

B i b l i o g r a f í a

Aguilar-Contreras Adrián (1981) :

Reporte sobre algunas observaciones que se hicieron en la veta "Grande" o "Guitarra" de Temascaltepec, Estado de Mexico. 62p. con 5 mapas.
Poder Ejecutivo, Secretaría General, Gobierno del Estado de México.

Bargallo, Modesto (1955) :

La minería y metalurgia en la América española durante la época colonial ; México D.F., Fondo de Cultura Económica, 433p.

Bernal-Hernández, Fernando, Rubén Diaz Lopez, Porfirio Garcia Rodríguez,

Alfonso Oje de Rodríguez y Pedro F. Zarate del Valle (1981) :

Exploracion geológica-minera en reserva minera nacional Temascaltepec, Estado de México (1a. Etapa). Gerencia de Exploracion Geológica, p.407-422 con 4 mapas. Consejo de Recursos Minerales.

Cetenal (1975a) :

Carta geológica Amatepec E-14-A-66, escala 1:50,000: Mexico D.F.
Secretaría de Programacion y Presupuesto.

Cetenal (1975b) :

Carta geologica Tejupilco de Hidalgo E-14-A-56, escala 1:50,000: México, D.F. Secretaría de Programacion y Presupuesto.

Cetenal (1975c) :

Carta geologica Valle de Bravo E-14-A-46, escala 1:50,000: México D.F.
Secretaría de Programacion y Presupuesto.

Colorado-Lievano, Daniel (1979) :

Etude d'une partie de la ceinture metamorphique (Mesozoique) de sud du Mexique (Estats de México et Gerrero): Paris, Univ. Pierre et Marie Curie, tesis doctoral de ingeniero, 128p. (inedita)

C. R. M. (1978a) :

Plano Geologico-Minero Mina Stanta Rosa, escala 1:10,000, Mapa.
Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcanico.
Consejo de Recursos Minerales.

C. R. M. (1978b) :

Plano Geologico del Prospecto Santa Rosa Tejupilco, Estado de Mexico,

escala 1:10,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcanico. Consejo de Recursos Minerales.

C. R. M. (1979) :

Plano Geológico-Minero del área Tejupilco, Estado de México, escala 1:50,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcanico. Consejo de Recursos Minerales.

C. R. M. (1981) :

Mapa geológico del área comprendida entre Zacazonapan y Tejupilco, escala 1:15,000, Mapa.
Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplicado Proyecto Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.

C. R. M. (1982) :

Mapa geológico del área de Tizapa municipio de Zacazonapan, escala 1:1,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplicada. Proyecto Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.

C. R. M. (1983) :

Calculo de reservas principales por medio del metodo areas de influencia del yacimiento de La Esmeralda, Temascaltepec Mex, escala 1:1,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplicada Proyecto Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.

Cserna, Zoltan de (1958) :

Orogenesis in time and space in México. Geol. Rondsch, v. 58, p. 595-605.

Cserna, Zoltan de (1982) :

Hoja Tejupilco 14Q-g(9), con resumen de la geología de la Hoja Tejupilco, estados de Guerrero, Mexico y Michoacán:
Univ. Nal. Autón México, Inst. Geologia, Carta Geología de México, serie de 1:100,000, mapa con texto, 28p.

Cserna, Zoltan de, y Carl Jr. Fries (1981) :

Hoja Taxco 14Q-h(7), con resumen de la geología de la Hoja Taxco, estados de Guerrero, Mexico y Morelos:
Univ. Nal. Autón México, Inst. Geologica, Carta Geología de México, serie de 1:100,000, mapa con texto, 47p.

- Cserna, Zoltan de, Carl Jr. Fries, Cesar Rincón-Orta, H. Westley y Alain Demant (1978) :
Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. Univ. Nal. Autón México, Inst. Geología, Revista, v.2, num. 2, p. 172-187.
- Damon, P. E., M. Shafiqullqh y K. F. Clark (1981) :
Evolucion de los arcos magmáticos en Mexico y su relacion con la metalogenesis. Univ. Nal. Autón México, Inst. Geología, Revista, v.5, num. 2, p. 223-238.
- Demant, Alain (1982) :
Interpretación geodinámica del volcanismo del eje neovolcánico transmexico. Univ. Nal. Autón México, Inst. Geología, Revista. vol. 5, p. 217-222.
- Elias-Herrera, Mariano (1981) :
Geología del área de almoloya de la Grenadas San Lucas del Maíz, Municipio de Tejupilco, Edo. de México. Univ. Nal. Autón México, Facultad de Ciencias(Geologica). Tesis de Maestría.
- Elias-Herrera, Mariano (1989) :
Geología metamorfica del área de San Lucas del Maíz, estado de México. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Boletin 105, 79p con la mapa geologico y secciones estructurales del área.
- Elías-Herrera, Mariano y Eduardo Obregón Ramos (1981a) :
Geología del area de Almoloya de las Grandassan Lucas del Maíz, municipio de Tejupilco, estado de México.
Gerencia de Estudios Especiales Departamento de Investigación aplicada.
Proyecto Rocas Metamorficas. Informe Anual 1981, 176p.
Consejo de Recursos Minerales.
- Elías-Herrera, Mariano y Eduardo Obregon Ramos (1981b) :
Resultados del estudio Geologico-minero del área "Almoloya", municipio de Tejupilco, estado de México.
Gerencia de Estudios Especiales Departamento de Investigación aplicada.
Proyecto Rocas Metamorficas. Informe Anual 1981, p. 1-18.

Consejo de Recursos Minerales.

Estado de México (1985) :

Monografía de Tejupilco. p.21-29 y p47-67, Estado por Gobierno del Estado.

Fries, Carl, Jr. y Cesar Rincon-Orta (1965) :

Nuevas aportaciones geocronologicas y tecnicas empleadas en el laboratorio de geocronologia:

Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, 73, p.57-133.

Gonzalez-L. R., J.M. Garcia-H. , y M.L. Rivas-S. (1985) :

Estudio metalurgico sobre muestras de núcleos de barrenación (sulfuros) procedentes de Tizapa Mpio. de Zacazonapan, Edo de México.

Laboratorio de Tecamachalco, Comision de Fomento Minero. 70p.

Gonzalez-Velez, Garza (1981) :

Relaciones geologicas y metalogeneticas para evaluar el potencial economico-minero y perspectiva de la prospección, en las depresiones de Tejupilco y Zacualpan, Edo. de México.

Gerencia de Estudios Especiales Departamento de Investigación aplicada. Proyecto Rocas Metamorficas. Informe Anual 1981, p.67-95.

Consejo de Recursos Minerales.

Gutierrez-Tipia, R.L. y V.M. Gomez Moreno (1982) :

Estudio geoquimico de vapores de mercurio en las areas Tizapa, Esmeralda y Ciruelo-Campanario, Mpios. de Zacazonapan y Temascaltepec, Edo. de México. Proyecto Rocas Metamorficas. Consejo de Recursos Minerales.

Hammer, S. (1939) :

Terrain correctión for gravimeter stations. Geophysics, 4, p184-194.

Heredia Barragan, Miguel Angel y Rodolfo Javier Garcia Fons (1989) :

Distribución de yacimientos vulcanogenicos en la provincia norte de Guerrero-Suroccidente del Estado de México.

Compania Fresnillo, S.A. de C.V., p.80-99.

Hernandez-Perez, I. (1979) :

Informe de los trabajo geofisicos realizados en el área Tizapa, Municipio de Zacazonapan, Estado de México.

Proyecto Rocas Metamorficas. Consejo de Recursos Minerales.

金属鉱業事業団 (1992) :

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書 (地化学探査予察調査)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1988) :

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書、(第1年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1989) :

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書、(第2年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1990) :

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書、(第3年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1991A) :

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書、(第4年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1991B) :

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書、(総括)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1992) :

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書、(第1年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1993) :

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書、(第2年次)

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1994) :

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書、(第3年次)

Jose y Schmitter-Villa Da, Eduardo (1974) :

Edad precambrica tardia del Esquistos Taxco, Estado de Guerrero.

Bol. Asoc. Mex. Geologos. petroleros, v. 26, p. 183-193.

Lorinczi, G. I. y Miranda-V., J. C. (1978) :

Geology of the massive sulphide deposits of Campo Morado, Guerrero, Mexico. Econ. Geology, v. 73, p. 180-191.

Martin Halpern, J. C. Guerrero-Garcia, y Mario Ruiz-Castellanos (1974) :

Rb-Sr dates of igneous and metamorphic rocks from south eastern and central Mexico; a progress report:

Mexico, D. F., Union Geofisica Mexicana, Reunion Anual, Resumen.

Mena et al (1992) :

Bouguer anomaly map of Mexico.

Univ. Nal, Auton Mexico, Instituto de Geofisica, in press.

Mendoza-Flores, Alfonso, y Francisco-Serrano (1982) :

Evaluación geológica minera de las áreas Los Ocotes y La Sierrita,
Municipio de Tlatlaya, Estado de México.

México D.F., Soc. Geol. Mexicana, Convencion Geol. Nal., 6, Programa y
Resúmenes, p. 88, (resumen).

Mooser, Federico (1968) :

The Mexican volcanic belt structure and development: formation of
fractures by differential crustal heating.

Mexico, D.F., Pan-am. Symp. on the Upper Mantle(1968), pte. 2, p. 15-22.

Nakagawa, Ichiro et al (1983) :

Precise calibration of scale value LaCoste & Romberg Gravimeters and
international gravimetric connections along the circum-pacific zone.
Kyoto Univ.

Ortega-Gutierrez, F. (1981) :

Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance.
Geof. Int., Vol. 20-3, p. 177-202.

Parga-Perez, Jose de Jesus (1981) :

Geología del área Tizapa, Municipio de Zacazonapan Estado de México.
Univ. Nal, Autón México, Facultad de Ciencias (Geología). Tesis de
Maestría.

Parga-Perez, Jose de Jesus. (1980) :

Geología y Metalogénesis del yacimiento Estratiforme de sulfuros Masivos
de Tizapa, Zacazonapan, Edo. de México. VIII Seminario Interno sobre
Exploración Geológico-Minera, p. 336-363. Consejo de Recursos Minerales.

Parga-Perez, Jose de Jesus: (1983) :

Algunos factores tectónico-económico a considerar en la evaluación del
yacimiento de sulfuros masivos polimetálicos de Tizapa, Zacazonapan, Edo.
de México. 14p. Consejo de Recursos Minerales.

Parga Perez, Jose de Jesus, Arturo Gomez Caballero y Gustavo Camacho Ortega(1986)

:
Compsito de estudios de evaluación del prospecto Tizapa, Municipio de

Zacazonapan, Estado de Mexico.

Gerencia de Estudios Especiales, Proyecto Rocas Metamorficas area Tizapa.
135p. Consejo de Recursos Minerales.

Parga Perez, Jose de Jesus, Mariano Elías Herrera y Eliseo Rmo Vargas (1981) :
Geologica, estratigrafia y yacimientos Minerales del area de Tizapa,
Estado de México. Gerencia de Estudios Especiales Departamento de
Investigación aplicada. Proyecto Rocas Metamorficas. Informe Anual 1981.
Consejo de Recursos Minerales, 135p.

Parga Perez, Jose de Jesus, Jose de Jesus Rodriguez S., Eliseo Rmo Vargas y
Eduardo Obregon Ramos (1984) :
Estudio Geológico evaluativo del Prospecto "la Esmeralda", Mpio. de
Temascaltepec, Edo. de México. Proyecto Rocas Metamórficas, Informe
Anual /84. Consejo de Recursos Minerales.

Parga Perez, Jose de Jesus, Jose de Jesus Rodriguez S., Eduardo Obregon Ramos y
Eliseo Rmo Vargas (1984) :
Estudio Geologico Evaluativo del Prospecto "la Esmeralda", Mpio. de
Temascaltepec, Edo. de México (Julio de 1984). Tomo II. Columnas
Litológicas y Descripción de Barrenos. Proyecto Rocas Metamórficas,
Informe Anual /84. Consejo de Recursos Minerales.

Salas-Castellanos, Jose y Demetrio Silva Macedo (1982) :
Evaluacion metalogenetica del prospecto "La Sierrita"; Tlatlaya, Edo. de
Mexico. Gerencia de Estudios Especiales Sección de Investigaciones
Metalogeneticas. 74p. Consejo de Recursos Minerales.

SPP (1983) :
Carta Geologica CD Altamirano, escala 1:250,000. Secretaria de Programa-
cion y Presupuesto, Estados Unidos Mexicanos.

SPP (1981) :
Carta Geologica México, escala 1:1,000,000. Secretaria de Programacion y
Presuesto, Estados Unidos Mexicanos.

竹田英夫 (1974) :
メキシコの地質と鉱物資源. 地質ニュース, 244, p. 44-55.

竹田英夫 (1975) :

メキシコの鉱業事情③, メキシコの地質と鉱物資源. 地質ニュース, 256, p. 30-56.

Talwani, M., J.L. Worzel and M. Landisman (1959) :

Rapid gravity computations for Two-Dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone.

J. Geophys. Res., 64, p. 49-59.

Zamorano-Montienl, Gustavo (1977) :

Estudio geológico del yacimiento de sulfuros masivos El Rey de la Plata, en Teloloapan, Edo. de Guerrero: México, D.F.

Univ. Nal, Autón México, Fac. Ingenieria, Tesis Profesional. Inedito.

メキシコ合衆国テフピルコ地域

資源開発協力基礎調査

総合解析図説明書

平成6年2月

国際協力事業団

金属鉱業事業団

目 次

1. 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法、調査量及び調査期間	1
2. 地質、鉱床概要	1
2-1 広域地質概要	1
2-2 地域地質概要	4
2-3 鉱床概要	5
3. 調査結果の概要	6
3-1 既存データ解析	6
3-2 衛星画像解析	6
3-3 地質調査	11
3-4 地化学探査	22
3-5 物理探査	23
3-6 ボーリング調査	25
4. 考察及び結論	28
4-1 考 察	28
4-2 結 論	29
参考文献	30
添付図表類	
図-1 テフピルコ地域調査フローシート	2
図-2 TMフォールスカラー画像	7
図-3 TM主成分画像	9
図-4 地質模式層序図	12
表-1 年度別調査方法及び作業量一覧表	3
表-2 層序対比表	13
表-3 鉱石分析結果一覧表	20
別添図 総合解析図	



1. 調査概要

1-1 調査地域及び目的

(調査地地域)

本プロジェクトのテフピルコ地域は次の4点で囲まれた範囲である。

北西限：北緯19°05'18" 西経100°20'00"

北東限：北緯19°05'18" 西経100°00'00"

南西限：北緯18°35'00" 西経100°20'00"

南東限：北緯18°35'00" 西経100°00'00"

(調査目的)

テフピルコ (Tejupilco) 地域は調査地域位置図に示すとおり、メキシコ合衆国のやや中央部に位置し、塊状硫化物鉱床の賦存可能性が高く、鉱物資源局 (Consejo de Recursos Minerales、以下CRM) による探鉱作業が精力的に進められている地域である。特に、同地域内のティサパ (Tizapa) 地区では経済性の高い塊状硫化物鉱床 (1987年から1991年資源開発協力基礎調査アルセリア (Arcelia) 地域) が捕捉されている。従って、メキシコ政府は当地域の資源開発協力基礎調査を日本国政府に要請してきた。日本国政府はこの要請に応じて、当地域において地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見すること及び相手国機関に対し技術移転を図ることを目的として調査を実施した。

1-2 調査方法、調査量及び調査期間

当調査は、テフピルコ地域調査フローシート (図-1) に従って実施した。各年次の調査方法・作業量を表-1に示す。

2. 地質、鉱床概要

2-1 広域地質概要

本地域は、メキシコ中央部を横断する第四紀火山帯を含むリオ・バルサス (Rio Balsas) 盆地の縁辺域にあたり、古生代から現世までの時代幅のある変成岩類、堆積岩類、及び火山岩類が分布し、全層厚は約4,700 mにのぼる。これらは11の岩石層序学的ユニットに区分されている。

基盤岩とされている変成岩類は、上部古生界?のタスコ片岩類 (Esquisto Taxco) からなる。タスコ片岩類は2,000 m以上の層厚で、片麻岩や泥質岩、砂質岩及び火山岩起源の片岩類からなる。本層は塊状硫化物鉱床の胚胎層であるが、既存資料からはいくつかの層準に分かれている (Heredia-Barragan et al、1989)。

中生代の海成堆積岩類は4層 (うち1層は2つの部層に分かれる) に区分されている。

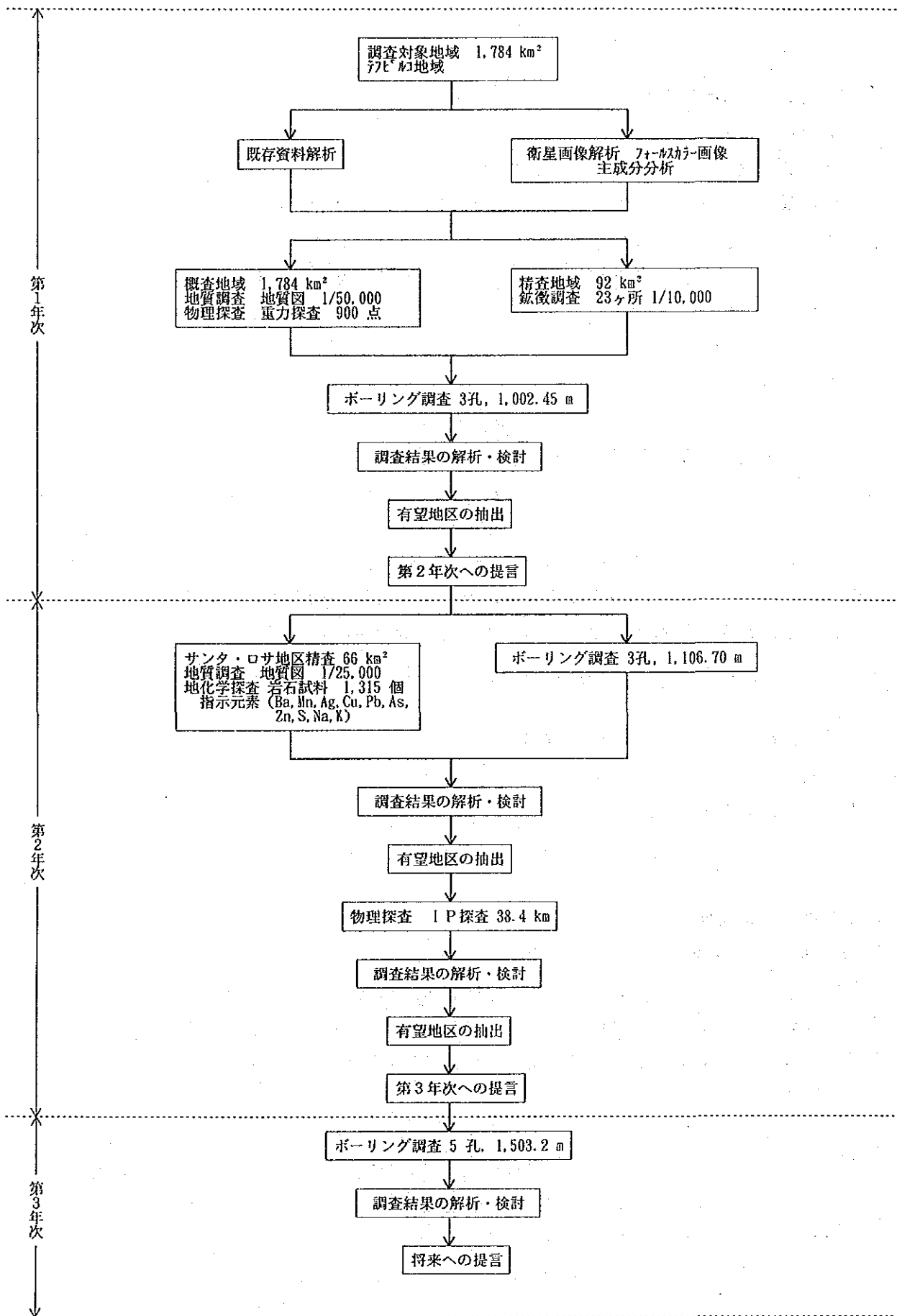


図-1 テフピルコ地域調査フローシート

表一 1 年度別調査方法及び作業量一覧表

調査方法		年 度	平成3年度	平成4年度	平成5年度
衛星画像解析					
調査面積			1,784 km ² (全域)		
・フォールスカラー画像 (フルシーン)			1 種類		
・フォールスカラー画像 (調査範囲)			1 種類		
・主成分分析			1 種類		
地質調査					
・調査面積			1,784 km ²	66 km ²	
・踏査距離			400 km	200 km	
・鉱微調査			23 箇所(92 km ²)		
物理探査	重力探査				
	・調査面積		1,784 km ²		
	・測点数		900 点		
	電気探査				
	・測線総延長			38.4 km	
	・測線数			(1.6km×24測線) 24 測	
	・測定回数			1,200 回	
岩石薄片			105 枚	16 枚	
鉱石研磨片			56 枚	15 枚	
分析					
・鉱石(Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Fe)			104 件	16 件	
・岩石(SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO ₂ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI)			27 件		
・地化学探査試料(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K)				1,315 件	
X線回折				343 件	
年代測定(Pb-Pb法)				3 件	
密度測定			79 件		
ボーリング調査					
・数量			3 本	3 本	5 本
・総掘進長			1,002.45 m	1,106.70 m	1,503.20 m
岩石薄片			23 枚	18 枚	22 枚
鉱石研磨片			22 枚	17 枚	23 枚
分析					
・鉱石(Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Fe)			33 件	34 件	64 件
・地化学探査試料(Ba, Mn, Ag, Cu, Pb, As, Zn, S, Na, K)				86 件	112 件
X線回折			19 件	22 件	22 件
比抵抗・IP測定				36 件	43 件

炭酸塩岩（遠洋性石灰岩）を主体とし、そのほかは海成碎屑岩及び火山岩類から構成される。ジュラ紀後期～白亜紀前期のアクイトラパン層（Formacion Acuitlapan）は、タスコ片岩類を不整合に被う。本層は、頁岩、グレイワッケ、砂岩、礫岩及び石灰岩よりなる。白亜紀前期のアマテペック層（Formacion Amatepec）は、アクイトラパン層を不整合に被う。本層は、葉理構造を持つ泥質ミクライトより構成され、中～薄層の頁岩を挟在する。白亜紀後期のソチパラ層（Formacion Xochipala）は、上部層と下部層に分かれる。下部層は、緑泥石化した安山岩～玄武岩質安山岩の溶岩流及び同質火砕堆積物より構成される。上部層は、中～薄層の葉理の発達した石灰岩より構成される。

中生代の海成堆積物は、褶曲運動や部分的な衝上断層運動を受け、地域的な侵食面をもつ。この侵食面上に、白亜紀後期～第三紀前期のバルサス層と呼ばれる大陸性の火山岩及び碎屑岩、モラッセ相が不整合に堆積した。

第三紀中期ティルサポトラ流紋岩は、流紋岩～流紋石英安山岩～石英安山岩の組成幅をもつさまざまな溶結度の陸上火砕流堆積物より構成される。活発な酸性火山活動が終了すると、さまざまな度合いの開析が進行し、この侵食面を被って、中新世の末期から鮮新世初期にかけて、地域北東部で安山岩質～玄武岩質火成活動による堆積物が形成された。

第四紀の玄武岩質火成活動の噴出物として、火山噴石丘及び溶岩流がある。大局的には、これらの岩石はカンラン石玄武岩であるが、岩石化学的にはカルクアルカリ系列の安山岩ないしは玄武岩質安山岩である。

第四紀の沖積層は、河川の伸びに規制されている。

地域内には、花崗岩から石英閃緑岩組成の花崗岩類侵入岩体がある。これらは中生代の海成堆積岩と接しているが、ティルサポトラ流紋岩の後マグマ活動なのかについては、放射年代等の資料に乏しいため、侵入時代や付近に分布する火山岩類との関係は不明な点が多い。そのほかに塩基性岩脈や珪長質岩株及びそれらに付随した岩脈が認められる。

2-2 地域地質概要

本地域は、メキシコの構造帯のうち、新期火山地帯のほぼ中央部に位置する。この新期火山地帯は、メキシコ中央部をWNW-ESE方向に太平洋側からメキシコ湾側のベラクルス州にかけて横切るものであり、中新世以降現在に至るまで活発な火山活動が続いている。本地域にはこれらに関連する岩石のほかに二疊系～白亜系の変成岩類～弱変成岩類、第三系、第四系などが分布する。

変成岩類は、タスコ(Taxco)片岩類、石灰質層群に区分される。タスコ片岩類は泥質片岩を主とし、部分的に火山岩を起源とする片岩が卓越する。この変成岩類は、本地域の中軸部を南北に分布し、塊状硫化物鉱床を胚胎する。この変成岩類を取り囲むように石灰質層群が分布している。石灰質層群は、石灰質粘板岩、緑色火山岩類、石灰質砂岩、粘板岩な

どからなり、塊状硫化物鉱床の上盤を形成している。これらの変成岩類の正確な年代はまだ求められていないが、タスコ片岩のRb-Sr法では 180 ± 44 Maの値が得られ、ジュラ紀中期に対比されている (Parga Perezほか、1981)。また、タスコ片岩類のトラトラヤ (Tlatlaya) 付近に分布する試料からK-Ar年代として 79 ± 5 Ma (Friesほか、1965) が得られているが、花崗岩の貫入の影響があると考えられている。また、タスコ片岩類に胚胎するティサパ鉱床産鉱石のPb-Pb年代測定は資源開発協力基礎調査(1991)で実施し、1.0~1.5億年の値が得られており、これはジュラ紀~白亜紀にあたる。

第三系は、バルサス(Balsas)層とティルサポトラ(Tilzapotla)流紋岩類からなる。バルサス層は安山岩質溶岩、礫岩及び砂岩・泥岩互層からなり、ティルサポトラ流紋岩類は流紋岩類、溶結凝灰岩を主とし、安山岩溶岩及び安山岩質火砕岩を伴う。この流紋岩類は特徴的な火砕流台地を形成している。

第四系は、玄武岩溶岩、スコリア丘、沖積層からなる。玄武岩溶岩は地形的に明瞭な溶岩流地形と台地を形成しており、スコリア丘を伴う場合が多い。沖積層はテフピルコ、ルビアノス(Luvianos)などの盆地や河川沿いに分布し、未固結の礫・砂を主としている。

貫入岩類は、花崗岩類、岩脈・岩床などからなる。花崗岩類は岩株状のものが北部及び南部に分布し、周囲の変成岩類に熱変成作用を及ぼしている。岩脈・岩床類には、パイロキシナイト、はんれい岩~閃緑岩、安山岩、デイサイト~流紋岩などがある。

2-3 鉱床概要

本地域にみられる鉱床の主なものは、層準規制型の塊状硫化物鉱床と鉱脈型鉱床である。

塊状硫化物鉱床であるエスメラルダ(Esmeralda)、ティサパ及びサンタ・ロサ鉱床は、地理的には調査地域北西部に位置し、ほぼ南北方向の約10 km間に並ぶ。これらの鉱床はほぼ同一層準であるタスコ片岩類の最上部に胚胎する。鉱床上盤は石灰質層群の石灰質粘板岩~千枚岩が分布し、鉱床近傍及び下盤には主に火山岩起源の緑色片岩や酸性片岩がみられ、火山活動と密接な関係があることが判明した。また、塊状硫化物鉱床とされていたエル・リオ鉱床は、ティサパ鉱床などより下位層準でありながら、鉱石は変成作用を受けていないことなどから鉱脈型鉱床に属すると考えられる。

鉱脈型鉱床は、主に調査地域中央部の東西ゾーンに集中して分布する傾向がみられる。鉱床はAg-Pb-Zn石英脈を主とし、タスコ片岩類~ティルサポトラ流紋岩類を切る断層・断裂中に胚胎している。流紋岩貫入岩中にもベレン(Belem)、パントハ(Pantoja)、アルバージョ地区では多くの鉱脈が認められ、鉱化作用は流紋岩質火成活動に引き続いて形成された可能性が高い。鉱脈型鉱床の大規模なものは、ティルサポトラ流紋岩類や貫入岩類よりもタスコ片岩類や石灰質層群中に多い傾向にあり、母岩の物理的性質を反映していると考えられる。鉱脈方向はほとんどのものがNW-SE系であり、ほぼ同時期に形成したことを示している。N-S系及びE-W系の脈も存在するが劣勢であり、これらに伴うものは低品位である。

3. 調査結果の概要

3-1 既存データ解析

本調査域をすべて包括する広域地質図幅は、1,000,000分の1地質図幅（SPP, 1981）及び50,000分の1岩相分布図（Cetenal, 1975a, b, c）がある。

北緯19°以南については、250,000分の1地質図幅（SPP, 1983）及び100,000分の1地質図幅（Cserna, 1985）のほか、鉱物資源局による縮尺50,000分の1～1,000分の1の鉱床周辺地質図幅（CRM, 1978a, b, 1990）がある。北緯19°以北については、ティサパ（CRM, 1982）、エル・リオ（El Rio; CRM, 1979, 1983）及びテマスカルテペック（Bernal-Herrnandes et al, 1981）といった鉱山あるいは鉱徴地周辺についての地質図がある。

本地域の地質層序は、「テフピルコ図幅」（Cserina, 1982）に詳しく述べられているほかは、ティサパ地区、サンタ・ロサ地区、アルモロヤ（Almoloya）地区及びテマスカルテペック地区といった鉱山周辺についていくつかの文献があった。

これらの文献をもとに地質、鉱床などについて解析検討した。本地域に分布する鉱床は塊状硫化物鉱床、鉱脈型鉱床及び不規則水銀鉱床である。資料において、黒鉱タイプや塊状鉱床と記載されているものの大部分は現地調査結果では鉱染鉱床であり、塊状硫化物鉱床にあたるものは2～3の鉱床だけである。また、物理探査、地化学探査、ボーリング資料などについてはデータが少なかったが、収集できたものは現地調査及び解析に利用した。

3-2 衛星画像解析

衛星画像解析に使用したランドサットTMデータは、以下のとおりである。

パス	ロー	撮影年月日
027	047	14 march, 1986

調査地域は、上記データの区画の内北西部にあたる。解析にあたって作成した画像は以下のとおりである。

画像処理	縮尺
TMフォールスカラー画像（BGR 234）フルシーン	1/250,000
TMフォールスカラー画像（BGR 234）サブシーン	1/100,000
TM主成分分析画像（BGR PC1×PC2、PC1×PC2、PC1×PC3）	1/100,000

図-2にTMフォールスカラー画像のサブシーンを、図-3にTM主成分分析画像をそれぞれ示す。画像解析は、1:100,000のサブシーン画像及び主成分分析画像を用いて行った。

解析の手順概要は以下のとおりである。

- ・リニアメント、褶曲構造の抽出

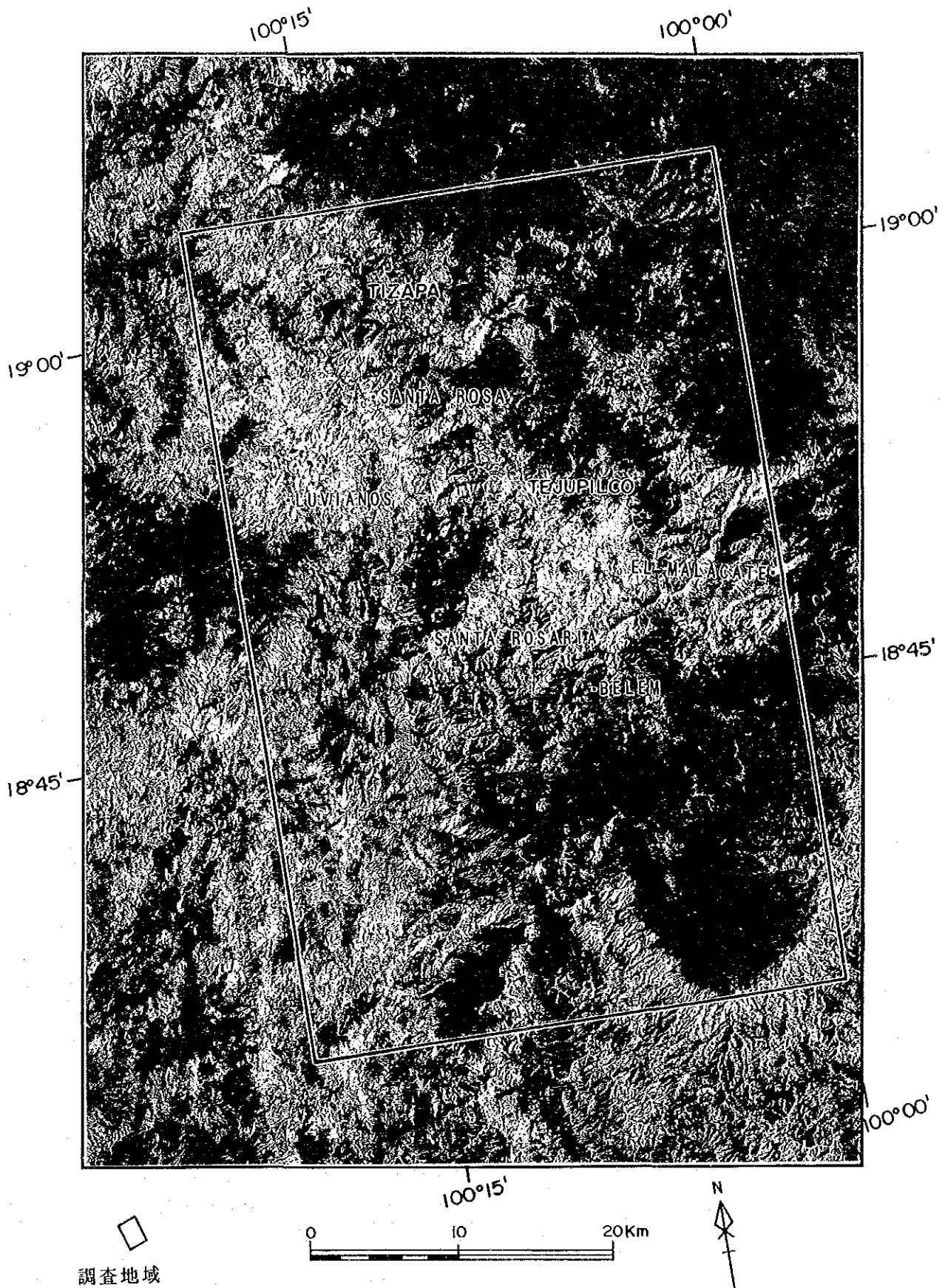
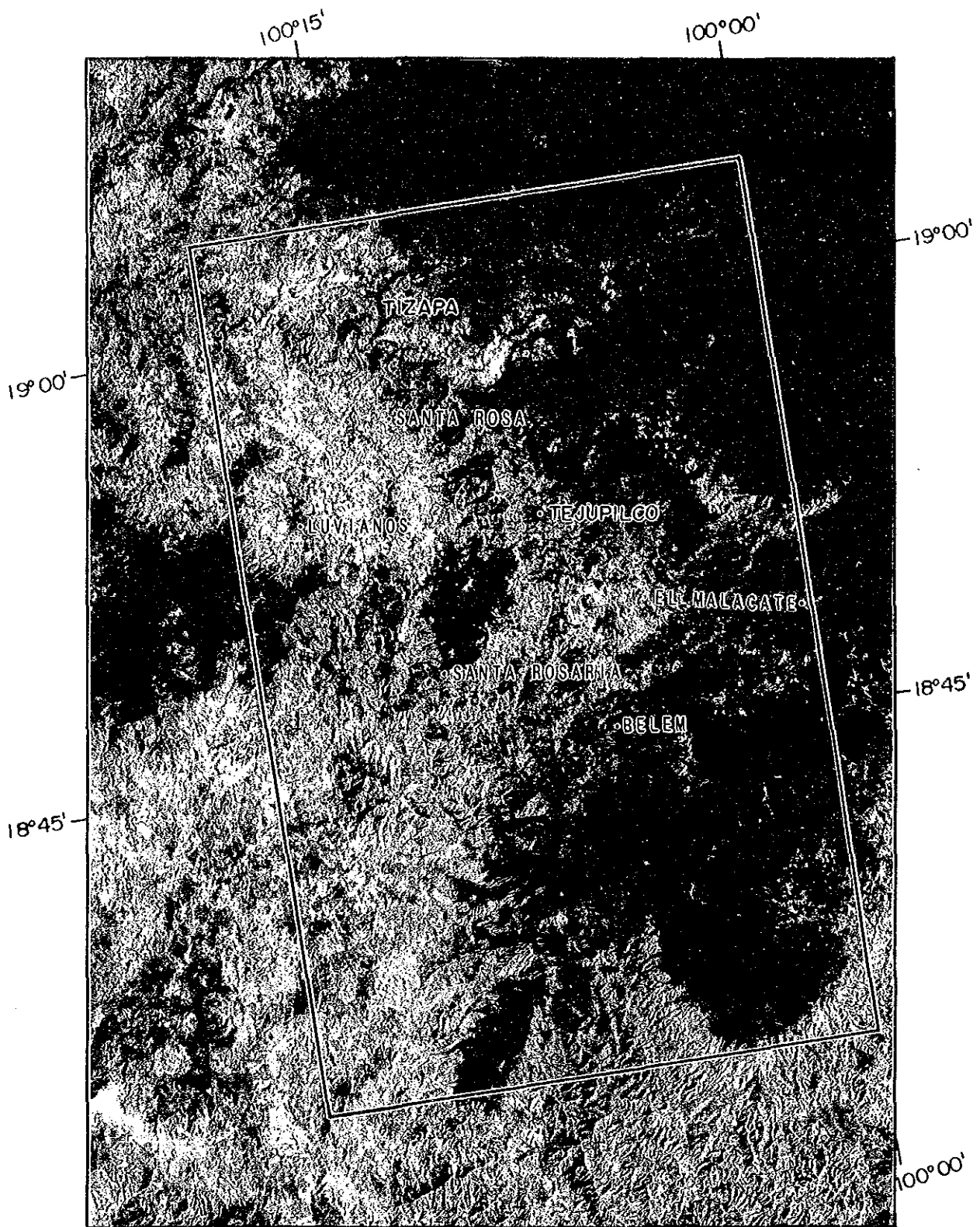


図-2 TMフォールスカラー画像






 調査地域

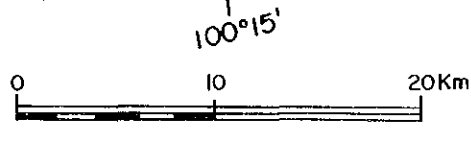


図-3 TM主成分画像

- ・各種解析画像の色調区分
- ・既存地質図との対比
- ・リニアメント分布図・画像判読区分図の作成
- ・現地検証調査

本調査地域は変成岩類から第四紀玄武岩類までの時代幅の広い地層が分布している。画像データ解析では、広範囲な地質・構造解析を行い、併せて塊状硫化物鉱床の胚胎層準、鉱脈型鉱床の分布を把握する目的で行われた。

ランドサットTM画像は、広範囲に赤色～褐色系の色調が分布し、植生が多いことが推測できる。変成岩類と中生界堆積岩類の境界、それらを不整合に覆う第三系火山岩類の分布、第四系玄武岩類の分布といった大まかな地質構造が判読できるものの、それらを細分する岩相の違いの判読は困難であった。判読されたリニアメントはN-S系、NNW-SSE系、NE-SSW系が卓越するが、これらの方向は、変成作用による褶曲軸方向を反映したものであった。鉱脈型鉱床の主な鉱脈走向はNW-SE系である。ローズダイアグラムでは卓越方向としてはでてこないが、個別にみた場合、テフピルコ北西から南東にかけての付近で同系方向リニアメントが卓越しており、傾向としては一致している。

地域中央部で南北方向に広く分布する変成岩類中には流紋岩質貫入岩が多数胚胎し、鉱脈型鉱床の有力な関係火成岩とされている。これらの貫入岩ないしは鉱脈分布について画像上で判読することは困難であった。

ランドサットTMデータの主成分分析画像は多彩な色調を呈し、露岩地域については岩石の種類に対応した色調分布を示すことが経験的に知られている。本調査地域については、気候も比較的温暖で、植物の繁茂しているほか、耕作地や牧草地が不規則な形で広く分布している。主成分分析の結果と現地調査結果の対比から、第1主成分は主に地形の凹凸、第2主成分（画像ではB：青色）及び第3主成分（画像ではG：緑色）は植生の違いを反映していることが判明した。第4主成分（画像ではR：赤色）の高スコア地域は土壤・岩石の露岩地帯、道路、家屋等の非植生分布地域に対応していることが判明した。主成分分析を行った範囲内の画像データには地質情報以外のものが多すぎ、各バンドデータが岩石の種類、化学組成・鉱物組み合わせといった地質情報による変化幅が狭く、植生変化の違いに覆い隠されてしまったものと考えられる。

3-3 地質調査

地質図及び断面図を別添図総合解析図に、地質模式層序図を図-4に、層序対比表を表-2にそれぞれ示した。

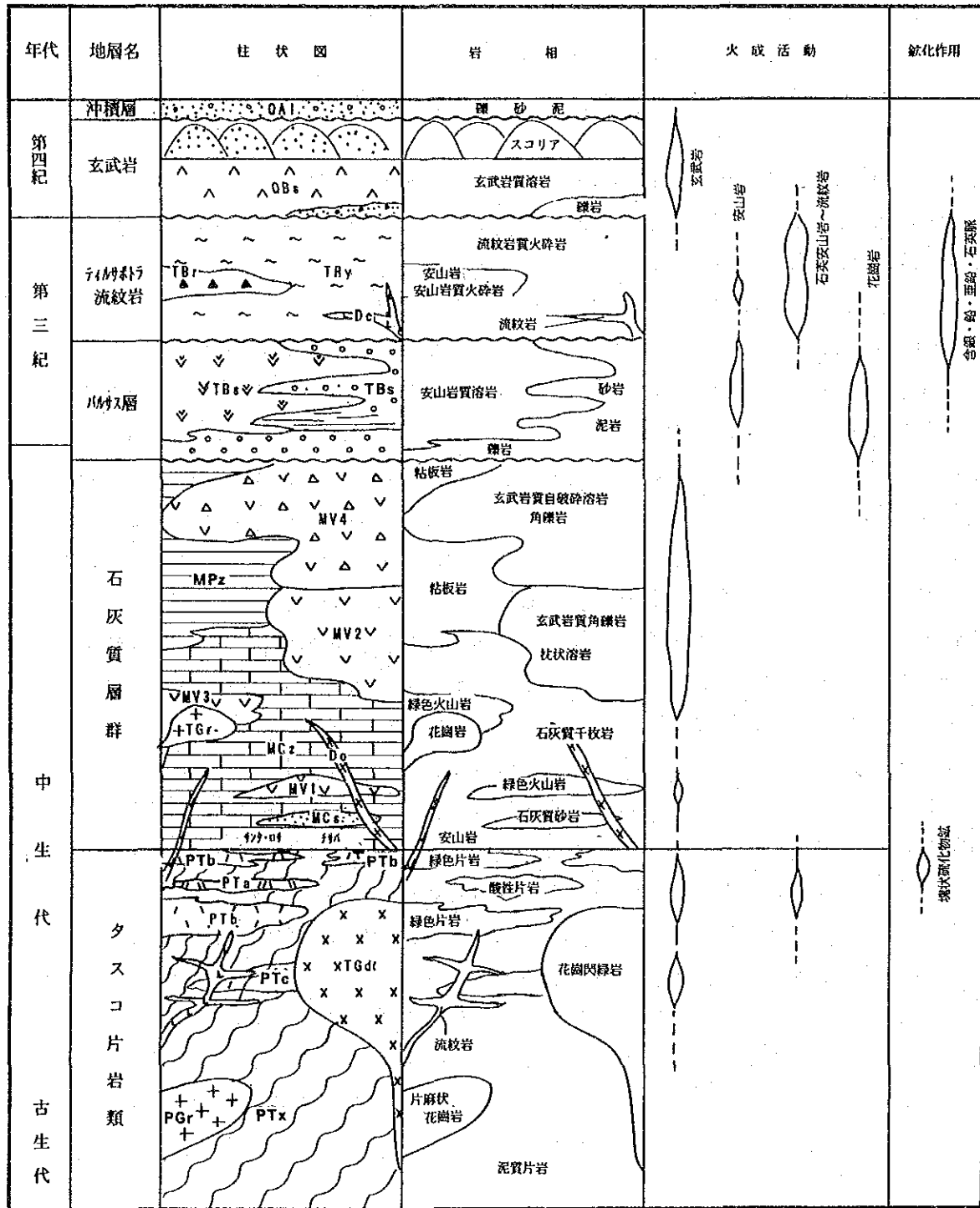


図-4 地質模式層序図

表-2 層序対比表

EDAD	REGION TEJUPILCO	HOJA TEJUPILCO	HOJA TAXCO	
CUATERNARIO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	BASALTO
	BASALTO	BASALTO		
TERCIARIO		ANDESITA BASALTICA	FORMACION ZINACANTEPETEL ANDESITA BASALTICA TOBA Y LAHAR	FORMACION CHONTALCOATLAN ANDESITA BUENAVISTA
	RIOLITA TILZAPOTLA	RIOLITA TILZAPOLTA	RIOLITA TILZAPOTLA	FORMACION CUERNAUACA ANDESITA ZEMPOALA FORMACION TEBUTZAN
	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS	FORMACION BALSAS FORMACION TETELCINGO	
MESOZOICO		FORMACION ARCELIA FORMACION XOCHIPALA		FORMACION MEXCALA FORMACION CHUMILA
	GRUPO COLCAREO	FORMACION AMATEPEC	FORMACION AMATEPEC	FORMACION MORELOS FORMACION XOCHICALCO ANHIDRITA HUITZUCO
		FORMACION ACUITLAPAN		FORMACION ACUITLAPAN
PALEOZOICO	ESQUISTO TAXCO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	ROCAVERDE TAXCO VIEJO	
		ESQUISTO TAXCO	ESQUISTO TAXCO	

1. 変成岩類

変成岩類は、タスコ片岩類、石灰質層群に区分できる。

(1) タスコ片岩類

テフピルコ図幅 (1/10万) 及びタスコ図幅 (1/10万) で示されたタスコ片岩類にほぼ相当する。トラトラヤ (Tlatlaya) 付近の試料から得られたK/Ar年代は 79 ± 5 Ma (Fries 他, 1965) であるが、花崗岩の貫入の影響があり実際の年代はこれより古いと考えられている。また、Cuevasほか (1981) は 180 ± 44 Ma というRb/Sr年代を報告しているが位置などについては明らかでない。

北部のティサパ付近から幅10数kmで南南東に向かって帯状に分布する。

タスコ片岩類は、酸性片岩、緑色片岩、石灰質片岩、泥質片岩で主に構成される。これらの他に地質図には示していないが、露頭規模では砂質片岩の薄層が認められる。層厚は重複した変成作用を受けているため、正確には見積もれないが、2,500 m以上有するものと考えられる。

① 酸性片岩 (PTa)

岩体の中心部では灰色～灰白色、細粒貫入岩様を呈し、片理面の発達は弱く、斑晶状の斜長石、石英と流理構造様の構造が認められることがある。また、エル・サウス付近では著しく珪質となっている。これに対し、岩体の周辺部では片状構造が著しく、褶曲

構造がみられ緑色片岩との区別が困難なことがある。ラス・マルチネスへの道路沿いに分布する本岩では黒雲母に著しく富む。鏡下の観察では、自形の斜長石残晶と細粒の再結晶した石英、白雲母、アルバイトを主とする。

本岩については、酸性の凝灰岩起源とする考え (Elias, 1989 など) もあるが異質礫を伴わないこと、泥質岩との細かい互層が見られないこと、流理構造らしき部分が認められること、岩体の分布形態などからシート状またはシル状の浅所貫入岩体である可能性が強い。

② 緑色片岩 (PTb)

ラ・フンドドーラ北部に分布する本岩は、泥質片岩と互層状に分布し、緑色片岩の厚さは数mである。灰緑色を呈し、片理構造が良く発達している。鏡下の観察では、レピドブラスチック (lapidoblastic) 組織を示し、葉片状の緑泥石とレンズ状の方解石、石英を主とする。この他、斜長石、カリ長石の残晶が認められる。

エル・プラタナル・グランデ北部のテマスカルテペック川沿いの本岩は、泥質片岩と互層するが、変質作用の結果と考えられる脱色、珪化、硫化物の鉱染が認められ、原岩の構造は不明瞭である。鏡下の観察では、多量のアクチノ角閃石と、葉片状の緑泥石、白雲母及び石英、アルバイトで主に構成されている。

エル・プラタナル・グランデからラス・マルチネスに分布するものは、弱い変質のために脱色したと考えられる緑色片岩であり泥質片岩の薄層を伴う。テマスカルテペック川支沢のアラモ (Alamo) 沢中流では、原岩の構造と考えられる扁平化した灰白色本質礫 (径数cm) が認められることから、海底に噴出した火山岩を起源とすると考えられる。この上流の泥質片岩との境界部では黄鉄鉱の鉱染が認められた。鏡下の観察では、レピドブラスチック組織を示し、緑泥石、斜ゆうれん石、石英、アルバイトを主としている。

エル・マメイからサン・ホセ・デ・ラ・ラグナに分布するものは、灰緑色～緑色を呈し、片理面の良く発達した火山岩起源の片岩と考えられる。サン・ルカス・デル・マイス付近では、下部にスポット状の緑泥石 (径1～5mm) を伴う溶岩相を示す部分が分布し、その上部は灰白色で扁平化した本質礫 (粒度変化あり) を含む火砕岩が卓越する。さらに上部では細粒となり、礫はほとんどみられなくなる。鏡下の観察では、斜ゆうれん石、緑泥石、白雲母、アルバイト及び石英を主とし、レピドブラスチック組織を示す。

サンタ・ロサ鉱床下盤では灰緑色片状を呈する火山岩起源の片岩を主とする。上部と下部では泥質片岩薄層と互層し、泥質片岩へ漸移する。上部の互層部の下位には破碎状構造ないしは扁平化した灰白色礫 (数cm～数10cmの粒度変化あり) が認められるが、ほとんど異質礫を伴わない。また、MJMT-5東の沢中流で貫入岩起源と考えられる粗粒の斜長石を有する緑色片岩が見られる。

また、サンタ・ロサ鉱床北部～エル・シリアン南西にかけては弱いながらも断続的に脱色、珪化、硫化物の鉱染が認められ、鉱化作用に伴い形成されたものと考えられる。

鏡下の観察では、サンタ・ロサ鉱床近傍の本岩はアクチノ角閃石、緑簾石を主とする中性～塩基性火山岩起源の変成岩である。

③ 石灰質片岩 (PTc)

岩相的には後に述べる石灰質層群の石灰質千枚岩と区別することは困難である。すなわち、全体的に暗灰色～灰色を呈し、泥質部と石灰質部が互層し小褶曲が発達している。

④ 泥質片岩 (PTx)

地域北東部のものは黒色、炭質物に富む泥質岩起源の片岩を主とするが、厚さ数cm～数10cmの砂質片岩、緑色片岩層の薄層及びセグリゲーション石英を伴う。劈開面が顕著なフォリエーションを形成しており、しばしば片理面を切っている。鏡下の観察では、粒度は細粒 (0.2 mm以下) であり、石英、白雲母に富み、アルバイト、緑泥石、石墨を伴う。

エル・サウスから南西方向に調査地域南端まで分布するものも黒色で炭質物に富む泥質岩起源の片岩を主とする。エル・シリアン東部などでは緑色片岩薄層を、サンタ・ロサ北部では石灰質片岩を伴う。地質図には表現できないが数mmの灰色凝灰質～砂質部と互層し、また厚さ数cmのセグリゲーション石英を伴うことが多い。片理面及び劈開面はよく発達している。鏡下の観察では、主に石英、白雲母、石墨などで構成されている。

(2) 石灰質層群

石灰質層群は、テフピルコ図幅 (1/10万) のタスコ緑色岩～アルセリア層までの地層に対応するが、後述するようにほぼ同じ堆積環境を示す一連のものであると考えられるため、一括して石灰質層群と仮称する。本層はさらに石灰質千枚岩層 (MCz)、緑色火山岩層 (MV1-MV4)、石灰質砂岩層 (MCs)、粘板岩層 (MPz) に区分できる。

① 石灰質千枚岩層 (MCz)

本層は、テフピルコ図幅 (1/10万) 及びタスコ図幅 (1/10万) のアマテベック層の一部に相当する。テフピルコ図幅では本層中に産する再結晶した化石から時代を白亜紀と推定している。

調査地域中央西部のサンタ・アナ (Santa Ana) 付近ではタスコ片岩類の緑色片岩に本層の石灰質千枚岩が整合的に重なっているのが観察され、ティサパで行われたボーリングの結果からもタスコ片岩類とは整合であると考えられる。

黒色～暗灰色で細粒～中粒の石灰質千枚岩、砂岩を主とし非石灰質の粘板岩と互層するが下部では石灰質部が優勢である。一般に砂質部は数cm～数十cmの板状を呈し、細粒部では片理面、スレート劈開がよく発達しており、重複した褶曲構造が認められる場合が多い。地域南西部のセロ・デル・カンポ (Cerro del Campo) 付近ではサンゴ虫様の再結晶した化石を多く含む層が認められたが、再結晶が進んでいるため同定することは不可能であった。顕微鏡下では、多量の方解石を主とし、石英、白雲母、炭質物、黄鉄鉱、

アルバイトなどの細粒の変成鉱物で構成されている。層厚はティサパ、サンタ・ロサ付近で最も薄く、数百m、アマテペック西部で約3,000 mと最も厚い。ただし、褶曲構造が発達しているため正確な層厚の見積りは困難である。

② 緑色火山岩層 (MV1)

直接の関係は確認できなかったが、分布形態などから石灰質千枚岩に整合的に重なっているものと考えられる。

下部では枕状溶岩構造が認められるが、上部では片状構造が良く発達している。全体として緑色～灰緑色を呈し、変成鉱物として肉眼的に緑簾石が認められることがある。顕微鏡下では、緑泥石、方解石、曹長石、緑簾石、アクチノ閃石、石英などの変成鉱物と斜方輝石、斜長石の残晶が認められる。層厚は最大500m程度と見積られる。

③ 緑色火山岩層 (MV2)

プラサ・デ・ガヨスでは石灰質千枚岩、砂岩と本層下部の凝灰質部が互層し、漸移するものと考えられる。

緑色～灰緑色塊状を呈し、パソ・デ・ビガス (Paso de Vigas) ～リンコン・デ・バルガス (Rincon de Vargas) 付近では枕状溶岩構造が顕著である。そのほかの部分では角礫状 (自破碎溶岩) 構造を示し、末端部では粘板岩と互層する成層構造の認められる凝灰岩も存在する。枕状溶岩の間を埋めてアミーバ状に石灰質千枚岩を取り込んでおり、角礫状部には方解石の細脈が多く認められることから、石灰質千枚岩と同じ様な堆積環境の場で形成されたと考えられる。(MV1) に比べると変成度は低く、片理面の発達も弱いかほとんどみられない。顕微鏡下では枕状溶岩はかんらん石玄武岩と鑑定され、斑晶として少量のかんらん石、石基はバリオリチック組織を示す斜長石とガラスで構成され、単斜輝石、かんらん石の認められるものも存在する。層厚はルビアノス北東部で最も厚く、1,500 m以上と見積られる。

④ 緑色火山岩層 (MV3)

灰緑色片状で緑泥石のスポットが認められる凝灰質なもの (上部) と、枕状溶岩構造、角礫構造を示すもの (下部) がみられ、前に述べた (MV1) と同程度の変成度を示す。トラトラヤ西部に分布する花崗岩の熱変成の影響を受け花崗岩近辺の本岩にはホルンフェルス化が顕著であり顕微鏡下では、多量の黒雲母が生じているのが認められる。ホルンフェルス化の影響がないと思われる試料の顕微鏡観察では、白雲母、方解石、緑泥石、斜長石で構成され微量のスフェーン、石英を伴う。レンズ状構造が顕著である。層厚は最大1,500 m程度と考えられるが、花崗岩に貫かれているため詳細は不明である。

⑤ 緑色火山岩層 (MV4)

調査地域中央西部では、下位の粘板岩層中に本岩の薄層が数層認められることから整合関係にあると考えられる。緑色～灰緑色塊状、角礫状 (自破碎構造) の溶岩起源の火山岩及び類質～本質岩片からなる火砕岩を主とする。緑泥石化、方解石化が認めら

れるが、変成度は低い。顕微鏡下では、発泡した玄武岩、安山岩礫と斜長石、普通輝石及びガラスが認められ、杏仁状組織を示す。層厚は塊状であるため厚さを見積もることは困難であるが、最大2,000 m程度と推定される。

⑥ 石灰質砂岩層 (MCs)

分級度が良く、基質の少ない灰白色砂岩～細粒礫岩を主とし、黒色粘板岩薄層と互層する。片理面、劈開面はよく発達しており、顕微鏡下では、大部分が方解石からなり少量の石英、白雲母、炭質物、黄鉄鉱を伴う。石灰質千枚岩層中の薄層として存在し、漸移関係にある。層厚はサンタ・ロサ鉱床西部で最大約250 m程度である。

⑦ 粘板岩層 (MPz)

黒色粘板岩を主とし、石灰質千枚岩～砂岩の薄層及びレンズを伴う。また緑色火山岩層 (MV4) 厚さ数十mを数層挟在している。顕微鏡下では、方解石に富み、石英、緑泥石、アルバイト、炭質物など細粒の変成鉱物で構成されているが、しばしば斜長石、石英の破片が残存する。石灰質千枚岩層とは、上下方向だけでなく、側方にも漸移すると考えられる。層厚は地域北西部の褶曲軸部では見かけ上厚く、中央西部では数百m以下を示し薄い。

2. 第三系

第三系は、バルサス層、テイルサポトラ流紋岩類からなる

① バルサス層 (TBs)

本層は、テフピルコ図幅 (1/10万) の同層と同一である。

ルビアノス南方では下位の緑色火山岩を不整合に覆って本層の礫岩が認められ、さらに安山岩溶岩が重なっている。

ルビアノス南方では基底部に雑多な円礫 (主に変成岩) からなる礫岩を伴うが、大部分は赤褐色玄武岩質安山岩溶岩 (発泡した部分を伴う) からなる。東部では、赤褐色礫岩、泥岩、シルト岩の互層を主とし、安山岩質溶岩の薄層を伴う。溶岩の顕微鏡下の観察では斑晶として、かんらん石、石基として斜長石、単斜輝石、鉄鉱物、カリ長石、かんらん石、ガラスが認められ、アルカリ系列の火山岩 (粗面安山岩またはムジャリイ岩) と考えられる。層厚はルビアノス南方では約300 m、サン・ガブリエル・クエントラでは250 m以上である。

② テイルサポトラ流紋岩類

流紋岩質凝灰岩～溶結凝灰岩を主とし、安山岩質溶岩～火砕岩を伴う。凝灰岩は緑色の火山ガラスに富み、粘板岩、片岩、火山岩などの異質礫を伴う。溶結凝灰岩は、灰桃色で斜長石、石英の結晶に富み、扁平化した本質岩片 (軽石) を含み非常に堅固である。顕微鏡下では、鉱物片として石英、斜長石、カリ長石、鉄鉱物とビトロクラスチック組織を示すガラスで構成され、シエラ・デ・ラ・ゴレタの本岩にはこの他黒雲母が認められ

た。安山岩質溶岩～火砕岩は暗灰色塊状を呈し、安山岩溶岩は顕微鏡観察では斜長石、普通輝石、普通角閃石、鉄鉱物で構成されている。

3. 第四系

本地域の第四系は、玄武岩溶岩とスコリア丘及び沖積層からなる。

① 玄武岩溶岩とスコリア丘 (QB_s)

基底部に固結度の悪い円礫岩、砂岩を伴うこともあるが、主体は斑晶に乏しい灰色～暗灰色のかんらん石玄武岩溶岩からなり、台地を形成している。一フローユニットは数m～数十mからなり、垂直に近い柱状節理が顕著に発達する場合が多く認められる。スコリア丘は、厚さ数cm～数十cmの灰褐色粒状スコリア層からなり、10～30°の傾斜を示す部分もある。溶岩の顕微鏡下の観察では、斑晶としてかんらん石が普遍的に認められ、普通輝石を伴い、石基には斜長石、単斜輝石、かんらん石、カリ長石、鉄鉱物、ガラスが認められた。このようなことから、本岩はアルカリ玄武岩質であると考えられる。

② 沖積層 (QA1)

本層はルビアノス、テフピルコ盆地及び主な河川沿いに分布し、未固結の礫・砂・シルトなどにより構成されている。層厚は数m以下である。

4. 貫入岩類

本地域の主な貫入岩は、片麻状花崗岩、テマスカルテベック花崗閃緑岩体、トラトラヤ花崗岩体、流紋岩～デイサイト岩脈・岩床、そのほかの岩脈からなる。

① 片麻状花崗岩 (PGr)

本岩はアロヨ・フリオ片麻岩と呼ばれ、本地域に分布する岩石の中で最も古い岩石と考えられていた (Parga他、1981) が、本調査の結果、タスコ片岩類に熱変成をあたえており、タスコ片岩類の堆積後の貫入であることが判明した。本岩は、ティサパ南東のアオガド (Ahogado) 沢及びフリオ (Frio) 沢に認められる。

中粒～粗粒片麻状花崗岩であり、眼球状構造及び暗灰色閃緑岩質包有物が認められる。顕微鏡下では、石英、斜長石、カリ長石、白雲母、黒雲母を主とし、緑簾石、緑泥石、スフェーン、ジルコン、鉄鉱物を伴っている。

② テマスカルテベック花崗閃緑岩体 (TGd)

主として灰桃色、中粒～粗粒の花崗閃緑岩からなり、肉眼的にピンク色のカリ長石が特徴的に認められ、このほか石英、斜長石、黒雲母が認められる。前述のタスコ片岩類との接触部ではアプライト質岩脈を伴う。セロ・ペニョン南方の道路沿いでは粗粒の岩体が認められるが、風化が進んでマサ化している。顕微鏡下では、粗粒等粒状組織を示し、主に石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、鉄鉱物で構成されている。

③ トラトラヤ(Tlatlaya)花崗岩体 (TGr)

緑灰色、塊状で斑状～細粒完晶質を示すことから、地表に認められる部分は岩体の周縁部に相当すると考えられる。顕微鏡下では、斑状組織を有し、斑晶状の斜長石と細粒の斜長石、カリ長石、黒雲母、鉄鉱物で構成され、しばしば角閃石が認められる。また、緑泥石、緑簾石などの変質鉱物がみられ、熱水変質を受けていると考えられる。

④ 岩脈・岩床類

地域中央東部のアルバージョ付近～ベレン鉱床付近にかけては厚さ数mの流紋岩質岩床が多く認められ鉱化作用と密接に関係している。斑晶に乏しいが、肉眼的に石英、長石、黒雲母などの微斑晶を確認できることもある。顕微鏡下では、斑晶として石英、カリ長石、斜長石、黒雲母が認められることが多く、稀に普通角閃石を伴う。石基はカリ長石、鉄鉱物と微細な珪酸鉱物で構成されている。化学分析の結果では、 SiO_2 75～76%であり SiO_2 -アルカリダイアグラム上では流紋岩の領域にプロットされる。

地域南西端のプエブロ・ヌエボ(Pueblo Nuevo)付近には放射状岩脈群の一部が分布している。放射の中心部は地域外西方にある。露頭では、破碎されて角礫状を呈し、風化が著しいため源岩ははっきりとしないが、デイサイト質であると推定される。

5. 地質構造

本地域は、広域地質構造上は新期火山帯に属するが、変成岩類の分布はこれに直交する方向、すなわち、N-S～NNW-SSE方向のトレンドをもって本地域の南方に連続している。この変成岩類の分布域を基盤の隆起域と呼んでいるが、本地域ではテフピルコ隆起帯(Levantamiento de Tejupilco)とされている。今回の調査結果、タスコ片岩類の分布域の中央を通るテフピルコ背斜構造の存在が明らかとなった。この褶曲作用は第三紀層には及んでいない。背斜軸は、ティサパ付近で地層の分布形態などから北西に緩やかにプランジ(落とし)していると推定された。また、地域の中央部でさらに新しい東西系の褶曲軸によって曲げられていると考えられる。

6. 鉱床

地質及び鉱徴地調査によって確認された鉱徴地は27箇所である。これらの校長チからの試料の鉱石分析結果を表-3に示す。各鉱徴地に対してポテンシャルの高いものから順にA～Eに区分し一覧表として示した(総合解析図)。評価に際しては鉱量、品位、探鉱余地などを基準とした。このうちAランクとしたものは十分な鉱量と品位が確認されておりさらに有望な探鉱余地が残されているもので、ティサパとエスメラルダだけである。Bランクとしたものはある程度の品位と鉱量が確認されておりさらに探鉱余地があると考えられるサンタ・ロサが該当する。ギターラは現在稼働中であるが、古くから休山と稼働が繰り返されていると言うことであり、Bランクと判定した。Cランクとしたものは十分な探

表-3 鉍石分析結果一覽表(1)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	Sulfuro masivo	Tizapa	3.58	420	0.16	11.03	23.16	23.20
2	Sulfuro masivo	Tizapa	2.76	371	0.78	1.90	17.95	26.00
3	Sulfuro masivo	Tizapa	0.10	< 1	0.01	0.01	0.02	14.09
4	Sulfuro masivo	Tizapa	3.13	174	0.38	2.89	17.47	21.57
5	Sulfuro masivo	Tizapa	6.80	1,032	0.84	0.31	3.02	38.31
6	Sulfuro masivo	Tizapa	3.33	946	0.22	12.97	18.73	14.05
7	Sulfuro masivo	Tizapa	2.19	740	0.09	4.46	13.68	27.19
8	Roca limonitico	Tizapa	0.24	27	0.18	1.71	0.16	36.39
9	Veta de calcira y cuarzo	El Mango	< 0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.08	0.98
10	Veta de cuarzo	El Mango	0.02	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.62
11	Veta de cuarzo	El Mango	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	1.30
12	Sulfuro masivo	Santa Rosa	1.71	351	0.13	4.29	9.16	22.81
13	Sulfuro masivo	Santa Rosa	2.38	393	0.20	6.66	11.88	16.05
14	Sulfuro masivo	Santa Rosa	0.75	171	0.07	0.77	0.19	22.95
15	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	1.10
16	Veta de cuarzo	El Mamey	0.01	< 1	0.02	< 0.01	< 0.01	0.25
17	Veta de cuarzo	El Mamey	0.02	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.39
18	Pirita diseminada	El Rio	0.11	46	0.28	0.09	0.11	19.07
19	Veta de Sulfuro	El Rio	0.01	140	0.72	0.23	2.11	40.38
20	Veta sulfuro	El Rio	0.08	221	0.59	0.27	1.23	32.93
21	Veta sulfuro	El Rio	0.04	120	0.70	0.14	0.47	12.69
22	Veta sulfuro	El Rio	0.03	112	0.71	0.03	0.15	7.24
23	Veta de cuarzo	El Rio	0.02	2	< 0.01	0.01	0.03	0.66
24	Veta de sulfro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.02	14	0.01	0.61	0.01	1.24
25	Veta de sulfro, cuarzo y calcita	Salitrillo	0.01	< 1	< 0.01	0.01	0.01	2.15
26	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	2	< 0.01	0.02	< 0.01	0.70
27	Veta de cuarzo	El Volcan	0.03	< 1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.48
28	Pirita disenimada	Ocotepec	0.01	14	0.01	0.01	0.02	4.09
29	Veta sulfro	Ocotepec	0.49	200	0.02	0.09	0.89	5.47
30	Veta sulfro	Ocotepec	0.82	966	0.08	0.05	1.10	11.74
31	Veta de sulfro y cuarzo	Ocotepec	1.25	189	0.02	0.09	0.03	7.18
32	Pirita diseminada	Ocotepec	0.05	7	0.01	0.09	0.03	1.27
33	Veta de cuarzo	El Gallo	0.01	6	< 0.01	0.01	0.01	0.52
34	Veta de sulfro y cuarzo	El Tejamanil	0.01	6	0.03	0.35	0.64	2.42
35	Veta de sulfro y cuarzo	El Tejamanil	0.20	107	0.09	3.96	0.37	7.35
36	Veta de cuarzo	El Tejamanil	0.03	10	< 0.01	0.02	0.01	2.38
37	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.01	3	< 0.01	0.01	0.01	5.79
38	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.26	12	< 0.01	0.01	< 0.01	0.40
39	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	1.66	255	0.13	0.37	1.60	12.39
40	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.47	66	0.01	0.01	0.02	4.05
41	Veta de sulfro y cuarzo	San Lorenzo	0.08	251	0.06	0.02	0.04	3.10
42	Veta de cuarzo	San Lorenzo	0.02	3	0.01	0.04	0.02	2.26
43	Riolita mineralizada	San Lorenzo	0.01	< 1	< 0.01	0.02	< 0.01	0.50
44	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.02	26	0.01	0.27	0.02	1.17
45	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.04	20	< 0.01	0.03	0.08	1.96
46	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	1.07	1,500	0.01	0.14	0.09	1.82
47	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	5.12	7,824	0.02	0.37	0.34	2.40
48	Veta de sulfro y cuarzo	Santa Rosalia	0.61	350	0.01	0.04	0.03	0.77
49	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.35
50	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.01	< 1	< 0.01	0.01	< 0.01	0.61
51	Veta de cuarzo	El Aguacate I	0.07	79	0.02	0.14	0.14	6.03
52	Veta de sulfro y cuarzo	El Aguacate I	0.07	35	< 0.01	0.07	0.08	2.01

表一 3 鉍石分析結果一覽表 (2)

NO.	TIPO DE MUESTRA	LOCALIZACION	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Fe
			(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(%)
53	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.22	6	< 0.01	0.02	0.02	1.48
54	Veta de cuarzo	El Aguacate II	0.02	6	< 0.01	0.01	0.03	0.90
55	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.02	13	0.01	< 0.01	0.01	2.09
56	Veta de sulfuro y cuarzo	El Aguacate II	0.04	40	0.01	0.25	0.04	0.41
57	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.12	133	0.01	0.19	0.08	5.44
58	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	1.43	159	0.01	0.10	0.04	3.68
59	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.29	567	0.01	0.29	0.27	4.69
60	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	9.88	7,116	0.01	0.13	0.19	2.30
61	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.33	174	0.02	0.60	0.38	3.08
62	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.26	122	< 0.01	0.03	0.01	2.50
63	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.22	52	0.01	0.08	0.48	2.83
64	Veta de sulfuro y cuarzo	Belem	0.40	162	0.04	0.26	0.34	4.12
65	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	1.54	1,292	0.03	0.57	0.32	4.94
66	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.08	749	0.02	0.10	1.09	1.09
67	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.02	120	< 0.01	0.02	0.02	1.04
68	Riolita mineralizada	Las Golondrinas	0.02	7	< 0.01	0.05	0.13	0.69
69	Veta de cuarzo	Las Golondrinas	0.52	95	0.01	0.39	0.29	2.38
70	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.26	73	0.01	0.07	0.01	1.57
71	Veta de sulfuro y cuarzo	Las Golondrinas	0.14	120	< 0.01	0.05	< 0.01	1.33
72	Veta de cuarzo	Abandonada	0.04	1	< 0.01	0.01	0.01	2.82
73	Pirita diseminada	Abandonada	0.02	2	0.02	0.01	0.01	9.39
74	Veta de cuarzo	Abandonada	0.44	3	0.01	0.17	0.01	2.16
75	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.24	77	0.08	2.87	3.38	18.79
76	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	0.95	20	0.01	0.06	0.04	11.83
77	Veta de sulfuro y cuarzo	Abandonada	1.88	36	0.01	0.08	< 0.01	9.88
78	Pirita diseminada	Salitre	0.16	15	0.01	0.02	0.01	10.54
79	Pirita diseminada	Salitre	0.02	14	0.05	0.01	0.01	22.50
80	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.28	1	0.01	0.02	< 0.01	0.45
81	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre	0.72	1	0.02	0.04	0.09	24.89
82	Veta de cuarzo	Arvallo	0.21	< 1	0.01	0.01	< 0.01	1.50
83	Veta de sulfuro y cuarzo	Arvallo	0.01	< 1	< 0.01	0.05	0.06	1.98
84	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.16	1	0.02	0.14	0.01	3.79
85	Veta de cuarzo	Salitre II	0.05	< 1	0.01	0.05	0.02	2.74
86	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.04	100	0.02	1.05	0.04	1.65
87	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.12	189	0.24	9.51	3.03	30.57
88	Veta de sulfuro y cuarzo	Salitre II	0.17	5	0.01	0.06	0.09	6.10
89	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.33	55	0.11	0.66	5.44	7.66
90	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	3.36	363	0.58	9.76	7.98	20.30
91	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	1.42	280	0.30	4.97	12.30	23.40
92	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.78	59	1.56	0.17	6.08	17.89
93	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.07	62	0.02	0.03	0.03	18.80
94	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.14	9	0.03	0.40	1.29	9.07
95	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.31	272	0.20	12.57	0.11	18.01
96	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.36	174	0.54	3.92	2.05	23.85
97	Veta de sulfuro y cuarzo	Malacate	0.55	949	3.56	15.58	5.59	13.51
98	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	0.05	108	0.06	0.23	7.83	2.04
99	Veta de sulfuro y cuarzo	Guitarra	2.58	802	0.10	0.19	0.21	2.10
100	Veta de cuarzo	Oeste de MJMJ-1	< 0.01	3	0.01	0.02	0.06	0.62
101	Sulfuro masivo	Oeste de MJMJ-1	0.42	4	< 0.01	0.01	0.01	4.65
102	Pirita diseminada	El Cirian	0.01	18	0.01	0.01	0.01	5.01
103	Veta de pirita y cuarzo ?	Santa Ana	0.15	272	0.01	0.03	0.03	1.46
104	Veta oxidada	Este de Mamey	0.29	45	0.03	0.05	0.05	40.15

鉍がなされていないため、探鉍余地が残されていると考えられるものに相当する。BとCとの中間的なものとしてサンタ・ロサリア、ベレンなど特に品位の高い鉍石が認められた鉍徴地とエル・マラカテのように規模の大きい徴候地がある。D、Eについては探鉍の価値はほとんどないと考えられる。

3-4 地化学探査

ティサパタイプの塊状硫化物鉍床が比較的浅部に存在するとすれば、ある程度広がりを持った鉍徴帯が存在し、同時に塊状硫化物鉍床に特有の地化学的異常を伴うと考えられる。地質調査からは、3地区で広がりを持った鉍徴帯（変質帯）が確認されており、この地化学特性を検討することが重要である。ティサパ鉍床周辺で予察的に行われた地化学探査の結果(JICA・MMAJ, 1992)からは、S、Cu、Pb、Zn、Mn、Baが指示元素として望ましいとされているが、異常値の出現頻度はS、Cu、Pb、Znで低く、Mn、Baで高くなっている。

よって、サンタ・ロサ地区に対して地化学探査を実施した。その概要は次のとおりである。

サンプル：岩石 1,315個（緑色片岩：635個、泥質片岩：416個、酸性片岩：95個、石灰質千枚岩：135個、その他の岩石：35個）

指示元素：Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Ba, Na, K, S

本地域には変成岩類が広く分布するが、岩相により地球化学的バックグラウンドは異なる可能性があると考えられるため、各岩相ごとに検討を行った。分析を行った元素のうち、S及びAgを除く8元素について岩相による違いが認められた。特にK、Na、Ba、Mnで著しく、泥質片岩ではK、Baに富み、Na、Mnに乏しい傾向を示し、緑色片岩ではこの逆である。岩相別に作成したヒストグラム及び累積頻度曲線からは、Pb、Zn、S、Asなどで鉍化作用を反映したと考えられる高異常値集団の存在が推定される。また、Mnは泥質片岩を除いて、低異常値集団が存在し、変質作用に伴う溶脱を示す可能性がある。調査結果、指示元素としてはS及びMnが有効であり、その解析結果を別添の総合解析図に示す。

鉍化作用を直接示すと考えられるAg、Cu、Pb、Zn、As及びS元素のうち、SとZnに顕著な高異常値集団が存在する。Sの高異常値帯は地表調査で確認された変質・鉍徴帯とよく一致している。Znは全域に分散する傾向がみられ、Znだけからは有望地を特定することが困難である。K、Ba、Mn、Na元素のうち、泥質片岩では一般にK及びBaに富み、Mnに乏しく、緑色片岩ではNa、Mnに富み、Kに乏しい傾向にある。本地域では、緑色片岩及び石灰質層群におけるMnの低異常値集団が顕著である。Mnは塊状硫化物鉍床の生成に伴い溶脱される可能性のある元素であり、サンタ・ロサ鉍床付近ではMnの低異常値がまとまっている。よって、Mnの低異常値帯は鉍化作用に伴うハローの一部と考えられる。Mnの低異常値帯はサンタ・

ロサ鉱床付近以外に、その北部、MJMT-5からエル・シリアンにかけて分布しているほか、テフピルコ西方においても分布している。ただし、テフピルコ西方の低異常値帯はSなどの分布状況及び地表の地質調査結果から、鉱化作用との関連は低いと考えられる。また、S、Cu、Pb、Zn、Mn、Ba及びAgの7元素を用いた主成分分析の結果では、サンタ・ロサ鉱床周辺、MJMT-5南方、エル・シリアン東方、サン・ルカス・デル・マイス、エル・プラタナル・グランデなどに異常帯が抽出された。これらのうち、エル・プラタナル・グランデ及びエル・シリアン東方の異常帯はMnの溶脱がないことなどから塊状硫化物鉱床胚胎のポテンシャルは低い、それ以外の地区はMnの溶脱があり、地表の地質調査結果などと総合すると鉱床胚胎のポテンシャルの高い地区と判断される。

3-5 物理探査

(1) 重力探査

調査方法は次のとおりである。

測定機器： 型式 ; ラ・コステG型(2台)

基準重力値： 調査地域内に設定した重力基点の重力値は、Nakagawa et al.(1983)によって重力値が決定されている環太平洋国際重力網の重力基点の1つであるメキシコ大学地球物理学研究所構内の重力基準点J7919を利用し、これらの閉塞測定により決定した。

測 量： 各重力測点の測量は、GPS法静止測量による相対測位によって行った。

水 準 点： 場所 ; El Zarco, D. F.

〈調査結果及び考察〉

(重力異常と地質との対応)

総合解析図(別添)に一次残差図及び重力異常解析図を示す。

これらの残差異常図と地質図との定性的な比較によれば、両者の対応について以下の点が指摘できる。

- ・ 主要な負異常は、第三紀のティルサポトラ流紋岩類と花崗閃緑岩及び第四紀の玄武岩溶岩・スコリアに対比される。
- ・ 正異常は変成岩類の分布域に散在するが多いが、各異常の波長は小さく、分布のパターンも不規則である。
- ・ 調査地北部のサカソナパン〜テマスカルテベックにかけての低重力異常帯の原因としては、当地域に分布する花崗閃緑岩の大規模な貫入、もしくは陥没構造の存在などが推定される。いずれの場合にも、重力基盤と低密度層との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合、その層厚は2,000 mに達する。

- ・ テフピルコ南西部に広がる大規模な低重力異常の原因としては、重力基盤と低密度層との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合、層厚 $2,000 \text{ m}$ の低密度層の存在が考えられる。この大規模な低重力帯は、当調査地の中央部に推定されている南北性のテフピルコ背斜構造と重複している。
- ・ 調査地南部のトラトラヤ付近に存在する低重力異常については、この付近に分布する花崗閃緑岩と重力基盤との密度差を 0.2 g/cm^3 と仮定した場合に、その厚さは約 $1,500 \text{ m}$ と推定される。

(重力異常と鉱化作用との関係)

- ・ 鉱脈型鉱床の大部分は3次残差異常の負異常部に存在し、正異常部には殆ど存在しない。
- ・ 塊状硫化物鉱床は今までに数箇所しか発見されていないが、これらはいずれも3次残差異常のゼロライン付近に存在する。

以上のうちの鉱脈型鉱床に関する分布形態は非常に明瞭な特徴であり、今後の探査指針としても有効であると考えられるが、その原因としては次のことが考えられる。即ち、これらの鉱脈型鉱床の関係火成岩が、当地域では変成岩類に比べて低密度であり、その為にこれらの低密度岩体の存在を反映して負異常であることが指摘できる。

次に、当地域の塊状硫化物鉱床が3次残差異常のゼロライン付近に位置することについては、これらの鉱床生成年代が二疊紀～白亜紀と考えられており、また事例も少ないため、現時点では説明が困難である。

(2) 電気探査

電気探査の方法は次のとおりである。

方 法：強制分極法（IP法）

測定方法：タイム・ドメイン法

電極配置：ダイポール・ダイポール配置

電極間隔： $a = 100 \text{ m}$

電極隔離係数： $n = 1 \sim 4$

受信機：IRIS インストルメント社；ELREC-6 S/N-102, 6チャンネル マルチポイント・ウイフ°

(調査結果及び考察)

地域全般の比抵抗分布は地質分布と概ね一致する。帯状に細長く分布する低比抵抗異常帯（ $10 \Omega \cdot \text{m}$ 以下）は、主に石墨を含む地層を反映したものと考えられる。しかし、鉱石と石墨を含む岩石は同程度の比抵抗値を示すので、鉱化帯による低比抵抗異常の可能性も考

慮する必要がある。

本調査地域内で顕著な I P 異常帯を認めた箇所は、サンタ・ロサ鉱床周辺、サンタ・ロサ鉱床南、エル・シリアン及びサン・ルカス・デル・マイスの 4 箇所である。

- ・ サンタ・ロサ鉱床付近一帯の I P 異常帯及び時定数異常帯は、その一部に既知の鉱床あるいは鉱徴地を含むので、既知鉱化帯の広がりが期待される。
- ・ サンタ・ロサ南では、比較的高 I P を示す異常帯が地下浅部に複数想定された場所である。
- ・ エル・シリアン鉱化帯では、小規模の I P 異常があり、低比抵抗帯を伴っているので深部に鉱化帯の存在の可能性がある。
- ・ サン・ルカス・デル・マイス地区では西傾斜する小規模な I P 異常帯があり、その周辺よりも低比抵抗で、深部の I P 異常帯に連続しており、地表の地化学異常帯とも対応し、鉱化帯の潜在の可能性が考えられる。深部の I P 異常帯の発展は不明である。

3-6 ボーリング調査

ボーリング調査は、鉱化帯の延長部及び地下深部までの連続を把握するとともに鉛・亜鉛・銀・金の胚胎状況を明らかにすることを目的とした。

掘削作業はメキシコ国内のボーリング会社(Core Drilling社)により実施された。ボーリング機械及びビット類、泥材、切削油、セメントなどの消耗品類などすべてメキシコで調達された。

ボーリング調査はワイヤーライン工法を採用した。調査にはロングイヤー 44 (Long Year-44)のボーリング機械 3 台を使用し、破碎帯、逸水帯及び変質帯におけるボーリングコア採取率の向上を図るためベントナイトやケーシングパイプを適宜使用した。

本調査では、MJMT-1~MJMT-11の11本で計3,612.35 mの掘削を行った。各ボーリングの結果は次のとおりである。

MJMT-1は、このボーリングの東方にあるティサパ鉱床の西方及び北西方への連続性及び地質構造の把握及び地表で観察された鉱化帯(石英網状脈及びレンズ状の黄鉄鉱を主とする硫化物)の捕捉のために実施された。本孔では主に黄鉄鉱及び硫砒鉄鉱からなる硫化物の鉱脈及び鉱石片を把握したほか、輝安鉱を多量に含む石英脈も把握された。また、X線回折試験結果からは石英が普遍的に認められるほかカオリン鉱物やセリサイトも深度に関係なく分布し、変質帯が酸性~弱酸性の熱水による変質と推定される。よって、産状及び顕微鏡観察や分析などの室内試験結果から判断すると、鉱石は鉱脈型鉱床に由来するものと考えられる。また、本孔で把握された岩石は石灰質層群に属するものであり、ティサパ鉱床層準には達しておらず、同層準はさらにより深いと推定される。よって、当ボーリング付近における鉱床胚胎のポテンシャルは低いと判断される。

M J M T - 2 及び M J M T - 3 はこれらのボーリングの西方にあるエル・リオ鉱床の東方への連続性及び地質構造把握のために実施されたものである。エル・リオ鉱床は既存文献ではティサパ鉱床と類似の塊状硫化物鉱床と記載されているが、詳細については不明な点が多い。今回の調査結果、当地区の地表に分布する玄武岩の下位に第四系の砂岩・礫岩が分布し、その下位にタスコ片岩類が分布する。そのタスコ片岩類はティサパ鉱床付近より変成度が高く、層準はティサパよりさらに下位になることが判明した。また、タスコ片岩類中の下部には磁硫鉄鉱の鉱染及び鉱脈を把握したが、花崗岩類による熱変成の影響を受けており、比較的地下浅所に花崗岩類が分布していると推定される。また、付近の地質調査結果を総合すると、エル・リオ鉱床は鉱脈型鉱床と判断されるので、当ボーリング付近の地区においては塊状硫化物鉱床の賦存のポテンシャルは低いと判断される。

M J M T - 4 では、テラス堆積物が35.6 mと比較的厚く分布する地点にあたると考えられる。石灰質層群の千枚岩及びタスコ片岩類の緑色片岩中には、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染帯やバンドが捕捉されたほか、微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有していることから、鉱床胚胎層準を捕捉したが、鉱床把握には至らなかった。また、酸性片岩が分布し、碎屑鉱物として石英、カリ長石、斜長石が残存しており、原岩が酸性岩であったと推定できる。また、緑色片岩及び酸性片岩が数枚産することなどから、火成活動が比較的活発な地域と考えられる。

M J M T - 5 では、0~3.8 mがテラス堆積物、3.8~15.0 mが石灰質層群、15.0 m以深はタスコ片岩類が分布し、M J M T - 4 と類似の地質状況にある。緑色片岩の一部は熱水変質作用を受けて灰色を呈し、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染やバンドが肉眼的に存在し、顕微鏡的には黄銅鉱や閃亜鉛鉱も認められることから、鉱化作用が近くに存在することが推定される。

M J M T - 6 では、160.9 mまで石灰質層群の石灰質千枚岩が分布し、部分的には珪化変質、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染が認められる。また、160.9 m以深はタスコ片岩類に対比されるが、緑色片岩の分布が少ない。当ボーリング付近では、タスコ片岩類が褶曲作用などにより地層が急傾斜になっているため、地表では分布が狭い泥質片岩がボーリングで厚く分布し、緑色片岩は一部だけを捕捉したもので、地表で広く分布する緑色片岩本体はさらに深部に分布するものと考えられる。

M J M T - 7 では、0~2.0 mがテラス堆積物、2.0~306.5 mが石灰質層群、306.5 m以深はタスコ片岩類が分布する。石灰質層群及びタスコ片岩類中には、黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱の鉱染帯やバンドが捕捉されたほか、微量の閃亜鉛鉱及び黄銅鉱も含有している。I P 探査結果から鉱床胚胎が期待された100 m付近には安山岩貫入岩が分布し、その境界付近には黄鉄鉱の小規模の濃集帯認められた。また、地質的には350.0 m付近が鉱床胚胎層準に当たるが、この付近に緑色片岩が分布し、地化学的探査結果としてはAg, Pb, Zn, Asなどの異常が確認された。これらの結果、鉱床胚胎層準を把握したが、緑色片岩の厚さは15 cm程度であ

り、鉍化作用を伴う火成活動の中心から離れた所に位置し、鉍床把握には至らなかったと考えられる。

M J M T - 8 では、0 ~ 2.0 m がテラス堆積物、2.0 m 以深はタスコ片岩類が分布する。タスコ片岩類は緑色片岩、泥質片岩及び石灰質片岩からなる。I P 探査結果などから鉍床胚胎が期待された150.0 m 付近に顕著な鉍化帯は見られなかった。しかし、127.0 m の泥質片岩試料では低比抵抗で高分極率を示し、これがI P 異常を示した可能性がある。110.5 ~ 110.7 m に幅7 cm 程度の黄鉄鉍及び磁硫鉄鉍からなる硫化物のレンズ~バンドや110.5 ~ 175.7 m の数箇所にも主として黄鉄鉍及び磁硫鉄鉍からなる数mm のレンズ~バンドを把握した。顕微鏡観察結果からはいずれの箇所においても閃亜鉛鉍、黄銅鉍などが確認されたほか、175.7 m ではエレクトラム及び四面銅鉍が確認された。また、緑色片岩も頻繁に産出している。これらの結果、塊状硫化物鉍床が付近に存在する可能性が大きい。

M J M T - 9 では、0.0 ~ 28.3 m がテラス堆積物と比較的厚く分布する地点にあたる。28.3 m 以深はタスコ片岩類であり、28.3 ~ 174.8 m が酸性片岩、174.8 ~ 187.3 m が緑色片岩・泥質片岩互層帯、187.3 ~ 362.0 m が泥質片岩、362.0 m 以深が酸性片岩である。I P 探査結果から鉍床胚胎が期待された300 ~ 360 m 付近は泥質片岩であり、その下位には酸性片岩が分布する箇所にあたる。酸性片岩の分極率は小さく、I P 異常は泥質片岩中の石墨による可能性が高い。40.0 ~ 80.0 m 及び100.0 ~ 110.0 m 中では黄鉄鉍及び磁硫鉄鉍が10 % を越える鉍化帯が数箇所でも認められたほか、180.0 ~ 187.3 m にかけて泥質片岩・緑色片岩互層中にも黄鉄鉍及び磁硫鉄鉍が10 % 程度の鉍化帯を把握した。顕微鏡観察結果では、いずれの箇所においても黄鉄鉍、磁硫鉄鉍のほかに閃亜鉛鉍及び黄銅鉍が認められたが、I P 異常が示したような大規模な鉍化帯の把握に至らなかった。

M J M T - 10 では、0.0 ~ 9.55 m がテラス堆積物、9.55 m 以深はタスコ片岩類が分布する。タスコ片岩類は泥質片岩及び緑色片岩からなる。I P 異常は深度180 ~ 200 m にみられ、予想断面からは泥質片岩と緑色片岩との境界部付近にあたる。ボーリングの結果では、160.7 m に泥質片岩と緑色片岩の境界があり、I P 異常は緑色片岩中にあたる。183.0 ~ 190.0 m 付近には黄鉄鉍の鉍染が10 % 程度認められたが、これらがI P 異常を示したかは不明瞭である。顕微鏡観察結果では、数箇所でも黄鉄鉍及び磁硫鉄鉍のほかに閃亜鉛鉍及び黄銅鉍などが認められ、鉍化作用の影響を受けているものの鉍床把握には至らなかった。

M J M T - 11 では、0.0 ~ 8.0 m がテラス堆積物、8.0 ~ 193.3 m が石灰質層群、193.3 m 以深はタスコ片岩類が分布する。石灰質層群は砂岩及び千枚岩の互層から構成される。タスコ片岩類は緑色片岩、泥質片岩及び砂質片岩からなる。I P 異常は深度100 m 付近にみられたが、ボーリングの結果では、100 m 付近は石灰質層群の千枚岩であり、コアは破砕化が著しい箇所にあたる。肉眼的には石灰質層群中の硫化物は黄鉄鉍を主とし、193.3 m 以深のタスコ片岩類中では磁硫鉄鉍を主としている。ボーリングの結果からは、I P 異常源は千枚岩中の石墨の量によると考えられる。

4. 考察及び結論

4-1 考察

テフピルコ地域には層準規制型の塊状硫化物鉱床、鉱脈型鉱床及び鉱微地が分布し、特定の地質構造と密接に関連していると考えられる。

〈塊状硫化物鉱床〉

調査地域内に分布するティサパ、サンタ・ロサ鉱床をはじめとして、調査地域の南方延長部のゲレロ州にもカンボ・モラド(Campo Morado)、レイ・デ・プラタ(Rey de Plata)などの塊状硫化物鉱床が知られている。しかし、これら相互の関係については、本地域の変成岩類(タスコ片岩類及び石灰質層群)と同じ地層の分布域にあるということ以外明らかになっていない。本調査によって少なくともティサパ、サンタ・ロサ両鉱床はほぼ同じ層準に位置することが明らかとなった。さらに、この層準はテフピルコ背斜により2帯に分かれ南南東及び南東へと地域外へ連続している。

堆積環境という観点からみれば、下盤側であるタスコ片岩類は泥質堆積物と火山岩起源の堆積物からなり、ほとんど石灰質堆積物はみられないが、上盤側には石灰質堆積物を主とし、枕状溶岩を伴う地層が厚く堆積しており、鉱床付近を境として堆積環境が著しく変化している。すなわち、本地域においては硫化物が堆積した後、海水中でCaCO₃が過飽和状態になるような変化(基盤の隆起、海水中のpHの変化または石灰質物質の供給増など)があったとみられる。

次に火成活動という観点からみれば、ティサパ、サンタ・ロサ両鉱床の下盤側に火山岩起源と考えられる緑色片岩、酸性片岩が認められることから、その活動の末期に鉱床が形成されたと考えられる。黒鉱型硫化物鉱床に関係した火成活動の特徴として共通していることは、バイモダリズムであると考えられている。ただし、酸性なものと塩基性なものどちらが優勢であるかについては地域性があり、日本の黒鉱地帯では大量の酸性火山岩類がみられる。ティサパ、サンタ・ロサ両鉱床に関連したと考えられる火山岩類は、鉱化作用による変質とその後の変成作用によって変成岩となっているため正確には源岩を推定できないが、緑色片岩は中性～塩基性の火山岩源、酸性片岩としたものは流紋岩質火山岩源と推定される。日本の黒鉱地帯と比べれば、緑色片岩が優勢であるということと火山岩の量そのものが少ないという点で異なる。

また、地化学探査結果、塊状硫化物鉱床のための有効な指示元素としてはS及びMnであり、Sの高異常値帯は地表調査で確認された変質・鉱微地とよく一致している。また、Mnの低異常値帯も鉱化作用を伴うハローの一部と考えられ、サンタ・ロサ鉱床周辺やサン・ルカス・デル・マイスなどが鉱床賦存のポテンシャルの高い判断された。これらの地区に対して、IPによる電気探査を実施し、IP異常帯を把握した。この地区のボーリング調査結果、地質構造を把握するとともに、各ボーリングとも少量の黄鉄鉱及び磁硫鉄鉱、微量の黄銅

鉍、閃亜鉛鉍などを含む鉍染帯を把握した。しかし、比較的広範囲に弱い鉍化作用が及んでいる地区であり、鉍化帯にまとまりがなかった。

〈鉍脈型鉍床〉

調査地域内には、不毛の石英脈及び含Ag-Pb-Zn石英脈が多数認められ、これらはタスコ片岩類～ティルサポトラ流紋岩類を切る断層・断裂中に胚胎している。露頭で観察した鉍脈の方向は、NW-SE系に集中し、ほぼ同時期に形成されたことを示唆している。さらに鉍脈の近辺にしばしば鉍脈と同系統のNW系の共役断層が観察された。

含Ag-Pb-Zn石英脈の多くは地域中央部で東西のゾーンに集中する傾向がみられ、塊状硫化物鉍床の近辺には第四紀玄武岩が分布するためかほとんど認められない。

鉍脈型鉍床を胚胎する母岩は、変成岩類、流紋岩質～デイサイト質火砕岩、流紋岩貫入岩など多彩であるが、規模の大きな鉍床は火成岩よりも堆積岩に多い傾向がみられ、母岩の物理的性質を反映したものと考えられる。

調査地域及び周辺には、噴出源は不明であるがティルサポトラ流紋岩類が広く分布し、激しい火成活動の存在を示している。また、これと化学成分的にも類似し、ほぼ同時期の活動と考えられる流紋岩貫入岩は特にベレン、パントハ、アルバージョ地区で多量の岩床として認められ多くの鉍脈鉍床を伴っている。ただし、流紋岩中の破碎帯にも鉍床は形成されているため、鉍液の活動は流紋岩の固結後と考えられるが、鉍脈鉍床はこれら流紋岩質火成活動に引き続いて形成された可能性が高い。

なお、エル・リオ鉍床については、これまで塊状硫化物鉍床の可能性が大きいと考えられてきた。しかし、本調査の結果ティサパ、サンタ・ロサ鉍床の層準より下位に位置すること、鉍石中にバース・アイ組織が認められ、変成作用を受けたとは考えられないことなどから鉍脈型鉍床に属すると考えた方が妥当である。

4-2 結 論

本プロジェクト地域には、塊状硫化物鉍床と鉍脈型鉍床が分布し、鉍床の経済性や規模を考慮して、塊状硫化物鉍床の探査を優先して行った。

本調査の結果、塊状硫化物鉍床の層準が明らかとなった。すなわち、ティサパ鉍床及びサンタ・ロサ鉍床は同一層準に胚胎し、本地域の塊状硫化物鉍床の胚胎層準は広義の意味において一枚である。鉍床層準の上盤には石灰質層群の石灰質粘板岩があり、下盤にはタスコ片岩類の緑色片岩や泥質片岩が認められる。また、鉍床が分布する区域にはタスコ片岩類中の酸性片岩や緑色片岩が広く分布し、鉍床近傍に火成活動があったことを示唆している。これらの層準の分布するティサパ鉍床～サンタ・ロサ鉍床～テフピルコにかけてのNW-SE方向の地区でボーリング調査を行った結果、弱い鉍化作用が見られたものの、まと

まった鉍化帯は把握できなかった。

一方、鉍脈型鉍床は大部分がAg-Pb-Znを含む石英脈であり、鉍脈の優勢な方向はNW-SEであることが地質調査結果から明らかとなった。当地域にはエル・マラカテ鉍床の10~20 m×1 kmに及ぶ大規模の鉍脈も存在しているほか、一部の鉍脈は第四系などの上位の地層などで覆われている。また、サンタ・ロサリア鉍床ではAu 5.12 g/t、Ag 7,824 g/tと高品位の鉍石が坑内で認められ、ベレン鉍床ではAu 9.88 g/t、Ag 7,118 g/tと高品位の露頭も発見できた。

参 考 文 献

Aguilar-Contreras Adrian (1981):

Reporte sobre algunas observaciones que se hicieron en la veta "Grande" o "Guitarra" de Temascaltepec, Estado de México. 62p. con 5 mapas.
Poder Ejecutivo, Secretaría General, Gobierno de Estado de México.

Cetenal (1975a):

Carta geológica Amatepec E-14-A-66, escala 1:50,000: México D.F.
Secretaría de Programación y Presupuesto.

Cetenal (1975b):

Carta geológica Tejupilco de Hidalgo E-14-A-56, escala 1:50,000: México D. F. Secretaría de Programación y Presupuesto.

Cetenal (1975c):

Carta geológica Valle de Bravo E-14-A-46, escala 1:50,000: México D.F.
Secretaría de Programación y Presupuesto.

C.R.M. (1978a):

Plano Geológico-Minero Mina Santa Rosa, escala 1:10,000, Mapa.
Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcánico.
Consejo de Recursos Minerales.

C.R.M. (1978b):

Plano Geológico del Prospecto Santa Rosa Tejupilco, Estado de México, escala 1:10,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcánico. Consejo de Recursos Minerales.

C.R.M. (1979):

Plano Geológico-Minero del área Tejupilco, Estado de México, escala 1:50,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Proyecto Eje Neovolcánico. Consejo de Recursos Minerales.

C.R.M. (1981):

Mapa geológico del área comprendida entre Zacazonapan y Tejupilco, escala 1:15,000, Mapa. Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplocado Proyecto Rocas Metamórficas.
Consejo de Recursos Minerales.

C.R.M. (1982):

Mapa geológico del área de Tizapa municipio, de Zacazonapan, escala 1:1,000, Mapa.

Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplicada
Proyecto Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.

C.R.M. (1983):

Cálculo de reservas minerales por medio del método áreas de influencia del yacimiento La Esmeralda, Temascaltepec Mex, escala 1:1,000, Mapa.

Gerencia de Estudios Especiales Depto. de Investigación Aplocado Project Rocas Metamórficas. Consejo de Recursos Minerales.

Cserna, Zoltan de (1982):

Hoja Tejupilco 14Q-g(9), con resumen de la geología de la Hoja Tejupilco, El estados de Guerrero, México y Michoacán: Univ. Nal, Autón México, Ins Geología, Carta Geología de México, serie de 1:100,000, mapa con texto, 28p.

Elías-Herrera, Mariano (1989):

Geología metamorfica del área de San Lucas del Maíz, estado de México. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Boletín 105, 79p con el mapa geológico y secciones estructurales del área.

Fries, Carl, Jr. y Cesar Rincón-Orta (1965):

Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de geocronología: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, 73, p.57-133.

Heredia Barragan, Miguel Angel y Rodolfo Javier García Fons (1989):

Distribución de yacimientos vulcanogénicos en la provincia norte de Guerrero-Suroccidente del Estado de México. Compañía Fresnillo, S.A. de C.V., p.80-99.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1988):

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書,(第1年次). 344p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1989):

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書,(第2年次). 133p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1990):

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書,(第3年次). 123p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1991a):

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書,(第4年次). 155p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1991b):

メキシコ合衆国アルセリア地域資源開発協力基礎調査報告書,(総括). 121p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1992):

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書,(第1年次). 264p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1993):

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書,(第2年次). 260p.

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1994a):

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書,(第3年次).

国際協力事業団・金属鉱業事業団 (1994b):

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書,(総括).

金属鉱業事業団 (1992):

メキシコ合衆国テフピルコ地域資源開発協力基礎調査報告書
(地化学探査予察調査).

Nakagawa, Ichiro et al.(1983):

Precise calibration of scale value LaCoste & Romberg Gravimeters and international gravimetric connections along the circum-pacific zone. Kyoto Univ.

Parga-Pérez, José de Jesús (1981):

Geología del área Tizapa, Municipio de Zacazonapan Estado de México. Univ. Nal, Autón México, Facultad de Ciencias (Geología). Tesis de Maestria.

SPP (1981):

Carta Geológica México, escala 1:1,000,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, Estados Unidos Mexicanos.

SPP (1983):

Carta Geológica CD Altamirano, escala 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto, Estados Unidos Mexicanos.