

아르헨티나 후후이주 빠르키타스광산의 현장조사 연구

이 한 영*

한국지질자원연구원

Field Study of Pirquitas mine in Jujuy Province, NW Argentina

Lee, Han-Yeang*

KIGAM

요 약: 아르헨티나 후후이주 뿌나지역 빠르키타스광산은 오르도비시안 퇴적암에 제3기 석영안산암이 다양한 천열수 석영맥을 형성하면서 Sn-Ag 광물들을 배태한 볼리비안형 광상이다. 주광종은 주석석이며 부광종은 황철석, 유비철석, 자류철석 등이다. 예상매장량은 2억톤이며 현재 하루생산량은 5천톤이며 탐사와 개발을 병행하고 있고 갱내채굴을 하고 있지만 조만간 노천채굴을 시작할 예정이다. 소유주는 캐나다의 Silver Standard Resources 회사이다. 광산위치는 S22°30'25.0", 66°15'22.5", 해발 4086 m이다. 인프라와 지질여건, 매장량 등을 고려할 때 국내기업이 지분참여를 할 만한 가능성 있는 지역이다.

핵심어: 아르헨티나, 빠르키타스광산, 석영안산암, 볼리비안형 광상, 석석

Abstract: Pirquitas mine was Bolivian type deposits, which Tertiary quartz andesites caused various epithermal quartz veins and deposited minerals of Sn and Ag in it. Main mineral was cassiterite and accessories were pyrite, arsenopyrite, pyrrhotite, Probable ore reserve and daily production are 200 million tons and 5 thousand tons, respectively, and both of exploration and pit development are being carried simultaneously, but in near future open pit works can be done. This mine is owned by the Canadian company of "Silver Standard Resources" and it is located on S22° 30'25.0", 66° 15'22.5", 4086m S.L. In view of infrastructure, geological environment and scale of ore reserves it is high potential area for domestic mining companies to participate share ownership.

Key words: Argentina, Pirquitas mine, quartz andesites, Bolivian type deposit, Cassiterite

서 언

부존광물자원이 매우 부족한 우리나라는 지속적인 경제성장을 이룩하기 위하여 필요한 자원을 안정적으로 확보하는 것이 매우 중요한 과제로 되어있다. 특히 미국, 일본, 중국 등 경제강대국들이 앞 다투어 자원수요에 대한 공급의 장기적인 안정성을 위해 해외자원 확보에 필사적인 경쟁을 벌이고 있으며 다른 국가들도 자원외교에 심혈을 기울이고 있다. 그동안 우리나라는 크게 관심을 기울이지 않았던 남미국가들을 불과 2-3년 전부터 중요한 자원보유국으로 인식하여 자원확보 노력을 기울이고 있다. 이에 2006년 산업자원부 중남

미 자원협력사업의 일환으로 아르헨티나에서 유망광화대를 찾기 위한 사전조사지역으로 아르헨티나 북서부 지역의 3개주인 후후이주, 살타주, 까따마르카주를 선정하고 유망광상을 선정키 위해 이 지역에 분포하는 광상을 방문 조사하여 자료를 수집하였다.

아르헨티나는 지질학적 측면에서 봤을 때 많은 잠재성을 지닌 자원부국임에도 불구하고 광업 발전이 늦은 이유는 장기간 조세 안정 등을 포함한 광업진흥법이 칠레보다 한참 늦은 90년대에 제정되어 외국기업의 투자가 활성화 되지 못하였기 때문이다. 그러나 이미 10년 전부터 캐나다, 미국, 영국, 스위스 등은 인프라 구축이 용이한 지역들을 이미 선점 개발하기 시작하였으

*Corresponding author: hanlee@kigam.re.kr

Table 1. Production status of important metal minerals in Argentina

(Unit: kg/ton)

구분	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Au (kg)	38,515	25,956	30,632	32,506	29,744	28,466
Ag (kg)	73,785	78,271	152,802	125,865	133,917	172,387
Cu (ton)	210,126	145,197	191,667	204,027	199,202	177,143
Zn (ton)	34,192	34,858	39,703	37,325	29,839	27,220
Pb (ton)	14,256	14,115	12,334	12,011	12,079	172,387
Li (ton)	1,626	2,697	1,588	2,052	2,805	4,225
Cd (ton)	140	137	160	153	126	111
Be (ton)	10	-	-	-	-	-
Cu (ton)	4,000	-	-	-	-	-

Data from Direccion Nacional de Minería, 2006, 5

며 현재도 유망광화대를 발견하기 위하여 주변지역에 대한 지속적인 탐사가 계속 진행되고 있다(Table 1). 대표적인 외국기업으로서 캐나다의 Xstrata사가 까따마르 까주의 Bajo la Alumbraera 광산에서 동을, 스위스의 Glencore사가 후후이주에서 납과 아연을 생산하고 있다.

금번 조사연구의 대상광종으로는 Pb, Zn, Au, Sn, Ag, Cu, U이며 지역별로는 북서부에 위치한 후후이주의 6곳(Aguilar, Pumahuasi, Rinconada, Chinchillas, Pirquitas, Susques), 살따주의 2곳(Valle del Tonco, Leon), 까따마르카주의 1곳(YMAD) 등 총 9군데의 광상지역이며 본 논문에서는 빠르키타스광산을 방문 조사하여 취득한 자료를 소개하여 해외자원 탐사 및 개발 분야에 종사하는 기업체, 정부단체, 및 개인들에게 정보를 제공하여 새로운 아이디어 개발에 도움을 주고자 한다.

일반지질 및 광화대

조사지역은 남위 22-24도에 이르는 중부안데스의 일부분이며 안데스조산대가 잘 발달되어있다. 해안산맥은 남부페루에서 중앙함몰대에 의해 서측산맥과 분리되고 북부칠레에서는 전위산맥(Precordillera)과 도메이코산맥에 의해 분리된다. 서측산맥(중앙안데스 활화산대축을 따라 분포)과 동측산맥사이에 고산평원(Altiplano) 또는 뿌나(Puna)라 부르는 평원이 분포하고 있다. 광대한 평원의 범위는 길이 1500 km, 폭 200 km, 평균고도 해발 3,700 m로 티벳고원 다음으로 높다.

중앙안데스 지질역사는 2개의 중요한 시기를 가진다. 하나는 후기원생대에서 상부고생대까지 곤드와나로부터 파노티아(Pannotia) 초대륙 확산과 로렌시아(Laurentia) 분리로부터 연관된 암층들의 확대와 밀집이 다양

한 형태로 나타난다(Hoffman, 1992; Dalziel *et al.*, 1994; Rapela, 2000). 이 시기는 상부고생대-트라이아스기에, 활발한 섭입이 없을 때, 정점을 이루고 하부중생대 때 북부칠레 현재의 해안산맥에 화산호를 형성시키면서 다시 활발해 진다(Mpodozis & Ramos, 1989; Ramos, 2000). 중부페루에서는 하부 백악기에 시작된 초기 중생대 화성활동은 화성호와 확장된 후배호분지의 복잡한 양상을 수반하였고 후기 상부백악기까지 지속되었다. 상부백악기에 일어난 안데안압축의 첫시기는 화성호의 동쪽이동 다음에 일어났다(Megard, 1984; Boric *et al.*, 1990; Petford & Atherton, 1995). 후에 중부안데스 서쪽지역의 지질변천은 점진적인 서측이동과 화성호 그리고 연관된 내륙화산퇴적분지(상부백악기, 팔레오신, 에오신-하부올리고신, 네오진)들로 특징지어진다. 활발한 화성활동 시기는 나즈카-파라론과 남미판사이 수렴대의 주요변화와 관련된 국부적변형의 산발적시기와 교차하고있다. 중부안데스 광화작용 대부분은 후배호 지역인, 상부신생대 동부산맥, 뿌나와 고산평원에서 화산성 및 반화산성 복합체같은 이러한 화산호와 관련된(Mcbride, *et al.*, 1983; Redwood, 1989; Boric *et al.*, 1990; Clark *et al.*, 1990; Sillitoe, 1992).

현장조사 지역은 중부안데스에 위치하고 있으며 유망한 금속 및 비금속광상을 포함하는 4개의 중요한 광화대로 구성되어있다(Fig. 1). 이들은 전방산맥 구리구역(Precordillera Copper Province), 고산평원 다중금속구역(Altiplano Polymetallic Province), 동부산맥 주석구역(Eastern Cordillera Tin Province)과 동부 다중금속구역(Eastern Polymetallic Province)으로 되어있으며 조사지역에는 고산 다중금속지역과 동부산맥 주석지역의 2개가 포함된다(Fig. 1).

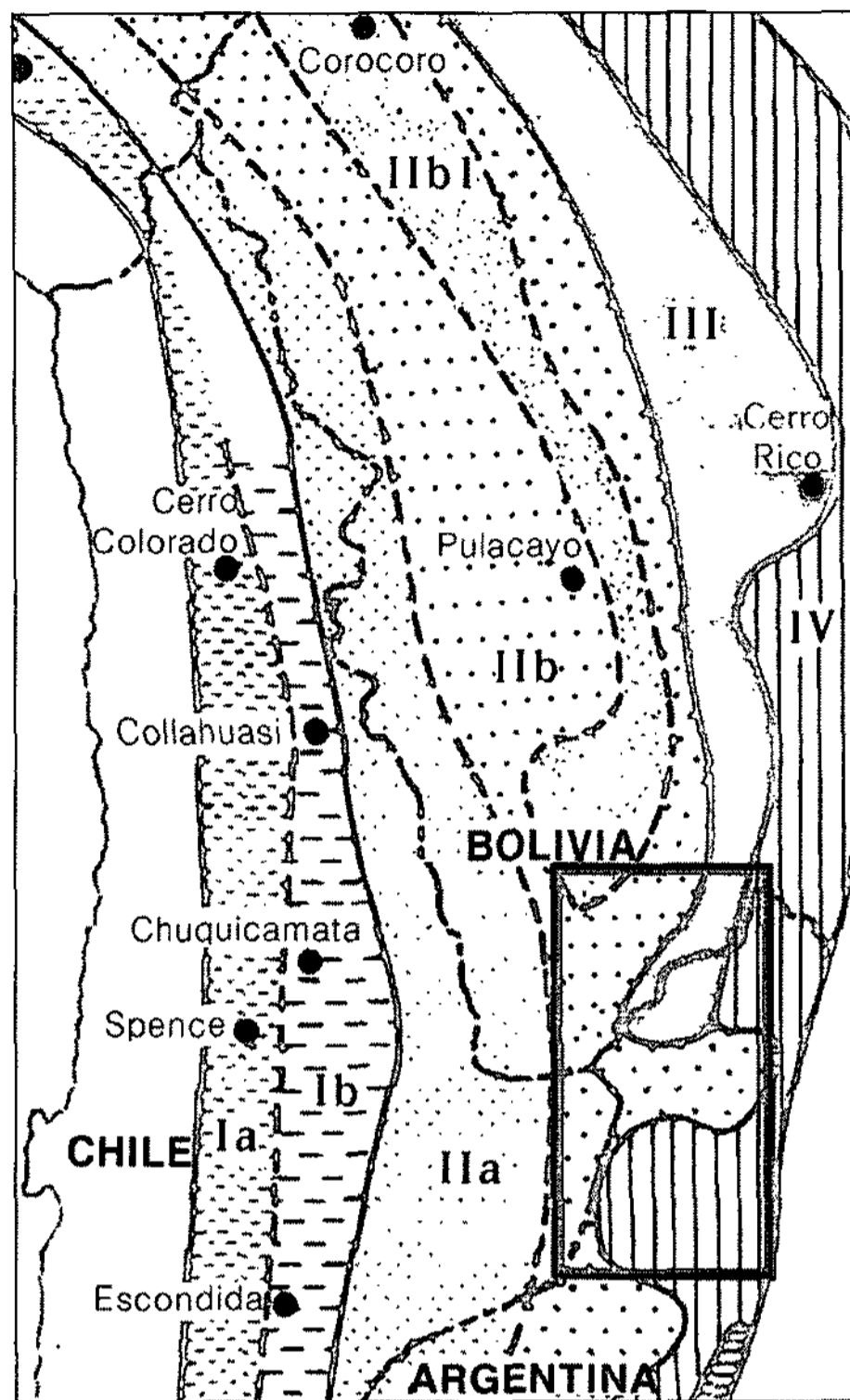


Fig. 1. Metallogenic provinces in the Central Andes (I: Precordillera Copper Province (a. Paleocene-Lower Eocene, b. Upper Eocene-Lower Oligocene); II: Altiplano Polymetallic Province (a. Western Belt, b. Eastern Belt); III: Eastern Cordillera Tin Province; IV: Eastern Polymetallic Province).

고산평원 다중금속구역(Altiplano Polymetallic Province)

이 지역은 지도상 중간부분에 나타나며 경도범위는 전방산맥 구리지역과 비슷하며 서쪽에서 접하고 폭이 200 km에 달한다. 다양한 성인의 Ag-Pb-Zn, Cu, Au, Au-Ag, Sn, U-Cu, Fe광산이 분포한다. 칠레남부의 Maricunga 벨트의 천열수광상들이 유명하며 세계적인 리튬산지(칠레의 Atacama 염호, 아르헨티나의 Hombre Muerto 염호, 볼리비아의 Uyuni 염호), 주요 붕소광상(아르헨티나의 Tincalayu, Loma Blanca, Sijes 지역)과 소금산지가 있다.

동부산맥 주석구역(Eastern Cordillera Tin Province)

주석이 주종을 이루는 다중금속 산출지역이고 남동 페루로부터 북서아르헨티나에 걸쳐 분포하며 볼리비아에 가장 잘 나타난다. 볼리비아에는 전 세계적으로 분

포범위와 매장량이 풍부하기로 유명한 주석 심성광상인 Llallagua 광산이 있고 세계최대 은광상인 Cerro Rico de Potosi 광산이 있다.

위에서 보듯이 이 지역들은 광상학적 견지에서 볼 때 매우 중요한 곳이며 Sn, Ag, Pb, Zn, REEs, Li, B 및 일반염의 광상이 밀집되어있다. 또한 주요 광상성인작용들이 고생대 해성분지와 관련이 있으며 Au, Pb-Zn-Ag, Sb 광화작용과 연관된다. 태평양판 섭입에 따른 화성활동은 중생대부터 중부안데스 지질역사에서 중요한 역할을 하였고 Cu, Au, Sn, Ag 광화작용과 연관된다.

빠르끼따스 광산

지질 및 지질구조

이 지역의 기반은 오르도비스기에 생성된 퇴적층으로 구성되어 있으며 매우 협소한 일부 지역에서 불규칙적으로 백악기에 생성된 것으로 추정되는 퇴적층이 그 위를 덮고 있는 것이 발견된다. 제3기 육성퇴적층은 이 지역의 대표적인 분지인 산 후안 오로스마조 분지를 형성하고 있다. 이 지역에는 신생대 화산암류가 광범위하게 분포하고 있으며 위에 언급한 분지를 덮고 있고 최종적으로 제4기 퇴적층이 산비탈면, 산악지대와 주요 통로를 덮고 있다. 오르도비스기 층들은(아꼬이때층) 남쪽을 향하며 매우 급격한 습곡을 이루고 있다(Fig. 2). 또한 습곡측면은 대부분 동쪽으로 기울어져 있으며 깎빠멘또 베따 부분에는 2개의 습곡이 자리 잡고 있는데 그 길이는 약 400 m이며 동쪽에 이중으로 솟아오른 습곡에서 광화작용이 일어났다. 빠까스(Picas)강과 우아자족(Huayayoc)강의 합류지점 인근지역은 단층에 의해 영향을 받아 다수의 습곡이 앞에서 언급된 습곡과 유사한 방향으로 향하며 형성되어 있다. 이 곳의 구조상(Tectonic face)은 습곡 상부층에 자리 잡은 단층의 영향을 받고 있고 압축작용을 일으키는 단층으로 인해 이 지역 산악지대의 주요 산악 지형을 위로 솟아오르게 하였다. 압축작용의 결과 정상에서는 경사도가 높다가 계곡으로 내려오면서는 점점 더 완만해지고 있다.

빠르끼따스 광산의 광맥이 위치한 곳은 전체적으로 녹색기가 도는 흐린 밤색인 루다이트(rudite), 갈철석, 석질 와케(lithic wacke)로 구성된 오르도비스기 아꼬이때 층으로 이루어져 있으며 이 층은 교차 뱅크 형태를 보이고 있고 변성작용의 영향을 받았으나 그 정도는 낮다. 층은 심하게 깨어져있고 습곡을 형성하고 있다. 열수작용으로 인한 변질이 발견되며 이런 곳은 누르스름하거나 붉은색을 띤 밤색, 옅은 회색을 띠고 있고,

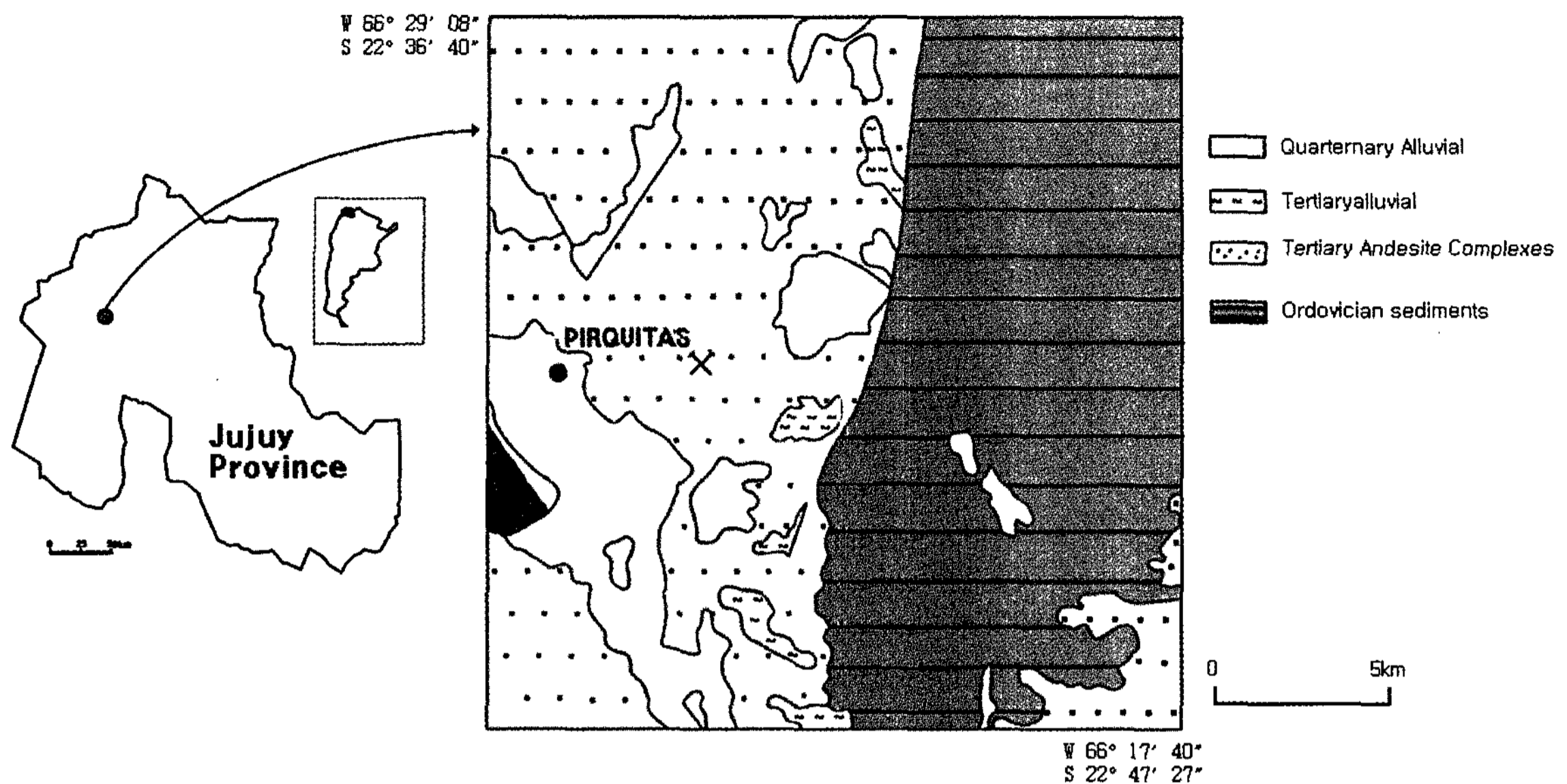


Fig. 2. Schematic Geological Map of Pirquitas mine.

정남쪽을 향하거나 남쪽방향을 향하고 있다. 배사와 향사의 거리가 매우 좁은 폐쇄형 습곡을 형성하며 단층과 비슷한 방향을 이루고 있다. 이 지역의 특징이라고 할 수 있는 석영맥은 습곡작용이 발생하기 이전에 형성된 것으로서 특히 철과 같은 내부에 포함하고 있는 금속의 종류에 따라 밝은 회색 또는 노란색을 띤 밤색을 띄기도 한다. 이 지역의 제3기의 층서는 띠오마조 층으로 K/Ar 연대측정 결과 14.9 Ma와 12.1 Ma로서 마이오세 중반쯤에 형성된 것으로 추정하고 있다(Coira, *et al.*, 1998). 이 층은 고온 사암과 갈철석으로 이뤄져 있으며 거의 드물게 붉은 색을 띤 역암과 회색의 응결 응회암 뱅크가 교차하고 있는 것을 관찰할 수 있다. 노란색에서 녹색을 띤 갈철석, 고온 사암, 얇은 층 형태의 응회암이 차례차례로 쌓여 0.3-5 m 두께의 층을 이루고 있다. 이 층은 경사부정합의 상태로 오르도비스기 단층 위를 덮고 상당히 넓은 지역에 분포되어 있다. 특히 끌로라도 강, 빠르까스 강 동쪽 지역, 갈란 언덕 주변, 에스키나 끌로라도, 광산관리본부 남쪽, 광산 개발지대, 빠르까스 협곡, 오르도비스기 블록 서쪽 경계 지역이 이런 지형을 가지고 있다. 제삼기 지층 상단부는 녹색역암이라고 명명되는 오르도비스기 블록위에 역암 뱅크가 있다(Chayle, 1994). 이 역암은 여러 지역에서 발견되었는데 대표적으로 관리본부 뒷편, 빠르까스 오른편과 라이메스 협곡의 시작되는 곳, 끌로라도 산 지역 등에서 찾아볼 수 있으며 일반적으로 두께는 얇은 편이나(약 3 m) 그 중에서도 가장 두터운 곳이 끌

로라도 산이다. 바로 이 역암이 빠르끼따스 지역에 금을 운반해 준 매체일 것으로 여기고 있다. 띠오마조 단층의 상단부는 화산성 퇴적물로 이루어져 있다. 이 층의 상단부에는 광산관리본부 남쪽 및 빠르까스강 좌측 경계지역에서 발견된 역암 광상이 위치한다. 이 지역의 역암은 주석을 함유하고 있으며 마이오세 중기 또는 후기에 형성된 것일 것으로 추정하고 있다. 제4기 광상층의 두께는 그리 두껍지 않은 편이며 불규칙적으로 분포되어 있고, 원추형 층적층, 역암 하안단면을 구성한다. 마지막으로 광상 동쪽 지역에는 석회질 퇴적층이 나타나는데 이는 마지막 국부적 구조운동으로 인해 생겨난 것으로 신생대의 화산활동과 관계가 있다. 바조 산의 동쪽 자락에는 모래톱이 있으며 협곡의 여러 지역에서 토탄 광상이 발견되고 있다(Fig. 3, 4).

지질선상구조상 특징은 화산, 아화산체가 존재하며 그리고 동일지역에서 새로운 화산체들이 다시 나타나고 있다는 것이다. 또한 신생대에 일어난 화산활동과 관련된 광물이 매장되어 있는 것이 확실한데 이런 지역으로는 친치야스, 라차이페 광산과 끌로라도 산 및 뱅 데 아수까르 지역을 들 수 있다. 빠르끼따스의 여러 단열층에서 광화작용이 일어났음을 확인할 수 있으며 광화작용이 발생한 여러 단계에서 서로 반대방향의 전단이 발생했음을 확인할 수 있다. 빠르끼따스에서 광화작용이 일어난 지역은 산 미겔의 배사측면지대로서 약 3-120 m에 달하는 벨트에서 0.1-10 cm의 광맥 및 소광맥을 발견할 수 있다. 주석 및 은의 광화작용은 광

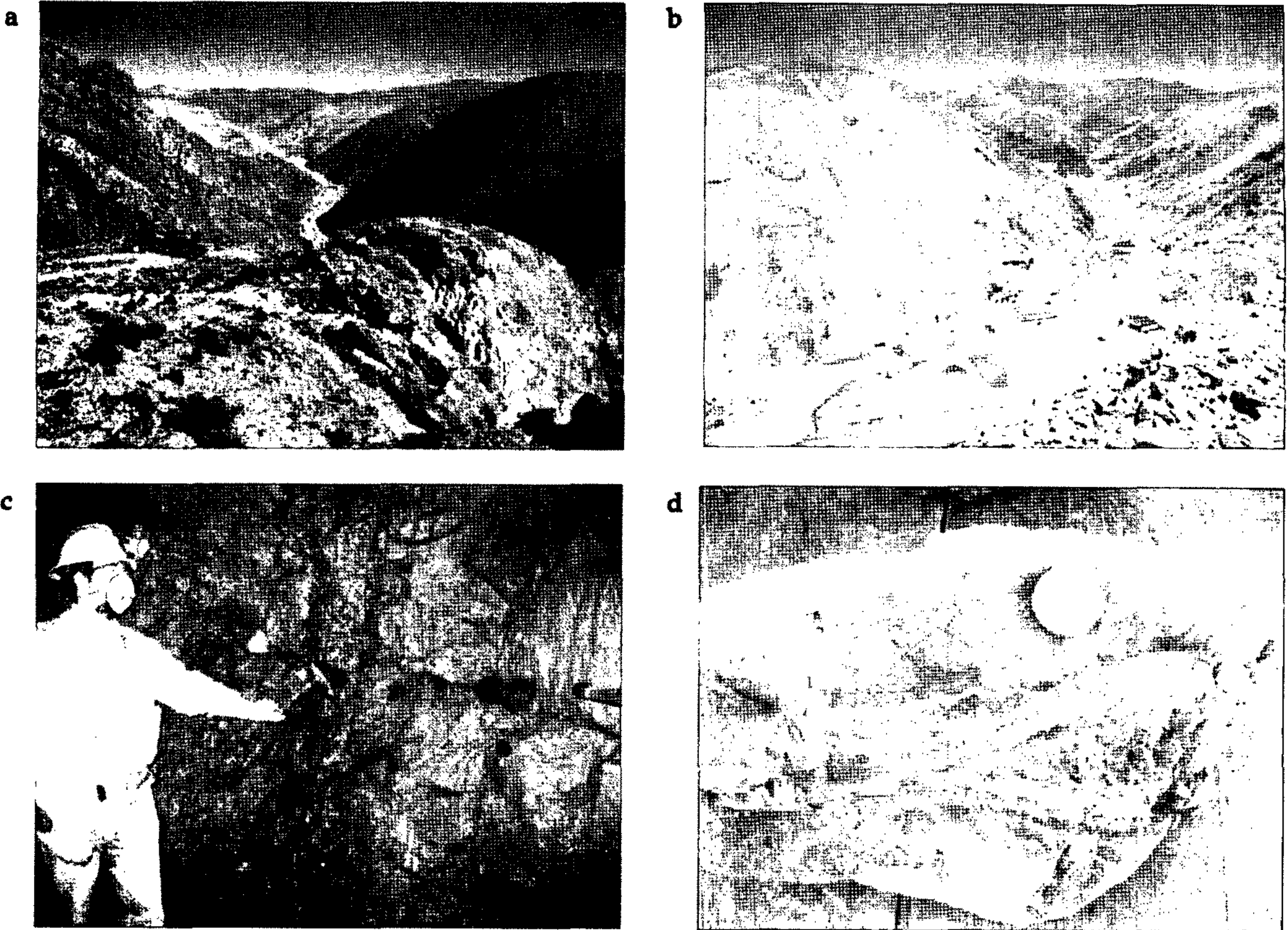


Fig. 3. Overview of Pirquitas mine; a) brecciated host rocks, b) underground developing area, c) mineralized zone in underground wall rocks, d) veinlets of cassiterite.

맥, 망상맥 또는 각력 및 확산형태로 일어났음을 확인할 수 있다.

광화작용과 광석광물

열수변질작용은 광산 개발지역과 열수작용으로 인해 각력이 발생한 곳에서만 한정되어 일어난다. 삐르키타스 광산에서는 변질로 인해 주로 견운모가 생성되었으며 이 밖에도 황철석의 비율도 높다. 고령토화작용이 광화작용과 함께 발생한 횡수가 1회 이상이며 흔히 광화작용이 광범위하게 일어난 곳에서 관찰된다. 규화작용은 1차 변질작용이다. 상층부에는 명반석이 발견된다. 현재까지는 자연적인 환경에 의해 특정 벨트가 형성된 건은 소수이며 이에 대한 구체적인 연구 부재로 인해 열수변질로 인한 대상구조가 일어났는가에 대해 규명된 바 없다. Sunshine회사는 탐사작업을 통해 석영, 견운모, 황철석의 존재를 규명해 냈으며 이와는 적은 양이지만 자류철석, 석석이 존재하며 변질로 인해 생성된 물질이다.

광물조합은 다중금속적이고 매우 복잡한 광물의 공생을 나타낸다. 광화작용이 발생한 시기가 2차레이며 각 시기마다 광화용액이 운반 유입된 경우가 3회 이상으로 보고되었다(Malvicini, 1966). 제 2기 광화작용과 비교할 때 제 1기 광화작용은 발생 범위가 매우 광범위하며 이에 따른 경제적인 중요도 역시 높다는 점에서 차이가 난다. 삐또씨, 블랑까, 꼴께차까, 오빨로까, 자자구아, 꼴끼리, 치차론의 광맥에는 제 1차 시기에 황철석, 자류철석, 유비철석, 석석 등이 침전되었으며 이어서 이보다 낮은 온도의 석영-황철석 맥에서 섬아연석, 철망간중석, 방연석, 안티모니와 납 황화물, 그리고 소량의 주석 및 은 황화물이 침전되었다. 산미겔, 산삐드로, 초까자 광맥의 경우 주석 황화물과 은황화물, 비소 황화물이 상당량 포함된 변질작용이 2차레연이어 발생하였고 이와 함께 주석석, 석영이 발견된다. 광석광물의 조직은 콜로포움과 다기공의조직 형태를 띄고 있으며 정동석이 발견되기도 한다. 또한 특징은 현미경으로 관찰할 수 있는 정도의 크기의 광물간

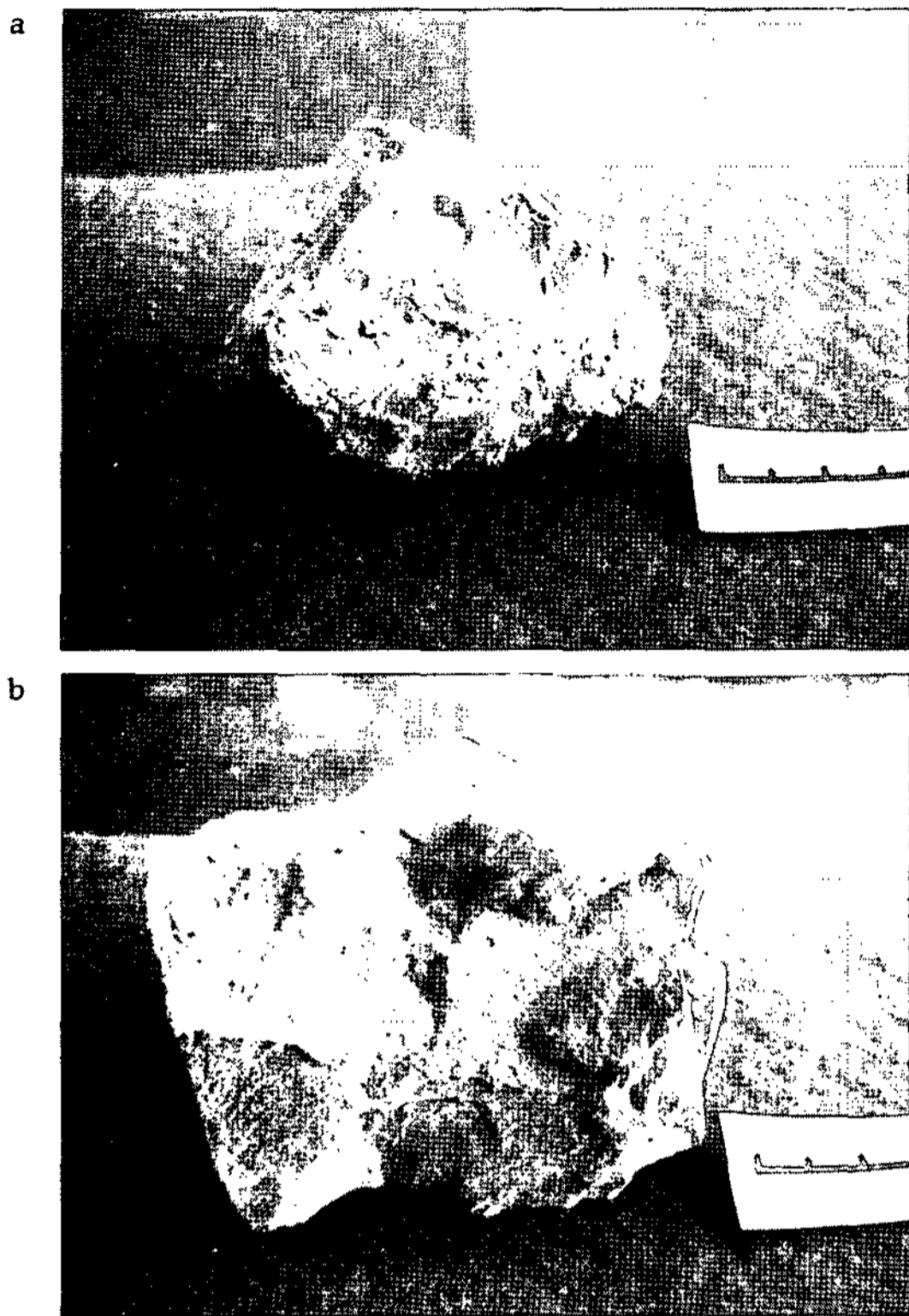


Fig. 4. Ore samples from Pirquitas mine; a) cassiterite veinlets, b) fine cassiterite spots on sample.

의 연정이다. 이 구역의 광물종류 및 조합은 여러 연구에서 보고된바 있다(Field 1941, Malvicina 1966, 1978, Ahlfeld 1967, Paar *et al.* 1996).

광석광물의 결정화가 지표면 가까이에서 일어났고 결정화 온도가 중간정도이거나 낮은 광물이 동시에 형성된다는 특징으로 인해 천열성인 빠르끼따스광산은 주석-은 다금속 불리비안형 광상이다. 규화된 열수 각력암의 존재 및 광상의 상단부에서 관찰할 수 있는 균열면적이 상당히 광범위하다는 점, 망상맥 및 광화작용이 분산되어 일어났다는 점, 광맥을 둘러싸고 있는 암석의 변질이 일어났다는 점 등은 심층부에서의 화산성 물체와의 관련성을 암시해 주는 것이기도 하다. 이러한 모든 요소들은 광상의 경제적 전망을 실질적으로 향상시켜주고 있다. 또한 뜨레스 빨까스지대 아래에 화성암체가 존재할 것이라는 가정을 가능하게 한다. 이런 가정을 뒷받침하는 연구 중에는 빠르끼따스 광상 부근에서의 자기 이상 현상을 서술한 뿌나 북부에 대한 항공자기 연구가 있다(Chernicoff, *et al.* 1996). 북부에서 남부까지 지역에서 관찰한 지구물리학적 데이

터를 통해 이러한 비정상적인 요인을 확인할 수 있으며 이는 지하 500 m 이상 되는 심층부에 화성암체가 존재한다는 것을 확인해주고 있다.

토의 및 결론

현장조사 지역은 중부안데스 뿌나에 위치하고 있으며 유망한 금속 및 비금속광상을 포함하는 4개의 중요한 광화대로 구성되어있다. 이들은 전방산맥 구리구역(Precordillera Copper Province), 고산평원 다중금속구역(Altiplano Polymetallic Province), 동부산맥 주석구역(Eastern Cordillera Tin Province)과 동부 다중금속구역(Eastern Polymetallic Province)으로 되어있으며 조사지역에는 고산 다중금속지역과 동부산맥 주석지역의 2개가 포함된다.

빠르끼따스광산은 오르도비시안 퇴적암에 제3기 석영안산암이 다양한 천열수 석영맥을 형성하면서 그 안에 Sn-Ag의 유용광물들을 배태한 불리비안형 광상이다. 주광종은 석석, 휘은석이며 부광종은 황철석, 유비철석, 자류철석등이다. 예상매장량은 2억톤이며 현재 하루생산량은 5천톤이며 탐사와 개발을 병행하고 있으며 갱내채굴을 하고 있지만 조만간 노천채굴을 시작할 예정이다. 소유주는 캐나다의 Silver Standard Resources 회사이다. 광산위치는 S22°30'25.0", 66°15'22.5", 해발 4,086 m이다.

유망광구 선정에는 풍부한 광화대와 경제성있는 매장량이 분포하며 차후 개발을 위한 인프라구조 요소를 고려하여야 한다. 본 야외조사에서 빠르끼따스를 포함하여 4개의 가행광산을 답사조사 하였지만 외국자본참여를 원하는 광산은 Sn-Ag를 생산하는 빠르끼따스광산 한 군데 뿐이며 인프라와 지질여건, 매장량등을 고려할 때 국내기업이 지분참여를 할 만한 가능성 있는 지역이다.

사 사

본 연구는 산업자원부 출연사업인 “해외 광물자원 협력 및 기술정보 구축(07-1121)” 과제의 일환으로 수행되었으며 유익한 지적을 해주신 공주대학교의 신동복교수와 익명의 심사위원께 감사드립니다.

References

- Ahlfeld, F., 1967, Metallogenic epochs and provinces of Bolivia. *Mineralium Deposita*, 2: 291-311.

- Boric, R., Díaz, F. and Maksaev, V., 1990, Geología y yacimientos metalíferos de la región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín, No. 40, 246 p.
- Chayle, W., 1994, Características del oro aluvional en la Puna Jujefia. 1° Reunión Internacional de Minería. Buenos Aires.
- Chernicoff, C. J., G. Garea, F. Hongn, R. Seggiaro, E. Zappettini, B. Coira, P. Caffè, N. Chayle, G. Gutiérrez, A. Pérez y M. Soler, 1996. Interpretación geológica del relevamiento aeromagnético de la Puna Septentrional, Jujuy y Salta. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Serie Contribuciones técnicas, 1.
- Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, L.J., Arenas, M.J., France, L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A., Archibald, D.A., 1990, Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Peru. *Economic Geology*, Vol. 85, p. 1520-1583.
- Coira, B. and M. K. Brodtkorb, 1995. Paragenesis of polymetallic mineralizations related with Cenozoic volcanism in Northern Puna, Argentina. En: J. L. Mank and J. D. S. George (eds.) *Pacrim Congress*: 135-140.
- Dalziel, I.W.D., Dalla Salda, L. and Gahagan, L. 1994, Paleozoic Laurentia- Gondwana interaction and the origin of the Appalachian-Andean mountain system. *Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 106, p. 243-253.
- Field, R., 1941, The Pirquitas Mine. *Eng. min. Jour*, 142 (7): 38-39.
- Hoffman, P.F. 1991, Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? *Science*, Vol, 252, p. 1409-1412.
- Malvicini, L., 1966, Mineralogía y génesis del yacimiento de Sn y Ag Mina Pirquitas. Universidad de Buenos Aires, tesis doctoral, inédito.
- Malvicini, L., 1978, Las vetas de Sn y Ag de Mina pirquitas(pircas), Provincia de Jujuy. República Argentina. *A. M. P. S., Revista*, 9(1-2): 1-25.
- McBride, S.L., Robertson, R.C.R., Clark, A.H. and Farrar, E. 1983, Magmatic and Metallogenetic Episodes in the Northern Tin Belt, Cordillera Real, Bolivia. *Geologische Rundschau*, Vol. 72, No.2, p. 685-713.
- Mgard, F. 1984, The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. *Journal of the Geological Society of London*, Vol. 141, p. 893-900.
- Mpodozis, C. and Ramos, V.A. 1990, The Andes of Chile and Argentina. In *Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth-Science Series*, Vol. 11, p. 59-90.
- Paar, W. H., M. K. de Brodtkorb, D. Topa y R. J. Sureda, 1996, Caracterización mineralógica y química de algunas especies metalíferas del yacimiento Pirquitas. Provincia de Jujuy, República Argentina - Parte 1. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas, 3: 141-158. Buenos Aires.
- Petford, N. and Atherton, M.P. 1995, Cretaceous-Tertiary volcanism and synsubduction crustal extension in northern-central Peru. In *Volcanism Associated with extension at consuming plate margins* (Smellie, J.L.; editor). *Geological Society of London, Special Publication*, No. 81, p. 233-248.
- Ramos, V.A. 2000, The Southern Central Andes. In *Tectonic Evolution of South America* (Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Tomazfilho, A.; Campos, D.A.; editors). *International Geological Congress*, No.31, p. 561-603. Ro de Janeiro.
- Rapela, C. 2000, The Sierras Pampeanas of Argentina. In *Tectonic Evolution of South America* (Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Tomazfilho, A.; Campos, D.A.; editors). *International Geological Congress*, No.31, p. 381-387. Ro de Janeiro .
- Redwood, S.D. 1989, K-Ar dating of Miocene Magmatism and related epithermal mineralization of the northeastern Altiplano of Bolivia. *Economic Geology*, Vol. 84, p. 618-630.
- Sillitoe, R.H. 1992, Gold and Copper Metallogeny of the Central Andes-Past, Present, and Future Exploration Objectives. *Economic Geology*, Vol. 87, p. 2205-2216.

(2007년 10월 11일 접수; 2007년 11월 8일 채택)