우즈베키스탄 악토시티 금광화대 자원량 평가

지세정¹ · 박성원² · 김인준² · 허철호^{2*}

¹충북대학교 기초과학연구소

²한국지질자원연구원 광물자원연구본부 광물자원개발연구센터 광물자원연구실

Resource Estimation of Actosity Gold Mineralized Belt, Uzbekistan

Se-Jung Chi¹, Sung-Won Park², In-Joon Kim² and Chul-Ho Heo^{2*}

¹Institute of Basic Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

²Mineral Resources Department, Mineral Resources Development Research Center, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(KIGAM), Daejeon 305-350, Korea

Surface geological and trench surveys and drilling exploration (total length, 1,100 m; 9 drill holes) were carried out to secure new Au ore bodies in the area(0.96 km²) of Actosity gold field, where is located at the western Kuldjuktai mineralized district in the middle territory of Uzbekistan. Several Au ore bodies occurring as tabular or lens shapes with thickness of 0.5~35 m were newly discovered on the outcrops and extended to N40~70° W direction with dipping of 70~90° SW or NE. Indicated ore resource of gold with Au grade of 0.25~3.52 mg/kg was newly estimated by 2,382 t(gold resource of 2.5 t) as a result of 9 drilling exploration in 2010~2012 from the Actosity gold field. Judging from the ore resources and Au grade of the Actosity gold field, economic potentiality of mining development seems to be low. Because of high possibility to secure new ore resources through more detailed exploration works from the Actosity area, the growth of economic value will be expected by a mine of middle scale.

Key words : resource estimation, Actosity, gold, Uzbekistan

우즈베키스탄 중북부의 나오이주에 소재하는 구족타우 금(Au) 광화대 내의 악토시티광구(0.96 km²)에 대한 신규 광체 확보를 위해 지표 지질·광상 조사, 트랜치탐사 및 시추탐사(총 1,100 m, 9개 시추공)를 수행하였다. 새로운 광체들이 지표 노두에서 확인되었으며, 함-금 광체들은 판상 혹은 렌즈상으로 발달되었고, N40~70° W 방향으로 50~120 m 정도 단속적으로 연장되며, 70~90°로 SW 혹은 NE 방향으로 경사져 있다. 광체 폭의 범위는 0.5~35 m 로써 심한 변화를 하고 있다. 2011-2012년에 9개 시추공 1,100 m에 대한 시추탐사 결과 대부분의 시추공에서 광체를 착맥하였으며, 금의 품위는 0.25~3.52 mg/kg 이고, 추정 자원량 2,382톤이 신규로 확보되었으며, 금의 금속량으로는 2.5톤에 해당된다. 현재까지 확보된 악토시티 광구에 대한 자원량과 금의 품위로는 개발 경제성이 낮은 것으로 판단되나 향후 추가 정밀 탐사의 추진으로 금의 자원량 확보가 가능하고, 최소 중규모의 광상으로 경제적 가치가 상승할 것으로 기대된다.

주요어 : 자원량 평가, 악토시티, 금, 우즈베키스탄

1. 서 언

정부의 해외자원 확보 정책의 일환으로 추진된 2009

년 한-우즈베키스탄 정상 자원외교 협상과 관련하여 한국지질자원연구원(KIGAM)과 우즈베키스탄 국가지질위원회(GOSCOMGEOLOGY) 간의 광물자원개발을 위

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided original work is properly cited.

*Corresponding author: chheo@kigam.re.kr

한 자원협력과 관련하여 2009년 5월에 양 기관 간의 양해각서 및 연구동의서를 체결하였으며, 그 후속 조치로 2010~2012년 3년간 나오이 州 구죽타우(Kuldjuktai) 지역의 악토시티(Actosity) 금 광구 지역에 대한 기초탐사를 우즈베키스탄 국가지질위원회 측과 공동으로 수행하였다.

본 사업은 2010~2011년에 걸쳐 악토시티 금 광구에 11개의 트렌치 탐사(총 2 km)와 6개 시추공(KS-1~KS-6)에 대한 시추탐사(시추물량 700 m)를 추진하였으며, 그 결과 KS-1과 KS-2 시추공에서 신규로 금(Au) 열수광체를 확보한 바 있다. 2012년도 사업에서는 이미 확보된 금 광체의 남서부 연장부를 확인하고, 인근 지역에 대한 추가 지표 정밀 광상조사를 수행하여 금 광체의 지표 노두를 추가로 발견하였으며, 총 400 m의 시추 물량에 대해 3개 시추공을 설계하여 추가 시험 시추작업을 추진하였다.

본 논문의 목적은 2010~2012년 3년에 걸쳐 수행된 상기의 기초탐사 결과를 종합하여 악토시티 광구내 금 광화대에 대한 향후 정밀탐사의 필요성 여부를 판단하기 위하여 이번에 확인된 금 광체에 대하여 추정 자원량과 품위를 평가하여 향후 광산 개발을 위하여 추가 정밀탐사의 여부를 제시하는데 있다.

2. 악토시티 탐사 광구의 개요

2.1. 위치 및 교통

악토시티 탐사광구는 행정구역상 우즈베키스탄 중부

나오이 州에서 북으로 200 km에 위치하는 구죽타우 산맥의 서부 지역에 속한다(Fig. 1). 구죽타우 산맥은 고생대 초기~중기 퇴적분지 내에서 일어난 석탄기 화성 활동에 의해 생성된 조산대형 열수 금광상이 광범위하게 배태되는 광화대로서, 우즈베키스탄 수도인 타슈켄트에서 서쪽으로 약 800 km 지점에 위치한다. 도로사정은 타슈켄트에서 탐사광구 근처 약 20 km까지는 포장도로의 국도를 이용할 수 있다. 이곳에서 탐사 광구 현장까지는 비포장 도로이며, 50 km 정도 이다. 교통은 타슈켄트에서 현장까지는 차량으로 약 13시간 소요되며, 항공편(타슈켄트-부하라)를 이용하는 경우 현장까지 약 4시간 정도 소요된다.

2.2. 악토시티 Au 광구

구죽타우 금 광화대는 동서로 발달된 천산산맥 최서부 연장부 지맥에 속하고 있으며, 구소련 당시 수계 및 토양 지구화학탐사를 통하여 금, 은, 비소, 안티모니의 이상대가 확인되었으며, 금의 이상대 지역을 대상으로 여러 개의 금 광구가 설정되었다(Aisanov and Egorov, 1978; Dyukov *et al.*, 1978; Phaizulin and Starkov, 1982; Tarasenko and Lyashkevich, 2004). 한국지질자원연구원의 탐사지역은 주로 구죽타우 광화대 서부에 속하고 있으며, 악토시티-키르크치르틴 및 아딜사이의 조산대형 금 광구가 분포되어 있다(Fig. 2). 악토시티-키르크치르틴 광구는 약 10 km²에 해당되고, 악토시티와 키르크치르틴 광구로 분류되며(Fig. 3), 그 중에서 2010-2012년 한국지질자원연구원의 주요 탐사

Fig. 1. Location map showing the Actosity area of Kuldjuktai Au mineralized district, Naoi, Uzbekistan.

Fig. 2. Regional geological and geochemical map of Kuldjuktai district showing the Actosity-Kyrchirtin and Adylsai gold fields.

Fig. 3. Regional geological map showing the Actosity and Kyrchirtin gold fields.

지역은 악토시티 광구이다(면적, 0.96 km²).

2.3. 지질

악토시티 금 광구의 주변은 고생대 오르도비스기~석탄기의 변성퇴적암류, 석탄기 반려암 및 폐름기 화강암으로 구성된다(Fig. 3). 고생대 변성퇴적암류는 석회암, 백운암, 변성사암, 점판암 등으로 구성되나 석회암과 변성사암의 분포가 가장 우세하다. 이들 퇴적 지층들에 여러 번의 습곡 변형작용이 중첩되면서 층리의 주향이 N40~80° W로 변화가 심하나 대체로 N60~70° W 방향이 우세하다. 또한 등사습곡에 의해 층리의 경사는 주로 80~90° NW 혹은 SE 방향으로 변화를 보이고 있으며 국부적으로 45°의 저 경사를 나타내는 곳도 있다. 이들 고생대 지층은 석탄기까지 진행된 심부의 연성 변형작용과 후기 전단작용에 의하여 습곡대와 전단대가 발달되어 지층이 심하게 교란되어 있다. 악토시티 지역은 고생대 석탄기~폐름기에 수반되는 조산운동에 의해 화성암체의 관입작용이 수반되었으며, 석탄기에 암주 및 저반 상으로 관입한 반려암-화강섬록암 복합체는 악토시티 지역의 서부에 분포하고 있으며, 폐름기에 관입한 거정질 흑운모 화강암체는 동부지역에 주로 분포하고 있다. 조립질 흑운모화강암은 담홍색을 보이며, 주로 알카리 장석, 석영, 백운모, 흑운모 등으로 구성되어 있다.

2.4. 광상

악토시티 광구의 금은 주로 고생대 초기~중기의 변성퇴적암류와 석탄기의 화강암 관입체 경계부에서 조산대형 함-금 열수 광화작용에 의해 특징된다. 상기에서 언급한 바와 같이 악토시티 광구에는 주로 점판암이 우세하게 산출되나 박층의 사암층을 반복적으로 협재하고 있으며, 40 m 이하의 층후를 가지는 괴상의 사암이 교호로 분포하는 특징을 보인다. 이들 변성 퇴적암류는 후기 조산작용에 의해 강한 전단작용을 받아 점판암은 층리면들을 따라서 압쇄되면서 층리에 평행한 전단 단층이 형성되어 있으나 이에 협재된 괴상의 사암층에는 전단력에 의해 형성된 렌즈상의 각력대가 단속적으로 수 개조 발달되어 있다. 이들 각력대를 세맥의 석영~방해석맥이 그물 망상으로 충전하면서 금을 수반하여 광체를 이루고 있다(Fig. 4). 특히, 흑색 점판암 내에 박층(1~40 m, 폭)으로 협재된 갈색 사암층들의 각력대는 금 광체의 탐광에 좋은 탐광 지침이 되고 있다. 악토시티 금 광구 내에는 그물망상형 함-금 석영맥의 광체가 주로 N60° W의 주향을 가지며 80°

Fig. 4. Photograph showing outcrop of gold-bearing breccia zones of brown sandstone beds and black slate in Actosity gold field.

이상의 고 경사각을 이루고 있으며, 광폭은 5~40 m로써 팽축이 심한 렌즈형을 나타낸다. 함-금 열수 석영세맥 내의 주요 광석광물은 금과 미량의 은이 검출되고 있으며, 주요 황화 광물은 황철석이다. 세립의 황철석이 석영맥과 모암의 일부에 산점상으로 산출된다. 드물게 수 mm 입자가 육안으로 관찰되기도 하며, 일부 광체에서는 주로 황철석 세맥(<0.5 mm)들이 모암의 단열대를 필름상으로 충전하고 있으며, 일부는 수산화철 광물로 산화되어 있다.

3. 탐사결과

3.1. 트랜치 탐사

3.1.1. 트랜치 탐사 설계

2010년에는 악토시티 금 광구에 대한 지표 지질·광상조사(1:1,000축척) 실시를 지표 함-금 석영맥이 밀집하여 관찰되는 지역을 중심으로 총 2,000 m의 트랜치 물량에 대해 총 11개(KIGAM-1~KIGAM-11) 트랜치를 설계하여 굴착하였다(Fig. 5). Trench-1은 조사 지역 전역에 대한 함-금 석영맥의 분포 양상을 파악하기 위하여 석영맥 주향에 직교하여 1 km 트랜치를 굴착하였다. 그 외의 트랜치는 Trench-1에서 석영맥 밀집 분포대에 대한 연장부 확인과 과거 구소련 트랜치 내에서 금의 산출이 확인되는 석영맥의 연장부 확인을 위해 설계 및 굴착하였다.

3.1.2. 시료분석 및 트랜치 광체의 금 품위

2010년에 굴착된 11개의 트랜치 하상에서 지표 광석의 품위를 산정하기 위해 매 2 m 간격으로 라인 시료(12~15 kg)를 총 558개 채취하였으며, 그 외에 트

Fig. 5. Index map showing three mineralized zones(A~C zone) and locations of 9 drilling sites from the Actosity gold field showing trenches the intervals of ore bodies with gold grade more than 0.2 mg/kg.

랜치 인근의 52개 지표 광석 시료를 채취하여 금 성분을 분석하였다. 지표 노두에서 채취한 52개 광석시료는 0.02~3.0 mg/kg의 금 함량 범위를 보여주고 있으며, 그 중에 9개 시료는 1~3 mg/kg의 경제 품위가 확인 되었으며, 트랜치의 전 구간에서 채취된 558개 시료에서는 0~3.2 mg/kg의 금 함량을 보이며, 특히 조사지역을 가로 지르는 KIGAM-1 및 KIGAM-2 트랜치(총 1.2 km)에서 채취된 306개 시료 중에서 63%에 해당되는 196개 시료에서는 금이 전혀 검출이 안 되었고, 37%에 해당되는 111개 시료에서는 금의 함량이 0.01~1.8 mg/kg 범위를 나타내고 있으며. 이 중에

서 46개 시료에서는 0.2~1.8 mg/kg의 품위를 보여주고 있다. 0.3 mg/kg 이상의 금 함량을 나타내는 구역을 광체구간으로 설정하면 11개의 트랜치에서 총 9 곳의 금 광체 구간이 신규로 확인되었다(Fig. 5).

3.2. 시추탐사 결과

3.2.1. 2011년 시추탐사

2011년에는 2010년의 트랜치 탐사결과와 우즈베크의 과거 탐사 자료를 종합적으로 해석하여 금의 부존 가능성이 있는 곳으로 판단되는 지역을 A~C의 3개 구역으로 나누어 A구역은 3개 시추공, B구역은 2개 시추공 그리고 C구역은 1개 시추공을 계획하였다. 총 700 m 시험 시추탐사를 위해 6개 시추공(KS-1, 2, 3, 4, 5, 6)을 설계하여 시추작업을 추진하였다(Fig. 5). 시추탐사 장비 모델은 구소련에서 제작된 SKB-41이며, 코어 회수율은 90~95% 이다.

시추코어의 시료분석: 6개 시추공의 코어 시료를 대상으로 금 광체의 착맥 구간을 구획하여 금의 개발 품위를 산정하기 위하여 각각의 금 광체구간에서 매 1 m 간격으로 대표시료를 채취하였으며, 빈광대에서는 4 m 간격으로 시료를 채취하였으며, 6개 시추공으로부터 채취된 총 386개 금 분석용 시료는 우즈베키스탄 국가지질위원회 산하 기관인 광물 시험분석소에서 불꽃시험(Fire Assay) 및 원자흡광 분석법에 의해 금 성분을 분석하였다.

시추공별 광체구간의 금 함량: 6개 시추공 중에서 KS-5호 공을 제외하고 모든 시추공에서 망상형 함-금 석영맥 광체 착맥에 성공하였다(Table 1). 총 386개 코어 시료의 Au 함량은 0~6 mg/kg의 범위를 보여주고 있으며, KS-1 시추공에서 채취된 140개는 평균 Au 함량이 0.45 mg/kg의 값을 나타내고 있으며, 가장 높은 6 mg/kg 함량을 보이고 있다. KS-2 시추공에서는 64개 광체 시료가 0.8 mg/kg 이하의 낮은 금 함량을

Table 1. Analytical data of Au content for core samples from six drill holes in 2011

Drill Hole No.	No. Samples	Au (mg/kg)		
		Range	Average	Standard Deviation
KS-1	140	0~6.0	0.45	1.18
KS-2	64	0~0.8	0.07	1.168
KS-3	65	0~0.3	0.02	0.0467
KS-4	82	0~1.0	0.09	0.193
KS-5	35	0~0.02	0.008	0.00485
KS-6	52	0~0.4	0.03	0.081
Total	386			

보이고 있으며, 평균값은 0.07 mg/kg 이다. KS-3의 65개의 광체 시료는 0.3 mg/kg의 낮은 금 함량을 나타내고, 평균값은 0.02 mg/kg 이다. KS-4의 82개 광체 시료는 1 mg/kg 이하의 값을 보이며, 평균값은 0.09 mg/kg의 값을 갖는다. 그 외에 KS-6 시추공의 52개 시료는 0.4 mg/kg 이하의 금 함량을 나타내고 있으며, 평균값은 0.03 mg/kg 이다. 6개 시추공 중에서 KS-1 호공에서는 다른 시추공과 비교하여 양호한 금 함량을 보이는 광체가 착맥되었다.

함-금 석영맥 광체의 발달양상: KS-1과 KS-2 시추코어의 주상단면도를 바탕으로 하여 각 시추공을 중심으로 작성한 지질단면도에 의하면(Fig. 6), 악토시티 광구내에 배태되어 있는 함-금 석영맥은 모암인 점판암 및 사암의 층리구조에 평행하게 발달하고 있는 암갈색의 사암의 각력대를 충전하여 광체를 이루고 있다. KS-1 시추공의 지질·광상 정보는 함-금 석영 세맥이 사암의 각력대 내에 그물망상으로 충전되어 광체를 이루고 있고, 함-금 석영맥 광체는 최대 40m의 폭을 갖는 판상형으로 발달되어 있으며, 광체의 심도가 최소 150 m 이상 심부로 연장되어 있음을 제시해준다(Fig. 6). KS-2의 경우는 점판암 내에 교호로 협제된 폭이 약 5 m 이내의 사암층에서 평행하게 발달된 수개조의 판상형 각력대를 따라서 함-금 석영 세맥들이 그물망상형으로 충전되어 광체를 이루고 있다(Fig. 6). 시추코어에 의하면 지표에서 약 80 m 심도까지 광체가

발달되고 있음을 알 수 있다.

3.2.2. 2012년 시추탐사

2012년에는 2011년도에 수행된 6개 시추공에 대한 시추탐사 결과를 고찰한 결과 악토시티 광구내 A구역의 KS-1 및 KS-2 시추공에서 착맥된 광체가 지표상에서 단속적으로 연장되고 있음이 확인되었고, 상기의 2개 시추공에서 착맥된 광체의 폭과 금 품위가 다른 시추공들 보다 비교적 양호하여 이 두 개의 시추공 위치가 속해 있는 A구역을 대상으로 2012년도 추가 시추탐사 지역으로 선정하였다. 2012년의 추가 시추탐사의 목적은 2011년에 시추탐사로 확인된 기존 금 광체의 남동 및 북서 측의 연장부 확인과 그 인근 지역에서 신규 금 광체 발견을 위하여 지표 노두 확인조사를 1:1,000 축척으로 지표 광상조사를 현지에서 수행하였다. 현지 지표조사의 결과를 바탕으로 지질·광상도면 작성을 완료하였으며(Fig. 7), 400m의 시추 물량에 대해 3개 시추공을 설계하여 추가 시추작업을 추진하였다.

추가 시추지역의 지질: 2012년도 추가 시추탐사 지역(A Zone)의 면적은 약 0.6 km²에 해당된다(Fig. 7). 주로 고생대 캄브로-오르도비스기의 흑색 점판암이 추가 시추 지역 전역에 걸쳐 우세하게 분포하고 있으며, 그 외에 사암 및 역암의 암쇄암 지층이 일부 나타나고, 조사지역 동부에는 페름기의 화강암이 상기 변성 퇴적암류를 관입하고 있다.

Fig. 6. Geological cross-sections of drilling sites (KS-1 and KS-2).

Fig. 7. Geological map showing the distribution of gold ore bodies and KS-7, 8, 9 drilling sites in the Actosity gold field (2012).

함-금 석영맥 광체: A 구역 내의 KS-1 및 KS-2 시추공 주위는 대부분 흑색 점판암과 화강암 관입체와의 접촉 부위로서 함-금 열수 석영맥 세맥군이 전단작용에 의한 암갈색 세립~중립질 사암의 각력대를 후기에 충전하여 산출되고 있다. 이들 함-금 열수 광체들은 주로 6개의 광체(Ore Body-I~Ore Body-VI, Fig. 7)로 구분될 수 있다. 2012년 A 구역의 지표 정밀 광상조사 결과는 상기와 같으며, 결론적으로 추가 시추탐사 지역에서는 보통 함-금 열수 석영맥 광체는 광폭의 팽축이 심하고, 대체로 렌즈 및 판상 형의 형태를 이루고 있으며, 단속적으로 지표에서 연장되고 있음을 보

여준다. KS-1 시추공 남서부 인근의 광체-I에서 광체-III까지의 광체는 단층에 교란되어 공간적으로 다소 변위가 있어도 같은 동일 광체로 인지되면 지표에서 확인되는 연장길이는 약 400m에 이르고, 광체의 폭은 10~30m로 추정된다(Fig. 7). 조사지역 중앙부로부터 남부지역에 이르기까지 지표 정밀조사를 통하여 광체를 추적한 결과 소폭 광체가 균을 이루며 연장되고 있음을 추가로 확인되었는데, 이들 광체는 이번 조사를 통하여 새롭게 확인된 광체이다. 그 중에서 광체-IV와 광체-V의 경우는 광폭이 5~20m로 남서 방향의 연장 가능성이 크나 이들의 지표 연장은 노두발달 불량으로

확인이 안 되고 있다(Fig. 7). 금 광체의 방향은 N40~60° W 이고, 경사는 60~70° NE 이다. 고생대 후기의 조산작용에 의해 점판암은 층리면을 따라 쉽게 압쇄 및 단층면이 형성된 반면 괴상의 사암층은 대부분 각력화되어 그물 망상형의 함-금 석영 세맥군이 충전되어 있으며, 드물게 황철석 등 황화 광물이 미립의 산점상으로 산출된다. 그 외에 광석광물은 육안으로 관찰되지 않는다.

광체 착맥구간: KS-7호 시추공은 시추물량이 총 150 m 이며, 1~17 m 폭을 갖는 6개의 함-금 석영맥 광체로 구성되어 있으며, 착맥된 총 구간은 37.7 m 이다(Table 2). 그 중에서 지표심도 1~14 m에서 광체구간이 12 m 이며, 심도가 가장 깊은 구간인 69~93 m에서 광체의 광체구간이 17 m로서 가장 큰 광폭을 나타낸다. KS-8 시추공의 경우는 150 m 시추코어 중에서 0.5~1.2 m의 폭을 보이는 5개의 세맥 광체가 천부 구간에서 착맥되었으며, 총 광체구간은 5.2 m 이다. KS-9 시추공의 100 m 코어시료 중에서 0.5~1 m 폭의 3개 세맥 광체가 KS-8 시추공과 유사한 심도인 24~48 m 구간에서 착맥되었으며, 총 광체구간은 2 m 이다. 3개의 시추공 중에서 KS-7 시추공에서 가장 양호한 광체가 착맥되었으나, 기타 시추공에서는 광체의 착맥구간이 다소 미비한 편이다. 이러한 이유는 KS-8 및 KS-9의 시추공의 고도가 KS-7 시추공 보다 약 20 m 정도 높아 현재 착맥된 광체의 하부에서 KS-7의

주 광체구간과 대응되는 광체의 부존 가능성이 높은 것으로 사료된다.

함-금 석영맥 광체의 발달 양상: 2012년 추가 시추 탐사 지역내에서 수행된 시추탐사 결과 획득된 코어 시료에 의해 확인되는 광체의 지하발달 양상을 파악하기 위해(Fig. 7), 도면상에서 A~A', B~B', C~C'의 지질단면선을 따라서 3개의 시추공을 포함하는 지질단면도를 각각 작성하였다(Fig. 8). 이들 지질단면도에는 악토시티 광구내 수 개조의 함-금 석영맥 광체가 모암인 점판암의 80° 경사층리와 평행하게 발달되어 있음을 나타내주고, 광체의 형태는 렌즈형의 판상 형태를 이루고 있음을 보여준다. KS-2 시추공에 대한 코어시료에서 2개의 광체가 지표에서 약 55 m 심도 까지 착맥되고 있음이 확인되고 있으나 주로 5~15 m 구간에서 착맥된 광체가 비교적 금의 함량이 높게 나타나고 있다(Fig. 8). KS-7 시추공 코어 시료에서는 2개의 광체가 지표에서 약 80 m 심도 까지 착맥되고 있음이 확인되고 있으나 주로 60~90 m 구간에서 착맥된 광체가 비교적 평균 금의 함량이 1.15~1.78 mg/kg 값을 보이고 있어 이 광체는 심부광체 탐광을 위해 추가 시추가 요구된다(Fig. 8). 이 두 광체는 남서방향으로 80~90° 경사져 있으나, KS-7 시추공으로부터 북동 방향으로 약 50 m 위치의 지표에서 확인되는 광체는 북동 방향으로 약 80~85° 경사져 있어 배사구조를 형성하고 있음을 지시해준다. KS-7 시추공 코어 시료에서

Table 2. Summary of the ore bodies intersected by drilling works from the Actosity gold field(2012)

Drilling Hole	Core Length(m)	Ore Body		
		Number	Interval (m)	Thickness (m)
KS-7	150	I	1~9	8
		II	10~14	4
		III	15~17	2
		IV	20~21	1
		V	62~67.7	5.7
		VI	69~93	17
		Total		37.7
KS-8	150	I	29.3~29.8	0.5
		II	30.8~32.3	1.5
		III	35.1~36.1	1
		IV	46.6~47.8	1.2
		V	50.5~51.5	1
		Total		5.2
KS-9	100	I	24.0~24.5	0.5
		II	25.5~26.0	0.5
		III	47.0~48.0	1.0
		Total		2

Fig. 8. (upper) Geological cross-section showing the lenticular Au-bearing ore bodies of KS-2 drilling hole, cross-cut by A-A' cross line in Fig. 7. (middle) Geological cross-section showing the lenticular Au-bearing ore bodies of KS-7 drilling hole, cross-cut by B-B' cross line in Fig. 7. (lower) Geological cross-section showing the lenticular Au-bearing ore bodies of KS-8 and KS-9 drilling holes, cross-cut by C-C' cross line in Fig. 7.

는 2개의 광체가 지표에서 약 80 m 심도까지 침투하고 있음이 확인되고 있으나 주로 60~90 m 구간에서 침투된 광체가 비교적 평균 금의 함량이 1.15~1.78 mg/kg 값을 보이고 있어 이 광체는 심부광체 탐광을 위해 추가 시추가 요구된다(Fig. 8). 이 두 광체는 남서방향으로 80~90° 경사져 있으나, KS-7 시추공으로부터 북동 방향으로 약 50 m 지표에서 확인되는

광체는 북동 방향으로 약 80~85° 경사져 있어 배사구조를 형성하고 있음을 지시해준다. KS-8 및 KS-9 시추공 코어 시료에서는 7개의 광체가 지표에서 약 120 m 심도 까지 침투되고 있음이 확인되고 있으나 0.5 mg/kg 이상의 금 함량이 확인되는 심도는 주로 30~50 m 구간이다(Fig. 8). 이들 광체는 남서방향으로 80~90° 경사져 있다. 이 두 개의 시추공에서 확인되는

광체는 판상으로 발달되어 있다.

3.2.3. 악토시티 광구의 함-금 광체의 금 품위 및 자원량 산정

우즈베키스탄 악토시티 금 광구에서 2010~2012년까지 3년간 수행해 온 기초 탐사결과로 신규 확인된 함-금 석영맥 광체에 대한 금 품위와 추정 자원량을 산정하기 위하여 지표 정밀 지질·광상조사, 트렌치 및 시추탐사 자료를 활용하였다. 이번 매장량 산정은 한국지질자원연구원과 우즈베키스탄 국가지질위원회가 공동 조사로 수행된 2011~2012년의 9개 시추공에 대한 총 1,100 m 시추탐사에 의해 새롭게 확인된 광체에 준하였다. 악토시티 금 광구에서 수행된 지표 지질·광상조사, 트렌치 및 시험 시추 자료 등을 면밀히 분석한 결과 금 광체의 부존지역을 크게 3개 구역(A-C)으로 설정하여 가장 금 광체의 발달이 양호하고 금의 품위가 높게 나타나는 A 구역에 6개의 시추공(KS-1, KS-2, KS-6, KS-7, KS-8, KS-9), B 구역에는 2개의 시추공(KS-3, KS-4), 그리고 C 구역에는 1개의 시추공(KS-5)을 배분하여 시추탐사를 수행하였다. 시추탐사 결과에 의하면 C-구역의 KS-5 시추공에서는 광체의 착맥에 실패하였으며, 코어시료의 금 분석결과 0.1 mg/kg 이하로 나타나 이번의 자원량 산정에는 A 및 B구역의

광체에 국한하였다. 자원량 산정을 위해 각 시추공에 착맥된 광체의 수평 연장길이는 한국공업규격 및 한국 산업규격(KS) 규정을 적용하여, 시추공을 중심으로 좌우 30 m씩 최대 60 m로 적용하였으며, 인근의 시추공 및 트렌치, 수향 및 지표에서 확인되는 광체의 정보 등을 고려하여 산술적으로 정하였다. 광체의 심도 길이는 시추공 최하부 착맥 심도에 30 m 연장 적용하였으며, 광석의 평균비중은 2.5의 값을 적용하였다.

A 구역: 지표의 광석노두 및 시추코아의 광체 착맥 자료에 의하면 이 구역에는 최소 6개 이상의 함-금 석영맥 광체가 부존되어 있음이 확인되었다(Fig. 9). 이들 광체들의 폭은 0.5~11.9 m로 매우 다양하고, 연장길이는 50~120 m 이다. A 구역에서 확인되는 각 광체들에 대한 금 품위 및 자원량은 광체별 블록화하여 요약하였다(Table 3). KS-1 시추공에서 6개 광체들이 착맥되었으며, 이들의 백폭은 0.5~1.5 m 이고, 산정된 광석의 자원량은 473톤 이며, 금의 금속 자원량은 1,239 kg 이다. KS-2 시추공에 착맥된 광체는 3개 광체이며, 이에 대한 광석 자원량은 464톤, 금의 금속량은 220 kg 이다. KS-6 호공에서는 2개의 광체가 착맥되었으며, 광석자원량은 55톤, 금의 금속량은 16 kg 이다. KS-7 시추공에서는 6개 광체가 착맥되었고, 광석 자원량은 760톤, 금의 금속량은 752 kg 이다. KS-8호공은 5개

Fig. 9. Geological map showing distribution of ore bodies and drilling sites in the A-zone.

Table 3. The calculated ore resources from A and B-zones in the Actosity gold field (2012)

Ore Bluck	Drilling Hole	Ore Body	Interval (m)	Thickness (m)	Ore body Length (m)	Depth (m)	Volume (m ³)	Gravity	Average Au Grade (mg/kg)	Ore Resources (kg)	Provable Resources Au(Kg)
A-zone	KS-1	I	28.0~30	2	100	90	18,000	2.5	3.00	45,000	135.0
		II	54.0~66.0	12	100	90	108,000	2.5	3.52	270,000	950.4
		III	67.0~68.0	1	100	90	9,000	2.5	1.00	22,500	22.5
		IV	73.0~77.0	4	100	90	36,000	2.5	1.08	90,000	97.2
		V	87.0~88.0	1	100	90	9,000	2.5	0.50	22,500	11.3
		VI	89.0~90	1	100	90	9,000	2.5	1.00	22,500	22.5
	Total									472,500	1,238.9
	KS-2	I	6.0~13.2	7.2	112	60	48,384	2.5	0.53	120,960	64.1
		II	30.4~38.9	8.5	112	60	57,120	2.5	0.25	142,800	35.7
		III	41.5~53.4	11.9	112	60	79,968	2.5	0.60	199,920	120.0
	Total									463,680	219.8
	KS-6	I	20.4~22.8	2.4	50	100	12,000	2.5	0.25	30,000	7.5
		II	78.0~80.0	2	50	100	10,000	2.5	0.35	25,000	8.7
	Total									55,000	16.2
	KS-7	I	1~9	8	80	100	64,000	2.5	0.42	160,000	67.2
		II	10~14	4	80	100	32,000	2.5	0.75	80,000	60.0
		III	15~17	2	80	100	16,000	2.5	0.35	40,000	14.0
		IV	20~21	1	80	100	8,000	2.5	0.30	20,000	6.0
		V	62~68	6	80	100	48,000	2.5	1.78	120,000	213.6
		VI	69~93	17	80	100	136,000	2.5	1.15	340,000	391.0
	Total									760,000	751.8
A-zone	KS-8	I	29.3~29.8	0.5	65	100	3,250	2.5	0.50	8,125	4.06
		II	30.8~32.3	1.5	65	100	9,750	2.5	0.80	24,375	19.5
		III	35.1~36.1	1	65	100	6,500	2.5	1.50	16,250	24.4
		IV	46.6~47.8	1.2	65	100	7,800	2.5	0.70	19,500	13.7
		V	50.5~51.5	1	65	100	6,500	2.5	0.50	16,250	8.1
	Total									84,500	69.8
	KS-9	I	24.0~24.5	0.5	70	100	3,500	2.5	0.70	8,750	6.1
		II	25.5~26.0	0.5	70	100	3,500	2.5	0.30	8,750	2.6
		III	47.0~48.0	1	70	100	7,000	2.5	1.00	17,500	17.5
	Total									35,000	26.2
	KS-3	I	24.0~24.6	0.6	50	50	1,500	2.5	0.6	3,750	2.3
B-zone	Total									3,750	2.3
	KS-4	I	0.0~33.8	33.8	50	100	169,000	2.5	0.39	422,500	164.8
		II	53.0~55.4	2.4	50	100	12,000	2.5	0.70	30,000	21.0
		III	69.8~71.0	1.2	50	100	6,000	2.5	0.60	15,000	9.0
		III	87.5~88.5	1	50	100	5,000	2.5	0.30	12,500	3.8
		IV	96.5~98.8	2.3	50	100	11,500	2.5	0.56	28,750	16.1
	Total									508,750	214.7
Total									0.84	2,383,180	2,540

광체로 구성되고, 이에 대한 광석 자원량이 85톤, 금의 금속량은 70 kg 이며, KS-9호 공에서 3개의 광체가 착맥되었으며, 광석량이 35톤, 금의 금속량은 26 kg 이다. A 구역에서 새로 확인된 광체들의 총 광석 자원량은 1,871톤이며, 금의 금속량은 2,323 kg 이다.

B 구역: 이 구역에는 수개조의 함-금 석영 세맥 광체가 부존되어 있음이 확인되었으며, 이들 광체들의 폭은

0.5~33.8 m로 매우 다양하고, 연장길이는 50~100 m로 추정된다(Fig. 10). B-구역에서 확인되는 각 광체들에 대한 금 품위 및 자원량은 KS-3호 시추공에 착맥된 광체는 단일 맥이며, 광석 자원량은 4톤, 금의 금속량은 2 kg 이다(Table 3). KS-4호 시추공은 5개 광체가 착맥 되었으며, 광석량은 510톤, 금의 금속량은 217 kg 이다. B-구역에서 산정되는 총 광석 자원량은 514톤이

Fig. 10. Geological map showing distribution of ore bodies and drilling sites in the A-zone.

며, 금의 금속량은 217 kg 이다.

4. 결 론

1. 2010년부터 2012년까지 우즈베키스탄 중북부의 나오이쉴에 소재하는 구족타우 금 광화대 내의 악토시티 광구(0.96 km²)에 대한 신규 광체를 확보하기 위하여 지표 지질·광상 조사, 트랜치 탐사 및 시추탐사를 수행하였다.

2. 악토시티 광구에 분포된 광체들은 판상 혹은 렌즈상으로 발달되었고, N40~70° W 방향으로 50~120 m 정도 단속적으로 연장되며, 70~90°로 SW 혹은 NE 방향으로 경사져 있다. 광체 폭의 범위는 0.5~35 m로써 심한 변화를 하고 있다.

3. 2011년-2012년에 악토시티 광구에 대한 시험시추탐사(총 1,100 m, 9개 시추공)를 수행한 결과 대부분의 시추공(KS-5호공 제외)에서 광체를 착맥하였다. 광체들의 금 품위는 0.25~3.52 mg/kg 이고, 금광석의 지질학적 자원량은 2,382톤, 금의 금속량은 2.5톤이 신규로 확보되었다.

4. 현재까지 확보된 악토시티 광구에 대한 자원량과 금의 품위로는 개발 경제성이 낮은 것으로 판단되나 향후 추가 정밀 탐사의 추진으로 금의 자원량 확보가 가능하고, 최소 중규모의 광상으로 개발될 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 미

래창조과학부 부처임무형 사업인 “해외 광물자원탐사 및 자원량 평가(14-1121)”과제에서 지원되었습니다. 그리고, 본 논문을 심사해 주시고 유익한 조언을 해주신 익명의 심사위원들께 감사를 드립니다.

참고문헌

- Aisanov J.B. and Egorov A.I. (1978) Geological structure and main features of metallogeny of the Paleozoic bodies of the Kuldjuktai Mountains. Monograph. Tashkent, Publishing house.
- Dyukov Y.F., Starkov N.I. and Kalyanov B.G. (1978) The Progress Report of the detailed prospecting for gold by means of set of geological and geophysical methods in the eastern part of the Kuldjuktai Mountains on the Yuzhno-Sultanbibinskaya, Severo-Kamystinskaya and Yangikazganskaya prospect areas and prospecting evaluation works on the Perevalnoe, Yangikazgan ore occurrences and others (The Report of the Gukhumdinskaya PRP for 1975-1978 yrs.).
- Phaizulin R.K. and Starkov N.I. (1982) The Report on carrying out over all searching for gold, tungsten and other ore minerals in the Central and Western parts of the Kuldjuktai Mountains, in the Kyngyrtai Mountains and in detailed searches within the Aktostinskaya prospect prospective area. The Report of the Tozbulakskaya PRP for 1978-1982.
- Tarasenko E.Z. and Lyashkevich, T.P. (2004) Classification and economic-geological evaluation of prognostic resources of gold prospects of Western Uzbekistan using modern computer technologies. The Report for 2001-2004 in 2 volumes.

2014년 2월 7일 원고접수, 2014년 4월 2일 1차수정, 2014년 4월 24일 게재승인