

페루 꾸스코 지역 지질특성과 다금속 광화작용

Geology and Polymetallic Mineralization in the Cusco Area, Peru

류 충 렬(Chung-Ryul Ryoo)¹ · 허 철 호(Chul-Ho Heo)^{1,*} ·
미카엘 발렌시아 무노즈(Michael Valencia Munoz)² ·
레이몬 리베라 코르네호(Raymond Rivera Cornejo)² ·
알렉산더 산띠스떼반 안겔도니스(Alexander Santisteban Angeldonis)²

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부 광물자원연구실

(Mineral Resources Research Department, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea)

²페루지질광업제련연구소 광물자원 및 에너지부

(Direccion de Recursos Minerales y Energeticos, Instituto Geologico Minero y Metalurgico)

서 언

한국지질자원연구원은 2003년 협동연구기관인 페루지질광업제련연구소(INGEMMET)와 양해각서를 체결하였으며, 2006년 페루 북부 까하마르카(Cajamarca)지역에 대한 공동연구를 시작하여 이 지역의 반암동 광화대와 천열수 금광화대에 속하는 일부 광상들을 방문하여 개략조사를 수행하고, 야나코차(Yanacocha) 금광상, 미나스콩가(Minas Conga), 갈레노(Galeno) Cu-Au 광상 등에 대한 자료를 정리하여 보고한 바 있다. 이후 2007년에는 페루의 중북부인 라 리베르타드(La Libertad)와 안카쉬(Ancash)지역에 대한 위탁연구를 의뢰하여, 이 지역의 광물자원 분포와 발달특성에 대한 자료 수집을 한 바 있다. 이 지역은 까하마르카 남부 반암동 광화대와 천열수 금광화대의 연장선상에 위치하며, 일부 광상들과 탐사지역(Alto Chicama Au 광상, Pasto Bueno W-Cu 광상, Magistral Cu-Mo 광상, Maria Angola 탐사지역, La Capilla 탐사지역)을 방문하여 개략적 현지조사를 수행하고 라 비르겐(La Virgen) 금광상은 자료를 수집하여 보고된 바 있다. 그리고, 페루 북중부 까하마르카 및 빠

야스카 지역의 광상평가, 그리고 지화학 탐사(Salaverry, Santiago de Chuco, Pallasca, Santa Rosa 및 Corongo 지역) 결과 및 유망광상에 대한 자료가 수집된 바 있다. 2008년에는 페루 중북부의 양카쉬 지역에 대한 지질, 지질구조 및 광상자료를 수집하여 분석하고 현장방문을 하여 개략적인 조사를 실시했다. 2010년 2월에 2009년 페루의 리마에서 개최된 제4차 한-페루 자원협력위원회의 KIGAM-INGEMMET간 양해각서 후속조치의 일환으로 페루 남동부 안다우아일라스(Andahuaylas) 반암동-몰리브덴-금 광화대의 공동조사사업 연구협정이 체결되었다. 특히, 2010년부터는 기존의 광상자료 수집 및 분석을 지양하고 광업권 미설정지역에 대한 공세적인 자원확보 전략을 바탕으로 실질적이고 안정적인 자원확보를 위한 전략광물자원조사 및 탐사에 역점을 두는 것이 특징적이다. 양기관은 상기 광화대의 미광업권 설정지역 및 유망휴폐광지역을 대상으로 유망광구를 확보하여 차년도 정밀탐사로 연계될 수 있도록 공동현지조사를 수행하였다. 페루 INGEMMET과 동남부 안다우아일라스 반암동-몰리브덴 광화대 지역의 광상부존 잠재성 평가를 위한 지질광상조사를 수행한 결과, 꼴까 반암동-몰리브덴 광체와 수빠라우라 Strai-

*교신저자: chheo@kigam.re.kr

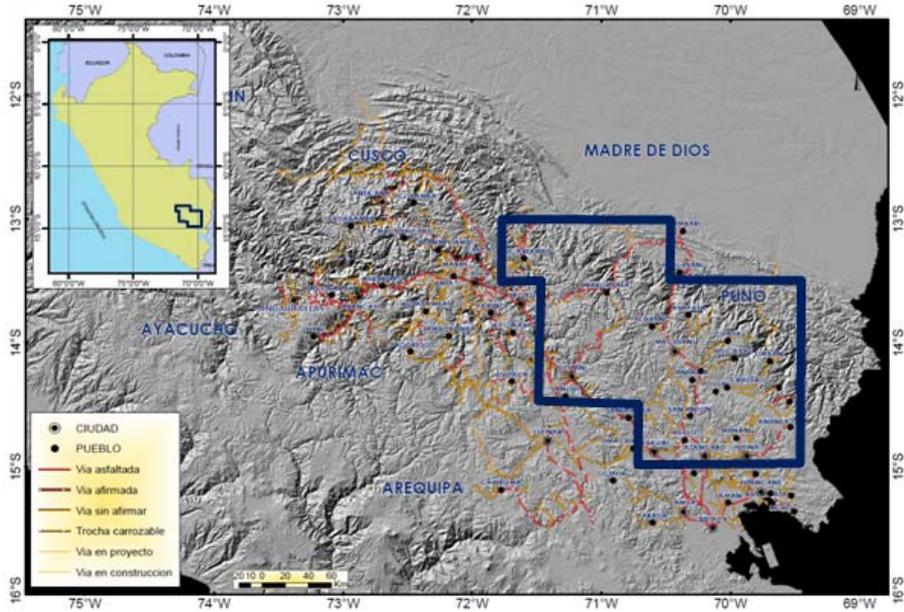


Fig. 1. Satellite image of Cusco area.

form Sediment-hosted Copper (SSC) 광체를 확인 하였다. 2011년 5월에 페루의 리마에서 개최된 제 5차 한-페루 자원협력위원회의 KIGAM-INGEMMET 간 연구협약 후속조치의 일환으로 페루 남동부 꾸스코-뿌노 권역 다중금속 광화대의 금속광상성인 도 작성사업을 수행하게 되었다.

본 기술정보에서는 페루 남동부 꾸스코 지역에 부존하고 있는 아줄(Azul) 동, 올미오(Holmio) 동, 빅토리아(Victoria, Camanti) 금, 빠판자(Patanza) 동, 나우차피-초차가나(Nauchapi-Chochacana) 동, 체까(Checca) 금광상을 방문하여 지질광상조사를 실시한 결과이며, 이 조사결과는 본 역의 지질-자원 정보해석을 통한 광화대 부존지 예측 및 유망광화대 선정에 활용될 것이다.

광역지질

페루의 남동부에 속하는 꾸스코 지역은 평균고도가 3000 m 이상인 고산으로 이루어져 있다(그림 1). 페루의 남동부에는 넓은 지역에 걸쳐 광화대가 발달하지만 현재까지 다른 지역에 비해 상대적으로 지질학적 정밀조사가 활발히 이루어지지 않고 있다(Purser, 1971; Clark *et al.*, 1990). 페루 남동쪽은 꾸스코-라구니아스-마냐조(CLM) 단층계에 의

해 아리끼빠(Arequipa) 분지와 꾸스코-뿌노 고지대로 구분이 되며, 이 두 지역 모두 독특한 중생대-신생대의 진화를 보이고 있다(Carlotto *et al.*, 2005). 조사지역에서 가장 큰 북서-남동 방향의 꾸스코-라구니아스-마냐조 단층계는 중생대에는 정단층성 운동을 하였으며, 신생대에는 역단층 운동으로 재활성 하였다. 아리끼빠 분지에는 해성기원의 중생대 퇴적층이 두껍게 발달하고 있으며, 이번 조사지역인 꾸스코에는 대륙기원의 적색 퇴적층이 두껍게 발달한다. 꾸스코 지역은 북동쪽의 아마존 강괴와 고생대 변성 및 비변성 퇴적암, 고생대 말-중생대 초 화강암체, 그리고 서남부의 슈라기-백악기의 해성퇴적암과 제3기의 화산암과 퇴적암으로 구성된다(그림 2). 대부분의 습곡들은 완만하게 형성되었으나, 북서-남동방향의 선형구조가 지나가는 곳에서는 강하게 습곡 된 구조들이 나타난다.

꾸스코 지역은 지형학적 구분에 의해 알티플라노 오리엔탈 지역에 속한다(그림 3). 꾸스코 일대에서 산출되는 선캠브리아기 편마암은 고생대 초의 아마존 강괴로 접하는 페리곤드와나(perigondwana) 지층의 잔류물로 구성된다(Ramos and Aleman, 2000). 이 지역의 고생대 암석들은 캠브리아기에서 페름기 초의 화산성 퇴적암, 해양성 및 대륙성 암석들로 구성된다(Carlotto *et al.*, 1996a,b; 1997).

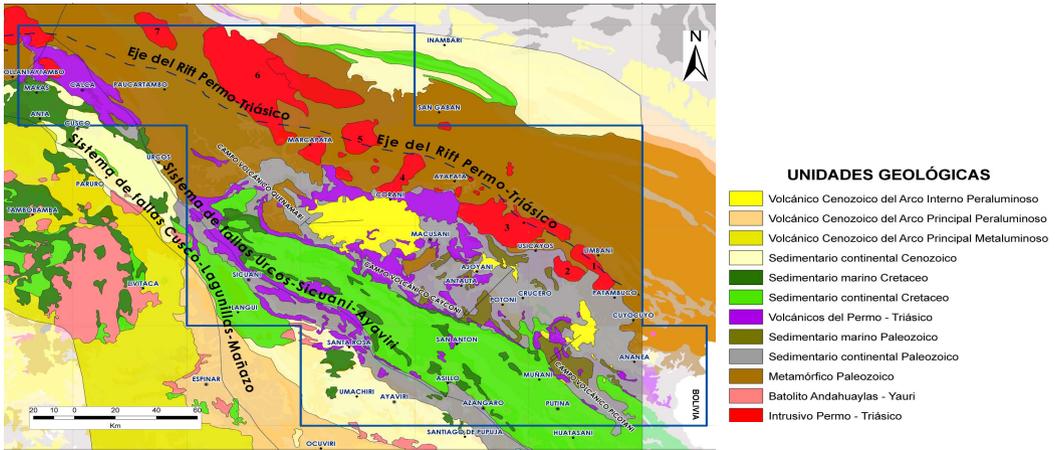


Fig. 2. Geologic map around Cusco.

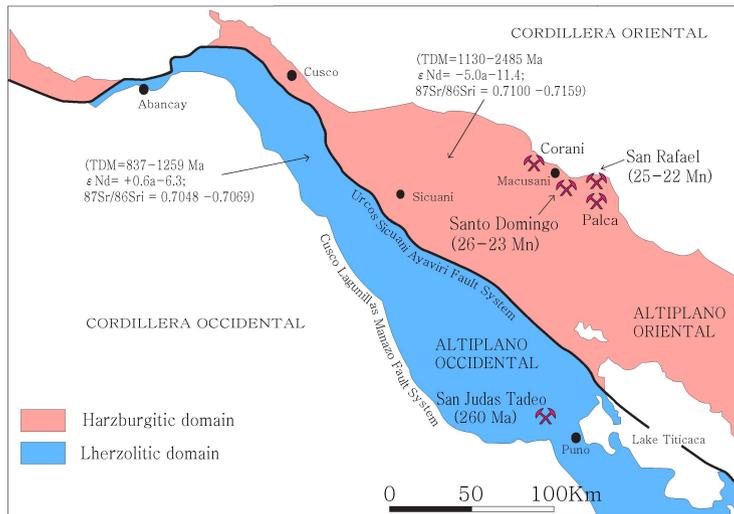


Fig. 3. Lithospheric blocks around Cusco (Carrier *et al.*, 2005; Carlotto *et al.*, 2009).

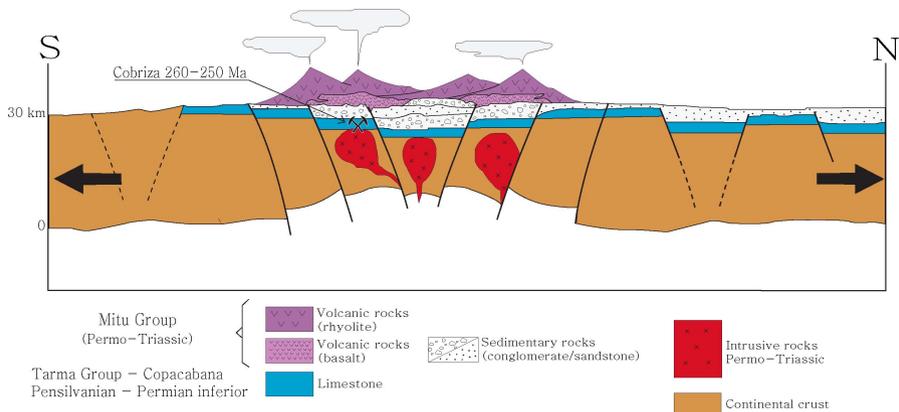


Fig. 4. Simplified Permo-Triassic structural section in the Cusco area (Carlotto *et al.*, 2007).

안데스 기저의 상부는 1,000 m 이상의 층후를 갖는 페름기-트라이아스기 초의 화산암과 미투(Mitu) 층군에 해당하는 쇄설암이 우세한 것이 특징적이다. 그림 4는 고생대 말부터 중생대 초기까지 꾸스코 지역에 발생한 지구조적 상황을 보여준다. 중생대와 신생대 층서는 주로 쥬라기와 백악기 퇴적암 층으로 구성되며, 서부와 동부 페루분지가 꾸스코-뿌노 기저암에 의해 분리되어져 있다(Jaillard and Soler, 1996). 아래끼빠 분지로 알려져 있는 서부 분지는 현재의 서부 산맥에 해당한다. 이 분지의 하부는 심해퇴적물, 중부는 석영 사암, 상부는 석회암으로 구성되며, 층후 4,500 m 이상의 퇴적암 층을 이루고 있다(Jaillard and Santander, 1992). 안다우아일리스-유라 지역에 해당하는 분지의 북동쪽 연변부는 초기 쥬라기의 석회암과 중기 및 후기 쥬라기 석영 사암과 세일로 구성된 라구냐스(Lagunillas) 및 유라(Yura)층군을 포함하고 있으며, 층후는 대략 800 m에 이른다. 이들 층서의 최상부는 페로밤바(Ferrobamba)층군에 속하는 괴상의 탄산염이토 석회암, 흑색 세일 및 단괴상 쳐트로 구성되어 있다(Marocco, 1978; Pecho, 1981). 꾸스코 일대의 고원지대에는 후기 쥬라기에서 팔레오세에 해당하는 적색층이 발달하고 있다(Jaillard et al., 1994). 이들은 세일과 석회암, 경석고가 협재하며, 약 900 m의 층후를 보인다. 현재 뿌띠나(Putina) 분지로 명명되는 동부 분지는 후기 백악기 해성 쇄설암 및 탄산염암으로 구성되어 있으며, 층후는 약 2,600 m 정도이다. 꾸스코와 시꾸아니(Sicuaní)에 걸쳐 잘 발달하는 육성의 적색층은 5,000 m 이상의 층후를 보이며, 적색층이나 산 제로니모(San Jeronimo)층군으로 불린다. 이 층군의 시대는 백악기 최후기-제3기로 알려져 있고, 올리고세 말(28 Ma) 이전에 퇴적된 것으로 보고되고 있으며, 일부 인리형 분지나 열곡분지에서는 마이오세인 15 Ma까지 퇴적이 계속된 것으로 확인되고 있다. 시신세 초기 잉카 조산운동 동안 새로운 지구조환경이 만들어졌으며, 남서향의 습곡과 저각의 역단층대(Huancane fold and thrust belt)를 형성시켰으며, 이는 뿌띠나(Putina) 복향사를 지난다. 현재 포르디에라의 축을 따라 열이 공급되고 있으며 지구조적인 활동이 일어나고 있다. 특히, 종고산가방(Zongo-San Gaban) 지대에서는 남서쪽에서 북서쪽으로 갈수록 열적분포가 체계적으로 증가하고 있다. 이후 계추안 조산운동의 하나로 추가적인 압축력이 점진세 후기에 일어났다. 이시기에 고생

Table 1. Representative chemical composition of ores from Cusco Cu-Au deposits

Deposit (Commodity)	Cu (%)	Au (mg/kg)	Ag (mg/kg)
Azul (Cu)	15.3	-	-
	8.98	-	-
	7.81	-	-
Holmio (Cu)	0.61	-	-
	2.02	-	-
Nauchapi-Chochacana (Cu)	2.60	-	-
	5.74	-	-
	7.71	-	-
Patanza (Cu)	10.5	-	-
	1.62	-	-
	3.74	-	-
Checca (Au)	9.21	-	-
	5.69	-	-
	-	<0.1	9
Victoria (Au)	-	<0.1	<0.3
	-	<0.1	<0.3
	-	<0.1	<0.3
Victoria (Au)	-	<0.1	<0.1
	-	<0.1	<0.1
	-	<0.1	<0.1

대 층 하부와 상부가 수많은 알루미늄형 관입암들에 의해 관입을 당했다.

광상지질 및 광화작용

꾸스코 지역은 고생대 말 페름기-트라이아스기의 화강암의 관입과 광화작용이 연관되어 있다. 화강암은 I-type과 S-type로 구분되며 I-type은 금광화작용, S-type은 주석, 텅스텐, 금 등의 광화작용과 연관성을 가진다. 안데스 산맥 동편 저지대의 정글 지역인 마드레 디오스 지역에서 상당한 생산량을 보이는 사금광이 개발되고 있다. 이러한 사금광의 기원은 페름기-트라이아스기 관입암체인 화강암체와 주변의 고생대의 퇴적암과의 접촉부에서 광화대가 생성된 것으로 판단된다. 그러나 모암이 주로 니질암과 사암으로 구성되어 석회암이 모암인 경우와는 달리 접촉부에서 대규모의 광화대가 생성되지는 않은 것으로 보인다. 이 지역의 북서-

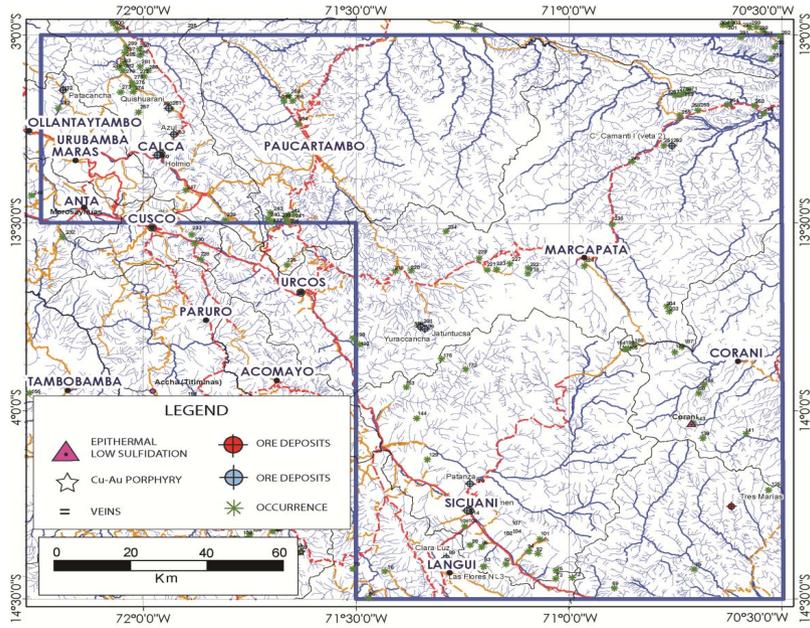


Fig. 5. Distribution map of deposits around Cusco.

남동 방향의 지배적인 구조를 따른 남-북 압축에 의해 남-북 방향의 인장대가 발생하였고, 이 단열대를 따라 중, 소규모의 광화작용이 주로 발달하고 있는 것으로 해석된다. 이러한 구조적 규제에 의한 광화대가 라레스(Lares)에서 집중적으로 발견되는 광상들이며, 아줄(Azul)과 올미오(Holmio)도 이와 같은 남-북 방향의 구조대를 따라 발달하고 있다 (그림 5). 올미오의 경우, 남-북 방향의 인장대를 따라 반암이 관입하고 있으나 모양이 주로 천매암과 사암으로 심한 광화작용은 일어나지 않아, 경계성 있는 부광대를 형성하지는 않은 것으로 해석된다. 꾸스코를 북서부와 남동부로 구분한다면, 북서부는 전술한 구조적, 암석학적 규제를 받고 있는 것으로 해석된다. 그리고 남동부는 퇴적층의 층리면에서 평행한 북서-남동 방향이 우세한 것으로 보인다.

본 역은 깔까 북쪽과 시꾸아니 부근에 주요 광화대가 발달하고 있다. 이들 광상은 아줄(Azul), 빅토리아(Victoria), 체까(Checca), 끌라라 루이즈(Clara Luiz), 엘 가르멘(El Carmen), 올미오(Holmio), 야똘똘사(Jatuntucsa), 라스 플로레스(Las Flores), 루이사 III(Luisa III), 나우차빠-초차까나(Nauchapi-Chochacana), 빠따칸차(Patacancha), 빠판자(Patanza), 끼슈아라니(Quishuarani), 팜보마차이(Tambo-machay), 유라칸차(Yuraccancha) 등이다(그림 5).



Fig. 6. Outcrops of Azul deposit. (a) Mitu Formation dipping to the North, (b) adits of Azul mine, (c) fault cutting bedding of the Mitu Formation, (d) dextral strike-slip fault with striation, (e) and (f) E-W and N-S trending fracture zone with Cu mineralization.

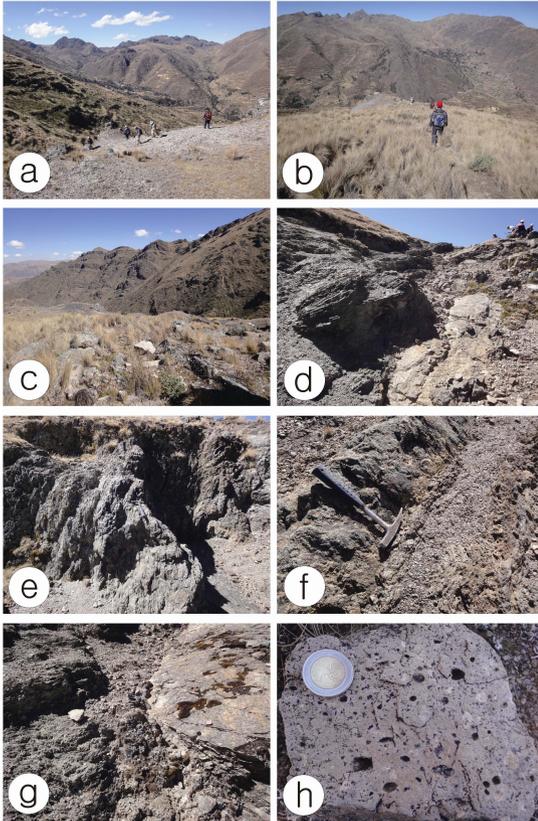


Fig. 7. Outcrops of Holmio deposit. (a-b) general view around Holmio, (c) Late Permian-Triassic Mitu Fm. showing NW direction with SE dipping, (d, g) porphyry intruded the Mitu Fm., (e-f) schist in the Mitu Fm., (h) porphyry intruded the Mitu Fm..

이 가운데 까만띠(Camanti, Victoria), 체까(Checca), 끌라라 루이즈(Clara Luiz)와 루이사 III (Luisa III)는 금광이며, 나머지는 동광으로 구성되어 있다. 조사한 광상에 대한 지질 및 광화작용은 다음과 같다.

아줄(Azul): 갈까 시(市) 북부의 띠오밤바(Tiobamba) 마을에 위치하며, 갈까 마을에서 북쪽으로 직선거리 약 5 km에 위치하는 동광화대이다. 아줄(Azul) 광상 일대는 페름기 말-트라이아스기 초의 미투(Mitu)층군과 이를 부정합으로 덮고 있는 우안까네층(Huancane)이 발달하고 있다. 이들 층군은 동-서 내지는 서북서 방향의 주향에 북쪽으로 30° 정도의 경사를 보인다. 이들을 다시 미투층군이 북쪽에서 남쪽으로 드러스트로 올라타는 지질구조를 보이는 지역이다(그림 6). 광상의 모양은 안산암질

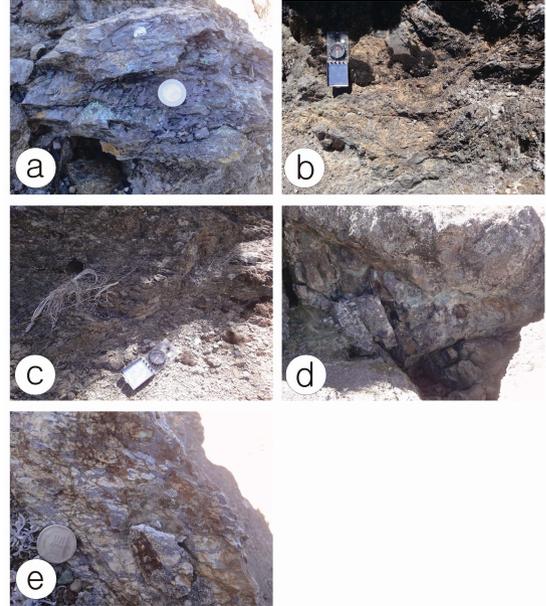


Fig. 8. Holmio Cu deposit. (a) Cu mineralization in the shale of Mitu Formation, (b-d) deformed Mitu Fm., (d) Cu mineralization along fault developed in the Mitu Fm., (e) volcanic rocks developed around occurrence.

암이며 페름기 말-삼첩기 초의 미투층군에 해당한다. 얇고 불규칙한 석영맥이 2개조 존재(2~3 cm)하며, 반동석 및 황동석이 산출한다. 아줄 광상 광석시료의 동함량을 분석한 결과 7.81~15.3% (평균 10.7%)이다(표 1).

올미오(Holmio): 갈까 시(市) 동쪽으로 직선거리 6 km, 라마이(Lamay) 마을에서 북북동으로 직선거리 6 km 지점인 해발고도 약 4,000 m에 위치한다(그림 7). 북서 주향의 페름기말-트라이아스기 초 미투(Mitu)층이 북서 방향의 습곡축을 보이고 달리고 있다. 광상은 이 배사의 남서부 날개에 해당하며 남서 방향으로의 중각의 경사를 보인다. 내부에는 습곡이 부분적으로 발달하고 있다. 특히 편암대는 심한 습곡을 보이기도 하며, ‘S’자형으로 전단된 구조도 보인다. 모양은 흑색편암이며 엽리를 따라 산화동이 충전되어 있고, 일부 사암의 층리를 따라 산화동이 충전되어 있다(그림 8). 흑색편암을 장식반암 또는 sub-volcanic 암석이 관입하고 있다. 올미오 광석시료의 동함량을 분석한 결과 0.61~2.60% (평균 1.74%)이다(표 1).

빅토리아(Victoria): 퀸세밀(Quincemil) 서쪽의



Fig. 9. (a) and (b) Cerro Camanti area near Victoria deposit, (c) adit, (d) quartz veins with Au, (e) adit with N-S direction, (f) mineralized zone with N-S direction.

정글지대에 위치하며, 빅토리아(Victoria) 광상이 위치하는 세로 까만띠(Cerro Camanti) 일대는 고생대 초 서북서 방향의 변성퇴적암이 발달하고 있다. 이들 암체 내에 단열대들이 선상구조로 관찰된다. 단열대의 분석에 의하면, 주 단열대 내에 남-북 압축과 좌향전단에 의한 남-북 내지는 북북서 방향의 인장성 단열대가 집중적으로 발달하고 있다. 단열대는 수직 내지는 동으로 중각으로 경사하는 양상을 보인다. 그리고 또 다른 주방향으로 북서 방향이 있다. 이 북서 방향은 안데스 조산대의 일반적 방향과 평행하게 달리는 것들이다. 모암은 변성퇴적암이며, 석영맥의 방향은 N45°E, 경사는 수직에 가까운 고각도를 보인다(그림 9, 10) 빅토리아 광상의 금함량은 <0.1 g/t, 은함량은 <0.1~<0.3 g/t 이다(표 1).

빠판자(Patanza): 시꾸아니(Sicuani) 북쪽의 작은 성당과 공동묘지 근처에 위치한다. 모암은 백악기 이암 또는 실트암으로 북서 방향으로 거의 수직하는 양상을 보인다(그림 11). 광화작용은 이암 또는 실트암의 층리를 따라 충전하고 있는 산화동이 산

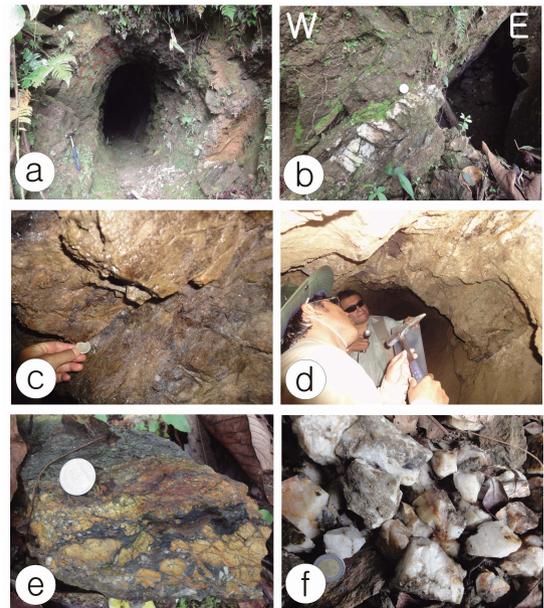


Fig. 10. Mineralized zone of Victoria deposit, Camanti, SE Peru. (a) adits, (b-d) quartz veins, fault, and mineralized zone showing N-S direction and westward dipping, (e) brecciated fault zone, (f) quartz veins with Au.

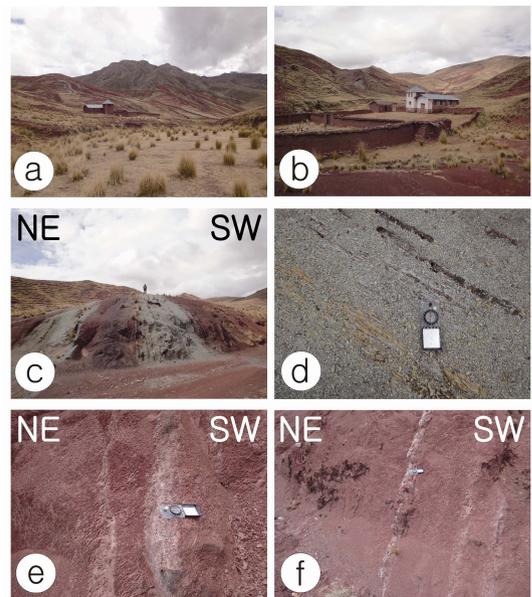


Fig. 11. Patanza Cu deposit. a, b) Patanza area, c, d) Red and grey shale showing NW direction with nearly vertical attitude, e, f) reverse fault cutting red shale.

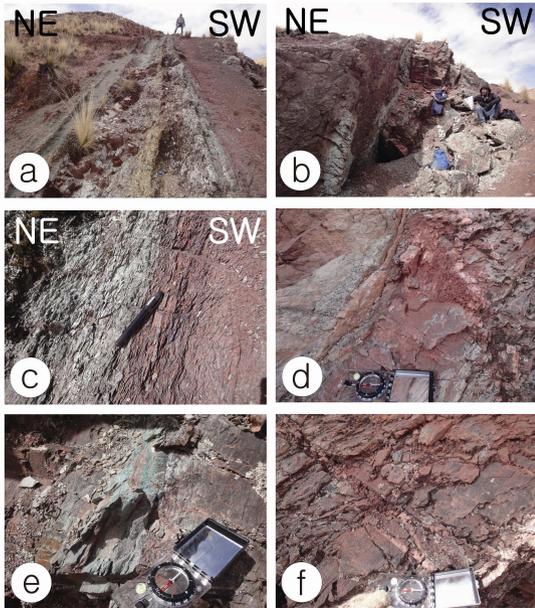


Fig. 12. Patanza Cu deposit. (a, b) general view of Patanza occurrence, (c) overturned bedding of shale, (d-f) quartz veins.

출한다. 산출지 근처의 이암에서의 층리와 미약한 편리와의 관계로 보아 습곡에 의해 역전된 지층의 양상으로 해석된다(그림 12). 광화작용은 이암 또는 실트암의 층리를 따라 충전하고 있는 산화동이 산출한다. 안산암질 암맥과 같은 열원이 없고 미세한 석영맥들이 층리를 자르며 관입하고 있으나, 광화작용에는 영향을 미치지 않았다. 빠따자 광석 시료의 동함량을 분석한 결과 3.74~9.21% (평균 6.21%)이다(표 1).

나우차피-초차까나(Nauchapi-Chochacana): 시꾸아니(Sicuani) 남서쪽 직선거리 약 17 km에 위치하는 동 광상이다. 이 광상은 시꾸아니 서측의 백악기 지층에 잘 발달하는 랑귀 습곡대에 위치하며, 꾸스코에서 랑귀로 이어지는 대단층대인 Cusco-Lagunillas-Manazo 단층계 근처에 위치한다. 랑귀(Langui) 호수 북쪽의 하천 부근에 소규모로 산출하고 있다(그림 13~15). 이 지역은 백악기 말-제3기초 퇴적층의 시꾸아니-랑귀 간 북북서 방향 향사의 서쪽 날개부에 위치하고 있어, 지층의 주향은 북북서 방향에 동으로 고각 경사하는 양상을 보인다. 층리의 방향은 N20°W, 70°E이다(그림 16). 광화작용은 적색사암의 층리를 교대충진하고 있는



Fig. 13. Eastern limb of anticline developed in the Cretaceous red bed on the road between Sicuani to Langui.

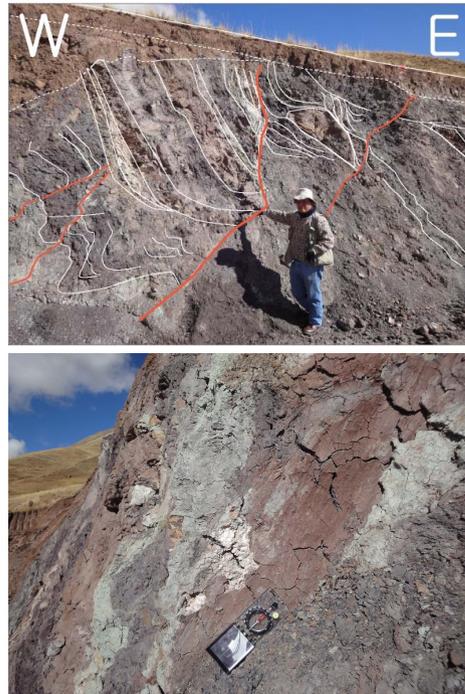


Fig. 14. Fault zone (Cusco-Lagunillas-Manazo Fault system) of N-S direction developed in the western part of Langui.

산화동 광체이다. 나우차피-초차까나 광석시료의 동함량을 분석한 결과 1.62~10.5% (평균 6.39%)이다(표 1).

체까(Checca) : 시꾸아니(Sicuani) 남서쪽의 금

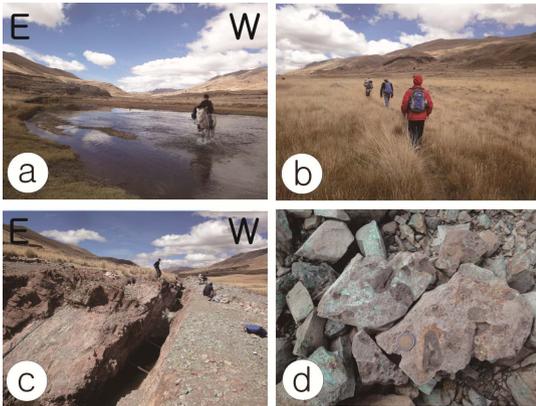


Fig. 15. Nauchapi-Chochacana Cu deposit. (a, b) NNW trending fault valley, (c) NNW trending Cretaceous sandstone with mineralized zone, (d) Cretaceous sandstone with Cu mineralization.

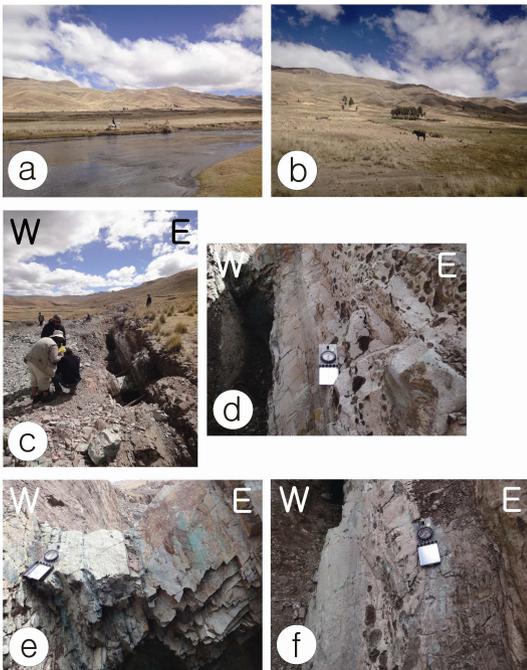


Fig. 16. Nauchapi-Chochacana Cu deposit. (a, b) NNW trending fault valley, (c) NNW trending Cretaceous sandstone with mineralized zone, (d-f) NNW trending Cretaceous sandstone and pebble-bearing sandstone.

광상이다. 지질은 백악기 규암이 모암이며, 층리의 주향은 N35°W, 55°S을 보인다(그림 17). 모암인 규암이 각력화작용을 받은 부분에서 금이 산출되

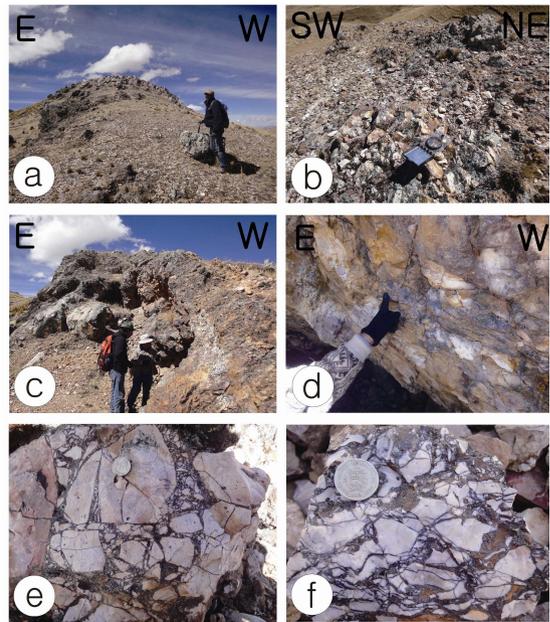


Fig. 17. Checca Au deposit. (a-c) NNW trending quartzite, (d) mineralization along NNW trending fault zone, (e-f) brecciated quartzite with mineralization.

고 있다. 규암층에 안산암맥의 관입으로 각력화작용이 발생하면서 금침전작용이 유발되었으며 각력암의 기질부에 금이 산포되었을 것으로 보인다.

요 약

페루 남동부 지역에 위치한 꾸스코 동-금을 포함한 다중금속 광상 지역의 지질은 고생대 페름기-중생대 삼첩기 변성퇴적암인 미투(Mitu)층군과 이를 관입한 동시기 관입암으로 구성되어 있다. 조사지역은 페름기-삼첩기 관입암과 관련된 U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn, REE 광화작용과 관련된 금속광화대로 알려져 있다. 특히 해당 관입암은 대자율 측정 결과 S-type, 티탄철석계열과 관련이 있는 것으로 보인다. 꾸스코 지역은 갈까 북쪽과 시꾸아니 부근에 주요 광화대가 발달하고 있다. 조사대상 광상은 아줄 동, 올미오 동, 빅토리아 금, 빠만자 동, 나우차피-초차까나 동, 체카 금광상이다. 아줄 광상의 모암은 안산암질암이며 광석광물로는 반동석 및 황동석이 산출하며, 동은 7.81~15.3%의 범위를 가지고 평균 10.7%이다. 올미오 광상의 모암은 흑색편암이며 엽리를 따라 산화동이 충전되어 있

고, 동은 0.61~2.60%의 범위를 가지고 평균 1.74%이다. 빅토리아 광상의 모양은 변성퇴적암이며, 석영맥 충전형 광상으로 금함량은 <0.1 g/t, 은함량은 <0.1~<0.3 g/t이다. 빠판자 광상에서는 이암 또는 실트암의 층리를 따라 충전하고 있는 산화동이 산출하며, 동은 3.74~9.21%의 범위를 보이며 평균 6.21%이다. 나우차피-초차카나 광상은 적색사암의 층리를 교대충진하고 있는 산화동 광체이며, 동은 1.62~10.5%의 범위를 가지며 평균 6.39%이다. 체카 광상은 모암인 규암이 각력화작용을 받은 부분에서 금이 산출되고 있는 것으로 보고되어 있으나 분석결과 금이 탐지되지는 않았다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원에서 부처임무형 사업으로 수행중인 “해외광물자원탐사 및 부존잠재성평가(12-1121)”과제의 지원으로 수행되었으며, 본 기술정보를 세심하게 심사하여 주시고 조언을 주신 최진범 경상대학교 교수님과 익명의 심사위원님께 감사사를 드립니다.

참고문헌

- Carlier, G., Lorand, J.P., Liegeois, J.P., Fornari, M., Soler, P., Carlotto, V., and Cardenas, J. (2005) Potassic-ultrapotassic mafic rocks delineate two lithospheric mantle blocks beneath the southern Peruvian Altiplano. *Geology*, 33, 601-604.
- Carlotto, V., Carlier, G., Cardenas, J., Gil, W., and Chavez, R. (1996a) The red beds of the San Jeronimo Group(Cuzco, Peru), marker of the Inca tectonic event: Third International Symposium on Andean Geodynamics, St. Malo, France, October 4-6, 1999, Extended Abstract volume, 303-306.
- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., and Chàvez, R. (1996b) Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Hojas 27-r y 27-s. *Inst. Geol. Min. Metal. Bol. Ser. A, Carta Geol. Nac.*, 65, 245.
- Carlotto, V., Jaillard, E., Carlier, G., and Mascle, G. (1997) Las cuencas sinorogénicas (Eoceno-Mioceno) de la terminación NO del Altiplano (Cusco). IX Congreso Peruano de geología, Sociedad Geológica del Perú, Extended Abstracts, Volumen Especial 1, 267-271.
- Carlotto, V., Cerpa, L., Cardenas, J., Quispe, J., and Carlier, G. (2005) Paleogeographic, structural and magmatic evidences for the existence of different lithospheric blocks in the central Andes: Samples from southern Peru and northern Chile. *ISAG 2005, Barcelona*, 146-149.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., and Fidel, L. (2007) La geología en la conservación de Machupicchu. *IN-GEMMET, Bol. Ser. I, Patrimonio y geoturismo*, 1, 305.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodriguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Diaz-Martinez, E., Navarro, P., Jaimés, F., Velarde, T., Luy, S., and Cueva, E. (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 1-90.
- Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, R.J., Arenas, M.J., France, L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A., and Archibald, D.A. (1990) Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of Southeastern Peru. *Econ. Geol.*, 85, 1520-1583.
- Jaillard, E., Grambast-Fessard, N., Feist, M., and Carlotto, V. (1994) Senonian-Paleocene charophyte succession of the Peruvian Andes. *Cretaceous Res.*, 15, 445-456.
- Jaillard, E. and Santander, G. (1992) La tectónica polifásica en escamas de la zona de Manazo-Lagunillas (Puno, sur del Peru). *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines, Lima*, V. 21, 37-58.
- Jaillard, E. and Soler, P. (1996) The Cretaceous to Early Paleogene tectonic evolution of the northern central Andes and its relations to geodynamics. *Tectonophysics*, 256, 41-51.
- Marocco, R. (1978) Un segment EW de la cordillere des Andes Peruvienes: La deflexion d'Abancay. *Etude geologique de la Cordillere Orientale et des Hauts-plateaux entre Cuzco et San Miguel (Sud du Peru)*: Paris, France, Travaux et Documents de l'ORSTOM, 94, 195.
- Pecho, V. (1981) Geología de los cuadrángulos de Challhuanca, Antalbamba y Santo Tomas: Lima, Instituto de Geología, Minería y Metalurgia, Boletín no. 35, 67p.
- Purser, W.F.C. (1971) *Metal-mining in Peru, past and present*. New York, Praeger Pub., 339p.
- Ramos, V.A. and Aleman, A. (2000) Tectonic evolution of the Andes, in Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomax Filho, A., and Campos, D.A., eds., *Tectonic Evolution of South America*, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, August 6-17, 2000, 635-685.

접수일(2012년 2월 8일), 수정일(1차 : 2012년 3월 21일), 게재확정일(2012년 3월 21일)