

## 브라질 타파조스 금광화대에 대한 예비 연구

김인준 · 이재호\*

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

## Preliminary Study for the Tapajos Gold Mine Province, Brazil

In-Joon Kim and Jae-Ho Lee\*

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

### 1. 서 론

브라질은 철강원료자원의 우리나라 수입국 중 세계 2위를 점하고 있으며 광물자원 부존 잠재력이 대단히 높은 국가이다.

타파조스(Tapajos) 지역은 파라(Para) 주에 속하는 열대 우림 기후의 아마존지역으로 풍화도가 매우 두껍게 발달한다. 이 지역은 저지대 강가 유역으로 주로 유백색, 황색, 황적색 및 연한 적색 토양으로 구성된다. 타파조스 금 광상은 리오데자네이로 북측에 직선거리로 약 3,400 km에 위치한 벨렘(Belem)까지 약 4시간 비행기로 이동하여 벨렘에서 서남 측에 위치한 CPRM의 중간 전진 기지인 이따이투바(Itaituba)까지 거리는 약 1,000 km이고 비행기로 약 3시간 정도 소요된다. 이곳에서 크레파존(Crepazone) 현장까지는 300 km로 도로가 전혀 없어 자동차로는 접근이 불가능하고 경비행기로 약 1시간 이동하면 현장에 도착할 수 있다(Fig. 1).

크레파존 지역은 아마존강 중류의 타파조스 지류 주변에 발달한 사금광으로 70년대 골드러시를 겪고 현재는 무허가 도굴업자(Garimpo)에 의해 무질서하게 사금이 채광되고 있는 지역이다. 현재 CPRM에 의해서 복합사업이 수행되는 특수지구로, 1/250,000 축적 도폭 5개에 해당되는 지역에 대하여 자연환경평가, 사회환경 및 광물탐사, 지질조사 등이 실시되고 있다. 현장에서 약 300 km 떨어진 이따이투바 CPRM 분소에서 현장 업무를 수행하고 있다.

이 지역은 아마존지역에 분포하는 금광화대로서 CPRM과 캐나다의 공동연구가 수행 중에 있으며 수많은

은 도굴업자에 의해서 무분별하게 금이 채굴되고 있어 브라질 정부는 도굴꾼의 재산권을 양성하고 있는 단계의 금-은 광화대이다. 이 지역은 대부분의 광권 및 탐사권이 설정 완료되어 영국의 RTZ사(Rio Tinto Zinc), Matapi사(브라질광업회사), Barrick사, Pegasus사, Golden Star사, Echobay사, Newmost Santa사 등과 현지 도굴업자의 권익을 수호하는 조합인 AMOT 등이 현지에 탐사, 개발에 참여하고 있으며, AMOT는 한국 기업의 참여를 기대하고 있다. 그러나 열악한 사회 간접시설(무동력전기, 육로, 주거, 주식, 운반 등)에 의해서 탐사다운 탐사는 사실상 어려운 상태이다.

CPRM에서는 항공물리탐사, 수계를 따라서 주로 확인하는 지질조사, 일부 접근이 가능한 지역에서의 지화학탐사 등이 국지적으로 실시되고 있다. 특히 이 지역은 사금회수에 수반된 수은 오염에 대한 평가 연구가 병행되고 있다. 이 지역은 브라질 금-은 광상구에 있어 유망지로 인정되고 있으나 탐사 및 개발은 매우 미진한 상태이다. 따라서 이 광화대의 현지 사정과 부존 특성을 확인하여 탐사 및 개발의 기초 자료를 획득함에 목적을 두었다.

### 2. 지 질

타파조스 금광상 주변은 아마존의 중심부에서 동북부에 위치하고 있으며, 지형도가 없고 지질도는 현재 제작 중이다. 대부분의 노두는 강가에 발달하며, 강한 열대 우림 기후의 영향으로 라테라이트층이 매우 두껍게 발달하고 있다. 이 지역의 지질은 매우 복잡하고

\*Corresponding author: jhlee@kigam.re.kr

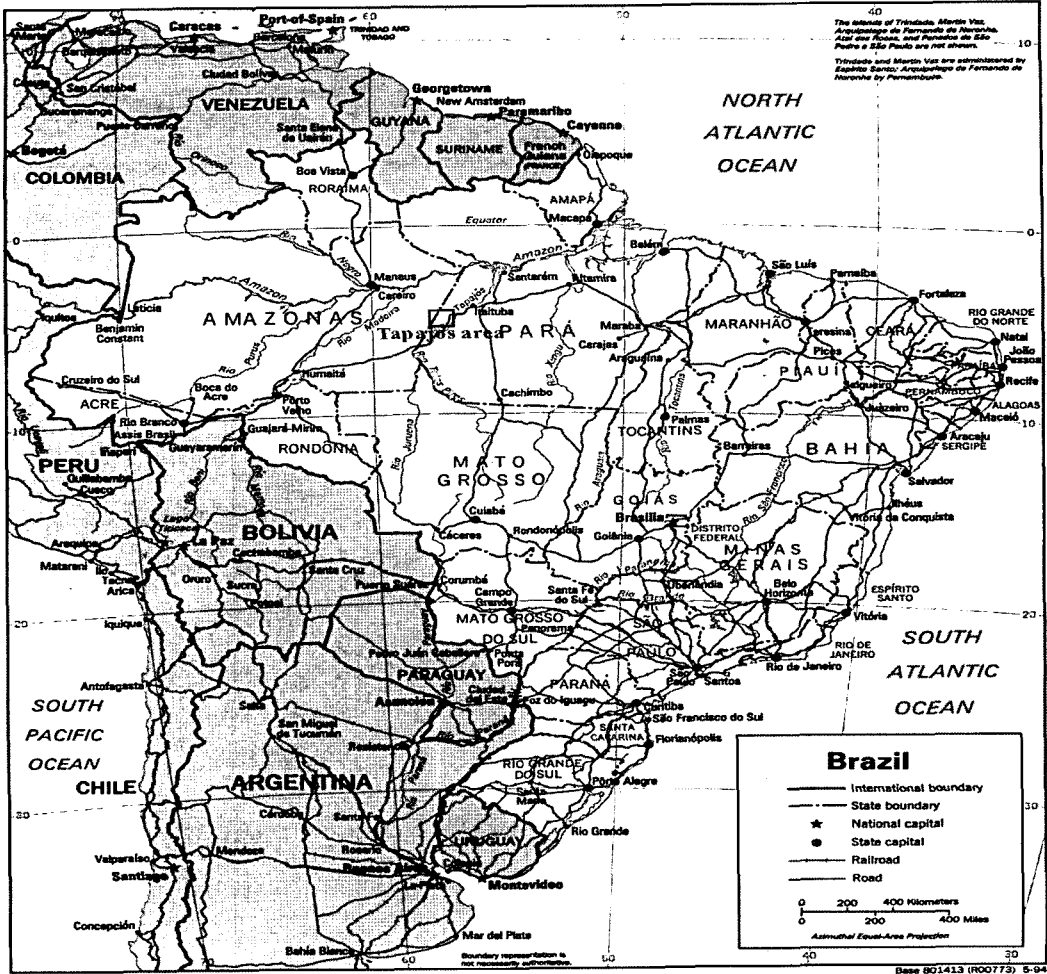


Fig. 1. Index map of the northern Brazil showing the location of the Tapajós area.

아직까지 지질조사가 완료되지 않아 지질도가 발간되지 않았으나, Francisco(1971)에 의한 파라주 지역 지질, CPRM(1996)에서 발간한 타파조스 지역의 광상지질도, 그리고 금속광업사업단(2005)의 보고서와 금변현지조사에서 관찰한 내용을 종합하여 상술하면 다음과 같다.

조사지역의 지질은 크게 기반암류인 시생대의 변성암복합체와 원생대에 이들을 관입 또는 피복하고 있는 화강암류, 변성화산암류, 산성 및 중성 화산암류와 퇴적암류로 구성된다(Fig. 2). 본 지역의 기반암류인 변성암복합체는 화성기원의 정편마암류(cgn)와 퇴적기원의 변성퇴적암류(cgb)로 나뉘어진다. 정편마암류는 편마암, 미그마타이트, 화강암, 화강섬록암 및 각섬암으로 변성퇴적암류는 규암, 양기석 편암, 운모-석영 편암, 석영-견운모-녹니석 편암, 석영-운모 편암 및 변성회석암으로

구성된다. 화강암류는 관입시기 및 조성에 따라  $sy_1$ ,  $sy_2$ ,  $sy_3$ 로 나누어진다.  $sy_1$ 은 화강암, 몬조나이트, 아다멜라이트 및 토날라이트로,  $sy_2$ 는 화강암, 아다멜라이트 및 화강섬록암으로,  $sy_3$ 은 라파키비(rapakivi) 화강암으로 구성된다. 변성화산암류( $sb_1$ )는 감람석 반려암 및 변성현무암으로 구성되며, 산성화산암류( $pvPM$ )는 안산암과 화산쇄설암으로 구성된다. 퇴적암류( $psPM_1$ )는 석영사질암, 이질사암, 미사암, 쉼트 및 석회질 역암으로 구성되며, 염기성화산암( $sb_2$ )은 휘록암, 반려암, 현무암 및 안산암으로 구성된다.

### 3. 광 상

브라질의 광상구는 크게 꾸아드리라테로 페리페로-에스피나초(Quadrilátero Ferrífero- Espinhaço) 남부

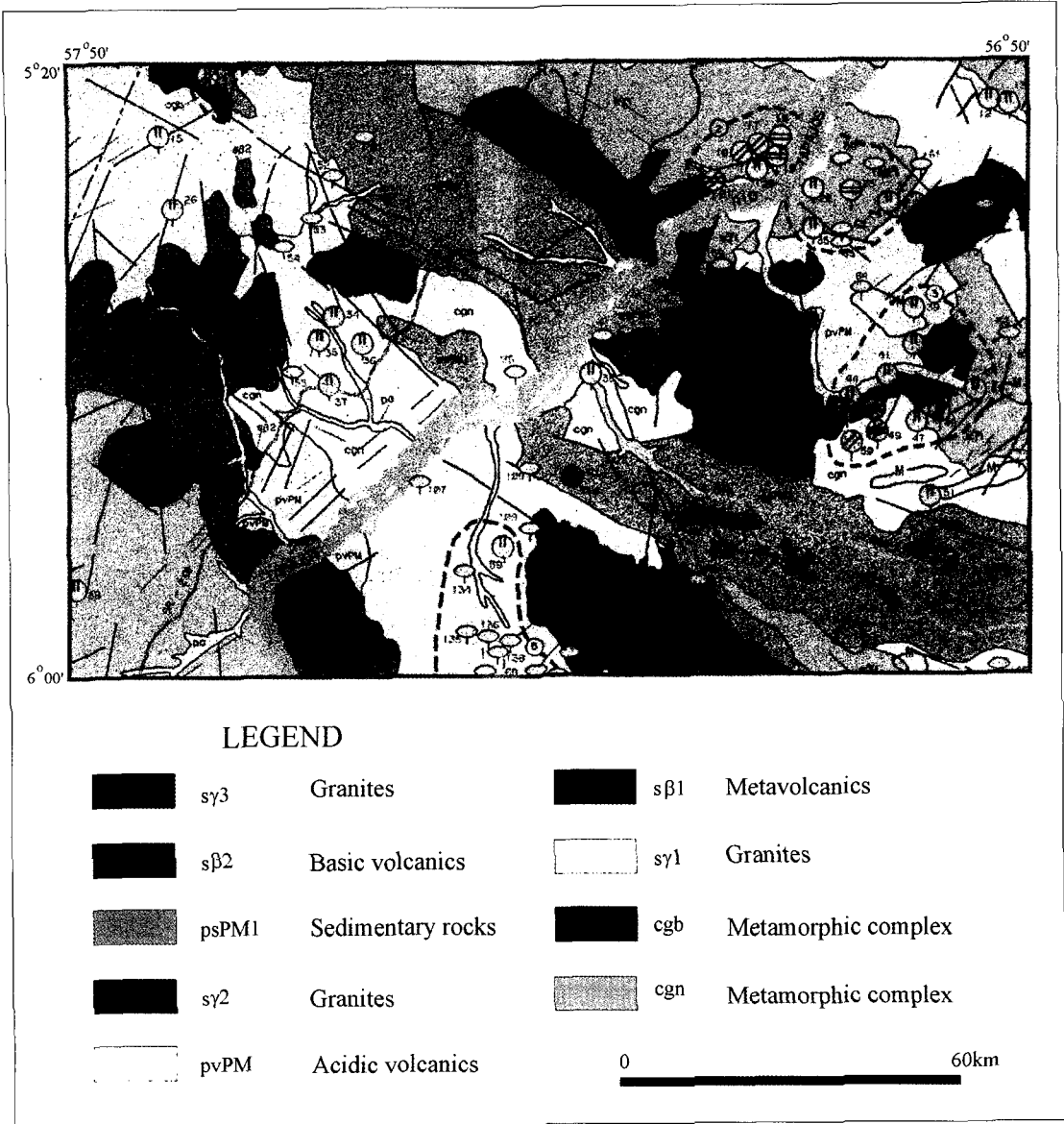


Fig. 2. Geological map of the Tapajos area, Brazil.

광상구, 세리나(Serrinha), 크리사스(Crixas) 및 리오 마리아(Rio Maria) 광상구, 카라자스(Carajas) 광상구, 자코비나(Jacobina) 광상구, 세로 도 나비오(Serro do Navio) 광상구, 타파조스-론도니아(Tapajos-Rondonia), 이피팅가(Ipitinga) 및 로라이마(Roraima) 광상구, 트롬 베타스-자리(Trombetas-Jari) 및 파라고미니스(Paragominas) 광상구와 남부 알칼리(alkaline)대 광상구의 8개 광상구로 구성되며(Kashida *et al.*, 1990), 조사지역은 타파조스-론도니아 광상구에 속한다. 조사 지역은 브라 질 측에서 추천한 지역으로 도굴업자에 의해 개발되는

수 천 개의 사금광이 있으며 금광화작용은 주로 편마 암, 미그마이트, 화강암, 화강섬록암 등으로 구성되는 정편마암 복합체에 수반된다. 도굴업자들은 주로 계곡 이나 조그만 하천에서 풍화토 및 강바닥의 모래를 대상으로 사금을 채취하고 있으나 현재는 거의 채취가 완료상태다. 이들은 현장에서 수은을 이용하여 아말감을 만든 뒤, 가스버너를 이용하는 원시적인 방법으로 금을 회수하고 있다. 이렇게 채취된 금은 크레파존에 산 채하는 부허가 업자에게 팔리고 있으며, 이들은 사들인 금을 다시 녹여 일정 크기의 금괴를 만든다. 그러

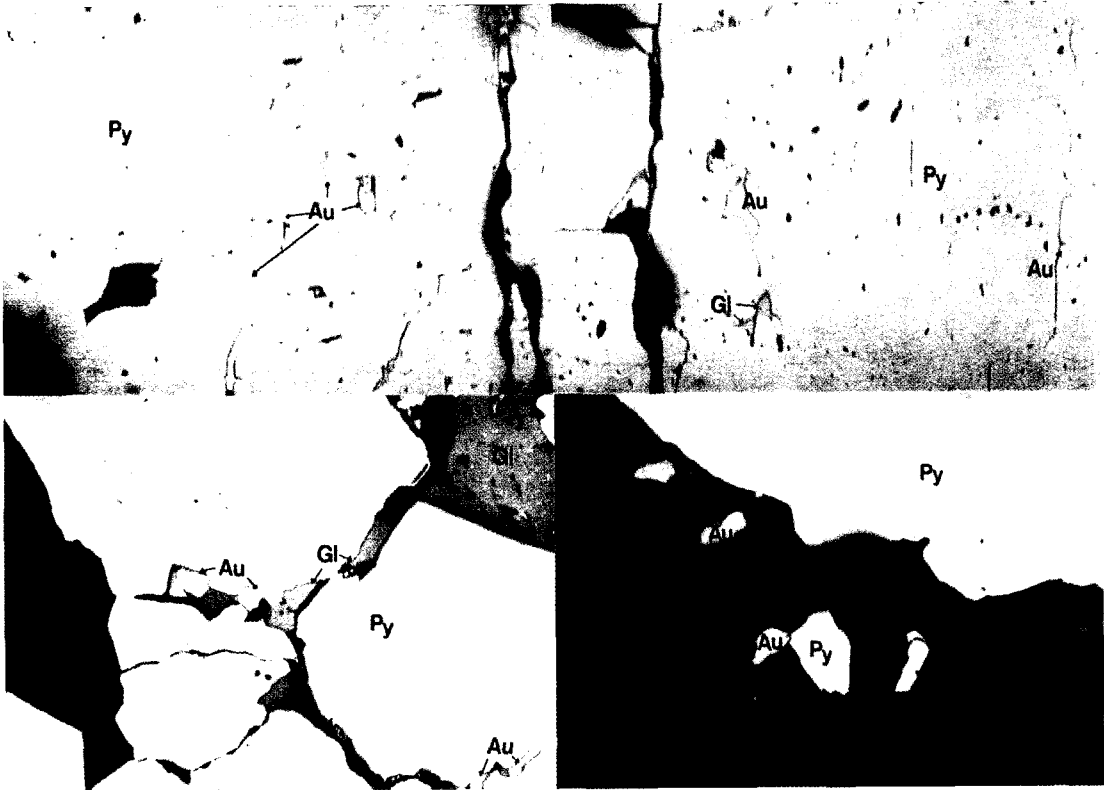


Fig. 3. Photomicrographs of gold. Upper left, Gold occurs as fracture filling phase with pyrite; Upper right and below left, Gold occurs as fracture filling phase with pyrite and galena; Below right, Gold occurring as subrounded grain. Abbreviations: Au = Gold, Py = Pyrite, Gl = Galena.

나 도굴업자에 의한 금 채취는 근처의 하천 오염 및 산림파괴 등 많은 환경문제를 야기하고 있다. 따라서 CPRM에서는 원광상이 되는 1차광상에 대한 탐사와 함께 환경오염 등을 해소하기 위한 복합사업을 수행하고 있다.

1차광상에 대한 조사는 매우 미비한 실정이나 금번 조사 시 2개소에서 기반암인 편마암 복합체 및 이를 관입한 화강암 내에 발달한 석영맥에서 금의 산출을 확인하였다. 금을 함유하는 석영맥에서 황동석, 황철석, 방연석 등의 유화물이 노두에서 육안으로 확인된다. 이 두 지역에서 사금의 1차광상이라 추정되는 석영맥과 그 주변지역에서 암석시료 10여개를 채취하였다. 석영맥 시료의 현미경 관찰 결과, 금을 함유하는 광석에서 황철석, 방연석, 황동석 등이 관찰되며 드물게 유비철석이 관찰된다. 시료 중 2개의 시료에서는 금이 다량으로 관찰되었으며, 금은 주로 석영 내에 타원형 또는 황철석내의 열극을 충전하면서 산출된다(Fig. 3). 합금 석영맥은 동시대의 화강암, 염기성암맥 또는 후기의 화

강암 등이 관입하면서 금을 비롯한 광물질을 함유하는 잔류 마그마에서 기원된 것으로 사료되며, 차후 기원에 대한 연구가 필요하다. 브라질 측은 소규모로 낙후된 사금 광산에 대해 한국 측의 참여에 의한 대량 생산 등과 함께 1차 금광 탐사를 요청하고 있다. 그러나 아마존 밀림 훼손과 현장 접근이 어려운 점 등과 현지 도굴업자들과의 협상 등 많은 난제들은 실제 개발 참여의 문제점으로 대두된다.

#### 4. 결 론

타파조스 금 광상 주변은 아마존의 중심부에서 약간 동북에 위치하는 지역으로 지형도는 없고 지질도는 현재 만들고 있는 중으로 대부분의 노두는 강가에 나타나고 있으며, 강한 열대 우림 기후의 영향으로 라테라이트층이 매우 두껍게 발달하고 있다. 조사지역의 지질은 크게 기반암류인 시생대의 변성암복합체와 원생대에 이들을 관입 또는 피복하고 있는 화강암류, 변성

화산암류, 산성 및 중성 화산암류와 퇴적암류로 구성된다. 합금석영맥은 동시대의 화강암, 변성화산암 또는 후기의 화강암 등이 관입하면서 금을 비롯한 광물질을 함유하는 잔류 마그마가 올라오면서 형성시킨 것으로 사료된다. 석영맥 시료의 현미경 관찰 결과 금을 함유하는 광석에서는 황철석, 방연석, 황동석이 관찰되며 드물게 유비철석이 관찰된다. 또한 2개의 시료에서는 금이 다량으로 관찰되었으며 금은 주로 석영 내에 타원형 또는 황철석내의 열극을 충전하면서 산출된다. 또한 본 지역은 금광화대로서 현재는 지역 내에 수천 곳에서 원주민에 의해 사금이 채취되고 있으나 거의 채취된 상태로 이의 원광상이 되는 1차광상에 대하여는 현재 탐사가 진행 중으로 소규모로 낙후된 사금채취에 대해 한국 측의 참여에 의한 대량 생산 등을 요구하고 있으며, 1차 금광 탐사를 요청하고 있다. 그러나 아마존 밀림 훼손과 현장 접근이 어려운 점등과 현지 도굴업자와의 협상 등 많은 난제가 있어 실제 개발 참여에 문제점으로 대두된다.

## 사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 산업자원부 과제인 “해외 광물자원 협력 및 기술정보구축” 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- CPRM (1996) Metallogenic map of the Tapajos area (1:500,000).  
 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, pp. 83.  
 Kashida, A., Lobato, L., Lindenmeyer, Z. and Fyfe, W.S. (1990) Introduction: Brazil, the sleeping resource giant. *Econ. Geol.*, v. 85, p. 899-903.

---

2007년 5월 4일 원고접수, 2007년 8월 20일 게재승인.