

チリ共和国ブチユルティサ地区

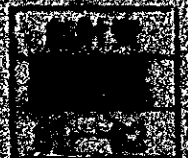
地盤開発計画調査報告書

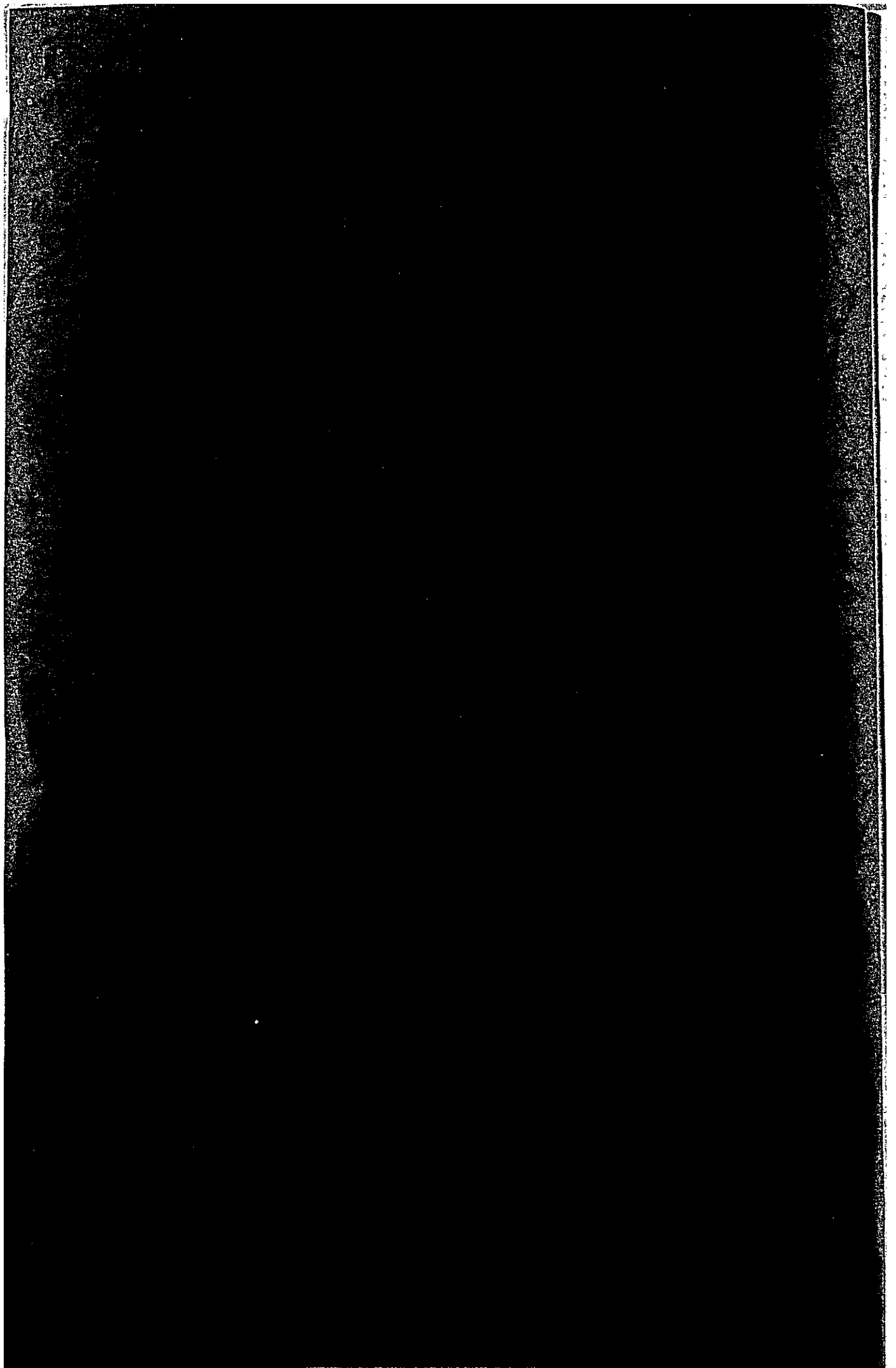
概 要

1981年3月

国際協力事業団

JICA
704
643
MPH





チリ共和国プテユルデイサ地区

地熱開発計画調査報告書

概 要

JICA LIBRARY



1026036[2]

1981年3月

国際協力事業団

| | |
|-------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 期 84.8.30 6 | 704 |
| | 64.3 |
| 登録No. 14528 | MPN. |

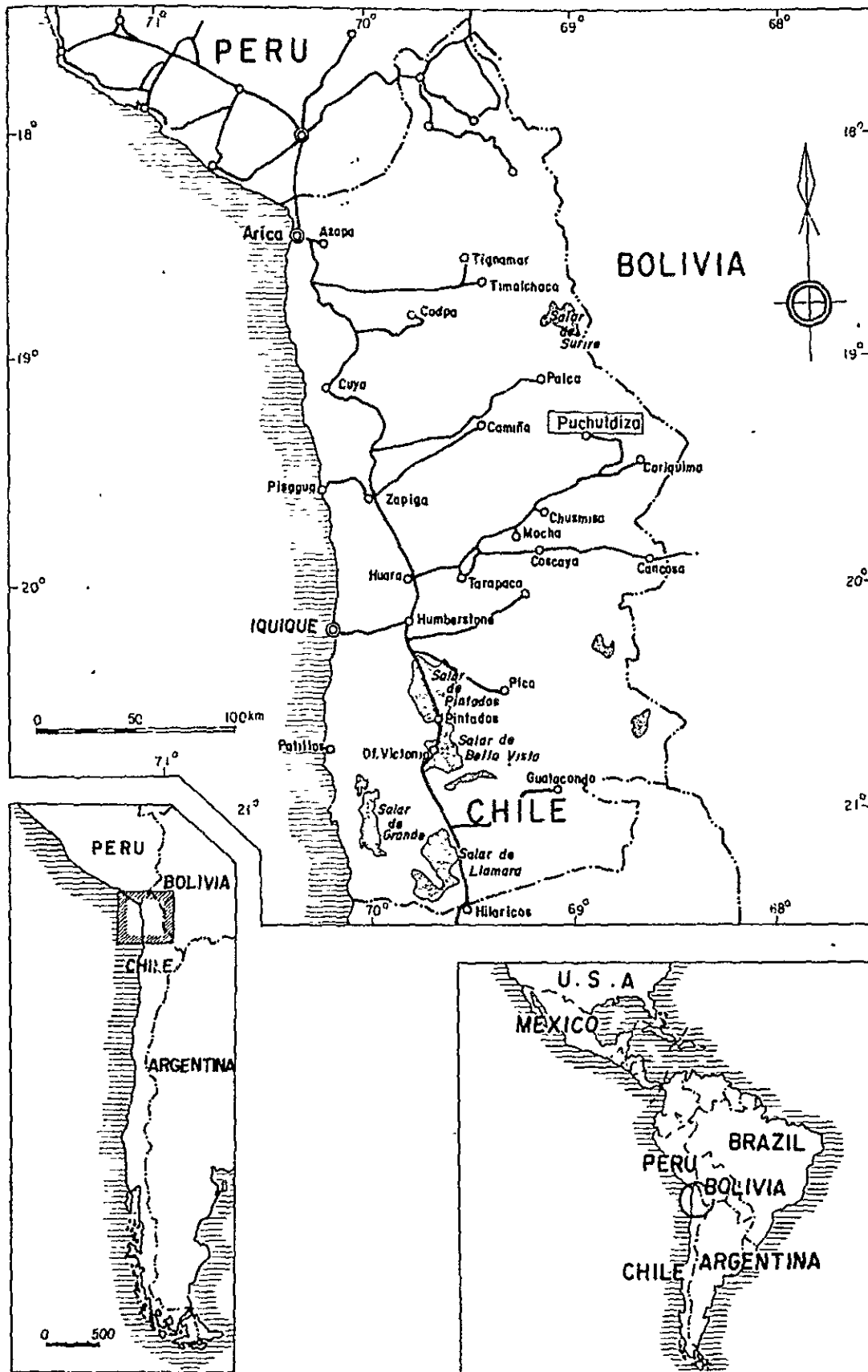


Fig I-1-1 LOCATION OF THE SURVEY AREA

結 論 と 勧 告

ブチユルデイサ地熱地帯のポテンシャルを評価するため、以下の様な調査が行われた。

第1段階では、1978年に、地表調査、地球化学調査、地球物理探査を行い、調査井№6孔の掘さく位置の選定を行った。第2段階では1979年に電気探査を3測線15kmを追加すると共に、既存調査井1～5孔の再解析を行った。1980年第3段階では、深度1,157mまで掘削された調査井№6孔の掘削、検層を実施しその評価を行った。

以上、3段階の調査を総括すると以下の結論が得られる。

1. ブチユルデイサ地区に於て3ヶ年にわたって調査の結果、調査井№6孔の北部は地熱開発にとって有望であると推定される。№6孔は良透水性ではなく、噴気も充分ではなかったが深度1,157mの孔底温度は、200℃以上を示し、深部での温度勾配も上昇を示している。
2. JICA調査団以前CORFO側によって掘削されたタイビコージョ山南、南東部の地域は地熱発電にとって経済的に開発できる高温の貯留層は期待できない。
3. 以上の結論になった理由は次の通りである。

(1) 地表地質調査と重力探査は、この地域がブロック運動によって盆状構造を呈していることを明らかにした。この構造は、タイビコージョ山とその西側で、地熱貯留層形成に適した地質構造を示している。

(2) 調査井№6孔は、調査井の中で最も深くまで掘削された。そしてその深部には、地熱貯留層に適した孔隙性の地層であるウタヤネ又はチュリコージョ層が存在し、この地層は、さらに深部に厚く分布すると期待される。

(3) 自然湧泉および孔井から得られた熱水の化学組成は、200℃あるいはそれ以上の地熱貯留層温度を示唆しており、さらに調査井の岩芯の変質鉱物として深度1,000m以深に緑簾石が検出された。これは調査井№6孔の周辺では過去の地質時代に200℃以上であったことを示している。

(4) タイビコージョ山の周辺では、調査井№1～№4孔の最高温度帯は浅部にあって、深部に向っては、むしろ温度の降下が認められる。

比抵抗断面では、低比抵抗帯が深部まで連続していないことを示している。これらの事実から、前述の地域では、経済的地熱発電にとって十分に高温な貯留層賦存の期待は出来ない。

4. 測線長30kmの電気探査の結果は、今後さらに探査の価値ある地域を抽出することができた。

(1) 1978年に実施された重力探査により確認された盆状構造の中に、北西～南東方向に

広がる $10\Omega\text{-m}$ 以下の低比抵抗帯が検出された。その異常帯は長径 8 km, 短径 4 km の長円形を呈している。

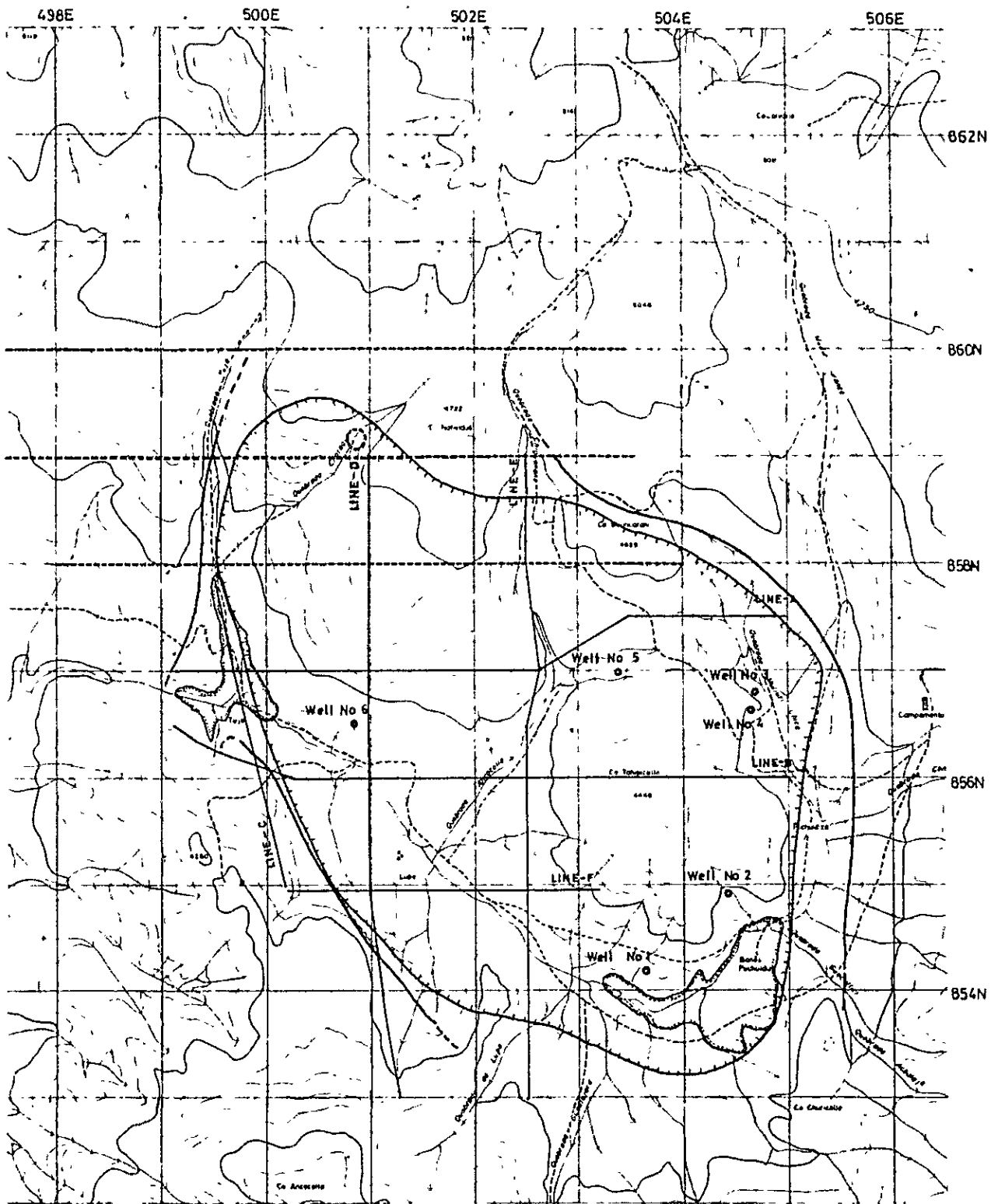
- (2) 特に電気探査の Line D.E の北方で $5\Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗帯の存在が判明した。従って高温の地熱流体は、調査井 No 6 孔の北方の深部にも広がりを持つことが推定される。
5. 調査井 No 6 孔は、掘削機の最大能力に近い、1,157 m まで、掘削された。孔底温度は、 201°C で、これは既存 6 孔の調査井の中で最も高い温度である。さらに孔底付近の温度は、 $0.9^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ の増温率を示し、深部に向って上昇する傾向にあり、この点は他の 5 孔の調査井とは異っている。従って、より高温帯を捕捉するために深部に向って掘削することが望まれる。
6. 調査井 No 6 孔の掘削中に逸泥は認められなかった。しかし圧入テストによって深度約 830 m に割目が生じ、その透水指数は、 $4\text{m}^3/\text{h}/\text{kg}/\text{cm}^2$ で、良好なものであった。圧入テスト後、孔口からは、約 $40\text{t}/\text{h}$ の蒸気・熱水の混合流体が流出したが、その流出は、長く続かなかった。これは割目が地熱流体の供給に十分な透水性を持たなかったことに起因するもので、このことは、後ほど行なわれたエア・リフト試験によって確認された。
7. 以上の結果に基づき、以下の事項を勧告する。
 - (1) 調査井を掘削することによって、多くの貴重な資料を得ることが出来た。しかしながら、連続的な噴気が無かった事、および掘削機の能力が不足したため、地熱貯留層特性に関する十分な情報は入手出来なかった。

従って、より大きな容量を持つポンプにより、圧入テストを繰り返し、新たな割目の生成を促すか、あるいは閉塞された割目の洗滌を行って温度検層、圧入テストを繰り返すこと。
 - (2) 調査井 No 6 孔の温度は下部に向ってさらに上昇する傾向にあり、かつ孔底で最高温度が記録されたので、調査井 No 6 孔の北方地域で探査を継続したいと考える。特に、地質、地化学・地球物理探査によって得られたすべての資料は、高温の地熱貯留層の存在を示唆している。今後の試錐位置は次の様に考える。

859 N, 501 E 付近
 - (3) 以上の調査井の掘削に加えて、ナティビダ山の南斜面で少なくとも東西方向測線長 6 km, 3 測線 ($AB/2=2,000\text{m}$) の電気探査を実施することを推薦します。
 - (4) イタリアのエルクトロコンサル (1979) も JICA の第 1 次調査結果を評価し当地域の探査を継続することを勧告している。したがって当地域の有望な貯留層の範囲を確認して行くことは重要なことである。
 - (5) 世界の多くの地熱地帯では蒸気生産井の深度は、 $2,000\text{m}$ を越えている。従って、より

大きな能力を持つ掘削機を準備することが必要である。

- (6) 掘削にあたって、必ず、浅部の冷水の影響を防止しなければならない。従って、十分な長さのケーシングパイプを準備しなければならない。



PROPOSED SITE

LEGEND

- Low Gravity anomaly
- ◌ Low Resistivity anomaly
- ◌ Sinter deposition area
- Drilled Exploratory wells
- Surveyed line
- - - Proposed Survey line
- Proposed Drilling site

調査井 No. 1 ~ No. 5 の再解析

第一次 JICA 調査団の基礎調査に先だって 1978 年以前調査井 5 孔、総延長 3,774 m の調査井が CORFO によって掘削された。これらの調査井の温度検 ならびに噴気テストは繰返し実施され報告されている。

CORFO で掘削された 5 孔の調査井は タイピコージョ 山の周囲 約 1.2 km² の範囲に位置している。これらの位置は、チリ側で実施された比抵抗探査の結果 $AB/2 = 500$ の等比抵抗曲線の 3~5 $\Omega\text{-m}$ と低比抵抗帯の中に行なわれ、しかも地形的には谷部の低地に掘削されたものである。

当地域の地熱徴候の活発な位置は、既に第一次調査団によって明らかにされたごとく、当地域に卓越する断層活動と深い関係をもって頭われている。即ち N-S 系断層と NW-SE, NE-SW 断層の会合部一帯が有勢な地熱徴候地帯である。これらの位置は地熱貯留層の帽岩とみなされるブチュルディサ安山岩が最も薄い部分で、しかもこの安山岩が断層によって破壊されたため、深部の地熱流体の上昇を容易にしている地域である。

温度検層の結果、No. 2 ~ 4 孔の井戸は浅部に於てその井戸の中で最高温度を示し、孔底温度は逆に温度降下が認められる。しかし No. 5 の最高温度は孔底である。すなわち、タイピコージョを取巻く試錐位置の配置の中で、地域の南東に位置する井戸が深部に進むに従って温度降下が顕著であり、北西部に位置する No. 5 は深部になるにつれて高温になる傾向を示している。

一方、比抵抗探査の断面解析において、第一次調査団のレポートに示されているごとく、No. 2 ~ 4 孔の位置するタイピコージョ山南東山麓は、地表より 3 $\Omega\text{-m}$ の低比抵抗帯が頭われ、深部では逆に比抵抗値が高くなっている。しかしながら、No. 5 孔の近くでは 5 $\Omega\text{-m}$ の低比抵抗帯は深部まで連続している。比抵抗断面解析図の低比抵抗異常をそのまま地下深部の温度分布と結びつけることは異論のあるところであるが、当地域の温度検層図が比抵抗断面解析図から判断される地下の温度とほぼ一致していることは、今後の探査に重要な手がかりを与えていると考えられる。

No. 2 ~ 4 孔の各井戸が浅部で最高温度を示し、孔底では逆に低温を示している事実は、高温の地熱流体が透水性の良い地質層序をほぼ水平的に西ないし北西方向から流れ、かつ、ブチュルディサ周辺で冷水が地下に浸透していることを暗示している。

当地域の場合は既に述べたごとく孔井内のフラッシュ地点付近に於て、化学的沈澱物による閉塞の結果、噴気の停止が起っている。すなわち噴気をうながすことにより、充分に高温な熱水が供給されず、比較的低温の低い熱水が孔井内に流入したことで、熱水の気化に際しさらに温度が低下し炭酸塩を主体とする化学沈澱が生じたものと考えられる。

電 気 探 査

1978年、地熱開発計画調査初年次調査により、地質、地化学探査と共に重力探査、磁気探査および電気探査などの物理探査が実施された。この時実施された電気探査は、従来の水平探査法に加え、電極間隔を継続的に拡大して見掛比抵抗を測定する垂直探査法（Vertical Electrical Sounding）である。問題となっていたタイピコーノ山からトゥーハに至る地域について、比抵抗構造を解析し、地熱貯留層と比抵抗の関連を検討し、かつ、各種探査法を総合的に検討した結果、上部に帽岩となりうる高比抵抗を示す安山岩の覆りが厚く、低比抵抗が深部に続き、近くに構造線の予想される地域が有望地点として選定された。

これらの探査の結果、調査井No 6孔の位置が選定されたが、第一年次調査では東西の側線2本各6kmが実施されたにすぎないので、No 6孔の掘削と併行して、貯留層の規模をさらに詳細に確認するため、少なくとも6km 2本の南北方向の電気探査を実施することが勧告された。

1979年10月～12月に実施された電気探査では、No 6孔を通り、経度501Eに沿うLine-Dとチグアナネ沢（Q. Chiguanane）を通り502.5Eに沿うLine-Eの各6kmと855Nに沿う3kmのLine-F計3側線を実施して、低比抵抗帯の南北のひろがりを確認した。

調 査 井 の 総 括

調査井No 6孔の調査結果は以下のように集約出来る。

- (1) 調査井とその周辺において、地熱貯留層となっている地層は第三紀および白亜紀の溶岩、溶結凝灰岩および火山砕屑岩である。
- (2) 調査井は深度1,157mまで掘削された。孔底温度は200℃であり、より深部に向って温度が高くなる傾向を依然示している。
- (3) 調査井周辺の地熱貯留層の水位は孔口より約100m高い。
- (4) プロダクションケーシングパイプは深度650mまで設置された。深度650mにおける地熱貯留層温度は約130℃であり、ケーシングパイプ設置温度としては十分なものではない。
- (5) 調査井掘削中に逸泥現象は認められなかった。しかし、圧入試験の結果、深度825mほかに割れ目の存在することが明らかになった。
- (6) ポンプを使った圧入試験によって求められた圧入指数は $4 \text{ m}^3/\text{h} / \text{kg}/\text{cm}^2$ であった。
- (7) 主井を開放しただけで、地熱流体の流出がみられた。その流出量は目測で蒸気量約5 t/h、熱水量約40 t/hであり、熱水のpHはおおむね中性であった。
- (8) しかしながら、地熱流体の噴出は1時間続いたが間欠的であって連続的なものではなく、冷却された地熱流体の温度の回復を待つ必要があった。

- (9) 約1週間後、地熱流体の噴出を促すためにエアリフトテストを実施したが、地熱流体は流出しなかった。しかも調査井の水位は24時間後でもエアリフト前の水位には回復しなかった。
- (10) これは、おそらく、地熱流体の水みちにあたる小さな割れ目が、高温下における掘削泥水の固化あるいは他の何んらかの理由により、閉塞されたことによると推定される。
- (11) 調査井No.6孔の孔底温度は調査井No.1～No.5孔よりは高いもので、しかも、No.1～No.5孔の温度が深部に向って降下するのに反し、No.6孔は引きつゞき上昇傾向にある。それ故に、出来得るなら、調査井No.6孔はより深く掘削されることがのぞまれる。
- (12) 調査団の帰国後、CORFOからの報告によると、温度検層と圧入試験が実施された。その結果、温度は、200℃を越えている事が測定され、又温度も深部に向って上昇傾向を示している。しかし圧入試験の結果、地層は、不透水性であることが確認された。

以上のことから、この地区には高温の地熱貯留層が1,000 m以深に存在していると考えられる。調査井No.6孔の蒸気生産位置は深度約800 mにあり、その温度は約160℃であり、従って期待される蒸気と熱水の比率は1:5～6であると計算される。温度検層によって得られた地下増温率から、200℃以上の高温の地熱流体は深度1,500 mあるいはそれ以上の深度に存在するものと推定される。そして、浅層の冷い地下水による悪影響をふせぐため、より深くまでプロダクションケーシングが設置されなければならない。

地表調査の結果のみから、ある特定の深度に透水性のよい地熱貯留層を当初から予測して、調査井の位置を選定することは、おそらく、地熱技術者にとって最も困難な問題である。そして、数ミリメートル以下の小さな割れ目からでも、十分な量の地熱流体は産出するのであり、充分な注意をもってその透水性をそこなうことのないよう掘削しなければならない。

GENERALIZED COLUMNAR SECTION, WELL NO. 6

