

Table II-2-6 Geology of Mt. Bagacay area  
From BMG (1984)

<i>stratigraphy</i>	<i>lithology</i>	<i>age</i>
Ophiolite sequence	ultramafic rocks, gabbro → serpentinized	pre-Cretaceous?
Universal Formation	conglomerate, sandstone, shale, limestone	Late Paleocene - Eocene
Larap Volcanics	andesite, tuff breccia, lapilli tuff, welded tuff	Oligocene
Bosigon Formation	conglomerate, shale, sandstone, limestone, basalt,	Early Miocene
Bagacay Andesite	hornblende andesite	<i>Middle Miocene 13.40±0.7 Ma (K/Ar Hbl: this survey)</i>
Intrusives		
Paracale Granodiorite	medium-coarse gr. granodiorite Pl, Kf, Bt, Qtz; foliation at the margin	Middle Miocene 14.9 Ma (Bt; Wolfe, 1981) 17.1±0.9 Ma (Bt; UN, 1987)
Tamisan Diorite	Hbl diorite - quartz diorite medium gr. Pl, Hbl, Qtz	Middle Miocene

る転石 (PTH370) は、珪化アプライトである。鏡下では、部分的に斜長石斑晶があり、斑状組織である。黄鉄鉱の鉱染と磁鉄鉱鉱染があり、微細な黄銅鉱も認められる。この他、再結晶化した微細な黒雲母や、緑簾石、ヘマタイトが認められる。麓の方の Babel Prospect と呼ばれる地点では、転石として石英脈を採取した (PTH371, PTH372)。PTH371 は立方体結晶の黄鉄鉱をともなう高温石英からなる。流体包有物均質化温度は、173 - 235°C である。塩濃度は、4.65~8.28wt%NaClequiv. である。Au:28.27 g/t, Ag:31g/t, As:74ppm, Bi:78ppm, Cu:1315ppm, Pb:254ppm, Sb:32ppm, Zn:1040ppm といずれも高い値をもつ。特に金は、今回の調査で採取した試料中最大値をもつ。銅・鉛・亜鉛だけでなく、砒素、アンチモン、ビスマスが高いことが特徴である。PTH372 は、幅 1cm 程度の石英細脈のストックワークが入っている岩石である。鏡下では、石英脈際の母岩には多量の白雲母が生じており、細粒の黄鉄鉱および黄銅鉱の鉱染が認められる。黄銅鉱の周囲を青緑色のコペリンが被覆する。石英脈中には、粗粒の黄鉄鉱が存在し、黄鉄鉱中の包有物として微細な黄銅鉱が観察される。分析値は、Au:995ppb, Ag:10.8g/t, As:92ppm, Cu:1305ppm, Pb:1630ppm, Mo:114ppm, Sb:20ppm であり、ほぼ PTH371 と似たような化学的特徴を示す。Mo が高いことが PTH371 と異なる。

Pinagbirayan prospect : PTH373 は Pinagbirayan prospect にほぼ相当する露頭から採取したゲーサイト脈である。幅 3~4cm, 走向・傾斜 : N60° W, 60° N。酸化鉄には boxwork texture が認められ、硫化鉄物が酸化したことがわかる。おそらく金はこの硫化物に伴われ、酸化分解の過程で free gold になるのであろう。分析値は、Au:4330ppb, Cu:960ppm, Fe>15%, Bi:8ppm であり、金鉱化作用が認められる。貯鉱場があり、そこから塊状の磁鉄鉱石 (PTH374 : ヘマタイトに酸化している) を採取した。

#### <Nico Mineおよび周辺鉱徴地>

Nico MineへはDagang部落より未舗装道路を約1km, 四輪駆動車にて到達可能である。調査地区には暁新世 - 始新世の浅海性の堆積岩類を主体とするUniversal層と漸新世後期の変質安山岩からなるLarap Volcanicsが分布しており、両者は中新世のTamisan dioriteの貫入を被る。Dagang部落周辺の場合、Tamisan dioriteの分布は標高125mの東西に伸長する小丘におよそ一致しており、他方、Universal層およびLarap volcanicsは地形低所に位置を占める傾向がある。Tamisan dioriteは中粒~細粒、等方塊状の組織を呈し、角閃石および斜長石から構成される (PSM284, 285)。鏡下では、斑状組織を呈し、斜長石・角閃石斑晶と微細な石英・斜長石・カリ長石からなるマトリックスが観察される。角閃石を用いたK-Ar法年代測定の結果は10.80±1.20 Maで、中期~後期中新世を示す。

Nico Mineは第二次大戦頃発見された鉱脈型金鉱床であり、かつて外資により小規模に稼行された。現地には新旧2孔の立坑が掘削されているが、いずれも崩壊しており鉱脈を直接観察することは不可能である。旧立坑は1941年に米国企業が掘削したもので、地元住民によれば、深度約120m程度に達する。採掘期間、出鉱量、品位など詳細は不明である。立坑は既に埋没しており、周辺も灌木や雑草に覆われている。新しい立坑はそのおよそ50m

南部に位置しており、深度70~80mと言われる。この新規堅坑は台湾資本により1986年に掘削されたもので、現地には小規模の貯鉱場も残存する。当時この操業は違法採掘にあたり、BMGの勧告により間もなく稼行を中止したらしい。この新規立坑周辺では石英脈および変質した安山岩の転石が確認できる。石英脈転石は白色の粗粒~中粒の石英からなり、粗粒の自形黄鉄鉱の鉱染を伴う(PSM281: Au:2730ppb, Ag:1.0ppm)。また緑色酸化銅鉱物の付着が認められる場合がある。石英粒についての流体包有物均質化温度および塩濃度測定の結果は197 ~ 264°C, 10.49 ~ 12.05wt%NaClequiv.を示す(Appendix 13)。安山岩は珪化を被り、全体に灰色を呈する(PSM282: Au: 10ppb)。安山岩には斑晶として角閃石および斜長石が観察されるが、いずれも変質鉱物に交代される。また若干の粗粒自形の黄鉄鉱を鉱染状に随伴する。

Nico mineの南部300mには砂金のパンニングサイトが分布しており、少なくとも近年まで個人レベルの採掘が活発に行われていた。パンニングサイトでは約200m四方に径2-5m程度の多数の採掘ピットが分布するが、この周辺露頭はすべて安山岩からなっている。安山岩はNico mineでみられた同型の角閃石を産する安山岩であるが、珪化の程度はやや弱く、部分的にはカオリナイト(ハロイサイト?)を主体とする粘土化(二次変質?)も卓越する。金分析品位5.2g/tを示す試料PSM283(石英, セリサイト)はパンニングピット近傍の比較的変質の弱い安山岩中に産する脈状珪化岩露頭から採取された。この脈状珪化岩(安山岩)は幅30-50cm, 走行N35° E, 垂直傾斜であり、顕著な珪化と斜長石を溶脱したとみられる空隙が存在する。また粗粒自形の鉱染状黄鉄鉱も伴われる。また黄鉄鉱の酸化分解に伴って生成したとみられるヘマタイト汚染も認められる。

以上2カ所の金鉱床のほか、Nico mine南東約700mのMalapingan部落には、個人によるごく小規模の金鉱の坑道採掘がみられる。稼行対象はUniversal層の砂岩・泥岩に胚胎するN20° E方位に伸長する含金黄鉄鉱石英脈で、採掘坑道は地表下約10mのレベルで、およそ50m程度ひ押し展開している模様。鉱脈の幅は1m未満とみられる。粗鉱は余さず付近の青化精錬所へ運搬されており、地表では数mm程度の粒径の鉱石破片を確認できるのみで、試料採取には至らなかった。なお、この坑道採掘の北側にはNico mine同様の角閃石安山岩の露頭が分布しており、ここでは角閃石が緑泥石に交代されるプロピライト変質が観察される。

#### < Dagang prospect (Fe), Malapingan prospect (Fe) >

Nico Mineの周辺、Dagang~Malapingan部落では第二次大戦中、旧日本軍により鉄鉱石が採掘された実績がある。露頭は確認できなかったが、調査地区の沢部には磁鉄鉱を主体とする鉄鉱石が認められた。最もまとまった分布がみられるのはDagang部落北部、標高125m小丘北側のNW-SE系沢であり、ここでは径50cm程度までの鉱石の転石が多数観察された。鉱石は肉眼的にはほとんど粗粒の磁鉄鉱のみから構成される塊状鉱であり、一般に淘汰の良い重円礫をなす。また酸化鉱物としてのヘマタイトを様々な程度で伴っている。また希にコベリンが伴われる場合がある(PSM286)。鉄鉱石の生産は大戦とともに終了したが、生

産量など詳細は不明。

<Mancasay 地区>

Palacare の南南東 5km に位置する。Mt. Bagacay を囲むように道路があり、アクセスは容易である。

Mt. Bagacay 北方の平坦地では金採掘用のピットにおいて優白色花崗岩質岩を認めたほか、礫岩、強風化花崗岩質岩 (PKY315) を露頭で確認した。これらの関係は露頭が無く詳細は不明である。PKY315 は、鏡下では、マフィック鉱物が普通角閃石である。フェルシック鉱物が、斜長石の他、石英およびカリ長石も観察されることから、本岩石は、Tamsan Diorite のメンバーに属するものと思われる。Mt. Bagacay 北麓では超塩基性岩 (PKY317)、閃緑岩 (PKY318) を露頭で認めた。河床を埋める転石はほとんどが安山岩 (PKY319) であり、多くが斑れい岩質捕獲岩を伴う。

露頭条件が悪いこともあり、顕著な変質は認められない。今回の調査は鉄鉱微地の調査を目的としたが、鉄鉱微地に到達することはできなかった。複数の現地住民に聞き取りを行ったが、鉄鉱微地についての情報を得ることができなかった。

本地区にはひろく金鉱微が知られており、採掘活動も活発である。リモナイト、石英脈を含む赤褐色風化土壌を採掘 (Appendix 14: PY34, 35)、これを粉砕・パンニングして金粒を回収している。本調査で採取した赤褐色酸化風化土壌 (PKY310) が 35ppb Au を、土壌中に含有される石英脈 (PKY313) が 60ppb Au を示したほか、いくつかの試料は 1000ppm を越す Cu 含有量を示した。石英脈試料 PKY313 の流体包有物均質化温度は 349~372°C、塩濃度は 10.24~16.62wt%NaClequiv. であった。Halite などの固相を有する多相流体包有物も認められ、より高い塩濃度の流体も存在したことが示唆される。

本地区の Au 鉱微は Paracale を中心とする鉱床と類似の特徴を持つと思われる。また、Au 鉱化のほか Cu 鉱化作用も認められる。

<Mampungo 地区>

Labo から舗装路が通じており交通の便は良好である。

雲母を特徴的に含む花崗岩質岩が分布する。とことどころルーフペンダント状に超塩基性岩類が分布する。

花崗岩質岩には風化作用により粘土化が生じている。Mampungo 鉱山 (Appendix 14: PY39) 及び Dancalan 鉱山において長石質粘土あるいは珪質砂 (silica sand) として採掘されている。花崗岩質岩中に石英脈が発達する。Mampungo 鉱山では石英脈は、しばしば緑色を呈する。これは、Tuba あるいは後述する Santa Barbara の緑色を呈する石英脈と同じで、クロムを含有する白雲母を含むと推定される。化学分析の結果は金および銅鉱化作用を示さない。石英脈 (PKY321) の流体包有物均質化温度は 282~331°C であり、塩濃度は 0.18~4.49wt%NaClequiv. であった。流体包有物には、halite 結晶を含む多相包有物も観察され、halite の他に複数の固相を含むものも観察される。このことから、高塩濃度の流体の活動も存在したことが推定される。

#### <Mt. Bunutan 地区>

PTH375 は, Santa Fe Sur から Mt. Bunutan に向かう途中の尾根に露出する Paracale Granodiorite 中の石英脈である。石英脈は, 幅 2~4cm で, 走向 N10° E, 46° E 傾斜で, 3, 4 本ある。高温石英で, Au:375ppb, Ag:11.4ppm, Cu:134ppm, Pb:914ppm の異常値をもつ。

Placer Pacific 社が, Mt. Bunutan の北~北西側の麓で金探査を実施している。PTH376 ~379 は, その探査地域から採取した試料である。PTH376 は, 旧坑にある石英脈である。旧坑は, N10~20° E 方向である。脈幅は, 5~10cm。脈の周囲の母岩は, セリサイト変質している。黄鉄鉱, 黄銅鉱およびこれを覆うコベリンが認められる。分析値は, Au:1190ppb, Ag:2.8ppm, Cu:428ppm, Zn:534ppm である。比較的径の大きな流体包有物が観察され (径が 100 $\mu$ m を超えるものが多い), 均質化温度は 211~242°C であり, 塩濃度は, 6.01~8.41wt%NaClequiv. である。気液比が大きく異なる包有物が共存することから, 沸騰が推定される。PTH377 も別の旧坑の露頭から採取した石英脈である。母岩は, 粘土化するが, 原岩の初生黒雲母が残存する。セリサイトが多量に生じている。黄鉄鉱, 黄銅鉱および閃亜鉛鉱が伴われる。このあたりは, Benguet 社が 1984 年にボーリングを実施したとのことである。民家の庭に置いてあった石英脈には, 黄鉄鉱の他, 輝水鉛鉱が観察された。

PTH378 は Mt. Bunutan 山頂近くの Paracale Granodiorite の露頭である。本岩石には, 黒雲母の葉状構造が発達し, マイロナイト様テクスチャーが特徴である。

PTH379 は, 超塩基性岩の転石である。蛇紋岩に変質している。これは, Paracale Granodiorite の貫入母岩となっているものである。

#### <Benguet Mine>

Mt. Bunutan では, あまり新鮮な Paracale Granodiorite を採取できなかったため, Benguet Mine の露天掘り跡を訪問し, その入手を図った。また, Paracale Granodiorite 中の典型的な鉱化作用を観察することも目的とした。Benguet Mine は現在は, Base Metals Company 社に売却されている。同社は, 事務所を鉱山におき人を配置しているが, 鉱山は休止のままである。周辺の探査を行っている模様。

PTH380 は, 露天掘り内の貯鉱場所から採取した石英脈である (Appendix 14: PH30)。高温石英で, 黄銅鉱が多数観察される。他に黄鉄鉱, コベリンが観察される。鏡下では, 石英と共にセリサイトも観察される。PTH381 も同じ場所から採取したものである。犬歯状石英で, 流体包有物温度測定を行った。流体包有物温度は, Th=253~324°C である。塩濃度は, 5.86~7.02%NaClequiv. である。露天掘りの露頭は, ほとんどすべて Paracale granodiorite からなる (Appendix 14: PH30)。石英細脈のストックワークが発達し, ポーフリー型の鉱化作用に似る (Appendix 14: PH31)。採掘対象は, PTH380, 381 のような幅の大きな石英脈であり, ピット中央をほぼ N40° E 方向に分布していたようである (Appendix 14: PH30)。

変質は石英-セリサイト変質である。supergene のカオリナイト変質も観察される。リモ

ナイトは、ゲーサイトが大部分で、ヘマタイトも認められる。ジャロサイトは少ない。酸化鉄鉱物の種類・量から、硫化鉄物として、黄鉄鉱はそれほど多くは存在しなかったと思われる。

PTH382 は坑内から掘り出された新鮮な Paracle Granodiorite である。Mt. Bunutan 付近の岩石と同様に、マイロナイト様組織が発達する。黒雲母が主たるマフィック鉱物である。

黒雲母は、緑色を帯びる。緑泥石化していないことから、この色は、original な色と考えられる。鏡下では、フェルシック鉱物として、斜長石、石英、カリ長石が、マフィック鉱物として、黒雲母、輝石、不透明鉱物が認められる。黒雲母は、緑色を呈し、一部緑泥石変質を受ける。斜長石の粒間を縫うように産する。カリ長石が少ない。石英は破碎され細粒化後、再結晶しているように見える。

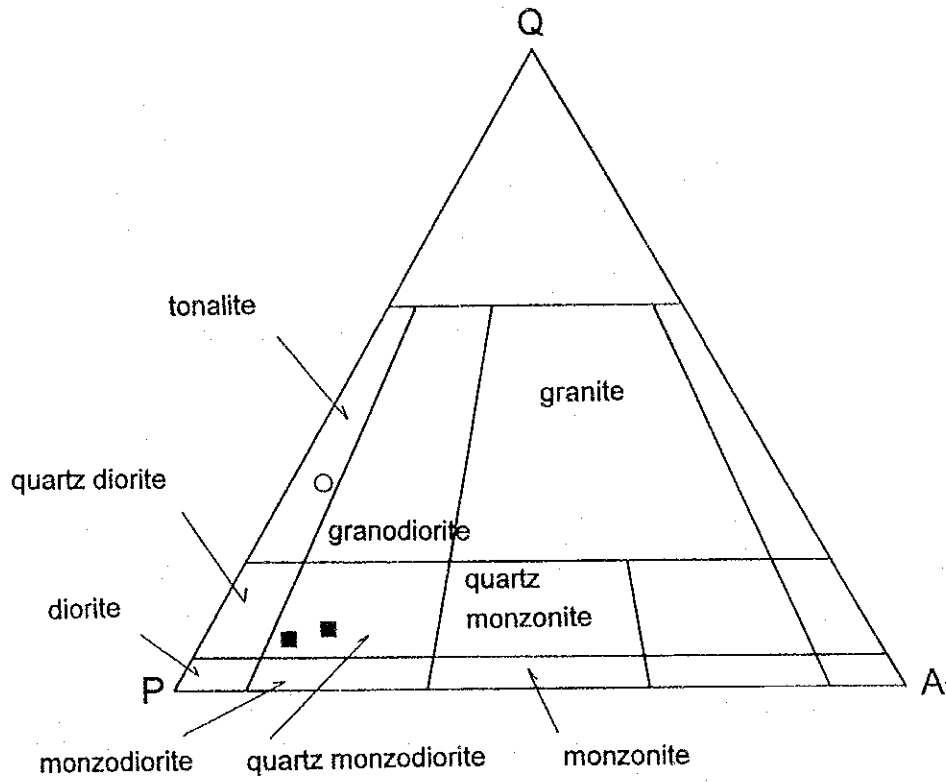
Fig. II-2-15 にモード分析結果を示す。モード組成は、トーナライト領域に入るが、マフィック鉱物量が10%前後であることから、トロニウム岩と呼べるものである(Giese et al., 1986)。全岩分析結果は、 $\text{SiO}_2=62.92\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}=6.52\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}=1.14\%$ である。

Table II-2-7 に、Paracle Granodiorite と Tamisan Diorite の特徴を対比する。

Table II-2-7 Comparison between the Paracle Granodiorite and the Tamisan Diorite

	Paracle Granodiorite	Tamisan Diorite
主要マフィック鉱物	黒雲母	普通角閃石
テクスチャ	マイロナイト様組織(黒雲母: foliation, 石英: 破碎・細粒化)	半自形粒状
モード組成	トーナライト～トロニウム岩	石英モンゾ閃緑岩
全岩組成	酸性 $\text{SiO}_2=62.92\%$	中性～塩基性 $\text{SiO}_2=55.99\%$
放射年代	14.9 Ma (Biotite:K/Ar ; Wolfe, 1981)	19.4 ± 1.5 Ma ( whole rock:K/Ar : UNDP, 1987)
	14.4 Ma (Rb/Sr isochron : Giese et al, 1986)	6.96 ± 0.76 Ma (Hornblende: K/Ar : this survey)
	17.1 ± 0.9 Ma (Biotite:K/Ar : UNDP, 1987)	10.60 ± 1.20 Ma (Hornblende:K/Ar : this survey)
	18.6 ± 0.3 Ma (Biotite: Ar/Ar : Geary et al., 1988)	
	17.20 ± 1.90 Ma (Biotite:K/Ar : this survey)	

以上のように、Paracle Granodiorite と Tamisan Diorite とは、時代的にも、化学組成的にも異なる。



- Tamisan diorite
- Paracale granodiorite

Fig. II-2-15 Modal composition of the Paracale granodiorite and the Tamisan Diorite

## <Santa Barbara 地区>

Jose Panganiban より未舗装路が通じており車両による通行には支障が無い。

浅部には片状構造の認められる黒雲母花崗閃緑岩 (Paracale Granodiorite) が、深部には超塩基性岩が分布することが採掘ピットの廃石により推定できる。

Au 鉱化は黄鉄鉱-石英脈に認められる。Small scale miner はこれらの酸化帯を対象に採掘している (Appendix 14: PK60)。詳細に観察したわけではないが脈は黒雲母花崗閃緑岩および超塩基性岩に発達するストックワークと思われる。石英脈はより深部で淡緑色を呈する (PKY340B) 傾向があり、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を伴うことがある (PKY340A: Au:510ppb, Ag:8ppm, Al:3.9%, Cr:980ppm, Cu:780ppm, Pb:5700ppm, Zn:2540ppm)。鏡下観察から、石英脈の緑色は、石英粒間に生じた Cr を含有する白雲母 (fuchsite) によるものである。リモナイト-石英細脈を選択的に採取した試料 (鉱石: PKY340C) の Au 品位は 4.46g/t であった (Cr: 845ppm, Cu:194ppm, Ni:653ppm)。

## 7) ポテンシャル

Mt. Bagacay を中心にその麓に、多くの銅・鉄スカルン鉱床・鉱徴地および鉱脈型金・ベースメタル鉱床・鉱徴地およびパイロフィライト粘土鉱床が分布する。いずれの鉱徴地においても、変質岩、石英脈は比較的高い金品位をもつ。これらの鉱徴地は、Tamsan Diorite の周囲に分布するように見え、Tamsan Diorite の活動が鉱床生成に関与していることが示唆される。本地域の鉱脈型鉱徴地から採取した石英脈の流体包有物温度測定から、これらの鉱化作用は Mitchell and Leach (1991) が述べるような、浅熱水性の金鉱化作用ではなく、より深部で貫入岩体近くに形成されるいわゆる中熱水鉱床あるいは Sub-epithermal 型鉱化作用である。スカルン型鉱化作用と共に、このような鉱化作用は、ポーフイリー型鉱床の近傍周辺に観察されることが多い。Fig. II-2-18 に、本地域に観察される鉱化作用のマグマ-熱水系モデル中の概念的な位置を示す。今回の調査では、典型的なポーフイリー型鉱化作用は見出せなかったが、Mt. Bagacay 山頂まで含めてさらに詳細に調査することが望まれる。また、本地域は金のポテンシャルが高く、二次的な金鉱床をターゲットとして組織的な探査を行うことも望まれる。

## 8) 鉱区

多数の MPSA が設定されている。

### 2-2-8 Larap-Exiban 地域

#### 1) 選定理由

本地域は、United Nations により詳細な調査が実施され (UNDP, 1987)、民間ベースの探査も実施されている。Phase I 調査においても、本地域は鉱化ポテンシャルが高い地域として現地踏査地域として選定した。Phase I 調査では、鉄・銅スカルンである Larap Mine



(Bessemer pit), および鉍脈型金・ベースメタル鉍床が分布する Pangono South, Tidi Mine, Exiban を調査した。

鉄・銅スカルンおよび鉍脈型金・ベースメタル鉍床がポーフイリー型銅・金鉍床と成因的に関係している可能性がありこの観点から本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。また, Exiban 周辺は浅熱水性金鉍床が賦存する可能性がある。

本地域は比較的広く, 多くの鉍床・鉍徴地が分布するため調査すべき地域を絞ることが難しい。また, 本地域には多数の貫入岩ストックが分布し本地域の鉍床・鉍徴の大部分はこれらの貫入岩に関係して形成されたと考えられることから, 貫入岩の分布を押さえた上, その周辺の詳細な調査を行う。

## 2) 位置および交通

本地域は, Bicol 半島の北東部に位置し, Camarines Norte 州に属する。地域南端を国道が東西に走り, また, 地域北部へも舗装道路が走り比較的交通の便はよい。その内側へも, 未舗装道路があり, 既存鉍徴地へのアクセスは比較的良い。

## 3) 調査ルートおよび調査ポイント (Fig. II-2-16)

ルート	ポイント
Matalang Prospect 地区	Matalang Prospect では, ポーフイリー型鉍化作用が報告されている。
Penarco Mine 地区	Penarco Mine は鉄スカルン鉍床として採掘された実績があり, 付近にポーフイリー型鉍化作用の存在が期待される。
Pangono Prospect 地区	金鉍徴地が知られる。
Igang prospect 地区	Igang Prospect は, 銅・モリブデンの鉍徴が報告されており, ポーフイリー型鉍化作用の存在が期待される。
Batobalani pit Submakin prospect Meycauayan prospect 地区	Bagacay area に隣接する本地区にも Submakin prospect, Batobalani pit らの鉄鉍床が位置する。また地区西部には銅・モリブデンの鉍徴地とされる Meycauayan prospect が分布する。いずれの鉍徴地も初年度に調査されていないため, 本年度調査を実施した。
Tumbaga 地区	既知の金鉍床地帯である。現在も数グループの small scale miner により Au の採掘が行われている。採掘の対象となるのはリモナイト-石英脈であり, 地表近くに分布する黄鉄鉍-石英脈の酸化部である。これを粉碎・ふるい分け・パンニングによりトジ金を回収している。本地区を含む Larap-Exciban 地域の鉍床生成モデルの検討に有益な知見が得られるであろうと期待されることから調査を実施した。

Paracale National 地区	既知の金鉱床地帯である。
Capacuan 地区	本地区は Fe 鉱床地帯として知られており、かつては露天採掘が行われていた。周辺の地質環境からこれらがポーフィリーに伴う Fe 鉱床と推定され、本地区を含む Larap-Exciban 地域の鉱床生成モデルの検討に有益な知見が得られるであろうと期待されることから調査を実施した。

#### 4) 調査結果概要

本地区の地質、変質帯、および鉱徴地の分布および試料採取位置を Fig. II-2-17 に示す。治安等の関係で、当初計画した鉱徴地全てを調査することはできなかったが、石英細脈ストックワークに伴う金、銅の鉱化作用が認められるなど、ポーフィリー型鉱床が賦存する可能性が確認された。

#### 5) 地質

本地区には、先白亜系とされるオフィオライトシーケンスが基盤として分布する。これを不整合に覆って、後期暁新世～始新世の Universal 層が分布し、さらにこれを覆って、漸新世の Larap 火山岩類が本地区の西端に分布する (Table II-2-8)。これらに、中期～後期中新世の Tamisan Diorite ストックが貫入する。また、デイサイト質ポーフィリー (UNDP, 1987) の小岩体も分布する。本地区の北東方には、オフィオライトシーケンスの超塩基性岩中に、Paracale Granodiorite (BMG, 1984) あるいは Paracale Trondhjemite (Giese et al., 1986) が貫入する。

#### 6) 変質および鉱徴

##### <Matalang prospect 地区>

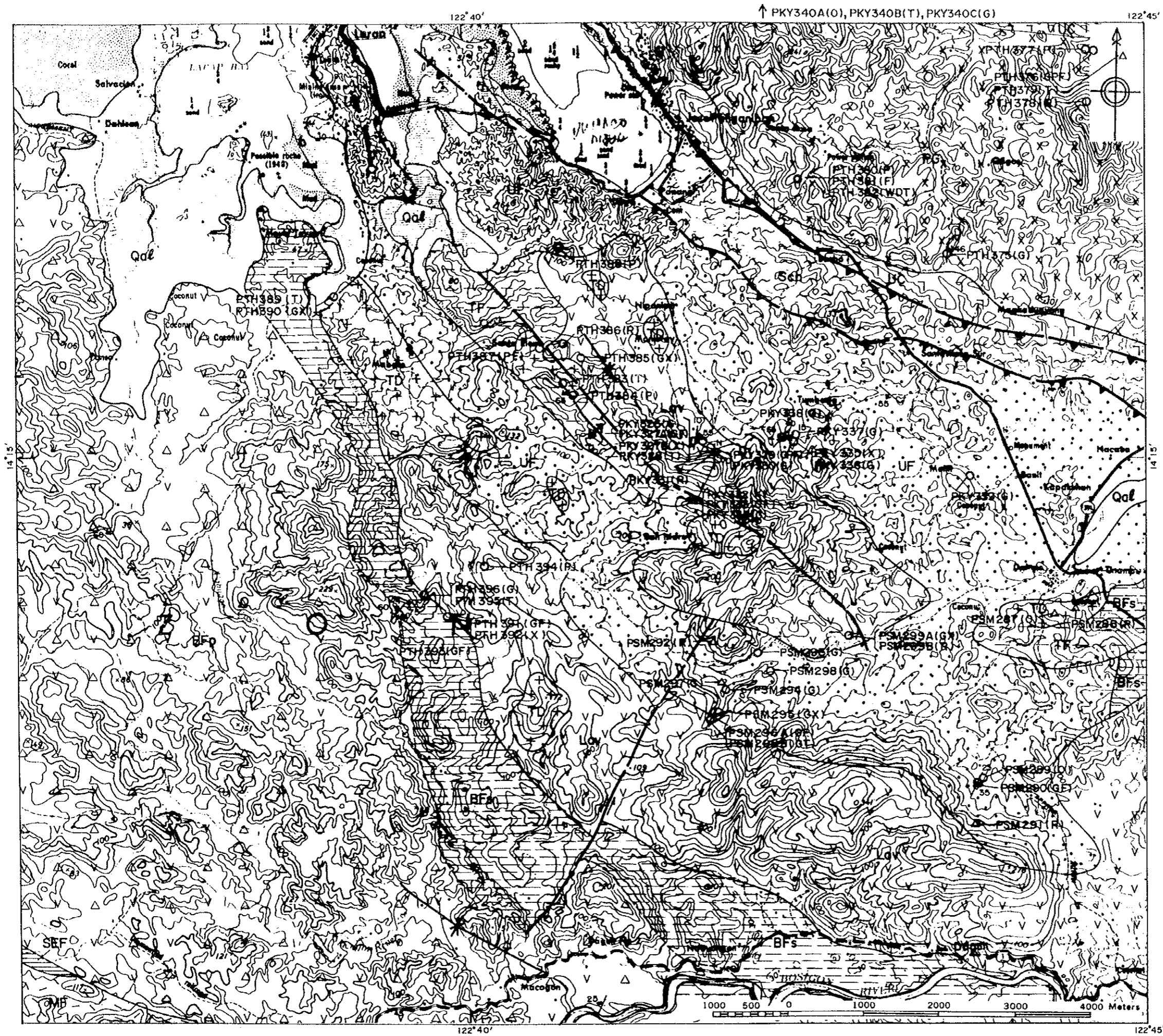
Matalang prospect では Philippine Iron Mining が 15-20 孔程度のボーリングを実施した実績がある。Matalang prospect 付近の Tumabaga prospect でも多くのボーリングが実施されたことである。

旧坑付近の変質母岩には、黒色を呈し、針状の斜長石が多数観察されるものがある (PTH383)。ホルンフェルス化した安山岩と考えられる。黄鉄鉱鉱染あり。鏡下では、斜長石は、アルバイト、セリサイト、緑簾石に変質している。マトリックスには、緑色細粒黒雲母集合体が生成し、緑簾石、不透明鉱物を生じている。旧坑の露頭には、緑色を呈する石英脈があり (PTH384)、走向 N45° W、60° SW 傾斜である。黄鉄鉱および黄銅鉱を伴う。また、繊維状で放射状緑灰色のアクチノ閃石が認められる。石英脈が緑色に見えるのはアクチノ閃石による。

PTH385 は、石英細脈のストックワークが発達する露頭から採取した。緑灰色の母岩中に、







**LEGEND  
EXPLANATION**

- Qal Terrace Gravel and Alluvial Deposits
- Late Pliocene**
- MF Macogon Formation  
Essentially andesitic pyroclastics and tuffaceous black shale with intercalated minor basaltic flows
- Late Miocene**
- SEF Sta. Elena Formation  
Thick interbedded sequence of conglomerate, sandstone, shale and minor limestone
- Early Miocene**
- Bfs } Bosigon Formation { Sandstone and black calcareous shale
- Bfpv } Basaltic flows, volcanic wackes, tuff-breccias
- Late Oligocene**
- Lav Larap Volcanics  
Thermally altered, andesitic flows, breccias and tuffs
- Paleocene ~ Eocene**
- UF Universal Formation  
Consists of conglomerate, arkose, silty tuffaceous and calcareous shale and graywacke; thermally altered marbled limestone, marl and calcareous shale
- Cretaceous**
- TF Tigbinan Formation  
Sequence of meta sediments: graywacke, spilite, chert andesite, cherty limestone, black tuffaceous shale and arkosic sandstone
- Upper Cretaceous**
- UC Ultramafic Complex  
Interlayered serpentinized peridotite, dunite, pyroxenite, gabbro and epidiorite
- Jurassic**  
Early Cretaceous
- Ophiolite
- Sch Schists  
Regionally metamorphosed, high grade schist of amphibolite facies and low grade schist of the green-schist and albite-epidote-amphibolite facies and quartzites
- Intrusive Rocks**
- Miocene**
- TD Tamisan Diorite  
Quartz diorite and dacite porphyry associated with andesite and syenite
- PG Paracale Granodiorite  
Medium to coarse grained or granodiorite and biotite-bearing andesite
- Fault**
- Thrust**
- Anticline**
- Syncline**
- Alteration Ground
- △ Quartz vein
- ◎ Hot/Warm spring
- Sample from outcrop (G) Geochemical analysis
- △ Sample from floating rock (O) Ore grade assay
- Sample from drill hole (X) X-ray diffraction analysis
- (W) Whole rock analysis
- (D) K-Ar dating
- (T) Thin section
- (P) Polished thin section
- (R) Reserve

Reference:

- Bureau of Mines and Geo-Sciences (1984): Geological Map of Jose Panganiban Quadrangle (Sheet 3562 IV)
- David et al. (1994): The Tabgon Flysch and Ragas Point Olistostrome in the Caramoan Peninsula: nature, age, structures and their tectonic implications.; Jour. Geol. Soc. Phil. vol. XLIX, no.1, PP.41-63

Fig. II-2-17 Geological Map of Larap-Exiban area



Table II-2-8 Geology of Larap-Exiban area  
From BMG(1984)

<i>stratigraphy</i>	<i>lithology</i>	<i>age</i>
Ophiolite sequence	ultramafic rocks, gabbro → surpentinized	pre-Cretaceous?
Universal Formation	conglomerate, sandstone, shale, limestone	Late Paleocene - Eocene
Larap Volcanics	andesite, tuff breccia, lapilli tuff, welded tuff	Oligocene
Bosigon Formation	conglomerate, shale, sandstone, limestone, basalt,	Early Miocene
Santa Elena Formation	conglomerate, sandstone, shale, limestone	Late Miocene
Vinas Formation	sandy limestone, shale	Pliocene
Macogon Formation	dacitic volocaniclastics, tuffaceous shale, basalt	Pliocene
<b>Intrusives</b>		
Paracale Granodiorite	medium-coarse gr. granodiorite Pl, Kf, Bt, Qtz; foliation at the margin	Middle Miocene 14.9 Ma (Bt; Wolfe, 1981) 17.1 ± 0.9 Ma (Bt; UN, 1987)
Tamisan Diorite	Hbl diorite - quartz diorite medium gr. Pl, Hbl, Qtz	Middle Miocene
Dacite porphyry	Qtz, Pl, Bt phyric, small stocks	Pliocene 2.4 ± 0.3 Ma (UN, 1987)
Syenite	dike - sill in Larap	
Andesite	dike - sill, Pl, Hbl phyric	

幅 1~3cm の石英脈 (Appendix 14: PH32: 写真では、石英脈は黒色に見える) が、3~20cm 間隔でストックワーク状に入っている。このうち、N40° E, N70° E の方向が卓越する。傾斜はほぼ垂直である。BMG Regeon V の Arnel 氏の話によれば、このようなストックワーク帯は、東西方向に少なくとも 400m ほど連続する。石英脈の分析値は、Au: 15ppb, Cu: 632ppm, Mo: 137ppm とポーフィリー型に特徴的な元素の濃集を示す。母岩の X 線回折ではカリ長石>石英, ハロイサイト>斜長石, セリサイト, 角閃石である。薄片観察をしていないため、このうちのどの鉱物が、変質・変成で生じたものかを特定することは難しい。肉眼観察からは、primary ではなく熱水変質あるいはホルンフェルス化の産物と思われる。ハロイサイトは風化で生じたものと思われる。

PTH386 は、PTH385 の母岩と同じ緑色のホルンフェルス化した安山岩である。磁鉄鉱条が観察され、磁鉄鉱染もある。この磁鉄鉱は、産状より熱水変質によって生じたものである。

PTH387 には、緑灰色ホルンフェルスを母岩とし、石英細脈のストックワークが発達する (Appendix 14: PH34)。母岩は珪化している。母岩は、微細な長石斑晶の存在から安山岩と考えられる。磁鉄鉱の鉱染が認められる。鏡下では、斜長石斑晶は、完全にアルバイト、緑簾石、石英に交代され、角閃石斑晶 (外形より判断) は、緑簾石 (ピスタサイト)、緑色黒雲母に交代されている。マトリックス部も量の細粒緑色黒雲母、緑簾石、カリ長石、および石英の組み合わせとなる。まれに、ざくろ石 (アンドラダイト) が認められ、スカルン的な鉱物組み合わせをもつ。磁鉄鉱染と、微量の黄鉄鉱も認められる。石英脈は幅 0.5cm 程度で、脈間隔は 3~10cm である。石英脈の流体包有物温度測定を行った。流体包有物温度は、Th=283~355°C である。塩濃度は 5.71~7.02wt%NaClequiv. である。hypersaline inclusion は観察されない。

#### <Penarco Mine 地区>

スカルン型鉄鉱床である。3 段のベンチが残る小規模の露天掘り跡には、塊状磁鉄鉱体が残存する。岩石 (PTH388) には、磁鉄鉱、黄鉄鉱、黒雲母、緑簾石、輝石が観察できる。黒雲母は熱水性である。鏡下では、半深成岩的組織を持つ。他形の金雲母的黒雲母とモザイク状のカリ長石マトリックスからなる。ただし、カリ長石は、変成あるいは変質作用により生じたものも多く、初生的には斜長石も少量存在したと思われる。しかし、石英は、少なく、変質作用で生じたもの以外に初生的なものはなく、閃長岩~モンゾニ岩的である。マトリックスは、変質作用で生じた微粒の緑色黒雲母および磁鉄鉱が生じ、金雲母的黒雲母のリムも緑色になる。少量の黄鉄鉱および黄銅鉱が観察され、黄鉄鉱、黄銅鉱は石英と共に産することが多い。石灰岩も観察され、これが母岩になっていると考えられる。Philippine Iron Mining 社が実施したボーリングでも深部に石灰岩が確認されたとのことである。

#### <Pangono prospect 地区>

調査した地区は、Pnagono prospect に含まれるかどうかは不明であるが、金を採掘して



いた旧坑がいくつか分布する。旧坑の方向は  $N70^{\circ} E$  である。変質は弱く、変質温度も低いように見える。母岩は、デイサイト質ポーフイリーである (PTH389)。長石斑晶  $3\text{mm}\sim 1\text{cm}$  が顕著である。鏡下では、岩石は完全に珪化、カリ長石化している。

PTH390 は PTH389 と同じ露頭で、脈際の珪化した部分から採取した珪化岩である。黄鉄鉱鉱染あり。変質は混合層粘土化変質である。X 線回折では、カリ長石 $\gg$ 石英 $\gg$ 緑泥石、セリサイト/スメクタイト混合層、黄鉄鉱である。この産状から、本地区の鉱化作用は、浅熱水性の可能性があるが、分析結果は、Au:260ppb, Ag:1.4pp, As:184ppm, Pb:1350ppm, Zn:618ppm と金鉱化作用の他にベースメタルの鉱化作用を伴う傾向があり、本地域の他の鉱徴地に観察される sub-epithermal low sulfidation vein の鉱化作用と似ている。

#### < Igang prospect 地区 >

PTH391, 392 は UNDP(1987)では、Igang prospect に相当する。石英細脈ストックワークが発達する (Appendix 14: PH35)。脈幅は  $3\text{mm}\sim 1\text{cm}$  で脈間隔は、 $15\sim 40\text{cm}$  である。母岩 (PTH392) は暗緑色の角閃岩である。黄鉄鉱鉱染が著しく、これが酸化分解し、酸性変質を生じている。石英脈 (PTH391) の分析では、Au: not/ ss, Cu:309ppm, Mo:52ppm と残念ながら金の分析には試料が不足したが、ポーフイリー型鉱化に特徴的な元素濃集を見せる。

石英脈の流体包有物温度測定の結果は、流体包有物温度は、 $Th=217\sim 281^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は  $3.23\sim 7.73\text{wt}\%\text{NaCl}\text{equiv.}$  である。温度および塩濃度からは、いわゆる中熱水石英脈あるいは sub-epithermal vein と考えられる。

PTH393 の石英脈の母岩は、粘土化した深成岩 (閃緑岩?) である。粘土化の後、さらに強い風化を受ける。おそらく、PTH392 の角閃岩中に閃緑岩が貫入し、この貫入に伴い Paracale 地区と同じようなタイプの熱水活動によって鉱化作用が起こったと推定できる。石英脈は、幅  $20\text{cm}$  と幅  $6\text{cm}$  のもの 2 本が交差している (Appendix 14: PH36)。幅の大きい方の石英脈は、走向  $N60^{\circ} W$ ,  $75^{\circ} E$  傾斜である。これが、 $N40^{\circ} E$ ,  $74^{\circ} W$  の石英脈によって切られ、ずれている。幅  $20\text{cm}$  の方の脈の分析では、Au $<5\text{ppb}$  と鉱化は認められない。流体包有物温度は、 $Th=185\sim 237^{\circ}\text{C}$  である。塩濃度は、 $2.74\sim 6.16\text{wt}\%\text{NaCl}\text{equiv.}$  である。

PTH394 は PIM 社が探査した実績のある旧坑の石英脈である。旧坑の方向は、 $N70^{\circ} E$  である。しかし、案内人の話では、石英脈は、旧坑の方向とは直交していたとのことである。脈には、黄鉄鉱、黄銅鉱があり、黄銅鉱はコベリンにコーティングされている。

PTH395 は地元住民によって 1993 年まで採掘されていた旧坑の露頭である。坑口では、幅  $5\text{cm}$  と  $8\text{cm}$  の石英脈 (PTH396) が観察される。母岩は角閃石花崗閃緑岩 $\sim$ トーナライト (PTH395) である。鏡下では、Tamisan Diorite に比べ、マフィック鉱物が少なく、石英が多い。角閃石および黒雲母は、圧砕を受け細粒化している。坑内に入ると、石英脈のストックワークが発達しているのが観察される。幅は  $0.5\sim 4\text{cm}$  である。脈の間隔は、数  $\text{cm}\sim 20\text{cm}$  である (Appendix 14: PH37)。分析結果は、Au:10ppb, Cu:436ppm, Mo:126ppm とポーフイリー型に特徴的な元素濃集傾向がある。

#### < Batobalani pit >

Batobalani pitはBatobalani集落より徒歩にて約1km, 15分で至る。Submakin prospectはBatobalani pitのおよそ2km南南西に位置し, Batobalani集落より四輪駆動車にて横付け可能。またMeycauayan prospectはBatobalani集落の西方4kmに位置する小規模の沢全体を指す名称で, 沢入り口付近まで四輪駆動車にてアクセス可能。ここよりかつての砂金のパンニングサイトまで沢を遡上すること約20分で現地に至る。

Batobalani pit付近には, 暁新世-始新世のUniversal層が分布し, これに中新世の活動とされるTamisan dioriteが貫入する。現地調査で確認されたのは主として変質の著しい安山岩類であり, 特に斜長石斑晶に富み部分的に少量の角閃石を伴うことを特徴とする。Universal層の比較的上部は堆積岩類よりもむしろ安山岩質溶岩に富むことから(BMG Region V技師より聞き取り), より上位のUniversal層が分布することが窺われる。またTamisan dioriteの露頭は確認できなかったが, 多数の径50cm以下の普通角閃石に富む細粒閃緑岩の転石が確認された。

Batobalani pitはWNW-ESEに伸長する小規模な尾根部に掘削されている。ここでは1947年から約10年にわたって国営企業であるPhilippine Iron Mine (PIM)により鉄鉱石の露天採掘が行われた。鉄鉱石は約15km北西のLarapまで陸路を運搬の上, 日本向けに輸出された。生産量など詳細は不明。露天採掘跡は既に低灌木・雑草にて覆われており, 立ち入りも危険なため露頭を確認することはできなかった。転石として観察される鉄鉱石は, 径20cm程度までの大きさで, Mt. Bagacay地域のMalapinganの鉄鉱石に比べかなり細粒であることが特徴である。粒度を反映してBatobalani地区の鉄鉱石は一般に酸化の程度が高く, 大部分を赤鉄鉱に交代される(PSM287: Au:25ppb, Cu:630ppm)。鉄鉱石中に銅鉄物は観察されない。また周辺には砂金のパンニングサイトも分布しない。

#### <Submakin prospect>

Submakin prospectはBatobalani pitと同様, PIMにより1947年から採掘され, 1967年にPIMの解散に伴い終掘した。鉄鉱石の搬出先, 生産量不明の点もBatobalaniと同様。鉄床は暁新世-始新世のUniversal層に胚胎される。周辺に貫入岩体の分布は知られていない。

調査地区には磁鉄鉱に富む鉄鉱石の露頭が確認できる。露頭は地区の南北2カ所で確認されたが, このうち南部の露頭では, N80° W方位に小崖を形成しており, 約100mにわたって良く連続する。このような鉄鉱石に隣接する部分は粘土化変質(スメクタイト)の著しい安山岩質岩からなっており, 両者の境界は極めて明瞭である。鉄鉱石はBatobalani pitで認められるものと類似するが, Batobalaniに比べ粗粒であること, また部分的に銅・鉛・亜鉛に富む点で異なる。北部露頭付近には放棄された貯鉄場があるが, ここで採取された試料PSM289はマラカイトとみられる緑色銅鉄物, 青色の硫酸銅が観察できる(Au:415ppb, Ag:34ppm, Cu:1.29%)。また方鉛鉄, 閃亜鉛鉄を伴っている(Pb: 6.43%, Zn: 9.5%)。鉄鉱石露頭中には石英細脈も観察される(PSM290: Au:90ppb, Ag:1.2ppm, Cu:194ppm, Pb:250ppm, Zn:470ppm)。石英脈は幅5~10cm程度, 走行N25E, 傾斜35Eの伸長を呈しており, 無色~白色の粗粒石英から構成される。また脈中には晶洞がみられ, ここではc軸方向5mm以下の石

英の自形結晶が生成する。流体包有物について均質化温度、塩濃度を測定したところ180～241℃、5.41～8.14wt%NaClequiv.を示した。

<Meycauayan Prospect>

Meycauayan ProspectはBatobalani集落の西方4kmに位置する銅・モリブデンの鉱徴地である。既存資料によれば、閃緑岩に伴う石英-セリサイト変質帯中の石英脈ネットワークが鉱化部をなすほか、周辺にはパイロフィライト-ダイアスポア石英-明礬石の組み合わせからなる酸性変質帯が発達すると記載される(UNDP, 1987)。報告される土壤の地化学異常値はCu:250ppm, Mo: 63～208ppmである。

現地調査はBatobalani集落の西方の沢沿いに実施した。Batobalani集落に近い沢の下流で観察される露頭は、斜長石に富む角閃石安山岩からなる。ほとんど変質が認められない。この安山岩は調査地区に広範に分布している。沢の上流、Meycauayan prospectの近傍にはこの安山岩中に閃緑岩が貫入しており、周辺に熱水変質帯が分布する。現地調査を行った範囲では、熱水変質帯は閃緑岩体の北東部・南部にそれぞれ認められる。このうちMeycauayan prospectは南部の変質帯に含まれる。閃緑岩はTamisan dioriteに対比される細粒～中粒の角閃石に富む岩型であり、閃緑岩そのものも部分的にカオリナイトを主とする粘土化変質を被る場合がある。閃緑岩体北東部の変質は、閃緑岩体の北東約500mの枝沢に沿って認められる。ここには弱程度の珪化を被る安山岩が分布する(PSM293)。安山岩は黄鉄鉱の鉱染も顕著であり、部分的には黄鉄鉱・カオリナイトの粘土をなしている。珪化安山岩分布域ではかつて60年代末にPIMによる探鉱が行われ、掘進長250ftの垂直ボーリング1孔のほか、掘進長不明の探鉱坑道が掘削された。探鉱は金を目的として実施された模様だが、調査結果は不明である。

閃緑岩体南部の変質帯は南西方位に伸長するMeycauayan prospectの位置する沢を中心に分布する。北東部の変質帯同様に弱程度に珪化・粘土化した安山岩露頭が分布する(PSM294, PSM295:石英・セリサイト・緑泥石/スメクタイト混合層・ゲーサイト; Au:20ppb, Cu: 287ppm, Mo: 125ppm, Zn: 302ppm)。著しく珪化した転石も観察され、沢部・丘陵部を問わず最大径2m程度の岩塊として認められる(PSM297, PSM298)。強珪化岩は転石として産するのみで、露頭は発見できなかった。このような変質安山岩、強珪化岩にはしばしば径2mm程度の石英細脈が伴われることがある(PSM294, PSM298)。なお、変質安山岩の分布域はかつて砂金のパンニングサイトとして注目されたい。

変質安山岩分布域の南、沢の南部末端付近にはトーナライト～花崗閃緑岩の露頭が認められる。(PSM296a:Cu: 173ppm)。本岩石は、石英とカリ長石が比較的多く、より粗粒な点でTamisan dioriteと異なっている。弱線上に粗粒の鉱染状の黄鉄鉱が見とめられ、鏡下では、黄鉄鉱の他に、微細な黄銅鉱が認められる。アプライト質岩脈が観察される(PSM296b:Cu: 87ppm)。脈は幅3m程度の露頭内に5～6条認められ、最大幅10cmで、走向N25°E、垂直傾斜である。この脈群は相互に平行する同一の構造をもつ。

本地区の鉱化作用はBagacay地区と同様、ポーフイリー環境に比較される条件で生成し

たとえられる。Meycauyan prospectではポーフイリー型銅・モリブデン鉱徴の存在が期待されたが、本調査ではフィリック変質および石英ストックワーク脈のいずれも確認できなかった。ただし、一部の褐鉄鉱に富む変質安山岩 (PSM295) および黄鉄鉱に富む石英閃緑岩 (PSM296a) は地化学異常レベルの銅濃度を有しており、既存資料にある土壌地化学異常をもたらした源岩として説明される。

#### <Tumbaga 地区>

Batobalani と Jose Panganiban を結ぶ幹線道路から未舗装路が現地まで通じている。304mピークを含む丘陵地は斑状安山岩あるいは閃緑岩質ポーフイリーが分布するが、丘陵地北側の標高 100m 以下の平坦地には安山岩、安山岩質凝灰岩あるいは凝灰質砂岩 (PKY328) などが分布する傾向がある。両者の関係を示す露頭や周辺地質との対比を可能とするに十分な情報は得られていないが、前者は Tamisan 閃緑岩に、後者は Universal 層群あるいは Larap 火山岩類に対応すると考えるのが妥当であろう。

本地区は、現在も数グループの small scale miner により Au の採掘が行われている (Appendix 14: PY49, 52, PY50, 51)。広い範囲で黄鉄鉱-石英細脈が発達している。脈際変質 (PKY332) はセリサイト変質で特徴づけられるほか、母岩と考えられる変質ポーフイリー安山岩 (PKY332) も同様にセリサイト変質で特徴づけられる。脈の走向は N10° E によく集中するが傾斜は 55° E~40° W まで変化する。脈はほぼ均一に発達しており、N10° E 走向に規制されたストックワークと考えられる。採掘に従事している small scale miner によると、地表付近でみられる細脈群が深部 (数 m) で集合し主脈を形成するような産状が観察されるとのことである。産金量は不明であるが、カットオフ品位は 2.5g/t との情報を得た。40kg 程度 (鉱石出荷用袋一袋相当) の鉱石から 25g の Au が回収されたことがある ((単純換算で 625g/t Au, 現地聞き取り)。本調査において採取した試料からは最高 8.93g/t Au (PKY329: 脈幅 2cm) をはじめとして普遍的に 5g/t Au の分析結果を得た。また、最高 0.35% Cu (PKY330) をはじめとして Cu 鉱化を示す結果を得た。

石英脈試料 PKY327A, 329, 333 について流体包有物均質化温度を測定した結果、それぞれ 295~319°C, 199~240°C, 267~295°C を示し、塩濃度は 5.41~6.88wt%NaClequiv., 0.35~0.71wt%NaClequiv., 5.41~6.45wt%NaClequiv. であった。PKY327A, 333 の包有物は、気液比が大きく変化し、沸騰が推定される。

以上の観察結果から、本地区にはポーフイリーに伴うと考えられるストックワーク型金鉱床が存在し、Cu 鉱化も顕著である。今後、大規模低品位型の銅・金鉱床として系統的な調査を行い、評価をする必要がある。

#### <Paracale National 地区>

Batobalani と Jose Panganiban を結ぶ幹線道路から未舗装路が現地まで通じている。

地表では凝灰岩、凝灰質砂岩あるいは安山岩が分布する。坑内 (深度数十メートル深) では超塩基性岩が分布するらしく廃石中に超塩基性岩を確認した (Appendix 14: PY57)。走向 N10~20° E, 幅 1~0.3m, 総延長 500m 程度の黄鉄鉱-石英脈 (Manila vein) のほか 2

条 (Belmeho vein ほか) が主要な鉱脈である。Manila vein の Au 品位は最高 30g/t のことである。特徴的な鉱石組織を Appendix 14: PY55, 56 に示す。本調査で得た試料からは最高 14.0g/t (PKY336: 脈幅 20cm 以上) の Au 品位を得た。また、最高 0.78% (PKY336) の Cu 品位を得た。

ポーフィリーに伴うと考えられるストックワーク型金鉱床である。Cu 鉱化も顕著である。大規模低品位型の銅・金鉱床として系統的に評価をする必要がある。

#### <Capacuan 地区>

本地区は Fe 鉱床地帯として知られており、かつては露天採掘が行われていた (Appendix 14: PY58)。Batobalani と Jose Panganiban を結ぶ幹線道路から未舗装路が現地まで通じている。

露天採掘跡地は風化変質が著しく原岩を特定するのが困難であったが、部分的に変堆積岩が分布することを確認した。

風化により酸化が著しいものの、初生的な Fe 鉱化である黄鉄鉱-磁鉄鉱脈をいくつか確認した。また、酸化銅鉱物 (胆ばん) を希に認めることがある。黄鉄鉱-磁鉄鉱脈試料 (PKY339) は Cu 品位 4.73%を示す。ちなみに Au 品位は 20ppb であった。

ストックワーク型の磁鉄鉱脈を初生鉱とする Fe 鉱床と推定される。銅鉱化が認められ、品位も高く (PKY339)、周辺の地質鉱床との関係からポーフィリー型の Cu-Fe 鉱床の可能性もある。Cu 鉱化作用についての評価を行う必要がある。

#### 7) ポテンシャル

多数の鉱床、鉱徴地が存在する。本地域に分布する鉱床、鉱徴は、その産状、石英の流体包有物温度、変質作用からマグマ-熱水系のなかで、Fig. II-2-18 に示されるように、Mt. Bagacay 地域と同様に、ポーフィリー型、スカルン型、および Sub-epithermal vein 型鉱化作用が分布する、貫入岩近傍の高温環境に位置すると考えられる。

過去に探査がなされている場所も多く、また現在も幾つかの鉱徴地周辺で探査が実施されている。しかし、多くの鉱徴地およびその周辺は、十分な探査が実施されているとは言えず、探査余地がある。とくに、Tumbaga~Matalang 周辺では、比較的金品位の高いポーフィリー型の鉱床が存在する可能性があり、組織的な探査が望まれる。

UNDP (1987) では、本地域には、極小規模ながら多数のデイサイトポーフィリーが分布するとされており、その年代は  $2.3 \pm 0.3$  Ma である。今回、Pangono 地区において、その一部を観察できたが、変質が強く、原岩の性格を明らかにすることができなかった。伴う変質は、浅熱水性の変質であることから、本地域にも中央帯と同じく、鮮新世の火成活動が小規模ながら分布する可能性があり、これらにともない浅熱水金鉱床も分布する可能性がある。

#### 8) 鉱区

多くのMPSAが設定されている。

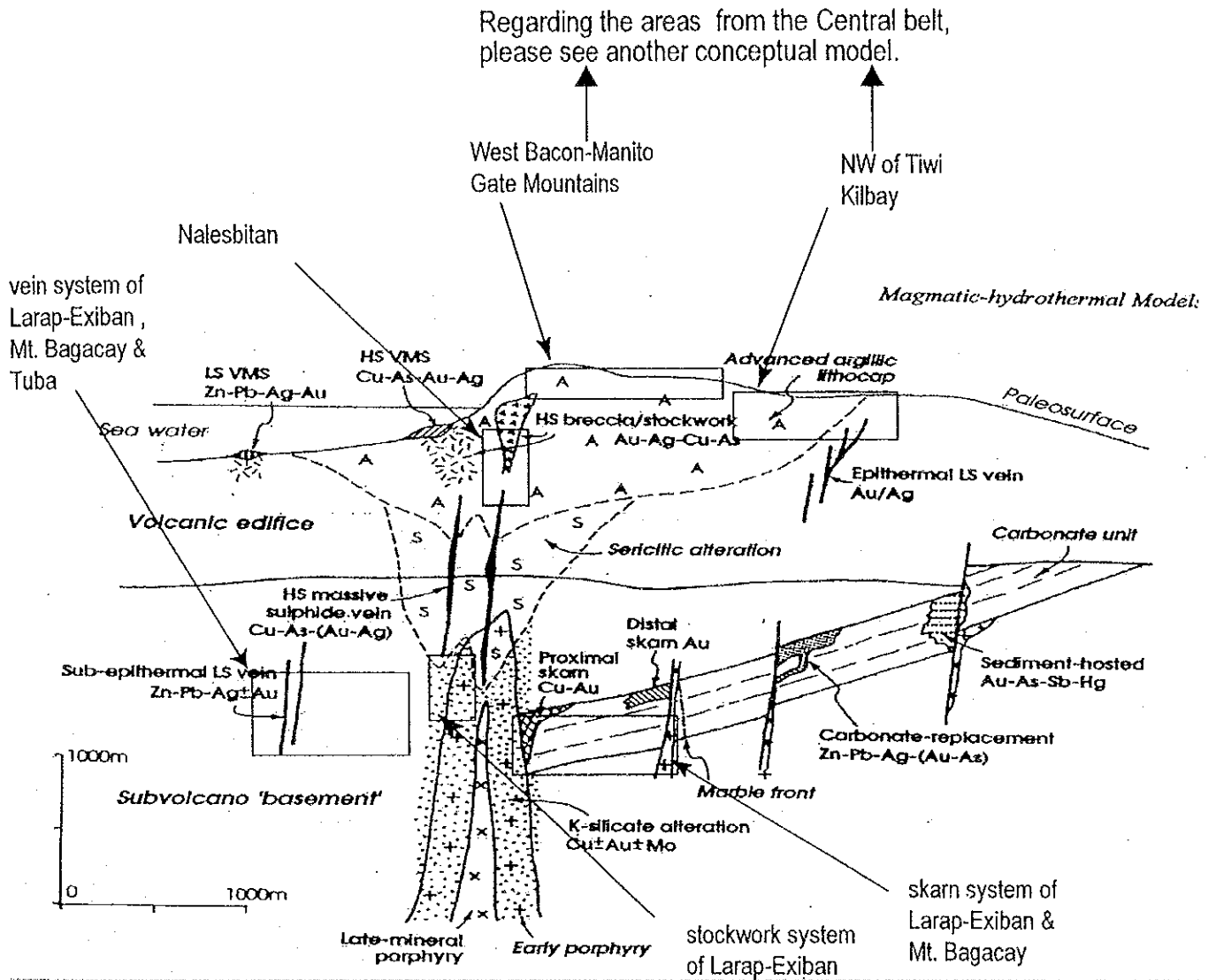


Figure 1. Idealized lateral and vertical zonation of deposit types and principal metals in an intrusion-centered system. The system contains a carbonate unit in the "basement" and a partly submarine volcanic edifice in its upper parts. Note outward zoning in carbonate host rock from porphyry Cu → proximal skarn → distal skarn → carbonate replacement → sediment-hosted, and in the volcanic edifice from high-sulfidation (HS) epithermal and VMS → low-sulfidation (LS) epithermal and VMS. Upward zoning is from porphyry Cu → high-sulfidation massive sulfide vein → Au-rich stockwork, breccia and VMS, and is only modestly telescoped (see text). The faults and veins depicted perpendicular to the section are more likely to be subparallel to it in order to intersect the stock. The occurrence of all these deposit types in a single system is not implied. Modified from Sillitoe (1989) and Sillitoe & Bonham (1990).

Fig. II-2-18 The location of the survey areas on the conceptual model of magma-hydrothermal system, taken from Sillitoe (1995)





# VOLCANIC-HYDROTHERMAL SYSTEM

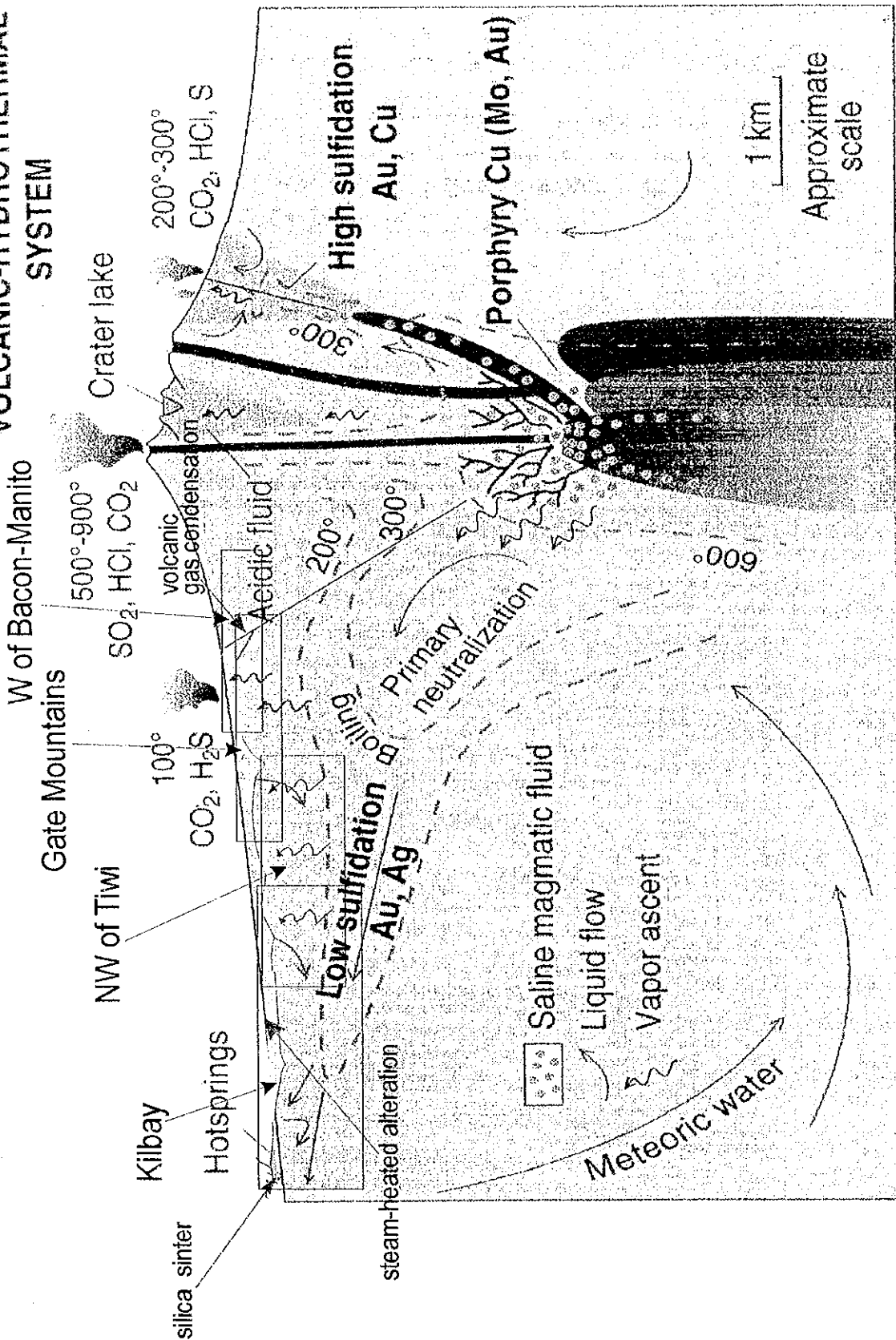
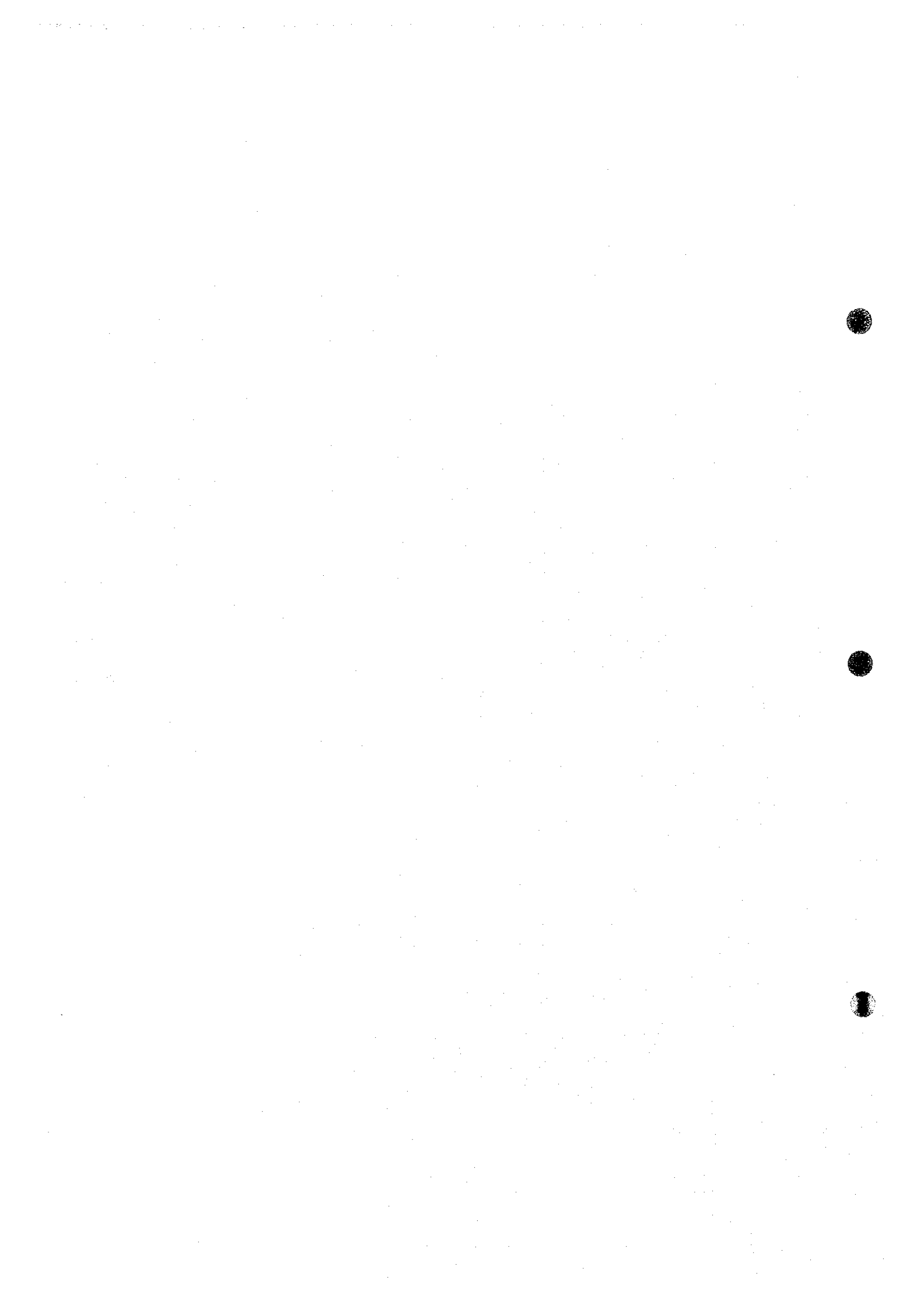


Fig. II-2-19 The conceptual location of the areas from the Central Belt on the schematic cross-section from showing shallow sub-volcanic intrusions and associated stratovolcano, and environments deduced for formation of porphyry Cu, and high- and low-sulfidation epithermal ore deposits. (modified Fig. 1.1 of "Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration", Special Pub. No. 1, Resource Geology)



### 第3章 総合解析

#### 3-1 空中物理探査結果と現地踏査結果との対比

空中物理探査では、低磁気異常域およびカリウム高異常域が変質帯分布域として注目され、特に両者が重なる場所は、変質帯が存在する可能性が高いと推定された。また、低磁気異常域の中でも、等磁気線密度が疎である部分(“flat region”)は、消磁化されている可能性が高いと推定され、そこにも変質帯が存在することが期待された。

現地踏査では、これらの結果を参考しながら、調査ルートを設定し、変質帯・鉱化帯の発見に努めた(第2章現地踏査, 調査ルート参照)。結果は、空中物理探査結果から推定された場所に、変質帯が分布する場合とそうでない場合とがあり、空中物理探査データの再解析が必要となった。ここでは、空中物理探査データと現地状況を対比し、再度、空中物理探査データを解析する。そして、本地域のような、厚い植生に覆われる火山地帯における空中物理探査の有効性、解釈上の留意点をあげる。

##### 3-1-1 磁気異常

###### 1) Legazpi 地域

Legazpi 地域では、北東部の低地を除き、低磁気異常が分布するのは、主に次の箇所である(Fig. II-3-1)。

- a. Bac-Man 断層の北縁に沿った、WNW-ESE 方向の沢
- b. 同断層沿いの地域東端の Cawayan Crater 周辺の高岳地
- c. Buyo River 沢の上流域; 最上流の低磁気異常は、a. に連続する。
- d. Cawayan River 沿いの EW 方向の沢; 東は、a. に連続する。
- e. Pili-Cumadcad の NE 方向の沢
- f. Salvacion 温泉のある NE 方向の沢

現地調査を行った範囲では、Fig. II-3-1 に示すような地域に熱水変質帯が分布する。熱水変質帯分布と低磁気異常あるいは、“magnetic flat region” (Irvine and Smith, 1990) が良く対応するのは、d. である。c. にも比較的広い熱水変質帯が分布し、低磁気異常域の分布は、比較的これと一致する。b. は、Legaspi 地域の中では、山岳地形でありながら低磁気異常が分布するが、ここでは、地表に変質帯が分布し、わずかに東に Bac-Man の地熱帯が存在することから、熱水変質帯に対応すると考えられる。a. e. および f. には、地表では、局部的に熱水変質帯が観察されるが、沢の大部分は、転石あるいは地すべり堆積物等の崩壊堆積物が分布する。この場合、変質帯をこれらの堆積物が覆っている可能性があり、これらの沢に変質帯が存在しないということとはできない。a. はいわゆる Bac-Man Fault に相当する。当初の解析で、熱水変質帯が分布することが期待された地域である(第 II 部

第 1 章)。断層沿いの二次的な消磁化の原因として、b. および d. の現象の類推から、断層沿いに熱水変質帯が分布すると解釈することが自然であると思われる。e. および f. についても、同様に断層沿いに熱水が活動したことが予想される。断層沿いに天水が流下し、風化による消磁化も可能性として残る。

なお、Fig. II-3-1 には、PNOG により測定された、高重力異常分布 (Los Banos and Oliver, 1997)、および低比抵抗異常域 (Layugan, 1986) を合わせて示している。また、重力分布から推定した断層位置も示した。a. の断層位置は、高重力異常域の南縁にそって分布する。高重力異常域は、磁気の擬似スライスの最深度スライス (Appendix 3) では、大半が低磁気異常域に分布する。円形の磁気異常から推定された北西部の推定貫入岩 (Fig. II-3-1) は、高重力異常域とは一致しない。また、重力分布から推定した NE 系の断層は、Pili-Cumadcad 沢に分布する NE 系の断層と一致する。この断層は、磁気の擬似深度スライスの最深度スライス (Appendix 3) では、a. の Bac-Man Fault の深部に存在する WNW 方向の低磁気異常域を左横ずれセンスで切っている。PNOG により推定された低比抵抗域は、ほぼ、e. と f. の沢に挟まれた場所に、NE-SW 方向に伸長した形で分布する。この低比抵抗異常は、深部に比較的高温の岩体あるいは熱水変質帯が存在することを示唆する。磁気の擬似スライスの最深度スライス (Appendix 3) でも、低磁気異常域が、同低比抵抗域に引っ張られる形で、SW 方向に延びている。

## 2) Irosin 地域

Irosin 地域では、大略、南部あるいは南西部の Gate Mountains に高磁気異常が分布し、地域北西部に低磁気異常が分布する (Appendix 1)。主な低磁気異常分布域は、以下のとおりである (Fig. II-3-2)。

- a. 地域北西部に散在する低異常域
- b. Mt. Calunan の北 ; EW 方向の低異常域
- c. Mt. Tabontabon 周辺
- d. Mt. Maraot Banwa の北
- e. Tugas 集落付近 : WNW 方向の低異常域
- f. Mt. Sujac : WNW 方向の低異常域
- g. 1390000mN, 610000mE に位置する山を取り囲むように分布する低異常域
- h. Irosin 地域南端の海域に至る低磁気異常域
- i. e. f. g. h. 以外の Gate Mountains に散在する低異常域

Irosin 地域の場合、他 2 地域とは異なり、鮮新世後期の火山岩類が分布し、低磁気異常を解釈する場合、逆帯磁している火山岩が存在することも考慮しなければならない。このような場合に相当するのが、a. c. および i. と考えられる。b. d. については、付近の調査不足であり、不明である。

a. 本地域の北西部、すなわち、Irosin カルデラの南西部には、広く低磁気異常域が分布する。この周辺に分布する火山岩から、Phase I 調査で  $1.60 \pm 0.10$  Ma の K./Ar 年代が

得られている (Appendix 15, 16)。したがって、Mt. Culangalan から Mt. Sisigon 周辺の分布する火山岩は、逆帯磁期のものであると考えられる。低磁気異常でも、磁気コンターが密な場所が逆帯磁した火山岩分布を良く示している。低磁気異常のなかで、比較的磁気コンターが疎なところは、カルデラ噴出のイグニブレイトを示していると考えられる。カルデラ内の磁気コンターが疎な場所は、地形的にフラットであることと、そこに湖成堆積物あるいは沖積層が厚く堆積しているためと思われる。この強い (磁気コンターが密な) 低磁気異常に平行してその南に弱い高磁気異常域が分布する (Fig. II-3-2 の矢印)。これは、断層によって切られた谷地形に一致する。したがって、この相対的高異常は、逆帯磁した火山岩が断層で切れ、その部分が、選択的に風化、あるいは熱水変質によって磁鉄鉱の分解が起こったために、相対的に高い磁気異常として観察されていると考えられる。また、Monte Calvario では、黄鉄鉱鉱染をともなう熱水変質帯が分布するが、ここは、低磁気異常中の高磁気窓として観察される (Fig. II-3-2)。これも逆帯磁期の火山岩が熱水変質したため、消磁化され、相対的に高い磁気異常として捉えられていると解釈できる。これと同様な現象が、Tabontabon 山周辺にも観察される。

Tabontabon 火山岩の年代は、Delfin et al. (1993) によると 1.10~2.14 Ma とされる。同火山岩分布域には、磁気コンターが密な強い低磁気異常が分布するが、そのカルデラ壁側では、カルデラ壁にそって、逆に高い異常帯が分布する (Fig. II-3-2)。カルデラ壁側は、Phase I 調査によれば、弱い粘土化変質 (スメクタイト、カオリナイト、黄鉄鉱) が認められる。したがって、この高異常は、逆帯磁した火山岩が熱水変質することにより磁鉄鉱が分解し、高異常域として観察されていると考えられる。

g. および i. の低磁気異常も逆帯磁期の火山岩類を示している可能性がある。Gate 火山岩のうち  $2.60 \pm 0.3$  Ma および  $2.47 \pm 0.28$  Ma の年代を示す試料が分布する地域の低磁気異常域が、それに該当すると考えられる (Appendix 15, 16)。 $2.60 \pm 0.3$  Ma の年代を示す試料は、沢に位置する小さな低磁気異常域から採取した黒色緻密な安山岩である。g. の高異常を取り巻く小さな低異常は、沢沿いに分布し、地形的低所に逆帯磁期の火山岩が分布する可能性がある。ただし、下記に述べる h. の地域とともに、非磁性の重力基盤が地表付近に分布する可能性もある。

Irosin 地域で、現地調査で分布が確認された熱水変質帯と一致する、低磁気異常域は少ない。e. および f. が Tugas 周辺に分布する熱水変質帯分布域に近い低磁気異常である。しかし、これらは、地表で観察される変質帯には一致せず、むしろ中程度の磁気異常帯の "flat region" が変質帯分布と良い一致を示す。e. および f. は、幅が狭く、WNW の方向性が顕著であることから断層を示し、断層沿いに熱水変質が生じた可能性がある。

h. の Irosin 地域南端の海域に至る低磁気異常については、次の可能性が考えられるが、現地状況からは特定できない。

### 3) Tiwi 地域

主な低磁気異常分布域は、以下のとおりである (Fig. II-3-3)。

- a. Cayohosan River の上流 : 1489000mN, 560000mE 付近の WNW 系低磁気異常
- b. Inalait River 沢沿いの低磁気異常
- c. Buhi lake 北岸の沢 : 1492500mN, 556500mE 付近の NE 系の沢に分布する異常
- d. 地域南端 : 1485500mN, 559000mE 付近の ENE 方向に伸長した異常
- e. 地域東端の異常
- f. Jaroan River 沿いの NE 系の異常
- g. Mislbis 集落西南西方の異常
- h. Mayon 集落南西方の沢に分布する ENE 系の異常

a. は, Tiwi 地域で最も顕著な低磁気異常であり, "flat region"でもある。WNW 系の尾根から同方向の沢との間の斜面に分布する。この低磁気異常域および"flat region"は, 地表の熱水変質帯と良く一致する。特に, "flat region"は変質帯分布と極めて良く一致する。これらの異常は熱水変質を示す。

b. の沢にも広く熱水変質帯が分布し, 断層沿いの熱水変質を示すと考えられる。

c. では, 地表に黄鉄鉱を伴う変質帯が認められることから, 断層沿いに熱水変質があり, それを捕捉していると考えられる。

d. 低磁気異常分布域そのものは, 現地調査おらず, 低磁気異常の原因の解釈ができない。

e. は, Tiwi の地熱開発地域に相当し, 主要貯留層である Kagumihan 断層沿い (Gambil and Beraquit, 1993) に低磁気異常が分布する。また, "Old springs"と呼ばれる地熱地帯にも低磁気異常が分布し, これらは, 熱水変質帯および地熱地帯を示すと推定される。

f. の異常域を詳細に見ると, Jaroan River の沢そのものではなく, 同沢に平行な尾根の北西側斜面に分布する。下流域の転石には, 変質岩は認められず, 上流域に変質帯が露出する可能性は低い, データ不足である。

g. には, 沢の下流域から中流域にかけて熱水変質帯が分布することから低磁気異常が熱水変質帯を示すと考えられる。また, magnetic flat region も低磁気異常域中に分布し, これらは, 熱水変質帯および地すべり等の緩傾斜地を示すと考えられる。

h. にも沢沿いに熱水変質帯が分布し, 低磁気異常が変質帯を示すと考えられる。

以上のように, Tiwi 地域では, 低磁気異常は, 比較的良く熱水変質帯分布と良い一致を示す。

### 3-1-2 放射能異常

#### 1) Legaspi 地域

全放射性元素カウントイメージ (Appendix 5) および各元素カウントイメージ (Appendix 6) を比較すると, 次のことが明らかとなる。

- ・全放射性元素異常分布は, おもにカリウム異常によって支配される。
- ・ウラン異常分布には顕著な特徴はないが, トリウムについては, 地域西側に高い傾向がある。Bac-Man 地熱系が分布する東側の若い時代の火山岩分布域ではトリウムは低い

傾向が見られる。

デジタル地形イメージ (Appendix 4) と放射性元素カウント図 (Appendix 5, 6) とを対比すると、つぎのことが明らかとなる。

- ・大局的には、地形的高地および緩傾斜地には、低放射能異常域が分布し、沢沿いに高放射能異常域が分布する。
- ・地域北部および北東部の低地には低放射能異常域が分布する。
- ・沢部でとくに高い放射能異常が認められるのは、次の沢である (Fig. II-3-1)。

- ①Buyo River 沿いの NS 方向の沢
- ②Cawayan River 沿いの EW 方向の沢
- ③Bac-Man 断層の北縁に沿う、WNW-ESE 方向に連なる沢
- ④Pili-Cumadcad の NE 方向の沢

- ・低放射能異常が認められるのは、次の箇所である (Fig. II-3-1)。

- ⑤Danao Lake で、全放射能およびカリウムは最も低い異常を示す。
- ⑥Danao Lake から ENE 方向に帯状につながる地形的な緩傾斜地域。
- ⑦Danao Lake 南東方の緩傾斜地域。
- ⑧Bayong River 上流、Cawayan Crater 北東方の緩傾斜地域。
- ⑨Balasbas 上流の開析が進んだブロードな沢。

①および②には、熱水変質帯が分布する。これらのカリウム高異常域は、熱水変質帯分布と良く一致する。熱水変質帯は、どちらもクリストバライト、明礬石、カオリナイトおよびスメクタイトからなる珪化・粘土化変質であり、蒸気加熱型酸性変質帯と考えられる (第 II 部第 2 章参照)。両沢とも、尾根から沢へ向かう傾斜地は、勾配が急であり、地滑り等による滑落崖が発達し、岩石および変質帯が露出することが多い。③では、一部熱水変質帯が分布するが規模は小さい。④は、沢入り口付近には、熱水変質帯が存在するが、中流～上流域では変質帯は認められず、火山岩類の転石が多数認められる。

上記の低放射能異常域で、現地調査できたのは、Danao Lake および Balasbas 上流の沢である。Danao Lake は、現在では水はなく、草に覆われた平地となっている (Fig./写真)。Balasbas 上流の沢には、小規模なスメクタイト変質帯が分布するが、露頭は少なく厚く植生に覆われている。

上記のカリウム異常域分布と現地踏査との対比から、カリウム高異常域の原因について、次のような解釈ができる。

本地域の地表で観察される変質帯は明礬石-カオリナイト主体の変質である。明礬石の存在により、変質帯にカリウムが検出されることが予想される。しかし、一般的に、酸性変質帯ではカリウムは少ない。事実、変質岩の地化学分析結果は、母岩の火山岩に比べ、むしろ低いカリウム量しかもたない (Fig. II-3-4, Appendix 18)。これは、酸性変質岩だけでなく中性変質岩も含んでいる。したがって、岩石が均等に露出していれば、変質帯で

はなく、むしろ未変質の火山岩分布域にカリウム高異常域が検出されることになる。しかし、実際の測定では、前述のように、カリウム高異常域は、変質帯の分布と良い一致を示し、また、主要断層分布域とも良い一致を示す (Fig. II-3-1)。これは次のように考えることができる。

変質帯分布域は、概して、植生が少なく、岩石がひろく露出している場所が多い。一方、変質母岩となっている火山岩分布域は、厚い植生、土壌に覆われていることが多い。このため、変質帯は周囲の植生地あるいは土壌で覆われた場所よりも相対的に高いカリウム領域として検出されると考えられる。変質帯が、植生が少なく、比較的開析された場所となっている理由については、熱水変質が断層・断裂に沿って生じ、その場所が相対的に風化浸食を受けやすいため、あるいは珩化変質により土壌化しにくいためであると考えることができる。したがって、植生地および厚い土壌で覆われた地帯に、岩石が露出していれば、変質帯でなくても、そこはカリウム異常域として抽出されることになる。

## 2) Irosin 地域

全放射性元素カウントイメージ (Appendix 5) および各元素カウントイメージ (Appendix 6) を比較すると、次のことが明らかとなる。

- ・ Irosin 地域は、全放射性異常の分布特性は、カリウム異常とトリウム異常の二つによってコントロールされている。これは、Legaspi 地域とはやや事情が異なる。ウランについては、トリウムとほぼ同じ分布パターンを示す
- ・ 全放射性元素異常は次の場所に認められる (Fig. II-3-2)。

① Sta. Magdalena の北西に極めて顕著な、高異常域が存在する。

② 地域の北西部に比較的ブロードなコンターをもって広く分布する。

③ Gate Mountains 地域

④ Mt. Malobago のツインドーム

Sta. Magdalena の北西方に分布する、NW-SE 方向の顕著なポタシク高異常域が分布する。本異常域の南東側には、酸性火砕流堆積物が分布する (Jusi and Laud, 1998)。その北西端には、円形の磁気異常が分布し、貫入岩の存在が推定される。同地点は、地形的に凹地であり、著しいポタシク高異常は、小規模なカルデラから噴出した火砕流堆積物に因るものと考えられる。トリウム異常は分布しない。

②は、Irosin カルデラの火砕流堆積物分布範囲にほぼ一致する。表層に  $K_2O$  含有量が高い火砕流堆積物が比較的高いポタシク異常をもたらしていると考えられる。これは、同地域には低磁気異常域が分布することとも調和的である

③は、Gate 火山岩類 (Delfin et al., 1993) の分布とほぼ一致する。Gate 火山岩類分布域は、高いトリウム異常にコントロールされ、全放射能元素の高異常域となっている。ただし、Gate Mountains のほぼ中央に位置する Mt. Sujac を中心に WNW-ESE 方向に延びる尾根を境として、その北と南には、低トリウム異常が分布する。北は、地形的に凹地であり、熱水変質帯が分布する。全放射性元素カウントが低い理由として、ここでもやはり土壌と



植生に覆われるためと考えられることができる。しかし、南は、ドーム状の山を中心として、低カウント域が WNW 方向に広がる。これらの低カウント帯の原因は、良く分からない。ドームを構成する火山岩が、周りの火山岩とは異なり、K, Th, U などの不適合元素に乏しい組成をもつのかもしれない。

Mt. Malobago のツインドームのリムにやや高い放射能異常がリング状に存在する。Mt. Malobago は、二つの流紋岩質ドームからなる ( $\text{SiO}_2$ : 72.95%,  $\text{K}_2\text{O}$ : 3.08%)。Delfin et al., (1993)では、Post caldera stage の火山活動とされ、後期更新世と考えられている。ドームの中心は、低異常域である。これは、ドームの頂上が平坦なため、厚い植生と土壌が発達することによって低異常として抽出されると解釈される。ドーム周囲の錐面には、岩石が露出し、その崩壊物が堆積するため、やや高い異常として検出されている。

### 3) Tiwi 地域

全放射性元素カウントイメージ(Appendix 5)および各元素カウントイメージ(Appendix 6)を比較すると、次のことが明らかとなる。

全放射性元素カウント異常の分布パターンは、Legaspi 地域と同様、主にカリウム異常パターンに支配される。トリウム異常分布パターンもカリウムに似る。しかし、次の点で異なる。

本地域の東端のカリウム高異常域では、トリウムは低カウントとなっている。ここは、Mt. Malinao の東側麓の緩傾斜地であるが、Tiwi 地熱地帯が分布する。Tiwi 地熱地域は、大規模なシリカシンターが存在し、アデュラリアで特徴づけられる低硫化系熱水系である。東端のカリウム高異常域は、この低硫化系熱水変質帯が分布するためと考えられる。

また、Mt. Malinao と地域北部の山塊との間の標高 500m 程度の山では、カリウム異常は、低異常であるが、トリウムは高異常を示す。これは、その中間の山塊が、厚い植生と土壌に覆われることに起因して、カリウムレスポンスが小さくなっているが、トリウムは土壤岩石との差があまりないためと思われる。

デジタル地形イメージ (Appendix 4) と放射性元素カウント図 (Appendix 5, 6) とを対比すると、つぎのことが明らかとなる。

大局的には、Legaspi 地域と同じであり、地形的に高い地域で全放射能カウントが低く、地形的に低い地域で、全放射能カウントが高い傾向にある。特に沢部に高い傾向が顕著である。高い全放射能元素異常の分布域は、低磁気異常分布域と良い一致を示す。以下の箇所が高い全放射能元素異常が分布する (Fig. II-3-3)。

- ①Cayohosan River の上流: 1489000mN, 559000mE 付近の ENE 系の沢
- ②Inalait River 沢沿い
- ③Buhi Lake 北岸の沢: 1492500mN, 556500mE 付近の NE 系の沢
- ④Buhi Lake 南東側の沢
- ⑤Mt. Malinao 北東側の沢および緩傾斜地



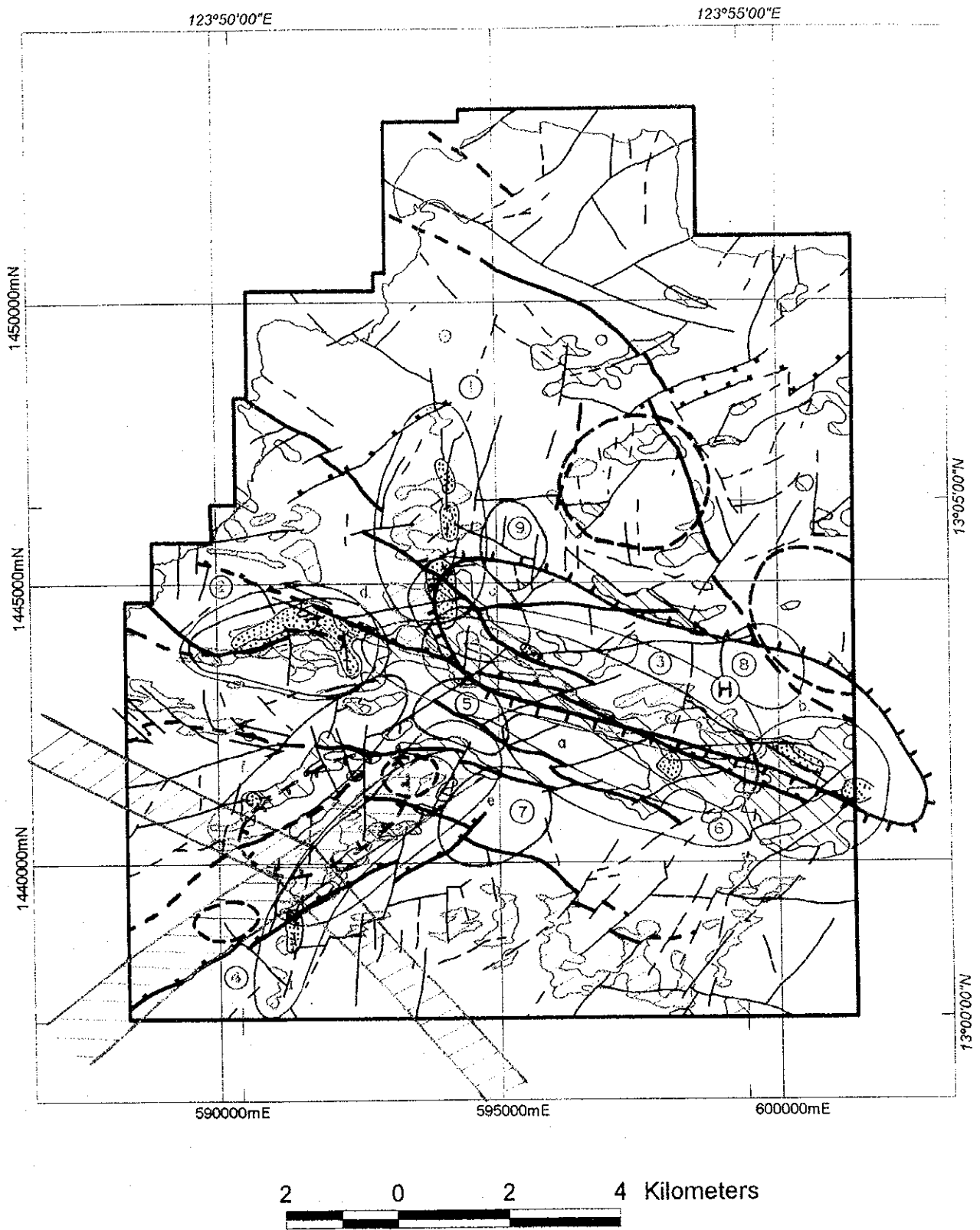
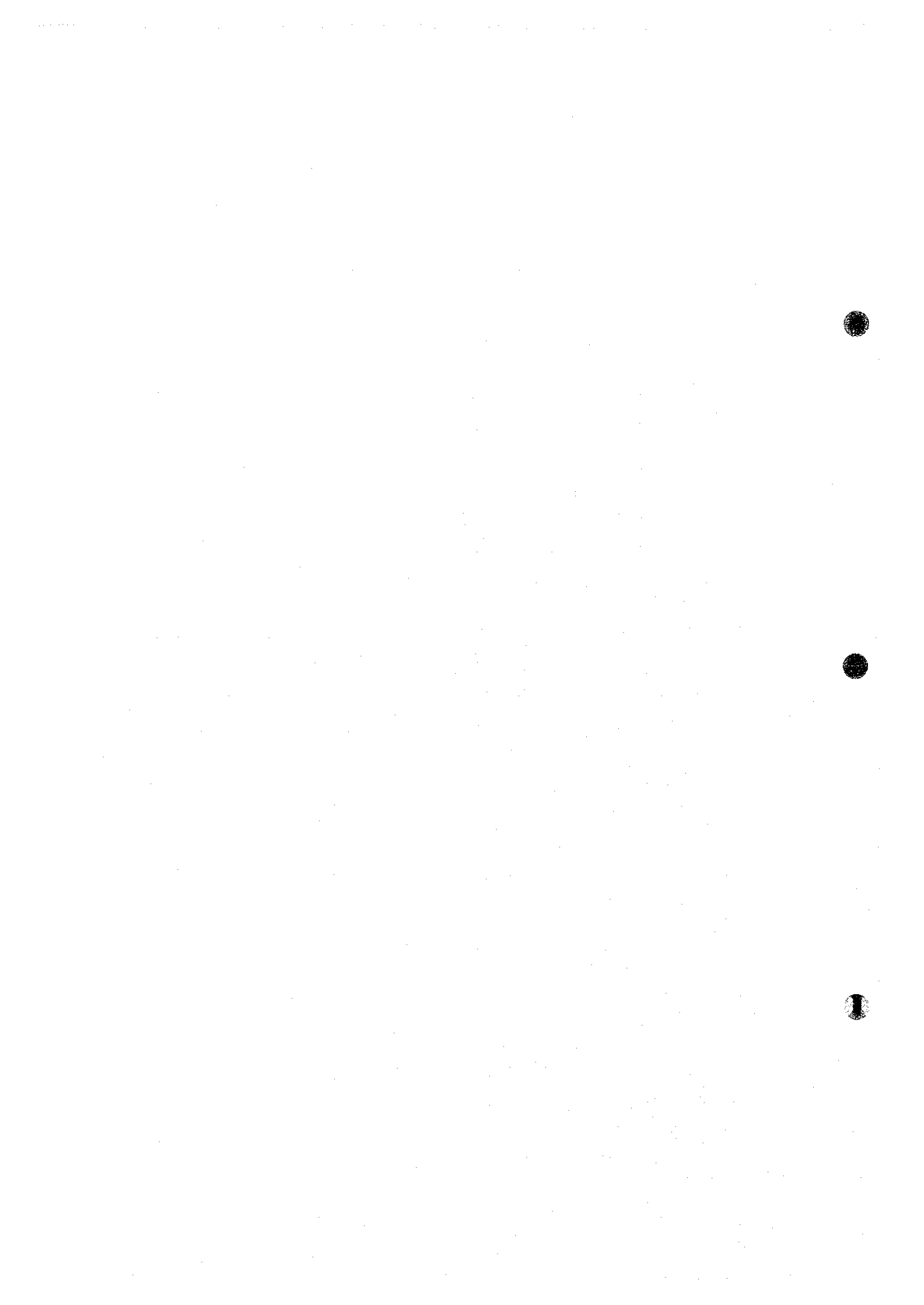


Fig. II-3-1 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey. Legazpi area  
Legends on following page.



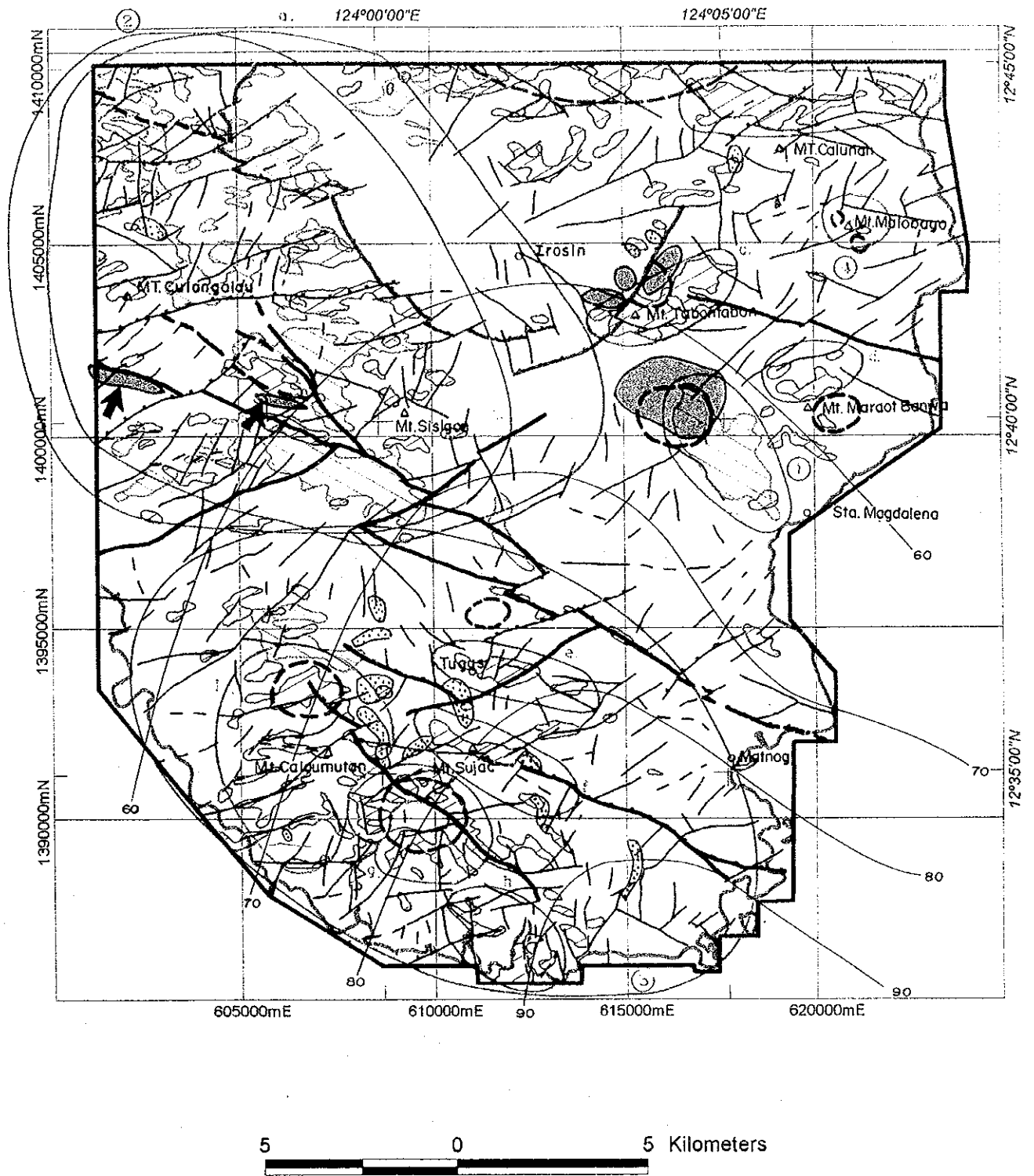
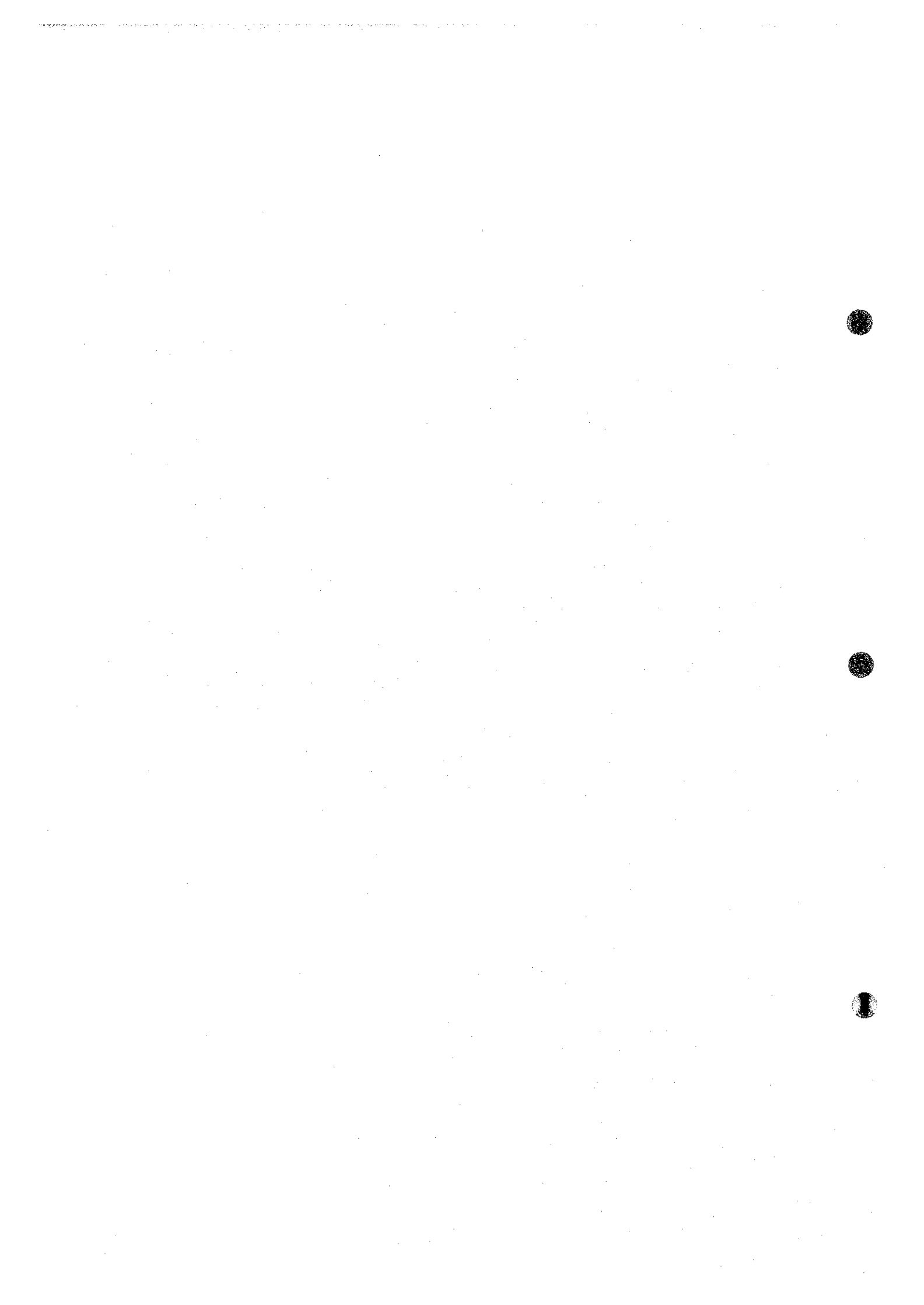


Fig. II-3-2 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey. Irosin area  
Legends on following page.



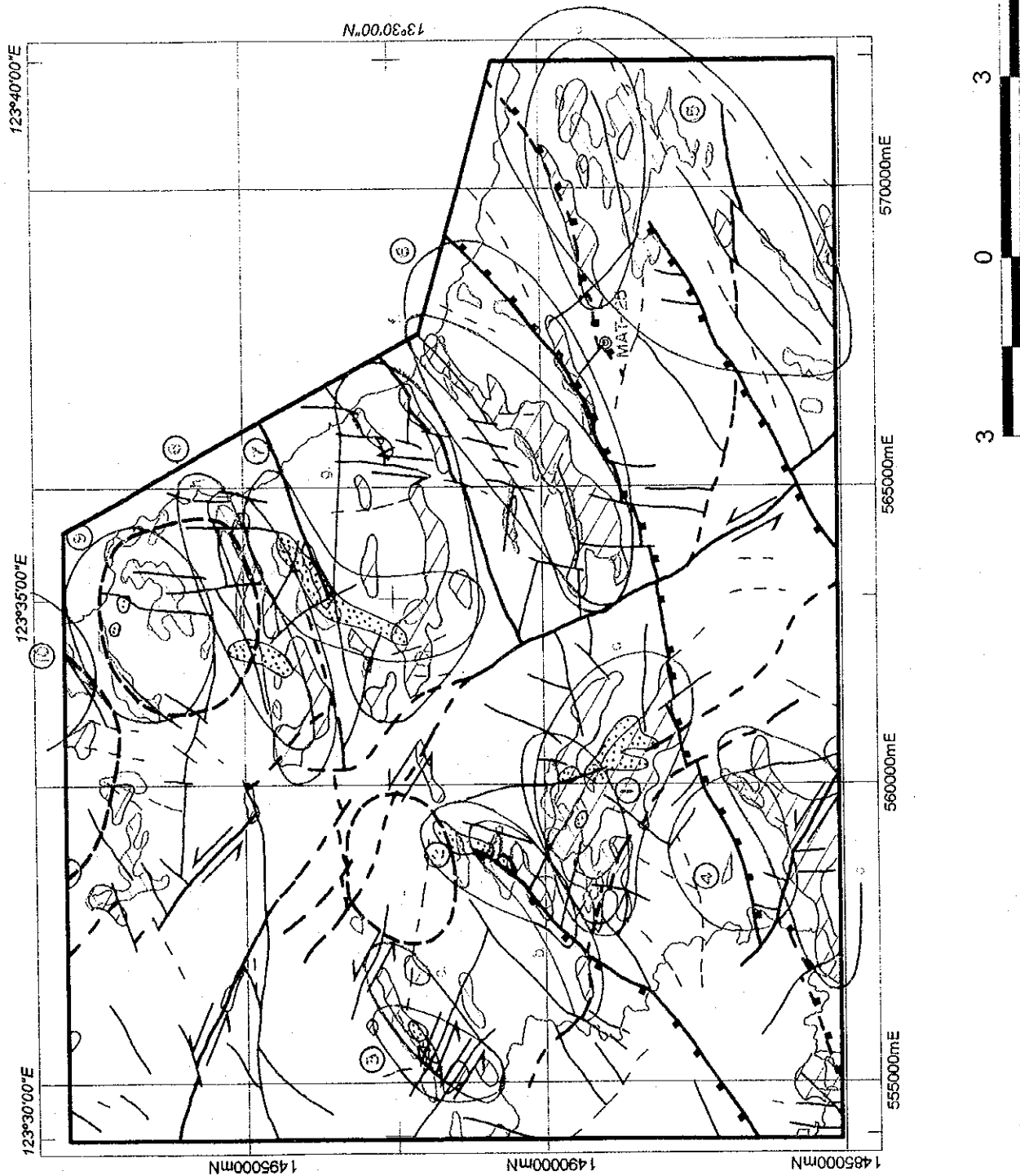
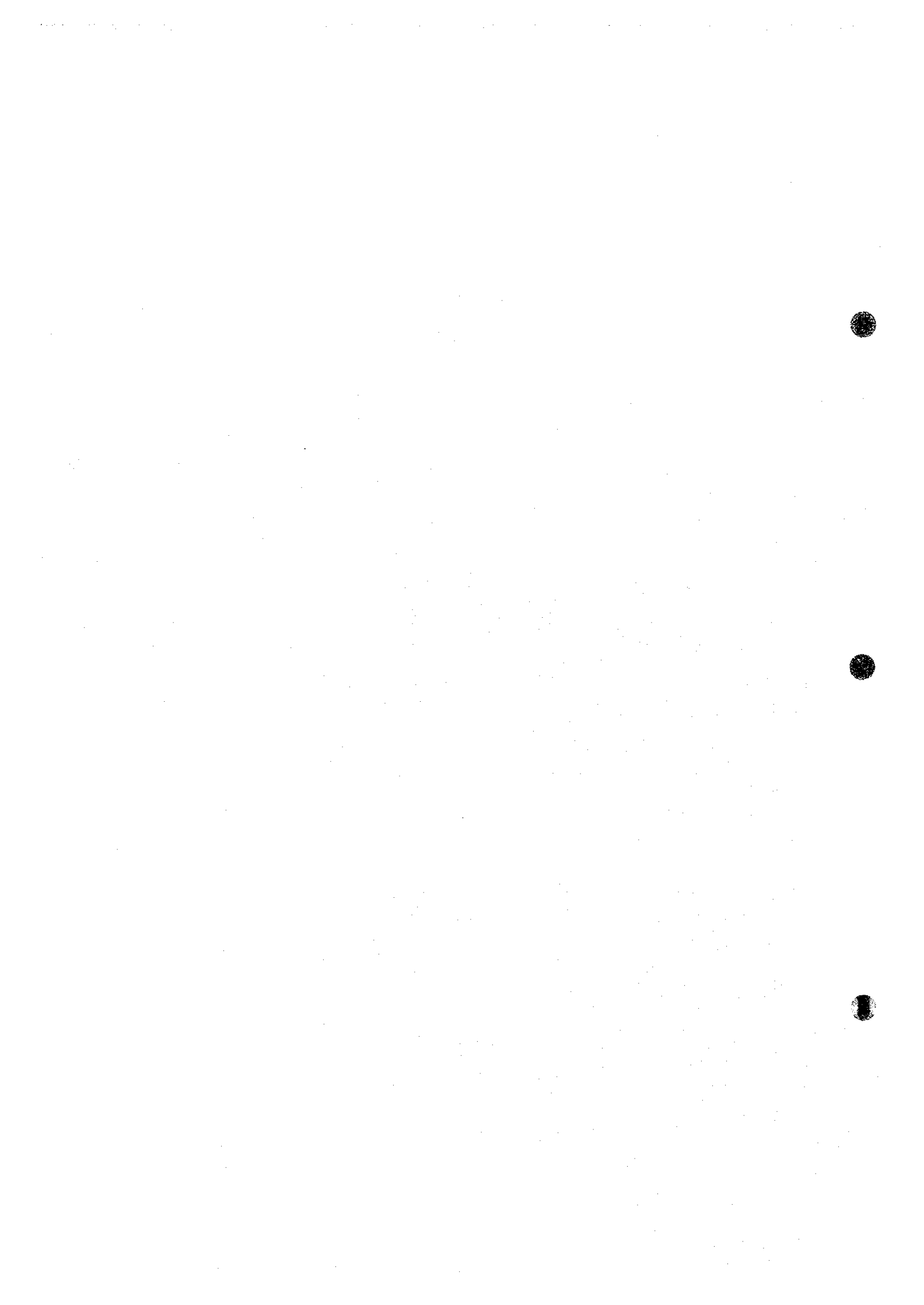
















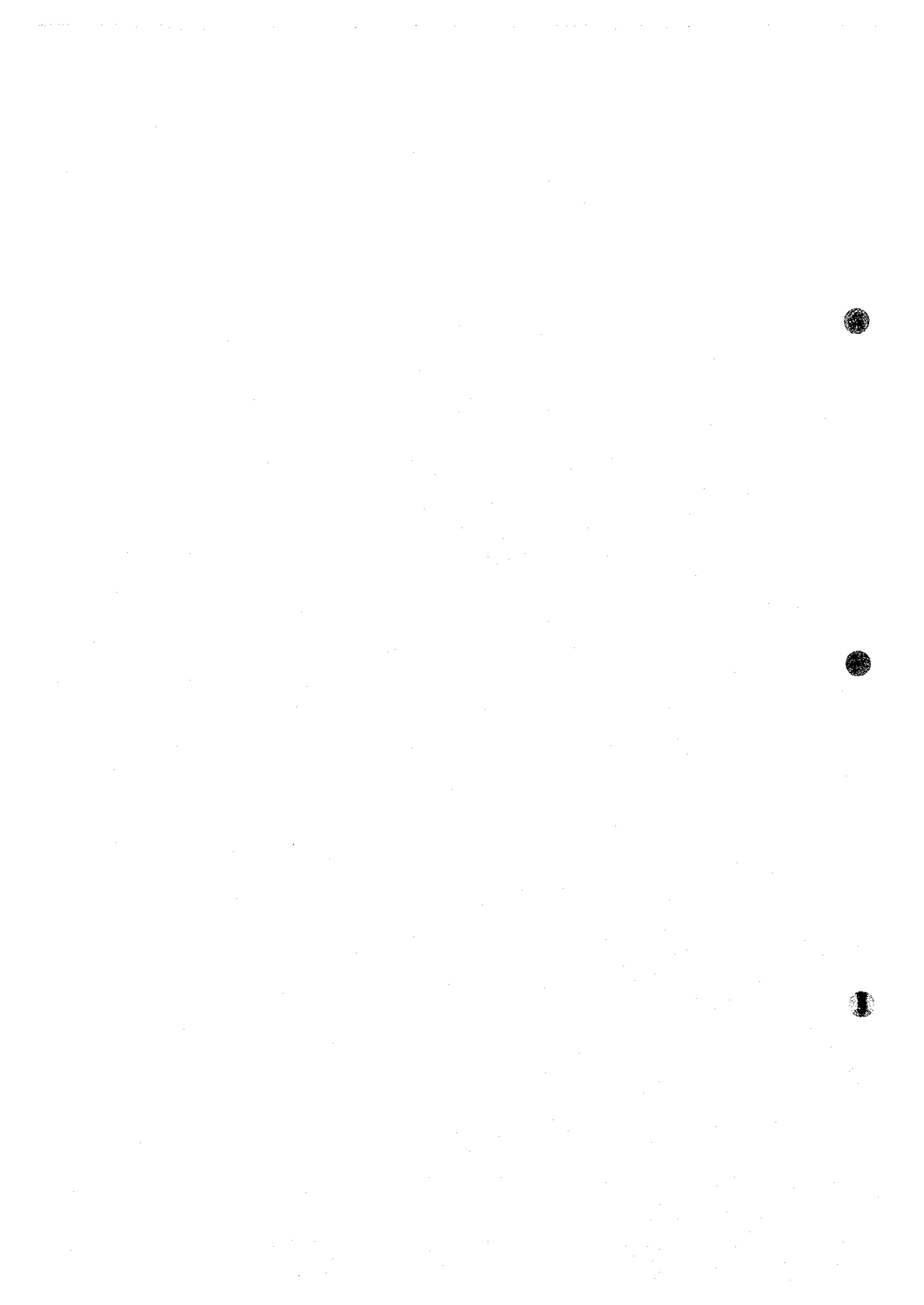
Fig. 11-3-3 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey, Tiwi area  
Legends on following page.

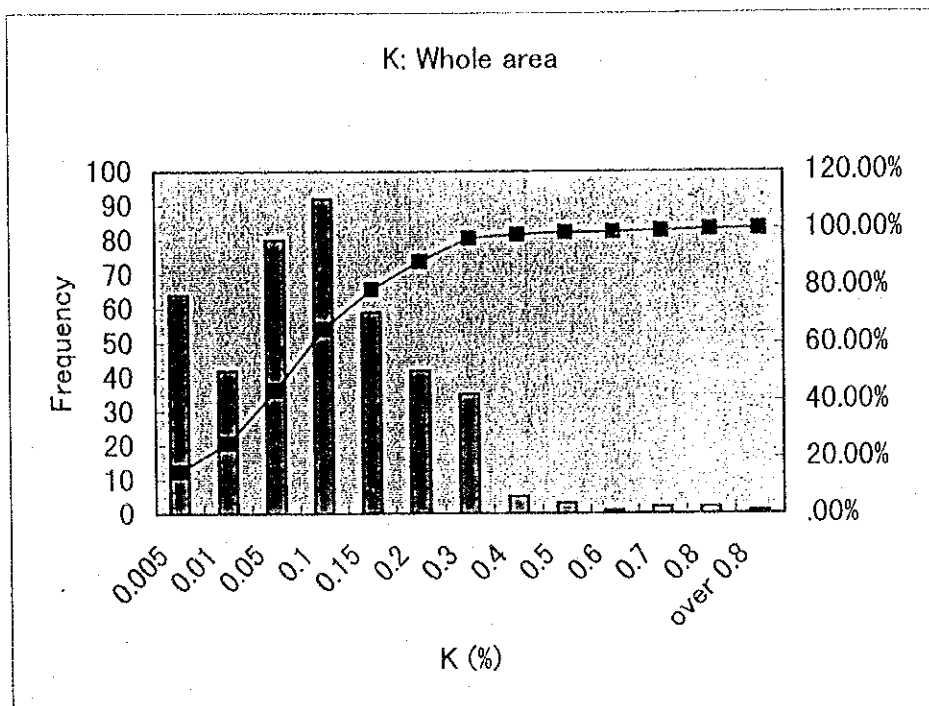




Legend

-  Zone of reduced magnetic signature
-  Areas of increased potassium signature
-  Major Fault - Confident, Inferred
-  Minor Fault - Confident, Inferred
-  Circular anomalies, possible volcanic vents or intrusive bodies
-  Hydrothermal Alteration Zone
-  Gravity High from PNOG Survey (Los Banos and Oliver, 1997)
-  Low resistivity center from PNOG Survey (Layugan, 1986)
-  Inferred Fault from the Gravity Distribution from PNOG Survey (Los Banos and Oliver, 1997)
-  a location of the zone of reduced magnetic signature
-  a location of the area of increased potassium signature
-  a location of the area of low potassium count
-  Areas of increased magnetic signature
-  Bouguer contour (miligal)





range	Frequency	cumulative %
0.005	64	14.95%
0.01	42	24.77%
0.05	80	43.46%
0.1	92	64.95%
0.15	59	78.74%
0.2	42	88.55%
0.3	35	96.73%
0.4	5	97.90%
0.5	3	98.60%
0.6	1	98.83%
0.7	2	99.30%
0.8	2	99.77%
over 0.8	1	100.00%

Fig. II-3-4 K content histogram of altered rocks from the Bicol Area

- ⑥Barils River および Jaroan River 沿いの ENE 系の沢
- ⑦Mayon 集落から ENE 方向に入り中流域で NS 系から NNE 系へ湾曲する沢
- ⑧Mayon 集落南西方の沢に分布する ENE 系の沢
- ⑨1497000mN, 563000mE を中心とする開析された NE 系沢の南東および北西側尾根
- ⑩地域最北東端のデイサイトドーム

このうち低磁気異常分布域と一致しないのは、上記の⑨および⑩である。これらは、中～高磁気異常域であり、ドーム状のデイサイト岩体分布域に一致することから、同岩石の比較的高い  $K_2O$  量を反映していると考えられる。全岩分析結果では、これらの岩石は、High-K 系のデイサイトであり、 $K_2O$  量は、2.37～3.03%である (Appendix 17, 18)。

この上記の⑨および⑩以外は、ほぼ低磁気異常域に重複して存在することから、磁気異常の項での解釈と同様に、これらのカリウム高異常も変質帯に対比されると考えられる。とくに、①、②、および⑤は、低硫化系変質帯が分布することからカリウム異常が期待される。しかし、⑦および⑧は、地表に分布する変質は、珪化変質が卓越し、変質鉱物は、石英、明礬石、黄鉄鉱が主体である。明礬石が存在するものの珪化岩自体の K 量は低い。したがって、ここでもカリウム高異常は、直接的には、厚い植生や土壌が剥がれ、岩石（変質岩も含めて）が露出している場所を示しているという解釈が成り立ち、そのような場所に変質帯が分布することが多いために、結果として、カリウム高異常域が変質帯分布と比較的良好一致をすることになる。

### 3-1-3 まとめ

空中物理探査結果と現地状況との対比から次のようになことが明らかとなった。

#### 磁気異常

低磁気異常は、一般に、磁鉄鉱の含有率の少ない岩石（堆積岩など）、二次的に消磁化された場合と、火山岩が逆帯磁している場合に起る。また、磁気コンターが疎な“flat region”は、磁性の変化が弱い地域を示し、高磁気異常分布域および低磁気異常分布域の両方に存在する。これは、地形的に平坦な地域、あるいは二次的に消磁化された地域を示す。二次的消磁化は風化、熱水変質によっておこる。

空中物理探査を実施した Legazpi, Irosin, および Tiwi の 3 地域では、低磁気異常および“flat region”は、沢と平坦な地形に分布することが多い。沢部に分布する低磁気異常および“flat region”は、熱水変質および地すべりなどの崩壊堆積物を示すと考えられる。ただし、Gate Mountains 地域を含む Irosin 地域では、逆帯磁期の火山岩が分布することから、相対的に高い磁気レスポンス分布域にも変質帯が存在する。

消磁化された地域、すなわち変質帯の存在が予想される地域は、3 地域ともに、WNW 系および ENE 系の断層にそって分布することが多い。これらの断層が熱水の通路となったことを示唆する。また、これらの断層運動は、より広域的な応力場に対応したテクトニックモデルの中で、性格付けできる可能性がある。また、小さな独立した、円形に近い磁気異

常域は、貫入岩プラグやストックを示唆し、これらも鉱化ポテンシャルをもつ地域として考えることができる。

### 放射能異常

一般に、放射能データのうち、カリウム高異常は、カリウムをより多く含む地質体を示す。したがって、低硫化系浅熱水鉱床のなかのアデュラリアが生じている熱水変質帯やポーフィリー型鉱床のポタシク変質帯などは、カリウム高異常域として抽出される可能性がある。

しかし、今回空中物理探査を実施した3地域は、厚い植生と土壤に覆われる地域が多く、得られたカリウムレスポンスは、必ずしも上記のようなカリウムをより多く含む地質体を示してはいない。

3地域では、カリウム異常は、岩石が露出する（露頭あるいは転石として）沢の分布と良く一致する。また、同地域に分布する熱水変質岩のカリウム含有量は、未変質の火山岩母岩よりもむしろ低い。このことから、カリウム異常は、厚い植生と土壤に覆われる地域のなかで、より岩石が露出している場所を示すと考えられる。前述の磁気異常の項で述べたように、浅熱水変質帯は断層にそって分布することが多く、谷地形に露出することが多い。したがって、結果的にカリウム高異常域に、熱水変質帯が分布することが多くなると考えられる。逆に、カリウム低異常は、植生や土壤に覆われた場所に対応し、結果的に、比較的勾配が緩やかな山岳や丘陵地を示す。

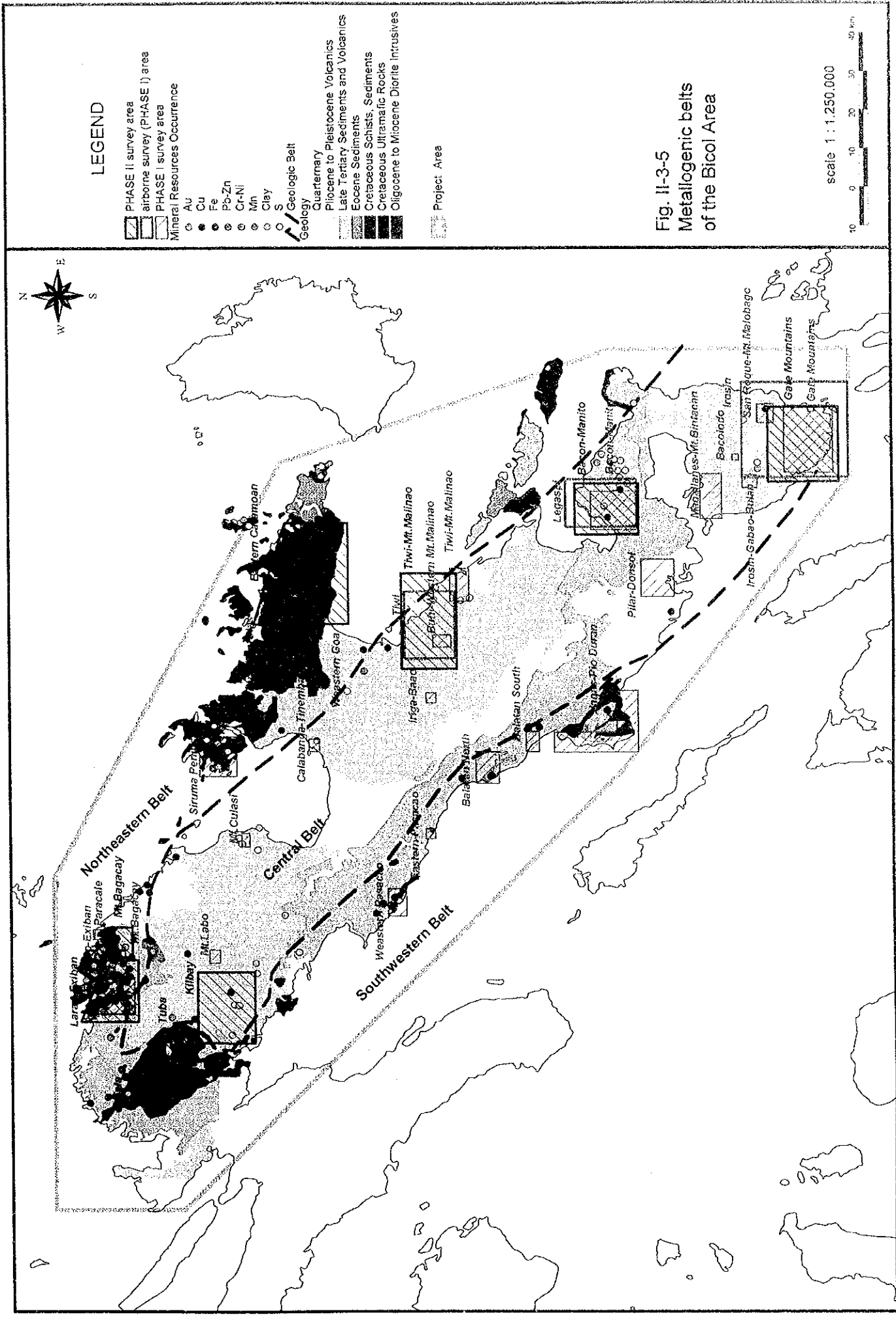
一方、トリウムはカリウムよりも地質を反映する。これは、トリウムが土壤と岩石でその存在量にあまり差がないことが予想される。

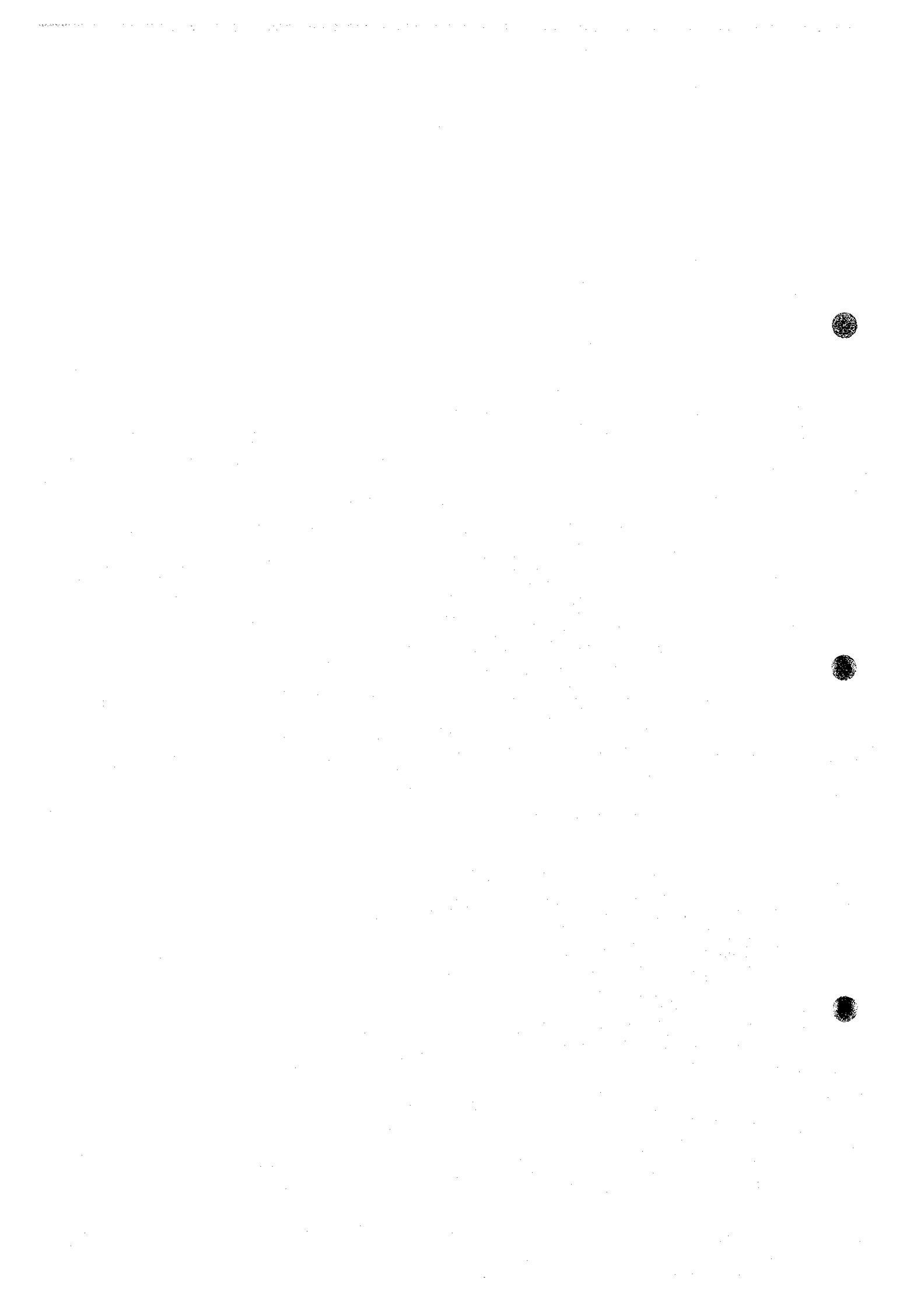
以上は、今回空中物理探査を実施した地域において解釈されたものであり、地質や地表条件が異なる場所では、当然異なる解釈が成り立ちうる。しかし、今回の地域と同じように若い火山岩が分布し、厚い植生と急峻な地形等により、アクセスが困難な地域では、空中物理探査は、その地質構造を明らかにするうえで、極めて有効な手段である。また、そこに分布する変質帯および鉱化作用の性質が把握される場合には、空中物理探査データから鉱化帯が存在するであろう有望な地域を抽出することが可能となる。

### 3-2 Bicol 地域の地質構造と鉱化作用の特性

Phase I 調査によって、Bicol 地域を、Fig. I-1-2 に示すように、地質および鉱化作用の分布の特徴から3帯に区分した。しかし、その後の調査により、Bagacay 安山岩は中新世後期であること、Kilbay 地域には広く鮮新世の火山岩が分布することなどが明らかになったことによって、Phase I 調査時に作成した同図を若干変更し、Fig. II-3-5 を作成した。ここで、再度3帯を次のように定義する。









中央帯とは、鮮新世から現世までの火山岩類が分布する地帯である。北東帯および南西帯は、中央帯を除いた地域で、オフィオライトシーケンスを含む白亜紀基盤岩類が分布し、これに第三紀の貫入岩が貫入する地域である。このうち、Bicol 地域の北東側分布域を北東帯と呼び、南西海岸沿いに分布する地帯を南西帯と呼ぶ。このうち、南西帯は、第三紀堆積岩類で覆われるため、その分布域は、断続的であり、狭い。

北東帯には、多くの鉱床・鉱徴地が分布する。これらは、その地質を反映し、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。このうち、重要なものは、中新世のマグマ活動に関係する熱水性鉱床である。この熱水性鉱床には、ポーフィリー型鉱床、スカルン型鉱床、鉱脈型鉱床がある。鉱脈型鉱床の多くは、従来、浅熱水性鉱床とされてきた (Mitchell and Leach, 1991)。しかし、これらは、その産状、変質鉱物組み合わせ、鉱石鉱物組み合わせ、および流体包有物から推定される生成温度および深度は、典型的な浅熱水性鉱床よりも高く、深い。また、それらは、中新世貫入岩と密接に分布し、いわゆる中熱水性鉱脈型鉱床、あるいは低硫化系浅熱水性深部鉱床 (Sub-epithermal low sulfidation type deposits) である。

南西帯には、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断層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、貫入岩関連のいわゆる中熱水性鉱脈型鉱床である可能性がある。

中央帯の北西端には、高硫化系浅熱水鉱床であるNalesbitan鉱床が分布する。また、Phase II調査によって、同じく北西端のKilbay地域に低硫化系の浅熱水性金鉱徴地が分布することが明らかとなった。この他の中央帯に分布するWestern part of Bacon-Manito, Gate Mountains, および Northwestern part of Tiwi - Mt. Malinao地域には、浅熱水系の浅部現象が観察されるが、地化学異常レベルの金、銅の示徴が存在する程度である。

鉱化作用と地質構造との関係を見ると、北東帯の鉱脈型鉱床の多くは、NE系の断裂にコントロールされている。特にParacale, Larap-Exiban および Bagacay 地域では、NE系の脈が卓越する。これらの鉱床生成時期が、中新世であることから、中新世のテクトニックイベントに対応して形成されたと考えられる。ただし、このNE系断裂の性質を今回の調査で明らかにするには至らなかった。

一方、中央帯では、空中物理探査を実施した Legazpi, Irosin および Tiwi 地域の3地域では、WNW系およびENE系の断層が卓越し、NS系の比較的小さな断層も抽出される。それらに沿って、しばしば熱水変質帯が分布する (前述)。3地域では、このうち、WNW系の左横ずれ断層が最も古くから活動している断層であり、これが熱水の通路となったことが示唆される。同様な結果が、衛星画像によるリニアメント解析からも得られている。また、



中央帯北西端の Nalesbitan 鉱床では、WNW-ESE 系の左横ずれ断層にそった "dilatational jog" が鉱化作用をコントロールしていると考えられている (Sillitoe et al., 1990)。同じく中央帯北西端に分布する Kilbay 地域においても、WNW~NW 系の断層および石英脈、NE~ENE 系の石英脈が多数観察される。Susungdalaga Mountains の南側に沿って、WNW 系の断層地形が観察され、これに沿って、熱水変質帯分布がコントロールされているように見える。これらの WNW 系の左横ずれ断層沿いには "dilatational zone" が発達することが期待され、このような構造は、鉱床形成の場として有望な地域と考えられる。

中央帯に分布する上記の断層は、より広域的な応力場に対応したテクトニックモデルの中で、性格付けできる可能性がある。

Bicol 地域で最も顕著かつ重要な構造は、Legazpi Lineament と呼ばれる左横ずれ断層である。この断層は、WNW-ESE 系であり、その東延長は、フィリピントレンチまで及び、同トレンチを約 40km ほど左横ずれさせている (Fig. II-3-6) (Aurelio et al., 1997)。上記の中央帯に分布する WNW 系の左横ずれ断層は、おそらくこの Legazpi Lineament と同じテクトニックイベントで生じたものと考えられる。後期中新世にフィリピン群島が Palawan ブロックに衝突した後も、フィリピン海プレートの西側からの押しは継続している。Visayas 地域は、Palawan ブロックとの衝突で固定された形になっているが、Bicol 半島から北のルソン島は、西側の南シナ海に向かって動くことが可能である。この動きに伴って形成されたものが Legaspi Lineament あるいは Sibuyan Sea Fault であり、これと同性質の断層が、Bicol 地域に観察される WNW 系の断層と考える。したがって、この断層は現在も活動中と考えることができる。

以上のべた Bicol 地域の地質構造は、フィリピン群島を取り囲む、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート、およびオーストラリアプレートの相互運動によって生じたものであり、これらのプレート運動を時間軸に対して記述できれば、Bicol のみならずフィリピン群島の地質構造発達史を描くことができると思われる。この分野は、現在も多く議論がおこなわれ、まだ、統一的解釈はないが、多くの研究によって、それが可能になりつつある。

### 3-3 3 帯および各地域の地化学的特徴

Phase I および Phase II 調査で採取した変質岩の分析データを各採取位置にプロットしたものを Fig. II-3-7 に示す。また、これらの分析データのヒストグラムを Appendix 23 に示す。これらの図を用いて、各地域および 3 帯の地化学的特徴について検討する。

全ての試料は、基本的に、珪化岩、粘土化変質岩、および石英脈などの熱水変質岩である。各帯から採取分析し、本解析に用いた試料の数は、

北東帯 80 個

中央帯 323 個

南西帯 17 個

である。

検討する元素のヒストグラムは、熱水性鉱床および母岩地質を反映すると考えられる次の元素である。

Au, Ag, As, Bi, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Zn の 13 元素である。

上記のように、母集団の大きさに違いがあることを考慮しても、次のような特徴が明らかである。

Au:

北東帯に、金含有量が高い試料が最も多い。北東帯では、Bagacay 地域、Paracale 地域、および Larap-Exiban 地域に高い値が集中している。Eastern Caramoan Peninsula にもやや高い値が分布する。ヒストグラム (Appendix 23) では北東帯の金含有量の高い試料には、1000ppb を超えるものが 20 試料もあり、ひとつの頻度ピークを持つ。

中央帯のほとんどの試料が検出限界値以下である (Appendix 23)。中央帯の中で、比較的高い金含有量をもつ試料のほとんどは、Kilbay 地域から採取されたものである。

南西帯では、Nagas-Pio Duran 地域 (Panganiran 半島) にやや高い値が分布する。

Ag:

ヒストグラムでは、北東帯で比較的含有量の高い試料が多く、中央帯および南西帯では、大部分が検出限界値以下あるいはそれに近い低い値を持つ。Fig. II-3-7b の分布図では、北東帯では、Au と同様に Bagacay 地域、Paracale 地域、および Larap-Exiban 地域に高い値が集中している。中央帯では、Kilbay 地域に比較的高い値が分布する。また、Gate Mountains 地域には、平均値を上回る値がいくつか分布する。南西帯では、Tuba 地域に高い値が分布する。

As:

ヒストグラムでは、北東帯および中央帯は同じような傾向をもち、全体的に、濃度の低いものが多い。Fig. II-3-7c では中央帯の Kilbay 地域に高い値が集中する。また、Gate Mountains 地域に分布する高い値は、Bacolodo の温泉湧出地の変質岩のものである。北東帯の Eastern Caramoan Peninsula にもやや高い値が分布する。

Bi:

ほぼ全域で値は低い。北東帯には、高い濃度のものがある。Tuba 地域にもやや高い値が分布する。これらの地域に貫入岩が多く分布し、貫入岩に関係した鉱化作用が分布することを反映していると考えられる。中央帯の高い値は、Mt. Culasi 地域の黄鉄鉱鉱染を受けた強珪化岩転石である。

Co:

全域で比較的高い濃度の試料が多い。北東帯は、この中でも濃度の高い試料がやや多い傾向にある。これは、本地域の基盤岩に超塩基性岩が分布することを反映していると考え

られる。

Cr:

全域で比較的高い濃度の試料が多い。北東帯および南西帯で濃度が高い試料が多い傾向にある。これは、両帯に超塩基性岩が分布していることを反映していると考えられる。中央帯では、Kilbay 地域にやや高いものがある。Bacon-Manito 西部地域にも一試料高い値がある。

Cu:

北東帯に濃度の高いものが多い。中央帯では、Kilbay 地域にやや高いものがある。南西帯には、Nagas-Pio Duran 地域 (Panganiran 半島) に高い値が分布する。

Hg:

全域で、ほとんどの試料が、検出限界値以下である。中央帯および南西帯には、数は少ないがかなり高濃度の試料が存在する。中央帯の高濃度試料の多くは、Kilbay 地域のものである。

Mo:

北東帯および中央帯は似たような傾向をもつが、北東帯に濃度の高いものが多い傾向がある。Bacon-Manito 西部地域の高い値は、地熱ボーリングコア試料のものである。

Ni:

北東帯および南西帯で濃度が高い試料が多い傾向にある。これは、両帯に超塩基性岩が分布していることを反映していると考えられる。中央帯でも Kilbay 地域にはやや高い値が分布する。

Pb:

北東帯に濃度の高いものが多い。中央帯では、Kilbay 地域に北東帯と同じ位の濃度の試料が分布する。Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域の高い一試料は、地熱ボーリングコアから採取したものであり、閃亜鉛鉱、方鉛鉱が肉眼で観察できる。

Sb:

北東帯では、Mt. Bagacay 地域および Eastern Caramoan Peninsula 地域にやや高い値が分布するが、全体的に低い。中央帯には、Kilbay 地域に高濃度の試料が存在する。

Zn:

北東帯にやや高い傾向がある。中央帯の Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域のやや高い試料は、Pb の項で述べた地熱ボーリングコアから採取したものである。

以上をまとめると、北東帯には、上記で検討した多くの元素 (Au, Ag, Bi, Cu, Co, Cr, Ni, Pb, および Zn) について最も高い濃度分布を示す。中央帯の各地域では、試料採取密度がほぼ等しいため、各地域の比較が可能である。Kilbay 地域は、中央帯の中で Au, Ag, As, Cu, Ni, Pb, および Sb の濃集が最も高い。南西帯には、As, Bi, Cr, Cu, および Ni でやや高い傾向にあり、北東帯に似る。

