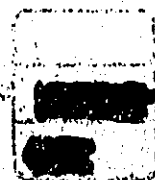


**フィリピン共和国ミンダナオ東部地区
鉍物資源開発基礎調査報告書**

総合報告書

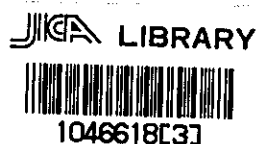
昭和49年7月

**海外技術協力事業団
金属鉍業事業団**



フィリピン共和国ミンダナオ東部地区
鉱物資源開発基礎調査報告書

総合報告書



昭和49年7月

海外技術協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 23	118
登録No. 03869	66.1
	K E

は し が き

日本政府はフィリピン共和国の要請に応え、同国ミンダナオ東部地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を海外技術協力事業団に委託した。当事業団は、本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は三ヶ年にわたって行われるものであるが、本年はその最終年度にあたり、上記調査の一環として、金属鉱業事業団海外部計画課長丹羽鼎氏を団長とし19名から成る調査団を編成して、昭和48年9月18日から昭和49年2月25日まで現地へ派遣した。現地調査は、フィリピン共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

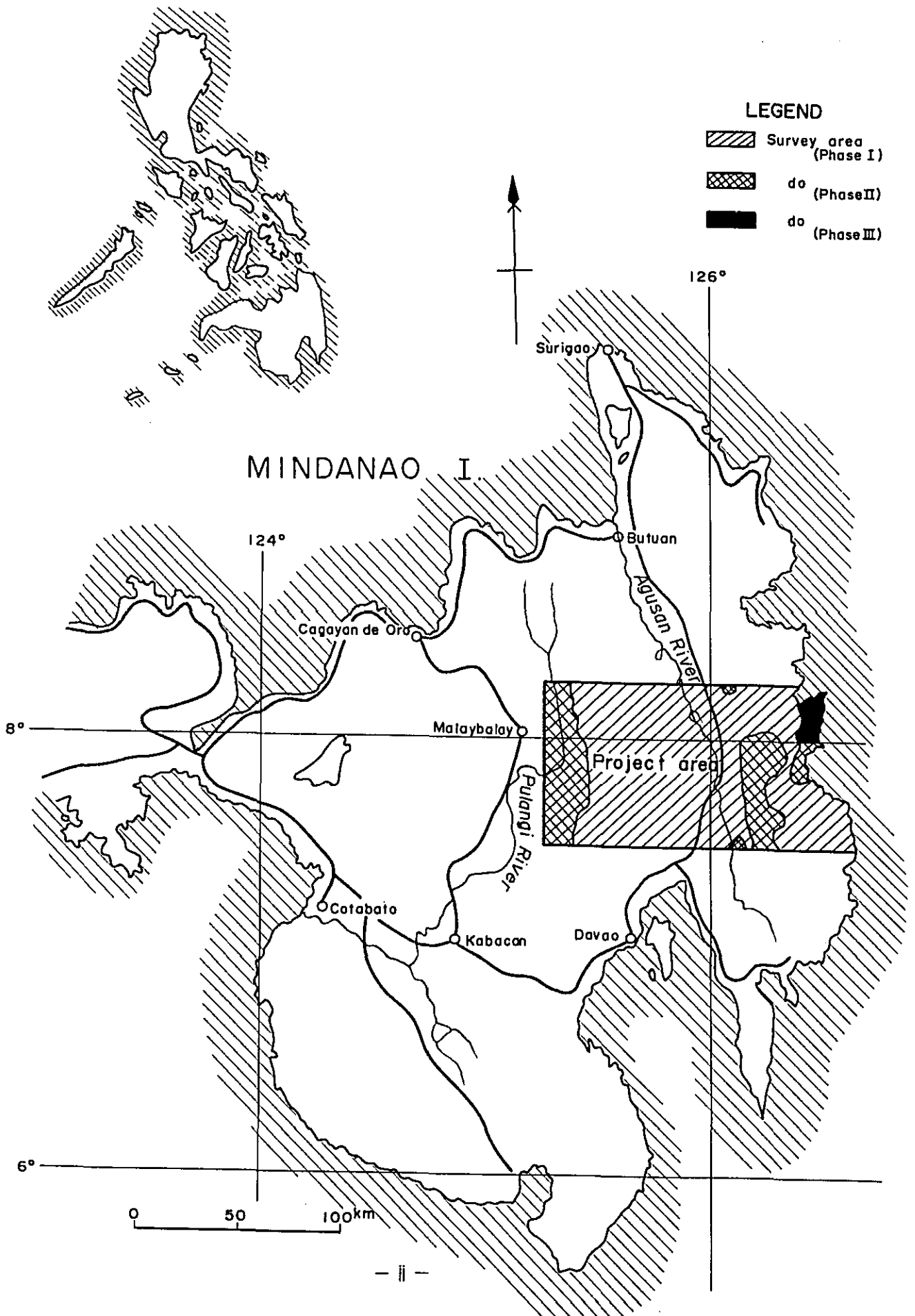
本報告書は第三年度の調査結果、および三ヶ年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力を頂いたフィリピン共和国政府・関係機関ならびに通商産業省・外務省・金属鉱業事業団および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和49年7月

海外技術協力事業団
理事長 田付景一

Fig. 1 Location map of the Survey area



目 次

は し が き	i
位 置 図	ii
要 約	1

I 序 論

1. 調 査 目 的	2
2. 調 査 概 要	2
3. 調 査 員	3
4. 位 置	5
5. 交 通	6
6. 地 形	6
7. 気 候	7
8. 植 生	7

II 地質調査

第 1 章 地質概要	8
第 2 章 地質各論	8
2-1 東部地域	8
2-2 西部地域	12
2-3 中央低地帯	13
2-4 地質構造および地史	14
第 3 章 鉍 床	17
3-1 東部地域	17
3-2 西部地域	18
3-3 鉍化作用の時期	18

III 地化学探査

第1章 総説	19
第2章 調査方法および結果の処理	20
2-1 調査方法	20
2-2 分析方法	20
2-3 結果の処理	21
第3章 調査結果の概要	23
3-1 第一年次調査結果	23
3-2 第二年次調査結果	23
3-3 第三年次調査結果	27

IV 物理探査

第1章 総説	28
第2章 調査方法	29
第3章 調査結果の概要	31
3-1 第二年次調査結果	31
3-2 第三年次調査結果	44
第4章 将来の問題	37

V 試錐探鉱

第1章 総説	38
第2章 各孔の概要	39

VI 結論

.....	42
-------	----

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure 1	Location map of the Survey area	i
II-1	Schematic sections showing geologic development of the survey area	16
III-1	Compilation map of detailed survey results, Bislig Area	25
III-2	Compilation map of detailed survey results, Tagbiga Area	26
IV-1	Method used in plotting dipole- dipole IP results	29
IV-2	IP results of the Bislig Area (Phase II)	32
IV-3	IP results of the Tagbiga Area (Phase II)	33
IV-4	IP values from in-situ & laboratory measurement	42
IV-5	General IP map of the Bislig Area (Phase II, III)	36
V-1	Compilation of core-logs	41

LIST OF TABLES

Table II-1	Generalized stratigraphic section in the Project Area	8
III-1	Mean background and threshold values	21
III-2	Regional mean background and threshold values of stream sediment samples	22
III-3	Local mean background and threshold values of soil samples	22

LIST OF APPENDICES

PL. 1	Geological map	1:250,000 (1 sheet)
2	Geochemical anomalies of stream sediments	1:250,000 (1 sheet)

要 約

本調査は、ミンダナオ東部地区において、地質構造を解明し、鉛床賦存の状況を明らかにすることを目的として行なわれた。このために、昭和46年度には地質概査・地化学探査、昭和47年度に地質精査・地化学探査・物理探査（IP法）、昭和48年度に地質精査・物理探査（IP法）および試錐探鉛が実施された。

地質調査の結果、これまで未分類火山岩類または、未分類堆積岩類として一括されていた岩石の形成時代が、かなり明らかになり、その地質構造や堆積環境が解明された。

またビスリグ地区とダグビガ地区で、銅の鉛化作用を伴う閃緑岩類が新しく発見され、その貫入の場の問題が解明された。

地化学探査は、全域について、Cu・Zn・Niを対象とする川砂探査が実施され、有望区域を抽出するのに非常に有効であった。この結果、ビスリグ・ダグビガ両地区で、Cuの異常帯が捕捉され、さらに土壤による探査の結果、異常の形状が明らかとなり、物理探査計画立案の重要な資料となった。

物理探査は、このCuの異常帯を中心に行なわれ、東西両域とも、地化学異常に対応するIP異常帯を捕捉した。しかし総合的に考えて、東部地域のビスリグ鉛化帯の方が、西部地域のダグビガ鉛化帯より探鉛価値は高いと結論された。

試錐探鉛は、最終的に選定されたビスリグ地区において、深度各250mの5本の垂直孔が実施され、最も北側のNo.1孔が、ポーフイリーカッパー型の鉛染帯に着鉛した。

深度100m～250mの150m間の品位は、Cu 0.397%、224m～250mの26m間は、Cu 1.006%を示し、特に孔底の2m間はCu 4.93%の良品位鉛で、深部に向かってCu品位が増加する傾向がみられる。

この鉛染帯は、他の4孔の状況や物理探査・地化学探査の結果から、局部的なものと考えられる。しかし、重要な鉛化帯がNo.1孔付近から始まっている可能性もあるので、今後鉛染帯の形状を明らかにするため、No.1孔に近接して試錐探鉛を実施することが望ましい。

I 序 論

1. 調査目的

本調査は、ミンダナオ東部地域において、鉛床賦存の可能性の高い地区を抽出し、その地区について、地質構造の解明と鉛化帯の形状を明らかにし、開発の可能性の有無を確認することを目的とした。

2. 調査概要

本調査は、日本政府とフィリピン政府が昭和46年度・47年度・48年度の3年間にわたって共同で行なった資源開発協力基礎調査である。調査の対象となった全地域は、フィリピン政府の森林保護区である。

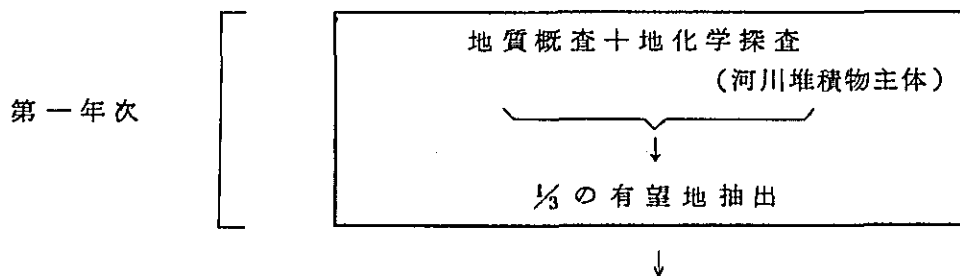
調査方法は、地質概査・地化学概査→地質精査・地化学精査・物理探査→試錐探査とオーソドックスな手法を採用して、順次有望区域を絞り、最終的には5本の試錐を実施して、ポーフィリー・銅型鉛床帯を捕捉した。

すなわち、第一年次は、地表地質調査班9班が編成され、全域について、写真地質調査・地質概査および川砂による地化学探査が実施された。その結果、鉛床賦存の可能性の高い地域として、東側1箇所、西側1箇所、合計面積が全地域の約30%に当たる3,000 km²の地域が抽出された。

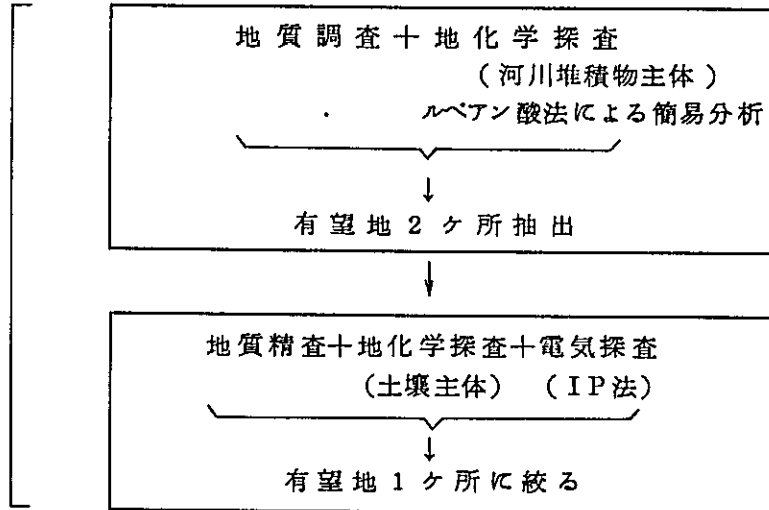
第二年次は、抽出されたこの地域について、8班による地表地質精査と川砂による地化学探査が行なわれ、表われた地化学異常帯に対しては、さらに土壌による地化学探査が実施され、異常の形状が明確にされた。このような現地解析結果から、鉛床賦存の可能性のさらに高い地区として、ビスリグ地区・タグピガ地区が選定されたが、引き続きこの両地区に対して、2班によるIP電気探査およびその測定線に沿う土壌地化学探査が行われた。その結果、本地域を通じて、ビスリグ地区が鉛床賦存の最も高い地区であるという結論に達した。

最終年次は、その選定されたビスリグ地区において、4班による地質精査と地化学探査を併用した電気探査が実施され、その結果に基づき、有望地点5ヶ所においてボーリング探査が行われた。その結果良品位の銅の鉛床帯が発見された。

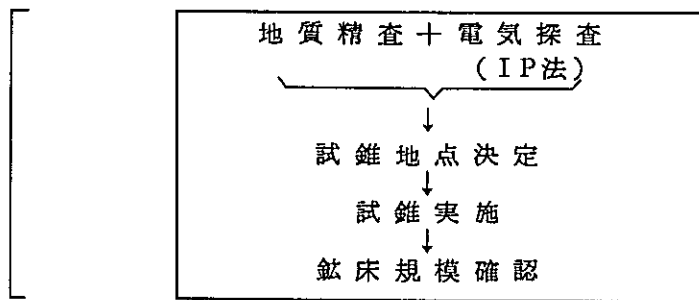
3年間の調査の概要は、次の通りである。



第二年次



第三年次



3. 調査員

本調査に従事した団員は、次の通りである。

昭和46年度					
団 長	三 浦 徹	金属鉱物探鉱促進事業団	J.PILAG	フィリピン鉱山局	
管理渉外	神 部 靖	"			
"	下 田 道 久	海外技術協力事業団			
"	枝 隆	大手開発 株式会社			
"	佐 藤 明	"	B.BALLESTEROS	フィリピン鉱山局	
調査計画	太田垣 享	"			
団 員	渕 本 泷	"	M.GARCIA	フィリピン鉱山局	
	新 井 勝 男	"	W.ARGANO	"	
	片 野 孝	"	N.BAUTISTA	"	
	新 村 辰 雄	"	I.OSCILLADA	"	
	小 野 孝	"	E.AVILA	"	
	平 山 晴 彦	"	M.TORRES	"	
	河 野 純 一	"	J.ALMACO	"	
	汲 田 啓 一	"	D.CUSTODIO	"	

団 員	浦 井 主 水 山 口 学 武 田 晃 幸 植 木 保 吉 川 井 正 和 永 島 興 治 長 谷 政 弘 高 岡 秀 俊 高 木 哲 夫 梅 津 一 晴 堀 昌 雄 高 橋 和 弘	大手開発株式会社 " " " " " " " " " " " "	A. ISSAC E. ARIATE P. MONTERO B. PINGOL	フィリピン鉱山局 " " " "
-----	--	--	--	------------------------------

昭和47年度

団 長 管理渉外	湖 本 決 小 山 恭 一 足 立 孫 市 清 水 嘉一郎	大手開発株式会社 金属鉱業事業団 " 海外技術協力事業団	J. PILAO	フィリピン鉱山局
"	"	"	"	"
"	"	"	"	"
(地質・地化学調査)	"	"	"	"
副 団 長	武 田 晃 幸 平 山 晴 彦 植 木 保 吉 綿 谷 好 修 新 井 勝 男 三 好 武 臣 片 野 孝 鈴 木 良 一 浦 井 主 水 新 村 辰 雄 林 育 浩 谷 藤 吉郎 中 野 啓 二 高 岡 秀 俊 長 崎 則 夫	大手開発株式会社 " " " " " " " " " " " " " " " "	M. GARCIA W. ARGAÑO N. BAUTISTA I. OSCILLADA A. ISSAC D. CUSTODIO E. AVILA B. ALEGADO M. TORRES T. DESTACAMENTO	フィリピン鉱山局 " " " " " " " " " " " " " " " "
(物理探査)	"	"	"	"
副 団 長	服 部 旭 小 川 逸 郎 日 下 治 大 柳 克 己 伊 藤 仁 藤 本 俊 昭	大手開発株式会社 " " " " " "	C. RAMOS M. APELO O. SAMONTE B. BALLESTEROS E. ARIATE	フィリピン鉱山局 " " " " "

団 員	田 中 富 雄	大手開発株式会社	
	高 橋 直 良	"	
	佐 藤 潤 一	"	
	立 川 三 郎	"	

昭和48年度

団 長	丹 羽 鼎	金属鉱業事業団	J.PILAO	フィリピン鉱山局
管理渉外	志 賀 麗 輔	"		
	下 田 道 久	海外技術協力事業団		
	枝 隆	大手開発株式会社		
(地質調査)				
副 団 長	洲 本 泷	大手開発株式会社	M.GARCIA	フィリピン鉱山局
団 員	武 田 晃 幸	"	E.AVILA	"
	林 育 浩	"	B.BALLESTEROS	"
	中 野 啓 二	"	A.ISSAC	"
			J.ALMASCO	"
(物理探鉱)				
	服 部 旭	大手開発株式会社	C.RAMOS	フィリピン鉱山局
	日 下 治	"	M.TORRES	"
	藤 本 俊 昭	"	E.ARIATE	"
	田 中 富 雄	"		
	立 川 三 郎	"		
(試錐探鉱)				
	加 藤 明 夫	大手開発株式会社	G.LUCERO	フィリピン鉱山局
	鈴 木 二	"	R.BAYON	"
	秋 元 武 雄	"		
	能 村 稔	"		
	高 橋 幸 男	"		
	広 野 栄	"		

4. 位 置

調査位置は、ミンダナオ島東部にあり、ダバオ(DAVAO)市の北方およそ50kmに位置している。その範囲は、

北 限； 北緯 8°15'

南 限； 北緯 7°30'

西 限； 東経 125°30'

東 限； ミンダナオ島東海岸線

で囲まれ、面積約11,000km²を有する。この地域は、南部アグサン(Agusan del Sur)州・南部

スリガオ (Surigao del Sur) 州・北部ダバオ州 (Davao Norte)・東部ダバオ州 (Davao Oriental)・ブキノドン州 (Bukidnon) 州およびコタバト (Cotabato) 州の 6 州にまたがる。

5. 交 通

首都マニラとダバオ、カガヤン・デ・オロ (Cagayan de Oro)、ビスリグ (Bislig) 間には定期便がある。このほかマライバライ (Malaybalay) およびバガンガ (Bagganga) には私設の飛行場があり、軽飛行機の離着陸が可能である。

道路は、ダバオーブツアン (Butuan) 間の国道が調査地域のほぼ中央を南北に貫いている。この国道より東部の地域では、南部山岳地帯を除いて木材運搬道路が網目状に走り、交通は便利である。これに対し、西部地域は、地形が急峻のため道路の発達が悪く、ジープの通行は一部を除いて不可能である。東西両地域を直接結ぶ道路はなく、東部地域から西部地域に至るには、カガヤン・デ・オロまたはカバカン (Kabacan) を経由する必要がある、いずれも車で 1 昼夜以上を要する。

6. 地 形

ミンダナオ島の主な地質構造は、N-S ないし NNW-SSW 方向が卓越しており、地形もこの傾向を大きく反映している。

調査地域は、その地形的特徴からみて、東から西に次のように大別することができる。

1. 東部山岳地帯
2. 中央低地帯
3. 西部山岳地帯

東部山岳地帯は、ダイワタ (Diwata) 山脈の一部をなし、全般に険しい。特に南部では、平均海拔 1,000 m ~ 1,500 m の高度を示し、所により 2,500 m 以上に達する高峰がある。試錐探鉱を行なった北部のビスリグ地域は、比較的なだらかな海拔 300 m 前後の丘陵地をなしている。

中央低地帯は、ブツアン湾からダバオ湾にぬける低地帯で、海拔 100 ~ 200 m、その大部分はアグサン (Agusan) 河の流域となっている。この地帯は大沈降帯で、東部や西部の山岳地帯から流下する河川によって運搬された砂礫が、厚く堆積している。フィリピン群島を縦断するフィリピン断層は、この地帯の東側を通過している。

西部山岳地帯は、ミンダナオ島の中軸をなす中央山脈の一部で、平均標高 1,000 ~ 1,200 m を示す。非常に険しく、至るところに急崖をなす深い峡谷が見られる。この山岳地帯の西翼には大きな地質構造線があり、ダバオ、プランギ (Pulangi) の二大河が流れている。

7. 気 候

この地域は熱帯雨林性気候で、山岳部と平野部では雨量・気温ともかなり異なる。年間の平均気温は28°C程度で、降雨量は約2,000 mmである。山岳地帯では天候が変わりやすく、霪雨に見舞われることが多く、雨期・乾期の区別が明瞭でない。しかし比較的雨量の少ない時期は、東部地域では3月～5月、西部地域では1月～3月である。台風は、この周辺の海域で発生し、北方へ移動しながら発達するので、風による被害より、雨の影響が大きい。

8. 植 生

山岳地域の大部分は、熱帯性多雨林型のジャングルで覆われている。ラワン、アピトング (api-tong)、タンギル (tangile) などの巨木が繁茂し、ジャングルの中は昼間でも薄暗い。活発な材採作業を行なっているビスリグ地区では、材採後の植林が計画的に実施されている。

東側の海岸や河口には、一部マングローブが見られる。

II 地質調査

第1章 地質概要

本地域は、前述のように、地形的特徴から三帯に区分することができるが、地質的にも同様な分帯が可能である。

中央低地帯を除く東西両山岳地帯は、白亜紀から古第三紀にわたる火山岩類が広く分布し、それらを古第三紀以後の非変成の碎屑岩類が覆っている。前者は弱変成作用を受けて、Metavolcanics および Metasediments と称せられる。西部山岳地帯では、さらにその上に第四紀の火山岩がみられる。

東部地帯には、石英閃緑岩類の小規模な貫入岩体があり、西部地帯には、閃緑岩・斑れい岩・輝岩の複合岩体と、調査地域を南北に縦断するかんらん岩の大岩脈がある。

中央低地帯は、第四紀の碎屑岩類からなっており、平坦な地形を呈している。

東西両地帯の地層の対比は、巾40 Kmにわたる中央低地帯の存在のために非常に困難であったが、古第三紀以降の堆積岩類中に動物化石が多産するので、Table II-1 に示されるような対比が可能である。

溶岩・貫入岩などの火成岩の生成時期については、K-Ar 法による絶対年代測定結果が利用された。

Table II-1 Generalized stratigraphic section in the Project Area

Western & Central Lowland Areas						Eastern Area						
Mineralization	Igneous activity	Structural movement	Rock facies	Columnar section	Group of Formations	Geological age	Group of Formations	Columnar section	Rock facies	Structural movement	Igneous activity	Mineralization
Ven type : (Cu) Organic type (Ni, Cu)	Pyroxenite, Gabbro, Diorite Andesite Basalt	Davao-Palang Fault Epirogenetic movement Organic movement	Andesite lava	Malama F. (100m~)	Tertiary Quaternary Pleistocene Pliocene Upper Middle Lower Miocene Oligocene Eocene Paleocene Cretaceous	Recent	Alluvium	Coral reef Limestone	Epirogenetic movement Philippine Fault Organic movement	Basalt Andesite Dioritic rocks Porphyry Copper-type (Cu)	Basalt Andesite Dioritic rocks Porphyry Copper-type (Cu)	Basalt Andesite Dioritic rocks Porphyry Copper-type (Cu)
			Coral reef Limestone	Agtaugan F. (800m)		Pleistocene	Coral reef Limestone					
			Conglomerate with thin Limestone	Kapalong F. (500m~)		Pliocene	Conglomerate with thin Limestone					
			Andesitic pyroclastics, Andesite lava and clastics	Kaloatuy G. (10,000m~)		Miocene	Reef Limestone and Pyroclastics					
			Basaltic tuff with thin basalt lava	Nilaban G. (3,000m~)		Oligocene	Silt, Sandstone, Conglomerate with thin bedded Limestone, Basalt lava and Gabbro					
						Eocene	Limestone, basalt lava and Conglomerate (Kaban G.)					
						Paleocene	Andesite lava, Pyroclastics and small amount of Clastics					
						Cretaceous	Basalt and andesite lavas with thin bedded Clastics and Pyroclastics (Barcelona G.)					

第2章 地質各論

2-1 東部地域

本地域には下位よりバルセロナ層群・カバン層群・マンガゴイ層・ピスリグ層・ダコンボンワ層・バガンガ層・アグツウガノン層が分布している。

2-1-1 バルセロナ層群

本層群は、調査地域の北東部にあり、サンコー（Sanco）岬からリンググ（Lingig）を経てサン・ロケ（San・Roque）付近まで、東海岸沿いに7～8kmの巾をもって分布している。本層群は上・中・下の3層に分けられる。下部層は主に玄武岩より成り、砕屑岩を比較的多く挟む。中部層は主に安山岩より成り、火砕岩を挟む。上部層は主に玄武岩より成り、上位に火砕岩や砕屑岩類を夾在する。これら火山岩類は大部分が浅海成～陸成の溶岩流で、玄武岩溶岩には枕状構造や柱状節理が著しく発達し、安山岩溶岩には自破砕構造や柱状節理が顕著である。

顕微鏡下では、玄武岩は、普通輝石玄武岩であり、主として針状の斜長石・針状の普通輝石・ガラスからなる石基の中に、斜長石の斑晶がある。安山岩は、主として斜長石の微晶とガラスからなり、毛せん状または粗面岩質組織をもつ石基の中に、普通輝石・斜長石の斑晶を有する。安山岩は、所により普通角閃石・黒雲母・石英の斑晶を含むことがある。

本層群を構成する火山岩類は、化学成分・鉱物組合せ・組織などに類似性があるので、一連の火成活動によって生じたものと考えられる。また本層群は沸石相の高温部から、ブドウ石・パンペリー石変成グレーワツケ相に相当する埋没変成作用を受けている。

2-1-2 カバン層群

本層群は、フィリピン断層の東側に接し、5～20kmの巾をもって、南北に約50km連続して分布している。本層群は、主として安山岩質火山岩類からなり、砕屑岩類は極く少量挟まれる。

この層群は、3つのサイクルをもつ火山活動によって形成されたものである。すなわち、第Ⅰ期には角閃石を有する安山岩質火山岩類を噴出したのち玄武岩質火山岩類への噴出へと移化しており、この時期の最後に、砂岩・泥岩・石灰岩が堆積している。第Ⅱ期には中性長石を含む安山岩質火山岩類の噴出から始まり、次第に玄武岩質火山岩類を噴出するにいたる水中火山活動であり、初期において爆発的であったが、後半は穏やかになり、凝灰質砂岩・泥岩・凝灰岩の堆積が行なわれている。第Ⅲ期には再び安山岩類の活動期であり、爆発的であったと考えられる。本層群の安山岩質火山岩類の火山活動の場は、南から北へ移動しており、バルセロナ玄武岩類の火山活動の場が北から南へ移行したものと対照的である。

本層群とバルセロナ層群との関係は、間をその後の若い堆積岩に覆われているため不明であるが、恐らく堆積盆が異なる同時期の火山活動によって、両者は生成されたものと考えられる。

2-1-3 マンガゴイ層

本層は、マンガゴイ部落からリンググ河上流にかけて露出し、ほぼバルセロナ層群の西側に細長く分布する。

本層の下部は、火山円礫岩、シルト岩・泥岩からなり、上部に厚い石灰岩を伴っている。この層は多量の大型有孔虫を産し、これより同層は、漸新世中期から後期にかけて堆積したことがわかった。

本層とバルセロナ層群との関係は整合的であり、バルセロナ層群の最上位層は漸新世中期に堆積したことは間違いない。

2-1-4 ビスリグ層

本層はビスリグ河流域に広く分布し、パヌスゴン (Panusugon) 川上流やカティール (Cateel) 河上流にも露出する。本層は、礫岩・砂岩・シルト岩・泥岩の互層よりなるが、相対的に、下位に礫岩が多く、上位に向かって粒度が細かくなり、砂岩・シルト岩に移化する傾向がある。マンガゴイ層とは整合関係にある。

ビスリグ地域では、火山岩類が比較的少ないが、カティール河上流では、安山岩質集塊岩や火山礫凝灰岩が夾在し、玄武岩溶岩も見られる。

本層の堆積の時期は、中新世前期といわれているが、浅海性の堆積環境下で形成されたものである。

2-1-5 ダコンボンワ層

本層は、カティール河流域に広く分布している。結晶質の石灰岩で、安山岩質火砕岩を夾有する。ビスリグ層とは不整合関係にあり、本層の堆積の時期は中新世前期～中期である。

2-1-6 バガンガ層

本層は、バガンガ (Baganga) 河やマハノブ (Mahanob) 川に標示的に分布する。淘汰の悪い、固結度の低い灰黄色の凝灰質砂岩で、場所によりシルト岩が夾在する。

この層からは化石が出ないが、モラッセ型の堆積岩であることや上・下位層との関係から、西部地域の鮮新世～更新世のカパロング層に対比される。

2-1-7 アグツウガノン層

本層は、アグツウガノン山を含む中央の高峰部を形成している。更新世のさんご礁石灰岩から成り、ダコンボンワ層を不整合に覆っている。本層の層厚は最大700 mに達する。

2-1-8 貫入岩類

東部地域でみられる貫入岩類には次のようなものがある。

(1) 斑れい岩

本岩は、タオン河上流の鉱床帯に小規模に露出している。こゝではNNE～NE方向とNNW方向の二系統があり、断層運動によって生じた裂かに沿って貫入したものと思われる。貫入岩としては、最も最後の活動であり、石英安山岩や石英閃緑岩を貫入している。この岩石は、斜長石・普通輝石・かんらん石のほか黒雲母を必ず含んでいる。変質作用はほとんどみられない。

ビスリグ湾に面したデニバス部落付近に露出する斑れい岩は、かんらん石や黒雲母を欠き、変質鉱物として玄武岩と同様の鉄サポナイトが生じているので、古い時期に貫入したものであろう。

(2) 粗粒玄武岩

本岩は、バルセロナ層群・カバン層群またはビスリグ層中に、岩脈状をなして露出する。バルセロナ層群中の粗粒玄武岩は、断層に沿うものが多く、その貫入の時期は、これが埋没変成作用を受けているので、バルセロナ玄武岩が活動した時期とほぼ同じと考えられる。

ビスリグ層を貫くものは、上記粗粒玄武岩と異なり、バンベリ石などを生じていない。貫入の時期は、中新世後期と思われる。

(3) 石英安山岩

本岩は、タオン河上流に分布している。断層に沿って貫入し、一部溶岩流をなす。斜長石の大きな斑晶をもち、角閃石・雲母・石英を含んでいる。全岩が強いモンモリロナイト化作用を受けていて、顕微鏡下では組織が不明である。この変質作用は、貫入時の熱水変質であり、鉱化作用とは無関係と思われる。

(4) 閃緑斑岩

本岩は、カバン層群中に岩脈状に貫入している。大きさが1 cmにも達する斜長石と、輝石の斑晶が含まれる。二次鉱物として、絹雲母・緑泥石・沸石・方解石・粘土鉱物などが認められる。

(5) 閃緑岩類

本岩は、岩質的に花崗閃緑岩と石英閃緑岩に大別することができる。

花崗閃緑岩は、ダバオスリガオ国道の北端にあるマムバリリ(Mambalili)部落付近にある。灰色を呈する完晶質岩で、カガン層群の安山岩に強い熱変質を与えている。主成分鉱物は、斜長石・石英・カリ長石・角閃石・黒雲母で、この外に磁鉄鉱・燐灰石などが副成分鉱物として含まれている。弱い黄鉄鉱の鉱染があるが、黄銅鉱は認められない。

石英閃緑岩は、アグサン河上流とタオン河上流に分布している。

前者は調査地の南端に巾5~10 mの板状をなして貫入し、黄鉄鉱の鉱染が著るしい。調査地域の南に当たるが、アグサン河上流には、ポーファイリーカップ型鉱化帯が知られており、その内の数個所で探鉱が行われている。上記鉱染は、この鉱化帯の北限を示すものであって、閃緑岩類は、マムバリリ部落まで露出がない。

この石英閃緑岩の貫入の時期は、K-Ar法による年代測定の結果によれば、 60×10^6 年前、すなわち古第三紀暁新世末頃である。

後者のタオン河上流の石英閃緑岩は、バルセロナ玄武岩類を貫き、巾700 mの巾で、NE方向に3 km連続している。この岩体は、タオン河沿いに走る断層に沿って貫入している。

この岩体の東側に、地化探と物探の異常が得られたので、試錐探鉱が行なわれた。

貫入の時期は、周辺の地質から、中新世後期と考えられる。K-Ar法による年代測定の結果では、 129×10^6 年(白亜紀前期)、 454×10^6 年(オールドビス紀後期)、 499×10^6 年

(オルドビス紀前期) と、予想よりはるかに古い数値が得られた。熱水中の Ar が、変質時に試料中に捕えられた場合、または Ar がガスとして試料中に捕えられた場合は、実際より古く測定されるので、今後の検討が望ましい。

2-2 西部地域

この地域に分布する岩層は、下位層から、ニラブサン層群・カラグタイ層群・カバロング層・ルムバヤオ層・マランゴ層からなる。

2-2-1 ニラブサン (Nilabsan) 層群

西部地域で最も古い岩層で、ダバオ河本流の西側にあるニラブサン河沿いに標式的に露出しているほか、パンタロン (Pantaron) 山脈の東側にも広く分布している。

本層群は、輝石安山岩～玄武岩質の火山活動に由来するもので、火砕岩が大部分を占め、極く少量の砕屑岩類を夾有している。本層群中には、帯赤褐色の安山岩質細粒凝灰岩の薄層が、特徴的に含まれている。

ニラブサン層群は、中央部を橄欖岩に貫かれ、ダバオーブランギ断層で転位するため、正確な層厚を推定しにくい。少なくとも 20,000 m には達すると思われる。それにも拘らず上下方向の岩相変化に乏しく、かつ、細粒の堆積岩層と淘汰の悪い凝灰岩層の類似した繰り返しが見られることから、リズムカルに沈降と隆起運動を繰り返しながら、全体的に大きく沈降するような堆積環境が推定される。

ニラブサン層群の堆積の時期は、古生物学的裏付はないが、かんらん岩の貫入時期の研究 (Hess H. H. 1955) から、白亜紀～暁新世と考えられる。

2-2-2 カラグタイ (Kalagutay) 層群

本層群は、ニラブサン層群を整合に覆って分布している。その分布範囲は、かんらん岩の大岩脈の西側に限られる。

この層群は、安山岩質の火砕岩類を主とし、砕屑岩類と火山岩類を夾有している。

下位のニラブサン層群との主な相違点は、

- ① カラグタイ層群の火山岩類が、より酸性であること、
- ② 火砕岩中に、かんらん岩に由来すると思われるクロム鉄鉱・クリソタイル・アンチゴライトの鉱物片が認められること、
- ③ 帯赤色凝灰岩層を含まぬこと、

などがあげられるが、両層群の間に火成活動の違いのみならず、堆積環境の違いがあったように考えられる。

本層群中には、漸新世上部～中新世下部の石灰岩が含まれ、特に上位に中新世中期の泥岩が含まれるので、堆積の時期は、暁新世～中新世中期と考えられる。この層群の厚さは、約 10,000 m に達する。

2-2-3 カパロング (Kapalong) 層

本層は、ダバオーブランギ断層より東側に発達し、カパロング河・マギモン (Maguimon) 河・ラサン (Lasang) 河に標式的分布を示す。モラッセ型の堆積岩で、礫岩・砂岩・シルト岩などからなる。礫を構成する岩石は、かんらん岩が大部分を占め、ニラブサン・カラグタイ両層群の火砕岩も少量含まれている。

本層は、鮮新世～更新世に堆積したものであり、下位層とは不整合関係にある。

2-2-4 ルムバヤオ (Lumbayao) 層

本層は、さんご礁石灰岩から成り、底部に礫岩・砂岩・頁岩を伴っている。標高400～900 m付近の山頂部に点在し、カパロング層や、カラグタイ層群を不整合に覆っている。

2-2-5 マランボ (Malambo) 層

本層は角閃石安山岩より成り、標高1,000 m以上の高所に分布している。更新世末期の溶岩と考えられる。

2-2-6 貫入岩類

(1) かんらん岩・斑れい岩

かんらん岩は、ブギドノンとダバオ州の州界となっているパンタロン山脈の尾根をなし、巾2～5 kmでほぼ南北に縦断している。黄色を帯びた暗緑色の緻密岩で、橄欖石と単斜輝石からなり、少量のクローム鉄鉱を含有している。

バラハヨ (Balahayo) 河上流では、かんらん岩の中に角閃石片岩がゼノリスとして捕獲されているが、これはこの地域の基盤をなす結晶片岩と思われる。

斑れい岩は、かんらん岩によく伴っている。通常異剥石の巨晶をもつが、成因的にはかんらん岩と密接な関係があるように見える。

Hess H. H. によれば、このかんらん岩の貫入の時期は、白亜紀～暁新世である。

(2) 輝岩・斑れい岩・閃緑岩

この複合岩体は、ニラブサン河上流・ロカウオン (Locawon) 河上流・チグア河上流にかけて分布し、巾5 km長さ15 kmの規模をもつ。輝岩・斑れい岩・閃緑岩から成り、構成鉱物の組合せに類似性がある。すなわち、どの岩石にも初生的な黒雲母が認められ、普通輝石・斜長石・燐灰石・磁鉄鉱などが含まれる。貫入の順序は、相互関係から輝岩→斑れい岩→閃緑岩と新しくなるが同一マグマからの分化作用によると考えられる。

この岩体は、カラグタイ層群の中新世中期の泥岩・砂岩を貫ぬいており、K-Ar法による斑岩の貫入時期は 1.1×10^6 年 (中新世後期) である。

チグア河上流では、この岩体中に鉍化帯が発見されたので、地化探・物探の精査が行なわれた。

2-3 中央低地帯

この地帯は、更新世から現世におよぶ厚い陸成層が堆積している。鉍床賦存の可能性がないの

で、地質調査はほとんど行われなかった。

タグム (Tagum) からサウグ (Saug) キャンプに至る道路に沿って、シルト岩および砂岩の水平層があり、低地帯の大部分はこの層で覆われていると考えられる。サウグ層と命名したが、詳細は不明である。

ウマヤン河近くに台地をなして露出している隆起さんご礁は、更新世のもので、バガンガ地方のバチアノ部落付近のバチアノ層および、アグツウガノン石灰岩層・西部のルムバヤオ層に対比される。

沖積層は、アグサン河とリブガノン河によって形成され、東西約 35 Km におよぶ平野が広がっている。この沖積層とサウグ層のために、東西両地域の地質構造や地層の対比が著るしく困難になっている。

2-4 地質構造および地史

2-4-1 地質構造

この地域の主構造は N-S ~ NNW-SSE 方向が卓越している。構造的にみて、次の 3 帯に大別することが出来る。

① 東部山岳地帯

東部海岸沿いに分布するバルセロナ層群中には、NE-SW 方向の軸をもつ褶曲構造があり、NNE-SSW 方向の断層によって、その褶曲がさらに顕著になっている。タオン河上流の石英閃緑岩の貫入は、この断層に沿って行なわれたと考えられる。

フィリピン断層に東接するカバン層群は、南側から北側に向かってゆるい北傾斜を示す単斜構造を示すが、バハヤン河上流ではドーム構造をなす。

フィリピン断層は、第三紀初期から現代に至るまで運動を続けている左ずれの断層と云われているが、閃緑岩類は断層によって生じた弱線部に沿って貫入したとみられる。

② 中央低地帯

この地帯は、第三紀層を含む N-S 方向の巾広い向斜構造をもち、一般には沈降帯と考えられている。しかし、既存の地質図によると、新期堆積物は比較的薄いと推定される。

③ 西部山岳地帯

この地帯は、白亜紀～中新世中期の火成活動による多量の火砕岩類を伴った優地向斜堆積物からなり、全体的には大規模な地背斜をなし、その主軸付近にかんらん岩の大岩脈が貫入している。

この地帯では、N-S 系の構造を示すものが多く、最下位のニラブサン層群中には、小規模の背斜と向斜構造が発達している。上位のカラグタイ層群は、西傾斜の単斜構造を示し、輝岩・斑れい岩・閃緑岩から成る複合岩体は、地層に平行するような形で貫入している。

ダバオ河からブランギ河を通る断層は、北はギンゴグ (Gingoog)、南はアボ火山まで達し、ほとんどミンダナオ島を縦断する大規模なものである。

2-4-2 地 史

本調査地域の基盤は、先ジュラ系の変成岩が主体をなし、この地域における堆積盆は、ジュラ期末の造山運動によって形成されたと推定される。

白亜紀中頃の海浸によって、西部地域はリズムカルに上昇・沈降を繰り返しながら全体としては沈降を続けた。その結果安山岩質火砕岩と砕屑岩の厚層が堆積した。その時期に東部地域では、二つの堆積盆において、玄武岩質と安山岩質の火成活動が盛んに行なわれ、溶岩や火砕岩を噴出している。東側ではこの活動はずっと浅海性の堆積環境で行なわれたため、溶岩に典型的な枕状構造や柱状節理が発達した。

その後白亜紀末に西部地域では、隆起運動が行なわれ、かんらん岩が貫入したが、この隆起運動はかなり大規模なもので、基盤の片岩類も海上に一部顔を出したと思われる。

この時期に少し遅れて、フィリピン断層は活動を開始し、閃緑岩類の貫入も行なわれている。

漸新世中期から中新世中期にかけて、東部地域では、マンガゴイ層・ビスリグ層が浅海性の環境の下で形成された。西部地域でも、緩やかな沈降または海進が続いたので、安山岩質火砕岩を主とするカラグタイ層群は、浅海性の堆積環境で生成した。上記かんらん岩体は僅かに陸化していて、少量の岩片をこの層群に供給している。

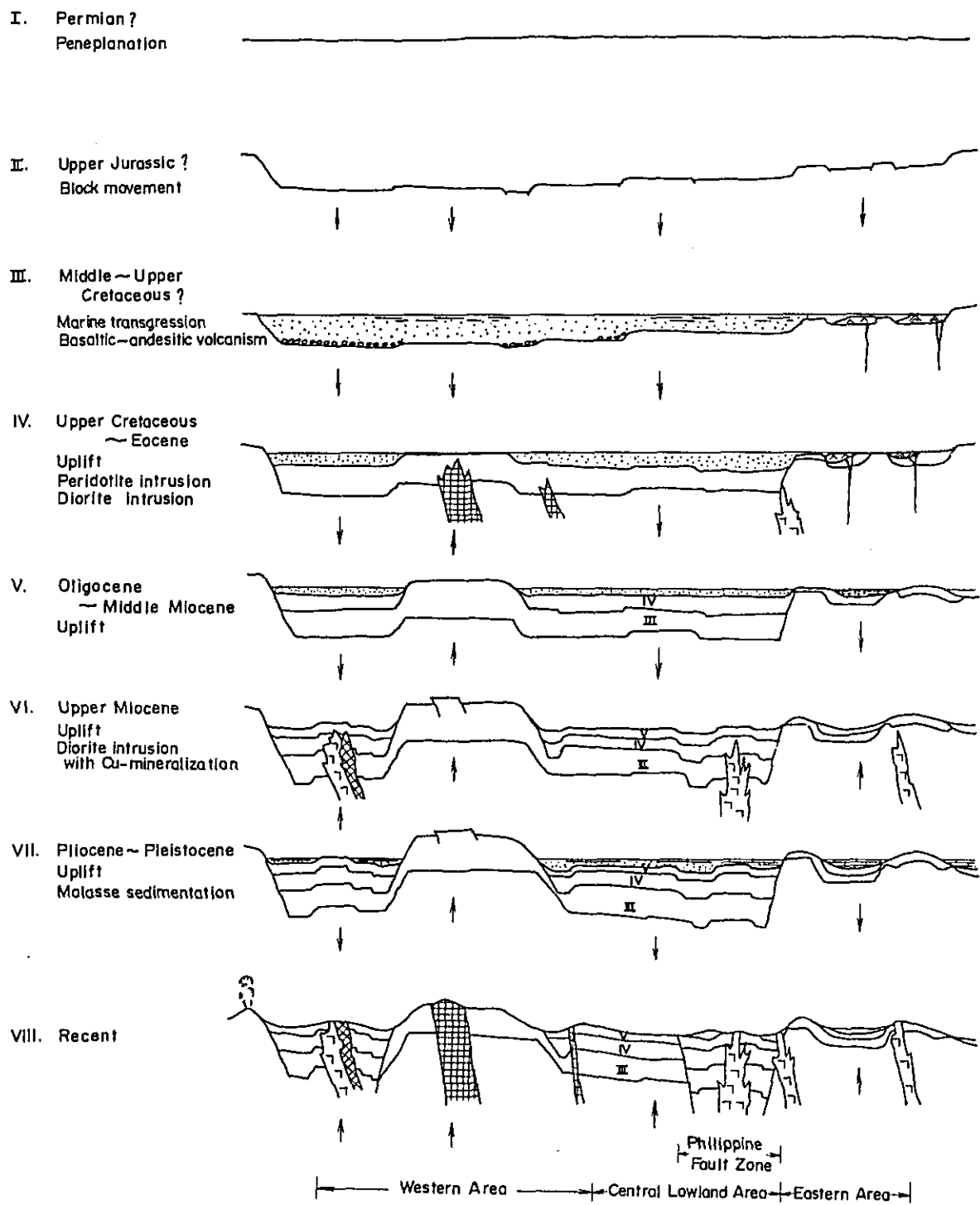
中新世後期になると、ビスリグ地区とタグピガ地区に閃緑岩の貫入があり、ポーフイリーカッパー型や脈状の銅の鉱化作用をもたらしている。

西側のかんらん岩地帯は、その後急激な隆起運動が行なわれたため、その東縁と南縁に沿って厚いモラッセが堆積している。ダバオーブランギ断層もこの時期に生じたと考えられる。

更新世以降は、部分的に厚い石灰岩が堆積し、海退により、中央低地帯も陸化し、現世にかけて厚い陸成層が形成された。

以上をまとめると、Fig II-1 のようになる。

Figure II-1 Schematic sections showing geologic development of the survey area



第3章 鉍化帯

ミンダナオ島における鉍床は、超塩基性岩に伴うニッケル・クローム・鉄鉍床と、閃緑岩類に伴うポーフイリー・銅鉍床が主体であり、島内でも数箇所では操業または探鉍中である。調査地域の近くでは、アグサン河上流で、マサラ(Masara)鉍山がかって出鉍したことがあり、近くのサベナ(Sabena)・マナト(Manat)鉍山では試錐探鉍中である。また西方のブキドノン州マライバライでは、ジュピター(Jupiter)鉍山が探鉍を進めている。

従って、地質的・鉍床の見地から、調査地域内にニッケルと銅の鉍床の存在が期待されたが、文献によれば、タオン河上流のスリガオ鉍山(Au, Ag)と、アガミタン上流のソリアノ鉍山(Ba)が報告されていたに過ぎない。

この調査によって明らかになった鉍化帯は次の通りである。

3-1 東部地域

3-1-1 ビスリグーリンググ地区

タオン河上流のバルセロナ層群中に、NE-SW方向の石英閃緑岩の貫入があり、ポーフイリー・銅鉍型の鉍化帯が新たに発見され、調査地域内の最有望地区として、第三年次に試錐探鉍が行なわれた。

この鉍化帯の北側にはなだらかな地形を示す丘があり、露頭はないが、多数の黄銅鉍-鏡鉄鉍-黄鉄鉍-石英からなる焼けの転石があり、これらは緑泥石化作用を激しく受けている。鉍化帯中央部には、石英閃緑岩の主岩体の東側または同岩質の岩脈の中に、黄銅鉍-輝水鉛鉍-黄鉄鉍の鉍物組合せをもつ鉍染帯があり、Cu 0.1~0.3% Mo 0.02~0.05%の含有値を示した。変質作用は微弱で、顕微鏡下で僅かに緑簾石・緑泥石化作用が認められるだけであった。

南側には、モンモリロナイト化した石英安山岩が広く分布し、シルバーベル(Silver Bell)・レパント(Lepanto)・スリガオ(Surigao)鉍山がある。この内、スリガオ鉍山は斜坑を開穿し黄銅鉍-方鉛鉍-閃亜鉛鉍-黄鉄鉍からなる良質の鉍床(貯鉍品位Cu 0.85% Pb 17.6% Zn 28.9%)を探鉍している。

今回実施した地質・地化探・物探の結果を総合して、中央部のCuの鉍染帯が最も有望と判断されたため、試錐探査を行なった。

3-1-2 バハヤン-マムンガ返区

フィリピン断層の近くのカバン層群中に、巾1Km、南北方向に1.4Km以上連続する鉍化帯が確認された。Cuはほとんど含まれていないが、変質作用や地質構造から考えて、比較的地下浅所に火成岩(恐らく閃緑岩?)の存在が推定され、鉍床賦存の可能性を暗示している。

3-2 西部地域

3-2-1 タグビガ地区

この鉍化帯は、チグア河上流のタグビガ地区で、地化探異常から発見されたものである。これは、輝岩・閃緑岩複合岩体中に発達した節理やせん断帯を脈状に充填した Cu の鉍化帯である。脈の方向に2系統あり、NW-S E方向の黄鉄鉍-粘土脈(脈巾0.20~0.50 m, Au 6 g/T Cu 0.5%)と、NNE-SSW方向の黄銅鉍-黄鉄鉍脈(脈巾0.10~0.20 m, Au 6~15 g/T Cu 12~18%)が認められるが、連続性に乏しい。いずれも Mo を含有せず、ポーフイリーカッパー型ではない。

土壤による地化探結果に基づき、IP探査が行なわれた。

3-2-2 バンタロン山脈地域

ノウナム(Nau nam)河上流の鉍化帯は、黄鉄鉍の網状脈からなり、母岩の粗粒玄武岩・砂岩は、磁鉄鉍を伴う緑簾石脈で貫かれ、緑泥石化作用も激しい。この鉍化帯は、閃緑岩に関係すると考えられるが、Cu品位は低い。

またハラピタン(Halapitan)町の近くのノウナム河支流で、かんらん岩を貫ぬく単硫鉄鉍(Fe S)-硫砒ニッケル鉍-黄銅鉍の鉍脈の転石(Cu 0.07% Ni 0.08%)が発見されたが、その露頭を確認することができなかった。

3-3 鉍化作用の時期

K-Ar法による石英閃緑岩の生成時期は、東部アグサン河上流のものが 60×10^6 年(始新世後期)、西部シタ河上流のもの(タグビガ地区と同一の岩体)が 20×10^6 年(中新世前期-野外の証拠では中期~後期)と測定されたが、東部のポーフイリーカッパー地帯の石英閃緑岩は、白亜紀初期またはオルドビス前期~後期であった。後者は、野外の事実と矛盾するので、変質時に Ar が付加されて、実際よりはるかに古い値を示したと考えられる。この岩石は中新世後期の貫入と考えた方が都合がよいので、調査地域内の閃緑岩の活動の時期は、始新世後期と中新世後期の2回であり、いずれも Cu の鉍化作用を伴っていると結論したい。

III 地化学探查

第1章 総 説

広い地域から、もっとも能率よく有望区域を抽出する鉍床調査法として、一般に川砂による地化学探査法が用いられている。

このプロジェクトでも、地質調査と並行して地化学探査が行なわれた。中央低地帯 4,200 Km² は、鉍床賦存の可能性が低いので、地質調査と同様地化学探査は省略された。

第一年次は、川砂を対象として全地域をカバーするように試料が集められ、Cu・Zn・Ni の3成分について分析された。解析の結果、東部地域ではタオン河流域、西部地域では、タグピガ流域の Cu の異常域が興味を引いた。

第二年次は、この両異常域について川砂による地化学精査が行なわれ、異常域の形状が明らかにされたが、両域とも、Cu の鉍化作用を伴う閃緑岩の貫入岩体が発見された。他の地域に特に鉍化作用や地化学異常が得られなかったため、タオン河上流・タグピガ川上流について、土壤が採取され、簡単な現地分析を行なって、物理探査計画の重要な資料とされた。

第三年次は、タオン河上流の鉍化帯の南延長を探査するため、土壤が採取され現地分析が行なわれた。その結果、鉍化帯は南に延長しないことが明らかになった。

第2章 調査方法および結果の処理

地化学探査は、主に第一年次が川砂、第二年次が川砂と土壌、第三年次が土壌を対象として行なわれたが、調査方法・分析方法・データ処理法は下記の通りである。

2-1 調査方法

地化採用の川砂は、地質調査のルートに沿って採取されたが、その採試間隔は、長い沢で500 mごと、支流の合流点では、本流と支流の各点から1個づつ採試することが原則とされた。

第一年次の調査では、粒度による金属含有量の違いをみるため、一地点で-80メッシュと-100メッシュの2個の川砂が採取された。また川砂が無くなる山頂付近の土壌中の金属量との関係をみるため、合流点では土壌も採取された。

鉱化帯が予想されたビスリグ地区とタグピガ地区では、リッジ・アンド・スピア (ridge and spur) 法による土壌の採取が行われた。土壌は、ハンマーを使い、深さ20 cm位掘り起こし、腐植土の下の黄色土壌 (B層) が採取された。また試錐探鉱計画の資料とするため、物探測線に沿って土壌が採取された。採試間隔は、ビスリグ地区で25 m~50 m、タグピガ地区で100 mである。

このようにして採取された試料数は、第1年次で川砂5173個 (採試密度0.76個/Km²) 土壌515個 計5688個、第II年次、川砂2445個 (密度0.815個/Km²) 土壌1668個 (密度37個/Km²) 計4113個、第三次土壌435個 (密度87個/Km²) である。

2-2 分析方法

現地分析が行なわれたのは、CuとNiである。第二年次には、ルビアン酸法によって、土壌中と川砂中のCuの簡易分析を行ない、ジメチルグリオキシムを使ってNiの比色分析が行なわれた。前者は鉱化帯の範囲を決めるのに役立ったが、後者は効を奏しなかった。

第三年次は、冷酸抽出による誤差をなくすため、 α - α' バイキノリン法を利用してCuが定量された。いずれも試料は-80メッシュが使用された。

実験室における分析は、発光分光法・原子吸光法・比色法・蛍光X線法が用いられた。

発光分光法は、指示元素を決めるために用いられ、第一年次の採取試料の約10%を「かたより」がないように抽出し、Cu・Zn・Pb・Mo・Ni・Co・Ti・Sn・Cr・Agの10成分が分析された。

原子吸光法はAg・Cu・Pb・Zn・Ni・Coについて用いられ、Moは比色法により、Baは蛍光X線法によった。

2-3 結果の処理

分析データは、第一年次14,898成分、第二年次には19,120成分に達した。このような膨大な量のデータを処理し、後背値やしきい値を決定するのに、グラフによる簡易処理法(Lepeltier C. 1969)が使用された。

第一年次は、概査であったため、地質を細分することが出来なかったため、川砂の分析データはおおまかに4つに分けられた。すなわち、東部地域と西部地域に分け、さらにそのおのおのの鉱化作用が及んでいる白亜系(第二年次の調査で、この中に中新世中期の堆積岩が含まれることがわかった)とそうでない新期堆積物地域とに分割された。

このように分割されたデータは、前述の方法により平均後背値(b)としきい値(t)とを決定し、異常値としてわかり易くするために $(t-10\%) \sim t$ 、 $t \sim 2t$ 、 $2t \sim$ の三段階に分けて、1/250,000の地形図にまとめられた。

この地域の成分ごとの平均後背値としきい値はTable III-1に示される通りである。

Table III-1 Mean background and threshold values

		data on - 100 mesh fractions (ppm)						
	Geological Age	Number of	Cu		Zn		Ni	
		Samples	b	t	b	t	b	t
Eastern Area	Cretaceous	757	75	185	98	190	14	20
	Tertiary	433	49	135	89	213	17	31
Western Area	Cretaceous	803	52	113	56	108	78	135
	Tertiary	463	48	92	62	90	92	580

b: mean background value t: threshold value

第二年次は、いわゆる白亜系とした地域の調査を行なったが、地質が明確になったので、火成岩体または岩相ごとに、データが大別された。すなわち、I玄武岩類より成るビスリグ地域、II安山岩類より成るカバン山岳地域、IIIかんらん岩の分布するパンタロン地域、IV-a輝岩・閃緑岩の複合岩体から成るタグピガ地域、IV-b安山岩質火砕岩から成るチグア河地域。

またIとIVの地域内の精査区域では、広域の平均後背値としきい値の外に、区域の値が求められた。また精査区域の金属の等濃度曲線を作成するのに、3点移動平均法が用いられた。

広域ならびに区域の、成分ごとの平均後背値としきい値をTable III-2, III-3に示す。

Table III-2 Regional mean background and threshold values of stream sediment samples

		Number of Samples	Ag		Cu		Zn		Mo		Ni		Co		Characteristic rocks
			b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	
Eastern Area	I	449	1.7	3.5	88	270	110	380	0.68	3.2	-	-	-	-	Basalt, Quartz diorite
	II	1,046	1.3	3.6	75	170	82	160	0.52	1.5	-	-	-	-	Andesite
Western Area	III	552	-	-	40	58	50	76	-	-	330	1,200	33	70	Peridotite
	IV ^{-a}	157	-	-	80	220	35	80	-	-	12	17	13	18	Pyroxenite, Dionite
	IV ^{-b}	678	-	-	36	60	55	90	-	-	30	150	18	25	Pyroclastic rocks

Remarks b: mean back ground value
t : threshold value

Table III-3 Local mean background and threshold values of soil samples

	Number of Samples	Au		Cu		Zn		Mo		Ni		Co	
		b	t	b	t	b	t	b	t	b	t	b	t
Bislig Area	829	0.9	1.8	110	550	30	215	1.0	10.0	-	-	-	-
Tagbiga Area	394	-	-	105	420	50	105	-	-	36	70	53	120

b: mean back ground value
t : threshold value

第3章 調査結果の概要

3-1 第一年次調査結果

東部地域では、タオン河上流で川砂のCu含有量がしきい値を大きく上回る値(最高値 637 ppm, 平均値 193 ppm)を示し、その異常域は約5 kmに及んだ。(この時点では、まだ石英閃緑岩の存在は知られてなかったため、この川砂による地化学探査が、タオン河上流の鉍化帯を発見する端緒になった)

フィリピン断層に沿って小範囲に分布する閃緑岩の地域は、既知鉍床帯の延長部に当たるので期待されたが、南北ともに地化探異常は得られなかった。

西部地域では、タグピガ上流にまとまったCu異常(150~200 ppm)が得られ、後背値の3~4倍値を示した。またかんらん岩が分布する地域では、Niの高い含有値(800~1500 ppm)が得られたが、かんらん岩のNi含有量が0.2%前後であり、ラテライトを生ずる適当な地形を示していないので、良好のNi鉍床を期待するのは無理と考えられる。

第三紀以後とした地域では、地化探異常はまとまらず、その含有量も低い値が得られた。

これらのことから結論として、東部地域では白亜系の火山岩類が分布する地域、西部地域ではパンタロン山脈より西側の地域、合計3,000 km²が、第二年次に精査を要する地域として抽出された。

3-2 第二年次調査結果

第二年次は川砂により抽出された地域の広域調査と、異常域に対する土壌地化学精査が実施された。

3-2-1 川砂調査

東部地域のタオン河上流には、第一年次と同様、Cu・Zn・Moの3成分がしきい値を大きく上回り、最高値はCu 739 ppm, Zn 1,138 ppm, Mo 10,2 ppmを示した。この異常域は、その後明らかにされたポーフィリー銅鉍床地帯と完全に一致している。

アグサン河上流で、川砂のCu含有量が300~500 ppmを示したが、これは坑道または試錐探鉍中のサベナ鉍山やマナト鉍山の影響と考えられ、しかも異常域が調査地域の南端ですぐ範囲外となるため、追跡調査はなされなかった。

西部地域では、タグピガ川上流の輝岩-閃緑岩複合岩体中に顕著なCu異常が認められ、200~400 ppmの値を示している。ルベアン酸によるCu分析でも強い反応が得られた。

西部ではこの他に、Znを伴うCuの異常域が、ポドナワン河下流の西側の山陵部で得られ、こゝではCu 200~325 ppmを示し、比較的まとまっている。この値は数値的にとくに高いものではないが、後背値の3~5倍に相当するものである。

地質調査と川砂による地化探から、精査地域としてタオン河上流地区と、タグビガ川上流の二箇所が選ばれた。

3-2-2 土壌調査

3-2-2-1 ビスリグ地域

(1) ポーフイリーカッパー地域 (Fig III-1)

この地域には、各所に鉍床露頭と焼けの転石が発見され、川沿いと尾根沿いの土壌からもルベアン酸法では強い Cu の反応が見られた。

物探測線沿いに採取した土壌中の各元素の分布は次の通りである。

Cu ……石英閃緑岩の主岩体の東縁に沿って、顕著な異常帯が得られた。含有量は 300 ppm~500 ppm を示し、その規模は、巾 400 m、長さ 1300 m である。

Mo ……Cu の異常とほぼ重複して表われ、石英閃緑岩の中心部付近にも弱い示徴が得られた。

Zn・Ag ……Cu・Mo の外側に異常を示す所があり、分帯しているように見えた。しかし鉍化帯としては、含有量は低い数値を示した。

(2) シルバーベル鉍山地域

Ag・Cu・Mo・Zn の 背値は、ポーフイリーカッパー地域と比較すると、Cu $\frac{1}{2}$ 、Ag、Zn、Mo は近似しており、しきい値は Ag が近似しているだけで、他の成分は $\frac{1}{2}$ 以下であった。各元素の濃集にまとまりがみられないので鉍化作用はあまり強くないと推定される。

(3) レバント鉍山地域

頁岩中に黄鉄鉍や重晶石が認められるので、堆積型鉍床を期待して、Ag、Pb、Zn、Ba が指示元素にされた。その結果は、4成分とも高い異常は得られなかった。またルベアン酸法による Cu は検出できなかった。

3-2-2-2 タグビガ地域 (Fig III-2)

Cu の異常域は、チグア河の上流にあり、輝岩とこれを貫く閃緑岩中に表われた。

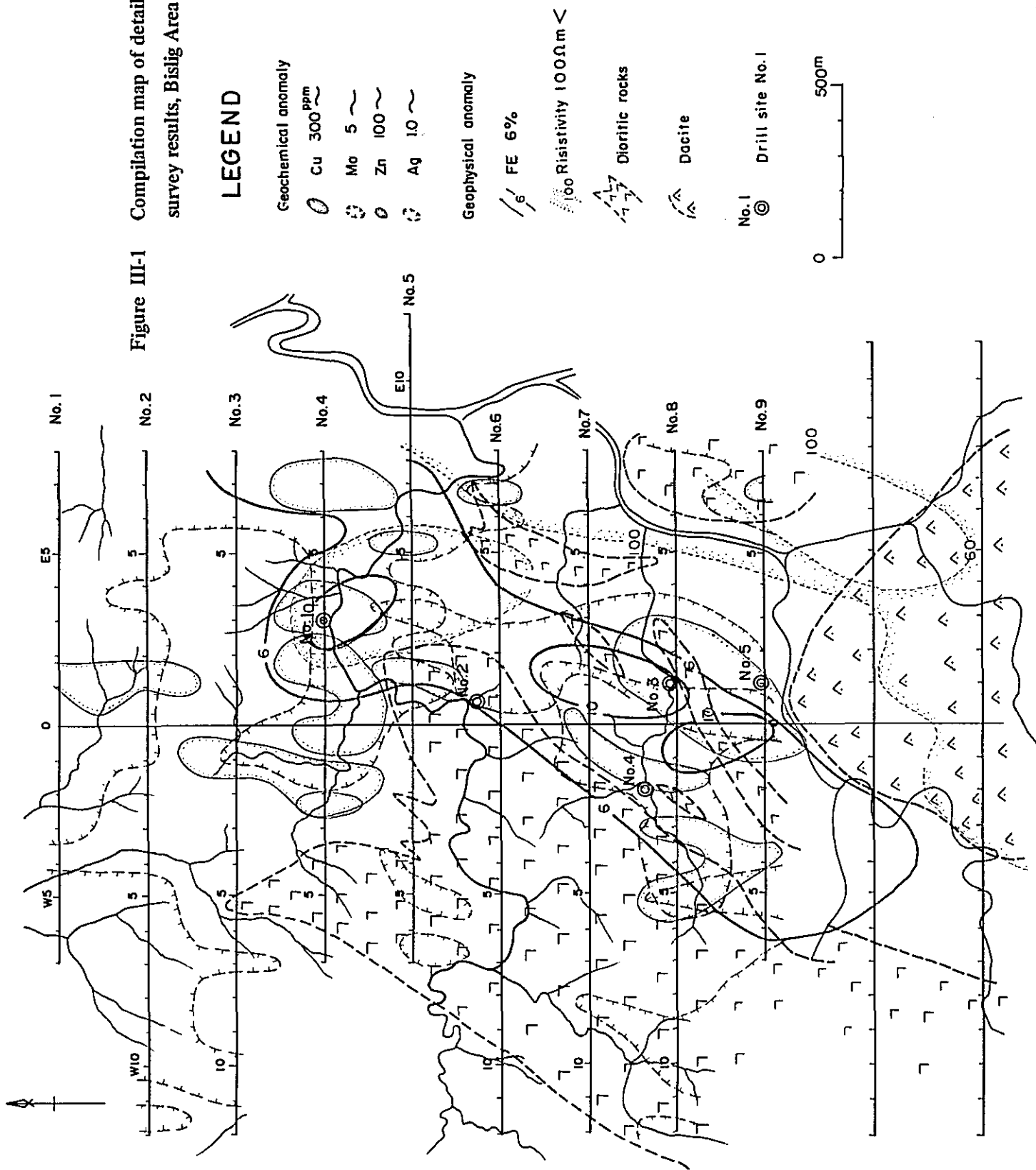
Cu ……異常は、輝岩・閃緑岩複合岩体の西境界に沿って広く表われ、含有量は 200~400 ppm で最高値は 600 ppm であった。この異常帯を中心にして IP 探査が行なわれた。川砂・土壌ともルベアン酸反応が弱かったので、物理探査は実施されなかったが、原子吸光法による分析では、このゾーンの北東部の Cu 異常がむしろよいまとまりを見せている。

Zn ……異常はほぼ Cu の異常と一致した。

Ni・Co ……西境界の Cu 異常に西接して、細長く表われた。また、東側の輝岩の中にも異常が得られたが、それらの数値は、かんらん岩帯に比較し $1/10 \sim 1/20$ である。

以上のように、輝岩・閃緑岩の複合岩体の西縁部には、4成分の異常が重複して得られた。

Figure III-1 Compilation map of detailed survey results, Bislig Area



LEGEND

Geochemical anomaly

- Cu 300 ppm
- Mo 5
- Zn 100
- Ag 1.0

Geophysical anomaly

- FE 6%
- 100 Resistivity 100Ωm <

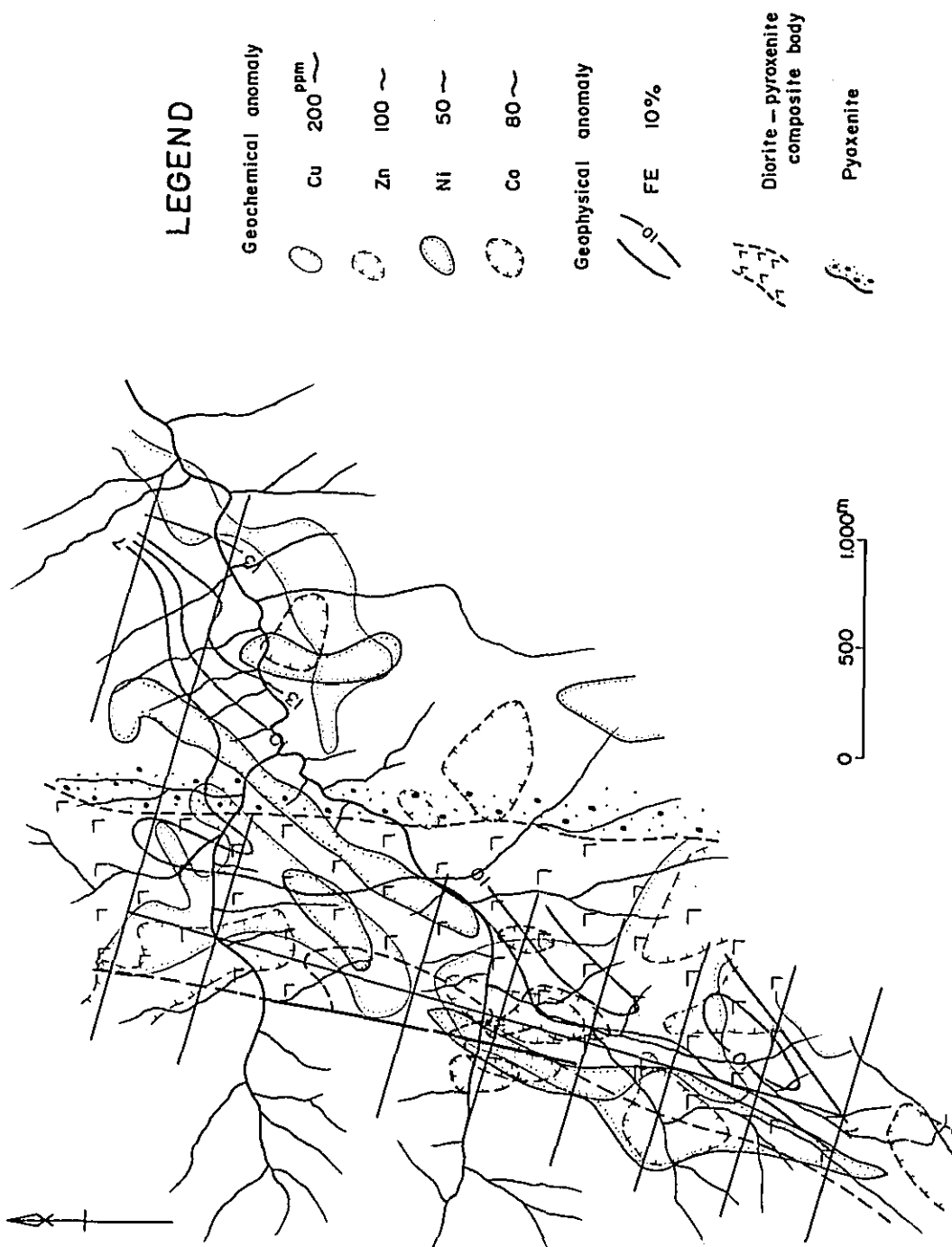
Dioritic rocks

Dacite

- No. 1
- Drill site No. 1



Figure III-2 Compilation map of detailed survey results, Tagbiga Area



3-3 第三年次調査結果

タオン河の上流の鉍化帯の南に広がる大規模の変質帯について、物探測線沿いの土壤地化探が実施された。その結果は、石英閃緑岩の主岩体の東側に連続していたCuの異常帯は、この区域に入ると急激に消滅することが明らかになり、スリガオ鉍山、シルバーベル鉍山付近では、鉍脈型の巾の狭いCu異常が得られたのみで、塊状鉍体の可能性は低いと判断された。また中央の粘土化帯では、Cu異常は全く認められなかった。

従って、地表調査・物理探査の結果も勘案して、この地域に対する今後の探鉍価値は低いと結論された。

IV 物理探查

第1章 総 説

第一年次の地質・地化学探査および第二年次の地質精査の結果、鉍床賦存の可能性の高い有望地域として、調査地域東部のビスリグ地区および西部のタグピガ地区が選定された。

物理探査は、第二年次より開始され、これらの地域に強制分極法 (Induced Polarization Method 以下IP法) 電気探査を適用することにより、地下の電気的物性、鉍化帯の分布とその規模等を知り、鉍床賦存の可能性を検討するとともに有効な試錐位置を選定することを目的とした。

IP法電気探査は、当地域に期待されるポーフイリーカッパー鉍床およびその周辺の鉍化帯に対しては、顕著なIP異常を示し、殊に露出の悪い熱帯雨林地帯での探査には、めざましい成果をあげている。

第二年次の物理探査では、東部地域ビスリグ地区および西部地域タグピガ地区で発見された銅の鉍化帯と、地化学的異常域の形態および地質状況から物理探査測線が計画され、さらに物理探査の結果を見て追加測線を設定することにより、東部18.4km、西部16.7km、計35.1kmの測線につき、IP法電気探査を実施した。

この結果、東部地域ビスリグ地区では調査地域中央に顕著な異常帯が検出され、一部変質による低比抵抗帯とも一致しているため、IP異常帯の中に試錐探鉍が計画された。また、地質と電気的性質の関連性が明瞭になった。

西部地域タグピガ地区では、南北基線方向に3,300m、東西方向に1,200~2,600mの広範な地域に対してIP法概査を実施したが、各測線にIP異常が検出され、鉍化帯の分布の概要を知ることができた。この異常は主に、輝岩中の初生磁鉄鉍によるものと思われ、銅の示徴が微弱な場合でも、ポーフイリーカッパー鉍床に関連するハローとして、その分布を追跡調査する必要があると思われる。

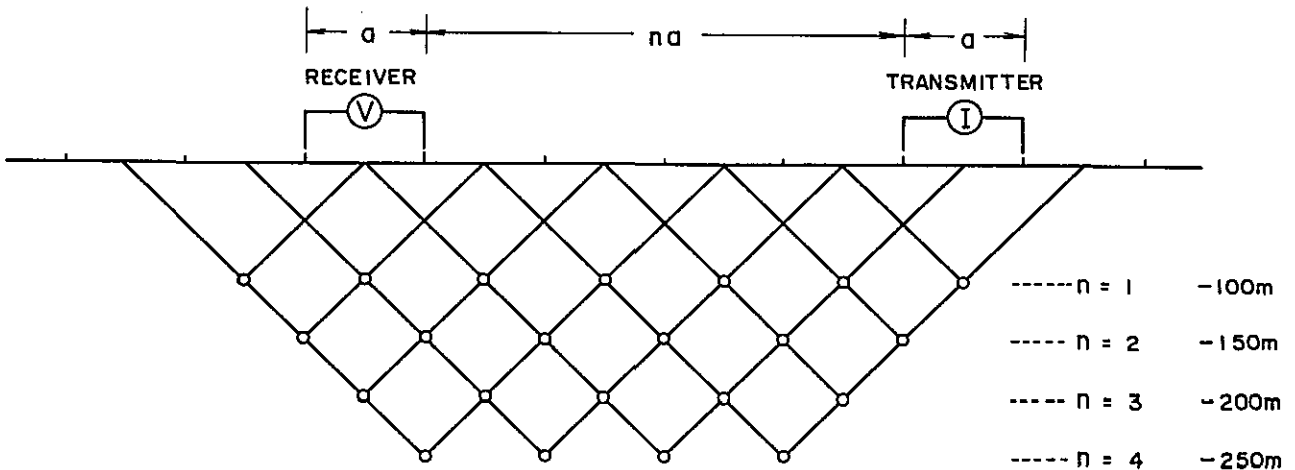
第三年次のビスリグ地区におけるIP調査では、第二年次に確認されたNE系の顕著なIP異常帯の南西方向への伸展を調査するため、第二年次の調査地域の南方約6km²につき継続調査を実施した。この結果、異常帯は、さらに300~400m延びていることが確認されたが、主に石英閃緑岩質貫入岩体の東縁に沿う黄鉄鉍化作用によるものであることが判明した。調査地域南部には全く異常は検出されなかった。

第2章 調査方法

第二年次，第三年次とも I P 法電気探査を実施した。

I P 法は，可変周波数法で，双極子法 (Dipole-Dipole) 電極配置により，電極間隔 $a=100$ m にて， $n=1, 2, 3$ 又は 4 まで測定した。探査深度は $200\sim 250$ m である。

Figure IV-1 Method used in plotting dipole-dipole IP results



測線は，第二年次の東部地域ビスリグ地区では，測線間隔 400 m にて， 10 測線総延長 $18,400$ m，西部タクビガ地区では，測線間隔 400 m にて， 11 測線総延長 $16,700$ m であり，第三年次のビスリグ地区では，測線間隔 300 m にて， 9 測線総延長 $22,000$ m である。

使用した測定装置は，以下の通りである。

東部地域ビスリグ地区

第二年次

I P 送信機

カナダ Mc PHAR 社製 P 660

最大出力 5 A, 700 V

発電機 3.5 KW, 400 Hz, 110 V

I P 受信機

カナダ Mc PHAR 社製 P 660

フルスケール 100 マイクロボルト

第三年次

I P 送信機

千葉電子研究所製 506 型

最大出力 2.5 A, 800 V

発電機 米国ブリグス・ストラトン社製 421 型
2.0 KW, 400 Hz, 115 V

I P 受信機

横浜電子研究所製 YDC-441 型, YMO-605 型

西部地域タグピカ地区

I P 送信機

千葉電子研究所製 506 型

最大出力 2.5 A, 800 V

発電機 米国マッカラー社製 MK-II 型
2.0 KW, 400 Hz, 115 V

I P 受信機

横浜電子研究所製 YMO-412A 型

調査地域は樹木が繁茂しており、ところにより地形もかなり急峻なため、トラバース測量方法を採用した。

器機は、半方式ポケットコンパス S-25 とエスロンテープを使用し、精度は $1/50$ 以上とした。

第3章 調査結果の概要

3-1 第二年次調査結果

3-1-1 東部地域

調査地域中央部に顕著なFE異常(6%以上)があり、地表の閃緑岩質貫入岩体の東縁に沿う鉍化帯の分布とほぼ一致している。このNE系の異常帯は、巾約400m、長さ1,500mのひろがり確認され、主に浅所からの黄鉄鉍鉍染によるものと思われる。

調査地域南西部にみられる閃緑岩は高比抵抗(500~1000Ωm)であり、地表の分布は勿論のこと、深部の貫入についても推定することができる。

一方、玄武岩は低比抵抗(100~250Ωm)を示し、なかでも熱水変質をうけた地域(Ⅷ5 Line E2~E6)は、さらに低い比抵抗値(100Ωm以下)を示す。この低比抵抗値の分布は、顕著なFE異常の中で検出されたものである。

これらのことから、この地域に期待される鉍床は、玄武岩を貫いている閃緑岩の貫入面近くに存在するものと思われた。10%以上のFEは、特に浅所の黄鉄鉍による鉍染と思われたため、FE値の6~8%のゾーンを選んで、測線Ⅷ6のE-1から南西に、Ⅷ7の0~W-1、Ⅷ8のW-2を結ぶ線上が有望と判断し、このうち、Ⅷ6のE-1を試錐候補地とした。

また、測線Ⅷ8、Ⅷ9に検出された高FE異常帯が、さらに南西に延びると考えられたので、IP法電気探査によりその分布を追跡調査する必要があると判断した。

3-1-2 西部地域

調査地域の東側にNNE-SSW方向に延びる顕著なFE異常が検出された。これは、A Lineの20からB Lineの36以東およびD Lineの全域を通り、F Lineの20以東、G Lineの18、I Lineの16を経て、J Lineに至るものである。G LineおよびE Lineの中間地域は不明であるが、FE7%のコンターによって囲まれる地域は、鉍化帯の分布とほぼ一致している。この異常帯は、調査地域東部に分布する輝岩および閃緑岩・輝岩の複合岩体の中にあり、西部の堆積岩の中には全くみられない。

B Lineの東部およびD Line全域にみられる広く深い異常は、輝岩中に含まれる初生の磁鉄鉍によるほか、深部に貫入している閃緑岩中の鉍化によるものと考えられ、局所的に比抵抗も低いため、D Lineの20附近は最も興味ある地域である。

見掛比抵抗は、地形が比較的急峻なため、その影響を大きくうけたが、堆積岩・安山岩の低比抵抗(約60Ωm)と、輝岩および複合岩体の比抵抗(約150Ωm)とは明瞭に2分された。

前述の大規模な鉍化帯は、E、F Lineの東側からD Lineの南方へひろがり、さらに北東方向へも伸展すると思われる。

物理探査の結果から有望地域を選定すれば、最も広範なIP異常を検出したD Lineの20付

Figure IV-2 IP results of the Bislig Area (Phase II)

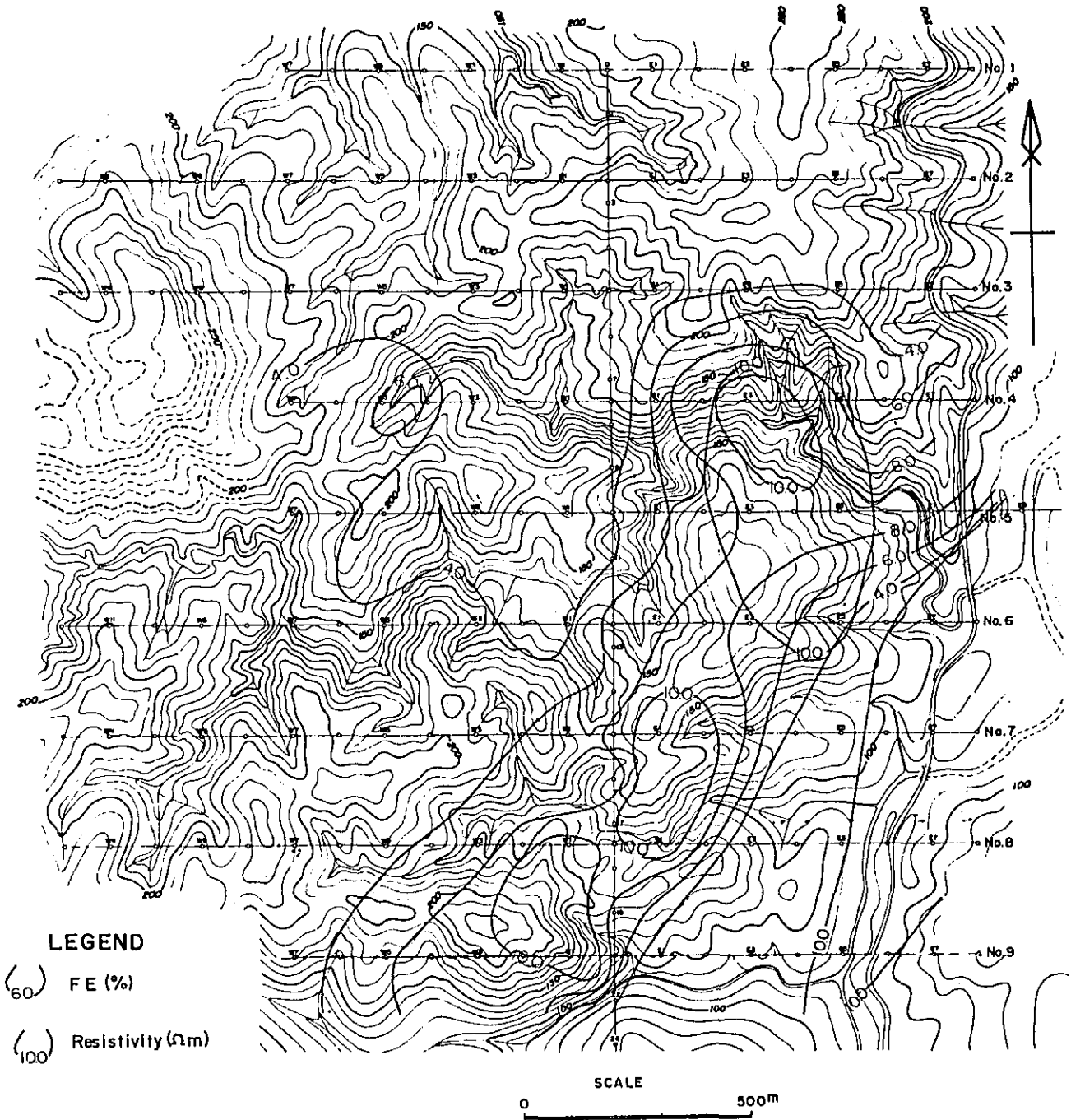
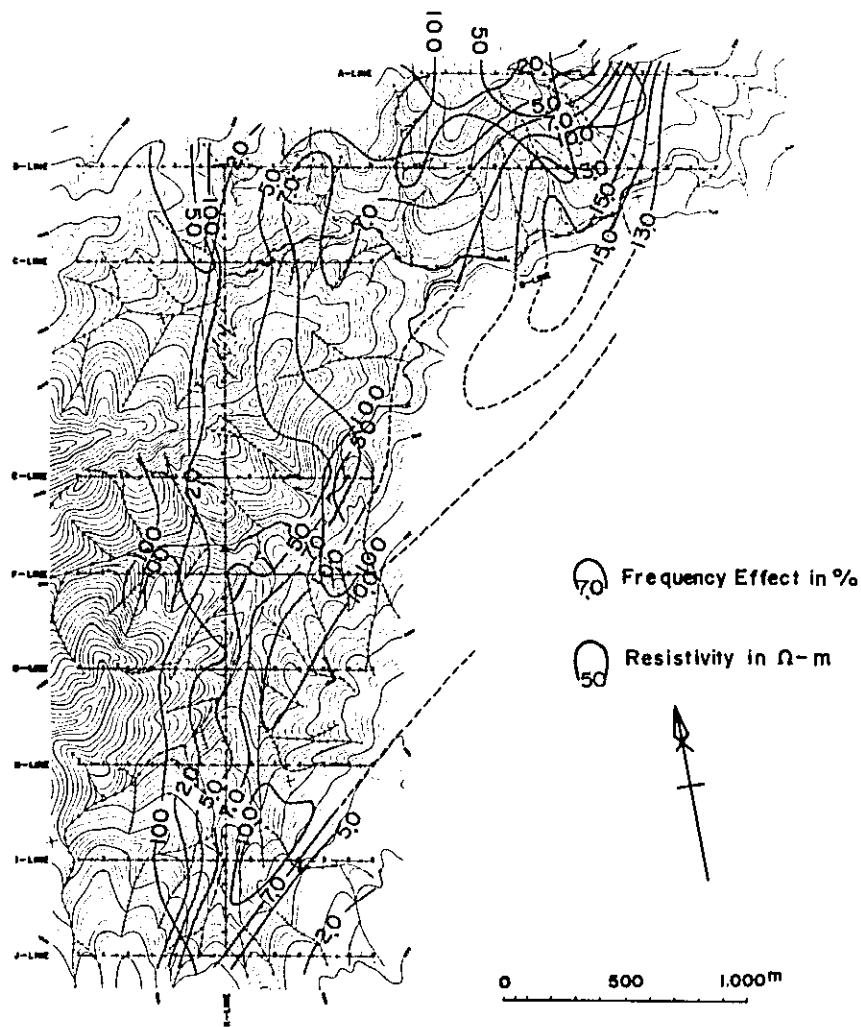


Figure IV-3 IP results of the Tagbiga Area (Phase II)



近を第一の試錐候補地としてあげ、第二に、南北性の異常帯のうち、比較的広範な鉍化帯の予想される H Line の 16 付近があげられる。

今後の調査方法としては、IP法の補助手段として自然電位法(SP)を実施するとともに、磁気探査の併用が望ましい。これは、今回のIP異常が、主に輝岩中の初生磁鉄鉍によるものと考えられるため、IP異常に対する鉍種の判定、火成岩類の分布等を知る意味で、磁性の測定が多角的解析を容易にすると考えられるからである。

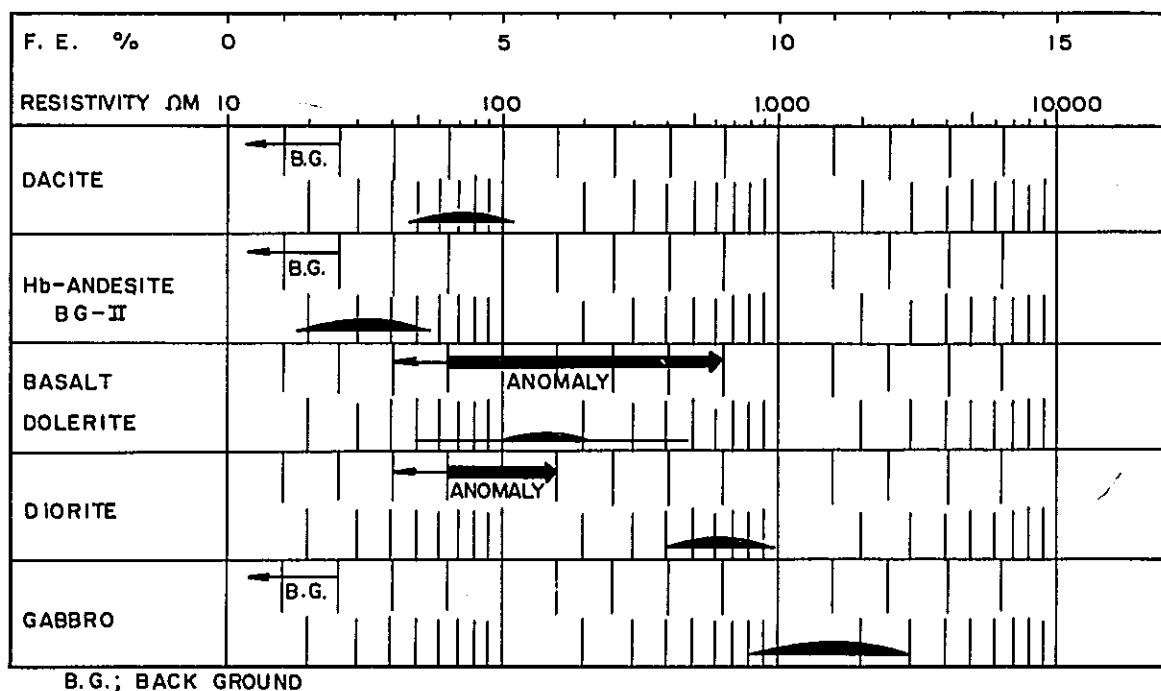
3-2 第三年次調査結果

東部地域ピスリグ地区において、第二年次に検出されたNE系の顕著なIP異常帯は、第三年次の調査により、さらに南西に300~400mのびていることが確認された。しかし、B測線より南方では浅所示徴となって、E測線には全く検出されていない。これは主に閃緑岩の東側に接する玄武岩中の黄鉄鉍鉍染によるものであり、FE異常の平面分布は、閃緑岩体の東縁の玄武岩にほぼ平行している。

調査地域の東方および南方の石英安山岩、角閃石安山岩の中には、顕著な異常は全く観測されなかった。

比抵抗は各岩相により比較的有意差が明瞭であり、斑れい岩、閃緑岩は400Ωm以上の高比抵抗を示し、玄武岩は、熱水変質を受けた地域は特に低く数10Ωm、一般的には100~200Ωmで、局所的に珪化を受けると300~500Ωmに変化する。

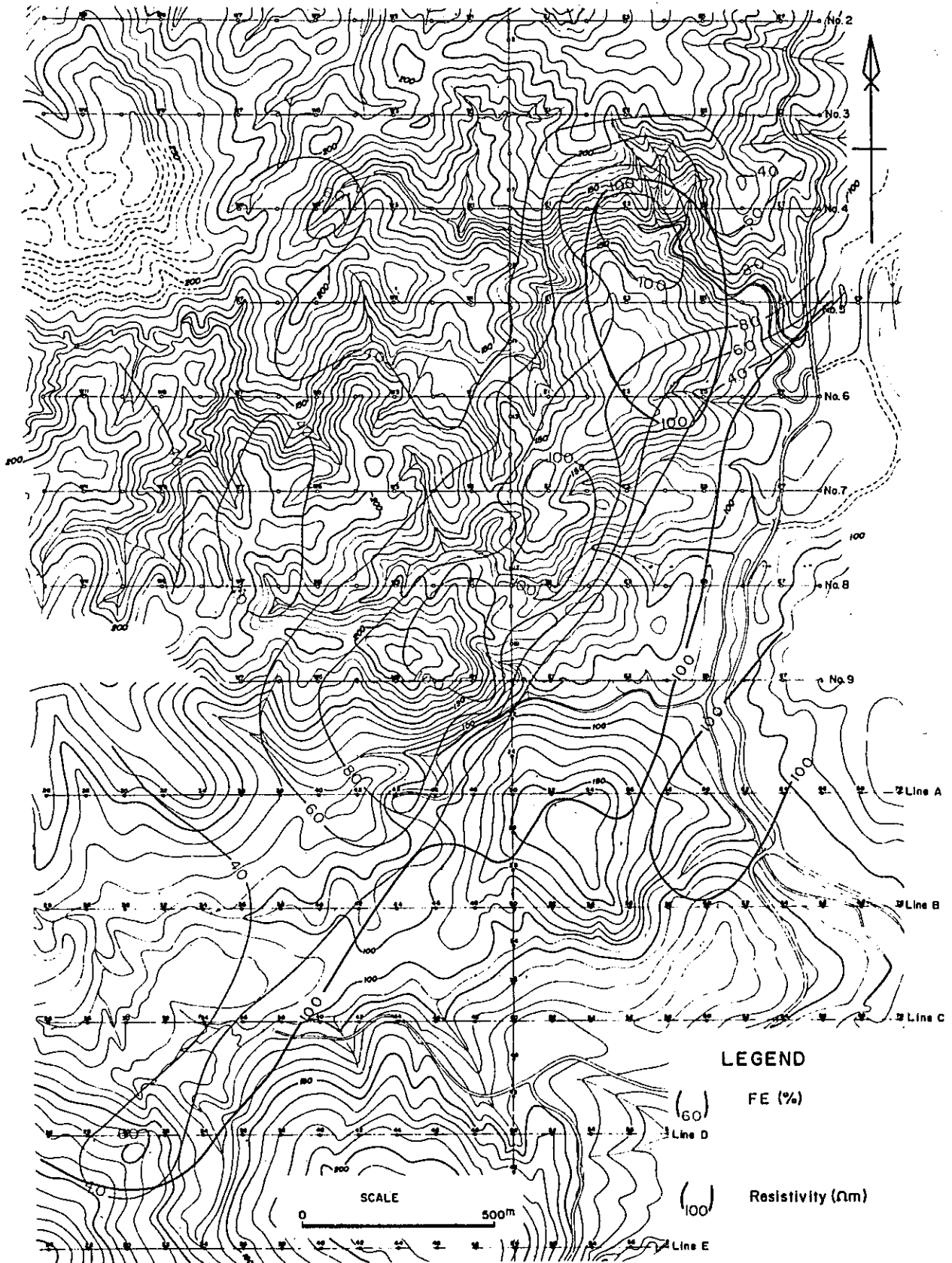
Figure IV-4 IP values from in-situ & laboratory measurement



一方、石英安山岩は数 $100 \Omega m$ と低く、角閃石安山岩および凝灰岩はさらに $10 \sim 50 \Omega m$ の低比抵抗を示す。

地表およびボーリングの岩芯の状況から、この地域で検出された $F E$ 異常は主に黄鉄鉱によるものと考えられるが、連続性に乏しく、特に低比抵抗帯とも一致していないため、探鉱価値は低いと思われる。

Figure IV-5 General IP map of the Bislig Area (Phase II, III)



第4章 将来の問題

第3章の第二年次東部地区調査結論では、F E異常の分布から判断して試錐候補地を選定したが、第三年次の試錐探鉱の結果、F E異常源は主に黄鉄鉱鉱染によるものであることが判明した。No.4 Line 測点E3のF E異常も、浅所からの黄鉄鉱によるものであるが、この位置で掘られたNo.1孔では、250mで黄銅鉱の鉱化帯に着鉱した。

玄武岩の比抵抗は、特にこの地域から南方へNo.5 LineのE4からNo.6 LineのE4にかけて、100Ωm以下の低比抵抗を示している。これは、含水率に富む粘土化等の存在によるものと思われ、顕著なF E異常帯とも重なっているため、今後の探鉱価値は高い。

総合解析を容易にするためには、地化学探査は勿論のこと、磁気探査法、電磁気探査法等多角的探査を行うことが望ましい。

また、試錐探鉱を実施した場合には、電気検層、放射能検層等物理検層を行ない、地下構造の現場物性測定に努めるとともに、出来れば孔底に電極を挿入して、試錐孔を利用した周辺探査を併用したい。No.1孔の場合、試錐孔利用の周辺探査により、鉱化帯のひろがりを検討することが出来ると思われる。

V 試錐探鉞

第1章 総 説

第一年次・第二年次・第三年次の地質調査・地化学探査・物理探査によって明らかになったタオン河上流の鉍化帯の状況を把握するために、5本の試錐を実施した。試錐位置の選定に当たっては、地化探異常と物探異常が重複していて、地質的にみても興味深いような地点が選ばれた。各孔とも深度250mの垂直孔で、総試錐延長は1253.10mである。

試錐作業は、2台の試錐機を3方で交互に使用し、着盤以後はワイヤーライン工法を適用した。試錐の結果は最も北側のNo.1孔がCuの鉍染帯に着鉍した。この鉍染帯はポーフィリーカップ型で、プロピライト化変質と石英-絹雲母化変質が著るしい。Cuの品位は、深度200mの石英閃緑岩と玄武岩の境界付近から良くなっている。

平均品位は

深 度	厚 さ	Cu
100 m ~ 250 m	150 m	0.397 %
224 m ~ 250 m	26 m	1.006 %
248 m ~ 250 m	2 m	4.93 %

2mごとのコアの分析品位でも、深度200m以後は深度を増すにつれてCu品位が高くなる傾向が認められる。

他の4孔は、黄鉄鉍染を受けているがCu品位は低く、プロピライト化変質がところどころ見られる程度であった。

第2章 各孔の概要

DDH - №1 (深度250.00 m)

本孔は深度13.40 mで着盤し、粗粒玄武岩～玄武岩を経て、197.50 mで石英閃緑岩となり、孔底まで同岩が続いた。また166 m～217 m間は断層帯で、コアの実収率は約48%であった。

本孔では地表から深度200 m付近まで、緑簾石-緑泥石の鉱物組合せをもつプロピライト化変質作用が顕著にみられ、また深度100 mから170 mまでは、これに硅化作用が重複している。200 m以下では硅化作用が激しく、そのため肉眼では原岩の推定が困難に思われる程である。全般に黄鉄鉱の強い鉱染が認められるが、深度100 m付近から黄銅鉱の鉱染がみられる。この付近でのCuの平均品位は0.40～0.50%であるが、200 mより下部では、孔底に向かって黄銅鉱の量が増え、248～250 m間では網状脈となってCu品位も4.93%を示した。良好部の平均Cu品位は、224 m～250 mの26 m間で1,006%であった。しかし、Au・Ag・Mo・Znは、いずれも微量に過ぎなかった。

DDH - №2 (深度250.60 m)

本孔は深度11.000 mで着盤し、孔底まで石英閃緑岩が続いた。深度76 m, 125 m, 136 m, 153 mの4個所で、閃緑斑岩の小岩脈が認められた。変質作用は全般に弱く、斜長石の一部が絹雲母・カオリナイトに、有色鉱物が緑簾石・緑泥石に変質しているに過ぎない。黄鉄鉱の鉱染が平行に発達した節理に沿ってみられるが、DDH - №1に比較すれば、その量は1/4以下である。Cu品位は16 m～20 m間で、0.16%、48 m～50 m間で、0.24%、外は0.1%以下であった。Moはほとんど含まれない。

DDH - №3 (深度250.50 m)

本孔は深度9.00 mで着盤し、孔底まで玄武岩が続いた。深度60 mでは閃緑斑岩、110 m・120 m・130 mの3個所で粗粒玄武岩、200 mで石英閃緑岩の小岩脈に貫ぬかれている。変質作用は、全般に弱い緑泥石化作用が認められるだけで、下部に向かって変質が強くなる傾向はない。鉱化作用は、ほとんどが節理に沿う黄鉄鉱の鉱染であり、地表から80 m間に比較的濃集している。地化学探査では、この付近で最高のCu含有値が得られたがコアでは、数mの範囲内で、黄鉄鉱に伴う黄銅鉱の細脈が1～2条発見されるに過ぎない。深度100 m以下は鉱化作用は認められない。Cu品位は12 m～14 m間で0.99%を得たが、外は、0.1%以下のものが多かった。

DDH-Ⅱ4 (深度 251.20 m)

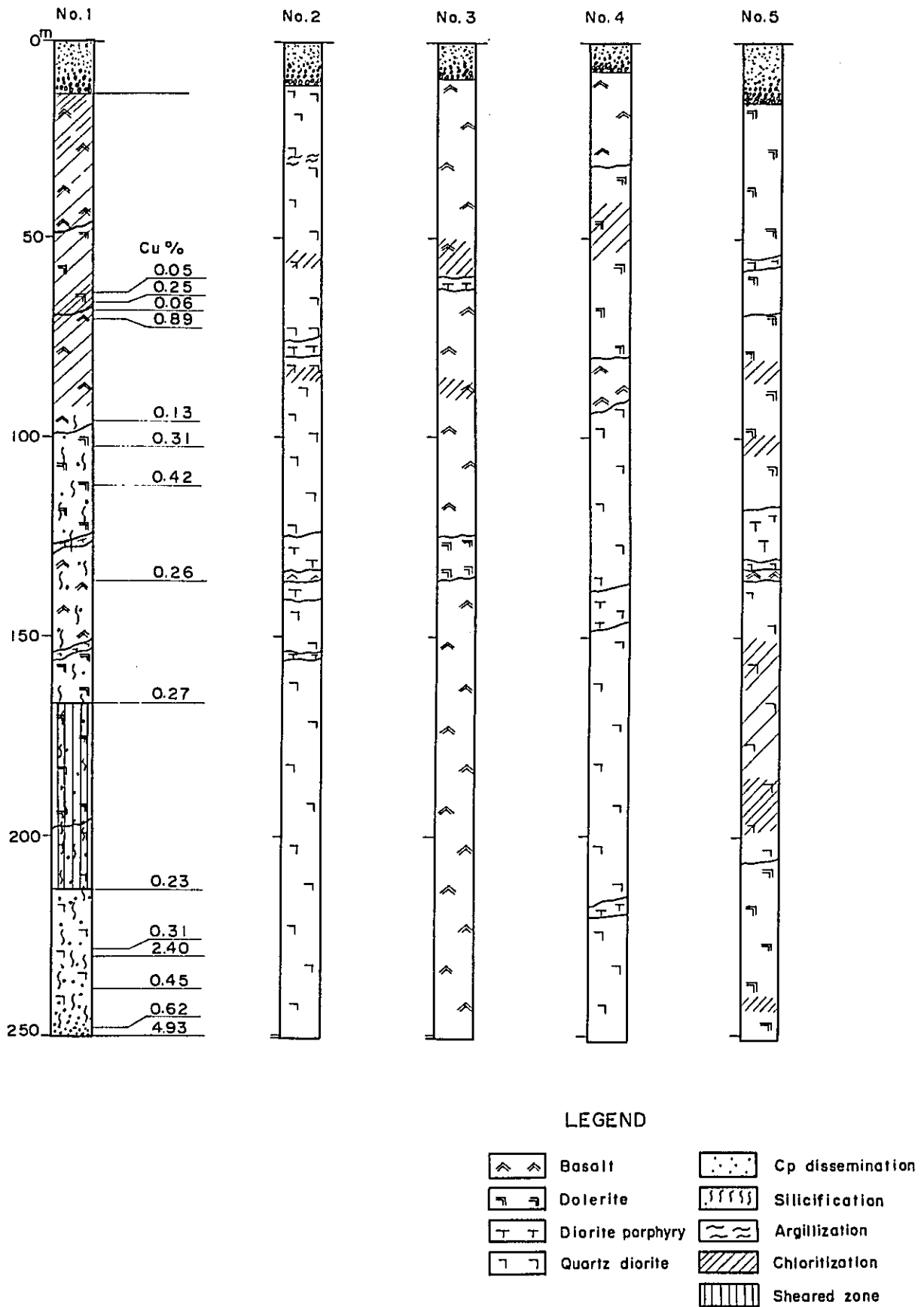
本孔は深度 7.50 m で着盤し、深度 96 m まで玄武岩～粗粒玄武岩が続き、その後は石英閃緑岩であった。他孔に比較して、節理の発達が悪く黄鉄鉱の鉱染も弱い。変質は、全般にごく弱い緑簾石-緑泥石変質作用と、玄武岩と石英閃緑岩の境界付近に珪化作用が認められるだけである。Cu 品位は、深度 126 m～128 m 間で Cu 0.96% が得られた外は 0.1% 以下で低品位であった。

この試錐により、石英閃緑岩の主岩体は、60°東に傾斜することが判明した。

DDH-Ⅱ5

本孔は、深度 15.20 m で着盤し、粗粒玄武岩を経て 69 m で石英閃緑岩となり、同岩が 207 m まで続いて再び粗粒玄武岩になった。変質は弱い緑簾石・緑泥石変質作用であって、その強さはⅡ2, 3, 4 孔と同程度である。鉱化作用は、着盤後の約 10 m 間に黄鉄鉱と共に黄銅鉱の鉱染がみられ、さらに 40 m～54 m 間、67 m～80 m 間において、局部的な黄銅鉱鉱染がある。品位は 15.20 m～34 m で Cu 0.34% Mo < 0.001% , 52 m～54 m で Cu 0.69% Mo 0.043% , 68 m～70 m で Cu 0.69% Mo 0.010% , 230 m～234 m で Cu 0.34% , Mo < 0.001% を示し、他は Cu 0.10% 以下、Mo はトレースであった。

Figure V-1 Compilation of core-logs



VI 結 論

ミンダナオ東部地域において、昭和46年度より昭和48年度まで、3ケ年にわたり組織的な調査を実施したが、この調査によって得られた結論は次の通りである。

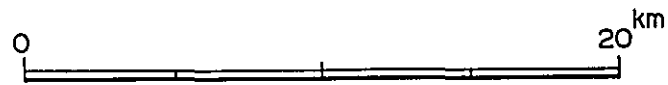
1. タオン河の上流の試錐によって捕捉したポーフイリーカッパー型の鉍染帯は、深度100m～250m間でCu 0.397%、良好部の224m～250m間で、Cu 1.006%を示し、深部に向かって好転の兆しがみえる。各種の調査結果からみると、鉍染帯は局所的と判断されるが、母岩の変質も激しいので、その範囲を確認するための追加試錐が望ましい。
2. 調査地域に広い範囲をもって分布する、白亜紀～古第三紀のいわゆる“メタボルカニックス”または“メタセディメント”が分類され、その堆積の時期や堆積環境が明らかになった。この地域で確立された層序は、今後周辺の地質調査を実施する際の重要な資料になると思われる。
3. 川砂を対象とするCuの地化学探査は、有望地区を抽出するのに非常に有効であり、さらに、鉍化帯の形状を知る上で、土壌によるCuの地化学探査と物理探査（IP法）が役立つことが実証された。今後この種の鉍床探査にはこのプロジェクトで採用されたような手法が適切であろう。

PL. 1

GEOLOGICAL SURVEY
OF
EASTERN MINDANAO

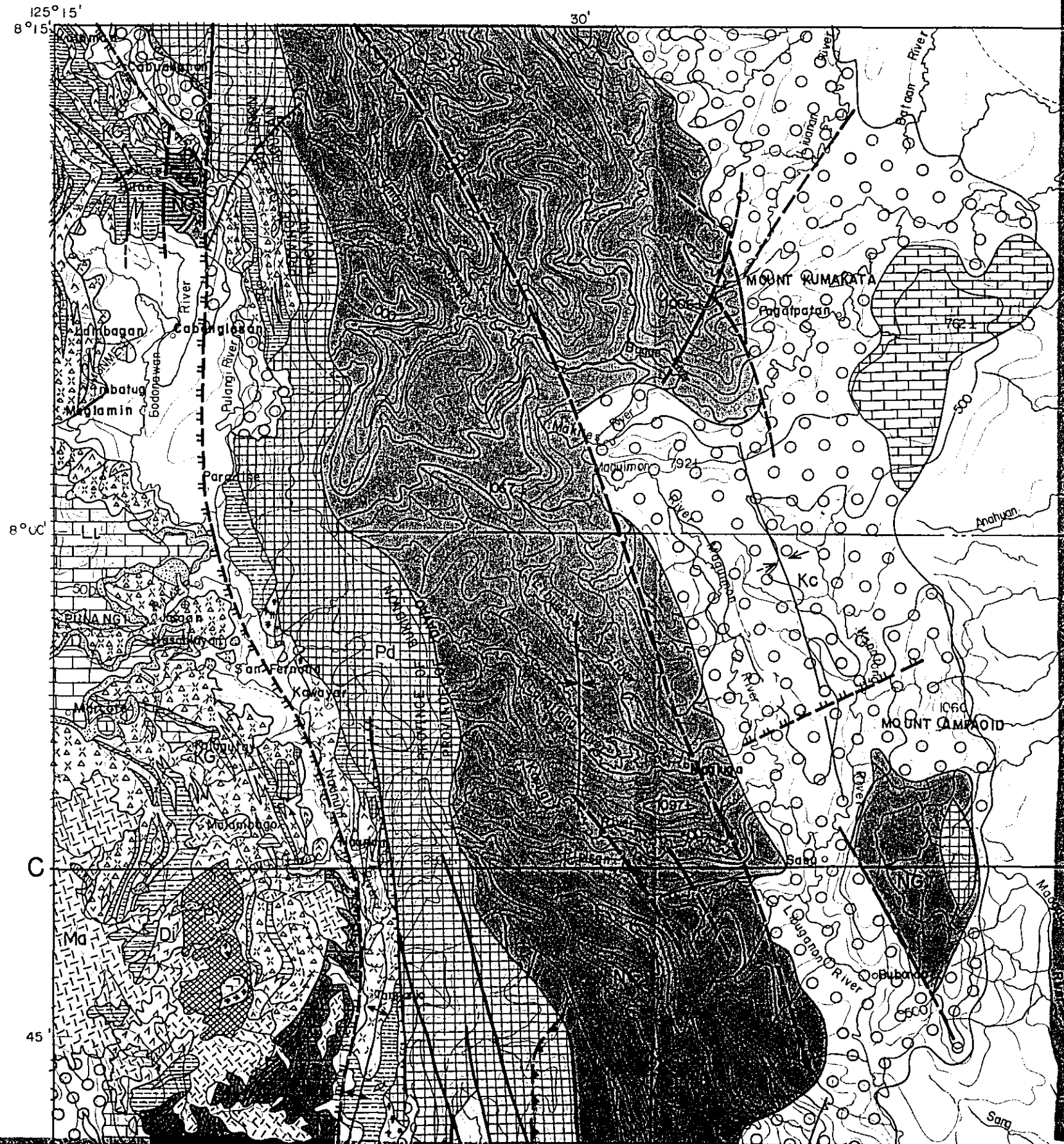
GEOLOGICAL MAP

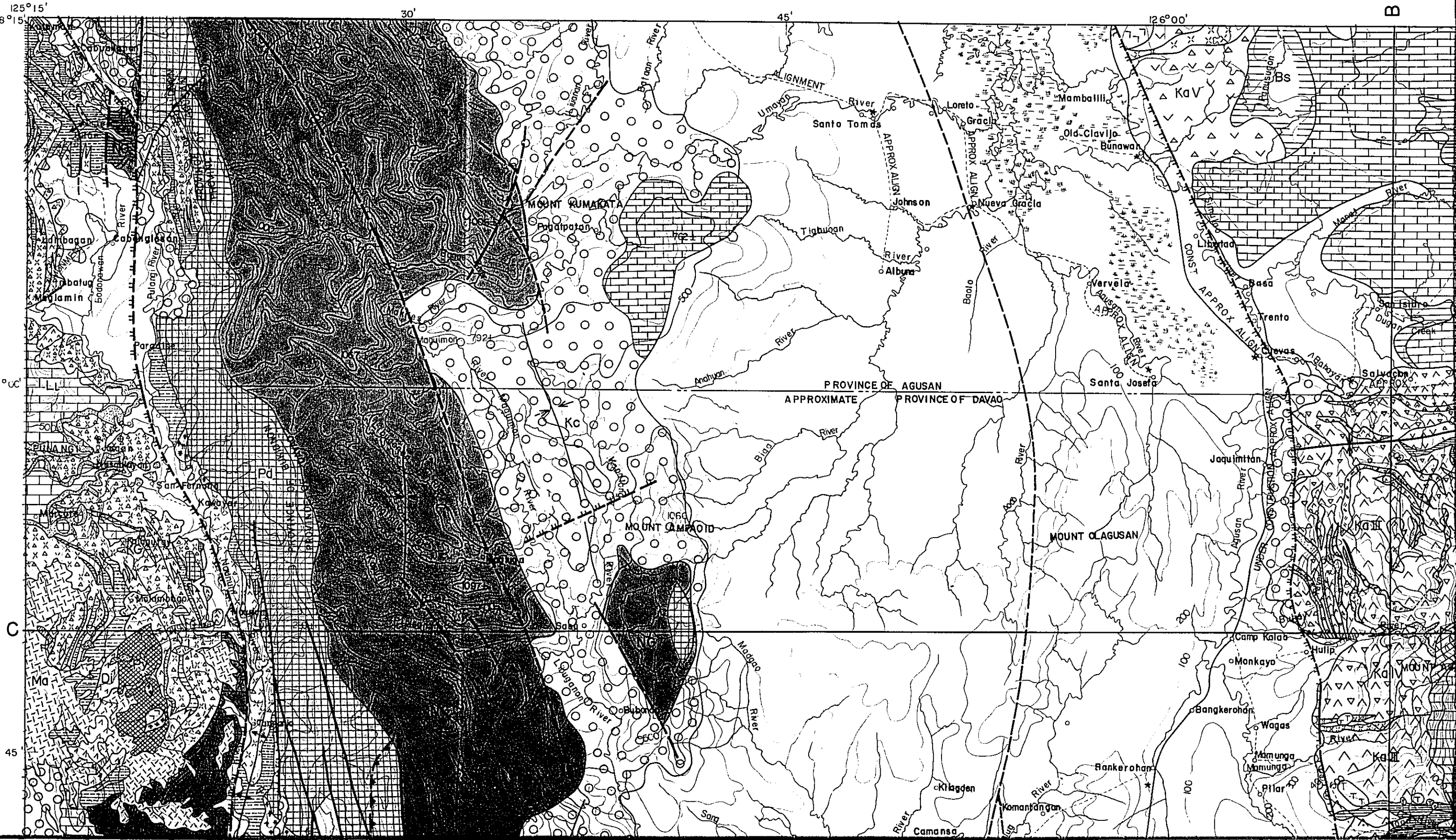
Scale 1 : 250,000

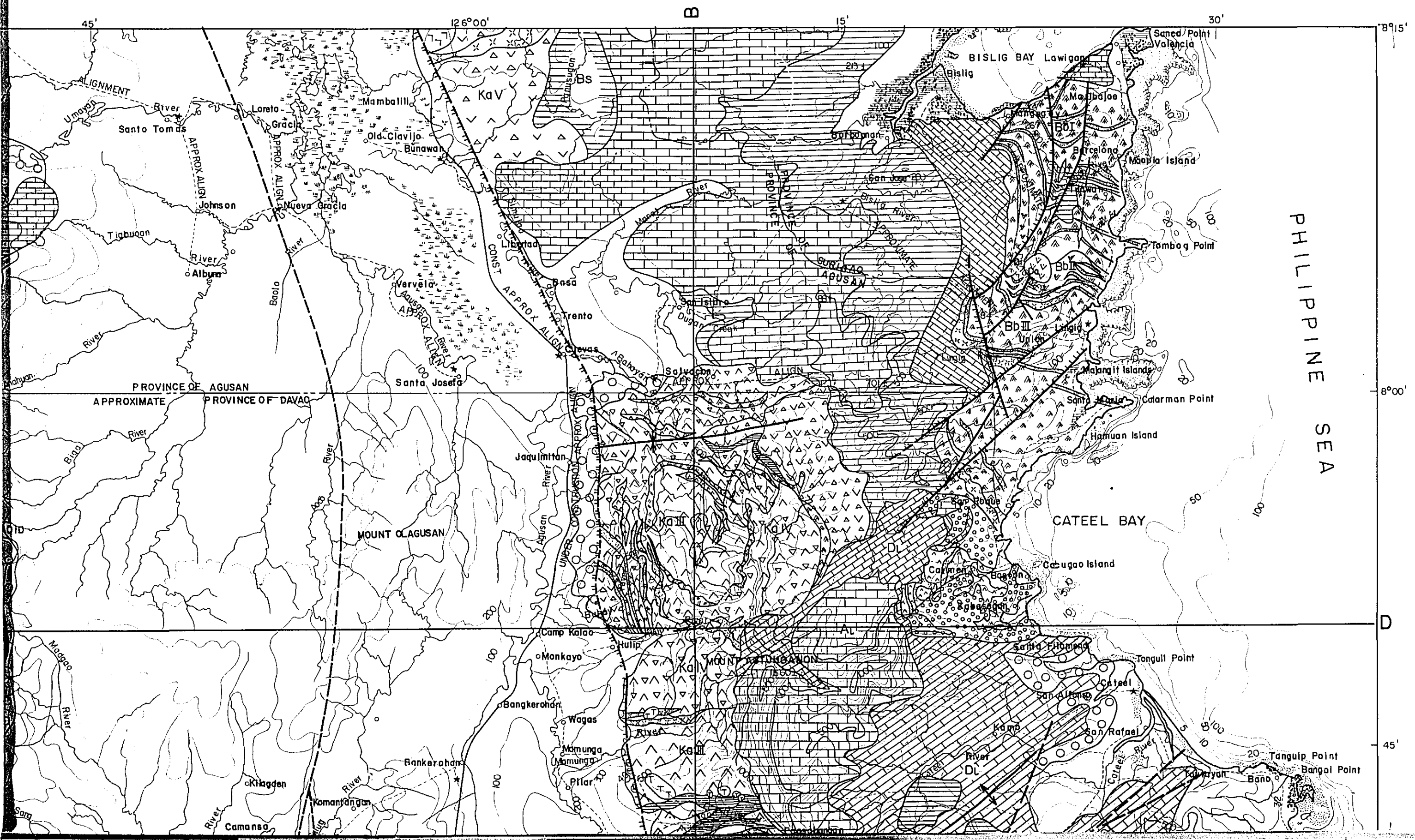


METAL MINING AGENCY
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
JULY 1974
Prepared by Bishimetal Exploration Co., Ltd.

LEGEND







PHILIPPINE SEA

B

D

126°00' 15' 30' 45'
8°00' 45'
126°00' 15' 30' 45'
8°00' 45'
126°00' 15' 30' 45'
8°00' 45'
126°00' 15' 30' 45'
8°00' 45'

PROVINCE OF AGUSAN
APPROXIMATE PROVINCE OF DAVAO

MOUNT OLAGUSAN

MOUNT MATUNGASAN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

CONST APPROX ALIGN

ALIGN

BISLIG BAY

CATEEL BAY

AGUSAN

ALIGNMENT

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

APPROX ALIGN

METAL MINING AGENCY
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY

JULY 1974

Prepared by Bishimetal Exploration Co., Ltd.

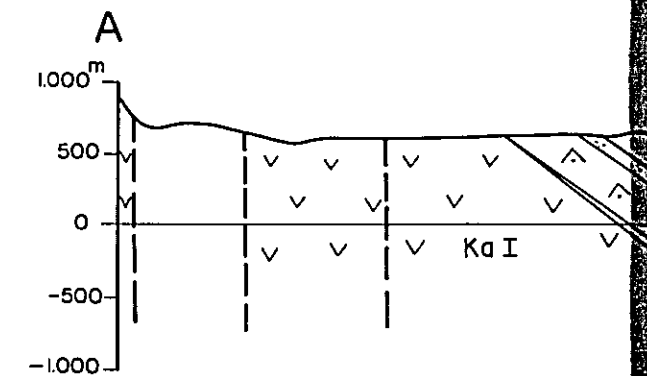
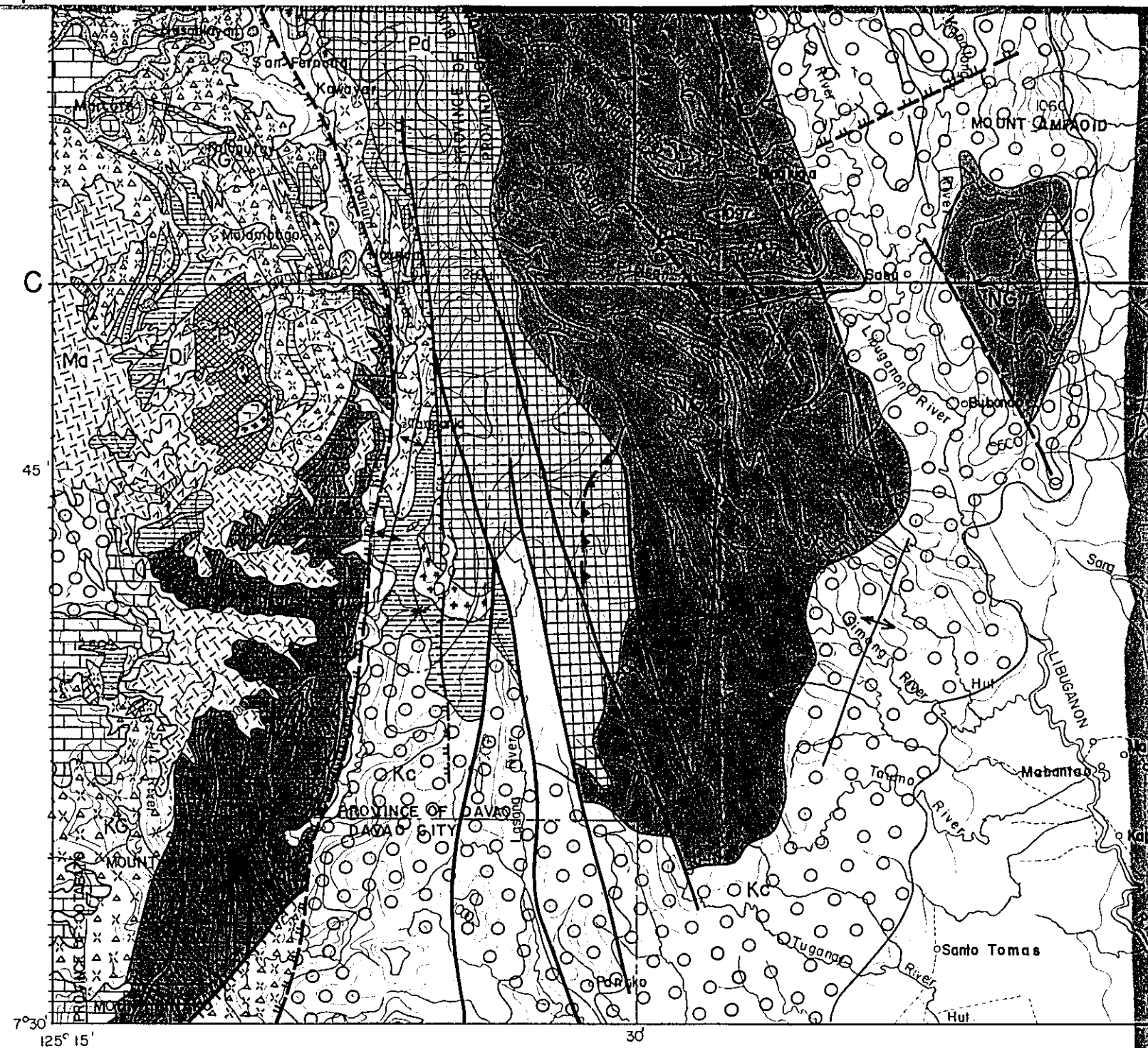
LEGEND

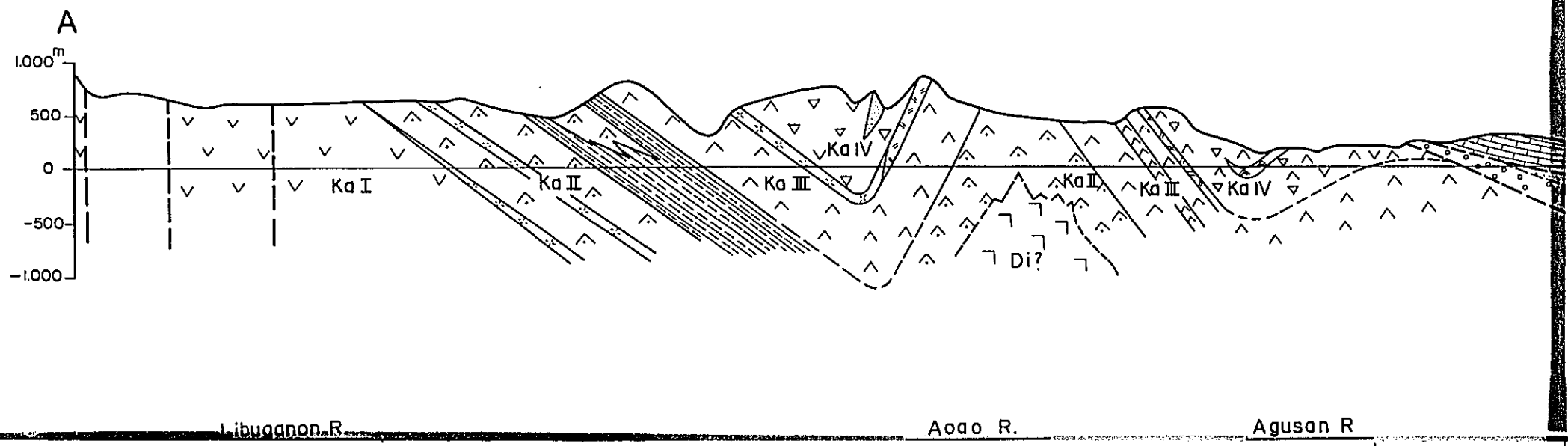
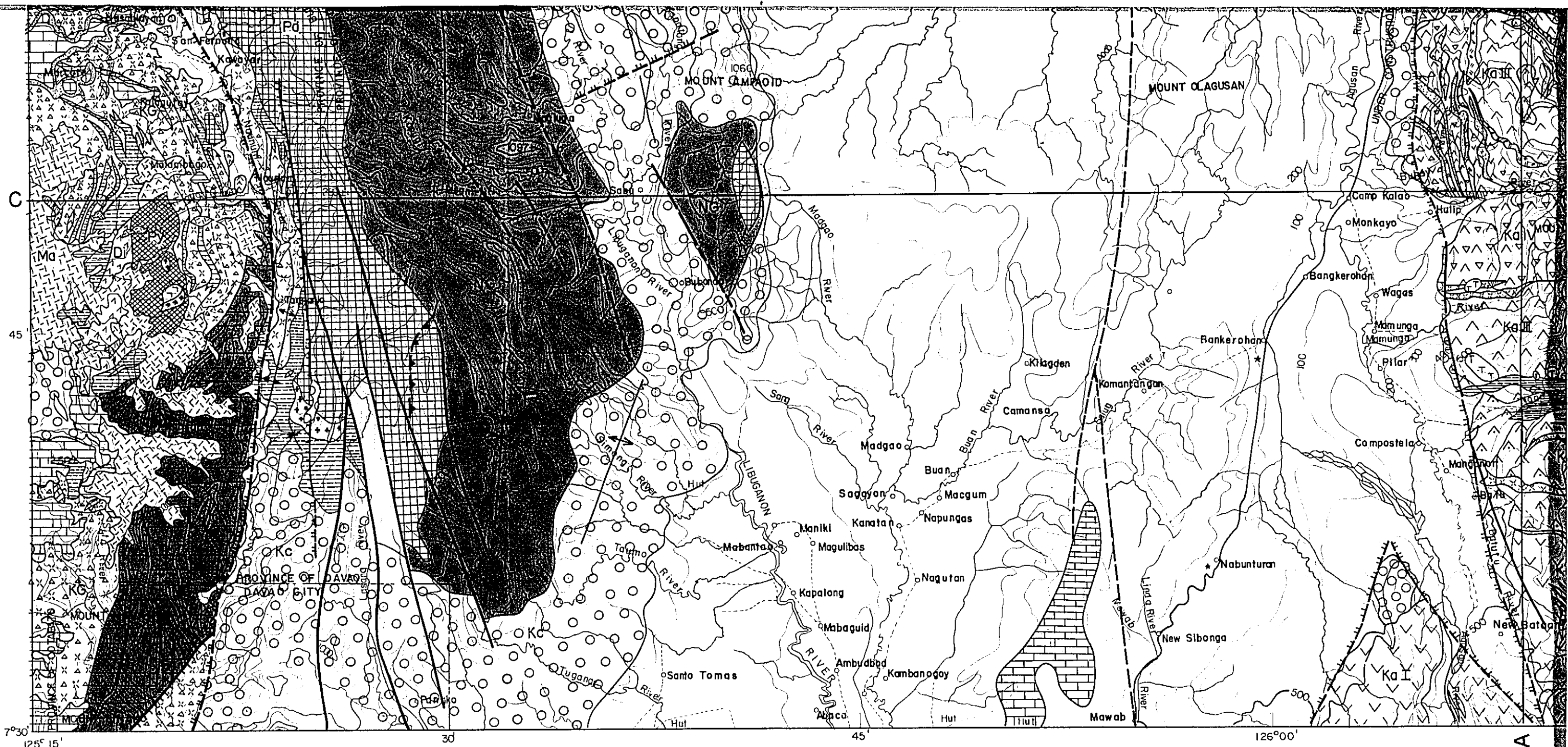
(Eastern Area)

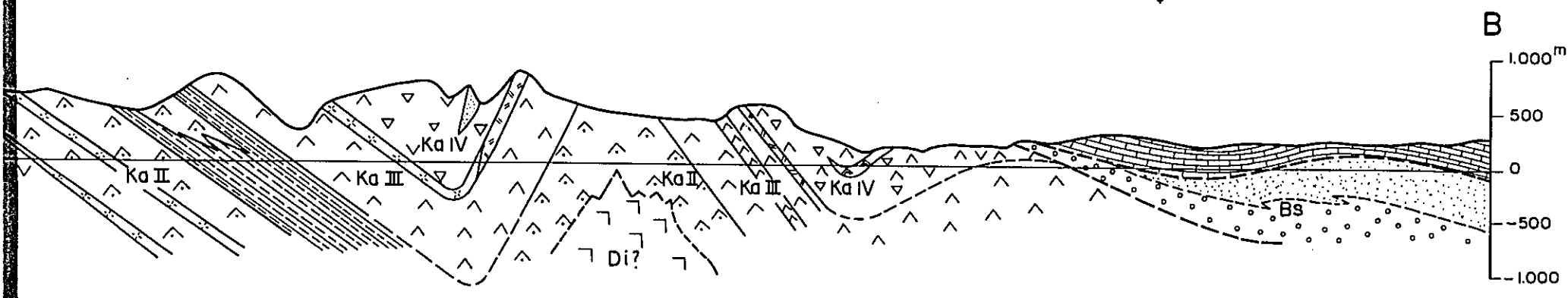
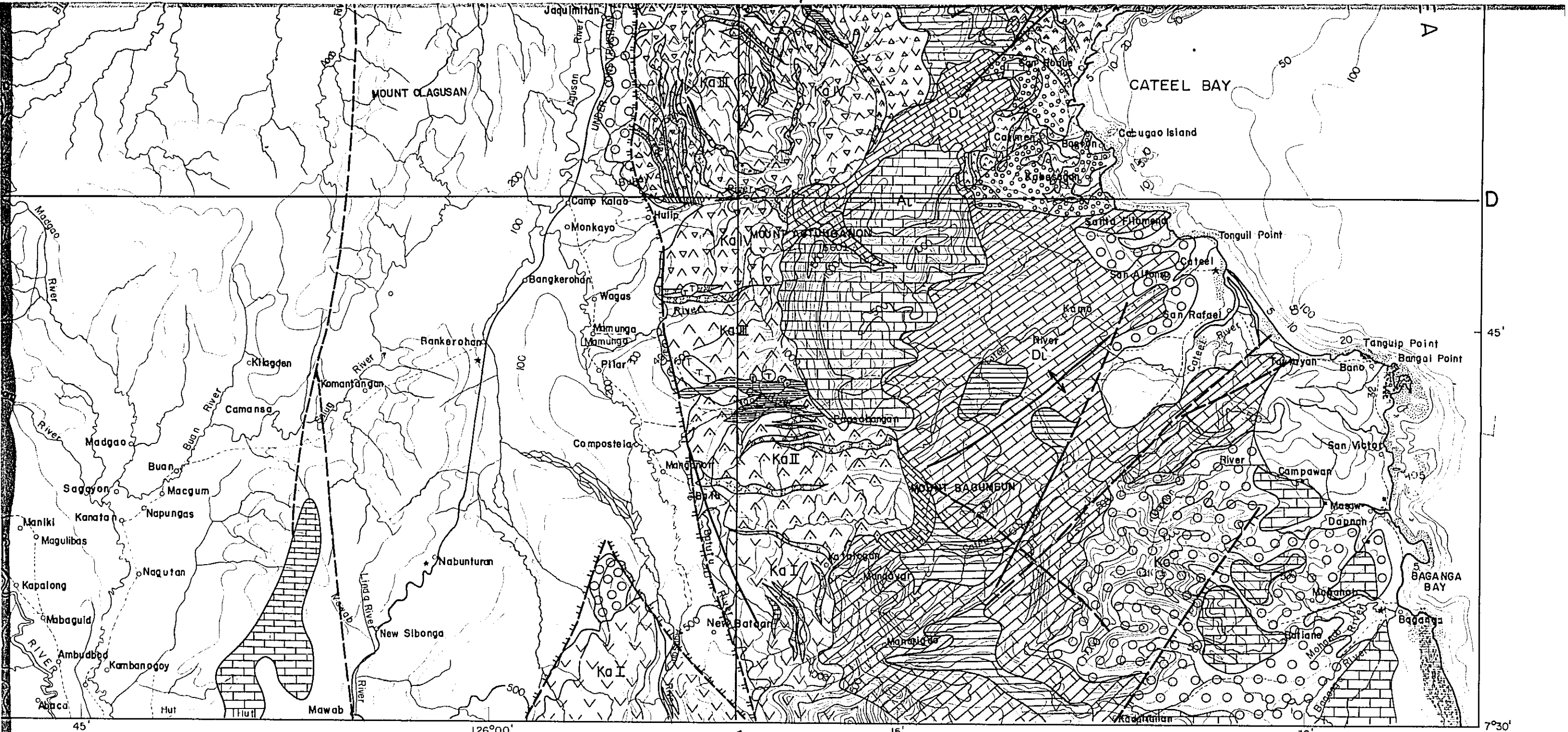
Quaternary	Recent Alluvium		
	Pleistocene	Agtuuganon F.	Limestone
Pliocene		Kapalong F.	Conglomerate & Sandstone
	M.Miocene	Dacongbonwa F.	Limestone with Tuff
E.Miocene		Bislig F.	Siltstone, Sandstone & Conglomerate with thin bedded Limestone & Basalt lava
	Tertiary	Oligocene	Mangagoy F.
Conglomerate			
Cretaceous	Kaban G.	V Form.	Altered andesite & Pyroclastics
		IV Form.	Augite-andesite & Pyroclastics
		III Form.	Altered andesite
		II Form.	Glassy andesite
		I Form.	Hornblende andesite
Cretaceous	Barcelona G.	III Form.	Basalt lava with Pyroclastics
		II Form.	Andesite lava with Pyroclastics
		I Form.	Basalt lava with Clastics

(Western Area)

Quaternary	Recent Alluvium		
	Pleistocene	Malambo F.	Hornblende andesite
Pliocene		Lumbayo F.	Limestone
	Tertiary	Kapalong F.	Limy sandstone & Limy mudstone
Cretaceous		Kalagutay G.	Conglomerate & Sandstone
	Nilabsan G.	Mudstone, Sandstone, Tuff & Andesite	
Cretaceous	Nilabsan G.		Mudstone, Sandstone, Tuff, Andesite & Basalt lavas







LEGEND

(Eastern Area)

Quaternary	Recent Alluvium		
	Pleistocene	Agtuuganon F.	Limestone
Pliocene		Kapalong F.	Conglomerate & Sandstone
	Tertiary	M.Miocene	Dacongbonwa F.
E.Miocene		Bislig F.	Siltstone, Sandstone & Conglomerate with thin bedded Limestone & Basalt lava
Tertiary	Oligocene	Mangagoy F.	Limestone
			Conglomerate
Cretaceous	Kaban G.	V Form.	Altered andesite & Pyroclastics
		IV Form.	Augite-andesite & Pyroclastics
		III Form.	Altered andesite
		II Form.	Glassy andesite
		I Form.	Hornblende andesite
Cretaceous	Barcelona G.	III Form.	Basalt lava with Pyroclastics
		II Form.	Andesite lava with Pyroclastics
		I Form.	Basalt lava with Clastics

(Western Area)

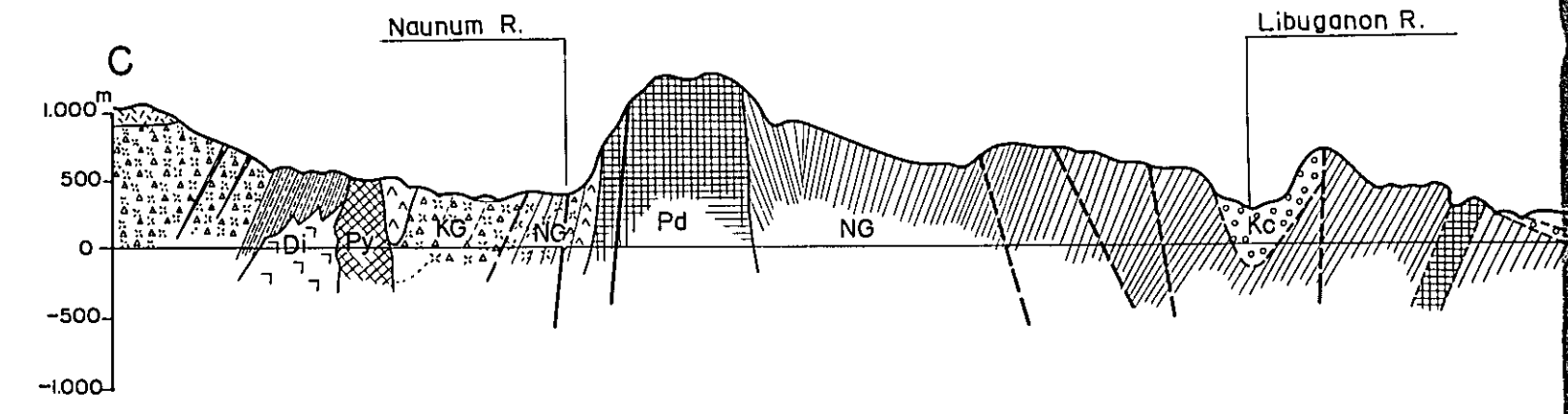
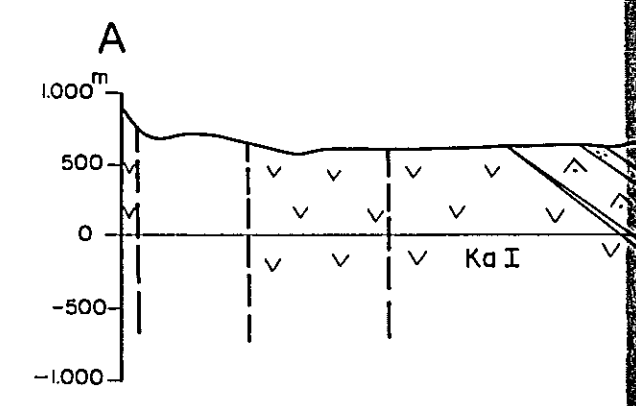
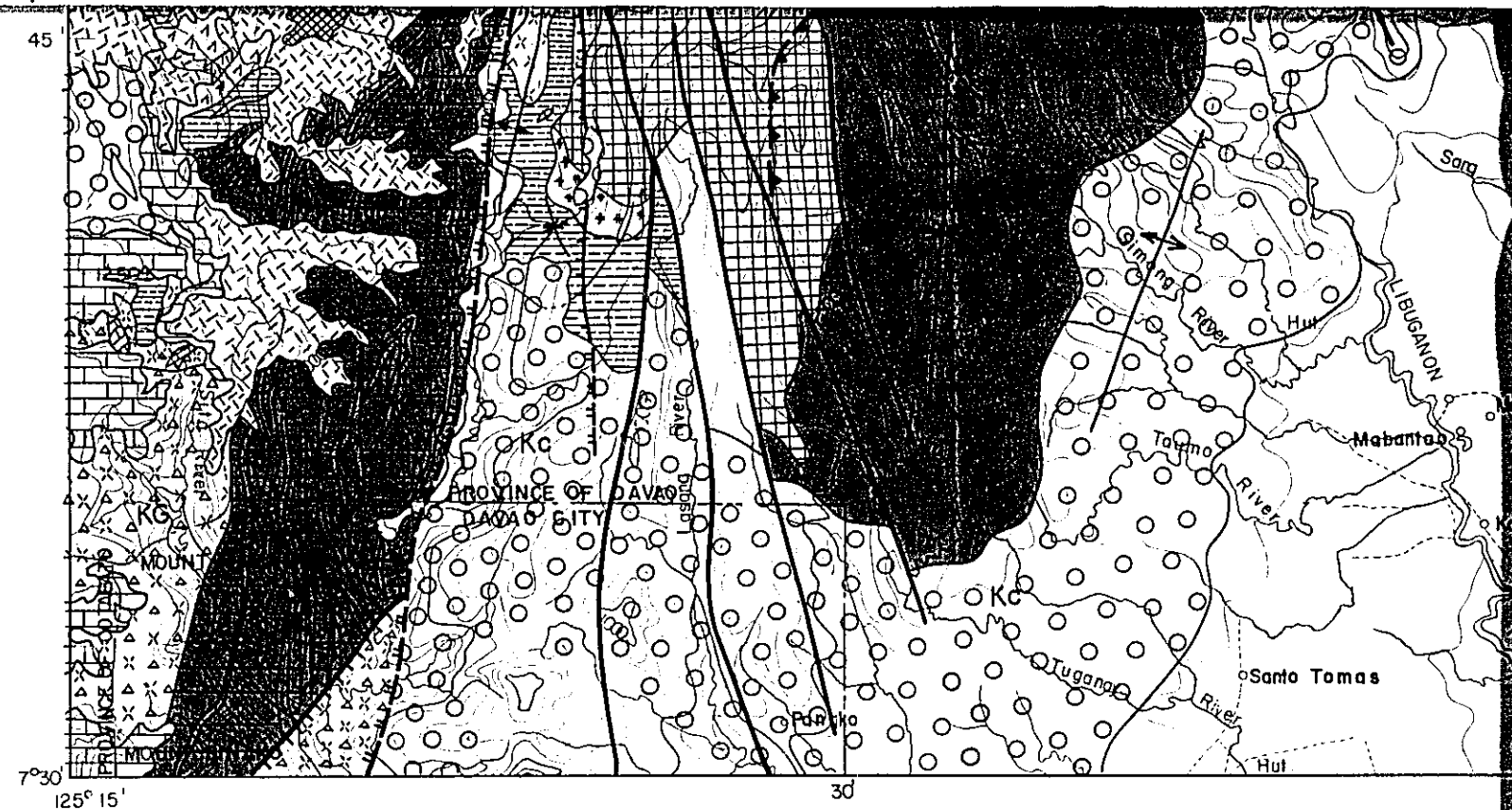
Quaternary	Recent Alluvium		
	Pleistocene	Malambo F.	Hornblende andesite
Tertiary		Lumbayo F.	Limestone
	Pliocene	Kapalong F.	Limy sandstone & Limy mudstone
Cretaceous		Kalagutay G.	Conglomerate & Sandstone
	Mudstone, Sandstone, Tuff & Andesite		
Cretaceous	Nilabsan G.	Mudstone, Sandstone, Tuff, Andesite & Basalt lavas	

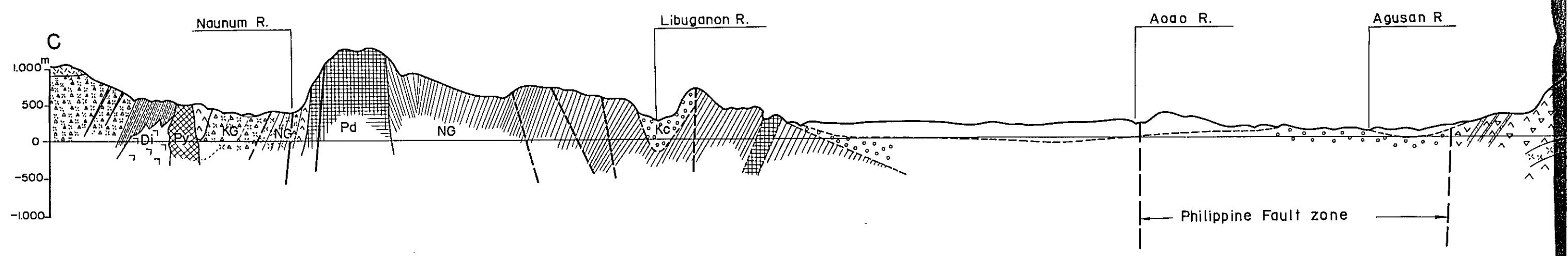
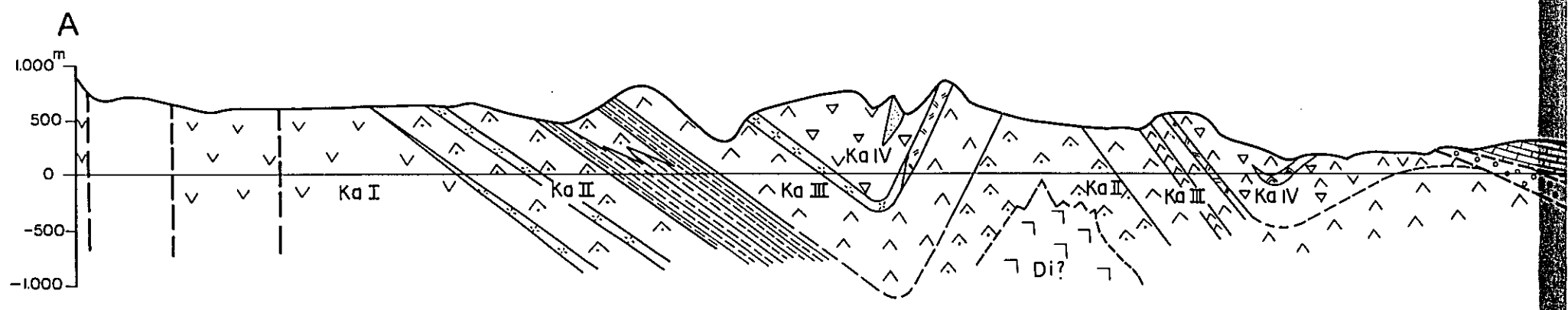
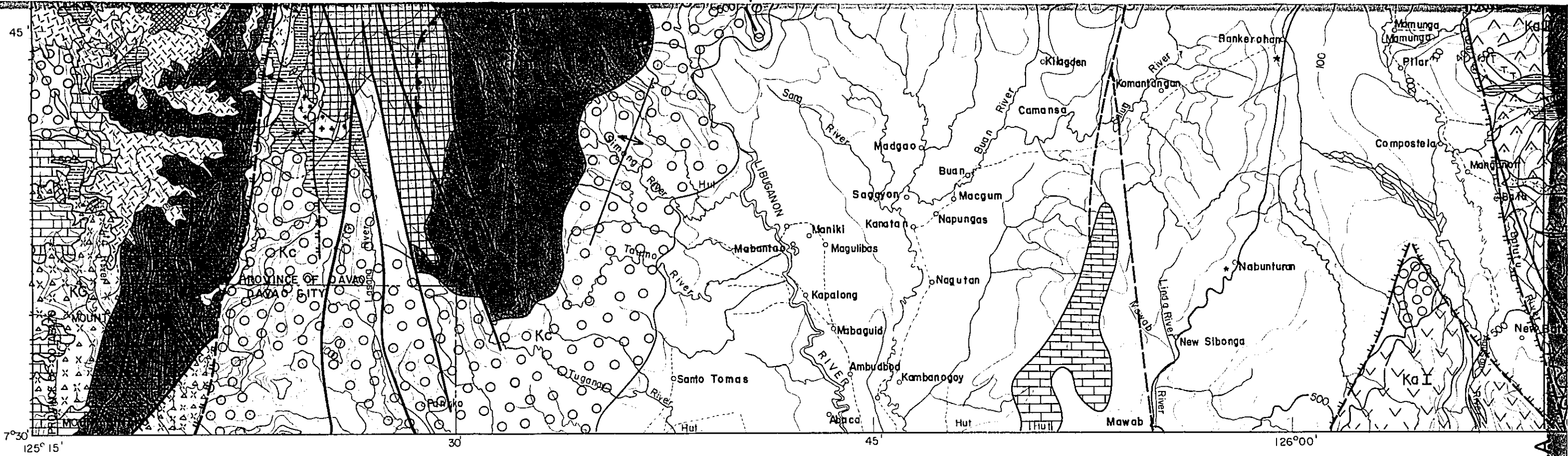
(Intrusive rocks)

	Diorite
	Gabbro
	Pyroxenite
	Peridotite

(Others)

	Mudstone
	Mudstone & Sandstone
	Sandstone
	Limestone
	Pumiceous tuff
	Tuff ~ Tuff breccia
	Red tuff
	Andesite
	Basalt

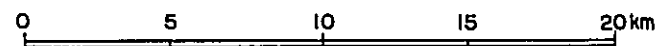




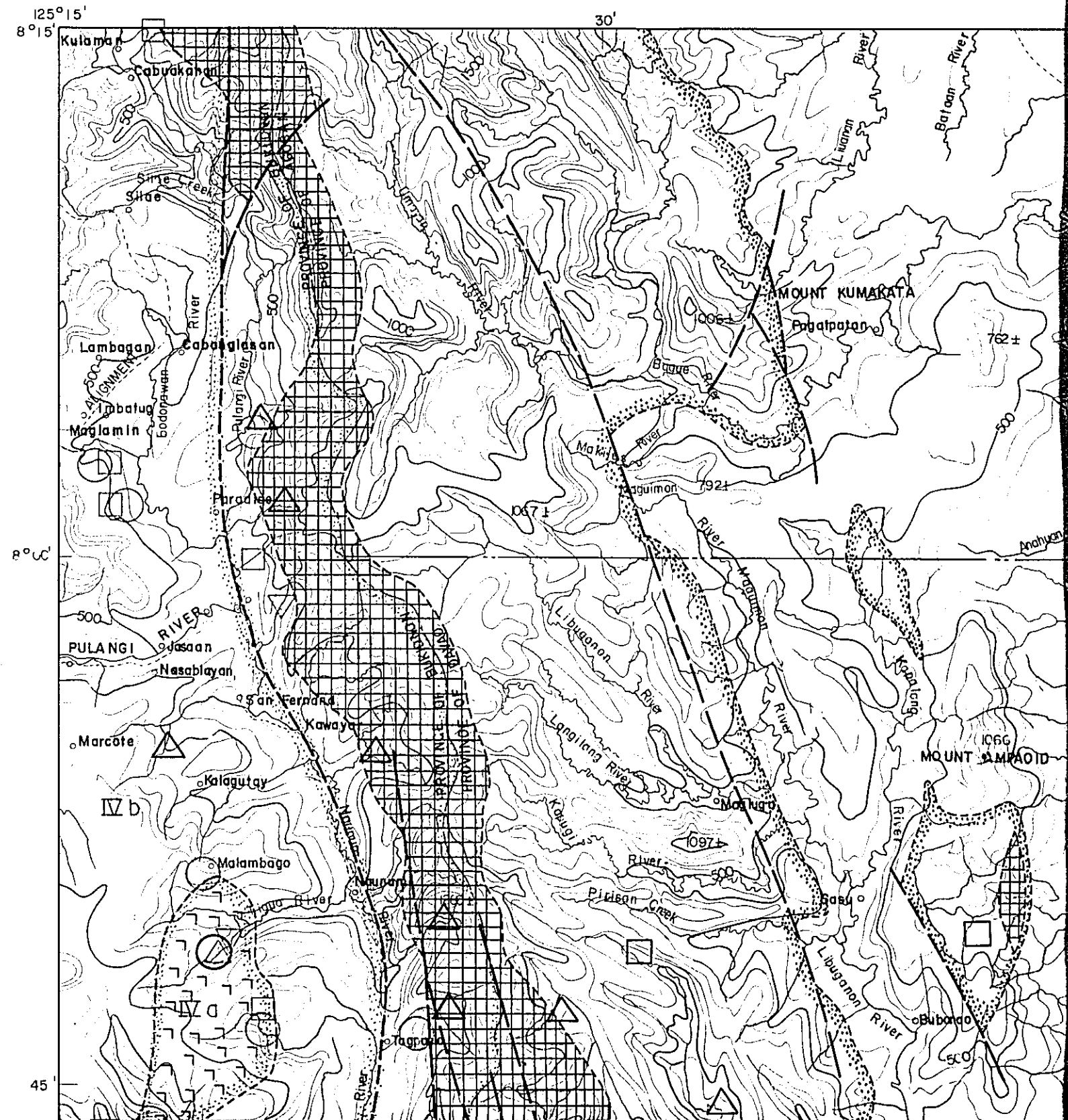
PL. 2

GEOLOGICAL SURVEY
OF
EASTERN MINDANAO
GEOCHEMICAL ANOMALIES
OF
STREAM SEDIMENTS

Scale 1 : 250,000



METAL MINING AGENCY
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY
JULY 1974
Prepared by Bishimetal Exploration Co., Ltd.



METAL MINING AGENCY
OVERSEAS TECHNICAL COOPERATION AGENCY

JULY 1974

Prepared by Bishimetal Exploration Co., Ltd.

LEGEND

Major geochemical anomaly

Phase I

>2t --- Cu Zn Ni
○ □ △

Phase II

I, II, Na - Areas

>2t --- Cu Zn Ni Co Ag Mo
○ □ △ ▽ ◇ ☆

III, IIIb - Areas

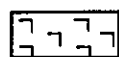
>4t --- Cu Zn Ni Co
○ □ △ ▽



Cretaceous area (Phase I)



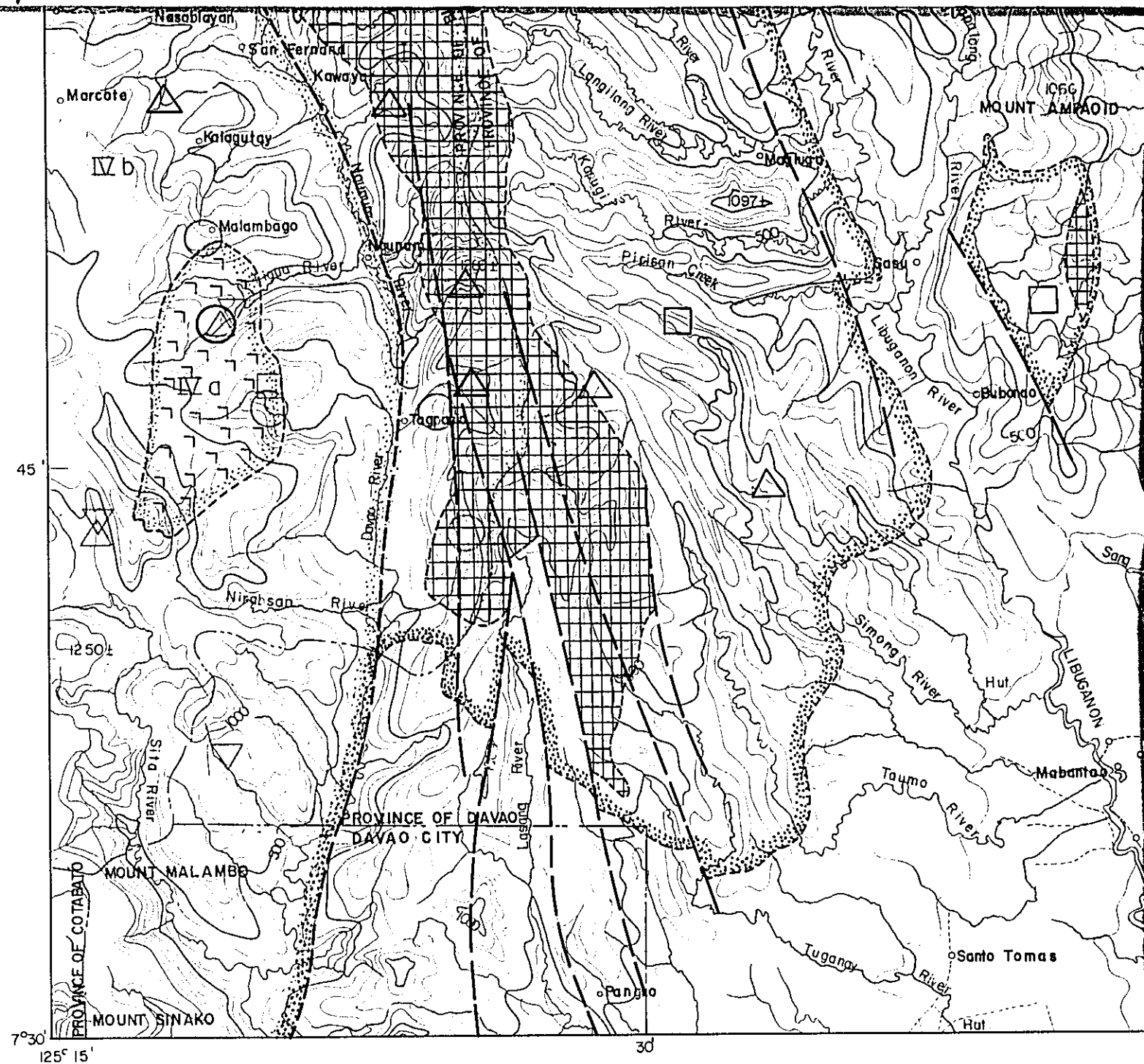
Lithological group (Phase II)

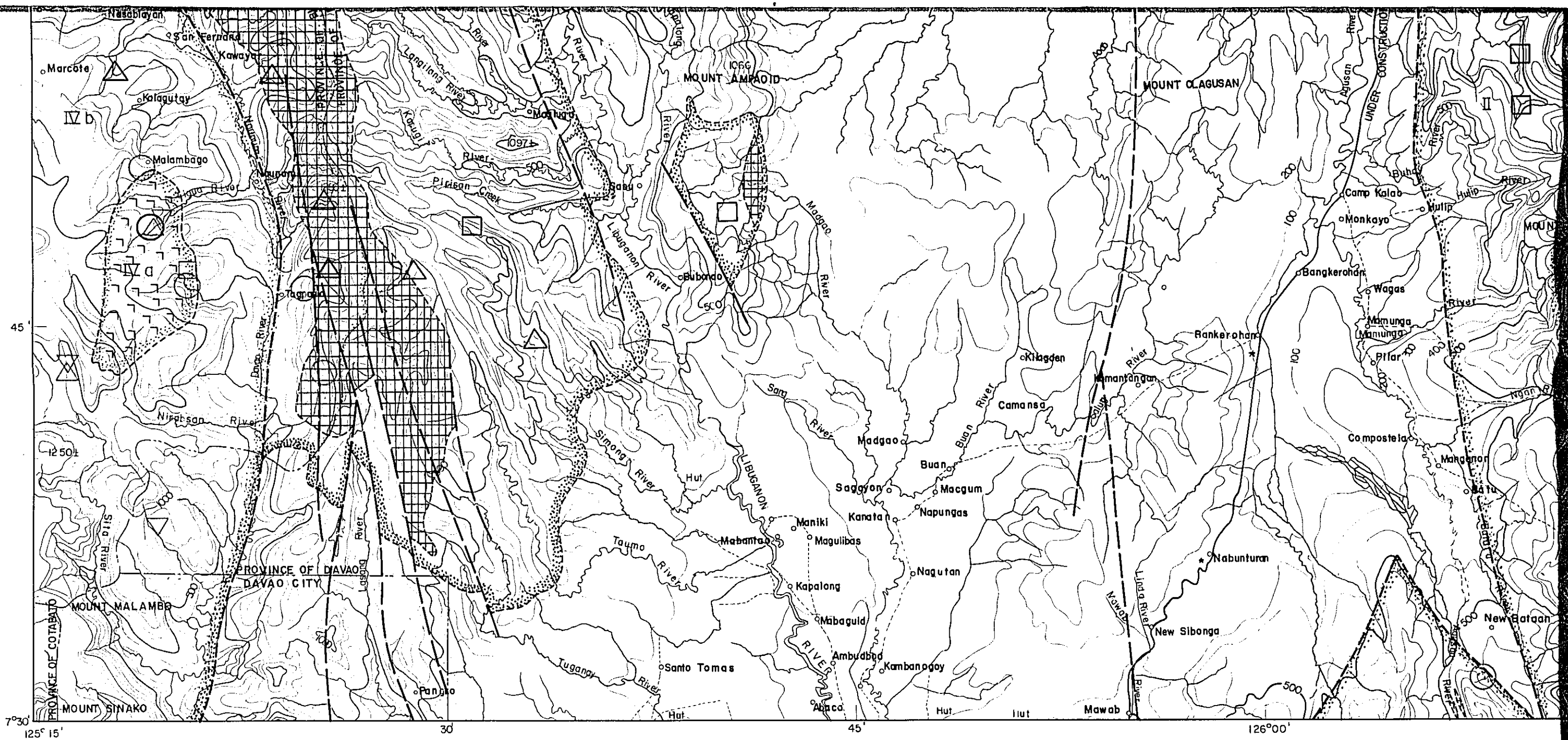


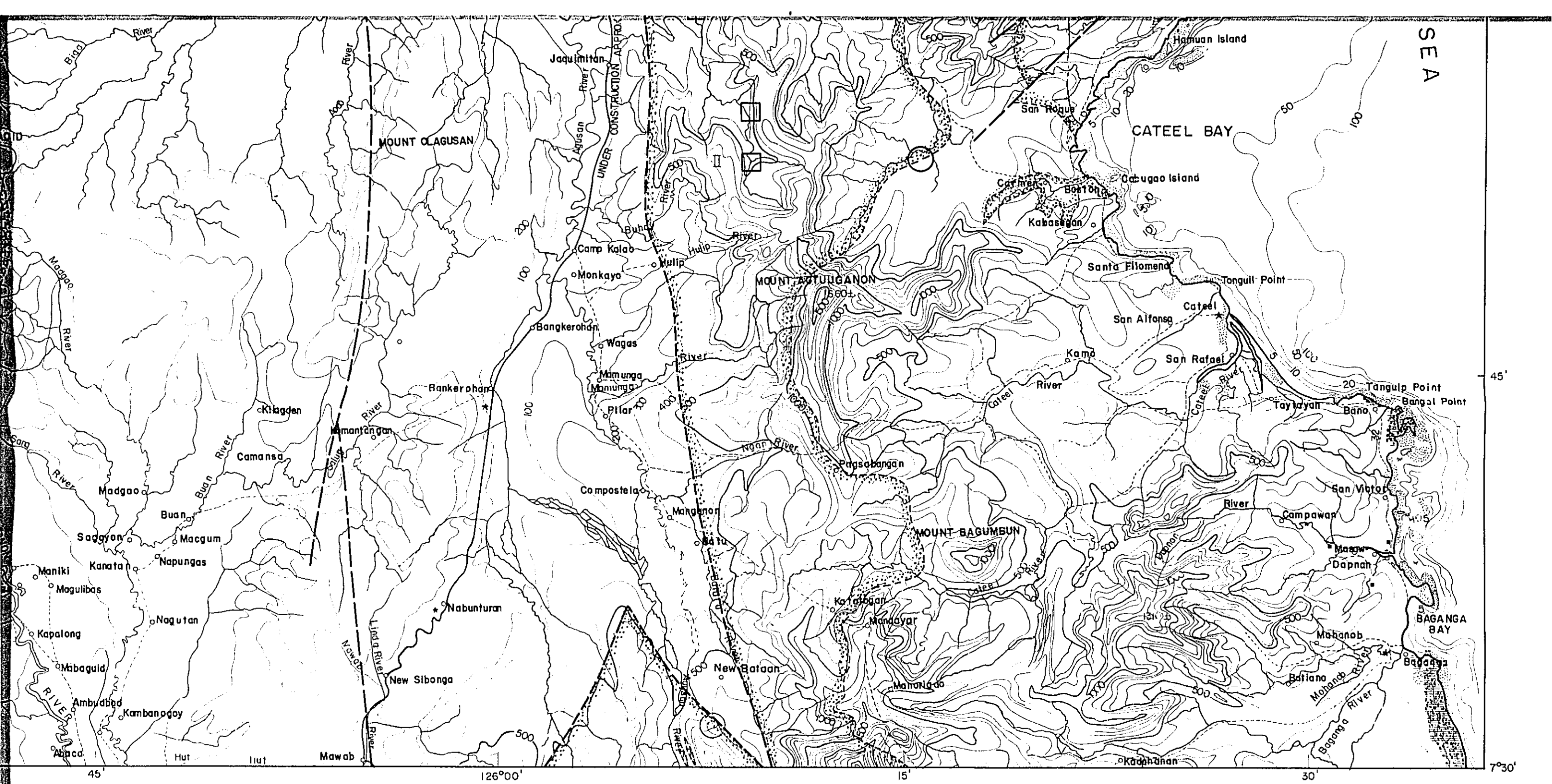
Diorite, Diorite-Pyroxenite,



Peridotite







SEA

45'

7°30'

45'

126°00'




15'

30'

LEGEND







Major geochemical anomaly

Phase I





>2t --- Cu  Zn  Ni 

Phase II

I, II, Na - Areas

>2t --- Cu  Zn  Ni  Co  Ag  Mo 

III, IIIb - Areas

>4t --- Cu  Zn  Ni  Co 



Cretaceous area (Phase I)



Lithological group (Phase II)



Diorite, Diorite-Pyroxenite,



Peridotite

