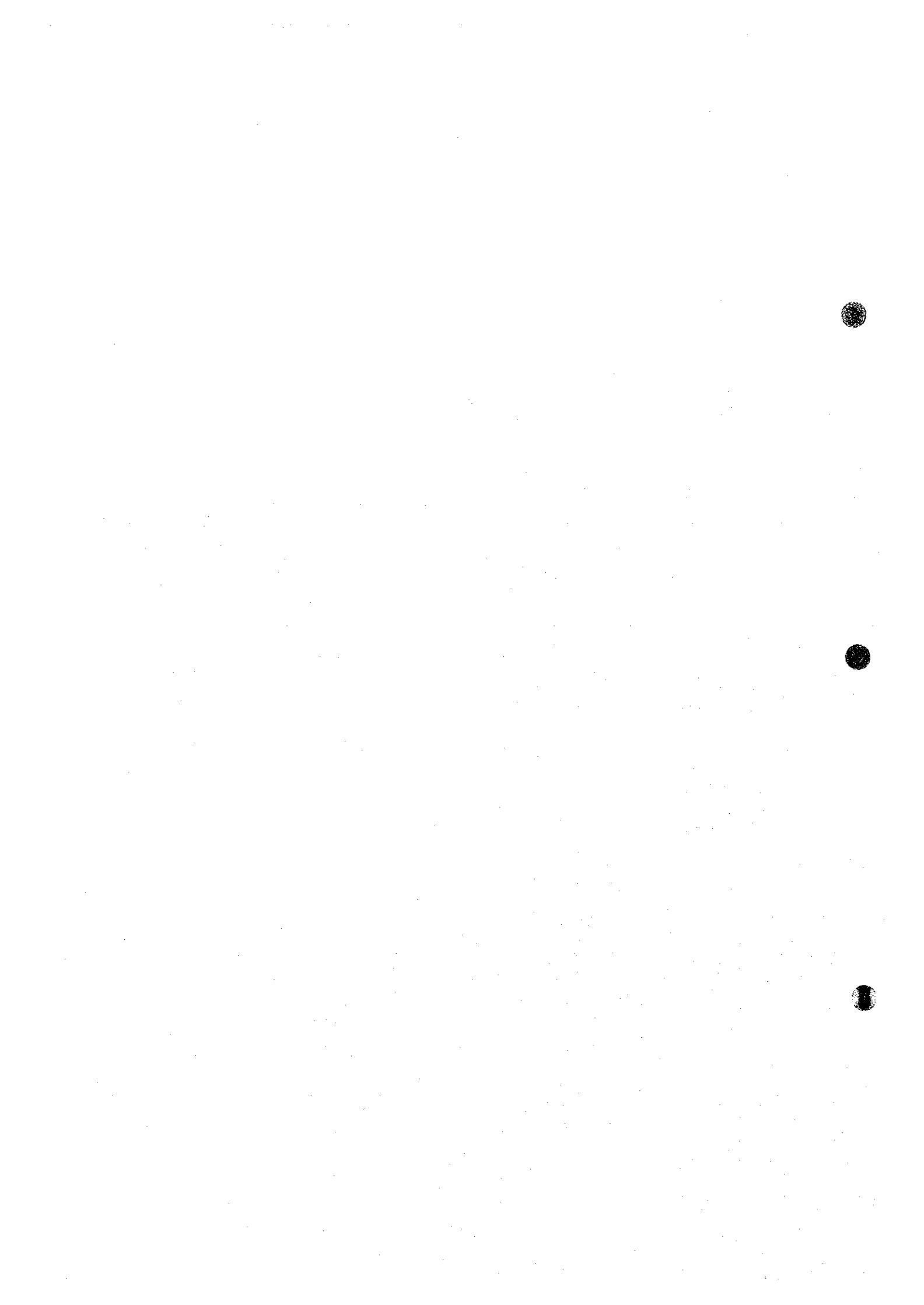


Fig. II-3-7 Geochemical distribution map of the Bicol Area (Au ~Cr)

a: Au, b: Ag, c: As, d: Bi, e: Co, f: Cr



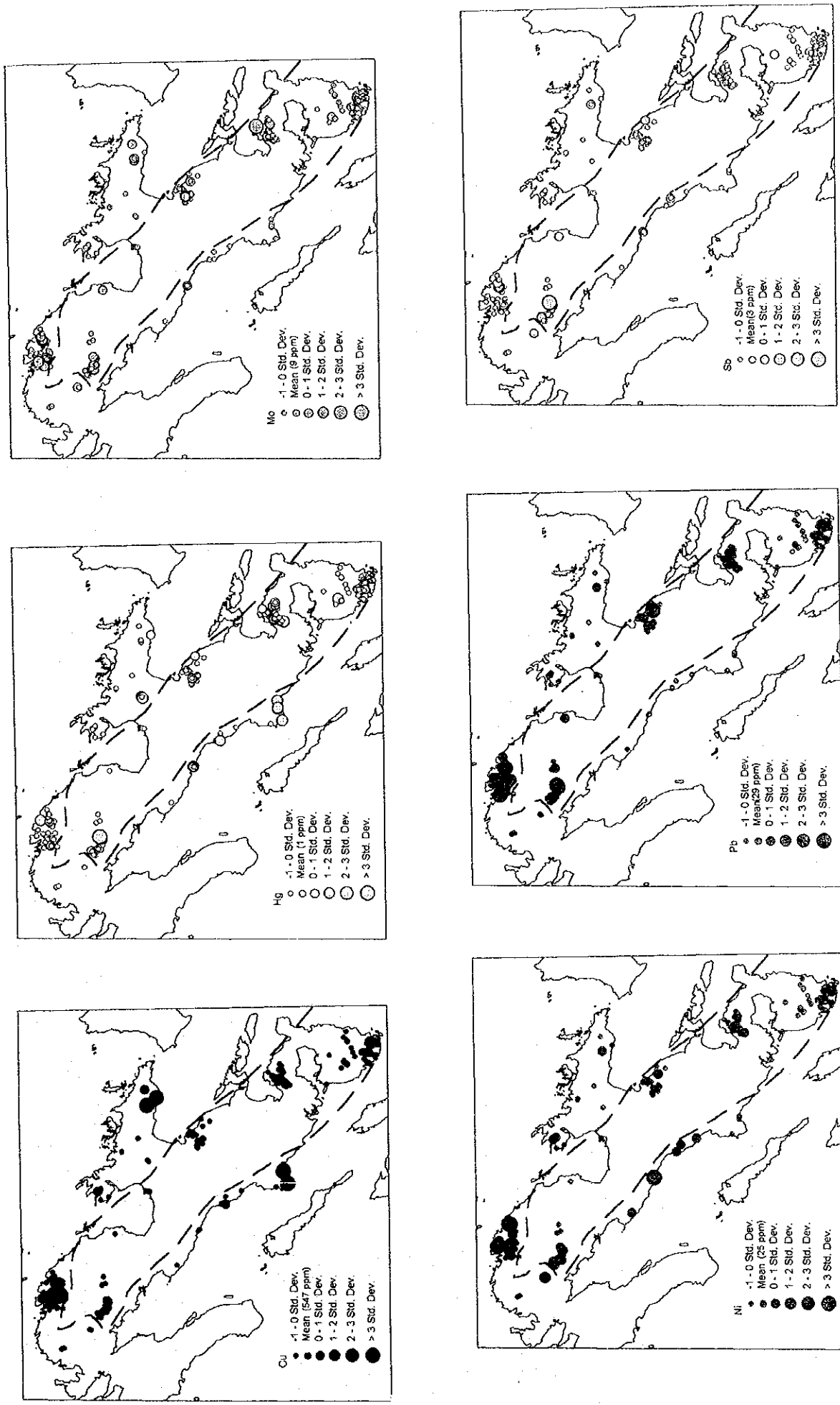


Fig. II-3-7 Geochemical distribution map of the Bicol Area (Cu ~ Sb)
g: Cu, h: Hg, i: Mo, j: Ni, k: Pb, l: Sb



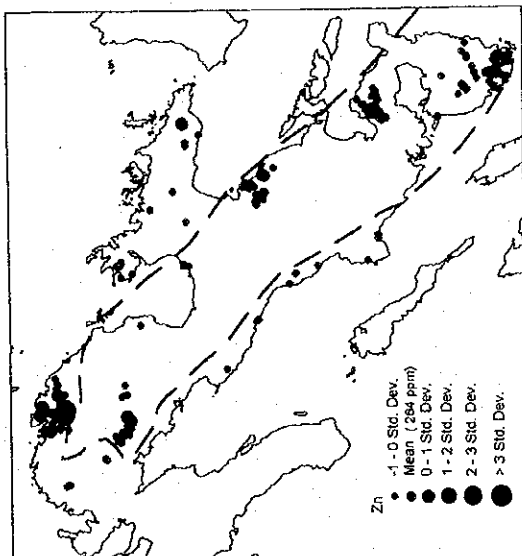
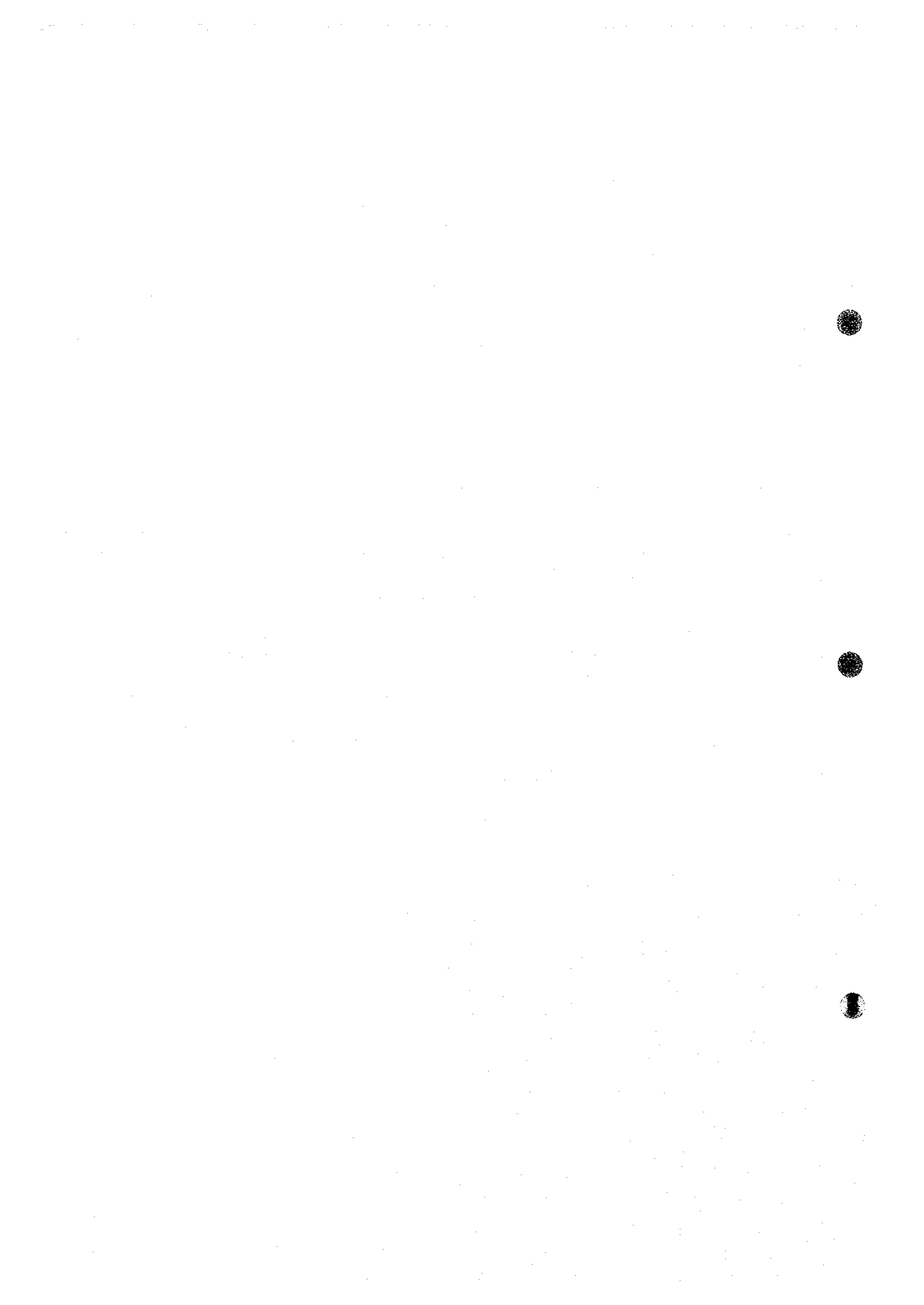


Fig. II-3-7 Geochemical distribution map of the Bicol Area (Zn)



上記に述べた各帯および各地域の地化学的特徴は、そこに分布する地質および鉱化作用の性質を反映している。また、言い換えれば、削剥レベルの違いを示しているとも考えられる。なお、8地域の地化学的特徴を、Table II-3-1に示す。

3-4 有望地域の選定

2年間の調査における有望地区選定のプロセスを簡略化したものを巻頭の有望地域選定フローに示す。

Phase Iでは、主に既存データコンパイル、衛星画像解析によって24地域を選定し、現地踏査した。Phase IIでは、Phase Iで選定された8地域を現地踏査し、その評価を行った。

本調査の目的は、Bicol地域から将来の探査プロジェクトとして有望な地域を抽出することであった。将来の探査プロジェクトとは、民間ベースのプロジェクトであっても良いが、ここでは、政府間ベースの技術協力のスキームで行なわれるべき調査を意識している。したがって、有望地の選定には、鉱床賦存ポテンシャルおよび鉱区設定状況の二つを重視した。

鉱床賦存ポテンシャルの評価については、地質状況、鉱床・鉱微分布状況、石英脈や変質岩の分析値に基づいて行った。その際、鉱床そのものが発見されていない場合や、地表に露出してない場合でも、マグマ-熱水系概念モデルに照らし合わせ (Fig. II-2-18 および Fig. II-2-19)、周辺深部に、その存在が期待される場合には、高い評価を与えた。

鉱区設定状況については、鉱区設定がなされていないか、あるいは鉱区が設定されている場合でも、MPSAであれば、優先順位を高くした。FTAAの場合は、鉱床賦存ポテンシャルが高い場合でも、優先順位は低くした。

以上のような評価対象項目をまとめたものをTable II-3-1に示す。

Larap-Exiban地およびMt. Bagacay地域は、Fig. II-2-18に示すように、貫入岩に関係したスカルン型鉱床、ストックワーク型鉱染鉱床、金-ベースメタル鉱脈鉱床が分布することから、マグマ-熱水系の深部のポーフイリー環境に近い部分が観察される。Tuba地域は、Tuba鉱床そのものを調査していないため、本地域も鉱床賦存ポテンシャルの評価は困難である。しかし、Tuba地域の南部には、熱水変質帯が分布し、金の異常も認められ、石英脈中にクロム白雲母が観察される。これは、Paracale地区に分布する鉱脈型金鉱床にもしばしば観察され、両地域の地質セッティングおよび鉱化作用の類似性を示す。したがって、本地域は、未探鉱部が多いが、Paracale地区同様に、いわゆる中熱水金鉱床の賦存ポテンシャルは高いと言えることができる。Eastern part of Caramoan Peninsula地域は、評価を行うにはデータ不足である。

一方、中央帯に分布する4地域は、Fig. II-2-18に示すようにマグマ-熱水系の浅い部分が観察される。4地域のマグマ-熱水系での概念的な位置を、さらに詳しく描いたもの

が、Fig. II-2-19 である。Western Bacon-Manito 地域および Gate Mountains 地域では、蒸気加熱型酸性変質帯が発達する。また、火山ガスに富む流体による変質も観察される。Gate Mountains 地域には、かなり規模の浅熱水系の変質帯が分布することが明らかとなった。部分的には、混合層粘土変質帯も分布し、Western 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。このことは、Gate Mountains 地域の火山岩が、Western Bacon-Manito 地域の火山岩よりも古いことと調和する。両地域の蒸気加熱型酸性変質帯の深部に、高硫化系あるいは低硫化系のいずれの鉱化作用が期待されるかは不明である。Western Bacon-Manito 地域については、東に隣接する Bac-Man 地熱地帯のボーリングデータからの類推では、両タイプの鉱化作用が期待されるが、金属元素濃度は、低いと予想される。Gate Mountains 地域については、一部に金、銅、モリブデンの異常値レベルの値が検出されるが、混合層粘土帯の石英細脈に金鉱化が認められないことから、深部の鉱床賦存ポテンシャルは高くないと考えられる。

Northwestern part of Tiwi-Mt. Malinao 地域および Kilbay 地域では、蒸気加熱型酸性変質帯の他に、セリサイト/スメクタイト混合層粘土帯中に石英脈が観察される。したがって、両者は、前 2 者にくらべ、浅熱水系のより深部までが露出していると考えられる。両者は、低硫化系の浅熱水性変質帯である。しかし、Northwestern part of Tiwi-Mt. Malinao 地域の石英脈には金品位がつかず、熱水が金を運んでいなかったと考えられ、鉱床賦存ポテンシャルは高くないとした。

Kilbay 地域には現在まで、金鉱床は見つかっていない。しかし、今回の調査によって、本地域には、低硫化系浅熱水系の浅部から中深部が露出し、かつ中深部の石英脈が金鉱化作用を伴うことから、これらの深部に低硫化系浅熱水性金鉱床が賦存する可能性が高いと考えた。前項(4-3)の議論からも、中央帯では、Kilbay 地域に浅熱水性金鉱化作用に特徴的な金属元素が濃集している。また、中央帯の鉱化作用をコントロールしていると考えられる(前項 4-2 参照)、WNW 系断層沿いに金鉱化作用を伴う熱水変質帯が分布する。これは、Kilbay 地域の北約 10km に位置する Nalesbitan 金鉱床と類似しており、同構造に沿ってその深部に鉱床が賦存する可能性が高いと考えられる。

中央帯のなかでも、その北西端には Nalesbitan および Kilbay と、鉱化作用をともなう浅熱水系が分布する傾向がある。これは次のように考える。

中央帯は、鮮新世の火山岩活動の開始とほぼ同時か、それに先立って、グラーベンが形成されている。中央帯北西端はグラーベンの発達が不完全であり、後期中新世より古い基盤岩類が、比較的浅部に分布することが予想される。後期中新世には、北東帯に分布するような鉱化作用が生じている。鮮新世マグマによって形成された熱水系は、後期中新世の鉱化作用に汚染された基盤岩類を循環することによって、より高い金属元素を濃集することができたと考える。Kilbay 地域の変質岩に Ni が高いこともこのことを支持する。したがって、Kilbay 地域から Nalesbitan 地域にかけては、鉱化作用をともなう浅熱水系が発達することが予想される。

以上の議論から、鉱床賦存ポテンシャルについては、Larap-Exiban 地域、Mt. Bagacay 地域および Kilbay 地域に、高い評価を与えた。

新規の探査プロジェクト地域として評価を与える場合、鉱床賦存ポテンシャルのみではなく、鉱区設定状況および地域のアクセス、治安状況なども考慮する必要がある。鉱床賦存ポテンシャルが高いとされた地域のなかでは、Kilbay 地域が比較的鉱区設定あるいは申請がなされていない。Larap-Exiban 地域および Mt. Bagacay 地域は、多数の MPSA の鉱区設定および申請が行われていること、過去から探査が活発に行なわれており、地表浅部に新規鉱床を発見するチャンスは少ないと予想されることから、新規探査プロジェクト地域としては優先順位は低くなる。なお、アクセスは Larap-Exiban 地域および Mt. Bagacay 地域は、Kilbay 地域に比べ良い。しかし、いずれの地域も同程度の治安問題をもつ。したがって、新規探査プロジェクト地域としては、Kilbay 地域が最も有望と考えられる。

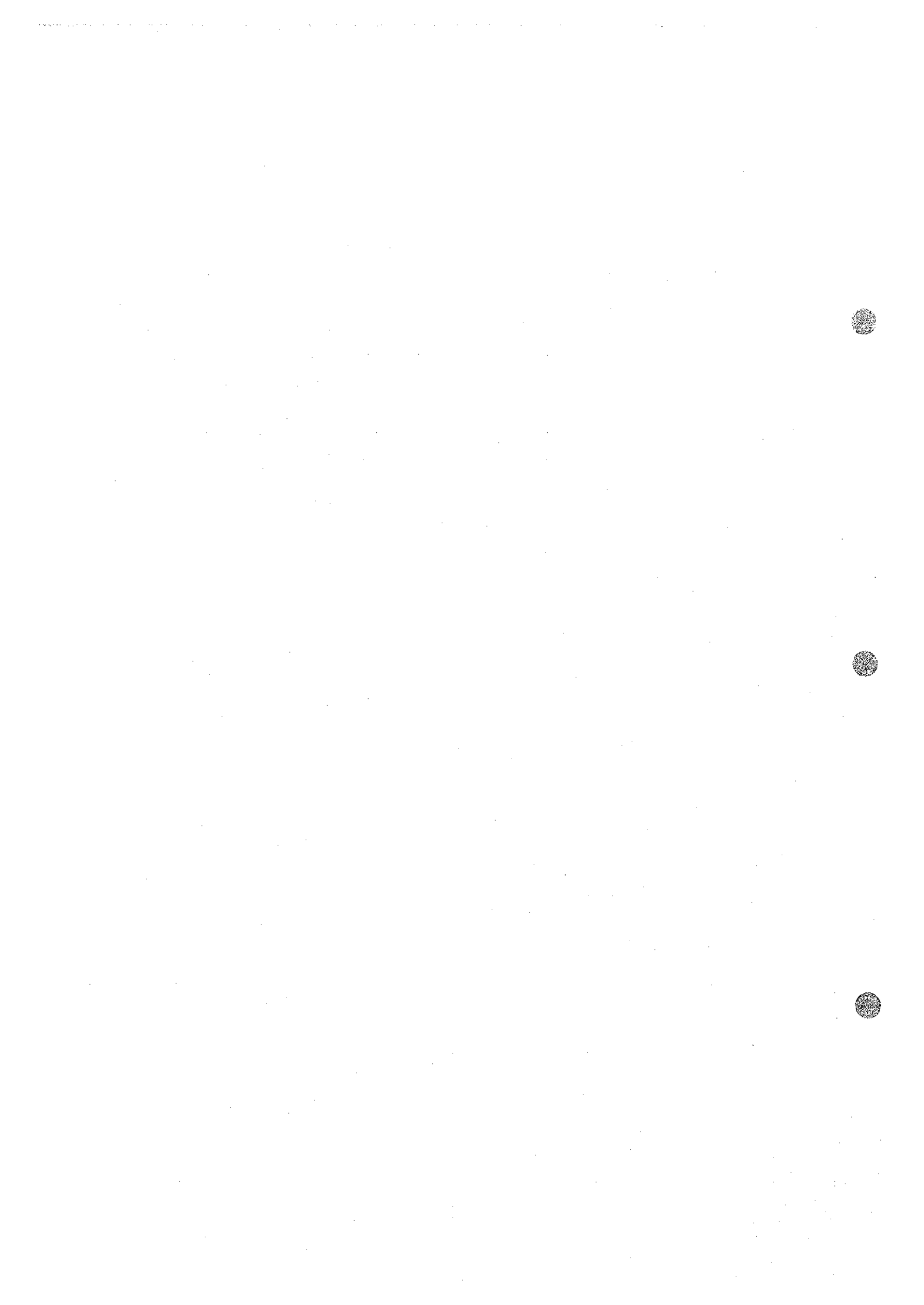


Table II-3-1 Summary of the evaluation of the eight areas

area	metallogenic belt	geology and host rock of alteration	observed alteration/mineralization	structure	interpretation of the positions on the conceptual magma-hydrothermal system	possible mineralization style	geochemical relative features of altered rocks	mining rights
Western part of Bacon-Manito	Central Belt	Pleistocene andesite	steam heated acid alteration, volcanic gas condensation, vein/hydrothermal breccia/silicification	Major fault: WNW trending left lateral fault (alteration, geothermal reservoir), ENE trending fault (alteration); Minor fault: NS trending fault	shallower part of epithermal system	epithermal gold mineralization in deeper part	moderate in Co, Cr, and Hg; low in Au, Ag, As, Bi, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, and Zn	AFTAA*
Gate Mountains	Central Belt	Pliocene to Pleistocene andesite	rather wide distribution of alteration zone steam heated acid alteration, volcanic gas condensation partly mixed layer clay alteration vein/hydrothermal breccia/silicification	Major fault: WNW trend left lateral fault (alteration), ENE trending fault	shallower part of epithermal system	epithermal gold mineralization in deeper part	moderate in As, Bi, Co, Cr, and Hg; low in Au, Ag, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, and Zn	a few AMPSA*, exploration permit
Northwestern part of Tiwi	Central Belt	Pleistocene andesite to dacite	steam heated acid alteration, silicification, mixed layer clay alteration, propylitic alteration, Qtz veining in mixed layer clay zone	Major fault: NW~WNW trend left lateral fault (alteration), ENE trending fault (alteration, geothermal reservoir); Minor fault: NS trending fault	shallow to middle part of low sulfidation epithermal system	epithermal low sulfidation gold mineralization in deeper part	moderate in Co; low in Au, Ag, As, Bi, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, and Zn	vacant or PGI?
Eastern Caramoan	Northeastern Belt	Pre-Cretaceous Ophiolite sequence, Cretaceous metasediments, Cretaceous? intrusive, Oligocene? intrusives	dike rock related Cu dissemination? shear zone hosted Cu mineralization?	WNW trending left lateral fault (ex. Minas fault), NE trending fault,	lack of data	volcanogenic massive sulfide?, mesothermal vein (shear zone hosted?), skarn type mineralization	high in Cu; moderate in Au, Ag, and As; low in Bi, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, and Zn	AFTAA, MPSA
Kilbay	Central Belt	Pliocene dacite	silica sinter, steam heated acid alteration, mixed layer clay alteration, propylitic alteration, Qtz veining with Au, Ag mineralization	Major fault: WNW~NW trending fault (vein mineralization, alteration); ENE~NE trending fault (vein mineralization, alteration), Minor fault: NS trending fault	shallow to middle part of low sulfidation epithermal system	epithermal low sulfidation gold mineralization in deeper part	high in As, Hg, Pb, and Sb; moderate in Au, Ag, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, and Zn; low in Bi; highest in Au, Ag, As, Cu, Ni, Pb, and Sb in the Central Belt	mostly vacant, MPSA,
Tuba	Southwestern Belt	Ophiolite sequence, Cretaceous metasediments, Tertiary intrusives	Cr-bearing muscovite, Qtz veining with Au, Ag mineralization	NE trending fault (vein mineralization)?	sub-epithermal mineralization?	sub-epithermal mineralization	high in Ag, Cr; moderate in As, Bi, Mo, Ni and Sb; low in Au, Co, Cu, Hg, Pb, and Zn	MPSA
Mt. Bagacay (include Paracale)	Northeastern Belt	Ophiolite sequence, Paleocene to Eocene sediments, Middle Miocene andesite (Bagacay Andesite), Middle Miocene Trondhjemite (Paracale Granodiorite), Late Miocene quartz monzodiorite (Tamsan Diorite),	skarn type alteration, sericite alteration, skarn type magnetite ore with Cp, Py, and Au; Qtz vein with Py, Cp, Sp and Au	NNE~NE trending fracture (vein mineralization), NW trending fault, NS trending fault, EW trending fault	sub-epithermal environment, porphyry to near porphyry system	porphyry type Cu, Au, Mo mineralization, skarn-type Fe, Cu, Au mineralization, sub-epithermal vein Au, base metal mineralization	high in Au, Ag, Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn; moderate in As, Mo, Sb; low in Hg;	MPSA
Larap-Exiban	Northeastern Belt	Ophiolite sequence, Paleocene to Eocene sediments, Miocene sediments, syenite Middle Miocene trondhjemite (Paracale Granodiorite), Late Miocene quartz monzodiorite (Tamsan Diorite), Late Pliocene dacite?	potassic alteration, sericite alteration, skarn type magnetite ore with Cp, Py and Au; Qtz vein with Py, Cp, Ga, Sp and Au; stockwork Qtz vein with magnetite dissemination	NNE~NE trending fracture (vein mineralization), NW trending fault, NS trending fault	sub-epithermal environment, porphyry to near porphyry system	porphyry type Cu, Au, Mo mineralization, skarn-type Fe, Cu, Au mineralization, sub-epithermal vein Au, base metal mineralization	high in Au, Ag, Bi, Cu, Pb, and Zn; moderate in As, Co, Cr, Mo, Ni; low in Hg, Sb;	MPSA

* AFTAA: application for FTAA, AMPSA: application for MPSA

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論

Bicol 地域は、その地質・鉱床の年代、分布および産状によって、次の3帯に区分することができ、これらは鉱床生成帯として認識できる。

北東帯

中央帯

南西帯

Bicol 地域における2年間の広域調査の結果、鉱化ポテンシャルの高い地域として、次の3地域を抽出した。

Kilbay 地域

Mt. Bagacay 地域

Larap-Exiban 地域

Kilbay 地域は、鉱床生成帯のうち、中央帯に位置し、浅熱水性金鉱床賦存のポテンシャルが高い。また、鉱区設定および探査活動も希薄であることから、新規探査プロジェクト地域として最も有望と考えられる。Mt. Bagacay 地域および Larap-Exiban 地域は、鉱床生成帯のうち北東帯に位置し、ポーフィリー型金・銅鉱床、スカルン型鉱床および Sub-epithermal 鉱脈型鉱床の賦存ポテンシャルが高い地域として選定した。Mt. Bagacay 地域および Larap-Exiban 地域は、数多くの鉱区 (MPSA) の申請があり、長年探査されてきたことを考慮すると優先順位は、Kilbay 地域よりも下がる。しかし、地表は植生に覆われるため、岩石の露出が少ないこと、ポーフィリー型鉱床をターゲットとした深部の探査は、あまり実施されていないことから、まだ探査余地があると考えられる。

第2章 将来への提言

第II部第3章の有望地域選定の項で述べたように、有望地域として、Kilbay 地域を選定した。ただし、新規探査プロジェクトを考える場合、Phase II で調査した範囲のみではなく、Fig. III-2-1 に示す、Nalesbitan および Tuba 地域を含む北西側に拡大した地域での探査が望まれる (Kilbay - Nalesbitan - Tuba 地域と呼ぶ)。それは次のような理由による。

第1に、Phase II 地域で調査した Kilbay 地域の熱水活動中心の位置が特定できておらず、Susungdalaga 山地の北側にも金鉱化を伴う熱水変質帯が分布することが明らかとなり、その広がり把握することによって、熱水活動の中心を明らかにすることが可能となる。

第2に、Kilbay 地域の北約 10km には、Nalesbitan 鉱床が分布する。これは、中央帯で、現在発見されている唯一の金鉱床である。本金鉱床は、高硫化系の浅熱水性鉱床であり、WNW-ESE 方向の"dilational jog"に鉱化作用が生じている (Sillitoe et al., 1990)。したがって、この NW-SE 方向の断層沿いには、熱水性鉱床が存在する可能性がある。この Nalesbitan トレンドの SE 側延長は、Susungdalaga 山地の北側あるいは、Labo 川の水源地付近に延びている可能性がある。

最近、Lepanto 金鉱床と Far South East (FSE) ポーフイリー型金・銅鉱床が同一のマグマ-熱水系の中で同時に形成されたことが明らかにされた (Arribas, 1995, Hedenquist et al., 1998)。これらは、NE-SW 系の Lepanto 断層にコントロールされている。Sillitoe et al. (1990) も指摘しているように、Lepanto-FSE 鉱床の類推から、Nalesbitan トレンドの延長上の深部にポーフイリー型鉱床が存在する可能性がある。また、最近になって、Lepanto-FSE 鉱床の近傍に、低硫化系浅熱水性金鉱床である Victoria 鉱床が発見された。Kilbay 地域から Nalesbitan に至る地域には、Victoria 鉱床に類似した低硫化系の金鉱床が存在する可能性もある。

第3には、Phase II で調査した Kilbay 地域のうち、Kilbay-Alawihaw 沢には、現在も 80°C 近い温泉が湧出する。これらの温泉は、比較的高いシリカ濃度および塩濃度をもち、深部熱水が湧出していることが推定され、深部には 150°C 程度の高温の熱水の存在が示唆される。したがって、この地区は、依然高温のため、金鉱床探査にあたっては不都合であることから、地下温度がより低い場所、すなわち、より北西側に拡大した地域を探査することが望ましい。

第4には、Tuba 地域には、鉱脈型の金鉱床が分布する。本金鉱床は、その地質セッティングから Paracale 地域に分布する鉱脈型の金鉱床と類似の成因および生成年代をもつと予想される。

調査方法としては、詳細な地表踏査が最も重要と考えられるが、同地域の広さおよびアクセスを考慮すると、同地域をまず、空中物理探査でカバーすることを提言する。本調査

では、Kilbay 地域の現地調査を第 2 年次 (Phase II) に実施したために、空中物理探査対象地域として選定することができなかったが、第 II 部第 3 章で述べたとおり、磁気および放射能レスポンスは、それを詳細に解析することにより、地質分布、地質構造、変質帯分布を把握する上で極めて有効と考えられる。特に、ピコール地域のように厚い植生で覆われ、アクセスおよび治安の問題から、現地踏査が思うように実施できない地域では、空中物理探査は極めて有効な手段であると考えられる。

今回の調査では、中央帯では、WNW 系の左横ずれ断層、これに斜交する ENE~NE 系の断層により生み出される "dilatational zone" が、熱水の通路として有望視されることが明らかとなった。したがって、空中物理探査の結果、このような "dilatational zone" の発達が予想される箇所を抽出し、そこを中心に地表踏査を行う。Susungdalaga 火山岩類は、その K/Ar 年代から Gilbert chron (ギルバート・クロン) の活動と考えられるので、この時期の逆帯磁期に対応する火山岩が存在する可能性があり、磁気データの解析にあたっては、注意を要する。

上記地域に比べ、優先度は下がるが、以下の地域も将来の探査プロジェクト地域候補として挙げる事ができる。以下の地域も Fig. III-2-1 に示す。

Larap - Mt. Bagacay 地域

Gate Mountains 地域

Northwestern part of Tiwi - Mt. Malinao 地域

Caramoan Peninsula 地域

Larap - Mt. Bagacay 地域は、Phase II 調査を実施した Larap-Exiban 地域および Mt. Bagacay 地域を含む地域である。これらの地域は、本調査によって、鉱床賦存ポテンシャルが高い地域として選定された。これらの地域は、多数の MPSA の鉱区設定および申請が行われていること、過去から探査が活発に行なわれており、地表浅部に新規鉱床を発見するチャンスは少ないと予想されるが、ポーフィリー型銅-金鉱床、鉱脈型金鉱床、およびこれらの二次的な産物としての漂砂型金鉱床などを、システムティックに探査する余地はあると考えられる。

本調査は、Gate Mountains 地域および Northwestern part of Tiwi-Mt. Malinao 地域において、熱水変質帯が広く分布することを初めて明らかにした。ただし、両地域の変質帯分布状況を全て明らかにできたわけではない。その意味で、これらの地域には、探査余地があると考える。

特に、Gate Mountains 地域には、近傍地域にボーリングデータは無く、変質帯深部状況を推定する根拠に乏しい。WNW-ESE 系の断層沿いにさらに変質帯が広がる事が予想され、深部状況を推定するために、地質構造ボーリングが望まれる。

Northwestern part of Tiwi-Mt. Malinao 地域は、その中央から南西側にセリサイト/スメクタイト混合層粘土帯中に石英脈が分布する。同石英脈に金鉱化作用が認められないこ

とから、その深部の金鉱床賦存ポテンシャルは低いとした。しかし、同地域の北東側には、広く蒸気加熱型酸性変質帯が存在することが明らかとなり、これらの深部のポテンシャルの評価は十分ではない。したがって、探査余地がある。

Caramoan Peninsula 地域では、Phase I 調査で、その西側の Siruma 半島および Tamban-Olas 地域を調査し、Phase II 調査で、Eastern part of Caramoan Peninsula 地域を調査した。Caramoan Peninsula 全体の鉱床賦存ポテンシャル評価を行うには、現時点では、データが不十分であるが、次のような観点から、本地域の鉱床賦存ポテンシャルは高いと思われる。Caramoan Peninsula の西側では、オフィオライト中に第三紀貫入岩が分布する。オフィオライトシーケンスに伴い、塊状硫化鉱床が賦存する可能性があり、これらが、さらに、第三紀貫入岩によって、再移動・濃集している可能性がある。特に Tamban-Olas 地域の地質セッティングは、Paracale 地域のそれと同じであり、Tamban-Olas 地域には、Paracale と同様の高品位の鉱脈型金鉱床が分布している可能性がある。Caramoan Peninsula 全域には、緑色片岩および白雲母片岩に伴って、金-銅鉱微地が分布する。一部には、それらの岩石中の剪断帯に鉱微地が産する。したがって、剪断帯にともなういわゆる mesothermal lode type の鉱化作用が期待できる。ただし、Caramoan Peninsula は、ほぼ全域が、FTAA の申請がなされている。

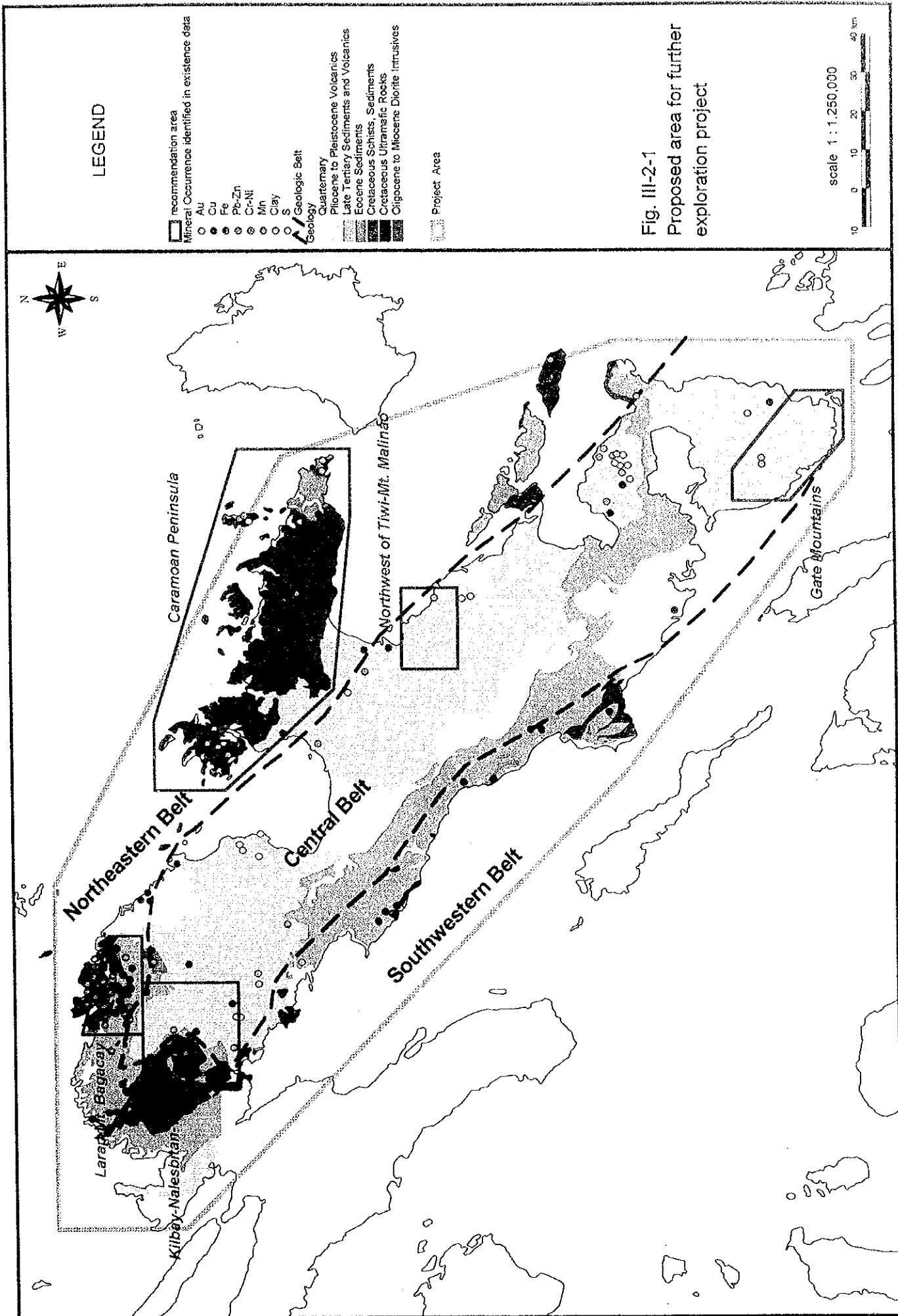
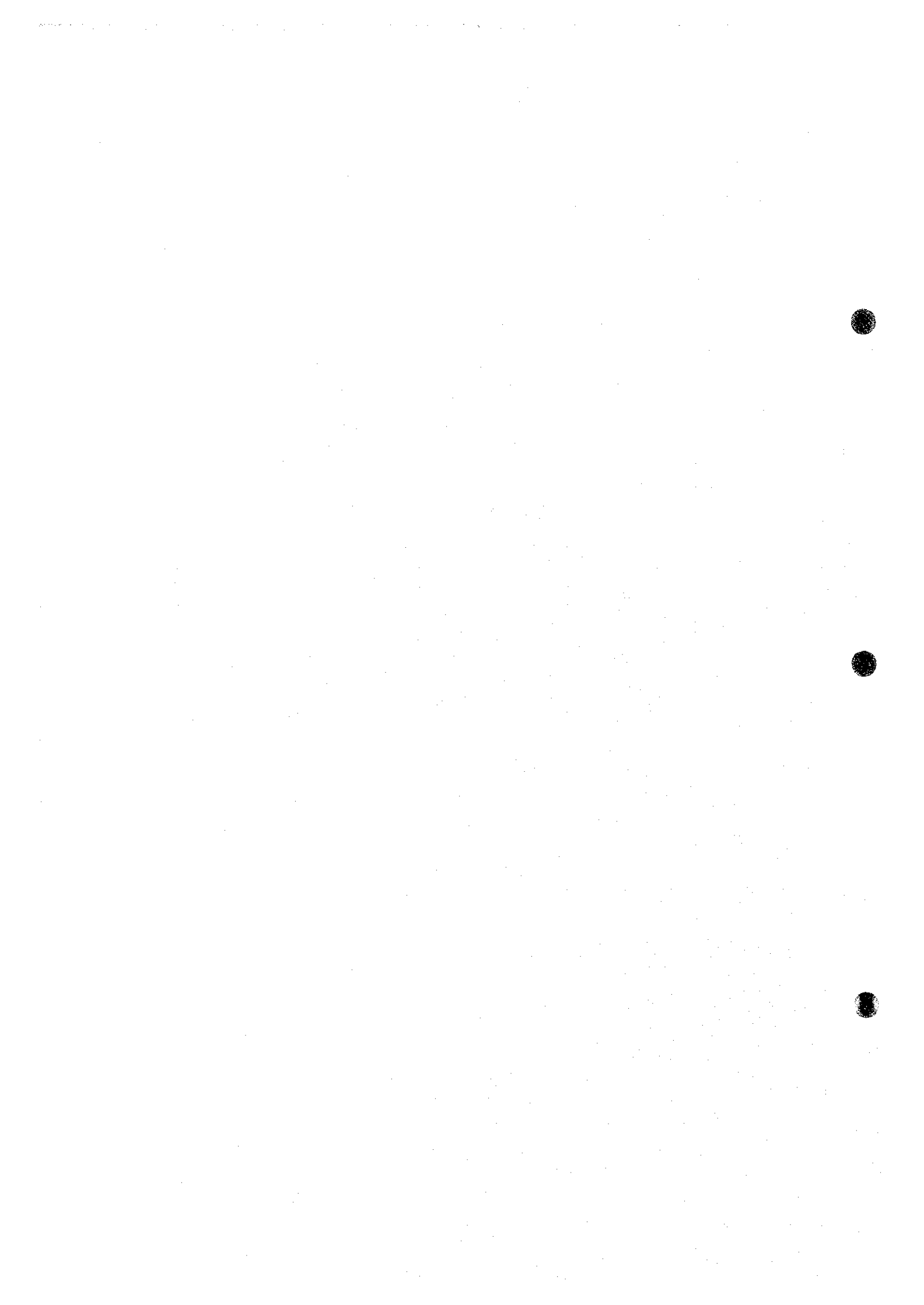


Fig. III-2-1
Proposed area for further exploration project



参考文献

- Alincastré, R. S. and Panem, C. C. (1985): Surface Geology of the Bacon-Manito Geothermal Reservation. PNOC-EDC Internal Report.
- Allis, R. G., (1990): Geophysical anomalies over epithermal systems. *Journal of Geochemical Exploration*, 36, p339-374.
- Angeles, C. A. Jr., Antioquia, E. C. and Comia, G. M. (1987): Geology and alteration-mineralization characteristics of the Nalesbitan gold deposit, Camarines Norte, Philippines. *Proceeding Gold '87 in the Philippine Setting*, v.1, p65-80.
- Arribas, A., Jr., Hedenquist, J. W., Itaya, T., Okada, T., Concepcion, R. A., and Garcia, J. S., Jr., (1995): Contemporaneous formation of adjacent prophyry and epithermal Cu-Au deposits over 300 ka in northern Luzon, Philippines. *Geology*, v. 23, p. 337-340.
- Aurelio, M. A., Barrier, E., Gaulon, R., & Rangin, C., (1997): Deformation and stress states along the central segment of the Philippine Fault: implications to wrench fault tectonics. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 15, No. 2/3, p107-119.
- Aurelio, M. A., Barrier, E., Rangin, C., & Muller, C., (1991): The Philippine Fault in the Late Cenozoic tectonic evolution of the Bondoc-Masbate-N. Leyte area, Central Philippines. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 6, No. 3/4, p221-238.
- Aurelio, M. A., Huchon, P., Barrier, E., & Gaulon, R., (1997): Displacement rates along the Philippine Fault estimated from slip-vectors and regional kinematics. *Journal of the Geological Society of the Philippines*, Vol. XLIX, No. 2, p65-77.
- Aoki, M. (1990): Mineralogical features and genesis of alunite solid solution in high temperature magmatic hydrothermal systems. *Geological Survey of Japan Report*, No. 277, p.35-37.
- Bruton et al. (1997): Geothermal Analysis of Fluid-mineral relations in the Tiwi Geothermal field, Philippines. *PROCEEDINGS, Twenty-second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*. Stanford University, Stanford, California,
- Bureau of Mines Geo-Science (1977): *Geology-Geochemical Survey of Caramoan Peninsula, Camarines Sur*.
- Bureau of Mines (1963) *Geological Map Series*, Bureau of Mines, Dept. of Agriculture and Resources, Manila, Philippines.

- Bureau of Mines and Geosciences (1982): Geology and mineral resources of the Philippines, Vol 1, Geology, pp406, Bureau of Mines and Geo-Science, Ministry Nat. Resources, Manila, Philippines.
- Bureau of Mines and Geosciences (1986): Geology and mineral resources of the Philippines, Vol 2, Mineral Resources, pp446, Bureau of Mines and Geo-Science, Ministry Nat. Resources, Manila, Philippines.
- Bureau of Mines and Geosciences (??): Mineral potential of the Bicol Region, Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry Nat. Resources, Manila, Philippines.
- Byner, L. (1963): Geology of the Paracale-Gumaus Mine 350-Level, Camarines Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Byner, L. (1963): Geology of the Submakin prospect area, Paracale, Camarines Norte, Philippines. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Caleon, P. C. (1970): Report on the geological investigation of the copper-lead prospect at Barrio Parang, Paracale, Camarines Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Caloen, P. C. (1971): Geological investigation and verification of six (6) lode mining claims applied for lease by Mrs. Teresita D. Ong. in Bo. Patag-Belen, Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Los Banos, C. F. and Olivar, R. Enrico R. (1997): Regional Gravity, Microgravity and Precise Leveling Surveys of Bacon Manito Geothermal Production Field, Southern Luzon, Philippines, PNOC-EDC Internal Report.
- Carranza, E. J. M. and Slise, P. C. (1989): Preliminary report on the "gold in quaternary volcanic areas" in the Bicol region. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Castaneda, G.C. (1972): General Geology of Northwestern Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Science internal report.
- Clark, A. L. (1997): Mineral Prospectivity of the Philippines. Mining Philippines '97,
- Corbett, G., & Leach, T. M., (1995): Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. Exploration workshop manual, p.162.
- Cruz, D. P. and Domingo, C. R. (19??): The gypsum deposits of southwestern Albay and Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Cripsin, O. A. and Pilac, J. E. (1961): Memorandum report in the geological investigation of iron prospects in Calaburnay, Tabas, Napangasan-Pinac-Birayan area and ores incorporated (San Feilpe Mines) in Paracale, Camarines

- Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- David, S., Jr., Stephan, J-F., Delteil, J., Muller, C., and Butterlin, J. (1994): The Tabgon Flysch and Ragas Point Olistostrome in the Caramoan Peninsula: nature, age, structures and their tectonic implications. *Jour. Geol. Soc. Phil.*, v.XLIX, p.41-63.
- David S. D. Jr., Stephan, J. F., Delteil, J., Bellon, H., and Sajona, F. G. (1996) *Geology, Geochemistry, Geochronology and Structures of the Ophiolites in Southeastern Luzon, Philippines*. *Jour. Geol. Soc. Phil.*, v. LI, p.115-129.
- De Guzman, R. A. (1963): Preliminary report on the geology of western Albay and portions of north-central Albay, Philippines. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Domingo, B. B. (19??): The BCI volcanogenic sulphide deposit at Rapu-Rapu island, Albay, Philippines. *Journal of the geological society of Philippines*.
- Delfin, F. G., Fragata, J. J., Layugan, D. B., Panem, C. C. and Villasenor, L. B. (1988): Evaluation summary of the Mt. Bulusan geothermal exploration. PNOC-EDC internal report.
- Delfin, F. G., Panem, C. C., and Defant, M. J., (1993): *Eruptive History and Petrochemistry of the Bulusan Volcanic Complex: Implications for the Hydrothermal System and Volcanic Hazards of Mt. Bulusan, Philippines*. *Geothermics*, v. 22, p.417-434.
- Fernandez, M. V., Revilla, A. P. and David, S., Jr., (1994): Notes on the Cretaceous Carbonates in Catanduanes island and Caramoan Peninsula, Philippines. *Journal of Geological Society of Philippines*. v. 49, p.241-261.
- Fernandez, J. C., 1984, *Geological map of Bayabas quadrangle 1:50,000.*, Philippine Bureau of Mines and Geosciences, Geological Survey Division.
- Frost, J. E. (1954): Notes on the genesis of the ore-bearing structures of the Paracale District, Camarines Norte, Philippines. *Philippine Geologist*, v. 13, p.31-42.
- Gambill and Beraquit (1993) *Development History of the Tiwi Geothermal Field, Philippines*. *Geothermics*, V. 22, p.403-416
- Geary, E. E., Harrison, T. and Heizler, M. (1988): Diverse ages and origins of basement complexes, Luzon, Philippines. *Geology* v.16, p.341-344.
- Geary, E. E. and Kay, R. W. (1989): Identification of an Early Cretaceous ophiolite in the Camarines Norte – Calaguas Islands basement complex, eastern Luzon, Philippines. In: M. F. J. Flower and J. W. Hawkins (Editors), *Ophiolites and Crustal Genesis in the Philippines*. *Tectonophysics*, v.168, p.109-126.
- Giese, U., Knittel, U., and Kramm, U., (1986): The Paracale Intrusion: geologic setting

- and petrogenesis of a trondhjemite intrusion in the Philippine Island Arc. *J. Southeast Asian Earth Sci.*, v.1, p.235-245.
- Hedenquist, W. J., (1995): The ascent of magmatic fluid: discharge versus mineralization. In: Thompson, J. F. H. (ed.) *Magma, Fluids and Ore Deposits*. Mineralogical Association of Canada Short Course. v. 23, p. 263-289.
- Hedenquist, W. J., Arrivas, A., Jr., and Reynolds, T. J., (1998): Evolution of an Intrusion-Centered Hydrothermal System: Far Southeast – Lepanto Porphyry and Epithermal Cu – Au Deposits, Philippines. *Economic Geology*, v. 93, p. 373-404.
- Irvine, R. J. and Smith, M. J., (1990): Geophysical exploration for epithermal gold deposits. In: J. W. Hedenquist, N. C. White and G. Siddeley (Editors), *Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration*, II. *J. Geochem. Explor.*, v.36, p.375-412.
- Ibanes, C. B. and Puzon, E. N. (1958): Geologic investigation of the manganese deposits in Bani, Tinanbac, Camarines Sur and Tigibinan, Jabo, Camarines Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- JICA-MMAJ (1985): The mineral exploration - Mineral deposits and tectonic of two contrasting geologic environments.
- JICA-MMAJ-MGB (1990): Mineral deposits and tectonic of two contrasting geologic environments. Terminal Report, pp.121.
- JICA-MMAJ-JMEC (1998): Report on the Mineral exploration in the Bicol Area, the Republic of the Philippines, Phase I. pp.355.
- Juan, R. A. and Narido, V. P. (1978): Memorandum report on the geological verification of twenty four (24) mining claims applied for lease by Mr. Jovito Palado in Paracale, Camarines Norte. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Jusi, A. F., and Laud, J. M., (1998): Traverse Report on the Potassium rich Area in Sta. Magdalena, Sorsogon. Short Report. BMG Region V. pp.3.
- Kinkel, A. R. and Samaniego, S. (1956): Geology of the Copper Deposits of the Hixbar Gold Mines Inc., Rapu Rapu Island, Albay. Bureau of Mines special projects series publication No.9- copper.
- Layugan, D.B. (1986): Resistivity Measurements over the Bacon-Manito Geothermal Area. PNOC-EDC Internal Report.
- LGD GOP Editorial Team (1996): Geological and Mineral Resources of the Philippines, volume I (First Draft).
- Los Banos, C. F., Layugan, D. B., Maneja, F. C., Apuada, N. A., and Delfin, F. G., (1996): Geophysical Model of Mt. Labo Geothermal Field, Southeastern Luzon, Philippines. *Geothermal Resources Council Transactions*, v.20, p.689-696.

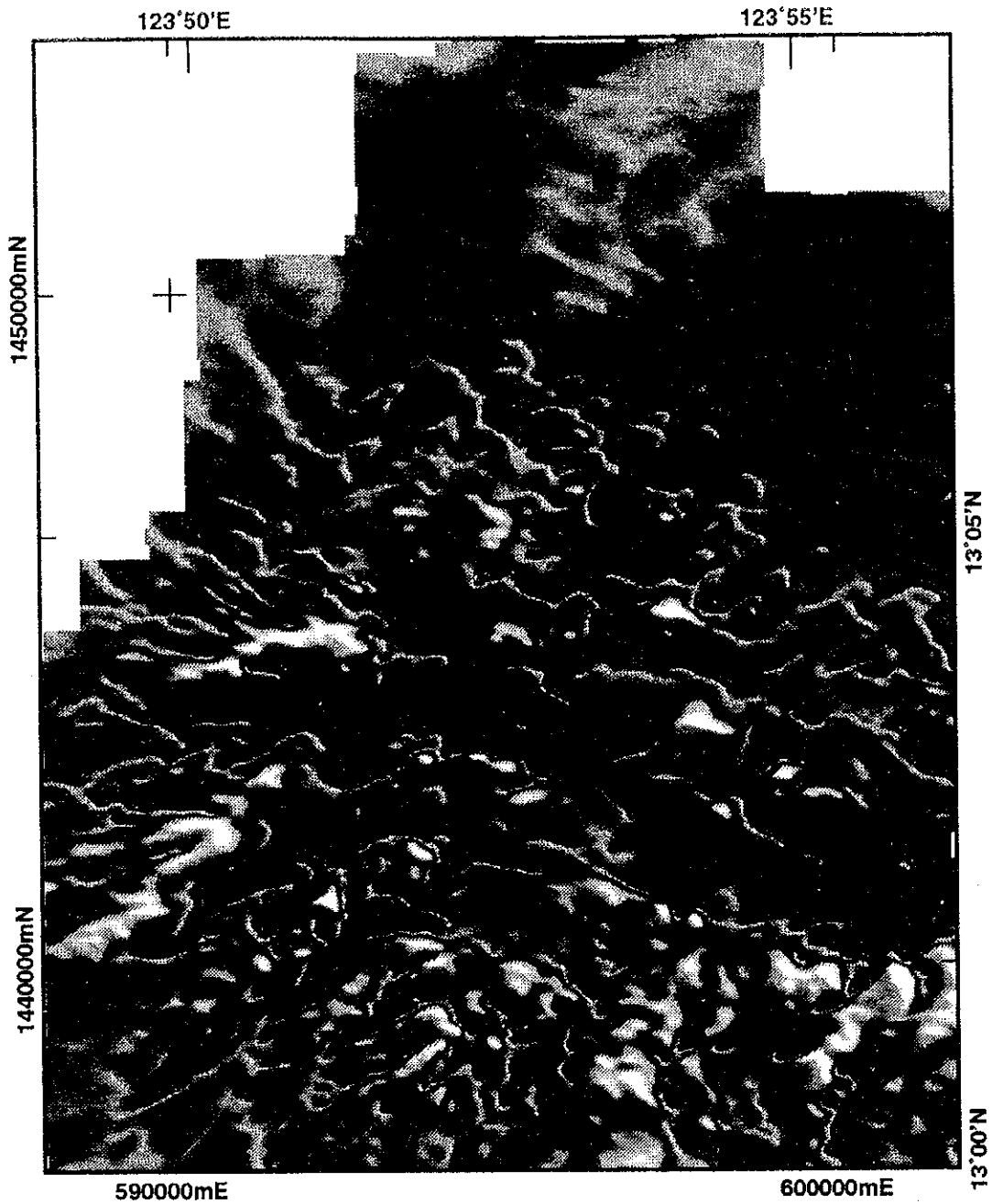
- Los Banos, C. F. and Oliver R. E. R. (1997): Regional gravity, microgravity and precise leveling surveys of Bacon Manito Geothermal production field, southern Luzon, Philippines. PNOC-EDC Internal Report.
- MaClennan, R. and Acenas, M. (1997): Nalesbitan gold project – Camarines Norte. In MINING PILIPPINES '97.
- Marcelo, M. P. (1970): Geological investigation of copper prospects at Barrio Tinalmud, Pasacao, Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Metal Mining Agency of Japan (1992): Report of the committee for geological analysis – South East Asia and Oceania archipelago region – gold, copper, molybdenum- . (in Japanese), p195-298, Metal Mining Agency of Japan
- Metal Mining Agency of Japan (1997): The Environment of development for mineral resoure in the Philippines. (in Japanese), pp225, Metal Mining Agency of Japan.
- Miranda, F. E. (1976): The geology and mineral resources of Camamoan Peninsula, Camarines Sur, Philippines. Journal of Geological Society of Philippines, v. 30, p.18-54.
- Mitchell, A. H. G and Balce, G. R. (1990): Geological features of some epithermal gold systems. Jour. Geochem. Explor., v.35, p241-296
- Mitchell, A. H. G and Leach, T. M.(1991): Epithermal gold in the Philippines : Island arc metallogenesis, geothermal systems and geology, Academic Press Geology Series, 457pp, Academic Press, London
- Miranda, F. E. and Caleon, P. C.(1979): Geology and mineral resources of Camarines Norte and parts of Quezon Province: Philippine Bureau of Mines Report of Investigation no.94.
- Moore et al. (1997): Hydrothermal Alteration and Fluid-Inclusion Systematics of the Reservoir Rocks in Matalibong-25, Tiwi, Philippines. PROCEEDINGS, Twenty-second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University, Stanford, California,
- Motegi, M. (1977): Porphyry copper deposits in the Philippines – their tectonic setting and present status of development - . (in Japanese), Mining Geology, v.27, p.221-230.
- Miyashiro, A. (1974): Volcanic rock series in island arc and acitve continental margins. Am. J. Sci., v.274, p.321-355.
- Narido, V. P. (1996): Mineral Prospects in Camarines Norte: Ranking System, Paper

- presented during the Mining Summit held at Wiltan Hotel, Daet, Camarines Norte on December 9, 1996
- Nielson et al. (1996): Fracture Permeability in the Matalibong-25 Corehole, Tiwi Geothermal Field, Philippines. PROCEEDINGS, Twenty-first Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University, Stanford, California, January 22-24.
- Pasana, J. Y. (1977): Tingga Prospect, Paracale, Camarines Norte.
- Panem, C. C. and Alincastre, R. S. (1985): Surface Geology of the Bacon-Manito Geothermal Reservation. PNOC-EDC internal report.
- PNOC-EDC (1990): Results of reconnaissance and follow-up geological and geochemical survey in Bacon-Manito geothermal reservation, Sorsogon and Albay. PNOC-EDC internal report.
- Pubellier, M., Quebral, R., Aurelio, M., & Rangin, C., (1996): Docking and post-docking escape tectonics in the southern Philippines. In: Hall, R., & Blundell, D., eds: Tectonic Evolution of Southeast Asia, Geological Society Special Publication, No 106, p 511-523.
- Rangin, C. (1991): The Philippine Mobile Belt: a complex plate boundary. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, v. 6, p.209-220.
- Rosell, C. C. and Salonga, N. D.(1995): Mt. Labo Geothermal Project Resources Assesment Update (Draft Report), PNOC Energy Development Corporation. pp. 145.
- Reyes, T. A. and Balce, G. R. (1970): Geological and geochemical investigation of copper prospects in the Nabua Forest Reserve, Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Rint, M. R. M. (1991): Preliminary report on the detailed geological investigation of the gold prospect in Bulan, Sorsogon. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Rint, M. R. M. (1993): Microscopic analysis of vein mineral sample in Monte Calvario-Paganas areas, Bulan, Sorsogon. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Samson, B. B. (1983): Geologic report on the field of clay deposit found in the vicinity of "soceramic" claims in Bulawan and Gabao, Irosin, Sorsogon. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- Samson, E. (1982): Mineral Verification of Clay Deposit within "Landicho" Mining Claim in Tabion Munti, Del Gallego, Camarines Sur. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.

- Sander, M.V. and Black, J.E.(1987): Pseudoprimary fluid inclusions in growth-zoned quartz from epithermal systems - Artifacts of recrystallization from chalcedony. *Geol.Soc. Am. Abstr. Programs*, vol.19, p828.
- Sander, M.V. and Black, J.E.(1988): Crystallization and recrystallization of growth-zoned vein quartz crystals from epithermal systems—Implications for fluid inclusion studies. *Econ. Geol.*, v.83, p.1052-1060.
- Sillitoe, R. H., (1992): Geotectonic setting of western Pacific gold deposits, in Bartholomew, M. J., Hyndman, D., Mogok, D. W., & Mason, R., eds., *Basement Tectonics 8: Characterisations and comparison of ancient and Mesozoic continental margins*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. P 665-678.
- Sillitoe, R. H. (1993): Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features, In Kirkham, R. V., Sinclair, W. D., Thorpe, R. I. and Duke, J. M. (eds.) "Mineral Deposit Modeling" GAC Special Paper 40. p.403-417.
- Sillitoe, R. H. (1995): The influence of magmatic – hydrothermal models on exploration strategies for volcano-plutonic arcs. In: Thompson, J. F. H. (ed.) *Magma, Fluids and Ore Deposits*. Mineralogical Association of Canada Short Course. v. 23, p. 263-289.
- Sillitoe, R. H., and Bonham, H. F. JR., (1984): Volcanic landforms and Ore deposits. *Economic Geology*, Vol. 79, p1286-1298.
- Sillitoe, R. H., Angeles, C. A. Jr., Comia, G. M., Antiquia, E. C. and Abeya, R. B. (1990): An acid -sulphate-type lode gold deposit at Nalesbitan, Luzon, Philippines. *Jour. Geochem. Explor.*, v.35, p387-411.
- Sillitoe, R. H., and Gappe, I. M., Jr., (1984): Philippine porphyry copper deposits: Geologic setting and characteristics: Bangkok, United Nations ESCAP, CCOP Technical Publication 14, 89p.
- Tugas, M. H. (1951): Examination of the copper property of Tolosa Mining Corporation in Ligao, Albay. Bureau of Mines and Geo-Sciences internal report.
- United Nations (1987): Geology and mineralization in the Panganiban-Tabas and Bulala areas, Camarines Norte. Technical Report No.1, DP/UN/PHI-85-001/1, United Nations Development Program, New York, pp43.
- Villasenor, L. B. (1988): Geothermal Report Mt. Bulusan Geothermal Prospect. PNO-C Energy Development Corporation internal report.
- Wolfe, J.A. (1972): Potassium-Argon dating in the Philippines, *Journal of the Geological Society of the Philippines*, v.26, no.2, p.11-12.
- Wolfe, J. A. (1981): Philippine Geochronology. *Journal of Geological Society of Philippines* V. 35, p.

Zaide-Delfin, M. C., Gerona, P. P., Layugan, D. B., Maturgo, O.O., Padua, D. O., Panem, C. C., Rosell, C. C., and Salonga, N. D. (1995): Mt. Labo geothermal project resource assesment update (draft report), PNOC Energy Development Corporation. pp. 145.

Appendix 1

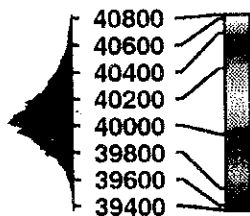


**Legaspi Project Area
Philippines**

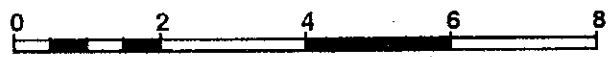
**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole
Colour: Magnetic Intensity
Shade: North-East Illumination**



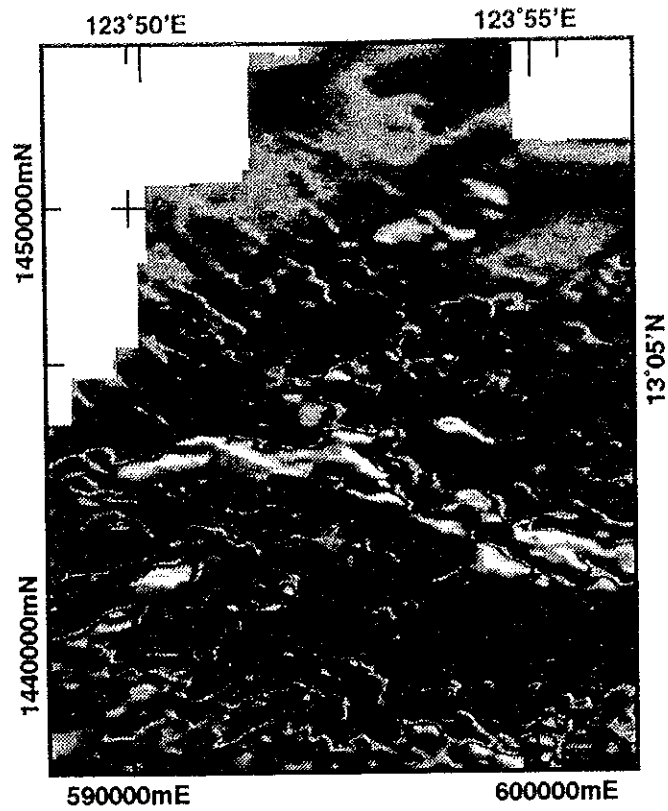
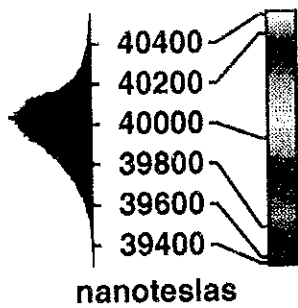
**Flown and compiled by
World Geoscience for
JICA/MMAJ/JMEC**



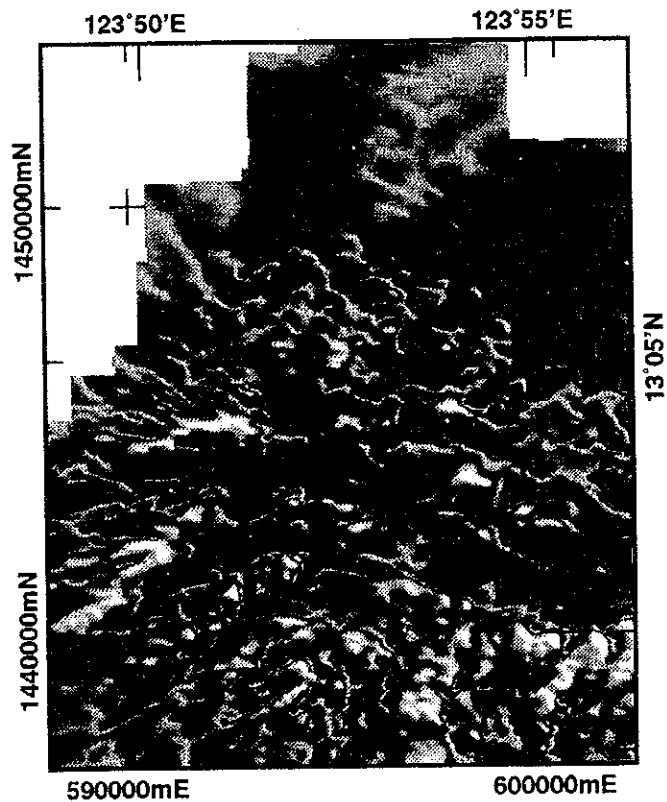
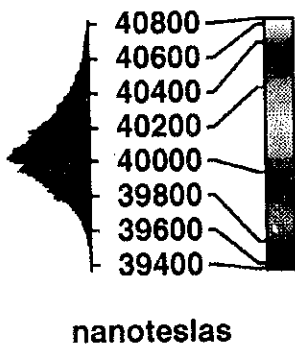
nanoteslas



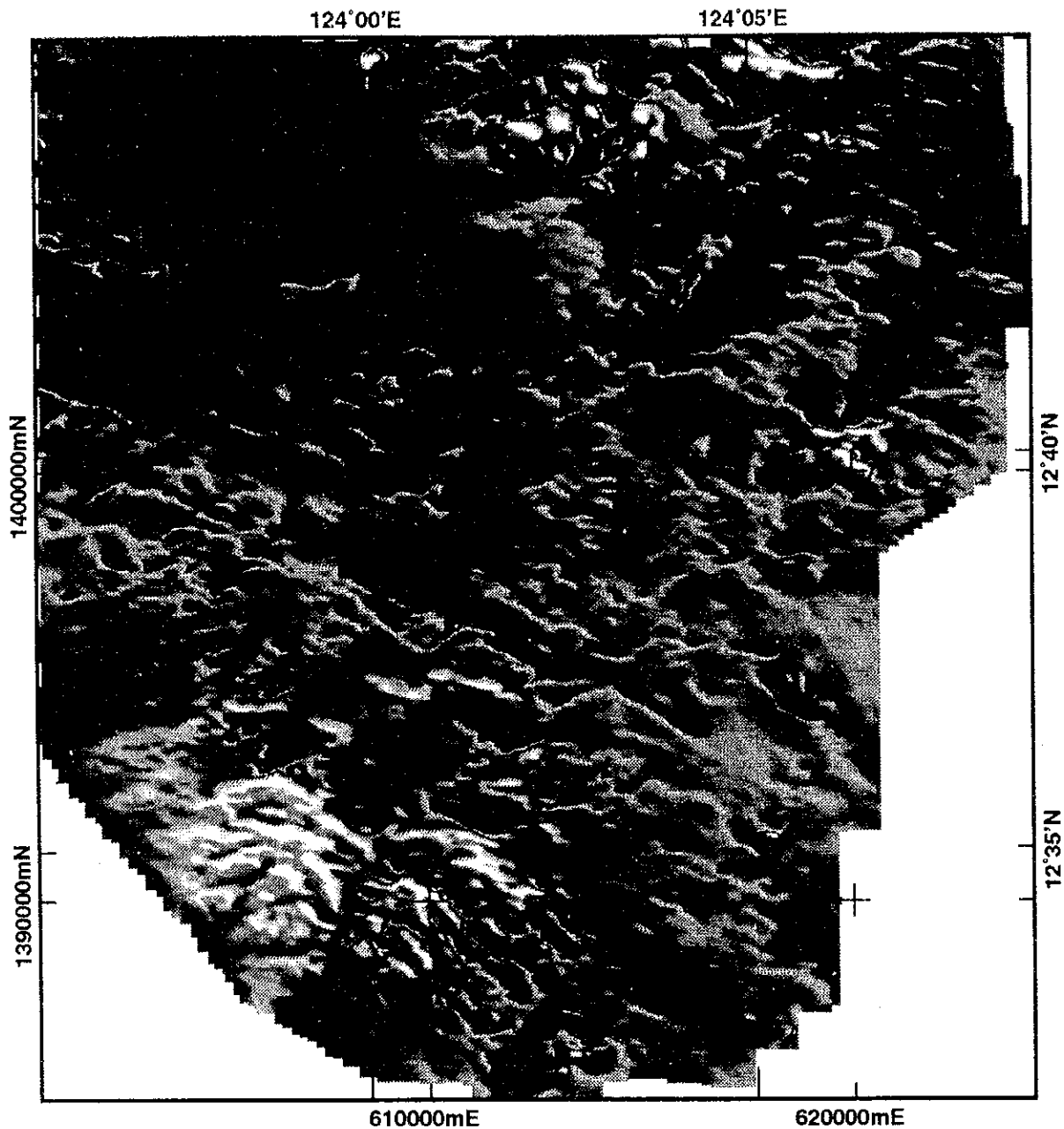
kilometres



Total Magnetic Intensity



**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

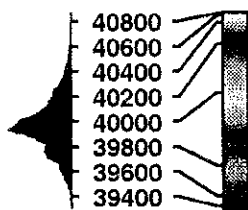


**Irosin Project Area
Philippines**

Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole
Colour: Magnetic Intensity
Shade: North-East Illumination



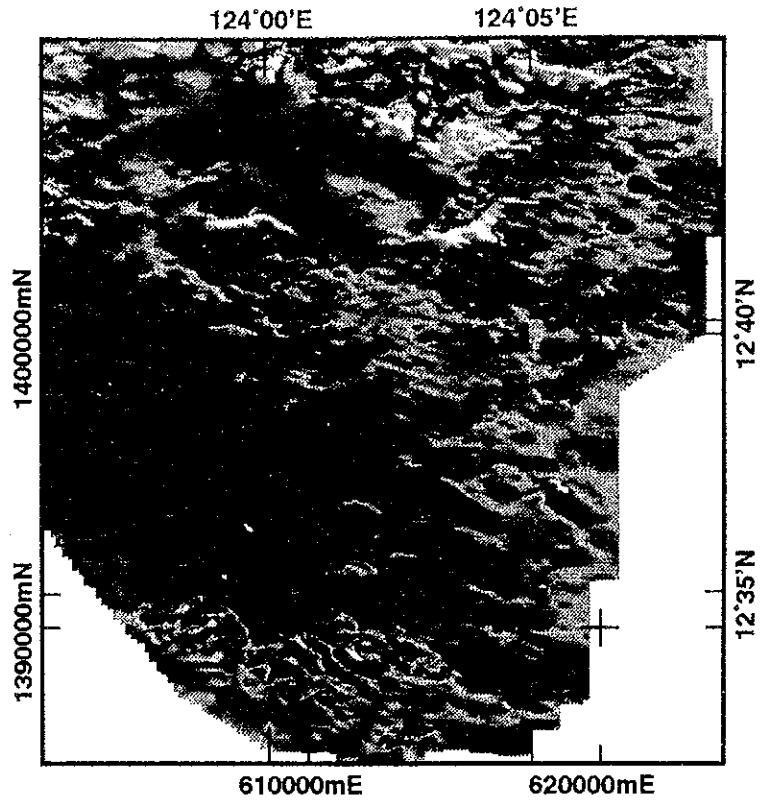
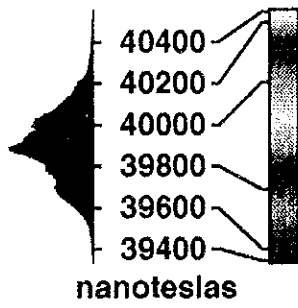
Flown and compiled by
World Geoscience for
JICAMMAJ/JMEC



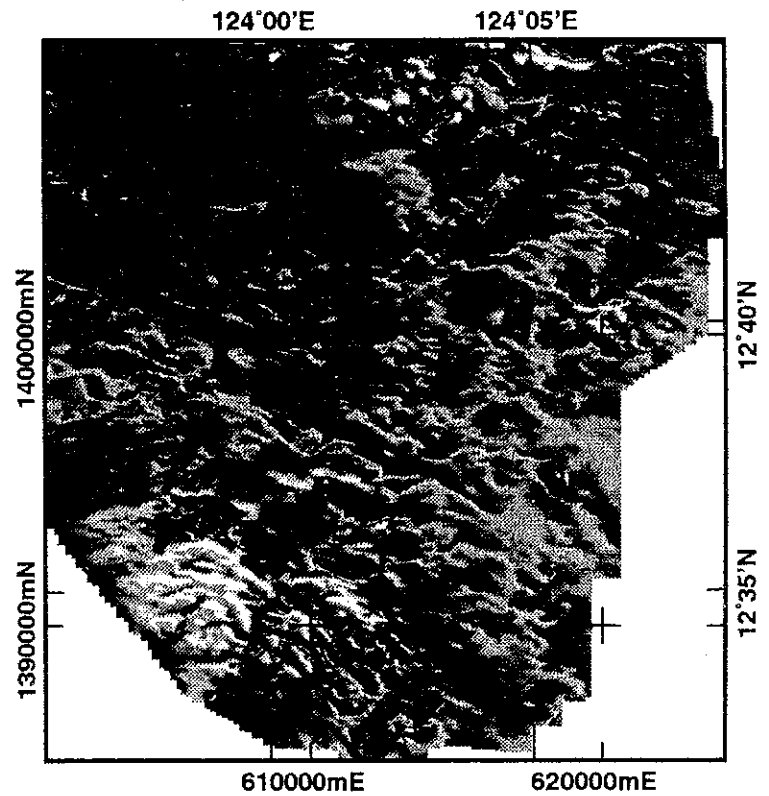
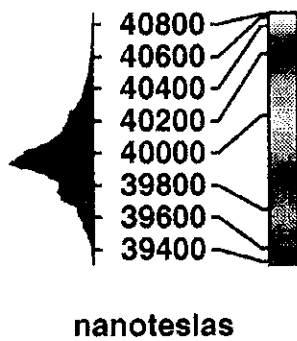
nanoteslas



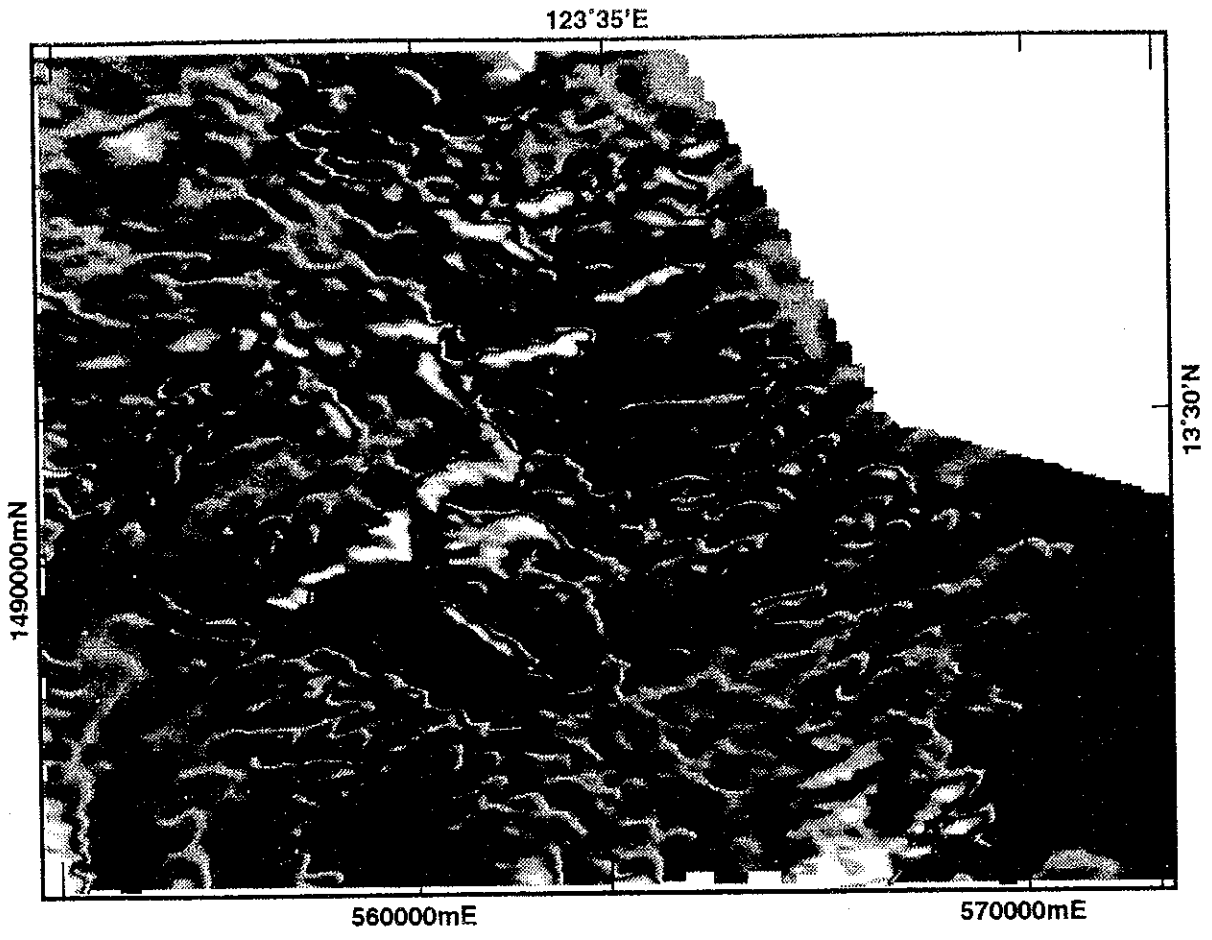
kilometres



Total Magnetic Intensity



**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

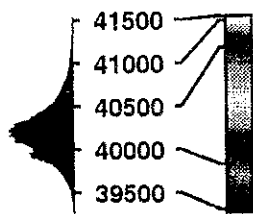


**Tiwi Project Area
Philippines**

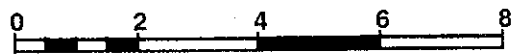
**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole
Colour: Magnetic Intensity
Shade: North-East Illumination**



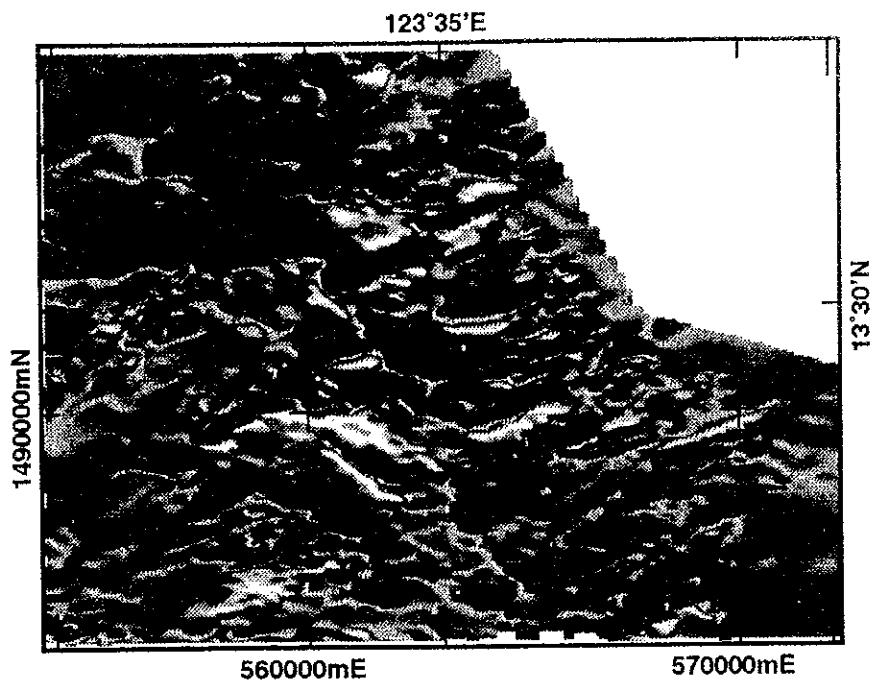
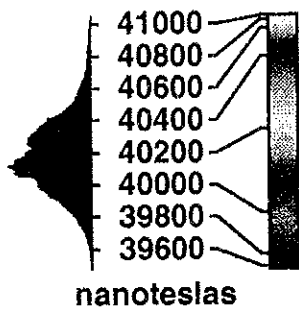
**Flown and compiled by
World Geoscience for
JICAMMAJ/JMEC**



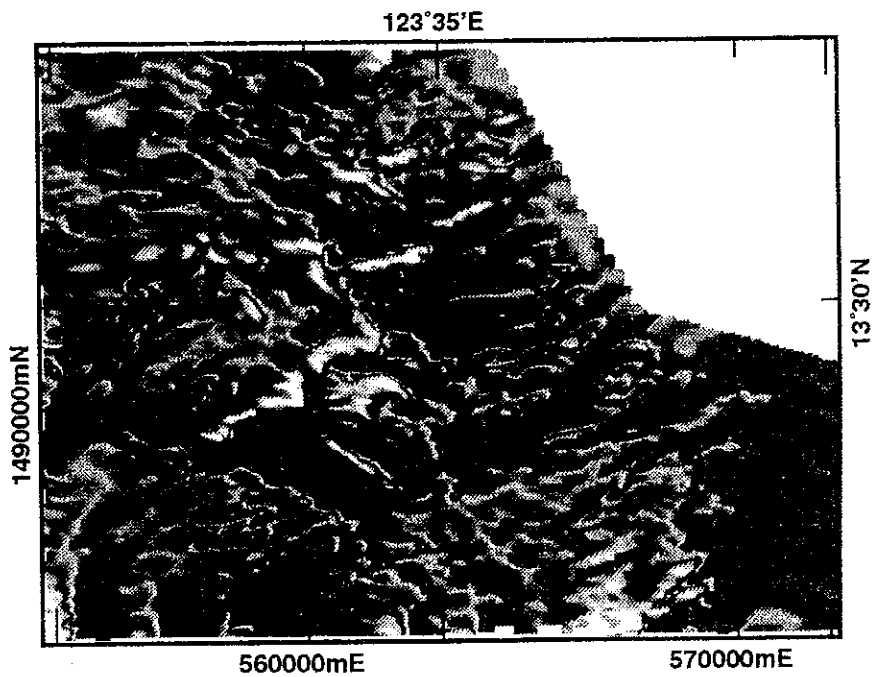
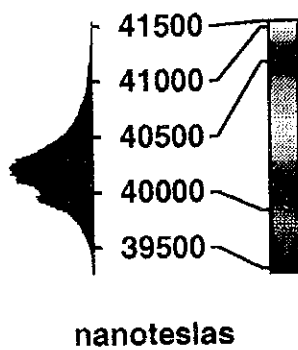
nanoteslas



kilometres

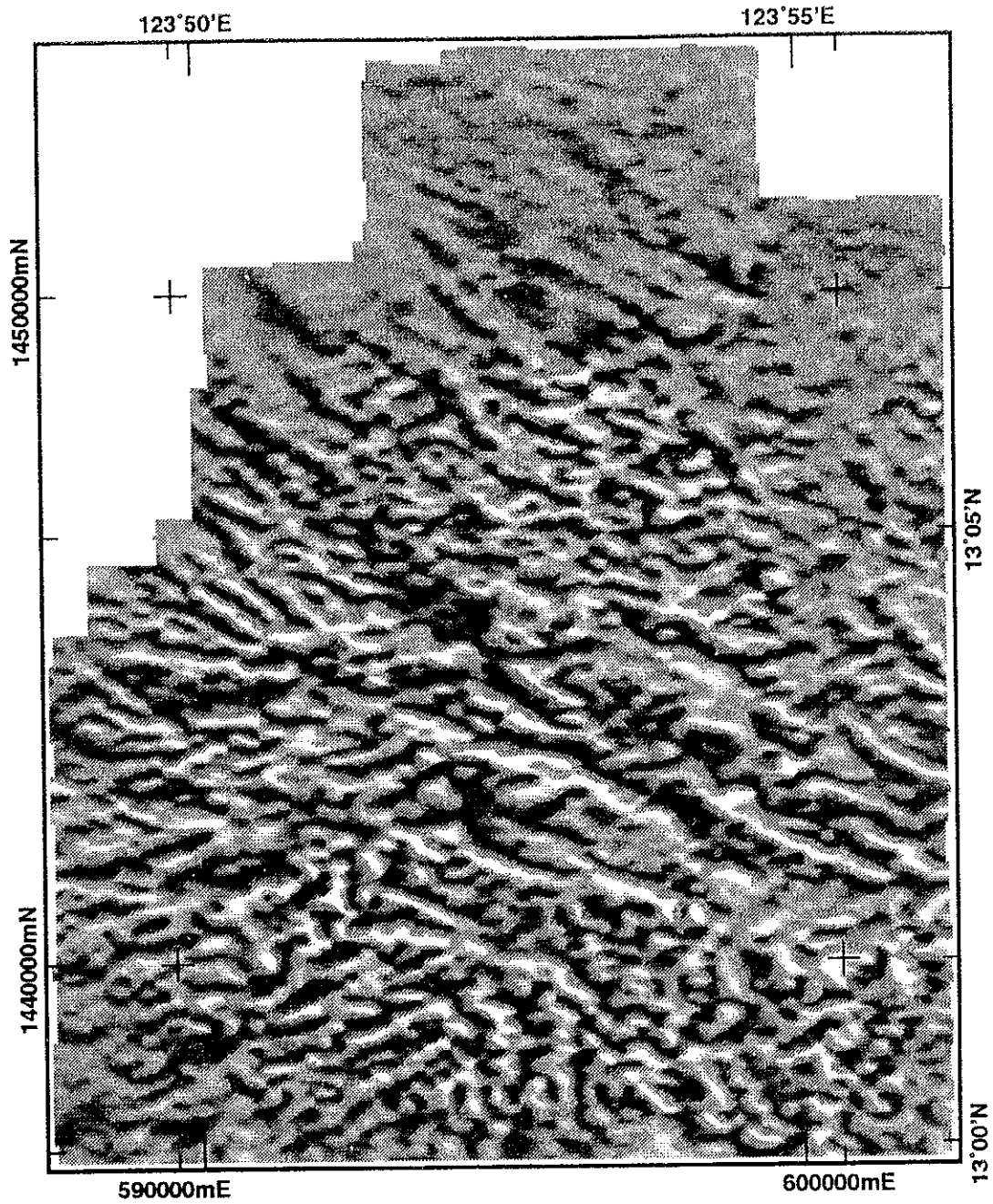


Total Magnetic Intensity



**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

Appendix 2



**Legaspi Project Area
Philippines**

**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

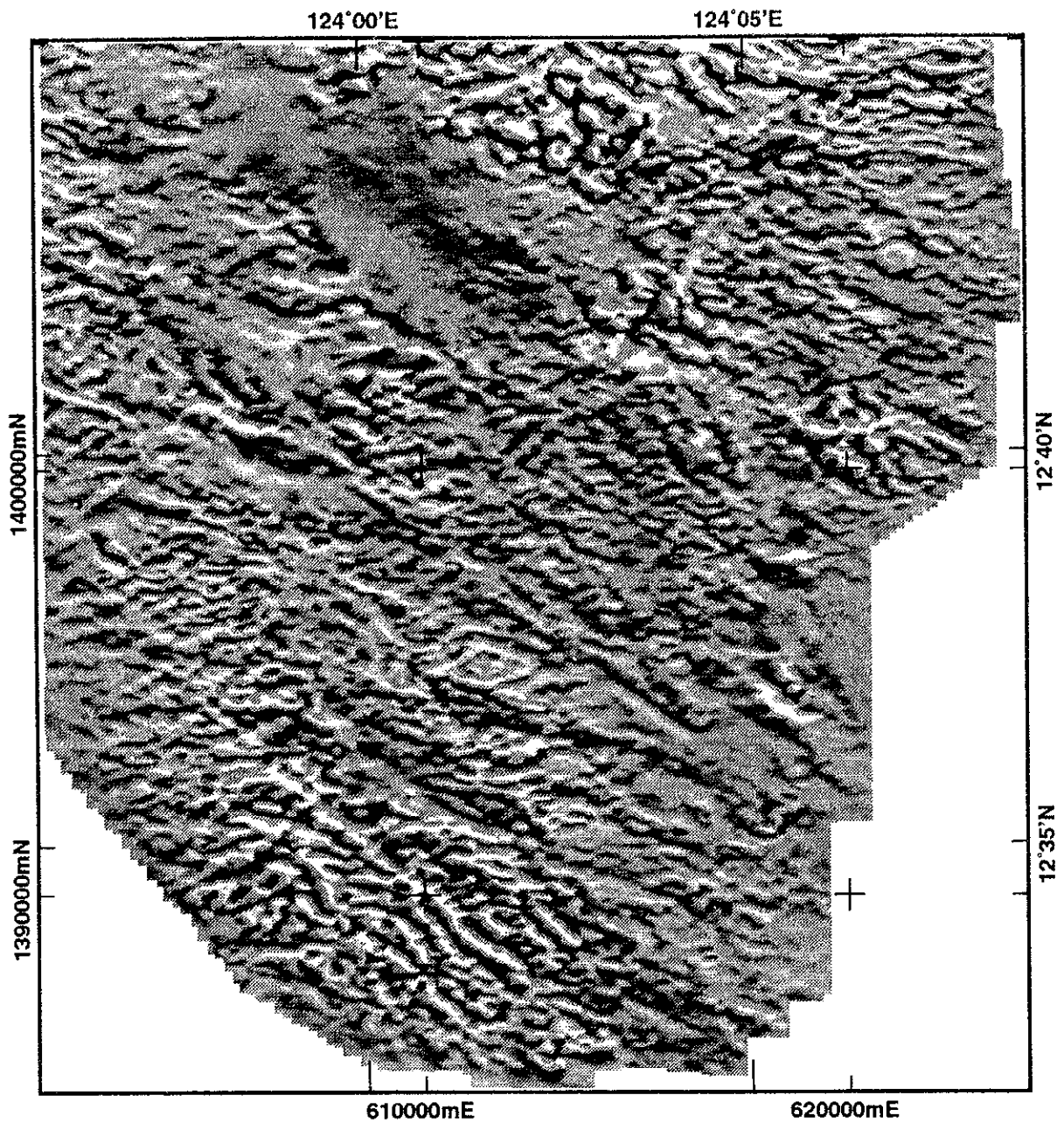
**First Vertical Derivative Merged
With North-East Illumination**



**Flown and compiled by
World Geoscience for
JICA/MMAJ/JMEC**



kilometres



**Irosin Project Area
Philippines**

**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

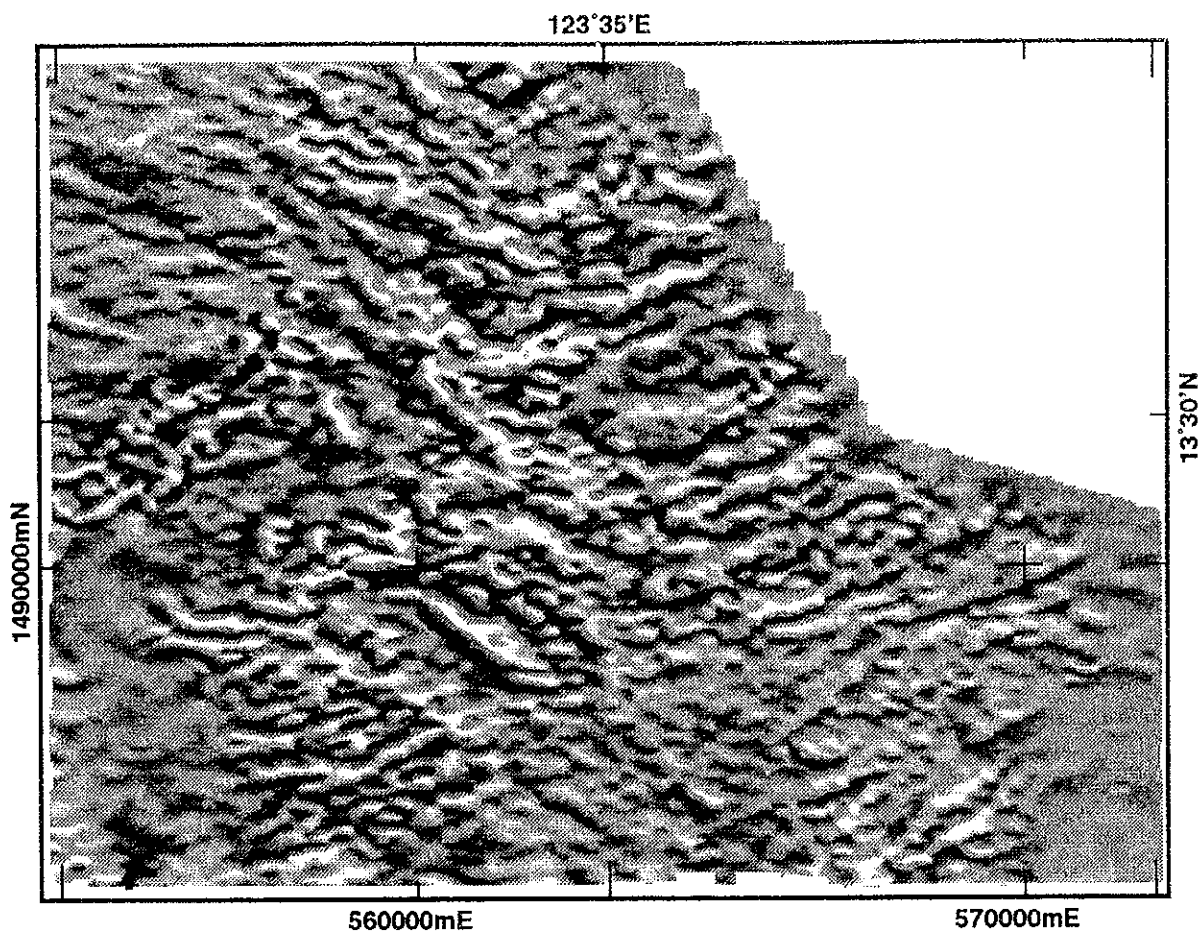
**First Vertical Derivative Merged
With North-East Illumination**



**Flown and compiled by
World Geoscience for
JICA/MMAJ/JMEC**



kilometres



**Tiwi Project Area
Philippines**

**Total Magnetic Intensity
Reduced to Pole**

**First Vertical Derivative Merged
With North-East Illumination**



**Flown and compiled by
World Geoscience for
JICA/MMAJ/JMEC**



kilometres