

中華民國二十六年六月一日

行政院秘書長 蔣中正 呈

呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

行政院秘書長 蔣中正 呈

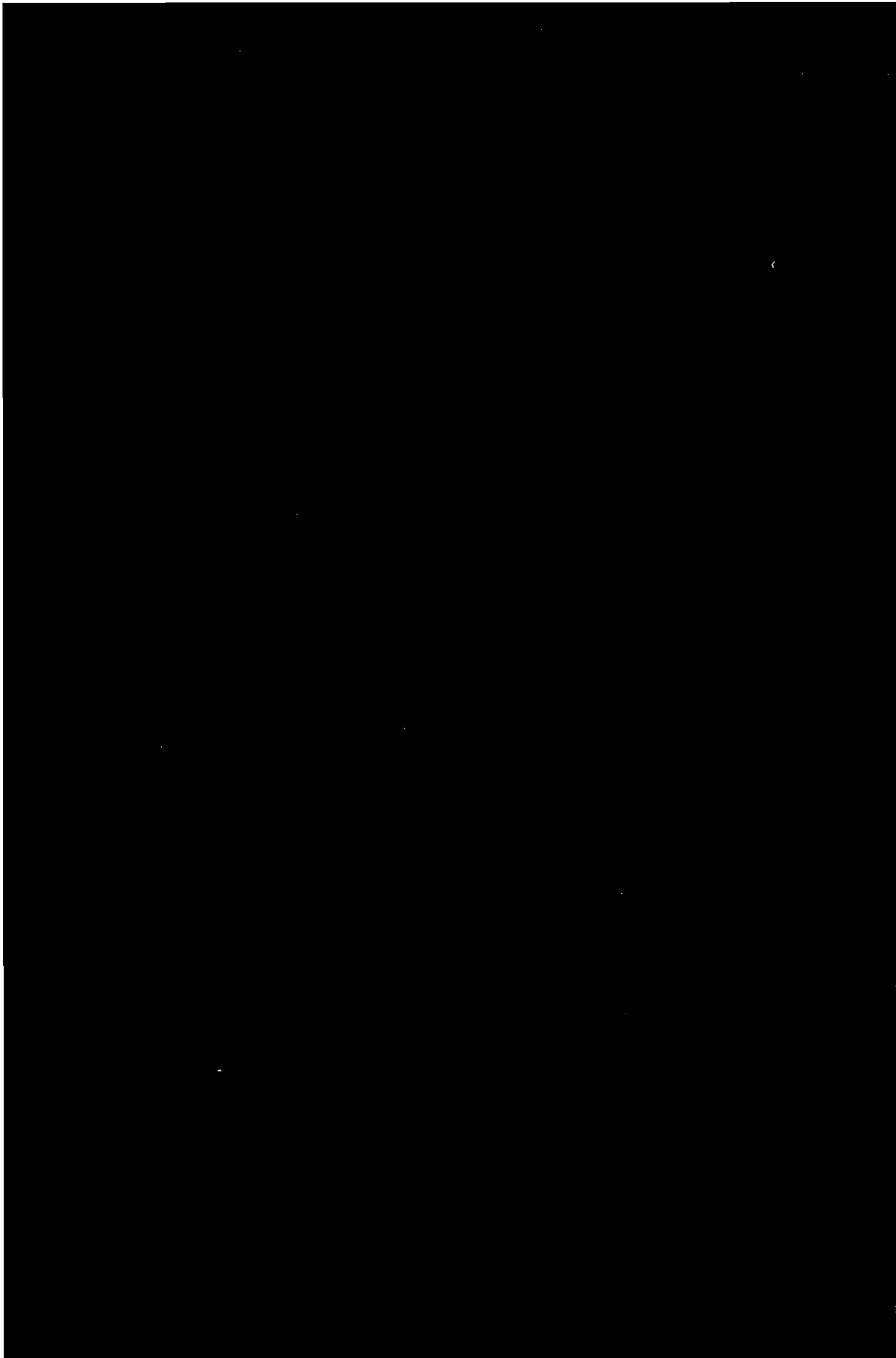
呈請 鑒核 呈

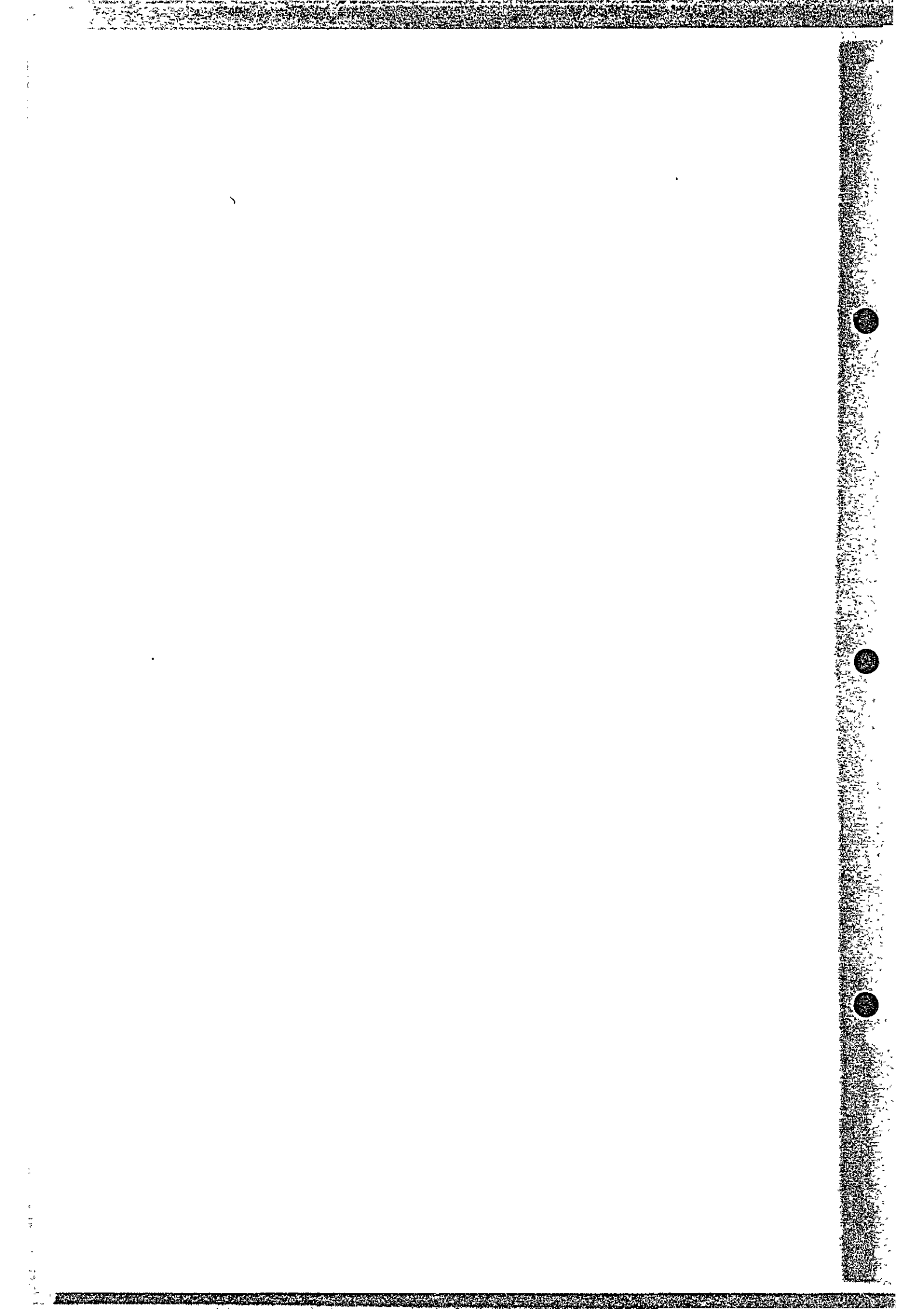
呈請 鑒核 呈

呈請 鑒核 呈

正 誤 表

頁	行	誤	正
11	下2	本_告書	本報告書
15	下8	ほほ地質境界	ほほ地質境界
28	下3	Encarnacion	Encarnaci <u>ó</u> n
38	下14, 16	Encarnacion	Encarnaci <u>ó</u> n
46	上12	まだ多くの黄銅鉱	また多くの黄銅鉱
46	下11	Encarnacion	Encarnaci <u>ó</u> n





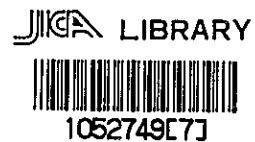
メキシコ合衆国パチュカ地区
鉍物資源開発基礎調査

報告書

(第 I 年次)

昭和55年2月

国際協力事業団
金属鉍業事業団



国際協力事業団	
受入 月日(84.8.29)	615
登録No. 14323	651 M.P.N.

は し が き

日本国政府はメキシコ合衆国政府の要請に応え、同国パチュカ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、この調査を国際協力事業団に委託した。

国際協力事業団は調査の実施を金属鉱業事業団に依頼し、本年度を初年度として4名からなる調査団を昭和54年9月12日から11月18日まで現地に派遣した。現地調査はメキシコ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54年度に実施した地質調査及び写真地質調査の結果をとりまとめたもので、今後の調査結果と併せて最終報告書の一部となるものである。

本調査の実施にあたって御協力をいただいたメキシコ合衆国政府ならびに、通商産業省、外務省、在メキシコ日本国大使館及びその他関係各位に対して衷心より感謝の意を表する次第である。

昭和55年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

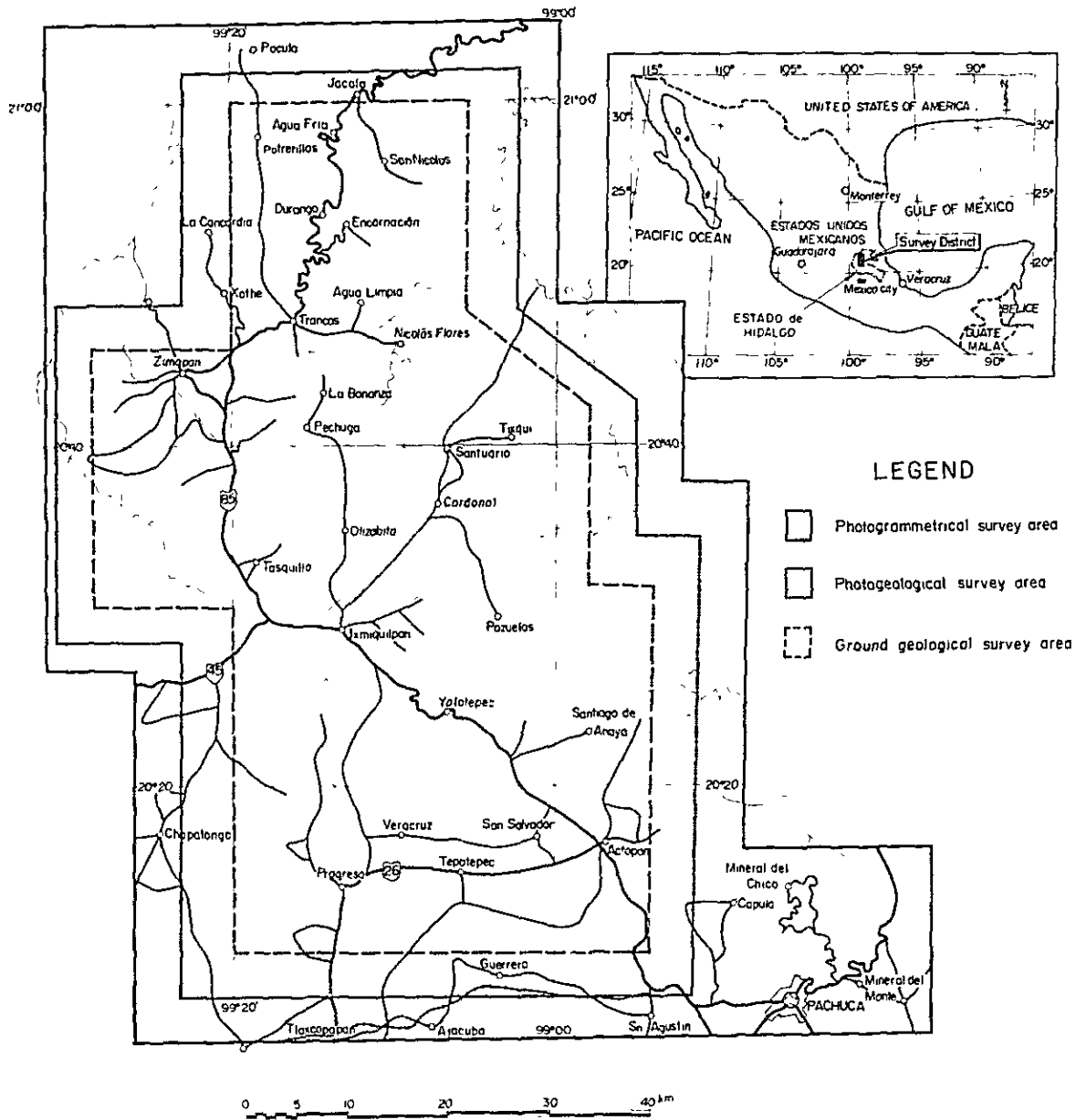


Fig. G-1 Location Map of the Survey District

要 約

日本国政府による第二回目のMexico 鉱物資源開発基礎調査は、Mexico 鉱物資源審議局^{*} (CRM) と国際協力事業団^{**} (JICA) および金属鉱業事業団^{***} (MMAJ) の緊密な協力のもとに、中央Mexico Hidalgo 州 Pachuca 地区において昭和54年度を初年次として開始された。今年次の調査は、全域の地形図作成、写真地質判読および地質調査からなっており、実際の野外調査は昭和54年9月から同年11月にかけて実施され、ひきつづいて同年12月から昭和55年2月までの間に調査結果を本報告書にとりまとめたものである。調査結果はつぎのように要約される。

調査地域は、地質構造的に、東シエラ・マードレ帯に含まれる北部・中央部・中央東部と新期火山帯に含まれる中央西部・南部に分けることができる。

東シエラ・マードレ帯は、北米大陸におけるアルプス造山帯の前縁に位置づけられるロッキー山脈の南東方延長部に相当する。

ジュラ紀後期から白亜紀初期に起ったネバダ造山運動によって、北米大陸西部には陸化した地背斜が生じ、その東側にロッキーおよびメキシコ劣地向斜が形成された (Fig. IV-1 参照)。これら地向斜は、海成の堆積がほぼ終結する白亜紀末期から、ララミー造山運動の影響下におかれ、石灰質岩類に卓越する堆積岩類は烈しい褶曲作用を受け、その後陸化して現在の東シエラ・マードレ山系が形成されたものである。

一方、新期火山帯は、東シエラ・マードレ帯およびこれに平行な、北西-南東系の地質構造帯を切って東西方向に分布する。この地帯は、太平洋底から東に延びるトランスフォーム断層の延長部に相当し、第三紀漸新世以降現世まで継続する烈しい火山活動の場となっていることから、大きな構造帯と考えられている。

このような地史的背景を反映して、地域の北部・中央部・中央東部には著しく褶曲した白亜紀堆積岩類が、地域の中央西部・南部には火山岩類が、それぞれ分布している。

調査地域に分布する白亜系は、下位より塊状石灰岩累層、黒色フリント挟在累層および頁岩累層の順に整合的に累重している。また、黒色フリント挟在累層と同時異相の関係にあるとみられる Hippurites 礁性石灰岩累層の分布もみられる。これらの堆積時期については、次期調査における、大型化石および超微化石のより詳細な研究によって解明されるべき問題として繰越される。

- 注 * CRM : El Consejo de Recursos Minerales
** JICA : Japan International Cooperation Agency
*** MMAJ : Metal Mining Agency of Japan

第三系は、局部的に基底礫岩層の分布はみられるが、その主体は火山岩類で占められる。噴出時期は、K-Ar 絶対年代測定結果によれば、殆んどが 381 ± 1.9 m.y. から 265 ± 1.3 m.y. の間に含まれる。

従って本地域の火山活動は漸新世初期から同後期の間に活発であったと考えられる。岩質的には漸新世初期から後期前半までは安山岩～玄武岩の溶岩流、火山角礫岩が卓越し、漸新世初期後半にいたって流紋岩の溶岩および凝灰岩の分布が所々にみられる。

本地域の地質構造は、ラミー造山運動に起因して白亜系中に発達する褶曲および断層構造によって大きく特徴づけられる。第三系中には、部分的に、ゆるい傾斜および数本の小断層が観察されるものの全体としては安定しており、著しい構造運動の痕跡はみられない。

調査区域内にみられる貫入岩類は花崗閃緑岩類、安山岩類および流紋岩類の3種類であるが、安山岩類および流紋岩類は、小規模岩脈状で、部分的な分布を示すのに比較して、花崗閃緑岩類は大規模で、鉍化作用と密接な関係をもっており重要である。花崗閃緑岩類の貫入時期は、K-Ar 絶対年代測定値によれば、 40.5 ± 2.0 m.y. および 50.9 ± 2.5 m.y. を示し始新世初期から同後期である。

これら花崗閃緑岩質貫入岩体と白亜系石灰岩との接触部には高温交代型鉄・銅鉍床が生成しており、これらの鉍床には金および銀が随伴している。また、貫入岩の周辺の再結晶化した石灰岩の中には、熱水型とみられるマント状～鉍筒状形態の、金、銀を含む鉛・亜鉛鉍床が点在している。このように本貫入岩類は鉍化作用と密接な関係をもち、その分布および配列に方向性が認められるので、今後の探査地区選定に際して重要な指針になると考えられる。

本地区内にみられるもう一つの重要な鉍床はカリ流紋岩中の金鉍床である。本鉍床はカリウム成分に異常に富む流紋岩溶岩円頂丘の一部に胚胎しているが、一般の金鉍床と異なり、鉍脈型ではなく、石英脈および珪化帯などが認められない、肉眼的にやや粘土化しているように見えるものの、全体として新鮮な岩石中に賦存し、鉍染型鉍床とみられる。本流紋岩体の数箇所から採取された試料の金および銀含有量は、一般的な他の岩石中の初生的含有量に比較して、非常に高い値を示し、本岩の活動と金・銀鉍化作用との間に密接な関係があることを示唆している。この点から、本流紋岩体全体についても、金、銀その他の造岩成分の地化学的挙動を組織的に調査する必要があると結論される。

目 次

は し が き	
位 置 図	
要 約	
目 次	I
第1章 序 論	1
1-1 諸 言	1
1-2 調査内容	1
1-3 既往調査	2
1-4 調査団の編成	3
1-5 謝 辞	3
第2章 調査地域の環境	5
2-1 位置および交通	5
2-2 地形および水系	5
2-3 気候・植生	6
2-4 産 業	7
第3章 写真地質調査	9
3-1 地形図, 空中写真および既存地質資料	9
3-2 判読要素および結果	9
第4章 地 質	11
4-1 地質概要	11
4-2 層 序	12
4-2-1 白亜系	12
4-2-2 第三系	21
4-2-3 第四系	27
4-2-4 貫入岩類	28
4-3 地質構造	30
4-4 地 史	31
4-5 鉍 床	32
4-5-1 まえがき	32
4-5-2 鉍化帯の分布	32

4-5-3	鉍化帯各論	33
4-5-4	鉍石の顕微鏡観察結果およびEPMA分析	45
第5章	総括および結論	48
5-1	総括	48
5-2	結論	50

List of Tables

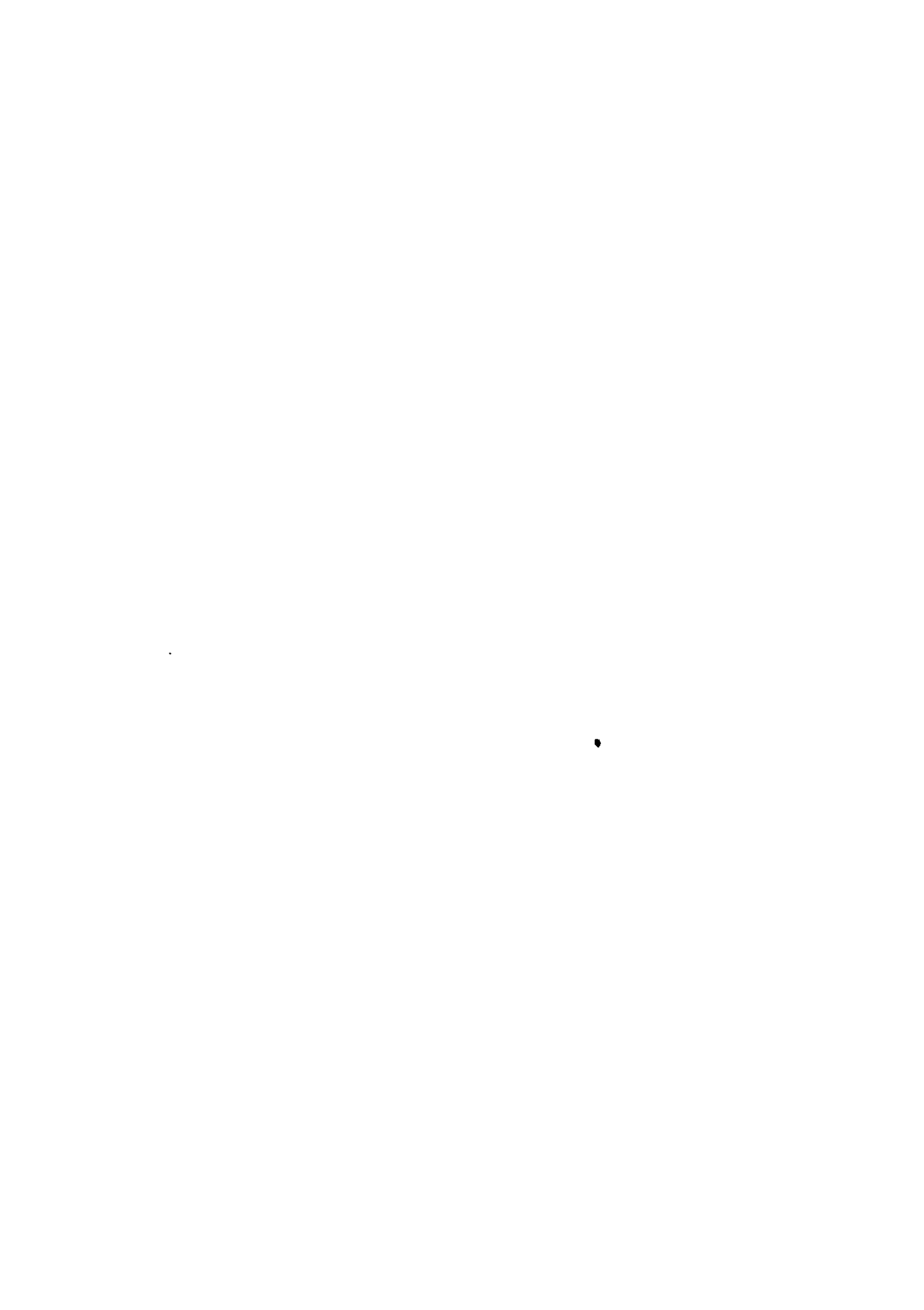
Table I-1	Kind of Works
Table I-2	Laboratory Examinations
Table III-1	List of Aerial Photographs
Table III-2	Classification Standard of Geological Unit by the Photogeological Interpretation
Table IV-1	Stratigraphic Correlation of Geological Units in the Sierra Madre Oriental, Central Mexico
Table IV-2	Fossils from the Massive Limestone Formation
Table IV-3	Fossils from the Flint-alternated Formation
Table IV-4	Fossils from the Hippurites Limestone Formation
Table IV-5	List of Mineralized Zone
Table IV-6	Metal Contents of Ore Samples from the Luz Mine
Table IV-7	Metal Contents of Ore Samples from the Dos de El Aguila Mine
Table IV-8	Metal Contents of Ore Samples from the Encarnación Mining Area
Table IV-9	Metal Contents of Ore Samples from the El Zapote Mining Area
Table IV-10	Metal Contents of Ore Samples from the Zimapán Mining Area
Table IV-11	Metal Contents of Ore Samples from the Poterero Mine
Table IV-12	Metal Contents of Ore Samples from the Pechuga Mine
Table IV-13	Metal Contents of Ore Samples from the Yonthe-San Joaquin Mining Area

List of Illustrations

Fig. G-1	Location Map of the Survey District
Fig. III-1	Index of Flight Paths of Aerial Photograph
Fig. III-2	Index Map of Previous Work Areas
Fig. IV-1	Geotectonic Frame of MEXICO in Early Cretaceous Age
Fig. IV-2	Geological Map of the Survey District
Fig. IV-3	Generalized Stratigraphic Column of the Survey District
Fig. IV-4	Schematic Stratigraphic Column of the Whole Area
Fig. IV-5	Location Map of Metal Mines in the Encarnación-EL Zapote Area
Fig. IV-6	Sample Location Map of the San Clemente Area
Fig. IV-7	Location of Metal Mine in the Survey District
Fig. V-1	Recommendation Map

List of Attached Sheet

PL 1	GEOLOGICAL MAP	Scale 1 : 100,000
PL 2	GEOLOGICAL PROFILES	Scale 1 : 100,000
PL 3	SAMPLE LOCATION MAP	Scale 1 : 100,000
PL 4	INTERPRETATION MAP	Scale 1 : 100,000



List of Appendices

- Apx. 1 Index Map of 1 : 25,000 Topographic Map
- Apx. 2 Collected Cretaceous Macrofossils
- Apx. 3 Collected Cretaceous Micro-nannofossils
- Apx. 4 Microscopic Observations of Rock Thin Sections
- Apx. 5 Photomicrographs of Rock Thin Sections
- Apx. 6 Whole rock K-Ar Datings of Some Igneous Rocks
- Apx. 7 Chemical Composition and C.I.P.W Norm of Some Igneous
Rocks
- Apx. 8 Normative Quartz-Orthoclase-(Albite + Anorthite)
Triangular Diagram of Some Igneous Rocks
- Apx. 9 Microscopic Observations of Ore Polished Sections
- Apx. 10 Photomicrographs of Ore Polished Sections
- Apx. 11 Qualitative Analysis of Minerals by Electron Probe
Microanalyzer
- Apx. 12 Quantitative Analysis of Silver Minerals by Electron
Probe Microanalyzer
- Apx. 13 Chemical Analysis of Ore Samples
- Apx. 14 X-ray Powder Diffractions
- Apx. 15 X-ray Powder Diffraction Charts

第1章 序 論

第1章 序 論

1-1 諸 言

メキシコ合衆国における最初の資源開発基礎調査は、日・墨両国政府関係機関の緊密な協力によって、同国北部Coahuila（コアウイラ）州において1975年度から開始され、多大な成果をあげて1978年度に完了した。

この成果を踏まえて、第2回目のプロジェクトは、1979年度を初年度とし、3ヶ年計画で、同国東中部に位置するHidalgo（ヒダルゴ）州において開始された。

本報告書は初年度の調査結果をとりまとめたものである。

本年度の調査は、調査地域全域の地形図の作成、空中写真地質判読および地質調査からなり、地域の広域的地質の解明に重点がおかれた。具体的には、層序、地質構造、火成活動および鉱化作用とこれらの相互関係を研究し、鉱床賦存の可能性の高い区域約1,000 km²を抽出することを指向した。

1-2 調査内容

本年度の調査は地形図作成・写真地質調査および地質調査からなっており、その各々について実施された作業量をTable I-1に、また各種室内試験内容をTable I-2に示す。

Table I-1 Kind of Works

Item	Area	Remarks
Preparation of topographic map	7,500 km ²	Scale: 1:25,000, Contour interval, 25m
Photogeological interpretation	5,250 km ²	Photogeological map Scale, 1:100,000
Regional geological survey	3,750 km ²	Geological map Scale, 1:100,000

Table I-2 Laboratory Examinations

Type of examination	Number of samples	Remarks
Chemical analysis of ore	65	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, 307 elements in total
Chemical analysis of igneous rock	6	whole-rock, 13 elements each
Microscopic observation of rock thin section	177	
Microscopic observation of polished ore section	23	
X-ray powder diffraction	11	
K-Ar radiometric age determination	6	whole-rock
Cretaceous macrofossil determination	45	
Cretaceous nanno-fossil determination	10	
Quantitative analysis E.P.M.A.	6	
Qualitative analysis	36	

1-3 既往調査

調査地域およびその周辺部の地質・鉱床に関する既往調査報告の主要なものとして、つぎのものが挙げられる。

- (1) Geyne, A.R., Wilson, I.F. et al. (1963), Geology and mineral deposits of the Pachuca-Real del Monte district, State of Hidalgo, Mexico, C.R.N.N.R., Mem.5E.
- (2) Segerstrom, K. (1962), Geology of south-central Hidalgo and northeastern Mexico, Mexico. U.S. Geol. Survey Bull., 1104-C, P. 87-162
- (3) Simons, F.S. and Mapes V.E. (1957), Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Hidalgo.

(1)および(3)は調査地域の南東方および北西方それぞれに位置する鉱床の詳細な記載を主とするが、(2)は本調査地域の北西部から南部をカバーし、更に南方に延長する、約6,000 kmを対

象にした広域地質を主題とした調査報告で、地質図の縮尺は1/200,000である。これらの他に地域内の鉱床についての記載が幾らかある。

これらの調査報告は、現地調査に先立って行なわれた写真地質調査および調査計画の策定に大いに貢献した。

1-4 調査団の編成

本プロジェクトのための2国間協定折衝および現地調査に参加した団員はつぎのとおりである。

(1) 協定折衝(昭和54年7月-昭和54年8月)

団長 坊城俊厚 (国際協力事業団)
原田幸雄 (金属鉱業事業団メキシコ駐在)
沢田賢治 (金属鉱業事業団)

(2) 現地調査団(昭和54年9月-昭和54年11月)

団長 清川 求 (住鉱コンサルタント株式会社) 全般総括
中島清治 (住鉱コンサルタント株式会社) 地形図・写真地質・地質調査
佐藤哲男 (住鉱コンサルタント株式会社) 地形図・写真地質・地質調査
阿部昭夫 (住鉱コンサルタント株式会社) 地形図・写真地質・地質調査

メキシコ側:

Guillermo P. Salas (C.R.M. 局長) 全般総括
José L. Lee Moreno (C.R.M. 特別研究部部長) プロジェクト担当者
Gustavo Camacho Ortega (C.R.M. 広域調査課課長) プロジェクト補佐
(地質調査)
Panfilo Sanchez Alvarado (C.R.M. 広域調査課 技師, Ixmiquilpan 事務所長)
José de Jesus Rodorigues Salinas (C.R.M. 広域調査課 技師)
Mario Ernesto Vazquez Meneses (C.R.M. 広域調査課 技師)
Luis Tarcisio Arteaga Pineda (C.R.M. 広域調査課 技師)

注: C.R.M. : El Consejo de Recursos Minerales (メキシコ鉱物資源審議局)

1-5 謝 辞

本調査の実施について、国際協力事業団派遣の技術専門家としてメキシコ鉱物資源局に滞在中であった竹田英夫博士から種々御指導、御高配をいただいた。また国内においては、鉱石の鉱物同定は鹿児島大学浦島教授、大型化石鑑定は工業技術院地質調査所田中啓策博士、微化石鑑定については山形大学岡田助教授からそれぞれ御指導をいただいた。

ここに明記して厚く御礼申し上げる次第である。

第2章 調査地域の環境

第2章 調査地域の環境

2-1 位置および交通

調査地域は、Fig. G-1に示されているように、メキシコ東中部Hidalgo州の北西部から中央部に位置し、南北に長い、ほぼ長方形であるが次の12点に囲まれた面積5,250km²の区域である。

① 北西限	北緯 21° 01′	西経 99° 23′
②	” 20° 47′	” 99° 23′
③	” 20° 47′	” 99° 32′
④	” 20° 27′	” 99° 32′
⑤	” 20° 27′	” 99° 23′
⑥ 南西限	” 20° 07′	” 99° 23′
⑦ 南東限	” 20° 07′	” 98° 51′
⑧	” 20° 34′	” 98° 51′
⑨	” 20° 34′	” 98° 57′
⑩	” 20° 42′	” 98° 57′
⑪	” 20° 47′	” 99° 03′
⑫ 北東限	” 21° 01′	” 99° 03′

首都メキシコ市から調査地中央部のIxmiquilpan（イスマキルパン）市に至る経路は、(1)国道57号線—Tula（ツーラ）—Progreso（プログレソン）経由と(2)国道85号線によりPachuca（パチュカ）市を経由する2つの経路がある。いずれも約160kmの距離にあるが、完全補装・全天候型経路であり、メキシコ市内の交通渋滞にあわなければ、約2時間で到達可能である。

大略南北に100km、東西幅50kmの広さを占める調査地域を南北に縦走する国道85号線は地域内の唯一の幹線道路であって、調査のためのすべての進入経路は85号線より発している。

地形を反映して、地域南西部は車輛による進入が比較的容易である。然しながら、国道85号線より東側および地域北部は東シエラ・マードレ山岳地帯であって、地形急峻なため、車輛による進入経路は非常に限られており、調査には野営のための前進キャンプの設営が必要であった。

2-2 地形および水系

調査地域のあるHidalgo州の首都Pachuca市はメキシコ市の北々東約150kmの位置にあ

る。

地形区的にHidalgo州は、メキシコ北東部から南東方向に、メキシコを縦走する東シエラ・マードレ山岳地帯の南端に含まれる北部および東部と、メキシコ中央部を東西方向に横断するメキシコ中央高原地帯に含まれる残りの部分に大きく分けることができる。

従って、同州の北西部から西央部を通して南西部にいたる部分を占める本調査地域の地形は、北部および中央東部が東シエラ・マードレ山岳地形区に、中央部および南部はメキシコ中央高原地形区にそれぞれ属すると云うことができる。

前者は、海拔標高2,600～3,100mの山岳と最大標高差2,000mに達する峡谷、後者は海拔標高1,400～2,400mの良く開析された台地状の丘・突出する丘等の点在とその間の広い平野でそれぞれ特徴づけられる。調査地域の主要水系は、東部メキシコにおける最も大きい河川の一つであるRío Moctezuma(リオ・モクテスマ)の二大支流の、Río Tula(リオ・ツーラ)とRío Amajaque(リオ・アマハノク)である。

Río Tulaは、調査地域南西端より約20km南方のTula付近から、南央部の開析された平野を北に流下し、Ixmiquilpan付近から北西方向に向きを変えてTolimán(トリマン)峡谷付近で本流に合流する。

Río Amajaqueの本流は東シエラ・マードレ山岳地帯の真中を、同山岳地帯の延長方向に平行な方向性をもって、調査地の東外側を北流する。従って、調査地東部の水系はRío Amajaqueの支流で占められ、それらの殆んどは同山岳地帯を横断するものと平行なもの2系統に分けられる。

Río TulaとRío Amajaqueは四季を通じて豊富な流水量を示すが、Río Tulaの水量の大部分は首都のあるメキシコ盆地から人工的に導かれた廃水である。これは同盆地が自然の排水河川をもっていないため、排水と農業用再利用を目的とした排水トンネルが作られており、それによって導かれている。

2-3 気候・植生

前述したように、本調査地域の地形はメキシコ中央高原に含まれる、比較的よく開析された中央部および南部と東シエラ・マードレ山岳地帯に含まれる北部および東部に分られるが、気候もこれらの地形を反映して両者に若干の相違がみられる。

前者は気候温暖な半乾燥気候を示す。年間平均降雨量は300mm～400mm、年間平均気温は19℃前後(最高39℃±、最低-1℃±)で降雪はまれで冬期の氷結は数回程度と報告されている。

後者の年間平均気温は、前者より約2℃低い、平均年間降雨量は1,500mm以上に達し、前者と対照的である。

6月から10までが雨期で、年間降雨量の90%はこの間に降る。6月と9月に降雨のピークがあり、7月と8月は小止になる。

6月は午後に発生する夕立、9月と10月はカリブ海からメキシコ湾に発生するハリケーンの影響による降雨である。

殆ど湿気は東風および北風によってメキシコ湾からもたらされる。これは東シエラ・マードレ山岳地帯に強い降雨をもたらし、その西側および南側に隣接する平野部を乾燥させる。その為に、前述した降雨量の差が生ずるものであろう。

自然の植生はこれらの気候、特に降雨量の差を反映して山岳地帯と平野部では若干の相違を示す。

調査地域の中央部・西部および南部の降雨量が400mm以下の所では砂漠型植生のまばらな分布が一般的である。これらは、乾燥地型草類、サホテン類、いとらんおよび竜舌らん等と刺々のある小灌木からなる。この中で竜舌らんは、農業目的をもって多くの場所で人工栽培もされており、当地域における重要植物の一つである。

これらの植生の他に Río Tula の川筋を縁どって、大きな糸杉の繁茂もみられる。

調査地北部の山岳地帯では、これらの砂漠型植物が減少し、その代わりに、松、樺、もみ、しゃくなげ等、主として松柏類からなる灌木が増加する。特にこれらの山岳地帯の中で、標高が2,600m以上の山々の北東側斜面においては、これら松柏類の林が形成されている。

このように、調査地域の植生は、主河川沿いの部分を除き中央部・西部および南部にみられる砂漠型耐乾性植物相から、北部山岳地帯の高地部北東側斜面に発達する中湿性山岳疎林相までの範囲を示す。

2-4 産 業

Hidalgo 州はメキシコにおいて最も古くから鉱山が開発された州の一つとして有名であり、特に調査地南東方に隣接する Pachuca (パチュカ) - Real del Monte (リアル・デル・モンテ) 銀山は16世紀から開発が始まり、現在迄に銀量38,000t、金量192tが生産されたと報告されている。然しながら現在は小規模な残鉱整理・探鉱が実施されているに過ぎない。

また調査地北西端に位置する Zimapán (シマパン) 地区も一つの鉱山地帯で、前者と同じく古くから開発の歴史をもっている。そしてこの地区には金・銀をとまなう鉛・亜鉛の中規模鉱床が点在しており、現在大規模開発の途上でありこれから発展する可能性をもっている。

これらの他、調査地域内には幾つかの小規模な金属鉱山が現在稼働されつつある他、大理石の採掘加工も行なわれているが、本地域の主要産業は農業である。

農業は近年灌漑の目覚ましい発達によって、従来の小規模乾燥地農業から大規模農業に転換

しつつあり、生産量および種類共豊富になりメキシコ市の補給基地の役割を果たしつつある。農作物として、穀類はトウモロコシ・小麦・大麦・豆等、野菜類はキャベツ・レタス・ニンジン・イモ・アボガド・玉ねぎと飼料用アルファルファ等および果実類として、トマト・リンゴ・オレンジ・ブドウ・パパイヤ・メロン・西瓜等が豊富である。

その他、山羊と羊の放牧も盛んである。これは、調査地域中央部付近に古くから居住している Otomi (オトミ) 族インディオによって主に行なわれている。彼等はこの他、トウモロコシの収穫とブルケ (Pulque) の製造によって生計をやりくりしているが、近年は政府の教育普及策により、急速に近代化しつつある。

ブルケとはマゲイ (Maguey) と呼ばれる多肉性竜舌らんを栽培し、その中心部から糖分に富んだ樹液を採取し、これを2日前後放置することにより、自然に醗酵して得られる飲物で、アルコール分は10°前後とみられ、甘酸っぱい味がする。

調査地域内の主要集落は Ixmiquilpan (人口約16,000人)、Actopan (アクトパン) (人口約14,000人) および Zimapán (人口約3,000人) であり、これらは国道85号線沿いに位置している。この他小集落が至る所に点在しており、北部および東部の山岳地帯を除けば、人口密度は比較的高い地域と考えられる。

第3章 写真地質調査

写真地質調査は、本年度の広域地質調査の一環として実施され、調査対象地域(5,250km²)の地質および地質構造の概略および既存鉱床の位置などの判読を目的として行なわれた。判読結果は縮尺1:50,000, 1:100,000の写真地質予察判読図にまとめられ、引続いて実施された広域地質調査の資料として使用された。この地質調査の結果にもとづく最終判読の結果を加えて、最終的に広域地質図(PL-1)および同断面図(PL-2)として完成された。

3-1 地形図, 空中写真および既存地質資料

(1) 地形図

縮尺 1:100,000全域, 既存

縮尺 1:50,000全域, 本年度作成

(2) 空中写真

縮尺 約1:50,000 合計601枚(Fig.III-1, Table III-1参照)

(3) 既存地質資料(Fig. III-2参照)

1. Plano Geológico del Estado de Hidalgo 1:500,000 (C.R.M.)
2. Geologic Map and Section of the Zimapán Mining District, State of Hidalgo, Mexico 1:25000 (Simons, F.S. and Mapes V.E., 1957)
3. Geologic Map and Section of South-Central Hidalgo and Northeastern Mexico, Mexico 1:200000 (Segerstrom, K., 1962)
4. Map and Section Showing the Relation of the Pachuca-Real del Monte Mining District to the Regional Geology 1:200000 (Geyne, A.R. et al., 1963)
5. Plano Geológico Local del Area de Encarnación Municipio de Zimapán, EDO. de HGO. 1:20,000 (Restvic Peres, I.V., 1973)

3-2 判読要素および結果

予察判読に際して、既存資料に用いられている地質単元を分類整理して、各地質単元に対応する写真判読要素を定めた。そしてこれらを全域に適用して地質区分を行なうとともに、地層の走向・傾斜の方向、断層構造、各種線構造および褶曲構造などの判読を行なった。これらの判読結果は既存の10万分の1を拡大した5万分の1地形図に整理され、広域地質調査に供された。

広域地質調査の結果を考慮し、二次判読では各地質単元の判読要素をさらに細分して判読し、

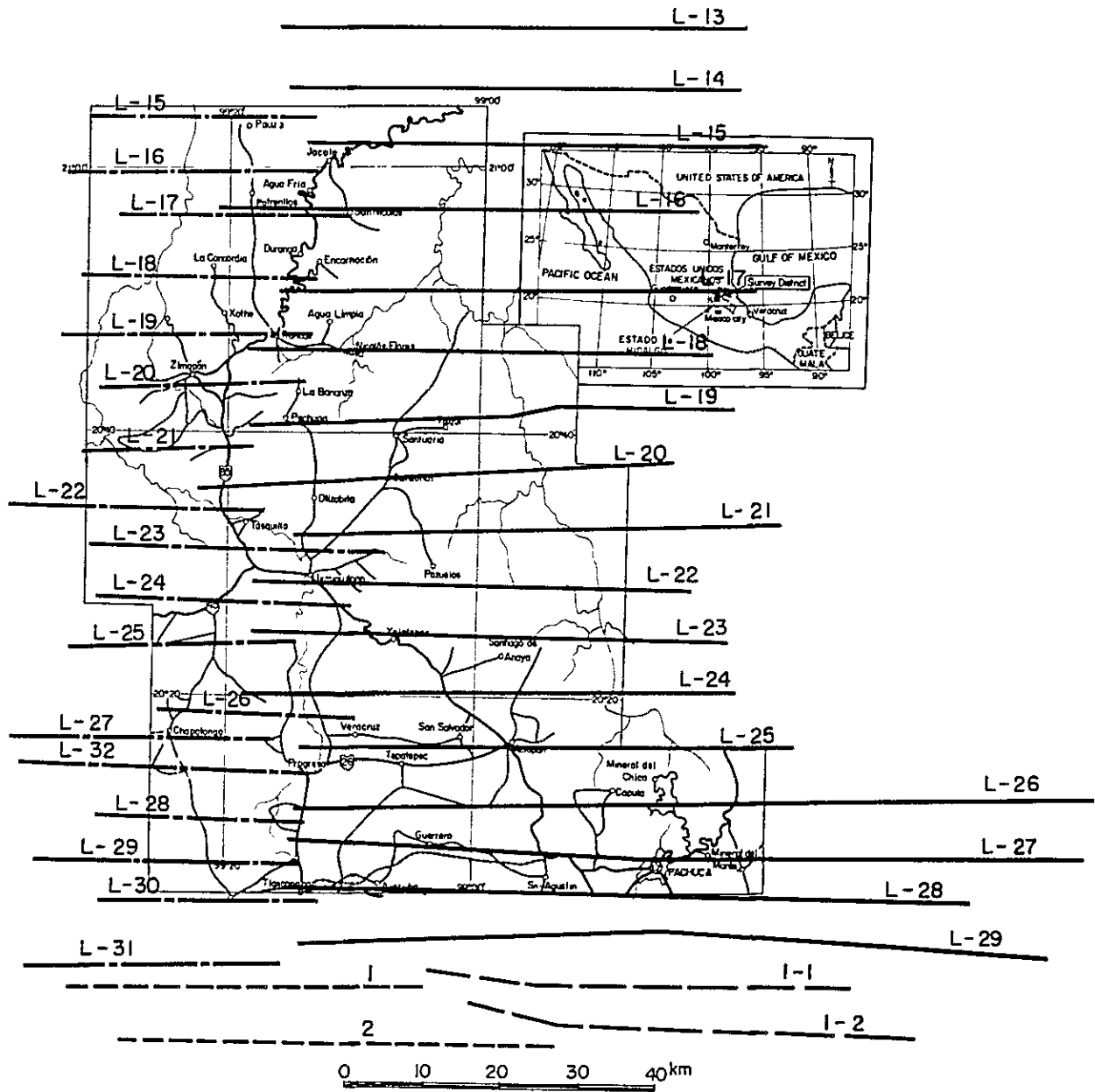
この結果は今回作成された5万分の1地形図に、地質調査の結果と合わせて整理され、これを縮小して、最終的に10万分の1広域地質図(PL-1)にまとめられた。

判読に際して用いられた諸要素は白亜系、第三系～第四系、貫入岩類に大分類し、さらに各地層および岩質毎に細分し、Table III-2に示した。

判読によって得られた地質構造は地表調査結果と総合され、広域地質図(PL-1)に示した。しかし、地層の走向・傾斜、褶曲構造および断層構造などの概略は比較的判読できたが、詳細な地質区分、各種構造や小岩体の区分の判読は困難で、その殆んどは地質調査によって得られたものである。

これらの判読結果は、既存資料および本年度調査から得られた各種資料などと共に総合的に検討された。従って写真判読は本調査に大きく貢献したものと云える。

Fig. III-1 Index of Flight Paths of Aerial Photograph



LEGEND

<u>—</u>	Zone 11 A
<u>- - -</u>	Zone 12 A
<u>- · - ·</u>	Zone 19 A
<u>- · - ·</u>	Zone 20 A

Table III—1 List of Aerial Photographs

(Approx. scale 1 : 50,000)

Zone	Line no.	Photo no.	Number	Zone	Line no.	Photo no.	Number
11 - A	13	7 ~ 20	14	12 - A	18	2 ~ 11	10
11 - A	14	10 ~ 23	14	12 - A	19	26 ~ 35	10
11 - A	15	7 ~ 21	15	12 - A	20	1 ~ 8	8
11 - A	16	11 ~ 27	17	12 - A	21	29 ~ 34	6
11 - A	17	3 ~ 18	16	12 - A	22	1 ~ 10	10
11 - A	18	10 ~ 25	16	12 - A	23	26 ~ 35	10
11 - A	19	8 ~ 23	16	12 - A	24	2 ~ 12	11
11 - A	20	9 ~ 24	16	12 - A	25	20 ~ 32	13
11 - A	21	6 ~ 22	17	12 - A	26	3 ~ 13	11
11 - A	22	12 ~ 33	22	12 - A	27	5 ~ 15	11
11 - A	23	10 ~ 27	18	12 - A	28	1 ~ 9	9
11 - A	24	9 ~ 26	18	12 - A	29	21 ~ 32	12
11 - A	25	2 ~ 20	19	12 - A	30	1 ~ 11	11
11 - A	26	2 ~ 29	28	12 - A	31	24 ~ 35	12
11 - A	27	4 ~ 45	42	12 - A	32	20 ~ 31	12
11 - A	28	1 ~ 25	25	19 - A	1	1 ~ 17	17
11 - A	29	4 ~ 37	34	19 - A	2	18 ~ 37	20
12 - A	15	28 ~ 35	8	20 - A	1	4 ~ 18	15
12 - A	16	1 ~ 10	10	20 - A	2	22 ~ 39	18
12 - A	17	31 ~ 40	10	Total			601

Fig III -2 Index Map of Previous Work Areas

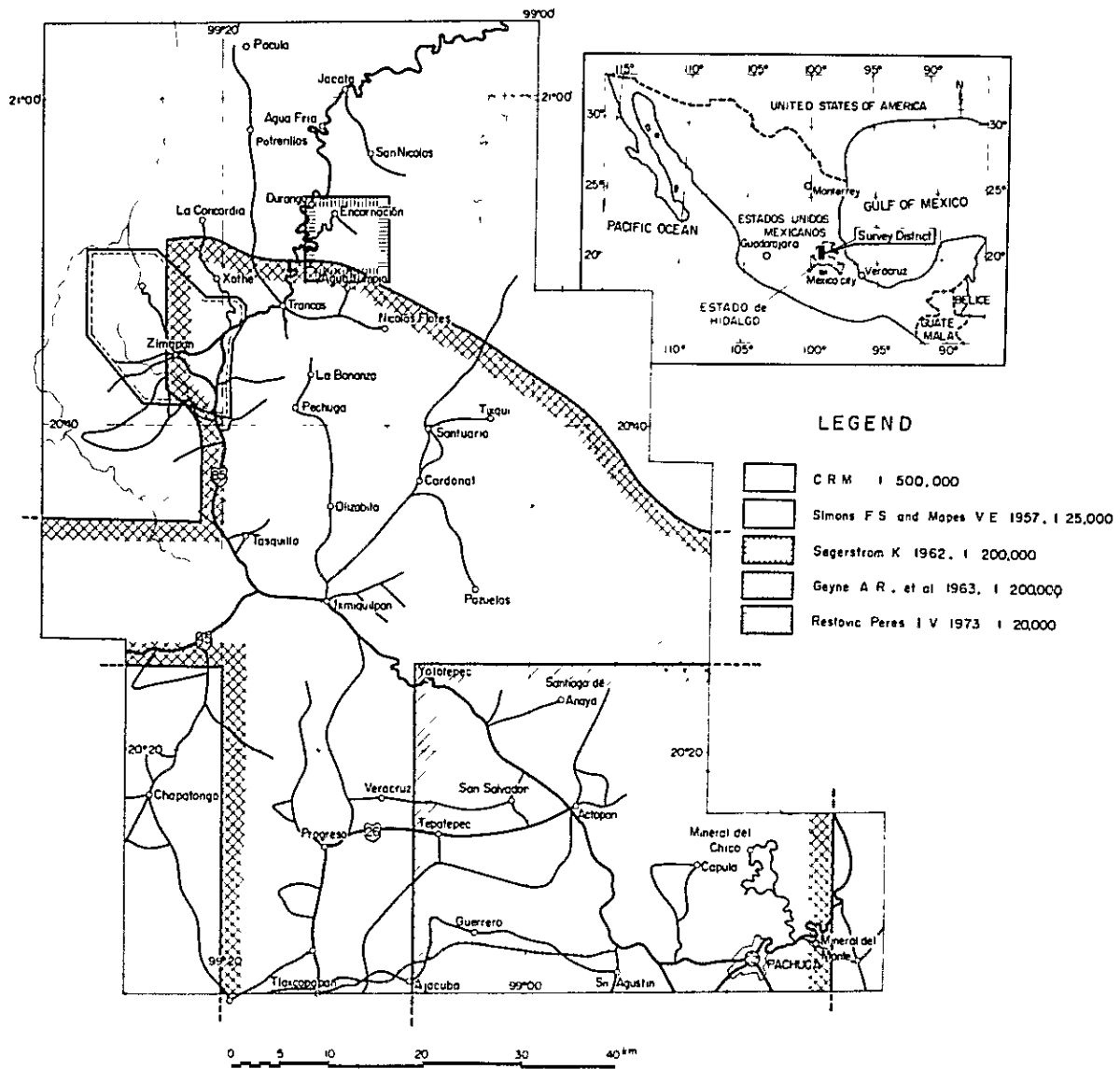




































Table III-2 Classification Standard of Geological Unit by the Photo-geological Interpretation

	Geological unit	Photographic		Drainage		Resistivity	Topography			Banding pattern of stratification	Lithofacies confirmed by field checking
		Tone	Texture	Pattern	Density		Form	Section			
								Valley	Ridge		
Tertiary-Quaternary System	Tegs	white grey to grey	granular	dendritic	dense	low	flat			nil	gravel, sand, silt and ash
	Tba3	grey	smooth	dendritic	rough	high	flat			nil	basalt lava
	Trhy2 (West of Santuario)	dark grey	granular partly rugged	dendritic	dense	low to moderate	steep			nil	rhyolite lava dome
	Trhy2	white grey to grey	granular, partly rugged	dendritic	rough	moderate	somewhat rounded			nil	rhyolite lava
	Tan3	grey to dark grey	coarse and rugged	dendritic	moderate	moderate	intermediate			nil	andesite
	Ttf2	white grey, grey and dark grey	granular to coarse	dendritic	moderate	low	somewhat rounded			distinct	tuff, lapilli tuff, tuff breccia, tuffaceous sandstone and conglomerate
	Tan2 Tan1	grey to dark grey	granular	dendritic	moderate to dense	moderate and high	somewhat rounded partly steep			nil	andesite lava and pyroclastic rock
	Tba2 Tba1	grey, partly white grey	fine to granular	dendritic	moderate	low and moderate	somewhat rounded partly steep			nil	basalt lava and pyroclastic rock
	Teg	grey	granular	dendritic	moderate	low	rounded			indistinct	conglomerate
Cretaceous System	ksh3 (Bca.del Encino area)	white to grey	fine to granular	parallel partly dendritic	dense	low	somewhat rounded			indistinct partly distinct	shale
	ksh3 (Zimapan area)	white grey to grey	granular	parallel and dendritic	moderate to dense	low	somewhat rounded or intermediate			indistinct	siltstone, sandstone and shale
	ksh3 (Las Trancas-Santuario area)	white grey to grey	fine to granular	parallel partly trellis	dense	low to moderate	steep, partly intermediate			indistinct partly distinct	shale intercalated with calcareous shale, siltstone and sandstone
	K1-2	white grey to grey	granular	parallel	rough to moderate	high to moderate	somewhat rounded			distinct partly indistinct	massive limestone
	k1f	grey and dark grey	granular	parallel to dendritic	moderate	moderate	intermediate partly steep			distinct partly indistinct	alternation of limestone marl, calcarenite, shale and flint
	ksh2	light grey to grey	fine to granular	parallel	dense	low	steep partly intermediate			indistinct	shale intercalated with calcareous shale, siltstone and sandstone
	K1-1	grey to dark grey	granular to coarse	parallel dendritic	rough or moderate	high or moderate	rounded or gentle			indistinct, partly distinct	massive limestone
Intrusive rock	Tigd	white grey to grey	granular	dendritic	dense	low to moderate	steep			nil	quartz diorite, granodiorite and diorite

第 4 章 地 質

4-1 地質概要

調査地域は、地質構造的に、東シェラ・マードレ帯に含まれる北部・中央部・中央東部と新期火山帯に含まれる中央西部・南部に分けることができる。

東シェラ・マードレ帯は、北米大陸におけるアルプス造山帯の前縁に位置づけられるロッキー山脈の南東方延長部に相当する。

ジュラ紀後期から白亜紀初期に起ったネバダ造山運動によって、北米大陸西部には陸化した地背斜が生じ、その東側にロッキーおよびメキシコ劣地向斜が形成された（Fig. IV-1 参照）。これら地向斜は、海成の堆積がほぼ終結する白亜紀末期から、ララミー造山運動の影響下におかれ、石灰質岩類に卓越する堆積岩類は烈しい褶曲作用を受け、その後陸化して現在の東シェラ・マードレ山系の骨格が形成されたものである。

一方、新期火山帯は、東シェラ・マードレ帯およびこれに平行な、北西・南東系の地質構造帯を切って東西方向に分布する。この地帯は、白亜紀の海進期には太平洋とメキシコ湾を結ぶ海であった証拠があるが、太平洋底から東に延びるトランスフォーム断層の延長部に相当し、第三紀漸新世以降現在まで継続する烈しい火山活動の場となっていることから、大きな構造帯と考えられている。

このような地史的背景を反映して、地域の北部・中央部・中央東部には著しく褶曲した白亜系堆積岩類が、地域の中央西部・南部には火山岩類が、それぞれ分布している。

貫入岩類は、小規模・不規則岩株状形態を示すものが一般的で、北部地区に点在する。鉍床は貫入岩類の周辺部に集中し、高温交代型鉄・銅鉍床および熱水性鉛・亜鉛鉍床などがみられる。

一般的に、これらの鉍床は不規則塊状、鉍筒状あるいはマント状を示す。いずれの鉍床の鉍石も、多少にかかわらず金・銀を含有しているのが特徴的である。この他、特異な例としてカリ流紋岩体中の金鉍床もみられる。

このように、調査地域は、地質構造的に東シェラ・マードレ帯とこれを切る新期火山帯両者の交叉する、地質鉍床学上興味深い部分に位置している。

今次の調査は、写真地形図化、空中写真地質判読およびその結果の現地チェノクを含む広域的地質調査からなっており、その主題は広域地質の解明および引続いて行なわれる予定の第二年次精密調査のための有望地区を選定する目的をもっている。

従って時間的制約を考慮し、本告書では、主題に関する要点の記載に重点をおき、詳細な記載は次年度精密調査結果にもとづいて報告する。

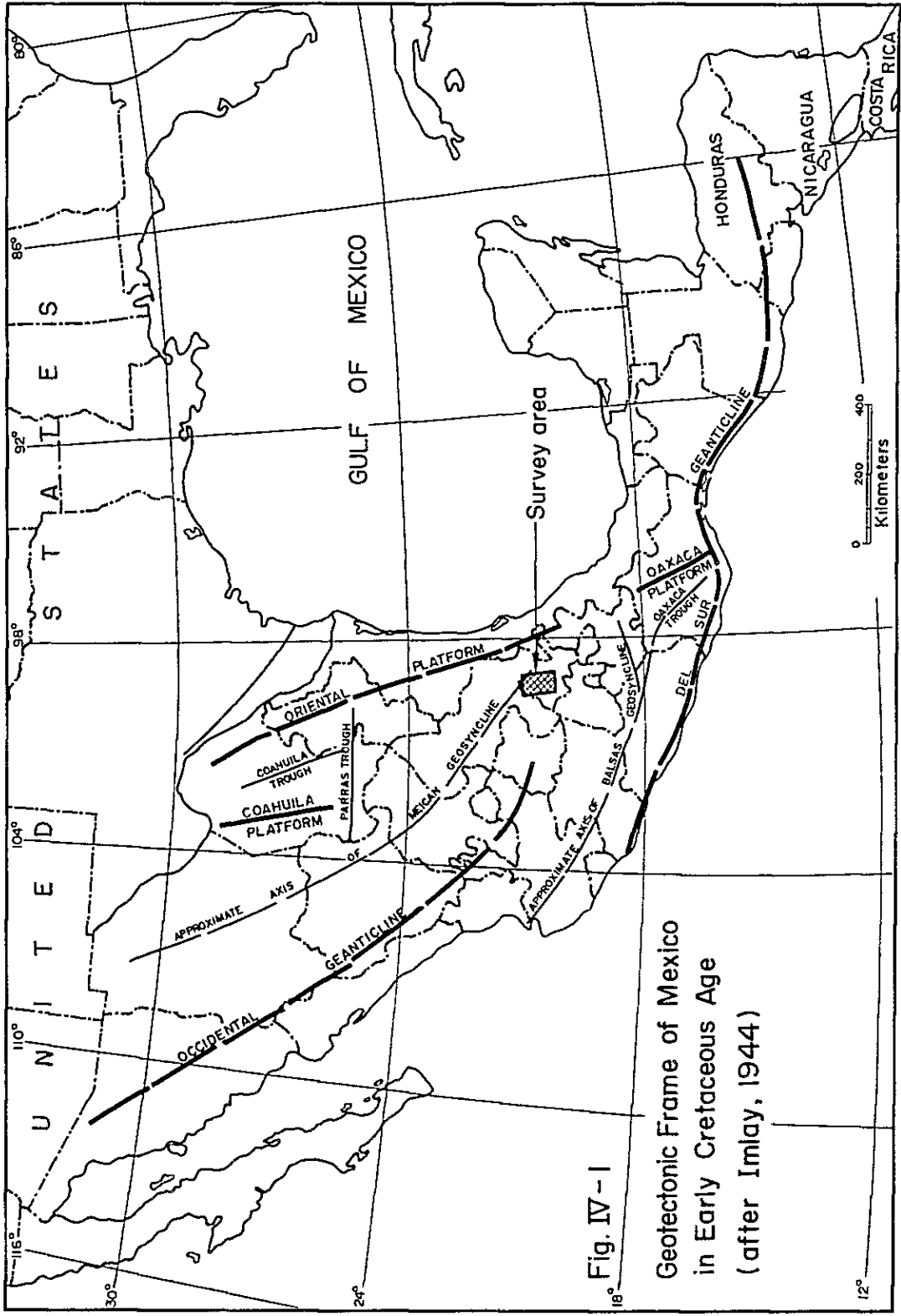
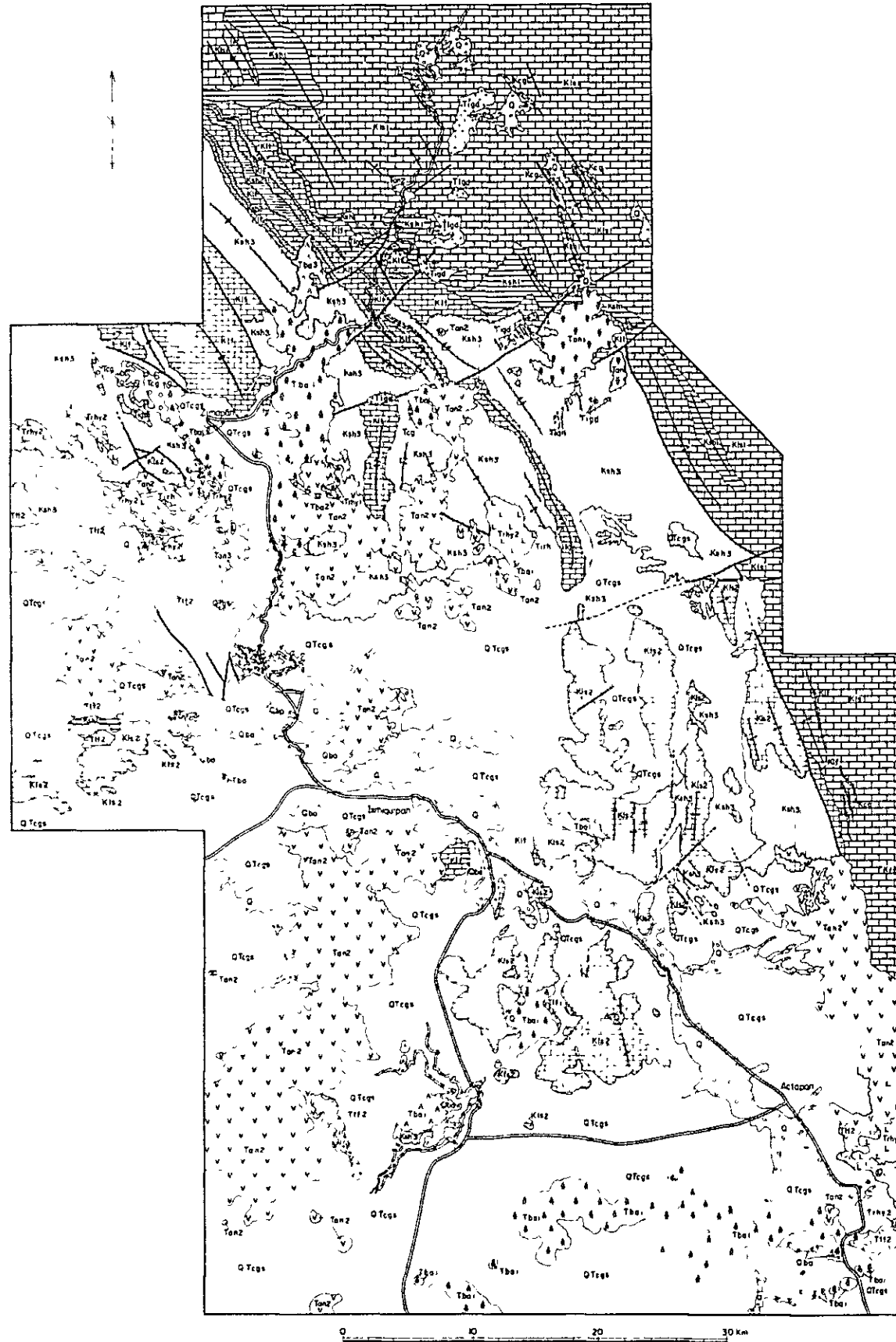


Fig. IV-1

Geotectonic Frame of Mexico
in Early Cretaceous Age
(after Imlay, 1944)



LEGEND

TERTIARY - QUATERNARY SYSTEM

- | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|
| <p>Quaternary</p> <p>Tertiary</p> | <p>Qtcg</p> <p>QbaA</p> <p>Qtcg</p> <p>Trhy2</p> <p>vTan3v</p> <p>Tihz</p> <p>Trhy1</p> <p>ATba2A</p> <p>vTan2v</p> <p>ATba1A</p> <p>Tj1v</p> <p>vTan1v</p> <p>Qtcga</p> | <p>Gravel</p> <p>Basalt lava</p> <p>Sand silt and ash</p> <p>Basalt lava</p> <p>Rhyolite lava</p> <p>Andesite lava</p> <p>Acidic tuff lapilli tuff
tuff breccia tuffaceous sandstone</p> <p>Rhyolite lava</p> <p>Basalt lava</p> <p>Andesite lava and pyroclastic
rocks</p> <p>Basalt lava and pyroclastic
rocks</p> <p>Acidic tuff</p> <p>Altered andesite lava and
pyroclastic rocks</p> <p>Conglomerate</p> | <p>INTRUSIVE ROCKS</p> <p>Rhyolite</p> <p>Andesite</p> <p>Quartz diorite granodiorite
diorite and monzonite</p> |
|-----------------------------------|--|--|--|

CRETACEOUS SYSTEM

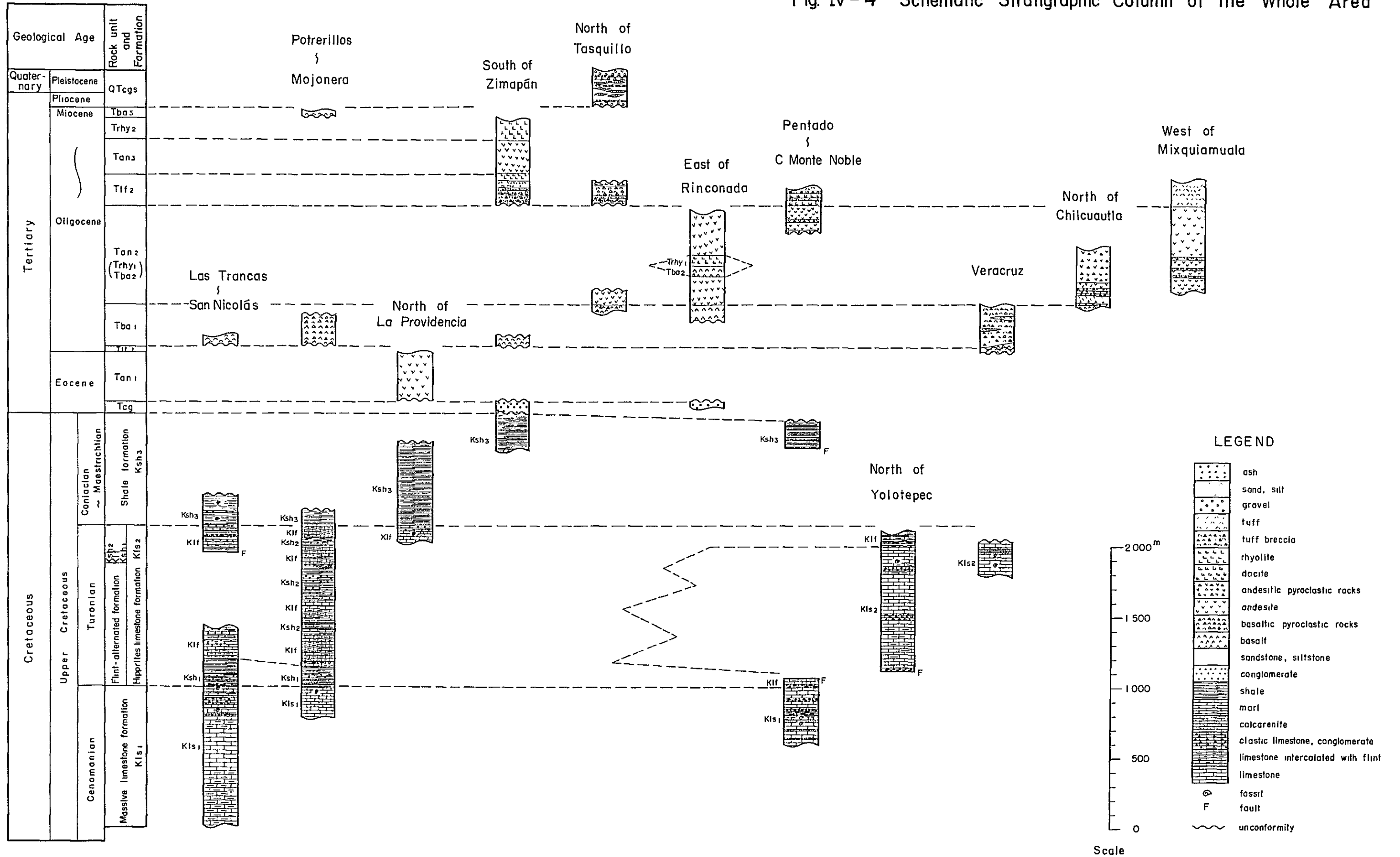
- | | | |
|---|---|---|
| <p>Upper Cretaceous</p> <p>Lower Cretaceous</p> | <p>Ksh3</p> <p>Ksh2</p> <p>Ksh1</p> <p>Ksh7</p> <p>Ksh3</p> <p>Ksh1</p> | <p>Shale intercalated with calcareous shale
siltstone and sandstone</p> <p>Hippurites limestone</p> <p>Alternation of limestone marl calcarenite
shale and black flint</p> <p>Shale intercalated with calcareous shale
siltstone sandstone</p> <p>Elastic limestone limestone conglomerate
and calcarenite</p> <p>Massive limestone</p> |
|---|---|---|

Geological Symbols

- | | |
|--|----------------------|
| | Fault |
| | Anticline |
| | Syncline |
| | Overturned anticline |
| | Overturned syncline |

Fig. IV-2 Geological Map of the Survey District

Fig. IV-4 Schematic Stratigraphic Column of the Whole Area



4-2 層 序

調査地域内に分布する地層は白亜系・第三系およびこれらを買ぬく貫入岩類と地域中央部および南部の地形的低地を埋める第四系からなる。これらの基盤と考えられる古期岩類は当地域内には露出しない (Fig. IV-2 参照)。

4-2-1 白 亜 系

本地域を含むメキシコ中央部のジュラ系および白亜系については、幾つかの既往調査研究があり、岩相、化石、地層の命名および対比が行なわれている (Imlay, 1944 ; Segerstrom, 1962)。

然しながら、今次の調査において得られた地質的諸資料は、既往の調査結果について幾つかの疑問を提起した (Table IV-1 参照)。これらの疑問は、次年度実施予定の精密調査によって解決されるべきものである。

したがって、混乱を避けるために、白亜系堆積岩類については、既に命名された地層名を使用せず、対象地層の岩相・化石などに基づいて仮りの地層名を用いた。

(1) 塊状石灰岩累層

本累層は調査地域内に分布する岩類の中で最も古い地層で、岩相上、 $K1s_1$ および Kcg の2相に分けられる。しかし主体を占めるものは $K1s_1$ であって Kcg は上部に部分的に挟在するものである。

〔分布〕

調査地北部に主に露出するが、中央東端部にも小規模に分布する。

具体的に、国道85号線のメキシコ起点から約235 Kmの地点 (Zimapan より約18 Km 北東) 付近から調査地北限まで、同国道の切り割りおよび付近の崖に良好な露出がみられる。この国道85号線は、大略、本層の一般走向に直交して北東方向に延びている。したがって国道を挟んでその北西および南東両方向、すなわち、東シエラ・マードレ山脈の延長方向に大規模に分布する。この他、調査地中央東端部の Santiago de Anaya 北東方10 Kmの位置より北東方にも露出がみられる。

〔層厚〕

基底が未確認のため正確な層厚は測定できない。しかし露出部分のみで上限から下方に1,000 m以上の層厚が確認されている。これはみかけ上、下部400 m、中部300 mおよび上部300 mに分けられる。

〔岩相〕

本層は、全体的に造崖性・厚層理～塊状・細粒・灰色～灰褐色石灰岩 ($K1s_1$) を主体とし部分的に碎屑性石灰岩・石灰礫岩・石灰砂岩などの挟在薄層 (Kcg) をともなっている。

下部 400 m は、灰色（部分的に暗灰色、灰褐色）・細粒・中層理～厚層理（一般的に 20 cm～60 cm の層理で、厚くても 1 m 以下）の石灰岩からなる。

この部分には、団塊状またはレンズ状黒色フリントが少量ではあるが一般的に含まれているのが特徴である。これら下部は、San Francisco および Durango 両背斜の軸部において深く切れ込んだ沢の底部に露出がみられる。

中部は比較的均質な灰色・細粒緻密・厚層理～塊状石灰岩を主体とする。しかし下半部においては、しばしば中層理石灰岩が挟まれるほか一つの化石密集帯をともなっている。

これらは、San Francisco および Durango 背斜軸部の沢中に露出がみられる。

上部は灰白色・灰褐色（部分的に暗灰色）・厚層理石灰岩を主体とするが、石灰礫岩・石灰砂岩および泥灰岩（Keg）などを挟み、一般に含化石質で有孔虫および大型化石の密集帯をともなり特徴をもっている。したがって、下部および中部に比較して不均質である。

これら上部の分布は、上位層との地質境界にほぼ平行してみられるが、この塊状石灰岩累層全体が、上位に累重する他の地層に比較して、おだやかな背斜および向斜を繰り返すために上部は地域北東部 Agua Fría 部落から San Nicolás 部落にかけて繰り返し分布する。

〔化石および対比〕

今次調査において、本累層から次表に示される化石が採取された。

Table IV-2 Fossils from the Massive Limestone Formation

Actaeonella sp.

Bivalvia

Foraminifera

Gastropods

Nerinea sp.

Radiolites sp.

Hippuritacea

しかしこれらの化石のみでは、この累層の時代を明確に定めることはできないが、

- 1) 産出化石の種類が El Doctor 石灰岩の産出化石に類似している。
- 2) 塊状～厚層理石灰岩の厚層であること。
- 3) *Radiolites* が Cenomanian 階およびその上位の地層に出現する化石である。

これらのことを考慮すると、この累層は Albian 階から Cenomanian 階とされる El Doctor 石灰岩 (Wilson and others, 1955) に対比される。

(2) フリント挟在累層

本累層は泥質岩に富む下部層 (Ksh₁) と、黒色フリントを挟有する石灰質岩類 (Klf) と泥質岩類 (Ksh₂) との互層からなる上部層に分けられる。

(2)-1 下部層 (Ksh₁)

[分布]

地域北西端の Potrerillos 部落付近, Dos de El Aguila 鉞山から南東方および地域中央東部付近において, 下位の塊状石灰岩累層を整合的にとおって分布する。

最初の単位は, 約 350 m の層厚を示し, 下部は暗灰色・中層理石灰岩を主体とし, 薄層理の頁岩およびフリントを挟有する。上部は暗灰色・中層理～薄層理石灰岩と頁岩との互層に移化する。

第二単位は, 約 370 m の層厚を示す。下部約 100 m は灰色～暗灰色・中層理石灰岩を主とし, その間に黒色フリントおよび頁岩の薄層を挟有する。その上部 50 m は比較的, 挟在層の少ない灰色・中層理石灰岩からなる。これに対して, 上部 220 m には, 薄層理の泥灰岩, 頁岩およびシルト岩の互層が累重している。

第三単位は, 205 m の層厚をもつ。下部 100 m は, 黒色フリント薄層を挟有する暗灰色・泥灰岩, 石灰砂岩および頁岩の互層を主とするが, その上位に 30 m の層厚の中層理石灰岩をもっている。

上部 75 m は灰褐色・薄層理泥灰岩および石灰質頁岩の互層からなり黒色フリント薄層を挟有する。

第四単位は, 暗灰色・中層理の石灰岩を主とし, 黒色フリント薄層を挟有する。その層厚はおよそ 75 m である。

このように本層の岩相は, 4 単位の堆積輪廻を示す岩相からなり, 更に, 第一単位から上位に向うに従い, その堆積物の中に陸源碎屑物が増加する傾向を示している。

[化石]

本層中の化石は, きわめて偏在しており, 一般的には化石にとぼしい。今次調査においては, Yonthe 鉞山付近および Santuario 部落北方からつぎの化石が採取された。

Table IV - 3 Fossils from the Flint-alternated Formation 大型化石

Baculitidae gen. et sp. indet. …… 多産
coiled ammonite (evolute form)
" (involute form)
Diplomoceratidae gen. et sp. indet.

Eoradiolites sp.

Gastropods

Nerinea sp.

超微化石

Eiffellithus turris Eiffeli

Parhabdololithus angustus

Parhabdololithus embergeri

Watznaueria barnsae

これらの化石の組合せは、本層が堆積した時代が Cenomanian 階から Turonian 階であることを示している。

地域中央東部付近において、下位の塊状石灰岩累層を整合的におおって分布する。

〔厚層〕

Potrerillos 部落付近では 150 m, El Zapote 付近では 200 m, その南東方 Arroyo Cuesta Colorada 付近では 180 m の層厚が確認されているが、更に南東方の Santiago de Anaya 部落の北東方では欠除する。岩質上、本層は下部 (10 m ~ 20 m) 中部 (150 m 土) および上部 (30 m) に分けられる。

〔岩相〕

本層下部は暗灰色・薄層理～中層理・石灰質頁岩とレンズ状石灰岩の互層からなる。中部は、灰褐色・薄層理頁岩を主体とし、部分的に中層理グレーワックおよび石灰質頁岩を挟有する。上部は暗灰色・中層理・石灰質頁岩からなり、上位層に漸移する。

〔層序関係〕

下位層である塊状石灰岩累層との関係は、みかけ上、整合的で、Potrerillos 付近から南東にかけての本層は、やや急傾斜で下位層をおおっている。また Barranca de los Marmoles 川上流の国道 85 号線沿いでは、緩傾斜で下位層をおおっている。ここでは国道 85 号線がほぼ地質境界に沿っており、同国道より地形的上位には本層、下位には塊状石灰岩累層がそれぞれ分布している。しかし、層厚の変化があること、および地域中央東部では本層を欠除すること等から、下位層 (KI_{S1}) との間に不整合が推定される、上部層には漸移関係で移り変ってゆく。

(2) - 2 上部層 (K1f, Ksh₂)

〔分布〕

本層は調査地域北半部に大規模に分布し、南半部には非常に僅かしかみられない。すなわち、地域北西部から中央部に連続する帯状および島状に露出がみられる。

具体的には、国道85号線の Puerto de Estancia 部落から北方に分岐して San Francisco に至る道路沿い（分岐点の北方10 Kmの地点より以北）、国道85号線沿い（Puerto de Las Trancas 部落の約3 Km北方の地点から Maguey Verde 部落までの区間）および Puerto de Las Trancas 部落から Nicolás Flores に至る道路の途中から分岐する、Agua Limpia 部落行徒歩道沿いにその主要部を観察することができる。

〔層厚〕

一般に本層は烈しく褶曲されており、いたる所で、急傾斜な小褶曲の繰り返しが観察される。また石灰質岩類および泥質岩類の互層を主体とし、地層の上下関係を判断するための鍵層準または砂質岩の級化層理なども認められないので正確な層厚を計算することは非常に困難である。しかし、小褶曲が多く観察されるにも拘わらず、黒色フリントの薄層を挟有する石灰質な岩相から泥質な岩相にいたる大きな4単位の堆積輪廻の累重は正常であり、逆転構造は認められない。したがって本層中には、比較的急傾斜の層内褶曲構造が発達しているために、みかけ上、厚い層厚を示すものと考えられるが、各露出にみられる層厚を総合判断すれば、その層厚は約1,000 mと判断される。

〔岩相〕

本層は、上述のように、下位から上位に累重する4単位の堆積輪廻を示す岩相からなっている。

(3) Hippurites 石灰岩累層 (K1s₂)

本累層は多くの *Hippurites* で特徴づけられる厚層理～塊状の礁性石灰岩からなる。後述するように、本累層と黒色フリント挟在累層は指交関係にある。

〔分布〕

調査地域中央部から北を北半部、南を南半部と分ければ、本累層の分布は南半部と西中央部の一部に限られ、北半部には分布しない。

南半部における主なる分布は、中央部やや東部から南中央部にかけて、約1.5 Kmの東西幅で約4.0 Kmの南北延長をもつ範囲内にある。この範囲内には、本累層からなる独立山塊が南北方向に配列している。この他の分布は、中央西端部 San Lucas 付近と Zimapán 南西の小分布に限られる。

〔層厚〕

約1,000 mの層厚が測定される。

〔岩相〕

本累層は灰色～灰褐色・厚層理～塊状・含化石質石灰岩を主体とするが、上部は *Hippurites* で特徴づけられる礁性石灰岩からなる。一部に不均質な砕屑性石灰岩、褐色フリント団塊などを挟有する。

下部 450 m は灰色・厚層理・細粒緻密な石灰岩で、部分的に褐色フリント団塊がみられる。その上位 50 m は不均質石灰礫岩からなる。中部 300 m は灰褐色・細粒緻密塊状の石灰岩で、一部に暗灰色・中層理石灰岩を挟有している。上部 200 m は灰褐色・粗粒・不均質礁性石灰岩で、後述するように、*Hippurites* などの Hippuritacea 化石を含んでいる。
〔化石〕

今次調査において本層からつぎの化石が採取された。

Table IV-4 Fossils from the Hippurites Limestone Formation

地域中央部

Biradiolites sp.

Bournonia sp.

Coral

Coralliochama sp.

Eoradiolites sp.

Gastropods

Hippurites sp.

Nerinea sp.

Radiolites sp.

Hippuritacea

南中央

Gastropods

Nerinea sp.

Plagiptychus sp.

Hippuritacea

最南部

Bivalvia

Bournonia sp.

Hippurites sp.

Requienia sp.

中央西部

Caprinidae gen. et sp. indet.

Echinoidea gen. et sp. indet.

Monopleuridae gen. et sp. indet.

Nerinea sp.

Hippuritacea

これらの化石の組合せは、本層上部が Turonian 階に、礫性の環境で堆積したことを示している。

〔層序関係〕

本層を除く、他の白亜系堆積岩類が地域北半部に良好な露出をみせるのに反し、本層の主なる分布は地域南半部に限られている。したがって、本層と他の白亜系との直接の累重関係を観察できる場所は僅かにつぎの2ヶ所にすぎない。

i 地域西央部 San Lucas 付近

本層が Ksh₁ 頁岩層を整合的におおっている。

ii 地域南央部 Xuchitlan 北方の丘

本層が Klf 層に整合的におおわれている。

この2ヶ所で観察される関係は、本層が、Klf 層および Ksh₁ 頁岩層からなる黑色フリント挟在累層の一部層であることを示している。一方、両層から産する化石の鑑定結果は、黑色フリント挟在累層については化石の産出が少ないので決定的ではないが、Cenomanian 階から Turonian 階を示し、また、本層上部は Turonian 階であることが、それぞれ確認されている。従って堆積の時階はほぼ同時期と考えられ、しかも地層の累重関係はこれに矛盾しない。しかし岩相が著しく異なる。本層が浅海礫性の堆積環境を示すのに反し、黑色フリント挟在累層は、黑色フリントを挟有し、石灰質岩類に卓越するより深海性堆積環境を示しており、それぞれの主なる分布地区が北半部と南半部に分かれている。これらのことから、黑色フリント挟在累層 (Ksh₁, Klf, Ksh₂) と Hippurites 石灰岩累層 (Kls₂) は同時異相で、一部は指交関係にあると考えられる。このような現象は、特徴的に、メキシコ地向斜全部を通じてみられると Imlay (1944) によって指摘されている。

なお本層と下位の塊状石灰岩累層との関係は確認されていない。

既往調査資料と対比すると、Hippurites 石灰岩累層は、Cuautla 累層 (Fries, 1956) に岩相・化石および時階も一致する。しかし、Cuautla 累層と同時異相の関係にある Soyatal 累層 (Wilson, 1955) と当地域の黑色フリント挟在累層とは、岩相 (Soyatal 累層は黑色フリントを挟在しない) と層厚がよく一致しない点が今後の問題として残される。

(4) 頁岩累層 (Ksh₃)

本累層は当地域に分布する白亜系岩類の中で最上位を占める、千枚岩質頁岩を主体とする地層である。

〔分布〕

調査地域北半部において主たる分布が観察される他、中央東部付近にも一部分布する。

具体的に、Zimapán 西方の San Miguel-San Antonio-Bothina 部落付近、国道 85 号線 Puerto de Las Trancas 部落付近より北西方向、中央部 Santuario 部落付近およびその北西方向 Pechuga-Bonanza 部落付近および中央東部の Tixqui-Poterero-Nicolás Flores 部落にいたる地区に大規模に露出する他、これらの南東方延長部に相当する Santiago de Anaya 部落の北東方にも一部露出する。

〔層厚〕

本層の最上部は、傾斜不整合の関係で第三系におおわれる。また、本層は薄層理頁岩を主体とすることから、他の地層に比較して、物理的可塑性に富んでいるらしく、烈しい小褶曲構造をいたる所で示す。平面的に広い分布を示し、急傾斜の部分が多い。然し下位層が所々に露出していることから、地質断面では、最大層厚は約 800 m と推定された。

〔岩相〕

全体に均質な岩相を示すが、地域ごと、および下部から上部にかけて若干の岩相変化がみられる。

国道 85 号線 Rinconada 部落東方の山岳に露出する本層の下部は、灰褐色・薄層理頁岩を主体とし、褐色・中層理の泥灰岩を挟有している。

中部～上部と考えられるその他の露出

i Pechuga-Bonanza 付近では

褐色・中～薄層理頁岩を主体とし、薄層理・緑灰色グレーワッケおよび暗灰色泥灰岩を挟有している。

ii Santuario 北部 Poterero 付近では

暗灰色・中～薄層理石灰質頁岩と褐色・薄層理頁岩の互層からなっている。

iii 西央部 Zimapán の西方では、

灰褐色・千枚岩質シルト岩・砂岩・頁岩の互層からなり、時々中層理泥灰岩を挟有している。

したがって、中部～上部層については、地域西部では、東部に比較して砂質である。

〔化石〕

本層は化石にとぼしく、且つ、烈しい褶曲構造のためと考えられるが、保存が悪い。

今次調査においては次の地点から以下の化石を採取した。

i 国道 85 号線 Puerto de Las Trancas 部落より分岐して、Nicolás Flores に至る道路の分岐点付近および同分岐点より国道に沿って約 500 m 北の地点

aberrant ammonite

rudistid (aff. Caprinidae ?)

ii Santuario 北方1 Kmの道路沿いの地点

Coral

Bivalvia

これらの化石では時階は決められない。

iii Yonthe 東方10 Kmの Tonaltongo 行道路沿い地点超微化石

Broinsonia enormis

Cribrosphaera ehrenbergii

Cretarhabdus conicus

Eiffelolithus eximus

Micula staurophora

Watznaueria barnsae

Watznaueria aff W. communis ?

この組合せから本層の時階は、後期 Turonian 階から後期 Campanian 階の間と考えられる。しかし、本試料採取位置は、層序的に本層最下部であるため、本層上部は Maestrichtian 階まで延びる可能性がある。

[層序関係]

整合関係で下位層と接する。

[対比]

層序的位置および岩相から Méndez 頁岩相に対比される。

4-2-2 第三系

本地域の第三系は、基底礫岩層を除き、殆んどが火山岩類で構成され、地域南東部の Actopan 山脈、地域南西部の Ximthe 山脈、地域南端部の東西系山岳および地域中央部の Juárez 山脈とその西部地区などに、それぞれ独立した山脈を形成して大規模に分布するほかに、小規模な独立峰をなすものの点在もみられる。これらの分布位置は、巨視的には、メキシコ中央部の新期火山帯の北東縁に相当し、本地域の第三紀火山岩類をもたらした火成活動が、新期火山帯を生成した活動の一部であることを暗示している。

これらは地域内で独立した分布を示すので、全岩類について明らかな、相互の累重関係が確認されないが、ここでは、同一地域内における、相互に関連した火成活動と考え、岩質、岩相および K-Ar 絶対年代など諸資料を考慮して 12 種に区分した。

(1) 礫岩 (Tcg)

〔分布〕

最大の分布は、Zimapán 西方の El Barron-El Alamo-San Miguel 付近において、丘陵部の山腹に沿いながら沢を挟んだ三日月形を示すもので、更に西方の山頂付近 La Majada から El Mezquite にかけて小規模に分布する。その他、国道 85 号線 Rinconada 南東の沢底に沿って細長く分布し、地域中央部 Bonanza 付近にも僅かに露出する。このように偏在した分布を示すのが本層の特徴である。

〔岩質〕

白亜系石灰岩の角礫～垂角礫を主体とし、安山岩質火山岩礫も、少量ではあるが、一般的に含まれている。礫径は、20 cm～30 cm のものが主体をなすが、1 cm 以下の細粒なものから 1 m 以上の大角礫まで認められる。これらの礫が、酸化して赤褐色を呈するシルト質基質によって固結されている。分級作用は認められないが、石灰岩角礫の中で偏平な面をもつものが平坦に重なり、一見成層状を呈する部分もみられる。

〔累重関係〕

白亜系最上部の頁岩累層 (Ksh3) を傾斜不整合の関係でおおっている。本層から大型化石は発見されていない。但し、含有礫の石灰岩は白亜系の化石を含有している場合もあるがこれは他源的に移動堆積したものであり参考にならない。

白亜系中に発達する烈しい褶曲構造が、本層にはみられないこと、白亜系最上部を不整合に被覆すること、および安山岩礫を含有していることから、本層の堆積時期は第三紀始新世末期～漸新世初期と推定される。これは後述されるように、本地域における最も古い安山岩の活動は、今次調査の K-Ar 絶対年代測定によって始新世末期と判明したことを有力根拠としている。また分布が偏在し、分級作用を受けておらず、白亜系とは傾斜不整合の関係にあることなどから、本層は、内陸に部分的に形成された凹地に乱堆積した陸成層とみられる。本層は El Morro

fanglomerate 累層 (Simons and Mapes, 1956) に対比される。

(2) 変質安山岩溶岩 (Tan1) および安山岩々脈 (Tian)

〔分布〕

本岩は地域東北部の Nicolás Flores 部落の東方または Poterero 部落の北方において、大略 4 km × 8 km の山塊を形成して分布するほか、周辺に小規模な岩脈状をなして産する。

〔岩質〕

肉眼的に緑灰色を呈し、不均質な、一見凝灰角礫岩状を呈するが緻密堅硬で、同源捕獲岩を多量に含有する安山岩溶岩である。鏡下に、斑状組織および流理構造が認められる。斑晶は斜長石、角閃石・普通輝石および磁鉄鉍などからなるが、殆んどの部分でこれらは緑簾石に置換されている。石基は石英と長石の Felsite 様組織と輝石粒と推定されるが、現在は石英を除き全部緑簾石の微晶に交代されている。

小規模岩脈状に産する部分では、前者に比較して均質で、斑状組織が明瞭である。鏡下に、斑晶として、角閃石・斜長石・黒雲母・燐灰石およびチタン石を有し、石基としては、短冊状斜長石および粒状輝石からなっている。二次変質鉱物として、炭酸塩鉱物・石英および緑泥石がみられる。これらの岩脈は、Poterero 付近において、岩脈群として白亜系の中に、小規模であるが多数みられ、前述の溶岩流と同時期の貫入と考えられる。

〔累重関係〕

本岩は他の火山岩類の分布域から孤立して、白亜系を被覆しあるいは貫ぬいて分布する。しかし、本岩の K-Ar 絶対年代は 38.1 ± 1.4 m. y. を示し、且つ、本岩と類似の安山岩礫が第三系最下位の礫岩 (Teg) 中に含まれていることから、本岩は調査地域内に分布する火山岩類中最も古いものの一つと考えられる。

(3) 酸性凝灰岩 (Ttf1)

〔分布〕

本岩は調査地南央部 Cerro Peña Colorada の南東山麓に小規模に分布するのみで、他地区には分布しない。

〔岩質〕

本岩は、灰白～黄灰白色を呈する酸性凝灰岩と多孔質な凝灰質石灰岩の互層からなる。層厚は 20 m 前後と推定される。石灰岩はレンズ状に成層しており、多孔質粗しょうな外観を呈するのが特徴である。

〔累重関係〕

本層は後述する玄武岩溶岩 (Tba1) に被覆される。下位層と直接の関係はみられない。しかし、周辺部には、Hippurites 石灰岩 (Kls2) が大規模に分布するのでこれを不整合に被覆しているものと考えられる。

(4) 玄武岩類 (Tba 1)

〔分布〕

本岩の分布は、Zimapán 付近からその東方の国道 85 号線に沿った地区までの、調査地域北西部と、東西方向に連なる山岳および小丘陵からなる調査地域南端部の二地区に大きく分けられる。その広がり、大略、地域北西部では 6 km × 15 km、地域南端部では 15 km × 30 km を占めている。

〔岩質〕

本岩類は玄武岩溶岩および同質火山角礫岩の累重からなる部分と溶岩流の卓越する部分があるが Tba 1 として一括してある。

調査地域南端部における本岩類は、肉眼的に灰色～赤褐色・緻密～多孔質と多様な変化を示し、多くの場合流理構造が観察される。本地区において、東西方向に連続する山岳および丘陵は全部本岩類によって構成される。本地区中央部付近においては、溶岩流と火山角礫岩が、5 m ～ 10 m の単位で水平に累重する分布がみられ、比較的火山角礫岩相に卓越するが、その他の部分では溶岩流が卓越している。岩質は鏡下では、石英、斜長石、単斜輝石および斜方輝石を斑晶とする斑状組織を呈し、石基は短冊状斜長石、粒状～柱状の輝石および褐色ガラスからなっている。杏仁状気泡をもっているものが多く、気泡内にはクリストバル石を生じている。

調査地域北西部の本岩類は、肉眼的に暗灰色～暗緑色・緻密で、一般に気泡組織が認められる。鏡下では、橄欖石斑晶による斑状組織と気泡組織が特徴的で、石基は、一定方向に配列する多量の短冊状斜長石、輝石、橄欖石および磁鉄鉱からなる。なを、斑晶橄欖石は、一般に緑泥石～サポーナイトに変質している。一般に溶岩流の岩相を示すが、本岩類北端部では同質の火山角礫岩が卓越している。

このように本岩類は、調査地域南端部では石英玄武岩であるが、調査地域北西部では橄欖石玄武岩である。

〔累重関係〕

Zimapán 付近において、第三系最下部とされる礫岩層 (Tcg) を調和的に被覆する。また地域南部の Cerro Peña Colorada では酸性凝灰岩 (Ttf 1) 層を被覆している。

(5) 安山岩類 (Tan 2)

〔分布〕

安山岩質火山岩類からなる本岩類は、地域南西部の Xinthe 山脈、地域南東部の Actopan 山脈および地域中央やや北部の Juárez 山脈に大規模な分布を示す。

〔岩質〕

Xinthe 山脈および Actopan 山脈における本岩類は安山岩溶岩・安山岩質火山角礫岩・同質集塊岩および凝灰角礫岩の累重からなっている。特に Xinthe 山脈北半部では火山角礫岩およ

び集塊岩の岩相が卓越している。

岩質は、紫蘇輝石・普通輝石安山岩と角閃石・クリストバル石石英安山岩の2種類に大きく分けられる。この2種類の安山岩が上述の岩相を示しながら累重しているので、地質図上では(Tan2)として一括してある。

紫蘇輝石・普通輝石安山岩は、肉眼的に灰色・斑状で、鏡下では、斜長石・普通輝石・紫蘇輝石および磁鉄鉱などの斑晶と短冊状斜長石および微粒状輝石からなる石基が認められる。一般に短冊状斜長石が定方向に配列した流理組織が観察される。

石英安山岩は斑晶として、石英・角閃石・クリストバル石の他に紫蘇輝石および普通輝石を含むもの、石英結晶が多量のものから少量のものまで多様性に富んでいる。

Juárez山脈付近に分布するものも、岩相は類似するが、石英安山岩類は分布しない。また、Cerro de Juárezにおいては、下半部には火山角礫岩、上半部に溶岩流がそれぞれ卓越する。

〔累重関係〕

本岩は、Cerro de Juárez 西方山麓において玄武岩類(Tba1)を被覆している。また、Actopan 山脈東側山麓のArroyo Cerro Blanco 沢底(調査地域外)で採取した本岩のK-Ar絶対年代は 27 ± 1.4 m.y. を示した。したがって、本岩類の噴出時期は漸新世末期と考えられる。

(6) 玄武岩溶岩(Tba2)

〔分布・岩相・岩質〕

本岩は安山岩(Tan2)中に挟まれる溶岩流で、小規模にCerro de Juárez 西側山腹に露出する。緑泥石化作用を蒙り暗緑色を呈し杏仁状構造をもっている。安山岩溶岩中に調和的に挟在し、同時期の部分的活動によるものと考えられる。

(7) 流紋岩類(Trhy1)

〔分布・岩相・岩質〕

本岩も前記Tba2玄武岩と同じ場所において、安山岩(Tan2)中に小規模に分布する。下位はTba2玄武岩、上位はTan2安山岩と調和的に接している。連続する延長が認められないので、小規模かつ部分的活動によるものと考えられる。灰赤褐色で粗しような外観を呈する。

(8) 酸性火山砕屑岩類(Ttf2)

〔分布〕

調査地西部では、Xajha 付近からCaltimaacan にかけてのRío Tula 下流域に広大な分布がみられるほか、調査地南東部のSantiago de Anaya 北東方およびActopan 南東方でActopan 山脈の一部を構成している。最大の厚さは約400mと推定される。

〔岩質〕

流紋岩質凝灰岩および凝灰角礫岩を主とするが、流紋岩溶岩が卓越している箇所もみられる。

また、部分的に安山岩質凝灰岩、同凝灰角礫岩をはさむ。

調査地西部の本岩は淡黄白色あるいは淡緑色を呈する流紋岩質凝灰岩、凝灰角礫岩を主とし、暗赤褐色流紋岩の溶岩を数枚はさんでいる。一般に成層しており、凝灰岩の一部は洗われて赤褐色ないし黄緑色の凝灰質砂岩となっている。緑泥石化作用を蒙り淡緑色を呈する。Caltimaacan 北方の Río Tula 沿いの流紋岩は、鏡下で斑状組織および流理組織を示し、一部では球顆状組織もみられる。斑晶として斜長石を含み、石基は斜長石、石英、ガラスを主とし、粒状輝石、磁鉄鉱を少量含む。Caltimaacan 北東の国道 85 号線沿いに分布する本岩は淡緑色を呈する自破砕ガラス質黒雲母流紋岩あるいは真珠岩である。Actopan 南東の Actopan 山脈西麓では淡黄褐色流紋岩溶岩と黄白色ないし暗赤褐色の火山礫凝灰岩からなる。

〔累重関係〕

Caltimaacan 西方および Actopan 東方において、本岩類は安山岩類 (Tan2) をおおっている。したがって、Tan2 をもたらした安山岩質火山活動に続いて起った、より酸性の火山活動によって本岩類が形成されたと考えられる。調査地西部の本岩類には成層構造が発達しており、一般走向は N15°~25°W で、NE あるいは SW に傾斜し、ゆるい褶曲がみられる。

(9) 安山岩溶岩 (Tan3)

〔分布〕

調査地西部の Xitha と Saucillo の間の標高差最大 400m の山塊を構成している。最大 350m の厚さと推定される。

〔岩質〕

暗緑色ないし褐色の多孔質塊状安山岩溶岩で、部分的かつ不規則に同質凝灰岩・凝灰質砂岩をはさむ。溶岩は、鏡下で斑状組織を示し、斑晶として斜長石、紫輝輝石、普通輝石を含み、石基は短冊状斜長石、柱状ないし粒状の輝石、磁鉄鉱を主とし、少量の角閃石も含んでいる。

〔累重関係〕

他岩類との直接境界は、今回の調査では確認できなかったが、おそらく酸性火山碎屑岩類 (Ttf2) の上位にあると推定される。

(10) 流紋岩溶岩 (Trhy2)

〔分布〕

調査地域西部の Xajha 付近から Caltimaacan の Ttf2 分布域の地形的凸部、調査地中央部 Santuario 西方の山塊および調査地南東部 Actopan 山脈などに主なる分布がみられる。

〔岩相・岩質〕

溶岩円頂丘の形態を示す流紋岩を主とし、部分的に自破砕溶岩あるいは火山角礫岩状を呈する。Zimapán ~ Xajha 間に分布している本岩は、褐色流紋岩質火山角礫岩と黒雲母および石英斑晶が明らかな淡褐色流紋岩溶岩からなる。この溶岩の底部では、白亜系頁岩累層 (Ksh3) を貫

ぬき、岩脈状の形態を示している。本岩は鏡下で、斑状および球顆状組織を示し、斑晶として黒雲母と斜長石を含み、石基は球顆状あるいはミルメカイト組織を示す石英・斜長石を主とし、少量の粒状輝石および磁鉄鉱を含む。全岩化学分析の結果は SiO_2 75.40%、 Na_2O 2.59%、 K_2O 4.49% で流紋岩である。

大略 3 km × 5 km の広がりを含み、独立山塊を形成している Santuario 西方の本岩は淡灰褐色～淡桃灰色・緻密で斑状および流理構造を示し、斑晶として正長石および石英を多く含み、黒雲母および角閃石も少量みられる。鏡下では、斑状組織および流状組織を示し、斑晶は絹雲母化した正長石・石英・黒雲母・角閃石および磁鉄鉱で、石基はカリ長石および石英を主体とし、少量の微粒輝石・磁鉄鉱も含まれている。鉱床の項で後述するように、この岩体の一部に金鉱床が胚胎している。全岩化学分析の結果、本岩は SiO_2 72.31%、 Na_2O 0.75%、 K_2O 9.06% を示し、ノルム正長石が 53.5% に達するので、本調査地域では類例のないカリウムに富む流紋岩と云うことができる。

〔累重関係〕

Xajha 東方での本層は白亜系頁岩 (Ksh₃) を直接おおい、また Santuario 北方では同じく頁岩 (Ksh₃) を、San Clemente 南方では白亜系黒色フリント狭在石灰岩 (Klf) をおおっているが、Xitha 西方の山塊では安山岩 (Tan₃) の上位に位置している。Xajha 東方の岩脈状の本岩の K-Ar 絶対年代は 27.1 ± 1.4 m.y.、また Santuario 西方の本岩は 265 ± 1.3 m.y. を示した。したがって、本岩の活動時期は漸新世末期である。

① 玄武岩 (Tba₃)

〔分布〕

調査地域北部 Puerto de Las Trancas の北西約 6 km のなだらかな台地を占めて、南北方向に約 6 km にわたって分布している。その厚さは最大 150 m と推定される。

〔岩相・岩質〕

暗青灰色を呈し、緻密で非顕晶質な塊状玄武岩溶岩で、上部および下部には 10～30 cm の板状節理が、また、中部には数 m ごとの柱状節理がそれぞれ発達している。火山碎屑岩がはさまれることはない。普通輝石玄武岩である。

〔累重関係〕

本岩は、分布域北部で白亜系を、分布域南部で玄武岩 (Tba₁) をおおっている。分布が孤立しているため、その活動時期を推定するのは困難であるが、平坦な台地を形成し、剝作用をあまり受けていないことから、第三紀火山岩類の中の最上位のものと推定される。



4-2-3 第四系

第四系は調査地中央部から南部の平坦地および山麓部にかけて大規模に分布するが、調査地北半部には分布しない。第四系は火山灰層および玄武岩溶岩を挟有する、固結度の弱い、成層した砂礫層と、これらをおおってRío ActopanおよびRío Tula流域に狭小な分布を示す河川堆積物に分けられる。前者は水平な成層面を示し、標高1,700m前後の平野部から標高2,200mの山麓部にまで分布する。これら堆積物は、第三紀末期に本地域内の構造的な低地あるいは削剝性盆状地に生じた内陸湖沼性のものと推定される。

なを本報告書では、今次の調査目的を考慮し第四系の詳細は省略する。

4-2-4 貫入岩類

貫入岩類は、花崗閃緑岩類 (Tigd), 安山岩類 (Tian) および流紋岩類 (Tirh) の3種類がみられ、これらにはいづれも調査地北半部において、白亜紀堆積岩類中に貫入している。

(1) 花崗閃緑岩類 (Tigd)

〔分布〕

調査地北部 El Zapote 付近から San Nicolás 西方まで、約 1.5 km の間に岩株状に点在する (大小 8 岩体) ほか、El Zapote の北西方 Maguey Verde 付近 (大小 2 岩体), Nicolás Flores 北方 (小規模岩株~岩脈 9 岩体), Poterero 北方 (小規模岩株 7 岩体), Pechuga 付近 (小規模岩脈 2 岩体), Bonanza 付近および Zimapán 西方などに分布がみられる。これらの中で最大の岩体は San Nicolás 西方のもので、東西幅約 1.5 km で南北に約 5 km 延長する。

これらの分布を巨視的にみれば、Zimapán 付近のものを除き、北北東-南南西および北西-南東の2方向に配列する傾向がある。Zimapán 付近のものは調査地西部に単独に分布している。

〔岩相・岩質〕

閃緑岩から花崗閃緑岩の組成をもち、完晶質のものから半完晶質のものまでみられる。San Nicolás 西方の岩体は暗灰色、中粒完晶質石英閃緑岩で有色鉱物として普通輝石、紫蘇輝石、角閃石、黒雲母、金紅石および磁鉄鉱を含む。全岩化学分析結果では、 SiO_2 56.95%, Na_2O 3.25%, K_2O 2.02% で、ノルム鉱物では Bateman (1963) の分類の花崗閃緑岩に相当する。El Zapote 付近の岩体は、やや斑状、半完晶質で、石英閃緑岩質部 (岩体周縁) からモンゾニ岩質部 (岩体中央部) への岩相変化を示す。本岩の構成鉱物は、各岩体共、斜長石、石英、少量の正長石、普通輝石、紫蘇輝石、角閃石、黒雲母、金紅石、燐灰石および磁鉄鉱からなるが、中粒完晶質から半完晶質のものおよび石英閃緑岩質から花崗閃緑岩質のものまで変化がみられる。

変質作用としては風化による粘土化が一般的であるが、角閃石および黒雲母が緑泥石化および緑簾石化作用を蒙っている例も多い。また Encarnación 鉱山, El Zapote 鉱山付近, Pechuga 鉱山および Poterero 付近の岩体はスカルン化作用を一部に蒙っている。

これら花崗閃緑岩類は調査地域内の高温交代型ないし熱水型鉱化作用と密接に関連しており、岩体周辺には Encarnación, El Zapote, Pechuga, Los Balcones, Lomo de Toro など諸鉱床がある。

〔貫入時期〕

今次調査の K-Ar 絶対年代測定結果によれば、San Nicolás 西方の岩体は 4.05 ± 2.0 m. y. , Encarnación の岩体は 5.09 ± 2.5 m. y. を示し、本岩類の貫入固結期は始新世初期から後期と考えられる。しかし、Zimapán 西方の岩体は、他の岩体からはなれ、岩質がやや酸性でしかも強い熱水変質作用を受けているので、その貫入期を同一とするのは問題がある。

(2) 安山岩類 (Tian)

〔分布〕

Nicolás Flores 北方の Arroyo Cuesta Colorada やその南方の Poterero 付近の道路沿いに、不規則岩脈～シル状に多数認められる。

〔岩相・岩質〕

Nicolás Flores 周辺のもの、1辺が 5 mm ～ 10 mm の卓状の斜長石および長柱状の角閃石が目立ち、黒雲母もみられる緑色斑状岩である。緑泥石化および黄鉄鉱化作用を一般に蒙っており、表面は酸化して茶褐色を呈している。本岩は周辺の堆積岩類に熱変成作用を与えており、点紋ホルンフェルスおよび柘榴石-緑簾石ホルンフェルスなどに変成した頁岩が観察される。

Poterero 付近の本岩の全岩化学分析結果は、 SiO_2 51.81%, Al_2O_3 15.85%, Na_2O 3.14%, K_2O 4.10% であってアルカリ成分にやや富む塩基性安山岩ないし玄武岩である。

〔貫入時期〕

Poterero 付近の本岩の K-Ar 絶対年代は 38.1 ± 1.9 m. y. であって第三紀始新世末期の年代を示した。

(3) 流紋岩類 (Tirh)

〔分布〕

本岩は Yonthe 鉞山付近、Poterero 付近、Nicolás Flores 北西方および Zimapán 西方の Daxhi 付近の計 4ヶ所において小規模、岩脈状に産する。Nicolás Flores 北西方のものは白亜紀頁岩累層 (Ksh₃) の中にシル状に貫入しており、約 5 m の厚さをもって約 1 km 連絡する。Poterero 付近のものは厚さ数 m で延長 10 m 前後の規模をもつ岩脈であって、上述の安山岩々脈と白亜紀頁岩累層 (Ksh₃) の間に貫入している。Zimapán 西方 Daxhi 付近のものは、同地に溶岩円頂丘の形態をもって分布する流紋岩 (Trhy₂) の周辺において岩脈状をなして分布する。

〔岩質〕

本岩は肉眼的に灰白色～黄灰色、緻密細粒であって、鏡下では石英および斜長石を斑晶とする斑状組織を呈し、黒雲母を僅かに含むこともある。石基はスフェルライト、石英、絹雲母などからなる。

〔貫入期〕

本岩は安山岩岩脈 (Tian) を貫ぬき、また、流紋岩溶岩 (Trhy₂) の周辺に分布がみられることから流紋岩溶岩 (Trhy₂) と同時期に岩脈として貫入したものと考えられる。したがってその貫入期は漸新世後期と推定される。

4-3 地質構造

調査地域で観察される諸地質構造の発達の高さは、初生的なものを除き、分布する各岩類毎に大きく変化する。

その第1の特徴は、白亜系堆積岩類中に烈しい褶曲、断層および撓曲構造が観察されるのに比較して、第三系中には、殆んどそれらの諸構造が観察されないことである。第2の特徴として、白亜系堆積岩類の最下部累層とみられる厚層理～塊状石灰岩の厚層は、泥質岩に富む上位2累層に比較して、ややゆるやかな構造をみせることが挙げられる。このほか、調査地中央部から南央部にかけて分布する石灰岩累層が、他地区に分布する白亜系岩類と異なった褶曲軸方向を示す現象も観察される。

また第三紀貫入岩類および火山岩類の分布および岩体の形状に一定の方向性がみられることも興味深い現象である。以上の諸構造の詳細はつぎのとおりである。

〔褶曲軸の方向〕

調査地北半部および東部に分布する白亜系堆積岩類中に観察される褶曲構造の軸は、一般的に北西-南東の方向性を示す。しかしながら、調査地中央部から南央部にかけて本岩類は、南-北から北北東-南南西に変化した方向性をみせている。このような変化は、調査地中央やや北部の Juárez-Pechuga 付近にも観察される。このように、調査地の白亜系中に発達する褶曲の軸方向は、一般的には北西-南東の方向性を示すが、一部に北北東-南南西に撓曲する方向性もみられる。

〔褶曲の強さ〕

調査地北端部から南東方向に延長する塊状石灰岩累層 (K1s₁) 中には、地層の傾斜 20° 前後のゆるい背斜と向斜構造の繰り返しを観察される。一方この上位に累重する、黒色フリント挟在累層 (Ksh₁, K1f, Ksh₂) および頁岩累層 (Ksh₃) 中には、急傾斜の烈しい小褶曲 (折りたたみ状) が発達する。黒色フリント挟在累層は、Las Trancas 付近から南東の Yonthe 鉦山付近および Pechuga-Bonanza 付近において過褶曲構造を示しながら分布している。

このように、最下位の塊状石灰岩累層が比較的ゆるい構造を示すのとは対照的に、その上位の2累層が烈しい褶曲構造を示しているのは、それぞれの累層の構造運動に対する抵抗性の差をあらわしているものとみられる。そして、構造運動に対して抵抗性の弱い、泥質岩に富む上位2累層は、層内褶曲構造のような小褶曲構造がアコーディオン状に押された、折りたたみ構造を呈しているものと考えられる。

また調査地中央部から南央部および Pechuga-Bonanza 付近にみられる褶曲軸方向の撓曲は、第一次的に、白亜系堆積岩類がララミー造山運動によって褶曲し、東シエラ・マードレ山脈が形成された後、第三紀の火成活動によって、二次的に変形させられたものとみられる。

〔断層〕

褶曲軸方向に平行な北西-南東系の断層と、これにほぼ直交し、白亜系を胴切りする北東-南西～東北東-西南西系の断層の2系統がみられる。北西-南東系の断層は、調査地東部において、塊状石灰岩累層(K1s₁)の西側境界に沿ってみられるものが大きく、その他調査地北西端でも数本みられる。これら断層は、上下の落差がかなり大きいものと推定される。一方、後者の系統の断層は、調査地北中央部において、国道85号線にはほぼ平行する数本と調査地中央部を東北東-西南西の方向に胴切りする1本がある。国道85号線にはほぼ平行して分布する断層は、あまり大きくない上下落差を示すが、同時に横方向のずれもともなっている。そしてこれらの断層に沿った貫入岩類の分布がみられる。また調査地中央部のこの系統の断層は、中央東部の Grutas de Tonalongo 付近から西南西方向に延長すると推定されるが、現在殆んど第四系におおわれておりその詳細を観察することができない。しかし、この推定断層をはさんで、北と南で対応する白亜系の一部に堆積環境の差(同時異相の関係)がみられる。このようなことから、北東-南西、東北東-西南西系統のものは、基盤構造を反映している可能性があると考えられる。

4-4 地史

調査地の大部分を包含する東シエラ・マードレ山脈の形成はジュラ紀末期に始まった。ジュラ紀後期から始まったネバダ造山運動によって北米大陸西部には陸化した地背斜が生じ、その東側にロッキーおよびメキシコ劣地向斜が形成された(Fig. IV-1)。メキシコ劣地向斜の南端部に相当する本調査地では、地向斜の発展にともなって、Cenomanian 階までは各種の海成堆積が卓越する。しかし同地向斜が埋められながら終末期に向う Turonian 階から Maestrichtian 階にかけては、海進、海退の頻度が増加し、それと共に陸源碎屑物が多量に補給され、泥質および砂質の堆積物が卓越するようになる。Turonian 階に対比される、Hippurites 礁性石灰岩層は主に調査地南半部にのみ分布し、これと同時異相と考えられる黒色フリント挟在累層がほとんど北半部に分布している。これは調査地北半部と南半部には Turonian 階において堆積環境の差があったことを示している。このことから、調査地を南北に分ける東西系基盤構造の存在が推定される。

その後白亜紀末期から第三紀始新世初期にかけて起ったララミー造山運動によって、同地向斜堆積物は烈しい圧縮応力を受け褶曲し、陸化する。同造山運動の終末期にいたって圧縮性応力から解放されるに従って、走向に平行な解放型正断層が第一に発生し、その後、基盤構造の反映とみられる胴切り系断層も活動したものと考えられる。

これらのララミー造山運動の終了後、先駆的の火成活動として花崗閃緑岩類の貫入が起った。貫入岩類は両断層系列に規制された分布を示し、且つこれらの K-Ar 絶対年代は 50～40 m.y. を示し、構造運動も受けていない。その後の火成活動は現世まで引続いて起っているが、当地

域に分布する火山活動は、主に、漸新世に集中しているのが特徴である。また、これら火山活動の影響を受けて、白亜系の一部は二次的に撓曲された構造を示す。第三系中には、一部にゆるやかな傾斜および小断層は観察されるものの、全体は安定的に累重しており、その後の烈しい構造運動の痕跡はみられない。

4-5 鉍 床

4-5-1 まえがき

調査地は、鉍床生成区的に、東シエラ・マードレ帯に属する北半部と、新期火山帯に含まれる南半部に分けられる (Salas, G.P., 1975)。

東シエラ・マードレ帯の鉍床は、第三紀貫入岩類に起因して中生代堆積岩類中に生じた、高温交代型～熱水型鉍床を主体とし、その形態は鉍脈・鉍筒・マント・塊状等多様性に富んでいる (地域北西方 Zimapán 鉍山地帯)。一方新期火山帯に属する鉍床の代表的なものとして、地区南東方の Pachuca-Real del Monte 鉍化帯があり、鉍床は第三紀火山岩類を母岩とする浅熱水性鉍脈型である。

今回の調査によれば、鉍床および鉍化帯は調査地北半部に集中しており、且つ、それらは一つの例外を除き第三紀貫入岩類と白亜系堆積岩類の接触部付近およびその周辺部に胚胎する、高温交代型～熱水型のものを主体とする。したがって、大局的には、本調査地の鉍床は東シエラ・マードレ帯に一般的にみられる鉍床に類似した性格を示していると云える。しかし、本地区の鉍床および鉍化帯の鉍石の化学分析結果は、単金属元素のほか、経済的に注目すべき金および銀品位を示している。このことは、Pachuca および Real del Monte 両鉍山が金・銀鉍山であったことに関連して、調査地内の鉍床および鉍化帯の性格が、新期火山帯内の鉍床のそれとも無関係でないことを示している。

4-5-2 鉍化帯の分布

調査地内において既知鉍床を包含する各鉍化帯は Table IV-5 および Fig. IV-7 に示されたとおりで、その殆んどが、貫入岩類の分布地区内に集中している。そしてこれらは、貫入岩の種類によって

(1) 花崗閃緑岩系貫入岩類に關係する 6 鉍化帯

I. San Antonio-La Luz

II. Dos de El Aguila

III. Encarnación

IV. El Zapote

VII. Poterero

Table IV—5 List of Mineralized Zone

* No.	Mineralized zone	Mine or showing **	Type of ore deposit	Related igneous rock	Remarks
I	San Antonio -La Luz	3 San Antonio	manto, hydrothermal	granodiorite dyke	under operation
		4 La Luz	"	"	"
II	Dos de El Aguila	5 Dos de El Aguila E.	chimney,	"	—
		6 " W.	manto,	"	—
III	Encarnación	7 Delicias	pyrometasomatic, massive	granodiorite stock	—
		8 Santo Domingo	"	"	—
		9 Nameless	"	"	—
		10 El Cambio	"	"	—
		11 Corral Viejo	"	"	—
		12 La Cueva del Tejon	"	"	—
		13 Santo Tomás	"	"	—
		14 Dulces Nombres	"	"	—
		15 Aguila Roja	"	"	under operation
		16 San Francisco	"	"	—
		17 Rigel	"	"	—
		18 Socorro	"	"	—
		19 El Conejo	"	"	—
		20 Nameless	"	"	—
IV	El Zapote	21 Ignacio Zaragoza	"	"	under operation
		22 San José del Oro	"	"	—
		23 Corcus	"	"	—
		24 Santa Eleonora	"	"	under operation
		25 La Trinidad	"	"	"
		26 Concordia	"	"	—
V	Zimapán	27 Los Gallos	"	"	—
		28 San Francisco	pyrometasomatic, hydrothermal, manto, chimney	monzonite stock	—
		29 San Miguel	"	"	—
		30 Los Balcones	"	"	under operation
		31 La Prisma Fresnillo	"	"	"
		32 Lomo de Toro	"	"	"
VI	South Zimapán	33 María Antonietta	hydrothermal, vein	"	"
		34 Guadalupe	"	"	—
VII	Poterero	35 Nameless	"	"	—
		36 Nameless	hydrothermal, vein	granodiorite dyke	—
VIII	Pechuga	37 Santa Elena	pyrometasomatic, hydrothermal	granodiorite dyke	—
		38 "	manto and massive	"	—
IX	Yonthe- San Joaquin	39 San Miguel	"	granodiorite dyke, granophyre	under operation
		40 Providencia	hydrothermal, chimney	unknown	—
		41 San Joaquin	"	"	—
		42 San Vicente	"	"	—
X	San Clemente	43 Las Amas	"	"	—
		44 San Bernardo	"	"	—
		45 San Clemente	hydrothermal, disseminated	potash rhyolite	under operation

*, ** Number of the mineralized zone and mine corresponds to the number on PL. 4 and Fig. IV-7.

VIII. Pechuga

(2) モンソニ岩系貫入岩に関係する2 鉍化帯

V. Zimapán

VI. South Zimapán

(3) カリ流紋岩溶岩円頂丘に関係する1 鉍化帯

X. San Clemente

(4) その他

IX. Yonthe-San Joaquin

の4 種類に分けられる。これら鉍化帯の配列は、当然、貫入岩の分布に規制されているが、特に、花崗閃緑岩系貫入岩の周辺の鉍化帯の配列は、同系貫入岩が断層構造を反映して、北西-南東および北東-南西の2 方向に分布していることを顕著に示している。

モンソニ岩系貫入岩周辺の鉍化帯については、同系貫入岩の分布が調査地域外に延長しているので詳細は明らかにし得ない。カリ流紋岩にともなう鉍化帯は単独に分布しており、鉄や卑金属を主とする他の鉍化帯とは異なり、金および銀が同岩体の一部に鉍染した特異な鉍床であるのと、同岩自体も特殊な岩石であることから、今後の精密調査によって、鉍化帯の性格が明らかにされるべきものである。

4-5-3 鉍化帯各論

各鉍化帯の代表的鉍山について記述する。

I. San Antonio-La Luz 鉍化帯 (La Luz 鉍山, PL.4 および Fig. IV-5 参照)

〔位置〕

Maguey Verde 部落の北北西 3.5 km

〔産状〕

母岩である白亜系堆積岩類の層理に沿って胚胎するマント型鉍床である。上盤は薄層理頁岩およびシルト岩の互層、下盤は灰白色塊状石灰岩からなっている。厚さは1 m ~ 2 m で、約10°の鉍体傾斜に沿って、約30 m 掘下っている。坑道は1 本のため、走向方向の延長は確認されていない。

〔鉍石・脈石〕

鉍体は部分的に縞状構造を示す酸化鉍からなり、赤鉄鉍・褐鉄鉍・ジャロサイトを主とし、僅かに二酸化マンガンの鉍染もみられる。脈石鉍物は方解石以外みられない。下盤の石灰岩は完全に再結晶しており、若干の珪化作用を受けている。鉍石の化学分析値は下表のとおりである。

Table IV-6 Metal Contents of ore Samples from
the La Luz Mine

No	Sample No.	Name of mine	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
1	Da44C	La Luz	21.7	720.0	0.006	12.05	0.11	Limonite-Jarosite ore
2	Da45C	ditto	4.8	475.6	0.027	2.57	0.38	hematite ore
3	Da46C	ditto	tr.	1.2	0.002	0.012	0.082	manganese oxide ore
4	Da47C	Bonanza	0.5	1995.1	0.031	0.60	0.14	

このように本鉱山の鉱石は金および銀を主体とし、部分的に鉛を含んでいるが、酸化鉱であって、肉眼的に鉱石品位を推定するのは非常に難しい。

なお、この鉱山主はMexico 市在住のArberto Magosとのことであって、現在、2～3人の地元民が小規模に手掘り採掘し約50 t/month出鉱している。San Antonio 鉱山はここより、約200 m北西に位置し、同様の鉱床型を示しているが現在は休山中である。

〔火成岩との関係〕

火成岩との直接の関係は認められない。しかし、この東方一帯には鉱化作用をともなう花崗閃緑岩体が分布しており、また、下盤石灰岩の再結晶化や珪化が認められるので、同貫入岩体からもたらされた熱水により生成した鉱床と考えられる。

II. Dos de El Aguila 鉱化帯

〔位置〕

前述のLa Luz 鉱山と沢を挟んで向い合う、東方約1.5 kmの位置にある2箇所の探鉱地の総称である。

〔沿革〕

30～45年前に10～15人の労働者により、20～30 mの立坑を数坑下ろし、抜き掘りしたと伝えられるが、現在全く活動はない。

〔産状〕

主なる鉱化帯は2箇所に観察される。東側のものは、下盤に厚層理石灰岩、上盤に中層理～薄層理泥質石灰岩をもつマント型酸化鉱床で、鉱化帯は走向方向に500 m以上連続しており、規模は大きい。この鉱体は全面の露出がみられないので正確な厚さは明らかではないが、15 m前後の厚さと考えられる。この鉱化帯の西方約750 m付近には厚層理石灰岩中に胚胎する鉱筒状鉱体もあり、その規模は短径10 m×長径30 mの楕円形を示している。

〔 鉍石・脈石 〕

鉍石は赤鉄鉍・褐鉄鉍を主とし、ジャロサイト・磁鉄鉍も僅かにみられるほか、まれに黄銅鉍も認められる。脈石としては方解石しか認められない。周辺の石灰岩は完全に大理石化し、方解石脈および珪化作用も観察される。これら鉍体から採取した鉍石の化学分析値は下表のとおりである。

Table VI-7 Metal Contents of ore Samples
from the Dos de El Aguila Mine

No	Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
1	Dd149C	0.3	16.2	0.004	4.72	0.098	manto-type ore
2	Dd151C	0.2	58	0.042	2.36	0.31	"
3	Dd153C	0.1	345	14.49	0.016	1.62	chimney-type ore
4	Dd155C	0.1	126.5	0.52	0.032	1.19	"
5	Dd157C	0.2	49	0.34	0.012	0.082	"

〔 火成岩との関係 〕

鉍筒型鉍体から10m西方に、小規模な花崗閃緑岩岩脈があり、付近一帯の石灰岩類は強く再結晶化されているほか、熱水変質作用も観察される。したがって、貫入火成岩からもたらされた熱水により生成した鉍体と考えられる。

鉍石の分析品位は、部分的に銀・銅および鉛が高品位であるほか、金も少量含まれていることを示している。

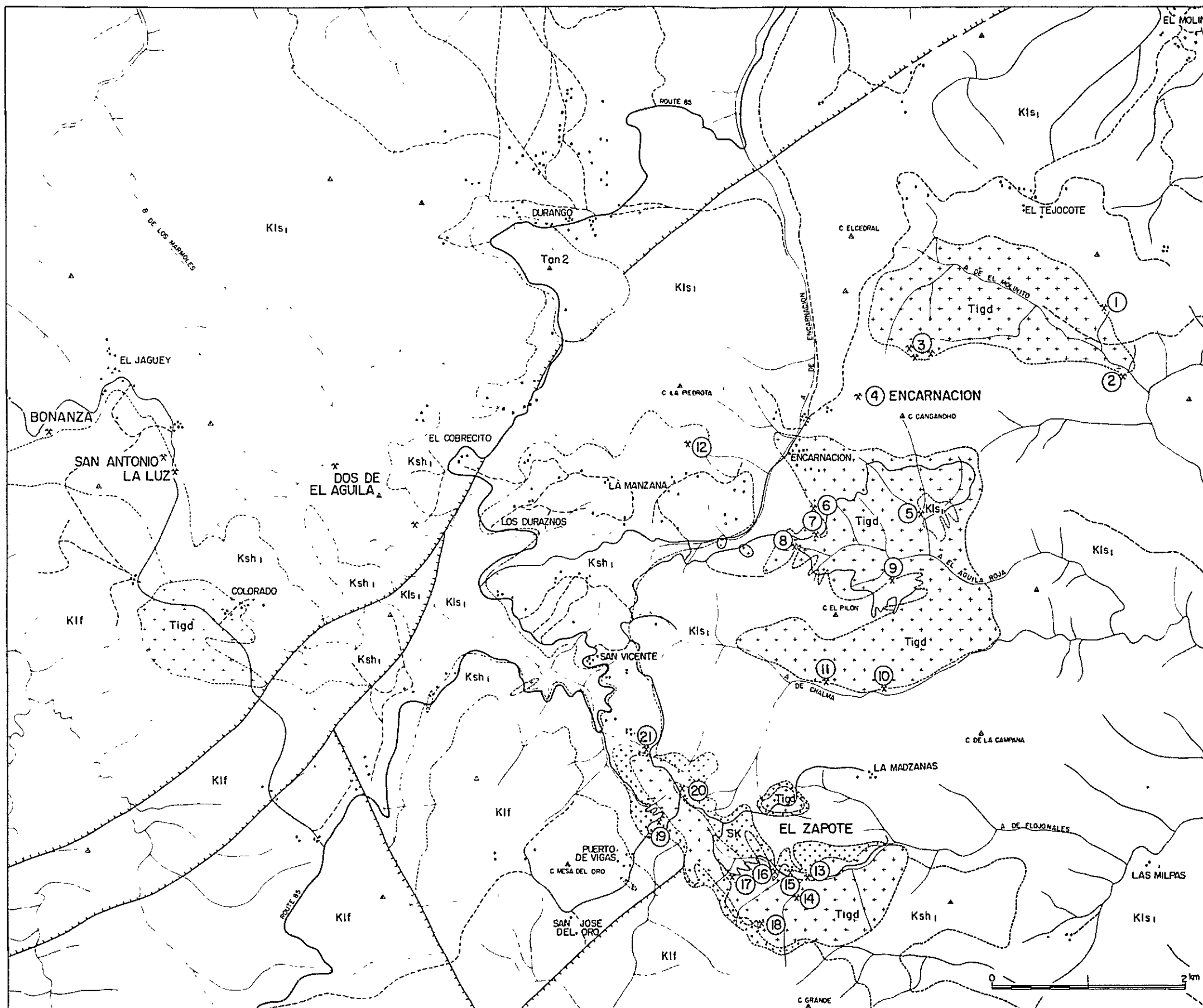
〔 今後の探鉍 〕

本鉍化帯は鉍筒型およびマント型鉍体を含み広範囲にわたっている。特にマント型鉍体は、厚層理石灰岩と中～薄層理泥質石灰岩との境界に沿って、割合平坦に延長している模様である。したがって、この部分の鉍況を確認する探査が必要である。

III. Encarnación 鉍化帯

〔 位置 〕

Encarnación 部落から南東方向に、約2km×2kmの広がりをおよび分布する花崗閃緑岩岩株を中心にして12箇所の鉍山および鉍徴地が点在する。この中で、1箇所は花崗閃緑岩上のルーフ・ペンダント状石灰岩の中にあるが、残り11箇所は、同貫入岩と被貫入岩である塊状石灰岩との接触部にある。



LEGEND

- Tan 2 Tertiary andesite lava
- Tigd Tertiary intrusive rock
- Kif Cretaceous flint-alternated limestone
- Ksh 1 Cretaceous shale
- Kis 1 Cretaceous massive limestone
- Sk Skarn
- Fault
- Mine
- Highway
- Unpaved road
- Trail
- Drainage

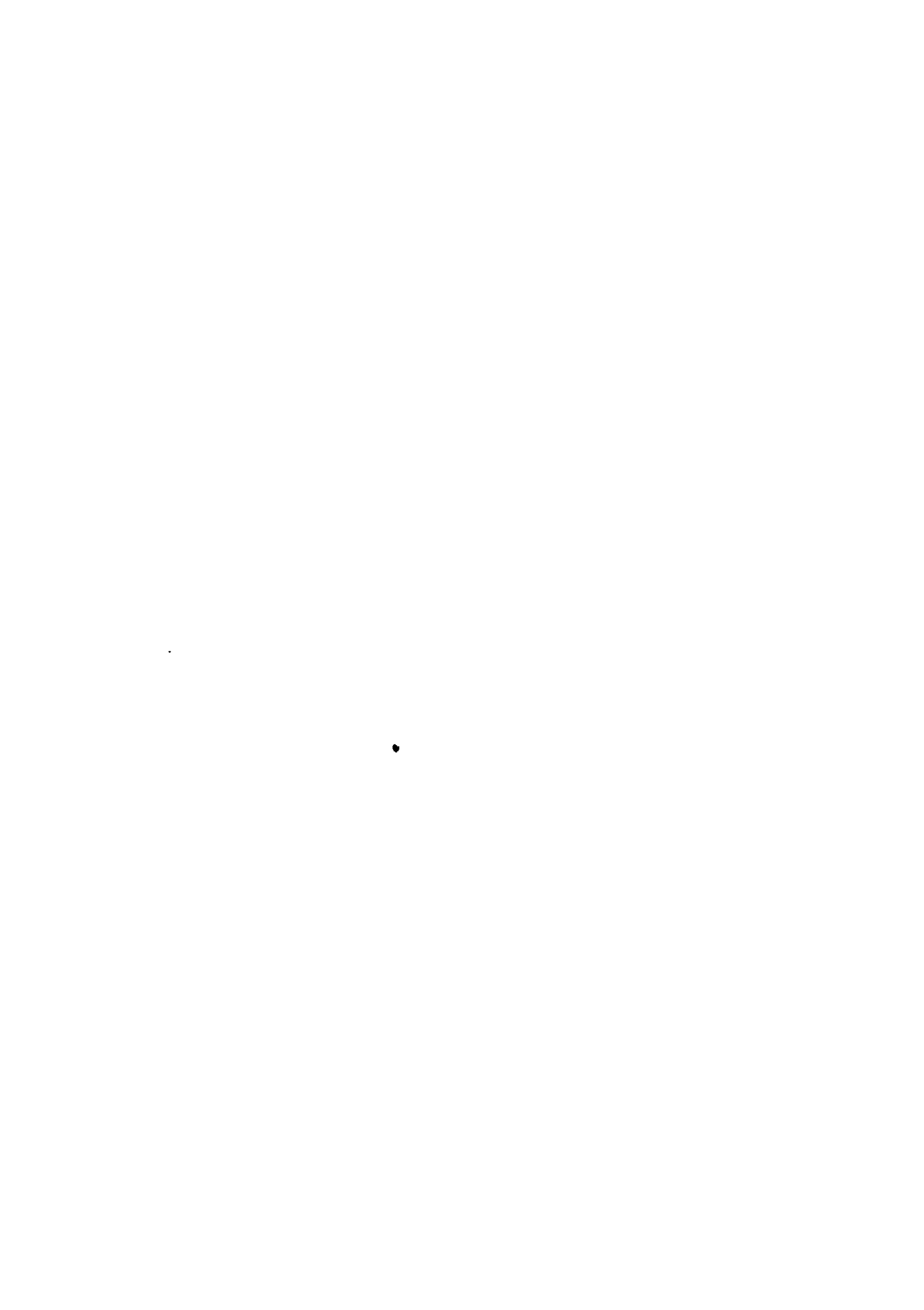
Encarnación mine

- 1 Delicias
- 2 Santo Domingo
- 3 (Nameless)
- 4 El Cambio
- 5 Aguila Roja
- 6 La Cueva del Tejon
- 7 Santo Tomás
- 8 Dulces Nombres
- 9 San Francisco
- 10 Socorro
- 11 Rigel
- 12 Corral Viejo

El Zapote mine

- 13 La Trinidad
- 14 Concordia
- 15 Santa Eleanora
- 16 Corcus
- 17 San José del Oro
- 18 Los Gallos
- 19 Ignacio Zaragoza
- 20 (Nameless)
- 21 El Conejo

Fig. IV-5 Location Map of Metal Mines in the Encarnación-EI Zapote Area



〔沿革〕

当鉱山地帯は、国道に近く便利のため比較的早くから開発されたと云われる。しかし、現在は大部分が稼働しておらず、僅かに、Aguila Roja 鉱山のみが稼働中である。同鉱山は 1973 年頃から開発され、現在鉱山長以下 15 人の労働者が働いており、約 100 t/day の鉱石を出鉱している。

〔産状〕

鉱床は、花崗閃緑岩～石英閃緑岩の組成をもち、やや斑状の半深成岩組織を示す岩株状貫入岩と塊状石灰岩との接触部に胚胎する、不規則塊状～レンズ状鉱体の断続的分布からなる。単位鉱体の規模は小さい。現在稼働中の Aguila Roja 鉱床は、約 30 m × 50 m × 50 m の塊状鉱体である。

〔鉱石および脈石鉱物〕

鉱石鉱物としては磁鉄鉱が最も多量で、ついで黄鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱および閃亜鉛鉱などを随伴している。赤鉄鉱・褐鉄鉱・銅藍および孔雀石などの二次鉱物も散見される。脈石鉱物は主として柘榴石からなり、珪灰石、緑簾石および方解石もともなわれる。各鉱徴地から採取した鉱石試料の化学分析値は下表のとおりである。

Table IV-8 Metal Contents of ore Samples
from the Encarnación Mining Area

No	Sample No.	Name of mine	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	Cb119C	(Nameless)	tr.	0.9	4.51	0.007	0.063
2	Cb149PC	Dulces Nombres	0.2	0.5	0.084	0.009	0.063
3	Cb154PC	San Francisco	0.8	57	1.63	0.007	0.093
4	Cb156PC	ditto	0.1	23	1.03	0.006	0.30
5	Cb159PC	Dulces Nombres	0.1	0.7	0.13	0.008	0.060
6	Cb162PC	ditto	0.1	14	0.077	0.016	0.23
7	Cb164PC	Aguila Roja	0.3	1.4	0.21	0.009	0.018
8	Cb168PC	San Ricardo	0.3	21	2.14	0.009	0.20
9	Cb169PC	ditto	0.1	1.2	0.11	0.007	0.020

これらの分析値をみると、一部銅品位の高いものがあるにしても、全体としては非常に低品位である。一方、この分析表には含まれていない鉄品位は、肉眼的に非常に高いものとみられ、現在 Aguila Roja 鉱山が鉄鉱山として稼働していることを裏付けている。

〔今後の探鉱〕

花崗閃緑岩質貫入岩と塊状石灰岩の不規則に入り組んだ、接触部に沿って数多く点在する鉱徴地は既に探鉱・採掘が行なわれており、且つ、本鉱化帯は、鉄以外の有用金属含有量が、他地区に比較して、低い傾向を示している。したがって、今後の探鉱余地は少ない。

IV. El Zapote 鉱化帯

〔位置〕

本鉱化帯は、Encarnación 部落南方6kmにあるArroyo de Flojonales 流域に沿って分布する花崗閃緑岩質貫入岩の周辺に点在する、9箇所の鉱山および鉱徴地からなる。同貫入岩体はArroyo de Flojonales に沿って、幅600mで、東西～西北西方向に3km延長する。鉱山および鉱徴地は同貫入岩の周辺部に発達するスカルン帯中に点在する。

〔沿革〕

当鉱化帯に分布する鉱山の開発は20世紀以前より行われたと云われ、現存するSanta Eleanora通洞には1905年完成と記されている。1908年にCia. Metalurgica Mexicana S.A.社がCia. Asarco S.A.の協力のもとに組織的地表探鉱を行い、鉱化帯の分布を把握した。同社はその後も継続的に近代的な探鉱を行ってきた。現在はZimapanのLa Pal社がLa TrinidadとSanta Eleanora両坑で採掘を行っており、他の1社がIgnacio Zaragozaで採掘している。

〔産状〕

本鉱化帯中の各鉱床は、白亜紀厚層理石灰岩累層(KI_{s1})と黒色フリント-石灰岩互層(KI_f)の境界部に貫入した花崗閃緑岩と石灰岩類の接触部に胚胎する高温交代型鉄・銅鉱床である。貫入岩の周囲には、幅数10cmから数100mのスカルン帯が発達しており、その中に不規則塊状～レンズ状の形態の鉱体が点在している。

〔鉱石および脈石鉱物〕

鉱石鉱物は磁鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱および黄鉄鉱を主とし、閃亜鉛鉱、自然金を含む鉱石も認められる。地表部はこれらの酸化物である赤鉄鉱、ジャロサイト、藍銅鉱および孔雀石が多い。鏡下でもこれら鉱物を主体とするが、まれに、硫鉄ニッケル鉱が観察される。本鉱化帯の各所で採取された鉱石の化学分析値はつぎのとおりである。

Table IV-9 Metal Contents of ore Samples
from the El Zapote Mining Area

№	Sample No.	Name of mine	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	Cb216PC	Los Gallos	1.4	3139	1333	0.009	0.14
2	Cb217PC	ditto	1.8	256	1.46	0.009	0.013
3	Cb218C	ditto	434	9.3	0.77	0.006	0.013
4	Cb219PC	ditto	138	656	5.06	0.009	0.15
5	Cc70C	La Trinidad	42	1671	863	0.010	0.17
6	Cc75C	Santa Eleanora	1.0	300	1.90	0.012	0.27
7	Cc76C	Coreus	28	450	221	0.010	1.60
8	Cc77TPC	San José del Oro	138	562	869	0.007	0.040
9	Cc112TC	(Nameless)	0.5	630	4.42	0.009	0.47
10	Cc113C	El Conejo	0.5	300	3.00	0.012	0.40
11	Cc115PC	Ignacio Zaragoza	46	1800	2370	0.007	5.00

このような鉱石の化学分析値を通覧すると、本鉱化帯に産する鉱石は金・銀および銅成分に富んでいる特徴を示している。本鉱化帯においても、北に隣接する Encarnacion 鉱化帯と同様に、鉱石鉱物としては磁鉄鉱を主体としているが、金・銀および銅成分に富んでいる点において前者と異なっている。このことは、Encarnacion においては貫入岩体と石灰岩類との接触部に生成しているスカルン帯が小規模且つ断続的であるが、El Zapote においては連続的且つ大規模に発達しており、スカルン帯の規模が鉱化帯の規模を規制することを示している可能性がある。

脈石鉱物としては、淡褐色～淡緑色柘榴石を主体とし、透輝石、珪灰石、ベスブ石、緑簾石、方解石および石英などがみられる。

〔今後の探鉱〕

貫入岩体の周辺部を占める本鉱化帯は、有望である為に古くから探鉱開発が進められており、今後新たに探鉱する余地は殆んどない。しかし、PL-1, Fig. IV-2 に示されているように、鉱化作用に関連している花崗閃緑岩質貫入岩類の分布は、調査地北部 San Nicolas 西方から Encarnación を通り本地区まで点在分布する北北東-南南西、および本地区を中心とした北西-南東の2つの方向性がみられ、本地区の南東および南西方向にも鉱化作用を伴う貫入岩体がまだ存在する可能性がある。したがって、より精密な調査を、この2方向に展開すべきものと思われ。

なおこれまで述べてきた，I～IV 鉍化帯の位置関係を Fig. IV-5 に示した。

V. Zimapán 鉍化帯

〔位置〕

本鉍化帯の中心は，Zimapán 町北西方約 8 km の位置にある Río Tolimán 流域の Lomo de Toro および Los Balcones 両鉍山であり，その他 3 鉍山をあわせて Zimapán 鉍化帯と呼称した。これら諸鉍山は，鉍山会社によって現在探鉍開発および稼行の途上であり，今次調査地域の外にあるため詳細な調査は行なっていない。しかし，これらの鉍化帯のうち，Lomo de Toro および Los Balcones 両鉍山を見学し，若干の鉍石試料を採取する機会を与えられたのでその概要を以下に記載する。

〔沿革〕

本鉍化帯の開発の歴史は古く 1632 年に始められ，現在までの生産額については正確な資料が不足しており明らかではないが，銀 10,000,000 USCY，鉛 1,500 t および鉛と同額の亜鉛と云われている (Simons, F.S and Mapes V., E., 1957)。近年の生産量の大部分は Lomo de Toro と Los Balcones 両鉍山からもたらされている。

〔産状〕

本鉍化帯内の各鉍床は，モンソニ岩質貫入岩を中心にして，その半径 2 km 以内に分布しており，その鉍石は銀・鉛・亜鉛を主要鉍石元素として含んでいる。鉍体は高温交代型～中温熱水型鉍床に属する，塊状，鉍筒状およびマント状を呈するものが重要で，鉍脈型鉍床もみられるが規模は小さい。Lomo de Toro および Los Balcones 両鉍山の主要鉍体は鉍筒型で，最大のものは Lomo de Toro 鉍山の $65\text{ m} \times 35\text{ m} \times 105\text{ m}$ の規模の鉍体と云われる。これらの鉍体は地表から，かなり深部まで酸化されているが，深部で硫化鉍に移化する。硫化鉍物としては，黄鉄鉍，閃亜鉛鉍，方鉛鉍を主とし，そのほか僅かに磁硫鉄鉍，黄銅鉍，硫砒鉄鉍なども観察される。酸化鉍物としては，褐鉄鉍，赤鉄鉍，菱亜鉛鉍，ジャロサイト，孔雀石などが一般的である。脈石鉍物としては，貫入岩体に近い鉍体は，柘榴石，透輝石，緑泥石，石英および方解石などからなるが，遠い鉍体では，スカルン鉍物を欠き，方解石を主とし，石英を僅かに含むように多様性を示す。Lomo de Toro 鉍山で採取した鉍石の分析値は次表に示すとおり，銀，鉛および亜鉛に富んでいる。

Table IV-10 Metal Contents of Ore Samples
from the Zimapán Mining Area

No	Sample No.	Name of mine	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	Da201PC	220ML	0.7	402.4	0.015	23.63	32.73
2	Da202PC	Manto Nuevo	0.4	203.4	0.022	4.71	6.36
3	Da203PC	Santa Luisa-40ML	tr.	475.6	0.041	32.57	27.73
4	Da204C	San Vicente 40ML	0.8	365.9	0.010	26.13	0.80
5	Dc 27C	(Nameless)	tr.	0.5	0.017	0.01	0.012
6	Dc117C	Guadalupe	tr.	4.31	0.012	1.25	1.20
7	Dc118PC	María Antonietta	tr.	281.8	0.029	9.71	1.00

VI South Zimapán 鉛化帯

本鉛化帯は Zimapán 鉛化帯の南方 5 km に隣接しており、大きくは Zimapán 鉛化帯に含まれるものであるが、鉛脈型鉛床であることおよび調査地域内であることを考慮して便宜上分割した。

〔位置〕

Zimapán 町の西方 5 km に位置する María Antonietta 鉛山およびその南東方にある Guadalupe ほか 1 箇所の鉛徴地を含む鉛化帯である。

〔沿革〕

開始の時期は不明であるが、現在 María Antonietta 鉛山のみが、数人の労働者によって小規模に稼行されている。

〔産状〕

María Antonietta 鉛山は、白亜系最上部の頁岩累層 (Ksh₃) 中の鉛脈型含銀鉛・亜鉛鉛床である。その脈幅も 1 m 前後で坑道延長は 190 m と云われる。その南東延長約 5 km の間に 2 箇所の旧坑がある。

〔鉛石および脈石鉛物〕

María Antonietta 鉛山において、主要鉛石鉛物は方鉛鉛、閃亜鉛鉛で、黄鉄鉛、黄銅鉛、白鉄鉛も僅かに認められる。脈石鉛物は石英および方解石である。本鉛山の北方 500 m の位置には、北西-南東方向に伸長した石英モンゾニ岩脈があり、同岩を中心として、その周辺には黄鉄鉛化作用、珪化作用が認められ、Zimapán 地区と同様に、貫入岩と鉛化作用の間に密接な関係があるものと推定される。(鉛石分析値は Table IV-10 参照)。

〔今後の探鉱〕

María Antonietta 鉱山およびその北方に連続する鉱化帯については、文献 (Simons F.S. and Mapes V., E., 1957) によれば、1948年から1957年にかけて設定された私有鉱区におおわれており現在稼行中である。従って今後の探鉱は、同鉱山北部を除き、南方に展開するべきであると思われされる。

VII. Poterero 鉱化帯

〔位置・地質・鉱床〕

Cardonal 部落より北方約15kmの距離にある Poterero 部落より北方一帯を Poterero 鉱化帯と呼称した。地質は白亜系最上部の頁岩累層 (Ksh₃) とこれに貫入する多くの石英閃緑岩の小岩株、安山岩および流紋岩の岩脈からなる。頁岩累層中の石灰質な部分がスカン化されているほか、一般に全岩にわたって黄鉄鉱化作用および珪化作用が広範囲に観察される。しかし現在までに本地区で発見された鉱徴は、旧坑内にみられる石英細脈が1本で、そこから採取された試料の分析値はTable IV-11に示したとおり、非常に低品位である。

本地区は、大局的には、Dos de El Aguila 地区から El Zapote 地区を通して本地区にいたる、北西-南東方向性の貫入岩分布地帯に含まれる。しかし、前述の2地区においては貫入岩の周辺には石灰質岩類が分布しているのに反し、本地区には頁岩累層のみで、石灰質岩類が分布しないために、顕著な鉱化作用が観察されないものと考えられる。

Table IV-11 Metal Contents of Ore Samples
from the Poterero Mine

No.	Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
1	Ca50C	tr.	2.1	0.003	0.010	0.019
2	Ca206C	tr.	0.3	0.004	0.024	0.012
3	Ca207C	tr.	26	0.020	0.042	0.019

〔今後の探鉱〕

本鉱化帯には大規模な熱水変質作用と部分的なスカン化作用が認められる。しかし頁岩累層分布地域内であるため、注目すべき鉱化作用は認められない。したがって今後の探鉱は、今回未調査の本鉱化帯北東部の石灰質岩類分布域において、貫入岩類の分布およびこれらに付随する鉱化変質作用の調査に重点をおくべきであると考えられる。

VIII Pechuga 鉱化帯

〔位置〕

Pechuga 部落の北北東1kmにある San Miguel 鉱山および、さらに北方2kmにある Santa Elena 鉱山を含む鉱化帯である。

〔沿革〕

San Miguel 鉱山は、現地古老の話によると数10年前に小規模に探鉱されたとのことであり、上部レベルに旧坑が2坑ある。現在この下部約60mに新期に水平坑道を開穿し探鉱中である。

〔産状〕

鉱山付近の地質は、厚層理石灰岩とこれを通ぬく小規模岩株状花崗閃緑岩および岩脈状クラノファイヤーからなる。

鉱体は石灰岩中にあるレンズ状～ポケット状のものと、グラノファイヤー貫入岩と石灰岩との接触部にある接触交代型の2種類が認められる。

下部レベルの水平坑道においては、坑口から数10mは花崗閃緑岩体で、この部分では比較的新鮮である。その後石灰岩との接触部付近において中程度の強さの緑泥石化および珪化作用が認められる。一方接触部付近の石灰岩はスカン化作用を蒙っており、柘榴石を主とするスカン帯が生じているがその幅は数mであって、以後は再結晶化石灰岩に移り変わる。この貫入岩との接触部から約100m程奥の再結晶化石灰岩中において、方鉛鉱および閃亜鉛鉱を主体とするポケット状鉱体が認められる。鉱体の厚さは、中央部で約50cm、前後左右に厚さを減じながら、ゆるい傾斜で延長する模様である。この鉱体は、地表部から、不規則ながら急傾斜で連続しているとのことである。

一方、上部の旧坑坑口付近および鉱山道路沿いで、グラノファイヤー貫入岩と石灰岩の接触部に灰褐緑色の柘榴石を主体とするスカン帯が生じており、この中にレンズ状鉱体がみられる。現在は酸化されて、赤鉄鉱・褐鉄鉱・孔雀石などからなっている。これらの鉱石の分析値はTable IV-12に示されているように、一般的に銀品位が高いほか、石灰岩中の鉱体は鉛・亜鉛に、また接触交代型鉱体は銅にそれぞれ富んでいることを示している。

Table IV-12 Metal Contents of Ore Samples
from the Pechuga Mine

No	Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
1	Ca63C	tr.	394.7	0.015	3.234	20.91	lens-like ore body
2	Ca64C	tr.	74.20	0.048	0.028	1.78	"
3	Ca205PC	tr.	75.00	0.003	6.564	0.52	stockpile
4	Cd121C④	0.2	126.3	2.790	0.013	0.014	} copper showing along the mining road
5	Cd121C⑤	tr.	34.8	5.29	0.007	0.42	
6	Cd122C	tr.	2.9	0.019	0.008	0.011	quartz vein
7	Cd125PC	tr.	243.9	0.190	2.68	11.54	stockpile

San Miguel 鉱山の北方 2 km に位置するといわれる Santa Elena 鉱山については詳細は知られていない。

〔今後の探鉱〕

本鉱化帯の形成に密接な関係をもつ貫入岩類は、全域的にみれば、本地区北北東に位置する Encarnación-El Zapote 地区から南南西方向に、断続的に分布する一連のものである。したがって今後の探鉱は、この方向に沿って点在が予想される貫入岩類およびそれにとまなう鉱化作用の調査に重点をおく必要があろう。

IX. Yonthe-San Joaquin 鉱化帯

〔位置〕

本鉱化帯は、Cardonal 部落北方において南北に細長く延長する標高差約 600 m の山塊中に点在する 5 箇所の坑道を含んでいる。それらは北から Providencia, San Vicente, Las Aminas および San Bernardo である。これらを総称して Yonthe-San Joaquin 鉱化帯と呼称した。

〔沿革〕

1956年～1958年頃に稼行され、当時は80人余の坑夫が働き、約100t/dayの出鉱をしたと伝えられるが、現在はすべて閉山している。本鉱化帯各所に、水平坑道、立坑および露天採掘跡などがみられ、また、選鉱場や製錬場などと思われる建物の跡もみられる。現在採掘権は Cia. Mina de Real del Monte S.A. 社によって所有されているとのことである。

〔鉱床〕

現在殆どどの坑道は閉鎖され、その詳細は知ることはできない。立坑および水平坑道の分布から推定すると、鉱体は石灰岩中に胚胎する不規則塊状～鉱筒状の形態で、上下に断続していた模様である。

露頭でみられる鉍石鉍物は褐鉄鉍，赤鉄鉍，針鉄鉍およびジャロサイト等で脈石鉍物としては方解石を主とし，一部に僅かな石英および珪灰石がみられる。母岩である石灰岩は再結晶化作用を蒙っている。鉍床周辺には火成岩は存在しない。

鉍体の露頭から採取された試料の化学分析結果は次表のとおりで比較的低品位である。

Table IV-13 Metal Contents of Ore Samples from
the Yonthe-San Joaquin Mining Area

No.	Sample No.	Name of mine	Au(g/t)	Ag(%)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Remarks
1	Cb34C	San Bernardo	tr.	26	0006	157	132	outcrop
2	Cb301C	ditto	tr.	71	0006	087	100	"
3	Cd209C	San Vicente?	0.3	58	0005	0016	027	"
4	Cd211C	San Vicente	tr.	11.2	0002	0.040	023	"
5	Cd214C	San Joaquin	tr.	49	0003	0.16	1923	"
6	Cd215C	San Vicente?	tr.	12.2	0.003	0.021	016	"
7	Cd260C	Las Aminas	tr.	446	0007	094	0.30	"

〔今後の探鉍〕

過去の採掘跡および坑道の分布状況から判断して，本鉍化帯の開発稼行は鉍量枯渇によって中止されたものと推定され，今後当鉍化帯での探鉍成果に大きな期待はもてない。

X. San Clemente 鉍化帯

〔位置〕

本鉍化帯は，Ixmiquilpan の東方約 2.1 km に位置する San Clemente 鉍山およびその周辺部に広がるカリ流紋岩全岩体を含んでいる。近隣の部落は，鉍山西方 1 km の San Clemente，東方約 3 km の Santuario などである。

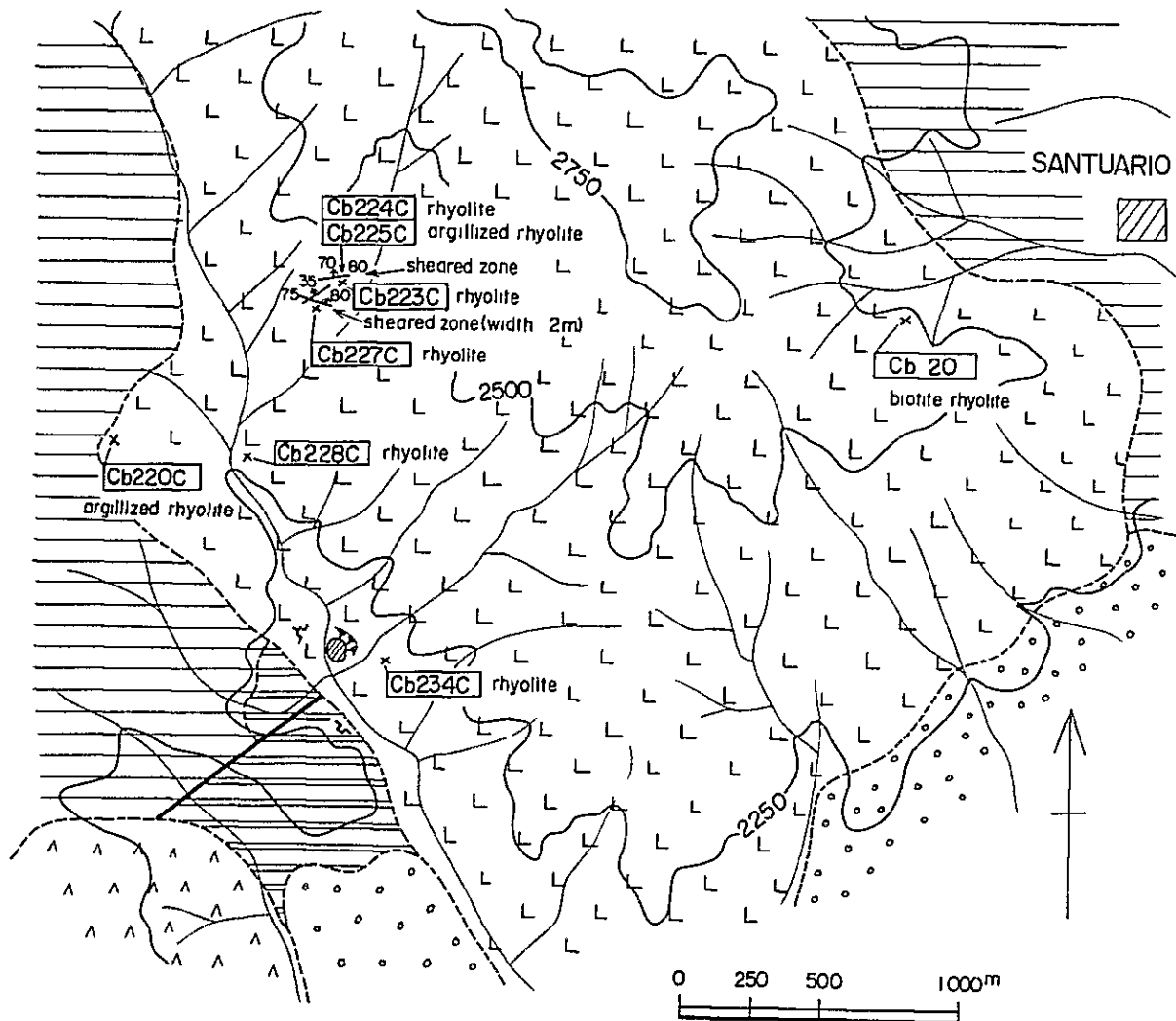
〔沿革〕

本鉍山の開発時期は明らかではないが，以前に小規模に採掘されたと云う。当時鉍石を石うすで粉碎し，樋流しによって自然金を採取したとのことで，現在近くの沢底に石うすが残存している。その後長い間休山していたが近年になって再開され，現在 6～10 人の労働者で手掘り採掘を行っている。

〔産状〕

本鉍床は一般にみられる金鉍床と異なり非常に特異な産状を示す。鉍床母岩は新鮮な流紋岩であって，現在の採掘切羽は，山の斜面に沿って幅約 70 m の間を山に向かって任意に 3～4 箇所手掘りで掘り進んでいる。この切羽の流紋岩は一定の方向性のない不規則な割れ目と，やや N85°E，N55°E および N75°W などの方向性をもつが連続性の悪い，弱く粘土化したと思

Fig. IV-6 Sample Location Map of San Clemente Area



Chemical Analysis of Samples

Sample No	Au g/t	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %
Cb 20	0.13	41.9	—	—	—
Cb 220C	15.4	7.9	0.065	0.027	0.098
Cb 223C	0.13	17.1	—	—	—
Cb 224C	0.11	21.0	—	—	—
Cb 225C	22.7	7.3	0.010	0.11	0.14
Cb 227C	0.62	7.6	—	—	—
Cb 228C	0.13	7.6	—	—	—
Cb 234C	0.94	22.5	—	—	—

LEGEND

- gravel, sand and silt
- rhyolite
- basalt
- shale, calcareous shale
- limestone, marl and shale
- strike and dip of sheared zone
- fault
- tunnel
- location of sample

われる部分からなっている。

鉍山では鉍石採掘の際、これらの流紋岩を区別することなく、一括して鉍石として採掘している状態にある。この切羽において、珪化作用、黄鉄鉍鉍染などは一切認められず、勿論石英脈も存在しないので、鉍化帯および熱水変質帯の規模を簡単にきめることもできない。

今回採取した試料の位置および分析品位をFig. IV-6に示す。分析結果によれば、鉍山の採掘切羽で採取した弱粘土化流紋岩はAu 2.27g/t, Ag 7.3g/t, Cu 100ppm, Pb 1,100ppm, Zn 1,400ppmを示し、またこの採掘切羽とは無関係に、南西方に約900m離れた位置の弱粘土化流紋岩はAu 15.4g/t, Ag 79g/t, Cu 650ppm, Pb 270ppm, Zn 980ppmの値を示し、非常に高品位である。このような事実に着目して、本流紋岩体の他の位置から採取された試料を分析した結果は、Au 0.13~0.94g/t, Ag 7.1~41.9g/tを示し、他の岩石中に一般的に含まれる金および銀の量に比較して非常に高品位である。

〔流紋岩の形状・組成および噴出年代〕

本流紋岩体は、東西幅約2.5kmで南北に5kmの延長をもち、周辺の平地と約750mの標高差をもって突出する独立山塊の形状を示している。本岩体は、周辺に分布する白亜紀頁岩累層を部分的に貫ぬき、あるいはおおう溶岩円頂丘と考えられる。

肉眼的に灰褐色～淡桃灰色で正長石および石英の斑晶が明らかである。部分的に流理構造も認められる。一般に新鮮である。本岩の全岩化学分析値はSiO₂ 72.31%, Al₂O₃ 13.77%, Na₂O 0.75%およびK₂Oは9.06%で、K₂O成分に異常に富んだ流紋岩である。したがってノルム正長石は53%にも達する。

本岩試料のK-Ar 絶対年代測定値は265 ± 1.3 m. y.を示し、噴出年代は漸新世後期である。

〔鉍化帯の規模および今後の採鉍〕

産状から判断して、本鉍床はカリ流紋岩金鉍染型鉍床とも名付けるべき賦存状況を示している。カリウム成分が異常に高く、且つ現在までの試料採取範囲内において岩石中の金・銀および他の銅・鉛・悪鉛成分は全岩的に高い。僅かに弱い粘土化作用が観察されるものの、その他の特記すべき熱水変質作用および石英脈などは認められない。したがって鉍化作用は、初生的に本岩の火山活動に関連して、多少にかかわらず、全岩体に及んでいる可能性もある。

本流紋岩体の分布範囲は前述のように2.5km × 5kmと広いが、現在までに組織的採鉍は行われておらず、且つ採掘対象になっているのは僅か一部に過ぎない。したがって、本プロジェクト第Ⅱ年次からの地化学探査および地質調査の最重要調査地の一つとして推奨されるべき地区と考えられる。

4-5-4 鉍石の顕微鏡観察結果およびEPMA分析

今次調査において採取された試料の幾つかについて研磨片を作成し、顕微鏡観察および

EPMA による分析を行い、鉱物の共生関係および銀鉱物の同定を行った。これらの顕微鏡写真、同定鉱物およびEPMA分析結果は一括して巻末付図・付表に添付してある。この項ではその概要を説明する。

〔 Encarnación 鉱山産鉱石 〕

自形の磁鉄鉱が大部分を占めるが、黄鉄鉱がブール状に濃集したり、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱が磁鉄鉱や柘榴石などの粒子間を充てんしていることもある。ごく少量の閃亜鉛鉱も黄銅鉱と共生している。ある試料では、極めて細かい黄銅鉱格子をもつ硫鉄ニッケル鉱や黄銅鉱中のビスマスのテルル塩鉱物が認められる。これらの初生鉱物はおおむねなんらかの交代変質作用を蒙っており、磁鉄鉱は赤鉄鉱・針鉄鉱化し、また硫化鉱物は二次硫化鉱物化、あるいはより進んだ赤鉄鉱・針鉄鉱化している。表面に孔雀石や藍銅鉱が生成している試料がふつうである。鏡下では、磁鉄鉱の赤鉄鉱化の進行状態を示す、ウィドマンシュテノテン像をもつ磁鉄鉱が観察され、まだ多くの黄銅鉱は、粒子縁辺部から輝銅鉱や銅藍に交代されており、さらにその外側を赤鉄鉱と針鉄鉱や他の透明鉱物からなる円心状の細かい縞にとりまかれてリーゼカンク構造を示している。ある試料では鉱物粒子間隙を充てんしている磁硫鉄鉱と思われる粒子は現在ではその伸長方向に直交した縞状模様をもつ白鉄鉱に交代されている。

〔 El Zapote 鉱山産鉱石 〕

磁鉄鉱と硫化鉱物の組み合わせのものと、硫化鉱物のみからなるものの2種の鉱石が認められる。前者はCorcus, Santa Eleanora, La Trinidad, El Conejo 坑から産出するもので、後者はLos Gallos, San José del Oro, Ignacio Zaragoza 坑産である。鉱石の性質がこのように違っている原因については、現在のところ各坑全体の詳細が不明のため言及できない。磁鉄鉱と硫化鉱物からなる鉱石は定性的にはEncarnacionの鉱石と同様であるが、ここでは銅鉱物に富み、斑銅鉱・黄銅鉱を主体として、銅藍、輝銅鉱、藍銅鉱、孔雀石などが認められる。斑銅鉱と黄銅鉱は自形の磁鉄鉱粒子間隙を充てんして共生しているが、斑銅鉱の結晶面(?)沿いに不規則形黄銅鉱が点状に配列している試料がある。またおそらくSanta Eleanora 坑からと思われる1試料では、肉眼で自然金と認められる小粒子が磁鉄鉱中に散在している。磁鉄鉱を欠く鉱石では、斑銅鉱・黄銅鉱・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱および少量の閃亜鉛鉱が初生鉱物である。産出箇所によって各々の量比は変化しているが、いずれも柘榴石その他の脈石鉱物粒子間隙をうめて晶出している。これら2種の鉱石はEncarnación 鉱山のものと同様に、二次的交代作用を蒙っている。

〔 San Miguel 鉱山産鉱石 〕

互いに不規則に組み合って共生する方鉛鉱と閃亜鉛鉱が卓越し、黄銅鉱、黄鉄鉱を伴う。ま

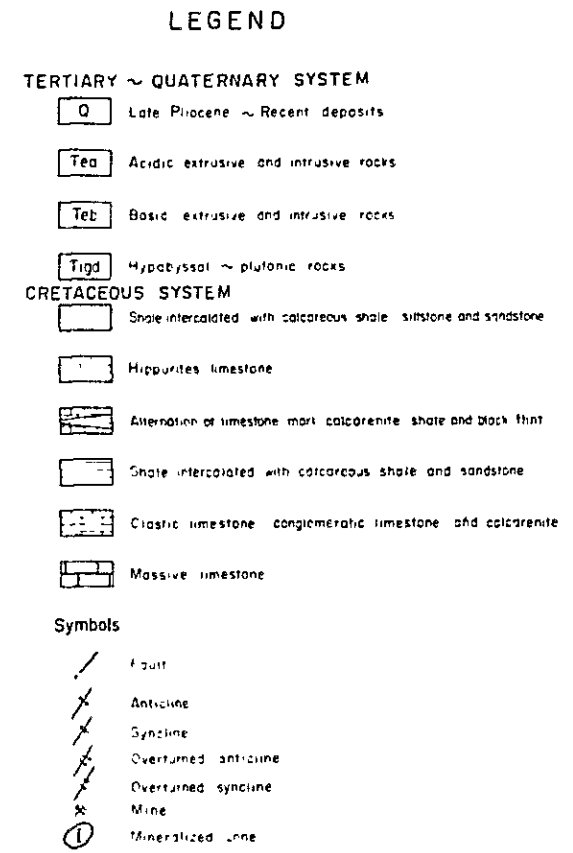
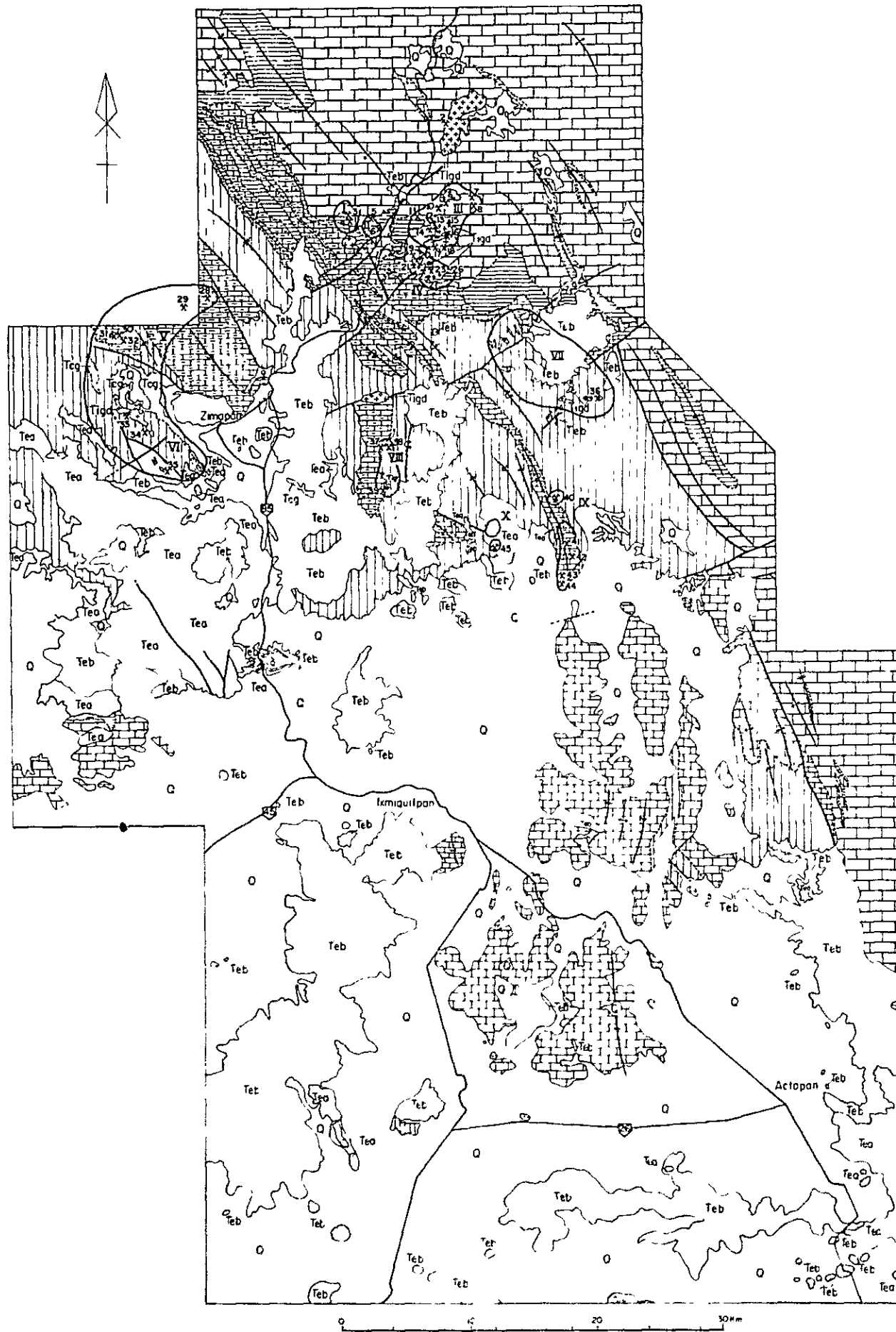
た含銀四面銅鉍に似た銀鉍物も僅かに認められる。黄銅鉍は閃亜鉛鉍中に不規則形粒状の包有物として認められることが多い。銀鉍物は方鉛鉍中の微小包有物として認められ、黄緑灰色を呈し、等方性であるが、EPMAによる定量分析ではAg 19.62%, Cu 23.31%, Fe 2.91%, Zn 2.48%, Pb 2.19%, Sb 27.70%, As 1.14%, S 21.76%を示し、含銀四面銅鉍の組成とはやや異ってはいるが、それに近い硫塩鉍物であることが判明した。

[Lomo de Toro 鉍山産鉍石]

互いに組み合って共生する閃亜鉛鉍および方鉛鉍が卓越し、黄銅鉍、黄鉄鉍、磁硫鉄鉍、白鉄鉍を伴っている。閃亜鉛鉍と方鉛鉍はマンガンを含む方解石と思われる脈石粒子間隙を充てんして晶出している。黄銅鉍は前2者の粒子間隙あるいは粒子中に認められる。磁硫鉄鉍は自形の黄鉄鉍に伴っていることが多く、白鉄鉍に交代されている。このような箇所では不規則外形の磁硫鉄鉍や黄銅鉍を中心に残して、白鉄鉍がその周囲をとりまいている。白鉄鉍の一部では方鉛鉍中の包有物として、あるいは黄銅鉍と細い溶離状組織を示していることがあり、これはおそらく、磁硫鉄鉍を交代したものと思われる。

[María Antonietta 鉍山産鉍石]

互いに共生する閃亜鉛鉍および方鉛鉍が卓越し、黄銅鉍、含アンチモニー鉍物(輝安鉍?)および銀鉍物を伴う。含アンチモニー鉍物は方鉛鉍や閃亜鉛鉍粒子をとりまいて皮殻状に晶出している。一部のものは針状を呈する。銀鉍物は方鉛鉍や閃亜鉛鉍と共生しており、黄緑灰色で等方性の含銀四面銅鉍に似るものと、淡黄緑色で弱異方性をもつ鉍物の2種がある。EPMAによる定量分析では、前者2箇所はそれぞれ、Ag 31.21%, 32.13%, Cu 16.35%, 14.83%, Fe 3.48%, 5.89%, Zn 3.06%, —, Sb 27.10%, 23.10%, As 2.88%, 6.98%, S 20.84%, 19.66%を示し、金銀四面銅鉍に近い硫塩鉍物であることが確認された。また後者は、Ag 64.80%, Sb 16.91%, As 4.67%, S 17.39%を示し、この試算分子式は $Ag_{332}(Sb, As)_{111}S_{300}$ となり、濃紅銀鉍に酷似している。



No	Mineralized zone	Mine or Showing
		1 San Francisco
		2 Nameless
I	San Antonio - La Luz	3 San Antonio
		4 La Luz
II	Dos de El Aguila	5 Dos de El Aguila E
		6 Dos de El Aguila W
III	Encarnación	7 Delicias
		8 Santo Domingo
		9 Nameless
		10 El Cambio
		11 Corral Viejo
		12 La Cueva del Tejon
		13 Santa Tomás
		14 Dulces Nombres
		15 Aguila Roja
		16 San Francisco
		17 Rigel
		18 Socorro
IV	El Zapote	19 El Conejo
		20 Nameless
		21 Ignacio Zaragoza
		22 San José del Oro
		23 Corcus
		24 Santa Eleonora
		25 La Trinidad
		26 Concordia
		27 Los Gallos
V	Zimapán	28 San Francisco
		29 San Miguel
		30 Los Balcones
		31 La Prisma Fresnillo
		32 Lomo de Toro
VI	South Zimapán	33 María Antonietta
		34 Guadalupe
		35 Nameless
VII	Poterero	36 Nameless
VIII	Pechuga	37 Santa Elena
		38 Santa Elena
		39 San Miguel
IX	Yanhe - San Joaquin	40 Providencia
		41 San Joaquin
		42 San Vicente
		43 Los Aminos
		44 San Bernardo
X	San Clemente	45 San Clemente

Fig. IV-7 Location of Metal Mine in the Survey District

第5章 総括および結論

第5章 総括および結論

5-1 総括

プロジェクト初年次にあたる本年の調査は、調査地域の広域的な地質・地質構造の解明および各種鉱床の記載に重点をおいた、全域の地形図作成・写真地質判読および地質調査からなっている。そして具体的には、次年度調査対象として、鉱床探査上有望な地区を全域の中から選出することを目的とした。

その結果、調査地域に関する地質・地質構造・火成活動・鉱化作用およびそれらの相互関係について重要な資料が得られ、多くのことが解明されたが、また、次期により精密な調査によって解明しなければならない問題も提起された。

これらの調査の結論および今後の問題はつぎのように総括される。

〔白亜系の層序〕

調査地域に分布する白亜系は、調査地北半部においては下位より塊状石灰岩累層、黒色フリント挟在累層および頁岩累層の順に整合的に累重している。調査地南半部および西中央部においては、黒色フリント挟在累層と同時異相の関係にあるとみられる *Hippurites* 礁性石灰岩累層の分布が卓越し、その上位に頁岩累層が整合的に累重する。

これら白亜系堆積岩類は、各累層毎に強弱の程度は異なるが、ララミー造山運動の影響を受け烈しい褶曲構造を示し、部分的に過褶曲による逆転もみられる。しかし一般には地層が走向NW、傾斜SWの傾向を示している。

これら白亜系累層から採取された大型化石および超微化石鑑定の結果、それらの堆積時期は、塊状石灰岩累層は下部白亜紀から上部白亜紀 Cenomanian 階の間、黒色フリント挟在累層および *Hippurites* 礁性石灰岩累層は Turonian 階、頁岩累層は後期 Turonian 階から Maestrichtian 階と結論される。

しかし、この調査結果は、既調査資料 (Segerstrom, 1962) とは産出化石の種類について部分的に一致しないという問題点を示している。これは次期調査における、より詳細な大型化石および超微化石の研究によって解明されるべき問題として繰越される。

〔第三系および第四系〕

本地域に分布する第三系は、局部的に基底礫岩層の分布はみられるが、その主体は火山岩類で占められる。噴出時期は、K-Ar 絶対年代測定結果によれば、 $38.1 \pm 1.9 \text{ m.y.}$ から $26.5 \pm 1.3 \text{ m.y.}$ の間に殆んど全部の活動が含まれる。

従って本地域の火山活動は漸新世初期から同後期の間には活発であったと考えられる。岩質的には漸新世初期から後期前半までは安山岩～玄武岩の溶岩流、火山角礫岩が卓越し、漸新世後期後半にいたって流紋岩の溶岩および凝灰岩の分布が所々にみられる。その後の活動

としては、多分第三紀中新世の噴出とみられる備かな玄武岩溶岩および第四紀の玄武岩の活動が認められる。

〔地質構造〕

本地域の地質構造は、ララミー造山運動に起因して白亜系中に発達する褶曲および断層によって大きく特徴づけられる。第三系中には、部分的に、ゆるい傾斜および数本の小断層が観察されるものの全体としては安定しており、著しい構造運動の痕跡はみられない。

白亜系中の褶曲軸は、一般に、NW-S E方向性の走向でその軸面はSWに傾斜する傾向を示す。しかし、部分的に第三紀の火成活動により、褶曲軸が撓曲された形跡も観察される。

断層は、褶曲軸方向に平行な走向断層の系列と、これにはほぼ直交し、白亜系を胴切りするNE-SW~E-W系列の2系列が観察される。走向断層系列のものが大きな上下落差を示すのに比較して、胴切り断層系列のものの上下落差は小さく、水平方向の移動をともなっているのが特徴である。調査地中央部において、ほぼ東西に延長が推定される胴切り系断層は現在第四系におおわれており、その詳細を観察できない。しかし、この推定断層を境にして、北半部と南半部に分布する白亜系の一部に、同時異相によって示される堆積環境の差がみられることや、NE-SW系の断層が貫入岩類の分布を規制していることから、胴切り系統の断層は基盤構造を反映している可能性があるものと考えられる。

〔貫入岩類および鉍化作用〕

調査地域内にみられる貫入岩類は花崗閃緑岩類、安山岩類および流紋岩類の3種類であるが、安山岩類および流紋岩類は、小規模岩脈状で、部分的な分布を示すのに比較して、花崗閃緑岩類は大規模で、鉍化作用と密接な関係をもっており重要である。

花崗閃緑岩質貫入岩類は調査地北半部において白亜系堆積岩類中に貫入しており、その分布はNW-S E方向およびNNE-S SW方向の2方向に配列する傾向を示す。この方向性は、本地域にみられる、主要断層の方向性に一致している。貫入時期は、K-Ar 絶対年代測定値によれば、Encarnación 付近の岩体が 50.9 ± 2.5 m.y. を示し、San Nicolás 西方の岩体は 40.5 ± 2.0 m.y. を示し、始新世初期から同後期である。

これら花崗閃緑岩質貫入岩体と白亜系石灰岩との接触部には高温交代型鉄・銅鉍床が生成しており、これらの鉍床には金および銀が随伴している。また、貫入岩の周辺の再結晶化した石灰岩の中には、熱水型とみられるマント状~鉍筒状形態の、金・銀を含む鉛・亜鉛鉍床が点在している。したがって本貫入岩類は鉍化作用と密接な関係をもち、その分布配列に方向性がみられるので、今後の探査地区選定に際して重要な指針と考えられる。

本地域内にみられるもう一つの重要な鉍床はカリ流紋岩中の金鉍床である。本鉍床はカリウム成分に異常に富む流紋岩溶岩円頂丘の一部に胚胎しているが、一般の金鉍床と異なり、鉍脈型ではなく、石英脈および珪化帯などが一切認められない、肉眼的にやや粘土化している

ようにみえるものの、全体として新鮮な岩石中に賦存し、鉍染型鉍床とみられる。本流紋岩体は、ほぼ、東西に 2.5 km、南北に 5 km の広がりをもっている。今次調査において、この岩体の南部において東西 2.5 km の範囲の数箇所から採取された試料の金および銀含有量は、一般的な他の岩石中の初生的含有量に比較して、非常に高い値を示し、本岩の活動と金・銀鉍化作用との間に密接な関係があることを示唆している。この点から、本流紋岩体全体についても、金、銀その他成分の地化学的挙動を組織的に調査する必要があると結論される。

5-2 結 論

以上述べられた初年次調査の結果にもとづき、第二年次以降の調査地、調査方法はつぎのように結論される (Fig. V-1 参照)。

1. 各鉍化帯を包含し、鉍化作用と密接な関係をもつ貫入岩体が分布し、または分布する可能性が強く、鉍床探査上有望な 850 km² の地区における下記の各種準精査：

- I) 地質準精査…………… 1/25,000 地質図作成
- II) 地化学探査…………… 河川堆積物、指示元素、銀・銅・鉛
- III) 地上磁気探査…………… 地質調査ルート上の任意の点

2. つぎの各地区における各種精査：

記号	地 区 名	面積 (km ²)	調 査 内 容
A.	San Nicolás 西部	28	地質精査・地化学精査 (土壌試料、指示元素 銀・銅・鉛)
B.	El Zapote-Dos de El Aguila	67	上記調査のほか、Dos de El Aguila 鉍山周辺の I.P. 法電気探査 40 0 km
C.	María Antonietta	23	地質精査・地化学精査 (土壌試料・指示元素 銀・銅・鉛)
D.	Pechuga	21	同 上
E.	San Clemente	24	地質精査・地化学精査 (岩石試料および河川堆積物・指示元素 金・銀・銅・鉛・カリウム)
F.	Providencia 北部	21	地質精査・地化学精査 (土壌試料・指示元素 銀・銅・鉛)
	合 計	180	

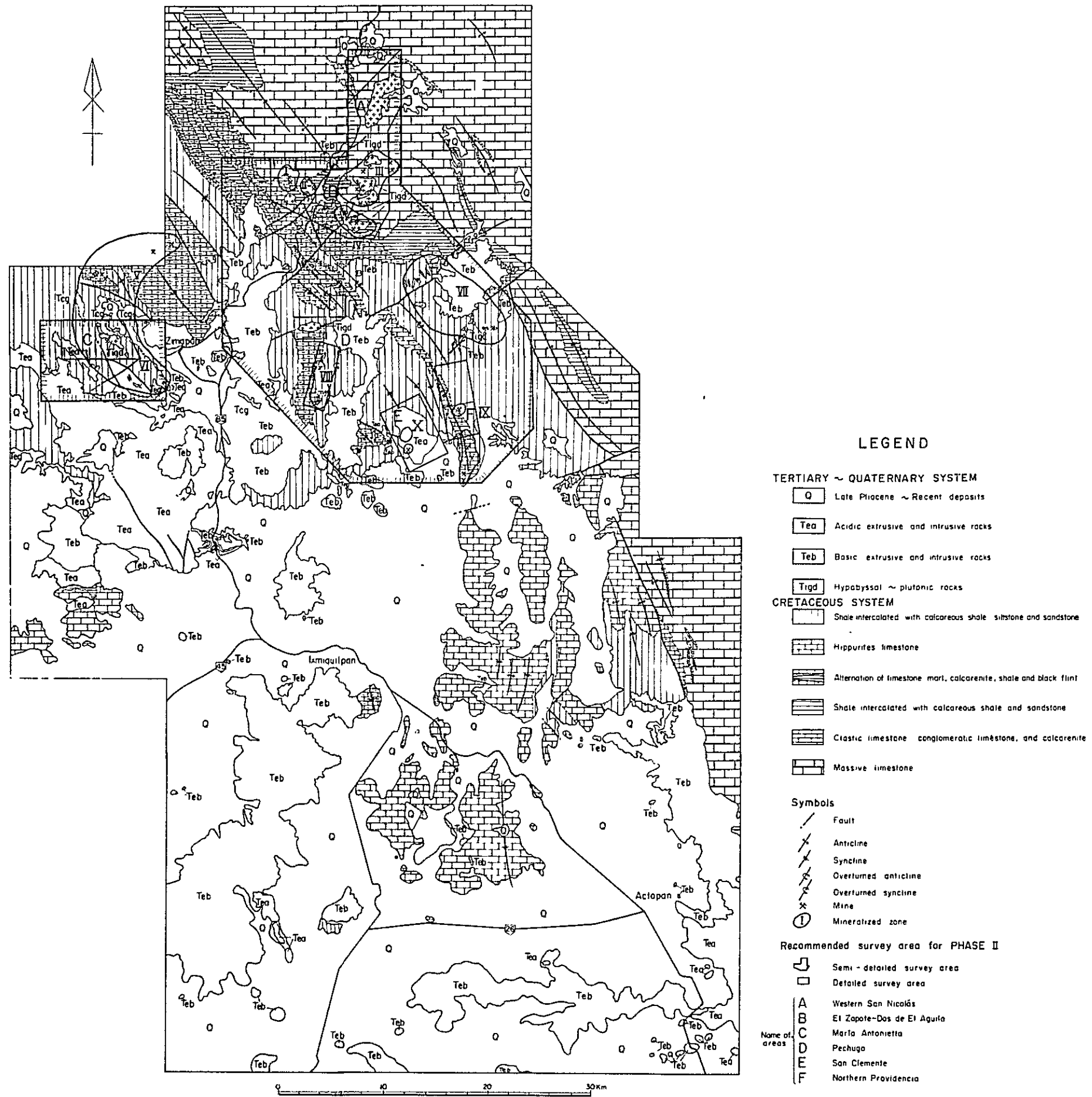


Fig.V-1 Recommendation Map

REFERENCES

- 1) Aguilar Garcia, M., 1972 Prospección geológico-minera de la región de Maconí, Zimapán, Pachuca, Edos. de Querétaro e Hidalgo : Tesis Profesional. I.P.N.
- 2) Bastin, E.S., 1948 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, Mexico : Econ. Geol., v. 43, p. 53-65.
- 3) Benites M., J. A., 1972 a Informe mensual de la zona Cardonal, Hgo.: C.R.N.N.R. (inedito).
- 4) _____, 1972 b Informe preliminar de la zona Bonanaza, Hgo. : C.R.N.N.R. (inedito).
- 5) Carrillo Bravo, J., 1965 Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla : Asoc. Mex. Geol. Petrol., V 13.
- 6) Casarrubias Jinenez, J.S. 1973 Exploracion geológico minera del área de el Cardonal, Estado de Hidalgo : Tesis Profesional, 52 P., I.P.N.
- 7) Chairez Blanco, J., 1978 Estudio geológico-minero de la Mina San Miguel, la Pechuga, Mpio de Ixmiquilpan, Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 8) Cumming, G.L., et al 1979 Isotopic composition of lead in Mexican mineral deposits : Econ. Geol., V.74, pp. 1395-1407
- 9) De la Cruz, Trejo, M., 1975 Guías útiles de la prospeccion de minerales en el distrito minero de Zimapán, Edo, de Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 10) De Pablo Galan, L., 1965 Los minerales de manganeso de Molango, Hidalgo : Univ. Nac. Auton, Mex. Inst. Geol. Bol. 76., pte. 1, p.1-38.
- 11) Fries, Jr., C., 1962 Carta geológica de Mexico : Hoja Pachuca 14, Q.E. (11).
- 12) Galicia F., J., 1972 Informes mensuales de la zona de Encarnación, Hgo.: C.R.N.N.R.
- 13) Geyne, A.R., 1949 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, Mexico-a reply : Econ. Geol.,v. 44, p. 233-234.
- 14) _____, 1956 Las rocas volcanicas y los yacimientos argentíferos del distrito minero de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo : Internat. Geol. Cong., 20th: Mexico 1956, Guidebook Excursions A-3 and C-1, p. 47-57.

- 15) Geyne, A.R., and Wilson, I.F., 1951
Relación entre los cuerpos de mineral costable y los diques en el distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, Mexico (abstract) : Convención Interamericana de Recursos Minerales, 1ª, Mexico 1951, Mem., p. 270.
- 16) Geyne, A.R., and Wilson, I.F., et al. 1963
Geology and mineral deposits of the Pachuca-Real del Monte District, State of Hidalgo, Mexico : C.R.N.N.R. Mem. 5 E.
- 17) Imlay, R. W., 1944a
Cretaceous formations of Central America and Mexico : Bull. Amer. Assoc Petrol. Geol., v. 28, p. 1077-1195.
- 18) _____, 1944b
Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antilles, Central America, and Mexico : Bull. Geol. Soci. Amer., v. 55, p. 1005-1046.
- 19) _____, 1952
Correlation of the Jurassic formations of North America, exclusive of Canada : Bull. Geol. Soci. Amer., v. 63, p. 953-992.
- 20) Lee Moreno, J.L., 1974
Geochemical prospecting for epithermal precious metals veins in the vicinity of the Pachuca-Real del Monte mining district in Mexico : Soci. Min. Engr. AIME., p. 1-16.
- 21) Miyashiro, A. et al., 1977
Petrology I, II and III (in Japanese): Kyoritsu Press.
- 22) Quintus Bosz, R. L., 1972
Estudio geológico de la zona fosforítica de San Francisco, Municipio de Pacula, Estado de San Francisco, Municipio de Pacula, Estado de Hidalgo : C.R.N.N.R. p. 28-45.
- 23) Restovic Peres, I.V., 1973
Estudio geológico minero del area de Encarnación, Mpio. de Zimapán, Edo. de Hidalgo : Tesis Profesional. U.N.A.M.
- 24) Salas, G.P., 1975
Carta y provincias metarogeneticas de la Republica Mexicana : C.R.M. de Mexico, Publication 21E.
- 25) Schulze, G., 1951
Mantos intrusivos en formaciones volcanicas en sus relaciones con vetas : Convención Interamericana Recursos Minerales, 1ª, Mexico 1951, Mem., p. 202-207.
- 26) Segerstrom, K., 1956
Estratigrafía y tectónica del Cenozoico entre Mexico D.F. y Zimapán, Hgo. : Internat. Geol. Cong., 20th, Mexico 1956, Guidbook Excursions A-3 and C-1, p. 11-22, also A-14 and C-6, p. 311-323.

- 27) _____, 1961 Geología del suroeste del Estado de Hidalgo y del noreste del Estado de Mexico : Asoc. Mex. Geol. Petrol. Bol., v.13, p. 147-168.
- 28) _____, 1962 Geology of south-central Hidalgo and northeastern Mexico, Mexico : U.S. Geol. Survey, Bull., 1104-C, p. 87-162.
- 29) Simons, F.S. and Mapes V. E., 1957, Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Hidalgo: Instituto Nacional para Investigación de Recursos Minerales.
- 30) Smith, R.L. et. al. Hidalgoite, a new mineral.: U.S. Geol. Survey, Washington, D.C., p. 1218-1224.
- 31) Takeda, H., 1977 Las características de la mineralización de los depositos de plomo, zinc, y plata en las calizas de la parte norte de la Sierra Madre Oriental, Mexico: VI seminario interno sobre exploración geológico-minera, de C.R.M.
- 32) Tavera Amezcua, E., 1965 Yacimientos estanníferos del Fundo la Esperanza, Zimapán, Hgo.: Minería y Metalurgia, v. 35, p. 67-75.
- 33) Tavera Amezcua, E. and Alexandri R., R., 1963 Los yacimientos de manganeso del área de Molango, Hidalgo: V Convencion de la Asoc. de Ings. de Minas, Met. y Geólogos de Mexico, Torreón, Coahuila.
- 34) Thornburg, C.L., 1945 Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte area, Pachuca silver district, Mexico : Econ. Geol., v. 40, p. 283-297.
- 35) _____, 1952 The surface expression of veins in the Pachuca silver district, Mexico : Mining Eng., v. 4, p. 594-600.
- 36) Turban, E., 1947 Estudio de la mineralización a la profundidad en los minerales de Pachuca y Real del Monte, Estado de Hidalgo: Minas y Petróleo, Bol., v. 16, p. 3-6.
- 37) White, D.E., 1947 Diagenetic origin of chert lenses in limestone at Soyatal of Queretaro, Mexico : Amer. Jour. Sci., v. 245, p. 49-55.

- 38) Wisser, E., 1937 Formation of the north-south fractures of the Real del Monte Area, Pachuca silver district, Mexico.: Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 126, p. 442-486.
- 39) _____, 1941a Discussion of paper by McKinstry on Structural control of ore deposition in fissure veins : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 87-93.
- 40) _____, 1941b The environment of ore bodies : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 96-110.
- 41) _____, 1941c Discussion in Symposium on some observations in ore research : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 144, p. 140-145.
- 42) _____, 1942 The Pachuca silver district, Mexico, in "Ore deposits as related to structural features" : ed. Newhouse, W.H., p. 229-235., Princeton Univ. Press.
- 43) _____, 1946 Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte area, Pachuca silver district, Mexico-a reply : Econ. Geol., v. 41, p. 77-86.
- 44) _____, 1948 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, Mexico-a reply. : Econ. Geolo., v. 43, p. 280-292.
- 45) _____, 1951 Tectonic analysis of a mining district-Pachuca, Hidalgo : Econ. Geol., v 46, p. 459-477.
- 46) Wittich, E. and Vivar, G., 1913 La celestita de Atotonilco El Grande, Hgo.: Bol. Soc. Geol. Mex., p. 5-8.

