

콜롬비아 지질 및 광물자원 현황

Geology and Mineral Resources of Colombia

고 상 모(Sang-Mo Koh) · 이 길 재(Gillgae Lee)* · 유 병 운(Byoung Woon You)

한국지질자원연구원 광물자원연구본부
(Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,
Daejeon 305-350, Korea)

서 언

세계 광물자원의 환경은 소비국에서 생산국 위주로 변화하고 있어, 우리나라와 같은 소비국에서는 중장기적 자원수급 불안정성이 점차 심화되고 있다. 최근 자원공급 측면에서 나타나고 있는 큰 변화 중 하나는 아프리카를 비롯하여 중앙아시아, 러시아, 중남미 등이 새로운 자원개발지역으로 부상하고 있다는 점이다. 수요 측면에서는 미국과 일본 등 전통적인 수요 강국보다 최근 경제가 급성장하고 있는 BRICs 지역이 자원의 블랙홀 기능을 수행하고 있고, 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 보인다(박영호 외, 2009). 우리 정부에서도 이를 인식하여 2000년 중반 이후 자원 부유국을 중심으로 자원외교에 치중하여 왔다. 최근에는 광업국가와의 협력뿐만 아니라 탐사가 미비하여 광업활동은 적지만 자원부존 잠재성이 높은 남미와 아프리카 일부 국가와의 자원협력 활동을 크게 증가시키고 있다. 또한 지식경제부는 제4차 해외자원개발기본계획(2010~2019)을 2010년 12월 수립하여 해외자원개발 지원예산을 1조원으로 크게 증가시키고, 8대전략광종(석유, 가스, 유연탄, 우라늄, 철, 동, 아연, 니켈) 및 신전략광물(희토류, 리튬)의 자주개발 목표를 설정한 바 있다(지식경제부, 2010).

2011년 4월에는 제2차 한-콜롬비아 자원협력위원회가 개최되어 에너지 및 광물자원협력에 대한 논의가 시작되어, 9월에는 콜롬비아 대통령이 방한

하여 에너지 및 광물자원협력이 가시화 되고 있다. 콜롬비아는 남미 국가 중 가장 적극적인 자원개발 정책을 펼치고 있는 국가이며 외국과 에너지 및 광물자원 공동개발을 적극 지원하고 있다.

이러한 배경에서 본 논고는 우리나라의 콜롬비아 광물자원 탐사 프로젝트 참여 및 공동개발을 위하여 지질 및 광물자원 현황에 대한 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

본 논고에서 정리된 콜롬비아의 지질 및 광물자원 현황 내용은 콜롬비아 지질광물연구소(INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería)에서 발표된 내용을 정리한 것임을 부언한다.

지 형

콜롬비아는 남아메리카 북서부에 있는 나라로 북부 안데스 산맥지역의 최북단에 위치하며 동쪽으로는 베네수엘라와 브라질, 남쪽으로는 에콰도르와 페루, 북쪽으로는 카리브 해가, 북서쪽 국경으로 파나마와 접하고 있으며, 서쪽으로는 태평양이 있으며, 자메이카, 아이티, 도미니카 공화국, 온두라스, 니카라과, 코스타리카 해역과 접하고 있다(그림 1). 대부분의 대도시는 안데스 산맥의 고지대에 자리 잡고 있으며, 콜롬비아 영토는 아마존 열대우림과 열대 초지, 카리브해와 태평양 해안에 둘러싸여 있다(그림 1). 콜롬비아의 안데스 산맥은 에콰도르 국경에서 북동쪽으로 카리브해까지 손가

*교신저자: gill@kigam.re.kr

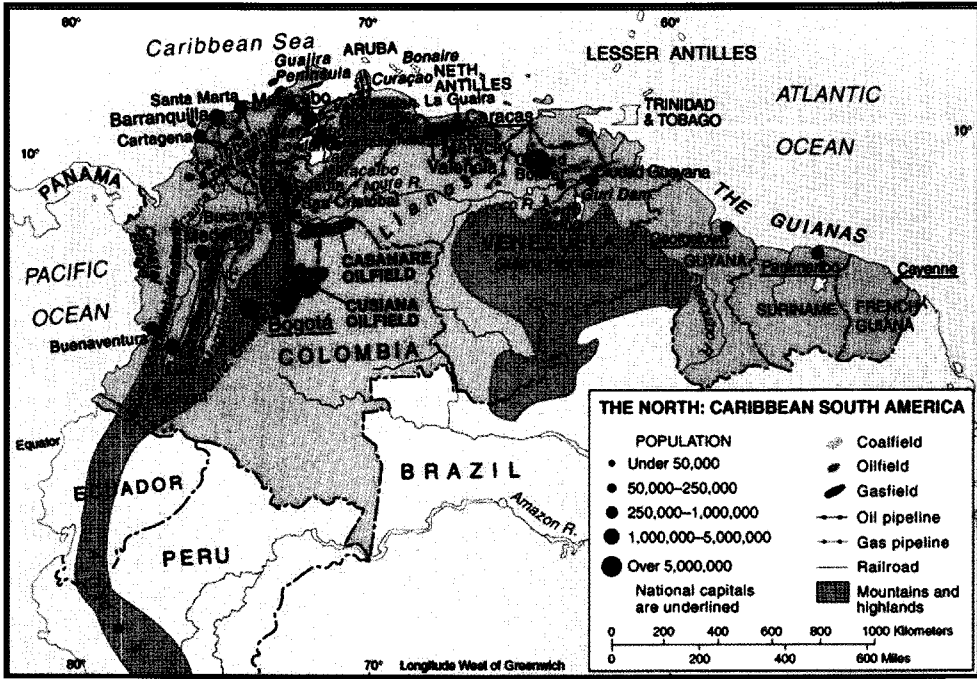


Fig. 1. Simplified topographic map of Colombia (www.umsl.edu/~naumannj).

락처럼 뻗어있는 3개의 주요산맥(서부, 중부, 동부)으로 이루어져 있다(그림 1). 중부 안데스는 최대 5,800 m, 동부 안데스는 4,600 m 및 서부 안데스는 4,000 m이다. 중부와 동부는 마그달레나(Magdalena) 계곡에 의해 분리되고, 중부와 서부는 카우카-파티아(Cauca-Patia) 지구대(Graben)에 의해 분리된다.

지 질

콜롬비아의 기반지각은 중부 안데스 지맥을 따라 N-S방향으로 발달하는 카우카-알마구에르(Cauca-Almaguer), 실비아-피아오(Silvia-Pijao) 및 산 헤로니모(San Jerónimo) 단층대에 의해 대분된다(그림 2). 단층대를 기준으로 동부지역의 기반지질은 원생대 변성암류가 주로 분포하며, 서부 지역의 기반 지질은 백악기 및 제3기 화성암류로 주로 구성된다(그림 3)(Tapias, 2009).

동부의 원생대 변성암류 기반암대는 3개의 지질 구역인 리오-후루에나대(Rio Negro-Juruena Province: RNJP), 그렌빌리안대(Grenvillian Colombian Province: GCP) 및 아르퀴아대(Arquía Province: AP)로 분류된다(그림 2). 리오-후루에나대(RNJP)

는 과야나 순상지(Guayana Shield)의 일부로서 중도(medium grade) 및 고도(high grade) 변성암, 라파키비(Rapakivi) 화강암, 저도(low grade) 변성암, 화산쇄설암류, 알카리 반력암으로 구성되고, 오르도비스기의 해양성 퇴적암이 상부에 피복된다(그림 3). 그렌빌리안대(GCP)는 각섬암과 백립암으로 구성되고 서쪽에서 산 헤로니모(San Jerónimo) 단층과 경계된다(그림 2, 3). 아르퀴아대(AP) 동쪽은 실비아-피아오(Silvia-Pijao) 단층과 경계되고 서쪽 경계는 카우카-알마구에르(Cauca-Almaguer) 단층과 경계된다(그림 2). 이 대는 오르도비스기-실루리아기의 석영-견운모 편암, 각섬석 편암류로 구성되고 고생대 퇴적암류가 협재된다(그림 3).

서부의 기반암대는 남쪽 카리비안대(Caribbean Province: CP)와 북쪽 라 구아지라대(La Guajira Province: GP)로 구성된다(그림 2). 카리비안대(CP)는 반력암, 토날라이트, 현무암, 규장암 및 코마티아이트(komatiite)로 구성되고 해양대지(oceanic plateau)를 형성한다(그림 3). 라 구아지라대(GP)는 변성 초염기성암, 반력암, 염기성 화산암류와 퇴적암으로 구성된다(그림 3).

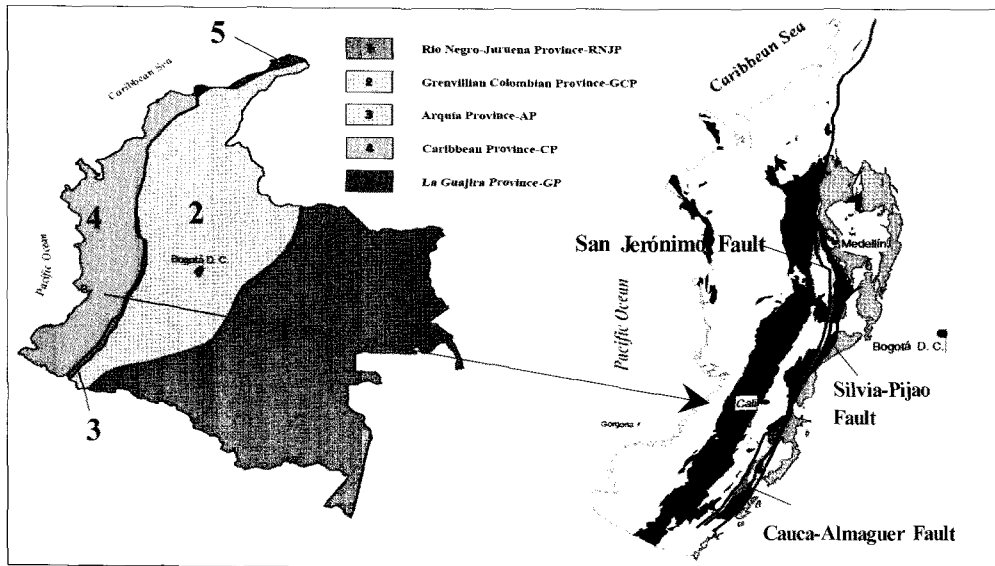


Fig. 2. Crustal basement geology of Colombia (Tapias, 2009).

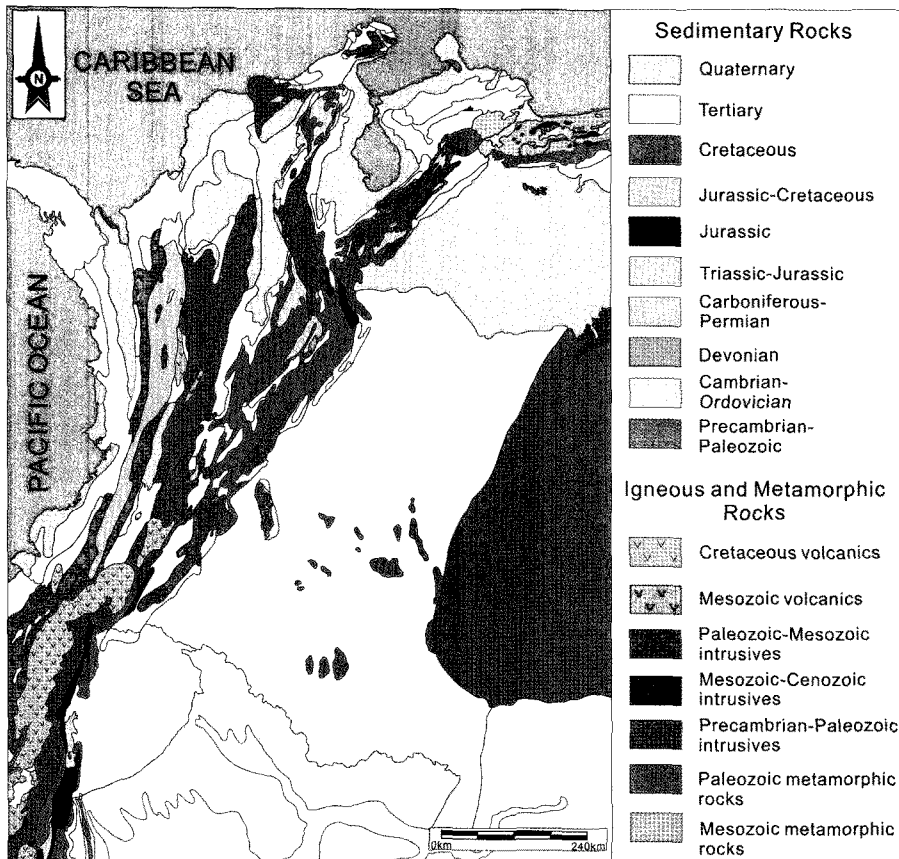


Fig. 3. Geologic map of Colombia (<http://geology.about.com>).

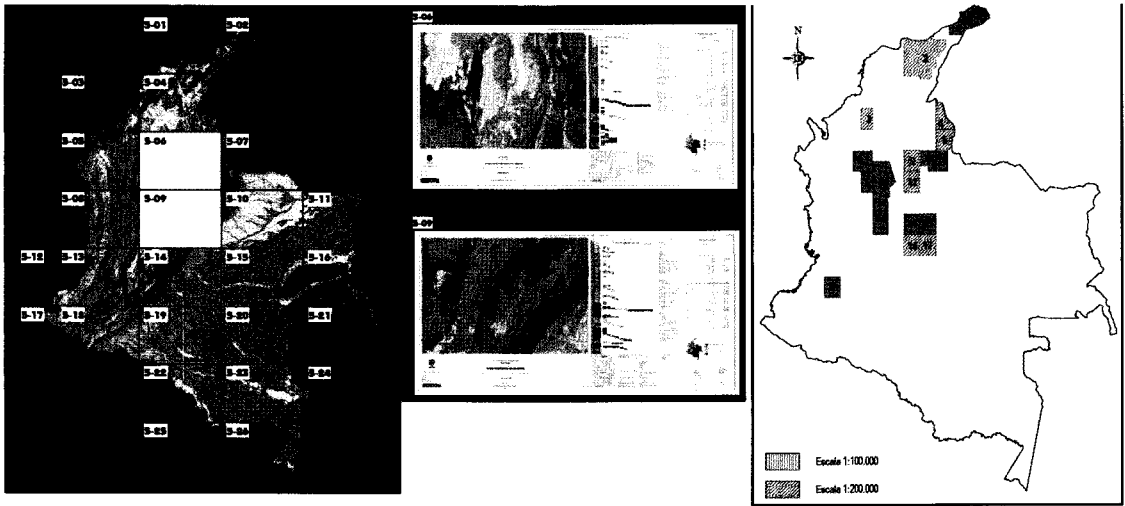


Fig. 4. Index map of 1:500,000, 1:200,000 and 1:100,000 geological map sheets of Colombia (www.ingominas.gov.co).

지질도 발간 현황

콜롬비아 지질광물연구소에 의해 1:1,000,000 및 1:500,000 지질도가 완성되었으며, 1:500,000 지질도는 총 26개 시트로 구성되어 있다(그림 4). 또한 1:100,000 지질도 10개 시트와 1:200,000 8개 시트가 완성되어 있다(그림 4). 이 지질도는 콜롬비아 지질광물연구소 홈페이지(www.ingominas.gov.co)에서 검색 가능하다.

지화학 탐사 현황

콜롬비아 지화학탐사는 IGCP (International Geological Correlation Project) 프로젝트로서 UNESCO에서 1988년부터 1995년까지 추진된 것이 체계적 지화학 탐사의 시작이었다(Darnley *et al.*, 1995). 그에 연이어서 콜롬비아 지질광물연구소에서는 1996년부터 2004년까지 콜롬비아 전역을 대상으로 광물자원탐사를 목적으로 지화학도 작성 프로젝트를 수행하였다(Prieto *et al.*, 2008). 지화학 시료채취는 하상퇴적물, 범람퇴적물, 토양 및 지표수를 대상으로 하였다. 그 결과 콜롬비아 지질광물연구소에서는 지화학이상대를 구획한 지도(1:1,000,000 축척)를 제작하였다(INGEOMINAS, 2009). 이 지화학이상도에는 지화학이상대를 그룹 1 (Au, Ag, Pt, emeralds), 그룹 2 (Cu, Zn, Pb, Sn), 그룹 3 (Fe, Cr, Co, Mn, Mo, Ni, Nb, W, V), 그룹 4 (Mg, Ti,

Be, REE, Ga, Zr, Hf, Se, Te, Ta, Cd, Y, In, Si, Bi, Hg, Sb, Li, Ge, Re) 및 그룹 5 (Al, B, P, Na, K, Ca, Ba, S), 및 그룹 6 (U) 이상대로 구분하였다(그림 5).

그룹 1 이상대는 그룹 5 이상대와 함께 가장 우세하게 나타나며, 서부 및 중부 안데스 산계의 남편 및 북편에 집중되는데 남북 방향의 트렌드를 보인다. 이 외 동편 선캄브리아기 화강암(Rapakivi granite)이 노출된 곳에서도 일부 이상대가 분포한다. 그룹 2 이상대는 다소 드물게 나타나는 이상대로서 서부 안데스 산계의 북편과 동부 안데스 산계의 남편에 집중 분포한다. 그룹 3 이상대는 그룹 2 이상대와 마찬가지로 다소 드물며 중부 안데스 산계의 북편과 동부 안데스 산계의 남편에 주로 분포한다. 그룹 4 이상대는 극히 드물게 분포하는 이상대로서 산재 분포한다. 그룹 5 이상대는 가장 우세하게 분포하며, 동부 안데스 산계에 제한되어 집중 분포한다. 그룹 6 이상대는 가장 드물게 분포하는 이상대이다. 동편 선캄브리아기 화강암 노출지에서 그룹 1 이상대와 인접하여 분포하는 특성을 보인다. 이는 화강암류의 관입과 관련성이 있는 것으로 추측된다.

콜롬비아 지질광물연구소에서는 지화학 탐사 결과를 DB화하여 도면과 함께 홈페이지(www.ingominas.gov.co)에 공개하고 있다.

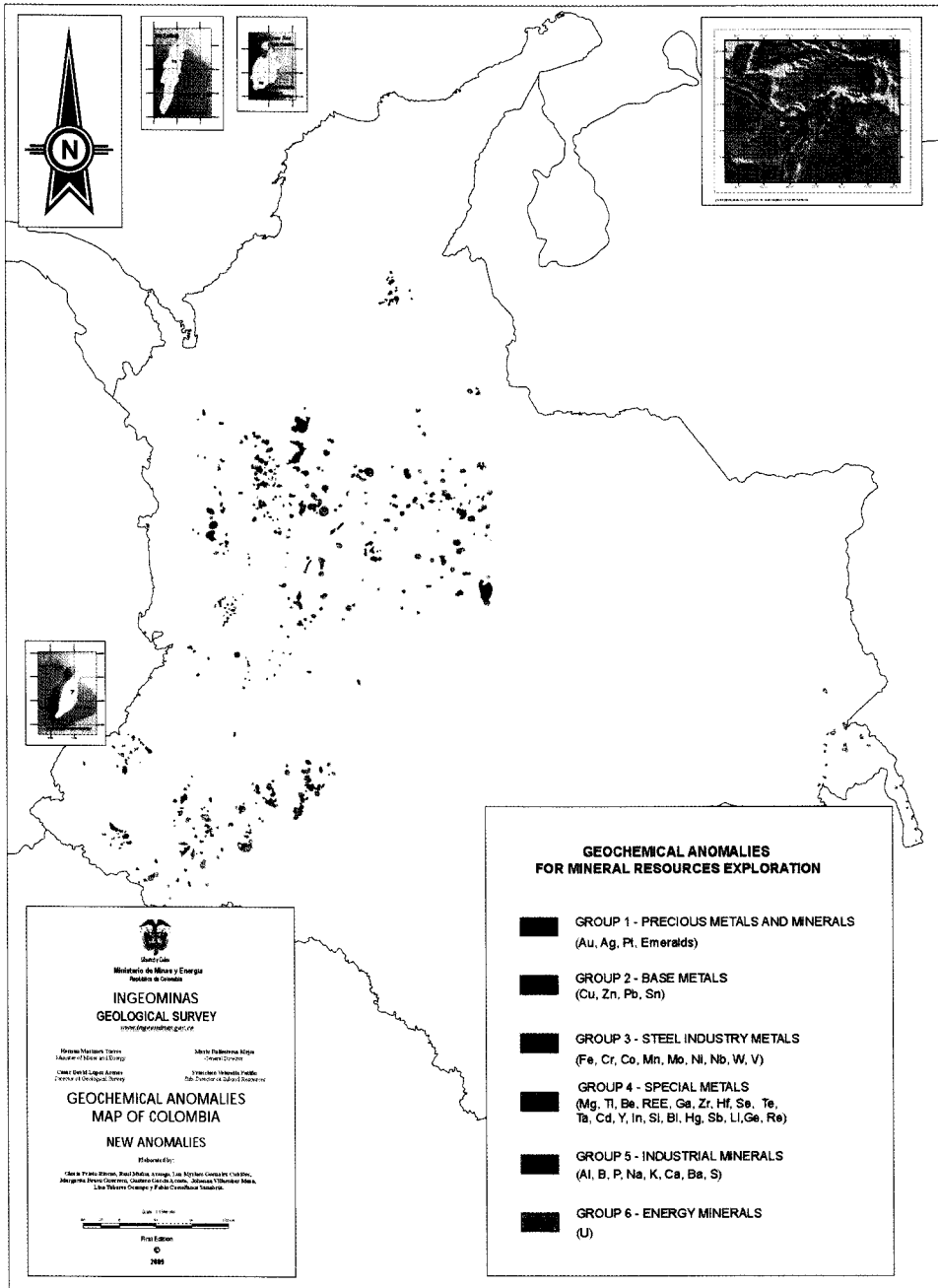


Fig. 5. Geochemical anomalies map of Colombia (modified from INGEOMINAS, 2009).

광물자원 현황

최근 콜롬비아는 광물탐사활동을 크게 증가시키고 있으며 특히 금, 기초금속, 우라늄 탐사에 집중하고 있다. 2006년 광업부분이 콜롬비아 전체 수

출의 약 20%를 차지하며, 주요수출광물은 석탄(11.08%), 니켈(3.75%), 금(3.35%), 에메랄드(0.44%) 및 기타광물(1.22%)이다(남미자원협력센터, 2006). 2007년 광업은 콜롬비아 전체 GDP의 2.6%에 불과하다. 광물분야 수출량은 1999~2002년 동안 연

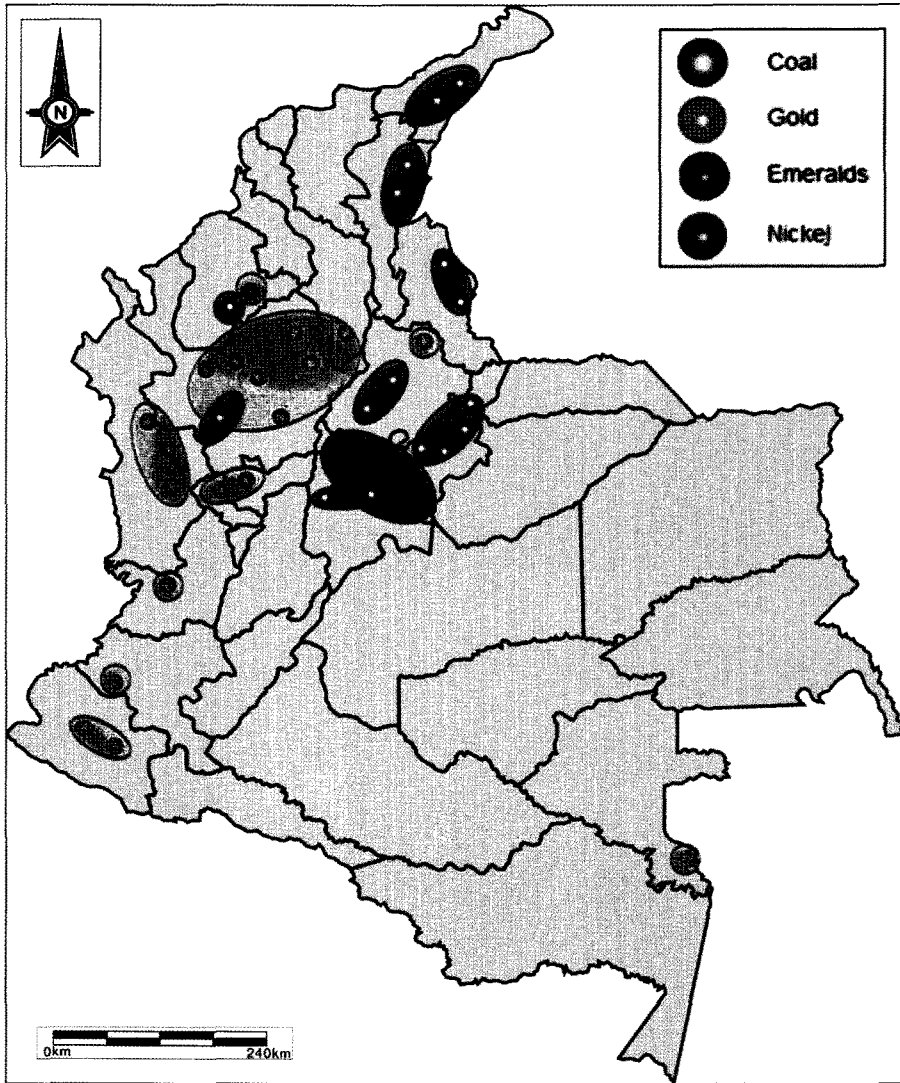


Fig. 6. Distribution of major mineral commodities (coal, Au, emerald, and nickel) in Colombia (from Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

평균 성장률 15%였다가 2003~2006년간 연평균 성장률은 28%로서 급속하게 성장하는 추세이며 이는 석탄, 금, 페로니켈의 국제가격 상승에 기인되기도 한다(Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

콜롬비아의 주요 부존자원은 석탄, 니켈, 금 및 에메랄드이다(그림 6). 콜롬비아가 생산하는 대부분의 석탄은 발전용석탄(thermal coal)이며, 대부분 카리브해 부근에 분포한 광산에서 주로 생산된다(그림 7). BHP Billiton (호주-영국)이나 Xstrata (스

위스) 등 다국적 기업에 의해 생산되고 발전용 석탄이 콜롬비아 석탄 생산 및 수출의 약 97%를 차지한다. 2010년 연간 생산량은 74.4 백만톤이며 세계 4위 수출량 및 10위 생산량 규모를 가지며 총 매장량은 7,062백만톤으로 알려져 있다(Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

1999년 이후 매년 콜롬비아 금 생산은 세계 총금 생산량의 0.5~2%를 차지한다. 안띠오끼아(Antioquia)주는 콜롬비아 총생산량의 63%를 차지하는 콜롬비아에서 제 1위의 금 생산지역이며(그림 6),

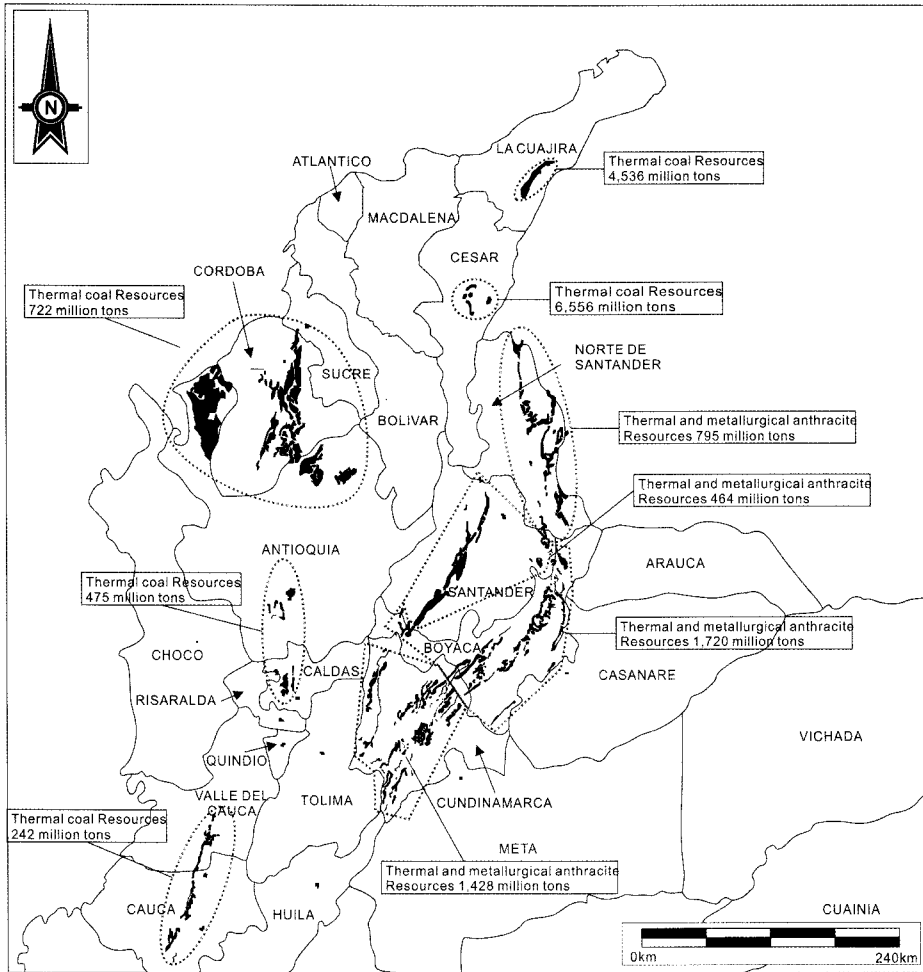


Fig. 7. Resources of production coal's zones in Colombia (from Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

그 뒤를 볼리바르(Bolivar)주와 코르도바(Cordoba)주가 있고 있다(남미자원협력센터, 2006). 2010년 연간 생산량은 53톤이고, 매장량은 40.98백만톤으로 알려져 있으며 주로 충적형 광상(alluvial deposit)이 우세하다(Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

콜롬비아는 일본에 이어 세계 2위의 페로니켈 생산업체인 세로 마토소 남아메리카사(Cerro Matoso S.A.)를 운영하고 있다. 페로니켈 광산과 플랜트는 코르도바(Cordoba)주의 몬텔리바노(Montelibano)에 위치한다. 2010년 연간 생산량은 니켈 금속량으로 생산량은 약 10만톤이며 세계 9위에 해당된다. 총 매장량은 1.6 백만톤으로 알려져 있다(Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

콜롬비아는 세계 주요 에메랄드 생산국이다. '03년과 '04년에 생산량이 증가했다가 '05년에는 31% 하락했다. 에메랄드의 98%는 수출되고 2%는 내수용으로 사용된다. 2010년 연간 생산량은 5.2백만톤이며 세계 1위 생산국으로서 에메랄드 생산량의 60%를 차지한다(Ministry of Mines and Energy, Colombia, 2011).

또한, 콜롬비아는 남아메리카 중 유일한 백금 생산국으로, 2006년 백금 생산량은 1,438 kg이었다. 백금 생산의 대부분은 초코(Choco)지역에서 이뤄진다. 그 외에는 안티오기아(Antioquia), 볼리바르(Bolivar), 카우카(Cauca), 리사랄다(Risaralda) 등으로 이 지역의 생산량은 5 kg 이하 정도에 그친다. 2006년은 생산량은 8,399 kg으로 전년도 7,142 kg

보다 늘었다. 주요 은 생산지역은 안띠오끼아(총 생산량의 61%), 칼다스(Caldas, 21%), 코르도바(Cordoba, 11%) 등이다(남미자원협력센터, 2006).

요 약

콜롬비아는 안데스 산맥의 북단에 위치하며 NS 방향의 단층대를 기준으로 지질 환경의 차이가 크다. 단층대를 기준으로 동부지역은 원생대 변성암류와 이를 피복하는 고생대 변성퇴적암류가 주로 분포하며, 서부 지역은 고생대 퇴적암류, 중생대 화성암류, 제3기 화산암류 및 퇴적암류가 주로 분포한다.

지화학이상대는 6개 그룹으로 분류되며, 철(Fe), 귀금속(Au, Ag, Pt), 기초금속(Cu, Pb, Zn), 희유금속(Sn, Cr, Co, Mn, Mo, Ni, Nb, W, V, Mg, Ti, Be, REE, Ga, Zr, Hf, Se, Te, Ta, Cd, In, Li 등) 및 핵원료자원인 U 이상대로 구성된다.

콜롬비아의 주요 부존자원은 석탄, 니켈, 금 및 에메랄드이다. 에메랄드, 석탄 및 니켈은 세계적인 매장규모와 생산량을 보인다.

콜롬비아는 탐사가 거의 수행되지 않은 지역이 전 국토의 49%에 달해 광물부존 잠재성은 현재보다 크게 높을 것으로 보인다. 따라서 최근 콜롬비아와의 광물자원 협력이 강화되고 있는 시점에서 미탐사 지역을 대상한 공동탐사를 지화학 이상대가 확인된 지역을 중심으로 수행하여 신규광체를 확보하고, 광물자원 협력을 강화함으로써 공동개발 여건을 마련할 필요가 있다고 판단된다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원에서 부처임무형사업

으로 수행중인 “해외 광물자원 탐사 및 부존 잠재성 평가(2011)” 과제의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드린다. 유익한 지적을 해주신 익명의 두 심사위원들에게도 감사의 마음을 전합니다.

참고문헌

- 남미자원협력센터 (2006) 남미 10개국 자원현황.
 박영호, 이철원, 권기수, 정재완, 황지원 (2009) 해외자원 개발의 전략적 추진방안: 4대 신흥지역 중심으로. 대외경제연구원 연구보고서 09-02.
 지식경제부 (2010) 제4차 해외자원개발 기본계획(2010~2019).
 Darnley, A.G., A. Bjorklund, A. Lviken, B.B., Gustavsson, N, Koval, P.V., Plant, J.A., Steinfeld, A., Tauchid, M., and Xuejing, X. (1995) A global geochemical database for environmental and resource management. Recommendations for International Geochemical Mapping Final Report of IGCP Project 259.
 INGEOMINAS (2009) Geochemical anomalies map of Colombia.
 INGEOMINAS Homepage (www.ingeminas.gov.co).
 Ministry of Mines and Energy, Colombia (2011) Policy environment: Assessing and mineralizing risk. MME presentation file.
 Prieto, G., Gonzales, L.M., Vargas, O., and Gloria, G. I. (2008) Geochemical atlas of Colombia, exploring the Colombian territory. Proceeding's paper in International Geological Congress Oslo 2008.
 Tapias, J.G. (2009) Geological crustal provinces of Colombia (unpublished).

접수일(2011년 9월 9일), 수정일(1차 : 2011년 9월 22일), 게재확정일(2011년 9월 22일)