

フィリピン共和国パラワン地域
資源開発協力基礎調査報告書

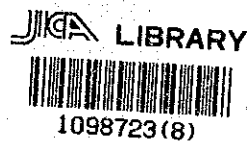
第 1 年 次

平成 3 年 9 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

フィリピン共和国パラワン地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次



27970

平成 3 年 9 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23930

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、同国パラワン州中南部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その調査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、この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2年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は8名からなる調査団を平成2年10月21日から平成2年12月9日まで、さらに4名からなる調査団を平成3年1月30日から平成3年4月18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、特に環境天然資源省鉱山地球科学局の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第1年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたってご協力いただいたフィリピン共和国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在フィリピン日本国大使館及び関係各位に哀心より感謝の意を表すものである。

平成3年7月

国際協力事業団総裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団理事長 福 原 元 一

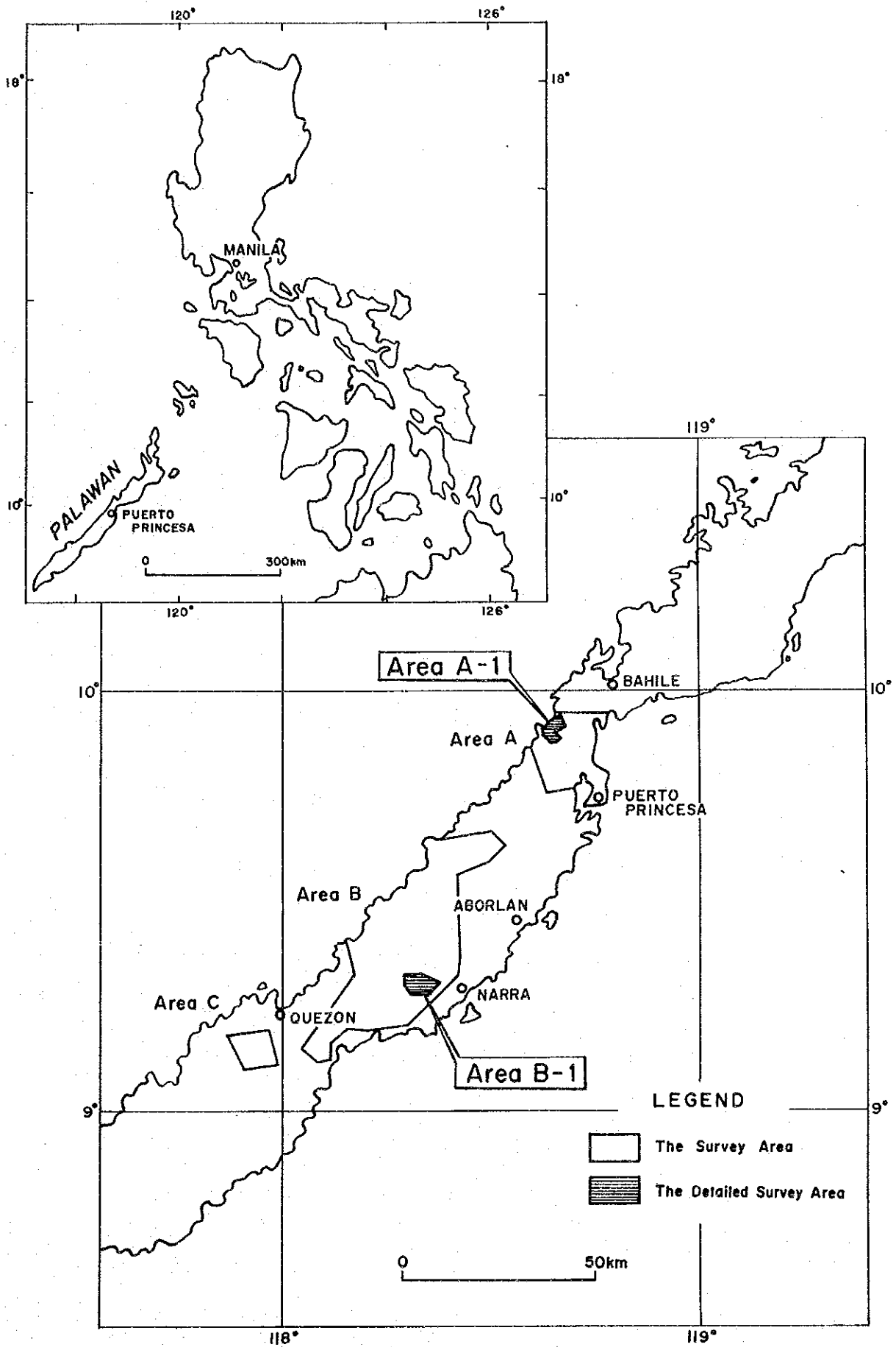


Fig.1 Location map of the survey area

要 約

本調査はフィリピン共和国パラワン地域における資源開発協力基礎調査の第1年次にあたり、地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することを目的としている。

パラワン島は、島のほぼ中央に位置するサバング断層を境に、石炭紀ないし二畳紀の堆積岩類・変成岩類の分布で特徴づけられる北部パラワンと、玄武岩・はんれい岩・超塩基性岩からなるパラワンオフィオライトの衝上で特徴づけられる南部パラワンの2つの地域に分けられる。本年度調査として、南部パラワンのA地区、B地区及びC地区の3地区において地質調査及び地化学探査を行った。この調査の結果をもとに、A地区からA-1地区をB地区からB-1地区を精査地区として抽出し、さらに調査を行った。

A地区は、主としてハルツバーチャイトからなるマウントビューフォート超塩基性岩類が卓越し、この岩体中にクロム鉱徴とニッケル鉱徴が認められる。クロム鉱徴は西海岸に10箇所以上の鉱床露頭が確認され、ニッケル鉱徴としては地域西岸とバクンガン地域にラテライトの発達が見られた。地化学探査は、まず現地において単位あたりの土壌をパンニングして重鉱物の重量を測定する事により有望地域の概略を検出した。土壌地化学探査について分析を行ったのは7元素である。これらの元素は、その挙動からクロムに関連したグループ（ニッケル、クロム、鉄、コバルト）と貴金属元素のグループ（プラチナ、パラジウム、金）にわけることができる。これらの地化学異常域について検討した結果、①タグブロス北方地域、②バクンガン北方～西海岸地域、③西海岸マリナオ川～タグミナタイ地域の3地域が有望域として抽出された。

これらの有望地区のうち西海岸マリナオ川～タグミナタイ地域は、A-1地区として引き続き詳細な地質調査及び地化学探査を行った。この地域は広くハルツバーチャイトに覆われ、この岩体中にクロマイトのポッドあるいは鉱染を伴うダナイトが各所に貫入岩状に分布する。地質調査により、ダナイトの形状と分布範囲、鉱徴地の分布がほぼ明かとなった。主なクロム鉱徴地は、南東部のサンクロマイト地域、マカサエット地域、中央部のパナンラガン川上流、同下流、北部のタグカワヤン地域、タグミナタイ地域である。A-1地区では土壌による地化学探査をA地区の地化学探査と同じ7元素について行った。クロムに関連した元素群と貴金属に関連した元素群は別々の挙動を示す。これらの地化学異常域について検討した結果、①パナンラガン鉱徴地を含む地域、②タグカワヤン鉱徴地からタグミナタイ鉱徴地に連なる地域の2地域が鉱床賦存の可能性が高い地域として抽出さ

れた。

B地区は、北部・中央部にはハルツバージャイトを主とするマウントビューフォート超塩基性岩類が、南部にはスルタンピークはんれい岩・エスピーナ玄武岩が分布する。ハルツバージャイト中にはクロマイトを伴うダナイトテクトナイトが存在し、西海岸側ではベロング周辺・ムアサムポイント付近・ロングポイント周辺、東海岸側ではノルソフィル鉱山周辺・南西マラスガオ川にその分布が認められる。ノルソフィル鉱山は、現在クロム鉱山として採掘されている。ナラ西方マリナオ川流域のダナイト岩体は、漸移帯が帯状に分布することなどから岩漿の分化にともなって形成されたキュムレートダナイトであると考えられる。この岩体中にもクロマイト鉱染が広く認められる。2つのダナイトタイプで得られたクロマイト組成はそれぞれ異なっており、特にキュムレート中のクロマイトのクロム含有量はテクトナイト中のクロマイトのそれに比べて低い。

地化学探査では、A地区同様にまず現地において単位あたりの土壌をパンニングして重鉱物の重量を測定する事により有望地域の概略を検出した。A地区と同じ7元素で行った地化学探査でクロムに関連する元素の地化学異常域について検討した結果、東海岸側の①マラスガオ川上流、②ノルソフィル鉱山周辺、③マリナオ川流域、西海岸の④ロングポイント周辺、⑤ベロング地域の5地域が有望域として抽出された。

この5地域のうちマリナオ川流域の地化学異常域を精査地区B-1として、引き続いて地質調査及び地化学探査を行った。この地区は、ハルツバージャイト・ダナイト・はんれい岩・玄武岩からなる。クロマイトの鉱染が、マリナオ川流域及びパナカン川上流のダナイト中において広く認められる。

土壌による地化学探査は、B地区と同じ7元素で行った。特にクロムに関係する元素の地化学異常がB-1地区北西部に重複している。このことからB-1地区では、北西部が鉱床賦存の可能性の高い地域として抽出された。

C地区は、主としてハルツバージャイトからなり、この岩体ははんれい岩・玄武岩に衝上している。ハルツバージャイト中には一部ダナイトが分布する。超塩基性岩中には鉱徴は認められなかった。また緑色岩類も分布が狭く、鉱徴は認められなかった。当初この地区では、キプロス型鉱床の賦存可能性が高いと考えられていたことから、銅鉱床に関連した元素（銅、鉛、亜鉛、金、砒素、アンチモン、水銀）による地化学探査を実施したが、各元素毎に抽出された異常域は相互にほとんど関連が認められず有望地を抽出することはできなかった。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

第 I 部 総 論

第 1 章	序論	1
1-1	調査の経緯及び目的	1
1-2	調査内容	2
1-3	調査団の編成及び調査工程	6
第 2 章	調査地域の既存地質情報	8
2-1	既往調査	8
2-2	調査地域周辺の一般地質	8
第 3 章	調査結果の総括	16
3-1	A 地区及び精査地区 A-1	16
3-2	B 地区及び精査地区 B-1	18
3-3	C 地区	20
第 4 章	結論及び提言	21
4-1	結論	21
4-2	第 2 年次調査への提言	23

第 II 部 各 論

第 1 章	A 地区及び精査地区 A-1	24
1-1	位置及び交通	24
1-2	地形及び水系	24
1-3	気候及び植生	25

1-4	調査方法	25
1-5	地質	27
1-5-1	地質概説	27
1-5-2	地質各論	32
1-5-3	地質構造	35
1-5-4	鉱床及び鉱徴	36
1-6	地化学探査	45
1-6-1	A地区の土壌による地化学探査	45
1-6-2	精査地区A-1の土壌による地化学探査	62
1-6-3	岩石による地化学探査	77
1-7	考察	79
第2章	B地区及び精査地区B-1	81
2-1	位置及び交通	81
2-2	地形及び水系	81
2-3	気候及び植生	82
2-4	調査方法	82
2-5	地質	83
2-5-1	地質概説	83
2-5-2	地質各論	88
2-5-3	地質構造	92
2-5-4	鉱床及び鉱徴	94
2-6	地化学探査	99
2-6-1	B地区の土壌による地化学探査	99
2-6-2	精査地区B-1の土壌による地化学探査	113
2-6-3	岩石による地化学探査	127
2-6-4	玄武岩分布地域の土壌による 追加地化学探査	129
2-7	考察	131

第3章	C地区	133
3-1	位置及び交通	133
3-2	地形及び水系	133
3-3	気候及び植生	133
3-4	調査方法	133
3-5	地質	134
3-5-1	地質概説	134
3-5-2	地質各論	134
3-5-3	地質構造	137
3-5-4	鉱床及び鉱徴	137
3-6	地化学探査	138
3-6-1	土壌による地化学探査	138
3-6-2	重鉱物による地化学探査	140
3-7	考察	153
第4章	室内試験結果	154
4-1	重鉱物試料の粉末X線回折試験	154
4-2	全岩化学分析	156
4-2-1	ICPWノルム計算結果	156
4-2-2	元素の変化図	159
4-3	クロマイトのEPMA分析	161

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	164
第2章	第2年次調査への提言	167

参考文献	168
------	-----

Appendices

Tables

Table 1 調査内容及び数量	3
Table 2 室内試験項目及び数量	4
Table 3 室内試験項目及び数量 (つづき)	5
Table 4 Basic statistic quantities of soil samples in area A and B	46
Table 5 Correlation coefficients of soil samples in area A and B	50
Table 6 Results of principle components analysis in area A and B	59
Table 7 Basic statistic quantities of soil samples in area A-1	62
Table 8 Correlation coefficients of soil samples in area A-1	66
Table 9 Results of principle components analysis in area A-1	74
Table 10 Statistic quantities of rock samples in area A and A-1	78
Table 11 Basic statistic quantities of soil samples in area B-1	113
Table 12 Correlation coefficients of soil samples in area B-1	116
Table 13 Results of principle components analysis in area B-1	124
Table 14 Statistic quantities of rock samples in area B and B-1	128
Table 15 Basic statistic quantities of soil samples in area C	139
Table 16 Correlation coefficients of soil samples in area C	141
Table 17 Results of principle components analysis in area C	149
Table 18 Result of X-ray diffraction of heavy mineral in soil	155

Figures

Fig.1	Location map of the survey area	
Fig.2	Simplified geologic map of South Central Palawan	10
Fig.3	Columnar section of the survey area	11
Fig.4	Interpretation map of the area A	12
Fig.5	Interpretation map of the area A-1	13
Fig.6	Interpretation map of the area B	14
Fig.7	Interpretation map of the area B-1	15
Fig.8	Geologic map and profile in area A	28
Fig.9	Schematic geologic column in area A	29
Fig.10	Geologic map in area A-1	30
Fig.11	Geologic profile in area A-1	31
Fig.12	Location of mineral showings and test pits in area A-1	37
Fig.13	Map of the Benguet Macasaet area	38
Fig.14	Sketch map of the Lower Pananlagan area	40
Fig.15	Sketch map of the Upper Pananlagan area	41
Fig.16	Location map of test pits BC01 to BC11 in Bacungan area	44
Fig.17	Scatter diagram of soil samples in area A and B	50
Fig.18	Heavy mineral content of soil samples in area A	51
Fig.19	Pt content of soil samples in area A	52
Fig.20	Pd content of soil samples in area A	53
Fig.21	Au content of soil samples in area A	54
Fig.22	Ni content of soil samples in area A	55
Fig.23	Cr content of soil samples in area A	56
Fig.24	Fe content of soil samples in area A	57
Fig.25	Co content of soil samples in area A	58
Fig.26	Scores of principle components analysis in area A (Z1)	60
Fig.27	Scores of principle components analysis in area A (Z2)	61
Fig.28	Scatter diagram of soil samples in area A-1	66

Fig. 29	Pt content of soil samples in area A-1	67
Fig. 30	Pd content of soil samples in area A-1	68
Fig. 31	Au content of soil samples in area A-1	69
Fig. 32	Ni content of soil samples in area A-1	70
Fig. 33	Cr content of soil samples in area A-1	71
Fig. 34	Fe content of soil samples in area A-1	72
Fig. 35	Co content of soil samples in area A-1	73
Fig. 36	Scores of principle components analysis in area A-1 (Z1)	75
Fig. 37	Scores of principle components analysis in area A-1 (Z2)	76
Fig. 38	Geologic map and profile in area B	84
Fig. 39	Schematic geologic map in area B	85
Fig. 40	Geologic map and profile in area B-1a	86
Fig. 41	Geologic map in area B-1b	87
Fig. 42	Taytay chromitite outcrop in Long Point area	96
Fig. 43	Chromitite outcrop to the north of Berong area	97
Fig. 44	Heavy mineral content of soil samples in area B	103
Fig. 45	Pt content of soil samples in area B	104
Fig. 46	Pd content of soil samples in area B	105
Fig. 47	Au content of soil samples in area B	106
Fig. 48	Ni content of soil samples in area B	107
Fig. 49	Cr content of soil samples in area B	108
Fig. 50	Fe content of soil samples in area B	109
Fig. 51	Co content of soil samples in area B	110
Fig. 52	Scores of principle components analysis in area B (Z1)	111
Fig. 53	Scores of principle components analysis in area B (Z2)	112
Fig. 54	Scatter diagram of soil samples in area B-1	116
Fig. 55	Pt content of soil samples in area B-1	117
Fig. 56	Pd content of soil samples in area B-1	118
Fig. 57	Au content of soil samples in area B-1	119
Fig. 58	Ni content of soil samples in area B-1	120

Fig. 59	Cr content of soil samples in area B-1	121
Fig. 60	Fe content of soil samples in area B-1	122
Fig. 61	Co content of soil samples in area B-1	123
Fig. 62	Scores of principle components analysis in area B-1 (Z1)	125
Fig. 63	Scores of principle components analysis in area B-1 (Z2)	126
Fig. 64	Element contents of soil samples in basalt area, area B	130
Fig. 65	Geologic map and profile in area C	135
Fig. 66	Schematic geologic map in area C	136
Fig. 67	Scatter diagram of soil samples in area C	141
Fig. 68	Cu content of soil samples in area C	142
Fig. 69	Pb content of soil samples in area C	143
Fig. 70	Zn content of soil samples in area C	144
Fig. 71	Au content of soil samples in area C	145
Fig. 72	As content of soil samples in area C	146
Fig. 73	Sb content of soil samples in area C	147
Fig. 74	Hg content of soil samples in area C	148
Fig. 75	Scores of principle components analysis in area C (Z1)	150
Fig. 76	Scores of principle components analysis in area C (Z2)	151
Fig. 77	Scores of principle components analysis in area C (Z3)	152
Fig. 78	Classification of ultramafic plutonic rocks, used ICPW Norm results	157
Fig. 79	Classification of mafic plutonic rocks, used ICPW Norm results	158
Fig. 80	Variation diagram	160
Fig. 81	Plot of $Cr/(Al+Cr)$ vs $Mg/(Fe^* +Mg)$ and Al_2O_3 vs Cr_2O_3 weight percent for chromites	162

Appendices

Appendix 1	Microscopic observation of rock thin section in area A	A- 1
Appendix 2	Microscopic observation of rock thin section in area A-1	A- 2
Appendix 3	Microscopic observation of polished thin section in area A and A-1 ...	A- 5
Appendix 4	Chemical analyses of test pit samples in area A-1	A- 6
Appendix 5	Profile of test pits in area A-1	A- 9
Appendix 6	Weight of heavy mineral in soil in area A	A- 23
Appendix 7	Chemical analyses of geochemical soil samples in area A	A- 25
Appendix 8	Cumulative probability plots and histograms of soil samples in area A and B	A- 28
Appendix 9	Cumulative probability plots and histograms of scores for principle components analysis of soil samples in area A and B	A- 30
Appendix 10	Chemical analyses of geochemical soil samples in area A-1	A- 31
Appendix 11	Cumulative probability plots and histograms of soil samples in area A-1	A- 51
Appendix 12	Cumulative probability plots and histograms of scores for principle components analysis of soil samples in area A-1	A- 53
Appendix 13	Chemical analyses of geochemical rock samples in area A and A-1	A- 54
Appendix 14	Microscopic observation of rock thin section in area B	A- 56
Appendix 15	Microscopic observation of rock thin section in area B-1	A- 59
Appendix 16	Microscopic observation of polished thin section in area B and B-1 ...	A- 62
Appendix 17	Location map of test pits PK-01 to PK-15	A- 63
Appendix 18	Location map of test pits PG and PH	A- 64
Appendix 19	Chemical analyses of test pit samples in area B-1	A- 65
Appendix 20	Profile of test pits in area B-1	A- 68
Appendix 21	Weight of heavy mineral in soil in area B	A- 76
Appendix 22	Chemical analyses of geochemical soil samples in area B	A- 84
Appendix 23	Chemical analyses of geochemical soil samples in area B-1	A- 96

Appendix 24	Cumulative probability plots and histograms of soil samples in area B-1	A - 113
Appendix 25	Cumulative probability plots and histograms of scores for principle components analysis of soil samples in area B-1	A - 115
Appendix 26	Chemical analyses of geochemical rock samples in area B and B-1	A - 116
Appendix 27	Chemical analyses of geochemical soil samples in basalt area of area B	A - 120
Appendix 28	Microscopic observation of rock thin section in area C	A - 122
Appendix 29	Results of X-ray diffraction in area C	A - 123
Appendix 30	Chemical analyses of geochemical soil samples in area C	A - 124
Appendix 31	Cumulative probability plots and histograms of soil samples in area C	A - 127
Appendix 32	Cumulative probability plots and histograms of scores for principle components analysis of soil samples in area C	A - 129
Appendix 33	Chemical analyses of heavy mineral in area C	A - 130
Appendix 34	Chemical compositions of rock samples	A - 131
Appendix 35	Chemical compositions of chromite	A - 138
Appendix 36	Location map of line sampling in Norsophil Mines	A - 140
Appendix 37	Location map of soil sampling in Norsophil Mines	A - 141
Appendix 38	Result of line sampling in Norsophil Mines	A - 142

Attached Plates

- PL. 1 Geologic map and profile in area A
- PL. 2 Locality map of soil samples in area A
- PL. 3 Locality map of rock samples in area A
- PL. 4 Heavy mineral content of soil samples in area A
- PL. 5 Pt content of soil samples in area A
- PL. 6 Pd content of soil samples in area A
- PL. 7 Au content of soil samples in area A
- PL. 8 Ni content of soil samples in area A
- PL. 9 Cr content of soil samples in area A
- PL. 10 Fe content of soil samples in area A
- PL. 11 Co content of soil samples in area A
- PL. 12 Interpretation map of the area A
- PL. 13 Geologic map in area A-1
- PL. 14 Geologic profile in area A-1
- PL. 15 Locality map of soil samples in area A-1
- PL. 16 Locality map of soil rock samples in area A-1
- PL. 17 Pt content of soil samples in area A-1
- PL. 18 Pd content of soil samples in area A-1
- PL. 19 Au content of soil samples in area A-1
- PL. 20 Ni content of soil samples in area A-1
- PL. 21 Cr content of soil samples in area A-1
- PL. 22 Fe content of soil samples in area A-1
- PL. 23 Co content of soil samples in area A-1
- PL. 24 Interpretation map of area A-1
- PL. 25 Geologic map and profile in area B
- PL. 26 Locality map of soil samples in area B
- PL. 27 Locality map of rock samples in area B
- PL. 28 Heavy mineral content of soil samples in area B

- PL. 29 Pt content of soil samples in area B
- PL. 30 Pd content of soil samples in area B
- PL. 31 Au content of soil samples in area B
- PL. 32 Ni content of soil samples in area B
- PL. 33 Cr content of soil samples in area B
- PL. 34 Fe content of soil samples in area B
- PL. 35 Co content of soil samples in area B
- PL. 36 Interpretation map of the area B
- PL. 37 Geologic map and profile in area B-1a
- PL. 38 Locality map of soil samples in area B-1a
- PL. 39 Locality map of soil rock samples in area B-1a
- PL. 40 Pt content of soil samples in area B-1a
- PL. 41 Pd content of soil samples in area B-1a
- PL. 42 Au content of soil samples in area B-1a
- PL. 43 Ni content of soil samples in area B-1a
- PL. 44 Cr content of soil samples in area B-1a
- PL. 45 Fe content of soil samples in area B-1a
- PL. 46 Co content of soil samples in area B-1a
- PL. 47 Interpretation map of area B-1a
- PL. 48 Geologic map in area B-1b
- PL. 49 Locality map of soil samples in area B-1b
- PL. 50 Locality map of rock samples in area B-1b
- PL. 51 Geologic map and profile in area C
- PL. 52 Locality map of rock and geochemical samples in area C
- PL. 53 Cu content of soil samples in area C
- PL. 54 Pb content of soil samples in area C
- PL. 55 Zn content of soil samples in area C
- PL. 56 Au content of soil samples in area C
- PL. 57 As content of soil samples in area C
- PL. 58 Sb content of soil samples in area C
- PL. 59 Hg content of soil samples in area C

第 I 部 總 論

第I部 総論

第1章 序論

1-1 調査の経緯及び目的

1984年9月26日、日本側国際協力事業団（JICA）並びに金属鉱業事業団（MMAJ）とフィリピン側天然資源省鉱山地球科学局（Bureau of Mines and Geosciences, BMG）との間で締結された調査実施実務協定書（Implementing Arrangement）に基づき、1985年以降、フィリピン共和国国内各地において、鉱物資源基本図調査が逐次実施されてきた。

鉱物資源基本図調査では行政区分上 Region-IVに属する Palawan島を中心とする Palawan州を、パラワンI～VIに区分し、北部 PalawanのパラワンI（タイタイ）、パラワンII（ロハス）と中部 PalawanのパラワンIII（プエルト）、パラワンIV（ナラ）の各地区は、1986年1～2月に、北部 Calamian 諸島のパラワンV（ブスアンガ）及び南部 PalawanのパラワンVI（ケソンーリオツバ）の2地区は、1987年2～3月にそれぞれ現地調査が実施された。

これらの鉱物資源基本図調査に先立ち、中部 Palawan において、国連のUNDPプロジェクトによる地質調査・地化学探査が1985年に実施されている。

これらの調査結果をふまえて、中南部 PalawanのUNDP調査地域内のティニティアン地区、パラワンIII（プエルト）地区内のセントラル地区及びパラワンIV（ナラ）地区内のピクトリア地区の3地区において鉱物資源基本図調査として、1989年10月～12月に地質調査・地化学探査の準精査が実施されている。

1989年～1990年には、国連天然資源探査回転基金（UNRFNRR）によるクロマイト・ニッケルを対象とした調査が、中南部 Palawanの西海岸沿いの地域と Puerto Princesa北方の一部で実施されている。

今回の調査は、1990年7月5日、日本側国際協力事業団（JICA）並びに金属鉱業事業団（MMAJ）とフィリピン側環境天然資源省鉱山地球科学局（Mines and Geosciences Bureau; MGB）との間で締結された調査実施実務協定書（Implementing Arrangement）に基づき、資源開発協力基礎調査として、中南部 Palawanにおいて、地質調査・地化学探査を実施し、地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することを目的とする。

本調査は、A地区、B地区及びC地区における、1990年10月～12月に実施された地質調

査・地化学探査と、その調査結果に基づき、A地区から抽出された精査地区A-1と、B地区から抽出された精査地区B-1における、1991年1月～4月に実施された追加の地質調査・地化学探査とからなる。

1-2 調査内容

中南部 PalawanのA地区、B地区、C地区及び精査地区A-1、精査地区B-1において実施した調査内容及び調査数量は、次の通りである。

Table 1 調査内容及び数量

調査内容・調査地区名		調査数量等			
地質調査・地化学探査		調査面積	踏査延長	ピット調査	地化学探査試料
A 地区		300 km ²	117 km	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料 1,040個 ・ クロマイトの 半定量 2,546個 ・ 岩石試料 210個
B 地区		1,200 km ²	441 km	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料 210個 ・ 岩石試料 44個
C 地区		100 km ²	105 km	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料 1,569個 (197) ・ 岩石試料 84個
精査地区 A - 1		37 km ²	88 km	30ヵ所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料 1,355個 (164) ・ 岩石試料 82個
精査地区 B - 1	a	19 km ²	44 km	30ヵ所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土壌試料 1,355個 (164) ・ 岩石試料 82個
	b	15 km ²	55 km		

() 土壌試料中, ピットからの採取数量

Table 2 室内試験項目及び数量

調査地区名	室内試験項目	数量
A 地区 及び B 地区	① 岩石薄片作成	60 件
	② 研磨薄片作成	15 件
	③ EPMA (定量分析)	10 件
	④ 化学分析	
	ア) 岩石(SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI)	60 件
	イ) 地化学探査試料 ・ 土壤(Pt, Pd, Au, Ni, Cr Fe, Co: 7 成分) ・ 土壤(Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, Hg : 8 成分) ・ 岩石(Pt, Pd, Au, Ni, Cr Fe, Co : 7 成分) ウ) 鉱石(Cr, Fe, Al, Mg, Si : 5 成分)	1,040 件 101 件 210 件 10 件
C 地区	⑤ X線粉末試験	50 件
	① 岩石薄片作成	21 件
	② 化学分析	
	ア) 岩石(SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI)	21 件
	イ) 地化学探査試料 ・ 土壤(Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, Hg : 8 成分) ・ 河床堆積物パニング試料 (Au, Ag : 2 成分)	210 件 44 件
③ X線粉末試験	11 件	

Table 3 室内試験項目及び数量(つづき)

調査地区名	室内試験項目	数量
精査地区A-1	① 岩石薄片作成	53 件
	② 研磨薄片作成	18 件
	③ EPMA (定量分析)	10 件
	④ 化学分析 ア) 岩石(SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , LOI)	32 件
	イ) 地化学探査試料 ・ 土壌(Pt, Pd, Au, Ni, Cr Fe, Co : 7 成分) ・ 岩石(Pt, Pd, Au, Ni, Cr, Fe, Co : 7 成分)	1,569 件 84 件
精査地区B-1	① 岩石薄片作成	52 件
	② 研磨薄片作成	12 件
	③ EPMA (定量分析)	10 件
	④ 化学分析 ア) 岩石(SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , LOI)	22 件
	イ) 地化学探査試料 ・ 土壌(Pt, Pd, Au, Ni, Cr Fe, Co : 7 成分) ・ 岩石(Pt, Pd, Au, Ni, Cr Fe, Co : 7 成分)	1,355 件 82 件

1-3 調査団の編成及び調査工程

(1) 調査計画策定及び折衝

日本側		フィリピン側
山口 洋一	金属鉱業事業団	Joel D. Muyco 鉱山地球科学局 (局長)
小山 恭一	"	Salvador Martin "
中野 則夫	外務省経済協力局	Edwin G. Domingo "
池田 肇	国際協力事業団	Romeo L. Almeda "
細井 義孝	金属鉱業事業団	Noel V. Ferrer "
梶谷 雄司	(マニラ海外調査員)	
升田 健蔵	金属鉱業事業団	

(2) 現地調査

① A地区、B地区及びC地区

	日本側	フィリピン側
総括・調整	志田 彰夫	Romeo L. Almeda
A地区	鍋島 秀明 前野 淳一	Noel V. Ferrer Benjamin Cadawan Jr. Joselito Velasquez
B地区 (E)	伊藤 康則 野々口 稔	Rogel Santos Oliver Relova Noel Ariel Cruz
B地区 (W) 及びC地区	山田 毅 吉村 文孝 山沢 茂行	Bugenio Esguera Ronald Miranda Reinhold Salas Emmanue Cruz

② 精査地区A-1及び精査地区B-1

総括・調整 志田 彰夫 Romeo L. Almeda

精査地区A-1 河野 愛 Noel L. Ferrer
三好 誠 Joselito Velasquez
Emmanuel Santos
Oliver Relova

精査地区B-1 伊藤 康則 Antonio N. Apostol
Rogel Santos
Ronaldo Miranda
Reinhold Salas

現地調査期間

A地区、B地区及びC地区 平成2年10月21日～12月9日(50日間)

精査地区A-1及び精査地区B-1
平成3年1月30日～4月18日(79日間)

第2章 調査地域の既存地質情報

2-1 既往調査

調査対象のA地区、B地区及びC地区の3地区は、Palawan島のほぼ中南部に位置する。Palawan島全域の地質層序、地質構造については、Phillipines群島についての従前の調査資料を集大成した *Geology and Mineral Resources of the Phillipines, Volume one geology*, (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)のなかで述べられている。同報告のVolume two, *Mineral Resources* は1986年に刊行され、Palawan島のニッケル、クロムその他の鉱床について述べている。

UNDP(1985)は、*Technical Report No. 6, Geology of Central Palawan*で、今回調査のA地区を含む中部Palawan地域の地質層序、地質構造、鉱床について述べている。同調査では地化学探査も同時に実施している。これらの調査結果は、*Geologic Map of The Bacungan Quadrangle(BMG-UNDP, 1986)* としても刊行されている。

B地区が含まれているパラワンⅢ(プエルト)及びパラワンⅣ(ナラ)の調査は、鉱物資源基本図調査として、地質調査及び地化学探査を実施し、地質層序、地質構造、鉱徴地、地化探異常などについては、*Report on The Mineral Exploration(JICA-MMAJ, 1987)*に、またC地区が含まれるパラワンⅥ(ケソンーリオツバ)の調査結果は、*Report on The Mineral Exploration(JICA-MMAJ, 1988)*に述べられている。

B地区に含まれるヴィクトリア地区についても、同様の調査が実施されており、その調査結果は、*Report on The Mineral Exploration(JICA-MMAJ, 1989)*に述べられている。

B地区の西海岸沿いの地区は、UNRFNRBにより詳細な地質調査、地化学探査が実施されており、その結果は*Chromite Exploration in the Phillipines(UNRFNRB, 1990)*に述べられている。

2-2 調査地域周辺の一般地質

Calamian諸島を含むPalawan島は正規堆積岩類を主とする北部Palawanと塩基性岩類、超塩基性岩類が卓越する南部Palawanに分けられる。

両者の境界については種々の論議があるが、ここではUigan Bay東側に位置するSabang断層をもって区分することとした。

Sabang断層西南の南部Palawanのうちの北部、A地区及びB地区を含む地域には、Palawan Ophioliteが広く分布している。Palawan Ophioliteは、Mt. Beaufort Ul-

tramafics の超塩基性岩類, Stavely Range Gabbro, Sulutan Peak Gabbro, Espina Basaltの塩基性岩類からなる。Mt. Beaufort UltramaficsはInagauan Metamorphicsに衝上しており, このInagauan Metamorphicsは衝上時にPanas層が変成したものと考えられている。後Ophiolite堆積層としては, Tagbueros Siltstone, Sulu Sea Mine Formationがあり, 南部Palawan のうちの北部に分布している。

これらの各層を覆って, 新期の堆積層であるRansang formation, Isugod Formation, Alfo-nso X III Formation, Iwahig Formationの各層が低地を埋めて分布している。

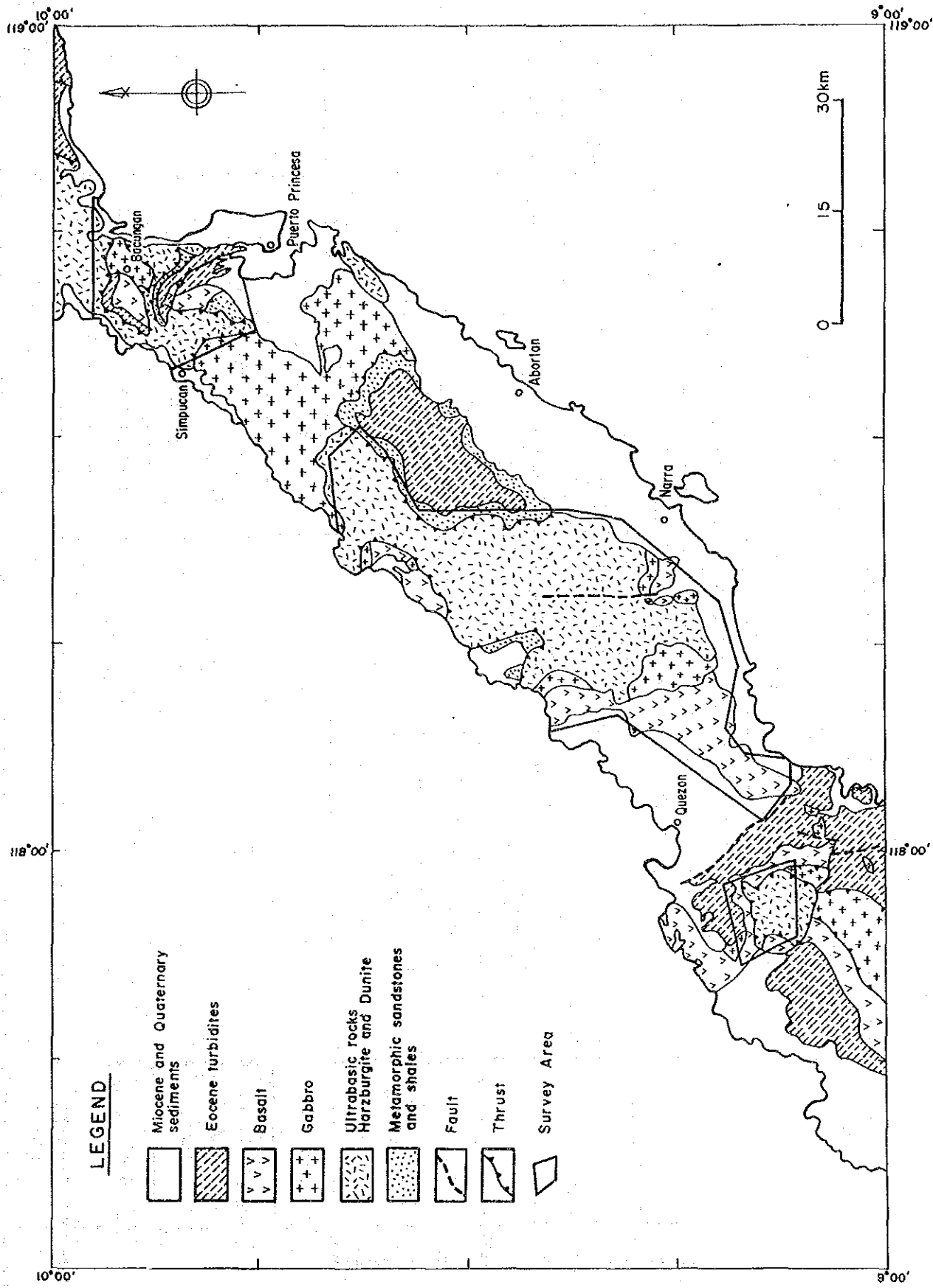


Fig. 2 Simplified geologic map of South Central Palawan

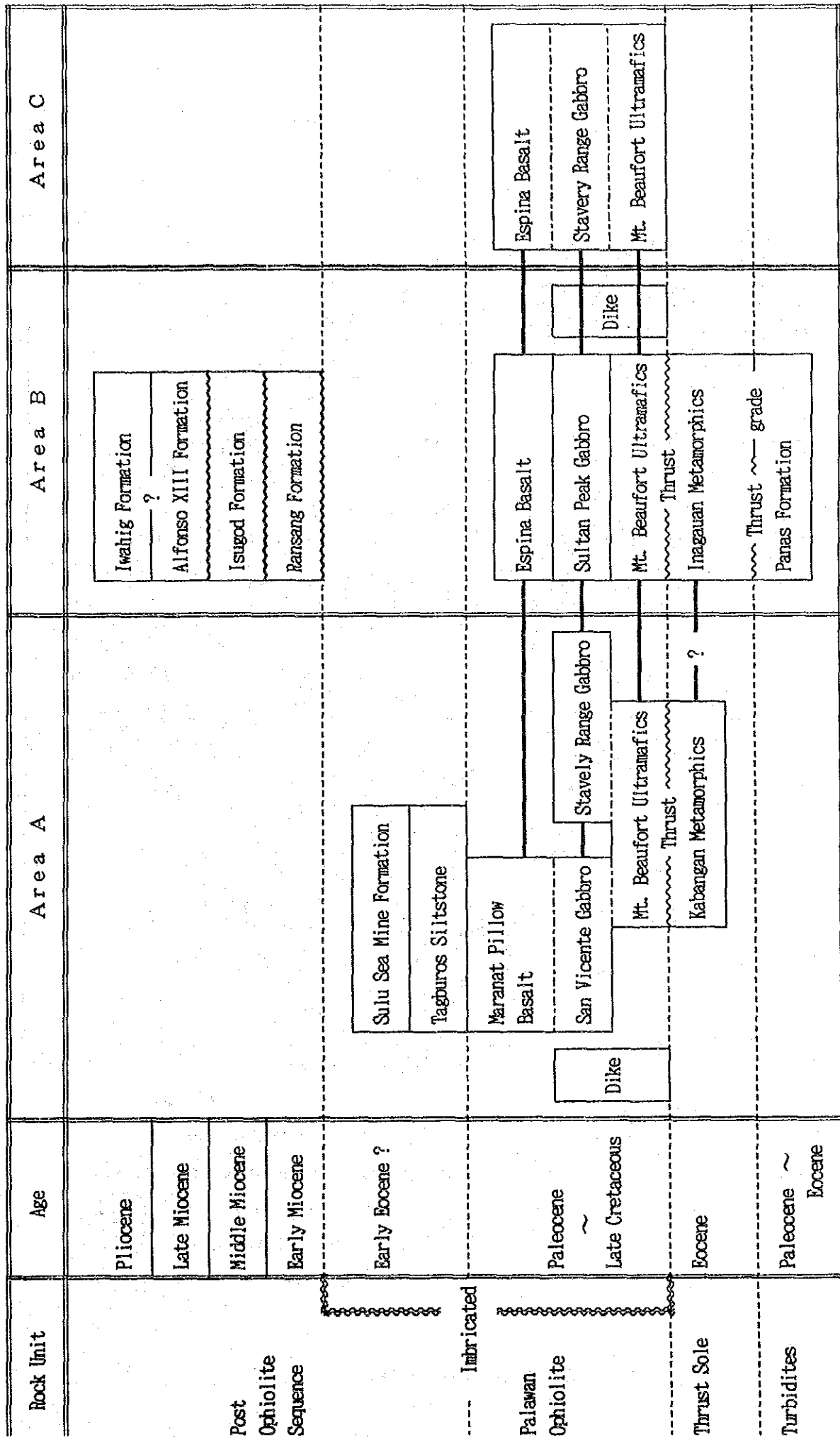
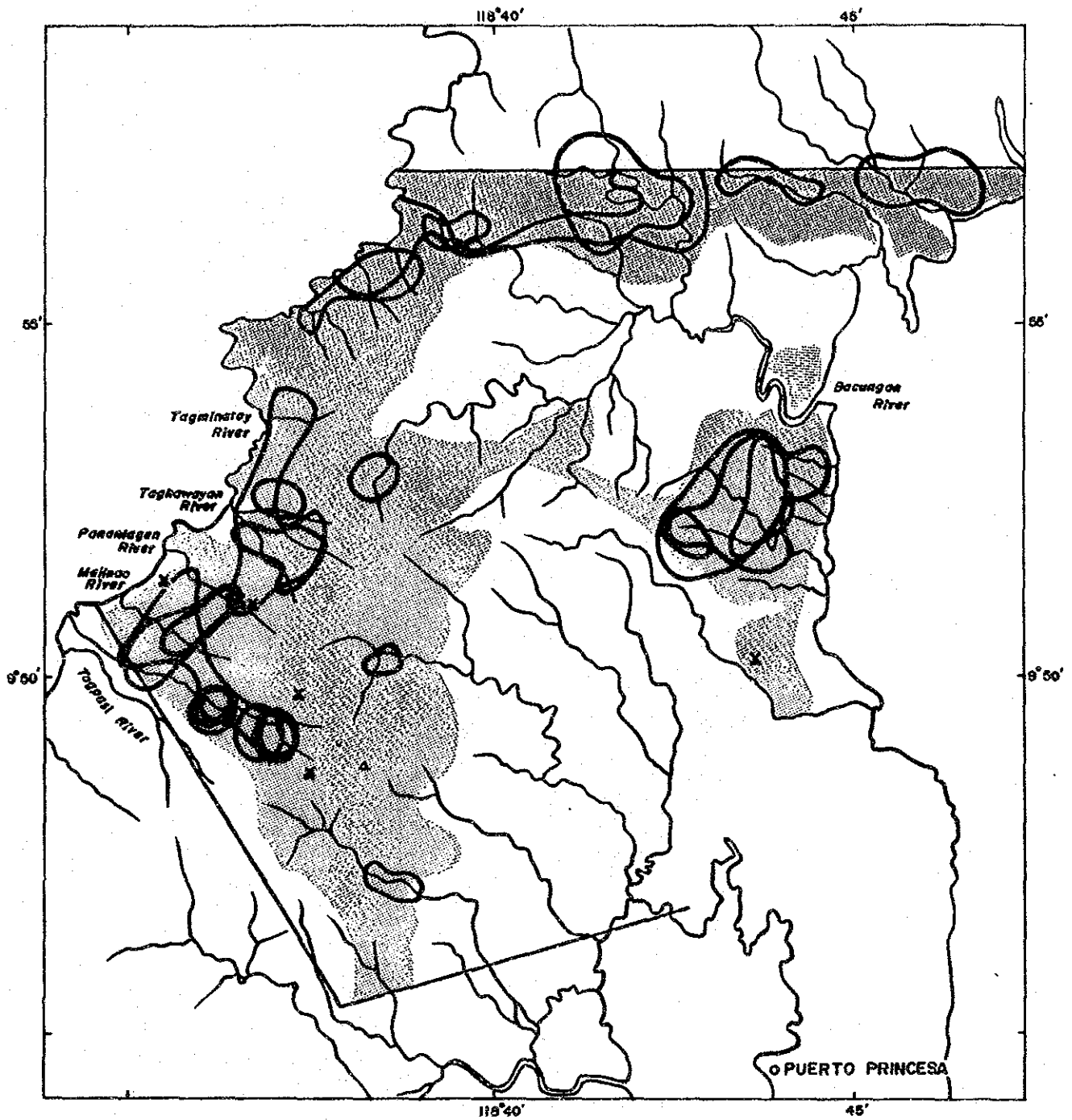


Fig. 3 Columnar section of the survey area



LEGEND

- ⌘ Old workings
- Distribution of ultrabasic rocks
- Heavy mineral > 32g/soil 1kg
- $Z_1 > 1.98 (m + \sigma)$
- $Z_2 < -1.31 (m - \sigma)$



Fig. 4 Interpretation map of the area A

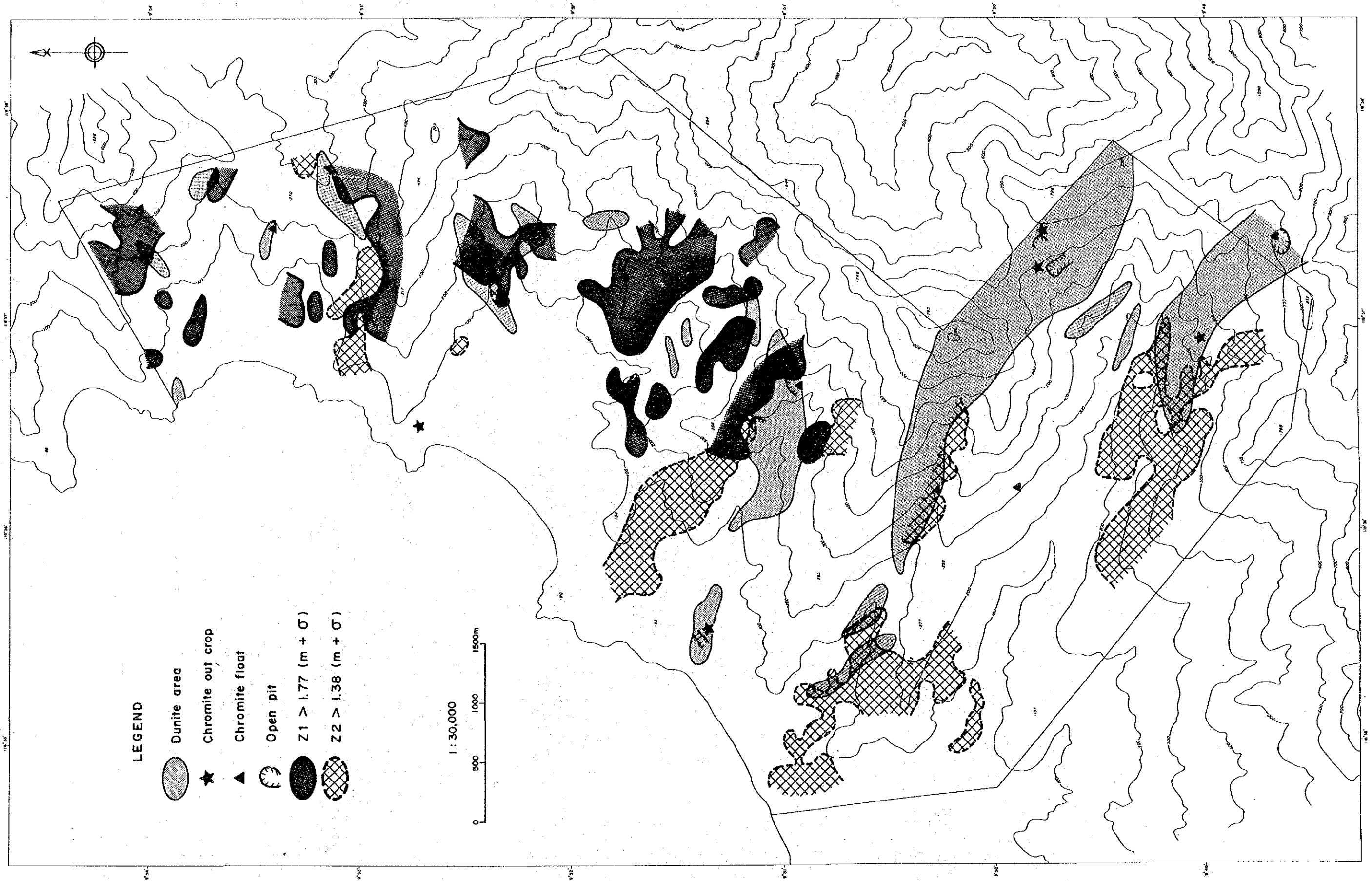


Fig. 5 Interpretation map of the area A-1

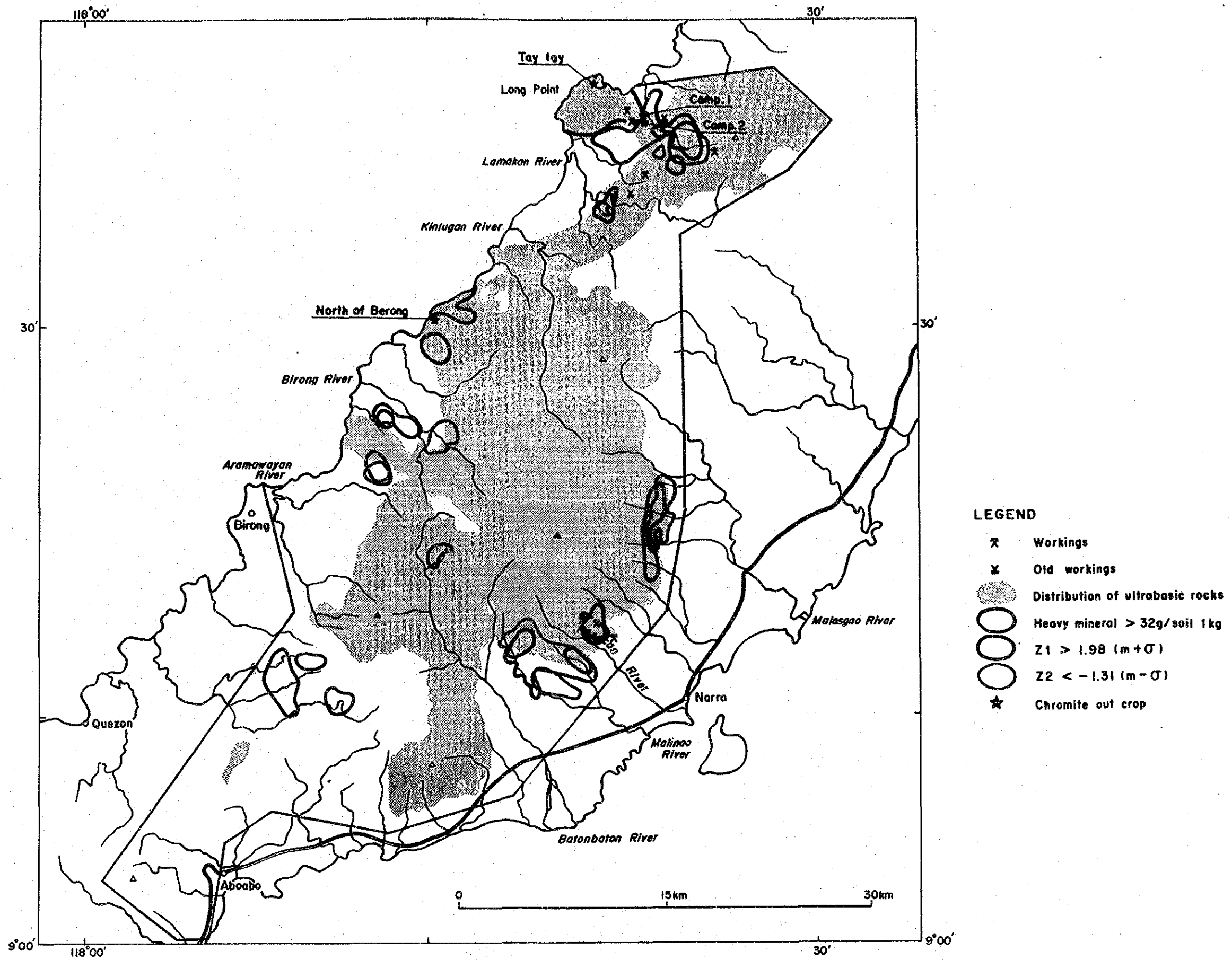
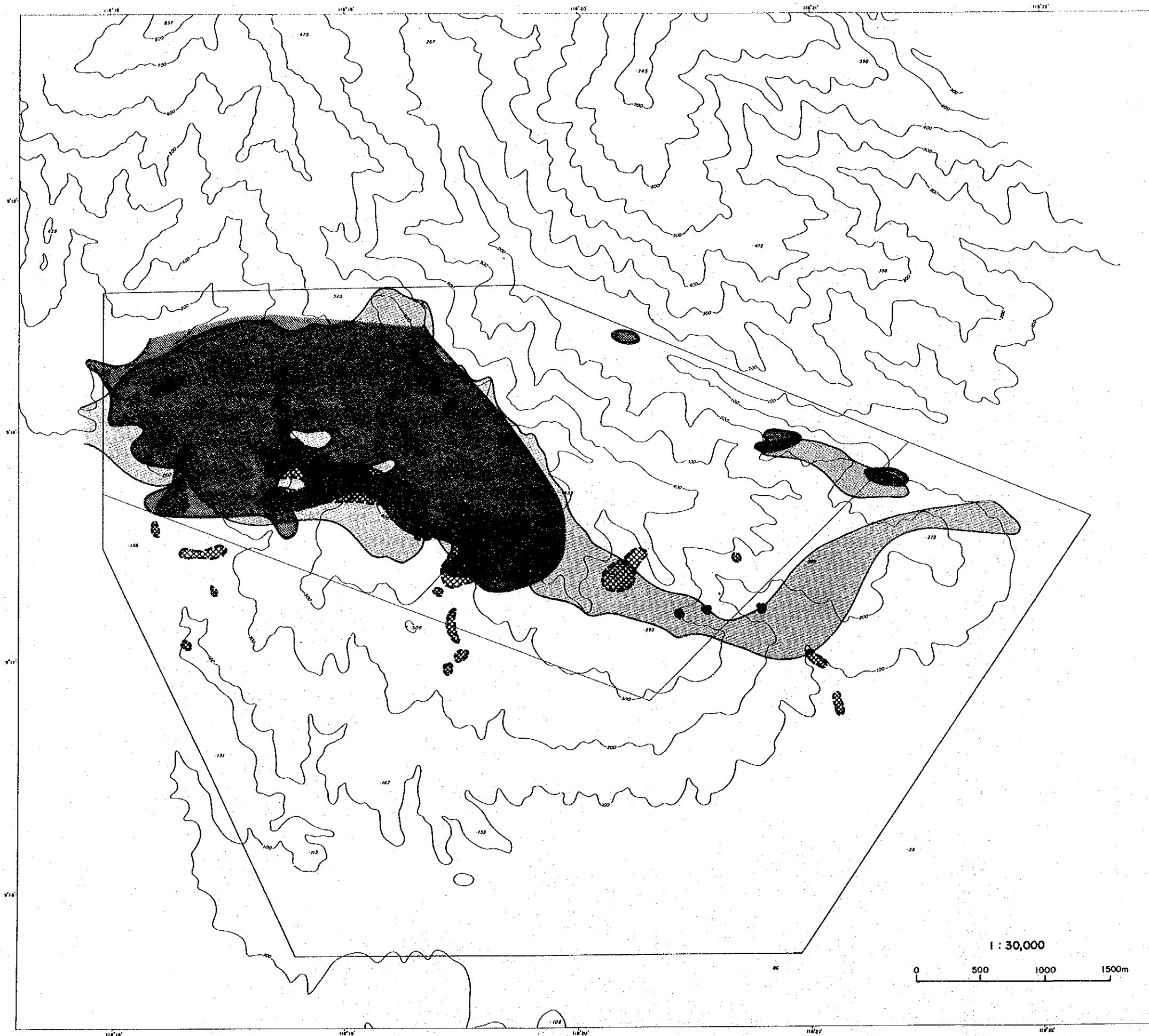


Fig. 6 Interpretation map of the area B







- LEGEND
-  Dunite area
 -  Chromite dissemination
 -  $Z1 > 1.94 (m + \sigma)$
 -  Anomaly chrome

Fig. 7 Interpretation map of the area B-1

第3章 調査結果の総括

本年度調査により調査地区の地質、鉱徴及び地化学特性について多くのデータが得られた。これらを地区ごとに総括して以下に述べる。

3-1 A地区及び精査地区A-1

A地区は、Palawan Ophiolite, Kabangan Metamorphics, Tagbueros Siltstone, Sulu Sea Mine Formationからなる。

Palawan Ophioliteは地域の大半を占めて分布し、下位よりMt. Beaufort Ultramafics, San Vicente Gabbro, Stavely Range Gabbro, Maranat Pillow Basaltから構成される。各岩相は、Ophiolite衝上時に伴って形成されたいくつもの衝上断層で剪断され、インブリケート状に積み重なっている。そのため、上位岩相が下位岩相に衝上されて複雑な関係となっている。

本地域にみられる鉱徴は、クロム鉱徴とニッケル鉱徴でいずれもMt. Beaufort Ultramafics中に認められる。

主なクロム鉱徴は地化学探査で抽出された地域で行った精査(A-1地区)で確認された。A-1地区は主にMt. Beaufort Ultramaficsのハルツバージャイトで占められており、クロム鉱徴の大部分は、ハルツバージャイト中に貫入岩状をなして分布するダナイトテクトナイトに認められる。クロム鉱徴はSan Chromite Area, Macasaet Area, Upper Pananlagan, Lower Pananlagan, Tagkawayan, Tagminatayに分布する。観察された露頭の規模はいずれも小さく、それらの形状は幅数mのレンズ~ポッド、あるいは鉱染状のシームである。

ニッケル鉱徴はA地区北部のBacungan地区やA-1地区のTagkawayan River流域などに認められた。Bacungan地区の残留ラテライト層は非常に厚い。これに対してTagkawayan River流域のラテライトの発達はあまり良くない。

A地区の地化学探査では、まず現地調査においてパンニングによる土壤中の重鉱物の量比を検討することにより有望地域を検出した。重鉱物の濃集した地域はTagbueros北方地域、Bacungan周辺、北西部地域、西海岸地域に認められる。土壌地化学探査をPt, Pd, Au, Ni, Cr, Fe, Coの7元素により行い、その結果、Tagbueros北方地域、Bacungan北方~北西方地域、Malinao River流域、西海岸沿いに重複した地化学異常が得られた。これらの元素はその挙動からクロムに関連したNi, Cr, Fe, Coと貴金属に関連したPt, Pd, Auの2群に分

けることができる。これらの各異常域と超塩基性岩分布域を重ねてA地区の総合解析図 (Fig. 4) を作成した。A地区における有望地域として、Tagbueros北方地域、Bacungan北方から西海岸にかけての地域、西海岸沿いのMalinao RiverからTagminatayにかけての地域の3地域が抽出された。

A地区の土壌地化学探査の結果に基づいて、Malinao RiverからTagminatayにかけての地域をA-1地区として詳細に調査した。その結果、クロムに関連したNi, Cr, Fe, Coと貴金属に関連したPt, Pd, Auはそれぞれ異なった挙動を示すことが明かとなった。クロム・鉍徴地の分布、ダナイトの分布及び地化学異常域を重ねて総合解析図を作成した (Fig. 5)。A-1地区における有望地域として、Pananlagan鉍徴地を含んだ地域とTagkawayan鉍徴地からTagminatay地域に連なる2地域が抽出される。

3-2 B地区及び精査地区B-1

B地区では、Panas FormationにPalawan Ophioliteが衝上している。Palawan Ophioliteは、下位よりMt. Beaufort Ultramafics, Sultan Peak Gabbro, Espina Basaltの各ユニットで構成される。Panas FormationとOphioliteの間には、Ophioliteが衝上した時に形成されたと考えられるInagauan Metamorphicsが分布する。

本地域に見られる鉱徴は、クロム鉱徴とニッケル鉱徴である。これらの鉱徴はいずれもMt. Beaufort Ultramaficsに限って胚胎する。なお、玄武岩中にキプロス型の硫化鉄床も期待されたが本調査では銅鉱徴は確認されていない。

クロム鉱徴は、層状はんれい岩のキュムレイトダナイトに伴われるものとハルツバージャイト中のダナイトテクトナイトに伴われるものがある。前者はNarra西方に分布するMalinao川流域の鉱徴地が代表的なものであり、後者はNorsophil鉄山や西海岸のBerong地区などにみられる鉱徴がこれにあたる。Malinao River流域の鉱徴地については引き続いて実施した精査(B-1地区)により、クロマイトの鉄染したダナイトがB-1地区北西部に発達していることを確認した。

ニッケル鉱徴に関しては新たな鉱徴は確認出来なかった。精査地区B-1中央部で行ったテストピットでニッケル含有量1%前後の値が得られた程度である。

B地区の地化学探査では、A地区同様にまず現地調査においてパンニングによる土壌中の重鉄物の量比を検討することにより有望地域を検出した。重鉄物の濃集した地域は、Norsophil鉄山付近、Malasgao River上流域、Malinao River流域、Long Point周辺、Berong地区に認められる。土壌地化学探査について分析を行った7元素は、その挙動から2群にわけることができる。もう一つはクロムに関連したNi, Cr, Fe, Coであり、一つは貴金属に関連するPt, Pd, Auである。クロムに関連した異常域は、重鉄物による異常域と重複した地域に分布する。これらの各異常域と超塩基性岩分布域を重ねてB地区の総合解析図(Fig. 6)を作成した。その結果、東海岸側ではMalasgao River上流域、Norsophil鉄山周辺、Malinao River上流域の3地域が、西海岸側ではLong Point周辺、Berong地域の2地域が有望地域として抽出された。土壌による地化学探査を受けて、精査地区B-1としてMalinao River流域を調査した。地化学探査の結果、クロムに関連した元素群であるNi, Cr, Fe, Coと貴金属に関連した元素群であるPt, Pd, Auはそれぞれ異なった挙動を示し、前者ははんれい岩からかんらん岩への漸移帯及びかんらん岩分布域で高濃度であ

るが、後者はMalinao River支流の上流や最南部の玄武岩分布域で高濃度である。B-1地区で確認された鉍徴地、グナイトの分布及び地化学異常域を重ねてB-1地区の総合解析図を作成した (Fig. 7)。クロムに関しては、B-1地域北西部が有望地域として抽出できた。

3 - 3 C 地区

C地区はPalawan Ophioliteで占められている。Palawan Ophioliteは下位からMt. Beaufort Ultramafics, Stavelly Range Gabbro, Espina Basaltから構成される。本地区の大半は、Mt. Beaufort Ultramaficsのハルツバージャイトで占められており、低地にはんれい岩、玄武岩が分布する。

既存資料によれば、C地区には緑色岩体が広く分布するとされており、キプロス型硫化鉱床の賦存が期待されていたが、実際には緑色岩体の分布は狭く、硫化鉱の鉱徴も認められなかった。また超塩基性岩岩体中には、クロム鉱徴を発見することが出来なかった。

この地域では、沢砂地化学探査によって硫化鉱床に関係した元素の地化学異常が報告されていたので、本調査では銅鉱床に関係する元素で地化学探査を行った。土壌地化学探査では、各元素について相対的に元素濃度の高い地域を抽出した。しかし、各元素毎に得られた高濃度地域は相互にほとんど関連を見つけられず、また異常値自体も元素の地殻存在度と比較してあまり差が無い程度であった。河床堆積物のパンニングによる地化学探査ではAgではすべての試料で検出限界以下の値であり、Auでも大部分の試料が検出限界以下の値で最高値も6ppbと非常に低い値を得た。

第 4 章 結論及び提言

4 - 1 結 論

本年度は、地質調査及び地化学探査を実施し次の結論を得た。

A 地区及び A - 1 地区

- (1) A 地区は Palawan Ophiolite, Kabangan Metamorphics, Tagbueros Siltstone, Sulu Sea Mine Formation からなる。精査地区 A - 1 は主として Mt. Beaufort Ultramafics からなる。
- (2) A 地区に見られる鉍徴は、クロム鉍徴とニッケル鉍徴でいずれも Mt. Beaufort Ultramafics に限って胚胎する。
- (3) クロム鉍徴の大部分は、ハルツバージャイト中に貫入岩状に分布するダナイトテクトナイトに認められる。主なクロム鉍徴は、地化学探査で抽出した A - 1 地区で行った精査によって確認され、鉍徴地として San Chromite Area, Macasaet Area, Upper Pananlagan, Lower Pananlagan, Tagkawayan 及び Tagminatay が認められた。
- (4) ラテライトは、Bacungan に良く発達しており、ニッケル鉍徴として期待できる。
- (5) パンニングによる土壤中の重鉍物の量比を検討することによって Tagbueros 北方地域、Bacungan 周辺、北西部地域、西海岸沿いに重鉍物の高濃集地域が検出された。
- (6) 土壌による地化学探査を Pd, Pt, Au, Ni, Cr, Fe, Co の 7 元素で行った結果、Tagbueros 北方地域、Bacungan 北方～北西方地域及び西海岸沿いの Malinao River から Tagminatay にかけての異常域が検出された。
- (7) 以上の結果から、A 地区では① Tagbueros 北方地域、② Bacungan 北方から西海岸にかけての地域及び③ 西海岸沿いの Malinao River から Tagminatay にかけてが有望地域として抽出できた。
- (8) 精査地区 A - 1 として、A 地区の地化学異常域として検出された 3 地域のうち、西海岸沿いの Malinao River から Tagminatay にかけての地域において地質調査及び地化学探査を行った。地質調査からは、ダナイトテクトナイトの形状が明かとなった。また、鉍徴地の詳細が確認された。
- (9) 精査地区 A - 1 の地化学探査では、① Pananlagan 鉍徴地を含む地域、② Tagkawayan 鉍徴地から Tagminatay 地域にかけての地域がクロム鉍床胚胎の有望地域として抽出できた。

B地区及びB-1地区

- (1) B地区はPalawan Ophiolite, Inagauan Metamorphics, Panas Formationからなる。精査地区B-1はPalawan Ophioliteで占められている。
- (2) B地区に見られる鉱徴は、クロム鉱徴とニッケル鉱徴でいずれもMt. Beaufort Ultramaficsに限って胚胎する。
- (3) クロム鉱徴は、層状はんれい岩のキュムレートダナイトに伴われるものとハルツバージャイト中のダナイトテクトナイトに伴うものがある。前者はMalinao River流域の鉱徴地が代表的なものであり、後者はNorsophil鉱山付近、西海岸のBerong地域などの鉱徴地がこれにあたる。
- (4) BPMAによるクロマイト組成の検討によれば、漸移帯からキュムレートダナイト中のクロマイトはダナイトテクトナイト中のものよりクロム濃度が低い。
- (5) パンニングによる土壤中の重鉱物の量比を検討することによってNorsophil鉱山付近、Malasgao River上流域、Malinao River流域、Long Point周辺、Berong地域に重鉱物の高濃集地域が検出された。
- (6) 土壤による地化学探査をPd, Pt, Au, Ni, Cr, Fe, Coの7元素で行った結果、土壤中の重鉱物量から得られた結果とほぼ重なって異常域が検出された。
- (7) 以上の結果から、B地区では東海岸側の①Malasgao River上流域、②Norsophil 鉱山付近、Malinao River上流域、西海岸側の③Long Point周辺、④Berong地域が有望地域として抽出できた。
- (8) 精査地区B-1としてB地区の地化学異常域として検出された地域のうち、Malinao River上流域において地質調査及び地化学探査を行った。地質調査からは、はんれい岩とかんらん岩の間の漸移帯が確認され、またダナイト中の鉱徴地の詳細が明かとなった。
- (9) 精査地区B-1の地化学探査では、B-1地区の北西部がクロム鉱床胚胎の有望地域として抽出できた。

C地区

- (1) C地区はEspina Basalt・Sultan Peak Gabbroに広くハルツバージャイトが衝上している。
- (2) キプロス型硫化鉱床が期待されたが、緑色岩体の分布は狭く、かつ硫化鉱床の鉱徴は認められなかった。

- (3)超塩基性岩分布域にはクロム鉱徴は認められなかった。
- (4)地化学探査では、有望地域を検出することができなかった。

4-2 第2年次調査への提言

以上の結果から、A地区ではA-1地区以外にTagbueros北方地域及びBacungan北方から西海岸にかけての地化学異常域が、またB地区ではB-1地区以外に東海岸側のMalasgao River上流域の地化学異常域がクロム鉱床胚胎の可能性が高い地域としてあげられる。従って、これらの地域については新たに精査を実施して鉱徴の有無、鉱化帯の規模などを確認することが望まれる。

精査地区A-1内のPananlagan鉱徴地及びTagkawayan鉱徴地周辺は地化学異常域となっており、新たな鉱徴を発見出来る可能性が高い。また精査地区B-1の北西部の地化学異常域は、クロマイト鉱染の認められる鉱徴地にあたり、クロマイトの新鉱床賦存の可能性もある。これらの地域については、鉱体確認のために追加のピット調査を実施することが望まれる。

第Ⅱ部 各 論

第Ⅱ部 各 論

第1章 A地区及び精査地区A-1

1-1 位置及び交通

Palawan島はフィリピン群島の西南端の島で、東部はスル海に、西部は東シナ海に面している。調査地域は、Palawan島の北寄りに位置し、北緯 9° 45' から北緯 9° 57' にわたる、東海岸と西海岸に囲まれた地域である。また精査を実施したA-1地区は、全調査地域の西南部で背梁山脈の西海岸側でSinpucanからBluff Point南に至る部分である。なおPalawan州の州都であるPuerto Princesaは調査地域の南方、東海岸ペリにある。

首都ManilaからPuerto Princesaの間には、1日1~2便の定期航空便と週1~2便のフェリーが運行している。所要時間は航空機の場合約1時間、フェリーの場合約72時間である。

Puerto Princesa市街地から調査地域の東海岸沿いには自動車道路（未舗装）が走り、東海岸のBacunganから西海岸のNagutabon Beachまで背梁を横断する自動車道が通じている。ただし一部はかなりの急傾斜悪路で、ジープ以外の車両の通行は困難となる。

Puerto Princesa南方のIwahigから西海岸沿いにNapsanを經由し、調査地域南端のSinpucanに至る自動車道があるが、路面の状況は悪く、かつIwahig川をはじめとするいくつかの大きな川を横断しなくてはならず、雨季の交通は困難となる。

調査地域北端のNagutabon BeachからBluff Pointを経てSinpucanに至る西海岸沿いには自動車道路はなく、交通は徒歩またはバンカーボートによらなければならない。

1-2 地形及び水系

調査地域外の西海岸寄りに海岸線とほぼ平行に背梁山脈が走り、調査地域を大きく西側と東側に2分している。この山脈は標高1,269mのThumb Peak, 1,098mのMt. Beaufortなどの高山を擁す。

背梁の西側では、海岸から背梁までの距離は、Malinao River流域では約7kmであるが、その他の地区では、2~4kmと短かく地形はかなり急峻で、ほぼ南東から北西方向に流下するいくつかの溪谷に刻まれている。

背梁の東側は、標高200~400mのなだらかな丘陵からなる北部と、Mt. Beaufortを中心とする急峻な山地からなる南部とに分けられる。

東側北部では、本地域最大のBacungan Riverの流域で北方、西方、南方から集中し、東流しHonda Bayに注いでいる。Tagbros River他の河川も同様に東流し、Honda Bayに注いでいる。

東側南部では、Irawan Riverをはじめとする各河川は、Mt. Beaufortの南東斜面及び北方で南東に流下し、Puerto Princesa Bayに注いでいる。

1 - 3 気候及び植生

本地域は熱帯に属しており、気候は熱帯特有の乾季と雨季に大別される。一般的には1～5月は乾季、6～12月は雨季とされている。しかし年間降雨量は2,700mm程度で、熱帯としては比較的降雨量の少ない地域である。

本地域の植生は、その地域の地形環境による特徴が認められる。

すなわち、東海岸沿いの低地帯は数10cm高の雑草の密生地、海岸線にはサンゴ礁も多い。

東側北部の低地帯～丘陵地帯は雑草・低灌木類が多く、河川沿いにはしばしば竹が密生している。河川や小沢に沿っては水田や畑が開けているところが多い。

西側では、山地が海に迫っているため低灌木の密生原生林となっている。

超塩基性岩の分布域では、表層部分がラテライト化しているのが一般的であるが、本地域では地形が急峻なためラテライトの発達が悪い。

山岳地帯は全般に広葉樹を主体とする原生林に覆われている。針葉樹は高標高部にわずかに見られるにすぎない。

1 - 4 調査方法

1) 地質調査

① A地区

A地区の地質調査は、縮尺1:50,000地形図より作成した縮尺1:10,000の拡大図を使用し、地区内の各沢に設定された踏査ルート上の岩石露頭及び転石の観察によって行った。

踏査ルートの総延長は、100kmである。ルート上の岩石露頭及び転石の観察結果は、縮尺1:10,000の地形図に記載した。なお、岩石露頭及び転石の観察とともに、薄片・研磨薄片作製、X線回折試験などの室内試験用の試料及び地化学探査用の試料を採取した。

東側地域の調査は、大半をPuerto Princesaに設置したベースキャンプから行ったが、

アクセスの悪い地域については移動キャンプで実施した。

西側地域の調査は、Nagtabon Beachにサブキャンプを設置し、バンカーボートを使用しながら移動キャンプによって行った。

②精査地区A-1

精査地区A-1の地質調査は、縮尺1:50,000の地形図から作成した縮尺1:10,000の拡大図をベースマップとして使用した。地区内の各沢、一部尾根に設定した踏査ルート of 岩石露頭及び転石の観察は、テープ・クリノメーターにより縮尺1:5,000のルートマップを作成しながら行い、その結果を縮尺1:10,000の地形図上にとりまとめた。踏査ルートの総延長は、80kmである。

また、鉱床露頭周辺ではピット調査による観察も併用した。

2) ピット調査

精査地区A-1内の34地点、Bacungan北方のラテライト分布域の11地点でピットを掘削した。

精査地区A-1内のピットは、ラテライト分布域の13地点をラテライトの賦存状況を確認するために、21地点でクロマイト鉱床露頭周辺で鉱体の拡がりを確認するために掘削したものである。

また、Bacungan北方のピットは、ラテライト分布域内でのニッケルの賦存状況を確認するために掘削したものである。

ピットの大きさは、およそ1m×1mで深さは精査地区A-1で1.2~3.0m、Bacungan北方で約5mである。ピットは、現地で通常採用されているシャベル、鉄棒、滑車などを使用する手掘りで掘削した。

ピット内の土壌断面は、縮尺1:50でスケッチし、試料は各土壌区分別に、また土壌区分が大きい場合には1m間隔で採取した。

ピットのスケッチを、Appendix 5のピット調査図に示す。

1 - 5 地 質

1 - 5 - 1 地質概説

1) A地区

A地区は、Palawan Ophiolite, Kabangan Metamorphics, Tagbueros Siltstone, Sulu Sea Mine Formationからなる。

Palawan Ophioliteは、地域の大半を占めて分布し、下位よりMt. Beaufort Ultramafics, San Vicente Gabbro, Stavely Range Gabbro, Maranat Pillow Basalt から構成される。各岩相は、Ophiolite衝上時にいくつかの衝上断層により剪断され、インプリケート構造をなして積み重なっている。そのため、上位岩相が下位岩相に衝上されて複雑な関係となっている。

Kabangan Metamorphicsは、Mt. Beaufort Ultramaficsの下面の衝上断層に接触して小規模に分布する。この変成岩岩体は、Ophiolite衝上時に衝上断層の上下面が変成したものと考えられている。

地域内には、ナップとして衝上したMt. Beaufort Ultramaficsの削剝によって形成されたBacungan Window 及びIratag Windowの2つの大規模な地窓が認められる。この地窓には、Ophioliteの最上部のMaranat Pillow Basaltと、Tagbueros Siltstone及びSulu Sea Mine Formationが分布する。これらの岩相は整合的に累重しており、Bacungan River Groupと呼ばれている (UNDP, 1985)。Tagbueros Siltstone及びSulu Sea Mine Formationは、おそらくOphioliteの衝上前に海洋～前弧海盆において堆積した岩相と考えられる。

2) 精査地区A-1

本地区は、A地区の西海岸沿いの地域にあり、主としてStavely Range GabbroとMt. Beaufort Ultramaficsからなる。

Stavely Range Gabbroは、全調査地域の南端部及び西端部に限って分布する。Mt. Beaufort Ultramaficsとの関係は衝上断層で接すると考えられる。はんれい岩～かんらん石はんれい岩、トロクトライトからなり、層状構造が良く発達している。

Mt. Beaufort Ultramaficsは、本地域の大半を占めて分布する岩相で、主としてハルツバージャイトからなる。このハルツバージャイト中には、貫入岩様あるいは互層状に大小様々な規模のダナイトテクトナイトが認められる。このダナイトはクロム鉱床を伴うこと

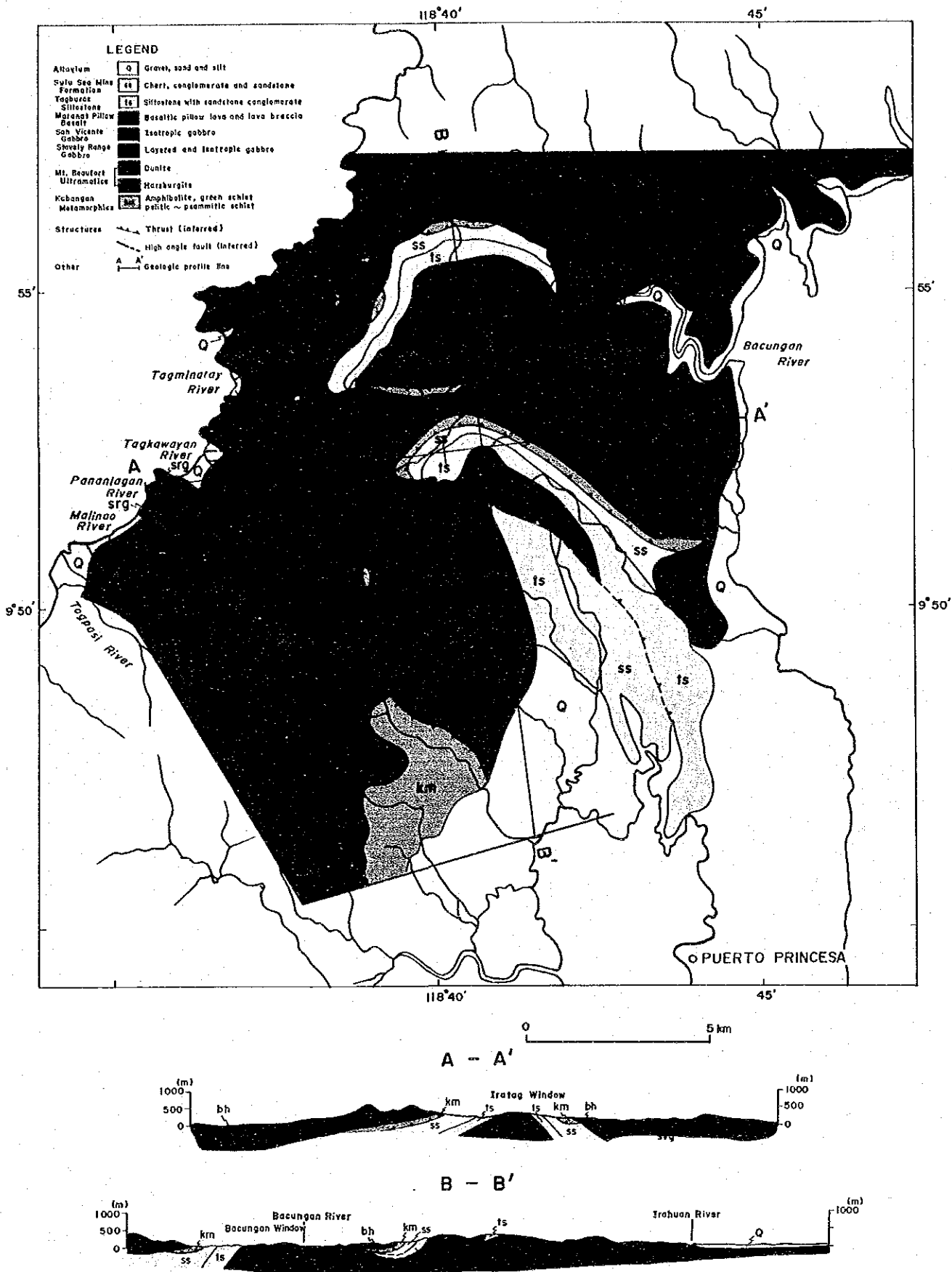


Fig. 8 Geologic map and profile in area A

Age	Geologic Column	Rock Description	Formation/Rock Unit	Mineral Showings
Quaternary	Q	Gravel, sand and silt unconformity	Alluvium	Crustal Sequence
	Early Eocene ?	ss	Red chert, conglomerate, wacke and mudstone	
ts		massive greenish siltstone, interbedded minor wacke and conglomerate	Tagburos Siltstone	Mantle Sequence
Paleocene ~ Late Cretaceous		mb	Aphyritic pillow basalt, lava breccia	
	<p>inferred stratigraphic</p> <p>medium fine-~medium grained gabbro</p> <p>~course grained gabbro</p> <p>~troctolite</p> <p>inferred stratigraphic</p> <p>harzburgite</p> <p>pyroxenite</p> <p>(dikes) dunite tectonite (dikes) porphyrite ~dolerite</p> <p>pyroxenite fine grained gabbro pegmatite</p>		<p>San Vicente Gabbro</p> <p>Stavely Range Gabbro</p> <p>Mt. Beaufort Ultramafics</p>	
Eocene	Km	Amphibolite, greenschist pelitic ~ psammitic schist	Kabangan Metamorphics	Metamorphic Sheets

● Macasaet Area and other Cr deposits

Fig. 9 Schematic geologic column in area A

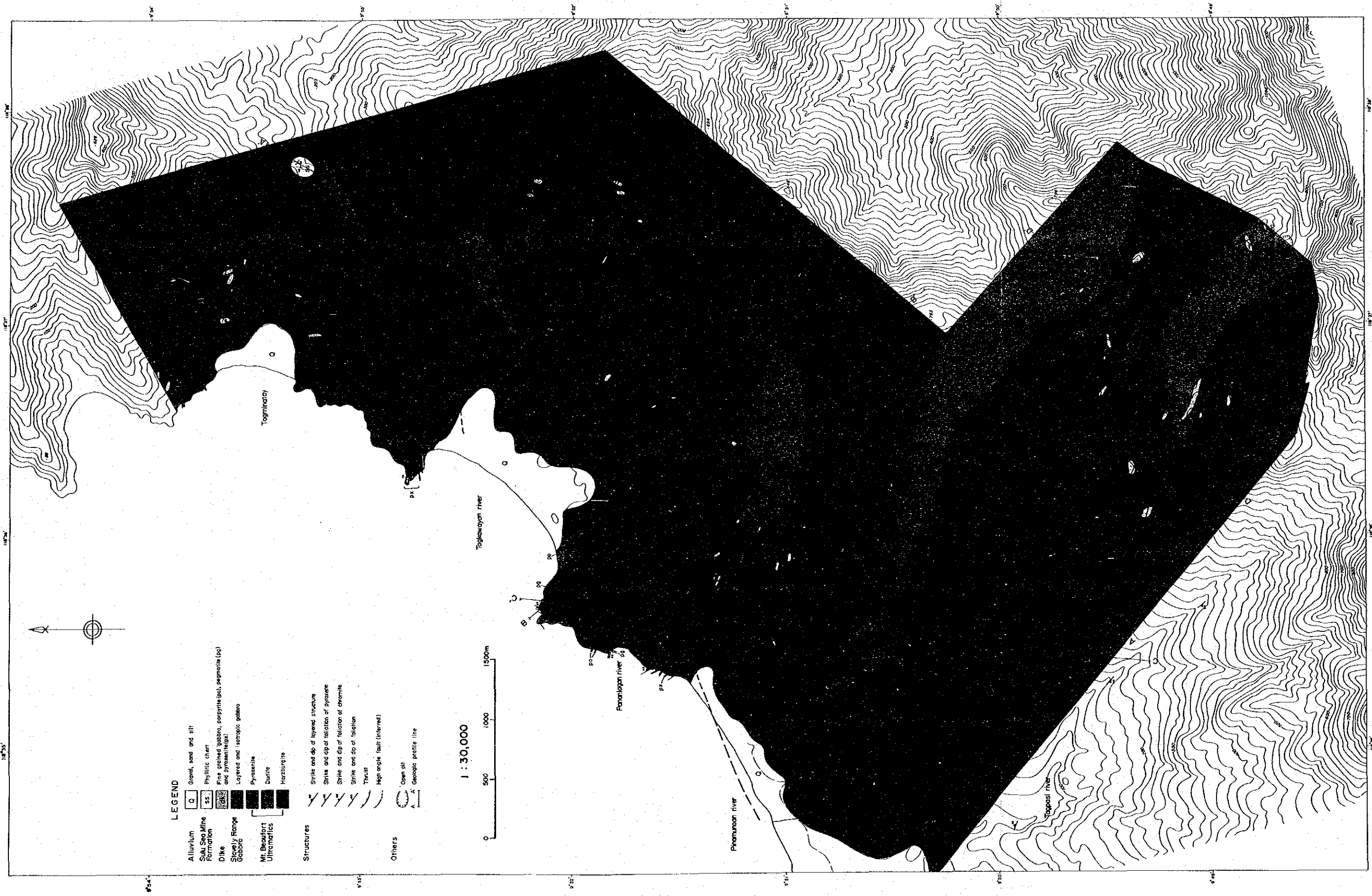
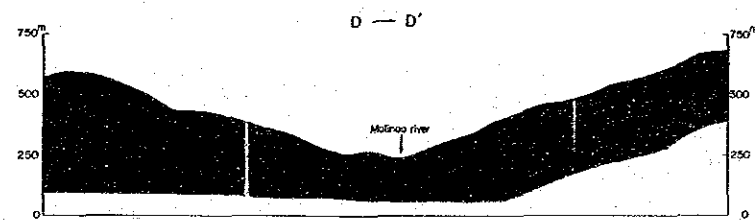
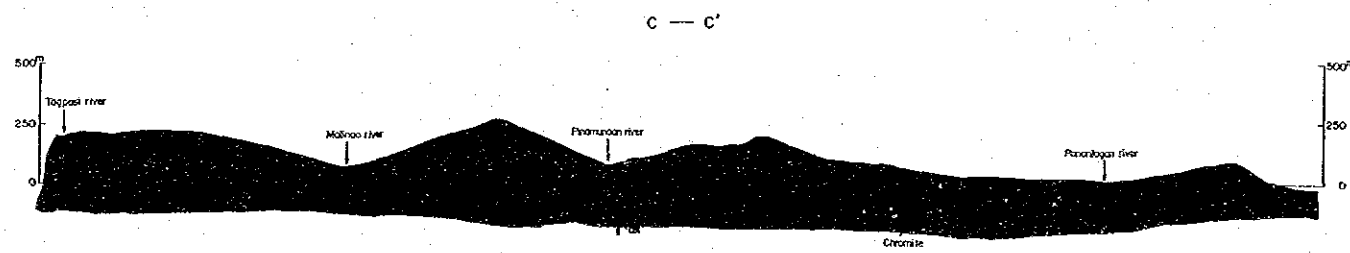
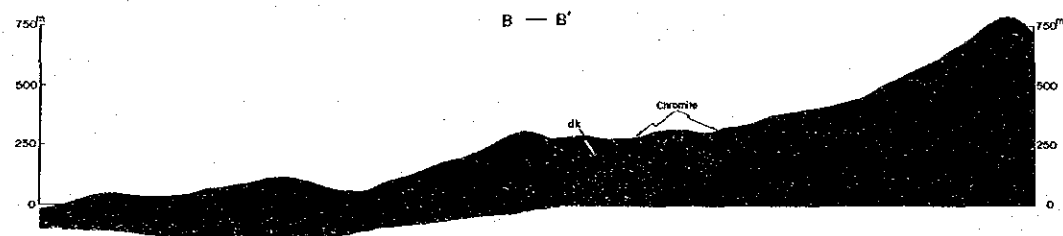
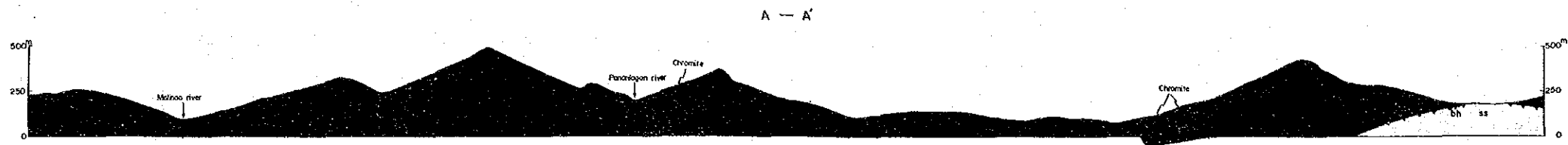


Fig. 10 Geologic map in area A-1



- LEGEND**
- Alluvium Gravel, sand and silt
 - Sulu Sea Mine Formation Phylitic chert
 - Dike Fine grained gabbro
 - Stavely Range Gabbro Layered and isotropic gabbro
 - Mt. Beaufort Ultramafics Pyroxenite
Dunite
Harzburgite
 - Others Thrust
 High angle fault (inferred)
 Chromite mineralization

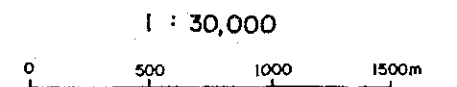


Fig. 11 Geologic profile in area A-1

があり、留意すべき岩相である。なお地域西部では、小規模に輝岩（ウェブステライト）が分布する他、北方には、Sulu Sea Mine Formationの千枚岩様赤色チャートが小規模な地窓状に認められる。

これらの超塩基性岩及びはんれい岩中には、輝岩、細粒はんれい岩、ひん岩、斜長石・普通角閃石ペグマタイトの岩脈が各所に貫入している。

1-5-2 地質各論

1) Kabangan Metamorphics

本岩体は、Bacungan River中流域のBacungan Windowの北縁及び南縁、Tagbueros西方のIratag Windowの北縁、東縁及び南西端に沿って幅300m以内の規模で分布し、角閃岩、緑色片岩、砂岩～泥質片岩からなる。Kabangan Metamorphicsは、超塩基性岩岩体底部の衝上断層の上面及び下面が変成したものと考えられる。このうち砂質～泥質変成岩は、おそらくPalawan 南部に分布するPanas Formation同様のタービダイトが変成したものと考えられる。

2) Mt. Beaufort Ultramafics

Mt. Beaufort Ultramaficsは、Palawan ophioliteの主要な部分を占める超塩基性複合岩体で、調査地区南部のMt. Beaufort周辺から北側にナップ状に広く分布する。本岩体は、やや蛇紋岩化したハルツバージャイトを主とし、ダナイト、輝岩を伴う。Bacungan River中流域及びTagbueros 西方では削剝されて、それぞれBacungan Window, Iratag Windowとして下部の岩相を覗かせている。

ハルツバージャイトは、風化面では褐色～淡褐色を呈するが、新鮮な面では暗灰緑色から黒色を呈し、数mmから2cm程度のかんらん石と斜方輝石からなる。一般にやや変質しており、斜方輝石はバスタイト化し、またかんらん石も蛇紋石化していることが多い。副成分鉱物として、クロムスピネル（クロマイト）を含む。斜方輝石の定向配列は、風化面で良く認めることができる。

ダナイトは、数m～数百mの規模で紡錘状～不規則な形態でハルツバージャイトに数多く貫入する。風化面では黄褐色から褐色を呈し、また新鮮面では暗緑色からオリーブ色を呈する。ハルツバージャイト同様にやや蛇紋石化して、鏡下では蛇紋石（粉末X線分析によればアンチゴライト）によりメッシュ状構造を呈する。ダナイトとハルツバージャイト

との境界面は、ハルツバージャイト中の斜方輝石の定向配列の方向とやや斜交することが多いが、全体的にダナイト岩体はハルツバージャイトの面構造方向に伸びた形状をなして分布している。ダナイト中には、一般にクロマイトの粒子が肉眼で認められ、定向配列が認められる。この定向配列、クロマイトシームやレンズの方向がダナイトの貫入方向と平行であることがある。精査地区A-1では、輝岩（ウェブステライト）はハルツバージャイト中に層状に分布する。

3) Stavelly Range Gabbro

本岩体は、A地区南西端のMalinao Riverの南西、Balsahan River流域に分布する。主として中粒～粗粒のはんれい岩からなり、かんらん石はんれい岩、トロクトライトを伴う。

調査地域以南の地域では層状構造が余り発達していないが、本地域内西方では有色鉱物の量比や粒度の差による層状構造が顕著に認められる。層状構造は、Tagpasi Riverでは、NW-SE方向で北傾斜、Pananlagan River下流域ではN-S方向で東傾斜である。Pananlagan River下流域では、輝石斜長石はんれい岩とかんらん石はんれい岩やトロクトライトの互層状部分が認められる。

4) San Vicent Gabbro

本岩体は、Puerto Princesaから北へ通ずる国道沿いのBacungan, San Vicenteを中心とする地域に分布する。非常に風化が顕著で、なだらかな丘陵地帯を形成する。岩相は、細粒から中粒の輝石斜長石はんれい岩で、一般に有色鉱物の量比による層状構造や縞状構造は不明瞭である。

本岩体は、Mt. Beaufort Ultramaficsに衝上され、Maranat Pillow Basaltに衝上している。岩相から見ておそらくPalawan南部地域に分布するSultan Peak Gabbroと対比できるものと考えられる。

5) Maranat Pillow Basalt

本層は、Bacungan WindowのMalanat Creeekを中心とする地域及びIratag WindowのIrawan Riverを中心とする地域に分布し、主として枕状溶岩、凝灰角礫岩からなる。

Bacungan Windowに分布する本層は、無斑晶状または非杏仁状の玄武岩からなり、緑泥石化を被っていることが多い。

Iratag Windowにおける本層は、Bacungan Windowと同様の玄武岩からなるが、数～10 m程度の泥岩を挟在することがある。

Maranat Pillow Basaltは、Palawan南部に広く分布するBspina Basaltに対比できると考えられる。本層はSan Vicente Gabbroとハルツバージャイトに衝上されており、上位のTagbueros Siltstoneに整合に覆われる。

6) 岩脈類

細粒はんれい岩、ドレライト、ひん岩、輝岩、ペグマタイトの岩脈がMt. Beaufort Ultramafics, Stavely Range Gabbro, San Vicente Gabbro, Maranat Pillow Basalt中の各所に貫入している。細粒はんれい岩～ドレライト及びひん岩は、明灰色～暗灰色の硬質な岩石で各地で普通に認められる。脈幅は1～10m程度である。これらの岩脈の貫入方向は、非常に変化に富んでおり特に明瞭な規則性は認められない。

輝岩岩脈は、Mt. Beaufort Ultramafics, Stavely Range Gabbro中に貫入し、特に西海岸の精査地区A-1に多く見られる。脈幅は0.1～1m程度であり、緑灰色～暗緑灰色を呈する。輝石の粒度は5～7mm程度の等粒状の岩石で、ウェブステライト～かんらん石ウェブステライトである。

ペグマタイトは、普通角閃石と斜長石の数cmの巨晶からなり、幅1m程度でMt. Beaufort Ultramafics, Stavely Range Gabbro中に貫入する。

7) Tagbueros Siltstone

本層は、Bacungan Windowの北部とIratag WindowのBacungan River及びIratag Riverに分布する。Bacungan Windowでの本層は、緑色のシルト岩と細粒砂岩からなり礫岩を挟在する。Iratag Windowの本層は、主として緑色のシルト岩からなり、砂岩、礫岩を挟在する。

本層は、下位のMaranat Pillow Basaltと上位のSulu Sea Mine Formationとは整合の関係にある。

8) Sulu Sea Mine Formation

本層は、Bacungan Windowの北部及びIratag Windowの東部に分布し、赤色チャート、鉄質珪質岩、礫岩、砂岩、泥岩の互層からなる。精査地区A-1の北部では、ハルツバー

ジャイト中に地窓状に千枚岩様赤色チャートが小規模に分布する。

本層は、Kabangan Metamorphicsとハルツバージャイトに衝上されており、下位の Tagbuos Siltstoneを整合に覆う。

1-5-3 地質構造

A地区の地質構造は、Late Cretaceous～Paleoceneに海洋底で形成されたOphioliteが、Late Eocene～Early Paleoceneに衝上する過程、またその後の変動により形成されたものである。

(衝上断層)

本地区で最も低角度の衝上断層は、Mt. Beaufort UltramaficsあるいはKabangan Metamorphicsの下底を境する衝上断層である。このほぼ水平な衝上断層によって超塩基性岩岩体及び衝上断層sole部の変成岩類は広くクリッペンとして地域内に分布する。

超塩基性岩岩体の底がこの衝上断層によって限定されているため、超塩基性岩岩体が削剥された部分には大小の地窓が認められる。特に大きな地窓はBacungan付近とIratag付近に認められ、これらはBacungan Window及びIratag Windowと称されている (UNDP, 1985)。衝上断層近くでは、上盤側のハルツバージャイトは著しく蛇紋岩化し、一部でミロナイト化している。

また本地区には、Ophioliteが北部Palawan地塊にインブリケート構造をなして衝上してきた際に形成されたいくつかの衝上断層が発達する。例えばSan Vicente GabbroとMaranat Pillow Basalt, Maranat Pillow BasaltとTagbuos Siltstoneなどの関係に認めるものなどである。

(急傾斜断層)

西海岸沿いにENE-WSW方向に急傾斜断層が認められる。この断層は、ハルツバージャイト及びはんれい岩を切り見かけ上右横ずれ断層である。

1-5-4 鉍床及び鉍徴

A地区の最も重要な鉍床は、かんらん岩(peridotite)に伴うクロム鉍床である。これはマントルの部分溶融により濃集したものと考えられている。また、本地域にはかんらん岩の風化作用に伴って形成されたニッケルラテライトも分布する。その他、今回の調査対象ではないが、Tagbueros近くに水銀鉍山があり、Atlas社により金の探鉍が続けられている。

クロム鉍徴に関しては、特にポテンシャルティの高いと考えられる西海岸において精査を行い、鉍徴地の分布を確認した。クロム鉍徴の規模を確認するためにテストピット調査も併せて行った。

ニッケル鉍徴に関しては、A地区北部のBacungan地域と西海岸の精査地区内のハルツバージャイト分布域にラテライトの分布が見いだされ、その産状を把握するためにテストピット調査を行った。

テストピットのスケッチ及び分析値プロファイルはAppendix 4に示した。

以下、各鉍徴地について述べる。

1) クロム鉍床及び鉍徴

A地区の西海岸である精査地区A-1では、10数カ所にクロマイト塊状鉍の露頭や転石が認められる。これらの鉍徴地は、南東部のSan Chromite Area, Macasaet Area, 中央部のUpper Pananlagan Area, Lower Pananlagan Area, 北部のTagkawayan Area, Tagminatay Area に分布する。これらの鉍徴地をFig. 12の鉍徴地位置図に示した。

この地域に現在稼行中の鉍山はない。しかし、Macasaet Area 及びSan Chromite Areaにはやや規模の大きい露天採掘跡がある他、Upper Pananlagan, Lower Pananlaganにも小規模な露天採掘跡がある。Tagkawayan River地域、Tagminatay地域には採掘跡は認められなかったが、クロマイト塊状鉍の転石が認められる。

i) Macasaet Area

本鉍徴地は地域南東部のMalinao River上流部に位置し、南北500m×東西400mの拡りを有する。この中に、直径50~200mの露天掘跡とクロマイト塊状鉍石の大小の露頭が8地点で認められる (Fig. 13)。本地域には、Irawanからも車道が延びており、この車道はここから南のSan Chromite Area まで延びている。本鉍徴地は精査地域内で最大のダナイトテクトナイト中に位置し、上記の露頭以外にもダナイト中にはクロマイト鉍染が広く

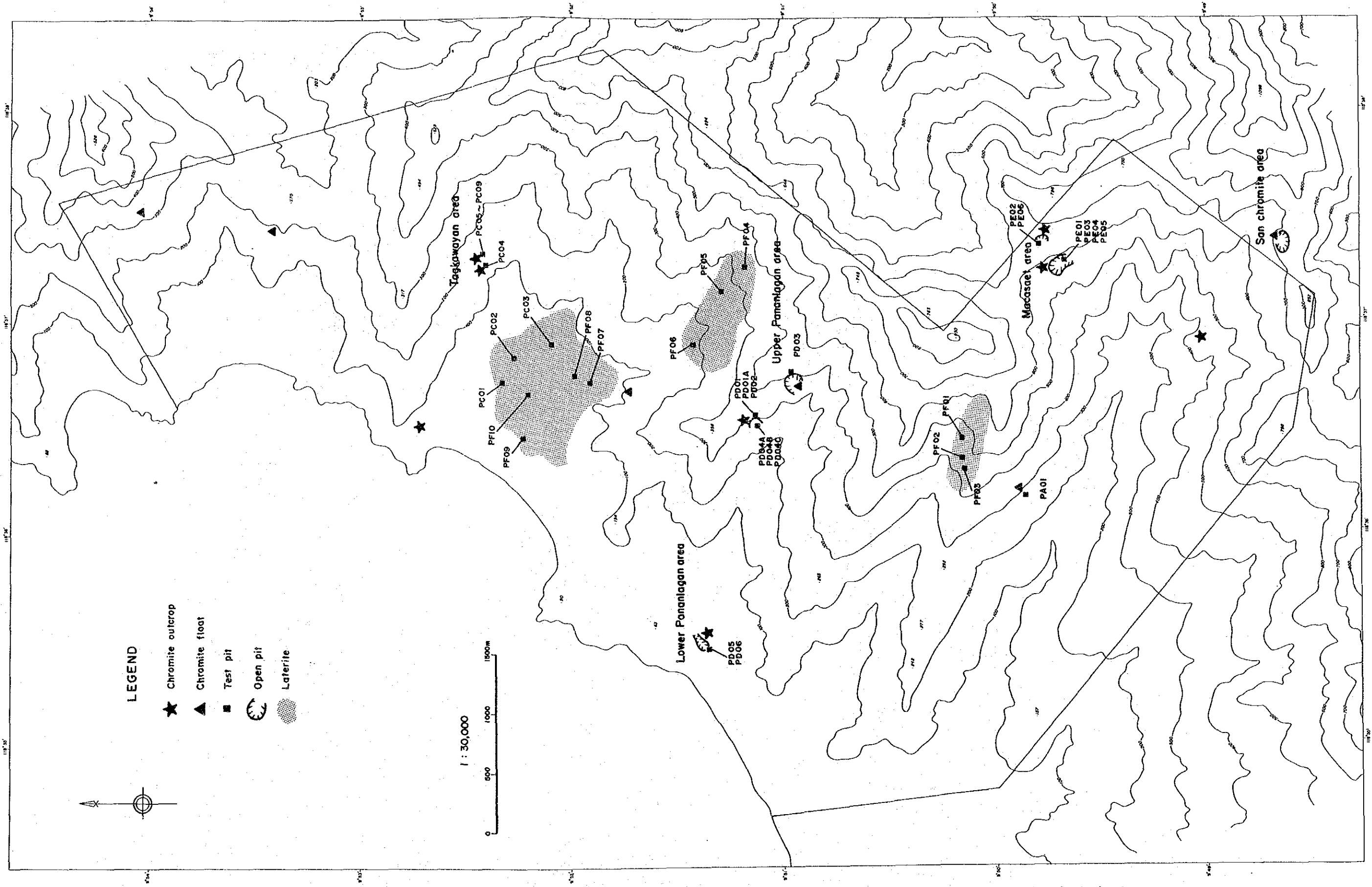


Fig.12 Location of mineral showings and test pits in area A-1

認められる。

露天採掘跡は重機による大規模なものであり、かつては一部坑内採掘も行われていたという。最近では1987年までBCI社が精力的に探鉱していた。Benguet 社による探鉱は、土壌による地化学探査とクロム鉱石の転石分布を把握したうえでテストピット調査が行われた。

露頭あるいはテストピットにより確認された鉱体の規模は、いずれも幅1～2mである。延長は最大で60m程度追跡されている鉱体があり、この最大の露頭脇には、150トン弱の高品位塊状鉱が貯鉱されている。個々の鉱体は塊状鉱石が主体であるが、一部にジュール鉱（レパードタイプ）も認められる。鉱体の延長方向は、NNW～NWで傾斜は50～65°で東に傾斜している。

6地点でテストピット調査を行い、テストピットPB01でクロミタイト露頭を確認した。

ii) San Chromite Area

Malinao River源流部、A-1地区南東端に、東西200m×南北200m弱の規模で露天採掘跡がある。付近はクロマイイトの鉱染したダナイトからなる。現在は鉱石の露頭は認められないが、廃石中に塊状鉱の転石がわずかに認められることから、Macasaet Areaと同様な塊状鉱を採掘したものと考えられる。この露天採掘跡から北側の尾根の中腹に幅1m程度の延長20m強追跡できる塊状鉱の露頭があり、付近には数トンの貯鉱がある。

iii) Lower Pananlagan Area

本鉱徴地は、Pananlagan Riverの下流地域にあり、3地点にクロマイイト塊状鉱の露頭が認められる。最大の露頭は40m×20mの露天採掘跡（Fig. 14）にあり、幅50cm程度の紡錘状のクロマイイトレンズが、破碎された風化ダナイト中にN80W、60～80W方向に数状認められる。塊状鉱石の回りは、鉱染状鉱石が分布する。4地点で鉱床の延長を調べるためにテストピット調査を行ったが、鉱体の延長は確認できなかった。

iv) Upper Pananlagan

Pananlagan Riverの北斜面に、2地点に露天採掘跡が認められる（Fig. 15）。

下流側の一つは、約20×10m程度の小規模な露天採掘跡で、幅10m程度でE-W方向に鉱染状のクロマイイト鉱石が認められる。ここでは6地点でテストピット調査を実施し、鉱染

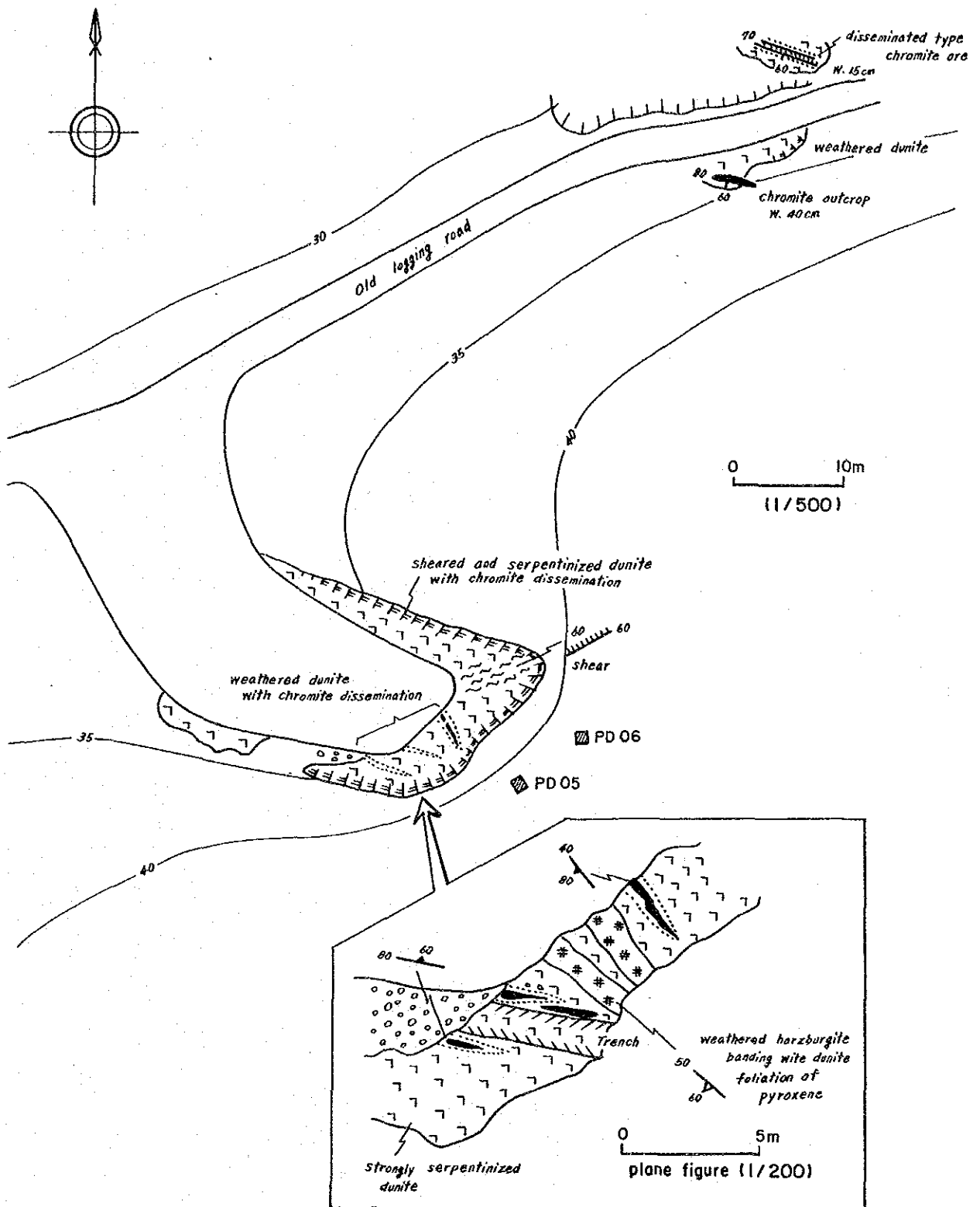


Fig. 14 Sketch map of the Lower Pananlagan area

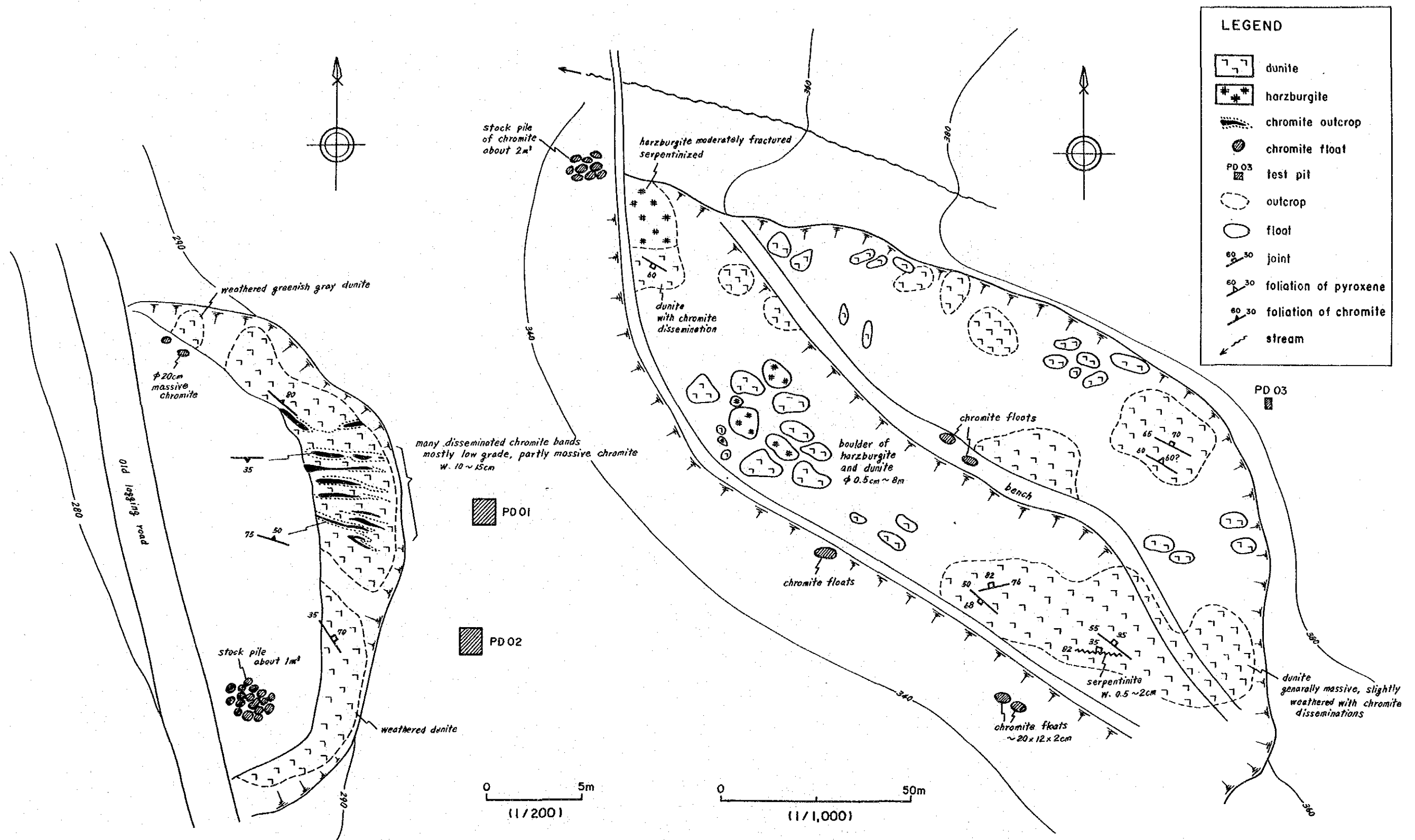


Fig. 15 Sketch map of the Upper Pananlagan area

状クロマイト鉱床の延長を確認した。

上流側の露天採掘跡は、やや規模が大きく約200m×50mである。斜面全体が崩壊しておりクロム鉱石の露頭を発見することはできなかったが、崩落土中にクロマイト塊状鉱が認められた。付近には、この採掘跡から出鉱したとされる数トンの塊状鉱の貯鉱がある。採掘跡の最上部1地点においてテストピット調査を行ったが、クロム鉱体を発見することはできなかった。

v) Tagkawayan

Tagkawayan River北側の支流2地点にクロマイトの鉱染したダナイトの層が幅3m程度認められる。クロマイト鉱染の方向はN70E～E-W，傾斜は60～70Nである。この支流の下流側にも上流側にも多数のクロマイト塊状鉱転石が認められたが、露頭は発見できなかった。西側の斜面に少量のクロマイト塊状鉱が貯鉱されており、かつて小規模な探鉱が行われた模様である。この地域の9地点でテストピット調査を行った。クロマイトの鉱染したダナイトはどのテストピットにも認められた。しかし、鉱石と呼べる程のものは発見できなかった。

Tagkawayan River南側の1支流にもクロマイト塊状鉱石の転石が分布する。しかし、露頭は発見できなかった。

vi) Tagminatay 地域

Tagkawayan River地域からTagminatayに抜ける古い林道上に径5cm内外のクロム鉄鉱石が散在している。これらは、林道開削時にハルツバージャイト中に発見された30cm×6m程度のレンズ状鉱体に由来するものである。しかし、規模が余りに小さいため埋め戻されたということである。

Tagminatay地域の北の支沢で、多数の塊状鉱の転石を発見したが、露頭は発見できなかった。付近にはダナイトが分布している。

2) ニッケルの鉱徴地

A地区北部のBacungan付近には、ニッケルラテライトが分布する。また、西岸のPinamonoan River上流域、Tagkawayan River流域にもラテライトの発達が発見された。

これらの地域において、テストピット調査を行った。

i) Bacungan 地域

Bacungan地域では、11地点においてテストピット調査を行った。ラテライトの分布範囲及びテストピットの位置はFig. 16に示した。

Bacungan地域は非常にラテライトの発達が良い、1 m程で基盤に到達した2本のテストピットを除いて4.5~6.5mの深さまで手掘した。そのうち、約半数のピットは基盤にまで到達していない。採取試料の分析結果によれば、Ni濃度はどのテストピットも0.5~1%程度であり、ニッケル鉱石としては品位が不足している。しかし、テストピットBC01, BC02を除く他のピットではいずれの孔底でもFe濃度が40%を越えており、このことはテストピットの最下底がまだ残留ラテライト層内であることを意味している。ニッケルの濃集する部分は残留ラテライト層より下位の変質かんらん岩層(Saprolite)であり、今回実施したほとんどのテストピットはニッケル濃集層まで到達していない可能性が高い。

クロム濃度はどのテストピットも2%以上の値が得られ、6%を超える試料も認められた。この地域は、クロム鉱床の鉱床賦存可能性も高い。

ii) 西岸地域

Pinamunoan River上流域, Tagkawayan River流域にラテライトの発達が認められたため、3地域13地点においてテストピット調査を行った。テストピットの位置はFig12に示した。西岸地域は、地形が急峻なため一般にBacungan地域と比べるとかんらん岩の風化殻はあまり発達していない。

Pinamunoan River上流域では、3地点でテストピット調査を行った。3ピットとも底部で変質かんらん岩相にまで到達してはいるが、Ni濃度は、0.5~0.7%前後であった。

Tagkawayan River下流では、7地点のテストピット中PF10を除いていずれも基盤まで到達している。Ni濃度は、PC02・PC03で0.5~1.0%であり、その他のピットは0.4%前後であった。

Tagkawayan River上流では3地点でテストピット調査を行った。Ni濃度は、細粒はんれい岩の風化層を掘削したPF05を除いて、Ni濃度で0.7%以上の値が得られた。特にPF06は濃度が高く、深度3~4mの部分でNi1.9%、4~5mの部分で2.7%であった。

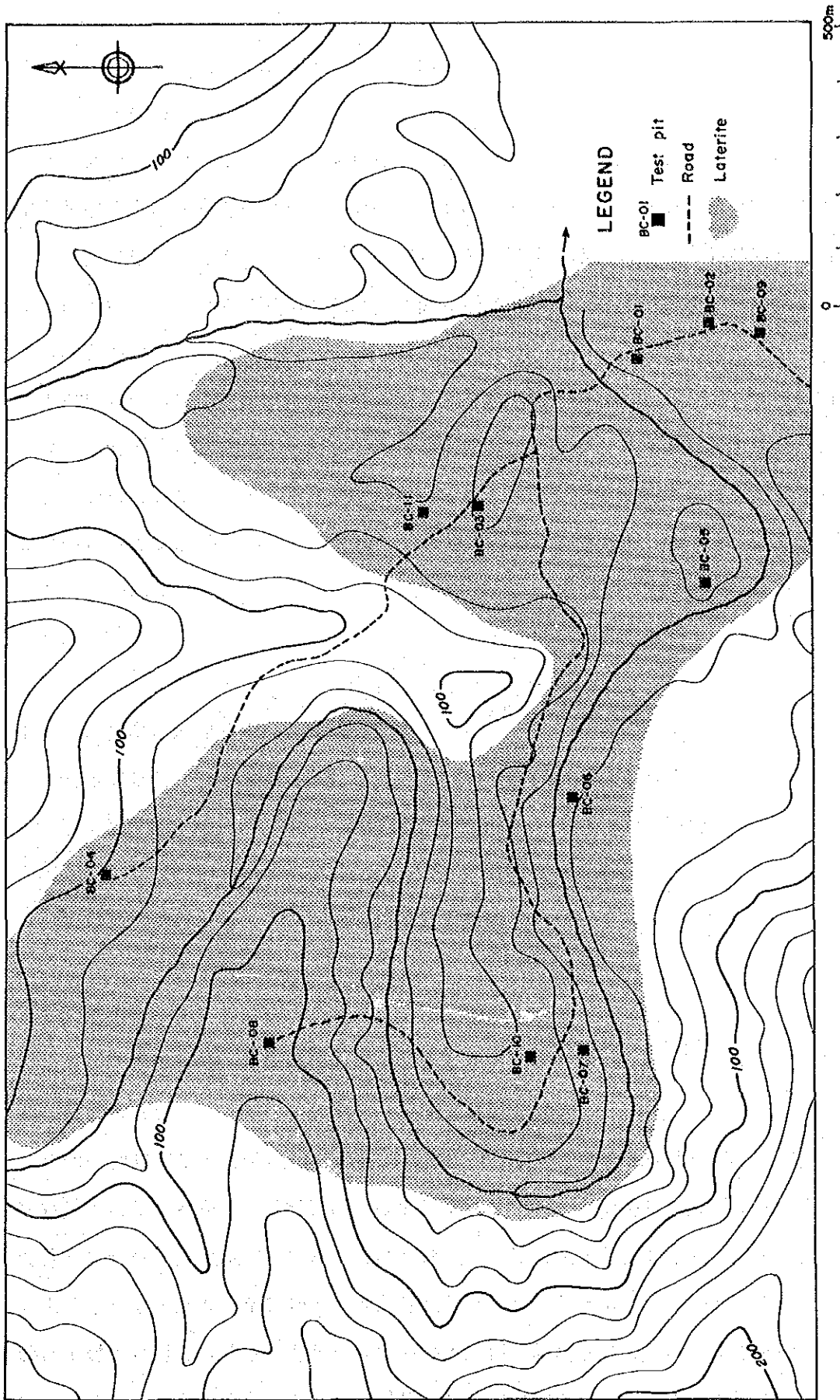


Fig. 16 Location map of test pits BC01 to BC11 in Bacungan area

1 - 6 地化学探査

1 - 6 - 1 A地区の土壤による地化学探査

1) 試料採取

A地区ではオフィオライトに伴われる鉍床、特にクロム鉍床が報告されていることから、主として超塩基性岩岩体分布域の中に採取地点を設定し、試料採取は地質踏査と平行して行った。各採取点は主として沢筋に設定したが、河床堆積物の混入を避けるため各採取点においてはできるかぎり右岸と左岸の両側の最高水位跡より上部斜面のB層断面からの土壤試料を採取した。

現地においてはこの両岸からそれぞれ5kgの土壤を採取し、パンニングを行い、それに含有される重鉍物を採集した。分析用の土壤試料は右岸と左岸の試料を同量混合し、1kg程度採集した。ベースキャンプにおいては、採取した重鉍物の重量を測定し、土壤1kgあたりの重量を算出した。また、分析用に採取した土壤は、風乾後-80メッシュのフラクシオン約100gを篩分けし、分析に供した。土壤試料の採取位置は、PL. 2に示した。

2) 地化学指示元素及び化学分析

A地区では、オフィオライトに伴われる鉍床の賦存が期待されることから、指示元素はPt, Pd, Au, Ni, Cr, Fe, Coとした。Ni, Cr, Fe, CoについてはPETROLABにて分析し、またPt, Pd, AuについてはカナダのChemex Labs Ltd. に分析を依頼した。

分析結果は、位置データ、採取条件などと共にAppendix 7に示した。

3) 地化学データの解析

土地地化学探査は、鉍床胚胎のポテンシャルティーの高い地域を抽出することを目的とし、解析方法として、基礎統計解析、主成分分析を採用した。

今回の調査では、A地区はB地区同様にMt. Beaufort Ultramafics分布地域内が主な探査対象であることから、解析にあたっては両地域のデータを併せて解析することとし、濃度分布図や異常値の設定にあたってはA地区及びB地区ともに同じ値を用いた。

土壤1kgあたりの重鉍物の重量に関しては、右岸左岸についてのデータがあり、分析値と1対1に対応させることができないので、相関係数や多変量解析など他の分析値と関係させる手法を用いる場合には、右岸及び左岸での重鉍物重量の平均を算出して、分析地

点のデータとした。

i) 統計解析

一般に地化学探査において微量元素の含有量は分析精度が十分であれば対数正規形の分布に近似することが多いとされていることから、以下の解析には各分析値の常用対数値を用いた。またPt, Pd, Auに関しては、最小検出限界以下の分析値があるが、これらは検出限界値の半分の値、すなわちPd, Auに関しては1ppbを、Ptに関しては2.5ppbを用いた。

各元素の含有量の最大値・最小値、中央値、平均値 (m) 及び標準偏差 (σ) をTable 4に示す。最大値、最小値、平均値は真数値も共に示した。また、各元素の含有量のヒストグラム及び確率紙上での累積頻度分布をAppendix 8に示す。ヒストグラムのクラス幅は 0.50σ を用いた。

Table 4 Basic Statistic quantities of soil samples in area A and B

element	range	median	linear		logarithmic		
			mean	std. dev.	mean	10 ⁻ mean	std. dev.
Pt(ppb)	2.5 - 120	2.5	6.5	13.9	0.540	3.5	0.351
Pd(ppb)	1 - 120	4	8.7	13.5	0.613	4.1	0.527
Au(ppb)	1 - 130	1	2.2	5.3	0.153	1.4	0.308
Ni(ppm)	28 - 16100	2690	2773.3	1964.4	3.261	1823.3	0.509
Cr(ppm)	100 - 324000	14000	17121.7	18206.2	3.998	9948.9	0.576
Fe(%)	2.8 - 53.4	10.5	13.3	9.0	1.043	11.0	0.254
Co(ppm)	17 - 1900	236	277.2	208.6	2.309	203.7	0.368

また、各指示元素間の相関係数をTable 5に示す。各指示元素間の相関は、Pt-Pd, Ni-Cr, Ni-Fe, Ni-Co, Ni-HM (重鉍物重量), Cr-Fe, Cr-Co, Cr-HM, Fe-Co, Fe-HM, Co-HMに正の相関が認められる。これらの指示元素間の散布図をFig17に示す。散布図は、相関係数の定義“標準化された二つの変数の積の平均値”に対応させるため、各分析値の標準化データ $((X_i - m)/\sigma)$ を用いて表示した。

ii) 濃度分布図及びしきい値

各元素の分析値と試料採取位置のデータを利用して濃度分布図を作成し、地化学異常域を示した。

報告書内に示した濃度分布図(Fig. 19~Fig. 25)では、各成分ともに分析値をヒストグラムのクラス幅同様に、平均値から 0.5σ ごとに区切った値を使用して分類して示した。また、別添図(PL. 5 ~PL. 11)の濃度分布図には、オリジナルの分析値をそれぞれ示し、濃度分布は等濃度線で示した。

異常値と後背値に区分するためのしきい値は、Ni, Cr, Fe, Coに関しては、累積頻度分布図上で屈曲点に近い $m + \sigma$ を採用し、等濃度線は m から 0.5σ ずつ区切った値を採用した。Pt, Pd, Auのしきい値に関しては、検出限界値を示す試料が多いため、頻度分布はL字型の分布を示す。これらの元素は分析精度上の限界から、分析精度以下の試料が検出限界値に総括されていることを示している。これらの元素の m 及び σ は便宜的なものに過ぎないので、以下の様に等濃度線としきい値を決めた。

Pt (等濃度線は10, 35ppb) : 検出限界値の5ppb以下を示す試料が約85%認められるので、等濃度線は検出限界値より大である10ppbの等濃度線を引く。5%点である35ppbをしきい値とし、それ以上を異常値とする。

Pd (等濃度線は4, 40ppb) : 検出限界値の2ppb以下の試料が約40%認められるので、等濃度線は検出限界値より大である4ppbの等濃度線を引く。屈曲点の認められる40ppbをしきい値とし、それ以上を地化学異常値とする。

Au (等濃度線は4, 8ppb) : 検出限界値の2ppb以下の試料が約80%認められるので、Pd同様に4ppbの等濃度線を引く。5%点である8ppbをしきい値とし、それ以上を地化学異常値とする。

土壌1kgあたりの重鉍物重量のデータについては、どちらの岸で採取したかにも意味があるので、1/50,000図(PL. 4)上では、分析値を $m + 1\sigma$ (16g), $m + 2\sigma$ (32g)でわけ、 $m + 1\sigma \sim m + 2\sigma$ 及び $m + 2\sigma$ 以上の値について右岸から採取したものか左岸から採取したものを表すため矢印を示した。またしきい値は、 $m + 2\sigma$ をとった。報告書内に示した図には図面上の制約から、右岸及び左岸の試料を算術平均した値を用いて、それらの平均値から 0.5σ ごとに区切った値を使用し分類して示した。

iii) 異常域

大半の試料が超塩基性岩分布で採取した試料ではあるが、濃度分布図を作成した結果、各元素の異常はランダムに散在するのではなく、まとまりをもって分布していることが判明した。分布状況を以下各元素についてのべる。

土壌 1 k g あたり重鉍物重量：Tagburos北側地域、地域北部のBacungan周辺、地域北西部地域、地域西岸に沿って異常域が存在する。

Pt：全体に本地域のPt濃度は非常に低いが、その中では高濃度の地域は、Tagburos北側地域、Bacungan北側地域～北西部、地域南西部のMalinao川流域に認められる。

Pd：高濃度の地域は、Pt同様にTagburos北側地域、Bacungan北側地域～北西部、地域南西部のMalinao川流域に認められる。

Au：本地域のAuは、非常に濃度は低く、特に大きな異常域は認められない。

Ni：地域北部のBacungan地域、地域西岸のTagkawayanから北の地域に認められる。

Cr：Tagburos北側地域、地域北部のBacungan周辺に異常域が分布する。地域西岸の異常域は、Malinao川から、地域北西部の地域の超塩基性岩分布地域、地域西岸に沿って異常域が存在する。

Co：Tagburosの北方、Bacunganの北方、地域西岸に沿って異常域が認められる。

iv) 主成分分析

対数化及び標準化を行った分析値をもとに主成分分析を行った。標準化を行ったデータ（平均＝0，標準偏差＝1）から求めた共分散は相関係数に等しいので、主成分分析の解を求めるにあたってはTable 5に示した相関係数を用いた。

A地区とB地区の両試料を併せて主成分分析を行った結果をTable 6に示した。第2主成分までの因子負荷量が固有値が1以上であり、第2主成分までで変動の約75%が説明されている。因子負荷行列に示されるように、第1主成分ではNi, Cr, Fe, Coの4成分が、正の非常に高い値を持ち、第2主成分ではPt, Pd, Auが高い負の値を持つ。すなわち、クロム鉍床との関連でみると、第1主成分がその存在を示唆していると考えられる。また、第2主成分は貴金属元素に関連している。

この2つの因子のそれぞれについて各試料の主成分得点を算出して、その強度を記号で平面図に示した (Fig. 26～Fig. 27)。また、得点の累積頻度分布図はAppendix 9に示した。

第1主成分については $+\sigma$ 以上を異常値とし、第2主成分については $-\sigma$ 以下を異常値とした（標準化データを用いたことから平均値は0である）。

第1主成分では、Tagburos北側地域、地域北部のBacunganの北から西海岸にかけて、西海岸のMalinao River ~ Tagminatayにかけて異常域が認められる。また、第2主成分の異常値は第1主成分の異常域に重なるように表れたTagburos北側地域、地域北西部及び地域西岸に異常域が存在する。

4) 土壌地化学探査の結果

Ni, Cr, Fe, Co 4成分の化学分析の結果を要約している第1主成分の異常域と、Pt, Pd, Auの化学分析結果を要約している第2主成分の異常域、化学分析以外のデータである土壌1 kgあたりの重鉍物含有量の異常域と超塩基性岩分布地域を重ねてA地区の総合解析図 (Fig. 4) を作成した。

これらの異常域が重複する部分として、以下の3地域を抽出することができる。

1. Tagburouの北側地域
2. Bacungan北側から西岸にかけての地域
3. 地域西岸のMalinao RiverからTagminatayにかけての地域

Table 5 Correlation coefficients of soil samples in area A and B

n = 984

	Pt	Pd	Au	Ni	Cr	Fe	Co	HM
Pt	1.000	0.566	0.317	0.157	0.205	0.381	0.271	0.209
Pd	0.566	1.000	0.399	0.182	0.239	0.270	0.252	0.214
Au	0.317	0.399	1.000	-0.082	-0.041	0.043	0.004	-0.014
Ni	0.157	0.182	-0.082	1.000	0.862	0.625	0.861	0.498
Cr	0.205	0.239	-0.041	0.862	1.000	0.540	0.774	0.678
Fe	0.381	0.270	0.043	0.625	0.540	1.000	0.855	0.456
Co	0.271	0.252	0.004	0.861	0.774	0.855	1.000	0.542
HM	0.209	0.214	-0.014	0.498	0.678	0.456	0.542	1.000

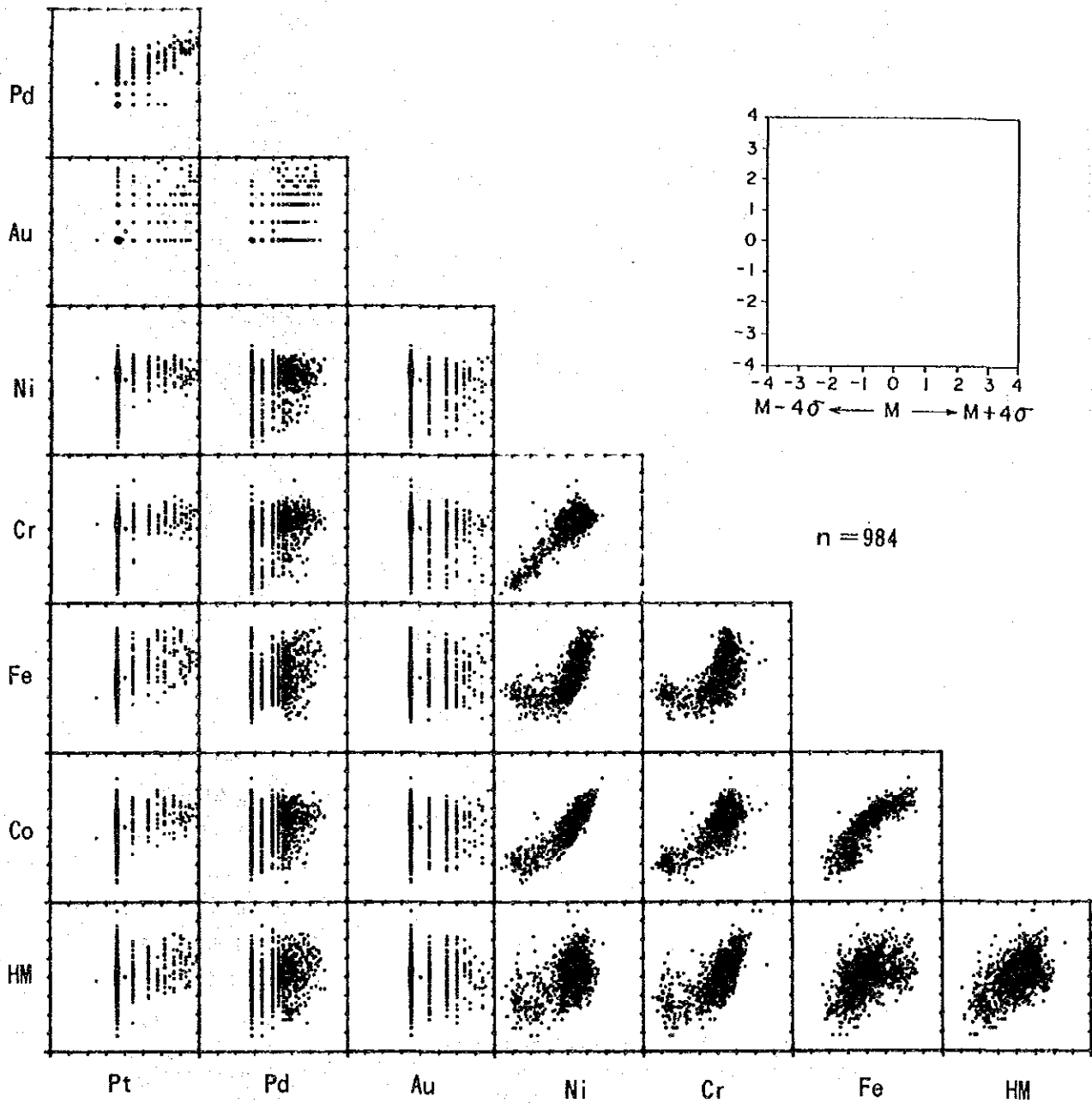
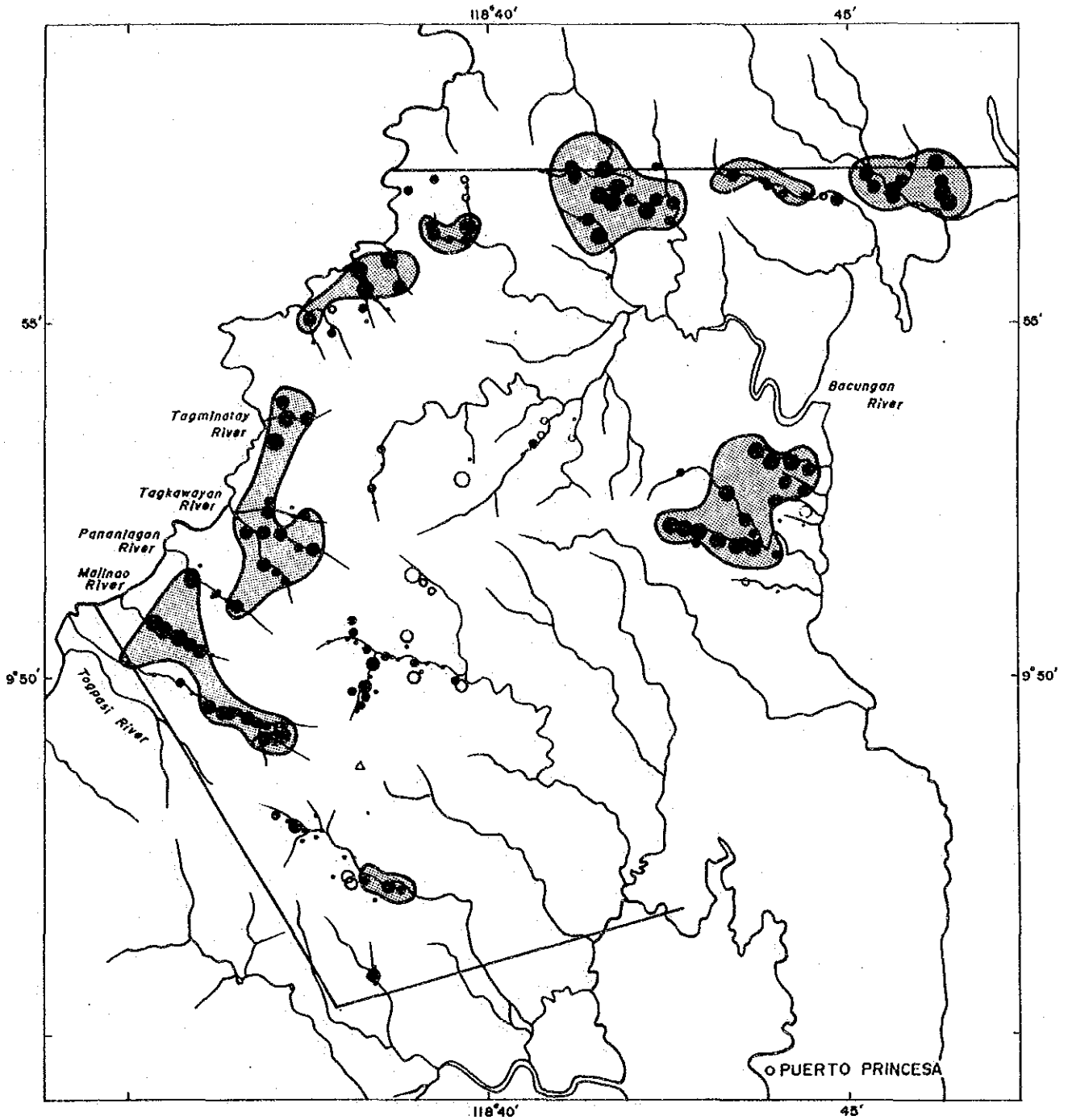


Fig.17 Scatter diagram of soil samples in area A and B

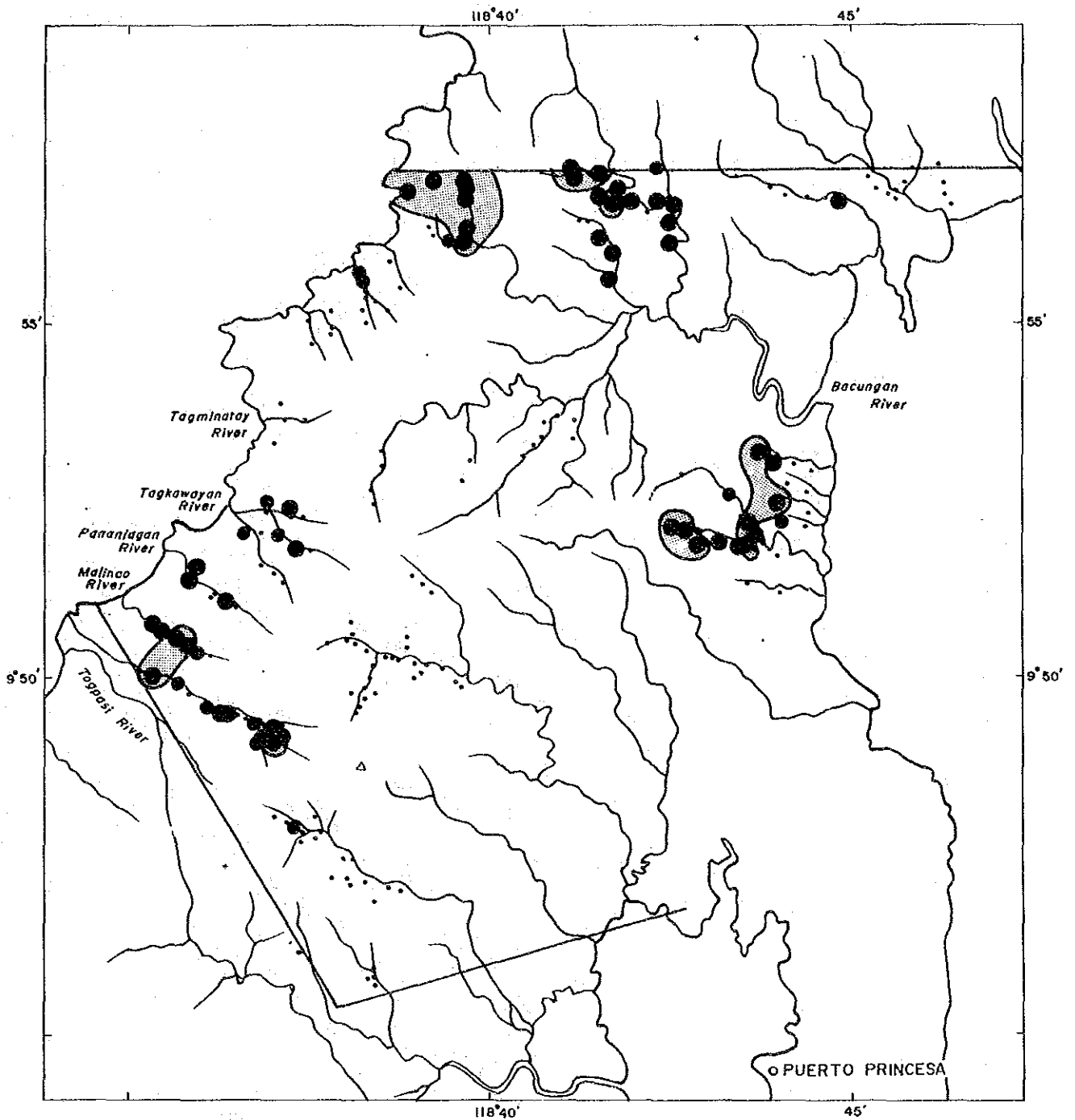


LEGEND

- 29.8 ~ (g)
- 17.4 ~ 29.7
- 10.2 ~ 17.3
- 3.5 ~ 10.1
- 2.1 ~ 3.4
- 1.2 ~ 2.0
- ~ 1.2
- Anomaly area (32 ~ 1)

Note : Plotted data from average weight of right and left bank samples. Anomaly areas are extracted from original data.

Fig. 18 Heavy mineral content of soil samples in area A

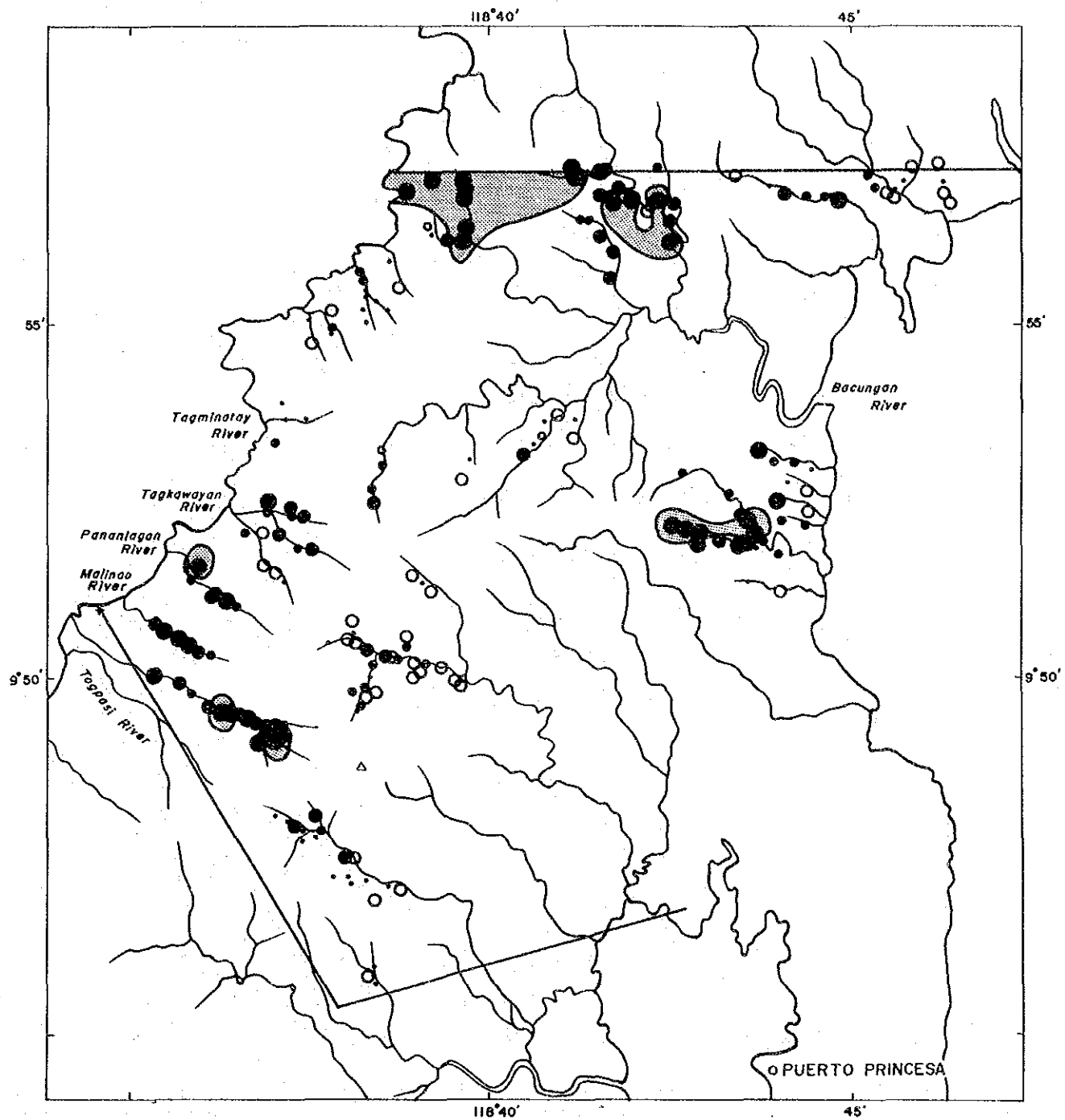


LEGEND

- 15 ~ (ppb)
- 10
- ~ 5
- Anomaly area (135~)

0 5 km

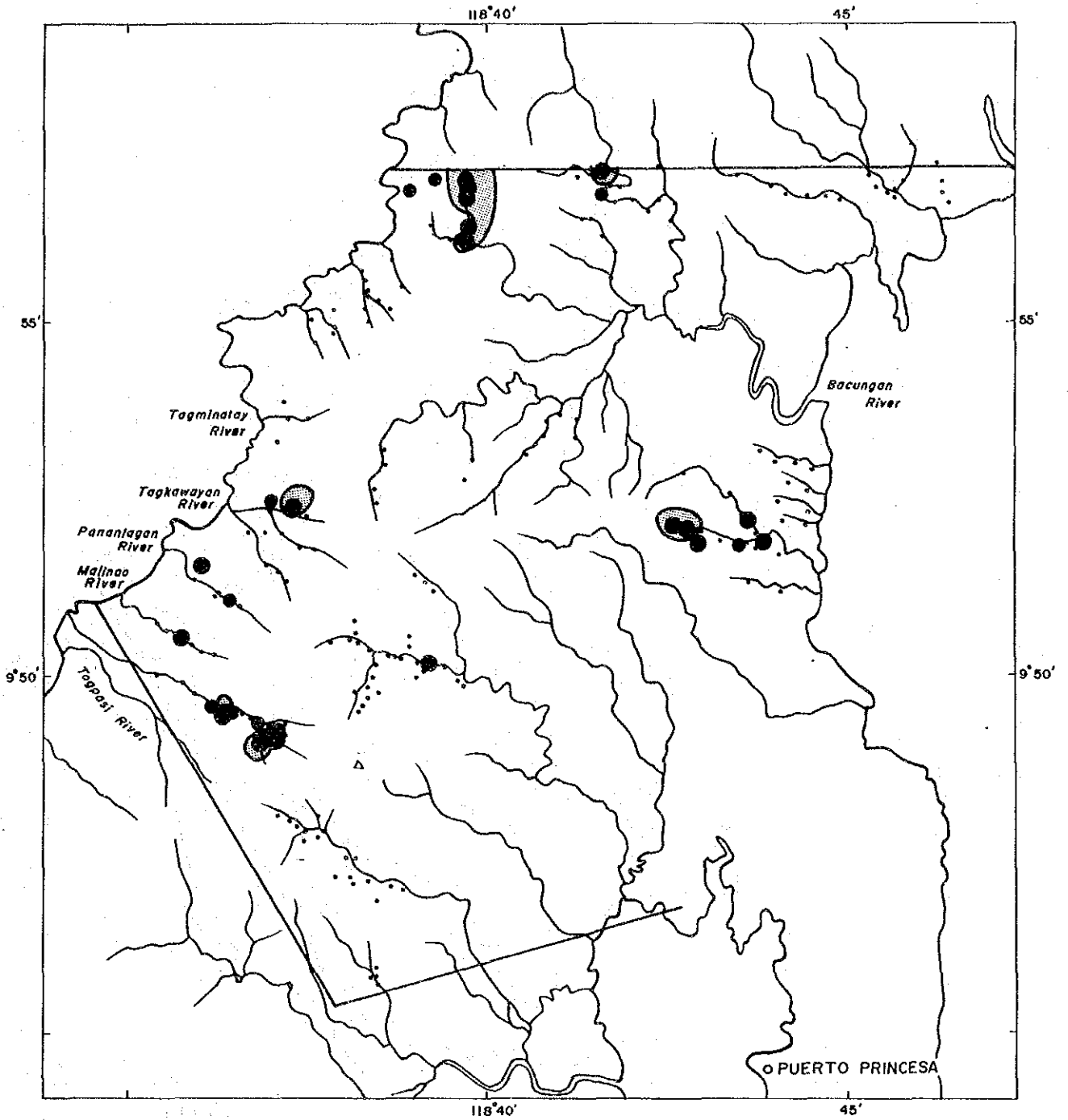
Fig. 19 Pt content of soil samples in area A



LEGEND

- 26 ~ (ppb)
- 14 ~ 24
- 8 ~ 12
- 4 ~ 6
- 2
- < 2
- Anomaly area (40~)

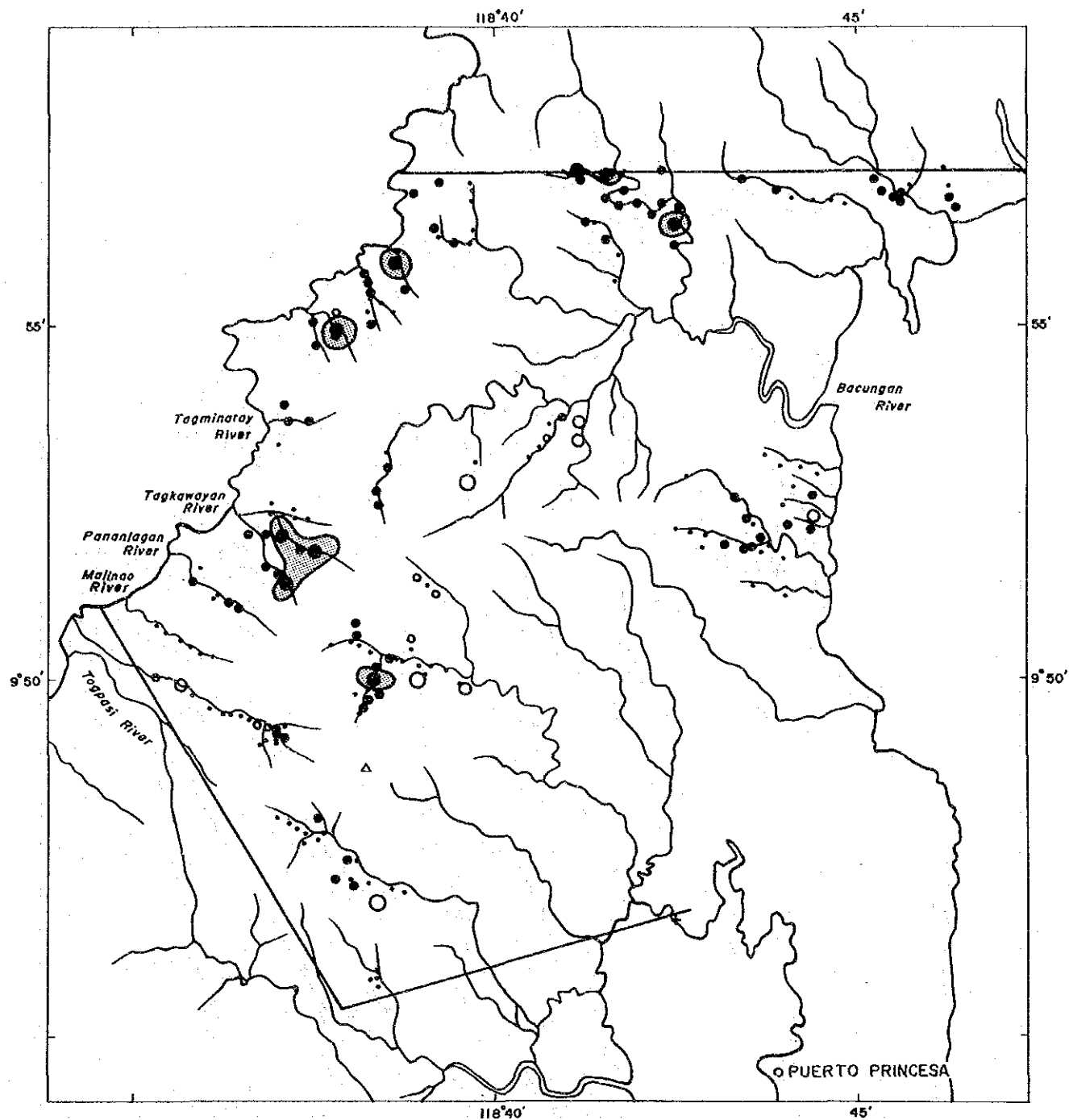
Fig. 20 Pd content of soil samples in area A



LEGEND

- 6 ~ (ppb)
- 4
- ~ 2
- Anomaly area (8~)

Fig. 21 Au content of soil samples in area A

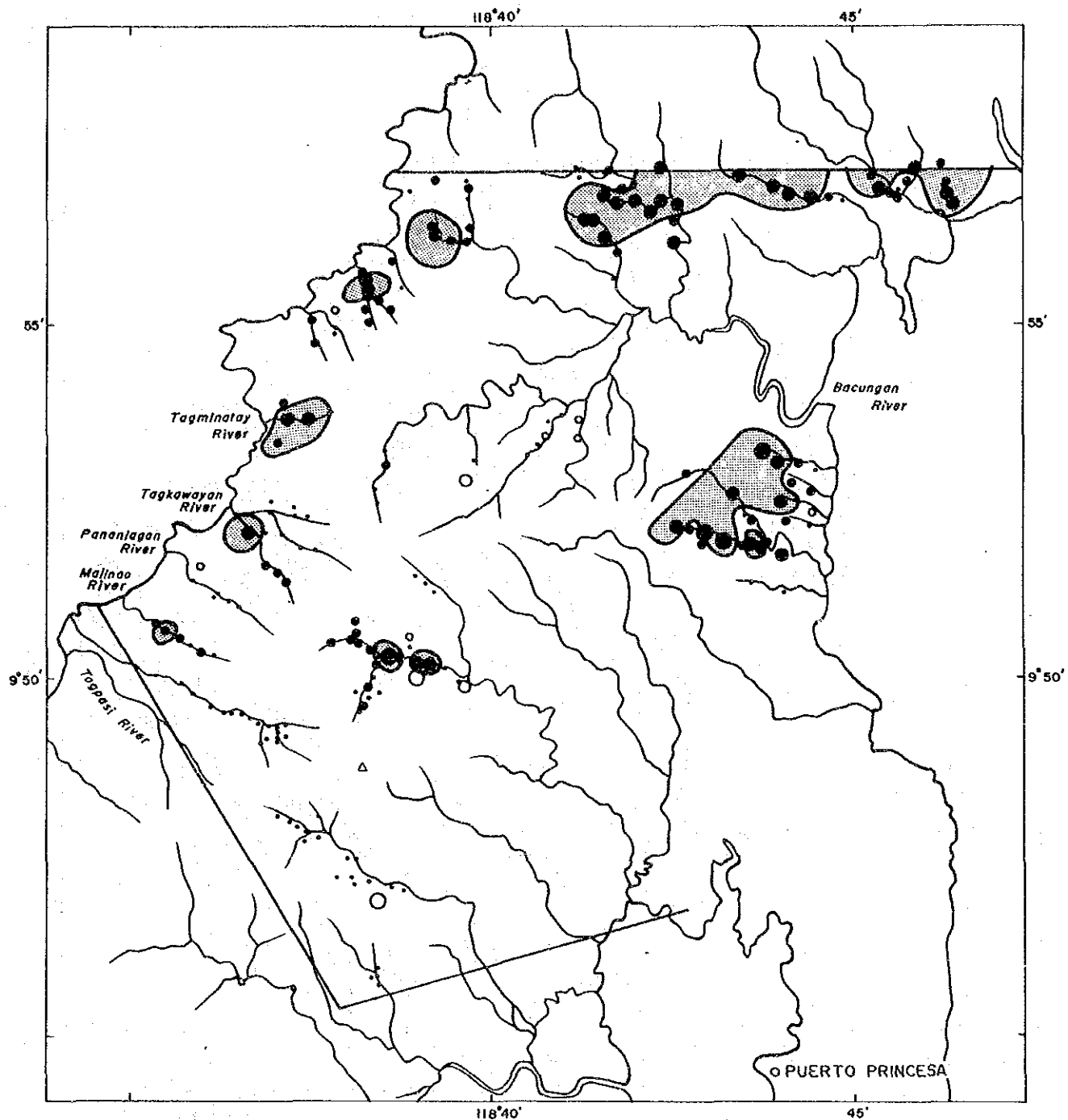


LEGEND

- 5890 ~ (ppm)
- 3280 ~ 5890
- 1020 ~ 3270
- 560 ~ 1010
- 320 ~ 550
- ~ 310
- Anomaly area (5888 ~)

0 5 km

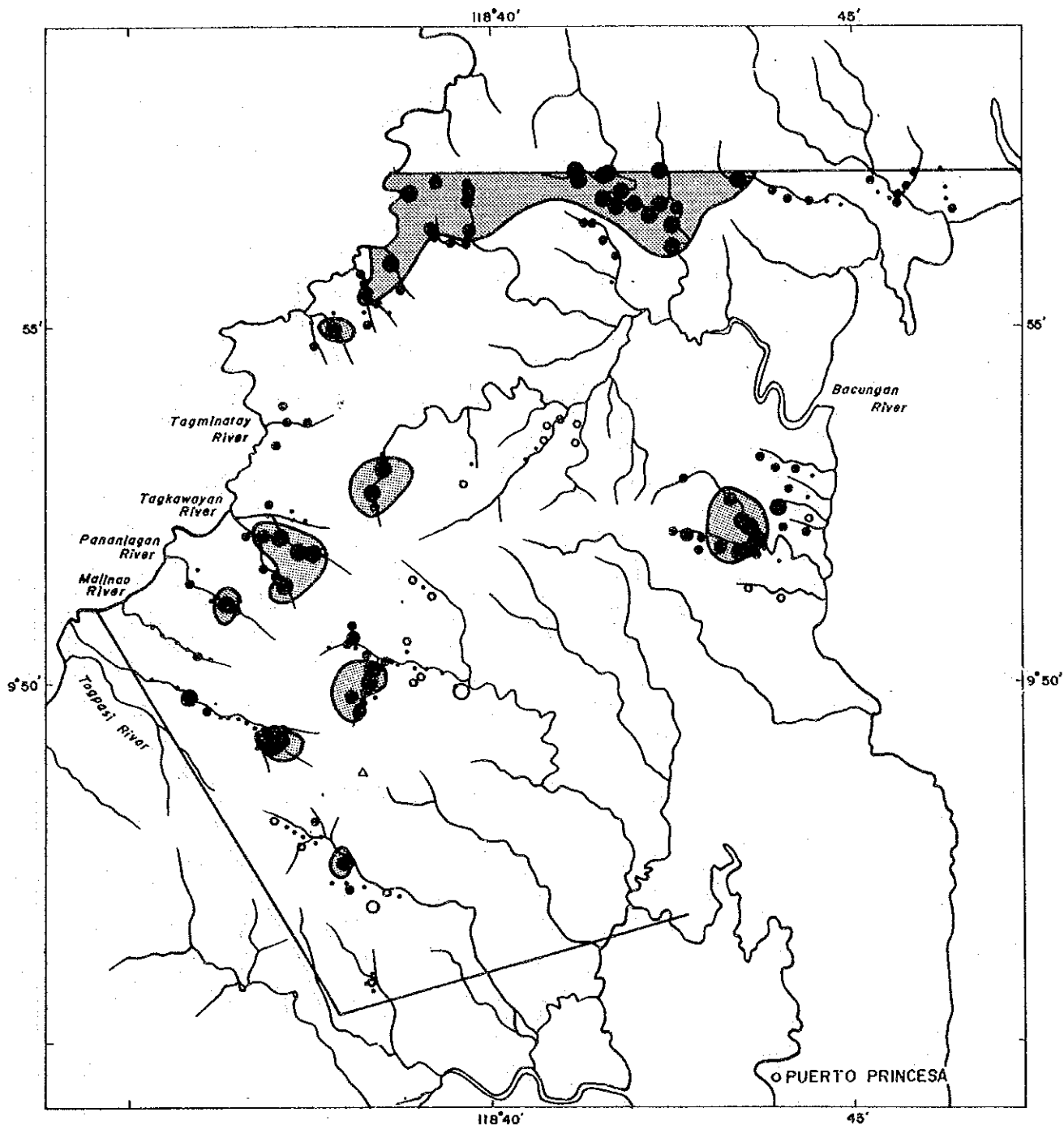
Fig. 22 Ni content of soil samples in area A



LEGEND

- 7.3 ~ (%)
- 3.8 ~ 7.2
- 2.0 ~ 3.7
- 0.52 ~ 1.9
- 0.27 ~ 0.51
- 0.41 ~ 0.26
- ~ 0.13
- Anomaly area (3.7 ~ 1)

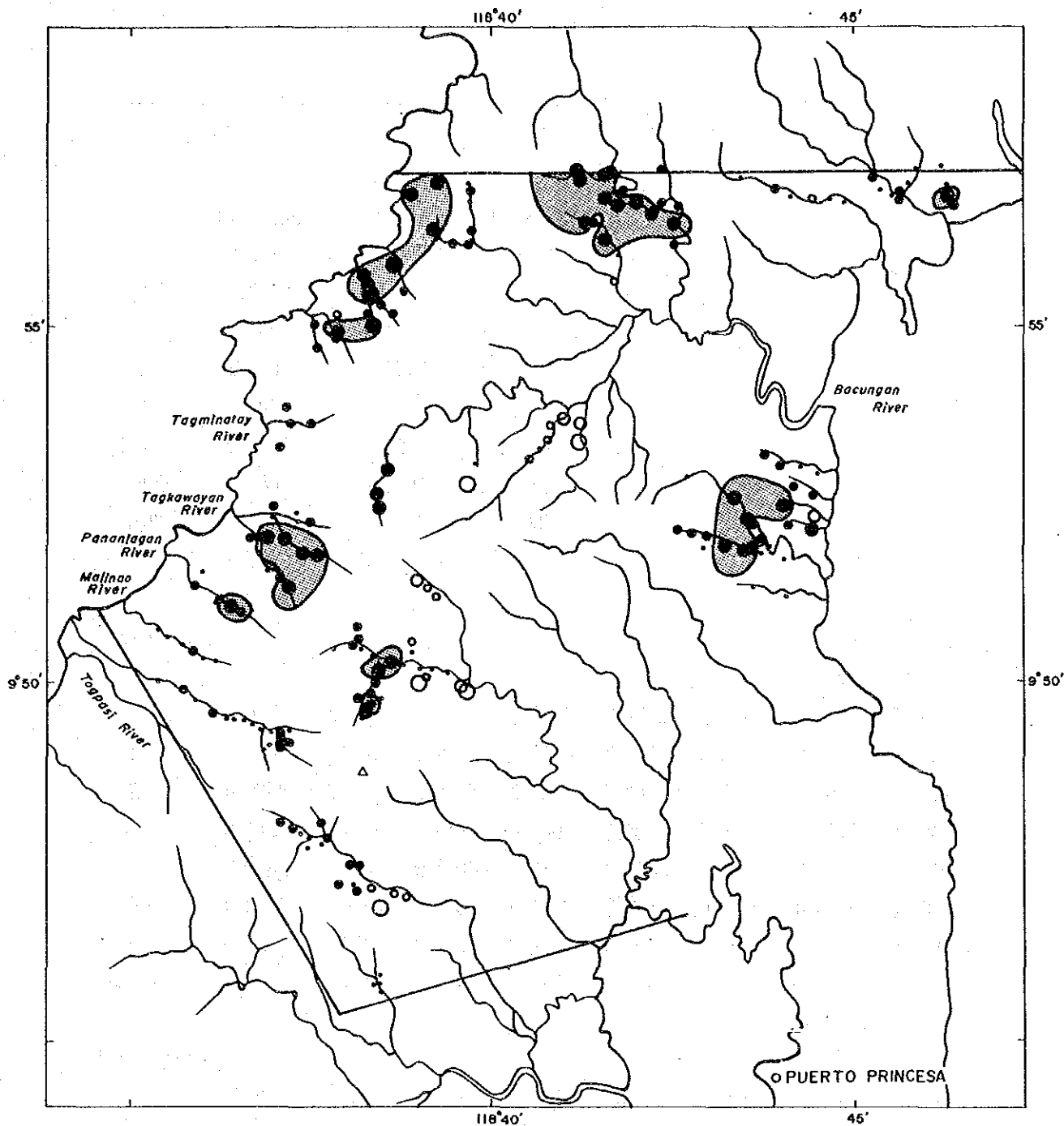
Fig. 23 Cr content of soil samples in area A



LEGEND

- 26.6 ~ (%)
- 19.9 ~ 26.5
- 14.8 ~ 19.8
- 8.3 ~ 14.7
- 6.2 ~ 8.2
- 4.6 ~ 6.1
- ~ 4.5
- Anomaly area (26.5 ~)

Fig. 24 Fe content of soil samples in area A



LEGEND

- 730 ~ 1000 (ppm)
- 480 ~ 720
- 320 ~ 470
- 140 ~ 310
- 88 ~ 130
- 58 ~ 87
- ~ 57
- Anomaly area (480~)

0 5 km

Fig. 25 Co content of soil samples in area A

Table 6 Results of principle components analysis in area A and B

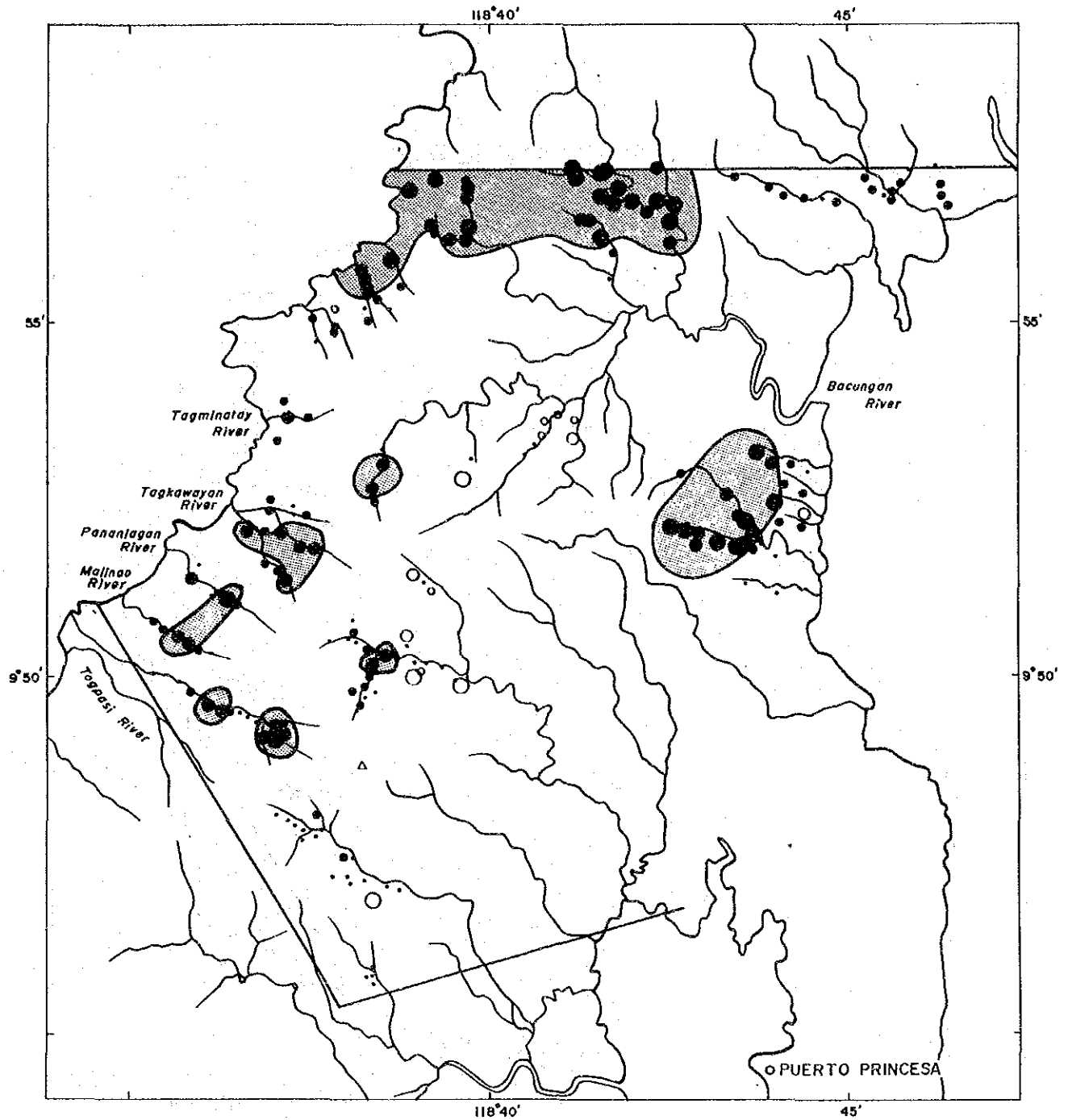
COMPONENT	EIGENVALUE	PERCENT	CUMULATIVE
Z-01	<u>3.9467</u>	49.3356	49.3356
Z-02	<u>1.7180</u>	21.4762	70.8118
Z-03	0.6806	8.5074	79.3193
Z-04	0.6483	8.1046	87.4239
Z-05	0.4868	6.0857	93.5096
Z-06	0.3681	4.6012	98.1107
Z-07	0.0936	1.1701	99.2808
Z-08	0.0575	0.7192	100.0000
TOTAL	8.0000	100	

Factor Loading

	Z-01	Z-02	Z-03	Z-04	Z-05	Z-06	Z-07	Z-08
Pt	0.4393	<u>-0.6834</u>	0.3239	0.2946	0.1521	0.3525	-0.0202	-0.0098
Pd	0.4261	<u>-0.7212</u>	-0.0320	0.2198	-0.3912	-0.3098	-0.0023	0.0028
Au	0.0786	<u>-0.7499</u>	-0.3892	-0.5053	0.1423	0.0670	-0.0023	0.0074
Ni	<u>0.8697</u>	0.2839	-0.0168	-0.1606	-0.2624	0.1679	-0.1690	0.1068
Cr	<u>0.8761</u>	0.2239	-0.2505	0.0533	-0.1740	0.1956	0.2191	-0.0056
Fe	<u>0.8216</u>	-0.0052	0.3767	-0.1958	0.2630	-0.2399	0.0874	0.1021
Co	<u>0.9301</u>	0.1523	0.1505	-0.2143	0.0062	-0.0663	-0.0574	-0.1883
Heavy Min.	<u>0.7085</u>	0.1214	-0.4422	0.3808	0.3493	-0.1224	-0.0754	0.0082

Eigen Vector

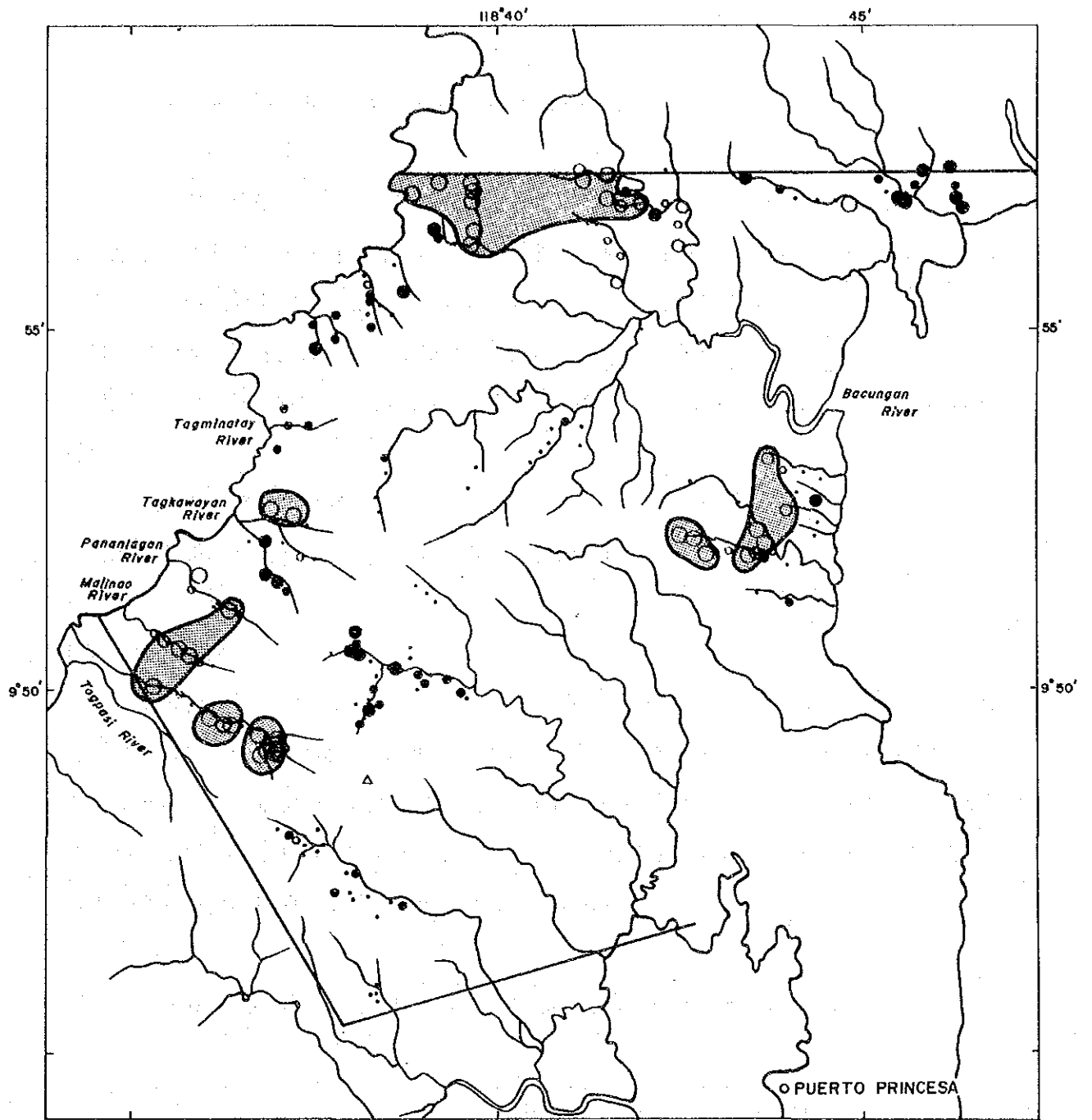
	Z-01	Z-02	Z-03	Z-04	Z-05	Z-06	Z-07	Z-08
Pt	0.2211	-0.5214	0.3926	0.3659	0.2181	0.5811	-0.0661	-0.0408
Pd	0.2145	-0.5502	-0.0388	0.2730	-0.5607	-0.5106	-0.0076	0.0115
Au	0.0396	-0.5721	-0.4718	-0.6275	0.2039	0.1104	-0.0076	0.0309
Ni	0.4378	0.2166	-0.0204	-0.1994	-0.3761	0.2767	-0.5523	0.4453
Cr	0.4410	0.1708	-0.3037	0.0662	-0.2494	0.3224	0.7163	-0.0235
Fe	0.4135	-0.0040	0.4566	-0.2432	0.3770	-0.3954	0.2856	0.4258
Co	0.4682	0.1162	0.1824	-0.2662	0.0088	-0.1093	-0.1875	-0.7848
Heavy Min.	0.3566	0.0926	-0.5361	0.4729	0.5006	-0.2017	-0.2465	0.0341



LEGEND

- 2.98 ~
- 1.98 ~ 2.98
- 0.99 ~ 1.98
- -0.99 ~ 0.99
- -1.98 ~ -0.99
- -2.98 ~ -1.98
- ~ -2.98
- Anomaly area (1.98~)

Fig. 26 Scores of principle components analysis in area A (Z1)



LEGEND

- 1.97 ~
- ◐ 1.31 ~ 1.97
- 0.66 ~ 1.31
- -0.66 ~ 0.66
- ◑ -1.31 ~ -0.66
- -1.97 ~ -1.31
- ~ -1.97
- ◑ Anomaly area
(~ -1.97)

0 5 km

Fig. 27 Scores of principle components analysis in area A (Z2)

1-6-2 精査地区A-1の土壤による地化学探査

(1) 試料採取及び化学分析

試料の採取方法は、A地区地化学探査とほぼ同様であるが、A地区地化学探査においては右岸と左岸の試料を同量混合した土壤を分析したのに対し、精査地区A-1においては右岸と左岸の試料を別々に採集し、それぞれ異なった試料として分析した。

指示元素はA地区同様にPt, Pd, Au, Ni, Cr, Fe, Coの7成分とした。

採取位置は、PL. 15に示した。分析結果は、位置データ、採取条件などと共にAppendix 10に示した。

(2) 地化学データの解析

A地区同様に基礎統計解析、主成分分析を採用した。

i) 統計解析

各元素の含有量の最大値・最小値、中央値、平均値(m)及び標準偏差(σ)をTable 7に示す。最大値、最小値、平均値は真数値も共に示した。また、各元素の含有量のヒストグラム及び確率紙上での累積頻度分布をAppendix 11に示す。ヒストグラムのクラス幅は 0.50σ を用いた。A-1地区は、A地区の地化学異常域にあたり、A・B地区の統計値に比べ全ての元素に関して高い分析値となっている。

Table 7 Basic Statistic quantities of soil samples in area A-1

element	range	median	linear		logarithmic		
			mean	std. dev.	mean	10^{\wedge} mean	std. dev.
Pt(ppb)	2.5 - 320	25	29.7	25.8	1.331	21.4	0.382
Pd(ppb)	1 - 650	12	18.2	25.1	1.067	11.7	0.421
Au(ppb)	1 - 270	1	4.5	12.0	0.314	2.1	0.447
Ni(ppm)	2 - 17200	3200	3657.7	2653.7	3.396	2489.8	0.485
Cr(ppm)	140 - 71000	19000	20336.2	11429.0	4.195	15669.2	0.403
Fe(%)	3.0 - 55.0	16.8	18.0	7.9	1.212	16.3	0.199
Co(ppm)	4 - 1890	390	453.9	271.0	2.557	361.0	0.343

各指示元素間の相関係数をTable 8に示す。各指示元素間の相関係数が+0.5以上のものは、Pt-Pd, Ni-Cr, Ni-Fe, Ni-Co, Cr-Co, Fe-Co であり、ほとんどA・B地区で得られた結果

と同じである。これらの指示元素間の散布図はFig 28に示す。

ii) 濃度分布図及び異常域

各元素の分析値と試料採取位置のデータを利用して濃度分布図を作成し、地化学異常域を示した。報告書内に示した濃度分布図(Fig. 29 ~Fig. 35)では、分析値をヒストグラムのクラス幅同様に、平均値から 0.5σ ごとに区切った値を使用して分類して示した。また、別添図(PL. 17~PL. 23)の濃度分布図には、オリジナルの分析値をそれぞれ示し、濃度分布は等濃度線で示した。等濃度線を引くに当たっては、右岸から採取したのか左岸から採取したのかを考慮している。

同じ地域内での一連の地化学探査の場合、しきい値を変えることはあまり望ましいことではない。しかし、この地域はA地域の中の異常域であり、A・B地区で決めた値をそのまま使用すると高濃度地域を抽出することができないので新たにしきい値として、精査地区A-1の分析値のみを使用して、平均値と標準偏差からしきい値として $m + \sigma$ を採用する事にした。

以下に各元素の濃度分布及び異常域についてのべる。

Pb: Malinao Riverの上流部, Pananlagan Riverの流域, Tagkawayanの鉍徴地周辺で高濃度である。

Pd: Malinao Riverの上流部, Pinamunoan River下流部, Pananlagan River流域, Tagkawayanの鉍徴地周辺, Tagminatayの南で高濃度である。

Au: Malinao Riverの上流部, Pinamunoan River下流部, Pananlaganの鉍徴地周辺, Tagminatayの南で高濃度である。

Ni: 地域中部以北に比べ地域南部の濃度が低い。高濃度地域はPananlagan River上流~ Tagkawayan中流部・上流部, Tagminatayの北部に分布する。

Cr: 地域南部で低濃度で地域中央部で高濃度である。高濃度の地域は、地域中央部のPananlagan~Tagkawayan地域に散在する。鉍徴地との関係では、Pananlaganの鉍徴地とTagkawayanの鉍徴地で高濃度である。一番大きな鉍徴地であるMacasaet Areaでは、鉍徴地周辺のでやや高い濃度が認められるものの、まとまった高濃度域は検出されていない。

Fe: 地域南部で低濃度であり、地域中央部から北部にかけて高濃度である。特に高濃度なものは、Tagkawayan River~Tagminatayにかけてである。

Co : 地域南部で低濃度である。Pananlaganの鉱徴地からTagkawayanの上流の南斜面、Tagminatayの南側が高濃度である。

iii) 多変量解析

対数化及び標準化を行った分析値をもとに主成分分析を行った。標準化を行ったデータ(平均=0, 標準偏差=1)から求めた共分散は相関係数に等しいので、主成分分析の解を求めるにあたってはTable 8に示した相関係数を用いた。

第2主成分までの因子負荷量が固有値が1以上であり、第2主成分までで変動の約72%が説明されている。因子負荷行列に示されるように、第1主成分ではNi, Cr, Fe, Coの4成分が、正の非常に高い値を持ち、第2主成分ではPt, Pd, Auが高い正の値を持ち、二つの元素群に分けることができる。クロム鉱床との関連で見ると、第1主成分がその存在を示唆していると考えられる。また、第2主成分については貴金属元素に関連している。

以上の2つの因子のそれぞれについて各試料の主成分得点を算出して、その強度を記号で平面図に示した(Fig. 36~Fig. 37)。また、得点の累積頻度分布図はAppendix 12に示した。また、第1主成分と第2主成分と共に $+ \sigma$ 以上を異常値(標準化データを用いたことから平均値は0となる)として得点図上に示した。第1主成分では、Pananlaganの上流からTagkawayanの上流部をへてTagminatayにいたる地域が高得点である。鉱徴地との関係では、Pananlagan上流の鉱徴地、Tagkawayanの鉱徴地が含まれている。第2主成分では、Malinao Riverの上流部、Panamunoan River流域、Pananlagan上流の鉱徴地を含んだ地域、Tagkawayan鉱徴地からTagminatayに至る地域が高得点である。

3) 土地化学探査の結果

鉱徴地及びダナイトの分布域、Ni, Cr, Fe, Co 4成分の化学分析の結果を要約している第1主成分の異常域と、Pt, Pd, Auの化学分析結果を要約している第2主成分の異常域を重ねて精査地区A-1の総合解析図(Fig. 5)を作成した。

これらの結果が重なる地域として、Pananlagan鉱徴地を含んだ地域及びTagkawayan鉱徴地からTagminatay地域に連なる2地域を選ぶことができる。

最大の鉱徴地であるMacasaet Areaは、この地化学探査で異常域として検出されることが見込まれていたが、鉱床周辺で採集した試料は各元素とも高い値が得られず、抽出することができなかった。Feはラテライト化によって土壤中に濃集する元素であり、Fe濃度は

直接本地域の残留ラテライト層の発達を示していると考えられる。Feの高濃度地域とNiの高濃度地域が重なるのは、Tagkawayan上流部とTagminatayの北部であり、ニッケルラテライトについてはこの地域がポテンシャルが高い。

