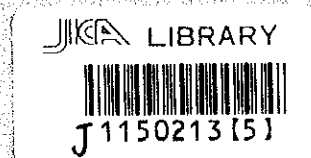


平成 10 年度フィリピン共和国
ビコール地域
資源開発協力基礎調査報告書

最終報告書

平成 11 年 3 月



国際協力事業団
金属鉱業事業団

資源調査

JR

99-070

平成 10 年度フィリピン共和国

ビコール地域

資源開発協力基礎調査報告書

最終報告書

平成11年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1150213(5)

は し が き

日本国政府はフィリピン共和国政府の要請に応え、同国のルソン島東南部ビコール半島のカマリネスノルテ州、カマリネススール州、アルバイ州、ソルソゴン州を含むビコール地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため衛星画像解析、地質調査、空中物理探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9年度より2年間の予定で開始され、平成10年度が第2年次（最終年次）にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して平成10年5月25日から平成10年7月24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科学局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめ、かつ2年間の結果をとりまとめた最終報告書である。

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、通商産業省、在フィリピン共和国日本国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。

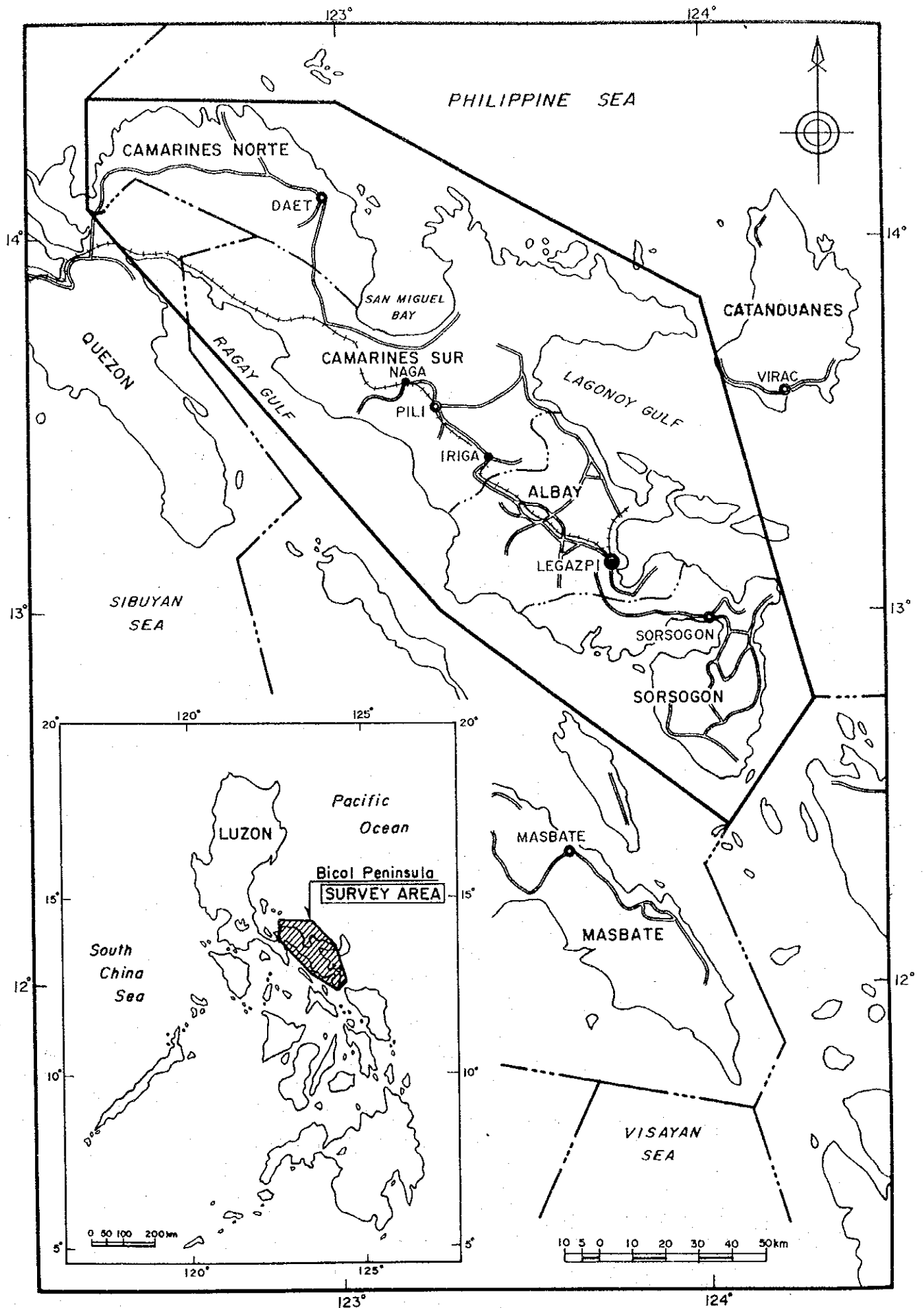
平成11年3月

藤田 公郎

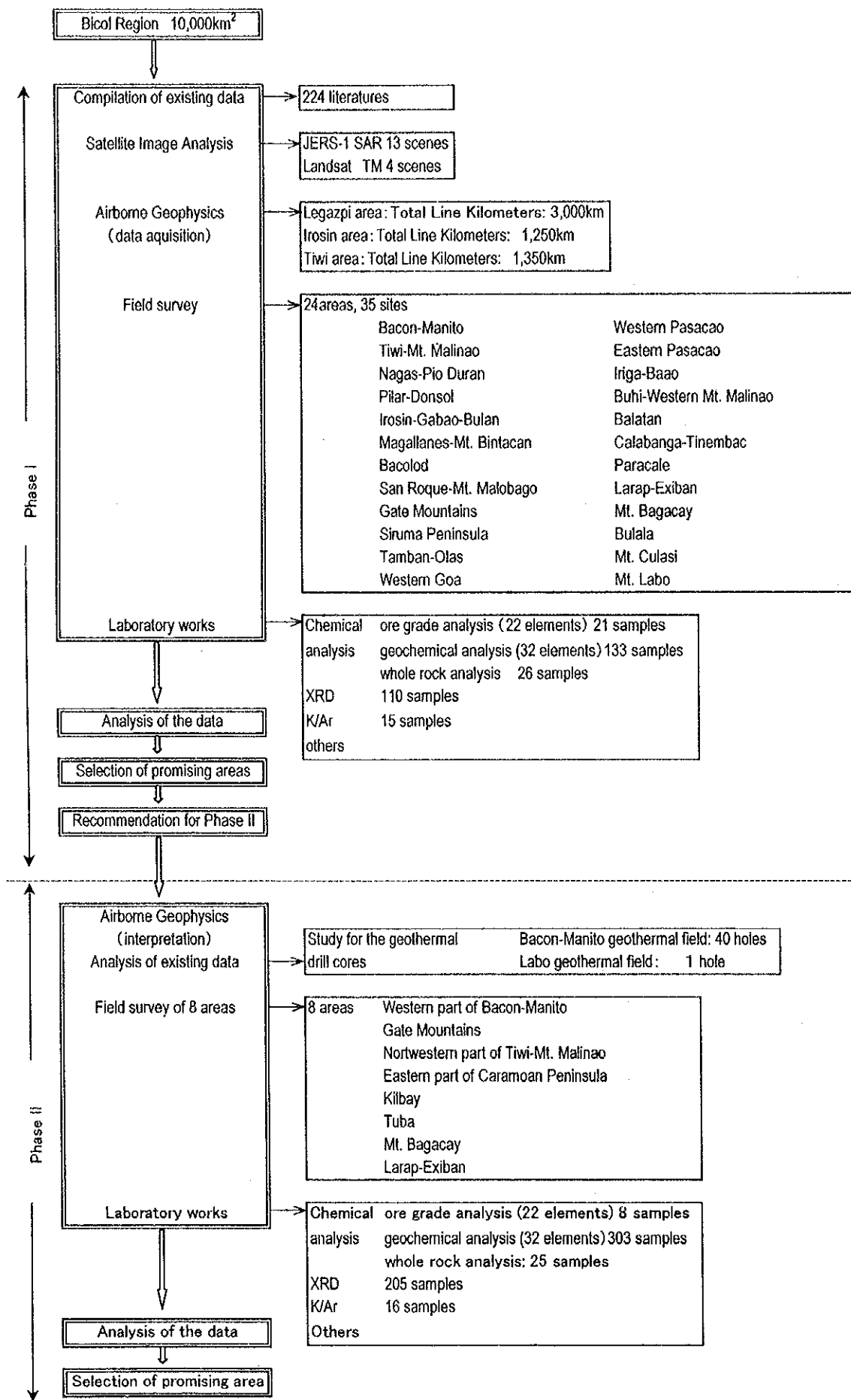
国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

金属鉱業事業団
理事長 檜山 博昭

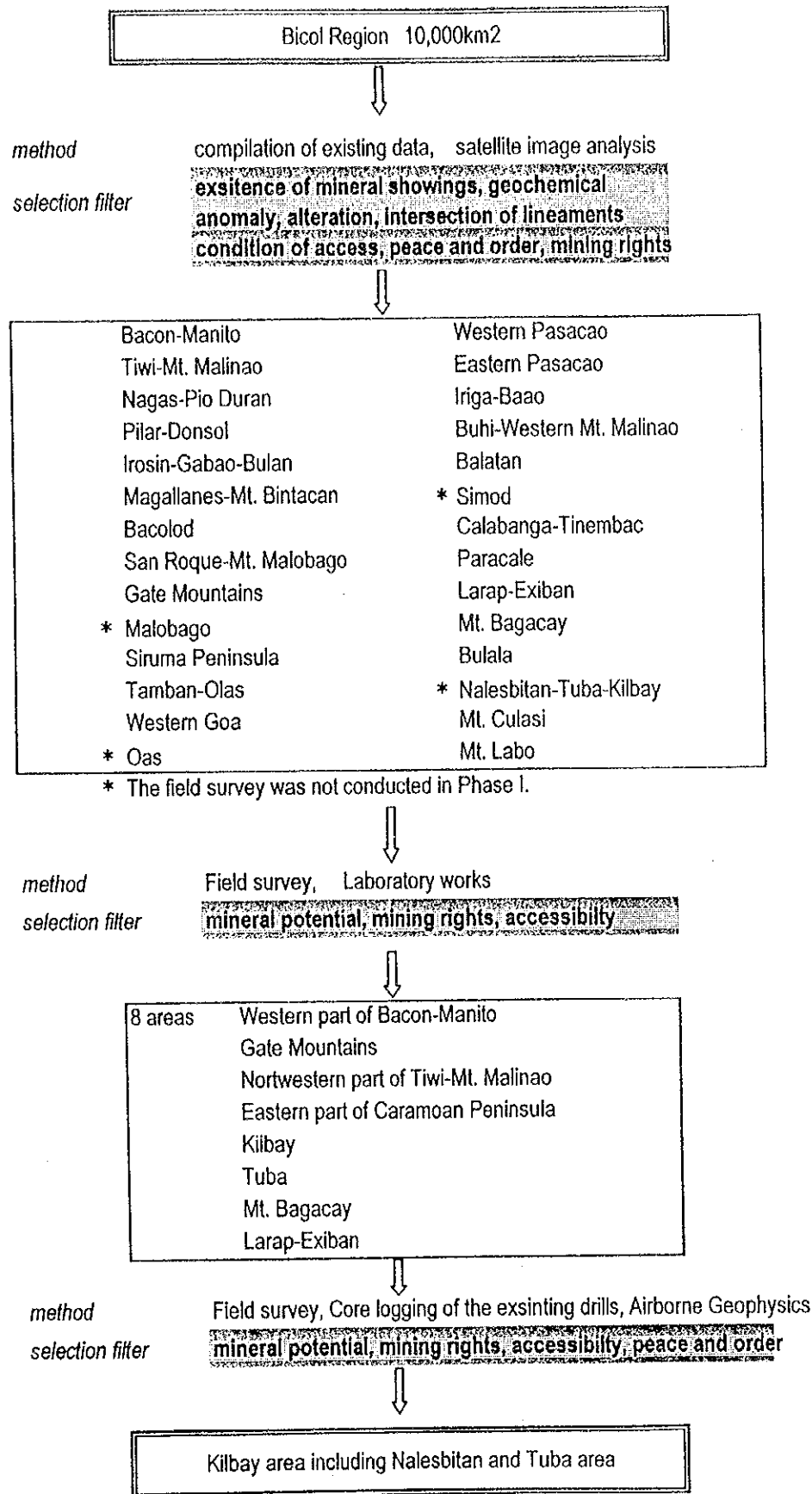




Location map of the Survey Area



Survey flow in the Bicol Region



Flow chart of the selection of promising area in the Bicol Region

要 約

本調査は、フィリピン政府と日本政府との間で平成9年5月30日に締結された作業実施協定書 (I/A) に基づき、同国ルソン島の南東に位置するピコール地域において、金属鉱物資源を対象とし、将来政府間ベースでの調査への発展性、あるいは民間企業の新たな調査への参入の可能性を考慮した有望地域抽出を目的として2ヶ年で実施するものである。

最終年次に当たる今年度は、第1年次調査結果有望とされた、次の8地域の調査を実施した。

Western part of Bacon-Manito
Gate Mountains
Northwestern part of Tiwi - Mt. Malinao
Eastern part of Caramoan Peninsula
Kilbay
Tuba
Mt. Bagacay
Larap - Exiban

調査方法としては、既存データ解析、空中物理探査データ解析、および現地調査を実施した。既存データ解析では、特に地熱地域で実施されたボーリングデータを解析することによって、地熱地域に隣接する現地調査地域の地下深部を類推することを試みた。Western part of Bacon-Manito, Gate Mountains, Northwestern part of Tiwi - Mt. Malinaoの3地域は空中物理探査を実施し、地質構造解析および変質帯抽出を行った。現地調査は、各地域の鉱床・鉱徴地および変質帯の分布・特徴を把握することを目的に実施した。

第1年次の結果と合わせ、総合解析を行った結果、鉱床賦存ポテンシャルが高い地域として、Kilbay地域、Mt. Bagacay地域、およびLarap - Exiban地域を抽出した。新規探査プロジェクト地域としては、Kilbay地域を中心に、Nalesbitan地域およびTuba地域も含めたより広範囲の地域を対象とすることが望ましい。

目 次

はしがき

調査地域位置図

調査フローチャート

有望地域選定フローチャート

要 約

目 次

図表一覧

第I部 総 論

第1章 序論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第1年次調査の結論と提言	3
1-2-1 第1年次調査の結論	3
1-2-2 第1年次調査の提言	3
1-3 第2年次調査の概要	7
1-3-1 調査目的	7
1-3-2 調査地域	7
1-3-3 調査方法	7
1-3-4 調査団の編成	8
1-3-5 調査期間および調査量	9
第2章 調査地域の地理	11
2-1 位置・交通	11
2-2 地形	11
2-3 水系	13
2-4 気候	13
2-5 植生	14
第3章 調査地域の既存地質情報	17
3-1 ビコール地域の地質	17
3-1-1 ビコール地域の火山岩および堆積岩	17
3-1-2 ビコール地域の深成岩	33
3-2 ビコール地域の鉱床・鉱徴	35
3-2-1 金	39
3-2-2 銅	43
第4章 総合解析	45

4-1	空中物理探査結果および現地調査結果の対比	45
4-2	Bicol 地域の地質構造と鉱化作用の特性	46
4-3	3 帯および各地域の地化学的特徴	47
4-4	有望地域の選定	47
第 5 章	結論および提言	49
5-1	結 論	49
5-2	将来への提言	49

第 II 部 各 論

第 1 章	空中物理探査	53
1-1	目的	53
1-2	測定仕様	53
1-3	測定地域	54
1-4	解析データセット	55
1-5	解析手法	56
1-6	Legaspi 地域 (Bacon-Manito 西部地域) 解析結果	58
	1) 高カリウム異常	58
	2) 低磁気異常	59
	3) 地質構造と貫入岩体の推定	59
	4) 探査有望地区の抽出	75
1-7	Irosin 地域 (Gate Mountains 地域) 解析結果	75
	1) 高カリウム異常	76
	2) 低磁気異常	76
	3) 地質構造と貫入岩体の推定	77
	4) 探査有望地区の抽出	79
1-8	Tiwi 地域 (Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域) 解析結果	91
	1) 高カリウム異常	91
	2) 低磁気異常	91
	3) 地質構造と貫入岩体の推定	91
	4) 探査有望地区の抽出	103
1-9	まとめ	103
第 2 章	現地踏査	105
2-1	対象候補地の選定	105
	2-1-1 対象候補地選定の経緯	105
2-2	現地踏査結果	105

2-2-1 Bacon-Manito西部地域	106
1) 選定理由	106
2) 位置および交通	106
3) 調査ルートおよびポイント	107
4) 調査結果概要	107
5) 地質	107
6) 変質および鉱徴	114
7) 地熱ボーリングコア観察	117
8) ポテンシャル	117
9) 鉱区	118
2-2-2 Gate Mountains 地域	118
1) 選定理由	118
2) 位置および交通	119
3) 調査ルートおよびポイント	119
4) 調査結果概要	120
5) 地質	120
6) 変質および鉱徴	120
7) ポテンシャル	130
8) 鉱区	131
2-2-3 Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域	131
1) 選定理由	131
2) 位置および交通	131
3) 調査ルートおよびポイント	132
4) 調査結果概要	132
5) 地質	133
6) 変質および鉱徴	133
7) ポテンシャル	145
8) 鉱区	145
2-2-4 Caramoan 半島東部地域	145
1) 選定理由	145
2) 位置および交通	146
3) 調査ルートおよびポイント	146
4) 調査結果概要	147
5) 地質	147
6) 変質および鉱徴	147

7) ポテンシャル	152
8) 鉱区	152
2-2-5 Kilbay 地域	152
1) 選定理由	152
2) 位置および交通	152
3) 調査ルートおよびポイント	153
4) 調査結果概要	153
5) 地質	153
6) 変質および鉱徴	154
7) ポテンシャル	165
8) 鉱区	166
2-2-6 Tuba 地域	166
1) 選定理由	166
2) 位置および交通	166
3) 調査ルートおよびポイント	167
4) 調査結果概要	167
5) 地質	167
6) 変質および鉱徴	167
7) ポテンシャル	171
8) 鉱区	171
2-2-7 Mt. Bagacay 地域	171
1) 選定理由	171
2) 位置および交通	172
3) 調査ルートおよびポイント	172
4) 調査結果概要	173
5) 地質	173
6) 変質および鉱徴	173
7) ポテンシャル	186
8) 鉱区	186
2-2-8 Larap-Exiban 地域	186
1) 選定理由	186
2) 位置および交通	187
3) 調査ルートおよびポイント	187
4) 調査結果概要	188

5) 地質	188
6) 変質および鉱徴	188
7) ポテンシャル	199
8) 鉱区	199
第3章 総合解析	205
3-1 空中物理探査結果および現地調査結果の対比	205
3-1-1 磁気異常	205
3-1-2 放射能異常	208
3-1-3 まとめ	222
3-2 Bicol 地域の地質構造と鉱化作用の特性	223
3-3 3帯および各地域の地化学的特徴	229
3-4 有望地域の選定	239

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論	245
第2章 将来への提言	246
参考文献	251
巻末付表	

圖表一覽

Figures No.	Title
opening page	Location map of the survey area
opening page	Flow chart of the sequence of the survey
opening page	Flow chart on process of the selection of promising areas
Fig. I-1-1	Location map of the past projects
Fig. I-1-2	Interpretation map in Phase I Survey.
Fig. I-2-1	Administration Map of Region-V
Fig. I-2-2	Climate of the Philippines classified according to Coronas (1920)
Fig. I-2-3	Types of monthly distribution of rainfall
Fig. I-3-1*	Geological Map of the Bicol Area
Fig. I-3-2	Generalized Stratigraphy of the Bicol Area
Fig. I-3-3	Generalized Stratigraphy of Camarines Norte Province
Fig. I-3-4	Generalized Stratigraphy of Caramoan Peninsula
Fig. I-3-5	Generalized Stratigraphy of Cagraray, Rapu-Rapu Area
Fig. I-3-6	Generalized Stratigraphy of Southern Bicol Peninsula
Fig. I-3-7*	Location map of ore deposits, mineral showings, and geochemical anomaly in the Bicol Area
Fig. II-1-1	Legazpi Project Area - Geological Interpretation of Airborne Magnetic and Radiometric data, and Panchromatic SPOT Imagery.
Fig. II-1-2	Legazpi Project Area - Philippines. Magnetic lows and Potassium highs combined with faults from aeromagnetic interpretation.
Fig. II-1-3	Structural Interpretation with possible zones of dilation. Legazpi area
Fig. II-1-4	Irosin Project Area - Geological Interpretation of Airborne Magnetic and Radiometric data, and Panchromatic SPOT Imagery.
Fig. II-1-5	Irosin Project Area - Philippines. Magnetic lows and Potassium highs combined with faults from aeromagnetic interpretation.
Fig. II-1-6	Structural Interpretation with possible zones of dilation. Irosin area
Fig. II-1-7	Tiwi Project Area - Geological Interpretation of Airborne Magnetic and Radiometric data, and Panchromatic SPOT Imagery.
Fig. II-1-8	Tiwi Project Area - Philippines. Magnetic lows and Potassium highs combined with faults from aeromagnetic interpretation.
Fig. II-1-9	Structural Interpretation with possible zones of dilation. Tiwi area
Fig. II-2-1	Root map of Western Bacon-Manito area
Fig. II-2-2	Geological Map of Western Bacon-Manito area
Fig. II-2-3	Root map of Gate Mountains area
Fig. II-2-4	Geological Map of Gate Mountains area
Fig. II-2-5	Root map of Northwestern Tiwi-Mt. Malinao area
Fig. II-2-6	Geological Map of Northwestern Tiwi-Mt. Malinao area
Fig. II-2-7	Root map of Eastern Caramoan Peninsula area
Fig. II-2-8	Geological Map of Eastern Caramoan Peninsula area
Fig. II-2-9	Root map of Kilbay area
Fig. II-2-10	Geological Map of Kilbay area

- Fig. II-2-11 Root map of Tuba area
 Fig. II-2-12 Geological Map of Tuba area
 Fig. II-2-13 Root map of Mt. Bagacay area
 Fig. II-2-14 Geological Map of Mt. Bagacay area
 Fig. II-2-15 Modal composition of Tamsian Diorite and Paracale Granodiorite
 Fig. II-2-16 Root map of Larap-Exiban area
 Fig. II-2-17 Geological Map of Larap-Exiban area
 Fig. II-2-18 The location of the survey areas on the conceptual model of magma-hydrothermal system. taken from Sillitoe (1995)
 Fig. II-2-19 The conceptual location of the survey areas from the Central Belt
 Fig. II-3-1 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey. Legazpi area
 Fig. II-3-2 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey. Irosin area
 Fig. II-3-3 Interpretation map of the airborne geophysics combined with the field survey. Tiwi area
 Fig. II-3-4 K content histogram of altered rocks from the Bicol Area
 Fig. II-3-5 Metallogenic belts of the Bicol Area
 Fig. II-3-6 Structural sketch map of the region where the Philippine Fault intersects with the Sibuyan Sea Fault and the Legazpi Lineament.
 Fig. II-3-7 Geochemical distribution map of the Bicol Area (Au ~Cr)
 Fig. III-2-1 Proposed area for further exploration project

* Large figure is attached in back front of the report as a plate.

Tables No.	Title
Table I-1-1	Record of the survey
Table I-1-2	Laboratory Works
Table I-2-1	Major River Basins
Table II-2-1	Geology of Western part of Bacon-Manito area
Table II-2-2	Geology of Irosin area including Gate Mountains area
Table II-2-3	Geology of Eastern part of Caramoan Peninsula
Table II-2-4	Geology of Kilbay area
Table II-2-5	Geology of Tuba area
Table II-2-6	Geology of Mt. Bagacay area
Table II-2-7	Comparison between the Paracale Granodiorite and the Tamsian Diorite
Table II-2-8	Geology of Larap-Exiban area
Table II-3-1	Summary of the evaluation of the eight areas

Appendix No	Title
Appendix 1	Total Magnetic Intensity and Total Magnetic Intensity Reduced to Pole Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area.
Appendix 2	First Vertical Derivative Images of Total Magnetic Intensity Reduced to Pole with NE-illumination Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area.
Appendix 3	Pseudo-Depth Slicing Images Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area
Appendix 4	Digital Terrain Model. Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area.
Appendix 5	Radiometrics Images. Radiometric Total Count. Radiometric Ternary. Radiometric Potassium Counts. Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area.
Appendix 6	Potassium, Thorium, and Uranium Counts. Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area.
Appendix 7	Panchromatic SPOT Imagery. Legazpi area, Irosin area, and Tiwi area
Appendix 8	Schedule of field survey
Appendix 9	Sample List
Appendix 10	X-ray diffraction analyses
Appendix 11	Geochemical grade assay analyses
Appendix 12	Ore grade assay analyses
Appendix 13	Fluid inclusion thermometrics
Appendix 14	Photographs of the field survey
Appendix 15	Radiometric age dating
Appendix 16	Sample location of radiometric age dating
Appendix 17	Major and trace elements analyses of the igneous rocks from the Bicol Area
Appendix 18	$\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ and $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diagrams
Appendix 19	Miyashiro diagrams
Appendix 20	Spider diagrams
Appendix 21	Core logging check list
Appendix 22	Sample description of Bac-Man geothermal drill cores/cuttings
Appendix 23	Histogram of the results of geochemical analyses
Appendix 24	Contents of CD-ROM
Plate 1	Geological Map of the Bicol Area
Plate 2	Location map of ore deposits, mineral showings, and geochemical anomaly in the Bicol Area

第I部 総論

第1章 序論

1-1 調査の経緯

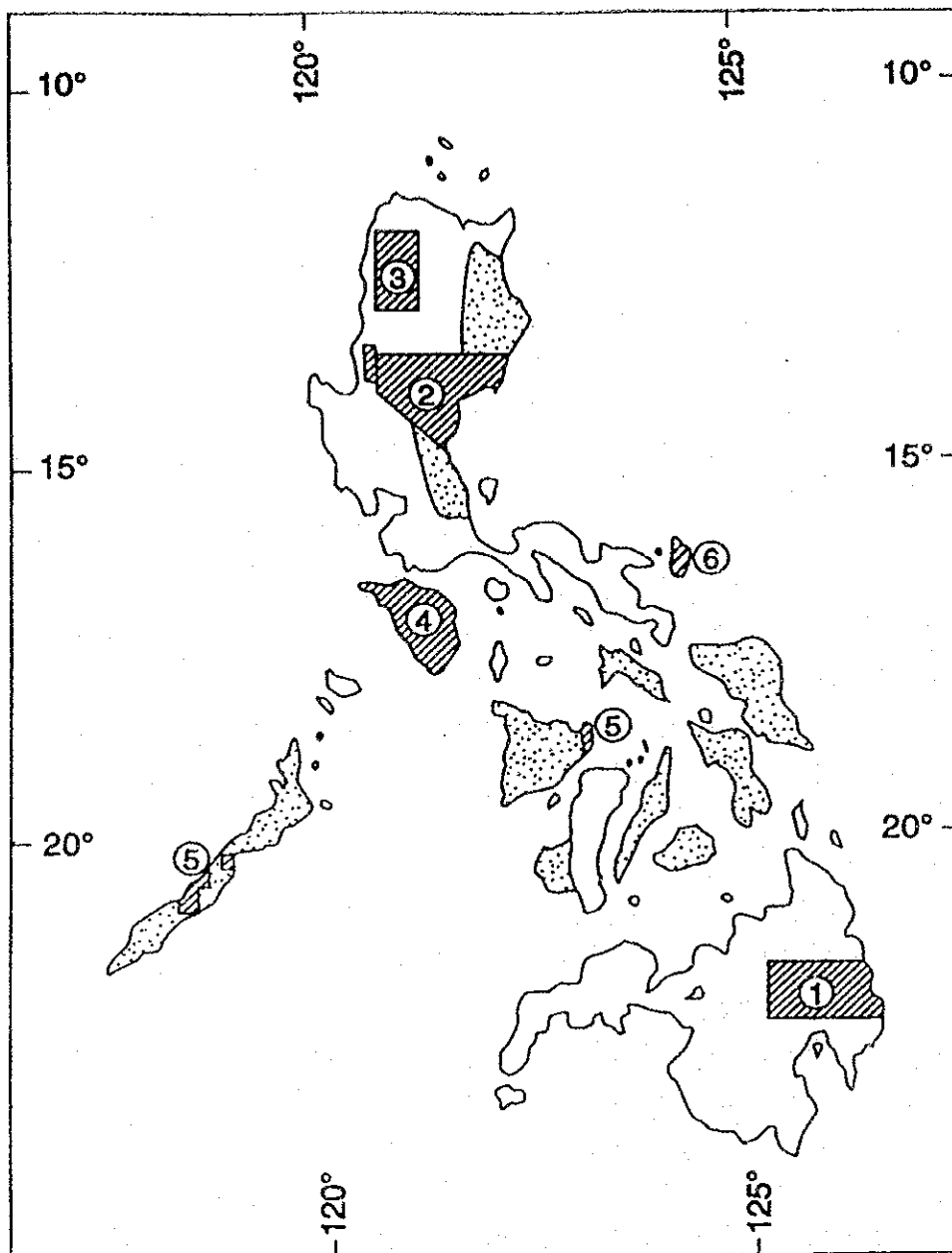
フィリピン共和国は、金・銀・銅・ニッケル・クロム等を産する鉱物資源国であり、島弧火成活動に伴う斑岩銅鉱床、浅熱水性鉱脈鉱床等の鉱物資源賦存のポテンシャルが高い国である。また、古くはフィリピンの銅精鉱の100%が、現在でも輸出される銅精鉱の86%が、また、ニッケル鉱の輸出の100%が日本へ輸出されており、鉱業分野での日本との関係も深い。1989年までフィリピン共和国の金・銅・ニッケルの生産量は世界の10位以内に位置していたが、最近では生産コストの上昇、環境コストの上昇、鉱体の衰退などの理由で生産が落ち込んでおり、外資の導入を図って鉱物資源の開発を促進する必要が生じてきた。このためフィリピン政府は、1994年に鉱産税の減税を、1995年に鉱業法の改正（外資100%を認めるFTAAを含む）を行い、さらに鉱区の登録見直しを1997年より開始した。政情の安定および外資にオープンな制度の発足により、多くの外国企業が探査に参入し、今後の探鉱・開発が活発化しようとしている。



国際協力事業団(JICA)/金属鉱業事業団(MMAJ)によるフィリピン共和国における資源開発協力基礎調査は1971年から開始され、95年までの間に以下の7地域において実施されている。(実施年は日本の会計年度表示)(Fig. I-1-1 参照)

ミンダナオ東部地域(資源開発調査)	1971~1973年
ルソン北東部地域(資源開発調査)	1974~1976年
ルソン北西部地域(資源開発調査)	1978~1980年
ミンドロ地域(資源開発調査)	1981~1983年
ビサヤス地域(鉱物資源基本図調査)	1984~1989年
パラワン・パナイ地域(資源開発調査)	1990~1992年
カタンドウワネス地域(資源開発調査)	1993~1995年

これらの調査により各地域において鉱化帯の捕捉、鉱量の算出等の成果があがり、鉱物資源基本図調査では、第一ランクの有望地域が6地域選ばれ、うち2地域は引き続き資源開発調査に移行している。このように、JICA/MMAJによる調査は同国鉱業の発展に一定の役割を果たしてきている。

ビコール地域の広域調査は、平成8年12月にフィリピン政府から要請されたものに対応したものである。当初非公式ながらビコール地域の調査の要請が、カタンドウワネス地域の終了直後にあり、平成8年2月にプロジェクト選定調査団を派遣したが、多くの地域に外国資本が参入した鉱区が設定されており、公式要請書も遅れたため、実施が見送られた。公式要請書の受理後、流動的な鉱区現況の再把握の目的もかねて、平成9年3月に再度プロジェクト選定調査団を派遣し、鉱区問題、調査内容について確認し、平成9年度鉱物資源広域調査案件として採択された。平成9年5月30日付で日本国金属鉱業事業団理事竹



-  MINERAL EXPLORATION PROJECTS
 ① Eastern Mindanao (1971-1973)
 ② Northeastern Luzon (1974-1976)
 ③ Northwestern Luzon (1978-1980)
 ④ Mindoro Is. (1981-1983)
 ⑤ Palawan-Panay (1990-1992)
 ⑥ Catanduanes (1993-1995)
 Supra-Regional Survey (1984-1989)

Luzon, Visayas, Palawan

Figure I-1-1 Location map of the past projects

中繁雄氏とフィリピン共和国環境天然資源省鉱山地球科学局 局長 Horacio C. Ramos 氏との間で Implementing Arrangement (I/A :作業実施協定書)が調印された。

平成9年度から新たにスタートする鉱物資源広域調査の主旨は、既存調査データおよび衛星画像等の情報を様々な観点から解析し、現地調査を実施して、広範な対象地域から探査対象となる鉱床賦存有望地域を抽出する点にある。予定調査期間は2か年である。本年度は、最終年度にあたる。

1-2 第1年次調査の結論と提言

1-2-1 第1年次調査の結論

第1年次調査の結果、次のようなことが明らかになった(Fig. I-1-2)。

ピコール地域は、地質構造から、大きく北東帯、中央帯および南西帯の3帯に分けることができる。これらは、ピコール半島の伸長方向にほぼ平行に配列する。北東帯および南西帯は、白亜系の基盤岩と第三紀の貫入岩の分布で特徴付けられる。中央帯は、鮮新世～現世の火山岩類で特徴付けられる。北東帯および南西帯は、鉱床胚胎レベルが露出し、既存鉱床・鉱徴地が分布する。期待される鉱床タイプは、ポーフィリー型銅・金鉱床、スカルン型鉱床、火山性塊状硫化物鉱床である。中央帯は、若い地質体が分布するため、削剥レベルは北西端側を除いて鉱床胚胎レベルまで達していないが、深部に浅熱水性金鉱床の賦存する可能性がある。

既存文献調査、画像解析、グラントルース調査の結果および鉱区設定状況を考慮すると、次の地域が有望と考える。

北東帯では、Camarines Norte の Mt. Bagacay 地域、Larap-Exiban 地域、Caramoan 半島の東部地域を、中央帯では、Camarines Sur の Kilbay 地域、Camrines Sur と Albay の境界付近の Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域、Albay と Sorsogon の境界付近の Bacon-Manito 西部地域、および Sorsogon 南部の Gate Mountains 地域を有望と考える。南西帯では、Tuba 地域が有望と考える。

1-2-2 第1年次調査の提言

第2年次は、前章の結論で述べた有望地域に対し、次のような調査を実施することが望まれる。

中央帯に分布する各地域では、浅熱水性金鉱床が地下深部に存在する可能性がある。したがって、これらの地域では、鉱床が存在する可能性のある場所、深度を推定できるような調査をする必要がある。近接する活地熱系の貯留層となっている断裂系を参考にして、同方向の断裂系分布域を詳細に調査する。さらに、変質帯の深度方向の変化、温度構造および鉱化作用の可能性の有無を調査するための既存地熱ボーリングのデータ解析も検討されて良い。

北東帯および南西帯に分布する地域では、既存鉱徴地の周辺を詳細に調査する必要がある

る。

個々の地域の調査については次のような点に留意したい。

Mt. Bagacay 地域：いくつかの鉄スカルン鉱床・鉱徴地が分布し、南側には鉱脈型金・ベースメタル鉱徴地がある。これらは、ポーフィリー型鉱床が存在する可能性を示唆する。既存鉱床・鉱徴地のスカルン鉱物、鉱石鉱物の組み合わせあるいは流体包有物均質化温度を系統的に調査し、地域内の温度構造を描く。また、貫入岩ストックを探し、その周囲を詳細に調査する。Tabas 地区の United Nations (1987) の調査では、変質鉱物として黒雲母、珪灰石、紅柱石が認められ、うち二試料にはパイロフィライトが含まれる。これは、ポーフィリーシステム近傍に発達する酸性変質である。したがって、Tabas 地区も含めて調査することが望ましい。

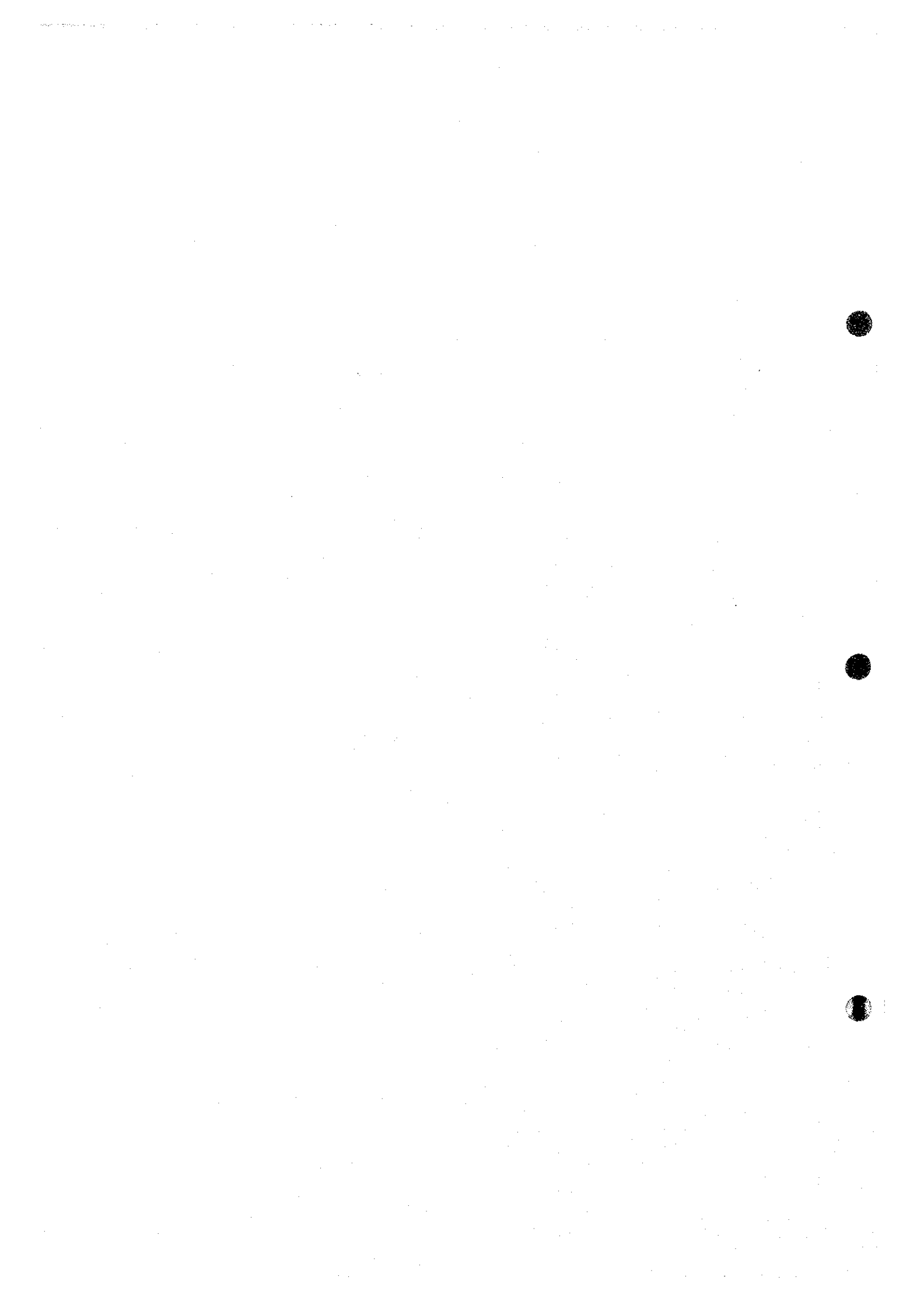
Larap-Exiban 地域：本地域は比較的広く、多くの鉱床・鉱徴地が分布するため、調査すべき地域を絞ることが難しい。Philex 社や Altas 社などの探査が実施されているため、できるだけこれらの探査データを入手し、これを解析することによってさらに絞り込みが可能になると考えられる。また、本地域には多数の貫入岩ストックが分布し、本地域の鉱床・鉱徴の大部分はこれらの貫入岩に関して形成されたと考えられることから、貫入岩の分布を押さえること、その周辺の詳細な調査が望まれる。

Caramoan 半島の東部地域：本地域は今年度のグランドトルースでは、鉱区およびアクセスの問題から現地調査を実施しなかった地域である。BMG Region V からの最近の情報では、鉱区およびアクセスの問題は解決されたという。本地域は緑色片岩・雲母片岩中に火山性塊状硫化鉱床型の鉱徴地が分布する。これらは、ほぼ片岩の片理構造にほぼ平行に胚胎する特徴を有する。したがって、既存鉱徴地においてその構造と胚胎する層準、岩相を明らかにし、その延長を推定することが必要と考える。

Tuba 地域は、既知鉱徴地での脈、変質帯を調査し、Paracale 地域と同タイプの鉱脈鉱床であるか、あるいは浅熱水性鉱床であるかを判断する必要がある。前者の場合ならば、第三紀と考えられている貫入岩周辺および既知鉱徴地周辺の同方向の断裂系を調査する。後者の場合、Nalesbitan 鉱床との位置関係から、両者に共通する断裂系を追跡する。

Kilbay 地域：本地域は今年度のグランドトルースでは、情報不足およびスケジュールの関係から現地調査を実施しなかった地域である。しかし、分布する火山岩類が、角閃石安山岩～デイサイトであり鉱床形成に関与したマグマが他の火山岩地帯に比べ水を多く含有していたと推定され、熱水系が発達する可能性があることから有望と考えられるため、第2年次に調査することが望ましい。

Tiwi-Mt. Malinao 北西部地域：今年度の調査で転石によって変質帯の存在が確認された。その分布状況から変質帯は、Santa Cruz River および Cayohoson Creek 沢上流に分布すると推定される。Tiwi 地熱地域の主たる地熱貯留層を形成している Kagumihan fault, Tiwi fault, Naglagbong fault の NE-SW 系断層および NW-SE 系の Putsan-Bolo fault が主



なものである。本地域にも NW-SE 系および NE-SW 系のリニアメントが発達する。これら二つのリニアメントの交差部に、Santa Cruz River および Cayohoson Creek 沢上流がほぼ一致することからも、これらの断裂系が分布する地域が重要と考える。

Bacon-Manito 西部地域：Cawayan River から Calpi にかけての低比抵抗部分が Au のポテンシャルが比較的高いと推測される。Cawayan River の上流部は E-W 方向の Bac-Man Fault Zone 中に位置する。また、熱水上昇領域は Calpi 沢のより上流側にあると推定される。この上流側とはすなわち、Bac-Man Fault Zone である。したがって、Bac-Man Fault Zone を中心に調査を実施する必要がある。

Gate Mountains 地域：第 1 年次の現地調査によって、Mt. Sujac 北の Tugas 付近から南東側の Culasi にかけての地域では、熱水活動は NW-SE 方向の断裂にコントロールされた可能性があり、同断裂に沿った調査が必要と考えられる。また、Gate Mountains 地域の南西部海岸沿いにも多数の珪化岩および変質岩の転石が確認された。これらの変質作用をもたらした熱水系がどの断裂によってコントロールされたかは、今のところ明らかではないが、これらの転石の供給源となったと考えられる沢の上流側の調査が必要と考える。

上記の後 3 地域については、空中磁気探査の結果から、変質帯と推定される地域およびそれをとる断裂線沿いの調査を行う。また、今年度の調査で十分明らかにできなかった火山岩の年代および変質・鉱化作用の年代を明らかにすることも重要と考えられる。

1-3 第 2 年次調査の概要

1-3-1 調査の目的

本調査はフィリピン共和国ビコール地域を対象として、空中物理探査解析、既存データ解析、地質踏査を行い、得られた 2 年間の調査結果を総合的に解析し、鉱床賦存有望地域を抽出することを目的とする。

1-3-2 調査地域

調査地域は、ルソン島南東部ビコール半島のカムリネスノルテ州、カムリネススール州、アルバイ州、ソルソゴン州からなる約 10,000km² の範囲である（巻頭位置図参照）。地域には多くの火山がある。地域最大のレガスピ市のそばにはほぼ完全な円錐形に近いマヨン火山がそびえ立つ。対象地域は、以前ゲリラの活動で、立入れなかった所が多く、あまり調査が進んでなかったため、今回の調査に期待が寄せられている。

1-3-3 調査方法

(1) 空中物理探査解析

平成 9 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) 既存データ解析

平成9年度調査を補充し、相手国機関及び関係機関が保有している調査地域に関する既存データを収集・整理、特に本地域の地熱ボーリングコアの観察およびボーリングデータの解析を行い、隣接する現地調査地域の深部状況の類推に役立てる。

(3) 地質踏査

平成9年度に実施した既存データ解析、衛星画像解析および現地調査の結果により抽出された8地域について、現地の地質状況、変質帯、鉱徴地等の把握を目的として地質踏査を実施する。併せてサンプルを採取、室内試験に供し、データ解析に用いる。

1-3-4 調査団の編成

(1) 現地調査

a) 日本側

細井 義孝 (団長、総括、既存データ解析、地質踏査)
財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (Japan Mining Engineering
Center for International Cooperation : JMEC)

林 歳彦 (既存データ解析、地質踏査)
財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

宮武 修一 (既存データ解析、地質踏査)
財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

山本 邦仁 (既存データ解析、地質踏査)
財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

b) フィリピン共和国側

調査協議(マニラ、レガスピ)

Horacio C. Ramos (調査計画) Director, Mines & Geosciences Bureau=MGB,
Department of Environment and Natural
Resources=DENR,
Republic of the Philippines
(環境天然資源省 鉱山地球科学局 局長)

Edwin G. Domingo (調査計画) OIC, Assistant Director, MGB, DENR
(鉱山地球科学局 次長代行)

Lomeo L. Almeda (調査計画) Chief, Lands Geology Division=LGD, MGB, DENR
(鉱山地球科学局 土地地質部長)

Salvador G. Martin (調査計画/レガスピ) Regional Director for Region V, MGB,
DENR
(鉱山地球科学局 第5地域局長=レガスピ支所長)

現地調査

Sevillo D. David, Jr. (既存データ解析、現地踏査) LGD, MGB
Gilbert Emerson C. Bascos (既存データ解析、現地踏査) LGD, MGB
Arnel F. Jusi (既存データ解析、現地踏査) MGB, Region V
Jose Marcel S. Laud (既存データ解析、現地踏査) MGB, Region V

(2) 空中物理探査解析

Steven D. Batty Senior Geologist,
World Geoscience Corporation Limited(WGC)

(3) 総合解析・報告書作成 (日本国内で実施)

細井 義孝 財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
林 歳彦 財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
宮武 修一 財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)
山本 邦仁 財団法人 国際鉱物資源開発協力協会 (JMEC)

1-3-5 調査期間および調査量

1) 現地調査

平成 10 年(1998 年)5 月 25 日(月)～7 月 24 日(金)

(既存データ解析・地質踏査)

Table I-1-1 Record of the survey

Item	Performance
Collecting & Analysis of existing data	No. of drillings: 41
Geological Survey	8 areas
Collecting samples	Rocks/Ores: 466 pieces

(2) 空中物理探査解析

平成 10 年(1998 年)5 月 8 日(金)～平成 10 年(1998 年)8 月 21 日(金)

空中磁気データ及び空中放射能データの解析

イロシン地区(Irosin Area) 測線長 3,000km

レガスピ地区(Legaspi Area) 測線長 1,250km

ティウイ地区(Tiwi Area) 測線長 1,350km

(3) 室内試験・総合解析・報告書作成

平成 10 年(1998 年)7 月 27 日(月)～平成 11 年(1999 年)3 月 24 日(水)

平成 11 年 3 月(1999 年) (結果報告会 ; 於フィリピン)

Table I-1-2 Laboratory Works

Item	Number of performance
Microscopic observation	
Thin sections	78 Pieces
Polished thin sections	14 Pieces
X-ray diffraction examination	205 samples
Geochemical analysis	
Ore grade assay (FA+AA+ICP, 22 elements)	8 samples
Trace level geochemistry (FA+ICP, 32 elements)	303 samples
Bulk chemical analysis (XRF)	25 samples
Fluid inclusion (Th & salinity)	20 samples
K-Ar Dating	16 samples

第2章 調査地域の地理

2-1 位置・交通

調査地域であるビコール半島は、フィリピンで主要な三つの島の中でも最も大きいルソン島南部に位置する。北はケソン州に接し、南はサンベルナディオ海峡、東は太平洋、西はラガイ水路とブリアス水路に面し、北緯12度30分～14度30分、東経122度15分～124度15分にある。調査地域は、1972年の大統領令による統合改革計画の中で第5行政区に含まれる。この行政区は6つの州から成り、調査地域はこれらのうち北から、カムリネスノルテ州、カムリネススール州、アルバイ州、ソルソゴン州の4州を含む地域である。(Fig. I-2-1)

レガスピ市は第5行政区の中心である。二つの航空会社が定期的に首都マニラと同国第二の都市セブの間を結んでいる。他にはカムリネスノルテ州のダエット、カムリネススール州のピリに航空サービスがある。調査地域の全ての州都と首都マニラとは公営バスで結ばれている。その他域内の町村へは、それぞれの州都からバスやジープニーが走っている。大部分のバランガイ(フィリピンにおける最小行政・社会単位)へは公営ジープか4輪駆動車で行くことができるが、所によってはエンジン付きボート、あるいはバンカーボート(フィリピンの伝統的ボート、簡易エンジンがついてるものとないものがある)で海岸伝いに辿りつかなければならない所もある。鉄道は首都マニラから、カムリネススール州のナガ市まで伸びていて、将来改修工事が完成すればレガスピ市まで開通できる予定である。鉄道は整備・管理が悪く、貨物輸送、人員輸送共に、一部を除いて利用されていない。

2-2 地形

第5行政区の土地面積は17,632km²で、調査地域はその68.5%をカバーしている。調査地域のビコール半島は、東部と西部が山や丘陵で覆われ、中央部は緩やかな地形となっている。第5行政区の55%は傾斜0～18度の緩やかな傾斜地であり、堆積平地、山麓、沖積平野、谷等である。残り45%は18度以上の傾斜で、概ね山丘である。調査地北部の方が、南部と比較し傾斜が急である。

本調査地域には、2つの活火山、1つの休火山およびいくつかの死火山が半島の北から南に連なっている。活火山は北からアルバイ州のマヨン火山、ソルソゴン州のブルサン火山であり、休火山はカムリネススール州のイリガ山で、その他の死火山は次の通りである。

火山名	位置(州)
ラボ山	カムリネスノルテ州
バガカイ山	同上
イサログ山	カムリネススール州

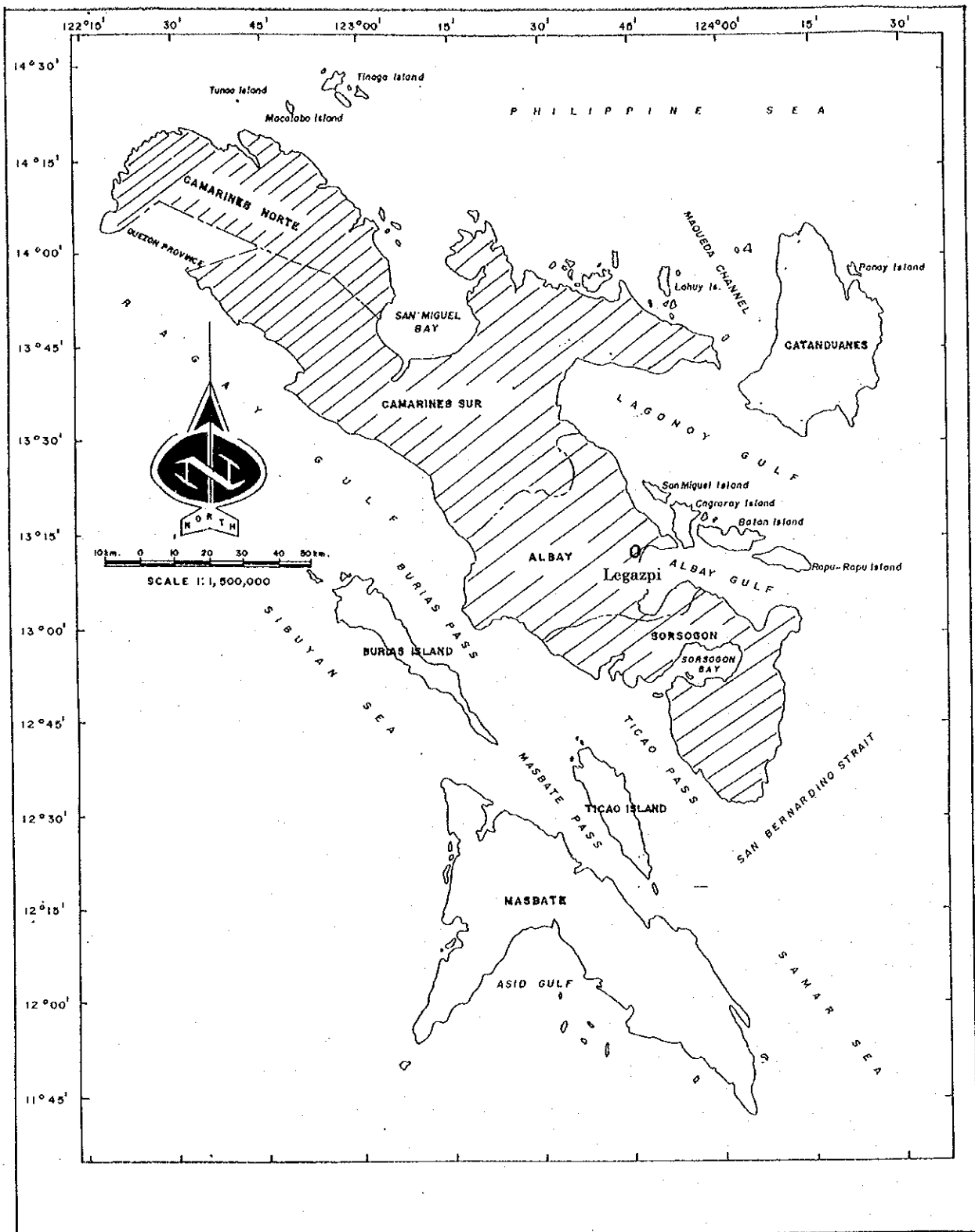



Figure I-2-1 Administrative Map of Region-V

 Survey area

マリナオ山	アルバイ州
マサラガ山	同上
マニト山	同上
ガテ山	ソルソゴン州

2-3 水系

ビコール半島には多数の川が流れている。調査地域に下記のような河川流域が存在する。

Table I-2-1 Major River Basins

River Basin (RB)	Province	Drainage Area (sq. Km)	Estimated Annual Runoff (MCM)
Daet-Basud	Camarines Norte	270	365
Labo	Camarines Norte	913	1235
Bicol	Camarines Sur	3771	5102
Kilbay	Camarines Sur	285	386
Lagonoy	Camarines Sur	228	308
Ragay	Camarines Sur	188	254
Sipocot	Camarines Sur	447	605
Tambang	Camaines Sur	164	222
Tinalmod	Camarines Sur	119	161
Quinale	Albay	103	139
Banuang Duan	Sorsogon	46	62
Cadacan	Sorsogon	197	266
Donsol	Sorsogon	396	536
Fabrica	Sorsogon	56	76
Matnog	Sorsogon	63	85
Ogod	Sorsogon	122	165
Putiao	Sorsogon	188	254
		7556	10221

河川流域面積で大きい順に五つ並べると、①ビコール川流域（年間流量約 51 億立米）、②ラボ川流域（年間流量約 12.4 億立米）、③シポコット川流域（ラボ山の南を流れ、ナガ市の近くでビコール川に注ぐ、年間流量約 6 億立米）、④ドンソル川流域（西に向って流れ、ティカオ水路に注ぐ、年間流量約 5.4 億立米）、⑤キルバイ川流域（西に向って流れ、ラガイ湾に注ぐ、年間流量約 3.9 億立米）となる。キナレ川はマヨン火山の西を流れ、バト湖に注ぎ、さらにそこよりビコール川に注ぎ出で、最後はサンミゲル湾に流れ出す。

2-4 気候

コロナ気候分類法でいくと、第 5 行政区には第 II 型、第 III 型および第 IV 型の 3 タイプの気候がある。(Fig. I-2-2, Fig. I-2-3)

第 II 型気候は、乾期が無く、12 月と 1 月に非常に著しい雨期を持つ気候である。半島

の太平洋側に面した所で、カマリネスノルテ州、カタンドウアネス島をも含む。

第 III 型気候は、非常に著しい乾期と短い雨期を持つ気候である。マスバテ島他半島の西方の島々が含まれる。

第 IV 型気候は、熱帯性台風発生時の異常降雨を除いて、年間を通じて雨量が大体一定している気候である。カマリネススール州西部からソルソゴン州西部にかけての地域が含まれる。

フィリピン大気・地球物理・天文科学本部 (PAGASA) によると、この国の降雨の大部分は熱帯性台風の発生時に生じている。他の降雨原因は南西、北西季節風、内陸部の熱気流上昇等である。PAGASA 発表の第 5 行政区の各州の年間降雨量は次のとおりである。

州名	期間	年間降雨量
カマリネスノルテ州	1974～1976 年	3,845mm
カマリネススール州	1977～1994 年	2,276mm
アルバイ州	1972～1976 年	3,317mm
ソルソゴン州	1972～1988 年	2,451mm
以上調査地域内 (北から)		
カタンドウアネス州	1968～1996 年	3,094mm
マスバテ州	1983～1988 年	1,616mm

PAGASA によると、6 月から 1 月の間の高い雨量は、これらの期間に国土を襲う熱帯性台風によるものである。

調査地域全体の地上の風向は北東が支配的であるが、10 月から翌年 4 月までの間、特に顕著に北東の季節風が吹く。

PAGASA の 1951 年～1985 年間の記録によると、最も暑い月は、5 月と 6 月で、気温は摂氏 28.1～29.4 度、最も寒い月は 1 月と 2 月で、気温は摂氏 20.8～25.3 度である。

地域の平均湿度は 82% であり、国土全体と比べて同程度である。高い湿度は、国土を吹き抜ける暖かい湿度の高い空気の流れ・周囲の海・豊かな植生・地域が受ける豊富な雨等による。

1990 年から 1996 年間に、第 5 行政区で、61 個の熱帯性台風の発生をみた、そのほとんどは第 4 四半期 (10 月～12 月) に集中している。フィリピン共和国を通過した台風の数は、年平均 9 つであり、このうち 2 つはビコール地域を通過している。

2-5 植生

本調査地域は、年間を通じて降雨の多い地域であり、植物が良く生育している。ただ、原生林が繁茂する状況ではなく、多くは農耕に使われ、ヤシ林がどこにでも広がっている。

ランドサット衛星画像を見ると、調査地域一帯が植生に覆われ、地表の反射スペクトルを利用した変質帯抽出等のリモートセンシング技術の適用は困難である。

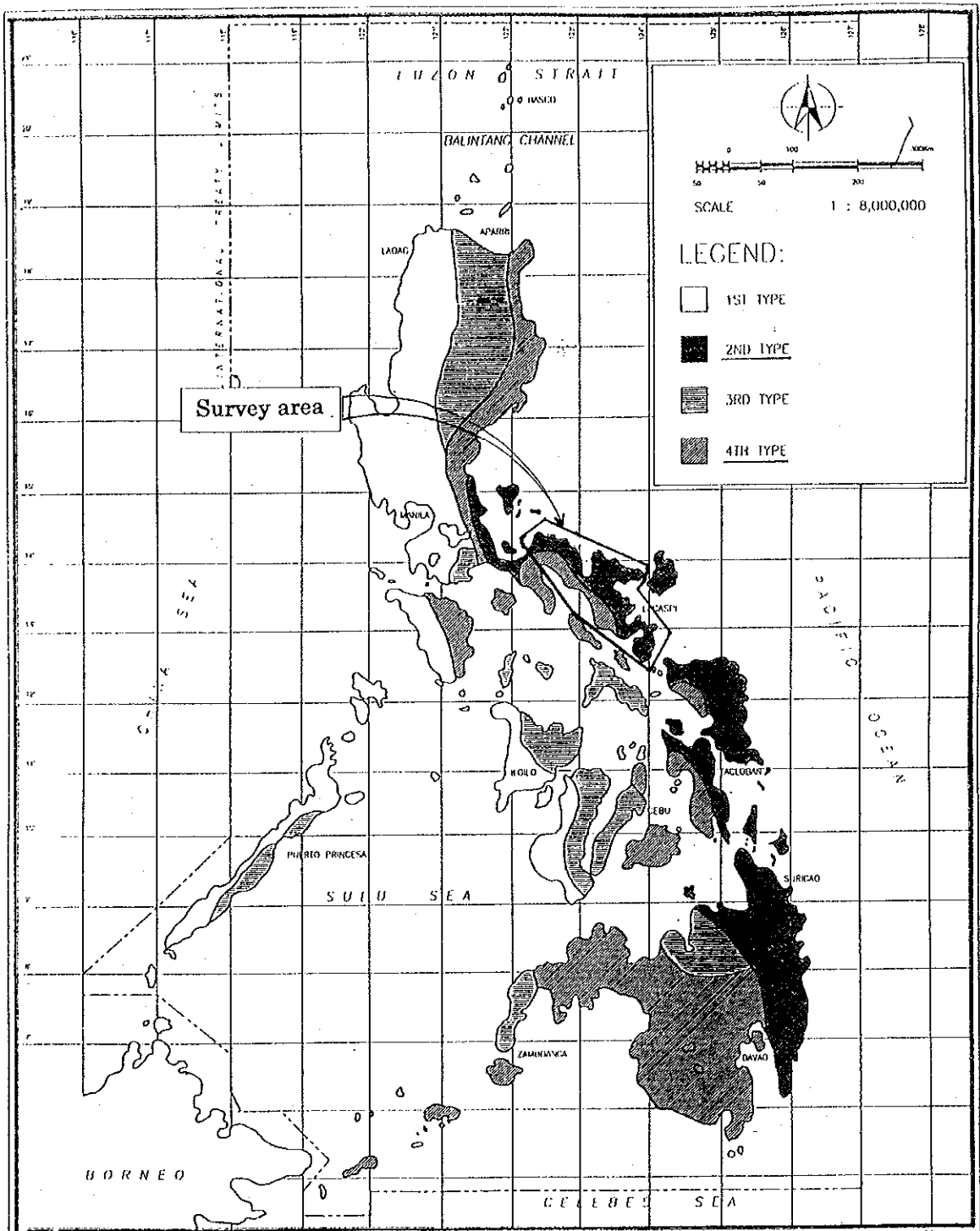


Figure I-2-2 Climate of the Philippines
classified according to Coronas (1920)

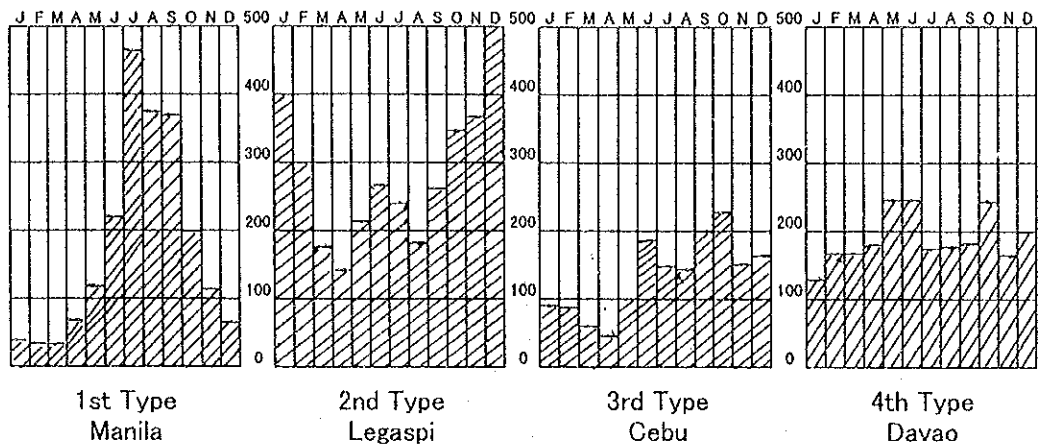


Figure I-2-3 Types of monthly distribution of rainfall

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 ビコール地域の地質概要

ビコール地域の地質図を Fig. I-3-1 および付図 1 に示す。本図は、以下の公表されたマップを参考にコンパイルしたものである。

- ・ Geologic Map of Bicol Region (1:250,000) by BMG Regional Office V
- ・ Geological Map Quadrangles (1:50,000) of Sheet No. 3462-I, II; 3560-I; 3561-I, II, III, IV; 3562-I, II, III, IV; 3563-II, III; 3659-I, II; 3661-I, II, III, IV; 3662-II, III; 3761-I, II, III, IV
- ・ Geological and Geochemical Interpretation Map of Catanduanes Island (1:250,000) /The Cooperative Mineral Exploration by JICA/MMAJ-MGB, 1993-1995
- ・ David S. D. Jr., et al., 1996, Geology, Geochemistry, Geochronology and Structures of the Ophiolites in Southeastern Luzon, Philippines. Jour. Soc. Geol. Phil. v.LI, p.115-129

ビコール地域の地質層序について、包括的にまとめられたものには、Bureau of Mines and Geosciences (1982)がある。また、現在、本書の1996年改訂版として、その編集作業が進められている(LGD GOP Editorial Team, 1996:Geological and Mineral Resources of the Philippines, volume I (First Draft); 以下 Draft (1996)として引用する)。現在まだドラフト段階であるが、本書は、最新のデータに基づいた記載がなされている。したがって、以下の記載は、Bureau of Mines and Geosciences (1982)およびDraft (1996)の内容を簡略化して示すこととする。より詳しくは、Phase I 報告書を参照されたい。

ビコール地域は、層序的特徴によって次の4ブロックに分ける説明されている。

- ①ケソン - カマリネスノルテ(以下ビコール北)
- ②カラモアン半島(以下カラモアン)
- ③カグラライ島 - ラプラブ島(以下カグラライ)
- ④ビコール半島南部(以下ビコール南)

各ブロックの層序を、Fig. I-3-2 に、また、既存調査の層状との対比を各ブロック毎に、Fig. I-3-3~Fig. I-3-6 に示す。

3.1.1 ビコール地域の火山岩および堆積岩

(1) ジュラ系~下部白亜系

オフィオライト(ジュラ系~下部白亜系)

上記のブロックの基盤は、オフィオライトである。 ビコール北では、蛇紋岩化した超塩

Geologic Time				Camarines Norte	Caramoan Peninsula	Cagraray, Rapu-Rapu	Southern Bicol Peninsula
Era	Period	Epoch	Age				
Cenozoic	Quaternary	Holocene		Quaternary Alluvium	Alluvial Deposits		(Mt. Mayon, Mt. Blusan) (Pcodol Volcanics)
			Pleistocene	Late	Labo Volcanics	Isarog Volcanics	Tabaco Basalt
		Early					
		Pliocene	Late	Bagacay Andesite	Lahuy Formation	San Miguel Tuff	Talisay Fm.
	Early		Macogon Fm. Vinas Fm.				
	Miocene	Late	Santa Elena Formation	Del Pilar Formation	Bilbao Formation	Caracaran Siltstone Liguan Formation	Bicol Formation
		Middle	Tamisan Diorite Haracale Granodiorite				
		Early	Bosigon Formation				
	Oligocene	Late	Larap Volcanics	Tambang Point Diorite	Coal Harbor Limestone	Panganiran Diorite	Ragay Volcanics
		Early					
	Eocene	Late	Universal Formation	Caramoan Formation	Sula Formation	Pantao Limestone	
		Middle		Gujalo Limestone			
		Early					
	Paleocene	Late					
		Early					
	Mesozoic	Cretaceous	Late	Tigbinan Formation	Pagsangahan Formation / Garchitorena Formation	Libog Formation	
			Early	Ophiolite	Lagonoy Ophiolite	Ophiolite	Ophiolite
		Jurassic					

Fig. I-3-2 Generalized Stratigraphy of Bicol Area

Geologic Time				Miranda and Caleon (1979)	BMG (1982)	This Report
Era	Period	Epoch	Age			
Cenozoic	Quaternary	Holocene		Alluvial Deposit	Quaternary Alluvium	Quaternary Alluvium
		Pleistocene	Late	Terrace Gravel Dep.	Terrace Gravel	Labo Volcanics
			Early	Labo Volcanics	Labo Volcanics	
	Pliocene	Late	Bagacay Andesite	Bagacay Andesite	Bagacay Andesite	
		Early	Macogon Fm.	Macogon Fm.	Macogon Fm.	
			Vinas Fm.	Vinas Fm.	Vinas Fm.	
	Miocene	Late	Conglomerate, Sandstone Siltstone, Shale and Limestone	Santa Elena Formation	Santa Elena Formation	
		Middle	Diorite and related rocks	Tamisan Diorite	Tamisan Diorite	
		Early	Cgl., Sh., Arkose, Ls., Basaltic flows, Volc. Wackes, shale and chert	Bosigon Formation	Bosigon Formation	
	Oligocene	Late	Larap Volcanics	Larap Volcanics	Larap Volcanics	
		Early	Paracale Granodiorite	Paracale Granodiorite	Paracale Granodiorite	
		Eocene	Late	Universal Formation	Universal Formation	Universal Formation
	Middle					
	Early					
	Paleocene	Late	Universal Formation	Universal Formation	Universal Formation	
		Early				
	Mesozoic	Cretaceous	Late	Greywacke, Spillite, and Chert, Ls, Sh, Ss	Tigbinan Formation	Tigbinan Formation
			Early	Ultramafic Complex Schistose Sed. and Volcanic rocks	Ultramafic and Mafic Plutons	Schists and Quartz Diorite
		Jurassic				

Fig. I-3-3 Generalized Stratigraphy of Camarines Norte Province

Geologic Time				Miranda (1976)	BMG (1982)	David et al. (1994)		This Report			
Era	Period	Epoch	Age			Western Caramoan Structural Unit	Eastern Caramoan Structural Unit				
Cenozoic	Quaternary	Holocene		Alluvial Deposits	Alluvial Deposits			Alluvial Deposits			
		Pleistocene	Late	Terrace Gravel	Terrace Gravel	Isarog Volcanics		Isarog Volcanics			
			Early	Andesitic flows and pyroclastics	Isarog Volcanics						
		Pliocene	Late								
			Early								
		Tertiary	Miocene						Late	Taffaceous sandstone basalt and dacite flows	Lahuy Formation
	Middle			Conglomerate, volcanic wackes and limestone	Del Pilar Formation				Del Pilar Formation		
	Early										
	Oligocene		Late	Diorites and related stocks		Tambang Point Diorite	Tambang Point Diorite				
			Early								
	Eocene		Late	conglomerate, arkostic sandstone, coal, shale, and limestone		Gujalo Limestone	Caramoan Formation (Ragas Point Olistostrome (Tabgon Flysch))	Caramoan Formation			
		Middle	Guijalo Limestone				Guijalo Limestone				
		Early	Guijalo Formation								
	Paleocene	Late	Volcanic wackes, chert, shale, limestone, and basaltic flows	Garchitorena Formation							
		Early									
	Mesozoic	Cretaceous	Late	Ultramafic Complex	Ultramafics	Pagsangahan Fm.	Garchitorena Fm.	Pagsangahan Formation / Garchitorena Formation			
			Early	Grwc., Chert, Sh., spilitic basalt flows, limestone	Pagsangahan Formation	Lagonoy Ophiolite	Lagonoy Ophiolite				
		Jurassic		Schistose sedimentary and volcanic rock	Lagonoy Schist						

Fig.1-3-4 Generalized stratigraphy of Caramoan Peninsula

		Geologic Time			Corby et al. (1951) (Batan-San Miguel)	Corby et al. (1951) (Cagraray)	BMG (1982)	This Report	
Era	Period	Epoch	Age						
Cenozoic	Quaternary	Holocene							
		Pleistocene	Late						
			Early	Tabaco Basalt		Tabaco basalt	Tabaco Basalt		
		Pliocene	Late						
			Early	San Miguel Tuff			San Miguel Tuff	San Miguel Tuff	
		Tertiary	Miocene	Late	Casolgan Limestone			Casolgan Limestone	
	Middle			Camisog Sandstone			Camisog Formation		
				Bilbao Formation	Calicia ss.	Cagraray silt	Bilbao Formation	Bilbao Formation	
	Oligocene		Early	Caracaran Silt		Coal Harbor Limestone	Caracaran Siltstone	Caracaran Siltstone	
							Liguan Formation	Liguan Formation	
			Late	Liguan Formation			Coal Harbor Limestone	Coal Harbor Limestone	
	Eocene	Eocene	Early						
			Middle						
			Late				Rapu-Rapu Schist		
		Paleocene	Paleocene	Early					
				Late					
	Mesozoic	Cretaceous	Cretaceous	Early					
Late				Serpentine Basement Complex	Libog Volcanics	Libog Volcanics	Libog Formation		
Jurassic		Jurassic				Serpentinized Peridotite	Rapu-Rapu Diorite		
							Ophiolite		

Fig. I-3-5 Generalized Stratigraphy of Cagraray, Rapu-Rapu Area

Geologic Time				Corby et al.(1951) (Camarines Sur)	Corby et al. (1951) (Albay Mainland)	De Guzman (1963)	BMG (1982)	This Report	
Era	Period	Epoch	Age						
Cenozoic	Quaternary	Holocene				Alluvium	Quaternary alluvium	(Mt. Mayon, Mt. Blusan) (Pcodol Volcanics)	
		Pleistocene	Late		San Roque Tuff		Ligao Formation	Ligao Formation	
			Early	Caramoan Tuff					
		Pliocene	Late		Sorsogon Marl	Polangui Formation	Sorsogon F.	Polangui Volcanics	Polangui Volcanics
			Early	Nabua Formation			Ligao F.		
			Late		Malama Silt		Malama Silt. Paulba Ss. Aliang Silt. Talisay Ls.		
	Miocene	Middle		Sto. Domingo Shale	Paulba Sandstone	Bicol Clastic Formation	Bicol Formation	Bicol Formation	
					Aliang Silt Talisay Ls.				Ligao Ls./ Jovellan Silt.
		Early	Bicol Coal Measures						
						Talisay Limestone			
	Tertiary	Oligocene	Late	Ragay Volcanics	Daraga Formation	Panganiran Diorite	Panganiran Diorite	Panganiran Diorite	
			Early	Siramag Marble		Ragay Volcanics	Ragay Volcanics	Ragay Volcanics	
		Eocene	Late	Basement Complex	Basement Complex	Apud Limestone	Pantao Limestone	Pantao Limestone	
			Middle						
			Early						
		Paleocene	Late						
	Early								
	Mesozoic	Cretaceous	Late			Panganiran Ultramafics	Basement		
			Early					Ophiolite	
		Jurassic							

Fig. I-3-6 Generalized Stratigraphy of Southern Bicol Peninsula

基性岩とガブロが、Mt. Cadig, Paracale-Jose Panganiban 地域や、北東方の Guintinua 島などに分布する。

カラモアンの the Lagonoy Ophiolite は完全なオフィオライトシーケンスとして特徴づけられ、超塩基性岩（クロマイト層を伴うダナイト・パイロキシナイト・カンラン岩）・ガブロ（塊状およびキュムレイト相）・枕状玄武岩およびこれらを覆う堆積岩が観察される。オフィオライトは、カラモアン半島の北西部の Mt. Putianay・Lagonoy, および Tambang などで広く観察される。

カグラライでは、蛇紋岩化したカンラン岩が、Cagraray 島の南・Batan 島の北東端、および Rapu-Rapu 島に分布する。

ビコール南では、蛇紋岩化した輝石カンラン岩と輝岩からなる Panganiran 超塩基性岩 (De Guzman, 1963) が分布する。

(2) 上部白亜系

①ビコール北

Tigbinan 層 (上部白亜系)

Tigbinan 層は、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、およびアルコース質砂岩からなり、Bulala - Paraiso 地域の Tigbinan, Labo などにスラストシートとして産する。

Tigbinan 層に対比されると考えられているものは、次に記すカラモアン半島の Pagsangahan 層およびカタンドアネス島の Yop 層である。

②カラモアン

カラモアン半島に分布する上部白亜系には、Pagsangahan 層と Garchitorena 層とがある。これらは、Minas 断層によって接し、その西側に Pagsangahan 層が分布し、東側に Garchitorena 層が分布する (David et al., 1994)。

Pagsangahan 層 (上部白亜系)

Pagsangahan 層は、Guijalo から Lagonoy の北にかけての、カラモアン半島の東半分 に分布する。ワック・チャート・頁岩・スピライト質玄武岩～安山岩溶岩および珪質～魚卵状石灰岩の組み合わせからなる。石灰岩は、白色～灰色の塊状石灰岩から、赤色で層理が発達しチャートの挟みをもつ遠洋性石灰岩まで様々な岩相変化を示す。石灰岩は普通大理石化している。幾つかの試料からは、白亜紀後期を示す化石 *Globotruncana* が発見されている。

Garchitorena 層 (上部白亜系)

Garchitorena 層は、Miranda(1976)によって命名された。火山岩質ワック・チャート・頁岩・石灰岩および玄武岩溶岩のシーケンスは、カラモアン半島の北東部に分布し、Garchitorena から Tabgon の南まで広い範囲に分布する。本層は、以前は暁新世と考えられていた (BMG, 1982)。しかし、最近の研究は、挟まれる頁岩中のナンノ化石が白亜紀

の年代を示し、本層が後期白亜紀の時代をもつことが確認された (David, 1994)。集塊岩中の安山岩礫からは、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法によって、 $91.1 \pm 0.5 \text{ Ma}$ という年代値が得られている。

③カグラライ

Libog 層 (上部白亜系)

Libog 火山岩類と呼ばれる凝灰岩および一部溶岩・集塊岩が分布する (Corby et al. 1956; BMG, 1982)。David et al. (1996) では、本層は、カラモアン半島に分布する Pagsangahan 層あるいは Garchitorena 層と同時代ものとしている。

(3) 暁新統～始新統

①ビコール北

Universal 層 (上部暁新統～始新統)

Universal 層は、一部では先第三紀層を不整合に覆い、一部では先第三紀層に衝上している。また、上位層である Larap 火山岩類には、南部および東部で整合的に覆われる。本層は、Palacale - Jose Panganiban に分布し、Calambayungan 島の北の部分と Larap 半島にも露出する。本層は、広く変質作用を被り、Palacare 周辺の金鉱床、鉄鉱床およびポーフリー型銅鉱床の母岩となっている。トラカイティック凝灰岩の正長石および二次的な黒雲母の K-Ar 年代は、それぞれ $15.2 \pm 0.8 \text{ Ma}$ および $13.4 \pm 0.7 \text{ Ma}$ を示し、これらの時代は、中新世中期の熱水変質活動を反映していると考えられている (Mitchell and Leach, 1991)。

この層に対比される地層は、カラモアン半島に分布する始新世後期の Caramoan 層、やカタンドアネス島の Payo 層である。

②カラモアン

Guijalo 石灰岩 (中部始新統)

本石灰岩は、カラモアン半島東部の Guijalo の北から Caramoan の東に分布する。本岩石は、従来は Miranda (1976) および BMG (1982) によって Guijalo 層とされていた。しかし、David et al. (1994) は、Guijalo 層の一部とされていた砕屑岩と石灰岩は時代が異なることから、砕屑岩を Caramoan 層 (次節参照) とし、その石灰岩を Guijalo 石灰岩と呼んだ。ここでは、David et al. (1994) に従う。

本岩石は、Minas 岬の西で、Pagsangahan 層の火山岩と火砕岩を不整合に覆う。石灰岩は、クリーム色～灰色を呈し、一般に塊状で、藻類が多い石灰岩から生物砕屑性の石灰岩まで変化に富む。石灰岩中の大型有孔虫の年代決定は、Upper Lutetian - Lower Bartonian を示し、始新世中期に当たる。

Caramoan 層 (中部始新統～上部始新統)

本層は、David et al. (1994) によって、北は Tabgon から半島の北部の Ragas 岬まで、南は Minas から Rungus 岬まで露出するタービダイトシーケンスおよびオリストストロームユニットに対して名づけられた。Caramoan 層は、次の二つの部層からなる。すな

わち、Tabgon フリッシュおよび Ragas Point オリストストロームである。

Tabgon フリッシュの頁岩層の挟みから抽出したナノ化石は、始新世中期の終わりから始新世後期の始めの年代を示す。

Ragas 岬 オリストストローム - カラモアン半島の東端の大部分に分布し、南は Guijalo から Rungus 岬まで、北は Bikal から Ragas 岬まで分布する。本オリストストロームには、石灰岩・安山岩・火山砕屑岩などの様々な種類の、様々な大きさのブロック～礫が、頁岩質マトリックス中に観察される。石灰岩オリストリスには、その有孔虫化石から白亜紀を示すもの、および上記 Caijalo 石灰岩と同じ始新世中期を示すものが存在する。

オリストストロームのマトリックスのナノ化石から、中新世中期の終わりから始新世後期の始めころの時代が示されている。

③カグラライ

Sula 層 (中部始新統)

本層は、Libog 層を整合的に覆う地層として Corby et al. (1956) によって命名された。本層は、おもにカグラライ島の南西部に分布するが、同島の東部およびバタン島の西海岸にも分布する。おもに塊状の化石を含む石灰岩からなる。Sula 層の時代は、Corby et al. (1956) によって、有孔虫化石から始新世とされた。化石群に基づくと始新世中期が妥当と考えられている (Draft, 1996)。

④ピコール南

Pantao 石灰岩 (始新統)

本石灰岩は、アルバイ州の南西側海岸沿いの Caorasan から Pangniran にかけて、北西-南東のトレンドをもって点在する。本石灰岩は、Panganiran 半島では先第三系の基盤岩類を不整合に覆い、Ragay 火山岩類 (後述) 分布域の中心部に配列している。本石灰岩は、層理が薄く、再結晶しており、密な割れ目が発達する。割れ目は、方解石で充填される。化石群の年代は、始新世を示す (BMG, 1982)。

(4) 漸新統

①ピコール北

Larap 火山岩類 (漸新統)

Larap 火山岩類は、Universal 層を不整合に覆い、上位の Bosigon 層に傾斜不整合で覆われる。岩石は、角礫化した安山岩・凝灰角礫岩・安山岩質およびトラキティックな結晶質凝灰岩・火山礫凝灰岩・溶結凝灰岩からなる。

③カグラライ

Coal Harbor 石灰岩 (上部漸新統～下部中新統)

本石灰岩は、Corby et al. (1956) によって命名された。カグラライ島の中央部からカグラライ岬の南東に分布する。塊状で、ピンク色～黄褐色を呈する。Hashimoto et al. (1981) は、石灰岩中の有孔虫化石から本岩石の時代を漸新世後期～中新世前期とした。

④ビコール南

Ragay 火山岩類 (下部漸新統)

本岩石は Corby (1951) によって命名された。ビコール半島南西側海岸沿いの、Tinalmud から Panganiran (Pio Duran) までに点在する。本岩石の大部分は Panganiran 半島に分布する。本火山岩類は、安山岩溶岩および集塊岩からなり、Pantao 石灰岩を整合的に覆う。漸新世後期の Panganiran 閃緑岩によって貫入される。また、Pantao 石灰岩の層理中にそって、本火山岩が薄くシート状に貫入することがある。細粒～中粒斑状であり、淡緑色～明緑灰色を呈する。安山岩は、大部分熱水変質作用を被る。北北東～北東トレンドの断層が観察され、断層帯では、本岩石は強い剪断を受け、角礫化している。そのような場所では、本岩石は緑泥石化し、黄鉄鉱染がみられる。

(5) 中新統

①ビコール北

Bosigon 層 (下部中新統)

Miranda and Caleon (1979) は、礫岩・頁岩・アルコース砂岩・石灰岩・玄武岩質溶岩・ワッケ・凝灰岩質頁岩およびチャートのシーケンスがカマリネスノルテ州の Bosigon 川沿い、Labo に露出することを報告し、これらを Bosigon 層と呼んだ。

この層は、the Larap 火山岩を不整合に覆い、Santa Elena 層に不整合に覆われる。上部および下部層が識別されている。United Nations (1987) では、下部層を Tamisan 泥岩として Bosigon 層から区別している。

Sta. Elena 層 (上部中新統)

本層は、カマリネスノルテ州の Macogon-Kanapawan 道路、Sto. Tomas-Sta. Elena 道路沿いに露出する岩石およびケソン州の Kilbay Creek の上流に分布する岩石のグループに対して、Miranda and Caleon (1979) によって、Sta. Elena 層として報告された。Sta. Elena 層は、Bosigon 層を不整合に覆い、Vinas 層に整合的に覆われる。

これらは、礫岩・砂岩・シルト岩・頁岩および少量の石灰岩からなる。

②カラモアン

Del Pilar 層 (下部中新統)

本層は、Grachitorena の北西の Del Pilar 地域に小規模に分布する。本層は Garchitorena 層を不整合に覆う。本層は、礫岩・火山岩質ワッケおよび石灰岩からなる。

Lahuy 層 (中部～上部中新統)

Miranda (1976) よれば、本層は、砂岩・玄武岩・デイサイト溶岩の互層からなり、Lahuy 島および隣接する島 (BMG, 1982) に分布する。David et al. (1994) は、本層の岩相が Garachitorena 層のものと似ることから、これを Garachitorena 層に含めた。

③カグラライ

Liguan 層 (下部中新統)

バタン島の南部に沿って分布する。本層は以下の3部層からなる。すなわち、下位より Coast 石灰岩・Coal 層および Hill 石灰岩である。

Caracaran シルト岩 (下部中新統)

本層は、Corby et al. (1956) によって、バタン島の Caracaran 川沿いに分布するシルト岩に対して命名されたものである。石灰岩および石炭層を挟む。

Bilbao 層 (中部中新統)

Bilbao 層は、バタン島に分布し、下部石灰岩・Galicia 砂岩・石炭層および上部石灰岩からなる。下部石灰岩は、礫岩質のサンゴ石灰岩からなり、シルト岩や砂岩のレンズを挟む。Galicia 砂岩は、粗粒砂岩で一部礫岩質である。石炭層は、下部石灰岩の上に載り、褐色砂岩および石灰質頁岩中に石炭の薄い層を挟む。上部石灰岩は、Gaba と Kalanaga 湾の間に露出し、岩相は下部石灰岩に似る。

④ピコール南

Bicol 層 (下部-上部中新統)

本層はピコール半島南西海岸に沿って、北はカマリネスルの Caima 湾から、南はアルバイの Pantao の南東地域まで分布する。本層は、また、やや内陸側の Libon 南にも露出し、その分布は南東側の Legaspi 付近にも広がる。先第三系の基盤岩類を不整合に覆い、Talisay 層に不整合に覆われる。

本層は、次の4つの岩相に区分される。化石は、中新世前期-中新世後期を示す。本層の層厚は、1,200m で浅海に堆積したと考えられる。

(6) 鮮新統

①ピコール北

Vinas 層 (鮮新統)

ケソンの Calauag の北方の San Lorenzo 付近およびカマリネスノルテの Daet の西方に分布する。本層は、層理が未発達な砂質石灰岩、石灰質砂岩と頁岩との互層、および石灰岩・礫岩基底層からなる (Espiritu and others, 1968)。本層の厚さは、475m である。本層の堆積時代は、化石から鮮新世と考えられている。

Macogon 層 (鮮新統)

本層の名前は、Miranda and Caleon (1979) によって、Kanapawan-Macogon 道路沿いに露出する岩石に対してつけられた。本層は、Daguit 南部の Bosigon 川と Palall 川沿いに分布する。Sta. Elena 層を整合に覆い、Bosigon 層を不整合に覆う。本層は、火山砕屑岩と黒色の凝灰質頁岩および玄武岩溶岩からなる。火山砕屑岩は、本層の上部に存在し、デイサイト質である。これは枕状玄武岩および玄武岩質火砕岩に覆われる。本層は、Nalesbitan 鉱床の母岩となっている (Angeles et al., 1987; Sillitoe et al., 1990)。本層の時代は、鮮新世と考えられている (BMG, 1982)。

Bagacay 安山岩 (鮮新統)

Bagacay 安山岩という名前は、Meek et al., (1941)によって、Paracale の南東の Mt. Bagacay に広く分布する塊状あるいは火砕岩状の安山岩に対して用いられた。本岩石は、灰色～暗灰色マトリックス中に角閃石斑晶を持つ安山岩である。本岩石は、鉍脈型金鉍床の母岩ともなっており、黄鉄鉍化および緑泥石化が断層沿いに観察される。本岩石の時代は、鮮新世と考えられている。

③カグラライ

San Miguel 凝灰岩 (鮮新統～更新統)

San Miguel 凝灰岩は、San Miguel 島の南海岸に分布する海成堆積物の薄層からなる。下部は砂岩層を伴う凝灰質頁岩、上部は砂岩を主体とする。これらは、上位に向かって玄武岩質の溶岩および集塊岩からなる Tabaco 玄武岩に漸移する。

④ビコール南

Talisay 層 (上部中新統～鮮新統)

本層は、以前に Corby et al., (1951)によって Albay Group と名づけられた。この名前は Bureau of Mines Petroleum Division (1966, 1975)および BMG (1982)にも採用された。しかし、de Guzman (1963)はこれを層群から層へとランクを下げ、Talisay Basin 層という名で呼んだ。

本層は、ビコール半島南西側海岸沿の広い範囲に分布する。走向は、北西-南東方向で、海岸線の方向とほぼ平行である。アルバイ向斜と呼ばれる緩やかな向斜構造を示す。本層は、下位から順に Talisay 石灰岩、Aliang シルト岩、Paulba 砂岩および Malama シルト岩からなる。最下位層である Talisay 石灰岩は、上部中新統に分類され、その他の上位層は鮮新統に分類される。

(7) 更新統

①ビコール北

Labo 火山岩類 (更新統)

本火山岩類は Miranda and Caleon (1979)によって命名された。本火山岩類は Mt. Labo およびその周辺に広く分布する。鮮新統を整合に覆う。

本火山岩類は、安山岩溶岩およびデイサイト溶岩の互層からなり、凝灰岩などの火山碎屑岩層を挟む。安山岩は、少量の角閃石斑晶と斜長石斑晶を含み、多孔質な凝灰質～ガラス質マトリックスをもつ。デイサイトは、粗粒の斜長石斑晶、黒雲母斑晶と少量の石英斑晶をもつ。安山岩およびデイサイトは、断層に沿って珪化・脱色している。火山碎屑岩は、Mt. Labo の周辺に分布し、新鮮なところでは明緑灰色～灰色を呈し、風化すると赤褐色となる。凝灰岩層には、角閃石・黒雲母および斜長石の斑晶片を持つものがある。火山碎屑岩のなかには、層理が良く発達し、しばしば斜交層理を示すものがある。

②カラモアン

Isarog 火山岩類 (鮮新統～更新統)

カラモアン半島で最も若い地層は、Isarog 火山岩類である。これらは、塊状安山岩溶岩および火山砕屑岩との互層からなる。これらの岩石は、Mt. Isarog とその周辺の Tinambac にかけて分布し、Lagonoy オフィオライトや Tambang 閃緑岩を不整合に覆っている。安山岩は、節理が発達し、広範囲に珪化およびカオリン化が認められる。幾つかの露頭ではシリカに富む粘土とオパール質な岩石に変質している。火山砕屑岩の挟みは、安山岩の角礫～亜円礫を含む。本岩石は、鮮新世～更新世と考えられ、フィリピン trenches の沈み込みに関して形成されたと考えられる。

③カグラライ

San Miguel 凝灰岩および Tabaco 玄武岩は、鮮新統～更新統である。

④ビコール南

Ligao 層 (鮮新統—更新統)

Ligao という名前は、最初に Corby et al. (1951) によって、Ligao の Talisay 川に分布する石灰岩に対して用いられた。本層は、de Guzman (1963) によって Ligao 層と呼ばれた。彼は、Ligao レンジにある石灰岩と火砕岩の両方を含んで、そう呼んだ。本層は、Javellar から Dapdap にかけての広い範囲に分布する。本石灰岩は厚い層理からなり、塊状である。サンゴ礁石灰岩であり、白色～ピンク色を呈し、海岸沿いの崖を形成する。火砕岩は、石灰岩の下に位置し、また、石灰岩の挟みとしても産する。アルバイ北西部およびカマリネススルに分布するの Nabua 層 (Corby et al., 1951) の石灰質砂岩や Sorsogon 石灰質砕屑岩 (Corby et al., 1951) は、Ligao 層と同じ岩相と考えられる。本層の厚さは、約 500m であり、鮮新世～更新世と考えられている。

Polangui 火山岩類 (鮮新統—更新統)

この名は、Oas, Polangui, Ligao および Tabaco 付近に分布する火山岩類に対して、De Guzman (1963) によって命名された。本岩石は、火山砕屑岩および溶岩からなり、アルバイおよびソルソゴンの火山地域の地形を形成する。相対的に古い火山は Mt. Masaraga および Mt. Malinao で代表される。Mt. Mayon や Mt. Bulusan は、最も若い火山の代表である。Corby et al. (1951) の San Roque Tuffs は本層の岩相と考えられる。アルバイおよびソルソゴンに分布する火山岩類は、いまだ十分な調査がなされておらず、これらの火山層序は明確になっていないのが現状である。Bacon—Manito 地域に分布する火山岩類は、Poedol 火山岩類と呼ばれている (例えば Espiritu, 1979)。また、Mt. Bulusan を中心とするソルソゴン南部に分布する火山岩類は、イロシンカルデラ形成に関連して、カルデラ前火山岩類、カルデラ軽石流堆積物、後カルデラ火山岩類に分類されている (例えば Delfin et al., 1988)。

(8) 完新統

ビコール北の北西部～東部およびカラモアンの氾濫原や大河川を構成する沖積層は、淘汰が悪く未固結の土壌、粘土、シルト、砂、礫からなる。ビコール南の海岸および河川を

構成する沖積層は、砕屑岩、石灰岩、火山岩および閃緑岩の砕屑物からなる。

3.1.2 ビコール地域の貫入岩類

(1) 花崗岩類

① ビコール北

Paracale 花崗閃緑岩 (中部中新統?)

Jose Panganiban - Paracale に分布する Paracale Granodiorite (Meek et al., 1941; Frost, 1959) は、約 17km の長さで 4km の幅を持つ。本岩石は、蛇紋岩化した超塩基性岩中に貫入している。両者のコンタクトは、岩体の外側に向かって傾斜しており、岩体の北東側に比べ南西側の方が傾斜が大きい。本岩石の放射年代値は、Wolfe (1981) によって、ストックの黒雲母で 14.9Ma という K-Ar 年代が与えられ、中新世中期の時代を示すことが報告されている。United Nations (1987) は、 17.1 ± 0.9 Ma という黒雲母の K-Ar 年代を示し、Geary et al., (1988) は、 18.7 ± 0.4 Ma という $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代を得ている。

本花崗閃緑岩は、中粒～粗粒で、明灰色を呈し、アルバイト～オリゴクレス・正長石・黒雲母および石英が主要構成鉱物である。岩体の周縁部に沿って片麻状組織や顕著な葉理構造や線構造が認められる。葉理構造の方向は、岩体の外縁にはほぼ平行である。これらの葉理構造および線構造は、岩体の中央核部には認められていない。

Tamisan 閃緑岩 (中部中新統)

Tamisan 閃緑岩は、カマリネスノルテ Tamisan 地区の、Bosigon・Bayabas および Labo 川の支流に露出する石英閃緑岩につけられた名前である。本貫入岩は、角閃石閃緑岩～石英閃緑岩まで組成が変化する。関係火成岩類は、安山岩・閃長岩およびデイサイトポーフイリーがあり、これらは、ストック状・岩脈状およびシル状に産する。これらは、Universal 層、Larap 火山岩類および Bosigon 層に貫入し、中新世中期に侵入したと考えられ、接触交代型鉄鉱床および熱水鉱床を形成している。

石英閃緑岩は、中粒優白質斑状であり、石英・斜長石および普通角閃石を主要鉱物とするが、一部の角閃石は緑泥石化している。Tabas-Pinagbirayan 地域の角閃石閃緑岩は、細粒～中粒、斑状、淡灰色～緑色であり、角閃石が線状配列を示す。石英安山岩質斑岩は、Larap 半島の南東部ではストックとして産し、Calambayungan 入江では岩脈または岩床として産する。淡緑色・細粒～粗粒で石英・正長石および黒雲母を主要鉱物とする。磁鉄鉱は、副成分鉱物として一般的にみられる。

デイサイトポーフイリーは、Universal 層および Larap 火山岩類中に極めて小さなストックとして産する。石英・長石・黒雲母の斑晶をもつ。ただし、本岩石については、United Nations (1987) は、22 の小さなストックを発見し、本岩石の K-Ar 年代 (2.4 ± 0.3 Ma) から Tamisan 閃緑岩よりも若い時代の活動としている。

閃長岩は、Larap 半島に閃長岩ポーフイリーの岩脈～シルとして産する。Larap 鉱山の Bessemer ピットに露出する閃長岩と同じものと考えられている (United Nations, 1987)。

②カラモアン

Tambang Point 閃緑岩 (漸新統)

カラモアンの閃緑岩質の岩石は、Tambang Point 閃緑岩と呼ばれ、片岩および白亜紀～始新世の岩石に貫入する小岩体として産する。また、最大幅 10m 程度の岩脈および岩床としても産する。本岩は Tambang 岬・Tambang 川東岸および Magtan などのカラモアン半島の主に西側に分布する。最大の岩体は、Tambang 川東岸側に分布する。産地により組成は様々であるが、一般的には石英閃緑岩と角閃石閃緑岩に分類される。一般的には、石英閃緑岩は中粒・優白質・斑岩状であり、石英・曹長石質斜長石および角閃石の初生鉱物を有する。通常、斜長石は細粒の絹雲母に、角閃石は緑泥石に変質している。典型的な角閃石閃緑岩は、中～細粒、優黒質および斑岩状であり、常に暗緑色角閃石の斑点を有する。貫入年代は、漸新世前期と考えられている。

③カグラライ

Rapu-Rapu 閃緑岩 (上部白亜系)

ラブラブ島の南西海岸には、超塩基性岩に貫入する閃緑岩が観察される。本岩体は、塊状で、割れ目が発達している。中粒～粗粒で弱い珪化を被る。放射年代は、79Ma であり、同島で得られた Wolfe (1981) の 42Ma よりも古い値を示した。

④ビコール南

Panganiran 閃緑岩 (上部漸新統)

Panganiran 閃緑岩は、南部ビコール Panganiran 半島に分布する。岩体は、北西-南東方向に伸びる 3 列の岩体として産する。このうち北西側の岩体が最も分布面積が広く、Pantao 岬から Malacbalac まで連続する。Panganiran 閃緑岩は、角閃石閃緑岩と角閃石石英閃緑岩に大別される。さらに、角閃石閃緑岩は、細粒～斑状・半自形粒状のものと粗粒・半自形粒状～ペグマタイト状の 2 種類に分けられる。角閃石閃緑岩は、主要構成鉱物として中性長石と普通角閃石を有し、緑れん石・方解石・楔石および粘土鉱物を副成分鉱物として伴う。閃緑岩の多くの部分を占める斑岩状角閃石石英閃緑岩は、Panganiran 湾付近に分布する。これらの Panganiran 閃緑岩は、Ragay 火山岩類に貫入しており、貫入接触部では火山岩類にホルンフェルス化が観察される。Ragay 火山岩類中の断層に沿って貫入したと考えられる。

(2) 塩基性～超塩基性岩類

①ビコール北

ビコール北の塩基性～超塩基性岩類は、Cadig 山、Paracale-Jose Panganiban 地域および北東沖の島に分布する。褶曲した片岩や白亜系に衝上した岩体として産し、Paracale-Jose Panganiban 地域では Paracale 花崗閃緑岩により貫入されている。

蛇紋岩化した超塩基性岩類は、淡黄緑色～暗緑色を呈する。一般的には、剪断化および角礫化しており、繊維状の滑石・緑泥石や炭酸塩鉱物が割れ目を充填している。完全に風

化した超塩基性岩からは、黄色～赤褐色のラテライト性土壌が形成されている。カンラン岩は、他形粒状の輝石とカンラン石からなる。

②カラモアン

カラモアンの超塩基性岩は、Lagonoy オフィオライトシーケンスの一ユニットと考えられ、褶曲した片岩および白亜紀の Pagsangahan 層に衝上した強剪断化岩体として産する。Putianay 山および Tambang 南東部に分布する。Lagonoy の北では、E-W 方向の横ズレ断層に沿って小岩体が点在する。主に淡黄緑色～暗緑色であり、一部は暗青緑色、暗緑灰色または淡褐色である。主要な岩石は、カンラン岩・ハルツバージャイトおよび輝岩であり、これらにハンレイ岩・ダナイトおよびクロム鉄鉱層が挟在する。これらの岩石は、通常完全に蛇紋岩化し、剪断化および角礫化している。カラモアン半島に分布する超塩基性岩は、熱水変質作用を覆っており、鉄・コバルトを含むニッケル含有ラテライトが厚く覆っている。

③カグラライ

カグラライの超塩基性岩は、蛇紋岩化したカンラン岩であり、変成岩類に貫入している。Batan 島の3カ所、Cagraray 島の南海岸および Rapu-Rapu 島の西部に露出する。岩体周辺部では、角礫化、剪断化している。カンラン岩は暗色・他形粒状～斑状である。斑状カンラン岩では、斜方輝石・カンラン石および単斜輝石からなる細粒基質中に斜方輝石斑晶が見られる。輝石は主にエンスタタイトであり、岩石の約60%を占める。

④ビコール南

ビコール南の Panganiran 超塩基性岩は、レンズ状または不調和な形状であり、蛇紋岩化した輝石カンラン岩および輝岩からなり、衝上岩体として産する。Maragondong から北西方向に延びる Panganiran 川に沿って分布する。

3-2 ビコール地域の鉱床・鉱徴地

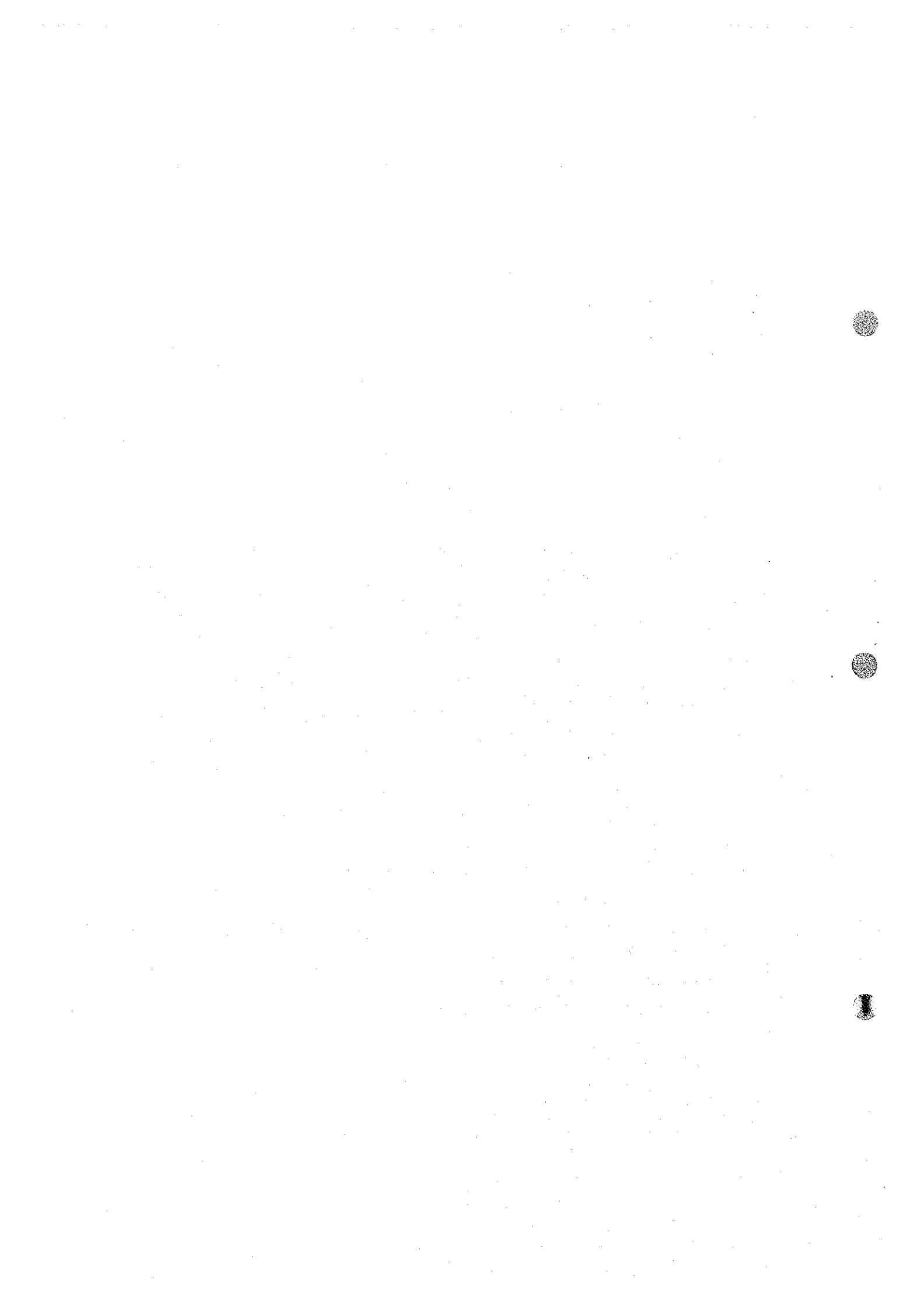
ビコール地域の鉱床・鉱徴地分布図を Fig. I-3-7 および巻末付図 2 に示す。

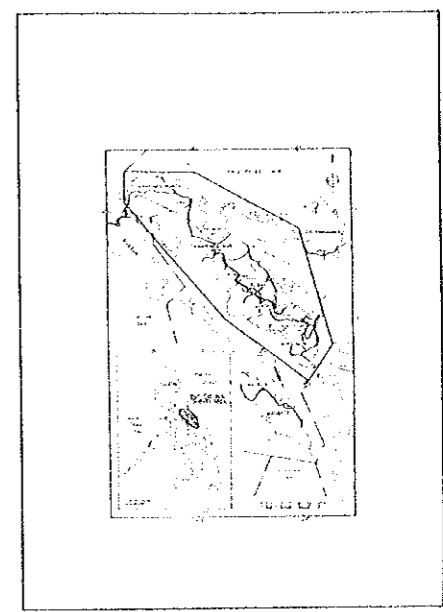
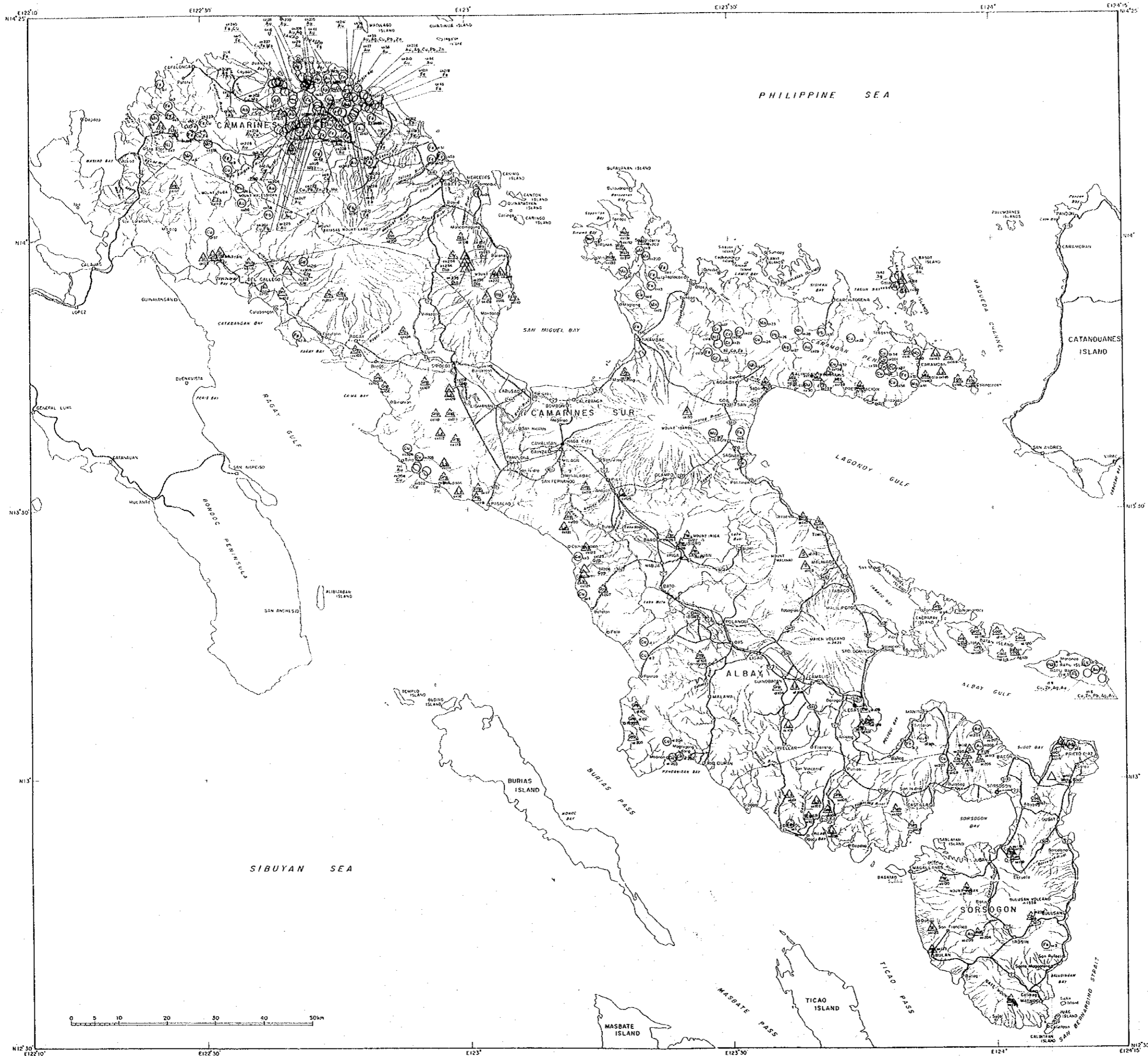
Fig. I-3-7 および巻末付図 2 は、主に次の既存データをもとに作成した。

金属鉱床・鉱徴地については、文献上、地化学異常が認められる地点があれば、これも Fig. I-3-7 上にもプロットした。

- ・ Bureau of Mines and Geosciences, Region V 発行の縮尺 1:250,000 の MINERAL POTENTIAL OF THE BICOL REGION
- ・ Bureau of Mines and Geosciences(1986)
- ・ 金属鉱業事業団資源情報センター(1997)
- ・ JICA/MMAJ (1985)

ビコール地域では、金属鉱床が密集するカムリネスノルテについては、Mitchell and Leach (1991), United Nations (1987) および Frost (1959, 1965) などの包括的な記載が





Scale 1:250,000
 Fig. I-3-7 Location map of ore deposits, mineral showings, and geochemical anomaly in the Dicol Area

- LEGEND**
- Chartered city
 - ⊙ City capital of province
 - ⊕ Capital of province
 - ⊖ Municipality or municipal district
 - Barangay
 - Railroad
 - Provincial boundary
 - First and second class road
 - Route markers - National
 - Route markers - Provincial
- Keys**
- prospect
 - Metallic Mineral Resources
 - △ Non-Metallic Mineral Resources
- metallic resources**
- Pg Silver
 - Al Aluminum
 - Au Gold
 - Co Cobalt
 - Cr Chromium
 - Cu Copper
 - Fe Iron
 - Hg Mercury
 - Mn Manganese
 - Mo Molybdenum
 - Ni Nickel
 - Pz Lead
 - U Uranium
 - Zn Zinc
- non-metallic resources**
- Bnt Bentonite
 - Ccl China Clay
 - Cly Clay
 - Coal Coal
 - Eia Diatomaceous Earth
 - Fcl Fly Ash
 - Fd Feldspar
 - Gnp Gypsum-Phosphate
 - Gyp Gypsum
 - Kao Kaoline
 - Li Limestone
 - Mt Marble
 - Per Perlite
 - Pum Pumice
 - Py Pyrite
 - S Sulfur
 - Sl Silica
 - Wcl White Clay

Fig. I-3-7* Location map of ore deposits, mineral showings, and geochemical

