

示すような貫入岩体が分布するの可能性が示された。

これらの推定貫入岩体の分布位置は、主要な構造に関係しており、地域を横切る dilational な枠組みの存在を支持する。

これらの推定貫入岩体は、鉍化作用の可能なソースとしても考えることができる。

4) 探査有望地区の抽出

* 低磁気異常域

低磁気異常域は、空中物理探査データから明らかにされ、最終的な解析図に描き出された。これらは、熱水活動に伴う火山岩の広範囲な変質を反映していると考えられる。今後、低磁気異常域と鉍化作用を伴う変質帯の関係を明らかにすることが要求される。NW あるいは N 系の構造の付近は、広域的な流体の通路として振る舞うと考えられることから、重要と考えられる。

興味ある地域としては、以下の場所が含まれる。

- 1488000mN, 559000mE 地点付近の低磁気異常域、カリウム高異常域、複雑な構造帯。この地域は、顕著な dilational zone と考えられ、二つの左横ずれ断層に挟まれる地域である。
- 1497000mN, 563000mE 地点の半円形構造。ここは、火道と考えられる。

1-9 まとめ

空中物理探査を実施した 3 地域は、いずれもアクセスが困難で岩石の露出が少ない。本調査の解析図は、空中物理探査データおよび SPOT イメージとに基づいて作成され、対象地域の広域的な地質および構造を描き出した。最終解析図は 1:50,000 スケールでまとめられ、探査ターゲット地点を抽出した。

重要な結論は以下のとおりである。

- * いくつかの磁気異常域とそれに関係した構造が判別され、探査ターゲットとして抽出された。これらの地域は、流体の通路として解釈された。
- * 左横ずれで、トランステンショナル (transtentional) な応力場に対応した構造モデルが提案された。しかしながら、応力場の正確な応力方向を決定することは、断層の方向性が著しく変化に富むために、困難であった。構造モデルは、dilation zone が、鉍化作用の場として有望であることを示す。現地踏査と平行して、より注意深い断層構造の解析が望まれる。
- * 数多くの小さな、独立した磁気、放射性元素異常域が同定された。これらは、貫入岩プラグやストックを示唆し、鉍化ポテンシャルをもつ地域でもある。

一般的に、火山岩分布域で、空中物理探査データをもちいて正確な地質・構造図を作ることは難しいが、データの解釈は、変質帯が予想される地域とともに有益な地質構造情報

を提供できた。これらのマップは、探査ターゲットとしての有望地のプライオリティーを判断すべく、さらに地質調査、地化学探査を行うことによって改良されるべきものである。空中物理探査は、鉍化作用をコントロールすると考えられる広域的な地質構造および岩相を解析することによって、幾つかの金鉍化作用の有望地域を抽出した。

第2章 現地調査

2-1 対象候補地の選定

2-1-1 対象候補地選定の経緯

現地踏査対象地の選定過程を巻頭フローチャートに示す。

既存データ解析および衛星画像解析から、23 地域を選定した。第1年次 (Phase I) の現地踏査の段階では、この23 地域のうち、いくつかの地域は未調査のまま残った。しかし、23 地域以外にも現地調査を実施したため、結果的には24 地域の調査を実施した。選定にあたっては次のような条件を基準とした。

- ・ 既存データにおいて、鉱床、鉱徴、変質帯が認められる箇所
- ・ 衛星画像解析によって把握されるリニアメント密集域および複数のリニアメントの交差点部
- ・ 既存の広域空中磁気探査の異常域
- ・ 鉱区未設定域 (特に外国企業の鉱区設定および申請がないところ)

第1年次調査の結果を総合解析し、第2年次現地踏査候補地として、以下の地域を選定した (Fig. I-1-2 参照)。これらは、第1年次調査の結果、現地未踏査地域も含め、鉱床賦存の可能性が高い地域と評価され、鉱区設定上も外国企業の所有ではない地域を選定した。なお、各地域の地域選定理由の詳細については、各地域の項に記述する。

Western part of Bacon-Manito

Gate Mountains

Northwestern part of Tiwi - Mt. Malinao

Eastern part of Caramoan Peninsula

Kilbay

Tuba

Mt. Bagacay

Larap - Exiban

2-2 現地踏査結果

現地踏査は Legazpi, Irosin, Baao, および Daet をベースキャンプとして調査を実施した。調査に当たっては、基本的には日本側 1~2 名の地質技師とフィリピン側 1~2 名の地質技師およびこれに 4 輪駆動車とドライバーで調査班を編成し、3 班に分かれて調査を行った。各調査地へは、ベースキャンプから基本的には日帰りで調査を行った (現地踏査の詳細日程については Appendix 8 参照)。

現地踏査を実施した各地域について、現地調査のおよその行程に沿って以下に記述する。各地域は、選定理由・位置・交通・調査ポイントおよびルート・地質・変質・鉱徴・評価・鉱区の項目に分けて記述する。地質の記載では、既存資料のデータも用い、当該地域の概

要を記述する。変質および鉱徴の項では、各調査ルートに分け、簡単な交通、地質も記述した。変質・鉱徴の記載に当たっては、現地踏査で採取した試料の室内試験結果も記載するよう努めた。評価については、相対的なものではなく、主にどのような鉱化作用が期待できるかという観点から当該地域の有望性を記した。鉱区については、フィリピン滞在中に収集コンパイルした鉱区設定状況図に基づいて記載した。また、各地域については既存データから地質図を作成し、試料採集位置を合わせて示した。

なお、サンプルリスト、X線回折結果、地化学分析結果、鉱石分析結果、および流体包有物温度測定結果をそれぞれ、Appendix 9, 10, 11, 12, および13の表に示す。

2-2-1. Bacon-Manito 西部地域

1) 選定理由

Phase I 調査の結果では、本地域に発達する蒸気加熱型酸性変質帯は明礬石の分布で特徴付けられる。本地域が熱水上昇域に近いと推定した。また石英-明礬石あるいは石英-南石 (minamiite) からなる珪化岩や熱水角礫脈が分布し、これらはより高温の酸性変質を示し、火山ガス成分に富む流体によって形成されたと考えた。このことから、本地域の深部において高硫化系の鉱化作用が起こっている可能性を指摘した。

変質帯の分布状況、空中物理探査の磁気異常および放射性元素異常から Danao Lake 付近に、現在活動中の Bac-Man 地熱系とは別の熱水上昇域が推定した。地形的にも本地域は、Bac-Man 地熱地域にくらべ開析が進んでいることから、より古いマグマ-熱水系が存在したと推定される (Appendix 14: PH01) 一方、PNOC が実施した電気探査では Danao Lake の南西方向に低比抵抗域が浅部まで達している地区があり、そこに、熱水系の上昇域を推定している (例えば Los Banos and Oliver, 1997)。

以上のことから、本地域には、より古い熱水系に伴われ、鉱化作用が生じた可能性があると考え、第2年次 (Phase II) において、本地域をさらに調査することとした。

また、Bac-Man 地熱地帯の熱水上昇域付近で掘削されたボーリングの深部に閃緑岩体とカリウム変質が捕捉されており、ポーフリー型鉱化作用の存在が示唆される。より浅部では高硫化系の変質が捕捉されている。現地熱系の類推から、同様の鉱化作用が本地域の深部に期待される。

2) 位置および交通

本地域は、Bicol半島の南東部のAlbay州とSorsogon州の境界に位置する。Bac-Man地熱フィールドの西部に位置する。本地域へは、Legazpiから北および南側からのアクセスがある。北側からのアクセスは、LegazpiからManito方面へ、舗装道路が通じている。Calpi沢の入り口までは、車で約1時間である。南側からのアクセスも同様に、Legazpiから舗装された国道をSorsogon方面に向かい約1時間で、各沢の入り口に達する。沢の入り口から地域内へのアクセスは、両側とも基本的には、徒歩となる。

3) 調査ルートおよびポイント (Fig. II-2-1)

第1年次に主な変質帯の調査を実施し、その分布域と特徴を把握した。第2年次では、以下に示す視点(ポイント)から、調査ルートを選定し、調査を実施した (Fig. II-2-1)。

ルート	ポイント
Danao Lake 周辺および Pili-Cumadcad 沢の上流域	熱水の上昇域と推定される。NE 系の推定断層に沿って、低磁気異常、高カリウム異常および"flat region"あり。Danao Lake の北および南側は、Bac-Man 断層帯のそれぞれ北端と南端に位置する。WNW 系断層沿いに、低磁気異常と"flat region"あり。
Salvacion hot spring ~ Bac-Man 断層帯に至る地帯	熱水の上昇域と推定される。NE 系の推定断層に沿って、低磁気異常と"flat region"あり。
Cawayan river の上流域	熱水の上昇域と推定される。低磁気異常、高カリウム異常および"flat region"あり。
Malobago 南東の沢	変質帯の有無の確認。
Balasabas river	PNOC 報告書に変質帯の記載あり。
Calpi 沢上流の WNW 系の沢	地質および空中物理探査から推定される WNW 系断層沿いに、低磁気異常と高カリウム異常あり。
Parang River の上流域	Bac-Man 地熱帯の東に位置し、本地域外である。PNOC の報告書によれば、同ルートから、Bac-Man 地熱系の熱源と考えられている Rangas 貫入岩が分布する。本岩石の年代を決定するため、試料採取のため、本ルートの調査を実施した。

4) 調査結果概要

本地域の地質、変質帯の分布および試料採取位置を Fig. II-2-2 に示す。

本地域は、地滑り堆積物および厚い植生に覆われて、露頭が極めて乏しい。第1年次調査および PNOC による電気探査によって、推定された熱水上昇域が存在すると考えられた Danao Lake 周辺や Salvacion の北東部には、熱水変質帯を見つけることはできなかった。Calpi 変質帯上流の WNW 系断層沿いおよび Cawayan River 変質帯上流域では、明礬石を伴う変質帯が認められ、WNW 系断層沿いでは、石英細脈の転石が認められた。いずれの変質帯も古地下水水面付近の浅い変質を示しており、変質岩の分析から、金鉱化作用を示す結果は得られなかった。

5) 地質

本地域の地質は、PNOC の調査によって詳細に明らかにされている。本地域の地質を Fig. II-2-2 および Table II-2-1 に示す。Fig. II-2-2 の地質は、Alincastre and Panem (1985) に基づき作成した。



(PBM009(GX))
(PBM010(GX))

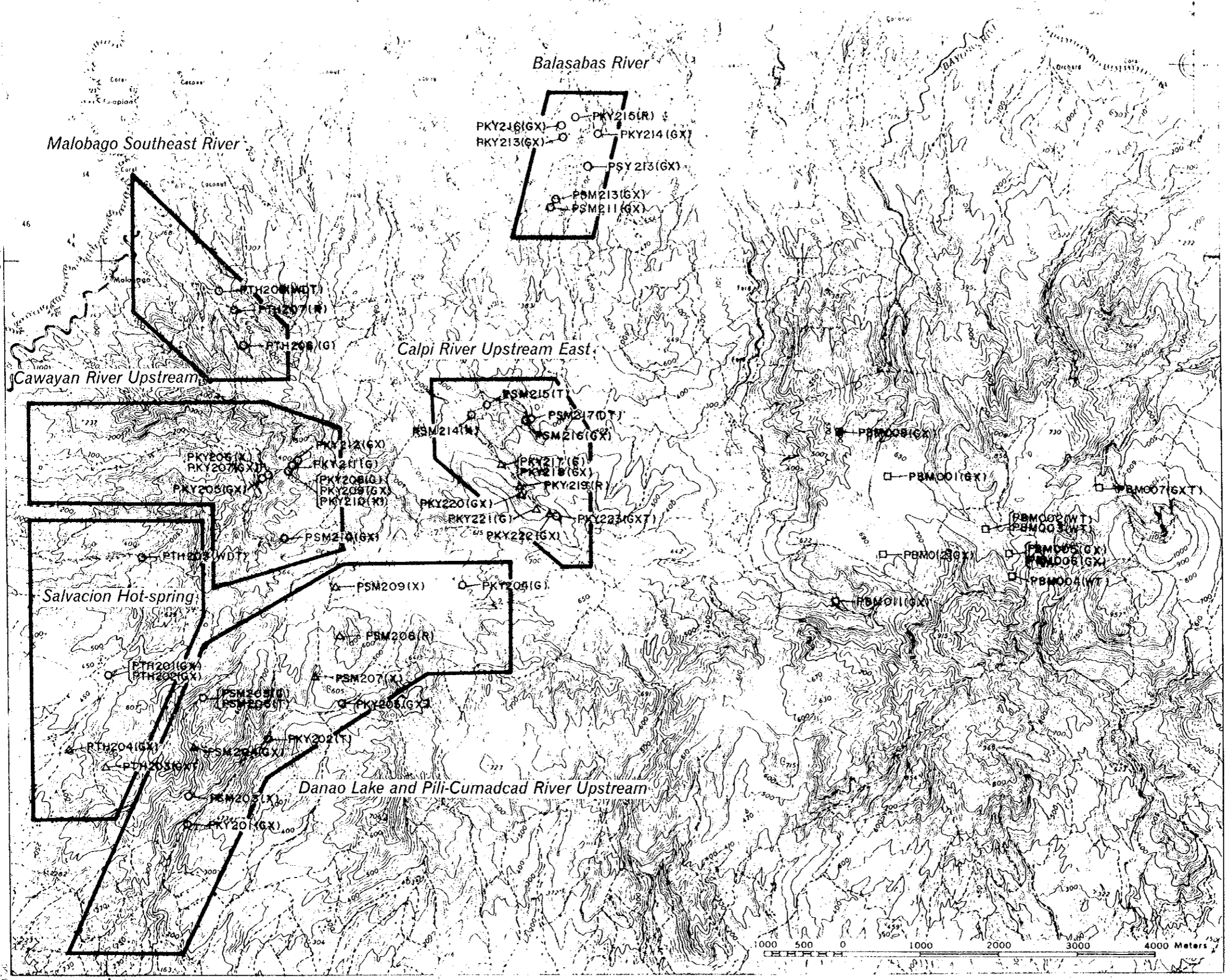
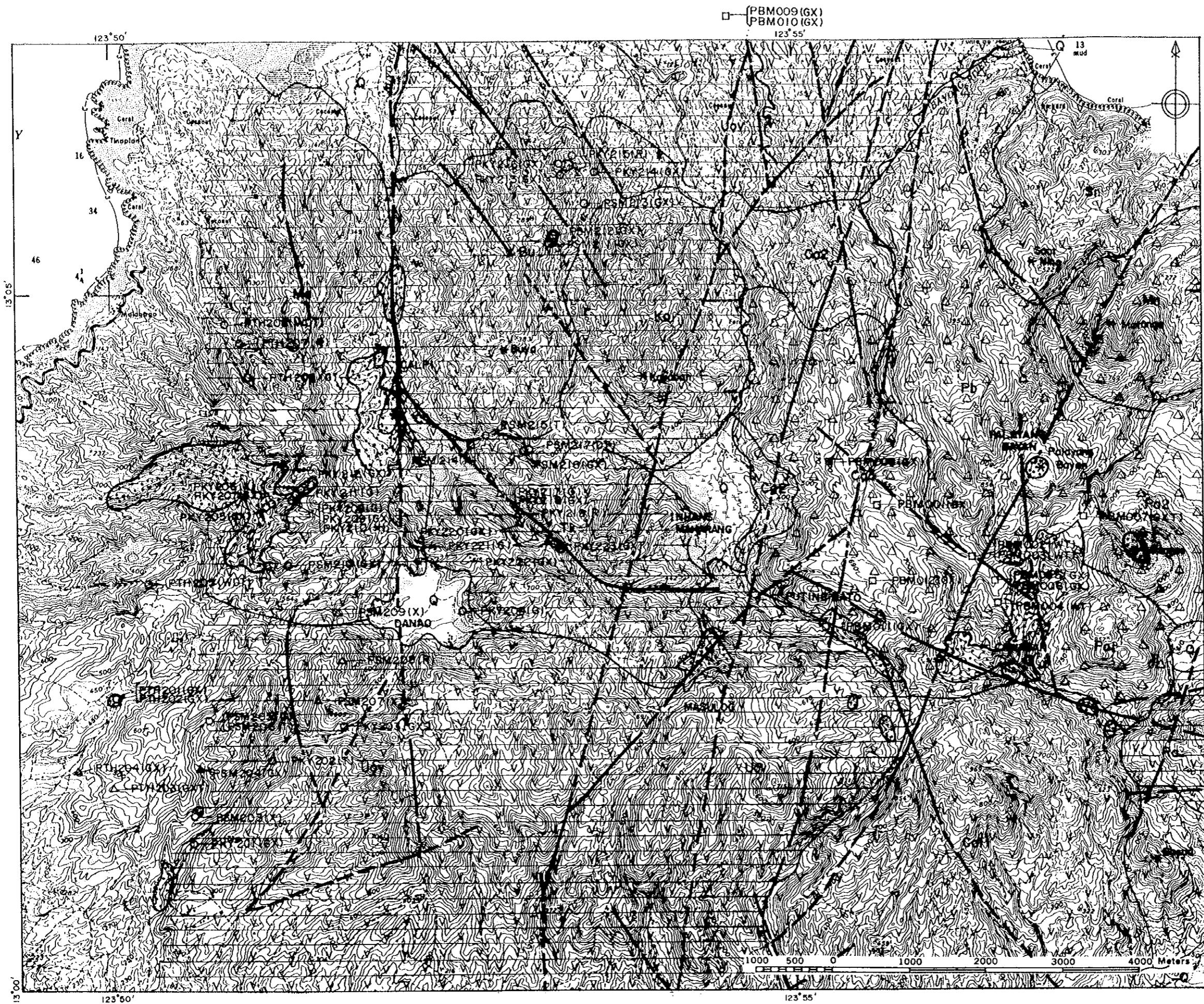


Fig. II-2-1 Root map of Western Bacon-Manito area

Parang River Upstream → → PTH209(R)



LEGEND EXPLANATION

Holo cene	Q	Quaternary Alluvium		
Quaternary	Pleistocene	△ △	Young Volcanic Group	
		Pa2	Younger Mt. Pangas	
		Mn	Matanga Volcanic Center	
		Pa1	Older Mt. Pangas	
		Pb	Palayang Bayan Volcanic Center	
	Ca3	Younger Cawayan Volcanics		
Pleistocene ~ Pliocene	Volcanics (Polangui Volcanics)	V V	Middle Volcanic Group	
		Ca2	Middle Cawayan Volcanics	
		Ca1	Older Cawayan Volcanics	
		Sn	Santo Nico Volcanics	
Tertiary	Pliocene	Pocdol	V V	Older Volcanic Group
			Ra	Rangas Volcanics
			Ka	Kayabon Volcanics
			Tk	Tikiob Volcanics
			Ma	Malabago Volcanics
			Bu	Buyo Volcanics
			Uov	Undifferentiated Older Volcanics

---	Fault
▶▶▶	Thrust
⌒	Anticline
∩	Syncline
⊙	Alteration Ground
⚡	Quartz vein
⊙	Hot / Warm spring
*	Volcanic center
○	Sample from outcrop
△	Sample from floating rock
□	Sample from drill hole

(G)	Geochemical analysis
(O)	Ore grade assay
(X)	X-ray diffraction analysis
(W)	Whole rock analysis
(D)	K-Ar dating
(T)	Thin section
(P)	Polished thin section
(R)	Reserve

Reference
 PNOG (1985):
 A Review of the ICOMWe BACMAN I
 -Development Strategy.

Fig. II-2-2 Geological Map of Western Bacon-Manito area

→ PTH209(R)

Table II-2-1 Geology of Western part of the Bac-Man area

From Alincastre and Panem(1985); and Los Banos and Oliver (1997)

<i>stratigraphy</i>	<i>lithology</i>	<i>age</i>
the San Lorenzo sedimentary rocks	limestone, calcareous sediments, calcarrenites	Late Miocene ~ Early Pliocene
the Rangas Intrusive	hb-two-px micro quartz diorite porphyry	?
the Pocdol Volcanic Complex	lava and pyroclastics	Pliocene? ~ Pleistocene
MoVp Manitohan Volcanics	andesitic tuff breccia	
Mv/MVp Malobago Volcanics	2 Px andesite, Ol-bearing 2 Px andesite	
LD Lison Dome	Hbl-2 Px andesite	
MgV/MgVg Magaho Volcanics	2 Px andesite lava and pyroclastics	
SV/SVp Sagpon Colcanics	2 Px andesite lava and tuff breccias	
TKV Tikolob Volcanics	2 Px andesite	
KV/KVp Kayabon Volcanics	2 Px andesitic lava and pyroclastics	

本地域の大部分には、複輝石安山岩および同質火山砕屑岩が分布する。Danao Lake 付近特に、Pili-Cumactad 沢の上流には、角閃石斑晶を含む安山岩も分布する。露頭に乏しいことから、これらの層序関係は不明である。今回測定した、安山岩の K-Ar 年代は 0.32 ± 0.04 Ma (PTH205), 0.28 ± 0.03 Ma (PTH208) および 0.29 ± 0.03 Ma (PSM217) であり、後期更新世を示す(年代測定結果については、Appendix 15 および Appendix 16 参照)。

6) 変質および鉱徴

各ルート の 踏査結果を、以下に述べる。

<Danao Lake 周辺および Pili-Cumadcad 沢の上流域>

Pili 川中流部に分布する複輝石安山岩溶岩はほぼ未変質であるが、上流部の角閃石輝石安山岩には一般に弱粘土化変質が認められる (PKY203: ハロイサイト; PSM203: クリストバライト・ハロイサイト; PSM207: クリストバライト・ハロイサイト; PSM209: クリストバライト・ギブサイト)。しかし、硫化鉱物は観察されず、風化変質との識別は困難である。"flat region" の一部ではカオリン粘土を含む地滑り堆積物 (PSM205) が観察されたが、"flat region" の大部分では、露頭は発見できず、変質帯の確認もできなかった。径 50cm の褐鉄鉱に富む珪化岩転石 (PSM204: 石英・ソーダ明礬石・ゲーサイト) には、Cu: 625ppm という異常値が検出された。しかし、他の試料も含め、金については検出限界以下であった。

Danao Lake 周辺の断層帯は火山性の細粒降下堆積物により被覆されている可能性が高く、WNW 系の断層を地表で確認することはできなかった (Appendix 14: PY07)。調査可能な低磁気異常帯において帯磁率の強弱を判定した結果、変質部を除き高い帯磁率を示す安山岩が分布していることが判明した。空中物理探査で把握された低磁気異常が必ずしも地表に分布する岩石磁気の強弱に対応しない。

<Salvacion 温泉から Bac-Man 断層帯に至る地帯>

Salvacion 温泉は、湧水は低温で、噴気も見られない。オパール質の珪化岩、熱水角礫岩が分布する (PTH202: ゲーサイト・トリディマイト・クリストバライト) (Appendix 14: PH02)。イオウを含むページュ色の粘土が堆積している (PTH201: イオウ・クリストバライト・トリディマイト)。珪化岩には (PTH202), Cu: 126ppm の異常値が検出された。典型的な蒸気加熱型珪化変質帯である。

Salvacion 温泉が存在する沢の南東側尾根の標高 400~500m には、珪化岩の転石が分布する。珪化の程度は弱~中程度の珪化である。PTH203 の珪化岩転石は、X 線回折では石英・ソーダ明礬石 (僅かの南石を含む)・ハロイサイトである。周囲に同様の転石が多く分布することから露頭に極めて近いと推定できる。地化学的異常はない。PTH204 の転石は、PTH203 と 1 km 離れている尾根に位置する。X 線回折ではソーダ明礬石・ゲーサイト・トリディマイトであり、蒸気加熱型酸性変質の可能性が高い。Cu: 118ppm の異常値が検出される

Salvacion 温泉から上流域では、露頭を見つけることができなかった。Salvacion 温泉

の約 2 km 北北東の, Cawayan 側水系の上流域では, 沢に複輝石安山岩露頭が連続する (PTH205)。本岩石の全岩分析では, $\text{SiO}_2=58.17\%$ (無水ベース) であり, 高カリウム系安山岩である (Appendix 17 および 18)。全岩の K-Ar 年代値は 0.32 ± 0.04 Ma (PTH205) であり, 後期更新世を示す。

<Cawayan river の上流域>

本地区の地質は優黒色の複輝石安山岩溶岩および同質の火砕岩類, そして火山性泥流堆積物により構成される。また, ごく小規模に分布すると思われる黒雲母を含むデイサイト質安山岩も確認した (PKY205の母岩)。

Cawayan 川本流では中流部 (標高 130m 付近) および中-上流部 (320m 付近) にかけて広い範囲で粘土化変質帯が確認される。北東側の支流においても粘土化変質帯を確認している。また, 下流域においても側斜面中腹部に粘土化変質帯と推定される崩壊崖などが観察でき, 変質帯の地表分布を把握することができた。見かけ上の変質帯の広がりには南北に約 1.5km 東西に 1km であるが, 垂直方向への連続性は悪く, せいぜい 100m 程度と推定される。多量の黄鉄鉱を伴う顕著な珪化変質は, 第 1 年次調査において把握された Cawayan River 変質帯の南限を越えて, 100m 南部まで連続する。その後, 未変質の輝石安山岩が分布する。変質帯南限の 350m 東では輝石安山岩中に粘土化変質が径数m程度のスポットをなして再び現れる。

変質は微細な黄鉄鉱の鉱染により灰色~暗灰色を呈するスメクタイトを主体とする強~中粘土化変質が優勢であり (PKY205, 206; PSM210: スメクタイト・石膏・黄鉄鉱; Au: tr), 部分的に黄鉄鉱の鉱染が強く暗灰色を呈す。強粘土化変質帯は黄鉄鉱が鉱染する珪化岩としばしば密接に産し (粘土化岩: PKY210, 石英-黄鉄鉱珪化岩: PKY209), その構造は垂直ないし SE 傾斜で NE-SW から ENE-WSW 走向を示す。粘土化変質帯のシリカ鉱物は非晶質シリカも認められることとあわせて, 比較的低温の熱水により変質がもたらされたことがわかる。変質岩の一部には黄鉄鉱の分解によるリモナイトの染み込みがあり, また, カオリナイトがしばしば認められる。脈状の珪化/石英-黄鉄鉱脈をいくつか把握した (PKY207, 209)。これらはソーダ明礬石とルチルを含むことから酸性の流体により形成されたものと推定できる。分析結果によれば鉱化作用は認められない。

<Malobago 南東の沢>

本沢には, 輝石安山岩の露頭が連続する。板状節理が発達する。節理の走向は, NS であり, 東へ急傾斜する。本沢の方向は節理の方向にコントロールされており, 断層によるものではない。暗灰色の輝石安山岩は, 磁性は強く, 必ずしも空中磁気的低磁気異常域の火山岩が磁性をなくしているわけではない。全岩分析結果では, $\text{SiO}_2=53.58\%$ で高カリウム系の玄武岩質安山岩に入る (Appendix 18)。本岩石は, $\text{Al}_2\text{O}_3=28.88\%$ など, やや異常な組成を有する。鏡下では, 他の火山岩と斑晶組み合わせ, 量において異なるところは認められないが, 各種変化図では, 他の火山岩とは異なるトレンドを取る (Appendix 18, 19)。K-Ar 年代は, 0.28 ± 0.03 Ma で, 後期更新世を示す。

<Balasbas River>

本沢には、PNOCにより Balasbas 変質帯および Burabod 変質帯の2つの小規模変質帯が分布することが報告されている。Burabod 変質帯は、Balasbas 川の上流側のものであり、Balasbas 変質帯は、下流側のものである。両者とも、ハロイサイト変質である (PSM211, 212, 213, PKY216 : クリストバライト・ハロイサイト)。変質母岩は、安山岩質の火砕岩である。金属鉱物は粘土化変質部位で微弱な黄鉄鉱鉱染が認められるのみであり、分析結果も鉱化作用を示さない。

変質帯は、小規模であり鉱化作用も極めて微弱である。優勢な鉱化作用は期待されない。

<Calpi 沢上流の WNW 系沢および EW 系沢>

WNW 系の沢は、空中物理探査の結果、低磁気異常域と高カリウム異常域が同方向の断層に沿って分布することから、熱水変質帯の存在が期待された。調査の結果、安山岩を母岩として粘土化変質帯が分布することが確認された。露頭条件が悪いため粘土化変質帯の分布を詳細に把握するには至らなかったが、地形の特徴から判断してその規模は小規模、限定されたもののように思われる。

粘土化変質した露頭の試料 (PKY222) から変質鉱物としてソーダ明礬石を検出した。また、転石にはソーダ明礬石を多量に伴う珪化変質 (PKY218) がしばしば認められる。調査を通じて河床の転石中に石英細脈を含む弱変質安山岩を2つ見いだした (PKY217, 221) が、金は検出限界以下であり、金鉱化作用はともなわれていない。

EW 系の沢にも、低磁気異常域が分布し、小さいが "flat region" が分布する。標高350mレベルまでは、未変質の輝石安山岩質溶岩 (PSM215) および火砕岩 (PSM214) が分布する。標高350mレベルより高所かつ北部には細粒・褐色の未変質火砕岩が分布する。この火砕岩中には炭化木が含まれており、現世に近い噴出物と推定される。なお標高300m付近の火山亜角礫岩中には角閃石・斜長石斑晶に富む異質な安山岩 (緑色) が小規模に分布する。この安山岩体の中心部はほとんど変質がみられない緻密・堅硬な岩石 (PSM217) からなるのに対し、周辺部では弱程度に粘土化 (ハロイサイト化) する (PSM216: クリストバライト・ハロイサイト)。輝石安山岩との接触部は観察できず、両者の関係を決定することはできないが、角閃石安山岩は貫入岩脈であると推定される。PSM217は、鏡下では、輝石斑晶が卓越する。角閃石斑晶は、オパサイトリムをもつ。イデイングサイト化したカンラン石の微斑晶も認められる。

<Parang River の上流域>

本沢の調査目的は、PNOC によって報告されている閃緑岩の転石を発見し、その年代値を測定することであった。結果的には、その転石を発見することができなかったが、すでに報告されている温泉を2ヶ所で確認した。温泉は、トラパーチンが発達する、弱酸性の HCO_3 が卓越したものと思われる (Appendix 14: PH04)。転石には、輝石安山岩と角閃石安山岩および石灰質堆積岩が認められる。輝石安山岩には、玄武岩質のものと、安山岩質のものがある。角閃石安山岩には、粗粒角閃石斑晶が認められるものと、細粒角閃石斑晶をもつ

2種類がある。

7) 地熱ボーリングコア観察

PNOCの厚意・協力により、同社のBac-Manキャンプにあるコア倉庫に保管してある地熱ボーリングコアを観察する機会を得た。コア観察に先立ち、同事務所に保管されているボーリングに関する報告書を読み、石英脈あるいは硫化鉱物の記載があるボーリングとその深度を選定した(Appendix 21)。実際には、選定したコアの全てを観察することはできなかったが、PNOCの厚意により、幾つかの試料を採取し、各室内試験を行った。採取した試料をAppendix 22に示す。

Cawayan Intrusives Complex(PNOC, internal report)とされる岩石から3試料を採取した。3試料は、いずれもSiO₂量が52%以下で、塩基性である。スパイダーダイアグラム上では、いずれも組成上、沈み込み帯マグマの特徴を有する(Appendix 20)。また、各種変化図上で、これらの貫入岩類は、地表の火山岩組成と調和的な分化トレンドに載り、塩基性端成分的位置にある(Appendix 18, 19)。ただし、Pa1-2Dの深度約2,770mから採取した細粒閃緑岩(PBM003)は、変質作用を受け、緑泥石・緑簾石・セリサイト・黄鉄鉱が生じている。このため、本岩石の化学組成は、初生の組成を保持してないため、各種変化図およびスパイダーダイアグラム上でも、地表の火山岩とはやや異なるトレンドをとる(Appendix 18, 19, 20)。

M0-1の深部のコアに輝水鉛鉱が観察された。分析値はMo:1655ppm, Au:65ppbであり、今回調査試料中、Mo値は最高値を示した。M0-1の比較的浅部の酸性変質帯は、石英・ゼイコナイト・明礬石の組み合わせからなり、やや高温を示す。しかし、これが深部からもたらされた酸性溶液によるものか、蒸気加熱型酸性溶液の還流によってもたらされたかは判断できない。

石英脈に伴われる変質帯はセリサイト/スメクタイト混合層～セリサイトである場合が多い。また、周囲には、プロピライト変質が認められる。

PB-1A, Pa1-5Dの深部では、硬石膏脈が認められ、PB-1Aでは白色化した安山岩には、黄鉄鉱と微細な輝水鉛鉱が石英脈に伴われる。そこでは、セリサイト変質が認められ、わずかながら、Au, Moが異常値レベルを示す。これらのボーリング深部には、比較的高温の変質作用が認められるが、カリウム変質帯は確認されず、ポーフィリー型の鉱化作用も認めることができなかった。観察できた範囲では、全体的にボーリング深部における鉱化は弱い。

8) ポテンシャル

変質鉱物の組み合わせおよび変質帯の産状から、本地域に観察される大部分の変質帯は、通気帯(vadose zone)で生じた、蒸気加熱型の変質帯であると考えられる。また、蒸気加熱型酸性変質帯の中には、石英・明礬石(南石)からなる脈や熱水角礫脈が分布する。これらは、より高温の火山ガスが地表近くまで上昇し、凝縮することによって形成された可

能性がある。このような変質帯の特徴から、本地域変質帯のマグマ-熱水系の中での概念的な位置を示すとFig. II-2-18およびFig. II-2-19のようになると考えられる。

金が蒸気によって運ばれることはほとんどないため、蒸気加熱型変質岩に金の濃集異常が認められないことから、深部に鉱化作用が起きていないと判断することはできない。しかし、より深部から運ばれたと考えられる火山ガスには、いくらかの金が分配される可能性がある (Hedenquist, 1995)。したがって、そのようにしてできた変質岩(例えば、上記の石英・南石からなる熱水角礫岩など)に金の濃集異常がない場合には、深部での金鉱化作用に対する期待は薄らぐ。石英脈転石も含め、本地域から採取された試料の分析結果は、金については、ほぼ全てが、検出限界以下であり、金鉱化作用を示唆する試料は得られなかった。

前述のとおり、本地域の東に隣接するBac-Man地熱帯のボーリングコアからも、一部のコアに金およびモリブデンの地化学異常レベルの濃集があるものの、深部での鉱化作用を示唆する結果は得られなかった。

以上のことから、本地域の深部において、優勢な熱水変質帯の存在は期待されるが、浅熱水金鉱床が賦存する可能性は高くはないと考えられる。

また、変質母岩の年代は、後期更新世を示し、本地域東方の現地熱地帯に分布する火山岩類との年代差は小さい。極めて若い熱水系であることから、鉱化作用をもたらすには未成熟であると考えられる。また、北東帯に分布する中新世貫入岩を含めた基盤岩の深度が深いことも、金属元素の運搬沈殿に関し、マイナス要因として働いたのかもしれない。

9) 鉱区

調査地区には geothermal reservation が設定されており、所有者は PNOC である。鉱業活動に関して PNOC の許可 (clearance) を受ける必要がある。

2-2-2 Gate Mountains 地域

1) 選定理由

Phase I 調査において、Mt. Sujac 北の Tugas 南に優勢な熱水変質帯が発見された。変質帯の分布および珪化岩転石の分布から、これらの熱水活動は、WNW-ESE 方向の断裂にコントロールされたと推定された。珪化岩転石の中には、Au:120ppb Mo:36ppm の異常値をもつものや、銅の異常値 (最高 Cu:212ppm) をもつものも見出された。

したがって、WNW-ESE 系断層沿いに、深部流体上昇域を発見できる可能性があり、同断層に沿った調査が必要と考えられる。また、Gate Mountains 地域の南西部海岸沿いにも多数の珪化岩および変質岩の転石が確認された。これらの変質作用をもたらした熱水系をコントロールした断層系を明らかにするため、これらの転石の供給源となったと考えられる沢の上流域の調査が必要と考える。

第1年次に実施した空中物理探査からは、本地域は、Irosin カルデラおよびその西側に

比べ、相対的に高い磁気異常帯に属する。Tugas 変質帯では、低磁気異常が分布し、前述した NW-SE 方向の構造も抽出できる。珪化岩の転石が多数発見された南西部の沢の上流にも小規模な低磁気異常域が認められる。

2) 位置および交通

本地域は、Bicol半島最南端に位置する。活火山であるMt. Bulsanの南方に位置し、Irosin Caldera形成前の鮮新世火山が分布する (Appendix 14: PH05)。Irosinから現地に至るまでは、主に次の二つのアプローチがある。ひとつは、IrosinからMatnogに向かう国道側からのアプローチと、もうひとつは、MatnogあるいはButagからボートにより、海岸からアクセスする方法がある。

3) 調査ルートおよびポイント (Fig. II-2-3)

ルート	ポイント
Mt. Sujac 東方地区	Phase I で発見した Tugas 南変質帯の南東側に当たり、WNW-ESE 系断層に沿って変質帯が分布することが期待される。Phase I の調査で採取された Au 鉱化を示す珪化岩転石 (120ppb Au, SM55) の供給源となる変質帯・鉱化帯の把握を目的とする。WNW 系の推定断層に沿って、磁気異常域あり。
Sua 沢上流部	Phase I 調査で、同沢入り口で、珪化岩転石が採取された (SM60)。その供給源となる変質帯・鉱化帯の把握を目的とする。Tugas 南をとおり WNW-ESE 系の断層と平行に、同トレンドのリニアメントが分布しすること。空中磁気探査によって、磁気異常域が分布することから、変質帯が期待される。
Marinab - Taromata 地区	Marinab は、Phase I 調査で沢の入り口に珪化岩転石を採取した。その供給源となる変質帯・鉱化帯の把握を目的とする。Taromata は変質帯を伴う WNW-ESE 系リニアメントの延長部と NWN-SES 系のリニアメントとの会合部に相当することから、変質帯・鉱化帯の存在が期待される。
Sagurada - Aguinaldo 地区	Phase I 調査で、これらの地点から NE 方向に発達する沢の入り口で変質岩の転石が採取された。その供給源となる変質帯・鉱化帯の把握を目的とする。
Tugas 西方地区	Tugas 南をとおり WNW-ESE 系の断層の WNW 延長部にあたり、空中磁気探査で磁気異常域が把握されたことから、変質帯・鉱化帯が期待される。
Tugas 北方地区	Tugas 周辺 (西方及び南方) の変質帯の連続が期待される。
Bonot River 上流	変質を伴う WNW-ESE 系リニアメントの ESE 延長部であり、変質帯が期待される。
Culasi 沢	変質を伴う WNW-ESE 系リニアメントの ESE 延長部であり、変

	質帯が期待される。
--	-----------

4) 調査結果概要

本地域の地質、変質帯の分布および試料採取位置を Fig. II-2-4 に示す。

第1年次調査から推定したとおり、分布規模の大きな熱水変質帯が、Tugas 付近をとおり NW-SE 系の断層に沿って分布することが明らかとなった。

5) 地質

本地域には、鮮新世の Pre-Caldera 火山岩類が分布する (Delfin et al., 1988, 1993)。本地域の地質を Fig. II-2-4 および Table II-2-2 に示す。Fig. II-2-4 の地質は、Delfin et al. (1988, 1993) に基づき作成した。

本地域には、主に輝石安山岩溶岩および同質火砕岩が広く分布する。玄武岩質安山岩も小規模ながら分布する。安山岩の多くは、高カリウム系に属する。これは、Delfin et al. (1993) の結果と同じである。しかし、中には中カリウム系に属するものも存在する (Appendix 18)。Sisigon から Matnog に至る WNW-ESE 系の低地には、Irosin Caldera から噴出した流紋岩質火砕流堆積物が分布する。Gate 火山岩類 (Delfin et al., 1993) は、空中物理探査の結果からは、比較的高い磁気異常域に一致する (第 I 部第 1 章, Appendix 1 参照)。岩石の K-Ar 年代測定結果は、 2.47 ± 0.28 Ma (PTH250) を示す。この値は Phase I で得られた年代値とほぼ同じであり (2.6 ± 0.3 Ma: TH54; 1.6 ± 0.1 Ma: SM39)、本地域に分布する岩石は、後期鮮新統である。

6) 変質および鉱徴

<Mt. Sujac 東方地区>

調査地区は Mt. Sujac 東方を Matnog river にむかって流下する河川の流域である。国道から約 1km は車両の通行が可能であるが、これより上流部は徒歩による。

輝石安山岩質溶岩および同質火砕岩が広範に分布する。無斑晶質ガラス質安山岩が多い (PKY225, 227, 229; PTH213)。斑晶鉱物には短冊状の斜長石と輝石が一般的に認められる。溶岩には板状節理がよく発達しており、概ね西方に緩く傾斜する。溶岩の上下にはフローットブレッチャが観察され複数のフローユニットが識別可能である。火砕岩中には火山岩円礫が卓越する部分もある。PTH213には鏡下において、カンラン石微斑晶が認められ、組成上も中カリウム系の玄武岩質安山岩である (Appendix 18)。PKY225, 227は、高カリウム系の安山岩である。

本地区の南および西の枝沢では、変質はほとんど認められない。希にオパール質珪化岩、リモナイト汚染珪化岩の転石がある (PKY224)。珪化変質した転石 (PKY224) からは明礬石・クリストバライトが検出され、低温酸性熱水の関与が示唆される。分析の結果、この試料に鉱化作用は認められない。

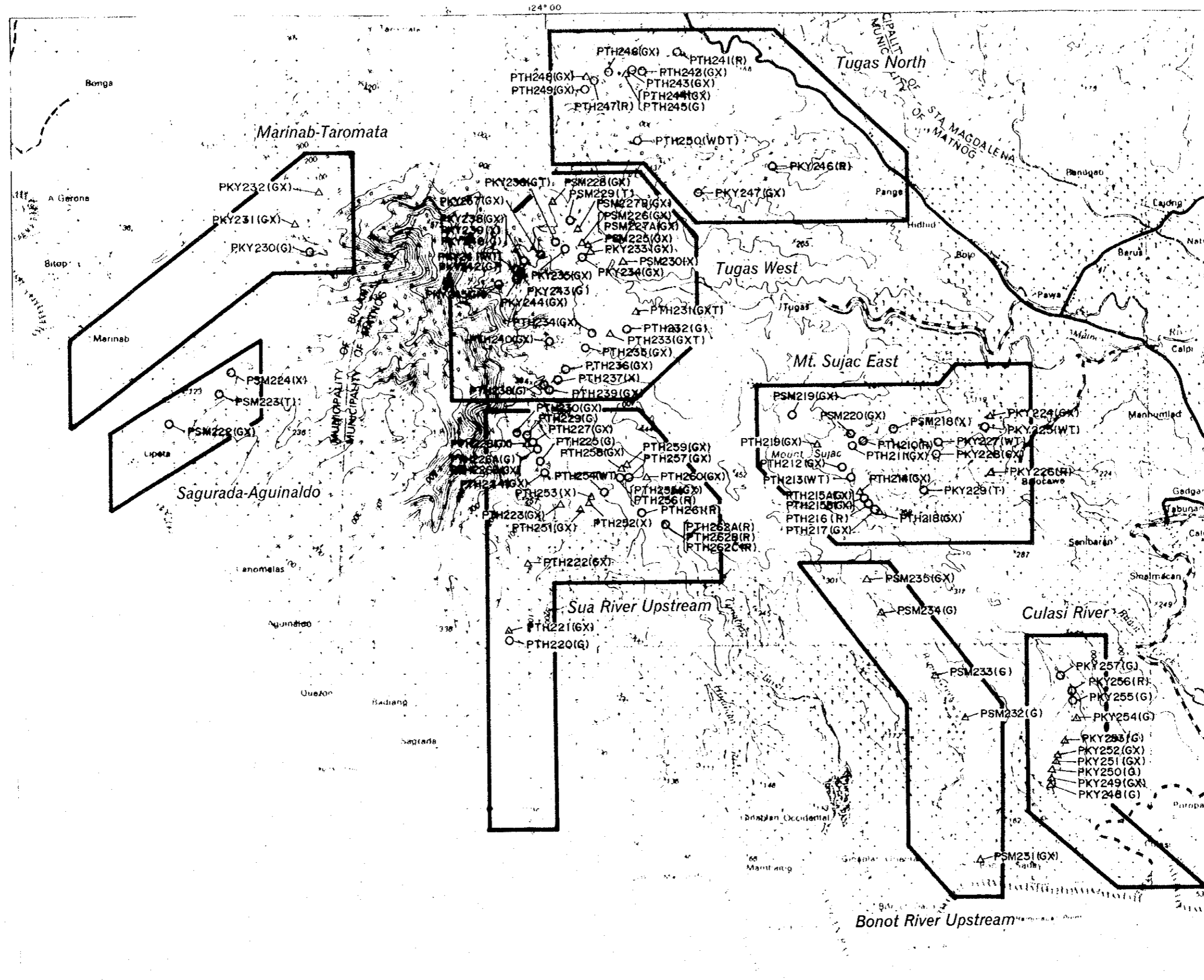
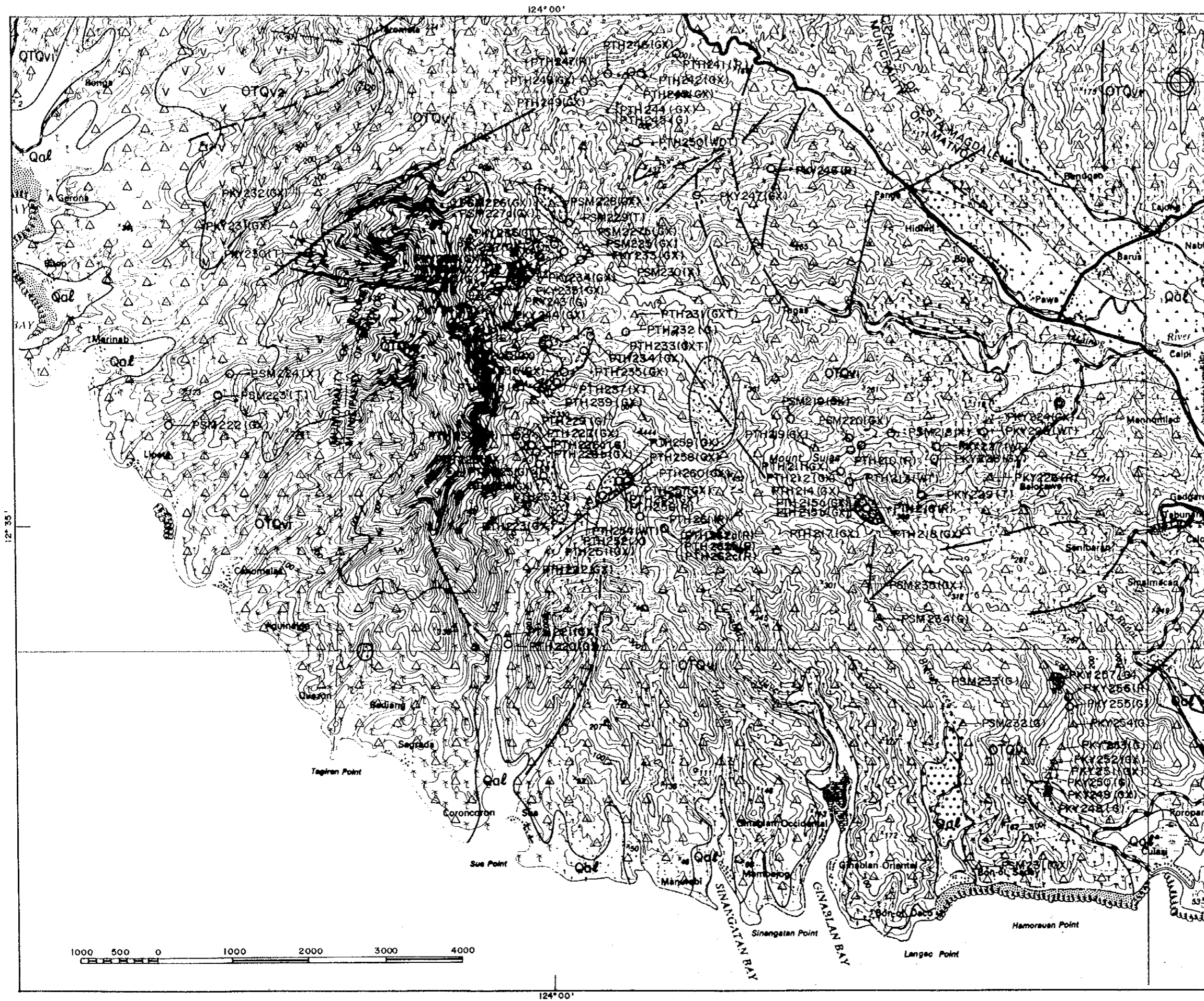


Fig. II-2-3 Root map of Gate Mountains area



LEGEND / EXPLANATION

- Qal Terrace Gravel and Alluvial Deposits
- Upper Miocene Pleistocene
- OTQv1 Older Pre Caldera Volcanics.
Mainly andesitic pyroclastics with andesitic to basaltic lavas
- OTQv2 Older Pre Caldera Volcanics.
Extensive lava flows and minor agglomerate made-up by andesitic and basaltic andesite

- Fault
- Thrust
- Anticline
- Syncline
- ⊙ Alteration Ground
- Quartz vein
- ⊙ Hot / Warm spring

- Sample from outcrop
- △ Sample from floating rock
- Sample from drill hole

- (G) Geochemical analysis
- (O) Ore grade assay
- (X) X-ray diffraction analysis
- (W) Whole rock analysis
- (D) K-Ar dating
- (T) Thin section
- (P) Polished thin section
- (R) Reserve

Reference:

- F.G. Delfin et. al. (1988):
Evaluation Summary of the Mt. Bulusan Geothermal Exploration. PNOC-EDC Internal Report.
- C. Travaglia and A.F. Baes (1979):
Geology of Sorsogon Province. Soil and Land Resources Appraisal and Training Project.
- Geologic Map of Bicol Region (1:250,000) by BMG Regional Office V.

Fig. II-2-4 Geological Map of Gate Mountains area

Table II-2-2 Geology of Gate Mountains area
From Delfin et al. (1993)

<i>stratigraphy</i>	<i>litology</i>	<i>age</i>	
Post caldera Volcanics	Medium K series	Late Pleistocene ~ Holocene	
Caldera Group		Late Pleistocene	
Pre caldera Group		Late Pleistocene?	
Pre-Bulusan	High K series	Pliocene	
<i>Post caldera volcanics</i>	<i>litology</i>	<i>age</i>	<i>basis</i>
Bulusan Volcanics		Present — >6 Ka	Historic activity and C-14
Talatak Dome	Hbl-Px andesite	~ 10 Ka	Stratigraphic and geomorphic correlation
Jormajam Dome	2 Px andesite,	~ 10-20 Ka	Stratigraphic and geomorphic correlation
Taripungso Andesite	(Hbl) 2 Px andesite	~ 10-20 Ka	Stratigraphic and geomorphic correlation
Agoho Andesite	2 Px andesite	~ 10-20 Ka	Stratigraphic and geomorphic correlation
Sharp Peak Volcanics	basalt ~ 2 Px andesite	~ 25-30 Ka	Stratigraphic and geomorphic correlation
<i>Caldera Group</i>			
Irosin Ignimbrite	Pl, Hbl, Bt, Py, Qtz	35 ~ 40 Ka	C-14
Malobago Dome	Hbl-Bt dacite	35 ~ 41 Ka	Petrologic and geochemical correlation
<i>Pre caldera volcanics</i>			
Bintacan Volcanics	2 Px basalt, dacite	>0.04- <0.4 Ma	Stratigraphic and geomorphic correlation
Homahan Basalt	basalt ~ 2 Px andesite	~ 0.4 Ma	K-Ar
Calaunan Andesite	2 Px andesite	~ 1.1 Ma	K-Ar
Tabontabon Volcanics	2 Px andesite	>1.1- <2.14	Stratigraphic correlation
<i>Pre-Bulusan Volcanics</i>			
Gate Volcanics	Px andesite	2.14 Ma	K-Ar

本地区南西奥の WNW~NW 系の沢では、標高 200m を超えたあたりから変質した転石が観察され、変質露頭が確認された。ほとんどの変質帯は、ハロイサイト-クリストバライト-黄鉄鉱(ゲーサイト)-明礬石の組み合わせからなる。金の異常はないが、砒素が高い傾向にある (PTH214: As: 48ppm; PTH215a : As: 54ppm; PTH215b: As: 48ppm)。ここでは、珪化変質および粘土化変質のシリカ鉱物は、クリストバライト、トリディマイトである。PTH219 は上記の沢の北西側延長に当たる。沢には、黄褐色のコロイド状沈殿物が観察される。変質岩の転石(PTH219)はゲーサイト、ヘマタイトからなる。この試料の分析値は、As, P, V に異常値レベルの値を示す (As: 1760ppm, P: 4640ppm, V: 1115ppm)。金は検出限界以下である。ゲーサイトには P が濃集する傾向がある。

<Sua 沢上流部>

Sua には、Butag からボートにより約 1 時間で到達できる。上陸後は、約 4km の徒歩で沢奥に到達する。Sua 沢は、北側奥で、NW-SE 方向に開析され、同方向の断層が推定される。沢奥西側の NW-SE 方向の沢と沢奥東側の NE 方向の枝沢の二ルートを調査した。

本地区に分布する岩石は、輝石安山岩溶岩および同質火砕岩で、両者は厚さ数 m で互層している。PTH254 は板状節理が発達する輝石安山岩である。全岩化学分析では $SiO_2=58.07\%$ であり、高カリウム系の安山岩である。本安山岩は、無斑晶質である。

NW-SE 方向の沢では、粘土化変質帯の露頭が連続し、強珪化岩の転石が多数観察された。珪化岩転石は、X 線回折では石英-明礬石-ソーダ明礬石-ヘマタイト-ゲーサイト-ジャロサイト-ルチルからなる (PTH221, 222)。金の異常はなく、他に特記すべき地化学異常もない。変質には酸性変質と中性変質の両方が存在する。珪化岩は酸性変質であり、明礬石-ソーダ明礬石-石英で特徴付けられる。粘土化変質帯の多くは、中性変質であり、石英-セリサイト/スメクタイト混合層粘土で特徴付けられる。いずれも $Au < 5ppb$ で、特筆すべき地化学異常はない。

珪化熱水角礫岩には、肉眼的にはオパール質のものがある (PTH233)。しかし、X 線回折では、明礬石+ソーダ明礬石>石英であり、シリカ鉱物はクリストバライトではなく、石英である。PTH226b は中~強珪化で、黄鉄鉱染を伴う。X 線回折では斜長石>緑泥石>石英>スメクタイト、黄鉄鉱であり、中性変質である。最も上流側である PTH230 は、強い粘土化が観察されスメクタイト変質とした。X 線回折では石英、アルバイト>>セリサイト/スメクタイト混合層、黄鉄鉱であり中性変質である。

本沢では、スメクタイト変質が主体であり、わずかに混合層粘土も認められることから温度的にやや高い部分 (およそ 150°C 程度) も露出している可能性がある。また、後述する Tugas 西方地区に分布する変質帯とも連続する可能性がある。

沢奥東側の NE 方向の枝沢には、径 2m~6m 大の強珪化岩転石が多数観察される。珪化岩転石は、ほとんどすべて石英-明礬石-ルチル-黄鉄鉱-ゲーサイトである。露頭として観察される弱い粘土化変質帯では、セリサイト/スメクタイト混合層粘土がわずかに観察され、中性変質をしめす (supergene によりカオリナイトが生じている場合もある)。珪化岩およ

び粘土化変質を構成する岩石は、いずれも、Au<5ppb であり、特記すべき地化学異常はない。

PTH261 は分水尾根の南東側に当たる場所で採取した転石で、流紋岩である。尾根の南東側では、変質岩の転石は発見できない。Mt. Sujac の南東側の沢上流の露頭は、非変質の火山角礫岩であり、転石も非変質の輝石安山岩、角閃石安山岩である。

<Marinab - Taromata 地区>

Marinab へは車道がないため、Butag よりボートにて到達する。安山岩質の火山性礫岩を主体とし、部分的に輝石角閃石斑晶を含む安山岩質本質火砕岩、溶岩 (PKY230) を挟入する。

転石として、リモナイト汚染を伴う珪化変質安山岩が認められる (PKY231, 232)。しかし、露頭では変質は認められない。珪化変質には石英・ソーダ明礬石 (PKY232 には、微量の南石も検出される)、ルチルが認められる。鉍化作用は認められない。

なお、Taromata は、治安の問題から、調査することを断念した。

<Sagurada-Aguinaldo地区>

Butagよりボートにて至る。

Saguradaでは、海岸より約1.5km上流までを調査した。未変質・灰色の無～微斑晶質の安山岩が分布する。安山岩は火山亜角礫岩が主体をなす。標高70-100m程度に分布する安山岩にはハロイサイトを主体とする弱程度の変質が認められるが、風化変質との識別は困難である。

Aguinaldoでは、海岸より約1.5km上流までを調査した。Saguradaと同質の安山岩が分布する。沢沿いの標高60mの火山亜角礫岩露頭中には、未変質の緻密堅硬な無斑晶質安山岩が分布し、板状節理が発達する。変質としては、標高20-30m (PSM222:ハロイサイト)および標高80mの位置でハロイサイト化が認められたが、風化変質との識別は困難である。

<Tugas 西方地区>

Tugas の西方に位置し、WNW-ESE 系断層の延長上に位置する。本地区へは、Tugas より約3km の徒歩にて至る。輝石安山岩 (PKY236) が広範に分布する。部分的に無～微斑晶質の岩質を呈する。溶岩には緩傾斜の板状節理が発達する。含黒雲母安山岩溶岩 (PKY241) も観察される。

本地区も以下のように3班に分かれて調査した。

- 1 班：本地区南西側にある NE-SW 系の沢
- 2 班：本地区西側の NE-SW 系の沢
- 3 班：本地区西側の NW-SE 系の沢

本地区南西側にある NE-SW 系の沢：本沢に分布する変質岩の分析値は、いずれも Au<5ppb であり、金鉍化作用は認められない。沢入り口には珪化岩転石が分布する (PTH231)。空隙には、肉眼でも微細板状の明礬石が確認できる。X 線回折では石英>ソーダ明礬石>カオリナイト>黄鉄鉍である。別の強珪化岩転石 (PTH233) も酸性変質であり、黄鉄鉍鉍染が

あり。X線回折では石英>ソーダ明礬石>黄鉄鉱>カオリナイト,パイロフィライトである。PTH234は粘土化が強い露頭であり,スメクタイト変質である(スメクタイト>石英>>斜長石,カオリナイト,黄鉄鉱)。沢が分岐するあたりまで,スメクタイト変質の露頭が続く(PTH235:石英>スメクタイト>斜長石,カオリナイト)。粘土化露頭の中でも酸性変質を示すところがある(PTH236:石英,カオリナイト>>パイロフィライト,ソーダ明礬石>黄鉄鉱)。PTH237の露頭からPTH239の露頭まで,スメクタイト変質である。おそらく尾根まで変質は連続し,さらに尾根を超えてSua沢上流奥の方まで変質帯が連続すると予想される。すなわち,本沢とSua方面から調査したNNW方向の沢には,おもにスメクタイト変質が広がっていると推定できる。PTH240も基本的には同じ変質である(石英>カオリナイト,スメクタイト,セリサイト/スメクタイト混合層>重晶石,黄鉄鉱,アナターゼ)。

本地区西側のNE-SW系の沢:安山岩溶岩中に断続的にセリサイト/スメクタイト混合層粘土鉱物変質帯が分布する。粘土化変質帯には,厚さ数mで板状節理に挟在するもの(PKY235等, Appendix 14: PY13)と幅数m以下で高角の断裂系に規制されるもの(PKY237等)とが観察され,後者はNNW-SSE走向で東への急傾斜を示すことが多い。粘土化変質には部分的に大量の黄鉄鉱染が認められる。局所的に強珪化岩(例えばPKY233,石英・黄鉄鉱>カオリナイト・明礬石>>ルチル)の巨礫が転石として多数確認されたが,その供給源は確認できなかった。高角の断裂系に規制されるタイプの粘土化変質帯には石英細脈が発達することがあるほか,含黒雲母安山岩中に石英-黄鉄鉱細脈(PKY242)がまばらなネットワーク状に発達することが観察された(Appendix 14: PY16)。しかし,分析の結果,変質岩及び石英脈等に鉱化作用は認められない。

本地区西側のNW-SE系の沢:標高120-200m間の安山岩はマフィック斑晶が緑泥石に交代されており,低温のプロピライト変質を被ると考えられる。露頭で観察できる変質はプロピライト変質であるが,転石としては多量の熱水変質岩が認められる。変質岩転石は珪化岩,粘土化岩の両者で,特に調査起点からおよそ200-300m奥までの範囲で比較的大きな転石が分布するほか,量的にも多い。PSM225(石英>>斜長石,スメクタイト)は径50cmの転石で,ほとんど白色シリカからなる珪化の著しい岩石である。母岩組織は部分的に斑晶仮像が認識できる程度である。全体に陶器質であり,不定形の空隙には白色の細粒鉱物(スメクタイト)が生成する。硫化鉱物は認められない。PSM226(黄鉄鉱,カオリナイト,トリディマイト)は塊状の細粒の黄鉄鉱集合体を伴う珪化・粘土化岩であり,異常値レベルの銅含有量を示す(Cu:165ppm)。しかし,他には,金も含め異常レベルに達する分析値はない。

PSM227a(石英),PSM228(石英,アナターゼ)は赤鉄鉱が付着する強珪化岩転石である。また径3mの転石(PSM227b)は白色の珪化・粘土化岩であるが,X線回折結果は微量のセリサイト/スメクタイト混合層粘土を含むことを示す(石英,斜長石,セリサイト/スメクタイト混合層)。

<Tugas 北方地区>

本地区は、Sisigon から Matnog に向かう国道と、Tugas から Tugas 西方地区に分布する東西系の沢に挟まれた丘陵地であり、437m のピークを中心に東西系の尾根が分布する。Tugas 北方に、265m のピークが存在する。

Pange から東西系に伸びる沢沿いのルートでは、変質帯はほとんど観察されないが、極めて弱いスメクタイト変質露頭と珪化転石があり、石英-明礬石の酸性変質が認められる。Au 分析結果はすべて、検出限界以下である。

輝石安山岩溶岩および同質火砕岩が分布する。一部に角閃石を含む輝石安山岩も観察され (PTH247)、標高 400m の尾根には、輝石-角閃石安山岩 (PTH250) が分布する (Appendix 14: PH06)。本輝石-角閃石安山岩は $\text{SiO}_2=61.1\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}=3.43\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}=2.88\%$ で、高カリウム系の安山岩である (Appendix 18)。本岩石の K-Ar 年代測定結果は、 2.47 ± 0.28 Ma である。これは、昨年度 Gate Mountains の南側の輝石安山岩について測定した K-Ar 年代値 2.6 ± 0.3 Ma とほぼ同じ時代を示し、後期鮮新世を示す。

火山角礫岩の露頭では、マトリックス部に黄鉄鉱とハロイサイト変質が認められる (PTH242: 斜長石>石英, カリ長石, ハロイサイト)。輝石安山岩には、部分的に淡緑灰色を呈し、弱いスメクタイト変質が認められる (PTH243: スメクタイト>斜長石>>方解石; PTH246: 斜長石>クリストバライト, カリ長石, スメクタイト>トリディマイト)。変質鉱物の組み合わせから、これらは、ごく低温のプロピライト変質と考えられる。PTH248 は珪化岩転石で、X 線回折では、石英>>ソーダ明礬石>ルチルである。

437m ピークの NNE 方向の稜線と東の沢では、未変質の無斑晶質安山岩が主として分布する。西側稜線では露頭は発見できず、未変質の無斑晶~微斑晶 (輝石) 質安山岩の転石が分布する。東側稜線の標高 300m レベルには径 5m の火山礫凝灰岩~凝灰角礫岩の転石 (未変質) が認められる。凝灰岩転石は層理の明瞭な基質支持の組織を呈している。また東の沢では未変質の塊状および亜角礫状の安山岩が分布する。

<Bonot River 上流>

Matnog 集落より Bonot 集落へは、ボートにて約 30 分を要する。Bonot 集落から Mt. Sujac に向け Bonot River 上流を調査した。海岸線より 2.5km 間、標高 60m レベルまで露頭がないため、沢の下流では転石を観察した。分布する転石のほとんどは未変質の輝石安山岩であり、部分的に層理の発達する粗粒凝灰岩~凝灰角礫岩が認められる。標高 60m~70m の間、およそ 500m 間にわたって分布する露頭は未変質の安山岩質火山亜角礫岩からなる。この安山岩質亜角礫岩は Mt. Sujac 地区、Tugas 地区に分布する安山岩と類似しており、亜角礫は本質礫のみから構成されている。Bonot 沢の源流付近、標高 120-200m 間の部分には多数の滝があり、極めて露出が良い。この周辺の地質は凝灰質であり、粗粒凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩からなる互層が観察される。一般に層理が良く発達するほか、異質礫に富むことが特徴である。

本調査ルートにおいて変質岩は転石としてのみ確認できる。海岸付近には径約 1m 程度の珪化の著しい転石が分布する (PSM231: 石英, ルチル)。このような珪化岩は海岸付近に限つ

て分布する。また海岸線より1.8km程度入った部分から粘土化変質岩の転石が認められる。変質岩(PSM232, PSM233, PSM234, PSM235:ハロイサイト, トリディマイト)はいずれも主としてハロイサイト変質を被り, 赤鉄鉱汚染を伴う。礫径はおよそ30cm以下のものがほとんどである。砒素含有量が高い試料も一部で確認される(PSM234:As:102ppm)。

<Culasi 沢>

Matnog より Culasi 集落へは, ボートによる。

主として安山岩質火山性礫岩, 凝灰角礫岩が分布し, 輝石安山岩溶岩を挟在する。

露頭においては, 微弱な粘土化変質を被る部分(PKY255)が認められるが, 概ね未変質である。しかし転石として, 珪化岩(PKY249, 251, 254)や玉髄質石英(脈)(PKY248, 250)を多数確認した。玉髄質石英の一部はシリカシンターに類似した構造(PKY250, Appendix 14: PY18)や, 角礫化組織(PKY253, Appendix 14: PY19)を示すことがある。また, 弱変質輝石安山岩中に白色石英細脈を確認した(PKY256)。珪化岩にはトリディマイトが検出されたほか少量のスメクタイトも検出された。鉱化作用は認められない。

7) ポテンシャル

Mt. Sujac を中心として, その周辺に珪化変質および粘土化変質帯が広く分布することが明らかとなった。これらの変質帯は, 当初の推定どおり, WNW-ESE 断層に沿って分布し, 同方向の断層が, 熱水活動をコントロールしたという仮説が確認された。変質岩のシリカ鉱物は, クリストバライトではなく, 石英であることが多い。また, 粘土化変質の多くは, 中性変質を示し, スメクタイト変質であるが, 一部にセリサイト/スメクタイト混合層粘土鉱物も検出される。このことは, 本地域では, Fig. II-2-18 および Fig. II-2-19 に示すような浅熱水系の部分が露出していると考えられる。すなわち, 蒸気加熱型の変質帯からそのやや下部の熱水変質帯までが露出し, 前述の西部 Bacon-Manito 地域よりも若干深い部分が露出していると考えられる。また, 蒸気加熱型と思われる変質帯のシリカ鉱物が, クリストバライトではなく石英が多いことから, 本地域に分布する変質帯は, 西部 Bacon-Manito 地域のそれよりも, 若干時代的に古い可能性がある。これは, 両地域に分布する火山岩の年代の違いからも推定できる。すなわち, 西部 Bacon-Manito 地域に分布する火山岩は 0.3 Ma 前後の後期更新世であるのに対し, 本地域に分布する火山岩類は, 後期鮮新世を示す。

Tugas 西方地区では, 石英-黄鉄鉱脈が確認されること, 粘土化変質及び石英細脈を伴う高角の断裂系が系統的に発達することなどから本地区が熱水の湧昇域であったことが推定される。また, 粘土鉱物の組み合わせが混合層粘土鉱物を特徴とすることから, 本地区は浅熱水系の中深度部が観察されていることを示す。混合層粘土鉱物が生成される温度は, 浅熱水系においては, 一般的に金が沈殿する最上部の環境を示すと考えられるが, 分析の結果, 同変質帯に分布する石英脈に, 金鉱化作用は認められない。したがって金鉱床の存在の可能性は低いと考える。ただし, 熱水変質帯の分布範囲はかなり広く, 現状では, こ

れら全ての分布域を明らかにできたわけではない。

Phase I で調査した Monte Calvario 地区は、本地域に分布する NW-SE 系断層の NW 延長上に位置し、一連の熱水活動の産物と考えられる。Phase I 調査では、混合層粘土帯も分布することが明らかとなった。Gate Mountains 地域を探索する場合には、探索プロジェクト地域を Monte Calvario 地区まで拡大して行うことが望ましい。

8) 鉱区

Tugas 西方地区には、MPSA が設定されている。他の地域は、探索権の申請がなされている地区が多く、空白域も存在する。

2-2-3 Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域

1) 選定理由

Phase I 調査によって、Buhi Lake の東側の沢入り口には、玉髄質脈や蒸気加熱型変質岩の転石などが発見された。一方、本地域の南東方に位置する Tiwi 地熱開発地域には、深部において低硫化系の鉱化作用が生じていることが地熱ボーリングによって確認されている。本地域は、Tiwi 地熱開発地域よりも古い火山岩類が分布することから、低硫化系の化石地熱系が発達していた可能性がある。

Phase I 調査によって発見された変質岩の分布状況から、変質帯は、Santa Cruz River および Cayohoson Creek 沢上流に分布すると推定される。Tiwi 地熱地域の主たる地熱貯溜層は Kagumihan fault, Tiwi fault, Naglagbong fault の NE-SW 系断層および NW-SE 系の Putsan-Bolo fault に伴い分布する。本地域にも NW-SE 系および NE-SW 系のリニアメントが発達すること、これら二つのリニアメントの交差部と Santa Cruz River および Cayohoson Creek 沢上流がほぼ一致することから、これらの断層系が分布する地域が重要と考える。

以上のことは、空中物理探査の結果からも支持される。すなわち、低磁気異常帯が $N60^{\circ}$ E 方向および NW 方向の断層に沿って分布する。これらは、前述の Tiwi 地熱帯に分布する断層と同方向のものである。また、カリウム高濃度帯の分布は、ほぼ低磁気異常帯のそれと重複する。このようなことから、低磁気異常帯の多くは、熱水変質帯に対応するものと考えられ、特に、Cayohoson Creek の上流は、途中から NW 方向にその分布域が変化し、同方向の尾根を挟んで北東側と南西側の沢に沿って、広く低磁気異常域が広がる。

2) 位置および交通

本地域は、Bicol 半島のほぼ中央に位置し、Mt. Malinao の北西方向、Buhi Lake の東方に位置する。

3) 調査ルートおよびポイント (Fig. II-2-5)

ルート	ポイント
Inalait River	Phase I 調査で、沢入り口に石英脈の転石が発見され、上流域にその供給源である変質帯・鉍化帯が期待される。低磁気異常および高カリウム異常が重複する。ENE リニアメントが分布する。
Buhi lake 北岸の沢	Phase I 調査で、沢入り口に石英脈の転石が発見され、上流域にその供給源である変質帯・鉍化帯が期待される。低磁気異常, "flat region", 高カリウム異常, WNW リニアメントおよび ENE リニアメントの交差部
Buhi Lake 南東岸の沢	Phase I 調査で、沢入り口に石英脈の転石が発見され、上流域にその供給源である変質帯・鉍化帯が期待される。低磁気異常, "flat region", 高カリウム異常, WNW リニアメントおよび ENE リニアメントの交差部
東側海岸線沿い	これまで情報の得られていなかった東側の地質、変質及び鉍化状況を把握することを目的として選定した。
Mayon-Mislbis west	これまで情報の得られていなかった東側の地質、変質及び鉍化状況を把握することを目的として選定した。 低磁気異常, "flat region", 高カリウム異常, ENE リニアメント
Mayon 集落南西方の沢	これまで情報の得られていなかった東側の地質、変質及び鉍化状況を把握することを目的として選定した。 "flat region", 高カリウム異常
Cayohosan River	Phase I 調査で、沢入り口に石英脈の転石が発見され、上流域にその供給源である変質帯・鉍化帯が期待された。低磁気異常と高カリウム異常が重複する。WNW リニアメント
SW branch of Cayohosan Creek	Phase I 調査で、沢入り口に石英脈の転石が発見され、上流域にその供給源である変質帯・鉍化帯が期待された。低磁気異常中に、"flat region"が抽出される。低磁気異常域と高カリウム異常が重複し、変質帯の存在が期待される。 WNW リニアメントおよび ENE リニアメントが交差部

4) 調査結果概要

本地域の地質、変質帯の分布および試料採取位置を Fig. II-2-6 に示す。

本地域は、これまであまり調査が行われていない。今回の調査が、本地域で行われた実質上初めてのものである。今回の調査によって、本地域においても、熱水変質帯が広い範囲に分布することが明らかとなった。蒸気加熱型の変質帯も発達するが、混合層粘土帯中に、玉髓質石英脈が露頭で発見された。しかし、化学分析の結果は、これらの石英脈に、金鉍化作用は伴なわれていないことを示す。

5) 地質

本地域には、BMG Region V の地質図以外に、既存の地質および年代データはない。今回の調査で本地域には、輝石-角閃石デイサイト~安山岩および輝石安山岩が分布することが明らかとなった。

輝石安山岩は、主に本地域の南側に分布し、輝石-角閃石デイサイトは、主に本地域の北側に分布する。その K-Ar 年代は、輝石安山岩では、 0.42 ± 0.05 Ma (PKV258), 0.41 ± 0.05 Ma (PTH296), 0.20 ± 0.03 Ma (PTH270) である。輝石-角閃石デイサイトでは、 0.29 ± 0.03 Ma (PTH285), 0.28 ± 0.03 Ma (PTH287) である。輝石-角閃石デイサイトは、地形的にドーム的産状を呈する。本地域の中央部にも、いくつかのドーム様地形が観察され、これらは、その付近の転石から、輝石-角閃石デイサイト~安山岩で構成されていると考えられる。空中物理探査の解析結果との対比では、輝石安山岩は、TQv2 に相当し、輝石-角閃石デイサイトは TQv3 および TQv4 におよそ対比される (第 II 部第 1 章, Fig. II-1-7 参照)。

6) 変質および鉱徴

<Inalait River>

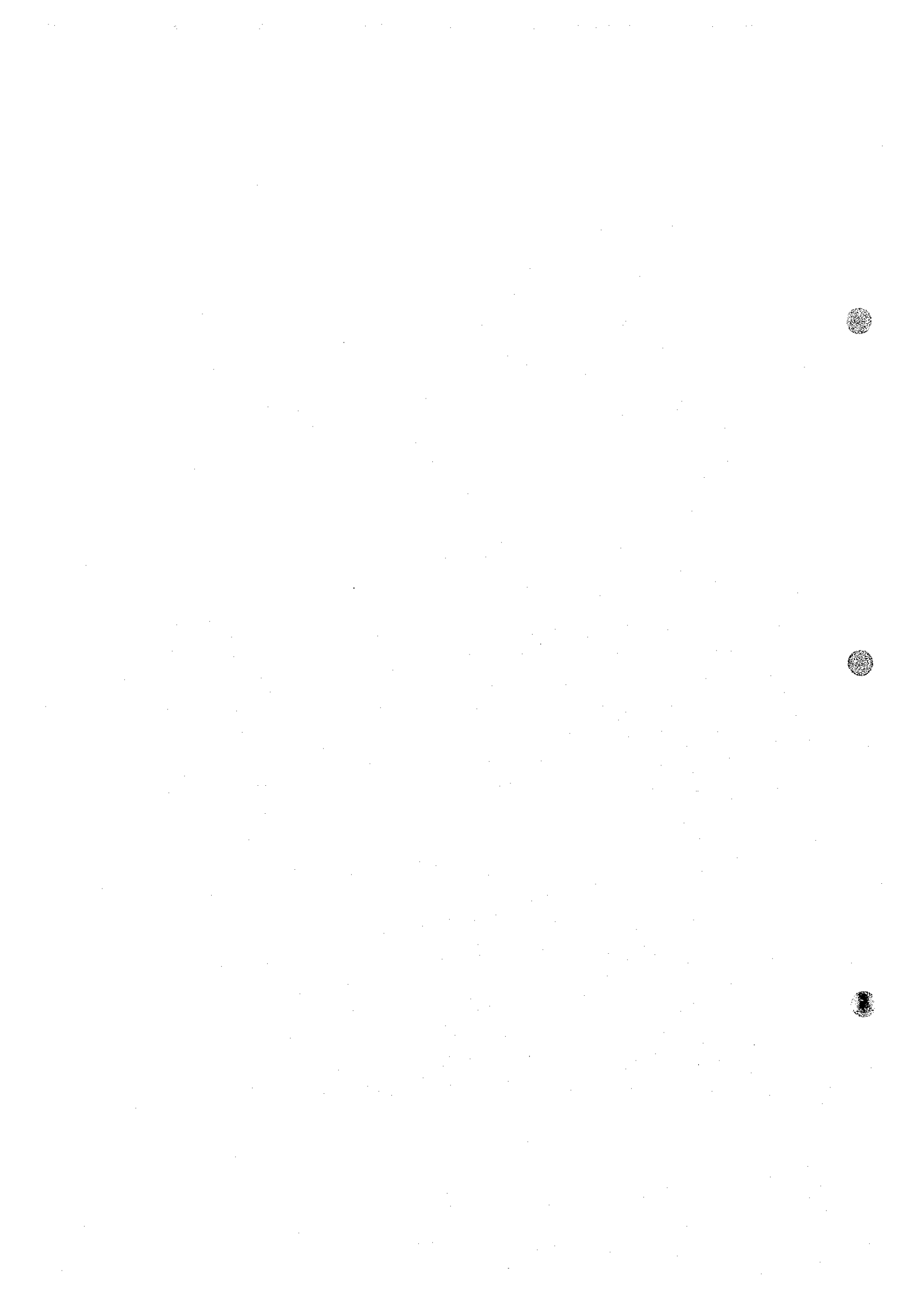
Buhi よりボートで、約 30 分で Cayohoson Creek の河口の集落に到着する。そこから、徒歩により約 1km で Inalait River の沢入り口に到着する。

本沢の入り口では、Phase I の現地踏査で石英脈の転石が発見された。今回の調査でも、沢の中流から上流にかけて、多数の石英脈の転石を発見した。石英脈転石は、白色を呈し、玉髄質である。黄鉄鉱は伴われるが極めて少ない。上流域には、混合層粘土変質帯に石英脈の露頭を発見した。しかし、分析結果からは、石英脈転石および露頭で発見された石英脈のいずれにも、金鉱化作用は認められない。

本沢沿いには主に、輝石安山岩が分布する。PTH270 の輝石安山岩は、 $SiO_2=57.04\%$ で中カリウム系に属する (Appendix 18)。これは、後述する北東側海岸沿に分布する (輝石) 角閃石安山岩~デイサイトにくらべ組成が異なる (Appendix 18)。本岩石の K-Ar 年代は 0.20 ± 0.03 Ma であり、後期更新世を示す。後述の輝石-角閃石デイサイト~安山岩とはほぼ同時期の活動である。中流域から上流域には、角閃石安山岩 (PTH273) も分布する。

石英脈の転石 (PTH263, 265, 266, 271, 282) は、いずれも白色で、玉髄質である。Au<5ppb で特記すべき地化学異常はない。このうち、PTH263, 282 については流体包有物温度測定を行った。均質化温度は、それぞれ、 $181 \sim 237^\circ\text{C}$, $152 \sim 188^\circ\text{C}$ であり、塩濃度は、それぞれ、 $0.0 \sim 0.53\text{wt}\%\text{NaClequiv.}$, $0 \sim 0.88\text{wt}\%\text{NaClequiv.}$ である。

PTH269 は黄鉄鉱鉱染がある強珪化岩の転石である。X 線回折では石英>>>アナターゼ、ルチルである。Au<5ppb, Ba:250ppm である。PTH272 は混合層粘土変質岩の転石であり、石英・方解石脈を含む。X 線回折では、斜長石>石英>カリ長石、セリサイト/スメクタイト混合層、緑泥石/スメクタイト混合層、方解石である。含まれる石英・方解石脈には金鉱化作用



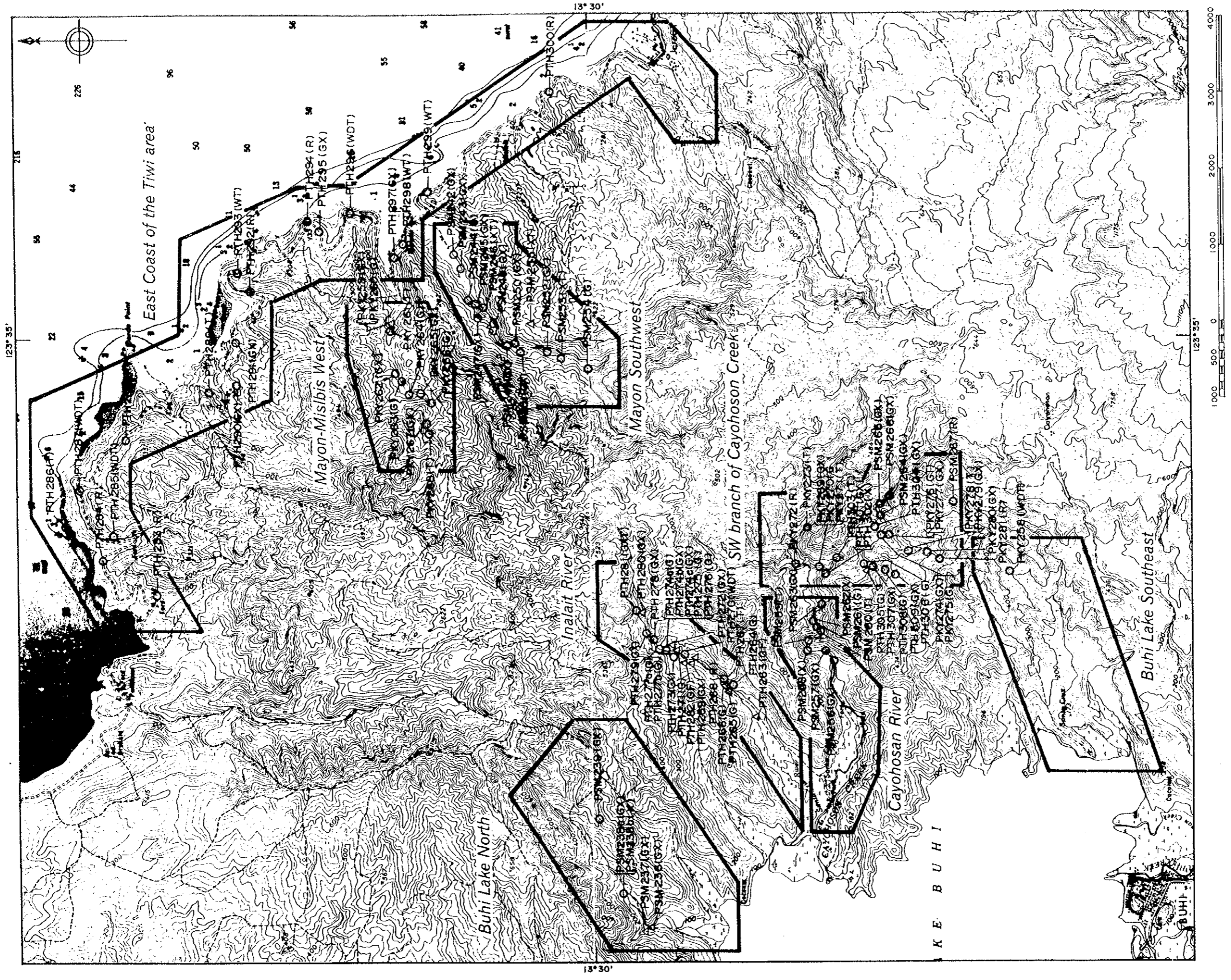
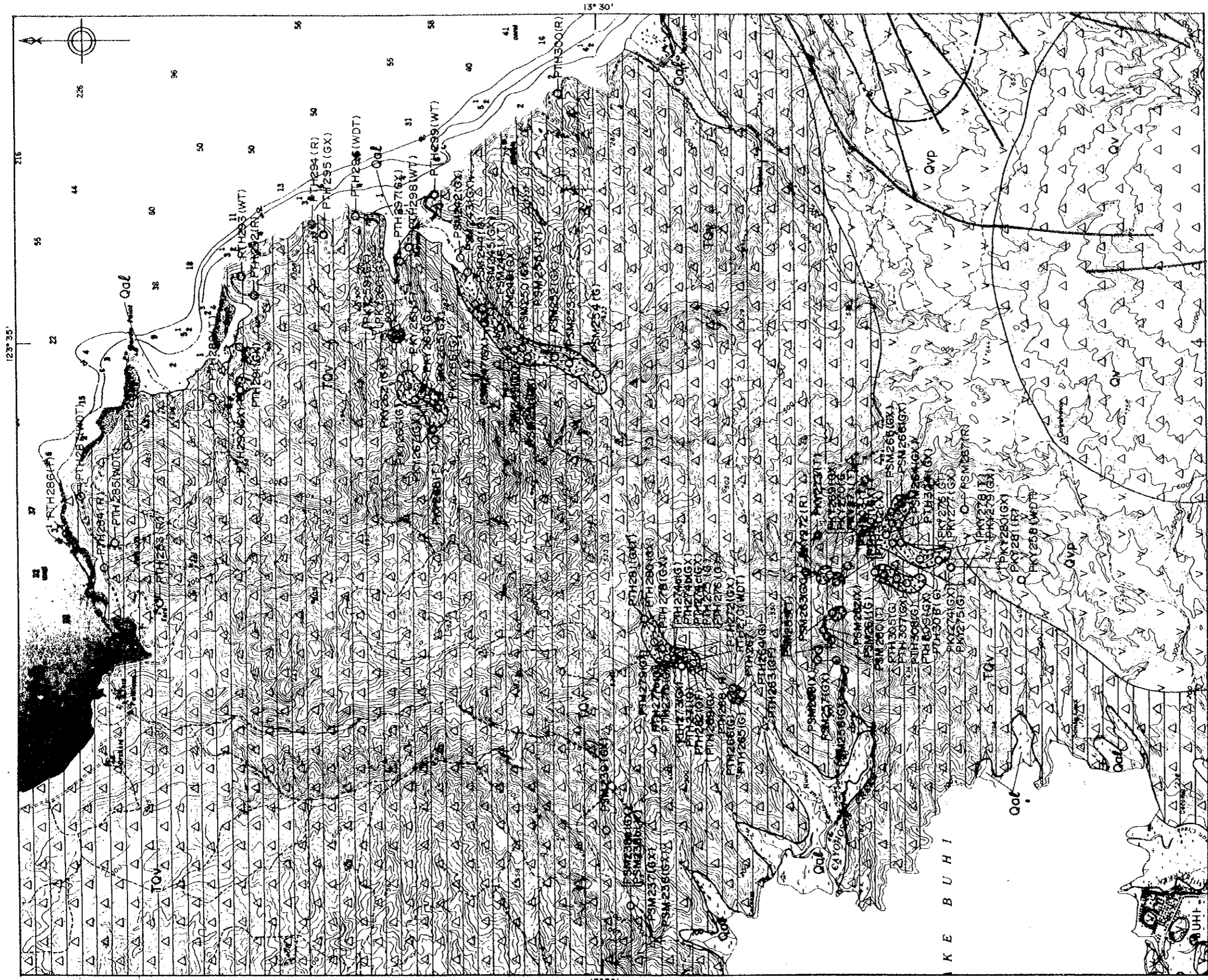


Fig. II-2-5 Root map of Northwestern Tiwi-Mt. Malinao area



LEGEND
EXPLANATION

- Qaf Terrace Gravel and Alluvial Deposits
- Qov Quaternary Quaternary widespread pyroclastic agglomerate, volcanic breccia, tuff, pumice and volcanic debris.
- Qv Quaternary andesitic volcanic deposit.
- TQ Late Tertiary to Early Quaternary Late Tertiary to Early Quaternary andesitic and dacitic flow, dome and pyroclastic deposit.

- Fault
- Thrust
- Anticline
- Syncline
- Alteration Ground
- Quartz vein
- Hot/Worm spring
- Geothermal Field

- O Sample from outcrop
- Δ Sample from floating rock
- Sample from drill hole
- (G) Geochemical analysis
- (O) Ore grade assay
- (X) X-ray diffraction analysis
- (W) Whole rock analysis
- (D) K-Ar dating
- (T) Thin section
- (P) Polished thin section
- (R) Reserve

Reference:
 -D.T. Gambill and D.B. Beroquit (1993):
 Development History of the Tiwi
 Geothermal Field, Philippines.
 Geologic Map of Bicol Region
 (1:250,000) by BMG Regional Office V.

Fig. II-2-6 Geological Map of Northwestern Tiwi-Mt. Malinao area

