No. 5

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

総括報告書

平成14年3月

JICA LIBRARY
J1168592[2]

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
J R
02-028

JICA
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
総括報告書
平成14年3月
国際協力事業
金属鉱業事業

118
66.1
MPN

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

総括報告書

平成14年３月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

1168592(2)

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，地質調査，地化学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 11 年７月から平成１４年３月にわたり実施し，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。

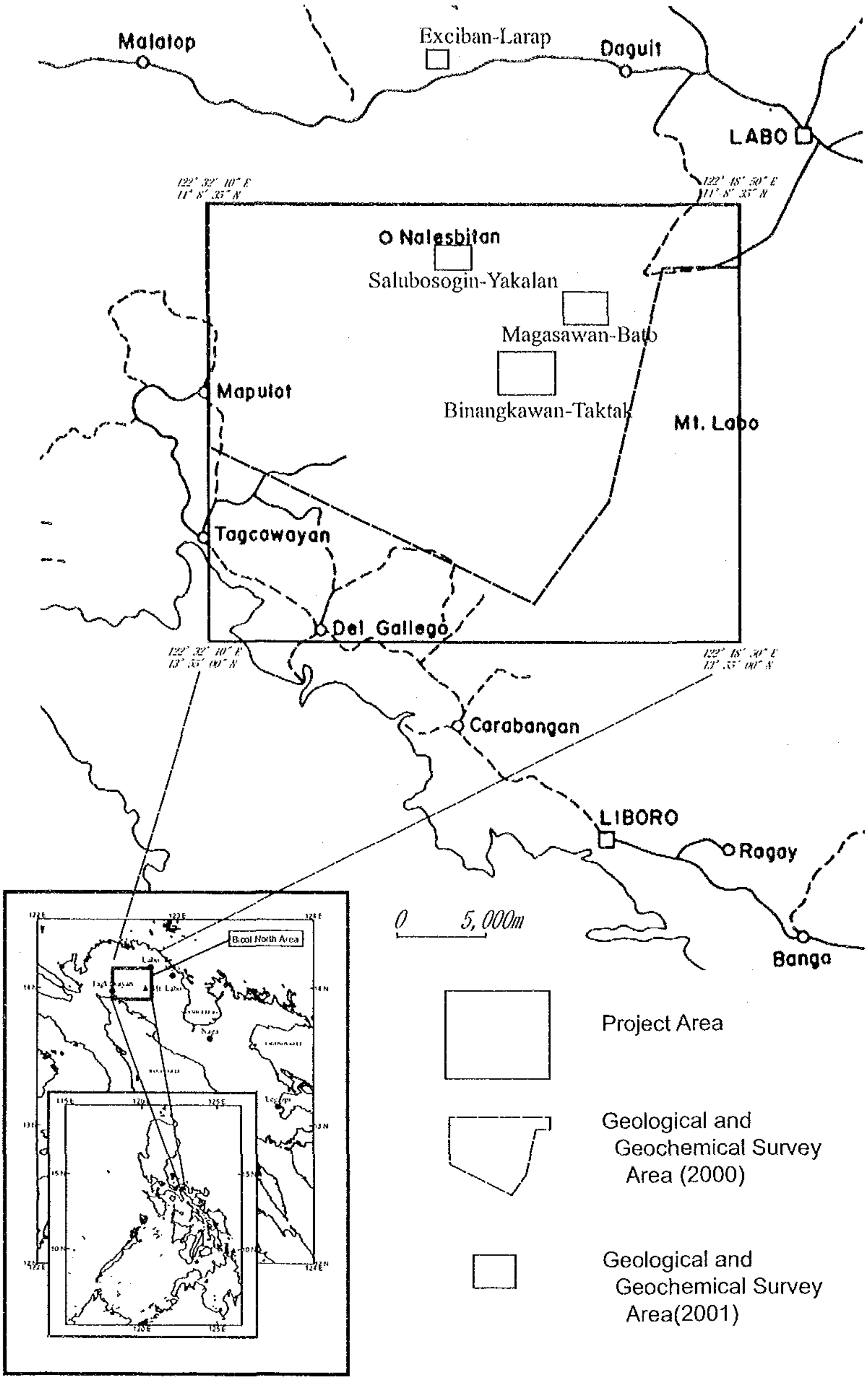
本報告書は，３ヵ年の調査結果を取りまとめたもので，最終報告書となるものである。

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 14 年３月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁　川 上 隆 朗

金 属 鉱 業 事 業 団
理事長　松 田 憲 和



Location map of the geological and geochemical 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^2 の範囲からなる地域である。

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。調査地北部にはポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床と思われる Exciban-Larap 鉱徴地がある。それらと類似の鉱床賦存ポテンシャル評価のため，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が行われた。第2年次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変質帯を抽出した。第3年次は，第2年次で選定された変質帯に Exciban--Larap 鉱徴地を加え，Salubosogin-Yakalan，Binangkawan-Taktak，Magasawan-Bato 並びに Exciban-Larap の各4地区で地質調査，土壌の地化学探査精査を実施した。

本調査地域の変質帯と鉱徴地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。調査地北部に位置する Exciban-Larap 鉱徴地にはポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床を伴う。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した。また地化学探査や地化学探査精査によって，これらの変質帯に関連した地化学異常が検出された。

第2年次調査で抽出され未探査な地域においては，地化学探査精査及びボーリングによる評価が，第3年次に実施した各変質帯においては，浅熱水性鉱床の Au の地化学異常を対象とした最終評価が，また Exciban-Larap 鉱徴地においては金･銅鉱床の地化学異常を対象とした最終評価が今後必要と考えられる。3カ年の広域を対象とするこれらの情報を総合的に検討した結果，下記の8地域が探鉱余地があり，有望地域として最終的に選定された。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
Alawihaw 変質帯－低硫化系浅熱水性鉱床
Salubosogin-Yakalan 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床
Magasawan-Bato 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床？
Binangkawan-Taktak 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床
Exciban-Larap 鉱徴地－ポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床

目　次

はしがき
調査位置図
要　約
目　次

第Ⅰ部　総　論
第１章　調査概要……1
1-1　調査地域及び調査目的……1
1-2　調査方法及び調査量……1
1-3　調査機関及び調査員……5
1-4　各年次の調査結果……5
第２章　従来の調査……7
2-1　調査の経緯及び既往調査結果……7
2-2　調査地域周辺の地質概要……8
第３章　調査地域の状況……8
3-1　位置及び交通……8
3-2　地形及び水系……8
3-3　気候及び植生……9
第４章　結論及び提言……9
4-1　結　論……9
4-2　将来への提言……10
第Ⅱ部　各　論
第１章　調査地域の地質……13
1-1　地質概要……13
1-2　地質各論……13
1-2-1　火山岩及び堆積岩……13
1-2-2　貫入岩類……15
1-3　地質構造……15
1-4　鉱床・鉱化作用……19
1-4-1　Kilbay 川流域の変質帯と鉱床……19
1-4-2　Bosigon 川流域の変質帯と鉱床……25
1-4-3　Labo 川流域の変質帯と鉱床……27
1-4-4　Exciban-Larap 地域の変質帯と鉱床……29
第２章　空中物理探査……30
2-1　測定地域及び測定仕様……30
2-2　空中物理探査解析結果……30
2-3　まとめ……41

第３章　地化学探査……42
3-1　方　法……42
3-2　河床堆積物探査結果……42
3-2-1　BLEG 法……42
3-2-2　河床堆積物地化学探査……42
3-3　まとめ……51
第４章　地化学探査精査……54
4-1　方　法……54
4-2　土壌地化学探査精査結果……55
4-2-1　Salubosogin-Yakalan　変質帯……55
(1)　地　質……55
(2)　地質構造……55
(3)　変質作用・鉱化作用……58
(4)　土壌地化学探査……61
4-2-2　Magasawan-Bato　変質帯……80
(1)　地　質……80
(2)　地質構造……80
(3)　変質作用・鉱化作用……85
(4)　土壌地化学探査……85
4-2-3　Binangkawan-Taktak　変質帯……107
(1)　地　質……107
(2)　地質構造……107
(3)　変質作用・鉱化作用……107
(4)　土壌地化学探査……112
4-2-4　Exciban-Larap　鉱徴地……131
(1)　地　質……131
(2)　地質構造……131
(3)　変質作用・鉱化作用……131
(4)　土壌地化学探査……136
4-3　まとめ……155
第５章　鉱化作用の総合検討……156
5-1　ビコール北部地域の地質構造，鉱化作用の特性と鉱化規制……156
5-2　有望地域のまとめ……156
第Ⅲ部　結論及び提言
第Ⅰ章　結　論……166
第Ⅱ章　将来への提言……167
参考文献……169
添付図表

図表一覧

Figures

Opening page Location Map of the Survey Area
Fig. I-1-1 Flow Chart of Exploration Program 3
Fig. I-1-2 Flow Chart of Selecting Promising Area 4
Fig. II-1-1 Landsat TM Bands 543 and L7 Pan Merged in RGB 14
Fig. II-1-2 Geologic Map of the Bicol North Area 16
Fig. II-1-3 Geologic Profile of the Bicol North Area 17
Fig. II-1-4 Schematic Geologic Column 18
Fig. II-1-5 Mineral Occurrences and Alteration Zones 20
Fig. II-1-6 Distribution of Alteration Minerals by X-ray Diffraction Analysis 21
Fig. II-2-1 Digital Terrain Model Image 31
Fig. II-2-2 Total Magnetic Intensity Reduced to Pole Image (TMI-RTP) 32
Fig. II-2-3 Total Count Gamma-ray Spectral Image 33
Fig. II-2-4 Potassium Gamma-ray Spectral Image 34
Fig. II-2-5 Uranium Gamma-ray Spectral Image 35
Fig. II-2-6 Thorium Gamma-ray Spectral Image 36
Fig. II-2-7 Ternary Gamma-ray Spectral Image 37
Fig. II-2-8 Geophysical Interpretation 40
Fig. II-3-1 Au and Cu Content of the BLEG Samples 43
Fig. II-3-2 Au and Ag Content of the Stream Sediments Samples 44
Fig. II-3-3 As and Cu Content of the Stream Sediments Samples 45
Fig. II-3-4 Hg and Mo Content of the Stream Sediments Samples 46
Fig. II-3-5 Pb and S Content of the Stream Sediments Samples 47
Fig. II-3-6 Sb Content of the Stream Sediments Samples 48
Fig. II-3-7 Z-01 and Z-02 PCA Score of the Stream Sediments Samples 49
Fig. II-3-8 Z-03 and Z-04 PCA Score of the Stream Sediments Samples 50
Fig. II-3-9 Distribution of Geochemical Anomaly of Stream Sediments Samples 53
Fig. II-4-1 Geologic Map of the Salubosogin-Yakalan Area 56
Fig. II-4-2 Geologic Profile of the Salubosogin-Yakalan Area 57
Fig. II-4-3 Whole Rock Analysis and Alteration Zones of the Salubosogin-Yakalan Area 59
Fig. II-4-4 Ore Assay, XRD and Fluid Inclusion Result of the Salubosogin-Yakalan Area 60
Fig. II-4-5 Probability Plot of the Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area(1)-(6) 64-69
Fig. II-4-6 Au Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 70
Fig. II-4-7 Ag Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 71

Fig. II-4-8 As Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area..72
Fig. II-4-9 Cu Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 73
Fig. II-4-10 Hg Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area..74
Fig. II-4-11 Mo Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area..75
Fig. II-4-12 Sb Content of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 76
Fig. II-4-13 Z-01 PCA Score of Soil Samples of the Salubosogin-Yakalan Area 77
Fig. II-4-14 Z-02 PCA Score of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 78
Fig. II-4-15 Geochemical Anomalies of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 79
Fig. II-4-16 Geologic Map of the Magasawan-Bato Area...81
Fig. II-4-17 Geologic Profile of the Magasawan-Bato Area 82
Fig. II-4-18 Whole Rock Analysis and Alteration Zones of the Magasawan-Bato Area 83
Fig. II-4-19 Ore Assay, XRD and Fluid Inclusion Result of the Magasawan-Bato Area....................84
Fig. II-4-20 Probability Plot of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area(1)-(6)...................... 88-93
Fig. II-4-21 Au Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 95
Fig. II-4-22 Ag Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 96
Fig. II-4-23 As Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area...97
Fig. II-4-24 Bi Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 98
Fig. II-4-25 Cu Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area...99
Fig. II-4-26 Hg Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area..100
Fig. II-4-27 Mo Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 101
Fig. II-4-28 Pb Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 102
Fig. II-4-29 Sb Content of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 103
Fig. II-4-30 Z-01 PCA Score of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 104
Fig. II-4-31 Z-02 PCA Score of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 105
Fig. II-4-32 Geochemical Anomalies of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 106
Fig. II-4-33 Geologic Map of the Binangkawan-Taktak Area 108
Fig. II-4-34 Geologic Profile of the Binangkawan-Taktak Area...109
Fig. II-4-35 Whole Rock Analysis and Alteration Zones of the Binangkawan-Taktak Area............110
Fig. II-4-36 Ore Assay, XRD and Fluid Inclusion Result of the Binangkawan-Taktak Area 111
Fig. II-4-37 Probability Plot of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area(1)-(6) 115-120
Fig. II-4-38 Au Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area....................................121
Fig. II-4-39 Ag Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area....................................122
Fig. II-4-40 As Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area 123
Fig. II-4-41 Cu Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area....................................124
Fig. II-4-42 Mo Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area 125
Fig. II-4-43 Pb Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area....................................126
Fig. II-4-44 Sb Content of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area....................................127
Fig. II-4-45 Z-01 PCA Score of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area.............................128

Fig. II-4-46 Z-02 PCA Score of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area 129
Fig. II-4-47 Geochemical Anomalies of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area 130
Fig. II-4-48 Geologic Map of the Exciban-Larap Area 132
Fig. II-4-49 Geologic Profile of the Exciban-Larap Area 133
Fig. II-4-50 Whole Rock Analysis and Alteration Zones of the Exciban-Larap Area 134
Fig. II-4-51 Ore Assay, XRD and Fluid Inclusion Result of the Exciban-Larap Area 135
Fig. II-4-52 Probability Plot of the Soil Samples in the Exciban-Larap Area(1)-(6) 139-144
Fig. II-4-53 Au Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 145
Fig. II-4-54 Ag Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 146
Fig. II-4-55 As Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 147
Fig. II-4-56 Bi Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 148
Fig. II-4-57 Cu Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 149
Fig. II-4-58 Mo Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 150
Fig. II-4-59 Sb Content of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 151
Fig. II-4-60 Z-01 PCA Score of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 152
Fig. II-4-61 Z-02 PCA Score of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 153
Fig. II-4-62 Geochemical Anomalies of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 154
Fig. II-5-1 Interpretation map of the Bicol North Area 157
Fig. II-5-2Schematic Locality of Ore Deposit and Mineral Occurrences in the Bicol North Area .. 158
Fig. II-5-3 Interpretation map of the Salubosogin-Yakalan Area 161
Fig. II-5-4 Interpretation map of the Magasawan-Bato Area 162
Fig. II-5-5 Interpretation map of the Binangkawan-Taktak Area 163
Fig. II-5-6 Interpretation map of the Exciban-Larap Area 164
Fig. II-5-7 Schematic Model of Ore Deposit and Mineral Occurrences in the Bicol North Area .. 165

Tables

Table I-1-1 Contents of survey 2
Table II-2-1 Units Defined in the Geophysical Interpretation 39
Table II-4-1 Basic Statistics of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 62
Table II-4-2 Principal Component Analysis of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area 63
Table II-4-3 Basic Statistics of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 86
Table II-4-4 Principal Component Analysis of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area 87
Table II-4-5 Basic Statistics of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area 113
Table II-4-6 Principal Component Analysis of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area .. 114
Table II-4-7 Basic Statistics of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 137
Table II-4-8 Principal Component Analysis of Soil Samples in the Exciban-Larap Area 138

添付図表

Appendix	1	Location Map of Rock Samples in the Salubosogin-Yakalan Area
Appendix	2	Location Map of Rock Samples in the Magasawan-Bato Area
Appendix	3	Location Map of Rock Samples in the Binangkawan-Taktak Area
Appendix	4	Location Map of Rock Samples in the Exciban-Larap Area
Appendix	5	Location Map of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area
Appendix	6	Location Map of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area
Appendix	7	Location Map of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area
Appendix	8	Location Map of Soil Samples in the Exciban-Larap Area
Appendix	9	Microscopic Observation of Rock Thin Section
Appendix	10	Microscopic Observation of Polished Thin Section
Appendix	11	Result of X-ray Diffraction Analysis
Appendix	12	Homogenized Temperature of Fluid Inclusion
Appendix	13	Whole Rock Analysis Data
Appendix	14	Ore Assay Data of Rock Samples
Appendix	15	Geochemical Data of Soil Samples in the Salubosogin-Yakalan Area(1)-(2)
Appendix	16	Geochemical Data of Soil Samples in the Magasawan-Bato Area(1)-(3)
Appendix	17	Geochemical Data of Soil Samples in the Binangkawan-Taktak Area(1)-(4)
Appendix	18	Geochemical Data of Soil Samples in the Exciban-Larap Area(1)

別添図

PL-1	Geologic Map of the Salubosogin-Yakalan Area (1/5,000)
PL-2	Geologic Map of the Magasawan-Bato Area (1/5,000)
PL-3	Geologic Map of the Binangkawan-Taktak Area (1/5,000)
PL-4	Geologic Map of the Exciban-Larap Area (1/5,000)

第Ⅰ部　　総　　論

第I部　総　論

第１章　調査概要

１－１　調査地域及び調査目的

調査地域は，ルソン島南東部ビコール半島北部に位置する。調査範囲は，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^2 の範囲からなる。地域東部に Labo 山がそびえる。調査範囲を巻頭の位置図に示した。

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。

１－２　調査方法及び調査量

調査はまず調査対象地域全体について空中物理探査を実施し，地質構造の解明及び変質帯の抽出を行った。その後，抽出した地域の地質調査，河床堆積物地化学探査を実施し，これらの結果から抽出された有望地域について地質精査及び土壌地化学探査を行った。

これら作業内容及び鉱床有望地区の評価の流れを TableI-1-1，Fig.I-1-1，Fig.I-1-2 に示した。本報告書の解析図は，すべて UTM: Zone 51N，Datum: Luzon11 で作成している。

本調査は 3 ヵ年間にわたって行われたもので，各年次の調査内容及び調査量は以下のとおりである。

１－２－１　第１年次調査

第 1 年次調査は，空中物理探査として，空中磁気，放射能データ取得のみが実施された。空中物理探査解析は，第 2 年次調査始めに行われ，地質構造の解明及び変質帯の抽出に役立てた。

空中物理探査データ取得範囲は約 750 km^2 である。取得範囲は Fig.II-1-1 に示した。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。調査地の地形の起伏が激しいことからヘリコプターによる測定とした。

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

１－２－２　第２年次調査

第 2 年次調査は，空中物理探査解析，地質調査，河床堆積物地化学探査を実施した。

空中物理探査で取得した磁気，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を行った。

地質調査は，調査地域の地質状況，変質帯，鉱徴地等の把握を目的に実施し，あわせて試料を採取，室内試験に供しデータ解析を行った。また，全域において河床堆積物地化学探査を実施し，鉱床賦存有望地として 6 地区の抽出を行った。

Table I-1-1 Contents of the Survey

項目		年次	第1年次 (1999)	第2年次 (2000)	第3年次 (2001)
調査目的			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	地質状況・鉱床賦存状況を解明し，鉱床賦存有望地区を抽出	地質状況・鉱床賦存状況を解明し，鉱床賦存有望地区を抽出
現地調査	調査区分		空中物理探査(空中磁気・放射能)データ取得	地質調査・地化学探査 空中物理探査データ解析	地質調査 地化学探査
現地調査	調査区域及び調査量		調査面積：750Km^2	調査面積：750Km^2 (460Km^2) 踏査ルート長：300Km	調査面積：15Km^2 踏査ルート長：117Km
室内試験	岩石薄片		-	48	12
室内試験	鉱石研磨片		-	30	12
室内試験	X線回折		-	105	23
室内試験	年代測定 (K-Ar 法)		-	12	-
室内試験	流体包有物		-	5	5
室内試験	化学分析	河床堆積物	-	289	-
室内試験	化学分析	分析成分	-	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	-
室内試験	化学分析	BLEG	-	35	-
室内試験	化学分析	分析成分	-	Au,Cu	-
室内試験	化学分析	全岩分析	-	13	-
室内試験	化学分析	分析成分	-	Al_2O_3,CaO,Cr_2O_3,Fe_2O_3,K_2O,MgO,MnO,Na_2O,P_2O_5,SiO_2,TiO_2,LOI,TOTAL,FeO	-
室内試験	化学分析	土壌	-	-	685
室内試験	化学分析	分析成分	-	-	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
室内試験	化学分析	岩石	-	-	43
室内試験	化学分析	分析成分	-	-	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
室内試験	化学分析	鉱石	-	31	40
室内試験	化学分析	分析成分	-	Au,Ag,Cu,Pb,Zn	Au,Ag,Cu,Pb,Zn

第1年次

調査対象地域

ビコール北部地域
調査面積：750Km²
空中物理探査（空中磁気・放射能）データ取得

第2年次

ビコール北部地域
調査面積：750Km²　(460Km²)　踏査ルート長：300Km
地質調査：地質図　1/20,000
地化学探査：沢砂試料　289 個
(指示元素：
Al,Sb,As,Ba,Be,Bi,B,Cd,C,aCr,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　35 成分)
空中物理探査データ解析

調査結果の解析・検討

6 有望地区・1 準有望地区の抽出

第 3 年次への提言

第3年次

ビコール北部地域（4 地区）
調査面積：15Km²　踏査ルート長：117Km
地質調査：地質図　1/5,000
地化学探査：土壌試料　685 個　岩石試料　43 個
(指示元素：
Al,Sb,As,Ba,Be,Bi,B,Cd,C,aCr,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　35 成分)

調査結果の解析・検討

将来への提言

Fig.I-1-1　Flow Chart of Exploration Program

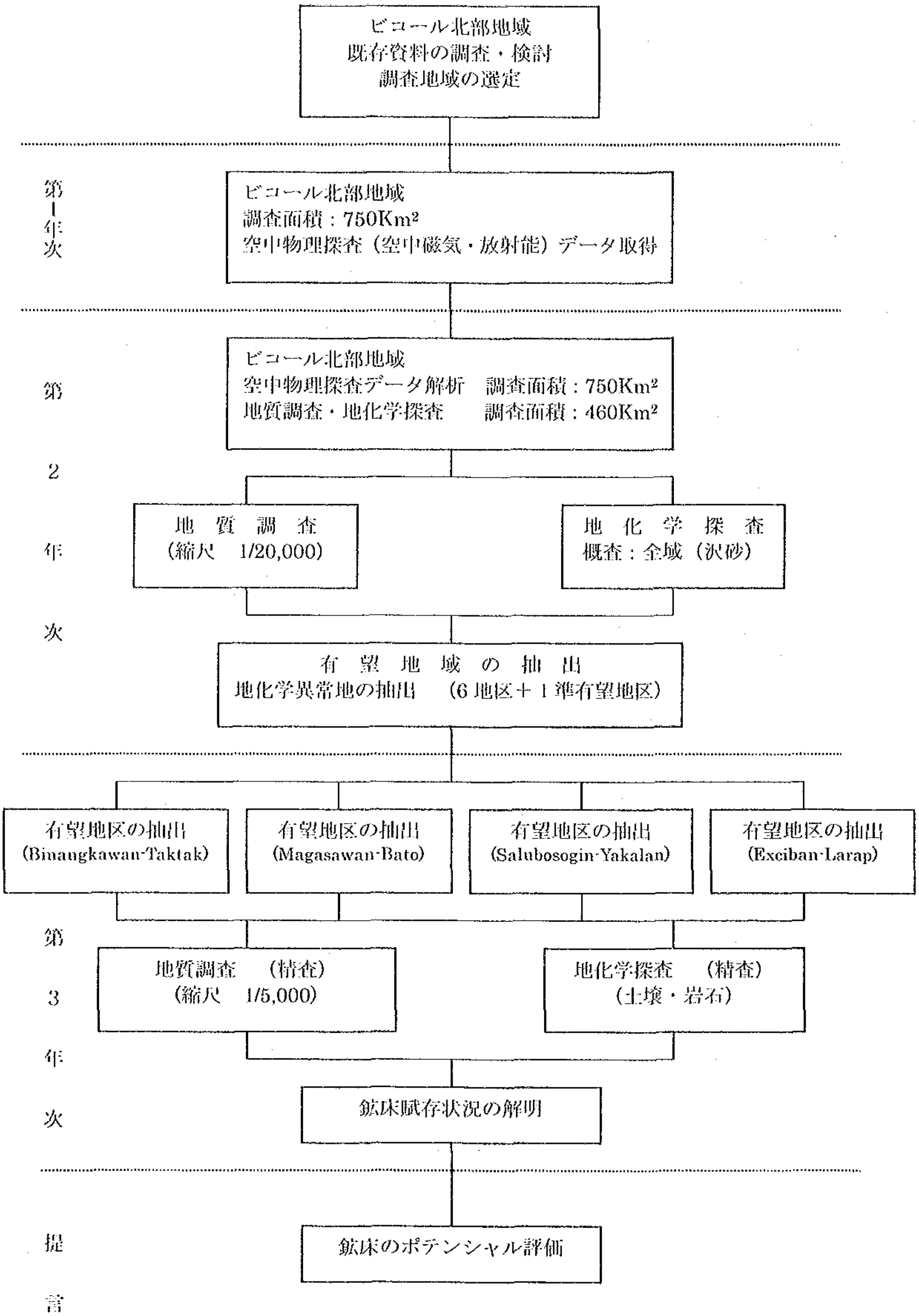


Fig.I-1-2　Flow Chart of Selecting Promising Area

1－2－3　第３年次調査

第３年次調査は，第２年次の調査結果から Salubosogin-Yakalan, Binangkawan-Taktak, Magasawan-Bato の３地区を選定した他に，JICA and MMAJ(1998)の Bicol 地域鉱物資源広域調査において珪化粘土変質帯が認められた Exciban-Larap 鉱徴地を対象地区に追加し，計４地区を対象地区とした。第３年次は４地区の地質状況，変質帯，鉱徴地等の把握及び鉱床賦存有望地の精査を目的として，地質調査及び土壌地化学探査精査を行った。

第３年次の調査が最終年度であることから，３カ年の調査結果を踏まえ，ビコール北部地域の鉱床賦存性に関する考察と将来への提言について取りまとめた。

1－3　調査機関及び調査員

調査機関及びに調査員は以下のとおりである。

現地調査は Labo, Tagkawayan 及び Vinzons をベースキャンプとして 2～4 の調査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。空中物理探査については，Australia の Fugro Airborne Surveys (旧 WGC)が実施した。

日本側は，第１年次調査の予察調査を除き，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) 第１年次調査

日本側		フィリピン側	
(企画・調整)			
林　歳彦	金属鉱業事業団	Mario Rono	環境天然資源省
葛西雅史	国際協力事業団	Pedro C. Caleon	環境天然資源省
柴崎洋志	金属鉱業事業団	Horacio C. Ramos	鉱山地球科学局(局長)
木田祥治	金属鉱業事業団	Edwin G. Domingo	鉱山地球科学局
		Romeo L. Almeda	鉱山地球科学局
		Roland Pena	鉱山地球科学局
		Claro Jose C. Manipon	鉱山地球科学局
		Arnel F. Jusi	鉱山地球科学局
(空中物理探査)			
柴崎洋志	金属鉱業事業団	Romeo L. Almeda	鉱山地球科学局
守屋　猛	金属鉱業事業団	Claro Jose C. Manipon	鉱山地球科学局
木田祥治	金属鉱業事業団	Dulcisimo S. Domingo III	鉱山地球科学局
		Willam Churchward	Fugro Airborne Surveys (旧 WGC)
		Pul Anthony Seghezzi	Fugro Airborne Surveys (旧 WGC)

(２) 第２年次調査

日本側		フィリピン側	
(企画・調整)			
林　歳彦	金属鉱業事業団	Horacio C. Ramos	鉱山地球科学局(局長)
神田慶太	金属鉱業事業団	Edwin G. Domingo	鉱山地球科学局
		Romeo L. Almeda	鉱山地球科学局
(地化学探査)			
伊東和夫	日鉄鉱コンサルタント株式会社	Claro Jose C. Manipon	鉱山地球科学局
三好　誠	日鉄鉱コンサルタント株式会社	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

（3）第3年次調査

日本側		フィリピン側	
（企画・調整）			
神田慶太	金属鉱業事業団	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
		Antonio N. Apostorol	鉱山地球科学局
（地化学探査）			
伊東和夫	日鉄鉱コンサルタント株式会社	Claro Jose C. Manipon	鉱山地球科学局
伊藤康則	日鉄鉱コンサルタント株式会社	Fernando Sajona	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
		Marcel Laud	鉱山地球科学局
		Gilbert Bascos	鉱山地球科学局
		Federico Jacoba	鉱山地球科学局
		Dilson Montano	鉱山地球科学局

1－4　各年次の調査結果

1－4－1　第1年次調査

（1）結　論

空中物理探査として，空中磁気，放射能データ取得のみが実施された。空中物理探査解析の予察的解析結果からは，地質構造の把握及び変質帯の抽出にあたって，トリウムγ線放射能応答，カリウム－ウラン－トリウム 3 相γ線放射能応答が地質区分に有効となること，高カリウム異常域と低磁気帯("magnetic flat region")が熱水変質帯を示唆していること，既知鉱徴帯が高カリウム異常域と低磁気帯("magnetic flat region")と磁気的ならびに地形的リニアメントの重複地域となっていること，リニアメントが WNW-ESE 方向のものが卓越し NE-SW 方向も多いこと等が示唆された。これらの予察的解析結果から，既知鉱徴地である Nalesbitan 金（銅）鉱床地域，Labo 川流域，Kilbay 川流域，Mt. Labo 帯，Tagkawayan 帯の5地域が探査すべき地域として抽出された。

（2）提　言

前期鮮新世の Susungdalaga 火山岩類については，ある程度地質は把握されているが，調査地域西部に分布するとされる第三紀深成岩類については，現地での確認ができておらず，また熱水変質作用や鉱化作用との関係も不明である。鉱化作用に関係する火成岩を明らかにすることが必要である。

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)。地質調査に先立ち空中写真や衛星画像を用いて予察的な構造解析が必要である。

地質調査と同時に，変質帯の分布特徴を調査することが必要である。なおその際，空中物理探査で推定された変質帯分布地域での踏査が必要である。また，岩石・沢砂・重鉱物を用いた地化学探査も有効と考えられる。

各地区の探査上の注意点は以下の通りである。

(Nalesbitan 金（銅）鉱床地域)
Tuba 地区も含む。Nalesbitan の東約 4km の高カリウム異常域周辺及び Nalesbitan 南東側は，特に変質帯の有無を確認する必要がある。
(Labo 川流域)
Labo 川上流の Kibay 川に至る地区。特に中流域の高カリウム異常域周辺に注意を払う必要がある。
(Kilbay 川流域)
鉱物資源広域調査で WNW-ESE 走向の断層が分布することが明らかとなっており，貫入岩体の存在の有無やそれと熱水変質との関係を明らかにする必要がある。
(Mt. Labo 帯)
Labo 山の南側裾野には古期の火山岩類が露出している可能性があり，そこに鉱化や変質帯が分布する可能性があるので，その確認が必要である。
(Tagkawayan 帯)
高カリウム異常域と低磁気帯("magnetic flat region")の分布は少ないが，古期の地層が分布し，Mapulot に見られる中熱水鉱化作用が存在する可能性がある。

１－４－２　第２年次調査

（１）結　論

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した。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

その他に，Magasawang Bato 変質帯は変質帯があり，ポテンシャルはやや落ちる準有望地として抽出した。

（２）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ので，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。

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γ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ため，上記の 6 地域に比べややポテンシャルが低い可能性もある。

第２章　従来の調査

２－１　調査の経緯及び既往調査結果

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ポーフィリー型銅鉱床，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そ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国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。

本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 金ー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。また地区北部に位置する Exciban-Larap 鉱徴地には，金生産実績を持つ旧鉱山，鉱徴地が多数存在している。ポーフィリー型銅鉱床やポーフィリー型銅鉱床周辺に認められる金・ベースメタル鉱脈鉱床の賦存可能性がある Larap 鉱山や中熱水性鉱脈型金鉱床と推定される Exciban 鉱山が知られている。Larap 鉱山では鉄鉱石を産出し，Exciban 鉱山では石英脈に伴う金の鉱化が知られている。

２－２　調査地域周辺の地質概要

ビコール地域は JICA/MMAJ(1998)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及び堆積岩類が分布する。

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。

第３章　調査地域の状況

３－１　位置及び交通

ビコール北部地域は，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，及び 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る。従って，本調査では地域北側の Labo や Vinzons と南側の Tagkawayan にベースキャンプをおいて調査を行った。

３－２　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，調査地域の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。

３－３　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。

第４章　結論及び提言

４－１　結　論

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。それらと類似の鉱床賦存ポテンシャル評価のため，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が行われた。第 2 年次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，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, Salubosogin-Yakalan, Alawihaw, Binangkawan-Taktak の 6 地区抽出した。また準有望地域として Magasawan-Bato を抽出した。

第 3 年次は既知鉱徴地である Exciban-Larap の 1 地区を対象として加え，Salubosogin-Yakalan, Binangkawan-Taktak, Magasawan-Bato 並びに Exciban-Larap の各 4 地区で地質調査，地化学探査精査を実施した。なお，治安上の問題から Maniknik-Layaton, Susungdalaga, Katakian, Alawihaw の 4 地区は，第 3 年次の調査を見合わせた。

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。

本調査地域の変質帯と鉱徴地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。調査地北部に位置する Exciban-Larap 鉱徴地にはポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床を伴う。

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した。また地化学探査や地化学探査精査によって，これらの変質帯に関連した地化学異常が検出された。

第 2 年次調査で抽出された地域と第 3 年次に実施した地域において調査精度のばらつきが認められ，同一レベルでの比較が困難であったため，総合的な比較検討は行えなかった。第 2 年次調査で抽出され未探査な地域においては，地化学探査精査及びボーリングによる評価が，第 3 年次に実施した Salubosogin-Yakalan 変質帯，Magasawan-Bato 変質帯，Binangkawan-Taktak 変質帯においては，浅熱水性鉱床の Au の地化学異常を対象とした最終評価が，また Exciban-Larap 鉱徴地においては金-銅鉱床の地化学異常を対象とした評価が今後必要と考えられる。3 カ年の広域を対象とするこれらの情報を総合的に検討した結果，下記の 8 地域が探鉱余地があり，有望地域として最終的に選定された。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
Alawihaw 変質帯－低硫化系浅熱水性鉱床
Salubosogin-Yakalan 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床
Magasawan-Bato 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床？
Binangkawan-Taktak 変質帯－高硫化系浅熱水性鉱床
Exciban-Larap 鉱徴地－ポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床

4－2　将来への提言

本地域の3カ年の調査結果，Katakian 変質帯，Maniknik-Layaton 変質帯，Susungdalaga 地区，Alawihaw 変質帯，Salubosogin-Yakalan 変質帯，Magasawan-Bato 変質帯，Binangkawan-Taktak 変質帯，Exciban -Larap 鉱徴地が有望地域として選定された。調査精度は，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 の概査段階の地域，また一部の地域では地化学探査精査が行われた段階である。今後，地域によっては地化学探査精査を実施しボーリングターゲットの絞り込みが必要である。また地化学探査精査を実施した地域では地表物理探査や補足的な地化学探査を実施し，ボーリング地点の決定のための調査と最終評価が必要である。

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 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の上昇が必要不可欠である。そのため，金鉱化を判断するには，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河床堆積物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。

(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。

(Salubosogin-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金鉱化作用が期待される。調査地域の中央部を横切る断層に沿って，珪化帯及び変質帯周辺部と思われる粘土化帯が見いだされ，硫化鉱を伴う quartz 脈が剪断帯を充填して分布する。断層に沿った珪化帯に土壌地化学探査で Au の異常帯が見いだされた。鉱化は断層に沿った珪化帯の角礫化部が狙い目になる。鉱化中心が地表に露出していないことも考えられ，Nalesbitan 鉱床より浅所の可能性もある。Nalesbitan 浅熱水性金鉱床の母岩である Macogon 層側も対象として，断層を垂直に切る方向の数m～10m程度間隔での測線上での連続 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した後，2～3本程度のボーリングを実施して鉱化の有無を評価することが望ましい。

(Magasawan-Bato　変質帯)

本地域は Susungdalaga 火山岩類が中央部に広く分布する。北側に Sta. Elena 層（上部中新統）の堆積岩類が窓状に小分布する。NE-ENE と N-S トレンドの断層が認められる。空中物理探査では Plug の貫入が南西部で推定されている。

鉱化変質は主に ENE 方向の構造線に沿って見られ，断層粘土には pyrite の鉱染が見られる。土壌地化学探査では，N-S 方向の断層に沿った珪化帯と ENE 方向に沿った珪化帯の２地区に Au の異常帯が広く分布する。本地域は浸食が進んでおらず，熱水変質帯の浅部のみが現れている可能性がある。北側は Sta.Elena 層が分布し，母層となる Susungdalaga 火山岩類が薄い可能性もあることから，Plug の貫入が推定されている南西部での土壌地化学探査による金の異常部が比較的ポテンシャルは高い可能性がある。珪化帯中の Au の異常帯での数ｍ～10ｍ程度間隔での北西方向の測線上での連続 Chip sampling あるいは Channel sampling を行い分析し，１～２本程度のボーリングを実施して鉱化の有無を評価することが望ましい。

(Binangkawan-Taktak　変質帯)

本地域においては NE と NW-WSW トレンドが卓越する。本地域は Susungdalaga 火山岩類が広く分布する。空中物理探査では Plug の貫入が北東部で推定されている。

Taktak 川沿いでは珪化を受けており，断層帯に沿って限られた部分に珪化，粘土化が見られ，drussy quartz が見られ，デイサイト質の火砕岩の珪化部には pyrite のポケットと鉱染が認められる。また，chlorite を伴っている。土壌地化学探査では，NE 方向の断層より北側で Au の異常部が認められる。また，arsenopyrite も認められ，鉱化が期待される。土壌地化学探査による Au の異常部でかつデイサイト溶岩の下を狙った硫化物補足のための地上物理探査（IP 法，または EM 法）により，詳細のターゲットを抽出し，１～２本程度のボーリングを実施して鉱化の有無を評価することが望ましい。

(Exciban-Larap　鉱徴地)

本地域においては NS トレンドが卓越する。始新世の Universal 層が分布する。地質は下位の砂岩と頁岩の互層及び玄武岩からなる。各方向に断層，節理が細かく発達し，pyrite を伴う断層粘土が見られる。これらは 2-3m 毎に断層で切られている。熱水変質のゾーニングが認められ，pyrite 優勢な塊状硫化鉱が分布する。硫化鉱には少量の chalcopyrite と chalcocite を伴い，Au;19.55ppm と高い値が得られている。quartz，chlorite や epidote の自形粒及び細脈が認められ，鉱染状の pyrite や細脈があり，また近くに diorite が分布していることからポーフィリー型銅鉱床か中熱水性鉱脈鉱床が推定される。

土壌地化学探査では，Au+Cu+Bi の異常が珪化帯南部から窓状の珪化帯部分で認められている。この Au+Cu+Bi の異常部における硫化物補足のための地上物理探査（IP 法，または EM 法）により，詳細のターゲットを抽出した後，２～３本程度のボーリングを実施して鉱化の有無を評価ことが望ましい。

３カ年の調査に当たっては，現地情勢の把握と安全対策のため，JICA，MMAJ，カウンターパート，安全コンサルタント会社（ＣＲ社）による現地安全サミットを実施すると共に，州知事，市長，村長，軍隊，警察に対し，調査目的・期間・範囲・体制・調査等のインフォメーションキャンペーンを実施した。結果として，３カ年の調査期間に問題は発生せず，安全に現地調査を終了することが出来た。今後は，同様な対策を取ることにより，日本人調査団の現地での活動内容も緩和できるものと判断され，現地から要請されている協力・指導が十分可能となるものと思われる。現地情勢の把握と安全対策を継続実施すること，開発準備や開発時の社会環境整備，雇用促進，環境保全等に十分配慮することにより本調査地域の投資環境は充分に整備されていくものと期待する。