Ⅱ.3.3　流電電位法探査

1. 調査目的

第３次調査のＣＳＡＭＴ法探査結果から推定された有望範囲内に掘削された熱流量調査用の坑井を電気探査学的に評価し，また，同坑井周辺の地熱構造を推定する。また，ＣＳＡＭＴ法の結果を合せて，調査地域の地熱構造を推定する。

2. 調査手法

(1) 調査方法

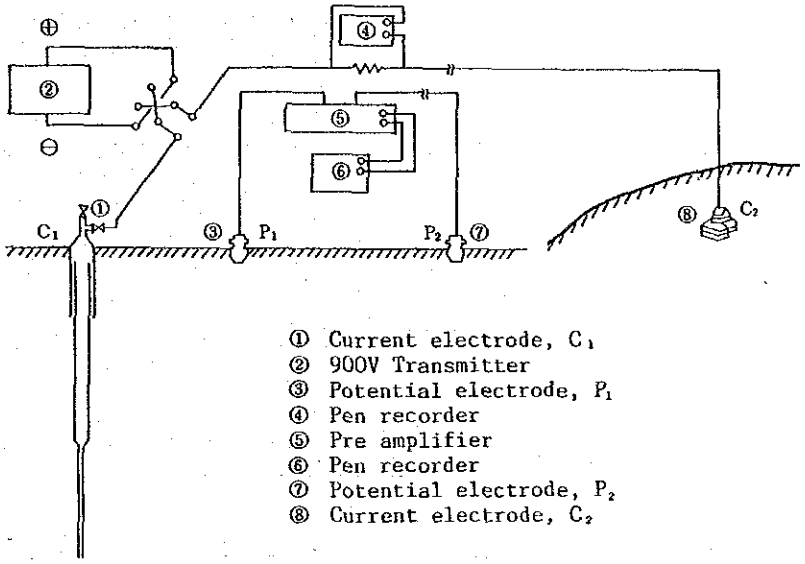


Fig. Ⅱ. 3. 47　Equipment layout for Mise-á-la-masse measurement

Fig. Ⅱ. 3. 47 に流電電位法測定法概念図を示す。図に示すように，測定は，１対の電流電極（C_1,C_2）及び電位電極（P_1,P_2）を用い，このうち，電流電極C_2（以下C_2と略）は調査地域から出来る限り遠方に接地することにより行う。１対の電位電極P_1及びP_2（以下P_1, P_2と略）は，C_1を通して地熱貯留層あるいは周辺の熱水変質帯の中を流れる電流により励起される電場を測定するために用いる。P_1は，調査地域内を移動する電極であり，P_2は固定する電極である。

本調査では，C_1はＤＧ－１のケーシング（200m）に接続したものの他に，坑内に500mのドリルカラーを挿入しそれに接続したもの，及びＤＧ－１の近傍の地表に接地した点電極の３種類を適用した。C_2はＤＧ－１から東に約６Km離れた道路脇の小川横の湿地帯に約10枚の銅板及びステンレス棒を埋設して設置した。また，電流が効率的に流れるように，市販の食塩を接地抵抗低減剤として20kg投入した。P_2はＤＧ－１号井の西の畑内に設置した。設置に際しては，十分な接地抵抗を保つため毎日水をかけ，周辺の湿り気を保つよう努めた。

(2) 解析方法

Fig. Ⅱ. 3. 48 にデータ解析フローを示す。得られたデータは，本フローに沿って処理及び計算を行った。解析は，1本の線電極と1個の点電極によって形成される理論電位の式により，調査地域の見掛比抵抗を計算し，それを井戸からの距離dの関数で定義した後，実測値と定義した関数によって得られた理論値の差（偏差）を計算する手法で行った。

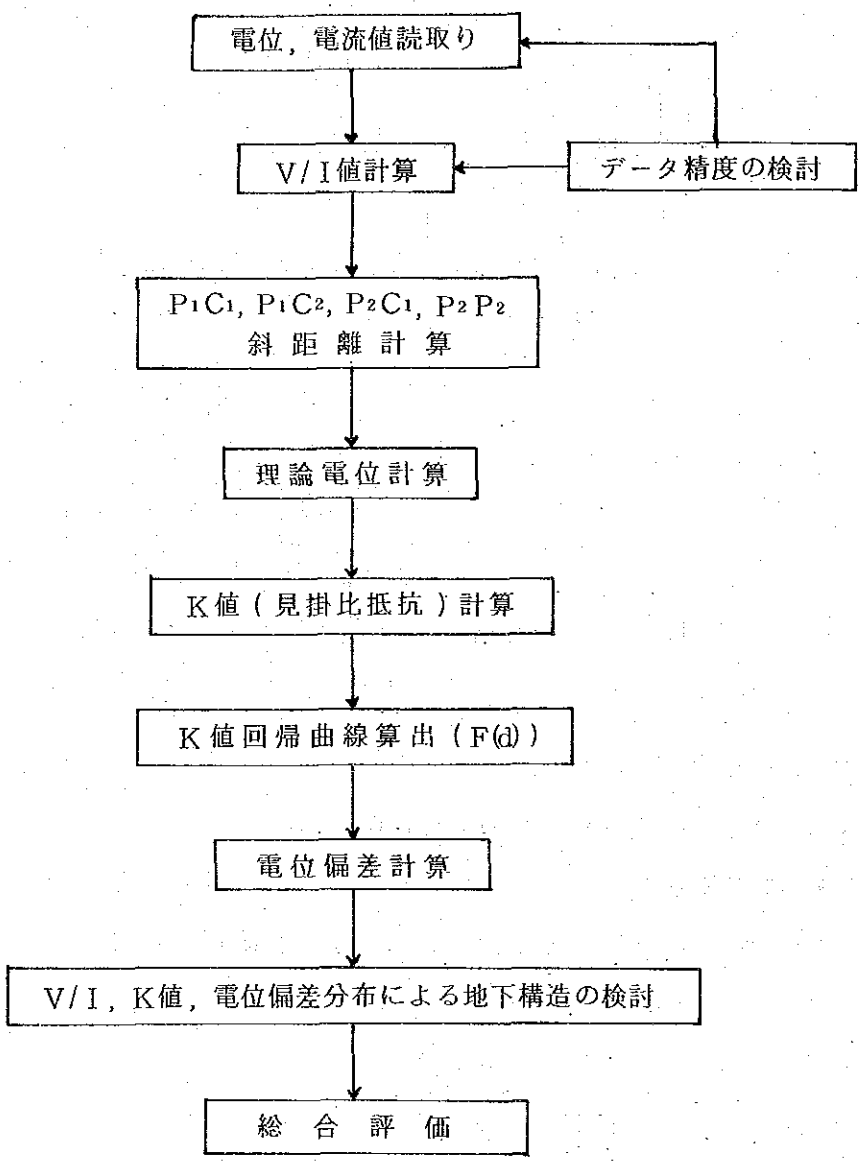


Fig. Ⅱ. 3. 48 Flow of analysis for Mise-á-la-masse measurement

3. 調査結果及びまとめ

(1) V/I分布

点電極，200mケーシング及び500mケーシングを用いて得られたV/I 分布は，いずれも全般的には同じような傾向をもつものの，点電極から200mケーシング，200mケーシングから500mケーシングに変わるにつれて，その分布から認められる疎密度及び歪みはより強調されている。これは，長いケーシングにより電流を地中に直接流し，測定を行なった場合のほうが，地下の構造がより地上に反映されるためと考えられる。ただし，コンターの形状の相違は200mケーシングのものと，500mケーシングのものは左程大きくはなく，点電極のものと，200mあるいは500mのケーシングのものはそれに比較すると大きい。各V/I分布の特徴は次の通り。

1) 点電極によるV/I分布（Fig. Ⅱ. 3. 49）

測定されたV/I値は，概略4.6mV/Aから0.6mV/Aの範囲である。等V/I分布は，C_1電極として使用したDG－1号井（以下DG－1を略）を中心として概略同心円的な形状を呈している。北西部及び南西部にコンターの外側への張り出し部が認められ，同地区周辺あるいは地下深部に比抵抗異常部の存在が推定される。

2) 200mケーシングによるV/I分布（Fig. Ⅱ. 3. 50）

V/I値は，4.2mV/Aから0.6mV/Aの範囲である。等V/I分布は，DG－1周辺を除きその延びの方向及びコンターの疎密度からFig. Ⅱ. 3. 51 に示すような北西－南東及び北東－南西方向の線構造によって規制されたような疑似三角形を呈している。これらの線構造に沿って，コンターは密に分布あるいは歪んでいることから，調査地域には，同図に認められるような線構造の存在が推定される。

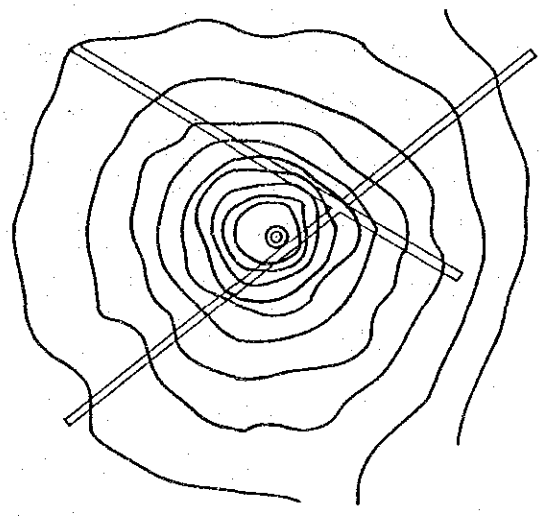


Fig.Ⅱ.3.51 Lineament estimated from V/I distribution

3) 500mケーシングによるV/I分布（Fig. Ⅱ. 3. 52）

V/I値は，概ね0.6mV/Aから4.2mV/Aの範囲である。分布の形状は，前図とほぼ同じである。ただし，線構造によるコンター分布の歪みあるいは疎密分布の傾向は前図より強調されている。

(2) 理論電位分布（Fig. Ⅱ. 3. 53）

理論電位分布は，その形状が，点電極，200mケーシング及び500mケーシングのいずれの場合もほぼ同様であるため，代表的な図面として500mケーシングによる理論電位分布について説明する。

分布の形状は，DG－1を中心として同心円状であり，DG－1から遠ざかるにつれて指数関数的な減少傾向を示す。本分布は，地形の起伏及び電極配置による電位歪みの影響を含んだものであるが，地形の影響についてはコンターが極端に歪む程度のものは認められない。電極配置の影響は，DG－1近傍の測点については顕著に認められないが，DG－1から離れるに従い次第にその影響が大きくなっている。すなわち，DG－1から遠方のコンターはDG－1から離れるに従い，西側が東側よりもDG－1からの距離（半径）が次第に長くなっている。これは，C_2（無限遠電流電極）をDG－1の東側に設置したためである。

(3) 見掛比抵抗分布（Fig. Ⅱ. 3. 54，Ⅱ. 3. 55 及び Ⅱ. 3. 56）

見掛比抵抗分布においても，点電極，200mケーシング及び500mケーシングを用いて得られた各分布は，いずれも同様の傾向を示す。本分布においても，点電極を用いて得られた比抵抗分布のパターンより，ケーシングを用いてより深部に電流を供給して強調されている。それらの特徴を列記すれば以下の通りである。

a. コンターが北東－南西方向を長軸とするような楕円形状を呈しており，このことから，Kaynarca地熱地帯を同方向に横切るような線構造の存在が推定される。

b. 同様にコンターの外側の歪み（張り出し部）から，調査地域周辺を横切るような北西－南東方向の線構造が推定される。

c. DG－1の北東部は，コンターが疎分布となり，かつ大きく外側へ延びており，本傾向は500mケーシングの場合が最も顕著に認められる。このことから，DG－1北東部の深部には低比抵抗部の存在あるいは，地質構造等の違いによる比抵抗分布の急変部が存在すると考えられる。

d. 見掛比抵抗分布からは，北西－南東及び北東－南西の線構造が推定され，これらは，共にKaynarca地熱地帯を横切っていることから，同地帯の地熱構造に密接に関連した断層

構造を反映したものと推定される。

(4) 電位偏差分布

電位偏差分布によって，調査地域の地熱構造，地熱貯留層の広がり等をより詳細に検討することが可能となる。3種類の電流源の違いにより得られた電位偏差分布は次の通りである。

1) 点電極による電位偏差分布（Fig. Ⅱ. 3. 57）

計算された電位偏差値は，概略 -2.0×10^{-4} mV/Aから 1.5×10^{-4} mV/Aの範囲にわたる。分布の傾向は，見掛比抵抗分布によって推定された断層構造と調和的である。すなわち，調査地域に認められる低電位異常域の分布から，Kaynarcaに北東－南西方向の低電位異常の帯が認められ，さらに，北東部の低電位異常部は，概略北西－南東方向に延びる傾向を示している。DG－1は，低電位異常部のやや南西側に位置している。

2) 200mケーシングによる電位偏差分布（Fig. Ⅱ. 3. 58）

電位偏差値は -2.5×10^{-4} mV/Aから 1.5×10^{-4} mV/Aの範囲である。分布の傾向は概ね点電極によるものと同じであるが，DG－1が低電位異常部の北端部に位置している。これは，前図で認められたKaynarcaの北東－南西方向の低電位異常の帯が南側に移動したことを示しており，あたかも同方向に存在する断層が南傾斜であり，DG－1はその浅部側の断層に掘削されたような形状を示す。本傾向は，次の500mケーシングによる分布でさらに強調されており，北東－南西方向の低電位異常の帯は，調査地域の地熱構造を検討するうえで重要である。調査地域の北東域に認められる低電位異常域も，0mV/Aのコンター付近を境として，西部と東部で各々高電位異常域と低電位異常域に分かれており，0mV/Aコンター付近に比抵抗境界部を形成するような構造の存在が推定される。同構造は，コンターの配列の方向から北西－南東方向の断層であると推定される。

3) 500mケーシングによる電位偏差分布（Fig. Ⅱ. 3. 59）

電位偏差値は，概略 -2.5×10^{-4} mV/Aから 2.5×10^{-4} mV/Aの範囲に及ぶ。全般的な分布の傾向は，200mケーシングによる分布とほぼ同じである。DG－1は，前図で認められた低電位異常部のさらに北部に位置しており，これは，北東－南西方向の低電位異常域が大きく南側に移動したことを示している。すなわち，点電極→200mケーシング→500mケーシングと深部の情報を反映するものに移行するにつれ，帯状の北東－南西方向を示す低電位異常部は，南側に平行移動し，あたかも同方向に存在する断層が南傾斜であるかの如き分布を呈している。（Fig. Ⅱ. 3. 60）

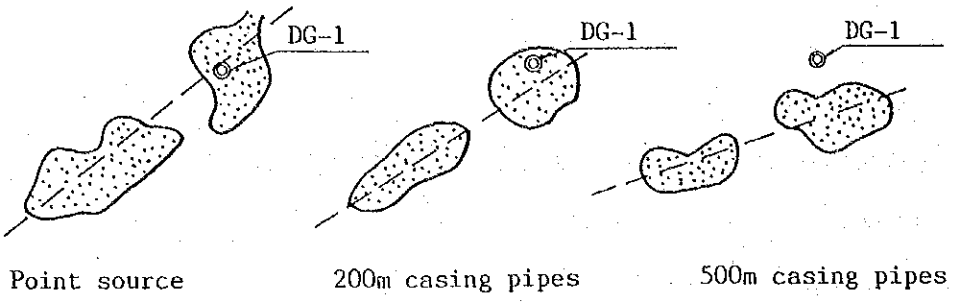


Fig.Ⅱ.3.60 Difference of low potential anomalies in the case of different current source

このことは，前述のように，北東－南西方向の断層がKaynarca 地熱地帯で重要な役割を果たす断層であり，かつ，仮に深部の高温の地熱貯留層が存在するとすれば，これらの低電位異常部の相違から，ＤＧ－１は同断層の浅部側に掘削されたものと推定される。また北東部の低電位異常部においても，北西－南東方向の断層の存在がその異常部として検出されたものと考えられる。（Fig. Ⅱ. 3. 61）

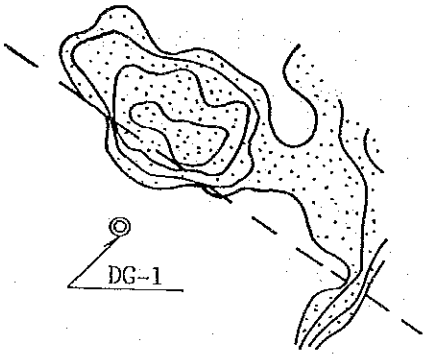


Fig.Ⅱ.3.61 Fault trending NW-SE direction estimated from low potential anomaly shape in northeastern part of survey area.

(5) まとめ

解析結果から推定されたKaynarca地熱地帯の地熱構造及びＤＧ－１の遭遇した地熱貯留層の広がり及び形状をまとめると次の通りである。

a. 調査地域には，主として北東－南西及び北西－南東方向の２本の断層が推定され，これらの方向に沿った低電位異常部が顕著に認められる。このことから，これらの２本の断層はKaynarca地熱地帯を形成している重要な構造であると推定される。

b. 上記のうち，北東－南西方向の断層は，電流電極を点電極から200ｍケーシング，さ

らに500mケーシングに変えるにつれ，低電位異常部が南側に移動する示徴から，南傾斜であると推定される。

c. DG－1が遭遇した地熱貯留層は，北東－南西系の断層の浅部であると考えられ，より深部の地熱貯留層は，DG－1のさらに南側に存在するものと推定される。

d. 北西－南東方向の断層は，CSAMT法探査から最も顕著に認められた構造である。本調査においても，DG－1の北東側に検出された低電位異常部と高電位異常部の境界部付近の形状によって同方向の断層が推定される。本断層沿いも本調査結果からはその低電位異常の広がりから有望と考えられる。

(6) 電気探査結果のまとめ

CSAMT法及び流電電位法の調査結果を集約し，まとめると次の通りである。 また，Fig. Ⅱ. 3. 62には電気探査結果の集約図を示す。

a. 推定される断層について

本地域は，主として次の3本の断層示徴が認められる。

(i) 北東－南西方向のKaynarcaを通るもの

……主として流電電位法から明瞭に認められる。

(ii) 北西－南東方向のKaynarcaを通るもの

……両探査法から認められる。

(iii) 東西方向のKaynarcaのやや北部を通るもの

……CSAMT法から認められる。

上記のうち(i)についてはFig. Ⅱ. 3. 62に示すようにCSAMT法と流電電位法の結果は比較的良い一致を示しているものの，(ii)については，流電電位法からの低電位異常は，CSAMT法から推定された北西－南東の不連続線よりかなり北東側に位置している。この位置については，流電電位法が3次元的な調査法であることを考慮すると，深度の影響等も含まれていることから，CSAMT法による位置がより精度が高いと考えられる。

(i) (ii) (iii) の断層示徴のうち，調査地域の地熱構造上，重要と考えられるのは，次に述べる理由により(i) (ii)である。

b. 地熱構造について

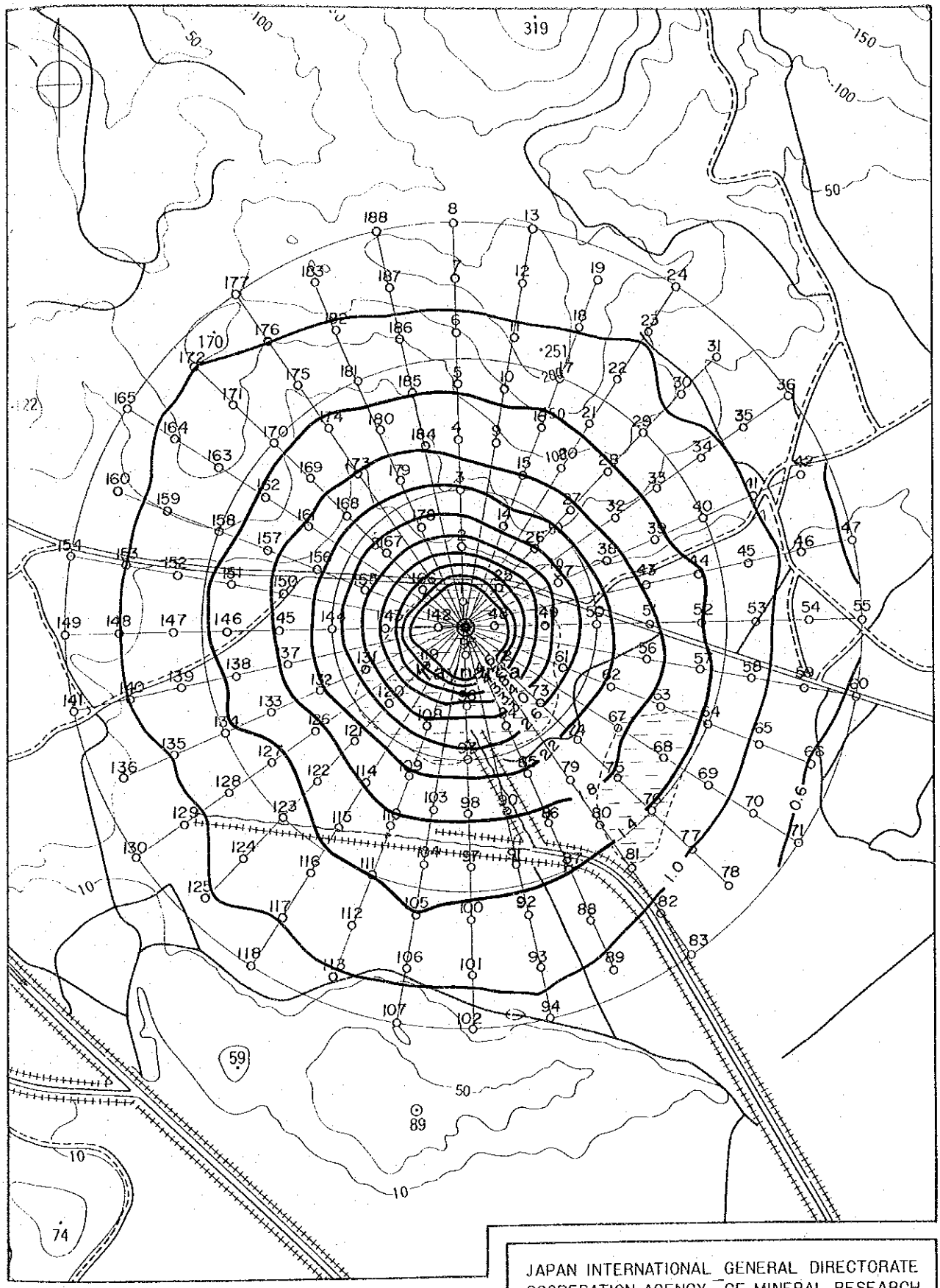
上記(i)(ii)の断層に挟まれるような形状で，CSAMT法からの高縦電導域が両断層の南部に広範に分布しており，かつ，流電電位法からの低電位異常部もDG－1 のすぐ南部に位置している。

これら両者の分布の形状から，Kaynarca は，北西－南東及び北東－南西方向の断層の交点に位置し，本地域に賦存する地熱流体は，その南部に賦存しているものと推定される。しかしながら，流電電位法から検出された，DG－1と関連が強いと思われる低電位異常域は，比較的小さい（400m×300m程度）ため，その中心部及びさらに周辺部の追加掘削により，そのポテンシャルの判定が望まれる。

c．その他の異常部の判定について

流電電位法によって検出された，北東－南西方向沿いに認められる異常部のうち，DG－1の南西部に認められるものは，同方向に存在すると推定される断層中に分布する深部の低比抵抗部あるいは地熱貯留層と関連した示徴である可能性が高い。同様に北東部に認められる広範な低電位異常部は，CSAMT法において，①比較的高い比抵抗域として検出されたこと，②北西－南東方向の断層が推定されていること。等を合せて考えると，地質構造即ち，断層の存在による比抵抗構造の相違により低電位異常として検出された可能性が高い。しかしながら，近くのKaynarcaの噴気等の存在を考えると，同異常部の深部も地熱開発上のターゲットとして考えるべきと思われる。

東縁部の低電位異常は，調査範囲の外縁部であるため，精度良く計算されたものでない。そのため他のものに比べると，その信頼性は劣るものと思われる。



Legend

10
O station number and location

~1.0~ Contour line of V/I (unit : mv/A)

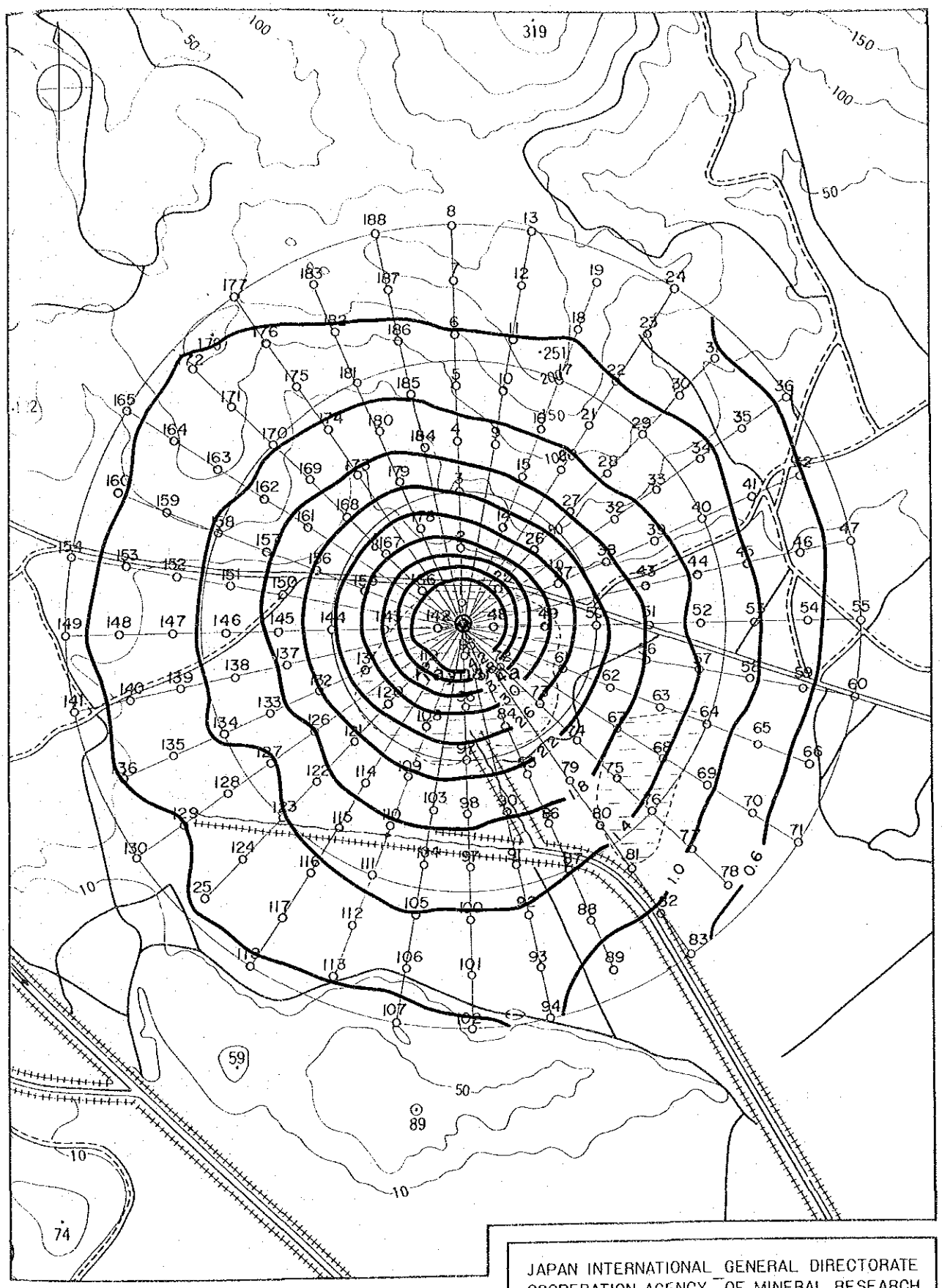
Fig.II.3.49 V/I map (Point source)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10
O station number and location

~1.0~ Contour line of V/I (unit : mv/A)

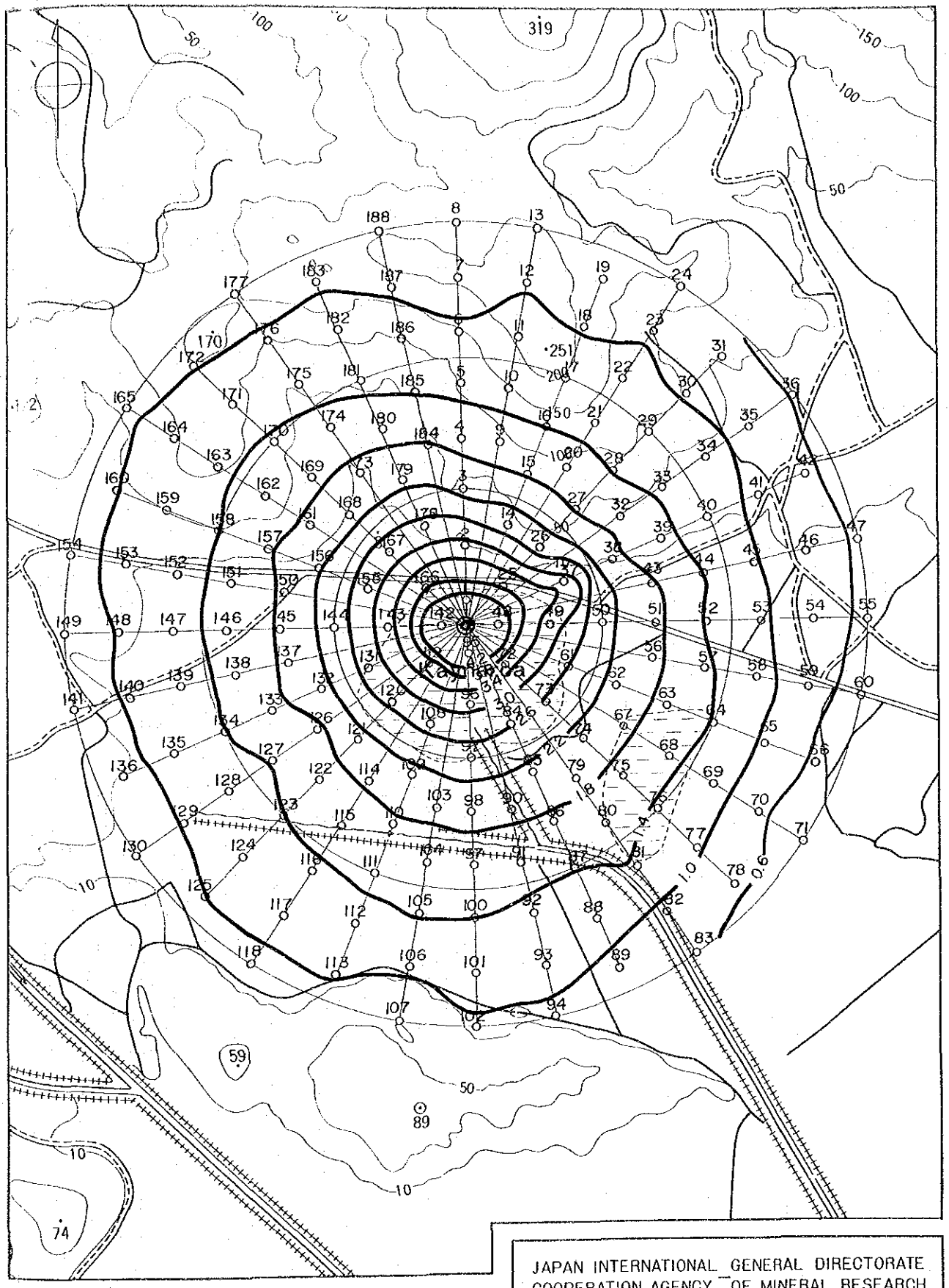
Fig II.3.50 V/I map (200m casing pipe)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

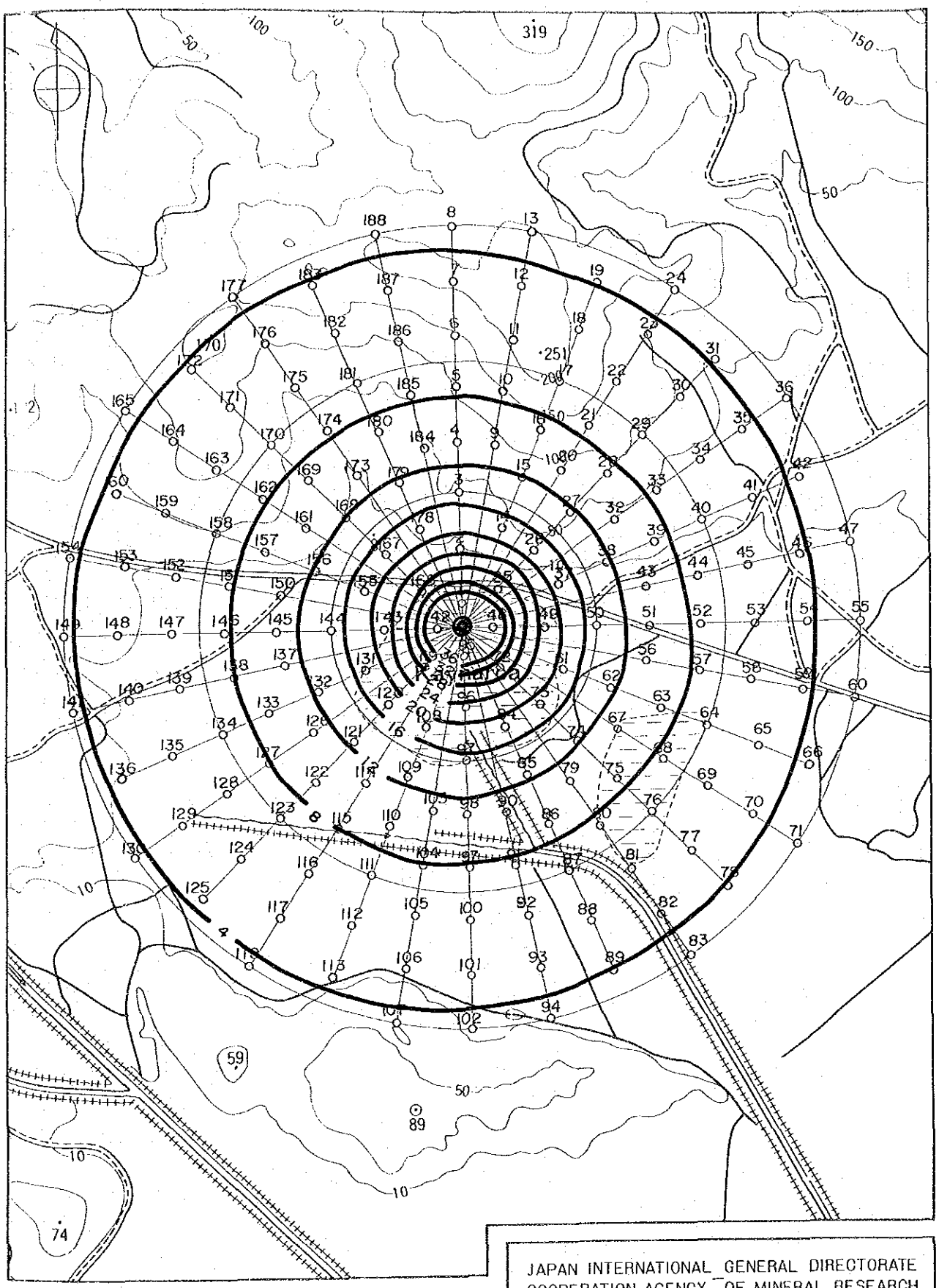
0 500 1000m

Legend

10
O station number and location

~1.0~ Contour line of V/I (unit : mv/A)

Fig II .3.52 V/I map (500m casing pipe)



Legend

10
O station number and location

~12~ Contour line of theoretical potential(unit : $10^{-4} \times 1/m$)

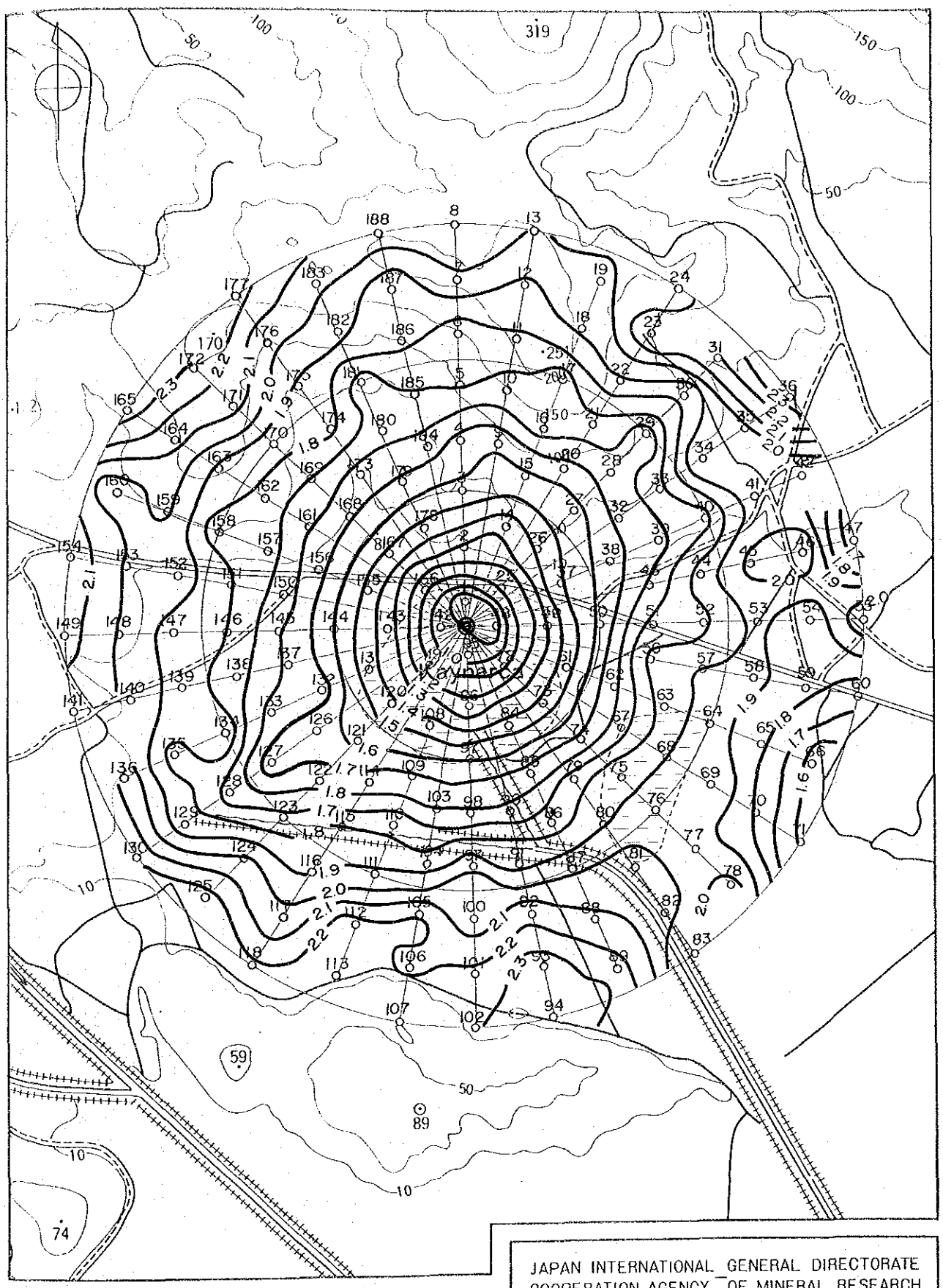
Fig.II .3.53 Theoretical potential map

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10
O station number and location

~1.0~ Contour line of apparent resistivity (unit : 10^{-1} ohm-m)

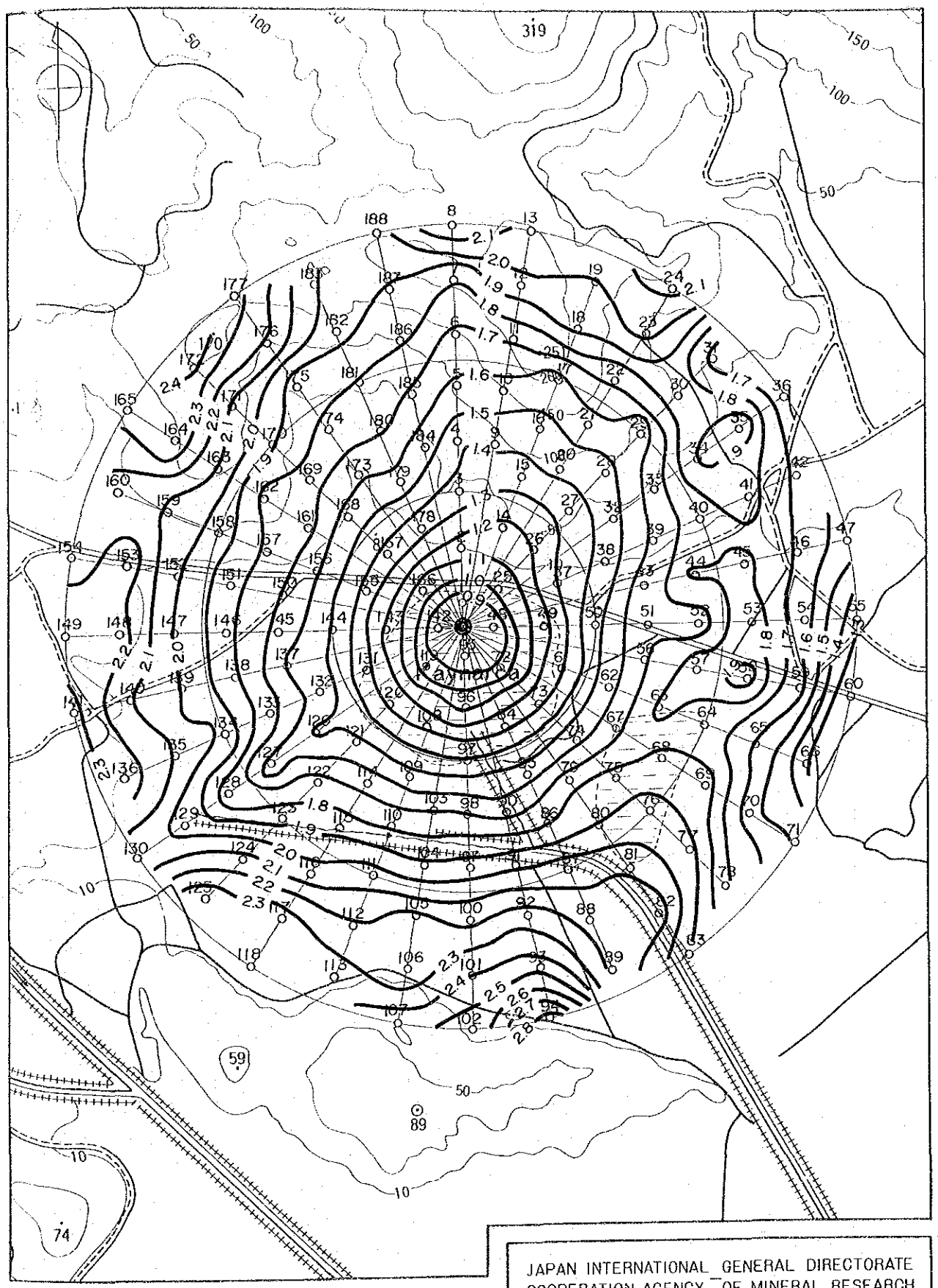
Fig II .3.54 Apparent resistivity map (point source)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10
O station number and location

~1.0~ Contour line of apparent resistivity (unit : 10^{-1} ohm-m)

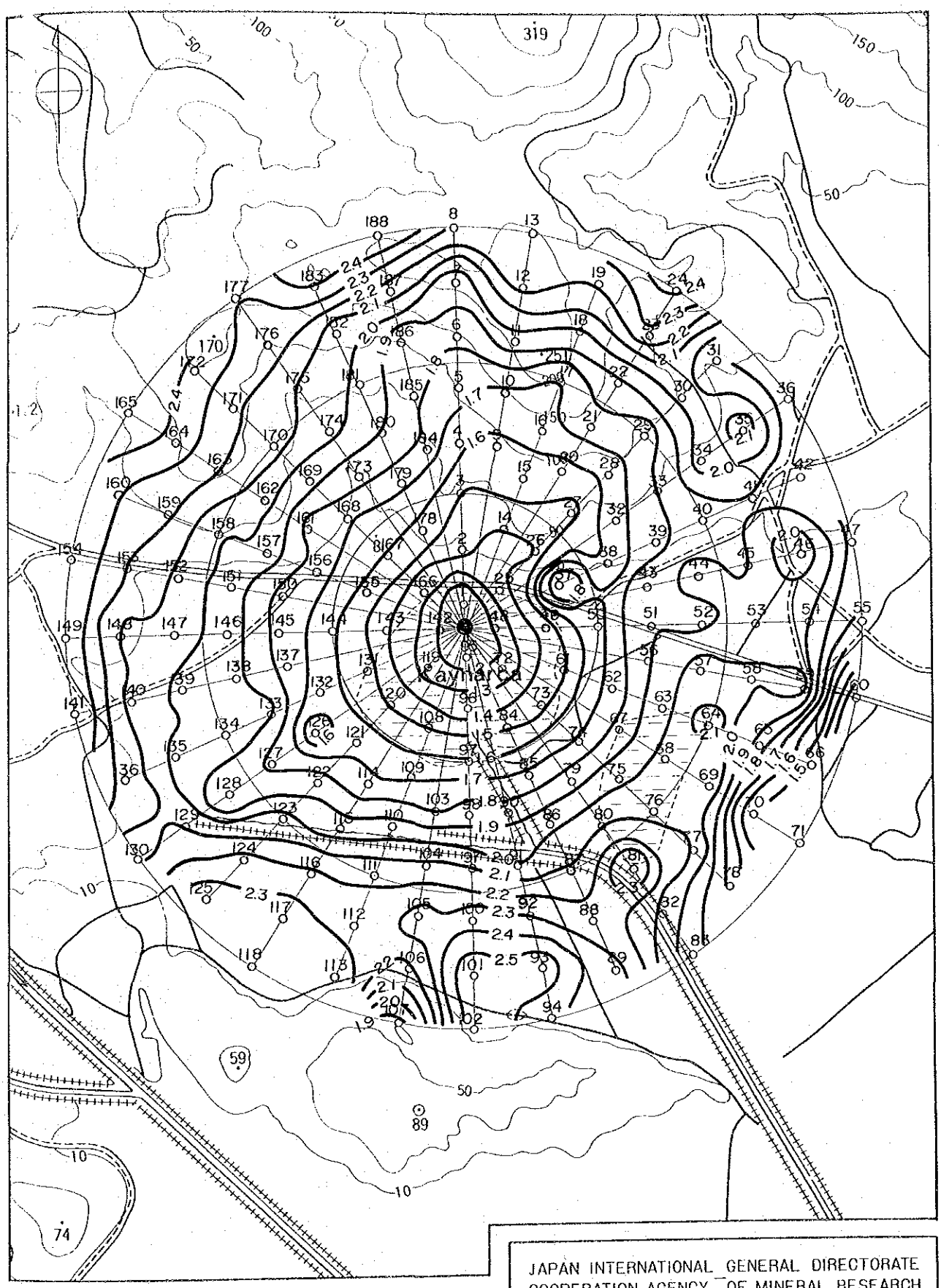
Fig II .3.55 Apparent resistivity map (200m casing pipe)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10 O station number and location

~1.0~ Contour line of apparent resistivity (unit : 10^{-1} ohm-m)

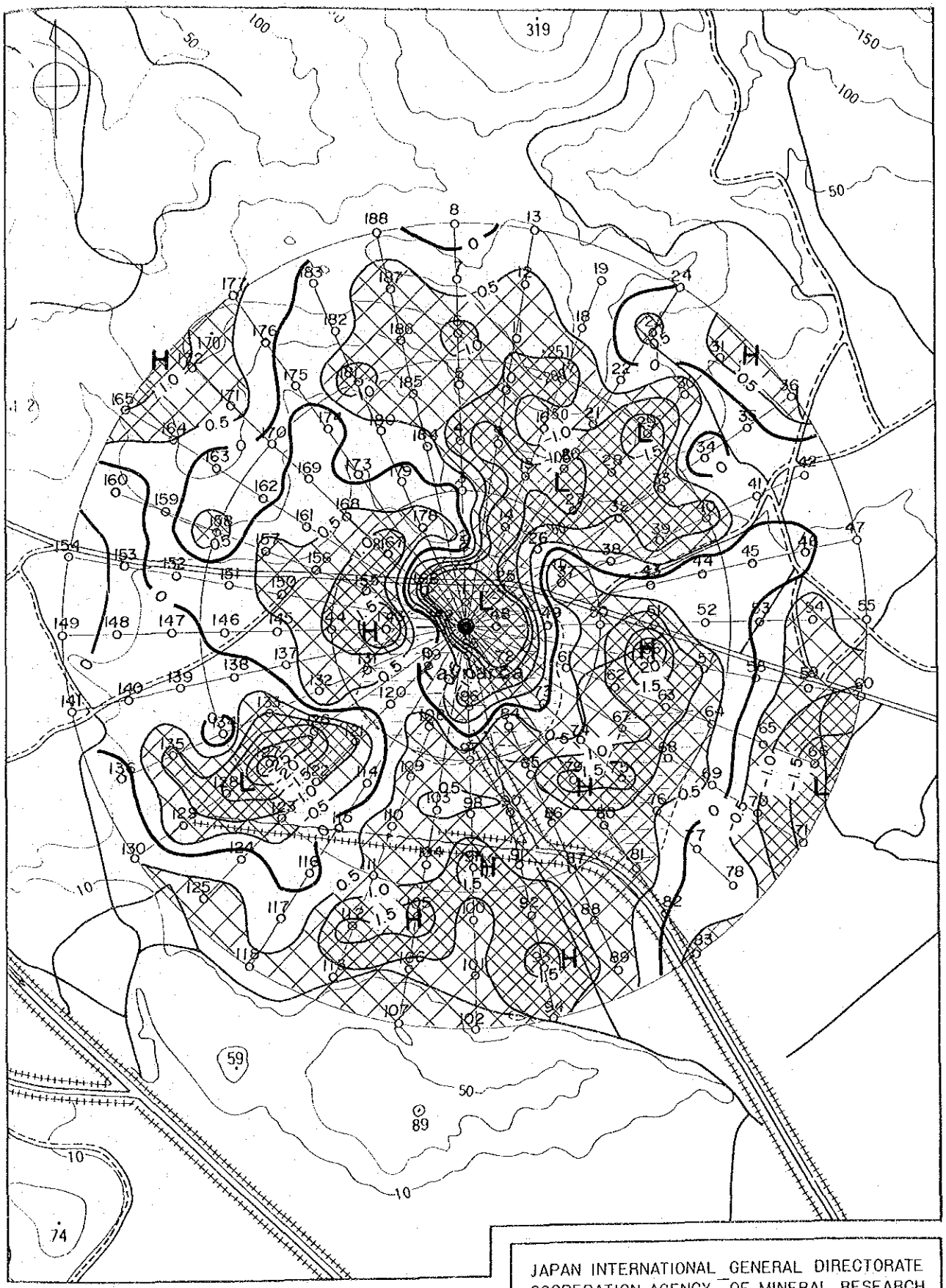
Fig. II .3.56 Apparent resistivity map (500m casing pipe)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10 O station number and location

~O~ Contour line of residual potential (unit : 10^{-4}mv/A)

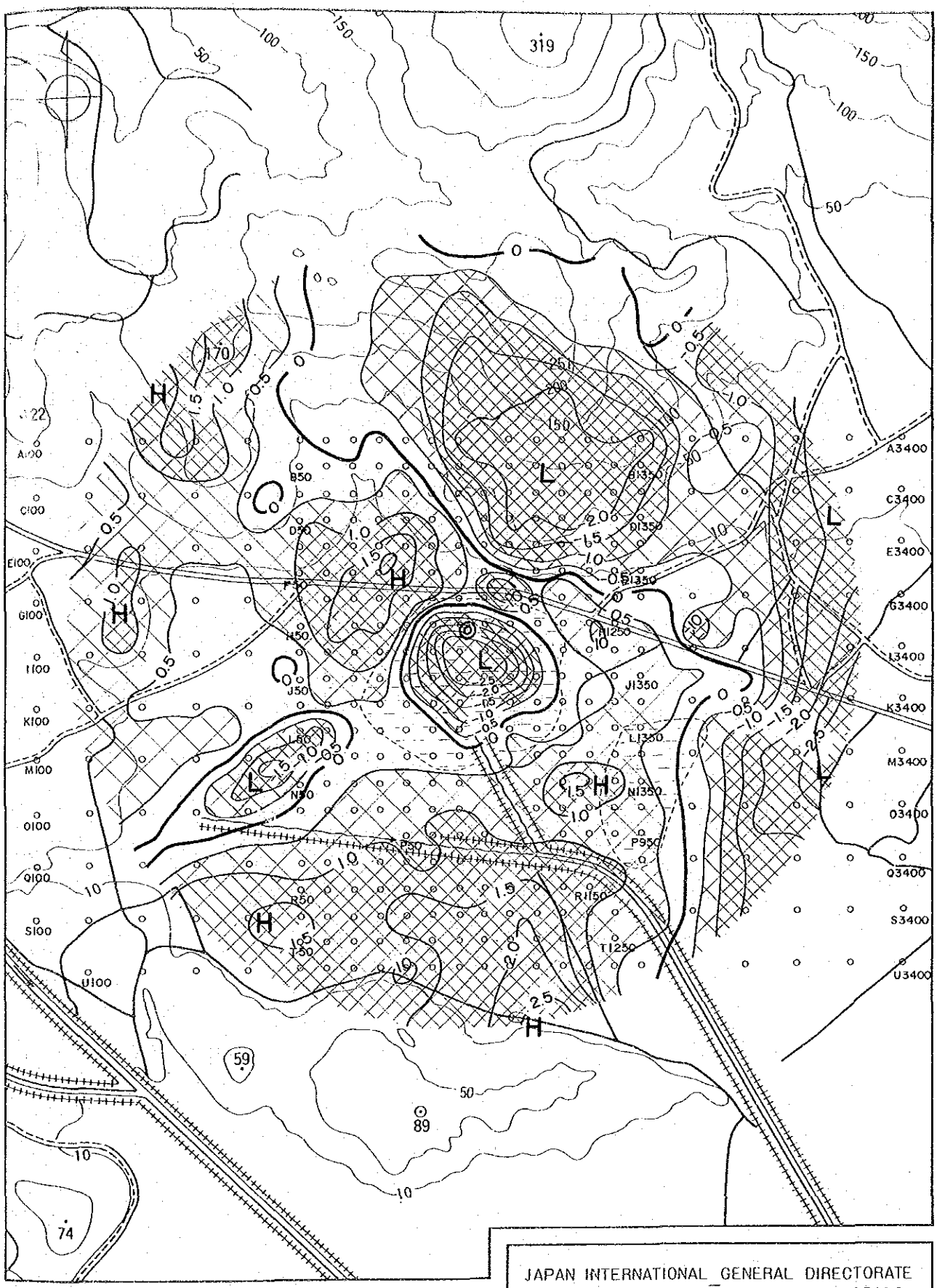
Fig II .3.57 Residual potential map (point source)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m



Legend

10
O station number and location

~O~ Contour line of residual potential (unit : 10^{-4}mv/A)

Fig II.3.58 Residual potential map (200m casing pipe)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m

Legend

10 O station number and location

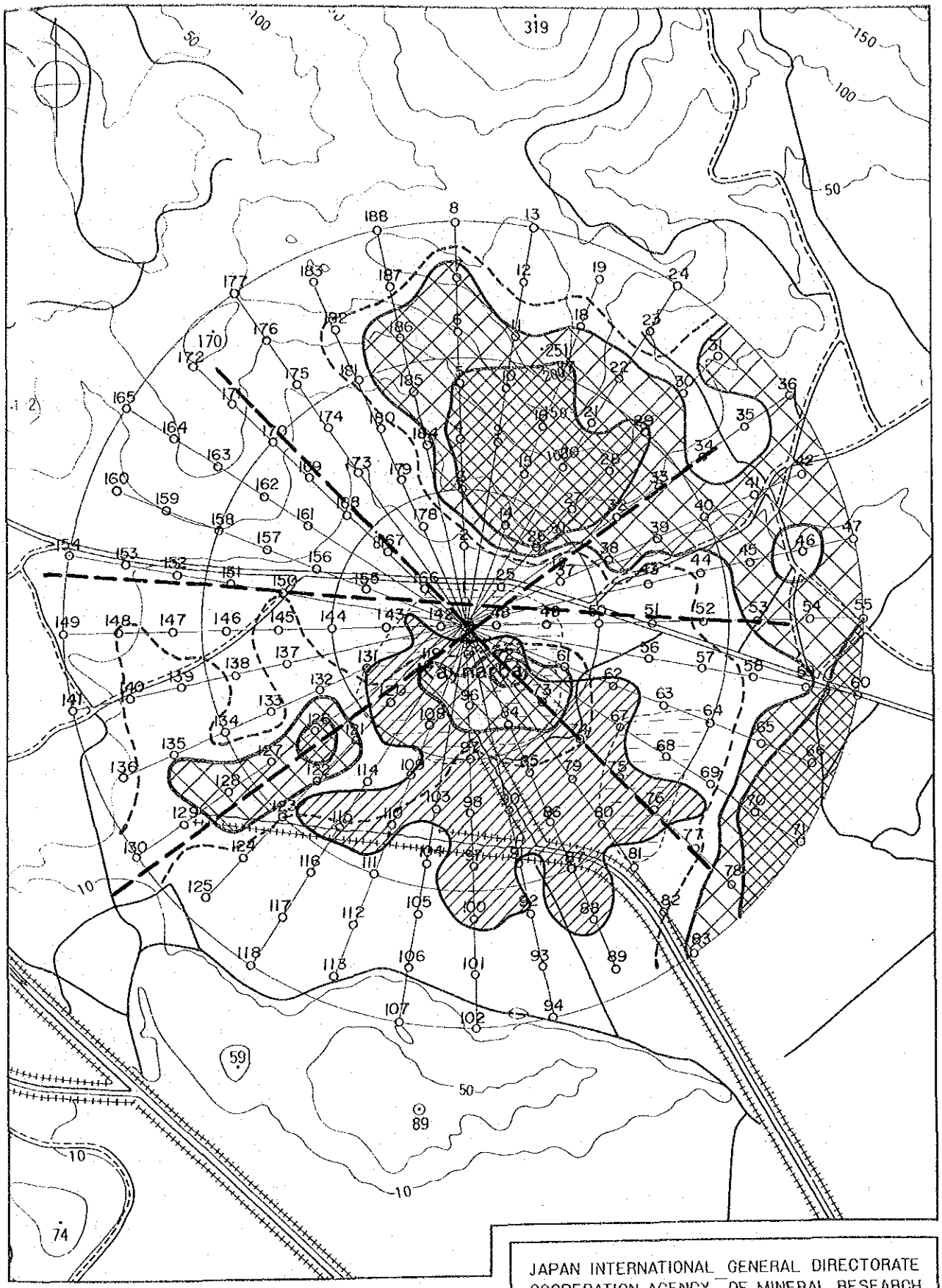
~O~ Contour line of residual potential (unit : 10^{-4} mv/A)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY — GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m

Fig II.3.59 Residual potential map (500m casing pipe)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

GENERAL DIRECTORATE OF MINERAL RESEARCH AND EXPLORATION

GEOTHERMAL DEVELOPMENT PROJECT IN DIKILI-BERGAMA FIELD

0 500 1000m

Legend

A100 station number and location

low residual potential zone (mise-á-la-másse)

high longitudinal conductance zone

--- estimated faults from CSAMT

Fig II .3.62 Geothermal structure estimated from electrical surveys

Ⅱ. 3. 4 熱流量調査

1. 調査の目的

第２次調査結果をもとに選定された最有望地域において，測温孔を掘削し，坑内温度を測定することによって，地熱活動状況を評価した。さらに測温孔掘削時に採取されたコア及びカッティングスの地質・地化学的解析及び物性測定を行い，地熱系モデル作成のための基礎資料とした。

2. 作業分担

熱流量調査の諸作業・解析は以下のような作業分担で実施した。

(A) ＭＴＡ …… 掘削・検層機材の準備
測温孔の掘削
コア，カッティングスの採取
熱水の採取
孔内検層の実施
上記諸作業の管理，監督

(B) ＪＩＣＡ …… 掘削計画（測温孔の掘削位置及び掘削深度・本数，ケーシングプログラム等）の提案
熱流量解析
コアの地質・地化学解析
熱水の地化学的解析

3. 測温孔掘削

(1) 掘削位置

掘削位置はFig. Ⅱ. 3. 63 測温孔位置図に示した通りである。

ＤＧ－１： Kaynarca 北部
ＤＧ－２： Dede Tepe 東方
ＤＧ－３： Kargın Tepe 北西部

(2) 掘削深度

各測温孔の掘削深度は以下の通りである。

ＤＧ－１： ６８３.０ *m*
ＤＧ－２： ２０１.５ *m*
ＤＧ－３： ２０１.２ *m*

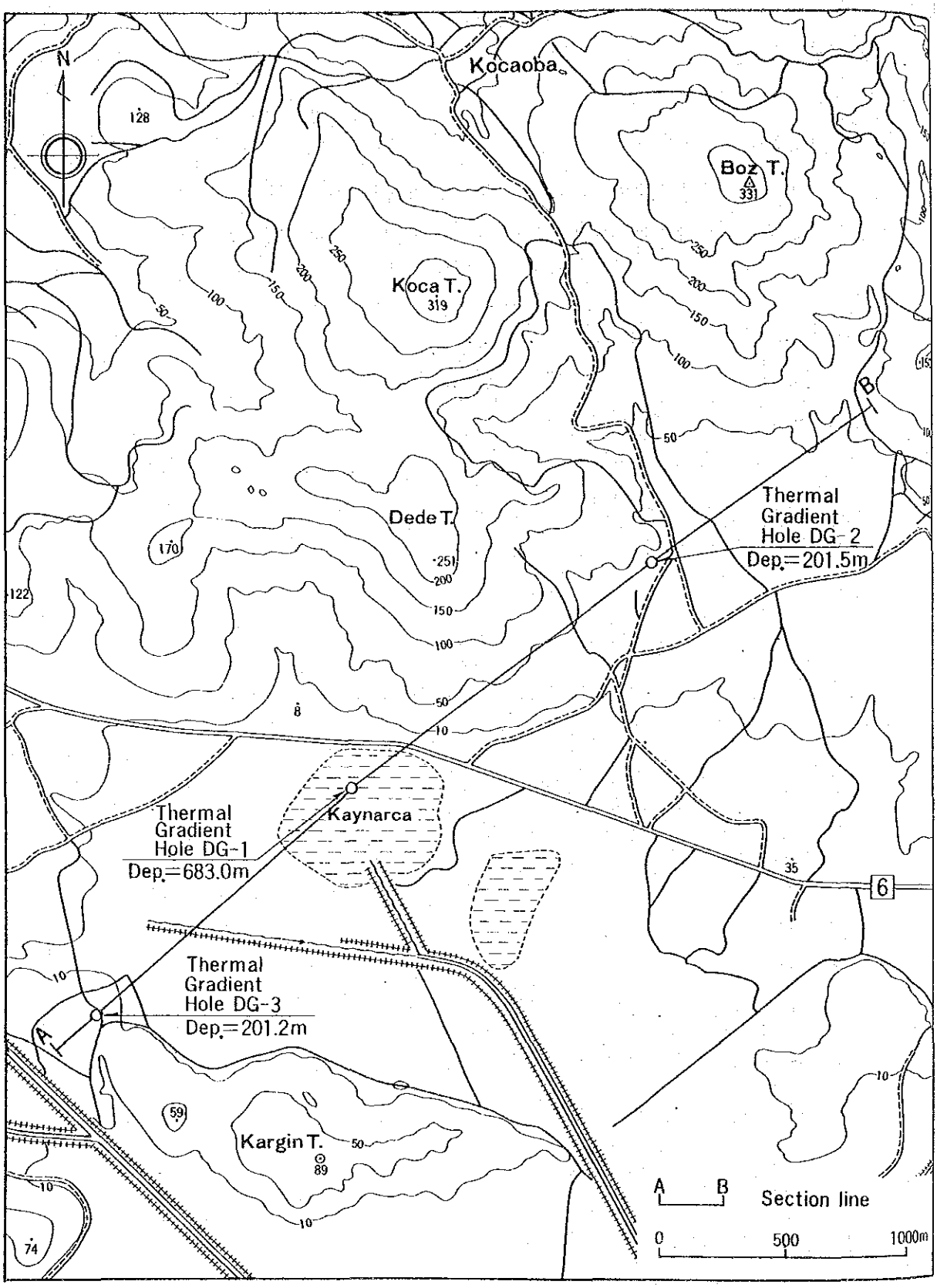


Fig. II.3.63 Location of thermal gradient holes

(3) ケーシングプログラム

各測温孔のケーシングプログラムは，Fig. Ⅱ. 3. 64 地質柱状図に示した通りである。浅部地下水が孔内に流入するのを防ぐため，DG－1では地表から深度200mまで，DG－2では地表から深度24.0m，DG－3では地表から深度30.7mまでセメンチングを実施した。

4. 孔内温度回復試験結果

各測温孔における温度回復試験結果をTable Ⅱ. 3. 2にまとめた。温度回復試験では，送水停止2時間後，12時間後，24時間後，48時間後にサーミスターによる温度検層を実施し，孔内温度を測定した。また，それらのデータから付帯資料A. 4. 1 に示した方法で，孔内の平衡温度を推定し，その結果をFig. Ⅱ.3. 64の測温孔地質柱状図に示した。さらに，孔内温度の特徴を把握するため，20m毎の温度勾配を求め，その深度別変化をFig. Ⅱ.3. 65 に示した。

(1) DG－1の孔内温度状況

孔内温度カーブの特徴及び深度別の温度勾配変化から，DG－1の孔内温度分布は，地表から深度240m，深度240mから深度500m，深度500mから深度683mに3区分される。

a) 地表～深度240m

地表から深度70m付近までは，孔内温度が4～42.5℃/100m という高い温度勾配で上昇し，90～100℃の比較的高温な部分となっている。

Fig. Ⅱ. 3. 64(1)に示したように，特に深度20mから60mにかけての部分は，温度回復が大きく，送水停止35日後の温度検層結果では101.4℃と本孔で確認された最高温度が得られた。

深度70m以深では孔内温度は徐々に低下し，深度240mの推定平衡温度は87℃である。

b) 深度240m～500m

深度240mから500mでは，孔内温度は90℃前後，温度勾配は±5℃/100m以内で，ほぼ一定温度を保ち，孔内温度カーブにもアノマリーは認められない。

c) 深度500m～683m

500m以深では，温度勾配が3～15℃/100mと自然増温率（3℃/100m）より大きい値を示し，深部になる程その値が大きくなっている。また温度回復も大きい。孔底（683m）での平衡温度は約105℃と推定される。

(2) DG－2の孔内温度状況

DG－2では温度回復はほとんどみられない。また温度勾配は2～6℃/100m と自然増温率とほぼ同じ値を示し，孔底（200m）での推定平衡温度は約31℃である。

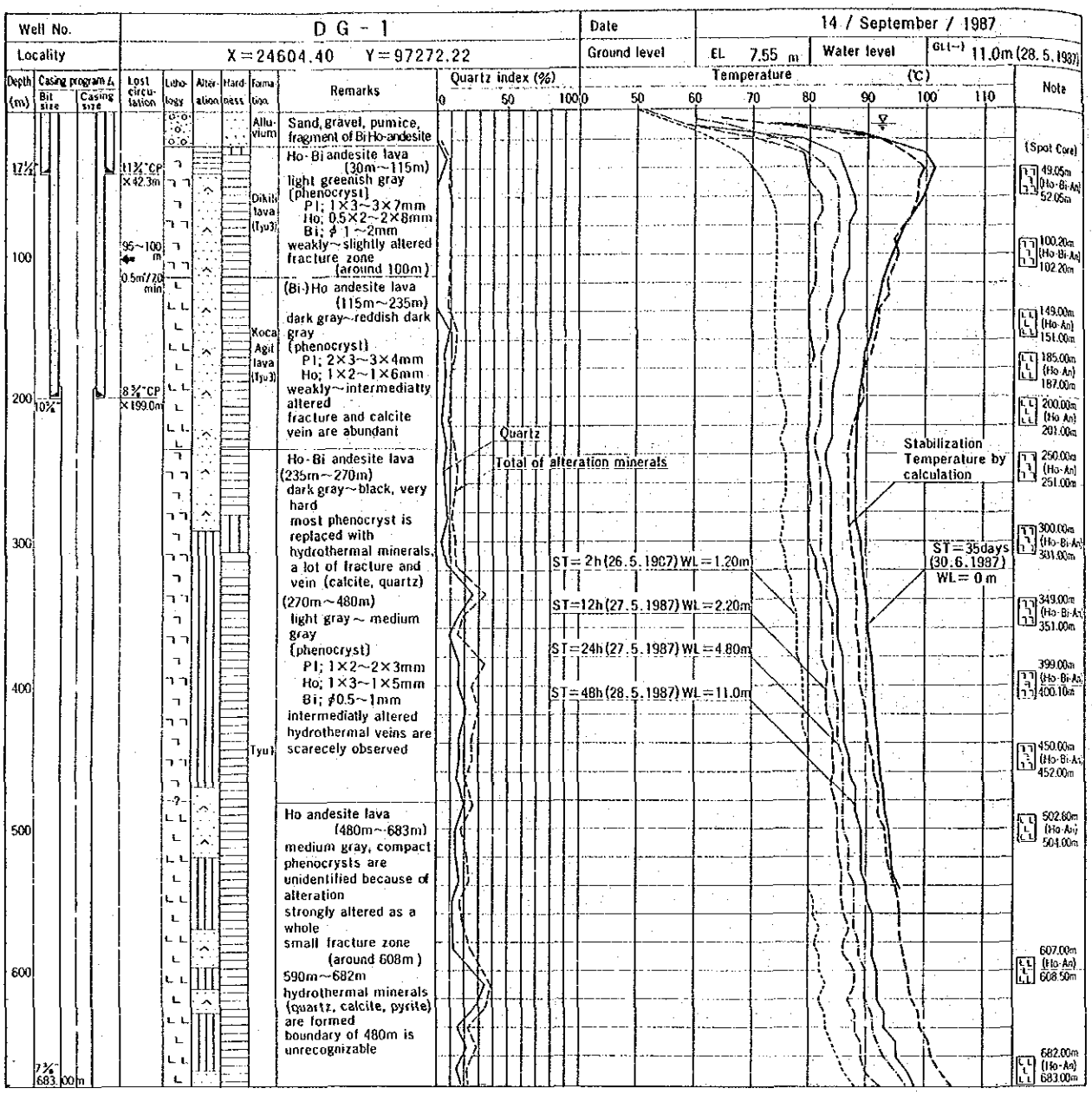
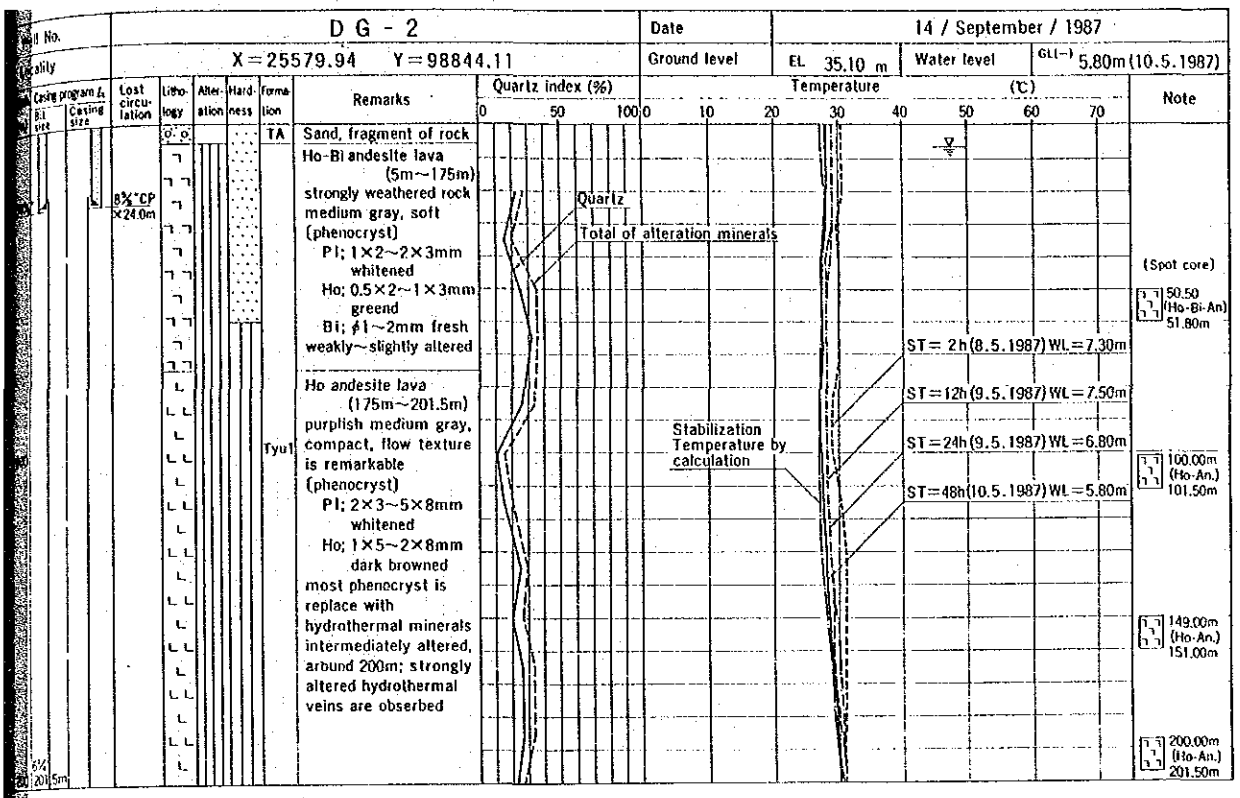
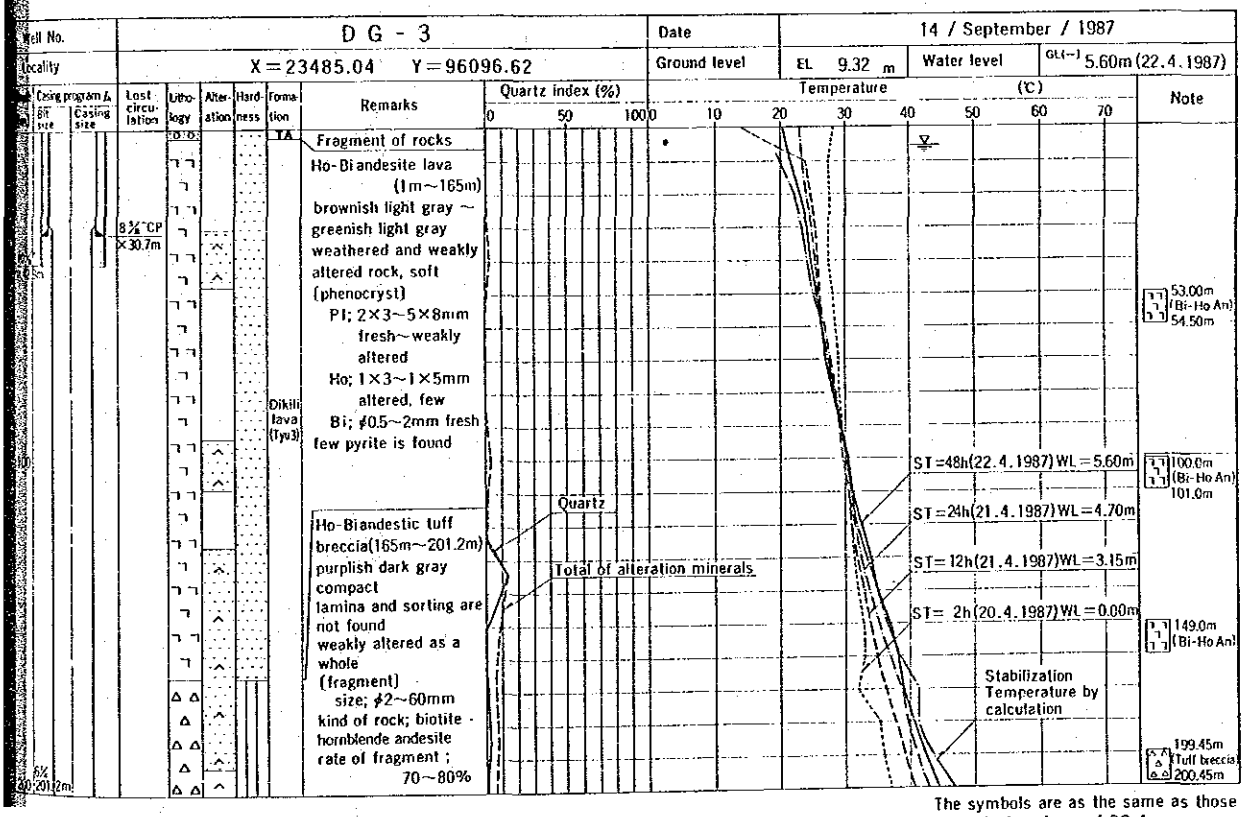


Fig. II.3.64(1) Geologic Column of DG-1





The symbols are as the same as those of geologic column of DG-1

Fig. II.3.64 (2) Geologic Column of DG-2, DG-3

Table II.3.2(1) Results of temperature recovery test

Well № DG-1

	26. 5. 1987 ST= 2hour	27. 5. 1987 ST=12hour	27. 5. 1987 ST=24hour	28. 5. 1987 ST=48hour	Stabilization temperature by calculation	30. 6. 1987 ST=35days
10	55.8	59.0	66.4	59.0	65.1	75.0
20	62.5	70.6	74.7	79.0	90.6	91.1
30	67.6	78.9	78.6	84.9	96.5	99.7
40	69.9	79.8	83.0	86.5	99.1	101.4
50	72.3	80.0	84.5	87.1	98.1	100.0
60	72.9	81.8	85.0	87.3	98.3	98.7
70	74.0	81.8	85.0	87.5	97.1	97.5
80	73.9	81.2	84.9	87.1	96.6	96.3
90	74.5	81.2	84.6	86.5	94.8	95.2
100	74.2	81.0	84.3	86.8	95.3	94.2
110	74.5	81.1	84.0	86.5	94.4	93.5
120	74.8	81.0	83.9	86.0	93.3	92.6
130	74.5	80.5	83.7	86.0	93.4	91.9
140	74.9	80.1	83.0	85.5	91.7	91.2
150	74.9	80.0	83.0	85.5	91.7	90.6
160	74.8	80.0	82.8	85.0	91.0	90.1
170	74.5	80.0	82.5	84.8	90.9	89.6
180	74.9	80.0	82.3	84.5	89.9	89.2
190	75.1	80.0	82.1	84.4	89.4	89.0
200	75.0	80.0	82.0	84.1	89.1	88.9
210	75.5	80.0	82.0	83.9	88.3	88.6
220	75.4	80.0	82.0	83.5	88.0	88.4
230	75.5	79.9	81.6	83.4	87.4	88.4
240	75.8	80.0	81.8	83.0	86.8	88.1
250	75.5	80.0	81.8	83.2	87.4	88.1
260	75.9	80.0	81.9	83.5	87.4	88.1
270	76.0	80.1	81.9	83.5	87.3	88.2
280	75.3	80.0	81.8	83.3	87.7	88.2
290	76.0	80.2	81.9	83.2	86.9	88.3
300	76.0	80.5	82.0	83.5	87.4	88.7
310	76.5	80.8	82.1	84.0	87.6	89.2
320	76.2	81.1	82.5	84.1	88.4	89.5
330	77.0	81.6	83.0	84.5	88.4	89.8
340	77.0	81.7	83.0	84.8	88.8	90.1
350	77.9	81.9	83.4	85.0	88.4	90.3
360	78.0	82.0	83.5	85.0	88.4	90.4
370	77.5	82.0	83.7	85.1	89.2	90.7
380	78.0	82.0	84.0	85.3	89.1	91.0
390	78.9	82.6	84.3	86.0	89.3	91.2
400	79.1	82.9	84.5	86.0	89.3	91.3
410	78.9	83.0	84.5	86.0	89.5	91.6
420	79.0	83.2	84.9	86.3	90.1	91.7
430	79.0	83.4	85.0	86.5	90.4	91.9
440	79.3	83.6	85.1	86.8	90.5	92.0
450	79.4	83.9	85.5	87.0	91.0	92.3
460	79.8	84.0	85.7	87.1	91.5	92.6
470	79.9	84.1	86.0	87.8	91.8	92.9
480	79.5	84.3	86.0	88.0	92.5	93.2
490	80.0	84.5	86.2	88.0	92.1	93.6
500	80.0	84.7	86.5	88.5	93.0	93.9
510	80.2	84.9	86.8	88.5	93.0	94.2
520	80.0	85.0	86.9	88.9	93.8	94.5
530	80.0	84.9	87.0	89.1	94.1	94.9
540	80.0	85.5	87.6	89.3	94.9	95.3
550	80.3	85.4	88.0	90.0	95.7	
560	81.0	86.0	88.2	90.4	95.6	
570	81.8	86.5	88.2	90.9	95.4	
580	81.2	86.4	88.9	91.0	96.7	
590	81.5	86.5	89.0	91.2	96.7	
600	82.1	87.8	89.9	91.8	97.7	
610	83.0	87.2	90.0	92.0	96.8	
620	82.0	87.1	90.0	92.0	98.0	
630	83.0	87.9	91.1	92.9	98.9	
640	83.1	88.7	91.2	93.0	99.1	
650	84.5	89.0	92.0	95.0	100.6	
660	84.9	89.5	93.0	95.2	101.2	
670	85.7	90.1	95.1	96.7	103.8	
680	87.9	93.0	96.3	97.9	104.1	
690	88.0	95.0	97.0	98.2	105.3	

Table II.3.2(2) Results of temperature recovery test

Well № DG-2

Depth	8. 5. 1987 ST= 2hour	9. 5. 1987 ST=12hour	9. 5. 1987 ST=24hour	10. 5. 1987 ST=48hour	Stabilization temperature by calculation
10	30.5	29.0	28.5	28.0	27.6
20	30.5	29.0	29.0	28.0	27.8
30	29.5	28.5	29.0	27.5	27.9
40	30.0	28.0	28.5	27.0	26.8
50	30.0	28.0	28.5	27.0	26.8
60	30.0	28.0	28.0	27.5	27.0
70	30.0	28.0	28.0	27.5	27.0
80	29.0	28.0	28.0	27.0	27.2
90	29.0	28.0	28.0	27.0	27.2
100	29.0	28.0	28.0	27.0	27.2
110	30.0	28.0	28.0	27.5	27.0
120	30.5	28.5	28.5	27.5	27.0
130	31.0	28.5	28.5	28.0	27.1
140	31.0	28.5	29.0	28.0	27.4
150	31.0	29.0	29.5	28.5	28.2
160	31.0	29.0	30.0	28.5	28.5
170	31.0	29.5	30.5	29.0	29.3
180	31.0	30.0	30.5	29.5	29.8
190	31.0	30.5	30.5	29.5	29.9
200	31.0	31.0	31.0	30.0	30.6

Well № DG-3

Depth	20. 4. 1987 ST= 2hour	21. 4. 1987 ST=12hour	21. 4. 1987 ST=24hour	22. 4 1987 ST=48hour	Stabilization temperature by calculation
10	28.0	23.5	23.0	22.0	19.9
20	27.5	24.6	23.9	23.0	22.0
30	27.5	25.5	24.7	24.0	23.5
40	27.5	25.8	25.4	24.5	24.4
50	28.0	26.2	26.0	25.5	25.3
60	28.5	26.4	27.2	26.5	26.4
70	28.8	26.8	28.2	27.0	27.2
80	29.0	27.7	28.5	28.0	28.1
90	29.5	28.6	29.0	29.0	29.0
100	30.0	29.5	29.8	30.0	29.9
110	30.4	30.4	30.5	31.0	30.6
120	30.8	31.2	31.5	32.5	32.0
130	31.5	32.1	32.7	34.0	33.5
140	32.0	33.0	34.0	35.0	34.9
150	32.9	34.0	35.4	37.0	36.9
160	32.8	35.1	36.8	38.0	38.9
170	32.1	36.5	38.3	39.0	41.7
180	35.3	37.7	39.6	40.5	41.7
190	35.9	39.1	41.1	42.0	43.8
200	36.8	40.7	42.7	44.0	46.3

(3) ＤＧ－３の孔内温状況

孔内温度は地表からほぼ直線状に上昇し，その温度勾配は８～23℃/100ｍ と高い。また深度100ｍ以深では温度回復がみられ，孔底（200ｍ）での推定平衡温度は約46℃である。

4. 熱流量計算

地下の熱は，地下温度の変化率すなわち地温勾配の大きさに比例して高温部より低温部に向けて流れる。またこの熱の流れの量は，岩石の熱伝導率によっても左右される。そこでKaynarca地域の垂直的な熱流量分布を調べるために，測温孔の温度検層結果から推定された地下平衡温度，及びスポットコアの熱伝導率測定結果をもとに，各測温孔の深度別の熱流量を計算した。その結果をTable Ⅱ. 3. 3にまとめ，Fig. Ⅱ. 3. 65に図示した。尚，計算式は付帯資料A. 4. (2)に示した。

(1) ＤＧ－１における熱流量の特徴

Fig. Ⅱ. 3. 65をみると深度40ｍ付近の熱流量が１2.7５ＨＦＵと非常に大きい。この熱の供給は，熱伝導だけでは説明が困難で，この周辺には100℃前後の熱水が流入していると考えられる。

深度60ｍから240ｍでは，熱流量が見掛上マイナス値を示し，浅部から深部に向って熱が流れていることを示している。

深度240ｍから深度640ｍ付近は熱流量値が(-)0.60～3.09ＨＦＵを示し，ほぼ一定（定常熱流量）である。この部分は，地熱流体による熱流の乱れがなく，伝導によってのみ熱が移動していると考えられる。

640ｍ以深では，熱流量値が5.63～7.77ＨＦＵと大きく，かつ深くなるにつれてその値が大きくなっている。この付近では，深部からの地熱流体によって熱の供給を受けている可能性が高い。

(2) ＤＧ－２における熱流量の特徴

ＤＧ－２の熱流量の値は，深度120ｍ付近までマイナスの値となることが多く，浅部の低温地下水の影響を受けていると考えられる。深度120ｍから孔底（200ｍ）間では熱流量の値は，(-)3.14～3.14ＨＦＵと一定で大陸における平均値（1.65ＨＦＵ）とほぼ同じである。

(3) ＤＧ－３における熱流量の特徴

ＤＧ－３の熱流量の値は4.27～8.19ＨＦＵと大きく，かつ深部程その値が増えている。このことは，ＤＧ－３深部に地熱流体の活動が存在することを示唆している。

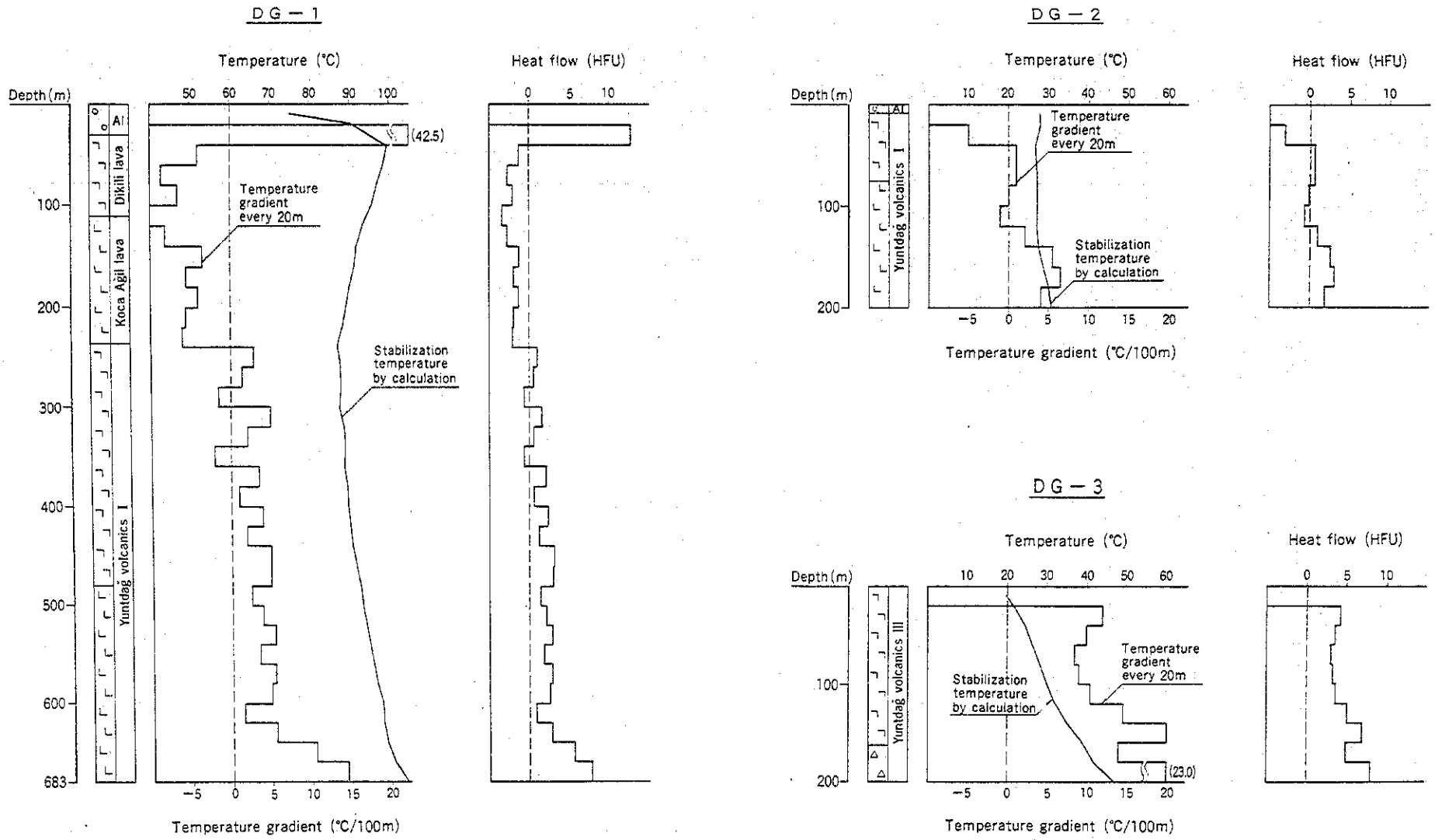


Fig. II.3.65 Heat flow of thermal gradient hole.

Table II.3.3(1) Results of heat flow calculation

Well No. DG－1

Depth (m)	Stabilization temperature by calculation (℃)	Temperature gradient (℃／100 m)	Thermal conductivity ($\times 10^{-3}$ cal／cm・sec・℃)	Heat flow (HFU)
20	90.6	－	3.00 (Alluvivm)	－
40	99.1	＋ 42.5		12.75
60	98.3	－ 4.0	3.08	－ 1.23
80	96.6	－ 8.5		－ 2.62
100	95.3	－ 6.5		－ 2.00
120	93.3	－ 10.0	3.42	－ 3.42
140	91.7	－ 8.0		－ 2.74
160	91.0	－ 3.5		－ 1.20
180	89.9	－ 5.5		－ 1.88
200	89.1	－ 4.0		－ 1.37
220	88.0	－ 5.5		－ 1.88
240	86.8	－ 6.0		－ 2.05
260	87.4	＋ 3.0		1.03
280	87.7	＋ 1.5	3.31	0.50
300	87.4	－ 1.5		－ 0.50
320	88.4	＋ 5.0		1.66
340	88.8	＋ 2.0		0.66
360	88.4	－ 2.0		－ 0.66
380	89.1	＋ 3.5	6.17	2.16
400	89.3	＋ 1.0		0.62
420	90.1	＋ 4.0		2.47
440	90.5	＋ 2.0		1.23
460	91.5	＋ 5.0		3.09
480	92.5	＋ 5.0	5.36	2.68
500	93.0	＋ 2.5		1.34
520	93.8	＋ 4.0		2.14
540	94.9	＋ 5.5		2.95
560	95.6	＋ 3.5		1.88
580	96.7	＋ 5.5		2.95
600	97.7	＋ 5.0		2.68
620	98.0	＋ 1.5		0.80
640	99.1	＋ 5.5		2.95
660	191.2	＋ 10.5		5.63
680	194.1	＋ 14.5		7.77

Table II.3.3(2) Results of heat flow calculation

Well No. DG－2

Depth (m)	Stabilization temperature by calculation (℃)	Temperature gradient (℃/100 m)	Thermal conductivity ($\times 10^{-3}$ cal/cm·sec·℃)	Heat flow (HFU)
20	27.8	－	6.28	－
40	26.8	－ 5.0		－ 3.14
60	27.0	＋ 1.0		0.63
80	27.2	＋ 1.0		0.63
100	27.2	0		0
120	27.0	－ 1.0		－ 0.63
140	27.4	＋ 2.0	4.83	0.97
160	28.5	＋ 5.5		2.67
180	29.8	＋ 6.5		3.14
200	30.6	＋ 4.0		1.93

Well No. DG－3

Depth (m)	Stabilization temperature by calculation (℃)	Temperature gradient (℃/100 m)	Thermal conductivity ($\times 10^{-3}$ cal/cm·sec·℃)	Hest flow (HFU)
20	22.0	－	3.56	－
40	24.4	＋ 12.0		4.27
60	26.4	＋ 10.0		3.56
80	28.1	＋ 8.5		3.03
100	29.9	＋ 9.0		3.20
120	32.0	＋ 10.5		3.74
140	34.9	＋ 14.5		5.16
160	38.9	＋ 20.0		7.12
180	41.7	＋ 14.0		4.98
200	46.3	＋ 23.0		8.19

5. コア・カッティングス解析結果

(1) 地層区分

各孔井から採取されたコア・カッティングスを用いて，肉眼観察，顕微鏡観察を実施し，地層区分を行なった。その結果をTable Ⅱ. 3. 4孔井地質層序表及びFig. Ⅱ. 3. 64 地質柱状図に示した。また顕微鏡観察結果をTable Ⅱ. 3. 5にまとめた。

DG－1を構成する地層は上位から沖積層，Dikili溶岩，Koca Agıl溶岩及びYuntdağ火山岩類Ⅰからなる。Dikili溶岩及びKoca Agıl溶岩はいずれもYuntdağ火山岩類Ⅲに属する。

DG－2の地質は，地表5 m程の崖錐堆積物を除き，200 mの孔底まですべてYuntdağ火山岩類Ⅰで構成される。

DG－3では1 m程の表土の他はすべてDikili溶岩からなる。

(2) 熱水脈の発達状況

DG－1においては，熱水脈は比較的浅部の深度150 mから250 m付近にかけて数多くみられる。熱水鉱物脈の発達状況は，割れ目に富む部分とほぼ一致しており，これらの割れ目や熱水脈は断層運動に伴って形成されたものと思われる。熱水脈はほとんどの場合，幅0.1～1 cmで石英，方解石，苦灰石で充填されており，熱水脈に伴ってしばしば径0.3 cm～数cmの晶洞が認められる。これらの晶洞中にはまれに方解石や石英等の自形結晶が生成している。DG－1の岩石は全体として古い時期に熱水変質を受けたものであるが，これらの熱水脈は変質岩を非常にシャープな境界面で岩石を切っていることから，比較的最近の地熱活動によって形成されたと思われる。

DG－2，DG－3では熱水脈はごくわずかしか認められない。またこれらの熱水脈の境界面は明瞭でなく，古い時期の地熱活動によるものと考えられる。

(3) X線分析

Kaynarca地熱地帯における変質作用の性状および程度を把握するために，測温井で得られたコア，カッティングを用いてX線分析を行なった。その結果から変質分帯を行うとともに石英指数を用いて変質帯の評価を行なった。石英指数及び変質分帯についての詳細は，付帯資料A. 4. (3)に示した。

また，X線分析結果をTable Ⅱ. 3. 6表に，変質分帯及び変質鉱物の出現深度をFig. Ⅱ. 3. 66に示した。

1) DG－1における熱水変質

DG－1のコア・カッティングスのX線分析の結果，次のような変質鉱物が同定された。

(a) SiO_2鉱物： クリストバライトは深度20 mから170 mで認められる。石英は深度35

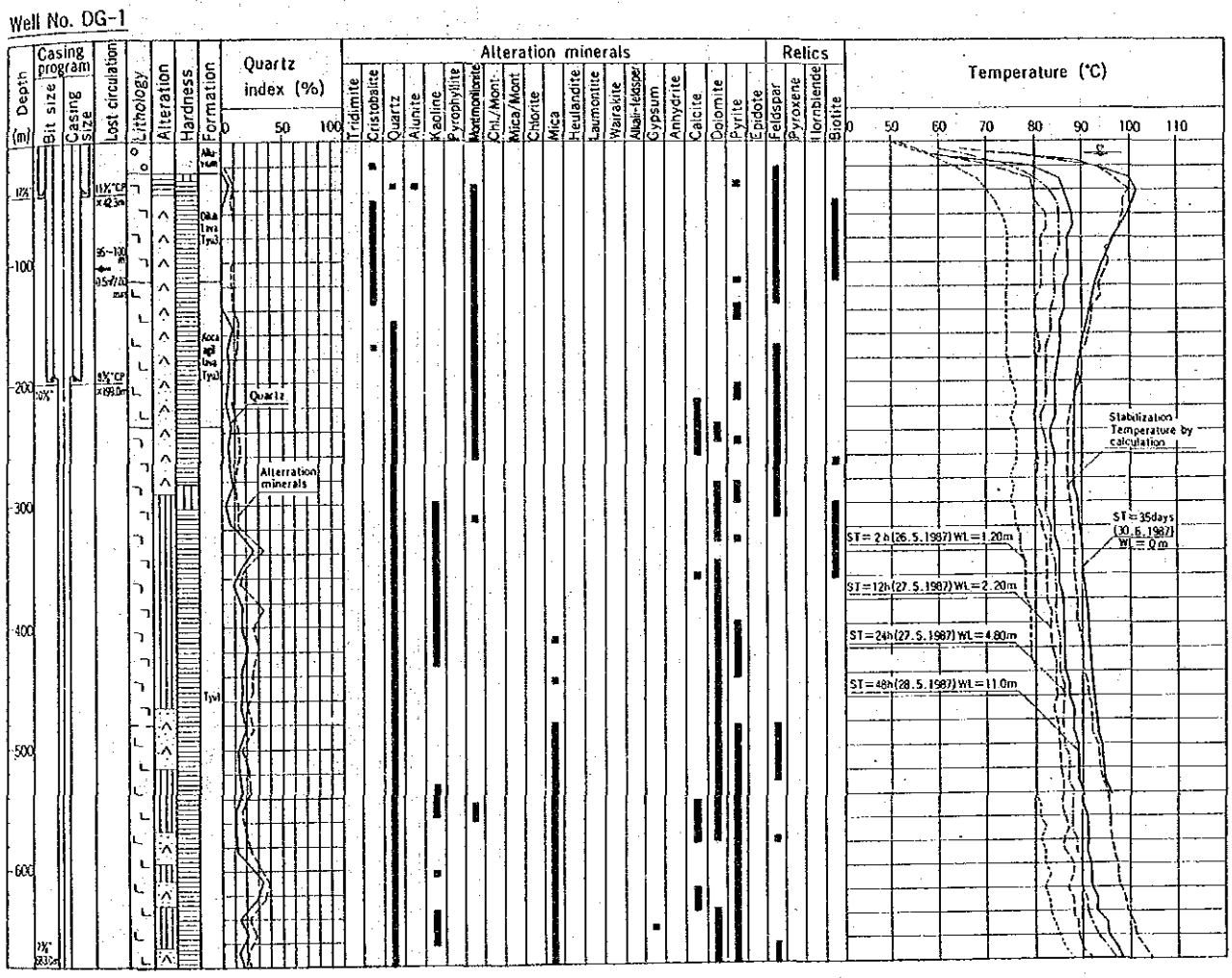


Fig. II.3.66 (1) Distribution of alteration in thermal gradient hole.

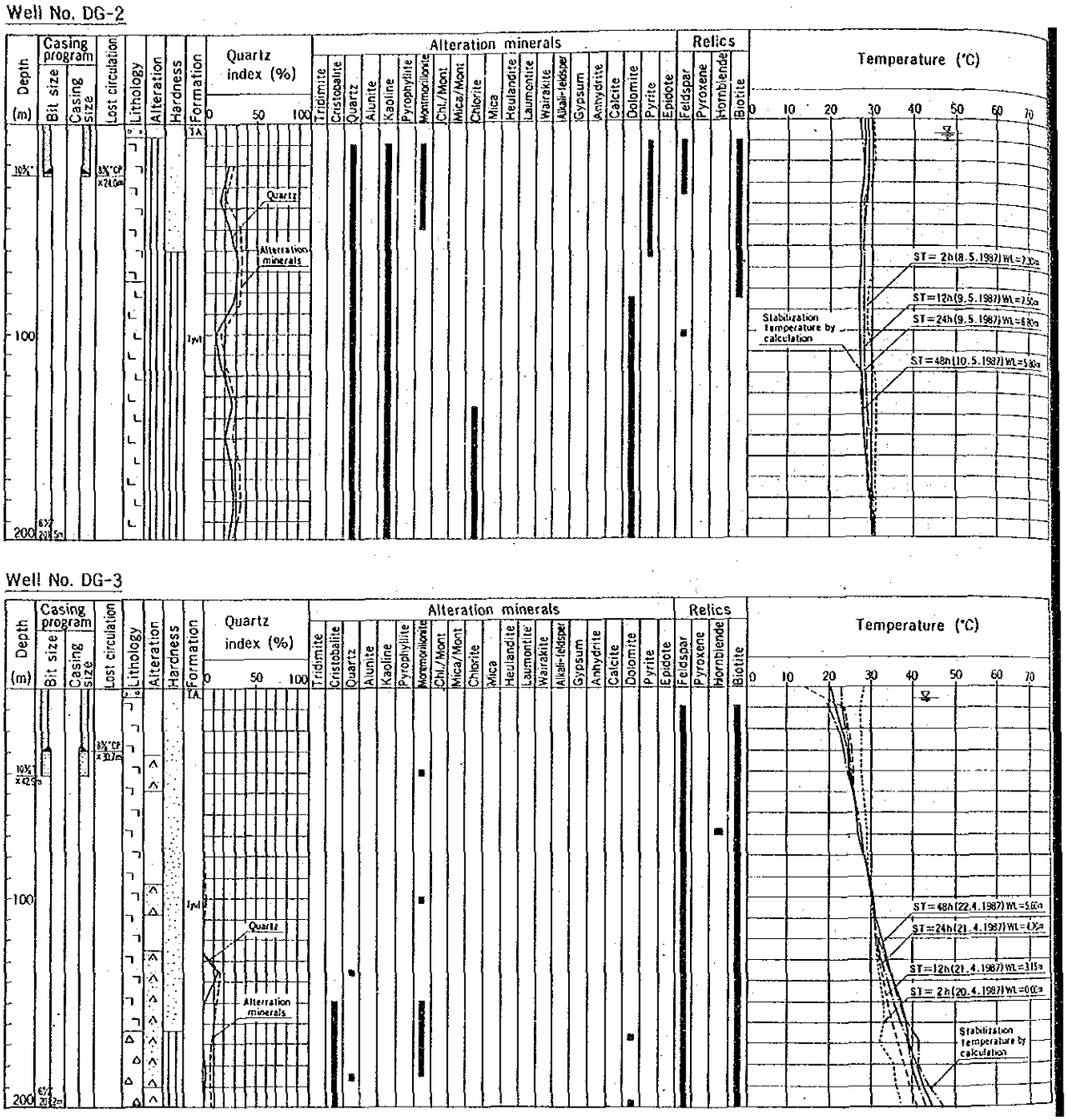


Fig. II.3.66 (2) Distribution of alteration in thermal gradient hole.

Table II 3. 4 Stratigraphy of thermal gradient holes

DG－1

Distribution depth (m)	Elevation (m)	Thickness (m)	Formation
0 ～ 30	7.6～ －22.4	30	Alluvium
30 ～ 115	－ 22.4～-107.4	85	Yuntdağ volcanics III (Dikili lava)
115 ～ 235	－107.4～-227.4	120	Yuntdağ volcanics III (Koca Ağıl lava)
235 ～ 683	－227.4～-675.4	448	Yuntdağ volcanics I

DG－2

Distribution depth (m)	Elevation (m)	Thickness (m)	Formation
0 ～ 5	35.1～ 30.1	5	Talus deposit
5 ～ 201.5	30.1～-166.4	196.5	Yuntdağ volcanics I

DG－3

Distribution depth (m)	Elevation (m)	Thickness (m)	Formation
0 ～ 1	9.3 ～ 8.3	1	Talus deposit
1 ～ 201.2	8.3～-200.2	200.2	Yuntdağ volcanics III (Dikili lava)

Table II 3.5(1) Petrography of Rock-forming Minerals

Well No. DG − 1

Depth (m)	Rock name	Rock-forming minerals																			Alteration Minerals												Remarks
		Phenocryst										Ground mass																					
		Cpx	Opx	Ho	Bi	Ol	Op	Pl	Af	Qz		Cpx	Opx	Bi	Op	Pl	Af	Si	Gl		Tr	Cr	Qz	Al	Ka	Mo	Ch	Mi	Ah	Ca	Ep		
49.7	Ho - Bi andesite			▲	○			○							×							△				◎							Weakly altered
100.5	〃			▲	○			○							△							△				○							〃
149.3	〃			▲	▲			▲							△								△			△				×			Intermediatly altered
186.2	〃			▲	▲			▲							×								△			○							〃
200.7	〃			▲	▲			▲							△								○			○							Strongly altered
250.4	〃			▲	△			○							×								△			△				◎		×	Strongly altered Qz, Ca veins are dominant
300.3	〃			▲	○			○							×								△		×	×							Weakly altered
349.5	〃			▲	○			○							×								○		△	×						×	〃
399.1	〃			?	▲			▲							×								○		×			×				△	Strongly altered
450.9	?				?			▲							×							×	○		○	△		×				◎	Strongly altered Do veins are dominant

LEGEND : ◎ Abundant ○ Intermediate △ Small amount × A very small amount ▲ Pseudomorph

CPx : Clinopyroxene OPx : Orthopyroxene Ho : Hornblende Bi : Biotite Ol : Olivine Op : Opaque mineral
Pl : Plagioclase Af : Alkali feldspar Qz : Quartz Si : Silica mineral Gl : Glass Tr : Tridymine Cr : Cristobalite
Al : Alunite Ka : Kaolinite Ch : Chlorite Mo : Montmorillonite Mi : Mica An : Anhydrite Ca : Calcite Ep : Epidote Do : Dolomite

No. 2

Table II 3.5(2) Petrography of Rock-forming Minerals

Well No. DG − 1

Depth (m)	Rock name	Rock-forming minerals																			Alteration Minerals												Remarks
		Phenocryst										Ground mass																					
		Cpx	Opx	Ho	Bi	Ol	Op	Pl	Af	Qz		Cpx	Opx	Bi	Op	Pl	Af	Si	Gl		Tr	Cr	Qz	Al	Ka	Mo	Ch	Mi	Ah	Ca	Ep	Do	
503.5					?			▲							×								○					×				○	Strongly altered
608.0				▲	?			▲							×								◎		×			×					〃
682.3					?			▲							×								○					×				○	〃

LEGEND : ◎ Abundant ○ Intermediate △ Small amount × A very small amount ▲ Pseudomorph

CPx : Clinopyroxene OPx : Orthopyroxene Ho : Hornblende Bi : Biotite Ol : Olivine Op : Opaque mineral
Pl : Plagioclase Af : Alkali feldspar Qz : Quartz Si : Silica mineral Gl : Glass Tr : Tridymite Cr : Cristobalite
Al : Alunite Ka : Kaolinite Ch : Chlorite Mo : Montmorillonite Mi : Mica An : Anhydrite Ca : Calcite Ep : Epidote Do : Dolomite

Table II 3.5(3) Petrography of Rock-forming Minerals

Well No. DG − 2

Depth (m)	Rock name	Rock-forming minerals																			Alteration Minerals												Remarks
		Phenocryst										Ground mass																					
		Cpx	Opx	Ho	Bi	Ol	Op	Pl	Af	Qz		Cpx	Opx	Bi	Op	Pl	Af	Si	Gl		Tr	Cr	Qz	Al	Ka	Mo	Ch	Mi	Ah	Ca	Ep	Do	
50.7	Ho - Bi andesite			▲	△			▲							×								○		△	×				△		△	Intermediatly altered
101.0	〃			▲	×			▲							×								○		×	×						○	Strongly altered
150.0	〃			▲	×			▲							×								◎		×			×				○	〃
201.5	?			?	?			?							×								◎		×			×				○	〃

LEGEND : ◎ Abundant ○ Intermediate △ Small amount × A very small amount ▲ Pseudomorph

CPx : Clinopyroxene OPx : Orthopyroxene Ho : Hornblende Bi : Biotite Ol : Olivine Op : Opaque mineral
Pl : Plagioclase Af : Alkali feldspar Qz : Quartz Si : Silica mineral Gl : Glass Tr : Tridymite Cr : Cristobalite
Al : Alunite Ka : Kaolinite Ch : Chlorite Mo : Montmorillonite Mi : Mica An : Anhydrite Ca : Calcite Ep : Epidote Do : Dolomite

Table II 3.5 (4) Petrography of Rock-forming Minerals

Well No. D G − 3

Depth (m)	Rock name	Rock-forming minerals: Phenocryst										Rock-forming minerals: Ground mass									Alteration Minerals												Remarks
		Cpx	Opx	Ho	Bi	Ol	Op	Pl	Af	Qz		Cpx	Opx	Bi	Op	Pl	Af	Si	Gl		Tr	Cr	Qz	Al	Ka	Mo	Ch	Mi	Ah	Ca	Ep	Do	
550.7	Bi-Ho andesite			○	○			◎							×				○							×							Fresh Flow texture is remarkable
101.0	〃			▲	○			○							×											○							Weakly altered
150.0	〃			?	▲			○							×							○				○							〃
201.5	Tuff breccia			?	○			○							×							○										○	〃

LEGEND : ◎ Abundant ○ Intermediate △ Small amount × A very small amount ▲ Pseudomorph

CPx : Clinopyroxene OPx : Orthopyroxene Ho : Hornblende Bi : Biotite Ol : Olivine Op : Opaque mineral

Pl : Plagioclase Af : Alkali feldspar Qz : Quartz Si : Silica mineral Gl : Glass Tr : Tridymite Cr : Cristobalite

Al : Alunite Ka : Kaolinite Ch : Chlorite Mo : Montmorillonite Mi : Mica An : Anhydrite Ca : Calcite Ep : Epidote Do : Dolomite

Table II.3.6(1) Results of X-ray analysis

Well No. DG-1			ALTERATION MINERALS																				RELICS			
			I			II	III		IV					V				Others								
Nos	Depth (m)	Alteration Type	Tridymite	Cristobalite	Quarts	Alunite	Kaolin	Pyrophyllite	Montmorillonite	Chl. / Mont	Mica / Mont	Chlorite	Mica	Heulandite	Laumontite	Wairakite	Alkali-feldspar	Gypsum	Anhydrite	Calcite	Dolomite	Pyrite	Epidote	Feldspar	Pyroxene	Hornblende	Biotite
1	20			3																				4			
2	35	II			7	1			0.5													1		4			
3	49.7	IV′		4					4															3			2
4	65	↑		7					3															3			3
5	85			5					4															2			2
6	100.5			4					4													1		3			1
7	115.0			5					3															3			1
8	135			6					2													1		3			
9	149				9				3													1					
10	170			5	5				2															3			
11	186.2				6				4															3			
12	200.8				5				4													1		3			
13	215				4				2											2		1		3			
14	235				8				2											2	2			2			
15	250				6				1											5	2	1		2			
16	265	↓			7				2											4				3			1
17	285	IV′			9																2	0.5		1			
18	300.3	III			4		2														6	2		2			3
19	315	↑			8		1		1												3			2			2
20	335				26		4														2	1					1
21	349.5				16		3																				2
22	365.0				10		0.5													2	2						0.5
23	385				17		2														15						
24	399.1				16		3														4	2					
25	415				21		3						1								4	1					
26	435				16		1														6	2					
27	450.9	↓			17		1						0.5								5	2					
28	465	III			15		2														4						
29	485	IV′			19								1								5	1		4			
30	503.5	↕			13								0.5								3	1		5			
31	515	IV′			14								1								5	1		2			
32	535	III			16		0.5						0.5								5	1		1			
33	550	↕			12		1		0.5				1							1	2	1					
34	565	III			12		1		0.5				1							1	3	1					
35	585	IV′			13								0.5							1	6	3		1			
36	608	III			34		2						1									2					
37	625	IV			29								0.5							1	4	1					
38	640	III			15		1						0.5							1	3	1					
39	655	↕			21		0.5						0.5					0.5			5	1					
40	670	III			15		0.5						0.5								4	1		2			
41	682.3	IV′			18								1								2	1		4			

The Arabic numbers show Quartz Index and Roman numbers show Alteration Type by Hayashi (1979)

Table II. 3. 6 (2) Results of X-ray analysis

Well No. DG-2			ALTERATION MINERALS																				RELICS			
			I			II	III		IV					V				Others								
Nos	Depth (m)	Alteration Type	Tridymite	Cristobalite	Quarts	Alunite	Kaolin	Pyrophyllite	Montmorillonite	Chl. / Mont	Mica / Mont	Chlorite	Mica	Heulandite	La montite	Wairakite	Alkali-feldspar	Gypsum	Anhydrite	Calcite	Dolomite	Pyrite	Epidote	Feldspar	Pyroxene	Hornblende	Biotite
1	20	III			22		2		1													1		2			1
2	35	↑			15		3		1													1		2			2
3	50.7				24		6		1													2					3
4	65				31		2															2					1
5	85				27		2														3						1
6	101				10		1														5			1			
7	115				15		1														4						
8	135				25		1						1								2						
9	150				20		2						1								4						
10	165				26		2						1								3						
11	185	↓			27		2						1								2						
12	201.5	III			22		1						0.5								4						

Well No. DG-3			ALTERATION MINERALS																				RELICS			
			I			II	III		IV					V				Others								
Nos	Depth (m)	Alteration Type	Tridymite	Cristobalite	Quarts	Alunite	Kaolin	Pyrophyllite	Montmorillonite	Chl. / Mont	Mica / Mont	Chlorite	Mica	Heulandite	Laumontite	Wairakite	Alkali-feldspar	Gypsum	Anhydrite	Calcite	Dolomite	Pyrite	Epidote	Feldspar	Pyroxene	Hornblende	Biotite
1	20																							58			3
2	40	IV′							0.5															4			4
3	54																							12			2
4	70																							11		0.5	1
5	85																							13			3
6	101.0	IV′							1															4			5
7	115																							8			1
8	135	IV′			12																			14			1
9	149.4	↑		5					4															3			1
10	165	↓		3					1												2			3			1
11	185	IV′		5	2				0.5															4			1
12	200	PA		4																	2			20			

The Arabic numbers show Quartz Index and Roman numbers show Alteration Type by Hayashi (1979)

m付近で認められる他，深度149m以深では連続的に生成している。石英指数は34以下で顕著な珪化帯は存在しない。

(b) 粘土鉱物： 弱酸性～中性の変質作用によって生成するモンモリロナイトは主として深度300m以浅で認められる。また深度415m以深では雲母粘土鉱物が断続的に生成している。一方，酸性の変質作用によって生成する粘土鉱物としてカオリンが深度300m以深に発達している。

(c) 炭酸塩鉱物： 深度215mから深度640mにかけて方解石が，深度235mから深度682mにかけて苦灰石が多量に生成している。

(d) その他の鉱物： 深度35mでは硫酸酸性下で生成する明ばん石が認められる。また黄鉄鉱がほぼ全深度にわたって断続的に分布している。

以上の変質鉱物の産状から次のような地熱状況が考えられる。

① クリストバライトから石英への転移深度は約170mである。この転移温度は100℃前後であることから170m以浅では過去から現在において，地下温度が100℃に達していないことを示している。ただし，深度35m付近では局部的に石英が認められ，この周辺では100℃以上の熱水の流入が考えられる。

② 同じく深度35mでは，明ばん石が認められることから，この付近の熱水は酸性であったと思われる。

③ カオリンで特徴づけられる酸性変質帯は主として300m以深に存在している。これらの変質帯は一般に熱水貯留層の上部あるいはその周辺に発達することが多い。DG－1の酸性変質帯では多量の石英，苦灰石，方解石が岩石中の割れ目や空隙を充填しており，難透水層となっていると思われる。したがって，この部分は地熱構造的にはキャップロックの役割をしていると考えられる。

2) DG－2における熱水変質

DG－2では地表付近から孔底（200m）まで多くの石英やカオリンが生成し，酸性変質帯が存在している。しかし，孔内温度検層結果（地表から孔底までほぼ30℃で一定）から考えると，この変質帯は過去の熱水活動によって形成されたものと解釈される。

3) DG－3における熱水変質

DG－3における熱水変質は弱く，深度135m以深でクリストバライトや少量の石英，モンモリロナイトが認められる程度である。しかし調査地域では新期の火山岩であるYuntdağ火山岩類Ⅲが熱水変質を受けていることから深部に新しい地熱活動が存在して

いる可能性は高い。

(4) コア中の断裂測定

DG－1のスポットコア中に認められる熱水脈および鏡肌を伴った断裂の走向・傾斜を，岩石残留磁気を利用して測定した。

まずKaynarca北方2kmの露頭から採取したYuntdağ火山岩類Ⅰの定方位試料の磁化方向を測定した。磁北極と地理上の北との差を補正するとFig. Ⅱ. 3. 67に示すように，4つの試料の残留磁化方向は，ほぼ地理上の北方向と一致することが確認された。

そこでコアの磁化方向を測定し，その方向を北方向と仮定して熱水脈や割れ目の走向・傾斜を求めた。その結果をTable Ⅱ. 3. 7及びFig. Ⅱ. 3. 68図に示した。尚，測定方法の詳細については付帯資料A. 4. (4)で述べた。 試料数が7個と少ないため，はっきりしたことは言えないが，E－W走向，NおよびSへ60～70°傾斜あるいはN-S走向Wへ65～67°傾斜の断裂や熱水脈が認められる。また，E－W方向の熱水脈は比較的浅部に多い。これらの熱水脈は5.(2)の項で述べたコア中の熱水脈の発達状況と考え合わせると，地溝帯を形成している東西方向の断層に関連している可能性がある。

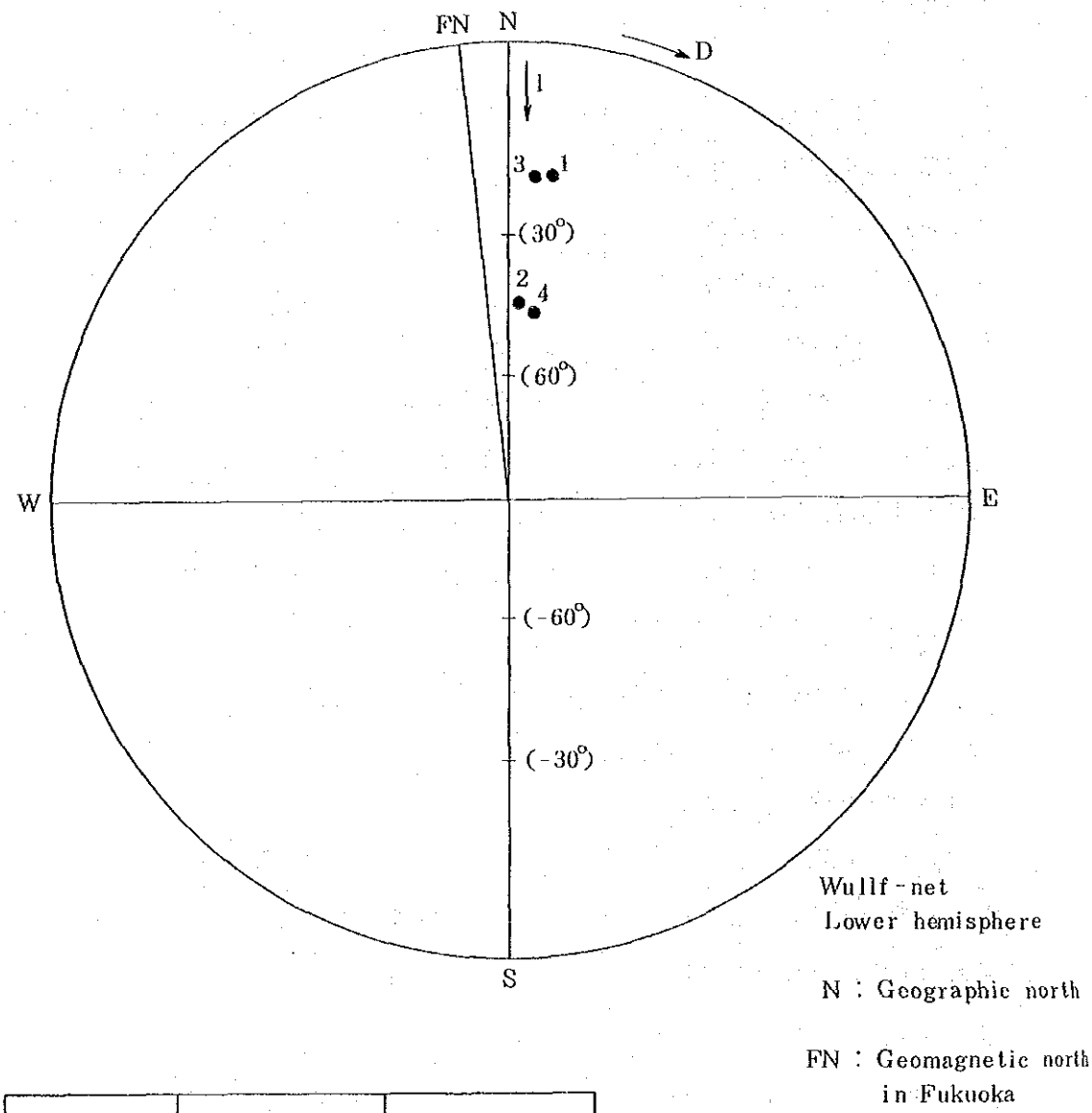
(5) 流体包有物均質化温度測定

流体包有物均質化温度測定は，熱水鉱物生成時の地熱流体の温度を推定し，地下平衡温度や熱史を把握することを目的として実施した。測定試料は，DG－1のコア・カッティングから採取した。その採取深度，鉱物名，採取状況を次の表にまとめた。

採取試料一覧表

採取深度（m）	鉱物名	採取状況
160.0	方解石	カッティングスから採取
250.0	〃	コア中の熱水脈から採取
425.0	石英	カッティングスから採取
608.0	方解石	コア中の熱水脈から採取
615.0	〃	カッティングスから採取
655.0	石英	〃
680.0	方解石	〃

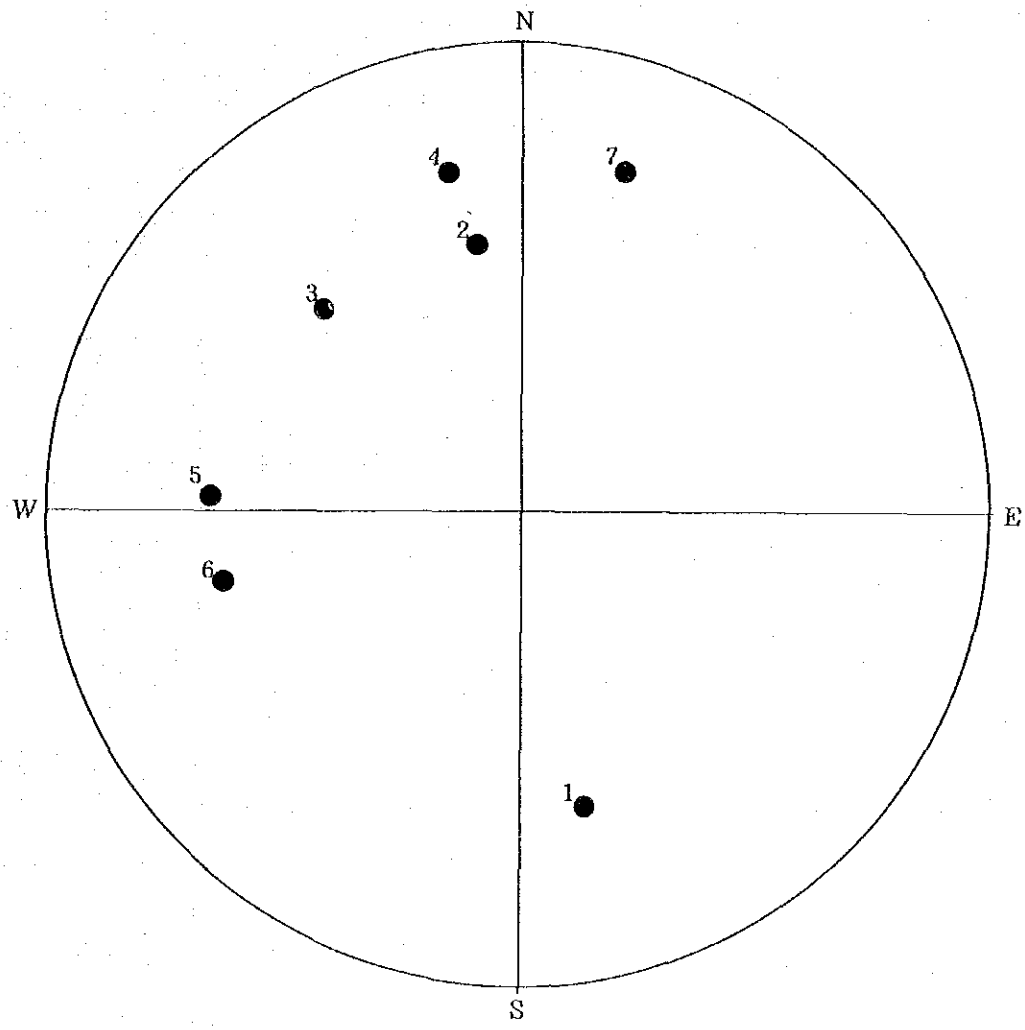
また流体包有物均質化温度測定結果は，鉱物名，測定番号，大きさ等とともにTable Ⅱ. 3. 8にまとめた。また均質化温度の分布はFig. Ⅱ. 3. 69に示した。尚，測定方法の詳細については付帯資料A. 4. (5)に述べた。



Sample nos.	Declination	Inclination
1	14°	20°
2	9°	44°
3	11°	20°
4	13°	45°

Data shows value in geomagnetic field of Fukuoka, Japan. Direction of geomagnetic north in Fukuoka leans 6° west ward against geographic north. Direction of geomagnetic north in Dikili is in accord with geographic north.

II 3.67 Distribution of declination and inclination of field rock sample



Wullf-net

Upper hemisphere

(The Arabic numbers represent sample numbers.)

Fig II 3.68 Stereonet plot of dip and strike of fracture in DG-1

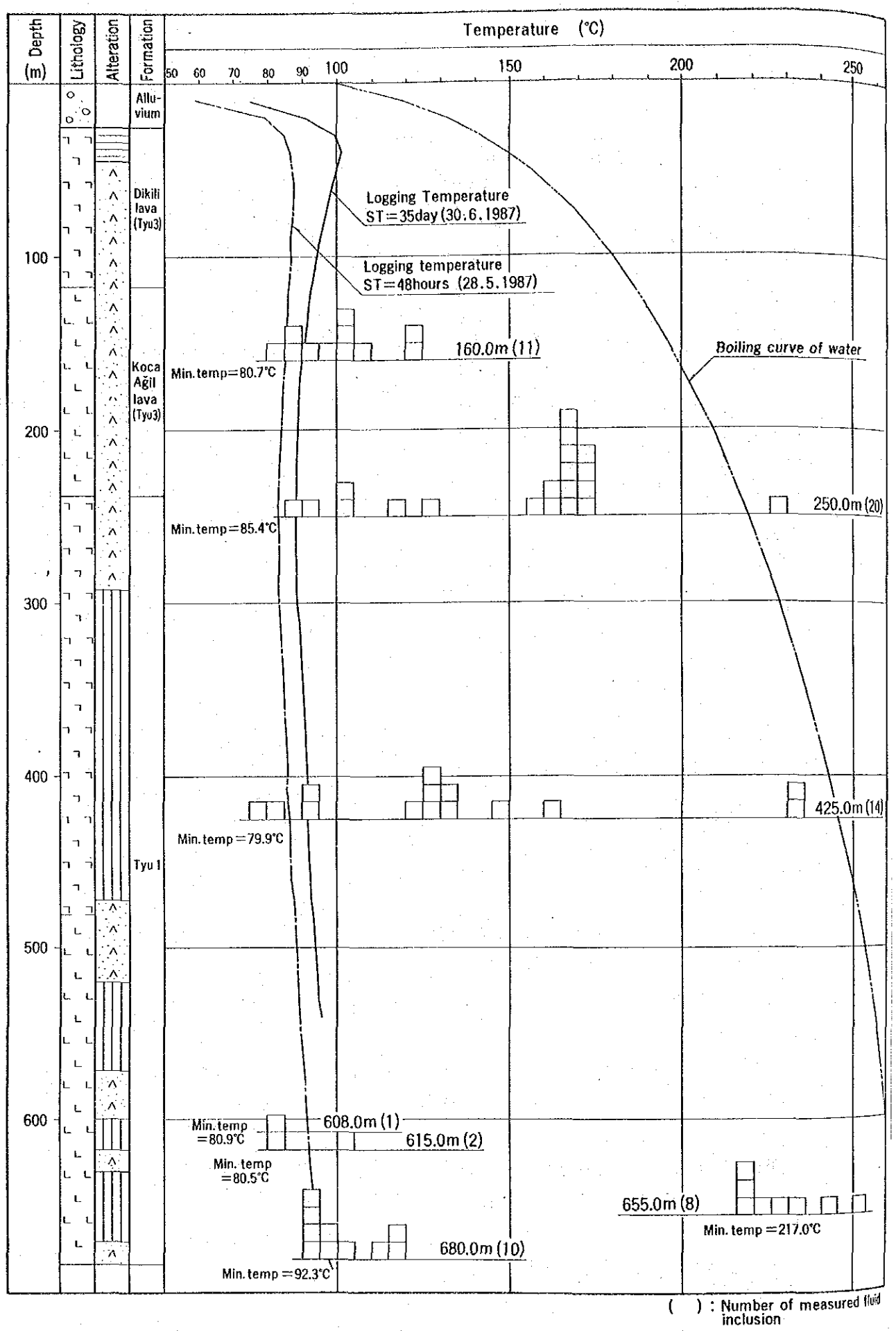


Fig. II.3.69 Homogenization temperature of fluid inclusions in DG-1

Table II.3.7 Results of measurement of fractures in core (DG—1)

Sample No.	Depth (m)	Rock name	Degree of alteration	Hydrothermal vein		Movement direction judged from slickenside	Dip and strike of fracture from temporary north	Direction of remanent magnetization		Dip and strike of fracture from direction of remanent magnetization
				Mineral	Width (mm)			Declination	Inclination	
1	150.8	Ho andesite (Tyu 3)	Intermediatly altered	Calcite, Pyrite	2 ~ 3	—	EW 65 S	−167	−6	N 77 E 65 SE
2	185.8	Ho andesite (Tyu 3)	Intermediatly altered	Calcite, Pyrite	2 ~ 3	—	EW 60 S	10	−40	N 80 E 60 NW
3	200.0	Ho andesite (Tyu 3)	Weakly altered	Calcite, Quartz	2 ~ 3	—	EW 62 S	44	−21	N 46 E 62 NW
4	250.9	Ho-Bi andesite (Tyu 1)	Strongly altered	Calcite	6 ~ 7	—	EW 73 S	−168	36	N 78 E 73 NW
5	399.5	Ho-Bi andesite (Tyu 1)	Intermediatly altered	Calcite, Quartz	1 ~ 2	—	EW 67 S	−93	22	N 3 E 67 NW
6	451.4	Ho-Bi andesite (Tyu 1)	Intermediatly altered	—	—	168	EW 65 S	−77	52	N 13 W 65 SW
7	608.2	Ho andesite (Tyu 1)	Strongly altered	—	—	115	EW 75 S	163	64	N 73 W 75 NE

No 1

Table II 3. 8 (1) Fluid inclusion data

Well No.	D G − 1	Sampling depth	1 6 0. 0 0 m (core/cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Calcite		1 − a	2 × 2	100.2							
Calcite		2 − a	28 × 24	80.7							
Calcite		3 − a	60 × 20	123.6							
Calcite		4 − a	4 × 4	101.3							
Calcite		5 − a	40 × 40	98.2							
Calcite		6 − a	40 × 72	124.1							
Calcite		7 − a	12 × 24	87.6							
Calcite		8 − a	16 × 4	104.3							
Calcite		9 − a	20 × 8	107.1							
Calcite		10 − a	24 × 10	92.3							
		b	12 × 16	88.2							

H.T. : Homogenization temperature

Table II 3. 8 (2) Fluid inclusion data

No 2

Well No.	D G − 1	Sampling depth	2 5 0. 0 0 m (core/cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Calcite		1 − a	4 × 6	92.5		Calcite		5 − g	4 × 4	169.4	
		b	10 × 14	173.0		Calcite		6 − a	12 × 8	164.2	
		c	10 × 16	174.9				b	6 × 10	166.3	
		d	10 × 4	229.3				c	30 × 4	166.0	
Calcite		2 − 9	28 × 10	127.3		Calcite		7 − a	18 × 6	168.3	
Calcite		3 − a	8 × 4	85.4							
		b	6 × 12	171.3							
Calcite		4 − a	4 × 14	101.3							
		b	2 × 4	104.7							
Calcite		5 − a	16 × 12	160.8							
		b	8 × 12	158.9							
		c	4 × 12	169.4							
		d	2 × 20	116.1							
		e	2 × 6	168.0							
		f	16 × 8	171.3							

H.T. : Homogenization temperature

Table II 3. 8 (3) Fluid inclusion data

No 3

Well No.	D G − 1	Sampling depth	4 2 5.0 0 m (core-cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Quartz		1 − a	12 × 28	160.1							
		b	8 × 20	132.4							
Quartz		2 − a	4 × 2	92.3							
		b	12 × 12	90.4							
Quartz		3 − a	12 × 28	125.0							
		b	28 × 16	79.9							
Quartz		4 − a	4 × 2	122.3							
		b	4 × 8	128.6							
Quartz		5 − a	16 × 8	231.3							
		b	8 × 4	231.3							
		c	24 × 2	128.3							
Quartz		6 − a	6 × 4	84.8							
Quartz		7 − a	8 × 4	134.4							
Quartz		8 − a	12 × 12	145.3							

H.T. : Homogenization temperature

Table II 3. 8 (4) Fluid inclusion data

No. 4

Well No.	D G − 1	Sampling depth	6 0 8.0 0 m (core/cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Calcite		1 − a	70 × 56	80.9							

H.T. : Homogenization temperature

No 5

Table II 3. 8 (5) Fluid inclusion data

Well No.	D G − 1	Sampling depth	6 1 5.0 0 m (core·cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Calcite		1 − a	4 × 2	103.3							
Calcite		2 − a	40 × 8	80.5							

H.T. : Homogenization temperature

Table II 3. 8 (6) Fluid inclusion data

No 6

Well No.	D G − 1	Sampling depth	6 5 5.0 0 m (core·cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Quartz		1 − a	10 × 10	224.7							
		b	8 × 16	254.6							
		c	6 × 12	240.4							
		d	6 × 6	217.0							
		e	6 × 10	219.6							
		f	10 × 10	228.3							
		g	8 × 2	231.9							
		h	10 × 6	219.0							

H.T. : Homogenization temperature

No 7

Table II 3. 8 (7) Fluid inclusion data

Well No.	D G − 1	Sampling depth	6 8 0.0 0 m (core/cuttings)

Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks	Mineral	Occurrence	Fluid inclusion			Remarks
		No.	Size (μm)	H.T. (℃)				No.	Size (μm)	H.T. (℃)	
Calcite		1 − a	14 × 10	94.8							
		b	2 × 6	94.8							
		c	20 × 4	92.3							
Calcite		2 − a	4 × 12	99.2							
		b	24 × 4	118.4							
		c	8 × 6	115.5							
		d	8 × 2	100.4							
Calcite		3 − a	20 × 36	113.6							
Calcite		4 − a	12 × 2	97.3							
		b	20 × 4	94.3							

H.T. : Homogenization temperature

現在，活発な地熱地帯では同一深度における均質化温度の最低値は，その深度の平衡温度に一致することが報告されている。ＤＧ－１においても，各測定深度における均質化温度の最低値を結んだ線は実測温度とほぼ平行である。しかし，その値は，実測温度よりやや低めを示している。

DG−1周辺では，深部から上昇してきた熱水と浅部から流れこんできた低温の地下水によって，地下温度が頻繁に変動しており，現在の地下温度より低い温度で形成された流体包有物がこの周辺では残存していると考えられる。

また，ＤＧ－１中の均質化温度の分布の特徴は，最高254.6℃から最低79.9℃と非常に広いことである。これは，過去に250℃にも達する高温の地熱活動が存在したことを示しており，ＤＧ－１周辺の強変質帯はその時期に形成されたと考えられる。

(6) コアの物性値測定

ＤＧ－１，２，３で採取されたスポットコアを使って，岩石物性測定を実施した。測定項目は，密度（湿潤状態，乾燥状態），有効空隙率，帯磁率，比抵抗，熱伝導率である。また物性測定の結果は，採取深度とともに，Table Ⅱ. 3.9にまとめ，比較値として第2次調査で求めたYuntdağ 火山岩類 Ⅰ と Ⅲ の新鮮な岩石の平均値を示した。Fig. Ⅱ. 3. 70 は各測温孔における深度別の岩石物性値の対比図である。

ＤＧ－１では，すべてのコアが熱水変質を受けており，新鮮な岩石と比べると密度が小さく，有効空隙率は大きい。またFig. Ⅱ. 3. 70 をみると，深度が深くなるにしたがって密度は大きくなり，それにつれて有効空隙率が小さくなっていることがわかる。また比抵抗，熱伝導率は深度が深くなるにつれ，大きくなる傾向が認められる。

ＤＧ－2,3については，破砕されたコアが多く，物性値は各々２点しかとれなかった。

尚，コアの熱伝導率は，DG−1 2, 3の熱流量計算に使用した。

(7) コア・カッティングの化学分析

測温孔における地熱活動状況や熱水変質状況と岩石の化学成分との関連を把握するために，Ｘ線分析と同一深度の試料を用いて化学分析を行なった。分析項目は次の２５成分である。

a) 造岩鉱物主成分元素（９元素）

Si，Al，Mg，Ca，Na，K，Fe，Mn，Ti

b) 火山性発散物関連元素（４元素）

As，Hg，B，S

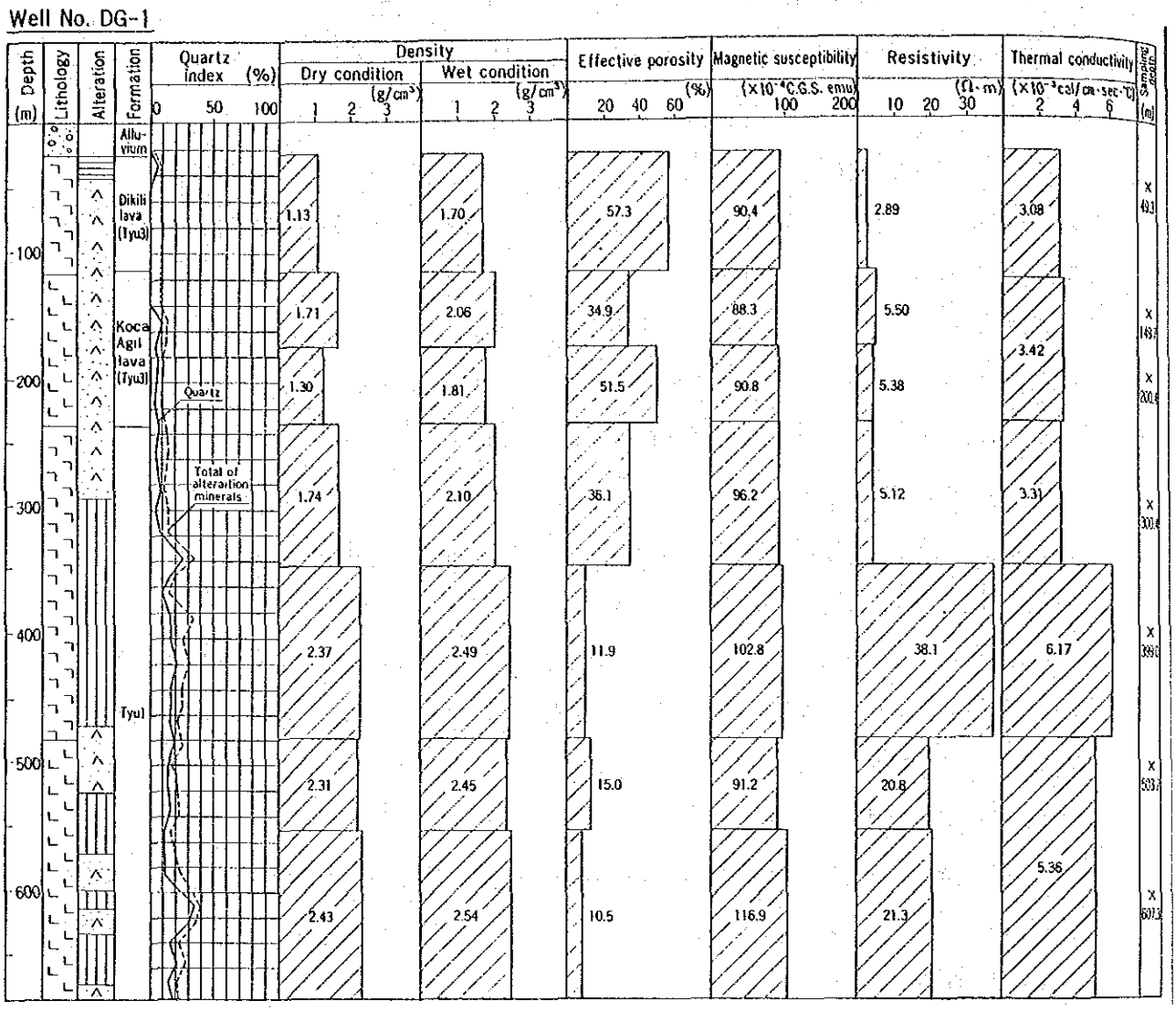


Fig. II.3.70 (1) Compartive diagram of rock properties against depth

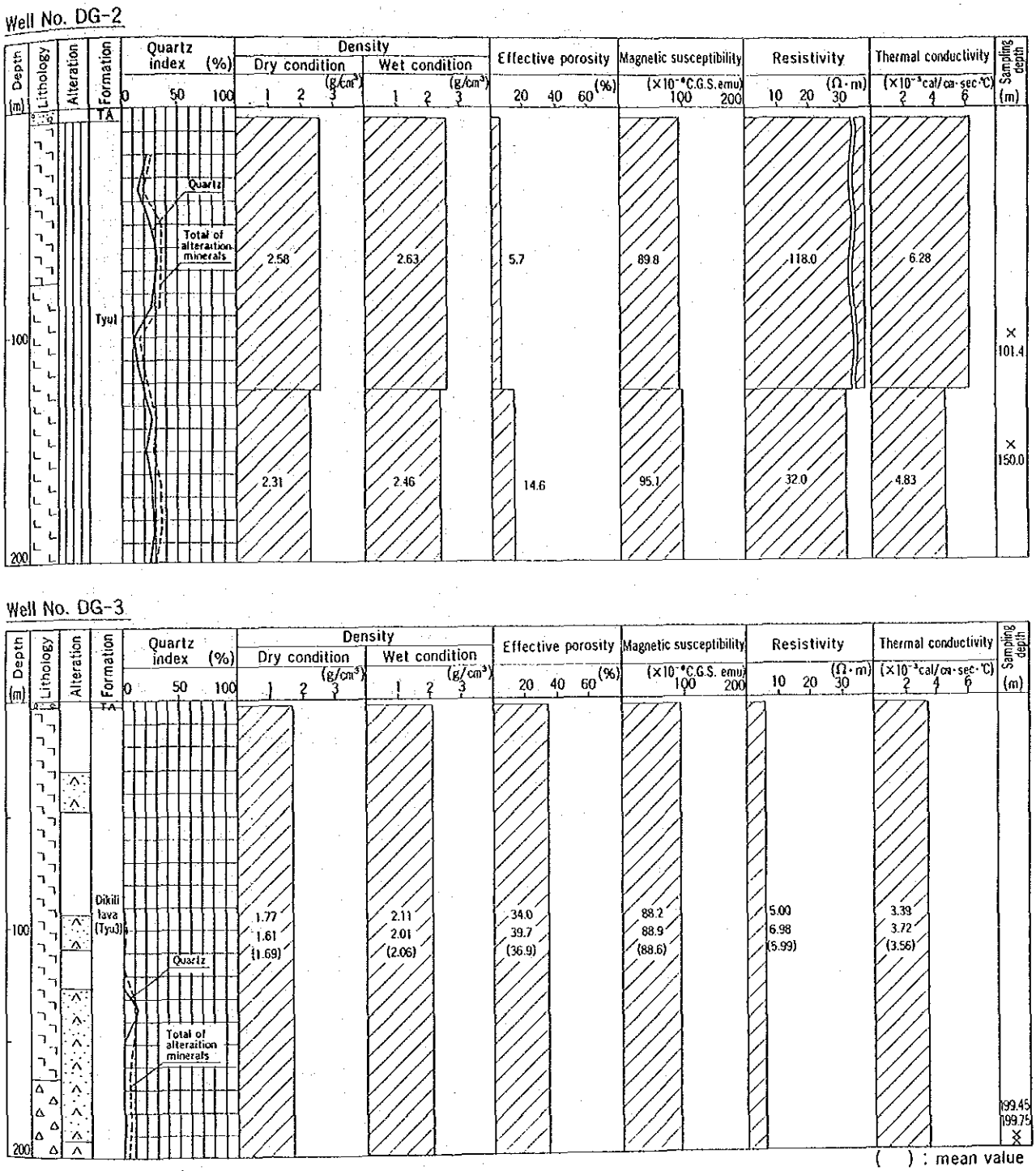


Fig. II.3.70 (2) Compartive diagram of rock properties against depth

c) 熱水鉱床に関連する元素（２元素）

Cu, Pb

d) その他（７元素，３項目）

Li, Rb, Sb, Sr, Be, Ba, Co, Ingition loss, H_2O, pH

分析結果を試料採取深度とともに，Table Ⅱ. 3. 10にまとめ，Fig. Ⅱ. 3. 71 に各分析項目の深度別変化図をFig. Ⅱ. 3. 72及びFig. Ⅱ. 3. 73に化学成分三角ダイヤグラムを示した。

Fig. Ⅱ. 3. 71中の点線は，第二次調査で測定した地表の新鮮な岩石（Yountdağ 火山岩類Ⅰ，Ⅲ）の平均値を示している。各測温孔における深度別化学成分分析値と，新鮮な岩石の分析値及びFig. Ⅱ. 3. 66に示した変質鉱物深度別分布を比較すると，次のような事が言える。

1) ＤＧ－１について

a) 造岩鉱物主成分元素の中では，Al，Fe，Mg，Ca，Na，が新鮮な岩石に比べ減少し，その割合は変質の強い部分程大きい。このことは一次鉱物の斜長石や黒雲母，角閃石が熱水によって分解し，これらの成分が熱水中に溶出したためと考えられる。

b) Fe，Mn，Mg，Caが特定の深度で濃集しているのが認められる。その深度は方解石や苦灰石の出現深度と対応しており，これらの成分は岩石中に脈鉱物として沈殿したものと思われる。

c) 深度35 mではKが高い濃度を示しており，明ばん石の形成と関連があると考えられる，またKは，一次鉱物の黒雲母が変質を免れ，新鮮なままで残存している部分でも比較的高い濃度を示す。

d) Bの変化は変質の強さとよく対応しており，Bは変質岩中に濃集していると考えられる。

e) Hg，Rb濃度は地下温度の高温部分で高く，現在の地熱活動，特に地熱流体の動きと関連している可能性が高い。

f) Pbのような金属元素は，深度200～270 m付近に発達している熱水脈の生成に伴って濃集したものと思われる。

g) Sの濃度は全体的に高い。Sは火山性発散物と考えられ，ＤＧ－１周辺は過去から現在にかけて活発な地熱活動の場であったことを示している。

Well No. DG-1

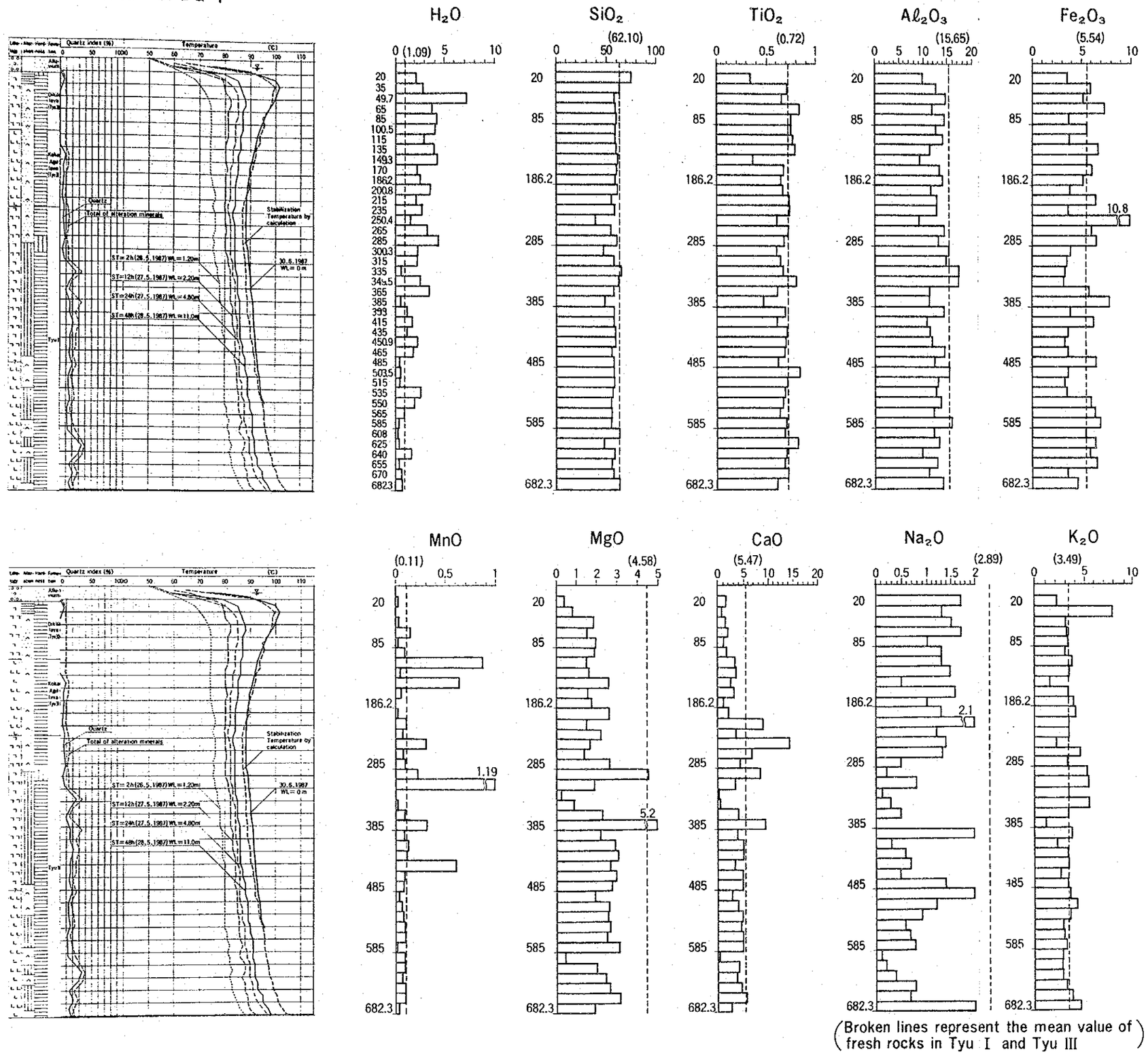


Fig. II.3.71 (1) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

Well No. DG-1

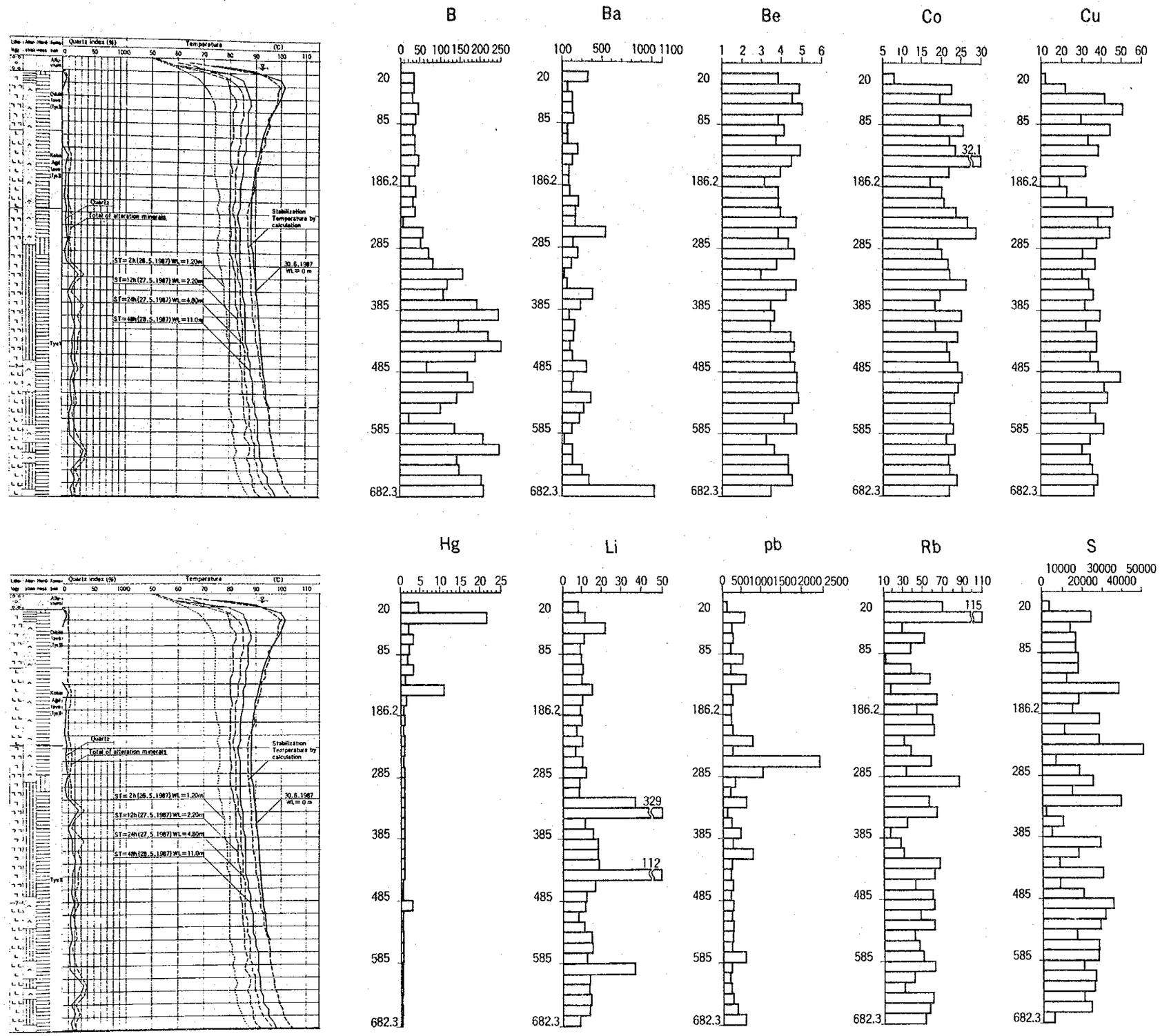


Fig. II.3.71 (2) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

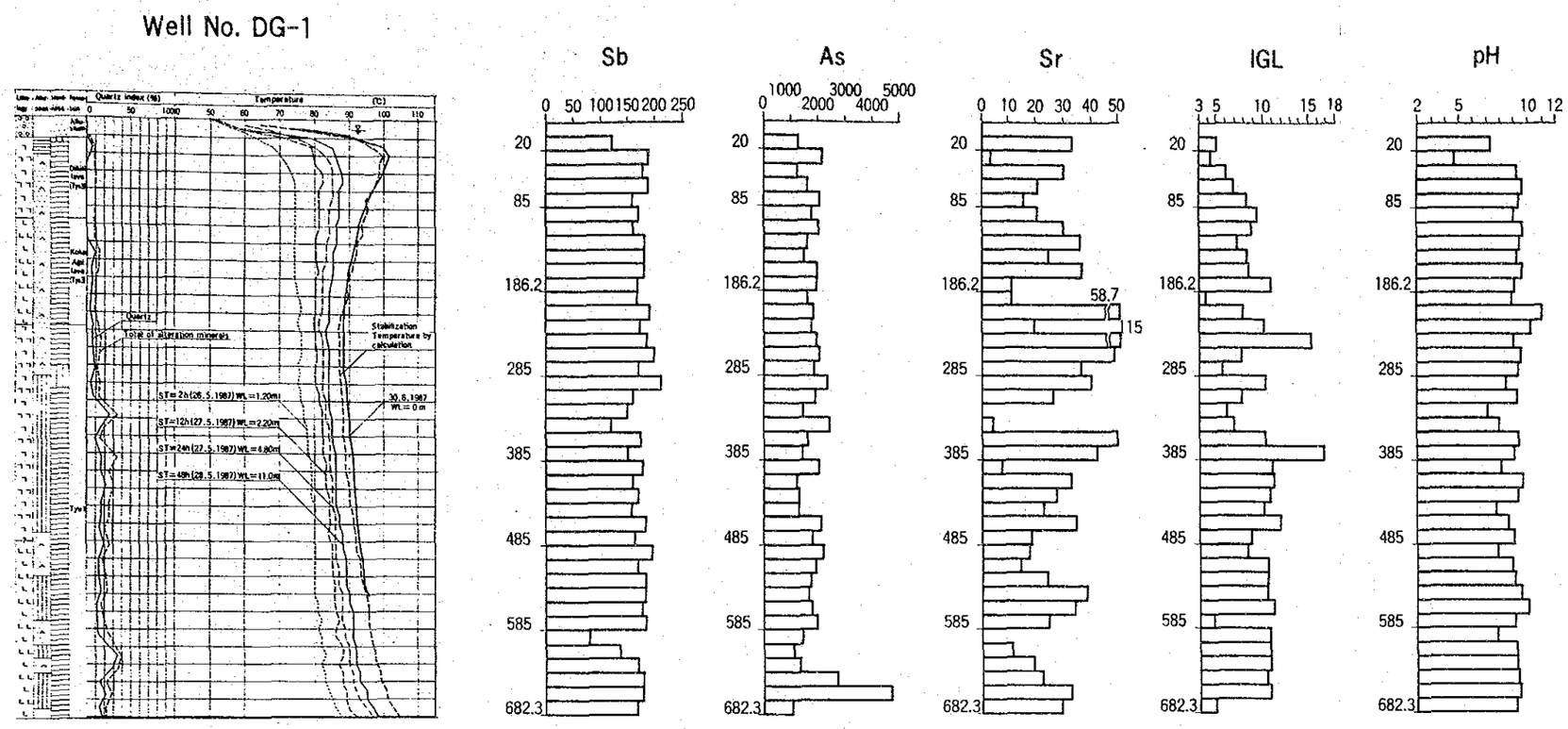


Fig. II.3.71 (3) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

Well No. DG-2

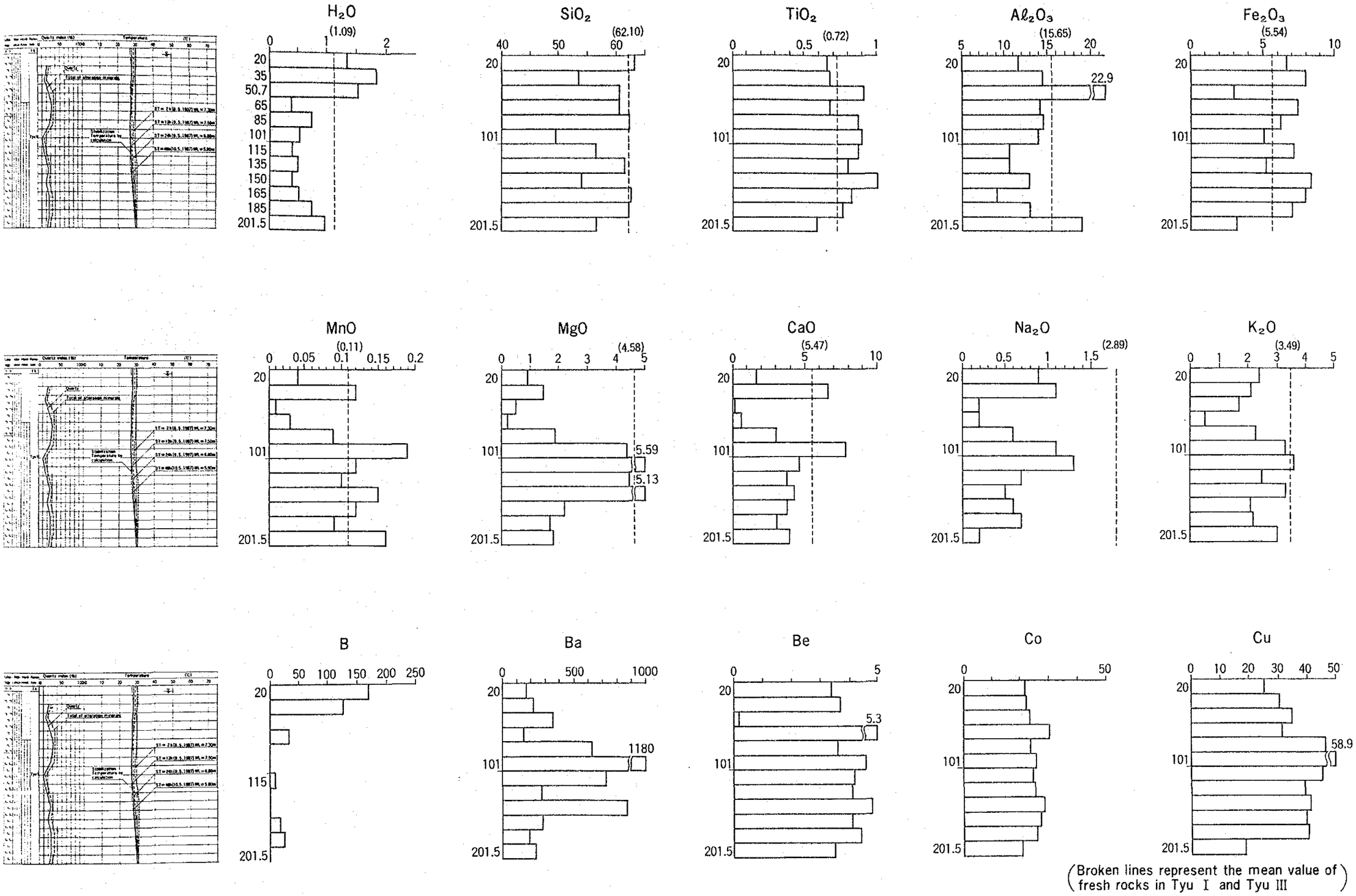
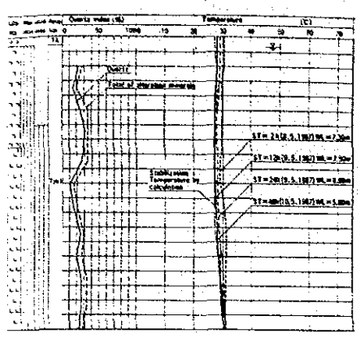
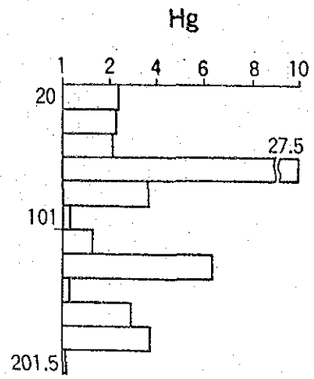
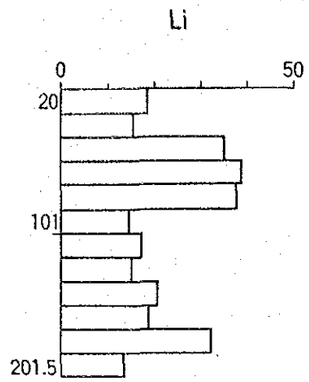


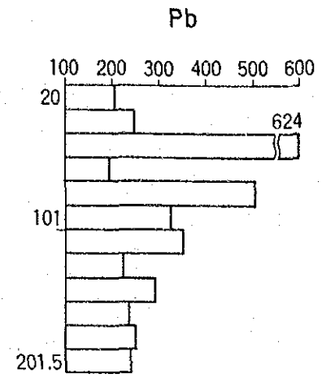
Fig. II.3.71 (4) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

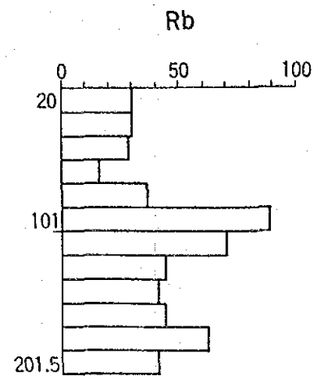
Well No. DG-2

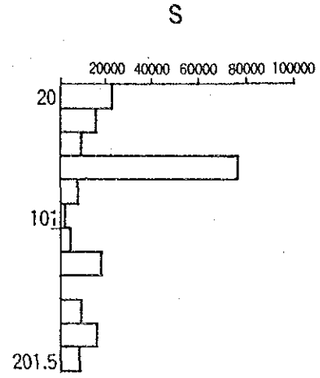


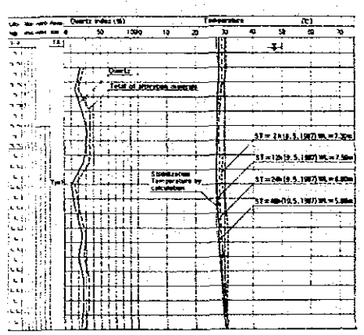


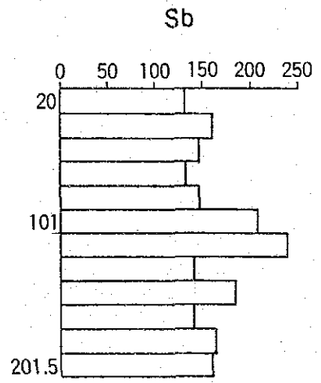


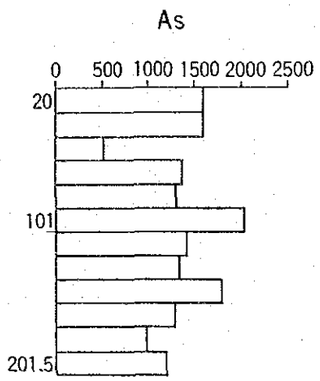


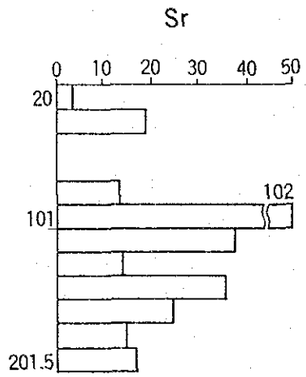


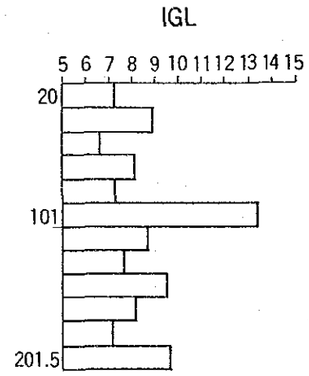












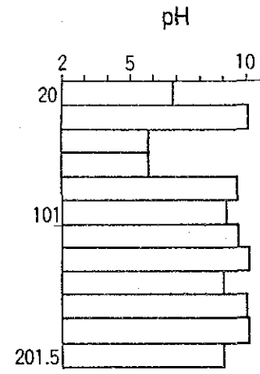


Fig. II.3.71 (5) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

Well No. DG-3

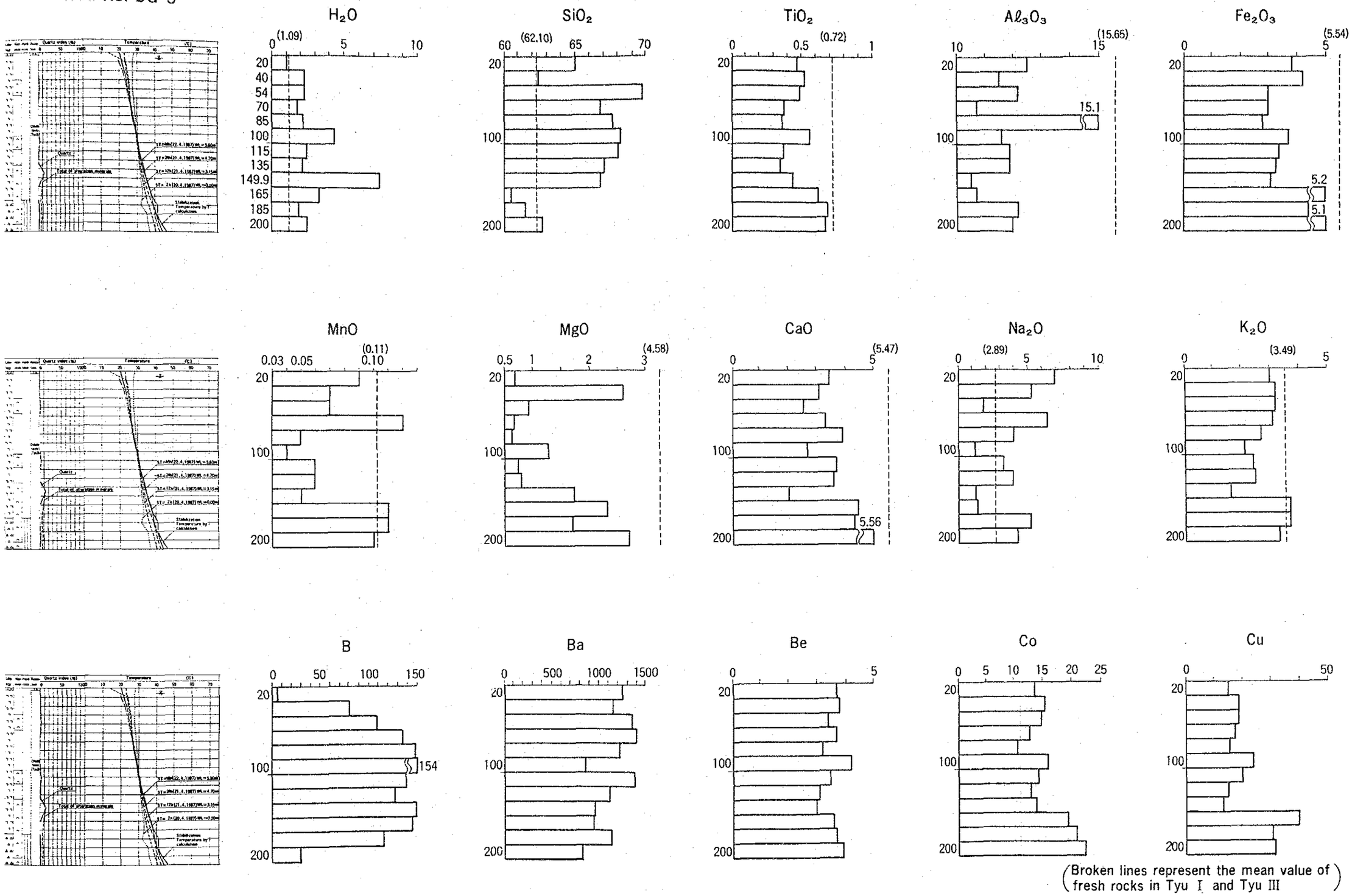


Fig. II.3.71 (6) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.

Well No. DG-3

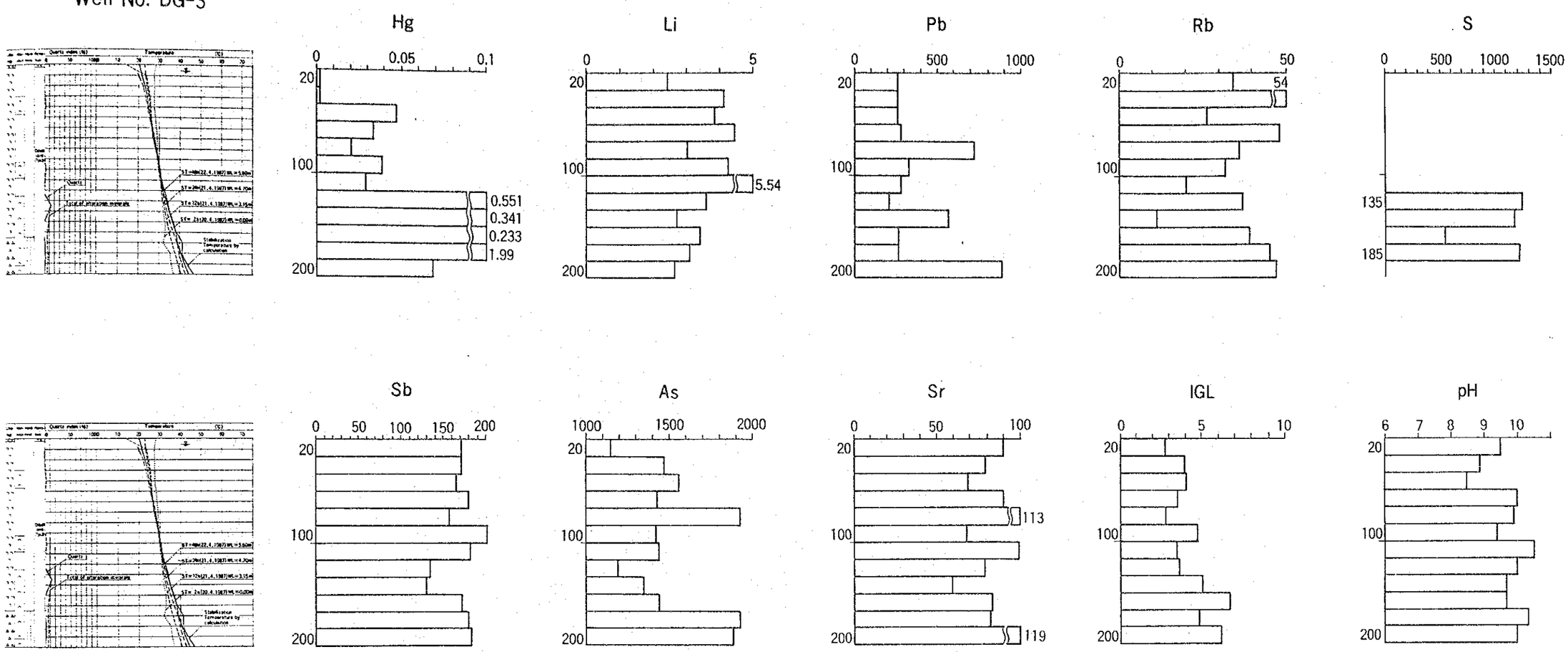
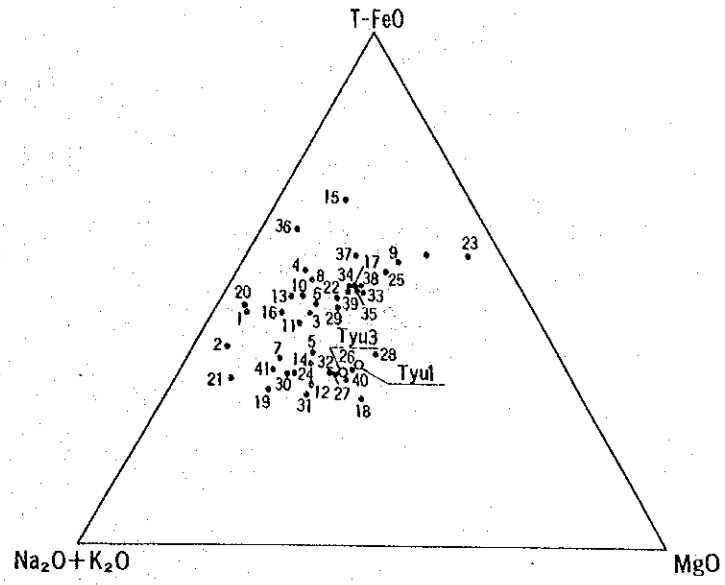
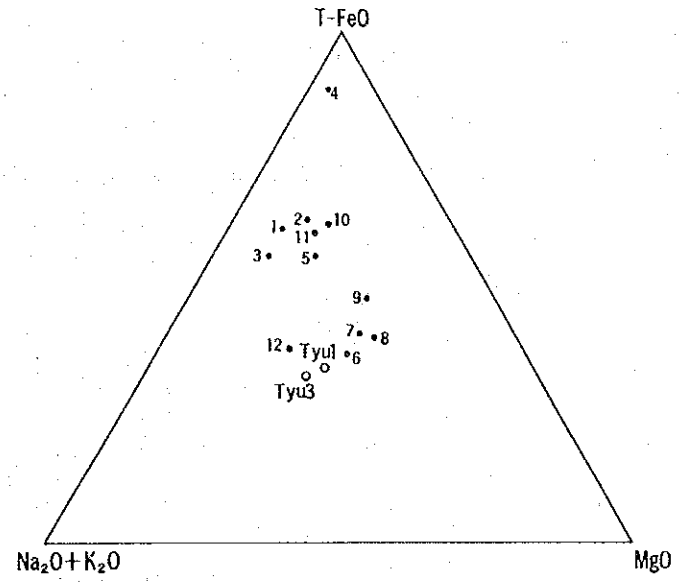


Fig. II.3.71 (7) Chemical composition of rock in thermal gradient hole.





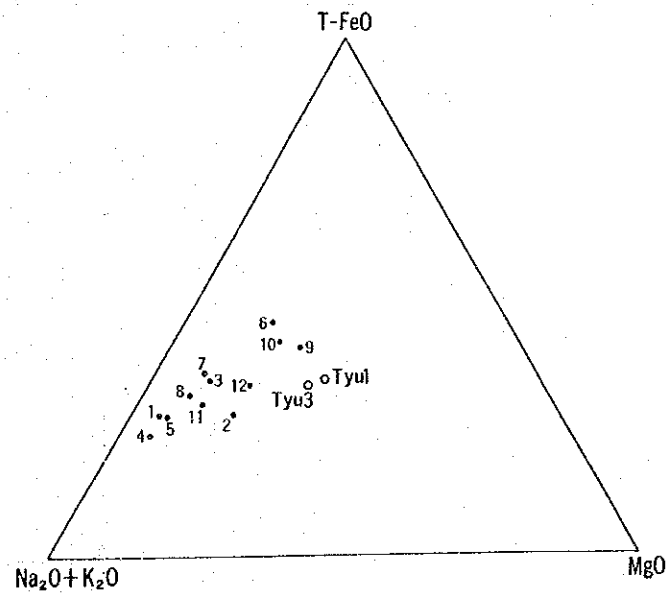


Fig. II.3.72 Chemical composition of core and cuttings plotted onto the AFM diagram.

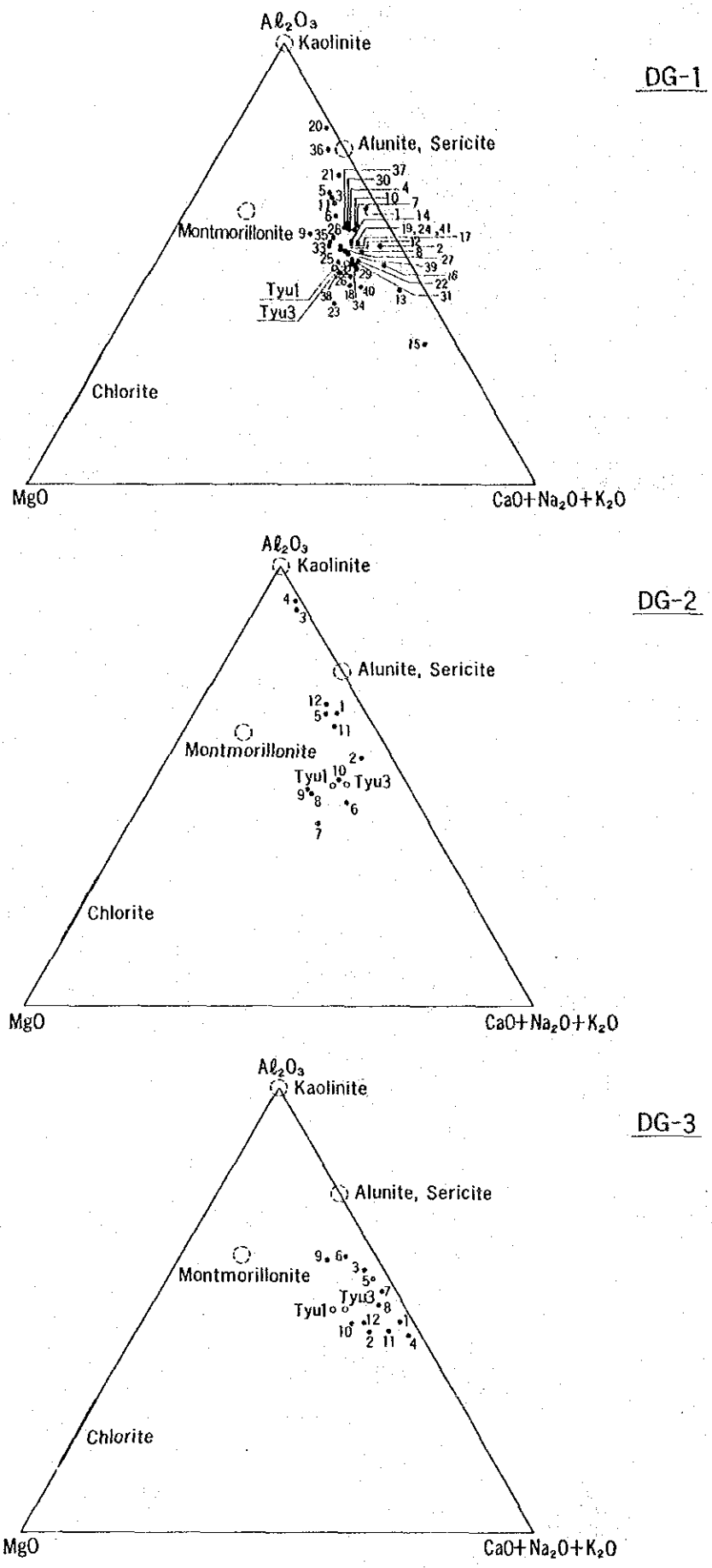


Fig.II.3.73 Chemical composition of core and cuttings plotted onto the Aℓ-(Ca+Na+K)-Mg diagram

Table II.3.10 (1) Chemical composition of core and cuttings

Well No. DG-1

Sample nos	Depth (m)	H_2O	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	B	Ba	Be	Co	Cu	Hg	Li	Pb	Rb	S	Sb	As	Sr	IGL	pH
		%										mg/Kg (ppm)													%	(29℃)
1	20	2.07	75.0	0.34	9.5	3.4	0.02	0.390	1.47	1.7	2.1	33	348	3.8	8.2	12.6	4.89	8.35	166	68.9	3730	120	1240	32.5	3.82	7.3
2	35	2.83	62.7	0.71	12.4	5.8	N.D	0.809	0.68	1.3	7.7	34	147	4.9	22.5	21.8	21.7	12.1	594	11.5	24700	188	2080	3.0	4.25	3.6
3	49.7	7.22	57.5	0.65	14.3	5.1	0.03	1.84	1.44	1.5	3.0	31	189	4.5	19.6	41.6	23.1	21.9	266	29.0	13900	178	1190	29.5	5.78	9.2
4	65	3.71	58.6	0.83	11.4	7.3	0.15	1.54	1.86	1.7	3.2	44	198	5.0	27.3	50.8	3.44	11.6	283	52.5	16800	188	1590	20.3	6.59	9.6
5	85	4.20	59.6	0.75	14.3	3.6	0.02	1.94	1.29	1.0	3.3	34	217	3.8	19.6	29.6	2.58	9.58	250	38.3	16700	160	2010	15.2	8.10	9.4
6	100.5	4.07	58.2	0.74	12.5	5.4	0.09	1.90	1.74	1.3	3.0	31	155	4.1	25.4	44.5	2.05	9.88	541	13.2	18200	172	1740	20.3	9.23	9.1
7	115	2.90	58.1	0.77	14.0	3.7	0.87	1.51	3.39	1.3	3.7	36	154	3.7	21.9	33.2	3.38	11.3	243	39.2	18100	162	1990	29.4	8.60	9.6
8	135	3.94	58.6	0.79	11.3	6.7	0.05	1.66	3.50	1.5	3.4	37	240	4.9	23.6	38.5	1.39	10.2	616	57.4	12300	181	1560	35.6	7.18	9.4
9	149.3	4.23	60.9	0.36	9.3	5.5	0.64	2.58	2.48	0.5	1.5	47	199	4.5	32.1	10.4	10.9	15.5	252	19.4	38400	182	1460	23.9	8.05	9.3
10	170	2.25	59.0	0.67	13.3	6.0	0.06	1.57	3.15	1.6	3.3	34	167	3.9	21.9	32.2	1.68	10.5	274	63.8	17900	180	1970	36.1	8.25	9.6
11	186.2	2.48	58.2	0.65	14.1	5.1	N.D	1.75	1.23	1.0	3.9	18	166	3.1	16.9	19.0	0.944	9.21	250	45.6	15300	168	1920	10.7	10.6	9.1
12	200.8	3.49	60.6	0.67	11.5	3.7	0.02	2.66	2.26	1.3	4.1	42	170	3.8	20.1	22.6	1.04	10.4	257	59.9	28500	169	1630	10.7	3.61	9.0
13	215	2.14	54.5	0.73	12.4	6.4	0.11	1.50	8.70	2.1	3.4	32	258	3.8	20.6	32.4	0.997	7.55	293	61.0	11000	192	1800	58.7	7.68	11.1
14	235	2.72	58.0	0.73	12.7	3.6	0.08	2.21	3.69	1.2	3.4	37	233	3.9	23.4	45.7	1.07	10.6	800	32.0	28000	174	1780	19.1	9.88	10.3
15	250.4	1.47	38.3	0.60	9.1	10.8	0.31	1.71	14.4	1.4	2.1	6	230	4.7	26.5	38.3	1.02	7.19	286	39.2	50100	186	1940	11.5	15.1	9.1
16	265	3.26	54.3	0.72	14.3	6.0	0.08	1.42	6.80	1.3	4.6	55	532	3.8	28.7	44.0	0.986	10.5	2480	58.4	6670	199	2070	47.9	7.34	9.6
17	285	4.33	60.0	0.67	12.9	6.5	0.10	2.65	4.38	0.5	3.3	50	201	4.3	18.7	37.4	1.07	12.3	1050	34.4	18000	169	1850	35.7	5.42	9.4
18	300.3	2.29	46.0	0.59	15.1	3.9	0.23	4.58	8.38	0.2	5.3	69	245	4.6	19.9	30.1	1.04	9.06	354	87.2	24700	210	2300	39.6	10.0	8.5
19	315	2.25	57.3	0.64	14.7	3.5	1.19	1.93	3.60	0.8	5.5	79	190	3.7	21.5	36.6	1.04	8.81	247	60.5	14800	159	1890	25.9	7.52	9.3
20	335	0.67	64.8	0.67	17.2	3.3	N.D	0.309	0.25	0.1	3.4	154	116	2.9	21.9	30.2	1.07	37.1	633	56.9	39000	152	1430	N.D	5.91	7.1

Table II.3.10 (2) Chemical composition of core and cuttings

Well No. DG-1

Sample nos	Depth (m)	H_2O	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	B	Ba	Be	Co	Cu	Hg	Li	Pb	Rb	S	Sb	As	Sr	IGL	pH (29℃)
		%										mg/kg (ppm)													%	
21	349.5	2.53	62.4	0.81	17.2	3.2	0.02	0.909	0.43	0.3	5.7	116	153	4.7	26.1	33.4	1.03	32.9	146	64.0	2250	119	2420	3.80	6.87	8.0
22	365	3.43	57.3	0.61	11.1	5.8	0.10	2.28	4.48	0.5	3.4	106	413	4.2	19.3	35.7	1.05	11.8	262	35.3	10200	174	1620	49.3	10.2	9.4
23	385	0.56	47.5	0.46	11.2	7.9	0.32	5.20	9.61	N.D	1.1	189	285	3.4	18.2	31.6	1.06	15.7	485	18.5	4750	150	1380	41.6	16.6	9.1
24	399	1.22	57.4	0.69	14.3	3.9	0.10	2.22	3.83	2.0	3.8	245	160	3.6	24.8	39.2	1.03	18.0	265	28.6	28700	177	2040	7.3	10.7	8.1
25	415	1.70	57.0	0.60	10.8	6.3	0.14	2.96	5.29	0.3	2.3	146	219	3.4	18.3	32.1	1.06	18.1	780	31.5	17400	162	1610	31.8	11.0	9.7
26	435	1.18	58.6	0.71	11.1	3.6	0.13	3.10	5.28	0.6	3.4	222	206	4.4	23.8	37.6	1.06	18.4	275	67.4	8100	173	1690	26.9	10.6	9.4
27	450.9	2.16	58.8	0.69	11.7	3.3	0.62	2.65	3.36	0.7	3.5	251	171	4.6	21.3	37.8	1.06	112	247	62.9	30700	159	1670	22.5	9.93	7.8
28	465	1.80	55.6	0.68	14.5	3.6	0.11	2.99	5.29	0.5	2.6	187	198	4.4	21.9	34.1	0.738	17.0	288	43.7	8400	186	2090	33.8	11.6	8.7
29	485	0.39	56.8	0.61	12.2	6.5	0.10	2.85	5.20	1.4	3.4	65	344	4.6	23.7	38.6	0.653	12.4	256	59.9	20600	166	1790	18.1	8.50	9.1
30	503.5	0.56	57.5	0.84	15.4	3.7	0.05	2.04	2.98	2.0	3.6	163	199	4.7	25.0	49.6	3.18	11.9	287	62.0	35200	194	2150	17.1	8.01	7.9
31	515	0.51	57.0	0.71	13.1	3.3	0.08	2.69	4.31	1.2	4.3	179	186	4.7	24.1	41.5	0.629	8.41	268	48.2	31200	172	1900	13.7	10.0	9.0
32	535	2.47	56.1	0.69	12.4	3.6	0.09	2.65	5.21	0.9	3.6	141	385	4.8	22.8	43.1	0.586	11.5	284	62.6	28500	185	1700	23.4	10.2	9.2
33	550	1.90	54.8	0.67	13.4	6.0	0.11	2.76	4.95	0.6	2.9	98	305	4.5	21.9	33.9	0.883	15.3	287	43.5	16900	184	1640	37.8	10.3	9.6
34	565	0.93	55.3	0.63	12.0	6.4	0.11	2.60	5.49	0.7	3.0	23	260	4.1	22.0	36.8	0.997	15.7	276	47.5	27800	178	1750	33.5	11.1	10.1
35	585	0.43	55.3	0.70	15.8	7.0	0.02	3.14	5.70	0.8	3.3	134	195	4.7	23.3	41.2	0.789	12.7	623	52.8	27800	184	1940	24.5	4.61	9.2
36	608	0.33	64.3	0.69	12.1	5.5	0.11	0.565	0.42	0.1	2.8	207	109	3.2	21.3	33.8	0.517	37.2	263	62.4	20700	80.5	1420	N.D	10.6	7.9
37	625	0.44	47.1	0.82	13.1	6.5	0.11	2.12	4.53	0.2	2.8	246	200	3.6	23.0	30.8	0.635	14.3	223	40.7	26300	137	1110	10.8	10.5	9.3
38	640	1.67	58.4	0.70	9.6	5.9	0.08	2.54	4.09	0.4	2.9	140	200	4.3	21.5	33.8	0.692	14.5	266	31.5	25700	170	1320	18.6	10.5	9.3
39	655	0.41	55.2	0.69	12.9	6.6	0.11	2.74	5.09	0.8	3.3	147	294	4.3	21.8	35.4	0.272	14.8	287	60.4	20300	181	2680	22.0	9.79	9.4
40	670	0.65	57.4	0.72	11.0	3.6	0.11	3.19	5.92	0.7	3.9	199	357	4.5	23.6	38.0	0.438	14.2	397	57.5	23500	183	4680	32.3	10.5	9.5
41	682.3	0.67	62.9	0.61	14.1	4.6	0.05	1.98	2.70	2.0	4.8	207	1020	3.4	21.8	35.9	0.102	9.23	620	53.4	5680	168	1060	28.8	4.73	9.3

Table II.3.10 (3) Chemical composition of core and cuttings

Well No. DG-2

Sample nos	Depth (m)	H_2O	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	B	Ba	Be	Co	Cu	Hg	Li	Pb	Rb	S	Sb	As	Sr	IGL	pH (29℃)
		%										mg/Kg (ppm)													%	
1	20	1.35	63.2	0.66	11.6	6.7	0.04	0.932	1.70	0.9	2.4	168	169	3.4	22.1	25.3	2.42	18.7	206	30.1	23300	132	1604	3.4	7.27	6.9
2	35	1.83	53.5	0.68	14.3	8.0	0.12	1.47	6.57	1.1	2.1	127	226	3.7	22.5	30.3	2.28	15.3	250	30.5	15900	162	1600	19.0	8.96	10.9
3	50.7	1.54	60.7	0.91	22.9	3.0	0.01	0.492	0.16	0.2	1.7	N.D	360	0.2	23.7	35.0	2.17	34.9	624	28.7	9810	147	524	N.D	6.64	5.8
4	65	0.37	60.7	0.68	14.2	7.5	0.03	0.246	0.34	0.2	0.5	33	150	5.3	30.6	31.4	27.5	38.7	195	16.0	76900	133	1380	N.D	8.18	5.8
5	85	0.74	62.3	0.87	14.6	6.2	0.09	1.90	2.89	0.6	2.3	N.D	636	3.6	24.2	46.6	3.66	37.8	504	37.3	7930	148	1320	13.7	7.28	9.6
6	101	0.53	49.5	0.90	14.0	5.1	0.19	4.38	7.81	1.1	3.3	N.D	1180	4.6	26.3	58.9	0.295	14.5	326	89.5	2200	207	2040	102	13.4	9.1
7	115	0.42	56.6	0.87	10.5	7.2	0.12	5.59	4.71	1.3	3.6	12	730	4.2	24.9	45.6	1.28	16.9	350	71.0	5600	239	1420	38.1	8.77	9.6
8	135	0.50	61.4	0.80	10.6	5.2	0.10	4.46	3.76	0.7	2.5	N.D	279	4.1	25.3	39.5	6.28	14.8	225	44.6	18000	142	1340	14.1	7.72	10.5
9	150	0.39	53.8	1.01	12.9	8.4	0.15	5.13	4.32	0.5	3.3	N.D	871	4.8	28.7	41.4	0.320	20.7	293	41.6	372	184	1790	36.2	9.60	9.0
10	165	0.51	62.6	0.83	9.2	8.0	0.12	2.23	3.83	0.6	2.1	19	283	4.1	27.5	39.8	2.85	18.6	237	45.2	9700	141	1320	25.0	8.19	10.2
11	185	0.74	62.4	7.76	13.0	7.1	0.09	1.72	3.12	0.7	2.2	26	191	4.4	26.5	40.8	3.69	32.3	252	63.4	16300	165	988	15.2	7.18	10.6
12	201.5	0.86	56.6	0.59	19.0	3.2	0.16	1.84	3.88	0.2	3.0	N.D	239	3.5	20.0	18.8	0.108	13.3	240	41.6	9640	162	1190	17.1	9.71	9.0

Well No. DG-3

Sample nos	Depth (m)	H_2O	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	B	Ba	Be	Co	Cu	Hg	Li	Pb	Rb	S	Sb	As	Sr	IGL	pH (29℃)
		%										mg/Kg (ppm)													%	
1	20	1.00	65.0	0.47	12.5	3.8	0.09	0.687	3.47	6.9	3.0	4	1240	3.7	13.7	15.1	0.002	2.44	266	34.4	N.D	172	1150	89.9	2.79	9.5
2	40	2.30	62.4	0.53	11.5	4.2	0.07	2.60	3.11	5.3	3.2	81	1150	3.8	15.4	18.8	0.002	4.15	269	54.0	N.D	172	1470	78.8	4.00	8.9
3	54	2.29	69.8	0.49	12.2	3.0	0.07	0.934	2.56	1.8	3.2	108	1350	3.4	14.8	18.7	0.047	3.84	261	26.6	N.D	164	1560	68.9	4.12	8.5
4	70	1.78	66.8	0.38	10.7	3.0	0.12	0.687	3.36	6.4	3.1	135	1400	3.7	12.7	17.5	0.034	4.45	279	48.1	N.D	180	1430	90.5	3.54	10.0
5	85	2.14	67.7	0.36	15.1	2.8	0.05	0.645	3.91	4.1	2.7	147	1210	3.2	10.7	15.4	0.020	3.00	731	36.4	N.D	157	1930	113	2.83	9.9
6	100	4.28	68.2	0.56	11.6	3.7	0.04	1.27	2.69	1.2	2.1	154	876	4.2	16.2	24.0	0.039	4.25	331	32.0	N.D	203	1420	68.0	4.83	9.4
7	115	2.38	68.1	0.37	11.9	3.4	0.06	0.749	3.72	3.3	2.4	138	1380	3.5	14.4	20.5	0.029	5.54	290	20.4	N.D	182	1440	99.6	3.52	10.5
8	135	2.14	67.1	0.35	11.9	3.3	0.06	0.804	3.62	4.0	2.5	127	1110	3.1	13.0	15.2	0.551	3.60	214	37.4	1240	135	1190	78.7	3.64	10.0
9	149.9	7.39	66.8	0.44	10.5	3.1	0.05	1.74	2.04	1.3	1.6	148	954	3.0	13.8	13.4	0.341	2.69	567	11.3	1180	130	1350	59.6	5.11	9.7
10	165	3.31	60.5	0.62	10.7	5.2	0.11	2.33	4.47	1.4	3.7	144	949	3.6	19.5	40.1	0.233	3.39	271	39.3	546	173	1440	83.1	6.69	9.7
11	185	1.83	61.5	0.68	12.2	4.4	0.11	1.70	4.33	5.2	3.7	116	1130	3.7	21.0	30.9	1.99	3.10	277	45.6	1220	179	1930	82.7	4.92	10.3
12	200	2.41	62.7	0.67	12.0	5.1	0.10	2.69	5.56	4.3	3.3	29	815	3.9	22.5	32.0	0.069	2.65	891	47.1	N.D	182	1892	119	6.22	10.0

2) DG－2について

a) 全般に変質が強くSi，Al，Mn，Mg，Ca，Na，Kが多量に溶脱している。

b) Hg濃度が65mで高い値を示すが，孔内温度（30℃）から考えると，過去に形成された変質岩に濃集したものと考えられる。

3) DG－3について

a) 含水率が高く，多孔質な岩石で構成されている。

b) Hg及びS濃度が深くなる程高くなっており，より深部に地熱活動の存在が期待できる。

Fig. Ⅱ. 3. 72 AFM図をみると，比較的新鮮なDG－3の岩石に比べ，強い変質を受けているDG－1，DG－2の岩石は，Na_2O+K_2O成分が少なくなり，T－FeOが多くなっている。これは熱水の流動によって斜長石，角閃石等の造岩鉱物が分解されてNa，Kが溶脱する反面，脈鉱物中にFeが濃集したためと考えられる。

Fig. Ⅱ. 3. 73，Al－(Ca＋Na＋K)－Mg図は，岩石の化学組成は，二次鉱物の形成に伴い，変化することを示している。この図から，DG－1，DG－2の岩石では熱水変質により，雲母粘土鉱物やカオリナイトが多く生成していることがわかる。

7. 熱水分析結果

各測温井から採取した熱水の成分を分析し，化学的考察を加えた。熱水の化学成分はTable Ⅱ. 3. 11に示す。

1) DG－1熱水について

a) 弱アルカリ性のSO_4－HCO_3型熱水である。（Table Ⅱ. 3. 11）

b) 主要溶存イオン濃度は，Kaynarca温泉のものに類似している。温度依存性のあるSiO_2の濃度はKaynarca温泉のものに比べてかなり低い。

c) 地化学温度は，シリカ温度計では，33～67℃と計算され，採取された熱水を直接供給している貯留層の温度は低い（Table Ⅱ. 3. 12）。ただし，Na－K－Ca－Mg温度，SO_4－H_2O同位体温度は180～194℃と比較的高い温度を示すことから，深部から上昇してきた化学成分濃度の高い熱水が混入している可能性もある。

d) DG－1の同位体比（Fig. Ⅱ. 3. 74及びFig. Ⅱ. 3. 75）は，Kaynarca温泉のものとほとんど同じであること及びトリチウム濃度が低いことから，熱水の大部分はKaynarca温泉のものと同様に，北部から流下して来た天水起源の地下水であり，循環時間も長いと考えられる。

e) Fig. Ⅱ. 3. 76からCℓ－B比及び濃度から，DG－1熱水はKaynarcaに湧出している熱

水に，さらに周辺の地下水が混合していると考えられる。したがって，Fig. Ⅱ. 3. 77に示したように，DG－1熱水は，Kaynarca温泉に深部から熱水を供給している流体の通路から直接供給されたものではないと考えられる。

2) DG－2熱水について

a) 中性のSO_4－HCO_3型熱水である（Table Ⅱ. 3. 11）。Ca, SO_4, HCO_3以外の主要溶存イオン濃度は低い。ただし，Cℓ濃度は周辺の地表水の一般的な濃度より高い。

b) 計算された地下貯留層温度は，シリカ温度で77℃，Na－K－Ca－Mg温度で50℃と低い温度である。ただし，深部あるいはDG－2から離れた地点の貯留層温度を示す可能性のあるSO_4－H_2O温度は185℃と比較的高い。

c) DG－2の熱水は，同位体比（Fig. Ⅱ. 3. 74及びFig. Ⅱ. 3. 75）からみて，天水起源の地下水と考えられ，トリチウム濃度が小さいこと，δD値が地表の水の値より若干小さいことから，Kaynarcaの北方から流動して来た地下水と考えられる。

d) DG－2は同位体比から見れば，周辺の降水起源の地下水であるが，Fig. Ⅱ. 3. 76に示すようにCℓ濃度が地下水より若干高いことから，わずかではあるが周辺の地下水以外に深部熱水もしくは海水起源水が流入していると推定される。

3) DG－3熱水について

a) 中性のCℓ－HCO_3型熱水である。（Table Ⅱ. 3. 11）

b) Na，Ca，Cℓ，SO_4等の主要溶存イオン濃度は高い。地表に湧出している温泉のものよりかなり高い濃度である。

c) 計算された地下温度は，熱水の直接の供給源となった貯留層の温度は，132～135℃（シリカ温度計，Na－K－Ca－Mg温度計）で，今回掘削された孔井の中で最も高い。ただし，深部の熱水層の温度を示す可能性のあるSO_4－H_2O温度（Table Ⅱ. 3. 12）は111℃と比較的低い。

d) Fig. Ⅱ. 3. 74，Fig. Ⅱ. 3. 75，Fig. Ⅱ. 3. 76及びTable Ⅱ. 3. 12に示すように，DG－3熱水はKaynarcaやDikiliに湧出している熱水（天水起源水）と，海水起源水の混合水と推定される。ただし，$\delta^{34}S(SO_4)$，Cℓ/B比，Cℓ/As比等が海水の値と異なることから，現在の海水が直接混入しているとは考えられない。また，この海水起源水の温度は111℃以下と考えられる。

e) Dikili温泉やKaynarca温泉水に含まれるCℓの起源は，2次調査までの結果では，深部熱水の可能性も考えられたが，本調査結果から，海水起源水の可能性が高いことがわ