

床システムの周縁相として、しばしば観察される金・ベースメタル鉱脈の性質に類似する。以上のことから、本地域にポーフイリー型鉱床が存在する可能性があり、さらに周辺の調査をすることが望ましい。

Agusan 鉱床は、Universal 層中に Tamisan 閃緑岩が貫入することにより形成された鉄スカルン鉱床と考えられる。このような鉄スカルンは銅鉱化もともない、ポーフイリー型銅鉱床へ発展する可能性がある。

United Nations (1987)で、二番目に有望とされ、精査が行われた Pinagbirayan Munti 地域は、Bagacay の金鉱床の西方に当たる。Tabas 地区の United Nations (1987)の調査では、変質鉱物として黒雲母、珪灰石及び紅柱石が認められ、うち二試料には、パイロフィライトが含まれる。これは、ポーフイリーシステムにかなり近い酸性変質である。このような変質鉱物分布することからポーフイリーシステムはかなり近いところにあると予想される。

【鉱区】大部分採掘権が申請されており、また地域の大部分で MPSA および FTAA が重複して申請されている。

3-2-22 Bulala地域(Fig.II-3-36)

【選定理由】 Zepeda (1968, CN-34)により、本地域にはカオリナイト、ミョウバン石からなる酸性変質帯が分布し、かつシリカシンターが存在するとされている。このような記述から本地域に浅熱水性金鉱床が存在する可能性が推定された。

【位置・交通】本調査地区は国道が近くを通過しているためアクセスが容易である。“フリントクレイ (flint clay)” と呼ばれるカオリンを主体とする粘土鉱物の採掘地は国道からの枝道を少し入ったところにあるほか、北西-南東方向にのびる尾根沿いを縦断する林道や 250m ピークの北西方のピークに建設されているアンテナの作業道路などが利用可能である。Daet 市より車で 2 時間を要する。

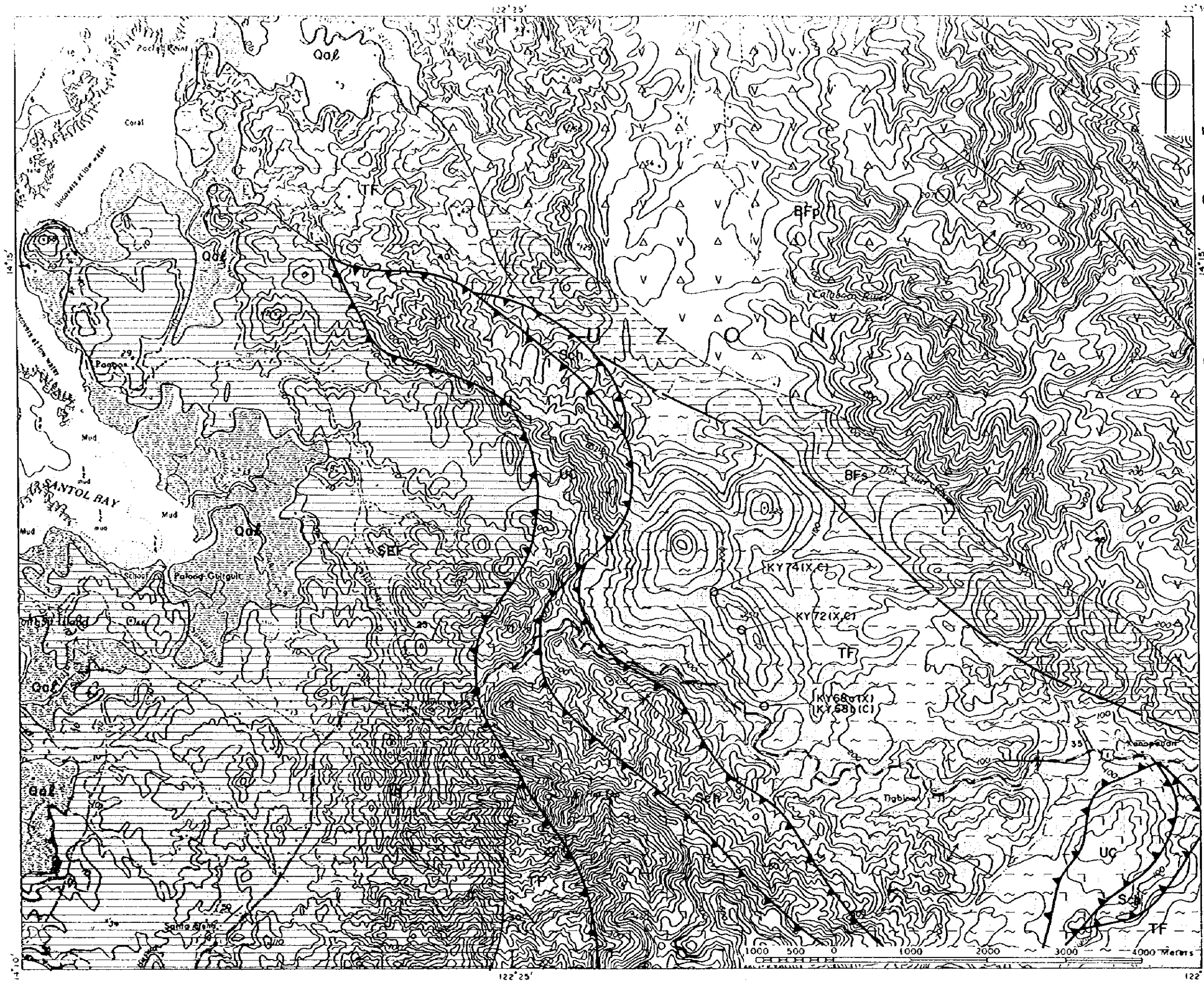
【地質】調査地区周辺には緑色片岩を主体とする変成岩類が分布するが、調査地区の丘陵部はやや斑状の安山岩により構成されている。直接の関係は不明であるが、周辺の地質状況からするとほぼ丘陵部全体がひとつの貫入岩体である可能性が高い。

【変質】安山岩には黄鉄鉱の強い鉱染帯が点在するようであり、著しいリモナイト化（ゲーサイトを主体とする）を被っており弱珪化変質およびカオリン鉱物で特徴づけられる酸性変質を伴う。その配列は丘陵の伸長方向である北西-南東方向である。また、リモナイト鉱染あるいは酸性変質帯はスメクタイト粘土化変質帯に取り囲まれるようである。

Zepeda (1968, CN-34)はシリカシンター転石を記載しており、報告で言及された場所において調査を行ったがシンターは確認できなかった。また、明瞭な珪化変質帯あるいは珪化岩転石も確認できなかった。

X線回折の結果では、本変質帯には石英-カオリンが普遍的で、赤鉄鉱や鋭錐石を伴うことがあることが示された。高温で安定な強酸性変質鉱物は認められない。





LEGEND

EXPLANATION

- Qal Terrace Gravel and Alluvial Deposits
- Late Miocene**
- SEF Sta Elena Formation
Thick interbedded sequence of conglomerate, sandstone, shale and minor limestone
- Early Miocene**
- BFs } Sandstone and black calcareous shale
- BFP } Bosigon Formation
Basaltic flows, volcanic wackes, tuff-breccias
- TF Tigbinon Formation
Sequence of metasediments; graywacke, splite, chert, andesite, cherty limestone, black tuffaceous shale and arkosic sandstone
- Upper Cretaceous**
- UC Ultramafic Complex
Interlayered serpentinitized peridotite, dunite, pyrovenite, gabbro and epidote
- Jurassic ~ Early Cretaceous**
- Ophiolite**
- Sch Regionally metamorphosed. High grade schist of amphibolite facies and low grade schist of the green-schist and albite-epidote-amphibolite facies and quartzites
- Fault
- Thrust fault
- Strike and dip of beds
- Syncline
- Anticline
- Sample from outcrop
- (X)---X-ray diffraction analysis
- (C)---Chemical analysis for altered/mineralized rocks

Reference:
 • Bureau of Mines and Geo-Sciences(1984):
 Geological Map of Copalanga Quadrangle
 (Sheet 3462 I)
 • David et al. (1994):
 The Tabgon Flysch and Ragas Point
 Olistostrome in the Caramoran Peninsula; nature,
 age, structures and their tectonic implications.,
 Jour. Geol. Soc. Phil. vol. XLIX, no.1,
 PP.41-63

Fig.II-3-36 Geological map of the Bulala Area and sample locations

〔鉱徴〕局所的に強い黄鉄鉱染が認められ、supergene 変質作用により特徴的にカオリン鉱物およびリモナイト帯を形成する。分析の結果、金鉱化作用は認められないものの As:116ppm(KY68a)、Cu:142ppm(KY74)の値を得た。

〔評価〕弱珪化リモナイト-酸性変質帯には高温熱水の関与を示す変質鉱物を欠くことから、強い黄鉄鉱染を受けた安山岩の supergene 変質作用により生じたものと推定される。United Nations (1987)も同様の解釈をしている。リモナイト鉱染が認められるものの珪化作用は概して弱く、酸性変質帯中に窓状に分布するスメクタイト変質帯の存在から、supergene 変質により生じた酸性流体はごく限定された範囲にのみ及んでいるようである。金鉱化作用は認められないものの熱水活動に伴う金属元素の移動・濃集・沈殿が生じている。黄鉄鉱の起源については情報に乏しく不明である。

〔鉱区〕FTAA が申請されている。

3-2-23 Mt.Culasi地域 (Fig.II-3-37)

〔選定理由〕開析された火山体であり、既存資料に変質帯の記載があることから、浅熱水性鉱床が賦存する可能性がある。リニアメントは NE-SW~ENE-WSW 系および N-S 系のものが発達している。空中磁気では、Mt.Culasi の南方に E-W 方向の低磁気異常の線状構造が認められた。

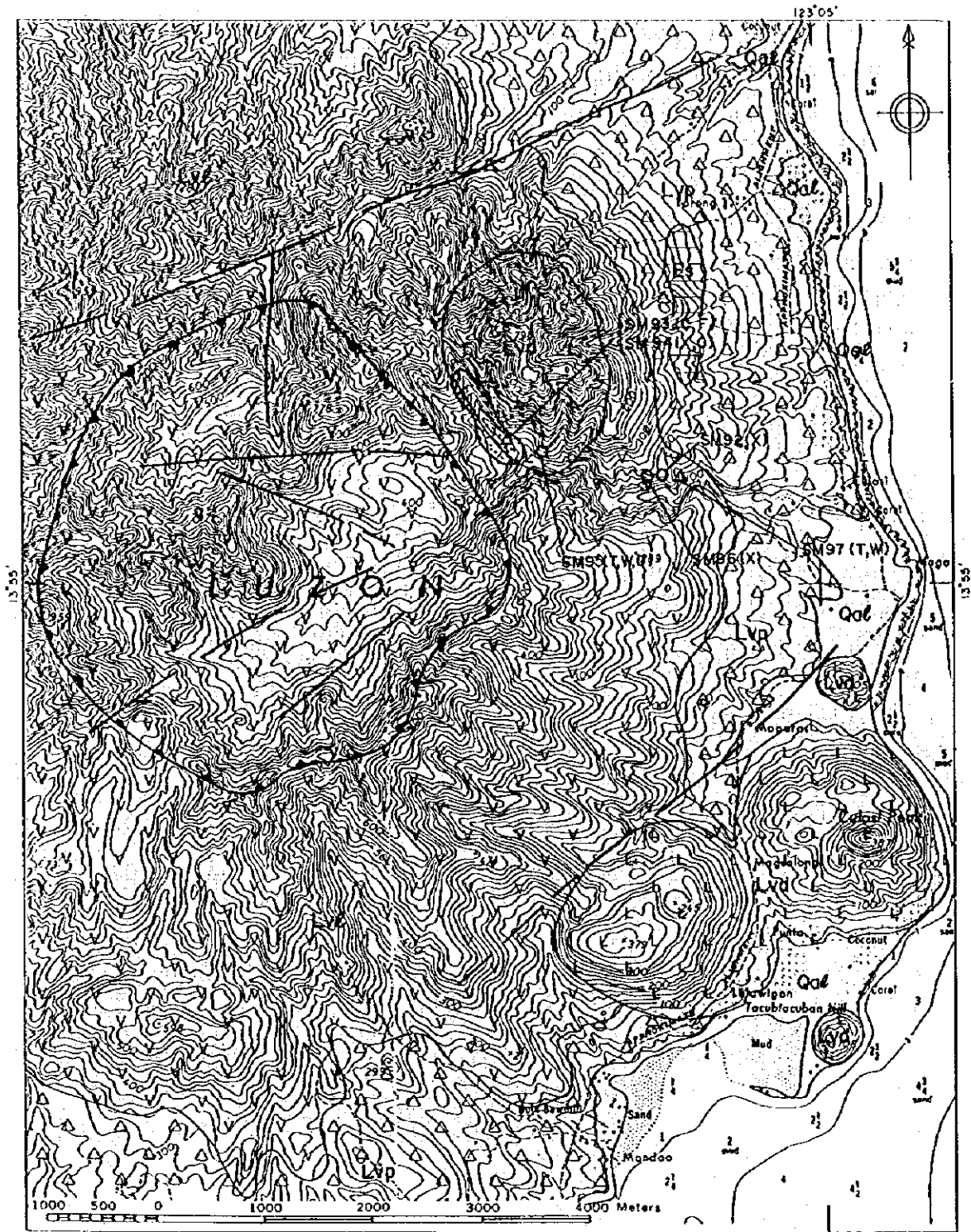
〔位置〕Camarines Norte 州 Mercedes、Culasi の集落の西約 3~5km、13° 55' ~13° 57' N、123° 02' ~123° 04' E 付近に位置する。

〔交通〕Daet から Mercedes まで舗装道路を車で約 30 分、Mercedes から Culasi の集落まで未舗装道路を約 20 分で到達する。

〔地質〕Balce, G.R.(1975:CN-44)によれば、始新世の砂岩・頁岩および薄い石灰岩のレンズが、Culasi の集落の約 2km 北西の海岸沿いの斜面に狭く分布している他は Labo Volcanics と呼ばれる塊状安山岩・デイサイト溶岩および凝灰岩・凝灰角礫岩が広く分布している。海岸沿いの Culasi Peak、Tacubtacuban Hill 等の小丘や Mt. Culasi の 798m ピークは黒雲母デイサイトのプラグであり、その他の部分は角閃石安山岩および火砕岩からなる。

〔変質〕塊状の安山岩溶岩が分布している地域において、灰色粘土化変質を主とするいくつかの平行な変質ゾーンが認められる。全体的には珪化および黄鉄鉱化は優勢ではないが、Manasopre Creek の上流の Mt. Culasi の 798m ピークの南部~南西部では結晶化した硫黄脈の露頭および巨大な転石が認められる。また、Manasopre Creek 上流の Mt. Culasi 798m ピークの南部の標高 240m 地点では、白色~灰色の径約 4m の強珪化岩の転石があり、部分的に黄鉄鉱染・カオリナイト粘土化変質および亀裂に沿ったリモナイト化が認められた (Fig.II-3-38)。

X線回折分析の結果、Manasopre Creek 沿いの弱珪化・弱粘土化した凝灰角礫岩(SM92)でクリストバライト-スメクタイト-ハロイサイトが検出され、その近くに分布する黄色粘



LEGEND				
EXPLANATION				
Qal Terrace and Alluvial Deposit	Es Eocene Bedded Sandstone, Shale and thin limestone lenses	O Sample from outcrop	Δ Sample from float	(T) Observation of thin section
Lvd Biotite dacite plug	(X) X-ray diffraction analysis	(C) Chemical analysis for altered/mineralized rocks	(W) Whole-rock analysis (major and trace elements)	(F) Fluid inclusion test
Lyp Hornblende andesitic volcanic breccia and tuff	(D) K-Ar method age determination	(I) K-Ar method age determination		
Lvl Hornblende andesite lava	Faults			
	Crater Rim			
	Sulphur Occurrence			

Reference: 123° 05'

G.R. BALCE (1975):
Report on the investigation of the reported mercury and sulphur occurrence in Barrio, Culasi, Mercedes, Camarines Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report

Bureau of Mines and Geo-Sciences (1984):
Geological Map of Mandao Quadrangle (Sheet 3661 IV)

Fig.II-3-37 Geological map of the Mt. Culasi Area and sample localitons

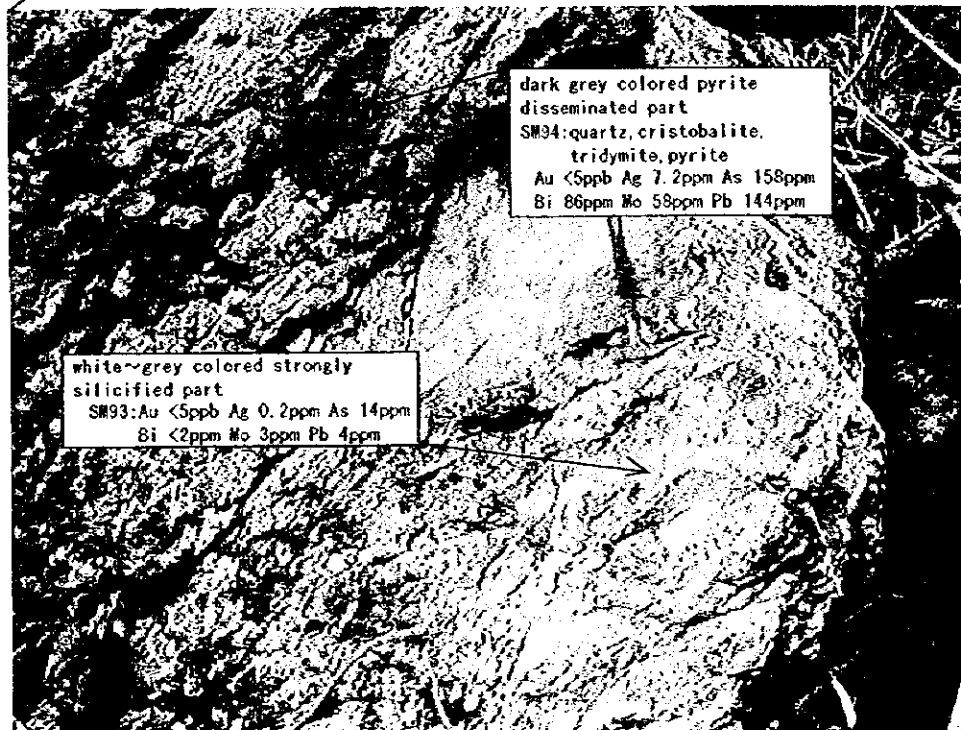


Fig.II-3-38 Big altered rock float at upper Manasopre Creek, Mt. Culasi

(1)

(1)

(1)

土化変質したデイサイト(SM96)ではハロイサイトーミョウバン石ー赤鉄鉱が検出され、ともに浅所における低温での酸性変質を示した。一方 Manasopre Creek 上流の Mt.Culasi 798m ピークの南部の標高 240m 地点に位置する強珪化岩転石では、石英ークリストパライトートリディマイトおよび黄鉄鉱が検出され、やはり低温条件下での熱水活動による変質を示している。

〔鉱徴〕 Manasopre Creek 上流で認められた強珪化岩の転石について、強珪化部は明瞭な高濃度異常を示さなかったが、暗灰色の黄鉄鉱が濃く鉱染した部分では、Ag:7.2ppm、As:158ppm、Bi:86ppm、Mo:58ppm、Pb:144ppm の高濃度異常を示した。硫黄鉱床の存在と Ag、As、Bi、Mo、Pb の高濃度異常から、火山の噴気による元素の濃集を示していると考えられ、地下深部での鉱化作用が期待される。

〔評価〕地表部で認められる変質は steam-heated であるが、火山噴気による Ag、As、Bi、Mo、Pb の高濃度異常が認められることから、地下深部での鉱化作用が期待される。

〔鉱区〕 硫黄を対象とした MPSA

3-2-24 Mt. Labo地域(Fig.II-3-39)

〔選定理由〕 鮮新世～更新世の火山岩類が分布する。PNOCによる地熱開発が進められている地域である。したがって、若い地熱活動に伴う浅熱水性金鉱床の賦存が期待される。リニアメントは NE-SW～ENE-WSW 系のものが非常に発達しており、連続性のよい NW-SE 系のものも比較的発達している。JICA-MMAJ(1985:PH16)による空中磁気探査では、Mt. Labo の南方に NW-SE 方向の空中磁気異常の断層状構造が発達しており、Mt. Labo の北方には WNW-ESE 方向の低磁気異常の線状構造が認められた。

M.C. Zaide-Delfin et al.(1995)(CN96) による比抵抗データでは、Mt. Labo の西方～南西方にかけて広く $10\Omega\text{m}$ ($AB/2=1000\text{m}$) の低比抵抗域が分布しており、北方向と南西方向に広がっているのが認められる。

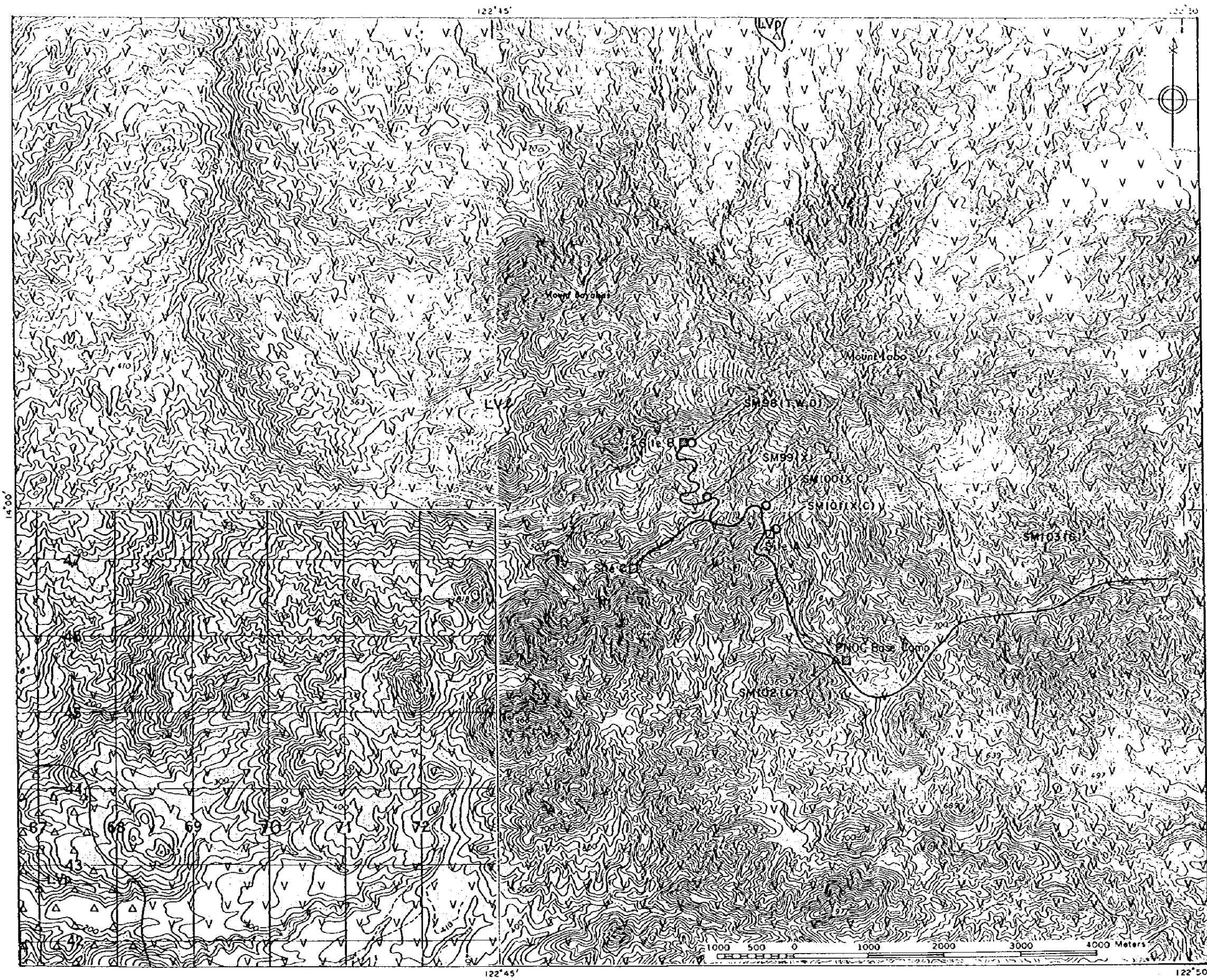
〔位置〕 Camarines Norte 州と Camarines Sur 州にまたがって位置し、Labo の南南西 15km の Mt. Labo 周辺地域。13° 55′ ～14° 03′ N、122° 40′ ～123° 00′ E 付近

〔交通〕 本地域の中心である Mt. Labo 地熱開発地域へは、Daet から地熱開発地域へ向かう未舗装道路の入り口まで、国道を自動車にて約 20 分で到達し、そこから未舗装道路をさらに約 20 分で地熱開発地域のベースキャンプに到達する。

〔地質〕 本地域では Mt. Labo のピークの西南西方には地熱開発地域が存在し、サイト A・サイト B・サイト C において、現在までに 8 本の調査試錐が行われている。

サイト B においては高さ 2m の粗粒の黒雲母角閃石デイサイトに厚さ約 1m の降下火山灰が堆積しているのが確認された。デイサイトは中央火口丘 (Centralcone) を構成する岩石と推定される。PNOCによれば炭素 14 法による火山灰の年代として 80,000year が得られており、Mt. Labo 地域における最も新しい年代を示している。





LEGEND

EXPLANATION

- Quaternary
Labo Volcanics
- V LV V Interlayered massive andesite and dacite flows, poorly consolidated andesitic tuffs and pyroclastics
 - Δ LVp Δ Mainly andesitic tuffs and pyroclastics
- Road in the PNOG Gethermal Area
- Drilling site and comp
 - Sample from outcrop
 - △ Sample from float
- (T) --- Observation of thin section
 (X) --- X-ray diffraction analysis
 (C) --- Chemical analysis for altered/mineralized rocks
 (W) --- Wholerock analysis (major and trace elements)
 (D) --- K-Ar method age determination

Reference:

- Bureau of Mines and Geo-Sciences(1984): Geological Map of Villazar Quadrangle (Sheet 3561 I)
- Bureau of Mines and Geo-Sciences(1984): Geological Map of Doet Quadrangle (Sheet 3562 II)
- Bureau of Mines and Geo-Sciences(1984): Geological Map of Bayabas Quadrangle (Sheet 3562 III)
- Geologic Map of Bicol Region(1:250,000) by BMG Regional Office V

Fig.II-3-39 Geological map of the Mt. Labo Area and sample locations

M.C. Zaide-Delfin et al. (1995:CN96) によれば、本地域の基盤岩は Mt. Labo の北方および西方にみられる先白亜紀の変成岩および白亜紀の超塩基性岩であり、新第三紀の堆積岩類や火山岩類に不整合に覆われている。古第三紀の花崗閃緑岩や中新世中期の閃緑岩貫入岩も分布する。

地熱開発地域内の地表および試錐で認められる地層は、下位より中新世後期の Susong Dalaga 層、鮮新世の Vinas 層、更新世の Labo 火山岩類である。

Susong Dalaga 層は Mt. Labo の西方に露出しており、地熱開発地域内の試錐孔では海拔-1200~-400m に認められる。主として角閃石安山岩溶岩・火山角礫岩および凝灰岩からなる。

Vinas 層は Susong Dalaga 層を不整合に覆っており、砂岩・凝灰岩・石灰質シルト岩・熱変成を受けた石灰岩からなる。

Labo 火山岩類は Mt. Labo の更新世 (約 0.42~0.08Ma) の噴火活動による火山堆積物であり、広く分布している。角閃石安山岩・玄武岩・デイサイト溶岩および火山泥流堆積物からなる基底層 (Basal Unit)、黒雲母輝石角閃石デイサイトおよび黒雲母角閃石安山岩ドームからなる溶岩ドーム (lava domes)、輝石安山岩・角閃石安山岩およびデイサイト溶岩からなる中央火口丘 (Central cone)、安山岩~デイサイト質の火砕流堆積物の4つの部層からなる。

Mt. Labo のピークの西南西方の地熱開発地域では NE-SW 方向および NW-SE 方向の重力の断層状構造が存在し、3つの大きな NW-SE 方向の断層 (Ibatan Fault, Pagligbungan Fault, Labo Fault) がホルストーグラベン構造を形成している。この地域の温泉の約半数がこの地溝の中に認められる。その多くは NE-SW 系断層およびその延長部付近に集中している。

[変質] 現地調査では、Mt. Labo の南方~西方にかけてのサイト A からサイト B およびサイト C に向かう道路沿いに、黄鉄鉱の鉱染およびリモナイトの鉱染を伴う灰色のスメクタイトおよびカオリナイト変質が認められ、特にサイト A の付近では部分的に中~強珪化を伴い粘土化が強くなっている。

X線回折分析の結果、サイト A の付近に認められる変質岩露頭の試料(SM101)について石英-クリストバライト-トリディマイト-スメクタイト-ハロイサイト-黄鉄鉱が、サイト A からサイト B およびサイト C に向かう道路の分岐点に向かう道路沿いの変質岩露頭の試料(SM100)では石英-クリストバライト-トリディマイト-カオリナイト-スメクタイト-ミョウバン石-針鉄鉱が、分岐点からサイト B に向かう道路沿いの変質岩露頭の試料(SM99)ではクリストバライト-ミョウバン石-黄鉄鉱がそれぞれ検出された。これらはいずれも低温酸性条件下の変質を示している。

M.C. Zaide-Delfin et al. (1995:CN96) によれば、地表付近の熱水変質は現在の熱水活動域の近辺にほぼ限られており、硫黄沈殿物と硫酸酸性変質帯が、標高 600m の Mabahong Labo 付近の硫酸酸性温泉の周辺に分布する。一方、温泉沈殿物が Kilbay, Alawihaw の中性塩化物泉に認められる。

坑井地質では、浅部・地表付近に浅部酸性変質帯が、深部に中性変質帯および高温酸性変質帯が認められる。

浅部酸性変質帯は細粒・針状の ミョウバン石・オパール・クリストバライト・カオリナイトの鉱物組み合わせであり、これらは 100℃以下で地下水と深部から上昇してくるガスとの混合で形成されたと考えられる。M. L. Zaidé-Delfin et al., (1995, CN-96)によれば、これらの浅部酸性変質が観察されるサイト A からのボーリング LB-1D/LB-5D は、現在の地熱系の深部熱水の湧昇部 (upwelling plume) の上部に近い位置にあるとしており、これに対して、これらの浅部酸性変質帯が観察されないサイト B からのボーリング LB-2D/LB-6D, サイト C からのボーリング LB3D/LB4D は主要な深部熱水の湧昇部から離れたところにあたるとしている。

中性変質帯ではスメクタイト・イライト・スメクタイト混合層鉱物・イライト・緑泥石・石英・方解石・ドロマイト・緑れん石・硬石膏・黄鉄鉱・濁沸石・ワイラカイト・ざくろ石・アクチノライト等の変質鉱物が認められ、まれに二次的な黒雲母が角礫岩中の岩片に認められる。緑れん石・硬石膏・ワイラカイトは高温の中性熱水活動の存在を示している。深部の高温酸性変質帯は、サイト A からのボーリング LB-1D/LB-5D の標高-300m 以深に観察される。変質鉱物の組み合わせとしては、ダイアスポア・パイロフィライト・ディッカイト・板状のミョウバン石からなる。特に LB-5D ではトパーズ・ラズライト・銅硫化物 (黄銅鉱・コペリン・輝銅鉱) を伴うことから、LB-5D の付近に貫入岩の存在が推定されるが、LB-1D ではそのような鉱物が産しないことから、マグマからのガスが直接関与している場所ではないと推定している。

〔鉱徴〕 サイト A の近辺の変質岩露頭からの試料 (SM100) において Au が 5ppb を示す。試錐孔では、サイト C からのボーリング LB-3D の掘進深度-1450m~-1680m で黄銅鉱が硬石膏・黄鉄鉱とともに産する。また、LB-5D では深部酸性変質帯に伴い、黄銅鉱・コペリン・輝銅鉱が産する。

〔評価〕 地表で認められる変質は steam-heated 変質であるが、試錐のデータから地下深部に High-sulfidation の浅熱水鉱床が形成されうる条件を有していると考えられる。しかしながら、時代的に新しいこと、鉱徴が認められたのが地下深部であることから、Mt. Labo 近傍での鉱床胚胎深度は深いと考えられる。今後、Mt. Labo 西~南西方に広く分布する時代の古い岩体およびこれらの岩体に発達する kilbay 等の変質帯を対象とした探査が必要であろうと考えられる。

〔鉱区〕 Mt. Labo の西方は FTAA および mining lease/placer/lode application が申請されているが、南方~東方は空白または PNOG の geothermal reservation が設定されている。

3-3 調査結果のまとめ

既存データおよび衛星画像解析結果をもとに、鉱区設定状況、アクセスおよび治安状況

を考慮して、グランドトールズ調査候補地選定を行った。結果的に前節の 24 地域の現地調査を実施した。調査の結果を位置、交通、地質、変質、鉱微および鉱区の観点から整理し、各地域ごとに有望性（鉱床が存在する可能性、探査余地の有無など）の評価を行った。上記地域の調査結果の概要をまとめたものを Table II-3-2 に示す。評価の高いものについては、有望地として Table II-3-2 に示す。なお、これらの地域の相対的な評価、すなわち有望地域の抽出については、次章の考察で述べる。

Fig. II-3-40 にピコール地域全体における試料採取位置を示す。また、Table II-3-3 に上記地域の採取試料の分析値、流体包有物データおよび主な変質鉱物組み合わせをまとめた。Au、Cu、Pb および Zn については、各地域の分析値のうち高いもの二つの値を記した。また、他の元素で特徴的に高いものがある場合には、それらのうち最も高い値を示した。これらのデータにおいて、複数の地域に共通する特徴について以下に述べる。

1. Bacon-Manito, Irosinなどのsteam-heated酸性変質帯には、ミョウバン石が普遍的に認められ、酸性が強く、蒸気によって供給された硫化水素の量が比較的多かったと推定される。steam-heated酸性変質帯の中には、珪化脈、熱水角礫化脈として石英-ミョウバン石（時としてミナミアイト）を産し、地化学異常レベルのAu、Cu、およびPbが検出され、Mo、Asも異常値を示す場合がある。このような産状は、深部から流体が地表付近まで上昇したことを示し、深部に鉱化作用が生じている可能性を示唆する。
2. 比較的若い火山岩類が分布する地域の熱水変質帯（おもにsteam-heated変質帯）の試料では、Asは比較的高いところがあるが、Sbは全体的にほとんど検出されない。Hgも7ppmが最高で、1ppmのものが数個あるがあとはすべて1ppm以下である。steam-heated変質帯にはHgが検出されても良いと思われるが、supergene変質によって洗い流された可能性も考えられる。
3. Camarines Norteに分布する地域（Paracale, Larap-Exiban, Mt.Bagacay）から採取した石英脈の流体包有物均質化温度は比較的高い値を示し、高塩濃度を示す。変質鉱物には、石英-セリサイトの組み合わせが卓越する。これらのデータは、これらの地域の鉱化作用が貫入岩体に近い、地下深部の高温環境で生じたことを示す。

Table II-3-2(a) Summary of the ground truth survey

blocks	Areas	Results of Ground Truth		Interpretation from the results of the Ground truth	Mining Claims	Priority
		mineralization	alteration			
Legaspi	Bacon-Manito	gold geochemical anomalies; Central geothermal area: drilling cores have Au mineralization	silicification, opaline silica, kaolinite, alunite, smectite, pyritization, silica+pyrite veinlets, native sulfur	host rocks, geology and structures the Poodol Volcanics: Px andesite ~basaltic andesite, WNW trending lineation and N-S trending lineation are dominant; geothermal drill intersects intrusive at about 1,725~2,210m; geothermal fluids: neutral pH	PNOC	1st
	Calpi	gold geochemical anomalies	silicification, opaline silica, kaolinite, alunite, smectite, pyritization, silica+pyrite veinlets	Px andesite lava and pyroclastics	PNOC	
	Masulog	gold geochemical anomalies	silicification, opaline silica, smectite, pyrite	Px andesite lava	PNOC	
	Pili-Cumadcad	gold geochemical anomalies	silicification, pyritization, kaolinite	Px andesite lava and pyroclastics	PNOC	
	Cawayan River		pervasive, smectite, silicification, pyritization, silica-pyrite veinlet in smectite	Px andesite lava and pyroclastics, smectite dominate in volcanic breccia (flow foot breccia).	PNOC	
Twi-Mt. Malinao	gold mineralization in silica sinter; drilling core has sphalerite, galena and chalcocopyrite with adularia at depth	silica sinter; deep chloride fluid upflow; deep seated acid alteration; kaolinite silicification with pyrite	andesite lava and pyroclastics; lower: schist, upper: andesite	low-sulfidation environment, deep chloride fluid upflow, steam-heated acid alteration.	PGI geothermal reservation	1st
Nagas-Pio Duran	oxide copper (azurite, brochantite) mineralization in Qz veinlet, gypsum deposits	gypsum, smectite, kaolinite; contact metasomatic alteration? in Qz veinlet, gypsum deposits	dioritic pluton, ultramafic rocks, limestone, sedimentary rocks, ENE-WSW, NW-SE lineaments	copper mineralization related to diorite intrusion, a few possibility of skarn deposit, gypsum deposits are seemed supergene products.	FTAA, MP/SA	3rd
Pilar-Donsoi	no mineralization	no alteration	no diorite, no volcanics, young calcareous shale, coral limestone	we can not expect any mineralization	FTAA, MP/SA	

Table II-3-2(b) Summary of the ground truth survey

blocks	Areas	Results of Ground Truth		Interpretation from the results of the Ground truth	Mining Claims	Priority
		mineralization	alteration			
Irosin	Irosin- Gabao-Bulan		silicification, pyritization, kaolinite, smectite, quartz vein	host rocks, geology and structures Px andesite ~ basaltic andesite lava and pyroclastics	MPSA	
	Monte Calvario		silicification, kaolinite, alunite, smectite, pyritization, quartz vein, floats (smectite, silicification, pyrite)	Px andesite ~ basaltic andesite lava and pyroclastics	MPSA	1st
	Gabao		floats (smectite, silicification, pyrite)	basaltic andesite lava, pumice tuff uppermost pumice flow includes greenish altered pebble sized	MPSA	1st
	Sisigon		float (silicification, pyrite)	Px andesite lava	ex. permit	
	Irosin south		silicification, kaolinite, pyrite, very few alteration	Px andesite ~ basaltic andesite lava and pyroclastics	ex. permit	
	Magallanes - Mt. Bintacan		kaolinite or halloysite; weathering? - Mt. Bintacan: no altered floats	Magallanes: very weak argillic alteration; weathering Mt. Bintacan: Px andesite	vacant ex. permit	
	Bacolod		hot spring, smectite, no silica float; silicification, pyrite,	? andesite; Bt dacite dome	vacant	
	San Roque- Mt. Malobago				vacant ex. permit	
	Gate Mountains		silicification, pyritization, kaolinite, smectite, native sulfur,	Px andesite ~ basaltic andesite lava and pyroclastics	MPSA	1st
	Tugas - Mt. Sujac		silicification, pyritization, kaolinite, smectite, native sulfur,		MPSA	
	Sisigon-Matnog		silicification, pyritization, kaolinite, smectite	andesitic tuff breccia,	ex. permit	
	Matnog-Culasi		(silicification) float	Px andesite with thin capping of limestone in some shore line,	vacant ex. permit	
	Culasi-Manurabi		few alteration, smectite alt. in accretional lapilli	Px andesite ~ basaltic andesite lava and pyroclastics, accretional lapilli	ex. permit	
	Butang-Sua		(silicification, pyritization, kaolinite, smectite) float	Px andesite, OI-Px basalt, NW-SE lineaments	MPSA	

Table II-3-2(c) Summary of the ground truth survey

blocks	Areas	Results of Ground Truth			interpretation from the results of the Ground truth	Mining Claims	Priority
		mineralization	alteration	host rocks, geology and structures			
Naga	Siruma Peninsula	placer gold, Mn deposits, copper mineralization	white clay, silica, kaolinite, illite? Qz vein/lens have no alteration halo	green schist	The area is underlain by an old oceanic crust (ophiolite sequence) where siruma area is the younger lithology. The source of Au is a the origin of placer gold seems to be mesothermal lode in the schist	FTAA, MPSA	3rd
	Tamban-Oias	placer gold, gold mineralization in quartz vein,	Qz vein/lens have no alteration halo, calcite-quartz veining in the schist	green schist, green rocks, mica schist	the origin of placer gold seems to be mesothermal lode in the schist, re-deposition of gold caused by diorite intrusion	FTAA, MPSA	3rd
	Western Goa	no checked	thick quartz vein with pyrite	mica schist	mesothermal lode?	vacant	3rd
	Maibago	no checked	no checked	no checked		vacant	
	Western Pasacao	copper mineralization (oxide copper)	silicification, gypsum deposit, propylitic alter.	Px andesite, diorite; NW-SE lineament, NE-SW lineament		FTAA, MPSA	2nd
	Eastern Pasacao	copper mineralization (oxide copper)	Qz veinlet and Cal veinlet in volcanics; Qz vein stockwork in diorite floats	andesite-basalt on schist, diorite, young limestone	copper mineralization related to diorite intrusion, no possibility of Carlin type deposit	FTAA, MPSA	2nd
	Iriga-Baao	perlite deposit	no alteration	basaltic andesite lava, Bt dacite ~ rhyolite interbedding scoria and pumice tuff, indicating bimodal volcanism		MPSA	
	Buhi-Western Mt. Mainao		silicification, kaolinite-smectite alteration, pyritization, chalcocitic vein	NW-SE lineament	possibility of epithermal deposit	vacant	1st
	Balatan north	Camagahan: copper oxide, chalcocopyrite in Qz vein and dissem. in diorite; Caorasan: gypsum with Py; Manit: gypsum	Camagahan: Qz vein, propylitic alt.; Caorasan: Qz vein pyritization; Manit: pyritization, Qz vein	Camagahan: host rock diorite overlain by limestone Caorasan: propylitic altered basaltic rock	alteration seems to be controlled by NW-SE fractures; Cu mineralization seems to be situated in diorite and gypsum deposits in volcanic rocks	FTAA, MPSA	2nd
	Balatan south		floats (propylitic alteration)	basaltic rocks, diorite floats		FTAA, MPSA	2nd
	Silmod	no checked	no checked	no checked		vacant	
	Calabanga-Tinembac		silicification, hydrothermal brecciation, silica veinlet, kaolinite-smectite alteration, pyritization,	host rocks: Hbl andesite and Px andesite covered by young Px andesite (laharic deposit?) from Mt. Isarog	high-sulfidation style alteration? some alteration zone extend under the young laharc deposits	vacant MPSA	

Table II-3-2(d) Summary of the ground truth survey

blocks	Areas	Results of Ground Truth		Interpretation from the results of the Ground truth	Mining Claims	Priority
		mineralization	alteration			
Daet	Paracale	gold, copper, zinc and lead mineralization in Qz vein	Qz vein has illite alteration halo, propylitic alt	host rocks, geology and structures granodiorite (Paracale Trondjhemite), ultramafic rocks igneous activity responsible for the mineralization is unknown.	MPSA	
	Larap - Exiban	Tidi: gold in shear zone, Qz vein, Larap: magnetite, green copper, molybdenite,	Tidi: supergene alteration overprint; Larap: skarn type alteration; Pangono: propylitic alteration, Qz veinlet network, Exiban: silicification, supergene alt overprint	Universal F: sandstone, shale, conglomerate	MPSA FTAA	1st
		gold and copper mineralization in Qz vein, magnetite massive ore, oxide copper mineralization in the Fe deposit	silicification, quartz vein with illite or mixed layer clay alteration,	host rocks; andesitic pyroclastics; hornfels, young Hbl andesite covers metavolcanics and metasediments: diorite intrusion	MPSA	1st
			frint clay: silica-kaolinite, host rocks: andesite, Pl phenocryst → kaolinite, pyritization, no silica sinters,	host rocks: andesite porphyry of distinct relief relative to surrounding peaks; andesite porphyry provably intruded into the schist	FTAA, MPSA	
		no checked: not accessible	no checked: not accessible	no checked: not accessible	FTAA, MPSA	1st
		sulfur deposit	silicification (opaline silica), pyritization, smectite	host rocks: Hbl andesite and dacite	MPSA	3rd
		drill core: chalcopyrite, covellite, chalcocite	silicification, smectite, kaolinite, pyritization; core: illite, ill/Smc, epidote, wairakite, anhydrite	Px-Hbl andesite, Hbl andesite, Bi-Hbl dacite	FNOC, MPSA	3rd

Table II-3-3 Geochemical, temperature and alteration data of the ground truth survey areas

	Chemical feature					Temperature	Safinity	Alteration
	Au	Cu	Pb	Zn	Others			
Paracale	57.19ppm(c), 35ppb		1780ppm		Ni:150ppm Bi:600ppm	276~301°C, Av.288°C; 258~324°C, Av. 290°C; 200~252°C, Av. 222°C (c)	6.0~9.3wt%; 0~0.3wt% 0.3~1.0wt%	Chl-Prl-Dol
Larap-Exiban	2180ppb, 250ppb	1775ppm, 397ppm	420ppm			181~217°C, Av. 205°C	21.7~23wt%	Qtz-Ser, Qtz-S/S, Qtz-K-f
Mt. Bagacay	6780ppb, 2600ppb	38.6%, 4.710ppm			Ni:151ppm, Co:749ppm	241~291°C, Av.268°C; 264~291°C, Av.279°C	10~11.2wt%; 7.1~9.3wt%	Qtz-Ser,
Bulala					As:116ppm			Qtz-Kln-Py
Siruma Peninsula	2200ppb, 55ppb	565ppm, 160ppm			Co:51ppm, Cr:643ppm	142~182°C, Av. 161°C	0.3~1.0wt%	(Qtz-Ser)-Kln
Tamban-Olas	10ppb,	311ppm						n.a.
Western Goa	60ppb	284ppm				128~171°C, Av. 150°C	1.4~2.0wt%	(Qtz-Pi-Ser)-Kln
Western Pasacao						107~151°C, Av. 123°C	0~0.3wt%	Qtz-Pi-Cal-Dol
Eastern Pasacao	80ppb, 35ppb				Ni,180ppm, Co:51ppm, Cr:897ppm, P:1560ppm, As:1080ppm	168~234°C, Av.196°C; 208~251°C, Av.234°C; 161~202°C, Av.187°C	0.2~0.5wt%; 0.9~1.4wt%; 2.7~3.9wt%	Qtz-Pi-K-f, Qtz-Dol-Mgs
Balatan	210ppb, 15ppb	3970ppm, 208ppm			Fe:>15%, P:1,110ppm	103~142°C, Av.122°C	0~0.4wt%	Qtz-Pi-S/S, Qtz-S/S-Gyp-Py, Qtz-Pi, Cal, Qtz-Pi-C/S
Nagas-Pio Duran	640ppb, 55ppb	14500ppm, 13900ppm		1810ppm		193~242°C, Av.220°C; 147~191°C, Av.168°C	1.7~3.2wt%; 0.3~0.7wt%	n.a.
Pilar-Donsol	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nalesbitan	---	---	---	---	---	---	---	---
Mt. Labo								Crs-Kln-Smc-Alu, Crs-Smc-Hly
Kilbay	---	---	---	---	---	---	---	---
Mt. Culasi			144ppm		Mo:58ppm, As:158ppm, Bi:86ppm	107~142°C, Av. 124°C	0~0.3wt%	Crs-Alu, Crs-Pi-Hly
Calabanga-Tinenbac	15ppb							Qtz-Alu, Crs-Smc, Crs-Alu
Iriga-Baao	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Buhi-Western Mt. Malinao						288~334°C, Av.309°C; 141~168°C, Av. 154°C	0~0.7wt%; 0~0.18wt%	Trd-Kln-Alu, Qtz-Py
Tiwi-Mt. Malinao	85ppb(c),		674ppm(c)	722ppm(c)	As:108ppm(C), P:2110ppm(C)	223~251°C, Av.237°C; 241~288°C, Av.262°C; 232~283°C, Av.270°C; 208~283, Av.237°C(C)	1.9~2.4wt%; 0.4~1.2wt%; 0.2~0.5wt% 0.7~1.0wt%	Qtz-K-f-Ser, Qtz-Ser-Anh, Qtz-Chl-Ab
Bacon-Manito	25ppb	434ppm, 146ppm,		112ppm	P:1200ppm, Cr:1440ppm	n.a.	n.a.	Crs-Alu, Crs-Kln-Alu, Crs-Alu-Ba, Crs-Smc-Alu, Crs-Kln-Prl-Fy, Crs-Prl-Alu, Crs-Hal, Qtz-Alu, Qtz-Mi, Kln-Mi-Goe,
Magallanes-Mt. Bintacan						n.a.	n.a.	Crs-Hal-Geo, Crs-Hal-Alu
Bacolodo					As:1930ppm, P:1290ppm	n.a.	n.a.	Pi-S/S-Cal
Irosin-Gabao-Bulan	10ppb,	123ppm		124ppm	Fe:13.05%, P:2120ppm,	n.a.	n.a.	Qtz-Smc-C/S, Qtz-S/S-Hal, Qtz-Kln-Smc-Dol, Qtz-Mi, Qtz-Kln-Alu, Crs-Kln-Alu, Crs-Kln-Smc
San Roque-Mt. Malogabo						n.a.	n.a.	Crs-Alu-Kln, Crs-Alu
Gate Mountains	150ppb	212ppm, 118ppm			Mo:36ppm, Fe:10.85%,	n.a.	n.a.	Crs-Kln, Crs-smc-Hal-Alu, Crs-Alu, Qtz-Alu, Qtz-Pi-Smc-Gyp-Py

>10ppb second

>100ppm second

>100ppm second

>100ppm second

Ni:>100ppm
Co:>50ppm
Cr:>500ppm
P:>1000ppm
Mo:>20ppm
Mg>8%
Fe:>10%
As:>100ppm
Bi:>50ppm

Qtz:Quartz
Crs:Cristobalite
Trd:Trydimite
Smc:Smectite
S/S:Sericite/Smectite interlayered clay
Ser:Sericite
Hal:Halloysite
Kln:Kaolinite
Alu:Alunite
Mi:Minamiite

Gyp:Gypsum
Anh:Anhydrite
Pl:Plagioclase
Ab:Albite
S/S:Sericite/Smectite interlayered clay
Py:Pyrite
Goe:Goethite
Cal:Calcite
Dol:Dolomite

第4章 空中物理探査

4-1 測定地区

既存資料解析、衛星画像解析、グラントルースの結果を基に、以下の地区を空中物理探査（空中磁気探査・空中放射能探査）の対象地区として選定した。（Fig. II-4-1）

- 1) Tiwi 地区（Buhiの北の地区）
- 2) Legaspi 地区（Bacon-Manito地区）
- 3) Irosin 地区（Irosinの南の地区）

各地区の緯度・経度は次のとおり。

- 1) N13° 33':E123° 40'-N13° 26':E123° 40'-N13° 26':E123° 30'-N13° 33':E123° 30'
- 2) N13° 10':E123° 56'-N13° 00':E123° 56'-N13° 00':E123° 49'-N13° 10':E123° 49'
- 3) N12° 45':E124° 10'-N12° 30':E124° 10'-N12° 30':E123° 56'-N12° 45':E123° 56'

このうち、海の範囲は除く。

〔選定理由〕

グラントルースから有望地として抽出された地区のうち、次の選定基準から 3 地区を選んだ。

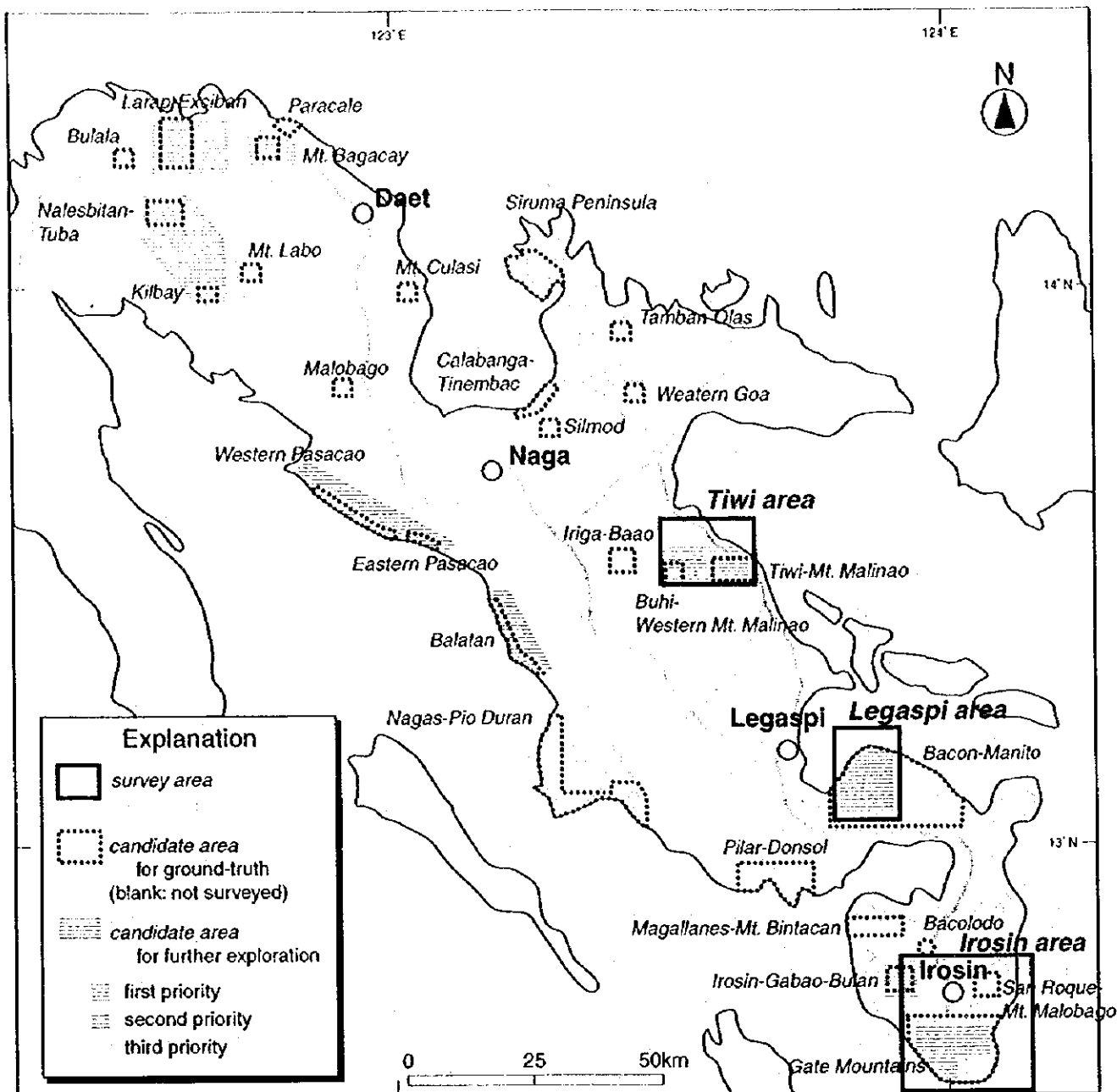
- 1) 浅熱水性金鉱床が存在する可能性の高い地区を優先する。
- 2) 鉱区設定状況から、FTAAが設定されていない地区を優先する。

鉱床賦存ポテンシャルという観点からは、カマリネスノルテ地区の既存鉱床地帯周辺も有望であるが、この地区は、上記の選定基準からは外れてしまう。

各地区の範囲設定は、次のような観点に基づき行った。

(1) Tiwi 地区

- ・ Mt.Malinaoの北西側は、地形的に開析が進み、Mt.Malinoよりも古く、熱水鉱床が存在するとすれば、より浅いところに鉱徴を把握することが可能である。
- ・ グラントルースでは、Lake Buhi東岸で、多くの珪化岩及び石英脈の転石が認められ、本地区に浅熱水性変質帯が広く分布することが推定され、同じタイプの鉱床が



SURVEY AREA

Tiwi area :	N13° 33'	E123° 30'	N13° 33'	E123° 40'
	N13° 26'	E123° 30'	N13° 26'	E123° 40'
Legaspi area:	N13° 10'	E123° 49'	N13° 10'	E123° 56'
	N13° 00'	E123° 49'	N13° 00'	E123° 56'
Irosin area:	N12° 45'	E123° 56'	N12° 45'	E124° 10'
	N12° 30'	E123° 56'	N12° 30'	E124° 10'

Figure II-4-1 Areas for Airborne Geophysical Survey

存在する可能性がある。

- ・衛星画像解析では、この範囲に、NE系とNW系のリニアメントが交差密集する。
- ・Tiwiの活地熱系では、Low-sulfidation styleの鉱化作用が地熱ボーリングで確認されていることから、本地区にも同様の鉱床が存在する可能性がある。
- ・グランドトルースでは、アクセスが悪く、変質帯の分布を十分把握することが出来なかった事と、既存データも少ない事から、空中磁気探査からこれらを明らかに出来る可能性がある。
- ・世銀がおこなった空中磁気（測線間隔約2km、極磁気変換を行ってないデータ）でも、この地区に、小さな磁気異常があり、これを詳細に明らかにすることで、変質帯あるいは地熱系の広がり解析が可能である。

(2) Legaspi 地区

- ・グランドトルースでは、浅熱水系の浅部を示す変質帯が広く分布する事が明らかとなり、これらの深部に浅熱水性金鉱床が存在する可能性がある。
- ・調査範囲の東端には、活地熱系が存在し、上記変質帯は、その西側のやや古い火山岩地帯に分布する。熱水は、西側の変質帯においても、現在と同系列の断裂を通路としていた可能性があり、空中磁気探査により、これらの断裂の解析が可能になれば、有望地をより絞り込む事が出来る。
- ・ただし、Bacon-Manito地域東側の新しい火山分布域は調査範囲から除いた。これは新しすぎて、熱水鉱床はまだ形成されていないか、形成されていても深部に位置するであろうと考えるからである。
- ・衛星画像解析では、NS系、EW系のリニアメントが交差密集する。

(3) Irosin 地区

- ・本地区には、鮮新世から更新世の比較的開析が進んだ火山体が分布し、グランドトルースにおいて、浅熱水系の浅い部分の変質帯が分布する事が明らかとなった。
- ・衛星画像解析では、NE系とNW系およびNS系のリニアメントが交差密集する。グランドトルースでは、比較的広い変質帯が、NW系のリニアメントに沿って分布する事が明らかとなり、空中磁気探査により、断裂系と変質帯の関係がより明らかに出来ると考えられる。
- ・本地区は他に比べ比較的広いが、アクセスが悪く、既存データも少ない。従って、空中磁気探査によって情報量を増やすことにより、次年度より効率的な調査が可能になると考える。

4-2 測定計画

精度の高いデータを取得するため、出来るだけ地上に近く、測定時の対地高度を一定にする必要がある。火山の多い半島部である当該地域の地形の起伏が激しい点を考慮し、ヘリコプターによる測定とする事とした。測定は空中磁気その他、空中放射能3成分も測定する事とし、測線間隔200m、対地高度80mとした。Fig. II-4-2~II-4-4に測線計画図を示す。測定仕様は以下の通りであるが、これらの仕様はオーストラリア国政府がフィリピン共和国ルソン島北部、ミンダナオ島において実施する空中磁気・放射能探査計画と同じであり、金属鉱業事業団が九州の北薩・串木野地域、北海道の北部地域において、同様の調査をした計画とも同じである。

測定仕様

飛行測線間隔：200m 飛行測線方向：南北
補助測線間隔：1000m 補助測線方向：東西
センサー高度：80m 磁力計サンプリング間隔：～5m
磁力計サイクル間隔：0.1秒 磁力計分解能：0.001 n T
放射能サンプリング間隔：～50m 放射能サイクル間隔：1秒
GPSサイクル間隔：1秒

4-3 測定者

測定は、前述したフィリピン共和国におけるオーストラリアの調査、日本における金属鉱業事業団の調査において請負調査実績を有するオーストラリア国の World Geoscience Co. Ltd.(WGC 社)に依頼した。ヘリコプターは、やはり前述したフィリピン共和国におけるオーストラリア政府の調査で実績のあるフィリピン国の Airspan 社を選定した。

4-4 測定機器

測定機器は以下の通り。

- ・ Scintrex VIW2321/CS2 split beamセシウムセンサーと増幅器を備えた磁力計。これは、ヘリコプターに装着されるブーム（スティングアーマウント）に搭載される。
- ・ Picodas PDAS 1000 データ取得システム：ヘリコプター運航に伴う磁気ノイズをリアルタイムあるいはデータ取得後に補償する。
- ・ Picodas PGAM 256 チャンネル自動補正スペクトルメータ
- ・ 16.75リットルNaI結晶センサー（1台）

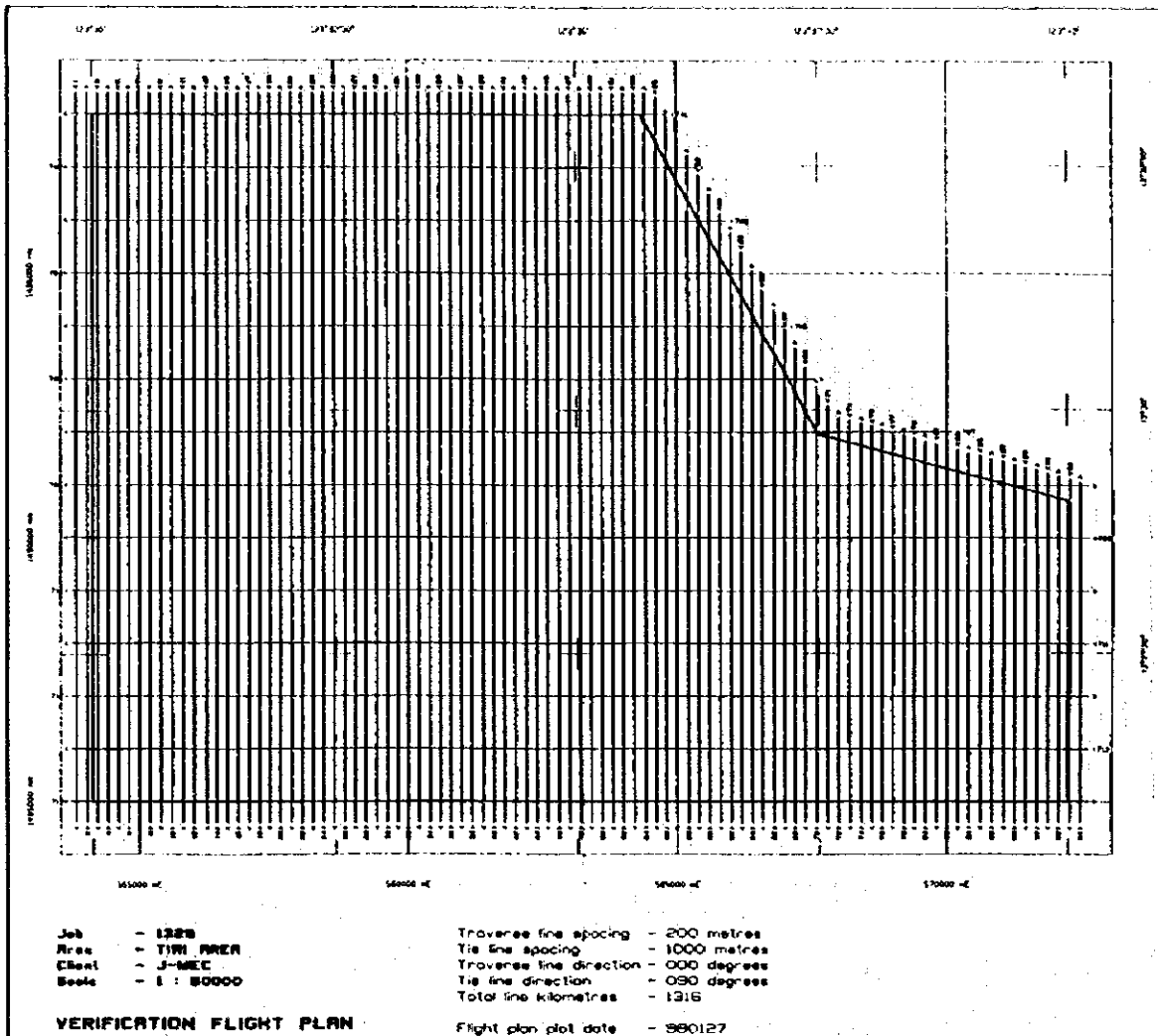


Figure II-4-2 Flight Plan of Tiwi Area

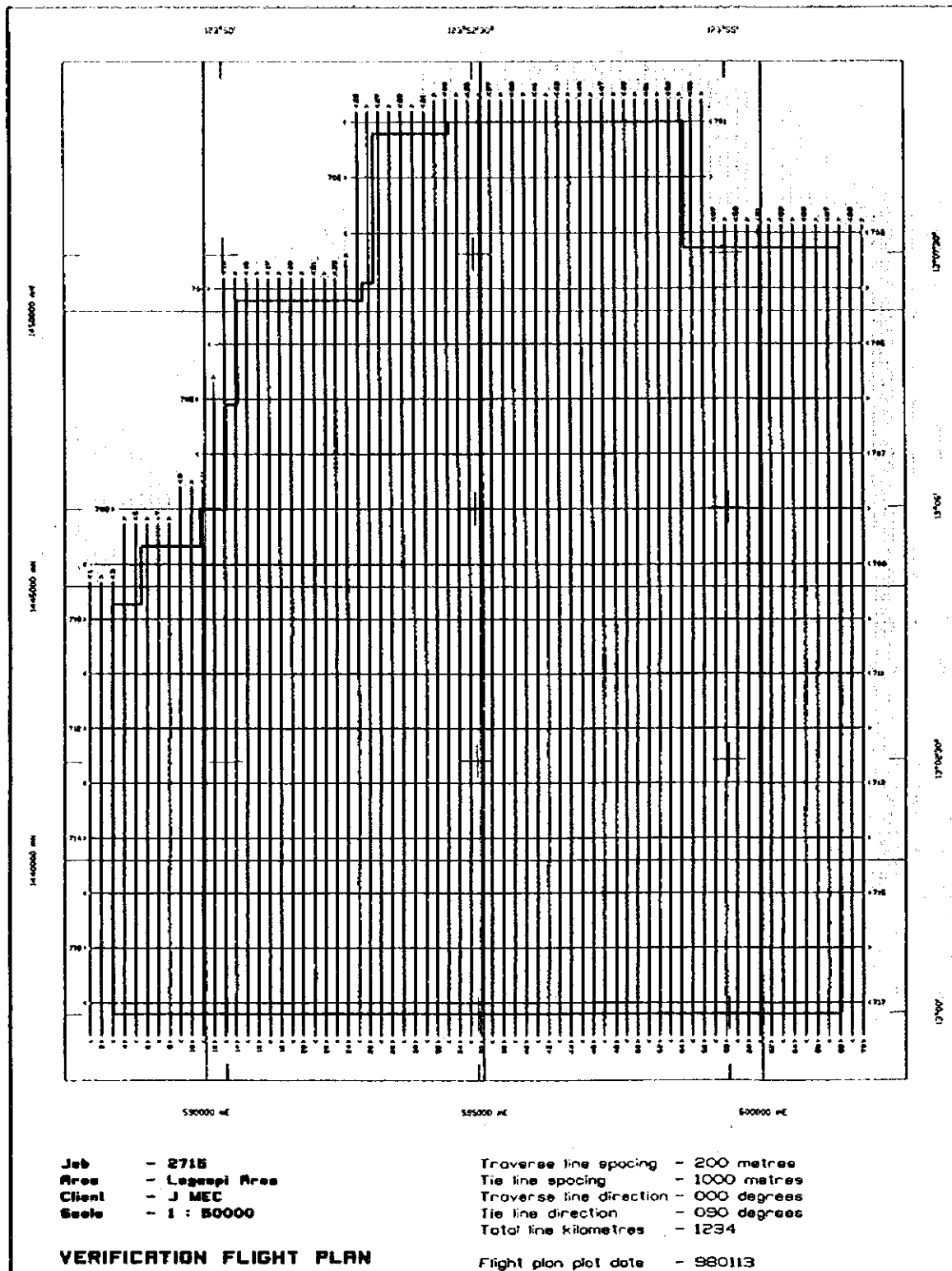


Figure II-4-3 Flight Plan of Legaspi Area

- ・電波高度計
- ・被圧高度計
- ・WGC社ビデオ飛行追跡システム
- ・Differential GPS 衛星ナビゲーションシステム
- ・Picodas PNAV 2001 ナビゲーションシステム
- ・DC 2120 カートリッジ・ドライブ/フロッピー・ディスクを備えたPentium 486 PCカ
ラー・プリンター
- ・WGC社データ質コントロール・監視ソフトウェア
- ・Picodas デイファレンシャル補正ソフトウェア

4-5 データ取得

以下のデータがデジタルにてディスク上に記録され、後に磁気テープ上にコピーされ
る。

- ・測定時刻
- ・電波高度
- ・被圧高度
- ・磁気測定値 (補正前)
- ・磁気測定値 (補正後)
- ・放射能下方計数合計 (補正前)
- ・放射能下方計数 K (補正前)
- ・放射能下方計数 U (補正前)
- ・放射能下方計数 Th (補正前)
- ・放射能下方宇宙線計数
- ・放射能スペクトル (0.3~2.995MeV, 225チャンネル, 1秒毎測定)
- ・WGS-84 緯度 (ナビゲーションシステムより)
- ・WGS-84 経度 (ナビゲーションシステムより)
- ・Develco 3軸フラックスゲート型磁力計測定値
- ・飛行番号、測線番号等 (手動入力)

第5章 考察

5-1 地質構造・鉍化作用の特性と鉍化規制

ピコール地域の地質をよりわかりやすくするために、その時代と分布から、大まかに次のようにまとめ、その地質図を Fig. II-5-1 に示す。

基盤である白亜系：白亜紀後期のオフィオライトシーケンスおよび白亜紀後期の堆積岩類

暁新統～始新統：堆積岩類

漸新統～前期鮮新統：おもに堆積岩類からなる。一部の火山岩類（Larap火山岩類およびRagay火山岩類）を含む。鮮新世の火山岩類は含まない。

鮮新統～更新統・完新統：火山岩類からなる。更新世の堆積岩類および沖積層は含まない。

漸新統～中新統：貫入岩類、おもに閃緑岩からなる。

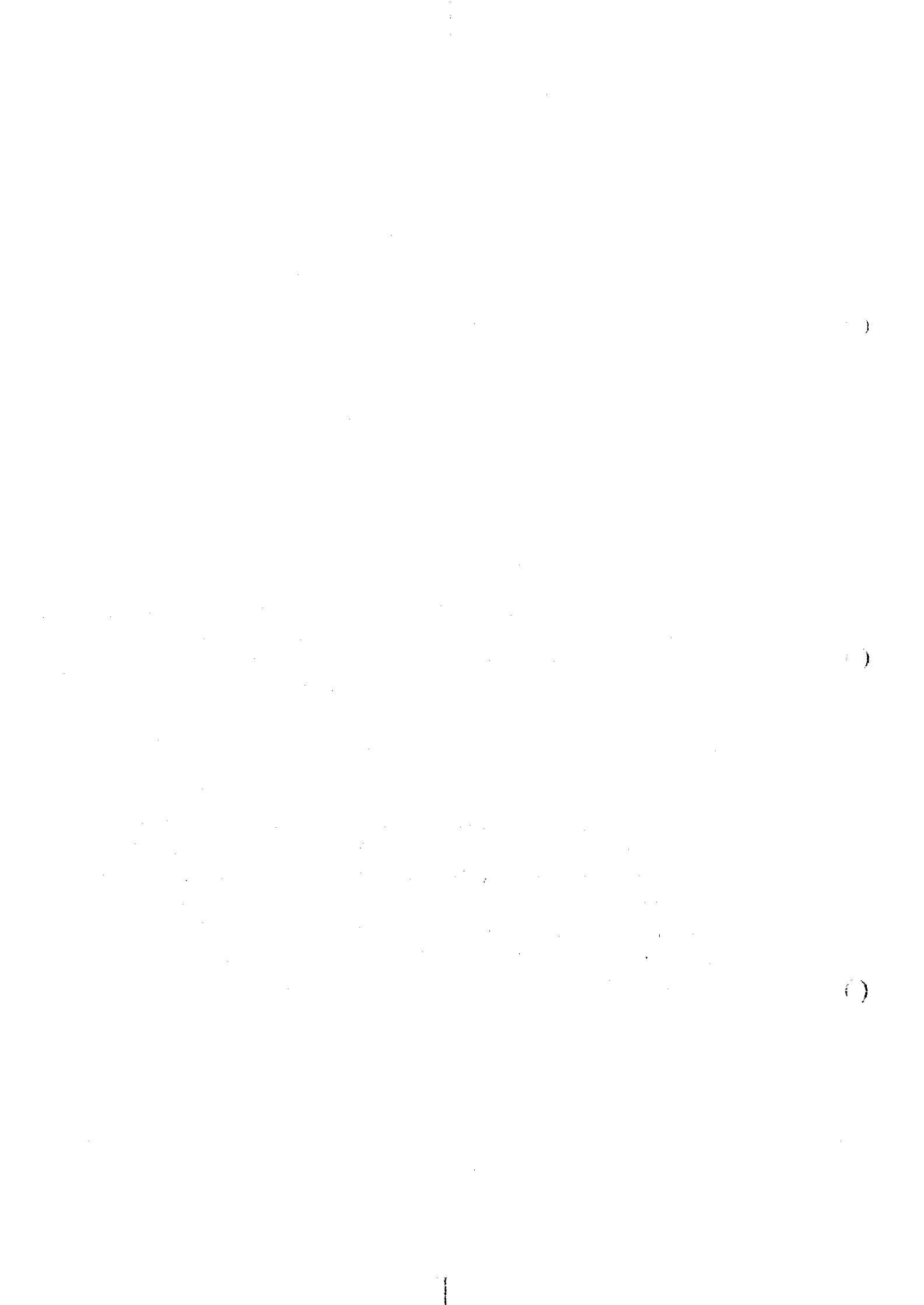
ピコール地域の地質分布は、ピコール半島の伸長方向にほぼ平行に、3つのゾーンが並ぶことで特徴づけられる (Fig.II-5-1)。

ピコール半島の伸長方向に沿った北東側には、白亜系オフィオライトシーケンスからなる基盤岩が分布し、これに第三紀漸新世から中新世の深成岩が貫入している。一方、Mt. Cadig 付近に広く白亜紀のオフィオライトシーケンスと堆積岩が分布し、Panganiran 半島にもオフィオライトの一部が分布する。また、今回のグランドトールスによって、Paracale 東部にも緑色片岩が分布することが確認されていることから、ピコール半島の南西側海岸沿には、基本的に北東側と同じ基盤が分布する。同様に漸新世～中新世の閃緑岩類が分布する。

南西側は北東側に比べ、基盤岩の露出がかぎられている。これは、基盤岩分布域が小さいことと、南西側は、NW-SE 方向に帯状に分布する漸新世以降の堆積岩類に、基盤岩類が覆われているためだと考えられる。これらの堆積岩類は、南東側では、WNW 系の断層に沿ってその分布域を広げ、Sorsogon 湾周辺では、若い火山岩類に覆われ、その分布を追うことができなくなる。

北東側および南西側のゾーンに挟まれたゾーンには、鮮新世～現世の火山岩類が分布する。火山岩類の分布も、上記二つのゾーンと同様にピコール半島の伸長方向にほぼ平行に配列する。これらは、フィリピン海溝でのフィリピン海プレートの沈み込みに対応した火山活動の産物と考えられる。

以上のような地質的特徴から、ピコール半島を次の3帯に区分する (Fig. II-5-1)。各帯の



名称は便宜的なものであるが、以下の記述では本名称を用いる。

1. 北東帯：ピコール半島の伸長方向に沿った北東側：Camarines Norte の北部—Caramoan 半島—Catanduanes 島—Rapu Rapu 島を連ねるゾーンである。
2. 南西帯：ピコール半島の南西側海岸沿：Camarines Norte の Cadig 山から Pasacao, Balatan を経て Panganiran 半島につながる。この南東側延長は不明であるが、Sorsogon の南端に連続する可能性がある。なぜなら同地域には高重力域が分布し、基盤岩が比較的浅い部分に分布することが示唆されているからである。今回の分帯は、基盤岩分布に重点を置いている。もし、これを覆う漸進世以降の堆積岩類の分布に注目すれば、南西帯と中央帯を分ける境界は、より内陸側の WNW 系の断層として良いかもしれない。この場合、南西帯は Bacon—Manito 地域～Sorsogon 湾周辺で、延長が途切れる。
3. 中央帯：北東側および南西側のゾーンに挟まれたゾーン：鮮新世から第四紀火山岩が分布域に相当する地域である。Mt. Labo, Mt. Culasi, Mt. Isarog, Mt. Iriga, Mt. Malinao, Mt. Pulog (Bacon-Manito) および Mt. Bulusan を結ぶ火山分布域である。これらの火山の周辺には、ややそれより古い鮮新世～更新世の火山岩が分布するところがあり、地形的な開折が進んでいる。

次に、ピコール地域に分布する金属鉱床・鉱徴地の分布(Fig. II-5-1)と地質の関係を見ると、分布する地質を反映して、各帯毎に特徴がある。以下に各帯毎に、どのような鉱床・鉱徴が分布するかを概観し、そこに期待される鉱化作用について記述する。

北東帯

本帯は、鉱床胚胎レベルが露出しており、したがって、過去から多くの探査が行われ、多くの鉱床・鉱徴地が発見されている。地質を反映し、本帯の鉱化作用は、大きくは超塩基性岩に由来するもの、緑色片岩・雲母片岩などの海洋地殻上層を構成した岩石に由来するもの、中新世のマグマ活動に起因するものに分類することができる。

Cr, Ni はオフィオライトシーケンスの超塩基性岩に由来する。クロマイトはポディフォーム型であり、ダナイトに伴われる。ニッケルはラテライトに伴われるものである。

Au, Cu, Fe, Mo は中新世のマグマ活動に起因する。Cu には片岩中に産するものがあり、Mn はほとんど片岩中に産する。ポーフィリー型、スカルン型鉱床に由来するものが多い。中新世のマグマ活動に起因する Au, Cu, Fe, Mo 鉱床・鉱徴地は、Jose Panganiban-Paracale 地区に最も多く分布し、この南側の Sta. Elena—Tabas 地区には Fe 鉱床・鉱徴地が最も多く、Cu, Au 鉱床・鉱徴地も分布する。

Jose Panganiban-Paracale 地域に分布する金鉱床は、Mitchell and Leach (1991)によれば、

鮮新世のデイサイト質貫入岩に起因する浅熱水性金鉱床としている。しかし、グランドトルース調査の結果（第3章グランドトルース調査、Paracale 地域、Irap-Exiban 地域参照）および既存文献データは、本地域の金鉱床は、次のような特徴をもつことを示している。すなわち、1) 金以外に鉛、亜鉛、銅などのベースメタルを多量に伴う、2) 石英脈には、crustiform banding は観察されず、石英脈は結晶化が進んだ粗粒の石英からなる、3) 脈際の変質鉱物および pervasive な変質帯の変質鉱物は、石英-矽石の組み合わせが多い、4) 流体包有物均質化温度は、250~300℃を示し、10~20wt%の比較的高塩濃度を示す。このような性質は、浅熱水性鉱脈というよりもむしろポーフリー型鉱床周辺に分布する金・ベースメタル鉱脈鉱床あるいは、Pluton-related の鉱脈型鉱床である可能性の方が高い。なお、Sillitoe et al. (1990)も同様な指摘をしている。

これらの脈は、NE-SW 系 (N10° E~N40° E) が多く、中新世貫入岩に関係した鉱化作用をコントロールした断裂系は NE 系であった可能性がある。ただし、Tidi 鉱床などの幾つかの鉱脈は、Universal 層の走向にほぼ平行な NW 方向のものもある。

Caramoan 半島西部の漂砂鉱床地帯に観察される脈に伴われる金鉱床については、緑色片岩・雲母片岩中の剪断帯に胚胎する mesothermal 型の石英脈に由来すると思われる。産状からは、変成岩中の segregation 脈と考えられる石英脈にも金鉱化が認められる。

片岩に分布する銅鉱床・鉱徴は、火山性塊状硫化鉱床であり、Rapu Rapu 島にかつて稼行された鉱床が分布する。カラモアン半島の東部に分布する Cu 鉱徴も同様のタイプであり、片岩の片理にほぼ平行に胚胎する。黄鉄鉱が主体でこれに黄銅鉱が伴われる。Mn については、海洋地殻の表面に生じたマンガン鉱床が付加帯のなかで定置した可能性がある。片岩に伴われる鉱床・鉱徴は、基本的に片岩の片理や構造に調和的である。

本帯は、ほとんどあますところなく鉱区が設定されている。

南西帯

本帯には、幾つかの銅鉱徴地が知られる。銅に伴い金の鉱徴地も分布する。これらは、閃緑岩および安山岩中の石英脈に黄銅鉱および斑銅鉱が伴われるもの、あるいは安山岩中の剪断帯あるいは断層沿いに鉱化作用が認められるものである。鉱徴の規模が小さいこと、十分な調査がなく、データが乏しいことから、鉱化作用のタイプを特定することは難しい。しかし、これらの銅、金の鉱徴地付近には閃緑岩が分布することから、ポーフリー型鉱床あるいは、深成岩に関係した mesothermal 鉱脈型鉱床が賦存する可能性を考える。また、閃緑岩体の貫入時期よりも古い石灰岩が分布することから、カーリン型の金鉱床が期待される他、スカルン型鉱床の存在が予想される。ただし、これらの石灰岩の分布域は小さいため鉱床賦存のポテンシャルは低いと考える。

本帯はほとんど全てに FTAA の申請がなされている。全てが金属鉱床を対象にしたものではなく、石灰岩に対する鉱区もある。

中央帯

本帯には、Nalsbitan 鉱床を除き金属鉱床の分布はなく、地化学異常レベルの金、銅の鉱徴、示徴程度が分布する。グランドトルースの結果では、火山体地形が残る第四紀火山の周辺に、より開析された火山岩類が分布し、この地帯には蒸気加熱型の変質帯が発達していることが明らかになった。新しい地質体が分布するため、まだ、鉱床胚胎レベルまで削剥が進んでいないが、浅熱水系の浅部現象が観察される。一部には、深部からの流体が地表付近まで到達したことが推定され、浅熱水性金鉱床が深部に存在する可能性が高いゾーンも存在する。現世の地熱地帯も本帯中に含まれる。現在の地熱系は、NW 系の断層を貯留層にするものが多い。本帯では、Nalsbitan 地域、Bacon-Manito 地域を除いて、金属鉱床を目的とした探査は実施されていない。したがって、鉱区の空白域が残る。

5-2 有望地域の選定

ピコール地域の地質、鉱床・鉱徴地、リニアメント、広域重力および広域空中磁気異常を重ねあわせた総合解析図を Fig. II-5-1 に示す。グランドトルース調査地域は、このようなデータをもとに、第 3 章で述べた選定基準に基づき、スケジュール内で調査できる範囲で実施した。なお、カラモアン半島の中央部から東部については、火山性塊状硫化物鉱床のポテンシャルが高く、リニアメント解析でも有望地として抽出されたが、アクセスが極めて悪いことおよび治安状況から、今回は、グランドトルース調査対象域から除外した。

今回グランドトルースをした地域を 3 帯に分けると Table II-5-1 のようになる。グランドトルース調査終了後、現地において有望と考えられる地域を選定した。この経緯を簡単にまとめたものを Fig. II-5-2 に示す。グランドトルース調査後、現地で選定した有望地域は、Fig. II-5-2 および Fig. II-5-3 に示す 12 地域である。この時点で選定した有望地は、ある程度の規模の変質帯あるいは鉱徴が観察され、その産状および性質から鉱床が存在する可能性がある地域である（詳細は、第 3 章グランドトルース調査参照）。

この 12 地域に対し、グランドトルース調査終了時点で優先度を付した。

優先度を付すに当たっては、将来政府間ベースでの調査への発展性を加味し、鉱区設定状況におもみをつけ、空白域あるいは MPSA 申請域で優先度が高くなるようにした。鉱種については金・銅に高い優先度を与え、鉱化作用のタイプでは、ポーフィリー型および浅熱水性鉱床に高い優先度を与えた (Table II-3-2, Fig. II-5-3)。

鉱床胚胎レベルが露出する北東帯および南西帯に分布する地域については、鉱床が分布し、かつ鉱区設定状況から政府間ベースの調査が可能なところを第一優先度とした (Larap-Exiban, Mt. Bagacay)。中央帯では、浅熱水性鉱床を示唆する比較的大きな変質帯が分布し、鉱区が空白あるいは PNOC の地熱開発鉱区のもの第一優先度とした (Tiwi-Mt. Malinao, Bacon-Manito, Irosin-Gabao-Bulan, Gate Mountain, Kilbay)。また、鉱床が存在する場合には、

Table II-5-1 Qualitative features of the three belts

	Northeastern belt	Southwestern belt	Central belt
geology	Basement Cretaceous Ophiolite Cretaceous sediments Oligocene-Middle Miocene diorite Eocene sediments	Basement Cretaceous Ophiolite Cretaceous sediments Oligocene diorite Eocene sediments Oligocene-Pliocene sediments	 Oligocene-Pliocene sediments Pliocene-Pleistocene volcanic rocks
feature of alteration	sericite, illite-quartz, skarn	sericite, illite-quartz	cristobalite-kaolinite- alunite, quartz- minamiite
temperature	high	high, low	low
salinity	high	moderate, low	low
eroded level	deep	deep, partly shallow	shallow
existing mineralization	porphyry type, skarn type, mesothermal vein, VMS,(epithermal)	porphyry type? pluton-related vein?	unknown except for Nalesbitan (high- sulfidation epithermal)
chemical features	high Au, base metals	moderate Au, base metals	low Au, base metals
ground truth areas	Paracale Larap-Exiban Mt. Bagacay Bulala Siruma Peninsula Tamban-Olas Western Goa	Western Pasacao Eastern Pasacao Balatan Nagas-Pio Duran Pilar-Donsol	Nalesbitan Mt. Labo Kilbay Mt. Culasi Calabanga-Tinenbac Iriga-Baao Buhi-Western Mt. Malinao Tiwi-Mt. Malinao Bacon-Manito Magallanes-Mt. Bintacan Bacolodo Irosin-Gabao-Bulan San Roque-Mt. Malobago Gate Mountains
expected mineralization	porphyry, skarn, VMS, peripheral vein of porphyry system	skarn, pluton-related vein,	epithermal
mining rights	FTAA, MPSA	FTAA, MPSA	mostly vacant

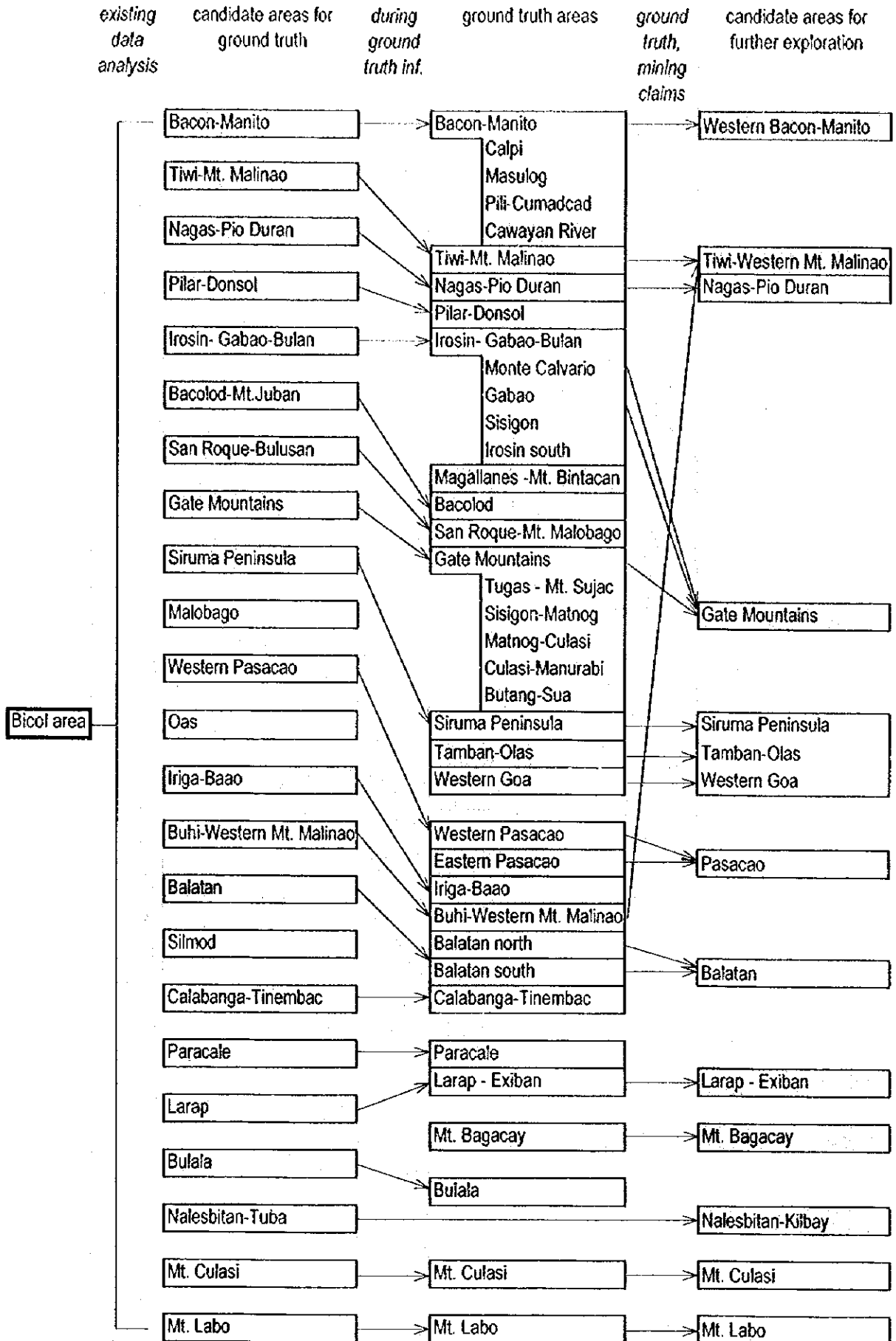
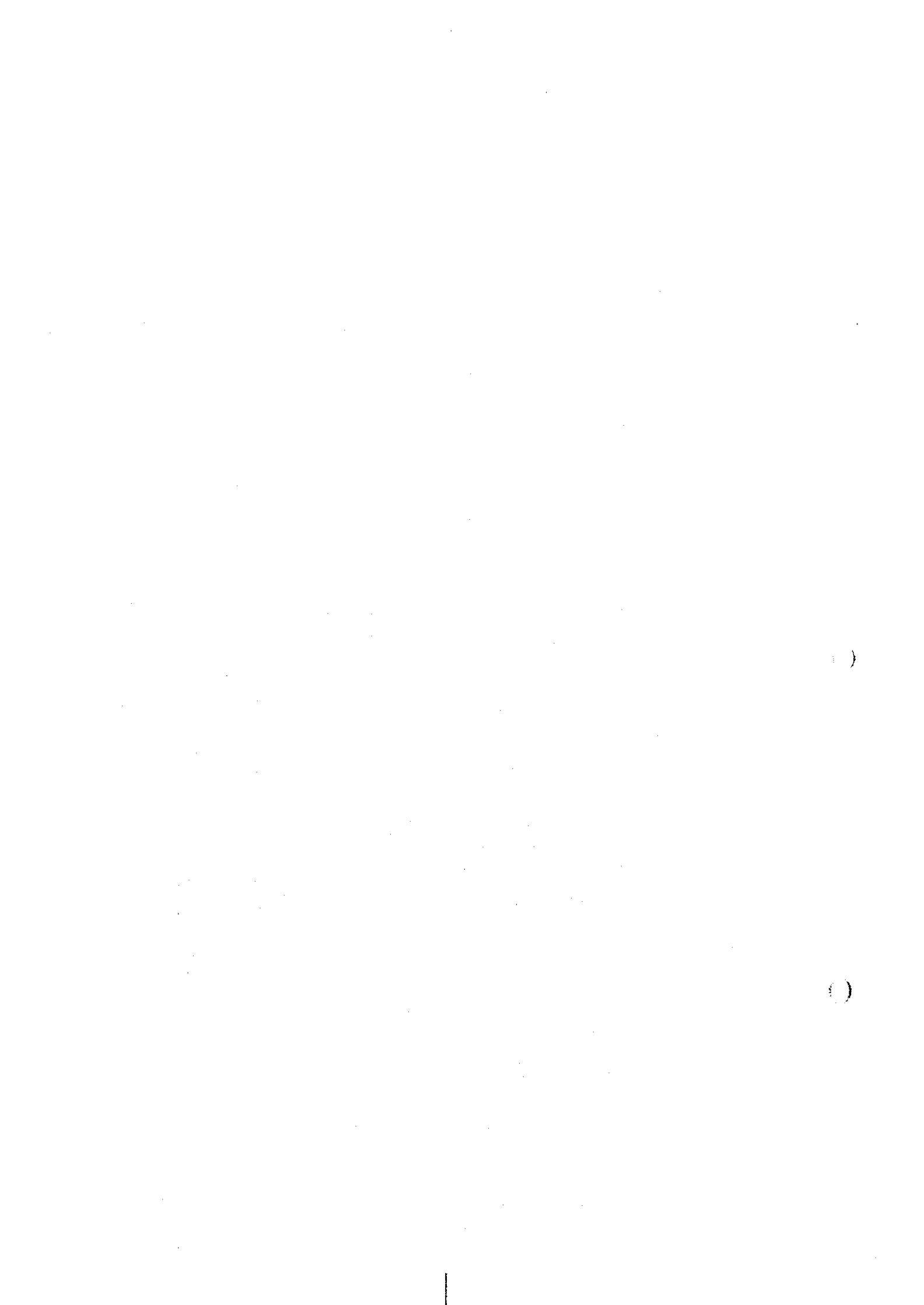


Fig. II-5-2 Process of the selection of promising areas from the ground truth survey



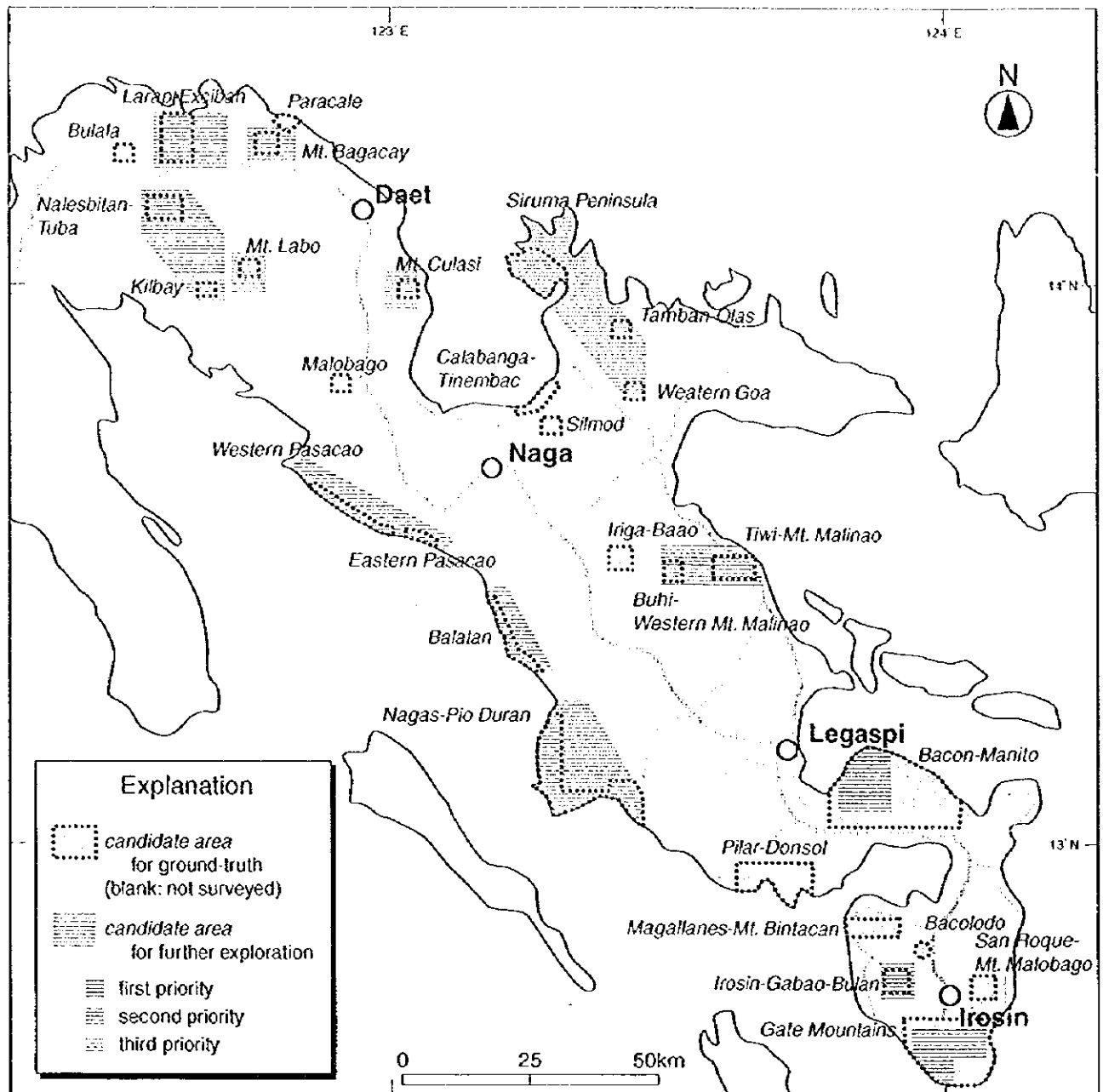
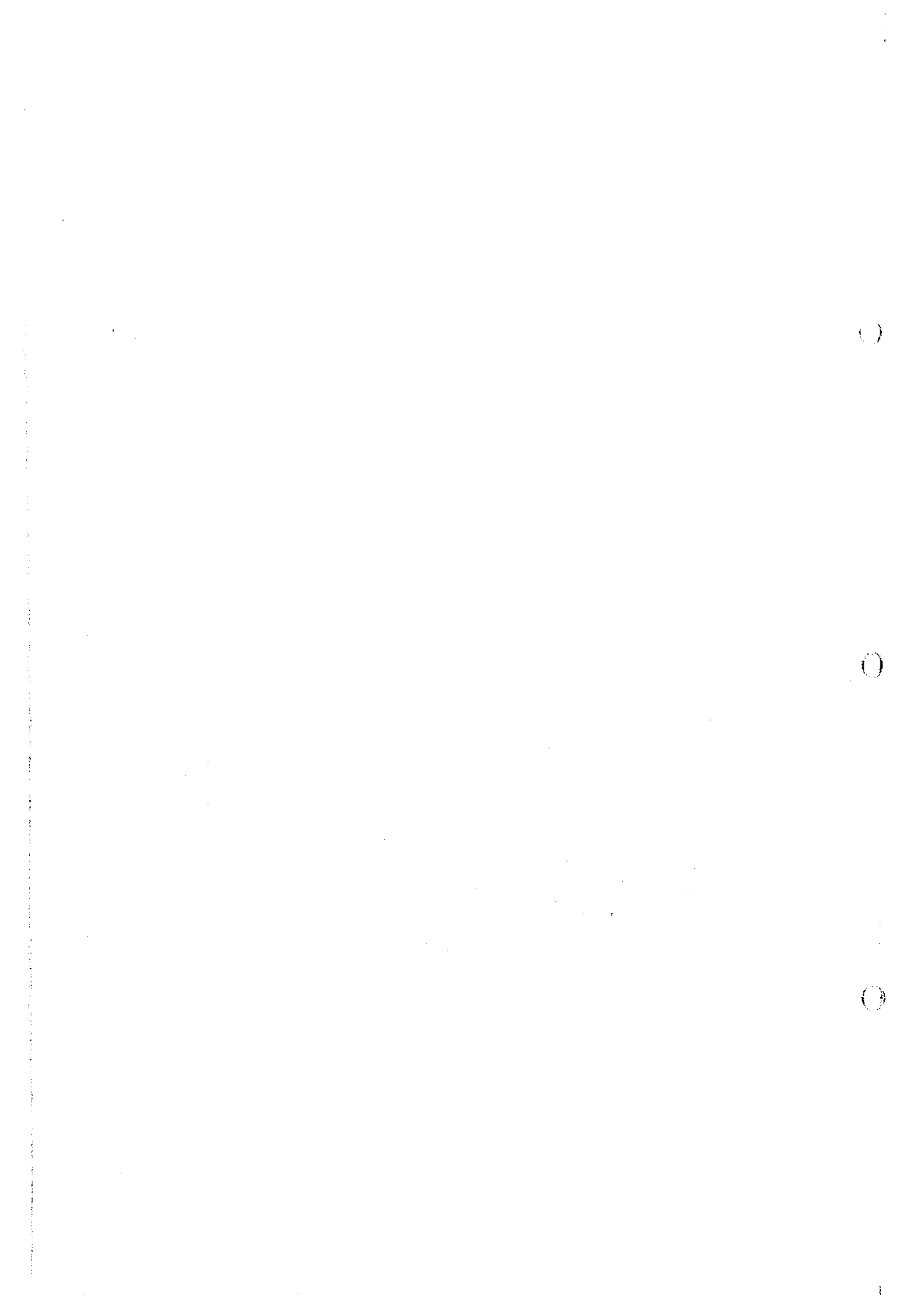


Fig.II-5-3 Promising areas from the ground truth survey



鉱区が設定済みであっても第一優先度とした (Nalesbitan)。

その後、化学分析値、X線回折等の室内試験結果を加味し検討したが、選定される有望地に基本的に変りはない。室内試験データおよび、新しく入手した情報に基づき、以下に有望地の選定を行う。選定基準および優先度の基準は、グラントルース調査終了時のそれと同じである。

前節で述べたように、北東帯で、ポーフィリー型銅・金鉱床およびその周辺の鉱脈型金・ベースメタル鉱床が期待されるのは、Mt. Bagacay 地域および Larap-Exiban 地域である。これらの地域には、第3章で述べたように、第三紀貫入岩近傍に、ポーフィリー型銅・金鉱床、スカルン型鉱床および鉱脈型金・ベースメタル鉱床が多数分布する。United Nations (1987)により詳細な調査が実施され、民間ベースの探査も実施されているが、鉄スカルンおよび鉱脈型金・ベースメタル鉱床が、ポーフィリー型銅・金鉱床と成因的に関係している可能性があり、この観点からこれらの地域を見直すことによって探査余地は十分あると考える。Paracale 地域ももちろんポテンシャルは高いが、ここは、ピコール地域で唯一稼行している金鉱山が存在し、周辺にはスモールスケールマイナーによって金が採取されており、鉱区等の面で優先度は下がる。

Caramoan 半島の東部は、小さな火山性塊状硫化鉱床が分布するが、本地域は、FTAA が申請されており、治安およびアクセスが良くないとの情報から、今回はグラントルース調査対象地域からも外した経緯がある。しかし、最新の BMG Region V からの情報では、BMG の調査によって新たな火山性塊状硫化鉱床が発見され、治安およびアクセスも改善されたとのことであり、第2年次現地調査の候補地として挙げるができる。

南西帯では、既知鉱徴地があり、第三紀貫入岩が分布する Pasacao 地域、Balatan 地域および Nagas-Pio Duran 地域が有望である。しかし、前節でも述べたように、鉱徴地の規模が小さく、また FTAA 鉱区申請があることから優先度は落ちる。Tuba 地域については、今回グラントルース調査は行っていないため、他と同レベルでの優先度の判定は困難であるが、つぎの理由から次年度調査候補地として挙げるができる。Tuba 地域は、地質セッティングが Paracale 地域に似ていることから、Paracale 地域に分布するやや高温の金・ベースメタル鉱脈型鉱床が分布する可能性がある。Paracale 地域の鉱脈型鉱床は、そのほとんどは、NE 系の断裂に鉱化作用が生じていることから、本地域でも同方向のリニアメントが分布する地域を重点的に調査することが望まれる。一方の可能性として Nalesbitan 鉱床と同様な浅熱水性鉱床が分布する可能性もある。本地域は地質的には、基盤が分布し、南西帯に含められるが、鮮新世火山岩類分布域に極めて近く、Nalesbitan と同様の断裂系が発達していれば、これを通路として鮮新世の熱水系が発達する可能性もあるからである。

中央帯では、火山体の地形が保存されている第四紀火山岩分布域は、表層の被りが厚い。

比較的浸食が進んでいる Nalesbitan 地域を除いて、地表レベルでの鉱床発見は困難で、変質帯周辺の深部にこれを求める必要がある。中央帯の中では、次の 4 地域が高い優先度を持つ。

Tiwi-Mt.Malinau地域：Tiwi地熱地域の北西部

Bacon-Manito地域：Bac-Man地熱地域の西部

Gate Mountains地域：Irosinカルデラの南側

Mt. Laboの南西～Kilbay：Labo地熱地域の南西側

このうち、第 1 年次にグランドトールズ調査を実施していない Mt. Labo の南西～Kilbay 地域を除いて、上記 3 地域には、浅熱水系浅部を示す変質帯が発達する。多くは、蒸気加熱型の酸性変質帯であるが、その中に珪化脈や熱水角礫脈が分布し、一部には深部流体が地表付近まで上昇し、そこに金および銅の異常値をもたらしている場合がある。このようなことから、深部に浅熱水性金鉱化作用が起きている可能性がある。

Tiwi 地熱開発地域には深部において low-sulfidation タイプ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。これに隣接する Tiwi-Mt. Malinao 地域の北西部は、地熱開発地域よりも古い火山岩類が分布し、同じタイプの化石地熱系が発達していた可能性がある。

Bacon-Manito 地域に発達する蒸気加熱型酸性変質帯はミョウバン石で特徴付けられ、比較的強い酸性環境を示す。また、石英-ミョウバン石あるいは石英-ミナミアイトからなる珪化岩や熱水角礫脈が分布する。これらの鉱物組み合わせはより高温の酸性変質を示すものであることから、変質帯は火山ガスの寄与が大きい流体によって形成されたと考えられる。これらに Au (最高 25ppb) および Cu (最高 434ppm) の異常値が認められることも、火山ガスが直接地表近くに上昇した可能性を示す。このような環境では、high-sulfidation タイプの鉱化作用が深部で起こっている可能性もある。PNOC による IP 調査が実施されており、低比抵抗域から熱水活動領域が推定できる可能性がある。

Gate Mountains 地域では、変質帯に分布する珪化岩で、Au:150ppb, Mo:36ppm が検出され銅の異常値 (最高 212ppm) を示すものもある。グランドトールズ調査によって、熱水活動は NW-SE 方向の断裂にコントロールされた可能性が指摘された。

Kilbay 地域は情報不足およびスケジュールの関係から、今年度は現地調査を実施しなかった地域である。しかし、分布する火山岩類が、角閃石安山岩～デイサイトであることから大規模な熱水系が発達する可能性がある。同地域に分布するカオリン粘土鉱床は、熱水系の浅部現象と推定され、深部に熱水性鉱床が存在する可能性が高いと考える。このようなことから本地域は、有望と考えられ、第 2 年次の現地調査対象候補地域とする。

Nalesbitan は前述のとおり極めて有望であるが、第 1 部第 3 章で記述したように探鉱プロジェクトが進行中であることから、優先度は他に比べ低くなる。ただし、Nalesbitan を含

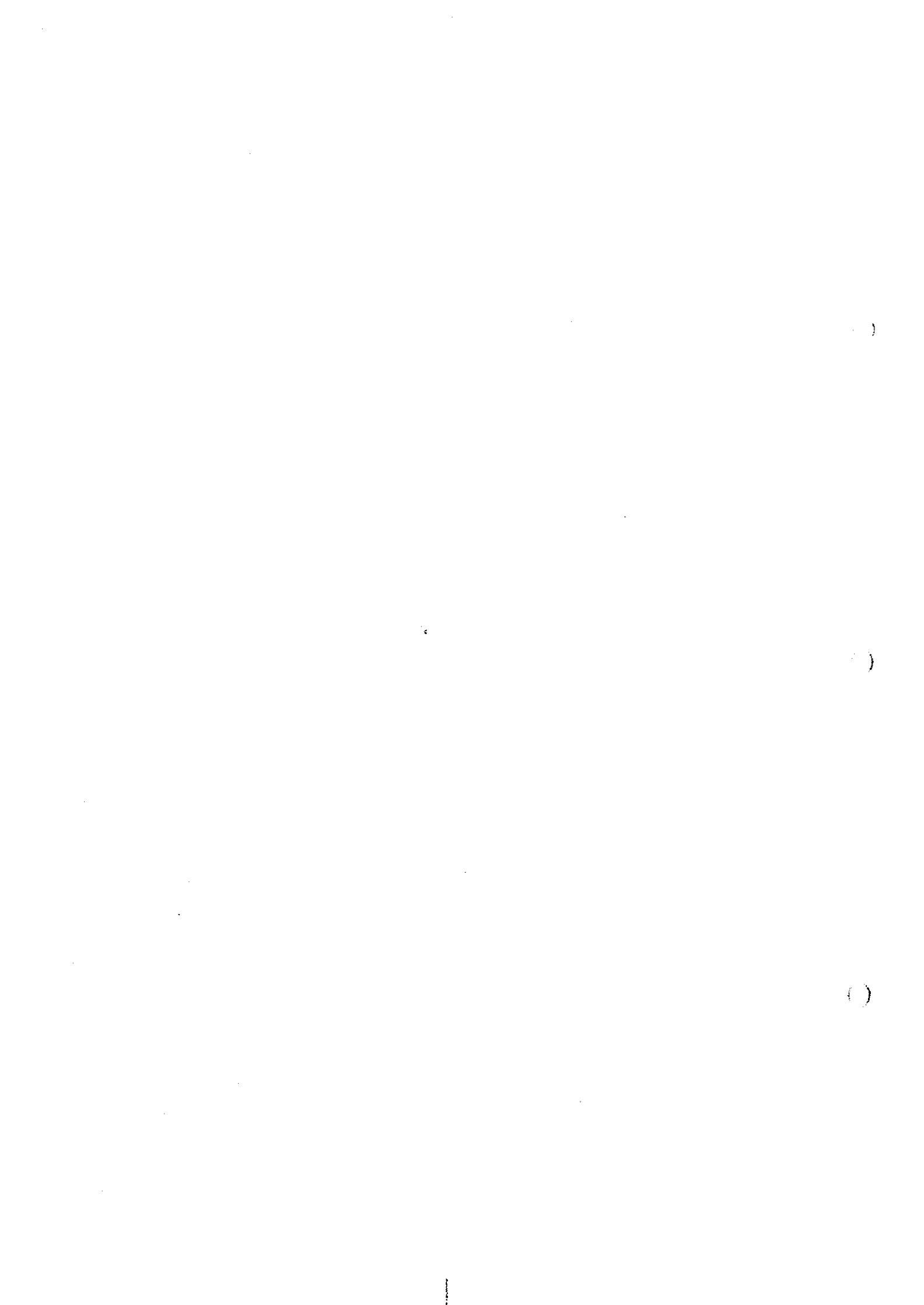
む NW-SE トレンド沿いは魅力ある地域である。

以上をまとめると、次の 8 地域が第 2 年次の現地調査対象候補地域として選定された。
これらの地域を Fig.II-5-4 に示す。

北東帯： Mt. Bagacay 地域、Larap-Exiban 地域、Caramoan 半島の東部地域

南西帯： Tuba 地域

中央帯： Kilbay 地域、Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域、Bacon-Manito 西部地域、
GateMountains 地域



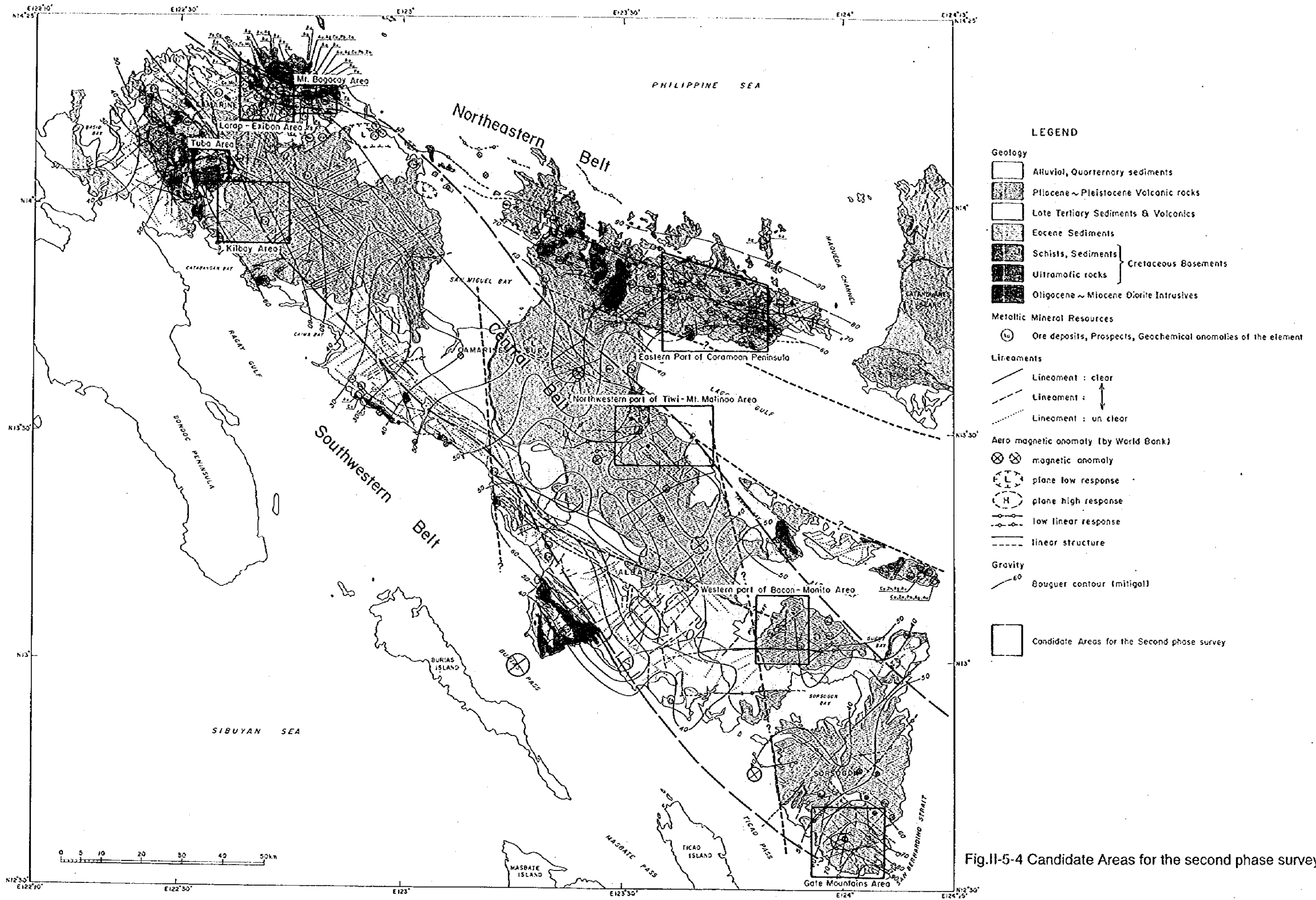


Fig.II-5-4 Candidate Areas for the second phase survey