

인도네시아 중부 칼리만탄 뚝방라판 지역 금광상의 산상

김인준*

한국지질자원연구원

Occurrence of Gold Deposits of the Tumbang Lapan Area of the Middle Kalimantan, Indonesia

In-Joon Kim*

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

The geology of the Tumbang Lapan area consists of Permian to Carboniferous metamorphic rocks, Cretaceous granitic rocks, and Permian to Tertiary sedimentary and volcanic rocks. Three faults are developed in surveyed area, and are functioned as channels of the hydrothermal solution which formed quartz veins within tuffs. In the mineralized area, argillic and propylitic alterations are dominant. Argillic altered rocks show the alteration mineral assemblages of kaolinite+sericite+quartz+chlorite+pyrite. Mineral association in propylitic alteration is chlorite+epidote+feldspar+quartz+pyrite+magnetite. Vein type, fracture filling, stockwork are observed in survey area. As a result of analysis of samples from quartz veins and altered rocks, some mineralized rocks showed 0.01~4.6 g/t of gold.

Key words: strike-slip fault, hydrothermal solution, alteration, alteration mineral assemblage, gold deposit

뚝방라판 지역의 지질은 페름기-석탄기의 변성암(천매암), 백악기의 화강암 및 석탄기에서 제 3기의 퇴적암과 화산암 등으로 구성되어있다. 조사지역에는 3조의 단층이 발달하며 열수용액의 통로역할을 하였으며, 이 단층을 따라서 열수용액이 주입되어 응회암내에 석영맥을 형성하였다. 열수에 의한 모암의 변질작용은 조사지역에서 주로 이질 변질작용과 프로필릭 변질작용이 우세하게 나타나며 일부 규화작용도 초래된다. 이질 변질작용은 고령토+견운모+석영+녹니석+황철석의 광물조합을 갖는다. 반면 프로필릭 변질작용은 녹니석+녹염석+장석+석영+황철석+자철석의 광물조합을 갖는다. 조사지역에는 맥상, 파쇄충진, 망상 등의 열수광상이 발달되어 있다. 석영맥과 변질암 시료들의 분석결과 금이 0.01 g/t에서 4.6 g/t으로 나타났다.

주요어 : 주향이동단층, 열수용액, 변질작용, 변질광물조합, 금광상

1. 서 론

조사지역은 경도 113°28'44.6"E - 113°32'35.24"E, 위도 0°48'10.29"S - 0°51'55.26"S이며, 쿠알라루룬의 북서쪽 약 50km에 위치하며, 면적은 약 5×5 km에 달한다(Fig. 1). 조사지역은 행정구역상으로는 Central Kalimantan Province의 Hulu Kahayan Utara Sub District와 Kapuas Distric에 위치한다. 인도네시아의 칼리만탄 지역은 1880년대에 처음으로 네덜란드 지질학자들이 석탄자원탐사를 목적으로 개략적인 조사가 시

작된 이래, 1900년대에 들어서면서부터 석유를 찾기 위한 지질조사가 여러 석유회사들에 의해 수행되었다. 1906년과 1922년에 칼리만탄 북동부 지역에서 석유가 발견되었으며, 그 후 인도네시아 및 외국의 석유회사들이 지속적인 석유탐사를 수행하는 과정에서 이 지역에 대한 많은 지질자료들이 수집되었다. 그리고 1970년대에 들어서면서부터 수많은 광산회사들에 의해 금광 및 사금광을 찾기 위한 탐사가 활발하게 진행되었으며, 1980년대에는 인도네시아 지질조사소에서 실시한 대대적인 탐탄조사 결과, 칼리만탄 중부의 탄중, 무

*Corresponding author: ijkim@kigam.re.kr

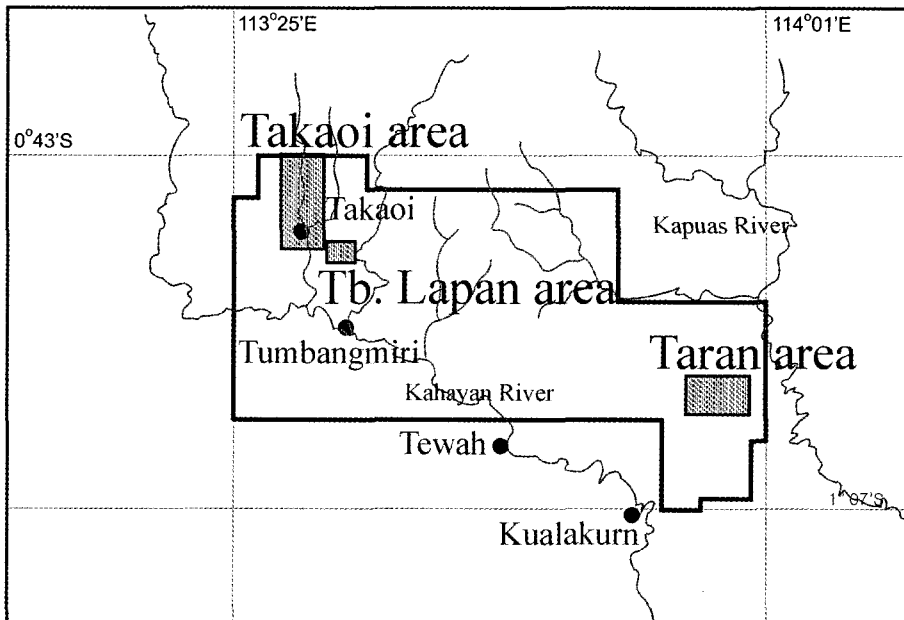
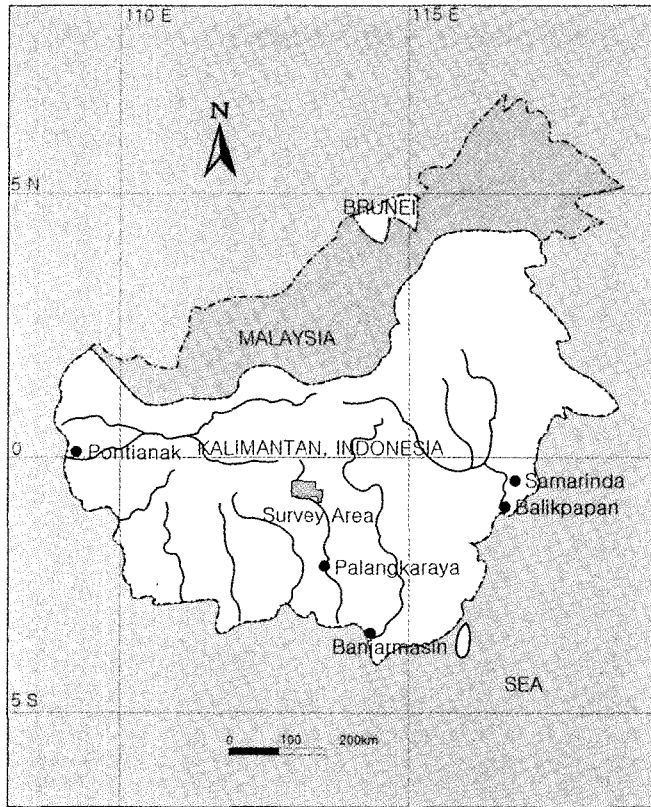


Fig. 1. The location map of study area on central Kalimantan, Indonesia.

아라/테웨, 분특지역 및 그 동부의 마하캄강 연안을 따라 상당량의 석탄이 매장되어 있음이 밝혀졌다. 뚝방라판 지역을 포함한 쿠알라쿠룬 일대(1,840 km²)에 대한 광역적인 지질조사는 1975년부터 1978년까지 인도네시아 지질조사소(GSI)와 JICA-MMAJ가 공동으로 이 지역에 배태된 광상을 탐사할 목적으로 처음으로 수행되었다. 이 조사에서는 위성자료 및 항공사진 해석, 그리고 항공자력탐사가 수행되었으며, 이와 더불어 조사

지역의 서부를 포함한 일부 지역에 대해 지표지질조사와 지구화학 및 방사능탐사가 병행된 바 있다 (Ministry of Mines and Energy, 1977, 1978a, 1978b, and 1979). 그 후 BP Minerals에서 1986년부터 1989년까지 이 지역에 배태된 금광상에 대한 탐사를 수행하였으며, 1996부터 1997년까지는 Barrick Gold Corporation이 지질 및 광화학작용에 대해서 보다 자세한 연구를 수행한 바 있다(Bugg *et al.*, 1998). 또한 조사지

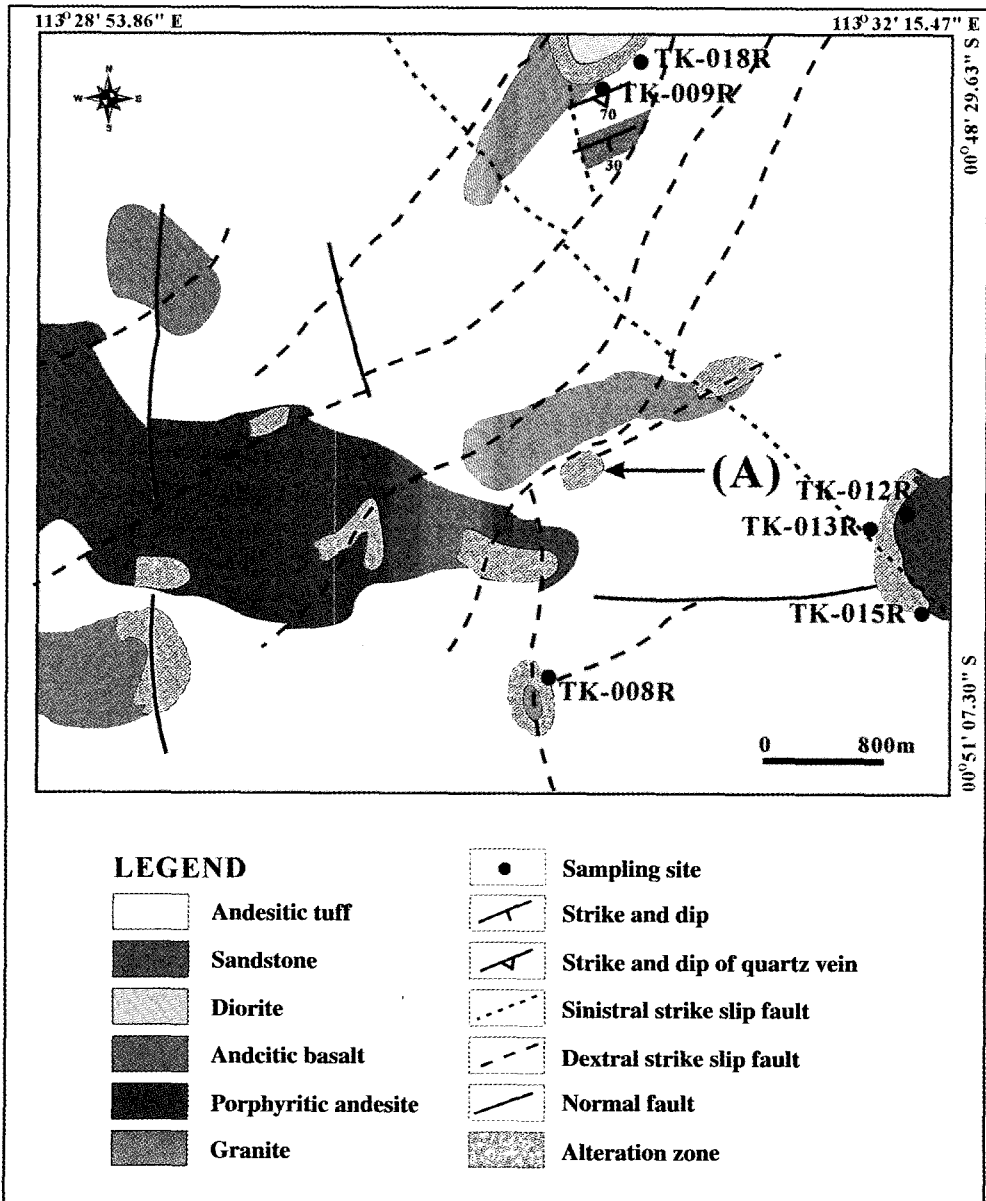


Fig. 2. Geological and alteration zoning map of the Tumbang Lapan area.

역은 인도네시아의 지질연구개발센터 (GRDC)에서 발간한 1:250,000 축척의 지질도폭인 Tumbanghiram (Margono *et al.*, 1995)의 도폭지역에 걸쳐 위치한다. 이 연구에서 사용된 각 암체 및 지층명들은 이들 도폭으로부터 인용하였다. 그러나 이 지역에 대한 정밀한 지질조사와 광물자원탐사는 이번에 처음으로 실시되었다. 따라서 이 지역에 대한 정밀지질조사 및 정밀광상 조사를 수행하여 111개의 광석시료를 채취하였고, Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Au, As와 Sb의 화학성분에 대한 분석을 실시하였다. 금번 연구의 목적은 정밀 지질조사와 지구화학적 분석 및 트랜지조사를 실시하여 금광상의 산상을 밝히는데 있다.

2. 지질 및 구조

조사지역의 지질은 다음과 같다. 최고기의 암층은 페름기-석탄기의 변성암(천매암)이며, 이 암층의 상위에 석탄기에서 제 3기의 퇴적암과 화산암이 분포한다. 이들 암층은 트라이아스기 후기 또는 백악기의 화강암에 의해 관입되고 있다. 이들 상위에는 다시 상부 올리고세-하부 마이오세의 안산암질 화산암인 시안층(Sian Formation)이 놓이며, 그 위를 부정합으로 상부 올리고세-하부 마이오세의 퇴적암이 덮고 있다. 전술한 안산암질 화산암인 시안층과 퇴적암은 제 3기 말의 안산암과 섬록암에 의해 관입된다(Fig. 2). 화강암은 신선하며, 담회색을 띠며, 반상조적을 갖는 조립질암으로 구성광물은 장석, 각섬석, 흑운모, 석영, 자철석 등이다. 안산암질 응회암은 조사지역의 75%에 걸쳐 넓게 분포하고, 유리질 응회암, 화산각력암 및 라필리 응회암으로 구성된다. 유리질 응회암은 밝은 갈색이며, 세립-중립질의 화산유리질로 구성되는 쇄설물과 실리카와 녹니석 같은 이차광물로 채워져 있다. 화산각력암은 대개 황색 또는 암회색이며, 규화 내지 안산암질 응회암의 암편을 갖고 있으며, 중간 내지 강한 프로필릭 변질작용을 받았다. 라필리 응회암은 황회색으로 휘석, 각섬석으로 구성되며 그 외에 소량의 흑운모를 갖고 있다. 퇴적암은 사암과 이암으로 구성된다. 사암은 황갈색이며, 각상 또는 아각상의 세립의 석영을 함유하고 사층리를 보인다. 이암은 암회색이며 국지적으로 석회질단괴가 발달하고 있으며, 층리는 동서 주향에 40° 남측 경사를 보인다. 반상질 안산암은 회색을 보이며, 반상구조를 갖는 중립질암으로 사장석, 흑운모, 휘석, 소량의 석영, 각섬석 등으로 구성되며, 대개 변질되지 않았다. 이 암체는 북동-남서방향의 우향이동의 단층운동을 받았다.

다. 현무암질 안산암은 암회색의 세립질암으로 유색광물과 소량의 석영으로 구성되며, 대체로 변질되지 않은 상태이다. 이 암체는 북동-남서방향의 우향이동의 단층운동을 받았다. 섬록암은 회색이며 세립 내지 중립질암으로 사장석, 석영, 흑운모, 불투명광물 등으로 구성된다. 이 암체는 현무암질 안산암을 관입하는 것으로 추정된다.

조사지역에는 3조의 단층이 발달하며 다음과 같다. 우향의 주향이동단층은 북동-남서의 주향을 보이며, 플라이오세 중기에 형성되었으며(Margono *et al.*, 1995) 열수용액과 광화작용의 통로 역할을 하였다. 좌향의 주향이동단층은 북서-남동의 주향을 가지며, 우향의 주향이동단층과 공액관계를 보인다. 이 단층도 역시 열수용액의 통로역할을 하였으며, 응회암내에 석영맥을 형성하게 하였다. 이러한 석영맥은 N30°E/30°S의 방향성을 보이며 발달하고 있다. 정단층은 북동-남서방향의 응력에 의해 인장성 연결대에서 생성되었다(Margono *et al.*, 1995).

3. 금광상의 산상

열수에 의한 모암의 변질작용은 조사지역에서 주로 이질 변질작용과 프로필릭 변질작용으로 나타난다(Fig. 2와 Fig. 3). 이질 변질작용은 조사지역의 안산암질 응회암내에 넓게 퍼져 있다. 고령토+견운모+석영+녹니석+황철석의 광물조합을 갖는다. 프로필릭 변질작용은 주로 화성암과 응회암의 경계부 부근에서 발달하고 있다. 이 변질작용은 녹니석+녹염석+장석+석영+황철석+자철석의 광물조합을 갖는다.

조사지역에는 3종류의 광화작용이 있으며 그 특성은 다음과 같다(Fig. 3). (1) 맥상; 지역의 남동부에 노출되며, 반상질 안산암과 응회암 사이의 경계부에 발달한다. 석영맥의 주향은 N30°E이며, 폭은 2-5cm에 달하고 황철석이 농집된다(TK-015R). 광화되지 않은 석영맥은 응회암내에 발달하고 있으며, 이들의 방향성은 N40°E/70°S이고, 폭은 5-15cm이다. (2) 파쇄충진; 지역의 중앙부에 노출되어 있다. 이 형태는 각력질 응회암내에 나타나며, 규질물로 채워져 있다. 그리고 카리장석(adularia)-견운모를 수반하며, 심하게 프로필릭 화된 양상을 보인다. 이러한 파쇄충진의 폭은 약 2m이다. (3) 망상; 지역의 중앙부에 노출되며 응회암내에 발달하고 있다. 응회암은 이질 및 규화 변질작용을 받았으며 다량의 갈철석을 수반한다. 석영맥의 폭은 1-2cm이다.

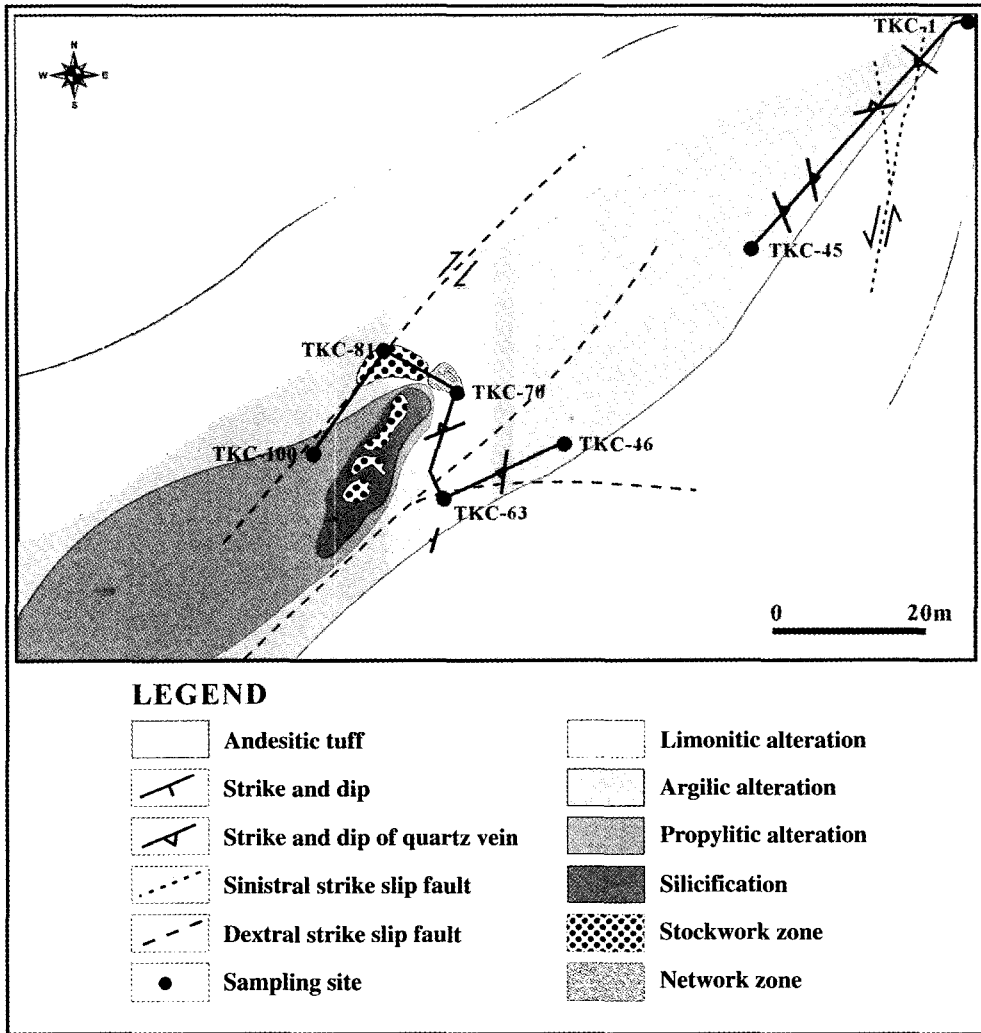


Fig. 3. Detailed alteration and mineralization zoning map of the trench site in the (A) of the Fig. 2.

4. 금광상의 지화학

조사지역에서 지구화학적 탐사를 수행하여 무작위 시료채취와 체계적인 시료채취를 하였다. 무작위 시료채취는 광화작용을 받은 노두에서, 체계적인 시료채취는 트렌치 한 곳에서 하였다. 트렌치는 지역의 중앙에서 100m를 실시하였고, 매 1m 마다 시료를 채취하였다(Fig. 2의 (A)지역 및 Fig. 3). 이번 조사지역에서는 총 111개의 시료를 채취하였다. 그 가운데 100개의 시료는 트렌치상에서의 체계적인 시료이며, 11개의 시료는 그 외 지역에서 채취한 무작위 시료이다. 채취된 모든 시료는 Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Au, As 및 Sb의

성분에 대하여 화학분석을 실시하였다. 이들 화학분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 이들 석영맥 시료들의 분석결과 금이 0.01-4.6 g/t으로 나타났다.

지역의 동남부의 맥상 광화작용은 반정질 안산암에 의해 관입당한 안산암질 응회암내에주로 분포한다. 이런 관입은 좌향의 주향이동단층에 의해 규제되며, 석영맥을 포함하는 접촉부 주위의 이질 변질작용과 외대에서의 규화작용을 일으켰다. 야외 관찰에 의하면 강한 황철석화작용 이질 및 규질화된 응회암 내에 넓게 발달하고 있다. 화학분석결과에 의하면 지역 남동부의 응회암 시료(TK-013R)는 금 0.01 g/t 및 망간 1,582 ppm으로 나타나며, 석영맥(TK-015R)에서는 금 4.6 g/t

및 망간 1,359 ppm으로 나타났다.

지역 중앙부(Fig. 2의 (A)지역과 Fig. 3)는 지구조운동과 안산암의 관입에 의해 그리고 후속된 열수용액의 주입에 의해 심하게 변질되었고 맥상, 망상, 파쇄충진을 갖는 강한 광화작용을 받은 곳이다. 변질작용은 중심부에서는 건운모-점토이며, 외부에서는 프로펠리틱이고, 강한 갈철석으로 덮인 언덕의 상부에서는 규질화작용이 일어났다. 광화광물은 주로 황철석이며, 부성분광물로는 남동석(bornite), 코벨라이트(covelite) 및 반동석(azurite)이 수반된다. 트랜치조사에서 노출된 각력대는 열수광화작용에 의해 형성되었으며, 규질물로 충전되어져 있다. 이러한 현상은 규질물이 비등대 근처에서 형성된 것을 지시한다고 보고 되어 있다(Bugg *et al.*, 1998). 이들 석영맥 시료들의 분석결과 금이 0.01g/t-0.56g/t으로 나타났다.

5. 결 론

조사지역의 지질은 다음과 같다. 최고기의 암층은 페름기-석탄기의 변성암(천매암)과, 이 암층의 상위에 석탄기에서 제 3기의 퇴적암과 화산암이 분포한다. 이들 암층은 트라이아스기 후기 또는 백악기의 화강암에 의해 관입되고 있다. 이들 상위에는 상부 올리고세-하부 마이오세의 안산암질 화산암인 시안층이 놓이며, 그 위를 부정합으로 상부 올리고세-하부 마이오세의 퇴적암이 덮고 있다. 전술한 안산암질 화산암인 시안층과 퇴적암은 제 3기 말의 안산암과 섬록암에 의해 관입된다. 조사지역에는 3조의 단층이 발달하며 다음과 같다. 우향의 주향이동단층은 북동-남서의 주향을 보이며, 플라이오세 중기에 형성되었으며 열수용액과 광화작용의 통로 역할을 하였다. 좌향의 주향이동단층은 북서-남동의 주향을 가지며, 우향의 주향이동단층과 공액관계를 보인다. 이 단층도 역시 열수용액의 통로역할을 하였으며, 응회암내에 석영맥을 형성하게 하였다. 이러한 석영맥은 N30°E/30°S의 방향성을 보이며 발달하고 있다. 정단층은 북동-남서방향의 응력에 의해 인장성 연결대에서 생성되었다. 변질작용은 중심부에서는

건운모-고령토이며, 외부에서는 프로펠리틱이고, 갈철석으로 덮인 언덕의 상부에서는 규질화작용이 일어났다. 광화광물은 주로 황철석이며, 부성분광물로는 남동석, 코벨라이트 및 반동석이 수반된다. 이 지역에서 채취된 채취된 석영맥 및 변질암 시료들의 분석결과 금이 0.01-4.6 g/t으로 나타났다. 트랜치조사에서 노출된 각력대는 열수광화작용에 의해 형성되었으며, 규질물로 충전되어져 있다.

사 사

이번 연구는 당 연구원이 인도네시아 중부 칼리만탄 지역에 대하여 1998년부터 2000년까지 한국국제협력단 개발조사사업 연구과제인 “인도네시아 중부 칼리만탄 지질도작성” 사업의 지원을 받아 수행한 연구 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사를 드립니다.

참고문헌

- Bugg, S., Rafferty, W. and Kerr, J. (1998) Report on SIPP Activities for Period March 1996-July 1997: Final Report Kuala Kurun Project, South Block (DU 1671). Unpublished Report to Barrick Gold Corp., 25p.
- Margono, U., Sujitno, T. and Santosa, T. (1995) Geological map of the Tumbangharam Quadrangle, Kalimantan (1:250,000). Geological Research and Development Center (GRDC).
- Ministry of Mines and Energy, GSI, JICA-MMAJ (1977) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase I and II, Landsat-Data Analysis, Aerial photography and Airborne Magnetic Survey.
- Ministry of Mines and Energy, GSI, JICA-MMAJ (1978a) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase II 1-2 and Phase III 1-2, Aerial Photography and Airborne Magnetic Survey.
- Ministry of Mines and Energy, GSI, JICA-MMAJ (1978b) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase IV 1, Photo Geological Survey.
- Ministry of Mines and Energy, GSI, JICA-MMAJ (1979) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase IV 2, Geological Survey.