

施された探鉱によるピット、トレンチ跡などが無数に存在する。鉱石は石英脈及び粘土脈に伴うもので、ガタ集落周辺ではN-S、NW-SE、E-W走向の順に鉱脈が卓越し、カンボ集落付近ではE-W～NW-SE走向の鉱脈が卓越する。カンボ鉱微地では石英脈に方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱・紫水晶を伴い、地元住民の話では方鉛鉱・閃亜鉛鉱・紫水晶を伴うとき、金は高品位を示す傾向があると言う。閃亜鉛鉱は透明で、鉄含有量の少ない、所謂べっこう亜鉛である。

本地域で採取した鉱石試料は最高46.84g/lの金品位を示し、最低値は<0.031g/lで、かなり大きなばらつきを示している。

本地域の熱水変質は珪化・カリ長石化・絹雲母化で特徴づけられる。

### 3-2 地化学探査

#### 3-2-1 調査方法

ラフィ島全域(概査地域)及び既知鉱微地(精査地域)を対象に土地化学探査、精査地域のみを対象に岩石地化学探査を実施した。

試料採取、指示元素、データの解析等は、カタンドゥアネス本島の調査と同様である。

#### 3-2-2 精査地域の地化学探査結果

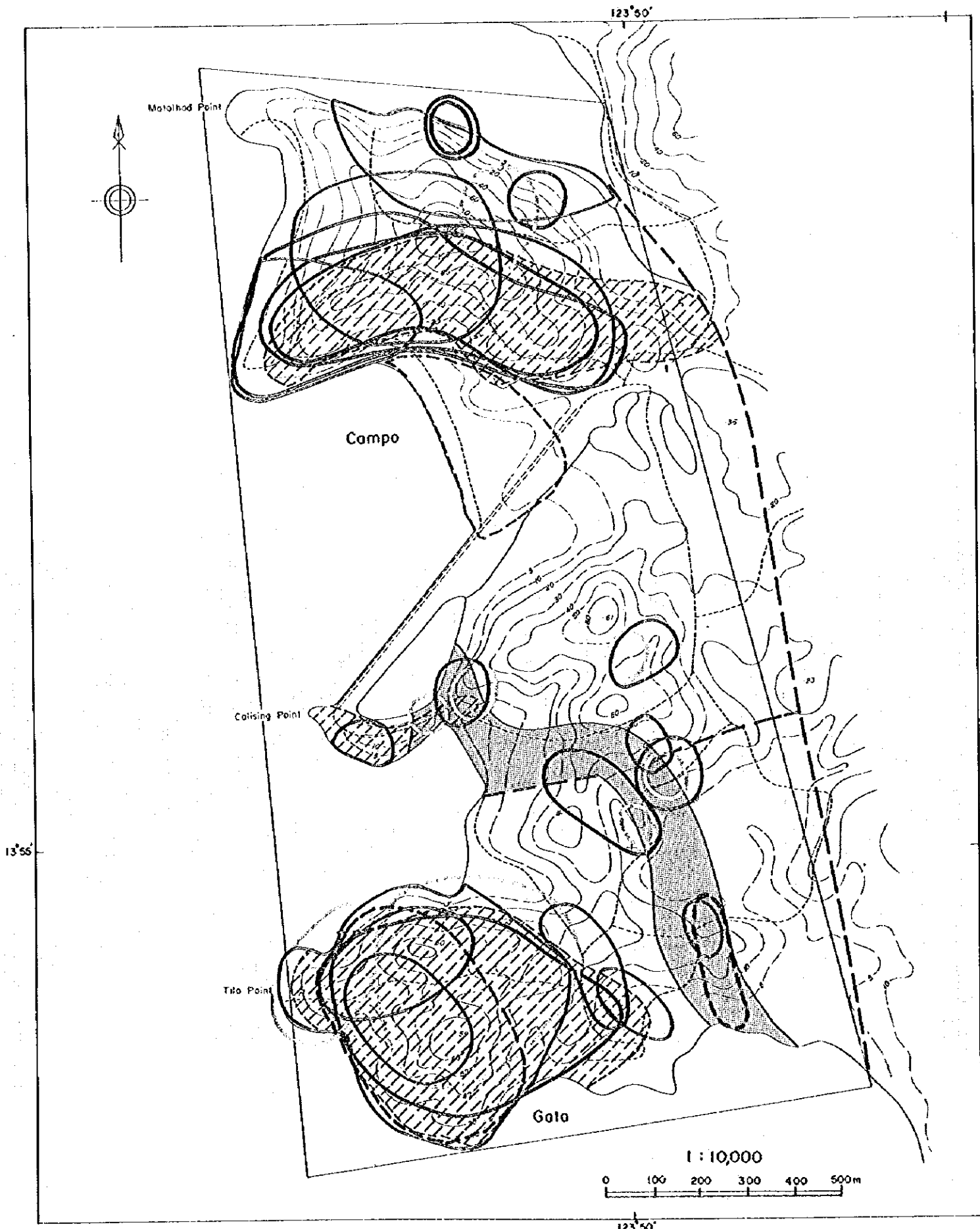
精査地域においては、極めて明瞭な結果が得られた。すなわち、岩石による地化学探査において、金は鉛との間に強い相関関係を示した。また、銀・砒素・銅・(亜鉛)との間にも正の相関性が認められた。さらに、銅・鉛・亜鉛の間にそれぞれ正の相関性、砒素と鉛の間にも正の相関性が認められた。その主成分分析の結果では、第1主成分に金・銀・銅・鉛・亜鉛の鉱化作用が表わされており、ガタ鉱微地及びカンボ鉱微地にのみ高得点域が分布している。

土地化学探査でも同様に、金は鉛との間に強い正の相関性を示し、金・銅・鉛及び亜鉛の各元素の間にも正の相関性が認められた。

主成分分析の結果では、第1主成分に金・銀・銅・鉛・亜鉛・モリブデンの鉱化作用が表わされ、ガタ鉱微地及びカンボ鉱微地を中心に高得点域が分布している(第26図)。

精査地域での地化学探査の結果から、ラフィ島の鉱化作用は、金・銀等の貴金属元素と銅・鉛・亜鉛・(モリブデン)等の卑金属元素とが同様の挙動を示すことが明らかとなった。





LEGEND

PCA of Rock Samples

Anomaly	High Score	Low Score
Z - 01 (Au, Ag, As, Cu, Pb, (S))		
Z - 02 (As, Mo, -Zn, (-Fe))		
Z - 03 (S, Ag)		
Z - 05 (Fe, (-Sb))		

PCA of Soil Samples

Anomaly	High Score	Contaminated Zone (Placer Gold)
Z - 01 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, S, (As))		
Z - 02 (Fe, -As, (-Ag))		

Geology

- Hydrothermally Altered Zone
- Dacitic Dyke
- Fault (Inferred)

第 26 図 ラフィ島の精査地域総合解析図

### 3-2-3 概査地域の地化学探査の結果

概査地域の土壌地化学探査における主成分分析の結果、第2主成分でモリブデン・金・鉛、第3主成分で砒素・硫黄、第4主成分で水銀の因子負荷量が大きくなっており、精査地域の結果を考慮すれば、それぞれの主成分が鉱化作用と関連づけられる。

これらの高得点域は、ガタ村の精査地域東方で重複している。また、本島北部のゴゴン南西方、本島の南端部にはこれらの主成分のうち1つ又は2つの高得点域が分布するが、全体的に分析値そのものが低い値である。また、概査地域の一部の地区で、玉髄質石英脈の転石と二次的マンガンの被覆が認められる。

### 3-3 考 察

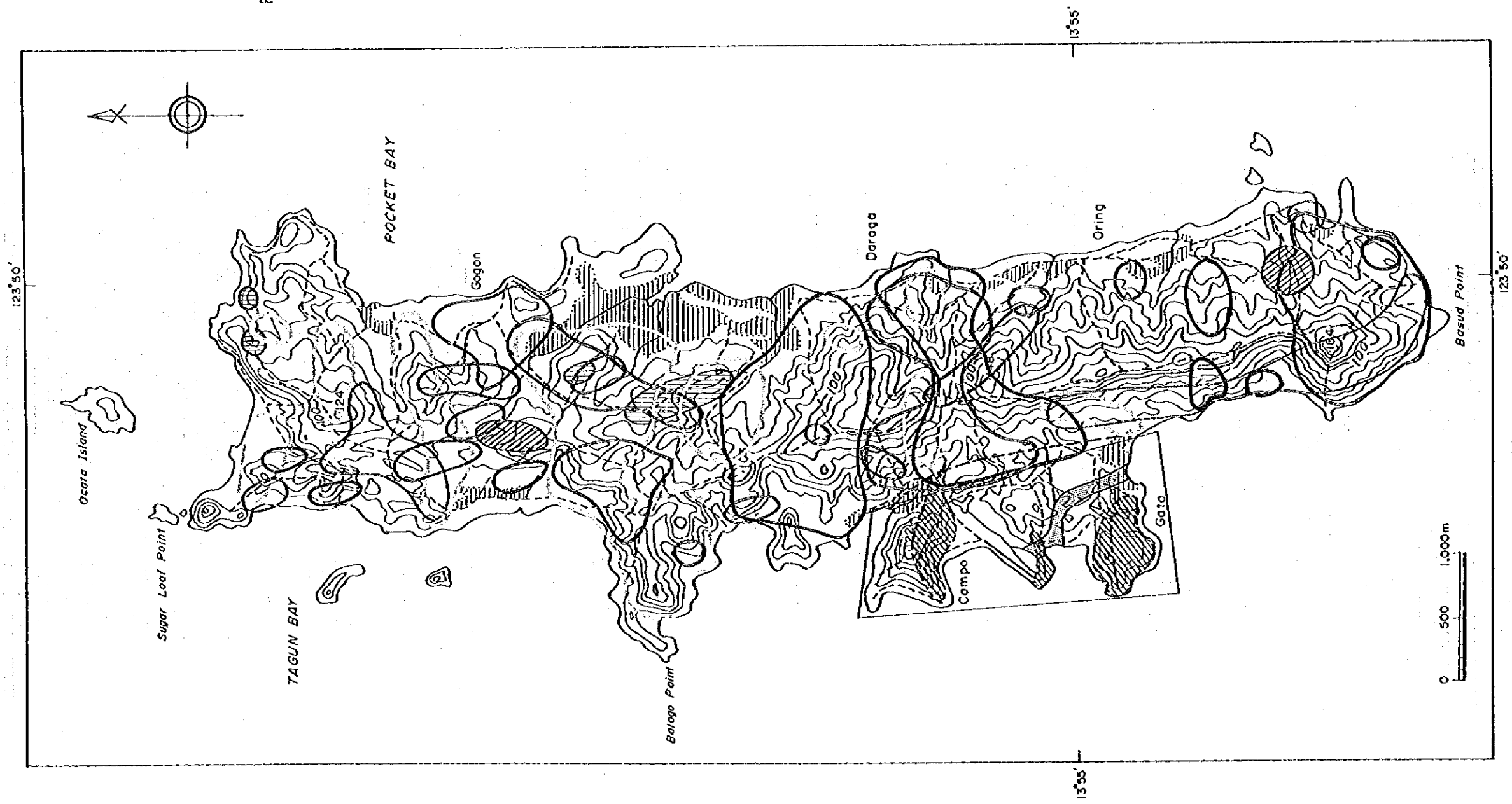
岩石地化学探査の主成分分析では、主成分得点分布に鉱化作用及び風化作用による要因が反映されている。

風化作用による要因として、第1主成分以外の主成分では、カンボ鉱微地が正の得点域を示すのに対し、ガタ鉱微地では負の得点域を示す傾向が認められる。これは両者の地形の差による風化・元素の溶脱・侵食によるものと解釈される。即ち、地形的にカンボ鉱微地は急峻であるのに対し、ガタ鉱微地はゆるやかである。この為、カンボ鉱微地では、風化溶脱した部分がより早く侵食されるのに対し、ガタ鉱微地ではこれらの作用がゆるやかに進行した為の結果と思われる。

精査地域において採取した石英脈の流体包有物均質化温度は、230~300℃以上というやや高い温度を示し、同地域において水銀が検出限界未満であったことと符合する。水銀を含む岩石はすでに剝離され、下部の地質が露出しているものと考えられる。

一方、概査地域のガタ村北東部においては、水銀の因子負荷量の大きな第4主成分の高得点域が分布する。これは既知鉱微地が断層によって突き上げられ、その東方に比して深部の地質が地表に現われたとするモデルに調和する。さらに、この地域にはモリブデン・金・鉛の因子負荷量の大きな第2主成分と、小規模ではあるが砒素・硫黄の因子負荷量の大きな第3主成分が重なっており、概査地域では最も鉱床賦存の可能性の高い地域と言える。同様に、ゴゴンから南西に延びる地区で第2主成分と第3主成分、本島の南端部には第2主成分の高得点域が認められ、この地域には玉髄質石英の転石、二次的マンガンの被覆が認められ、鉱化作用の上部が地表に現われているものと解釈される。したがって、これらの地域のポテンシャルも比較的高い(第27図)。しかしながら、既知鉱微地以外では分析値が全体的に低く、浅部に有望な鉱床が賦存する程の地化学異常ではないと判断される。





**LEGEND**

**PCA of Soil Samples**

High Score Anomaly

Z-01 (Fe, Cu, Zn)

Z-02 (Au, Pb, Mo)

Z-03 (As, S)

Z-04 (Hg, -S)

**Geology**

Dacitic Dyke

Hydrothermally Altered Zone

Area of Chalcedony Floats

Area of Mn - Coated Floats

High Angle Fault (Inferred)

第 27 区 ラファイ島の概査地域総合解析図

## 第Ⅲ部 結論及び提言

## 第Ⅲ部 結論及び提言

### 第1章 結論

#### 1-1 カタンドゥアネス島

(1) 第1年次調査では、全島を対象に地質概査及び沢砂地化学探査を実施し、カロロンガン地区・バト東方地区・ドゥグイトゥー地区及びバト川東方地区を有望地区として抽出した。

(2) 第2年次調査では、第1年次で有望地区したカロロンガン地区とバト川東方地区をまとめ、カロロンガン地域として、地質精査及び沢砂・土地化学探査(精査)を実施し、カロロンガン地区・タガノボル鉱微地・アナノン地区北部・カドラコゴッド地区及びカンバヤス地区を金鉱床の賦存ポテンシャルの高い有望地区として抽出した。

(3) 第3年次調査では、第2年次調査で抽出したカロロンガン地区を対象にトレンチ調査及びボーリング調査、カンバヤス地区を対象に土地化学探査を実施して、次の結論を得た。

#### カロロンガン地区

① カロロンガン地区の地質は、カタンドゥアネス層の緑色片岩及び変斑れい岩より構成される。緑色片岩は、火山礫凝灰岩・砂岩・シルト・頁岩等を原岩とし、NW-SE走向の断層破砕帯と平行する片理が発達する。変斑れい岩は、緑色片岩類同様、片理を有することが多く、カタンドゥアネス層中へシート状に侵入した形態をとり、数枚の層として存在する。

② 調査地域の地質構造は、先行するNW-SE系の断層及び褶曲と、これらを切るNE-SW系及びE-W系の断層によって特徴づけられ、主な破砕帯や珪化帯の伸長方向はNW-SE方向を示すものの、一部の金品位の高い石英脈でE-W走向を有するものが存在する。

③ トレンチ調査の結果、すべてのトレンチにおいて熱水変質及び石英脈の生成に伴う金の鉱微を確認した。石英脈は、量的にはNW-SE系の石英脈が圧倒的に多く、N-S系、E-W系、NE-SW系の順に続くが、高い金含有量を示すのはNW-SE系とE-W系のものに多い。特にT-3においては、走向傾斜N75°E/85°NW、脈幅15cm、Au:58.8g/tの石英脈を含む幅約4m、Au:4.2g/tの珪化帯が存在する。

④ ボーリング調査の結果、地表付近に認められる金鉱化作用を伴う珪化帯が地下深部にまで連続することを確認した。特に、第2試錐座から実施した4本のボーリング(MJPC-3、



4.5.6)では、地表部から地表下約30mまで連続する珪化帯、第3試錐座から実施したMJPC-8, 9においては、上記の珪化帯より深部(地表下44~86m間)に発達する珪化帯を捕捉した。

また、珪化帯の多くは主に変斑れい岩と緑色片岩の境界部及び変斑れい岩自体に発達する。

⑤ 鉍石分析の結果、銅と亜鉛で若干の高濃度を示す試料が認められるものの、顕著な異常を示したのは金のみであった。品位に関しては、浅部珪化帯で幅約4m, Au:1.5g/t(MJPC-5, 26.80~30.85m), 深部珪化帯で幅1m, Au:1.2g/t(MJPC-8, 83.20~84.20m)等の値が得られた。

#### カンバヤス地区

① カンバヤス地区の地質は、主に白亜系カタンドゥアネス層の堆積岩類及びバタレイ貫入岩類に属する第三系漸新統の安山岩質斑岩~閃緑岩の小岩体から構成される。鉍化作用としては、バタレイ貫入岩類の活動に関連すると思われる珪化帯及び石英脈が数ヶ所認められる。

② カンバヤス地区における各元素の濃度変化は、主に地質調査より推定されたNNE-SSW系断層沿い、標高379mの山頂付近の閃緑岩岩体及びカンバヤス沢東岸の強珪化帯等に規制されている。特に上記のNNE-SSW系断層は標高379mの頂部を通り、これ沿いには閃緑岩及び安山岩質斑岩の貫入が推定される。

③ 岩石及び鉍石分析の結果、金に関しては、未変質~弱変質の岩石で地殻存在度の数倍、珪化を主体とする変質の顕著な岩石で数倍~数10倍程度の濃集が認められる。特に石英細脈の発達する岩石や石英脈自体の中には、Au:0.1~0.3g/t程度を有するものも存在する。今回、最も高い金含有量0.3g/tを示した試料は、標高379mの山頂を通るNNE-SSW系の断層沿いに胚胎する幅20cmの石英脈から得られたものである。

④ 年代測定の結果、 $33.6 \pm 2.1 \sim 26.7 \pm 0.6$ Maの値が得られ、従来よりバタレイ貫入岩類の活動時期と推定される漸新世の年代を示した。これによりカンバヤス地区では、バタレイ貫入岩類の活動時期に主たる熱水変質が進行し、金の鉍化作用を生じたものと推定される。

## 1-2 ラフィ島

本調査では、第1年次に既知鉱徴地のある精査地域を対象に土壌及び岩石地化学探査を、ほぼ島全域に相当する16km<sup>2</sup>を対象に土壌地化学探査を、それぞれ地質調査と並行して実施した。これらの調査の結論を以下に述べる。

(1) 精査地域では、顕著な地化学異常が既知鉱徴地に重複しており、金・銀・銅・鉛・亜鉛などの多金属鉱化作用の存在が推定される。

(2) 全島を対象とした土壌地化学探査では、ガタ東方、ゴゴン南西方及び本島南端部に同様の地化学異常が認められた。

(3) 地質調査の結果、既知鉱徴地では断層によって地下深部の地質が地表に現われている可能性が高く、(2)の地化学異常の認められる3地区では、地表下に既知鉱徴地と同様な鉱床の胚胎が期待される。

## 第2章 将来への提言

### 2-1 カタンドゥアネス島

#### (1) カロロンガン地区

本地区で捕捉された鉱床は、一部に高品位部が見られるものの、全体としては低品位で、かつ鉱化帯も小規模であり、現状では開発が難しいものと考えられる。

しかしながら、本地区内においては変斑れい岩が僅かの変質を被っただけで、0.1g/t以上の金品位に達しており、地域全体の金の賦存ポテンシャルは極めて高いと言える。特にこれまでの調査結果では、当該地区が金鉱化作用をもたらした熱水活動の中心であったか否かの判断は難しく、珪化帯の伸張方向と一致するNW-SB系断層と、これらを切るNE-SW系ないしはE-W系断層の交差部に着目し、周辺地域での精査を実施した上で、カタンドゥアネス地域全体の金の賦存ポテンシャルを評価すべきであろう。

#### (2) カンバヤス地区

本地区において金の賦存ポテンシャルが最も高いのは標高379mの山頂付近及びその南部のNNE-SSW系断層とE-W系断層の交差部付近と推定される。特に上記の断層の交差部には幅1mでN30°E/65°NWの走向傾斜を示す石英脈や幅20cm(Au:0.3g/t)でN25°E/50°NWを示す石英脈など優勢な脈が確認されており、金鉱床を形成する条件は揃っている。したがって、物理探査並びにボーリング調査などの追加調査を実施することが望ましい。

また、標高379mの山頂付近及びその南部では、土壌試料で0.1~2.6g/tを示すものが多数存在すること、同山頂の東部沢においては第2年次調査の沢砂地化学探査でAu:10.0g/t

以上の金異常が確認されたこと、標高270m付近に存在する石英脈(KCR-09)が最も高い金品位(Au:0.3g/t)を示すことなどから推定して、金の鉱微部は比較的高所に存在すると思われる。したがって、本地区内で追加調査を実施する場合は、標高200m以上の範囲で行うことを提言したい。

さらに、本地区より東方のシクミル(Sicmil)地域にかけては、金の地化学異常が広がっており、同様な鉱微地が賦存する可能性が極めて高く、引き続き地質精査及び地化学探査を実施することが望ましい。

## 2-2 ラフィ島

精査地域では、顕著な鉱化作用が認められるが、鉱微地が海岸に接しているため、開発に際しては海水の侵入が予想される。

概査地域では、地化学探査の分析値が全体的に低く、コントラストが弱いため、地下浅所に稼行対象となるような鉱床が賦存する可能性は低い。

したがって、本島を取りまく諸々の状況を勘案すると、今後、本島における調査を継続することは難しいと判断される。

## 参考文献

- Angeles, Corned M. and Theodore, Levy G.(1980): Detailed Geological/Geochemical Survey of Tilled and Guiamlong Area in Catanduanes. MGB.
- Angeles, Corned M. and Theodore, Levy G.(1983): Statistical Analysis of the Geochemical Data in Kaglatawan, San Miguel, Catanduanes. MGB, Region V.
- Berkman, D.A.(1976): Field Geologists' Manual. The Australian Institute of Mining and Metallurgy.
- Capistrano, P.M.(1951a): Geological reconnaissance of Catanduanes. Progress Report, Philippine Bureau of Mines.
- Capistrano, P. M.(1951b): Preliminary Report on the A.A.R. Botelho Coal Claim, Hitoma, Caramoran, Catanduanes. MGB.
- Capistrano P. M.(1952): Notes on the Mineral Resources of Catanduanes Island. The Philippine Geologist, Vol. VI, No.4, the Geochemical Society of the Philippines, Manila.
- Crispin, O.A., Weller, J.M. and Ibanez, C.B. (1955): Geology and coal resources of the Panganiban region, Catanduanes. Philippine Bureau of Mines Special Project Series Publication No. 2.
- David Jr., S.D.(1994): Geologie du Sud-Est de Luzon. D. Sc. thesis, Univ. Nice Sophia Antipolis.
- Govett, G.J.S.(1983): Handbook of exploration geochemistry, Volume 2. Statistics and Data Analysis in Geochemical Prospecting. ELSEVIER SCIENTIFIC PUBLISHING COMPANY, p.437.
- JICA and MMAJ(1994): Report on the cooperative mineral exploration in the Catanduanes area, the Republic of the Philippines, Phase I. Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan.
- JICA and MMAJ(1995): Report on the cooperative mineral exploration in the Catanduanes area, the Republic of the Philippines, Phase II. Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan.
- Kajitani, Yuji (1993): Environment of Mining Investment in the Philippines(part 2). Mineral Information Center, Metal Mining Agency of Japan.
- LeBas, M.J., LeMaitre, R.W., Streckeisen A. and Zanettin, B.(1986): A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. J. Petrol., 27, 745-750.
- Lepeltier, C.(1969): A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geol., 64, 538-550.
- Levinson, A.A.(1974): Introduction to Exploration Geochemistry.
- Meek, W.B.(1938): Report on the Geological Survey and Investigation of copper prospect in Agban, Catanduanes. Unpublished report, MGB.
- Metal Mining Agency of Japan(1992): Geology and Mineral Resources of Southeast Asia-Oceanian Islands, 1991. Report of Geology Analysis Committee, Mineral Information Center, Metal Mining Agency of Japan.
- MGB(1982a): Geology and Mineral Resources of Catanduanes Province. Report of Investigation No.108, Map and Mineral Resources Compilation Team, MGB, Region V.
- MGB(1982b): Geology and Mineral Resources of the Philippines, Vol. 1 and 2.

- MGB(1983a): Geological Map of Nagumbuaya Point Quadrangle, Sheet 3860 I. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983b): Geological Map of Calolbon Quadrangle, Sheet 3860 IV. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983c): Geological Map of Bagamanok Quadrangle, Sheet 3861 I. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983d): Geological Map of Gigmoto Quadrangle, Sheet 3861 II. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983e): Geological Map of Hitoma Quadrangle, Sheet 3861 III. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983f): Geological Map of Caramoran Quadrangle, Sheet 3861 IV, Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1983g): Geological Map of Pandan Quadrangle, Sheet 3862 III. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- MGB(1985): Geological Map of Gibgos Quadrangle, Sheet 3761 I. Bureau of Mines and Geo-Sciences, Ministry of Natural Resources.
- Mitchell, A.H.G. and Balce, G.R.(1990): Geological features of some epithermal gold systems, Philippines. *Epithermal gold mineralization of the circum-pacific*, 1, p.241-296.
- Nishido, H., Itaya, T. and Ogata, K.(1984): K-Ar age determination method. *Bull. Hiruzen Res. Inst.*, No.9, 19-38.
- Santos, V. de los, et al.(1955): *Geology and Coal Resources of the Hitoma-Manambrag Region, Catanduanes*. Bureau of Mines, Manila.
- Santos, V. de los, et al.(1959): Memorandum report on the phosphate and manganese deposits, Catanduanes. Unpublished report, Bureau of Mines, Manila.
- Sinclair, A.J.(1976): Application of probability graphs in mineral exploration. Special Volume No. 4, the Association of Exploration Geochemists.
- Steiger, R. and Jaeger, E.(1977): Subcommission on geochronology, Convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, 359-362.
- Theodore, Levy G. et al.(1988): Preliminary Report on the Small-Scale Gold Mining Development Project in Catanduanes for the Period September 19 to December 18, 1988. MGB.
- Teves, J.S. et al.(1949): Report on the investigation of rock phosphate and other mineral possibilities of Bohol. *Philippine Geologist*, Vol. III, No. 2.
- Tompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. and Parry, S.J.(1984): An assessment of the relative roles of a crust and mantle in magma series; an elemental approach. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A310, 549-590.
- Torres, Mario A.(1978): *Geologic Investigation of the Gold Property of Rajah Lahuy Mining Company at Gata, Caramoan, Camarines Sur*. MGB.
- United Nations(1992): *The Philippines, a Prospectus for the International Mining Industry*. United Nations Development Programme 1992, United Kingdom.
- Wilson, M.(1989): *Igneous petrogenesis- A global tectonic approach*. Unwim Hyman, London, 466p.
- Wolfe J.A.(1981): Philippine geochronology. *Jour. Soc. Phil.*, Vol. 35, 1-30.



JICA