

ボリビア多民族国
炭化水素・エネルギー省

ボリビア多民族国
ラザナ・コロラダ
(ソル・デ・マニャーナ)
地熱開発事業準備調査

報告書

JICA LIBRARY



1226870[2]

平成 22 年 7 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
西日本技術開発株式会社

日本工営株式会社

中南

10-003

ボリビア多民族国
ラグナ・コロラダ
(ソル・デ・マニャーナ)
地熱開発事業準備調査

報告書

平成 22 年 7 月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

委託先
西日本技術開発株式会社
日本工営株式会社

中南
CR(5)
10-003



1226870 [2]

略 語 表

略語	意味
AACs	Autoridad Ambiental competente / 環境管轄組織
ABC	Admistracion Boliviana de Carreteras / ボリビア道路公社
AE	Autoridad de Control Social y Fiscalización de Electricidad / 電力社会管理・監督局
CET	Capacitación en el Trabajo / 現場研修
CFE	Comision Federal de Electricidad / メキシコ連邦電力委員会
CNDC	Comité Nacional de Despacho de Carga / 国家給電委員会
CCOP	Costo de Capital Promedio Ponderado / 資本の加重平均機会費用
CRM	Community Relations Manager / コミュニティ・リレーション長
DF/R	Draft Final Report / ドラフトファイナルレポート
DIA	Declaración de Impacto Ambiental / 環境影響布告
DMA	Dirección de Monitoreo Ambiental / 環境モニタリング部（SERNAP 内）
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica / 戦略的環境評価
EEIA-AE	Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental-Analítica Estratégica / 戦略的環境影響評価調査
EEIA-AI	Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental-Analítica Integral / 包括的環境影響調査
EEIA, EIA	Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental / 環境影響調査
EIRR	Economic Internal Rate of Return / 経済的内部収益率
ENDE	Empresa Nacional de Electricidad / ボリビア電力公社
ETJ	Equipo de trabajo de JICA para el presente estudio / JICA 調査チーム
FA	Ficha Ambiental / 環境概要書
FCRS	Fluid Collection and Reinyection Sistem / 気水輸送管設備
FIRR	Financial Internal Rate of Return / 財務的内部収益率
GIS	Gas Insulated Switchgear / ガス絶縁開閉装置
ICE	Instituto Costarricense de xteriores d / コスタリカ電力公社
IDB	Interamerican Development Bank / 米州開発銀行
INRA	Instituto Nacional de Reforma Agraria / 国立農地改革院
INTI	El Instituto Nacional de Tecnologia Industria / 国立産業技術研究所
JETRO	Japan External Trade Organization / 日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency / 国際協力機構
LA GEO	La GEO S.V / ラ・ヘオ社（エルサルバドルの半官半民の地熱会社）
MdH - TGN	Ministerio de Hacienda y Tesoro General xter Nación / 大蔵省
MPD	Ministerio de Planificación del Desarrollo / 開発企画省

略称	名称
MRREE	Ministerio de Relaciones Exteriores / 外務省
NK	Nippon Koei / 日本工営株式会社
OIT169	ILO (International Labor Organization) 169 号協定 (独立国における原住民及び種族民に関する協定)
OJT	On-the Job Training / 実地研修
PPI	Producer Price Index / 米国生産者物価指数
PPM	Programa de Prevención y Mitigación / 予防・緩和プログラム
REA	Reserva Nacional de Fauna Andina Eduardo Avaroa / エドゥアルド・アバロバ国立保護区
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia / 国立保護区庁
SMA	Sistema de Manejo Ambiental / 環境管理システム
PASA	Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental / 環境適合・フォローアップ計画
Proyecto	ラガナ・コロラダ地熱開発・発電所建設事業
RENCA	Registro Nacional de Consultaría Ambiental, Bolivia / 国家環境コンサルタント登録
TCO	Tierras Comunitarias de Origen / 先住民共有地
TOR	Terms of Reference / 仕様書
UNAR	Unidad Nacional de Arqueología y Antropología / 国立考古人類学部門
VMABCC	Vice ministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, Ministerio de Medio Ambiente y Agua / 環境・水省-環境・生物多様性・気候変動次官室
VIPFE	Vice ministerio de Planificación del Desarrollo y Financiamiento Externo / 開発企画・外国融資次官室
VMEEA	Vice ministerio de Electricidad y Energías Alternativas, Ministerio de Hidrocarburos y Energía / 炭化水素・エネルギー省-電力・代替エネルギー次官室
West JEC	West Japan Engineering Consultants Inc / 西日本技術開発株式会社
YPFB	Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos / ボリビア国営石油会社

目 次

要 約

1	プロジェクト概要	7
1.1	調査の背景と内容	7
1.2	環境影響評価結果及びJETRO F/Sからの設備計画変更点	10
1.2.1	環境影響調査の概要および評価結果のまとめ	10
1.2.2	環境影響評価の結果必要とされる設備計画変更点	80
1.3	プロジェクトの構成要素及び実施フェーズ	84
1.3.1	プロジェクトの構成要素	84
1.3.2	実施フェーズ及び調達ロット分け	120
1.3.3	実施スケジュール（3つのケース）	126
1.3.4	コンサルティングサービスの内容	132
1.4	事業費の積算	135
1.4.1	JETRO F/Sとの事業費の相違点	135
1.4.2	事業費の積算（3つのケース）	140
1.5	財務的・経済的実行可能性	147
1.5.1	財務評価	147
1.5.2	経済評価	152
1.6	事業効果	156
2	プロジェクト実施体制	160
2.1	プロジェクト実施に向けた課題及びボリビア政府に求められる準備活動	160
2.1.1	土地所有	160
2.1.2	電力法	161
2.1.3	開発権又は発電ライセンス	161
2.1.4	電力市場の取引	162
2.1.5	発電用ガスへの補助金	162
2.1.6	ENDE協同会社	162
2.1.7	ENDE発電部門	162
2.1.8	地熱部門	163
2.1.9	掘削	163
2.1.10	運転及び保守	164
2.1.11	費用	164
2.2	ボリビア国内における事業実施プロセス	164
2.3	ボリビア政府による資金調達計画	166
3	ENDEのプロジェクト実施能力	170

3.1	プロジェクト実施ユニット	171
3.1.1	実施ユニットの目的	171
3.1.2	実施ユニットの所掌範囲	171
3.1.3	実施ユニットとしてENDEが提案している組織	171
3.1.4	実施ユニットのコンサルタント	174
3.1.5	実施ユニットの暫定予算	174
3.2	実施ユニットの構成に対する本報告書の提案	175
3.2.1	管理及び支援の側面	175
3.2.2	技術面	176
3.3	プロジェクト実施のための ENDE の組織強化策	179
3.3.1	地熱エネルギー分野の人材	179
3.3.2	ENDEに対する地熱研修プログラム	180
4	結論・提言	189
4.1	法律面・組織面	189
4.1.1	プロジェクト実施前の法律・制度面の課題	189
4.1.2	プロジェクト実施前の組織面の課題	189
4.2	経済面・技術面	189
4.2.1	地熱フィールドの開発	189
4.2.2	推奨される開発シナリオ	190
4.2.3	プロジェクト実施前の技術面の課題	191
4.2.4	経済財務評価	192
4.3	環境影響調査結果	192
4.3.1	結論	192
4.3.2	提言	193
Appendix A:	Discussion on the impact to the thermal manifestations on ground surface by the exploitation of geothermal resource in the Laguna Colorada Field	
Appendix B:	財務評価結果 (ケース B: 代替天然ガスの輸出収入をプロジェクトの収入としてカウントする場合)	

図 一 覧

図 1	Laguna Colorada 地熱地域位置図
図 1. 1	作業フロー図
図 1. 2. 1-1	本プロジェクトの EIA 報告書作成と審査の流れ
図 1. 2. 1-2	調査範囲
図 1. 2. 1-3	調査位置図
図 1. 3. 1-3	発電所およびパイプライン配置図（計画変更後）
図 1. 3. 1-4	発電所およびパイプライン配置図（変更前）
図 1. 3. 1-5	気水輸送管設備系統図（計画変更後、4×25MW の場合）
図 1. 3. 1-6	気水輸送管設備系統図（変更前）
図 1. 3. 1-7	生産井基地内の配置例（計画変更後）
図 1. 3. 1-8	生産井基地内の配置例（変更前）
図 1. 3. 1-9	発電設備概略系統図
図 1. 3. 1-10	所内単線結線図（計画変更後 4×25MW）
図 1. 3. 1-11	所内単線結線図（計画変更後 2×50MW）
図 1. 3. 1-12	所内単線結線図（変更前）
図 1. 3. 1-13	発電所構内配置（計画変更後 4 x 25MW）
図 1. 3. 1-14	発電所構内配置（計画変更後 2 x 50MW）
図 1. 3. 1-15	発電所構内配置（変更前）
図 1. 3. 1-16	230 kV 送電線ルート
図 1. 3. 1-18	“Triangular type” 送電鉄塔
図 1. 3. 1-19	San Cristobal 鉱山の既設変電所
図 1. 3. 1-20	Punutuma 変電所・San Cristobal 変電所間既設送電系統図
図 1. 3. 1-21	新 San Cristobal 変電所接続図
図 1. 3. 1-22	既設 San Cristobal 変電所平面図
図 1. 3. 1-23	新 San Cristobal 変電所平面図（計画）
図 1. 3. 1-23	現状と発電所建設後の電力系統（潮流図）
図 1. 3. 1-24	アクセス道路
図 1. 3. 3-1	実施スケジュール（ケース A）
図 1. 3. 3-2	実施スケジュール（ケース B）
図 1. 3. 3-3	実施スケジュール（ケース C）
図 1. 4. 1-1	米国生産者物価指数 (PPI) とプラントコスト指数 (CEPCI)
図 1. 5. 1-2	設備利用率に関する FIRR 感度分析

図 1. 5. 1-3	プロジェクトコストに関する FIRR 感度分析
図 1. 5. 1-4	発電設備コストに関する FIRR 感度分析
図 1. 5. 1-5	売電単価に関する FIRR 感度分析
図 1. 5. 2-1	設備利用率に関する EIRR 感度分析
図 1. 5. 2-2	プロジェクトコストに関する EIRR 感度分析
図 1. 5. 2-3	燃料費に関する EIRR 感度分析
図 2. 1-1	プロジェクト実施のために解決を要する課題
図 3-1	ENDE の現在の組織図
図 3. 1. 3-1	ENDE が提案する実施ユニット組織図
図 3. 2. 2-1	地熱プロジェクトの概略図
図 3. 2. 2-2	流体供給及び輸送グループの人員
図 3. 2. 2-3	エネルギー変換グループの人員
図 3. 2. 2-4	エネルギー輸送グループの人員
図 3. 2. 2-4	地熱フィールドのオペレーション及び発電所の運転のための組織図
図 3. 2. 2-5	地熱流体の供給及び輸送グループ組織図
図 3. 2. 2-6	掘削グループの組織図
図 3. 3. 3-1	地熱開発の段階及びリスク
図 3. 3. 1-2	人材育成のニーズ

表 一 覧

表 1. 2. 1-1	関連法規の概要
表 1. 2	本プロジェクトの環境・社会影響のスコーピング結果
表 1. 2. 1-3	本プロジェクトの EEIA-AI の TOR
表 1. 2. 1-4	環境ベースライン調査の項目
表 1. 2. 1-5	環境影響評価に必要なデータ
表 1. 2. 1-6	EEIA-AI 調査の全体スケジュール
表 1. 2. 1-7	Sol de Mañana-San Cristobal 間の送電線ルート of データ (1999 年当時)
表 1. 2. 1-8	1999 年の大気質調査結果
表 1. 2. 1-9	水質調査結果
表 1. 2. 1-10	予想される基本的な活動のリスト
表 1. 2. 1-11	潜在的なインパクトのインベントリー
表 1. 2. 1-12	重大な潜在的インパクト
表 1. 2. 1-13	影響と回避・緩和策—地熱資源開発および発電所建設
表 1. 2. 1-14	重大な影響と回避・緩和策—送電線および変電所の建設
表 1. 2. 1-15	環境モニタリング実施計画 (PASA) - 工事、運転／維持管理フェーズ
表 1. 2. 1-16	第 1 回公聴会（中央レベル—Uyuni）
表 1. 2. 1-17	第 1 回公聴会（地方レベル—Culpina K）
表 1. 2. 1-18	第 1 回公聴会（地方レベル—Mallcu Villamar）
表 1. 2. 1-19	第 1 回公聴会（地方レベル—Colorada 湖 ENDE キャンプ）
表 1. 2. 1-20	第 2 回公聴会（中央レベル—Uyuni）
表 1. 2. 1-21	第 2 回公聴会（地方レベル—Culpina K）
表 1. 2. 1-22	第 2 回公聴会（地方レベル—Mallcu Villamar）
表 1. 2. 1-23	第 2 回公聴会（地方レベル—Quetena Chico）
表 1. 2. 1-24	第 3 回公聴会（中央レベル—Uyuni）
表 1. 2. 1-25	第 3 回公聴会（地方レベル—Culpina K）
表 1. 2. 1-26	第 3 回公聴会（地方レベル—Mallcu Villamar）
表 1. 2. 1-27	第 3 回公聴会（地方レベル—Colorada 湖 ENDE キャンプ）
表 1. 2. 1-28	公聴会での指摘事項に対する計画への 反映可否及び反映内容（第 1 回～第 3 回）
表 1. 2. 2-1	設備計画変更内容（気水輸送管設備および発電設備）
表 1. 3. 1-1	既存坑井の座標データ

表 1. 3. 1-2	蒸気・熱水流量想定値
表 1. 3. 1-3	配管長・サイズ（計画変更後）
表 1. 3. 1-4	配管長・サイズ（変更前）
表 1. 3. 1-5	発電設備の計画諸元
表 1. 3. 2-1	開発シナリオ
表 1. 3. 2-2	調達ロット分け（ケース A）
表 1. 3. 2-3	調達ロット分け（ケース B）
表 1. 3. 2-3	調達ロット分け（ケース C）
表 1. 3. 4-1	コンサルタント業務範囲
表 1. 4. 2-1	事業費の区分
表 1. 4. 2-2	ケース A 事業費（25MW/基を 4 基別発注）
表 1. 4. 2-3	ケース B 事業費（25MW/基を 50MW ずつ発注）
表 1. 4. 2-4	ケース C 事業費（50MW/基を 2 基別発注）
表 1. 4. 2-5	ケース毎のフェーズ別の事業費
表 1. 5. 1-1	円借款供与条件表
表 1. 5. 2-1	EIRR 計算：ケース B
表 1. 5. 2-2	EIRR 計算：ケース C
表 1. 6-1	事業効果指標
表 2. 1-1	プロジェクトの課題の概要及び担当機関
表 2. 2-1	プロジェクト管理・建設に関するボリビア政府内のプロセス及び組織
表 3. 1. 5-1	実施ユニットの運営に関する ENDE の暫定予算



図1 Laguna Colorada 地熱地域位置図

要 約

要 約

● プロジェクト概要

Laguna Colorada 地熱開発プロジェクトは、詳細設計、資機材調達、100MW発電所建設（25MW×4基）、生産井13本の掘削（発電所稼動開始後初年度に必要とされる補充井3本を含む）、還元井6本、発電所冷却用還元井1本、流体輸送設備、送変電設備から構成される。

● プロジェクト実施条件・スケジュール

プロジェクトで建設される地熱発電所は25MW×4基、合計100MWの設備容量である。以下の3つの開発シナリオを考慮した。a) ケースA：25MWを1基ずつ別個のEPC契約により建設する（25MW×4）。b) ケースB：25MWを2基ずつ、別個のEPC契約で建設する（25MW×2, 25MW×2）。c) ケースC：50MW2基を、別のEPC契約で建設する（50MW×2）。ケースBでは、事業費はケースCに比べて高く、ケースAに比べて低くなるが、事業費だけでなく、管理、運搬の利便性、地熱資源リスクへの対応の柔軟性、系統への信頼性を考慮すると、ケースBが最も推奨される。

プロジェクトは以下のとおり3つにフェーズ分けされる。

フェーズ-1: 生産井4本、熱水用還元井3本、発電所冷却用還元井1本の掘削。関連土木工事、坑井試験を含む。暫定的には、フェーズ1開始は2011年半ば、終了は2015年始め（冬季2ヶ月間の作業中断期間を含む）。

フェーズ-2: 50MWの発電所建設（25MW×2基）および Sol de Mañana から San Cristobal までの172kmの送電線建設。関連土木工事、電気機械工事、試験運転、稼動開始までを含む。暫定的には、2011年半ば開始、2016年第1四半期に終了（冬季2ヶ月間の作業中断期間を含む）。

フェーズ-3: 生産井9本（発電所稼動開始後初年度に必要とされる補充井3本を含む）、還元井3本の掘削。50MWの発電所建設（25MW×2基）。関連土木工事、電気機械工事、試験運転、稼動開始までを含む。暫定的には、2012年半ば開始、2016年第3四半期に終了（冬季2ヶ月間の作業中断期間を含む）。

● 地上設備

プロジェクトで想定される地熱発電所の容量は100MW（25MW×4基または50MW×2基）で、2008年のJETRO F/Sにおける設備計画から変更はない。ただし、Sol de Mañana 自然噴気帯を訪れる観光客からの景観影響を低減するために、気水輸送管設備の配管ルートと発電所位置を変更するとともに、植物への影響を低減するために、変電所にガス絶縁開閉装置（GIS）を採用して敷地面積を縮小した。Sol de Mañana から San Cristobal の区間は標高が高いことから、送電線のコロナ放電低減のために、導体サイズをJETRO F/Sで計画していた954MCMから1500MCMへと変更した。送電線へのフラミング類の衝突を回避しやすくするために、フラミング類が山超えの際に

飛翔高度を上げることを考慮して送電線ルートを Laguna Colorada 湖から離して東の山の裾野に寄せ、また、数ヶ所で既存滑走路・岩場・農地を避けるためにルートを変更した。フラミンゴ類の予想飛行ルートと交差する送電線区間は、鳥からの視認性を高める対策（送電線の架空地線にオレンジ色の球体を約 100 m の間隔で取付ける）を施す。

● 事業費積算

事業費の積算は以下のとおりである（単位：百万ドル）。

資源開発（坑井掘削関連）	106.4
気水輸送管設備	30.00
発電設備(25 MW x 4、2 基ずつ分割発注)	197.50
送電線	40.5
用地取得費	0.20
建設費合計	374.60
コンサルタントサービス	29.0
建設費+コンサルタントサービス	403.60
プロジェクト管理費	18.73
予備費	40.37
合計	462.70
建中利子	15.50
総計	478.20

（留意：地熱発電の開発費と水力発電及び火力発電の開発費をそのまま比較するのは適当ではない。地熱発電は燃料費がかからないため、火力発電と比較する場合には、運転保守期間のコスト(火力発電の燃料費)も考慮した比較が適当である。また地熱発電は、水力発電のような季節的水量変化による出力制限が無く、設備利用率が高い。さらに地熱発電は、火力発電、水力発電に比べて環境コストが小さい。）

● 経済財務評価

ボリビアでは国内発電向けの天然ガス規制価格が存在するため、現在の電力市場の売電価格を適用してプロジェクトの財務的内部収益率を判断することは適当ではないと考えられる。経済的内部収益率については、天然ガス発電プロジェクトを代替プロ

プロジェクトとしてコストを比較した場合、25MW の地熱発電所を2基ずつ別発注するケースでは13.46%となり、経済的には実行可能であることが示された。

● プロジェクト実施に向けた課題とアクションプラン

プロジェクト実施に向けて以下の課題が存在する。

土地所有：新憲法では、先住民の土地所有が認められている。発電所建設予定地の土地所有者の定義が必要。

電力法：憲法が変わっても電力法は以前のままである。現在の状況に合わせた電力法の改正が必要。

発電事業許可：ENDE が過去に付与された開発権を、現行法の下での発電事業許可に適正化する必要がある。

電力市場のオペレーション：国内発電向け天然ガス規制価格が存在する条件で、経済原則に則って負荷配分が行われる（ノード毎の kWh 参考価格がガスタービンの限界費用で決まる）現行システムでは、地熱発電による給電に問題が生じる。

プロジェクトを実施するための ENDE の組織能力：Laguna Colorada プロジェクトの実施ユニットを迅速に設置し、プロジェクトを運営し、発電所の建設・運転保守が可能となるようトレーニングする必要がある。さらにこの実施ユニットは、プロジェクト実施前の準備活動も行わなければならない。これには資金調達、環境認可の取得、発電認可の取得、土地保有の問題の解決、アクセス権の取得、プロジェクトの影響範囲のコミュニティとの友好的関係の構築に加え、ラグナ・コロラダ湖や噴気帯、既存の井戸のモニタリング、気象データの取得などが含まれる。よって、実施ユニットが設置され次第、これらの人員の集中的なトレーニングが必要となる。実施ユニットを ENDE 組織内で独立かつ自立的に運営させるには、実施ユニット内に環境・社会配慮、資金管理に関する部署を設置することも一案であるが、ENDE には、すでに環境・社会配慮や総務(在庫・財・サービス管理、人員管理)、資金管理・調達監理に関する部署が存在するので、業務の重複とならないよう、これらの部署が実施ユニットに対してサービスを提供する形にすることも考えられる。技術系の人員体制については、地熱プロジェクトには、a)蒸気供給、b)エネルギー変換(流体輸送・発電)、c)エネルギー輸送(送電)の3つのグループが必要とされ、各グループは、さらに2つのサブグループに分かれる。一つは建設（蒸気開発の場合は、資源探査・開発）グループ、一つは運転保守グループである。

● ENDE の研修プログラム

ENDE の研修については、講義型の研修とフィールドでの OJT (On the Job Training) を提案する。

講義型の研修：

ENDE がボリビア国内でプロジェクトを円滑に進めることができるよう、政府内の様々な関係機関が、地熱エネルギーに対する理解を深めることを目的に行われる。政府の

ハイレベルの政策関係者向けの研修で、短期のワークショップ形式で、同じ内容で数度に亘って行われる。

フィールドでの実地研修（OJT）：

OJT は発電設備建設期間（及び地熱フィールドの開発期間）と、発電所及びフィールドのオペレーション期間を対象に実施される。

スペイン語での研修が望ましいことから、メキシコ電力公社（CFE）やコスタリカ電力公社（ICE）の講師と日本人講師が協力して研修を行うことが望ましい。コスタリカの代わりにエルサルバドルの La GEO 社の講師でもよい。実施研修前に、メキシコ人、コスタリカ人（あるいはエルサルバドル人）、日本人の講師の間でコーディネーションを図るための事前セッションが行われるのが望ましい。

建設期間中の OJT：

EPC コントラクターは、建設期間中、ENDE の実施ユニットに対して、以下に関するトレーニングを実施する。

- ・掘削掘削
- ・気水輸送管設備、発電設備、送電設備

掘削については最低3本の井戸の掘削現場にて実地研修が行われるのが望ましい。研修は、まずは政策関係者への講義型研修からスタートし、その後現場研修へ移行する。

● 環境面

自然環境：

EEIA-AI 調査では自然環境についての重大な影響は確認されなかった。しかし、鳥類の送電線への衝突の可能性及び硫化水素の拡散については、データ不足により影響の程度は明らかにされなかったものの、リスクを回避するために設計の変更が提案された。鳥類は主に Laguna Colorado 湖及び河川沿いの湿地に生息しているが、特にフラミンゴ類はプロジェクトの送電線に衝突して死傷する可能性がある。フラミンゴ類（3種）は IUCN レッドリストに登録されており、Eduardo Avaroa 国立保護区を代表する野生生物である。フラミンゴ類の送電線への衝突は短期間の限られた調査ではリスクの程度を予測することは極めて困難であるが、技術的・経済的に許容される範囲でリスクを最小限にすることが国立保護区を管理する SERNAP や地域住民から求められている。2010年5月29日に実施された第3回公聴会では国立公園内に存在するコミュニティから送電線ルートを Laguna Colorado 湖から遠い東側の丘陵地の裾へ移動することが要求された。このため、JICA 調査団は慎重に代替案の分析を行い、技術面・費用面での負担増加が大きくないことから、国立保護区内の送電線ルートを東側に移動させることにした。

硫化水素の拡散については、今回のモデリングの結果 24 時間平均濃度の最大値が世界銀行の基準値を超えた（モデリング結果：300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、世界銀行ガイドライン基準値：150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）ため、対応策として冷却塔の高さを 24.4 m 以上とすることが提案された。しかしながら、今回のモデリングでは気象データが不十分だったため、サイトの気象データ取得及び生産井の長期噴出試験データ（蒸気中硫化水素含有量）取得後に、改めて精度の高い硫化水素拡散モデルを構築し、冷却塔配置の見直しを含めた設備設

計の再検討を行うことが推奨される。

社会経済環境：

EEIA-AI 調査では社会環境についての重大な影響は確認されなかった。考古学遺跡や景観などに対する影響は、送電ルートを見直した結果、回避されることとなった。

将来予測される環境：

プロジェクトにより、経済社会・企業活動への将来的な影響が予測される。特に鉱業、エネルギー及び観光の分野での活動の潜在性の高い地域におけるエネルギー需要への影響、国の電力系統（SIN）への供給増加による二次的・累積的影響が予測される。

回避・緩和策（PPM） / 適合・フォローアップ計画（PASA）：

本プロジェクトで必要とされる環境管理計画は以下の通りである。

- 1) 水資源及び水質保全計画
- 2) 侵食、堆積及び圧密のコントロール計画
- 3) 大気質の保全及び防音計画
- 4) 動植物相の保護計画
- 5) 健康・安全・環境保護に関する作業員のトレーニング計画
- 6) 廃棄物管理計画
- 7) 考古学的資源の保護計画
- 8) 景観及び視覚資源の改変防止・軽減計画
- 9) 影響区域の復元計画

環境モニタリング計画は土壌、産業廃水、表流水、地下水、大気、騒音、社会経済ファクターについて設定した。

環境便益・費用：

プロジェクトの便益・費用は主に社会面で発生する。発電施設の建設及び運転により雇用の機会が創出される。観光業の興隆による生計が向上する。道路条件の改善により交通費用が減少する。

環境面での提言：

プロジェクト実施による環境への著しい影響の可能性は確認されなかったが、いくつか回避・緩和策が必要となる項目や、硫化水素の拡散や Laguna Colorada 湖の水位変化に関するデータの不足問題、送電線建設に伴う観光資源への影響や用地取得の問題

など定量的に解明できない項目が残された。これらは、モニタリングチームを設置し、プロジェクトの各段階で環境管理計画が確実に実行することで対処される。必要であれば緩和策を検討し、適切に実施される必要がある。

第1章 プロジェクト概要

1 プロジェクト概要

1.1 調査の背景と内容

ボリビアにおいては、1970年代中頃に地熱資源ポテンシャルを特定するための Pre F/S 調査が開始された。1980年代から1990年代までに、ENDEは、Laguna Colorada 地域の Sol de Mañana 地熱地域で6本の深部試掘井を掘削し、250℃を超える温度を確認した。1990年代後半には、メキシコ電力庁（CFE）と協力し、地熱資源ポテンシャルは、ほぼ350MWから400MWの発電に相当すると推定した。2007年9月から2008年1月にかけて、（独）日本貿易振興機構（JETRO）の委託により、西日本技術開発（株）（West JEC）が本プロジェクトの F/S 調査（JETRO F/S）を実施した。同調査は、100 MW を発電するための同地域開発の技術的・経済的実行可能性を示している。100MWのエネルギー確保を目的として、すべての必要な項目の実施を「プロジェクト」と称する。ボリビアにとってプロジェクトを実施すれば、San Cristobal 鉱山を含む Potosi 県の鉱業開発に求められる電力供給が可能であり、それに加え、全国送電網に対する電力供給に寄与することを意味する。従って、本地熱プロジェクトは、ボリビアの主たる輸出産業のひとつである鉱業資源開発による外貨獲得に資することが可能であり、さらに本プロジェクトにより全国送電網（SIN）への接続による電力安定化が期待される。

本プロジェクトは、ボリビア高地南部 Potosi 県の南 Lipez 郡、北 Lipez 郡及び Valdivieso の3郡の中に位置する。地熱地域自体は南 Lipez 郡内に位置するが、送電線の架線は南 Lipez 郡、北 Lipez 郡及び Valdivieso の3郡の中を通過する。

本プロジェクトは、ボリビアの環境法制に従いカテゴリー1に分類され、環境影響評価（EEIA-AI）を行うこととなった。日本政府は、国際協力機構（JICA）を通じて、ボリビア政府に対して EEIA-AI 作成の支援を申し出、本調査、「ボリビア国 Laguna Colorada 地熱開発事業準備調査」（以下「調査」という）が実施されることとなった。

JICA は、調査実施を西日本技術開発株式会社（West JEC）及び日本工営株式会社（Nippon Koei）から構成される共同企業体に委託した。西日本技術開発は共同企業体代表者であり、日本工営は調査の環境コンポーネントの責任を負う。日本工営は、環境影響評価（EEIA-AI）の作成について、ローカルコンサルタントとして URS Corporation Bolivia SA（URS）と契約した。これら企業を全体として、「JICA 調査チーム」と称する。

本調査は以下を目的として実施された。

- EEIA-AI 実施
- EEIA-AI 結果を反映し、JETRO F/S で提示された事業実施計画をレビュー
- 事業実施（資源開発、発電所建設・運転の全段階）の成功を保証するためにボリビア政府が実行すべき対策の特定

本調査では、下記フローチャートに沿って8つのタスクが実施された。

タスク 1: インセプションレポート作成

タスク 2: EEIA-AI 初期状況調査・代替案検討

タスク 3: EEIA-AI 環境影響予測・回避策・緩和策・環境管理計画

タスク 4：事業計画レビュー

タスク 5：公聴会の実施（全 3 回）

タスク 6：EEIA-AI 最終報告書

タスク 7：ENDE の組織能力の分析・アクションプランの作成

タスク 8：ドラフトファイナル、ファイナルレポートの作成

2010 年 6 月末に EEIA-AI 最終報告書が URS により提出された。本報告書は、EEIA-AI 調査結果、及びそれに基づく事業実施計画の見直し、また事業を実施するにあたり今後ボリビア政府が取り組まなければならない課題について、報告するものである。また、事業を円滑に実施し、また事業効果を効果的・持続的に発揮させるために必要とされる、事業実施中、また実施後の組織体制、トレーニングプログラムについて提言を行うものである。

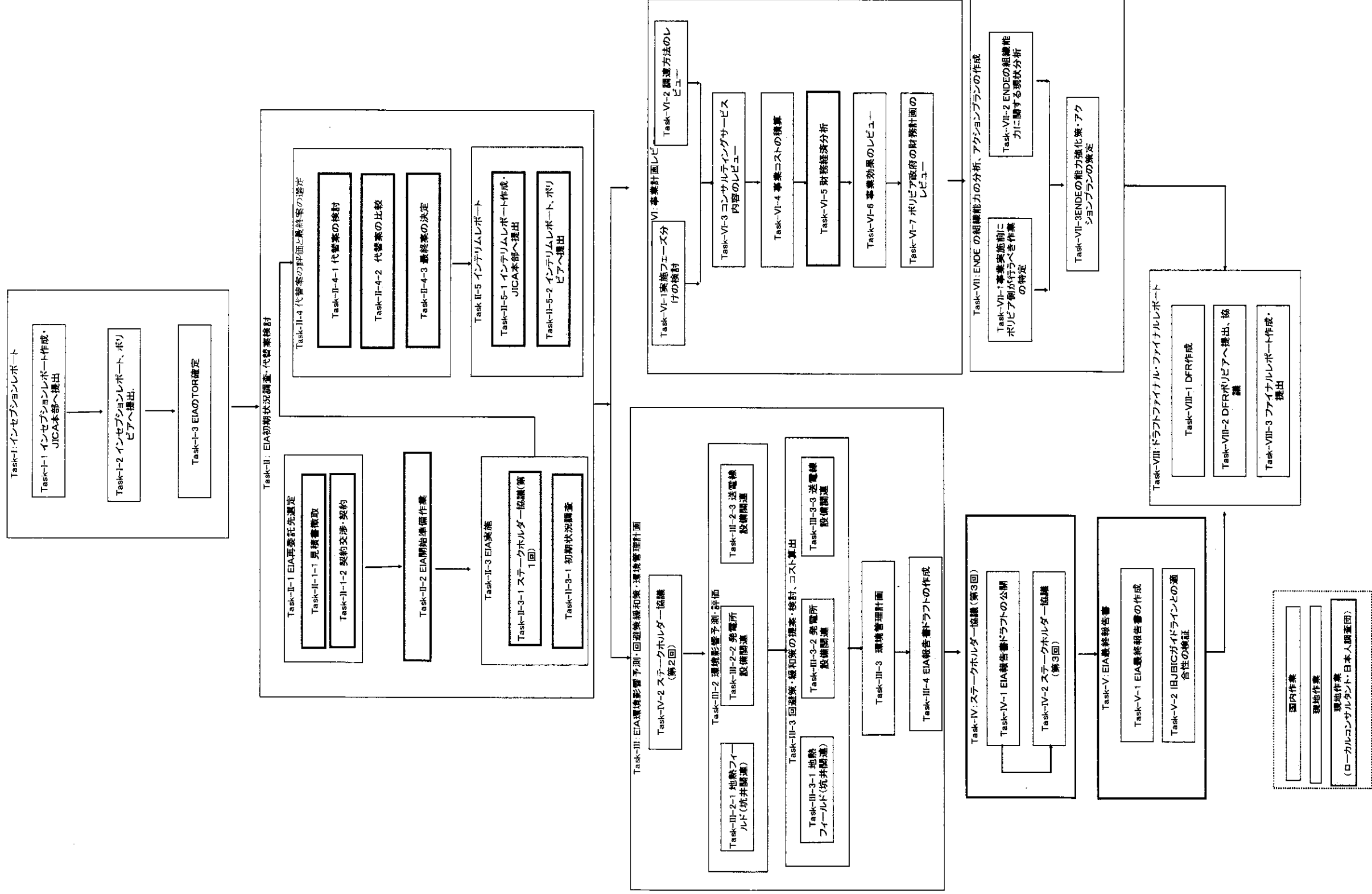


図 1.1 作業フロー図

1.2 環境影響評価結果及び JETRO F/S からの設備計画変更点

1.2.1 環境影響調査の概要および評価結果のまとめ

1. 本プロジェクトに関連する環境影響評価手続き及び関係法令

a. ボリビア国の環境影響評価システム

環境影響評価（EIA）システムは 1992 年 4 月 27 日に発布された環境基本法 1333 条に規定されている。環境に対する人間活動の規制や人々の生活改善を目的とする持続的な発展の促進により環境と自然資源を保護・保全することを目的としている。環境基本法 1333 の 24 から 28 条は EIA システムのアウトラインを説明している。環境基本法 1333 の細則である「一般環境管理規則」や「環境管理・防止に関する規則」には EIA システムの詳細な手続きが記載されている。

事業の環境許認可を管轄する組織(Autoridades Ambientales Competentes (AACs))は以下のとおりである。

- 環境・水省(Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA))
- 県知事事務所(Prefectura)
- 自治体政府

b. EIA 手続き及び必要な書類

全てのプロジェクトは EIA 手続き(Estudio de Evaluacion de Impacto Ambiental (EEIA))の中で 4 つのカテゴリーのいずれかに分類される。EEIA カテゴリー分類プロセスでは、全てのプロジェクトは環境概要書(Ficha Ambiental¹ (FA))を作成する必要がある、FA の情報に基づき、プロジェクトは 4 つのカテゴリーに分類される。カテゴリー分類により、追加調査の必要性が決定される。4 つの EEIA カテゴリーは以下のとおりである。

カテゴリー1 プロジェクトがカテゴリー1 に分類された場合は、完全な分析を伴う EIA (EEIA-AI) が要求される。この報告書はカテゴリー通知された日より 12 ヶ月以内に提出されなければならない。EEIA-AI では環境システムのあらゆる要素（公害系、自然系、社会系）における環境項目について詳細な調査を実施する必要がある。

カテゴリー2 プロジェクトがカテゴリー2 に分類された場合は、特定の分析を伴う EIA (EEIA-AE) が要求される。この報告書はカテゴリー通知された日より 12 ヶ月以内に提出されなければならない。EEIA-AE ではカテゴリー1 の場合と同じ要素を調査対象とするが、詳細な調査は限られた項目について行い、その他の項目は概略調査とする。

カテゴリー3 プロジェクトがカテゴリー3 に分類された場合は、環境緩和策の実施および環境管理・モニタリング計画 (PASA) が要求される。これらの文書はカテゴリー通知された日より 6 ヶ月以内に提出されなければならない。

カテゴリー4 EEIA-AI、EEIA-AE、環境緩和策及び PASA の要求されないプロジェクトはカテゴリー4 に分類される。このカテゴリーでは

¹ プロジェクトの内容から主要な影響と想定される対策について記載するもの。この文書はプロジェクト実施前にカテゴリー分類のために所轄機関に対して提出されなければならない。

いプロジェクトはカテゴリー4 に分類される。このカテゴリーでは MMAyA または県環境局が特別許可証をカテゴリー通知された日より 10 日以内に発行する。

プロジェクトのカテゴリー分類のために、プロジェクトの実施主体は環境影響に関する概略的な技術的検討結果を記載した FA を提出しなければならない。環境所轄機関は FA に対する確認事項や更新、修正の要求がない場合は提出日から 10 営業日以内にカテゴリー分類を含む回答書を出す必要がある。確認事項や更新、修正の必要がある場合は、環境所轄機関は FA が提出された後、10 営業日以内に追加情報を要求する回答書をプロジェクト代表者に出す。FA が確認、更新、修正されると、環境所轄機関は修正 FA 提出後 5 営業日以内にカテゴリー分類を通知する。

EEIA 報告書はプロジェクトの代表者により EEIA 提出フォームとともに 5 部提出される必要がある。環境所轄機関は EEIA-AI に対しては 30 営業日、EEIA-AE に対しては 20 営業日以内に審査を行い、必要に応じて内容の確認、追記、修正を要求する。EEIA の情報が確認、追記、修正されると、最終的な提出の 30 営業日以内に環境所轄機関は環境影響布告(Declaratoria de Impacto Ambiental² (DIA))を発行し、著しい影響がないと判断される場合は環境ライセンスを発行する。

c. 本プロジェクトの EEIA-AI 実施及び審査手続き

プロジェクトの実施主体である ENDE は FA を炭化水素・エネルギー省電力代替エネルギー次官室(セクター所轄機関(OSC))及び MMAyA (AAC) に対して 2009 年 8 月に提出し、本プロジェクトはカテゴリー 1 に分類された。このため EEIA-AI を作成し審査を受けなければならない。本プロジェクトの EEIA-AI 手続きの流れは以下のとおりである(図 1.2.1-1)。

² 環境法規・ガイドラインに対するプロジェクトの適合状況を環境所轄機関が記載する文書。プロジェクトが承認される場合、DIA はプロジェクト実施に対する条件を含む場合がある。DIA の手続きは環境に関する防止や規制の規則に記載されている。

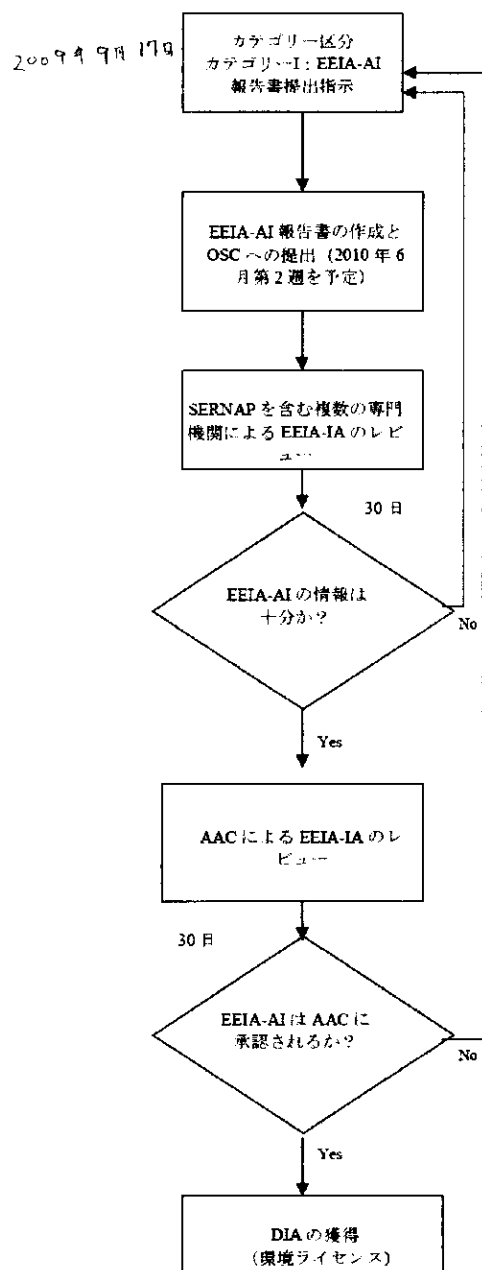


図 1. 2. 1-1 本プロジェクトの EIA 報告書作成と審査の流れ

d. EEIA-AI 関連の法規

本事業の施工時、運営時、運営期間終了後における本プロジェクトに関する主な法規の概要を表 1. 2. 1-1 に示す。

表 1. 2. 1-1 関連法規の概要

No.	法規名	概要
1	特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約 (ラムサール条約)	ラムサール条約登録湿地である “Los Lipez” が本プロジェクト地域を含む広域に広がっている。面積は 1,427,717 ha であり、約半分が

No.	法規名	概要
		Eduardo Avaroa 国立保護区と重なっている。ラムサール条約のポリシーは地域及び国の活動や国際協力を通じた持続的発展に資する湿地の保全と賢明な利用である。
2	移動性野生動物の保全に関する条約	本プロジェクトはLaguna Colorada湖のアンデスフラミンゴやジェームズフラミンゴといった移動性動物の生息に影響を与える可能性がある。締約国は移動性動物の厳正な保護により種及び生息地を保全する責務がある。
3	環境基本法（法律 No. 1333）	本法は社会経済、文化、水、大気、自然への配慮を通じた持続的発展に焦点をあてており、環境管理と経済発展のバランスを図ることを目的としている。
4	一般環境管理規則（法律 No. 1333 細則）	本規則は環境ポリシー、環境計画、法令及び管理上の規範を定めている。
5	環境管理・防止に関する規則（法律 No. 1333 細則）	本規則は環境影響評価調査及び手続きを規定している。
6	大気汚染に関する規則（法律 No. 1333 細則） - OSHA PEL 基準（SO ₂ 職業暴露限界値） - 騒音基準 2002/49/CE	本規則は良好な大気を確保するために固定及び移動発生源からの大気汚染を規制する手続きを規定している。またインスペクションやモニタリング、大気への影響と大気汚染に関する行政処分の手続きなどを規定している。
7	水質汚濁に関する規則（法律 No. 1333 細則） - 水汚染に関する規則基準（RMCH）	本規則はあらゆる水資源の水質汚濁を引き起こす可能性がある全ての活動に対し、水質汚濁防止と規制の手続きを規定している。
8	危険物質に関する規則（法律 No. 1333 細則） - 危険物質規則（RASP）	本規則は化学分析、確認、リスク削減などの危険物質の使用に関する手続きを示している。また危険物質の不適切な利用に対する行政処分の手続きを規定している。
9	廃棄物に関する規則（法律 No. 1333 細則）	本規則は廃棄物の排出、貯蔵、移動、処理、処分の手続きを示している。また廃棄物分類システムを適用する。
10	考古学的遺産と関係のある規則	考古学的な遺跡の保護は下記ボリビアの法律と規則の下で必要とされる。 - 最高法令 No. 12638 - 最高法令 No. 15900 - 刑法典（条項 3） - ボリビア憲法 - 最高法令 No. 07234 - 遺跡の発掘規則
11	考古学的遺産（最高法令 No. 12638）	この法令はボリビア多民族国内に存在する考古学的人工物の探索、発掘、修復と保全のために、国家を代表する公式の団体として国立考古学研究所を設立することを規定する。

No.	法規名	概要
12	住民参加（法律 No. 1551）	この法律の目的は国の制度上の、政治的、経済的プロセスに先住民、小作農と都市の共同体を取り入れることによって、住民参加のプロセスを認識、促進し、そして強固にすることである。
13	農地改革（法律 INRA）	この法律の主な目的は全国農地改革サービスの組織構造と機能、および土地分配システムを確立することである。
14	健康と安全（一般労働法）	労働者の健康と安全の分野に関係する一般労働法は、仕事場での安全性、衛生、医療扶助と社会的なケア、職業上の危険、義務的な社会保障などを規定している。
15	Eduardo Avaroa国立保護区内での開発に関する法律（電力法、最高法令）	最高法令を通じて、電気エネルギー生産の目的でLaguna Coloradaと呼ばれるエリアの開発と地熱資源の利用のためにコンセッションがENDEに与えられた。
16	先住民の権利に関する法律（新ボリビア憲法）	憲法は国家の枠組で土着先住民族の自決と領地を保証する。この保証はとりわけ自治権、自己統治および領地の整理統合からなる。

e. 本プロジェクトのスクリーニング

ENDE は FA を炭化水素エネルギー省（OSC）及び環境・水省（AAC）へ 2009 年 8 月に提出した。OSC が 2009 年 9 月 14 日に作成した技術レビュー報告（MHE-4728 DGGSA-0322/09）及び SERNAP が 2009 年 9 月 15 日に作成した評価報告書（SERNAP-DMA-657-CARI09）に基づき、AAC は 2009 年 9 月 17 日に公式文書 MMA y A-VMABCC-DGMACC FA3937/09 により、本プロジェクトが完全な分析を伴う EIA（EEIA-AI）の実施を必要とするカテゴリー I に区分されることを決定した。EIA 報告書はカテゴリー I 通知された日より 12 ヶ月以内に提出されなければならない。EEIA-AI では環境システムのあらゆる要素（物理、生物、社会経済、文化、法令および制度）における環境項目について詳細な調査を実施する必要がある。この要請はいかのとおりである。

- Eduardo Avaroa 国立保護区でのすべての環境システムの全ファクターについて広域解析を考慮すること。
- 代替案の解析と対応する水収支を含むこと。
- 水質の特性とモニタリングを含むこと。
- すべてのステークホルダーが参加する住民公聴会の報告書を提出すること。
- リスク解析と緊急時対応策をまとめること。
- 法的枠組、保全目標、生息地の確認、危機に瀕した種、とくに景観と関係する生態系システムを考慮すること。

本プロジェクトが Eduardo Avaroa 国立保護区内に位置するため、ACC からの公式文書には現在の環境を注意深く保全するための様々な補足事項が記載された。特に Annex には「戦略的環境評価（EAE）の推進のため

の文書 C8GNE-5291/09 による公式声明によれば、地域開発の際には間接的な社会・環境影響、長期及び累積的な影響、戦略的アクションプランへの対応が必要。」との記載が見られる。この記載によれば、本プロジェクトの EEIA-AI ではプロジェクトの実施による二次的・累積的影響が分析される必要がある。

一方、本プロジェクトは旧 JBIC 環境社会配慮確認のためのガイドライン及び旧 JICA 環境社会配慮ガイドラインによりカテゴリーAに分類される。環境や社会への影響が重大で望ましくない影響を与える恐れがあるプロジェクトはカテゴリーAに分類される他、影響が複雑であったり、先例が無く影響の予測が困難な場合、影響範囲が大きかったり影響が不可逆的である場合もカテゴリーAに分類される。本プロジェクトは先例が無く影響の予測が困難であり、国立保護区という影響を受けやすい地域で実施されることから、カテゴリーAと判断された。プロジェクトがカテゴリーAに分類されると、JICA は対象国政府と協力して開発ニーズの理解、そのようなニーズによる環境・社会面で想定される負の影響、及び代替案の検討についてステークホルダーと協議を行う。

2. Laguna Colorado 地熱開発事業のために実施する EEIA-AI 調査への支援

a. スコーピングの方法

本プロジェクトの環境・社会影響のスコーピングは、EEIA-AI で詳細な調査を行うために項目を絞り込むことを目的として、主な想定される影響を予備的に予測するために JICA 調査団によって行われた。スコーピングはボリビア国の関連法規、規制、基準及び旧 JBIC ガイドラインを参照して実施された。スコーピングの影響評価は、環境影響項目 27 項目に対して以下の「A+/-」～「空欄」におけるランキング・クライテリアを用いて実施された。

ランキング・クライテリア

A+/-：重要な正/負の影響が予測される

B+/-：ある程度の正/負の影響が予測される

C+/-：正/負の影響の程度は軽微または不明。調査進展により影響が明確化する

空欄：負の影響は想定されない。

b. スコーピング結果

本プロジェクトにおける予備的な環境・社会影響のスコーピング結果は表 1.2.1-2 のとおりである。

表 1.2.1-2 本プロジェクトの環境・社会影響のスコーピング結果

影響項目	用地取得及び非自発的住民移転	地域経済(雇用・生計等)	土地利用・地域資源の活用	社会制度	既存の社会インフラ・サービス	社会的弱者(貧困層・先住民・少数民族)	便益の公平な配分	周辺住民との対立	水利用と水利権	子供の権利	文化・歴史的遺産	景観	危害・伝染病(HIV/AIDS等)	大気汚染	水質汚濁	地下水	水文	土壌汚染	騒音・振動	地盤沈下	地形・地勢	気象	動植物・生物多様性	気象	土壌浸食	廃棄物	悪臭	地球温暖化	事故
調査段階																													
計画段階	B-				C-	C-	C-	C-			C-																		
建設段階		B-	C-		C-	C-	C-	C-			C-		C-	B-	B-	C-		C-	B-	C-			B-			B-			C-
供用段階		B+/-	C-		C-	C-	C-	C-			C-	C-	C-	C-	C-	C-		C-	C-	C-			B-			C-	C-	B+	C-

A+/-：重要な正/負の影響が予測される

B+/-：ある程度の正/負の影響が予測される

C+/-：正/負の影響の程度は軽微または不明。調査進展により影響が明確化する

空欄：負の影響は想定されない。

c. EEIA-AI 調査の TOR 作成

スコーピング結果及び公式文書 MMayA-VMABCC-DGMACC FA 3937/09 のレビューに基づき、JICA 調査団は EEIA-AI 調査実施のために EEIA-AI の TOR を作成した。TOR の概要は表 1.2.1-3 のとおりである。

表 1.2.1-3 本プロジェクトの EEIA-AI の TOR

項目	目的	内容	方法
1. ベースライン調査	代替案検討のための環境・社会ベースラインの確認	関連法令の収集分析及び関連環境・社会情報の確認	制定された法令、モニタリングデータ、衛星写真等の収集分析

2. 公聴会の実施支援	情報公開及びステークホルダーとの本プロジェクトについての情報交換	公聴会を実施する ENDE の支援	環境省や関連機関との調整を通じた公聴会の実施支援
3. 環境影響評価調査	プロジェクトサイトの環境・社会現況調査及び環境影響の予測評価	文献及び現地調査による環境影響の予測評価	現地調査結果に基づく定量的な環境影響評価、及び既存文献調査結果に基づく定性的な環境影響評価
4. 予測された環境影響に対するミチゲーション対策の策定	予測された環境影響の回避、最小化、軽減、代償	予測された環境影響の回避、最小化、軽減、代償の検討	既存事例を参照した、予測された環境影響に対する適切なミチゲーション対策の検討
5. 環境管理計画及びモニタリング計画の策定	EEIA-AI 調査後に実施する環境管理方法の確定	環境管理計画、モニタリング計画の検討	既存の事例や関連法令、国際的なガイドラインを参照し環境影響評価の結果に基づき検討
6. 二次的、累積的な環境影響評価	本プロジェクトによって生じる二次的・累積的環境影響の緩和措置方法の確定	二次的・累積的環境影響の予測・評価、及び緩和措置方法の検討	ベースライン調査結果、現地踏査、インタビューなどによる周辺コミュニティなどに対する二次的・累積的環境影響の予測・評価実施、及びそれらの情報・結果を用いた緩和措置方法の検討
7. EEIA-AI 承認のための ENDE の支援	ENDE の支援と EEIA-AI 承認のための関連機関の調整	関連機関の調整、ステークホルダーへの配慮、EEIA-AI の審査機関によるレビューコメントに対する対応	VMEEA、SERNAP、MMayA 及びステークホルダーの調整、及び EEIA-AI レビューコメントに対する対応

環境ベースライン調査の項目は表 1.2.1-4 のとおりである。

表 1.2.1-4 環境ベースライン調査の項目

カテゴリー	項目
開発計画、法令、各種活動	- 本プロジェクトの影響地域の計画とポリシー（セクタープロジェクトや開発計画を含む） - 環境法令及び制度 - 法令により規定された Eduardo Avaroa 国立保護区の目的と位置づけ - 他ドナーや NGO の関連活動
自然環境	- 物理・化学的な環境（気候、大気、騒音・振動、土壌、地形・地質、水文、水質） - 生態（植生、生態系、絶滅危惧種） - 景観及び自然との触れ合い
社会環境	- 人口、居住地、社会経済状況 - 土地所有と法的根拠 - 土地利用 - 調査地域、県、国での経済状況と活動（エコツーリズム、鉱工業等） - 利益の地域格差による軋轢 - 社会構造 - 交通、生活資材 - 廃棄物 - 先住民の状況 - その他（ジェンダー、生計、健康、衛生、安全、災害等）

環境影響評価に必要なデータは表 1.2.1-5 のとおりである。

表 1.2.1-5 環境影響評価に必要なデータ

項目		データ
法制度	環境基準及び規則	- 大気、水質、騒音・振動、土壌汚染に関する環境基準及び規則 - 廃棄物管理に関する規則
	ボリビアの EIA 手続き	- EIA 実施のための組織体制 - EIA 実施のための法令 - EIA 実施の手続き
自然環境	地形	- 地形概況と環境的に脆弱なスポットの分布
	地質	- 地質概況と環境的に危機的な地域の分布
	水理	- 水理条件の概況
	気候	- 気温、降水量、湿度、風などの統計データ
	陸上生態系	- 影響を受けやすい生態系地域の確認 - 植生と生物多様性の現状
	野生動植物	- 野生動植物の現状（ラムサール条約登録湿地の特徴） - 絶滅の危機に瀕した種、または固有種の記録（植物、哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、魚類他）
	景観及び自然との触れ合いスポット	- 景観及び自然との触れ合いスポットの現状
	地球温暖化	- 二酸化炭素の排出

項目		データ
公害対策		- 大気、水質、地下水、土壌、騒音・振動、地盤沈下、悪臭、廃棄物などの公害の現状 - 上記に関する既存のモニタリングデータ - 既存の環境モニタリングシステム
社会環境	居住地の社会構造	- 人口、人口密度 - 居住地の分布 - 土地利用状況、地域資源の利用 - 収入源 - 貧困層、先住民 - 社会組織 - 公共機関との関係
	経済活動	- 農業、牧畜業、産業、商業、観光、その他サービスの地域経済活動
	社会インフラと公共施設	- 水供給システム - 污水収集・処理システム - 配電システム - 通信システム - 公共施設の分布（医療施設、教育施設、宗教施設、文化施設、観光スポット等）
	用地取得/非自発的住民移転	- 本プロジェクトによる用地取得及び住民移転に必要な手続き - これまでの開発プロジェクトにおける用地取得及び住民移転の特筆すべき経験、知見、教訓
	歴史・文化遺産	- 自然、歴史及び文化遺産（申請中を含む）の名称、地理的位置
	健康、衛生、危険	- 健康、衛生、危険の現状 - 流行性疾患の疾病率 - HIV/AIDS のような感染症の疾病率

d. EEIA-AI 調査を実施する現地コンサルタントの調達

EEIA-AI 調査を実施する現地コンサルタントの調達は、JICA「コンサルタント等契約における現地再委託手続きガイドライン」に従って実施した。主なプロセスは以下のとおりである。

ステップ1：ボリビア国の環境コンサルタント国家登録（RENCA）に登録されているコンサルタントに対して日本から電子メールで調査業務案内を送付

ステップ2：類似業務経験、技術者リスト、財務諸表と共に関心表明を受領

ステップ3：事前資格審査とショートリストの作成

ステップ4：ショートリストされたコンサルタントに対し、入札招聘状（業務指示書を含む）を電子メールで送付

ステップ5：現地（Cochabamba）において入札会を開催し技術プロポーザル及び価格プロポーザルを受領

ステップ6：技術プロポーザルの評価（TOR を満たしているかどうかの確認）

ステップ7: 技術プロポーザルに合格したコンサルタントに対する価格プロポーザルの評価

ステップ8: 契約交渉権順位をコンサルタントに通知

ステップ9: コンサルタントとの契約交渉

ステップ10: 契約書へのサイン

1) プロポーザルの評価

技術及び価格プロポーザルの評価は2009年11月18日にJICA調査団によって行われた。入札会に参加したのはEcologia y Empresa S. R. L.、Green Investment LTDA、Servicios Energeticos S. A.、Seteco S. R. L. 及びURS Corporation Bolivia S. A. の5社であり、全ての会社の技術プロポーザルが合格して価格プロポーザルの評価となった。その結果、最低価格を入札したURS Corporation Bolivia S. A. (以下 URS) が第一契約交渉権を獲得した。

2) 契約交渉

URS との契約交渉は2009年11月19日に行われた。主な議論はURSの技術プロポーザルと価格プロポーザルの整合性の確認であった。さらにJICA調査団はURSに対して契約終了後もEEIA-AIの承認取得までENDEをサポートすることなど補足的な作業を要求し、URSは了承した。交渉の結果、価格は減額できなかったものの追加作業について双方が合意したため、2009年11月23日に日本工営株式会社 (JICA調査団) とURSは契約書にサインした。契約交渉の記録は契約書に添付された。

e. 追加調査の実施

EEIA-AI 調査開始後、以下の通り2度の追加調査が必要となり、JICA調査団はTORの作成及び変更契約の手続きを行った。

1) 硫化水素拡散モデリング

硫化水素の拡散モデリングについては当初 EEIA-AI 承認のためには必要がないとの情報を得ていたが、第2回公聴会において EEIA-AI 承認機関の一つである SERNAP (国立保護区庁) からモデリングの実施に対して強い要望があったこと、また JICA 調査団が現地を確認したところプロジェクト周辺地域への影響の可能性が懸念されたことから、EEIA-AI の承認を確実に得るために、拡散シミュレーションを実施することとした。このため JICA 調査団は TOR を作成し、3月25日にモデリングを実施するための情報を唯一保有している全体 EEIA-AI 調査実施コンサルタントの URS と随意契約した。

2) 送電線ルート案の変更に伴う現地調査

5月29日に実施された Quetena Chico コミュニティーにおける第3回公聴会において、同コミュニティから現計画送電線ルートではラグナコロラダ湖に生息するフラミンゴ類が送電線に衝突して事故を起こすリスクが高いため、ルートを東側に位置する丘陵付近に移すよう要望があった。公聴会の場でコミュニティ、現地再委託先、ENDE、JICA 調査団が協議し、旧 JBIC ガイドラインの趣旨も踏まえ、丘陵の裾へ送電線ルートを移しフラミンゴ類が移動する際に自然に飛翔高度を上げて送電線への衝突を回避しやすくすることとした。ただし、計画送電線ルートを変更すると変更後のルート付近では現地調査を実施していないことにな

り、そのままでは環境影響評価実施にあたって承認機関が発行した公式文書に記載されている調査実施上の留意事項に従っていないことになる。このため変更後のルート付近でも変更前と同様の現地調査及び予測評価等を実施することが必要な状況になった。このため JICA 調査団は TOR を作成し、6 月 2 日に現地の状況を熟知しており再委託契約終了後も ENDE の支援を約束している URS と随意契約した。

f. EEIA-AI 調査の進捗

EEIA-AI 調査の全体スケジュールは表 1.2.1-6 のとおりである。

表 1.2.1-6 EEIA-AI 調査の全体スケジュール

作業項目	2009		2010					
	11	12	1	2	3	4	5	6
1) ベースライン調査		■						
2) 公聴会			■		■		■	
3) 環境社会影響評価				■	■	■		
4) 予測される影響に対する緩和措置の策定					■	■		
5) 環境管理計画及びモニタリング計画の策定					■	■		
6) 二次的・累積的影響評価の実施				■	■	■		
7) 硫化水素拡散モデリングの実施						■		
8) 送電線ルート変更に伴う追加調査の実施								■
9) ENDE に対する EEIA-AI 手続きと承認取得支援	■	■	■	■	■	■	■	■
10) レポート作成			▲ IT/R			▲ DF/R		▲ F/R

Note: IT/R: インテリム EEIA-AI レポート、DF/R: ドラフトファイナル EEIA-AI レポート、F/R: ファイナル EEIA-AI レポート

EEIA-AI 調査のために実施した主な活動は以下のとおりである。

- プロジェクトサイトの現地踏査（2009 年 11 月 24 日～27 日）
- 既存文献調査（2009 年 11 月下旬～2010 年 1 月下旬）
- 現地の社会経済データ収集（2009 年 12 月 14 日～21 日）
- 第一回公聴会（2010 年 1 月 19 日～21 日）
- JICA 調査団へのインテリムレポートの提出（2010 年 1 月 28 日）
- 現地調査（2010 年 2 月 8 日～17 日）
- 第二回公聴会（2010 年 3 月 4 日～6 日）
- 硫化水素拡散モデリング（2010 年 3 月下旬～4 月中旬）

- JICA 調査団へのドラフトファイナルレポートの提出（2010 年 4 月 19 日）
- ドラフトファイナルレポートの公開（2010 年 5 月 3 日～5 月 26 日）
- 第三回公聴会（2010 年 5 月 28 日～30 日）
- 送電線ルート案変更に伴う追加現地調査（2010 年 6 月 4 日～6 月 8 日）



写真：現地踏査



写真：第一回公聴会

JICA 調査団は URS に対して以下のような監理活動を行った。

- ENDE を交えたキックオフミーティングの開催
- 隔週定期会議（JICA 調査団がボリビアに不在の場合は、電話会議を実施）
- ENDE を交えた第一回～第三回公聴会の準備、実施監理
- URS のドラフトインテリム EEIA-AI レポート、ドラフトファイナル EEIA-AI レポートの指導およびチェック、追記・修正の指示
- ドラフトファイナル EEIA-AI レポート公表のための準備
- 必要に応じて適宜協議を実施

3. 調査結果の概要

ベースライン調査と現地調査の結果の概要を以下に示す。ベースライン調査結果の詳細は地熱開発計画の代替案検討に使われた。ベースラインの記述は現地調査結果によって補足された。

調査範囲は西側のチリ国境に位置するアンデス火山帯、南側のアルゼンチン国境、東側のアンデス山脈（Lipez、Chichas 及び Chocaya）に囲まれた地域である。プロジェクトサイトの南部（地熱発電設備及び送電線の一部）は Eduardo Avaroa 国立保護区（REA）内に位置している（図 1. 2. 1-2 参照）。

a. 自然環境

1) 気候

気温

年間平均気温は調査範囲の中で様々に異なっているが、最高気温は夏季には 27°C 以上となり、最低気温は -25°C 以下を記録する。1 日の変化も大きく、冬季には 40°C 以上変化することがある。年間平均気温は Laguna Colorada では 0.8°C 、San Cristobal では 8.3°C である。

降水量

収集データによれば年間降水量は調査範囲全体で少ない。平均の年間降水量は 60mm から 100mm である。しかし、寒冷な気候のために雪や霧などが多く、調査範囲に設置されている簡易気象観測計では正確に測定していない可能性がある。このことから実際の降水量は記録されたデータより大きいと考えられる。降水量は東側や南側から San Pablo de Lipez、Atocha 及び San Cristobal に向かって増加し、250mm から 300mm に達する。

風向・風速

調査範囲の風向・風速データは限られている。Uyuni の観測所では 1945 年から 1997 年のデータがあり、北西からの風が卓越し、平均風速は 3.3m/s である。San Crsitobal では北西の風 4m/s 、San Agustin では北東の風 3.8m/s である。

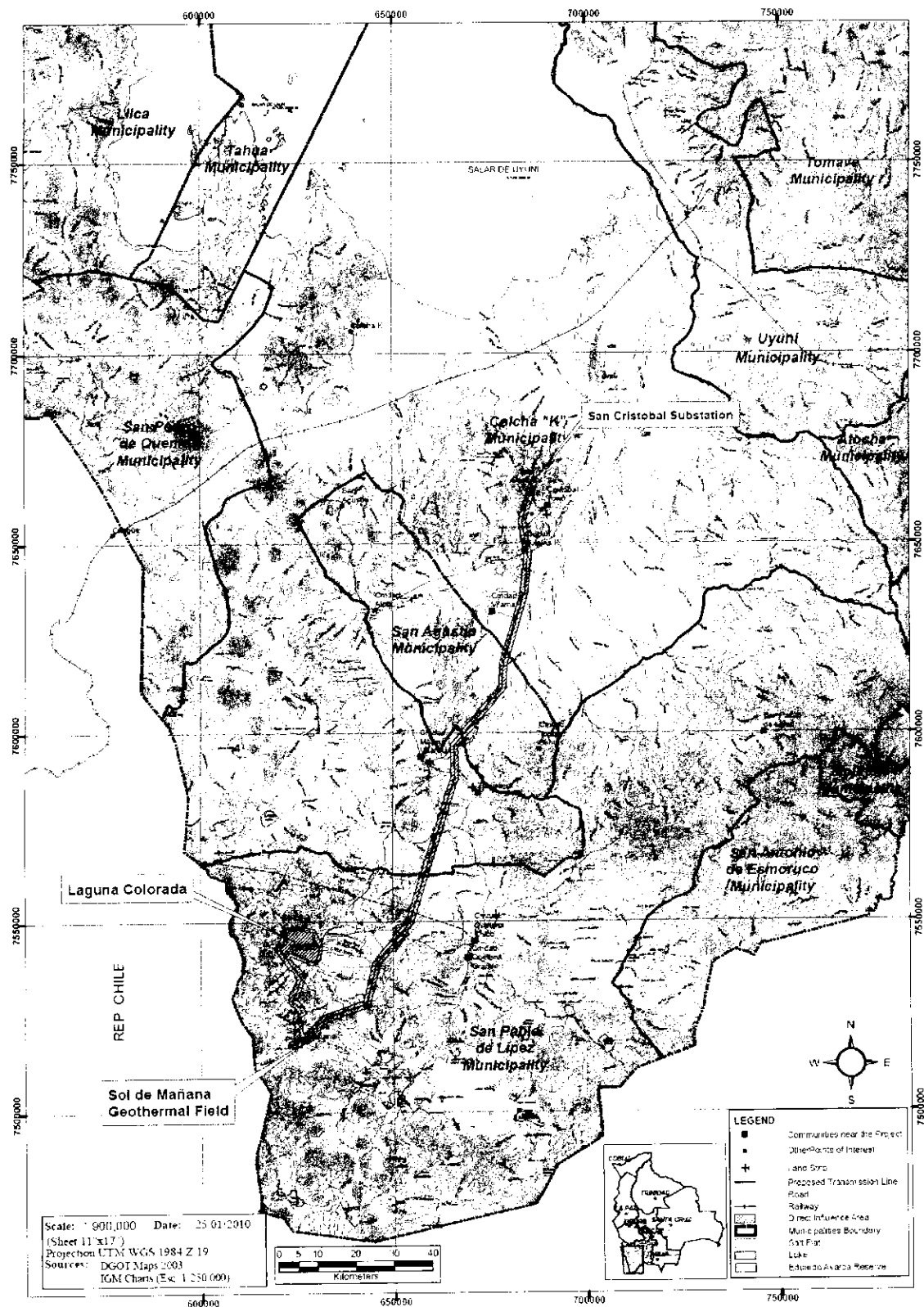


図 1.2.1-2 調査範囲

2) 水理及び水資源

水理

湖や塩湖に流れ込む閉鎖性の流域は調査範囲の西部から南部に数多く存在する。主な西部の流域は北から Lagunas Turquiri、Pastos Grandes、Cachi、Khara、Capina、Colorada、Salada - Salar de Chalviri、Lagunas Totoral、Chjillas 及び Coruto である。これらの閉鎖性の流域は、Uyuni 湖に向かって北に流れる Rio Quetena 川及び Rio Grande de Lipez 川に形成される大流域を囲うように分布している。

水資源

河川の大半が短い雨季に大量の水を湖に供給するもののその他の時期には供給が無く湖を乾燥させる。しかし、この地域では多数の泉が存在する。Laguna Colorada 湖畔にある ENDE キャンプでは泉の水を利用している。河床に厚い沖積土や崩積土があるため、泉の水は表層から一旦地下に入り、湖付近で再び地表に現れる。

最も大きな河川は Uyuni 塩湖へ流れる Rio Grande de Lipez 川である。この川は数多くの支流をもつ。流域に多数の泉があるため、この川は一年中きれいな水が流れており、隣接する湿地やパンパス（南米大草原）植生を維持している。この河川水は灌漑や飲料、水力発電などに利用される。Villa Mar の水力発電システムは早期の操業が期待されている。

プロジェクト影響地域における地下水資源の調査はこれまで特に行われていない。しかし、ENDE は 1980 年代に Sol de Mañana の地熱フィールドで 3 本の水供給用の井戸を掘削した。これらの井戸は 150m の深さまで掘削され、水位は地表から 93m であった。

3) 地形・地質

Sol de Mañana 地形は火山活動により形成され、氷河期の侵食による陥没に土砂が堆積して現在の景観を呈している。全体が溶結凝灰岩層と安山岩溶岩層に挟まれ、抗井のあるこの地域の北側と東側は溶結凝灰岩の薄いゾーンで構成されている。また西側と南側は氷堆石型地形で安山岩溶岩に構成されている。優先構造は二つの主なシステムで形成される。一つは南西－北東の断層、もう一つは北西－南東の断層で、それらは陥没地の中央で交差している。熱水の特徴はこの地域の中央部に集中していることであり、活断層に沿った地殻変動により貯留している。熱水の化学組成は深層の地熱流体と直接の関係が無いことを示している。

Sol de Mañana-San Cristobal 間の地形学的特徴は 1999 年に調査されている。当時の送電線予定ルートに沿った調査地点の位置と状況は表 1. 2. 1-7 のとおりである。

表 1.2.1-7 Sol de Mañana-San Cristobal 間の送電線ルートデータのデータ (1999 年当時)

Point	Distance (m)		Coordinates		Height	Deviation angle				Location	
	Partial	Accumulated	North	East	m.a.s.l.	degrees	minutes	seconds	side		
1	0	0	7520.042	628.232	4905	0	0	0			Pozo SM-2
2	5900	5900	7524.83	631.6	4840	10	41	0	right		Cerro Lagunitas
3	9100	15000	7531.12	638.07	4730	4	12	0	left		Lomas C. Lagunitas
4	6500	21500	7535.94	642.35	4792	26	45	0	left		Rio Aguadita
5	12900	34400	7548.35	645.64	4801	17	19	0	right		Abra Cab.Muerto
6	11400	45800	7559.7	645.15	4700	32	36	0	left		Cerro Jachi Loma
7	7600	53400	7566.25	648.95	4470	24	38	0	left		Lomas Chaquitas
8	10000	63400	7576.14	649.9	4555	14	30	0	right		Thui Khuchu
9	2200	65600	7578.12	650.62	4625	0	11	0	left		Abra Ojo
10	4400	70000	7582.23	652.1	4510	21	57	0	right		L. Rio Canchillas
11	13400	83400	7592.2	661	3970	6	52	0	right		Rio Mallcu
12	5400	88800	7595.75	665.03	3965	0	28	0	left		Loma Huasa Pampa
12'	7100	95900	7600.47	670.3	3950	31	5	0	left		Rumi Huaykho
13	3100	99000	7603.4	671.2	3890	17	12	0	right		Rio Quetena
14	11200	110200	7612.6	677.47	3870	28	25	0	left		C. Cuvayos Loma
15	5700	115900	7618.25	678.05	3820	5	50	0	right		Rosario Pampa
15'	12100	128000	7630.08	680.5	3775	12	9	0	right		Est. Agua Milagrosa
16	6900	134900	7636.3	683.25	3760	9	49	0	left		Cerro Cucharillas
16'	7700	142600	7643.7	685.1	3760	21	10	0	right		Est. Charachaicito
17	4900	147500	7648.5	684.5	3760	17	28	0	left		Est. Culpina
18	7000	154500	7655.35	685.75	3780	7	37	0	left		Ventilla Loma
19	9500	164000	7664.8	686.2	4100	42	16	0	right		San Cristobal
20	1200	165200	7665.6	687	4140	39	53	0	left		S.E. San Cristobal

4) 大気質

a. ベースライン調査

地熱フィールド付近及び Sol de Mañana-San Cristobal 間の送電線予定ルート上の数地点における大気質の調査は 1999 年に URS/DAMES&MOORE によって実施された。地熱発電施設からの排出予測に基づき、硫化水素 (H_2S)、 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子状物質 (PM_{10})、総浮遊粒子状物質 (TSP) 及び砒素を測定するためのモニタリング計画が策定された。大規模な産業汚染源が存在しないため、調査範囲全体の様々な地点で 7 回の 24 時間測定が行われ、大気質の現況が把握された。

モニタリング結果はボリビア大気環境基準 (BAAQS)、テキサス自然資源保全委員会 (TNRCC) 規則の基準、及びカルフォルニア大気資源局 (CARB) の大気環境基準と比較された。この調査結果は表 1.2.1-8 に要約するとおりである。

表 1. 2. 1-8 1999 年の大気質調査結果

測定位置		緯度経度	標高 (m)	汚染物質	測定時間	環境基準（ボ リビア及びそ の他）	最大測定値
地熱フィールド	Laguna Colorada	22°10' 28" S 67° 49' 15" W	4, 215	TSP	24-Hour	260 µg/m³	108 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.119 µg/m³ (24 Hrs)
	Sol de Mañana	22°25' 28" S 67°45' 24" W	4, 790	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.008 ppm 0.007 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	79 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	84 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.150 µg/m³ (24 Hrs)
	Apacheta	22°26' 28" S 67°48' 05" W	4, 935	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.003 ppm 0.002 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	66 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	109 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.388 µg/m³ (24 Hrs)
	Aguita Brava	22°27' 17" S 67°50' 56" W	4, 770	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.001 ppm 0.001 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	26 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	Invalid*
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	Invalid*
	Huayllaj ara	22°18' 34" S 67°49' 47" W	4, 475	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.003 ppm 0.002 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	18 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	38 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.119 µg/m³
送電線予定ルート	Cara de Indio	22°18' 16" S 67°40' 39" W	4, 495	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.002 ppm 0.002 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	54 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	51 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.127 µg/m³
	Abra	21°53' 25" S 67°32' 28" W	4, 535	H₂S	30-Minute 1-Hour	0.080 ppm* 0.030 ppm**	0.001 ppm 0.001 ppm
				PM₁₀	24-Hour	150 µg/m³	31 µg/m³
				TSP	24-Hour	260 µg/m³	59 µg/m³
				Arsenic	24-Hour (Annual Average Mean)	50 ng/m³	0.128 µg/m³

* Texas Natural Resource Conservation Commission (TNRCC) regulation 2 standard.

** California Air Resources Board (CARB) ambient standard.

b. 現地調査

CO, SO₂, NO_x と硫化水素 (H₂S) について 2010 年 2 月に 6 箇所ですampling調査を行った。うち 2 箇所 (San Cristóbal 鉱山 と Sol de Mañana) では 3 時間ごとに 24 時間に亘って、また残りの 4 箇所では、1 回sampling調査を行った。また、硫化水素については、6 箇所ですampling調査を行った。また、検知管測定法により行った。

総浮遊粒子 (TSP) については、6 箇所、うち 2 箇所は 24 時間、4 箇所は 3 時間に亘って測定した。測定は Sol de Mañana (4 箇所、うち 1 箇所は 24 時間) と San Cristóbal 変電所 (2 箇所、うち 1 箇所は 24 時間) で行った。

San Cristóbal 変電所のエリアと Sol de Mañana の SM-3 井戸の地点（ともに 24 時間測定）では SO₂ が検出された。しかし、測定値は法律 No. 1333 の検出限界値を超えていなかった。

Sol de Mañana の噴気孔近くの箇所では、SO₂ が 10.91 mg/m³ (3.8 ppm) の濃度で検出された。この高濃度は噴気孔からのガスによると思われる。OSHA PEL 基準によると、SO₂ に対する職業暴露基準は 5 ppm (13 mg/m³) で臭気の閾値は 1-3 ppm (2.82 - 8.46mg/m³) である。

硫化水素の検出ではサンプルの採集に検知管測定法にを使った。この方法は6箇所、24時間検知管をセットするというものである。6箇所のうち1箇所（SM-2 井戸）では17 g/m³の濃度で検出されたが、この値は許容限度を下回った。SM-2 井戸地点ではサンプリング調査中に腐卵臭を感知した（環境上に硫化水素が存在する可能性を示唆する）。

5) 騒音・振動

騒音と振動の測定を2010年2月に26地点で行った。26地点のうち3地点(Sol de MañanaのSM-2井戸、Mallku Villa MarおよびSan Cristóbal変電所)では24時間に亘って3時間ごとに(15分間)測定した。一方、その他の地点では15分間測定した。また2010年6月には送電線ルート変更による追加調査として、新たな15地点において15分間測定した。

ボリビアの法律によると、固定音源に対する最大許容値は6時から22時までが68 dB(A)で22時から翌朝6時までが65 dB(A)となっている。

3 地点で 24 時間に亘って行った騒音測定値の平均は 31.20 dB (A) ~ 70 dB (A) であった。San Cristóbal 変電所では最大値を示した。この値は、物資を輸送する道路が近く、重機とそのエリア特有の強風によるものと考えられる。他の 2 地点では騒音レベルの増加は特定の時間に観測され、いずれも 68.8 dB (A) に達した。

15 分間の測定に関しては、San Cristóbal 鉱山の内部で最大値を示した。その地点は当時新変電所の建設中であった。このエリアでの最大値は 79.10 dB (A) であり、近くの高圧鉄塔に風が当たり音を増加させていたほか、付近で重機が稼働していたことによると考えられる。騒音レベルは San Cristobal から離れた送電線付近の測定点では概ね低く、Zoniquera に近い地点では最大 36.0 dB (A)、最小 32.1 dB (A) を示した。そこでは交通が無く、風も無風か弱風であったことによる。

6) 水質

a) ベースライン調査

Sol de Mañana の地熱開発事業のための水質サンプルは 1986 年 3 月（サンプル LC-11、LC-12 及び SAB-7）、1986 年 7 月（サンプル LC-1、LC-4、LC-5、SC-4 及び SC-21）、1989 年 1 月（サンプル LC-1、LC-4、LC-5、LC-11、RAB、SC-1、SC-4、SC-21、SC-10 及び RHJ）及び 1999 年 3 月（サンプル GEOT-SM1、GEOT-SM2、GEOT-SM5 及び GEOT-SM9）に採取された。

これらのサンプルの水質調査の項目、分析結果、採取位置は表 1.2.1-9 に示すとおりである。

Apacheta のホウ砂工場を除くと、全てのサンプルは地表水から採取された。1999 年の河川やクリークにおける水質調査結果からは、人間活動による汚染は確認されなかった。

Laguna Colorada 湖及び周辺からの湧水による水は高濃度の砒素が含まれているため、人間の利用には適さない。

地表水から採取したサンプルのうち、いくつかは高い温度を記録しており、地熱の影響を受けて温度が高くなっていると考えられる。

表 1.2.1-9 (1) 水質調査結果 1

Sample	Location	Date	Sample Type	Temperature (field) °C	pH (field)	Conductivity (field) µS	Alkalinity (field) meqCaCO ₃	Temperature (lab) °C	pH (lab)	Conductivity (lab) µS	Alkalinity (lab) meqCaCO ₃	Calcium (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Sodium (mg/l)	Potassium (mg/l)	Chloride (mg/l)	Sulfate (mg/l)	Bicarbonate (mg/l)	Silica (mg/l)	Boric Acid (mg/l)	Bromide (mg/l)	Iodide (mg/l)
LC-1	Northwest corner of Laguna	11-Ene-89	Spring	22.5	7.19	377	1.1	20	6.5	362	0.9	8.4	3.6	63.4	8.1	59.1	30.1	67.1	80.9	4.4	0	0
LC-1	Northwest corner of Laguna	18-Jul-86	Spring	21.5	7.71	381	1.2	24	6.48	391	1.1	7.5	3.8	56	9	57.7	28.6	71.4	74	5.1	0	0
LC-4	Northwest corner of Laguna	18-Jul-86	Spring	21.1	7.74	447	1.2	24	6.38	447	1.2	9.4	5.5	99.4	10.9	106	42.6	70.2	80.9	6.5	0	0
LC-4	Northwest corner of Laguna	11-Ene-90	Spring	22	7.61	512	1.1	20	6.9	523	1.2	9.4	5.5	99.4	10.9	106	42.6	70.2	80.9	6.5	0	0
LC-5	Northwest corner of Laguna	18-Jul-86	Spring	20.8	8.1	946	0.8	24	6.29	1000	0.7	6.2	4.2	172	14.4	201	104	45.2	82	15.1	0.18	0
LC-5	Northwest corner of Laguna	28-Feb-89	Spring	21	8.2	820	0.7	20	6.9	903	0.7	6.8	4.2	187	12.6	202	104	43.3	89.8	15.1	0	0
LC-11	Southeast corner of Laguna Colorado	17-Mar-86	Spring	30.1	7.31	--	3.2	20	7.23	1670	3.5	38	24.1	246	35.6	358	149	194.6	116	20.9	0	0
LC-11	Southeast corner of Laguna Colorado	23-Feb-89	Spring	31	7.03	1480	3.1	20	6.95	1470	3.1	37.1	21.4	259	28.8	337	145	189.2	96.9	20.2	0.27	0
LC-12	Southeast corner of Laguna Colorado, near LC-11	17-Mar-86	Lake	19.2	8.05	--	31.6	20	8.42	200000	27.2	276	669	41000	3580	539000	22600	1909.8	93	4180	--	--
SAB-7	3 km southeast of Well AP-1	15-Mar-86	Spring	8.2	7.68	264	1.1	23	6.57	253	1.4	19	8	16.8	9.9	3.6	42.4	67.1	52	1.2	0	0
RAB	4 km southwest of Well AP-1	22-Ene-89	River	16	6.95	189	0.8	20	6.44	196	0.8	17.8	6.1	14.3	2.8	2.2	55.6	45.8	62.2	0.6	0	0
SC-1	20 km southeast of Well AP-1	18-Jul-86	Spring	40	7.79	1140	1.5	24	7.15	1130	1.5	54.7	6.7	160	26	125	271	92.7	133	19.9	0.14	0
SC-1	20 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	40	7.5	1150	1.6	20	6.67	1120	1.6	51.5	6.3	188	30	160	267	97	141	24.2	0.17	0
SC-4	19 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Spring	33.9	8.25	701	1.1	24	7.03	727	1.1	29.8	2.9	102	14	59.4	174	65.3	107	10.8	0	0
SC-4	19 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	34.5	7.5	650	1.6	20	6.67	670	1.1	28.9	2.8	110	15.5	65	175	97	104	10.2	0	0
SC-21	18 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Spring	29.3	8.5	376	0.9	23	6.48	377	0.9	16.7	0.44	59	2.8	2.6	113	56.1	69	2.9	0	0
SC-21	18 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	30.5	7.78	487	0.8	20	6.81	370	0.9	16.8	0.48	66.1	3.1	6.4	118	51.3	71.2	2.9	0	0
SC-10	18 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Lake	24	8.25	31600	2.7	23	7.51	--	2.6	336	174	5700	236	8780	1790	162.3	76.4	410	3.6	--
RH	15 km south of the camp	19-Ene-89	River	16.5	7.5	288	2.3	20	6.79	224	2.3	15.2	7.2	30.7	3	4.4	7	139.7	57.4	1.7	0	--
GEOT-SM1	Cerro Apacheta	4-Mar-99	Waste water						0.2	9850		0.06	0.08	23.48	12.17		4092.48	0				
GEOT-SM2	Quebrada Apacheta	4-Mar-99	Spring						7.2	563		9.61	8.3	38.74	8.26	23	63.24	57.95				
GEOT-SM3	Cerro Apacheta	4-Mar-99	Brine						5.55	19600		1129	222	5777.8	950		3976.87	42.7				
GEOT-SM5	Rio Salar	4-Mar-99	River						6.55	126		2.82	0.81	28.24	1.04		23.79	51.95				
GEOT-SM9	Rio Huayllajara	4-Mar-99	River						8.35	509		3.73	10.9	208.7	19.57		69.36	195.2				

表 1.2.1-9 (2) 水質調査結果 2

Sample	Location	Date	Sample Type	Fluoride (mg/l)	Lithium (mg/l)	Rubidium (mg/l)	Cesium (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Strontium (mg/l)	Barium (mg/l)	Zinc (mg/l)	Antimony (mg/l)	Lead (mg/l)	Arsenic (mg/l)	Iron (mg/l)	Aluminum Total (mg/l)	Total Dissolved Solids (mg/l)	O ₂ (mg/l)	Deuterium (‰)	Tritium U.T.	Altitude m.a.s.l.
LC-1	Northwest corner of Laguna Colorado	11-Ene-89	Spring	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0	326	-12.55	-95.9		4280
LC-1	Northwest corner of Laguna Colorado	18-Jul-86	Spring	0.42	0.19	0	0	0.01	0.08	0		0	0	0.17	0	0	314	-12.38	-93.4	0.01	4280
LC-4	Northwest corner of Laguna Colorado	18-Jul-86	Spring	0.44	0.23	0	0.21	0.011	0.08	0		0	0	0.17	0.027	0.035	345	-12.48	-92.7	0.01	4280
LC-4	Northwest corner of Laguna Colorado	11-Ene-90	Spring	0	0.33	0	0	0	0	0		0	0	0.18	0	0	432	-12.42	-94.6		4280
LC-5	Northwest corner of Laguna Colorado, at ENDE camp	18-Jul-86	Spring	0.34	0.64	0	0	0.01	0.11	0		0	0	0.44	0	0	646	-11.36	-85.5	0.01	4280
LC-5	Northwest corner of Laguna Colorado, at ENDE camp	28-Feb-89	Spring	0	0.68	0	0	0.12	0	0		0	0	0.38	0	0	666	-11.51	-85.8		4280
LC-11	Southeast corner of Laguna Colorado	17-Mar-86	Spring	0.22	0.12	0.03	0	0.01	1.5	0.02		0	0	0.5	0	0	1185	-10.57	-74.6		4280
LC-11	Southeast corner of Laguna Colorado	23-Feb-89	Spring	0.28	1	0.09	0	0	0.39	0.01		0	0	0.4	0	0.02	1137	-10.48	-76.6	0.04	4280
LC-12	Southwest corner of Laguna Colorado, near LC-11	17-Mar-86	Lake	0.89	165	12.8	21.3	0	0	0.084	0.08	0.02	0.1	76	1.23	0.5	128466	-0.51	-28.1		4275
SAB-7	3 km southwest of well AP-1	15-Mar-86	Spring	0	0	0	0	0.05	0.1	0.01		0	0	0	0.05	0.06	220	-9.09	-67.2	7.5	4890
RAB	4 km southwest of well AP-1	22-Ene-89	River	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.01	0	0	208	-10.72	-75.5	0.6	4760
SC-1	20 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Spring	0.64	0.63	0.1	0.33	0.01	0.36	0.02		0.01	0	0.66	0.03	0	892	-11.01	-88.4	0.01	4400
SC-1	20 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	0.63	0.87	0.17	0.26	0	0.34	0.02		0	0.01	0.4	0	0.15	968	-11.01	-88.4		4400
SC-4	19 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Spring	0.52	0.32	0.08	0	0.01	0.2	0.01		0.02	0	0.41	0	0	567				4400
SC-4	19 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	0.44	0.42	0.08	0	0	0.2	0		0	0	0.37	0	0	610				4400
SC-21	18 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Spring	0.21	0.03	0	0	0.01	0.02	0.02		0.03	0	0.05	0.01	0.04	323	-10.96	-82.7	0.01	4400
SC-21	18 km southeast of well AP-1	10-Ene-89	Spring	0.22	0.07	0	0	0	0.03	0.02		0.01	0	0.1	0	0.02	337	-10.94	-83.8		4400
SC-10	18 km southeast of well AP-1	18-Jul-86	Lake	1.5	2.6	1.6	3.4	0.9	8.8	0	0.06	0	0	3.5	0.23	0.46	17691	-8.04	-68.3		4600
RHJ	15 km south of ENDE camp	19-Ene-89	River	0	0.03	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0.03	0	0	467	-7.68	-54.2	0.5	4310
GEOT-1	Cerro Apacheta	4-Mar-99	Waste water														4195				
SM-1	Quebrada Apacheta	4-Mar-99	Spring														682.8				
GEOT-2	Cerro Apacheta	4-Mar-99	Brine														36185.5				
SM-3	Cerro Apacheta	4-Mar-99	River														140.4				
GEOT-1	Rio Solor	4-Mar-99	River																		
SM-5	Rio Huayllajara	4-Mar-99	River														421.2				

b. 現地調査

表流水サンプルを次の5地点から採集した。

- TIERRA S. A. の取水口 (LC-AB-ASUP01)
- ENDE キャンプ東側の泉 (LC-LC-ASUP02)
- Laguna Colorda 湖西側の水 (LC-LC-ASUP03)
- Laguna Colorda 湖南方の泉 (LC-LC-ASUP04)
- Laguna Colorda 湖東側の水 (LC-LC-ASUP05)

分析したパラメーターは pH, 伝導度, DO, BOD5, COD, 浮遊物質, EC, 大腸菌群数, 油分, NO₃-N, NO₂-N, Cd, CN, Pb, As および Hg である。

水質分析の結果は法律 No. 1333 の水汚染に関する規則 (RMCH) の基準にしたがう水質類型に当てはめた。

分析結果の概要は；

- LC-AB-ASUP01: 分析結果はC類型に該当する。C類型は一般的な水利用が可能な類型であるが、十分な物理化学的処理と殺菌を要する。この類型を定義するパラメータは主に DO (69%) 及び BOD₅, (<5mgO₂/l) である。
- LC-LC-ASUP02: 分析結果はD類型に該当する。D類型は一般的水利用のためには最低の水質に相当し、人の消費にどうしても必要な場合には初期沈殿処理、十分な物理化学的処理と寄生虫予防のための特別な殺菌を要する。この類型を定義するパラメータは主に DO (53%) 及び BOD₅ (<5mgO₂/l) である。
- LC-LC-ASUP03: このサンプルから次のような値が検出された：Cd 0.84 mg/l, Pb 2.55 mg/l, 油分 0.3 mg/l, COD 752 mgO₂/l, BOD 5 619 mgO₂/l, および濁度 146 NTU。これらの値はボリビアの基準値を上回っている。水利用には適さないと考えられ、どのような類型にも属さない。特に、Cd と Pb を基準値をはるかに超えて含んでいることは健康に有害である。
- LC-LC-ASUP04: DO 以外のパラメータによればC類型に該当するが、DO が低い (41% sat.) ため類型の範囲外にある。
- LC-LC-ASUP05: サンプルは Cd 0.73 mg/l, Pb 2.02 mg/l, 油分 0.3/mg/l, COD 653 mgO₂/l および BOD 5 524 mgO₂/l を示した。これらの値は水質類型の基準値を外れており、この湖の水質は非常に低いと考えられる。

地下水については次の3つの場所で採水した。

- Sol de Mañana で ENDE により掘削された水井戸 #2 (LC-SM-ASUB01)
- TIERRA ホウ砂工場の地熱坑井 AP-1 (LC-AP-ASUB0)
- San Cristóbal 鉱山井戸のうち、フィールドブースタ地点 #1 (LC-MSC-ASUB03)

分析したパラメータは pH, 伝導度, DO, BOD₅, COD, 浮遊物質, EC, 全大腸菌群, 油分, NO₃-N, NO₂-N, Cd, CN, Pb, As および Hg である。

- LC-SM-ASUB01: このサンプルは DO が 56% sat という低濃度でなければC類型に属する。この値は RMCH 基準によれば、D類型に相当する。
- LC-AP-ASUB0: このサンプルは Cd 0.1 mg/l, Pb 0.22 mg/l, COD 200 mgO₂/l

および BOD5 168 mgO₂/l の値を示した。これらの値は RMCH 基準による水質類型の基準値よりずっと高い。この水は高い EC (> 22,000 S/cm) を示す。また、Cd や Pb といった重金属が含まれている。

- LC-MS-ASUB03: このサンプルは 0.044 mg/l の Cd を含んでおり、RMCH 基準による水質類型より外れている。この水は鉱山に供給する井戸区域の水の平均レベルであり、EC は 7,800 S/cm より高い。

土壌については、Sol de Mañana の次の 4 地点で深さ 40~50cm からサンプルを採取した；

- 気象観測地点傍の地熱井戸 SM-2 (LC-SM-S01)
- 地熱井戸 SM-3 (LC-SM-S02)
- 地熱発電所の建設が計画されている場所 (LC-SM-S03)
- 井戸 SM-2 の南東の水井戸 #2 (LC-SM-S04)

分析したパラメータについて分析した：As, Cd, Cu, Hg, Pb, 全シアンおよび有機リン化合物である。

土壌中の重金属、全シアン、有機リン化合物に関してボリビアには環境基準はない。オイルセクタ 26171 (RASH) に対する環境規制にはいくつかの物質についての基準が定めてあるが、ここでは国連環境計画のガイドラインとオランダ環境省の基準を参考に用いた。

Hg だけが、0.004 ~ 0.01 mg/kg の範囲で検出された。Sol de Mañana の全てのサンプルの残りの重金属は検出下限値を下回った。Sol de Mañana での検出値は例えばオランダ基準（環境省 Hg = 10 mg/kg）をはるかに下回っている。

サンプルで検出した全シアンは基準値以下であった。

有機リン化合物に関しては、Sol de Mañana エリアでは検出されなかった。

7) 動植物相及び生態系

a) 地域的特徴

地熱開発事業地域及び予定送電線ルートは、ボリビア南西部の乾燥から半乾燥高地アンデス・プーナ (3,700-4,200m) 及び乾燥から半乾燥高地アンデス・ステップ (4,200-5,000m) エコリージョンに位置する。この地域の極めて乾燥した気候条件は、アンデスによる湿った空気の遮断やフンボルト海流の乾燥効果によるものである。この地域の長期に渡る乾燥条件は土壌の塩分による劣化を引き起こす。この結果、植生は遷移初期の様相を呈し、低い生物多様性、遅い生長、長期的に変化しない生態系などに特徴付けられる。

b) 植生

調査範囲は生物地理的には郡の高原地域の Lipez 生物地理区に位置している。同区には二つの地理的に連続した植生があり、それぞれは異なる生物気候下にある。

Orotropical Los Lipez は主に Rio Grande de Lipez 流域の深い溪谷、溶結凝灰岩の高原、及び北部火山帯の比較的低い斜面に構成される、標高 3800 m から 4200m の地域である。植生は *Polylepis tarapacana* の森林及びブツ

シュである。

Criorotropical Los Lipez は、標高 4200m から 4700m の地域である。

c) 動物相

REA が実施した脊椎動物保全分析によれば、哺乳類では野生で生息する *Vicugna vicugna* (ビクーニャ) と主に家畜として放牧される *Lama glama* (リヤマ) のラクダ科 2 種が多数生息している。肉食哺乳類では *Pseudolapex culpaeus* (アンデスギツネ)、*Conepatus chinga* (スカンク)、及び *Galictis cuja* (フェレット) が生息する。その他には *Oreailurus jacobite* (アンデスヤマネコ) が、この地域一帯の岩石地やブッシュ、森林にみられる。齧歯類では *Lagidium viscacia* (ビスカーニャ) 及び *Ctenomys opimus* (ツコツコ) が岩石からなる地域では普通にみられる。

REA の鳥類では、3 種のフラミンゴ類 (*Phoenicopterus chilensis*, *Phoenicopterus andinu* 及び *Phoenicopterus jamesi*) 及びいくつかの渉禽類が重要な種である。アンデスフラミンゴの全世界での生息数のおよそ 25% から 50% がこの地域に生息している。フラミンゴ類はボリビア南西部、アルゼンチン北西部及びチリ北東部のアンデス高地の湖を繁殖地として利用している。冬季はこれらの鳥類はアンデスの低標高地やチリ沿岸部に移動する。フラミンゴ類はフィルター・フィーダーである。水と表層土砂を排出して獲物を体内の特殊な部位に堆積させる。フラミンゴ類は主に珪藻類、貝類、幼生期の甲殻類、及び昆虫類の幼虫を捕食している。

REA で行われたセンサス調査によれば、9 種の北半球からの渡り鳥と 8 種の南からの渡り鳥が確認された。一般にこれらの種は湖が著しい気温低下により氷結する冬季にはみられず、夏季にこの地域に渡来する。

爬虫類は岩石地に囲まれた草地に生息する *Liolaemus* 属のトカゲ類に代表される。

REA の両生類は Leptodactylidae 科及び Bufonidae 科に属する。

魚類は河川や湿地に生息する *Orestias polonorum* や *Trichomycterus* sp. に代表される。

強風や低い気温、強い太陽光といった気候条件に著しく影響を受けながら、この地域は特に固有種を含む生物多様性上重要な地域となっている。REA 内のボリビアの固有種は両生類の *Telmatobius huayra*、爬虫類の *Liolaemus islugensis erguetae* 及び *Liolaemus jamesi pachecoi* の 2 亜種が存在する。

d) 保護区

法律 No. 1333、第 63 条は保護区を植物、動物、遺伝資源、自然生態系、流域、及び科学的、民族的、歴史的、経済的、社会的価値の特徴を保護及び保全するために法的措置を通じた国家保護に基づく自然地域として定義している。目的は国土の自然及び文化遺産の保護と保全である。

REA は 1973 年 12 月 13 日に指定され、1981 年 5 月及び 6 月に範囲が拡張された。REA は Potosi 県の Sud Lipez 郡に位置している。San Pablo de Lipez 市の管轄下にあり、大半が Quetena Grande 及び Quetena Chico コミュニティーの管理地域である。この保護区は 714,745ha の広さであり、平均標高 4000m、主に半乾燥のアンデスプーナに含まれる。Laguna Colorada 湖に生息するフラミンゴ類の保護やビクーニャやレア (*Pterocnemia pennata*) と

いったアンデス山脈の動物を保護するために指定された。地熱開発の利用権及び 38km の送電線予定ルートは REA の北西部に位置する。低い年間降水量による乾燥のため、植生の被率は非常に低いか全く無いのである。*Picnophyllum molle* や *Stipa frigida*、*Calamagrostis* sp.、*Festuca* sp.、及び *Nototriche auricoma* が利用権地の風の弱いカルデラの南西部付近にまばらに生育している。硫黄の毒性や砒素を含む強度の酸性水のためこの地域に野生生物の生息する湿地はない。乾燥や淡水がないことはこの地域の生物の分布を制限している。

b. 社会環境

1) 地域住民の記述； 社会経済人口の分布

プロジェクトの調査エリアは次の市に対応する：

- ・ Colcha K (Nor Lipez 州)
- ・ San Agustin (Enrique Baldivieso 州)
- ・ San Pablo de Lipez (Sud Lipez 州)

本プロジェクトの生産地域（地熱フィールド）は Sud Lipez 州内に位置し、送電線は Nor Lipez 州、Enrique Baldivieso 州、Sud Lipez 州の 3 州に跨る（図 1.2.1-3 参照）。

2008 年の INE（国立統計研究所）の見積もりによると、これらの市の全人口（都市部と地方部）は 16,465 人であり、2001 年の人口センサスの結果と比較して、19.24% 増加している。調査エリアは主に小さなコミュニティから構成されている。Colcha K 市の首コミュニティである Colcha K はプロジェクト調査エリアで約 1,100 人の最大人口を有する。

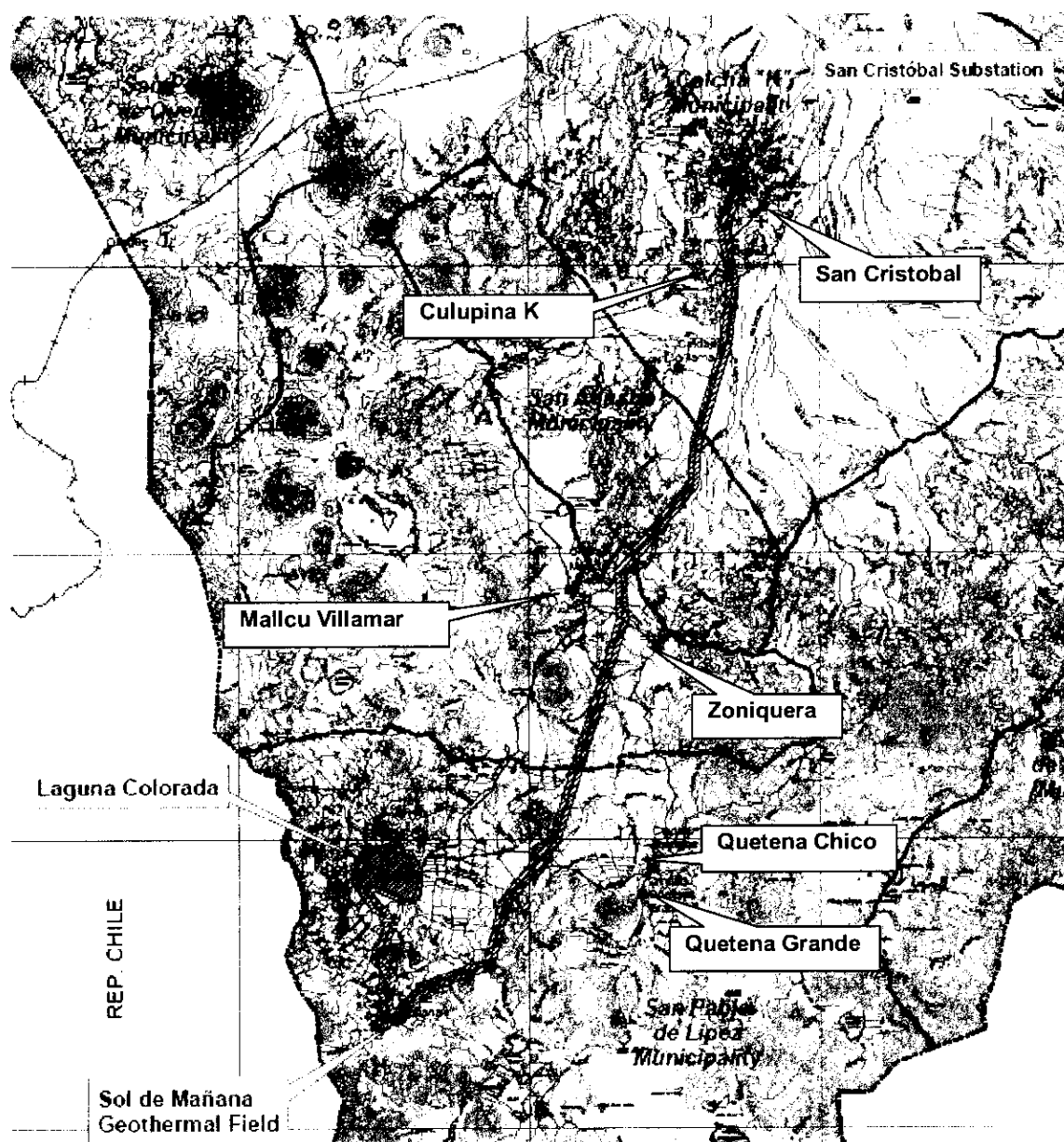


図 1.2.1-3 調査位置図

2) 土地取得と法的根拠

ENDE から提供された情報によれば、ENDE は、1991 年に以前の電力法及び憲法の下で、40 年間のプロジェクトの建設とオペレーションのためにコンセッションを与えられた（2009 年 2 月に発布された新憲法と天然資源及び土地（特に先住民共有地）については p188（2.1.1 土地所有）を参照）。

このプロジェクトには非自発的住民移転は発生しない。

現在の制度によれば、ENDE は同コンセッションを憲法第 378 条の規定と電力法第 1604 号に従って運用しなければならない。第 378 条はエネルギーへのアクセスを基本的権利として定めており、国家に生産連鎖を通じて管理を要求している。電力法第 1604 号での環境社会インパクトに対する唯一の関連は第 6 条で、“電気事業はそのセクターに該当する環境に関する制度に

従う”ことを強調している。

一方、地熱発電所に接続される送電線の地役権によって影響される土地の確認のために、一度最終的なラインが設定されると、コミュニティー・リレーション活動はコンセッションの電力法と地役権・公共事業に関する規則に基づいて実行されることになる。

3) 土地利用状況

a) Colcha K 市

主な土地利用と占有状況は農作物生産、生物多様性および自然資源である。この市はアンデス山脈の西部とロスリベス山系の南部に位置する。地形的に、この市は農産のために利用される大平原によって形成され、低い峰と丘が交差し、そしてなだらかに起伏する平原、山岳地帯エリア、そこには通常広範囲の牧草地のために使われる草質茎の飼料となる種がほとんどないアルティプラノ高原の1部を構成している。

Zoniquera と Colcha K のコミュニティーに近いエリアでの、土地の主な使用と占有は農業のためで、そこではキヌア生産が普及している。他の作物は家庭でのジャガイモと野菜で、次にラクダ科動物の飼育、さらに羊とやぎが続く。San Cristobal と Cocani 地区での主な活動は農家のために大きな収入源を構成する家畜繁殖（リャマ、羊と少数のヤギ）である。また、観光事業と、特に採鉱（銀と亜鉛）が地域で重要な活動になってきた。

b) San Agustín 市

主な土地利用は農業と家畜生産であり、San Agustín と Alota ではキヌア生産が最も重要である。家庭用の小プロットでジャガイモと野菜が自給のために栽培されている。家畜生産は、Cerro Gordo、Agua de Castilla、Todos Santos および Mejillones のコミュニティーが主にラクダ科のリャマなどが放牧されている。観光事業と鉱業（銀と亜鉛）がこの地域の重要な産業になってきている。

c) San Pablo de Lipez 市

この地域の土地は、主として強風を特徴とする不毛の土地であると。一部ラクダ科の家畜と羊に適した大規模な自然の牧草地と湿地がある。San Pablo de Lipez コミュニティーでは、若干のコミュニティーがホウ砂、銅、アンチモン、硫黄、鉛と銅の鉱床の周りに作られてきた。この市は、Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区のなかにあり、そのなかには種々の湖とコミュニティー（Laguna Colorada、Laguna Verde、Quetena Grande と Quetena Chico）がある関係上、観光事業は地域で重要である。

4) 地方、州と全国レベルにおける社会経済

a) Colcha K 市

既存産業は農業、家畜、手工芸、採鉱と観光事業である。これらの産業は産業は主に家族単位の活動によるものであり、各種産業の管理や生計の確保は独自の知見に基づいて行われている。

b) San Agustín 市

この市は有名なキヌア生産地である。生産者は伝統的なキヌア生産を専門に扱ってきた。キヌア生産のために、生産コミュニティーは灌漑施設を有して

いる。その他の農作物は天水に依存する。ジャガイモと野菜生産は主に家庭消費に向けられ、主にキヌアがマーケットで売られる。農業システムは 1) Colcha K で記述したものに類似している。家畜生産はラクダ科の家畜と羊の飼育による伝統的な活動である。家畜からは食料以外の副産物として手工芸品、羊毛と革、ベッド、冬用帽子、セーター、毛布、ロープ、袋、スカーフ、靴下などが主に輸出用に生産されている。この市にはチュルパレス（インカの古墳）と岩窟壁画といった考古学的な遺跡があり、多くの観光ルートがある。

c) San Pablo de López 市

農業生産は伝統的であり、農業機械は使用していない。コミュニティには灌漑施設があるが、大半は天水に依存している。ジャガイモと野菜生産は主に家庭用消費に向けられ、余剰のキヌアが僅かにマーケットで販売される。このため家族の収入は限られている。市の家畜生産は伝統的なものであり、牧草地でラクダ科の家畜と羊を飼育している。市には、ボリビアの法令で税金引当金とされるいくつかの鉱床が存在する。産業としての採鉱活動は貧弱であるが、特に金、ホウ砂、石膏と石灰に関して若干の小規模家族採掘業が存在する。観光事業の資源は Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区である。保護区は Quetena Chico のコミュニティを含み、フラミングコ類のような野鳥、ビクーニャのような野生のラクダ科動物、シギダチョウやレアの生息地がある。また、自然景観は最も重要な観光資源の一つである。

5) 地域の社会構造状況

a) Colcha K 市

市の行政上の中心では、公共機関は市長室、補佐役室と民間の登記所によって構成される。市政は市長と 5 人の市の委員が代表して執行される。自警委員会が市で社会統制の役割を果たし、カントン（郡に相当）毎に 1 人の代表者から構成される。コミュニティの組織はコレヒドール（コミュニティの選挙で選ばれた最高代表者）によって統治される。コレヒドールはコミュニティの利益を確保し、法的枠組みの有無にかかわらず、伝統と習慣の基づいてコミュニティ運営を行う。コレヒドールは関係官庁にコミュニティの決定を伝える責任がある。これらのコミュニティの間には FRUTCAS : (ボリビア南部アンデス高原農業者特別地域連盟) がある。

他の代表的な団体と組織としては、

- 母親センター
- OECA (農民経済団体)

があり、これらは、CADEQUIR (Potosi 県のキヌアレアル会議所) に所属する。また、住民のための民間支援団体としては、

- INTI : 研究と多専門分野間サービスセンター
- ACRA: アフリカ・ラテンアメリカ農村協力協会
- ARCCA: ラクダ科家畜育成者地域協会

が存在する。

b) San Agustín 市

Colcha K市と同様、San Augustine には公的機関、コミュニティー組織、組合と民間組織がある。民間組織の中では INTI センターが最も重要である。

c) San Pablo de Lipez 市

代表的な団体と組織は、母親センターと生産・サポートの種々の団体と連合であり、

- AZCCA: ラクダ科家畜育成地区協会
 - ARCCA : ラクダ科家畜育成者地域協会
 - APSETUR: Quetena Chico 観光サービス業協会
 - APRESTUCOQG: Quetena Grande コミュニティー観光サービス業協会
- が挙げられる。

6) 観光

a) Colcha K 市

観光上、最も重要なもののうちでは、Chuvica, San Juan, Llavica, Atulcha, Culpina K, Vila Vila 等が観光上の魅力となっている。

観光客ロッジが、コミュニティー、自然の風景地（砂漠の砂、温泉、湖、岩による自然的彫像）、遺跡地及び自然草原のなかにある。近年、この地域では観光業が増加してきたが、高い観光業の可能性を持った未利用のエリアは他にも多数存在する。

Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区への訪問者に関するデータによれば、1996 年 6 月以降、現在まで約 500%の比較的大きな増加があった。2007 年には近年記録した最も大きい数字である 67,575 人の訪問者があった（この数は保護地までの訪問者の数から推察することができ、Colcha K市の通過を含む）。すべての観光客が Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区を訪れるわけではない。多くの観光客は数時間 Uyuni 塩湖を訪れて、他の観光地（主に Oruro と Potosi）に戻ってしまう。

この地域には重要な観光上、考古学上、また景観上の資源があるが、それらはなお観光産業のための経済促進の欠如、観光事業（道路、融資、投資、とりわけ基本的なサービス）に対する支援の欠如に直面している。コミュニティー組織の強化が欠如し、道路は 1 年を通して必ずしも通行可能ではなく、そして観光ルートはすべてのコミュニティーに有益とは限らない。

b) San Agustín 市

この市はで、特にチュルパレスと岩窟壁画のような遺跡があるところに多くの観光ルートを持っている。コミュニティーの主要な観光資源は以下の通りである。

- ・San Agustín コミュニティー: ラクダ科動物（リヤマとビクーニャ）、コミュニティー、造岩、トゥルンチャ（パリワナ、アヒル）
- ・Alota コミュニティー: 滝、湿地、チュルパス、手工芸品と手織りの布。

c) San Pablo de Lipez 市

悪天候と不利な自然条件にもかかわらず、この地域は国内的にも国際的にも

観光事業を行う上で資源に富んだ地域のひとつである。その観光資源のなかには、Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区がある。Quetena Chico のコミュニティの管理下にあつて、フラミンゴ類のような野鳥、ビクーニャのような野生のラクダ科動物とシギダチョウやレアの生息地がある。

地域での観光活動は市とコミュニティにとっては少ししか利益をもたらさず、一過性の商業活動と見られている。観光名所は州あるいは市に利益をもたらす税収につながらず、観光名所を開拓するために自由にエリア内に入るチリからの国際企業や、Uyuni、Tupiza、La Paz、Potosi に本拠地を置く民間の国内企業によって開拓されている。

これに対する例外は、Quetena Grande と Quetena Chico のコミュニティで、2つのコミュニティロッジと、共同体自身が組織し管理するリゾートを所有し、それによって住民に利益をもたらしている。しかしながら、道路施設と他の基本的なサービスの欠陥が外国人訪問者のための快適なサービスを提供することを困難にしている。

7) 文化的な様相、景観と考古学的資源

主に農業活動と宗教活動に関係のある音楽、ダンス、食物と伝統的な儀式を提供する祭りがある。地域の自然の美しさは、自然に色付けされた湖、山々、砂漠と含塩層群のような多種多様な興味深い景観資源からなり重要である。遠隔地では古代の文化の跡の存在が同じく重要である。次に、それぞれのコミュニティの文化的な様相と同様、景観と文化財資源について記述する。

a) San Cristóbal

このエリアには、San Cristóbal 山に洞穴があり、そこにはケチュア文化からのものと思われる家とチュルパレス（埋葬塚）がある。そのエリアで最も普通の文化的なイベントの1つがタルケアダスで、リズムカルな回転を伴うフルートとサンポーニャのような伝統的な楽器の演奏である。最も有名な祝祭のひとつはカーニバルで、そこでは着色された装飾をリヤマの耳と首につけるというエンフロラミエントが行なわれる。

b) Culpina K

Culpina から Alota 方面の道路上、1キロ先にある Vena のエリアには、チュルパレスがある。カーニバルは、豊かな収穫とリヤマのエンフロラミエントだけでなく、典型的なダンスであるタルケアダとバリバリで祝われる。

c) Vilama

コミュニティのエリアには重要で魅力的な景観あるいは考古学的資源は存在しない。コミュニティではタルケアダとリヤマのエンフロラミエントでカーニバルが祝われる。

d) Malleu - Villamar

コミュニティから南2キロ離れた Tomasaka のエリアには洞穴壁画とチュルパレスがある。他の自然な呼び物には、それぞれコミュニティから10kmと15kmのところに、岩の谷と失われた市がある。カーニバルはタルケアダとリヤマのエンフロラミエントで祝われる。

e) Quetena Chico and Quetena Grande

ここには洞穴壁画、チュルパレス、Chiapa 湖と Celeste 湖がある。K'umu、

Tiuj、Laguna Colorada 湖 には石の木と呼ばれる風食作用によって形成された造岩がある。それらの湖は、異なった色と特徴のために、重要な自然となっており、パリグアナスすなわちピンクフラミンゴ、カモメ類などの鳥類が目立った存在となっている。同じく、川と湿地には様々な野生生物が規則的に訪れる。その他には、Sol de Mañana にある間欠泉と地熱の井戸といった資源があり、周辺の火山景観とよく調和している。

バージン・デル・ロザリオの祝祭は、伝統的な衣類を着てフルートとドラム演奏のダンスから成り、Quetana Chico の pali pali と共に、10 月の第 1 週の間祝われる。コミュニティは同じくリャマにエンフロラミエントとマーキングが施される。Quetana Grande の記念日は 9 月 8 日に祝われる。しかしキリスト系宗教の住民はインディヘナの伝統と祝祭の催し物にはあまり参加しない。

8) コミュニティーの主な問題

現地調査の結果によれば、プロジェクトインパクト地域でコミュニティが直面する主な問題は以下の通りである。

- ・ 飲料水と灌漑用水の不足（主に干ばつによるもの。特に、San Cristóbal と Culpina K）。
- ・ 配電網の未整備による電気の不足（特に Vilama、Quetana Grande 及び Quetana Chico）
- ・ 通信媒体の不足（特に Vilama、Malicu-Villamar、Quetana Grande 及び Quetana Chico）
- ・ 道路の悪条件と維持不足
- ・ 採鉱と観光による汚染、及び固形廃棄物管理システムの不備

4. 環境影響評価結果

この節の目的は、プロジェクトの工事、運転保守および廃棄の各フェーズにおける必要な活動による自然および社会環境への潜在的影響を確認することである。そのためには負のインパクトを防止し緩和するための対策を目的としてそれらを予測・評価する。

一般に、プロジェクトは次のものを含む。

- 地熱資源の開発
- 発電所の建設
- 送電線の建設
- 変電所の建設

最初の二つのコンポーネント（地熱資源の開発と発電所の建設）は Sol de Mañana で行われる。各コンポーネントは、固有の活動に加えて、キャンプの建設、アクセス道路の改良のような一連の共通する活動を有する。各コンポーネントの活動はそれぞれ異なるインパクトを確認・評価するために区分された。送電線と変電所の工事、運転保守および廃棄の活動も評価のために区分された。

インパクトの予測解析の結果、負のインパクトはいずれも防止、緩和、補償が可能であると評価された。潜在的インパクトの確認、予測および定量的・定性的評価のためには、“インパクト・マトリックス”を活用した。

また、環境規制・防止規則 (RPCA) に基づき、正または負の影響をもたらす開発、作業、それらに付随した活動による地域社会への派生的・二次的な影響や累積的な影響についても分析を実施した。

a. インパクトの確認の方法

活動に伴うインパクトは以下のように確認された。

- プロジェクトの実施に必要な活動の確認
- プロジェクトの影響地域における環境社会条件の調査
- 公表・未公表文献、サイト・プロジェクトに関する調査、ボリビアの制度と世界銀行や JICA ガイドラインのような国際ガイドラインが定める手続きのレビューと解析
- 過去の環境影響評価調査経験との比較

b. プロジェクトの工事、運転保守および廃棄に伴う活動

予想される活動のリストを表 1. 2. 1-10 に示す。

表 1. 2. 1-10 予想される活動のリスト

フェーズ	活動
建設	地熱資源の開発と発電設備 □ 雇用

フェーズ	活動
	☐ 仮設（基地と2次的キャンプ） ☐ アクセス道路の改良 ☐ 人、機材と補給品の輸送 ☐ 作業場所の清掃と整地 ☐ 発電設備、井戸等の基礎工事 ☐ 坑井掘削基地の整地 ☐ 生産井と還元井の掘削 ☐ 気水輸送管設備の据付 ☐ 発電設備の構造物工事 ☐ 発電設備の据付 ☐ 試運転 ☐ 廃棄物の発生 ☐ 修復工事と撤去 送電線と変電所 ☐ 雇用 ☐ 作業チームの配置 ☐ アクセス道路の改良 ☐ 人、機材と補給品の輸送 ☐ 送電鉄塔建設用地の整地 ☐ 掘削 ☐ 高圧鉄塔の基礎工事 ☐ 高圧鉄塔の建設 ☐ 送電線の架設 ☐ 変電所の構造物工事 ☐ 変電設備の据付 ☐ 作業場所の撤去と清掃 ☐ 送変電設備の試験 ☐ 廃棄物の発生
運転と維持管理	地熱資源の開発と発電設備 ☐ 発電設備の運転 ☐ 補充井掘削 ☐ 地熱発電設備の維持管理 ☐ 廃棄物の発生 送電線と変電所 ☐ 送電線と変電所の維持管理 ☐ 廃棄物の発生
廃棄	☐ 過去の活動 ☐ 生産井と還元井の封印 ☐ 地上構造物の解体 ☐ 回収可能物と廃棄物の運搬 ☐ 影響エリアの復旧と回復 ☐ 固形廃棄物の発生

c. 環境社会インパクトのインベントリー

確認された潜在的なインパクトのインベントリーを表 1.2.1-11 に示す。リストに挙げられた各インパクトのタイプは一つあるいは複数の活動や工事などによって発生すると考えられる。

表 1.2.1-11 潜在的なインパクトのインベントリー

インパクト	タイプ
負	自然環境 ☐ 誘引された微小地震 (振動) ☐ 土の沈下 ☐ 増加する斜面の不安定化 ☐ 増加する土壌浸食に対する脆弱性 ☐ 土の圧縮 ☐ 汚染による土壌の物理・化学的特性の変化 ☐ 局所的水収支の変化 (表面帯水層) ☐ 汚染による水塊の物理・化学的特性の変化 ☐ 地域的水収支の変化 (表面帯水層) ☐ 大気質(粉塵、悪臭、排出ガス)の変化 ☐ 騒音レベルの増加 ☐ 植被の減少 ☐ 固有種へのインパクト ☐ 生息地の変化 ☐ 陸生動物へのかく乱 ☐ 水生動物へのかく乱 ☐ 鳥類相へのかく乱 社会環境 ☐ 人の移動の増加 (移住) ☐ 財産の損害 ☐ 農地の占有 ☐ 観光の変化 ☐ 人の疾患の増加 ☐ 事故／緊急事態のリスクの増加 ☐ 地方の社会基盤への損害 ☐ 地方の習慣と生活水準の変化 ☐ 土壌使用の一時的変化 ☐ 一時的な共有地への干渉 ☐ 文化的価値へのインパクト ☐ 歴史的あるいは考古学的場所へのインパクト

	☐ 景観の変化
正	社会環境 ☐ 雇用機会の一時的な増加 ☐ 人口移動の増加（移住） ☐ 社会サービス ☐ 地方の社会基盤の改善 ☐ 地方住民の訓練と教育 ☐ 地方のサービスと施設の改善 ☐ 生産的活動展開への動機付け

d. インパクト評価

プロジェクトに必要な様々な活動に伴うインパクト評価の方法を記述する。この方法では環境インパクトの評価を評価マトリックスを作成して実施する。

1) 定性的インパクト評価

定性的インパクトは、法律 No. 1333 の RPCA の要求と旧 JBIC ガイドラインに従う次の基準により、公表・非公表情報、現地踏査、聞き取り結果からの解析に基づいて評価された。

影響タイプ；裨益のある（正）、損失のある（負）

原因と結果の関係；直接、間接

間隔；永久的、一時的

影響エリア；広範囲、局所的

条件；可逆的、非可逆的

緩和；緩和可能、緩和不可能

相互関係；単純、蓄積的、共同作用

プロジェクトに伴う各環境ファクターへの潜在的インパクトの定性的評価の結果は EEIA-AI レポートの表 7.1a と 7.1b に示されている。

2) 定量的インパクト評価

定量的インパクト評価は“出現”、“重度”及び“制御”の入手可能な情報から各インパクトを数値表現した集計表により実施した。

各インパクトの格付け評価は次式からなる：

$$\text{インパクトの格付け} = (\text{出現}) \times (\text{重度}) \times (\text{制御})$$

EEIA-AI レポートの表 7.2a と表 7.2b にはプロジェクトの工事、運転保守および廃棄に伴う潜在的なインパクト評価の結果が示されている。

3) 冷却塔からの排出による硫化水素の大気質影響解析

この大気質影響解析は、本事業計画の 100MW 地熱発電所建設による硫化水素の大気質への影響を確認したものである。冷却塔上部のファン出口に設けら

れるガス放出口から硫化水素は排出され、30年の運転期間中排出され続けることになる。この硫化水素の拡散を、コンピューターモデルを用いて予測した。

米国環境保護庁 (USEPA) のガス拡散計算モデル ISC3 を用いて、定量的な大気拡散解析を行った。ISC3 モデルは特に USEPA 規制モデル化プログラムの支援用に設計されたものである。ISC 用の気象データには、期間中、各1時間について、風向・風速・気温・大気安定度・局地的混合高などのデータが必要とされる。

硫化水素の予測される最大濃度は、世界銀行ガイドラインの24時間での基準値を排出高が24.4 m 以上のケースで下回った。排出高14.4 m で世界銀行ガイドラインの基準値を下回するためには、冷却塔からの排出前に硫化水素の濃度を低減する対策が必要という結果になった。

ただし今回のモデリング解析は暫定的な設備設計について行われたものであり、さらに解析に使用した気象データは20 km 程度離れた Laguna Colorada のデータであった。発電設備建設箇所の気象データが存在しないため今回のモデリング解析結果はあくまで参考値である。発電設備建設箇所に気象観測装置を設置して少なくとも1年間、気象データを1時間ごとに記録し、設備の詳細設計段階で再度精度の高いモデリング解析を実施することが望まれる。

e. 潜在的インパクト

インパクトの重大さ（相対的な重大さ）はレーティングの幅で示される。最高（絶対値）は最も重大なインパクトを表す。優先的な対策が必要な事象を選定して対策を計画するために、全てのインパクトを最高、高、中、低の4段階に分類して表示した。

表 1.2.1-12 はインパクト評価のマトリックスで確認された潜在的インパクトを示す。ここで表示される潜在的インパクトは最高、高、中である。

地熱資源の開発と発電設備の建設では正、負のインパクトとも最高はなく、高は負のインパクトのみで、全インパクト184個のうち、16パーセントを占める。次に、送電線と変電所の建設では同様に正、負のインパクトとも最高はなく、高は負のインパクトのみで、全インパクト60個のうち、8パーセントを占める（各インパクトの詳細は EEIA-AI 報告書に記載されている）。

表 1.2.1-12 (I) 重大な潜在的インパクト

プロジェクトのフェーズ	地熱資源の開発と発電設備の建設								全インパクト
	負のインパクト				正のインパクト				
	重要性			計	重要性			計	
	中	高	最高		中	高	最高		
建設	90	5	0	95	4	0	0	4	99
運転と維持管理	36	20	0	56	4	1	0	5	61
廃棄	15	4	0	19	3	2	0	5	24
全潜在的インパクト	141	29	0	170	11	3	0	14	184

表 1.2.1-12 (2) 重大な潜在的インパクト

プロジェクトのフェーズ	送電線と変電所の建設								全インパクト
	負のインパクト				正のインパクト				
	重要性			計	重要性			計	
	中	高	最高		中	高	最高		
建設	46	1	0	47	0	0	0	0	47
運転と維持管理	4	4	0	8	0	0	0	0	8
廃棄	1	0	0	1	4	0	0	4	5
全潜在的インパクト	51	5	0	56	4	0	0	4	60

このインパクトの確認の目的は、負のインパクト程度を把握し、緩和策の必要性を評価することである。正のインパクトの程度についても把握し、その効果をさらに増加させる必要性も評価した。

f. プロジェクトの実施による二次的・累積的影響

プロジェクトの実施による二次的・累積的影響に関して概要的な解析を行った。

プロジェクトは地域の社会経済と深いかわりを持っており、プロジェクトサイトを広域的に概観すると採鉱、エネルギー、観光等の分野で大きなポテンシャルを持つ地域であることから、エネルギー需要と国家連結系統（SIN）送電ネットワークからの電力供給増加との関連に着目して二次的・累積的影響を評価した。以下に記す採鉱と企業活動の増加、エネルギーセクターの活動の増加、観光活動の増加が、主な二次的・累積的影響として考えられる。

採鉱と企業活動の増加

本プロジェクトの地熱発電所の建設は、その地域（Capina, Challviri その他の塩原）のホウ砂と蒸発残留岩資源の採鉱活動を活性化させると考えられる。Sol de Mañana から約 5km のところにある Apacheta 地区をベースとする Tierra S. A. 社に示されるような活動である。

Uyuni 塩湖の南部へ電力が供給されることは、他のプロジェクト、例えば San Vicente のようにリチウム資源、砂利、大理石のような岩石資源の開発や、他の産業・農業活動等の生産量の増加に寄与すると考えられる。

採鉱活動の増加は水、エネルギー供給、サービスの需要増加につながり、道路建設、キャンプ場の建設を必要とし、作業員とその家族の流入を促進する。このことはすべて環境に対して負と正のインパクトを持っている。

エネルギーセクターの活動の増加

採鉱と産業活動の増加は、電気とエネルギー需要の増加をもたらすと考えられる。そのことは他の再生可能エネルギー（例えば太陽光や風力）、追加的な地熱資源利用を引き起こす可能性がある。

観光活動の増加

Sol de Mañana と San Cristóbal 変電所を連結することは、地方電化プロジェクトの実施を通じてその地域のコミュニティーへ電気を供給する可能性を高める。電気供給の 24 時間化や容量の増加は観光サービスの改善に寄与すると考えられ、地域の観光活動の増加を引き起こすと予想される。観光活

動の増加は地方と地域の経済に対して収入の増加、雇用機会の増加、その他の正の効果をもたらすと予測される。

一方でこれらの活動の増加は大量の廃棄物の発生と建設活動の増加を促すことから、環境に対して負の影響を及ぼす可能性を併せ持っている。

5. 回避策・緩和策検討

プロジェクトの異なる段階別（建設・運転保守・廃棄）での各々の影響を回避・緩和する手段は表 1. 2. 1-13 および表 1. 2. 1-14 に示す通りである。

表 1. 2. 1-13 影響と回避・緩和策—地熱資源開発および発電所建設

影響	回避・緩和策
地質・地形・土壌	
1. 誘発される微小地震活動（振動） 地熱エリアでは、流出流体の再注入時に誘発地震が起こる可能性がある。しかし、誘発地震の増加と再注入を直接関連付けることは、とりわけその地域で自然の地震活動が起こる地域では、不可能である。 ニュージーランド、イタリア、日本などの国々では再注入に関して長年の経験があり、その経験から、地震活動と地熱活動を直接関連づけることは出来ないということが分っている（OLADE, 1994）。 様々な建設活動や運転作業により誘発される微小地震の発生を、プロジェクトエリアの周囲の住民が感知することはないと思われる。	－ プロジェクトの構造および設備の設計や装置を考慮して、一時的および永久的な振動を減少させる。
2. 土壌の物理化学的特性の変化 不適切な廃棄物管理や処理により、土壌汚染が起こる可能性がある。また、流出、漏れ、不適切な作業により土壌汚染が起こる場合もある。特に看過できない有毒ながれき類や泥水が掘削中に発生するので、廃棄前に特別な処理を施す必要がある。 土壌の物理化学的特性を変化させる可能性がある最も重要な固形廃棄物のひとつとして、冷却塔のスラッジ（汚泥）やカルサイト（方解石）、シリカ（ケイ土）などの沈殿物質がある。それらは作業中の発電所で使用されるパイプなどに蓄積する。	－ 油・潤滑剤・燃料・冷却塔のスラッジ（汚泥）・化学製品・医療系廃棄物など与える損害の大きい複合材料は、流出事故が起こらないように、特別な処理を含む有害廃棄物として封じ込めシステムや安全な保管庫内管理を行い、慎重に扱わなければならない。 － 泥、掘削時の切断物、冷却塔のスラッジ（汚泥）は、汚染の可能性に対してボリビア国の規則に基づき必要な対策を講じるために、成分や排出量を分析する。 一般的に、影響緩和対策としては適切な廃棄物管理、流出や漏洩の防止に比重を置き、「廃棄物管理計画」や「流出の予防・コントロール・封じ込め計画」を作成する。
水	
3. 現地の水バランスの変化 Sol de Mañanaの井戸や浅部帯水層から地下水を	－ プロジェクト期間中に、セパレータで

抽出し続けると、現地の帯水層の水位に影響を与え、地下水のバランスを変える可能性がある。考慮すべき別の側面として、地熱貯留槽を継続的に開発することにより、浅部帯水層へ影響が及ぶ可能性がある。利用可能な情報によれば、地熱貯留槽と浅部帯水層との間に相関はないと思われる。しかし、これは未だ証明されるべき問題であり、もしも発電用に利用される深部帯水層と地熱徴候へ水を供給する浅部帯水層との間に接触があれば、地熱資源の抽出は浅部帯水層の水の有用性に影響を与え、関連する間欠泉や熱水噴出孔などの地熱活動と同様に、現地の水バランスに変化を引き起こす可能性がある。その変化はその地域の観光地に対して影響が及ぶ可能性がある。	分離された熱水を地下深部へ還元することは、貯留層の延命と水バランスの維持に寄与する。 - 「水資源と水質保全計画」を実行する。 - 可能な限り早急に実行すべきモニタリング計画を実施し、浅部帯水層と地熱貯留層の隔離状況とともに、帯水層間のメカニズムと潜在的な相関性を把握して、プロジェクトによる表層水への影響を確認するとともに必要な対策を講じる。
4. 地域の水バランスの変化 SERGEOTECMIN（国立地質鉱山局）の研究で明らかになったことは、地上水と地下水の間には関係がある。地表にある湖や湿地帯の構成は、地下水の状況によって変化する（ENDE, 2009, URS / DAMES & MOORE, 2000）。 井戸の掘削や検査、事業に必要な水量によっては、水バランスの変化が地域レベルだけでなく広域にも影響が及ぶ可能性がある（帯水層の枯渇など）。	- 発電設備からの排水の再注入はもっとも適切な対策であり、地熱流体が地表流や影響が及ぶ帯水層に排出されるのを防ぎ、地表の液状廃棄物による汚染の可能性を防止する。地熱貯留層の閉鎖された循環に役立つものである。 - 例えば、生活廃水や工業廃水などの使用済みの水を再利用し、地熱水ではない井戸を可能な範囲で利用する。 - 「水資源と水質保全計画」を実行する。 - 地域内にある井戸や水域の水位モニタリングを実施する（地熱放出を含む）。
5. 水の物理化学的特性の変化 液漏れを不適切に扱って処理した結果生じる潜在的影響として、地下水および地上水の水域汚染がある。地熱発電所、井戸の掘削、井戸からの水流分離、冷却塔、パイプ、再注入井戸、掘削泥水、試験作業からの流出や漏れによる汚染も考えられる。 液状および固形状の廃棄物には、生活廃水、工業廃水、油、潤滑剤、燃料、がれき類、汚染の危険性がある他の固液物質などがあり、浸出防止用に封じ込められていない状態で、これらの廃棄物が水域に接触したり雨にさらされたりした場合、水質に悪影響を及ぼす可能性もある。	- 「水資源と水質保全計画」を実行する。 - 「廃棄物管理計画」および「流出の予防・コントロール・封じ込め計画」を実施する。

大気

6. 大気質の変化

建設段階で予測される主な潜在的影響は、粉塵の発生と硫化水素の排出に関連するガスや悪臭の排出であるが、Sol de Mañanaでは正午から真夜中まで通常発生する一定の風のおかげで、大気中に放出される汚染物質が減少する可能性がある。大部分の影響は、建設段階中に工場設備の稼働、車両の運転、機械による掘削や土壌除去が原因となる放出源により引き起こされる。

発電所の運転中に硫化水素が大気汚染や悪臭を引き起こす可能性がある。硫化水素は主に発電施設稼働中に、冷却塔および消音装置から排出される。

- 車両交通エリアで定期的に散水する。
- 冷却塔からの硫化水素の拡散を改善する。硫化水素問題进行处理するために最も費用の低い方法のひとつとして、冷却塔の高さ調整がある。この方法は排出制限を考慮する場合にのみ利用される。設計時に大気質基準を考慮に入れて、高さの調節と排気筒の準備をしなければならない。硫化水素の地上濃度予測のために、ENDEは既存生産井の噴出試験および発電所建設予定地の気象データ（風・気温等、最低1年間）を行う必要がある。今回の拡散計算は気象データが不十分だったため、サイトの気象データ取得および生産井の長期噴出試験データ（蒸気中硫化水素含有量）取得後に、改めて精度の高い硫化水素拡散モデルを構築し、冷却塔配置の見直しを含めた設備設計の再検討を行うことが必要である

- プロジェクト用に講じられた具体策は、防止と緩和プログラム（PPM）の一部である「大気質の保全と騒音コントロール計画」に含まれている。同様に、環境問題への適用とフォローアップ計画（PASA）には、該当するモニタリングとコントロールについての規定を入れる。

騒音

7. 騒音の発生

騒音は主に発電設備の稼働やシステムのテストにより発生する。それらの騒音に対しては適切な緩和策が必要である。

緩和策をとらない場合の蒸気排出による騒音は、発生源から15mの離れた地点で100dB、75mの地点でも90dBに達すると予測される。

地熱エリアで直接影響を受けるのは発電設備における作業員であり、観光客も相対的に小さいが影響を受ける。発電設備の周辺20kmにコミュニティーが存在しないため、地元住民に対する影響は予測されない。観光客についても、観光資源である間歇泉が発生源から約500m離れていることから、影響は極めて小さいと考えられる。

- 気水輸送設備と発電設備の騒音についてはサイレンサーや防音壁等を設置する。

- 発生源付近の作業員には、耳栓等の着用を義務付け、車両の通行ルートは定められたものにする。

動植物相

8. 固有種と生息環境の変化に対する植被および植生影響の減少

植被の減少は特に平坦な土地で人や車両・装置の輸送中に可能性がある。地上設備（発電所、気水輸送管設備）が恒久的に20～30ha占める。一方、Sol de Mañanaで想定される臨時キャンプはおおよそ5haを占める。

- 植生および固有種の伐採や除去を回避する、もしくは最小限に抑える。また必要な場合には、固有種に特別な注意を払いながら再移植を行う。
- 建設活動終了後、影響を受けたエリアの回復は可能な限り早急に行わなければならない。
- 植物相保護状況とレベル、植生保護の重要性、多様なエコシステム内の価値、違反行為に対する罰則について、作業員に対して情報提供とトレーニングを行う。
- さらに、「植物相保護および動物相保護計画」に含まれている対策を実施する。

9. 陸生の野生生物のかく乱

プロジェクト活動により、陸生の野生生物に潜在的な影響を引き起こす可能性がある。けもの道の遮断と同様に、巣や巣穴、食料源の破壊、繁殖地の変化などのかく乱が引き起こされる可能性がある。多くの建設活動では、騒音や粉塵が発生し、主に湿地帯に生息する動物の生息環境が一時的に悪化することが予測される。一方、廃棄物の管理が不十分であったり漏れや流出が起これば、土壌や水域の状況を劣化させることになり、結果として陸生の植物相の崩壊や損害を与えることになる。

- 野生生物保護状況とレベル、植生保護の重要性、多様なエコシステム内の価値、違反行為に対する罰則について、作業員に対して情報提供とトレーニングを行う。
- いかなる生物の狩猟やかく乱も厳禁とする。
- 「環境問題における作業員トレーニング計画」および「植物相保護および動物相保護計画」を実施する。上述の対策もこれらの計画に含まれる。

10. 水生動物相のかく乱および鳥類のかく乱

Laguna Colorada湖の水生動物相はプロジェクト活動により影響を受ける可能性がある。オイル、潤滑剤、汚染可能性のある化学物質の流出の可能性や、不適切な貯蔵、建設活動、車両や機械装置の輸送、土壌除去などは、隣接する水域の濁度の増加といった影響を及ぼし、その水域に生息する生物に影響を与える。

プロジェクトエリア周辺で確認された最も重要な鳥類はフラミンゴ類であり、観光の目玉である。この意味において、フラミンゴ類の生息が人間（観光客）によってかく乱されているが、プロジェクトの実施による工業用機械や車両の存在、その機械や車両の運転、廃棄物の発生、労働者の増加、汚染物質の潜在的流出などは、フラミンゴ類の生息数に悪影響を及ぼす可能性がある。

- 野生生物保護状況とレベル、多様なエコシステム内の価値、違反行為に対する罰則について、作業員に対して情報提供とトレーニングを行う。
- 承認された改変区域外のエリアのかく乱を回避する。
- 防止と緩和プログラム（PPM）に含まれる対策、特に「環境問題における作業員トレーニング計画」、「植物相保護および動物相保護計画」、「流出の予防・コントロール・封じ込め計画」、「改変区域の回復計画」を実行する。

社会経済

11. 観光事業の変化

Sol de Mañanaの地熱帯が観光地であるため、間

- 地熱プロジェクトの経験がある国々を

欠泉のような地熱現象を保護する必要がある。地熱活動が減少したり、もしくは完全に消失すれば、観光事業に重大な影響を及ぼし、地域経済に損失を与える可能性がある。	例に挙げれば、その国々ではプロジェクトのインフラそのものが観光事業に有益なものとして利用されていた。地熱排水は、プロジェクトのインフラに近接する施設の新しい水域や温泉の開発に使用されている。 - 「水資源および水質保全計画」を実施する。
12. 公衆衛生および公共の安全 公衆衛生に対する潜在的な影響を予測すると、病気や人間の健康への危害、プロジェクト活動がもたらす潜在的な社会扶助、公共の安全では事故や不測の事態の危険性の増加などが挙げられる。	- 「安全衛生計画」を実施する。 - PPM内の「大気質の保全および騒音コントロール計画」および「環境問題における作業員トレーニング計画」を実施する。
13. 文化的資源および考古学的資源 文化的資源および考古学的資源に対する予測できる主な影響は、1) 文化的価値への影響、2) 考古学的な遺跡もしくは史跡への影響、3) 景観および視覚的に魅力あるものの変化、であり、観光事業に密接に関係するものである。	- 建設前および建設中に、地熱認可能地やキャンプ地で保護手段を講じる。この手段は予防および緩和計画（PPM）の「歴史的資源および考古学的資源の保護計画」に詳述されている。 - Sol de Mañana内の作業場所について、そのエリアでは観光の目玉となる間欠泉からの視覚的影響を最小限に抑えることに留意することが重要である。同様に、Sol de Mañanaの発電所や送電線の第一セクションは、間欠泉から見えない位置に配置する。 - PPM内の「景観および視覚資源のかく乱の予防および軽減計画」を実施する。

表 1.2.1-14 影響と回避・緩和策—送電線および変電所の建設

影響	回避・緩和策
地質・地形・土壌 高電圧塔の建設用地等の整備は、結果として植物の除去や車両および重機の輸送が原因となる侵食問題につながる。また、建設中の整地活動により地形起伏の変化も引き起こす。さらに、産業廃棄物、家庭廃棄物、固形状もしくは液状廃棄物などの管理が不十分だと土壌劣化も招く。このような土壌の物理化学的性質の変化は、送電線（TL）や施設の建設時、運転時および維持管理時に使用される溶剤、潤滑剤、絶縁油、他の化学物質が偶発的に流出することでも生じる。	- 塔の基盤掘削のためには、手工具や手持削岩機などの通常の手動工法が望ましく、火薬の使用は最小限に抑える。侵食すれば、多様なエコシステムの劣化が起こるので、「侵食、沈殿、封じ込めコントロール計画」の実施には、特別な注意を払う。また流出による土壌汚染の予防対策は「流出の予防・コントロール・封じ込め計画」に記載してある。
水 水の物理化学的特性の変化は、油、潤滑剤、燃料、固形状および液状廃棄物の流出、車両や機械による粉塵の発生が原因で起こる可能性がある。ま	- 「水資源および水質保全計画」、「侵食、沈殿、封じ込めコントロール計画」、「流出の予防・コントロール・封じ込め計画」を実

た、その土地の自然排水に変化をもたらすかもしれない土壌生成の変化により生じる可能性もある。これらの状況はすべて関係する地上水および地下水の水質に対しても悪影響を与える可能性がある。

施する。

大気

送電線の建設中および整備中に、ガスを発生する車両や機械を使用するほか、車両交通や機械による粒子放出により浮遊塵埃が発生して大気質や作業員の健康に影響を与える可能性がある。用地近辺の住民に影響が及ぶ可能性も考えらる。

－「大気質の保全および騒音コントロール計画」および「侵食、沈殿、封じ込めコントロール計画」を実施する。

動物相

送電線や変電所の建設、運転や整備、廃棄に関する活動は、テリトリーの喪失、生息環境の崩壊、生息形態の変化など、野生生物に悪影響をおよぼす可能性がある。

－植物相、動物相、水域に関する水や湿地への影響は、各建設地での「侵食、沈殿、封じ込めコントロール計画」の実施やPPMの一部である「植物相保護および動物相保護計画」を実施して最小限に抑える。

公衆衛生および公共の安全

公衆衛生に対する潜在的な影響を特定すると、病気や人間の健康への危害、プロジェクト活動をもたらす潜在的な社会扶助、公共の安全において、事故や不測の事態の危険性の増加などが挙げられる。建設・運転保守・廃棄の段階における様々な活動により、事故や偶発的な事件のリスクが増加して公共の安全に悪影響をもたらす可能性がある。

－「行動規範および「健康および安全計画」を実施する。
－「環境問題における作業員トレーニング計画」を実施する。

文化的資源

考古学の文献によれば、地熱活動エリアおよび送電線の用地は、ボリビアの南アルティプラノ高原（高原）にある考古学的に重要なエリアに位置している。重要な遺跡そのものはプロジェクトサイトには無いが、周辺には文化的および科学的価値がある数多くの重要な場所が存在している。

－PPM内にある「歴史的資源および考古学的資源の保護計画」を実施する。

景観および視覚的訴求と観光事業

運転時に送電線、高圧線、変電所が恒久的に存在することが原因で起こる視覚的影響としては、特に近隣の地点からの風景の魅力が、その存在により減少する可能性がある。

－Sol de Mañana内の作業場所を、そのエリアでは観光の目玉となる間欠泉から可能な限り見えないように留意する。同様に、Sol de Mañanaの発電所や送電線の第一セクションは、間欠泉から見えない位置に配置する。
－PPM内の「景観および視覚資源のかく乱の予防および軽減計画」を実施する。

6. 環境管理計画（PPM）

このプログラムは、プロジェクトの EEIA-AI 調査の一部として ENDE のために URS が計画したものであり、ボリビアの環境法第 1333 号の RPCA 規則の要件を満たすものである。

PPM が提示するのは、プロジェクトの影響が及ぶ区域内の環境保護のための全体的な戦略であり、プロジェクトの全段階において、環境への影響を防止しようとする試み、もしくは影響を最低限に抑えて軽減しようとするものである。このプログラムに必要なことは、建築の設計やその実行から作業の手順に至るまで、プロジェクトの全活動がボリビアの環境、健康、安全に関する適用可能な現行法に従って行われることである。もし特定の状況に適用できる法律がない場合には、公正な業界の慣行に従って行われるものである。PPM は以下の九つの要素で成り立っている。

a. 水資源および水質の保全計画

本計画の全般的な目的は、建設および運転中の工業用水および家庭用水の需要を満たす地上水および地下水を、プロジェクト用の水資源（熱資源）を使用する場合と同様に、持続可能な方法で使用し、該当する水域の水質を保つことである。

b. 侵食、堆積および圧密のコントロール計画

本計画の主な目的は、プロジェクトにより予想される作業中の侵食、堆積および圧密の可能性を最低限に抑えることである。建築業者が利用する侵食、堆積および圧密のコントロール手段は、本計画に示されている基準を満たすものとする。

c. 大気質の保全および防音計画

本計画の目的は、プロジェクトの介入地域内の大気質を保全し、騒音をコントロールすることである。本計画では、全作業員のトレーニングを行い、プロジェクト実行中にあらゆる側面をコントロールすることにより達成される。建設業者が利用する大気質保全および防音の手段は、本計画に示されている基準を満たすものとする。

d. 植物相および動物相の保護計画

本計画の目的は、キャンプ場、集合エリア、アクセス経路などのプロジェクトの影響範囲内にある植物相および動物相の保護手段を提供することである。本計画では、全作業員のトレーニングを行い、井戸、発電所、送電線、変電所建設時のあらゆる場面で保護対策を実施することにより達成される。

e. 健康・安全・環境保護に関する作業員のトレーニング計画

健康・安全・環境保護に関する作業員のトレーニング計画とは、主目的として全作業員に対し、プロジェクトの影響とその影響を阻止もしくは軽減するために計画した方法についての情報を提供することである。すなわち、予防手段と軽減手段についての情報教育を提供するものである。

f. 廃棄物管理計画

本計画の目的は、建設・運転保守・廃棄中に、廃棄物を適切に管理・処理するためのガイドラインを提供して、環境に対する悪影響を最低限に抑え、人間や動物への影響を制限することである。また、ボリビアの環境法および適用可能

な国際ガイドラインに従った技術的要件を提供する。

g. 考古学的資源の保護計画

本計画の目的は、プロジェクト区域内に存在する歴史的資源及び考古学的資源を保護することである。本計画は、国立考古人類学部門（UNAR）の協力のもとに実行される。取るべき手段としては、発見物の評価・収集・迅速な登録を行い、プロジェクト活動を過度に遅延することなく継続することである。

h. 景観及び視覚資源の変更防止・軽減計画

本計画の目的は、景観のクオリティーの保全手段や、景観及び視覚資源に対する影響を軽減するための手段を提供することである。設備の運転保守段階時と同様に、最終設計時および作業実行中に考えられる手段を組み込むことにより本計画を実行する。

i. 改変区域の復元計画

改変区域の復元計画の主な目的は、影響を受けた区域の復旧を目的として、建設作業終了後に最適な活動を行うことである。いかなる種類の変更改も被っていない従来の周辺地域と環境的に親和する恒久的かつ安定した景観になるように、改変区域を復旧しなければならない。

7. 環境モニタリング計画 (PASA)

a. PASA の目的

1) ENDE および建設業者による法令遵守を保証するために、プロジェクトの建設中は環境および社会をモニタリングし、PPMの要件、環境ライセンスの条件、適用される現地の法律および規則、EEIA-AI 内の他の計画やプログラムと同様に、環境への影響予防・軽減コントロールの実施を確保する。

2) プロジェクト活動により引き起こされる環境に対する影響への様々な軽減手段を実行した結果に関する情報収集用の文書を作成しデータベースを構築する。

3) 建設・運転保守・廃棄中に提案された軽減対策を適用もしくは修正するために、プロジェクト中に実際に生じた影響を分析・評価して対策に反映させる。

b. 法律第 1333 号第 32 項の規定による PASA に必要な項目

- 1) 目的
- 2) 必要な人員および資材
- 3) 人員の役割および責任
- 4) 実施される環境モニタリングの種類の詳細
- 5) 地点およびサンプリング頻度
- 6) 計画実行のために必要な作業及びインフラ
- 7) 遵守すべき項目の分析もしくは計画
- 8) 報告準備の計画
- 9) 計画実行の費用見積り

表 1. 2. 1-15 に環境モニタリング実施計画の概要を示す。

表 1. 2. 1-15 環境モニタリング実施計画 (PASA) -工事、運転/維持管理フェーズ

モニタリング ファクタ	パラメータ	基準	モニタリングスケジュール
Soil	TPH, 油分, BTEX, PCB's	2001年5月4日の RASH, D.S.補足 文書	物質の流出、漏れ出し、大きな液漏れではその都度、あるいは実施フェーズでは少なくとも月に一回 備考; 潜在的な漏れ出しを防止するために燃料の供給エリアではモニタリングは恒久的に行う。
産業廃水	発電設備からの流出水: NH ₄ , Na, K, Li, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺ , Cl, SO ₄ ²⁻ , S ²⁻ , HCO ₃ , CO ₃ ²⁻ , F, B, SiO ₂ , As, Cd, Hg, Co, Sb, Snおよび H ₃ BO ₃ 掘削泥: As, Cd, Cr, Hg, Ni, Co, Sb 使用水: 油分, 全浮遊物質,	法1333水汚染物 質規則	発電設備からの流出水は、プラントから排出されるたび(少なくとも年2回) に行う。井戸の掘削中の掘削泥について、使用水を1ヶ月おきにモニタリングする。

モニタリング ファクタ	パラメータ	基準	モニタリングスケジュール
	COD, BOD ₅		
表流水	TPH, BTEX, PCB's, 油分, 全浮遊物質, 濁度, DBO ₅ , DQO, 溶存酸素, 糞便性大腸菌, pH, 伝導度, 温度, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Cd, CN, Pb, Cr ⁶⁺ , As, Hg, Hg Alkyl	法1333水汚染物質規則	ENDE井戸の水位について毎月モニタリングを行う。Laguna Colorda湖の水位を少なくとも年2回測定する。湖を涵養する泉からの流出水を毎月測定する。
地下水	全浮遊物質, COD, 溶存酸素, 糞便性大腸菌, pH, 伝導度, 油分, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Cd, CN, Pb, Cr ⁶⁺ , As, Hg	法1333水汚染物質規則	
大気	気体と粒子の排出 (PST, PM ₁₀ , H ₂ S, NO _x , CO)	RMCA (付属書1)	工事期間: 連続的工事中か活動中に月1回。工事終了後か突然の工事開始の1週間以内。 備考: 工事、運転保守フェーズ: 年4回。大気質保全対策に従うか確認。
騒音	騒音 dB (A)	RMCA (付属書6)	主な活動、特に井戸掘削と試掘中。 備考: 測定は 発生源のところで、近隣の土地境界とする。
社会経済ファクタ	社会条件の確認、近隣への工事開始の周知および苦情への配慮		プロジェクト実施中に恒久的。 備考: 監督員はPPMにしたがって恒久的にモニタリングを行う。

c. 管理システム

ENDE は環境モニタリング長と環境インスペクターからなる環境モニタリング管理チーム (EMS チーム) を有する環境管理システムを構築する。EMS チームは外部委託または ENDE 自身により組織される (2010 年 6 月 1 日時点では ENDE は 1 ヶ月以内に組織することを明言していた)。次に ENDE は環境管理コーディネーター (EMS コーディネーター) を任命する。EMS コーディネーターはプロジェクト実施中に環境監査と社会モニタリングの遂行を監督すると同時に、EMS チームと協調し、プロジェクトに関するモニタリング等の活動実施を監視する責任を負う。関連条例等の要求事項および EMS ガイドラインに従って職務を実施する。

8. コミュニティー・リレーション計画

本計画は、プロジェクトの建設・運転保守・廃棄段階において、プロジェクト影響エリア内の住民にプロジェクトの目的や活動についての情報を提供し、住民の疑問等に答えたり疑念を晴らしたりすることを主な目的とし、プロジェクト影響エリア内の住民とのコミュニケーションや参加、対話システムを構築するように設計されている。

a. コミュニティー関係プログラム

コミュニティとの関係についての計画として、以下のプログラムがある。

- 1) コミュニティーへの情報提供およびコミュニケーションプログラム
- 2) 社会経済的インフラ保護プログラム
- 3) 現地労働者の雇用とローカルサービスへの支援プログラム
- 4) 作業員間の啓蒙および認識構築プログラム
- 5) 近隣コミュニティへの環境教育および安全プログラム

1) コミュニティーへの情報提供およびコミュニケーションプログラム

コミュニケーションおよび協調のために、常設のオープン双方向チャンネルを設け、プロジェクト直接影響エリアプロジェクト内のコミュニティに対してプロジェクトの建設活動の計画やスケジュールについての十分な情報を提供することを主な目的とする。この目的のために、これらの活動により発生する利益や結果について住民に説明を行い、コミュニティに与える影響を軽減するために実行される軽減手段も同様に説明する。同時に、住民や官公庁からフィードバックを得られるようにする。

設定された目的に合致するために、以下の活動を実施する。

- コミュニティー関係マネージャーの常駐
- コミュニケーションおよび情報提供のための最良手段の定義
- コミュニケーションおよび情報伝達
- 社会モニタリングの書類提示

2) 社会経済的インフラ保護プログラム

主な目的として、社会経済的インフラへの影響を避けること、もしくは、影響を受けるインフラを初期状態と同等もしくは初期状態より良い状態にすることである。必要であれば、軽減もしくは代用不可能な影響についての相対的評価や補償についての仕組みや基準を設定する。このプログラムで対象とするのは、プロジェクトの直接影響エリア内に位置するコミュニティのとりわけ道路や電線のような公共財産もしくは公共サービス、もしくは家屋、車、フェンスなどの私有財産である。

3) 現地労働者の雇用とローカルサービスへの支援プログラム

主な目的として、プロジェクト直接影響エリアのコミュニティ内の資格要件を満たしていない現地労働者の雇用とローカルサービスの利用について、一般的なガイドラインを制定し、影響エリア内の経済に対して暫定的方法で

可能な限り利益供与を行えるようにする。

建設を請け負う建設会社と話し合いを行い、プロジェクト直接影響エリア内のコミュニティの現地労働者の雇用促進を行う。建設会社による雇用プロセスの開始を十分に予測できれば、ENDE のコミュニティ・リレーション長が建設会社の社会問題の専門家と共にコミュニティを訪問し、各コミュニティが応募可能な求人数について明確な情報提供を行う。コミュニティには、さらに、プロジェクトの建設段階において建設会社が必要とするローカルサービスについての情報提供も行う。また、ENDE および建設会社は技術力のある現地労働者を育成するために、事前にトレーニングを実施し、専門性が必要とされる職種についても現地労働者を雇用するよう努める。

4) 従業員間の啓蒙および認識構築プログラム

プロジェクト直接影響エリアのコミュニティ住民や官公庁に関し、プロジェクトの作業員が適切な行動をとることを保証することを目的とし、住民の習慣や慣例、現在の現地文化や内政問題に影響を与えないようにする。

5) 近隣コミュニティへの環境教育および安全プログラム

プロジェクト直接影響エリアのコミュニティ住民や環境に危険や損害を与えないことを目的として、環境安全教育プログラムを開発し、実行段階中、治安と環境保護についてのプロジェクトの側面と影響を話し合うこととする。

b. 地役権の補償および拡大プログラムの促進

1) 目的

- プロジェクトの説明や情報伝達を通して、高電圧塔の予定地がある公共利用エリアを有している、プロジェクトの影響を受ける土地や建築物を所有するコミュニティとの関係を築く。
- コミュニティの財産に与える影響についての補償を公正な価格で行うことを合意するための管理や交渉の透明化をはかる。
- プロジェクトの建設活動により影響を受ける土地一帯の地役権を明確にし、耕作地および牧草地並びに自然林を区別する。
- 作物やインフラへの影響コストを決定するために、現地市場もしくは地域市場での価格をもとにした目録や査定を評価して補償を数値化する。

2) 方法

建設活動開始前に ENDE が地役権の許可をもらって合意することが必要となる。場合によっては、プロジェクト活動による私有財産への損害も補償しなければならない。これらの補償のために、必要であればコミュニティ内の生産性のある土地の所有者の同意に基づいて、ボリビアの電力法および規則の枠内での合意を実行する必要がある。

ENDE のコミュニティ関係チームは地役権拡大契約の署名用の法的書類を作成しなければならない。こういった従来の活動には、プロジェクトの社会化や促進、トレーニングや情報、土地の所有者や利用者の特定、影響の特定、影響の数値化（目録作成）、経済価値や所有者の契約署名の同意などがあり、法律の専門家が作成する。

9. 公聴会（第1～3回）及びドラフト EEIA-AI 報告書の公開

ボリビアの法令第 1333 号の下での環境規制と管理は、第Ⅶ編（“市民参加に関して”）第 1 章（“情報と他の事柄へのアクセスに関して”）に以下のように述べている：

- EEIA のカテゴリー分類と実施の段階では、住民はプロジェクトの環境影響に関する情報とデータを求めるために異なった分野の専門家と接触可能である（第 161 条）。
- EEIA-AI のインパクト確認の段階では、法定代理人は、プロジェクトの実施による影響について、住民の見解、提案および提言を検討するために、公聴会を開催すべきである（第 162 条）。

EEIA-AI 調査期間中に、3 回の予定した公聴会が開催された。各回ともプロジェクトエリアの 4 箇所（中央レベル 1 箇所、地方レベル 3 箇所）で行った。第 1 回、第 2 回及び第 3 回はそれぞれ 86 人、139 人及び 153 人の出席があった。

3 回の住民公聴会の間で指摘のあった主な懸念は、プロジェクトによる負の影響と緩和策であった。主な懸念事項は以下の通り。

観光業への影響：井戸掘削／発電所の運転およびチリの Tatío のような大惨事³の可能性による観光地としての Sol de Manana の価値の低下を懸念する参加者が存在した。送電線の視覚的インパクトに対する懸念を述べ、地下ケーブルを提案した参加者も存在した。

水資源：数人の参加者が塩水と硫黄の再注入によって表流水と地下水の汚染について懸念を表明した。彼らは Laguna Colorda 湖と他の湖・湿地の水位への影響に対する懸念を表明した。

動物相への影響：一部の参加者は地域の動物相に潜在的な負の影響に対する懸念を表明した。特に、送電線は鳥類に影響を与えると主張した。

地元の労働者の雇用：多くの参加者はプロジェクトの建設中の雇用機会に対する関心を表明した。

エネルギー供給の要望：多くの参加者は、南東 Potosi のコミュニティーに対する配電の要望を表明した。

3 回の公聴会で提起されたコメントで取り上げられたコメントは、EEIA-AI 報告書の影響評価、緩和策、環境管理計画や環境モニタリング計画の策定に反映させた。

また、公聴会の開催に当たっては以下の点に留意した。

a. ケチュア語通訳

ケチュア語通訳は地元の人々、特に女性たちがプレゼンテーションを理解し、そして彼女らが懸念や疑問を発言するのを助けるために必要とされる。第 2 回及び第 3 回の地方レベルの公聴会の初めに、スペイン語で与えられるプレゼンテーションでケチュア語通訳の要望があるかどうか尋ねた。彼らは多くがスペイン語を話し、ケチュア語をあまり理解出来なかった。しかし、Mallku Villamar では Zoniquera コミュニティーの代表の要望に応じてスライド毎

³ 井戸掘削/発電所の運転及びチリの El Tatío 分期待で発生したような地熱井戸からの熱水・蒸気噴出といった自然災害の発生による観光地としての Sol de Manana への悪影響

にスペイン語、ケチュア語の順でプレゼンテーションを行った。

b. プレゼンテーション

プレゼンテーションに関して地元の人々がプロジェクトを理解することができるように、多くの写真、図あるいはイラストを含むスライドを使った。

- 公聴会に参加したすべてのステークホルダーにパワーポイントで使用したのと同じスライドのハードコピー(1ページあたり6コマ)を配布した。

- Uyuni での第2回公聴会の最後に SERNAP の環境モニタリング部 (DMA) 技術職員が Laguna Colorada 湖の過去 10 年間の衛星写真を示しながら湖の干上がり過程をプレゼンテーションした。

- パワーポイントによるプレゼンの後で、参加者からのコメントや質問に対して理解を促す一部として、説明を補足するために予め用意していた図や写真をプレゼンテーションした。

- 第3回の公聴会では小冊子を作成し、配布した。

c. 第1回公聴会

公聴会の主な目的は、プロジェクトの影響エリアに位置しているコミュニティー、NGO、他の団体と地元組織だけでなく、国家の、地域の、そして地方の当局に属するステークホルダーに、3回の公聴会を通じて、プロジェクトと EEIA-AI について知らせることである。

4つの場所における公聴会の要約を表 1.2.1-16～表 1.2.1-19 に示す。

公聴会は、市長あるいはコミュニティーの最高責任者の出席を条件として開始された。ENDE は公聴会出席者を歓迎し、URS のハイメ・メンデス氏を公聴会の推進役として紹介した。公聴会の議題が出席者によって承認された後、メンデス氏はプレゼンテーションを行った。この公聴会の間に述べられたステークホルダーの質問および URS/ ENDE 公聴会チームと、JICA 調査団による回答は、表 1.2.1-16～表 1.2.1-19 に記載される。

表 1.2.1-16 第1回公聴会（中央レベルーUyuni）

Uyuni 市	2 (市長、助役)
ENDE	3 (コミュニティー・リレーション長、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	1 (JICA ボリビア事務所)、 4 (URS)、 2 (日本工営)、 1 (WJEC)
出席者	19 (Potosi 県、Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区、SERNAP、Uyuni 地方観光協議会、COQUESA 観光旅行社、Quechua 観光、Uyuni 観光オペレータ (ASAVITU)、 LIDEMA、SEPSA (Potosi 配電公社)、南東 Potosi 農業者特別地域連盟 (FRUTCAS)、Bartolinas Sisas 社会運動、 DANIDA)
日時 & 場所	2010 年 1 月 19 日 9:10- 12:15、 Uyuni 市議場
議題	1. 開会の辞 2. 議題の受諾 3. プロジェクトの紹介

	4. EIA のためのボリビアの法的枠組と日本のガイドライン 5. 社会環境ベースラインの説明 6. EIA と公聴会の業務範囲 7. EIA の手続き 8. 質問と回答 9. 議事録の編集、読み上げ、修正と署名 10. 閉会の辞
質問&回答	Q1: Laguna Colorada 湖、ラムサール条約登録湿地と地熱資源開発との調和が求められる。EEIA-AI では災害とコミュニティに利益をもたらす観光について取り組むべき。送電線は地下化してほしい。アクセス道路はインパクトを引き起こすかも知れない。EIA 準備中に SERNAP と URS は良好な関係を求める。 A1: 全体的側面はプロジェクトの EIA 準備中に考慮する。SERNAP、そして他の出席者と利益団体とは良好なコミュニケーションを持つことは可能である。プロジェクトは全国相互接続システムに接続するため、プロジェクトによって生成されたエネルギーの一部は、国家の、そして地域の発展のために使われる。 Q2: 大プロジェクトへの組み込みによる電力配分の質の懸念。エネルギー不足のリスクのために、できるだけ早く、Colorada 湖プロジェクトの完成に対して、サポートを表明する。完成期日と資金供給源を質問する。 A2: プロジェクトを正当化する理由のひとつが Potosi の南西部でのエネルギー不足である。SIN を通して、プロジェクトはエネルギーに対するローカルな、地域の、そして国家の需要を満たすのに役立つ。EEIA-AI は 2010 年 7 月までの完成を予定し、そしてエンジニアリングの調査は進行中である。プロジェクト資金は日本政府か、あるいは他の国際協力機関を通すことにより、より実行可能となる。 Q3: 観光事業は非常に重要な地域とローカルな経済活動である。生態系への懸念があり、すべての関連した局面を考慮に入れることを提案する。Quetena Chico と Grande, San Pablo, San Vicente がそれらのエネルギー需要のために考慮に入れられることを要請する。Laguna Colorada 湖の干上がりをもたらしている地球温暖化について懸念。 A3: 観光事業に対する潜在的な影響に関する側面が EEIA-AI では考慮に入れられる。プロジェクトは SIN により安定性を与え、電気の不足問題と供給を解決する。 Q4: エネルギー需要に懸念があるのと、建設がいつ始まるのか尋ねたい。 A4: プロジェクト実施はエンジニアリング調査と EIA が承認されて環境許可証を得ることに係っている。 Q5: プロジェクトはいくつの仕事を生み出すか。深層掘削と使用水量に関する環境ファイル情報のギャップ。Sol de Mañana は自然の観光

	名所のため、プラントの場所に懸念がある。すべての様相はラムサル条約登録湿地として、そして Quetena Grande と Chico における新しい先住民共有地 (TCO) としての REA と同様、EEIA-AI のなかで考慮に入れられなくてはならない。 A5: 仕事の数はまだ決定されていない。しかしながら、ローカルの労働力の使用は優先される。生産井と還元井の掘削深は 1,500-2,000 の間にある。水の量とその水源の場所は調査の後の段階で特定される。San Cristobal は 40~60MW を要求しているので、40MW は余る。 Q6: 要約文作成の要請。 A6: プレゼンテーションのプリントを出席者に配布した。最終回の公聴会には要約文が作られて、提供される。
--	--

注: 括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-17 第1回公聴会（地方レベルーCulpina K）

Culpina K コミュニティー	1 (コレヒドール:コミュニティの直接の代表者)
ENDE	3 (コミュニティ・リレーション長、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	1 (JICA ボリビア事務所)、4 (URS)、2 (日本工営)、1 (WJEC)
出席者	13 (Culpina K コミュニティー、Vilama コミュニティー、San Cristobal コミュニティー)
日時 & 場所	2010 年 1 月 19 日 15:30- 17:08、Culpina K コミュニティー Eduardo Avaroa 学校
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: プロジェクトの建設はいつ始まるのか。 A1: タービンの製造には 2 年、装置の設置に 6 カ月かかる。時間は融資とすべての必要条件の認可に基づいている。 Q2: プロジェクトは 1970 年以来、何十年間も、長引いている。プラントの操業のためにいくつの井戸を掘削する必要があるか。 A2: 現在 4 つの生産井と 1 つの還元井がある。プロジェクトの 30 年間の操業の間に、10 の生産井とさらに 8 つの還元井の追加掘削が必要。 Q3: EEIA-AI はいつ終了するのか。 A3: レポートは 2010 年 7 月に提出される。環境の許可証の承認と取得までの環境監督当局による修正プロセスは、さらにおよそ 2 カ月を要する。

注：括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-18 第1回公聴会（地方レベル－Mallcu Villamar）

Mallcu Villamar コミュニティ	1 (コレヒドール)
ENDE	3 (コミュニティ・リレーション長、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	1 (JICA ボリビア事務所)、 4 (URS)、 2 (日本工営)、 1 (WJEC)
出席者	29 (Mallcu Villamar コミュニティ、Soniquera コミュニティ、Mejillones コミュニティ、New World mining コミュニティ)
日時 & 場所	2010 年 1 月 20 日 11:30- 13:15、Mallcu Villamar 公民館
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: 第2回公聴会では、小冊子が準備されて、公聴会出席者に提供されるべきである。 A1: 小冊子は第3回公聴会のために準備される。 Q2: もしそれがもっと安いエネルギーなら、コミュニティのためにどのような利益があるか、そしてもしコミュニティがこのエネルギーを利用できる可能性があるか。 A2: 現在の政府は地方のコミュニティに利益となる電気料金を設定している。それは部分的に都市の料金によってカバーされるディグニティ料金と呼ばれるもの。Colorada 湖プロジェクトは地域のためのエネルギーを安定させ、そして地域全体のコミュニティに役立つ。 Q3: プロジェクトは San Cristobal 変電所と Sol de Mañana のいずれからコミュニティに電気を提供するのか。 A3: 送電線は Sol de Mañana と San Cristobal を結ぶもので、そして San Cristobal から全国相互接続システムに接続される。そのシステムを通じて、電気エネルギーは、国の他の地域を含めて、この地域に到達することができる。

注：括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-19 第1回公聴会（地方レベル－Colorada 湖 ENDE キャンプ）

Quetena Chico コミュニティ	2. (コレヒドール、助役)
ENDE	3 (コミュニティ・リレーション長、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	1 (JICA ボリビア事務所)、 4 (URS)、 2 (日本工営)、 1 (WJEC)
出席者	17 (Quetena Chico コミュニティ、REA-SERNAP、株式会社 TIERRA (ホ

	ウ砂工場)、 Apacheta、 ENDE)
日時 & 場所	2010 年 1 月 21 日 9:00- 12:45、 Colorada 湖 ENDE キャンプ
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: Quetena Chico のエリアは相当広い。このようなプロジェクトの情報に関して経験があるのかどうか。 A1: 両方の Quetena コミュニティーが REA の中にあり、そのことは Quetena Grande が同じくプロジェクトの影響エリアとして考慮に入れられた理由である。 Q2: エネルギーはコミュニティあるいは San Cristóbal にだけ行くのか。 A2: San Cristobal 鉱山は 40 メガワットを必要とする。そしてプロジェクトは 100 メガワットの発電を計画している。そのために全国相互接続システムのためのエネルギーがある。 Q3: 観光事業への影響に関連した戦略上の社会的、物流上の計画があるか。地下送電線は可能か。 A3: 観光事業に影響を与えるかもしれないものは、EEIA-AI で認識され、そして評価される。プロジェクトは景観にはあまり大きな影響を与えない細長い送電線鉄塔の建設を含む。 Q4: 何人の労働者がプロジェクトのために雇われ、また水の消費量は。 A4: 工事中には、会社が契約され、そのエリアで地方自治体と連絡を取ることによって、労働に対する要求を調整し、地元の労働者を雇用するかもしれない。調査では、サイトにある水源を使うことを予定しているので、プロジェクトの外の他のサイトからの水は使用しない。 Q5: 洪水が 27 キロ離れたチリに位置している地熱プロジェクトのある Tatio で起こった。同様の危険性や防止策はあるか。 A5: ボリビア政府はどんな可能な被害でも避けるべく、日本とメキシコの専門家と調整している。 Q6: 次の公聴会のためのスケジュールは？ A6: 第 2 回は 3 月の第 1 週を予定。第 3 回公聴会はまだ決まっていない。 Q7: Sol de Mañana の現場の高度はエンジニアリング調査で考慮されてきたか。Tierra ホウ砂工場 が彼らの装置の適用で多くの問題を持っていた。風力エネルギーのための調査はあるか。 A7: タービンの獲得はすべての必要条件に従う。なぜなら ENDE はこれらの種類のプロジェクトのために、他のエリアではあるが、調査を行なっている。 Q8: プロジェクト予算はいくらか？ Quetena Chico のコミュニティ全住民は次の公聴会に招待されるのか。(現在コミュニティでは INRA (国家農地改革機関) に対して TCO (先住民共有地) の申請中であ

	ることを述べた。) 次の公聴会は Quetena Chico で実施可能か。 A8: 価格は国際的に変化する。そのため、プロジェクトのコストを数量化することはできない。公聴会は公開なので、コミュニティー全体が出席することを望むなら、歓迎される。もしコミュニティーの皆が同意するなら、次の公聴会は 2010 年 3 月 6 日土曜日午前 10 時 30 分から Quetena Chico で実施できる。 Q9: 観光事業に対するプロジェクトの影響に関して懸念がある。 A9: もし考慮に入れられない影響があるなら、調査に含めるように言ってほしい。 Q10: Colorada 湖の地域の道路はプロジェクトによって改善されるか。プロジェクトは何年もかかり、多くの金がかかることを知っている。労働条件が住民のために非常に不安定であったことを思い出した。プロジェクトが、コミュニティーのために利益を得ることと同様、仕事もコミュニティーの人々にもたらすことを要請する。 A10: 公聴会の特徴は人々の要望を記録することでもある。 ENDE は法令に基づいて事業を行い、決してコミュニティーと環境にとって有害なプロジェクトを実施しない。 以前のプロジェクトは ENDE ではなく、他の会社によって管理されたので詳細は不明だが、労働条件には問題があったかも知れない。 ENDE では資金を公正に処理し、公益のために利用してきたことが確認されている。
--	--

注: 括弧の前の数字は人数を示す。

d. 第 2 回公聴会

4 つの場所における公聴会の要約を表 1. 2. 1-20～表 1. 2. 1-23 に示す。

公聴会は、市長あるいはコミュニティーの最高責任者の出席を条件として開始された。 ENDE は公聴会出席者を歓迎し URS のハイメ・メンデス氏を公聴会の推進役として紹介した。

公聴会の議題が出席者によって承認された後、メンデス氏はプレゼンテーションを行った。この公聴会の間に述べられたステークホルダーの質問および URS/ ENDE 住民公聴会チームと JICA 調査団による回答は、表 1. 2. 1-20～表 1. 2. 1-23 に記載した。

表 1. 2. 1-20 第 2 回公聴会（中央レベルー Uyuni）

Uyuni 市	3 (市長、助役)
ENDE	4 (理事長、電気技師、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	4 (URS), 1 (日本工営), 5 (WJEC)
出席者	20 (Uyuni 市、Potosi 県、DGMACC - VMABCC、SERNAP、Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区 (REA)、市連合会 - 大 Lipez 会、BIOTA、北 Lipez 州、 Uyuni 地方観光協議会、Lipez 中央 INTI センター、APROAL、Cocani、テレビ局 Tratel- Channel 8)

日時 & 場所	2010 年 3 月 4 日 9:30- 13:50、 Uyuni 市議場
議題	1. 開会の辞 2. 議題の受諾 3. 第 1 回公聴会のまとめ 4. 潜在的環境インパクトと提案された緩和策の報告 5. 出席者からの質問と懸念の表明、及び公聴会チームからの回答と説明 6. 議事録の編集、読み上げ、修正と署名 7. 閉会の辞 (ENDE)
質問&回答	Q1: 多くのインパクトが確認されている。市役所の参加により、市への環境補償は考慮されるだろうか？ A1: EEIA-AI で提案される緩和策はインパクトを緩和するために計画されている；しかしながら現在の規定では、もし緩和できない何らかの重大なインパクトがあったなら、適切な環境補償か改善が適用されるだろう。 Q2: Laguna Colorda 湖の水位が低下していることはよく知られていることであり、その原因を大学に依頼して調査している。この現象とプロジェクトとの関係はどうか？ A2: Laguna Colorda 湖の水位低下は雨水と山に降った雪（主な水源）の量に関係している。これらの変動をフォローするためにモニタリング計画が立てられるべきである。この原因は気候変動に起因するかも知れない。 Q3: 水の減少が大気質だけでなく人の消費への影響についてさらなる説明を求む。車が増えると野生動物へストレスを与える。 A3: 建設のために使用される水の量は大量ではない。粉塵に関してはエリアを訪れる他の車も含めて速度制限を守れば抑制できる。 Q4: Uyuni に対しては、プロジェクトエリアのコミュニティの人々にのみ仕事が割り当てられるというような、より負のインパクトがある。 A4: Uyuni を含むこの地方の人々には雇用の創出という裨益をもたらす。とくに工事中にはこの地方の人々がプロジェクトエリアの過酷な条件に慣れているので、優先的に雇用されることになる。 Q5: 動植物の評価は非常に局所的で、生態系レベルでなされねばならない。個々の動植物の緩和策はここでは述べないが、動植物の保全計画の準備には SERNAP と協同で行うことを提案する。 A5: EEIA-AI レポートは他の課題と同様にベースラインに関して求められる詳細なレベルを考慮している。コメントと観察結果が EEIA-AI レポートの準備に考慮されている。 Q6: 環境省によって出されたプロジェクトのカテゴリについてのレターからいくつかの提言が考慮されていない。すなわち、とりわけ地形的水理学的調査。 A6: 2010 年 1 月にラパスで行った省庁と JICA 代表者との会議では、

	戦略的環境調査は業務範囲から外されており、省ではこのような文書を作成するために他の手段を講じることを決定した。 Q7: 調査は SERNAP と協同で行うよう提案する。 A7: 他の SERNAP 調査と同様に SERNAP 管理計画に関する情報がレビューされ、EEIA-AI レポートの準備に考慮される。 Q8: SEPSA の Moreno 技師が出席した第 1 回公聴会で、私は電気の需要が着実に上昇しているため、このプロジェクトは実現しなければならないと発言した。 A8: あなたの発言は EEIA-AI レポートで考慮される。 Q9: 鉄塔と送電線による渡り鳥への懸念を表明する。湖の近くでは地下ケーブルを敷設することを提案する。 A9: フラミンゴ類は相当な高さで飛行する。Laguna Colorda 湖とその周辺では送電線は数マイル離れているのでそれらにリスクは与えない。他の湖はさらに遠い。とにかく緩和策としてモニタリング計画を策定する。
--	---

注: 括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-21 第 2 回公聴会（地方レベルーCulpina K）

Culpina K コミュニティー	1 (コレヒドール)
ENDE	4 (理事長、電気技師、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	4 (URS), 1 (日本工営), 5 (WJEC)
出席者	16 (Culpina K コミュニティー、Vilama コミュニティー、San Cristobal コミュニティー)
日時 & 場所	2010 年 3 月 4 日 16:15- 18:20、Culpina K コミュニティーウエンセスラオ・コパ氏宅
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: プロジェクトの建設時期について質問。なぜならプロジェクトのアイデアはずいぶん前 (1962 年) からあり、生活向上に必要な電気を求める。 A1: 今回はプロジェクトを実現するために多くの意向と支援がある。環境ライセンスを取得する手続きの次に、日本政府か他政府からの融資手続きがある。

	Q2: 電気を輸出する可能性があるのは理解するが、この地方には裨益をもたらすのか。 A2: 輸出の可能性はあったが、需要の増加のために、そしてエネルギー生産セクタはタービンに投資をしなかったので、このプロジェクトからの電力はもし輸出前に国家の需要を満たすことが政府の政策となれば、主に国内消費用になるだろう。プロジェクトの結果としてコミュニティの人々に仕事があるだろう。 Q3: 新憲法と先住民との競合について尋ねる。 A3: 憲法と国家開発計画はともにこのプロジェクトを国の優先事項と位置づけている。このプロジェクトは憲法と OIT169 協定 (ILO169 号協定 (独立国における原住民及び種族民に関する協定)) を遵守し、先住民のためのコミュニティ・リレーション計画を含んでいる。
--	---

注: 括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-22 第2回公聴会（地方レベル—Mallcu Villamar）

Mallcu Villamar コミュニティ	1 (コレヒドール)
ENDE	4 (理事長、電気技師、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	4 (URS), 1 (日本工営), 5 (WJEC)
出席者	51 (Mallcu Villamar コミュニティ、Soniquera コミュニティ、新世界資源ボリビア社、ENDE)
日時 & 場所	2010 年 3 月 5 日 11:15- 15:40、Mallcu Villamar 公民館
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: 送電線はコミュニティ近くの飛行場を横切るかどうか。 A1: このエリアの詳細地図によると、送電線は飛行場から 5km 先を通過する。しかしながら、送電線と飛行場は重ならないことをはっきりと確認するために、地図にそれらの GPS ポイントを落とす。地図はプロジェクト公開期間にコミュニティに引き渡す。 Q2: もし、十分な電力である 100MW 発電されるとコミュニティは裨益があるか。 A2: Laguna Colorda 湖近くの住民からはほとんど需要がないが、もし将来人口が増加すれば、地方消費（全戸で 1MW 以下であるが）のために Sol de Mañana に変電所設置の可能性が生じるだろう。すでに電気のあるコミュニティには裨益があるだろう。 Q3: Sud Lipez では衛生の責任がある。プロジェクトエリアを表すのに砂漠の代わりに半砂漠という用語を使うべきである。送電線は鳥類、さらに固有の種すなわちマウンテン・ライオンに影響を及ぼすことを生物学者は考慮すべき。破碎活動中には、たとえば、風食に弱い溶結凝灰岩と火山灰からなる岩石群のうち動物に似た形を持つような岩石のある観光名所に影響しないよう対策を講じるべきである。所

	有者の採掘権は考慮されねばならない。将来の環境モニタリングに役立つのでそれらを確定する意味で測量業者の SERGEOTECMIN と相談してほしい。社会基盤、歴史的考古学的位置等の主題図を EEIA-AI に含めてほしい。Quetena と San Jose 川はマスに富むので、魚類学者の参加を提案したい。塩水の再注入には注意。 A3: ご意見に感謝する。EEIA-AI 報告書では上記提案を考慮する。 * : EEIA-AI 報告書では上記内容を含む専門的な事項について、現地再委託先が SERNAP と協議を行い、環境管理計画 (PPM)、環境モニタリング計画 (PASA)、コミュニティー・リレーション計画に反映させた。
--	---

注: 括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-23 第2回公聴会（地方レベル—Quetena Chico）

Quetena Chico コミュニティー	2 (コレヒドール、助役)
ENDE	4 (理事長、電気技師、社会経済専門家、生物専門家)
調査団	4 (URS), 1 (日本工営), 5 (WJEC)
出席者	52 (Quetena Chico コミュニティー、Quetena Chico - REA, Quetena Grande, Cotagaita, TIERRA ホウ砂工場、ENDE)
日時 & 場所	2010 年 3 月 6 日 10:10- 13:50、ボリビアコロラド校
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: コミュニティーが前進できるようこのエリアに無料で電気を求める。 A1: 電力を無料で供給する余裕はこの国にはない。施設のメンテナンス等に支払わねばならないコストがある。それ故、電力を無料で供給できる可能性はない。 Q2: 資材の搬入ルートに関してコミュニティーは了解したか、また道路条件を考慮するよう提案する。 A2: プロジェクトは既存道路を使用するだろう。締め固めた道路は土と人々に環境インパクトを最小にするため使用に適しているだろう。 Q3: 電気はこの地方のコミュニティーに最初に導入され、後に他の地方に導入されるべき。 A3: 農村電化は県の責任である。しかしながら ENDE は彼らが電力法によって求められるステップを踏むことができるように要請過程においてコミュニティーを支援できる。 Q4: コミュニティーの人々は単純労働者としてだけでなく、運送や仕出し業としてもプロジェクトのために働きたい。 A4: 契約者にとってはよりよい効率性と知識により地方の人々を雇用するのはより便利である。ENDE は入札過程において地方の人々と雇用契約をする契約者に有利になるような可能性を探るだろう。

	Q5: 固形廃棄物プログラムの変更はあるか。 A5: 固形・液体廃棄物処理プログラムはこのプロジェクトと関連活動にのみ適用される。例えば、プロジェクト労働者の浴室からの排水がある。 Q6: このプロジェクトに関し、ABC（ボリビア道路公社）は ENDE と協調して、道路の維持をするのか明らかにしてほしい。 A6: ENDE は道路に関与しないはずであるが、コミュニティと同意したプロジェクトなので SERNAP、ABC および県と協調する責任がある。 Q7: 地下水の取水は Sol de Mañana の泉を減少させるかどうか尋ねる。間欠泉と Tatío の悪い経験について尋ねる。 A7: 何年も前に Sol de Mañana エリアの地質的構成について調査され、その結果、高く鉱化され硬く密閉された層があることがわかった。この層は深層と浅層を分離し、間欠泉を生成する。浅層の擾乱がないので、間欠泉は影響されない。Tatío で起こったのは事故であった。このプロジェクトは掘削中のリスクを最小化するような方法を用いるだろう。
--	--

注：括弧の前の数字は人数を示す。

e. 第3回公聴会

第3回公聴会は5月28日～30日に第2回公聴会と同じ場所で行われた。公聴会の要約を表1.2.1-24～表1.2.1-27に示す。

公聴会には審査機関と米州開発銀行（IDB）からも出席があった。ENDEは公聴会出席者に対して、ドラフトEEIA-AIの結果を報告することを確認した。公聴会の議題が出席者によって承認された後、URSのハイメ・メンデス氏はプレゼンテーションを行った。

プレゼンテーション終了後、各コミュニティの代表者から、全ての住民がプロジェクトに対して同意しているかどうか、そうでない場合はどのような意見があるのかが発表された。

表 1.2.1-24 第3回公聴会（中央レベルーUyuni）

Uyuni 市	-
ENDE	3（水土木部長、社会経済専門家、生物専門家）
調査団	1（JICA ボリビア事務所）、5（URS）、1（日本工営）、1（WJEC）
出席者	44（Uyuni 近隣協議会、Enrique Baldivieso Alota OTB、San Agustín 市評議会、州 Uyuni 事務所、Uyuni 市民委員会、Potosi 市民委員会、中央 INTI センター、FRUTCAS、ポトシ県 SOPE-LIDEMA、Uyuni・Colcha K・San Agustín・D. Campo・Pulacayo からの住民、Uyuni 地方観光協議会、観光運営社、ボリビア観光連盟、Fremen 旅行社、Uyuni Huila Khota ホテル、Tierra ホウ砂工場、鉄道会社、VMEEA、DGGSA-MHE、

	DGMACC、MMM、PNCC - MMAYA、DGBAP - VMA、Eduardo Avaroa 国立アンデス野生生物保護区（REA）、米州開発銀行（IDB）、ERM 社、テレビ局 Channel 4（TV）、ラジオ Lipez、ラジオインペリアル、Uyuni 地方紙）
日時 & 場所	2010 年 5 月 2 日 10:10-15:10、Uyuni “市立劇場”
議題	1. 開会の辞 2. 議題の受諾 3. 第 1 回と第 2 回の公聴会のまとめ 4. 確認・評価した潜在的環境インパクトと緩和策の報告 5. EEIA-AI の結論と提言 6. 参加者からの質問と懸念の表明、ならびに調査団からの回答と確認 7. 議事録の編集、読み上げ、修正と署名 8. 閉会の辞（ENDE）
質問&回答	Q1: プロジェクトの開始までにどのくらいの時間がかかるか？そしてその機能は？ A1: 本プロジェクトは ENDE の優先プロジェクトであり、おそらく IDB によって融資されることになる。開始までの時間は融資条件だけでなくすべての要件にしたがって決まる。 Q2: Laguna Colorda 湖の水位は観光業に影響するので、キャンプ場で使用する水について懸念する。 A2: プロジェクトの経済的側面は非常に重要である。キャンプ場の再配置はプロジェクトコストを増加させるかも知れない。再配置の可能性は ENDE と EEIA の融資者として検討される。 Q3: 硫化水素のような有毒ガスの排出に関する懸念。 A3: 約 99%まで排出を抑制する技術（プラントの位置、冷却塔の高さによる）がある。ボリビアにはこれに関する規制はないが、環境への拡散を抑制するため、許容濃度を満たさねばならない国際ガイドラインがある。 Q4: コミュニティーにはより多くの情報を与えてほしい。Baldivieso 郡も訪問してほしい。 A4: EEIA の段階が終了すると、ENDE は影響される市庁やコミュニティに対する社会管理プロセスに移る。San Agustín 市庁における影響は送電線からだけである。 Q5: 廃水はどのように処理され、廃棄物はどのように扱われるのか？ A5: 廃水は水系に悪影響を及ぼさないレベルまで処理して流される。 Q6: 作業員の増加（約 500 人）はフラミンゴにどんな影響を及ぼすのか？この問題に関する調査はあるか？ A6: フラミンゴへの潜在的影響を防止するために、作業員の教育、コミュニティ管理計画と行動規範を実施することになる。 Q7: プロジェクトに融資するために IDB が要請した戦略的調査とそ

	その他の調査について簡単に説明してほしい。 A7: IDB が要請した戦略的調査はその実施が検討されている。
--	--

注：括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-25 第3回公聴会（地方レベル—Culpina K）

Culpina K コミュニティー	1（コレヒドール）
ENDE	3（水土木部長、社会経済専門家、生物専門家）
調査団	1（JICA ボリビア事務所）、5（URS）、1（日本工営）、1（WJEC）
出席者	22（Culpina K コミュニティー、Vilama コミュニティー、San Cristobal コミュニティー、DGGSA- MHE）
日時 & 場所	2010 年 5 月 30 日 15:40- 18:05、Culpina K コミュニティールベン・キスベ氏宅
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: Sol de Mañana において、蒸気を取り出すパイプはどのような材質からできているか？ A1: パイプは鋳鉄製であり、取り出される蒸気は腐食を起こさない。パイプは外側を保護され、さらに運転中は維持管理される。 Q2: 送電鉄塔と送電線はどれくらいの面積に影響を及ぼすか？ A2: 約 425 の鉄塔が 170km 送電線ルートに設置されるが、影響される面積は 10ha にすぎない。もし、鉄塔のいくつかが所有権のある場所に存在するなら、最終設計の段階で評価し、場合によってはルート変更を行う。 Q3: プロジェクトに必要な作業員はどこで雇用されるか？ A3: 技能者はどこでも雇用されると思われる。残りのスタッフは、特にコミュニティの人々には工事現場での仕事があるだろう。 Q4: プロジェクトの運転期間の終了する 30 年後は何が起こるか？ A4: プロジェクトの寿命が見積もられている 30 年後は、延命（その可能性は高いと思われる）策が講じられる。

注：括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-26 第3回公聴会（地方レベル-Mallcu Villamar）

Mallcu Villamar コミュニティ	1（コレヒドール）
ENDE	3（水土木部長、社会経済専門家、生物専門家）
調査団	1（JICA ボリビア事務所）、5（URS）、1（日本工営）、1（WJEC）
出席者	37（Mallcu Villamar コミュニティー、Soniquera コミュニティー、 新世界資源ボリビア社、VMEEA、DGGSA- MHE）
日時 & 場所	2010年5月30日 10:45- 13:20、Mallcu Villamar 公民館
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1：本調査は総合的なものとなっている。調査で述べてある緩和策は実行されねばならない。モニタリング計画はどのようなになっているか？ A1：EEIAの一部を構成する環境管理計画（PPM）と環境モニタリング計画（PASA）は評価され実行されねばならない。そうすることにより、環境と社会への負の影響を防止し緩和することが保障される。モニタリング計画は ENDE と社会管理グループと協同して実施される。 Q2：公表された報告書にある名称の変更を求める。コミュニティの滑走路は Mallcu Cueva でなく Vegar Torrez が正しい。また、コミュニティの名称は Mallku Villamar でなく、Mallcu Villa Mar が正しい。 A2：ご協力ありがとうございます。ご指摘の名称変更を致します。 Q3：大量の地下浸透水は氷河の融解に起因する。氷河の融解は、南寄りの風と気温に左右されるので、それらのデータの確認と解析をすべきである。3つの市庁で50%以上となっている極貧率を報告書に掲載することを提案する。San Agustin 市 Cerro Gordo コミュニティ（法的に認知されている）と採鉱コンセッションについて報告書に触れてない。Colcha K 市には Colcha K と Calcha K というふたつのコミュニティがある。炭素ボーナスを販売することも考慮すべき。 A3：更なる情報に感謝する。報告書に関連するデータを掲載するために更なる調査を行う。 Q4：掘削泥と切削土の処理はどのように行うのか？ A4：もし、汚染がみつければ、それを取り除き、有害廃棄物として取り扱う。現地では処理せず、汚泥処理を専門に行う会社に委託する。

注：括弧の前の数字は人数を示す。

表 1.2.1-27 第3回公聴会（地方レベル-Quetena Chico）

Quetena Chico コミュニティ	2（コレヒドール、助役）
ENDE	3（水土木部長、社会経済専門家、生物専門家）

調査団	1 (JICA ボリビア事務所)、5 (URS)、1 (日本工営)、1 (WJEC)
出席者	50 (Quetena Chico コミュニティ、Quetena Chico - REA、Quetena Grande コミュニティ、米州開発銀行 (IDB)、ERM 社)
日時 & 場所	2010 年 5 月 29 日 11:35- 16:20、Quetena Chico コミュニティボリビアコロラド校
議題	Uyuni での公聴会と同じ
質問&回答	Q1: キャンプ場は Quetena Chico に建設されるよう提案する。キャンプ場を Laguna Colorada 湖に建設することには反対する。いまでも Laguna Colorada 湖へ注ぐ泉の水量は十分でなく、湖を保全できない。キャンプ場を他の場所、例えば Quetena Chico に設置するならプロジェクトを支持する。 A1: このプロジェクトに対するすべての問い合わせを EEIA-AI の最終報告書に盛り込むために、この公聴会では考慮する。プロジェクト設計に加えて、これらの点をすべて ENDE と本調査の融資者と議論する。 Q2: プロジェクトをより詳細に解析する時間を求める。そうすれば、現在プロジェクトにあまり同調していないものでも賛成に回る。 A2: 社会管理はプロジェクトを後で社会化することに役立つ。現段階は環境インパクトの評価をするためにあり、同意に達するための段階ではない。同意は後の ENDE による社会管理の段階でなされることになる。 Q3: コミュニティに裨益があるように道路改良がなされるか？ A3: 工事現場、発電プラントおよび地熱井戸へのアクセス道路だけが改良される。 Q4: コミュニティの電化をプロジェクトに含めるよう求める。 A4: 地方電化は県の計画の一部をなす。プロジェクトでは電圧を低下させることにより、コミュニティに優先的に配電（送電始点であり、終点ではない）できるように配慮する。 Q5: プロジェクトによる Quetena コミュニティへの裨益に関して議論するよう求める。 A5: キャンプ場の設置は工事期間中の一時的なものであり、報告書に記載した全作業員が、工事の初めから終わりまで滞在するわけではない。 Q6: 送電線はふたつの山（東方の Pabellón 山と西方の Zanahoria 山）の間を通過させて、原計画のルートと交わるようにしてもらいたい。 A6: 送電線に関して、みなさんによるコメントは承知したので、設計グループに回すことを確約する。

注：括弧の前の数字は人数を示す。

f. ドラフト EEIA-AI 報告書の公開

ドラフト EEIA-AI 報告書はボリビア国法令（法律 No. 1333 細則、一般環境管理規則）により 20 営業日の公開が義務付けられていることから、2010 年 5 月 3 日から 5 月 26 日まで、公聴会の実施されている 4 箇所で開催された。また ENDE のホームページ (<http://www.ende.bo/memoria.php>) でも公開された。

各箇所には 1 冊のドラフト EEIA-AI 報告書と意見を記入するためのノートを机の上に置き、住民が自由に閲覧してコメント出来るようにした。

また、すべての住民が報告書の内容を理解できるように、各コミュニティで代表者（有識者）が住民を集めて報告書の内容を説明するよう JICA 調査団は ENDE に提言し、ENDE は報告書配布の際にそのように手配を行った。また、各コミュニティの代表者には、全ての住民がプロジェクトに対して同意しているかどうか、そうでない場合はどのような意見があるのかを、報告書公開後に行われる第 3 回公聴会で発表してもらうよう依頼した。

g. 計画への反映

第 1 回～第 3 回の公聴会での指摘事項は、表 1.2.1-16～表 1.2.1-27 に述べた通りである。回答には、計画への反映可否及び反映内容が含まれており、さらに 1.2.2 環境影響調査により生じた設備計画変更点に述べられている。それらを表 1.2.1-28 にまとめた。

表 1.2.1-28 公聴会での指摘事項に対する計画への
反映可否及び反映内容（第 1 回～第 3 回）

指摘事項	計画への 反映可否	反映内容（又は対策）
送電線の観光への視覚的インパクトを避けるために、地下ケーブル化を望む。	否	プロジェクトは景観にはあまり大きな影響を与えない細長い送電線鉄塔の建設を含む。
Mallku Villamar と Zoniquera の飛行場への影響	可	送電線と飛行場は重ならない。
動植物の保全計画を作成する場合は SERNAP と協力して進めるよう提案する。	可	動植物の保全計画を SERNAP と協力して作成した。
渡り鳥の飛翔への影響（衝突、感電死）を避けるため、湖の近くでは地下ケーブルを敷設することを提案する。	否	送電線最高部のワイヤに直径約 60cm のオレンジ色のバルーンを設置するよう提案している。
このエリアでは電気を無料にしてほしい。	否	施設のメンテナンス等に支払わねばならないコストがある。それ故、電気を無料で供給することは難しい。

指摘事項	計画への 反映可否	反映内容（又は対策）
電気は南東 Potosi のために、特にこのコミュニティのために導入されるべき。	可	農村電化は県の責任である。しかしながら ENDE は県が電力法によって求められるステップを踏むことができるように要請過程においてコミュニティを支援する。
Laguna Colorada 湖に生息するフラミンゴ類が渡りの際に送電線に衝突するリスクを減らすため、送電線を現在のルートより東に移動させるべき。	可	送電線予定ルートを東側（山側）に移動させる。これによって、フラミンゴ類が移動する際に自然に飛翔高度を上げて送電線への衝突を回避しやすくなると考えられる。
Laguna Colorada におけるキャンプ場設置は地下水採取や下水排水などによる湖への影響が大きいため、他の場所に移すべき。	可	技術的・環境的妥当性を検討した結果、キャンプ場を Sol de Manana に設置する方向で合意した。具体的なキャンプ場の設置箇所は、詳細設計の段階で様々な要因を踏まえて最終的に決定する。

10. 結論・提言

a. 結論

調査を通じて事業実施による著しい環境影響は確認されなかった。重要な影響としては土地所有権、フラミングゴ類の送電線への衝突リスクなどが挙げられるが、いずれも適切な回避・軽減策の実施によりリスクを最小化できる。Laguna Colorada 湖の水位に対する影響のような間接的影響についてはデータが少ないため十分な評価がされていないが、今後モニタリングを継続的にを行い因果関係が認められた場合は順応的に対策をとることが可能である。これらのことから、本プロジェクトの実施は環境面から見て許容されるものと考えられる。

本調査で実施した環境社会配慮の主要課題ごとの結論は以下の通りである。

1) 土地所有

プロジェクト直接影響エリアに位置する7つのコミュニティでは、土地は共有であり、個別の土地所有権は存在しない。ランドクリアリング作業（土地の計測、利用形態、所有者などを明らかにし、新たに地権証を国が発行し、所有者を明確にするという作業）は2009年10月にINRAによって開始された。プロジェクト対象エリアでは、現在ランドクリアリング途中であるが、土地所有の日付が不明である先住民共有地（TCO）への要求が3件ある。従って、現在、プロジェクト対象エリア内に、所有者不明の先住民共有地が存在する。これらTCOは審査中であり認証見込みも定かではない。また、認証された後のコミュニティの権利や利益についても法令に明確な記述が無く、類似事例の蓄積も少ないことから不明である（法令ではTCO内部で司法権を行使することは規定されていない）。今後認証に向けてはコミュニティとの協議を継続すると共に、プロジェクトサイトでのTCOの定義づけについて関係機関とも確認していく必要がある。

2) 公聴会

公聴会は中央レベル1箇所、地方レベル3箇所の4箇所において、EEIA-AI調査のTOR作成時、現地調査終了時、及びドラフトEEIA-AI報告書公開後の3回に渡って開催された。参加したのは政府や地方自治体・非政府組織（NGO）・現地組織・提案されているプロジェクトの影響を受ける可能性がある人々であり、1回目には合計86人、2回目には合計139人、3回目には合計153人がそれぞれ参加した。そこで判明した主な関心事項は、観光産業や水資源への影響、動物相への影響、現地労働者の雇用やエネルギー供給の要求であった。

3) 影響

EEIA-AIでは、建設・運転保守・廃棄中のプロジェクト作業から生じる主要な影響を予測・特定・評価・査定が行われた中程度および重大な影響への対策として必要なことは、影響を最低限に抑えるか、潜在的な正の影響を最大限にするためにPPM、PASA、およびEEIA-AIの他の計画やプログラムで提案されている活動を実施することである。

4) プロジェクトの実施による二次的・累積的影響

予測できる二次的・累積的影響としては、採掘産業の増大、エネルギー部門の活動の増加、観光産業の増進などであった。

b. 提言

本調査ではプロジェクト実施による著しい影響は確認されなかったが、いくつかの回避・軽減が必要な影響や、定量的に明らかに出来ない影響が残された。これらの影響については本調査終了後も調査実施体制を構築し、プロジェクトを実施する各段階で明らかにすると共に対策を検討・実施する必要がある。

本調査に基づく、主な提言を以下に示す。

1) 最終設計パラメーターおよび設計手順

プロジェクトの最終設計パラメーターおよび設計手順では、EEIA-AI で特定されている環境および社会経済的側面への影響と回避・軽減策が十分に反映されていない。

2) トレーニングプログラム

プロジェクト活動開始前には、プロジェクト開発に関係する全作業員に環境トレーニングプログラムを義務付けるようにしなければならない。

3) 計画およびプログラム

入札書類および契約書の一部として、PPM、PASA および EEIA-AI に含まれる他の計画やプログラムを入れる必要があり、プロジェクトの建設のためにコンプライアンス（法令遵守）の義務付けを考慮しなければならない。

4) 水資源

プロジェクトエリア内で影響を受けやすい水資源の動きについて、PASA の一部として提案されているモニタリング計画を可能な限り早く実行しなければならない。プロジェクト区域内の水資源に関する既存情報を補うことにより流れや方向が予測可能となり、水資源に与える影響の予測が更に可能となる。

1.2.2 環境影響評価の結果必要とされる設備計画変更点

1. 気水輸送管設備及び発電設備

気水輸送管設備 (FCRS) および発電設備の建設・運転に関して、環境影響調査および公聴会において、環境上の潜在的問題となりうる可能性が指摘されたのは以下の5項目である。

- a) Sol de Mañana自然噴気を訪れる観光客にたいする景観影響
- b) 動物（特にビクーニャ）の移動経路との干渉
- c) 道路以外の場所における車両による植物の踏荒し
- d) 坑井噴出試験および発電設備の運転によって生じる騒音
- e) 発電設備の運転中の硫化水素 (H_2S) ガス放出による大気汚染

これら5項目のうち、a)については、Sol de Mañanaを訪れる観光客からの視認性を低減するための詳細設計段階での配慮（例：目立たない塗装色の選定、水平型の配管バンド（熱膨張吸収ループ）の採用等）に加えて、2008年のJETRO F/Sに示された設備計画を表1.2.2-1に示すように変更することとする。

残り4項目のうち、b)についてはパイプラインと交差する動物用通路の確保、c)については既存道路と指定通行路以外の場所における車両進入規制、d)についてはサイレンサーや防音壁等の設置で対応可能である。何れも詳細設計や工事計画上の配慮で対応可能であり、設備計画の変更を伴うものではない。

e)の硫化水素ガスについては、拡散シミュレーション計算によってガス放出口を設置する予定となっている冷却塔の付近で米国テキサス州基準（30分平均）を超える可能性があることが示されたが、これは冷却塔によるダウンウォッシュ効果が主な要因であり、ガス放出口の配置変更等によって低減し得る。また、今回のシミュレーションは、①建設予定地の気象データが無いため約20km離れたLaguna Coloradaのデータで代替した事、②地熱蒸気中に含まれる硫化水素ガス量は1997年のSM-2生産井噴出試験結における最大値であるため発電設備運転中のガス量とは必ずしも一致しない可能性がある事（一般には蒸気中のガス量は長期的に減少する傾向がある）、の2点を考慮する必要がある。したがって、まず建設予定地の気象データ測定（最低1年間）と既存生産井の長期噴出試験（坑井特性取得と蒸気中ガス成分分析）を実施し、その後、詳細設計段階で再度シミュレーションを行いながら、冷却塔とガス放出口の配置、硫化水素吸収装置の要否を再検討する事が推奨される。

（注：ボリビアには硫化水素に関する環境基準が無いことから、拡散シミュレーション結果との比較には、世界銀行ガイドライン（24時間平均： $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と米国テキサス州基準（30分平均： $162\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を用いた。）

2. 送変電設備

230 kV 送電線に関して、環境影響評価調査および公聴会において潜在的問題点として指摘されたのは、下記の3項目である。

- a) 考古遺跡と送電線の干渉
- b) フラミンゴ類の飛行に対する影響とその対策としての送電線地中化の可能性

c) 既存の滑走路と送電設備の干渉

図 1.3.1-16 に変更後の送電線ルートを示す。

a) については、b) 項のフラミンゴ類の飛行に対する影響を考慮し、山の裾野を通すルートに変更したため、これら重要な考古遺跡への影響はなくなった。

b) に関しては、フラミンゴ類の飛行に対する影響が懸念される距離が 30 km である一方、230 kV 送電線を 30 km に渡って地中化することは、そのケーブルが持つ静電容量による充電容量が過大（約 200 Mvar）となるため、技術的に非現実的である。フラミンゴ類は Laguna Colorada 湖から東側にある湖や湿原に飛行することが知られており、その該当する送電線の架空地線に視認性を高める球体（オレンジ色）を設置することで対処する事とする。

また、c) については第 2 回現地調査で空港の位置を確認しており、その位置を避けてルートを変更した。

表 1.2.2-1 設備計画変更内容 (気水輸送管設備および発電設備)

No.	変更内容	変更理由・目的
1	新規生産井基地をSM-5 方向に700m移動。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照)	- パイプラインを短縮することにより、景観影響と建設コストを低減する。 - 熱水管の上り勾配に起因する熱水流動の不安定化現象を防止する。
2	新規還元井基地を2ヶ所から1ヶ所に集約。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照)	景観影響、配管コスト、および敷地整備コストを低減する。
3	SM-5 基地、SM-2 基地の気水分離器をSM-3 基地に集約することによって、これらの基地からの熱水配管を無くす。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照) およびFCRS 系統図 (変更後: 図 1.3.1-5、変更前: 図 1.3.1-6 参照)	- 景観影響低減 (気水分離器をSM-5 基地とSM-2 基地にそれぞれ設置すると、Sol de Mañana自然噴気から直接見えるため、それらをSM-3 基地南側にある丘の背後に隠す。) - 景観影響低減 (JETRO F/Sでは熱流体力学的に最適な熱水配管ルートとしてSM-2 基地南側斜面を選定したが、そこはSol de Mañana自然噴気に面しているため、景観上好ましくない。そこで、圧力損失の面では不利になるが熱水配管の不要なシステムに変更する。) - 熱水配管を無くすことによる配管コスト低減
4	発電所の位置を、SM-2 基地の北側から、SM-3 基地の北側の平地に移動。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照)	- 景観影響低減 (発電所をSM-3 基地南側にある丘の背後に隠す。) - 配管コスト低減 (SM-3 基地に集約した気水分離器からの蒸気配管を短くする。) - SM-2 北側にある自然噴気からの距離を確保し、土木工事上のリスクを低減する。
5	新規生産井基地から発電所に向かう蒸気配管と熱水配管のルートを、JETRO F/Sで設定したSM-5 基地とSM-2 基地の南側斜面を通るルートから、SM-5 基地北側の既存道路に沿うルートに変更。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照)	JETRO F/SではSM-5 基地・SM-2 基地からの熱水配管と同じ配管ルートを想定したが、そのルートはSol de Mañana自然噴気に面しているため、SM-5 基地・SM-2 基地が位置する丘の北側の既存道路沿いに変更する。これにより、Sol de Mañana自然噴気から熱水配管が直接見えなくなり、景観影響を低減することができる。
6	SM-1 基地から熱水還元基地までの熱水配管を集約する。 (配管ルート図 (変更後: 図 1.3.1-3、変更前: 図 1.3.1-4) 参照)	配管本数の削減による景観影響と配管コストの低減。

7	発電所開閉所を、従来の空気絶縁開閉機器からSF6 ガス絶縁開閉装置 (GIS) に変更し、発電所敷地サイズの縮小 (250m×220mから230m×190mに変更)。 (発電所構内配置図 (変更後: 図 1. 3. 1-13、図 1. 3. 1-14、変更前: 図 1. 3. 1-15))	- 敷地面積を小さくすることにより、景観影響を軽減するとともに、植物への影響と敷地整備費を低減する。 - 定格は 230 kV にもかかわらず、標高が高いため、従来型では 420 kV 相当の機器を使うことになり、開閉所機器のコストが高い。そのため、本プロジェクトの GIS 化によるコスト上昇は約 1.5 百万ドル程度であり、低地で GIS 化した場合に比べてインパクトは小さい。
8	生産井戸掘削基地サイズの見直し (50m×80mから 80m×120mに変更)	熱水貯留池や掘削資機材置場の面積を十分確保し、周囲の植物踏み荒らしや熱水漏洩の防止をより確実なものとする。 現地は殆ど平地なため、サイズ拡大による景観への影響は殆ど無い。
9	送電線ルートの見直し (230 kV 送電線ルート: 図 1. 3. 1-16)	フラミンゴ類は山を超えるときに高度を上げるため、送電線は Laguna Colorada からできるだけ離して山の裾野に建設する。

1.3 プロジェクトの構成要素及び実施フェーズ

1.3.1 プロジェクトの構成要素

1. プロジェクトの構成

地熱プロジェクトは以下に示す 4 つの要素、すなわち a) 地熱資源開発と蒸気生産、b) 気水輸送管設備の建設、c) 発電設備の建設、d) 送変電設備の建設に大別することができる。本節では、各要素について技術的・経済的な実現可能性を勘案しつつ、1.2.2 節に示した変更点を反映した設備計画を示す。変更内容をわかりやすく示すために、変更部分については、変更後の図表に加えて、変更前（2008 年 JETRO F/S）の図表も併せて掲載する。

a. 地熱資源開発

既存の地熱井のうち 4 本を利用する。また、生産井 13 本（発電所運転開始後初年度に必要となる補充井 3 本を含む）、熱水用の還元井 6 本、凝縮水（冷却塔ブローダウン水）用の還元井 1 本を新たに掘削する。

b. 気水輸送管設備

生産井から産出された地熱流体はセパレーターで蒸気と熱水に分離され、蒸気は発電設備へ、熱水は還元井へ送られる。気水輸送管設備には、そのために必要な蒸気・熱水のパイプライン、セパレーター、その他の設備が含まれる。

c. 発電設備

発電設備はシングルフラッシュ・サイクル復水式蒸気タービン 50MW×2 基または 25MW×4 基で構成する。開閉所は発電所敷地内に設置する。

d. 送変電設備

発電所から San Cristobal に新たに建設する変電所（以降、新 San Cristobal 変電所と称する。詳細は 1.3.1 節 4b 項参照。）まで、230kV 送電線（約 170km、1 回線）を建設する。新 San Cristobal 変電所にて、既設 San Cristobal 変電所～Punutuma 変電所間の既存 230kV 送電線に割り込む計画とする。

2. 地熱資源開発と蒸気生産

a. Sol de Mañana 地熱帯の概要

Sol de Mañana 地熱地点は、Laguna Colorada（標高約 4,280m）の南方約 20km に位置する標高約 4,900m の高原地域にある。本地点の西南西約 3km には Apacheta 山（Cerro Apacheta：標高約 5,440m）があり、また南方 10km 前後や西方 15km 付近には標高 5,500m 前後の山々が連なっている。南東方約 15km には塩湖である Laguna Salada（標高約 4,380m）がある。

Sol de Mañana 地点においてこれまでに実施された主要な地表調査は、地質調査、温泉・噴気の地化学調査、重力探査、シュランベルジャー法電気探査である。

本地点付近における最初の地熱調査井は、Apacheta 山西麓において 1987 年から 1988 年にかけて掘削された（坑井 AP-1：深度 1,602m）。AP-1 の掘削では、優勢な地熱貯留層が確認され、蒸気・熱水の噴出に成功している。現在 AP-1

は、他の場所で採取された湖水の濃縮によるホウ素鉱石の生産のために、蒸気・熱水の生産に利用されている。ホウ砂工場は私企業により運営されているが、坑井 AP-1 は ENDE の所有である。

Sol de Mañana 地点では、1988 年から 1992 年にかけて深度 1,180～1,726m の 5 本の調査井 (SM-1, 2, 3, 4, 5) が掘削されている。それらの坑井においては 240～250℃ の坑内温度が確認されており、SM-1・SM-2 および SM-5 では蒸気・熱水の噴出実績がある。これらの坑井は現在特に利用されていない。表 1.3.1-1 に既存調査井の座標と掘削深度を示す。

表 1.3.1-1 既存坑井の座標データ

坑井	座標－北 (m)	座標－東 (m)	標高 (m 海拔)	掘削深度 (m)	分類
SM-1	7.519.440,66	629.041,84	4.858,84	1.180	生産井
SM-2	7.520.042,18	628.232,74	4.905,57	1.486	生産井
SM-3	7.520.096,83	628.941,20	4.884,77	1.406	生産井
SM-4	7.519.324,13	631.107,98	4.840,54	1.726	使用せず
SM-5	7.520.343,18	627.599,74	4.903,54	1.705	生産井

JETRO F/S 時の収集データをもとに構築した地熱概念モデルと坑井位置を、それぞれ図 1.3.1-1 および図 1.3.1-2 に示す。

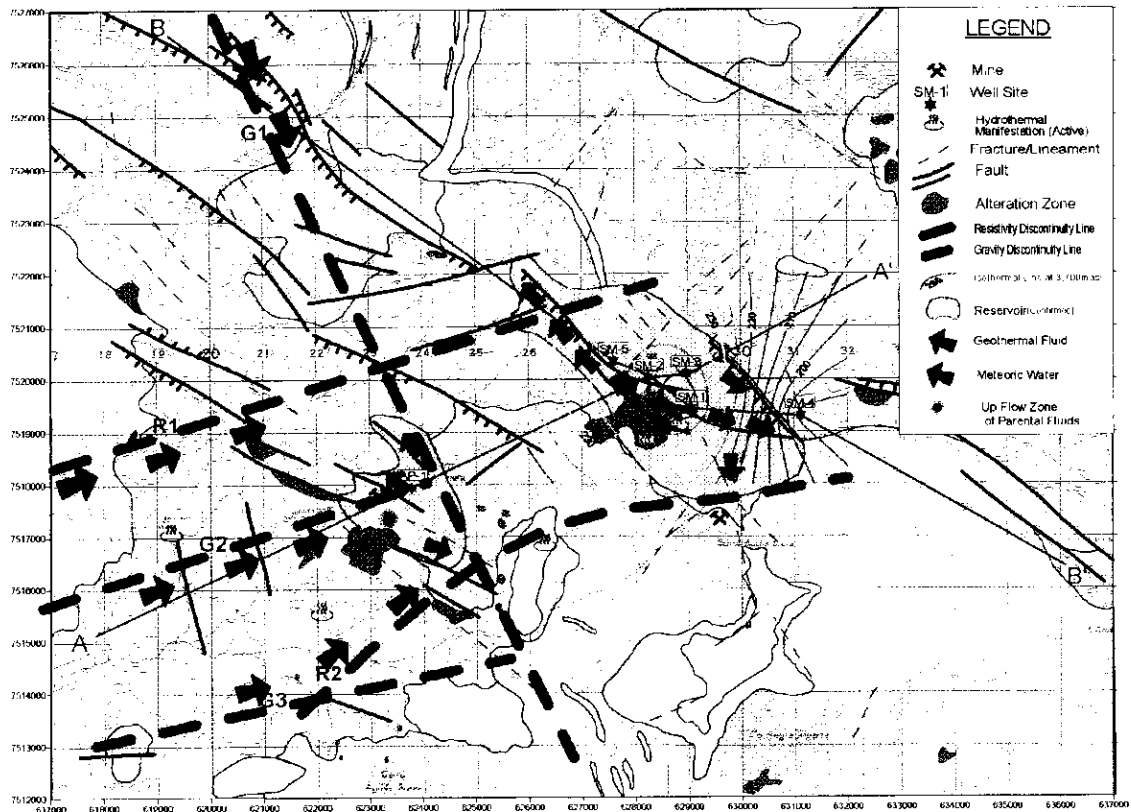


図 1.3.1-1 地熱概念モデル

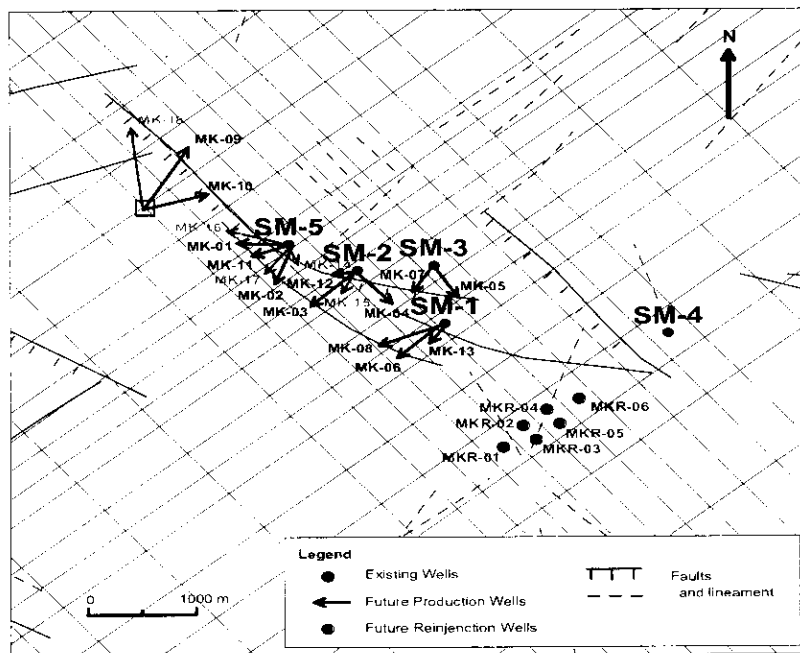


図 1.3.1-2 坑井掘削位置計画図

b. 掘削計画

既存の坑井基地および新設する基地から蒸気井・還元井を掘削する。それぞれの坑井は傾斜掘削とし、100MW 分に必要な掘削本数、ケーシングプログラムは以下の通りである。

初期坑井掘削本数 (Initial Well)

	既存井	新規坑井	計
SM-1 基地	1	2+1 (Make-up)	4
SM-2 基地	1	2+1 (Make-up)	4
SM-3 基地	1	2	3
SM-5 基地	1	2+1 (Make-up)	4
新規生産井基地	-	2	2
新規還元井基地	-	6	6
新規凝縮水基地	-	1	1
合計	4	20	24

(注：“Make-up” 3 本は、発電所稼動開始後 1 年目に必要とされる 3 本の補充井を初期坑井計画に含めることを意味する。)

補充井掘削本数 (Make-up Well)

	初期井	補充井	計
SM-1 基地	4	-	4
SM-2 基地	4	1	5
SM-3 基地	3	-	3
SM-5 基地	4	3	7
新規生産井基地	2	1	3
新規還元井基地	6	-	6
新規凝縮水基地	1	-	1
合計	24	5	29

ケーシングプログラム

	蒸気井	還元井	凝縮水還元井
掘削深度	2,000m	1,500m	1,500m
Conductor (20")	30m	30m	30m
Surface (13-3/8")	400m	300m	300m
Production (9-5/8")	1,000m	800m	800m
Slotted Liner (7")	2,000m	1,500m	1,500m

c. 周辺の地熱兆候への影響

地下の流体を取出すことによる地表の地熱兆候（噴気等）への影響の可能性については、インテリムレポート Appendix A 又は本報告書の Appendix A で詳細する。既存の情報や現在までに行われた貯留層調査によると、影響はほとんどないか、又は最小限と考えられている。しかしながら、ENDE によりモニタリングプログラムが開始され、ベースラインが策定されることを強く推奨する。そして、地熱発電所稼動開始後もモニタリングを継続していくこ

とで、この結論が正しいことを確かめなければならない。

3. 気水輸送管設備および発電設備

a. 気水輸送管設備

1) 全体配置

図 1.3.1-3 に発電所およびパイプラインの配置を示す。発電所建設地は Laguna Colorada から約 20km 南で、アパチュタ山の東側山麓を予定している。生産井は、既存の掘削基地 (SM-1, SM-2, SM-3, SM-5) と新規生産井基地 1ヶ所から掘削する。現状では、発電所から南南東 2.3km の場所に還元井基地を建設する。蒸気・熱水流量と配管サイズの現計画の想定値を表 1.3.1-2 および表 1.3.1-3 に示す。

2) プロセス

気水輸送管設備の系統図と生産井基地内の配置例を、図 1.3.1-5 および図 1.3.1-7 にそれぞれ示す。気水輸送管設備は、気水分離器、熱水タンク、坑口サイレンサー、蒸気ヘッダー、発電所サイレンサー、蒸気配管および還元配管で構成される。気水分離器で分離された蒸気は発電所の蒸気ヘッダーに集められる。熱水は水位を安定させるため一旦、熱水タンクに入り、そこから高低差と熱水自体の圧力によって還元井へ流れて行く。

表 1.3.1-2 蒸気・熱水流量想定値

	生産井本数	蒸気量 (t/h)	熱水量 (t/h)
SM-1 基地	3	161	643
SM-2 基地	3	161	643
SM-3 基地	3	161	643
SM-5 基地	3	161	643
新規生産井基地	2	106	428
合計	14	750	3,000

表 1.3.1-3 配管長・サイズ（計画変更後）

基地名	二相流配管		蒸気配管		還元配管	
	管サイズ (mm)	配管長 (m)	管サイズ (mm)	配管長 (m)	管サイズ (mm)	配管長 (m)
SM-1 基地	-	-	900	1150	450 600	100 1400
SM-2 基地	1000	750	-	-	-	-
SM-3 基地	-	-	1200	200	700	2450
SM-5 基地	1000	1250	-	-	-	-

新規生産井基地	-	-	900	2100	350	2850
合計		2000	—	3450	—	6800

表 1.3.1-4 配管長・サイズ（変更前）

基地名	蒸気配管		還元配管	
	配管サイズ (mm)	配管長 (m)	配管サイズ (mm)	配管長 (m)
SM-1 基地	850 1,150	800 950	500	1,600
SM-2 基地	750	400	600	2,800
SM-3 基地	600	350	500	2,800
SM-5 基地	1,150	600	650	3,800
新規生産井基地	500	1,900	550	5,550
合計	—	5,000	—	16,550

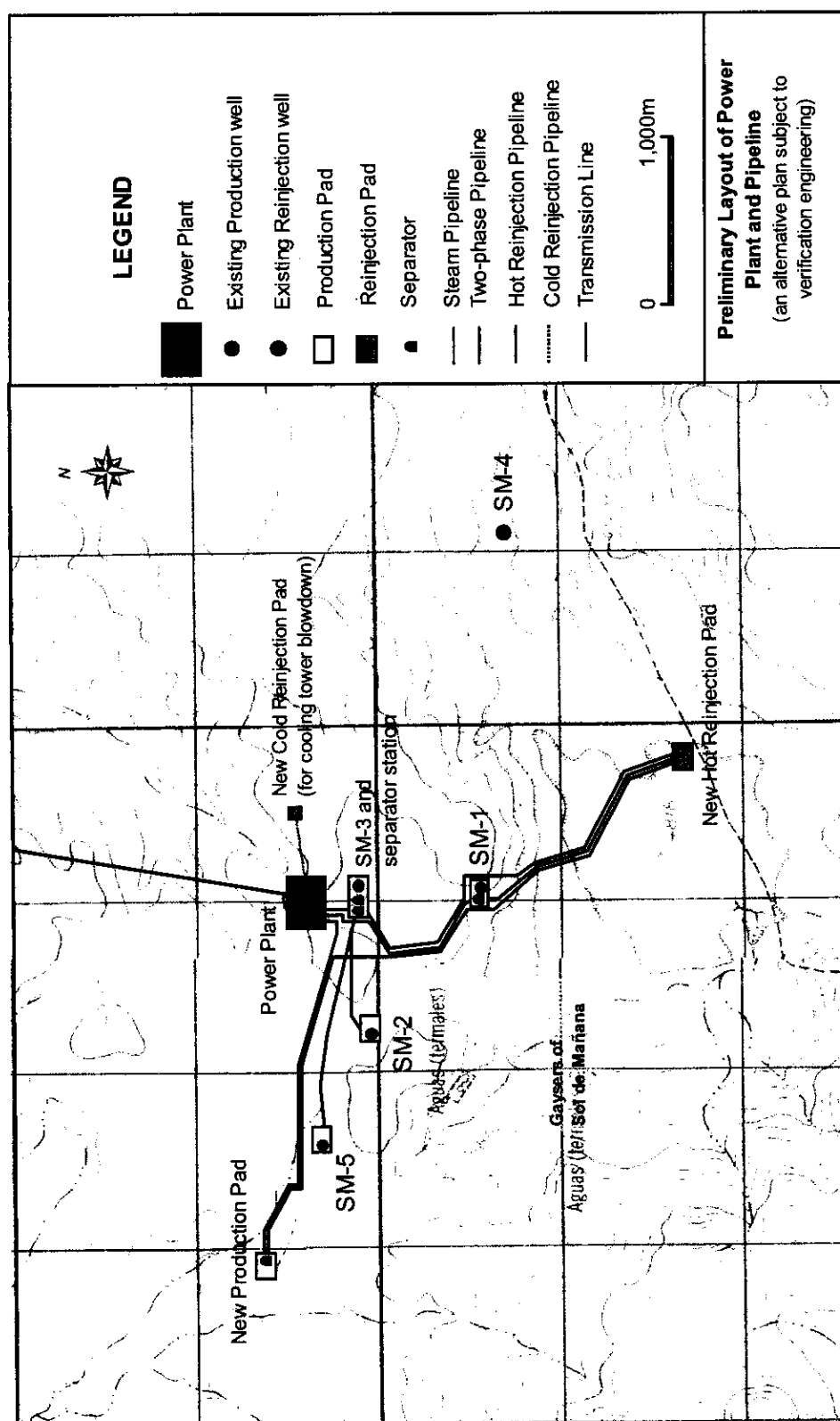


図 1.3.1-3 発電所およびパイプライン配置図（計画変更後）

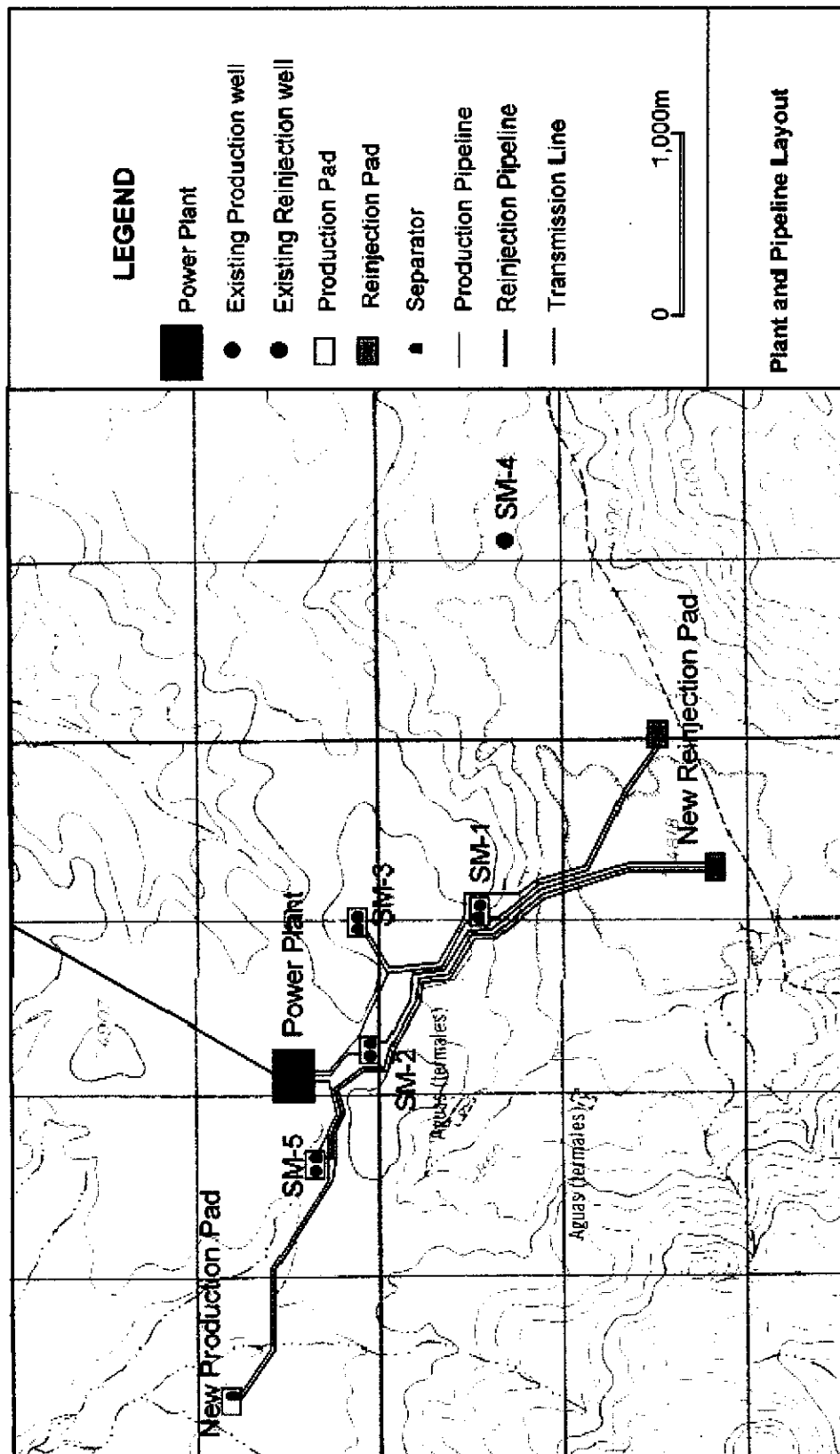


図 1.3.1-4 発電所およびパイプライン配置図（変更前）

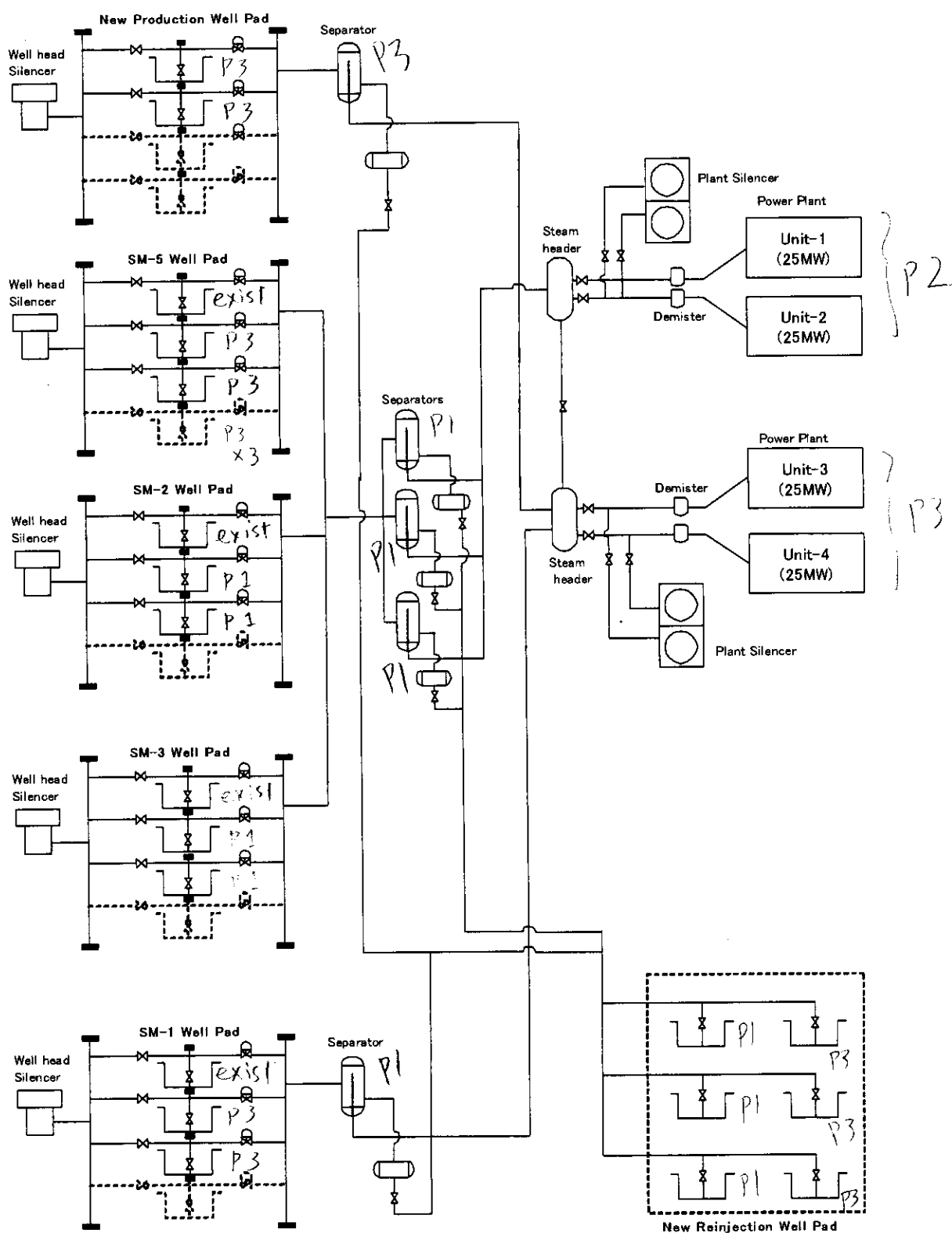


図 1.3.1-5 気水輸送管設備系統図（計画変更後、4×25MW の場合）

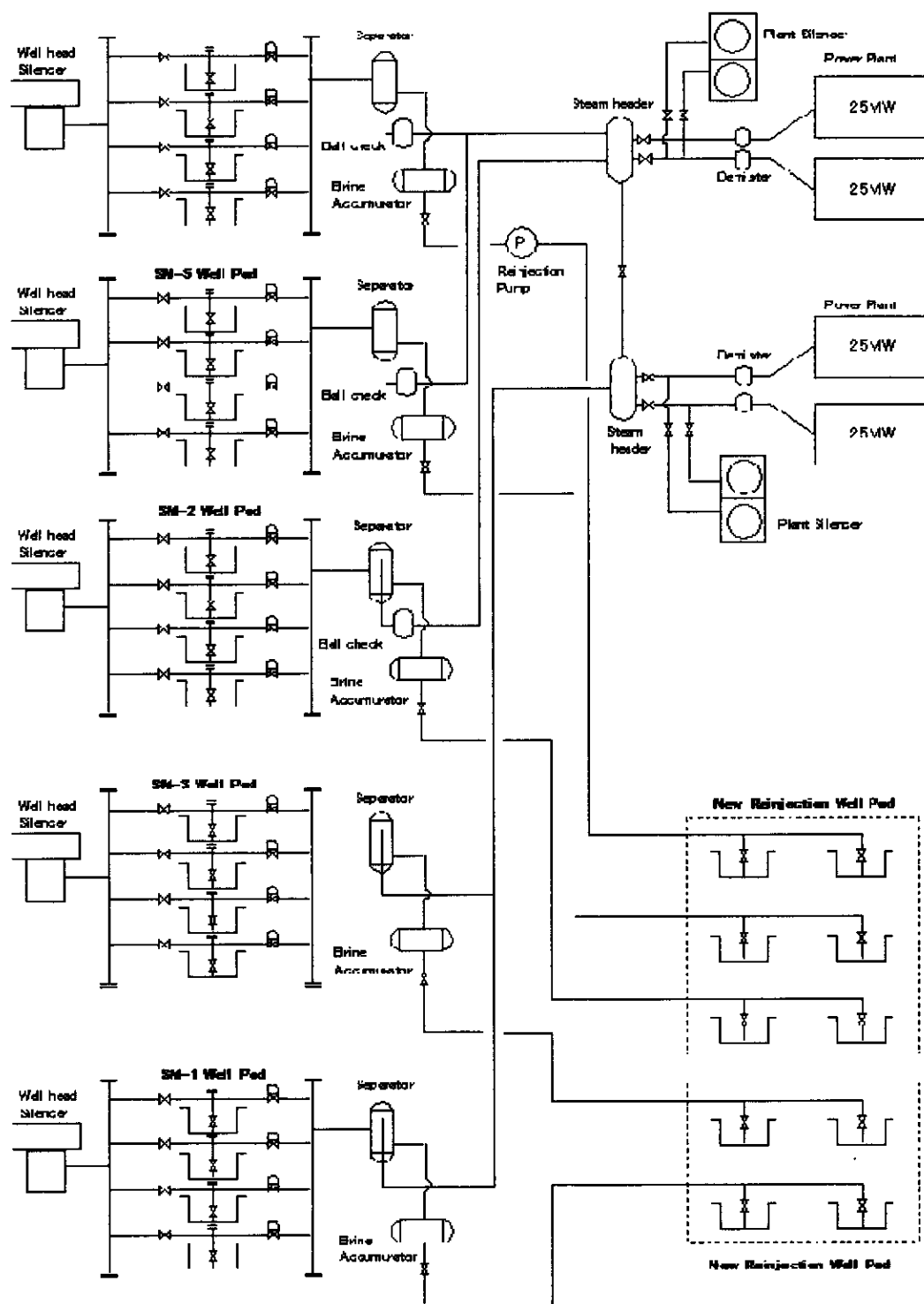


図 1.3.1-6 気水輸送管設備系統図 (変更前)

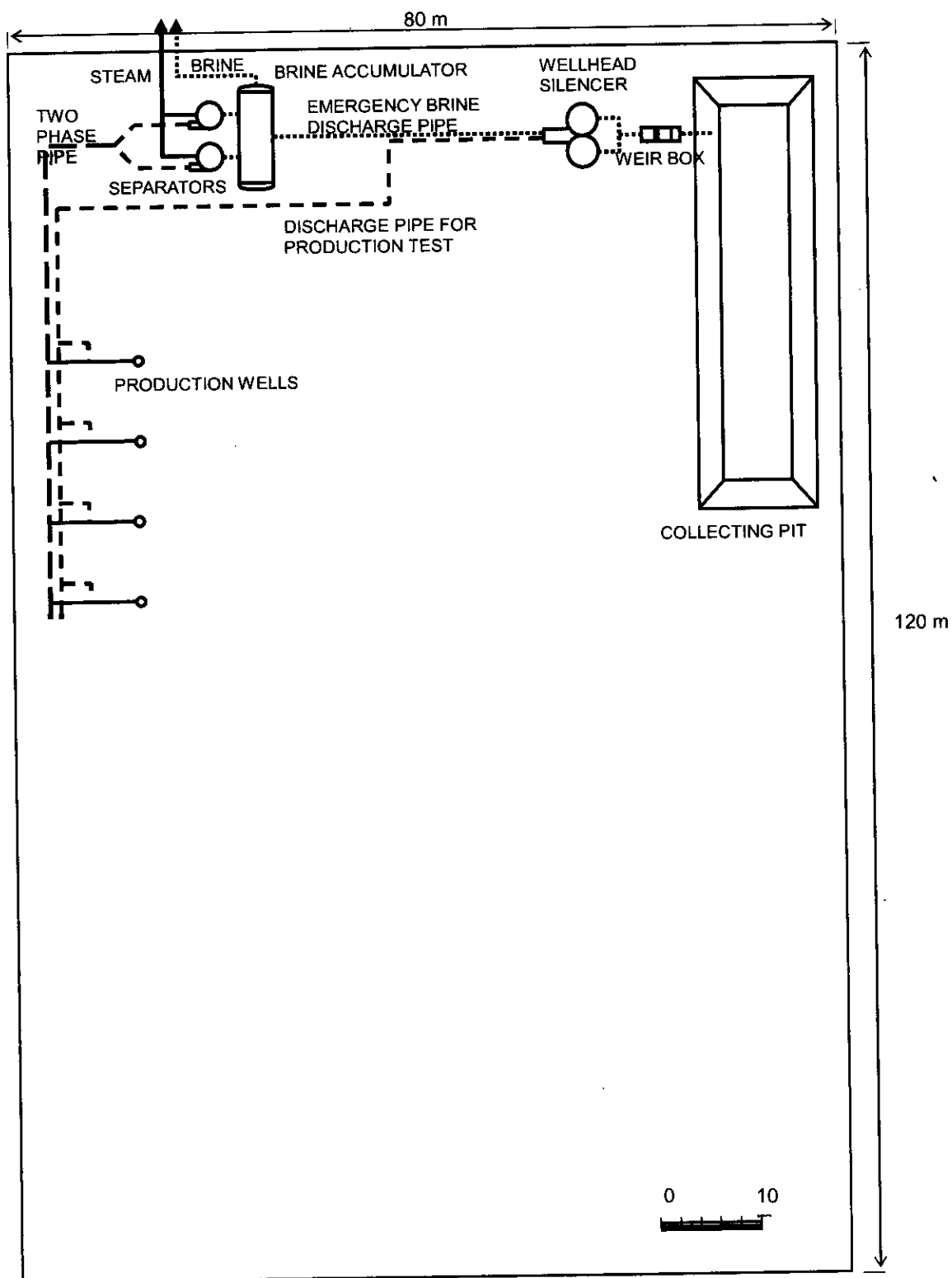


図 1.3.1-7 生産井基地内の配置例（計画変更後）

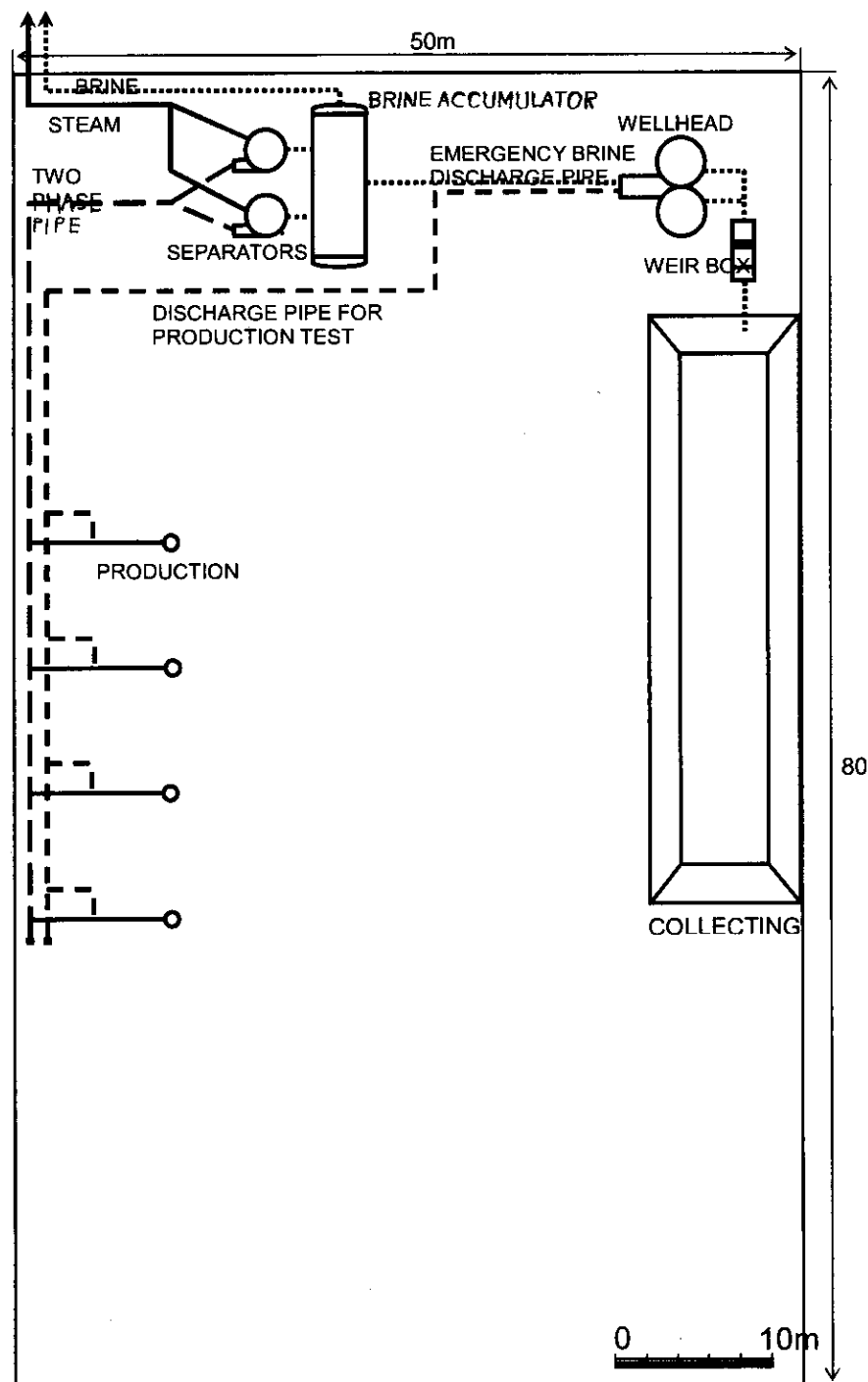


図 1.3.1-8 生産井基地内の配置例（変更前）

b. 発電設備

1) プロセスおよび電気設備概要

発電設備の主な計画諸元は表 1.3.1-5 に示す通りである。

図 1.3.1-9 に発電設備の系統図を示す。気水分離器から送られてきた蒸気は、蒸気タービンの上流に設けられた湿分分離器を通った後、蒸気タービンに流入する。蒸気タービンを通過した蒸気（タービン排気）は復水器に入り、冷却水で冷やされて、温水（凝縮水）となる。凝縮水は冷却塔にて空気で冷やされた後、復水器の冷却水として再利用される。余剰の凝縮水は専用の還元井に送られる。蒸気に含まれる非凝結性ガス（大部分は二酸化炭素だが、少量の硫化水素が含まれる）は、蒸気エJECTAや真空ポンプによって復水器から抽出され、冷却塔上部のファンから上空に向かって排出される大量の温かい空気で希釈され、上空で拡散する。

発電機で発生した電力は、主変圧器によって 230 kV に昇圧された後、発電所内の 230 kV 開閉装置を介して、230kV 送電線へ送られる。発電所内の単線結線図を図 1.3.1-10 (4×25MW) および図 1.3.1-11 (2×50MW) に示す。尚、所内にて何らかの事故が起きた際、タービン・発電機を安全に停止させるため、非常用ディーゼル発電機が設置される。これは通常低圧回路に接続される。また、系統が全停した際、所内動力を確保するために、起動用ディーゼル発電機を設置し、この発電機によってタービン・発電機を起動させるシステムとする。この起動用ディーゼル発電機は通常、高圧回路に接続される。

2) レイアウト

発電所の配置図を図 1.3.1-13 (4×25MW) および図 1.3.1-14 (2×50MW) に示す。敷地は約 230 m×190 m の大きさが必要である。発電所の中央に配置されるタービン建屋には、蒸気タービン、発電機、電気室、中央制御室等が入る。復水器、ガス抽出装置等は、本館と冷却塔の間の屋外に設置される。主変圧器は、タービン建屋と開閉所の間の屋外に設置される。開閉所は発電所内の北側に配置され、そこから新 San Cristobal 変電所に向かう送電線を架設する。

発電所敷地内には、管理棟、倉庫／修理工場、守衛所、原水／消火用水タンク等の付属設備も設置される。

表 1.3.1-5 発電設備の計画諸元

項目	仕様
定格容量 × ユニット数	25MW × 4 基 又は 50MW × 2 基
蒸気タービン型式	25MW 機：単気筒単流型復水式蒸気タービン、 又は 50MW 機：単気筒複流型復水式蒸気タービン
タービン入口蒸気条件	5 bar (abs)
プラント蒸気消費量 (1ユニット当り)	25MW 機：185 t/h 又は 50MW 機：370 t/h
回転数	3000 rpm
発電機型式	横置円筒回転界磁形、全閉空気冷却式、 三相同期発電機
発電機電圧	11 kV
周波数	50 Hz
力率	0.8 (遅れ)
中性点接地方式	変圧器接地
励磁方式	ブラシレス方式

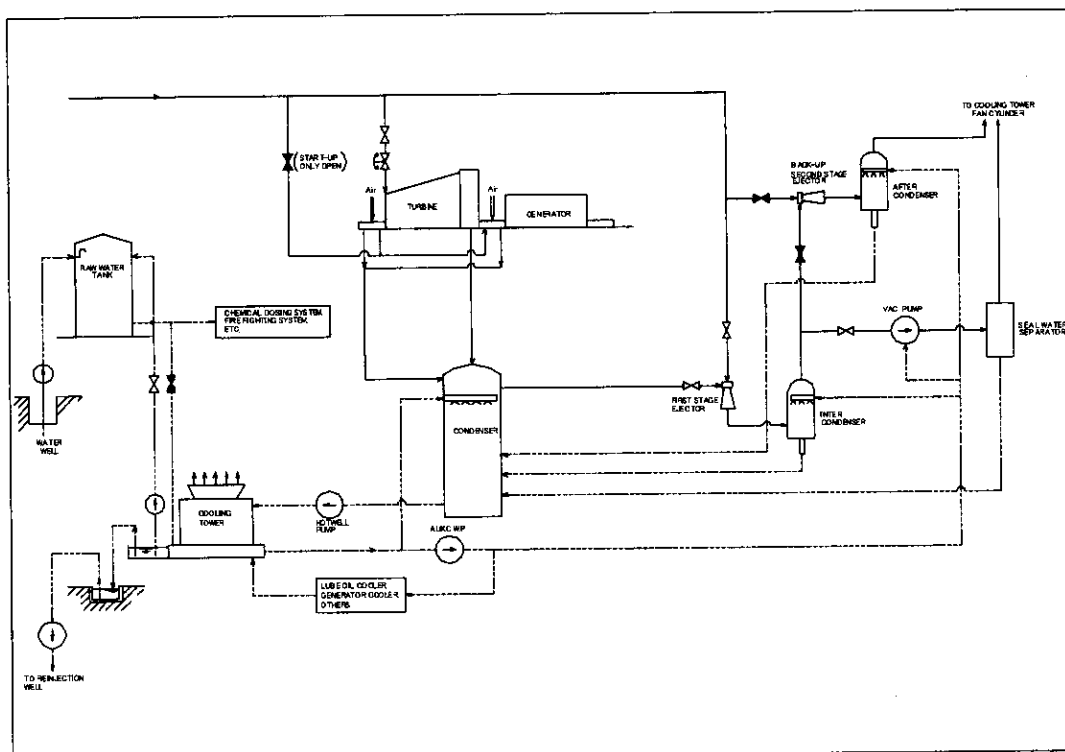


図 1.3.1-9 発電設備概略系統図

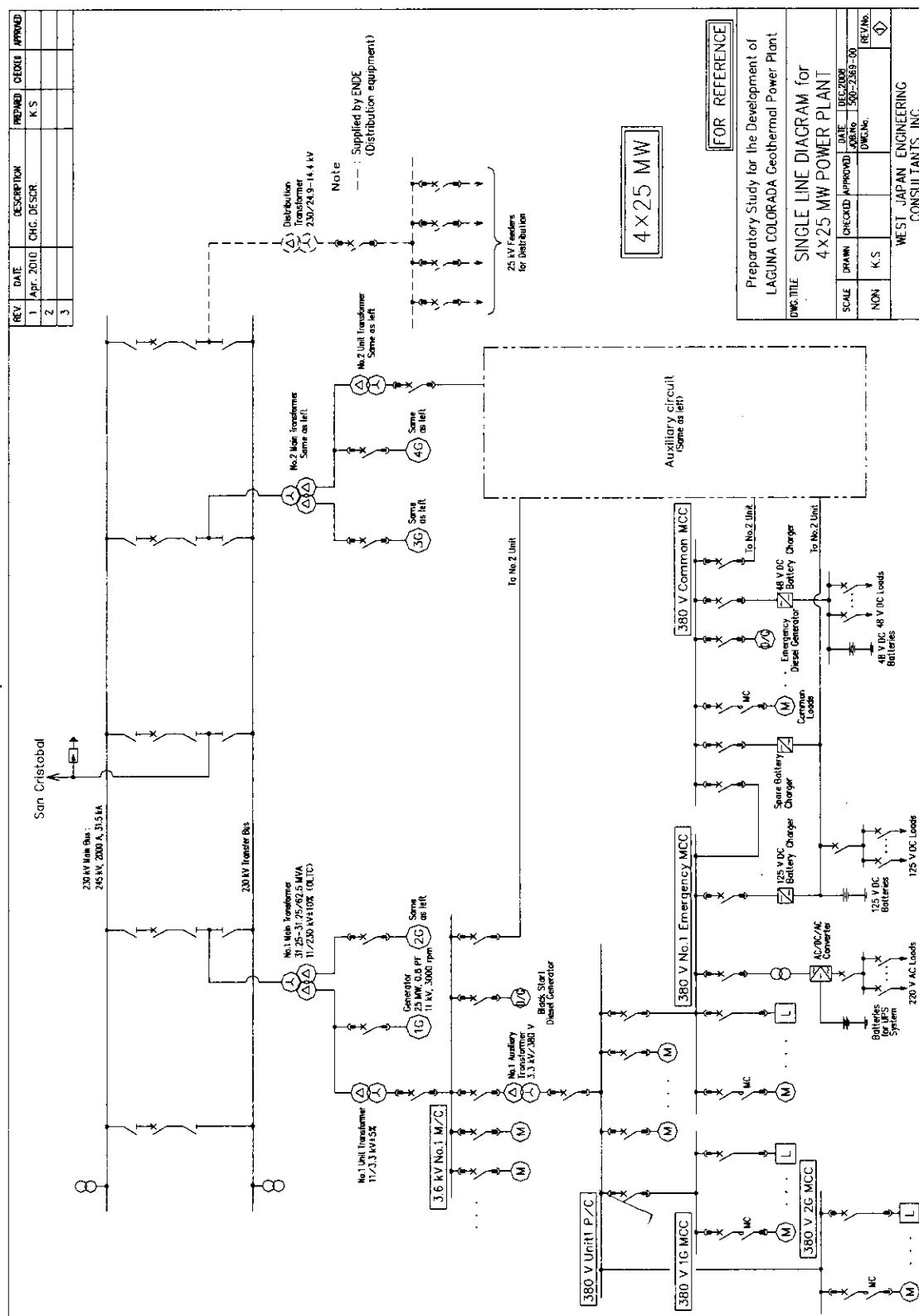


図 1.3.1-10 所内単線結線図 (計画変更後 4×25MW)

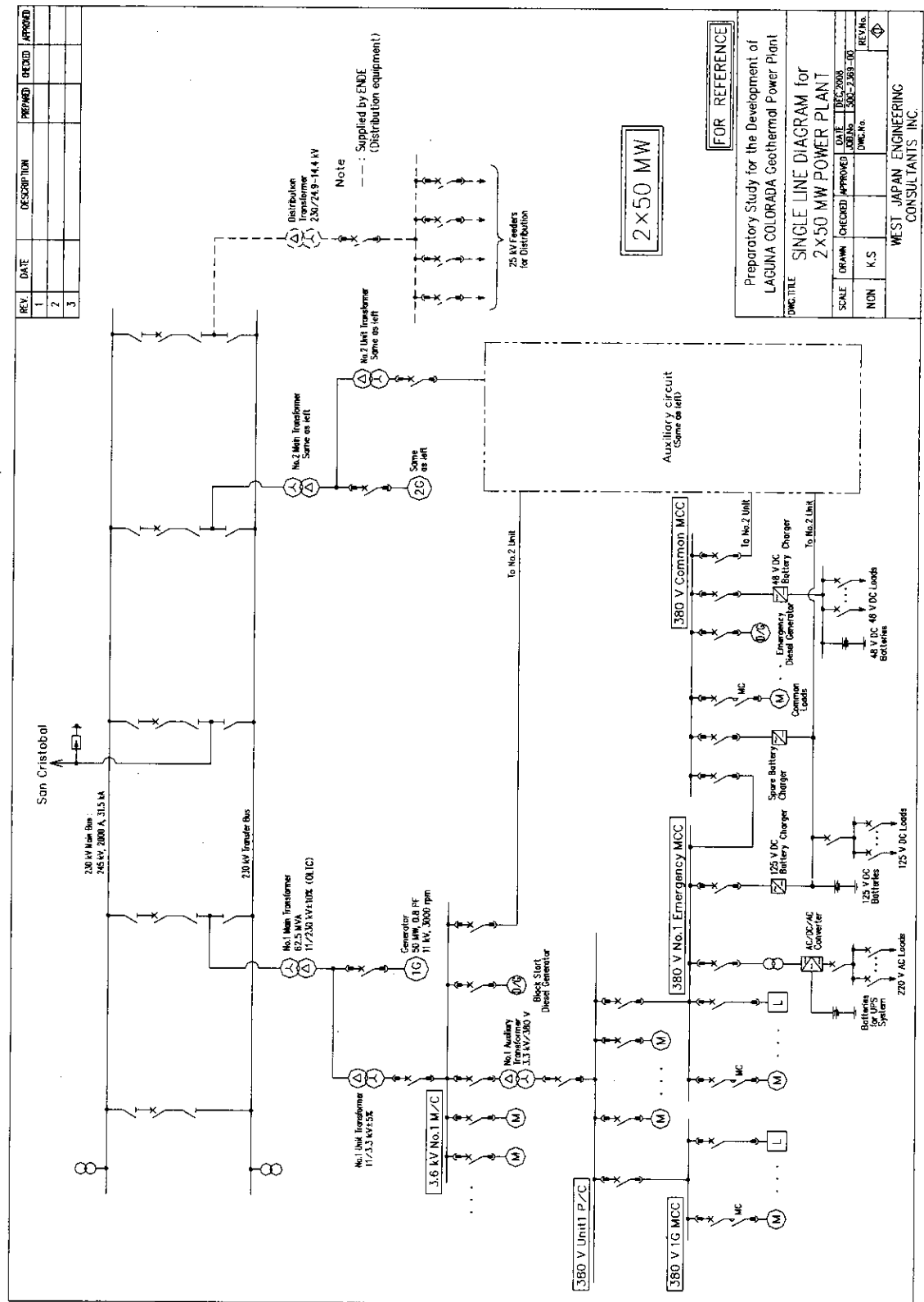


図 1.3.1-11 所内単線結線図（計画変更後 2×50MW）

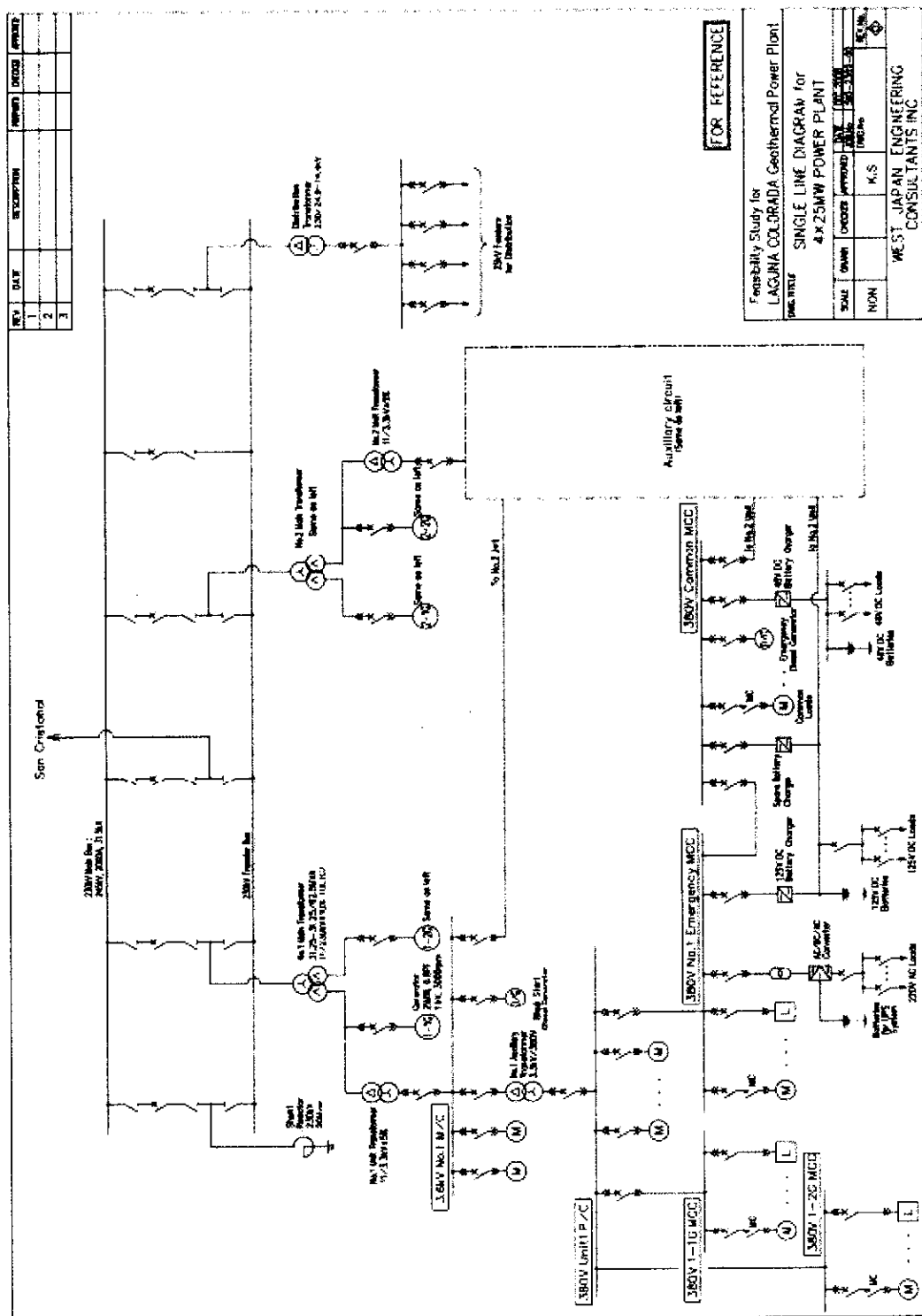


図 1.3.1-12 所内単線結線図 (変更前)

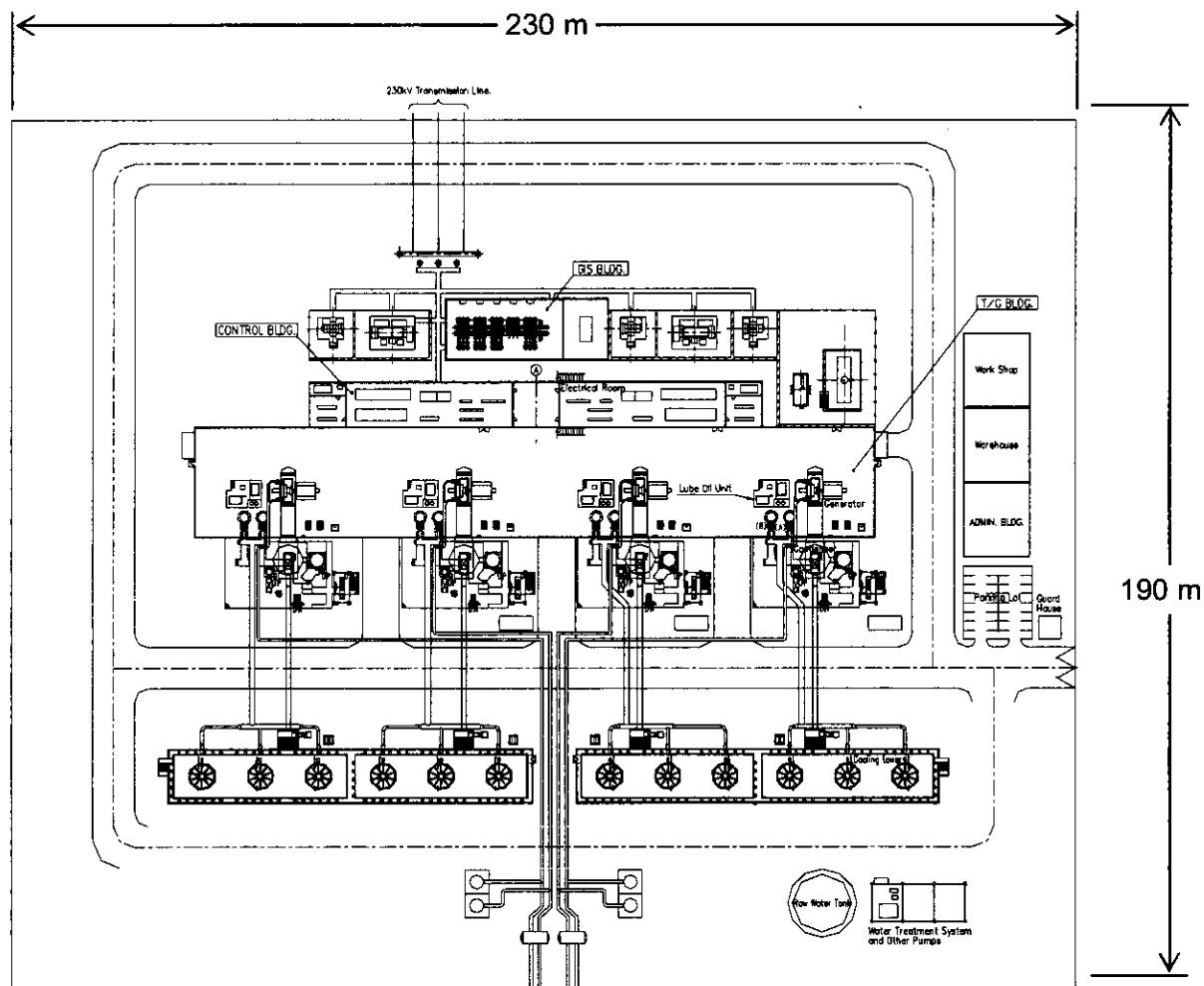


図 1.3.1-13 発電所構内配置（計画変更後 4 x 25MW）

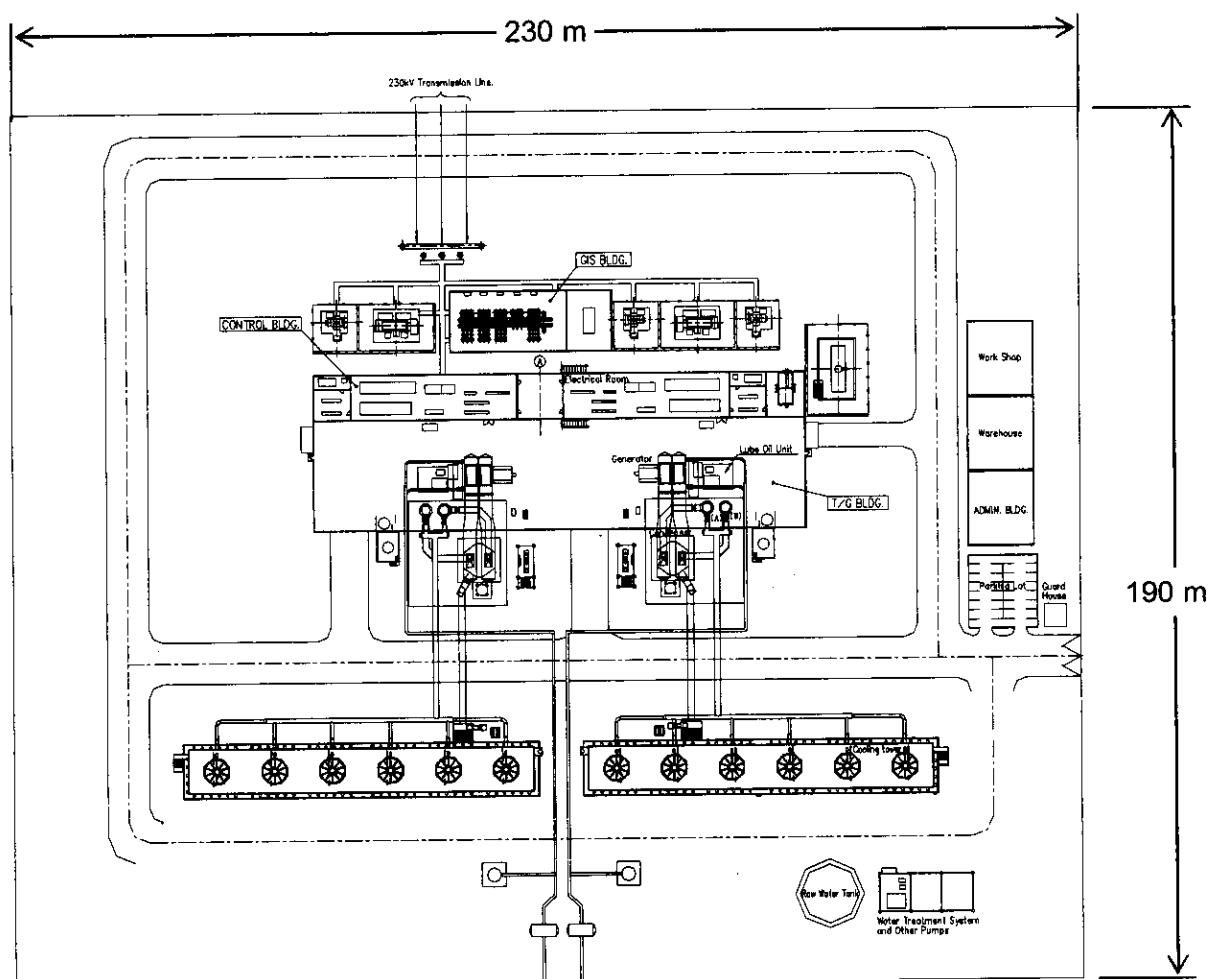


図 1.3.1-14 発電所構内配置（計画変更後 2 x 50MW）

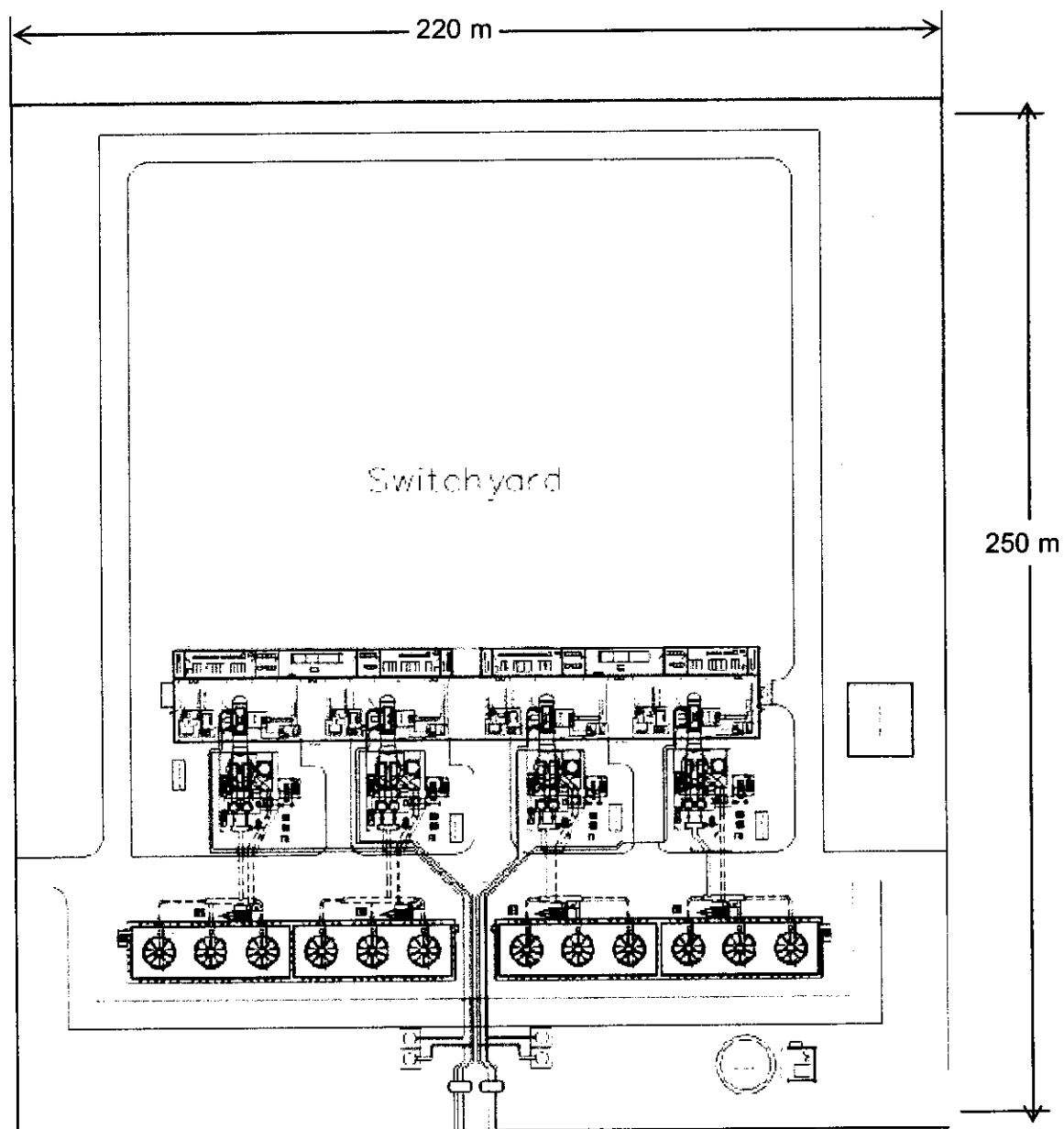


図 1.3.1-15 発電所構内配置（変更前）

4. 送電設備

a. 230 kV 送電線

本地熱発電所で発生した電力は、新 San Cristobal 変電所及び Punutuma 変電所を経由して、国の送電網（SIN; Sistema Interconccion Nacional）に接続される。電圧は 230 kV である。本地熱発電所～新 San Cristobal 変電所間の送電線の距離は約 170km である。

本調査において、San Cristobal 変電所と Punutuma 変電所間の導体サイズに関して、下記のサイズが適用されていることが明らかになった。理由は標高が高いため、コロナ放電の影響を極力小さくするためである。

標高	導体サイズ
3,900 m 未満	1,200 MCM (604.2 mm ²)
3,900 m 以上	1,500 MCM (765.4 mm ²)

本プロジェクトにも、これと同等の導体サイズを適用する必要があるが、今回の送電線ルートは Sol de Mañana (約 5,000 m) から San Cristobal (約 3,800 m) まで、ほとんどが 3,900 m 以上であるため、JETRO F/S で計画していた 954 MCM (483.4 mm²) の導体を、1,500 MCM (765.4 mm²) の導体に変更することで計画する。この送電線の主要仕様を以下に示す。

- 材料 : 鋼心アルミより線 (ACSR: Aluminum Conductor Steel Reinforced)
- 電線断面積 : 1,500 MCM (765.4 mm²)
- 導体数 : 1
- 回線数 : 1 回線
- 送電容量 : 約 150 MVA
- 送電線距離 : 約 170 km
- 運用電圧 : 230 kV

$$mils (mil) = \frac{1}{1000} inch.$$

$$1 MCM = \frac{1}{1000} kmil = 0.5067 mm^2$$

Thousands of circular mils.

前述のように、230 kV 送電線および新 San Cristobal 変電所設置に関して、環境影響評価調査および公聴会において、下記の潜在的問題点が指摘された。

- a) 考古遺跡と送電線の干渉
- b) フラミンゴ類の飛行に対する影響、及び、その対策としての送電設備地中化の可能性
- c) 既存滑走路と送電設備の干渉

考古遺跡の中でも重要と確認された地点として、今回の EIA 報告書には、次の 5 箇所が挙げられている。

- Points 3-4 (Cara del Indio; 22°18' 50" Lat. S, 67°40' 30" Long. W) - Prehispanic ceramics.
- Point 7 (21°59' 31" Lat. S, 67°33' 78" Long. W): Small rocky formations.

- Point 9-10 (Mount San Bartolome; 21°53' 45" Lat. S, 67°32' 40" Long. W): Prehispanic settlement.
- Point 11 (21°46' 16" Lat. S, 67°28' 32" Long. W) - Prehispanic artifacts and ceramics.
- Point 11 (21°46' 16" Lat. S, 67°28' 32" Long. W) - Ceramic fragment.

考古遺跡に加え、本調査では次の観点からも送電線ルートを調査・評価した。

- 岩場
- 湿地
- 農地

その結果、フラミンゴ類は山を超えるときに高度を上げるため、送電線は Laguna Colorada からできるだけ離して山の裾野に建設した方がいいこと、また、数ヶ所で既存滑走路、岩場や農地に係わる箇所があることが判明したため、収集したデータを基に新規ルートを選定した。その結果を図 1.3.1-16 に示す。考古遺跡に関しては、すべての地点が送電線ルートから離れたため影響はなくなった。

また、送電線の地中化については、前述したように、技術的に非現実的であるので、フラミンゴ類の予想飛行ルートと交差する区間において、鳥からの視認性を高める対策（送電線の架空地線にオレンジ色の球体を、約 100 m の間隔で取り付ける）を施すことで対応する。

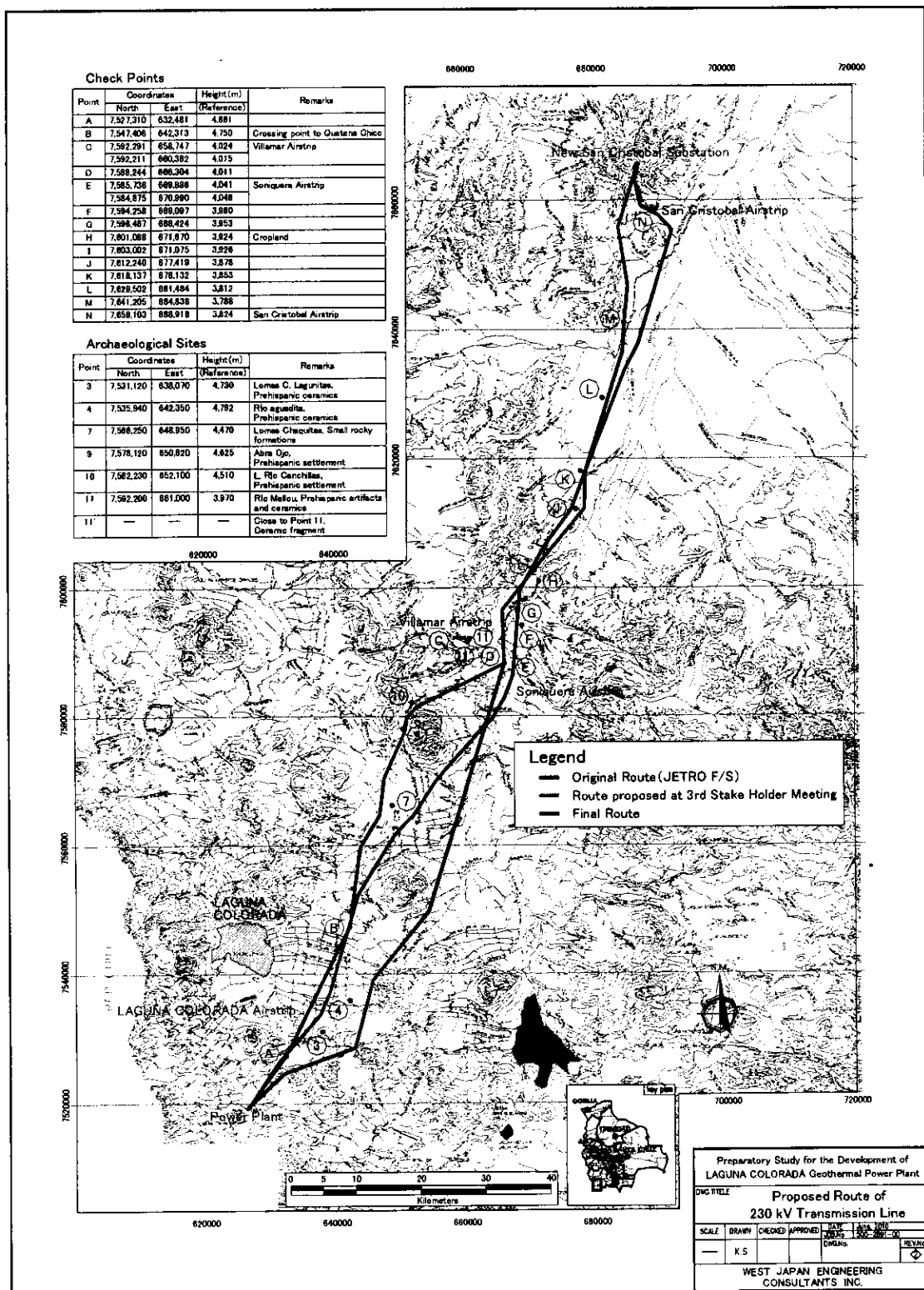


図 1.3.1-16 230 kV 送電線ルート (変更後)

また、第1回の公聴会で指摘された送電線鉄塔の形については「Triangular type」を使用する。その例を図 1.3.1-18 に示す。

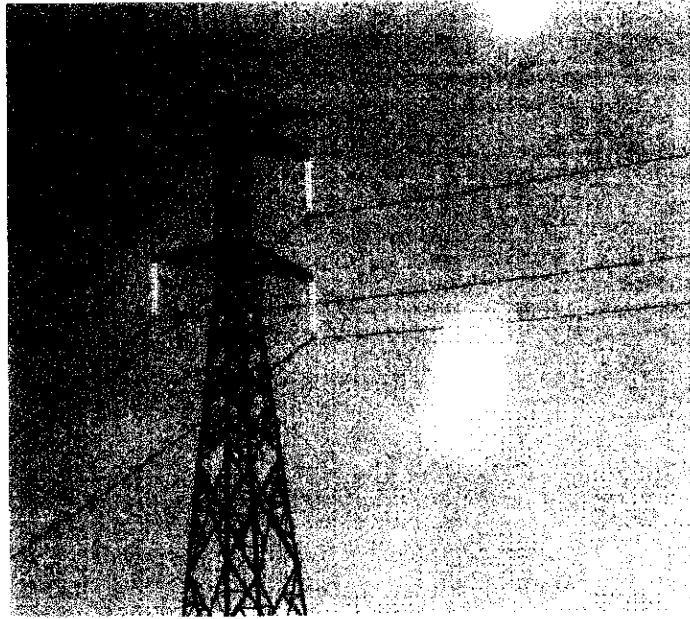


図 1.3.1-18 “Triangular type”送電鉄塔

b. 新 San Cristobal 変電所

San Cristobal 鉱山に設置されている既設の変電所の上空からの写真を図 1.3.1-19（青丸）に示す。（2007 年 JETRO 調査団撮影）



図 1.3.1-19 San Cristobal 鉱山の既設変電所

本地熱発電所で発生した電力をボリビア国の送電網（SIN）に直接送電するために、鉱山会社の既設変電所近くに新しく変電所を設置し（新 San Cristobal 変電所と称す）、現在の 230 kVPunutuma-San Cristobal 送電線（172 km）に San Cristobal 変電所内にて割り込む計画とする。図 1.3.1-20 に Punutuma-San Cristobal 間の現状の系統図を示す。

2010年3月の現地調査時にこの鉱山会社を訪問し、新 San Cristobal 変電所との接続方法及び以下の項目について、現地調査及び聞き取り調査を行った。

- 停電可能時間（或いは日数）とその停電できる日、時期
- 非常用電源の有無、あればその容量
- 既設送電線への割り込み要領
- 新 San Cristobal 変電所の建設位置、他

その結果、以下のことが明らかになった。

- 変電所内の第1遮断器（610-CB-901、図 1.3.1-20 参照）までが送電会社（TESA という会社）の所有である。
- 2台の分路リアクトルのうち、1台はバックアップ（このリアクトルも送電会社 TESA の所有）である。
- 停電時間は長くて12時間から24時間程度、時期は7月（真冬）である。
- 既設変電所のそばはかなり急な丘になっており、従来型の空気絶縁開閉機器屋外変電所に必要な敷地は確保できない。
- プラントの負荷は通常 50 MW 程度（資料によると最大は 57 MW）で、そのうち 60%（30 MW 程度）を5台のミルで占める。
- 2台の変圧器の負荷は、できるだけ 25 MVA を超えないように調整している。
- 鉱山が所有している非常用発電機は、1,225 kVA のディーゼル発電機2台のみ。
- 鉱山の変電所には、力率調整のために 11 kV Capacitor bank が設置されている。
- 鉱山会社は 1 MVA の電力（電圧は 11 kV）を、San Cristobal のコミュニティーに配電する約束をしており、その計画を進めている、他

上記事項および入手資料（変電所の単線結線図、平面図等）を基に、新 San Cristobal 変電所の設置方法、既設送電線への割り込み方法等を検討した。

- 新 San Cristobal 変電所は既設変電所の西側に建設する。
- 従来型の屋外変電所に必要な敷地は確保できないことから、230 kV 開閉装置は GIS（Gas Insulated Switchgear）とする。
- 230 kV の母線構成は、2007年10月の CNDC との打合せにしたがって、補助母線方式とする。
- San Cristobal 変電所内の第1遮断器（610-CB-901）と分路リアクトル間に割り込む。
- GIS の 230 kV 接続は 230 kV 架橋ポリエチレンケーブル（XLPE ケーブル）で行なう。
- 本地熱発電所～新 San Cristobal 変電所間の送電線の静電容量補償用として、San Cristobal 変電所と同様、230 kV、15 Mvar の分路リアクトルを2台設置する。
- 新 San Cristobal 変電所には、下記機器を設置する。
 - 230 kV GIS
 - 制御盤／保護盤
 - 直流電源装置（バッテリー、他）
 - 230 kV 分路リアクトル（2台）

- 配電用変圧器用敷地および配電用開閉装置用建屋

注) 新 San Cristobal 変電所に、低圧の AC 電源が必要である。これは配電用変圧器経由で供給するか、もしくは配電線から供給するか、実施設計時に検討する必要がある。

図 1.3.1-21 に割り込んだ後の系統図（計画）を示す。図に示すように、緑色の破線で示した機器が撤去される。尚、配電用変圧器および開閉装置は ENDE の所掌とし、本プロジェクトには含まない。

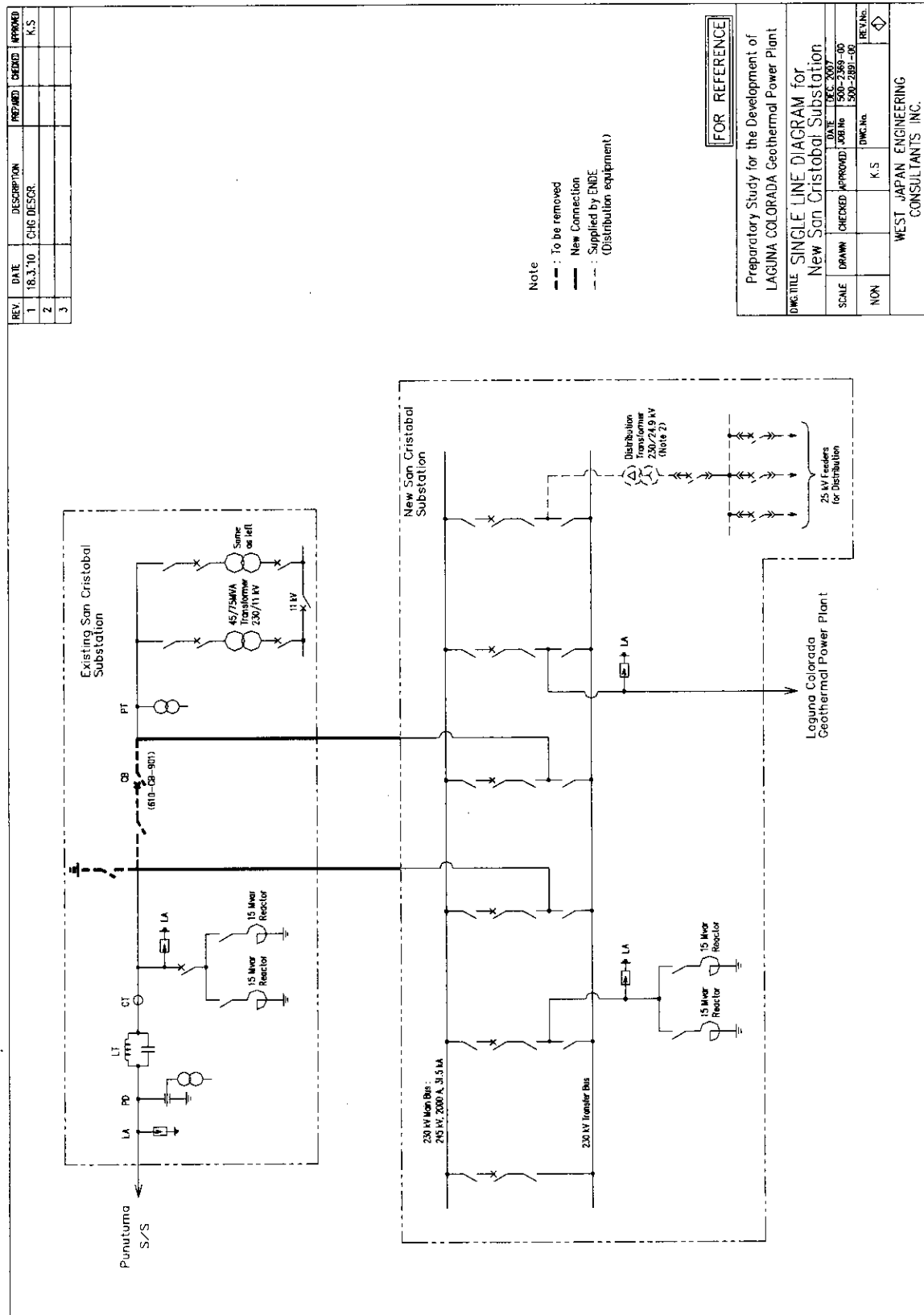


図 1.3.1-21 新 San Cristobal 変電所接続図

現状の San Cristobal 変電所の平面図を図 1.3.1-22 に示す。図中④で示しているのが第1遮断器（610-CB-901）である。割り込んだ後の平面図を図 1.3.1-23 に示す。新 San Cristobal 変電所の機器および関連設備を赤色で示す。本地熱発電所からの送電線を引留鉄構で受け、そこから XLPE ケーブルで GIS に接続し、そこから既設変電所に割り込む計画である。

既設の San Cristobal 変電所に割り込むため、既設変電所の停電が必要となるが、San Cristobal 鉱山会社によると、既設の San Cristobal 変電所は、停電時間は長くて12時間から24時間程度しか取れなく、時期は7月（真冬）とのことである。従って、新 San Cristobal 変電所は、架線接続のみを除いて、7月前までにすべての機器の据付・試験を終了させておき、停電時に架線接続のみを限られた時間内で行なうことで計画する。

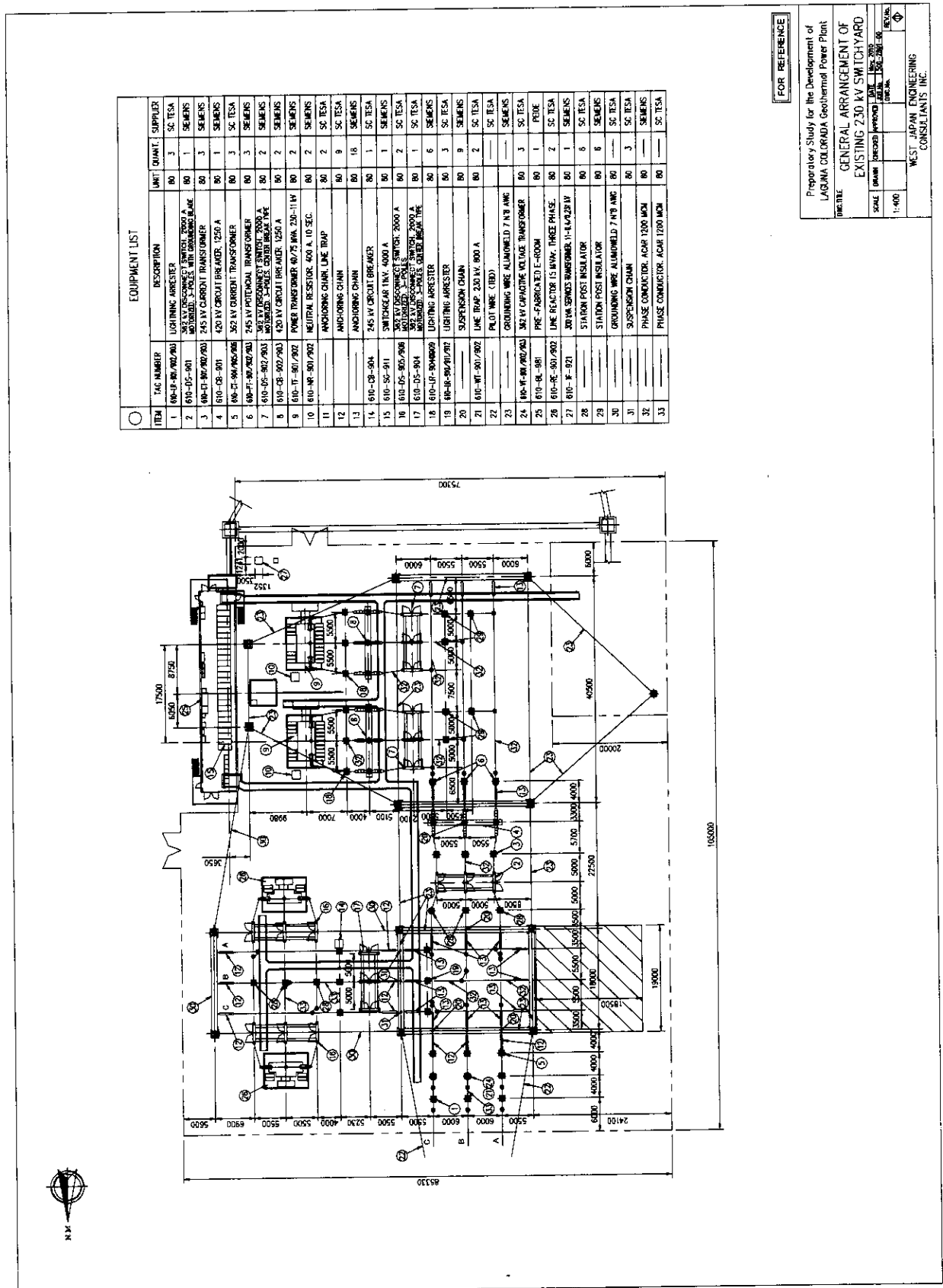


図 1.3.1-22 既設 San Cristobal 変電所平面図

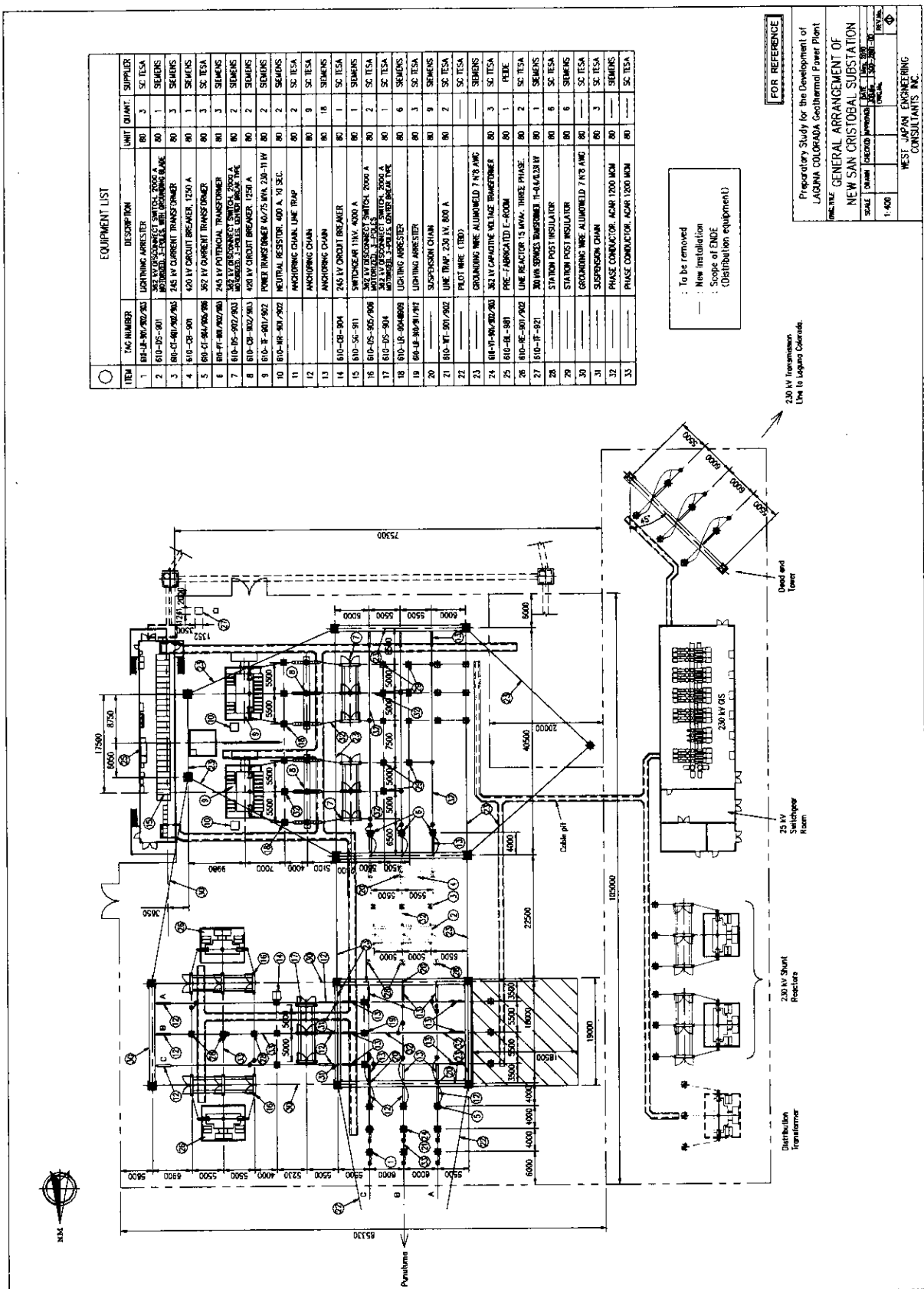
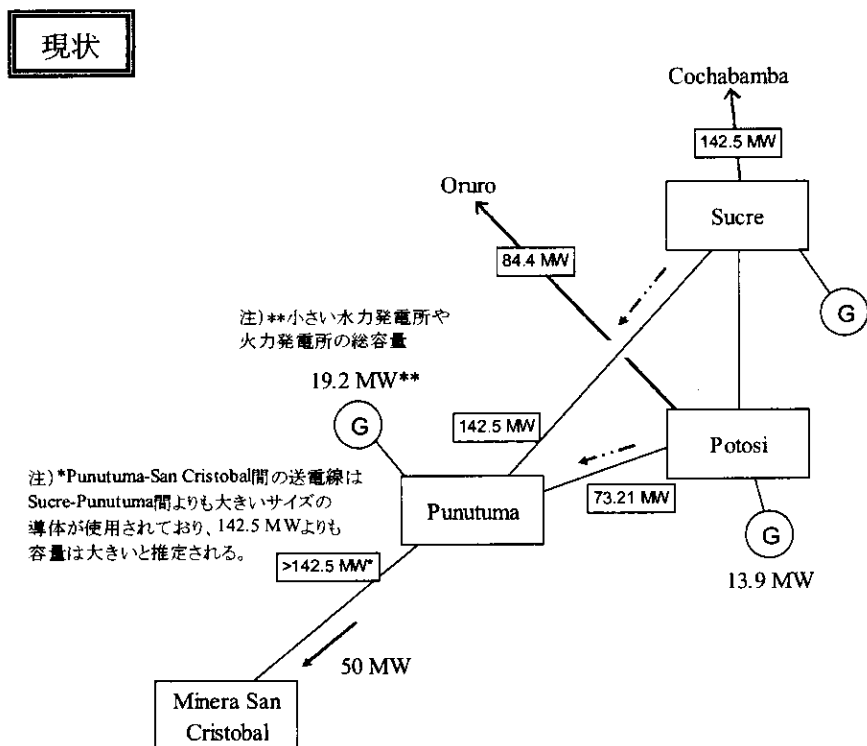


図 1.3.1-23 新 San Cristobal 変電所平面図 (計画)

c. 発電所建設後の電力系統

現状の電力系統および発電所建設後の電力系統を潮流図として図 1.3.1-23 に示す。



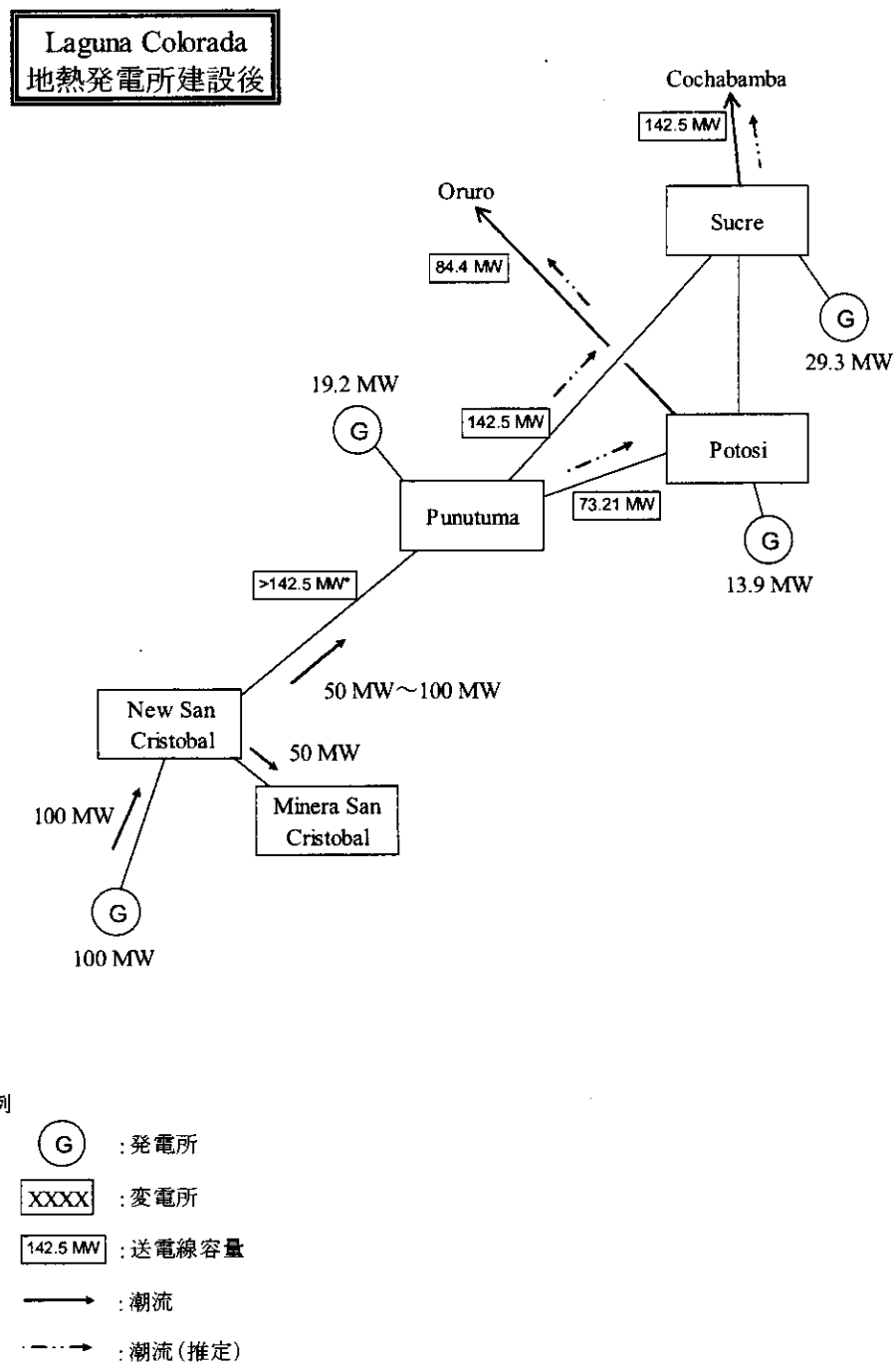


図 1.3. 1-23 現状と発電所建設後の電力系統（潮流図）

現状は、プヌトゥマ変電所からサンクリストバル鉱山会社へ約 50 MW の潮流であるが、これが Laguna Colorada 地熱発電所（100 MW）の建設によって新サンクリストバル変電所からプヌトゥマ変電所への 50 MW の逆潮流となる。（サンクリストバル鉱山会社休業時は、100 MW の潮流）

プヌトゥマ変電所からは図のように 142.5 MW と 73.21 MW、合計 215.71 MW の容量の送電線が接続されており、他発電所の合計電力を加味しても、送電容量には十分余裕があると推定される。

d. 配電線

住民説明会で指摘のあった地方自治体への電力供給について、本地熱発電所及び新 San Cristobal 変電所の両方に、配電用変圧器及び開閉装置を設置する計画としているので、ここから既設配電線に連系されるように計画される。ボリビア国の現在の配電線は 11 kV、24.9 kV 及び 34.5 kV の 3 種類があるためとのことであり、配電用変圧器の二次側電圧はプロジェクト実施時に確認されるべきである。尚、前述しているように、配電用変圧器及び開閉装置は ENDE 所掌である。

5. 資機材輸送

図 1.3.1-24 に示すように、輸入資機材（発電設備機器、配管、ケーブル等）の輸送には、チリ国の Antofagasta 港または Mejillones 港から、Calama および San Pedro de Atacama を経由し、ボリビア国南端の Laguna Verde 湖近くの国境まで既存の舗装路を利用することができる。チリの港にはボリビアが管理する保税倉庫があり、ここからチリの通関を行わないままボリビア国境へ輸送され、国境でボリビアの通関を行う。国境から発電所建設予定地までは、Eduardo Avaria 国立保護区（Eduardo Avaroa Reserve）と建設予定地の西 5km に立地するホウ砂工場（Tierra S.A）が共同管理している Laguna Verde - Apacheta 線を利用できる。また、代替ルートとして、Calama から Ollague まで既存舗装路で輸送し、そこで国境を超え、Chiguana から発電所建設予定地まで南下することも可能である。ブラジルからの資機材の輸送については、既存道路（大部分は舗装済）を利用して Uyuni まで陸送可能である。新 San Cristobal 変電所と送電設備向けのブラジル以外からの輸入品は、Antofagasta 港から Uyuni までは鉄道で輸送可能である。ボリビア国内で調達されるもの（セメント、木材、その他建設資機材）はボリビア国内の既存道路を利用して輸送することができる。Uyuni 以南のボリビア側の道路は未舗装であるが、全体的に地形は平坦で道幅も広いとため、大規模な補修工事は必要ない。

また、小型精密機材については、San Cristobal にある鉱山会社の滑走路および Laguna Colorada にある ENDE の滑走路まで空輸することも可能である。Laguna Colorada の滑走路については ENDE による事前の整備が推奨される。

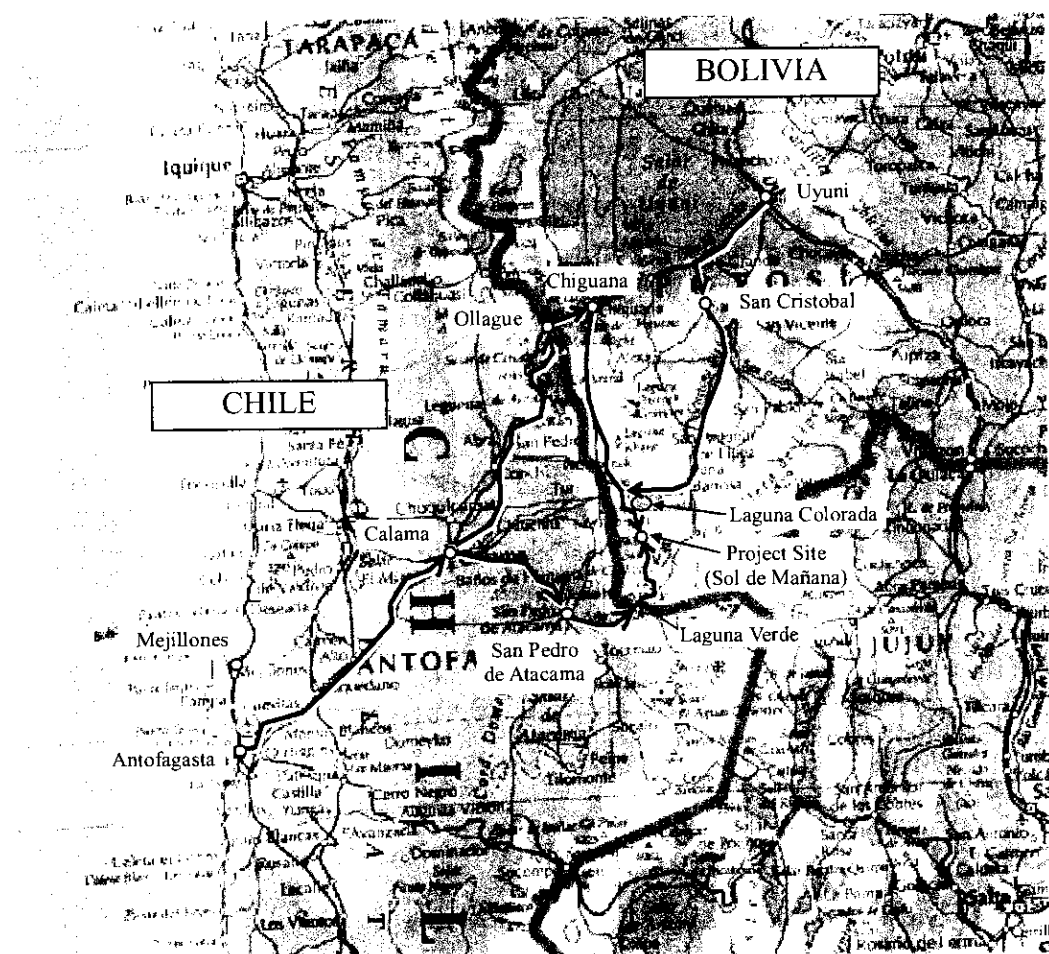


図 1.3.1-24 アクセス道路

1.3.2 実施フェーズ及び調達ロット分け

JETRO F/S では 100MW 分を単一のプロジェクトとして開発することが想定されていたが、本プロジェクトが大規模である事および地熱資源開発のリスク等を考慮して、次の 3 段階のフェーズに分けることとする。

Phase-I: 50MW 分の坑井掘削

Phase-II: 50MW 分の気水輸送設備 (FCRS) と発電設備、100MW 分の送変電設備

Phase-III: 50MW 分の坑井掘削、50MW 分の気水輸送設備 (FCRS) と発電設備

さらに、Phase-II および Phase-III について、資金調達の柔軟性と資源開発リスクのレベルが異なる 3 通りのシナリオを想定する。表 1.3.2-1 に各シナリオ（ケース A～C）の概要を示す。

表 1.3.2-1 開発シナリオ

	ケース A	ケース B	ケース C
Phase-I	50MW 分の坑井掘削	50MW 分の坑井掘削	50MW 分の坑井掘削
Phase-II	Phase-II-1 100MW 送電線建設 発電設備 25MW を 1 基 発注・建設	100MW 送電線建設 発電設備 25 MW×2 基 を一括発注・建設	100MW 送電線建設 発電設備 50MW×1 基 発注・建設
	Phase-II-2 発電設備 25MW を 1 基 発注・建設		
Phase-III	Phase-III-1 50MW 分の坑井掘削 発電設備 25MW を 1 基 発注・建設	50MW 分の坑井掘削 発電設備 25MW×2 基を 一括発注・建設	50MW 分の坑井掘削 発電設備 50MW×1 基 発注・建設
	Phase-III-4 発電設備 25MW を 1 基 発注・建設		
資金調達の柔軟性	細かいフェーズ分けにより各フェーズ毎の金額が抑えられるので、資金調達可能額に制限がある場合には有効。	資金調達スキームは C に同じ。資金調達必要額は C に比べ若干高い。	資金調達スキームは B に同じ。資金調達必要額は B に比べ若干低い。
資源リスク（50MW 分の蒸気が出ない可能性）への対応の柔軟性	25MW ずつ建設のため、資源リスクへの対応の柔軟性は高い。	資源リスクへの対応の柔軟性は A に同じ。	B・C に比べて、一度に 50MW のユニットを建設するため、資源リスクへの対応の柔軟性は低い。

初号基コスト 百万 US\$	81.5 (25MW x 1)	113.5 (25MW x 2)	106.5 (50MW x 1)
総コスト (百万 US\$, 建 中 金 利 除 く)	493.09	462.70	445.61
開発期間	初基号稼動時期は同 じ。100MW 稼動までは 長い。	初期号稼動開始時期 は同じ。100MW 稼動は C プラス 3 ヶ月	初期号稼動開始は同 じ。開発期間は最も短 い。
プロジェクト 管理の負担	25MW を 1 基ずつ発注 のため、負担大	C とほぼ同じ	B とほぼ同じ
運転保守	B と同じ	A と同じ	A, B に比べユニット数 が少ないためメンテ ナンスの負担は若干 少ない。
総合判断	資源リスクへの対応 の柔軟性は高いが、プ ロジェクト管理負担 が大きく、開発期間も 長い。そのため規模の 経済性がない。推奨せ ず。	建設費は C より若干高 いが、資源リスクへの 対応の柔軟性がある こと、系統への信頼性 を保持できること (1 1 基停止時の系統への 影響が小さい) から、 最も推奨される。	経済的には最も有利 だが、資源リスクへの 対応の柔軟性は A, B より低い。ユニット停 止時の系統へ影響も A, B より大きい。よって、 総合的には B の次に推 奨される。

ケース A については、下記の問題から望ましいケースと言えない。そのため、ケース A については、調達ロット、事業スケジュールについて示すものの、経済財務評価は省略する。

- ① 調達パッケージ数が多いため、プロジェクト管理が煩雑になる。
- ② 100MW 分の全体工期がケース B・C より長い。
- ③ 先行ユニットと後続ユニットの技術的インターフェースが難しくなる。
- ④ 先行ユニットと後続ユニットの工事が重なる期間中は、ユニット間の工程調整が難しい。
- ⑤ 先行ユニットと後続ユニットの EPC コントラクターが異なる場合、現場作業員と重機をそれぞれサイトに持ち込むため、キャンプが大規模になり、工事時の環境負荷も大きくなる。
- ⑥ スケールメリットを活かす事ができないため、発電設備の建設単価とコンサルタント費が割高になる。

各ケースの調達ロット分けを、表 1.3.2-2～表 1.3.2-4 に示す。調達ロット分けの検討に際しては、各シナリオについて、以下の事項を総合的に勘案し、できるだけ効率的な事業実施管理ができるよう配慮した。

- サイトのインフラ整備（掘削基地の造成・整備、ENDE キャンプの拡張整備、給水設備整備等）は、技術的にも難しくない小規模な土工事であり、また、Phase-I 着工前に実施する必要があることおよび本体工事の工期を短縮させることから、ENDE が別資金で実施するものと仮定する。
- 坑井掘削と発電設備、送変電設備はショートリスト付国際競争入札で調達する。
- 坑井掘削、坑井試験および地上設備は、業界や工事の性質が異なることから、それぞれ別ロットとする。
- 送変電設備については、発電設備や気水輸送管設備とは設備・工事の性質が異なること、また、ENDE が十分経験を有していることから、別プロジェクトとして切分けられる可能性も考慮し、発電設備とは別ロットとする。
- 業者選定プロセスにかかる期間・費用を抑制し、ロット間の技術的インターフェースや工事スケジュールの調整といったプロジェクト管理に係わる ENDE の負担を軽減するためには、調達ロット数は少い事が望ましい。よって、気水輸送設備 (FCRS)、発電設備本体、開閉所（発電所内変電設備）、発電所共通設備、発電所敷地造成・整備工事は、単一ロットとする。
- 発電設備については、性能保証に関する責任の所在を明確化でき、かつプロジェクト管理が比較的容易なフルターンキー EPC 契約（Engineering, Procurement and Construction）とする。

表 1.3.2-2 調達ロット分け（ケース A）

項 目	フェーズ				
	I	II-1	II-2	III-1	III-3
ENDE 所掌					
許認可取得、接続先・関係機関との協議	X	X			
用地買収	X				
環境モニタリング	X	X	X	X	X
サイト・インフラ整備 (ENDE キャンプ拡張整備、工事用水供給設備等)	X				
道路整備	X				
測量、土質調査	X				
掘削基地・資機材置場の造成・整備 (SM-2 基地、SM-3 基地、熱水還元基地、冷水還元基地)	X				
掘削基地造成・整備 (SM-1 基地、SM-5 基地、新規生産井基地)				X	
坑井掘削、坑井試験					
生産井掘削 (50MW 分) (SM-2 基地：2 本、SM-3 基地：2 本)	Lot No.1				
還元井掘削 (3 本)					
冷却塔ブローダウン用還元井掘削 (1 本)					
生産井掘削 (50MW 分) (SM-1 基地：2 本、SM-5 基地：5 本、新規基地：2 本)				Lot No.2	
還元井掘削 (3 本)					
坑井試験設備	No.3				
坑井試験 (Phase-I)	No.4				
坑井試験 (Phase-III)				No.5	
FCRS・発電設備					
発電所敷地造成・整備		Lot No.6			
発電所内共通設備					
発電設備 (Unit-1, 25MW)					
開閉所 (Unit-1&2 用)					
FCRS (Unit-1&2 用) (セパレータ：SM-3 基地 x3、SM-1 基地 x1、SM-1・S-3 基地用蒸気・熱水配管、SM-2・SM-5 基地用二相流配管、 発電所サイレンサ)					
発電設備 (Unit-2, 25MW)			No.7		
発電設備 (Unit-3, 25MW)				Lot No.8	
開閉所 (Unit-3&4 用拡張)					
FCRS (Unit-3&4 用増設) (新規基地用セパレータ x1 および蒸気・熱水配管、発 電所サイレンサ増設)					
発電設備 (Unit-4, 25MW)					No.9
送变电設備					
230kV 送電線		Lot No.10			
新 San Cristobal 変電所					
コンサルタント	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15

表 1.3.2-3 調達ロット分け (ケースB)

項 目	フェーズ		
	I	II	III
ENDE 所掌			
許認可取得、接続先・関係機関との協議	X	X	
用地買収	X		
環境モニタリング	X	X	X
サイト・インフラ整備 (ENDE キャンプ拡張整備、工事用水供給設備等)	X		
道路整備、	X		
測量、土質調査	X		
掘削基地・資機材置場の造成・整備 (SM-2 基地、SM-3 基地、熱水還元基地、冷水還元基地)	X		
掘削基地造成・整備 (SM-1 基地、SM-5 基地、新規生産井基地)			X
坑井掘削、坑井試験			
生産井掘削 (50MW 分) (SM-2 基地：2 本、SM-3 基地：2 本)	Lot No.1		
還元井掘削 (3 本)			
冷却塔ブローダウン用還元井掘削 (1 本)			
生産井掘削 (50MW 分) (SM-1 基地：2 本、SM-5 基地：5 本、新規基地：2 本)			Lot No.2
還元井掘削 (3 本)			
坑井試験設備	Lot No.3		
坑井試験 (Phase-I)	Lot No.4		
坑井試験 (Phase-III)			Lot No.5
FCRS・発電設備			
発電所敷地造成・整備		Lot No.6	
発電所内共通設備			
発電設備 (Unit-1&2, 25MW x 2)			
開閉所 (Unit-1&2 用)			
FCRS (Unit-1&2 用) (セパレータ：SM-3 基地 x3、SM-1 基地 x1、SM-1・S-3 基地用蒸気・熱水配管、SM-2・SM-5 基地用二相流配管、発電所サイレンサ)			
発電設備 (Unit-3&4, 25MW x 2)			Lot No.7
開閉所 (Unit-3&4 用拡張)			
FCRS (Unit-3&4 用増設) (新規基地用セパレータ x1 および蒸気・熱水配管、発電所サイレンサ増設)			
送变电設備			
230kV 送電線		Lot No.8	
新 San Cristobal 変電所			
コンサルタント	Lot No.9	Lot No.10	Lot No.11

表 1.3.2-3 調達ロット分け（ケースC）

項 目	フェーズ		
	I	II	III
ENDE 所掌			
許認可取得、接続先・関係機関との協議	X	X	
用地買収	X		
環境モニタリング	X	X	X
サイト・インフラ整備 （ENDE キャンプ拡張整備、工事用水供給設備等）	X		
道路整備	X		
測量、土質調査	X		
掘削基地・資機材置場の造成・整備 （SM-2 基地、SM-3 基地、熱水還元基地、冷水還元基地）	X		
掘削基地造成・整備 （SM-1 基地、SM-5 基地、新規生産井基地）			X
坑井掘削、坑井試験			
生産井掘削（50MW 分） （SM-2 基地：2 本、SM-3 基地：2 本）	Lot No.1		
還元井掘削（3 本）			
冷却塔ブローダウン用還元井掘削（1 本）			
生産井掘削（50MW 分） （SM-1 基地：2 本、SM-5 基地：5 本、新規基地：2 本）			Lot No.2
還元井掘削（3 本）			
坑井試験設備	Lot No.3		
坑井試験（Phase-I）	Lot No.4		
坑井試験（Phase-III）			Lot No.5
FCRS・発電設備			
発電所敷地造成・整備		Lot No.6	
発電所内共通設備			
発電設備（Unit-1, 50MW）			
開閉所（Unit-1 用）			
FCRS（Unit-1 用） （セパレータ：SM-3 基地 x3、SM-1 基地 x1、SM-1・S-3 基地用蒸気・熱水配管、SM-2・SM-5 基地用二相流配管、発電所サイレンサ）			
発電設備（Unit-2, 50MW）			Lot No.7
開閉所（Unit-2 用拡張）			
FCRS（Unit-2 用増設） （新規基地用セパレータ x1 および蒸気・熱水配管、発電所サイレンサ増設）			
送変電設備			
230kV 送電線		Lot No.8	
新 San Cristobal 変電所			
コンサルタント	Lot No.9	Lot No.10	Lot No.11

1.3.3 実施スケジュール（3つのケース）

前節で説明した3つのシナリオ（ケースA～C）の実実施スケジュールを図1.3.3-1、図1.3.3-2および図1.3.3-3に示す。坑井掘削、気水輸送設備・発電設備、および送変電設備については、JICAの円借款による国際競争入札による調達を仮定している。また、Phase-IIIは、Phase-IIの1年後に融資契約が締結されると仮定した。

1. Phase-0

プロジェクトの準備段階は、その後プロジェクトをスケジュール通りに進めていくにあたって極めて重要である。日本政府や他の金融機関との借款契約交渉を行うのと並行して、ENDEは準備段階として以下を行う必要がある。

a. 既存坑井の長期噴気試験

坑井噴気試験の目的は以下の3つである。

- Sol de Mañana 噴気帯や水理システムへの影響を確認する。
- 地化学データ（特に蒸気中の硫化水素濃度）を取得し、発電設備の設計および硫化水素拡散シミュレーションに反映する。
- 発電設備の設計に必要な生産井の特性データを取得する。

b. 気象データ測定装置の設置・データの取得

気象データの取得は硫化水素の拡散シミュレーションのために非常に重要であり、発電所稼動期間中に要求される緩和策のレベルについて判断するために必要である。

c. 掘削業者・地熱流体設備、発電設備、送電設備の請負業者選定のためのP/Q書類作成。

d. 噴気帯・水位モニタリングに関する ENDE のトレーニング。

2. Phase-I、Phase-II および Phase-III

a. コンサルタントの調達（約6ヶ月）

コンサルタントは、各フェーズの借款契約後に競争入札で調達される。調達に要する期間は、入札・評価・契約交渉・ボリビア側承認手続・JICA 同意手続等を含めて6ヶ月程度と想定される。

b. 坑井掘削

1) 事前資格審査(P/Q)（約3ヶ月）

国際入札を想定して、それら対象企業に対するP/Qを実施する。本作業と並行して、掘削工事の入札資料を作成する。

2) 入札資料の作成（約 5 ヶ月）

既存坑井の掘削結果および噴出試験データに基づき、掘削工事および噴出試験の基本計画を作成し、最終的な入札図書を作成する。

3) コントラクターの選定（約 7 ヶ月）

坑井掘削工事および噴出試験にかかる国際競争入札を実施する。坑井掘削工事および噴出試験の調達は別ロットとし、事前資格審査で選定された業者に対して、案件公示・現地説明会の開催・技術評価・価格評価・契約交渉・契約書類作成・契約を実施する。

4) 掘削および噴出試験（Phase-I: 27 ヶ月、Phase-III: 33 ヶ月）

本プロジェクト・サイトが標高約 4,900m という高地にあり、かつ冬期（7 月～8 月）は気温低下のため工事が困難なことから、作業効率が低下する事を考慮して、掘削および噴出試験にかかる工期を Phase-I で 27 ヶ月、Phase-III で 33 ヶ月間とした。Phase-I では 8 坑井、Phase-III では運転開始 1 年後に必要な蒸気井 3 本を含む 12 坑井を掘削するが、1 坑井当たりの平均掘削期間は、掘削機の基地内および地域内移動を含めて、約 2 ヶ月とする。

c. 地上設備

1) 事前資格審査 (P/Q)（約 5 ヶ月）

P/Q 実施は、その評価基準が大まかな仕様と地上設備の計画規模において設定されることから、発電設備の基本設計や入札資料の作成と同時並行で行われる。

2) 基本設計および入札資料の作成（約 9 ヶ月）

Phase-0 で ENDE が実施する既存坑井の噴気試験結果、同じく Phase-0 で ENDE が観測した気象データ、および、測量と土質調査の結果に基づき地上設備の基本設計を行う。これにより、気水輸送設備・発電設備および送変電設備に必要な技術要求事項をまとめ、コントラクター選定のための入札資料を作成する。本期間はボリビア側および JICA の審査・承認のための期間を含んでいる。所要期間は、過去の円借款による地熱発電所建設プロジェクトの実績から推定した。Phase-III では先発ユニットとの技術的インターフェースを検討する必要があるが、Phase-II で作成した基本設計と入札資料を一部利用可能なため、期間を短縮している。

3) コントラクターの選定（約 10 ヶ月）

坑井掘削工事と並行して、気水輸送設備・発電設備建設および送変電設備建設のための国際競争入札を実施する。契約規模が大きくまた技術要件が複雑なことから、過去の円借款による地熱案件と同様に 2 エンペロ

ープ方式とする。この段階には、公示・現地説明会の開催・技術評価・価格評価・契約交渉・契約書類作成・契約までを含む。入札・評価・契約の各所要期間は、ボリビア側および JICA の承認に要する期間にも左右されるが、円借款が適用された過去の地熱発電所建設プロジェクトの実績から、最短で、それぞれ 3 ヶ月、4 ヶ月、3 ヶ月程度と推定される。

4) 地上設備の建設

他国の地熱プロジェクトの実績をベースに、本プロジェクト・サイトが標高約 4900 m という高地にあるため作業効率が低下する事を考慮して、建設工期を正味 33 ヶ月間とした（試運転期間 3 ヶ月を含む）。さらに、冬期は工事が困難な事から、7 月～8 月（2 ヶ月間）の屋外工事中断を考慮すると、1 号機の完工は EPC 契約発効から 39 ヶ月後となる。試運転期間は各種試験を実施するため、1・2 号機を同時に試運転することはできない。よって、2 号機の完工は 1 号機から 3 ヶ月遅れとなる。

電気設備の機能チェックのために送電線側からの受電が必要となるため、送変電設備は、試運転開始の 4 ヶ月前までに完成していなければならない。また、発電所内配管内の残渣を排除するために蒸気供給が必要なことから、気水輸送管設備は試運転開始の 1 ヶ月前までに配管内の洗浄と試験を終了させなければならない。

図 1.3.3-1 実施スケジュール（ケースA）

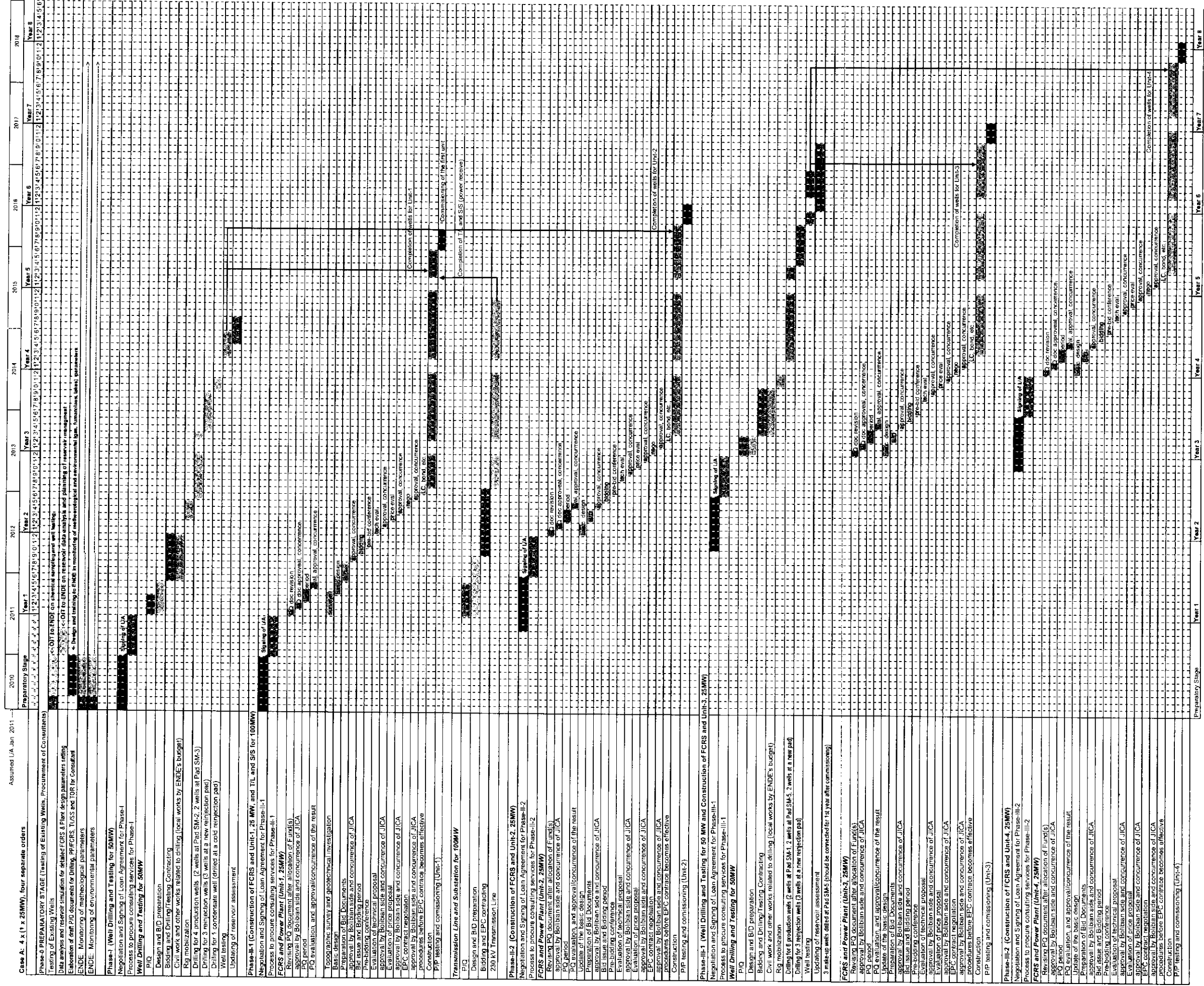
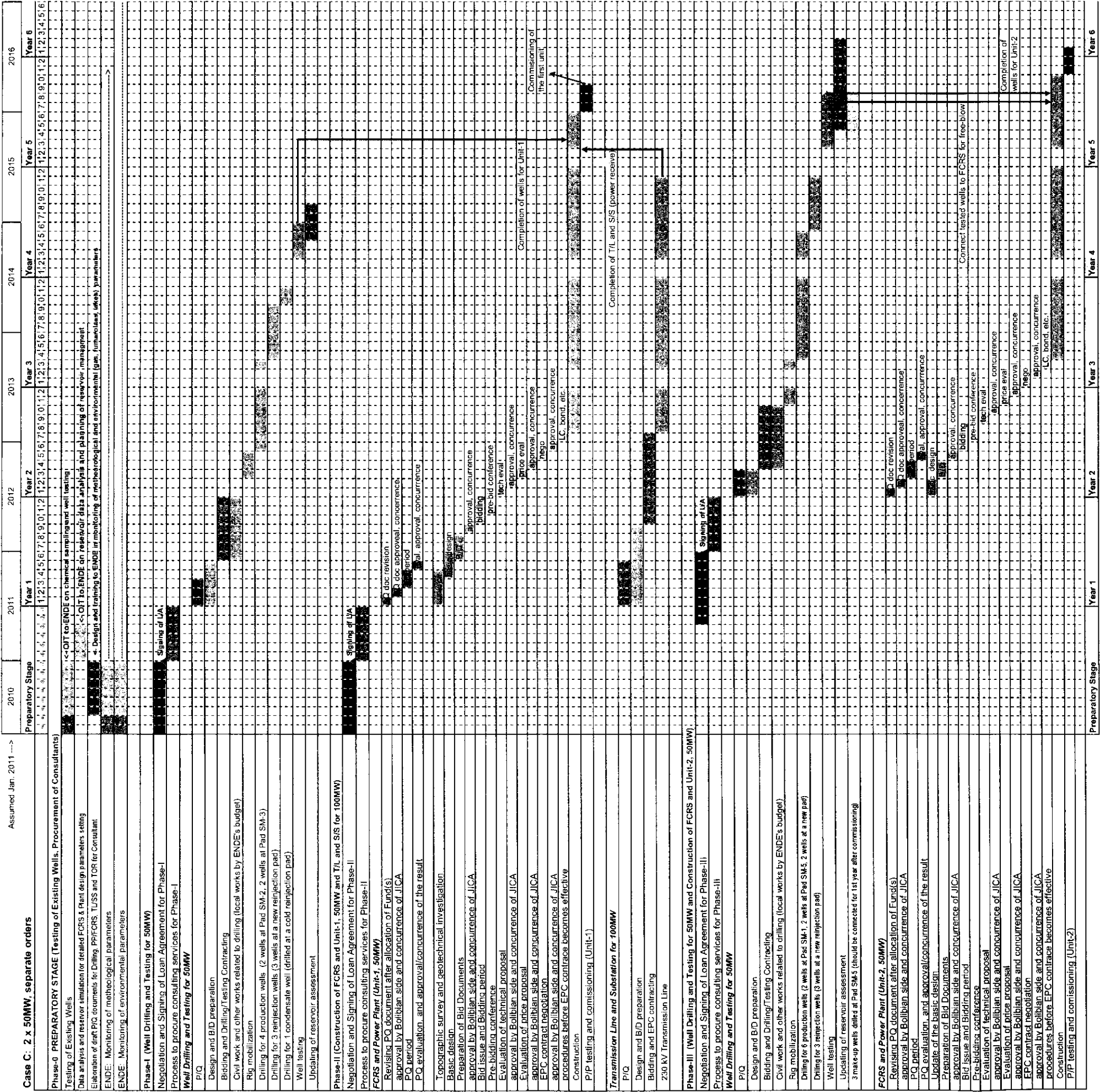


図1.3.3-2 実施スケジュール(ケースB)

Case B: 2 separate groups of (2 x 25MW)											
Assumed UA Jan. 2011											
Preparatory Stage											
Year 1											
Year 2											
Year 3											
Year 4											
Year 5											
Year 6											
Phase-0 PREPARATORY STAGE (Testing of Existing Wells, Procurement of Consultants)											
Testing of Existing Wells											
Data analysis and reservoir simulation for detailed FCRS & Plant design parameters setting											
Elaboration of draft P/Q documents for Drilling, PP/FCRS, TUSS and TOR for Consultant											
ENDE: Monitoring of meteorological parameters											
ENDE: Monitoring of environmental parameters											
Phase-1 (Well Drilling and Testing for 50 MW)											
Negotiation and Signing of Loan Agreement for Phase-I											
Process to procure consulting services for Phase-I											
Well Drilling and Testing for 50MW											
P/Q											
Design and B/D preparation											
Bidding and Drilling/Testing Contracting											
Civil work and other works related to drilling (local works by ENDE's budget)											
Rig mobilization											
Drilling for 4 production wells (2 wells at Pad SM-2, 2 wells at Pad SM-3)											
Drilling for 3 reinjection wells (3 wells at a new reinjection pad)											
Drilling for 1 condensate well (drilled at a cold reinjection pad)											
Well testing											
Updating of reservoir assessment											
Phase-II Construction of FCRS, Unit-1&2, 25MWx2, and T/L and S/S for 100MW											
Negotiation and Signing of Loan Agreement for Phase-II											
Process to procure consulting services for Phase-II											
FCRS and Power Plant (Unit-1 & 2, 25MW x 2)											
Revising PQ document after allocation of Fund(s)											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
P/Q period											
P/Q evaluation, and approval/concurrence of the result											
Topographic survey and geotechnical investigation											
Basic design											
Preparation of Bid Documents											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Bid issue and Bidding period											
Pre-bidding conference											
Evaluation of technical proposal											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Evaluation of price proposal											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
EPC contract negotiation											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Construction											
P/Q testing and commissioning (Unit-1)											
P/Q testing and commissioning (Unit-2)											
Transmission Line and Substation for 100MW											
P/Q											
Design and B/D preparation											
Bidding and EPC contracting											
230 kV Transmission Line											
Phase-III (Well Drilling and Testing for 50MW and Construction of FCRS and Unit 3&4, 25MWx2)											
Negotiation and Signing of Loan Agreement for Phase-III											
Process to procure consulting services for Phase-III											
Well Drilling and Testing for 50MW											
P/Q											
Design and B/D preparation											
Bidding and Drilling/Testing Contracting											
Civil work and other works related to drilling (local works by ENDE's budget)											
Rig mobilization											
Drilling for 6 production wells (2 wells at Pad SM-1, 2 wells at Pad SM-5, 2 wells at a new pad)											
Drilling for 3 reinjection wells (3 wells at a new reinjection pad)											
Well testing											
Updating of reservoir assessment											
3 make-up wells drilled at Pad SM-5 (should be connected for 1st year after commissioning)											
FCRS and Power Plant (Unit-3 & 4, 25MW x 2)											
Revising PQ document after allocation of Fund(s)											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
P/Q period											
P/Q evaluation, and approval/concurrence of the result											
Update of the basic design											
Preparation of Bid Documents											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Bid issue and Bidding period											
Pre-bidding conference											
Evaluation of technical proposal											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Evaluation of price proposal											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
EPC contract negotiation											
approval by Bolivian side and concurrence of JICA											
Construction											
P/Q testing and commissioning (Unit-3)											
P/Q testing and commissioning (Unit-4)											

図 1.3.3-3 実施スケジュール（ケースC）



1.3.4 コンサルティングサービスの内容

プロジェクト実施機関である ENDE はプロジェクト実施を支援するコンサルタントを雇用する。コンサルタントは地熱資源開発、地熱発電設備、送変電設備等のプロジェクトに関する適正な能力と十分な経験を有していなければならない。ENDE がプロジェクトを実施するにあたり、コンサルタントは坑井掘削、地熱資源評価、地熱蒸気供給、地熱発電、送変電に関する基本設計、入札仕様書作成、入札、契約、コントラクターの設計・製作・建設・試験・試運転に係る管理の助勢を行う。これらのサービスには、入札書類・入札評価結果等に関する融資元からの質問・コメントへの対応助勢も含む。ただし、基本設計に必要な技術データ（既存井の坑井試験結果および建設予定地の気象観測データ）は、基本設計開始までに ENDE によってあらかじめ取得されているものとする。また、ボリビア側（政府機関、ENDE 等）の諸手続きや調達・支払業務に関する調整や代行は、コンサルティングサービスに含まない。

環境モニタリングは、EIA および融資元のガイドラインに従って ENDE が実施する。コンサルタントは、ENDE による環境モニタリングの実施状況を確認するとともに、地熱発電に特有な事項（掘削中の泥水、噴出試験や発電所運転中に生じる熱水および硫化水素ガス等）に係る設備設計上の注意点と環境対策、環境モニタリングに関する教育および技術的助言を行う。

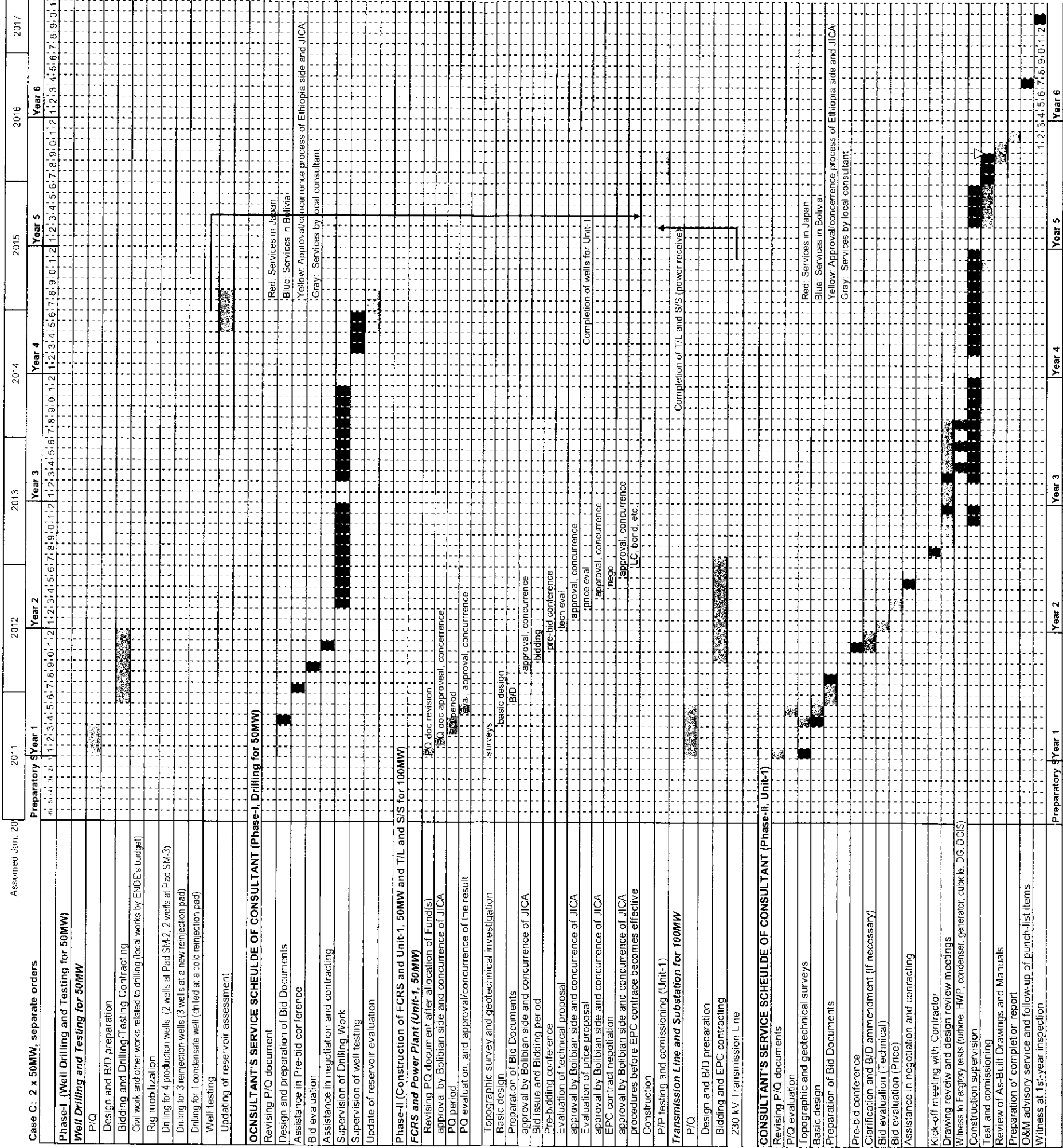
表 1.3.4-1 にコンサルタントの業務範囲を示す。この表では、前述の実施フェーズ分けおよび調達ロット分けのうち、最も単純なケース C（50MW×2 ユニットの 2 段階に分けて建設）を代表例として示す。他の 2 ケース（ケース A：25MW×4 ユニットの 4 段階に分けて建設、ケース B：25MW×4 ユニットの 2 段階に分けて建設）では、コンサルタントの業務期間と業務量が増えるものの、業務内容自体はケース C と同じである。また、前述のように、気水輸送管設備 (FCRS) と発電設備は単一ロットのフルターンキー EPC 契約を前提とする。

図 1.3.4-1 にコンサルタントの業務スケジュールを示す。ここでも、表 1.3.4-1 と同様、最も単純なケース C の Phase-I（50MW 分の坑井掘削）および Phase-II（Unit-1 50MW の建設）を代表例として示す。Phase-III およびケース A、ケース B は、工事期間に合わせてコンサルタント業務期間が若干変わるものの、この図と同様のパターンを繰り返すことになる。

表 1.3.4-1 コンサルタント業務範囲

No.	項目	Phase-I 坑井掘削	Phase-II 深部調査設備 FCRS・発電設備	Phase-III 坑井掘削 FCRS・発電設備	備考
1	掘削コントラクターの選定助勢				
1.1	P/Q documentの修正	X		X	
1.2	設計およびBid Documents作成	X		X	
1.3	Pre-bid conference開催の助勢	X		X	
1.4	入札評価	X		X	
1.5	契約交渉・契約助成	X		X	
2	掘削工事監理	X		X	
3	資源量再評価				
3.1	坑井掘削の現地監理	X		X	
3.2	資源量評価の更新	X		X	
4	基本設計・入札書類の作成		X		
4.1	Basic Design Reportの作成		X		
4.2	Bid Documents作成		X		
5	コントラクターの事前資格審査				
5.1	P/Q documentの修正		X	X	Phase-Iに先立ってENDEが作成したP/Q documentを、融資元のガイドラインに合わせて修正する。
5.2	P/Q評価		X	X	
6	コントラクターの選定助勢				
6.1	Pre-bid conference開催の助勢		X	X	Bid issueから約2週間後に実施
6.2	Clarification、B/D amendment作成の助勢		X	X	
6.3	開札式開催の助勢		X	X	
6.4	入札評価(技術)		X	X	
6.5	入札評価(価格)		X	X	
6.6	契約交渉助勢		X	X	
6.7	契約書類作成の助勢		X	X	
7	設計監理、工事監理				
7.1	ENDE・コントラクターの打合せへの参加		X	X	月例進捗会議、設計レビュー会議(2回/phase)、接続先との調整助勢を想定。
7.2	設計図書・図面・試験計画のレビュー		X	X	
7.3	工場試験立会い		X	X	
7.4	工事監理		X	X	
7.6	現地試験立会い		X	X	
7.7	試験立会い、性能試験結果の評価		X	X	
7.8	完成図書、O&Mマニュアルのレビュー		X	X	完成図書(含完成図)及びO&Mマニュアルはコントラクターが作成。
7.9	ドラフト完了報告書作成		X	X	
8	運転後のサービス				
8.1	Punch list item (残工事) のフォロー		X	X	
8.2	運転・保守に関する技術助言サービス		X	X	完工後1〜2年間の初期トラブル対応検討等。
8.3	1年目点検立会い、点検結果評価		X	X	
8.4	完了報告書作成		X	X	ドラフトに1年目点検結果を反映
9	環境保護サービス				
9.1	地熱発電の環境対策に関する教育、技術助言	X			設計段階または建設期間中のワークショップ開催。
9.1	ENDEによる環境モニタリングの実施状況確認	X	X	X	モニタリング自体はENDEが実施する。
10	技術移転				
10.1	地熱発電設備の設計に関する一般基礎教育		X		基本設計、B/D作成、または図面レビュー段階でのセミナー開催またはOIT。
10.2	地熱発電設備の管理・運転・保守に関する一般基礎教育		X		試運転開始前に現地、CochabambaまたはLa Pazで実施。

図 1.3.4-1 コンサルタント業務スケジュール（Case C, Phase-I～II）



1.4 事業費の積算

1.4.1 JETRO F/S との事業費の相違点

1. 坑井掘削

坑井掘削にかかる費用は、JETRO FS 見積 57 百万 US\$ に対して、今回の積算では 106 百万 US\$ と約 86% の大幅な上昇が見られた。これらの背景としては、近年の掘削市場の盛況が考えられる。海外における掘削費については、原油市場価格の異常な高騰により、石油掘削市場は完全に売り手市場となっている。また、世界的に Rig および作業員不足が言われており、掘削費は暴騰している。この影響は、地熱井掘削にも波及しており、実際のところ近年の海外実績では、ケニアにおける地熱掘削では、1 日当たりの Rig-rate は、37,000~40,000US\$/day、インドネシアにおいても 35,000~40,000US\$/day という、以前では考えられなかった高額で契約された実績がある。参考までに日本の掘削会社に対して聞き取りを行なったところ、同様の金額が提示された。掘削機が非常に大型であること、また設備も最新型であることを考慮しても、原油価格の高騰以前よりも 40-100% 程度の Rig-rate 上昇が見られる。同様に、傾斜掘削等の掘削関連サービス会社のコストおよび掘削関連資材も同様に上昇しているのが現状である。また、海外のコンサルタントからの情報でも、中米における掘削費はかなり上昇していると聞き及んでいる。したがって、掘削費は原油価格の暴騰以前と比較して、民間ベースであれば 40-50% 程度は上昇していると考えられる。この掘削費高騰は、原油価格が比較的落ち着いた現在でも、それと連動して下落傾向とはなっておらず、掘削費は最高値を維持したままである。国内外を問わず、石油・地熱をオペレーターは、掘削費に関しては、特例を除いて情報を開示していない。それは、石油・蒸気等の生産物の売買価格にかかる最も根幹の部分であることがその理由である。さらに、海外掘削業者が入札前に金額を提示することはありえず、あくまでも入札で始めて価格が明らかになるのが現状である。したがって、今回の概算コストは、弊社が有する経験・情報に基づき算定したものである。さらに、必要とする掘削機が対象国の市場にどれほど出回っているかによって価格は変動するが、今後ここ数年の掘削費として大まかに 2,300~3,000US\$/m 程度が予想される。この価格は、地熱井を掘削する国で Rig を調達するのが大前提であり、海外調達であればさらに輸送費がかかり、掘削費は上昇することが予想される。

弊社が有する情報からは、近年の地熱井掘削費は以下のようにまとめられる。

海外における地熱井の掘削費について

前提条件

- 坑井は蒸気井とし、最終口径は 8-1/2" あるいは 9-7/8" とする
- 深度に関しては、2000m 級とする
- 基本的に海外の掘削に関しては、Daily-rate である
- 掘削費は、地質・逸水等により工期が左右されるため、概算値である
- Mob-Demob は含まず

年度	国名	掘削費	備考
2005-2008	Kenya	8-1/2" Directional-2,800m 実績-6.4MUS\$ 2,285US\$/m	実績ベース
2008	Indonesia A 地域	9-7/8" Directional-2,000m 実績-5.3MUS\$ 2,650US\$/m	実績ベース
2009	Indonesia B 地域	9-7/8" Directional-2,200m 実績-6.0MUS\$ 2,730US\$/m	実績ベース
2009	Nicaragua	8-1/2" Directional-2,200m 実績-6.0MUS\$ 2,730US\$/m	聞取りベース
2009-2010	Kenya	8-1/2" Directional-2,800m 計画-6.3MUS\$ 2,250US\$/m	計画ベース

基本的に、ここ数年 2,000m 級の掘削費としては、5.0-6MUS\$程度で推移している。

本プロジェクトにおける JETRO F/S との事業費の相違点は、以下に集約される。

- 地熱貯留層の温度低下防止およびスケール付着防止のために、発電所の蒸気凝縮水処理用の還元井掘削を追加したことにより、還元井1本分の費用が増加した。
- 石油価格上昇に伴う Rig コストおよび掘削に付随する傾斜掘削、セメンティング等のサービス業務は、50-100%の大幅な価格上昇が見られ、それらは掘削費高騰の一因となっている。
- 掘削用のパイプ、ケーシングを含む鉄鋼製品等の材料価格の大幅な価格上昇。
- JETRO FS 見積時には、既存坑井 SM-1, 2, 3, 4, 5 を掘削した当時のように国有企業である YPFB (Yacimientos Petroliferos Fisicales Bolivianos) の協力が得られ、ボリビア国内調達が可能であり、それにより価格は低く抑えられることを想定。
- 今回の調査により、YPFB がもはや掘削機を保有せず、掘削関連サービスを含む掘削工事全体を海外調達しなければならないことが判明した。最新の情報では、YPFB が新たに3本の石油調査井を掘削中であることが報告されているが、これらは自社の掘削機によるものではない。
- 現地調査により、冬季期間中の掘削作業の中断が必要であることが判明し、それによる掘削設備スタンバイフィー等の経費が追加される。

2. 気水輸送管設備及び発電設備

発電設備 (100MW 分) の建設費は、JETRO F/S 見積 150 百万 US\$に対して、単機容量が同じケースBは 187.5 百万 US\$（硫化水素吸収装置を除く）となり、約 24%上昇した。JETRO F/S では、2003 年～2007 年のインドネシアおよびフィリピンにおける地熱発電所建設費の実績データをもとに、エスカレと容量補正を考慮して、建設単価を約 1500 US\$/kW と想定した。今回は、直近1年間のメキ

シコおよびインドネシアにおけるデータを加えたため、結果的に、2007 年～2009 年にかけての資材価格（特に鉄鋼材料）の上昇が価格に反映される形となった。さらに、JETRO F/S では 4 基同時発注を想定していたが、今回はどのケースも分割発注となるため、コントラクターのモビライゼーションやプロジェクト管理費が増加する事、発注毎にコントラクターが異なる可能性があるためリピートオーダーによる設計費削減や数量割引効果が期待できない事もコスト増加要因となっている。

気水輸送管設備（100MW 分）は、JETRO F/S 見積 23 百万 US\$ に対して、今回の見積は 30 百万 US\$ となり、約 30% 増加している。JETRO F/S では、2004 年～2006 年のインドネシアおよびメキシコのデータをもとに、過去の鋼材価格の上昇と容量補正を考慮してコストを検討した。今回は、ケニアのデータを加え、さらに 2006 年以降の資材価格上昇を反映するために、工業製品の米国生産者物価指数 (PPI) を参考に価格の補正を行った。PPI を用いた理由は、図 1.4.1-1 に示すように、プラントの建設費と生産者物価指数 (PPI) には強い相関関係があり、且つ、2010 年 1 月以降の傾向が示されているからである。PPI 年平均値は、2006 年の 166 から急激に上昇し、2008 年下期から 2009 年上期に一旦下降したものの、その後上昇に転じており、2010 年以降も PPI は 185 またはそれ以上になると予想され、+15% 程度のコスト上昇となる。さらに、分割発注によるコスト増と、下記に示す本プロジェクト・サイト特有の立地条件を考慮した結果、JETRO F/S に対して約 30% のコスト上昇となった。

本プロジェクトにおける建設費は全般に他プロジェクトと比較して割高になっている。それは、サイトの立地条件、特に標高 4900m という高地にあることに起因する下記の要因によるものである。

- 電気機器の絶縁性能確保のために、一段高いグレードの物が要求される。また、冷却性の制限から、通常よりも大型の発電機や電動機が必要となり、機器代が高くなる。
- 冬期は数ヶ月間、屋外工事ができないため、工期が延びる分、工事費が増加する。
- 現地は空気が薄いため、現場での 1 日の労働時間が制限され、また、作業効率も低下するため、工事費が増加する。
- 港からサイトまで遠く、標高差も大きいので、資機材輸送費が増加する。
- ポリビア国内で調達できる機器が少なく、輸入品に頼る割合が大きい事もコスト増要因となる。

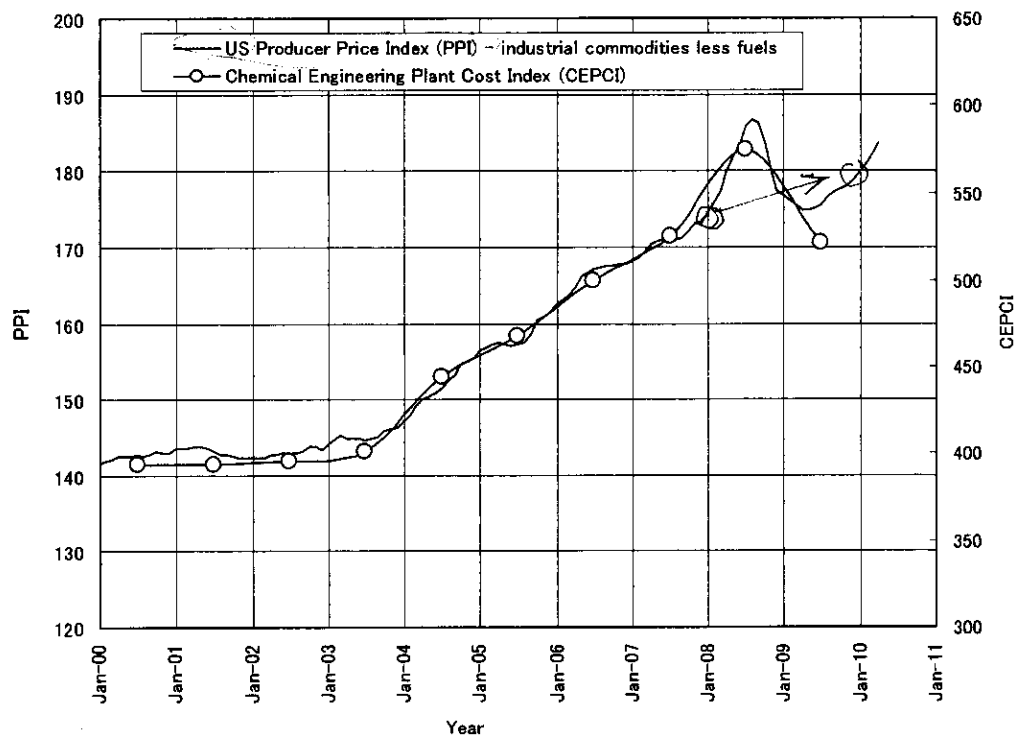


図 1.4.1-1 米国生産者物価指数(PPI)とプラントコスト指数(CEPCI)

3. 送変電設備

a. 230 kV 送電線

230 kV 送電線建設費は JETRO F/S 時の見積 20 百万 US\$ と比べて約 30% 増の 26 百万 US\$ に上昇した。通常、送電線の価格は国により価格レベルが異なる。そのため、価格を決めるには、その国での実績価格の調査が重要となる。JETRO F/S では ENDE から提示された見積を参考にしていたが、本調査は、Punutuma 変電所（標高 3,565 m）～San Cristobal 変電所（3,943 m）間送電線の実績価格が判明したため、これを参考に算出した。価格が上昇した主な要因は以下の通りである。

- 使用導体の違い： JETRO F/S では、ボリビア国系統の既存の 230 kV 送電線に通常使用されている RAIL という導体（954 MCM）を使用することになっていた。しかし、今回の調査で、コロナ放電を極力小さくするために、標高 3,900 m より高い場所では 1,500 MCM 相当の大きな導体を使用されていることが判明したため、設計変更とした。
- 高い標高における建設： Sol de Mañana は標高 4,900 m であり、Punutuma・San Cristobal 間送電線よりも約 1,000 m も高く、建設工事労働時間の制約等から、工事費が更に割高となる。
- 視認用球体： 公聴会で送電線の地中化の要望が出たが、地中化が 30 km

にもおよび、これをすべて地中化することは充電容量が過大（約 200 Mvar）となって技術的に非現実的なため、フラミンゴ類飛行ルート（約 20 km）にあたる架空地線に視認性のある球体を取り付ける設計としている。

b. 新 San Cristobal 変電所

本調査における見積は 14.5 百万 US\$ で、JETRO F/S より約 2.5 百万 US\$ 増加した。今回の調査で、San Cristobal 鉱山内変電所では、空気絶縁機器については標高が高いことから、230 kV の定格に対して 420 kV の機器が使用されている事、及び、この変電所近傍には従来型の変電設備を設置するスペースがないことが判明した。そのため、設置面積が小さく、空気絶縁に左右されず、また、土木・据付工事費を低減できるガス絶縁開閉機器（GIS）の採用を推奨する事とした。通常、GIS 化は低地では割高であるが、今回は従来型であれば 420 kV 定格の機器を使用する必要がある、このような標高の高い場所では GIS 化のコスト・インパクトは比較的小さい。尚、GIS 用建屋を追加することから、合計で 2.5 百万 US\$ の追加となっている。

4. コンサルティングサービス

a. 地熱資源開発関係のコンサルタント費

地熱資源開発にかかるコンサルタントの業務範囲は、以下のように集約される。

- ・ 掘削業者選定にかかる入札助勢業務
- ・ 掘削計画作成
- ・ 掘削工事管理
- ・ 噴出試験等の現地業務にかかる工事管理
- ・ 資源量評価（地質・地化学・貯留層評価等）

JETRO F/S と比較して、本プロジェクトは Phase 分けをしたことにより全体的な工程は長くなっており、これはコンサルタント費用を増加させる主な要因となっている。本プロジェクトにおける JETRO F/S との事業費の相違点は、以下に集約される。

- ・ 全体工程が長くなった。
- ・ 地熱貯留層の温度低下防止およびスケール付着防止のために、発電所の蒸気凝縮水処理用の還元井掘削を追加した。
- ・ 貯留層シミュレーション結果から、発電所運転開始 1 年目に掘削する必要がある 3 本の補充蒸気井を建設期間中に掘削する。これにより、初期の掘削費用は増加するが、発電所運転開始後 1 年で新たに掘削設備を搬入する必要がなくなるため、全体的にはコストを低減することになる。
- ・ これらにかかるコンサルタント費用が増加した。
- ・ また、貯留層を適切に運用することを目的として、貯留層シミュレーションを各 Phase 完了時に実施する。これは、運転開始後の適切な貯留層

管理に資するものである。

b. 地上設備関係のコンサルタント費

気水輸送管設備・発電設備・送変電設備の建設に係るコンサルタント費用は、JETRO F/S 見積 7.28 百万 US\$ に対して、同じく 25MW×4 ユニットのケース B で 22.3 百万 US\$ となり 2 倍以上に増加している。その主な理由は調達ロット分けの変更である。すなわち、JETRO F/S では 100MW 分の一括発注を前提としていたが、今回は 1.3.2 節に示す通り Phase-II と Phase-III で 50MW 分ずつの分割発注としたため、調達から工事監理に至る全ての段階でほぼ同じ作業を 2 回行う事となり、コンサルタント費用も倍増する結果となった。この事については、以下の理由から、先行ユニットとの兼任や学習効果によるコスト削減は期待できない。

- Phase-II と Phase-III ではドナーが異なる可能性があり、P/Q や B/D を各ドナーのガイドラインに合わせて作り直す必要がある。
- Phase-III の B/D では、先行ユニットと新ユニットの技術的インターフェースに係る詳細な要求仕様を記述する必要がある。これは、先行ユニットの設計がある程度済んだ後に可能となる作業であるため、Phase-II の B/D の技術仕様書をそのまま流用することはできない。
- コンサルタント費は見積額抑制のために、最小限の人数を仮定している。そのため、Phase-II のエンジニアはフルタイムで初号機の業務に従事しており、Phase-III を兼任することは困難である。

また、建設工程の見直しにより、以下のコスト増要因が生じている。

- 冬期の工事中断期間中のエンジニアの帰国費用およびローカル・エンジニアの待機費用がかかる。
- 現地は空気が薄いため現場での 1 日の労働時間が制限され、また、作業効率も低下するため工期が延び、その分工事監理のための工数と駐在費用が増加する。

さらに、ENDE のプロジェクト管理支援のためにコーディネータ（1 人）をコチャバンバに常駐させるための費用が追加されている。

1.4.2 事業費の積算（3 つのケース）

1. 事業費の構成

100MW の発電所建設実施のため、既述の各コンポーネント毎に概念設計に基づく事業費の積算を行った。但し、最終的な費用は最終設計段階で確定する。コスト、資機材の大きさ・重量（チリの港からプロジェクトサイトまでの輸送条件を考慮）に基づき、3 つの開発シナリオが想定された。ケース A は、25MW/基を 4 基別発注するもので、ケース B は、25MW/基を 2 基ずつ別発注するものである。ケース C は、50MW/基を 2 基別発注するという想定である。事業費の区分は表 1.4.2-1 のとおりである。

表 1.4.2-1 事業費の区分

事業費の区分
坑井掘削
生産井掘削
還元井掘削
気水輸送管設備建設
発電所設備建設
発電設備
硫化水素除去装置
送変電設備建設
230kV送電線
変電所
用地取得費
コンサルタント費
地熱資源評価
地上設備関係
プロジェクト管理費
予備費
資源開発
発電設備（含 気水輸送管設備）
送変電設備
コンサルタント

プロジェクト管理費は、ENDE のプロジェクト管理に要する費用であり、建設費の 5%とした。予備費は建設工事の変動に対応するためのものであり、建設費の 10%を想定した。

2. ケース別事業費

ケース別の事業費をそれぞれ表 1.4.2-2、表 1.4.2-3、表 1.4.2-4 に示す。積算基準年は 2010 年とし、事業費にスペアパーツは含まれない。内貨分の為替レートは、1USD=7.02Bolivianos（2010 年 4 月 1 日ボリビア中銀レート）とする。ケース B については、25MW を 4 基発注するという点において JETRO F/S と類似の想定をしているため、JETRO F/S における事業費と比較できるようにした。事業費の変更に理由については、1.4 節で述べたとおりである。

表 1.4.2-2 ケース A 事業費（25MW/基を4基別発注）

事業費（ケースA）		（単位：百万ドル）	
項目	合計	外貨	内貨
坑井掘削	106.40	88.09	18.31
生産井掘削	78.40	64.29	14.11
還元井掘削	28.00	23.80	4.20
気水輸送管設備建設	30.00	23.90	6.10
発電所設備建設	213.50	163.66	49.84
発電設備	203.50	154.66	48.84
硫化水素除去装置	10.00	9.00	1.00
送変電設備建設	40.50	36.45	4.05
230kV送電線	26.00	23.40	2.60
変電所	14.50	13.05	1.45
用地取得費	0.20	0.00	0.20
建設費合計	390.60	312.10	78.50
コンサルタント費	39.90	30.90	9.00
地熱資源評価	5.00	4.50	0.50
地上設備関係	34.90	26.40	8.50
建設費・コンサルタント費合計(A)	430.50	343.00	87.50
プロジェクト管理費	19.53	0.00	19.53
予備費	43.06	34.31	8.75
資源開発	13.64	11.20	2.44
発電設備（含 気水輸送管設備）	21.37	16.37	5.00
送変電設備	4.06	3.65	0.41
コンサルタント	3.99	3.09	0.90
管理費・予備費合計(B)	62.59	34.31	28.28
総合計 (A+B)	493.09	377.31	115.78
建中利子 (C)	14.48	5.51	8.97
事業費合計 (A+B+C)	507.57	382.82	124.75

表 1.4.2-3 ケース B 事業費 (25MW/基を 50MW ずつ発注)

事業費(ケースB) 項目	事業費ケースB(2010/5/1)			JETRO F/S (2008年3月)			差	
	合計	外貨	内貨	合計	外貨	内貨		
坑井掘削	106.40	88.09	18.31	57.00	51.30	5.70	49.40	86.7%
生産井掘削	78.40	82% 64.29	14% 14.11	39.00	35.10	3.90	39.40	101.0%
還元井掘削	28.00	85% 23.80	15% 4.20	18.00	16.20	1.80	10.00	55.6%
気水輸送管設備建設	30.00	77% 23.90	20.3% 6.10	23.00	20.70	2.30	7.00	30.4%
発電所設備建設	197.50	151.50	46.00	150.00	135.00	15.00	47.50	31.7%
発電設備	187.50	76% 142.50	24% 45.00	150.00	135.00	15.00	37.50	25.0%
硫化水素除去装置	10.00	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	10.00	
送变电設備建設	40.50	36.45	4.05	32.00	28.80	3.20	8.50	26.6%
230kV送電線	26.00	23.40	2.60	20.00	18.00	2.00	6.00	30.0%
変電所	14.50	13.05	1.45	12.00	10.80	1.20	2.50	20.8%
用地取得費	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	
建設費合計	374.60	299.94	74.66	262.00	235.80	26.20	112.60	43.0%
コンサルタント費	29.00	22.70	6.30	10.48	9.43	1.05	18.52	176.7%
地熱資源評価	5.00	4.50	0.50	3.20	2.88	0.32	1.80	56.3%
地上設備関係	24.00	18.20	5.80	7.28	6.55	0.73	16.72	229.7%
建設費・コンサルタント費合計(A)	403.60	322.64	80.96	272.48	245.23	27.25	131.12	48.1%
プロジェクト管理費	18.73	0.00	18.73	13.10	0.00	13.10	5.63	43.0%
予備費	40.37	32.27	8.10	27.25	24.52	2.73	13.12	48.1%
資源開発	13.64	11.20	2.44	8.00	7.20	0.80	5.64	70.5%
発電設備(含 気水輸送管設備)	19.77	15.15	4.62	15.00	13.50	1.50	4.77	31.8%
送变电設備	4.06	3.65	0.41	3.20	2.88	0.32	0.86	26.9%
コンサルタント	2.90	2.27	0.63	1.05	0.94	0.11	1.85	176.2%
管理費・予備費合計(B)	59.10	32.27	26.83	40.35	24.52	15.83	18.75	46.5%
総合計(A+B)	462.70	354.91	107.79	312.83	269.75	43.08	149.87	47.9%
其中うち(C)	15.50	5.90	9.59	8.92	0.70	8.22	6.58	73.7%
事業費合計(A+B+C)	478.20	360.82	117.38	321.75	270.45	51.30	156.45	48.6%

表 1.4.2-4 ケース C 事業費(50MW/基を 2 基別発注)

事業費（ケースC）		（単位：百万ドル）	
項目	合計	外貨	内貨
坑井掘削	106.40	88.09	18.31
生産井掘削	78.40	64.29	14.11
還元井掘削	28.00	23.80	4.20
気水輸送管設備建設	30.00	23.90	6.10
発電所設備建設	183.50	140.86	42.64
発電設備	173.50	131.86	41.64
硫化水素除去装置	10.00	9.00	1.00
送変電設備建設	40.50	36.45	4.05
230kV送電線	26.00	23.40	2.60
変電所	14.50	13.05	1.45
用地取得費	0.20	0.00	0.20
建設費合計	360.60	289.30	71.30
コンサルタント費	28.10	22.00	6.10
地熱資源評価	5.00	4.50	0.50
地上設備関係	23.10	17.50	5.60
建設費・コンサルタント費合計(A)	388.70	311.30	77.40
プロジェクト管理費	18.03	0.00	18.03
予備費	38.88	31.14	7.74
資源開発	13.64	11.20	2.44
発電設備（含 気水輸送管設備）	18.37	14.09	4.28
送変電設備	4.06	3.65	0.41
コンサルタント	2.81	2.20	0.61
管理費・予備費合計(B)	56.91	31.14	25.77
総合計 (A+B)	445.61	342.44	103.17
建中利子 (C)	14.99	5.74	9.25
事業費合計 (A+B+C)	460.60	348.18	112.42

また、表 1.4.2-5 はケース毎のフェーズ別の事業費を示している。

（注：建中金利を除く。管理費・予備費についてはフェーズ毎に計算しているの、上記のケース全体の事業費合計と多少の誤差が生じている。

表 1.4.2-5 ケース毎のフェーズ別の事業費 (a)

Case A	(Million USD)
Phase I: Drilling for 50 MW	
Drilling	42.70
Consultant (Drilling)	2.00
Administration Cost	2.14
Physical Contingency	4.47
Subtotal	51.31
Phase II: Construction of FCRS and Unit-1, Unit-2 (separate order), 25MW x 2, and T/S and S/S for 100 MW	
TL and SS	40.50
FCRS and PP	153.50
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	21.20
Administration Cost	9.70
Physical Contingency	21.52
Subtotal	246.42
Phase III: Drilling for 50 MW and Construction of FCRS and Unit-3, Unit-4 (separate order), 25MW x 2	
Drilling	63.70
FCRS and PP	90.00
Consultant (Drilling)	3.00
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	13.70
Administration Cost	7.69
Physical Contingency	17.04
Subtotal	195.13
Total	492.85

表 1.4.2-5 ケース毎のフェーズ別の事業費 (b)

Case B (Million USD)	
Phase I: Drilling for 50 MW	
Drilling	42.70
Consultant (Drilling)	2.00
Administration Cost	2.14
Physical Contingency	4.47
Subtotal	51.31
Phase II: Construction of FCRS and Unit-1 & 2 (one order), 25MW x2 , and T/S and S/S for 100 MW	
TL and SS	40.50
FCRS and PP	143.60
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	15.30
Administration Cost	9.21
Physical Contingency	19.94
Subtotal	228.55
Phase III: Drilling for 50 MW and Construction of FCRS and Unit-3 & 4 (one order), 25MW x 2	
Drilling	63.70
FCRS and PP	83.90
Consultant (Drilling)	3.00
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	8.70
Administration Cost	7.38
Physical Contingency	15.93
Subtotal	182.61
Total	462.46

表 1.4.2-5 ケース毎のフェーズ別の事業費 (c)

Case C (Million USD)	
Phase I: Drilling for 50 MW	
Drilling	42.70
Consultant (Drilling)	2.00
Administration Cost	2.14
Physical Contingency	4.47
Subtotal	51.31
Phase II: Construction of FCRS and Unit-1, 50MW, and T/S and S/S for 100 MW	
TL and SS	40.50
FCRS and PP	136.50
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	14.80
Administration Cost	8.85
Physical Contingency	19.18
Subtotal	219.83
Phase III: Drilling for 50 MW and Construction of FCRS and Unit-2, 50MW,	
Drilling	63.70
FCRS and PP	76.80
Consultant (Drilling)	3.00
Consultant (FCRS, PP, TL and SS)	8.30
Administration Cost	7.03
Physical Contingency	15.18
Subtotal	174.01
Total	445.14

1.5 財務的・経済的実行可能性

1.5.1 財務評価

1. 評価方法

事業の財務的実行可能性については、通常は財務的内部収益率法によって評価される。プロジェクトライフ期間中、プロジェクトの費用（投資額と運転保守費）と電力の販売による収益が同等となる内部収益率を求め、プロジェクトの機会費用と比較して、財務性を評価する。しかしながら、ボリビアにおいては、後述するとおり国内発電向け天然ガス価格が規制されており、平均売電価格が極端に低くなっている。このため、本プロジェクトの収入を、この売電価格による電力販売収入だけであるとみなして、財務的内部収益率を評価するのは適当ではないと考えられる。よって、ここでは財務評価結果は省略するものの、以下は、財務評価にあたり前提としたプロジェクトの財務条件である。

2. プロジェクト入金キャッシュフロー

a. 資金調達

プロジェクトの財務評価にあたり、資金の85%を、円借款により、表 1.5.1-1 に示される条件（2010年4月以降適用の低所得国向け円借款供与条件）のうち地球環境の保全に資する代替エネルギー事業である地熱開発事業に適用可能な「優先条件」により資金調達すると想定した。

表 1.5.1-1 円借款供与条件表

円借款供与条件表（2010年4月以降に事前通報が行われる案件に適用）					
分類	一人当たりGNI (平成20年)	基準/オプション		金利(%) 償還期間(年) (内、据置期間)	調達条件
低所得国	US\$976-1,855	一般条件	基準	1.40% 30 (10)	アンタイト*
		優先条件	基準	0.65% 40 (10)	アンタイト*
		STEP	基準	0.20% 40 (10)	タイト*

* アンタイト: 国際競争入札

* タイト: 日本企業限定の入札

事業費の残りの15%については、国際機関から以下の条件で資金調達を行うものと想定した。

金利	: 3.5 %
償還期間	: 30 年
内、据置期間	: 6 年

上記の資金調達条件における資本の機会費用（WACC）は、1.08%である。

b. プロジェクト収入

プロジェクトの概念図を図. 1.5.1-1 に示す。発電所内消費と送電ロスを除いて、発電された電力は全て Punutuma 変電所で売電される。

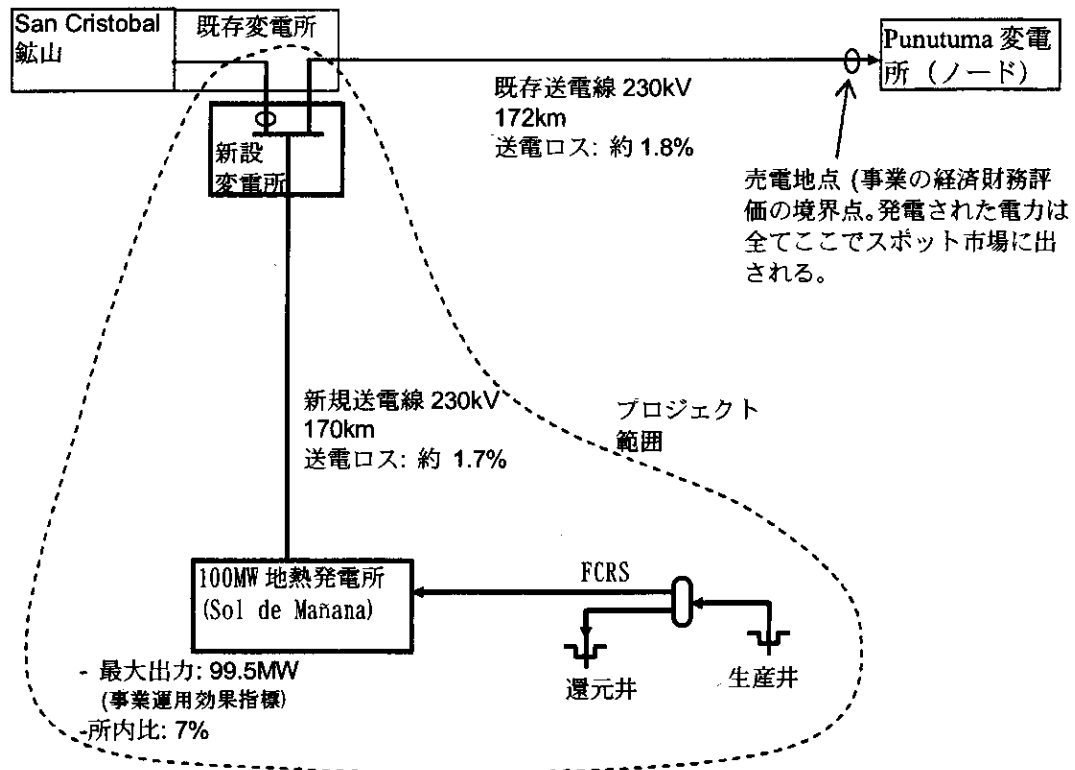


図 1.5.1-1 事業概念図

国の系統運用機関 CNDC の 2008 年版全国系統システム (SIN) 運用報告によると、同年のスポット市場の平均売電価格は 3.435 US¢/kWh である。同国では、天然ガスの国内発電向け価格が規制されているため (1.3 ドル/百万立方フィート)、平均売電価格は極端に低くなっている。よって、Sol de Mañana の地熱発電所の Punutuma 変電所における売電価格をプロジェクトの唯一の収入としてプロジェクトの財務性を評価するのは適当でないと考えられるが、もしこの前提でプロジェクトを評価する場合には、プロジェクトは財務的に実行不可能な結果となる。プロジェクトが財務的にフィジブルとなるために必要な売電価格はケース B の場合、資本の機会費用を 1.08% とすると 4.61 US¢/kWh である。

一方、ボリビア政府の 2010-2020 年 SIN 電源開発計画では、2018 年における天然ガスの機会費用を 6.48 ドル/百万立方フィートと予測し、天然ガスを国内発電向けに利用することは、天然ガス輸出による収入の機会を国家は失っていることに等しいとしている。同計画では、天然ガスを国内発電でなく輸出に向けることで国として得られる便益を電力 1 MWh 当たり 47.03

$$6.48 \text{ US¢} / 28317 \text{ m}^3$$

$$6.48 / (28317 \times 46) \text{ US¢}$$

$$0.005 \text{ US¢/kWh} \leftarrow 6.48 / (28317 \times 46 \times 0.00948) \text{ US¢}$$

US\$と計算している。

本プロジェクトは政府ベースの事業であることから、この代替天然ガスの輸出による収入を、本事業の収入としてカウントできると想定すれば、プロジェクトは財務的に十分実行可能となる⁴。

3. プロジェクトの出金キャッシュフロー

a. 支出計画

プロジェクトの支出計画は以下のとおりである。

	1	2	3	4	5	6	7	(US Million\$)
年	1	2	3	4	5	6	7	合計
ケースB	9.07	81.07	174.28	141.84	53.27	12.94	5.74	478.21
ケースC	8.81	82.26	170.33	129.01	50.31	14.50	5.37	460.59

b. 運転保守費

地熱発電所の運転保守費は、ボリビアと類似の条件の国の地熱開発の実績から、ケースBにおいて0.95 US\$/kWh、ケースCにおいては、0.87 US\$/kWhと想定した。また、これとは別に貯留層のシュミレーション結果に基づいて、補充井の掘削を次のとおり行うものとした。さらに、発電所稼動開始後5年間、ENDEの発電所運転のトレーニングのために、2百万ドル/年かかるものとした。また、送電線の保守費用として年間0.13百万ドル、新 San Cristobal 発電所の運転・保守費用として年間0.30百万ドル、運転保守期間中の環境費用として年間0.07百万ドルかかる。

補充井掘削計画

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
本数	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

*備考：貯留層シュミレーションの結果、発電所稼動開始後1年以内に3本の補充井掘削が必要となった。これら3本の補充井掘削は、プロジェクト初期投資額、すなわち生産井13本（内補充井3本）、還元井6本、凝縮水用井戸1本の中で、生産井3本として取り扱われている。

c. 税金

税金については、ENDEの通常の事業では、収益税・付加価値税・取引税が課されるが、本プロジェクトでの税の扱いについてはボリビア政府の方針に

⁴ 代替天然ガスの輸出収入をプロジェクトの収入としてカウントした場合、ケースBのFIRRは5.67%となり、資本の機会費用を上回る。実際には、政府は代替天然ガス収入をすべて本プロジェクトに補填するのではなく、本プロジェクトが財務的にフィージブルとなるための最低必要売電価格と現売電価格の差のみを補填すれば、プロジェクトによる債務の償還が可能となる。参考までに、ケースBで代替天然ガスの輸出収入をプロジェクトの収入としてカウントする場合の、FIRR計算結果、キャッシュフロー計算書、支払計画書をAppendix Bで示す。

委ねられる。財務評価の際には、収益税の税率を 25%とした。但し、税法により、純利益が赤字となる場合は、その赤字合計額が黒字を上回るまで免税となる措置があり、それを適用した。また付加価値税（13%）については、売電価格に税抜価格を適用したため、運転保守期間にかかる付加価値税は考慮しなかった。取引税（3%）は売電収入に課されるが、収益税を 25%支払う間は取引税は免税となる措置がある。本プロジェクトでは取引税は運転保守費用に含まれるものとした。

4. FIRR 感度分析

プロジェクトの主要なパラメーターが変化した場合、プロジェクトの財務性にどのように影響するかを示すために、ケース B を例に、FIRR が WACC と同等となるシナリオをベースに行った感度分析結果を以下に占めす。

a. 設備利用率

図 1.5.1-2 に示されるとおり、設備利用率が 80%に減じた場合、FIRR は 0.65% となり、90%に増えた場合、FIRR は 1.49%となる。プロジェクトがフィージブルとなるためには、高い設備利用率が必要とされるが、地熱発電所の場合、設備利用率 90%は可能な範囲である。

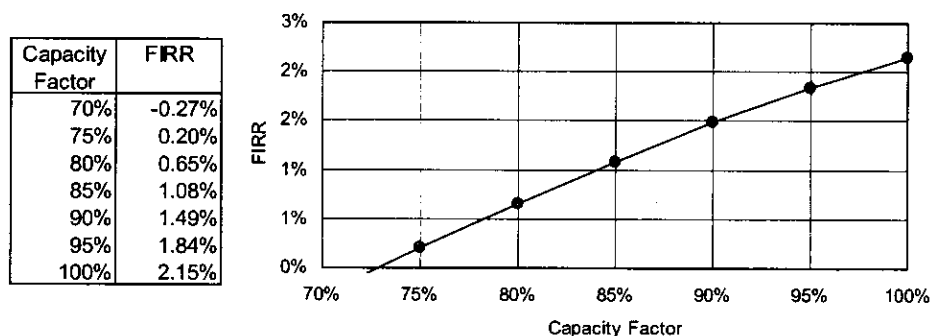


図 1.5.1-2 設備利用率に関する FIRR 感度分析

b. プロジェクトコスト

図 1.5.1-3 に示されるとおり、プロジェクトコストが 10%減じた場合、FIRR は 1.77%に上昇、プロジェクトコストが 10%増加した場合、FIRR は 0.45%まで下がる。

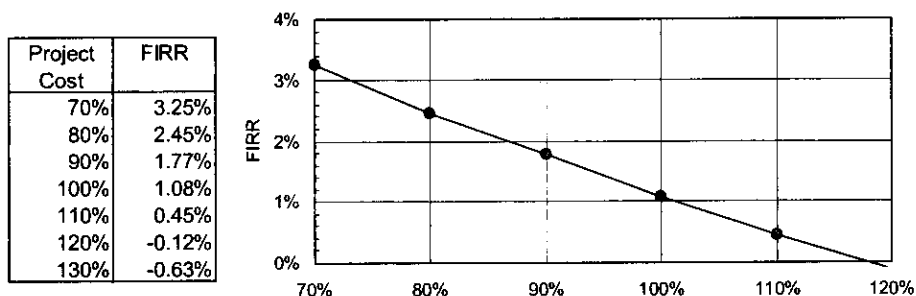


図 1.5.1-3 プロジェクトコストに関する FIRR 感度分析

c. 発電設備費

図 1.5.1-4 に示されるとおり、ケース B においては、発電設備を US\$ 1,875/kW と見積もっているが、これが 10% 減少して US\$1,688/kW となる場合、FIRR は 1.43% に上昇する。逆に発電設備コストが 10% 増加して US\$2,063/kW となる場合、FIRR は 0.75% まで下がる。

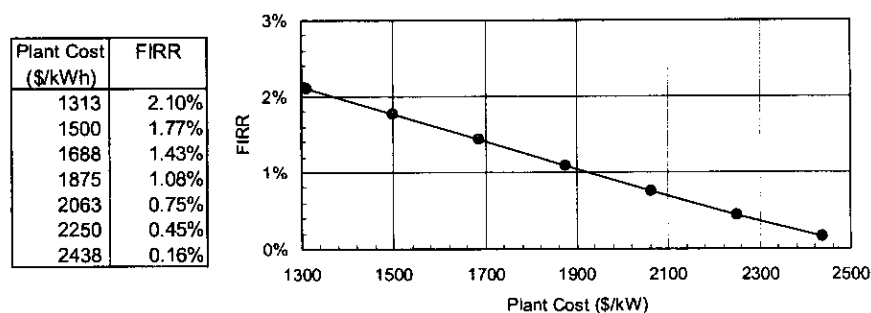


図 1.5.1-4 発電設備コストに関する FIRR 感度分析

d. 売電収入

図 1.5.1-5 に示されるとおり、プロジェクトが財務的にフィージブルになるために必要とされる売電単価は、ケース B で 4.40 US¢/kWh であるが、売電単価が 10% 上昇して 5.071 US¢/kWh となる場合、FIRR は 1.90% まで上昇する。

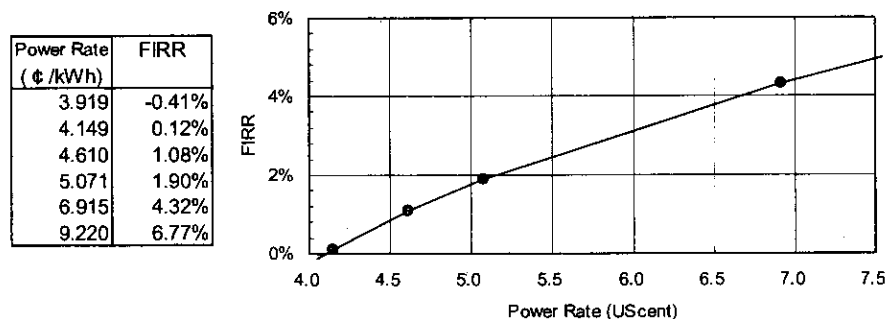


図 1.5.1-5 売電単価に関する FIRR 感度分析

1.5.2 経済評価

1. 評価方法

本プロジェクトの経済的実行可能性については、経済的内部収益率法によって検証した。本プロジェクトと同等の便益（発電量）を提供する代替プロジェクトを選定し、プロジェクトライフ期間中のコストを比較することで得られる等価割引率を経済的内部収益率として、社会割引率 12%と比較した。さらに、本プロジェクトの経済性に大きく影響するいくつかのパラメーターについて感度分析を実施した。

2. 代替プロジェクト

a. 代替プロジェクトの選定

代替プロジェクトとして、現在入札中のエル・チャコ天然ガス発電（シンプルサイクル・ガスタービン）プロジェクトを想定した。

b. 代替プロジェクトの各種データ

代替天然ガス発電設備の想定条件は以下のとおりである。

- 設備容量：100 MW (ISO 条件 124 MW)
- 建設コスト：US\$ 908/kW
- 発電効率：35%
- 設備利用率：67.1%
- 所内比：5%
- 運転保守費：1.11 US cent/kWh
- 燃料費：US\$ 8.0 /MMBTU
- 耐用年数：15 年

3. プロジェクト

本プロジェクトの計画概要は 3.4 節で述べたとおりであり、経済評価に関するデータは次のとおりである。

- 設備容量：100MW
- 所内比：7 %
- 設備利用率：85%
- 送電ロス：3.5%
- 耐用年数：30 年
- 年間発電量：740.80 GWh

4. EIRR 計算結果

ケースB及びケースCのEIRR計算結果をそれぞれ表1.5.2-1、表1.5.2-2に示す。EIRRはそれぞれ13.46%、14.25%であり、どちらのケースもハードルレート⁵の12%を上回り、本プロジェクトは代替電源に対抗できると判断された。また、燃料費として年間約57.79百万ドル相当を節約できるものと計算された。

地熱発電プロジェクトの初期投資額は代替電源に比べて大きいものの、運転開始後の燃料消費が発生しないため、経済的にも、また環境面⁵からも本プロジェクトは有効であると考えられる。

表 1.5.2-1 EIRR 計算：ケースB

EIRR = 13.46%																		
PROJECT									ALTERNATIVE : [Natural Gas Power Plant]									
No.	Year	Project Cost	Capacity	Capacity Factor	Produced Energy	O&M Cost*	Suppl. Drilling Cost	Total Cost	All Project Cost	Capacity	Capacity Factor	Produced Energy	Efficiency	Fuel Consump.	Fuel Cost (Fuel Save)	O&M Cost	Total Cost	Cost Balance
		US\$ Mil	MW	%	GWh	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	MW	%	GWh	%	Mil. m ³	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil
	2011	9.07	-	-	-	-	-	9.07	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-9.07
	2012	60.78	-	-	-	-	-	60.78	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-60.78
	2013	158.78	-	-	-	-	-	158.78	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-158.78
	2014	127.82	-	-	-	-	-	127.82	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-127.82
	2015	53.27	-	-	-	-	-	53.27	112.59	0.0	-	-	-	-	-	-	112.59	59.32
1	2016	12.94	49.8	85.0	370.44	3.40	-	16.34	124.0	36.9	73.9	370.44	35	109.04	28.80	4.11	33.01	16.67
2	2017	5.74	99.5	85.0	740.88	6.79	-	12.53	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.49	
3	2018	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
4	2019	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
5	2020	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.19	
6	2021	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
7	2022	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
8	2023	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.19	
9	2024	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
10	2025	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
11	2026	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
12	2027	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
13	2028	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
14	2029	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
15	2030	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	112.59	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	178.61	171.82
16	2031	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.19	
17	2032	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
18	2033	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
19	2034	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
20	2035	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
21	2036	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
22	2037	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
23	2038	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
24	2039	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
25	2040	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.19	
26	2041	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
27	2042	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
28	2043	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
29	2044	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	59.22	
30	2045	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	66.02	53.19	
Total		428.41			24,078.50	203.76	30.16	662.32	225.18			22,596.75		6,651.58	1,762.68	250.82	2,238.69	1,576.37
*Q/M cost only for plant 0.95 cents/kWh																		

*O/M cost only for plant 0.95 cents/kWh

⁵ 地熱発電は、燃焼過程を有さない発電形態であるため、二酸化炭素の排出は極めて少ない。よって地熱エネルギーは環境に優しく、気候変動を引き起こさずに国の開発に貢献できるエネルギーである。ボリビアの Rio Taquesi 水力発電所の CDM 事業化で用いられた CO2 排出係数 (0.581tCO2/MWh) を本プロジェクトにも適用した場合、本プロジェクトは火力発電と比較して、年間約 40 万トンの CO2 削減効果があると考えられる。

表 1.5.2-2 EIRR 計算：ケース C

																		ERR = 14.02%		
PROJECT									ALTERNATIVE : [Natural Gas Power Plant]											
No.	Year	Project Cost	Capacity	Capacity Factor	Produced Energy	O&M Cost*	Drilling Cost	Total Cost	Alt. Project Cost	Capacity	Capacity Factor	Produced Energy	Efficiency	Fuel Consump.	Fuel Cost (Fuel Save)	O&M Cost	Total Cost	Cost Balance		
		US\$ Mil	MW	%	GWh	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	MW	%	GWh	%	Mill m ³	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil	US\$ Mil		
	2011	8.81	-	-	-	-	-	8.81	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-8.81		
	2012	61.97	-	-	-	-	-	61.97	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-61.97		
	2013	154.84	-	-	-	-	-	154.84	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-154.84		
	2014	114.99	-	-	-	-	-	114.99	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-114.99		
	2015	50.31	-	-	-	-	-	50.31	112.59	0.0	-	-	-	-	-	-	112.59	62.28		
1	2016	14.50	49.8	85.0	370.44	3.40	-	17.90	124.0	36.9	370.44	35	108.04	28.90	4.11	33.01	15.11			
2	2017	5.37	99.5	85.0	740.88	6.79	-	12.16	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.85			
3	2018	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
4	2019	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
5	2020	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.19			
6	2021	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
7	2022	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
8	2023	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.19			
9	2024	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
10	2025	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
11	2026	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
12	2027	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
13	2028	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
14	2029	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
15	2030	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	112.59	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	178.61	171.82		
16	2031	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.19			
17	2032	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
18	2033	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
19	2034	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
20	2035	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
21	2036	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
22	2037	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
23	2038	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
24	2039	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
25	2040	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.19			
26	2041	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
27	2042	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
28	2043	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
29	2044	-	99.5	85.0	740.88	6.79	-	6.79	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	59.22			
30	2045	-	99.5	85.0	740.88	6.79	6.03	12.82	124.0	73.9	740.88	35	218.08	57.79	8.22	68.02	53.19			
Total		410.79			24,078.50	203.76	30.16	644.70	225.18			22,596.75		6,651.58	1,782.68	250.82	2,238.89	1,593.98		

*O/M cost only for plant 0.95 cents/kWh

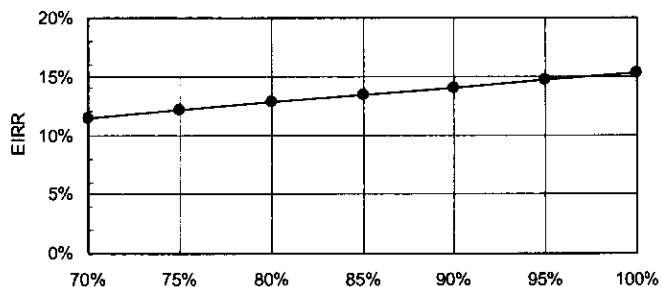
5. EIRR 感度分析

a. 設備利用率

地熱発電所は通常ベースロード発電所として運転され、今回は設備利用率として85%を想定した。図 1.5.2-1 に示されるとおり、仮に設備利用率が75%まで下がった場合でも、EIRR はケース B で12.2%、ケース C で12.7%であり、依然として天然ガス発電に比べて優位にあることが示された。

ケース B:

Capacity Factor	EIRR
70%	11.5%
75%	12.2%
80%	12.8%
85%	13.5%
90%	14.1%
95%	14.7%
100%	15.3%



ケース C:

Capacity Factor	EIRR
70%	12.0%
75%	12.7%
80%	13.4%
85%	14.0%
90%	14.7%
95%	15.3%
100%	15.9%

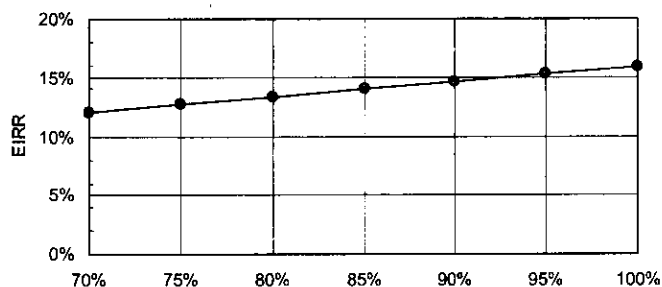


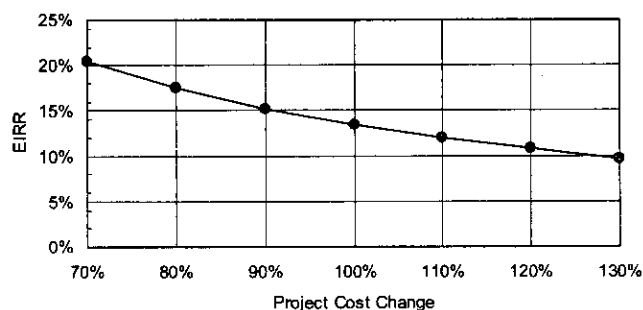
図 1.5.2-1 設備利用率に関する EIRR 感度分析

b. プロジェクトコスト

地熱発電の特徴として、地下資源開発、発電設備ともに初期投資額が比較的大きいことが上げられる。図 1.5.2-2 に示されるとおり、仮にプロジェクトコストを 10% 上昇した場合、EIRR はケース B で 12.0%、ケース C で 12.6% であり、ケース B の場合、代替プロジェクトと同等、ケース C の場合、依然として代替プロジェクトに比べて優位なことが示された。

ケース B:

Project Cost	EIRR
70%	20.4%
80%	17.5%
90%	15.3%
100%	13.5%
110%	12.0%
120%	10.8%
130%	9.7%



ケース C:

Project Cost	EIRR
70%	20.7%
80%	18.0%
90%	15.8%
100%	14.0%
110%	12.6%
120%	11.3%
130%	10.3%

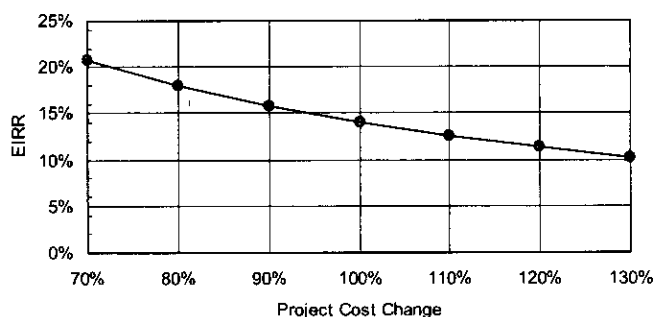
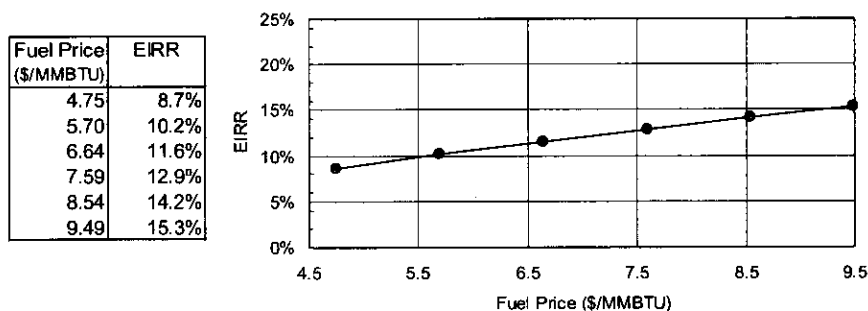


図 1.5.2-2 プロジェクトコストに関する EIRR 感度分析

c. 燃料費

天然ガス発電設備の燃料費の変化は、プロジェクトのEIRRに大きな影響を与える。図 1.5.2-3 に示される通り仮に燃料費が 10% 安くなった場合、EIRR はケース B で 11.6% となり、ハードルレートより低くなる。ケース C では 12.1% で、辛うじてであるが依然としてハードルレートを上回り、国家経済の面から考慮すれば、本プロジェクトは依然、代替プロジェクトに対して優位であると判断される。

ケース B:



ケース C

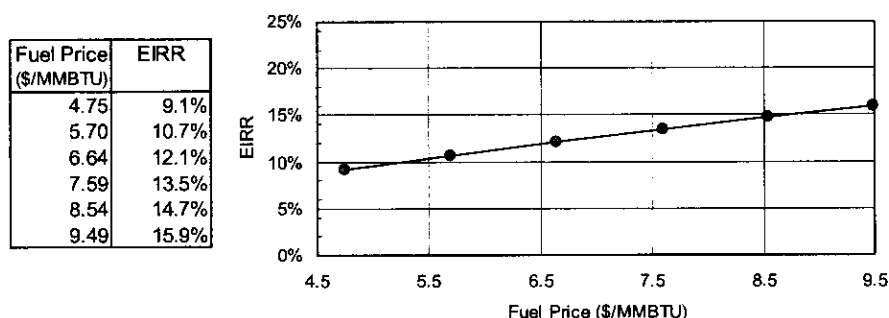


図 1.5.2-3 燃料費に関する EIRR 感度分析

1.6 事業効果

表 1.6-1 に本プロジェクトの事業効果指標を示す。これらは、JICA の円借款審査で用いられる標準項目をベースに、一般的に地熱発電所の運用において記録・管理されるべき項目および地熱発電の特性を考慮したものである。

(1) 最大出力（発電端）

蒸気供給能力が十分確保され、且つ機器劣化等による出力制限が無いことを確認するための指標として、定格出力とは別に、ある時点で達成可能な最大出力を示す値である。日本国内で比較的運用成績が良い地熱発電所（八丁原）における 2008 年の実績最大出力^(注)は、定格出力に対して 0.2%~1.3% 小さい値であった。これは、地熱特有の要因として、タービン動翼とノズルへのスケール付着やエロージ

ョンによる性能低下の影響と考えられる。本プロジェクトの目標値は、Phase-III 完了後の合計定格出力 100MW (Case B: 25MW x 4, Case C: 50MW x 2) に対して、0.5%減の 99.5MW とする。

(注記：出典 (社) 火力原子力発電技術協会 地熱発電の現状と動向 (2009 年版))

(2) 設備利用率

他国の地熱発電所の実績を参考に 85% とする。

(参考：地熱発電の現状と動向 (2009 年版) によると、八丁原地熱発電所 2008 年実績は 1 号機 83.3%、2 号機 90.4%、平均 86.85%)

(3) プラント蒸気消費率

発電設備の性能管理指標の一つとして、火力発電では熱効率が用いられる。しかし、地熱発電では以下の理由から熱力学的に意味のある熱効率を定義することができないため、代わりに蒸気消費率 (ton/MWh) がプラント性能管理の指標として用いられる。

- 地熱発電にはボイラーが無いため、熱入力量（燃料の燃焼による発生熱量）という概念が無い。
- タービン入口蒸気のエンタルピー（比エンタルピー (kJ/kg) × 流量 (kg/s)）を熱入力量としている例も見受けられるが、エンタルピーは任意の基準点との差によって定義されるものなので、その絶対値を用いて熱入力量を計算しても意味が無い。また、地熱発電はオープンサイクルと見なされるため、エンタルピーの基準についても熱力学的妥当性という面で広く受け入れられたものは無い。

蒸気消費率は下記の設計条件に依存するため、現時点で正確な値を決めることは出来ない。したがって、目標値は EPC 契約書に記載される蒸気消費率 (100% 負荷) のメーカー保証値と、タービンメーカーが提出する経年補正曲線に基づいて設定する。

- タービン入口蒸気圧力（坑井噴出試験後に坑井特性に基づいて検討する）
- 蒸気中の非凝結ガス量（坑井噴出試験結果に基づいて設定する）
- 冷却塔設計湿球温度（気象データ取得後に検討する）

尚、本プロジェクトでは、プラント全体としての性能を把握するために、タービン蒸気消費、エジェクター蒸気、グラウンド蒸気を含むプラント蒸気消費量を指標とする。暖房・配管蒸気トレース用の蒸気はプラント性能とは直接関係ない事、および天候や使用状況によって消費量が大幅に変動するため対象外とする。

(4) 原因別停電時間

- 人員ミス：ゼロとする。
- 計画停止

ボリビアでは地熱発電の実績がないため、コスタリカ国 Miravalles 地熱 1 号 (55MW) の例を参考に計画停止時間の目標値を設定する。下表によると

Miravalles 地熱 1 号（下表）計画停止日数は平均 22 d/y である。本プロジェクトの計画停止日数目標値は、高地の作業効率を 80%と仮定して、次のように設定する。

$$22 \text{ d/yr} \times 24 \text{ hr/d} \div 0.8 = 660 \text{ hr/yr per unit}$$

初回定検	A 点検（細密点検 37 日間）
2 回定検	C 点検（簡易点検 15 日間）
3 回定検	B 点検（準細密点検 22 日間）
4 回定検	C 点検（簡易点検 15 日間）
5 回目定検以降	上記周期の繰り返し

出典: Miravalles 地熱 1 号 JBIC 事後評価報告書(jigo98_02.pdf)

● 機器故障

ベースロード電源として稼動中 100% 負荷で運転されると仮定すると、設備利用率 85% のとき稼働率も 85% となるので、1 機あたりの機器故障時間の目標値は 654 hr/yr とする。

$$\begin{aligned} \text{機器故障時間} &= 8760 \times (1 - 0.85) - \text{計画停止時間} - \text{人員ミス時間} \\ &= 8760 \times (1 - 0.85) - 660 - 0 \\ &= 654 \text{ hr/yr per unit} \end{aligned}$$

619

(5) 受電端電力量（Punutuma 変電所端）

発電した電力は全て Punutuma 変電所で電力市場に売ると想定し、所最大出力 99.5MW、設備利用率 85%、所内動力 7%、送電ロス 3.5%として、送電端電力量の目標値を 664.9 GWh/yr とする。

$$99.5 \text{ MW} \times 0.85 \times (1 - 0.07) \times (1 - 0.035) \times 8760 = 664,900 \text{ MWh/yr}$$

（注：所内動力は EPC 契約におけるメーカー保証値または詳細設計段階で変動する場合がある。）

送電端電力量

$$49.75 \text{ MW} \times 0.85 \times 8760 \times \frac{1}{1.035}$$

$$50 \text{ MW} \times (1 - 0.09) \times 0.85 \times 8760 = 379 \text{ GWh/yr}$$

表 1.6-1 事業効果指標

指標	目標値 (運転開始後 2 年目)	備考
発電端出力 [MW] (maximum output)	99.5 MW	Phase-III 完了後の値
設備利用率 [%] (capacity factor)	85%	
プラント蒸気消費率 [ton/MWh] (plant steam rate)	設計値 (EPC 契約後に設定する)	エジェクター蒸気、グランド蒸気を含む。 暖房・配管蒸気トレース用の蒸気は対象外。
原因別停電時間 [hour/year] (outage hours for every cause)	人員ミス 0 (human error)	
	機器故障 654 hr/yr per unit (equipment trouble)	1 機あたり
	計画停止 660 hr/yr unit (scheduled outage)	1 機あたり
受電端電力量 (Punutma 変電所端) [GWh/year] (net transmission power)	664.9 GWh/yr	実績値は Punutuma 変電所の売電電力量計 (tariff meter) で計測する。

第2章 プロジェクト実施体制

2 プロジェクト実施体制

本プロジェクトは、ボリビアのみならず南米における最初の地熱プロジェクトであることから、達成には長い時間と困難が予想される。本プロジェクトについては、一連の課題が存在しており、それらが解決されなければ、ボリビアの地熱資源開発にとって現実的な障害となる可能性がある。以下それらの課題について説明する。

2.1 プロジェクト実施に向けた課題及びボリビア政府に求められる準備活動

現在までに実施された調査によると、Sol de Mañana は、地熱発電所の運転が可能なフィールドである。前章で説明したように、特定の条件のもとでプロジェクトは経済的及び財務的観点から実施可能である。しかしながら、以下の課題を解決しなければ、プロジェクトの実施は困難である。

これらの課題には迅速な対応が求められるものから、適切な技術的管理を行うことで対応可能なものまである。これら課題の相互関係を図 2.1-1 に簡潔に示し、その要約を表 2.1-1 に示す。図 2.1-1 は、事実上プロジェクト実施プロセスの一部とみなされる。

2.1.1 土地所有

ボリビア多民族国の新憲法では、再生可能天然資源及び非再生可能天然資源は国家の所有物であると定めているが（第 349 条及び第 359 条）、同憲法では、TCO（先住民共有地）に対する権利と利益を認めている。同時に、第 30 条は、土地及び領域（テリトリー）への権利及び集団的な土地登記の権利を付与している。それに加え、テリトリー内の天然資源の開発による利益を享受する権利を付与し、第 269 条、及び第 290 条から第 291 条には、TCO の基本的理念及びその構成方法が定められる。

地熱プロジェクトのサイトは、INRA がある TCO のテリトリーとしての認証手続きを進めている地域に位置することから、TCO は土地登記の権利及び地熱資源の開発による利益を享受する権利を有することになるであろう。Sol de Mañana 地域における地熱プロジェクトが、土地及び通行の使用の可能性を確保するためには、プロジェクト地域における TCO が何であるかを定義づけることが非常に重要である。これにより、プロジェクトの建設活動に対する妨害、利益相反、将来的な抗議や社会的抵抗が無いようにしなければならない。TCO の定義の問題が解決されたら、次に TCO がプロジェクトからどのような利益を得るかを明らかにし、どのようにその利益を TCO に移転するかについて合意する必要がある。

これを曖昧にすれば、潜在的問題が解決されないまま、プロジェクトに必要な土地を確保する時点で、新憲法第 30 条 II 6 項による問題や、或いはその後、同条第 II 16 項及び II 17 項によるテリトリー内の天然資源開発に対する利益享受に絡んだ問題が発生する可能性がある。

これらの課題に取り組むことで、発電所が位置する土地の所有権を確保し、先住民との土地所有に関する将来の問題を回避しなければならない。これによりアクセス道路、掘削基地、流体輸送システム、発電所及び送電線の設置・建設用の土地の取得や借地における問題をも最小限にすることが重要である。

2.1.2 電力法

ボリビア多民族国の新憲法は、現在効力を有するが、新憲法に対する法律の適正化プロセスは遅れている。プロジェクト実施機関が円借款や他の金融機関により、明確な法的根拠のもとにプロジェクト融資を受けられるよう、憲法に合わせた法律の適正化が必要である。現行の電力法では、発電、送電及び配電の事業体は別のものでなければならない。

この問題は、立法府により承認された法律は、大統領令によって廃止、変更又は差替をすることはできないという点から発生している。現行電力法第 15 条の規定があるにも係らず、大統領令第 29644 号では、ENDE が発電、送電及び配電事業の全てを実施することを認めている。電力法改正の動きはあるものの、本報告書作成時点では、改正内容については把握されていない。従って、今後プロジェクトに対して立法府が不服を申し立てたり、憲法裁判所にかかるような事態に陥らないよう、本件について現時点で専門的な法的解釈が行われることが推奨される。ボリビア政府は、本件の対応策についてプロジェクト融資機関に報告を行うべきである。

2.1.3 開発権又は発電ライセンス

ここでは二つの課題がある。ひとつは、資源開発権（憲法第 349 条及び第 351 条によると国家に属する）であり、もうひとつは発電及び送電のライセンスである。

資源開発権については、ENDE は、Sol de Mañana 地熱フィールドについて 40 年間の探査・開発の権利を保有すると報告している（旧電力法

に従い、最高決議第 209770 号に基づき 1991 年 10 月 10 日に付与）。現効の電力法のもとでこの開発権が有効であるとは不明であるが、有効であるとしてもすでにほぼ 20 年が経過しており、残りの期間は、地熱設備の建設及び運転期間をカバーするには十分ではない。現行の電力法では、それ以前に取得した資源開発権を発電ライセンスに適正化するように求めている（以下の項目を参照）。

1. 1994 年 12 月版電力法の抜粋

第 69 条（適正化）。本法公布日の時点で、全国系統システムの中で垂直統合型の電気事業を行う個人または集団は、本法の公布日から 18 ヶ月以内に、本法に定められる新しい体制に適合するために必要な法制、行政及びその他の措置を講じなければならない。上記期間中に、電力監督庁及び資源開発権の保有者は、その権利を本法に適合させなければならない。

2. 電力法 1604 の細則の抜粋

第 45 条。（電力法の適正化）電力法第 15 条及び第 69 条に従い、SIN（全国系統システム）の中で電力事業に従事する統合型電力会社は、以下の情報を含む適正化申請を提出しなければならない。

- a. 本細則第 7 条 1 項に指定された文書。
- b. 電力法第 15 条に定められる所有権の制限遵守に関する文書、及び
- c. 旧電力法に従い国家電力総局によって付与された開発権・認可の現電力法への適正化申請書。上記要件が満たされれば、決議により 28 日間の期限内にライセンスが交付される。

ENDE は、法的手続きに従い地熱資源開発に関して国から認可を取得し、その後、

licencia for generation de energia

発電及び送電するためのライセンスを、政令ではなく法律のもとに、取得する必要があると考えられる。しかしながら、地熱フィールドの探査・開発権については、TCO における先住民の自治が認められたことから別の解釈が可能となっているので、2.1.1 項で既述された問題との関係性も考慮する必要がある。

2.1.4 電力市場の取引

ボリビアの電力市場では、火力発電所の燃料となる天然ガスの助成価格に基づいて、経済的観点から負荷配分が行われる。地熱井は流量の調整（バルブを開閉する）による運転はできないという技術的な理由から、地熱発電所は、ベースロードで運転される。地熱発電所の初期投資額は高いが、それに加えて、ボリビアの場合、天然ガス国内規制価格による便益を享受する天然ガス発電所と電力市場で競争しなくてはならない。よって、Laguna Colorada 発電所に対しては全国システムで、ガス火力発電所よりも優位な立場で給電を行えるような体制を確保することが必要である。

地熱発電所が経済原則の枠内で他の電源と競合し、継続的な給電を行うために、当局は以下の要素を考慮すべきである。

- I. 季節の気候サイクルに左右される水力発電所に比べて地熱発電所の設備利用率は約 2 倍である。
- II. 地熱発電によりガス火力発電を代替すれば、その分ボリビアは、ガスを発電向け国内規制価格を大きく上回る価格で、ブラジル、アルゼンチンへ輸出することができる。この収入を、経済原則に基づく電力市場価格で地熱発電が売電を行うことで発生し得る赤字を補填するのに用いることができる。

CNDC (全国給電委員会) は ENDE と共同で、Laguna Colorada 発電所がベースロードで発電することを可能とする方策を取ることが推奨される。

2.1.5 発電用ガスへの補助金

ガス規制価格については、本報告書においてプロジェクトの障害の可能性として指摘される幾つかのポイントにも関連しており、政治的な影響もあることから難しい問題である。電源別に発電プロジェクトの初期投資額を比較することは、地熱発電にとっては不利である。ボリビアは、初期投資額のみに基づけば、地熱エネルギーに対して実現可能な代替案となり得る再生可能及び非再生可能エネルギーを保有している。発電用天然ガスへの補助金は、市場に歪みを生じさせており、売電価格が低く抑えられることによって他の電源がガスベースの発電と経済的にも財務的にも競合することを難しくしている。地熱の発電原価は、地熱資源の開発コスト（燃料の前払いを意味する）も含んでいることから比較的高く、発電費用を支払うためには、より高額のノーダル価格、或いは発電用ガスに対する補助金の影響を除去したノーダル価格が必要となる。この点については、経済及び財務評価に関する 1.5 項で、より詳細な分析を行っている。

2.1.6 ENDE 協同会社

2.1.2 項で述べたように ENDE 協同体の組織体制を定義し、円借款の実施機関として、また発電所のオペレーターとして問題のないことを確認する必要がある。

2.1.7 ENDE 発電部門

ENDE は、90 年代に民営化政策により組織として過度に縮小された後、現在では再

度、電力事業の国営化の中核として組織改編中である。現在のところ ENDE には、発電所運転のための部門は存在していない。また ENDE の傘下で各会社が独立して経営を行う体制になっている。ミシクニ水力発電プロジェクトにより、ENDE の技術部門は再編のチャンスを与えられていると言えるが、この課題については、次章でより詳細に述べる。

2.1.8 地熱部門

本プロジェクトは、ボリビアのみでなく南米において初の大規模な地熱開発プロジェクトであることから、地熱フィールドの開発から地熱発電施設の建設・運転・保守といった全ての分野で、人材養成を行う必要のあることを意味する。この課題については、次章でより詳細に述べる。

2.1.9 掘削

地熱フィールド開発に際して、掘削は最も難しい課題のひとつであるが、当面の対応策により乗り越えることはできる。Laguna Colorada の場合、以下の 3 点を考慮する必要がある。

1. 掘削機の利用可能性

今回の調査により、ボリビア石油公社（YPFB）がもはや掘削機を保有せず、掘削関連サービスを含む掘削工事全体を海外調達しなければならないことが判明した。最新の情報では、YPFB が新たに 3 本の石油調査井を掘削中であることが報告されているが、これらは外注により行っているとのことである。よって Sol de Mañana の地熱井掘削は、ボリビア政府外の請負業者により行うということが基本方針である。よって、市場の変動や掘削機のアベイラビリティに大きく左右されることになる。これに関して、エネルギー開発次官の考えでは、発電所稼働後も補充井掘削の必要性がある上、今後もボリビア国内で他の地熱フィールドが開発されるのであれば、ENDE が自社の掘削機を保有し、運転することは望ましいとのことであった。しかしながら、現在の条件では、これには長期の手続きが求められることから、現実的な解決策とはならない。同様に、掘削作業に高度の技術を持った人員が必要とされる上、掘削作業の物流及び管理のための組織体制が必要となる。当面は、掘削は請負業者がターンキー契約で行うことで解決されるが、長期的な課題は残り、ボリビア政府内で議論され合意に達する必要がある。例えば、YPFB が過去に地熱井の掘削を行ったように、ENDE に対して掘削サービスを提供する可能性について検討することが考えられる。

今回の調査で、ボリビア国内（サンタクルス）に事務所を所有する海外の掘削会社は、Nabors/Pride/DLF の外資 3 社であり、石油/ガス掘削に従事しているようである。また、近隣のチリ・アルゼンチンでも石油/ガス掘削は実施されており、それらからの参画が期待できる。しかしながら、石油系掘削会社が地熱井掘削に参加するかどうかは、入札段階になれば判明しないのが実情であり、これは弊社が参画した他国の地熱プロジェクトでの経験からも明らかである。掘削会社の掘削機のアベイラビリティに関しては、それぞれの会社が現在どのような契約で掘削機を提供を担保されているか不明であり、早くても 2 年後の掘削開始であるため、掘削機を含む掘削会社のアベイラビリティは現在のところ不明である。したがって、チリ・アルゼンチンを含む近隣諸国の掘削業者に関する追加調査を行うことが望ましい。

2. 技術者のアベイラビリティ

地熱掘削を行うボリビア人技術者の数は非常に限られており、ENDE には存在しない。プロジェクトの初期段階の掘削工事を実施するために必要な技術チームを養成する時間は非常に限られている。

2.1.10 運転及び保守

地熱フィールド及び地熱発電所の O&M は容易ではない。建設期間中に、掘削や発電所建設などの分野において人員訓練の機会はあるが、地熱発電設備全体の O&M についてはカバーされず、O&M の段階で実地で訓練するほかない。よって、Laguna Colorada 発電所稼働開始後、当初数年間は、外部企業が O&M を行い、その間に ENDE の人員を実地訓練することが推奨される。

地熱発電には、高度の技術者を要する分野が 3 種類ある。a) 蒸気供給のための地熱フィールドの探査及び開発、b) 坑井掘削及び設備建設、c) 地熱フィールド、発電所の O&M。a)、b) については、O&M に先だって行われるものであるため、訓練プログラムの対象となる ENDE 内に新たに組織される実施ユニットの迅速な設置が求められる（第 3 章参照）。訓練プログラムは講義形式であり、日本又はボリビアにおいて実施可能である。b) については監督技術員に対する訓練が必要であり、これについては、講義と現場の組合せとなり、資機材やソフトウェアの購入も必要となる。c) については、一部講義を除いて OJT 中心となり、Sol de Mañana に専門家グループが集結する。発電所の運転に携わるボリビア人は、発電所建設期間中に、国外で稼働中の発電所において事前訓練を受け、Sol de Mañana の発電所の運転開始前に基本知識を習得し、ボリビアに帰国する（3.2 項参照）。

2.1.11 費用

発電所の費用は、次に掲げる項目により増大した。a) JETRO F/S で見積を作成した 2008 年以降の世界市場における価格の変動、b) 本プロジェクトのサイトの物理的条件（世界で初めて海拔 5,000 m に建設される発電所）を考慮した追加費用（高地対策として送電線スペックの増大）が発生、及び c) 冬季数ヶ月の間掘削及び建設作業の中断（掘削機についてはスタンドバイフィーとして一日あたり数千ドルかかる）による費用の増大。

2.2 ボリビア国内における事業実施プロセス

本プロジェクトは、日本政府及び国際機関（米州開発銀行など）の融資を受ける可能性が高いことから、これらの機関との借款契約はボリビア国政府が締結する。

本プロジェクトは、その特殊な性格により、民間レベルでの開発はほぼ不可能である。現行の法律に従い、設計、建設、稼働開始及び運転まで、プロジェクトの実施は ENDE が担当する。ENDE は、ボリビア政府の国家電源開発計画を実行するための国营電力会社であり、本プロジェクトは同計画の中で、2014 年に稼働開始すべき優先プロジェクトとして位置づけられている。

ENDE は、2.1 項で述べられた課題に対して解決策を講じると同時に、本プロジェクトの実施及び運転保守期間にわたって、プロジェクトを円滑に実施するために必要な全

手続き遂行するための実施ユニットを立ち上げる。従って、ENDE は、プロジェクトの実施機関として、ENDE 内及び国レベルで必要とされるアクションを効果的、効率的に実施する。

ENDE は本調査において実施された環境影響調査の最終報告書を受領後、炭化水素エネルギー省を通じて、環境・水資源省に対して環境ライセンス取得の手続きを取る。

環境ライセンスは、環境・水資源省により交付されるが、プロジェクトが Eduardo Avaroa 国立公園内にあることから、ライセンス取得の審査機関には SERNAP が含まれる。

環境影響調査は、3 度の公聴会実施を含みこれまで環境法で定められる全ての要件を満たしており、また環境上重要とみなされる負の影響が存在しないことから、環境ライセンスは 2010 年 10 月には交付されることが期待される。

ENDE の実施ユニットが実施すべき項目は他にもあるため、速やかに業務を開始することが不可欠である。

前項で説明された課題については、適切かつ時宜を得た対策を講じなければ、プロジェクトのスケジュール及び経済財務性に影響を与える可能性がある。

これらの実施又はフォローアップ業務において、以下に留意すべきである。

環境ライセンス取得のため炭化水素エネルギー省を支援し、必要な会議や手続きなどのフォローアップを行うこと。

環境ライセンスの取得は、借款契約の条件となるため ENDE 及び政府機関は最大限に配慮すること。

開発企画省の公共投資・外国融資次官室は、SNIP（国家公共投資システム）手法に従いプロジェクトの財務・経済評価を承認する。

エネルギーセクターを統括する炭化水素エネルギー省は、電力代替エネルギー次官室及びエネルギー開発次官室と共同でリーダーシップを行使し、ENDE 並びに CNDG、及び電力監査・社会管理局と緊密な連繫を図ることが必要である。

これらの政府の電力セクター関連機関は、以下に掲げる項目について必要な手続きを行う。

電力法を新憲法に適合させ、可能な限り短期間で必要な改正を行うために、法案策定及び議会への提出を迅速に進める。

電力法の改正には、同法の細則も含まれるが、それによる地熱発電の経済・財務性に対する影響に留意する。

電力法及び同法の細則については、ENDE が取得すべき発電ライセンスにも関係し、さらにこの点は、INRA（国立農地改革院）が検討中の TCO（先住民共有地）の申請とも関係する可能性がある。

電力法及び同法細則の作成においては、国家経済の視点から利益となる給電条件を定める必要がある。即ち、最終消費者の支払う電気料金に影響を及ぼすノーダル価格が、発電所の運転保守費用や投資額をカバーでき、かつ他の電源からの給電も可能とするような価格で均衡するシステムを作ることである。

また ENDE が、プロジェクトの影響地域で、コミュニティー・リレーションに取組み、社会的活動を行うための地方事務所を設立し、農村開発・土地省及び Potosi 県庁、地域の市と必要な調整を進めることが重要である。

表 2.2-1、ボリビア政府機関の手続きのプロセス及び相互関係を示す。プロジェクト実施のための ENDE の組織体制は、第 3 章に記載される。

2.3 ボリビア政府による資金調達計画

ボリビア政府は、本プロジェクトに対して日本政府の資金援助を要請する意向である。また、IDB が本プロジェクトの協調融資に関心を示している。

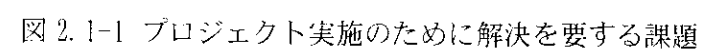


表 2.1-1 プロジェクトの課題の概要及び担当機関

フローチャートの説明文			
	課題	内容	担当機関
①	土地所有	これにより、アクセス道路、掘削基地、流体輸送設備、発電所及び送電線の設置・建設用の土地の取得、借地、或いは通行権取得に関する問題を解決。	ENDE
②	電力法	憲法は変更されたが、電力法は改正されておらず、現効の電力法で1つの事業体が発電、送電及び配電を行ってはいけない。大統領令ではENDE協同体に、これら3機能を担うことを認めているが、大統領令は法律の上位に位置しない。	ENDE-> 炭化水素省-> 議会.
③	開発権	ソル・デ・マニャーナ地熱フィールド開発権の見直し。ソル・デ・マニャーナの地熱フィールドの40年間の探査・開発権がENDEに付与（最高決議第209770号の下、1991年10月10日）されてから、ほぼ20年が経過。残り20年の開発期間では足りず、また旧電力法のもとの開発権なので、適正化が必要。	ENDE-> 炭化水素省
④	電力市場の取引	経済原則による負荷配分が現在の電力取引の原則であり、ベースロード電源である地熱発電はガス火力に対して費用面で競争できない。	ENDE ->CNDC -> 炭化水素省-> 議会
⑤	発電用ガス補助金	単純に初期投資額のみを比較した場合、ボリビアは地熱エネルギーより優位な再生可能及び非再生可能エネルギーを保有している。発電用ガス価格が規制されているため、市場における歪みを作っている。地熱の発電原価には、地熱資源開発コスト（即ち“燃料の前払い”を意味する）が含まれるので費用は相対的に高くなる。よって初期投資額のみで他の電源と比べるのは不当。また環境コストのような外部性を含めずに発電コストを比較するのも不当。	ENDE ->CNDC -> 炭化水素省-> 議会
⑥	ENDE協同体	②項で述べたようにENDE協同体の組織構造を定め、発電所建設プロジェクトの借款対象として適切な組織、かつ発電所のオペレーターに成り得る組織とする。	ENDE -> 炭化水素省
⑦	ENDE 発電	ENDEは、現在再編中である。現在のところ、ラグナコロラダ発電所の建設・運転に携わる部署は定められていない。ミシクニ水力発電プロジェクト実施のためにENDEの技術部門が再強化されたと同様に、ラグナコロラダプロジェクトの実施部門の設置が求められる。	ENDE
⑧	地熱部門	南米における初の大規模地熱発電プロジェクトであるため、この地域には専門家が存在しない。地熱フィールドの開発・O&M、並びに地熱発電設備の建設・運転保守のための人材育成が不可欠。	ENDE
⑨	掘削	地熱フィールド開発に際して、掘削は最も大きな問題のひとつ。国営石油公社はもはや地熱井の掘削を行っていない。よって掘削は外部請負業者が実施することから、市場価格の変動及び掘削機の利用可能性の影響を受ける。ENDEは自社で掘削機を購入し、運転する可能性も考えているが、工事に必要な技術チームを訓練する時間がないことから解決策にはなりえない。	ENDE
⑩	O&M	地熱フィールドのO&M、並びに地熱発電所の運転保守は、容易ではない。建設期間中、特定部門（掘削、機械・電気）における人員訓練の機会が与えられるが、地熱発電設備全体の運転保守の訓練は、実際にO/Mが始まらないと行えない。	ENDE
⑪	費用	事業コストの増大への対応。事業コストは以下の理由で増大した。a)2008年のJETRO F/S実施時点からの市場価格の変動、b)プロジェクトサイトの海拔5,000mという立地条件を考慮した設備の追加費用（送電線スペックの増大など）、c)冬季期間中の数ヶ月の掘削・建設作業の中断（リグのスタンドバイフィーは1日数千ドル）	ENDE－コンサルタント及び請負業者

表 2.2-1 プロジェクト開始までのボリビア政府内のプロセス及び組織

	Description of objective or activities	MHE	MdH-TGN	MMA	MRREE	MPD-VIPFE	ENDE	CNDC	INRA	SERNAP	Reginal Authorities
1	Environmental License										
1.1	Request of Ambiental License	X									
1.2	Presentation to corresponding EIA authority						X				
1.3	Evaluation and approval of EIA License			X						X	
2	Sign of ODA Loan with Gov. of Japan										
2.1	Support of related governmental authorities to the project	X	X		X	X	X				
2.2	Approval of West JEC Report	X					X				
2.3	Approval of SNIP evaluation					X					
2.4	Coordination with financial entities	X				X	X				
2.5	Sending Enviromental License to Japanese government	X					X				
2.6	Negotiation of Loan Agreement with Japanese government		X			X	X				
2.7	Loan Agreement between Gov.government and Jap.government		X								
2.8	Sub Loan Arrangement between Gov Government and ENDE		X				X				
2.9	Approval by Parliament	X									
3	Finance arrangement with other financial entiti(es)										
3.1	Request of Loan to other financial entity	X	X				X				
3.2	Sending Enviromental Licence	X					X				
3.3	Negotiation of Loan Agreement	X	X			X	X				
3.4	Document preparation	X					X				
3.5	Followup to approval process of loan	X					X				
3.6	Accomplishment of required conditions	X	X			X	X				
3.7	Sign of Loan Agreement		X								
3.8	Sub Loan Arrangement between Gov. Government and ENDE		X				X				
3.9	Coordination and followup for cofinancing	X					X				
4	Start of Operation of Executing Unit										
4.1	Desfinition of structure and functions	X					X				
4.2	Approval of creation of executing unit						X				
4.3	Hiring human resouces, buying equipment and materials						X				
4.4	Start of activities						X				
5	Financial arrangement required for the project										
5.1	Approval of SNIP analysis	X				X					
5.2	National budget allocation for ENDE	X	X								
5.3	Revise law for electricity market operation	X					X	X			
5.4	Evaluation of dispatch condition for geothermal generation plant						X	X			
6	Acquisition of generation and tranmission license										
6.1	Elaboration of required documents for electricity authority	X					X	X			
6.2	Definition of land property for geothermal field and right of way for transmtion line	X					X		X		
6.3	Presentation of request in accordance with revised electricity law and its regulations for concessions and generation license						X	X			
6.4	Followup for the acquisition of generation license						X				
7	Preparatory works before construction										
7.1	Elaboration of TOR for preparatory works (adquisition of meteological data, test of existing wells)						X				
7.2	Purchase of materials, contracting necessary services						X				
7.3	Start and Supervision of works						X				
8	Creation of social community relation office										
8.1	Definition of objectives, headoffice, location						X				
8.2	Organization of social office						X				X
8.3	Start of activities in the field						X				X
9	Procurement of consulting services for construction										
9.1	Coordination with JICA expert				X		X				
9.2	Elaboration of TOR of consulting service						X				
9.3	Procurement of consulting service						X				
9.4	Start of consulting services, supervised by ENDE						X				

第3章 ENDE のプロジェクト実施能力

3 ENDE のプロジェクト実施能力

ENDE の現状の組織体制では、地熱プロジェクトの実施・運営は困難である。しかしながら、地熱資源をこれから開発しようとする国としては当然の状況であり、現在地熱発電設備を運営する全ての国は、学習プロセスを経て、現在の状況に達しているの、ボリビア（ENDE）も例外ではないだろう。

前述のように、ENDE は現在再編中であり、国営化が発表された企業の吸収を進めつつ、新規送電線事業や発電事業の実施などが並行して行われている状況である。

図 3-1 は、ENDE の現在の組織図である。

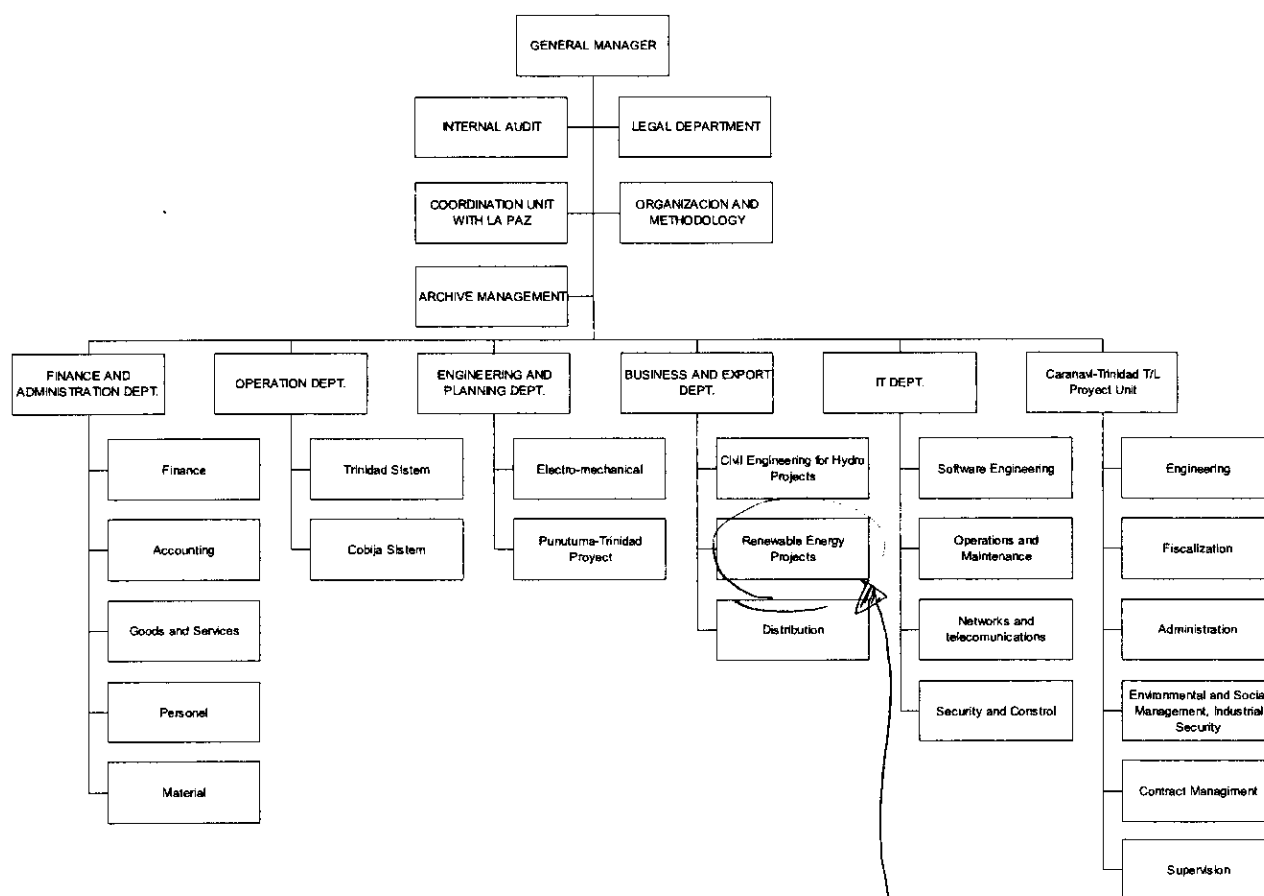


図 3-1 ENDE の現在の組織図

Laguna Colorada プロジェクトは、現在のところ、商務・輸出部の再生エネルギー課が管理しているが、Laguna Colorada プロジェクト実施ユニット創設が立案されている。

3.1 プロジェクト実施ユニット

3.1.1 実施ユニットの目的

実施ユニットは、プロジェクト専任の人員を割り当て、建設から運転保守までプロジェクトの遂行を可能にする技術・管理能力を有する体制を確立するために設立される。

この実施ユニットは、ENDE 内部で独立した形の技術・管理組織となり、プロジェクト実施で発生するあらゆるニーズに対して迅速に対応する。

同ユニットは、プロジェクトに関する技術、管理、経済、環境、社会面の全てのニーズに対応できるようにする。

実施ユニットの人員に対する研修・訓練を通じて、技術面及び管理面で、高度に組織化及び専門化されたチームが編成されることとなる。

3.1.2 実施ユニットの所掌範囲

実施ユニットは、Laguna Colorada プロジェクトの運営に必要な資源の確保及び管理に関する以下の活動を行う。

- 予算案の作成、予算執行のフォローアップ及びモニタリング
- 許認可取得手続き、用地取得、その他関係機関との調整・手続き
- プロジェクト実施に必要とされる環境・社会経済・財務などの補足調査
- 技術仕様書の作成
- 技術コンサルタントの契約
- プロジェクト実施のための資金調達
- プロジェクトの財務会計計画の作成。プロジェクトとして独立した形で作成され、ENDE 全社の財務に統合される。
- 借款の返済及びカウンターパートファンド準備に関するボリビア政府内の調整。
- プロジェクト調達計画の立案
- 借款契約で合意された調達手順に従い、入札関連書類の作成
- 事務手続き、環境及び産業安全マニュアルの作成
- 必要とされる社会補償計画の作成
- プロジェクトの会計や事務関連文書の保管
- 請負業者との契約管理
- 工事の査察

3.1.3 実施ユニットとして ENDE が提案している組織

Laguna Colorada プロジェクトの実施ユニット創設に関する ENDE 作成の文書によると、同ユニットは ENDE の組織の一部として、1 部局のもと、3 つの下部グループ（工業安全・環境・社会部門、管理部門及び技術部門）から構成される（図 3.1.3-1 を参照）。

ENDE が提案したスタッフを以下に掲げる。

1. ユニットのチーフ
2. 補佐
3. 秘書
4. 事務管理者
5. コミュニケーション担当
7. 土木技師（土木工事）
8. 建設技師
9. 環境技師
10. 地質－地熱技師（2 名）
11. 水門地質－地熱技師
12. 地球物理技師
13. 地化学技師
14. 貯留層技師（2 名）
15. 測量モニタリング技師（2 名）
16. 掘削技師
17. 電気技師（2 名）
18. 機械技師（2 名）
19. 地熱発電所技師（2 名）
20. 保守技師

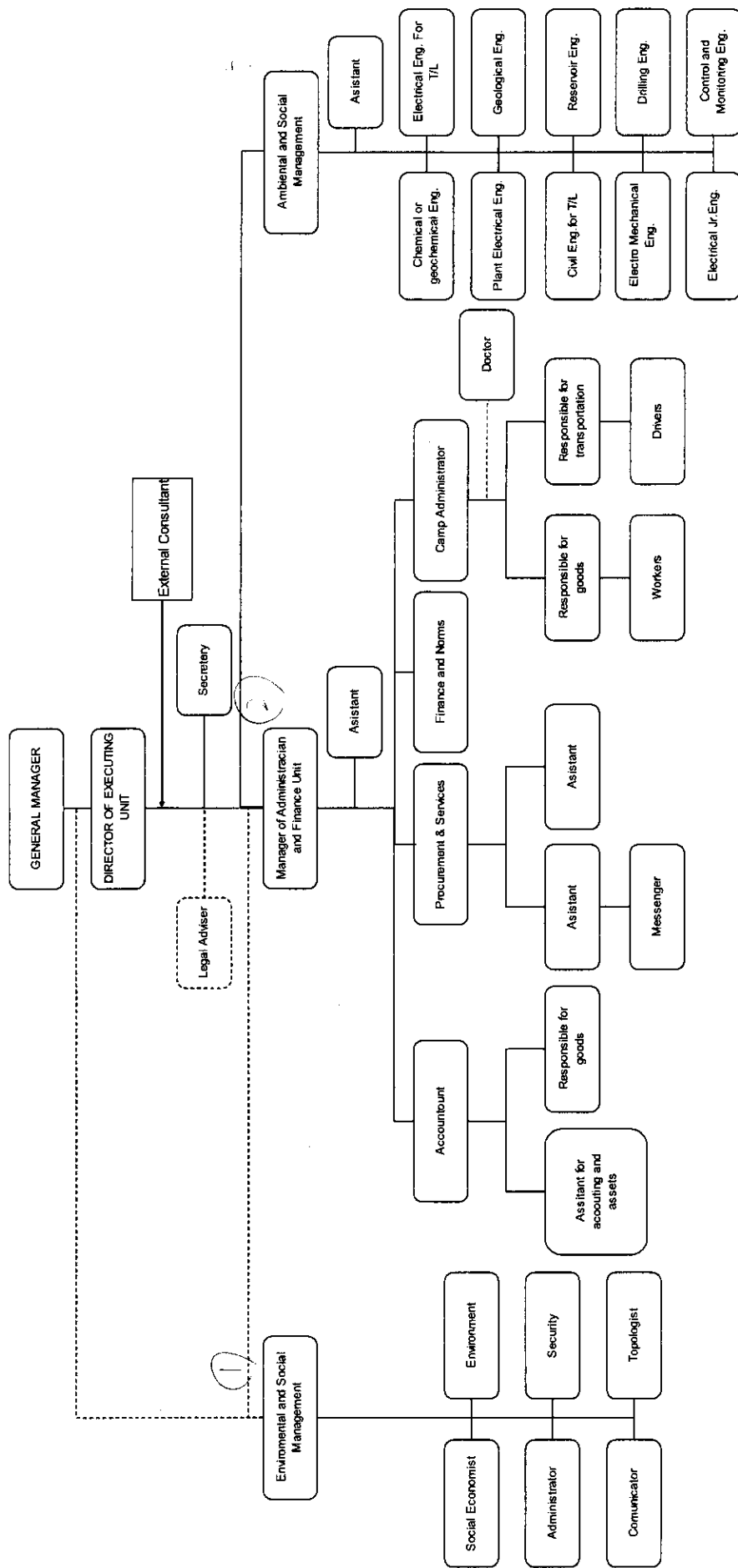


図 3.1.3-1 ENDE が提案する実施ユニット組織図

実施ユニットは、選抜された人員が必要な研修・訓練を受けることにより構成されることである。

環境・社会配慮に関する部門、またアドミニストレーションの部門を実施ユニット内に設けることに関しては、ENDE の他のプロジェクトの例にならい、本プロジェクトの実施ユニット内にもそのような部門を設けることとしたようである。しかしながら、ENDE 全社として、環境・社会配慮、アドミニストレーションを担当する部門がすでに存在するのであれば、それらの部門がラガナ・コロラダプロジェクトに対して必要なサポートを提供するという形態でもよいと考えられる。また地熱技術に関する部門に関しては、ENDE の現在の提案では、地熱プロジェクトを実施するのに不十分であるため、本報告書 3.2 節で述べられるような体制を構築することが望まれる。

3.1.4 実施ユニットのコンサルタント

ENDE は、技術関連のみならず、融資機関からの要望にも対応するアドバイザーとなりうるコンサルタント会社を契約する必要がある。

コンサルタントは、地熱資源開発、地熱発電施設及び送電線の建設、運転保守、人材訓練の分野で適切な能力及び経験を有する会社でなければならない。ENDE は、コンサルタントのアドバイスのもと、資機材調達ロット分け、基本設計、入札書類の準備、契約、掘削・坑井試験・EPC コントラクターの管理や設計の確認、発電所建設・試験・稼動開始を行う（詳細は 1.3.4 項参照）。プロジェクトの準備段階（フェーズ 0）においてもコンサルタントサービスは必要となるが、主なサービスはフェーズ 1・2・3 におけるものであり、発電所の最後のユニットの稼動開始まで必要とされる。ENDE は、発電所の初期数年間の運転保守を外の会社に委託し、この会社が ENDE に対して発電所の運転保守に関するトレーニングを実施することになるが、プロジェクトで雇用されるコンサルタントは、運転保守会社が ENDE により契約され ENDE 人員にトレーニングが確実に実施されるよう、発電所稼動開始後 6 ヶ月程度までサービスを延長する可能性も考えられる。

コンサルタントサービスは借款契約の中で調達される。

3.1.5 実施ユニットの暫定予算

プロジェクトの活動資金は、ENDE の自己資金と借款契約によってカバーされる。ENDE が作成した実施ユニットの運営に関する暫定的な支出計画は、表 3.1.5-1 のとおりである。この支出計画は、ENDE が他のプロジェクトを例に暫定的に作成した予算計画であり、正式な予算確保は実施ユニット創設後に手続きされることである。現在の暫定計画では、実施ユニットの運営費用のみカバーされており、本報告書 1.3.3 節で述べているプロジェクトの準備作業 (Phase-0) を ENDE が自己資金で実施するのに十分な予算が確保されていない。

表 3.1.5-1 実施ユニット運営に関する ENDE の暫定予算

Num.	Items	2011	2012	2013	2014
		Budget	Budget	Budget	Budget
20000	Services not personnel	5,797,960	5,797,960	5,797,960	2,898,980
21100	Communications	6,000	6,000	6,000	3,000
21200	Electricity	12,000	12,000	12,000	6,000
21300	Water	6,000	6,000	6,000	3,000
21400	Telephone	120,000	120,000	120,000	60,000
21600	Internet and Other services	24,000	24,000	24,000	12,000
22110	Trip (National)	144,000	144,000	144,000	72,000
22120	Trip (International)	1,272,600	1,272,600	1,272,600	636,300
22210	Perdiem (National trip)	501,600	501,600	501,600	250,800
22220	Perdiem (International trip)	2,460,360	2,460,360	2,460,360	1,230,180
22500	Insurance	76,600	76,600	76,600	38,300
22600	Transportation of personnel	288,000	288,000	288,000	144,000
23100	Rent for building	30,000	30,000	30,000	15,000
23400	Rent for other items	96,000	96,000	96,000	48,000
24120	Maintenance and repair of vehicles, machines and equipment	120,000	120,000	120,000	60,000
24130	Maintenance and repair furniture and tools	24,000	24,000	24,000	12,000
24300	Other costs, installation, Repaire	4,800	4,800	4,800	2,400
25230	External Audit	200,000	200,000	200,000	100,000
25300	Bank commissions and fee	100,000	100,000	100,000	50,000
25400	Cleaning	12,000	12,000	12,000	6,000
25500	Publication	51,000	51,000	51,000	25,500
25600	Printing services	96,000	96,000	96,000	48,000
25700	Training of personnel	21,000	21,000	21,000	10,500
26200	Legal cost	120,000	120,000	120,000	60,000
26990	Other services, no personnel	12,000	12,000	12,000	6,000
30000	Materials	880,585	880,585	880,585	440,293
31110	Catering cost	12,000	12,000	12,000	6,000
31120	Food cost	24,000	24,000	24,000	12,000
32100	Papers	311,900	311,900	311,900	155,950
32200	Graphic arts, paper	6,000	6,000	6,000	3,000
32300	Books, Manuals, Magazines	2,400	2,400	2,400	1,200
33300	Clothes	34,300	34,300	34,300	17,150
33400	Shoes	14,000	14,000	14,000	7,000
34110	Fuels	142,500	142,500	142,500	71,250
34200	Chemical and pharmaceutical products	900	900	900	450
34300	Tire	48,000	48,000	48,000	24,000
34800	Minor tools	1,000	1,000	1,000	500
39100	Cleaning Utensil	1,800	1,800	1,800	900
39300	Kitchen Utensil	700	700	700	350
39500	Office Articles	228,885	228,885	228,885	114,443
39700	Electrical Materials and Articles	4,200	4,200	4,200	2,100
39800	Other Parts and Accessories	48,000	48,000	48,000	24,000
40000	Real Assets	30,348,158	22,912,059	22,851,540	20,687,470
41200	Land	5,000,000			
43110	Office Equipment and Furniture	262,704			
43120	Computers	533,670			
43320	Minivehicles for public investment projects	1,360,000			
43500	Communication equipment	17,675			
43600	Educational and recreational equipment	14,140	14,140	14,140	7,070
43700	Other machine and equipment	262,050			
46110	Consultant Product for Construction, Public, domestic, private goods	18,523,400	18,523,400	18,523,400	18,523,400
46120	Consultant Line for Construction, domestic and private goods	4,314,000	4,314,000	4,314,000	2,157,000
49100	Intangible Assets	60,519	60,519		
	TOTAL	37,028,703	29,590,604	29,530,085	24,028,743

3.2 実施ユニットの構成に対する本報告書の提案

ENDE の提案しているプロジェクト実施のための組織体制には、以下の点が留意され、取り入れられるべきである。

3.2.1 管理及び支援の側面

ENDE が、内部に完全に独立かつ自立した実施ユニットを創設するのであれば、実施ユニット内に環境・社会部門及び財務管理部門を設けてもよい。しかしながら、ENDE 内（図 3-1）には、財務管理部門（在庫管理、人事、資材・サービス、財務、会計）がすでに存在するので、実施ユニットに新たに財務管理部門を設けること

は業務の二重化となる可能性がある。環境・社会部門についても ENDE 内にすでに存在するので、この中で Laguna Colorada プロジェクト担当グループを設ければ十分であると考えられる。ENDE として、実施ユニットの望ましい形態を定め、組織内の既存の部門との関係について決定するべきである。

3.2.2 技術面

1. 求められる人員の特徴

技術部門の編成にあたっては、地熱事業が (a) 流体供給及び輸送設備、(b) エネルギー変換設備（発電所）、及び (c) エネルギー輸送設備（送電線）の3つの設備に大別されることを考慮すべきである。（図 3. 2. 2-1）。

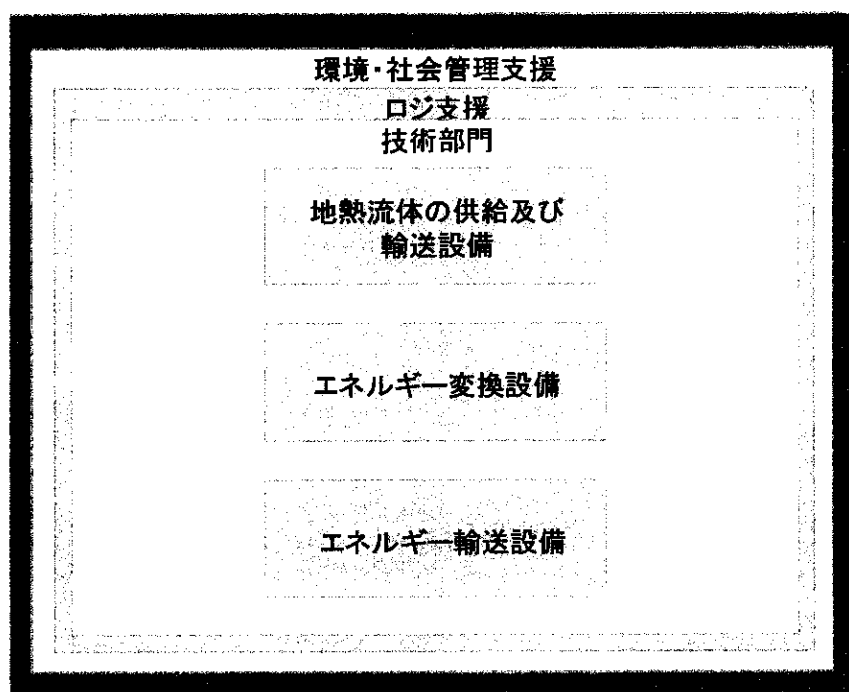


図 3. 2. 2-1 地熱プロジェクトの概略図

これらの3つの分野のそれぞれがさらに2つのサブグループに分かれる。ひとつは建設グループ（流体供給の場合は探査・開発グループと地熱流体輸送グループ）、もうひとつは運転保守グループ（発電部門は運転と保守がさらに別のグループとなる）

これらの各技術部門には、特定の人員が求められる。

a. 流体供給及び輸送グループ（グループA）

図 3. 2. 2-2 は、流体供給及び輸送グループの構成及び特徴を示す。

注記：図で、接頭辞（例 A-I-2）はグループ名-活動の種類（ローマ数字）- 専門の種類（アラビア数字）を表す。接頭辞が重複して付けられている場合は、同一人物（1人以上）が活動を兼ねられることを意味する。

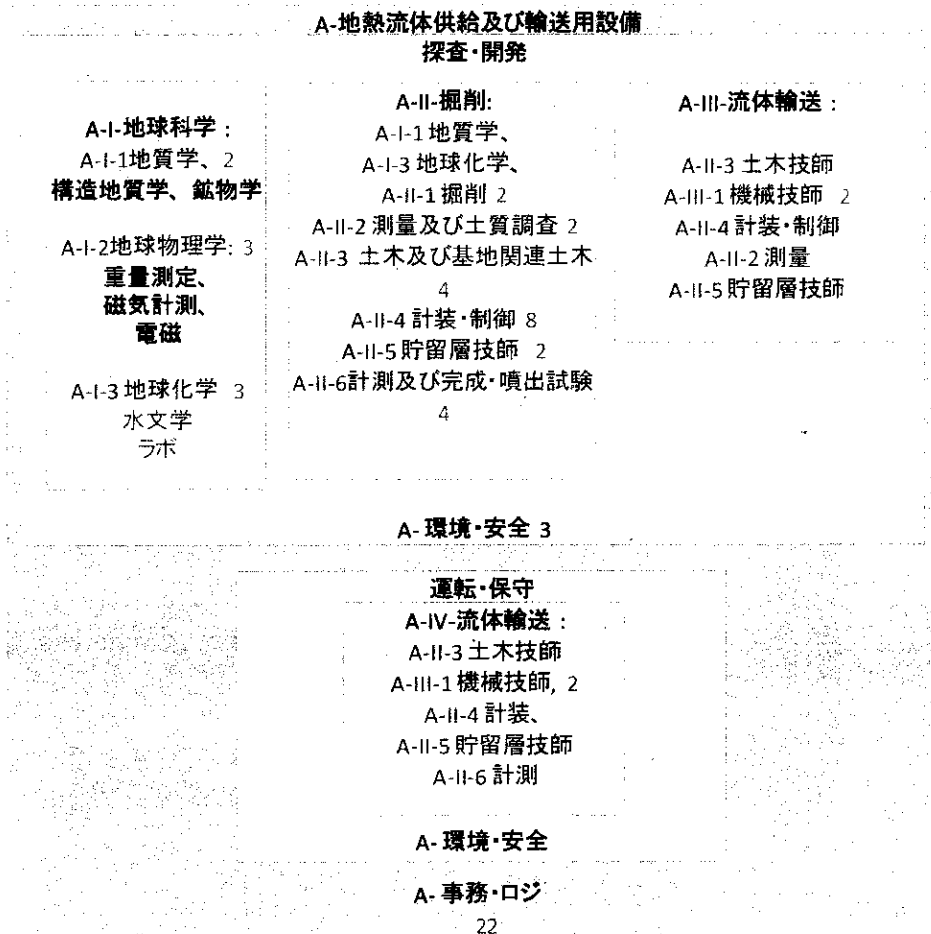


図 3. 2. 2-2 流体供給及び輸送グループの人員

b. エネルギー変換グループ（グループB）

図 3. 2. 2-3 は、エネルギー変換グループの構成を示す。

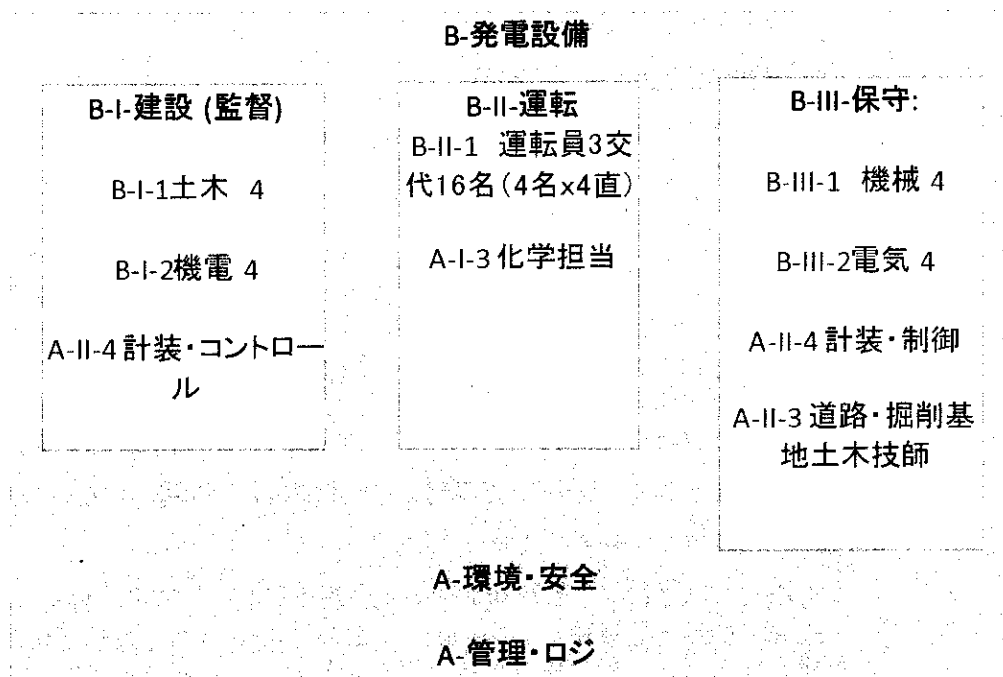


図 3. 2. 2-3 エネルギー変換グループの人員

c. エネルギー輸送グループ（グループC）

図 3. 2. 2-4 は、エネルギー輸送グループの構成を示す。

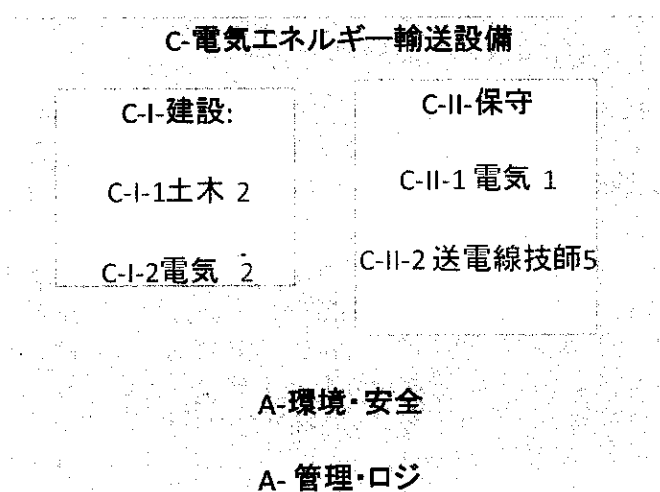


図 3. 2. 2-4 エネルギー輸送グループの人員

2. 地熱フィールドのオペレーション及び発電所の運転のための組織

図 3. 2. 2-4 は、地熱フィールドのオペレーション及び発電所の運転を行うために、ENDE 実施ユニットが必要とする組織・人員を示す。左側は地熱フィールドのオペレーション、右側は発電所の運転に該当する。この 2 グループの間に、発電に必要な蒸気供給を調整するインターフェイスとして機能する 1 グループが存在する。

3. 地熱流体供給グループの組織

地熱発電所への蒸気供給及び流体の還元は、地熱開発全体にとって決定的に重要である。3. 2. 2 項 (a 項) に記載される専門家は、図 3. 2. 2-5 に示されるようにグループ化する必要がある。

地球科学グループは、地熱貯留層及び熱水兆候、探査地域周辺の湖及び池のモニタリング管理を行う。モニタリングプログラムでは、貯留層からの流体抽出のレベルや将来の補充井の掘削計画や既存の井戸の維持管理を行うために、貯留層数値モデルを継続的に走らせ、監視する。蒸気供給グループは、地球科学グループの指示のもと、発電所に供給される蒸気及び流体の還元を管理する。掘削グループは、地球科学グループの指示のもと、掘削計画を実行する。

図 8 で示されるその他の要素については、ENDE 組織全体から支援を受ける。

4. 掘削グループ

掘削については、2. 1. 9 項で述べられたように、今後も ENDE が他の地熱フィールドの開発を継続していくのであれば、ENDE 又は YPFB が地熱用の掘削機を購入することに収益性はあると考えられる。この場合、掘削グループは、図 3. 2. 2-6 に示されるような組織となる。

3.3 プロジェクト実施のための ENDE の組織強化策

3.3.1 地熱エネルギー分野の人材

Laguna Colorada プロジェクトの成功は、ボリビアがこの分野で有する人材の質及び量に左右されるが、現在は何れも十分でない。地熱エネルギーの開発にはリスクが伴うが、そのリスクには、2 章で説明したようなカントリーリスク、市場リスクとは別に資源リスクが存在する。

カントリーリスク、市場リスクは、国の政策担当者が、地熱開発プロセスや関連費用、国が享受する便益、他のエネルギー源と比較した場合の地熱エネルギーの価値や、地熱開発を促進するためのインセンティブなどについて理解することで最小化することができるだろう。

しかしながら、資源リスクは、高い投資額を必要とする坑井掘削に関連している。掘削の成功は、掘削ターゲットの選定のための情報の質及び量にかかっている。この情報が量的・質的に不足していると、流体にあたらない、あるいは低温の流体にあたると可能性が大きい。地熱流体を抽出できたとしても、貯留層の涵養及び資源量に対する評価が不十分であれば、地熱資源が短期間に枯渇する可能性がある。この結果、設備への蒸気量を維持するために新たな掘削が必要となり、その結果、蒸気供給コストは更に高くなる。この資源リスクは、技術レベルを上げることによってのみ緩和することができる。

図 3. 3. 1-1、地熱開発の各段階とリスクの関係を示している。図に示されるとおり、資源リスクはフィールド開発の最終段階まで持続する。

図 3.3.1-2 は、地熱開発における政治リスク及び資源リスクの緩和に必要とされる基本的専門分野を示す。設備運転・保守に求められる専門性について個別に示されているが、ボリビアでは電力事業への民間部門の参加が少なくなっているため、公共部門に関連してのみ示されている。

3.3.2 ENDE に対する地熱研修プログラム

ENDE に対する研修は、講義型と OJT 型の 2 種類の研修を提案する。

1. 講義

エネルギー関連のボリビア政府機関を対象とし、その目的は、政治リスク及び市場リスクを緩和するためのベースを確立することである。ボリビア政府のハイレベルを対象とする研修であることから、短期間のワークショップ形式で行われ、同一内容で数回繰り返される。

研修課題は以下のとおり。

- 地熱エネルギーの起源及び分布
- 地熱の発電利用及び直接利用
- 他の電源と比較した場合の便益
- エネルギーミックスの考え方、地熱エネルギーの位置づけ
- 電力供給の中での地熱エネルギーの役割
- 地熱開発におけるリスクの種類(カントリーリスク、市場リスク、資源リスク) 及びその緩和策
- 地熱資源開発プロセス
- 探査及び評価方法
- 電源開発計画策定にあたっての地熱マスタープランの重要性
- 地熱発電コストの決定及びその構成要素
- 地熱プロジェクトの経済・財務評価
- 地熱開発促進のためのインセンティブ
- 地熱開発のための組織
- Laguna Colorada プロジェクト及びボリビアの地熱の可能性

2. OJT

a. 概要

OJT は、設備の建設段階（フィールド開発も含む）、及びフィールドのオペレーション及び発電所の運転期間を通じて実施される。

言語の利便性により、トレーニンググループ内に日本人講師と連携して働くメキシコ人講師（CFE）またはコスタリカ人講師（ICE）を配置することが推奨される。コスタリカ人講師が参加できない場合は、エルサルバドル人講師（LA GEO）でもよい。日本人及びメキシコ人、コスタリカ人（又はエルサルバドル人）講師の間で調整のための事前セッションを開催する。

b. 建設中の OJT

請負業者は、ENDE 実施ユニットから選抜された人員に対してトレーニング

b. 建設中の OJT

請負業者は、ENDE 実施ユニットから選抜された人員に対してトレーニングを実施することを義務付けられる。トレーニングは、以下のテーマに関して実施される。

1) 坑井掘削

- a) 組織
- b) 機材
- c) 必要な準備作業
- d) フィールドオペレーション
- e) 掘削中の圧力及び温度の地球物理検層
- f) 地質検層及び地化学検層（スラッジコントロール）
- g) 暴噴の防止
- h) 硫化水素対策
- i) 安全・衛生
- j) 在庫管理
- k) 完成試験
- l) 坑井仕上げ

c. 気水輸送管設備、発電設備、送電設備

- a) 組織
- b) 装置
- c) 必要な準備作業
- d) フィールドのオペレーション
- e) 検収テスト
- f) 安全・衛生
- g) 在庫管理
- h) 工事引き渡し

2) 運転保守

地熱発電所の運転は、地熱フィールドの適切なオペレーションと関連する。設備運転のためのトレーニングは、EPC 契約の一部として義務付け、建設期間中に製造業者又は請負業者の本社で基礎的な訓練が実施されるようにする。しかしながら、これには通常地熱フィールドのオペレーションまでは含まれない。よって、発電所稼動開始後最初の数年は、地熱発電所及びフィールドのオペレーションの専門会社と契約し、この期間、運転保守関連の各種の OJT が実施されるようにする。

運転保守期間中、資源開発を段階的に検証していくための、貯留層のモニタリング及び数値シミュレーションに関する研修は特に重要である。

運転保守期間中にこのような OJT サービスを提供可能できる団体や会社については、今後追加調査が必要である。

3. 暫定的な一般研修プログラム

図 3.3.2-1 は、少なくとも 3 本の地熱井の掘削を通じて実施される研修計画について示している。政府関係者への研修からスタートし、その後現場研修へ移行する。

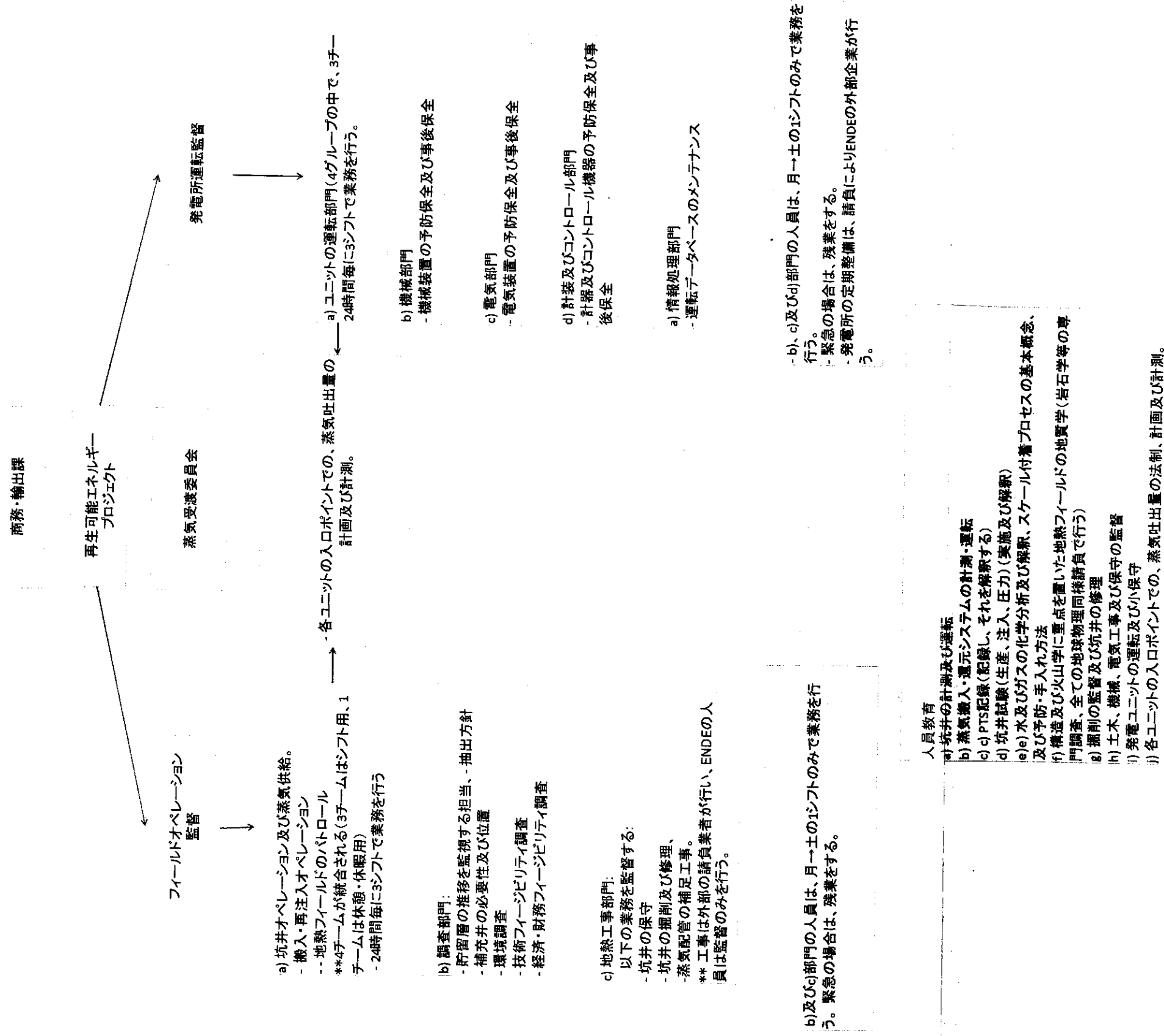


図 3.2.2-4 地熱フィールドのオペレーション及び発電所の運転のための組織図

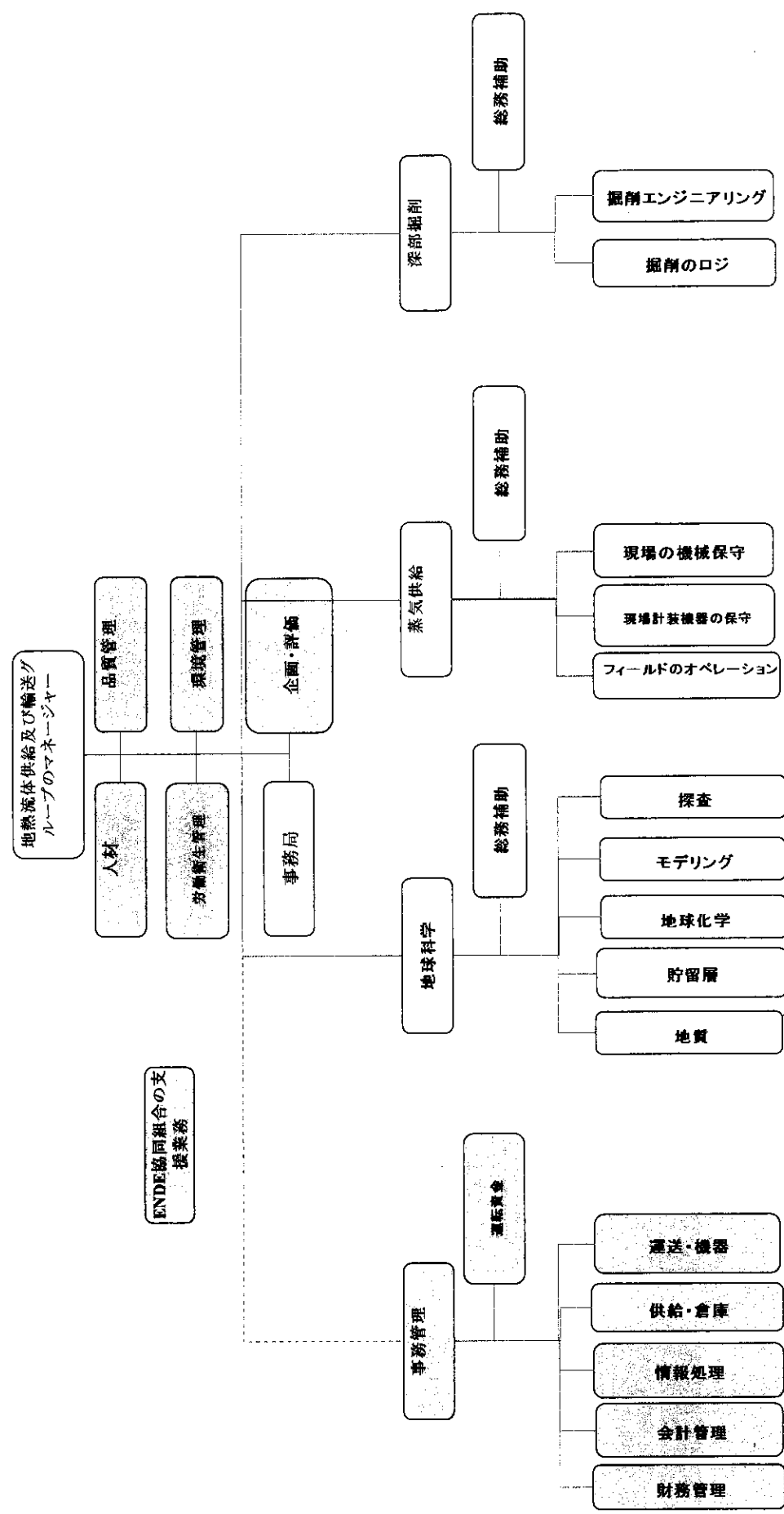


図 3. 2. 2-5 地熱流体の供給及び輸送グループ組織図

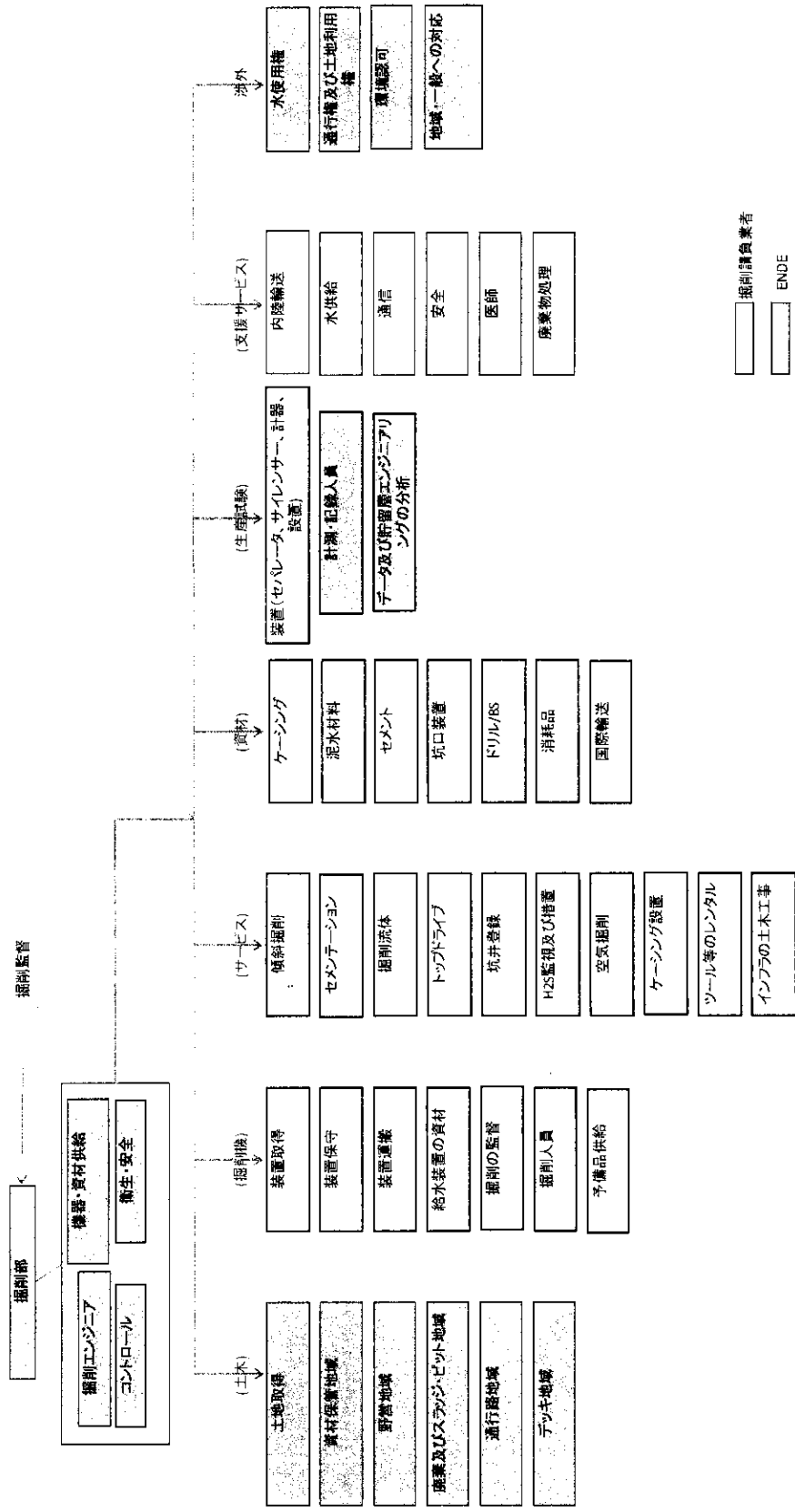


図 3. 2. 2-6 掘削グループの組織図

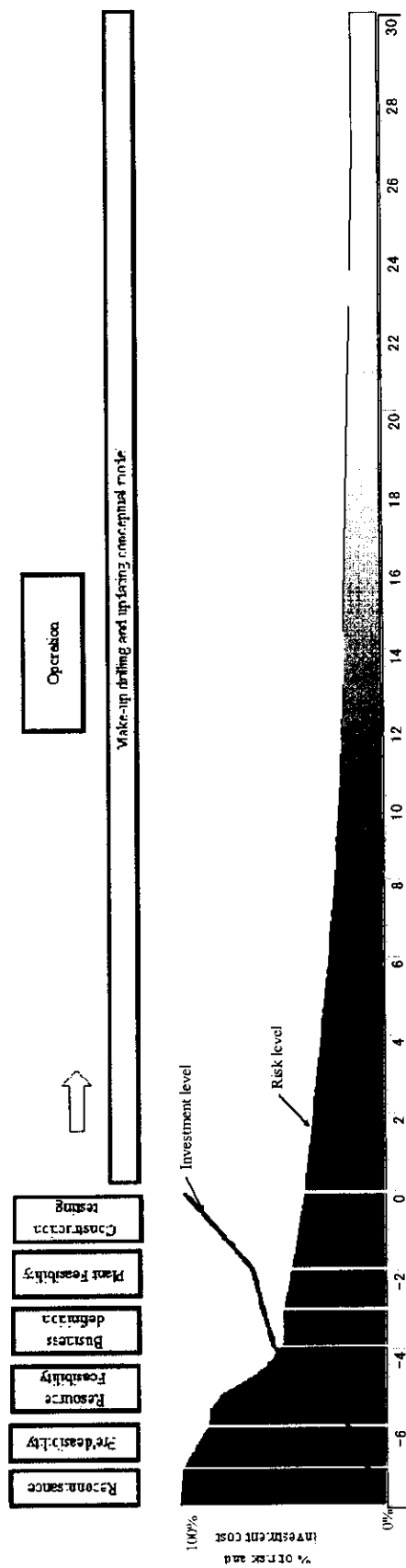


図 3. 3. 3-1 地熱開発の段階及びリスク

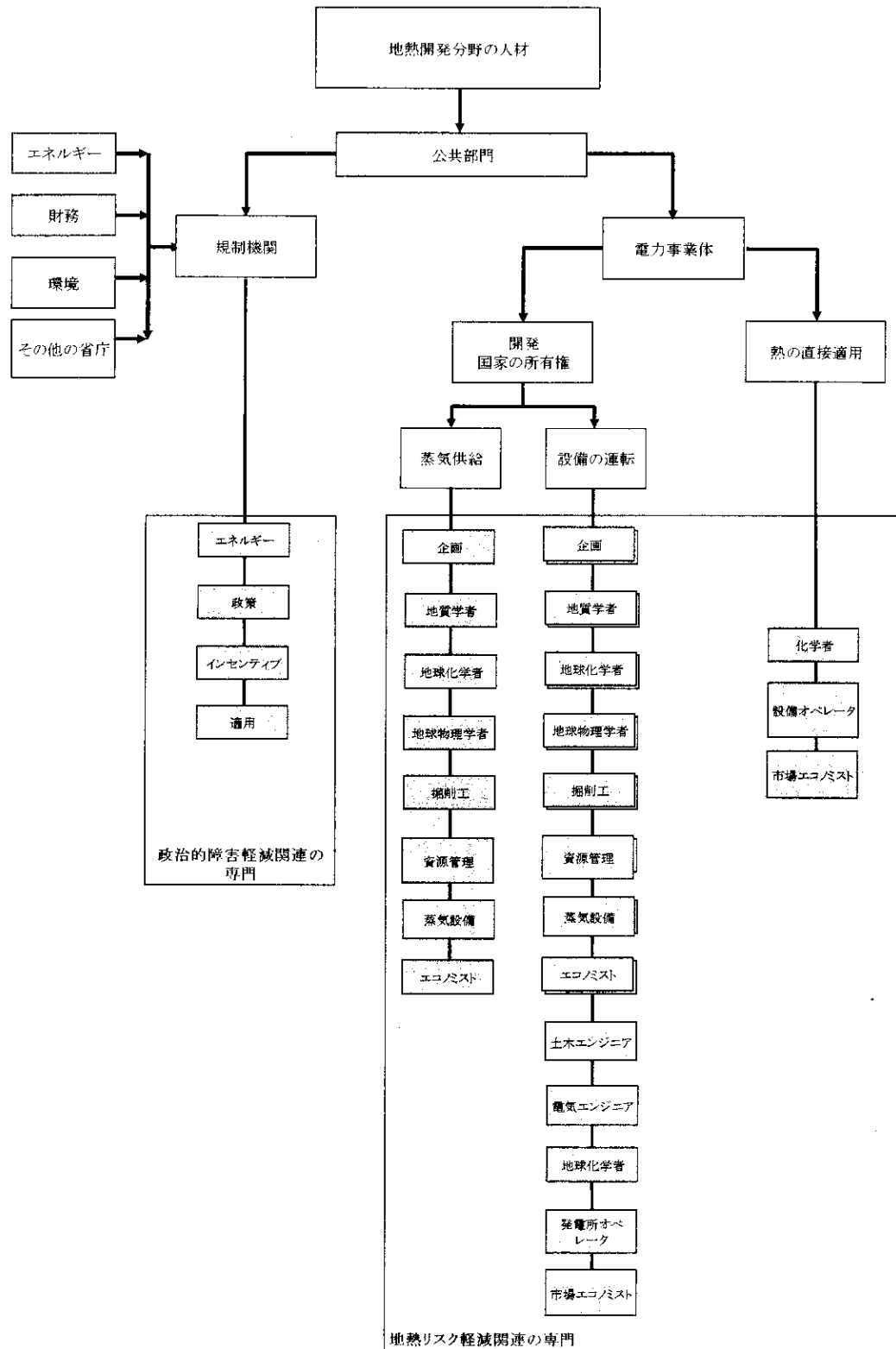


図 3.3. 1-2 人材育成のニーズ

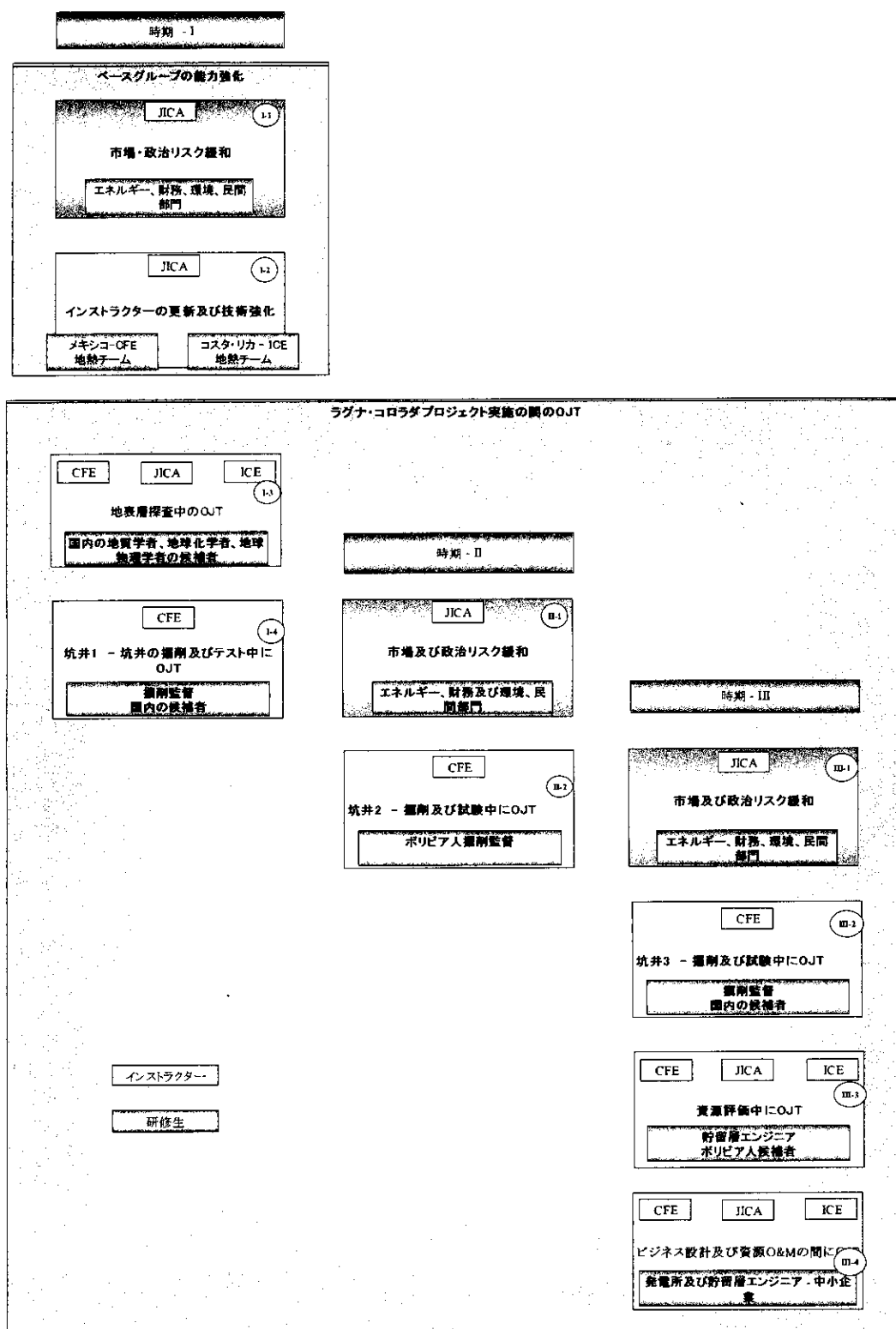


図 3.3. 2-1 トレーニングの提案プログラム

第4章 結論・提言

4 結論・提言

4.1 法律面・組織面

4.1.1 プロジェクト実施前の法律・制度面の課題

ボリビア政府は以下の課題に迅速に対応する必要がある。

土地所有権：発電所が位置する場所に関して、先住民コミュニティとの間に将来発生し得る問題を回避するために、土地所有権を定める必要がある。

電力法：憲法が改定されたが、電力法は旧憲法下の法律として存在している。

開発権又は発電ライセンス：ENDE は、現行法制のもとで、当局から発電ライセンスを取得する必要がある。当時の電力監督庁から取得した開発権は、すでに法的効力がない可能性がある。

電力市場のオペレーション：発電向けガスに補助金が存在するシステムにおいて、経済原則に則った負荷配電では、地熱発電所は給電できず、収益性に問題が生じる可能性がある。

4.1.2 プロジェクト実施前の組織面の課題

プロジェクト実施に向けて、ENDE の組織能力の強化を現時点から始める必要がある。Laguna Colorada プロジェクト実施ユニットが創設され次第、研修を開始する。研修は、発電所稼動開始後の運転保守体制の整備についても視野にいられて行う必要がある。

4.2 経済面・技術面

4.2.1 地熱フィールドの開発

100MW 分に必要掘削本数は以下の通りである。

初期坑井掘削本数 (Initial Well)

	既存井	新規坑井	計
SM-1 基地	1	2+1 (Make-up)	4
SM-2 基地	1	2+1 (Make-up)	4
SM-3 基地	1	2	3
SM-5 基地	1	2+1 (Make-up)	4
新規生産井基地	-	2	2
新規還元井基地	-	6	6
新規凝縮水基地	-	1	1
合計	4	20	24

補充井掘削本数 (Make-up Well)

	初期井	補充井	計
SM-1 基地	4	-	4
SM-2 基地	4	1	5
SM-3 基地	3	-	3
SM-5 基地	4	3	7
新規生産井基地	2	1	3
新規還元井基地	6	-	6

新規凝縮水基地	1	-	1
合計	24	5	29

4.2.2 推奨される開発シナリオ

プロジェクトは以下のとおり3つにフェーズ分けされる。

フェーズ-1: 50 MW 分の掘削

フェーズ-2: 50MW分の気水輸送管設備及び発電所建設、100MW 分の送電線建設

フェーズ-3: 50MW 分の掘削、50MW分の気水輸送管設備及び発電所建設

このフェーズ分けに沿って、以下の3つの開発シナリオが想定された。 a) ケース A: 25MW を1基ずつ別個の EPC 契約により建設する (25MWx4)。b) ケース B: 25MW を2基ずつ、別個の EPC 契約で建設する (25MWx2, 25MWx2)。c) ケース C: 50MW2 基を、別の EPC 契約で建設する (50MWx2)。ケース B では、事業費はケース C に比べて高く、ケース A に比べて低くなるが、事業費だけでなく、管理、運搬の利便性、地熱資源リスクへの対応の柔軟性、系統への信頼性を考慮すれば、ケース B が最も推奨される。ケース B の事業費総額は 462.70 百万ドルである（建中金利を除く）。

ケース B の調達ロット分けは以下のとおりである。

項 目	フェーズ		
	I	II	III
ENDE 所掌			
許認可取得、接続先・関係機関との協議	X	X	
用地買収	X		
環境モニタリング	X	X	X
サイト・インフラ整備 (ENDE キャンプ拡張整備、工事用水供給設備等)	X		
道路整備、	X		
測量、土質調査	X		
掘削基地・資機材置場の造成・整備 (SM-2 基地、SM-3 基地、熱水還元基地、冷水還元基地)	X		
掘削基地造成・整備 (SM-1 基地、SM-5 基地、新規生産井基地)			X
坑井掘削、坑井試験			
生産井掘削 (50MW 分) (SM-2 基地: 2 本、SM-3 基地: 2 本)	Lot No.1		
還元井掘削 (3 本)			
冷却塔ブローダウン用還元井掘削 (1 本)			
生産井掘削 (50MW 分) (SM-1 基地: 2 本、SM-5 基地: 5 本、新規基地: 2 本)			Lot No.2
還元井掘削 (3 本)			
坑井試験設備	Lot No.3		
坑井試験 (Phase-I)	Lot No.4		
坑井試験 (Phase-III)			Lot No.5

FCRS・発電設備			
発電所敷地造成・整備			
発電所内共通設備			
発電設備 (Unit-1&2, 25MW x 2)			
開閉所 (Unit-1&2 用)			
FCRS (Unit-1&2 用)			
(セパレータ: SM-3 基地 x3, SM-1 基地 x1, SM-1・S-3 基地用蒸気・熱水配管、SM-2・SM-5 基地用二相流配管、発電所サイレンサ)			
発電設備 (Unit-3&4, 25MW x 2)			
開閉所 (Unit-3&4 用拡張)			
FCRS (Unit-3&4 用増設)			
(新規基地用セパレータ x1 および蒸気・熱水配管、発電所サイレンサ増設)			
送変電設備			
230kV 送電線			
新 San Cristobal 変電所			
コンサルタント	Lot No.9	Lot No.10	Lot No.11

4.2.3 プロジェクト実施前の技術面の課題

1. 技術面

a. 既存坑井の長期噴気試験

坑井噴気試験の目的は以下の3つである。

- Sol de Mañana 噴気帯や水理システムへの影響を確認する。
- 地化学データ (特に蒸気中の硫化水素濃度) を取得し、発電設備の設計および硫化水素拡散シミュレーションに反映する。
- 発電設備の設計に必要な生産井の特性データを取得し、新たな貯留層シミュレーションを行う。

b. 測定装置の設置・データの取得

気象データの取得は硫化水素の拡散シミュレーションのために非常に重要であり、発電所稼動期間中に要求される緩和策のレベルについて判断するために必要である。

c. 掘削業者・地熱流体設備、発電設備、送電設備の請負業者選定のための P/Q 書類作成

d. 噴気帯・水位モニタリングに関する ENDE のトレーニング

2. その他

- a. Laguna Colorada にある ENDE の滑走路の整備
- b. 待機中の掘削機の利用可能性に関する詳細な調査の実施
- c. 発電所の運転保守に関する訓練サービスを提供できる会社あるいは団体

に関する調査の実施

4.2.4 経済財務評価

ボリビアでは国内発電向けの天然ガス規制価格が存在するため、現在の電力市場の売電価格を適用してプロジェクトの財務的内部収益率を判断することは適当ではないと考えられる。よって、プロジェクトは、以下を代替プロジェクトとして経済的内部収益率のみ評価した。

1. 代替プロジェクト**a. 代替プロジェクトの選定**

代替プロジェクトとして、現在入札中のエル・チャコ天然ガス発電（シンブルサイクル・ガスタービン）プロジェクトを想定した。

b. 代替プロジェクトの各種データ

代替天然ガス発電設備の想定条件は以下のとおりである。

- 設備容量：100 MW (ISO 条件 124 MW)
- 建設コスト：US\$ 908/kW
- 発電効率：35%
- 設備利用率：67.1%
- 所内比：5%
- 運転保守費：1.11 US cent/kWh
- 燃料費：US\$ 8.0 /MMBTU
- 耐用年数：15 年

2. プロジェクト

本プロジェクトの経済評価に関するデータは次のとおりである。

- 設備容量：100MW
- 所内比：7 %
- 設備利用率：85%
- 送電ロス：3.5%
- 耐用年数：30 年
- 年間発電量：740.80 GWh

3. 経済評価結果

代替プロジェクトとコストを比較した場合、ケース B では、EIRR は 13.46% となり、薬ハードルレートの 12% を上回った。さらに年間約 57.79 百万ドルの燃料費の節約が可能である。

4.3 環境影響調査結果**4.3.1 結論**

プロジェクト実施による環境に対する特別な影響は現時点では特定されなかつ

た。重要な影響としては、土地所有、フラミング類の送電線との衝突の可能性等があるが、予防策と緩和策を適用すれば最小限に抑えることが可能である。Laguna Colorada の水位に関しては、利用可能なデータがほとんど存在しないことから、プロジェクトによる間接的な影響については、現時点で完全な評価ができない。しかしながら、モニタリングを持続的に実施することで、因果関係が確認されるようであれば対応策を講じることは可能である。よって、環境面からは本プロジェクトの実施は可能である。以下は、EEIA-AI ベースライン調査で提起された主要な問題点に対する結論である。

1. 土地所有権

プロジェクトサイト近辺の7つの共同体においては、土地は共有であり、個人の土地所有権は存在しない。この地域のランドクリアリング作業（土地の計測、利用形態、所有者などを明らかにし、新たに地権証を発行し所有者を明確にする作業）は、INRA（国立農地改革院）により2009年10月に開始された。プロジェクト地域には、TCO（先住民共有地）の請求が3件有るが、現在のところ審査プロセスにあり、土地所有権付与の具体的な日付は決まっていない。従って、現在プロジェクト地域には、権利を保有したTCOは存在しない。

and of this year

2. 公聴会

第1回から第3回公聴会ではそれぞれ、プロジェクト影響地域において4箇所で開催された。3回の公聴会には、プロジェクトの潜在的影響地域の政府・市・地域の当局、非政府組織（NGO）、先住民組織の代表者が、それぞれ合計で86名、139名、153名が参加した。観光、水資源、動物相への影響に関する懸念や労働者の雇用機会及び農村電化に関する要望が表明された。

3. 環境影響

調査では、プロジェクトの建設、運転・保守及び発電設備の廃止に関連する環境影響について、予測、特定、評価及び定量化を行った。中程度及び重度とみなされる潜在的な影響に対しては、その影響を最小化し、その便益を最大化するため、予防・緩和計画（PPM）、環境適合フォローアップ計画（PASA）、その他環境影響評価報告書の中で示されたコントロールプログラムの実施が求められる。

4. 将来的な間接的影響

プロジェクトの実施により将来予想される間接的な影響としては、鉱業・工業活動の増加、エネルギーセクターの活動の増加、観光の増加などが挙げられる。

4.3.2 提言

EEIA-AI 調査結果では、重大な問題は特定されなかったものの、回避・緩和策が必要とされる項目や定量的な検証が不可能であった項目が幾つか残っている。これらについては、プロジェクトの各段階で調査され、必要に応じて緩和策が検討され、講じられなければならない。

以下に、EEIA-AI 調査結果から導かれた主たる提言を示す。

1. 最終設計のパラメーター及び手順

プロジェクトの最終設計においては、本 EEIA-AI で指摘された重要な環境・

社会影響について完全な形で検討し、対応策を講じるべきである。

2. 研修プログラム

プロジェクトの活動が始まる前に、プロジェクトに参加するすべての作業員に対して環境研修を実施することが推奨される。

3. 計画及びプログラム

本 EEIA で提起された PPM、PASA その他の計画及びプログラムについては、入札書類の仕様書の一部として記載し、契約文書の中で、実施を義務付けること。

4. 水理システム

プロジェクト地域の気象や水理システムに関して、データをさらに取得することが重要である。PASA で提案されるモニタリング計画は可能な限り早い時点から開始すべきである。それによりプロジェクトが水理システムに及ぼしうる影響について、より正確な予測が可能となる。

Appendix

Appendix-A

Discussion on the impact to the thermal manifestations on the ground surface by the exploitation of geothermal resource in the Laguna Colorada Field

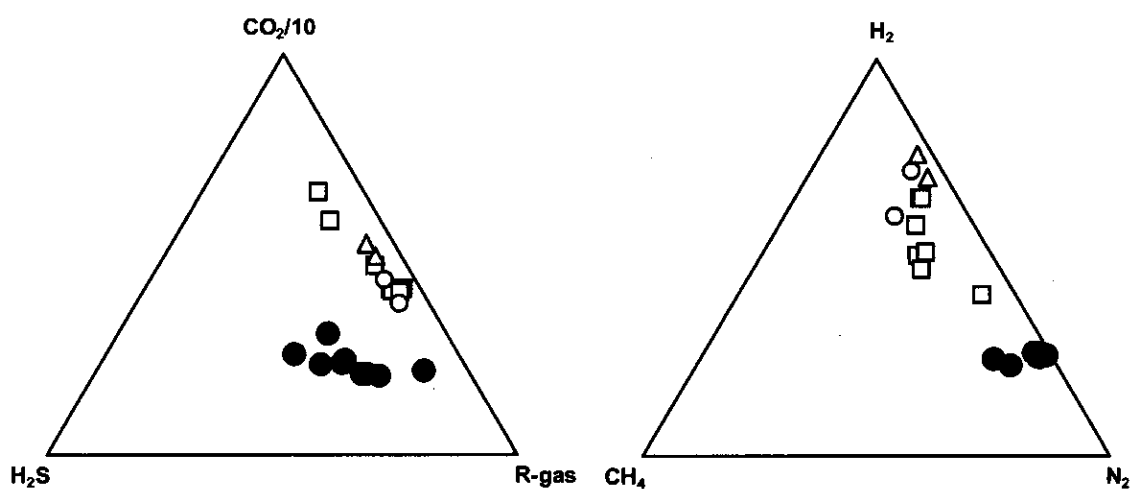
1 CONCEPTUAL MODEL

In geothermal exploitations it is difficult to predict and to assure whether or not there will be impact to the shallow water reservoir and therefore to the surrounding geothermal manifestations. However, it is possible to estimate whether or not there are factors that indicates the possibility of these impacts. In the case of an exploitation of the geothermal resource at the Sol de Mañana, the conclusion is that, at the level of existing data (well geology, geochemistry and reservoir simulation, it is possible to speculate the low probability of experiencing negative impacts on the surrounding thermal manifestations of and on the distant Laguna Colorada.

The following are the premises for this conclusion (Figs. numbers are from the JETRO-F-S Report).

1.1 GEOCHEMISTRY

Because well gas chemistry of the deep fluids sampled from the existing wells (colored, in the below figures) is different from that of fumaroles at the surface manifestations of Sol de Mañana (white), the origin of the fumaroles is different from that of deep geothermal fluid. Thus, it is possible to say that at natural conditions of no exploitation of the resource there is no direct connection between the deep and shallow reservoir.



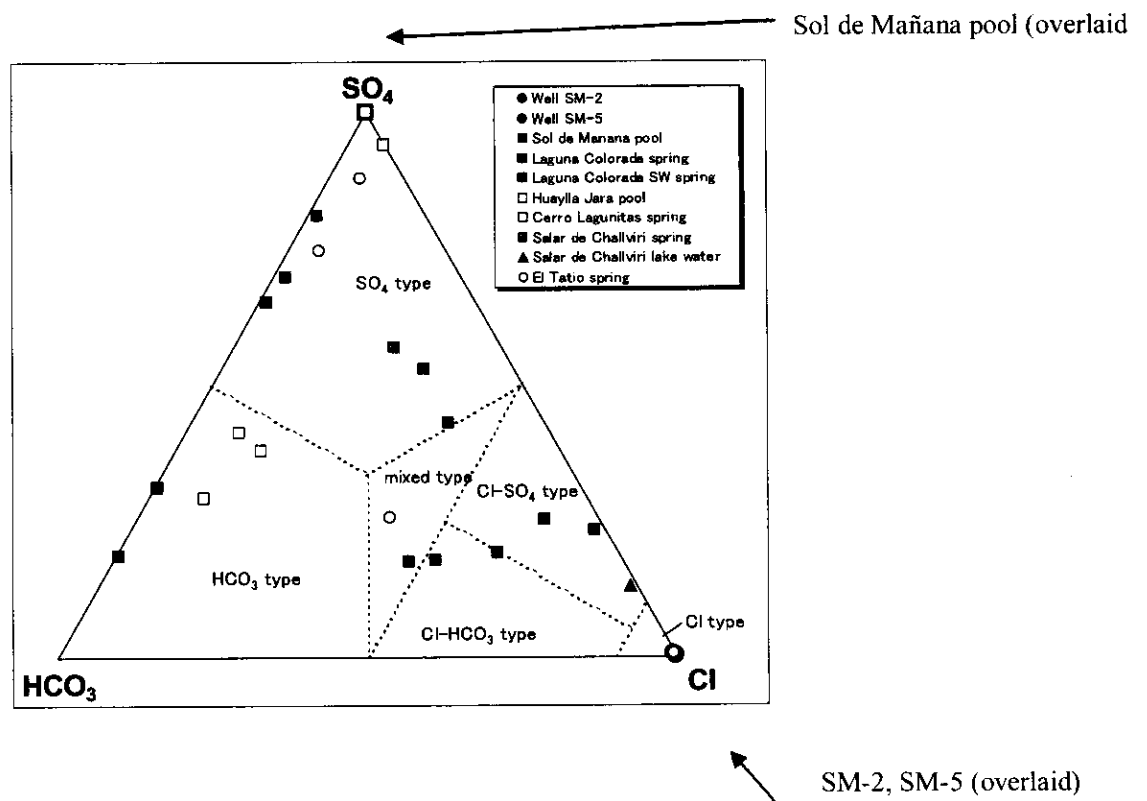
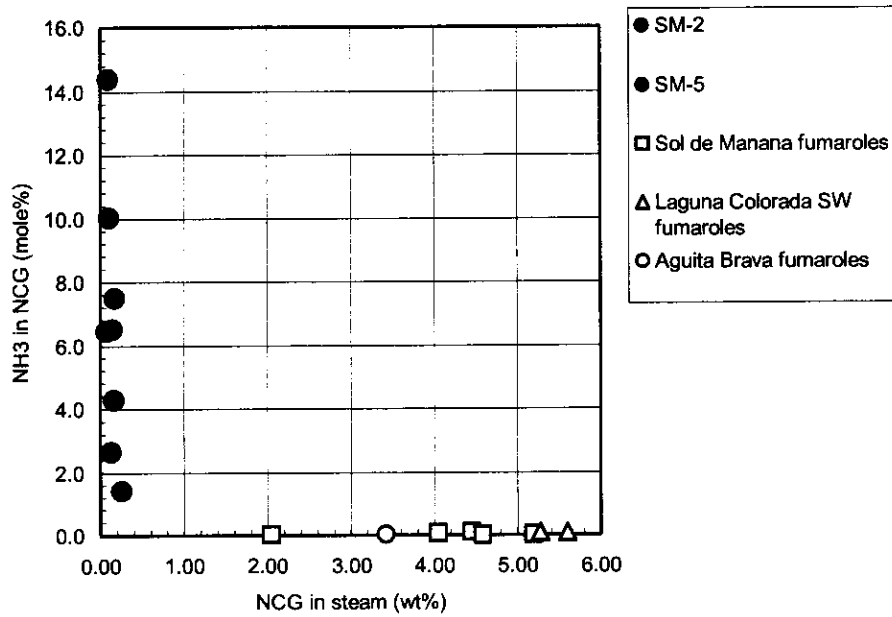


Fig. 1 3-16 Thermal Water Classification by Major Anion Composition

1.2 GEOLOGY

From the correlation of the drilling geology of each of the deep wells, it is understood there is a “cap rock” between the main reservoir and the shallow aquifer feeding the hydrothermal manifestations as depicted in the following Conceptual Hydro-geochemical model (Fig.3-24) and integrated conceptual model (Fig.3-29).

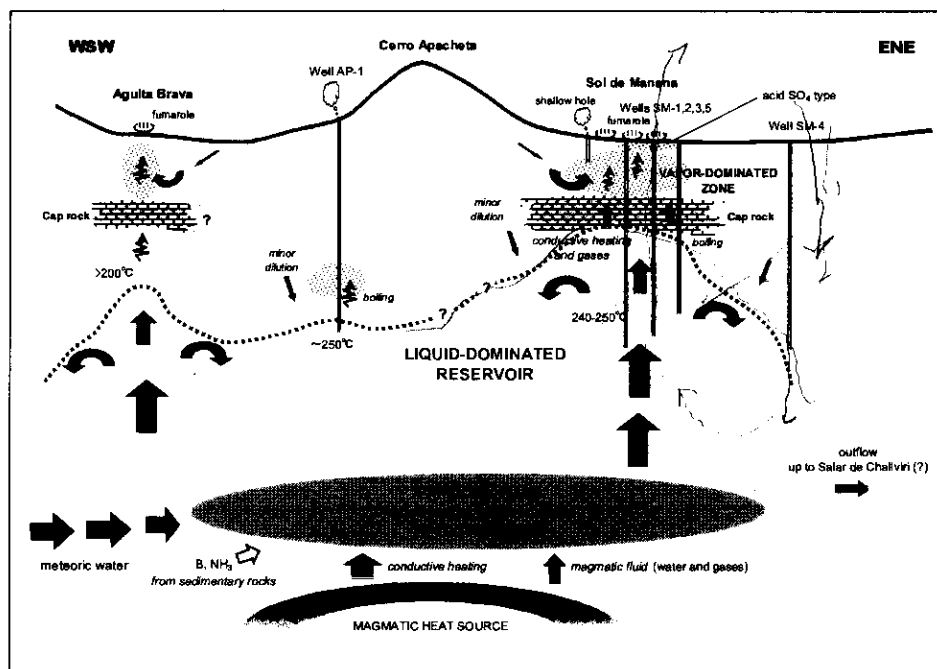


Fig. 3-24 Conceptual Hydro-geochemical Model of the Sol de Mañana System

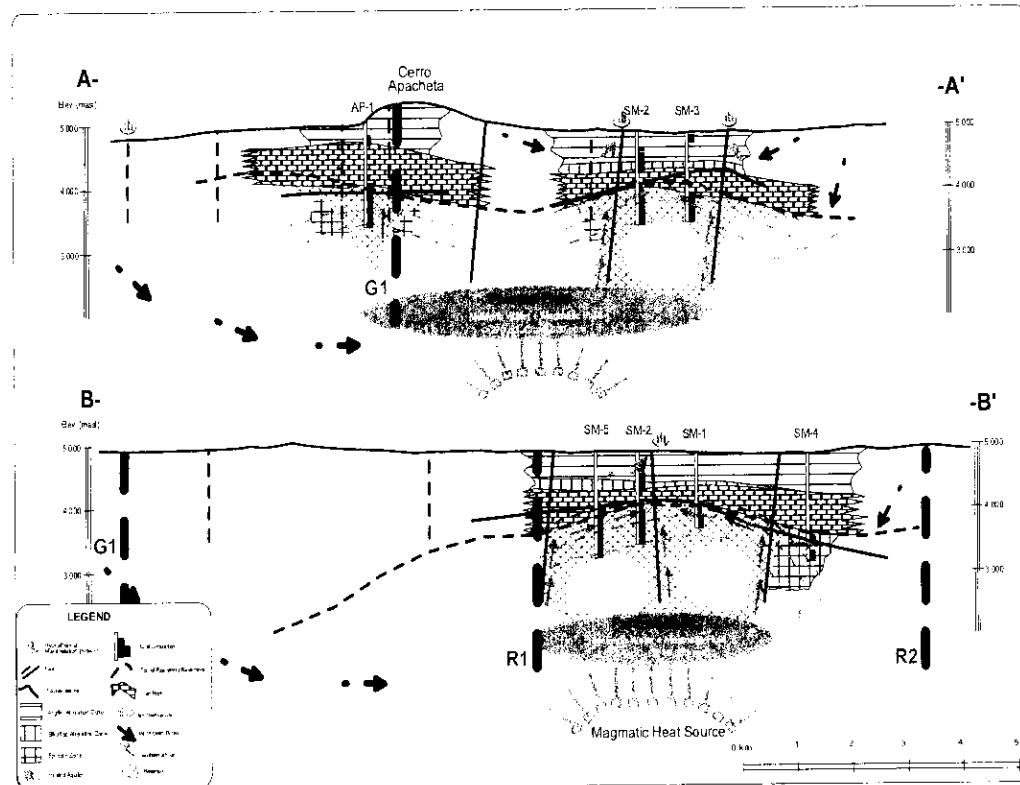


Fig. 3-29 Conceptual Model on Vertical Section

2 RESERVOIR

In year 2007, West JEC carried out a numerical simulation study of Laguna Colorada geothermal field to evaluate its electricity energy generation potential. With respect to the concern about the possible impact to the thermal manifestations due to the development of geothermal power plant, West JEC checked the previous simulation results to discuss the future change at the surface.

2.1 NUMERICAL MODEL

The grid design of the numerical model is shown in Fig. 1. The model covers both the Sol de Mañana area and the Apacheta area.

The boundary condition of the surface is “open boundary”, with constant pressure and temperature. Therefore the mass and heat are allowed to flow in to and flow out from the model depends on the pressure or thermal difference. There is a low permeable layer (cap rock) in the model but the permeability at the shallow layer of around Sol de Mañana is set to be relatively high considering the existence of thermal manifestations at the surface. All sides of the model are also set to an open boundary condition. The bottom of the model is basically “closed boundary”

except the mass upflow zone which is necessary to reproduce the temperature and pressure distribution by convection.

2.1.1 Natural State

The simulated recharge and discharge mass balance at natural state condition is shown in Fig. 2. The inflow rate and outflow rate is same at the natural state condition, and the amount is calculated to be 3,808 t/h. The fluid is mainly recharged from the upflow zone at the bottom of the model, and discharged to the outside of the model at all the side boundaries. The mass upflow rate at the top boundary, which may be related to the thermal manifestations at the ground surface, is 18 t/h. The down flow rate at the whole top surface is 436 t/h.

2.1.2 Forecast Simulation

The change of mass upflow rate at the top boundary for 30 years is shown in Fig. 3. The upflow rate initially increased but after that it decreased gradually. It is supposed that the increase is due to the geothermal exploitation activity, especially brine reinjection. The upflow and down flow distribution is shown in Fig. 4 to Fig. 6. There is not significant change in the amount of mass upflow at the area of well SM-1, SM-2 and SM-3 (Sol de Mañana area).

The change of mass inflow and out flow in 30 years is shown in Fig. 7 to Fig. 11. The decline of mass outflow at northern side is observed but the change is not significant.

Considering these numerical simulation results, it can be concluded that there will not be a serious impact to the surface manifestation due to the planned geothermal exploitation.

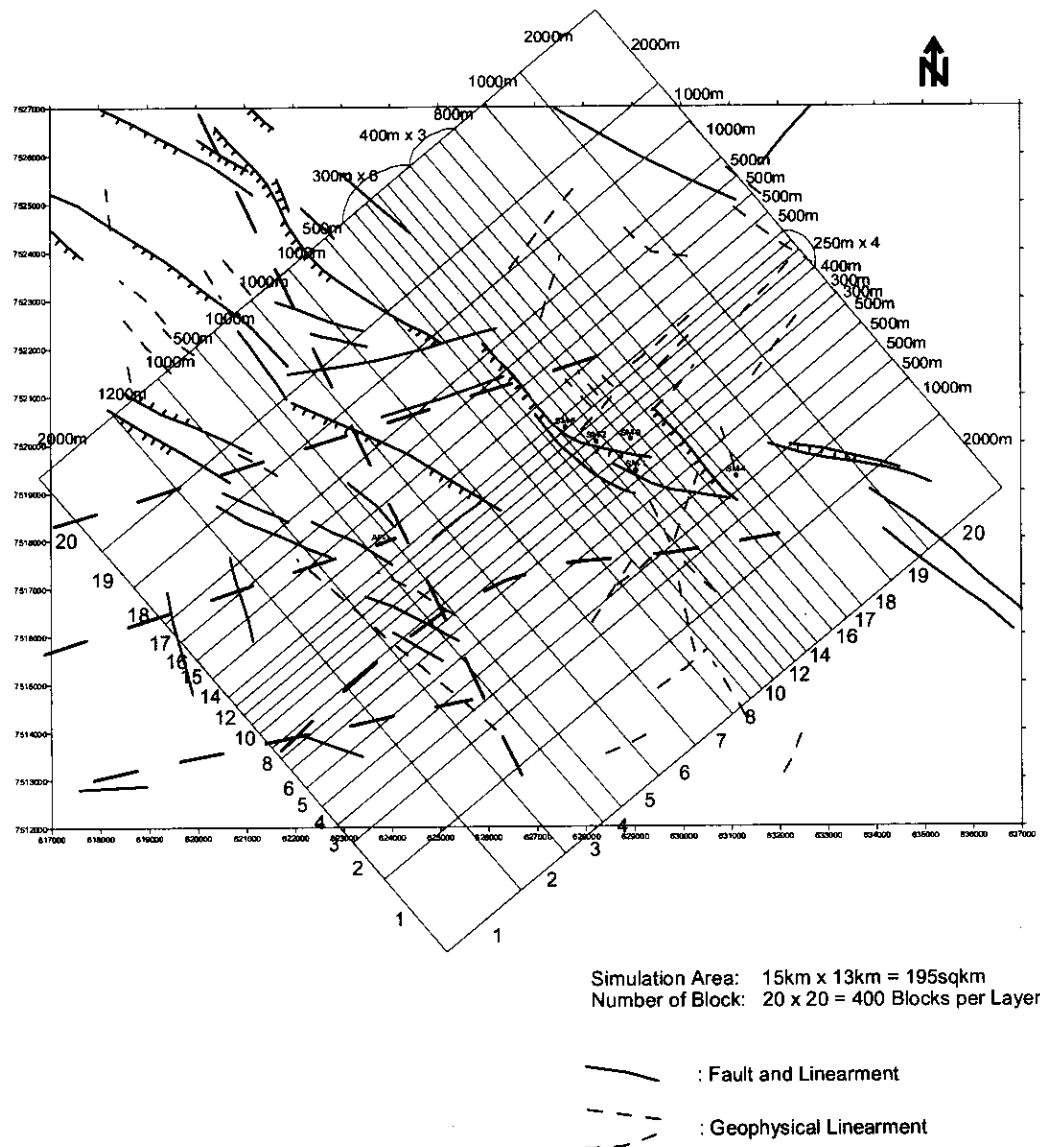


Fig. 1 Grid Design of Numerical Model (Plan View)

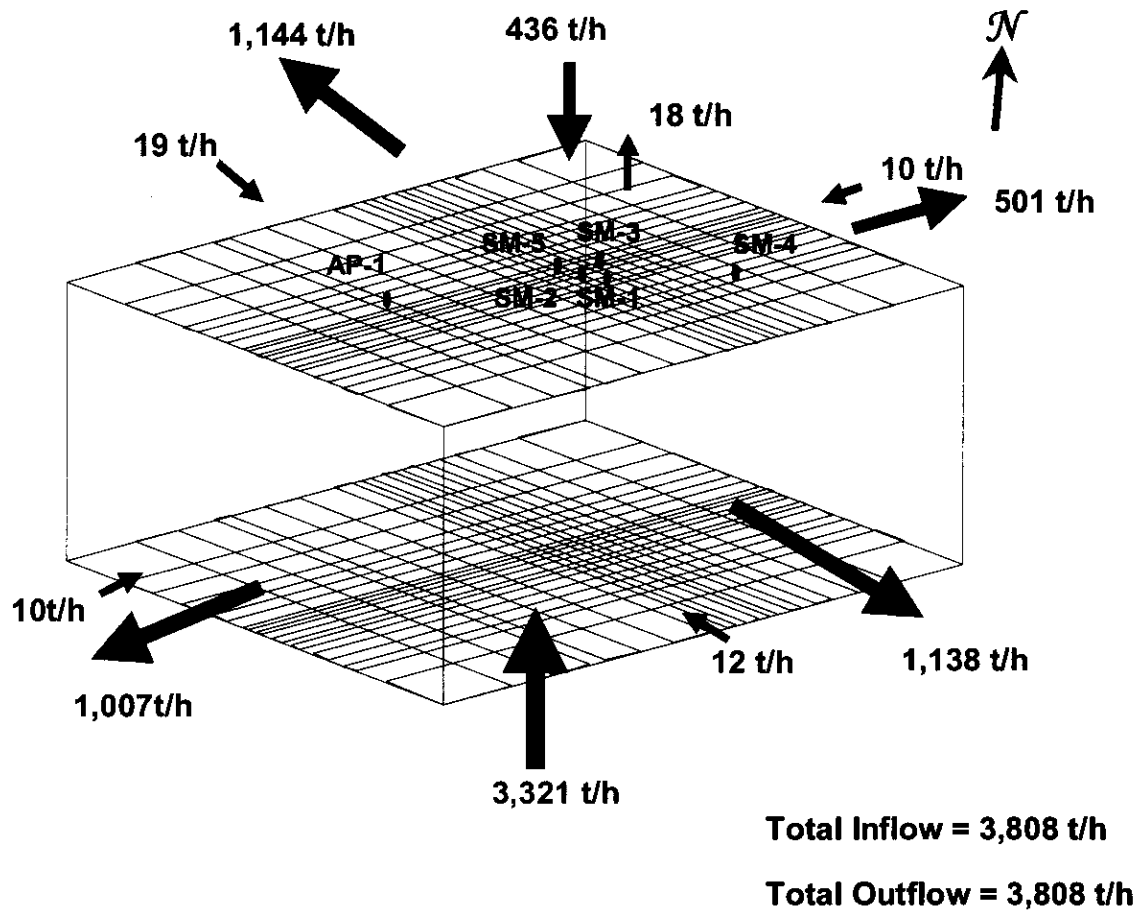


Fig. 2 The simulated recharge and discharge mass balance at natural state condition

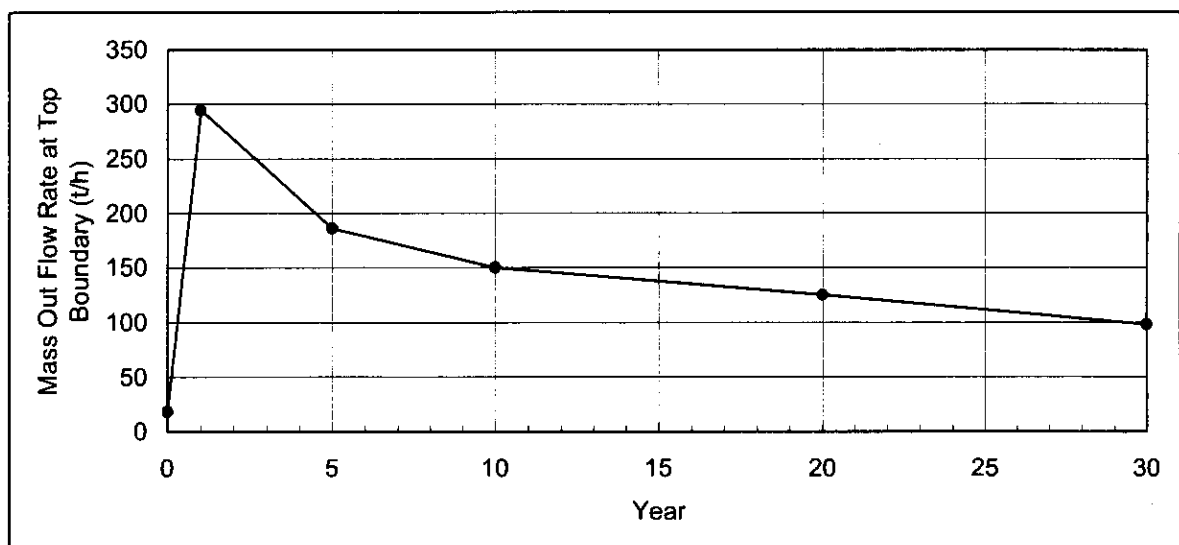
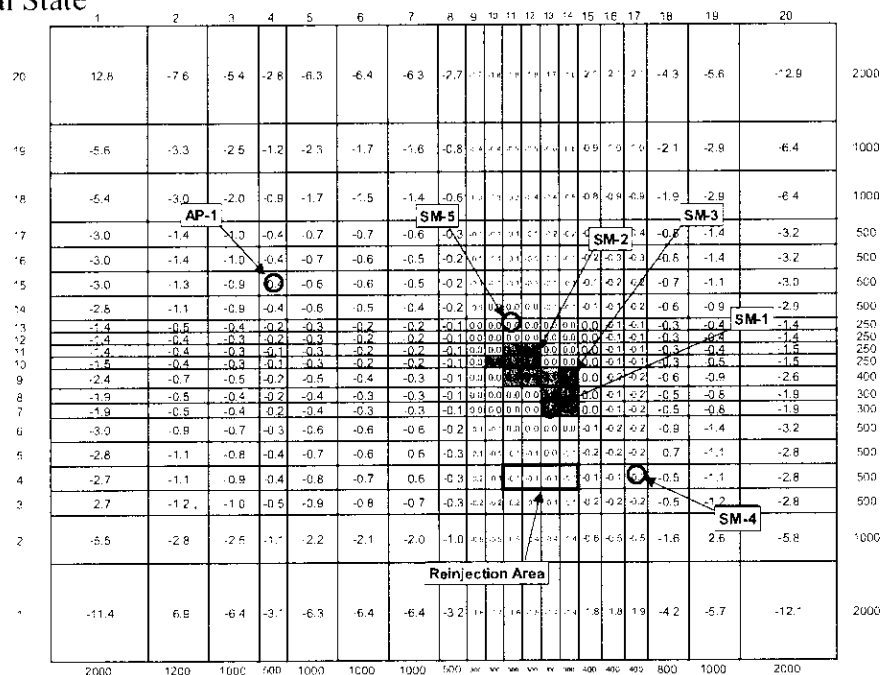
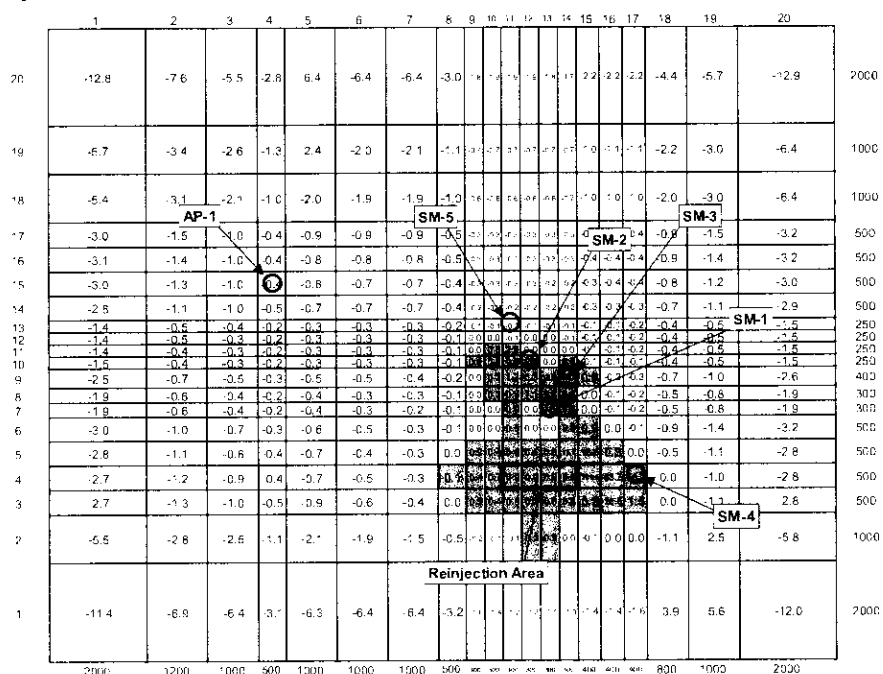


Fig. 3 The change of mass upflow rate at the top boundary for 30 years

Natural State



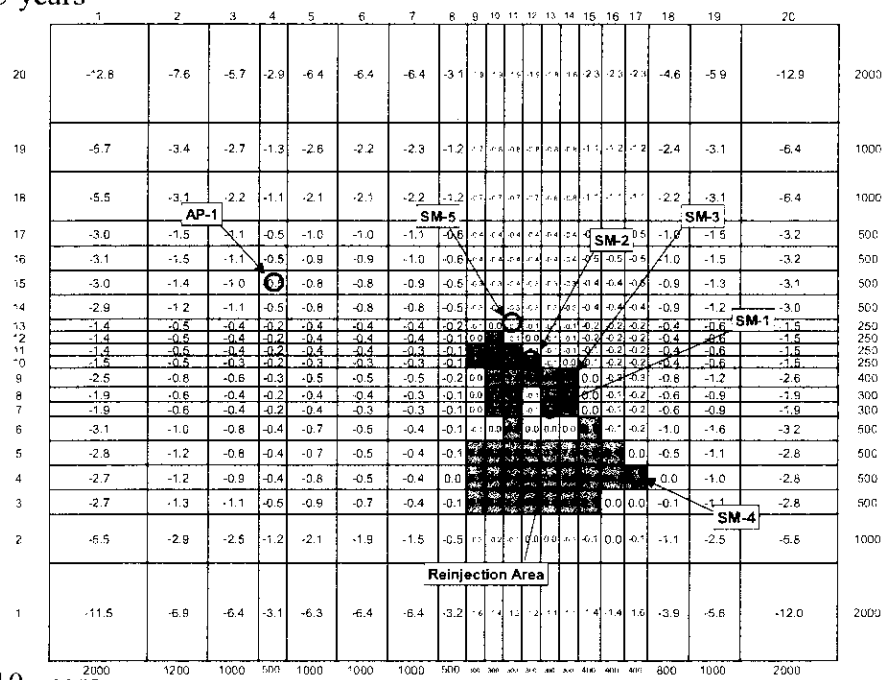
After 1 year



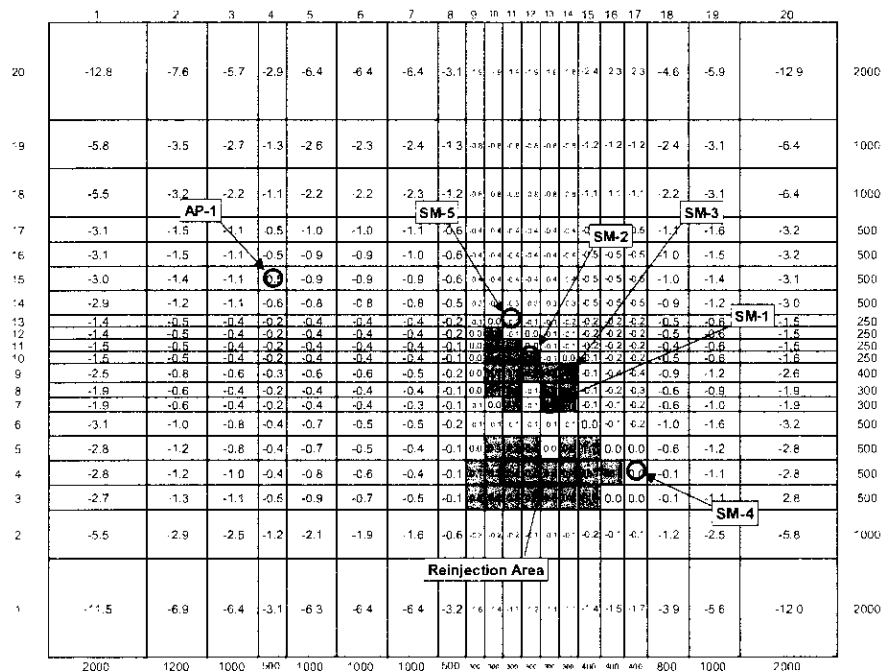
Upflow Zone
Down flow Zone

Fig. 4 Upflow and down flow distribution at Natural State and After 1 year

After 5 years



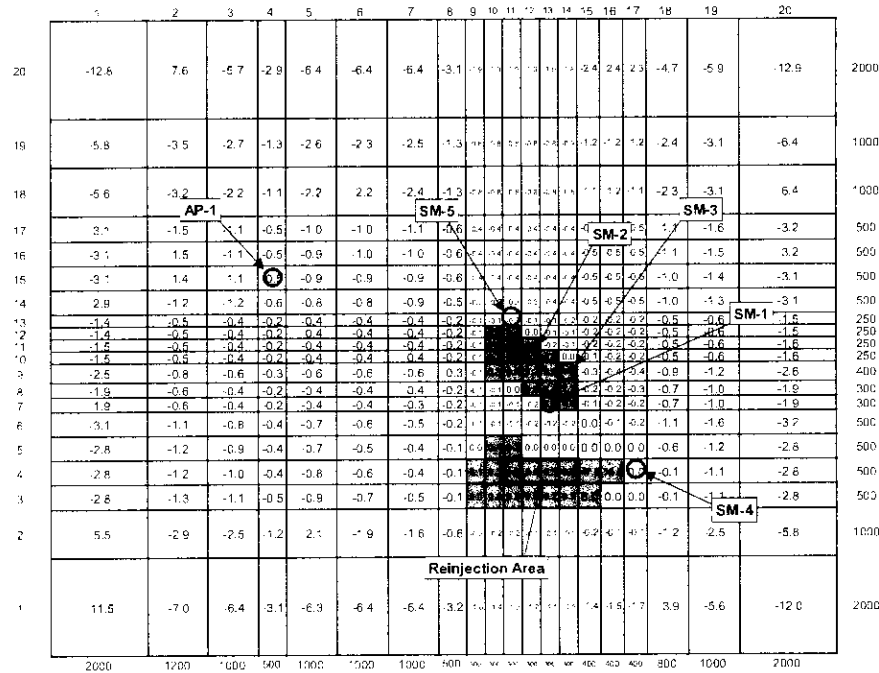
After 10 years



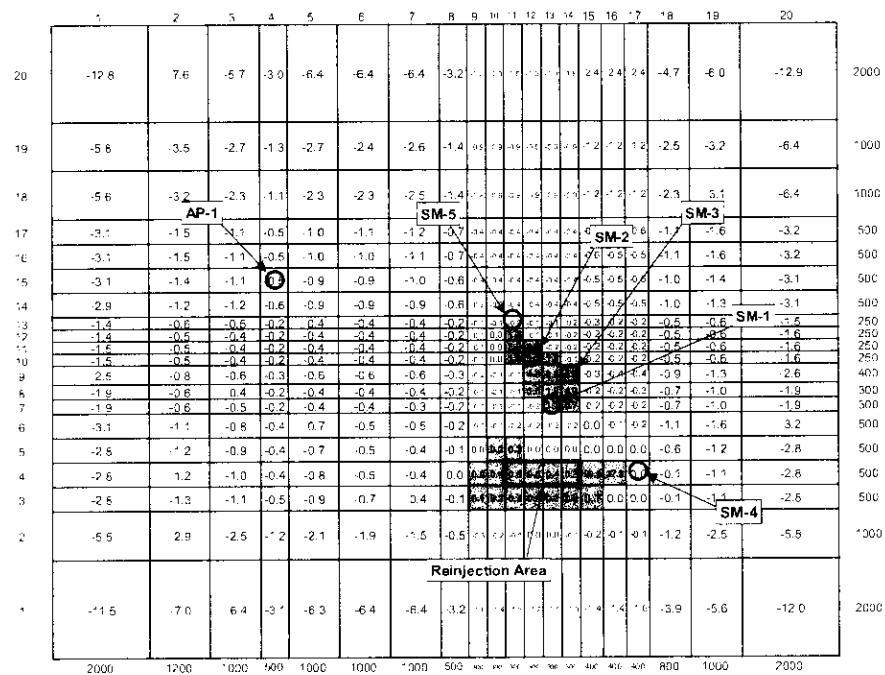
Upflow Zone
Downflow Zone

Fig. 5 Upflow and down flow distribution at After 5 years and After 10 years

After 20 years



After 30 years



 Upflow Zone
 Down flow Zone

Fig. 6 Upflow and down flow distribution at After 20 years and After 30 years

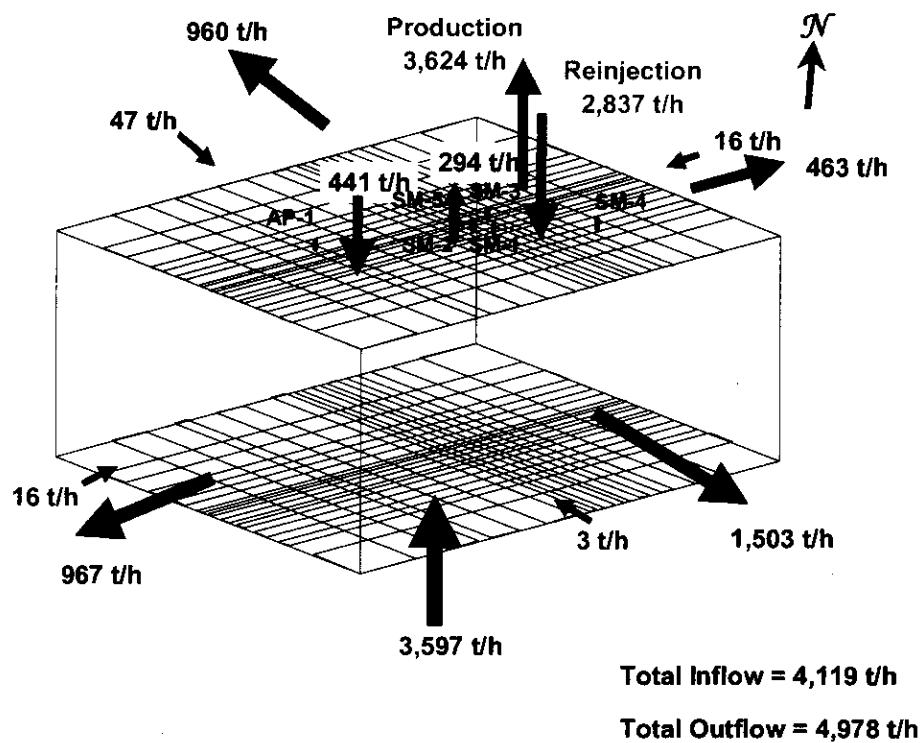


Fig. 7 Simulated Recharge and Discharge Mass Balance at After 1 year

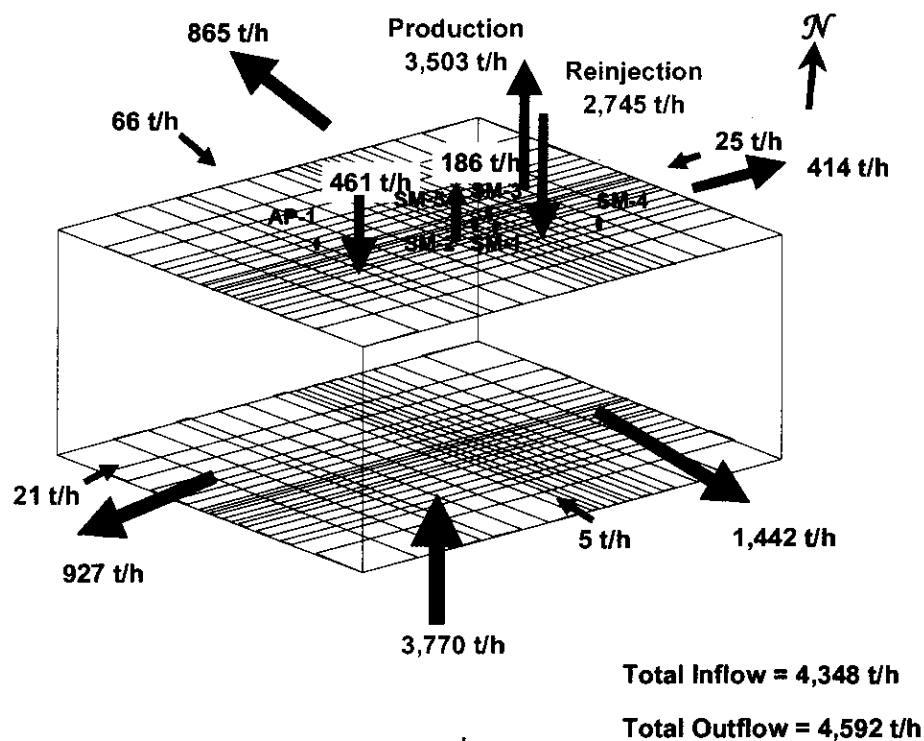


Fig. 8 Simulated Recharge and Discharge Mass Balance at After 5 years

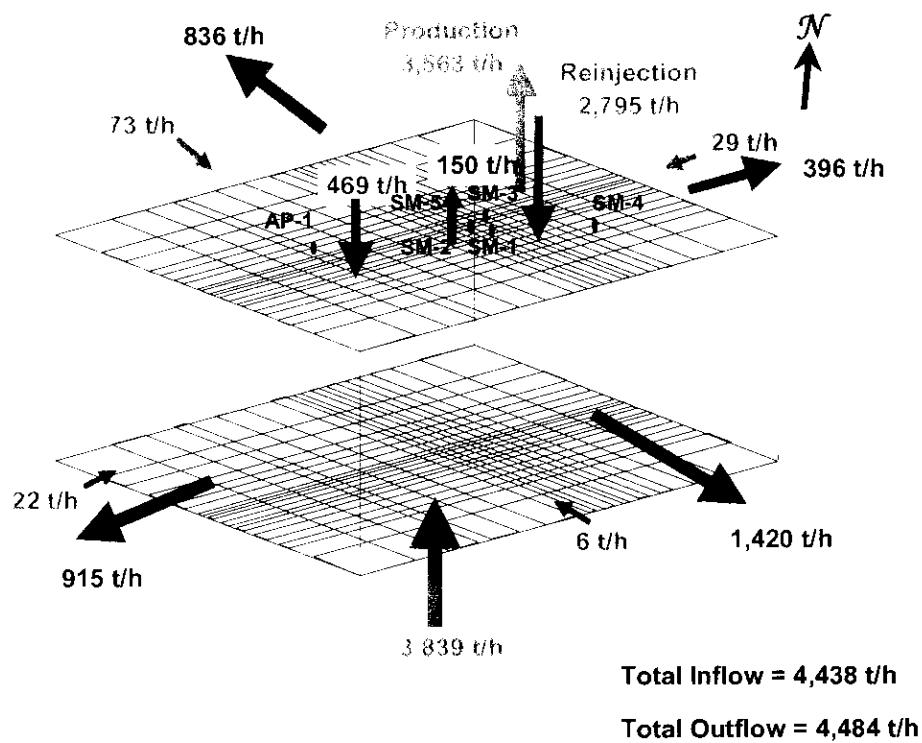


Fig. 9 Simulated Recharge and Discharge Mass Balance at After 10 years

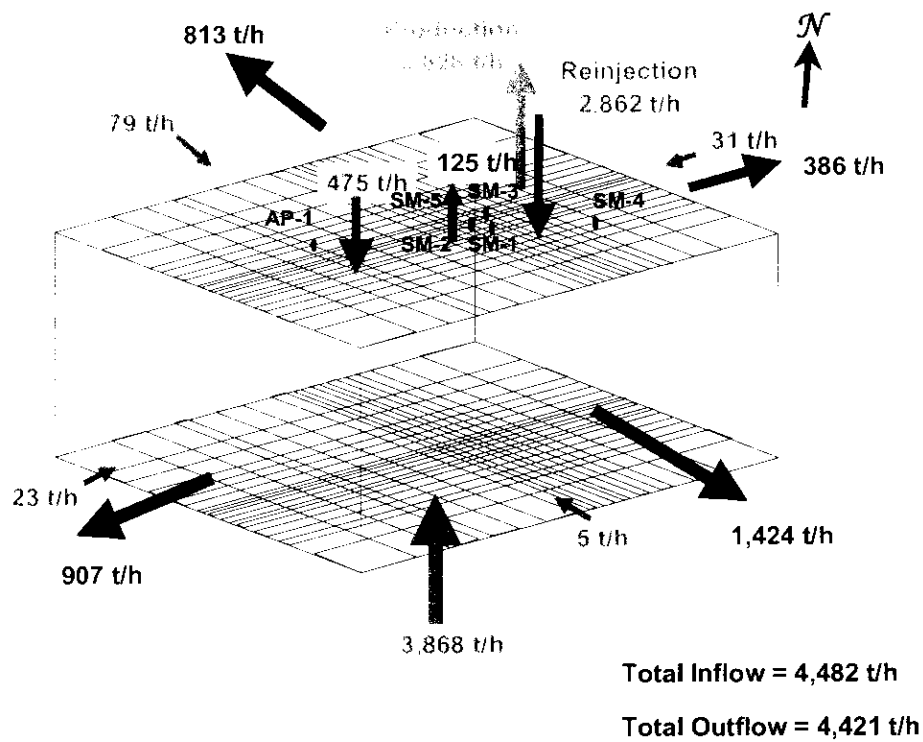


Fig. 10 Simulated Recharge and Discharge Mass Balance at After 20 years

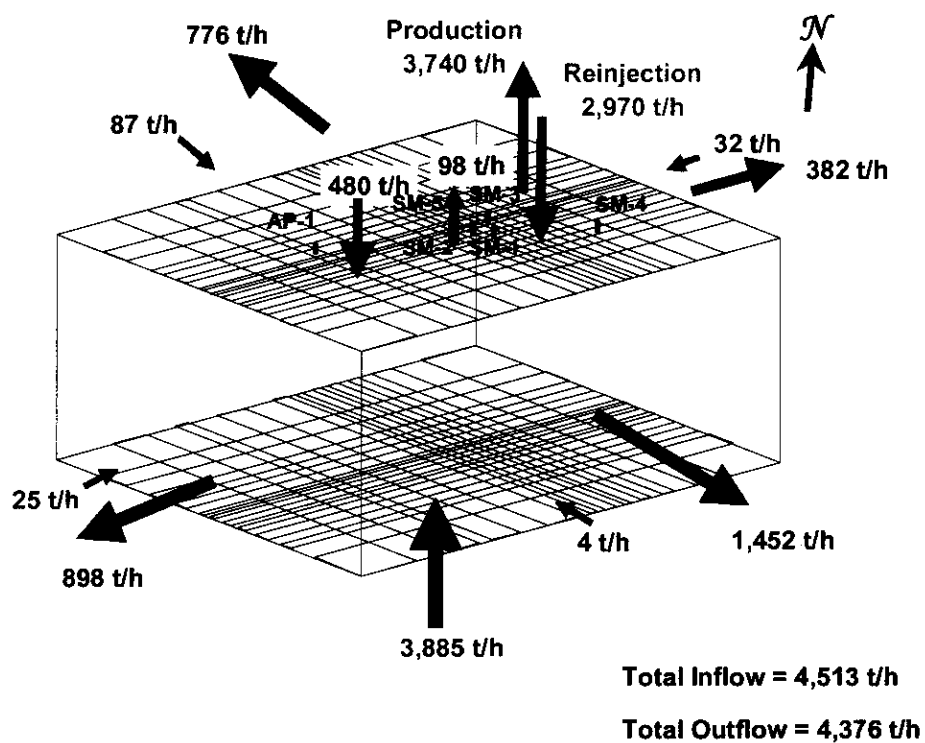


Fig. 11 Simulated Recharge and Discharge Mass Balance at After 30 years

Appendix-B

財務評価結果（ケース B：代替天然ガスの輸出収入をプロジェクト
の収入としてカウントする場合）

ケースBで代替天然ガスの輸出収入をプロジェクトの収入としてカウントする場合の、FIRR 計算結果、キャッシュフロー計算書、支払計画を以下に示す。代替天然ガスの輸出収入をプロジェクトの収入としてカウントした場合、ケースBのFIRRは5.67%となり、資本の機会費用を上回る。実際には、政府は代替天然ガス収入をすべて本プロジェクトに補填するのではなく、本プロジェクトが財務的にフィジブルとなるための最低必要売電価格と現売電価格の差のみを補填すれば、プロジェクトによる債務の償還が可能となる。

1. FIRR 計算結果

Laguna Colorado Geothermal Power Plant Project														(US\$ Mil)	
No. Total	Cash Inflow							Cash Outflow				Balance			
	Borrowing	Cash Flow from Operating Activities				Depreciation		Total	Initial Investment	Additional Investment	Repayment Capital	Total	Per Year	Accumulate	
		EBIT	Interest	Tax	Profit	Initial Inv.	Adnlal Inv.								
		1	2	3	4	5	6								7
				[25%]	[2-3-4]			[1+5+6+7]				[9+10+11]	[8-12]		
	9.07	0.00			0.00			9.07	9.07			9.07	0.00	0.00	
	81.07	0.00	0.10		-0.10			80.97	81.07			81.07	-0.10	-0.10	
	174.28	0.00	0.98		-0.98			173.30	174.28			174.28	-0.98	-1.08	
	141.84	0.00	2.86		-2.86			138.98	141.84			141.84	-2.86	-3.94	
	53.27	0.00	4.38		-4.38			48.89	53.27			53.27	-4.38	-5.32	
1	12.94	7.18	4.95	1.79	0.43	13.97		27.35	12.94			12.94	14.40	6.08	
2	5.74	20.89	5.09	5.22	10.57	23.91		40.22	5.74			5.74	34.49	40.57	
3		20.89	5.15	5.22	10.51	23.91		34.43			0.08	0.08	34.37	74.94	
4		20.89	5.15	5.22	10.51	23.91		34.43			0.56	0.56	33.86	108.80	
5		20.89	5.12	5.22	10.54	23.91		34.46		6.03	1.65	7.68	26.77	135.57	
6		22.28	5.06	5.57	11.65	23.91	0.60	36.17			2.54	2.54	33.63	169.20	
7		22.28	4.97	5.57	11.74	23.91	0.60	36.26			3.13	3.13	33.13	202.33	
8		22.28	4.87	5.57	11.84	23.91	0.60	36.36		6.03	5.51	11.54	24.82	227.15	
9		21.68	4.76	5.42	11.50	23.91	1.21	36.62			10.48	10.48	26.14	253.28	
10		21.68	4.60	5.42	11.66	23.91	1.21	36.78			14.50	14.50	22.28	275.56	
11		21.68	4.42	5.42	11.84	23.91	1.21	36.96			16.01	16.01	20.95	296.51	
12		21.68	4.24	5.42	12.02	23.91	1.21	37.14			16.38	16.38	20.76	317.27	
13		21.68	4.05	5.42	12.21	23.91	1.21	37.33			16.54	16.54	20.79	338.05	
14		21.68	3.86	5.42	12.40	23.91	1.21	37.52			16.54	16.54	20.98	359.03	
15		21.68	3.66	5.42	12.60	23.91	1.21	37.72			16.54	16.54	21.18	380.21	
16		22.28	3.49	5.57	13.22	23.91	0.60	37.74		6.03	16.54	22.57	15.17	395.38	
17		21.68	3.28	5.42	12.98	23.91	1.21	38.10			16.54	16.54	21.58	416.93	
18		21.68	3.09	5.42	13.17	23.91	1.21	38.29			16.54	16.54	21.75	438.68	
19		22.28	2.90	5.57	13.81	23.91	0.60	38.33			16.54	16.54	21.79	460.47	
20		22.28	2.69	5.57	14.02	23.91	0.60	38.54			16.54	16.54	22.00	482.47	
21		36.25	2.52	9.06	24.67		9.94	0.60	35.21			16.54	16.54	18.67	501.14
22		46.19	2.34	11.55	32.31		0.60	32.91			16.54	16.54	16.37	517.51	
23		46.19	2.12	11.55	32.53		0.60	33.13			16.54	16.54	16.59	534.10	
24		46.19	1.93	11.55	32.72		0.60	33.32			16.54	16.54	16.78	550.88	
25		46.19	1.73	11.55	32.92		0.60	33.52		6.03	16.54	22.57	10.95	561.83	
26		45.59	1.56	11.40	32.63		1.21	33.84			16.54	16.54	17.30	579.13	
27		46.19	1.37	11.55	33.28		0.60	33.88			16.48	16.48	17.40	596.52	
28		45.59	1.17	11.40	33.02		1.21	34.23			15.98	15.98	18.25	614.78	
29		46.19	0.98	11.55	33.67		0.60	34.27			14.89	14.89	19.38	634.16	
30		46.19	0.85	11.55	33.80		0.60	34.40		6.03	14.00	20.03	14.37	648.53	
	478.22	871.13	113.84	219.29	538.20	478.22	28.95	1,523.59	478.22	30.16	478.25	986.63	536.97		

2. キャッシュフロー計算書

Laguna Colorado Geothermal Power Plant Project														(US\$ Mil)	
No.	Cash Inflow							Cash Outflow				Balance			
	Cash Flow from Operating Activities					Depreciation		Total	Initial Investment	Additional Investment	Repayment Capital	Total	Per Year	Accumulate	
	Borrowing	EBIT	Interest	Tax	Profit	Initial Inv.	Adndal Inv.								
Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
				(25%)	[2-3-4]			[1+5+6+7]				[9+10+11]	[8-12]		
		9.07	0.00			0.00		9.07	9.07			9.07	0.00	0.00	
		81.07	0.00			-0.10		80.97	81.07			81.07	-0.10	-0.10	
		174.28	0.00			0.98		173.30	174.28			174.28	-0.98	-1.03	
		141.84	0.00			2.86		138.98	141.84			141.84	-2.86	-3.94	
		53.27	0.00			4.38		48.89	53.27			53.27	-4.38	-3.52	
1		12.94	7.18	4.95	1.79	0.43	13.97	27.35	12.94			12.94	14.40	6.08	
2		5.74	20.89	5.09	5.22	10.57	23.91	40.22	5.74			5.74	34.49	40.57	
3			20.89	5.15	5.22	10.51	23.91	34.43		0.06	0.06	0.06	34.37	74.94	
4			20.89	5.15	5.22	10.51	23.91	34.43		0.56	0.56	0.56	33.86	108.80	
5			20.89	5.12	5.22	10.54	23.91	34.46		6.03	1.65	7.68	26.77	135.57	
6			22.28	5.06	5.57	11.65	23.91	36.17			2.54	2.54	33.63	169.20	
7			22.28	4.97	5.57	11.74	23.91	36.26			3.13	3.13	33.13	202.33	
8			22.28	4.87	5.57	11.84	23.91	36.36		6.03	5.51	11.54	24.82	227.15	
9			21.68	4.76	5.42	11.50	23.91	36.62			10.48	10.48	26.14	253.28	
10			21.68	4.60	5.42	11.66	23.91	36.78			14.50	14.50	22.28	275.56	
11			21.68	4.42	5.42	11.84	23.91	36.96			16.01	16.01	20.95	296.51	
12			21.68	4.24	5.42	12.02	23.91	37.14			16.38	16.38	20.76	317.27	
13			21.68	4.05	5.42	12.21	23.91	37.33			16.54	16.54	20.79	338.05	
14			21.68	3.86	5.42	12.40	23.91	37.52			16.54	16.54	20.98	359.03	
15			21.68	3.66	5.42	12.60	23.91	37.72			16.54	16.54	21.18	380.21	
16			22.28	3.49	5.57	13.22	23.91	37.74		6.03	16.54	22.57	15.17	395.38	
17			21.68	3.28	5.42	12.98	23.91	38.10			16.54	16.54	21.58	416.93	
18			21.68	3.09	5.42	13.17	23.91	38.29			16.54	16.54	21.75	438.68	
19			22.28	2.90	5.57	13.81	23.91	38.33			16.54	16.54	21.79	460.47	
20			22.28	2.69	5.57	14.02	23.91	38.54			16.54	16.54	22.00	482.47	
21			36.25	2.52	9.06	24.67	9.94	35.21			16.54	16.54	18.67	501.14	
22			46.19	2.34	11.55	32.31		32.91			16.54	16.54	16.37	517.51	
23			46.19	2.12	11.55	32.53		33.13			16.54	16.54	16.59	534.10	
24			46.19	1.93	11.55	32.72		33.32			16.54	16.54	16.78	550.88	
25			46.19	1.73	11.55	32.92		33.52		6.03	16.54	22.57	10.95	561.83	
26			45.59	1.56	11.40	32.63		33.84			16.54	16.54	17.30	579.13	
27			46.19	1.37	11.55	33.28		33.88			16.48	16.48	17.40	596.52	
28			45.58	1.17	11.40	33.02		34.23			15.98	15.98	18.25	614.78	
29			46.19	0.98	11.55	33.67		34.27			14.89	14.89	19.38	634.16	
30			46.19	0.85	11.55	33.80		34.40		6.03	14.00	20.03	14.37	648.53	
		478.22	871.13	113.84	219.29	538.20	478.22	28.95	1,523.59	478.22	30.16	478.25	986.63	536.97	

3. 支払計画

			LOAN			Repayment(JICA)(US\$ Mil)					Repayment(Other Source)(US\$ Mil)					Total(US\$ Mil)				
No	No	Year	FC (US\$ Mil)	LC (US\$ Mil)	Total (US\$ Mil)	Principal	Repayment during Construct	Interest	Repayment	Balance	Principal	Repayment during Construct	Interest	Repayment	Balance	Principal	Repayment during Construct	Interest	Repayment	Balance
1	46	2011	7.71	1.36	9.07	-	-	0.05	0.05	7.71	-	-	-	-	1.36	-	-	-	-	9.07
2	45	2012	68.92	12.16	81.08	-	-	0.50	0.05	76.63	-	-	0.05	0.05	13.52	-	0.10	0.10	0.10	90.15
3	44	2013	148.14	26.15	174.29	-	-	0.50	0.50	224.77	-	-	0.48	0.48	39.67	-	0.98	0.98	0.88	264.44
4	43	2014	120.57	21.28	141.85	-	-	1.46	1.46	345.34	-	-	1.40	1.40	14.00	-	2.86	2.86	2.86	406.29
5	42	2015	45.28	8.00	53.28	-	-	2.24	2.24	390.62	-	-	2.14	2.14	68.95	-	4.38	4.38	4.38	459.57
6	41	2016	11.00	1.94	12.94	-	-	2.53	2.53	401.62	-	-	2.42	2.42	70.89	-	4.95	4.95	4.95	472.51
7	40	2017	4.88	0.86	5.74	-	-	2.60	2.60	406.50	-	-	2.49	2.49	71.75	-	5.09	5.09	5.09	478.26
8	39	2018	-	-	-	-	-	2.63	2.63	406.50	-	-	2.52	2.52	71.69	-	5.15	5.21	478.19	-
9	38	2019	-	-	-	-	-	2.63	2.63	406.50	-	-	2.52	2.52	71.69	-	5.15	5.71	477.63	-
10	4	2020	-	-	-	-	-	2.63	2.63	406.50	-	-	2.49	4.14	69.48	-	5.12	6.77	475.98	-
11	5	2021	-	-	-	-	-	2.63	2.63	406.50	-	-	2.43	4.87	66.94	-	5.06	7.60	473.44	-
12	6	2022	-	-	-	0.26	-	2.63	2.89	406.26	-	-	2.34	5.21	64.06	-	4.97	8.10	470.31	-
13	7	2023	-	-	-	2.55	-	2.63	5.18	403.69	-	-	2.24	5.19	61.11	-	5.51	10.38	464.80	-
14	8	2024	-	-	-	7.48	-	2.61	10.10	396.20	-	-	2.15	5.14	58.12	-	4.87	15.24	454.32	-
15	9	2025	-	-	-	11.51	-	2.57	14.08	384.69	-	-	2.03	5.02	55.13	-	4.60	19.10	439.82	-
16	10	2026	-	-	-	13.02	-	2.49	15.61	371.66	-	-	1.93	4.92	52.14	-	4.42	20.43	423.81	-
17	11	2027	-	-	-	13.39	-	2.41	15.80	358.28	-	-	1.83	4.82	49.15	-	4.24	20.62	407.43	-
18	12	2028	-	-	-	13.55	-	2.32	15.87	344.73	-	-	1.73	4.72	46.16	-	4.05	20.59	390.89	-
19	13	2029	-	-	-	13.55	-	2.24	15.79	331.18	-	-	1.62	4.61	43.17	-	3.86	20.40	374.35	-
20	14	2030	-	-	-	13.55	-	2.15	15.70	317.63	-	-	1.51	4.50	40.18	-	3.66	20.20	357.81	-
21	15	2031	-	-	-	13.55	-	2.08	15.63	304.08	-	-	1.41	4.40	37.19	-	3.49	20.03	341.27	-
22	16	2032	-	-	-	13.55	-	1.98	15.53	290.53	-	-	1.30	4.29	34.20	-	3.28	19.82	324.73	-
23	17	2033	-	-	-	13.55	-	1.89	15.44	276.96	-	-	1.20	4.19	31.22	-	3.09	19.63	308.19	-
24	18	2034	-	-	-	13.55	-	1.80	15.35	263.43	-	-	1.10	4.09	28.23	-	2.90	19.44	291.65	-
25	19	2035	-	-	-	13.55	-	1.71	15.26	249.88	-	-	0.98	3.97	25.24	-	2.69	19.23	275.11	-
26	20	2036	-	-	-	13.55	-	1.63	15.18	236.33	-	-	0.89	3.88	22.25	-	2.52	19.06	258.57	-
27	21	2037	-	-	-	13.55	-	1.55	15.10	222.78	-	-	0.79	3.78	19.26	-	2.34	18.88	242.03	-
28	22	2038	-	-	-	13.55	-	1.44	14.99	209.23	-	-	0.68	3.67	16.27	-	2.12	18.66	225.49	-
29	23	2039	-	-	-	13.55	-	1.36	14.91	195.68	-	-	0.57	3.56	13.28	-	1.93	18.47	208.95	-
30	24	2040	-	-	-	13.55	-	1.27	14.82	182.13	-	-	0.46	3.45	10.29	-	1.73	18.27	192.41	-
31	25	2041	-	-	-	13.55	-	1.20	14.75	168.58	-	-	0.36	3.35	7.30	-	1.56	18.10	175.88	-
32	26	2042	-	-	-	13.55	-	1.11	14.66	155.03	-	-	0.26	3.19	4.37	-	1.37	17.85	159.39	-
33	27	2043	-	-	-	13.55	-	1.01	14.56	141.48	-	-	0.16	2.59	1.94	-	1.17	17.15	143.42	-
34	28	2044	-	-	-	13.55	-	0.91	14.46	127.93	-	-	0.07	1.41	0.60	-	0.98	15.87	128.53	-
35	29	2045	-	-	-	13.55	-	0.83	14.38	114.38	-	-	0.02	0.47	0.16	-	0.85	14.85	114.53	-
36	30	2046	-	-	-	13.55	-	0.75	14.30	100.83	-	-	-	-	-	-	0.75	14.42	100.86	-
37	31	2047	-	-	-	13.55	-	0.65	14.20	87.28	-	-	-	-	-	-	0.65	14.24	87.28	-
38	32	2048	-	-	-	13.55	-	0.56	14.11	73.73	-	-	-	-	-	-	0.56	14.11	73.73	-
39	33	2049	-	-	-	13.55	-	0.49	14.04	60.18	-	-	-	-	-	-	0.49	14.04	60.18	-
40	34	2050	-	-	-	13.55	-	0.39	13.94	46.63	-	-	-	-	-	-	0.39	13.94	46.63	-
41	35	2051	-	-	-	13.55	-	0.30	13.85	33.08	-	-	-	-	-	-	0.30	13.85	33.08	-
42	36	2052	-	-	-	13.29	-	0.21	13.50	19.78	-	-	-	-	-	-	0.21	13.50	19.78	-
43	37	2053	-	-	-	11.00	-	0.13	11.13	8.79	-	-	-	-	-	-	0.13	11.13	8.79	-
44	38	2054	-	-	-	6.06	-	0.06	6.12	2.73	-	-	-	-	-	-	0.06	6.12	2.73	-
45	39	2055	-	-	-	2.04	-	0.01	2.05	0.69	-	-	-	-	-	-	0.01	2.05	0.69	-
46	40	2056	-	-	-	0.53	-	-	0.53	0.16	-	-	-	-	-	-	0.53	-	0.53	0.16
47	41	2057	-	-	-	0.16	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-	0.16	-
48	42	2058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			406.50	71.75	478.25	406.50	6.78	67.27	473.77	-	71.75	6.49	46.57	118.32	-	478.25	13.27	113.84	592.09	-

