

4.4 総括

サンカンベン地域のように硬い岩石、地層で構成されている地域では、地熱流体の流動は硬い岩石、地層中に発達する割れ目を通じて行われる。いかえると、実際の地熱開発地域の対象となる範囲は割れ目の卓越する範囲に限られるということである。

フィンガープリント法を含む各種の地化学探査は、土壌におおわれた硬い岩盤中の割れ目の存在とその方向を探知しようとする方法である。すなわち、高温熱水の存在の有無に関係なく、断層・割れ目の存在を探知しようとするものである。従って、この断層、割れ目の中に地熱流体が貯留される部分は、高い地下温度を示す温度の異常地域でもある。

今回実施した断層追跡調査によって、まず断層の分布が明らかにされ、ついで行われた地下温度調査により、100m深度における地下温度の分布も明らかになった。

この両者の重ね合わせにより、断層、割れ目の方向と、70℃以上の高温帯の延びの方向と一致することは、地熱流体が断層・割れ目に貯留されていることを意味する。すなわち、ここに地熱貯留層の存在地域と延びの方向が明らかになったということである。

勿論今回実施した調査は、地下温度調査に関する限り深度100m程度までの深さであるから、より深いところでは、地熱流体の存在範囲がさらに広い範囲を占めるであろう事は十分に期待される。一応100m深度で70℃以上の範囲を地熱貯留層の範囲とみなすと、その規模は幅500m、延びの長さは1,000m以上となる。

上で述べた地熱貯留層の中に貯留される地熱流体の温度が少なくとも深度1,000m付近でどの程度の値を示すかがサンカンベン地域の地熱開発の問題に関して大きな分岐点となる。仮に、180℃以上の温度を有するとなれば、蒸気利用の地熱発電は可能であろう。しかし180℃以下160℃程度であれば、蒸気発電は無理であるにしてもバイナリーサイクルシステムによる地熱発電の可能性は残される。

このいずれであるかは、結局、調査井を掘削し、実際に流体温度を測定する以外に方法はないが、化学温度計により推定した地熱流体の温度が160℃～200℃を示すこと、さらに、地熱徴候地では深度20mで120℃、今回の地下温度調査の結果では地熱徴候地の東南側で最高112℃の温度が記録されたことなどから、サンカンベン地域の地熱貯留層の評価のため、今後、さらに調査井を掘削し、地熱流体の温度、割れ目の透水(量)係数等を測定する必要があるものと評価される。

結論として、

- ① GTE-7の坑内検層、とくに温度検層記録の解析結果から、GTE-7掘削地点は温水の

浸透地域に位置すると判断された。

- ② このため高温域（地熱徴候地を含む熱水湧出または存在地域）と低温域（水の浸透地域）を画する断層がGTE-7と地熱徴候地の間に存在すると想定された。
- ③ GTE-7の掘削結果からサンカンペン地域の地熱貯留層を評価する資料が得られなかったため、昭和60年に地熱徴候地周辺において断層追跡調査、地下温度調査を実施し、サンカンペン地域の地熱貯留層の実態を把握することになった。
- ④ 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により行われたが、その結果から地熱徴候地をはさむ両側にNW-SE系の断層の存在が知られた。一方、地熱徴候地の北側にNE-SW系の断層の存在が検知された。
- ⑤ EGATの協力により実施された深度100mの温度調査孔10本の掘削および孔内の温度測定の結果にもとづき孔底における地下温度の分布図が作成された。
- ⑥ この結果は断層分布ときわめて調和的であり、上記の2本のNW-SE方向の断層にはさまれた地域に沿って70℃以上の高温帯が分布することが知られた。以上の断層分布と地下温度の分布から想定される貯留層の広がり幅は500m以上、伸びは1,000m以上と想定された。
- ⑦ サンカンペン地域の地熱貯留層が蒸気発電、バイナリーサイクル発電の対象になり得るかどうかは、調査井を掘削し、流体温度、透水性等の測定を行い、その結果で判断する以外に方法はないと考えられる。
- ⑧ 化学温度計の結果から流体温度が160~200℃と推定されることから、さらに地熱徴候地、その南東部で各々100℃以上の地下温度が記録されていることなどから判断して、調査井の掘削は十分価値あるものと評価される。
- ⑨ EGATが計画しているGTE-8の掘削候補地点としてはフィンガープリント法による調査結果等を勘案し、温度調査孔No.9地点周辺の碎石場跡が望ましいと結論される。

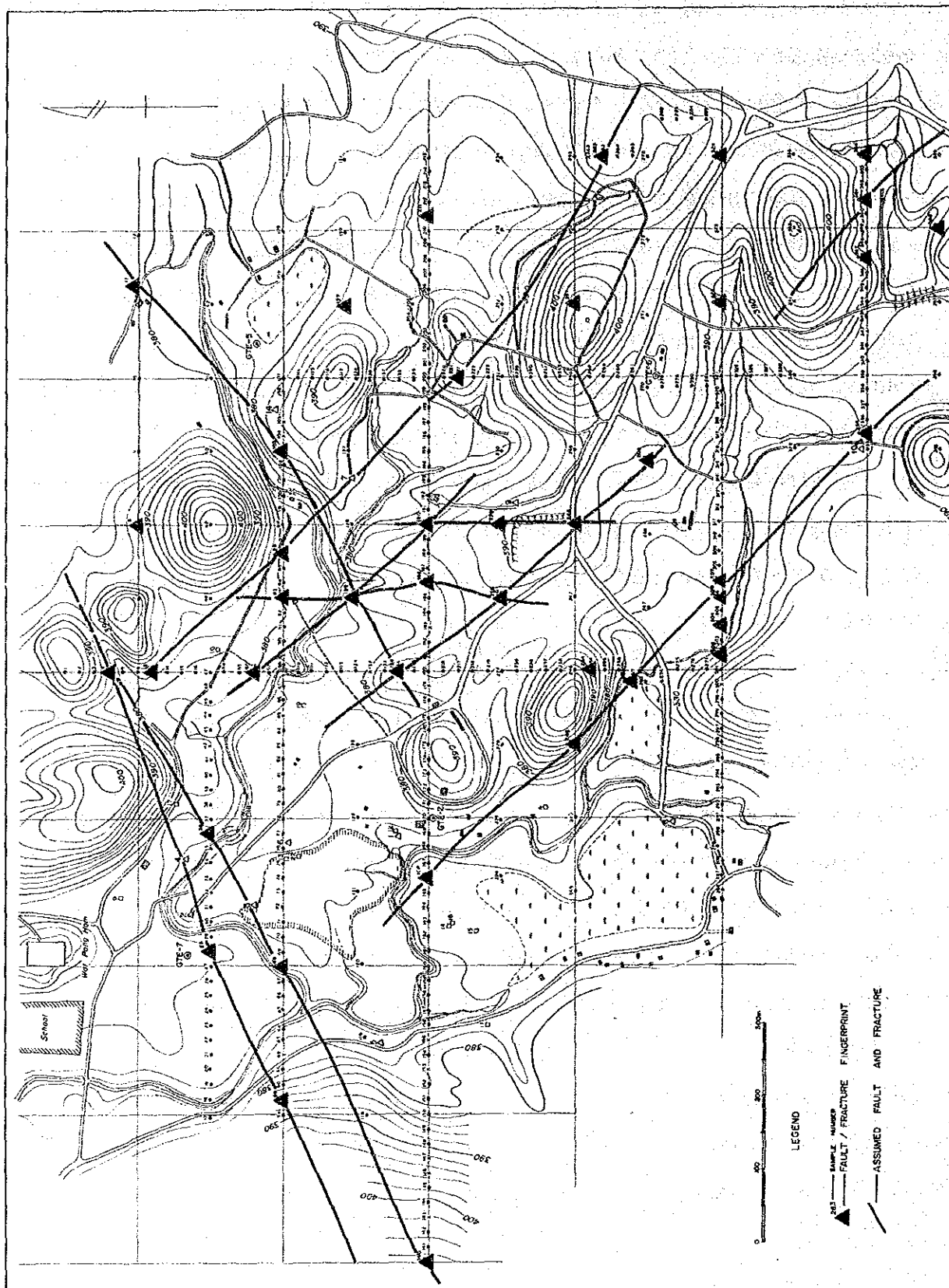


Fig. 4.2-3 Point and Pattern of Fault Fractures

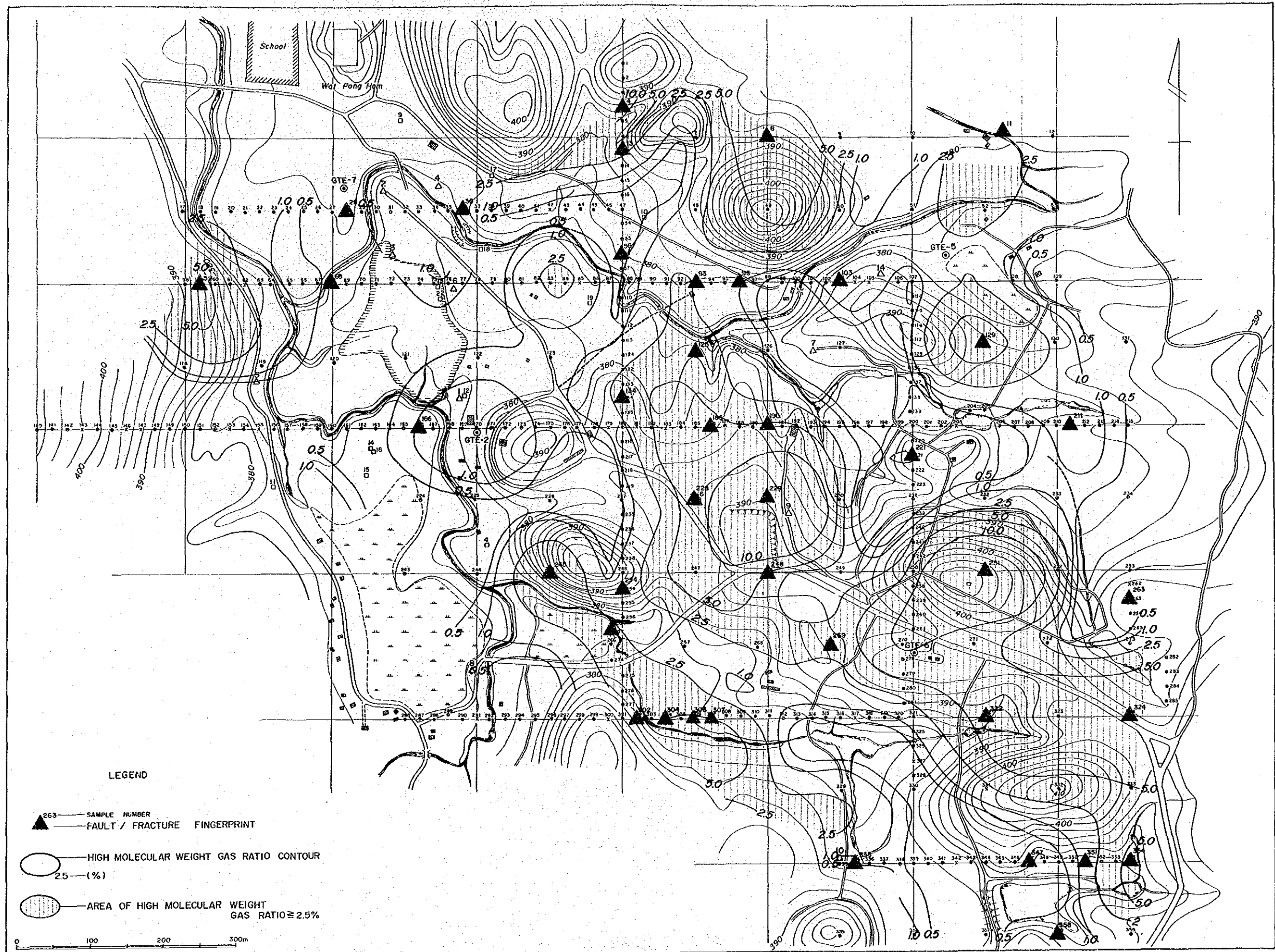
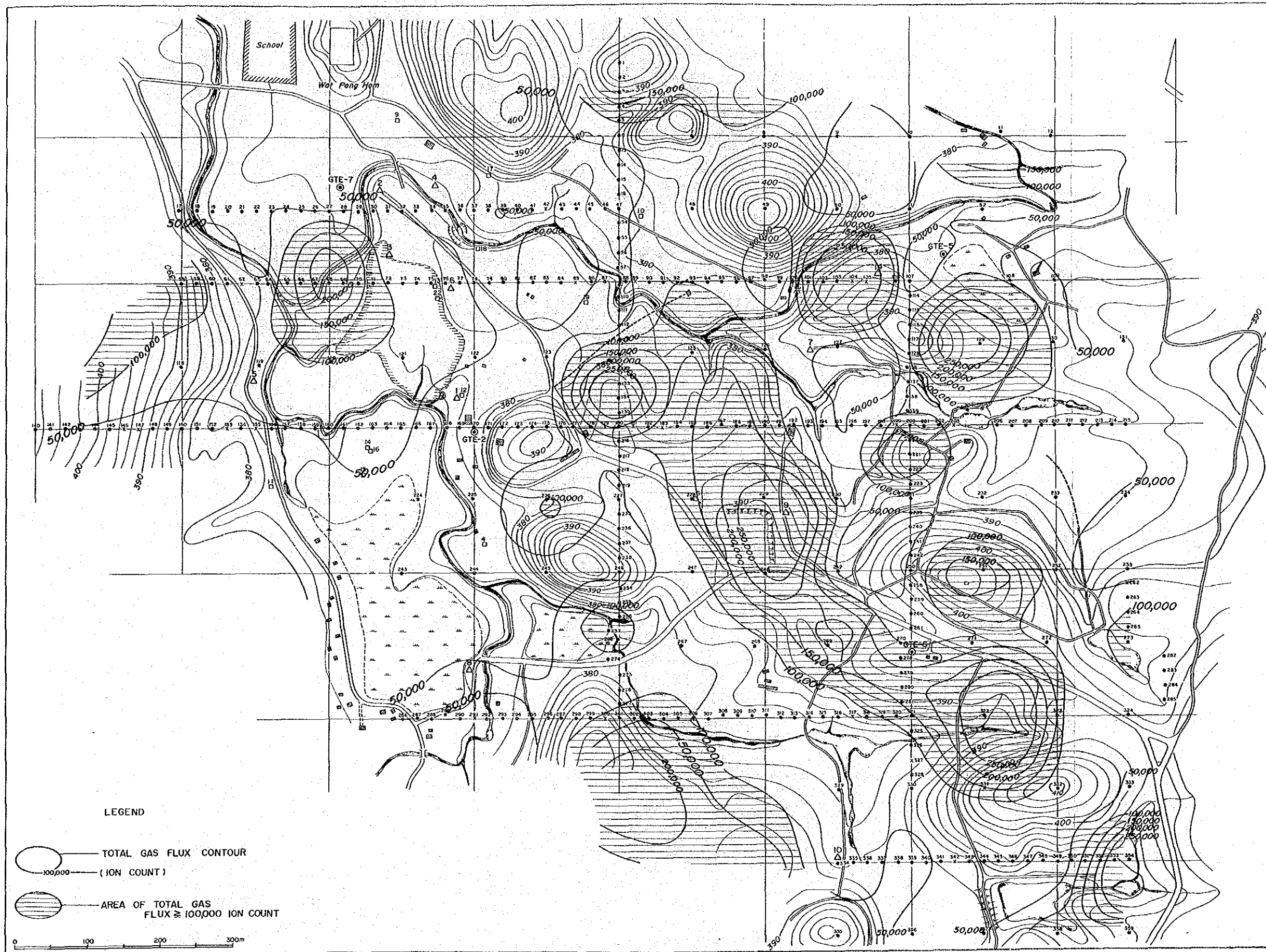

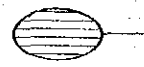


Fig. 4.2-4 Contour Map of High Molecular Weight Gas Ratio



LEGEND

- 
 TOTAL GAS FLUX CONTOUR
 100,000 (ION COUNT)
- 
 AREA OF TOTAL GAS FLUX \approx 100,000 ION COUNT

0 100 200 300m

Fig. 4.2-5 Contour Map of Total Gas Flux

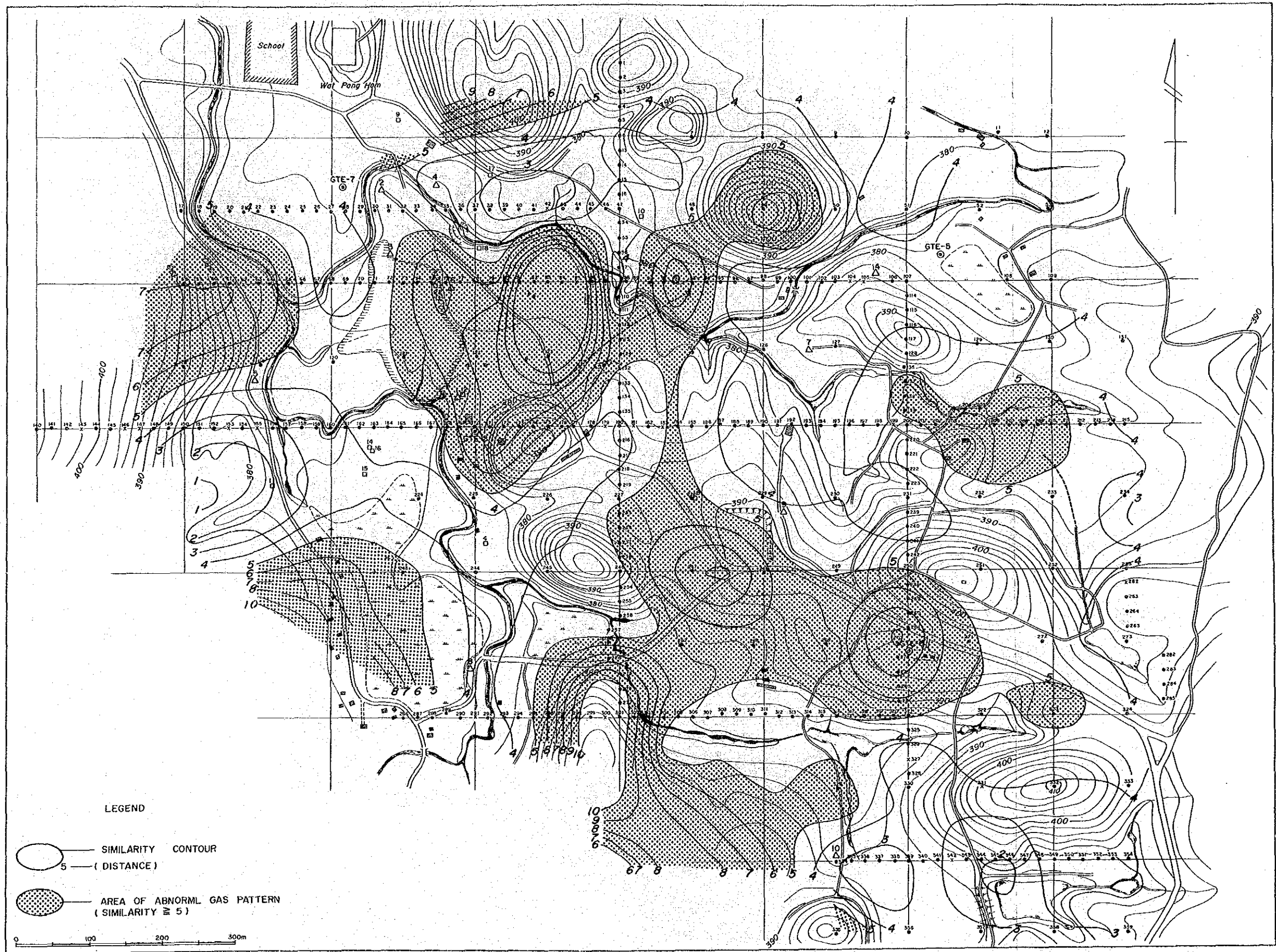


Fig. 4.2-6 Similarity Analysis

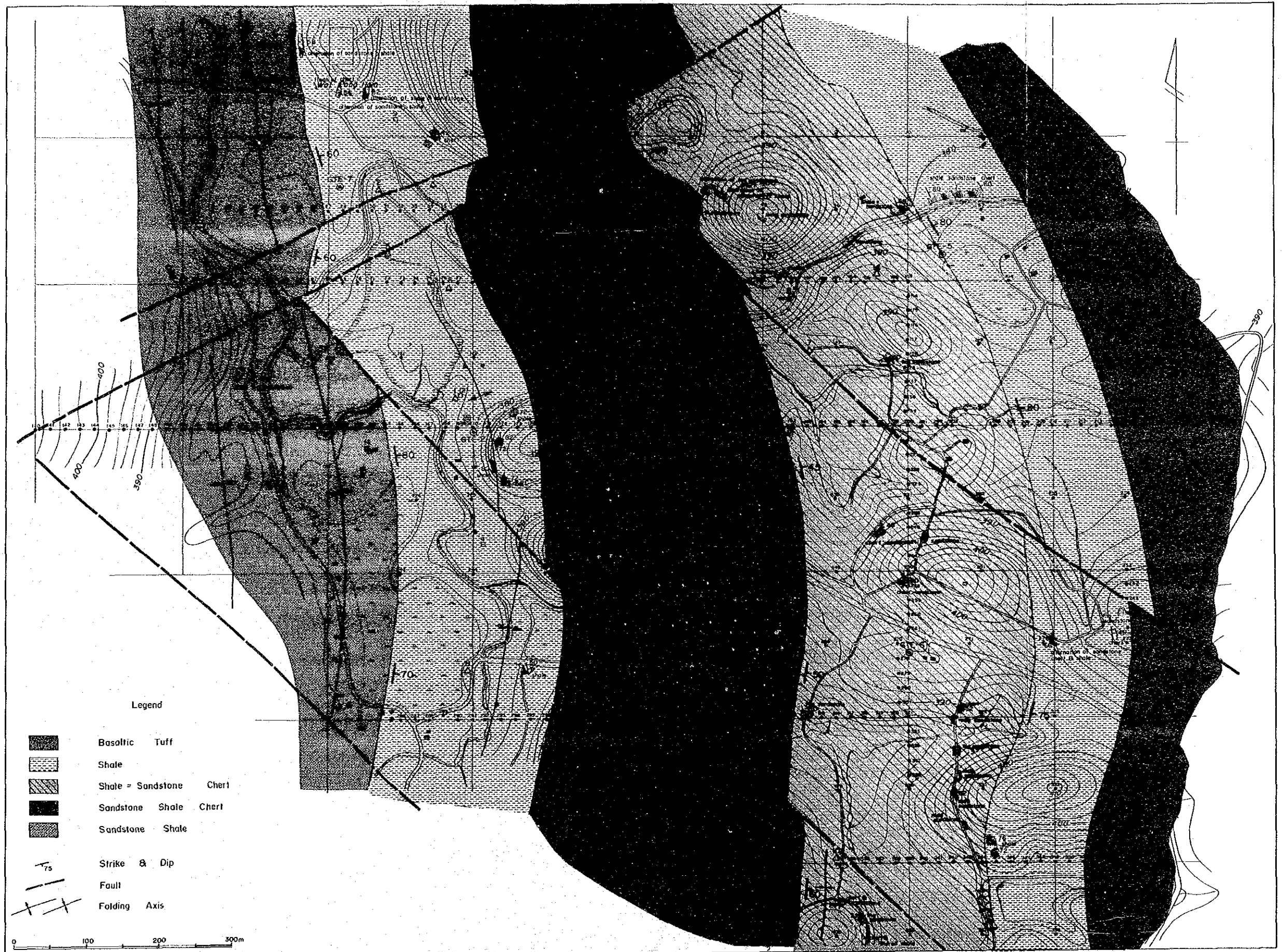


Fig. 4.2-7 Geological Map

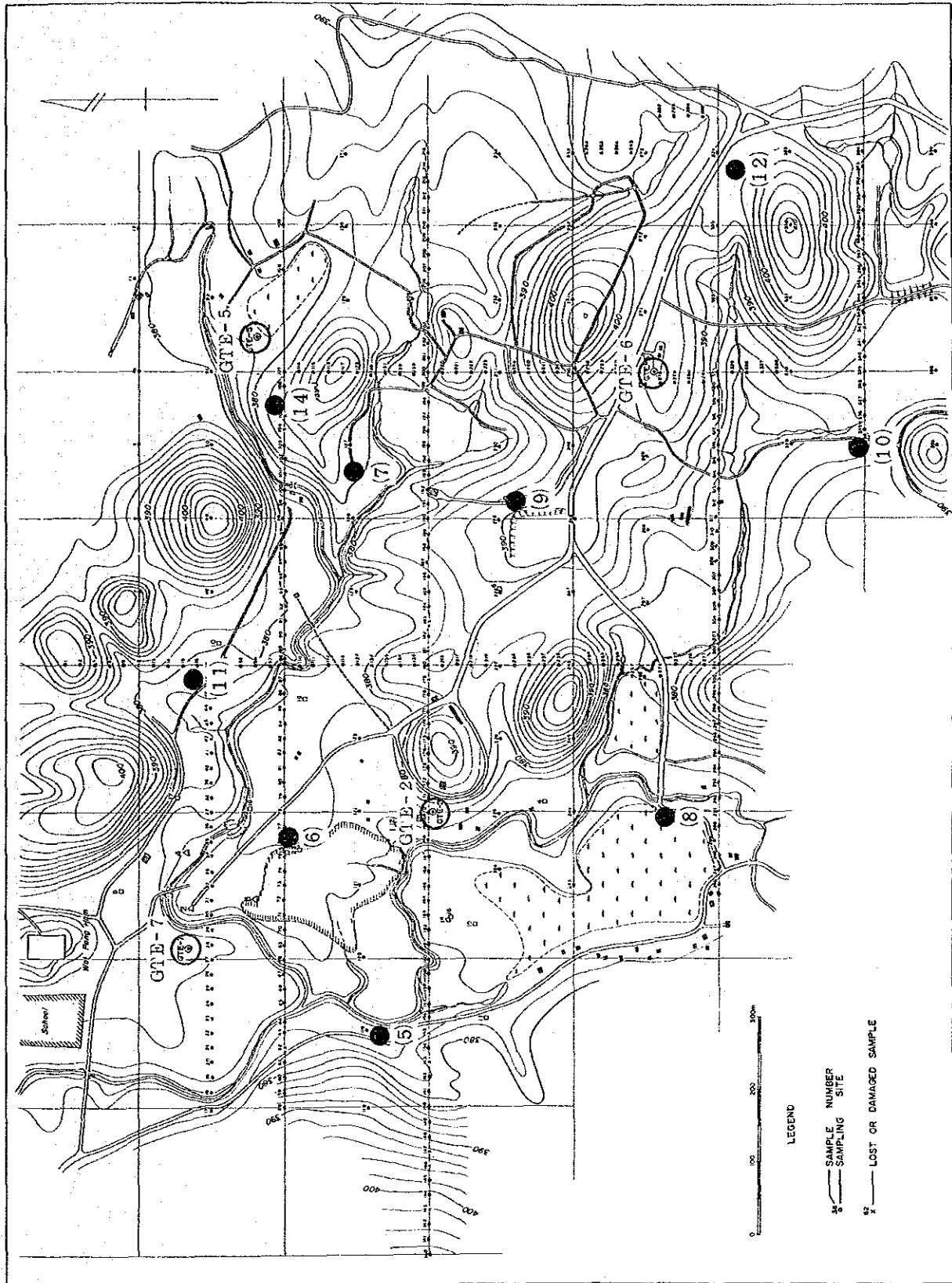
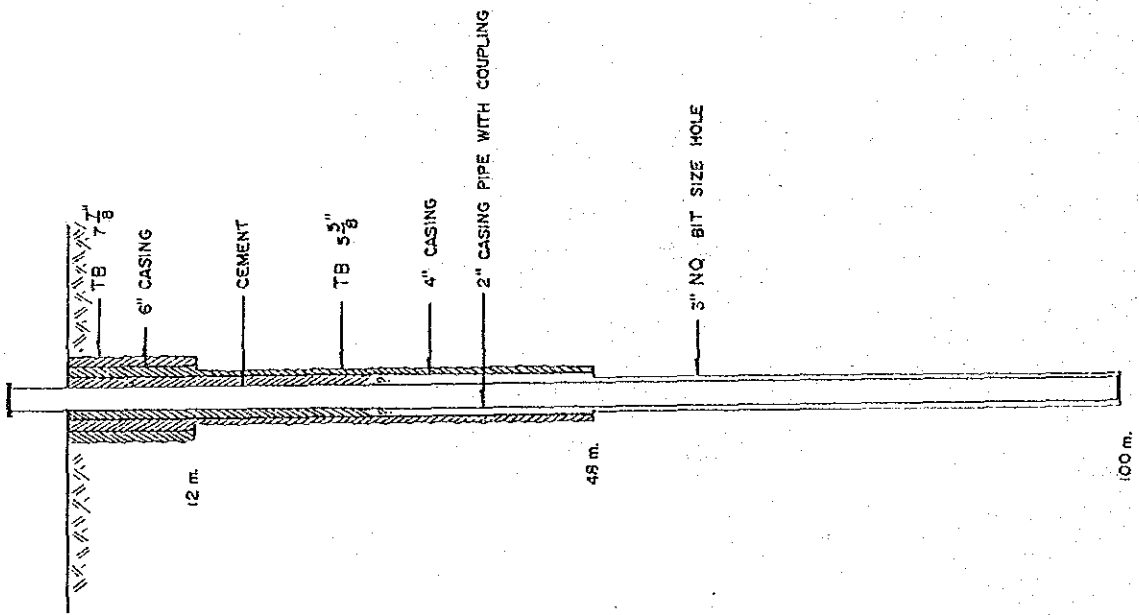


Fig. 4.3-1 Location of Temperature Survey Well

EGAT - 6



EGAT - 7

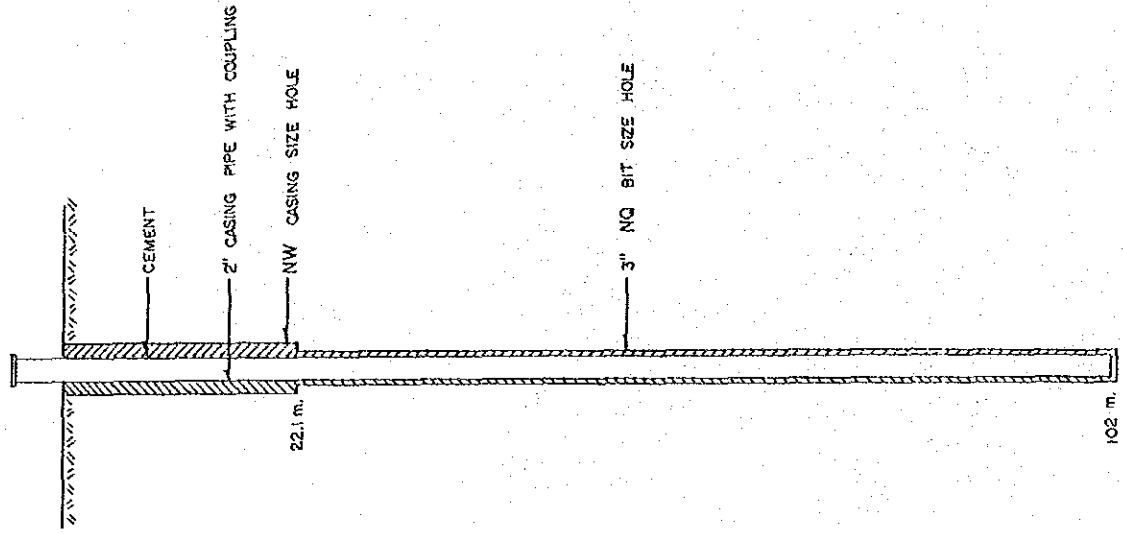
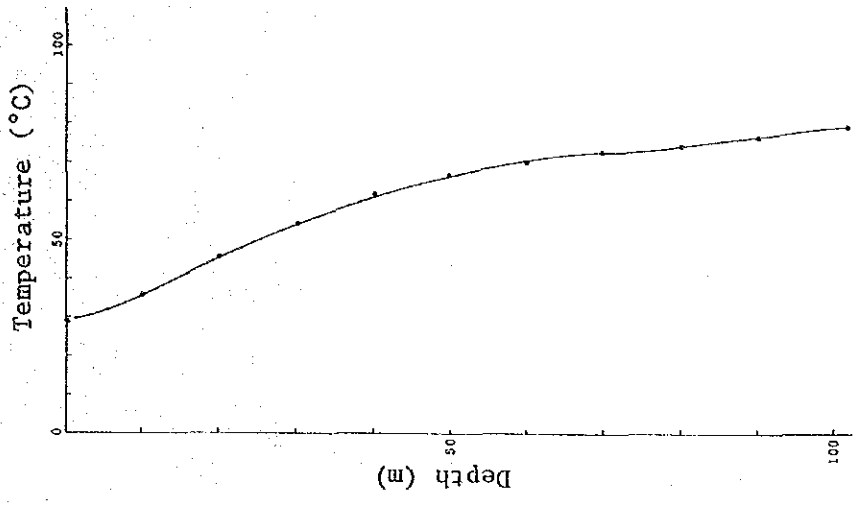
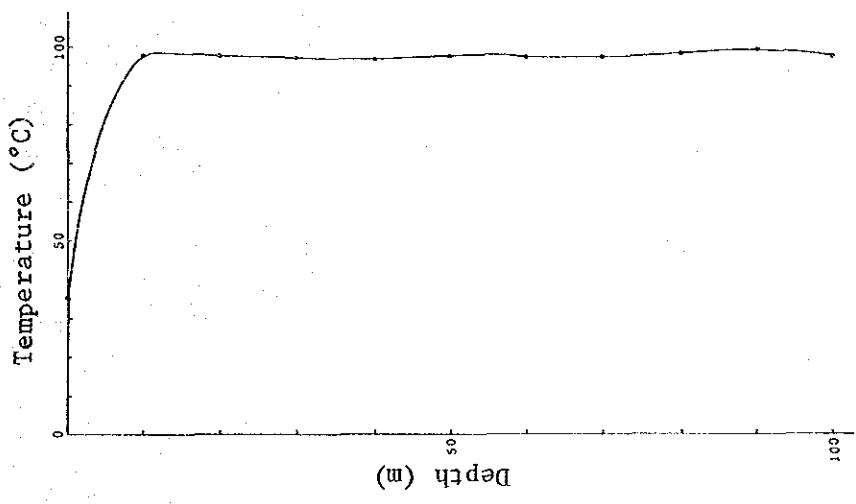


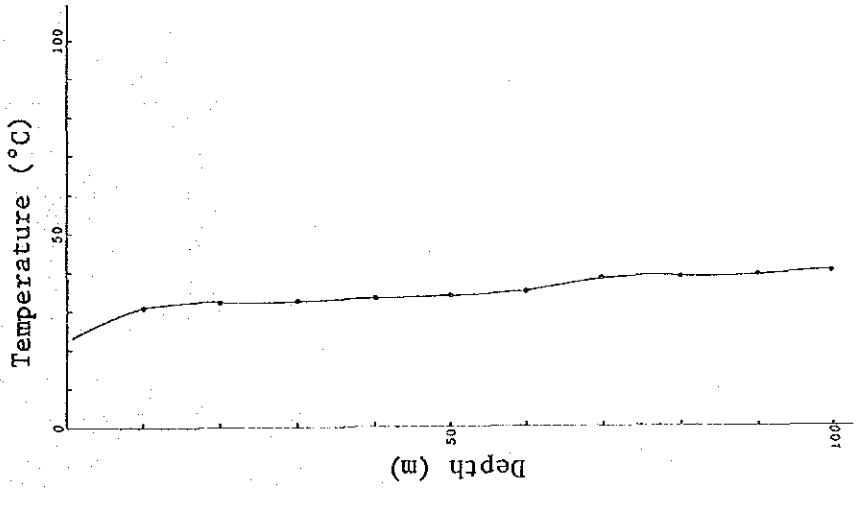
Fig. 4.3-2 Well Completion of Temperature Survey Well



No. 5 Heat Hole.

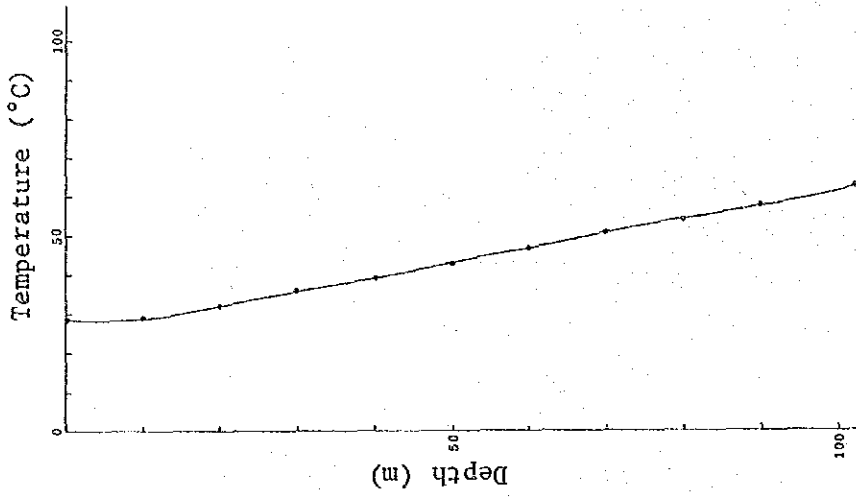


No. 6 Heat Hole.

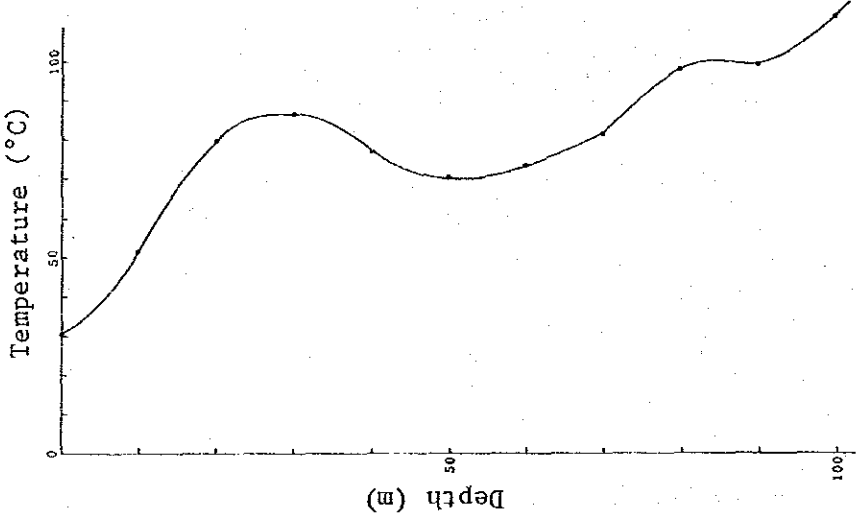


No. 7 Heat Hole.

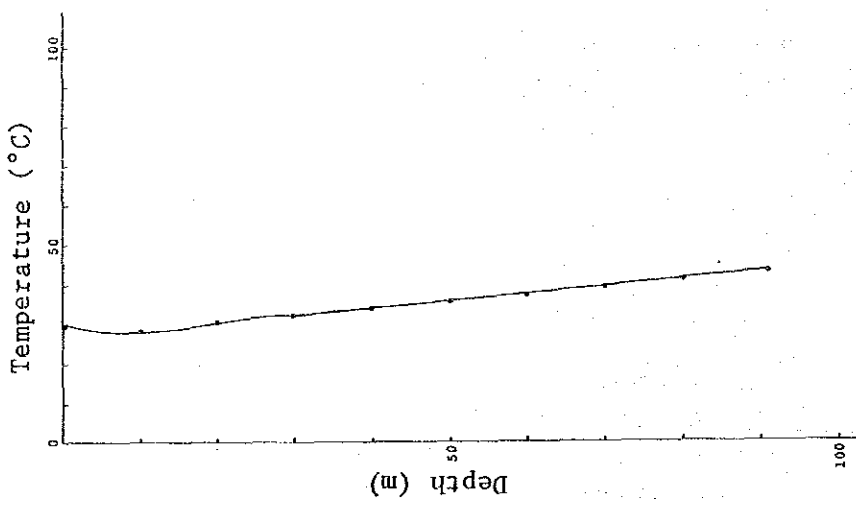
Fig. 4.3-3 Depth — Temperature Curve of Survey Well (1) ~ (3)



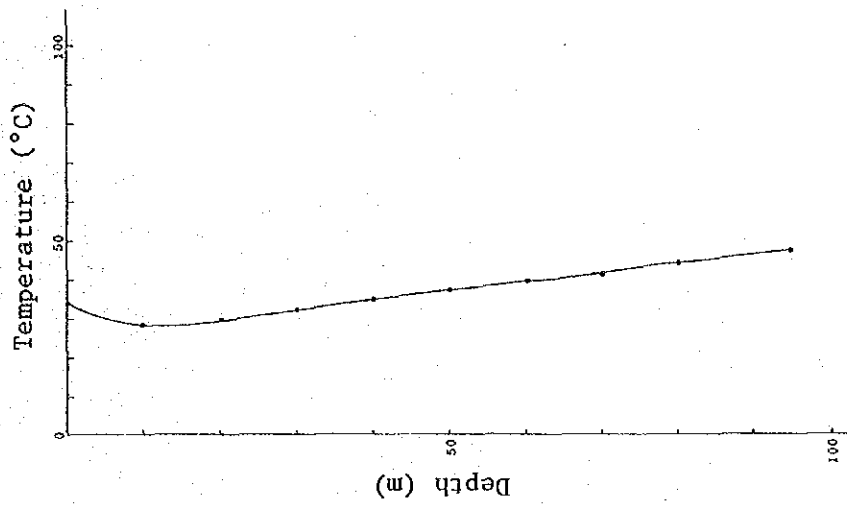
No. 10 Heat Hole.



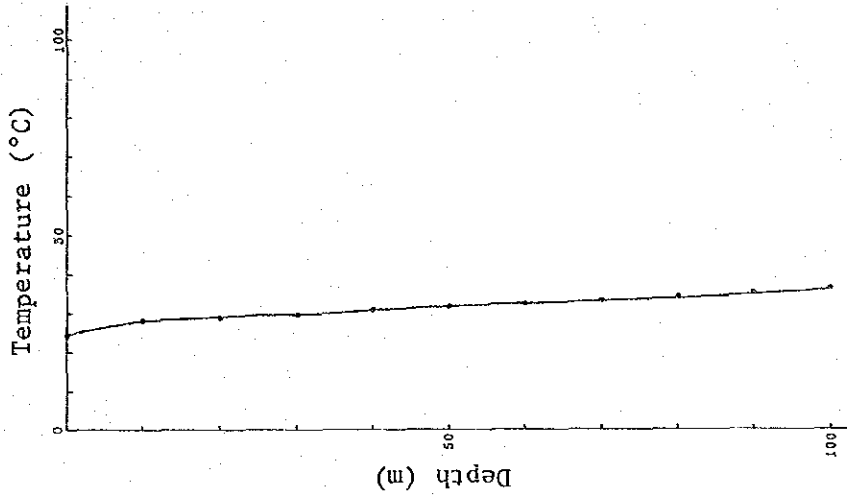
No. 9 Heat Hole.



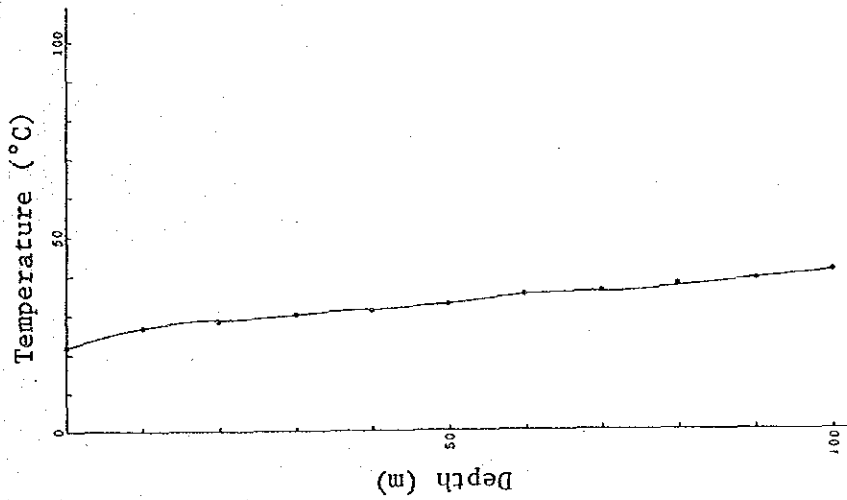
No. 8 Heat Hole.



No. 14 Heat Hole.



No. 13 Heat Hole.



No. 12 Heat Hole.

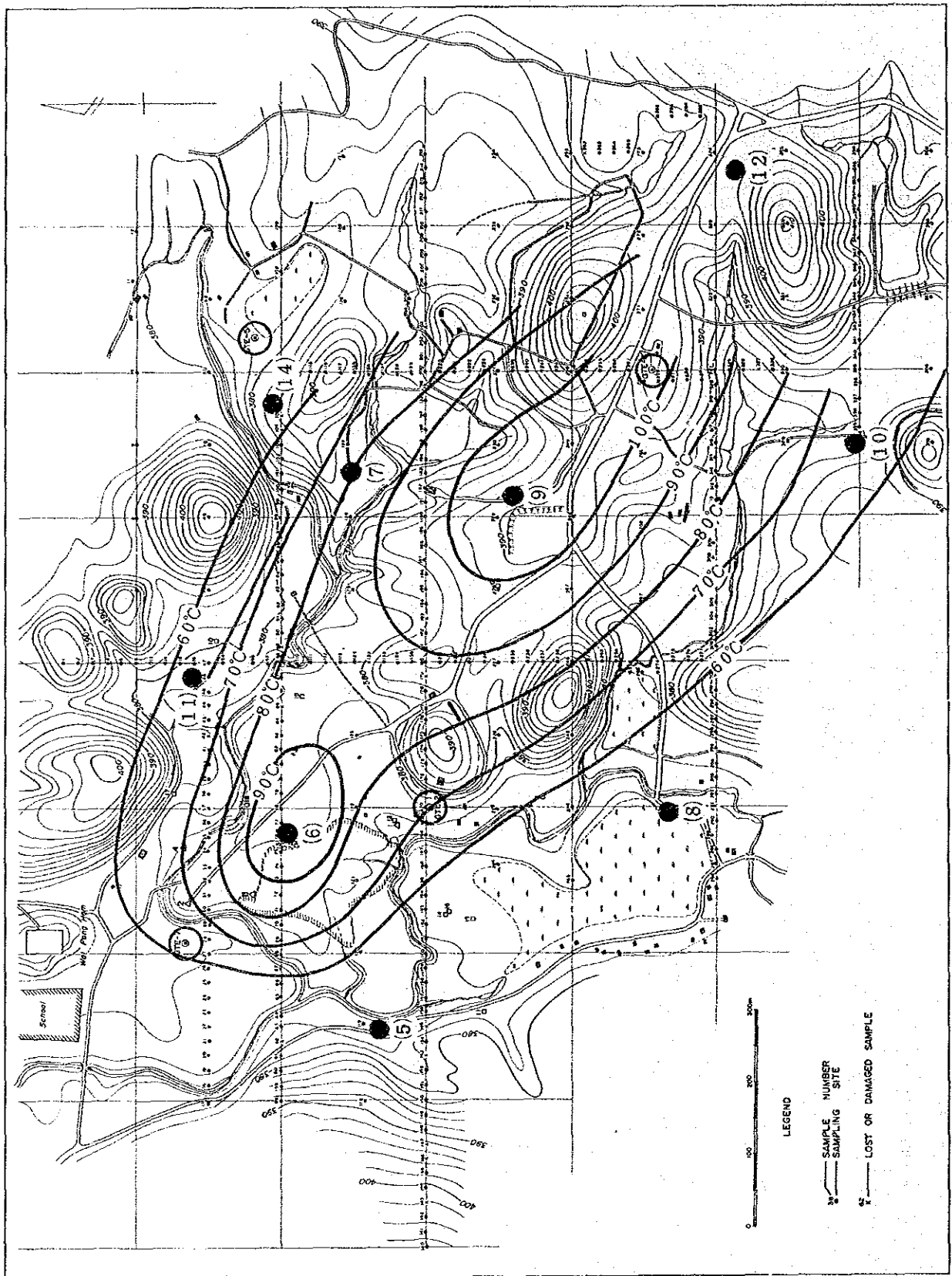


Fig. 4.3-4 Temperature Distribution at the Depth of 100 meters

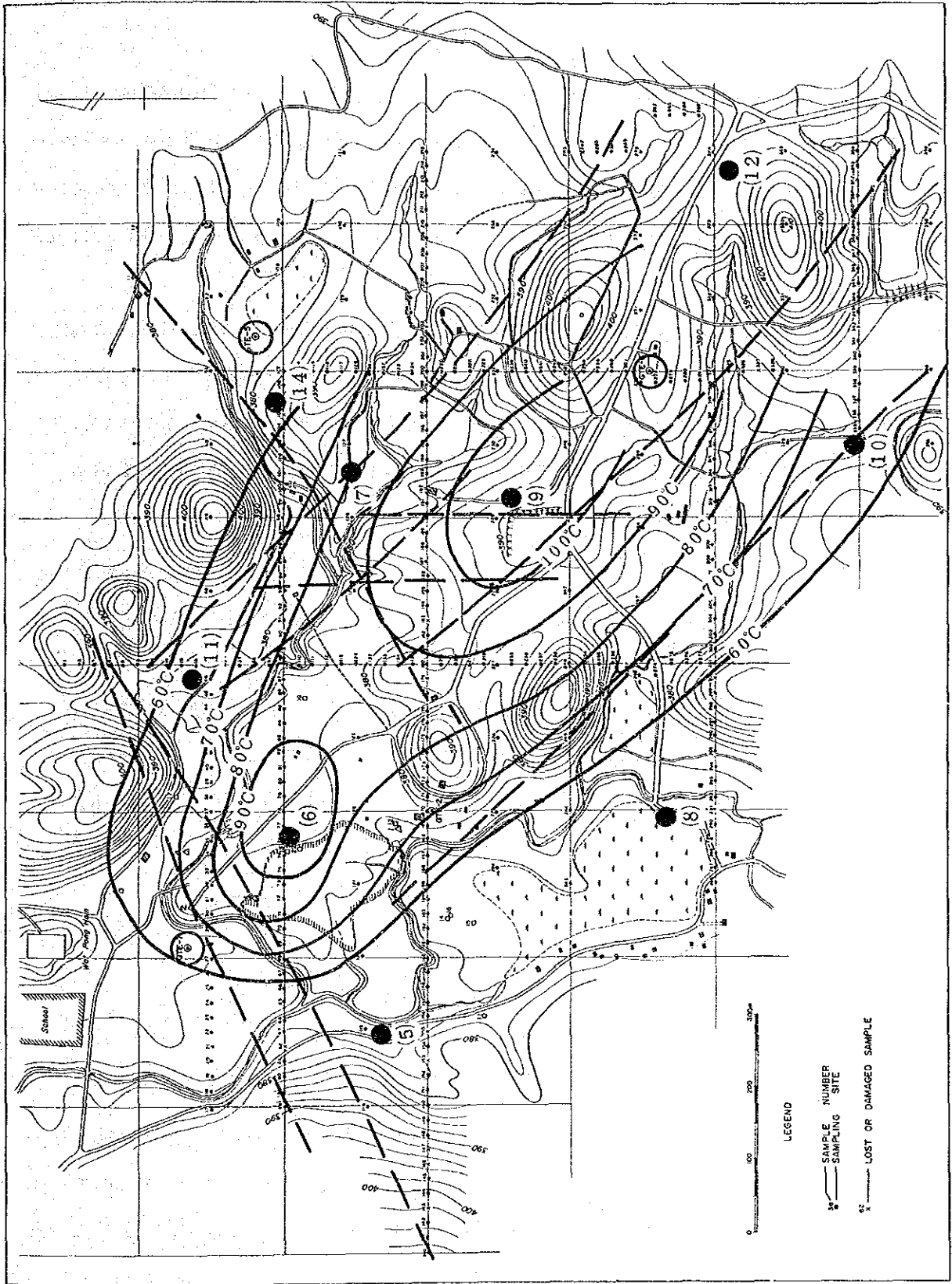


Fig. 4.3-5 Fault Structure and Temperature Pattern

5. GTE-8 の掘削および調査解析

5.1 GTE-8 掘削地点の選定

昭和60年度に実施した地熱徴候地周辺における断層追跡調査および100m深度の地下温度調査の結果から地熱徴候地を探索両側にNW-SE系の断層の存在が知られ、かつ100m深度の分布は上記断層分布と極めて調和的であることが明らかとなった。このように断層分布と70℃以上の地下温度の分布から想定される貯留層の拡がり幅は500m以上、延びは1,000m以上と推定された。

サンカンベン地域の地熱貯留層を評価するためには調査井を掘削し、流体温度、透水性の測定を行う必要がある。今回の調査結果からさらに調査井を掘削する価値があると判断されたため、EGATが計画しているGTE-8の掘削地点としては、フィンガープリント法の調査結果等を勘案し、地下温度調査孔№9掘削地点近傍の採石跡が適当であると判断された。

5.2 掘削状況

5.2.1 概況

(1) 掘削概要

1) 掘削場所

タイ王国サンカンベン地域 (Fig. 5.2-1)

2) 掘削内容

坑井名：GTE-8

掘削方位：垂 直

掘削深度：1,049.84m

最終坑径：HQ(98.7mm)

(2) 工程概要

資材の準備および設営作業は、すべてEGATにより行われた。掘削作業はJICA試錐技師の指導のもとに、EGAT試錐チームによって行われた。昭和61年11月13日に掘削が開始され、昭和62年3月15日深度518.07mに達した時点で一時中断された。掘削作業は同年5月29日より再開され、同年12月4日に深度1,049.84mに達し、掘止めとなった。

なお、掘削工程および掘削作業に関する主要データを Fig.5.2-2 および表 5.2-1, 2 に示す。

5.2.2 掘削作業

(1) 現場設備配置

試錐現場の設備配置は Fig.5.2-3 に示す。

(2) 使用機器設備

GTE-8 の掘削に使用した主要機器設備は、GTE-7 に使用したものと同一である。

(3) 掘削作業

調査井 GTE-8 の掘削計画においては、昭和60年の断層追跡調査の結果、深度 750.00 m ~ 1,200.00m間に予想された断層をターゲットとしてケーシングプログラムを作成した。掘削はこのケーシングプログラムにもとづき行ったが、予想以上の硬岩に遭遇し、ビット不足の事態が生じた。そのケーシングプログラムの変更を余儀なくされた。また深度 1,049.84m掘削中に試錐機ドラム（ブレーキ側）に亀裂が発生し漏水が生じたために、掘削具の降下が危険な状態となったので、掘削を中止せざるを得なかった。このため深度 1,049.84mで掘り止めとした。

掘削作業期間中の深度別作業の概要を表 5.2-3 に示す。以下深度区分ごとに作業内容を説明する。

1) 深度 0 ~ 37.00m

昭和61年11月13日、12 1/4" トリコンビットを使用して開坑した。深度 3.00m 付近で泥岩に着岩し、同 37.00 mまで掘削した。

掘削諸元は、次のとおりである。

泥 水：送泥量 780ℓ/min 送水圧力 5kg/cm²

ビット：ビット荷重 1.3 t、ビット回転数 20~30 rpm

10"ケーシングパイプを深度 29.60m まで挿入し、セメントで固定した。

圧送セメントスラリーの量および比重は次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合
1,760ℓ	1.80	普通セメント 2,080ℓ

2) 深度 37.00~203.00m

この区間は9 5/8" トリコンビットで掘削したが、深度100.00m 付近までの地層は、比較的軟質の頁岩および泥岩で順調な進行であった。以深は、硬質の細粒砂岩にかわり掘進率が低下した。このため、深度139.22m から7 5/8" トリコンビットおよび5 5/8" トリコンビットによる先掘を行ったのち、9 5/8" トリコンビットによって深度145.20m までの拡張掘を実施した。

深度37.00m~150.00m 間においては、しばしば逸泥個所に遭遇し、そのつど LCM およびスキーズセメンチングで防止した。

掘削諸元は次のとおりである。

泥 水：送泥量780ℓ/min、送水圧力7~12kg/cm²

ビット：ビット荷重3~5 t、ビット回転数25~45rpm

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度 (m)	30	60	90	120	150	180
入泥温度 (°C)	32.0	38.2	44.9	40.2	37.3	42.3
排泥温度 (°C)	39.6	41.8	45.6	42.6	41.6	44.9

8" ケーシングパイプを深度142.20m まで挿入し、セメントで固定した。フルホールセメンチングは2栓方式で行い、坑口よりセメントスラリーの溢流を確認した。圧送セメントスラリーの量、比重および配合は次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合
2,552ℓ	1.80	クラスGセメント 2,302 kg
		シリカフラワー 805.7kg (2,302kg×0.35)
		ペントナイト 69.0kg (2,302kg×0.03)
		分散剤 CFR-2 8.0kg (2,302kg×0.0035)
		遅硬化剤 HR-2 6.9kg (2,302kg×0.0030)

3) 深度 203.00~424.00m

7 5/8" トリコンビットで掘削した。一部、硬質の頁岩と砂岩に遭遇し掘進率が極め

て悪化したため、5 5/8" トリコンビットによる先掘を行ったのち、7 5/8" トリコンビットで掘削した。

深度 274.00m 付近で 40ℓ/min の溢流が認められたが、掘削を続行し深度 337.00m に達した所で坑内検層を行った。その結果、深度 270.00m で 110.3℃ の熱水の湧出が観測された。検層終了後、スキーズセメンチングを 2 回行い、湧出箇所を遮閉した。

その後、さらに 7 5/8" トリコンビットで深度 424.00m まで掘削した。

掘削諸元は次のとおりである。

泥 水：送泥量 660ℓ/min、送泥圧力 10~15kg/cm²

ビット：ビット荷重 3~5 t、ビット回転数 25~45 rpm

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度 (m)	210	240	270	300	330	360	390	420
入泥温度 (℃)	41.6	44.4	44.5	45.6	52.6	52.9	53.2	52.5
排泥温度 (℃)	43.8	47.0	47.6	52.0	56.4	57.9	59.2	60.4

坑内検層実施後、6" ケーシングパイプを深度 421.00m まで挿入し、セメントで固定した。フルホールセメンチングは 2 栓式で行った。圧送セメントスラリーの量、比重および配合は、次のとおりである。

スラリー量	スラリー比重	配 合
4,942ℓ	1.80	セメント 4,391ℓ

ケーシングパイプ固定後、管内外圧力試験を実施し、加圧力 20kg/cm²、保持時間 10 分で減圧のないことを確認した。

4) 深度 424.00~518.07m

深度 499.00m までは 5 5/8" トリコンビットで掘削した。岩質は、硬質の細粒砂岩を主体とし、深度の増加につれて、硬度を増す傾向が認められた。

深度 435.94m で 6ℓ/min の逸泥があったが、6" ケーシングパイプ管尻近傍のためスキーズセメンチングを実施し、確実に逸泥を防止した。

深度 499.00m 以深は、コアリングのため HQ-WL 工法によって掘削した。

深度 501.69m で 250ℓ/min の熱水が噴出した。検層の結果、深度 480.00m 付近の逸泥部からの噴出であることが判明した。噴出深度が浅部であること、また地熱流体の温度が 117℃と低いことから逸泥個所を閉塞することとし、スキーズセメンチングを 2 回実施し閉塞した。

掘削諸言は次のとおりである。

(5 5/8" トリコンビット掘削時)

泥 水：送泥量 380ℓ/min、送泥圧力 10~15kg/cm²

ビット：ビット荷重 2.5~4 t、ビット回転数 40~45rpm

(HQ-WL 掘削時)

泥 水：送泥量 110ℓ/min、送泥圧力 10~20kg/cm²

ビット：ビット荷重 1.5 t、ビット回転数 100~150rpm

この間の入排泥水の温度を以下に示す。

深 度 (m)	450	480	510
入泥温度 (℃)	49.9	50.3	46.2
排泥温度 (℃)	55.9	57.1	60.3

5) 深度 518.07~755.00m

HQ-WL 工法による掘削を行い、深度 643.24m で全量逸泥が発生した。その後泥水を清水に切替え掘削を試みたが、深度 653.44m で連続溢流に見舞われ、溢泥圧も 4~5 kg/cm² の値を示しインナーチューブの再挿入ができず掘削不能となった。そのため、5 5/8" トリコンビットで拡掘を行った。拡掘終了後、各種坑内検層を実施した。検層の結果、湧出量は 630ℓ/min であったが、地熱流体の温度が 120℃と比較的低いため、スキーズセメンチングを 2 回実施し、この個所を閉塞した。

その後、5 5/8" トリコンビットで掘削を再開したが、岩質が石英質細粒砂岩となり、極硬岩のため掘進率が低下した。深度 706.92m で全量逸泥に遭遇したが、泥水を清水に切り替え、逸泥掘りで深度 755.00m までの掘削を終了した。掘削終了後の各種坑内検層の結果、湧出量 1,140ℓ/min で地熱流体の温度が 120℃と比較的低いため、スキーズセメンチングを 3 回実施し、この個所を閉塞した。

掘削諸元は次のとおりである。

(5 5/8" トリコンビット掘削時)

泥水：送泥量 380ℓ/min、送泥圧力 10~15kg/cm²

ビット：ビット荷重 3~4 t、ビット回転数 40~45 rpm

(HQ-WL 掘削時)

泥水：送水量 100~200ℓ/min、送水圧力 10kg/cm²

ビット：ビット荷重 1.5~2.5 t、ビット回転数 100~200 rpm

4 1/2" ケーシングパイプを深度 752.50m まで挿入し、セメントで固定した。

ケーシングパイプセメンチングは、1 栓式方式で行った。

スラリー量	スラリー比重	配	合
7,196ℓ	1.50	API クラスGセメント	4,092kg
		シリカフラワー	1,637kg (4,092kg×0.4)
		フライアッシュ	1,023kg (4,092kg×0.25)
		ベントナイト	143kg (4,092kg×0.035)
		分散剤CFR-2	24kg (4,092kg×0.006)
		分散剤D-19	23kg (4,092kg×0.0055)
		遅硬剤HR-4	8kg (4,092kg×0.002)

セメントの硬化を待つて管内外テストを実施し、異状のないことを確認した。

6) 深度 755.00~1,049.84m

HQ-WL 工法によるコアリングを実施した。深度 749.20~894.50m までは角礫化帯を主体とした岩質で、掘削能率が向上した。その後、石英質砂岩に変わり、しばしば石英細脈が沈殿した岩相となりビットライフが極端に低下した。

深度 907.00m で全量逸泥に遭遇し、熱水が自噴した。ロッド昇降時には、バライトを混入した高比重泥水を注入し、熱水の噴出を抑制しながら掘削を行った。

深度 914.59m で各種坑内検層および噴出試験を実施した。その結果は、深度 907.00m 付近で 125.9℃ を記録し、湧水量は、960ℓ/min であった。

噴出防止のスキーズセメンチングを 6 回にわたり行い、26,063ℓ のセメントスラリーを注入した。

深度 915.45m で 150ℓ/min の全量逸泥が起ったが、逸泥防止は行わず、掘削を続

行した。深度 1,031.89m までの掘削を行った後、各種坑内検層および噴出試験を実施した。

坑内調査終了後、HQ-WL 工法掘削を再開したが、極硬質の砂岩（石英分 90%）が続き、ビットの消耗が激しくなった。昭和 62 年 12 月 4 日、試錐機ドラム（ブレーキ側）に亀裂が発生して漏水が生じ、掘削具の降下が危険な状態となったので、深度 1,049.84m をもって掘り止めとした。

掘削諸元は次のとおりである。

泥水：送水量 100~250 l/min、送水圧力 3~15 kg/cm²

ビット：ビット荷重 1.5~2.5 t、ビット回転数 100~200 rpm

(4) 掘削泥水

掘削泥水は地質状況、掘削方法（拡掘、コアリング）、坑壁状況、坑内温度により組成を変え、掘削状況、泥水の劣化等により新規調泥し全量交換または補泥を行った。各深度区分における泥水の組成を以下に述べる。

1) 深度 0.00~37.00m

深度 37.00m までの表土および風化した頁岩の掘削には、ベントナイトを主体とした泥水を使用した。

2) 深度 37.00~203.00m

この間の掘削にはベントナイト泥水を使用した。坑内温度の上昇にともない、徐々にテルナイト B H 泥水に切り替えた。しばしば逸泥個所に遭遇し、そのつどテルストップ G（粒状）、P（粉状）等有機質の逸泥防止剤を投入し、逸泥に対処した。

3) 深度 203.00~424.00

この間の掘削には、Q-B 泥水を主体とした泥水に切り替えた。深度 274.00m 付近で約 40 l/min の溢流が認められ、泥水比重、粘性が下がる傾向にあったが、ベントナイトおよびアスベスト等の量を多くし調整を行った。

4) 深度 424.00~755.00m

この間の掘削には、テルナイト B H を主体とした泥水を使用した。ここでもしばしば溢泥に見まわれ、泥水濃度が薄められ常に補充が必要であった。

深度 707.00m で全量逸泥が発生し、作泥が間に合わず清水に切り替え、深度 755.00m まで掘削した。

5) 深度 755.00~1,049.84m

ケーシングパイプ固定後、HQ-WLコアリングを開始し、深度907.00mの全量逸泥に遭遇するまでテルナイトBHを主体に作泥した。

深度907.00m以深では亀裂が多く発生し泥水の循環は見られず、地熱流体の噴出が起った。これを抑制するためビットの交換時にはバライトを混合した重比重泥水を送泥した。

(5) セメンチング

ケーシングパイプセメンチングおよび保坑セメンチング状況を表5.2-4に示す。

(6) 泥水温度の測定

掘削中は、入排泥水温度を測定、記録し、坑内状況の変化を知るためのデータとした。逸泥温度の測定結果をFig.5.2-4に示す。

(7) 掘削中の逸泥状況

掘削中の逸泥状況を表5.2-5に示す。

(8) ケーシングパイプ挿入状況

ケーシングパイプ挿入状況をFig.5.2-5に示す。

(9) 掘削能率およびコア採取率

掘削能率およびコア採取率を、Fig.5.2-6に示す。

5.3 坑井地質調査

5.3.1 概要

GTE-8の掘削中の2回(昭和62年3月4日~3月20日および昭和62年10月4日~10月20日)にわけて、カッティング・コアの地質調査を行った。調査区間は、深度8.00~1,031.98mまでである。

調査においては、地質・変質・フラクチャーに留意して肉眼観察を行い、地質柱状図を作成した。また代表的試料についてX線回折分析および流体包有物測定を行い、それぞれ変質構物の構成、脈鉱物の均質化温度を明らかにした。掘削中の逸泥および掘進率を解析し、フラクチャー分析について検討した。

GTE-8の地質は、大部分が黒色頁岩・石英質砂岩互層からなる。この地質坑井は近傍のGTE-6に類似しているが、石灰岩やチャートをほとんど含まず、GTE-7とはかなり異なっている。

5.3.2 地 質

GTE-8の地質は、石英質砂岩・黒色頁岩の互層からなり、二畳紀のKiu Lom 層に対比される。岩相から大きく4区分され、上位から頁岩・砂岩互層（深度0～421m）、砂岩卓越層（深度421～755m）、頁岩卓越層（深度755～926m）および砂岩卓越層（深度926～1,031.89m）から構成される（Fig. 5.3-1）。

(1) 頁岩・砂岩互層（深度0～421m）

10m程度の層厚の頁岩・砂岩互層が主体であるが、深度160～240m付近では40m程度の厚層をなす。

頁岩は黒色～暗灰色頁岩主体であるが、一部細粒砂質となり砂岩に移化する。また純粋な黒色頁岩はへき開が発達し、部分的にスリッケンサイドが形成されている。深度64～99mは淡緑灰色シルト岩で、薄層のラミナ（葉理）の発達が著しく、GTE-8の地質の中で特徴的な岩相である。

砂岩は石英質細粒砂岩でしばしば頁岩に移化する。一部はかなり石英質・堅硬で、チャートに近い岩相を示す場合がある。

(2) 砂岩卓越層（深度421～755m）

この区間は石英質細粒砂岩を主体とし、わずか層厚10m程度の頁岩を挟む。砂岩は細粒～中粒であり、一部は泥質岩相も含まれる。全体に塊状で地層面の発達は乏しく、一部珪化作用が強い。また、全般にフラクチャーに乏しく、かつ既存のフラクチャーは石英脈によって充填している。

(3) 頁岩卓越層（深度755～926m）

頁岩が主体であるが、一部に砂岩を挟有する。

頁岩は黒色頁岩で薄い砂質岩相を含み層理が発達する。場所によっては、引きちぎられたような形状の砂岩の単層あるいは岩塊を含む。この形状の砂岩が堆積時の同時礫なのか、造構時のブルアパートなのか明らかでない。

深度870.00～894.50mの区間は極めて複雑な岩相で砂岩と頁岩の頻繁な互層からなり、かつ角礫化した岩相と珪化作用によって特徴づけられる。とくに深度872～876mの区間は破碎が著しく、断層破碎と推定される。

(4) 砂岩卓越層（深度926～1,031.89m）

この区間は石英質細粒砂岩が主体であり、わずか黒色頁岩の薄層を挟有する。一部の岩相は極細粒で珪化をうけており、チャートに近い岩質を示す。

5.3.3 変質

(1) 変質の一般的特徴

深度0～499m間および同653.44～755.00間はトリコンビットによる掘削のため岩石試料はカッティングのみである。したがって詳しい脈鉱物・変質鉱物の種類ならびに産状は明らかでない。

坑井全般にわたって、石英脈の沈殿と黄鉄鉱の鉱染が著しい。石英脈は白色不透明で、幅が1～2 cm程度に達するものも含まれる。また頁岩中よりも砂岩中に、より頻繁に認められる。これは砂岩がぜい性で大形のフラクチャーが形成されやすいこと、また岩質的にシリカに富み熱水による溶出・再沈殿しやすいこと等の理由が考えられる。

(2) X線回折分析

坑井コアから代表的部分を選んで、X線回折分析を行った。検出された鉱物は少なく、石英・カリ長石（微斜長石）・緑泥石・セリサイト・黄鉄鉱である。（表5.3-1）

石英・カリ長石（微斜長石）はもっとも多量に含まれているが、大部分は熱水変質によるものではなく初生鉱物と考えられる。しかし石英の一部は明らかに空洞をもつ石英脈であり現在の熱水の通路になっている場合もあるので、最近の熱水活動によって形成されたとみられる。また珪化作用による2次石英も存在する。

緑泥石・セリサイトはその成因からみて、脈状の熱水変質によるものと続性的な変質によって形成されたものの2種類がある。しかし量的には、いずれも石英・カリ長石に比べて微量である。

深度872.10mの分析試料は、砂岩・頁岩互層で、破碎の著しい岩相である。X線回折分析によると緑泥石・黄鉄鉱は全く検出されず、逆にセリサイトが中量程度検出されている。このセリサイトは破碎帯のフラクチャーに沿った、脈状の熱水変質鉱物と考えられる。

黄鉄鉱は大部分が微細なフラクチャーに沿うフィルム状鉱染型であるが、一部は既存の大型フラクチャーに沿う脈状型あるいは空洞に晶出して小さい塊をなす空洞晶出型も認められる。

(3) 流体包有物の均質化温度

代表的コアから選び出した脈鉱物について、流体包有物の均質化温度を測定した。試料は深度872.10mの破碎部から得られた脈状石英と、深度1,023.59m砂岩中の脈石英の2種である。（Fig. 5.3-2、表5.3-2）

測定された均質化温度の範囲は、119～134℃である。最低均質化温度は深度872.10m

で121℃、深度1,023.59mで119℃であり、これはスタンディングタイム51時間の温度検層結果（昭和62年10月9日）とほぼ一致する。この事実は、コア中の脈石英が空洞をもつことと考え合わせ、現在の熱水活動によって流体包有物を含む石英脈が沈澱しつつあることを示す。

表 5.3 - 1 GTE-8 変質岩の X 線回折分析結果

Depth	Constituent Mineral		Quartz	K-feldspar	Chlorite	Sericite	Pyrite					Remark
	Rock											
506.90	Quartzose sand stone		◎	△	●	●	●					○ Much ○ Common △ Few ● Very rare
643.24	Quartzose sand stone		◎	◎	●	●						
872.10	Beccia		◎			○						
906.49	Quartzose sand stone		◎	△	●	△	●					
907.00	Quartzose sand stone		◎	△	●	●						
928.00	Quartzose sand stone		◎	◎		●	●					
972.90	Quartzose sand stone		◎				●					
1,023.59	Quartzose sand stone		◎	●		●						

表 5.3 - 2 GTE-8 流体包有物の均質化温度

Depth	Mineral	Homegenized Temperature (°C)
872.10 m	Vein quartz	121, 121, 126
1,023.59 m	Vein quartz	119, 119, 122, 122, 12.4, 13.4

5.3.4 フラクチャー

フラクチャーの観察できるコアは深度499.00~653.44m および同755.00~1,031.89mの区間でえられた。

深度499.00~653.44m は堅硬な石英質細粒凝灰岩であり、ほとんど完全な棒状コアとして採取される。高角でシャープなフラクチャーが発達するが、大部分石英によって充填され

ており、空隙を有するものは一部である。

深度 871.54~876.04m の区間は、著しく破碎した砂岩と頁岩の互層である。石英脈が密に発達しており、頁岩角礫化し、石英脈中にとりこまれた形状を呈する。深度 920m 付近は頁岩と砂岩の薄互層であり、フラクチャーの発達が著しい。全体にタテ型の石英脈が進入しており、珪化作用も強い。石英脈に伴い空洞が残されており、表面に針状~柱状の水晶が形成されている。深度 920m 以深は、採取されたコアは破断されていて、連続した棒状のコアは少ない。またコア回収率も小さいが、これはフラクチャーが発達していて切り離されやすく、破片化しやすいことを示している。

掘削中の逸泥は、地層中の透水性フラクチャーの存在を示す。GTE-8 の掘削中は逸泥あるいは溢泥が多発したが、主な発生箇所は次の 5 ゾーンである (Fig.5.3-1)。

(1) 深度 100m 付近の逸泥ゾーン

深度 64~99m の区間の淡灰色シルト岩の上下で発生している。とくに深度 119.22~121.50m では 40~50ℓ/min の逸泥量を示し、フラクチャーの規模が大きいことを示す。このゾーンは温度検層結果の異常部にも相当し、浅部の温泉帯水層を形成していると考えられる。

(2) 深度 250m 付近の逸泥ゾーン

このゾーンの逸泥量はあまり大きくない。深度 272.80~279.34m では 8~17ℓ/min の溢泥が発生した。温度検層結果でも、この付近で温度の上昇が認められ、地熱流体の影響が示される。

(3) 深度 450m 付近の逸泥ゾーン

細粒~中粒の石英質砂岩からなるが、深度 459~467m の間に暗灰色頁岩を挟有する。深度 435.94m で 6ℓ/min の逸泥が発生し、深度 472.94~484.00 では 5ℓ/min の溢泥が発生した。温度検層およびフローメータ検層により、この溢泥ゾーンが地熱流体の供給ポイントであることが明らかになった。

(4) 深度 600~700m 周辺の逸泥ゾーン

このゾーンの逸泥は非常に大きく、深度 643.24m で 110ℓ/min、深度 706.92m で 350ℓ/min であった。逸泥が激しかったためコア掘りができず、トリコーンビットによって掘削された。地質は大部分が石英質細粒砂岩であり、フラクチャーは石英脈中の空洞性と想定される。

(5) 深度900m付近の逸泥ゾーン

深度907.00mで110ℓ/min、915.45mで150ℓ/minの逸泥がそれぞれ記録されている。このゾーンの地質は砂岩・泥岩の薄互層で、空洞が保存された石英脈が発達している。温度検層・フローメータ検層により、深度915.45mおよびそれ以深のオープンフラクチャーが熱水の供給ポイントであることが確認された。

5.4 坑井テスト

調査井GTE-8の掘削に伴う坑井テストとして、掘削途中における坑内検層と噴気時の坑井内測定、噴出試験を実施した。

これらの測定、試験は、調査井周辺地層の物理特性を把握すること、および地熱流体が噴出した場合は、その流体特性、貯留層特性を明らかにするために行うものである。

実施した坑井内調査については、静止状態で行った坑内検層と、噴出状態で行ったプロダクションテストおよび噴出試験とに分けて以下に述べる。

5.4.1 坑内検層

(1) 概要

坑内検層は、掘削および施工状態に合わせて実施した(表5.4-1)。

第1段の検層は、深度203mまで掘削時のケーシングパイプ(8")挿入前の昭和61年12月に行った。

第2段の検層は、掘削深度424m時点の湧水状態で、昭和62年2月に行った。

第3段の検層は、掘削深度501m時点の昭和62年3月に、第4段は、掘削深度755m時点の昭和62年7月に、第5段は、掘削深度1,031m時点での昭和62年10月～11月に実施した。

使用した測定機器、測定方法はGTE-7で実施した時と同様である。

表 5.4 - 1 GTE-8 検層概要一覧

検層段階		検層項目	備考
第1段	0～203m	温度検層、電気検層 圧力検層、キャリパー検層 電気検層、温度検層	タイ側で実施
第2段	0～424m	温度検層、電気検層 圧力検層、キャリパー検層 音波検層、フローメーター検層	タイ側で実施
第3段	0～501m	温度検層、電気検層 圧力検層、キャリパー検層 音波検層、フローメーター検層	日本側立会い
第4段	0～755m	圧力検層、キャリパー検層 フローメーター検層	タイ側で実施
第5段	0～1,031m	温度検層、電気検層 圧力検層、キャリパー検層	日本側で一部立会い

(2) 検層結果

坑内検層は、各種の検層をしばしばに実施しているが、その中で得られた主な結果を以下に述べる。

1) 第1段階検層結果

この段階における坑井内の状態は、掘削深度 203m でのケーシングパイプを挿入する前の状態である (Fig. 5.4-1 および表 5.4-2)。

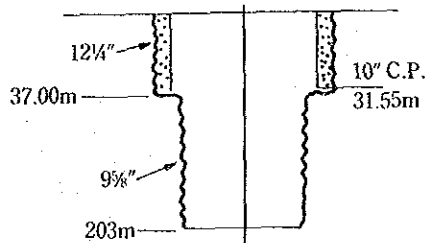


Fig. 5.4-1 Well State in Logging of GTE-8 (Stage 1)

検層結果は次のとおりである。

- ① 温度検層の結果は、坑口よりゆるやかな上昇を続け 203mまで大きな変化はない。最高温度は深度 203m (坑底) の 85.2℃である (Fig. 5.4-2)。

表 5.4-2 GTE-8 検層経過一覧 (第 1 段)

項目 \ 種類	温度検層	電気検層	圧力検層	キャリパー検層
測定月日	S.61.12.23	S.61.12.23	S.61.12.23	S.61.12.23
掘削深度	203m	203m	203m	203m
最終ケーシング	10" 31.55m	10" 31.55m	10" 31.55m	10" 31.55m
ポンプ停止時刻	S.61.12.23 17:00	S.61.12.23 17:00	S.61.12.23 17:00	S.61.12.23 17:00
スタンディング・タイム	3hr	—	—	—
測定時刻	19:55~20:15	21:50~22:03	20:38~20:52	—
測定深度	0~203m	30~200m	0~203m	0~200m
その他	最高温度 85.2℃(203m)	—	最高圧力 19.3kg/cm ² G (203m)	—

- ② 電気検層結果によれば、深度100m深まで低比抵抗を示すがそれ以深では変化が大きくなり、深度 120m、150m、170m、190m、付近にピークがあり 500~550 Ω-m を示す。SP曲線では深度 130m、160m付近に急激な変化がみられる (Fig. 5.4-3)。
- ③ 圧力検層によれば、坑内水位は約 16 m 付近にあり、坑底 (203m) の圧力は 19.3 kg/cm²G である (Fig. 5.4-4)。

2) 第 2 段検層結果

深度 424m まで掘削した時点で、坑井内から流体の湧出があり、ケーシングパイプ挿入前に湧出状態で検層を行った (Fig. 5.4-5 および表 5.4-3)。

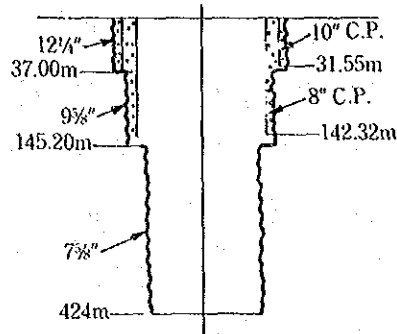


Fig. 5.4-5 Well State in Logging of GTE-8 (Stage 2)

検層結果は次のとおりである。

- ① 掘削用ポンプを停止しても、湧水が生じており、温度検層によれば、深度270m深で最高温度値110℃を示し、その深度まで直線的に温度が上昇することから、深度270m付近より湧水していることがわかる。またそれ以深は、温度が低下し、深度360m付近より再び上昇し坑底(424m)では94.2℃となる。坑口における湧水温度は78.8℃である (Fig. 5.4-6)。
- ② 電気検層結果によれば、深度270m深までは流体が流動していると思われたため測定値は参考データとして扱った。測定した深度140~424m間では、比抵抗分布は大きく変化

表 5.4-3 GTE-8 検層経過一覧(第2段)

項目 \ 種類	温度検層	電気検層	圧力検層	キャリパー検層	音波検層
測定月日	S.62.2.16	S.62.2.16	S.62.2.16	S.62.2.16	S.62.2.16
掘削深度	424 m	424 m	424 m	424 m	424 m
最終ケーシング	8" 142.32 m	8" 142.32 m	8" 142.32 m	8" 142.32 m	8" 142.32 m
ポンプ停止時刻	S.62.2.16 6:00	S.62.2.16 6:00	S.62.2.16 6:00	S.62.2.16 6:00	S.62.2.16 6:00
スタンディングタイム	湧水状態	—	—	—	—
測定時刻	10:56 ~ 11:40	14:20 ~ 14:42	15:40 ~ 16:17	10:10 ~ 10:37	19:53 ~ 20:32
測定深度	0 ~ 424 m	140 ~ 420 m	0 ~ 424 m	0 ~ 424 m	10 ~ 424 m
その他	最高温度 110.7℃ (273 m)	—	最高圧力 40.2 kg/cm ² G (424 m)	—	—

する傾向を示し、1000 Ω -m以上が主である。最大比抵抗値は、深度260m、270m付近で1,000 Ω -m以上を示す。深度370~380m付近は低比抵抗ゾーン(20~60 Ω -m)であり、SP曲線の変化とも対応している(Fig. 5.4-7)。

- ③ 圧力検層によれば、坑口から坑底まで一直線で上昇しており、坑底(424m)での圧力は40.2kg/cm²Gである。
- ④ なお、フローメーター検層によれば、260~270m間で流入していることがわかり温度検層による湧出深度一致する。

3) 第3段検層結果

深度501mまで掘削した時点で、坑井内からより強い熱水湧出があり、この段階で流体の特性をとらえるために、湧出状態での検層を実施した。この検層には、JICA側も立会い、データの収集・検討を行った(Fig. 5.4-8および表5.4-4)。

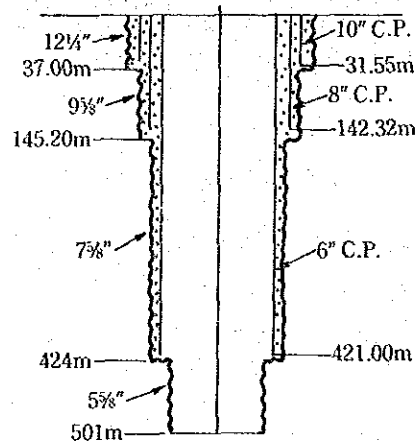


Fig. 5.4-8 Well State in Logging of GTE-8 (Stage 3)

検層はバルブを全開し、噴出状態で実施した。噴出は、最初は連続的であるが、次第に間けつ状態になる。噴出量は大体5 t/hと推定される。

検層結果を以下に示す。

- ① 温度検層は、深度499m深の静止状態と、湧水後の噴出状態で実施した。静止状態(スタンディングタイム15hr)での温度分布では特に大きな変化はなく、深度380m付近で少し温度が高くなっている。坑底(499m)での温度は113.8 $^{\circ}$ Cを示す。

噴出状態での温度分布は、坑口から坑底まで直線勾配で上昇しており、最高は深度500m深の117 $^{\circ}$ Cである(Fig. 5.4-9, 10)。

- ② 電気検層は、湧水状態であるため参考データとしたが深度470m以深での比抵抗値が急

表 5.4 - 4 GTE-8 検層経過一覧(第3段階)

項目	種類		電気検層	圧力検層	キャリパー検層	フロー メーター検層
	温度	検層				
測定月日	S.62.3.3	S.62.3.5	S.62.3.5	S.62.3.5	S.62.3.5	S.62.3.5
掘削深度	499 m	501 m	501 m	501 m	501 m	501 m
最終ケーシング	6" 421 m	6" 421 m	6" 421 m	6" 421 m	6" 421 m	6" 421 m
ポンプ停止時刻	S.62.3.2 22:00	S.62.3.4 8:00	S.62.3.4 8:00	S.62.3.4 8:00	S.62.3.4 8:00	S.62.3.4 8:00
スタンディングタイム	15hr	噴出	—	—	—	—
測定時刻	13:18 ~ 14:06	15:25 ~ 16:15	19:04 ~ 19:10	—	11:38 ~ 11:44	18:00 ~ 22:00
測定深度	0 ~ 499 m	0 ~ 500 m	420 ~ 500 m	0 ~ 500 m	410 ~ 500 m	400 ~ 500 m
その他	最高温度 113.8℃ (499m)	最高温度 117℃ (500m)	—	最高圧力 46kg/cm ² G (500m)	—	—

激に変化し、深度 495m 付近で 2,000Ω-m を示す。深度 470m 以浅での比抵抗値は小さく、深度 450~470m 間では 100Ω-m である (Fig. 5.4-11)。

③ 圧力検層によれば、噴出状態における深度 500m での圧力は 46kg/cm²G である。

以上の結果から、深度 477m 付近により間けつ的に熱水が坑井内に流入しており、その流体温度は約 117℃ であることがわかる。また、深度 480m 以深は流体の流動はないと推定される。

④ フローメーター検層によれば、深度 470~480m 間で流速の変化がみられることから、この付近から流入していることがわかり、掘削中の逸泥深度 477m に対応している。

4) 第4段階結果

深度 755m まで掘削した時点で、検層を実施した (Fig. 5.4-12 および表 5.4-5) 検層結果を以下に示す。

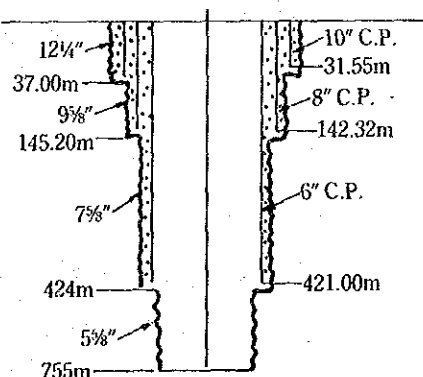


Fig. 5.4-12 Well State in Logging of GTE-8 (Stage 4)

- ① 温度検層は、坑井内からの湧出を泥水で止めた直後での測定であったため、温度曲線は地層の温度状況を示しているものではない。そのため、途中の温度変化の様子は

表 5.4 - 5 GTE-8 検層経過一覧(第4段階)

項目 \ 種類	温度検層	電気検層	圧力検層	キャリパー検層	フローメーター検層
測定月日	S.62.7.18	S.62.7.18	S.62.7.18	S.62.7.18	S.62.7.18
掘削深度	755m	755m	755m	755m	755m
最終ケーシング	6" 421m	6" 421m	6" 421m	6" 421m	6" 421m
ポンプ停止時刻	S.62.7.18 14:15	S.62.7.18 14:15	S.62.7.18 14:15	S.62.7.18 14:15	S.62.7.18 14:15
スタンディングタイム	1hr	—	—	—	—
測定時刻	14:20 ~ 15:34	17:13 ~ 17:34	21:26 ~ 22:19	20:23 ~ 20:48	10:00 ~ 12:00
測定深度	0 ~ 755m	420 ~ 755m	0 ~ 755m	400 ~ 755m	0 ~ 755m
その他	最高温度 121℃ (755m)	—	最高圧力 71.2kg/cm ² G (755m)	—	—

不明である。最高温度は深度755m(坑底)の121℃である(Fig. 5.4-13)。

また、静止時測定前後の噴出状態での温度測定によれば、深度710m付近で温度の変化点があり、この付近より流体が流入していることがわかり、その温度は119.6℃である。それ以深ではいったん温度が下がるが再び上昇し、深度755m(坑底)では121.2℃を示す(Fig. 5.4-14)。

- ② 電気検層による比抵抗分布は、深度500m深までの傾向は前回の結果と同じである。それ以深は、深度620~635m間、750m付近では150Ω-mの低比抵抗値を示すが、それ以外で高比抵抗値となり、深度550~580m、670~745mで1,000Ω-m以上を示し、深度690~700mでは2,500Ω-mもの高比抵抗値を示す(Fig. 5.4-15)。

- ③ フローメーター検層によれば、深度706m深付近で流入していることが確認され、温度検層結果と一致する。

5) 第5段検層結果

ケーシングを深度755mまで挿入し、深度1,031mまで掘削した時点で、坑内検層を実施した。この深度でも流体の噴出がかなり強く、静止状態で検層することは困難な状況であった(Fig. 5.4-16および表5.4-6)。

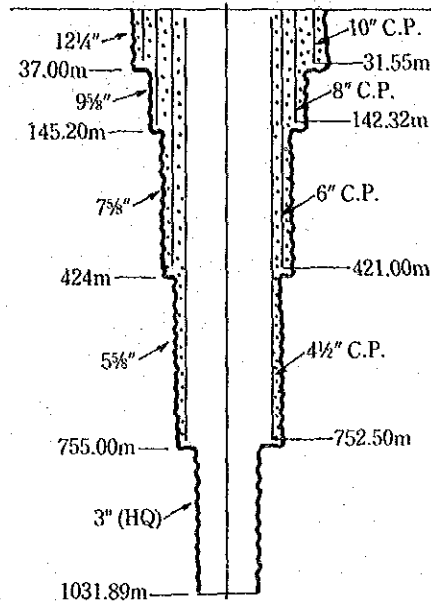


Fig. 5.4-16 Well State in Logging of GTE-8 (Stage 5)

検層結果から次のことがわかる。

- ① 温度検層によればスタンディングタイム 51hr の状態で、温度は 20 m まで上昇す

表 5.4-6 GTE-8 検層経過一覧

項目 \ 種類	温度検層	電気検層	圧力検層	キャリパー検層	
測定月日	S.62.11.19	S.62.11.19	S.62.10.9	S.62.10.9	
掘削深度	1,031m	1,031m	1,031m	1,031m	
最終ケーシング	4 1/2" 752m	4 1/2" 752m	4 1/2" 752m	4 1/2" 752m	
ポンプ停止時刻	S.62.10.7 8:40	—	S.62.10.7 8:40	—	
スタンディングタイム	51hr	—	—	—	
測定時刻	9:54 ~ 11:34	10:04 ~ 10:16	13:55 ~ 14:49	11:50 ~ 12:00	
測定深度	0 ~ 1,031m	750 ~ 930m	0 ~ 1,031m	750 ~ 930m	
その他	最高温度 123.9℃ (920m)	—	最高圧力 99.3 kg/cm ² G (1,031m)	—	

るがその後 50 m まで低下し、その後再び上昇し、あとはゆるやかな上昇を続ける。
 深度 922m で 124℃ と最高値を示し、それ以後は低下し、坑底 (1,031m) では 120℃
 となる (Fig. 5.4-17)。

- ② 電気検層による比抵抗分布は、500 Ω-m以上を示すゾーンは、深度780~800m、830m、880m、900~925m付近にみられる。それ以外は500 Ω-m以下となって深度835~850mでは低比抵抗ゾーンとなっている（Fig. 5.4-18）。

SP曲線で特にきわだった点はない。

- ③ 圧力検層によれば、坑口圧力が3.1 kg/cm²Gの状態、深度1,031mの圧力は99.3 kg/cm²Gである。

5.4.2 噴気時の坑井テスト

(1) 概要

本調査井は掘削途中でしばしば逸泥に遭遇し、しかも湧水および噴出を伴う場合が多い。深度752.50mでケーシングパイプをセットした後、深度900m以深で大きな逸泥があり、掘削を停止すると100℃以上の熱水が噴出することを確認した。その後、逸泥しながら深度1,031mまで掘削した時点で、この噴出を伴うフラクチャーの特性および噴出流体の特性を捉えるため、噴出状態での坑井内測定、地上における各種測定を実施した。

測定項目は次のとおりである。

① 噴出時の坑井流量特性測定

— 流量 対 坑口圧力

② 噴出時の坑井内温度・圧力・流速測定（プロダクションテスト）

— 3段階に流量を変更

③ 流量噴出試験

— 流量・坑口圧力の経時変化測定

これらの坑井テストを行うためには、噴出流量を測定するための地上配管・設備、噴出状態でも坑井内測定を行うことができる坑口設備が必要であり、タイ王国側とJICA側で相互に打合わせを行った上、準備・製作および測定を実施した。

(2) 測定方法

1) 噴出時の坑井内測定

坑井内測定は、静止状態での検層に使用した温度・圧力・フローメーター検層機を使用して行った。噴出状態でも測定ができるようにリュウブリーケーター装置を坑口に取付けた。

測定状況をFig.5.4-19に示す。

噴出時における坑井内測定は、噴出流体および地層の状態を直接測定することができるため非常に有効な方法である。

噴出流体を所定の坑口圧力、流量に設定し、流動状態が安定した時点で、温度・圧力・フローメーターの各測定機器を坑井内に降下し必要なデータを測定する。この流量条件での測定が終了した後、別の流量条件に変更して同様の測定を行う。

今回は、流量の設定を3段階に変えて実施した。

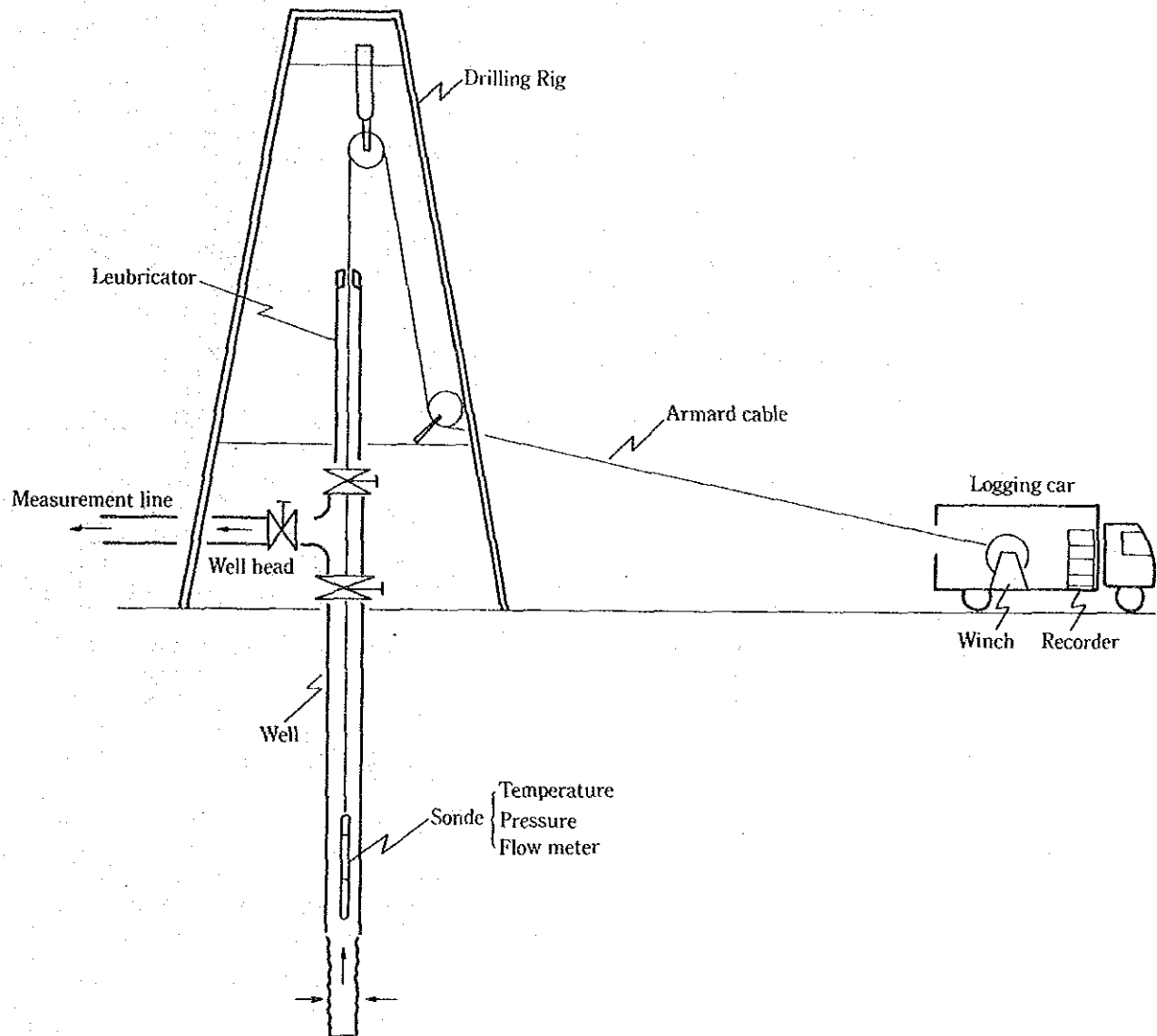


Fig. 5.4-19 Layout of Well Testing

2) 坑井流量特性測定

地層内から地上に噴出する地熱流体（蒸気＋熱水）の圧力、温度、流量を測定するために、坑口から測定設備まで配管する必要がある。

本測定で使用した配管、測定項目および使用計器を Fig. 5.4-20 および表 5.4-7 に

示す。

この測定配管を使用して、二次バルブ、調整バルブで流量を変化させ、坑口圧力に対する蒸気量、熱水量を測定し、流量特性曲線を得た。

また、噴出時の坑井内測定時にも、この測定配管を用い、流量、圧力を測定した。

表 5.4 - 7 GTE-8 流量測定項目および使用計器

測定項目	使用計器
① 坑口圧力	ブルドン管式圧力計
② 蒸気圧力	〃
③ 熱水圧力	〃
④ 蒸気流量	オリフィス、水銀マンノメーター
⑤ 熱水流量	三角セキ

(必要に応じてラインの温度を測定する)

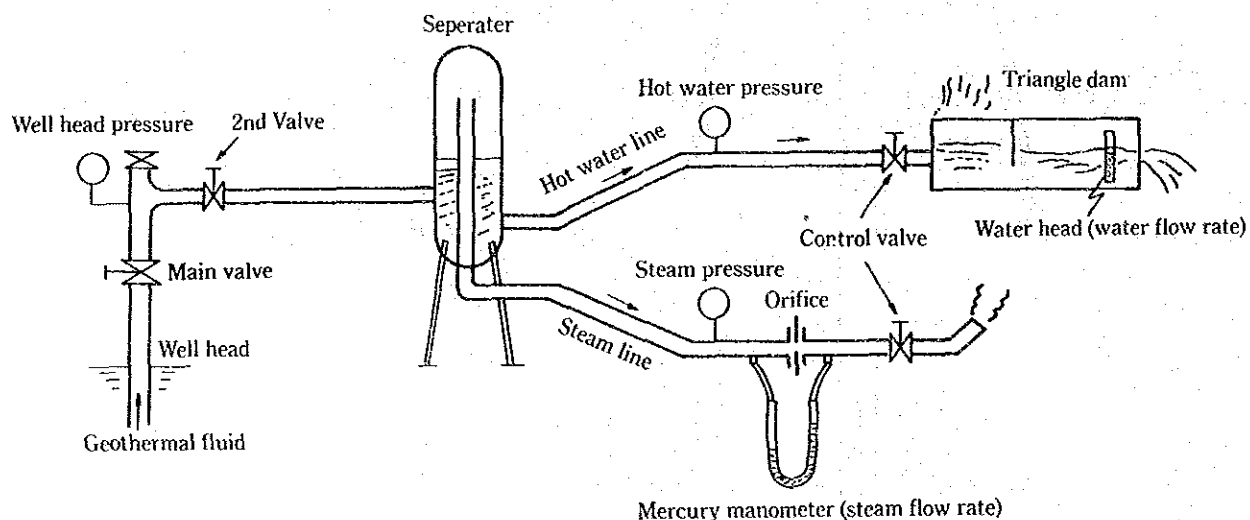


Fig. 5.4-20 Piping for Measuring Flow Rate of GTE-8

(3) 測定および解析結果 (プロダクションテスト)

1) 噴出時の坑井内測定

プロダクションテストは、噴出流量を3段階に変化させて、坑井内温度、圧力、フロメーターの測定を行った (表 5.4 - 8)。

表 5.4-8 GTE-8 坑井内測定経過一覧表

項目 \ 段階	①	②	③
測定月日	S.6 2.1 0.1 2	S.6 2.1 0.1 3	S.6 2.1 0.1 4
掘削深度	1,031m	1,031m	1,031m
測定深度	0~1,031m	0~1,031m	0~1,031m
坑口圧力	1.2kg/cm ² G (全開)	2.2kg/cm ² G	3.1kg/cm ² G
総流量	45.6t/h	35.9t/h	23.5t/h
蒸気流量	1.2t/h (0.4kg/cm ² G)	1.1t/h (0.35kg/cm ² G)	0.7t/h (0.17kg/cm ² G)
熱水流量	44.4t/h (0.3kg/cm ² G)	34.8t/h (0.3kg/cm ² G)	22.8t/h (0.2kg/cm ² G)
測定種類	温度、圧力、 フローメーター	温度、圧力	温度、圧力

測定結果の10mごとの温度、圧力データを表5.4-9、Fig.5.4-21に示す。この表、図には、同時期に実施した静止状態の温度、圧力も参考として記載した。

この測定結果をもとに解析を行うと次のとおりである。

① 噴出流体温度

温度測定の結果によれば、3段階とも深度910~920mより以深で、それまで一定であった分布が急激に低下することから、流入温度は124℃であることがわかる。

② 噴出流体の流入深度

温度分布の変曲深度およびフローメーター測定による流量の変化深度から、流体の流入深度は915~930m付近であることがわかる。

③ 産出指数

坑井の噴出能力を示す産出指数は、坑井内測定時の総流量と、この時の流動に伴う地層内の圧力降下量をもとにして算出した。

試算式

$$PI = \frac{G}{P_e - P_w}$$

PI : 産出指数 (t/h)/(kg/cm²)

G : 総流量 t/h

P_e : 流入点における貯留層圧力 kg/cm²

P_w : " 坑井内圧力 kg/cm²

今回は、3段階の坑井内圧力測定をもとにして、次式で求めた。

$$PI = \frac{4G}{4P}$$

深度920mでの坑井内圧力および総流量は次のとおりである。

$$PW_1 = 86.9 \text{ kg/cm}^2 \text{G} \quad G_1 = 45.6 \text{ t/h}$$

$$PW_2 = 88.4 \text{ kg/cm}^2 \text{G} \quad G_2 = 35.9 \text{ t/h}$$

$$PW_3 = 88.8 \text{ kg/cm}^2 \text{G} \quad G_3 = 35.9 \text{ t/h}$$

これから

$$PI' = \frac{G_1 - G_3}{PW_3 - PW_1} \doteq 12 \text{ (t/h)/(kg/cm}^2\text{)}$$

$$PI'' = \frac{G_1 - G_2}{PW_2 - PW_1} \doteq 7 \text{ (t/h)/(kg/cm}^2\text{)}$$

$$PI''' = \frac{G_2 - G_3}{PW_3 - PW_2} \doteq 31 \text{ (t/h)/(kg/cm}^2\text{)}$$

したがって、平均値をとり

$$\text{産出指数 } PI = 17 \text{ (t/h)/(kg/cm}^2\text{)}$$

④ 透水量係数

貯留層の透水性を示す透水量係数は、液単相流動として次式で計算される。

$$G = \frac{2\pi khr}{\mu \ln(re/rw)} \cdot (Pe - Pw) \text{ より}$$

$$Kh = \frac{G}{Pe - Pw} \cdot \frac{\mu \ln(re/rw)}{2\pi r} = PI \cdot \frac{\mu \ln(re/rw)}{2\pi r}$$

Kh : 透水量係数 m^3

G : 総流量 t/h

K : 浸透率 m^2

h : 有効層厚 m

r : 流体の比重量 kg/m^3

μ : 流体の粘性係数 $\text{kg} \cdot \text{sec} / \text{m}^2$

re : 影響圏半径 m

rw : 坑井半径 m

Pe : 流入点における貯留層圧力 kg/m²

Pw : # 坑井内圧力 kg/m²

計算条件として

$$\mu = 0.238 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{sec} / \text{m}^2$$

$$\gamma = 947.2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\ln(re/rw) = 5.0$$

$$PI = 17 \text{ (t/h)} / \text{(kg/cm}^2\text{)} = 4.7 \times 10^{-4} \text{ (kg/sec)} / \text{(kg/m}^2\text{)}$$

} 流体特性 Pw = 90 kg/cm² abs. Tw = 124°C として、

したがって

$$Kh = \frac{0.238 \times 10^{-4} \times 5.0 \times 4.7 \times 10^{-4}}{2 \times 3.14 \times 947.2} = 9.4 \times 10^{-12} \text{ m}^3$$

$$= 9 \text{ darcy m}$$

以上をまとめると GTE-8 の坑井能力、貯留層特性は次のようになる。

- ・ 噴出流体温度 124°C
- ・ 流体流入深度 915~930m
- ・ 産出指数 17 (t/h) / (kg/cm²)
- ・ 地層の透水量係数 9.4 × 10⁻¹² m³ = 9 darcy m

2) 坑井流量特性

地上に設置した流量測定用配管を使用して、坑口圧力を変化させたときの流量（蒸気ライン、熱水ライン）を測定し、流量特性曲線を作成した。

Fig. 5.4-22 と表 5.4-10 にその結果を示す。

表 5.4-10 GTE-8 流量特性測定一覧

測定月日	坑口圧力 (kg/cm ² G)	総流量 (t/h)	蒸気流量		熱水流量		備考
			流量 (t/h)	ライン圧力 (kg/cm ² G)	流量 (t/h)	ライン圧力 (kg/cm ² G)	
S.62.10.12	1.2	45.6	1.2	0.4	44.4	0.3	バルブ全開
S.62.10.13	2.2	35.9	1.1	0.35	34.8	0.3	
S.62.10.14	3.1	23.5	0.7	0.17	22.8	0.2	
S.62.10.16	3.4	16.7	0.5	0.05	16.2	0.05	
#	2.7	29.2	0.5	0.22	28.3	0.2	
#	1.8	39.8	1.1	0.36	38.7	0.35	

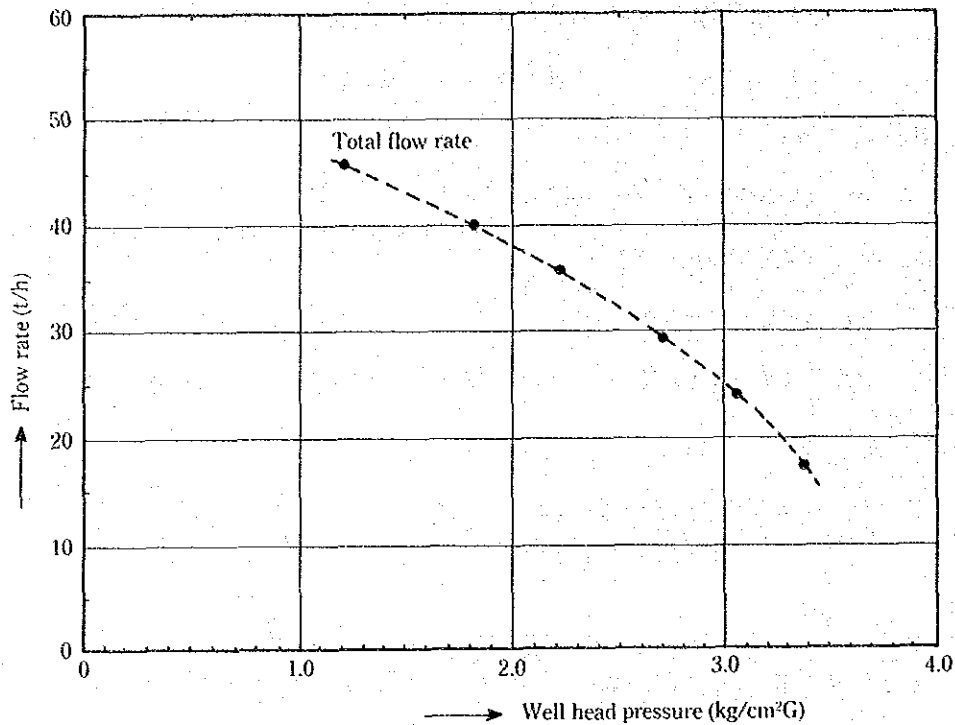


Fig. 5.4-22 Characteristic Curve of Flow Rate of GTE-8

バルブを全開にした時の最大・噴出状態は、坑口圧力 $1.2 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ で総噴出量は 45.6 t/h であった。また、バルブを徐々に絞って測定した最小流量は 16.7 t/h で、その時の坑口圧力は $3.4 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ であった。

3) 流量噴出試験

プロダクションテストで、流量特性測定等の諸測定が終了した後、噴出状態の経時変化をみるため、最大流量状態で約 30 日間の連続噴出試験を行った。

また、噴出による他の坑井への影響をみるため、噴出している GTE-6 の坑口圧力、流量の測定を同時に行った。

その経時変化測定結果を Fig.5.4-23 に示す。

それによれば、GTE-8 は約 30 日間の連続噴出を行ったが、坑口圧力の変化はほとんどなく、総噴出量は 46 t/h から 44 t/h と若干減少した。

一方、GTE-6 の噴出の状況は、GTE-8 の噴出の影響を受けて、坑口圧力が $0.1 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 低下し、熱水量も約 1.7 t/h 減少した。しかし、GTE-8 の噴出を停止すると坑口圧力、熱水流量とも元にもどることがわかった。