

멕시코 중북부 지역의 광물자원

허철호*

한국지질자원연구원 광물자원연구본부 해외광물자원연구실

Mineral resources in the central-northern part of Mexico

Chul-Ho Heo*

Overseas Mineral Resources, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources(KIGAM), 92 Gwahang-no, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

1. 서 론

1990년대 부터 국내 광업의 사양화로 인한 광물자원의 신규광채 확보 및 탐사기술이 답보 상태에 있으며, 2003년부터 국제 광물가격의 급등으로 인한 원자재 수급의 차질로 국내 경제발전이 발목을 잡고 있는 실정이다. 이와 관련하여 정부는 정상 자원의교를 강화하여 국내 원자재 에너지·광물자원의 안정적 수급을 위하여 국내기업의 해외자원개발 투자 활성화에 총력을 경주하고 있다. 국내기업과 한국광물자원공사 등 정부투자기관은 해외자원개발사업에 집중하고 있으나 자원정보, 전문인력, 현장경험 부족과 채광 및 선광 등 관련 자원기술의 노하우 부재로 지분 투자에 한정되고 있는 실정이다. 상기한 세계 자원산업의 환경 변화에 대처하기 위하여 한국지질자원연구원은 2007년부터 지식경제부 중남미 지원협력사업의 일환으로 멕시코에서 유망광상을 발굴하기 위한 기초조사 및 자료수집 작업을 병행하고 있다.

선진국의 경우 전지구적 지체구조와 관련하여 신평상이론(칼린형, IOCG형, MVT형, VHMS 광상등) 발전과 탐사기술 개발을 통하여 세계규모의 신규 경제광체를 발견하여 자원개발에 성공하므로써 막대한 이익을 향유하고 있다. 또한, 회토류 정련기술이 발달한 미국, 중국, 러시아 등은 IT, BT, NT, ST 등 관련 첨단 산업에 필요한 회토류 및 희유금속 자원확보에 만전을 기하고 있다. 특히, 멕시코는 판구조론적 측면에서 보았을때, 화산성 괴상 황화물 광상(VHMS)과 천열수 은

-금광상등이 부존할 수 있는 많은 잠재성을 가지고 있다. 본 연구지역의 면적은 346,147 km²이며 지리학적 좌표로는 북위 24°~27° 및 서경 98°~110°이다(Fig. 1). 이 지역은 멕시코 공화국의 중부-북부에 위치하고 있다. 본 연구는 멕시코 트랜스-멕시코나 지질구조대 지역 광물-지질자원 정보를 통한 광화대 부존 특성 해석이 목적이고 유망광화대 선정에 활용될 것으로 사료된다.

2. 지 형

연구지역은 시에라 마드레 오리엔탈, 시에라 마드레 옥시덴탈, 메사 델 센트로, 씨에라스 트란스베르 살레스의 지형학적 지역으로 구성되어 있다(Fig. 2). 각 지역의 일반적인 특징들은 다음과 같다(Alvarez, 1958).

2.1. 시에라 마드레 오리엔탈

이 지역은 멕시코만과 평행하게 북-남 방향으로 연장하는 계곡을 지닌 거대한 산맥이며, Monterrey 시가 위치한 위도에서 동-서 주향으로 방향을 바꾼다. 이 지역의 95%는 퇴적암이며 주로 석회암과 소량으로 사암과 셰일이 부존하고 있다. 고도는 해발 2,000 m에서 3,000 m까지이다.

2.2. 시에라 마드레 옥시덴탈

이 지역은 멕시코 합중국의 서부를 따라 펼쳐져 있으며, 북부에서는 Nayarit으로부터 Sonora까지 연장되

*Corresponding author: chheo@kigam.re.kr

질로 구성되어 있다. 이 지역의 기후는 건조하며 온대성이고, 습도는 북쪽에서 남쪽으로, 중앙에서 동부 및 서부경계로 가면서 증가하며, 반건조 식생이 특징적이다. Mesa del Central은 Aguanaval 강, Nazas의 중앙부, Cuenca Grande de Santiago(이 수계의 Juchipila, Verde 및 Lagos 강 및 동부지류), Sierra de Guanajuato로부터 내려오는 Lajas 강과 같은 Lerma 지류를 포함한다.

2.4. 씨에라스 트란스베르 살레스

이 지역은 Bravo 강으로부터 남쪽의 Nautla까지 멕시코코만을 경계 짓고 있으며, 소규모 구릉들에 의해 가로막혀진 연장된 평원들로 구성되어 있다. 이 지역의 암석들의 연령은 플라이오세-제4기부터 백악기까지 다양하며, 서쪽으로 갈수록 해안선으로부터 멀어질수록 오래된 암석으로 구성된다.

3. 지 질

본 역은 서에서 동으로 가면서 코르테스(시날로아, 소노라 남부), 구에레로(시날로아 주요부), 시에라 마드레 옥시덴탈(두란고 서부, 코아후일라 남부, 바카테카스 북부, 산루이스 포토시, 누에보 레온 남동부), 코아후일라(코아후일라주, 누에보 레온, 타마우리파스)가 위치한다. 구에레로 지역은 멕시코 화산암 벨트에 위치하나 확실한 노두 분포지는 시에라 마드레 옥시덴탈 연변에 분포하거나, 이 지역 깊은 계곡에 분포한다(Campa et al., 1974).

구에레로 지역 암석은 주로 쥐라기에서 백악기 하부에 이르는 다양한 연령을 보인다. 구성 암석은 석회질 퇴적암이 협재하는 해양 화산성 층군이며, 심하게 습곡되어 있다. 이 화산성 퇴적암류들은 해저로 유입되어 퇴적된 육성기원의 퇴적물로 구성된다.

시에라 마드레 옥시덴탈 지역의 확실한 지구조적 특성은 확인 되지 않고 있으나, 화산암과 퇴적암류가 주로 백악기 상부에서 초기 팔레오신(에오신-올리고신), 그리고 하부 네오신(마이오신)의 화산암류 층군으로 덮여있다. 이들 층군은 대체로 태평양판이 북아메리카판을 섭입하면서 형성된 것들이다. 계속되는 화산활동으로 2000 m가 넘는 화산암층이 퇴적되었으며, 여기에 칼크-알칼리 화성암류들이 관입하며, 천부관입암, 돔, 함몰지, 칼데라 등의 지형이 형성되었다. 또한 이에 연관되어 화산진 퇴적, 화산쇄설류, 화산쇄설과 및 화산이류 등의 다양한 화산관련 구조가 배태되었다. 천부

관입암에 의한 돔의 상부 냉각대는 에오신에서 올리고신까지 형성되었다. 따라서 이 시기에는 이들 열수계에 의해 형성된 귀금속 광상이 전 시에라에 걸쳐 형성되었다. 이들 광상은 주로 저유황형(또는 중유황형)과 고유황형의 열수 특성을 보인다. 이런 지질적, 지구조적 특성에 의해 시에라 마드레 옥시덴탈 지역이 주요 광화대가 되었다(Campa and Ramirez, 1979).

시에라 마드레 옥시덴탈 지역은 습곡이 우세하게 발달하며 구조적으로 중첩되는 석회암, 세일, 사암 등이 분포한다. 지구조 운동에 의한 퇴적상은 초기에는 전진상을 보이다가 백악기 말에 시작된 라라미드 조산운동에 의한 용기로 후퇴상을 보인다. 캄브리아기-펜실바니아기 변성퇴적암류로 구성된 기반암위에 퇴적암류가 발달하며, 그랜빌리안기 결정질 변성암류로 구성된 기반암위에 고생대층이 퇴적되었다. 이 암상은 시우다드 빅토리아 근처에 분포하는 북아메리카 지괴와 밀접한 관련을 보이고 있다. 시에라 마드레 옥시덴탈 지역의 광상은 페름기 이후에 발달하는 양상을 보인다. 대부분의 분지에서는 광화유체가 분지를 통하여 이동하며 형성되어, 형석, 천청석, 중정석 및 층준규제 등 광상들이 배태된다. 자카테카스 북쪽과 코아후일라 남쪽에 분포하는 괴상 심성 관입암체가 분포하는데, 지구조적 운동에 의해 지층이 중첩되는 약선대에서 석회질 암석에 심성암이 관입하며 접촉 변성 광상이 분포한다.

코아후일라 지역은 애팔래치안-오우아치타-미라톤 조산기 후기동안 고북아메리카 지괴에 부가되어 형성된 고생대 기반암으로 구성된다. 이 기반암에 분포하는 사미나스와 파라스 분지의 전진상은 코아후일라 섬, 부로 기반체, 코아후일라 남부 지반과 같은 안전한 기반암을 형성한다. 이들 모든 지질학적 구성체들은 고생대 초기 이후에 형성된 분지들로 구성되며, 이 고기분지에 백악기의 두꺼운 퇴적암류들이 퇴적되었다. 형석 및 중정석 광상을 형성한 유체는 이 지역 일부 관입암체에 의한 재활성화 작용에 의해 형성되었거나, 미시시피밸리 유형의 일종으로 생각된다. 시에라 마드레 옥시덴탈 남부에 부존하는 광상들은 결정질 관입암과 칼데라, 구조적 약선대 등에서 석회질 암석과 반응하면서 생성된 특징을 보인다.

4. 광 상

중·북부 멕시코 지역 내에 다양한 지질환경과 지구조 및 층서 환경과 관련하여 다양한 금속광상 및 비금속광상이 존재한다.

Table 1. Status of mineral resources in the state of Chihuahua.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity	
Chihuahua	Guadalupe, Calvo	Pericos G13-7	San Luis Gonzaga	epithermal vein, disseminated	Au, Ag	
			San Antonio	epithermal vein, disseminated	Au, Ag, Cu	
			Minitas	epithermal vein, disseminated	Au, Ag	
	Batopilas	Guachochi G13-4	Guadalupe, Calvo	epithermal vein, disseminated	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	
			Baborigame	epithermal vein, disseminated	Au, Ag	
			San Juan Nepomuceno	epithermal vein, disseminated	Au, Ag, (Cu)	
	Parral	Hidalgo del Parral G13-5	Morelos	epithermal vein, porphyry, breccia	Au, Ag, Pb	
			Batopilas	epithermal vein, disseminated, low sulfidation	Au, Ag	
			El Sauzal	epithermal vein, high sulfidation	Au, (Ag)	
	Camargo Jimenez		Parral	epithermal vein	Ag, Pb, (Zn)	
			Santa Barbara	epithermal-mesothermal vein	Ag, Pb, (Zn, Cu)	
			San Francisco del Oro	epithermal-mesothermal vein, skarn	Ag, Pb, Au, (Zn, Cu)	
				Roncesvalles	epithermal vein, skarn	Au, Ag, (Pb)
				Cerros Colorados	replacement-metasomatic, disseminated	Au, Ag
				Sierra El Toro	epithermal vein	F

Table 2. Status of mineral resources in the state of Sinaloa.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Sinaloa	Choix		La Reforma-El Rosario	skarn, vein	Au, Ag, Pb, Zn, Cu
	El Fuerta	Huatabampo G12-6	Yecorato	epithermal, mesothermal, disseminated	Au, Ag
			El Realito	epithermal, mesothermal, disseminated	Au, Ag
			Aquinhuari	epithermal, mesothermal, disseminated	Au, Ag, Cu, Pb, Zn
	San Bias	Los Mochis G12-9	El Oro	epithermal, mesothermal, placer, disseminated, mechanical concentration	Au, (Cu, Ag)
	Badiraguato	Pericos G13-7	Surutato	epithermal, mesothermal	Au, Ag, (Pb, Zn)
			San Javier	epithermal, mesothermal	Au, Ag, Pb, Zn
			Copalquin-Chihuahulla	epithermal, skarn, porphyry, disseminated, breccia	Au, Ag, Pb, Zn, Cu (Mo, W)
	Mocorito		Mocorito	epithermal, mesothermal, skarn, disseminated, breccia	Au, Ag, Pb, Zn, Cu
	Culiacan		Jesus Maria	epithermal vein	Au, Cu
	Cosala	Culiacan G13-10	La Fortuna-Cerro Colorado	epithermal, mesothermal	Au, Ag (Cu, Pb, Zn)
			Guadalupe de los Reyes	epithermal, disseminated, low sulfidation	Au, Ag
			La Estrella	skarn, epithermal vein	Ag, Pb, Zn, Cu, Au (Sb)
	San Ignacio		San Antonio-Contraestaca	epithermal vein	Au, Ag
			La Rastra	epithermal vein	Au, Ag (Cu)
			Ensenada	evaporite, lens	Na, Cl

Table 3. Status of mineral resources in the state of Durango(occidental).

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Durango (occidental)	San Fernando	Pericos G13-7	El Limon	skarn, vein	Au, Ag
			San Fernando	mesothermal, skarn, vein, disseminated	Au, Ag, Cu, (Pb, Zn)
			Tahuehueto	mesothermal, disseminated	Ag, Au, Pb, Zn
	Topia	Pericos G13-7; Cuiacan G13-10	Topia-Caneiss	epithermal, mesothermal, low sulfidation	Au, Ag, Pb, Zn
	S.M.del Cantil		La Cienega	epithermal, low sulfidation	Au, Ag, (Pb, Zn)
	San Juan de Camarones		epithermal vein	Au, Ag	
	Tamazua	Cuiacan G13-10	El Cobre-Lluvia de Oro	epithermal, mesothermal, breccia	Au, Ag, (Bi, Zn)
	Murciagos	Pericos-S.Papasquiario G13-7-8	Guanaceri	epithermal, mesothermal, manto, disseminated, low sulfidation	Au, Ag, Pb, (Zn)
	La Soledad	Santiago Papasquiario G13-8	El Seucito-La Soledad	epithermal, breccia	Au, Ag, Pb, (Zn)
	Cerro Blanca	Durango G13-11	Cerro de Mercado (Durango)	IOCG, orthomagmatic, massive	Fe
			Cieneguillas	epithermal, breccia	F
	Tayolita	Cuiacan-Durango G13-10-11	Escalerilla-La Fortuna-El Oso	epithermal vein	Sn
			San Dimas-Tayoltita-Gavines	epithermal, mesothermal, disseminated, breccia, low sulfidation	Au, Ag, (Cu, Pb, Mo)
	Cerro Blanco	Durango G13-11	San Jose de Bacis-El Herrero	epithermal, low sulfidation	Ag, Au, Pb, Zn
	El Penolito	Santiago Papasquiario G13-8	La Descubridora-La Gloria	skarn, epithermal	Ag, Au, Cu, Zn (Pb)
			Tecolotes	epithermal, manto	Ag, Pb, Zn, Cu
Las Animas		Tata Lucas-Las Drogas	epithermal, mesothermal, breccia	Ag, (F)	

4.1. 서부지구

이 지역은 제 4기의 저유황계의 천열수 광상이 나타나는 서부 시에라 마드레의 칼크-알카리 마그마의 화성활동에 수반된 몇몇 귀금속 및 천금속 광산들이 분포한다. 일부는 다른 광상유형인 스킨과 교대광상이 나타난다(Table 1 through 3). 소노라에 해당하는 부분에는 광산지역이 나타나지 않는다. 바보야후이 인근

지역은 최근 화산성 기원의 광석을 함유하는 것으로 판단되는 중열수 맥을 대상으로 탐사되었다. 대부분의 광산지역은 서부 시에라 마드레와 관련되고, 주요한 금은 천열수 광상이 분포하며, 빠랄과 바포빨라스 및 엘 사우잘 광상이 대표적이다. 엘 사우잘 광상은 멕시코에서 고유황계 광상의 대표적인 예로서 주로 열극충진과 세맥상 및 산점상으로 나타난다. 빠랄, 산타 바바라

Table 4. Status of mineral resources in the state of Durango(occidental).

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Durango (occidental)	El Penolito (Oriente)	Torreon G13-9	Ojuela-La Fama	epithermal, skarn	Zn, Pb, Ag, Au
			Cerro Prieto	epithermal, low sulfidation	Au, Ag, Cu
	Las Animas (Oriente)		Dos Amigos-Buenaventura	epithermal, skarn, low sulfidation	Pb, Zn, Ag, (Au)
	San Juan de Guadalupe		Juan Aldama G13-12	La India-Guadalupe	epithermal

및 산 프란시스코 델 오로의 광화작용은 다금속 광맥으로 발달한다. 이 지역은 최근 수많은 기업들에 의해 활발한 탐사가 이루어졌고, 접근이 어려움에도 불구하고 경제성을 갖는 것으로 평가된다. 대부분의 광화작용은 돔, 함몰대 및 광역적인 확장단층과 관련된다. 일부 지역은 경제성이 있는 것으로 평가된 수차레의 광화작용(엘 사우잘)이 나타나는 반면에, 다른 지역은 심한 풍화로 인해 천금속 광화대가 삭박되었다.

천열수 광상들을 포함하는 시나로아주의 주 유망광산들은 서부 시에라 마드레와 관련된다. 이들 중 라라스트라-로사리오는 개발단계이며, 일부는 문화인류학적인 문제로 접근이 힘든 상태이다. 시나로아는 금과 은에 대한 잠재성을 갖고 있고, 간헐적인 탐사를 통해서 천금속 광상들이 개발되었다. 시에라 경사지에서 꼬사라와 산 이그나시오 광상은 광체의 연장성이 좋다. 두란고주의 중요 광상인 체로 델 메르카도 철광상은 iron-oxide-copper-gold (IOCG) 유형으로 분류된다. 두란고주에서 다양한 광상들은 유망한 사업 전망을 갖고 있다(Table 4). 게레로 지형의 패치가 추적되는 일부 지역의 존재는 해양 분기광상(exhalative deposits)의 가능성을 갖는다(Chavez *et al.*, 1999).

4.2. 동부지구

이 지역에서, 수많은 광산지역과 가행 광산들은 서부 시에라 마드레를 따라 화성활동과 동시성인 칼크-알카리 화산활동과 관련된 천열수 광화작용과 관련되며, 쥐라기와 백악기의 석회질 층에 배대한 스키르광상 및 접촉광상도 함께 수반되는 것으로 보인다. 특정 스키르와 관련된 관입암의 관입 시기는 제 3기이다(CRM, 1999).

동부 두란고에 위치한 광상의 대부분은 스키르 유형이며, 서부 시에라 마드레 혹은 멕시코해와 관련된 도스 아미고스-부엔라벤트라 및 오주엘라 광상이 포함된다. 라라미드 시기의 연장은 수많은 관입암의 활동을

야기 시켰고, 이들 관입과 관련하여 열극층진 중열수 산상 및 다금속 망토형 혹은 파이프상 광체가 발달되었다(Table 4).

멕시코의 층준규제 혹은 미시시피 벨리 유형의 특징인 규화작용은 코아후일라의 중생대 고지형학적 분지 및 탁상지의 연변부에 주로 발달한다. 미시시피 벨리 유형으로는 미네스 엘비아, 엘 플로라도, 보난자-돌로레스, 누에보 문도, 라 헤라두라 등이 있다(Table 5).

주 광물은 천청석(celestite)과 형석 및 중정석이다. 이 지역에는 꾸아뜨로 씨에네가스과 몬끌로바 철, 연, 아연, 동광산 주변에 천열수와 접촉교대광상이 존재한다. 라구나 엘 레이에는 증발암 기원의 트로나(trona)가 탐사되었다.

헤네랄 쓰페다와 코양후일라 인근에는 상부 백악기에 산출된 중광물을 포함하는 수많은 얇은 층이 존재한다. 엘 프라이레, 까마로네스 및 라 노르페나는 끈셉 씨온 델 오로, 자카테카스의 접촉교대로 언급되는 원지성 광상들이 나타난다. 이들은 은, 연, 아연 및 약간의 금과 동을 함유하는 천열수성 맥이다. 라 빅토리아-피카초 광산에서 중정석과 스트론튬은 미시시피 벨리 유형의 광화작용과 관련된다.

끈셉씨온 델 오로, 페르미날 데 프로비덴시아, 마테후아벨 및 노체 부에나에서 스키르와 교대광상이 북부 자카테카스내 광산지역의 특징을 나타내고 있다(Table 6). 동부 시에라 마드레 요곡대는 취암대로서 수많은 화강암-화강섬록암 조성의 관입암들이 연장된 접촉 교대 광체를 형성하면서 정지되어 있다(JICA, 1994).

마자필의 서부 20 km 지점에 위치하는 신규 유망지역은 엘 페나스퀴또이며, 광화작용은 화산각력암내에 금, 은, 연 및 아연을 함유한다. 또한 유사기원으로서 는 가라폴층의 사암들이 분출 각력암에 의해 관입되어진 까미노 로조 지역이 있다. 이러한 각력암내에 산점상의 금, 은, 연, 동 및 아연광이 발달한다. 상기 두 유망 지역은 품위는 낮지만, 광화작용의 규모는 노천

Table 5. Status of mineral resources in the state of Coahuila.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Coahuila	Salinas El Rey		Laguna El Ley	evaporite, lens	Na, Mg
	Arocha	Tlahualilo de Zaragoza G13-6	Elvia	MVT, epithermal, manto	Sr
	Cuatro Ciénegas		El Colorado-El Lucero	MVT, epithermal, manto, stratiform	Cu, Au, Ag, Sr
	La Purisima-La Gavia	Tlahualilo de Zaragoza G13-6 Monclova G14-4	Manto Rojo	MVT, epithermal, manto, stratiform	Cu, Au, Ag, Sr
			Mina del Agua	skarn, chimney, vein	Cu, Ag
			Bonanza-Dolores	MVT, stratiform	Pb, Zn, Cu, Ag
	Sabinas	Monclova G14-4	Renacimiento	skarn, massive	Fe
			Titanes	sedimentary, stratiform	dolomite
	Candela		Providencia-Cinco de Mayo	skarn(IOCg);massive, vein	Cu, Mo, Au, Fe
			Nuevo Mundo	MVT, stratiform	Sr
	Palia-Alamitos	Tlahualilo de Zaragoza G13-6	Agua Chica	epithermal, MVT, vein manto	Au, Ag, Cu, Pb
			La Herradura-Australia-El Pau	epithermal, MVT, manto	Sr, Ba, Ca
			San Agustín-La Esmeralda	MVT, epithermal, stratiform, manto, vein	Sr, F
	Paila-Alamitos	Monclova G14-4; Torreon G13-9	Salmo II-El Toro-La Loma	MVT, stratiform, manto	Mn, F, Ba, (Fe)
	San Pablo	Torreon G13-9	Cerro Bola	MVT, stratiform, manto	Sr
	Jimulco		Alferez	epithermal, vein	Pb
	Viesca	Torreon; Juan Aldama G13-9;12	El Socorro-Rosas-Aguila	epithermal, MVT, manto	Pb, Zn, Cu, Ba
			El Colorin	MVT, stratiform	Zn, Pb
	General Cepeda	Torreon G13-9; Monterrey G14-7	Virgen 2- Puerto Arturo	sedimentary, stratiform, lens	Fe, Ti, Zr, trace element
			La Lupita-La Minita	epithermal, skarn, vein, manto	Cu, Au, Fe
	Canon Colorado		La Flor	MVT, stratiform	Sr, Ca
	Santa Maria	Monterrey G14-7	La Victoria-Picacho	MVT, manto, stratiform, lens	Ba, Sr, Cu, Fe, P, (Ag)
	Santa Maria-Agua Nueva		La Calabaza-Santa Fe	epithermal, MVT, stratiform	Pb, Zn, Ba, (Au)
	Carneros	Monterrey G14-7;C, Oro G14-10	El Fraile	epithermal, vein, manto	Ag, Cu, Fe, (P)
Camones-Santa Maria			epithermal, vein	Ag, Pb, Zn, Ba	
La Nortena			epithermal, vein	Au, Cu, Ag	

채굴로서 개발이 가능하다(Reyes, 1990).
 마지막으로, 자카테카스 지역은 서부 시에라 마드레
 에 인접한 누에보 메르쿠리오광산에서 수은 광화작용

이 나타난다. 천연수성 맥상 광화작용이 나타나는 산
 루이스 포토시주의 북쪽 끝은 유일한 광화작용의 징후
 에 대한 자료를 제시했다. 다금속 유형의 엘 갈로와

Table 6. Status of mineral resources in the state of Zacatecas.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Desposit Type	Commodity	
Zacatecas	Miguel Auza-Juan Aldama	Juan Aldama G13-12	El Rayo-Juan Aldama	epithermal, mesothermal, vein	Ag, Au, Pb, Sn	
	San Julian-Teyra		Valenciana	epithermal, vein	Au, Ag, Cu, (Zn)	
	Nuevo Mercurio	J.Aldama-Concepcion del Oro, G13-12-G14-10	Nuevo Mercurio	epithermal, vein	Hg	
			La Fe del Norte-La Naranjera	epithermal, mesothermal, vein, chimney	Cu, Zn, Ag, Au, Pb	
			Noche Buena	mesothermal, skarn, chimney, breccia	Ag, Pb, Zn	
			Penasquito	mesothermal, fracture-filling, orthomagmatic	Pb, Zn, Au, Ag	
			Terminal de Providencia	skarn, chimney, vein	Pb, Zn, Au, Ag	
		Concepcion del Oro	Concepcion del Oro G14-10	El Soccoro-La Trinidad	epithermal vein	Au, Ag, Hg
				El Durazno-San Martin	skarn, epithermal, chimney, breccia, disseminated, vein	Cu, Ag, Pb, Zn (Au, Fe)
				Valenciana-La Santisima Trinidad	epithermal, vein, lens	Cu, Fe, Pb, Zn, Ag (Ba)
			Matehuapil	mesothermal, skarn, vein	Pb, Zn, Cu (Au, Ag)	
			Camino Rojo	mesothermal, fracture-filling, orthomagmatic	Pb, Zn, Ag, Au	

Table 7. Status of mineral resources in the state of San Luis Potosi.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
San Luis Potosi	Vanegas	Concepcion del Oro G14-10	El Gallo-Moctezuma I	epithermal vein	Pb, Zn, Au, Cu
			La Morada-Gallos Blancos	epithermal vein	Pb, Zn

라 모라다-갈로스 블랑코스 광산이 존재한다(Table 7).

누에보 레온주에서는 발레실로스 및 엘 피카초 사비나스-람베조스 주변의 북부에서 미시시피 벨리 형태와 관련한 광화작용이 나타난다(Table 8). 우라늄 광물들은 라 꼬마 유망지와 인접한 중앙부에서 추적되었다. 누에보 레온에서 몇몇 중정석 유망지와 광산들이 분포하며, 광화작용은 쥐라기 나자스층의 육성 퇴적층에서 나타난다. 미나 라 후이체와 라 블랑끼는 중요한 중정석 가행 광산이며, 광화작용은 북서-남동 주향의 열극층진의 형태로 나타난다. 추가적으로, 모자라스 유망지는 아글레

포르드층의 퇴적층에서 섬록암 조성의 관입암과 관련된 다. 약간의 금과 은 및 희토류 광물 이상대가 나타난다. 빠라스 지역에서 규사 광산이 일부 확인되고, 유리산업 용도로 미국에 수출된다. 누에보 레온에서 다양한 자원은 일부를 제외하고는 전체적으로 탐사되어지지 않았으나, 탐사 잠재성이 높은 것으로 간주된다. 아로요 로보 2에서는 철, 티탄, 지르콘 및 희토류의 이상 값을 갖는 지역이 존재한다. 이 광산은 코아후일라주의 헤네랄 쉐빠다 지역에서 중광물과 유사하며, 광상부준여부 확인을 위한 추가적이고 세부적인 탐사가 요구된다.

Table 8. Status of mineral resources in the state of Nuevo Leon.

State	Mineralized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Nuevo Leon	Sabinas-Lampazos	Monclova G14-4	Guadalupe	epithermal, vein	Ag, Pb, Zn
			La Pachona-Larraldena	MVT, stratiform	Pb, Zn
	Vallecillos	Reynosa G14-5	Vallecillos-Las Vetas	MVT, epithermal, stratiform, vein	Pb, Zn, Cu, Ag
	El Picacho	Reynosa G14-5; Rio Bravo G14-8	Del Agua Barredon-El Carmen	MVT, epithermal, stratiform, vein	Pb, Ag, Zn, Cu
			Mojarras	contact intrusive	Au, Ag, REE
	Paras	Reynosa G14-5	Paras	sedimentary, stratiform, lens	Si
	La Sierra (La Coma)	Rio Bravo G14-4; Reynosa G14-5	Arroyo El Lobo2	sedimentary, stratiform	REE, Fe, Ti, Zr
			La Coma-Buenavista	sedimentary, stratiform	U
	Cerro El Fraile	Monclova G14-4; Monterrey G14-7	Sierra de Mamulique	MVT, stratiform	Pb, Zn
			San Juan	epithermal, vein, breccia	Pb, Zn, Cu
	Sierra de los Muertos	Monterrey G14-7	El Diente-La Majada	MVT, mesothermal, chimney	Pb, Zn
	Galeana	Monterrey G14-7; Concepcion del Oro G14-10	Rayones	epithermal, vein	Pb, Zn
			La Blanca	epithermal, vein	Ba
			La Huiche	epithermal, vein	Ba
	San Jose de Raices	Concepcion del Oro G14-10	Mina Alfa-La Leona	epithermal, vein	Au, Ag, Pb, Zn, (Fe)
	La Ascencion Aramberri	Concepcion del Oro G14-10; Linares G14-11	Guadalupe	epithermal, vein	Pb, Ag, Ba
Santa Fe			epithermal, vein	Ba	
Cerro del Topo Chico	Rio Bravo G14-8; Linares G14-11	Sierra Papagayos -El Chapote	epithermal, vein	Au, Ag, P	

Table 9. Status of mineral resources in the state of Tamaulipas.

State	Minertalized Zone	1:250,000 Sheet No.	Mine	Deposit Type	Commodity
Tamaulipas	Cuenca Terciaria del Golfo	Reynosa G14-5	Santo Domingo	sedimentary, stratiform, lens	Si
			Altos los Fierros	epithermal, disseminated	Ag, Pb, Zn
	San Carlos Cruilla	Rio Bravo G14-8; Linares G14-11	El Rincon	skarn	Au, Ag, Cu, Ni, Cr
			Tiro San Pedro	epithermal, vein	Pb, Ag, Cu, Au
			La Victoria-La Paz	mesothermal-epithermal vein	Zn, Pb(Au)

천열수와 접촉교대 모델을 갖는 타마우일리빠스주에서 가장 중요한 광화작용의 일부 징후가 제시되어 있다. 북부 시에라 산 까를로스의 띠로 데 산 빼드로 광

산은 약간의 금을 함유하는 일부 다금속맥 광체가 발견되었으며 수년 전에 개발되었다. 산토 도밍고의 산 성암으로부터 기원된 규사광은 유리산업용으로 사용될

수 있을 것으로 판단된다(Table 9).

5. 결 론

멕시코는 판구조론적 측면에서 보았을 때, 화산성 괴상 황화물 광상과 천열수 은-금광상등이 많은 잠재성을 가지고 있다. 본 연구지역(북위 24°~27°, 서경 98°~110°)은 멕시코 합중국 중부-북부 지역에 해당한다. 본 연구지역의 서부는 서부 시에라 마드레의 칼크-알카리 마그마 화성활동에 수반된 제 4기 저유황계 천열수 광상이 특징적인 귀금속 및 천금속 광산들이 분포한다. 그리고, 다른 광상유형인 스카른과 고대광상이 일부 산출되기도 한다. 동부의 수많은 광산지역과 기행 광산들은 서부 시에라 마드레를 따라 화성활동과 동시성인 칼크-알카리 화산활동과 관련된 천열수 광화작용과 관련되며, 쥐라기와 백악기의 석회질 층에 배태한 스카른광상 및 접촉광상도 함께 수반되는 것으로 보인다. 특정 스카른과 관련된 관입암의 관입 시기는 제 3기로 보고되어 있다. 상기 자료는 멕시코 트랜스-멕시코나 지질 구조대 지역 광물-지질자원 정보이며, 이러한 정보의 분석을 통해서 멕시코의 유망 광화대 부존 특성 해석에 도움이 되며, 유망광화대 선정에 활용될 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 지식경제부 출연사업인 “해외광물자원 협력 및 기술정보

구축과제(09-1121)” 에서 지원되었다. 심사과정에서 미비점을 지적, 보완하여 주신 (주) 대우로지스틱스의 한진균 박사님과 익명의 심사위원님께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- Alvarez, Jr. (1958) Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Para el Congreso Mundial de Geología en México.
- Campa, M.F., Campos, M., Flores, R. and Oviedo, R. (1974) La secuencia mesozoica volcano-sedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, Mexico-Teloloapan, Guerrero. : Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana: v. 35, p. 7-28.
- Campa, M.F. and Ramirez, J. (1979) La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero: Universidad Autónoma de Guerrero, Serie Técnico-Científica: nUm.1, p. I-84.
- Chavez, L., Alarcón, U. and Parga, J. (1999) Mining Exploration Potential of VMS and Servicio Geológico Mexicano. 2006. Carta Geológica de la República Mexicana. Escala:1:2,500,000.
- CRM(1999) District Minero de Tetipac-Zacualpan, in Monografía geológico-minera de Estado de Guerrero. Published by Consejos de Recursos Minerales, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México. p. 163-167, 1 map, 1 table.
- JICA' MMAJ(1994) Reporte sobre la geología y depósitos minerales en la región de Tejuipilco, Estados Unidos Mexicanos. p. 44.
- Reyes J.S. (1990) Prospección geológico-minera del área la Trinidad, Mpio, de Zacualpan, Mex. CRM.

2009년 1월 9일 원고접수, 2009년 1월 28일 게재승인.