



인도네시아 OROKNI 광산 지질광상 조사보고서

2013.8



(주)크니아이
ERI INTERNATIONAL

인도네시아 ORO KNI 광산
지질광상 조사보고서

2013. 8

(주) 크 니 아 이

개 요

본 보고서는 (주)크니아이의 100% 투자회사인 인도네시아의 PT. ORO KNI가 보유하고 있는 인도네시아 북말루꾸주, 서할마헤라군에 위치하고 있는 ORO KNI 광산에 대하여 (주)크니아이의 지질탐사팀이 2012년 1년간 지질광상조사를 실시하고 그 결과를 기술한 것이다.

본 광산의 등록광구는 서할마헤라 2010년 제98호 및 서할마헤라 제99호 2개이며 그 면적은 도합 20,000ha이다. 2007년 4월에 탐사광업권(KP)을 취득하였으며 2010년 8월 탐사광업권(KP)을 탐사광업 허가권(IUP)로 변경하였다. 지질광상조사 대상 면적은 약 14,000ha이다.

본 광산 일대에 분포하는 지질은 하부로부터 신생대 상부 마이오세의 고소웅층, 플리오세의 까야사층, 그리고 플라이스토세의 옹회암층, 홀로세의 화산암류 및 충적층으로 구성되어 있으며 금 광상은 고소웅층의 안산암질 암석에 배태되어 있다.

광역 지질조사 결과 유망구역을 대상으로 실시한 정밀 지질조사에서 따루시구역 등에서 토양시료 금 이상대 2개, 금 이상점 15개를 포착하였으며, 사베따구역에서 평균 맥폭 15m, 평균품위 금 5.4ppm, 연장 1,200m의 함금 석영맥 광상을 확인하였다.

사베따 금 광상은 저유황 천열수형 금 광상으로 판단되며, 공간적으로 NHM 광산의 광상보다 대략 200m 상위에 나타나고 있기 때문에 본 광상의 심부에는 금 고품위인 석영-흑니석상이 다량 부존되어 있을 것으로 추정된다.

사베따 금 광상의 매장량은 지질광상적인 예상광량으로 광석량은 8,350,000톤이며, 금 속량은 45.09톤이다.

앞으로 1지역 옹이붓구역에서 정밀 지표 지질조사 및 2지역 소삼구역과 5지역 아위리구역에서 정밀 지하화탐사, 3지역 따루시구역과 동하르구역에 17개소, 연장 850m의 트랜치탐광을 계획하며, 특히 2지역 사베따 금광상의 심부 광상 발달상태를 파악하기 위하여 15개공, 심도 3000m의 시추탐광을 우선적으로 계획한다.

본 광산 일대는 세계에서 가장 고품위 천열수형 금 광전으로 밝혀진 지역이다. 따라서 같은 금 광전에 속하고 거의 동일한 지질분포 양상을 보이는 본 광산에서도 더욱 선진화된 인원과 기술로 지질광상조사를 계속하면 반드시 괄목할만한 성과를 얻을 것으로 기대된다.

목 차

1. 서 언	1
2. 위치 및 지형	3
2.1 위치	3
2.2 지형	5
2.2.1 산계	5
2.2.2 수계	6
2.3 기후 및 식생	6
3. 광구현황	9
4. 사업 수행 내역	10
5. 광역 지질	12
5.1 광역 지질 개요	12
5.2 선구조	15
6. 조사 방법	17
6.1 광역 지질조사 방법	17
6.1.1 광역 지화학탐사 방법	17
○ 하천퇴적물시료 채취	17
○ 하천 중사광물시료 채취	19
○ 표석시료 채취	19
6.1.2 기초 지표 지질조사 방법	19
○ 조사 방법	19
○ 암석 및 광석시료 채취	20
6.2 정밀 지질조사 방법	20
6.2.1 정밀 지화학탐사 방법	20
○ 토양시료 채취	20

6.2.2 정밀 지표 지질조사 방법	22
○ 조사방법	22
○ 암석 및 광석시료 채취	23
6.3 시료 분석 방법	23
7. 광역 지질조사	24
7.1 광역 지화학탐사	24
7.1.1 광역 지화학탐사 개요	24
7.1.2 광역 지화학탐사 결과	28
○ 1지역	28
○ 2지역	29
○ 3지역	31
○ 4지역	34
○ 5지역	35
7.1.3 광역 지화학탐사 결과분석	36
○ 하천퇴적물탐사 결과분석	36
○ 중사광물탐사 결과분석	37
○ 표석탐사 결과분석	37
○ 분석결과 종합	38
7.2 기초 지표 지질조사	38
7.2.1 기초 지표 지질조사 개요	38
7.2.2 기초 지표지질조사 결과	41
○ 1지역	41
○ 2지역	43
○ 3지역	45
○ 4지역	47
○ 5지역	48
7.2.3 기초 지표 지질조사 결과분석	52
7.3 정밀 지질조사 구역 선정	53
7.3.1 정밀 지질조사 구역 선정 기준	53

7.3.2 정밀 지질조사 구역 확정	54
8. 정밀 지질조사	56
8.1 정밀 지화학탐사	56
8.1.1 정밀 지화학탐사 개요	56
8.1.2 정밀 지화학탐사 결과	56
○ 따루시구역 토양 지화학탐사 결과	56
○ 동하르구역 토양 지화학탐사 결과	64
8.1.3 정밀 지화학탐사 결과 분석	71
○ 따루시구역 토양 지화학탐사 결과 분석	71
○ 동하르구역 토양 지화학탐사 결과 분석	75
8.2 정밀 지표 지질조사	78
8.2.1 정밀 지표 지질조사 개요	78
8.2.2 정밀 지표 지질조사 결과	80
○ 사베따천 유역	80
○ 소사베따천 유역	85
8.2.3 정밀 지표 지질조사 결과 분석	86
9. 광상 및 매장량	87
9.1 광상	87
9.1.1 광상 개요	87
9.1.2 사베따 금광상 현황	87
9.1.3 사베따 금광상 광석시료 분석결과	87
9.1.4 사베따 금광상 성인	91
○ 관입암	91
○ 열수 변질작용	92
○ 광화작용	92
○ 광상 지질구조	94
○ 광상 형태	94
9.2 매장량	94

9.2.1 매장량 개요	94
9.2.2 매장량 산출	95
○ 산출 근거	95
○ 사베따 금광상 매장량	96
10. 탐광계획	97
10.1 탐광계획 개요	97
10.2 탐광계획	97
10.2.1 정밀 지표 지질조사	97
10.2.2 정밀 지화학탐사	97
10.2.3 트렌치(trench)탐광	98
10.2.4 시추탐광	100
10.2.5 탐광계획 종합	102
11. 결 언	103
사사	105
참고문헌	106
부 록	108
[분석결과 통보서]	109
[사진첩 1] KNI 탐사팀 광산현장 탐사 사진	118
[사진첩 2] 중화인민공화국 하북성구역 지질광산조사연구소 탐사대 현장 조사 사진	129

표 차 례

<표2-1> 정규 식생분포	7
<표3-1> 광업권 현황	9
<표5-1> 조사지역 지질계통표	12
<표7-1> 1지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)	28
<표7-2> 1지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)	29
<표7-3> 2지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)	30
<표7-4> 2지역 중사광물시료 분석결과표 (단위: ppm)	31
<표7-5> 2지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)	31
<표7-6> 3지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)	32
<표7-7> 3지역 중사광물시료 분석결과표 (단위: ppm)	33
<표7-8> 3지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)	33
<표7-9> 4지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)	34
<표7-10> 5지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)	35
<표7-11> 5지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)	36
<표7-12> 조사지역 하천퇴적물시료 분석치 통계표 (단위: ppm)	37
<표7-13> 광역 지화학탐사 Au 이상점 현황 (단위: ppm)	37
<표7-14> 1지역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	41
<표7-15> 소삼천 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	44
<표7-16> 5지역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	52
<표7-17> 정밀 지질조사 후보구역	53
<표7-18> 정밀 지질조사 구역	54
<표8-1> 파루시구역 토양시료 채취 지점 방향	56
<표8-2> 파루시구역 토양시료 분석결과표 (단위: ppm)	57
<표8-3> 파루시구역 점토시료 분석결과표 (단위: ppm)	62
<표8-4> 동하르구역 토양시료 채취 지점 방향	64
<표8-5> 동하르구역 토양시료 분석결과표 (단위: ppm)	65
<표8-6> 동하르구역 표토시료 분석결과표 (단위: ppm)	69
<표8-7> 동하르구역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	69
<표8-8> 동하르구역 토양시료 분석통계표 (단위: ppm)	70
<표8-9> 파루시구역 금 이상점 및 금 이상대 현황	74
<표8-10> 동하르구역 금 이상점 및 금 이상대 현황	77
<표8-11> 소사배따천 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	85

<표9-1> 사베따구역 금광상 현황	87
<표9-2> 사베따구역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)	88
<표9-3> 화산암 종류별 비소, 안티모니 평균 함량 (단위: ppm)	91
<표9-4> 사베따 금광상 매장량 계산표	96
<표10-1> 탐광계획표	102

그 립 차 례

<그림1-1> 국제 금시세 (\$/oz.t.) (2000. 1~2013. 1)	2
<그림2-1> 조사지역 위치도	3
<그림2-2> 조사지역 이동경로	4
<그림2-3> 조사지역 산계 및 식생분포도	7
<그림2-4> 조사지역 수계도	8
<그림3-1> 조사지역 광구도	9
<그림4-1> 사베따구역 기초사 현황도	10
<그림5-1> 할마헤라섬 주변 판구조 운동	13
<그림5-2> 말루꾸 해판의 섭입활동 모식도	13
<그림5-3> 조사지역 일대 광역 지질도	14
<그림5-4> 선구조 빈도 분석 및 연장성 분석 장미도표	15
<그림5-5> 조사지역 선구조도	16
<그림6-1> 배수계에서 지화학적인 이상대 모식도	17
<그림6-2> 토양지층 분류	21
<그림7-1> 하천퇴적물시료 채취위치도	25
<그림7-2> 하천퇴적물 및 중사광물시료 분석결과도	26
<그림7-3> 표석시료 및 광석시료 채취위치도	27
<그림7-4> 하천퇴적물탐사 이상도 (단위: ppm)	38
<그림7-5> 조사지역 지질도	40
<그림7-6> 정밀 지질조사 구역 위치도	55
<그림8-1> 파루시구역 토양 지화학탐사 결과도	63
<그림8-2> 동하르구역 토양 지화학탐사 결과도	70
<그림8-3> 파루시구역 토양 지화학탐사 이상도	71
<그림8-4> 파루시구역 토양 지화학탐사 금 분포도	73
<그림8-5> 파루시구역 토양 지화학탐사 금 분포 3차원도	74

<그림8-6> 동하르구역 토양 지화학탐사 이상도	75
<그림8-7> 동하르구역 토양 지화학탐사 금 분포도	76
<그림8-8> 동하르구역 토양 지화학탐사 금 분포 3차원도	77
<그림8-9> 사베따구역 정밀 지표 지질조사 노선도	79
<그림9-1> 사베따구역 광석시료 채취위치도	89
<그림9-2> 사베따구역 광석시료 분석결과도	90
<그림9-3> 사베따 금광상 매장량 계산도	96
<그림10-1> 따루시구역 트렌치탐광 계획도	98
<그림10-2> 동하르구역 트렌치탐광 계획도	99
<그림10-3> 사베따구역 시추탐광 계획도	101

사 진 차 례

<사진2-1> 조사지역 이동경로 전경	5
<사진6-1> 하천퇴적물시료 채취 광경	18
<사진6-2> 패닝(panning) 광경(좌), 채집한 중사광물시료(우)	19
<사진6-3> 토양시료 채취 광경	22
<사진7-1> 석영맥 표석시료	29
<사진7-2> 웅이붓천 중상류의 응회암층	42
<사진7-3> 신생대 제4기 부정합	42
<사진7-4> 안산암 현미경 사진	42
<사진7-5> 현무암 현미경 사진	43
<사진7-6> 안산반암 현미경 사진	44
<사진7-7> 현무암 현미경 사진	45
<사진7-8> 석영맥 XRD분석 사진	45
<사진7-9> 규장암 XRD분석 사진	46
<사진7-10> 따자에천 응회암 테일러스(talus)	47
<사진7-11> 동하르천 응회암	47
<사진7-12> 역질 응회암	48
<사진7-13> 웅아라로무천 응회암력	48
<사진7-14> 등구랑헤르천 규장암맥	49
<사진7-15> 등구랑헤르천 남쪽 산사면 트렌치(trench)	50
<사진7-16> 등구랑헤르천 남쪽 산사면 NS 방향 수굴	50

<사진7-17> 광구 남쪽 외곽 산사면 수굴	51
<사진7-18> 변질 안산암 및 석영맥 시료	51
<사진7-19> 변질 안산암 내 산점상 황철광	51
<사진7-20> 석영맥 현미경 사진	52
<사진8-1> NHM 광산 시추공	78
<사진8-2> 석영 세맥군 발달	81
<사진8-3> 단층을 관입한 석영맥	81
<사진8-4> 이정표21 지점 수굴	81
<사진8-5> 이정표27 지점 수굴	83
<사진8-6> 시료채취27 지점 노두	83
<사진8-7> 이정표32 지점 석영 세맥	84
<사진8-8> 이정표46 지점 부근 규장암 관입	84
<사진8-9> 이정표52 지점 수평 수굴(계곡 북측)	84
<사진8-10> 이정표52 지점 수직 수굴(계곡 남측)	85
<사진8-11> 소사배따천 석영 세맥	86

1. 서 언

인도네시아에 소재하고 있는 ORO KNI 광산의 100% 투자자인 (주)크니아이는 국내에서 금광개발 경험을 바탕으로 해외자원 개발을 지속적으로 추진하여 왔는데 아프리카 가나의 금광에 미국업체와 공동투자를 시작으로 인도네시아의 유연탄, 철, 금, 석유, 규석, 규조토 등 광산을 개발하기 위하여 지질탐사를 실시하여 왔다. 특히 2006년부터는 인도네시아 북말루꾸주 서할마헤라군에서 양질의 규조토 2개 광구에 대한 탐사, 환경영향평가를 거쳐, 2008년 7월 1일에 개발권을 획득하고, 미국과 프랑스의 우수한 업체와 현재 합작개발을 모색 중에 있다.

서할마헤라 지역에서 규조토 개발에 집중하는 동안 동지역에서 유망한 금 광화대가 속속 발견되고, 금 거래가격이 <그림1-1>과 같이 2000년 중반부터 상승기에 접어들면서 세계 경제 구조상 향후 꾸준한 금가격 상승을 예측하는 경제지표가 주류를 이루는 상황에서 (주)크니아이는 2007년 4월부터 금 탐사광업권을 취득하고 금을 탐사하기 시작하였다.

2007~2008년 조사결과 사베따, 타이두두 등의 구역에서 금 광화대를 포착하고 지표 지질조사와 트렌치탐광을 실시하였으며, 일부 시료에서 금 1~42g/ton이라는 양호한 결과를 얻었으나 체계적이고 계획적인 탐사가 진행되지 않아 전반적인 광상 발달상태를 파악하는 데는 미흡한 부분이 적지 않았다.

그러나 본 광산의 동부에는 오스트레일리아와 인도네시아의 합작기업인 NHM 광산이 약 14ton/년(2011)의 금을 생산하고 있으며, 본 광산은 지질여건상 동일한 지구조대에 속하고 유사한 지질분포를 보이고 있어, 본 광산 내에서도 동일한 금 광화작용에 의한 개발 잠재성이 큰 금광상 부존이 기대되고 있다.

이에 따라 (주)크니아이는 2012년부터 본 광산에 대하여 계획적이고 전반적인 탐사사업을 진행하여 본 광산을 개발하는데 전 사력을 집중하기로 결정하였다.

본 광구에 대한 개발계획에 따라 (주)크니아이의 탐사전문 지질기사 2명과 국내의 탐사전문 지질기사 3명을 초빙하여 탐사팀을 조직하고 신생대 제 4기 홀로세의 화산암류가 두껍게 피복하고 있는 광구 북부 구역을 제외한 약 14,000ha에 대한 지질광상조사를 실시하게 되었다.

본 과업의 목적은 인도네시아 북말루꾸주 서할마헤라군 남이부면·자이롤로면에 소재하는 ORO KNI 광산에 대한 지질광상조사를 실시하여 전반적인 지질분포상태와 광상발달상태를 파악하여 본 광산의 본격적인 개발을 위한 기본적인 자료를 제공하는데 있다.



<그림1-1> 국제 금시세 (\$/oz.t.) (2000. 1~2013. 1)

2. 위치 및 지형

2.1 위치

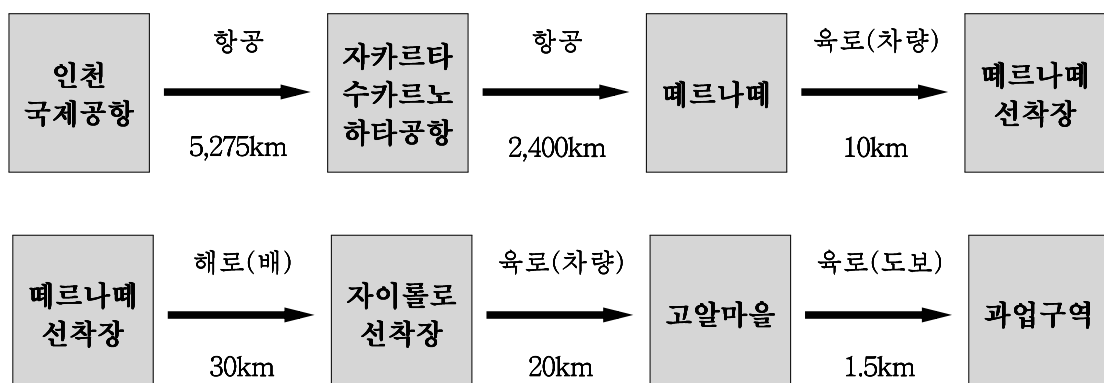
조사지역은 행정구역상 인도네시아 북말꾸주, 서할마헤라군, 남이부면·자이롤로면에 위치하며, 지리좌표 상으로는 동경 127° 34' 16" ~ 127° 37' 59", 북위 01° 05' 11.8" ~ 01° 20' 52" 에 해당한다<그림2-1>.

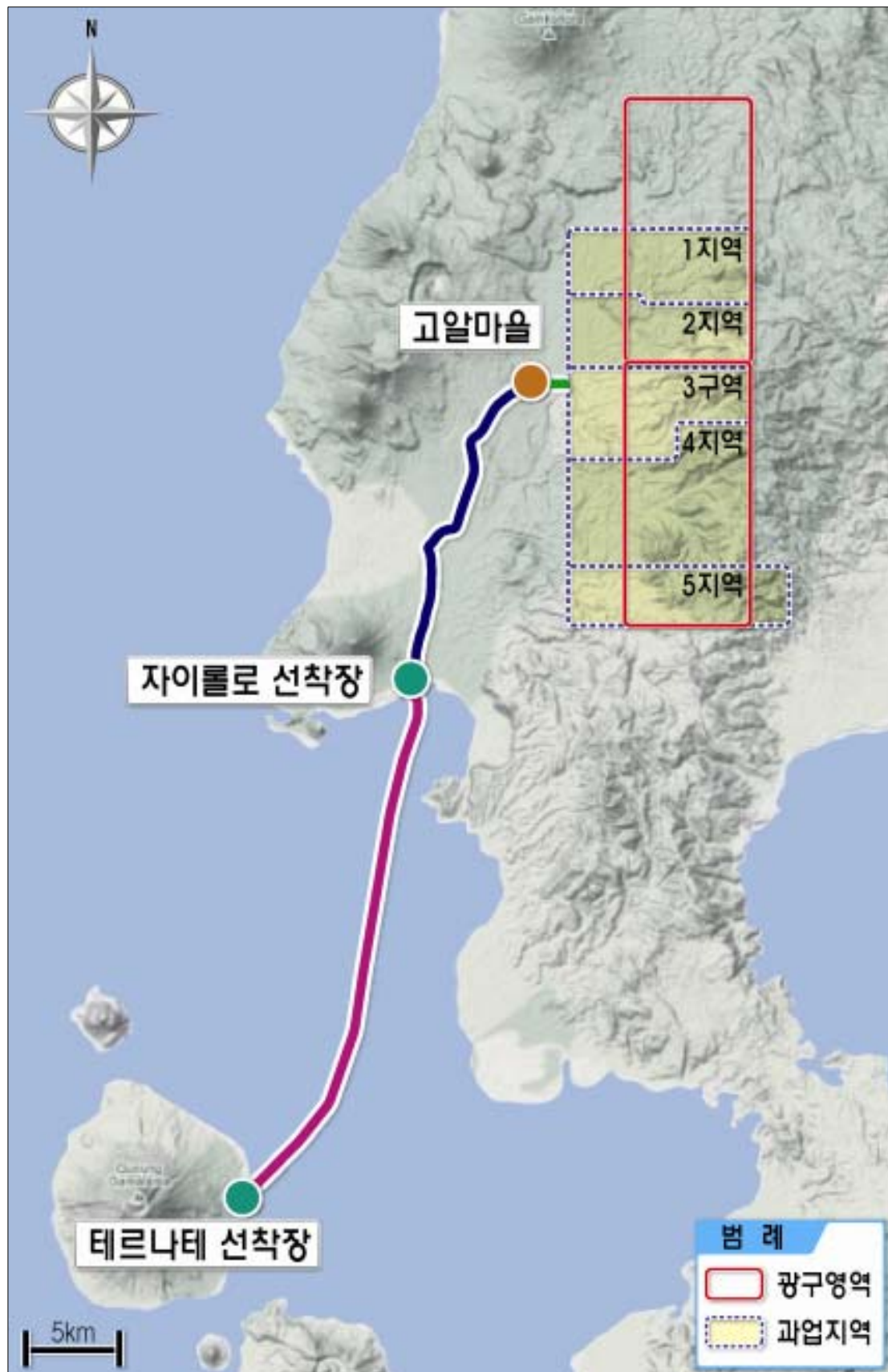


<그림2-1> 조사지역 위치도

교통은 항공편으로 인천 국제공항에서 인도네시아 수도인 자카르타 수카르노 하타 공항까지 약 7시간이 소요된다. 다시 인도네시아 국내선 항공으로 약 4시간 걸려 페르나페에 도착한다. 페르나페에서는 스피드보트를 이용하여 자이롤로에 도착할 수 있으며 약 1시간이 소요된다.

P.T ORO KNI의 현장 사무실은 자이롤로에 위치하고 있다. <그림2-2>, <사진 2-1>





<그림2-2> 조사지역 이동경로



<사진2-1> 조사지역 이동경로 전경

2.2 지형

2.2.1 산계

본 지역의 산계 및 수계는 할마헤라섬에 인접한 지판의 섭입작용에 관련된 지질구조의 영향으로 발달하였다. 또한 산계 및 수계구조 발달의 2차 요소는 기반암의 풍화 침식 요소와 주 지질구조 운동에 따르는 소구조의 영향이다.

조사지역 산계의 고도는 100~680m이며 경사가 급한 지형을 이루고 있고 동쪽이 높고 서쪽이 낮으며 북동에서 남서방향의 산계가 발달한 장년기 지형을 나타내고 있다<그림2-3>.

2.2.2 수계

본 지역의 수계는 크게 2개로 구분되는데 동서방향의 지류와 이들이 합류하는 남북방향의 주수계로 구분된다. 대부분의 하천은 연중 물이 흐르나, 일부 하천은 건기에 일시적으로 일부분이 마르기도 한다.

유형별 분류에 따르면 전반적으로 수지상(dendritic drainage) 수계이며 중간(medium)의 수계밀도를 나타낸다. 본 역의 지층은 대체로 풍화에 약하고, 경사도가 큰 능선들 사이로 다수의 계곡이 형성되어 있다.

1지역에는 북동에서 남서방향의 수계가 발달하였으며 지류는 용이붓천으로 모여 라모강으로 합류되고 성김의 수계밀도를 나타낸다. 2지역과 3지역에서는 동서방향의 수계가 발달하였으며, 지류는 응에레와르천과 골라천으로 모여 라모강으로 합류되며 2지역은 성김, 3지역은 중간의 수계밀도를 나타낸다. 4지역과 5지역의 수계는 남동에서 북서방향으로 발달하였으며 지류는 골라천과 위드천을 따라 라모강으로 합류되며 중간의 수계밀도를 나타낸다<그림2-4>.

2.3 기후 및 식생

조사지역은 적도를 기준하여 북위 1°에서 2°사이에 위치하며, 연평균 기온은 25℃~30℃, 강수량은 2,500~3,000mm이다.

기후는 건기와 우기로 나눌 수 있고 건기는 6월~10월, 우기는 11월~3월이며 4월~5월은 과도기이다. 강수는 우기에 집중하나, 연중으로 열대성 스콜이 빈번한 전형적인 열대 우림기후를 나타낸다.

식생분포 분석은 위성영상을 이용하여 식생지수인 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) 값을 구하여 지표면의 식생분포나 식생밀집도를 추정하였다.

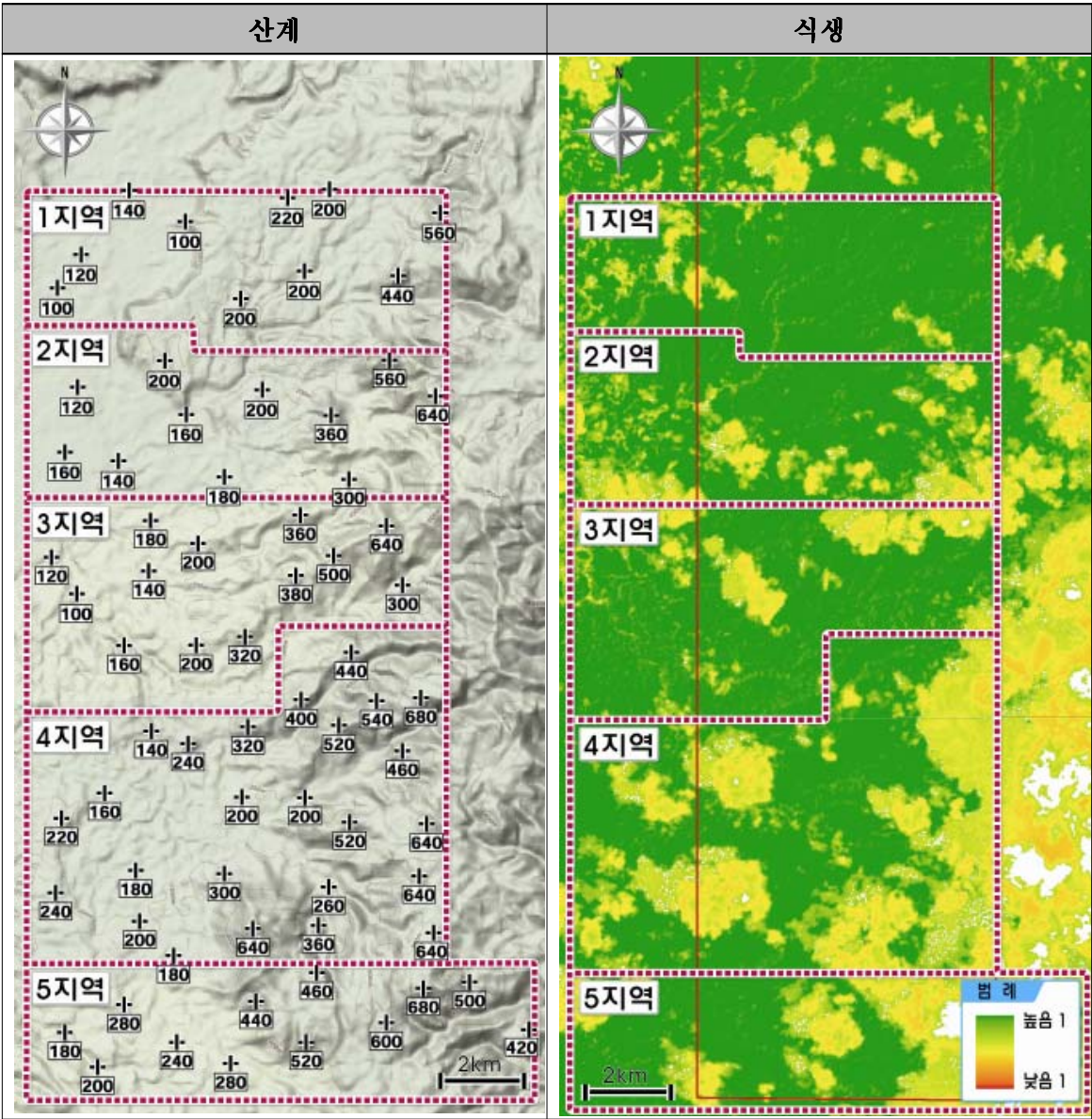
원리는 가시광선과 근적외선에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나타나는 것을 이용한 것이며 붉은색이 진해질수록 식생이 소멸하며 녹색이 진해질수록 녹색 식물의 밀도가 높다. 보통의 경우 실제 산림지역의 값은 +0.5 정도이며, 대부분의 준산림이나 초지의 경우 +0.25~0.4의 값을 나타낸다. 인도네시아는 국토의 2/3가 열대 우림지역으로 녹색 산림을 나타내며, 본 조사지역도 열대 우림지역에 속한다. <표2-1>, <그림2-3>.

$$※ \text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{VIS}}{\text{NIR} + \text{VIS}}$$

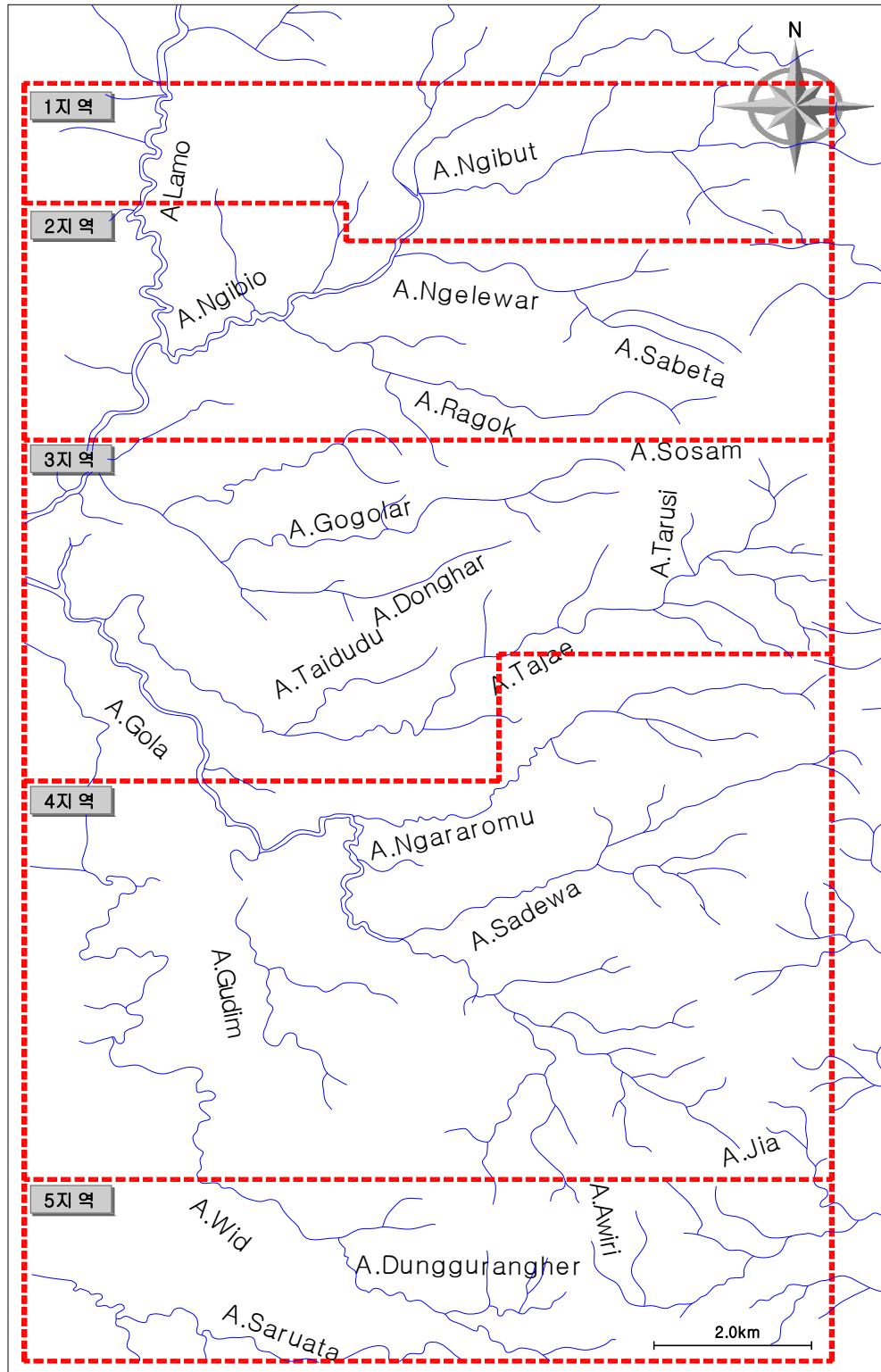
※ NIR-근적외선역 관측치, VIS-가시역 관측치

<표2-1> 정규 식생분포

구분	최소치	최대치	평균	표준편차
분석치	-0.36	0.51	0.19	0.23



<그림2-3> 조사지역 산계 및 식생분포도



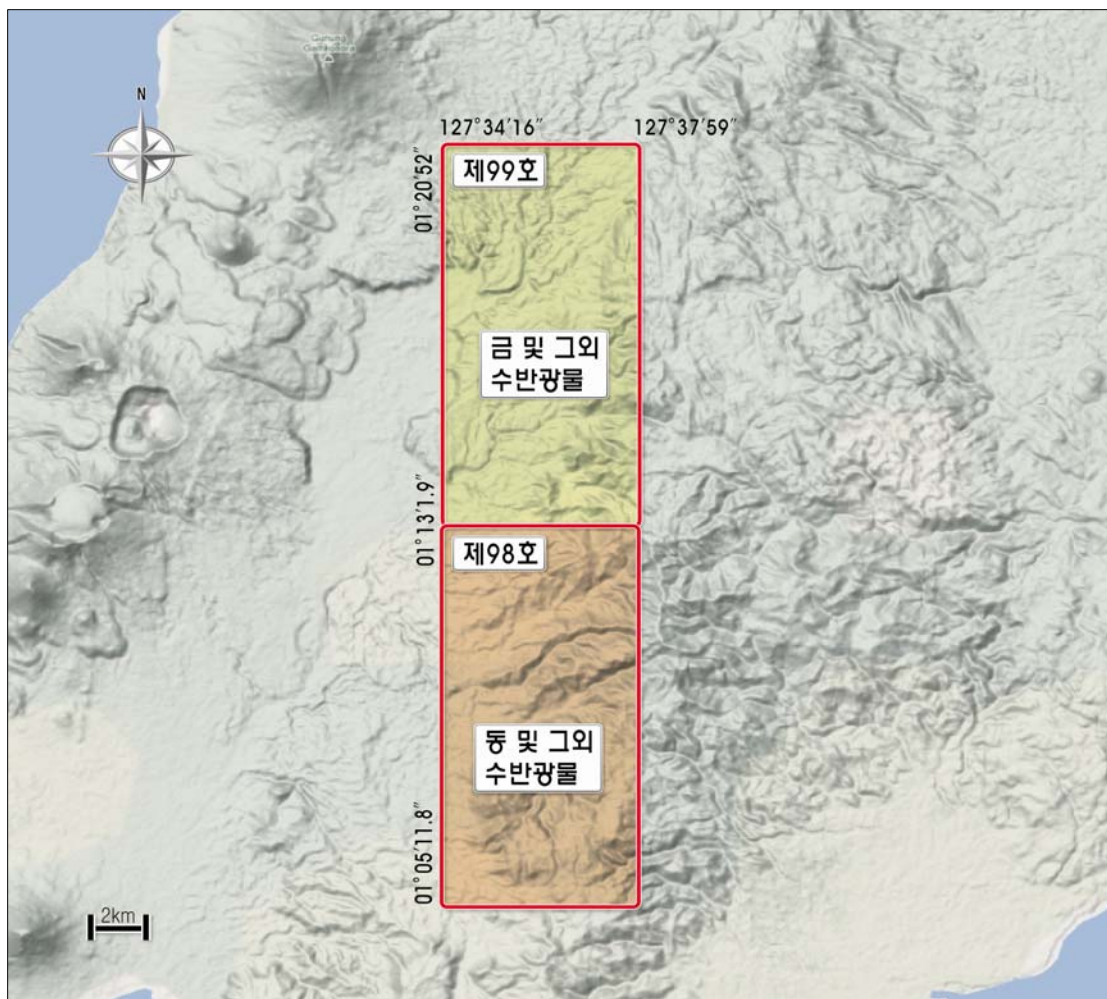
<그림2-4> 조사지역 수계도

3. 광구현황

본 광산의 광구는 인도네시아 북말루꾸주 서할마헤라군 남이부면·자이로로면 일원의 서할마헤라 2010년 제98호, 서할마헤라 2010년 제99호 2개의 직방형 광구이며, 그 면적은 20,000ha이다.<표3-1>,<그림3-1> 2007년 4월에 탐사광업권(KP)을 취득하였으며, 2010년 8월에 탐사광업권(KP)을 탐사광업허가권(IUP)으로 변경 취득하였다.

<표3-1> 광업권 현황

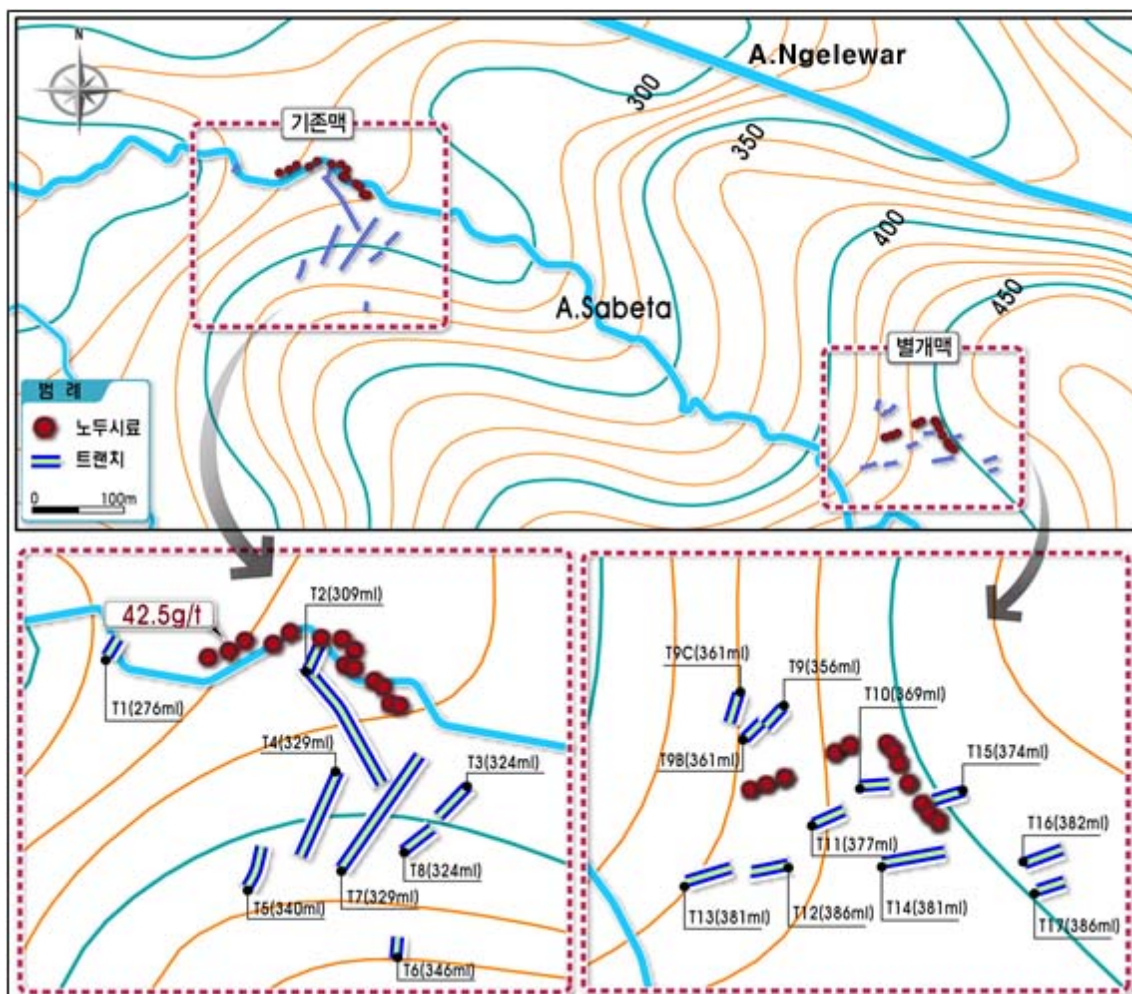
광종	좌표		넓이 (ha)	기간	허가번호
	경도(E)	위도(N)			
동 및 그 외 수반광물	127°34'16"	01°05'11.8"	10,000	10. 08. 30	서할마헤라 2010년 98호
	~ 127°37'59"	~ 01°13'01.9"		~ 15. 08. 30	
금 및 그 외 수반광물	127°34'16"	01°13'01.9"	10,000	10. 08. 30	서할마헤라 2010년 99호
	~ 127°37'59"	~ 01°20'52.0"		~ 15. 08. 30	



<그림3-1> 조사지역 광구도

4. 사업 수행 내역

- 2007. 2월 : (주)크니아이 기술진 지질광상조사 시작
- 2007. 4월 : 탐사광업권(KP) 취득
- 2010. 8월 : 탐사광업권(KP) 탐사광업허가권(IUP)으로 변경 취득
- 2012. 1월 5일 : (주)크니아이 탐사팀 발족
- 2012. 1월 ~ 2월 : 기초사 자료 및 관련자료 수집, 검토
- 2012. 2월 ~ 7월 : 광역 지질조사
- 2012. 8월 ~ 12월 : 정밀 지질조사



<그림4-1> 사베따구역 기초사 현황도

■ 기초사 내용

2007년~2010년까지 PT. ORO KNI 기술진들이 사베따, 파이두두 등의 구역에서 지표 지질조사, 트렌치 탐광 및 시료분석 등을 수행하였다.

2007년 조사에서 2지역 사베따구역에서 황철광이 수반된 합금 석영맥을 발견하였다. 본 역에서 트렌치 19개를 굴착하였으며, 26개소에서 광석시료를 채취하였다<그림4-1>.

분석결과 4개의 시료에서 금품위가 1.9~42.5g/ton으로 나타났으나, 트렌치가 특정 개소에 집중 시행된 것으로 보아 합금 석영맥 전체에 대한 충분한 조사가 이루어 지지 않은 것으로 보인다.

아울러 파이두두와 따루시구역에서도 광화 징후를 인지하고 트렌치탐광 등 조사를 계획하였으나 수행하지 못하였다.

2007년 조사에서 사베따구역의 합금 석영맥 노두를 소위 기존맥(사베따천 초입부), 별개맥(기존맥 초입부에서 약 850m지점)이라 구분하고 두 맥의 사이에 석영맥이 발달하지 않는 2개의 다른 맥으로 판단하였다.

5. 광역 지 질

5.1 광역 지질 개요

본 지역은 할마헤라섬 서할마헤라 반도의 남부에 해당된다. 판구조론상 할마헤라섬 서쪽에 위치하고 있는 말루꾸 해판이 활발한 섭입활동을 하고 있다 <그림5-1>. 이런 지구조 활동으로 인하여 형성된 화산호에 띠도레섬의 띠도레산, 페르나페섬의 가마라마산, 서할마헤라의 자이롤로산, 또도꼬라누산, 감꼬노라산, 이부산 등 화산이 분포하고 있다. 고제3기(Paleogene) 이래 말루꾸 해판이 서쪽은 북술라웨시 하부로, 동쪽은 할마헤라섬 하부로 섭입되고 있으며, 이는 할마헤라섬에 4번 중첩된 화산호를 생성하게 하였다<그림5-2>.

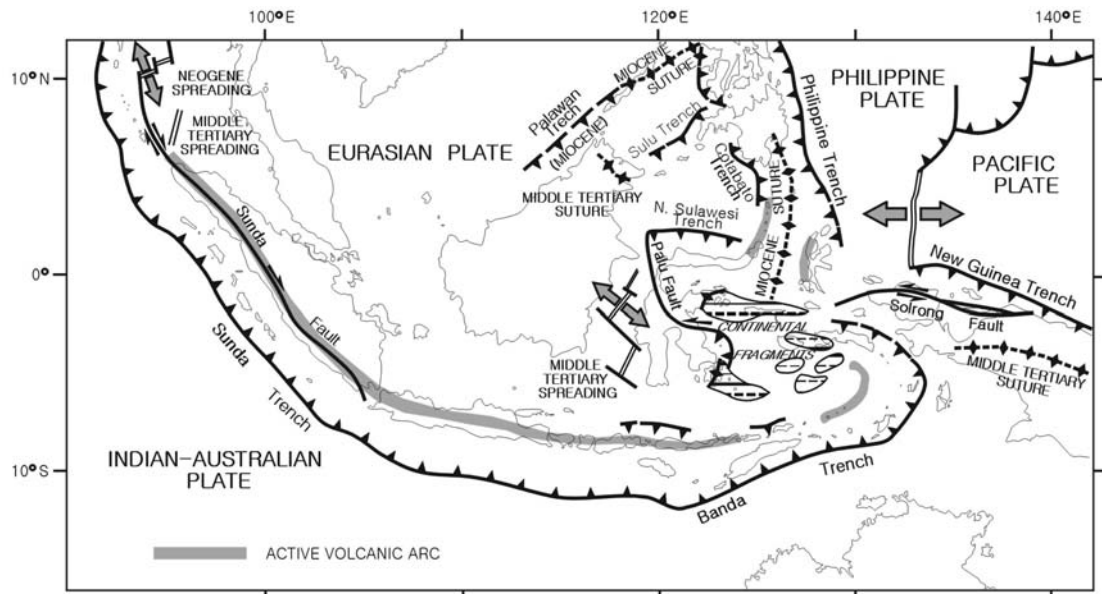
본 광산 일대에 분포하는 지질은 하부로부터 신생대 신제3기 상부 마이오세(Miocene)의 고소웅(Gosowong)층, 플리오세(Pliocene)의 까야사(Kayasa)층, 그리고 제4기 플라이스토세(Pleistocene)의 옹회암층, 현재도 활동하는 홀로세(Holocene)의 화산암류 및 층적층으로 구성되어 있다.¹⁾

본 조사 지역에 분포하는 지질계통은 <표5-1>과 같다.

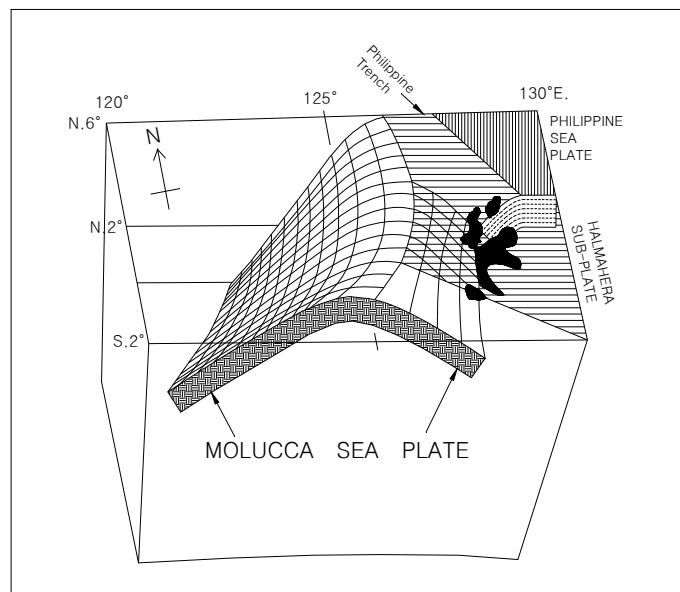
<표 5-1> 조사지역 지질계통표

제4기	홀로세	층적층, 화산암층	부정합	모래, 점토, 자갈, 안산암질/현무암질 화산쇄설류, 안산암, 현무암
	플라이스토세	옹회암층		옹회암, 낙하 화산쇄설물, 화산쇄설류
신제3기	플리오세	까야사층	부정합	석영안산암, 석영안산암질 용암, 석영안산암질 낙하 화산쇄설물/화산쇄설류, 석영안산암질 화산쇄설물 사암/이암/역암
			부정합	안산암, 안산암 용암, 안산암질 화산쇄설물 이암/사암/역암, , 섬록암, 광체
	상부 마이오세	고소웅층	부정합	현무암, 현무암 용암, 현무암질 화산쇄설물 사암/역암, 광체, 관입 안산암

1) AMC Mining Consultants(Canada) Ltd, Newcrest Mining Limited, 2012, Technical report on the Gosowong property in North Maluku province Indonesia



<그림5-1> 할마헤라섬 주변 판구조 운동¹⁾

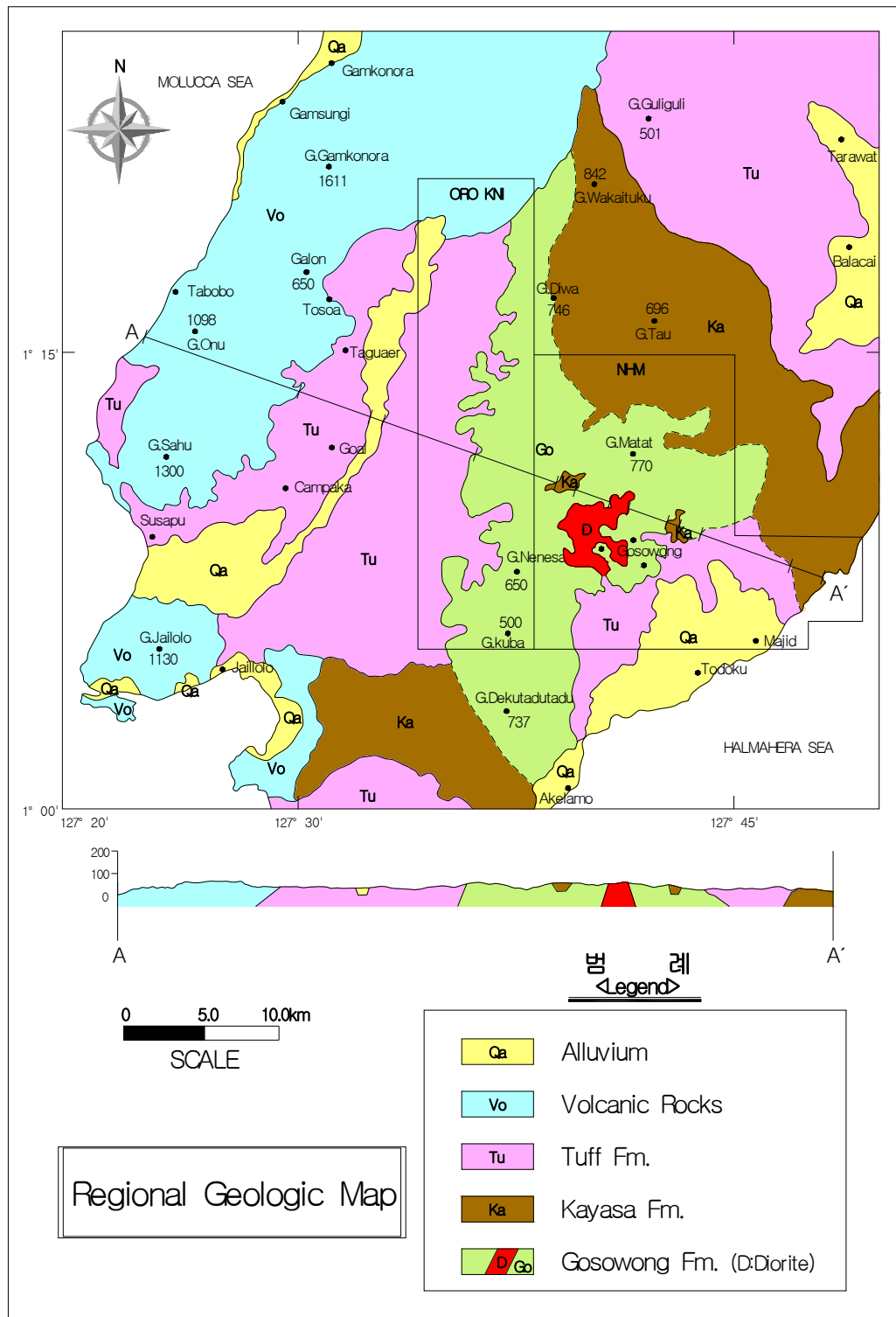


<그림5-2> 말루꾸 해판의 섭입활동 모식도²⁾

신제3기 상부 마이오세의 고소응층은 본 조사지역의 동반부와 그 동부에 위치하고 있는 NHM 광산에 넓게 분포하고 있으며 하부로부터 현무암질 화산암류, 화산쇄설암과 상부의 안산암질 화산암류, 화산쇄설암으로 구성되어 있으며 섬록암이 암주상으로 관입하여 있고 금광체가 형성되어 있다.

1) Hamilton, 1979, Tectonic of the Indonesian region

2) R. Hall, 1988, Late Palaeogene-Quaternary geology of Halmahera, eastern Indonesia of volcanic island arc



<그림5-3> 조사지역 일대 광역 지질도1)

1) Geological Research and Development Centre of Indonesia, 1980, Geologic map of the Morotai Quadrangle North Maluku

까야사층은 석영 안산암질 화산암류 및 화산쇄설암으로 구성되어 있으며 주로 NHM 광산 외곽 동북부, 본 광구 외곽 남부에 분포하고 있다. 본 층은 층서상 신제3기 플리오세에 해당할 것으로 판단된다.

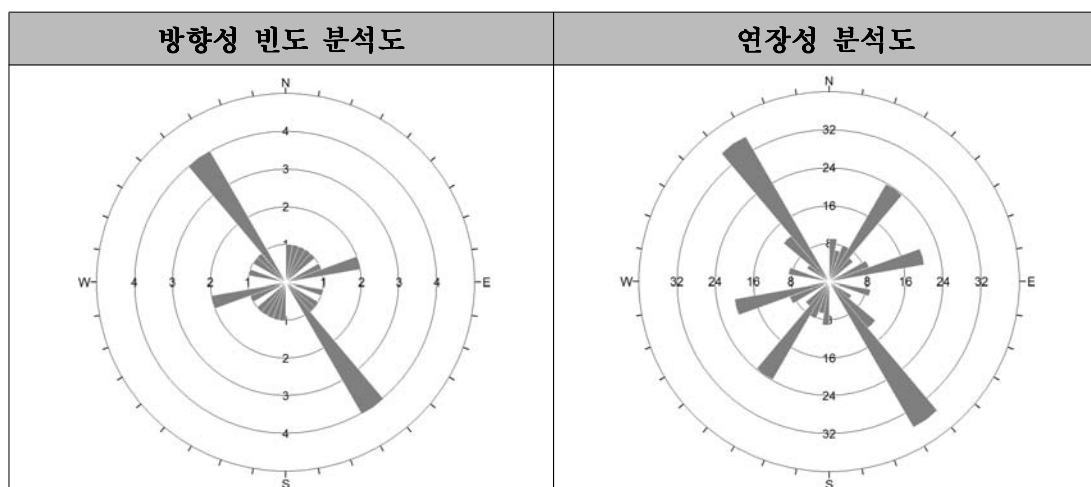
제4기 플라이스토세에 속할 것으로 추정되는 응회암층은 주로 부석질 응회암과 사질 응회암으로 구성되어 있으며 주로 본 광구 서부와 본 역 동북부 일대에 넓게 분포하고 있다. 제4기 홀로세의 화산암층은 주로 안산암질 및 현무암질 용암, 화산쇄설암 및 화산암으로 구성되어 있으며 주로 본 역 서북부 일대에 분포하고 있다. 서할마헤라 화산호에 속하는 띠도레산, 가마라마산, 자이틀로산, 또도꼬라누산, 감꼬노라산, 이부산 등 화산에서 분출한 화산암류는 모두 이에 해당되는 것으로 판단된다<그림5-3>.

5.2 선구조

지질조사 전에 현장의 음영 기복도에서 선구조 해석을 실시하고 이 결과를 단층, 절리, 습곡, 암맥 등에 의하여 나타나는 구조선의 광역적인 해석에 이용할 수 있다. 이를 통하여 현장 조사 시 신속성, 경제성, 정밀성을 제고할 수 있다¹⁾.

음영 기복도상 나타나는 각 선구조의 연장과 각도를 측정하여 10도를 단위로 선구조의 수에 의한 빈도분석과 연장성 분석을 수행하여 우세한 지형적 및 지구조적 방향을 파악할 수 있다.

본 지역에서 빈도 분석과 연장성 분석 결과, 3개조의 우세 선구조군이 확인되었는데 L1 구조군은 N30°~40°W, L2 구조군은 N70°~80°E, L3 구조군은 N30°~40°E 방향으로 밝혀졌다<그림5-4, 5-5>.

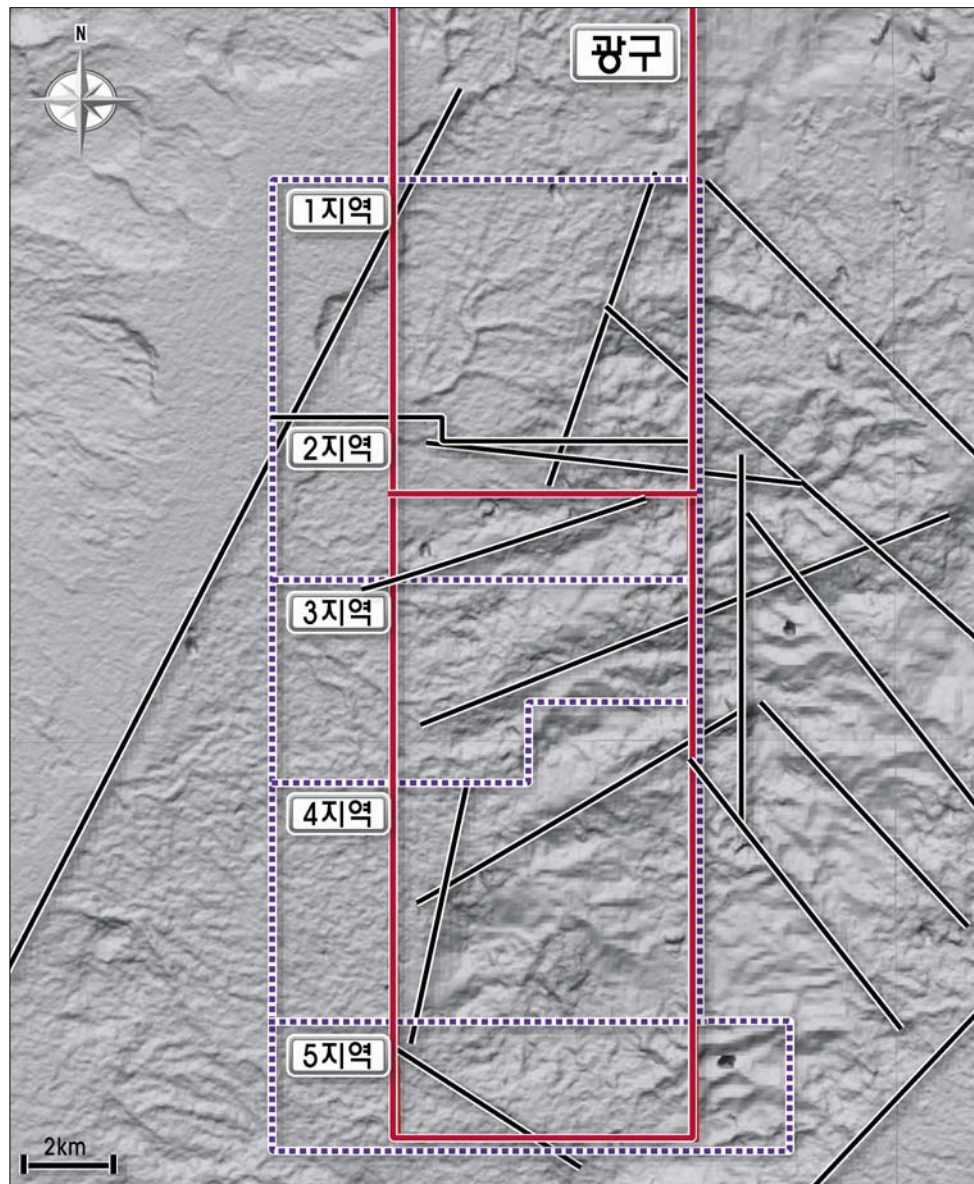


<그림5-4> 선구조 빈도 분석 및 연장성 분석 장미도표(rose diagram)

1) 류충렬, 2000, 인도네시아에서 수계나 선상구조를 이용한 광상탐사의 가능성

본 지역의 지질구조는 말루꾸해판이 동쪽으로 할마헤라지판의 하부로 섭입함에 따라 생성된 중첩된 4개의 화산호 중 신제3기(Neogene) 이후 발달한 화산호와 관련된 단층들로 대표된다.

본 광산의 동부에 인접한 NHM 광산에는 N 30°~40° W 주향과 거의 NS 주향의 단층들이 주 추세를 보이고 있으며 광화작용은 주로 NS 주향의 단층을 따라 일어났다. 본 광구에서도 거의 NS 방향과 N 30°~80° W 방향의 단층이 주 추세를 보이고 있다. 상기한 단층들의 주향은 NS 주향을 제외하고 선구조 분석결과 나타난 우세 선구조 방향에 동조하는 경향을 나타내고 있다.

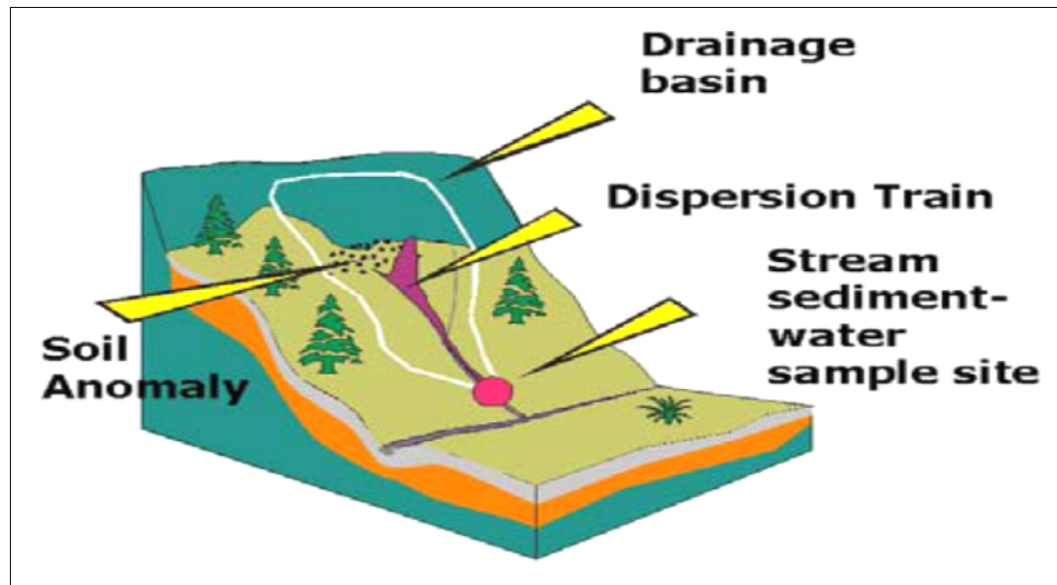


<그림5-5> 조사지역 선구조도

6. 조사 방법

6.1 광역 지질조사 방법

6.1.1 광역 지화학탐사 방법



<그림6-1> 배수계에서 지화화적인 이상대 모식도

○ 하천퇴적물시료 채취

A. 광역 지화학탐사에서 1-2차 수계에 분포하는 하천퇴적물들은 상류 집수 분지 내에 분포하고 있는 암석이 풍화되거나, 토양으로부터 유래된 입자들이 하천을 따라 이동하여 퇴적된 것으로, 인근지역의 지질특성을 유추할 수 있고 미량성분 원소를 잘 반영하고 있어, 지표지질환경을 잘 반영하는 대표적인 지질매체로 받아들여지고 있다.

<그림6-1>과 같이 기반암 물질이 이동되는 일련의 과정을 지화학적 분산이라(geochemical dispersion)하며, 분산에 따른 성분들의 재분포(redistributed), 분별(fractionated), 혼합(mixed) 등이 나타난다. 분산된 물질들을 역으로 추적하면서 주변의 암석종류 및 형태, 광화대의 유무, 모암변질대 등과 같은 기본 지질학적 데이터를 통해 광화지역에 접근할 수 있다.¹⁾

금번 조사에서는 NHM 광산에서 수행하여 양호한 효과를 거둔바 있는 방법을 준용하였다.²⁾

1) 전효택 외, 1993, 응용지구화학

2) G.R. Davey et al., 1997, Discovery of the Gosowong epithermal quartz-adularia vein gold deposit

- B. 시료채취는 평균 1km² 당 1개의 시료를 채취하였다. 열대 우림지대에 속하는 말레이시아의 지질조사소에서는 광역 지화학탐사 시 1.7 km² 당 1개의 시료를 채취하고 있어 비교적 조밀한 시료채취라 할 수 있다.¹⁾
- C. 시료는 주로 하천의 합수지점 부근에서 퇴적이 진행되었거나 진행되고 있는 하천 바닥에서 시료를 채취하여 젖은 상태의 퇴적물을 우선 10 mesh(2.0 mm)의 체로써 체질하여 통과한 20ℓ의 모래·실트를 채집하였다.
- D. 이 20ℓ의 시료를 다시 80 mesh(0.177mm)의 체로써 체질하여 통과한 시료를 비닐 지퍼백에 넣어 자연건조한 후 분석 의뢰한다<사진6-1>.



<사진6-1> 하천퇴적물시료 채취 광경

1) Fateh Chand et al., Geological Survey Malaysia, 1981, A manual of Geochemical of Exploration Methods

○ 하천 중사광물시료 채취

- A. 하천퇴적물시료 채취 과정에서 80 mesh(0.177mm)의 체를 통과하지 못한 시료를 모아 두었다가 팬(pan)으로써 패닝(panning)하여 팬 바닥에 모인 중사광물 중 사금 알갱이를 관찰한다<사진6-2>.
- B. 하천을 따라 광역 지화학탐사 중 유망할 것으로 판단되는 지점에서 20ℓ의 퇴적물을 채취하여 팬으로써 패닝하여 팬에 남은 중사광물 중 사금 알갱이를 관찰한다.
- C. 사금의 알갱이 수를 기재한다. 그리고 시료는 비닐 지퍼백에 넣어 현장 사무실에서 자연건조 후 보관한다. 분석할 필요가 있는 시료는 분석 의뢰한다.



<사진6-2> 패닝(panning) 광경(좌), 채집한 중사광물 시료(우)

○ 표석시료 채취

하천을 따라 조사하는 중 금광석이나 기타 유용 금속 광석, 또는 변질대로 의심되는 자갈이 발견되면 -3kg 정도 채취하여 함유된 광물, 원마도 등을 기재한 후 비닐 지퍼백에 넣어 분석 의뢰한다.

6.1.2 기초 지표 지질조사 방법

○ 조사 방법

- A. 광역 지화학탐사를 하천을 따라서 실시하는 중 암석노두가 관찰되면 GPS를 이용하여 위치와 수준을 확인한다. 그리고 클리노미터를 사용하여 노두의 주향과 경사를 측정한다.
- B. 지질경계면이나 노두의 연장부 확인을 위하여 능선이나 사면에서도 조

사를 수행하였다.

- C. 만약 암석노두가 광석노두로 밝혀지면 줄자로 노두의 규모를 파악한다. 햄머와 확대경을 이용하여 암석노두의 야외명을 파악하고 대표적인 시료를 채취한다.
- D. 관찰되는 노두에 나타나는 단층, 습곡구조 등 지질구조를 파악하여 기재한다.

○ 암석 및 광석시료 채취

- A. 중요한 암석노두는 신선한 면을 햄머로 타격하여 -3kg의 시료를 채취하여 비닐 지퍼백에 넣어 필요한 경우 시료를 국내로 반입하여 암석 박편 시료를 제작하여 편광 현미경 관찰을 하고, XRD분석을 통해 암석, 구성 광물 종류 등을 정확히 파악한다.
- B. 지질기사가 광체나 광화대 노두의 예상되는 종방향을 따라 조사하면서 가능한 한 30m 간격으로 노두가 선명하게 노출되는 지점에서, 횡방향(노두의 폭을 횡단하는 방향)을 따라 0.3~1m 간격으로 햄머로 가격하여 적당량의 시료를 채취하여 -3kg의 1개 합성시료를 만든다. 그 다음 비닐 지퍼백에 넣어 분석 의뢰한다.

6.2 정밀 지질조사 방법

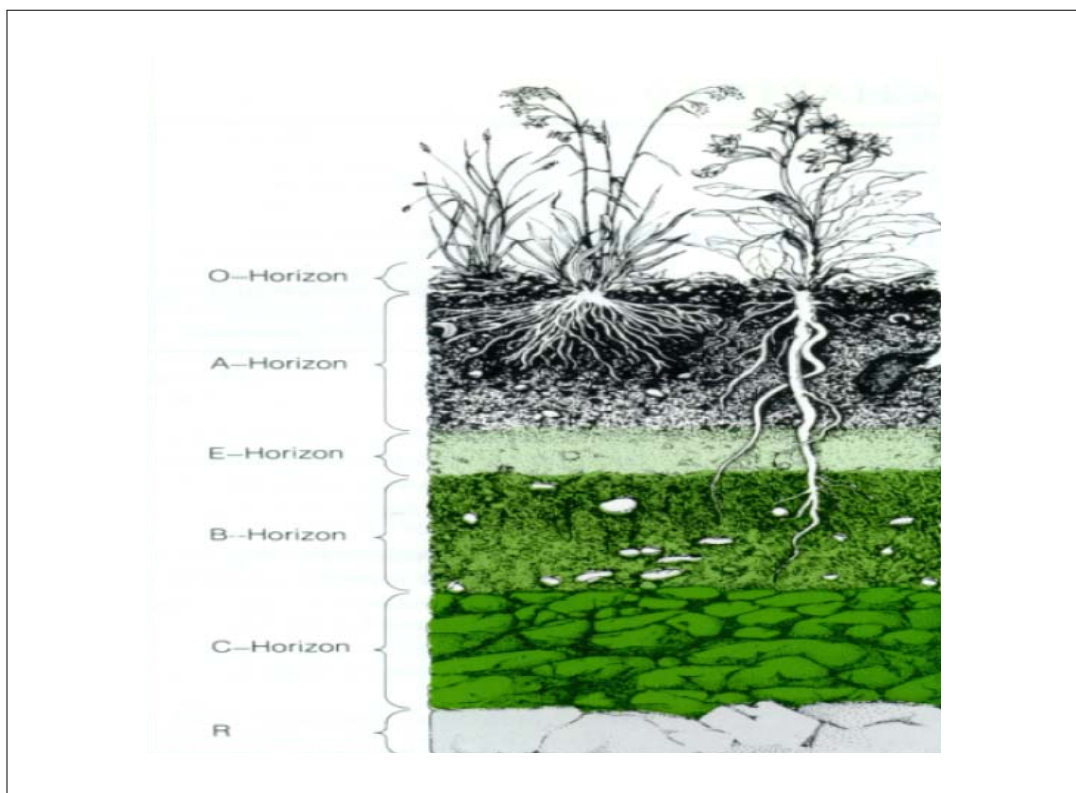
6.2.1 정밀 지화학탐사 방법

○ 토양시료 채취

- A. 토양시료는 모재(parent material)의 화학적 및 광물학적 특징에 의해서 좌우된다. 풍화잔류물은 매장된 광석에 대한 매우 직접적이고 명백한 지화학적 지침을 제시한다. 가령 근원암으로부터 유래한 잔류 1차 광물은 모암을 알려주는 지시자 역할을 하는데, 풍화작용으로 형성된 2차 광물, 순환수에 의해 이동될 수 있는 용해성 있는 물질 등이 포함되어 있기 때문이다.
- B. 시료 채취는 토양단면상의 B층을 대상으로 하였다. <그림6-2>과 같이 B층은 A층 밑에 접해 있으며 위쪽에서 물리화학적으로 분리, 용탈되어 내려오는 여러 물질이 침전되거나 집적되므로 집적층(illuvial horizon)이라고 한다. 점토, 산화철, 알루미늄, 부식물질 등이 집적된 B층은 다른 층보다 진한 적갈색, 황갈색, 암회색 등을 띠며 구조가 어느 정도 뚜렷하고 미량 원소들이 농축되는 경우가 많으므로 지화학 탐사의 대상이 된다.¹⁾

1) 전효택 외, 1997, 응용 지구화학

- C. Au 이상점(anomaly point)를 기준으로 지표 경사도를 고려하여 기선을 따라 100m 간격, 측선을 따라 50m 간격으로 격자망상의 시료 채취지점을 명기한 시료 채취계획도를 설계한다.
- D. 시료 채취지점에서 삽으로 표토(O, A, E층: 지표에서 약 60cm)를 먼저 제거한다.
- E. 표토 제거 후 B층을 모종삽 또는 오거(auger)를 사용하여 토양시료로 약 200~500g을 채취한다. <그림6-2>
- F. 사후 검토를 위하여 붉은색 리본에 위치와 시료번호를 표기하여 나무에 묶어 놓는다.
- G. 채취한 시료는 비닐 지퍼백에 넣어 현장 사무실로 운반하여 자연 건조한 후 분석 의뢰한다.



<그림6-2> 토양지층 분류



<사진6-3 > 토양시료 채취 광경

6.2.2 정밀 지표 지질조사 방법

○ 조사방법

- A. 본 광산은 대부분이 열대 밀림으로 피복되어 있어 GPS만으로는 전 조사지역에서 정확한 지리좌표, 고도 및 위치를 파악할 수 없어 간이 측량을 하여 노선도(route map)를 작성하면서 조사하는 것이 가장 효과적인 조사방법이다.
- B. 이 조사에서 필수적으로 사용하는 장비는 GPS, 클리노미터, 고도계, 경사계, 50m 이상 줄자, 지형도, 지질조사용 햄머, 확대경, 방수 야장 등이다.
- C. GPS로써 지리좌표와 위치를 확정할 수 있는 기준위치를 정한 후에 지형도에 그 위치를 기재한다. 지도상에 기준위치를 기재한 후에 계획한 노선을 따라 클리노미터로 진행방향을 정하고 먼저 선도자가 줄자를 잡고 진행방향으로 50m를 직선으로 전진한 후 첫 이정표(way point)를 정한 후 멈춘다.

D. 지질기사는 기준점의 위치좌표, 수준, 진행방향과 진행노선의 지표경사를 경사계나 클리노미터로 측정 기재하고 줄자를 따라서 전진하면서 노두가 발견되면 암석명, 지층의 주향, 경사 등 제 지질상황을 야장에 기재하고 필요하면 시료를 채취한다. 첫 이정표에 도착하면 노선을 따라 이 작업을 반복하면서 진행한다.

E. 당일 조사가 끝나면 베이스 캠프에서 기본 지형도나, 방안지에 조사결과를 자세히 정리 기재한다.

○ 암석 및 광석시료 채취

기초 지표 지질조사에서 사용한 것과 동일한 방법으로 수행한다.

6.3 시료 분석 방법

○ 본 광산에서 채취한 시료는 하천퇴적물시료 116개, 표석시료 15개, 광석시료 65개, 중사광물시료 8개, 토양시료 298개, 점토시료 3개, 표토시료 1개, 현미경 감정용 시료 5개, XRD 분석용 시료 2개 등 도합 513개이다.

○ 채취한 시료 중 국내에 반입한 현미경 감정용 및 XRD 분석용 시료 7개를 제외한 506개의 시료는 인도네시아 자카르타에 소재하는 전문 광물분석 기관인 PT. Intertek Utama Services에 의뢰하여 분석하였다.

○ 이 회사가 사용하는 분석방법은 건식분석법(Fire assay)이다. 원자흡수 분광계(AAS; Atomic Absorption Spectrometer), 냉증기 원자흡수 분광계(CV AAS; Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometer) 및 XRF(X-Ray Fluorescence)도 시료에 따라 사용하였다.

○ 3지역 동하르구역의 토양시료 129개, 4지역 하천퇴적물시료 3개, 5지역 하천퇴적물시료 12개, 도합 144개의 시료는 Au, Ag, Cu 3개 성분만 분석하였는데, Au 성분은 ppb와 ppm 단위, Ag, Cu는 ppm 단위로 분석하였다. 그 외 362개 시료는 Au, Ag, As, Cu, Mn, Hg, Sb 7개 성분을 ppm 단위로 분석하였다.

7. 광역 지질조사

7.1 광역 지화학탐사

7.1.1 광역 지화학탐사 개요

본 광구를 수계발달과 접근 편의성을 고려하여 5개 지역으로 나누어 광역 지질 조사를 수행하였다. 광역 지화학탐사는 하천을 따라 가면서 하천퇴적물시료, 중사광물시료 및 표석시료를 채취하면서 수행하였다.

주로 수계의 합류지점 부근에서 하천퇴적물시료를 채취하였다. 하천퇴적물시료의 금(Au) 분석치는 중사광물 조사결과와 더불어 금 광화대의 범위를 더욱 좁힐 수 있는 역할을 할 수 있다.

하천퇴적물시료를 채취하고 남은 하천퇴적물을 패닝하여 중사광물시료를 채취하여 사금의 알갱이 수를 기재하였다.

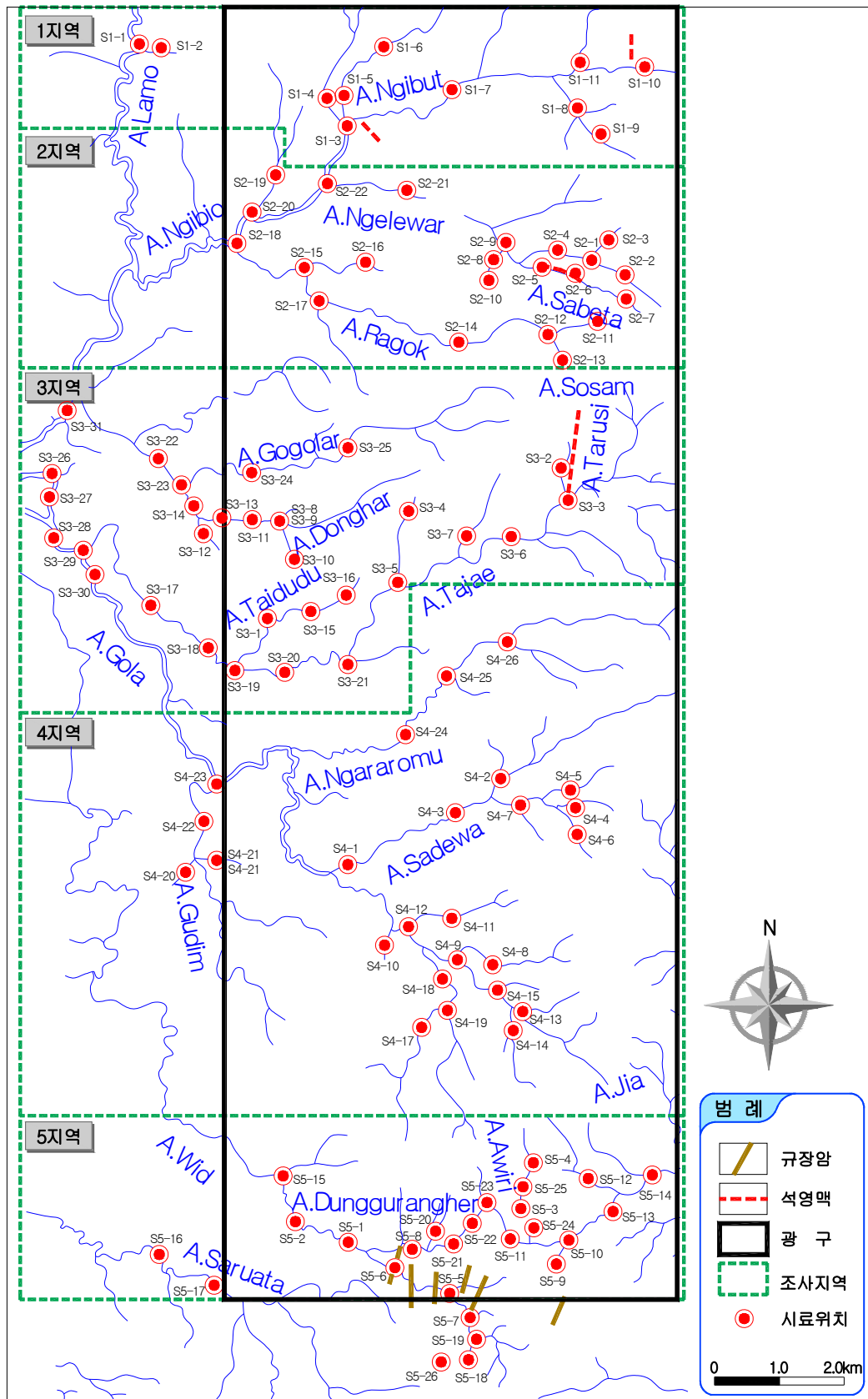
그리고 수계를 따라 조사하면서 광석이나 광화대로 판단되는 표석을 채취하여 분석하였다.

일반적으로 광역 지화학탐사에서 조사지역에 단일한 암석만 분포하고 있을 경우 이상치 기준을 그 암석 내 목표 원소의 배경치로 정할 수 있는데¹⁾, 하천퇴적물 특성상 여러가지 성분들이 혼합되어있으므로 평균치, 표준편차 및 최대 배경치(threshold)를 구하고 최대 배경치를 이상치 기준으로 한다. 그러나 본 광산의 동부에 위치하고 있는 NHM 광산에서 광역 지화학탐사를 수행할 때 금 0.05 ppm 이상을 이상치 기준으로 하였다. 따라서 거의 동일한 지질여건을 가지고 있는 본 광산도 실제 현장에서 검증된 금 0.05 ppm 이상을 이상치 기준으로 준용하였다.

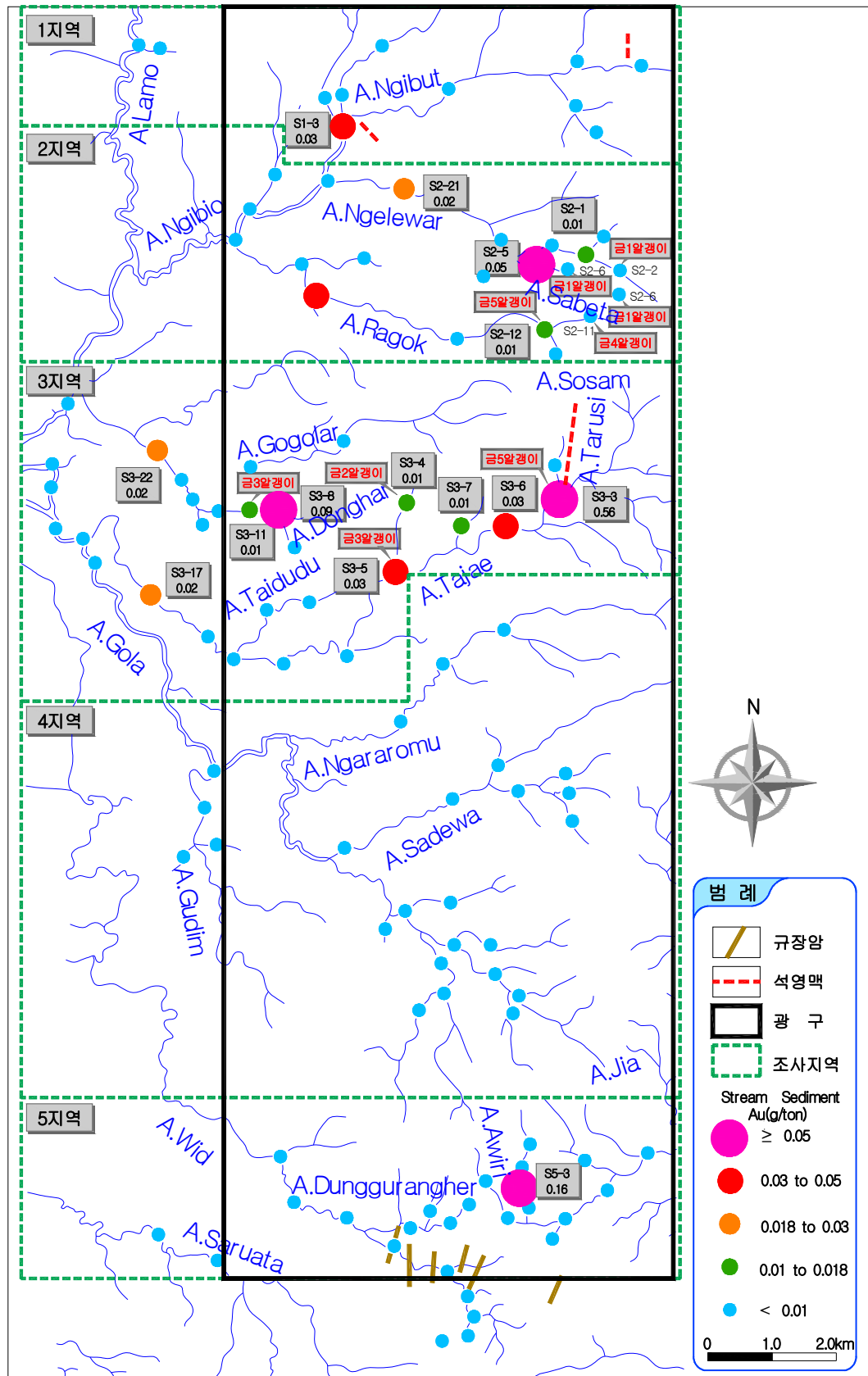
중사광물시료는 사금 3알갱이 이상 확인되는 것을 이상치 기준으로 하였는데 금 번 조사에서 중사광물시료에서 사금 알갱이가 확인된 시료는 9개인데 최소 1알갱이에서 최다 5알갱이까지 확인되었다. 확인된 금 알갱이 수를 산술 평균한 2.7 즉 3알갱이 이상을 이상치 기준으로 하였다.

표석시료 및 광석시료는 우리나라 산업통상자원부 “광업업무 처리지침”에서 금 2.0g/t 이상을 “금 탐사권 허가 기준”으로 하고 있어, 이 기준을 준용하여 금 2.0 ppm 이상을 이상치 기준으로 하였다.

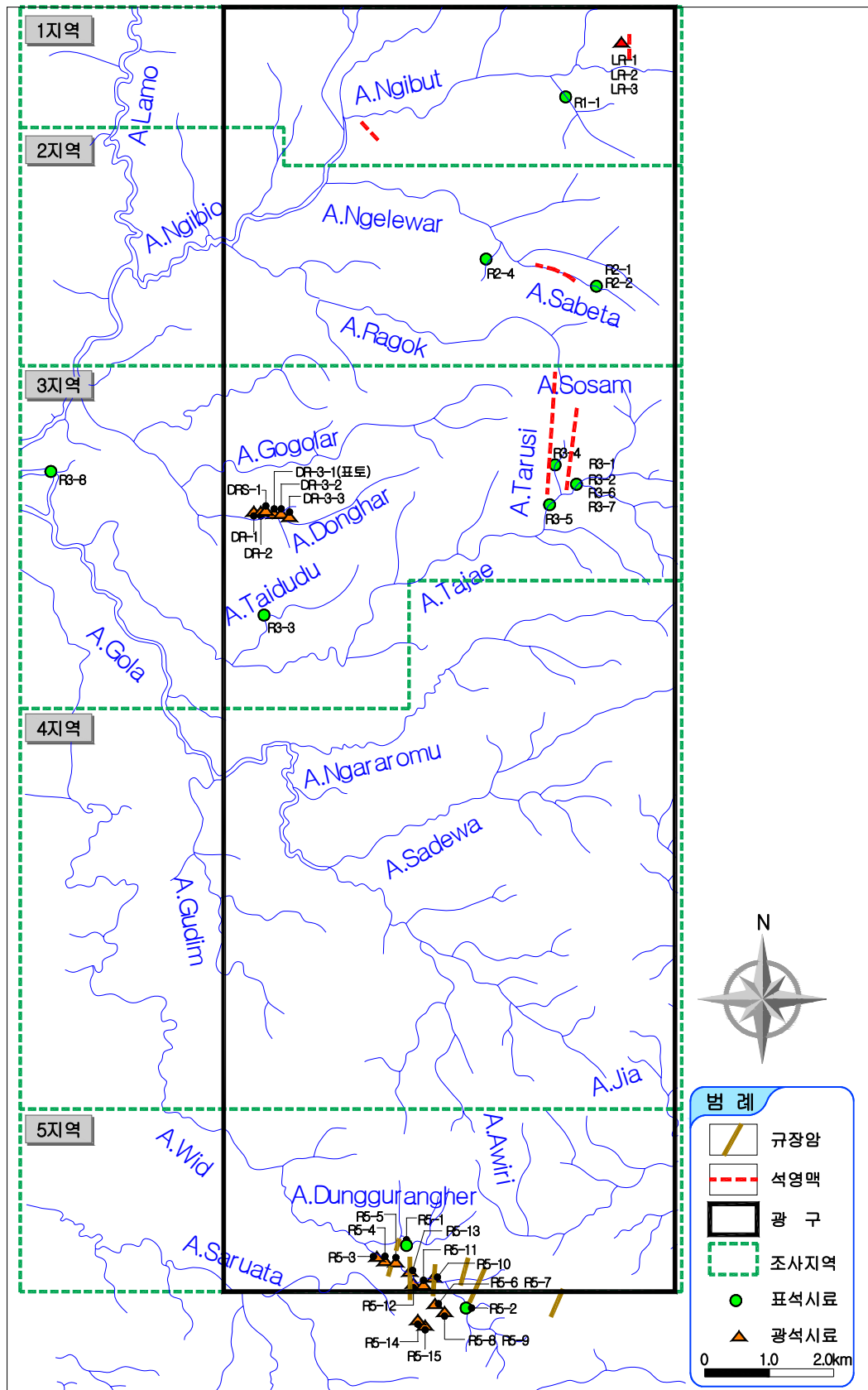
1) 김인준 외, 2004, 인도네시아 반둥 남부 수방산 지역에서의 토양 지화학 탐사



<그림7-1> 하천퇴적물시료 채취위치도



<그림7-2> 하천퇴적물 및 중사광물시료 분석결과도



<그림7-3> 표석 및 광석시료 채취위치도

7.1.2 광역 지화학탐사 결과

○ 1지역

하천퇴적물시료는 라모강과 그 지류에서 2개, 응이붓천에서 5개, 기타 지류에서 채취한 시료 4개를 포함하여 모두 11개를 채취하였다<그림7-1>.

하천퇴적물시료를 분석한 결과, 응이붓천 하류의 S1-3지점에서 금 0.03ppm을 나타내나 이상치 기준에는 미달한다. 이의 동측 사면에 폭 0.3m 내외의 석영맥이 발달하고 있는데 S1-3지점 광화 징후와의 관련성은 알 수 없다. 그 외의 시료는 금 0.01ppm 미만으로 나타났다. <그림7-2>, <표7-1>

패닝을 하여 채집한 중사광물시료에서는 금 알갱이를 확인할 수 없었다.

응이붓천 중상류 계곡부 R1-1지점에서 표석시료를 채취하였는데 석영이다. 황철광, 황동광, 유비철광 같은 황화 금속광물이 확인된다. <그림7-3>, <사진7-1>

분석결과 금 0.05ppm으로 나타났다. 표석이 확실한 석영맥이기 때문에 상류로 추적하였으나 폭포가 형성되어 있어 석영맥의 발달은 확인하지 못하였다. 분석결과로 보아 표석시료 채취지점 상류 분수계 일대에는 광화된 노두가 존재할 가능성은 있는 것으로 판단된다<표7-2>.

<표7-1> 1지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb	좌표	
									N	E
S1-1	1-1	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 37.0 "	127° 33 ' 31.6 "
S1-2	1-2	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 35.1 "	127° 33 ' 42.3 "
S1-3	1-3	0.03	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 56.9 "	127° 35 ' 13.1 "
S1-4	1-4	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 10.6 "	127° 35 ' 05.5 "
S1-5	1-5	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 11.8 "	127° 35 ' 12.7 "
S1-6	1-6	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 14.7 "	127° 36 ' 32.5 "
S1-7	1-7	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 06.5 "	127° 36 ' 05.6 "
S1-8	1-8	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 26.5 "	127° 37 ' 08.9 "
S1-9	1-9	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 26.5 "	127° 37 ' 19.5 "
S1-10	1-10	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 28.6 "	127° 37 ' 41.6 "
S1-11	1-11	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 15 ' 37.1 "	127° 37 ' 10.1 "

<표7-2> 1지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
R1-1	K-1-1	0.05	188	<1	349	0.07	9	3



<사진7-1> 석영맥 표석시료

○ 2지역

기조사에서 광체가 확인된 사베따천에서 3개, 소사베따천에서 3개, 응에레와르천에서 7개, 소삼천에서 3개, 기타 지류에서 채취한 시료 6개를 포함하여 도합 22점의 하천퇴적물시료를 채취하였다<그림7-1>.

하천퇴적물시료를 분석한 결과, 사베따천 S2-5지점에서 금 0.05ppm으로 이상치 기준으로 나타났으며, 폭 70m의 합금 석영맥이 시작되는 지점이다. 소삼천 하류의 S2-17에서 금 0.03ppm, 응에레와르천 하류의 S2-21지점에서는 금 0.02ppm으로 나타났다. 그 외의 하천퇴적물시료는 금 0.01ppm 또는 금 0.01ppm 미만으로 밝혀졌다. <그림7-2>, <표7-3>

패닝하여 채집한 중사광물시료에서 사금은 응에레와르천 S2-2지점에서 1알갱이, 사베따천 S2-6지점에서 1알갱이, S2-7지점에서 1알갱이, 소삼천 S2-11지점에서 4알갱이, S2-12지점에서 5알갱이가 육안으로 관찰되었다<그림7-2>. 사금 알갱이가 확인된 소삼천 S2-11지점의 중사광물시료를 분석한 결과 금 92.3ppm을 보이며, S2-12의 중사광물시료에서도 사금 5알갱이가 나타나는 것은 이들 시료의 채취지점의 상류에는 금을 함유한 금광체나 금광화대가 발달하고 있다는 것을 암시하는 것으로 판단된다<표7-4>.

그러나 표석시료에서는 사베따천 R2-1지점과 R2-2지점에서 각각 금 0.01

ppm 미만, 0.01ppm으로 밝혀졌으며, 소삼천 R2-3지점에서 금 0.01ppm 미만, 소사베따천 R2-4지점에서는 시료 부족으로 분석결과를 얻을 수 없었다. <그림 7-3>, <표 7-5>.

<표 7-3> 2지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb	좌표	
									N	E
S2-1	2-1	0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 52.4 "	127° 37 ' 14.6 "
S2-2	2-2	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 45.1 "	127° 37 ' 32.4 "
S2-3	2-3	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 00.7 "	127° 37 ' 22.9 "
S2-4	2-4	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 58.1 "	127° 36 ' 57.5 "
S2-5	2-5	0.05	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 48.5 "	127° 36 ' 49.8 "
S2-6	2-6	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 44.3 "	127° 37 ' 05.1 "
S2-7	2-7	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 32.4 "	127° 37 ' 30.9 "
S2-8	2-8	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 51.6 "	127° 36 ' 26.4 "
S2-9	2-9	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 58.8 "	127° 36 ' 32.1 "
S2-10	2-10	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 42.0 "	127° 36 ' 23.1 "
S2-11	2-11	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 21.2 "	127° 37 ' 17.2 "
S2-12	2-12	0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 17.0 "	127° 36 ' 53.9 "
S2-13	2-13	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 12 ' 58.4 "	127° 37 ' 01.1 "
S2-14	2-14	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 11.0 "	127° 36 ' 10.0 "
S2-15	2-15	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 48.3 "	127° 34 ' 53.0 "
S2-16	2-16	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 51.1 "	127° 35 ' 23.6 "
S2-17	2-17	0.03	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 32.6 "	127° 35 ' 02.3 "
S2-18	2-18	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 13 ' 59.0 "	127° 34 ' 18.6 "
S2-19	2-19	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 33.2 "	127° 34 ' 39.2 "
S2-20	2-20	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 14.6 "	127° 34 ' 28.3 "
S2-21	2-21	0.02	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 24.6 "	127° 35 ' 44.2 "
S2-22	2-22	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 14 ' 30.2 "	127° 35 ' 05.6 "

<표7-4> 2지역 중사광물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치번호	시료번호	Au	Ag	사금 알갱이	하천
S2-2	2-2-1	0.45	<1	1	레와르
S2-6	2-6-1	0.02	4	1	사베따
S2-7	2-7-1	0.07	<1	1	사베따
S2-11	2-11-1	92.3	4	4	소삼
S2-12	-	-	-	5	소삼

<표7-5> 2지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치번호	시료번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
R2-1	K-2-1	<0.01	25	<1	536	0.04	5	3
R2-2	K-2-2	0.01	48	<1	423	0.09	9	2
R2-3	K-2-3	<0.01	54	<1	375	0.02	18	1
R2-4	K-2-4	IS	502	20	374	0.04	IS	IS

○ 3지역

본 지역에서 하천퇴적물시료는 따자에천에서 8개, 따루시천에서 2개, 동하르천에서 9개, 고골라르천에서 2개, 골라천에서 5개, 다이두두천에서 3개 기타 지류에서 채취한 시료 2개를 포함하여 도합 31개의 시료를 채취하였다 <그림7-1>.

하천퇴적물시료는 분석결과 따루시천의 S3-3에서 금 0.56ppm으로 하천퇴적물시료 중 가장 높은 이상치 기준 10배 이상의 함량을 보였으며, 따루시천과 합류되어 흘러가는 따자에천 중류 S3-6지점과 중하류 S3-5지점, 하류 S3-17지점에서 각각 금 0.03, 0.03, 0.02ppm으로 나타났다.

동하르천의 중류에서 용출되는 온천 부근 S3-8지점에서는 금 0.09ppm으로 이상치 기준 이상 나타났으며 하류 S3-22 지점에서는 금 0.02ppm으로 밝혀졌다. 그 외의 하천퇴적물시료는 금 0.01ppm 또는 금 0.01ppm 미만으로 밝혀졌다. <그림7-2>, <표7-6>

본 지역에서 채취한 중사광물시료에서 사금은 따루시천 S3-3지점에서 금 5알갱이, 따루시천 상류 S3-2 지점에서 금 1알갱이가 확인되는 등 따루시천에서 수회 실시한 패닝에서 대부분 금 1알갱이 이상 관찰되었으며 따자에천 S3-5지점에서 금 3알갱이, 동하르천 S3-11지점에서 금 4알갱이가 확인되

었다<그림7-2>.

따루시천 S3-3지점, S3-2지점과 따자에천 S3-5지점, 동하르천 S3-11지점의 중사광물시료를 분석한 결과 S3-3지점 금 337ppm, S3-2 지점 금 0.2ppm 및 S3-5지점 금 36.3ppm, S3-11지점 금 145ppm으로 밝혀졌다<표7-7>.

본 지역에서 채취한 표석시료 8개를 분석한 결과 따루시천 R3-1지점에서 금 0.52ppm으로 나타났으며 나머지는 금 0.01ppm 미만으로 밝혀졌다. <그림 7-3>, <표7-8>.

본 지역에서 따루시천의 하천퇴적물시료 분석결과 S3-3지점에서 금 0.56ppm로 이상치 기준의 10배 이상 나타나고, 중사광물시료에서도 금 5알갱이가 확인되는 현상은 본 따루시구역 분수계 일대에는 금 광화대나 광체가 부존하고 있음을 강력히 시사하는 것으로 판단된다.

동하르천의 하천퇴적물시료 분석결과 중류 온천 부근의 S3-8지점에서 금 0.09ppm으로 이상치 기준 이상의 높은 함량을 나타내고, 그 하류의 S3-11지점의 중사광물시료에서 사금 4알갱이가 관찰되는 사실은 본 동하르구역 중류의 온천 상류 분수계에도 금 광화대나 광체가 부존하고 있음을 시사하는 것으로 사료된다.

<표7-6> 3지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb	좌표	
									N	E
S3-1	3-1-2	<0.01	42	<1	1300	IS	IS	IS	1° 10 ' 54.7 "	127° 34 ' 35.2 "
S3-2	3-2-2	<0.01	48	<1	1120	IS	IS	IS	1° 12 ' 09.3 "	127° 37 ' 00.1 "
S3-3	3-3	0.56	60	<1	996	0.12	3	2	1° 11 ' 49.6 "	127° 36 ' 56.8 "
S3-4	3-4-2	0.01	82	<1	1290	0.04	5	<1	1° 11 ' 47.3 "	127° 35 ' 44.6 "
S3-5	GPS13	0.03	75	<1	1090	0.09	5	<1	1° 11 ' 12.0 "	127° 35 ' 38.9 "
S3-6	3-6	0.03	49	<1	856	0.09	4	2	1° 11 ' 35.5 "	127° 36 ' 34.7 "
S3-7	3-7	0.01	70	<1	964	0.07	IS	IS	1° 11 ' 35.4 "	127° 36 ' 12.4 "
S3-8	3-8	0.09	124	<1	912	0.08	2	1	1° 11 ' 44.3 "	127° 34 ' 39.2 "
S3-9	3-9	<0.01	51	<1	1300	0.03	4	1	1° 11 ' 24.5 "	127° 34 ' 48.5 "
S3-10	3-10-2	<0.01	65	<1	595	0.03	13	<1	1° 11 ' 44.3 "	127° 34 ' 39.2 "
S3-11	3-11-2	0.01	47	<1	1210	0.04	12	<1	1° 11 ' 42.9 "	127° 34 ' 27.1 "
S3-12	3-12-2	<0.01	35	<1	2940	<0.01	16	<1	1° 11 ' 37.4 "	127° 34 ' 03.3 "
S3-13	3-13-2	<0.01	23	<1	2470	IS	IS	IS	1° 11 ' 44.2 "	127° 34 ' 11.0 "
S3-14	3-14-2	<0.01	37	<1	1530	IS	IS	IS	1° 11 ' 50.1 "	127° 33 ' 58.1 "

S3-15	3-15-2	<0.01	53	<1	1140	0.21	22	<1	1° 10' 58.7"	127° 34' 56.7"
S3-16	3-16-2	<0.01	73	<1	1040	IS	IS	IS	1° 11' 06.4"	127° 37' 00.1"
S3-17	3-17-2	0.02	60	<1	1050	0.02	7	2	1° 11' 00.2"	127° 33' 37.8"
S3-18	3-18-2	<0.01	67	<1	1100	0.05	6	<1	1° 10' 40.9"	127° 34' 06.1"
S3-19	3-2P-2	<0.01	58	<1	893	0.01	IS	IS	1° 10' 29.6"	127° 34' 18.7"
S3-20	3-20-2	<0.01	78	<1	1410	IS	IS	IS	1° 10' 27.8"	127° 34' 43.8"
S3-21	3-21-2	<0.01	75	<1	1360	IS	IS	IS	1° 10' 31.6"	127° 35' 14.9"
S3-22	3-22	0.02	46	<1	1940	0.03	IS	IS	1° 12' 14.2"	127° 33' 41.3"
S3-23	3-23	<0.01	43	<1	1060	0.03	5	1	1° 12' 00.0"	127° 33' 52.6"
S3-24	3-24-2	<0.01	31	<1	1470	0.02	8	2	1° 12' 06.3"	127° 34' 27.2"
S3-25	3-25-2	<0.01	57	<1	1240	0.03	12	2	1° 12' 19.3"	127° 35' 13.2"
S3-26	3-26-2	<0.01	48	<1	910	IS	IS	IS	1° 12' 07.8"	127° 32' 47.0"
S3-27	3-27	<0.01	50	<1	957	0.04	6	<1	1° 11' 56.3"	127° 32' 48.9"
S3-28	3-28-3	<0.01	21	<1	1990	<0.01	3	<1	1° 11' 33.8"	127° 32' 49.8"
S3-29	3-29	<0.01	21	<1	1180	0.02	2	<1	1° 11' 28.1"	127° 33' 03.5"
S3-30	3-30	<0.01	31	<1	1690	0.02	1	<1	1° 11' 16.3"	127° 33' 10.4"
S3-31	3-31-2	<0.01	27	<1	2000	0.02	8	<1	1° 12' 48.5"	127° 33' 03.7"

<표7-7> 3지역 중사광물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치번호	시료번호	Au	Ag	사금알갱이	하천
S3-2	3-2-1	0.2	<1	1	따루시
S3-3	3-3-1	337	39	5	따루시
S3-5	GPS-7	36.3	<1	3	따자에
S3-11	GPS-9	145	1	4	동하르

<표7-8> 3지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
R3-1	5-3-1	0.52	87	<1	462	<0.01	2	3
R3-2	5-3-2	<0.01	97	<1	354	0.02	3	<1
R3-3	5-3-3	<0.01	16	<1	131	1.18	44	2
R3-4	5-3-4	<0.01	183	<1	259	0.86	161	<1
R3-5	5-3-5	<0.01	39	<1	34	0.33	13	3
R3-6	5-3-6	<0.01	1400	<1	26	<0.01	361	5
R3-7	5-3-7	<0.01	39	<1	93	<0.01	35	3
R3-8	5-3-8	<0.01	289	<1	88	0.06	26	1

○ 4지역

본 지역에서 하천퇴적물시료는 골라천 상류 지류에서 11개, 사데와천에서 7개, 구딤천에서 5개, 웅아라로무천에서 3개 도합 26개의 시료를 채취하였다 <그림7-1>.

채취한 하천퇴적물시료를 분석한 결과 모두 금 0.01ppm 미만으로 나타났다. <그림7-2>, <표7-9>

패닝하여 채취한 중사광물시료에서도 사금 알갱이가 관찰되지 않았다.

이 결과로 보아 4지역에는 금광체나 금광화대 부존이 희박한 것으로 사료된다.

<표7-9> 4지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb	좌표	
									N	E
S4-1	4-1	<0.01	89	<1	1440	0.02	3	<1	1° 8 ' 54.3 "	127° 35 ' 14.7 "
S4-2	4-2	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 9 ' 36.6 "	127° 36 ' 29.9 "
S4-3	4-3	<0.01	109	<1	1760	0.02	<1	<1	1° 9 ' 19.8 "	127° 36 ' 07.2 "
S4-4	4-4	<0.01	117	<1	1730	0.02	4	<1	1° 9 ' 22.6 "	127° 37 ' 05.3 "
S4-5	4-5	<0.01	86	<1	1300	0.02	<1	<1	1° 9 ' 29.9 "	127° 37 ' 04.0 "
S4-6	4-6	<0.01	68	<1	1330	0.04	6	<1	1° 9 ' 08.8 "	127° 37 ' 07.0 "
S4-7	4-7	<0.01	56	<1	1060	0.03	4	<1	1° 9 ' 22.3 "	127° 36 ' 41.1 "
S4-8	4-8	<0.01	56	<1	1340	0.03	5	<1	1° 8 ' 04.3 "	127° 36 ' 26.8 "
S4-9	4-9	<0.01	58	<1	1320	0.05	9	1	1° 8 ' 04.9 "	127° 36 ' 08.0 "
S4-10	4-10	<0.01	49	<1	1400	0.05	7	<1	1° 8 ' 14.1 "	127° 35 ' 34.1 "
S4-11	4-11	<0.01	70	<1	1590	0.04	6	<1	1° 8 ' 27.7 "	127° 36 ' 06.1 "
S4-12	4-12	<0.01	68	<1	1540	0.04	9	2	1° 8 ' 20.7 "	127° 35 ' 45.5 "
S4-13	4-13	<0.01	61	<1	1540	0.04	6	<1	1° 7 ' 39.5 "	127° 36 ' 39.8 "
S4-14	4-14	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 7 ' 32.0 "	127° 36 ' 37.4 "
S4-15	4-15	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 7 ' 51.2 "	127° 36 ' 27.5 "
S4-17	4-17	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 7 ' 33.5 "	127° 35 ' 50.9 "
S4-18	4-18	<0.01	47	<1	1060	0.04	7	<1	1° 7 ' 57.1 "	127° 36 ' 01.7 "
S4-19	4-19	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 7 ' 38.5 "	127° 35 ' 05.3 "
S4-20	4-20	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 8 ' 55.4 "	127° 33 ' 55.7 "
S4-21	4-21	<0.01	28	<1	1710	0.02	5	<1	1° 8 ' 57.9 "	127° 34 ' 04.1 "
S4-21	4-21	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 8 ' 57.9 "	127° 34 ' 04.1 "

S4-22	4-22	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 9 ' 15.1 "	127° 34 ' 04.0 "
S4-23	4-23	<0.01	19	<1	2120	<0.01	1	<1	1° 9 ' 29.8 "	127° 34 ' 08.5 "
S4-24	4-A-1	0.002	80	<1	-	-	-	-	1° 9 ' 57.3 "	127° 35 ' 10.2 "
S4-25	4-B-1	<0.001	71	<1	-	-	-	-	1° 10 ' 24.4 "	127° 36 ' 01.7 "
S4-26	4-C-2	0.002	109	<1	-	-	-	-	1° 10 ' 43.5 "	127° 36 ' 26.6 "

○ 5지역

하천퇴적물시료는 위드천에서 9개, 아워리천에서 4개, 등구랑헤르천에서 4개, 지아천에서 7개, 사루아따천에서 2개 도합 26개를 채취하였다<그림7-1>.

하천퇴적물시료를 분석한 결과, 본 지역의 동쪽으로 흐르는 아워리천 S5-3 지점에서 금 0.16ppm으로 이상치기준 이상이 나타났으나 그 외의 시료에서는 모두 0.01ppm 미만으로 나타났다. <그림7-2>, <표7-10>.

패닝하여 채취한 중사광물시료에서는 사금 알갱이를 관찰할 수 없었다.

표석시료는 등구랑헤르천 R5-1지점에서 1개, 위드천 상류 R5-2지점에서 1개를 채취하였으나 분석결과 모두 금 0.01ppm 이하로 나타났다. <그림7-3>, <표7-10>.

<표7-10> 5지역 하천퇴적물시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb	좌표	
									N	E
S5-1	5-1	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 47.9 "	127° 35 ' 14.8 "
S5-2	5-2	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 55.4 "	127° 34 ' 49.3 "
S5-3	5-3	0.16	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 6 ' 03.2 "	127° 36 ' 39.9 "
S5-4	5-4	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 6 ' 26.7 "	127° 36 ' 45.8 "
S5-5	5-5	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 22.3 "	127° 36 ' 04.5 "
S5-6	5-6	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 34.1 "	127° 35 ' 38.7 "
S5-7	5-7	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 09.8 "	127° 35 ' 14.6 "
S5-8	5-8	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 33.1 "	127° 36 ' 39.5 "
S5-9	5-9	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 37.4 "	127° 36 ' 58.3 "
S5-10	5-10	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 47.9 "	127° 37 ' 05.0 "
S5-11	5-11	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 5 ' 47.8 "	127° 36 ' 36.3 "
S5-12	5-12	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 6 ' 18.2 "	127° 37 ' 12.8 "

S5-13	5-13	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 6 ' 01.5 "	127° 37 ' 26.5 "
S5-14	5-14	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA	1° 6 ' 20.2 "	127° 37 ' 45.9 "
S5-15	5-15-1	0.002	64	<1	-	-	-	-	1° 6 ' 19.6 "	127° 34 ' 41.9 "
S5-16	5-16-1	0.002	64	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 41.1 "	127° 33 ' 41.3 "
S5-17	5-17-1	0.003	24	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 26.8 "	127° 34 ' 09.7 "
S5-18	5-18-1	<0.001	143	<1	-	-	-	-	1° 4 ' 39.0 "	127° 36 ' 30.9 "
S5-19	5-19-1	0.004	147	<1	-	-	-	-	1° 4 ' 57.2 "	127° 36 ' 29.2 "
S5-20	5-20-2	0.008	65	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 50.9 "	127° 35 ' 57.8 "
S5-21	5-21-1	<0.001	41	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 45.4 "	127° 36 ' 06.2 "
S5-22	5-22-2	<0.001	49	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 54.5 "	127° 36 ' 17.4 "
S5-23	5-23-1	<0.001	45	<1	-	-	-	-	1° 6 ' 06.2 "	127° 36 ' 22.8 "
S5-24	5-24-1	<0.001	43	<1	-	-	-	-	1° 5 ' 52.8 "	127° 36 ' 44.5 "
S5-25	5-25-2	<0.001	39	<1	-	-	-	-	1° 6 ' 14.1 "	127° 36 ' 42.0 "
S5-26	5-26-2	<0.001	40	<1	-	-	-	-	1° 4 ' 19.5 "	127° 36 ' 35.4 "

<표7-11> 5지역 표석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
R5-1	K-5-1	<0.01	62	<1	200	0.21	60	3
R5-2	K-5-2	<0.01	46	<1	147	0.05	31	4

7.1.3 광역 지화학탐사 결과분석

○ 하천퇴적물탐사 결과분석

본 조사지역에는 안산암질 암과 현무암질 암 그리고 석영 안산암질 암, 화산쇄설암, 응회암 등이 분포한다. 따라서 하천퇴적물은 단일성분이 아닌 여러 가지 암석의 풍화물이 혼합되어 있으므로 최대배경치를 구하여 이상치 기준으로 설정하여야 한다. 이 최대배경치는 평균치+표준편차치로 나타낼 수 있다.

본 조사지역 전체 하천퇴적물시료 분석결과에서 금함량의 평균치는 0.009 ppm, 최대배경치는 0.064ppm으로 나타났다<표7-12>.

본 지역의 금 평균함량이 일반 화성암의 평균함량인 0.004ppm보다 2배 이상 높다는 것을 알 수 있으며, 이는 조사지역에서 금광화작용이 일어났을 가능성이 높음을 시사한다.

최대배경치 이상의 값을 이상치 기준으로 설정해야 하나, 전술한 바와 같이 NHM 광산의 이상치 기준 즉 금 0.05ppm 이상을 이상치 기준으로 설정하였다.

금번 하천퇴적물탐사에서 이 이상치 기준 금 $\geq 0.05\text{ppm}$ 을 만족하는 지점은 2지역 사베따천 S2-5지점(금 0.05ppm), 3지역 따루시천 S3-3지점(금 0.56ppm), 동하르천 S3-8지점(금 0.09ppm)과 5지역 아위리천 S5-3지점(금 0.16ppm) 등 4개 지점이다. <그림7-2>, <그림7-4>, <표7-13>

○ 중사광물탐사 결과분석

본 지역에서 패닝을 하여 채취한 중사광물시료에서 전술한 이상치 기준 사금 3알갱이 이상이 확인된 곳은 2지역 소삼천 S2-11지점(금 4알갱이), S2-12지점(금 5알갱이), 3지역 따루시천 S3-3지점(금 5알갱이), 동하르천 S2-11지점(사금 4알갱이), 따자에천 S3-5지점(금 3알갱이) 등 5개 지점이다. <그림7-2>, <표7-13>

○ 표석탐사 결과분석

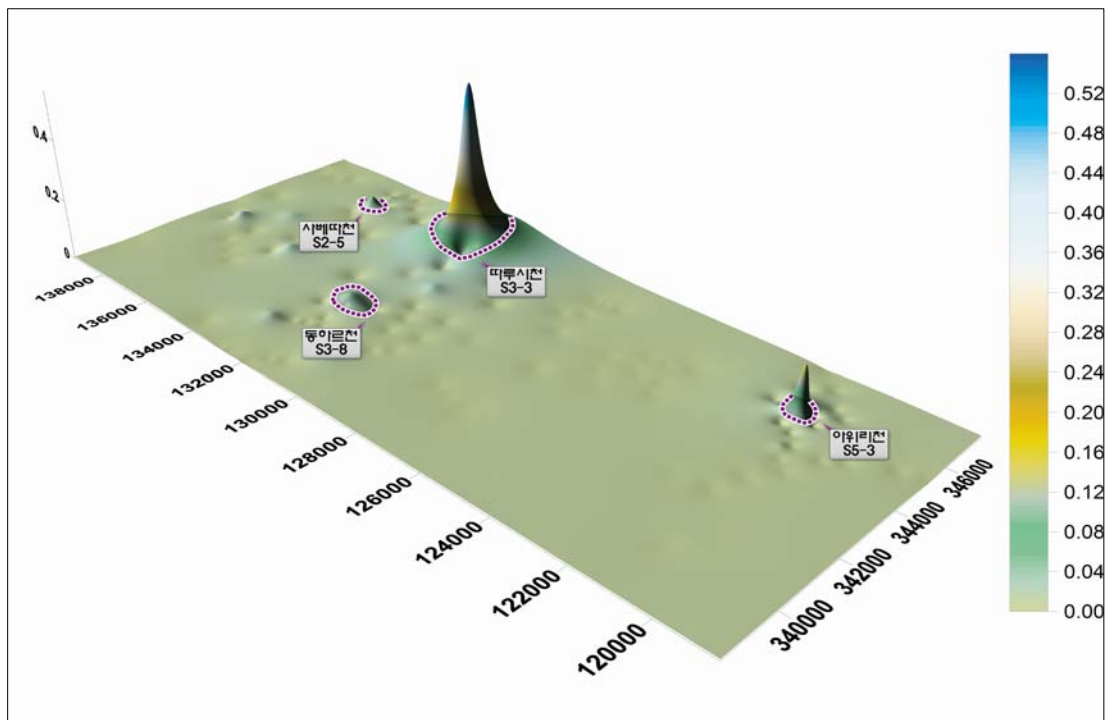
본 조사지역에서 10개의 표석시료를 채취하였으나, 3지역 따루시천 R3-1지점에서 금 0.52ppm으로 표석시료 중 가장 높은 분석치를 보인 외에는 이상치 기준 이상의 의미있는 금 함량을 나타내는 시료는 없었다.

<표7-12> 조사지역 하천퇴적물시료 분석치 통계표 (단위 : ppm)

구분	평균	표준편차	최소	최대	최대배경치
Au	0.009	0.055	0	0.56	0.064

<표7-13> 광역 지화학탐사 Au 이상점 현황

지역	하천퇴적물 시료			중사광물 시료		
	번호	하천	결과(ppm)	번호	하천	결과
2지역	S2-5	사베따	0.05	S2-11	소삼	4알갱이
				S2-12		5알갱이
3지역	S3-3	따루시	0.56	S3-3	따루시	5알갱이
	S3-8	동하르	0.09	S3-11	동하르	4알갱이
				S3-5	따자에	3알갱이
5지역	S5-3	아위리	0.16			



<그림7-4> 하천퇴적물탐사 이상도 (단위: ppm)

○ 분석결과 종합

상기 분석결과는 2지역 사베따천, 소삼천, 3지역 따루시천, 동하르천, 5 지역 아위리천의 상류 분수계 내에는 금광화대 또는 금광상이 발달하고 있다는 것을 지시하는 것으로 판단되며, 상기 구역에 대한 후속 탐사작업을 계속하여야 할 것이다<표7-13>.

7.2 기초 지표 지질조사

7.2.1 기초 지표 지질조사 개요

상술한 바와 같이 기초 지표 지질조사는 광역 지화학탐사를 수행하면서 병행하였기 때문에 광역 지화학탐사와 같이 조사지역을 5개 지역으로 나누어 실시하였다.

본 광산의 동반부에는 상부 마이오세의 고소웅층이, 서반부에는 플리오세의 응회암층이, 북부에는 홀로세의 화산암층이 피복 분포하고 있다<그림7-5>.

1지역 응이붓천 상류에서 이상치 기준 이상의 금을 함유한 석영맥 노두 1개가 확인되었다.

2지역의 사베따천을 따라 대규모 석영맥 발달이 확인되었다. 이 석영맥은 기초사에서 확인된 사베따광상과 동일한 것으로 판단된다.

3지역의 따루시천 유역에서 2개조의 남북 방향의 단층이 발달하고 있으며 이 단층을 따라 광화작용과 관련된 열수변질대가 발달하고 있다.

동하르천에는 온천이 있으며 온천 인근에서 규장암이 관입암상으로 응회암 층리를 따라 관입되어 있다. 온천 용출과 규장암의 관입에 관련된 것으로 사료되는 금광화 징후가 나타나고 있으나 그 관련성을 확실히 입증할 수는 없다.

4지역은 광화작용과 관계되는 석영맥이나 규장암의 발달은 미미한 것으로 나타났다.

5지역의 위드천 상류 동쪽 산사면에 섬록암이 소규모로 관입되어 있고, 석영맥 및 규장암맥이 위드천 상류 등구랑헤르천을 따라 5개조 이상 관입된 것을 관찰할 수 있다. 이들 맥 중 몇 조는 광구 남쪽경계 외곽으로 연장되고 있으며 이에 대하여 과거 트렌치 및 수굴 등을 굴착한 조사 흔적이 남아 있다.

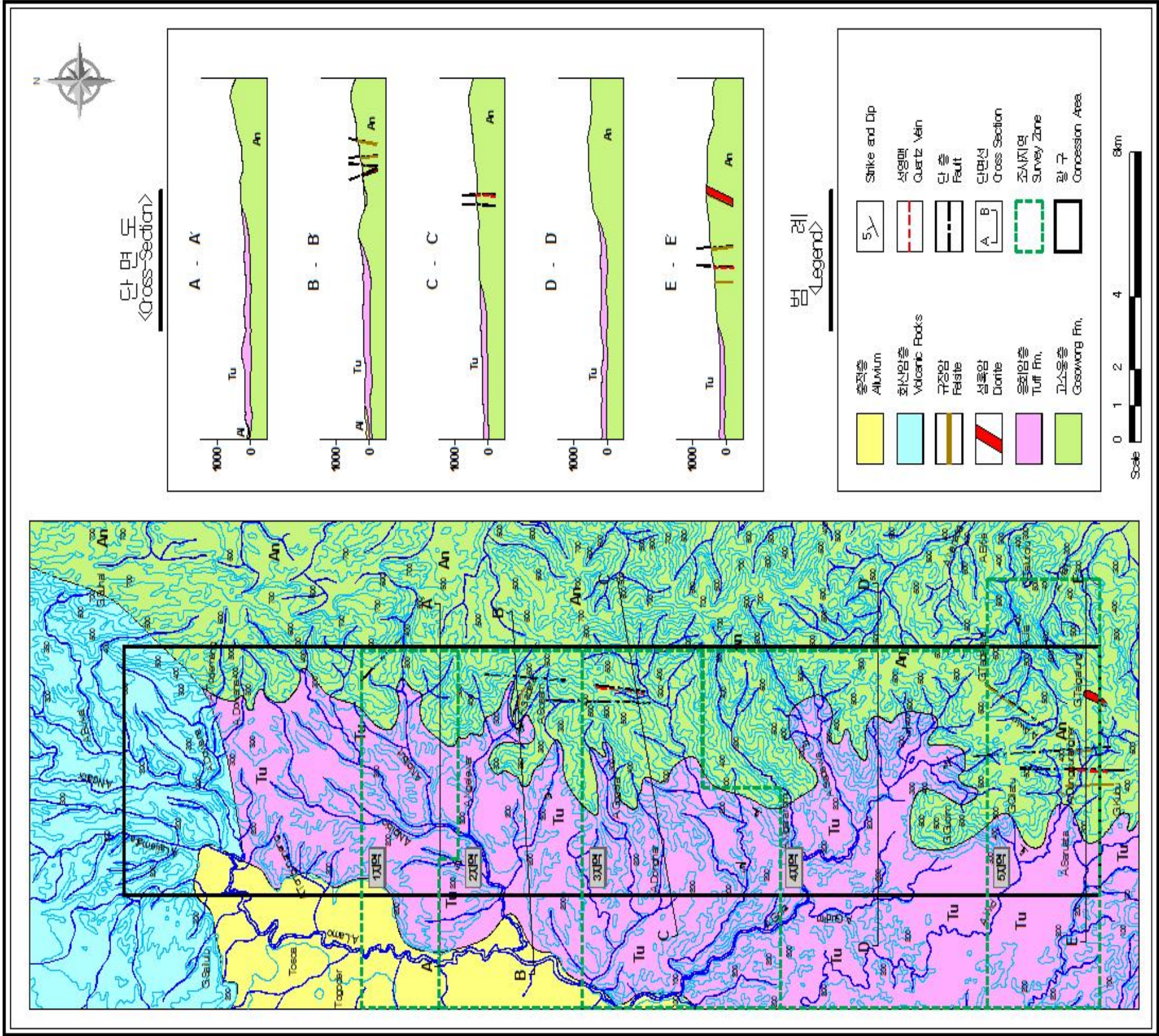


그림7-5> 조사지역 지질도

7.2.2 기초 지표지질조사 결과

○ 1지역

본 지역의 동부 고지에는 고소응층이, 서부 계곡부와 저지에는 응회암층이 넓게 분포하고 있다.

본 역 동부 고소응층의 안산암은 회색~암회색을 띠며, 변질된 안산반암은 녹색~회록색을 띤다.

서부의 응회암층은 암회색~흑색 응회암으로 구성되어 있으며 일부는 화산쇄설물의 각력이 함유되어 있는 각력질 응회암도 발달하고 있다. 층리는 잘 발달한 편이며 산사면과 계곡에서 큰 암괴를 형성하고 있으며 응이 붓천을 따라 절벽을 형성한 곳이 많다<사진7-2>.

응이붓천 상류에서 남동쪽으로 흐르는 지류에서 암회색 응회암이 고기 하상층과 이루는 부정합면을 볼 수 있다<사진7-3>.

본 역 동북부 고소응층에는 N5°W 내외 주향의 소단층이 발달하고 있는데 본 단층을 따라 폭 0.3m 내외의 함금 석영맥이 발달하고 있다. 3개의 시료를 채취하여 분석한 결과, 시료 LR-2에서 금 2.81ppm로 기초 지표 지질조사에서 유일하게 이상치 기준 이상의 금 함량을 나타낸다<표7-14>.

광화작용은 단층을 따라 주입된 석영맥에 이루어진 것으로 보인다. 앞으로 후속 조사를 하여 이 석영맥의 발달상태를 반드시 규명할 필요가 있다.

응이붓천 중류 부근의 응회암층에 N40°W 내외 주향의 소단층이 발달하고 있으며 단층을 따라 변질대가 형성되어 있다.

응이붓천 상류에서 채취한 고소응층의 암석시료를 편광현미경으로 감정한 결과 안산암과 현무암으로 나타났다. 안산암의 반정은 주로 장석(Pl), 휘석(Px)과, 소량의 백운모(Mu)로 구성되어 있으며, 유리질 및 은미정질의 유상조직을 보여준다<사진7-4>.

현무암의 반정은 주로 자형~반자형의 장석(Pl)과 휘석(Px)이며, 그 다음으로는 소량의 감람석(Oliv), 백운모(Mu)가 관찰된다<사진7-5>.

<표7-14> 1지역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)

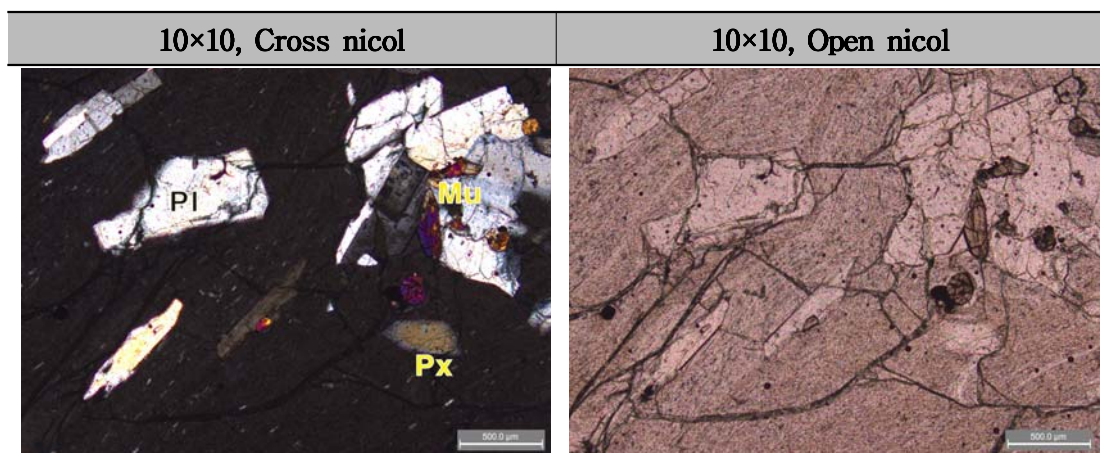
위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
LR-1	LR-1	0.02	17	<1	115	0.01	2	4
LR-2	LR-2	2.81	74	<1	150	0.02	<1	10
LR-3	LR-3	0.28	76	<1	712	0.05	8	3



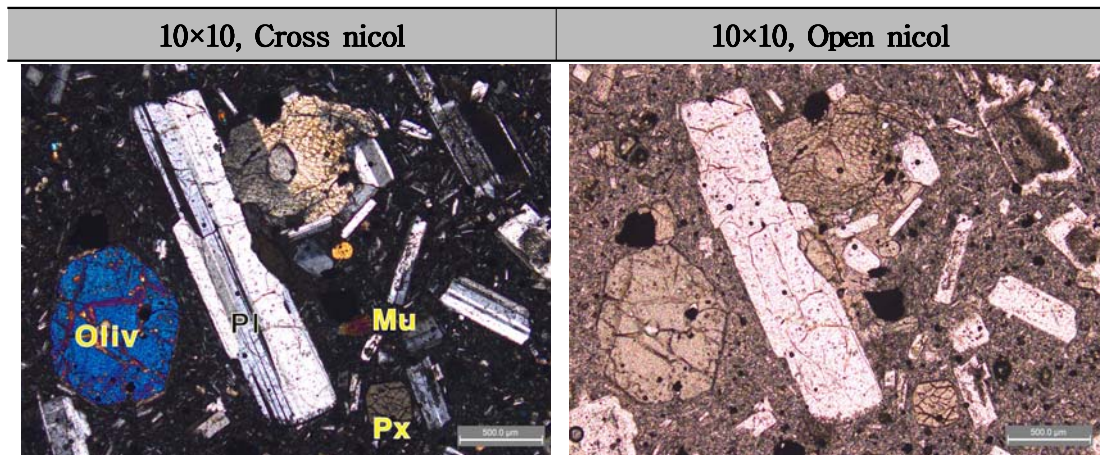
<사진7-2> 응이붓천 중상류의 응회암층



<사진7-3> 신생대 제4기 부정합



<사진7-4> 안산암 현미경 사진



<사진7-5> 현무암 현미경 사진

○ 2지역

본 지역의 동반부 고지에는 고소용층의 안산암, 안산반암 및 석영맥이 분포하고 있으며 서반부 저지에는 응회암층이 발달하고 있다.

고소용층의 안산암은 사베따천 인근에서부터 확인되는데, 광화작용을 받아 변질된 안산반암과 안산암으로 구분된다. 안산반암은 녹색~회녹색을 띠고 석영맥 관입 시 열수에 의해 변질되었으며, 황철광 결정이 산포되어 있다 <사진7-10>. 안산암은 대부분 회색~암회색을 띠고 있다.

응회암층은 회색~암회색을 띠며 층리가 잘 나타나고 응에레와르천에서는 절벽 지형을 나타내기도 한다. 본 층의 주향은 N20°~70°E이며 수평내지는 5° 이하의 완만한 경사를 보인다.

석영맥이 사베따천 계곡의 입구에서부터 거의 계곡을 따라 N70°W 내외의 주향, 경사 70°~80°SW로 발달하고 있다. 맥폭은 변화가 심하여 좁게는 1~5m, 넓게는 70m 내외이며, 연장은 1,200m 이상에 달한다. 본 석영맥의 상·하반에 발달하는 거의 같은 주향의 폭 1~5cm의 석영 세맥은 계곡입구와 입구에서 약 850m지점 폭포 주변에서는 무수한 세맥이 군집을 이루어 망상으로 나타나며 전체적으로 폭도 커진다.

상기 석영맥은 같은 주향의 단층을 따라서 관입하여 형성된 것으로 사료되며 일부 구간에서는 심하게 풍화되어 석영~장석 입자가 모암의 풍화토인 적갈색 토양과 뒤섞여 나타나기도 한다.

본 석영맥에는 거의 전 연장을 따라서 황철광 등 황화 금속광물과 빗살, 정동조직 등 광화현상이 관찰된다.

본 석영맥은 본 광산 자체 기술진들이 기초사에서 확인한 광상과 동일한 것으로 것으로 판단된다. 본 석영맥을 거의 수직으로 절단하는 남북방향의 석영맥이 3~5조 발달하고 있는데 폭은 0.5~1.0m 정도이다.

사베따천 남쪽의 소삼천 계곡에는 폭 1.5m의 남북방향의 단층이 발달하고 있는데 본 단층은 남쪽 3지역 따루시천에 발달하고 있는 남북방향의 단층과 연결될 것으로 판단된다. 본 역에서 석영맥의 광석시료를 채취하여 분석하였는데 그 결과는 다음표와 같다<표7-15>.

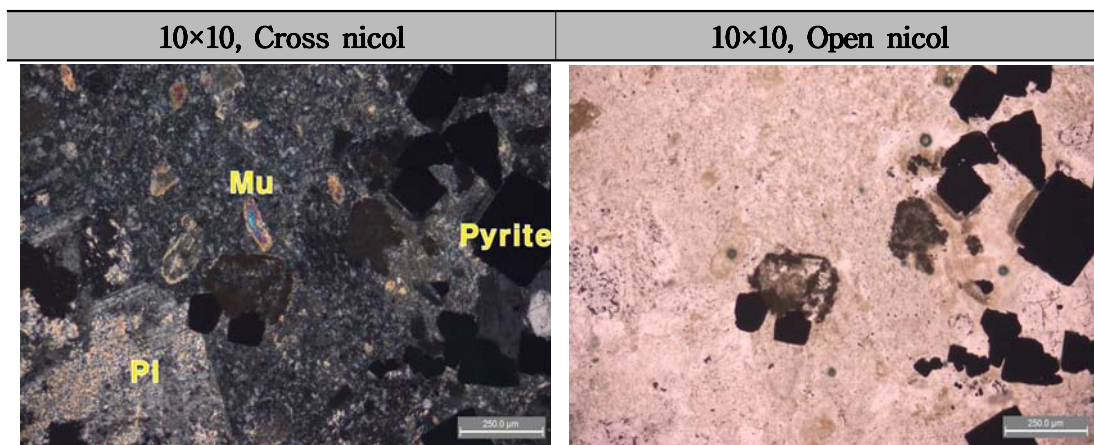
<표7-15> 소삼천 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
CR	CR-1	<0.01	135	<1	1250	0.08	<1	1

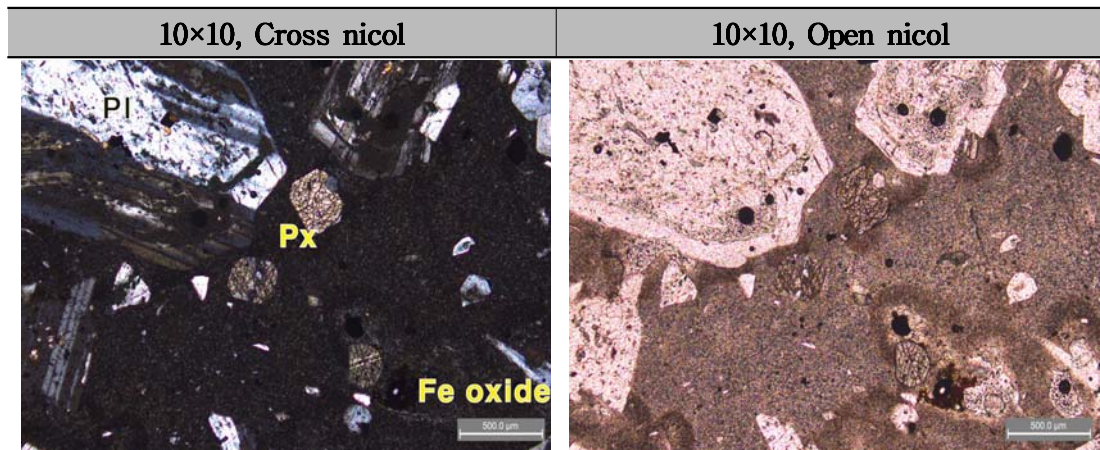
사베따천 일대에서 채취한 암석시료를 편광현미경으로 감정한 결과 안산반암과 현무암으로 밝혀졌다.

안산반암은 열수변질에 의하여 전운모화 또는 납석화된 사장석(Pl) 반정을 다수 가지고 있으며 다량의 황철광 결정과 점토류가 포함되어 있는 장석질 안산반암이다<사진7-6>. 현무암은 주로 사장석과 휘석(Px)으로 구성되어있으며, 사장석(Pl)이 자형-반자형의 반정조직을 보이기도 하고 소량의 철 산화물(Fe oxide)이 포함되어 있다<사진7-7>.

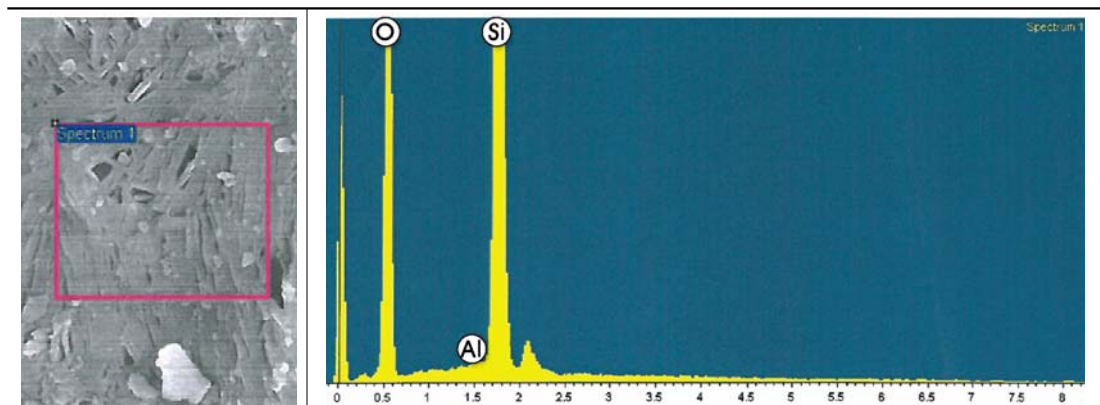
석영맥을 XRD(X-ray diffraction) 분석한 결과 규소(Si)성분과 산소(O)성분이 주구성 원소로 나타나고 있다. 주로 두 원소는 화합물인 이산화규소(SiO₂)를 이루고 있다<사진7-8>.



<사진7-6> 안산반암 현미경 사진



<사진7-7> 현무암 현미경 사진



<사진7-8> 석영맥 XRD분석 사진

○ 3지역

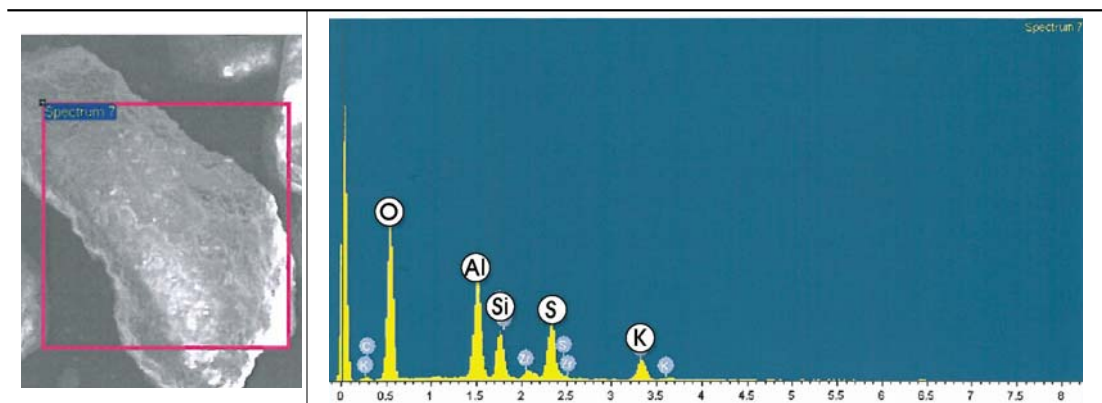
본 지역에도 동반부 고지에는 고소응층이 서반부 계곡부와 저지에는 응회암층이 분포하고 있다.

고소응층은 주로 안산암으로 구성되어 있으며 대부분 회색~암회색을 띤다.

응회암층은 계곡에서 잘 관찰되며 곳에 따라 테일러스를 형성하기도 한다 <사진7-10>. 대부분의 응회암층은 암회색이며 안산암으로 오인하기 쉽다 <사진7-11>. 본 지역의 응회암도 주향은 N20°~70°E, 경사는 수평내지는 5° 미만을 보여준다.

동하르천 중류에는 온천이 있는데 유황 냄새가 나며 물이 산화된 광물을 함유하고 있어 붉다. 온천 인근에는 백색~담갈색 규장암이 관입암상으로 응회암층을 동서 방향으로 관입하고 있다. 규장암은 석영과 빙장석이 주구

광물이며, 모암과 접촉부의 변질대는 풍화를 받아 많은 부분이 고령토화되어있다. 규장암의 주성분을 이루는 빙장석은 천열수형 금광상과 관련이 있는 광물로 알려져 있다. 본 역에 관입한 규장암의 시료를 채취하여 XRD분석을 수행하였다. 분석결과, 규소(Si), 알루미늄(Al), 산소(O), 칼륨(K), 유황(S)이 주 구성 원소이며 이산화규소(SiO_2), 산화칼슘(K_2O), 산화알루미늄(Al_2O_3) 등 화합물을 이루는 것으로 나타났다<사진7-9>.



<사진7-9> 규장암 XRD분석 사진

온천 용출 현상은 지표에 노출 안 된 구조선이 응회암층 하위에 존재하고 있는 것으로 추정할 수 있으며 이 구조선이 부근의 광화징후에 규장암맥과 복합적으로 관계된 것으로 볼 수도 있으나 관련성을 명확히 알 수가 없다.

본 역 동부의 따루시천을 중심으로 좌, 우 능선, 북쪽 능선이 작은 분수계를 이루고 있는데 따루시천 좌측부에는 천 입구에서 폭 0.5m 회색 단층 점토대가 북쪽 능선으로 갈수록 그 폭이 2.0m로 넓어지며 상류쪽 소지류까지 이어 지고 있다. 우측부에는 천 초입 능선부에서 트렌치, 수굴 등의 기조사 흔적이 있다.

따루시천 좌측부에서 관찰되는 단층 점토대는 NS 주향의 단층으로 보이는데, 북쪽 소삼계곡에서 발달하는 주향 NS의 단층과 연결될 것으로 판단된다. 소삼계곡의 단층은 회색 점토와 각력으로 이루어진 폭 1.5m의 단층 각력대로 나타나고 있다.

따루시천 우측부에는 천 초입 능선부의 트렌치, 수굴등의 기조사 흔적과 천 입구 우측의 따자에천 수계에 나타나는 여러 개의 NNE 주향의 단층과 쉐대를 고려해볼 때 산사면을 따라 주향 NNE의 단층이 발달하고 있으며 본 단층은 북쪽 능선을 넘어 소삼천 및 사베따천에서 거의 같은 주향으로

발달하는 단층과 연결될 것으로 보여진다.



<사진7-10> 따자에천 응회암 테일러스(talus)



<사진7-11> 동하르천 응회암

○ 4지역

본 지역의 동부 고지에는 고소응층의 암회색 안산암이 분포하며 서부 저지에는 응회암층의 회색~암회색 역질 응회암이 분포하고 있다<사진7-12, 13>.

본 지역의 동부와 동남부는 고도가 높은 편이며 급경사지가 많고, 수계에도 폭포가 많이 형성되어 있다. 특히, 서쪽의 구딤(Gudim)산과 중부 사데와천 상류, 동남부 골라천 상류는 접근하기가 쉽지 않았다.

본 지역에서는 석영맥 및 규장암맥의 발달이나 모암변질대 등 광화작용의 징후를 확인하지 못하였다.



<사진7-12> 역질 응회암



<사진7-13> 용아라로무천 응회암력

○ 5지역

본 지역의 동부 대부분에는 고소응층이 분포하며, 서부 일부에만 응회암층이 분포하고 있다.

본 지역의 고소응층은 대부분 회색~암회색 안산암으로 구성되어 있다. 응회암은 회색 점토(clay)~미사(silt) 크기의 화산회가 기질을 이루고 있으며 흑색 탄질물이 층리를 따라 점점이 산재해 있고 대부분 아직 암석화가 되지 않았다. 응회암층은 거의 수평층을 이루고 있다.

본 지역의 중부에는 남북방향의 분수령이 존재하는데 서쪽으로는 위드천, 사루아따천이, 동쪽으로는 지아천이 흐르고 있다.

고소웅층은 분수령 서쪽의 위드천 종류에서 나타나기 시작한다.

위드천 지류인 등구랑헤르천을 거의 남북방향으로 횡단하면서 규장암맥 <사진7-14> 3조와 소폭의 석영맥 1조가 관입되어 있는데 석영맥과 가장 동부의 규장암맥은 각각 N5°W, N10°W 주향의 단층을 따라 관입한 것으로 보인다. 그리고 지아천 상류에서 주향 N40°E 내외의 단층이 발달하고 있는데 이 단층에도 규장암맥이 관입되어 있다.



<사진7-14> 등구랑헤르천 규장암맥

동남부 파이가롱산 남서부 산사면에는 소규모 암녹색 섬록암이 관입하고 있는데 이 섬록암체에 규장암 세맥이 밀집하여 관입하여 있다.

전술한 N5°W 주향의 단층에 관입한 석영맥을 따라 광구 내 등구랑헤르천 남쪽 산사면에 트렌치<사진7-15> 1개, 수굴<사진7-16> 1개 등 탐사 흔적이 있으며, 광구 남쪽 외곽 산사면에도 1개의 수굴<사진7-17>이 굴착되어 있다.

광구 남쪽 외곽 산사면 수굴에서 폭 0.8m의 백색 석영맥 <사진7-18>과 황철광 결정이 산포되어 있는 변질 안산암<사진7-19>을 관찰할 수 있었다. 본 수굴에서 암석시료를 채취하여 편광현미경 감정을 수행한 결과 석영(Qz), 견운모(Ser), 철 산화물(Fe oxide) 및 빙장석으로 구성되어 있는 석영맥으로 나타났다<사진7-20>.

광구 내 등구랑헤르천 남쪽 산사면 수굴에서 R5-6, 7, 광구 남쪽 외곽 산사면 수굴에서 R5-8, 9 도합 4개의 광석 시료를 채취하여 분석한 결과

R5-7에서 금 0.03ppm으로 밝혀졌으며, 나머지도 모두 금 0.01ppm 미만으로 빈약하게 나타났다.

광구 내 동구랑헤르천에는 전술한 바와 같이 3조의 규장암맥과 1조의 석영맥이 발달하고 있는데 이들 암맥과 상하반 변질대에서 광석으로 판단되는 시료 R5-3, 4, 5, 10, 11, 12, 13 등 7개, 광구 남쪽 외곽 산사면에서 이들 연장부로 생각되는 R5-14, 15 등 2개, 모두 9개의 시료를 채취하여 분석한 결과, R5-10에서 금 0.03ppm, R5-14에서 금 0.02ppm, R5-15에서 금 0.01ppm이 검출되고 나머지도 모두 금 0.01ppm 미만으로 나타나, 광화가 빈약하게 이루어진 것으로 밝혀졌다.



<사진7-15> 동구랑헤르천 남쪽 산사면 트렌치(trench)



<사진7-16> 동구랑헤르천 남쪽 산사면 NS 방향 수굴



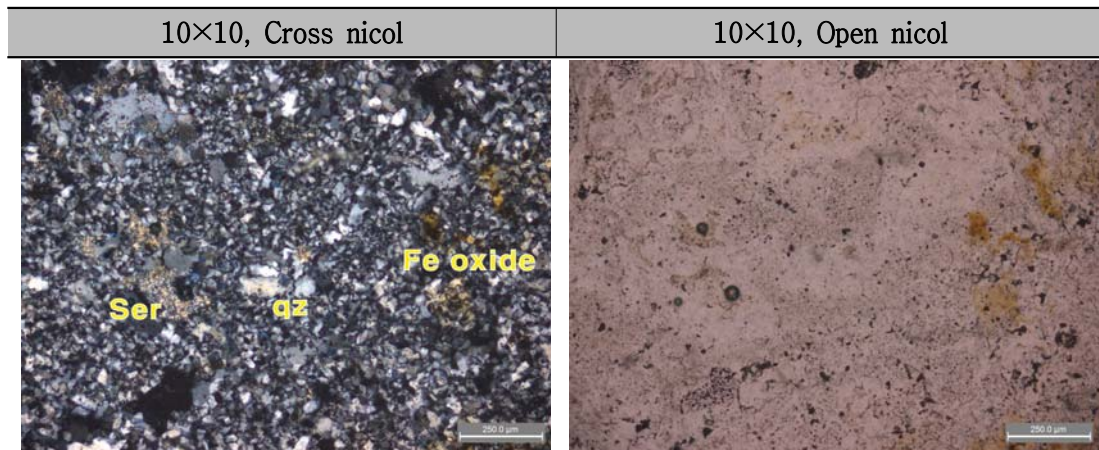
<사진7-17> 광구 남쪽 외곽 산사면 수굴



<사진7-18> 변질 안산암 및 석영맥 시료



<사진7-19> 변질 안산암 내 산점상 황철광



<사진7-20> 석영맥 현미경 사진

<표7-16> 5지역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
R5-3	R-5-3	<0.01	15	<1	114	0.17	4	3
R5-4	R-5-4	0.02	47	<1	58	0.03	96	6
R5-5	R-5-5	<0.01	40	<1	69	0.29	68	5
R5-6	R-5-6	<0.01	16	<1	64	0.04	19	4
R5-7	R-5-7	0.03	82	<1	71	0.2	53	11
R5-8	R-5-8	<0.01	52	<1	43	0.07	35	9
R5-9	R-5-9	<0.01	89	<1	33	0.02	172	3
R5-10	R-5-10	0.03	12	<1	82	0.02	18	6
R5-11	R-5-11	<0.01	18	<1	365	0.01	3	4
R5-12	R-5-12	<0.01	3	<1	5	<0.01	8	5
R5-13	R-5-13	<0.01	12	<1	845	<0.01	6	4
R5-14	R-5-14	0.02	34	<1	72	<0.01	27	6
R5-15	R-5-15	0.01	74	<1	70	0.02	39	5

7.2.3 기초 지표 지질조사 결과분석

○ 1지역 북동부에는 N5°W 내외 주향의 소단층을 따라 폭 0.3m 내외의 함 금석영맥이 관입하고 있다. 본 석영맥에서 채취한 3개의 시료를 분석한 결과 시료 LR-2에서 금 2.81ppm으로 밝혀졌다. 기초 지표 지질조사에서 유일하게 이상치 기준 이상의 금품위를 나타내고 있다.

- 2지역 사베따천 계곡 입구에서부터 석영맥이 N70°W 내외의 주향, 경사 70°~80°SW로 발달하고 있다. 맥폭은 1~70m 내외이며, 연장은 1,200m 이상에 달한다. 본 석영맥은 본 광산 자체 기술진들이 기초사에서 확인한 광상과 동일한 것으로 판단된다.
- 기초 지표 지질조사 결과 3, 4, 5지역에서는 몇 몇 개의 광화징후를 관찰할 수는 있으나 확실한 광화대나 광체는 확인할 수 없었다.

7.3 정밀 지질조사 구역 선정

7.3.1 정밀 지질조사 구역 선정 기준

- 광역 지질조사에서
 - 광역 지화학탐사 결과 하천퇴적물시료에서 금 이상치 기준인 금 0.05ppm 이상.
 - 광역 지화학탐사 결과 중사광물시료에서 사금 알갱이가 이상치 기준인 사금 3알갱이 이상.
 - 기초 지표 지질조사 결과 광석시료에서 이상치 기준인 금 2ppm 이상.
 - 기초 지표 지질조사 결과 광화작용이 확실히 인지되는 석영맥 등 암석 노두.
- 상술한 기준을 충족시키는 곳은 7개 구역으로 밝혀졌다<표7-17>.

<표7-17> 정밀 지질조사 후보구역

지역	광역 지화학 탐사						지표 지질조사		
	하천퇴적물 시료			중사광물 시료					
	시료 번호	하천	결과 (ppm)	시료 번호	하천	결과 (알갱이)	시료 번호	구분	결과(ppm)
1지역							LR-2	석영맥	2.81
2지역	S2-5	사베따	0.05					석영맥	폭 : 1~70m 연장: 1,200m
2지역				S2-11	소삼	4			
				S2-12		5			
3지역	S3-3	따루시	0.56	S3-3	따루시	5			
	S3-8	동하르	0.09	S3-11	동하르	4			
				S3-5	따자에	3			
5지역	S5-3	아위리	0.16						

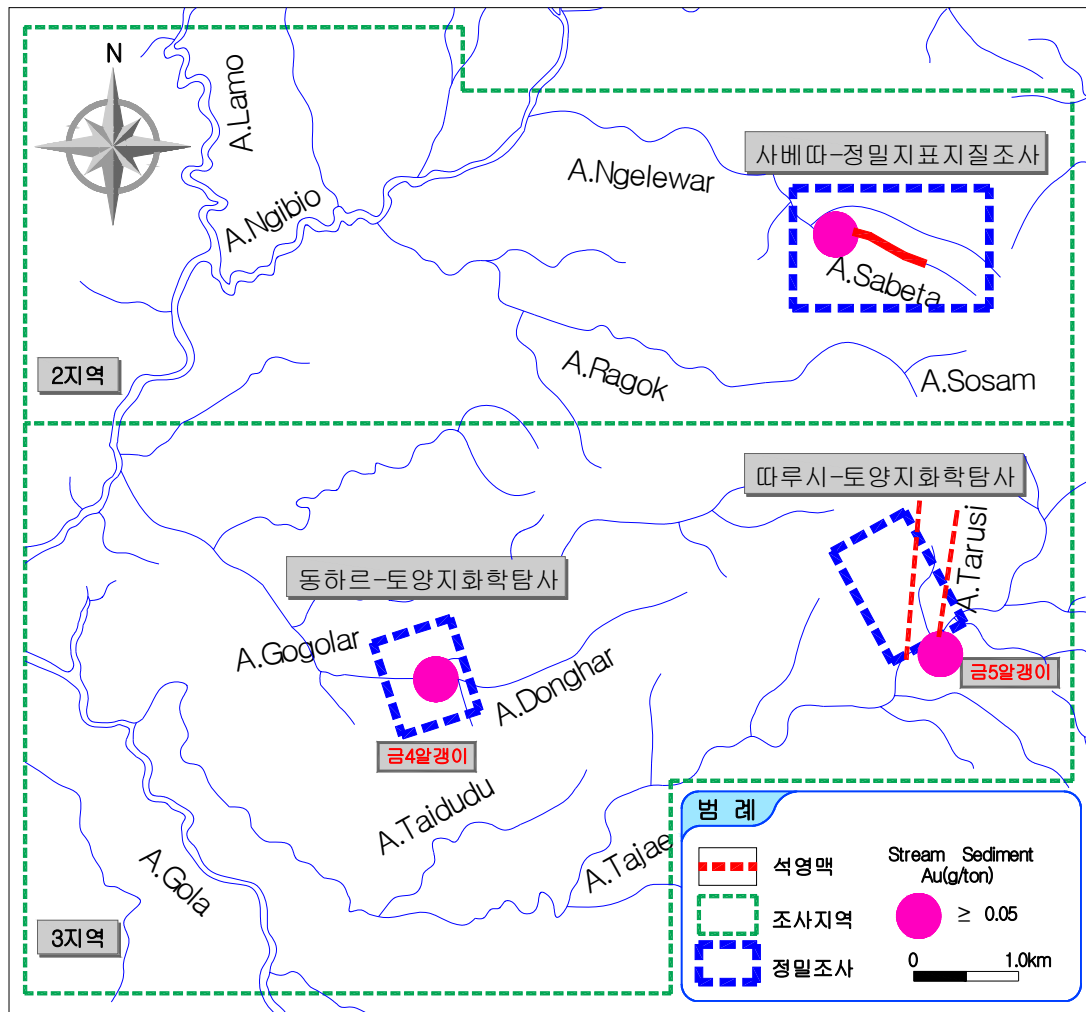
7.3.2 정밀 지질조사 구역 확정

- 상술한 선정기준을 충족시키는 정밀 지질조사 후보구역 7개 구역 중, 선정기준 2항목 이상을 충족시키는 3개 구역을 1차 정밀 지질조사 구역으로 선정하였다 <표7-18>.

<표7-18> 정밀 지질조사 구역

구분	광역 지화학 탐사						기초 지표 지질조사
	하천퇴적물 시료			중사광물 시료			
	번호	하천명	결과 (ppm)	번호	하천명	결과	
2지역	S2-5	사베따	0.05				폭 : 1~70m 연장: 1,200m 석영맥
3지역	S3-3	따루시	0.56	S3-3	따루시	5알갱이	
	S3-8	동하르	0.09	S3-11	동하르	4알갱이	

- 정밀 지질조사 구역으로 확정된 사베따구역은 과거 기초조사에서 석영맥이 금광상으로 확인된 바 있으며 석영맥의 발달상태가 뚜렷하게 확인되기 때문에 본 석영맥을 중심으로 소사베따천 유역을 포함하여 정밀 지표 지질조사 구역으로 선정하였다.
- 정밀 지질조사 구역으로 확정된 따루시구역과 동하르구역은 광역 지화학탐사에서 채취한 하천퇴적물시료의 분석결과 각각 1개 시료가 이상치 기준 이상이고 또한 사금 알갱이도 각각 1개 시료가 이상치 기준 이상이나 명확한 광화대나 광상으로 볼 수 있는 암체를 확인할 수 없기 때문에 토양시료를 조밀하게 채취하여 분석하는 정밀 지화학탐사를 시행하기로 하였다.
- 1차 정밀 지질조사 구역에서 제외된 소삼구역 등 4개 구역에 대해서는 추후 합리적인 방법의 후속탐사를 시행하여 볼 필요가 있다.



<그림7-6> 정밀 지질조사 구역 위치도

8. 정밀 지질조사

8.1 정밀 지화학탐사

8.1.1 정밀 지화학탐사 개요

정밀 지화학탐사 구역은 3지역 파루시천 유역과 동하르천 중류 지류 유역 등 2개 구역이 선정되었다.

정밀 지화학탐사는 토양층의 토양시료를 채취하고 분석하여 이상치를 탐색하면서 수행되었다. 토양시료는 주로 토양층의 B층을 채취하였다.

채취한 모든 토양시료를 분석하여 그 결과도에 이상치 기준을 만족하는 이상점과 이상대를 도출하여 추후 보다 정밀한 탐사 대상 구역을 찾는 것이다.

탐사결과 파루시구역과 동하르구역에서 몇 개의 이상점과 이상대가 포착되었다. 앞으로 본 이상점과 이상대에 대하여 트렌치탐광 등 적절한 탐사방법으로 탐사작업을 시행하여야 할 것이다.

8.1.2 정밀 지화학탐사 결과

○ 파루시구역 토양 지화학탐사 결과

광역 지화학탐사에서 채취한 하천퇴적물시료와 중사광물시료에서 이상치 기준 이상의 결과가 관찰된 파루시천을 중심으로 좌, 우 능선부를 포함하는 일대를 탐사구역으로 설정하였다.

토양시료 채취 지점의 방향은 <표8-1>과 같다.

<표8-1> 파루시구역 토양시료 채취 지점 방향

기선 방향 : N30°W	측선 방향 : N60°E
시료채취 간격 : 100m	시료채취 간격 : 50m
기선 번호 : D3-1-1 ~ D3-12-1	측선 번호 : D3-1-1 ~ D3-1-14

본 구역에서 토양시료 169개와 단층 점토로 보이는 점토시료 3개(TS-1~TS-3), 모두 합하여 172개 시료를 채취하였다.

그 분석결과는 <표8-2, 3>과 같다.

<표8-2> 파루시구역 정밀 지화학탐사 토양시료 분석결과표 (단위: ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D3-1-1	<0.01	<1	1° 12 ' 04.0 "	127° 37 ' 11.7 "
D3-1-2	0.02	<1	1° 12 ' 03.1 "	127° 37 ' 10.3 "
D3-1-3	<0.01	<1	1° 12 ' 02.2 "	127° 37 ' 09.0 "
D3-1-4	<0.01	<1	1° 12 ' 01.3 "	127° 37 ' 07.6 "
D3-1-5	<0.01	<1	1° 12 ' 00.4 "	127° 37 ' 06.2 "
D3-1-6	<0.01	<1	1° 11 ' 59.5 "	127° 37 ' 04.9 "
D3-1-7	<0.01	<1	1° 11 ' 58.7 "	127° 37 ' 03.5 "
D3-1-8	<0.01	<1	1° 11 ' 57.8 "	127° 37 ' 02.2 "
D3-1-9	<0.01	<1	1° 11 ' 56.9 "	127° 37 ' 00.8 "
D3-1-10	0.01	<1	1° 11 ' 56.0 "	127° 36 ' 59.4 "
D3-1-11	<0.01	<1	1° 11 ' 55.1 "	127° 36 ' 58.1 "
D3-1-12	<0.01	<1	1° 11 ' 54.3 "	127° 36 ' 56.7 "
D3-1-13	<0.01	<1	1° 11 ' 53.4 "	127° 36 ' 55.4 "
D3-1-14	<0.01	<1	1° 11 ' 52.5 "	127° 36 ' 54.0 "
D3-1-15	<0.01	<1	1° 11 ' 51.6 "	127° 36 ' 52.7 "
D3-2-1	<0.01	<1	1° 12 ' 06.7 "	127° 37 ' 09.9 "
D3-2-2	<0.01	<1	1° 12 ' 05.8 "	127° 37 ' 08.6 "
D3-2-3	<0.01	<1	1° 12 ' 04.9 "	127° 37 ' 07.2 "
D3-2-4	<0.01	<1	1° 12 ' 04.1 "	127° 37 ' 05.8 "
D3-2-5	<0.01	<1	1° 12 ' 03.2 "	127° 37 ' 04.5 "
D3-2-6	<0.01	<1	1° 12 ' 02.3 "	127° 37 ' 03.1 "
D3-2-7	<0.01	<1	1° 12 ' 01.4 "	127° 37 ' 01.7 "
D3-2-8	<0.01	<1	1° 12 ' 00.5 "	127° 37 ' 00.4 "
D3-2-9	<0.01	<1	1° 11 ' 59.6 "	127° 36 ' 59.0 "
D3-2-10	<0.01	<1	1° 11 ' 58.8 "	127° 36 ' 57.7 "
D3-2-11	<0.01	<1	1° 11 ' 57.9 "	127° 36 ' 56.3 "
D3-2-12	<0.01	<1	1° 11 ' 57.0 "	127° 36 ' 55.0 "
D3-2-13	<0.01	<1	1° 11 ' 56.1 "	127° 36 ' 53.6 "
D3-2-14	0.02	<1	1° 11 ' 55.2 "	127° 36 ' 52.2 "
D3-3-1	<0.01	<1	1° 12 ' 09.4 "	127° 37 ' 08.1 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D3-3-2	<0.01	<1	1° 12 ' 08.6 "	127° 37 ' 06.8 "
D3-3-3	<0.01	<1	1° 12 ' 07.7 "	127° 37 ' 05.4 "
D3-3-4	<0.01	<1	1° 12 ' 06.8 "	127° 37 ' 04.1 "
D3-3-5	<0.01	<1	1° 12 ' 05.9 "	127° 37 ' 02.7 "
D3-3-6	<0.01	<1	1° 12 ' 05.0 "	127° 37 ' 01.4 "
D3-3-7	<0.01	<1	1° 12 ' 04.1 "	127° 37 ' 00.0 "
D3-3-8	<0.01	<1	1° 12 ' 03.2 "	127° 36 ' 58.6 "
D3-3-9	<0.01	<1	1° 12 ' 2.4 "	127° 36 ' 57.3 "
D3-3-10	0.01	<1	1° 12 ' 01.5 "	127° 36 ' 55.9 "
D3-3-11	<0.01	<1	1° 12 ' 00.6 "	127° 36 ' 54.6 "
D3-3-12	<0.01	<1	1° 11 ' 59.7 "	127° 36 ' 53.2 "
D3-3-13	<0.01	<1	1° 11 ' 58.9 "	127° 36 ' 51.8 "
D3-3-14	<0.01	<1	1° 11 ' 58.0 "	127° 36 ' 50.5 "
D3-3-15	<0.01	<1	1° 11 ' 57.1 "	127° 36 ' 49.1 "
D3-4-1	<0.01	<1	1° 12 ' 12.2 "	127° 37 ' 06.4 "
D3-4-2	<0.01	<1	1° 12 ' 11.3 "	127° 37 ' 05.0 "
D3-4-3	<0.01	<1	1° 12 ' 10.4 "	127° 37 ' 03.7 "
D3-4-4	<0.01	<1	1° 12 ' 09.5 "	127° 37 ' 02.3 "
D3-4-5	1.5	<1	1° 12 ' 08.7 "	127° 37 ' 01.0 "
D3-4-6	<0.01	<1	1° 12 ' 07.7 "	127° 36 ' 59.6 "
D3-4-7	<0.01	<1	1° 12 ' 06.9 "	127° 36 ' 58.2 "
D3-4-8	<0.01	<1	1° 12 ' 06.0 "	127° 36 ' 56.9 "
D3-4-9	<0.01	<1	1° 12 ' 05.1 "	127° 36 ' 55.5 "
D3-4-10	<0.01	<1	1° 12 ' 04.2 "	127° 36 ' 54.2 "
D3-4-11	<0.01	<1	1° 12 ' 03.3 "	127° 36 ' 52.8 "
D3-4-12	<0.01	<1	1° 12 ' 02.5 "	127° 36 ' 51.5 "
D3-4-13	<0.01	<1	1° 11 ' 58.9 "	127° 36 ' 51.8 "
D3-4-14	<0.01	<1	1° 11 ' 58.0 "	127° 36 ' 50.5 "
D3-5-1	<0.01	<1	1° 12 ' 14.9 "	127° 37 ' 04.6 "
D3-5-2	<0.01	<1	1° 12 ' 14.0 "	127° 37 ' 03.3 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D3-5-3	0.05	<1	1° 12 ' 13.2 "	127° 37 ' 01.9 "
D3-5-4	<0.01	<1	1° 12 ' 12.3 "	127° 37 ' 00.6 "
D3-5-5	<0.01	<1	1° 12 ' 11.4 "	127° 36 ' 59.2 "
D3-5-6	<0.01	<1	1° 12 ' 10.5 "	127° 36 ' 57.9 "
D3-5-7	<0.01	<1	1° 12 ' 09.6 "	127° 36 ' 56.5 "
D3-5-8	<0.01	<1	1° 12 ' 08.7 "	127° 36 ' 55.1 "
D3-5-9	<0.01	<1	1° 12 ' 07.8 "	127° 36 ' 53.8 "
D3-5-10	<0.01	<1	1° 12 ' 07.0 "	127° 36 ' 52.4 "
D3-5-11	<0.01	<1	1° 12 ' 06.1 "	127° 36 ' 51.1 "
D3-5-12	<0.01	<1	1° 12 ' 05.2 "	127° 36 ' 49.7 "
D3-5-13	<0.01	<1	1° 12 ' 04.3 "	127° 36 ' 48.3 "
D3-5-14	<0.01	<1	1° 12 ' 03.4 "	127° 36 ' 47.0 "
D3-6-1	<0.01	<1	1° 12 ' 17.6 "	127° 37 ' 02.9 "
D3-6-2	<0.01	<1	1° 12 ' 16.8 "	127° 37 ' 01.5 "
D3-6-3	<0.01	<1	1° 12 ' 15.9 "	127° 37 ' 00.2 "
D3-6-4	<0.01	<1	1° 12 ' 15.0 "	127° 36 ' 58.8 "
D3-6-5	<0.01	<1	1° 12 ' 14.1 "	127° 36 ' 57.5 "
D3-6-7	<0.01	<1	1° 12 ' 12.3 "	127° 36 ' 54.7 "
D3-6-8	<0.01	<1	1° 12 ' 11.5 "	127° 36 ' 53.4 "
D3-6-9	0.02	<1	1° 12 ' 10.6 "	127° 36 ' 52.0 "
D3-6-11	<0.01	<1	1° 12 ' 08.8 "	127° 36 ' 49.3 "
D3-6-12	0.01	<1	1° 12 ' 07.9 "	127° 36 ' 48.0 "
D3-6-13	<0.01	<1	1° 12 ' 07.1 "	127° 36 ' 46.6 "
D3-6-14	<0.01	<1	1° 12 ' 06.2 "	127° 36 ' 45.2 "
D3-6-15	<0.01	<1	1° 12 ' 14.9 "	127° 36 ' 43.1 "
D3-7-1	<0.01	<1	1° 12 ' 20.4 "	127° 37 ' 01.1 "
D3-7-2	<0.01	<1	1° 12 ' 19.5 "	127° 36 ' 59.8 "
D3-7-3	<0.01	<1	1° 12 ' 18.6 "	127° 36 ' 58.4 "
D3-7-4	<0.01	<1	1° 12 ' 17.7 "	127° 36 ' 57.0 "
D3-7-5	<0.01	<1	1° 12 ' 16.9 "	127° 36 ' 55.7 "

(단위 : ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D3-7-6	<0.01	<1	1° 12 ' 16.0 "	127° 36 ' 54.3 "
D3-7-7	<0.01	<1	1° 12 ' 15.1 "	127° 36 ' 53.0 "
D3-7-8	<0.01	1	1° 12 ' 14.2 "	127° 36 ' 51.6 "
D3-7-9	<0.01	<1	1° 12 ' 13.3 "	127° 36 ' 50.3 "
D3-7-10	<0.01	<1	1° 12 ' 12.4 "	127° 36 ' 48.9 "
D3-7-11	<0.01	<1	1° 12 ' 11.5 "	127° 36 ' 47.5 "
D3-7-12	<0.01	<1	1° 12 ' 10.7 "	127° 36 ' 46.2 "
D3-7-13	<0.01	1	1° 12 ' 09.8 "	127° 36 ' 44.8 "
D3-7-14	<0.01	<1	1° 12 ' 08.9 "	127° 36 ' 43.5 "
D3-8-1	<0.01	<1	1° 12 ' 23.1 "	127° 36 ' 59.4 "
D3-8-2	<0.01	<1	1° 12 ' 22.2 "	127° 36 ' 58.0 "
D3-8-3	<0.01	<1	1° 12 ' 21.4 "	127° 36 ' 56.7 "
D3-8-4	<0.01	<1	1° 12 ' 20.5 "	127° 36 ' 55.3 "
D3-8-5	<0.01	<1	1° 12 ' 19.6 "	127° 36 ' 53.9 "
D3-8-6	<0.01	<1	1° 12 ' 18.7 "	127° 36 ' 52.6 "
D3-8-7	<0.01	1	1° 12 ' 17.8 "	127° 36 ' 51.2 "
D3-8-8	<0.01	<1	1° 12 ' 16.9 "	127° 36 ' 49.9 "
D3-8-9	<0.01	1	1° 12 ' 16.0 "	127° 36 ' 48.5 "
D3-8-10	<0.01	<1	1° 12 ' 15.2 "	127° 36 ' 47.1 "
D3-8-11	<0.01	<1	1° 12 ' 14.3 "	127° 36 ' 45.8 "
D3-8-12	<0.01	1	1° 12 ' 13.4 "	127° 36 ' 44.4 "
D3-8-13	<0.01	<1	1° 12 ' 12.5 "	127° 36 ' 43.1 "
D3-8-14	<0.01	<1	1° 12 ' 11.6 "	127° 36 ' 41.7 "
D3-9-1	<0.01	1	1° 12 ' 25.8 "	127° 36 ' 57.6 "
D3-9-2	<0.01	1	1° 12 ' 25.0 "	127° 36 ' 56.3 "
D3-9-3	<0.01	1	1° 12 ' 24.1 "	127° 36 ' 54.9 "
D3-9-4	<0.01	<1	1° 12 ' 12.9 "	127° 36 ' 22.7 "
D3-9-5	<0.01	<1	1° 12 ' 22.3 "	127° 36 ' 52.2 "
D3-9-6	<0.01	1	1° 12 ' 21.4 "	127° 36 ' 50.8 "
D3-9-7	<0.01	<1	1° 12 ' 20.5 "	127° 36 ' 49.5 "

(단위 : ppm)

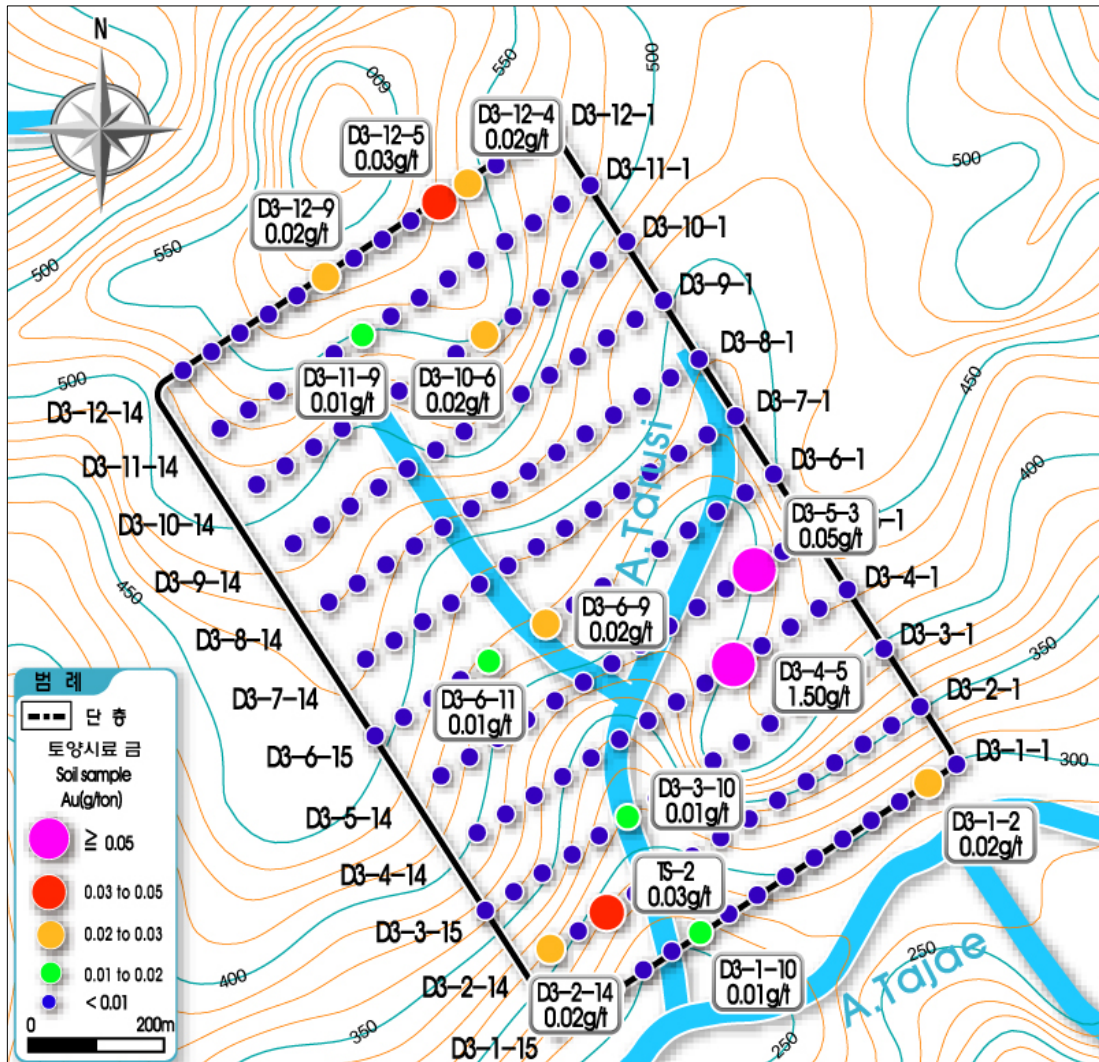
시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D3-9-8	<0.01	1	1° 12 ' 19.7 "	127° 36 ' 48.1 "
D3-9-9	<0.01	<1	1° 12 ' 18.8 "	127° 36 ' 46.8 "
D3-9-10	<0.01	1	1° 12 ' 17.9 "	127° 36 ' 45.4 "
D3-9-11	<0.01	<1	1° 12 ' 17.0 "	127° 36 ' 44.0 "
D3-9-12	<0.01	1	1° 12 ' 16.1 "	127° 36 ' 42.7 "
D3-9-13	<0.01	1	1° 12 ' 15.3 "	127° 36 ' 41.3 "
D3-9-14	<0.01	<1	1° 12 ' 14.4 "	127° 36 ' 40.0 "
D3-10-1	<0.01	1	1° 12 ' 28.6 "	127° 36 ' 55.9 "
D3-10-2	<0.01	<1	1° 12 ' 27.7 "	127° 36 ' 54.5 "
D3-10-3	<0.01	<1	1° 12 ' 26.8 "	127° 36 ' 53.2 "
D3-10-4	<0.01	1	1° 12 ' 25.9 "	127° 36 ' 51.8 "
D3-10-5	<0.01	1	1° 12 ' 25.1 "	127° 36 ' 50.4 "
D3-10-6	0.02	<1	1° 12 ' 24.2 "	127° 36 ' 49.1 "
D3-10-7	<0.01	<1	1° 12 ' 23.3 "	127° 36 ' 47.7 "
D3-10-8	<0.01	1	1° 12 ' 22.4 "	127° 36 ' 46.4 "
D3-10-9	<0.01	<1	1° 12 ' 21.5 "	127° 36 ' 45.0 "
D3-10-10	<0.01	<1	1° 12 ' 20.6 "	127° 36 ' 43.6 "
D3-10-11	<0.01	<1	1° 12 ' 19.7 "	127° 36 ' 42.3 "
D3-10-12	<0.01	<1	1° 12 ' 18.9 "	127° 36 ' 40.9 "
D3-10-13	<0.01	<1	1° 12 ' 18.0 "	127° 36 ' 39.6 "
D3-10-14	<0.01	<1	1° 12 ' 17.1 "	127° 36 ' 38.2 "
D3-11-1	<0.01	<1	1° 12 ' 31.3 "	127° 36 ' 54.1 "
D3-11-2	<0.01	<1	1° 12 ' 30.4 "	127° 36 ' 52.8 "
D3-11-3	<0.01	<1	1° 12 ' 29.6 "	127° 36 ' 51.4 "
D3-11-4	<0.01	<1	1° 12 ' 28.7 "	127° 36 ' 50.1 "
D3-11-5	<0.01	1	1° 12 ' 27.8 "	127° 36 ' 48.7 "
D3-11-6	<0.01	<1	1° 12 ' 26.9 "	127° 36 ' 47.3 "
D3-11-7	<0.01	<1	1° 12 ' 26.0 "	127° 36 ' 46.0 "
D3-11-8	<0.01	<1	1° 12 ' 25.1 "	127° 36 ' 44.6 "
D3-11-9	0.01	<1	1° 12 ' 24.2 "	127° 36 ' 43.2 "

(단위 : ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
D8-11-10	<0.01	<1	1° 12 ' 23.4 "	127° 36 ' 41.9 "
D8-11-11	<0.01	<1	1° 12 ' 22.5 "	127° 36 ' 40.5 "
D8-11-12	<0.01	<1	1° 12 ' 21.6 "	127° 36 ' 39.2 "
D8-11-13	<0.01	<1	1° 12 ' 20.7 "	127° 36 ' 37.8 "
D8-11-14	<0.01	<1	1° 12 ' 19.8 "	127° 36 ' 36.4 "
D8-12-1	<0.01	<1	1° 12 ' 34.0 "	127° 36 ' 52.3 "
D8-12-2	<0.01	<1	1° 12 ' 33.2 "	127° 36 ' 51.0 "
D8-12-3	<0.01	<1	1° 12 ' 32.3 "	127° 36 ' 49.6 "
D8-12-4	0.02	<1	1° 12 ' 31.4 "	127° 36 ' 48.3 "
D8-12-5	0.03	<1	1° 12 ' 30.5 "	127° 36 ' 46.9 "
D8-12-6	<0.01	<1	1° 12 ' 29.6 "	127° 36 ' 45.6 "
D8-12-7	<0.01	<1	1° 12 ' 28.8 "	127° 36 ' 44.2 "
D8-12-8	<0.01	<1	1° 12 ' 27.9 "	127° 36 ' 42.8 "
D8-12-9	0.02	<1	1° 12 ' 27.0 "	127° 36 ' 41.5 "
D8-12-10	<0.01	<1	1° 12 ' 26.1 "	127° 36 ' 40.1 "
D8-12-11	<0.01	<1	1° 12 ' 25.2 "	127° 36 ' 38.8 "
D8-12-12	<0.01	<1	1° 12 ' 24.3 "	127° 36 ' 37.4 "
D8-12-13	<0.01	<1	1° 12 ' 23.5 "	127° 36 ' 36.0 "
D8-12-14	<0.01	<1	1° 12 ' 22.6 "	127° 36 ' 34.7 "
TS-1	<0.01	<1	-	-
TS-2	0.03	<1	-	-
TS-3	<0.01	<1	-	-

<표8-3> 파루시구역 정밀 지화학탐사 점토시료 분석결과표 (단위 : ppm)

시료 번호	Au	Ag	좌표	
			N	E
TS-1	<0.01	<1	-	-
TS-2	0.03	<1	-	-
TS-3	<0.01	<1	-	-



<그림8-1> 파루시구역 토양 지화학탐사 결과도

본 구역에서 금 이상치 기준으로, 본 구역에는 고소용층의 안산암만 분포하고 있으므로 일반적인 화성암 배경값인 클라크수(Clarke number)를 적용할 수 있는데, 금의 클라크수는 4ppb(0.004ppm)이다.¹⁾ 본 구역에서 금 이상치 기준을 금의 클라크수인 4ppb(0.004ppm)으로 정해도 불합리하지는 않지만 분석기관인 인터테크 시험실의 금의 ppm 단위 분석한계(detecting limit)가 0.01ppm(10ppb)로 클라크 수보다 크므로 금 0.01ppm 이상을 이상치 기준으로 정하였다.

1) Laurence Robb, 2004, Introduction to Ore-forming processes

본 역에서 채취한 토양시료 등을 분석한 결과 14개 시료가 금 이상치 기준 0.01ppm 이상으로 나타났다<그림8-1>.

따루시천의 우측부에서 우측 능선의 서쪽 산사면 D3-5-3지점 금 0.05ppm, D3-4-5지점 금 1.5ppm, 따루시천 하상의 D3-3-10지점 금 0.01ppm, 따루시천 초입부 좌측 D3-1-10지점 금 0.01ppm, 우측 능선의 동쪽 산사면 D3-1-2지점 금 0.02ppm 등 5개소에서 금 이상치 기준 이상을 보여주었다.

따루시천 좌측부에서는 좌측 능선의 동쪽 산사면 D3-12-4지점 금 0.02ppm, D3-12-5지점 금 0.03ppm, 좌측 능선의 서쪽 산사면 D3-12-9지점 금 0.02ppm, 좌측 능선의 서쪽 계곡 D3-11-9지점 금 0.01ppm, 좌측 능선 D3-10-6지점 금 0.02ppm, 좌측 능선 남쪽 소지류 D3-6-9지점 금 0.02ppm, 소지류 좌측 산사면 D3-6-11지점 금 0.01ppm, 따루시천 초입부 좌측 산사면 TS-2지점의 점토 시료 금 0.03ppm, D3-2-14 지점 금 0.02ppm 등 9개소에서 금 이상치 기준 이상을 나타내었다.

○ 동하르구역 토양 지화학탐사 결과

광역 지화학탐사에서 채취한 하천퇴적물시료와 중사광물시료에서 금 이상치 기준 이상의 결과가 나타난 동하르천 온천 부근의 남·북 능선부를 포함하는 일대를 탐사구역으로 설정하였다.

토양시료 채취 지점의 방향은 <표8-4>과 같다.

<표8-4> 동하르구역 토양시료 채취 지점 방향

기선 방향 : N15°W	측선 방향 : N75°E
시료채취 간격 : 100m	시료채취 간격 : 50m
기선 번호 : D4-1-1 ~ D4-9-1	측선 번호 : D4-1-1 ~ D4-1-15

본 구역에서 토양시료 129개, 표토시료 1개, 관입암상(sill)의 규장암맥과 응회암과의 접촉대 광석시료 5개, 도합 135개의 시료를 채취하였으며, 그 분석 결과는 <표8-5>, <표8-6> 같다.

본 구역 토양 시료의 분석단위는 금은 ppb이고, 은, 동은 ppm이었으나 ppb는 ppm으로 환산하여 모두 ppm으로 표시하였다. 표토시료와 광석시료의 분석 단위는 ppm이며 분석 성분은 금, 은, 동, 망간, 수은, 비소, 안티모니 등 7개 성분이다.

<표8-5> 동하르구역 정밀 지화학탐사 토양시료 분석결과표 (단위: ppm)

시료 번호	Au	Cu	Ag	좌표	
				N	E
D4-1-1	0.002	0.033	<0.001	1° 11 ' 24.0 "	127° 34 ' 27.2 "
D4-1-2	<0.001	0.029	<0.001	1° 11 ' 24.4 "	127° 34 ' 28.7 "
D4-1-3	0.002	0.037	<0.001	1° 11 ' 24.8 "	127° 34 ' 30.3 "
D4-1-4	0.004	0.035	<0.001	1° 11 ' 25.1 "	127° 34 ' 31.9 "
D4-1-5	0.003	0.04	<0.001	1° 11 ' 25.5 "	127° 34 ' 33.5 "
D4-1-6	0.016	0.039	<0.001	1° 11 ' 25.9 "	127° 34 ' 35.0 "
D4-1-8	0.002	0.029	<0.001	1° 11 ' 26.7 "	127° 34 ' 38.2 "
D4-1-9	0.003	0.082	<0.001	1° 11 ' 27.1 "	127° 34 ' 39.7 "
D4-1-11	0.002	0.03	<0.001	1° 11 ' 27.9 "	127° 34 ' 42.9 "
D4-1-12	0.003	0.039	<0.001	1° 11 ' 28.2 "	127° 34 ' 44.4 "
D4-1-14	<0.001	0.075	<0.001	1° 11 ' 29.0 "	127° 34 ' 47.6 "
D4-1-15	<0.001	0.039	<0.001	1° 11 ' 29.4 "	127° 34 ' 49.2 "
D4-2-1	<0.001	0.032	<0.001	1° 11 ' 27.1 "	127° 34 ' 26.4 "
D4-2-2	<0.001	0.031	<0.001	1° 11 ' 27.5 "	127° 34 ' 28.0 "
D4-2-3	<0.001	0.027	<0.001	1° 11 ' 27.9 "	127° 34 ' 29.6 "
D4-2-4	<0.001	0.028	<0.001	1° 11 ' 28.3 "	127° 34 ' 31.1 "
D4-2-5	0.001	0.064	<0.001	1° 11 ' 28.7 "	127° 34 ' 32.7 "
D4-2-6	<0.001	0.016	<0.001	1° 11 ' 29.1 "	127° 34 ' 34.2 "
D4-2-8	<0.001	0.036	<0.001	1° 11 ' 29.8 "	127° 34 ' 37.4 "
D4-2-10	<0.001	0.109	<0.001	1° 11 ' 30.6 "	127° 34 ' 40.5 "
D4-2-11	<0.001	0.14	<0.001	1° 11 ' 31.0 "	127° 34 ' 42.1 "
D4-2-12	<0.001	0.074	<0.001	1° 11 ' 31.4 "	127° 34 ' 43.7 "
D4-2-14	0.061	0.051	<0.001	1° 11 ' 32.2 "	127° 34 ' 46.8 "
D4-2-15	<0.001	0.129	<0.001	1° 11 ' 32.6 "	127° 34 ' 48.4 "
D4-3-1	<0.001	0.045	<0.001	1° 11 ' 30.3 "	127° 34 ' 25.6 "
D4-3-2	0.011	0.048	<0.001	1° 11 ' 30.7 "	127° 34 ' 27.2 "
D4-3-3	<0.001	0.032	<0.001	1° 11 ' 31.5 "	127° 34 ' 30.3 "
D4-3-4	0.002	0.029	<0.001	1° 11 ' 31.1 "	127° 34 ' 28.8 "
D4-3-5	<0.001	0.021	<0.001	1° 11 ' 31.9 "	127° 34 ' 31.9 "
D4-3-6	<0.001	0.058	<0.001	1° 11 ' 32.2 "	127° 34 ' 33.5 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Cu	Ag	좌표	
				N	E
D4-3-7	<0.001	0.032	<0.001	1° 11 ' 32.6 "	127° 34 ' 35.1 "
D4-3-8	<0.001	0.061	<0.001	1° 11 ' 33.0 "	127° 34 ' 36.6 "
D4-3-9	<0.001	0.047	<0.001	1° 11 ' 33.4 "	127° 34 ' 38.2 "
D4-3-10	0.002	0.059	<0.001	1° 11 ' 33.8 "	127° 34 ' 39.7 "
D4-3-11	<0.001	0.03	<0.001	1° 11 ' 34.2 "	127° 34 ' 41.3 "
D4-3-12	<0.001	0.029	<0.001	1° 11 ' 34.6 "	127° 34 ' 42.9 "
D4-3-13	0.002	0.051	<0.001	1° 11 ' 35.0 "	127° 34 ' 44.5 "
D4-3-14	<0.001	0.08	<0.001	1° 11 ' 35.3 "	127° 34 ' 46.0 "
D4-3-15	<0.001	0.073	<0.001	1° 11 ' 35.7 "	127° 34 ' 47.6 "
D4-4-1	0.009	0.05	<0.001	1° 11 ' 33.4 "	127° 34 ' 24.9 "
D4-4-2	<0.001	0.076	<0.001	1° 11 ' 33.8 "	127° 34 ' 26.4 "
D4-4-3	0.014	0.04	<0.001	1° 11 ' 34.2 "	127° 34 ' 28.0 "
D4-4-4	<0.001	0.039	<0.001	1° 11 ' 34.6 "	127° 34 ' 29.6 "
D4-4-5	0.006	0.037	<0.001	1° 11 ' 35.0 "	127° 34 ' 31.1 "
D4-4-6	<0.001	0.049	<0.001	1° 11 ' 35.4 "	127° 34 ' 32.7 "
D4-4-7	<0.001	0.029	<0.001	1° 11 ' 35.8 "	127° 34 ' 34.3 "
D4-4-8	0.002	0.051	<0.001	1° 11 ' 36.2 "	127° 34 ' 35.8 "
D4-4-9	0.004	0.035	<0.001	1° 11 ' 36.6 "	127° 34 ' 37.4 "
D4-4-10	0.002	0.041	<0.001	1° 11 ' 37.0 "	127° 34 ' 39.0 "
D4-4-11	0.002	0.057	<0.001	1° 11 ' 37.3 "	127° 34 ' 40.5 "
D4-4-12	0.003	0.092	<0.001	1° 11 ' 37.7 "	127° 34 ' 42.1 "
D4-4-13	0.007	0.023	<0.001	1° 11 ' 38.1 "	127° 34 ' 43.7 "
D4-4-14	0.006	0.081	<0.001	1° 11 ' 38.5 "	127° 34 ' 45.3 "
D4-4-15	0.002	0.027	<0.001	1° 11 ' 38.9 "	127° 34 ' 46.8 "
D4-5-1	0.002	0.058	<0.001	1° 11 ' 36.6 "	127° 34 ' 24.1 "
D4-5-2	0.003	0.055	<0.001	1° 11 ' 37.0 "	127° 34 ' 25.6 "
D4-5-3	0.004	0.105	<0.001	1° 11 ' 37.4 "	127° 34 ' 27.2 "
D4-5-4	0.002	0.044	<0.001	1° 11 ' 37.8 "	127° 34 ' 28.8 "
D4-5-5	0.101	0.037	<0.001	1° 11 ' 38.2 "	127° 34 ' 30.4 "
D4-5-6	0.004	0.07	<0.001	1° 11 ' 38.6 "	127° 34 ' 31.9 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Cu	Ag	좌표	
				N	E
D4-5-7	0.002	0.046	<0.001	1° 11 ' 39.0 "	127° 34 ' 33.5 "
D4-5-8	0.003	0.054	<0.001	1° 11 ' 39.3 "	127° 34 ' 35.1 "
D4-5-9	0.002	0.053	<0.001	1° 11 ' 39.7 "	127° 34 ' 36.6 "
D4-5-10	<0.001	0.033	<0.001	1° 11 ' 40.1 "	127° 34 ' 38.2 "
D4-5-11	0.002	0.036	<0.001	1° 11 ' 40.5 "	127° 34 ' 39.8 "
D4-5-12	0.002	0.051	<0.001	1° 11 ' 40.9 "	127° 34 ' 41.4 "
D4-5-13	<0.001	0.04	<0.001	1° 11 ' 41.3 "	127° 34 ' 42.9 "
D4-5-14	0.002	0.044	<0.001	1° 11 ' 41.7 "	127° 34 ' 44.5 "
D4-5-15	0.003	0.078	<0.001	1° 11 ' 42.0 "	127° 34 ' 46.0 "
D4-6-1	0.047	0.052	<0.001	1° 11 ' 39.8 "	127° 34 ' 23.3 "
D4-6-2	0.002	0.044	<0.001	1° 11 ' 40.2 "	127° 34 ' 24.9 "
D4-6-3	0.002	0.043	<0.001	1° 11 ' 40.5 "	127° 34 ' 26.4 "
D4-6-4	0.002	0.087	<0.001	1° 11 ' 40.9 "	127° 34 ' 28.0 "
D4-6-5	0.004	0.042	<0.001	1° 11 ' 41.3 "	127° 34 ' 29.6 "
D4-6-6	0.002	0.051	<0.001	1° 11 ' 41.7 "	127° 34 ' 31.2 "
D4-6-7	0.002	0.042	<0.001	1° 11 ' 42.1 "	127° 34 ' 32.7 "
D4-6-8	<0.001	0.034	<0.001	1° 11 ' 42.5 "	127° 34 ' 34.3 "
D4-6-9	0.002	0.063	<0.001	1° 11 ' 42.9 "	127° 34 ' 35.9 "
D4-6-10	0.002	0.077	<0.001	1° 11 ' 43.3 "	127° 34 ' 37.4 "
D4-6-11	0.003	0.072	<0.001	1° 11 ' 43.7 "	127° 34 ' 39.0 "
D4-6-12	0.002	0.036	<0.001	1° 11 ' 44.1 "	127° 34 ' 40.6 "
D4-6-13	0.002	0.04	<0.001	1° 11 ' 44.5 "	127° 34 ' 42.1 "
D4-6-14	0.007	0.066	<0.001	1° 11 ' 44.8 "	127° 34 ' 43.7 "
D4-6-15	0.01	0.066	<0.001	1° 11 ' 45.2 "	127° 34 ' 45.3 "
D4-7-1	0.002	0.082	<0.001	1° 11 ' 42.9 "	127° 34 ' 22.5 "
D4-7-2	<0.001	0.063	<0.001	1° 11 ' 43.3 "	127° 34 ' 24.1 "
D4-7-3	0.002	0.068	<0.001	1° 11 ' 43.7 "	127° 34 ' 25.7 "
D4-7-4	0.002	0.042	<0.001	1° 11 ' 44.1 "	127° 34 ' 27.2 "
D4-7-5	0.002	0.069	<0.001	1° 11 ' 44.5 "	127° 34 ' 28.8 "
D4-7-6	0.002	0.052	<0.001	1° 11 ' 44.9 "	127° 34 ' 30.4 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Cu	Ag	좌표	
				N	E
D4-7-7	0.019	0.024	<0.001	1° 11 ' 45.3 "	127° 34 ' 31.9 "
D4-7-8	0.004	0.052	<0.001	1° 11 ' 45.7 "	127° 34 ' 33.5 "
D4-7-9	0.003	0.047	<0.001	1° 11 ' 46.0 "	127° 34 ' 35.1 "
D4-7-10	0.002	0.048	<0.001	1° 11 ' 46.4 "	127° 34 ' 36.7 "
D4-7-11	0.002	0.043	<0.001	1° 11 ' 46.8 "	127° 34 ' 38.2 "
D4-7-12	0.002	0.046	<0.001	1° 11 ' 47.2 "	127° 34 ' 39.8 "
D4-7-13	0.002	0.068	<0.001	1° 11 ' 47.6 "	127° 34 ' 41.4 "
D4-7-14	0.003	0.047	<0.001	1° 11 ' 48.0 "	127° 34 ' 42.9 "
D4-7-15	<0.001	0.034	<0.001	1° 11 ' 48.4 "	127° 34 ' 44.5 "
D4-8-1	0.003	0.084	<0.001	1° 11 ' 46.1 "	127° 34 ' 21.7 "
D4-8-2	0.002	0.097	<0.001	1° 11 ' 46.5 "	127° 34 ' 23.3 "
D4-8-3	0.002	0.044	<0.001	1° 11 ' 47.2 "	127° 34 ' 26.5 "
D4-8-4	0.002	0.069	<0.001	1° 11 ' 46.9 "	127° 34 ' 24.9 "
D4-8-5	0.002	0.058	<0.001	1° 11 ' 47.6 "	127° 34 ' 28.0 "
D4-8-6	0.002	0.026	<0.001	1° 11 ' 48.0 "	127° 34 ' 29.6 "
D4-8-7	0.002	0.033	<0.001	1° 11 ' 48.4 "	127° 34 ' 31.2 "
D4-8-8	0.004	0.054	<0.001	1° 11 ' 48.8 "	127° 34 ' 32.7 "
D4-8-9	0.007	0.042	<0.001	1° 11 ' 49.2 "	127° 34 ' 34.3 "
D4-8-10	0.002	0.043	<0.001	1° 11 ' 49.6 "	127° 34 ' 35.9 "
D4-8-11	<0.001	0.029	<0.001	1° 11 ' 50.0 "	127° 34 ' 37.5 "
D4-8-12	0.002	0.046	<0.001	1° 11 ' 50.4 "	127° 34 ' 39.0 "
D4-8-13	0.002	0.032	<0.001	1° 11 ' 50.8 "	127° 34 ' 40.6 "
D4-8-14	0.002	0.034	<0.001	1° 11 ' 51.2 "	127° 34 ' 42.2 "
D4-8-15	<0.001	0.015	<0.001	1° 11 ' 51.6 "	127° 34 ' 43.7 "
D4-9-1	0.007	0.058	<0.001	1° 11 ' 49.3 "	127° 34 ' 21.0 "
D4-9-2	0.003	0.064	<0.001	1° 11 ' 49.6 "	127° 34 ' 22.6 "
D4-9-3	0.002	0.062	<0.001	1° 11 ' 50.0 "	127° 34 ' 24.1 "
D4-9-4	0.003	0.047	<0.001	1° 11 ' 50.4 "	127° 34 ' 25.7 "
D4-9-5	0.005	0.052	<0.001	1° 11 ' 50.8 "	127° 34 ' 27.2 "
D4-9-6	0.003	0.084	<0.001	1° 11 ' 51.2 "	127° 34 ' 28.8 "

(단위: ppm)

시료 번호	Au	Cu	Ag	좌표	
				N	E
D4-9-7	0.004	0.111	<0.001	1° 11 ' 51.6 "	127° 34 ' 30.4 "
D4-9-8	0.002	0.022	<0.001	1° 11 ' 52.0 "	127° 34 ' 32.0 "
D4-9-9	0.005	0.149	<0.001	1° 11 ' 52.4 "	127° 34 ' 33.5 "
D4-9-10	0.005	0.124	<0.001	1° 11 ' 52.8 "	127° 34 ' 35.1 "
D4-9-11	0.002	0.035	<0.001	1° 11 ' 53.1 "	127° 34 ' 36.7 "
D4-9-12	<0.001	0.037	<0.001	1° 11 ' 53.5 "	127° 34 ' 38.2 "
D4-9-13	0.003	0.091	<0.001	1° 11 ' 53.9 "	127° 34 ' 39.8 "
D4-9-14	0.008	0.026	<0.001	1° 11 ' 54.3 "	127° 34 ' 41.4 "
D4-9-15	0.002	0.021	<0.001	1° 11 ' 54.7 "	127° 34 ' 43.0 "

<표8-6> 동하르구역 표토시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
DR-3-1	DR-3-1	0.02	8	<1	32	2.50	<1	4

<표8-7> 동하르구역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
DRS-1	DRS-1	<0.01	NA	<1	NA	NA	NA	NA
DR-1	DR-1	<0.01	61	<1	74	0.06	7	5
DR-2	DR-2	<0.01	9	<1	164	0.03	<1	4
DR-3-2	DR-3-2	<0.01	22	<1	45	3.20	4	4
DR-3-3	DR-3-3	<0.01	116	<1	98	0.27	7	5

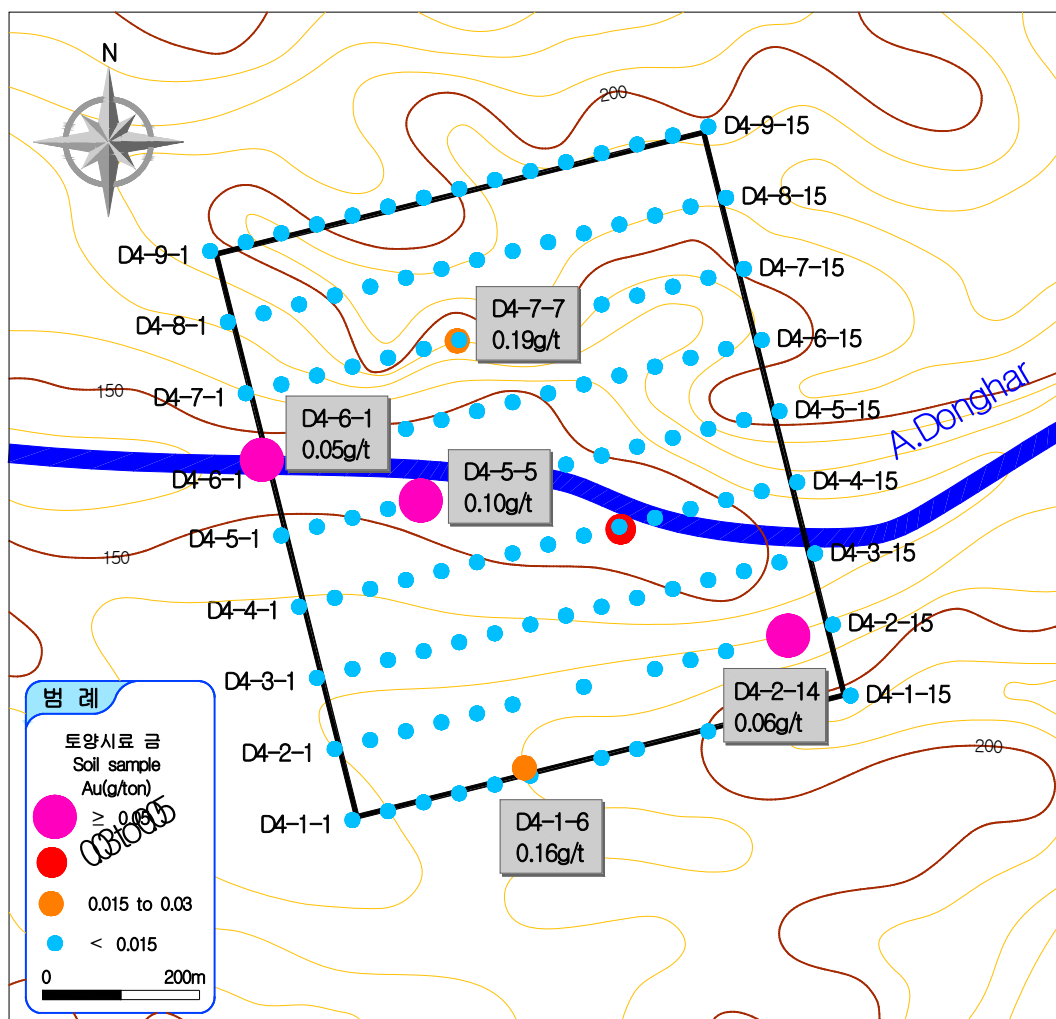
본 구역에는 홀로세의 응회암층이 분포하고 규장암맥이 관입되어 있어 금 이상치 기준은 토양시료의 분석결과를 통계 처리하여 금 이상치 기준을 설정하였다. 표토시료 DR-3-1은 토양시료 D4-4-10의 위치와 거의 일치하나, 시료의 성질이 다르므로 통계 처리에서 제외하였다.

통계 처리한 결과 금의 평균치는 0.004ppm, 표준편차치는 0.011ppm, 금 이상치 기준(최대 배경값)은 0.015ppm으로 나타났다<표8-8>.

<표8-8> 동하르구역 토양시료 분석통계표 (단위: ppm)

구분	평균	표준편차	최소	최대	이상치 기준
Au	0.004	0.011	0	0.101	0.015
Cu	0.052	0.024	0.015	0.149	0.076

본 구역에서 채취한 토양시료를 분석한 결과 5개 시료가 금 이상치 기준 0.015ppm 이상으로 나타났다<그림8-2>.



<그림8-2> 동하르구역 토양 지화학탐사 결과도

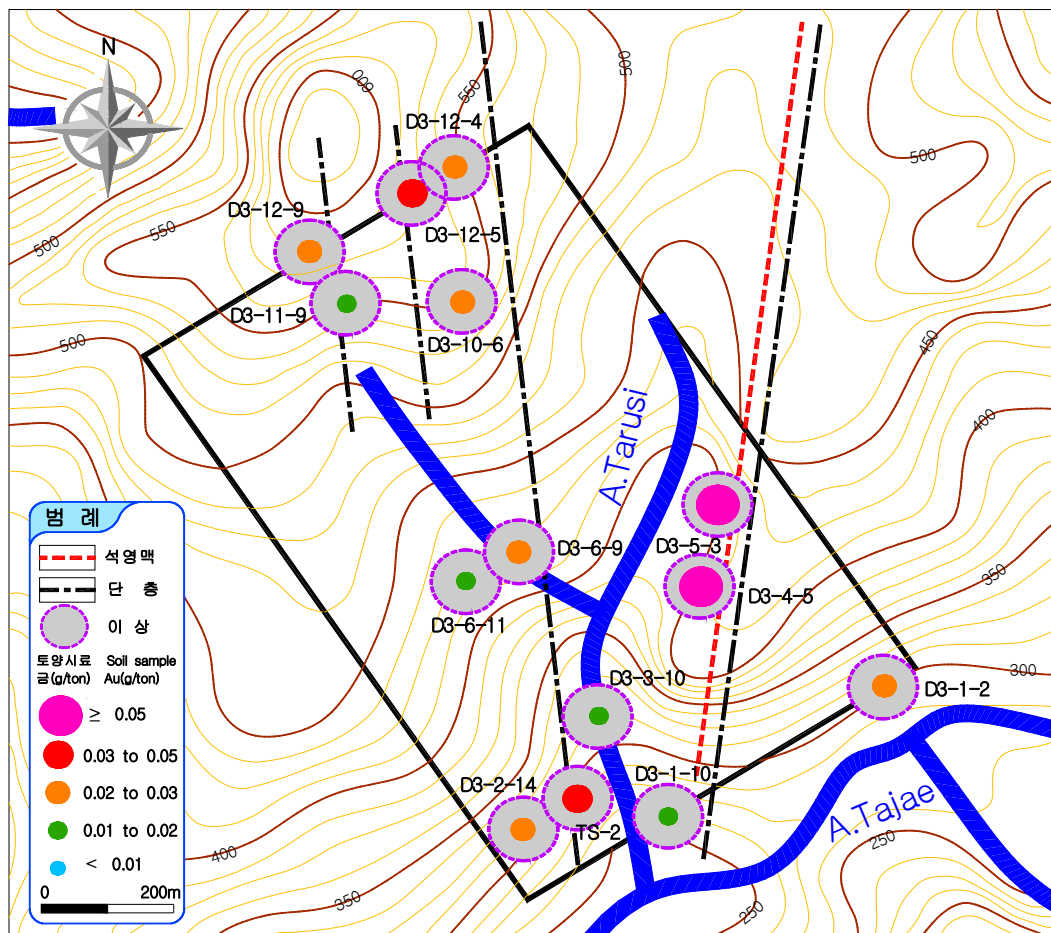
본 구역에서 금 이상치 기준 이상으로 밝혀진 지점은 본 구역을 동서방향으로 횡단하는 동하르천을 중심으로 나타나고 있다.

본 역에서 동하르천의 상류에 해당하는 산사면 D4-2-14지점 금 0.06ppm, 중하류 D4-5-5지점 금 0.10ppm, 하류 동하르천 하상 D4-6-1지점 금 0.05ppm으로 밝혀졌다. 참고로 중상류 DR-3-1지점의 표토시료는 금 0.02ppm으로 밝혀졌는데 하천 퇴적물과 같은 성질의 시료로 간주해야 될 것이다. 따라서 이상점이라 할 수 없다.

그리고 남측 능선 D4-1-6지점은 금 0.016ppm으로 나타났다. 동하르천 북측 산사면 D4-7-7지점은 금 0.019ppm를 보여준다.

8.1.3 정밀 지화학탐사 결과 분석

○ 파루시구역 토양 지화학탐사 결과 분석



<그림8-3> 파루시구역 토양 지화학탐사 이상도

파루시 구역에서 토양 지화학탐사 결과 금 이상치 기준 이상을 보인 지점을 <그림8-3>과 같이 도시해 보면 기초 지표 지질조사 결과와 거의 일치하는

양상을 나타낸다.

따루시천 우측부에서 금 최고치를 나타내는 D3-4-5지점(금 1.5ppm)을 중심으로 북북동측의 D3-5-3지점(금 0.05ppm), 남남서측 D3-1-10지점(금 0.01ppm) 등 3지점이 북북동 방향 일직선상에 위치하고 있으며, D3-4-5지점과 D3-1-10지점 사이에는 과거 시행된 트렌치와 수굴 등이 있고, 특히 D3-4-5지점의 시료에는 석영 편이 혼입되어 있는 점 등과 합류지점의 따자에천 쪽 우측 노두에서 NNE 방향의 심한 파쇄대가 발달하는 점, 그리고 금 분포도<그림8-4>에서 D3-4-5 지점과 D3-5-3지점을 중심으로 뚜렷한 NNE 방향의 금 이상대가 나타나는 것으로 보아 따루시천 우측에는 북북동 방향의 단층을 따라 형성된 금 광화대가 상기한 3지점과 우측 능선 사이 산사면 또는 우측 능선에서 발달하고 있을 것으로 사료된다.

상기한 북북동 방향 단층은 동일선상의 북쪽 소삼천 상류 구역의 광역 지화학탐사 시 중사광물시료에서 사금 4알갱이가 확인된 S2-11지점 부근으로 연장될 것으로 판단된다<그림8-3>.

따루시천 하상의 D3-3-10지점, 우측 능선 동쪽 사면의 D3-1-2지점의 금 이상점은 토양시료가 대부분 B층-이동된 토양(diluvium)-에서 채취된 것을 감안하면 이 2개의 금 이상점의 근원은 물질은 항상 하위로 움직이기 때문에 이상점의 상위 고도에서 찾아 볼 수밖에 없다.

따루시천 좌측부 TS-2지점(금 0.03ppm)에는 단층점토대로 보이는 회색 점토대가 있고 본 회색 점토대는 북쪽 소지류의 D3-6-9지점(금 0.02ppm)까지 단속적으로 나타나면서 계속 북측 능선으로 발달하고 있다.

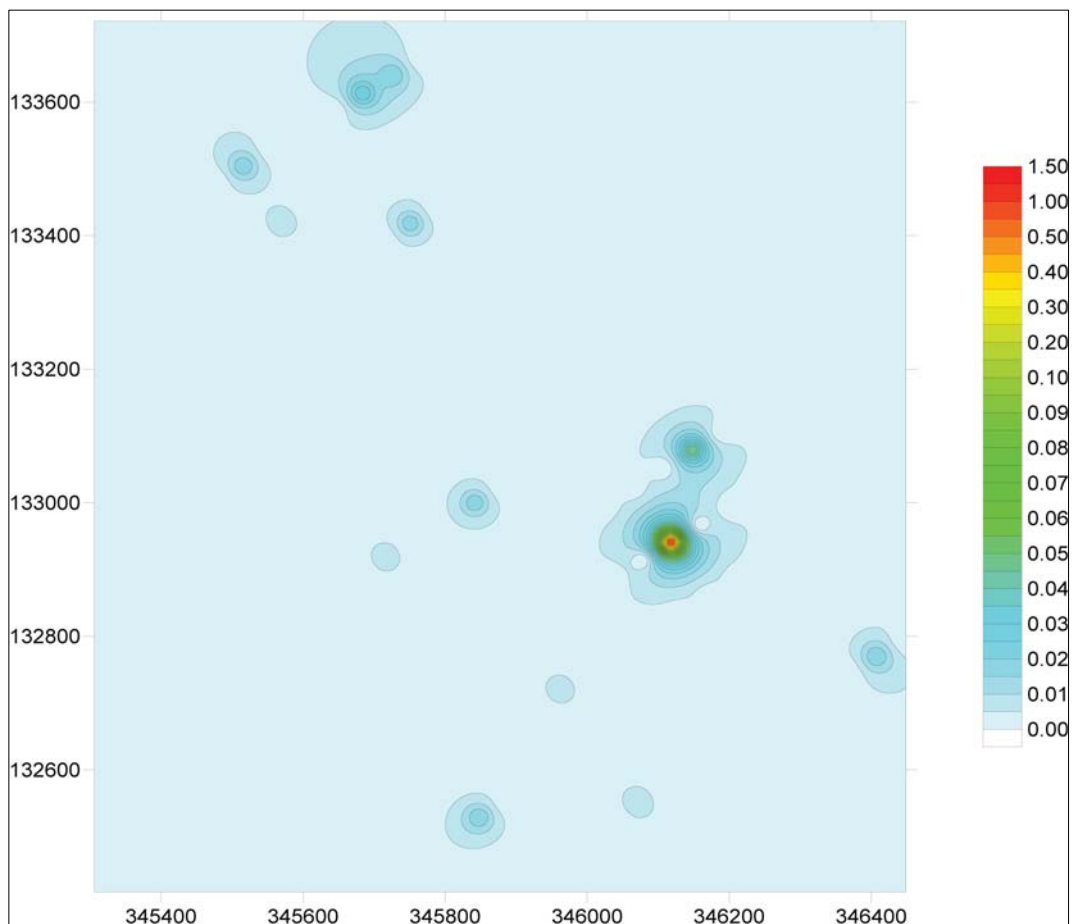
본 회색 점토대의 폭은 0.5~2.0m이며, 이 점토대로 나타나는 남북 방향 단층의 일부 구간 즉 TS-2지점, D3-6-9지점 부근에서 광화작용이 일어난 것으로 보인다. 본 단층은 소삼천의 남북방향 지류 초입부에서 광역 지화학탐사 시 중사광물시료에서 사금 5알갱이가 확인된 S2-12지점 부근으로 연장될 것으로 사료된다 <그림 8-3>.

따루시천 좌측부에서 D3-12-4지점(금 0.02ppm), D3-12-5지점(금 0.03ppm), D3-10-6지점(금 0.02ppm), D3-6-11지점(금 0.01ppm), D3-2-14 지점(금 0.02ppm) 등 금 이상치 기준 이상의 이상점이 포착된 5개소는 상기한 단층선에 거의 평행한 배열을 나타내고 있다. 그러나 모두 이 단층선보다 상위 고도에 위치하고 있어 이 단층에서 일어난 광화작용의 영향을 거의 받지 않은 것으로 사료되며 그 금 이상점의 형성 원인을 현재로서는 알 수가 없다. 다만 이들 지

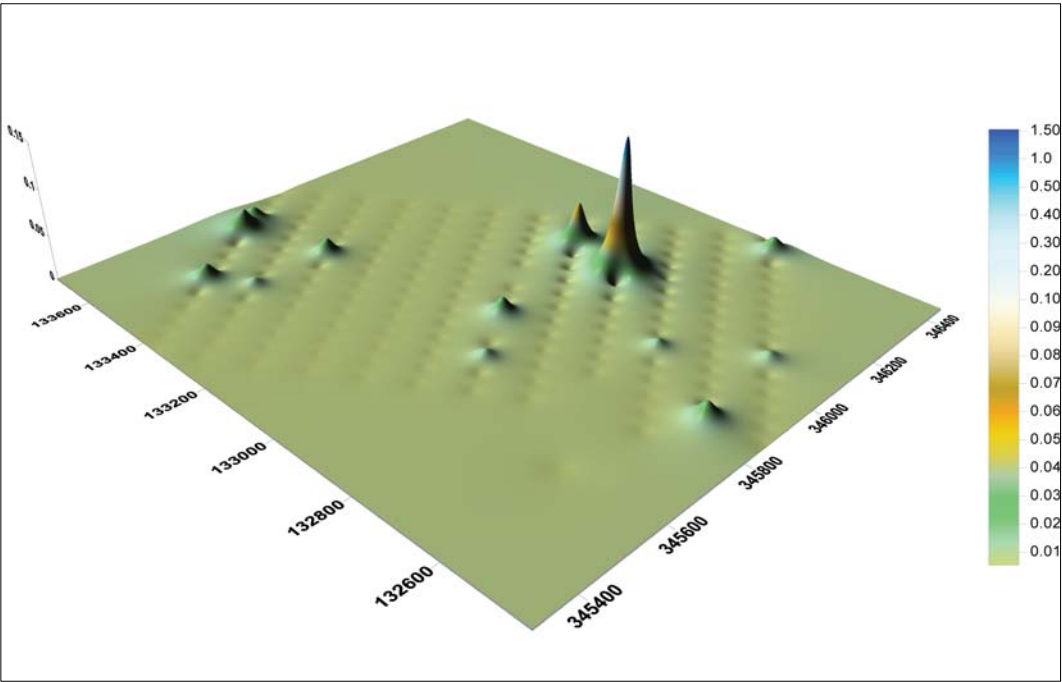
점 또는 부근 상위 고도에서 금 광화대가 존재할 가능성은 있는 것으로 판단된다.

특히 D3-12-5와 D3-12-4지점은 12m 내외의 고도차를 보이며 서로 같은 축선상 위치하며 금 이상대를 형성하고 있기 때문에 이들 지점 또는 부근 상위 고도에서 금 광화대가 존재할 가능성이 더욱 큰 것으로 생각된다.

또한 좌측 능선 서쪽 산사면 D3-12-9와 서쪽 계곡 D3-11-9지점도 같은 기선상에 위치하며 30m 내외의 고도차를 보이고 두 지점 모두 금 이상치 기준 이상을 보이고 있기 때문에 이들 두지점 부근 또는 상위 고도에 금 광화대가 존재할 가능성이 있다고 사료된다<그림8-3, 4, 5>.



<그림8-4> 파루시구역 토양 지화학탐사 금 분포도



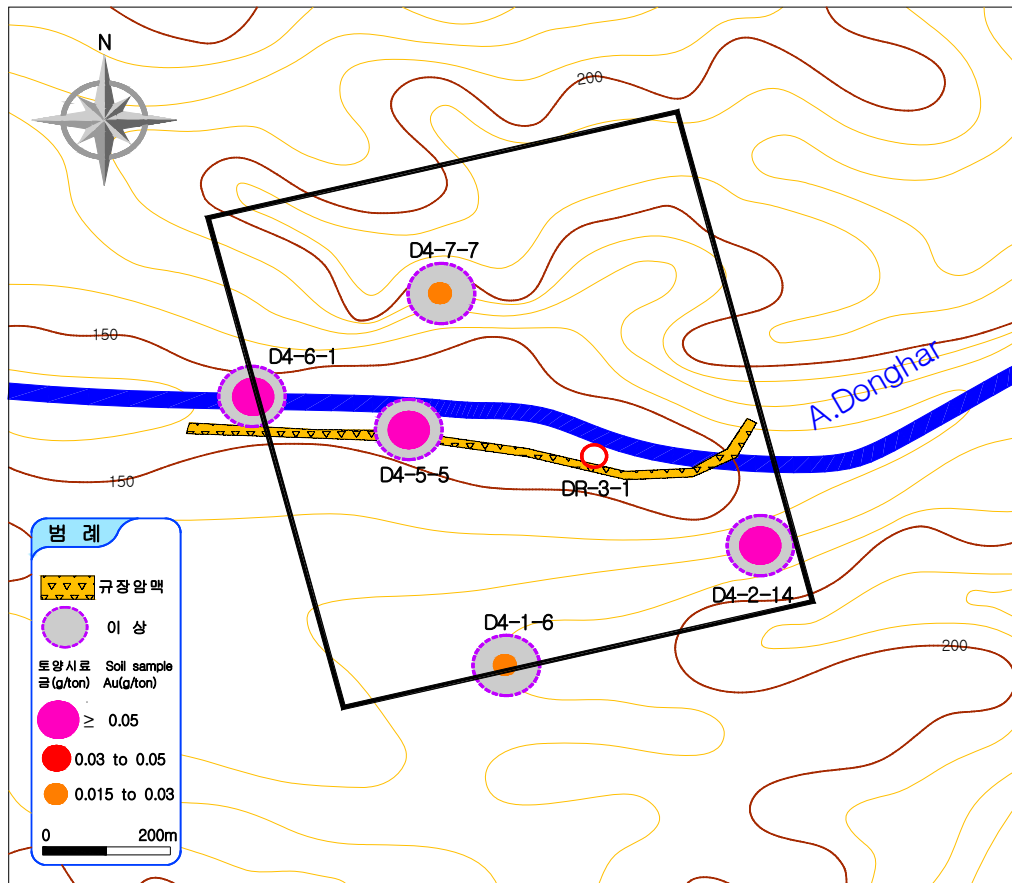
<그림8-5> 따루시구역 토양 지화학탐사 금 분포 3차원도

<표8-9> 따루시구역 금 이상점 및 금 이상대 현황

위치			번호	금 분석치 (ppm)	결과	비고
3 지 역	따루시 구역	따루시천 우측	D3-4-5	1.50	북북동 단층 상	따루시천 동쪽
			D3-5-3	0.05	금 이상대(anomaly zone)	
			D3-1-10	0.01	북북동 단층 상	
			D3-3-10	0.01	금 이상점(anomaly point)	
			D3-1-2	0.02	금 이상점(anomaly point)	
		따루시천 좌측	Ts-2	0.03	남북 단층 상	따루시천 서쪽
			D3-6-9	0.02	금 이상점(anomaly point)	
			D3-12-4	0.02	남북 단층 상	
			D3-12-5	0.03	금 이상점(anomaly point)	
			D3-10-6	0.02	금 이상대(anomaly zone)	
			D3-6-11	0.01	금 이상점(anomaly point)	
			D3-2-14	0.02	금 이상점(anomaly point)	
			D3-12-9	0.02	동일 기선상	
			D3-11-9	0.01	금 이상점(anomaly point)	

따루시구역에는 금 이상대 2개와 금 이상점 10개가 발달하고 있는 것으로 밝혀졌는데 앞으로 이들의 근원 광화대 및 광체를 찾기 위한 대한 탐사를 계속 해야 할 것이다<표8-9>.

○ 동하르구역 토양 지화학탐사 결과 분석



<그림8-6> 동하르구역 토양 지화학탐사 이상도

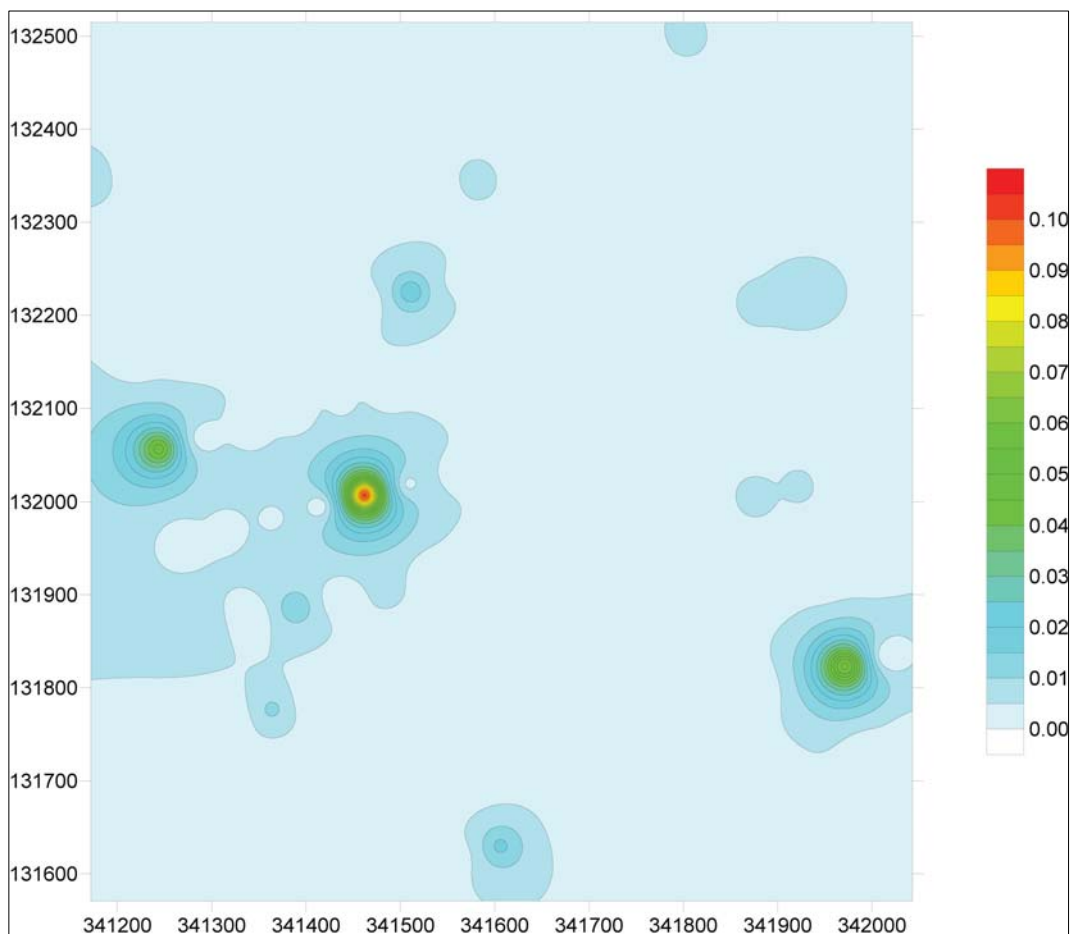
본 역에서 동하르천 상류에 해당하는 산사면 D4-2-14지점(금 0.06ppm)에서 금 이상점이 나타난 것은 두 가지 원인을 생각할 수 있는데, 첫째 그 지점의 남측 산사면 또는 능선에 근원 금 광화대가 존재할 가능성, 둘째는 그 지점이 동하르천의 하안단구로서 근원 금 광화대는 동하르천의 더 상류 지역에 존재할 가능성이다. 첫째의 근거로서는 남측 능선과 같은 능선 서부인 D4-1-6지점에서 금 이상점이 나타난다는 현상이다. 둘째는 본 지점의 하류인 표토시료 DR-3-1지점, D4-5-5 지점과 더 하류인 D4-6-1지점에서 금 이상점이 포착된다는 사실이다<그림8-6>.

그리고 동하르천의 D4-5-5지점과 D4-6-1지점의 금 이상점은 동하르천의 남안을 따라 암상(sill)으로 관입한 규장암맥을 그 원인으로 생각할 수도 있으나 규장암맥과 응회암과의 접촉대에서 채취한 5개의 광석 시료가 분석결과 금 $<0.01\sim0.02\text{ppm}$ 으로 빈약하게 밝혀졌기 때문에 그 근거가 미약하다고 판단된다.

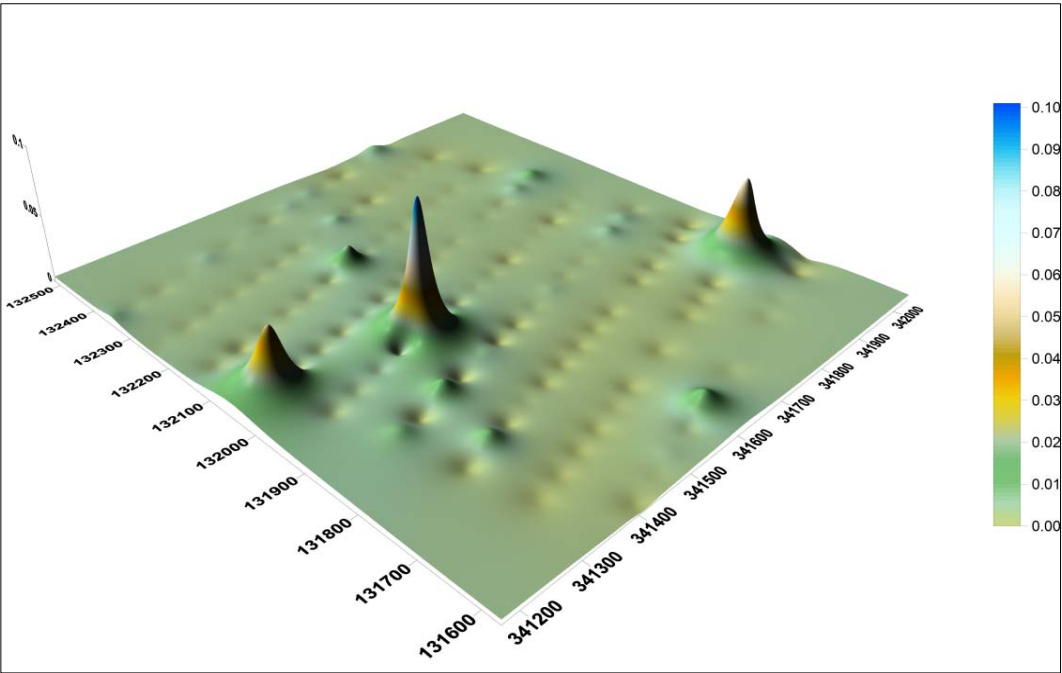
또한 DR-3-1지점(D4-4-10 부근) 인근에 온천이 있어, 하부에 열수 용액의 통로 역할을 하는 단층 같은 구조선이 있고, 또 이 구조선을 충전한 합금 석영맥이 존재할 것이라고 가정할 수 있으며, 이 현상들이 D4-5-5 및 D4-6-1지점의 금 이상점의 근원이라고 추정해 볼 수는 있으나 확실하지 않다<그림8-6>.

동하르천 북측 산사면 D4-7-7(금 0.019ppm)지점의 금 이상점은 그 북측 능선이나 그 능선과 본 지점 사이에 금 광화대의 존재를 지시하는 것으로 보인다.

토양 지화학탐사 결과 본 구역의 금 분포는 <그림8-7, 8>와 같이 나타난다.



<그림8-7> 동하르구역 토양 지화학탐사 금 분포도



<그림8-8> 동하르구역 토양 지화학탐사 금 분포 3차원도

<표8-10> 동하르구역 금 이상점 및 금 이상대 현황

위치		번호	금 분석치 (ppm)	결과	비고
3 지 역	동하르구역	D4-2-14	0.060	금 이상점(anomaly point)	
		D4-5-5	0.100	금 이상점(anomaly point)	
		D4-6-1	0.050	금 이상점(anomaly point)	
		D4-4-6	0.016	금 이상점(anomaly point)	
		D4-7-7	0.019	금 이상점(anomaly point)	

동하르구역에는 금 이상점 5개가 분포하고 있는 것으로 밝혀졌는데 앞으로 이들의 근원 광화대 및 광상을 찾기 위한 탐사가 필요하다<표8-10>.

8.2 정밀 지표 지질조사

8.2.1 정밀 지표 지질조사 개요

2007년 PT. ORO KNI 기술진들이 사베따구역에서 대규모 함금 석영맥을 발견하였으나 적절한 후속 탐사가 진행되지 못하여 개발 진척이 지지부진하였다.

금년에 사베따구역에서 광역 지질조사를 다시 수행하게 되었는데, 광역 지하화학탐사에서 채취한 하천퇴적물시료에서 금 0.05ppm이 검출되었으며, 기초 지표 지질조사 과정에서 상기 석영맥이 폭 1~70m, 연장 1,200m 이상의 대규모 광상인 것으로 밝혀졌다.

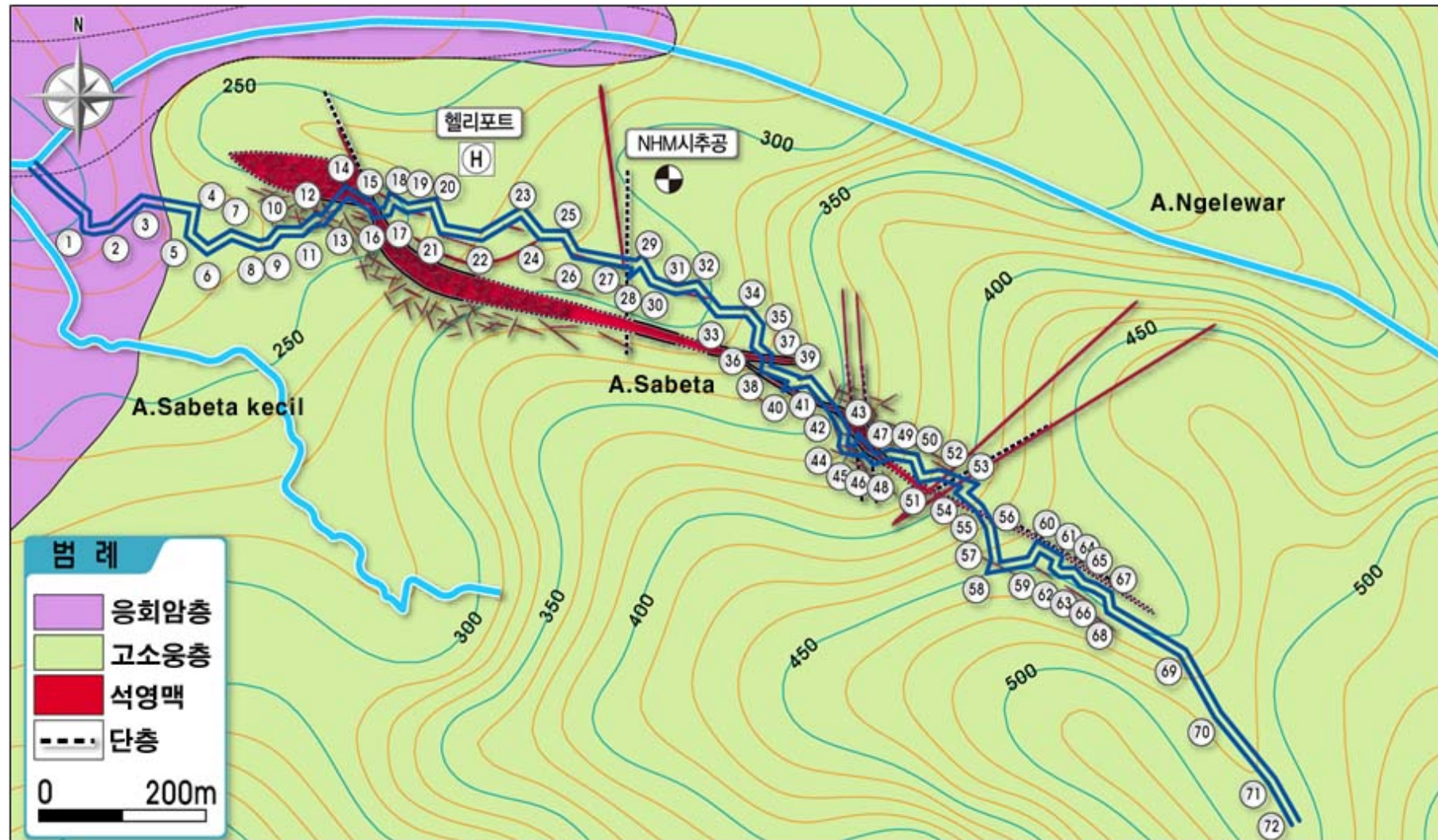
본 석영맥의 정확한 규모와 금 광상발달상태를 규명하는 것이 본 광산의 개발을 위하여 무엇보다도 시급하고 중요한 과업으로 대두되게 되었다.

따라서 소사베따천을 포함하는 본 구역을 정밀 지질조사 구역으로 설정하고 본 구역에 대한 정밀 지표 지질조사를 시행하게 되었다.

과거 NHM 광산의 모기업인 오스트레일리아의 뉴크레스트사 기술진들이 전 할마헤라섬에 대하여 광역 지질조사를 할 때, 본 구역에서 굴착한 경사 60°의 시추공이 존재하는 것으로 보아 그들도 본 구역을 주목한 것으로 생각된다<사진8-1>.



<사진8-1> NHM 광산 시추공



<그림8-9> 사베따구역 정밀 지표 지질조사 노선도

8.2.2 정밀 지표 지질조사 결과

○ 사베따천 유역

사베따구역의 지질 및 광상을 정밀 지표 지질조사에서 작성한 노선도의 이정표를 따라 기술한다<그림8-9>.

이정표1에서부터 응회암층의 암회색 응회암이 관찰된다. 이정표3과 4 사이에서 고소응층의 회색 안산암이 분포하는데 일부분은 녹색을 띠기도 한다.

이정표13에서 망상 석영 세맥이 관찰되기 시작하다가 이정표14에서 약 20m 전부터 폭 50m의 석영맥-이하 주석영맥으로 명명-이 나타나기 시작한다. 전체적으로 광화가 된 망상 석영 세맥도 전체 폭이 30 여m이므로 전체 주석영맥의 폭은 70m 이상으로 사료된다<사진8-2>. 또한 그 연장은 표토에 피복되어 있지만 사베따천 산사면 서쪽으로 150m 이상 연장될 것으로 판단된다. 주석영맥의 주향은 N80°W 내외이나 이정표16에서 N20°W로 변하면서 그 폭은 15m 내외로 협소해 진다. 그러나 망상 석영 세맥을 포함한 폭은 50m 이상은 될 것으로 판단된다.

주석영맥의 주향이 이정표16에서 17 사이에서 주향 N20°W 단층의 영향으로 N20°W로 변하며 본 단층을 관입한 폭 0.2m 내외의 석영맥이 연장 약 70m 확인된다<사진8-3>.

이정표18에는 남동방향의 트렌치가 있으며, 이정표21에는 석영 세맥을 탐광한 소규모 수굴이 있다<사진8-4>.

이정표21의 사베따천 남측 사면 즉 시료채취28, 29지점에서 주석영맥은 주향 N80°W, 경사 75°NE로 발달하는데 그 상반에 수굴 2개가 있다. 본 수굴에 인접하여 과거 Aneka Tambang이 N45°E 방향으로 연장 약 100m를 굴착한 북동방향의 트렌치가 있는데 폭 68m의 주석영맥이 확인된다. 본 트렌치의 끝부분에서 주석영맥의 하반을 굴착한 심도 8m의 수굴이 있는데 변질대 내에 망상 석영 세맥이 발달하고 있다.

이정표27에서 NS주향의 단층과 이에서 분지된 N10°W주향의 단층이 관찰되는데 이 분지된 단층을 따라 폭 1m 내외의 석영맥이 관입하고 있으며 그 연장은 200m 이상이다. 이 석영맥의 북측 연장을 확인하기 위한 수굴이 있다<사진8-5>. 이정표31의 남측 사면 즉 시료채취27<사진8-6> 지점에는 NS방향 연장 10m, EW방향 연장 80m, N50°E방향 연장 50m의 트렌치 3개가 굴착되어 있다.

이정표32의 첫 폭포 부근에서 주향 EW, 폭 5~10cm의 석영 세맥 4개조가 5~40cm간격으로 발달하고 있다<사진8-7>.



<사진8-2> 석영 세맥군 발달



<사진8-3> 단층을 관입한 석영맥



<사진8-4> 이정표21 지점 수굴

이정표32에서 이정표33 남측사면까지 주석영맥이 다시 표토로 피복되어 있다.

이정표33의 남측 사면의 트렌치에서 주향 N70°W, 경사 70°NE, 폭 10m 내외의 주석영맥이 관찰되는데 이 트렌치는 이정표37까지 확인된다. 주석영맥은 거기서 이정표39의 북측 사면까지 사베따천을 가로 질러 폭 10m 내외로 연장되고 있다. 이곳에서 주석영맥은 표토 속으로 사라진다.

주석영맥의 주향은 이정표21 남측사면에서부터 이정표39까지 N70°W, 경사는 경사 75°NE를 보여주며, 사베따천 북측을 따라 180m, 남측을 따라 520m 도합 약 700m 연장된다.

주석영맥의 폭은 망상 석영 세맥과 합하여 이정표22 남측 사면까지는 70m 내외를 유지하고 있다가 그 지점에서 이정표 29지점 남측 사면까지는 표토에 피복되어 있으나 주석영맥은 건실하게 발달하고 있을 것으로 판단된다. 그리고 거기서 이정표32의 남측 사면까지는 망상 석영맥이 사라지고 주석영맥만 폭 15m 내외로 발달하고 있다. 또한 주석영맥의 북측으로 이정표 15에서 33사이에서 석영 세맥 1~4조가 단층적으로 발달하며, 이정표20~24 남측 사면에서 한 세맥은 폭 1m 내외를 보여 준다.

이정표36 남측사면에서 주석영맥에 의하여 절단되는 양상을 보이는 주향 N60°W의 석영맥-이하 부석영맥으로 명명-은 거기에서 이정표40 사이까지 폭 3~7m를 유지하며 S60°E 방향으로 계속 연장된다.

둘째 폭포가 있는 이정표40~42 사이에서 부석영맥은 폭 7~10m를 나타내고 대상(banded) 조직을 보여준다.

이정표46 부근에서 부석영맥에는 빙장석이 주성분인 규장암맥이 불규칙적으로 관입하는 양상을 보인다<사진8-8>.

세째 폭포가 있는 이정표46~47 사이에서 주향이 N60°W에서 N20°W로 변화하며 부석영맥의 대상 조직이 망상으로 변화하며 그 폭도 15m 이상으로 후화된다. 또한 부석영맥 상하반에 발달하는 망상 세맥 군의 폭까지 합치면 전체적으로 폭은 50m 내외에 달한다. 이러한 현상과 폭포지형, 석영맥과 접촉대의 규화작용 등은 이곳에 발달하는 주향 N10°W 의 단층 2조와 관련이 있을 것으로 사료된다. 이들 단층을 따라 폭 1m 내외, 연장 170m 내외의 석영맥 2조가 관입하고 있다.

부석영맥은 이곳에서부터 이정표68과 69 중간지점에서 침멸될 때까지 주향 N60°W 내외, 폭1~5m을 나타낸다.

이정표52, 53번 인근에서 각각 주향 N40°E, N50°E의 단층 2조가 발달하고 있

는데 폭은 각각 1m 내외, 연장 각각 390m, 450m인 석영맥이 관입하고 있다.

이정표52의 사베따천 좌우에는 수평 및 수직 수굴이 굴착되어 있다<사진8-9, 10>. 이정표57~68사이의 부석영맥 상반에는 N60°W방향의 석영 세맥 1~2조가 단속적으로 발달하고 있다.

부석영맥은 이정표36 남측 사면에서 이정표 68과 69 중간지점까지 주향 N60°W, 경사 75°NE로 사베따천과 남·북측 사면을 따라 약 600m 연장된다.

그 폭은 이정표40까지 3~7m를 보이다가 거기서 이정표47까지 폭이 15~50m 내외로 후화되고 연장 끝까지 1~5m를 보여준다.

이후로 부석영맥은 더 연장 발달하지 않으며 계속 고소웅층의 회색 안산암만 이정표72까지 분포하고 있다.



<사진8-5> 이정표27 지점 수굴



<사진8-6> 시료채취27 지점 노두



<사진8-7> 이정표32 지점 석영 세맥



<사진8-8> 이정표46 지점 부근 규장암 관입



<사진8-9> 이정표52 지점 수평 수굴(계곡 북측)



<사진8-10> 이정표52 지점 수직 수굴(계곡 남측)

○ 소사베따천 유역

소사베따천은 사베따천 입구에서 서쪽으로 약 30m 지점에서 응에레와르천에 합류하고 있으며 전체적으로 사베따천과 거의 평행하게 동에서 서로 흐른다.

시료채취 KR1-3 부근에서 응회암층과 고소웅층이 경계를 이루고 있다.

대규모 석영맥은 발달하지 않으나 석영 세맥이 단속적으로 나타난다<사진8-11>.

석영 세맥과 모암의 접촉대에서 3개의 광석시료를 채취하여 분석한 결과 금 함량이 0.16, 0.09, 0.05ppm으로 밝혀졌다<표8-11>. 모두 금 광맥으로 볼 수는 없으나 약하게 금광화가 된 것은 확실하다.

<표8-11> 소사베따천 광석시료 분석결과표 (단위 : ppm)

위치 번호	시료 번호	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
KR1-1	KR-1	0.16	111	<1	342	0.07	29	3
KR1-2	KR-2	0.09	74	<1	822	0.03	6	3
KR1-3	KR-3	0.05	18	3	140	0.03	5	<1



<사진8-11> 소사베따천 석영 세맥

8.2.3 정밀 지표 지질조사 결과 분석

본 사베따구역에서 정밀 지표 지질조사를 시행한 결과 지표와 구 수굴 및 구 트렌치에서 관찰한 함금 석영맥은 단일맥, 분지맥, 평행 세맥형, 망상 세맥형 등 다양한 형태로 나타나고 있다.

본 역에서 사베따천 계곡과 남북 사면을 따라 발달하는 주석영맥과 부석영맥의 폭은 1~70m, 연장 1,200m 이상인 대규모인 것으로 밝혀졌다.

본 석영맥의 시료를 40개 채취하여 분석한 결과 10개에서 금 8ppm 이상이 검출되었다. 따라서 본 석영맥은 금광상이다.

구체적인 광상발달상태와 시료 분석결과에 대해서는 “광상 및 매장량” 장에 구체적으로 기술할 것이다.

9. 광산 및 매장량

9.1 광상

9.1.1 광상 개요

본 광산에서 지질광상조사를 실시한 결과 금·은·동 등 경제성있는 금속의 품위를 가지고 있는 광상은 사베따구역에서 실시한 정밀지표 지질조사에서 확인한 함금 석영맥 광상이다. 물론 지질여건상 탐사를 계속하면 은·동 등 금속 광물 광상을 발견할 수 있을 가능성은 큰 것으로 판단된다.

사베따구역 외에도 금 광화의 징후를 나타내는 결과는 여러 곳에서 발견되었지만 앞으로 그것들의 근원 광화대와 광상을 탐사하는 것이 새로운 과제로 대두되었으며, 탐사작업 중에 항상 금 외의 다른 금속광물에 대한 관심도 견지하여야 할 것이다.

9.1.2 사베따 금광상 현황

사베따구역에서 발달하는 함금 석영맥 광상을 노선도의 이정표4의 북측 사면에서 이정표39의 북측 사면까지 발달하는 것을 주석영맥으로 명명하였는데 그 연장은 약 700m, 폭은 5~70m이다<표9-1>.

이정표36의 남측 사면에서 주석영맥에 의하여 절단되는 양상을 보이는 함금 석영맥이 관찰되는데, 이 석영맥을 부석영맥이라 부르는데 이곳에서 이정표68과 69 사이의 북측 사면까지 연장되다가 침멸되며 그 연장은 약 600m이며 폭은 1~50m이다<표9-1>.

<표9-1> 사베따 금광상 현황

광맥명	연장(m)	맥폭(m)	주향	경사
주석영맥	700	5.0~70	N40°~80°W	65°~85°NE
부석영맥	600	1.0~50	N50°~70°W	70°~85°NE

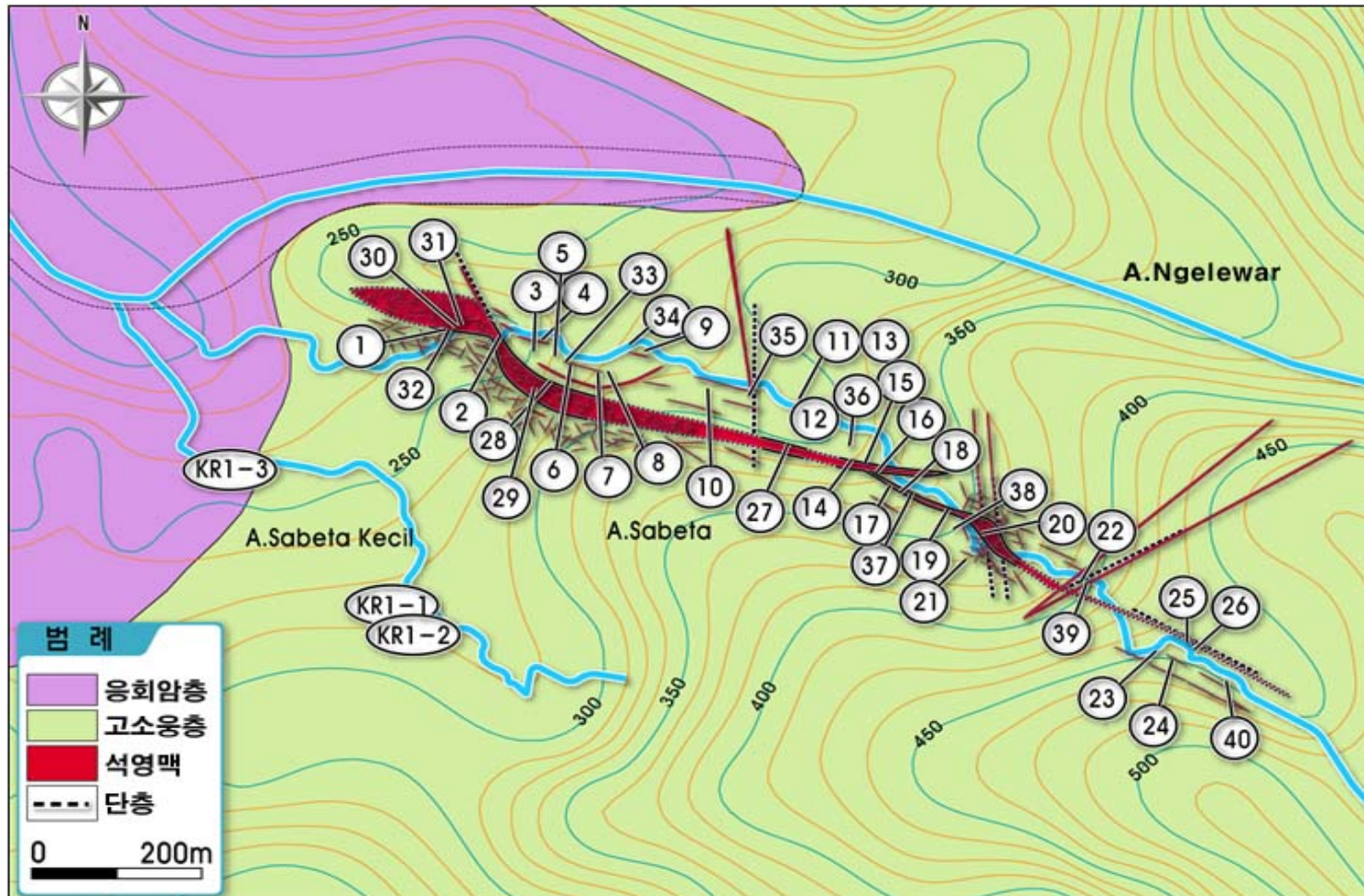
주석영맥의 주향과 경사는 N40°~80°W, 65°~85°NE를 보여주며, 부석영맥은 주향 N50°~70°W, 경사 70°~85°NE를 나타낸다.

9.1.3 사베따 금광상 광석시료 분석결과

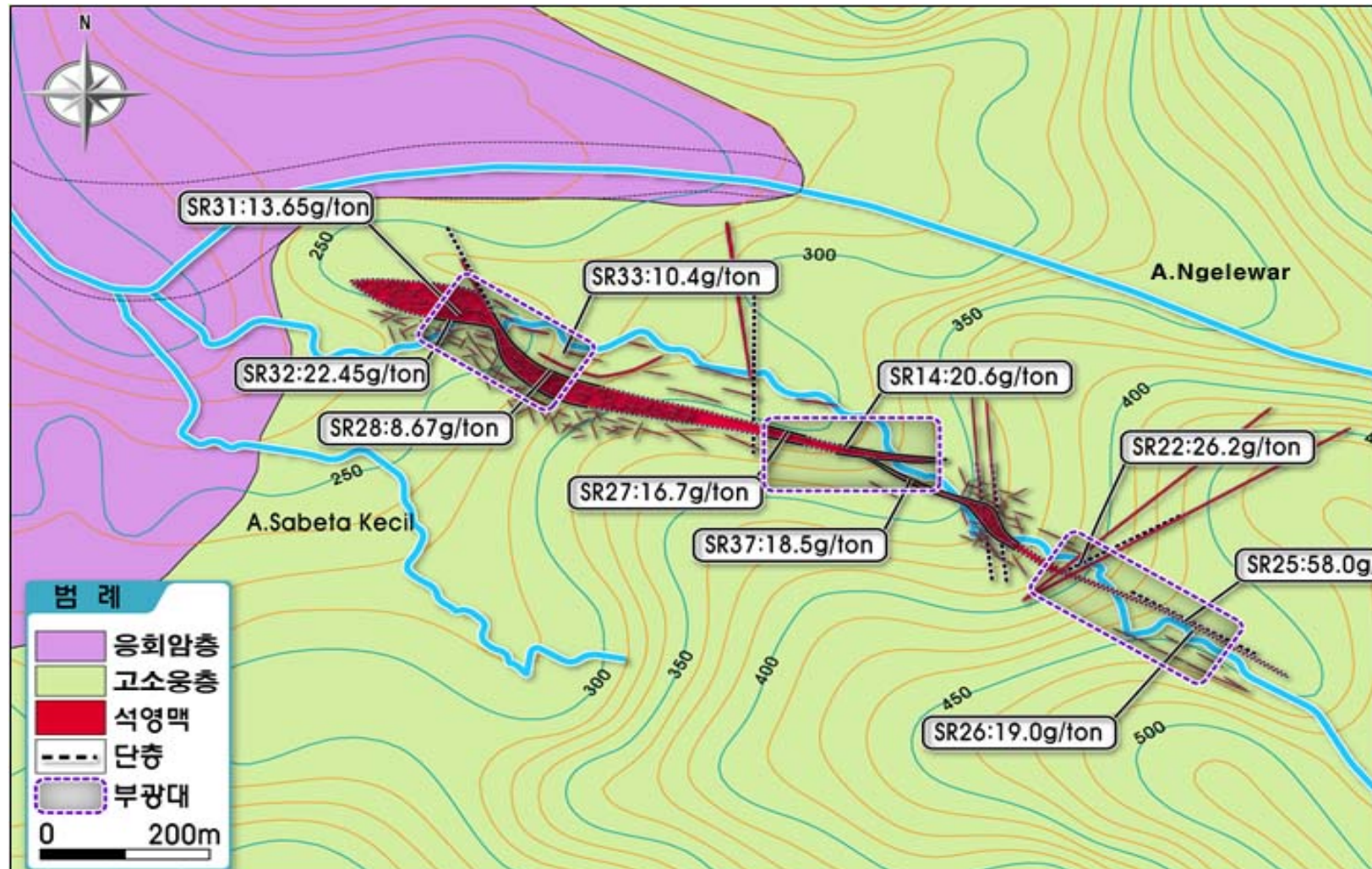
사베따구역의 주석영맥 및 부석영맥에서 40개의 시료를 채취하여 분석하였다. 그 결과는 다음 표와 같다<표9-2>.

<표9-2> 사베따구역 광석시료 분석결과표 (단위: ppm)

시료 번호	이정표	Au	Cu	Ag	Mn	Hg	As	Sb
SR-1	13~14	0.25	273	<1	434	0.05	12	2
SR-2	15	0.02	45	<1	222	0.20	7	2
SR-3	17~18	0.02	61	<1	386	0.04	25	1
SR-4	18~19	0.02	35	1	259	0.05	15	3
SR-5	20 남측 사면	0.02	22	<1	68	0.08	47	1
SR-6	21 남측 사면	0.05	54	<1	450	0.03	47	2
SR-7	22 남측 사면	0.01	64	<1	268	0.01	17	2
SR-8	22 남측 사면	0.02	46	1	276	0.05	24	1
SR-9	22~23	0.03	79	<1	2710	0.15	10	3
SR-10	26~27	0.08	28	<1	317	0.04	37	1
SR-11	29~30	<0.01	82	1	1080	<0.01	3	1
SR-12	31~32	0.06	47	<1	985	0.01	9	3
SR-13	34 남측 사면	0.20	48	4	210	0.12	9	3
SR-14	33 남측 사면	20.60	36	22	93	0.02	10	2
SR-15	36 남측 사면	0.41	98	1	846	0.10	19	2
SR-16	36 남측 사면	0.03	89	<1	1030	0.03	16	2
SR-27	30 남측 사면	16.70	43	8	220	0.08	3	1
SR-28	21 남측 사면	8.67	100	6	854	0.02	3	3
SR-29	21 남측 사면	0.11	20	<1	240	0.02	7	4
SR-30	13~14	0.08	15	2	199	0.05	13	2
SR-31	13~14	13.65	112	18	325	0.11	6	2
SR-32	13~14	22.45	210	17	342	0.01	9	2
SR-33	21 남인접	10.40	48	5	196	0.08	38	<1
SR-34	22~23	0.06	86	<1	2370	0.12	6	<1
SR-35	28	0.03	40	<1	613	0.04	18	1
SR-36	33 남측 사면	0.05	88	<1	813	0.09	9	<1
SR-17	37 남측 사면	0.02	169	1	173	0.06	3	2
SR-18	40 남측 사면	0.67	66	<1	341	0.20	2	2
SR-19	42	0.05	110	<1	264	0.09	2	1
SR-20	44 북측 사면	0.02	17	<1	92	0.07	6	3
SR-21	45 남측 사면	0.27	35	1	84	0.43	19	3
SR-22	52~53	26.20	87	30	344	0.07	22	3
SR-23	59 남측 사면	0.36	54	<1	76	0.71	6	3
SR-24	60 남측 사면	0.07	61	3	81	0.27	18	3
SR-25	61~62	53.00	40	5	81	0.23	2	4
SR-26	62	19.00	77	11	44	0.01	5	1
SR-37	40 남측 사면	18.50	65	16	244	0.01	6	2
SR-38	41~42	0.05	76	<1	271	0.07	3	1
SR-39	53	0.09	53	<1	605	0.05	27	2
SR-40	67 남측 사면	0.03	38	1	227	0.19	8	1



<그림9-1> 사베따구역 광석시료 채취위치도



<그림9-2> 사베따구역 광석시료 분석결과도

주석영맥에서 26개의 시료를 채취하여 분석하였는데 품위는 금 <0.01~22.45 ppm, 은 <1~ 22.00ppm를 보여준다.

이정표13~14사이의 사베따천 계곡에서 시료 SR-32 금 22.45ppm, SR-31 금 13.65ppm, 이정표21의 남측 사면에서 시료 SR-28 금 8.67ppm, 이정표21에 남 인접한 석영 세맥이 포함된 변질대에서 시료 SR-33 금 10.4ppm, 이정표 30의 남측 사면에서 시료 SR-27 금 16.7ppm, 이정표33의 남측 사면에서 시료 SR-14 금 20.60ppm 등 개발할 수 있는 품위의 금이 검출되었다.

나머지 20개 시료에서도 1개만 금 <0.01ppm으로 나타났으며 나머지 19개 시료에서는 금 0.01~0.41ppm으로 나타나 주석영맥 전체가 금으로 광화되었는 것으로 밝혀졌다.

부석영맥에서도 14개의 시료를 채취하여 분석하였는데 품위는 금 0.02~58.00 ppm, 은 <1~30.00ppm으로 밝혀졌다.

이정표40 남측사면에서 시료 SR-37 금 18.50ppm, 이정표52~53 사이에서 시료 SR-22 금 26.20ppm, 이정표61~62 사이에서 시료 SR-25 금 58.00pm, 이정표62에서 시료 SR-26 금 19.00ppm 등 개발가치가 있는 금 함량이 나타났다.

그 외 10개 시료에서도 금 0.02~0.67ppm으로 나타났는데 부석영맥도 금으로 광화되었음을 알 수 있다.

또한 시료분석 결과 금과 흔히 수반되는 원소인 비소(As)와 안티모니(Sb)의 함량도 각각 13.7ppm, 안티모니(Sb) 2.08ppm으로 나타나, Clarke수와 안산암의 평균 함량에 비해 높은 수치를 나타내고 있어 본 구역이 금으로 광화되었음을 뒷받침하고 있다.<표9-3>

<표9-3> 화산암 종류별 비소, 안티모니 평균함량

원소(단위)	사베따구역	Basalt	Andesite	Rhyolite	Clarke 수
As(ppm)	13.07	0.8	1.8	3.5	1.8
Sb(ppm)	2.08	0.1-1.4	0.2	0.1-0.6	0.2

9.1.4 사베따 금광상 성인

○ 관입암

본 광산 전 지역에서 규장암맥과 반상 관입암이 고소웅층과 웅회암층을

관입하고 있다. 그러나 그 규모는 모두 박층이거나 소규모이다. 규장암은 주로 빙장석과 석영으로 구성되어 있으며, 반상 관입암들은 섬록암질이 우세하며 사장석, 자철광 및 석영의 반정들을 함유하고 있다.

광구 내에서 현재까지 대규모 관입암체를 확인할 수 없었다. 따라서 본 광산에서 일어난 광화작용은 사베따구역에서 약 10km 동남방 NHM 광산 내에 관입한 암주상 섬록암질 관입암체와 공간적으로 동반된 것으로 사료된다. 그러나 본 사베따 금광상 부근에서 아직 지표에 노출되지 않은 대규모 관입암체가 존재할 가능성을 배제할 수는 없다.

신생대 마이오세 말엽에 본 역에 안산암질 화산암이 분출하여 넓게 기존 지층을 피복하고, 곧 남북, 북동, 북서방향의 단층운동이 일어났으며 그 상위에 응회암을 위주로 한 플라이스토세의 응회암층이 피복하게 되었다.

단층운동과 동시 또는 그 후에 그 단층과 수반 단층들을 따라서 석영맥, 규장암맥, 섬록암질 암맥, 안산암질 암맥 등 일련의 관입암들이 관입하였다.

○ 열수 변질작용

본 역에 일어난 고-풍화작용은 기존 안산암질 화산암에 적철광 변질작용과 광역 변성작용에 수반되는 광역 입상 안산암질 변질작용을 일어나게 하였으며, 열수 변질작용이 중첩하여 일어나게 되었다.

사베따구역에서 열수 변질작용 형태는 중첩되는 천열수 석영맥으로 나타나며, 좀 늦은 후-광화작용이 분지 단층과 수반된다.

변질작용의 광물구성은 주변 암석으로부터 영향을 받아 모암의 성분을 반영하게 된다. 본 구역에서 일어난 변질작용 형태는 주로 규화작용이며 석영, 옥수, 빙장석 및 황철광이 흔하게 관찰된다.

○ 광화작용

사베따구역에는 저유황 천열수형 광화작용이 사베따광상에 일어났다. 망상 석영 세맥들이 변질대나 그 곳에 인접하여 잘 발달된다. 맥들은 m당 10~100 개 맥의 밀도를 보여주며 두께는 1~20mm이다. 맥들은 열거나 암회색이며 구역적으로 중심이 빈 공간이나 맥 가장자리를 따라 세립 황화광물을 함유하고 있다. 광염과 단열에 일어난 광화작용은 일반적으로 잘 관찰되지 않는다. 이러한 맥들에 저-유황 천열수형 광화작용이 일어났다.

금 광화작용은 저-유황 천열수형 구조로 대표되는 맥 형성 과정에서 일어났다. 그 광화작용은 석영맥 구조에서 일어나며 석영맥 쇄설암과 모암을

포함한 각력암, 망상이나 판상 맥, 단열 충전, 공동 충전이나 단층 내의 쇄설암 등으로 다양하게 나타나고 있다. 맥의 구성 광물은 석영, 빙장석, 금, 점토, 옥수, 녹니석, 적철광 및 황철광 등 다양한 황화광물이다. 석영맥의 조직은 칼날(bladed), 결정질(crystalline), 코케이드(cockade), 교질(colloform), 빗(comb), 공동(drusy), 정동(vuggy), 크러스티폼(crustiform), 은정질(cryptocrystalline), 괴상(massive), 이끼상(moss)과 당정질(saccharoidal) 등을 보여준다.

본 구역에서 나타나는 광화작용 상 중 하나인 결정질 석영상은 석영 망상을 형성하고 있다. 이 상의 구성광물은 열린-공간 석영 결정들, 옥수, 방해석, 석영, 점토 등이다. 이 석영맥 상은 일반적으로 금 저품위를 보여준다.

대상(banded) 석영-빙장석상은 가장 넓고 큰 광화작용으로 보인다. 이 상은 백색 크러스티폼(crustiform)과 교질(colloform)-대상 석영맥 및 다수의 흑색조 세립 황화광물 대를 가진 각력암이 특징이다. 이 상은 일반적으로 금 중~고품위를 나타낸다. 그것은 금, 은, 납, 안티모니, 동의 지화학적 특징을 가지고 있다. 이 상의 괴상 크러스티폼(crustiform)의 대, 풍부한 빙장석 및 판상 방해석 가상들은 이 형태의 광화작용이 천부에서 열수용액의 비등으로 인하여 이루어졌다는 것을 암시하는 것이다.

석영-녹니석상은 좁고 적지만, 그러나 가장 고품위 금을 보여준다. 그것은 전형적으로 석영맥과 석영 조각 주위에 세립 대와 가장자리로서 발달하였으며 교질 대상 석영, 황화광물, 금 및 녹니석과 녹색 점토로 이루어져 있다. 이 상은 광화작용의 핵심에서 더 흔하게 보이나 재활동하는 석영맥에서도 산출 된다. 이정표52~53 사이에 발달한 주향 N50°E 분지 석영맥에서 금 26.20ppm(시료 SR22), 이정표61~62 사이에서 금 58.00ppm(시료 SR25)이 확인 되었는데 이들은 석영-녹니석상으로 판단된다.

황화 이산화규소상은 광화작용의 마지막 상으로 사료되는데 그것은 할입되고 빈약하게 결정질인 극 세립 휘수연광 및 후기 단계 전단대와 단열을 따라 형성된 공간을 충전한 적은 량의 황철광으로 이루어져 있다. 그것은 보통 괴상 석영 및 옥수와 뒤섞혀 있다. 금 품위는 일반적으로 중~고품위를 나타내는 것으로 알려져 있다.

본 광산의 사베따광상은 대부분 결정질 석영상 및 대상 석영-빙장석상을 보여주고 있다. 공간적으로 사베따광상의 노두는 NHM 광산의 광상보다 대략 200m 상위에 나타나고 있기 때문에 본 광상의 심부에는 금 고품위인

석영-녹니석상이 부존하고 있을 것으로 추정된다.

○ 광상 지질구조

본 광산 사베따구역에는 대규모의 석영맥이 대략 북서서 방향의 단층을 따라 관입하였다. 동시에 금을 함유한 광액-열수-가 침입하여 본 석영맥의 모암인 안산암에 변질대를 형성하고 석영맥과 변질대에 광화작용을 일어나게 하였다. 이러한 과정에서 사베따 금광상이 형성되었다. 본 역에는 먼저 부석영맥이 자리 잡고 있는 주향 N50°~70°W의 단층이 발달하였으며 연이어 주석영맥이 자리 잡고 있는 N40°~80°W 주향의 단층이 발달하면서 부석영맥이 자리잡고 있는 단층을 절단하였다. 그리고 북-북북서-북북동 주향의 분지 단층이 발달하게 되고 이 단층의 몇몇을 따라서도 후기 금 광화작용이 일어나게 되었다.

저유황 천열수형 금 광화작용은 석영맥이 충전한 단층 혹은 단열 구조를 따라 확장되는 장소에서 형성된 슈트(shoot)에서 일어났다. 본 역에서 다수의 구조적 방향성과 단층 활동 세대를 가진 단층과 단열은 복합적이고 광범위하다. 이 구역에서 주 구조적 경향은 북-서, 북, 북-동이다. 이는 북 방향을 제외하고 선구조 분석결과 나타난 우세 선구조 방향과 대체로 유사하다.

본 구역에서 구조적 계열은 상대적으로 넓은, 급 경사와 일반적으로 북서 경향의 대형 석영맥 구조로써 특징 지워진다. 주 광화된 석영맥의 분지 맥도 역시 금 광화작용을 받았다. 주석영맥과 부석영맥의 구조는 북동쪽을 향하여 아수직에서 급경하고 있다.

○ 광상 형태

본 역에서 금 광화작용은 제3기 안산암질 화산암에 배태된 저-유황 천열수형 금 광상을 형성하게 하였다. 금은 석영맥 구조들에 함유되어 있는데 그 구조들은 일반 맥에서부터 모암과 맥 쇄설물을 포함하고 있는 각력대, 망상 혹은 판상 맥,, 단열 충전, 공동 충전 또는 단층 안의 쇄설물로 다양하게 나타난다. 결정질 석영, 대상 석영-빙장석, 대상 석영-녹니석, 황화 이산화규소 등 4가지 석영 맥 형태는 금 광화작용을 배태하고 있다.

9.2 매장량

9.2.1 매장량 개요

본 광산 사베따구역의 사베따광상에 대한 트렌치탐광, 시추탐광 및 갱도탐광 등이 시행되지 않아 아직 탐사수준이 낮은 편이다. 그래서 현재 추정 및 확정광량은 계산할 수 없는 형편이다.

이번 실시한 정밀 지표 지질조사에서 광상이 지표에서만 확인되고, 광석 시료도 지표에서만 채취하여 광상발달상태가 1면에서만 확인된 상태이다. 따라서 추후 탐사작업의 목표와 방향을 정립하기 위하여 지질 광상적 예상광량만 계산하였다.

본 구역 외에도 파루시구역, 동하르구역 등에서도 광상부존을 지시하는 징후는 나타나고 있으나 광상이 부존하는 것을 이번 조사에서는 확인할 수 없었기 때문에, 그런 구역은 후속 탐사를 시행하여 광상이 확인된 후에 매장량을 계산할 것이다.

금과 같이 분석한 은, 동, 망간, 수은, 비소, 안티모니 등의 금속원소는 경제성 있는 품위가 검출되지 않았기 때문에 매장량을 산출하지 않았다.

9.2.2 매장량 산출

○ 산출 근거

- 평균품위: 사베따광상에서 채취한 광석시료 40개를 분석한 결과를 산술평균한 5.4ppm을 평균품위로 하였다.
평균품위: $217.36 \text{ ppm} / 40 \text{ 개 시료} = 5.434 \text{ ppm}$
- 맥폭: 사베따광상의 맥폭은 트렌치탐광, 시추탐광 등으로 확인하지 않았으나, 정밀 지표 지질조사 결과 지표에서 확인된 폭을 산술평균한 15m를 평균 맥폭으로 하였다.
- 연장: 사베따광상의 연장은 정밀 지표 지질조사에서 확인된 주석영맥의 연장 700m, 부석영맥의 연장 600m를 합한 1,300m 중, 단층으로 겹쳐진 부분, 말단부의 불명확한 부분을 감안하여 100m를 제외한 1,200m로 설정하였다.
- 부존심도: 사베따광상은 시료채취1의 해발 250m과 시료채취40의 해발 450m 사이에서는 수평갱도로써 개발이 가능하다. 또한 사베따광상이 해발 250m 하부로는 최저 해발 -50m까지는 충분히 발달할 것으로 예상되고, 현재 NHM 광산이 전짜나광상의 약 -150m 하부까지 추정광량으로 계산하고 있어 부존심도는 300m로 하였다.

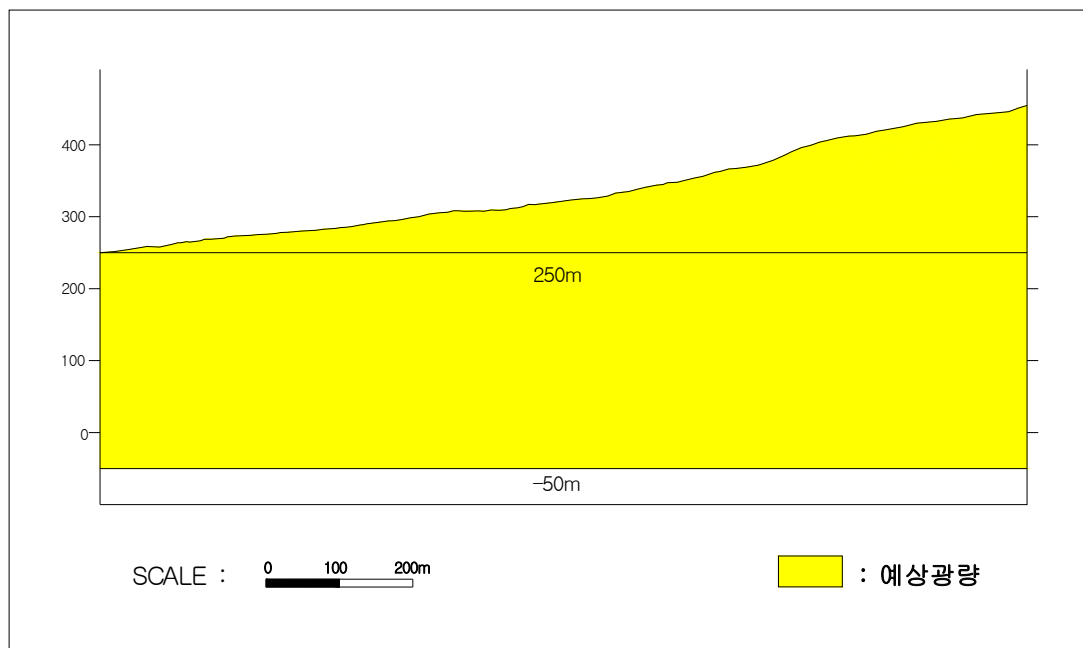
- 비중: 모암인 안산암, 석영맥, 금의 비중을 감안하여 2.3을 적용하였다.
- 증가율: 주석영맥의 경사와 부석영맥의 경사를 합하여 평균한 76°의 $\text{cosec}76^{\circ}=1.0306$ 1.03으로 하였다.
- 부존율: 표토, 탐사정도 및 광상발달상태를 고려하여 부존율을 50%로 설정하였다.

○ 사베따 금광상 매장량

이상을 산출 근거로 “KS 광량 계산 기준(KS E 2001)”에 의거하여 산출한 본 광산 사베따구역의 지질광상적인 금 예상광량은 광석은 8,350,000 톤이며, 금 속은 45.09 톤이다<표9-4 ><그림9-3>.

<표9-4> 사베따 금광상 매장량 계산표

종류	맥폭 (m)	연장 (m)	수준 (m)	부존심도 (m)	비중	증가율 (76°)	부존율 (%)	매장량 (t)
예상	15	1200	450 ~ 250	단면적(m²): 110,000	2.3	1.03	50	1,954,000
			250~ -50	300				6,396,000
합계								8,350,000



<그림9-3> 사베따 금광상 매장량 계산도

10. 탐광계획

10.1 탐광계획 개요

본 광산에 대한 광역 지질조사와 정밀 지질조사를 실시하여 본 광산의 전반적인 지질분포와 광상발달상태를 파악할 수 있었다.

금번 조사결과 확인한 이상점과 이상대를 형성하게 근원 잠두 광화대 또는 광상을 탐사하여 그 근원 노두의 규모와 품위를 파악하여야만 그 다음 차원의 탐사를 진행할 수 있을 것이다. 그리고 본 조사에서 확인한 광상은 지표부에서만 그 발달상태를 파악하였기 때문에 심부 발달상태를 확인하여야만 본 광산을 개발하기 위한 구체적인 개발 계획을 수립할 수 있을 것이다.

금번 조사에서 발견한 광화가 된 노두에 대해서는 그 부근에 대한 정밀 지표 지질조사를 시행하여 그 발달상태를 정확히 파악하여야 한다.

포착된 지화학 이상대와 품위 높은 이상점의 근원 광화대 및 광상을 탐사하기 위하여 트렌치탐광을 우선 실시하여야 할 것이다. 그 결과 효과가 없으면 다음 탐광기간에 그 이상대와 이상점을 포함한 구역에 대한 물리탐사를 시행하여 불필요가 있다. 그리고 품위 낮은 이상점에 대해서도 추후 트렌치탐광을 시행하여 불필요가 있다.

확인한 금광상에 대해서는 지표에서 파악한 노두의 연장부를 따라 적당한 간격과 심도의 시추탐광을 실시하여야 한다.

10.2 탐광계획

10.2.1 정밀 지표 지질조사

광역 지질조사의 기초 지표 지질조사에서 1지역 동부 응이붓천 상류에 석영맥이 발달하고 있는데 3개의 시료를 채취하여 분석한 결과 시료 LR-2은 금 2.81ppm을 나타내었다. 본 시료는 2지역 사베따구역을 제외하고는 노두 시료로서는 유일하게 이상치 기준 이상의 금 품위를 나타내는 곳이다. 본 석영맥의 발달상태를 파악하기 위하여 주변 일대에 대한 정밀 지표 지질조사를 하여야 할 것이다.

10.2.2 정밀 지화학탐사

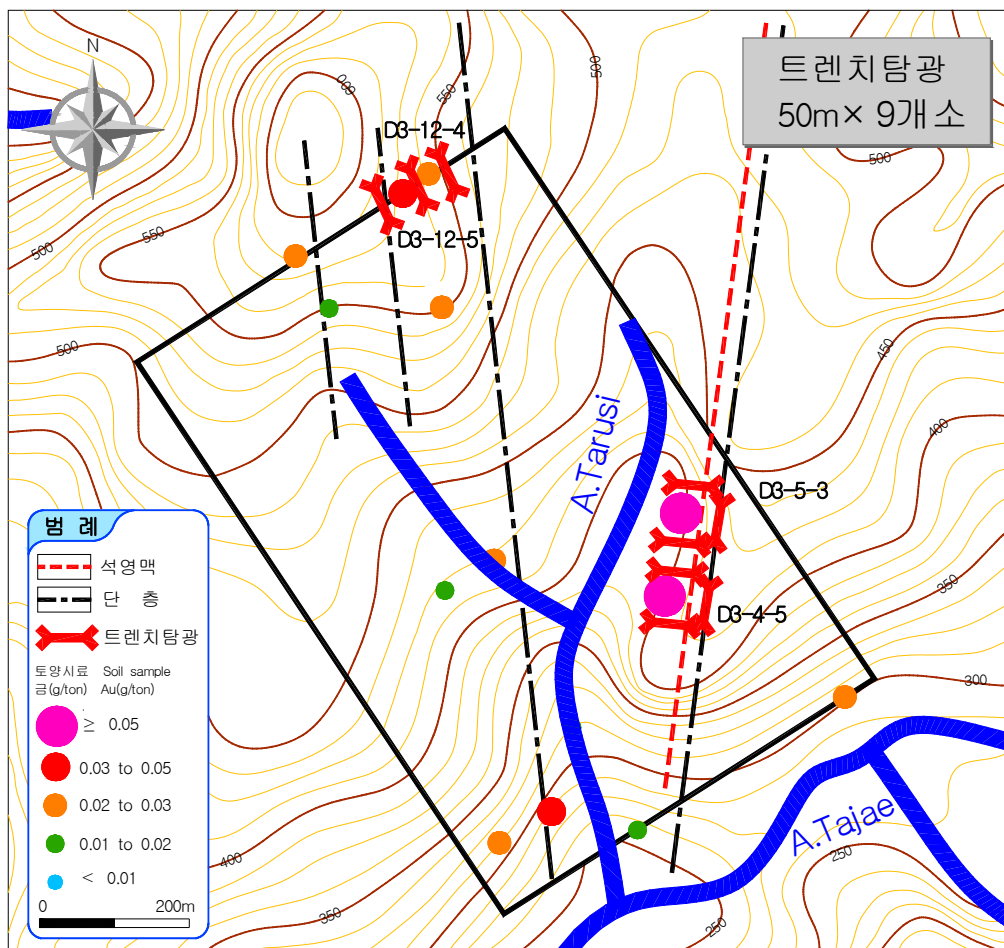
2지역 소삼천에서 광역 지질조사의 광역 지화학탐사에서 채취한 중사광물시료

중 시료 S2-11에서 사금 4알갱이, S2-12에서 사금 5알갱이가 관찰되었다. 본 사금이 관찰된 지점의 상류부 분수계부터 그 하류로 합당한 구역을 설정하여 정밀 지화학탐사(토양 지화학탐사)를 해볼 필요가 있다.

5지역 아우리천에서 광역 지화학탐사 중 채취한 하천퇴적물시료 S5-3에서 전 하천퇴적물시료 중 두 번째 높은 품위인 금 0.16ppm이 검출되었다. 본 시료 채취지점을 포함한 상류 분수계부터 그 하류에서 합당한 구역을 설정하여 정밀 지화학탐사(토양 지화학탐사)를 하여야 할 것이다.

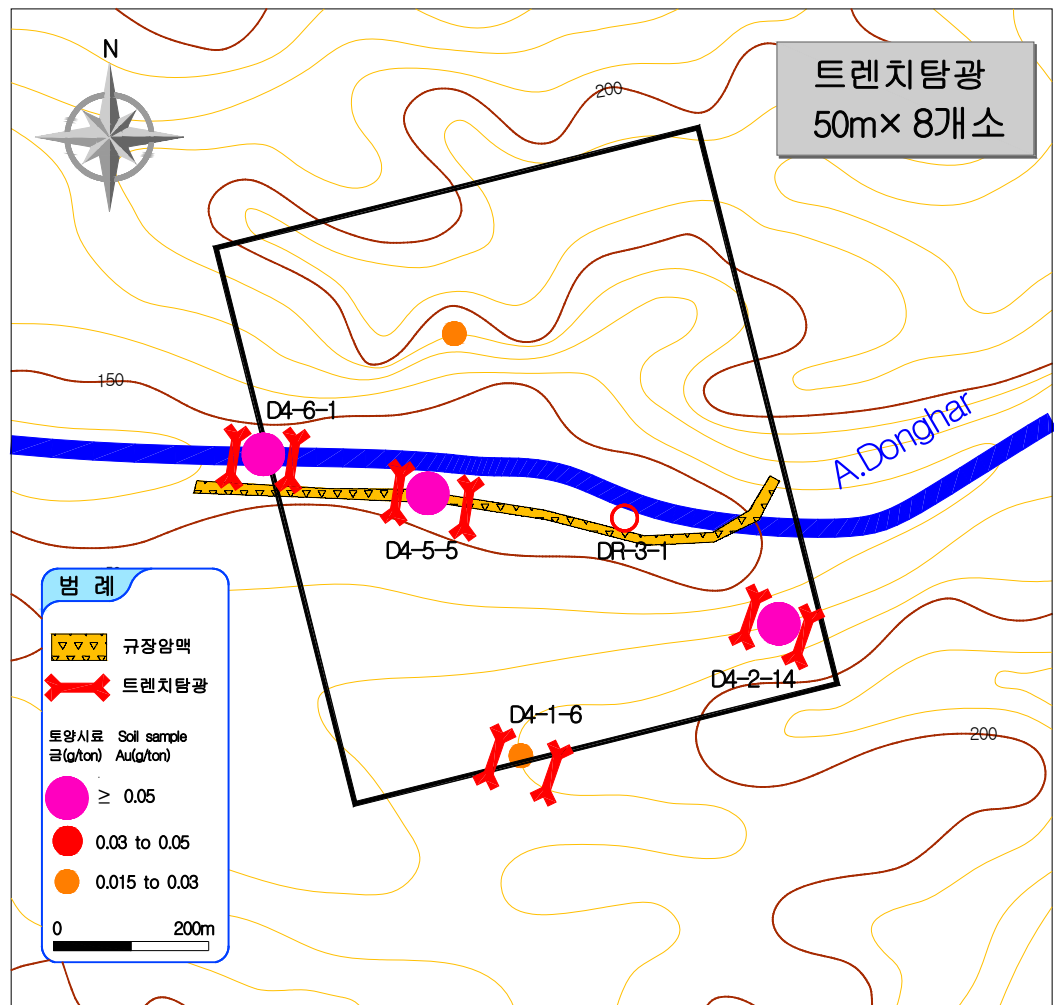
10.2.3 트렌치(trench)탐광

파루시구역



<그림10-1> 파루시구역 트렌치탐광 계획도

동하르구역



<그림10-2> 동하르구역 트렌치탐광 계획도

2지역 파루시구역에서 정밀 지화학탐사 중 포착한 토양시료 D3-4-5와 D3-5-3가 이루는 이상대에 대하여 6개, 그리고 D3-12-4와 D3-12-5가 이루는 이상대에 대하여 3개 모두 9개의 트렌치탐광을 하여야 할 것이다<그림 10-1>.

2지역 사베파 정밀 지화학탐사에서는 이상대가 확인되지 않고 이상점만 6개가 포착되었는데 그 중 D4-2-14, D4-5-5, 및 D4-6-1가 동하르천의 상류에서 하류로 방향성을 가지고, 거의 같은 구배 상에 배열되고 있다. 분석 결과도 모두 이상 기준치보다 3.3~6.6배 이상 나타나고 있다. 본 이상점의 바로 상위와 하위에 1개씩, 그리고 동하르천 남측 능선부에서 포착된 이상점 D4-1-6의 상위와 하위에 1개씩 모두 8개의 트렌치 탐광을 실시하여야 할

것이다<그림10-2>.

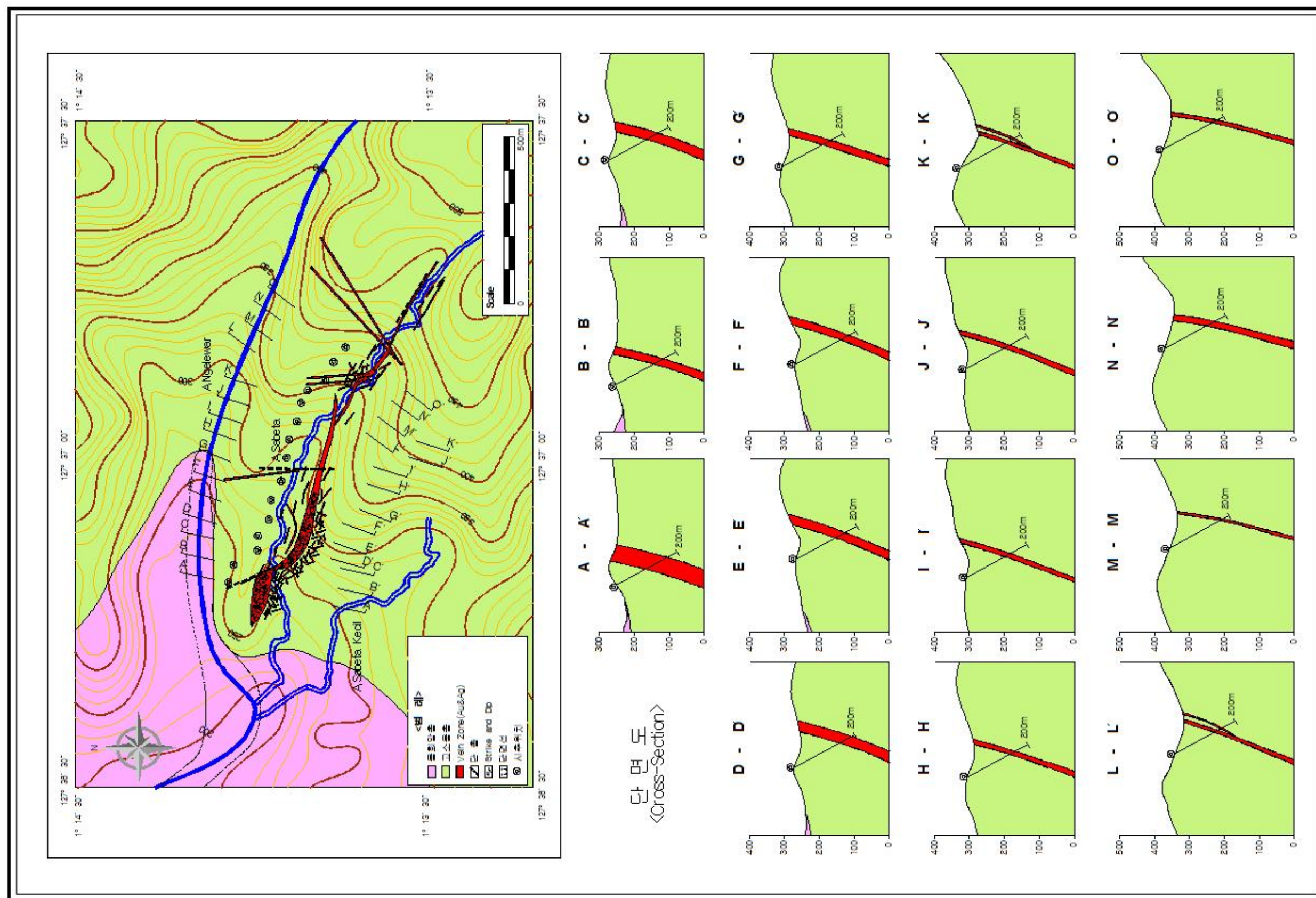
트렌치의 규격은 연장 50m, 폭 1.0m, 심도 1.5m로 설계할 것이나 현지 상황에 맞추어 변경할 것이다. 그러나 트렌치 바닥은 반드시 기반암이 풍화되어 이동되지 않고 그 자리에 퇴적되어 있는 C층(eluvium)까지 굴착하여야 하며 시료는 B층 및 C층 또는 가능하면 기반암에서 채취하여야 한다.

총 작업량은 $50 \times 1.0 \times 1.5 \times 17 = 1,275(m^3)$ 이다.

10.2.4 시추탐광

2지역 사베따구역에 발달하고 있는 합금 석영맥은 그 규모와 품위가 본 광산 내에서 현재까지 확인된 유일한 광상이라 할 수 있다. 그러나 본 광상은 현재 지표에서만 확인되고 있어 본격적으로 개발하기 위하여서는 현재 확인된 노두를 따라 시추탐광을 실시하여 본 광상의 심부 발달상태를 파악하여 개발할 수 있는 매장량을 확보하여야만 할 것이다.

본 광상의 연장부를 따라서 심도 200m, 경사 60°, 공간거리 60m, 15개 공, 총심도 3,000m의 시추탐광을 실시하여야 할 것이다<그림10-3>. 실제 시추탐광 굴착 상황에 따라 심도, 공간거리, 경사 등을 조정하여야 할 것이다.



〈그림 10-3〉 사례따구영 시차탐색 계획도

10.2.5 탐광계획 종합

본 광산에서 우선 실시하여야 할 탐광계획을 <표10-1>에 종합하여 기술하였다. 본 계획 외에도 탐광사업은 경상적인 사업이므로 본 광산을 본격적으로 개발하는 중이라도 계속되어야 할 것이다.

<표10-1> 탐광 계획표

구분	지역	구역	탐광계획	사유
정밀 지표 지질 조사	1	웅이붓	웅이붓천 상류 광석시료 LR-2를 채취한 석영맥 노두 일대에 대한 정밀 지표 지질조사	함금 석영맥 발달상태 파악
정밀 지화학 탐사 (토양)	2	소삼	중사광물시료 S2-11, S2-12 지점의 상류 분수계부터 그 하류 유역에 대한 정밀 지화학탐사	금 이상점 및 이상대 확인
	5	아위리	하천퇴적물시료 S5-3 지점을 포함한 상류 분수계부터 그 하류 유역에 대한 정밀 지화학탐사	금 이상점 및 이상대 확인
트렌치 탐광	3	파루시	토양시료 D3-4-5와 D3-5-3가 이루는 이상대에 대하여 6개, D3-12-4와 D3-12-5가 이루는 이상대에 대하여 3개 도합 9개, 총연장 450m의 트렌치탐광	함금 석영맥 확인
	3	동하르	토양시료 D4-1-6, D4-2-14, D4-5-5, D4-6-1의 이상점 4개에 대하여 각 이상점의 바로 상위와 하위에 1개씩 도합 8개, 총연장 400m의 트렌치탐광	함금 석영맥 확인
시추 탐광	2	사베따	사베따 금 광상에 대하여 심도 200m, 15개 공, 총심도 3,000m의 시추탐광	심부 광상 발달상태 확인

11. 결 언

- 본 보고서는 (주)크니아이의 100% 투자회사인 인도네시아의 PT. ORO KNI가 보유하고 있는 인도네시아 북말루꾸주, 서할마헤라군에 위치하고 있는 ORO KNI 금광산에 대하여 (주)크니아이의 지질탐사팀이 2012년 1월~2012년 12월 까지 약 1년간 지질광상조사를 실시하고 그 조사결과와 시료분석 결과를 종합하여 기술한 것이다.
- 본 광산의 등록광구는 서할마헤라 2010년 제98호(동 및 그 외 수반광물) 및 서 할마헤라 제99호(금 및 그 외 수반광물) 2개 광구이며 그 면적은 각각 10,000ha, 도합 20,000ha이다. 2007년 4월에 탐사광업권(KP)을 취득하였으며 2010년 8월 탐사광업권(KP)을 탐사광업 허가권(IUP)으로 변경 취득하였다.
- 실제 지질광상조사 대상 면적은 약 14,000ha이며 조사지역을 5개 지역으로 구분하여 수행하였다. 광역 지질조사는 광역 지화학탐사와 기초 지표 지질조사를 실시하였다. 정밀 지질조사는 광역 지질조사 결과 도출된 유망구역에 대하여 정밀 지화학탐사와 정밀 지표 지질조사를 실시하였다.
- 본 광산 일대에 분포하는 지질은 하부로부터 신생대 신제3기 상부 마이오세의 고소웅층, 플리오세의 까야사층, 그리고 제4기 플라이스토세의 옹회암층, 현재 까지 활동하는 홀로세의 화산암류 및 충적층으로 구성되어 있으며 금 광상은 고소웅층의 안산암질 암석에 배태되어 있다.
- 광역 지질조사의 광역 지화학탐사를 실시한 결과, 하천퇴적물시료 금 이상점 4개 및 중사광물시료 금 이상점 5개가 포착되었다. 기초 지표 지질조사에서는 소형 합금 석영맥 노두 1개, 대형 합금 석영맥 1조가 각각 확인되었다.
- 광역 지질조사 결과, 유망구역을 대상으로 실시한 정밀 지질조사의 토양 지화탐사에서, 3지역 따루시구역에서 토양시료 금 이상대 2개, 금 이상점 10개 및 3지역 동하르구역에서 토양시료 금 이상점 5개를 포착하였다. 정밀 지표 지질조사에서는 2지역 사베따구역에서 평균맥폭 15m, 평균품위 금 5.4ppm, 연장 1,200m의 합금 석영맥 광상을 확인하였다.

- 본 광산 사베따구역에는 규화작용을 동반한 열수 변질작용이 중첩하여 일어나서 석영맥 구조가 형성되었으며, 이 석영맥 구조에서 저유황 천열수형 맥 형성 도중 금 광화작용이 일어나게 되어 사베따광상이 형성되었다.
- 본 사베따광상은 대부분 결정질 석영상 및 대상 석영-빙장석상을 보여주고 있다. 공간적으로 사베따광상의 노두는 NHM 광산의 광상보다 대략 200m 상위에 나타나고 있기 때문에 본 광상의 심부에는 금 고품위인 석영-녹니석상이 부존하고 있을 것으로 추정된다.
- 사베따광상의 금 매장량은 현재까지의 탐사정도를 감안하여 지질광상적인 예상 광량을 산출하였는데 금 광석 예상광량은 8,350,000톤이며, 금속량은 45.09톤이다.
- 광역 지질조사 결과 유망성이 밝혀진, 1지역 응이붓구역에서 정밀 지표 지질조사 및 2지역 소삼구역과 5지역 아우리구역에서 정밀 지화학탐사를 계획한다. 그리고 정밀 지질조사 결과 지화학 이상대가 포착된 3지역 따루시구역과 동하르구역에 17개소, 연장 850m의 트렌치탐광을, 대형 금 광상이 확인된 2지역 사베따구역의 심부 광상발달상태를 파악하기 위하여 15개공, 심도 3000m의 시추탐광을 계획한다.
- 본 광산 일대는 세계에서 가장 고품위 천열수형 금 광전으로 밝혀진 지역이다. 따라서 같은 금 광전에 속하고 거의 동일한 지질분포 양상을 보이는 본 광산에서도 더욱 선진화된 인원과 기술로 지질광상조사를 계속하면 반드시 괄목할 만한 성과를 얻을 것으로 기대된다.

사 사

해외자원개발을 통하여 우리나라의 경제발전에 이바지 하시고자 하는 일념으로 인도네시아의 오지에서 ORO KNI 광산의 광업권을 취득하시고 이번 지질광상 조사를 수행하는데 물심양면으로 전적으로 후원해주신 (주)크니아이의 전용곤 회장님에게 무엇보다 먼저 감사의 말씀을 드립니다.

(주)크니아이의 금창도 경영고문은 본 탐사사업에 대한 모든 책임을 지고 사업 기획, 탐사관리, 현장조사, 보고서 집필을 하였습니다. 조사기간 내내 서할마헤라군 자일롤로 현장사무실에 주재하면서 현장조사, 탐사팀 인원관리, 숙식문제, 대관 수속 등에 전력으로 헌신해주신 서동연 소장의 노고에 대하여도 치하를 드립니다.

본 사업을 위하여 초빙되어 열대의 밀림에서 열악한 환경을 극복하고 현장조사를 하면서 지질도 등 제 도면을 작성하고 보고서 초고를 작성한 지질기사 세 분에게도 격려와 감사의 말씀을 드리는 바입니다.

끝으로 이 지면을 빌려 이 보고서의 지질광상학 분야를 검토해주신 한국지질자원연구원의 전 해외자원연구실장 서정률, 그리고 지화학 분야를 검토해주신 한국지질자원연구원의 이진수박사님에게도 심심한 감사의 마음을 표하는 바입니다.

참고 문헌

- Lindgren ,W., 1933. Mineral deposits, 4th ed.: New York, McGraw-Hill, p.930
- Evensen, N.m., Hamilton, P.J. and O’Nions, R.K., 1978, Rare earth abundance in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, v.42, p.1199-1212.
- Hamilton, W., 1979, Tectonic of the Indonesian region. U.S. Geol. surv. Prof. Paper, v. 1078, p.346
- Geological Research and Development Centre of Indonesia, 1980, Geological map of the Morotai quadrangle, North Maluku
- Fateh Chand et al., Geological Survey Malaysia, 1981, A Manual of Geochemical Exploration Methods, p.2:1-2:22
- Sunarya, Y and Bache, J.J., 1987, Epithermal Gold mineralization in Indonesia, synthesis areas of potential for gold, Directorate of Mineral Resources
- R. Hall, 1988, Late Palaeogene-Quaternary geology of Halmahera, eastern Indonesia of volcanic island arc
- Sunarya, Y., 1989 Overview of gold exploration and exploitation in Indonesia. Indonesian Association of Geology Journal
- Noel C. White, 1995, Epithermal gold deposits : styles, characteristics and exploration.
- G.R. Davey et al., Newcrest Mining Ltd., 1997, Discovery of The Gosowong epithermal quartz-adularia vein deposit, Halmahera, Eastern Indonesia
- P.T. Nusa Halmahera Minerals, 1999, Laporan Tahun 1998 Tahapan Eksplorasi Halmahera, Maluku Utara
- Hedenquist, J.W., Arribas, R.A. and Gonzalez, U.E., 2000, Exploration for epithermal gold deposits.
- Laurence robb, 2004, Introduction to Ore-Forming Processes, p.117-119
- AMC Mining Consultants(Canada), Newcrest Mining Limited, 2012, Technical report on the Gosowong property in North Maluku province Indonesia
- USGS, 2012, mineral Commodity Summaries 2012 year book
- Newcrest Mining Limited, 2011, Newcrest Mining Annual Report 2011

- 고상모, 박중권, 이형재, 1992, 가사도 변질대 연구 : 화산원 천열수성 광상 탐사 및 모델 정립(Ⅲ), 과학기술처
- 김인준, 이재호, 이사로, 서정률, 김유봉, 이규호, 2004, 인도네시아 반둥 남부 수방산지역에서의 토양지화학 탐사, 자원환경지질, 제37권, p173-184
- 김인준, 이재호, 서정률, 이사로, 김유봉, 이규호, 2004, 인도네시아 금속광상과 금 광상 분포현황, 자원환경지질, 제37권, p269-276
- 김인준, 이재호, 2006, 인도네시아 중부 칼리만탄 뚝방미리 지역의 수계퇴적물에 대한 지화학 탐사, 자원환경지질, 제39권, p301-328
- 김종환 외, 1990, 화산원 천열수성 광상탐사 및 모델정립(Ⅰ), 한국자원연구소
- 김종환 외, 1992, 화산원 천열수성 광상탐사 및 모델정립(Ⅲ), 한국자원연구소
- 김창성, 최선규, 최상훈, 이인우, 2002, 가사도 화산성 천열수 금은광상의 열수변질대 분포 및 성인 : 탐사에의 적용
- 류충렬, 2000, 인도네시아 금속광상과 구조, (사)대한지질학회, p59
- 류충렬, 2000, 인도네시아에서 수계나 선상구조를 이용한 광상탐사의 가능성, 한국 지구과학회
- 이인우, 김광희, 김문섭, 김승태, 2000, 정밀조사보고서(금: 진도지구), 대한광업진흥공사
- 이인우, 이희숙, 유영준, 정연호, 2001, 정밀조사보고서(금속광 : 해남, 음성, 포천지구), 대한광업진흥공사
- 전효택, 김종대, 김옥배, 민경원, 박영석, 윤정환, 1993, 응용지구화학, 서울대학교 출판부
- 최상훈, 염승준 등, 1999, 국내 금은 광상 성인별 모델링 연구, 광진 99-2, 대한광업진흥공사
- 최상훈, 2000, 국내 금은 광상 성인별 모델링 연구, 광진 2000-2, 대한광업진흥공사

부 록

[분석결과 통보서]

[사진첩 1] KNI 탐사팀 광산현장 탐사 사진

[사진첩 2] 중화인민공화국 하북성구역 지질광산
조사연구소 탐사대 현장 조사 사진

[분석결과 통보서]

Intertek**TEST REPORT**

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 124481
Customer Ref : 091533

Date received : 18/07/2012
Date reported : 25/07/2012

Number of samples : 29

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 4

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer

Notes :
* We have identified erratic gold result for sample 5-3-1.
We have checked scree sizing and confirmed >95% pass.
* These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:

Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929



**TEST REPORT**

PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 124608
Customer Ref : 091565

Date received : 31/07/2012
Date reported : 08/08/2012

Number of samples : 25

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 6

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer

Notes : These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:



Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929



**TEST REPORT**

PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 124889
Customer Ref : 091587

Date received : 13/08/2012
Date reported : 27/08/2012

Number of samples : 62

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 9

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer

Notes : These analyses are not shipment precision.

Approved Signature for:

Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929



Intertek**TEST REPORT**

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 125552 Date received : 08/10/2012
Customer Ref : 091663 Date reported : 16/10/2012

Number of samples : 8

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 4

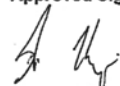
Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer

Notes :
Small sample received for PC.
Sample was insufficient for next assay for appropriate method.

These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:



Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929



Intertek**TEST REPORT**

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 125545
Customer Ref : 091663

Date received : 08/10/2012
Date reported : 24/10/2012

Number of samples : 178

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 18

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer
Notes : These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:


Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929

YKAN
Kantor Internasional Indonesia
Laboratorium Pengujian
ISO 17025

**TEST REPORT**

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 125970
Customer Ref : 091694

Date received : 07/11/2012
Date reported : 27/11/2012

Number of samples : 13

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 5

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer Notes : These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:



Stephen Southern
Country Director

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929

YKAN
Minerals Standard Services
Laboratory Policy
LPT-130-EN

Intertek**TEST REPORT**

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 126751
Customer Ref : 26/12/2012

Date received : 26/12/2012
Date reported : 17/01/2013

Number of samples : 144

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 18

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer
Notes : These analyses are not shipment precision

Approved Signature for:



Andrew Riley
General Manager

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample (s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result (s) provide no warranty or verification on the sample (s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample (s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807929





TEST REPORT

Park Hyung Ho
PT. Oro Kni
Jl. Inpres 321 RT.001/RW.003
Kel. Ubo-ubo, Ternate Selatan
Kota Madya Ternate
MALUKU UTARA 97717
Indonesia

Job Number : 126750 Date received : 26/12/2012
Customer Ref : 26/12/2012 Date reported : 18/01/2013

Number of samples : 47

Report Comprising : Cover Sheet, Scheme Description, Results

Total Pages : 10

Notes :
N.A = Not Analyzed
I.S = Insufficient Sample
L.N.R = Listed Not Received
R.N.L = Received Not Listed

Customer
Notes :

Approved Signature for:


Andrew Riley
General Manager

All work is performed in accordance with the Intertek Minerals Standard Terms and Conditions of work
<http://www.intertek.com/terms/>

This report relates specifically to the sample(s) that were drawn and / or provided by the Customer or their nominated third party.

The reported result(s) provide no warranty or verification on the sample(s) representing any specific goods and / or shipment and only relate to the sample(s) as received and tested.

This report was prepared solely for the use of the Customer named in this report. Intertek accepts no responsibility for any loss, damage or liability suffered by a third party as a result of any reliance upon or use of this report.

DO NOT PHOTOCOPY

PT Intertek Utama Services
Building 103 E. Cilandak Commercial Estate, Jakarta 12560, Indonesia
Tel: (62 21) 7808011 Fax: (62 21) 7807928



[사진첩 1]

KNI 탐사팀 광산현장 탐사 사진



<사진 1> 고알마을 도로



<사진 2> 광구 접근로 아께라모천



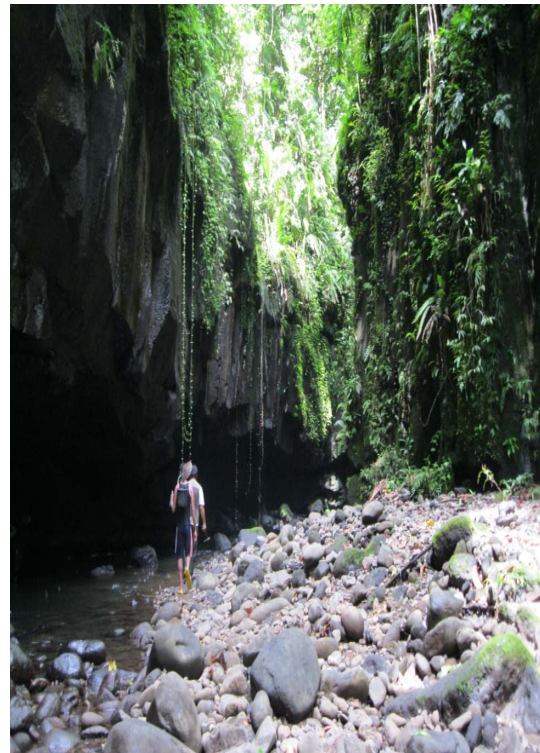
<사진 3> 지화학탐사 중 현장이동 전경



<사진 4> 1지역 또소아마을 부근 응회암



<사진 5> 1지역 응이붓천 중류 응회암



<사진 6> 1지역 응이붓천 중상류 응회암



<사진 7> 2지역 레와르천 미고결 응회암



<사진 8> 2지역 레와르천 상류 시료 채취



<사진 9> 2지역 사베따천 석영맥



<사진 10> 2지역 사베따천
황철광 광염 석영맥



<사진 11> 2지역 사베따천
폭포지점 석영맥



<사진 12> 2지역 사베따구역 광상



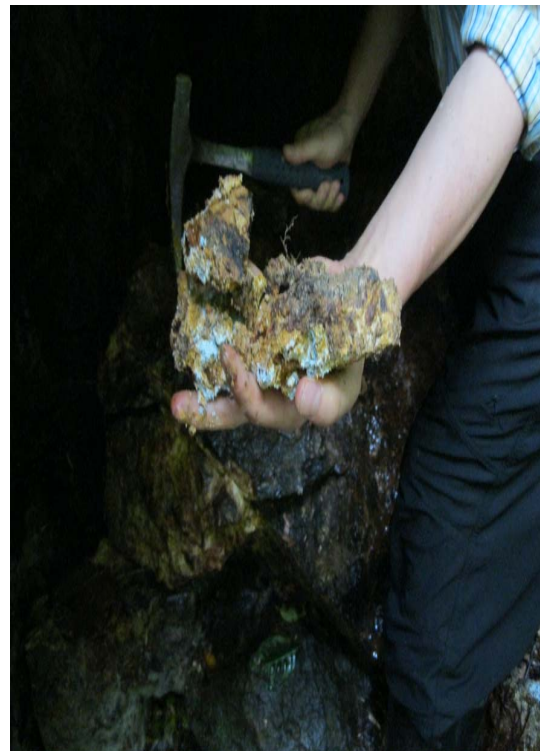
<사진 13> 2지역 하천퇴적물시료 채취



<사진 14> 2지역 사베따구역
route map 조사



<사진 15> 2지역 사베따구역 석영맥



<사진 16> 2지역 광석시료 채취



<사진 17> 2지역 사베따구역
수굴 내 석영맥



<사진 18> 2지역 사베따구역
단층 광화대



<사진 19> 2지역 레와르천
미고결 하천퇴적물



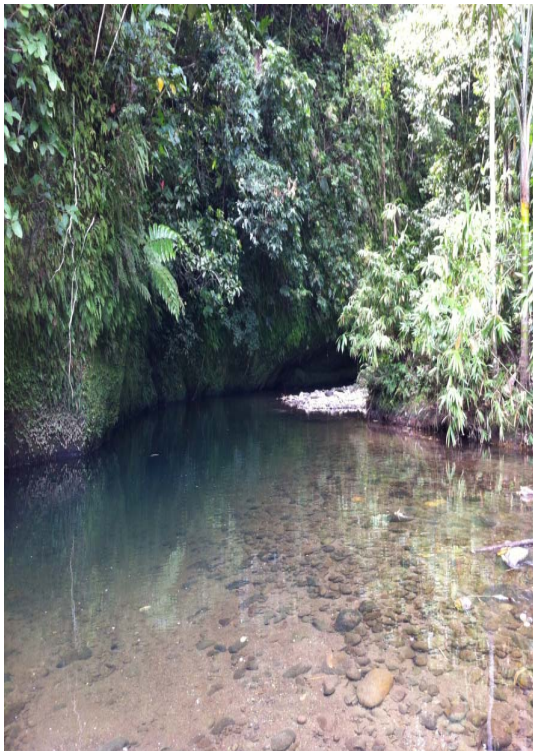
<사진 20> 3지역 규장암맥



<사진 21> 3지역 화산각력암



<사진 22> 3지역 사질 옹회암



<사진 23> 3지역 동하르천 전경



<사진 24> 3지역 중사광물시료 채취



<사진 25> 3지역 따루시천 광화대



<사진 26> 3지역 토양시료 채취



<사진 27> 3지역 토양시료 채취



<사진 28> 3지역 변질대
토양시료 채취



<사진 29> 4지역 하천퇴적물시료 채취



<사진 30> 4지역 하천



<사진 31> 4지역 하천



<사진 32> 5지역 캠프 부근
규장암맥 및 변질대



<사진 33> 5지역 하천퇴적물시료 채취



<사진 34> 5지역 규장암맥 및 변질대



<사진 35> 5지역 수직 수굴



<사진 36> 5지역 규장암맥



<사진 37> 5지역 석영맥 및 광화대



<사진 38> 5지역 현지인 수굴



<사진 39> 3지역 베이스캠프



<사진 40> 탐사팀 포터

[사진첩 2]

중화인민공화국 하북성구역 지질광산 조사연구소
탐사대 현장 조사 사진



사진1: 중국 하북성구역
지질광산조사연구소 전경



사진2: 회장님 중국 하북성구역
지질광산조사연구소 방문



사진3: 회장님 중국 익양그룹 방문



사진4: 중국 하북성구역 지질광산조사
연구소 탐사대 페르나페공항 도착

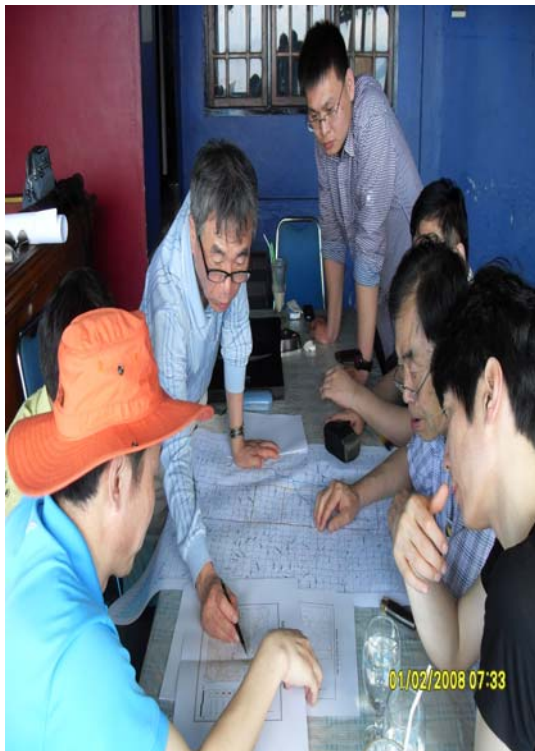


사진5: ORO KNI 광산 지질광상
현황 브리핑



사진6: 중국 탐사대 페르나페 항구 도착



사진7: 중국 탐사대 광산사무실 도착



사진8: 중국 탐사대 자이롤로경찰서 신고



사진9: 중국 탐사대 출발 직전



사진10: 중국 탐사대 탐사 출발 직전



사진11: 중국 탐사대 파루시구역 사금조사



사진12: 중국 탐사대 파루시구역 패닝 광경



사진13: 따루시구역 패닝 결과-사금



사진14: 따루시구역 패닝 결과-사금



사진15: 중국 탐사대 탐사 광경



사진16: 금·동광석



사진17: 금광석



사진18: 표석 조사



사진19: 금·동광석



사진20: 따루시구역-금·동광석 노두



사진21: 따루시구역 수굴



사진22: 금광석



사진23: 금광석



사진24: 금광석



사진25: 금광석



사진26: 사베따구역 - 수굴



사진27: 아워리구역 - 수굴



사진28: 사베따구역 베이스 캠프



사진29: 광산사무실 - 탐사 후 중국 탐사대 도착



사진30: 중국 탐사대 시료 정리



사진31: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진32: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진33: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진34: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진35: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진36: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진37: 중국 탐사대 서할마헤라 군수 접견



사진38: 중국 탐사대 서할마헤라 군청 방문



사진39: 중국 탐사대 서할마헤라 군청 방문



사진40: 중국 탐사대 서할마헤라 군청 방문



사진41: 중국 탐사대 서할마헤라 군청 오찬



사진42: 페르나페 항구



사진43: 중국 하북성구역 지질광상조사
연구소와 합작 협의



사진44: 중국 하북성구역 지질광상조사
연구소와 합작 체결식



사진45: 중국 하북성구역 지질광상조사 연구소와 합작 체결식



사진46: 중국 하북성구역 지질광상조사 연구소와 합작 체결식



사진47: 중국 하북성구역 지질광상조사 연구소와 합작 체결식



사진48: 중국 하북성구역 지질광상조사 연구소와 합작 계약서



(주) 크니아이

137-875 서울특별시 서초구 서초중앙로 87, 예성빌딩 3층

Tel:02-3486-4000 / Fax:02-3486-0100

<http://www.knii.co.kr>