

## 인도네시아 중부 칼리만탄 따까오이 지역 사금광상의 산출상태

김인준\* · 이재호

한국지질자원연구원

### Occurrence of Placer Gold Deposits from the Takaoi Area of the Middle Kalimantan, Indonesia

In-Joon Kim\* and Jae-Ho Lee

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

Placer gold deposits is mainly distributed in the Takaoi area. The alluvium is unconsolidated or semiconsolidated deposit consisting of gravel, sand, and soil beds in ascending order. They unconformably overlies the Carboniferous-Permian schist and Cretaceous granodiorite substratum. Based on detailed facies analysis, the alluvium can be interpreted as a typical fluvial deposits containing gravel and sand beds of channel-fill unit and soil deposit of floodplain. Gold grains are included mainly in the gravel bed and vein quartz is only contained gold among all kinds of gravels. These features indicates that the source rock of the gold grain is vein quartz and gold grains are separated from vein quartz during transport and abrasion. The reserves of gold in this area reach to at least 792 kg.

**Key words :** placer gold deposit, fluvial deposits, gravel bed, reserves of gold, Takaoi

사금광상은 주로 따까오이 지역에 분포한다. 충적층은 미고화 또는 반고화된 자갈층, 사질층과 토양층으로 구성된다. 이들은 석탄기-페름기 편암과 백악기 화강섬록암위에 부정합으로 놓인다. 상 분석에 의하면 충적층은 하도 충진의 자갈과 모래 퇴적광상 및 범람원 토양광상을 포함하는 전형적인 하성퇴적광상으로 사료된다. 금 입자는 주로 자갈층 내에 함유되어 있으며, 자갈층을 구성하는 역들 중에서 석영맥 기원의 역들만이 금을 함유하고 있다. 이러한 양상은 원암이 석영맥이었고, 이동과 식박작용 동안 석영맥으로부터 금입자가 분리되었음을 지시한다. 이 지역에서의 금 매장량은 최소 792 kg에 달한다.

**주요어 :** 사금광상, 하성퇴적광상, 역압층, 금 매장량, 따까오이

### 1. 서 론

인도네시아의 칼리만탄 지역은 1880년대에 처음으로 네덜란드 지질학자들이 석탄자원탐사를 목적으로 개략적인 조사가 시작된 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 광산회사들

에 의해 금광 및 사금광을 찾기 위한 탐사가 활발하게 진행되었으며, 1980년대에는 인도네시아 지질조사소에서 실시한 대대적인 탐사조사 결과, 칼리만탄 중부의 탄중, 무아라태웨, 분톡지역 및 그 동부의 마하캄강 연안을 따라 상당량의 석탄이 매장되어 있음이 밝혀졌다. 그리고 인도네시아 지질조사소가 일본국제협력단 및 일본금속사업단과의 협력으로 1975~1978년에 걸쳐 총 36,300 km<sup>2</sup>의 면적에 대해 인공위성 및 항공사진 판독, 항공자력 탐사, 지표조사, 지화학 및 방사능탐사를 수행하였다(Ministry of Mines Indonesia, GSI, JICA-MMAJ, 1977, 1978a, 1978b, 1979; JICA, 1978).

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

Barrick 회사가 1997년 이 지역에 대한 광물자원탐사를 수행하였으며(Barrick, 1997; Bugg *et al.*, 1998), Carlisle와 Mitchell (1995)은 칼리만탄 지역에 대하여 화산호에 관련된 금과 동광상의 일반적인 산상을 보고한 바 있다.

1970년대 말부터 1990년대 초에 걸쳐 항공사진, 위성사진 등의 분석 자료와 그 동안 수집되었던 지질자료들을 종합 정리하여 칼리만탄 지역에 대한 1:250,000만 축척의 지질도들이 발간되었다(Suetrisno *et al.*, 1994; Sumartadipra and Margono, 1996; Supriatna *et al.*, 1995).

조사 지역은 인도네시아 중부 칼리만탄의 북서부에 위치한다(Fig. 1). 이 지역에 나타나는 사금광상의 산상을 정확하게 파악하기 위하여 지질 및 광상 조사를 실시하였고, 암석 및 광석 관련 시료를 채취하였다. 특히 광석시료는 강 주변을 따라서 토양, 미고결 역질층, 다란층(현지에서 금이 많이 나오는 퇴적층)에 대하여 10

개 지점에서 시료를 채취하였으며, 광산에서도 강 주변과 마찬가지로 5개 지역 16곳에서 시료를 채취하였다(Fig. 1). 광산 시료 중 M1 지역과 M5 지역에 대하여서는 지형을 측량하여 지형도를 제작하였고, 물리탐사를 병행하였다.

## 2. 지질 및 구조

인도네시아의 지체구조는 크게 수마트라섬과 자바섬 남쪽으로 유라시아판과 호주판이 서로 만나는 섭입대가 있으며, 술라웨시섬 동쪽에는 유라시아판과 태평양판이 만나는 섭입대가 발달하고, 그 북쪽 연장상에는 유라시아판과 필리핀판이 만난다(Hamilton, 1979). 칼리만탄섬 부근에는 섭입대가 발달하지는 않으나 이 섬을 중심으로 섭입대가 둘러싸여 있으며, 지각이 거의 남북 방향으로 이동하는 영역 내에 위치하고 있다. 또한 칼리만탄의 남부와 북부는 동-서 방향의 중생대 오

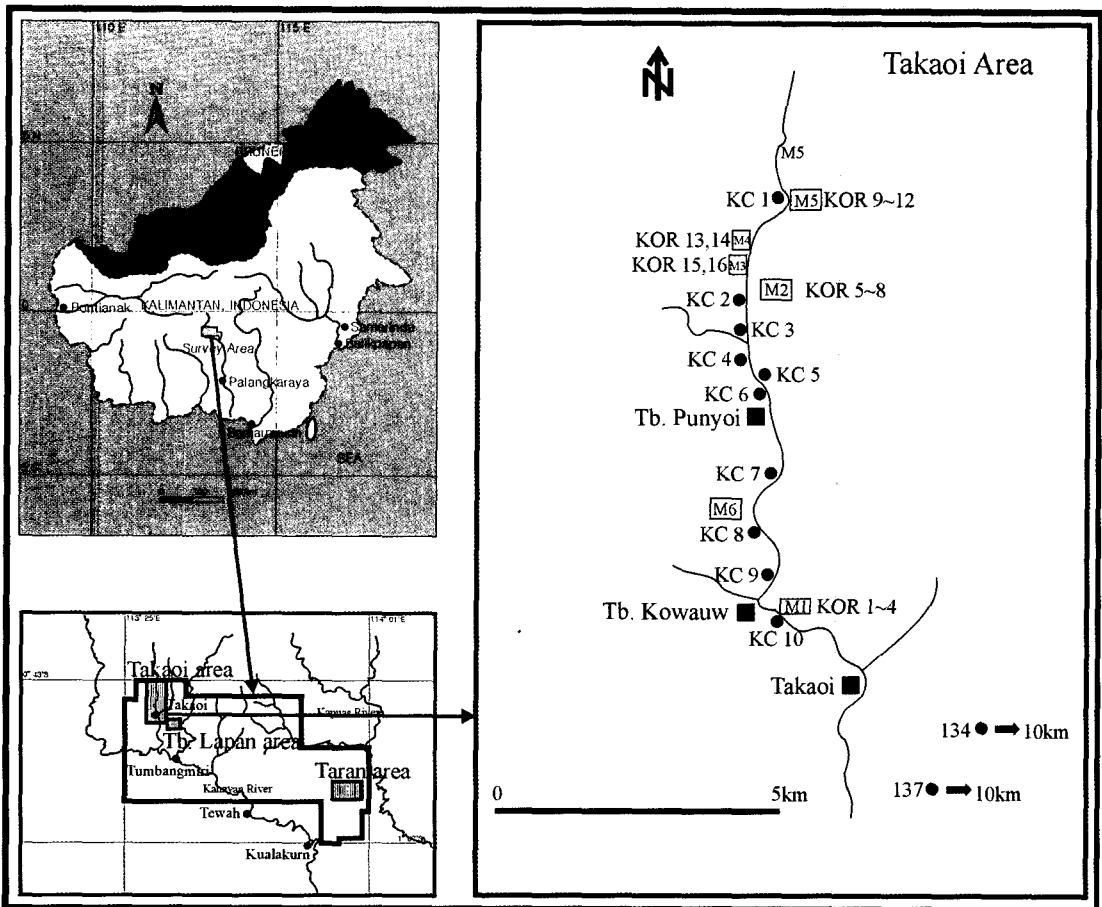


Fig. 1. The location and sampling site map of Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

피오라이트대(ophiolite zone)의 연장으로 알려진 루퍼 라인(Lupar Line)에 의해서 분리되어 있었으며, 칼리만

탄의 남부는 에오세초기(약 50 Ma) 이래로 하나의 강괴로 존재한다. 그리고 제3기에 발생한 마카사르해협

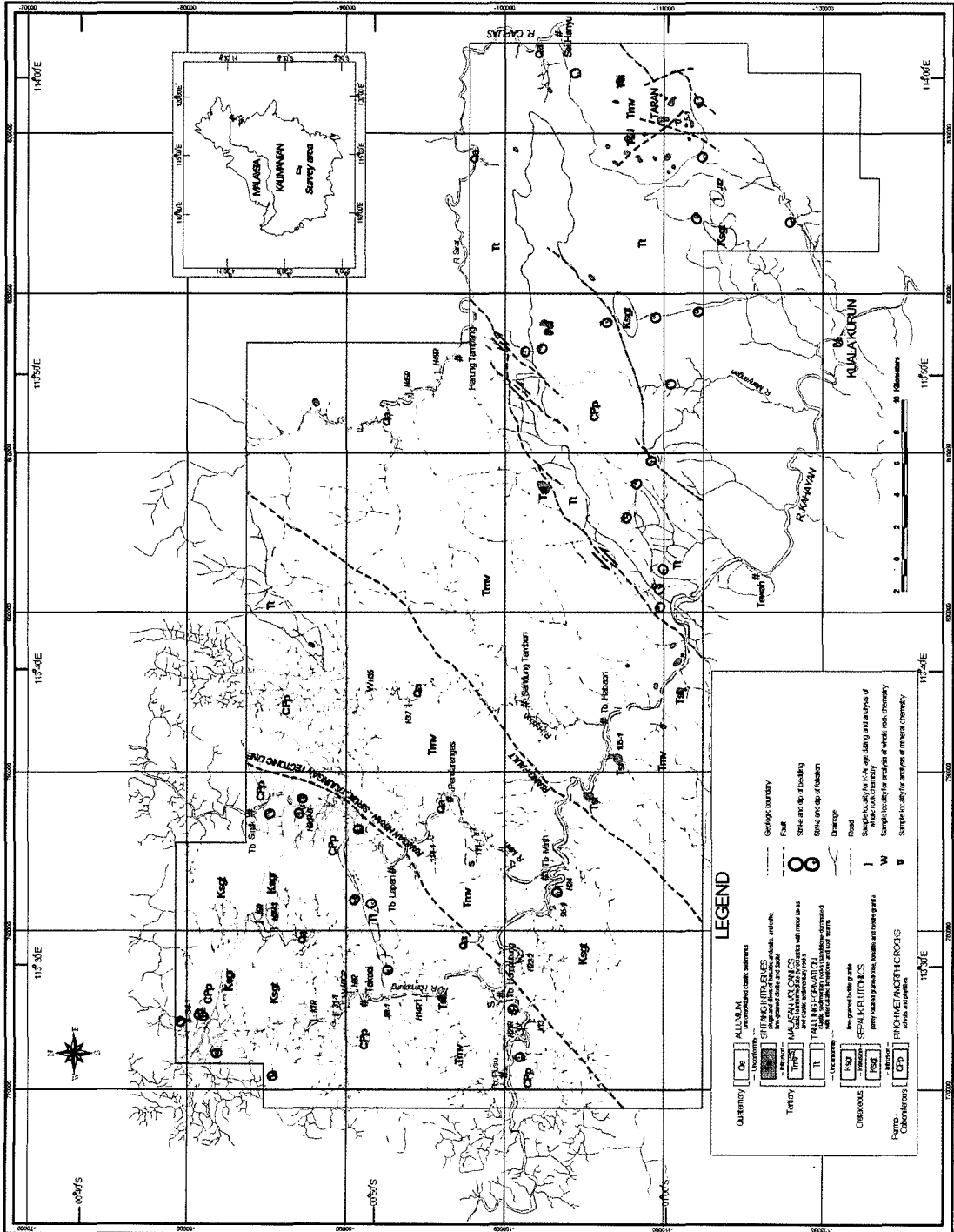


Fig. 2. Geological map of the study area, Central Kalimantan, Indonesia.

(Makassar Strait)의 열림으로 인해 칼리만탄 동부로부터 술라웨시(Sulawesi) 서부가 분리되어 나가고, 칼리만탄 동부 지역에는 대규모의 퇴적분지들이 발달한다. 조사지역의 구조를 보면 주로 NE 방향의 선구조 및 단층구조를 잘 보여주고 있다. 이는 또한 광맥의 구조 선과도 잘 일치하고 있다. 그러나 지역적으로는 이와 사교하는 방향인 NW구조선도 나타나고 있다.

조사지역 내에는 하부로부터 주로 편암류로 구성된 피노(Pinoh) 변성암복합체, 주로 화강섬록암으로 구성된 세파옥(Sepauk) 심성관입암체와 탄중(Tanjung) 퇴적암류, 말라산(Malasan) 화산암류 및 신탕(Sintang) 관입암류가 분포한다(Fig. 2).

피노(Pinoh) 변성암복합체는 조사지역의 북부지역일대에 분포하며, 지역의 중앙부에 떠 있는 상태로 소량 분포한다. 이 복합체는 주로 운모편암류로 구성된다. 이 암체의 형성 시기는 고생대의 석탄기-페름기 및 중생대의 트라이아스기로 보고되었다(Margono *et al.*, 1995). 세파옥(Sepauk) 심성관입암체는 조사지역의 북부 및 남부지역 일대에 분포한다. 이 암체는 기존에 세파옥(Sepauk) 토날라이트라고 명명되었던 것이다(Margono *et al.*, 1995; Sumartadipra and Margono, 1996). 그러나 조사지역 내의 이 암체는 토날라이트 뿐만 아니라 화강섬록암 및 흑운모화강암 등의 다양한 화강암질암으로 구성된 심성암복합체로 나타난다. 이들 암석 중 화강섬록암이 가장 넓은 분포를 보이며 북부지역에서는 세립질흑운모화강암이 암맥상으로 관입하고 있으며, 지역에 따라서 편리구조를 보이기도 한다. 그리고 일부 지역에서는 섬록암 및 각섬석암이 소규모로 분포한다. 따라서 이 연구에서는 이들 암체에 대해 세파옥(Sepauk) 심성암류라고 명명하였다. 제3기의 탄중(Tanjung) 퇴적암류는 조사지역의 중앙부에 변성암체와 화산암체 사이에 소량으로 분포한다. 이 퇴적암류의 지질시대는 중기 내지 후기 마이오세로 알려져 있다. 퇴적암류는 주로 사암으로 구성되며 이암 및 역암이 소량으로 분포된다. 말라산(Malasan) 화산암은 조사지역 중부에 동서방향으로 넓게 분포한다. 이들은 라피리응회암 및 집괴암(agglomerate)과 같은 쇄설암(pyroclastic rock)과 안산암으로 구성된다. 신탕(Sintang) 관입암류는 제3기의 퇴적암류 및 화산암류를 관입하며 암전(plug)형태로 독립적으로 분포한다.

### 3. 금광상의 산상

조사지역 내에는 도처에 현지 소규모 광산이 많이 있

으며, 특히 목재회사의 채석장내에는 천연수계 광맥군이 발견되기도 한다. 따카오이 지역은 현재는 2차 광상인 사금만을 대상으로 하고 있으며, 사금은 표토층에는 거의 없으며, 표토층 아래에 분포되는 미고결 역질층 및 미고결 역질층과 기반암 사이에 다량의 금이 배태된다. 기반암은 주로 화강섬록암이며, 이들 화강섬록암내에는 도처에서 세립질화강암이 관입한 것이 관찰된다. 금의 기원은 아직까지 정확히 알려지지 않고 있으나, 화산암내에 분포했던 석영맥이 부서지면서 이들 금이 석영맥에서 분리되어 퇴적된 것으로 사료된다. 1차 원광상인 함금 석영맥은 지역 남부의 화산암내에 1개소에서만 나타난다. 이들 화산암류는 열수변질작용을 받았으며, 폭 10cm 미만의 석영맥이 망사상으로 발달하고 있다.

2차 광상인 사금광은 강가나 강에서 조금 떨어진 퇴적층 내에 형성되어 있다. 표토층은 얇은 곳이 약 1m이며, 깊은 곳은 약 10m 내외이다. 표토층 밑에는 점토층이 발달하기도 하며, 하부에는 약 20cm에서 2m의 미고결 역질층이 발달한다. 미고결 역질층은 대부분 금을 함유하고 있으며, 하부로 갈수록 금이 많이 배태되어 있다. 역암은 주로 이들 지역에 분포되는 변성암류, 화강암류 및 화산암류와 일부 퇴적암 및 석영 등으

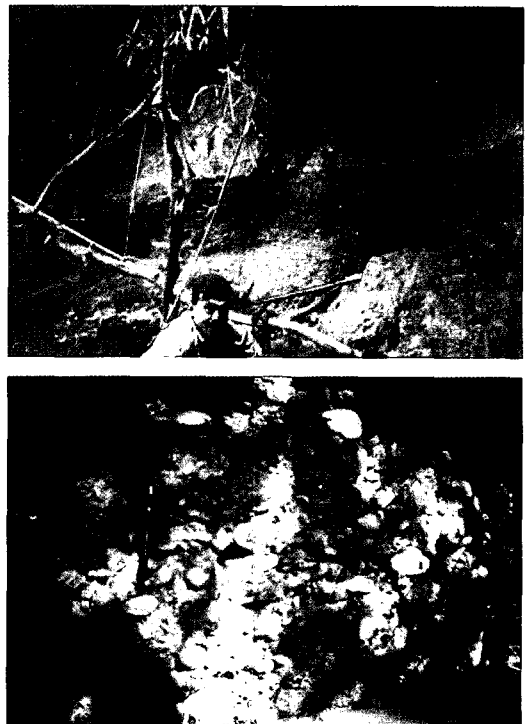


Fig. 3. Photograph showing the outcrop of the soil profile (upper), and conglomerate bed (below).

로 구성되고 있으며, 역의 크기는 매우 다양하며, 원마도가 양호한 것으로 미루어 멀리서부터 흘러와 쌓인 것으로 보인다. 이 하부에는 기반암인 화강섬록암이 발달

하며, 이들은 대부분 풍화되어 있어서 신선한 기반암은 관찰할 수 없으나, 풍화된 암석은 원암의 구조를 거의 지니고 있으며, 금은 거의 배태되지 않는다. 이들 금의

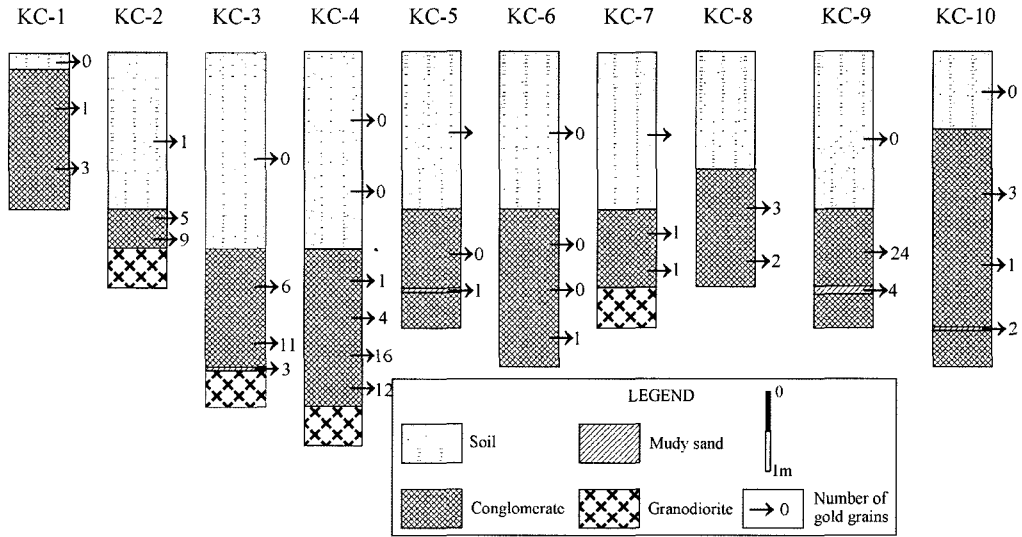


Fig. 4. Columnar section of river sites in the Takaoui area on central Kalimantan, Indonesia. The map shows number of gold grains in each zone.

Sample No.	Sketch of Gold 0.2mm	Number of grains	Weight (gr)
KC 1-C		2	
KC 2-B		4	0.0008
KC 2-C		6	0.0010
KC 3-C		9	0.006
KC 3-D		5	0.0005
KC 4-C		1	

Sample No.	Sketch of Gold 0.2mm	Number of grains	Weight (gr)
KC 4-D		2	
KC 4-E		6	0.0002
KC 4-F		14	0.005
KC 7-B		8	
KC 8-B		5	0.0001

Fig. 5. Sketched diagrams of gold grains (KC samples) in the Takaoui area on central Kalimantan, Indonesia.

기원은 아직까지 정확히 알려지지 않고 있으나, 화산암 내에 분포했던 석영맥이 부서지면서 이들 금이 석영맥에서 분리되어 퇴적된 것으로 사료된다.

사금의 분포는 Fig. 1에서 보여주고 있듯이 따카오이(Takaoui) 마을 바로 북측에서 좌측 북으로 KC10에서 KC1 사이의 약 10Km 구간에서만 확인되고 있다. 강변 노두의 관찰 결과를 보면 위로부터 토양층, 사질을 포함하는 미고결 역질층(Fig. 3), 사질을 포함하는 다란층 및 기반암인 화강섬록암으로 구성된다. 강변 노두의 단면에서 채취한 시료에서 금은 주로 기반암 위의 사질을 포함하는 층, 즉 미고결 역질층의 하부에서 많이 산출되고 있음을 알 수 있다(Fig. 4). 또한 이들 각 지점, 각 단면에서 채취한 금 입자들의 산출형태를 Fig. 5에 나타내었으며, 금 입자들은 여러 가지 형태를 보이고 있으며 이는 이동되는 동안에 마모되지 않았음을 나타낸다. 다란층내의 사질물을 X선 회절분석한 결과를 보면 구성광물은 주로 일라이트, 카올린광물과 석영으로 구성된다(Fig. 6의 KC4).

강 안쪽에서 가행하고 있는 광산을 대상으로 조사한 결과, 이들도 강변과 마찬가지로 위로부터 토양층, 사질을 포함하는 미고결 역질층, 사질을 포함하는 다란층 및 기반암인 화강섬록암으로 구성된다(Fig. 7). 금은

주로 미고결 역질층 내에 많이 함유되어 있으며, 역암 들은 주로 석영, 화강섬록암, 퇴적암, 화산암 등으로 중

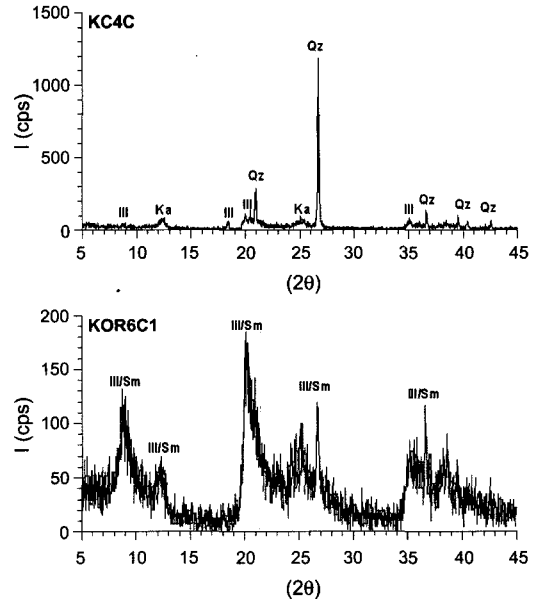


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of KOR6C1 and KC4 samples in the Takaoui area on central Kalimantan, Indonesia.

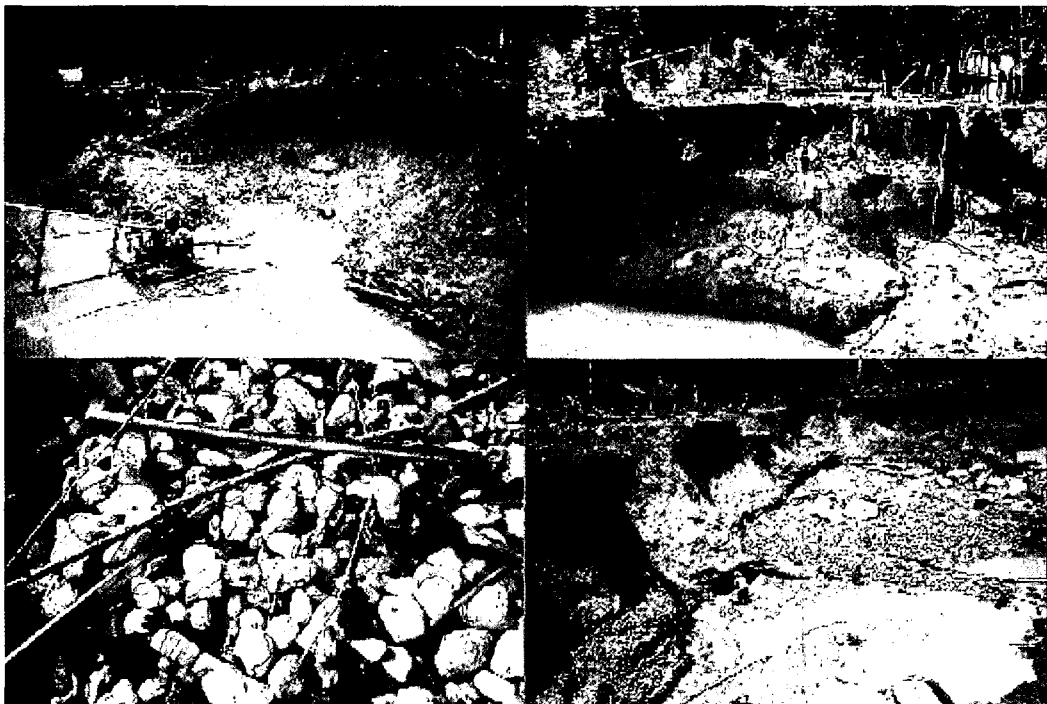


Fig. 7. Photograph showing the "Landing" (upper left side), outcrop of the conglomerate (upper right side), conglomerate (below left side), and outcrop of the basement (below right side).

류와 크기가 다양하다. 역들 중 석영은 역시 금을 함유하고 있어, 이들이 이동되어 퇴적되는 과정에 금이 주로 미고결 역질층 내에 퇴적된 것으로 사료된다.

M1의 경우 현 지표는 약 2m 폭의 황토(라테라이트)로 구성되고 그 하부로 평균 2m 폭의 미고결 역질층이 발달하고 그 하위에 화강섬록암이 기반암으로 노출되어 있다. 미고결 역질층은 기복이 있는 평탄하지 않은 화강섬록암 바로 직상부에 화강섬록암의 풍화물과 석영 자갈이 주 구성원이 되어 약 3m의 두께를 이루며 이중 하반부 30cm 구간에서 가장 많은 금이 퇴적되어 있다. 채굴적의 대부분은 물에 차 있거나 고하상의 상징물인 화강섬록암과 잘 마모된 5cm 이상의 석영 등

으로 바닥 부분이 뒤덮여있다. Fig. 8은 채굴적의 단면을 보여주고 있으며, 여기서 채취한 시료들을 팬닝한 결과 나온 금의 개수를 함께 보여주고 있다. 금은 역시 강변과 마찬가지로 주로 기반암 위의 사질을 포함하는 층, 즉 미고결 역질층의 하부에서 많이 산출되고 있음을 알 수 있다. 또한 이들 각 지점, 각 단면에서 채취한 금 입자들의 산출상태를 Fig. 9에 나타내었으며, 금 입자들은 역시 여러 가지 형태를 보이고 있으며 이는 이동되는 동안에 마모되지 않았음을 나타낸다. 단면층 내의 사질물을 X선 회절분석한 결과를 보면 구성광물은 주로 일라이트, 카올린광물, 녹니석, 마그네슘이 풍부한 방해석과 석영으로 구성된다. 사력층을

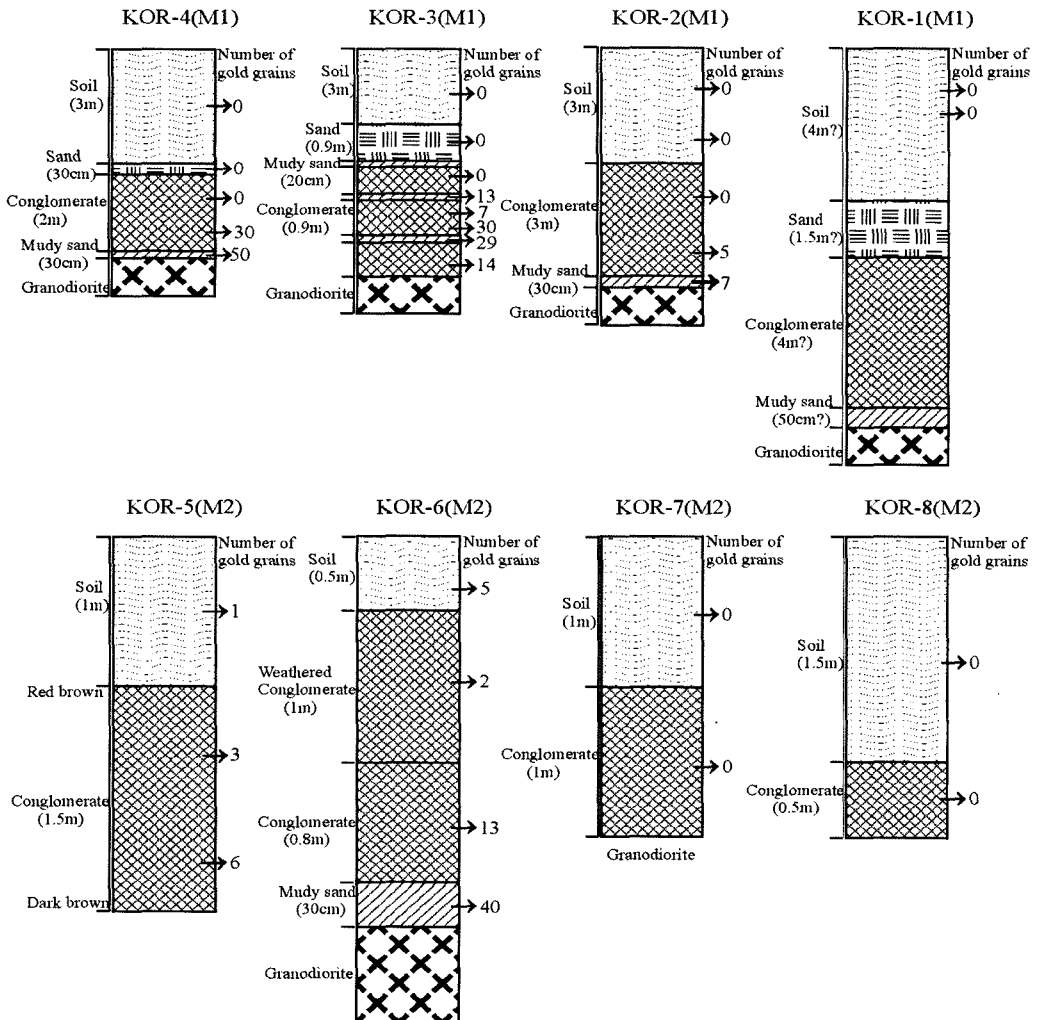


Fig. 8. Columnar section of M1 to M5 sites in the Takaoui area on central Kalimantan, Indonesia. The map shows number of gold grains in each zone.

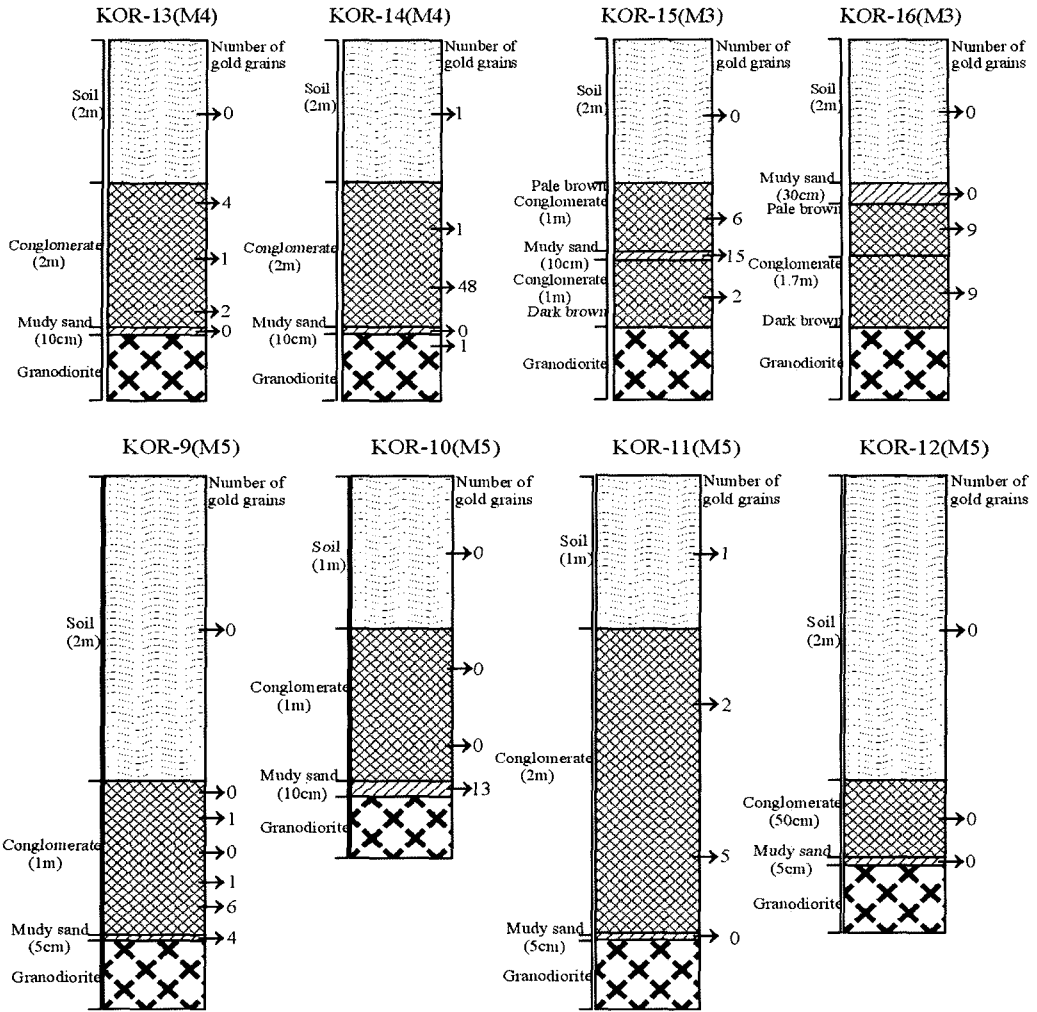


Fig. 8. Continued.

팬닝하여 얻은 증사는 주로 자철석으로 드물게 저콘, 황철석, 유비철석, 금 등이 관찰된다. 채굴된 현장의 바닥에서 관찰되는 석영맥 전석 중에는 황철석과 유비철석을 드물게 확인할 수 있다. 금은 기반암의 직상위 접촉부 직상부 사력층에 가장 많이 함유되어 있고 상위로 가면서 금의 입도가 작아지는 반면에 입자의 수는 증가하는 추세를 보인다. 기반암 직상부 가장 금을 함유한 부위의 직상부는 다소 금이 빈약한 것으로 보아 함유 석영맥의 근원지가 다르거나 퇴적환경의 차이가 있음을 지시한다.

M2로부터 남북으로 발달된 강은 주류가 되고 서측으로부터 흘러와 이에 합류하는 강줄기가 서측으로 발달되어 있다. M2에서부터 서측으로 약 500 m 거리에서

이르는 동안 3곳에서 이미 채굴하고 버려진 곳이 물에 차 있다. 채굴적의 단면은 Fig. 8에 나타내었다. 금은 다른 지점과 마찬가지로 주로 기반암 위의 사질을 포함하는 다란층, 즉 미고결 역질층의 하부에서 많이 산출되고 있음을 알 수 있다. 또한 이들 각 지점, 각 단면에서 채취한 금 입자들의 산출상태를 Fig. 9에 나타내었고, 금 입자들은 역시 여러 가지 자연적인 형태를 보이고 있어 이는 이동되는 동안에 마모되지 않았음을 나타낸다. 광산 내의 점토를 X선 회절분석한 결과를 보면 구성광물은 주로 일라이트/스멕타이트의 혼합층 상광물로 구성된다(Fig. 6의 KOR6C1). 금 입자의 크기가 상위층으로 가면서 증대하는 경향을 보이는 것이 강 가까이에서의 경우와 다르다.



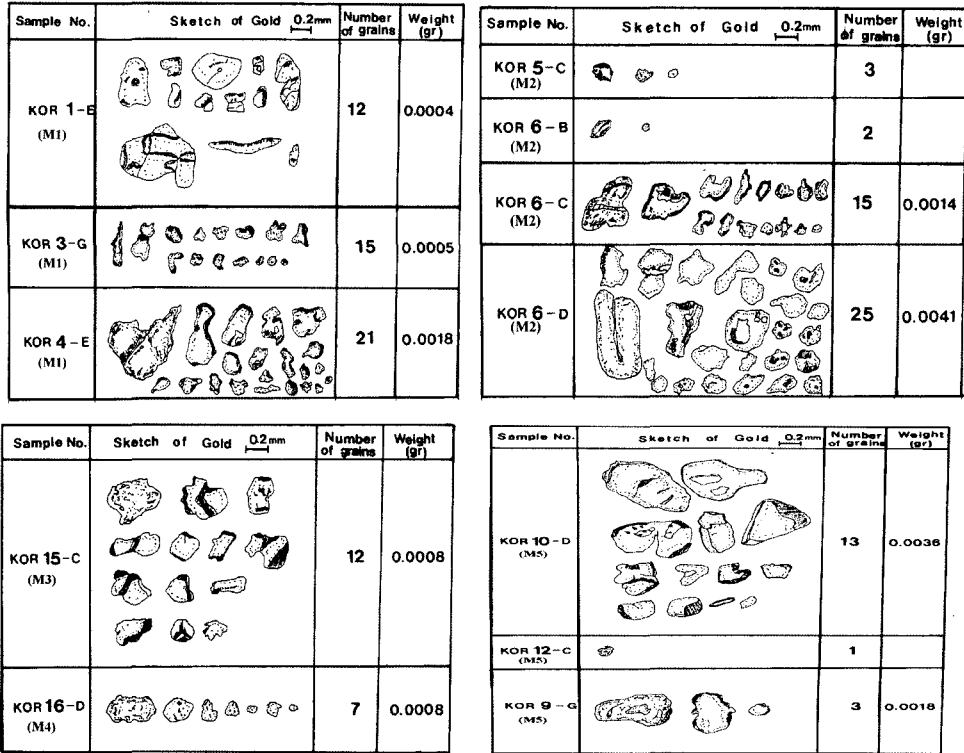


Fig. 9. Sketched diagrams of gold grains (M1 to M5 site samples) in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

M3와 M4로 표시된 강 상류의 좌측편 강변에 연하여 기반암인 화강섬록암 위에 두껍게 쌓인 미고결 역질층은 3cm-10cm 인편의 석영과 화강섬록암 등의 역암들이 사력 및 점토들과 어울려 거의 반 고결된 약 2m 폭의 층을 이룬다(Fig. 1). 두 현상은 거의 비슷한 규모로 개발되고 있다. 고 하상이 비교적 넓게 발달하여 하부 위는 비교적 크기가 작은 자갈이 모래와 함께 이루어지고 역암의 크기가 상부로 갈수록 큰 것들로 구성되어 있다. 하부 자갈층에서 평균 크기보다 훨씬 큰 역암층의 밑에 부존하는 적은 양의 사질층은 주로 기반암으로부터 풍화되어 분리된 사력질로서 대부분 금을 함유한다. 채굴적의 단면은 Fig. 8에 나타내었으며, 여기서 채취한 시료들을 펴낸 결과 나온 금의 개수를 함께 보여주고 있다. 금은 하부로 갈수록 많이 산출되고 있음을 알 수 있다. 또한 이들 각 지점, 각 단면에서 채취한 금 입자들의 산출상태를 Fig. 9에 나타내었으며, 금 입자들은 역시 여러 가지 자연적인 형태를 보이고 있으며 이는 이동되는 동안에 마모되지 않았음을 나타낸다. 기반암의 표면이 움푹 파여진 곳에 쌓여진 물질은 거의 화강섬록암으로부터 풍화 분리된 백회색의 사력으로 여기에 침전된 금 알맹이는 비교적

큰 석영 자갈이 정체한 위치에서 비중 탓으로 함께 물에 운반되어 오다 침전되어진 것이다. 자갈이 없는 부위의 사질점토층에서는 거의 금이 배태되어 있지 않고 오로지 기반암의 풍화로 형성된 사질이 이동해와 쌓여진 부위에는 비교적 입도가 큰 금이 침전하여 존재한다. 금 입도와 유속에 따른 운반 침적 거리는 앞으로 실험 연구 대상이 될 만하다. 또한 다란층 내의 사질물을 X선 회절분석한 결과를 보면 구성광물은 주로 일라이트, 카올린광물, 침철석과 석영으로 구성된다.

M5 지점에 있는 채굴적의 단면은 Fig. 8에 나타내었으며, 여기서 채취한 시료들을 펴낸 결과 나온 금의 개수를 함께 보여주고 있다. 금은 역시 다른 광산과 마찬가지로 주로 기반암 위의 사질을 포함하는 다란층, 즉 미고결 역질층의 하부에서 많이 산출되고 있음을 알 수 있다. 또한 이들 각 지점, 각 단면에서 채취한 금 입자들의 산출상태를 Fig. 9에 나타내었으며, 금 입자들은 역시 여러 가지 자연적인 형태를 보이고 있으며 이는 이동되는 동안에 마모되지 않았음을 나타낸다.

1차 원광상인 함유 석영맥은 화산암류 내에 발달하고 있다. 이 지역의 화산암류는 폭 넓게 약한 프로필리틱 변질작용을 받았으며, 주로 변질광물은 녹니석-황

철석으로 구성되며 소량의 방해석이 산출되기도 한다. 변질작용은 구조적 지배를 받았으며, 점토-황철석이 수반되는 규화작용이 주이며, 부분적으로 세맥의 석영맥이 발달하기도 한다. 진전된 이질(advanced argillic) 변질작용은 지역의 남중부에서 발견된다. 이 지역은 화산쇄설암이 규화작용을 많이 받았으며, 석영맥 및 방해석맥이 망사상으로 나타나며, 일부 점토광물이 맥을 따라서 농집되어 나타나기도 한다(Fig. 10). 이들 맥의 방향은 주로 N40°E 내지 N-S 방향이며 폭은 10cm 내외이고, 연장은 100 m 내외이다. X선 회절분석에 의하면 카올린광물, 일라이트, 탄산염광물 및 황철석 등의 변질광물이 산출된다. 변질대에서 채취한 시료들의 금과 은의 분석치는 표 1에 나타내었다. 금은 최대 0.38 g/t이며, 은은 최대 1 g/t을 나타내고 있다.

Simpson (1996)에 의하면 조사지역 석영맥 내의 석영 유체포유물 균질온도는 205°-255(평균 227°C)의 범위를 나타내며, 염농도는 0.35%-2.07%(NaCl)의 범위를 나타낸다. 자수정의 유체포유물 균질온도는 232°-292°C(평균 251°C)의 범위를 나타내며, 염농도는 1.40%-3.71%(NaCl)의 범위를 나타낸다. 이들 온도의 최고 값으로 계산한 심도는 구하수면에서 석영이 490 m, 자수정이 900 m 아래에서 형성되었다. 유체포유물 자료는 이 지역이 적어도 310 m 정도 삭박되었음을 지시한다.

#### 4. 금광상의 품위

조사지역 내에는 도처에 사금갱이 산재하고 있다. 이 중에서 현재 사금을 채취하고 있는 6곳(Fig. 1의 M1부터 M6)에 대하여 광상조사를 실시하였으며, 이 중에서 2곳(Fig. 1의 M1 및 M5)에 대하여는 지형 측량을 하여 지형도를 작성하고 물리탐사도 병행하였다(Fig. 1의 KOR 시료). 또한 따까오이 마을로부터 북측 강을 따라 강변에 있는 역암을 포함하는 토양에 대하여도 광상조사를 병행하였다(Fig. 1의 KC 시료).

강변의 각 지점에서 채취한 중사시료들의 금 및 은 분석 값을 표 1에 나타내었다. 강변 토양층의 중사를 분석한 결과 0.06-112.49 g/tg/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 11의 (A)에 도시화하였다. 강변 미고결 역질층의 중사를 분석한 결과 0.02-2,095.90 g/tg/t의 금을 함유한 것으로 나타났다(Fig. 11의 (B)). 강변 사질을 포함하는 기반암 바로 위 다란층의 중사를 분석한 결과 1.06-3,199.17 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났다(Fig. 11의 (C)). 이들 각층에서 채취한 중

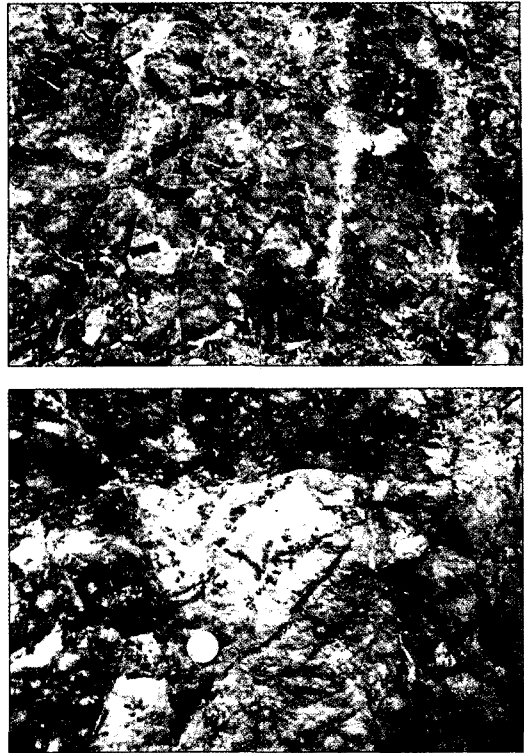


Fig. 10. Photograph showing the outcrop of the quartz vein (upper), clay and pyrite vein (below).

사시료들의 금 분석치 결과도 눈으로 확인한 금의 수와도 잘 일치하고 있음을 보여준다.

M1 광산의 경우 4개의 채굴적이 있다. 이들 각 지점에서 채취한 중사시료들의 금 및 은 분석 값을 표 1에 나타내었다. 토양층의 중사를 분석한 결과 상부는 최대 0.71 g/t, 하부는 최대 0.99 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 12의 (A)와 (B)에 각각 도시화하였다. 미고결 역질층의 중사를 분석한 결과 상부는 0.73-6.60 g/t, 하부는 1.76-6.33 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 12의 (C)와 (D)에 각각 도시화하였다. 사질을 포함하는 기반암 바로 위의 층 “다란층”의 중사를 분석한 결과 상부는 42.89-62.56 g/t, 하부는 235.99-479.59 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 12의 (E)와 (F)에 각각 도시화하였다. 이들 각층에서 채취한 중사시료들의 금 분석치 결과도 눈으로 확인한 금의 개수와도 잘 일치하고 있음을 보여준다.

M2 광산의 경우 4개의 채굴적이 M6 광산의 경우 2개의 있다. Table 1은 각 지점에서 채취한 중사시료들의 금 및 은 분석 값을 보여주고 있다. 토양층의 중사

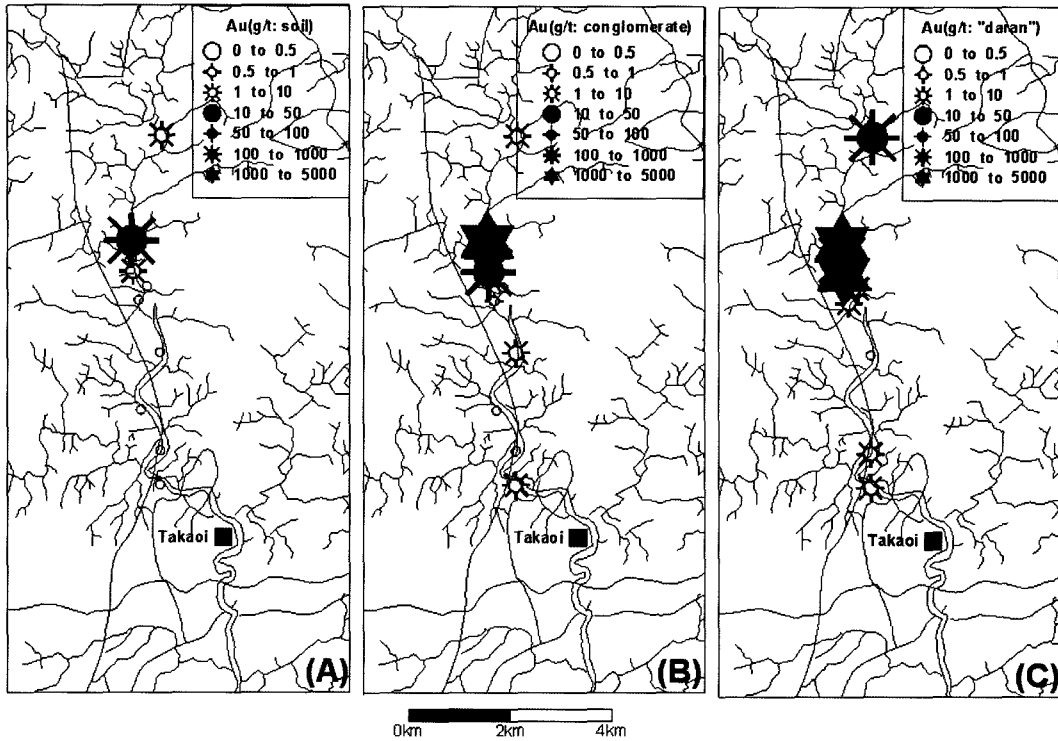


Fig. 11. Gold occurrence map of heavy concentrates for soil (A), conglomerate (B) and daran (C) samples in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

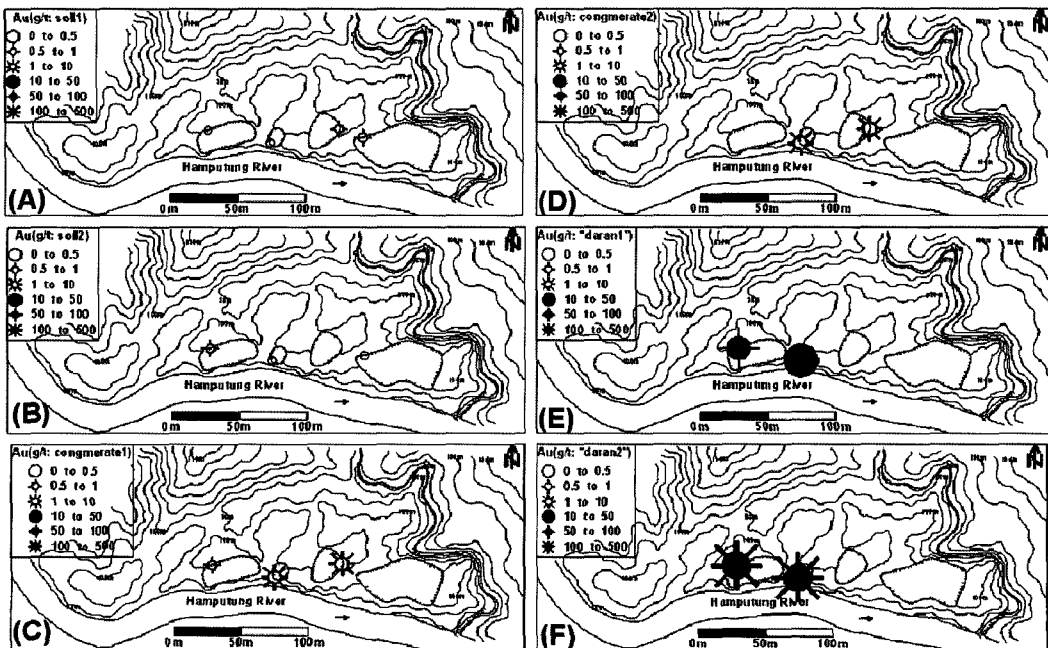


Fig. 12. Gold occurrence map of heavy concentrates for upper part of the soil (A), below part of soil (B), upper part of the conglomerate (C), below part of conglomerate (D), upper part of the daran (E) and below part of daran (F) samples of the M1 site in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

를 분석한 결과 0.03- 21.17 g/t의 금을, 미고결 역질층의 상부는 0.11-12.98 g/t, 하부는 28.34-188.83 g/t의 금을, 사질을 포함하는 기반암 바로 위의 층 “다란층”은 16,308.00 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났다. 이들 금 분석치 결과도 눈으로 확인한 금의 개수와도 잘 일치하고 있음을 보여준다.

M3 및 M4 광산의 경우 각각 2개의 채굴적이 있다. Table 1은 각 지점에서 채취한 중사시료들의 금 및 은 분석 값을 보여주고 있다. 토양층의 중사를 분석한 결과 0.20-0.96 g/t의 금을, 미고결 역질층의 중사를 분석한 결과 상부는 0.03-29.13/t, 하부는 0.48-1,415.57 g/t의 금을, “다란층”의 중사를 분석한 결과 상부는 0.07-10,082.98 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났다. 이들 각 층에서 채취한 중사시료들의 금 분석치 결과도 눈으로

확인한 금의 개수와도 잘 일치하고 있음을 보여준다.

M5 광산의 경우 1개의 채굴적이 있다. Table 1은 각 지점에서 채취한 중사시료들의 금 및 은 분석 값을 보여주고 있다. 토양층의 중사를 분석한 결과 상부는 0.01-1.64 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 13의 (A)에 도시화하였다. 미고결 역질층의 중사를 분석한 결과 상부는 0.16-21.13 g/t, 하부는 0.06-11.79 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 13의 (B)와 (C)에 각각 도시화하였다. 사질을 포함하는 기반암 바로 위의 층 다란층의 중사를 분석한 결과 상부는 0.01-88.27 g/t의 금을 함유한 것으로 나타났으며, 이를 Fig. 13의 (D)에 도시화하였다. 이들 각층에서 채취한 중사시료들의 금 분석치 결과도 눈으로 확인한 금의 개수와도 잘 일치하고 있음을 보여준다.

**Table 1.** The Au and Ag contents of heavy sands, clays, quartz veins and quartz boulder from the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Remark	Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Remark
KOR 1A	0.71	nd	Heavy sand	KOR 8A	0.03	nd	Heavy sand
KOR 1Q	0.30	9	Boulder	KOR 8B	0.21	nd	Heavy sand
KOR 1B	0.03	nd	Heavy sand	KOR 9A	<0.01	nd	Heavy sand
KOR 2A	0.67	nd	Heavy sand	KOR 9B	0.23	nd	Heavy sand
KOR 2B	4.05	nd	Heavy sand	KOR 9C	0.04	nd	Heavy sand
KOR 2C	1.76	nd	Heavy sand	KOR 9D	0.18	nd	Heavy sand
KOR 3A	0.00	nd	Heavy sand	KOR 9E	0.72	nd	Heavy sand
KOR 3B	0.00	nd	Heavy sand	KOR 9F	8.91	nd	Heavy sand
KOR 3C	6.60	nd	Heavy sand	KOR 9G	88.27	nd	Heavy sand
KOR 3C1	0.02	nd	Clay	KOR 10A	0.97	nd	Heavy sand
KOR 3C2	0.16	nd	Clay	KOR 10B	0.16	nd	Heavy sand
KOR 3D	6.33	nd	Heavy sand	KOR 10C	0.06	nd	Heavy sand
KOR 3E	1.95	nd	Heavy sand	KOR 10D	52.67	nd	Heavy sand
KOR 3F	42.89	nd	Heavy sand	KOR 11A	1.64	nd	Heavy sand
KOR 3G	235.99	nd	Heavy sand	KOR 11B	21.13	nd	Heavy sand
KOR 3H	479.59	nd	Heavy sand	KOR 11C	11.79	nd	Heavy sand
KOR 4A	0.10	nd	Heavy sand	KOR 11D	0.12	nd	Heavy sand
KOR 4B	0.99	nd	Heavy sand	KOR 12A	0.06	nd	Heavy sand
KOR 4C	0.73	nd	Heavy sand	KOR 12B	0.51	nd	Heavy sand
KOR 4D	65.56	nd	Heavy sand	KOR 12C	0.01	nd	Heavy sand
KOR 4E	443.15	nd	Heavy sand	KOR 13A	0.96	nd	Heavy sand
KOR 5A	11.15	nd	Heavy sand	KOR 13B	29.13	nd	Heavy sand
KOR 5B	12.98	nd	Heavy sand	KOR 13C	5.61	nd	Heavy sand
KOR 5C	188.83	nd	Heavy sand	KOR 13D	0.48	nd	Heavy sand
KOR 5Q1	0.42	nd	Vein	KOR 13E	0.46	nd	Heavy sand
KOR 6A	21.17	nd	Heavy sand	KOR 14A	0.49	nd	Heavy sand
KOR 6B	0.11	nd	Heavy sand	KOR 14B	0.04	nd	Heavy sand
KOR 6C	23.44	nd	Heavy sand	KOR 14C	14,15.57	nd	Heavy sand
KOR 6D	16,308.00	nd	Heavy sand	KOR 14D	0.07	nd	Heavy sand
KOR 6Q1	0.99	nd	Vein	KOR 14E	0.27	nd	Heavy sand
KOR 7A	0.03	nd	Heavy sand	KOR 15	0.03	nd	Heavy sand
KOR 7B	0.12	nd	Heavy sand	KOR 15A	0.20	nd	Heavy sand

nd: not detected

Table 1. Continued.

Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Remark	Sample No.	Au(g/t)	Ag(g/t)	Remark
KOR 15B	25.39	nd	Heavy sand	KC 5A	0.06	nd	Heavy sand
KOR 15C	10,082.98	nd	Heavy sand	KC 5B	0.22	nd	Heavy sand
KOR 15D	7.54	nd	Heavy sand	KC 5C	1.29	nd	Heavy sand
KOR 16A	0.88	nd	Heavy sand	KC 6A	0.01	nd	Heavy sand
KOR 16B	1.03	nd	Heavy sand	KC 6B	0.04	nd	Heavy sand
KOR 16C	26.48	nd	Heavy sand	KC 6C	0.56	nd	Heavy sand
KOR 16D	40.82	nd	Heavy sand	KC 6D	1.06	nd	Heavy sand
KC 1A	1.29	nd	Heavy sand	KC 7A	0.02	nd	Heavy sand
KC 1B	5.98	nd	Heavy sand	KC 7B	5.05	nd	Heavy sand
KC 1C	396.57	nd	Heavy sand	KC 7C	0.13	nd	Heavy sand
KC 2A	112.49	nd	Heavy sand	KC 8A	0.03	nd	Heavy sand
KC 2B	2,095.90	nd	Heavy sand	KC 8B	0.32	nd	Heavy sand
KC 2C	3,199.17	nd	Heavy sand	KC 9A	0.06	nd	Heavy sand
KC 3A	0.06	nd	Heavy sand	KC 9B	0.47	nd	Heavy sand
KC 3B	0.04	nd	Heavy sand	KC 9C	1.18	nd	Heavy sand
KC 3C	84.88	nd	Heavy sand	KC 10A	0.12	nd	Heavy sand
KC 3D	119.63	nd	Heavy sand	KC 10B	3.03	nd	Heavy sand
KC 4	0.14	nd	Heavy sand	KC 10C	6.16	nd	Heavy sand
KC 4A	1.65	nd	Heavy sand	KC 10D	0.20	nd	Heavy sand
KC 4B	0.03	nd	Heavy sand	134	0.30	1	Clay
KC 4C	1.37	nd	Heavy sand	134-2	0.00	0	Clay
KC 4D	219.12	nd	Heavy sand	137-1	0.00	<0.01	Clay
KC 4E	1,214.72	nd	Heavy sand	137-2	0.00	<0.01	Vein
KC 4F	25.82	nd	Heavy sand	137-3	0.00	0	Vein
M6A	7.38	1.17	Heavy sand	M6D	10.45	0.461	Heavy sand
M6B	3.29	0.27	Heavy sand	M6E	3.47	0.88	Heavy sand
M6C	0.55	0.13	Heavy sand	M6F	7.25	0.84	Heavy sand

## 5. 사금의 화학조성과 물리적 특징

전자현미분석(EPMA) 분석과 전자주사현미경(SEM) 관찰을 통해 사금의 화학성분을 확인하고 사금 입자 형상에 대한 표면 관찰을 시도하였다. 고려대학교 전략광물센터의 전자현미분석 기기를 이용해 표면을 연마한 사금의 성분을 분석한 결과는 Table 2와 같으며, 분석 값은 각 금입자의 평균치이다. 이 지역의 사금 중에는 일부 일렉트럼 입자의 가장자리를 금이 테를 두르고 있는 형태로 산출된다(Fig. 14의 (A)와 (B)). 조사지역에서 사금 상태로 산출되는 금은 비교적 많은 양의 은과 합금을 이루어 색깔이 황백색을 띄우는 금 입자가 많이 관찰되는 것으로 미루어 은의 함량이 높은 것을 짐작할 수 있는 바 은/금 구성비로 보아 네 그룹으로 분류된다. 은/금의 비가 0, 0.5, 0.7, 1의 네 그룹으로 분류된 이들 금은 분명히 일렉트럼에 해당한다. 이와 같은 사실은 이 지역의 사금이 상당한 거리를 운반되었고 근원지가 다른 금들일 수 있음을 암시해주고 있다.

전자주사현미경 사진을 통해 아주 미세한 금 결정의 포획물을 규명토록 하였다. 비교적 큰 크기의 금 입자는 대부분 불규칙한 윤곽을 지니고 0.2mm 내외의 작은 입자들은 비교적 둥근 모양을 보이고 있어 모양에서 분리되어 나온 금 입자의 이동이 근거리의 이동만으로 자리를 잡은 것으로 추정된다. 확대경하에서 스케치에서는 물론 전자주사현미경에서 보여주고 있듯이 0.3 mm 정도 크기의 금 입자 속에 자형의 석영이 포획되어 있다(Fig. 14의 (C)와 (D)). 이는 금을 배태한 모양이 석영이었음을 암시해준다. 이 지역 북부지역 작업장에서 관찰되는 석영 전석에서 산출되는 석영맥 중에는 확대경으로 관찰이 가능한 작은 황화물이 관찰된다. 야외관찰에 의하면 아주 드물게 유비철석과 황철석 그리고 극히 드물게 황동석이 보이고, 팬닝에서 회수된 중사에서 금과 함께 회수되는 중광물은 자철석, 황철석이 대부분이고 중광물과 함께 회수되는 토양물질은 주로 석영, 점토광물(카올리나이트, 일라이트, 스멕타이트 등)이 검출된다.

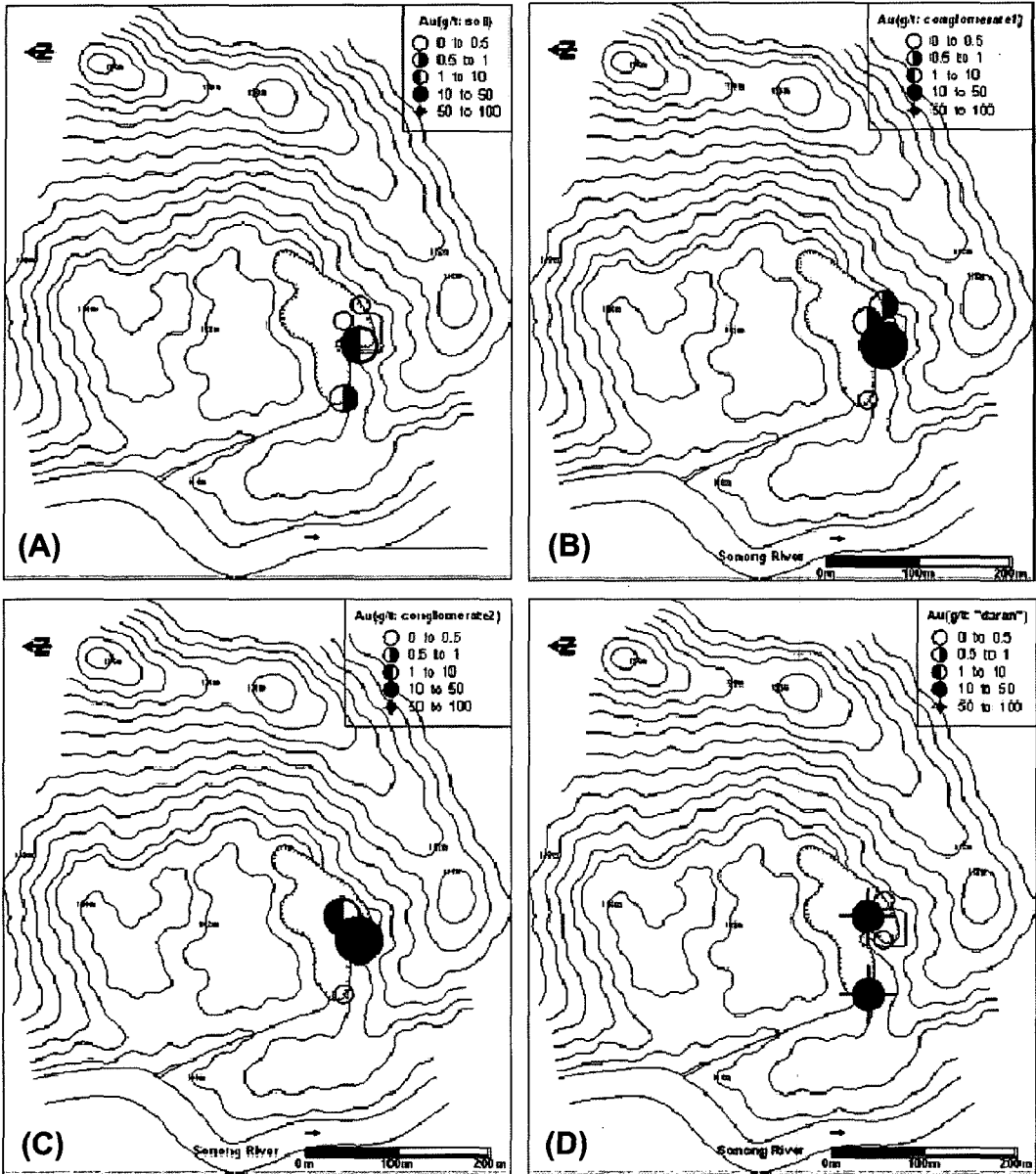


Fig. 13. Gold occurrence map of heavy concentrates for the soil (A), upper part of the conglomerate (B), below part of the conglomerate (C) and daran (D) samples of the M5 site in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

## 6. 사금광상의 퇴적특성과 규모

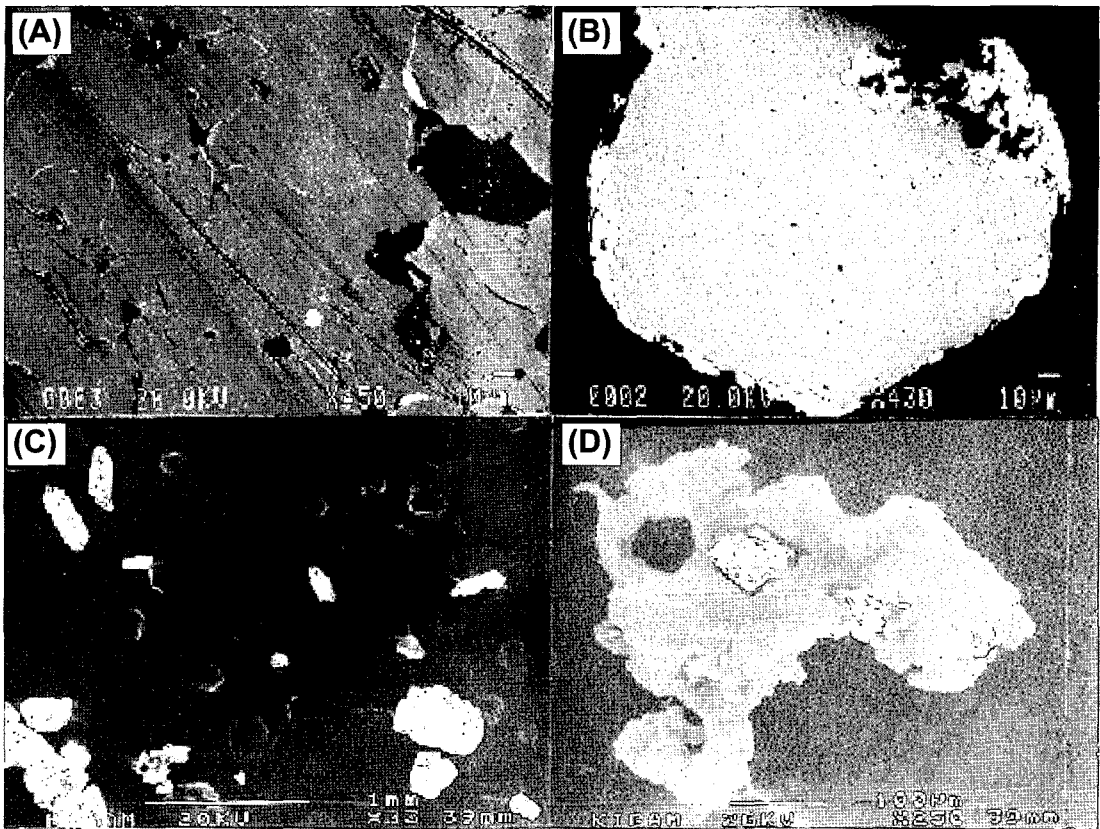
### 6.1. 퇴적 특성

따까오이 북부지역에서 남북방향으로 흐르고 있는 함푸통강 유역에는 하성 또는 범람원 퇴적기원의 제4기 충적퇴적층이 비교적 넓게 분포하고 있다(Fig. 15). 이들 충적층은 층서적으로 하부는 자갈층, 중부는 모래층, 그리고 상부는 토양층으로 구성되는 미고결 퇴

적층이며(Fig. 16부터 Fig. 18), 이 지역 기반암을 구성하는 석단기-페름기의 편암과 백악기의 화강섬록암 등을 부정합으로 피복하고 있다. 이 지역에서 실시된 충적퇴적층에 대한 퇴적학 연구는 현 하상의 양안을 따라서 노출되어 있는 수직단면 또는 현지인들이 사금 채취를 위해 시굴해 놓은 지역에 노출되어 있는 수직 단면들을 중심으로 이루어졌다. 이들 충적층의 두께는 대체로 3~7 m이며, 모든 지점의 시굴 단면 최하부

**Table 2.** EPMA analyses of gold grains in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

No	Weight %			Atomic %			Remark (Group)
	Au	Ag	Total	Au	Ag	Ag/Au	
1	63.87	35.93	99.80	49.33	50.67	1.03	A
2	63.81	35.45	99.26	49.65	50.35	1.01	A
3	67.22	33.64	100.87	52.25	47.75	0.91	A
4	70.99	29.76	100.75	56.64	43.36	0.77	B
5	74.15	29.90	104.05	57.60	42.40	0.74	B
6	80.59	19.04	99.63	69.86	30.14	0.43	C
7	98.27	3.44	101.72	93.98	6.02	0.06	D
8	97.78	2.69	100.47	95.23	4.77	0.05	D
9	100.62	0.37	101.00	99.33	0.67	0.01	D



**Fig. 14.** SEM images of gold grains. (A) Pure gold occurs along fractures between anhedral electrum from the Takaoi area. (B) Pure gold occurs in rims of gold grains from the Takaoi area. (C) and (D) Euhedral fine quartz inclusions included in a gold grain about 0.3 mm in diameter from the Takaoi area.

가 고도상으로 현재의 하천수위와 비슷하거나 이보다 낮아 지하수에 의해 채워져 있기 때문에 기반암까지의 단면관찰이 불가능한 지역도 여러 곳 분포한다.

자갈층은 조사지역 충적퇴적층의 최하부를 점유하는 지층으로서 0.5~2.5 m 두께의 역지지(clast-supported) 된 괴상, 곱형사층리 및 평행사층리를 보이는 잔자갈~왕자갈로 구성된 지층이며, 다양한 퇴적구조를 갖는 여

러 개의 자갈 단위층이 융합(amalgamation)되어 하나의 두꺼운 자갈층을 형성하는 하도층진 퇴적체로서 분포한다(Fig. 16과 Fig. 17). 이들은 대부분의 지역에서 기반암 상위에 부정합으로 놓이나, 일부는 하위의 모래층을 얇게 깔고 매우면서 침식된 하부경계면을 형성하기도 한다. 자갈은 아각형~아원형의 화강섬록암, 화산암 또는 편암과 같은 변성퇴적암류와 아원형~원형의 석영

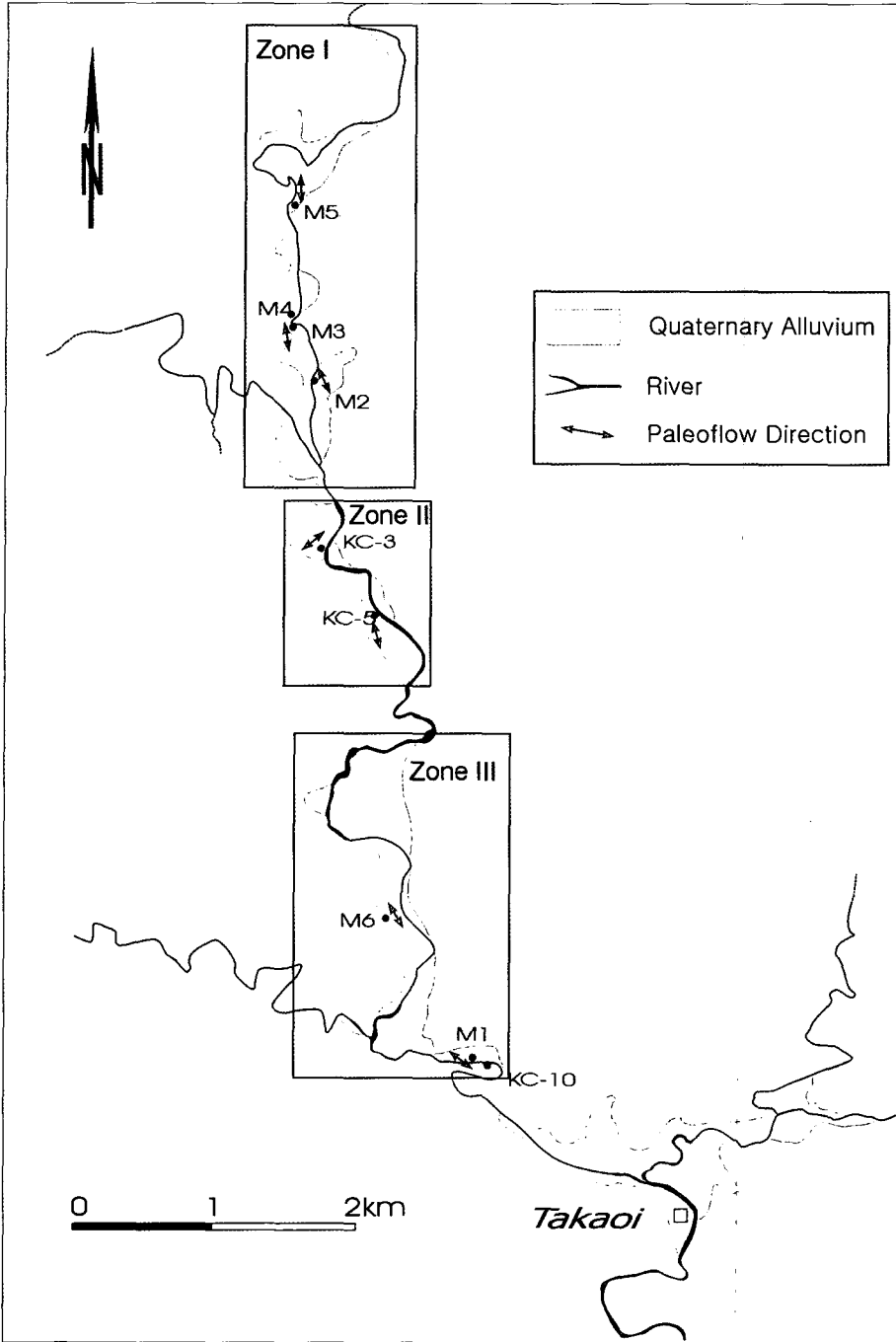


Fig. 15. Map showing the distribution pattern of Quaternary alluvium and locations of measured section for sedimentological study along the Hamputung River of the northern part of the Takaoi.

맥으로 구성되며, 기질은 역 성분과 동일한 기원의 극 조립~조립의(역질) 모래로 구성된다. 금은 주로 본 층의 기질에 함유되어 있으며, 자갈층을 구성하는 석영맥, 화강섬록암, 변성퇴적암 및 화산암 역들 중에서 석영맥

기원의 역들도 또한 금을 함유하고 있다. 전체적으로 현 하도의 하류방향, 즉 따까오이쪽으로 가면서 자갈 층의 두께는 1 m 내외에서 약 3 m 정도로 두꺼워지며, 자갈의 크기도 잔자갈 우세에서 왕자갈 우세로 증



가하는 경향이 관찰된다. 각 조사지점에서 퇴적구조와 고하상의 하도축 방향을 고려해서 측정된 고수류 방향은 N55°W~N50°E로서 지역에 따라 많은 편차를 보

인다(Fig. 15).

모래층은 0.2~2.0 m 두께의 극조립~중립의(역질) 모래층으로서, 하위의 자갈층과는 점이적으로 접하며,

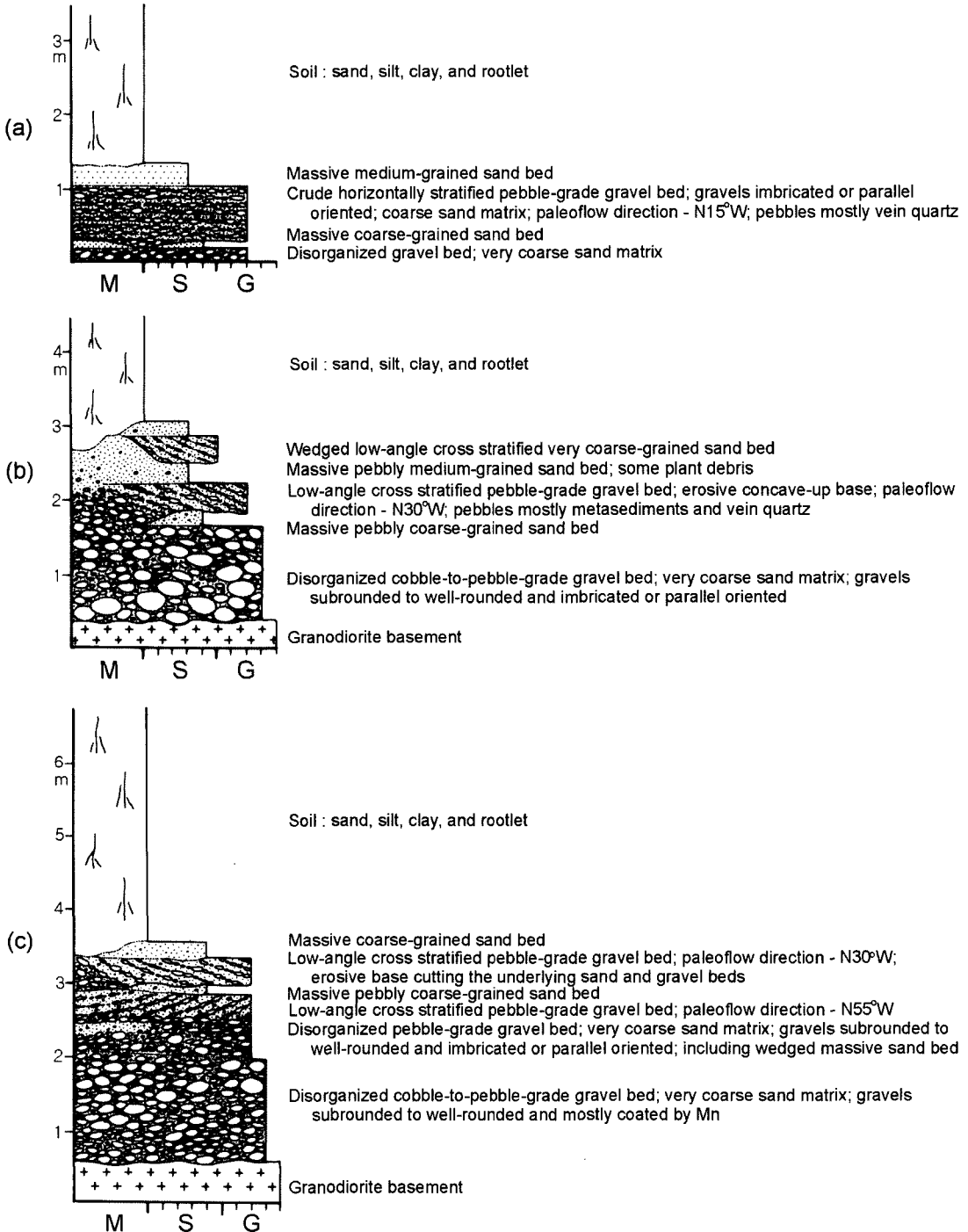


Fig. 16. Columnar section and detailed descriptions of the (a) KC-5, (b) M6, and (c) M1 sections (M: mud, S: sand, G: gravel).

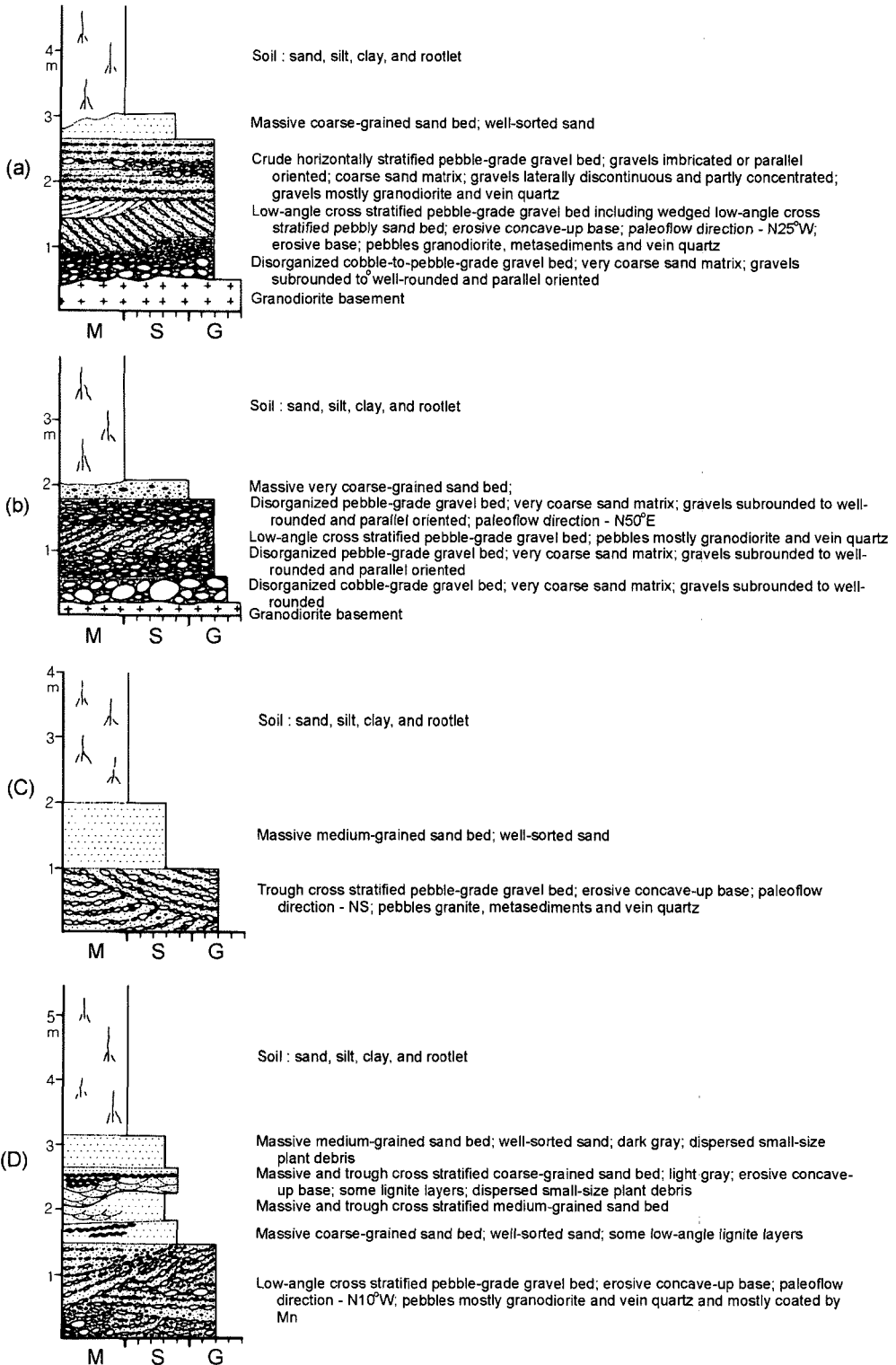


Fig. 17. Columnar section and detailed descriptions of the (a) M2, (b) KC-3, (c) M5 and (d) M3 sections (M: mud, S: sand G: gravel).

M3 지역(Fig. 17의 (d))을 제외하고는 전 지역에서 자갈층보다 얇은 충후를 형성한다. 대부분이 괴상이나, 곡형사층리 등의 층리구조를 포함하기도 하며(Fig. 17의 (d)), 일부 지역에서는 얇은 두께의 침식 잔존물로서 자갈층 내에 켜기상으로 협재되기도 한다(Fig. 16의 (b)와 (c)). 분급이 양호하며, 대부분이 회색 내지는 담갈색을 띠나 식물파편 등의 유기물질을 다량 함유하고 있는 층준에서는 암회색을 띠기도 한다. 일부 지역에서는 층리면에 평행하거나 약하게 경사진 얇은 토탄층을 포함하기도 하는데(Fig. 17의 (d)) 이는 다량의 식물파편 등의 유기물질이 홍수시 종렬사주 등의 상부면에 집적되고 이들의 상위로 지속적인 퇴적작용이 진행되면서 토탄화가 진행되어 형성된 것이다. 일부 모래층에는 망간산화물이 농집된 암적색의 모래층이 측방으로 불규칙하게 발달되기도 한다.

토양층은 따카오이(Takaoui) 북부지역에 분포하는 충적층의 최상부 지층으로서 전 지역에서 모래층 상위에 분포한다. 주로 담갈색 내지 적갈색을 띠며, 잔자갈, 모

래, 실트 및 점토 등의 퇴적물이 함께 섞여 있어 분급 상태가 불량하다. 특히 토양층 중하부에는 흔히 왕모래나 잔자갈이 분산되어 분포하며, 드물게 측방연속성이 불량한 잔자갈층(layer)을 협재하기도 한다. 전체적으로 하부에서는 모래질이 우세하나 상부로 가면서 실트질과 점토질로 주로 구성되는 암갈색의 찰흙층으로 진이되며, 이들의 관계는 접이적이어서 층의 명확한 경계 구분이 쉽지 않다. 찰흙층에는 현 지표상에 분포하는 식물의 뿌리나 과거 식물의 분해되지 않은 뿌리들이 수직으로 빈번하게 포함된다(Fig. 18).

조사지역 내의 충적퇴적층은 최하부의 원마도가 양호한 자갈층으로부터 상부로 가면서 분급도가 양호한 모래층 및 실트와 점토로 주로 구성되는 토양층으로 상향 세립화하는 전형적인 하성기원 퇴적층으로 해석된다. 하성 퇴적층은 퇴적구성요소 측면에서 하도, 제방 및 범람원 퇴적층으로 구분되는데(Miall, 1985), 이번 조사지역 충적층 중에서 자갈층과(역질) 모래층은 고하상 퇴적물이며, 토양층은 고하상의 제방 내지는 범

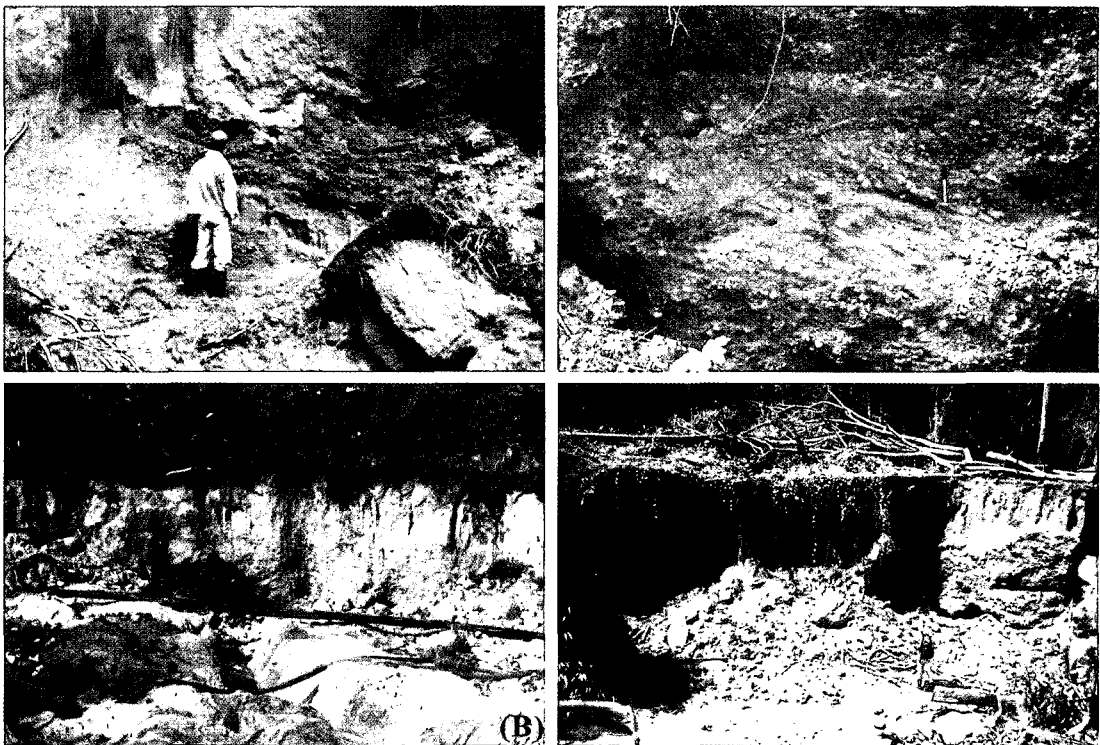


Fig. 18. Photographs showing the alluvium profiles of M1 (A), M6 (B), M2 (C) and M3 (D) sections of the Takaoui area. Note distinct vertical and lateral facies changes of the channel-fill deposits ((A), transverse section of paleoflow direction) and facies organization from the basement to top of alluvium (B). Note well-developed cross-stratifications within each sedimentation unit ((C), longitudinal section of paleoflow direction) and facies organization from the bottom to top of alluvium (D).

**Table 3.** Calculated reserved ore of gold in the Takaoi area on central Kalimantan, Indonesia.

Zone	Profile	Depth (m)	Length (m)	Width (m)	Density	Au (g/t)	Total Gold (unit in Kg)
I	Soil	2.2	2,300	400	1.9	1.13	4.34
	Sand	1.2	2,300	400	2.1	2.52	5.84
	Gravel	1.5	2,300	400	2.3	86.39	274.20
	Subtotal						284.38
II	Soil	2.0	1,300	200	1.9	0.38	0.37
	Sand	0.2	1,300	200	2.1	0.34	0.03
	Gravel	1.4	1,300	200	2.3	64.62	54.09
	Subtotal						54.49
III	Soil	2.0	3,200	200	1.9	2.77	6.73
	Sand	1.0	3,200	200	2.1	8.98	12.06
	Gravel	1.5	3,200	200	2.3	196.77	434.46
	Subtotal						453.25
Total							792.12

람원 퇴적물이다. 자갈층을 구성하는 역들 중에서 화강섬록암, 편암 및 천매암 기원의 자갈들은 현 하상에서도 기반암으로 노출되어 있어 기원지를 쉽게 유추할 수 있으나 화산암과 석영맥 자갈 등의 기원암은 조사 구역 내에는 분포하지 않으며, 특히 경도가 매우 높은 석영맥 역이 상당히 양호한 원마도를 가지면서 포함되어 있는 것으로 볼 때 이들은 조사구역으로부터 상당히 거리가 있는 지역으로부터 유래된 것으로 판단된다. 금이 주로 최하부 지층인 자갈층 내에 함유되어 있으며, 자갈층을 구성하는 역들 중에서 석영맥 기원의 역들만이 금을 함유하고 있는 것으로 볼 때, 이 지역 총적퇴적층에 포함되는 사금의 기원암은 자갈층을 퇴적시킨 고하도의 기원지에 분포했을 석영맥류일 것으로 판단되며, 기원지에서 진행되었던 풍화작용의 결과로 형성된 퇴적물들이 고하도를 따라서 이동되는 동안에 침식 및 삭박작용을 받으면서 이들 자갈층에 금이 퇴적된 것으로 해석된다. 금이 주로 자갈층에 퇴적된 원인은 금의 밀도가 높기 때문에 자갈을 이동시킬 수 있는 유권(flow regime)에서만 금 입자의 이동이 가능했기 때문이다. 자갈층의 두께 및 자갈의 크기가 현재 하도의 하류 방향인 따까오이(Takaoi) 쪽으로 가면서 뚜렷하게 증가하는 것으로 볼 때 퇴적당시의 유로는 하류로 가면서 주변 지역에서 유입되는 소지류의 숫자가 증가함에 따라 강폭이 증가하고 유량이 풍부해지는 하도환경을 유지했던 것으로 해석된다. 고수류 측정 결과, 조사지역 총적층의 고수류 방향이 지역에 따라 많은 차이를 보이는 것은 조사지역 내의 총적층을 퇴적시킨 고하도가 고굴곡의 곡류하천이었음을 지시한다. 이번 조사를 통해서 복원된 고하도의 유로는 현재 합푸통(Hamputung)강 유역에서 파악된 총적층의 분포자료와 함께 이 지역에서

사금을 함유하고 있는 지층인 사력층과 자갈층의 위치 및 분포를 정확히 추적하는데 있어서 중요한 역할을 할 것이다.

일반적으로 하천 퇴적체는 지질, 지형, 기후, 조구조 등의 복합적인 영향 때문에 집수역에서 퇴적분지(호수, 바다)에 이르기까지 매우 다양한 형태를 띠며, 이에 따라 매우 복잡한 퇴적과정을 수반한다. 지사학적 측면에서 따까오이(Takaoi) 북부의 합푸통(Hamputung)강 지역은 제4기 동안 퇴적-침식-퇴적의 적어도 2회에 걸친 지질학적 진화과정을 겪었던 것으로 해석할 수 있다. 즉 지난 제4기 기간 중 이번 사업의 조사대상인 총적층이 이 지역 기반암 상위에 퇴적되었고, 이 지역에 다시 침식작용이 진행되면서 합푸통(Hamputung)강 및 이와 연관된 하계망이 형성되었으며, 현재는 합푸통(Hamputung)강의 하상 및 주변 범람원을 따라서 새로운 퇴적과정이 진행되면서 합푸통(Hamputung)강의 하상 및 주변 범람원이 충진되고 있는 것으로 해석할 수 있기 때문이다. 합푸통(Hamputung)강 유역에서 진행되고 있는 이러한 지질학적 진화과정은 이 지역 침식기준면의 변동에 의해 수반되는 복합적인 지질학적 윤회과정의 일환이며, 이러한 침식기준면의 변동은 짧게는 범람원상에 발달하는 여러 하도계의 이동에 따른 침식기준면의 변화, 그리고 길게는 이들 하도계를 포함하는 분지의 광역적인 용기 및 침강과 관련이 있는 것으로 해석된다.

## 6.2. 규모

Fig. 15에서 보이고 있듯이 현재 불법으로 가행되고 있는 사금 채취는 주로 현 합푸통(Hamputung)강의 좌우 연변에서 이루어지고 있으며, 화강섬록암이 기반암

이 되어 노출되어 있던 따카오이(Takaoi) 북측 지역의 고하상을 중심으로 그 연변의 저 지대에 공급되어진 사력이 이른 미고결 역질층은 M1에서 M6에(Fig. 15) 이르는 약 7km 구간의 저지대에 현재 황토로 구성된 토양층에 숨겨져 있다. 북에서 남으로 흐르고 있는 합푸통(Hamputung)강에 주입되고 있는 소규모의 개울과 관련해 고하상의 발달을 예측할 수 있는 것 같다. 또한 M1에서 약 500m 떨어진 북측의 강변 동측 논밭을 이루는 저평한 평지는 표고가 현 하상보다 약 5m 높다. 조사시 8m 깊이의 착정작업을 수행하여 현 하상과 거의 같은 높이에서 사력층을 만나 사금의 존재를 팬닝으로 확인하였다. 옆 하상으로부터 유입되는 지하수 문제로 더 이상 굴착이 어려워 중단하였으나 M1에서 보이는 황토하부에 놓인 미고결 역질층의 상부와 같은 양상을 관찰 할 수 있었기에 저지대에 예상되는 고하상의 사력층을 확인한 셈이다.

따라서 합푸통(Hamputung)강 연변을 따라 발달하는 4기층의 면적을 계산하고 이에 앞서 조사한 이들 층의 각 단면상에서의 두께와 채취한 시료들의 분석결과를 이용하여 대략적인 사금광상의 계산하였다. 면적, 평균심도, 밀도 및 금의 분석값을 이용하여 계산한 결과를 Table 3에 나타내었다. 금의 평균 품위 계산시 최고값 및 표준편차를 벗어나는 값들은 제외하였다. 또한 면적 계산과 금의 평균품위 계산시 좀더 정확성을 기하기 하여 3개의 지역(Fig. 15)으로 나누어 계산하였다. 밀도는 토질역학에서 사용되고 있는 값의 평균을 이용하였다(김상규, 1999). 그 결과 이 지역에서의 금 매장량은 적어도 792 kg에 달한다.

## 7. 결 론

조사지역 내에는 하부로부터 주로 편암류로 구성된 피는 변성암복합체, 주로 화강섬록암으로 구성된 세파옥 심성관입암체와 탄중 퇴적암류, 말라산 화산암류 및 신탕 관입암류가 분포한다. 조사지역의 구조를 보면 주로 NE 방향의 선구조 및 단층구조를 잘 보여주고 있다. 이는 또한 맥의 구조선과도 잘 일치하고 있다. 그러나 지역적으로는 이와 사교하는 방향인 NW구조선도 나타나고 있다.

따카오이(Takaoi) 지역은 주로 2차 광상성인에 의한 사금이 분포하고 있는 지역으로서 이 지역 층적층은 하부로부터 하도 퇴적기원의 자갈층과(역질) 모래층 및 범람된 퇴적기원의 모래와 점토질 토양층으로 구성되는 미고결 퇴적층이다. 자갈층과(역질) 모래층은 합푸

통(Hamputung) 강 형성 이전에 분포했던 고하도에서 형성된 퇴적물이며, 현재의 합푸통(Hamputung) 강은 최상부 지층인 토양층의 퇴적에만 영향을 미쳤다. 금은 주로 최하부 지층인 자갈층 내에 함유되어 있으며, 자갈층을 구성하는 석영맥, 화강섬록암, 변성퇴적암 및 화산암 역들 중에서 석영맥 기원의 역들도 또한 금을 함유하고 있다. 따라서 이 지역 층적퇴적층에 포함되는 사금의 기원암은 자갈층을 퇴적시킨 고하도의 기원지에 분포했을 석영맥일 것으로 판단되며, 기원지에서 진행되었던 풍화작용의 결과로 형성된 퇴적물들이 고하도를 따라서 이동되는 동안에 침식 및 삭박작용을 받으면서 이들 자갈층에 금이 퇴적된 것으로 해석된다. 금이 주로 자갈층에 퇴적된 원인은 금의 밀도가 높기 때문에 자갈을 이동시킬 수 있는 유권(flow regime)에서만 금 조각의 이동이 가능했기 때문이다. 따카오이(Takaoi) 북부 지역의 합푸통(Hamputung)강 연변을 따라 발달하는 4기층에서의 금 매장량은 적어도 792kg에 달한다.

## 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 드리며, 현지조사에 도움을 준 한국지질자원연구원의 김복철박사, 기원서박사, 송교영박사와 이사로박사에게도 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 김상규(1999) 토질역학(이론과 응용). 보문각, p. 13-23.  
 Barrick Co. Ltd. (1997) Photogeological interpretation of north and south blocks. Masupa Ria area, Kalimantan, 453p.  
 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.  
 Carlisle, J. C. and Mitchell, A. G. H. (1995) Magmatic Arc and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia. In: Mineral Deposits of Indonesia - Discoveries of the Past 25 Years. J. Geochem. Explor., v. 50, p. 91-142.  
 Hamilton, W. (1979) Tectonics of the Indonesian region. USGS Prof. Paper 1078, 345p.  
 JICA (1979) The report on geological survey of central Kalimantan. 308p.  
 Margono, U., Sujitno, T. and Santosa, T. (1995) Geological

- map of the Tumbanghram Quadrangle, Kalimantan (1:250,000). Geological Research and Development Center (GRDC).
- Miall, A. D. (1985) Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. In: Flores, R. M. *et al.*, Eds., Recognition of Fluvial Depositional Systems and Their Resources Potential. Soc. Econ. Paleont. min., No. 19, p. 33-81.
- Ministry of Mines Indonesia, 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 Indonesia, 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 Indonesia, GSI, JICA-MMAJ (1978b) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase IV 1, Photo Geological Survey.
- Ministry of Mines, Directorate General of Mines Indonesia, GSI, JICA-MMAJ (1979) Report on Geological Survey of Central Kalimantan, Phase IV 2, Geological Survey.
- Simpson, M.P. (1996) Petrographic, XRD and fluid inclusion study of 12 samples from the Tajungan and Teluk prospects, Kalimantan. Terry Leach & Co. Report 96099.
- Suetrisno, Supriatna, S., Rustandi, E. and Sanyoto, P. (1994) Geological map of the Buntok Quadrangle, Kalimantan(1:250,000). Geological Research and Development Center(GRDC).
- Sumartadipra A. S. and Margono, U. (1996) Geological map of the Tewah Quadrangle, Kalimantan (1:250,000). Geological Research and Development Centre (GRDC).
- Supriatna, S., Sudradjat, A. and Abidin, H. Z. (1995) Geological map of the Muarotewe Quadrangle, Kalimantan (1:250,000). Geological Research and Development Center (GRDC).

---

2005년 8월 5일 원고접수, 2006년 2월 18일 게재승인.