

멕시코 치아파스주의 지질 및 금속 광물자원

허철호* · 문동혁 · 고상모

한국지질자원연구원

Geology and Metallic Mineral Resources of Chiapas State in Mexico

Chul-Ho Heo*, Dong-Hyeok Moon and Sang-Mo Koh

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

1. 서 론

멕시코는 세계적인 자원부국이다. 아연과 몰리브덴, 흑연 생산은 각각 세계 10위 안에 속하며, 은, 창연, 천청석, 비소, 카드뮴, 안티모니, 연, 중정석 생산은 각각 세계 5위권에 들어 있다. 멕시코의 대표적인 광업 회사 3사로는 Industrias Penoles SA de CV와 Grupo Mexico, Empresas Frisco de CV가 있다. Industrias Penoles는 세계 최대의 은 생산회사이다. 멕시코 광업 법은 광업을 국내외 투자자에게 전면 개방하도록 규정하고 있다. 탐사권 존속 기간은 6년으로 추가 연장할 수 없으며, 개발권 존속 기간은 50년으로 추가 연장 가능하다. 멕시코는 세계적인 원유 및 은, 철 등 각종 광물자원을 보유한 국가이다. 1990년대 초부터 민영화 및 외국인투자 개방을 통해 다수 외국기업들이 진출해 있으나 원유 부문은 아직 민영화되지 않고 있다. 1990년대 후반부터 2002년까지 국제광물가격이 낮아 멕시코 광산업 또한 주춤하였으나 2002년 말부터 구리, 은, 아연, 철 등 주요 광물의 국제가격이 급등하면서 멕시코 광업 또한 성장세를 지속하고 있으며 외국인 투자도 늘어나고 있다. 특히 캐나다는 멕시코 광업 분야 투자에 가장 적극적으로 참여하고 있다 (KOMIS, 2011).

멕시코의 광업투자는 2008년 36억 5600만달러에서 2009년 27억달러를 기록해 전년대비 26%가 감소했다. 한편 금속광물 생산액은 전년과 비슷한 약 105억 달러를 기록했다. 2009~12년 4년간 멕시코의 광업투자규모는 76억 달러 정도를 기록할 것으로 예측된다. 현재 중요한 프로젝트 중 하나는 바하캘리포니아주에서 시

행중인 Grupo Mexico의 El Arco 프로젝트이다. 현재 동과 금을 대상으로 한 경제성 평가가 진행중이며, 17억 달러의 투자가 예상된다. 이 지역은 2012년부터 생산할 수 있을 것으로 예상되며, 연간 20만톤의 동을 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 2010년에는 총 600개의 광업 프로젝트가 계획 중이나, 이 중 4~5개 정도의 광상만이 생산을 시작할 수 있을 것으로 예상된다 (KOTRA, 2010).

본 해설은 멕시코의 치아파스주 지질-자원 정보 해석을 통한 광화대 부존지 예측 및 유망광화대 선정에 활용될 것으로 사료된다 (Fig. 1).

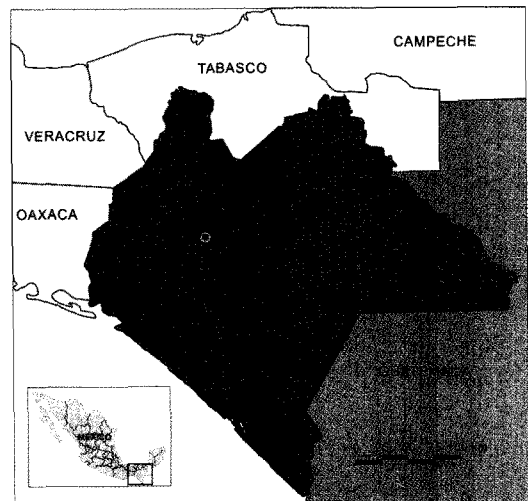


Fig. 1. Location map of Chiapas state in Mexico.

*Corresponding author: chheo@kigam.re.kr

2. 지 질

멕시코 치아파스 (Chiapas)주의 지질은 고생대에서 완신세까지의 매우 복잡한 암상들로 구성되어 있다. 치아파스주의 지질은 크게 6개의 주요 지질구로 구분할 수 있다 (Fig. 2; Ortega-Gutierrez *et al.*, 1992). 첫째, 타바스코 (Tabasco) 삼각주 분지로 치아파스주의 북서쪽을 차지하고 있다. 둘째, 치아파스 습곡 및 단층대로 치아파스주에서 가장 넓은 지질구로 주 표면적의 70%를 차지하고 있다. 셋째, 치아파스 저반으로 북서-남동 방향으로 펼쳐져 있는 심성암이며 해안선에 평행하게 솟아 있는 산맥을 형성한다. 넷째, 소코누스코 (Soconusco) 화성 육괴로 따카나 (Tacana)화산과 관련된 암석의 지질환경을 포함하는 지질구, 다섯째, 테완테펙 (Tehuantepec) 분지로 치아파스주의 해안지역에 부존하고 있는 근세 퇴적물을 포함한다. 여섯째, 꾸이까떼카 (Cuicateca) 지질구로 화산-퇴적암으로 구성되어 있으며 치아파스주의 서쪽에 부존하고 있다.

치아파스주의 암석층서주상도는 다음과 같다. 일부 연구자에 따르면 (Pantoja-Alor, 1974; Lopez-Ramos, 1975), 치아파스주에 노출되어 있는 암석층서주상도의 기저는 원생대층이며 노두는 해안을 향해 산출되는 작은 영역에 국한되어 있다. 이들 선캠브리아기 암석들은 석영-장석 편마암 뿐만 아니라 화강암과 섬록암을 포함한다 (Damon and Montesinos, 1978). 그림에도 불구하고, Comision Federal de Electricidad (CFE)가

수행한 연구에 의하면 (De la Rosa *et al.*, 1989), 선캠브리아기로 이전에 고려했었던 암석들의 연령이 페름기인 것으로 판명되었다.

기저암 상부로 부조화적으로 사문암, 편암, 편마암 및 규암을 포함하는 변성암 뿐만 아니라 빠소 온도, 바냐 및 그루빠라 층들에 속하는 쇠설암으로 표현되는 상부 고생대암석들이 부존하고 있다.

이 암석들은 저반성 관입암에 의해 영향을 받는다. 이들 심성암들은 치아파스 저반에 속하며, 동위원소 연령은 페름기에 해당한다 (Damon and Montesinos, 1978). 이들 암석들은 치아파스 화강암 육괴로서 지리적으로 알려져 있으며 주의 남부에 주로 노출되어 있다.

위에 기재된 암석층서와 부조화적으로 트라이아스기-จู라기 내지 백악기 상부에 이르는 쇠설성-석회질 층서로 표현되는 해양성 중생대 암석들이 덮고 있다. 이들 쇠설성-석회질 암석들은 토도스 산토스 (Todos Santos), 모고네 (Mogone), 산 리카르도 (San Ricardo), 치나메카 (Chinameca), 시에라 마드레 (Sierra Madre) 층군, 오코조코아우틀라 (Ocozocoautla) 및 멘데즈 (Mendez)층들이며 주로 주의 북중부에 노출되어 있다.

중생대 암석들 상부에는 조화적인 신생대 암석들을 볼 수 있으며 암석의 연령은 팔레오세 (소야로 층)에서 선신세 (뜨레스 뿌엔페스 층)에 이른다. 팔레오세 암석들은 해양기원이며 플리시 유형의 사암과 이암이 교호하는 퇴적물을 관찰할 수 있다. 에오세 암석들은 대륙기원과 해양기원이 혼합된 것이 특징이며 해양기원 올리고세 암석들과 경계부에 적색층들이 부존하고 있다. 해양기원 올리고세 암석들은 석회암과 쇠설암들이 특징적이다. 대륙기원의 올리고세 암석들은 주로 주의 동쪽을 향해 노출되어 있다.

중신세 암석들은 해양기원이며 점토 및 석회질 암석들로 구성되어 있다. 이들 암석들은 기저부에서 상부로 엔칸토 (Encanto), 하부 및 상부 아마페 (Amate), 툴리자 (Tulija) 및 벨렘 (Belem) 층들로 표현되며 주의 북부에 노출되어 있다.

마지막으로, 선신세-완신세 암석들은 층적성 물질 및 잔류 토양 뿐만 아니라 치초날 (Chichonal) 및 따카나 (Tacana) 화산의 화산활동으로부터 유래된 화산쇄설성 퇴적물과 함께 실트, 모래, 점토 광상들에 의해 형성된다 (Fig. 3).

3. 지체구조

멕시코 지체구조 진화 및 지체구조층서 개념에 따르면

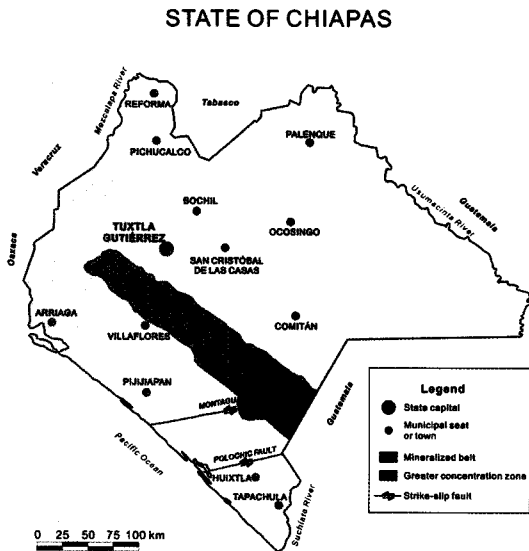


Fig. 2. Geological provinces of the Chiapas state.

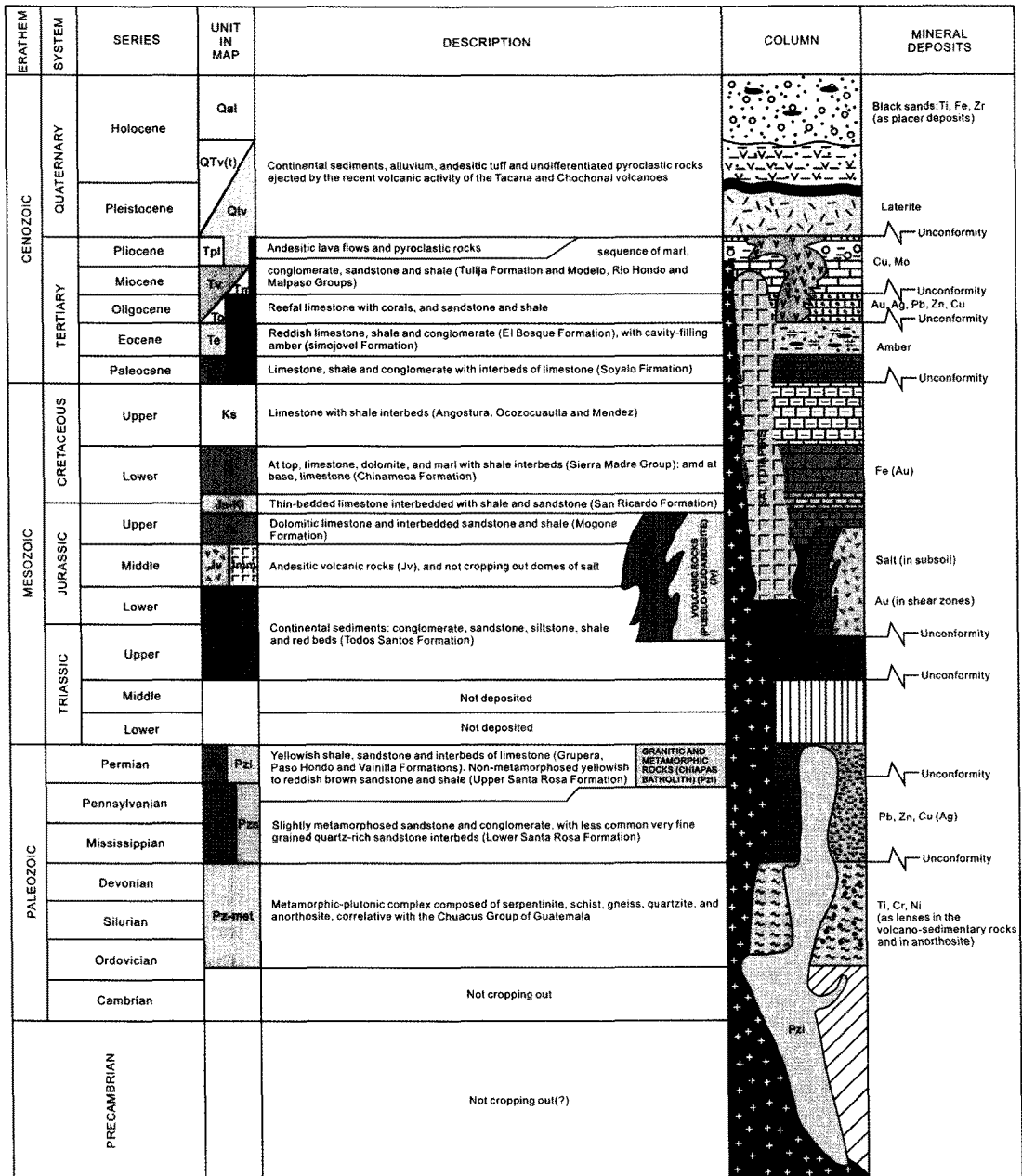


Fig. 3. General geologic columnar section.

(Sedlock *et al*, 1993), 차아파스주에서는 3개의 지체구 조층서 암층이 나타나 있다. (a) 마야 (Maya) 암층, 주표면적의 90%를 차지하고 있음, (b) 코르티스 (Chortis) 암층, 주의 북쪽에 위치하고 있으며 주로 과테말라 중부에 노출되어 있다. (c) 꾸이까페코 (Cuicateco) 암층, 거의 와하카주에 독립적으로 부존하는 암층이며 차아파스주 남서 측면에 부존하고 있다 (Fig. 4).

마야 (Maya) 암층. 이 암층은 북부 구역, 유카탄 대륙봉, 남부 구역의 3개 지형구로 나눌수 있으며 과테말라, 차아파스 및 와하카 북동부의 중심부를 포함한다 (Sedlock *et al*, 1993).

마야 암층의 남부에서만 추아쿠스 (Chuacus) 층군, 산타 로사 (Santa Rosa) 층군, 촌탈 (Chontal)층 및 차아파스 육괴 암상들로 구성된 중생대 이전 암석들의 노

STATE OF CHIAPAS

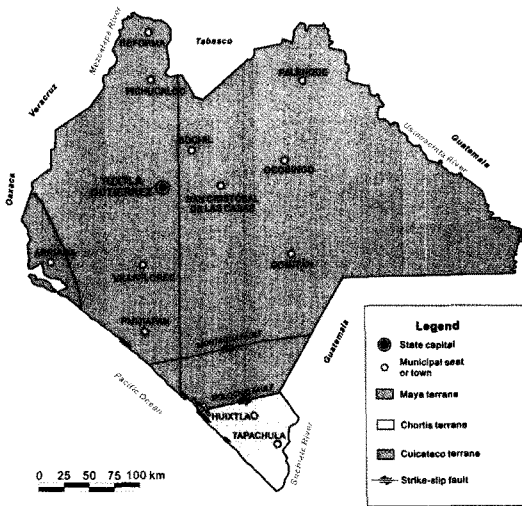


Fig. 4. Tectono-stratigraphic terranes.

두가 있다. 이 암층의 기저암들은 고생대 및 선캠브리아기 암석들로 구성되어 있으며 판게아 초대륙의 해체 동안에 형성된 곤드와나 대륙지각의 일부분으로 해석되어 왔다. 펜실베이니아-페름기의 기저암 및 상부층들은 와치타 (Ouachita) 조산운동 동안에 강하게 변형된 것으로 사료된다.

미아암층의 중생대 이전 기저암은 고생대 변성화산암, 규암 및 편암으로 구성되어 있다 (Lopez-Ramos, 1980). 존재하고 있는 변성암들은 420-410 Ma (실루리아기)의 동위원소 연령을 보이며, 주요 변성사건은 330 Ma (Dengo, 1975) 및 230±30 Ma (Viniestra-Osorio, 1971)이며 이 암층의 암석들은 추아쿠스 (Chuacus) 층군 또는 산타 로사 (Santa Rosa) 층군을 덮고 있다는 것을 제시한다.

초르티스 (Chortis) 암층. 이 암층은 중생대와 신생대 동안 멕시코의 암층들과 관련이 있다. 초르티스 암층은 니카라과 해양성 열곡 뿐만 아니라 과테말라, 니카라과 북부, 온두라스 및 엘살바도르의 모타구아 (Motagua) 단층의 남부를 포함한다. 초르티스 암층은 변형된 기저암으로 구성되어 있으며 암석의 연령은 선캠브리아기 내지 고생대에 해당한다. 기저암은 아마도 판게아 초대륙의 일부였거나 고생대 후기 또는 중생대 초기 동안에 판게아의 서쪽을 향해 부가된 지각의 외래 조각들중 일부를 표현하는 것으로 사료된다 (Sedlock *et al.*, 1993).

초르티스 암층의 기저암은 다양한 연령의 다양한 정도

STATE OF CHIAPAS

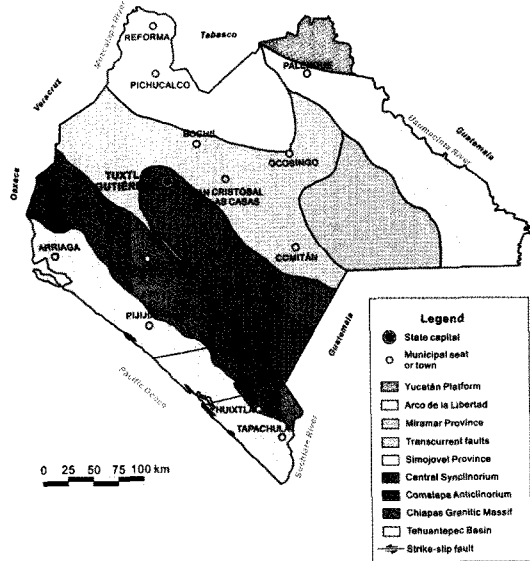


Fig. 5. Simplified map of provinces and main tectonic elements.

의 변성작용을 받은 변성퇴적암 뿐만아니라 변성 및 심성암 노두로 구성되어 있다 (De la Rosa *et al.*, 1989). 변성암은 미그마타이트 및 대리암 뿐만아니라 석류석, 규선석 및 십자석을 수반한 편암 및 편마암으로 구성되어 있다. 이 암상들은 특별히 게레로 (Guerrero) 및 와하카 (Oaxaca) 남부의 졸라빠 (Xolapa) 복합체의 암석들과 유사하다. 기재된 암상은 라스 오베자스 (Las Ovejas) 층군으로 알려져 있다 (Schwartz, 1979).

이 암층의 기저암들은 중생대 퇴적층으로 표현되며 마야 암층과는 뚜렷하게 다른 점을 보여주고 있다. 중생대 기저암들은 주라기 하부-삼첩기 상부의 세일 및 사암으로 구성된다. 기저암 상부로는 적색층 (메따판층)이 놓여있고 최상부에는 아티마 (Atima) 층군으로 알려진 매우 두꺼운 석회암이 놓여있다.

상부 백악기의 암석들은 박층의 석회암과 협재하고 있는 적색층들로 구성되어 있다. 이 암층은 백악기 후기 및 제3기초로 연대가 알려진 화강암 및 화강섬록암으로 구성된 일련의 관입암들을 포함한다. 전체층서의 최상부에는 용결응회암으로 덮힌 안산암과 현무암으로 표현된 올리고세-플라이오세 시기 동안에 정치된 일련의 분출암들이 놓여있다.

치아파스주 남서부에 있는 팔로치크-마빠스떼펙 (Polochic-Mapastepec) 단층계는 키리브헤와 북미판 사이의 지체구조 경계를 정의하는 팔로치크-모따구와

(Polochic-Motagua) 좌수향 단층계의 연장부를 표현하고 있다 (Ortega-Gutierrez *et al*, 1992). 이 단층계는 모또진틀라 (Motozintla) 및 치코무세로 (Chicomuselo) 지역을 관통하며 본역에 노출되어 있는 퇴적 및 화산 퇴적암들 뿐만아니라 치아파스 저반의 결정질암석에 영향을 미친다 (Fig. 5).

4. 광화작용

현재 탐광중인 프로젝트를 제외하고도 치아파스주에 노출되어 있는 암석들의 다양한 지질학적 특징과 시공간조건 때문에, 아직 알려져 있지 않은 다른 유형들의 광상 유형이 부존할 것으로 사료된다. 금속광화작용의 형성 및 농집 작용은 예를 들면 지질환경, 모암, 변질 작용, 구조, 연대 등등과 같은 일련의 변수들에 의존하고 있다. 그래서, 치아파스주에서 광상 형성에 관련되는 다양한 지질변수들에 따라 한 개 이상의 금속원소를 수반한 몇몇 지역을 분류하는 것이 가능하다 (Morales-Mireles and Ramos-Trujillo, 1992).

4.1. 다금속 광화작용의 분포

다금속대들은 치아파스 저반에 주로 분포되는 연, 아연, 동, 금-은과 같은 귀금속과 천금속의 연관성을 가지는 일군의 광상들을 정의하고 있다.

이 지역에서, 두 개의 특징적인 다금속 군들이 있다. 한 그룹은 누에바 모렐리아 (Nueva Morelia)의 광상들,

탐광지역인 그리타데로스 (Gritaderos), 빠이얄 (Pacayal) 및 빠히히야판 (Pijijiapan)으로 은이 지배적으로 많이 산출되며 연, 아연, 금이 수반된다. 두 번째 그룹은 연이 지배적으로 산출되며 아연, 은, 금이 수반되고 Victoria, Lajero 및 Ixtapa 광상들에서 관찰할 수 있다. 역시, 금-동 관련 산출지가 콘셉시온 (Concepcion) 지역에 위치한 빠히히야판 (Pijijiapan)과 그리따데로 (Gritadero) 1로 명명된 탐광구에서 확인되었다.

이 다금속대의 규모는 치아파스 저반 그 자체와 일치할 수 있으며 경계는 주의 동쪽인 치코무세로 (Chicomuselo) 지역까지 연장될 수 있다. 북서쪽 경계는 라스 미니따스 (Las Minitas)로 알려진 탐광구로 정의된 멜초르 오감뵈 (Melchor Ocampo)와 비야플로레스 (Villaflores)에 위치하고 있다. 이 지역은 실페펙 (Siltepec) 지역에 위치한 라 아시엔다 (La Hacienda) 및 빠라리또 (Parralito)로 명명된 탐광구와 남동쪽으로 경계를 지을수 있다 (Fig. 6).

4.2. 철-동 광화작용 분포

철-동 광상들은 멕시코의 남동쪽으로 알려진 금속 농집지역의 약 11%를 차지한다. 치아파스주에서는 이들 지역은 와하카 (Oaxaca)주와 경계지역인 남서쪽에 위치하고 있으며 이 지역은 제3기 화강암질 관입암이 백악기 석회암에 영향을 미치고 있으며 접촉변성작용 및 일부 스키른 혼란들이 형성되어 있다. 이 광화대는 아리아가 (Arriaga) 근처 연장 약 50 km 폭 20 km인 반

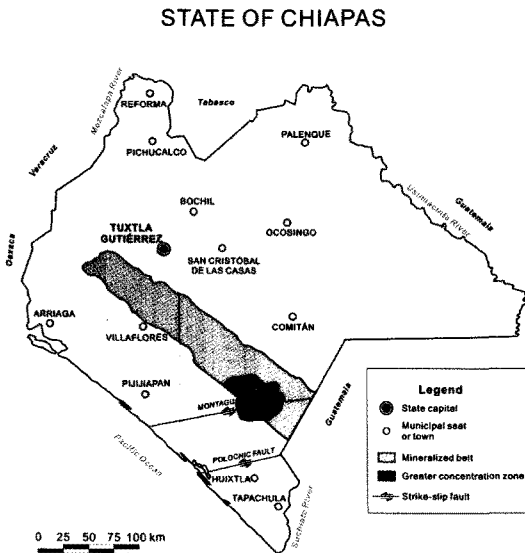


Fig. 6. Tentative distribution of the polymetallic deposits.

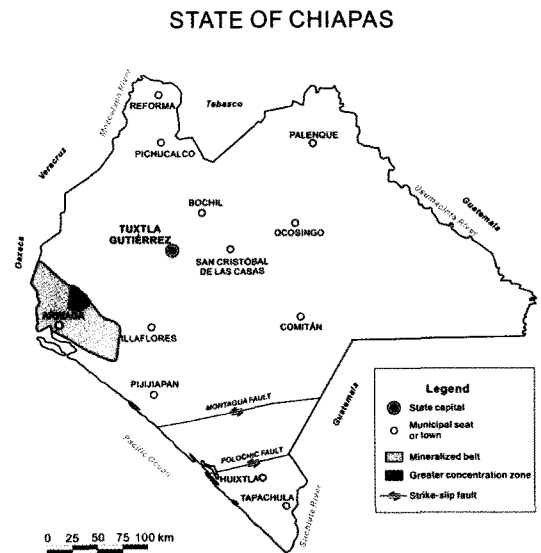


Fig. 7. Tentative distribution of the Fe-Cu deposits.

STATE OF CHIAPAS

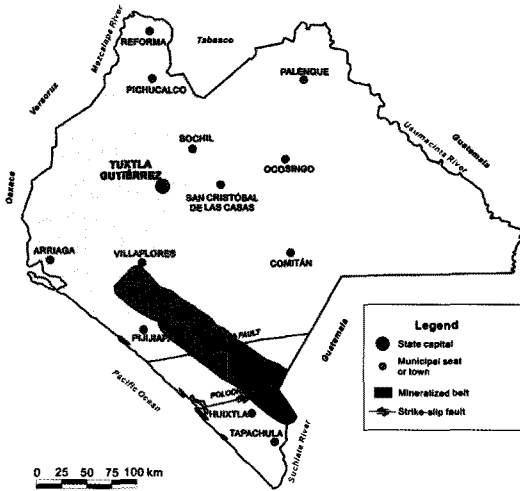


Fig. 8. Tentative distribution of the Cu-Mo deposits.

신장상 분포를 보여주고 있다. 이 지역에서 가장 중요한 광상들은 세로 델 부스티요 (Cerro del Bustillo), 아리아가 (Arriaga) 및 세로 브루요 (Cerro Brujo)로 명명된 것들과 일치된다 (Fig. 7).

4.3. 동-몰리브덴 광화작용 분포

이 지역은 치아파스 저반의 남서쪽 측면에 위치하고 있다. 이 동 산출지역의 광상들은 13개의 광화지역을 수반하는 알려진 금속 산출지를 나타내고 있다. 이들 금속 농집지는 몇몇 연구자들이 반암형 시스템과 관련된 광화작용으로 제안했던 톨리만 (Tolimán) 지역 소코누스코 (Soconusco) 산맥 뿐만 아니라 라스 골론드리나스 (Las Golondrinas)와 세로 삐코따 (Cerro Picota)로 알려진 탐광구인 피히히야판 (Pijijiapan) 지역에 부존하고 있다 (Sillitoe, 1975; Meridal-Montiel, 1975). 이들 광상들은 제3기 화강암질 관입암에 의해 영향을 받은 고생대 변성암 (각섬암, 편암 및 편마암)과 관련되어 있다.

이 지역의 광화작용은 황동석, 휘수연석, 반동석, 휘동석 같은 황화물과 소량의 산점된 자철석과 적철석의 존재가 특징적이다 (Fig. 8).

4.4. 금-동 광화작용 분포

이 광화작용의 분포는 주의 중북부에 위치하고 있으며 16개 광화지역으로 정의되어 있으며 멕시코 남동쪽 전체 농집지들중 14%를 차지한다. 본 역은 치아파스

STATE OF CHIAPAS

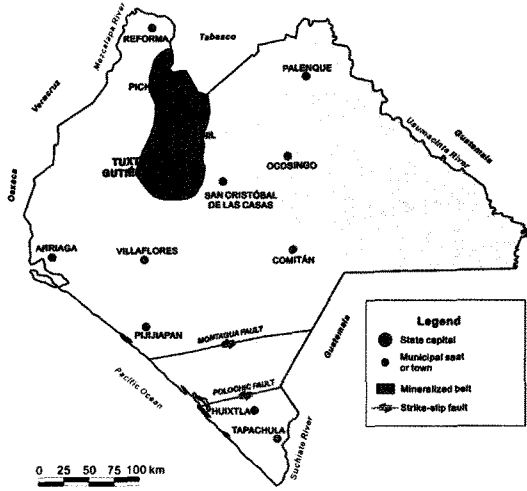


Fig. 9. Tentative distribution of the Au-Cu deposits.

중앙 함몰대의 일부분과 주의 북부를 포함한다.

이러한 유형의 광화작용의 분포는 약간 불규칙하며 멜초르 오캄포 (Melchor Ocampo)와 비야플로레스 (Villaflores)의 치아파스 저반에 의해 남쪽과 경계를 짓는 넓은 영역을 정의하고 있다. 북부 경계는 솔로수치아빠 (Solosuchiapa) 지역에 위치하며 산타 페 (Santa Fe) 및 라 빅토리아 (La Victoria) 광상에 의해 정의된다. 이들 경계에 따르면, 110 km × 35 km 영역이 이러한 유형의 금속광상을 발견할만한 지역으로 추정된다. 이들 광상들은 제3기 화강암질 관입암에 의해 영향을 받은 백악기 암석들의 층서위에 발달된 고대작용 지대에 부존하고 있다. 제3기 화강암질 관입암이 칼슘 스킨의 형성을 만들어냈다. 이들 광상들의 광물학적 조합은 반동석, 황동석, 코벨라이트, 사면동석, 휘은석, 방연석 및 섬아연석으로 구성되어 있다 (Fig. 9).

4.5. 티타늄, 니켈, 크롬 광화작용 분포

이 금속 원소들의 조합은 주의 동부에 위치하고 있으며 치아파스 저반의 지질구이고 행정적으로는 모토진틀라 (Motozintla) 및 치코무세로 (Chicomuselo) 지역에 해당한다. 이 지역에서는 단지 3개 광상이 동정되고 있으며 규모는 대략 연장 50 km, 폭 20 km로 정의할 수 있다. 이들 광상은 이 지역에 노출되어 있는 회장암질 암석 뿐만 아니라 변성받은 화산-퇴적암에 정치된 렌즈들의 형태로 티탄철석, 금홍석 및 철산화물을 포함한다. 체계구조적 관점으로 볼 때, 이들 원소

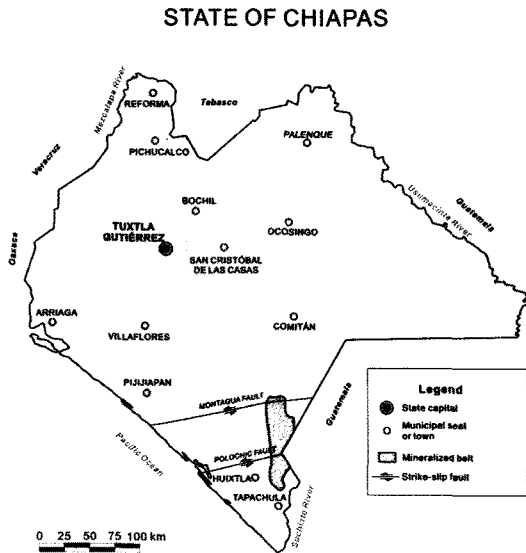


Fig. 10. Tentative distribution of the Ti, Ni, and Cr mineralization traces.

들 (Ti-Ni-Cr)의 조합은 광화작용의 정치와 관련된 변환단층의 존재에 대한 증거이며, 뿔로직-모타구아 (Polochic-Motagua) 층상단층 시스템은 일부 밀접한 연결성을 보여줄 수 있다. 역시, 탐지된 원소들과 관계가 있는 암상을 형성하는 해저층 암석(반려암 및 초염기성암)은 고해구 환경 및 관련된 섭입대에서 형성되었다 (Fig. 10).

5. 결 론

치아파스주의 지질은 고생대에서 완신세까지의 매우 복잡한 암상들로 구성되어 있다. 치아파스주의 지질은 크게 6개의 주요 지질구로 구분할 수 있다. 첫째, 타바스코 삼각주 분지로 치아파스주의 북서쪽을 차지하고 있다. 둘째, 치아파스 습곡 및 단층대로 치아파스주에서 가장 넓은 지질구로 주 표면적의 70%를 차지하고 있다. 셋째, 치아파스 저반으로 북서-남동 방향으로 펼쳐져 있는 심성암이며 해안선에 평행하게 솟아있는 산맥을 형성한다. 넷째, 소노푸스코 화성 육괴로 따카나 화산과 관련된 암석의 지질환경을 포함하는 지질구, 다섯째, 페안데백 분지로 치아파스주의 해안지역에 부존하고 있는 근세 퇴적물을 포함한다. 여섯째, 꾸이까떼까 지질구로 화산-퇴적암으로 구성되어 있으며 치아파스주의 서쪽에 부존하고 있다.

치아파스주에는 다양한 유형의 광상이 부존하며, 이를 광종별로 살펴보면 다금속 광화작용, 철-동 광화작용, 동-몰리브덴 광화작용, 금-동 광화작용, 티타늄-니켈-크롬 광화작용으로 크게 분류할 수 있다. 다금속 광화작용은 치아파스 저반에 주로 분포되는 연, 아연, 동, 금-은과 같은 귀금속과 천금속의 연관성을 가지는 광화작용 특성을 보인다. 철-동 광상들은 와하카주와 경계지역인 남서쪽에 위치하고 있으며 제3기 화강암질 관입암이 백악기 석회암에 영향을 미치고 있어 접촉변성작용 및 스키타 혼물들이 형성되어 있다. 동-몰리브덴 광화작용은 치아파스 저반의 남서쪽 측면에 위치하고 있으며 제3기 화강암질 관입암에 의해 영향을 받은 고생대 변성암과 관련되어 있다. 이 지역의 광화작용은 황동석, 휘수연석, 반동석, 휘동석 같은 황화물과 소량의 산점된 자철석과 적철석의 존재가 특징적이다. 금-동 광화작용은 치아파스주의 중북부에 위치하고 있으며 제3기 화강암질 관입암에 의해 영향을 받은 백악기 암석들의 층서위에 발달된 고대작용 지대에 부존하고 있다. 광상은 반동석, 황동석, 코벨라이트, 사면동석, 휘은석, 방연석 및 섬아연석으로 구성되어 있다. 티타늄, 니켈, 크롬 광화작용은 치아파스주의 동부에 위치하고 있으며 치아파스 저반과 관련되어 있고 이들 광상은 이 지역에 노출되어 있는 회상암질 암석 뿐만 아니라 변성받은 화산-퇴적암에 정지된 렌즈들의 형태로 티탄철석, 금홍석 및 철산화물을 포함한다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 해외광물자원탐사 및 부존잠재성 평가(11-1121)과제에서 지원되었습니다. 본 해설에 미비한 사항을 지적해 주시고 세심하게 보완해 주신 익명의 심사위원들에게 감사사를 드립니다.

참고문헌

Damon, P.E. and Montesinos, E. (1978) Late Cenozoic volcanism and metallogenesis over an active Benioff zone in Chiapas, Mexico. Arizona Geological Society Digest, v.11, p.135-164.
 De la Rosa, J.L., Eboli, A., Davila, M. (1989) Geologia del estado de Chiapas: Mexico City, Comision Federal de Electricidad, Subdireccion de Construccion, Unidad de Estudios de Ingenieria Civil, Subjefatura de Estudios Geologicos, Departamento de Geologia, 192p.
 Dengo, G. (1975) Paleozoic and Mesozoic tectonic belts in Mexico and Central America, in Nairn, E.A.M.; Stehli, F.G.; and Uyeda, S. eds., The ocean basins and margins: New York and London, Plenum Press, v.7A, p.123-180.

- KOMIS (2011) <http://www.kores.net/v2009/index.jsp>
- KOTRA (2010) <http://www.globalwindow.org>
- Lopez-Ramos, E. (1975) Carta geologica del estado de Chiapas: Mexico City, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de Geologia, escala 1: 500,000 (unpublished)
- Lopez-Ramos, E. (1980) Geologica de Mexico, 2nd ed: Mexico City, edicion escolar, tomo 2, 454p.
- Merida-Montiel, R. (1976) Principios generales de los cobres porfídicos y su relacion con el deposito cuprifero de Toliman, municipio de Motozintla, Chiapas: Mexico City, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Revista del Instituto de Geologia, v.7, p.35-40.
- Morales-Mireles, A. and Ramos-Trujillo, F. (1992) Carta metalogenetica del sureste de Mexico: Mexico City, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Facultad de Ingenieria, tesis profesional, 415p. (unpublished)
- Ortega-Gutierrez, F., Mitre-Salazar, L.M., Roldan-Quintana, J., Aranda-Gomez, J.J., Moran-Zenteno, D.J., Alaniz-Alvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A.F. (1992) Carta geologica de la Republica Mexicana, 5th ed: Mexico City, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de Geologia and Consejo de Recursos Minerales, map scale 1: 2,000,000 with explanatory text of 74p.
- Pantoja-Alor, J. (1974) Contribucion a la geocronologia del estado de Chiapas: Mexico City, Boletin de la Asociacion Mexicana de Geologos Petroleros, v.26, 29p.
- Schwartz, D. P. (1979) Quaternary faulting along the Caribbean-North American plate boundary in Central America. *Tectonophysics*, v.52, p.431-445
- Sedlock, L.R., Ortega-Gutierrez, F., Speed, C.R. (1993) Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. *The Geological Society of America, Special paper* 278, p.28-34.
- Sillitoe, R. (1975) Preliminary report of the Toliman area in the state of Chiapas: Mexico City, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecologia, folleto explicativo, p.1-81.
- Viniegra-Osorio, F. (1971) Age and evolution of salt basins of southeastern Mexico: *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v.55, p.478-494.

2011년 2월 1일 원고접수, 2011년 3월 15일 게재승인