

第Ⅱ部 各論

第1章 調査地域の地質

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及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 Sta. Elena 層は地域西部に、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。

ランドサット画像は、空中物理探査のために Fugro Airborn Surveys が Brisbane の Geoimage Pty. Ltd. に依頼して作成した。衛星画像(Fig. II-1-1)は、Landsat TM Bands 543(RGB) (解像度 30m) とランドサット7号の ETM Pan(解像度 15m)の輝度情報をマージした画像である。本地域は熱帯気候で植生が密なので、地形情報のみが得られる。

1-2 地質各論

1-2-1 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、本地域南西端の 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ケ・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

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・グレイワッケからなり、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 Calcon(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。

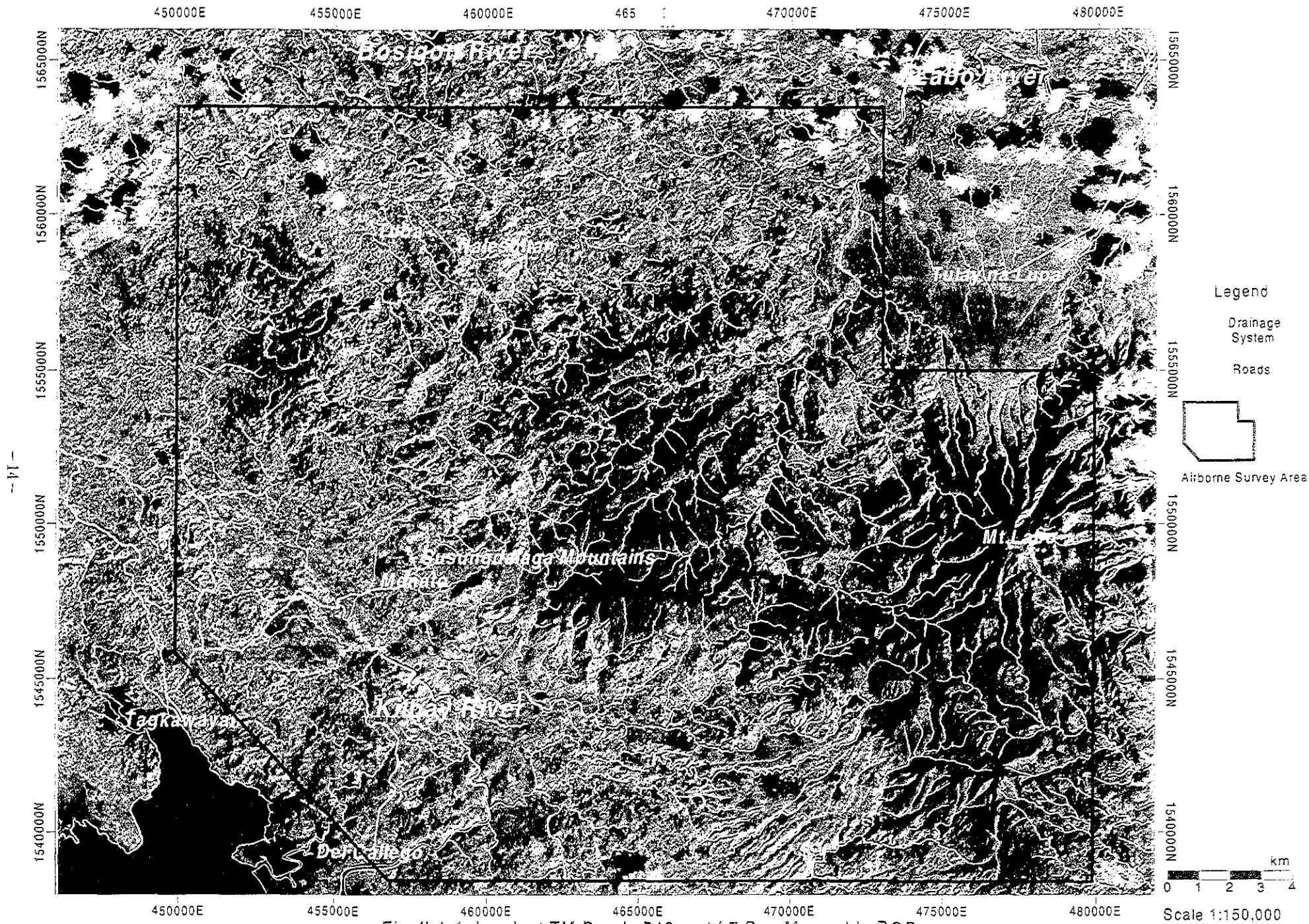


Fig. II-1-1 Landsat TM Bands 543 and L7 Pan Merged in RGB

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ている(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。

1-2-2 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。

1-3 地質構造

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NW方向の断層に規制されている。またNalesbitan鉱床はWNW走向の断層のdilatational 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。

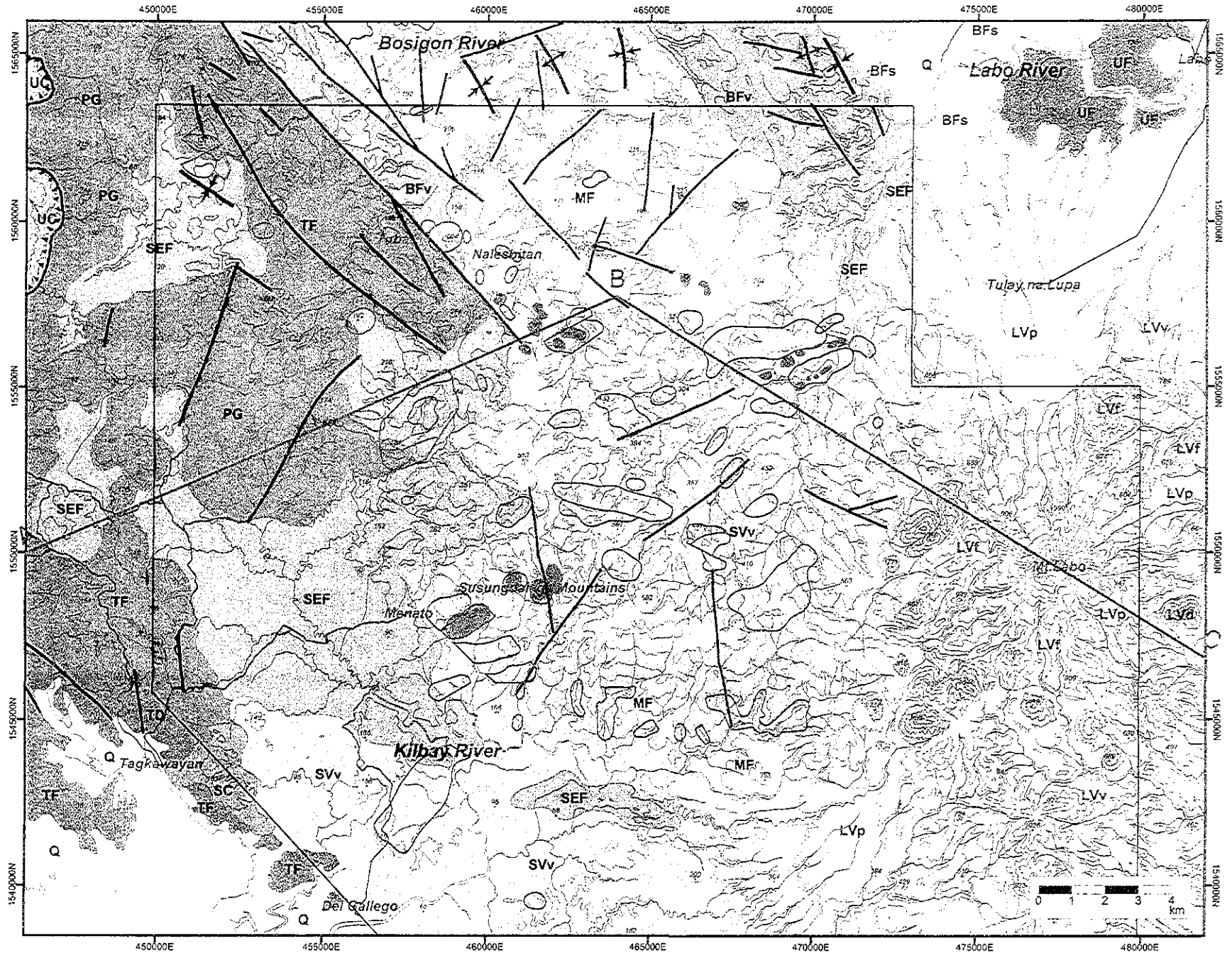


Fig.II-1-2 Geologic Map of the Bicol North Area

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

Fig.II-1-4 Schematic Geologic Column of the Bicol North Area

1-4 鉱床・鉱化作用

本地域には多数の鉱微地及び変質帯が分布する。鉱微地分布図を 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 Fig.II-1-6 に図示した。以下、水系毎に鉱微地及び変質帯について述べる。第3年次に地質調査を実施した地域の詳細な地質・鉱床については、第4章にて記載し、ここでは第2年次の結果を基に概略のみを述べる。

1-4-1 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 まで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、N30W 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。節理は N80W 方向で 55NE 傾斜である。

Banahaw Mining Inc. の試錐座が残る大露頭は、延長約 12m 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, JICA and MMAJ, 2001) 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, JICA and MMAJ, 2001) 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, JICA and MMAJ, 2001) から Au:895 ppb, Ag:130 ppm, Cu:3.67% の値が得られている。この試料の流体包有物充填温度は 202～286°C 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。

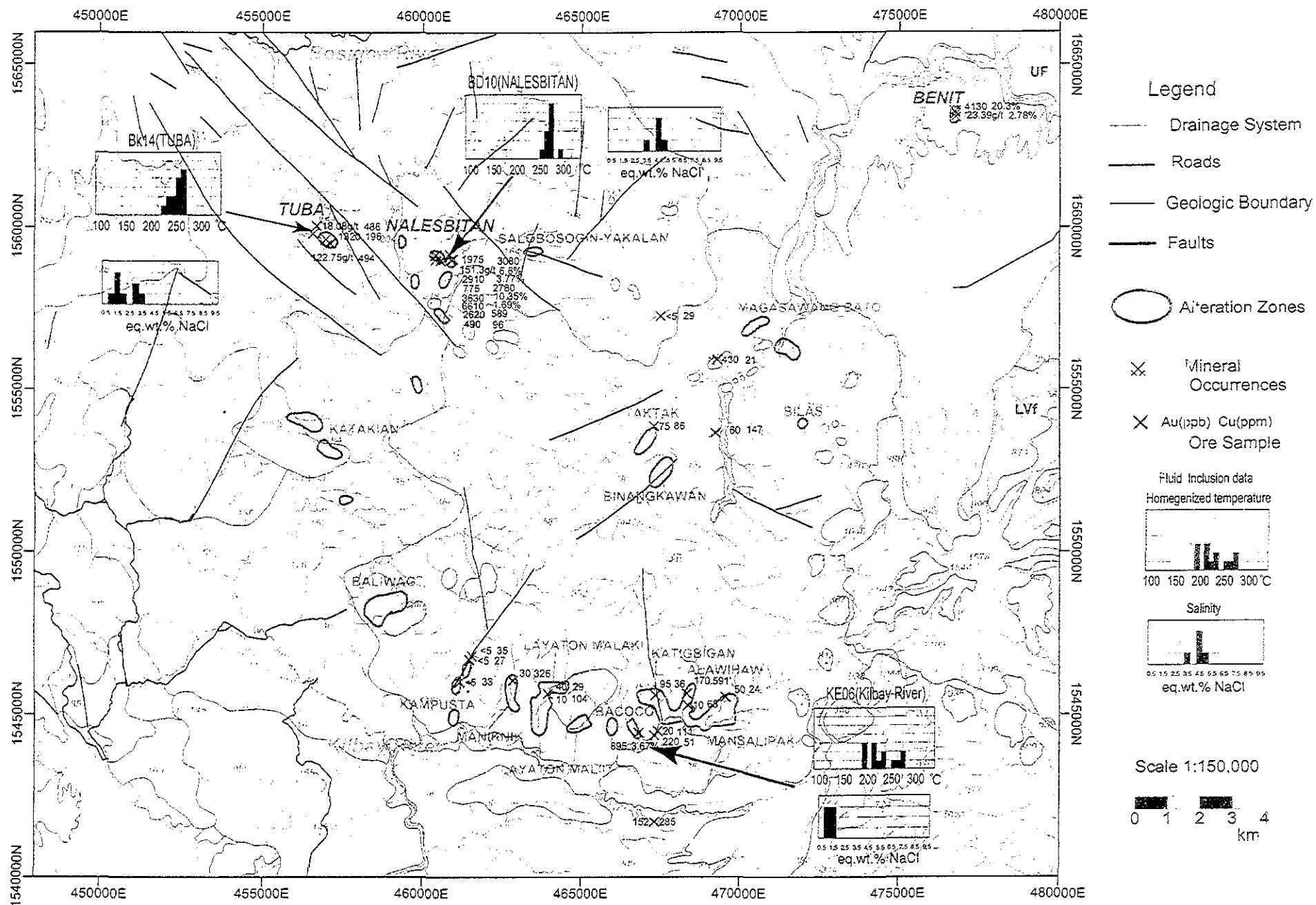
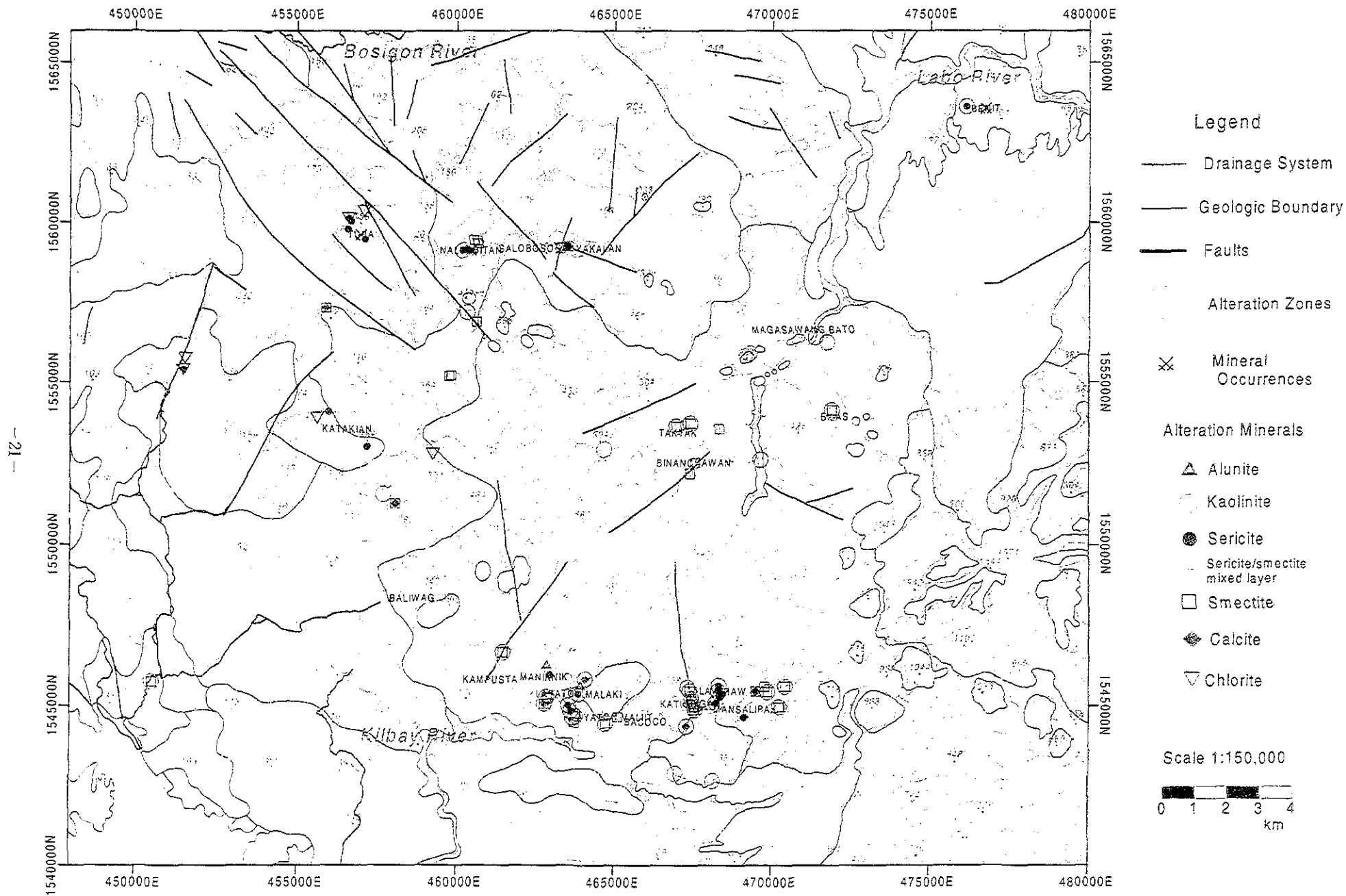


Fig.II-1-5 Mineral Occurrences and Alteration Zones



Legend

- Drainage System
- Geologic Boundary
- Faults

Alteration Zones

- ⊗ Mineral Occurrences

Alteration Minerals

- △ Alunite
- Kaolinite
- Sericite
- ◐ Sericite/smectite mixed layer
- Smectite
- ◆ Calcite
- ▽ Chlorite

Scale 1:150,000



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

(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 からなる。この沢には完全に珪化した岩石の巨礫が散在するが、その露頭は見いだせなかった。

この沢で採取した縞状 pyrite 脈(KC02-2,JICA and MMAJ, 2001)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ていない。

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,JICA and MMAJ, 2001)の分析値は Au:95ppb, Ag:5.8ppm の異常値が得られている。

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 の悪路を自動車で到達できる。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,JICA and MMAJ, 2001)と alunite に富む珪化岩(KL13,JICA and MMAJ, 2001)の分析は Au:10 及び 40ppb, Ag:0.2 及び 0.4ppm が得られている。

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

した鉄硫化物が鈹染した白色の 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, JICA and MMAJ, 2001)。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。同試料(KM-03)の分析値は Au:30ppb, Ag:0.8ppm, As:116ppm, Cu:326ppm が得られている。この周辺で採取した試料(KM-04, JICA and MMAJ, 2001)は alunite-quartz の鈹物組合せを持つ。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) 鈹業活動

砂金採取を含め Maniknik 沢周辺でかつて鈹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。JICA and 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

Susungdalaga 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 の鈹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。珪化岩の変質鈹物は quartz-alunite-pyrite で、粘土化岩は quartz-kaolinite-smectite である。変質帯中にはほとんど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 の鈹染した安山岩(KL22, JICA and MMAJ, 2001), kaolinite-smectite 粘土化脈中の pyrite に富む珪化脈(KL23, JICA and MMAJ, 2001)及び alunite に富む pyrite の鈹染した珪化岩(KL24, JICA and MMAJ, 2001)の分析を行ったが、Ag:0.2~0.6ppm 以外に異常値は得られていない。

JICA and 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鈹物組合せは quartz-kaolinite-alunite-goethite からなる。

4) 鈹業活動

鈹業活動が行われた形跡はないが、JICA and 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)によれば Au-Cu の鈹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。鈹石鈹物は認められない。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%)鈹染状の 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) 鈹業活動

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。緑泥石化も顕著で鉄染状に約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, JICA and MMAJ, 2001)は、薄片観察では非常に大量のepidoteを含んだcalc-silicate岩である。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が認められている(KJ02X, JICA and MMAJ, 2001)。この試料の鉱物組合せは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。熱水変質の広がりには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。幅2-5cmの北東走向の石英脈が複数ある(KJ07, JICA and MMAJ, 2001)。母岩は石英-粘土鉱物でほとんど硫化物を含まない。粘土鉱物はsericiteからなる。

4) 鉱業活動

住民によれば、1980年代に探鉱が行われた。トレンチングと探鉱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。

1-4-2 Bosigon川流域の変質帯と鉱床

(1) Nalesbitan金(銅) 鉱床

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

この鉱床は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 鉱床についてはSillitoe et al.,(1990)が詳しい記載を行っている。これに基づき、以下に本鉱床の概略を述べる。

鉱化作用は北西方向の左横ずれ断層に規制される。鉱化作用は、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。鉱化帯は走向方向に約1.3km連続し、幅は145~12mと変化する。鉱化作用は北西-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、角礫化及び脈の形成活動が何回にもわたって起こったことが観察される。鉱化帯は深度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の鉄染が認められる。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鉱物組合せに移

化する。さらに外側では chlorite-calcite の組合せになる。金は高硫化系鉱化作用で形成された硫化鉱物に伴う。最も多く観察される硫化鉱物の組合せは pyrite-chalcoite で次に pyrite-bornite, pyrite-covellite である。部分的に enargite が chalcoite 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, JICA and MMAJ, 2001)での流体包有物充填温度は 265~302°C が、また塩濃度は 3.5~5.2% NaCl equiv が得られている。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 が探鉱を行い、探鉱を計画した(Sillitoe et al., 1990)が断念、現在は El Dore Mining Company が MPSA を保有している。

(2) Salubosogin-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 沢と小道を通って徒歩 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 Tigbinan 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っており、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 chalcopryrite, 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, JICA and MMAJ, 2001) の分析値は、それぞれ Au:18ppm 及び 123ppm, Ag:1,470ppm 及び 113ppm が得られている。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 が得られている。BK14 の流体包有物充填温度は 235~275°C が、また塩濃度は 1.2~3.6%

NaCl equiv が得られている。

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。

1-4-3 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することである。

(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, JICA and MMAJ, 2001)。pyrite の鉱染した強珪化した凝灰岩 (LD05, JICA and MMAJ, 2001) は Au:75ppb, Ag:1.2ppm を示し、V は 378ppm を示している。

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も到達できる。

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, JICA and MMAJ, 2001)。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受けて白～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, JICA and MMAJ, 2001)。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 鉱微地

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, JICA and MMAJ, 2001)。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酸化物以外に 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。

1-4-4 Exciban-Larap 地域の変質帯と鉱床

(1) Exciban-Larap 鉱微地

1) 位置

Exciban-Larap 鉱微地は Camarines Norte 州北部 Barangay Exciban 管内に位置する。Daet 市の北西 45km, Labo 市の北西 26km に位置する。

2) アクセス

Daet 市から Labo 市を経由して、マニラに至る Highway 沿いから、約 2km 北側に四輪駆動車で辿り着く事が出来る。調査地域内の移動は徒歩による。

3) 産状

本地域には始新世の Universal 層が分布する。地質は礫岩・中粒～粗粒のアルコース砂岩・凝灰岩質シルト・石灰質頁岩・グレイワックから構成される。JICA and MMAJ(1999)によると、金の鉱化作用は、礫岩、砂岩、頁岩を母岩とする剪断帯あるいは剪断帯の石英脈に認められている。変質は珪化・粘土化及び epidote や chlorite の変質が分布する。当地域には、鉄鉱石を産出した Larap 鉱山など多数の鉱山や鉱微地が分布する。Larap 鉱山は花崗岩質岩の貫入が認められ、モリブデンや銅の鉱化も認められている。また、Exciban 鉱山では、Universal 層を覆う漸新世の Larap 火山岩類を母岩とし、石英脈に伴う金の鉱化が知られている。James, L.P. and Fuchs, W.A. (1990)は、Exciban 鉱山の探鉱結果から gold-copper-tellurium 鉱化作用について、深度 100-150m 付近に最大 Au:19g/t の値を報告している。鉱石鉱物としては、pyrite が主体となり、その他少量の spharelite, galena が、また Bi-Ti 鉱物が共生している。As は少ないと報告している。地域全体の鉱床の産状、随伴する鉱物などからはボーフィリー型銅鉱床、ボーフィリー型銅鉱床周辺に認められる金・ベースメタル脈鉱床並びに中熱水性脈型金鉱床の賦存可能性がある地域である。

4) 鉱業活動

現在、Larap 鉱山周辺や Exciban 鉱山周辺では small miners による金の採掘の他、金鉱床を対象としたボーリング探査が実施されている。