

GTE-7 の近傍地域の熱流量は、次式によって求められる。

$$Q = K \times dt/dz$$

ここで K (熱伝導率) : $10 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{C}$

dt/dz (温度勾配) : $0.4 \times 10^{-3} \text{ C/cm}$

求められた熱流量の値は 4HFU ($\times 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$) であり、平均的地殻の値より高く、一般の地熱地帯のそれよりも小さい。

3.5 坑内検層

3.5.1 概要

GTE-7 の掘削中および掘削後に、温度検層・電気検層等の坑内検層を実施した。

これらの検層は、調査井周辺地層の物理特性を把握するためのデータを取得することを目的として、すでにタイ国側に供与されている検層車を使用して行った。

検層を行うにあたっては、調査井の掘削および施工状態にあわせて次の3段階にわけて実施した(表3.5-1)。

表 3.5 - 1 GTE-7 検層概要一覧

検層段階		検層項目	備考
第1回	200~504m	温度検層、電気検層	タイ側で実施
第2回	500~1,003m	温度検層(2回)、電気検層 圧力検層	技術指導
第3回	1,000~1,227m	温度検層(2回)、電気検層 キャリパー検層、音波検層	技術指導

第1回の検層は、深度504mまで掘削した時点でケーシングパイプ挿入前の昭和59年10月に実施した。

第2回は、掘削深度1,002.75m時のケーシングパイプ挿入前の昭和60年1月に実施し、第3回は、最終掘削深度1,227.34mにおいて昭和60年3月に実施した。

(1) 測定機器

使用した検層機器は次のとおりである。

1) 検層車：いすゞフォワード

2) 検層用ケーブル

外径 9mm×長さ 2,500m×5 芯 耐熱用

3) 温度検層機

温度計：絶対温度 0～30.0℃

温度差

電 極：外径 45mm×長さ 1,600mm (白金坩堝体)

4) 電気検層機

検層機：2 成分 (比抵抗、SP)

電 極：外径 45mm×長さ 1,750mm

(ショートノルマル 25 cm、ロングノルマル 100 cm)

5) 圧力検層機

圧力計：0～200kg/cm² G

電 極：外径 45mm×長さ 400mm (歪ゲージ型)

6) キャリパー

メーター：50～300mm (測定坑径)

電 極：外径 50mm×長さ 1,100mm (3アーム式：最大径 300mm)

7) 音波検層機

メーター：3 成分 (ΔT、アンプリチュード、インテンシティ)

電 極：外径 70mm×長さ 3,300mm

(2) 測定方法

検層は、いづれも掘削用リグの設備を利用し、検層車および各種検層機を使用して行った。測定状況は下図のとおりである (Fig. 3.5-1)。

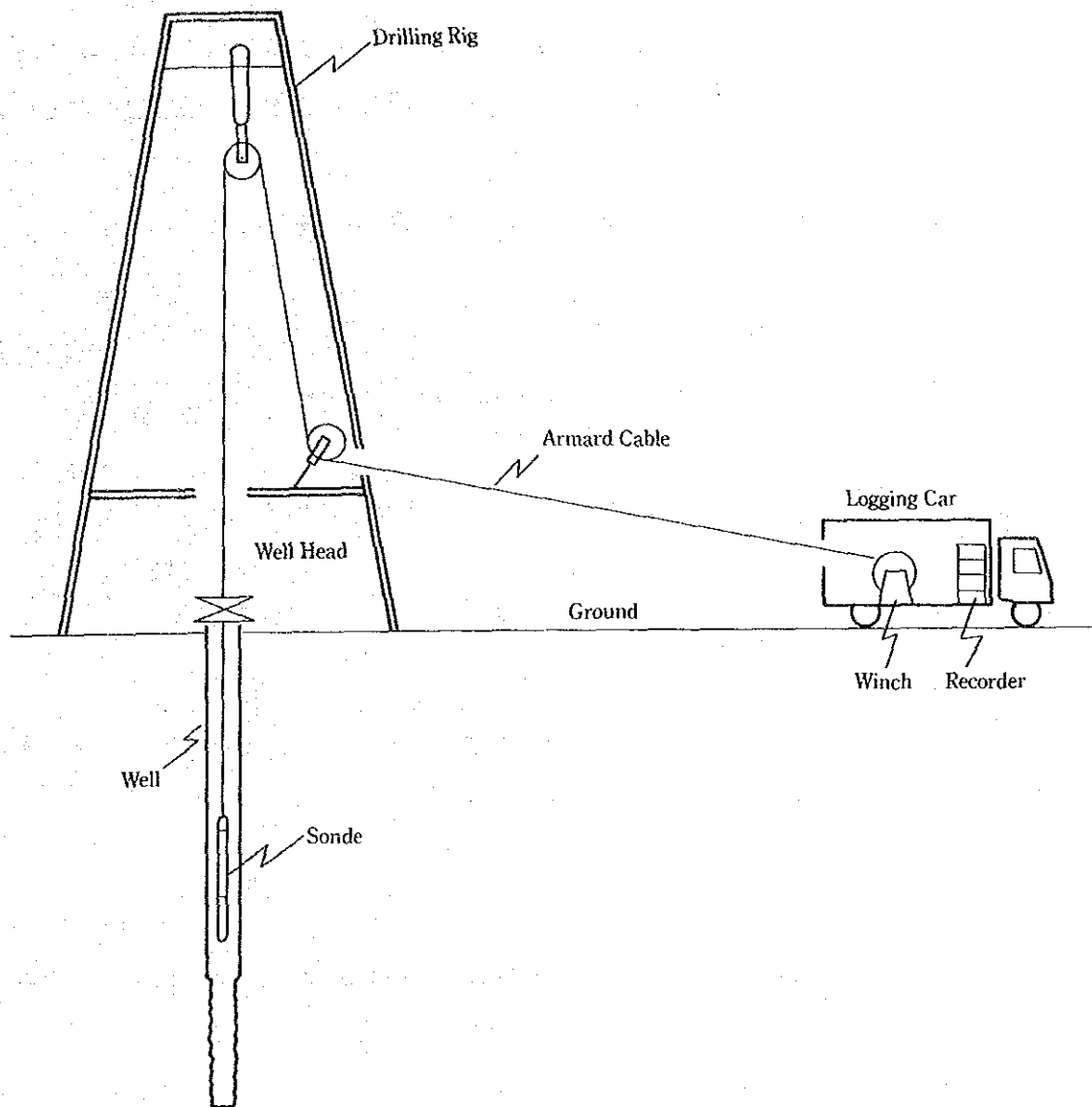


Fig. 3.5-1 Outline of Logging System

坑内検層の測定方法の概要を以下に示す。

1) 温度検層

温度検層は、温度電極を坑内に降下させて地層の温度分布（絶対値、温度差）を連続的に測定する検層で、地熱坑内調査において最も重要な検層である。これにより、坑内温度分布、貯留層内温度分布の把握、さらに温度勾配と地層の熱伝導率より、地下深部から地表に向かう熱流量を推定できる。

2) 電気検層

電気検層は、一定間隔に配置した電極を坑内に降下させて地層の比抵抗と自然電位を測定する検層である。比抵抗調査は、 z 極電気検層法で、ロングノルマルが 1,000mm、ショートノルマルが 250mm であり、ロングノルマルは広範囲の地層の比抵抗を検出し、

ショートノルマルは狭い地層の比抵抗を検出するものである。自然電位法は、坑井内の泥水に接した泥質岩と浸透性地層との境界で、電気化学的に発生する起電力を測定しようとするものである。

電気検層により、地層の対比、岩相の識別および孔隙率の推定を行う。

3) 圧力検層

圧力検層は、圧力計を坑内に降下させて圧力分布を連続的に測定するもので、貯留層の圧力状態を把握し、温度と併せて地熱流体の賦存状況を推定することができる。

4) キャリパー検層

キャリパー検層は、坑井の坑径を測定する検層である。坑井は、掘削するビット、地層、泥水等の違いによって、坑径が不規則になる場合があり、坑径を詳細に測定することにより、フラクチャーの位置や岩質の差異を検出することができる。

5) 音波検層

音波検層は、坑井内で発振した超音波を受信器で受信観測し、伝播時間、振幅、波形等の記録から地層のフラクチャー、孔隙等を求める検層である。

3.5.2 検層結果

検層は3段階に区分して実施したが、その中で深度500m以深を対象として行った。第2段階と第3段階について、それぞれの結果について述べる。

(1) 第2段階検層結果(表3.5-2)

この段階における坑井内状況は、掘削深度1,002.75m、ケーシングパイプを挿入する前の状態である(Fig. 3.5-2)。

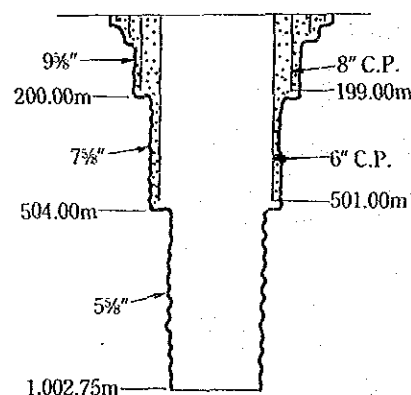


Fig. 3.5-2 Well State in Logging of GTE-7 (Stage 2)

表 3.5 - 2 GTE-7 検層経過一覧

項目	種類		電気検層	圧力検層
	温度	検層		
	第 1 回	第 2 回		
測定月日	S.60. 1. 8	S.60. 1.10	S.60. 1. 9	S.60. 1.10
掘削深度	1,002.75m	1,002.75m	1,002.75m	1,002.75m
最終ケーシング	6" 501.00m	6" 501.00m	6" 501.00m	6" 501.00m
ポンプ停止時刻	S.60.1.7 8:00	S.60.1.7 8:00	S.60.1.7 8:00	S.60.1.7 8:00
スタンディング・タイム	27hr	27hr	—	—
測定時刻	9:20~11:00	9:30~11:15	15:45~16:30	14:15~15:20
測定深度	0~1,002.75m	0~1,002.75m	500~1,002.75m	0~1,002.75m
測定速度	10m/min	10m/min	10m/min	15m/min
その他	最高温度 90.5℃ (坑底)	最高温度 90.5℃ (坑底)	—	最高圧力 105kg/cm ² G (坑底)

検層結果は次のとおりである。

- ① 坑井内状況は良好で、どの検層も坑底まで測定器が降下し、データを収集することができた。
- ② 温度検層の測定結果によれば、温度はゆっくりした上昇分布を示し、途中ほとんど変化はみられない。循環停止後のスタンディングタイム27時間と75時間の測定値の比較でも、温度の上昇はほとんどみられず、坑底ではほぼ一致する。
最高温度は坑底における90.5℃である。
- ③ 電気検層の測定結果によれば、地層の変化に対応して比抵抗曲線、SP曲線が変化している。比抵抗分布をみると、深度540~570m、700~770m、805~830m、910~950m付近で高い抵抗値を示す。
- ④ 圧力検層によれば、坑口から水頭換算で圧力上昇が続き、坑底で105kg/cm²Gとなる。

(2) 第3段階検層結果(表3.5-3)

坑井内状況は、掘削深度1,227.34mの状態である(Fig. 3.5-3)。

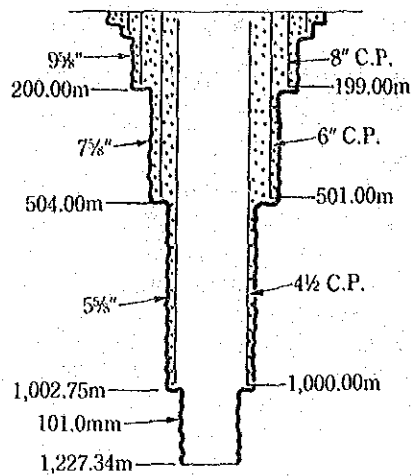


Fig. 3.5-3 Well State in Logging of GTE-7 (Stage 3)

表 3.5 - 3 GTE-7 検層経過一覧

項目 \ 種類	温度 検 層		電気検層	キャリパー検層	音波検層
	第 1 回	第 2 回			
測定月日	S.60.3.1	S.60.3.3	S.60.3.1	S.60.3.2	S.60.3.2
掘削深度	1,227.34m	1,227.34m	1,227.34m	1,227.34m	1,227.34m
最終ケーシング	1,000.00m	1,000.00m	1,000.00m	1,000.00m	1,000.00m
ポンプ停止時刻	S.60.2.28 11:00	S.60.2.28 11:00	S.60.2.28 11:00	S.60.2.28 11:00	S.60.2.28 11:00
スタンディングタイム	24 hr	72 hr	—	—	—
測定時刻	11:10 ~ 11:40	10:30 ~ 12:00	15:45 ~ 16:00	10:50 ~ 11:15	15:00 ~ 15:20
測定深度	950 ~ 1,227m	0 ~ 1,227m	1,001 ~ 1,227m	960 ~ 1,227m	950 ~ 1,227m
測定速度	10m/min	10m/min	10m/min	10m/min	10m/min
その他	最高温度 99.4℃ (坑底)	最高温度 99.8℃ (坑底)	—	—	—

検層結果は次のとおりである。

- ① 坑井内状況はきわめて良好で、最終掘削深度 1,227.34m まで測定器が降下し、すべてのデータを収集することができた。
- ② 温度検層によれば、第 2 段階検層の時と同様に、急激に温度変化をする箇所はなく、徐々に上昇し、坑底での最高温度は 99.8℃ であった。この温度はほぼ回復した温度と判断される。
- ③ 電気検層の測定結果によれば、一般に高比抵抗でおよび地層及び岩石は非常に硬いこ

とがわかる。とくに坑底付近で $2,500 \Omega - m$ のレンジを超える比抵抗値がきわめて高いゾーンがある。

④ キャリパー検層によると、坑径の変化はとくに見られないことから、坑内（裸坑部）は良好に維持されていることがわかる。

⑤ 音波検層の結果も地層の硬いことを示しておりトラベルタイムについては鉄管と同じ速度かそれ以上の速度を示しているところがあり、インテンシティログをみてもクラックの存在を示すようなところは検知されていない。また、アンブリチュードの記録からも地層内での著しい変化ゾーンはみられない。

(3) まとめ

GTE-7 掘削に伴って実施した坑内検層についてまとめると次のようになる。

1) 温度検層

掘削の途中で、数回の温度検層を実施したが、最終掘削深度 $1,227.34m$ での温度測定結果を示したものが Fig.3.5-4 である。この時の測定条件は、掘削ポンプ停止後 7 2 時間の状態であったが、坑内状況から判断して、ほぼ地層と平衡状態に達していると考えられる。

この温度分布をみると、地表付近の $20 \sim 30m$ 深では $65^{\circ}C$ と比較的高温を示すが、それ以深 $150m$ 付近までは逆に低下する。その後、温度は上昇するが、勾配はきわめて小さく、坑底付近では約 $100^{\circ}C$ と低い温度値であった。

2) 電気検層

電気検層による比抵抗分布および自然電位分布を深度対応で示したものが (Fig. 3.5-5) である。

ケーシングパイプがセットされている深度 $1,001m$ までの比抵抗分布をみると、深度 $540 \sim 570m$ 、 $700 \sim 770m$ 、 $805 \sim 830m$ 、 $865 \sim 890m$ 、 $910 \sim 950m$ 付近でショートおよびロング共変化がみられ、高い比抵抗値を示す。それ以外の深度では低比抵抗値 ($100 \Omega - m$ 以下) となっている。

また、深度 $1,000m$ 以深では深度 $1,010 \sim 1,030m$ 、 $1,140 \sim 1,160m$ 、 $1,175 \sim 1,215m$ 、 $1,220 \sim 1,227m$ (坑底) で変化がみられ、とくに深度 $1,010 \sim 1,030m$ 、 $1,175 \sim 1,215m$ 、 $1,220 \sim 1,227m$ では高比抵抗値を示す。

これらの比抵抗分布をみると、低比抵抗のゾーンと高比抵抗のゾーンが交互に出てくる点の特徴であり、深度 $1,200m$ 付近では、 $2,500 \Omega - m$ 以上になっているゾーンがある。

音波検層や、掘削時の坑内状況とを考え併せると、地層がきわめて硬いことが察知される。

3.6 深部電気探査との再解析

3.6.1 電気検層結果との対比

GTE-7 は掘削後に行ったシングルショット方式の方位・傾斜測定により、坑底の偏距が坑口から173~160m付近にあるものと推定されている。この坑跡をMT法調査結果中の比抵抗垂直断面図と対比した結果、GTE-7 はMT法で推定された低比抵抗ゾーンを通過しておらず、比抵抗が26~36 Ω -m程度と推定される地層内にその坑底が位置することが明らかとなった。

実際の坑跡とMT法調査結果の比較をFig.3.6-1に示す。

次に、GTE-7 電気検層結果とMT法による調査結果との対比を行った。電気検層から得られる比抵抗値は泥水の抵抗によってスライドした値であり絶対値ではないので、ここでは両者の傾向の対比を重点的に行った。電気検層結果とMT法調査結果の比較をFig.3.6-1に示し、これらの対比によって得た結論の概要を以下にまとめる。

- ① 坑井内の地層が互層をなし、電気検層結果中の比抵抗もきわめて、バラつき数 Ω -m~数千 Ω -mを示している。MT法はこれらの互層中の低比抵抗層を反映したのとなっている。これは、MT法の原理的な特徴で低比抵抗層にきわめて敏感であることから、低比抵抗層と高比抵抗層の互層があった場合、MT法ではその平均値が示されるのではなくより低比抵抗層に近い値が示されることによる。
- ② 電気検層結果はMT法と比べて相対的にやや高い比抵抗を示しているものの両者の比抵抗分布の傾向は対応している。
- ③ 電気検層では坑底の近くで比抵抗が非常に高くなる傾向が認められるが、これは低比抵抗層との互層中的一部分とみなされる。
- ④ 電気検層結果の比抵抗はきわめてバラついているものの深部にいたるほど高い比抵抗を示す。深度的に若干のずれはあるがMT法結果も同様な傾向が認められる。
- ⑤ 以上のように地下の岩石物性が深度によって細かく変化している場合、現在のMT法解析技術にこれらを識別する分解能を期待することは難しい。しかし以上のような複雑な地質を考慮したMT法結果の再解析や再表示は可能であり、これらがより有用な情報をもた

らすものと考えられる。

3.6.2 再解析方法

(1) 再解析の趣旨および手順概要

前項で述べたMT法解析の方法は各測点のトータルコンダクタンスとその分布図を基本にしたものである。

GTE-7の電気検層と前回行ったMT法解析結果は大局的に似た傾向を示しているものの、本地域のように複雑な地質構造に対応したMT法調査結果の見直し、再解析がより有効であると考えられる。

そこで、今回は自動反復解析による1次元モデル解析を行い、この結果得られた理論曲線を使用してポストイック解析を適用した。そして、ポストイック解析結果による比抵抗(コンター)平面図および断面図を作成し、調査地域内の比抵抗の縦および横方向への段階的な変化と比抵抗の不連続コントラストの抽出を新たに試みた。

またこれと同時に1次元モデル解析結果から電気的基盤図を作成して基盤のくい違い、不連続の抽出を行った。

本再解析の手順を以下に示す(Fig. 3.6-2)。

(2) 1次元モデル比抵抗解析

今回行なった1次元モデル比抵抗解析は自動反復解析法によるもので、最小二乗法の手続きを利用して測定されたMT法探査曲線と対応する地層パラメータを反復改良して求めるものである。各測点における地層パラメータは各層の厚さと比抵抗値の形で表現される。

1次元モデル比抵抗解析結果例とモデルによる理論見掛比抵抗曲線(マッチングカーブ)例を(Fig. 3.6-3)に示す。

(3) ポスティブ解析

本地域のように地層の岩石物性が細く変化する場合においては1次元モデル比抵抗解析結果よりもポストイック解析結果による比抵抗分布図の方がより解釈に適していると判断された。同時に、ポストイック解析の場合、データのバラつきによる影響をより大きく受けてしまうという問題も指摘された(Fig. 3.6-4)。

そこで、今回はデータのバラつきによる影響を減少させ、ポストイック解析と1次元モデル比抵抗解析結果間の整合性を持たせるため、1次元モデル比抵抗解析結果によるマッチングカーブに対してポストイック解析を適用した。

ポスティック解析とは、ポスティック・インバース法により見掛比抵抗値を真の比抵抗値、深度に変換する手法である。この解析は、低周波数帯域における見掛比抵抗曲線の漸近的な特徴にもとづくもので、完全導体または完全絶縁体を基盤とする時の漸近線の傾き（-1または+1）との対比により比抵抗を求める方法である。

見掛比抵抗は次に示す2式によって真の比抵抗および深度に変換される。

$$\rho = \rho_a \frac{1 - \frac{d(\log \rho_a)}{d(\log \omega)}}{1 + \frac{d(\log \rho_a)}{d(\log \omega)}}$$

$$D = \rho_a / \omega \mu$$

ここに ρ_a : 見掛比抵抗 ($\Omega\text{-m}$)

ρ : 真の比抵抗 ($\Omega\text{-m}$)

D : 透入深度 (m)

ω : 角速度 (rads/sec)

μ : 透磁率 ($4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$)

(4) 比抵抗平面図および断面図

比抵抗平面図は各測点におけるポスティック解析結果から深度別に比抵抗値を抽出し等比抵抗線をコンタリングしたもので、ある深度における調査地域の比抵抗水平分布を示すものである。

また、比抵抗断面図は、測線上の測点の比抵抗値を一定深度間隔で抽出し等比抵抗線をコンタリングしたもので、設定した測線下における比抵抗垂直分布を示すものである。

(5) 電気的基盤図の作成

1次元モデル解析結果は地層区分を行う場合に有効であり、地下の基盤岩の分布と対応する電気的基盤の深度分布や形状を表わす場合にはより扱いやすいものである。

ここでは、各測点の1次元モデル解析結果から原則として1,000 $\Omega\text{-m}$ 以上の高比抵抗層上面の深度を求め等深度線をマッピングして電気的基盤図とした。

3.6.3 解析結果

本地域のように複雑な地質構造に対しては、比抵抗の縦及び横方向への段階的変化と比抵抗の不連続コントラストの抽出を中心とした再解析結果の方がより適していると判断されたため、GTE-7 掘削後の再解析結果を主として述べる。

(1) 比抵抗平面図 (Fig. 3.6-5~8)

4 深度 (海拔 +200m、-500m、-1,000m、-3,000m) の比抵抗断面図を作成した。
以上の比抵抗平面図について以下に概説する。

1) Wat Pong Hom を中心としていづれの深度においても低・中比抵抗域が認められこれら
を囲む測点 2-1、104、3-3、2-3、1-3、105 付近が周囲の高比抵抗域との
境界となっている。この低・中比抵抗域は、海拔-3,000m の比抵抗平面図においては
やや北西方向にその分布を移している。

また、これらの低・中比抵抗域は、深部にいたるほど高い比抵抗を示す傾向が認めら
れる。

2) Ban Mae Khu Ha 南西部、とくに測点 3-4 を中心として、いづれの深度においても
高比抵抗域が認められるが、深部 (海拔-3,000m) ではこの範囲が小さくなる傾向にあ
る。

この高比抵抗域の中心付近では 1,000 Ω -m を超えており、Wat Pong Hom を中心と
した低比抵抗域および後述する Wat Hua Fai、Wat Nong Hoi を中心とする低比抵抗
域と著しいコントラストを示している。

3) 調査地域東部 Wat Hua Fai、Wat Nong Hoi 周辺に、比較的広い範囲にわたって低
・中比抵抗地域が認められ、上記の高比抵抗地域との間に明白なコントラストが見られ
る。

この低比抵抗地域は浅部では調査地域南東部を中心としているが、深部にいたるにつ
れてその分布域を北方へ拡大していく傾向が見られ、その比抵抗も低くなっていく。

4) 調査地域北・西部の Ban Nong Bo Yen、Ban Mae Hong Khrai、Doi Luang 周辺
にいづれの深度についても高比抵抗域が認められる。

(2) 比抵抗断面図 (Fig. 3.6-10~12)

3 測線 (測線 1, 2, 3) についての比抵抗断面図を作成した。測線配置図を (Fig. 3.6-
9) に示し、各断面図の比抵抗分布について以下に概説する。

1) 測線 1

この測線は Huai Pong、Wat Pong Hom、Ban Pong Hom を北東-南西方向に横切
るように設定した。(測点 0-2、1-2、105、2-2、106、3-2、107、4-2)

測点 2-2 付近が低比抵抗域となっており、これらの比抵抗が深部にいたるほど高く
なる傾向が認められる。

また、測点 105 付近と測点 106 付近に比抵抗値の大きなくい違いが認められる。
高比抵抗部としては測点 0-2 付近、測点 3-2 付近および測点 4-2 付近に見られ、
中でも測点 3-2 付近のものは深部まで連続する傾向が認められる。

2) 測点 2

この測線は Ban Mae Hong Khrai、Ban Pong Nok、Ban Hua Fai を北西-南東方向に横切るように設定した(測点 1-0、1-1、102、105、2-3、111、2-4、3-5、3-6、118) また本測線は弾性波探査の A 測線とほぼ対応している。

測点 105、108 付近に低比抵抗層が認められるが、両者間には深度のくい違いが認められる。

また、測点 108 と 2-3 の間付近および測点 1-1 付近に比抵抗値の大きなくい違いが認められこれらが深部にまでいたる傾向にある。

3) 測線 3

この測線は測点 2-3 以東は測点 2 と同一に設定したが、これ以西は Wat Pong Hom を北西-南東方向に通過するように設定した(測点 101、2-1、103、2-2、109、2-3、111、2-4、3-5、3-6、118)

測点 2-2 付近が低比抵抗域となっており、これらの比抵抗が深部にいたるほど高くなる傾向が認められる。

測点 109 と測点 2-3 の間付近および測点 2-4 付近に比抵抗値の大きなくい違いが認められこれらが深部にまでいたる傾向にある。

また、測点 2-1 付近にも比抵抗値の大きなくい違いが認められ、測点 101 付近の高比抵抗域と測点 103、測点 1-2 付近の低比抵抗域とが大きなコントラストを示している。

(3) 電氣的基盤図 (Fig. 3.6-13)

1次元モデル比抵抗解析による比抵抗(ブロック)断面図から、原則として比抵抗 1,000 Ω-m 以上の高比抵抗層上面の深度を求め、等深度線をマッピングして電氣的基盤図を作成した。この電氣的基盤の分布状況について以下に概説する。

- Wat Pong Hom を中心とする低・中比抵抗域の電氣的基盤が周囲と比べて浅所に位置しており、電氣的基盤の盛り上がりが認められる。

また、測点 102、103、106、108 付近に電氣的基盤の大きな屈曲が認められる。

- 上記の浅い電氣的基盤が東方の Ban Mae Khu Ha 周辺の高比抵抗域にまで連続して

いるが、測点111、3-4付近に電気的基盤の大きなくい違いが認められる。

(4) まとめ

再解析結果にもとづいて、本地域の比抵抗構造を以下にまとめる。

- 1) Wat Pong Homを中心として低・中比抵抗域が見られ、この低・中比抵抗域は、電気的基盤の盛り上がり部と一致する。また低・中比抵抗域の北縁沿いに、電気的基盤の急激な落ち込みが見られる。GTE-7 掘削結果によると、この低・中比抵抗域は低比抵抗の凝灰岩、火山岩、粘板岩などの互層に対応すると考えられる。しかし、北縁沿いの電気的基盤の急激な落ち込みは、比抵抗断面図においても浅部から深部まで連続する比抵抗くい違い部となっている事より、断裂系に起因する可能性がある。
- 2) Ban Mae Khu Ha南西部に高比抵抗域が見られ、その中心部では比抵抗が1,000 Ω - mを超えており、かなり緻密な岩体の存在が推察できる。またこの区域は電気的基盤の盛り上がり部になっており、その南縁に沿って電気的基盤の急激な落ち込みが見られる。この落ち込みの周縁には断裂系の存在が予想される。
- 3) 調査地域東部Wat Hua Fai、Wat Nong Hoi 周辺に比較的広範囲に低・中比抵抗域が存在しており、その面積は深部へ行くほど広くなっていき、かつその比抵抗も低くなる傾向を示す。この低・中比抵抗域が、GTE-7 と同様に低比抵抗層と高比抵抗層の互層なのか、あるいは断裂系の存在によるものなのかは明確でない。
- 4) 調査地域北・西部の Ban Nong Bo Yen、Ban Mae Hong Khrai、Doi Luang 周辺に高比抵抗域が見られ、いずれも電気的基盤の盛り上がり部またはその延長上に相当する。

3.7 温度分布についての解析

3.7.1 概 説

まず目につくことは、温度分布の形態が深度と供にほぼ直線状にゆるく上昇しており、温度勾配は4°C/100m(1°C/25m)に過ぎず、その値が小さいことで特徴づけられることである。

次に、地表浅部(ほぼ150m以浅)では、むしろ下方より温度が高いことが知られるが、これは、この坑井の掘削地点が地熱徴候地に近く位置するため、表層部の砂礫層および基盤岩の風化帯の中に含まれる温泉水がこの付近まで広がり、その影響がこのような形であらわ

れたものと判断される。しかし、ここで注目を引くのは150m付近の深度でも60℃と比較的高い温度を示し、他の坑井でみられるような地表浅部の冷却の影響があらわれていないことである。

このように、一般に自噴しない坑井の場合には、表層部が温泉水の存在のため高温帯を形成してもその下部では冷却の影響をうけ急激に温度が低下するのが普通である。しかし、GTE-7のように、深度150m付近でも60℃という高い温度を保つこと、さらに深度150m以深における温度勾配が地熱徴候地に接近した位置にあるにもかかわらず温度勾配の値がきわめて小さいことは、GTE-2、GTE-6を除く他の坑井のように、坑内の温度分布が単に熱伝導によってもたらされたということだけでは説明はつかず、別な角度からその理由を追求する必要があるように思われる。

3.7.2 熱水系と地殻熱流量

熱水系が存在する場所では、高熱流量域を含む熱水の湧出地域 (discharge area) が形成されるが、その周辺では水の浸透地域 (recharge area) および深部からの熱の供給に対応して低熱流量域が生じる可能性がある。そして recharge area では温度が低く温度勾配も小さいが discharge area では上昇する熱水のため地表浅部では温度は高いが深部では温度勾配は小さくなるのが一般である。

3.7.3 サンカンペン地域の地熱系モデル

サンカンペン地域の地熱系はNNW-SSE方向に走るHuai Pong断層と同方向のBan Mae Khu Ha断層との間にはさまれた地域を中心として形成され、現在の地熱徴候地は discharge area その周辺は recharge area からなり、断層や浸透性の地層を通じ地下に流入する水は、地下水のほか、地熱徴候地の表層部に存在する温泉水もこれに含まれると考えられる。

以上述べた事柄から推察して、GTE-7坑内の温度分布が

- ① 地熱徴候地に接近して位置するにもかかわらず、坑内温度が予想外に低く、かつ温度勾配も小さい。
- ② 一方、表層部の温泉水の影響が及ばないと思われる深度150m付近でも比較的溫度が高い。

などの特徴をもつことを併せ考えると、GTE-7坑内の温度分布は discharge area 外

側の温泉水の recharge area のそれを示しているのではないかという見方が生まれてくる。

3.7.4 地層温度に及ぼす浸透水の影響についての試算

(1) 基本式

いま、水が細い管状通路を通過して地表からDの深さまで浸透し、再び地表に戻ってくると考えると、下降時の温度上昇は次の式で示される。

$$q\rho c \frac{d\theta}{dz} = 2\pi r_0 h^n \{ \theta - [\theta_0^n + \alpha(D-Z)] \}$$

ここに、 θ : 管内の水温

q : 流量

ρ, c : 水の比重と比熱

r_0 : 管の半径

h^n : 冷却係数

Z : 浸透深度、下降時は負にとる

θ_0^n : 地表面 (= 浸透水) 温度

α : 地温勾配

$Z = D$ で $\theta = \theta_0^n$ のときの上式の解は

$$\theta = \theta_0^n + \alpha(D-Z) - \frac{\alpha}{r} \{ 1 - \exp[-r(D-Z)] \}$$

ここに $r = \frac{2\pi r_0 h^n}{q\rho c}$ である

管の下端での水温 θ_b は $Z = 0$ とおくと

$$\theta_b = \theta_0^n + \alpha D - \frac{\alpha}{r} [1 - \exp(-rD)]$$

これが浸透深度Dにおける水温を求める基本式である。

(2) GTE-7 坑内温度分布へのマッチング

recharge area において、水が地下へ浸透する場合、恐らく一箇所から多量の水が浸透するのではなく、小さな割れ目等をとおり比較的少量の水が流入し、これらの割れ目の集合体がいわゆる recharge area を形成しているものと考えられる。従って浸透する水の全量は個々の割れ目をとって地下に流入する水の総量となる。

サンカンベン地域は硬い地層で構成されている地域であるから、恐らく浸透する水も上

で述べたように個々の小さな割れ目を通して地下に流入するものと思われる。

このため、recharge area では、もともとの地層温度が熱を奪われ、かなり低下しているものと想定される。いいかえると、GTE-7 の坑内温度は、この冷却された地層の温度を反映している可能性が強いということである。

以上の事柄から、どのような条件のもとで浸透した温水が現在の坑内温度分布に近似した状態まで温度低下するかについてマッチングを試みた。この場合、マッチングの対象はいうまでもなくGTE-7 の坑内温度の分布である。

このマッチングのため

- 地層中の初期温度分布を α
- 浸透する割れ目の大きさを r 。
- 浸透水の水温を θ^a 。
- 浸透水の流量を q

とし、その値を種々に変え、既述の基本式を用い、浸透深度(D)の下端における水温(θ^b)を求め、その温度分布がGTE-7 の坑内温度分布に近似するかどうかを検討し、もし近似する場合には、上で述べた考えが著しく間違っていないとみることができよう。

これまで行った計算の中から比較的GTE-7 の温度分布に近似する場合をとり上げ、その結果を示すと次のとおりである (Fig. 3.7-1)。

ここで

α : 1°C/9m (GTE-5 の 1°C/8.3m とほぼ同程度の勾配とする)

r_0 : 半径 2 cm の細管

θ^a : 60°C (GTE-7 の深度 150m における地下温度を浸透する温泉水の水温とみなす)

q : 20 l/min (深度 1,005 m 以深の逸水量 20 l/min を参考)

以上のほか

ρc : 1 cal/cm³·°C

h^a : 0.25×10 cal⁻³/cm²·sec·°C

とする。

Fig. 3.7-1 において、深度 150m 以浅の温度分布は GTE-7 のそれと同じとみなし、60°C の温水がこの深度付近から地下に浸透したとして取り扱った(A)は GTE-7 の坑内温度分布、(B)は温度勾配、(C)は各深度における計算値から求めた温度分布曲線を示したものであ

る。

各深度における計算結果とGTE-7の測定温度との比較を示すと次のとおりである(表3.7-1)。

表3.7-1 GTE-7の坑内温度マッチング結果

浸透深度	浸透水温度	GTE-7坑内温度	差
150m : 0m	60℃	60℃	0℃
400m : 250m	63℃	70℃	-7℃
650m : 500m	71℃	77℃	-6℃
900m : 750m	83.5℃	87℃	-3.5℃
1,150m : 1,000m	99℃	97℃	+2℃
1,227m : 1,077m	104℃	100℃	+4℃

この結果をみると、計算値では深度1,150m以浅でやや温度が低く、以深ではやや高くなるが、全体的にはほぼGTE-7の温度分布に近似していることができよう。

この計算では、半径2cm程度の細管(割れ目に当たる)から水温60℃、水量20ℓ/minの温泉水が浸透した場合をとり上げたのであるが、この結果から、既に述べたように、いわゆる浸透地域から浸透する水量の総計は不明であるにしても浸透地域内の個々の割れ目から流入した水によって高温の岩盤が熱を奪われることにより地中温度が低下し、現在、GTE-7の坑内温度分布で見られるような特徴的様相を呈するに至ったと結論される。

3.7.5 GTE-7の掘削結果により得られた地熱系モデル

GTE-7掘削により得られた結果の要点を列記すると次のとおりである。

- ① 5.0m以下の低比抵抗帯に小規模ではあるが割れ目の存在が知られた。
- ② 一方、坑内の温度分布の解析結果から、掘削地点は温水の浸透地域であると判定された。
- ③ 従って、GTE-7が仮りに大きな割れ目に遭遇したとしても水温が低く評価に耐え得るものでないと予想される。
- ④ GTE-7の掘削地点側は低温域、地熱徴候地の存在は高温域とみなされることから、この間にNE-SW方向の断層が推定された。
- ⑤ すなわち、当初GTE-7の掘削地点は熱水の存在地域(湧出地域)と考えられ、5.0-

mの低比抵抗帯はそれに当たると判断された。

- ⑥ しかし、掘削結果からみて、GTE-7付近は温水の浸透地域であり、流体は3.7.4で記した推定断層に伴う割れ目を通して地下に浸透する場所であるとみなされるに至った。以上の事柄から当初想定した地熱系の概念は修正を余儀なくされ、高温熱水を含む湧出地域すなわち地熱貯留層は前記のNE-SWの方向をもつ推定断層以南に限定されることが明らかになった。GTE-7の掘削結果により修正された平面的な地熱系モデルの概念をFig.3.7-2に示す。

3.8 総括および評価

GTE-7のコア調査結果から、地質構造についての見直しがなされ、従来、GTE-2付近をとおり、背斜軸が存在すると想定されていたが、コア調査の結果から構造的にはむしろ単斜構造であることが明らかとなった。また坑内の温度が異常に低いことから、地熱徴候地とGTE-7との間に、NE-SW方向の断層の存在が推定された。

坑内比抵抗検層の結果と、前回のMT法二次元解析から求めた比抵抗断面、今回試みた一次元解析にもとづく比抵抗断面が対比されたが、いずれの場合も、高比抵抗層の互層からなる検層結果に対し、MT法の解析結果では低比抵抗層に対比された。これは、MT法の場合、低比抵抗層の影響が強くあらわれ、高比抵抗層が存在してもその分解能に欠けていることに起因する。

従って、GTE-7の掘削結果との対比からは、若干の孔曲りのため、坑底付近は、MT法の解析による低比抵抗層のやや外側に位置すると判断された。

問題は、GTE-7の坑内温度の分布であって、地熱徴候地に近く掘削地点が位置するにもかかわらず、深度1,227mの坑底でもたかだか100℃程度の地下温度を示すに留まったということである。なぜ、このように低温であるのかについて坑底が100℃程度にもかかわらず、深度150m付近の温度が60℃という比較的高い温度を示すことから、坑内の温度分布を解析した結果、GTE-7掘削地点付近は60℃程度の水温を有する温水の浸透地域(recharge area)であると判断された。

この浸透地域がどの程度の範囲を占めるかは明かでないが、コア調査の結果から推定された地熱徴候地の北側をとおりNE-SW方向の断層がその境界に当たる可能性も存在する。

いずれにしても、今回のGTE-7の掘削により、MT法による調査の測点2-2付近はいわれる低温地域であると評価され、サンカンペン地域の地熱貯留層を把握するためには、今

後地熱徴候地周辺において掘削を行い、地熱流体の上昇通路に当たる断層の存在、地熱流体の温度を確認する必要があると結論された。

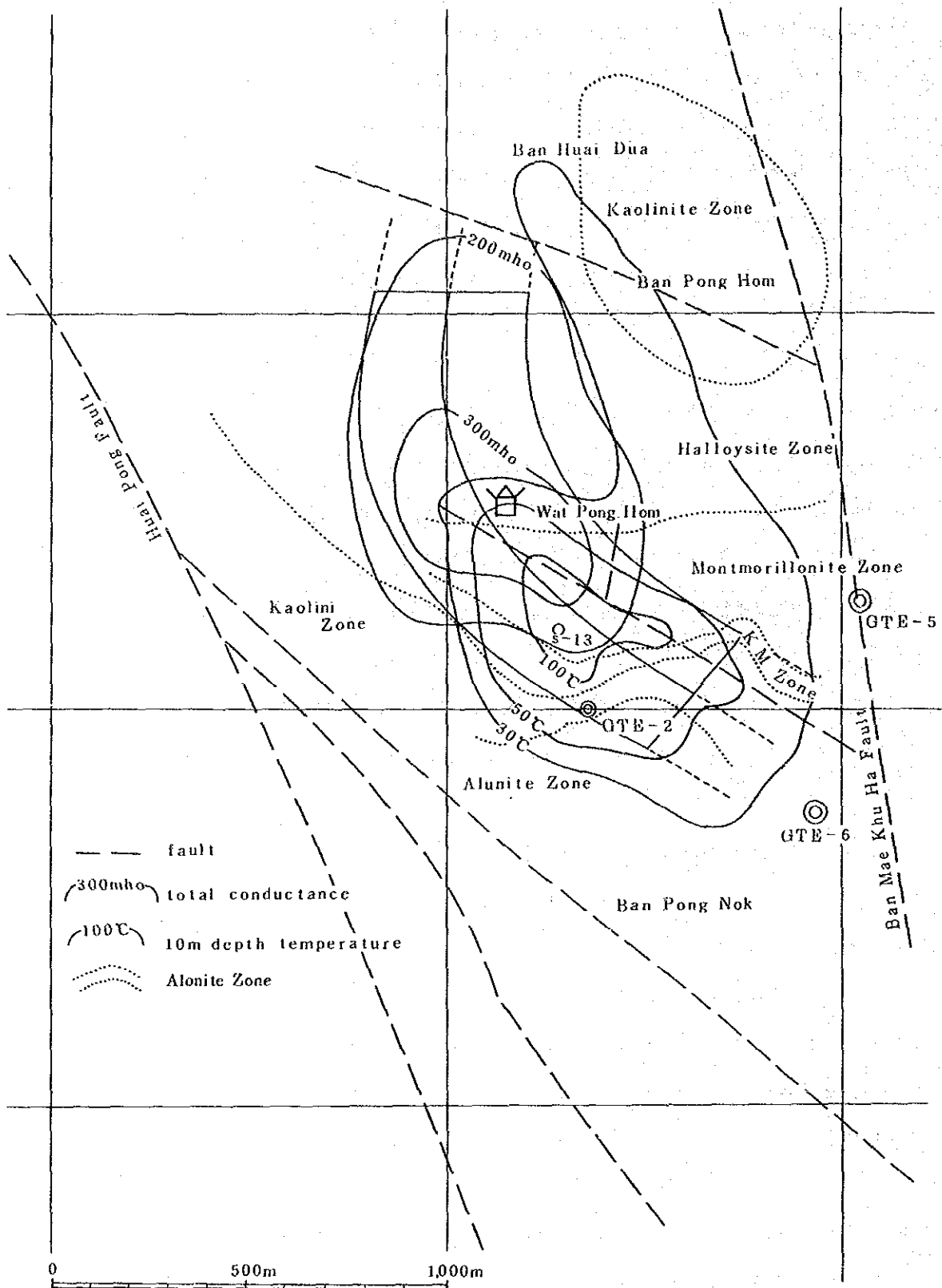


Fig. 3.1-1 Compile Map of Surface Survey (1983)

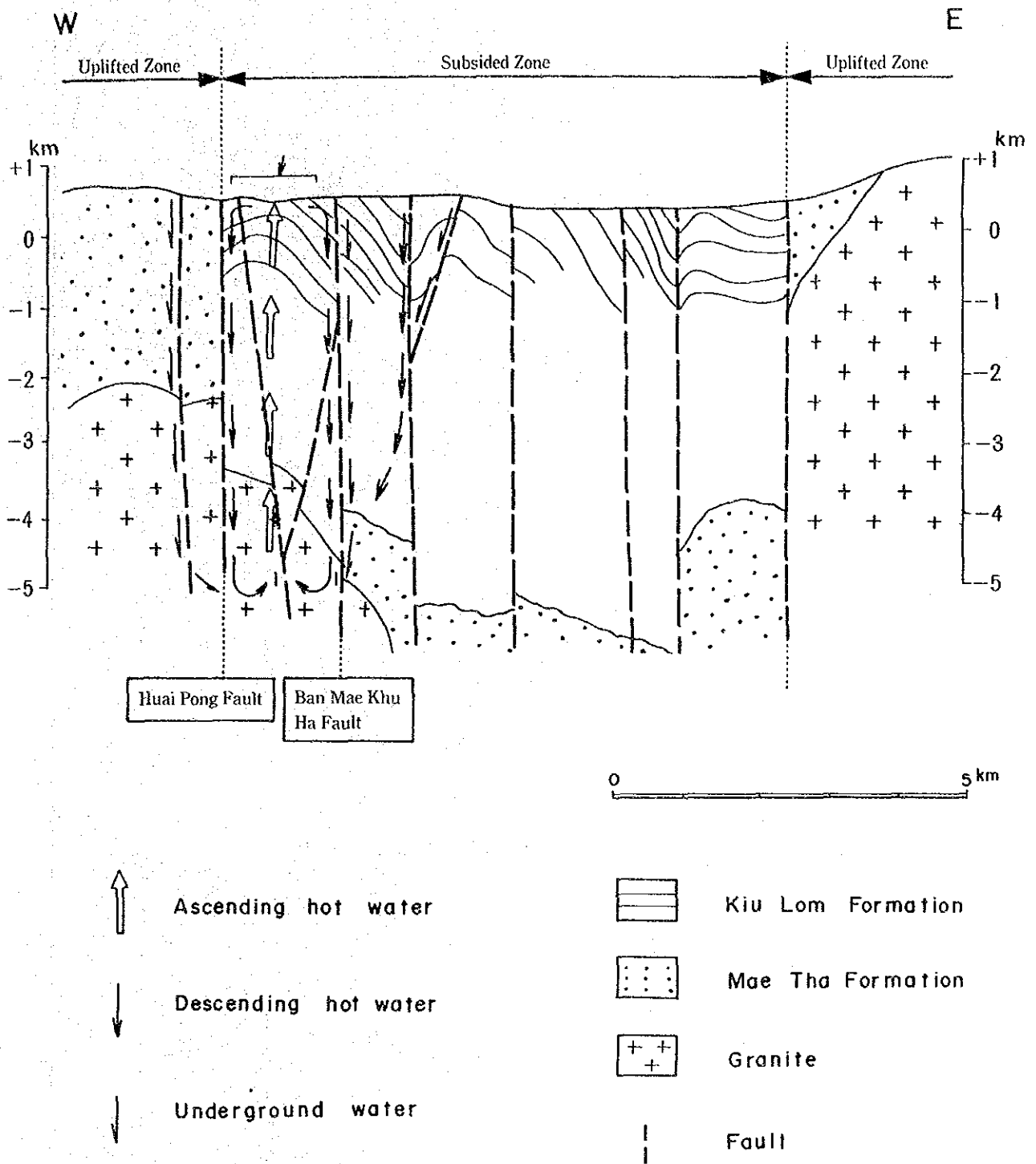


Fig. 3.1-2 Geothermal Model of the San Kampaeng Field

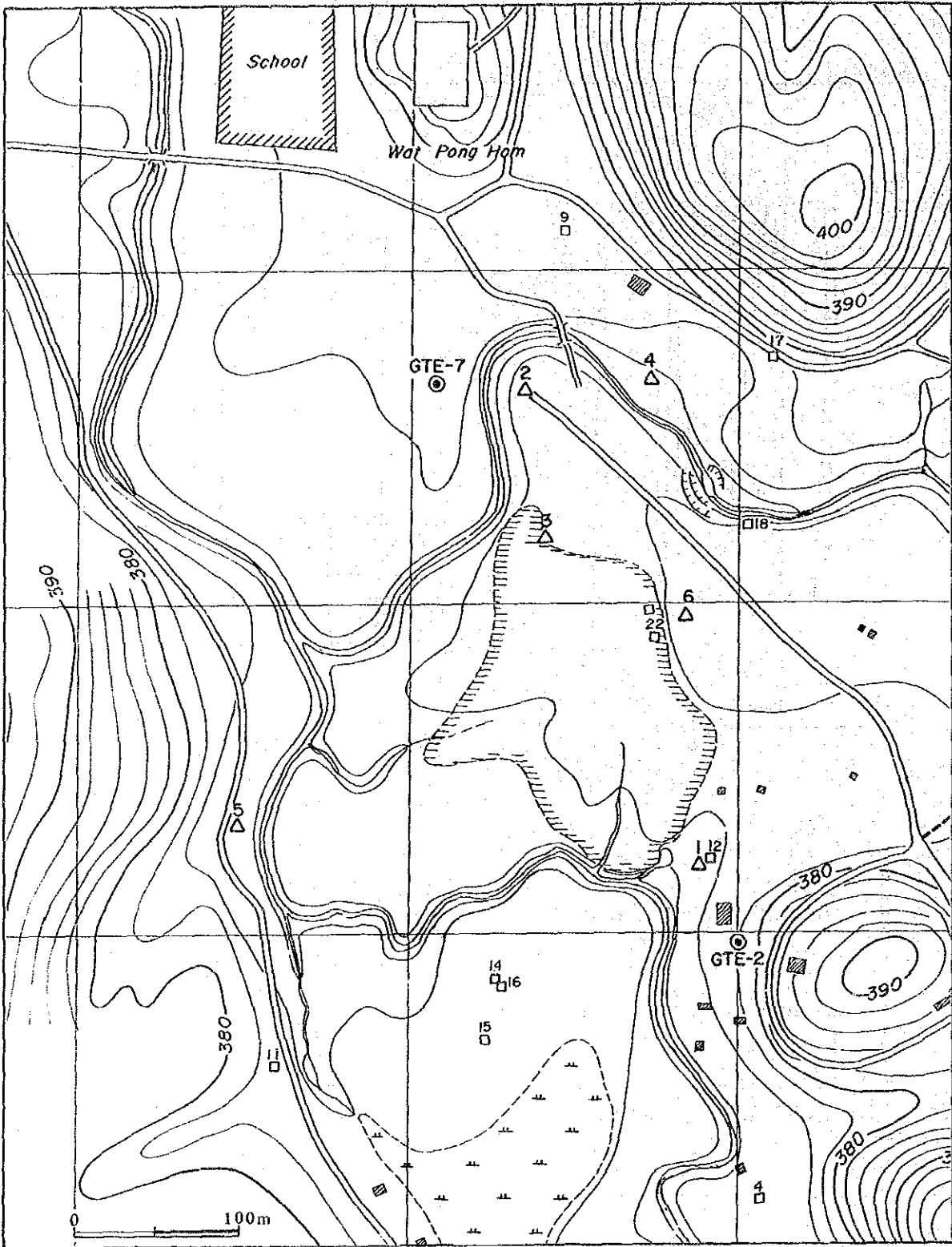


Fig. 3.2-1 Location of GTE-7

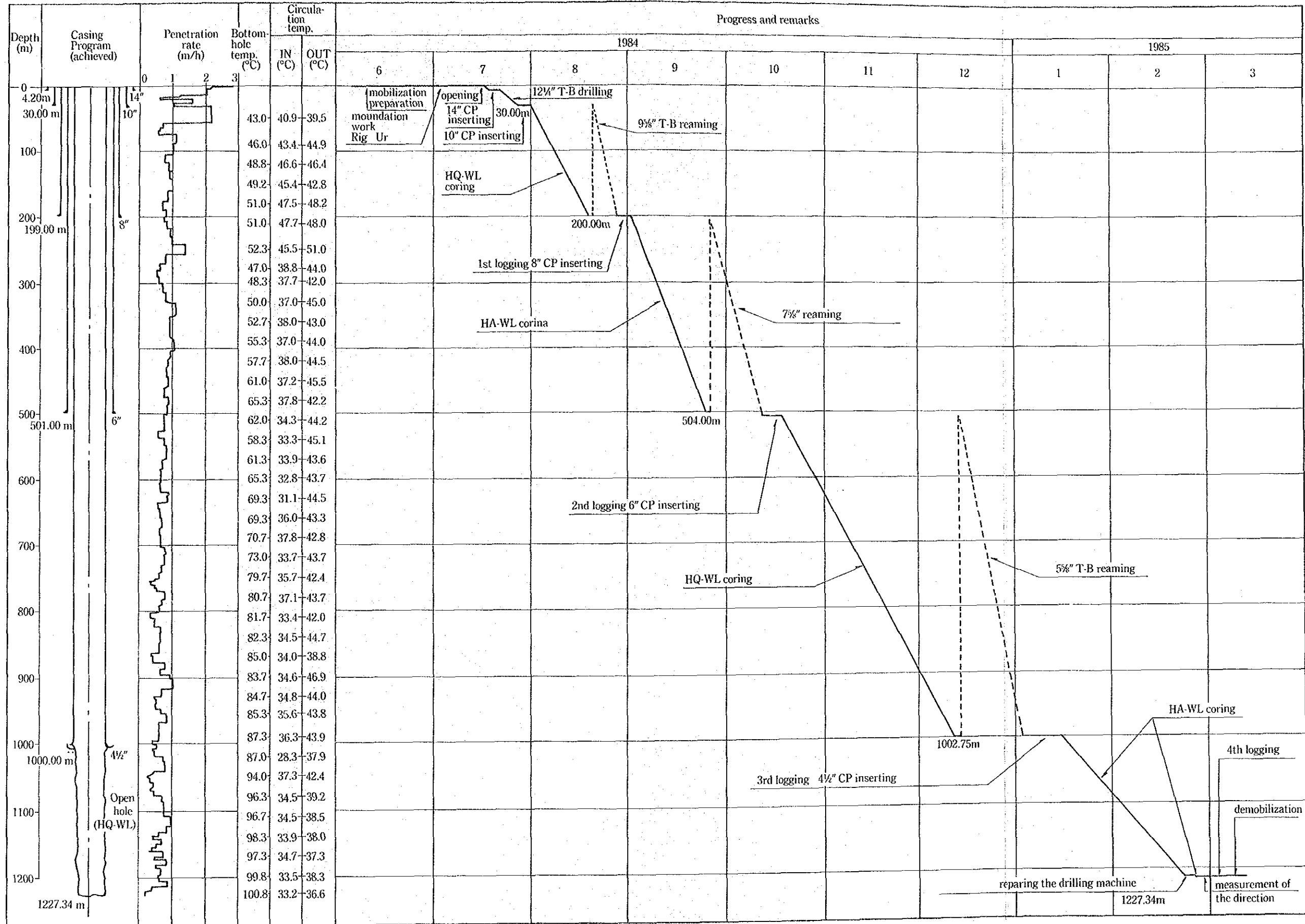


Fig. 3.2-2 Drilling Chart of GTE-7

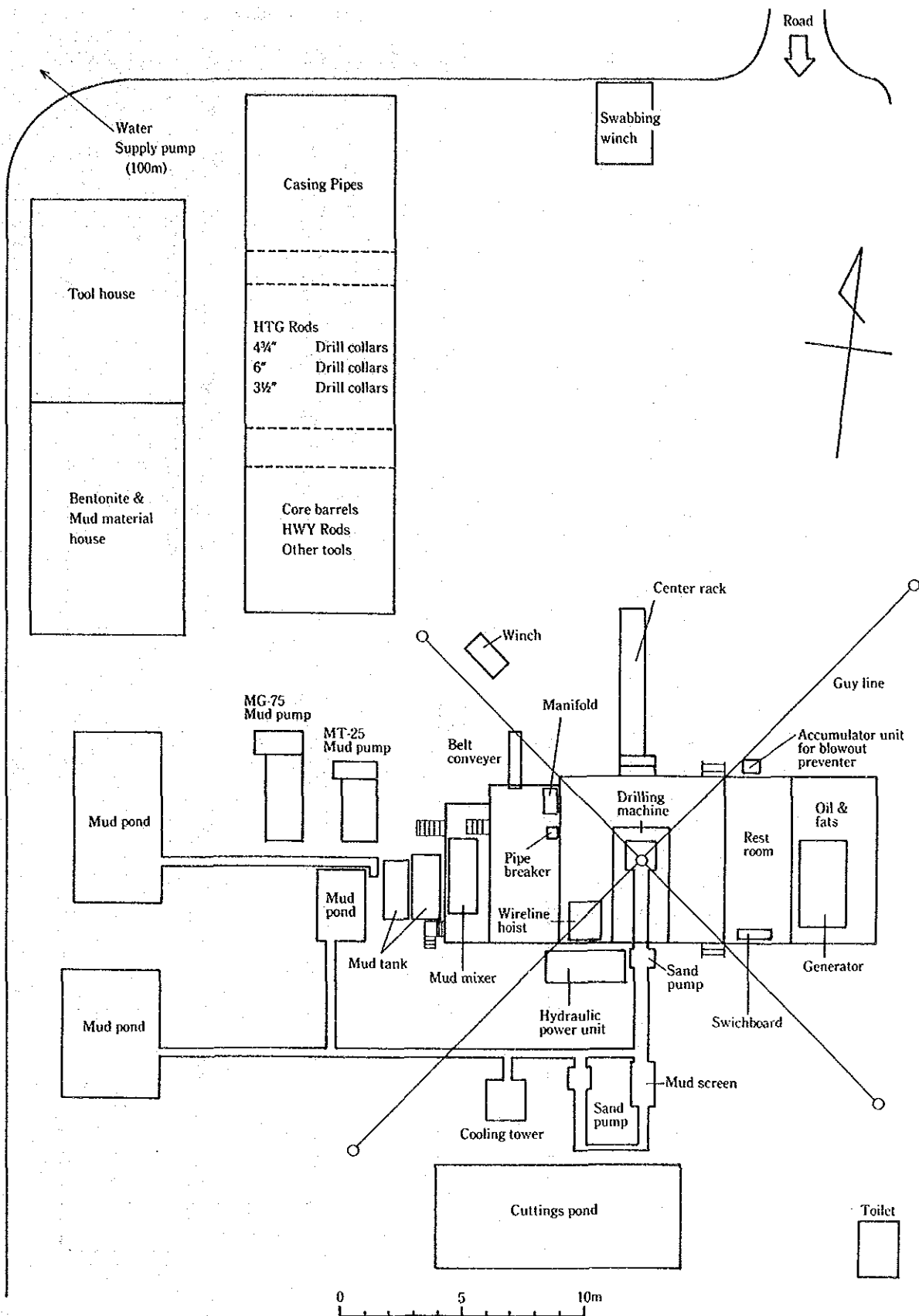


Fig. 3.2-3 Lay out of Drilling Site of GTE-7

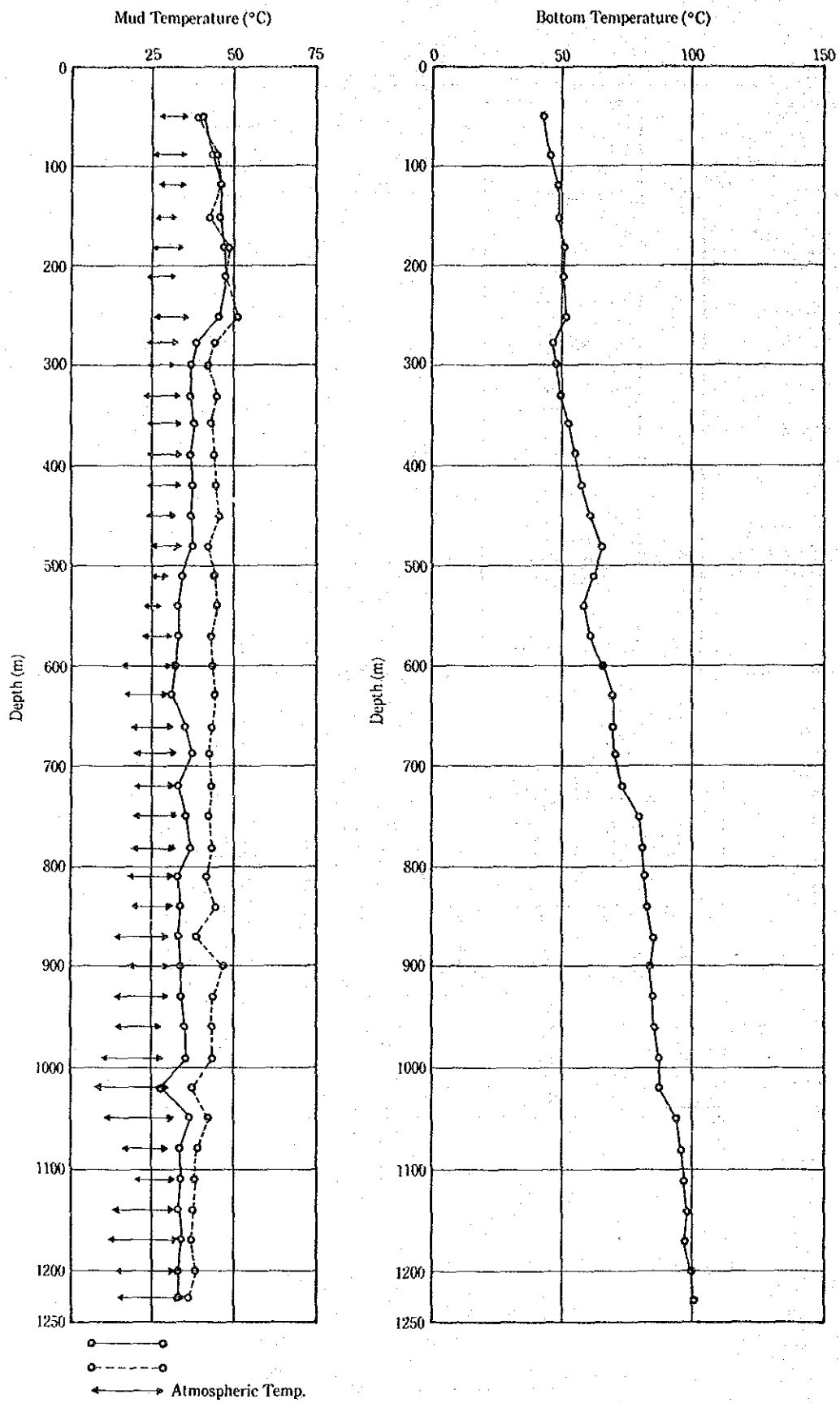


Fig. 3.2-4 Result of Mud Temperature Measurement

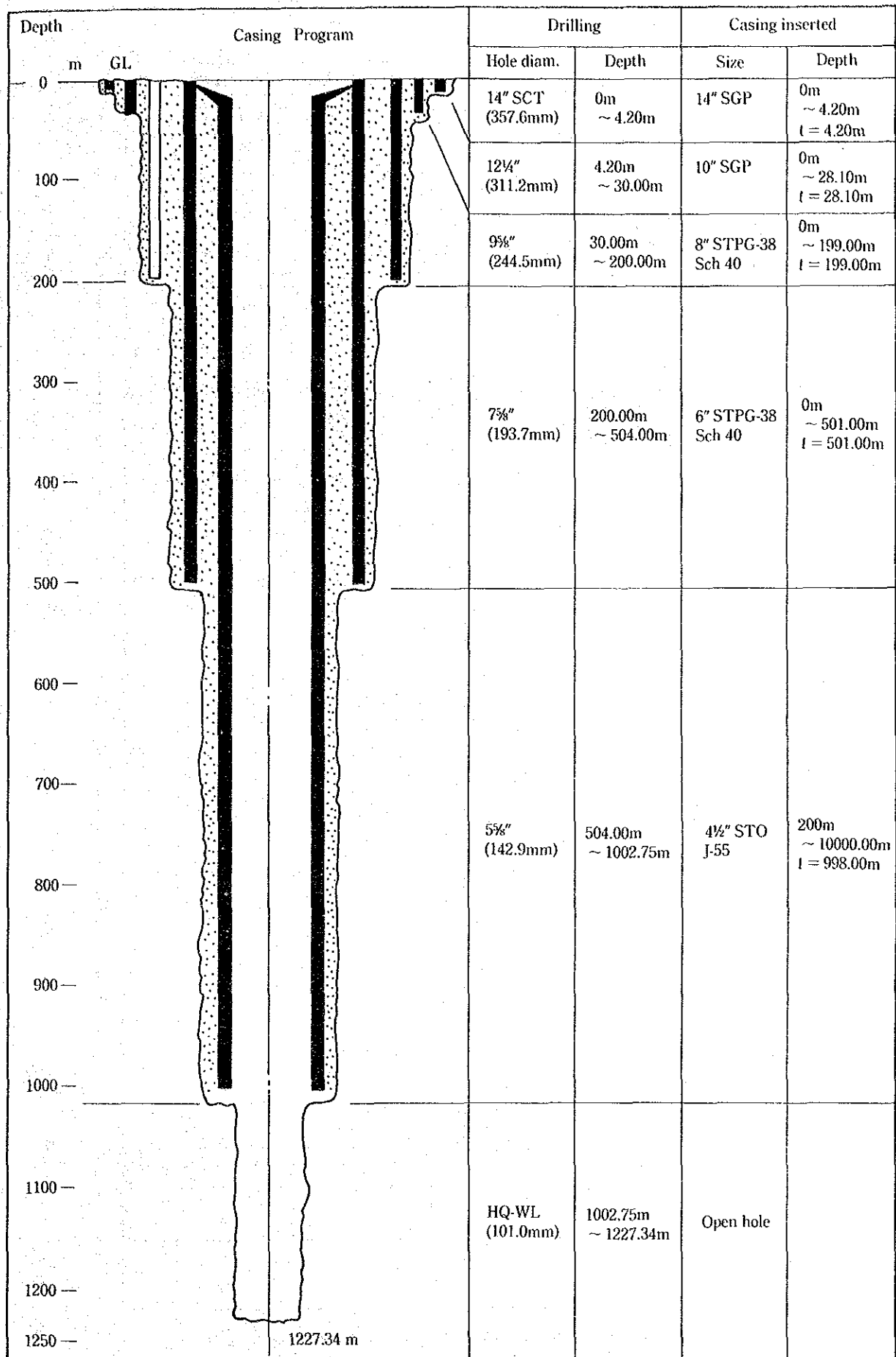


Fig. 3.2-5 Casing Program of GTE-7

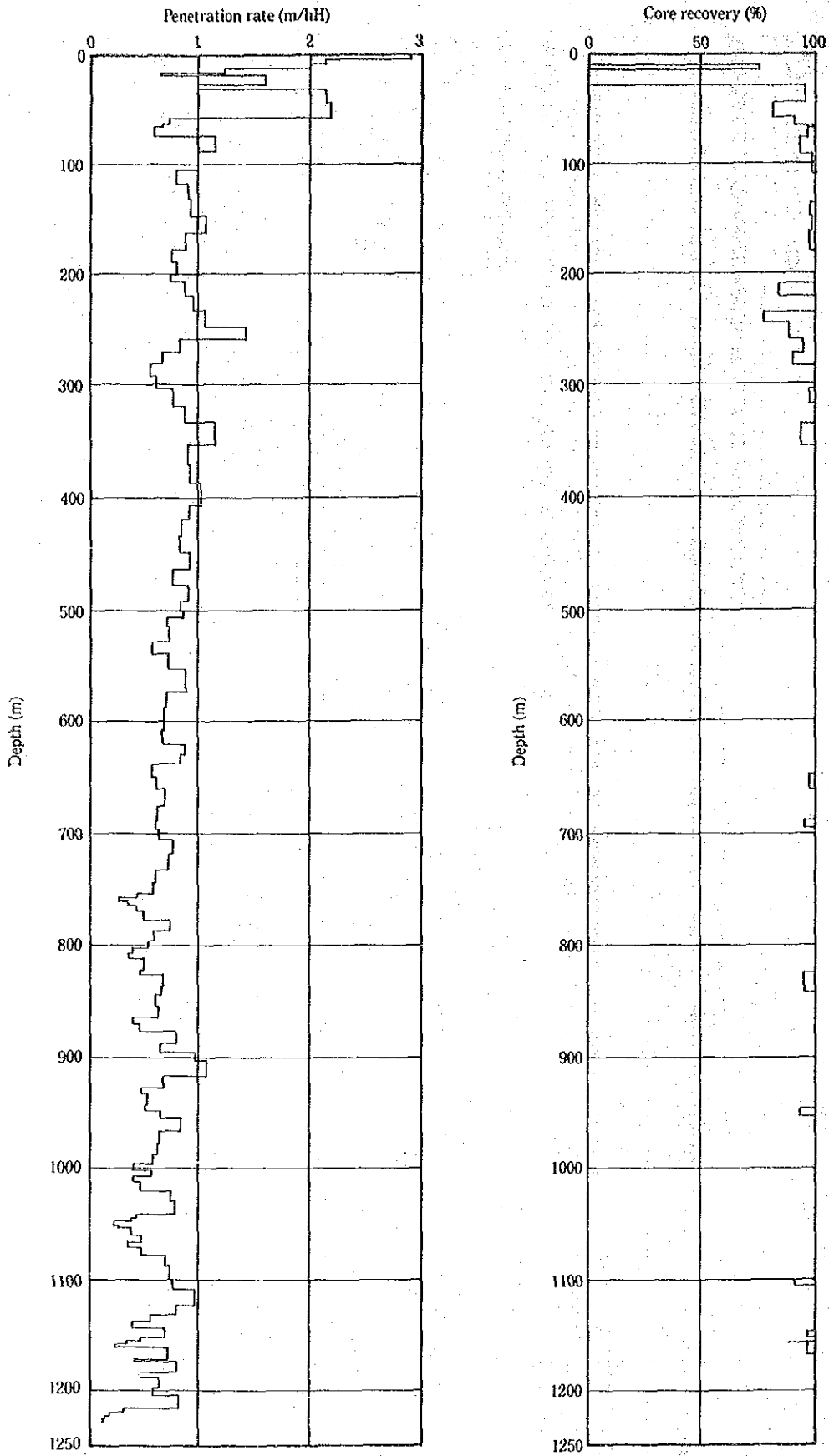


Fig. 3.2-6 Penetration Rate and Core Recovery of GTE-7

Depth (m)	Geological Column	Inclination	Rock Name	Rock Facies	Alteration	Number of Cracks (per meter)	Location of Sample											
							Depth (m)	M	X	D	Mg	P	T	F				
10-13.14								13.50										
30-34.97	Non Core sandstone shale	55 55 60 70	sandstone shale	grey black	medium grained waste (sandstone) with thin layer of black shale black carbonaceous shale with arkosic sandstone (thin layer)			32.50 34.50 34.97										
50-60		67 60 55	(sandstone) (sandstone) siltstone	grey	grey alternation of siltstone, sandstone, black shale			58.70 63.00										
70-80			shale	black	carbonaceous black shale			70.04 70.20 72.30										
80-90			sandstone	grey	arkosic waste medium grained contains shale fragments			82.50										
94.80-100		80	sandstone	grey	medium to fine arkosic waste			97.00										
106.5-110			shale	black grey	grey sandstone (fine to medium) with black carbonaceous shale			106.50										
114.5-120		70 70	sandstone	grey	medium to fine arkosic waste			118.30										
130-140		60 50 65 80 40	shale and sandstone alteration	black grey	shale and sandstone alteration			128.50										
140-150			shale	dark green	sheared zone (137.70-137.90) brecciated and black clay quartz vein			146.80										
150-160		65 70	siltstone	greyish green reddish	grey siltstone			154.00										
160-165.8			shale and siltstone limestone	grey	grey siltstone medium grained sandstone and black shale			160.50										
170-180		80 40 60 80 65	shale and siltstone alteration	black	black shale and greenish siltstone alternated			173.00										
180-190			mudstone, siltstone	greyish green reddish	mudstone - siltstone mudstone			179.00										
190-200		65	shale and siltstone alteration	black	siltstone mudstone			193.00										
200-210		55 60 10	shale and sandstone alteration	grey	grey silty medium grained sandstone and black shale			217.00										
210-220			shale with sandstone	black	black carbonaceous shale with thin layer of grey silty fine to medium sandstone													
230-240		70	chert and black shale alteration	black														
240-250		50 30	chert and black shale alteration	black														

Depth: 0m ~250m

- M - Microscopic Observation
 - X - X-Ray Analysis
 - D - Density Test
 - Mg - Magnetism Test
 - P - P-wave Velocity Measurement
 - T - Heat Conductivity Measurement
 - F - Fluid Inclusion Test
- sandstone
 - shale
 - siltstone
 - chert
 - limestone
 - tuff
 - fault breccia
 - quartz vein
 - bedding

Fig. 3.3-1 Compiled Column of GTE-7 (1)

Depth (m)	Geological Column	Inclination	Rock Name	Rock Facies	Alteration	Number of Cracks (per meter)	Location of Sample									
							Depth (m)	M	X	D	Mg	P	T	F		
260		85	chert	dark grey chert with black thin layer shale			263.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○
270		85		strong sheared (270.20 ~ 273.20) (Core loss)			273.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
280		60	limestone shale	black limestone shale			280.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
290		60	limestone and shale	muddy shale grey to black			293.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○
300		70	shale	carbonaceous shale			301.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○
310		70	limestone	black limestone with intercalated black thin shale	calcitic vein		318.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
320		75	shale and limestone alternation	limestone & black carbonaceous shale			339.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
330		80	limestone	grey			348.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
340		80	limestone and black shale alternation	black carbonaceous shale > and limestone alternation			375.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
350		60	brecciated black shale	black			379.40	○	○	○	○	○	○	○	○	○
360		50	shale	grey			383.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
370		40	sandstone	grey			402.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
380		20	shale with thin layer of sandstone and siltstone	black carbonaceous black shale and chert cherty sandstone and siltstone alternation	quartz vein 981.9 282.3		430.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
390		80	chert	light grey			439.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
400		85	shale and chert alternation	carbonaceous shale and dark grey chert ~ light grey chert alternation			455.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
410		85	shale and chert alternation	carbonaceous shale and dark grey chert ~ light grey chert alternation			465.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○
420		65	shale	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
430		80	shale and chert alternation	black carbonaceous shale and dark grey chert alternation				○	○	○	○	○	○	○	○	○
440		60	limestone	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
450		30	shale	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
460		85	shale	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
470		70	shale and chert alternation	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
480		70	shale and chert alternation	black				○	○	○	○	○	○	○	○	○
490		60	shale and siltstone alternation	black carbonaceous shale and grey siltstone alternation				○	○	○	○	○	○	○	○	○
500		60	shale and siltstone alternation	black carbonaceous shale and grey siltstone alternation				○	○	○	○	○	○	○	○	○

Depth: 250m ~500m

- M — Microscopic Observation
- X — X-Ray Analysis
- D — Density Test
- Mg — Magnetism Test
- P — P-wave Velocity Measurement
- T — Heat Conductivity Measurement
- F — Fluid Inclusion Test
- sandstone
- shale
- siltstone
- chert
- limestone
- tuff
- fault breccia
- quartz vein
- bedding

Fig. 3.3-2 Compiled Column of GTE-7 (2)

Depth (m)	Geological Column	Inclination	Rock Name	Rock Facies	Alteration	Number of Cracks (per Meter)	Location of Sample											
							Depth (m)	M	X	D	Mg	P	T	F				
510-520	shale & siltstone	60-70	black carbonaceous shale with thin layer of siltstone															
525.00		30				15-10-5												
530-531	sandstone shale sandstone	80-80	grey decolored by quartz vein along vertical crack (525.0 - 532.0)		pyrite													
530.00		80																
531.00		80			pyrite													
540-550	limestone chert muddy shale	85-85	grey greenish grey															
543.50		85																
560-570	shale limestone shale limestone and shale alternation	70-85	grey black	carbonaceous black shale														
560.00		70																
580-590	shale and chert alternation shale	80-85	black grey black	light grey ~ greenish grey chert and black carbonaceous shale														
585.50		80																
600-610	silicified shale shale	50-50	grey black	decolored silicified stony shale - cherry shale														
610.50		50																
660-663	siltstone thin layer	70-70	black black	graphite rich shale (656.95 - 657.90) sheared zone (661.0 - 664.2)														
661.00		70																
663.00		70																
680-690	chert (silicified sandstone) and shale alternation	50-45	grey	silicified cherty shale (grey) and black carbonaceous shale alternation														
689.00		50																
692.00		45																
700-710	limestone siltstone limestone	30-50	dark grey grey	carbonaceous shale (black) with grey muddy shale interbedded black shale greenish grey mudstone - siltstone														
701.00		30																
703.00		40																
721.00		50																
740-750	limestone (dolomitic) and muddy shale alternation	30-45	grey	delimitic														
740.50		30																

Depth: 500m ~750m

- M - Microscopic Observation
 - X - X-Ray Analysis
 - D - Density Test
 - Mg - Magnetism Test
 - P - P-wave Velocity Measurement
 - T - Heat Conductivity Measurement
 - F - Fluid Inclusion Test
- shale
 - siltstone
 - chert
 - limestone
 - tuff
 - fault breccia
 - quartz vein
 - bedding

Fig. 3.3-3. Compiled Column of GTE-7 (3)

Depth (m)	Geological Column	Inclination	Rock Name	Rock Facies	Alteration	Number of Cracks (per meter)	Location of Sample										
							Depth (m)	M	X	D	Mg	P	T	F			
760	chert	45	chert	light grey black chert with thin carbonaceous black shale			755.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
770	shale	30	shale	black carbonaceous black shale			775.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
780	shale and sandstone	80	shale and sandstone	grey greenish black shale and grey cherty sandstone alternation			808.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
790		50		light grey decolorated silicified shale	pyrite												
800	chert	80	chert	grey			832.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
810		45		fractured													
820		30		fractured													
830	shale	30	shale	black													
840	chert shale	45	chert shale	grey to black	pyrite												
850		30		fractured													
860	sandstone	40	sandstone	light grey siliceous medium grained sandstone													
870	limestone dolomite shaly limestone	60	limestone dolomite shaly limestone	grey limestone with carbonaceous shale			868.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
880	shale	45	shale	silicified by quartz veinlet			872.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
890	shale (muddy) siltstone	62	shale (muddy) siltstone	greenish mudstone - siltstone with carbonaceous black shale (thin layer)													
900	shale and siltstone shale limestone sandstone mudstone	50	shale and siltstone shale limestone sandstone mudstone	dark grey brecciated zone (901.3 - 903.0)	quartz vein		905.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
910		50		grey limestone with carbonaceous shale													
920	limestone	40	limestone	light green greenish grey - pale green tuffaceous silt - mudstone													
930	siltstone and limestone alternation	20	siltstone and limestone alternation	dark grey with interbedded mudstone & black shale													
940	limestone chert	50	limestone chert	grey dark grey to greenish black chert with intercalated with black shale bed			925.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
950	tuffaceous shale	20	tuffaceous shale	green grey brecciated zone (947.0 - 953.7)			949.35	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
960	tuffaceous shale	45	tuffaceous shale	pale green													
970		65		grey													
980	sandy shale	60	sandy shale	pale greyish green - greenish purple sandy shale													
990	black shale muddy shale sandstone	50	black shale muddy shale sandstone	black greyish green			974.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1000	mudstone	15	mudstone	grey siliceous medium grained sandstone													

Depth: 750m ~ 1000m

- M - Microscopic Observation
 - X - X-Ray Analysis
 - D - Density Test
 - Mg - Magnetism Test
 - P - P-wave Velocity Measurement
 - T - Heat Conductivity Measurement
 - F - Fluid Inclusion Test
- sandstone
 - ▨ shale
 - ▩ siltstone
 - ▧ chert
 - ▦ limestone
 - ▥ tuff
 - ▤ fault breccia
 - ▣ quartz vein
 - ▢ bedding

Fig. 3.3-4 Compiled Column of GTE-7 (4)

Depth (m)	Geological Column	Inclination	Rock Name	Rock Facies	Alteration	Number of Cracks (per meter)	Location of Sample										
							Depth (m)	M	X	D	Mg	P	T	F			
1010	shale sandstone shale sandstone	80 50	shale sandstone shale sandstone	phyllitic carbonaceous shale beds with chert (1cm) layers hard silicified by quartz veinlet		15	1094.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1020	shale	35	shale	black	quartz veinlet pyrite pyrrhotite												
1030	shale sandstone		shale sandstone	black grey black	medium grained siliceous sandstone		1031.70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1040		20 25															
1050	sandstone	15	sandstone	grey	silicified shale greyish black medium grained siliceous sandstone		1049.40	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1060	shale sandstone	40	shale sandstone	black to grey	fine grained sandstone and black carbonaceous shale grey medium grained siliceous sandstone		1064.70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1070	shale shale	30	shale shale	black black	quartz vein 1cm												
1080	shale shale shale shale	40	shale shale shale shale	black grey black	carbonaceous black shale hard and compact grey to white medium grained siliceous sandstone		1094.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1090	shale 10cm sandstone 10cm sandstone	30 170	shale 10cm sandstone 10cm sandstone	black grey	quartz vein network		1100.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1100	shale	60 20	shale	black	black carbonaceous shale												
1110	sandstone shale sandstone	30	sandstone shale sandstone	grey black	hard, medium grained siliceous sandstone carbonaceous		1123.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1120	sandstone shale	30	sandstone shale	grey black	silicified with quartz veinlet												
1130	sandstone shale	20	sandstone shale	grey	silicified by quartz veinlet medium grained sandstone		1154.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1140	shale sandstone	45 50	shale sandstone	black	carbonaceous black shale medium grained siliceous sandstone with shale fragments												
1150	shale sandstone	30	shale sandstone	grey to black	silicified sandstone with quartz network		1184.00 1185.00	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1160	shale sandstone	20 30	shale sandstone	dark green	strong silicified medium grained sandstone												
1170	shale sandstone	20 30	shale sandstone	grey	hard, medium grained silicified sandstone												
1180	shale sandstone	40	shale sandstone	black	quartz network		1213.50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1190																	
1200																	
1210																	
1220																	
1230		1227.4m															

- M — Microscopic Observation
- X — X-Ray Analysis
- D — Density Test
- Mg — Magnetism Test
- P — P-wave Velocity Measurement
- T — Heat Conductivity Measurement
- F — Fluid Inclusion Test
- sandstone
- shale
- siltstone
- chert
- limestone
- tuff
- fault breccia
- quartz vein
- bedding

Depth: 1000m ~ 1227.4m

Fig. 3.3-5 Compiled Column of GTE-7 (5)

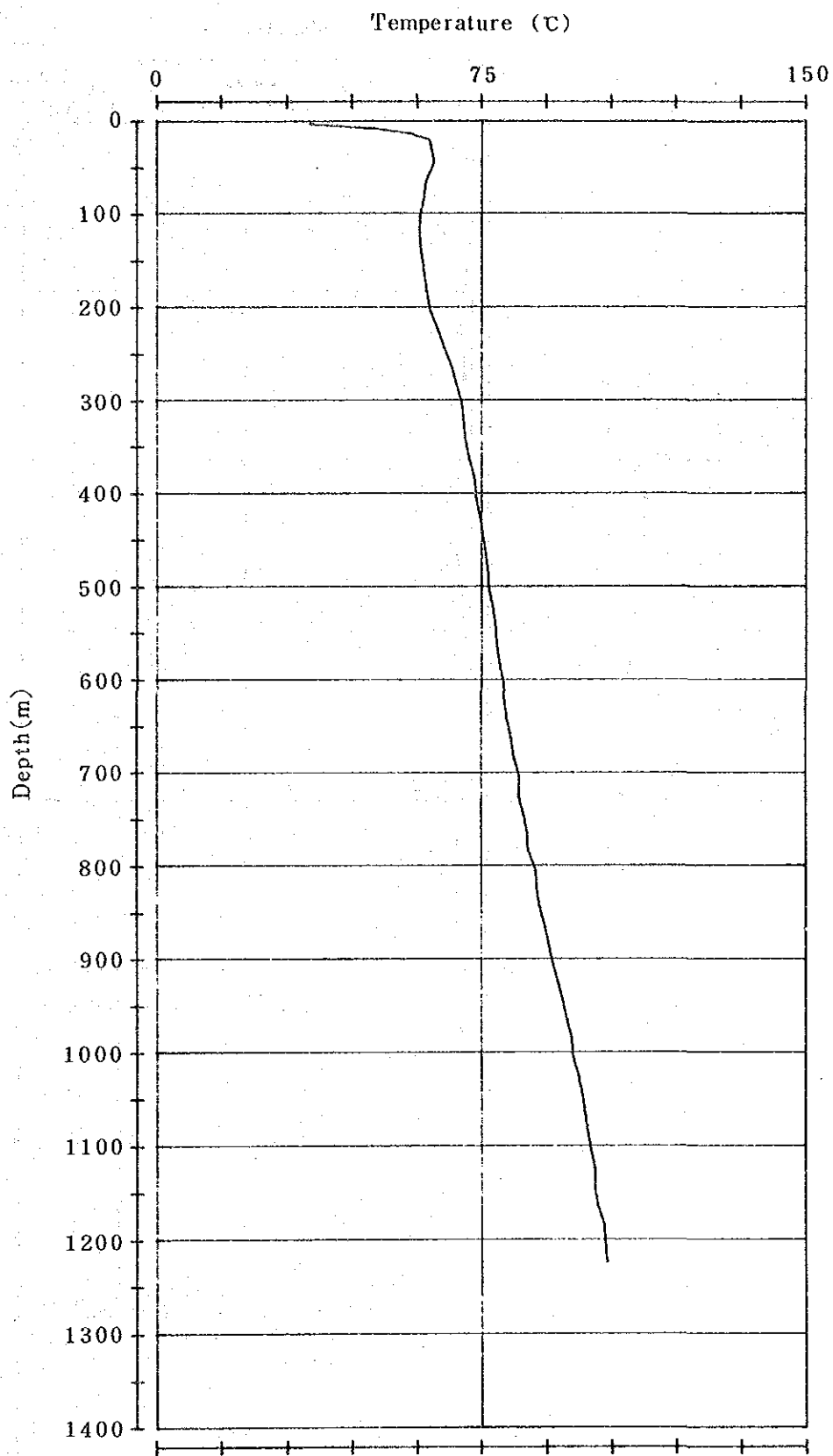


Fig. 3.5-4 Temperature Logging Chart of GTE-7

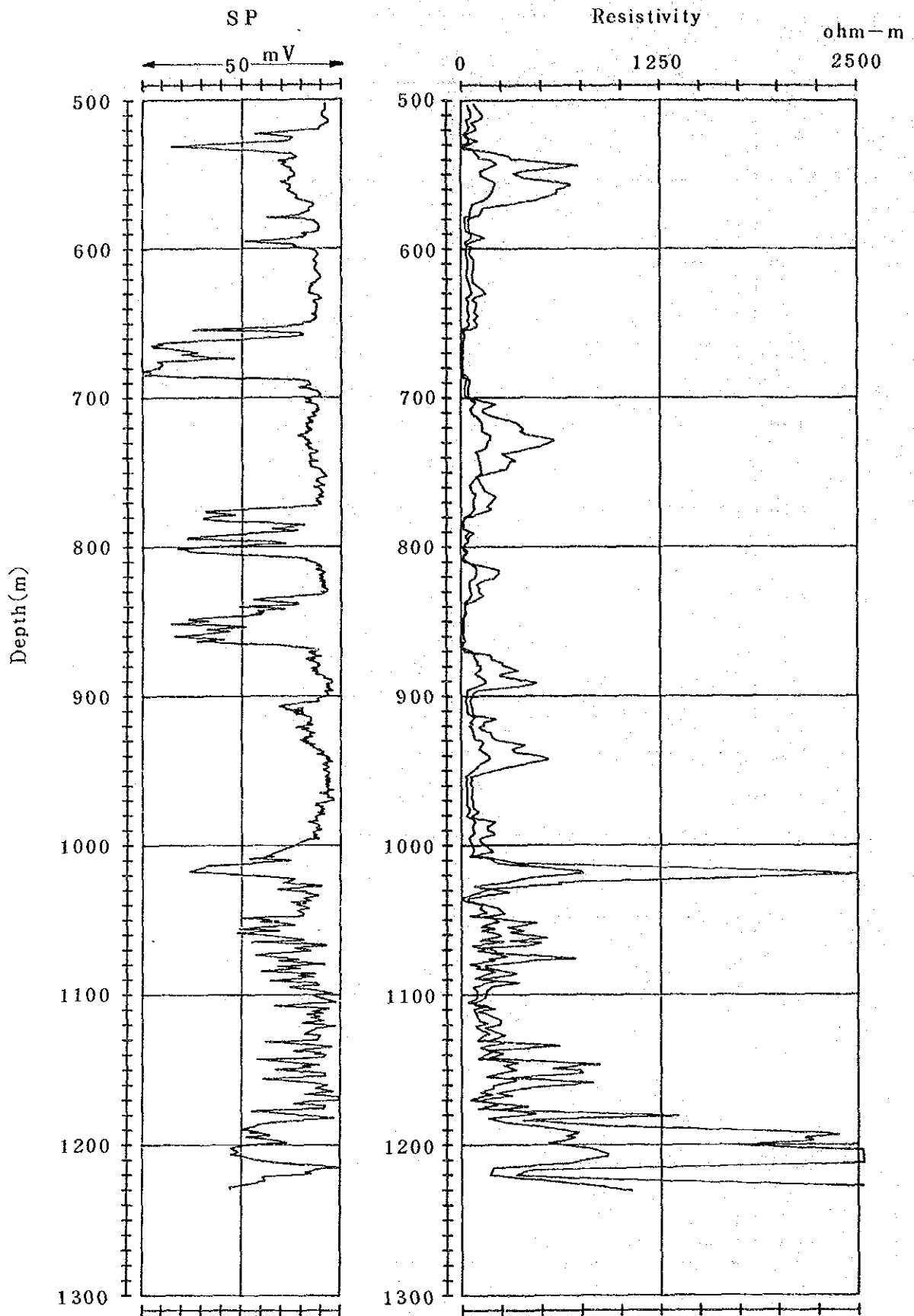


Fig. 3.5-5 Electrical Logging Chart of GTE-7

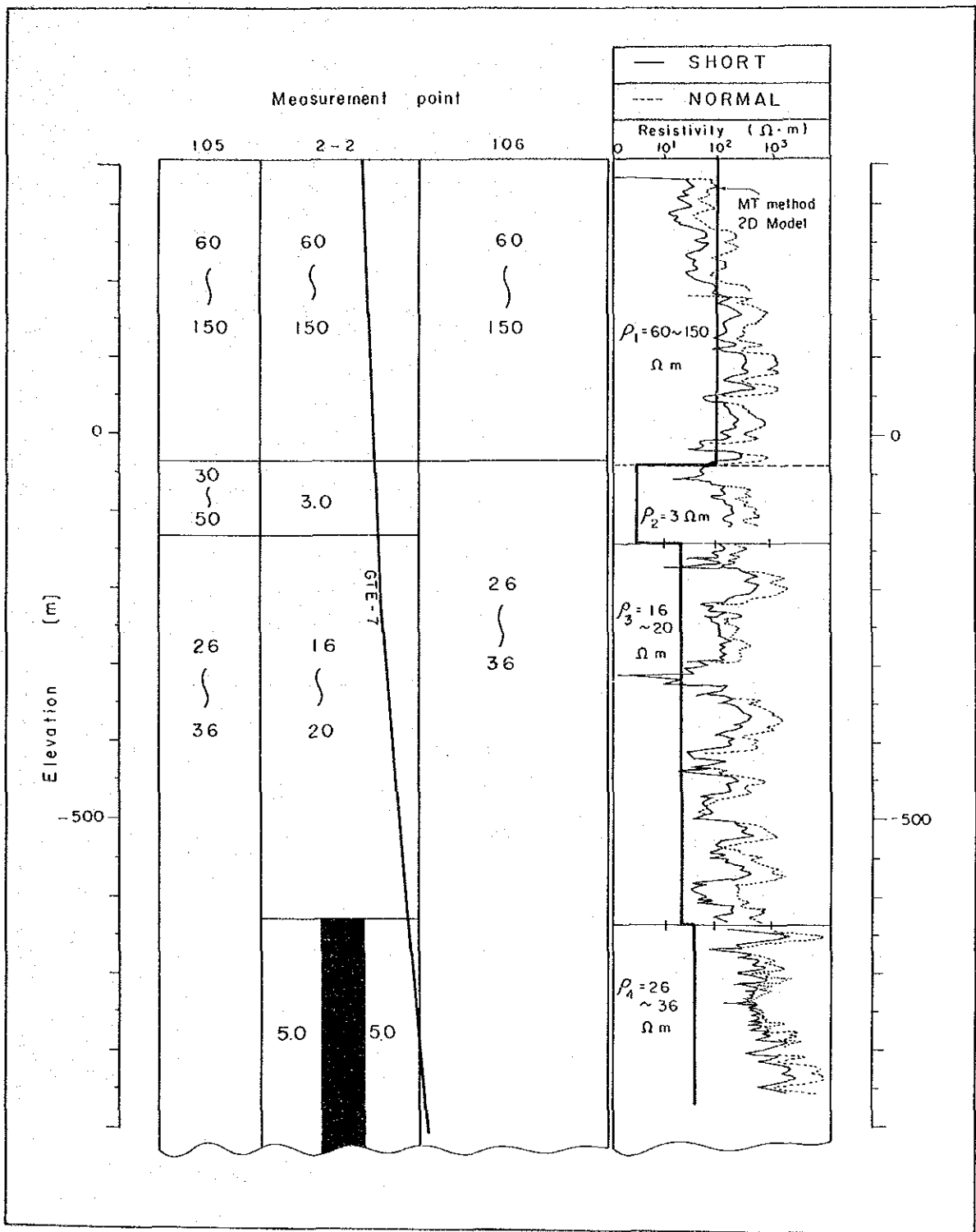


Fig. 3.6-1 Comparison of MT Interpretation Result and Electrical Well Logging Result (GTE-7)

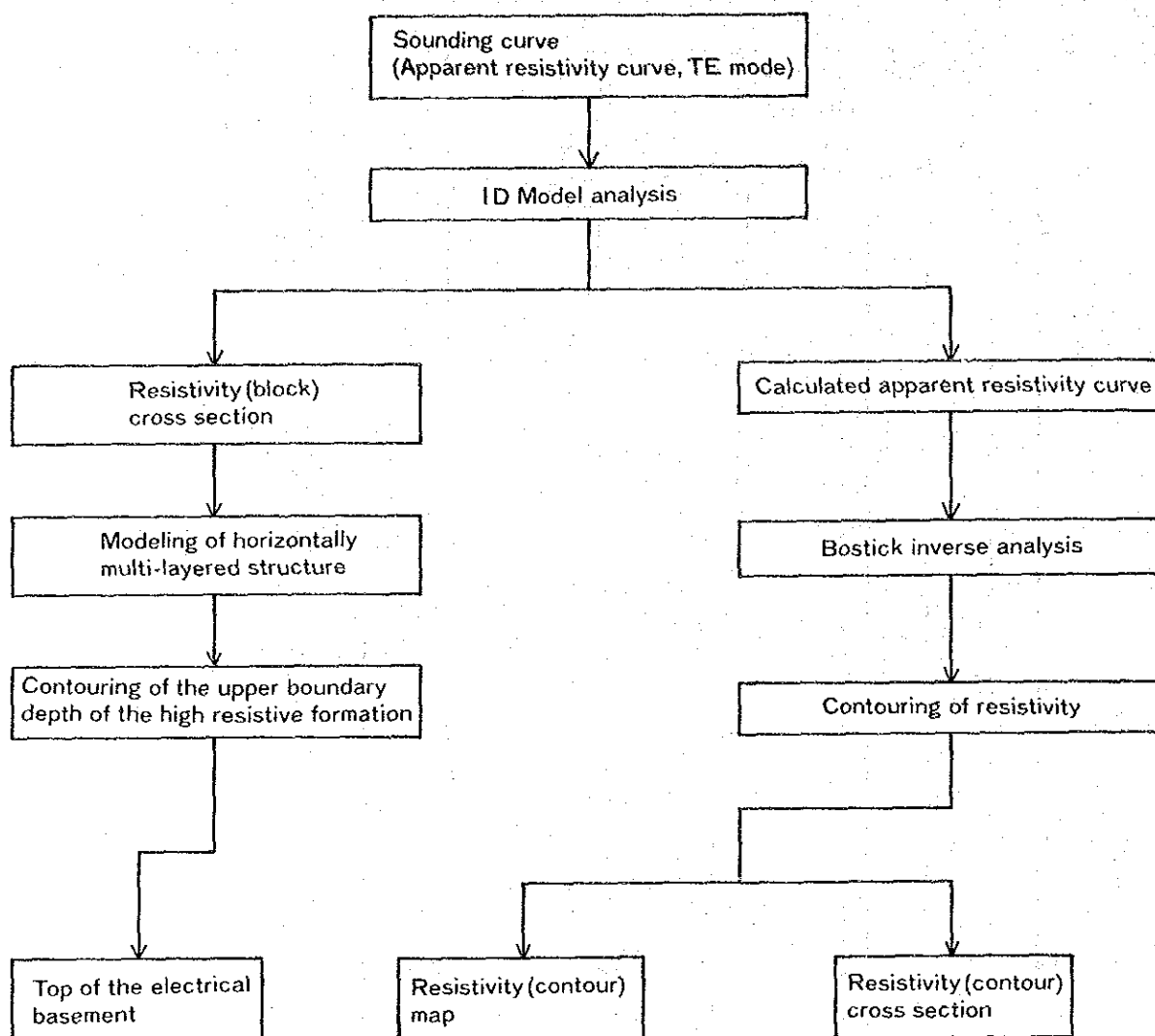


Fig. 3.6-2 Flow Chart of Interpretation (2nd Time)

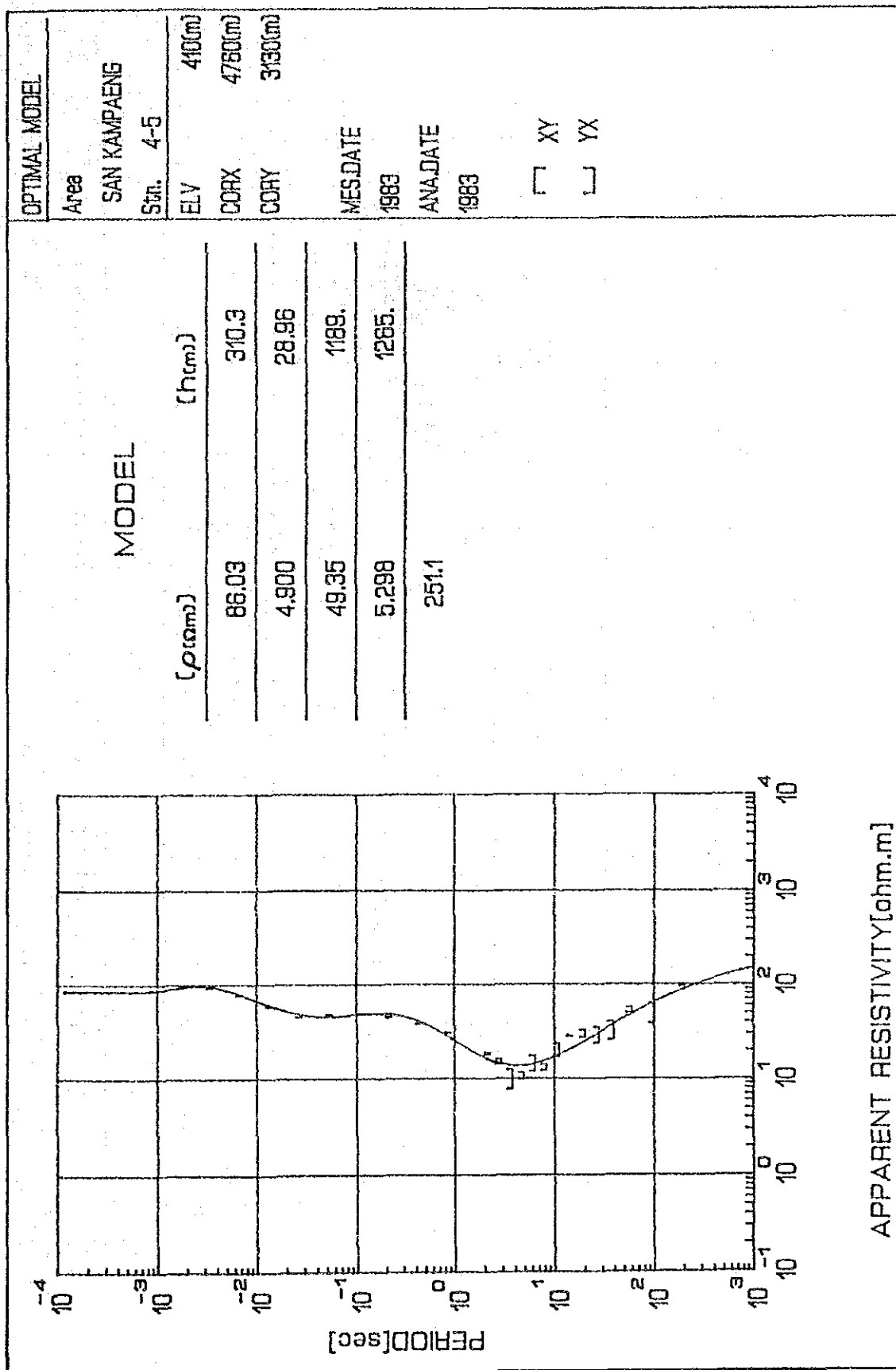


Fig. 3.6-3 Example of 1D Model Inversion

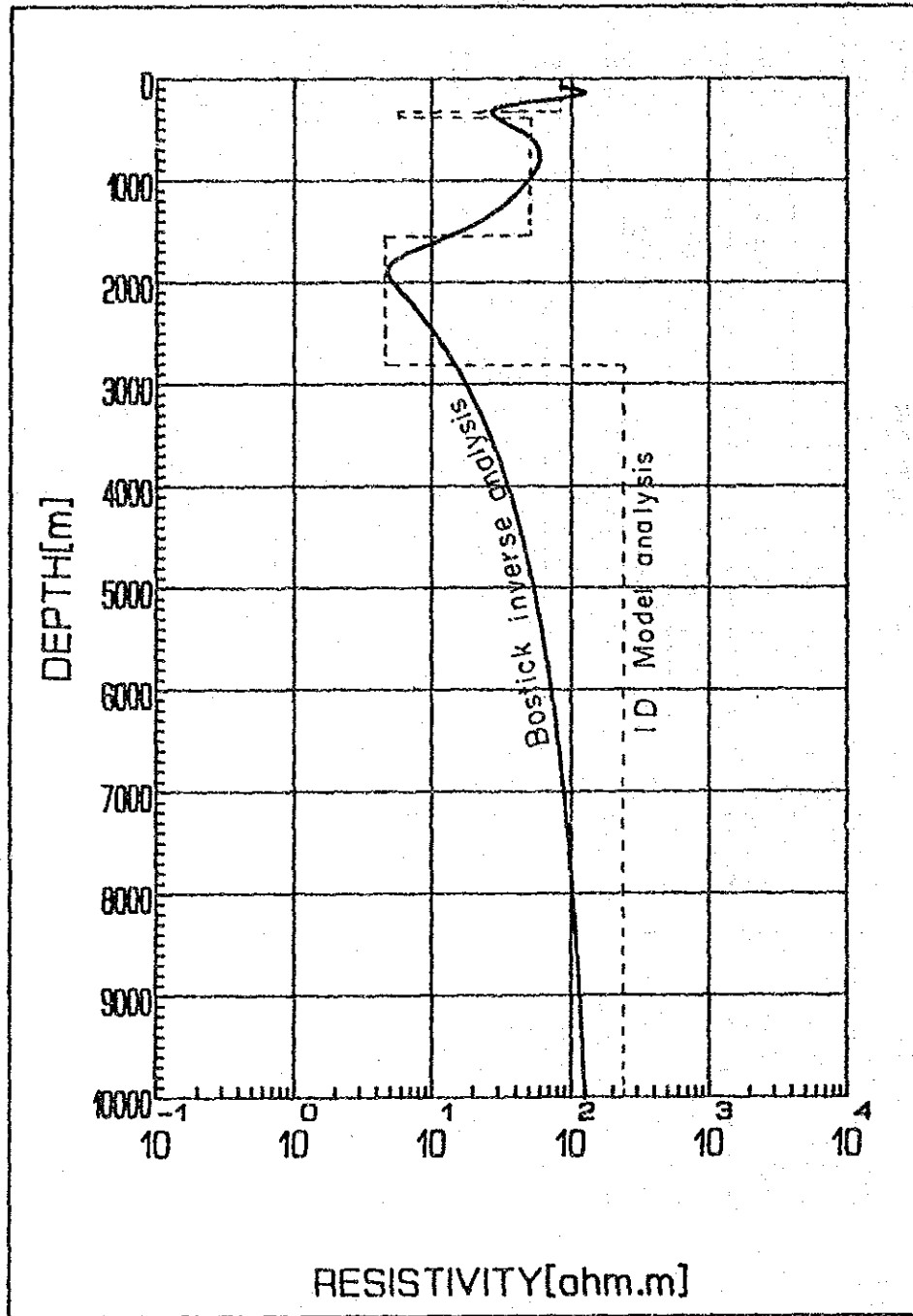
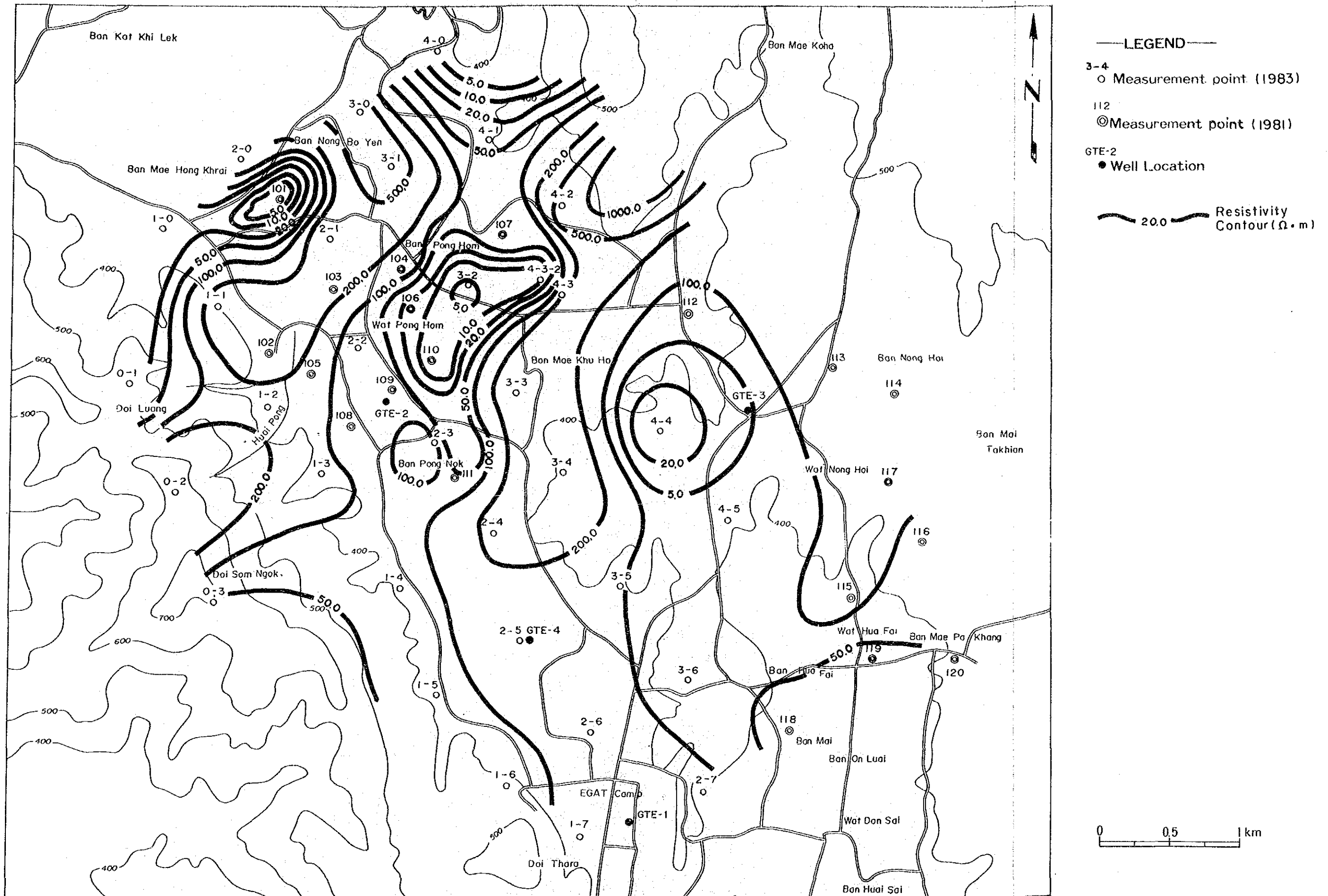


Fig. 3.6-4 Comparison of 1D Model Interpretation and Bostick Inverse Interpretation



—LEGEND—
 3-4
 ○ Measurement point (1983)
 112
 ⊙ Measurement point (1981)
 GTE-2
 ● Well Location
 ~~~~~ 20.0 ~~~~~ Resistivity Contour ( $\Omega \cdot m$ )

Fig. 3.6-5 Resistivity Map (SL=200m)



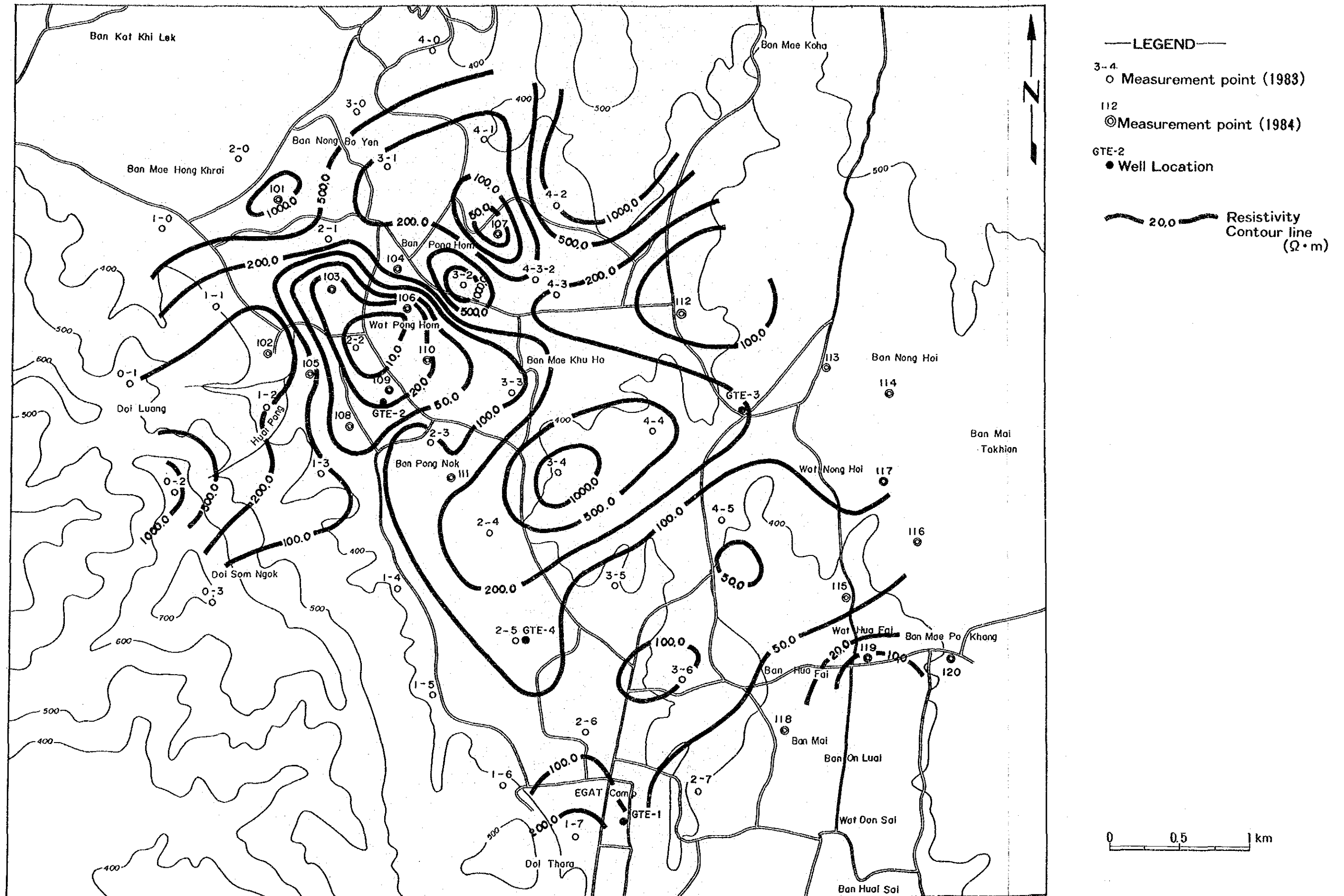


Fig. 3.6-6 Resistivity Map (SL=500m)





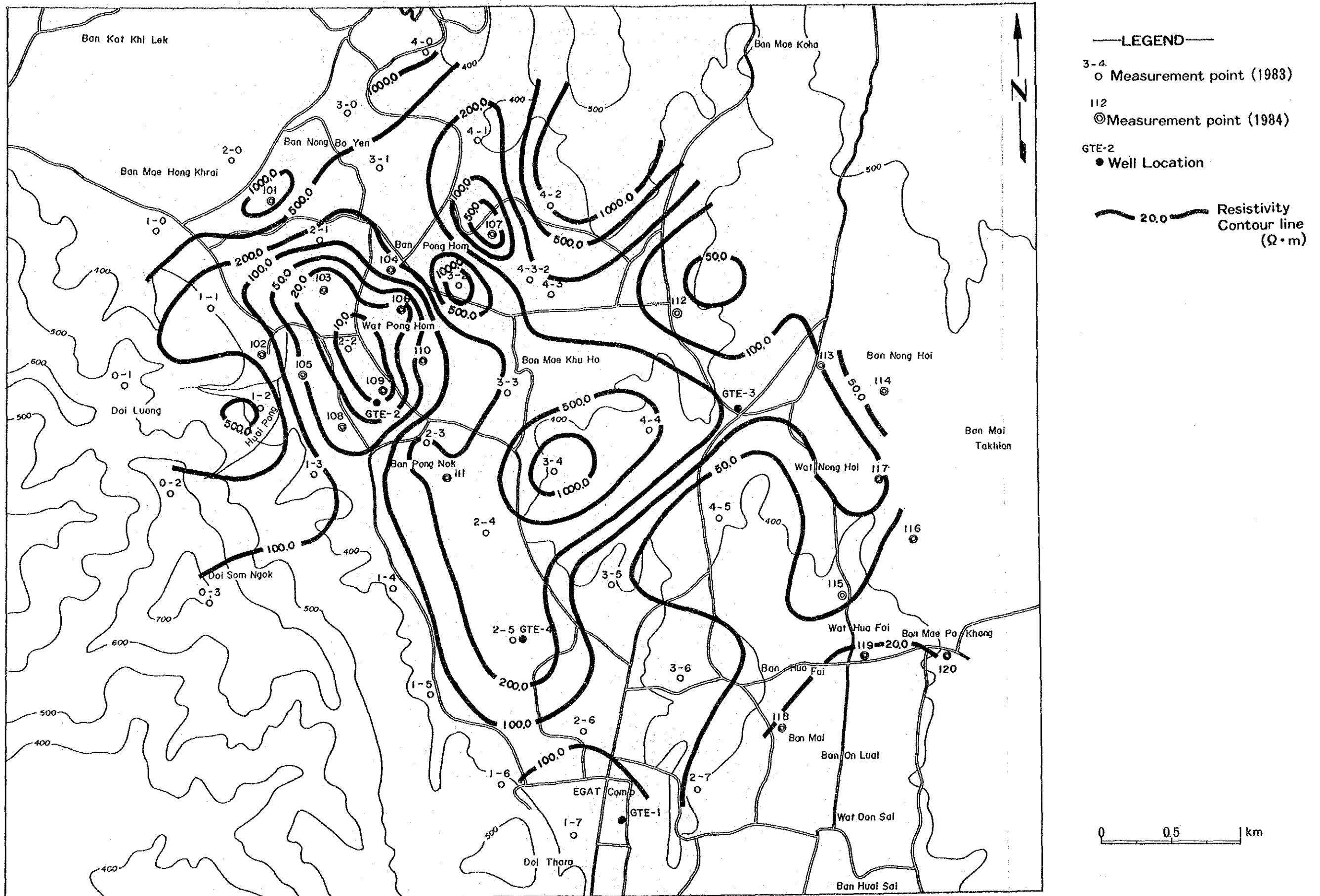


Fig. 3.6-7 Resistivity Map (SL=1,000m)



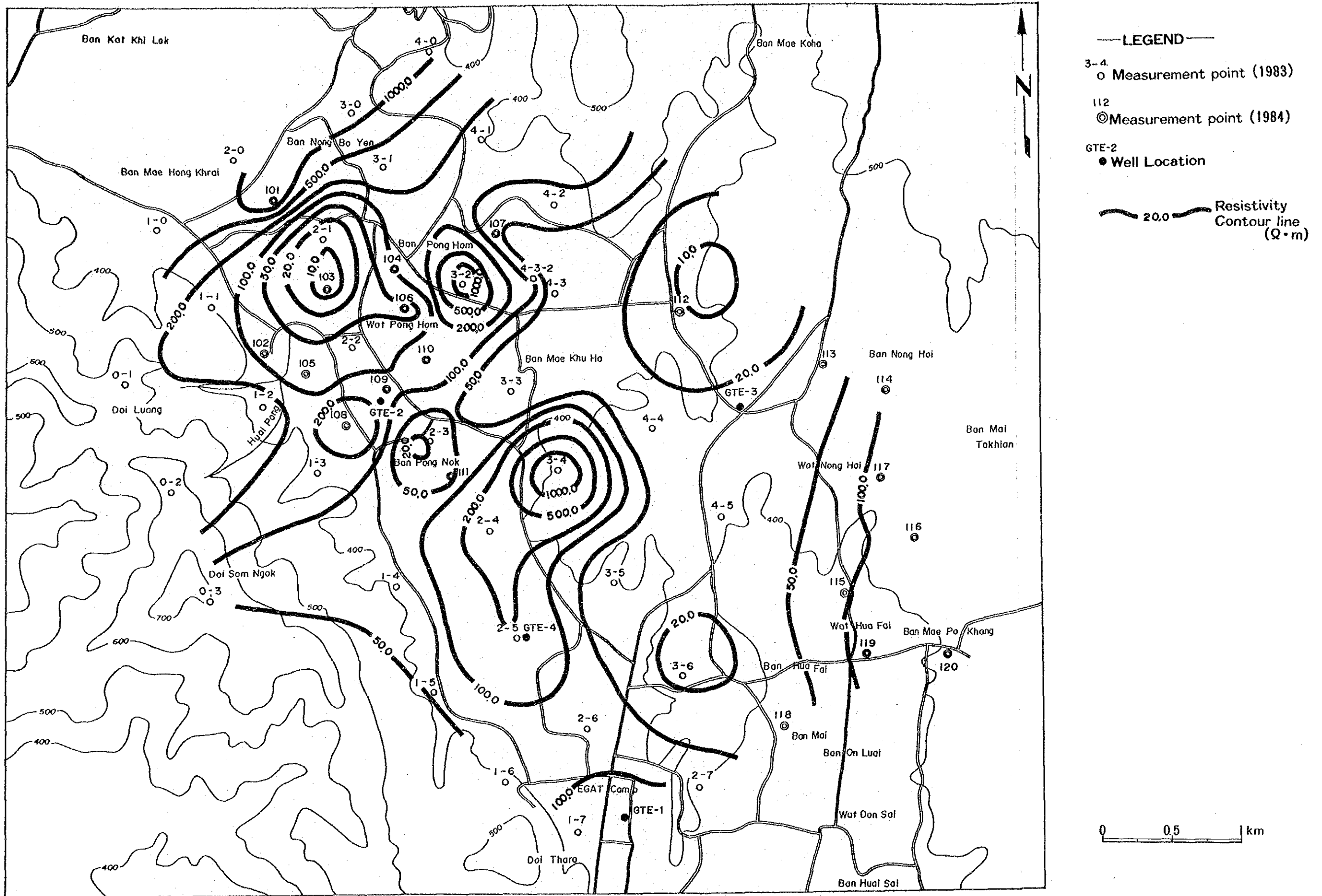


Fig. 3.6-8 Resistivity Map (SL=3,000m)



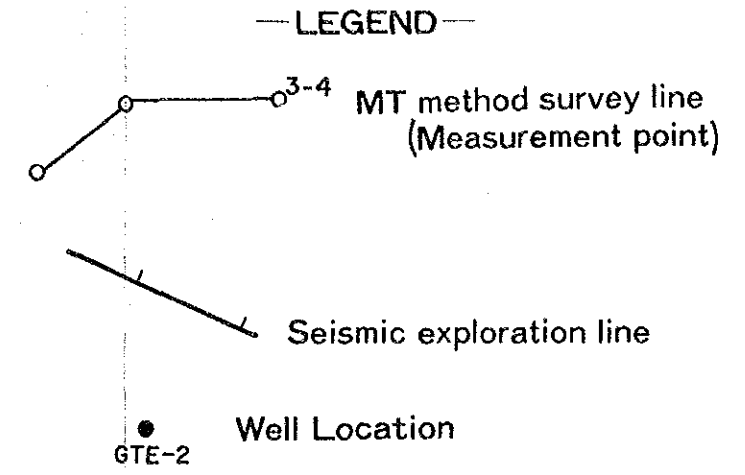
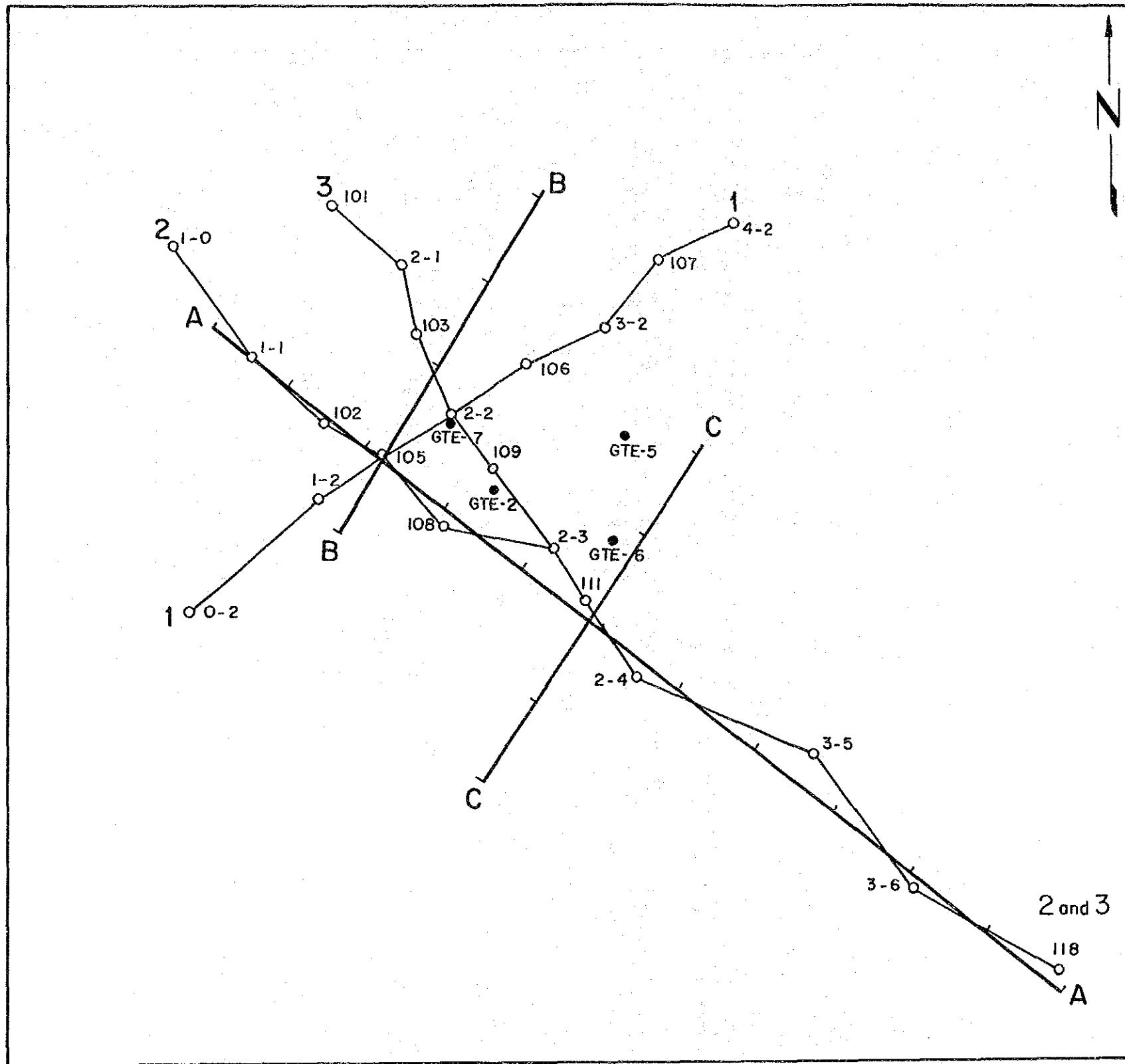


Fig. 3.6-9 Location Map of Cross Section



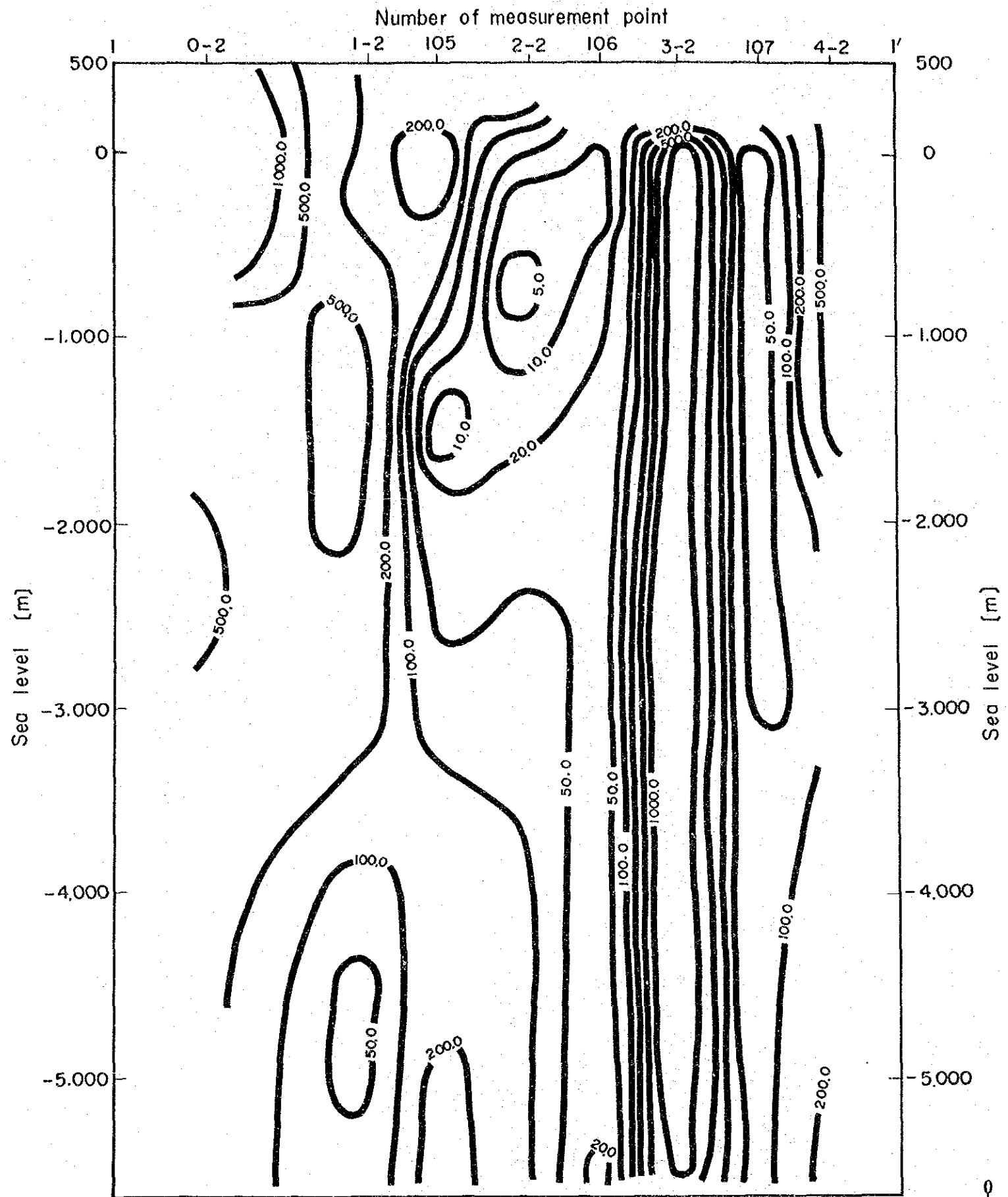


Fig. 3.6-10 Resistivity Cross Section (Line 1)

— LEGEND —  
 20.0 Iso resistivity line  
 ( $\Omega \cdot m$ )







— LEGEND —  
 ~~~~~ 20.0 Iso resistivity line ( $\Omega \cdot m$ )

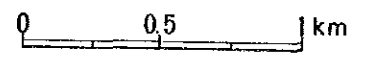
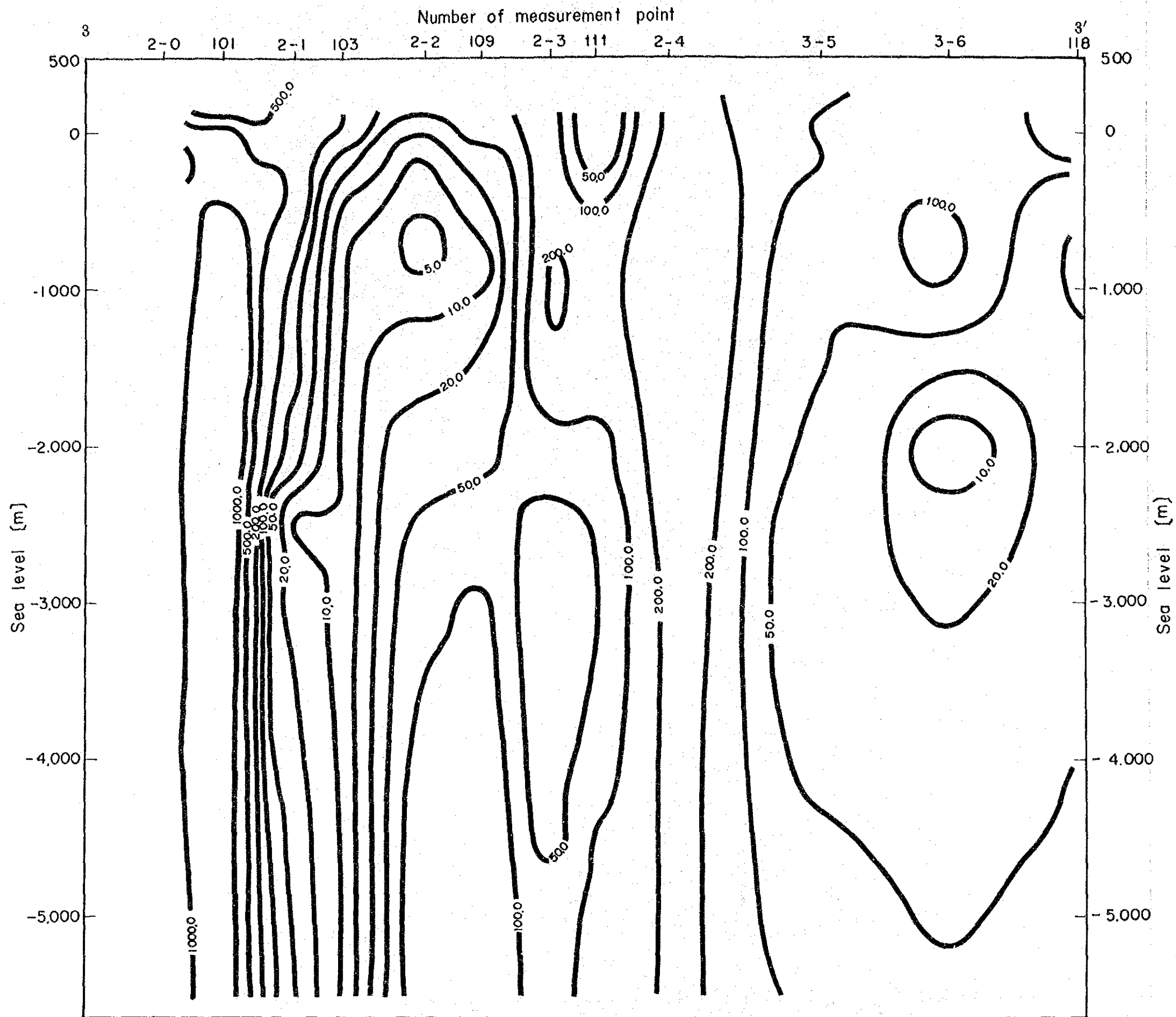


Fig. 3.6-11 Resistivity Cross Section (Line 2)

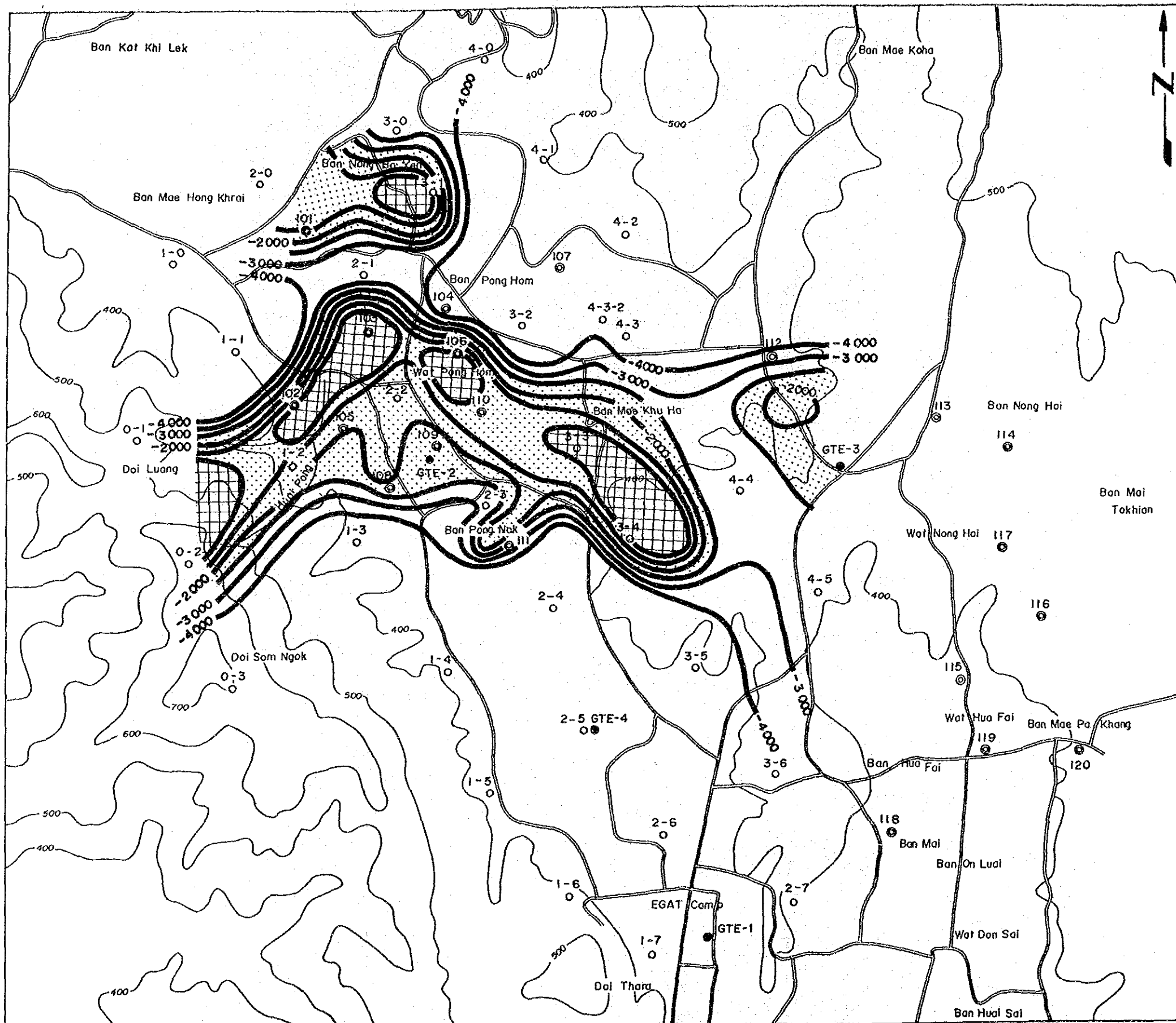


—LEGEND—
 ~~~~~ 20.0 Iso resistivity line  
 ( $\Omega \cdot m$ )

0 0.5 km

Fig. 3.6-12 Resistivity Cross Section (Line 3)





- LEGEND—
- 3-4  
○ Measurement point (1983)
  - 112  
⊙ Measurement point (1984)
  - GTE-?
  - Well Location
  - -3000 Iso depth line of electrical basement's top (Sea level : m)
  - ▨ The area where top depth of electrical basement is above SL-1000m.
  - ⋯ The area where top depth of electrical basement is above SL-2500m.

Fig. 3.6-13 Electrical Basement Map



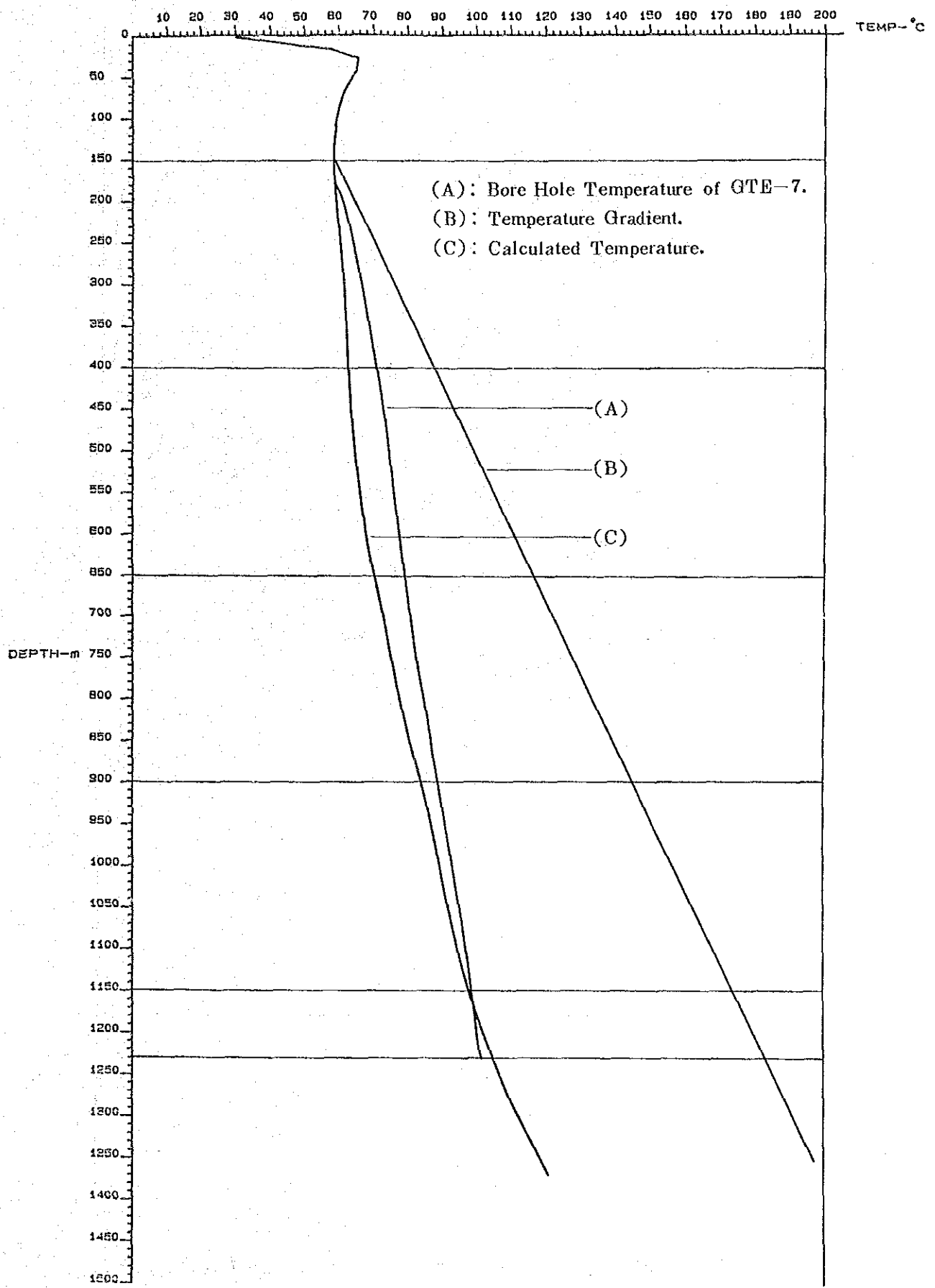


Fig. 3.7-1 Relationship of Depth and Temperature of Penetration Water

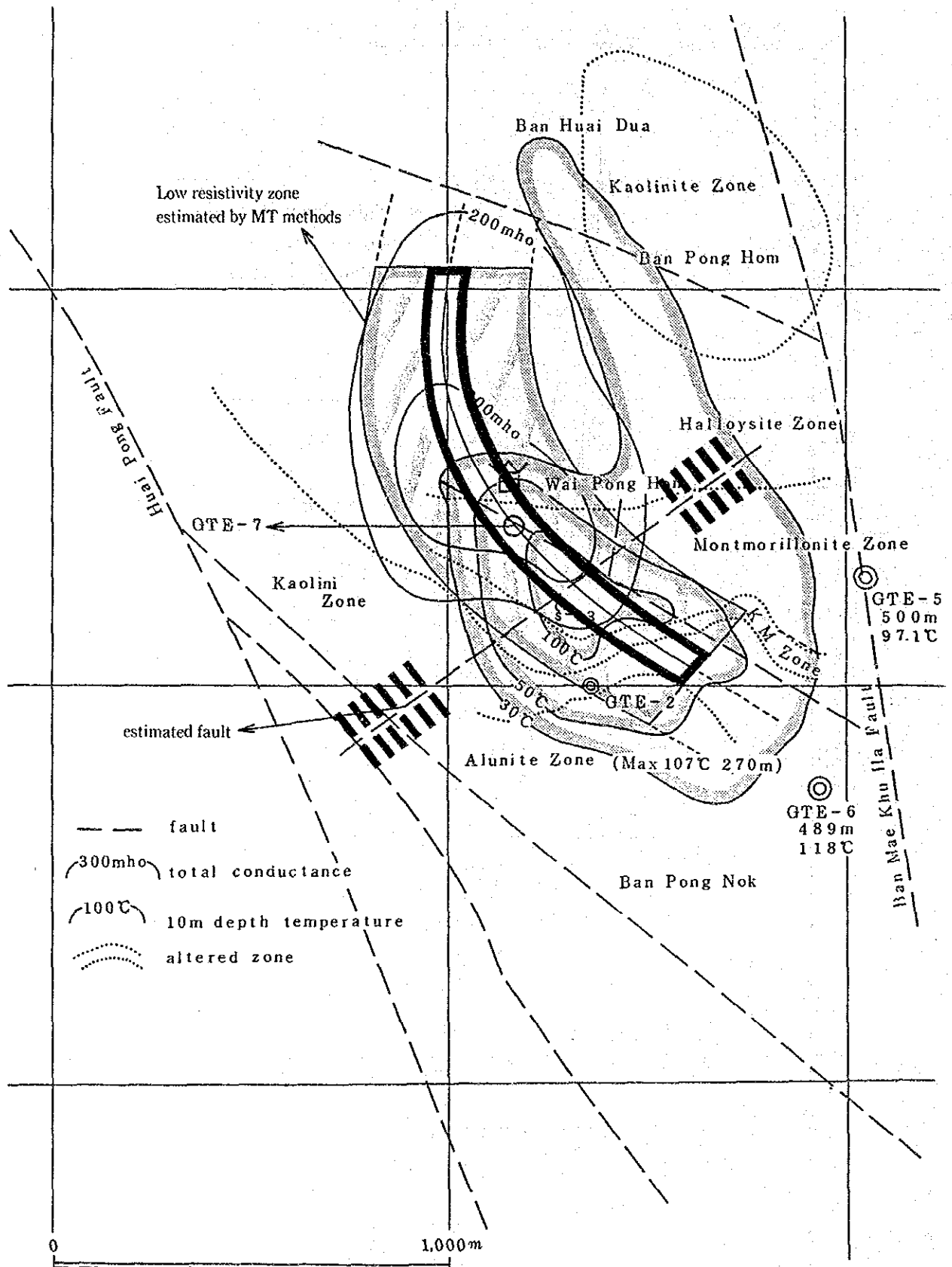


Fig. 3.7-2 Geothermal System Revised by Drilling Data of GTE-7



表 3.2 - 1 GTE-7 掘削作業総括

| Depth (m)         | Well Diameter (mm) | Bit     |        |               | Drilling mud     |                         |                      |           | Casing                 |             | Lithology | Drilling activities                       |                                                                                                                |
|-------------------|--------------------|---------|--------|---------------|------------------|-------------------------|----------------------|-----------|------------------------|-------------|-----------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                    | Type    | Size   | Bit load (kg) | Rotation (r.p.m) | Temperature in/out (°C) | Mud Supplied (L/min) | Type      | Lost Circulation       | Size (inch) |           |                                           | Depth inserted (m)                                                                                             |
| 0.00 ~ 4.20       | 35750              | S.C.T   | 3576   | 1000          | 40               | -                       | 100                  | Bentonite | -                      | 14          | 420       | Over burden                               | Penetration rate : 2.75m/h                                                                                     |
| 4.20 ~ 30.00      | 31120              | Tricone | 12 1/4 | 1000 ~ 3000   | 45               | -                       | 850                  | Bentonite | 80ℓ/min at 1500m       | 10          | 28.10     | Shale, Sandstone                          | Coring : 13.14m ~ 16.78m<br>Core recovery : 76.6%<br>10" CP one plug cementation<br>Penetration rate : 15.9m/h |
| 30.00 ~ 200.00    | 10100              | Diamond | HQ-WL  | 500 ~ 1000    | 60               | -                       | 100                  | Bentonite |                        |             |           |                                           |                                                                                                                |
|                   | 24450              | Tricone | 9-5/8" | 3000 ~ 5000   | 40 ~ 60          | 40.9/39.5               | 850                  | Libonite  | None                   | 8"          | 199.00    | Shale Sandstone Siltstone Limestone       | Core recovery : 96.5%<br>None core<br>Penetration rate : 1.29m/h<br>3" CP two plug cementation                 |
|                   | 10100              | Diamond | HQ-WL  | 1000          | 70               | 47.5/48.2               | 150                  |           |                        |             |           |                                           |                                                                                                                |
| 200.00 ~ 504.00   | 19370              | Tricone | 7-5/8" | 1000 ~ 4000   | 40 ~ 45          | 47.7/48.0               | 600~700              | Libonite  | 30ℓ/min at 455.00m     | 6"          | 501.00    | Shale Limestone Chart Sandstone Siltstone | Core recovery : 97.1%<br>None core<br>Penetration rate : 0.96m/h<br>6" CP two plug cementation                 |
|                   | 10100              | Diamond | HQ-WL  | 700 ~ 1500    | 100 ~ 120        | 37.2/45.5               | 100~150              |           |                        |             |           |                                           |                                                                                                                |
| 504.00 ~ 1002.75  | 14290              | Tricone | 7-5/8" | 1000 ~ 3000   | 40 ~ 50          | 34.3/44.2               | 350                  |           |                        |             |           | Shale Limestone Chart Sandstone Siltstone | Core recovery : 99.6%<br>None core<br>Penetration rate : 1.35m/h<br>4 1/2" CP one plug cementation             |
|                   | 10100              | Diamond | HQ-WL  | 1000 ~ 1500   | 100 ~ 150        | 36.3/43.9               | 100                  | BH        | None                   | 4 1/2"      | 1000.00   |                                           |                                                                                                                |
| 1002.75 ~ 1227.34 | 10100              | Diamond | HQ-WL  | 1000 ~ 1500   | 100              | 28.3/37.9               | 100                  | BH        | 5~30 ℓ/min at 1005.00m | None        | -         | Sandstone Shale                           | Core recovery : 99.4%                                                                                          |
|                   |                    |         |        |               |                  | 33.2/36.6               |                      |           |                        |             |           |                                           |                                                                                                                |

表 3.2 - 2 GTE-7 掘削工程実績

| Items                      | Date                          | 1984                  |                       |    |   |    |    |    | 1985 |    |   |  |                 |                  |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|----|---|----|----|----|------|----|---|--|-----------------|------------------|
|                            |                               | 6                     | 7                     | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2  | 3 |  |                 |                  |
| Mobilization & Preparation |                               | 5 <sup>10</sup><br>H  |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
| Rig Up                     | Foundation Works              | 11 <sup>17</sup><br>H |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | Rig Up                        | 11                    | 15                    |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 0m                            |                       | 16 <sup>20</sup><br>H |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 4.20m                       |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 30.00m                      |                       | 21                    | 31 |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 30.00m                        |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 200.00m                     |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 200.00m                       |                       |                       |    |   |    | 2  |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 504.00m                     |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 504.00m                       |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 1,002.75m                   |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 1,002.75m                     |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | ~ 1,227.34m                   |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 1,227.34m                     |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 1st logging                   |                       |                       |    |   |    |    | 27 |      |    |   |  |                 |                  |
|                            | 2nd logging                   |                       |                       |    |   |    |    |    |      | 12 |   |  |                 |                  |
|                            | 3rd logging                   |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  | 7 <sup>10</sup> |                  |
|                            | 4th logging                   |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 | 13               |
|                            | Measurement of hole deviation |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 | 27 <sup>28</sup> |
|                            | Demobilization                |                       |                       |    |   |    |    |    |      |    |   |  |                 | 4 <sup>8</sup>   |

表 3.2 - 3 GTE-7 主要掘削装置 (1)

| Item                                      | Model                           | Specifications                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Quantity |
|-------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Drilling machine                          | KOKEN<br>Model "GSR-100CL"      | Dual-system type drill with rotary table & spindle<br>Dimension: 5.525 m (L) × 2.2 m (W) × 3.53 m (H)<br>Weight: 10 t<br>Drilling depth: 2,000 m (HQ rod)<br>1,500 m (3½" drill pipe)<br>Hoisting capacity: 60 t<br>Spindle rotation: 35 ~ 730 rpm<br>Spindle torque: 1,250 kg.m (max)<br>Table rotation: 15 ~ 290 rpm<br>Total torque: 1,900 kg.m | 1 set    |
| Engine for drilling machine               | NISSAN<br>Model "PD-6-04"       | Water-cooled diesel engine<br>Dimension: 1.38m (L) × 0.805 m (W) × 1.23 m (H)<br>Weight: 820 kg<br>No. of cylinders: 6 cylinders<br>Capacity: 142 HP/1,800 rpm<br>Total stroke volume: 10,308 cc                                                                                                                                                   | 1 set    |
| Hydraulic power unit for drilling machine | KOKEN<br>Model "GSR-100C-100CL" | Dimension: 3 m (L) × 1.1 m (W) × 1.6 m (H)<br>Weight: 2,000 kg<br>Oil pump: Tandem type geared pump: ℓ<br>30 ℓ/min (210 kg/cm <sup>2</sup> ) or<br>90 ℓ/min ( 50 kg/cm <sup>2</sup> )<br>Geared pump: ℓ<br>24 ℓ/min (100 kg/cm <sup>2</sup> )                                                                                                      | 1 set    |
| Engine for hydraulic power unit           | NISSAN<br>Model "FD-6-04"       | Water-cooled diesel engine<br>Dimension: 0.874m(L) × 0.725m(W) × 0.761m(H)<br>Weight: 477 kg<br>No. of cylinders: 6 cylinders<br>Capacity: 115 HP/2,700 rpm<br>Total stroke volume: 5,654 cc                                                                                                                                                       | 1 set    |
| Drilling pump                             | KOKEN<br>Model "MG-75A"         | Dimension: 4.2 m (L) × 1.1 m (W) × 2.27 m (H)<br>(with engine)<br>Weight: 3,800 kg<br>Discharge capacity: 920 ℓ/min<br>Working pressure: 40 kg/cm <sup>2</sup><br>Stroke length: 170 mm<br>Cylinder bore: 155 mm                                                                                                                                   | 1 set    |
| Power unit for drilling pump              | NISSAN<br>Model "PD-6-04"       | The same as the engine for the drilling machine                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1 set    |

表 3.2 - 3 GTE-7 主要掘削装置 (2)

| Item                                            | Model                       | Specifications                                                                                                                                                                                              | Quantity |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Drilling pump<br>(for coring)                   | KOKEN<br>Model "MT-25"      | Dimension: 2.72m(L) × 0.74m(W) × 1.45m(H)<br>Wight: 1,300 kg<br>Discharge capacity: 35 ~ 280 ℓ/min<br>Working pressure: 70 kg/cm <sup>2</sup><br>Stroke length: 130 mm<br>Cylinder bore: 89 mm              | 1 set    |
| Power unit for<br>drilling pump<br>(for coring) | MITSUBISHI<br>Model "4DR 5" | Water-cooled diesel engine<br>Dimension: 0.773m(L) × 0.64m(W) × 0.858m(H)<br>Weight: 255 kg<br>No. of cylinders: 4 cylinders<br>Capacity: 35 HP/1,800 rpm<br>Total stroke volume: 2,659 cc                  | 1 set    |
| Wireline hoist                                  | Model "WLH-HD"              | Dimension: 2,100mm(L) × 1,200mm(W) ×<br>900 mm (H)<br>Drum capacity: 8 mm × 1,600 m<br>Hoisting capacity: 3.5 t<br>Power unit: Motor, 15KW-4P, 60Hz, 220V                                                   | 1 set    |
| Mud mixer                                       | Model "HT-750"              | Dimension: 2.8 m (L) × 1.47 m (W) × 1.65 m (H)<br>Weight: 780 kg<br>Tank capacity: 710 ℓ × 2<br>Mixing capacity: 600 ℓ × 2<br>Propeller revolution: 500 ~ 600 rpm<br>Power unit: Motor, 11Kw-4P, 60Hz, 220V | 1 set    |
| Mud screen                                      | Model "IM-10B"              | Dimension: 2.0 m (L) × 0.93 m (W) × 1.0 m (H)<br>Weight: 400 kg<br>Capacity: 1 m <sup>3</sup> /min<br>Power unit: Motor, 1.5Kw-4P, 60Hz, 220V                                                               | 1 set    |
| Water supply<br>pump                            | Model "YSMK-5-80"           | Turbine pump<br>Discharge capacity: 0.35 ~ 0.71 m <sup>3</sup> /min<br>Head: 84 ~ 124 m<br>Power unit: MITSUBISHI Model "4DR5"<br>water-cooled diesel engine<br>35HP/1,800 rpm, 4 cylinder,<br>2,659 cc     | 1 set    |
| Sand pump                                       | Model "HS-48C"              | Discharge capacity: 1,000 ℓ/min<br>Head: 10 m<br>Motor: 5.5Kw-4P, 60Hz-220V                                                                                                                                 | 1 set    |
|                                                 | Model "HS-35"               | Discharge capacity: 500 ℓ/min<br>Head: 12 m<br>Motor: 3.7Kw-4P, 60Hz-220V                                                                                                                                   | 1 set    |

表 3.2 - 3 GTE-7 主要掘削装置 (3)

| Item              | Model                            | Specifications                                                                                                                                                                                                                      | Quantity |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Sand pump         | Model "HS-615B"                  | Discharge capacity: 1,500 ℓ/min<br>Head: 15 m<br>Motor: 11Kw-4P, 60Hz- 220V                                                                                                                                                         | 1 set    |
| Blowout preventer | Model "8-2000"                   | Dimension: 699 mmφ × 806 mm (H)<br>Weight: 1,043 kg<br>Seal-off range: 0 ~ 227 mm<br>Working pressure: 140 kg/cm <sup>2</sup>                                                                                                       | 1 set    |
| Engine generator  | Model "EDG60"                    | Dimension: 2.6 m(L) × 0.95 m (W) × 1.43 m (H)<br>Weight: 1,870 kg<br>Output: 60/73 KVA<br>Frequency: 50/60Hz<br>Voltage: 200/220V<br>No. of phase: 3 phases<br>Power unit: Model "DS-70" water-cooled diesel engine, 90HP/1,800 rpm | 1 set    |
| Winch             | Model "RK-75TB"                  | Capacity: 4.5 t × 64 m/min<br>Power unit: Model "6BD1" diesel engine<br>108 HP/2,200 rpm                                                                                                                                            | 1 set    |
|                   | Model "SW-1015"                  | Capacity: 1.5 t<br>Power unit: Model "TS-105C" diesel engine<br>9 HP/2,200 rpm                                                                                                                                                      | 1 set    |
| Agitator          | TAKEUCHI<br>Model "TVCP-0303-10" | Impeller diameter: 600 mm<br>Impeller revolution: 88rpm<br>Power unit: Motor, 2.2Kw-4P, 60Hz, 220V                                                                                                                                  | 1 set    |
| Mortal mixer      | Model "KNM-3"                    | Mixing capacity: 0.085 m <sup>3</sup><br>Drum revolution: 41 rpm<br>Power unit: Robin Model "EY-1803B" gasoline engine, 35 HP/1,800 rpm                                                                                             | 1 set    |
| Cooling tower     | Forced cooling type              | Dimension: 1 m (L) × 1 m (W) × 5 m (H)<br>Weight: 850 kg<br>Capacity: 1 m <sup>3</sup> /min                                                                                                                                         | 1 set    |
| Derrick           | Steel frame derrick              | Dimension: 6.7 m (L) × 6.7 m (W) × 23.0 m (H)<br>Critical load: 50 t                                                                                                                                                                | 1 set    |
| Substructure      | Steel frame substructure         | Dimension: 6.7 m (L) × 6.7 m (W) × 3.0 m (H)<br>Critical load: 50 t                                                                                                                                                                 | 1 set    |
| Crane carrier     | Model "YFC22(Q)E"                | Lifting capacity: 2,000 kg<br>Lifting head: 4.9 m<br>Loading capacity: 1,300 kg<br>Engine output: 11 HP/2,000 rpm                                                                                                                   | 1 set    |

表 3.2 - 3 GTE-7 主要掘削装置 (4)

| Item              | Type                                                 | Specifications                                                                  | Quantity consumed |
|-------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Hoisting          | C-16B                                                |                                                                                 | 1 set             |
| Water Swivel      | DHB-4                                                |                                                                                 | 1 set             |
| Hoisting Swivel   | RGB-30                                               | Capacity: 30 t                                                                  | 1 set             |
| Hook block        | B-N08                                                | Capacity: 30 t                                                                  | 1 set             |
| Rotary slip       | TRB-35F-3                                            | Capacity: 35 t Wheel: 3<br>Wheel size: 450 m/m                                  | 1 set             |
| Casing band       | For drill pipe                                       | 3-1/2", NQ                                                                      | 1 set             |
|                   | For drill color                                      | 4-3/4", 6-1/4"                                                                  | 1 set             |
|                   | For casing                                           | 6", 4-1/2"                                                                      | 1 set             |
| Drill collar      | 11 rings                                             | 10"                                                                             | 2 sets            |
|                   |                                                      | 8"                                                                              | 2 sets            |
| sefty clamp       |                                                      | 3-1/2"                                                                          | 1 set             |
| Bit breaker       |                                                      | 12-1/4", 9-5/8", 7-5/8", 5-5/8"                                                 | each 1 set        |
| Elevator          | For drill pipe                                       | 3-1/2"                                                                          | 1 set             |
| Elevator link     | For casing                                           | 4-1/4"                                                                          | 1 set             |
| Rotary tong       |                                                      | Capacity: 35 t                                                                  | 1 set             |
| Coring tools      | "C" type                                             | 2-3/8" ~ 8-5/8"                                                                 | 1 set             |
| Drilling pipe     | HIG                                                  |                                                                                 | 1 set             |
|                   | HWY                                                  | 3-1/2" IF x 120.7 m/m x 3 m                                                     | 5 pcs             |
|                   | 3-1/2" DP                                            | Drilling rod (2-7/8" IF x 88.9 m/m x 6 m)                                       | 170 pcs           |
|                   | HQ-WL                                                | 3-1/2" x 13.30 lb/ft Grade 6 m                                                  | 50 pcs            |
|                   | BQ-WL                                                | HTG 6 m                                                                         | 280 pcs           |
| Drill color       |                                                      | 6 m                                                                             | 100 pcs           |
|                   |                                                      | 6-1/4" OD x 2-13/16" ID x 6 m 123.6 kg/m                                        | 6 pcs             |
| Stabilizer        | Wing. welding type<br>4 wings                        | 4-3/4" OD x 2-1/4" ID x 6 m 70 kg/m                                             | 8 pcs             |
|                   |                                                      | 9-5/8"                                                                          | 3 pcs             |
|                   |                                                      | 7-5/8"                                                                          | 3 pcs             |
| Lift sub          |                                                      | 5-5/8"                                                                          | 2 pcs             |
|                   |                                                      | 3-1/2" x 2-3/8" IF (P)                                                          | 2 pcs             |
|                   |                                                      | 3-1/2" x 3-1/2" IF (P)                                                          | 3 pcs             |
| Cementing head    | For single stage<br>cementing by two-<br>plug method | 3-1/2" x 4" IF (P)                                                              | 3 pcs             |
|                   |                                                      | 8"                                                                              | 1 set             |
|                   |                                                      | 6"                                                                              | 1 set             |
| Mud testing tools |                                                      | 4-1/2"                                                                          | 1 set             |
| Disc grinder      |                                                      | Sand content, mud balance, shearometer funnel<br>viscometer, filter press, etc. | 1 set             |
| Electric drill    |                                                      |                                                                                 | 2 sets            |
| Chain saw         |                                                      |                                                                                 | 1 set             |
| Other tools       |                                                      |                                                                                 | 1 set             |

表 3.2 - 4 GTE-7 消耗資機材 (1)

Bit and Casing pipe

| Item        | Type                          | Specifications     | Quantity consumed |
|-------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| Bit         | SEKISUKU tricone bit          | 12-1/4", MH        | 1 pc              |
|             |                               | 9-5/8", MH         | 2 pcs             |
|             |                               | 9-5/8", V3F        | 1 pc              |
|             |                               | 7-5/8", MH         | 3 pcs             |
|             |                               | 7-5/8", V3F        | 2 pcs             |
|             |                               | 5-5/8", MH         | 5 pcs             |
|             |                               | 5-5/8", V3F        | 4 pcs             |
|             |                               | 3-7/8", M          | 2 pcs             |
|             | HQ-WL                         |                    |                   |
| Casing pipe | diamond bit                   | 45 ct              | 60 pcs            |
|             | diamond reamer                |                    | 9 pcs             |
|             | Flush joint, blind pipe       | 14" SGP            | 4.20 m            |
|             |                               | 10" SGP            | 28.10 m           |
|             |                               | 8" STPG-38, sch-40 | 199.00 m          |
|             |                               | 6" STPG-38, sch-40 | 501.00 m          |
|             | 4-1/2" STO-J-55 x 10.50 lb/ft | 998.00 m           |                   |

表 3.2 - 4 GTE-7 消耗資機材 (2)

Mud materials, Cement and Oil & Fats

| Item         | Type                   | Quantity consumed | Remarks                      |
|--------------|------------------------|-------------------|------------------------------|
| Mud material | Bentonite              | 37,375.00 kg      | 25 kg/sack × 1,495.00 Sacks  |
|              | Libonite               | 6,900.00 kg       | 20 kg/sack × 345.00 Sacks    |
|              | Telnite BH             | 10,110.00 kg      | 20 kg/sack × 505.50 Sacks    |
|              | CMC TE-DS              | 70.75 kg          | 20 kg/sack × 3.54 Sacks      |
|              | Super ashestos         | 2,182.00 kg       | 15.87 kg/sack × 137.50 Sacks |
|              | Tel flow               | 740.00 kg         | 20 kg/can × 37.00 Cans       |
|              | Soda ash               | 916.50 kg         | 40 kg/sack × 22.91 Sacks     |
|              | Mud oil                | 320.00 kg         | 16 kg/can × 20.00 Cans       |
|              | Tel seal               | 100.00 kg         | 10 kg/sack × 10.00 Sacks     |
|              | Tel stop P             | 75.00 kg          | 25 kg/sack × 3.00 Sacks      |
| Cement       | Portland cement        | 18,000.00 kg      | 40 kg/sack × 450.00 Sacks    |
|              | Coothermal well cement | 29,560.00 kg      | 40 kg/sack × 739.00 Sacks    |
|              | Dispersant CFR-2       | 97.70 kg          |                              |
|              | Retarder HR-4          | 17.50 kg          |                              |
| Oil & fats   | Diesel oil             | 108,200.00 ℓ      |                              |
|              | Gasoline               | 220.00 ℓ          |                              |
|              | Grease                 | 345.00 kg         |                              |
|              | Hydraulic oil          | 400.00 ℓ          |                              |
|              | Lubricating pil        | 840.00 ℓ          |                              |
|              | Gear pil               | 210.00 ℓ          |                              |



表 3.2 - 5 GTE-7 掘削作業の内訳

| Depth                                           | Work Items                                                  | Period                    | No. of calendar days | No. of working days | Other days |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|------------|
| 0.00 m ~<br>4.20 m<br>4.20 m ~<br>30.00 m       | 14" SCT (0.00 m ~ 4.20 m)                                   | 1984<br>Jul. 16 ~ Jul. 20 | 5                    | 4                   | 1          |
|                                                 | 12-1/4" T.B (4.20 m ~ 13.14 m)                              | Jul. 21                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | Pre. of HQ-WL coring                                        | Jul. 22                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | HQ-WL coring (13.14 m ~ 16.78 m)                            | Jul. 23                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 12-1/4" T.B (13.14 m ~ 30.00 m)                             | Jul. 24 ~ Jul. 26         | 3                    | 3                   | 0          |
|                                                 | 10" CP insertion, cementing waiting and waiting and reaming | Jul. 27 ~ Jul. 31         | 5                    | 5                   | 0          |
|                                                 | Total                                                       |                           | 16                   | 15                  | 1          |
| 30.00 m ~<br>200.00 m                           | HQ-WL coring (30.00 m ~ 57.12 m)                            | Aug. 1 ~ Aug. 2           | 2                    | 2                   | 0          |
|                                                 | 7-5/8" T.B reaming (30.00 m ~ 57.12 m)                      | Aug. 3                    | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | Cementing                                                   | Aug. 4                    | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 7-5/8" T.B reaming                                          | Aug. 5                    | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | HQ-WL coring (57.12 m ~ 64.89 m)                            | Aug. 6                    | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 7-5/8" T.B reaming, cementing                               | Aug. 7 ~ Aug. 8           | 2                    | 2                   | 0          |
|                                                 | HQ-WL coring (64.89 m ~ 201.00 m)                           | Aug. 9 ~ Aug. 18          | 10                   | 10                  | 0          |
|                                                 | Inspection of the machines                                  | Aug. 19                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 9-5/8" T.B (30.00 m ~ 200.00 m)                             | Aug. 20 ~ Aug. 26         | 7                    | 7                   | 0          |
|                                                 | 1st logging                                                 | Aug. 27                   | 1                    | 1                   | 0          |
| 8" CP insertion, cementing, waiting and reaming | Aug. 28 ~ Sep. 1                                            | 5                         | 5                    | 0                   |            |
|                                                 | Total                                                       |                           | 32                   | 32                  | 0          |
| 200.00 m ~<br>504.00 m                          | HW-WL coring (200.00 m ~ 504.69 m)                          | Sep. 2 ~ Sep. 24          | 23                   | 23                  | 0          |
|                                                 | Inspection of the machines                                  | Sep. 25                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 7-5/8" T.B (200.00 m ~ 504.00 m)                            | Sep. 26 ~ Oct. 11         | 16                   | 16                  | 0          |
|                                                 | 2nd logging                                                 | Oct. 12                   | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 6" CP insertion, cementing, waiting and reaming             | Oct. 13 ~ Oct. 17         | 5                    | 5                   | 0          |
|                                                 | Total                                                       |                           | 46                   | 46                  | 0          |
| 504.00 m ~<br>1002.75 m                         | HQ-WL coring (504.69 m ~ 1002.75 m)                         | Oct. 18 ~ Dec. 10         | 54                   | 54                  | 0          |
|                                                 | Prep. of 5-5/8" reaming                                     | Dec. 11 ~ Dec. 12         | 2                    | 2                   | 0          |
|                                                 | 5-5/8" (504.00 m ~ 1002.75 m)                               | 1985<br>Dec. 13 ~ Jan. 2  | 21                   | 21                  | 0          |
|                                                 | Waiting for logging                                         | Jan. 3 ~ Jan. 5           | 3                    | 3                   | 0          |
|                                                 | Reaming                                                     | Jan. 6                    | 1                    | 1                   | 0          |
|                                                 | 3rd logging                                                 | Jan. 7 ~ Jan. 10          | 4                    | 4                   | 0          |
|                                                 | 4-1/2" CP insertion, waiting and reaming                    | Jan. 11 ~ Jan. 14         | 4                    | 4                   | 0          |
|                                                 | Total                                                       |                           | 89                   | 89                  | 0          |
| 1002.75 m ~<br>1227.34 m                        | HQ-WL coring (1002.75 m ~ 1225.99 m)                        | Jan. 15 ~ Feb. 22         | 39                   | 39                  | 0          |
|                                                 | Machine maintenance                                         | Feb. 23 ~ Feb. 24         | 2                    | 2                   | 0          |
|                                                 | HQ-WL coring (1225.99 m ~ 1227.34 m)                        | Feb. 25 ~ Feb. 26         | 2                    | 2                   | 0          |
|                                                 | Total                                                       |                           | 43                   | 43                  | 0          |
|                                                 | Grand Total                                                 |                           | 226                  | 225                 | 1          |

表 3.2 - 6 GTE-7 セメンチング実績

(1) Casing Piep Cementing

| Casing step                                 | 1st step                  | 2nd step        | 3rd step        | 4th step        | 5th step         | Remarks                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nominal dia. x depth                        | 14B x 4.20 m              | 10B x 28.10 m   | 8B x 199.00 m   | 6B x 501.00 m   | 4½B x 1,000.00 m | Geothermal cement was used from the 3rd step<br>3rd step setting retarder: 0.35% dispersant: 0.35%<br>4th and 5th step setting dispersant: 0.35% |
| Volume of clearance between well and casing | 5 L                       | 776 L           | 2,355 L         | 4,591 L         | 6,821 L          |                                                                                                                                                  |
| Q'th of slurry pressed in                   | 444 L                     | 1,570 L         | 4,180 L         | 7,124 L         | 12,040 L         |                                                                                                                                                  |
| Q'ty of cement used                         | 520 kg                    | 1,840 kg        | 5,000 kg        | 8,520 kg        | 14,400 kg        |                                                                                                                                                  |
| Specific gravity                            | 1.80                      | 1.80            | 1.80            | 1.80            | 1.80             |                                                                                                                                                  |
| Setting time                                | 17 h                      | 65 h            | 64 h            | 78 h            | 50 h             |                                                                                                                                                  |
| Method                                      | Pouring in from well head | one-plug method | two-plug method | two-plug method | one-plug method  |                                                                                                                                                  |

(2) Plug Buck Cementing

| Depth of well bottom | Purpose            | Q'ty injected | Method                                             | Cement head | Result  |
|----------------------|--------------------|---------------|----------------------------------------------------|-------------|---------|
| 19.00 m              | Preventing cave-in | 1,080 kg      | Flushed through HQ rod                             | 10.95 m     | Success |
| 57.12 m              | Preventing cave-in | 1,440 kg      | Flushed through HQ rod                             | 23.50 m     | Success |
| 64.89 m              | Preventing cave-in | 1,320 kg      | Flushed through HQ rod                             | 32.25 m     | Success |
| 200.00 m             | Reinforcing        | 880 kg        | Squeezed through HQ rod with 30 kg/cm <sup>2</sup> | 184.52 m    | Success |

表 3.2 - 7 - GTE-7 掘削時の大気温度および泥水温度 (1)

| Depth  | Atmospheric Temp. (°C) |        | Circulation Temp. (°C) |          |
|--------|------------------------|--------|------------------------|----------|
|        | Highest                | Lowest | Income                 | Outgoing |
| 50.00  | 35.0                   | 27.0   | 40.9                   | 39.5     |
| 89.89  | 35.0                   | 25.0   | 43.4                   | 44.9     |
| 118.94 | 35.0                   | 27.0   | 46.6                   | 46.4     |
| 150.74 | 32.0                   | 26.0   | 45.4                   | 42.8     |
| 180.24 | 34.0                   | 25.0   | 47.5                   | 48.2     |
| 210.59 | 32.0                   | 24.0   | 47.7                   | 48.0     |
| 250.74 | 36.0                   | 26.0   | 45.5                   | 51.0     |
| 277.54 | 33.0                   | 24.0   | 38.8                   | 44.0     |
| 299.39 | 32.0                   | 24.0   | 37.7                   | 42.0     |
| 330.24 | 34.0                   | 23.0   | 37.0                   | 45.0     |
| 358.84 | 34.0                   | 24.0   | 38.0                   | 43.0     |
| 389.14 | 34.0                   | 24.0   | 37.0                   | 44.0     |
| 419.99 | 34.0                   | 24.0   | 38.0                   | 44.5     |
| 450.04 | 32.0                   | 24.0   | 37.2                   | 45.5     |
| 480.14 | 34.0                   | 25.0   | 37.8                   | 42.2     |
| 510.69 | 30.0                   | 25.0   | 34.3                   | 44.2     |
| 540.54 | 28.0                   | 23.0   | 33.3                   | 45.1     |
| 570.69 | 31.0                   | 23.0   | 33.9                   | 43.6     |
| 600.49 | 32.0                   | 16.0   | 32.8                   | 43.7     |
| 629.74 | 30.0                   | 17.0   | 31.1                   | 44.5     |
| 661.49 | 31.0                   | 19.0   | 36.0                   | 43.3     |
| 689.24 | 32.0                   | 20.0   | 37.8                   | 42.8     |
| 720.44 | 32.0                   | 20.0   | 33.7                   | 43.7     |
| 749.39 | 32.0                   | 20.0   | 35.7                   | 42.4     |
| 780.19 | 32.0                   | 19.0   | 37.1                   | 43.7     |
| 810.64 | 33.0                   | 18.0   | 33.4                   | 42.0     |
| 840.19 | 31.0                   | 20.0   | 34.5                   | 44.7     |
| 869.99 | 30.0                   | 14.0   | 34.0                   | 38.8     |

表 3.2 - 7 GTE-7 掘削時の大気温度および泥水温度 (2)

| Depth   | Atmospheric Temp. (°C) |        | Circulation Temp. (°C) |          |
|---------|------------------------|--------|------------------------|----------|
|         | Highest                | Lowest | Income                 | Outgoing |
| 900.09  | 30.0                   | 18.0   | 34.6                   | 46.9     |
| 929.64  | 30.0                   | 14.0   | 34.8                   | 44.0     |
| 961.14  | 28.0                   | 14.0   | 35.6                   | 43.8     |
| 990.19  | 29.0                   | 10.0   | 36.3                   | 43.9     |
| 1019.99 | 30.0                   | 8.0    | 28.3                   | 37.9     |
| 1049.34 | 32.0                   | 11.0   | 37.3                   | 42.4     |
| 1080.49 | 30.0                   | 16.0   | 34.5                   | 39.2     |
| 1109.89 | 32.0                   | 20.0   | 34.5                   | 38.5     |
| 1140.19 | 33.0                   | 13.0   | 33.9                   | 38.0     |
| 1170.94 | 33.0                   | 12.0   | 34.7                   | 37.3     |
| 1200.09 | 35.0                   | 14.0   | 33.5                   | 38.3     |
| 1227.34 | 35.0                   | 15.0   | 33.2                   | 36.6     |

表 3.2 - 8 GTE-7 坑底温度 (1)

| Date of Measurement | Depth (m) | Temperature (°C) |                  |                   |         |
|---------------------|-----------|------------------|------------------|-------------------|---------|
|                     |           | Thermometer (I)  | Thermometer (II) | Thermometer (III) | Average |
| Aug. 2, '84         | 50.00     | 43.0             | 43.0             | 43.0              | 43.0    |
| 11                  | 89.89     | 46.0             | 46.0             | 46.0              | 46.0    |
| 13                  | 118.94    | 48.0             | 49.0             | 49.5              | 48.8    |
| 15                  | 150.74    | 48.0             | 49.5             | 50.0              | 49.2    |
| 17                  | 180.24    | 51.5             | 50.0             | 51.5              | 51.0    |
| Sep. 3              | 210.59    | 50.0             | 51.0             | 52.0              | 51.0    |
| 6                   | 250.74    | 53.0             | 52.0             | 52.0              | 52.3    |
| 8                   | 277.54    | 46.0             | 47.0             | 48.0              | 47.0    |
| 10                  | 299.39    | 48.0             | 48.0             | 49.0              | 48.3    |
| 12                  | 330.24    | 50.0             | 50.0             | 50.0              | 50.0    |
| 14                  | 358.84    | 54.0             | 52.0             | 52.0              | 52.7    |
| 16                  | 389.14    | 54.0             | 55.0             | 57.0              | 55.3    |
| 18                  | 419.99    | 55.0             | 58.0             | 60.0              | 57.7    |
| 20                  | 450.04    | 60.0             | 62.0             | 61.0              | 61.0    |
| 22                  | 480.14    | 65.0             | 64.0             | 67.0              | 65.3    |
| Oct. 18             | 510.69    | 60.0             | 63.0             | 63.0              | 62.0    |
| 21                  | 540.54    | 57.0             | 59.0             | 59.0              | 58.3    |
| 22                  | 570.69    | 62.0             | 59.0             | 63.0              | 61.3    |
| 25                  | 600.49    | 64.0             | 65.0             | 67.0              | 65.3    |
| 28                  | 629.74    | 69.0             | 69.0             | 70.0              | 69.3    |
| 30                  | 661.49    | 68.0             | 70.0             | 70.0              | 69.3    |
| Nov. 2              | 689.24    | 68.0             | 73.0             | 71.0              | 70.7    |
| 5                   | 720.44    | 74.0             | 72.0             | 73.0              | 73.0    |
| 7                   | 749.39    | 78.0             | 78.0             | 83.0              | 79.7    |
| 13                  | 780.19    | 78.0             | 81.0             | 83.0              | 80.7    |
| 18                  | 810.64    | 80.0             | 83.0             | 82.0              | 81.7    |
| 22                  | 840.19    | 79.0             | 83.0             | 85.0              | 82.3    |
| 25                  | 869.99    | 83.0             | 84.0             | 88.0              | 85.0    |
| 29                  | 900.09    | 82.0             | 83.0             | 86.0              | 83.7    |

表 3.2 - 8 GTE-7 坑底温度 (2)

| Date of Measurement | Depth (m) | Temperature (°C) |                  |                   |         |
|---------------------|-----------|------------------|------------------|-------------------|---------|
|                     |           | Thermometer (I)  | Thermometer (II) | Thermometer (III) | Average |
| Dec. 2              | 929.64    | 82.0             | 84.0             | 88.0              | 84.7    |
| 6                   | 961.14    | 85.0             | 85.0             | 86.0              | 85.3    |
| 9                   | 990.19    | 86.5             | 87.0             | 88.5              | 87.3    |
| Jan. 17, '85        | 1019.99   | 90.0             | 90.0             | 81.0              | 87.0    |
| 22                  | 1049.34   | 94.0             | 94.0             | 94.0              | 94.0    |
| 28                  | 1080.49   | 95.0             | 95.0             | 99.0              | 96.3    |
| 30                  | 1109.89   | 96.0             | 95.0             | 99.0              | 96.7    |
| Feb. 3              | 1140.19   | 100.0            | 98.0             | 97.0              | 98.3    |
| 8                   | 1170.94   | 98.0             | 97.0             | 97.0              | 97.3    |
| 13                  | 1200.09   | 99.5             | 102.0            | 98.0              | 99.8    |
| 26                  | 1227.34   | 101.0            | 103.0            | 98.5              | 100.8   |

表 3.2 - 9 GTE-7 トリコンビット記録 (1)

| No.       | Diameter (mm) | Drilling Depth (m) | Drilling length (m) | Net drilling time (h) | Penetration rate (m/h) | Remarks                         |
|-----------|---------------|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|
| MH-1279-S | 311.2         | 0.00 ~ 2.60        | 2.60                | 1.50                  | 1.73                   | drilling the mouse hole         |
|           |               | 4.20 ~ 13.14       | 8.94                | 4.50                  | 1.99                   |                                 |
|           |               | 13.14 ~ 30.00      | 16.86               | 11.75                 | 1.43                   | 13.14 ~ 16.78 reaming           |
|           |               | Total              | 28.40               | 17.75                 |                        |                                 |
| MH-1105-S | 244.5         | 27.45 ~ 30.00      | 2.55                |                       |                        | drilling out cement             |
|           |               | 30.00 ~ 64.89      | 34.89               |                       |                        |                                 |
|           |               | 64.89 ~ 96.83      | 31.94               |                       |                        |                                 |
|           |               | Total              | 69.38               | 28.75                 |                        |                                 |
| V3F 1587S | 244.5         | 96.93 ~ 163.75     | 66.92               | 61.83                 | 1.08                   |                                 |
| MH-1104-S | 244.5         | 163.75 ~ 200.00    | 36.25               | 41.30                 | 0.88                   |                                 |
| MH-7008-S | 193.7         | 0.00 ~ 5.00        | 5.00                | 2.00                  | 2.50                   | drilling the rat hole           |
|           |               | 24.12 ~ 30.00      | 5.88                | 3.00                  | 1.96                   | drilling out the cement         |
|           |               | 30.00 ~ 57.12      | 27.12               | 20.00                 | 1.36                   | reaming                         |
|           |               | 23.00 ~ 57.12      | 34.12               | 8.00                  | 4.27                   | drilling out the cement         |
|           |               | 57.12 ~ 64.89      | 7.77                | 8.00                  | 0.97                   | reaming                         |
|           |               | 32.25 ~ 64.89      | 32.64               | 9.00                  | 3.63                   | drilling out the cement         |
|           |               | 184.52 ~ 200.00    | 15.48               | 4.00                  | 3.87                   | drilling out the cement         |
|           |               | 200.00 ~ 224.15    | 24.15               | 20.83                 | 1.16                   | reaming                         |
| Total     | 152.16        | 74.83              |                     |                       |                        |                                 |
| M 7309    | 98.4          | 200.00 ~ 200.75    | 0.75                | 4.00                  | 0.19                   | drilling the center of the hole |
| MH-7009-S | 193.7         | 224.15 ~ 301.21    | 77.06               | 59.67                 | 1.29                   |                                 |
| V3F 6013F | 193.7         | 301.21 ~ 391.04    | 89.83               | 77.92                 | 1.15                   |                                 |
| V3F 6012S | 193.7         | 391.04 ~ 485.23    | 94.19               | 136.83                | 0.69                   |                                 |
| MH-7010-S | 193.7         | 485.23 ~ 504.00    | 18.77               | 19.00                 | 0.99                   |                                 |

表 3.2 - 9 GTE-7トリコンビット記録 (2)

| No.       | Diameter<br>(mm) | Drilling Depth<br>(m) | Drilling<br>length<br>(m) | Net drilling<br>time<br>(h) | Prenetra-<br>tion rate<br>(m/h) | Remarks                    |
|-----------|------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| MH-8656-S | 142.9            | 480.90 ~ 504.69       | 23.79                     | 13.75                       | 1.73                            | drilling out the<br>cement |
|           |                  | 504.69 ~ 535.83       | 31.14                     | 16.00                       | 1.95                            |                            |
|           |                  | Total                 | 54.93                     | 29.75                       |                                 |                            |
| MH-8658-S | 142.9            | 535.83 ~ 584.20       | 48.37                     | 67.00                       | 0.72                            |                            |
| MH-8659-S | 142.9            | 584.20 ~ 648.08       | 63.88                     | 63.33                       | 1.01                            |                            |
| MH-8657-S | 142.9            | 648.08 ~ 710.23       | 62.15                     | 32.92                       | 1.89                            |                            |
| V3F 7743S | 142.9            | 710.23 ~ 800.23       | 90.00                     | 56.92                       | 1.58                            |                            |
| V3F 7745S | 142.9            | 800.23 ~ 879.83       | 79.60                     | 45.75                       | 1.74                            |                            |
| V3F 7742S | 142.9            | 879.83 ~ 940.73       | 60.90                     | 45.17                       | 1.35                            |                            |
| V3F 7741S | 142.9            | 940.73 ~ 1002.75      | 62.02                     | 44.08                       | 1.41                            |                            |
| MH-8660-S | 142.9            | 770.00 ~ 1002.75      | 232.75                    | 15.00                       |                                 | reaming                    |
| M 7308    | 98.4             | 936.69 ~ 1001.80      | 65.11                     | 19.50                       | 3.33                            | drilling out the<br>cement |



表 3.4 - 2 GTE-7 顯微鏡觀察結果一覽表

| Depth (m) | Rock Name                      | Allogenic and Authigenic Minerals |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Alteration and Vein Minerals |    |    |    |    |    |    | Remarks |    |   |                                                                                           |                                               |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------------------|----|----|----|----|----|----|---------|----|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|           |                                | Qz                                | Kf | Pl | Sp | Zr | Tm | Ap | Se | Ch | Cb | Qz | Se | Ch | Kf                           | Oq | Cb | Qz | Se | Ch | Kf |         | Oq |   |                                                                                           |                                               |
| 70.5      | Grey med. grained s. st.       | ⊙                                 | △  | ⊙  | ●  | ●  | ●  | ●  | △  | △  | ○  | ○  | ●  | ●  | ●                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | ● | Moderate carbonatation (disseminated)                                                     |                                               |
| 146.80    | Grey fine grained st.          | ⊙                                 | ○  | ●  | ●  | ●  | ●  | ○  | ○  | ○  | ●  | ●  | ●  | ○  | △                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | △ | Faint carbonate stringer                                                                  |                                               |
| 217.00    | Black grey mud st.             | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | △  | △ | Faint quartz vein with carbonate mineral                                                  |                                               |
| 348.00    | Black grey mud st.             | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | △  | △ | Faint carbonate stringer                                                                  |                                               |
| 402.00    | Black mud st.                  | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ○  | ○  | ○  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | ⊙  | ⊙ | Faint stringer/dissemination of carbonate. Slightly wide stringer/dissemination of pyrite |                                               |
| 531.00    | Black grey mud st.             | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | ⊙  | ⊙ | Carbonate minerals in quartz vein                                                         |                                               |
| 610.50    | Grey med. grained s. st.       | ⊙                                 | △  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | △ | Moderate carbonatization (dissemination/vein)                                             |                                               |
| 663.00    | Black calcareous mud st.       | ○                                 | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | △  | △  | △  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙                            | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙  | ⊙       | ⊙  | ⊙ | Moderate carbonatization (dissemination/vein). Slightly wide stringer                     |                                               |
| 721.00    | Grey limestone                 | ○                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | ○  | ○ | Faint carbonate stringer                                                                  |                                               |
| 832.00    | Black mud st.                  | ⊙                                 | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | △  | △  | △  | △  | △                            | △  | △  | △  | △  | △  | △  | △       | ○  | ○ | Faint to moderate carbonate stringer. Slightly wide stringer/dissemination of pyrite      |                                               |
| 905.00    | Grey calcareous s. st.         | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●                            | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●       | ●  | ● | ●                                                                                         | Moderate carbonatization (dissemination/vein) |
| 1,031.70  | Grey fine grained s. st.       | ⊙                                 | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | ○ | ○                                                                                         | Dissemination of macroscopic pyrite           |
| 1,094.00  | Grey white med. grained s. st. | ⊙                                 | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | ○ | ○                                                                                         | Moderate carbonatization (dissemination/vein) |
| 1,213.50  | Grey med. grained s. st.       | ⊙                                 | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○                            | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○       | ○  | △ | △                                                                                         | Moderate carbonatization (dissemination/vein) |

Abbreviations: Qz : Quartz, Kf : K-feldspar, Pl : Plagioclase, Sp : Sphene, Zr : Zircon, Tm : Tourmaline, Symbols: ⊙ : Abundant, ○ : Common, △ : Rare, Ap : Apatite, Se : Sericite, Ch : Chlorite, Cb : Carbonate, Oq : Opaque ● : Very rare

表 3.4 - 3 GTE-7 X 線回折分析結果一覽表

| Samples Well | Depth      | Mineral |         |          |           |             |            |          |           |          |           |              |        |           |          |          |        |          |
|--------------|------------|---------|---------|----------|-----------|-------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|--------|-----------|----------|----------|--------|----------|
|              |            | Quartz  | Calcite | Dolomite | Auikerite | Plagioclase | K-feldspar | Smectite | Sericite  | Chlorite | Kaolinite | Palygorskite | Pyrite | Marcasite | Hematite | Goethite | Gypsum | Fluorite |
| No. 7 GTE-7  | 70.05 m    | ◎       | △       |          |           | ◎           |            |          | ●<br>2M   | △        |           |              |        |           |          |          |        |          |
| No. 13 GTE-7 | 146.80 m   | ◎       | △       |          |           | ◎           |            |          | △<br>2M   | ○        |           |              | ●      |           |          |          |        |          |
| No. 21 GTE-7 | 217.00 m   | ◎       | ◎       | ○        |           |             |            |          | ●         | ●        |           |              | ●      |           |          |          |        |          |
| No. 28 GTE-8 | 330.00 m   | ◎       | ○       |          |           |             |            |          | ○         | △        |           |              | △      |           |          |          | △      |          |
| No. 33 GTE-7 | 402.00 m   | ◎       |         |          |           | △           |            |          | △<br>2M   | △        |           |              | △      |           |          |          |        |          |
| No. 33 GTE-7 | 531.00 m   | ◎       |         |          |           |             |            |          | △<br>1M2M | ○        |           |              | △      |           |          |          |        |          |
| No. 44 GTE-7 | 610.50 m   | ◎       | △       |          |           | ○           |            |          | △<br>2M   | ○        |           |              |        |           |          |          |        |          |
| No. 46 GTE-7 | 663.00 m   | ◎       | △       |          |           | △           |            |          | △<br>2M   | △        |           |              | △      |           |          |          |        |          |
| No. 49 GTE-7 | 721.00 m   | ◎       | ◎       |          |           |             | △          |          | △         | △        |           |              | ●      |           |          |          |        |          |
| No. 54 GTE-7 | 832.00 m   | ◎       |         |          |           |             |            |          | ○<br>2M   | △        |           |              | △      |           |          |          |        |          |
| No. 57 GTE-7 | 905.00 m   | ◎       | ◎       |          |           |             |            |          | △         | △        |           |              |        |           |          |          |        | △        |
| No. 62 GTE-7 | 1,031.70 m | ◎       |         |          |           |             | △          |          | △<br>1M2M |          | △         |              | ●      |           |          |          |        |          |
| No. 65 GTE-7 | 1,094.00 m | ◎       | ●       |          |           |             | ○          |          | △         |          | △         |              | △      |           |          |          |        |          |
| No. 71 GTE-7 | 1,213.50 m | ◎       | ●       |          |           |             | ○          |          | ●         | ○        |           |              |        |           |          |          |        |          |

◎ : Much   ○ : Common   △ : Few   ● : Very Rare

表 3.4 - 4 GTE-7 物理測定結果

| No. | Depth  | Rock Name                   | Density           |                   | Porosity | Magnetic Susceptibility | Thermal Conductivity            |
|-----|--------|-----------------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------------|---------------------------------|
|     |        |                             | Natural condition | Dry condition     |          |                         |                                 |
|     | (m)    |                             | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | %        | EMU/CC                  | ×10 <sup>-3</sup> cal/cm·sec·°C |
| 1   | 70.04  | Grey sandstone              | 2.67              | 2.67              | 1.39     | 1.19 × 10 <sup>-5</sup> | 9.046                           |
| 2   | 146.8  | Black shale                 | 2.71              | 2.71              | 0.99     | 1.61 × 10 <sup>-5</sup> | 8.701                           |
| 3   | 217.0  | Black shale                 | 2.69              | 2.68              | 0.68     | 1.50 × 10 <sup>-5</sup> | 10.735                          |
| 4   | 348.0  | Black shale                 | 2.68              | 2.67              | 2.89     | 9.25 × 10 <sup>-6</sup> | 6.571                           |
| 5   | 402.0  | Black shale                 | 2.63              | 2.62              | 4.11     | 6.34 × 10 <sup>-6</sup> | 8.021                           |
| 6   | 543.5  | Grey chert                  | 2.71              | 2.71              | 0.55     | 6.84 × 10 <sup>-6</sup> | 11.020                          |
| 7   | 610.5  | Grey sandstone              | 2.73              | 2.72              | 1.22     | 1.93 × 10 <sup>-5</sup> | 7.832                           |
| 8   | 663.0  | Black shale                 | 2.74              | 2.72              | 3.27     | 1.00 × 10 <sup>-5</sup> | 6.951                           |
| 9   | 721.0  | Grey limestone              | 2.70              | 2.69              | 1.48     | 8.19 × 10 <sup>-6</sup> | 8.523                           |
| 10  | 808.0  | Grey chert                  | 2.65              | 2.65              | 0.33     | 3.38 × 10 <sup>-5</sup> | 17.306                          |
| 11  | 905.0  | Limestone                   | 2.65              | 2.65              | 1.06     | 1.13 × 10 <sup>-5</sup> | 9.171                           |
| 12  | 1064.7 | Black shale                 | 2.64              | 2.64              | 0.36     | 1.46 × 10 <sup>-5</sup> | 13.521                          |
| 13  | 1094.0 | Siliceous sandstone         | 2.41              | 2.39              | 8.32     | 8.66 × 10 <sup>-6</sup> | 10.684                          |
| 14  | 1213.5 | Siliceous sandstone         | 2.65              | 2.64              | 0.98     | 1.46 × 10 <sup>-5</sup> | 13.013                          |
|     |        |                             |                   |                   |          |                         |                                 |
|     |        | Mean Value $\bar{X}$        | 2.66              | 2.65              | 1.97     | 1.32 × 10 <sup>-5</sup> | 10.078                          |
|     |        | Number of Sample n          | 14                | 14                | 14       | 14                      | 14                              |
|     |        | Standard Deviation $\sigma$ | 0.08              | 0.08              | 2.15     | 0.70 × 10 <sup>-5</sup> | 2.93                            |

## 4. 貯留層解析のための補足調査

### 4.1 概 要

サンカンペン地熱開発計画調査の第三段調査として、昭和59年度GTE-7調査井（深度1,227.34m）がJICA調査団により掘削されたが当地域の貯留層を評価するための有用な資料が得られなかったため、坑内検層の結果を解析し、その結果から第三段階調査の補足調査として、昭和60年度に地熱徴候地を含む熱水湧出地域を中心として断層追跡調査および地下温度調査が実施されることになった。

調査目的は、上記調査により、地熱貯留層の存在範囲を明らかにし、その結果にもとづき今後EGATで計画しているGTE-8の掘削計画について、掘削する価値を有するか否かについて評価を行い、掘削する価値があると判断された場合には、GTE-8の掘削地点をEGATに提言することにある。

上記調査のうち、断層追跡調査はフィンガープリント法と呼ばれる地化学探査を採用し、JICA調査団により実施された。一方、地下温度100mの温度調査孔（10本）の掘削と孔内温度の測定がEGATにより実施され、その結果にもとづき深度100mにおける地下温度分布図が作成された。

調査結果の解析は上記調査から得られた資料にもとづきなされたものである。

### 4.2 フィンガープリント法断層追跡調査

#### 4.2.1 調査方法

##### (1) 調査方法

フィンガープリント法は、土壤ガス集積装置・パイロリシス質量分析・多変量統計解析の3種類の技術を組合わせたガス地化学探査技術である。

その特徴は次の2点に要約される。

- ① 一定期間ガスを集積、採取するので、濃度の短期的変動が除去される。
- ② 従来のガス地化学探査のように、特定のガス成分の濃度を解析するのではなく、全てのガスの分析を行い、それらの相対比、パターンを解析する。

以下に調査のフローを示す（Fig. 4.2-1）。

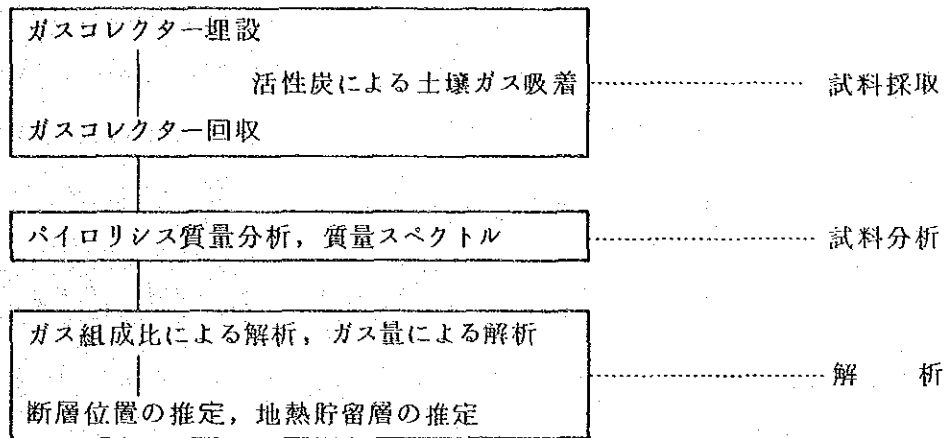


Fig. 4.2-1 Flow Chart of Fingerprint Geothermal Survey

## (2) 試料採取方法

試料採取は、ハンドオーガーにより掘削された深度約 30 cm の小孔に、ガスコレクターを開栓し、開栓部を下向きにして、土壤に埋設する。

ガスコレクターが埋設されている間に、地下から発散されてくるガスはコレクター内の活性炭に吸着される。埋設期間を一週間以上取ることによって、(1)ガス発散の短期的変動によるノイズの除去、および微量ガス成分の濃縮の効果があると考えられる。

回収したガスコレクターは直ちに密栓し分析所へ送付する。

## (3) 分析方法

試料はコンピューターと連動したパイロリシス質量分析計により質量数 29 から 240 までの成分について分析される。

得られた質量スペクトルは、下図に示すようなものである (Fig. 4.2-2)。縦軸は相対強度 (R. I.)、横軸はイオン質量 (a.m.u.) 対単位電荷数の比 (質量 / 電荷) を表わしている。すなわち横軸にそって右側ほど高質量、左側ほど低質量のイオンを意味し、それぞれの相対強度が縦軸に示される。この相対強度は最大のピークを 100% として正規化したものである。

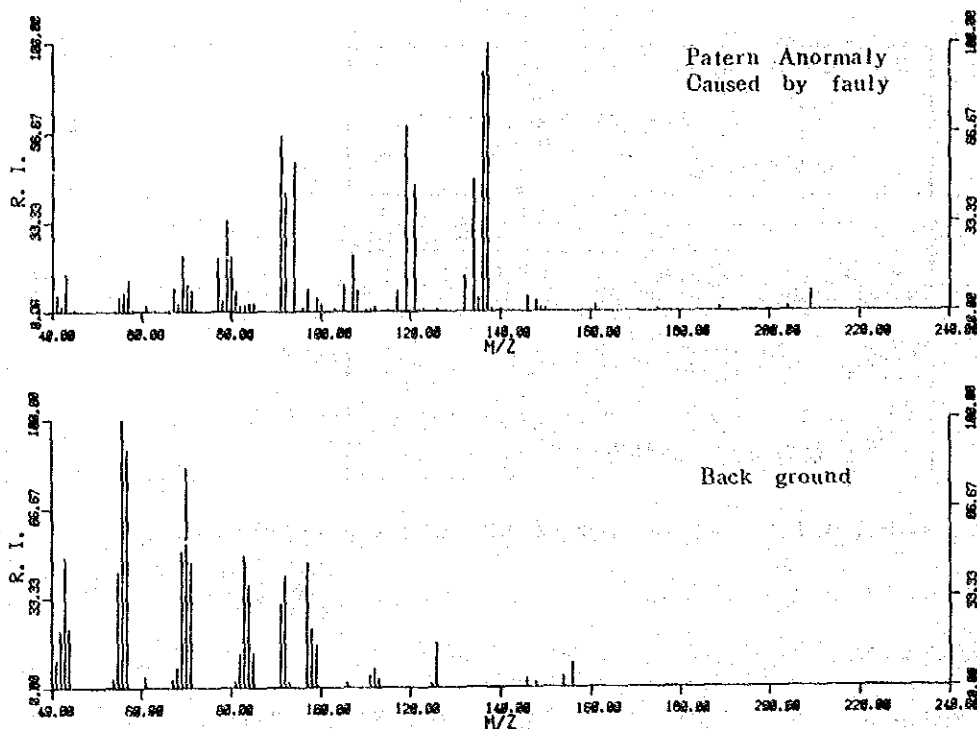


Fig. 4.2-2 Mass Spectrum in Fingerprint Analysis

(4) データ分析

断層または割れ目直上で得られるフィンガープリントの特徴は、次のとおりである。

硬質量域（フィンガープリントの右半分）に多数のピークがある。また成分の種類を問わずガスの総量が多い。ガス総量は分析の際、Total Ion Count として表示される。

このような高質量ガスは地表付近で生成されたとは考えにくく、また地層内は通過し難いので断層または割れ目中を優先的に通過して地表に到達したものと推定するのが最も自然である。従って、このようなフィンガープリントが得られれば、その地点を断層が通過しているものと推定できる。

① 高質量ガス発散比

目視による異常の判定に加えて高質量域のピークのイオン強度の発散比を求め、高質量のイオンの発散量の多い試料を抽出して比較検討した。

ここでは高質量ガス発散比を次のように定義した。

$$\text{高質量ガスの発散比} = \frac{\sum M / \sum \geq 120 \text{ のピークのイオン強度}}{\text{補正全イオン強度}^{(*)}} \times 100$$

（※補正全イオン強度については②の項参照）

② 補正全イオン強度

質量スペクトルにあらわれた全イオン強度（Total Ion Count）から大気成分の影響

を差し引いたものを補正全イオン強度 (Total Modified Ion Count) とする。言い換えれば、この補正全イオン強度は、その地点において地下から地表に発散してくるガスの総量を相対的に示していると考えられる。

断層・割れ目を通路として地下深部からガスが供給される場合には、ガスの絶対量も増大すると考えられる。

### ③ 多変量統計による類似性解析

質量スペクトルの各ピークは、それぞれの特定のガス成分の濃縮を反映している。

類似性解析とは、これらガス成分の存在比の特異性を解析する手法である。ガス組成比の類似性によって分類した試料の分布から、地下に賦存する地熱系の存在とその広がりを推定することができる。

質量スペクトル (= ガス組成比) の類似性解析は、コンピューターによる多変量統計手法により実施した。

本調査においては、地熱地域を代表すると推定される試料を選定し、これをモデルとして、モデルの類似性を定量化した。

## 4.2.2 調査結果

### (1) 現地調査

ガスコレクター埋設点は、ポケットコンパスによる測量を行い、200mまたは400m間隔でNSおよびEW方向の測線を設け、測線上に、20m間隔で測線を配点した。さらに100mグリッドで測点を追加し、合計359地点を設定した。このうち埋設中に紛失または昆虫類により汚染されたガスコレクターが24個あり、分析に共与できた試料は335試料であった。

### (2) 解析結果

#### 1) 断層・割れ目地点の抽出

##### ① 異常ガス組成比

分析結果から得られた質量スペクトルから、断層・割れ目の存在を指示するとみられる試料、即ち高質量域に多数のピークを有し、ガス総量の多いものを抽出した。抽出された試料は合計41試料である。

次に、試料点の分布状況より、予想される断層の連続性とパターンを推定した。推定された断層はFig.4.2-3に示す9断層である。

NW-SE系 : 4本  
NE-SW系 : 3本  
N-S系 : 2本

② 高質量ガス発散比

本地域の高質量ガス ( $M/Z \geq 120$ ) 発散比は、最低 0%、最高 44%、平均 2.3% である。高質量ガス発散比 2.5% 以上の地帯を、高質量ガス異常帯として区別し Fig. 4.2-4 に示す。高質量ガス異常帯は、本調査地域の中央部から南東端にかけて NW-SE 方向に分布している。

③ 全ガス発散量

全ガス発散量は、最低 4,656 Ion Count (ic)、最大 1,083,756 ic、平均 81,259 ic を示す。100,000 以上の地帯を、高発散量異常帯として区分し Fig. 4.2-5 に示す。高発散量異常帯分布は、高質量ガス異常帯と類似する分布を示し、調査地域の中央部から南東端にかけて NW-SE 方向に延びている。

④ 多変量統計解析手法による類似性解析

20m 深地温が 70℃ 以上を示す地熱徴候地からモデル試料を選定し、各試料について、多変量統計解析手法による類似性解析を実施した。本解析には、①項で抽出された断層・割れ目を指示する試料はデータ欠損として扱い除外した。類似性の尺度が 5 以上の地帯を徴候地として抽出し、Fig. 4.2-6 に示す。類似性の徴候地は、北西部および分断に分布している。

⑤ 低ガス発散型異常

通常のバックグラウンド値以下の低ガス発散量 (50,000 ic 以下)、低高質量ガス発散比 (1.0% 以下) を示す地帯は、割れ目の発達に欠けるかまたは変質帯が発達し、土壌ガスの拡散が遮断されていることを示すと考えられる。

低ガス発散型異常帯は、本地域の北東部に偏在しており、この地帯には各所に温泉の湧水があり、地表部には変質帯が発達している。本低ガス発散型異常帯は、温泉湧出に関連して生成した変質帯を反映していると推察される。

4.2.3 判明した断裂構造

(1) 断層・割れ目

本地域の地質構造は、N-S 系の単斜構造で特徴付けられる (Fig. 4.2-7)。



今回のフィンガープリント法による地化学調査の結果、NW-SE系、NE-SW系、およびN-S系の断層の存在が類推された。これらの断層は、地質構造をブロック化するとともに地熱地帯を取り囲むように発達しており、本地域の地熱貯留層の発達と密接な関連を有すると考えられる。

## (2) 地熱貯留層

全ガス発散量異常帯または高質量ガス発散比異常帯と変質帯を指示するとみられる低ガス発散型異常帯を重ね合わせると、これらのガス異常帯は、本地域の南東部を中心とし北西部へ連続している。本ガス異常帯の形状は、NW-SE方向に延びる楕円形を示しており、100m深調査孔で明らかにされた100m深高地温帯ときわめて良好な整合性を有している (Fig. 4.2-8)。

類似性徴候地帯は、北西部・南部に2分されているが、北西部のものは浅部の変質帯を反映し、南部のものは深部の地熱貯留層の伏在を示唆するものと考察される。

## (3) まとめ

断層・割れ目の存在と地熱貯留層存在の可能性を調査するため、フィンガープリント法による地化学探査を実施した。

- ① 調査地点は、359地点、分析個数は335個である。
- ② 断層・割れ目の存在を指示したのは41地点で、NW-SE系、NE-SW系、N-S系の断層、合計9本の存在が把握された。
- ③ 地下深部の地熱貯留層の存在を指示する全ガス発散量異常帯及び高質量ガス発散比異常帯、ならびに地表部の変質帯の発達を指示する低ガス発散型異常帯が北西部から南東端にかけて検出された。このガス異常帯は、NW-SE方向に延びる楕円形を呈しており、本地域に地熱貯留層が伏在する可能性を示唆している。
- ④ 類似性解析の結果、地表付近の変質帯に起因すると思われる地熱徴候、および深部に起因すると思われる地熱徴候が、各々北西部及び南部に把握された。

## 4.3 地下温度調査

### 4.3.1 温度調査孔の掘削

この調査はEGATの協力により実施されたものであって、フィンガープリント法による断層追跡調査と並行して100m深度における地下温度調査のため、昭和60年7月から10本

の温度調査孔の掘削が開始された。

地下温度調査の目的は深度100mにおける地下温度分布図を作成し、温度分布と断層分布との関連を検討することにあるので、温度調査孔は断層追跡調査のため取り上げた調査範囲内に配置するようにした。温度調査孔の位置図をFig.4.3-1に示す。掘削本数は10本であるが、このうち1本(No13)はFig.4.3-1の南側温度調査孔(No10の南850m)に位置するため同図には含まれていない。

温度調査孔の掘削の過程で、もし蒸気、熱水または温泉水が湧出する場合には、孔内温度は正常の地層温度ではなく、湧出する流体温度を示すことになるので、逸水箇所はすべてセメントで充填し、さらに孔底まで鉄管を挿入し孔内で温度の擾乱が生じないように配慮した。代表的な調査孔の仕上げの状態をFig.4.3-2に示す。

#### 4.3.2 孔内温度の測定

各調査孔の掘削終了後、数度にわたって孔内温度が推定されたが、各孔ともほぼ地層温度と平衡状態に達したと思われる時期に測定した結果にもとづき作成した孔内温度の分布をFig.4.3-3(1)~(3)に示す。

なお、表4.3-1は、各調査孔の孔底温度を示したものである。以上の温度調査孔のほか調査地域には、GTE-2、GTE-5、GTE-6、GTE-7の調査井が掘削されている。このうち、GTE-2、GTE-5からは熱水が湧出するので、坑内温度は地層温度と一致しないが、他の調査井坑内の流体は静止状態にあり、かつ長時間放置されているため、坑内の温度分布は地層温度に合致しているものとみなされる。表4.3-1には、静止状態にある調査井の深度100mにおける坑内温度も付記したが、100m深度の等温線を描く場合、調査井坑内の温度も参考値として用いた。

#### 4.3.3 地温分布と断層分布との関係

表4.3-1に示した測定値をもとにして、深度100mにおける等温線を描いたのがFig.4.3-4である。この深度100mにおける地下温度の分布とフィンガープリント法により知られた断層分布を重ね合わせたのがFig.4.3-5であるが、両者の関係から知られた事柄は次のとおりである。

- ① 70℃以上の高温帯は前述のようにNW-SE系の2本の断層にはさまれた地域内にあり、その伸びは断層の伸びの方向ときわめて調和的である。

- ② 高温帯の北側への延びはNE-SW系の断層によって遮断されており、このことからこの断層が高温域（熱水湧出地域または存在地域）と低温域（水の浸透地域）との境界に当たるとみなされる。すなわち、GTE-7の掘削結果から推定した事柄の裏づけが得られたと  
いってよい。
- ③ 高温帯の中でも特に90℃以上の目玉は地熱徴候地とその南東部の2箇所のみられる。このこともフィンガープリント法の解析結果と一致する。特にNo.9の孔底温度が112℃という最高温度を示すことから、高温熱水は上記断層にはさまれた約500mの幅をもち1km以上の延びを有する地域内に貯留されているとみなされる。
- ④ 以上の結果を総合すると、断層調査および地下温度調査によって、サンカンペン地域の地熱貯留層の存在範囲すなわち貯留層の幅、延びの長さ、方向等について具体的な手掛りが得られたといえることができる。

表 4.3-1 温度調査孔孔底温度および調査井坑内温度

| 番 号   | 孔底温度 (深度)      |
|-------|----------------|
| No. 5 | 40.3℃ (100 m)  |
| 6     | 98.2℃ (100 m)  |
| 7     | 79.6℃ (102 m)  |
| 8     | 43.6℃ (92 m)   |
| 9     | 112.3℃ (99.5m) |
| 10    | 62.2℃ (102 m)  |
| 11    | 78.0℃ (92 m)   |
| 12    | 40.7℃ (100 m)  |
| 13    | 37.0℃ (100 m)  |
| 14    | 48.1℃ (94.5m)  |

| 調査井番号 | 坑内温度 (深度 100m) |
|-------|----------------|
| GTE-2 | —              |
| GTE-5 | 44.2℃          |
| GTE-6 | —              |
| GTE-7 | 60.0℃          |