

LEGEND

Low Resistivity Zone


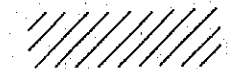

-  100m depth ($50 \Omega\text{-m les}$)
-  200m depth ($100 \Omega\text{-m les}$)
-  300m depth ($100 \Omega\text{-m les}$)



Fig. II-4-10 Plan Map of Resistivity

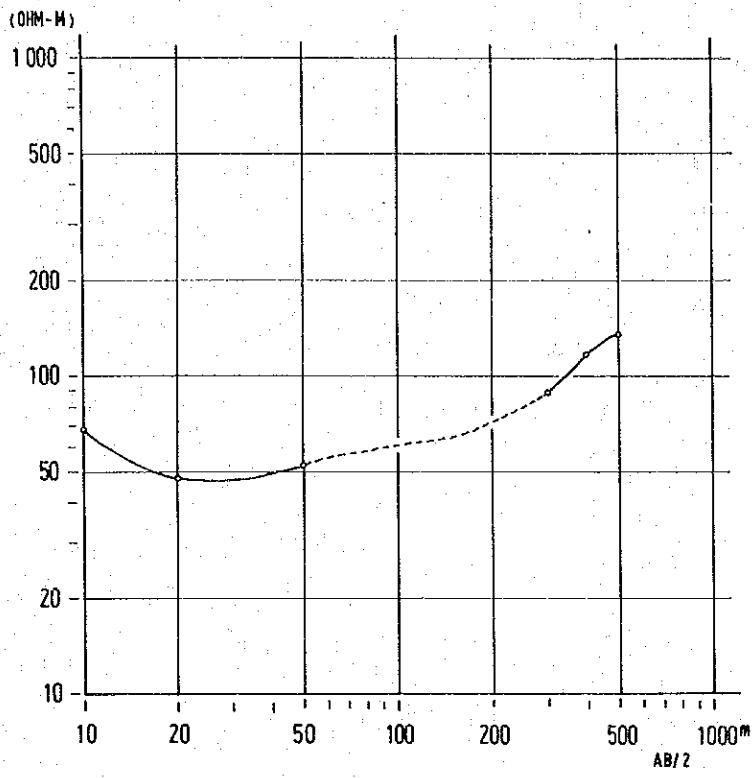
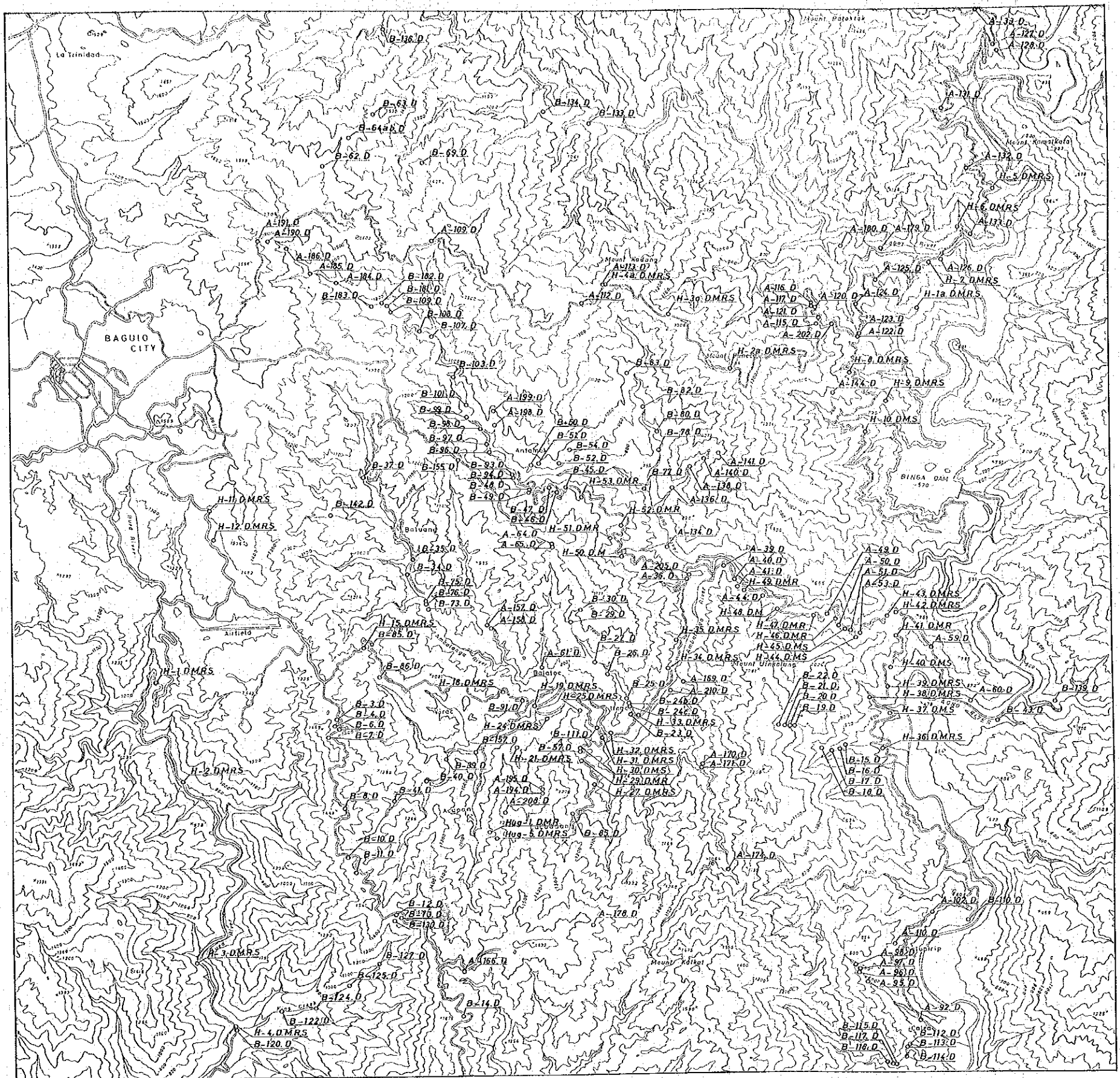


Fig. II-4-13 Vertical Electrical Sounding Curve at Dalupirip



D : Density
 M : Remnant Magnetism
 R : Resistivity
 S : Magnetic Susceptibility

Fig. II-4-14 Location Map of Collected Rock Samples

第Ⅲ編 総合検討

第1章 探査結果の要約

第 1 章 探 査 結 果 の 要 約

1-1 地質調査結果の要約

- 1) 調査地域の地質層序；下位から上位へと、Dalupirip 変成岩類 (Da), Pugo 層 (Pu), Columbus 層 (Co), Zigzag 層 (Zi), Klondyke 層 (Kl), Rosario 層 (Ro) および Balatoc プラグ (Bp) からなる。このうち Balatoc プラグは、約 100 万年という第四紀前期更新世の年代を示す石英安山岩質火山砕屑岩類からなる一種の火道角礫岩であり、前回協力調査を実施した Buguias 地区や Daklan 地区で見られる後期更新世の石英安山岩質大規模熔岩円頂丘は認められない。
- 2) 調査地域およびその周辺の地質構造；Dakulan・Buguias 地区の西部隆起帯の南方延長が、本調査地域の中央隆起帯にあたる。したがって、Acupan・Itogon 地熱徴候地は、Daklan・Buguias 地熱徴候地の西側隆起帯のさらに西の西側沈降帯の東縁に位置する。本地域の地質構造は N-S 性の中央隆起帯とその両翼の沈降帯により基本的には構成され、これに NE-SW および NW-SE 性の断裂構造が付加されたものである。Acupan-Itogon の地熱徴候地は、NE-SW に配列するプラグ群および Acupan 鉾山の NE-SW 系鉍脈裂かの方向に配列し、この南西延長に Klondyke 温泉が分布する。また、Acupan・Itogon の地熱徴候は、プラグの縁辺部で優勢である。また、Laboy 温泉群や Dalupirip 温泉は、中央隆起帯東翼の NW-SE ~ NNW-SSE 性の断層によりそれらの温泉湧出の構造規制を受けている。Acupan・Itogon に見られる NE-SE の構造は、Klondyke 層堆積盆地南縁の構造および Virac 花崗閃緑岩の貫入方向とも調和的である。Acupan 鉾山坑内の温泉湧出は、Balatoc プラグ およびその周辺の岩石中の裂かに沿って見られる。
- 3) 調査地域の火成活動；本地域の地熱流体形成の熱源となりうる第四紀火成活動は、Acupan・Itogon 地区の石英安山岩質火山岩類であり、フィッシュトラック放射年代測定により約 100 万年前という値が出された。
- 4) 調査地域の地熱徴候；本地域の地熱徴候のうち温泉は、既知の Acupan, Itogon, Dalupirip の他、今回の調査により Laboy 川沿いに発見した。これら温泉のうち温度および周辺母岩の変質状況から、地熱活動が優勢なものは Acupan, Itogon の温泉と観察された。また、本調査地域の変質帯は、斑岩銅鉍床に伴なうもの、金の鉍化作用によるもの、地熱活動によるものおよび続成変質によるものが重複している。中性半深成岩複合岩体と密接な関係をもつ金の鉍化作用 (Baguio Gold Mine, Baco-Kelly Mine) 周辺では内側から外側へ絹雲母帯 - クリストバライト・フルーナイト帯 - モンモリロナイト帯と帯状分布をし、絹雲母帯には一部ワイラカイトを伴なうことが明かになった。Acupan 鉾山周辺の変質では、金の鉍化作用および地熱活動にともなう中性の変質作用が、重複して観察さ

れる。

5) 河川水の流量および化学組成(水理調査); 今回の現地調査期間は、雨期および台風シーズンに重ったため、河川水の増水・減水が極端であり、河川水の流量調査および河川水の化学組成の観測・分析結果を解析するに至らなかった。

以上のことを踏まえ、Acupan-Itogon地区の地熱貯留構造の概念を地質学的にまとめると以下のように要約される(Fig. III-1-1)。

- <熱源>; 石英安山岩質火山岩類からなるBalatocプラグ群は、約80~100万年前という第四紀火成活動の産物であり、プラグ群周辺に地熱徴候が見られたことから、Acupan-Itogon地区の地熱系の熱源であると考察される。
- <地熱流体の賦存>; 本調査地域の高温地熱流体は、プラグ群とその周辺の岩石(Itogon石英閃緑岩を除く)中のNE-SW性裂か系に賦存し、プラグ縁辺部の破碎帯とNE-SW系の裂か系に構造規制を受けた裂か型貯留層に賦存している。
- <地質学的有望地>; 調査地域内の発電を目的とする地熱有望地は、Acupan-Itogon地区地熱徴候地とその周辺部に限定されると考えられる。

1-2 地化学探査結果の要約

今回の調査は1m深の地化学探査として地温測定、二酸化炭素ガス濃度測定、ラドンガス濃度測定および土壤中の水銀濃度分析を行なった。また温泉水の地化学探査として温泉水の化学分析、O/H同位体分析および噴気ガスの化学分析を行なった。それら調査結果を要約すると次のとおりである。

1-2-1 1m深の地化学探査

測定した4変量間での相関係数が非常に小さいため因子分析をしても特殊性が高く、因子について云々するのは適当ではないが一応地温および水銀濃度の2変量が地下地熱流体の動きに反応するものと考えられ、一方二酸化炭素ガス濃度およびラドンガス濃度はむしろ地質の差に対応していると思受けられる。つまり地温分布図からはAcupan鉱山のBalatocプラグ周辺およびその北西のVirac付近で調査地域の平均地温を25.8℃とした時、標準偏差値1.2℃を加算した27.0℃以上の高地温域の広がりが読み取れる。次に水銀濃度分布図に見られるとおり、土壤中の平均水銀濃度を83ppb(対数変換値で1.92)とした時対数変換値の標準偏差値0.65を加えた37.2ppb(対数変換値で2.57)以上の高水銀域がAcupan鉱山周辺、Itogon温泉周辺およびVirac付近に広がりをみせており、地温分布と併わせて地表地熱地帯の分布と良好な対応を示している。水銀の富化作用と鉱化作用との関係については銅の鉱化作用は一応影響がないものと考えられる。しかし金の鉱化作用は水銀の富化作用を及ぼした可能性があり、水銀の濃度分布はそれも含めた熱水活動の場を表わしているものと考えられる。一方、ラドンガス

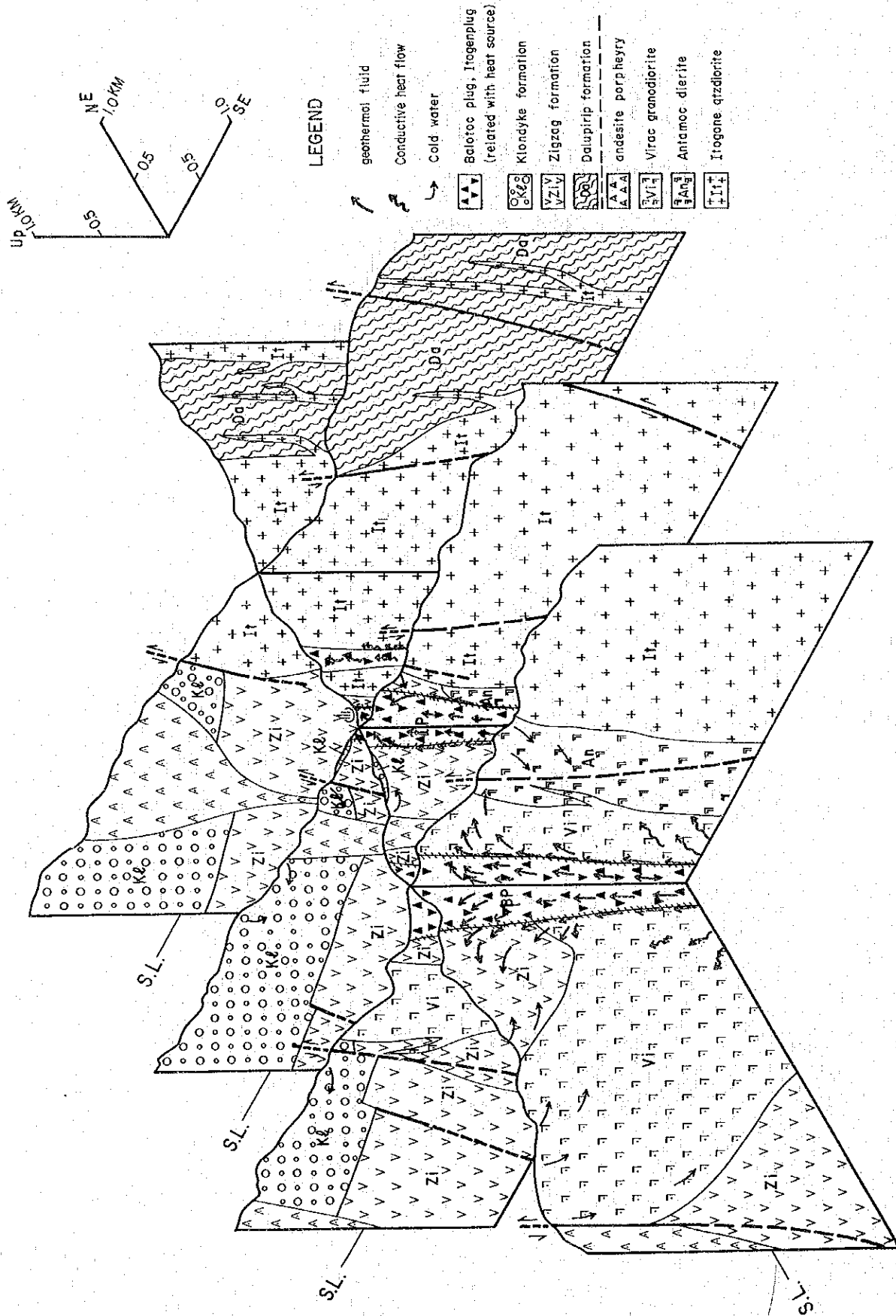


Fig. III - 1 - 1 Structural Conception Model of Acupan-Itoyon Geothermal Area.

濃度については今回の測点計画ではBatuang付近に分布する安山岩ないし花崗閃緑岩質な斑岩に伴う最高 264.0N/mm^2 、30日にまで達する高異常が強く作用し、Acupan 鉱山からItogon 温泉にかけての $15\sim 50\text{N/mm}^2$ 、30日程度の変化をみるができなかつた。精査段階で調査範囲を絞り、測点密度を上げれば地下の地熱流体の分布を表わす情報が得られる可能性も高いと考えられる。二酸化炭素ガス濃度については調査地域内の土壌の発達が極めて悪いので、ここでの探査手法としては適当でないと考えられる。

1-2-2 温泉水の地化学探査

調査地域内に分布する温泉水はその化学組成から次の4つの型に分けられる。

イ. 陰イオンは Cl^- で、陽イオンは $\text{Na}^+\text{+K}^+$ で特徴づけられ、 T_{SiO_2} および $T_{\text{Na-K-Ca}}$ はそれぞれ、 $147\sim 229^\circ\text{C}$ 、 $193\sim 236^\circ\text{C}$ の高温を示す。酸素の同位体ソフトもみられることから深部熱水ないしはそれに近いものと考えられ、Acupan 鉱山のBalatoc プラグ分布域で、またItogon 温泉およびAntomok 鉱山で採取される温泉水の一部が、この型に相当する。

ロ. 陰イオンは SO_4^{2-} で、陽イオンは Ca^{2+} で特徴づけられ、溶存成分から推定される地化学温度は極めて低い値を示し、 σD および $\sigma^{18}\text{O}$ はMeteoric water line上にある。深部熱水から解離した SO_4^{2-} が地表水ないしは浅所の地下水と混合した後、岩石中の Ca^{2+} を溶解することによって形成されたものと考えられ、この型の温泉水として、Acupan 鉱山のBalatoc プラグ外から湧出するもの、Antamok 鉱山内に湧出する大部分の温泉水およびLaboy でみられる温泉水がこの型に属すると考えられる。

ハ. 陰イオンは SO_4^{2-} で、陽イオンは $\text{Na}^+\text{+K}^+$ で特徴づけられる。溶存成分から推定される地化学温度は比較的高い値を示し T_{SiO_2} は $91\sim 209^\circ\text{C}$ 、 $T_{\text{Na-K-Ca}}$ は $54\sim 216^\circ\text{C}$ だが温泉水の σD および $\sigma^{18}\text{O}$ はMeteoric water line上にある。この温泉型は深部熱水に近いと考えられる前記イ.の温泉水から地表水の影響が強いと考えられる前記ロ.の温泉水が形成される過渡的な状態を示すものと考えられる。この型の温泉水として、Itogon 温泉の大部分およびDalupirip が挙げられる。

ニ. 陰イオンは Cl^- 、陽イオンは $\text{Na}^+\text{+K}^+$ 特に Na^+ で特徴づけられ、溶存成分から推定される地化学温度は T_{SiO_2} が $46\sim 144^\circ\text{C}$ 、 $T_{\text{Na-K-Ca}}$ は $27\sim 68^\circ\text{C}$ の低温を示し、さらに温泉水の σD および $\sigma^{18}\text{O}$ はMeteoric water line上にある。温泉ガス中の二酸化炭素ガスおよび硫化水素ガスも極めて低い濃度を示し、第4紀の火山活動に伴う温泉水とは考え難い。この型の温泉としてAsin, Klondyke およびPugo が挙げられる。

上記した温泉水の型別分類およびその各々の起源についての推定が正しいとすれば、今後の地熱探査は前記イ.の温泉水が湧出し、その広がり比較的広いと考えられるAcupanからItogonにかけての地帯が候補となると考えられる。

1-3 重力探査結果の要約

調査地域の地形は急峻な山岳地形であるが、道路が良く発達しており、約180 km²の調査面積に310点の測点を平均的に設けることができた。

測点総数 310点

水準測量 298点

精密気圧高度計による測高 12点

潮汐、器械高、ドリフト、緯度、フリー・エア、地形およびブーゲーの各種補正を電子計算機により高精度に施した。この結果、補正密度2.60のブーゲー異常図が最もよく地下構造を反映していることが判明した。このブーゲー異常図を用い、いくつかのバンドパスフィルターによる余剰重力図を作成し、各波長域に対応する地質構造を考察した。

重力探査結果の解釈は以下の通りである。

- (1) 調査地域に分布する岩体の密度は2.70前後であり、岩体ごとの密度差は非常に小さい。この影響もあって、ブーゲー異常は最大で77 mgal、最小で49 mgalであり、その差は小さい。
- (2) 調査地域のほぼ中央部から南南東にぬける低重力異常がみられ、これはItogon石英閃緑岩の分布域に一致する。
- (3) 深度約1,500 mまでの構造を良く表現している $\lambda = 0.25 \sim 2.1$ の余剰重力図では、この低重力異常を囲むように小規模な高重力異常が点在している。南西部のものはZigzag層、南東部のものはDalupirip変成岩類、東縁部のものはPugo層に対比される。また、他の高重力異常は各々、比較的高密度の貫入岩体に対比することができる。
- (4) $\lambda = 2.1 \sim 10.2$ の余剰重力図は深度約1,500 m～3,000 mの構造を表現している。南西部および東縁の高重力異常はそれぞれ、Zigzag層およびPugo層が深部にまで存在していることを示唆している。また、中央部には盆状構造と思われるような低重力異常がみられるが、ブーゲー異常図からは、盆状構造を規制するような断層が存在するようなパターンはみられず、さらに、この位置が、本調査地域では比較的低密度岩体であるItogon石英閃緑岩の分布域であるため、Itogon石英閃緑岩が地下深部にまで分布していると思われる。
- (5) 本調査では、熱源に関係する断層構造や地熱貯留に適するような陥没状構造を示唆する重力異常はみられない。
- (6) Acupan鉞山の東方に小規模な低重力異常がみられる。この異常は低密度岩体であるBalatocプラグによるものであり、この周辺に地熱徴候が存在する。このBalatocプラグの周辺には、Virac花崗閃緑岩やAntamok閃緑岩および斑レイ岩からなる貫入岩が分布している。これらの岩体は比較的高密度であるが、これらの岩体が示す重力異常

は小さい。このことより、これらの岩体には割目が発達していて、岩石試料より得られた岩石密度に比べ、実際の岩体の平均密度は低いということが考えられる。

1-4 電気探査結果の要約

本調査地区内には、Acupan・Itogonをはじめ、多くの鉱山が稼動されており、主に坑内を走る電車による電氣的ノイズがきわめて大きい。このため、通常地熱地帯で行われている深部電気探査は実施することが出来ないため、比較的浅部(200~300m)の比抵抗分布を双極子法により求めた。

調査地域は、地形が急峻で直線状測線は地形の影響が大きすぎるため、測線はすべて道路沿いとし、9測線、総延長69.6kmについて測定を行った。大地に供給する電流は、1.0~2.5Aの3Hzの矩形波とし、バンドパスフィルターによりノイズ成分の除去に努めた。

この結果を平断面図に記入し、地質と対比することにより、以下の調査結果を得るに至った。

- 1) 調査地域の比抵抗は、およそ50~1,000Ωmを示し、500Ωm以上の高比抵抗な地域が多い。この中で、鉱化変質による低比抵抗はおよそ50Ωm前後であった。また、地熱変質によると思われる低比抵抗帯がAcupan温泉徴候周辺に認められたが、顕著な異常帯を捕捉することはできなかった。
- 2) Baguio市東部(A-0~A-15)およびBaguio空港周辺(B-4~B-30)には、Klondyke formationの凝灰岩、泥岩が鉱化変質を受け、広く低比抵抗帯を形成している。
- 3) 鉱山の廢さい、研などに関係する低比抵抗帯が、Balatoc(C-50~C-70)、Baco-Kelly(D-30~D-40)およびAntamok(A-50~A-60)に認められた。
- 4) Balatocプラグ周辺は、地熱変質により低比抵抗を示すことが予想されるが、電氣的ノイズが大きすぎることで、道路沿いはコンクリート舗装、鉄管埋設により測定不可能なこと、などにより、実測することが出来なかった。
- 5) Dalupirip温泉周辺では、シュランベルジャー法による垂直探査を実施したが、深部には低比抵抗は検出されず、温泉がN-S~NNW-SSEの弱線帯にそって湧出していることが判明した。

第2章 地熱系の考察

第 2 章 地熱系の考察

2-1 地質構造と地熱流体

地熱系の探査の目的は、地質構造との関連において地熱貯留層の大きさ、形、およびそこから抽出される生産量の概略を推定することである。従って、地熱探査で行なわれる地質調査、地化学探査および各種の物理探査の目的は、水を貯留し得る地質構造と熱源の位置を明らかにすることである。

世界的に地熱資源が地溝帯に多く存在するのは、地溝帯が熱の担体である水の貯留に良い地質条件を有するためである。

普通、滞水盆構造は不透水層とのなす構造に規制されるが、高温熱水の粘性係数は極めて小さくなるので、まったく割目のない地層以外は、完全な不透水層とはなり得ないと思われる。従って、地熱貯留層を規制する構造は、むしろ個々の地層の性質ではなく、それらの組み合わせた大きな構造であると考えられる。

一般に、地熱井からの地熱流体の汲み上げの影響は、時には数km以上にも及ぶと考えられ、地下水の流れは、岩石の狭義の空隙率ではなく、微細な割れ目を含む広義の空隙率に支配されるものである。特に粘性係数の小さな高温熱水の流動を考える場合、微細な割れ目も無視出来ないと考えられる。また、地表徴候の多い所が必ずしも深部に優良な高温流体が賦存することを示唆するものではない。

地熱系の分類については多くの研究者によって研究されているが、満足される系の分類はまだ存在しない。ある研究者は、その地域の地質環境によって系の分類を行っており、また他の研究者は深部における水の循環を規制する物理的な性質をもとに分類を行っている。

高温の地熱系はしばしば第四紀の火山活動地域に出来ているのが一般的で、日本の各地熱発電所の存在地域、ニュージーランド、フィリピン等もこれに属する。しかしながら、イタリアのラルデレロや米国のインペリアルバレーの高温地熱帯は、地熱系の中に熱源と考えられる新期の火山活動は見当らず、変成岩、苦灰大理石、頁岩中、または、デルタ堆積岩中に生じている。

また、地熱系の大きさについても千差万別である。ある火山地帯では、2~3km²にも満たない。溶岩噴出の地帯では、地表地熱徴候は極めて優勢であるにもかかわらず、その活動は極めて狭い範囲におきており、一方、地溝帯の火山地帯では数百km²にも及ぶ地熱系を形成している。面積的に狭い地熱系をもつ地域は地質構造的に上昇地塊と関係している所が多くここでは高温岩体が地表近くまで上昇しており、その地熱系は断層構造に規制されてある方向に伸びているのが普通である。

本地域の調査結果の解析にあたっては、上記のことを考慮しつつ解析をすすめた。

2-2 調査結果と地熱

1) 本地域の地熱系は、北部 Luzon の地熱徴候帯である隣接地、Buguias, Daklan を通る南北性の第四紀火山列から西側に偏移したところに位置している。即ち、Buguias, Daklan 地域の熱源と考えられる石英安山岩の大規模円頂丘(1~2万年前)は、本地域には見当らず、第四紀前期の火道角礫岩(80~100万年前)の活動が、本地域の地熱系の熱源と考えられる。

2) 地熱系の形成に最も関係の深いこのプラグ群は、当地域の金鉍化作用とも密接な関係を示し、金鉍化作用は現在も続いていると考えられる。

このプラグ群は当地域の基盤岩の露出する東部地域と、新第三紀累層が厚く堆積する西部地域の変換点に形成され、NE-SW の配列を示している。このプラグの配列は当地域の鉍脈裂か方向とも一致し、1 m 深地温と水銀濃度の高異常分布にも良く対応している。

3) 本地域に見られる地熱活動のうち、引き続き探査の対象となるのは、プラグ群の形成に関連する地熱徴候地帯であるが、この地熱徴候地帯は、いわゆる地質構造的に大規模な盆状ないし陥没状構造とは関係なく、プラグ群の形成に伴うその周辺の断層構造、裂か系に関係している。

4) 当地域の温泉水は、NaCl タイプと CaSO₄ タイプに分けられる。そのうち、プラグ周辺より湧水する温泉水は NaCl タイプに属し、T_{SiO₂} および T_{Na-K-Ca} も 200℃ 以上の高温を示し、 $\delta^{18}O$ にもシフトがみられることから、深部熱水であると考えられる。

5) 電気探査により検出されたいくつかの低比抵抗帯は、主に鉍化変質によるものであるが、Itogon 地熱徴候の周辺の低比抵抗帯は、地熱変質によるものと思われる。深部へのひろがり不明である。

6) 重力探査では、典型的な地熱貯留構造に対応する重力異常はないが、Itogon 石英閃緑岩の分布に一致する低重力異常や局所的ながら Balatoc プラグに対応する低重力異常が捕捉された。

第3章 結論と第二次調査に対する提言

第 3 章 結論と第二次調査に対する提言

3-1 結 論

数ヶ所に地熱徴候のみられる Acupan・Itogon 地域の 300 km^2 について、地質調査、地化学探査、重力探査、電気探査および磁気探査を実施し、地熱資源開発ポテンシャルの高い地域を選定することを目的とした。この結果、金鉱床の生成に関連する Balatoc プラグ群に伴う地熱が最も有望と考えられ、この地域に今後の探査を継続する価値があると認められた。

即ち、

- 1) Balatoc プラグ群の石英安山岩質の火道角礫岩は、80～100 万年前の年代を示し、本地域の熱源に関連する活動であると考えられる。
- 2) 地質調査、物理探査の結果、地熱流体貯留に適する大規模な盆状ないし陥没状構造は認められない。しかし、プラグ群生成に関連する裂か系は、地熱流体の好適な上昇通路になっており、深部まで連続していると考えられる。
- 3) プラグ内およびその周辺より湧出する温泉水は食塩泉型でその地化学温度から計算された貯留層温度は 200°C を越えている。また、同位体分析の結果からも、いわゆる深部熱水であることが裏付けられている。

以上のことから、プラグおよびその周辺の裂かに沿って上昇する地熱流体は、将来の地熱発電のために十分高温な地熱資源であることが予想される。

尚、当地域の地熱流体の動きとその範囲を確認するため、以下の地点に地温調査井を掘削する必要がある。

地温調査井 (Fig. Ⅲ-3-1)

1. Ambalanga 川に架る Itogon 橋より北西方約 350 m 、Balatoc に向う道路の西側、標高約 760 m (重力点 No. 27 付近)
2. Batuang より南西方へ向う道路の終点、標高約 890 m (重力点 No. 174 の北東約 350 m)
3. Virac の平坦地の南東端、標高約 970 m (重力点 No. 33 の南東方約 400 m)
4. Acupan 鉱山事務所 (重力点 No. 165) の南方約 500 m の沢、標高 $1,030\text{ m}$
5. Batuang の北方約 450 m 、標高約 730 m (重力点 No. 29 付近)
6. Itogon の北北西方約 650 m 、標高約 920 m (重力点 No. 28 の東方約 500 m)
7. Itogon - Suyoc 鉱山の入口 (重力点 No. 193) の東方約 300 m 、標高約 800 m 。

なお、当地域は金鉱床の稼行地帯であるため、地下水位は人為的に擾乱されている。掘削深度は、地下深部の地温勾配を知るため、現稼行深度の最下底である A.S.L. 550 m 以深まで掘削し、地熱流体の賦存域を十分深く掘り下げる必要がある。

なお、以上の候補地は、次の理由により選定された。

- 熱の供給源は第四紀石英安山岩質の火道角礫岩の下部に存在すると考えられるため、火道の中およびその周辺に選定した。
- 当地域の鉍脈裂かは、地熱流体の好適な通路となっているため、鉍脈裂かおよびその母岩の分布する範囲（1.2 km²）に分散させ配置した。

3-2 第二次調査に対する提言

第一次の調査結果をもとに、今後の地熱開発計画を具体的に推進するため、次の諸点に留意して調査をすすめることを提言する。

- 1) 当地域の地熱貯留層は、石英安山岩火道角礫岩の形成に伴った裂か型の貯留層構造と考えられるため、当地域の裂か系と構造規制に関し精査を実施し、地熱貯留層の規模を推定していく必要がある。
- 2) 1 m深の地化学探査については、地温、水銀、ラドンガス濃度について測定する。測定は、出来る限りせまい間隙のグリッド状に配置するのが望ましい。あわせて、この地域につき変質帯調査を行う。
- 3) 地熱徴候地帯は金鉍床の稼行地帯であるため、比抵抗探査等一般的な物理探査は利用できない。

しかしながら、断層、裂かに沿う地熱流体の動きは、微小地震の観測により震源群として把握されることが多い。従って、深部における地熱流体の活動範囲をするため、微小地震観測の採用は有効と考えられる。

- 4) フィリピン側が実施する調査井の掘削については、コアを採取し、X線回折、各種物性測定を行い、掘削終了後は、温度検層、電気検層を実施して地熱系と地質構造について総合的な検討が必要である。

なお、地温調査井の深度は当地域の鉍山の開発深度ならびに坑道展開範囲を考慮して慎重に計画しなければならない。また、プラグ自体は地表近くよりかなり高温であることが予想され、掘削途中において暴噴等の危険があるため、その対策を考慮することが必要である。

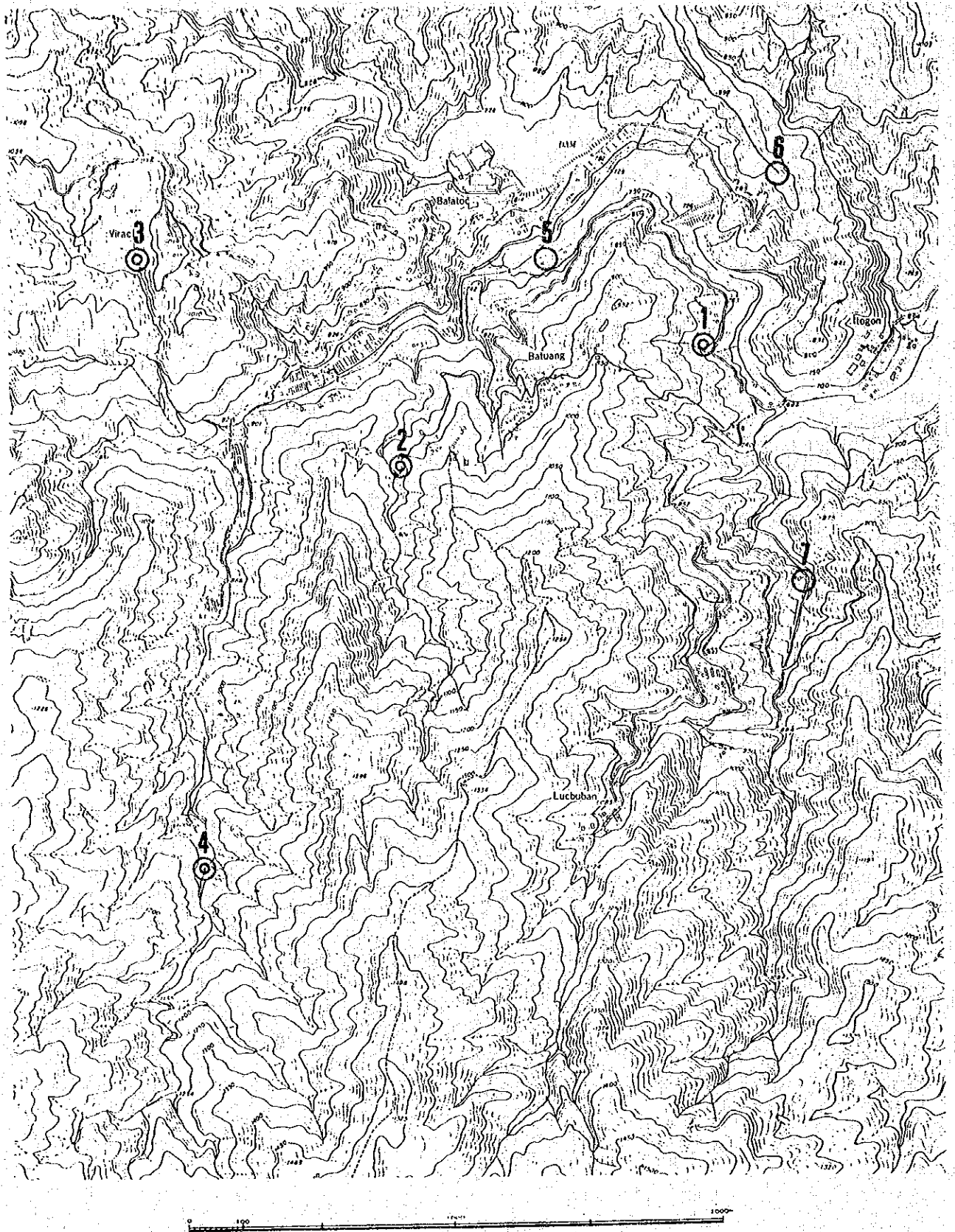


Fig. III-3-1 Proposed Sites of Gradient Holes

文 献

References

Geological

- Balce, G.R. et al. (1979) Geology of the Baguio District and its implication on the tectonic development of the Luzon Central Cordillera, Bureau of Mines and Geosciences, Manila, 1-123.
- B.C.I (1970) Geology and mineralization at the Acupan mine and the Antamok mine, 1-34 (unpublished).
- Corby, G.W. et al. (1951) Geology and oil possibilities in the Philippines, Tech. Bull. 21, 413-448.
- Dickerson, R.S. (1932) The development of the Baguio Plateau, Phil. Jour. Sci., 25, 413-448
- Leith, A. (1938) Geology of the Baguio district, Tech. Bull. 9, Department of Agriculture and Commerce, Manila.
- MMAJ and JICA (1977) The report of mineral exploration in Northeastern Luzon.
- Peña, R. (1969) Brief geology of a portion of the Baguio district, Jour. Geol. Soc. Phil., 24, 37.
- Peña, R. and Reyes, N.V. (1971) Sedimentological study of a section of the "Upper Zigzag" formation along Bued River, Tuba, Benguet. Ibid, 7-17.
- Santos, R.D. (1982) The geology of Southwestern Baguio District.
- Schafer, P.A. (1954) Some phases of the geology of the Baguio district, Proceeding 8th Pacific Sci. Cong. Ila, 347-355.
- Sugimura, A. and Ueda, S. (1973) Islands Arcs -- Japan and its Environs, pp. 235, Elsevier, Amsterdam.
- Worley, Jr., B.W. (1967) Geology of the Antamok and Acupan gold mines of Benguet Consolidated, Mineral Engineering Magazine, 18.

Geochemical

- Bureau of Energy Development--ELEC · Electroconsult, S.P.A. (1979): Philippine-Italian Technical Cooperation on Geothermics Stage-II, Preliminary Assessment of Acupan, Benguet Province. (unpublished.)
- Bureau of Energy Development (1982): Results of the Preliminary Geo-Chemical Survey of the Acupan Geothermal Area. (unpublished.)
- Craig, H. (1963): The Isotopic Geochemistry of Water and Carbon in Geothermal Areas, in Tongiorgi E., ed., Nuclear Geology on Geothermal Area, Spoleto, 1963, Pisa, 17-54.
- Kingston Reynolds Thom & Allardice Limited (1979): Preliminary Reconnaissance of the Thermal Manifestations at the Acupan Gold Mine, Benguet Province, Luzon, Philippines. (unpublished.)
- Sawkins, F.J., O'Neil J.R. and Thompson, J.M. (1979): Fluid Inclusion and Geochemical Studies of Vein Gold Deposits, Baguio District, Philippines. *Economic Geology*, Vol. 74, 1420-1434.
- T. Ozawa (1967): Geochemical Analysis of Gas Samples in Geothermal Area. *Jour. of Japan Geothermal Energy Association*, No. 9, 12-16.

Geophysical

- Arturo Alcaraz (1974): *Geothermal Exploration and Development in the Philippines*.
- Boer, J. et al. (1980): The Batan Orogenic Eastward Subduction, Tectonic Rotations and Volcanism in the Western Pacific (Philippines). *Tectonophysics*, 67, 251-282.
- Boff, M.H.P. (1959): The Use of Electronic Digital Computers for the Evaluation of Gravitometric Corrections. *Geophysical Prospecting*, Vol. 7, 45.
- Don, A. Haysen, et al. (1976): *Mining Geophysics Volume II Theory*, The Society of Exploration Geophysicists Tulsa, Oklahoma, 1976.
- D.R. Mabey, et al. (1978): Reconnaissance Geophysical Studies of the Geothermal System in Southern Raft River Valley, Idaho. *Geophysics*, Vol. 43, No.7, 1470-1469.
- Onodera, S. (1971): *Geophysical Exploration for Geothermal Field*. Kyushu University.
- Ward, S.H. et al. (1978): A Summary of the Geology, Geochemistry and Geophysics of the Roosevelt Hot Springs Thermal Area, Utah *Geophysics*, Vol. 43, No. 7, 1515-1542.
- Bureau of Energy Development (1982): *Geothermal Activities in the Philippines*.

