、同位素样、岩石薄片样等）。

二、地球物理勘探：



1、高精度“MT”测量

希望利用世界先进的EMI公司制的MT-24, 采用日本的GPS校正多点同时24bit 数码测定。 远距参照 (Remoto reference)观测, 测量点数60点。控制面积约10Km², 测量深度为3000M.,

2、微地震法测量

测点4-6个, 连续观测4个月, 并希望日方专家现场培训中方技术人员及提供所用仪器设备以便今后连续监测。

三、热储工程测试

1、ZK4001井进行3个月的放喷测试工作

采用汽水分离器, 将蒸汽和热水(汽、液)两项分别测量, 测试内容包括温度、压力、流量等变化情况。

ZK4001孔放喷测试过程中喷出流体总量约为302t/h, 需采用以下三种方案之一进行处理:

(1)放喷流体通过降温、 降压措施后直接通现有二厂热力系统进行电厂发电利用。

此方案需投入降温、 降压设备和输送管道铺设等方面

van

刘 杨

的费用。

(2) 选择2-3口现有生产废井或施工新井进行热田浅层回灌。此方案需要投入管道铺设及废井通井修复或重新施工回灌等费用。

(3) 直接地表排放，此方案所需费用较少，只需铺设排放管道等费用，但对周围环境将会造成一定的影响，需进行热田周围环境容量评估后方可采用。

2、ZK4001 放喷前对热田内现有部分生产井进行热储工程测试工作。

3、ZK4001孔放喷测试期间及前后共6个月的时间对热田内一定数量的井孔进行长期观测工作，测量内容有水位、压力、温度等变化及恢复数据。

4、测井，在ZK4001孔放喷前对ZK4002 孔和周围部分井孔进行静温、静压、测井，以便了解深部高温流体放喷前的相对参数。并在ZK4001孔结束后对ZK4002等孔进行约3个月的井内压力及水位等参数的恢复测量。

热储工程测试约需6个月的工作时间， 所需仪器设备中方现有的9000型普鲁特毛细吸管式测井车一台外其他仪

Qm

刘 强

器设备如汽体空板测流仪，温度、压力测量仪器等希望日方提供。

四、流体地球化学测量：

对热田内的地表水体及周边冷水、雪水、深部和浅部地热流体地球化学特征方面中方已开展了大量研究工作，并已获得了较好的成果，但仍需要采用先进的方法手段来进行验证和完善，为此，在已有资料分析研究基础上补充测试深部流体的化学成份，惰性气体及同位素等方面内容，以便完善热田地球化学模型。

五、综合研究及模拟计算

通过收集以往地质资料结合以上实地调查工作成果数据，对羊八井地热田深部热储层进行数据模拟

- 1、提出羊八井热田深部资源数据模型；
- 2、提出羊八井热田热储层三维模型；
- 3、生产预测模拟；
- 4、制定羊八井高温地热资源的初步开发计划；
- 5、建立羊八井热田综合地质模型；

van

刘 33

6、制定下一步热田总体勘探计划和电厂扩建规划。

六、培训计划

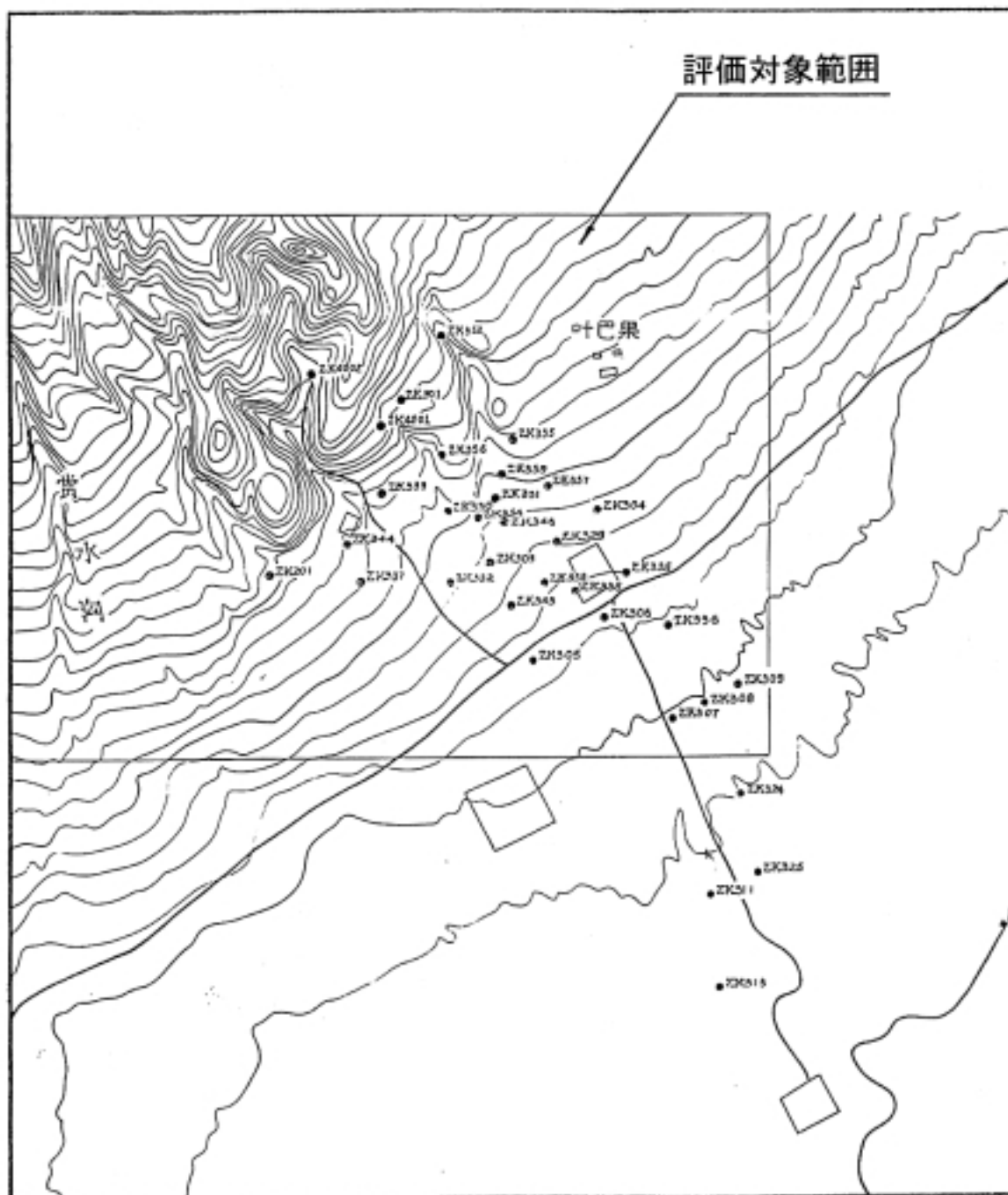
1、 希望提供先进的热储模拟解析和井内流体模拟演算解析硬件和软件，并能安排3-4 名西藏的技术人员在日本参加本项目工作报告的编写和热储层模拟计算学习并得到日方专家的培训。

2、 日本专家在藏工作期安排一定的时间培训中方技术人员，培训内容包括野外实地工作方法及室内热储工程计算方法和物探、地质、地化、资源评价等方面的先进技术和新的理论知识，以便提高西藏地热资源勘查队伍的技术水平。

3、 申请施工1口井深2500M的勘探钻孔， 以便验证新建热储模型。

4、 项目工作周期为1年零6个月(2001元月至 2002年6月)。





Ver.

2018

中华人民共和国

西藏羊八井地热资源开发计划

(项目形成基础调查)

会谈纪要

中华人民共和国

西藏自治区科学技术厅

西藏自治区电力工业局

日本国

国际协力事业团

根据中华人民共和国国家科学技术部基于西藏自治区人民政府申请的要求，日本国际协力事业团（以下称“JICA”）的西藏羊八井地热资源开发计划项目形成基础调查团（以下称“调查团”）自2000年7月20日至7月31日访问中华人民共和国，就本计划和中华人民共和国西藏自治区有关单位（以下称“中方”）进行了一系列会谈。在此期间，西藏自治区徐明阳常务副主席和西藏自治区发展计划委员会、科学技术厅、国土资源厅、电力工业局的负责人会见了调查团，并表达了对此项目的支持和关注。

会谈结果如下所示。

1. JICA开发调查的说明

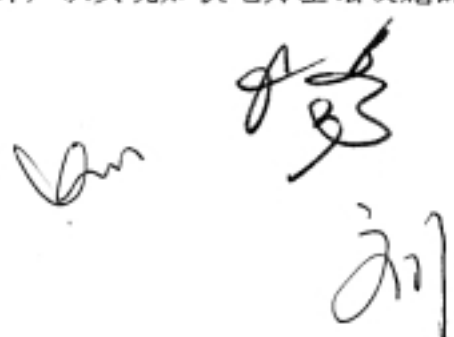
调查团说明了JICA开发调查的一般程序，同时说明了这次举行项目形成基础调查的目的，即日本政府确定项目以前收集所需信息，关于是否采纳本项目的问题，今后日方根据调查团报告加以研究；中方对此表示理解。另外，关于JICA开发调查实施时“中方应采取的措施”，为了下次调查签署实施细则时双方能够达成协议，中方将办理必要手续。对下述问题，调查团和中方同意。

- (1)关于开发调查正式实施时所需要的资料，签署实施细则（S/W）以前，中方取得有关部门批准的向日方提供资料的手续。
- (2)做为开发调查的最后成果所编写的报告书，原则上在日本公开，公开的范围在实施调查结束后双方协商。报告书是用日文、英文作成。中方希望附中文摘要。
- (3)关于提供调查用的器材，通过和中方协商，日方在结束调查阶段再决定。

2. 羊八井地热资源开发项目在中方发展规划中的位置

关于羊八井深层地热资源开发的重要性，中方说明如下。

- (1)中华人民共和国政府已经提出方针，通过西部大开发推进包括西藏自治区的西部地区社会经济基础设施建设。本项目也具有为改善西藏自治区较落后的社会经济状态所需要的完善电力基础设施项目的地位。
- (2)西藏自治区电力工业局提出了如下四项开发方针，以实现加快电力基础设施的建设、提高通电率，促进社会经济发展。
 - ①大力发展水电；
 - ②积极开发地热和太阳能；

Handwritten signatures and initials in black ink, including a stylized signature and the characters '刘' (Liu).

③加强电网建设；

④因地制宜、多能互补，分散供电和集中供电相结合。

(5)其中，水电在冬天枯水期的供电能力下降，太阳能的发电能力有限；因此，做为稳定电源，急需开发地热发电。

3. 项目实施方针

根据中央政府方针，西藏自治区电力部门的重要项目得到资金支援。为了实施本项目，可以考虑这种中央政府的资金支援，但申请资金时，必须有更准确的热储层潜力评价。另外，中方表示：做为项目实施资金来源，希望日本政府提供优惠利率的软贷款。

4. 关于正式开发调查内容的商讨

在本次调查期间，中方向调查团提出如附件1所示的有关S/W的建议。调查团和中方确认在签署S/W的阶段最后确定正式开发调查的内容之后，根据中方的建议，双方进行了如下内容的商讨。

(1)调查目的

中方表示，在这个阶段的最重要的课题是：建立羊八井地热田的更详细的地质构造模型，同时对深部热储层做出准确的评价；同时表示本项目申请中不包括利用现有井（ZK-4001）的小规模地热电站的可行性研究。调查团理解了中方意向，表示同意。

(2)调查实施体制

调查团和中方确认：当实施正式调查之际，西藏自治区电力工业局成为中方的负责机构。

(3)调查对象范围

调查团和中方确认：评价对象范围为如附件2地图所示的范围。

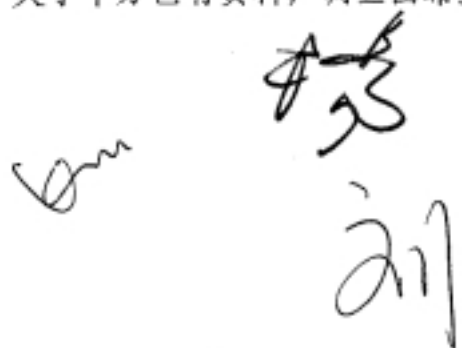
(4)调查项目

1)地质调查

调查团和中方一致认为，是必要的调查项目。关于中方已有资料，调查团希望：实施正式调查时，能够顺利提供。

2)地球物理勘探

◆MT测量

Handwritten signatures and initials in black ink, including a stylized signature at the top, a wavy line below it, and the characters '211' at the bottom right.

调查团认为，是必要的调查项目。但是调查团说明：其具体内容在正式调查中应根据上述1)项调查结果确定。中方表示同意。

◆微地震法测量

调查团说明：关于本调查项目，需要从技术角度研究其有效性。中方同意在签署S/W的阶段决定是否实施。

3) 热储工程测试

调查团和中方确认了放喷试验的重要性。关于热排水的处理方法，将在签署S/W的阶段确定。关于实施费用的负担问题，中方表示：①关于汽水分离器、消音器、堰尾箱，根据日方确定的规格或设计图，由中方加工并安装；②关于热排水对策费用，希望日方分担费用。关于②项，中方在八月底以前提出费用估算以供参考。

4) 流体地球化学测量

调查团和中方确认是重要的调查项目。关于化验，从确保分析结果精度的必要性出发，确认了在日本进行的方针。

5) 综合研究及模拟计算

中方要求制定不是利用现有井(ZK-4001)的小规模地热电站的建设计划、而是羊八井热田总体的地热电站长期开发方针。调查团同意中方的意向，关于具体电站建设计划及所伴随的环境影响评价工作，确认了开发调查结束后由中方实施的方针。

6) 培训计划

◆关于提供模拟解析用硬件及软件的问题

中方向调查团表示：关于模拟解析，尤为重要的是开发调查结束后也继续进行监测，以便提高模拟结果的精度；同时需要对付地热资源状况的远期变化；因此，强烈希望日方对解析作业进行技术转让，并提供有关硬件及软件。调查团表示：因为①为了实现有关解析作业的适当的技术转让，需要更长的时间；②关于模拟解析用硬件及软件的提供问题，存在经费条件的制约；所以难于接受中方的希望。

◆在日本的进修

调查团说明：开发调查中一般接受1名进修员，接受3—4名进修员有困难。不过，调查团将中方的有关进修员的希望对日本有关方面传达。

◆在西藏自治区的培训

调查团说明：开发调查的技术转让基本上通过双方共同作业进行，但是在不妨碍调查活动的范围内的话，也可以进行讲课形式的培训。对此中方表示理解。



◆勘探钻孔

中方表示：为了适当地评价资源可开采量，追加施工勘探钻孔是必不可少的工作；因此，如果可能的话，希望包括在本调查项目之内。同时，关于斜井施工技术，提出了日本技术转让的希望。

本会谈纪要由下述三方签署确认。

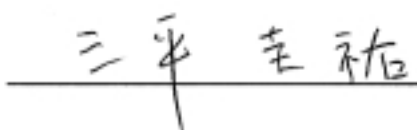
2000年7月29日

中华人民共和国
西藏自治区科学技术厅
厅长

日本国
国际协力事业团
项目形成基础调查团团长

刘玉超

三平 圭祐



中华人民共和国
西藏自治区电力工业局
局长

杨海滨



西藏羊八井地热田深部资源调查项目 工 作 计 划

(申请日本JICA援助项目工作内容)

西藏自治区地域辽阔，面积120多万 Km^2 ，平均海拔4000M以上，素有世界屋脊和第三极之称。西藏境内矿产资源丰富，尤以地热能资源分布广泛，温度高，蕴藏量大，具全国首位。西藏和平解放以来，国家非常重视西藏的地热资源勘查开发事业，投入了大量资金对全区地热资源进行科学考察，资源区划等科研工作并专门组建地热勘查专业队伍，对羊八井和羊易等重点地热田开展了地热地质勘查和资源评价工作。

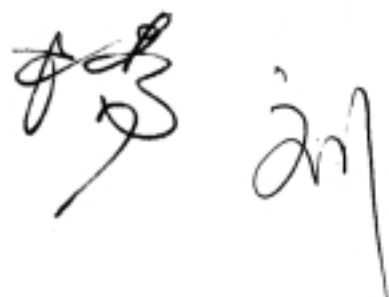
西藏高原中部有两条重要的高温地热活动带，一是沿雅鲁藏布江缝合带的火山—岩浆弧区高温地热活动带，二是羊八井—多庆错高温地热活动带。全区热水总涌水量为0.97万升/秒，天然热流量约为68万大卡/秒，开发利用潜力巨大。

羊八井热田位于拉萨市北西方向92 Km 处，热田海拔4300~4450M间，热田的地热资源勘查工作始于1976年，

先后开展了地热地质、地球物理、地球化学、水文地质等工作，并施工了大量的勘探孔和生产井孔。提交了浅层热储资源评价报告，北区深部资源普查报告，深部高温资源形成机制研究报告，以及国际援助合作项目成果报告。

1977年第一台地热试验型1MW机组发电成功以来，目前已建地热电厂总装机容量达25.18MW，为拉萨地区社会经济发展起到了重要作用，然而，到目前为止，羊八井热田所利用的是浅层热储资源，浅层资源经二十余年的开采，现热储各类参数具明显下降，已无力满足25.18MW 装机容量机组的正常运行。为此，国家有关部门和西藏人民政府高度重视羊八井热田深部资源的地质勘查工作，1987年和1993年、1996年在热田北区分别投资施工了K352、ZK4002、ZK4001三个深部探采结合性质的深井，并获得了令人鼓舞的成果，ZK4002孔测得329.8℃高温数据，ZK4001获得单井发电潜力达12.58MW。已引起国家有关部门和国内外地热界的极大兴趣，为羊八井的热田深资源的勘查开发利用开辟了崭新而广阔的前景。



地热资源作为新能源加以勘查、开发在我国起步较晚，而如羊八井北区这样的深层高温地热资源的勘查，可以说才刚刚起步，勘查过程中涉及到的许多技术问题国内还无先例可借鉴，需要引进国际先进技术援助，提高和完善西藏高温地热资源勘查，开发利用技术水平。为此，向日本JICA矿工业开发调查部申请，以下中国西藏羊八井地热资源开发调查项目工作内容：

一、地质调查

1、羊八井热田及外围地面地质调查

在中方已有的资料分析研究基础上对热田范围及其周边地区地质构造及地层、岩浆活动，水文地质背景等进行实地调查，验证并进一步确认热田地质特征，为建立热田区域性或背景地质模型提供可靠依据。

2、对热田深部地层、岩性进行必要的补充调查和研究，确定深部地层形成时代，完善热田地质模型。（利用已有的深、浅部钻探资料，补充采样及测试，包括蚀变样、同位素样、岩石薄片样等）。

二、地球物理勘探：

Handwritten signatures and initials are present in the bottom right corner of the page, including a large signature and the initials "2M".

1、高精度“MT”测量

希望利用世界先进的EMI公司制的MT-24, 采用日本的GPS校正多点同时24bit 数码测定。 远距参照 (Remoto reference)观测, 测量点数60点。控制面积约10Km², 测量深度为3000M。

2、微地震法测量

测点4-6个, 连续观测4个月, 并希望日方专家现场培训中方技术人员及提供所用仪器设备以便今后连续监测。

三、热储工程测试

1、ZK4001井进行3个月的放喷测试工作

采用汽水分离器, 将蒸汽和热水(汽、液)两项分别测量, 测试内容包括温度、压力、流量等变化情况。

ZK4001孔放喷测试过程中喷出流体总量约为302t/h, 需采用以下三种方案之一进行处理:

(1)放喷流体通过降温、 降压措施后直接通现有二厂热力系统进行电厂发电利用。

此方案需投入降温、降压设备和输送管道铺设等方面



的费用。

(2) 选择2-3口现有生产废井或施工新井进行热田浅层回灌。此方案需要投入管道铺设及废井通井修复或重新施工回灌等费用。

(3) 直接地表排放，此方案所需费用较少，只需铺设排放管道等费用，但对周围环境将会造成一定的影响，需进行热田周围环境容量评估后方可采用。

2、ZK4001 放喷前对热田内现有部分生产井进行热储工程测试工作。

3、ZK4001孔放喷测试期间及前后共6个月的时间对热田内一定数量的井孔进行长期观测工作，测量内容有水位、压力、温度等变化及恢复数据。

4、测井，在ZK4001孔放喷前对ZK4002 孔和周围部分井孔进行静温、静压、测井，以便了解深部高温流体放喷前的相对参数。并在ZK4001孔结束后对ZK4002等孔进行约3个月的井内压力及水位等参数的恢复测量。

热储工程测试约需6个月的工作时间， 所需仪器设备中方现有的9000型普鲁特毛细吸管式测井车一台外其他仪



器设备如汽体空板测流仪，温度、压力测量仪器等希望日方提供。

四、流体地球化学测量：

对热田内的地表水体及周边冷水、雪水、深部和浅部地热流体地球化学特征方面中方已开展了大量研究工作，并已获得了较好的成果，但仍需要采用先进的方法手段来进行验证和完善，为此，在已有资料分析研究基础上补充测试深部流体的化学成份，惰性气体及同位素等方面内容，以便完善热田地球化学模型。

五、综合研究及模拟计算

通过收集以往地质资料结合以上实地调查工作成果数据，对羊八井地热田深部热储层进行数据模拟

- 1、提出羊八井热田深部资源数据模型；
- 2、提出羊八井热田热储层三维模型；
- 3、生产预测模拟；
- 4、制定羊八井高温地热资源的初步开发计划；
- 5、建立羊八井热田综合地质模型；



6、制定下一步热田总体勘探计划和电厂扩建规划。

六、培训计划

1、 希望提供先进的热储模拟解析和井内流体模拟演算解析硬件和软件，并能安排3-4 名西藏的技术人员在日本参加本项目工作报告的编写和热储层模拟计算学习并得到日方专家的培训。

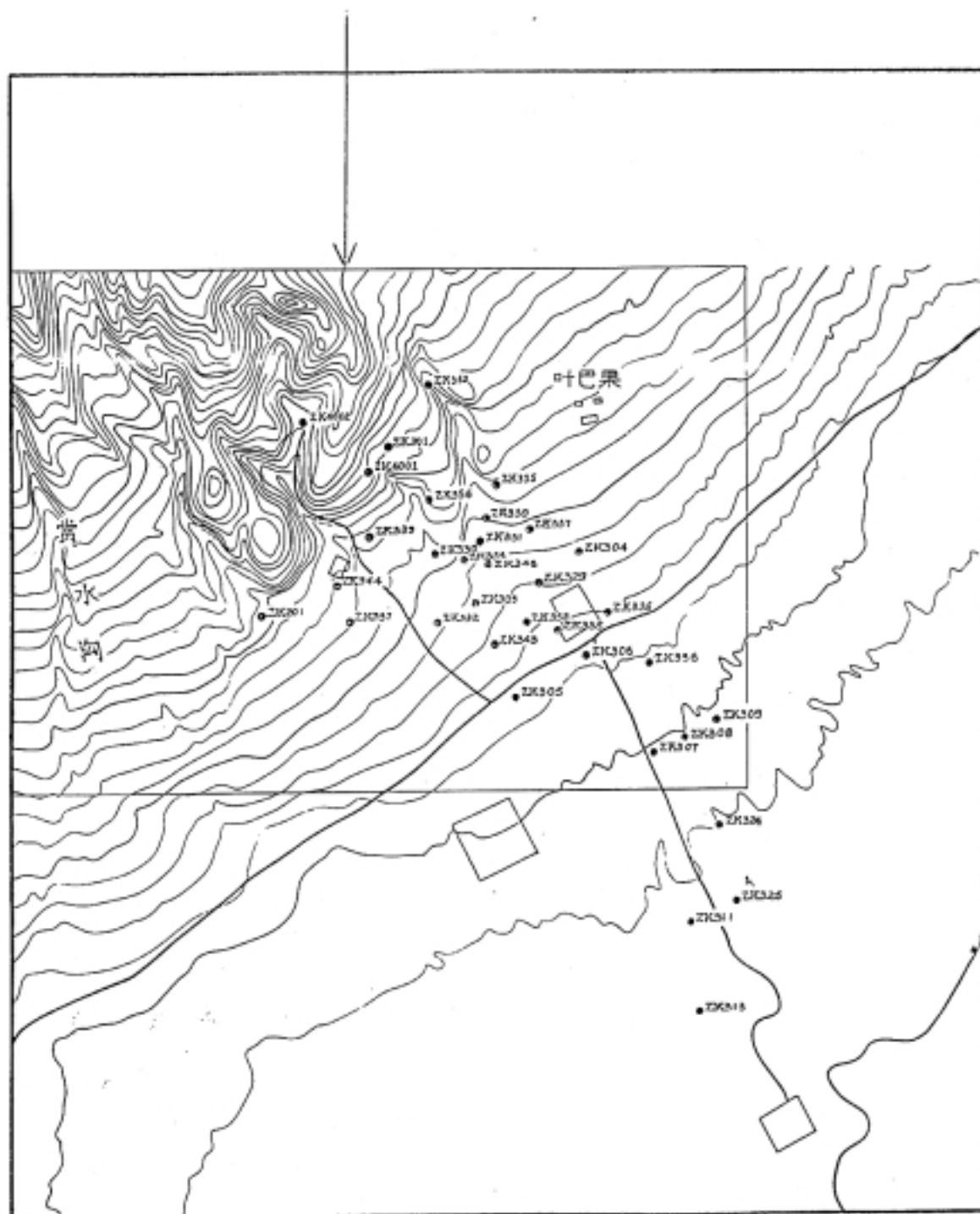
2、 日本专家在藏工作期安排一定的时间培训中方技术人员，培训内容包括野外实地工作方法及室内热储工程计算方法和物探、地质、地化、资源评价等方面的先进技术和新的理论知识，以便提高西藏地热资源勘查队伍的技术水平。

3、 申请施工1口井深2500M的勘探钻孔， 以便验证新建热储模型。

4、 项目工作周期为1年零6个月(2001元月至 2002年6月)。



评价对象范围



附件 2

2-4 団長所感

(1) プロジェクト実施の必要性及び実施可能性の確認

今回の調査を通じて、羊八井の地熱開発について、中国政府及びチベット自治区政府の経済開発計画との整合性、発電・送電等電力セクター全体の計画の中での位置付け等を確認でき、採択検討の前提となる資料・情報を収集できたと考える。

(2) 本格調査の目的・内容・実施手法について

また、(中国側の意欲・準備の良さを示すものでもあるが)中国側から「調査項目(案)」が提出されたことから、(未だ採択されていないことを前提に)それを基に協議を行ない、日本による協力内容についてかなり突っ込んだ議論を行なうことができた。

その中で、当初日本側が考えていたこととの最大の相違点は、中国側の要請の主眼は、「今後段階的に開発していくための前提となる当該地域の深層部地熱フィールドの把握及びその手法についての技術移転」であって、既存井戸(ZK-4001)を利用した小規模地熱発電所の建設に係るF/Sは含まれないという点であった。日本の協力内容もこの中国側の意向に沿って検討すべきと考える。

(3) 羊八井における地熱発電に対する日本側の技術協力の重要性

上記2.の中国側の意向は、本来中国側でできること(発電所建設のF/S、そのための環境影響評価等)は今後中国側が中心になって行ない、中国側で経験のない点について日本側からの純粋な技術移転を望んでいる点で好ましいと思われるが、さらに以下の2点からも魅力あるものとする。

1) これまでチベット自治区のみならず中国では深層地熱発電の開発は行なわれておらず、これが初めてのものであること。

2) チベット自治区では、今後の適切な地熱開発によりディーゼル発電に頼らずに全ての電力を地球環境に優しい水力及び地熱により賄うことも可能となること。

以上の点から、以下の2点について配慮頂ければと考える。

1) 追加のボーリングについて、経緯はあるものの、地熱フィールドのより正確な把握、実際の発電所建設段階でのローン獲得の上での必要性等から予算上可能であればぜひ前向きに検討願いたい。

2) 地熱貯留層評価の技術移転、特にシミュレーション解析については、開発調査というスキームから限界があり困難と思われるが、今後中国側が自ら調査分析を行ない、その結果によりシミュレーションを補正していく必要があるという主張も理解できるところであり、他のスキームにより技術移転を考えていくことも必要ではないか。

2-5 S/W協議時の留意事項

今回協議において、中国側から新たに要請があった事項、要請内容が明確になった事項、調査団と中国側で意見がまとまらなかった事項など、S/W協議までに検討すべき事柄および協議時に留意すべき事項を以下に示す。

(1) 追加ボーリングの要請

今回、先方から提出された本格調査内容の提案書において、日本側によるボーリング掘削(1本)の提案がなされた。その背景として、先方の現段階における最重要課題が羊八井地熱資源の開発可能量を正確に把握することであり、そのためには追加的なボーリングを

施工することが不可欠となっている状況がある。開発可能量の的確な把握が行われて初めて、開発に当たっての資金調達にめどがつき、発電所の計画も具体化することになるため、中国側は今回開発調査の調査項目に既存井戸を利用した小規模発電所のF/S（それに伴う環境影響調査）を含めない意向を示した。また、ボーリング掘削を要請した背景には、より効率的な探査を行うための傾斜掘りの技術に関し、日本からの移転を受けたいとの先方の期待がある。調査団は先方の要望を持ち帰り、S/W締結時に調査項目に含めるかどうか最終決定することとした。先方は、本件の採択に関する日本側の判断に悪影響が出ない程度に実施可能性を検討して欲しい旨、調査団に依頼した。なお、参考資料として8月末までに費用の見積もりをJICA北京事務所に送付することで確認した。

（２）調査用資機材の供与要請

今回の提案書において、先方から資機材供与の要請があった。各要請について、今回調査では以下のように対応した。

微小地震測定用資機材

→ 調査項目そのものの適切性を日本側にて検討する。

排熱水処理用資機材（パイプなど）

→ 日本側による準備（現地調達）を検討する。8月末までに中国側がJICA北京事務所に見積りを送付する。

熱貯留層工学測定用オリフィス、温度、圧力測定機器など

→ 日本側による準備を検討する。

熱貯留層シミュレーション解析および孔内流体シミュレーション解析用ハードウェア / ソフトウェア

→ 後述（３）に記載。

調査団は、調査遂行上必要な資機材については基本的に日本側と中国側が分担して準備することとするが、中国側が所持していないものや技術的な信頼性に欠けるものについては、日本側が調達するとの基本方針を説明した。また、予算面等の制約から購入が困難な資機材については、コンサルタント（本格調査団）が所持するものを調査期間中のみ本調査のために使用するとの原則を説明した。調査用に購入した資機材の供与の可否については、本格調査の終了段階で技術移転の継続性の観点等を考慮のうえ、最終的に決定するとの方針を説明した。

（３）シミュレーションに係る資機材供与および技術移転の要請

上述の およびそれに伴う技術移転については、先方から特に強い要望があった。協議議事録に示したように、以下の理由によりJICAとして要望の受け入れが困難である旨説明した。

解析作業に係る適切な技術移転にはより長期間を要する。

開発調査における資機材調達の予算は余り大きいものではないため、シミュレーション解析用ハードウェアおよびソフトウェアの提供については予算面での制約がある。

また、より長期間を要する技術移転にはJICAの別のスキーム（プロジェクト方式技術協力など）があることを紹介し、ある程度先方の理解を得た。但し、今回調査では最終的な確認に至らなかったため、S/W協議時に再度先方から要望がなされる可能性が高い。

（４）調査対象範囲について

調査対象範囲については協議議事録に示したとおり先方と確認がとれたが、添付した地図については重点的調査の対象地域であり、広域調査に関してはより広い観点からの調査（地質構造など）を実施して欲しいとの要望があった。

(5) 関連データの提供

今回、一部のデータに関して、提供に当たっては関連機関からの承認の取付が必要とのコメントが先方からなされたため、S/W協議時までに提供できる準備を行うよう依頼し、先方の同意を得た。次回（予備）調査においては、今回プロ形調査で得られなかったデータで、かつ本格調査において必要と思われるデータをリストアップし、先方から提供の可否についての最終確認をとることが望ましい。

(6) 報告書の翻訳

今回協議において、先方から成果品としての報告書については、可能な限り中国語版を提出して欲しいとの要望があった。原則として日本語版と英語版を提出し、中国語の要約を添付することで確認をとったが、S/W協議では予算面からの制約（中国語への翻訳費）を明らかにしたうえで、本件について方針を確定することが望ましい。

(7) 作業分担の明確化

今回協議では、カウンターパート機関がローカルコストを負担しなければならないという原則を説明し、先方の理解を得た。S/W協議では、日本側と中国側の作業分担およびそれに伴う費用負担を明確にしたうえで、最終的な合意に至る必要がある。

2-6 主要面談者リスト

(1) チベット自治区常務副主席

徐明陽

(2) チベット自治区計画発展委員会

王殿元 主任

李国勇 副主任

(3) チベット自治区科学技術庁

劉玉超 庁長

次多 副庁長

強巴繞傑 工業処副処長

(4) チベット自治区電力工業局（電力公司）

楊海浜 局長

王慶華 副局長

劉曉明 生産安全処処長

陳新民 科学教育処処長

余和平 規画建設処処長

杜金水 生産安全処副処長

頓主佳参 地熱開発総工程師

辺窮 生産安全処工程師

李軍 生産安全処工程師

(5) チベット自治区地質鉱山庁

洛桑次旦 党書記、副庁長

肖潤 副総工程師

(6) チベット自治区地熱地質大隊

索加 隊長

- 多吉 総工師
杜少平 高級工師
- (7) チベット自治区地熱開発公司
焦興義 經理
王慶和 副經理
黃小波 副經理
- (8) 中華人民共和國科學技術部
葉冬柏 國際合作部アジア・アフリカ處處長
- (9) 在中國日本國大使館
秋庭英人 一等書記官
- (10) NEDO北京事務所
井上 淳 所長
- (11) JBIC北京駐在員事務所
宮崎 卓 代表
- (12) JICA中國事務所
松澤憲夫 所長
田中 孝 次長
前川憲治 所員
劉 暉 所員
秋山伸一 JICA専門家(中国科学院 鈹物資源探查研究センター 所属)

2-7 面談議事メモ

- (1) JICA中国事務所
- ・日時・場所 : 7月20日 15:30 ~ 16:30 JICA中国事務所会議室
 - ・出席者 : 松澤 所長、田中 次長、前川 所員、曹 所員、劉 所員、調査団
 - ・主な協議事項:
- (三平) 本案件は、新しいボーリング調査の実施を盛り込んだ内容で当初要請が出されたが、当事業部としては、現在他の地熱案件でボーリング調査を行っており予算的に厳しいこと、またボーリング調査を行う際の中国国内での現地再委託の困難さ、UNDPにより施工された既存の井戸で深層(2,000m)のものがあること等から、一度断った経緯がある。その後、既存の深層井戸から深層部の地熱資源の評価ということで再び要請が出され、今回のプロジェクト形成基礎調査に至った。
- (松澤) 本案件は事務所としても熱望していた案件であり、今回調査の実施に至ったことは喜ばしい。中国政府及びチベット自治区としてのプライオリティーは高いだろう。
- (小早川) (対処方針について説明) UNDPによる協力終了後、他の援助機関の本案件に関連する動向について情報はないだろうか。あればデマケーションを明確にしたいと考えている。
- (松澤) 現在のところ、そういった情報はないことから、他の援助機関が関係することはないだろう。
- (小早川) 既存データの整備状況、取得の可能性はどうか。
- (松澤) 既存のデータ関係はほとんど地質大隊が保管しており、そのほとんどはこちらが

要請すれば取得可能と考える。本格調査中に、ローカルコンサルタントとして用いることも可能だろう。しかし、地質図関係は詳細と言えるものの存在は確認できていない。当事務所が、事前に調査に行った際も、資料の提供には全く問題がなかった。

(三平) 本案件に関して、今回は既存の井戸を利用し深層部の地熱資源の評価を行い、広域的な開発計画の構想を策定したい。しかし有望な結果であれば、より詳細な調査をボーリング調査も含め次の段階として考えたい。その場合、科学技術部のプライオリティーは果たして継続するものだろうか。また、次回予備調査時に結ぶS/Wにフェーズ2~3を見据えた内容で結ぶことが良いだろうか。

(松澤) 科学技術部のプライオリティーは、日本側との技術援助の関係で約20年の歴史があり、その点で信頼できるし大丈夫であろう。当事務所としても、最近では地方の意向を科学技術部にできるだけ伝えるようにしている。また、計画委員会が本案件に関しイニシアティブを取っていて、NEDO中国事務所に要請していたとの情報もある。以上のことから、今回のS/Wは今回の内容のみで結ぶもので良いと思われる。

(三平) S/Wのサイナーに科学技術部は入るだろうか。

(松澤) それはないだろう。チベット自治区電力庁だけと考えて良い。自治区内に科学技術部の出先はあるが、窓口業務だけだと考えて良い。科学技術部はS/W署名と同日付けで日本大使館と口上書を交わす。チベット自治区の科学技術委員会がウィットネス的な立場として署名することはあり得るが、こちらも同様に調整的な立場であり、電力庁が実質的な責任機関となる。

(小早川) 先方が6月に当事業部に来た時に、円借款による実現を期待していたが、JBICの本案件の関連情報はないだろうか。

(松澤) 現在のところそういった情報は得られていない。発電所部分の建設が10億円程度で出来るのであれば、クリーンエネルギー無償も資金調達の方策として考えられるのだろうが、このスキームはまだ運用の方向性が見えていないので、可能性が確認された段階で大使館にサジェスチョンしていただくのが適当と考える。

(湯本) 貯留槽シミュレーションにおいてソフトウェアを使用する場合、その著作権の問題から、調査終了後も先方に供与できない可能性がある。

(前川) 著作権の問題が絡んでくるのであれば仕方がない。但し、供与の可否をあらかじめ先方に伝えておくことが重要であろう。

(前川) 中国で開発調査を実施する際に、特に以下の3点に留意していただきたい。ボーリング調査等再委託の可能性があるならばS/W締結までにその金額、内容等の詳細をつめておくこと。必要なデータの取得が難しそうであれば、案件の採択は慎重に検討すること。報告書の取り扱いについてもS/W締結までに明確にしておくこと。また、特にチベット側は財務状況が悪い状況となっているため、円滑な調査を実施するうえで必要となる資金については、妥当と認められる範囲内において日本側での負担をなるべく視野に入れるべきと考える。

(松澤) チベット入りに際し、参考までに情報を提供する。チベットは高山地帯であり、酸素量は通常の1/3であるため、走る、飲酒、熱い風呂に入る等の刺激が強い行動はなるべく避け、できるだけゆっくりと体を慣らすよう配慮した方が良い。ラサから羊八井まで土砂崩れで道路が工事中であり、片道3時間くらいかかるようだ。治安に関しては基本的に問題ない。ただ、本件に関係するものではないが最近の特筆

すべき事件として、チベット自治区の隣の青海省にて政治主導で漢民族を移住させる計画があったが、日米の反発によって世銀の融資が頓挫した経緯がある。

(2) 国家科学技術部

- ・ 日時・場所 : 7月21日 10:30 ~ 11:30 国家科学技術部会議室
- ・ 出席者 : 葉 所長、曹 職員 (JICA中国事務所)、調査団
- ・ 主な協議事項 :

調査団から本調査の概要について説明した後、出席者の間で以下のような質疑応答がなされた。

(葉) 科学技術部としても、チベット自治区でのJICAの技術協力を望んでいた。しかし、チベットには日本語ができる人間がいないこと、高地であるためコンディションが悪いこと等が懸案事項としてあった。最近はチベットでの対外的な協力も増えてきている。科学技術部としてもぜひ、このプロジェクトを実施させたい。中国政府としてはチベット自治区を含め西部大開発の構想があり、特に今年度は開発計画を打ち出している。そういった意味でも本プロジェクトは大変意義がある。また、チベット自治区では電力不足が深刻化しており、緊急性の高い案件として要請が出されたものであり、プライオリティーは高い。また、要請書の提出に関しここ数年チベット側とやりとりをしたが、このやりとりを通して彼ら自身もJICAのスキーム、日本のODAについてよく理解してきていると思われる。チベットでは、JICAのPRも含め、日本の技術協力の仕組みをよく説明していただきたい。

(三平) 中国側の本件に対するプライオリティーの高さを確認でき、また、日本側としても内陸部地方の開発に協力できて嬉しくおもう。但し、JICAの過去の地熱案件については、資金面等で難があり事業化に至ったものはないため、事業化に可能性については積極的に追求していきたい。本プロジェクトは既に井戸があることもあり、事業化の可能性が高い優良案件と考えられる。チベット側が日本のソフトローンを希望しているとの話もあるため、財政部に対しても積極的に働きかけてもらい事業化へつなげたいと考えている。

(葉) 我々は全ての案件の事業化を目指しているが、特に本件の事業化については、私は楽観視している。それは、中国政府がチベットを重要視していることの現れとして、毎年中央からチベット自治区へ多額の援助をしており、また、西部大開発の構想もあって多くの中央政府機関が資金を投入する構想を練っているためである。羊八井が有望な案件であれば、資金調達は難しいことではないと考える。科技部としても、チベット最初のプロジェクトである本件を成功させたいと考えており、事業化や継続的な技術協力の話があれば、積極的に支援していきたい。中国では、火力や水力、新エネルギーも含めて地域の事情に適した多様なエネルギー源を開発していくことを政策的にも推進しており、本件もその一環として位置付けることが出来る。いずれにしてもチベット側では既に動き始めている案件でもあり、なるべく早期にJICAの技術協力を開始して欲しい。

(三平) 調査期間について要請は1年となっていたが、技術的に検討すると1年半は最低でも必要である。何か急ぐ理由はあるのか。

(葉) それは、チベット自治区に確認してほしい。

(小早川) UNDPによるプロジェクト終了後の他援助機関の動きについて、何か情報があれば教えて欲しい。

(葉) 現在こちらでは把握していないので、チベット自治区に確認してほしい。

(3) NEDO北京事務所

・日時・場所 : 7月21日 14:00 ~ 14:30 NEDO北京事務所会議室

・出席者 : 井上 所長、調査団

・主な協議事項 :

調査団から今回調査の目的を説明し、先方から以下のようなコメントを得た。

(井上) 中国側の国家計画委員会も、全体エネルギー計画の中で本件については、以下の観点から重要視しているとの情報を得ている。

(1) チベットにおける民族問題および貧困問題を解決するうえで、当地の経済開発は積極的に押し進める必要があり、そのためのエネルギーインフラの整備は重要課題である。

(2) エネルギー源として、火力、水力、風力は経済性等の観点から適切ではなく、地熱、太陽光に頼らざるを得ない状況となっている。

(井上) 中国全体では地熱の利用は熱供給にのみ限られており、発電を行っているのは羊八井のみであるため、更なる技術協力を行うことは大変インパクトが大きいと考える。

(4) JBIC北京駐在員事務所

・日時・場所 : 7月21日 16:00 ~ 16:40 JBIC北京駐在員事務所会議室

・出席者 : 宮崎 代表、調査団

・主な協議事項 :

調査団から今回調査の概要を説明した後、出席者の間で以下のような質疑応答が行われた。

(宮崎) 本件は中国側の西部大開発の方針に沿ったものであり、チベット現地におけるエネルギー需要も増大しているということであれば、大変意義のあるものと考えられる。JBIC中国では、これまで採択の可能性がかなり高くなるまで絞り込んだ案件のみをロングリストに掲載してきたが、2001年度から採択の可能性が若干あるものも含めてロングリストに掲載し、採択に至るまでの優先順位についてその都度中国側と調整していくことで、変化するニーズに応じていくよう方式を変える予定である。具体的には、今年末から来年初頭にかけて策定されるであろう第10次5カ年計画の結果を踏まえつつ、ロングリストを作成していく予定である。中国側の熱意と調整によっては、本件も円借の要請前にロングリストに掲載することが可能となると思われる。本件のような地方部の案件については、要請に至るまでの調整ルート(経貿委電力部門かチベットの科技委のどちらがグリッップしているか等)を明らかにしておく、中国側の本件に対するプライオリティを把握しやすいのではないかと。

(宮崎) 本件は地熱発電所であるため直接関係ないと思われるが、中国では最近になって火力発電所の建設に対してブレーキがかかる傾向があるため、注意を要する。

(宮崎) チベットにおいて、今後(電源開発と言うよりも)グリッドの拡充を重点的に実施していく動きにならないか。

(湯本) チベットではこれまで独立した3つの系統網が存在したが、近年1つの系統網に統合する工事を進めつつある。今後は、この系統網内で運用すべき電源の開発が必要となる。最近、揚水発電所を建設したが、揚水に必要な電力が不足している状況にあり、こうした状況を勘案しても、地熱発電所の開発は急務であるといえる。

(藤枝) 深部地熱資源は、一般的に浅部と異なり減衰が顕著に現れないため、チベットにおける電力需要を賄っていくうえで本プロジェクト実施の効果は高い。また、中国で初めてとなる深層部の地熱資源開発であるため、技術移転の側面からの意義も大きく、将来的に高い波及効果が見込まれる案件であるといえる。

(小早川) 本件は、環境円借款の対象になりうるか。

(宮崎) 一般論として、環境円借款の対象としては、火力発電所の代替電源、送配電網の改修などが想定されている。ただし、金利は優遇されるが一部タイドになってしまうため、最終的には中国側の選択に委ねることになる。

(5) 在中国日本国大使館

・日時・場所 : 7月31日 16:00 ~ 16:40 在中国日本国大使館

・出席者 : 秋庭 一等書記官、調査団

・主な協議事項 :

調査団から今回調査結果の概要を報告した後、出席者の間で以下のような質疑応答がなされた。

(秋庭) 地熱発電については、日本においても必ずしも上手くいっていないと聞いたことがあるが。

(藤枝) 全般的に上手くいっていると言える。ただ、日本においては国立公園の指定や地元の温泉業者との関係があるため、開発可能地点が限られている故の困難さがある。羊八井ではこういった意味での困難さはない。

(秋庭) 調査井を掘削する場合、どの程度の資金が必要となるのか。

(藤枝) 再委託で行った場合、掘削に必要な消耗機材(ダイヤモンドビットやケーシング等)および人件費に1億円程度必要となると思われる。日本でも通常3~4億円必要となる。

(秋庭) 先方は、事業化の手段として円借款の要請を考えているようだが、チベット電力セクターの財務状況を考えた場合、慎重に検討する必要があるのではないか。

(三平) もちろん、先ず円借款ありきというアプローチを採るつもりはない。確かに、チベットでは建設費が高いこともあって、電力セクターにはコスト意識が希薄な面があるが、当地では他に電源が存在しないこと、中国初の深層部地熱資源開発であり技術支援的な要素が強いこと、中国が国家目標の一つとして掲げている西部大開発戦略に合致した案件であること等を勘案すると、非常に有望な案件と思料される。是非とも、今後の積極的なサポートを宜しくお願いしたい。

2-8 現地踏査記録

現地踏査は、羊八井地熱発電所を含む地熱地帯、ラサ電力網における最大の発電所であるヤムドク湖揚水発電所、およびラサ市内にある地熱地質大隊の化学分析室の3カ所について実施した。

(1) 羊八井地熱発電所

羊八井地熱発電所はチベット自治区の区都、ラサ（拉薩）の北西約90kmに位置し、行政区としては拉薩市当雄県羊八井区に属する。ラサより発電所までは、青蔵公路（青海～西藏街道）が通じており、アクセスは良く、通常であれば2時間程度の道のりとのことであるが、現在、ラサより羊八井までのほぼ全区間で道路改修工事が行われており、全般的に砂利道で、一部悪路あるいは河床を通行し、3時間の行程であった。発破等の工事の都合で通行止めになることもあるが、その情報は事前に入手可能のようであり、今回も現地において時間調整がなされた。なお、工事は来年10月までかかるとのことである。現況においても、トラック、バス等も支障なく通行しており、本格調査における資材運搬等に大きな支障を与えるものではないと判断される。

羊八井には、第一および第二発電所が隣接して建設され、西藏地熱開発公司（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

発電所の運転は、基本的にミドルおよびピークを担当している。季節別にみると、夏季（豊水期）においてはラサ電力網の水力発電分が多くなるため、羊八井地熱発電所は主にピークを担当している、このため見学時においては第二発電所のみの運転となっていた。一方、冬季（渇水期）においては、水力発電分が渇水および凍結により激減するため、羊八井地熱発電所の負担が大きくなり、ラサ電力網の30%以上を担当している。冬季の最大発電出力は18,000kW、夏季は14,000kWである。また、1977年の運開よりの最大発電出力は18,800kW、近年の年間平均発電量は約1.05億kWh、発電開始以来1999年末までの累計の発電量は12.66億kWである。

第二発電所には2つの発電建屋がある。一つは、第二発電所で最初に設置された富士電機製の発電機（3.18MW）の設置されている発電所建屋で、もう一つはその後に設置された4ユニットの建屋である。いずれも分離・2段フラッシュ型の蒸気タービン、発電機より構成されている。発電所建屋に隣接して冷却水の冷却塔が設置されている。なお、第二

発電所の冷却水は空冷循環型であるが、第一発電所は冷却水はザンブ川の河川水を直接使用し、冷却後はそのまま河川に排出している。

羊八井地熱発電所の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、試験的に低压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。

地熱は発電に使用される以外に地域暖房、温室等にも利用されているようである。また、第二発電所と国道を挟んで「地熱温泉レクリエーションセンター」があり、温水プールが設けられ一般に有料で開放されている。

発電所より3 km北西に羊八井の町があり、発電所関係の事務所および従業員宿舎（売店を含む）があり、施設は充実している。また、ゲストハウスもあり、国連調査団の現地調査時に使用されたものである。本格調査時の調査団宿舎として使用することと、個室、広間もあり、現地事務所および宿舎として使用可能と判断される。

（2）ヤムドク湖（羊卓雍錯）揚水発電所

ヤムドク湖揚水発電所はラサの南西約90km、チベット最大の河川であるヤルツァンボ川の右岸に位置するチベット自治区唯一の揚水発電所である。行政区としてはロカ（山南）地区クンガ（貢嘎）県に属する。なお、貯水池であるヤムドク湖はナンカルツェ県に属する。発電所まではラサより拉亜公路を南下し、チュシュ（曲水）でヤルツァンボ川に架かる橋をわたり、ヤルツァンボ川の右岸を上流側へ30分ほど行ったところにある。ラサよりの所要時間は1時間半である。道路は一部洪水の傷跡を残すものの、良好な舗装路である。

発電所は1995年に運開したもので、総出力90MW（単機容量2.25MW×4台）、有効落差816m、1台当たりの使用水量3.16m³/sでヤムドク湖を水源（上池）とし、チベット最大の河川であるヤルツァンボ川へ落とし発電するもので、揚水は逆にヤルツァンボ川の河川水をヤムドク湖に揚げるものである。標高4,250mに位置するヤムドク湖はチベット語で「高原牧場にあるトルコ石の湖」を意味する湖で、総面積は621km²、水深は最深部で60m、周辺から流れ込む雪解け水が水源となっており、また、ヤムドク湖よりの流出河川はない。発電された電気は、110kVの送電線でラサ、ロカ、シガツェの3地域に送られている。ラサへは2回線、他の地域は1回線である。現在、1台を常時運転しベースロードに対応している。揚水用電力の不足により、揚水運転は行っていないが、3ヶ月に1度試験揚水運転を行っている。試験運転は1台ずつ6～8時間の揚水運転を行っている。年間調整型の揚水発電所であり、将来的には現在ラサ近郊に計画中（2005年完成予定）である直孔水力発電所（100MW）の夏季（豊水期）の余剰電力を利用して揚水し、冬季（渇水期）は発電運転のみの運転形式になる。ちなみに渇水期の直孔水力発電所の出力は10MWが計画され

ている。ヤムドク湖は流出河川がないため、発電運転のみでは湖水面の低下が懸念されるが、現状では、貯水容量が150億m³と大きいと、若干の湖水面の低下にとどまっているとのことである。揚水は、ヤルツァンボ川の河川水を5台のポンプで最大8 m³/sを沈砂池にくみ上げ（揚呈6～8 m）、揚水用ポンプに送られる。発電用タービンと揚水用タービンは同軸上に設置され、上段に発電用、下段に揚水用が設置されている。発電機はオーストリアのELIN社製、揚水用タービンは同じくオーストリアのVOITH社製の6段タービンである。また、揚水動力は1機当たり19,095kW、揚呈850m、揚水量2.0m³/s、揚水起動電力は4,000kWである。

ヤムドク湖揚水発電所は、開発順位としては直孔発電所に次ぐものであったが、直孔水力発電所がラサに近いため調査、手続きに時間がかかり、手続きがより簡単であるヤムドク湖揚水発電所が先行することとなった。調査・設計は成都水電勘测設計院が、施工は成都武装警察水电部隊により実施され、なお、現地による聞き取りでは建設単価は2万円/kWということである。

（3）化学分析室

地熱流体、地表噴気熱水等の化学分析は、今後の本格調査で極めて重要な項目となる。中国との討議のなかで、熱水の化学分析はラサにおいて実施可能であるとの情報を得たので、その施設および能力を検証するため、化学分析室を訪問した。

ラサにおいては、一般的な水質分析は地質鉱産局で実施し、一方、地熱関係の分析は地熱地質大隊で実施している。また、双方の設備に差はないとのことであった。そのため、地熱関係の分析を行っている地熱地質大隊の化学分析室のみ訪問した。

化学分析室は、地熱地質大隊の1階の3部屋を占めており、化学分析室、事務室およびガスクロマトグラフィー分析室よりなる。スタッフは3名で、規模としてはかなり小さい。化学分析室には一般的な水質分析ができる設備、器具、試薬が一応そろっているが、最低限の設備であり、また、セット数も限られている。特にピーカー、フラスコ等のガラス製消耗品が少ない。ガス成分分析に関しては、設備、器具等はなく、北京等へ委託しているとのことである。ガスクロマトグラフィー分析機器は、アメリカDinox社製のもので、1986年制作のものであるが、メンテナンスもしっかりしており機能的には問題ない。

設備上の問題点として、空調設備がなく、分析室の恒温状態を保つことができないことが挙げられる。また、一般事務室を含め分析室の入っているビルには暖房設備がなく、冬季は電熱器程度で部分的に暖房しているとのことである、このため、化学分析は試料の凍結等により、冬季は休止しているとのことである。

分析室に保管されていた分析用試料は、ガラス製の試料ビンがなく、ペットボトル、プラスチック容器に採取、保管されていた。

結論としては、設備としてはかなり貧弱であり、ガス分析もできないことから、本格調査においては日本に試料を持ち帰り分析することが望ましいと判断される。

第3章 チベット自治区の政治経済