

브라질 까라자스 광화구의 이라페 바히아 광상에 대한 예비 연구

김인준 · 이재호*

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

Preliminary Study for the Igarape Bahia Deposit in Carajas Province, Brazil

Kim In Joon and Lee Jae Ho*

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, 305-350, Korea

1. 서 론

브라질은 철광원료자원의 우리나라 수입국선 세계 2위를 점하고 있으며 광물자원 부존 잠재력이 대단히 높은 국가이다.

까라자스(Carajas) 지역은 파라(Para) 주에 속하는 열대 우림 기후의 아마존지역으로 풍화토가 매우 두껍게 발달한다. 이 지역은 중-고지대 산악지형으로 적색 내지 암색색 토양으로 구성된다. 이 지역은 1980년대부터 조사 및 탐사가 시작되어 브라질 정부 자체 개발로 성공을 거두고 있으며 금-은, 동 등 광물자원의 부존이 유망한 광상구이다. 본 지역은 브라질의 CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) 광구인데 현재 사유화 과정에 있으며 탐사 및 개발의 여지가 많은 광상구이다. 이 광상구는 타파조스 광상구의 우측에 위치하며 아마존 강곡에서 상대적으로 새롭고 가장 유망한 광상구중의 하나로 최근에 비로소 조사 및 탐사가 진행되어 광물자원의 부존이 유망한 지역으로 주목받고 있는 지역으로 특히 세계적으로 유명한 세라 펠라다(Serra Pelada)와 이라페 바히아는 대표적인 금-은-동 광상이 위치한다. 여기에서 이라페 바히아 금-은-동 광상은 아마존지역 광산개발에 브라질 정부가 성공한 예로 들고 있으며, 그 부근은 막대한 잠재력을 지닌 광상부존지역이다.

세라 펠라다 금 광상은 1980년도 초반에 금 쇄도 동안 유명해졌다. 약 만 명이 어떤 기계적인 방법도 사용하지 않고 원시적인 방법으로 연간 15톤을 생산하였다. 이라페 바히아 80톤의 매장량을 갖는 라테라이

트 금 광상으로 1990년에 채광하기 시작하였으며 현재 약 30 km²의 면적을 갖으며 브라질의 CVRD 광구이나 현재 사유화과정에 있는 유망 광구로서 자본 등의 결여로 탐사 및 개발에 해외의 자본을 유치뿐만 아니라 한국기업의 참여를 기대하고 있다. 이라페 바히아 금 광상은 벨렘 남측 약 600 km에 위치하는 까라자스까지 비행기로 약 3시간 이동하여 까라자스 서측에 위치하는 현장까지는 107 km의 포장도로와 비포장도로가 있으며 자동차로 약 2시간 이동하면 현장에 도착할 수 있다(Fig. 1). 따라서 이 광상구의 현지 사정과 부존 특성을 확인하여 탐사 및 개발의 기초 자료를 획득함에 목적을 두었다.

2. 지 질

까라자스 지역의 지질은 크게 시생대의 변성암류와 화강암류 및 원생대의 화강암류, 화산암류와 퇴적암류로 구성된다(Fig. 2). 조사지역의 지질은 Francisco (1971)에 의한 파라주 지역 지질, CPRM(1996)에서 발간한 Tapajos 지역의 광산지질도, 그리고 JOGMEC (2005)의 보고서와 금번 현지조사에서 관찰한 내용을 종합하여 상술하면 다음과 같다.

이 지역의 기반암은 시생대의 그라놀라이트(*granulite*, *ncA1*)이며 이를 변성현무암 및 변성안산암으로 구성되는 코마타이트(*komatite*, *nsA1*)가 덮고 있다. 이암류들은 변성현무암, 변성안산암 및 변성퇴적쇄설암으로 구성되는 시대가 2.75Ga(Fernando *et al.*, 2005)인 변성 화산암(*nsA2*)과 변성미사암, 변성사질암, 규암 및 변성

*Corresponding author: jhlee@kigam.re.kr

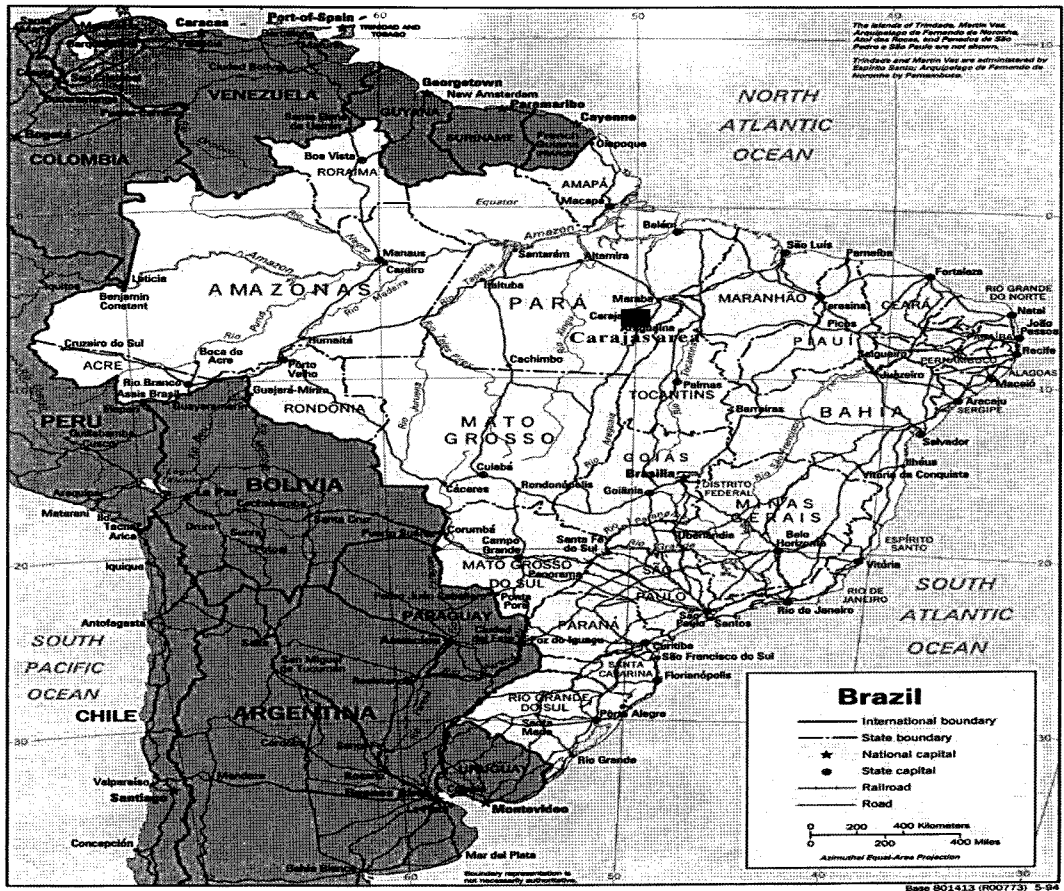


Fig. 1. Index map of the northern Brazil showing the location of the Carajás area.

화산암으로 구성되는 변성퇴적암류들(nsA3 및 nsA4)에 의해 피복되며, 토날라이트, 화강섬록암 및 섬장암으로 구성되는 화성암류(sy2)와 화강섬록암 및 우백질 화강암으로 구성되는 화강암류(sy4)가 이들을 관입하고 있으며, 변성사질암 및 사암으로 구성되는 육성기원의 퇴적암류(PA)가 덮고 있다(Fig. 2).

원생대에 들어오면서 반력암, 노라이트(norite), 휘록암 및 사문암으로 구성되는 초염기성 화산암류(sβ2)와 안산암 및 변성반력암으로 구성되는 염기성 화산암류(sβ3)가 분출 또는 관입상으로 시생대의 암석들을 피복하고 있으며 그 상위에 사질암 및 역암으로 구성되는 육성기원의 퇴적암류(psPM2)가 덮고 있다. 이들 암석들을 다시 알카리 화강암, 섬장암, 편마암과 몬조나이트로 구성되는 화강암류(sy7)가 관입하고 있으며 변성사암, 규암 및 녹니석 편암으로 구성되는 변성암류(cPM3)가 피복하고 있다(Fig. 2).

이밖에도 아주 조금이지만 사암, 역암 등의 퇴적암

으로 구성되는 고생대의 암석, 퇴적암과 화산암으로 구성되는 중생대의 암석, 육성기원의 퇴적암과 미고결 퇴적층으로 구성되는 신생대의 암석이 나타난다.

3. 광 상

브라질의 광상구는 크게 꾸아드리라테로 페리페로-에스피나초(Quadrilatero Ferrifero- Espinhaco) 남부 광상구, 세리나(Serrinha), 크리사스(Crixas) 및 리오마리아(Rio Maria) 광상구, 까라자스(Carajás) 광상구, 자코비나(Jacobina) 광상구, 세로 도 나비오(Serro do Navio) 광상구, 타파조스-론도니아(Tapajós-Rondonia), 이피팅가(Ipitinga) 및 로라이마(Roraima) 광상구, 트롬베타스-자리(Trombetas-Jari) 및 파라고미나스(Paragominas) 광상구와 남부 알칼리(alkaline)대 광상구의 8개 광상구로 구성되며(Kashida et al., 1990), 이라페 바히아 금 광상이 있는 까라자스 지역은 평균 고도가 670

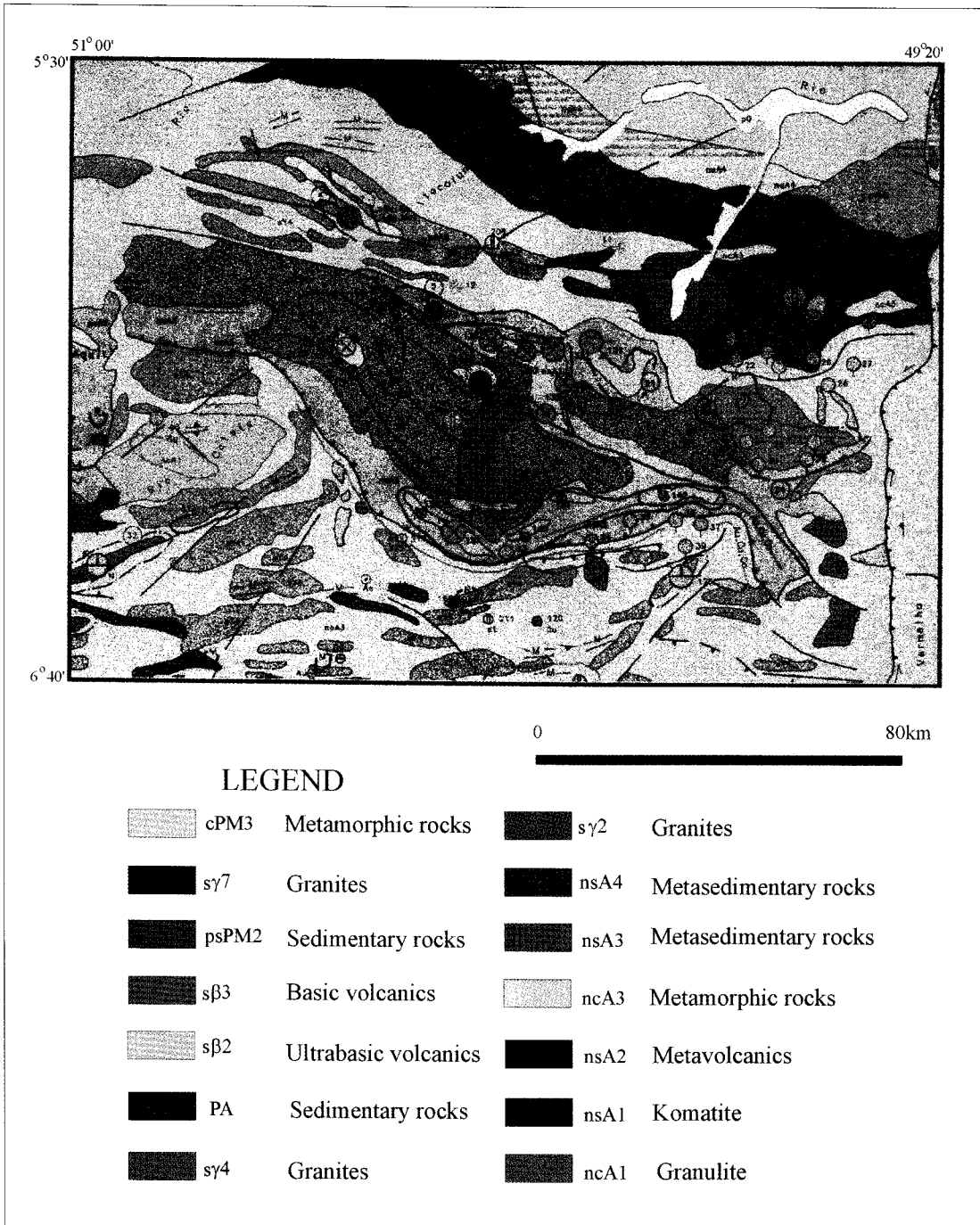


Fig. 2. Geological map of the Carajas area, Brazil.

m이고, 1967년 이래로 Cu, Au, Ni, Sn등의 경제적 광물이 발견되기 시작하였으며 Carajas 광상구에 해당한다.

까라자스 광상구는 시생대와 원생대에 만들어 졌고

많은 비철금속을 갖고 있다(Fig. 3). 시생대의 기반암은 주로 크롬, 백금, 금 및 라테라이트질 니켈을 함유하는 녹색암과 화강암류로 구성된다. 원생대의 하부 암석은 주로 변성퇴적암, 화산암 및 화강암류로 구성되며 까

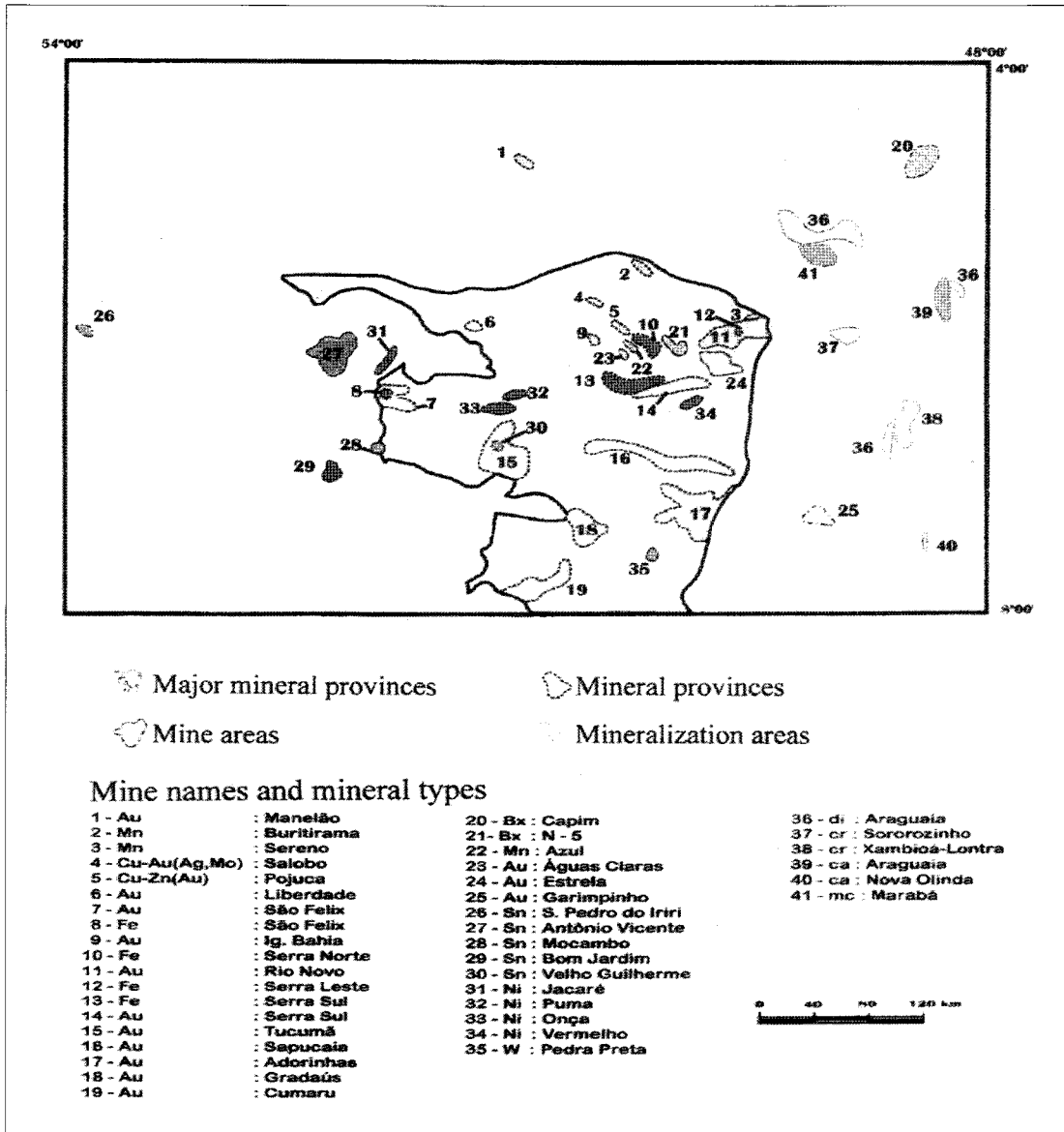


Fig. 3. Location map of the mines in the Carajas area.

라자스의 동 광화대가 분포하며 살로보(Salobo) 동-금과 포주카(Pojuca) 동-아연 광상의 모음이 되고, 중부 암석은 그라오 파라(Grao Para) 그룹의 변성퇴적암류로 구성되며 보크사이트와 철광상 분포된다.

이리페 바히아 금-동 광상은 약 30 km²의 면적을 갖고 시생대 원암은 사질/이질 퇴적암, 화산쇄설암류이고 조그만 렌즈상의 철광상층이 배대된다. 많은 열기성암이 원암을 관입하고 있다. 광화작용은 brittle/ductile 압쇄대와 연관되며, 광화대의 바깥과 안에서 열

수변질작용에 의해 동과 금이 형성되었다. 광상의 생성 시기는 2.58Ga이다(Fernando *et al.*, 2005). 열수변질 광물은 주로 녹니석, 견운모 및 Fe/Mn 탄산염광물이고, 동 광물은 주로 황동석, 보나이트(bornite)와 천연동이다. 광상의 상부는 아마존(Amazon)을 형성시킨 강한 풍화작용으로 사폴리틱(sapilitic)과 라테라이트화함과 동시에 유화광체 역시 심한 풍화작용으로 이차적인 이동에 의해 풍화대에서 균질한 등급의 금이 농집되어 형성되기도 한다. 이런 풍화대는 광상에서 지역

적으로 100 m 이상의 깊이를 갖기도 한다. 금 광화작용은 열수기원의 유화물을 갖는 석영맥에 연관된다. 광체의 유화물은 황동석, 황철석, 유비철석, 자류철석과 섬아연석으로 구성되며, 또한 자철석과 적철석도 산출된다. 금은 유화물에 관련되며, 열수변질작용은 카올린화작용, 녹니석화작용, 규화작용을 수반한다.

이 지역은 현재 브라질에서 탐사가 진행중인 광상으로 현재 400개의 시추공(총 45,000 m)을 뚫어 금 매장량이 약 60톤으로 추정하고 있으며 CVRD측에서 한국기업의 지분참여를 강력히 요청하였다.

4. 결 론

까라자스 지역은 1980년대부터 조사 및 탐사가 진행되어 광물자원의 부존이 유망한 지역으로 주목받고 있는 지역으로 이라페 바히아 금 광상은 약 30 km²의 면적을 갖고 있으며 원암은 사질/이질 퇴적암, 화산쇄설암류이고 조그만 렌즈상의 철광상층이 배태된다. 많은 열기성암이 원암을 관입하고 있다. 광화작용은 brittle/ductile 압쇄대와 연관되며, 광화대의 바깥과 안에서 열수변질작용에 의해 동과 금이 형성되었다. 이 지역은 대규모 철광을 포함한 금광화대로서 브라질의 CVRD 광구인데 현재 사유화과정에 있는 유망 광화대로서 한국기업의 참여를 기대하고 있다. 그러나 아마존 밀립 훼손과 현장 접근이 어려운 점등과 현지 도굴업자와의

협상 등 많은 난제가 있어 실제 개발 참여에 문제점으로 대두된다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 기본 과제인 “국내전략광물자원 재평가와 광상탐사 요소기술개발” 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- CPRM (1996) Metalogenic map of the Carajas area (1:1,000,000).
- Fernando, H. B. Tallarico, Bernardino R. Figueiredo, David I. Groves, Natalie Kositcin, Neal J. McNaughton, Ian R. Fletcher, and JosL. Rego (2005) Geology and SHRIMP U-Pb Geochronology of the IgarapBahia Deposit, Carajs Copper-Gold Belt, Brazil: An Archean (2.57 Ga) Example of Iron-Oxide Cu-Au-(U-REE) Mineralization. *Economic Geology*, v. 100, p. 7-28.
- Francisco, B.H.R. (1971) Contribuicao a Geologia da Folha de Sao Luiz, Para. Nova Serie Geologia, Belem, p. 1-39.
- JOGMEC (2005) Research of environment for developing resources-Brazil, 83p.
- Kashida, A., Lobato, L., Lindenmeyer, Z. and Fyfe, W.S. (1990) Introduction: Brazil, the sleeping resource giant. *Econ. Geol.*, v. 85, p. 899-903.

2008년 1월 17일 원고접수, 2008년 1월 29일 게재승인.