

폐광산의 토양오염영역 및 폐기된 광미의 탐지

이상규* · 황세호* · 이태섭*

Geophysical Applications on the Soil-contamination Mapping and Detection of Buried Mine Tailings in the Abandoned Mine Area

Sang Kyu Lee*, Se Ho Hwang* and Tai Sup Lee*

ABSTRACT : This paper presents the geophysical applications to the environmental problem in an abandoned mine area. We would like to focus our attention on the mapping of the soil contamination and the detection of the buried mine tailings. For mapping the soil contamination, measurements of both in-situ magnetic susceptibility (k) and terrain conductivity were carried out. In-situ magnetic susceptibilities of the contaminated soil due to the acid mine drainage show higher values than those of the uncontaminated area. However, those data do not show the correlation with the degree of the soil contamination observed on the surface. The least-squares fitted formula obtained with the measured in-situ magnetic susceptibilities is $k=4.8207 \times W^{0.6332}$, where W is the Fe^{+2} weight percentage. This weight gives most effect to magnetic susceptibility of the soil. Lateral variations of the soil contamination in the shallow subsurface can be detected by the electrical conductivity distributions from EM induction survey. TDIP (Time Domain Induced Polarization) and EM induction surveys were conducted to detect the buried mine tailings. From the results of TDIP, the spatial zone, which shows high chargeability-low resistivity, is interpreted as the buried mine tailings. Therefore, it is concluded that it is possible to discriminate the spatial zone from the uncontaminated ground.

서 론

과거 국가경제발전에 많은 기여를 한 광산들은 폐광후 적절한 후속조치가 이루어지지 않아 많은 환경문제를 야기시키고 있다. 특히 중금속을 다량 포함한 갭내수의 유출에 의한 광산 주변의 오염은 지표수는 물론 지하수와 토양에 심각한 오염을 발생시킨다. 금속광의 폐석에 의한 수질의 산성화 (AMD, Acid Mine Drainage)는 그 범위가 유동적이며 수계 오염에 의한 주변 토양의 오염도 수반하기 때문에 심각한 환경 문제로 대두되고 있다.

가행중이거나 폐광된 광산에 대한 공해방지를 위한 시설설치 방안은 주로 갭내수의 유출로 인한 환경문제, 채굴적의 붕락으로 인한 광산보안적 문제 등에 많은 주안점을 둔다. 위의 두 가지는 육안으로 인지되고 당장의 시급한 문제라고 생각하기 때문에 어느 정도 예방적 또는 적절한 후속 조치를 취할 수 있지만 보통 광미는 지하에 매장하

거나 폐광산의 복토등에 활용되기도 한다. 이와 같은 광미는 잠재된 오염원으로 이미 매장하여 많은 시간이 경과한 폐광산의 경우 폐기된 광미의 탐지가 또 하나의 문제로 대두된다.

광산 주변의 환경오염 문제에 대한 연구는 주로 지구화학적인 측면에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 최근의 연구로는 상동지역 (Cheong, Thornton, 1994), 삼보광산 (김상현, 전효택, 1993), 시흥광산 (황호송, 전효택, 1995), 달성광산 (이국진 등, 1989; 권광수 등, 1995; 정명채, 1996) 등이 있으며 주로 물리, 화학적 분석에 의한 오염정도의 고찰, 이동 분산의 형태조사를 통하여 오염특성과 대책에 대한 연구이다. 본 연구는 지구물리학적 방법을 통하여 광산폐수에 의한 토양의 오염영역탐지와 폐기된 광미나 폐석의 탐지에 대한 것이다. 연구 지역은 폐광산의 환경문제에 비교적 많은 연구 (이국진 등, 1989; 권광수 등, 1995; 정명채, 1996)가 진행된 대구의 달성광산이며 토양 오염영역 탐지와 폐기된 광미나 폐석의 탐지를 위하여 현장 대자율 측정, 전기전도도 측정과 시간영역 유도분극 탐사를 실시하여 지구물리학적 적용 가능성을 검토하였다.

* 한국자원연구소 자원탐사연구부 (Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Resources Exploration Division, Taejeon 305-350, Korea)

지질개요

달성광산은 행정구역상, 대구광역시 달성군 가창면 상원리에 있으며 주로 중석과 동을 생산해왔다. 1975년 폐광, 1994년 광업권이 소멸되었으며 폐광이후 광산보안조치나 광산폐수, 광미, 폐석등 광산환경오염을 유발시키는 오염원에 대한 적절한 조치가 이루어지지 않았다. 달성광산의 광상은 몬조나이트의 관입으로 파쇄된 안산암질의 각력간을 충전하고 있는 각력파이프형 열수광상이다. 광체부근의 안산암질암은 몬조나이트의 관입으로 열수변질되어 프로필라이트화, 건운모화 및 규화되어 있으며, 황철석과 황비철석으로 많이 광염되어 있다. 주 광석광물은 흑중석, 황동석이나 이외에 미량의 휘창연석, 휘수연석, 회중석 등이 수반된다. 갱내 모암에는 프로필라이트화로 황철석과 황비철석의 미정이 많이 광염되어 있다 (권광수 등, 1995).

이론

현장 대자율 측정

대자율 측정법은 현장 대자율 측정을 통하여 Fe, Cu, Pb, Zn 등 토양오염을 유발하는 원소들과의 관련성 파악에 유용하게 이용될 수 있는 탐사법이다. 대자율 (k ; magnetic susceptibility)은 물질이 자화될 수 있는 정도를 나타내는 지수로 자화강도 (\vec{I} 또는 \vec{M})와 자기장 세기 (\vec{H})의 비로서 무차원이다 (현병구 등, 1995). SI 단위계에서 $k = \vec{I} / \vec{H}$ 이며 cgs-emu 단위계에서의 대자율 (k')과 $k = 4\pi k'$ 의 관계가 성립하며 본 연구에서의 현장 대자율 측정치는 부피당 대자율 값이다. 현장 대자율 측정치는 페리자성 (ferrimagnetic), 반페리자성 (antiferromagnetic), 상자성 (paramagnetic)에 의한 대자율의 합에서 반자성 (diamagnetic)을 뺀 값으로 반자성은 크기가 비교적 작기 때문에 여기서는 무시하기로 한다.

암석에서 자철석 (magnetite, Fe_3O_4) 량 (V ; Volume percentage)과 대자율과의 관계는 자철석의 량 (V)이 0.1~10(%) 사이에서 선형 관계 ($k=C \times V^a$, C 는 상수, $1.01 \leq a \leq 1.39$)가 있음이 Mooney, Bleifuss (1953), Balsley, Buddington (1958), Bath (1965) 등에 의해 보고 된바 있다.

대지의 전기전도도 측정

보통 지하의 전기비저항 분포의 파악을 위하여 직류를 사용하는 전기비저항탐사법을 많이 이용한다. 전기비저항

탐사법은 다양한 전극 배열법을 통하여 수평 및 수직의 전기비저항 분포의 파악이 가능하지만 탐사의 번거로움과 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 본 연구에서 대지의 전기전도도 측정은 유도상수 (induction number)가 낮은 영역에 사용할 수 있는 전자기유도탐사법을 이용한다. 전자기유도 탐사법은 탐사가 간단하여 넓은 지역을 신속하게 측정할 수 있으며 수평 분해능이 높은 장점 있는 반면, 단일 주파수를 이용하기 때문에 수직탐사를 할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

유도분극탐사

유도분극탐사는 지하에 전류를 흘려보낼 때 발생하는 유도분극현상을 측정하여 지하 매질의 특성과 구조를 파악하는 탐사로 시간영역과 주파수영역의 두 탐사 방법이 있다. 본 연구에서는 일정 시간 지하에 전류를 흘려 보내고 전류를 끊었을 때의 전위 감쇠곡선에서 충전성 (m_a ; chargeability)을 측정하는 시간영역탐사법을 적용하였다. 겉보기 충전성을 구하는 식은 다음과 같다.

$$m_a = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt$$

위식에서, V_p 는 지하에 전류를 흘려보낼 때의 定常전압 (steady voltage), $V(t)$ 는 전류를 끊었을 때 시간 t 에서의 잔류전압 (residual voltage)이며 m_a 의 단위는 msec이다.

자료획득

현장 탐사는 탐사 목적상 달성 폐광산의 두 지역에서 실시하였다 (Fig. 1참조). 첫번째 탐사 지역 A는 갱내수의 유출로 인하여 토양이 오염된 지역을 선정하여 현장 대자율과 전기전도도를 측정하였으며 두번째 탐사지역 B에서는 광미나 폐석이 폐기된 지역을 선정하여 대지 전기전도도 측정 및 시간영역유도분극탐사를 실시하였다. 토양오염영역탐지를 위한 탐사 지역 A는 육안으로 토양오염의 정도가 인지되는 -1 편경 부근으로 갱내수가 흘러 나오는 지점을 선정했다. 탐사 지역의 넓이는 34 m × 26 m (Fig. 1의 탐사 지역 A에서 왼쪽 하단부가 원점입)로 측정 간격은 각각 2 m이다. 지형구배는 세로축 26 m에서 0 m쪽으로 완만하게 낮아지며 탐사구역 바로 아래쪽은 1~2 m의 급사면을 이루고 있고 중앙부 (가로축 15 m 부근)는 유출된 갱내수의 흐름으로 조그만한 도랑이 형성되어 있다. 현장 대자율 측정은 Bartington사가 설계, 제작한 MS2 대자율 측정기 (Magnetic Susceptibility meter)

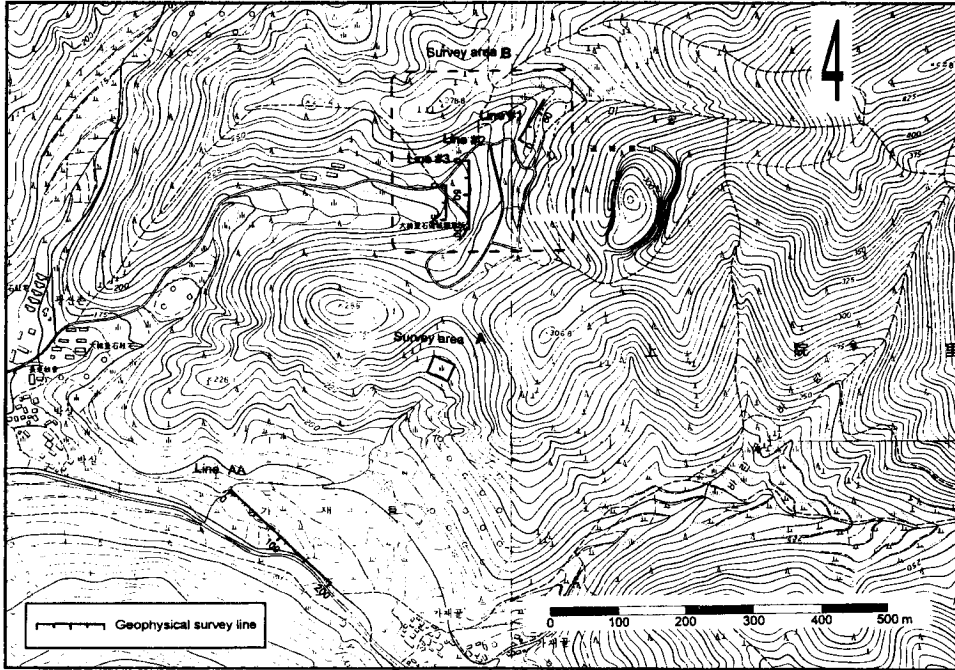


Fig. 1. Topographic map of Dalsung mine area showing survey area A, Line AA, and survey area B (i.e., Line #1, Line #2 and Line #3).

를 이용했으며 측정 원리는 전술한 바와 같이 일정한 외부 자장을 걸어주고 자화 물질의 존재에 의하여 유지되는 자화 강도를 측정하여 그 비를 구하는 방식이다. 측정 심도는 최대 약 20 cm이며 측정단위는 SI 단위, 측정치는 측정 지점의 부피 대자율 (volume susceptibility) 값이다. 전기 전도도 탐사는 Geonics사가 제작한 EM31을 이용하였다. 현장 대자율과 토양속에 대자율에 기여하는 성분간의 상관도 분석을 위하여 15개의 토양 시료를 채취하였다.

폐기된 광미나 폐석의 탐지를 위한 탐사 지역 B에서의 탐사측선은 인근 주민의 협조로 광산 가행 당시의 화약고 자리에 광미를 폐기하고 복토를 한 장소에 1개의 측선 (측선 1)을 설정하고 주갱도 입구쪽 (탐사 당시는 도로) 과 도로 아래쪽에 측선 2와 측선 3을 설정하였다. 측선 1은 이미 광미가 폐기된 지점이기 때문에 탐사의 결과에서 광미나 폐석에 의한 반응의 검토가 가능한 측선이며 측선 2와 측선 3은 광미나 폐석이 부분적으로 폐기 또는 방치된 지점으로 판단됐기 때문에 설정한 측선이다. 각 측선에서 EM31을 이용한 대지의 전기전도도는 2m간격으로 측정했으며 시간영역 유도분극탐사를 실시하였다. 시간영역유도분극탐사는 Zonge사의 GDP-16을 이용하였으며 사용주파수는 0.125 Hz (T=8 sec)이며 입력전류는 50 mA이다. 전극은 비분극 전극을 이용하였고 telluric

필터를 적용하였으며 중앙에 비분극전극을 설치하여 common-mode 잡음을 제거하였다. 전극배열방식은 쌍극자 배열법을 이용하였고 전극간격은 3 m, 전극전개수 n은 6이며 충전성과 걸보기 비저항을 측정하였다. 충전성은 전류를 끊은 후 0.5 s에서 1.1 s 사이의 잔류전위를 이용하여 계산하였다.

탐사결과 및 해석

토양오염영역탐지

Fig. 2의 (a)와 (b)는 조사지역 A와 본 조사지역에서 약 350 m 떨어진 측선 AA에서 배경치의 획득을 위하여 측정한 현장 대자율 값을 나타낸 것이다. Fig. 2(a)의 현장 대자율값은 Fig. 2(b)의 배경치 평균 대자율 (20.45×10^{-5})보다 높으나 육안으로 인지되는 오염정도 (여기서 오염정도는 Fe의 산화로 토양이 붉게 변한 정도를 말함)와 正의 상관관계를 나타내지 않았다. 正의 상관관계가 보이지 않는 이유는 토양속의 Fe 성분이 산화되어 즉 3가 철 (Fe^{+3})로 변화면서 대자율이 작은 반페리자성 (anti-ferromagnetic)을 갖기 때문인 것으로 해석되었다. 정량적 해석을 위하여 현장 대자율 측정치와 토양 중 대자율에

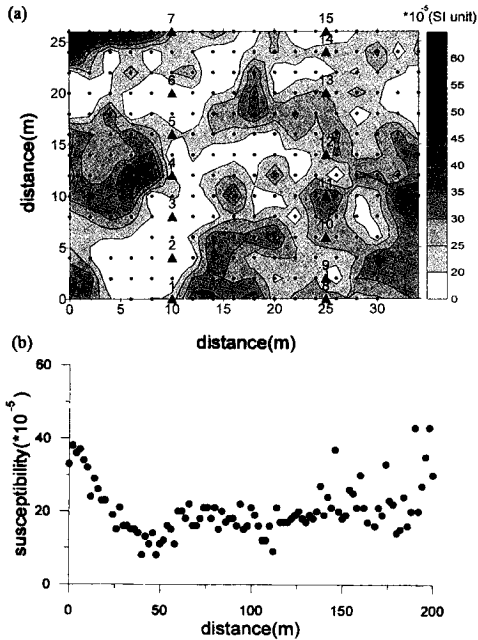


Fig. 2. (a) Measured in-situ susceptibility of survey area A. The symbol ▲ indicates the sampled position. (b) Measured in-situ susceptibilities of Line AA, which is located at the non-contaminated area distanced 350 m from the survey area A. These susceptibilities are taken as the background values.

기여하는 성분간의 관계를 파악하기 위하여 15개의 토양 시료를 채취하여 화학분석을 실시하였다.

화학분석은 한국자원연구소의 유도분극 프라즈마 원자 방출 분광분석기 (ICP-AES : Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Model JY70+)를

이용하여 Mn, Zn, Co, Ni, Pb, Cu를 분석하였다. Fe⁺²는 KMnO₄ 표준용액을 적정하는 습식분석 방법으로 3회 분석하여 편차가 작은 2개의 평균값을 취하였다. Fig. 2(a)에서 ▲는 토양시료 채취 지점을 나타내며 Table 1에 분석 결과를 정리하였다.

Fig. 3은 대자율에 가장 많은 기여를 하는 Fe⁺²의 weight %와 현장 대자율 측정치의 관계를 나타낸 것이다. 현장 대자율과 Fe⁺²의 weight % 사이의 관계식은 $k = 4.8207 \times W^{0.6332}$ 이며 여기서 W는 Fe⁺²의 weight %이다. 이 관계식은 선형에 가까운 상관성을 보이고 있으며 암석에 대한 관계식과 비교할 때 기울기가 크고 지수 부분이 1보다 작으나 이 관계식이 특정 지역에서의 결과이기 때문에 보다 일반적인 관계를 파악하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요한 것으로 생각된다. 따라서, 현장 대자율 측정 값이 Fe⁺²와 상관성이 있다는 것은 알 수 있지만, 육안으로 인지되는 오염 정도와 현장 대자율의 관계는 Fe의 산화로 인한 대자율 감소로 뚜렷한 상관도 파악을 할 수 없었다.

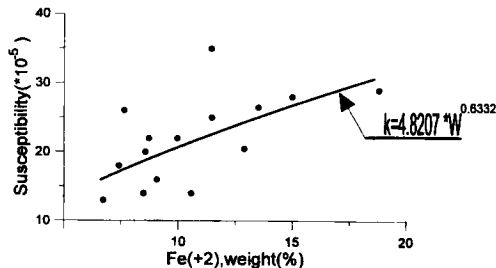


Fig. 3. Least-squares fitted formula is derived from the in-situ susceptibility and Fe⁺² weight percentage.

Table 1. Results of chemical analysis in soil in the Dalsung Cu-W mine (unit : mg/kg).

Sample No	Fe ⁺²	Mn	Zn	Co	Ni	Pb	Cu
1	87161	900	165.6	13.1	15.5	46.6	19.7
2	67147	800	229.6	14.4	10.3	64.1	28.5
3	84885	1300	452.1	25.0	11.4	72.3	24.0
4	85584	900	1549.5	32.3	7.2	57.6	37.4
5	99528	700	328.9	9.1	18.2	43.0	428.3
6	105594	1100	270.4	21.2	15.0	53.4	134.1
7	76360	1100	165.3	17.9	11.7	41.5	23.1
8	149941	600	147.3	7.7	15.2	34.6	136.3
9	128941	600	149.8	8.6	9.8	34.5	137.9
10	188133	600	315.7	9.5	24.4	55.2	1127.9
11	114494	900	244.6	13.0	15.1	54.5	237.1
12	135202	700	215.0	9.3	15.6	44.4	218.1
13	114661	800	441.1	14.5	11.4	53.4	340.5
14	74096	800	594.6	19.4	10.1	53.0	619.1
15	90634	900	291.3	15.7	5.2	66.5	355.6
Mean	106823	846	370.7	15.4	13.1	51.6	259.8
Std.	32835	203	350.0	6.9	4.7	11.0	19.7

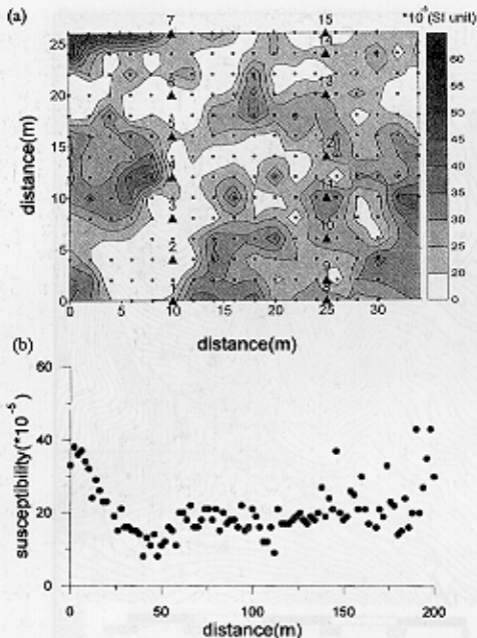


Fig. 2. (a) Measured in-situ susceptibility of survey area A. The symbol \blacktriangle indicates the sampled position. (b) Measured in-situ susceptibilities of Line AA, which is located at the non-contaminated area distanced 350 m from the survey area A. These susceptibilities are taken as the background values.

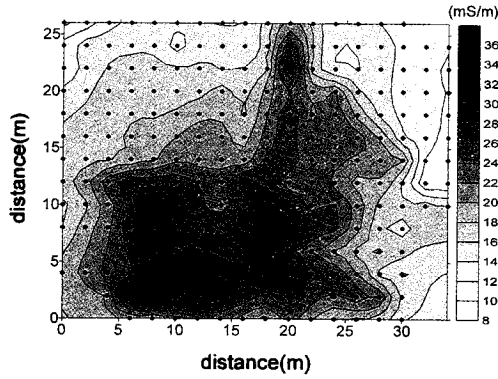


Fig. 4. Apparent conductivity contour of survey area A.

Fig. 4는 EM31을 이용하여 측정된 대지의 전기전도도 분포를 나타낸 것이다. 전기전도도의 분포는 갱내수의 흐름으로 만들어진 도랑과 주변이 상대적으로 높은 전기전도도를 나타내며 탐사구역의 아래쪽으로 갈수록 전기전도도가 증가하고 있다. 이와 같은 전기전도도의 수평적 변화 양상은 유출된 갱내수가 지표를 따라 이동하면서 상당 부분이 지하로 스며들고 있음을 의미한다.

폐기된 광미, 폐석의 탐지

Fig. 5는 광산폐석과 광미를 폐기하고 복토한 화약고 직상부에 측선을 설정하고 탐사를 실시한 결과이다. Fig. 5에서 (a)는 전기전도도와 동상성분의 반응 프로파일이고 (b)는 겔보기 충전성 (chargeability) 단면도, (c)는 겔보기비저항 단면도이며 (d)는 비저항 역산 결과를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 (b)와 (c)는 혼성작성법 (mixed plotting, 서정희, 1989)을 이용하여 작성한 것으로 적어도 이상의 기하학적인 형상을 잘 반영하고 있다고 판단된다. 전기전도도의 반응 프로파일은 비저항 단면도의 상부 6 m 이내의 비저항분포와 잘 일치하며 동상성분 프로파일은 매몰된 화약고의 구조물 또는 금속성 매립물에 의한 반응인 것으로 보인다. 고비저항과 저충전성으로 나타나는 부분 (33 m에서 우측부의 상부와 측점 40 m 부근의 하부)은 구조물 또는 원래 지반으로 해석되며, 저비저항과 고충전성으로 나타나는 부분 (측선 좌측부 및 측점 47 m 하부)은 유화물을 포함하고 있는 광미 또는 폐석에 의한 반응으로 해석된다.

Fig. 6은 광산의 주 갱도로 향하는 도로상에서 실시한 탐사 결과로, 측선 중앙과 우측 부분은 주 갱도로 향하는 도로상에 있다. Fig. 6의 (a)에서 동상성분 반응 프로파일은 변화가 거의 없어서 하부에 금속성 매립물이 없는 것

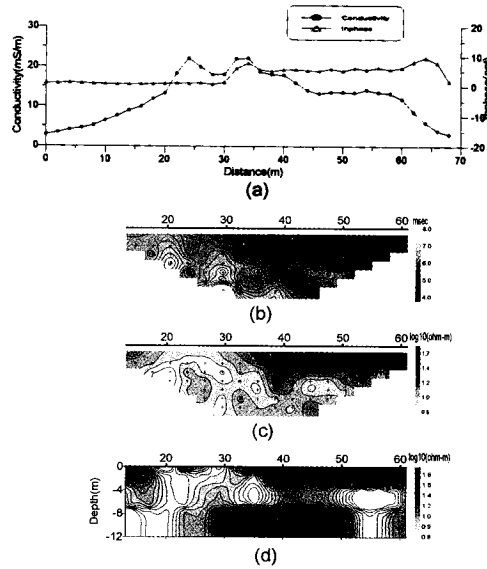


Fig. 5. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #1. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

으로 보인다. 겔보기 충전성은 측선 전반에서 평균값이 크지는 않지만 폭 넓게 분포한다. 비저항 역산 결과, 심도 8 m 부근에서 고·저 전기비저항의 경계가 보이며 이는 이 지역에 대한 시추 결과 지하에 매립된 광미나 폐석의 깊이가 약 10 m 정도인 점을 고려 할 때 (정영욱, 1996) 고·저 비저항대의 경계부 하부는 원지반이며 상부의 저비저항대는 겔보기 충전성 가단면도를 비교할 때 광미 또는 폐석에 의한 반응으로 해석된다. 측선 1의 전기비저항과 겔보기 충전성의 절대값을 비교 할 때 비저항치는 다소 높고 충전성은 작으며, 이와 같은 반응으로 부터 이 측선 하부는 광미나 폐석을 직접적으로 매몰 또는 폐기한 것이 아니라 광산 가행 당시나 폐광시 도로 주변에 버려졌던 광미나 폐석들이 매몰된 것으로 해석된다.

Fig. 7은 측선 2로부터 사택마을 (광산촌) 쪽으로 흐르는 하천이 시작되는 위치에서 하천 (건천)을 가로지르는 측선에서 측정한 결과이다. 측선상에는 폐기된 鐵路, 철근 콘크리트 등이 중앙부에서 보이며 근처에는 광미의 처리를 위한 시설 잔해가 남아 있는 장소이다. 탐사 결과, 철근 콘크리트 등이 나타난 30 m 부근에서 전기전도도 및 동상 성분의 반응 프로파일의 변화가 있음을 알 수 있다. 겔보기 충전성의 분포는 전반적으로 측선 2에 비하여 높은 충전성을 보이며 비저항 역산 결과, 철근 콘크리트가

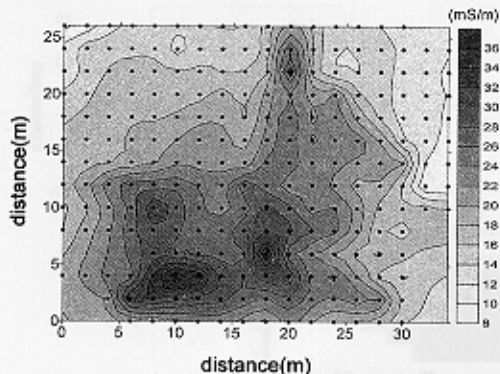


Fig. 4. Apparent conductivity contour of survey area A.

Fig. 4는 EM31을 이용하여 측정한 대지의 전기전도도 분포를 나타낸 것이다. 전기전도도의 분포는 갯내수의 흐름으로 만들어진 도랑과 주변이 상대적으로 높은 전기전도도를 나타내며 탐사구역의 아래쪽으로 갈수록 전기전도도가 증가하고 있다. 이와 같은 전기전도도의 수평적 변화 양상은 유출된 갯내수가 지표를 따라 이동하면서 상당 부분이 지하로 스며들고 있음을 의미한다.

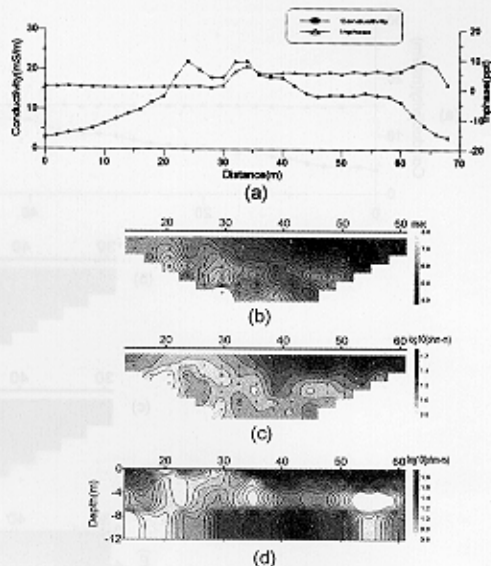


Fig. 5. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #1. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

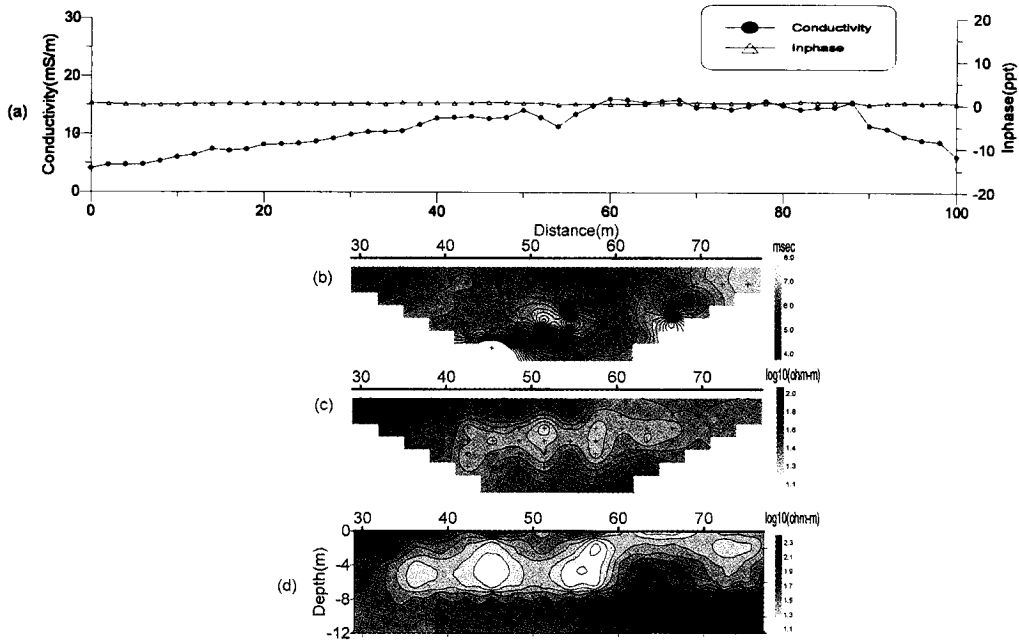


Fig. 6. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #2. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

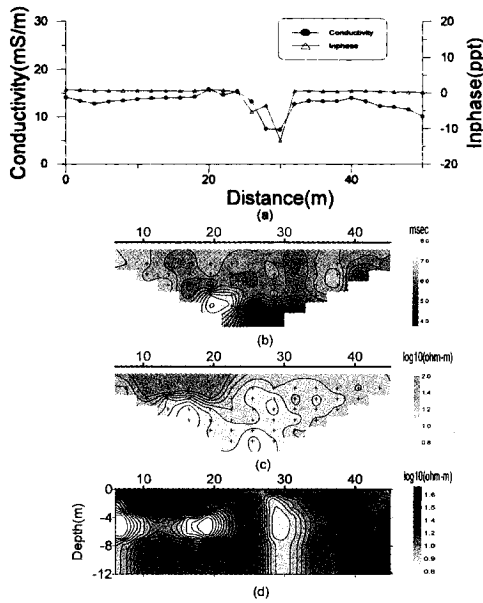


Fig. 7. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #3. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

보이는 측점 하부에 낮은 저비저항체가 분포한다. 이 저비저항체는 철근 콘크리트와 하부의 광미 등의 반응을 나타낸 것으로 해석되며 측선 좌측부의 저비저항, 고 충전성을 보이는 심도 3~8 m 사이의 광미나 폐석으로 해석된다.

결론

폐광산 주위에서 갱내수에 의한 토양오염영역과 폐기된 광미나 폐석의 탐지를 위하여 지구물리학적 방법을 시도하였다. 갱내수에 의해 오염된 토양에 대한 현장 대자율을 측정된 결과, 현장 대자율 값은 비오염지역보다 높은 대자율 값을 보이거나 육안으로 인지되는 토양의 오염정도와의 상관성은 파악 할 수 없었다. 토양시료에 대한 화학분석 결과, 토양의 대자율에 가장 많은 영향을 주는 Fe^{+2} 와 현장 대자율과의 상관도는 선형의 관계 ($k = 4.8207 \times W^{0.6332}$)가 성립함이 규명됐지만 토양의 오염정도와 현장 대자율의 관계는 Fe의 산화로 인한 대자율 감소로 뚜렷한 상관도 파악을 할 수 없었다. 갱내수가 유출되는 토양오염지역에서의 현장 대자율치는 비오염지역보다 현장 대자율 값이 높은 양상을 보이거나 현장 대자율 측정을 이용한 토양오염영역탐지는 추가적인 연구가 필

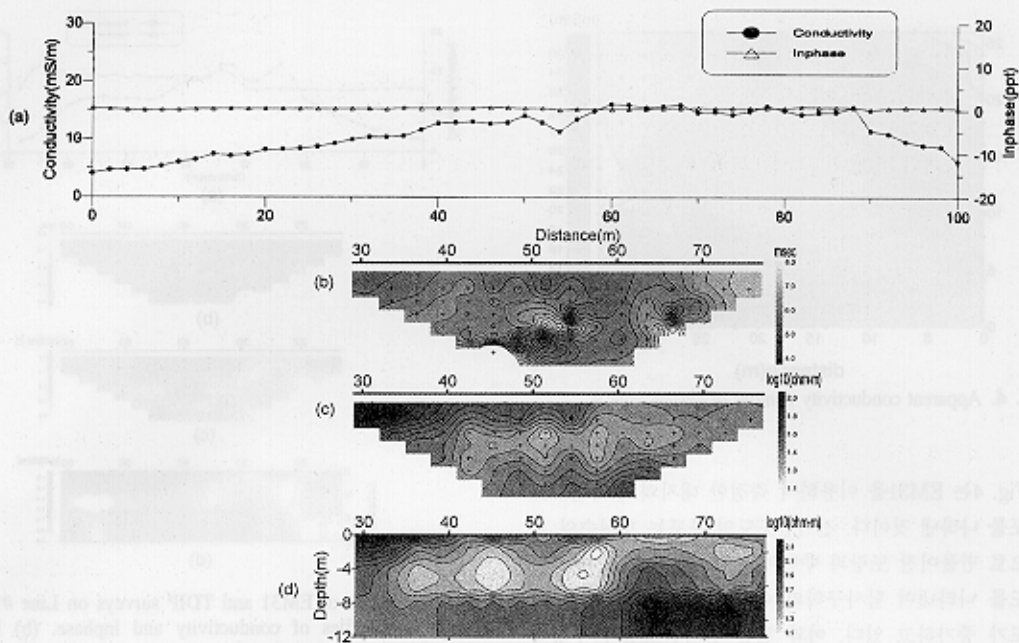


Fig. 6. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #2. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

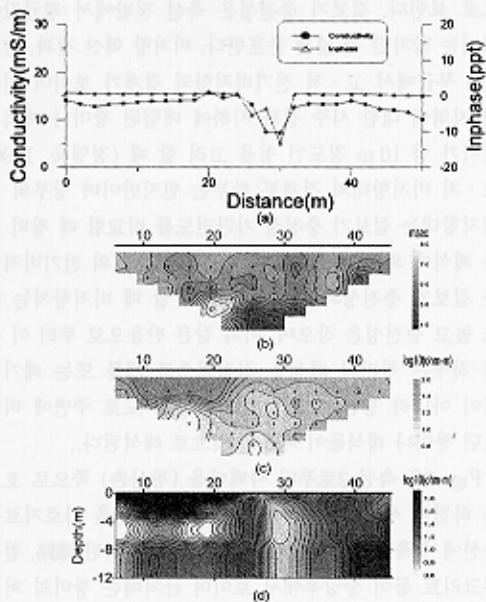


Fig. 7. Results of EM31 and TDIP surveys on Line #3. (a) Response profiles of conductivity and inphase. (b) Pseudosection of apparent chargeability by mixed plotting method. (c) Pseudosection of apparent resistivity by mixed plotting method. (d) Resistivity section by smoothness constrained inversion.

요한 것으로 판단된다. 동일한 지역에 전자기유도탐사를 실시한 결과, 겉보기 전기전도도의 분포는 갯내수가 흐르는 곳과 주변에서 높은 전기전도도를 나타내며 갯내수가 흐르면서 하부로 스며드는 것을 알 수 있었다.

폐기된 광미나 폐석의 탐지를 위한 탐사는 광미나 폐석이 폐기된 것으로 알려진 장소에서 실시하였다. 이 장소는 광산가행 당시 화약고이며 광미나 폐석을 매립하고 복토를 한 상부에 측선 1을 설정하여 매립된 광미나 폐석에 대한 탐사 결과 저비저항-고충전성 반응을 나타냈다. 충전성이 높게 나타나는 것은 광미나 폐석에 포함된 유화물의 영향으로 해석되며 측선 2, 3에 대한 탐사 결과에서도 저비저항-고충전성 반응을 보이는 것은 광미나 폐석으로 해석하였다. 측선 2, 3에 대한 탐사 결과, 광미나 폐석이 매립된 부분의 추정치가 가능하며 약 8 m 정도에 원지반이 있는 것으로 해석됐다. 매립된 광미나 폐석의 탐지는 광산의 공해방지시설의 조사단계에서 광미의 매장량 평가에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 '95~'96년도 과학기술처 특정연구개발사업으로 수행된 "지구물리학·지구화학적 오염영역탐지 및 감시기술개발 연구 (III)" 결과의 일부를 발췌한 것으로서 연구비를 지원해 준 해당 부처에 사의를 표한다.

참고문헌

- 권광수, 민정식, 홍영국, 김성재, 이종림, 윤인주, 이재천, 정영욱 (1995) 달성광산 공해방지시설 설치방안 조사 연구. 대구광역시 달성군청, 191p.
- 김상현, 전효택 (1993) 삼보 연-아연-중정석 광산 주변 하상 퇴적물에서의 중금속오염연구. 광산지질, 26권, p. 217-226.
- 서정희 (1989) 쌍극자 배열 탐사해석에 편리한 새로운 가단면 표시법 소개. 한국자원공학회지, 27 권, p. 310-311.
- 이국진, 최옥진, 이재영 (1989) 달성 폐광산 하류천의 중금속 오염에 관한 지질학적 연구. 경북대학교 환경과학연구소 논문집, 제 3권, p. 13-36.
- 정명채 (1996) 달성 Cu-W 광산주변 수계의 하상퇴적물과 자연수의 Cd, Cu, Pb 및 Zn 오염. 자원환경지질, 29권, p. 305-313.
- 정영욱 (1996) Personal communication.
- 황호송, 전효택 (1995) 시흥 Cu-Pb-Zn 광산주변에서의 중금속원소들의 분산 및 존재형태와 흡착처리. 자원환경지질, 28권, p. 455-467.
- 현병규 외 37인 (1995) 물리탐사용어사전. 선일문화사, 364p.
- Balsley, J.R. and Buddington, A.F. (1958) Iron-titanium oxide minerals, rocks and areomagnetic anomalies of the Adirondack Area. Economic Geology, v. 53, p. 777-805.
- Bath, G.D. (1962) Magnetic anomalies and magnetization of the Biwabik iron formation, Mesabi area, Minnesota. Geophysics, v. 27, p. 627-650.
- Cheong, Y.W. and Thornton, I. (1994) Acid mine drainage and heavy metal contamination of stream sediments in the Okdong cheon stream, Sangdon area, South Korea. Econ. Environ. Geol., v. 27, p. 101-113.
- Mooney, H.M. and Bleifuss, R. (1953) Magnetic susceptibility measurements in Minnesota, Part II, Analysis of field results. Geophysics, v. 18, p. 383-392.

1997년 7월 15일 원고접수