

스카른광체를 탐지하기 위한 물리탐사 적용

박총화¹ · 정연호² · 이영동³ · 박종오^{4*}

¹대전대학교 소방방재학과, ²한국광물자원공사, ³지오택컨설턴트(주), ⁴대전대학교 지반설계정보공학과

Application of Geophysical Survey for Detecting the Skarn Ore Deposit

Chung-Hwa Park¹, Yeonho Jung², Yong-Dong Lee³, and Jong-Oh Park^{4*}

¹Department of Fire and Disaster Prevention Engineering, Daejeon University

²Korea Resources Corporation, ³Geotech Consultant Co., Ltd

⁴Department of Geotechnical Design Engineering, Daejeon University

강원도 삼척시 가곡면과 태백시 철암동에 위치한 가곡광산은 묘봉층 및 풍촌층내의 석회암과 화강반암의 접촉부에 배태된 접촉교대광산이다. 본 광산에서 지구물리탐사는 갱내 및 광산 주변부에 광화대의 부존 여부와 그 연장선을 파악하기 위하여 갱구 부근에서 자력탐사, 갱내에서 전기비저항 탐사 및 갱도-갱도 전기비저항 토모그래피탐사를 실시하였다. 자력탐사는 광화대의 영향으로 인한 이상대가 확연히 나타나지 않았지만, 전기비저항 탐사 및 토모그래피 탐사는 광화대에 대한 영상이 성공적으로 반영되었는데, 이는 본 연구지역에 존재하는 N50°W계의 단층 연장선과 관련된 것으로 해석되어진다.

주요어 : 접촉교대광산, 자력탐사, 전기비저항 탐사, 토모그래피탐사, 광화대, 이상대

The Gagok mine is a contact metasomatic deposit, located at Gagok-myeon, Samcheok city and Cheoram-dong, Taebaek city, Gangwon province. The deposit lies within the limestone of Myobong and Pungchon formations, and exists the contact of intrusive granite porphyry. In order to determine the direction and extension of mineralization in the gallery and around the entrance of the ore deposit, we used the ground magnetic survey, the direct current (dc) resistivity survey using dipole-dipole array, and resistivity tomography survey. The ground magnetic survey did not detect the anomalous zone due to ore deposit, while the dc resistivity survey and resistivity tomography survey were successful in delineating the anomalous zone related to the extension of fault toward N50°W.

Key words : contact metasomatic deposit, mineralization, magnetic, resistivity, tomography

서 론

강원도 삼척시와 태백시에 위치한 장성지구의 가곡광산은 묘봉층 및 풍촌층 내의 석회암과 화강반암의 접촉부, 단층 및 층리의 규제를 받아 배태된 접촉교대광산으로 스카른 내에 층상 및 불규칙한 괴상의 형태로 형성되었다. 광체의 발달 상태는 묘봉층에서 폭이 2~25m와 연장이 30~200m이며 풍촌층에서 폭이 2~20m와 연장이 40~300m으로 나타났다(대한광업진흥공사, 2008). 이 광산은 1977년부터 1987년까지 아연, 연 및 동등을 생산하였으며, 품위는 아연이 5.59~5.23%, 연이 0.47~0.36%의 범위에 있다.

본 연구는 갱도 입구부근 및 기 개발된 갱도에서 복합 물리탐사를 실시하여 아직 남아있는 광화대의 부존 여부를 파악하기 위함이다.

일반적으로 스카른광상은 탄산염질 모암과 화성암의 접촉대를 따라 화성암 마그마로부터 방출된 고온도의 유체에 의해 모암의 변질교대로 이루어진 광상으로 스카른 광물과 유화광물등으로 구성되어 있다. 즉, 이러한 광물들은 광맥이 배태하는 물리적 성질인 대자율, 전기전도도 및 전기화학적 성질이 주변 모암과 차이를 보이므로 매질의 전기적 물성 차이에 의한 전위차를 측정하는 전기비저항탐사 및 자연전위탐사법 등으로 탐지된다. 또한

*Corresponding author: jopark@dju.ac.kr

유화광물 내에 자성을 갖는 광물들은 당시의 지자기장에 의해 자화강도가 되며, 그 세기는 암석의 성분과 암층의 구조에 따라 달라지므로 자력탐사법 등으로 파악되어진다.

물리탐사를 광체에 적용한 연구로는 과거에 많은 탐사법들이 복합적으로 사용되어 왔으며, 이에 대한 연구는 광물자원 탐사에 전기, 전자, 중력 및 자력탐사 적용 (Oldenburg et al., 1998; Phillips et al., 2001), 금광산에 전기비저항탐사의 적용(Guo et al., 1999; 유영준 등, 2004; 박종오 등, 2005; Park et al., 2009) 등이 있으며, 시추공 비저항 토모그래피탐사와 물리검층 및 물성시험에 대한 결과의 비교 연구(정연호와 변중무, 2007)와 맥상 광체에서의 전기전자탐사(유인걸, 1998) 등과 같이 많은 연구가 수행되어 왔다. 이러한 광체들은 단층과 같은 파쇄대 및 암의 경계부와 같은 연약대를 따라 형성되기 때문에 파쇄대의 존재는 부광대일 잠재성이 매우 높다(Tripp and Vearncombe, 2004). 그러므로 단층과 같은 파쇄대 탐지를 위해 중력, 자력 및 전기비저항탐사와 같은 복합 물리탐사를 적용한 연구는 매우 많이 진행되어 왔다(Benson and Mustoe, 1995; Suzuki et al., 2000; Nguyen et al., 2007; Sultan and Santos, 2008).

지형 및 지질

본 연구지역은 태백산맥의 남동부에 위치하며 동측에 형성된 낙동정맥이 서부에 능선을 이루며 남쪽으로 발달하고 있는 매우 험한 산악지형이다. 특히 연구지역에서 서측의 낙동정맥과 동측의 주능선에서 분지된 소능선들은 급한 경사를 보이고 있으며, 서측에서 동측으로 흐르는 금곡계곡, 북측에서 남동방향으로 흐르는 선곡계곡, 남측에서 북동방향으로 흐르는 대월곡 등의 깊고 험한 계곡들을 포함한다. 계곡은 대체로 V자형이고 산사면은 암반이 노출된 절벽을 이루고 있는 장년기 지형에 해당된다.

지질은 전반적으로 선클라이트의 홍제시화강암을 기반으로 그 상부에 조선누층군에 속하는 묘봉층, 풍촌층, 화절층이 부정합 관계로 분포하며, 그 상부로 오오도비스기의 동점층, 두무동층과 후기에 이들을 관입한 화강반암과 암맥류로 구성된다(Fig. 1). 조선누층군중 광상과 관련이 있는 묘봉층과 풍촌층은 석회암으로 구성되며 층상단층에 의해 3회 이상 반복하여 분포한다. 그러므로 광상은 묘봉층 및 풍촌층내의 석회암과 화강반암의 접촉부, 단층 및 층리의 규제를 받아 배태된 접촉교대광산으로 해석된다.

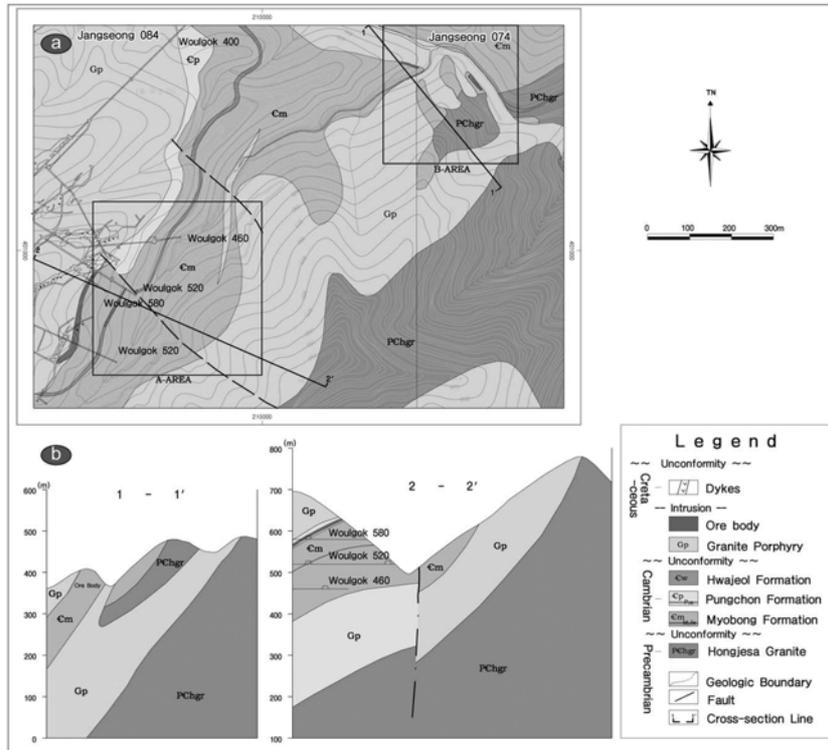


Fig. 1. Geology of the study area (KORES, 2008). (a) Geological map and (b) geological section.

본 연구지역에서 광상을 규제하는 지질구조로는 층리, 절리, 습곡, 단층 및 화성암류의 관입 등으로 분류되며, 1) 화강반암과 석회암의 접촉부 2) 화강반암 주변부의 석회암 중 불삼투성 점판암층과 접한 지역 3) 화강반암에 포획된 석회암 4) N50°W계의 습곡축 및 단층대 주변부 석회암 5) NS계 화강반암과의 접촉부 석회암 등이 있다.

지구물리탐사

물리탐사는 우리가 찾고자 하는 지하 매질의 변수들인 물성 값들을 여러 탐사 방법을 통하여 얻어내어 이러한 물성 값의 대비로 지질구조 및 광물자원들을 해석하는 것이다. 그러므로 지질학적인 변수들을 획득하기 위해서는 각종 여러 물리탐사 방법들을 이용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 자성을 띠는 암체들은 암석의 초기 용융 상태인 마그마가 고결시 자성물질 등이 당시의 지자기장에 의해 자화되어 암석을 이루며, 대자율은 암석내의 조암 광물의 성분과 생성당시의 환경에 의해 달라진다. 전기 비저항은 암석이나 토양의 구성광물, 공극율, 포화도 등과 같이 복합적 요인에 의해 달라진다. 특히 황화광물이나 산화광물은 다른 광물에 비하여 상대적으로 높은 전기 전도도를 가지며(Telford et al., 1976), 이러한 광물을 포함한 광화대는 전기전도도 및 전기화학적 특성이 주변 모암과 물리적 성질이 다르므로 매질의 전기적 물성차이에 의한 전위차를 측정하여 방법으로 찾아진다.

탐사방법

자력탐사는 자기장과 자화강도의 합인 자기유도를 측정

하는 것이며, 자화강도는 자기장과 대자율의 곱으로 표현된다. 대자율은 강자성 광물의 함량에 의하여 결정되므로 암석의 종류에 따라 그 크기가 다르다. 즉, 암석의 조암광물 중 자철광 같은 자성 광물은 지자기장에 의하여 자화되는데, 그 세기는 암석의 성분과 암층의 구조에 따라 달라진다.

자력탐사법은 신속하고 간편한 탐사법이며, 비접지식으로 탐사하며, 광역 지질부터 상세 지질구조 문제까지 적용되며, 인공잡음에 비교적 강하다는 장점이 있으나, 수직구조는 분해하기 어렵고 해석에 비유일성이 있다는 단점이 있다(박영수, 2006). 그러므로 이 탐사법은 철광석 등의 광물자원을 직접적으로 탐사하는데 이용될 수 있을 뿐 아니라 배사구조, 단층, 파쇄대 등의 지질 구조를 파악하는데 사용된다. 또한 대자율은 단층과 같은 파쇄대에 있어서 그 발달 양상에 따라 모암과의 차이를 나타내며, 퇴적암 하부의 화성 기반암의 깊이에 따라 차이를 보인다. 대체로 퇴적암은 대자율이 매우 낮은 반면 화성암은 높으며, 염기성화성암이 산성화성암보다 높다.

자력탐사의 위치는 월곡 520갱 부근에서 460m × 70m의 면적과 월곡 입구 부근에서 200m × 240m의 면적이며 격자망 형태로 측정하였다(Fig. 2(a), (b)). 전자는 Fig. 1(a)의 A지역으로 23개의 측선으로 이루어지며 측정간격을 10m로 하여 전체 205개의 측정 자료이다. 후자는 Fig. 1(a)의 B지역으로 13개의 측선으로 구성되며 측정간격을 10m로 하여 전체 273개의 자료이다. 탐사 장비는 G859 Magnetometer(Geometrics Corporation, USA)이며, 자료처리 프로그램으로는 MAGMAP2000이다(Geometric Inc, 2002). 또한 지자기 측정시는 시간에 대한 변화를 보정하기 위

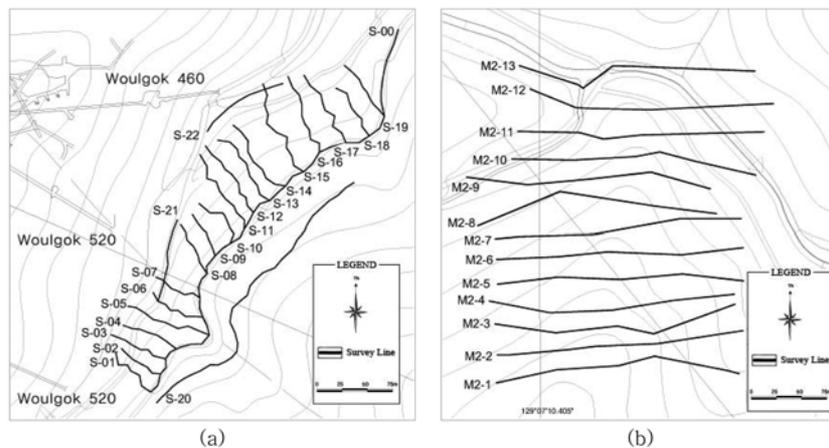


Fig. 2. A map showing the magnetic survey lines around the gallery of Woulgok 520(a) and the entrance of Woulgok(b).

하여, 두 개의 자력계를 이용하여 한 대는 측정 점에 고정하고 지자기의 변화를 측정하여 시간에 대한 변화를 보정한다. 즉, 지자기장의 여러 가지 변동 요인 중에 약 24시간을 주기로 변화하는 것을 일변화라 하는데, 국내에서는 그 변동 폭이 대체로 30~40 nT 정도이다(한국지구물리탐사학회, 2002). 본 연구에서는 한 대의 자력계만을 이용하였기 때문에 시간에 대한 변화의 보정은 하지 않았지만 기준점에서 오전, 오후 및 저녁에 지자기의 값을 측정하여 비교하였다. 측정 기간은 월곡 520갱과 월곡 입구 부근에서 5일 정도 하였으며, 오전에 낮은 값, 오후에 최고점을 보이다가 저녁에 낮아지는 경향으로 나타났다. 5일 동안의 일변화 변동 폭은 약 20~30 nT로 나타났다.

전기비저항탐사는 2개의 전류전극에서 일정한 전류를 대지에 공급하여 전위 분포를 일으키면서 발생된 전위의 크기를 2개의 전위전극에서 측정하여 지질구조에 따른 전기비저항 값의 변화 양상을 탐지하는 것이다. 이러한

탐사법은 지하에 일정 전류의 흐름에 대한 한 쌍의 전위전극에서 측정된 포텐셜 값과 전극 배열에 관한 기하학적 거리 계수(K)를 곱하여 계산되어지며, 이러한 측정값들은 항상 양의 겉보기 전기비저항(apparent resistivity)으로 나타난다. 전기비저항은 조사지역의 토양에 대한 화학적 성질, 공극의 크기 및 지하수 함량에 따라 그 차이를 보인다.

본 연구 지역에서 전기비저항탐사는 월곡 400갱과 460갱 내에서 아직 남아있는 광화대의 부존 여부를 파악하기 위하여 쌍극자 배열법을 사용하였으며, 축선거리를 1,110m, 전극간격을 10m, 전극 전개수를 n=8로 하였다(Fig. 3). 전기비저항 토모그래피탐사는 월곡 400갱, 460갱 및 520갱 내에서 쌍극자배열법을 이용하였으며, 전극간격을 10m로 하였다. 각 갱내의 탐사 축선들을 보면, 월곡 400갱은 전기비저항탐사 축선의 330~600m지점이며, 월곡 460갱은 240~510m지점으로 각 270m의 축선 거리에 해당된다(Fig. 4(a)). 월곡 520갱은 월곡 460갱으로부터 60m 상부

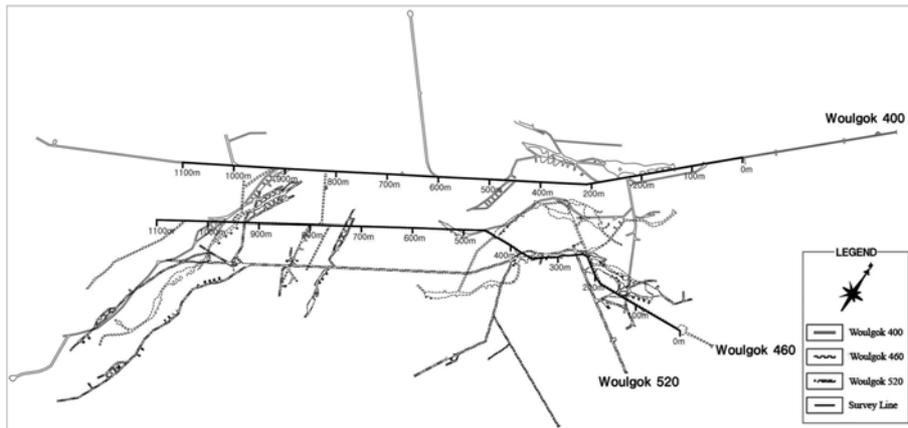


Fig. 3. A map showing the lines of the electrical resistivity survey at the galleries of Woulgok 400 and 460.

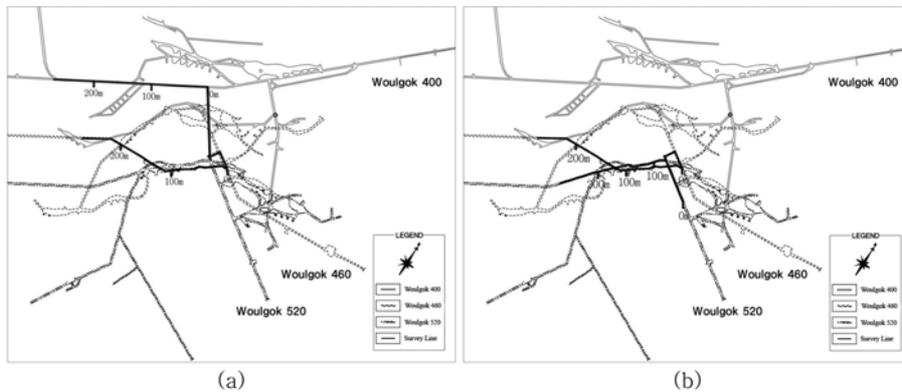


Fig. 4. A map showing the lines of the electrical resistivity tomography survey at the galleries of Woulgok 400-460(a) and Woulgok 460-520(b).

에 있는 갱으로 270m의 측선거리를 Fig. 4(b)와 같이 선정하였다. 탐사 방법은 갱도와 갱도사이의 단면에 대한 전기비저항 영상을 획득하여 광상에 규제되는 지질구조 및 광화대의 부존 여부를 파악하기 위한 방법으로 월곡 400갱-460갱, 월곡 460갱-520갱으로 하였다. 탐사측선은 Fig. 1(b)의 2-2'단면에서와 같이 해발고도 400m, 460m 및 520m의 위치에 있으며, Fig. 4는 이러한 단면에 위치한 각 측선들을 평면도로 제시한 것이다.

갱내에서 전기비저항 토모그래피탐사시는 전극봉을 암반 내에 접지하여야 하므로 접지저항에 대한 문제점들이 발생한다. 접지저항을 낮추는 방법들은 전극봉과 암반 사이에 점토를 충전하여 접지력을 높여 접지저항을 낮추는 방법, 전극봉을 병렬 연결하여 접지저항을 낮추는 방법 및 염수를 사용하여 접지저항을 낮추는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 염수를 사용하여 접지저항을 낮추려는 방법을 이용하였다. 이 탐사법은 갱도사이에 부존하는 광화대를 찾기 위함으로 전기비저항탐사 측선과 동일한 위치에서 측선이 선정되었다. 탐사장비는 Supersting R8 IP로 전극 각각에 고유번호가 내장된 연결된 전극을 사용하였으며, 자료처리 프로그램은 EarthImager 2D와 TOMODC이다(Advanced Geosciences, 2005).

탐사결과

광물자원에 대한 물리탐사 프로그램은 적은 비용을 가지고 최적의 시추 위치의 선정, 위험의 감소 및 개발 진행의 증대를 최대화하는 것이다(Phillips et al., 2001). 탐사대상체인 광체를 찾기 위한 물리탐사 자료는 광물자원탐사에서 매우 유용하다. 또한 컴퓨터의 속도 증대와 역산

프로그램의 향상은 각 탐사 방법으로부터 얻어진 물리탐사 자료가 탐지하고자 하는 물성치로 전환되어 지하구조를 3차원적으로 영상된다(Sasaki, 1994; Oldenburg et al., 1998). 즉, 전기전도도나 대자율 등과 같은 물성치들은 광물자원 탐사에 있어 매우 중요한 변수로 광화대와 관련된 지질구조나 광체에 직접적으로 연관된다. 근래의 광물자원에 대한 물리탐사는 심부에 존재하는 광화대 구조를 파악하는데 중요한 역할을 하고 있다(Liu et al., 2006).

본 연구지역에 부존하는 광체의 모양은 대부분이 석회암이며, 광체는 층리, 습곡 및 단층대와 화강반암의 접촉부의 석회암에 주로 형성된다. 광체 내의 수반광물에서 황철석, 황동석과 같은 광석광물이 포함되어 있으므로 이러한 물성에 대해 반응이 민감한 자력탐사 및 전기비저항탐사를 실시하였다. 탐사 방법으로 자력탐사는 갱도 입구부근에서 하였으며, 전기비저항탐사 및 전기비저항 토모그래피탐사는 갱도 내에서 실시하였다. 이러한 탐사법은 예전에 개발된 갱도였으나 아직 남아있는 광화대의 부존 여부 및 연장선 등을 알기 위하여 적용하였다.

자력탐사

자력탐사는 월곡 520갱 부근과 월곡 입구 부근에서 격자망 형태로 측정하였으며, 전자는 273개의 자료이며 후자는 205개의 자료를 획득하였다. Fig. 5는 월곡 520갱 부근(a)과 월곡 입구 부근(b)에서 보여주는 자력이상도이다.

월곡 520갱 부근의 전반적인 자기이상은 비교적 낮은 자력 값들로 분포하며 한 구간에서 높은 자력 이상을 보이고 있다. M1-1~M1-11 측선 구간은 비교적 낮은 자력 이상의

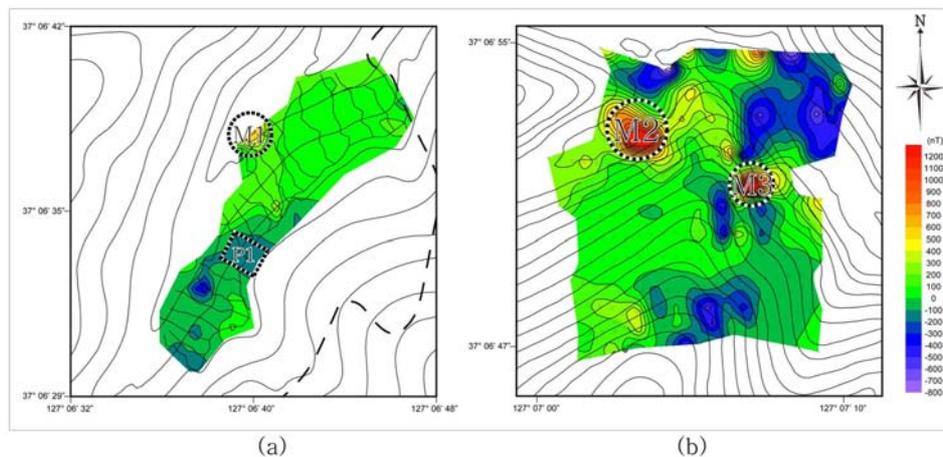


Fig. 5. Magnetic intensity maps around the gallery of Woulgok 520(a) and the entrance of Woulgok(b).

분포를 보이며 광체의 영향에 의한 이상대는 나타나지 않는다. 그러나 이상대로 나타나는 PI은 북서-남동방향으로 발달된 단층으로 인하여 낮은 자력이상으로 나타나고 있음을 알 수 있다(Fig. 5(a)). M1-12-M1-15 축선 구간은 높은 자기 이상대로 보이는 M1 지점이 확인되었는데 이는 광체의 영향이기 보다 예전 갱도에서 발생한 폐석 등에 기인된 이상대로 판단된다.

월곡 입구부근에서의 전반적인 자력이상은 크기가 비교적 작으나 두 구간에서 크게 나타나는 것을 볼 수 있다. M2-1~M2-7 축선 구간에서의 자력이상은 그 폭이 상대적으로 작은 범위로 나타나므로 직접적인 광석광물이나 광체의 영향이 반영되지 않은 것으로 판단된다. 그러나 400 nT의 값을 나타내는 지역은 예전에 개발된 광산에서 광체를 나르던 길로서 지표이상대의 영향으로 판단된다. M2-8~M2-11 축선 구간은 M2와 M3의 매우 높은 자기 이상대가 나타난 것을 보여준다(Fig. 5(b)). 이러한 지점들은 소규모 광화대의 영향으로 인해 높은 값들로 나타나므로 지하에 광체의 부존을 시사하며 지표지질 결과로 확인되었다.

전기비저항탐사

전기비저항탐사는 Fig. 3에서 제시된 월곡 400갱과 460갱 내에서 쌍극자배열법을 이용하여 각 1,100 m 축선에서 탐사를 실시하였다. 본 축선에 설치된 갱도는 가곡광산의 월곡부에 해당되며 예전에 연·이연광산으로 스키르광체를 중심으로 광산이 활발히 운행되었으며, 지금은 휴광상태로

존재한다. 갱내에서 탐사를 실시한 목적은 광화대의 부존 여부와 그 연장선 등을 파악하기 위함이며, 광화대는 모암과 비교하여 매우 높은 전도성 매질로 구성되어 있으며 단층과 같은 파쇄대 및 암반의 접촉부에 존재하므로 낮은 전기비저항 값으로 해석된다.

Fig. 6은 월곡 400갱(a)과 460갱(b) 내에서 얻은 측정 자료에 대한 역산 결과도이다. 이러한 결과로부터 얻어진 이상대들은 원형의 해치로 표시하였으며, 지표지질의 결과와 비교하여 해석하였다. Fig. 1에서 제시된 지층의 발달사항을 볼 때, 광체는 조선누층군의 묘봉층과 풍촌층에 해당되는 암상에 존재한다.

월곡 400갱에서 이상대의 분포 지점들은 주로 다른 갱도들이 상부 및 하부에 교차하는 위치로 보이며, 본 갱의 축선으로부터 120 m(E1), 340 m(E2), 460 m(E3), 600 m(E4), 800 m(E5) 및 1000 m(E6)부근으로 확인이 되었다(Fig. 6(a)). 즉, 월곡 400갱의 축선에서 다른 갱도의 교차 지점들은 광맥들을 찾기 위해 채굴된 지점으로 광상을 규제하는 층리, 단층 및 화성암류의 관입 등과 같은 지질구조들이 많이 발달된 곳으로 낮은 전기비저항 이상체로 해석된다. 전반적인 단면의 영상에서 이상대의 위치들은 지층의 발달 방향과 유사하며 모암 내에 발달된 파쇄대에 배대되는 전도성 물질에 의한 영향으로 해석된다. 특히 지표로부터 심도 40~100 m 사이에 $100 \Omega\text{-m}$ 이하의 매우 낮은 전기비저항 값은 지표의 일부 구간에서 확인된 아연과 같은 매질, 저품위를 갖는 광화대 및 석회규산염과 같은 이질대 때문인 것으로 판단된다.

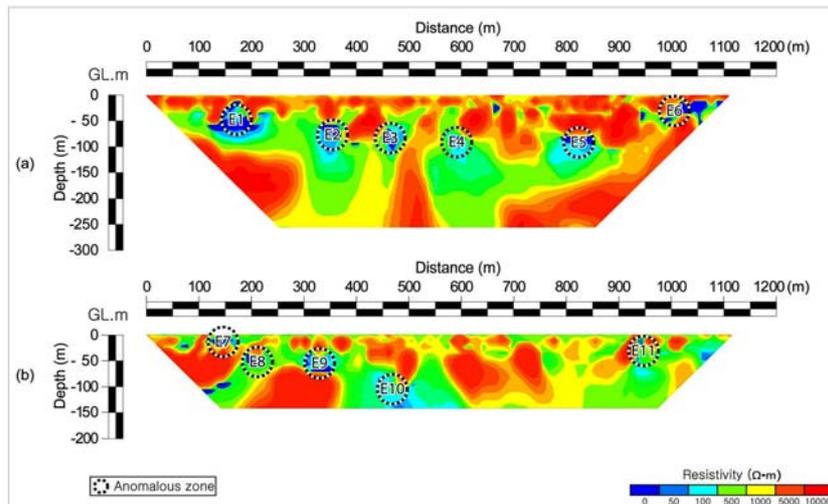


Fig. 6. Resistivity sections at the galleries of Woulgok 400(a) and 460(b). Black dashed circles, labelled E1, E2, ..., and E11, are shown as responses of the ore bodies and geological structures.

월곡 460갱에서 이상대의 분포 지점들은 다른 갱도들이 교차하는 지점으로 월곡 400갱과 유사하게 나타나며, 본갱의 측선으로부터 140m(E7), 240m(E8), 320m(E9), 500m(E10), 1000m(E11)부근이다(Fig. 6(b)). 특히 측선거리 400~600m 부근에 나타나는 낮은 전기비저항 이상대(E10)는 Fig. 6(a)의 측선거리 400~600m에 존재하는 E3와 E4 이상대와 연관되어 해석되므로 광상을 규제하는 단층과 같은 지질구조 등에 의한 연장선의 발달로 판단된다. 즉, 이러한 결과들은 본 연구지역에 존재하는 N50°W계 습곡축에 의한 단층의 연장선으로 보인다. 즉, 단층 및 변질대내에 있는 파쇄대 지역은 변성작용 동안 광물질의 통로 역할을 하며, 광맥을 형성한다. 암석 내의 광맥들은 파쇄대를 채우는 열수 침전물의 형태로서 구분되어진다. 그러므로 단층과 같은 파쇄대가 많은 지역 및 지층의 접촉부는 광화대가 부존할 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

전기비저항 토모그래피 탐사

전기비저항 토모그래피탐사는 광화작용과 관련이 있는 지질구조 및 광화대의 부존 여부를 파악하기 위한 방법으로 월곡 400갱-460갱, 월곡 460갱-520갱을 이용하여 실시하였다. 각 갱도들은 Fig. 1(b)의 2-2단면에서와 같이 해발고도 400m, 460m 및 520m에 수평으로 위치한다. 그러나 Fig. 4의 평면도에서 보면, 월곡 460갱과 520갱은 거의 수직이며, 월곡 460갱과 400갱은 경사져 위치한다. 월곡 460갱에서 얻은 전기비저항탐사 결과는 갱내의 하부 단면에 대한 영상으로 토모그래피탐사 결과와 비교할 수 있지만, 월곡 400갱은 그 하부에 대한 영상으로 비교되지 않는다.

Fig. 7은 월곡 400갱-460갱, 월곡 460갱-520갱도를 이용하여 토모그래피탐사로 얻은 측정 자료에 대한 역산 결과

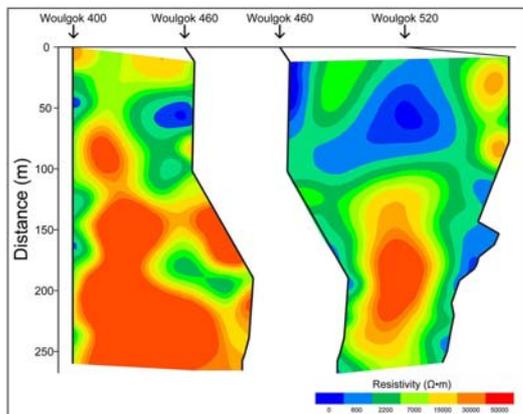


Fig. 7. Results of electrical resistivity tomography survey.

도이다. 월곡 400갱-460갱의 영상은 전반적으로 접지 저항으로 인하여 비교적 높은 전기비저항 값의 분포를 보였으나 측선거리 약 50m부근에서 수평으로 낮은 전기비저항 값들로 나타났다. 이는 월곡 460갱내의 전기비저항탐사 결과에서 낮은 전기비저항 이상대(E10)의 영향으로 해석된다. 월곡 460갱-520갱으로부터 얻어진 영상은 측선거리 50~100m부근에서 약 1,000 Ω·m 이하의 낮은 전기비저항 분포를 보인다. 이러한 이상대의 영상은 월곡 460갱의 전기비저항탐사 결과에서 얻어진 이상대(E10)와 일치하며, 거의 수직으로 해발고도 500m부근까지 연장된 것으로 나타났다. 즉, 두 단면에서 측선거리 50~100m부근의 이상대의 영상은 거의 수직적으로 발달되며, 본 연구지역에 존재하는 N50°W계 습곡축에 의한 단층의 연장선으로 해석된다.

결론

삼척시와 태백시에 위치한 장성지구 가곡광산은 묘봉층 및 풍촌층 내의 석회암과 화강반암의 접촉부 및 지질구조에 규제를 받아 배태된 접촉교대광상이다. 이러한 광산에서 광화대의 부존 여부와 그 연장선 등을 파악하기 위하여 갱구 입구부근에서 자력탐사와 갱내에서 쌍극자 배열 전기비저항 및 토모그래피탐사를 실시하였다.

자력탐사는 월곡 520갱구와 월곡 입구 부근에서 격자망 형태로 측정하였다. 전자는 광체의 영향에 의한 이상대가 확연히 나타나지 않았지만 단층에 의한 낮은 자력 이상을 나타냈으며, 후자는 전반적으로 낮은 자력 이상 분포를 보였지만 소규모 광화대의 영향으로 인하여 두 지점에서 높은 자력 이상 값들을 보였다.

전기비저항탐사는 월곡 400갱과 460갱내에서 쌍극자 배열을 이용하여 탐사를 하였다. 전자는 이상대의 분포 지점들이 탐사 측선에서 6 지점으로 확인되었으며, 이는 다른 갱도들이 상부 및 하부에 교차하는 위치로 나타났다. 후자는 이상대의 분포지점이 5 지점이며, 측선거리 400~600m 부근에 나타나는 낮은 전기비저항 이상대(E10)는 전자의 E3와 E4 이상대와 연관되어 해석되므로 광상을 규제하는 단층과 같은 지질구조 등에 의한 연장선의 발달에 의한 것으로 해석된다. 전기비저항 토모그래피탐사는 월곡 400갱-460갱, 월곡 460갱-520갱을 이용하여 실시하였다. 탐사 결과에 대한 영상을 보면, 두 단면에서 측선거리 50~100m부근에서는 약 1,000 Ω·m 이하의 낮은 전기비저항 분포가 거의 수직으로 나타난다. 이러한 이상대는 월곡 460갱내에서 실시한 전기비저항탐사 결과의 이상대(E10)와

일치하며, 본 연구지역에 존재하는 N50°W계 습곡축에 연한 단층의 연장선으로 해석된다.

참고문헌

- 대한광업진흥공사(KORES), 2008, 정밀조사보고서(연아연: 장성지구), 1-137.
- 박영수, 2006, 한국의 육상자력탐사, 자원환경지질, 39, 403-416.
- 박종오, 김희준, 송무영, 유영준, 2005, 3차원 전기비저항 역산방법을 이용한 삼보광산에서 금광탐사, 대한지질공학회, 15, 19-27.
- 유영준, 김정호, 유인걸, 2004, 삼보광산 금광화대에 대한 전기탐사 반응, 물리탐사, 7, 217-224.
- 유인걸, 1998, 맥상 황화광체에 대한 전기 및 전자탐사 반응, 물리탐사, 1, 110-115.
- 정연호, 변중무, 2007, 금풍광산 광화대에 전기비저항 토모그래피 탐사 자료의 복합해석, 물리탐사, 10, 322-331.
- 한국지구물리탐사학회, 2002, 토목환경 분야 적용을 위한 물리탐사 실무 지침, 1-289.
- Advanced Geosciences, Inc, 2005, Instruction manual of AGI EarthImager 2D, 1-135.
- Benson, A. K. and Mustoe, N. B., 1995, Analyzing shallow faulting at a site in the Wasatch fault zone, Utah, USA, by integrating seismic, gravity, magnetic, and trench data, Engineering Geology, 40, 139-156.
- Geometric Inc, 2002, Magmap 2000 User Guide 1-228.
- Guo, W. W., Dentith, M. C., Xu, J. L., and Ren, F. S., 1999, Geophysical exploration for gold in Gansu Province, China Explor. Geophys., 30, 76-82.
- Liu, H. T., Liu, J. M., Yu, C. M., Ye, J., and Zeng, Q. D., 2006, Integrated geological and geophysical exploration for concealed ores beneath cover in the Chaihulanzi gold field, northern China, Geophysical Prospecting, 54, 605-621.
- Nguyen, F., Garambois, S., Chardon, D., Hermitte, D., Bellier, O., and Jongmans, D., 2007, Subsurface electrical imaging of anisotropic formations affected by a slow active reverse fault, Provence, France, Journal of Applied Geophysics, 60, 338-353.
- Oldenburg, D. W., Li, Y., Farquharson, C. G., Kowalczyk, P., Aravanis, T., King, A., Zhang, P., and Watts, A., 1998, Applications of geophysical inversions in mineral exploration, Leading Edge, 17, 461-465.
- Park, J. O., You, Y. J., and Kim, H. J., 2009, Electrical resistivity surveys for gold-bearing veins in the Yongjang mine, Korea, J. Geophys. Eng., 6, 73-81.
- Phillips, N., Oldenburg, D. W., Chen, J., Li, Y., and Routh, P., 2001, Cost effectiveness of geophysical inversions in mineral exploration: applications at San Nicolas, Leading Edge, 20, 1351-1360.
- Sasaki, Y., 1994, 3-D resistivity inversion using the finite-element method, Geophysics, 59, 1839-1849.
- Sultan, S. A. and Santos, F. A. M., 2008, Evaluating subsurface structures and stratigraphic units using 2D electrical and magnetic data at the area north Greater Cairo, Egypt, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 10, 56-67.
- Suzuki, K., Toda, S., Kusunoki, K., Fujimitsu, Y., Mogi, T., and Jomori, A., 2000, Case studies of electrical and electromagnetic methods applied to mapping active faults beneath the thick quaternary, Engineering Geology, 56, 29-45.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys, D. A., 1976, Applied Geophysics, Cambridge University Press, 1-860.
- Tripp, G. I. and Vearncombe, J. R., 2004, Fault/fracture density and mineralization: a contouring method for targeting in gold exploration, J. Struct. Geol., 26, 1087-1108.

2010년 2월 16일 원고접수, 2010년 3월 23일 게재승인

박충화

대전대학교 공과대학 소방방재학과
300-716 대전광역시 동구 용운동 96-3
Tel: 042-280-2500
Fax: 042-280-2590
E-mail: chpark@dju.ac.kr

이영동

지오테크컨설팅(주)
435-030 경기도 군포시 당정동 522번지
Tel: 031-436-0836
Fax: 031-436-0875
E-mail: ydlee@geoinfo.co.kr

정연호

한국광물자원공사
156-706 서울특별시 동작구 신대방동 686-48
Tel: 02-840-3576
Fax: 02-840-5888
E-mail: yhjung@kores.or.kr

박종오

대전대학교 공과대학 지반설계정보공학과
300-716 대전광역시 동구 용운동 96-3
Tel: 042-280-2575
Fax: 042-280-2570
E-mail: jopark@dju.ac.kr