

フィリピン共和国ビコール北部地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成13年 3 月

JICA LIBRARY



J1166853101

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

資源調査
CR(2)
01-059



**フィリピン共和国ビコール北部地域  
資源開発協力基礎調査報告書**

**第 2 年 次**

**平成13年 3 月**

**国際協力事業団  
金属鉱業事業団**



1166853(0)

## はしがき

日本政府はフィリピン共和国の要請に応え、同国のルソン島南東部ビコール半島北部のカマリネスノルテ州、カマリネススール州、ケソン州を含むビコール北部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、空中物理探査、地化学探査、ボーリング調査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成 11 年度を第 1 年次とする第 2 年次調査にあたり、金属鉱業事業団は 2 名の調査団を編成して、平成 13 年 12 月 8 日から 12 月 23 日まで現地に派遣した。現地調査は、フィリピン共和国政府機関、環境天然資源省鉱山地球化学局の協力を得て予定どおり完了した。

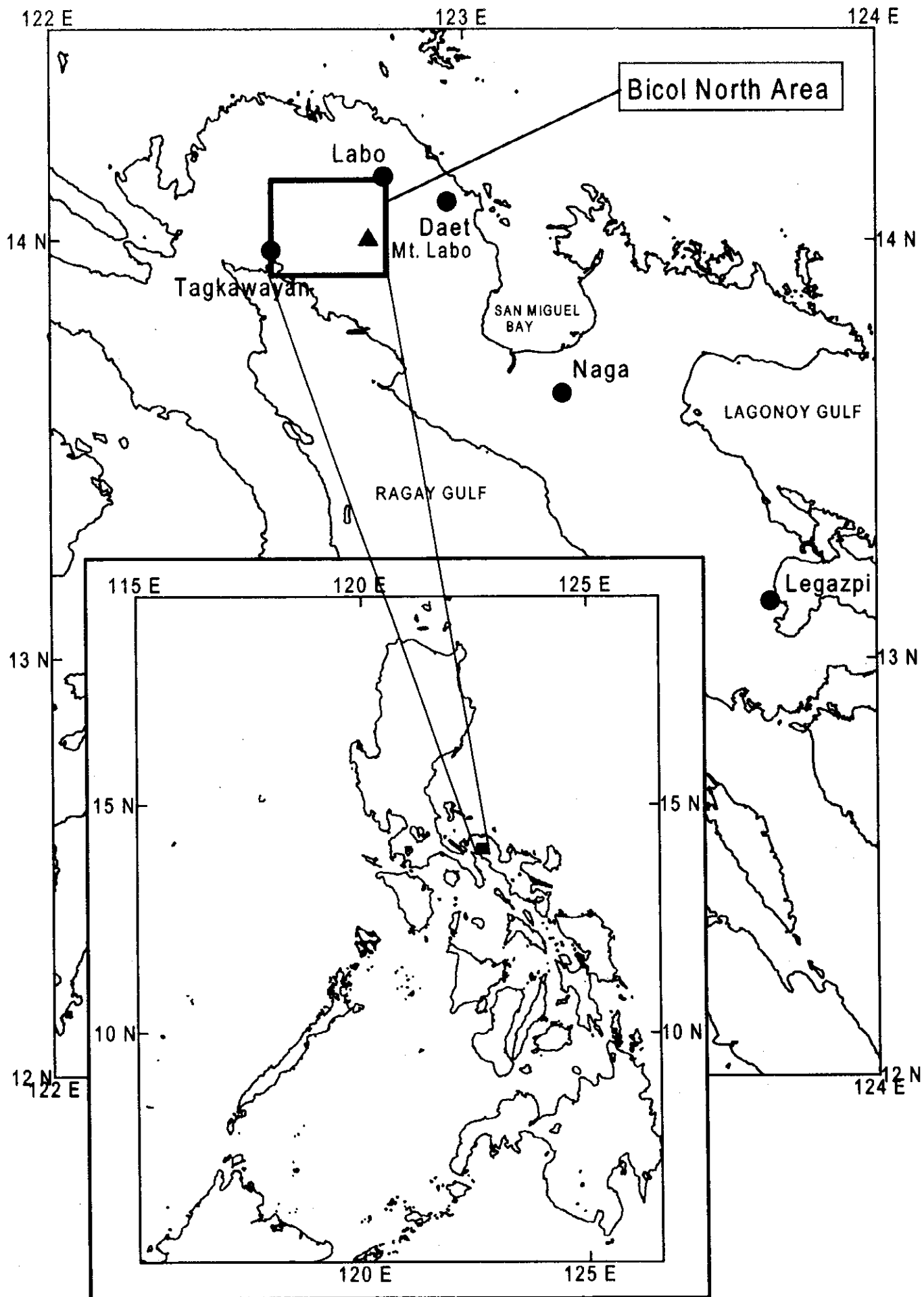
本報告書は、本年時の調査結果を取りまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたフィリピン共和国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在フィリピン共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成 13 年 3 月

国際協力事業団  
総裁 斉藤邦彦

金属鉱業事業団  
理事長 田代直弘



Location Map of the Survey Area

## 要 約

調査地域はルソン島南東部ビコール半島北部に位置し、カマリネスノルテ州、カマリネススール州、ケソン州にまたがる地域である。

第1年次調査では空中磁気探査及び空中放射能探査のデータ取得のみが行われた。本年度は取得された物探データ解析、地質調査及び河床堆積物による地化学探査を実施した。

ビコール北部地域はビコール地域で区分された3地質体のうち中央帯の北西端に位置し、調査地域の大部分は鮮新世から現世の火山岩類が分布する。また調査地域の北東部と西部は北東帯と南西帯にあたりオフィオライトシーケンス及び堆積岩類が分布する。

この地域には稼行中の金属鉱床はないが、地域北東部に高硫化系浅熱水性鉱床の Nalesbitan 金-銅鉱床と中熱水性鉱脈型金鉱床と考えられる Tuba 鉱床がある。その他、地域北東部にはスカルン型金鉱床と思われる小規模な Benit 鉱床がある。

調査地域にはこれらの鉱床に伴う変質帯の他に多くの変質帯が確認された。この中で特に大規模な変質帯は鮮新世の火山岩類中に認められる Susungdalaga 山地の南麓を取り巻くように Alawihaw～Baliwag まで連続して観察された変質帯で、この変質帯の東側は高温の温泉とシンターを伴い銅鉱化した quartz-calcite 脈が認められる。西側では alunite や enargite を伴う珪化岩及び溶脱岩を伴う。このことから、前者は Labo 山南斜面の Labo 地熱地帯に伴って形成された中性変質帯であり、後者はそれ以前の鮮新世の火成活動に伴った高硫化系鉱化作用によって形成された酸性変質帯と考えられる。そのほか地域西方には Katakian 変質帯があり、Tuba 型の中熱水性鉱脈型かスカルン型の鉱床を伴う可能性が示唆された。Labo 川流域にはいくつか小規模な変質帯が認められた。いくつかは蒸気過熱型の変質作用が報告され、これらは浅熱水性熱水系の上部現象を見ている可能性がある。

空中物理探査では地磁気的特徴と $\gamma$ 線放射線応答から本地区に分布する地質単元を区分するとともに鉱化-変質系を胚胎する断層系を抽出した。さらにカリウムの $\gamma$ 線異常域を解釈することによって変質帯の分布が推定された。これらの推定変質帯は野外調査結果とほぼ一致し、野外調査結果よりも広い範囲が抽出されたことで、変質帯の境界が描き出されたものと思われる。

沢砂地化学探査では、金の異常域が Nalesbitan, Tuba 以外に Alawihaw 及び Katakian で認められた。また空中磁探から Nalesbitan 同様の構造線が推定された Salobosogin-Yakalan 地域では Nalesbitan 同様に As の異常が抽出された。高硫化系の鉱徴が見られた Maniknik-Layaton では Mo の地化学異常を伴う。これらの変質帯はいずれも空中磁探で捕捉された広いカリウム $\gamma$ 線異常域を伴う。

今後の探鉱余地があり、鉱床賦存ポテンシャルが高い地域として Maniknik-Layaton, Susungdalaga, Katakian, Salobosogin-Yakalan, Alawihaw, Binangkawan-Taktak の6地区を抽出した。





## 目 次

はしがき  
調査位置図  
要 約

### 第I部 総 論

第1章 序論.....	1
1-1 調査の経緯.....	1
1-2 第1年次調査の概要.....	1
1-3 第2年次調査概要.....	1
1-3-1 調査の目的.....	1
1-3-2 調査範囲.....	2
1-3-4 調査団の編成.....	2
1-3-5 調査期間.....	3
第2章 調査地域の地理.....	4
2-1 位置及び交通.....	4
2-2 地形及び水系.....	4
2-3 気候及び植生.....	4
第3章 一般地質.....	4
第4章 総合解析.....	5
4-1 ビコール北部地域の地質構造, 鉍化作用の特性と鉍化規制.....	5
4-2 空中物理探査結果.....	5
4-3 地化学的特徴.....	6
4-4 有望地地域の選定.....	6
第5章 結論及び提言.....	8
5-1 結 論.....	8
5-2 第3年次調査への提言.....	8

### 第II部 各 論

第1章 地質調査.....	10
1-1 地質概要.....	10
1-2 調査概要.....	10
1-3 地質各論.....	10
1-4 構造.....	16
1-5 鉍徴地及び変質帯.....	16
1-5-1 Kilbay 川流域の変質帯と鉍床.....	16
1-5-2 Bosigon 川流域の変質帯と鉍床.....	23
1-5-3 Labo 川流域の変質帯と鉍床.....	25

第2章 空中物理探査.....	28
2-1 目的.....	28
2-2 測定地域.....	28
2-3 測定仕様.....	28
2-4 解析図面.....	28
2-5 物理探査解析.....	31
2-5-1 方法.....	31
2-5-2 地質体区分.....	31
2-5-3 変質帯.....	41
2-5-4 構造.....	43
2-6 考察.....	43
2-7 まとめ.....	44
第3章 沢砂による地化学探査.....	46
3-1 試料採取.....	46
3-2 調査結果.....	46
3-2-1 BLEG法.....	46
3-2-2 沢砂地化学探査.....	46
3-3 まとめ.....	63
第4章 総合解析.....	65
4-1 ビコール北部地域の地質構造, 鉍化作用の特性と鉍化規制.....	65
4-2 有望地地域の選定.....	65

### 第Ⅲ部 結論及び提言

第Ⅰ章 結 論.....	68
第Ⅱ章 第3年次調査への提言.....	68
参考文献.....	70

添付図表

圖表一覽

Figures

Opening page	Location Map of the Survey Area	
Fig. II-1-1	Landsat TM Bands 543 and L7 Pan Merged in RGB	11
Fig. II-1-2	Geologic Map of the Bicol North Area	12
Fig. II-1-3	Geologic Profile of the Bicol North Area	13
Fig. II-1-4	Schematic Geologic Column	14
Fig. II-1-5	Mineral Occurrences and Alteration Zones	17
Fig. II-1-6	Distribution of Alteration Minerals by X-ray Diffraction Analysis	18
Fig. II-2-1	Digital Terrain Model Image	29
Fig. II-2-2	Total Magnetic Intensity Reduced to Pole Image (TMI-RTP)	30
Fig. II-2-3	Total Count Gamma-ray Spectral Image	32
Fig. II-2-4	Potassium Gamma-ray Spectral Image	33
Fig. II-2-5	Uranium Gamma-ray Spectral Image	34
Fig. II-2-6	Thorium Gamma-ray Spectral Image	35
Fig. II-2-7	Ternary Gamma-ray Spectral Image	36
Fig. II-2-8	Geophysical Interpretation	39
Fig. II-3-1	Probability Plot of the BLEG Samples	47
Fig. II-3-2	Au and Cu Content of the BLEG Samples	48
Fig. II-3-3	Probability Plot of the Stream Sediments Samples (1)~(4)	50~53
Fig. II-3-4	Au and Ag Content of the Stream Sediments Samples	54
Fig. II-3-5	As and Cu Content of the Stream Sediments Samples	55
Fig. II-3-6	Hg and Mo Content of the Stream Sediments Samples	56
Fig. II-3-7	Pb and S Content of the Stream Sediments Samples	57
Fig. II-3-8	Sb Content of the Stream Sediments Samples	58
Fig. II-3-9	Z-01 and Z-02 PCA Score of the Stream Sediments Samples	61
Fig. II-3-10	Z-03 and Z-04 PCA Score of the Stream Sediments Samples	62
Fig. II-3-11	Distribution of geochemical anomaly of stream sediments samples	64
Fig. II-4-1	Interpretation map of the Bicol North Area	66

Tables

Table I-1-1	Contents of survey	2
Table II-2-1	Units Defined in the Geophysical Interpretation	31
Table II-3-1	Basic Statistics and Correlation Coefficient of the Stream Sediments Samples	49
Table II-3-2	Result of Principal Component Analysis of the Stream Sediments Samples	60

## 添付図表

Appendix 1	Sample Location Map of the Rock Samples
Appendix 2	Sample Location Map of the Geochemical Samples
Appendix 3	Microscopic Observation of the Rock Thin Section
Appendix 4	Microscopic Observation of Polished Thin Section
Appendix 5	Whole Rock Analysis Data
Appendix 6	Geochemical Data of the BLEG Samples
Appendix 7	Geochemical Data of the Stream Sediments Samples
Appendix 8	Ore assay Data of Rock Samples
Appendix 9	Result of X-ray Diffraction Analysis
Appendix 10	Homogenized Temperature and Salinity of Fluid Inclusion
Appendix 11	Figures from the report of Airborne Geophysical Survey
Appendix 12	K-Ar Age Determination

## 別添図

PL-1~4	Geologic map of the Bicol North Area (1/20,000)
--------	---





# 第 I 部 総 論





## 第 I 部 総論

### 第 1 章 序論

#### 1-1 調査の経緯

フィリピンは、金、銅、ラテライト・ニッケル、クロム鉄鉱等の鉱物資源が豊富で、島弧火成活動に伴う斑岩銅鉱床、浅熱水性鉱脈鉱床等のポテンシャルが高い国である。1970年代は銅、金の主要生産国の一つであったが、既存鉱床終掘後、既存鉱床の拡張及び新期鉱床の開発が進まなかったことから、近年、これら鉱産物の生産量は其の賦存ポテンシャルに関わらず著しく減少している。

この原因の一つとして、外資による探鉱等鉱業への投資が法規制等から不十分にならざるを得なかったことがあげられている。このような状況を打開し、鉱業への外資導入促進を図り、国内の鉱業を活性化するために、1995年には新鉱業法(共和国法第7942号とその実施細則)が施行されるなど、近年、フィリピン政府も鉱業への外資導入促進に努めている。しかし、世界的な探鉱ブームと相まって、新鉱業法の施行に伴い投資額が一時的に増加したものの、その後は大きく落ち込み、鉱業投資が活発化するには至っていない。

こうした状況からフィリピン共和国政府は新鉱床の発見に向けて日本との協力調査の実施を日本政府に要請するに至り、1997~1998年にはビコール地域鉱物資源広域調査が実施された。この調査によって有望な探査地域が選定され、その一つとして選定された有望な探査地域としてビコール北部資源開発調査の実施が1999年5月にフィリピン政府から要請され、これを受け1999年7月21日に日本側国際協力事業団並びに金属鉱業事業団とフィリピン共和国環境天然資源省の間で **Implementing Arrangement (I/A:作業実施協定書)** が調印された。

#### 1-2 第1年次調査の概要

第1年次調査は、空中磁気、放射能データを解析し、地質構造の解明及び変質帯の抽出に役立てることを目的に、空中物理探査が行われた。

ただし、スケジュールの関係から、空中物理探査のデータ取得のみが実施された。解析は本報告書で行う。データ取得はオーストラリアの Fugro Airborne Surveys (以前の World Geoscience Corporation) が行った。データ取得範囲は Fig.II-1-1 に示した。

測定仕様は、以下の通りである。

##### ・ 測定仕様

飛行測線間隔：200 m	飛行測線方向：南北
補助測線間隔：1000 m	補助測線方向：東西
センサー高度：80 m	磁力計サンプリング間隔：~5 m
磁力計サイクル間隔：0.1 秒	磁力計分解能：0.001 nT
放射能サンプリング間隔：40~50 m	放射能サイクル間隔：1 秒
GPS サイクル間隔：1 秒	

#### 1-3 第2年次調査概要

##### 1-3-1 調査の目的

本調査は、フィリピン共和国ビコール北部地区を対象として、調査地域の地質及び地質構造と、銅・金の鉱化作用、変質帯・地化学特性並びに物理探査との関係を総合的に把握することにより、鉱床胚胎の可能性を把握することを目的とする。

1-3-2 調査範囲

調査範囲は、ルソン島南東部ピコール半島北部に位置する。カマリノスノルテ州(Camarines Norte Province), カマリネススール州(Camarines Sur Province), ケソン州(Quezon Province)にまたがる約 750 km<sup>2</sup>の範囲である。地域東部に Labo 山がそびえる。

1-3-3 調査方法

本報告書の解析図は、すべて UTM: Zone 51N, Datum: Luzon11 で作成した。

(1) 空中物理探査解析

平成 11 年度に取得した空中磁気、放射能のデータを解析し、地質構造の解明および変質帯の抽出に役立てる。

(2) 地質調査・地化学探査

調査地域の地質状況、変質帯、鉱徴地等の把握を目的に地質調査を実施し、あわせて試料を採取、室内試験に供しデータを解析に用いる。全域において沢砂地化学探査を実施し、鉱床賦存有望地の抽出を行う。

1-3-4 調査団の編成

日本側

(企画・調整)

林 歳彦 金属鉱業事業団  
神田慶太 金属鉱業事業団

(地化学探査)

伊東和夫 日鉄鉱コンサルタント株式会社  
三好 誠 日鉄鉱コンサルタント株式会社

フィリピン側

Horacio C. Ramos 鉱山地球科学局(局長)  
Edwin G. Domingo 鉱山地球科学局  
Romeo L. Almeda 鉱山地球科学局

Claro Jose C. Manipon 鉱山地球科学局  
Rogel Santos 鉱山地球科学局  
Salvio Laserna 鉱山地球科学局  
Eleazar C. Mantaring 鉱山地球科学局  
Ariel Bien 鉱山地球科学局  
Dilson Montano 鉱山地球科学局  
Raymond Abundo 鉱山地球科学局  
Federico Jacoba, Jr. 鉱山地球科学局  
Brian Zoilo Aurelio Esber 鉱山地球科学局  
Resty Gomez 鉱山地球科学局  
Gilbert Emerson Bascos 鉱山地球科学局  
Aeschylus Obar 鉱山地球科学局

Table I-1-1 Contents of the Survey

(1) 調査内容及び数量

調査内容	調査量
地質調査・地化学探査	
全域	調査面積 750 km <sup>2</sup> (460 km <sup>2</sup> ) 踏査ルート長 300 km

(2) 室内試験項目及び数量

室内試験項目	数量
地質調査・地化学探査	
岩石薄片	48 件
鉍石研磨片	30 件
X 線回折試験	105 件
鉍石品位分析 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	31 件
地化学探査サンプル(沢砂) (Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Ga, Fe, La, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Sc, Ag, Na, Sr, S, Tl, Ti, W, U, V, Zn, Au)	289 件
地化学探査サンプル(BLEG) (Au, Cu)	35 件
流体包有物均質化温度(塩濃度込み)	5 件
全岩化学分析 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, MnO Na <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , LOI, TOTAL, FeO)	13 件
放射性年代測定分析(K-Ar 法)	12 件

1-3-5 調査期間

第2年次調査は下記の日程で実施した。

現地調査

地質・地化学探査

平成12年(2000年)12月8日～12月23日(16日間)

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

ピコール北部地域は、東経 122° 32' 10" ~ 122° 48' 50", 北緯 13° 55' 00" ~ 14° 8' 35" の範囲にあり、Camarines Norte 州、Camarines Sur 州、および Quezon 州の 3 州にまたがる。

調査地域北東には Camarines Norte 州の Labo 及び Daet が位置する。首都 Manila から Labo までは約 265 km、車で約 5 時間 30 分の距離である。調査地域南部には、Tagkawayan (Quezon 州) 及び Del Gallego (Camarines Sur 州) が位置する。Manila から Tagkawayan までは約 260 km、車で約 5 時間の距離である。

調査地域内には四季を通じてアクセスできる道路がほとんどないので、調査地域内には北側及び南側から別々にアクセスすることになった。従って、本調査では地域北側の Labo と南側の Tagkawayan にベースキャンプをおいて調査を行った。

### 2-2 地形及び水系

調査地域の東には、標高 1,572 m の Labo 火山がある。Labo 山の西、調査地域ほぼ中央部には標高 200~600 m の開析がすすんだ Susungdalaga 山地と呼ばれる山地が分布し、その主尾根は西北西-東南東及び東西方向に発達する。この山地が本地域の水系を南北に分ける分水嶺となっている。Susungdalaga 山地の北側は非常に開析の進んだなだらかな山地を形成しており、Susungdalaga 山地の南側には低地が広がる。

本調査地域の水系は、大きく Labo 川・Bosigon 川・Kilbay 川の 3 水系からなる。調査地域北側は 2 水系からなり、調査地域北東部を Labo 川水系が、また北西部を Bosigon 川水系が占める。両河川は、いずれも北方に流下する。調査地域南側は Kilbay 川水系からなる。Kilbay 川水系は Susungdalaga 山地の南基部では西方に流れ、下流の低地で各支流が合流して南に向かって流下する。

### 2-3 気候及び植生

乾期が無く一年を通じ降水量が多いが、特に 12 月~1 月に非常に著しい雨期を持つ。そのほか 6 月~1 月には台風の影響で高い降水量を示すことがある。

本調査地域は年間を通じて降水量が多いことから、植物が良く繁茂している。ランドサット衛星画像 (Fig. II-1-1) でも明らかなように、調査地域全体が植生に覆われている。一部、原生林らしきものは Labo 山付近に残っているが、Susungdalaga 山地では畑が樹林の中に散在することから、恐らく 2 次林と思われる。調査地域内の低地と河川沿いの大部分は農耕 (ピンクと黄緑のモザイク状に見える) に使われている (Fig. II-1-1)。

## 第3章 一般地質

ピコール地域は「ピコール地域広域調査」によれば、その伸長方向にほぼ並行して、北東帯、中央帯及び南西帯の 3 帯に区分される。北東帯及び南西帯には白亜紀の基盤岩類が分布し、これに第三紀の閃緑岩岩体が貫入する。南西帯にはさらに第三紀後期の堆積岩類が基盤岩を覆って分布する。中央帯には、鮮新世~現世の若い火山岩類が分布する。北東帯にはポーフィリー型、スカルン型、中熱水性鉱脈型、火山性塊状硫化物鉱床及び鉱徴地が分布する。南西帯にはスカルン型の鉱徴地が分布する。中央帯には熱水性金鉱床及び鉱徴地が認められる。

このうちピコール北部地域は中央帯の北西端に位置し、調査地域の大部分は鮮新世から現世の火山岩類からなる。調査地域の北東部 Labo 周辺は北東帯に属し、主として堆積岩類が分布する。また調査地域の西及び南西部は北東帯あるいは南西帯にあたり、オフィオライトシーケンスおよび堆積岩類が分布

する。

ピコール北部地域の地質は、下位より上部白亜系の Tigbinan 層が地域西方に、暁新統～始新統の Universal 層が地域最北端 Labo 周辺に、下部中新統の Bosigon 層が Labo 川下流域及び Bosigon 川下流域に、上部中新統の Macogon 層地域西部に、鮮新統の Macogon 層と Susungdalaga 火山岩類が地域中央部に広く分布する。更新統の Labo 火山岩類は、地域東部の Labo 山及びその周辺に広く分布し鮮新統を整合に覆う。

## 第4章 総合解析

### 4-1 ピコール北部地域の地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

現地調査、地磁気解析、DTM データのいずれからでも、本調査地域の主要部をなす中央帯では NW～WNW 及び NE 方向の構造が卓越することが示される。またこの方向は中央帯での鉱化作用や変質帯分布を規制しており、これは広域的にはピコール半島南部の WNW-ESE 方向の Legazpi リニアメントに平行である。

この地域には稼行中の金属鉱山はないが、地域北東部に高硫化系浅熱水性金鉱床である Nalesbitan 金-銅鉱床と中熱水性鉱脈型金鉱床と考えられる Tuba 鉱床が存在する。また、地区北東端にはスカルン型金鉱床と思われる小規模な Benit 鉱床がある。Nalesbitan 鉱床は、北西走向左横ずれ断層の fault jog に形成された熱水性角礫岩に伴い、vuggy-residual silica を欠く (Sillitoe et al., 1990)。

変質帯は、Nalesbitan 鉱床や Tuba 鉱床に伴うものの他、各所に認められる。この地域で特に大規模な変質帯は Susungdalaga 山地の南麓を取り巻くように分布する変質帯で、これは Alawihaw～Baliwag 変質帯まで西北西-東南東方向に幅 1～3km で約 13km 追跡できる。この変質帯の東側の Alawihaw 変質帯周辺では高温の温泉とシンターを伴うことから、Labo 山南斜面の Labo 地熱地帯に関連した低硫化系の鉱化作用と推定される。この変質帯の西側 Layaton Malaki～Maniknik～Baliwag 変質帯では珪化岩が卓越し alunite や enargite が認められることから、おそらく鮮新世の火山活動に関連した高硫化系鉱化作用によって形成されたものと思われる。Tuba 南方の Katakian 変質帯は Tigbinan 層中の珪化及びセリサイト粘土化帯で石英脈を伴うことから恐らく Tuba 鉱床に類似した中熱水性鉱床と推定されるが、magnetite 細脈や epidote に富む岩石の存在と近傍に Paracale Granite が貫入していることからスカルン型の鉱化作用の可能性がある。この変質帯は NE 方向の構造に関連しているように見える。Nalesbitan 鉱床の 2～3km 東には Salobosogin-Yakalan 変質帯があり、chalcedonic quartz の転石が分布することから Nalesbitan 鉱床同様の鉱化作用が推定される。そのほか小規模な変質帯は、地域東部の Labo 川の中流から上流域に数カ所見られる。これらのうちには、kaolinite 変質と蒸気過熱型と思われる変質岩が分布することから、浅熱水性鉱化作用の上部現象を見ている可能性がある。

### 4-2 空中物理探査結果

空中磁気探査のデータと Landsat 画像の解釈によって地域内の様々な火山岩等を区別した。解析は、磁気とγ線放射能データの物探的性質を基に岩石単位を区別すること、調査地域の大まかな層序枠組みの中でこれらの岩石単位を特定することに焦点をおいた。

調査地域東側の現在休止している Labo 火山は変化に富んだ地磁気特徴を持つが、大まかには地質図での火山岩 units に対応する多くの火山岩類 units からなる。調査地域西側の Susungdalaga 火山岩類は磁氣的に似通っていて、開析された火山体の基部を示すものと思われ、推定噴火中心が同定された。

調査地域北側では、おそらくより古い時代の弱く変形した Macogon 層の火山岩類が Nalesbitan 高硫化系鉱化作用の母岩となっている。この Nalesbitan 鉱床は、調査地域内で唯一の重要な鉱床である。物理探査データによって鉱化を伴う断層だけではなく、鉱化-変質系を胚胎する北西方向の断層系を抽出でき、また粘土化変質に伴う広いカリウム異常も抽出できた。しかし、物理探査データは鉱体を胚

胎する断層の特定や鉱体に伴う変質を個々に特定するほどは解像度が高くない。

$\gamma$ 線放射能データ、特にカリウムの $\gamma$ 線異常域によって変質帯分布が推定された。この推定変質帯の分布は地質踏査で特定された変質帯とほぼ重複する。これらの中には Alawihaw 変質帯から Baliwag 変質帯まで延びる帯状の広域変質に対応するものと、Labo 山腹の断層に限定された現世の温泉に関連した変質が含まれる。この Susungdalaga 山地南麓の変質帯は、その西方で高カリウム異常が北に向かって広がっており、空中磁気探査からはこの地域に古い火山中心があったと推定されている。この変質帯には Nalesbitan にあるような浅熱水性鉱化作用のポテンシャルがある。

斑岩銅鉱床のポテンシャルについては、その鉱化を同定できるような野外産状が見いだせなかったのが現時点では不明である。しかしながら、空中磁気探査解析結果においてこの地域で鮮新世の火山体はかなりよく保存されていることが推定されたことから判断すると、本地域での鮮新統の剝削は斑岩銅鉱床の鉱化帯のレベルまでには及んでおらず、鉱化部及びその変質ハローはほとんど地表に露出していないものと思われる。

#### 4-3 地化学的特徴

沢砂地化学探査の金の異常値は Nalesbitan, Tuba 両鉱徴地で見られる他、Katakian 変質帯、Alawihaw 沢を中心とする変質帯に認められる。このうち Nalesbitan の地化学異常は人為的汚染を考慮しても、もともとの地化学異常域はかなり広範囲に及ぶ。

変質帯中の硫化物を反映すると考えられる硫黄の地化学異常は、Nalesbitan, Tuba, Katakian, Alawihaw 周辺、Layaton-Maniknik, Kampusta 変質帯に認められる。

Mo の異常域は Nalesbitan 周辺に認められる他、Maniknik 変質帯に認められる。Mo は斑岩銅鉱床の上部環境を特徴づける元素であり、Nalesbitan 同様の鉱化が Maniknik 変質帯に存在することを意味するのかもしれない。

Sb・As・Hg は移動性元素のため浅熱水性鉱化作用の上部環境でも異常を示すことが多い。これらの元素の異常値は Nalesbitan 鉱床・Tuba 鉱床周辺及び Alawihaw 変質帯周辺で濃集している。このうち Nalesbitan の As 異常域は東の Salobosogin-yakalan 変質帯まで延びており、Nalesbitan との位置関係からも Nalesbitan 同様の鉱化作用がこの変質帯にある可能性がある。Sb・As・Hg の異常値はこのほか Kilbay 川上流と Labo 川上流でも見られるが、散点的である。

主成分分析の第1主成分の得点分布によって金鉱化の指示元素の濃集する範囲を限定することができる。それによれば Nalesbitan 周辺、Tuba 周辺、Katakian 変質帯、Maniknik-Layaton 変質帯、Alawihaw 変質帯周辺が抽出できる。

#### 4-4 有望地地域の選定

本地域で主対象となるのが浅熱水性～中熱水性の金鉱床であることから、広い変質帯・金に関連した元素の地化学異常・カリウム高 $\gamma$ 線異常の重複する部分が有望と考える。また高硫化系モデルや斑岩銅鉱床モデルには、関連する貫入岩の plug や dome が存在することが望ましい。この状況に合致する地区として Nalesbitan 周辺、Katakian 変質帯、Maniknik-Layaton Malaki 変質帯、Alawihaw 変質帯があげられる。さらに Nalesbitan 東方の Salobosogin-Yakalan 変質帯では地化学異常は As のみであるが、高カリウム $\gamma$ 線異常を伴うことから有望地に含める。

Nalesbitan 周辺は探鉱が進んでいるので以下の検討地域から除くと、有望地区は Katakian 変質帯、Maniknik-Layaton 変質帯周辺、Alawihaw 変質帯、Salobosogin-Yakalan 変質帯となる。さらに、地化学異常は検出できなかったが、磁気探査から古い火山中心が推定され Susungdalaga 広域変質帯を形成した熱水の源となっている可能性のある Susungdalaga 山を中心とするカリウム高 $\gamma$ 線異常帯、すなわち Susungdalaga 地区及び顕著な地化学異常は抽出されなかったが物探による環状構造と NW 方向の構造線が交差し kaolinite と smectite 変質帯とカリウム高 $\gamma$ 線異常域が重複する Binangkawan-Taktak

変質帯を加えた6地区が最も有望と考えられる。

以下にこれらの地域の特徴を記す。

(Katakian 変質帯)

この変質帯は、白亜紀の Tigbinan 層と鮮新世の St. Elena 層にまたがって分布し、西側には Paracale 花崗岩が貫入する。黄鉄鉱の鉱染を伴う珪化及び粘土化が認められ、石英脈が分布する。また magnetite の細脈や calc-silicate 岩も認められる。Au の地化学異常域があり、この変質帯から由来したと思われる地化学異常域は下流に向かって広範囲に広がる。地域東側にも空中磁気探査からやや規模の大きな貫入岩の分布が予想されている。カリウム $\gamma$ 線高異常は南東方向に広がる。これら深成岩の貫入に関連したスカルン型鉱化作用か Tuba 型の中熱水性鉱化作用によって形成されたものと思われる。

(Maniknik-Layaton 川変質帯)

この地域は Susungdalaga 火山岩類が、広範囲に珪化を被っている地域である。この珪化岩は alunite 化を伴い、一部に vuggy silica とと思われる porous な溶脱岩を伴う。溶脱岩の空隙には、enargite を伴うことから、典型的な高硫化系鉱化作用によって形成された変質帯と思われる。沢砂地化学探査では、金鉱化に関連する元素が全体として background より高く、Mo 異常がある。

(Susungdalaga 地区)

Maniknik-Layaton 川変質帯周辺では幅広い高カリウム異常が検出されており、これは北方 5 km まで広がる。この北側地区を Susungdalaga 地区とする。沢砂地化学探査では異常は検出できなかったが、ピコール地域資源開発基礎調査では Tonton 川で金鉱化を伴う多数の珪化岩転石が報告されている。この地区内では、空中磁気探査から古い火山中心が予測されている。この地区でポテンシャルが高いのは高硫化系金鉱化である。高硫化系金鉱床の場合、熱水へのマグマ水の関与が重要となるため火山中心に向かってポテンシャルが大きくなる傾向がある。Susungdalaga 山地南側の広域変質はこの火山中心から導水勾配に沿って流下した熱水によって形成された可能性も考えられる。

(Salobosogin-Yakalan 変質帯)

この変質帯は、Nalesbitan 同様に Macogon 層を切る NW 系の断層に伴われるものと思われる。空中磁気探査によって推定された構造線に沿って高カリウム $\gamma$ 線異常が検出される。沢中には Nalesbitan 鉱床のものと同通った chalcedonic な珪化岩転石が多量に観察されるがその分布はよく分かっていない。沢砂の地化学異常としては As のみが検出される。Nalesbitan 型の断層の dilational jog での角礫に伴う高硫化系金鉱化作用が期待できる。

(Alawihaw 変質帯)

この地区は Susungdalaga 火山岩類が粘土化・黄鉄鉱化・一部珪化しており、これを母岩として石英脈が認められる。温泉湧出地点には、シリカー炭酸塩シンターも観察される。この地域は、Au の他、Cu・As の地化学異常も認められる。Alawihaw 変質の少なくとも一部は Labo 地熱地帯周辺で形成された熱水系による低硫化系の鉱化帯と推定される。

(Binangkawan-Taktak 変質帯)

この地区の詳細は明らかになっていない。顕著な地化学異常は抽出されないが、kaolinite-smectite 変質帯とカリウム高 $\gamma$ 線異常域が重複する。物理探査では、環状構造と NW 方向の構造が交差する地区で最も興味深い地域とされた。

Tuba 鉱床周辺は、地化学異常が顕著であるがカリウム高 $\gamma$ 線異常域を伴わない。

Labo 川中流の Magasawang Bato 変質帯は kaolinite 粘土と蒸気過熱型と思われる変質岩が分布するが、カリウム高 $\gamma$ 線異常も地化学異常も伴わない。この変質帯では、露出するのが古水頭より上の浅部変質帯のために地化学異常が検出されなかった可能性もある。この地域の詳細は不明であるが、上記の6地域に比べややポテンシャルが低いと思われる、Fig II-4-1 では破線で示した。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

本年度は第1年次調査で取得された物探データ解析、地質調査及び河床堆積物による地化学探査を実施した。

ビコール北部地域はビコール地域で区分された3地質体のうち中央帯の北西端に位置し、調査地域の大部分は鮮新世から現世の火山岩類が分布する。また調査地域の北東部と西部は北東帯と南西帯にあたりオフィオライトシーケンス及び堆積岩類が分布する。

現地踏査においては、数多くの変質帯と鉱徴地の分布が明らかとなった。これら変質帯の一部は浅熱水性の高硫化系及び低硫化系金鉱化作用と中熱水性鉱脈型及びスカルン型の金（銅）鉱化作用を伴う。また地化学探査によって、これらの変質帯に関連した地化学異常が検出された。

空中物理探査では、空中磁気と放射能探査のデータの解釈によって地域内の様々な岩石単位を区別し、鮮新世の火山体の活動中心も推定された。放射能探査ではカリウム高放射能異常を検討することにより多くの変質帯を推定した。これらの大部分は野外調査で確認された変質帯にほぼ一致する。

これらの情報を総合的に検討した結果、6地域が有望地域として選定される。地域名とターゲットとなる鉱床型は以下の通りである。

**Katakian** 変質帯—スカルン型鉱床か中熱水性鉱脈鉱床

**Maniknik-Layaton** 変質帯—高硫化系浅熱水性鉱床

**Susungdalaga** 地区—高硫化系浅熱水性鉱床

**Salobosogin-Yakalan** 変質帯—高硫化系浅熱水性鉱床

**Alawihaw** 変質帯—低硫化系浅熱水性鉱床

**Binangkawan-Taktak** 変質帯—高硫化系か低硫化系？浅熱水性鉱床

### 5-2 第3年次調査への提言

本年度の野外調査は、踏査密度と地化学探査の試料密度から見て実質的に *grass-route* の概査段階である。既知鉱床以外の地域において、直ちにボーリング調査が必要な鉱徴地は見いだせなかったため、第3年次調査では抽出した有望地区で地質・地化学精査を行い、ボーリング調査を行うためのターゲットを絞り込む必要がある。以下に各有望地で次の段階で行われるべき探査方法について述べる。

#### (Maniknik-Layaton 川変質帯及び Susungdalaga 地区)

高硫化系金鉱床の場合、通常、金は酸性熱水が上昇してきた中心部の *vuggy silica* 部に濃集する。しかし、変質帯中に *vuggy silica* が観察されても必ずしも鉱化作用を伴う訳ではなく、溶脱が進行中あるいはすぐ後に金属に富んだ熱水が上昇したことが決定的に重要である。そのため、金鉱化が起きたかどうかを判断するには、*vuggy silica* 及び珪化岩露頭において数m～10m程度の間隔で連続 *Chip sampling* あるいは *Channel sampling* を行い金鉱化を直接検出することが必要である。

実際に鉱化を特定できれば、物理探査によってその連続方向を確認する。高硫化系の *vuggy silica* に伴われる型の鉱化作用の場合、鉱体と粘土化ハロー一部では多量の硫化物を含むが、*vuggy silica* 周辺の温度低下に伴い形成される珪化岩は中～高比抵抗で硫化物が比較的少ないと思われるので、物理探査、特に IP 法によってコントラストが検出できる可能性が高い。

#### (Katakian 変質帯)

この変質帯に伴われる鉱床は、深成岩の貫入に関連したスカルン型鉱化作用か *Tuba* 型の中熱水性鉱化作用によって形成されたものと思われる。まず詳細な地質踏査によって *calc-silicate* 及び石英脈の露頭あるいは転石の分布を抑え、またそれと平行した沢砂地化学探査精査によって鉱化範囲を特定する。



さらに特定された範囲に対し土壌によるグリッド地化探を行うことが望ましい。

**(Salobosogin-Yakalan 変質帯)**

この地域は Nalesbitan 鉱床同様の珪化角礫岩に伴う高硫化系の鉱化作用が期待される。しかし露頭では変質帯周辺部と思われる粘土化帯のみが見いだされ、珪化岩は転石のみが観察されていることから、まず地質踏査により珪化岩の分布を限定することが必要である。その上で珪化岩露頭において、特に角礫化と鉱体の酸化に伴う鉄酸化鉱物に留意しながら、数m～10m程度の間隔で連続 Chip sampling あるいは Channel sampling を行い分析し、金に関連する元素の異常値を検出する。鉱化中心が地表に露出していないことも考えられるので、地化学探査では Au 以外に浅所で濃集する Hg・As・Sb などの地化学異常に注目する必要がある。

**(Alawihaw 変質帯)**

この地域は、シンターや温泉が観察されることから、極めて浅所の熱水活動によって形成されている。まず詳細な地質踏査とそれと平行した岩石地化学探査を行い、これによって限定された有望地域において土壌によるグリッド地化探を行って、試錐ターゲットを決定する必要がある。地化学探査では、Au 以外に、鉱化帯浅所で濃集する Hg・As・Sb などの地化学異常に注目する必要がある。

ただし、この地区の温泉は現在も 80℃近い温度を持つので、地下温度はそれより高いことが予想され、探査の妨げとなる可能性が高い。

**(Binangkawan-Taktak 変質帯)**

この地域では変質帯の存在は明らかになったが、その詳細は不明である。まず特に変質帯と鉱徴に注意した詳細な地質踏査とそれと平行した岩石地化学探査を行い、有望な鉱徴が見つかった場合にはその有望地域において土壌によるグリッド地化探を行う。



## 第Ⅱ部 各 論

## 第Ⅱ部 各論

### 第1章 地質調査

#### 1-1 地質概要

本地域はビコール半島の北部に位置する。ビコール半島北部は3つの地質帯からなり、これはフィリピン火成弧の火山岩類からなる中央帯、オフィオライト・中生代堆積岩類、第三紀の堆積岩類と火山岩類を含んだ古い岩石類からなる北東帯と南西帯である。本調査地域であるビコール北部地域は中央帯の北西端に位置し、調査地域の大部分は鮮新世から現世の火山岩類からなる。調査地域の北東部 Labo 周辺は北東帯に属し、主として炭酸塩岩類が分布する。また調査地域の西及び南西部は南西帯にあたり、オフィオライトシーケンスおよび堆積岩類とこれに貫入する花崗岩類が分布する。

ビコール北部地域の地質は、下位より上部白亜系の Tigbinan 層が地域西方に、暁新統～始新統の Universal 層が地域最北端 Labo 周辺に、下部中新統の Bosigon 層が Labo 川下流域及び Bosigon 川下流域に、上部中新統の Macogon 層地域西部に、鮮新統の Macogon 層と Susungdalaga 火山岩類が地域中央部に広く分布する。更新統の Labo 火山岩類は、地域東部の Labo 山及びその周辺に広く分布し鮮新統を整合に覆う。こうした地質帯分布は開析のされ方によって、衛星画像(Fig. II-1-1)でも大まかに見分けることができる。

本地区の地質図を Fig. II-1-2、地質断面図を Fig. II-1-3、模式層序図を Fig. II-1-4 に示した。

#### 1-2 調査概要

現地調査は Labo 及び Tagkawayan をベースキャンプとして2グループに分かれて実施した。さらに各グループでは、基本的に2～4名の地質技師及びこれに4輪駆動車とドライバーで調査班を編成し、野外調査を実施した。

日本側は野外調査を一切行わず、Daet をベースキャンプとし、ここから Labo のフィリピン側ベースキャンプにてフィリピン地質調査グループの採集した試料鑑定及び指導を行った。

#### 1-3 地質各論

##### 1-3-1 火山岩及び堆積岩

##### (1) ジュラ系～下部白亜系

##### オフィオライト

地域西端には、蛇紋岩化した超塩基性岩が分布する。オフィオライトを構成する岩石ユニットのうち、その上位に位置する火山岩や堆積岩類は変成作用を被り、緑色片岩～角閃岩になっている。片岩類は、本地城南西端の Tagkawayan の近傍に小規模に露出する。

##### (2) 上部白亜系

##### Tigbinan 層

Tigbinan 層は白亜紀後期の海成層と塩基性火山岩類からなる。主としてグレイワック・スピライト・安山岩・チャート・チャート質石灰岩・黒色頁岩・アルコース質砂岩からなり、調査地域西部に広く分布する。

##### (3) 暁新統～始新統

##### Universal 層





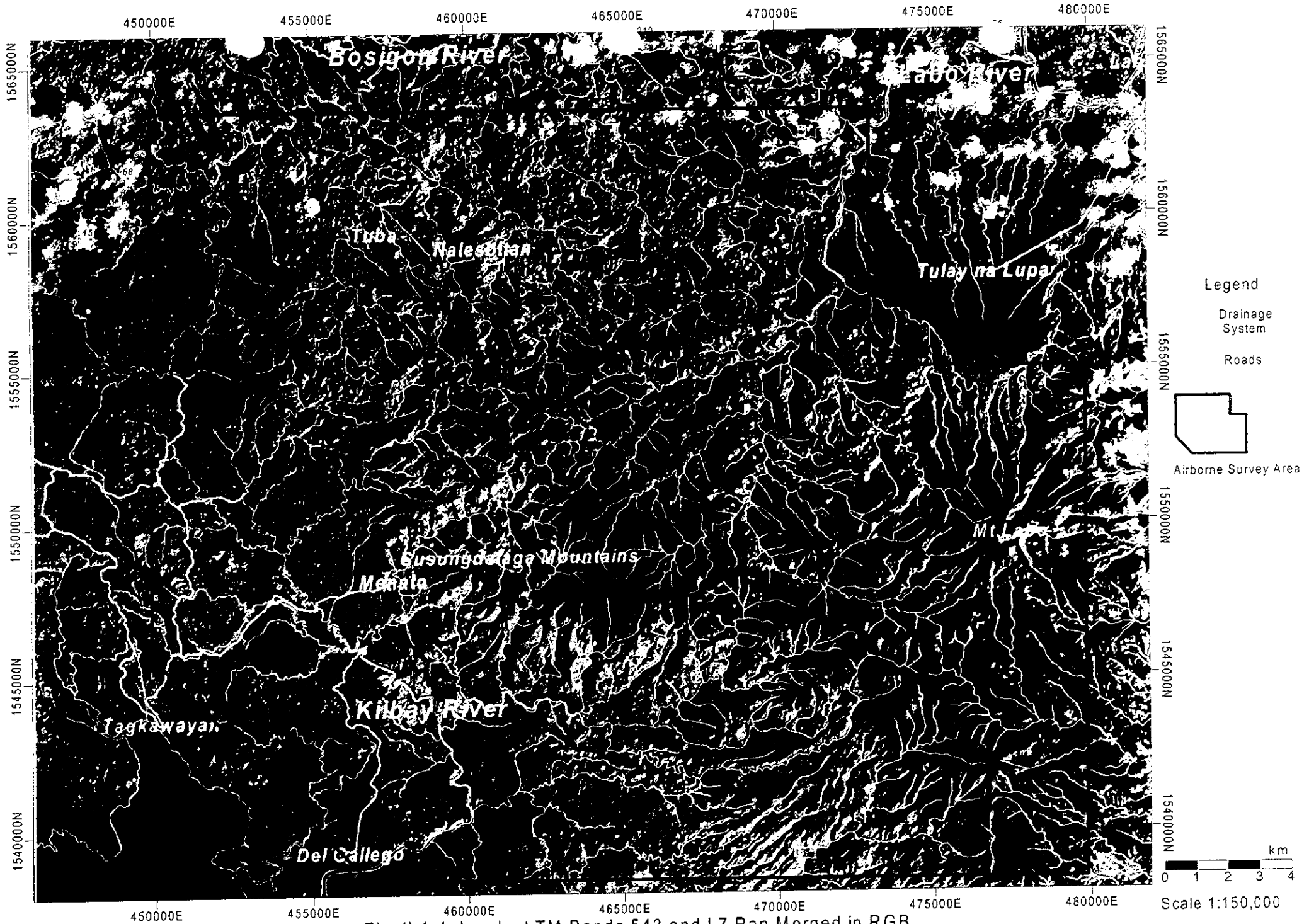


Fig. II-1-1 Landsat TM Bands 543 and L7 Pan Merged in RGB

Scale 1:150,000

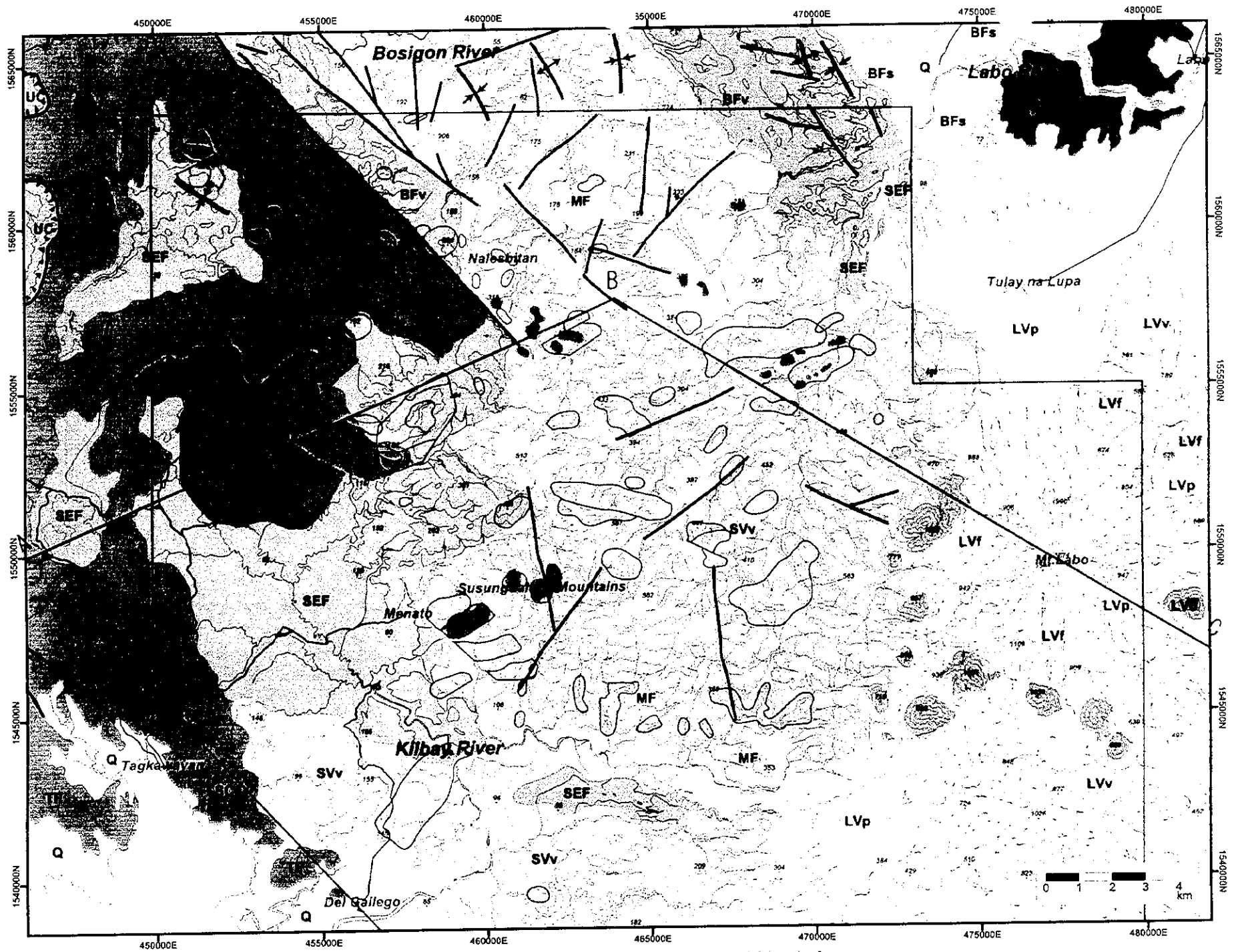
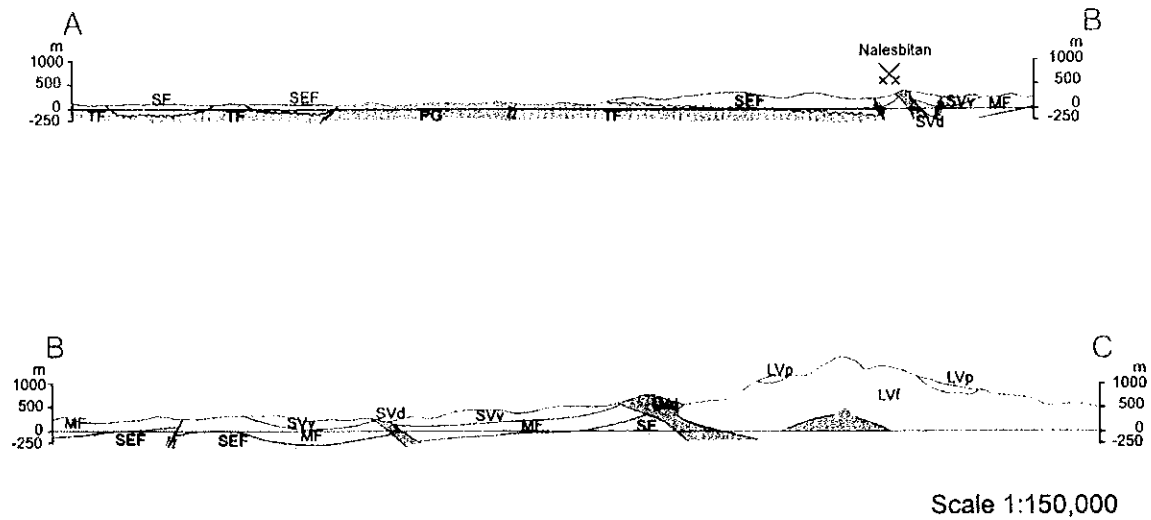


Fig.II-1-2 Geologic Map of the Bicol North Area





### LEGEND

	Q	Sand and gravel	
Alluvium	LVp	Pyroclastic flow	
	LVf	Andesitic and dacitic lava	
Labo Volcanics	LVv	Andesitic and dacitic pyroclastics	
	■	Andesitic and dacitic plug dome	
Susungdalaga Volcanics	SVf	Dacitic lava, tuff and pyroclastics	○
	■	Dacitic plug dome	Inferred Cenozoic Intrusives (including magnetic lava ?) see Fig. II-2-8
Macogon F.	MF	Andesitic pyroclastics and tuffaceous black shale with minor basaltic flow	
Sta. Elena F.	SEF	Conglomerate, sandstone, shale and minor limestone	Tamisan Diorite
Bosigon F.	BFv	Basaltic flows, volcanic wackes, tuff breccia, chert and limestone	TD
	BFs	Conglomerate, sandstone, black calcareous shale and limestone	Paracale Granodiorite
Universal F.	■	Limestone, marl and calcareous shale	PG
Tigbinan F.	■	Graywacke, spilitic, chert, andesite, cherty limestone, black tuffaceous shale and arkosic sandstone	Ultramafic Complex
Schists	Sic	Green schist and quartzite	UC
			Peridotite, gabbro and epidiorite
— —	Fault	— —	Syncline
— —	Thrust	— —	Anticline
		○	Alteration zone
		A ————— B	Profile

Fig.II-1-3 Geologic Profile of the Bicol North Area

Period	Epoch	Symbols	Formation	Lithology	Igneous activity	Mineralization	
Quaternary	Holocene		Alluvium	Sand and gravel			
	Pleistocene		Labo Volcanics	Pyroclastic rocks Andesitic and dacitic lava Andesitic and dacitic plug dome			
Tertiary	Pliocene		Susungdalaga Volcanics	Dacitic lava, tuff and pyroclastic Dacitic plug dome		Nalesbitan Au-Cu deposits	
			Macogon F.	Andesitic pyroclastics and tuffaceous black shale with minor basaltic flow			
	Miocene		Sta. Elena F.	Conglomerate, sandstone, shale and minor limestone			Tamisan Diorite
			Bosigon F.	Basaltic flows, volcanic wackes, tuff breccia, chert and limestone Conglomerate, sandstone, black calcareous shale and limestone			Paracale Granodiorite
	Eocene						
	Paleocene		Universal F.	Limestone, marl and calcareous shale Conglomerate, arkose, tuffaceous and calcareous shale and graywacke			
Cretaceous			Tigbinan F.	Graywacke, spilite, chert, andesite, cherty limestone, black tuffaceous shale and arkosic sandstone	Ultramafic Complex		
Pre Cretaceous			Schists	Green schist and quartzite			

Fig.II-1-4 Schematic geologic column of the Bicol North area

Universal層は、下部は礫岩・中粒～粗粒のアルコース砂岩・凝灰岩質シルト・石灰質頁岩・グレイワックからなり、上部は泥質石灰岩・石灰質頁岩からなる。下部の先第三紀層を不整合に覆う。地域北東端のLabo付近に分布する。

#### (4)中新統

##### Bosigon層（下部中新統）

本層は Miranda and Caleon(1979)により命名された。本層は、礫岩・頁岩・アルコース砂岩・石灰岩・玄武岩質溶岩・ワッケ・凝灰質頁岩及びチャートからなる。上部層及び下部層に区分されており、下部層は礫岩・砂岩・頁岩・石灰岩の互層からなる。上部層は、玄武岩溶岩。火山岩質ワッケ・凝灰角礫岩・チャート及び石灰岩層からなる。

本層は中新世前期とされている(BMG, 1982)。しかし、United Nations(1987)は本層の層準を Universal層より下位にしており、Mitchell and Leach(1991)もその可能性を述べている。

##### Sta. Elena層（上部中新統）

本層は Miranda and Caleon(1979)により命名された。礫岩・砂岩・シルト岩・頁岩及び少量の石灰岩からなる。本層はBosigon層を不整合に覆う。この層は中新世後期とされる(BMG, 1982)。

#### (5)鮮新統

##### Macogon層

本層は調査地域北部のBosigon川～Palali川沿いに分布する。安山岩～デイサイト質火山砕屑岩と黒色の凝灰質頁岩及び玄武岩溶岩からなる。本層はBosigon層を不整合に覆う。本層は調査地域内で唯一重要な鉱床であるNalesbitan浅熱水性金鉱床の母岩となっている(Sillitoe *et al*, 1990)。

##### Susungdalaga火山岩類

Mitchell and Balce (1990)でLabo火山岩類として一括されていた火山岩類は、Labo山南麓の地熱調査井の調査によって2つに区分され、このうち下位の火山岩類と堆積岩類はSusung Dalaga層とされた(Zaide-Delfin *et al*, 1995)。調査地域の露頭では火山岩類のみが観察されることから、Susungdalaga火山岩類として再定義する。

Susungdalaga層は調査地域の中央部に広く分布する。主として安山岩～デイサイト質の溶岩、凝灰岩～凝灰角礫岩及び凝灰質砕屑岩からなる。地表下では化石に富む炭酸塩岩類、細粒砕屑岩、礫岩及び石灰岩を含むことが報告され、その化石年代は中新世後期の浅海～漸深海の海洋環境を示す(Zaide-Delfin *et al* 1995)が、Kilbay川露頭での火山岩年代測定では鮮新世を示す(JICA and MMAJ, 1999)。

#### (6)第四紀更新統

##### Labo火山岩類

本火山岩類は Miranda and Caleon(1979)によって命名された。Labo山及びその周辺に広く分布し、鮮新統を不整合に覆う。

Labo火山岩類の基底層には、非常に風化し様々な程度に変質した普通角閃石安山岩、玄武岩、デイサイト溶岩と泥流堆積物がある。黒雲母輝石普通角閃石デイサイトと黒雲母普通角閃石安山岩の溶岩ドームが基底層から突き出しており、Labo山の南西翼にも数個見られる。輝石安山岩、普通角閃石安山岩、デイサイト溶岩及び泥流角礫岩からなる中央コーンは、基底層を覆い、おそらく溶岩ドームのいくつかも覆っている。安山岩～デイサイト質岩塊と軽石流からなる火砕流堆積物は、約80,000年前に噴出し、無層理で弱固結～強固結している。

### 1-3-2 貫入岩類

#### Paracale 花崗閃緑岩 (中新統?)

Paracale 花崗閃緑岩は地域西部の Tigbinan 層や Sta. Elena 層中に岩株や岩脈として貫入する。中粒～粗粒で明灰色を呈し、主として斜長石・正長石・黒雲母・石英からなる。

#### Tamisan 閃緑岩 (中部中新統)

本調査地域では南西部 Tagkawayan 周辺に貫入する石英閃緑岩で、主として石英・斜長石・普通角閃石からなる。

### 1-4 構造

地質図上では、NW～WNW 及び NE 方向の断層系が卓越する。

調査地域北西部の Nalesbitan 鉱床と Tuba 鉱床周辺には複数の NW 方向の断層が併走しており、この付近での鉱化作用はこの NE 方向の断層に規制されている。Nalesbitan 鉱床は WNW 走向の断層の dilational zone に熱水が上昇して形成されたものとされる (Sillitoe et al., 1990)。Kilbay 川上流では Susungdalaga 山地南に沿って EW～WNW 方向に変質帯が分布しており、この走向に構造線が存在することを示唆する。

地域西部の Katakian 変質帯周辺では NE 方向の断層系が認められ、変質は NE 系の断層に伴う可能性がある。

### 1-5 鉱徴地及び変質帯

本地域には多数の鉱徴地及び変質帯が分布する。鉱徴地分布図を Fig.II-1-5 に示した。また、各変質帯で採取した変質岩鉱物組合せを Appendix 9 に示すとともに Fig.II-1-6 に図示した。以下、各水系ごとに鉱徴地及び変質帯について述べる。

#### 1-5-1 Kilbay 川流域の変質帯と鉱床

##### (1) Alawihaw 変質帯

###### 1) 位置

Alawihaw 沢は行政上 Camarines Sur 州 Del Gallego の Bagong Silang 部落に位置する。本変質帯は UTM 座標で 4568500 E, 1545300 N を中心とする。

###### 2) アクセス

Bagong Silang 部落へは、Sta Rita 1 部落及び Sta. Rita 2 部落を通過する必要がある。Sta Rita 1 へは Del Gallego からボートで行く。Sta Rita 1 部落及び Sta. Rita 2 部落へは tricycle を使うことができる。Barangay Bagong Silang までは Sta. Rita 2 から徒歩 1 時間の距離であり、ここから Alawihaw 沢入り口へは、さらに 1 時間から 1 時間半かかる。

もう一つの方法は、Del Gallego から四輪駆動車によって Barangay Mansalaya に向かい(25分)、ここから徒歩で Barangay Bagong Silang 経由で Alawihaw 沢に至る。

###### 3) 産状

変質は Alawihaw 沢の出会いから上流 500m にわたって観察される。細粒～中粒のデイサイト質火砕岩が珪化・粘土化したもので、変質の程度は火砕岩の粒度が増すに従って弱くなるように見える。粘土鉱物は X 線によれば sericite が卓越し、kaolinite が含まれるものがある。すべての露頭で大量の鉱染状 pyrite が認められ、結晶形が見えるほど粗粒な pyrite もある。この地域では温泉の湧出が知られており、試料は硫黄臭をするものがある。下流から最後の灰色珪化岩露頭の境界から数 m 上流には、N 30 W 方向の垂直断層が認められる。その上流では節理の発達した緑色を呈するデイサイト質火砕岩が分布する。この変質は主として緑泥石化あるいは緑簾石化であるが、長石斑晶が粘土化しているものがある。節理

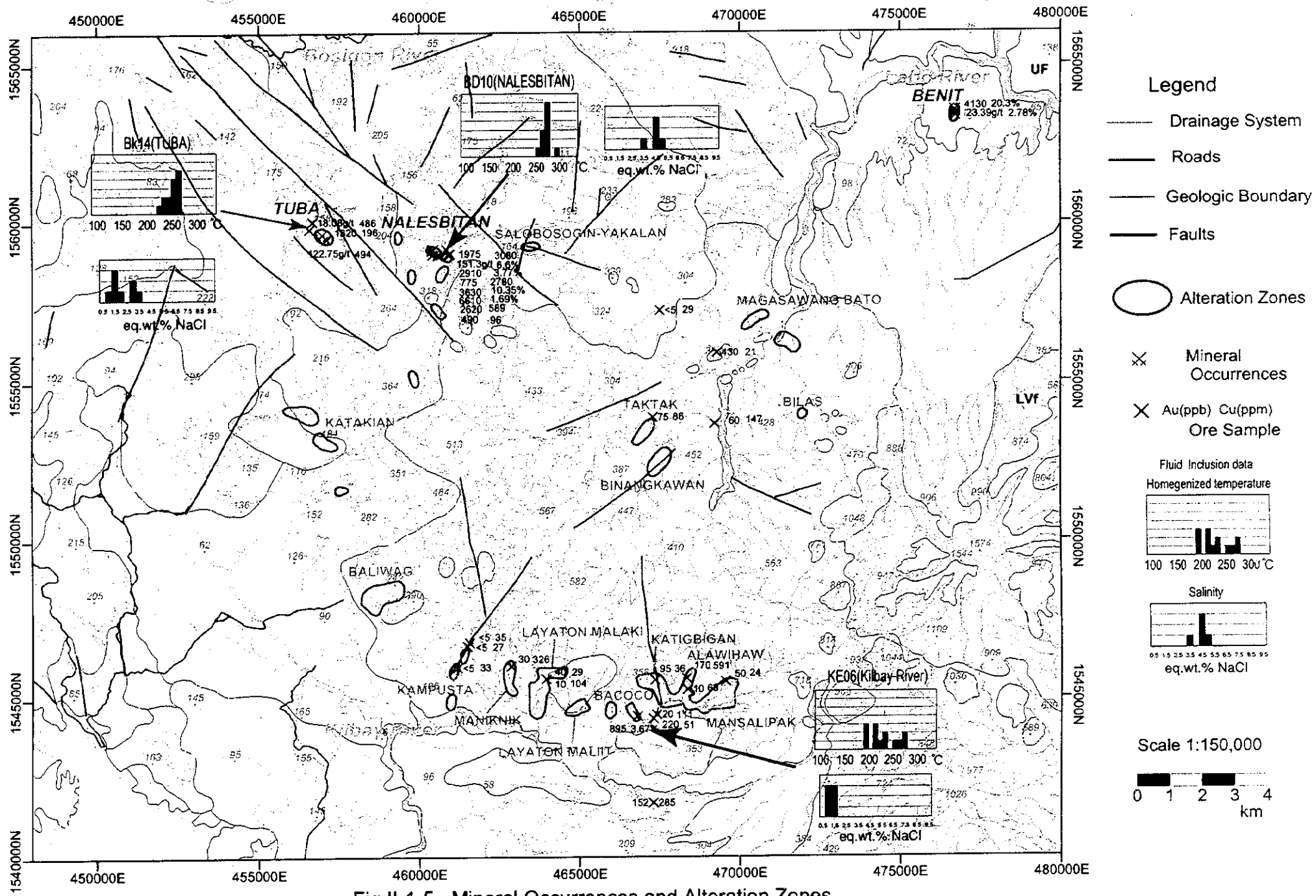


Fig.II-1-5 Mineral Occurrences and Alteration Zones

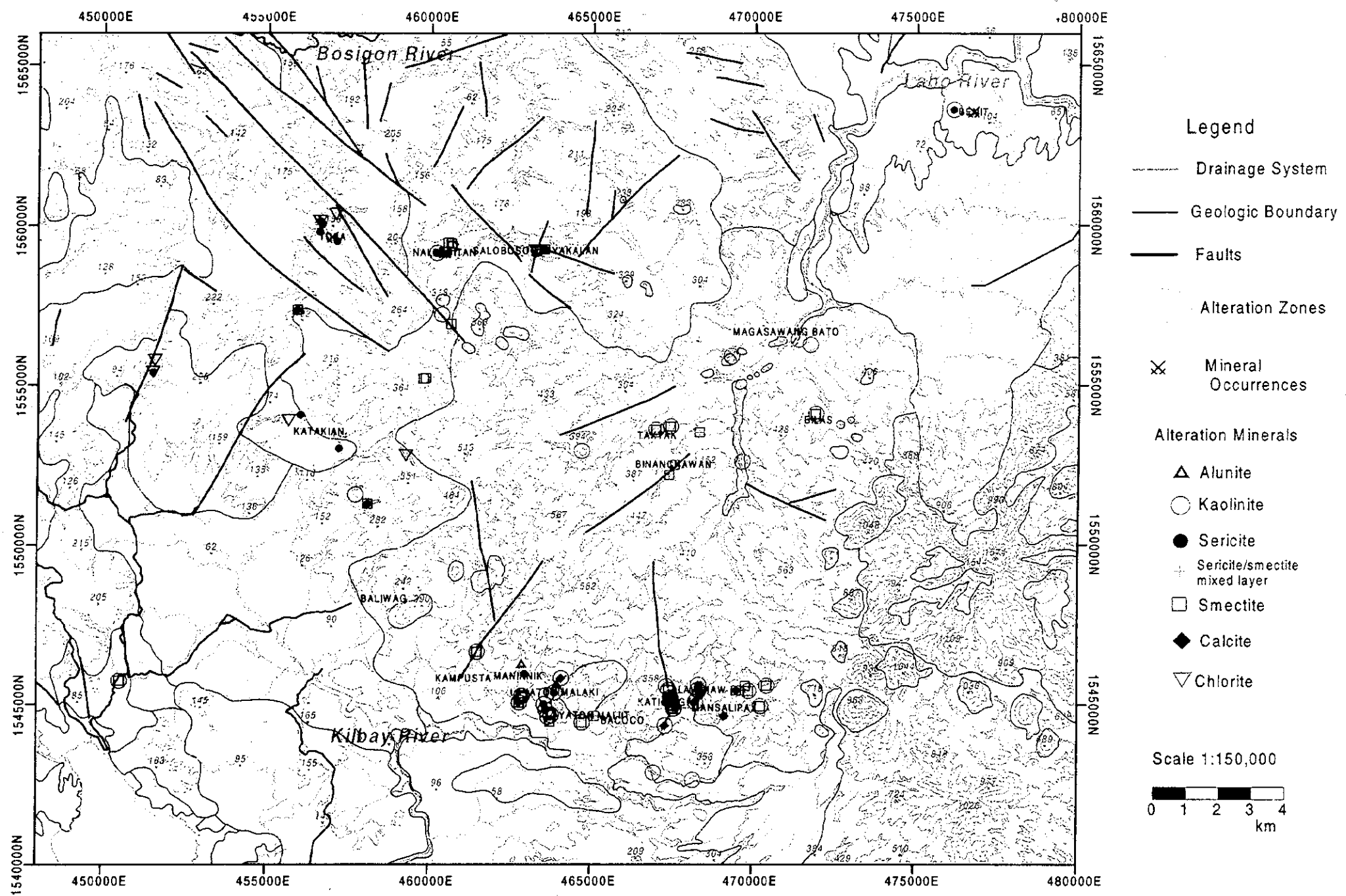


Fig.II-1-6 Distribution of Alteration Minerals by X-ray Diffraction Analysis

は N 80 W 方向で 55 NE 傾斜である。

Banahaw Mining Inc.の試錐座が残る大露頭は、延長約 12 m 高さ 5m ほどある。ここでは北西走向の断層と節理が認められる。節理の方向は主として北東傾斜であるが、南西傾斜のものもある。Pyrite を大量に含んだ幅 4.2m の北西走向で垂直の暗灰色珪化脈があり、Banahaw Mining Inc.の試錐はこれを対象にしたものと思われる。この珪化脈中には熱水角礫岩様の産状も認められる。この脈の分析値 (KM15)は Au:150ppb, Ag:1.4ppm, As:230ppm, Cu:591ppm, Pb:1355ppm, Zn:1505ppm と異常値レベルの値を示し、研磨薄片で pyrite の他 sphalerite 及び Galena が確認できる。この脈の両側に薄い chalcidonic quartz 粘土脈があり、これは sericite-kaolinite 粘土(KM18, KM19)に挟まれている。脈の方向は両者ともに北西走向であるが、傾斜は異なっており、垂直及び北東落ちである。これらすべての脈は珪化したピンク～淡灰色デイサイト質岩石中に胚胎する。この母岩には長石の粘土化が認められる。さらに数 m 上流にもデイサイト質岩石中に幅 5 cm 程度の脈が 2 条見られた。

またこの鉱化帯を起源とすると思われる chalcopyrite-pyrite に富む calcite-quartz 脈の転石(KE06)から Au:895 ppb, Ag :130 ppm, Cu:3.67%の値が得られた。この試料の流体包有物充填温度は 202～286℃と非常にばらつき、塩濃度は 1.0～1.8% NaCl equiv が得られた。

#### 4) 鉱業活動

先に述べたように、かつて Banahaw Mining Inc.が Alawihaw 沢で試錐を行った。最近、Phelps Dodge がこの地域で探鉱を行った。砂金の採取については不明である。

### (2) Mansalipak 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Kilbay 川上流の支流にあり、行政上 Camarines Sur 州 Del Gallego の Bagong Silang 部落に位置する。本変質帯は UTM 座標で 469500E, 1547000N を中心とする。

#### 2) アクセス

Alawihaw の項を参照のこと。

#### 3) 産状

デイサイト～安山岩質火砕岩類が熱水変質を被っている。熱水変質帯は北北東方向の断裂系に沿って見られ、変質帯の幅は岩石の透水性を反映して 20～100m と変化する。路頭では粘土化が認められ、灰色～淡灰色の粘土は表面では風化されて白～淡黄色を呈する。鉱物組合せは kaolinite-smectite からなり、この沢には完全に珪化した岩石の巨礫が散在するが、その路頭は見いだせなかった。

この沢で採取した縞状 pyrite 脈(KC02-2)の分析値は pyrite 量を反映して Fe と S が検出限界値を超えている他は Hg:3ppm 以外には特に異常値は得られなかった。

#### 4) 鉱業活動

人夫によれば、かつて金のパンニングが試されたとのことであるが、小規模採掘は行われなかったとのことである。

### (3) Katigbigan 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Alawihaw の一つ東側の Katigbigan 沢に見られるもので、UTM 座標で 467500E, 154700N を中心とする。

#### 2) アクセス

Alawihaw の項を参照のこと。

#### 3) 産状

デイサイト～安山岩質火砕岩が熱水変質を被っており、Katigbigan 沢沿いに粘土化と珪化が観察される。変質鉱物は kaolinite-smectite-quartz の組合せからなる。この粘土化変質は Kilbay 川との合流点から Katigbigan 沢に沿って約 350m 上流の温泉まで認められる。この温泉周辺は強く珪化している。

この変質帯で採取した pyrite が鉱染した強珪化岩(KC13)の分析値は Au:95ppb, Ag:5.8ppm の異常値を得た。

#### 4) 鉱業活動

人夫によれば、5年ほど前に数人が金のパンニングを含めた金探査を行ったことがあるとのことである。

### (4) Bacoco 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Kilbay 川支流の Bacoco 沢にある。Bacoco 沢は、Katigbigan 沢の一つ西側の沢である。

#### 2) アクセス

乾期であれば、この地域は Del Gallego から Bagong Silang 部落の Kilbay 川流路まで約 13 km の悪路を自動車で行き届くことができる。ここから、川沿いに東に向かって 1 時間歩くと Kilbay 川と Bacoco 川の合流点に至る。

雨期の Kilbay 川が渡れない時には、Barangay Sta. Rita I に行き、Kilbay 川に沿って原動機付きボートを使うことになる。

#### 3) 産状

露頭では、母岩のデイサイト溶岩が中程度粘土化からやや珪化している。変質鉱物は、kaolinite・illite・smectite・limonite が認められる。大量の pyrite の細脈を伴う。転石では、粘土化した角礫岩、珪化した堆積岩及びシンターが観察される。MMAJ and JICA (1999)によれば、リモナイト汚染を伴う珪化岩から Au:220 ppb が、また石英脈(幅 4 cm)から 340 ppb の分析値が報告されている。

#### 4) 鉱業活動

Barangay Bagong Silang の住民によれば、これまで鉱業活動が行われたことはないとのことである。

### (5) Layaton Maliit 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Kilbay 川支流 Layaton Maliit 沢にあり、UTM 座標で 464732 E, 1,544, 447N を中心とする。

#### 2) アクセス

この変質帯へは、乾期であれば村道を四輪駆動車で Barangay Mansalaya から Bagong Silang へ至り、ここから Layaton 沢へは古い伐採道を利用して徒歩約 30 分で到着する。

#### 3) 産状

プロピライト化したデイサイトを母岩にして粘土化変質が認められる。粘土鉱物は kaolinite-smectite と smectite-混合層鉱物の組合せからなる。変質帯中にはところどころ変質から取り残されたデイサイトが見られるが、変質帯の規模は全体として約 400m に及ぶ。

#### 4) 鉱業活動

現在、鉱業活動は行われていない。

### (6) Layaton Malaki 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Kilbay 川支流の Layaton Malaki 沢にあり、UTM 座標で 463740E, 1,544,470N を中心とする。

#### 2) アクセス



Layaton Maliit 変質帯を参照のこと。

### 3)産状

Susungdalaga 火山岩類のデイサイトが粘土化と部分的な珪化を被っている。この変質帯は主として酸性変質からなり、kaolinite が広く認められ、alunite を大量に含む部分がある。変質帯周辺部の下流端と上流端では smectite 及び calcite からなる中性変質帯が見られる。変質帯中にはところどころ変質から取り残されたデイサイトが見られるが、全体としては変質帯の規模は約 800m に及ぶ。この変質帯から採取した強珪化岩(KL12)と alunite に富む珪化岩(KL13)の分析は Au:10 及び 40ppb, Ag:0.2 及び 0.4ppm が得られた。

JICA and MMAJ(1999)によれば、沢の入り口に quartz-pyrophyllite 及び pyrite-kaolinite の組合せを持つ転石が見られ、沢の上流に向かって quartz 細脈を伴う混合層帯を通過して kaolinite 変質帯となる。混合層帯には quartz 細脈を、kaolinite 変質帯には黒色 chalcidonic quartz 脈を伴い、ともに Au:200~300 ppb, Cu:700~900 ppm の異常を示す。

### 4)鉱業活動

現在、鉱業活動は行われていない。

## (7) Maniknik 変質帯

### 1)位置

Maniknik 沢は、Kilbay 川の北東側の支流であり、行政上 Camarines Sur 州 Del Gallego の Barangay Mansalaya 部落管内に位置する。

### 2)アクセス

Maniknik 沢へは、まず Tagkawayan から村道を使って Barangay Mansalaya に至り、ここから Kilbay 川との合流点まで歩道が通じている。もう一つのアクセスルートは、Alawihaw 変質帯へのアクセス同様に Del Gallego から Barangay Sta. Rita 1 へ行き、ここから徒歩で Barangay Bagong Silang を経由して Maniknik 沢に至る。後者のルートは、最終的に Maniknik 沢上流の Maniknik 滝(Maniknik fall)に至る。

### 3)産状

Maniknik 沢の変質岩の原岩は、主として比較的細粒のデイサイト質火砕岩からなる。Kilbay 川との合流点では粗粒の火砕岩であり変質は見られない。沢の入り口にはプロピライト化した緑色火砕岩と層状の凝灰岩が見られる。沢が北西方向に向きを変える地点に粘土化変質岩が見られる。ここでは、酸化した鉄硫化物が鉱染した白色の smectite±kaolinite 粘土を主とするが、露頭下部ではレンズ状に灰色粘土が見られる。N80E, 75 SE と N50W, 57 SW 方向の節理が認められる。

上流の Maniknik 滝の近くには非常に堅い溶脱岩が見られる。空隙が多く、ほぼシリカのみからなり原岩の組織を残さない(KM-03)。空隙には enargite の結晶が認められ、研磨薄片では enargite と chalcocite 及び covellite が確認された。KM-03 の分析値は Au:30ppb, Ag:0.8ppm, As:116ppm, Cu:326ppm が得られた。この周辺で採取した試料 KM-04 は alunite-quartz の鉱物組合せを持つ。割れ目の密度は滝に近づくにつれ多くなるように見える。

### 4)鉱業活動

砂金採取を含め Maniknik 沢周辺でかつて鉱業活動が行われた記録はない。

## (8) Kampusta 変質帯

### 1)位置

Kampusta 沢は Maniknik 沢の西側にあり、その変質帯は UTM 座標で 461215 E, 1544762N を中心とする。MMAJ(1999)で Susungdalaga Mountains South として記載された沢である。

### 2)アクセス

本変質帯へは、Mansalaya から徒歩で2時間ほどかかる。

### 3)産状

Sungdalaga 火山岩類が熱水変質を被っており、粘土化及び珪化が認められる。Pyrite の鉱染した強珪化岩が上流に見られ、その下流に粘土化帯が認められる。珪化岩の変質鉱物は quartz-alunite-pyrite で、粘土化岩は quartz-kaolinite-smectite である。変質帯中にはところどころ変質から取り残されたデイサイトが見られるが、変質帯の規模は約 300m に及ぶ。

本変質帯では pyrite の鉱染した安山岩(KL22), kaolinite-smectite 粘土化脈中の pyrite に富む珪化脈(KL23)及び alunite に富む pyrite の鉱染した珪化岩(KL24)の分析を行ったが、Ag:0.2~0.6ppm 以外に異常値は得られなかった。

MMAJ(1999)によれば複数の NS 系の珪化岩があり、このうち溶脱の著しい部分の鉱物組合せは quartz-kaolinite-alunite-goethite からなる。

### 4)鉱業活動

鉱業活動が行われた形跡はないが、MMAJ(1999)によれば住民からの聞き取りでパンニングによる採金実績があったとされる。

## (9) Baliwag変質帯

### 1)位置

この変質帯は、行政上 Quezon 州 Tagkawayan 地区の Barangay Tonton 部落に位置し、JICA and MMAJ (1999)で Au-Cu の鉱化作用が記載された Tonton 沢の一つ南の支流に当たり、UTM 座標で 459300E, 1548200N を中心とする。

### 2)アクセス

Barangay Tonton へは Tagkawayan から通じる国道から未舗装の村道を約 10km で到達する。ここから西に徒歩 2km で変質帯に至る。

### 3)産状

この変質帯はデイサイト plug のすぐ北に位置する。このデイサイト plug は遠くからでも巨大なドームとして見分けられる。この変質帯は、主として原岩の組織を残さないほど強く珪化を被った岩石からなる。鉱石鉱物は認められない。これらの岩石は崖錐あるいは転石として Plug の北斜面及び小沢に観察される。珪化岩の表面は赤褐色を呈するが、内部の新鮮部分ではベージュ~淡黄灰色を呈する。原岩の斜長石が大量の pyrite に交代された(50-60%)鉱染状の vuggy な岩石も認められる。これらの珪化岩転石は約 1 km にわたって分布する。

### 4)鉱業活動

住民によれば、数十年前に数人の探査屋がこの地域を訪れたということである。欧米人の探査屋も訪れたそうであるが、採掘跡やトレンチ跡は見られない。

## (10) Katakian変質帯

### 1)位置

Katakian 川上流 2カ所に見られる。北側のものは支流の Katakian Munti 沢に位置し、行政上 Quezon 州 Tagkawayan の Barangay Mapulot 部落に位置する。南側の変質帯は、Katakian 沢のすぐ南に位置する。

### 2)アクセス

この地域へは、Barangay Mapulot から小道を歩いて到達することができる。Barangay Mapulot へは、Tagkawayan 市に通じる国道から分岐した村道を北北東に辿ることになる。この村道は国道分岐から約 13km の未舗装路で、雨期には穴や雨裂で通行困難となる。

### 3)産状

北側の変質帯は、Katakian 川と Katakian Munti 沢の分岐から、安山岩露頭中にプロピライト変質が認められる。さらに斑状組織をもった岩石中に中程度の珪化が認められる。緑泥石化も顕著で鉍染状に約5%の pyrite を含む。Pyrite のストックワークを伴う epidote の多い岩石が広く認められ、このうち magnetite の多い緑色岩試料(KJ-01)は、薄片観察では非常に大量の epidote を含んだ calc-silicate 岩であった。その上流で採取した粘土化岩はおそらく安山岩を母岩とし、石英-粘土中に集合状の pyrite が認められる(KJ 02X)。この試料の鉍物組合せは sericite-quartz-pyrite であった。Magnetite の細脈群がいくつか認められる。この地域周辺には径 20~40cm の珪化岩の転石が分布する。熱水変質の広がりは 1~1.5 km に及ぶ。

もう一つの南側の変質帯は本流の南側に面している。原岩組織を残さないほど強く変質(粘土化)している。露頭の表面は黄色~褐色を呈する。複数の幅 2-5cm の北東走向の石英脈がある(KJ07)。母岩は石英-粘土鉍物でほとんど硫化物を含まない。粘土鉍物は sericite からなる。

#### 4) 鉍業活動

住民によれば、1980 年代に探鉍が行われた。トレンチングと探鉍坑道掘進が支沢の北岸で行われた。川の近くに残存する探査坑道の一つは北西方向である。

### 1-5-2 Bosigon 川流域の変質帯と鉍床

#### (1) Nalesbitan 金 (銅) 鉍床

##### 1) 位置

この地区は Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Dumagman 管内に位置し、UTM 座標では 406377E, 1559200N を中心とする地区である。

##### 2) アクセス

Nalesbitan へは、Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Exciban から四輪駆動車で約 3 時間で到達する。

##### 3) 産状

この鉍床は Macogon 層の安山岩~デイサイト質火砕岩、玄武岩溶岩中に胚胎する。

Nalesbitan 鉍床については Sillitoe(1990)が詳しい記載を行っている。これに基づき、以下に本鉍床の概略を述べる。

鉍化作用は北西方向の左横ずれ断層に規制される。鉍化作用は、地表に露出するリッジ頂部の標高 300m~150m までの約 150m 間に分布する。鉍化帯は走向方向に約 1.3km 連続し、幅は 145~12m と変化する。鉍化作用は北西-南東方向に雁行する二列の熱水角礫帯に存在する。これらは chalcedonic な珪化作用を受ける。この珪化した角礫帯は浅部に向かって幅が広がり、深部に向かってはそれぞれ脈状に収束するように見える。珪化角礫帯には、また chalcedonic quartz 細脈も多数認められ、角礫化および脈活動が何回にも渡って起こったことが観察される。鉍化帯は深度 130m まで supergene の酸化をうけている。変質帯は、珪化帯が北西トレンドを持つレンズ状に産する。これは熱水角礫化帯のほぼ中央に位置し、chalcedonic シリカからなり、pyrite の鉍染が認められる。珪化帯を取り巻いて advanced argillization zone がある。Quartz-kaolinite-alunite の組合せが卓越し、微量の sericite と diaspore を伴う。Illite 帯が上記の珪化帯と advanced argillization zone の周辺に分布し、さらに外側では Illite-smectite 混合層粘土からなる中性変質鉍物組合せに移化する。さらに外側では chlorite-calcite の組合せになる。金は高硫化系鉍化作用で形成された硫化鉍物に伴う。最も多く観察される硫化鉍物の組合せは pyrite-chalcocite で次に pyrite-bornite, pyrite-covellite である。部分的に enargite が chalcocite や bornite に伴って産する。Galena や sphalerite は見られない。石英の均質化温度は 223-225°C を報告し、形成場は古水頭下 300-500m と推定された。

Nalesbitan 鉱山では都合 8 試料の鉱石分析を行った。Au は 2~7ppm が多いが chrysocolla を多く含んだ酸化鉱からは 151ppm が得られた。また Cu は数 1000ppm~最大 10%を超える品位が得られた。そのほか、As, Sb, Pb, Zn などが高濃度である。また Mo 濃度も最大 384ppm が得られ、本調査地域で最大の値を持つ。櫛菌状石英脈を伴う bornite-brochantite を含む銅鉱石(BD10)での流体包有物充填温度は 265~302℃が、また塩濃度は 3.5~5.2% NaCl equiv が得られた。この石英脈が高温で比較的希釈された鉱液で形成されたことを示す。

#### 4) 鉱業活動

1930 年代にアメリカの会社によって開発が計画されたが第二次世界大戦の勃発で中止された。戦後は多くの不法小規模採掘者(high graders)が金を採掘、最盛期の 1980 年代には 20,000 人もの小規模採掘者が集まっていた。現在も多数の小規模採掘者が採掘を続けている。1970 年代から Goldfields Asia Limited が採鉱を行い、採掘を計画した(Sillitoe et al., 1990)が断念、現在は El Dore Mining Company が MPSA を保有している。

### (2) Salobosogin-Yakalan 変質帯

#### 1) 位置

この変質帯は Nalesbitan 鉱床の 2.5km 東、Palali 川の支流に位置する。行政上 Camarines Norte 州 Nalesbitan の Barangay Dumagmang 管内に位置する。UTM 座標で 463238E, 1559192 N を中心とする。

#### 2) アクセス

この変質帯へは、Nalesbitan 鉱床から Nalesbitan 沢と小道を歩いて徒歩 1 時間かかる。

#### 3) 産状

沢沿いに大量の vuggy chalcedonic quartz 転石と smectite 粘土化帯が認められる。沢沿いの露頭では、珪化部や chalcedonic quartz は観察されないが、尾根上に分布するものと思われる。地表での状況から判断すると、Nalesbitan 鉱床に似た鉱化作用で形成されたと思われる。

#### 4) 鉱業活動

鉱業活動が行われた形跡はない。

### (3) Tuba 鉱徴地

#### 1) 位置

この地区は Camarines Norte 州 Labo 市南西の Barangay Malaya 部落管内に位置する。

#### 2) アクセス

この地区に至るには、まず Labo 市中心から Maharlika Highway で Barangay Malibago に至り、ここから Bosigon 川を渡る伐採道と Barangay Malaya に向かう歩道を 4 時間歩く。旧坑は変質帯の中心に位置する。

#### 3) 産状

この地区はグレイワック・スピライト質溶岩・黒色頁岩・石灰岩からなる Sta. Elena 層が分布する。この層は上部中新世の堆積岩類に不整合に覆われる。北西走向の断層がこの地域を通過しており、これが金銀の鉱化作用に関係しているものと思われる。

旧坑周辺では sericite 粘土化が認められ、少量の calcite, pyrite を含む。鉱石鉱物としては chalcopryite, bornite と Fe-Mg の酸化物が、また脈石鉱物として quartz, biotite, calcite が認められる。

旧坑で採取した石英脈鉱石 (BK13, BK14) の分析値は、それぞれ Au:18ppm 及び 123ppm, Ag:1,470ppm 及び 113ppm を示した。研磨薄片では、pyrite 中に argentite が包有されるのが観察される。また、旧坑近くで採取した石英細脈を含んだ珪化岩の転石からは Au:1320ppb, Ag:5ppm が得られた。BK14 の流体包有物充填温度は 235~275℃が、また塩濃度は 1.2~3.6% NaCl equiv が得られた。

#### 4) 鉱業活動

戦前に金銀を対象に採掘が行われた。このときの建物跡が現地には残っている。古い鉱山道路が Tagkawayan へ 13km ほど南方に向かって伸びており、また Labo の Malibago へ北に向かって 20km ほど伐採道が伸びている。鉱山跡には 3 本の立坑がある。また砂金採取者が河床堆積物と土壌からパンニングで砂金を採取している。

### 1-5-3 Labo 川流域の変質帯と鉱床

#### (1) Binangkawan 変質帯

##### 1) 位置

この変質帯は、Labo 川上流の Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Baay 部落管内の Binangkawan 沢の支沢に位置し、UTM 座標は 467250 E 1553300N である。

##### 2) アクセス

Barangay Baay から直線距離 5~6 km ほど Labo 川上流に向かって古い伐採道路沿いに進むと到達できる。

##### 3) 産状

Binangkawan 沢の源流の支沢に沿って変質帯が分布する。中程度に風化したデイサイトが熱水変質を被ったもので一般に乳白色から橙/赤褐色を呈する smectite 粘土化帯からなり、pyrite の鉱染が灰色のパッチ状に認められる。この変質帯は、膨縮しながら延長±500 m 幅±15 m で広がる。

##### 4) 鉱業活動

本変質帯で採掘跡は見られないが、住民によれば 7 年前ぐらいに探査が行われたということである。

#### (2) Taktak 変質帯

##### 1) 位置

Barangay Baay 部落管内の Taktak 川の上流域に位置する。UTM 座標で 467742-467117 E, 1554111-1553799 N にあたる。

##### 2) アクセス

Labo 川本流を渡ったところの Barangay Baay から、南西に Gibabayong 川と Taktak 川の合流点まで起伏の激しい小道を約 8km 歩く。Taktak 川の上流に向かって右側には古い伐採道があり、この道はかつて Quezon 州との境界沿いに Barangay Baay の植林地まで伸びていた。

##### 3) 産状

露頭では一般に母岩の斜長石斑状安山岩の粘土化が観察される。粘土化帯では大量の pyrite 細脈を伴い、変質鉱物組合せは quartz-kaolinite-smectite±pyrite であった(LD04 及び LD06)。Pyrite の鉱染した強珪化した凝灰岩(LD05)は Au:75ppb, Ag:1.2ppm を示し、V は 378ppm を示した。

##### 4) 鉱業活動

住民によれば、これまでこの地域で鉱業活動が行われたことはない。

#### (3) Bilas 変質帯

##### 1) 位置

Bilas 変質帯は Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Baay 内に位置し、Baay 村中心部より南約 5km に位置する。

##### 2) アクセス

Barangay Baay より徒歩で数時間かかる。Barangay Baay へは、Tulay na Lupa を経由して自動車で行くことができる。

##### 3) 産状

Bilas 変質帯は沢底に降りる小道沿いに小規模に分布し、母岩は火砕岩からなる。南北走向の hematite や limonite の細脈群が kaolinite 変質した粘土化岩中に認められる。変質鉱物組合せは kaolinite-smectite である(LP01)。原岩は礫質凝灰岩であり、原岩の biotite, quartz, hornblende は識別できる。河床での露頭は、淡灰色～赤褐色を呈し、凝灰角礫岩から礫質凝灰岩に級化する。この変質帯は蒸気過熱型変質作用とその後の強い風化で形成されたものと思われる。

#### 4) 鉱業活動

鉱業活動は行われていない。

### (4) Magasawang Bato 変質帯

#### 1) 位置

Magasawang Bato は Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Baay と Barangay Pagasa 間の境界部に位置する。

#### 2) アクセス

露頭は Barangay Baay の市街から徒歩で到達することができる。Barangay Baay へは、Tulay na Lupa を経由して自動車で行くことができる。

#### 3) 産状

この地域は Susungdalaga 火山岩類が分布する。この変質帯では火山岩類は強く粘土化と珪化をうけて白～灰色のまだら状を呈する。粘土鉱物は主として kaolinite からなる(LP02 及び LP04)。珪化岩には pyrite の鉱染跡が認められる。この地域には変質火山岩類の丸い小丘が認められ、これらは赤～褐色を呈し植生を欠く。同様の変質を被った火山岩の巨礫が河床に分布する。変質露頭は 300m 以上にわたって Labo 川岸に露出する。この変質は、蒸気過熱型の変質作用で形成されたものと思われる。

#### 4) 鉱業活動

住民によれば、かつて粘土を採掘して現地の陶磁器工場に売ったとのことである。

### (5) Benit 鉱徴地

#### 1) 位置

Benit 変質帯は Labo 市街から南西に直線で約 5km の Camarines Norte 州 Labo 市 Barangay Benit に位置する。

#### 2) アクセス

Labo 市街から四輪駆動車で到達することができる。道路からは、道路沿いに建ち並ぶ住居によって、砂金採掘場と Benit の変質岩は見ることができない。

#### 3) 産状

本地区は Universal 層の堆積岩類からなり、東西走向で急傾斜の石灰質砂岩と頁岩からなる。これらの岩石は強い粘土化と黄鉄鉱化を伴う。地表部では非常に風化した部分が多い。地表試料では鉱石鉱物は観察できないが、小規模採掘者の小坑道からは chrysocolla-malachite-chalcocite が表面に付着した灰色石英鉱石が得られた(LP09)。変質した堆積岩中に wollastonite の自形結晶が認められることから、おそらく接触交代鉱床と思われる。採掘跡で採取した酸化銅に富む 2 試料(LP09 及び LP10)の分析値はそれぞれ Au:4.3ppm, Ag:146ppm, Cu:20.3%と Au:23.4ppm, Ag:92.2ppm, Cu:2.78%が得られた。研磨薄片の観察によれば鉱石鉱物として銅化合物以外に chalcopyrite, chalcocite と electrum を含み、脈石鉱物として quartz と garnet を含む。

#### 4) 鉱業活動

この地域は第二次世界大戦前に数年間アメリカ企業が採掘を行い、それ以降採掘が続いていた。住民の報告によれば、会社は最終的に 1960 年代に採掘を中止する前に坑内採掘をおこなっていた。現在では、小規模採掘者が水圧ポンプと猫流しで小さな金粒を集めている。彼らの採取物は調査チームには見

せてくれなかったが、品位は非常にばらつくとのことである。1980年代の中頃には約100名の小規模採掘者が作業を行っていた。鉱化帯の主な走向は、小規模採掘者の採掘跡から判断すると南北走向である。

## 第2章 空中物理探査

### 2-1 目的

本調査の目的は空中磁気法及び空中放射能法によって調査地域の磁性岩体及び放射能岩体の分布を把握し、地質構造・地質体の区分を行うとともに変質帯を識別して、鉱床の胚胎が期待される箇所を抽出することにある。

### 2-2 測定地域

測定地域を Fig.II-1-1 に示す。また、各点の座標は以下の通りである。

14° 08' 35" N	122° 32' 10" E
14° 08' 35" N	122° 45' 00" E
14° 04' 00" N	122° 45' 00" E
14° 04' 00" N	122° 48' 50" E
14° 55' 00" N	122° 48' 50" E
14° 55' 00" N	122° 36' 00" E
14° 59' 00" N	122° 32' 10" E

### 2-3 測定仕様

測定は、精度よいデータを取得するため、できるだけ地上に近く、対地高度を一定にする必要がある。火山の多い半島部である当該地域の地形の起伏が激しい点を考慮し、ヘリコプターによる測定とすることとした。測定は空中磁気その他、3成分の空中放射能を測定した。

#### ・測定仕様

飛行測線間隔：200 m	飛行測線方向：南北
補助測線間隔：100 m	補助測線方向：東西
センサー高度：80 m	磁力計サンプリング間隔：～5 m
磁力計サイクル間隔：0.1 秒	磁力計分解能：0.001 nT
放射能サンプリング間隔：40～50 m	放射能サイクル間隔：1 秒
GPS サイクル間隔：1 秒	

#### ・測定及び解析

オーストラリアの Fugro Airborne Surveys (以前の World Geoscience Corporation) が行った。測定機器及び取得された一次データは、Phase 1 報告書参照。

### 2-4 解析図面

以下の空中物理探査データの画像を物探解析に使用した。本報告書では主要な画像のみを示すこととし、それ以外の画像は Appendix 11 に添付した。

- デジタル地形画像(Digital Terrain Model :DTM)；ヘリコプターの飛行時に得られたレーダー高度計及び気圧計と GPS 高度情報との差から得られたデータを使って作成された画像である。これは、多くは断層に関連する地形的なリニアメントを強調させる(Fig. II-2-1)。
- 全磁力図(Total Magnetic Intensity:TMI)；地磁氣的に低緯度であるため(地磁気傾斜 13.8°)，磁気を誘導する磁性岩体は、突出した低磁気とその南側の小さな高磁気異常といった dipolar な異常として現れる。
- 極磁気変換図(Total Magnetic Intensity Reduced to Pole:TMI-RTP)；これは誘導される磁場が 90° の傾きを持つように磁気レスポンスを再計算し、全磁力図上での 2 極異常を直接磁性岩体上の異常源の位置に補正したものである(Fig.II-2-2)。



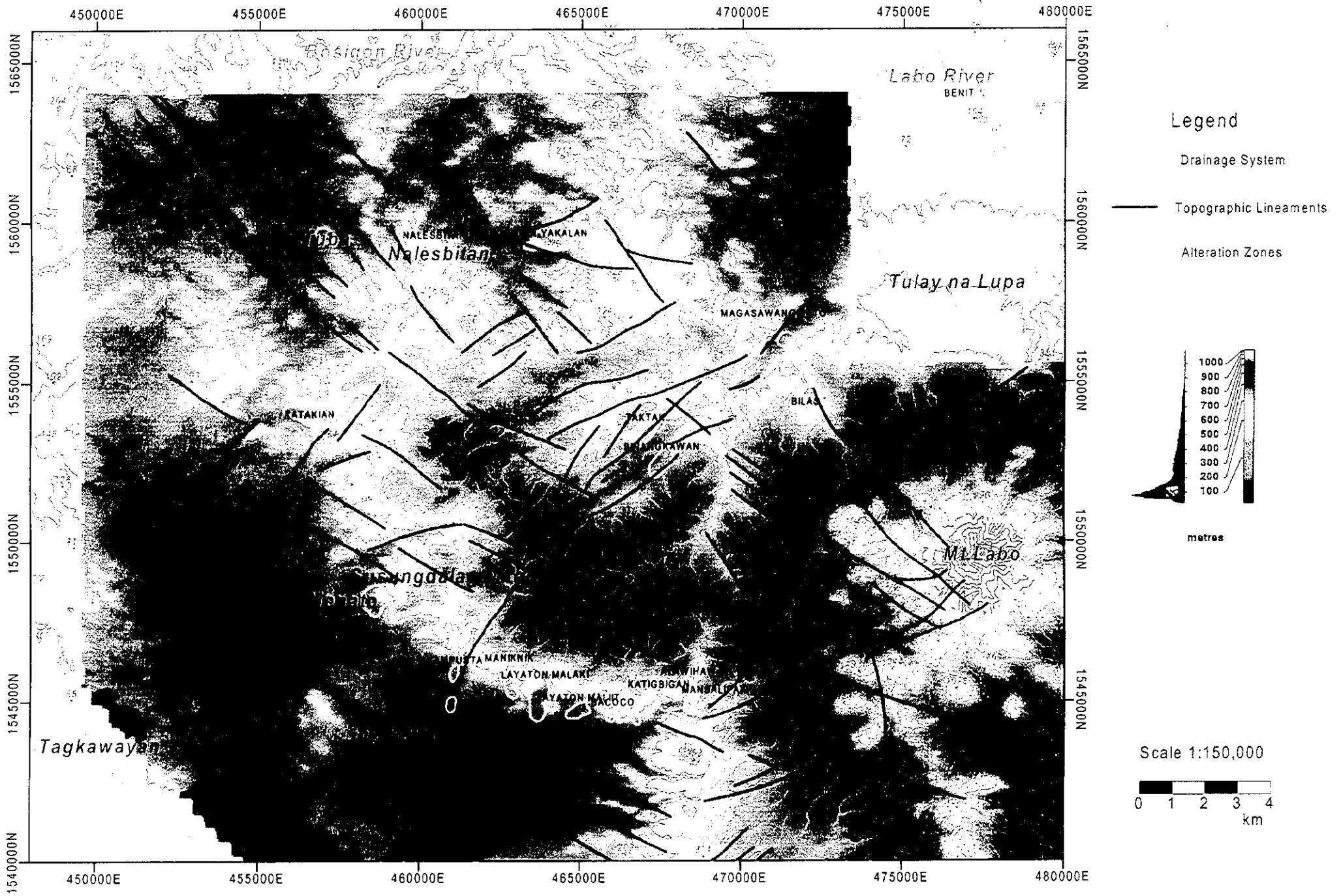


Fig. II-2-1 Digital Terrain Model Image

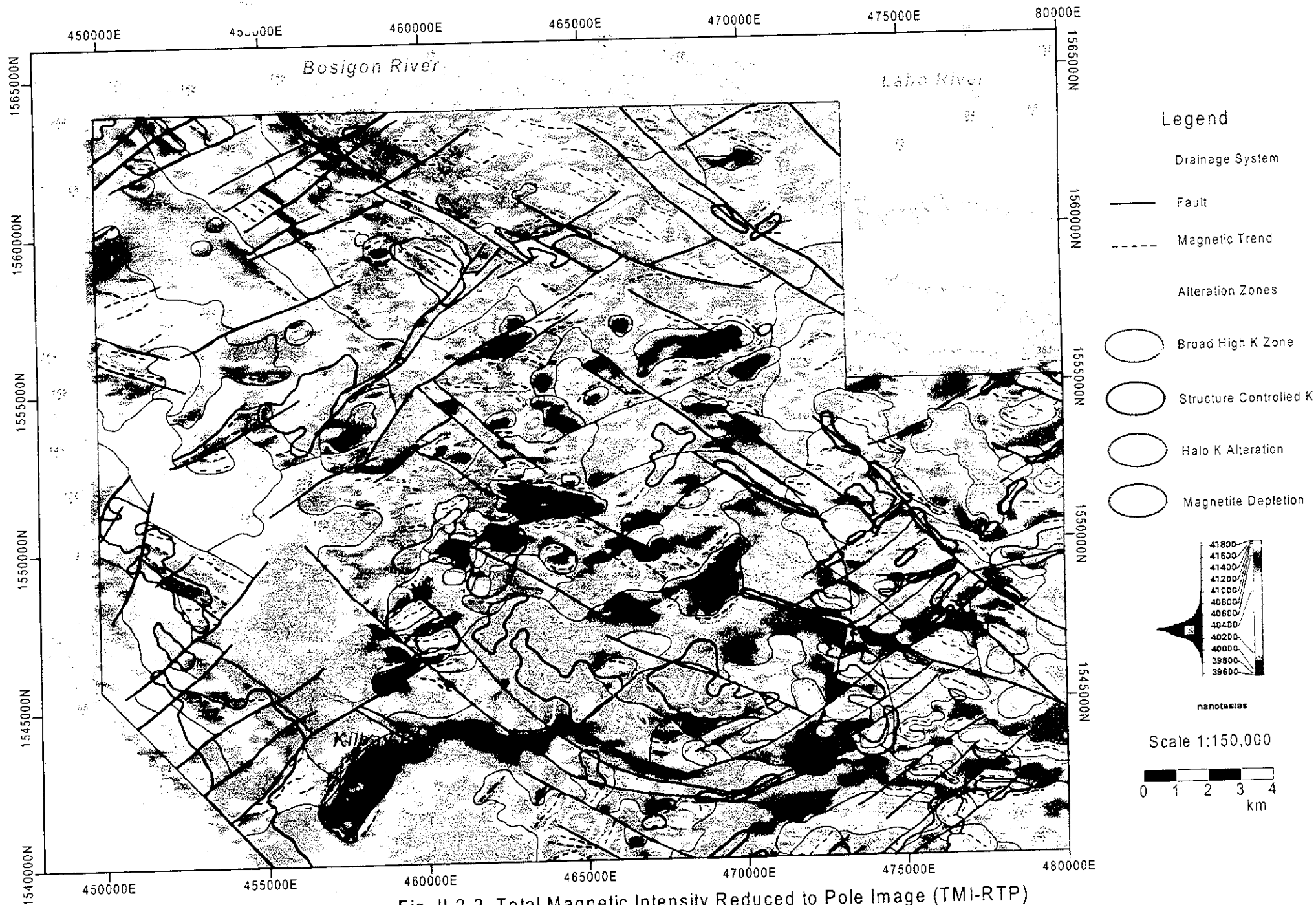


Fig. II-2-2 Total Magnetic Intensity Reduced to Pole Image (TMI-RTP)

- TMI-RTP の鉛直一次微分(First Vertical Derivative:1VD)の疑似カラーイメージとグレイスケール画像。この画像は、磁性岩体の境界、トレンド、磁気応答が変化する割合を決めるのに使える。
- グレイスケールでの全磁力強度の解析シグナル(Analytic Signal of Total Magnetic Intensity);この解析方法は方向を無視した磁化の強さの程度を表すデータを生み出す。
- 全 $\gamma$ 線強度図(Fig.II-2-3)
- カリウム $\gamma$ 線放射能図 (Fig.II-2-4)は、sericite などの変質帯に含まれるカリウムを多く含んだ鉱物の分布を決めるのに役立つ。
- ウラニウム $\gamma$ 線放射能図 (Fig. II-2-5), 値は岩相・変質・風化に規制される。カリウムでの場合と同様の画像を使った。
- トリウム $\gamma$ 線放射能図 (Fig. II-2-6); このデータも岩相・変質・風化を反映する。カリウムでの場合と同様の画像を使った。
- カリウム-ウラニウム-トリウム3相 $\gamma$ 線図; Kは赤, Uは青, Thは緑で示した(Fig.II-2-7)。
- カリウム・ウラニウム・トリウム値を上部5%でクリッピングして示した図面

これらの様々なデータセットと解析画像作成における背景は、MMAJがビコール半島地域で行った空中物理探査(空中物理探査実施会社は Fugro Airborne Surveys の前身である World Geoscience Corporation)の報告書に概説されている(Batty and Harvey 1998a, 1998b, 1998c)。

解析にあたり、以上の空中磁気探査で作成した画像以外にランドサット画像を使った。この画像は、本調査のために Fugro Airborn Surveys が Brisbane の Geoimage Pty Ltd に依頼して作成したものである。

- Landsat TM Bands 543(RGB), データ取得日 1990年2月14日
- ランドサット7号の ETM Bands 543(RGB) (解像度 30m) と ETM Pan 画像(解像度 15m)の輝度情報をマージ, データ取得日 2000年8月12日
- Landsat TM Bands 543(RGB)とランドサット7号の ETM Pan の輝度情報をマージ (Fig.II-1-1)

乾燥地帯では様々なバンド比と他のスペクトル解析を組み合わせることによって変質帯に関係した岩相変化をとらえることができるが、本地域は熱帯気候で植生が密なのでこうした方法はほとんど使えない。

## 2-5 物理探査解析

### 2-5-1 方法

ここでは各地質体特有の地球物理的特徴を組み合わせることによって地質体を同定し、もし可能なら本地域の層序区分と対応させることを行う。方法は、TMI-RTP画像と1VD画像で明瞭な磁気的特徴を基にして最初の大区分を行い、TMI 画像とAnalytic Signal画像で小区分を行った。

### 2-5-2 地質体区分

物理探査解析で区分された units を Table II-2-1 に示し、Fig. II-2-8 に図示した。

Table II-2-1 Units defined in the geophysical interpretation

Map Unit Code	Description
識別不能の新生代貫入岩類	
CzIm	Macogon 層と古期堆積岩層中に貫入したしばしば残留磁化した小規模な plug dome
CzIr	逆磁した残留磁化した複合岩体, しばしば外縁や高カリウム帯(CzIr-k)で正磁