

## 고령토광의 유도분극 반응

정 현기\*

\* : 한국지질자원연구원, [hkjung@kigam.re.kr](mailto:hkjung@kigam.re.kr)

### 1. 서론

지구물리탐사의 전통적 주요 대상은 지하 광물이었으나 근래에는 국내외 모두 지반조사, 누수대 탐지, 오염원 추적 모니터링, 매설물 탐지, 고고학적 유물조사 등의 확장된 다양한 응용에 치중되고 있다. 그러나 광물탐사의 유용한 일선현장 필요성이 없어진 것은 아니다.

현재 국내 광물자원은 금속광의 경우 거의 가행이 없고, 비금속 주요 광물자원 생산은 석회석이 2001년 5월 기준 1년 생산량 6,500억원이고, 고령토 및 장석이 380억원 및 160억원 수준 정도이다. 이 중에서 점토류 광물 고령토는 최근 생활자기류 대중화와 황토방에 대한 관심 등으로 고령토 산업에서도 전통적 수요 이외 새로운 활로 모색이 보인다. 즉, 과거 불순물 제거 순도 향상 뿐만 아니라 원료 자체 제품화 및 저품위 원광 그대로 활용 방안도 제시되어 원광 품위 저하를 극복하는 시장성 상품개발 역량의 집중 필요성이 환경분야와 더불어 시류에 부응하는 관심사로 제안되고 있다. 이는 유사시 대비를 위해서도 체계적이고 과학기술적인 고령토자원 탐사기술의 개발 응용이 절실함을 보여준다.

본 연구에서는 일차적으로 단일 채널 유도분극 정성적 시험탐사를 고령토 주 생산지 서부 경남 일대에서 수행하고 그 적용 가능성을 보고하여 다음 단계 시스템 설계에 디딤돌이 되고자 한다.

### 2. 국내 고령토광 일선현장 문제점

우리나라의 광업법상 고령토에는 고령토, 산성백토, 도석, 벤토나이트, 반토혈암 및 점토(와목, 목절)를 모두 포함하는 것으로 되어 있어 보통 말하는 협의의 요업용 고령토와는 차이가 있다. 게다가 일반 점토로 분류가 가능하지만 구성 광물상 고령토로 분류할 수 있는 것도 모두 고령토에 포함시켰기 때문에 법적으로는 고령토이지만 개념상으로는 점토류로 보는 것이 타당하다. 국내에서 생산되는 고령토는 요업용에 사용될 수 있는 침상 할로이사이트로 제지용에 사용되는 충전제인 판상고령토는 전량 수입되고 있다. 시멘트용으로 사용되던 점토류의 생산이 격감됨에 따라 총생산량은 감소했지만 이를 제외한 나머지 광종들은 모두 약간씩 증산되고 있다. 고령토는 회장암이 풍화되어 생산되기 때문에 경남북일대가 주산지이다. 그중에서도 경남지역의 하동-산청 지역이 주산지이다. 기타지역에서는 열수변질

대에 소량씩 배태될 수 있으나 경남북일대의 것과는 조성광물이 다르다.

국내 고령토 광상은 표토층이 거의 소진되어 깊은 풍화층이 주 탐사 대상이나 그 연장성 및 부광대 포착에 현장 애로사항이 지대하다. 포크레인 직접조사는 비용/시간이 많이 들고 5m가 한계이므로, 최대 10m 내외의 일대 기반암 심도 파악 및 미확인 양질 잠두 광체를 신속 정확히 그 연장성 규모를 탐사할 현장적용 기술의 필요성이 시급하다. 역대의 환경 관련 개발 공탁금은 채굴 결정 판단을 어렵게 하며, 주먹구구식 채광은 생산성 향상의 저하가 허다하다.

따라서 다음과 같은 물리탐사기술의 개발 및 현장적용이 절실하다.

- 최대 20m 이내 기반암 심도변화 단면영상 당일측정 전산분석 제시.  
(10m 이내 정보가 요구되더라도 물리탐사 심도 설계는 2배이상 필요)
- 물리탐사 신기술 전략적 개발로 현장탐사 응용시 불순물부위/부광체 구분 필요.

이를 위해 점토류 비금속 광물탐사에 가장 효과적인(러시아권 기활용기술) 유도분극탐사(Induced Polarization)법이 제안되며, 특히 관련지역 지질 특성(좁은 구역내에서도 광상 품위/층서 및 그 물성 변화가 급변함) 감안 및 보다 정밀한 신속 디지털 자료의 획득을 가능하게 하는 고풍력 송신, 멀티 채널 동시 측정, 스테킹 가능, 파형 기록 유도분극 탐사시스템의 개발이 요구된다.

### 3. 현장시험탐사 유도분극반응 결과고찰

고령토 광상의 일선 현장 애로사항은 채굴 계획 수립이나 허가시 상당한 비용을 감수해야 하므로 사전 탐사가 절실하게 요구된다. 대개 광맥의 연장은 파악되고 있으나 부분적인 부광대의 조사를 위해 포크레인을 동원하여 최대 5미터 정도 직접파보는 것이 현실적 상황이다. 따라서 전기탐사로 부광대를 추적해준다면 단순한 시행착오적인 시추나 굴착비용을 대폭 줄이고 채굴 설계에도 유용한 정보를 제공할 것이다. 그러나 대개 고령토광상의 지표 부분은 고비저항 지층이라 일반전기탐사 장비로는 선명한 정보를 얻을 수 있는 전류를 주입시키기에는 무리가 많으므로 양질의 측정자료를 획득하기가 곤란하다. 이에 1000Vrms 까지 송신부를 지원하는 한국지질자원연구원 개발 시스템을 현장 시험 적용하였다.

그림 1은 하동 및 산청 현장 시험탐사 지역 사진들인데 좌는 탐사측선에서 다소 떨어진 장소의 고령토 발달 절개면을 보여준다. 가운데 드문드문 백토가 보임을 알 수 있다. 그림 2는 하동지역 고령토 광상에 대한 전극간격 5m 쌍극자 비저항탐사 자료 및 역산해석 결과 단면도이다. 외국산 전탐장비로는 고비저항 지표지역이라서 전류의 주입이 어려운 현상으로 양호한 탐사가 힘든 지역이나 본 개발 장비는 최대 송신전압 1000Vrms로 n=10까지 양호한 측정 결과를 획득하였다. 15m 내외의 기반암 경계가 분명히 파악되고 왼쪽 5m 깊이에서 양질의 고령토로 추정되는 저비저항체의 부존을 확연히 볼 수 있다. 그림 3은 하동지역 전극간격 5m 탐사에 의한 각 측정점 측정자료 획득파형 결과이다. 각 파형 도시도의 상부숫자는 쌍극자탐사 측정점의 송신 및 수신 시작측점과 겉보기비저항(Ohm 단위)을 나타내고 하부 숫자는 측정파형의 최소치 및 최대치를 나타낸 것이다. 특이한 것은 갯벌지역의 점토류 지역에서도 고찰되지 않았던 IP 현상 반응이 본 측정의 고령토 추정 부위(그림 2의 왼쪽 부위) 상부의 측정 측정파형에서 선명히 관측되고 있다. 물론 동일 측정상에서도 그 이외의



그림 1. 하동 및 산청 현장 시험탐사 지역 사진들.

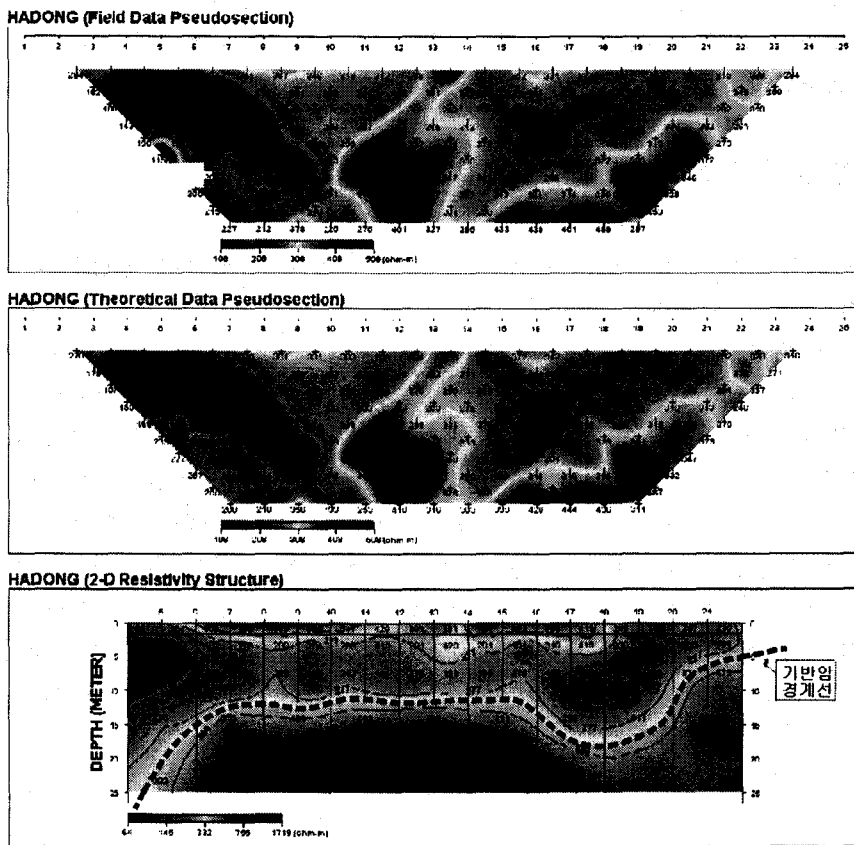


그림 2. 하동지역 고령토 광상에 대한 천극간격 5m 쌍극자배열 비저항탐사 자료 및 역산해석 결과 단면도. 맨 아래 최종 분석단면에서 15m 내외의 기반암 경계가 분명히 파악되고 왼쪽 5m 깊이에서 양질의 고령토로 추정되는 저비저항체가 탐지됨.

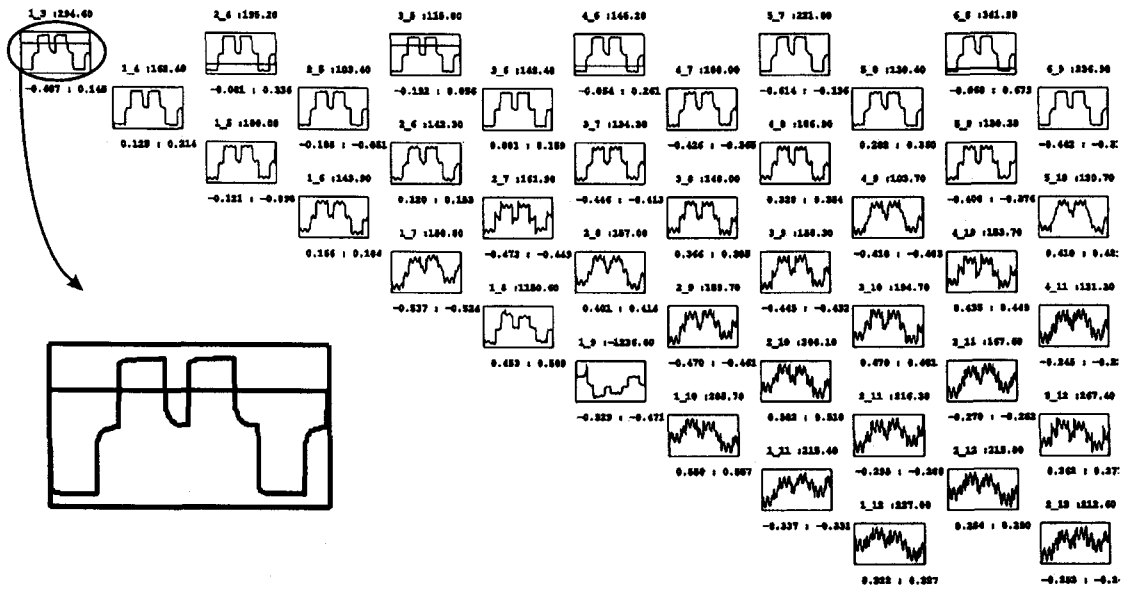


그림 3. 하동지역 전극간격 5m 탐사 각 측정 측정자료 획득파형 결과 일부. 각 파형 도시도의 상부숫자는 쌍극자탐사 측정의 송신/수신 시작측점과 겹보기비저항을 나타내고 하부 숫자는 측정파형의 최소치/최대치를 나타낸 것. 일대의 확연한 IP 반응 파형은 그림 2의 역산단면 왼쪽 부광체와 직결되는 것으로 분석됨.

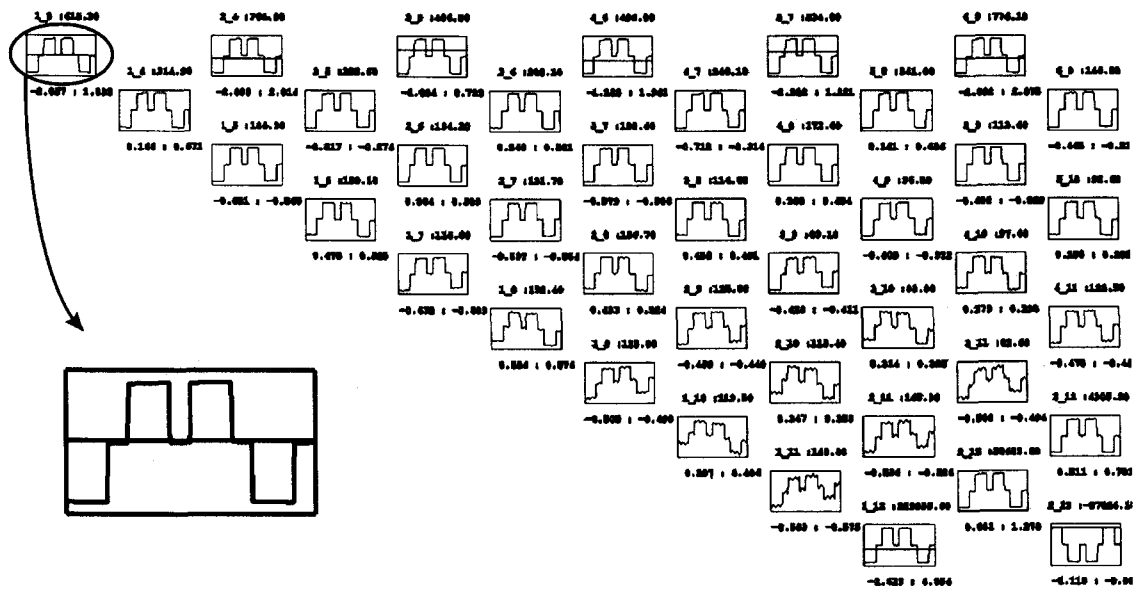


그림 4. 산청지역 전극간격 5m 탐사 각 측정 측정자료 획득파형 결과 일부. 그림 3의 하동지역 탐사조건과 동일하나 IP 반응 파형을 거의 볼 수 없으므로 이 일대 부광체 부존 가능성 희박함.

측점에서는 그러한 파형이 미미하다. 이는 향후 고령토 부광체의 탐사 추적시 매우 중요한 물성지침으로서 복합 전기탐사(Complex Resistivity 혹은 Spectral Induced Polarization) 기법을 적용한다면 직접적인 정량적 탐사가 가능할 것이다. 그림 4의 동일 조건 탐사 산청 지역 측정파형을 관찰해 볼 때 앞서의 하동지역과 같은 IP현상 반응 파형이 우세한 측점이 별로 보이지 않으므로 이 측선 하부에서의 고령토 부광체는 기대하기 힘들 것으로 분석된다. 여기서 유도분극탐사법의 기본 원리는 교과서를 참조하기로 하고 생략하였다.

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

고령토광의 정성적 유도분극 현장시험탐사가 본격적 적용을 가시화 하였다. 향후 연구 방향은 다음과 같다.

- 점토류광 유도분극 반응 현상을 광역 주파수영역에서 적용하여 광맥의 연장 및 불순물이나 고품위 광체까지 추정할 수 있는 기법 및 탐사 시스템 개발.
- 대표적 생산현장에서 Wenner 배열로 In-situ 물성 측정에 의해 Broad-band Spectral IP 반응 정량 자료화. 지형 고려 3차원 신속 간편 유도분극 탐사법 개발.

이상 연구가 원활히 지속된다면 다음이 기대된다.

- 난개발(시추/포크레인조사) 극소화 환경친화적 광체 연장성 과학적 비파괴 정밀탐사 결과에 의해 경제적 가행성이 없는 곳은 불필요 비용/시간을 대폭 절감하고, 미확인 고품위 광체는 심부 연장확인, 합리효율적 계획으로 채굴생산성 대폭 향상.
- 70년대에 입자크기/광종구별까지 기대되어 활발히 전개되었던 광역 유도분극탐사가 최근 불포화 미고결 퇴적층 탐사에 시도되는 등 여러 선진국에서 최신 전자장비 시스템 개발과 더불어 시추공 등 지반연약대 정밀조사 관련 파쇄대 점토류 탐지, 환경 오염대탐지 등의 현장에도 적용 확장 시도되는 바 국내현장 적용 발전가능.

#### 참고 문헌

- 김대업, 이동진, 이형재, 1995, 경남 산청, 단성, 하동, 합천지역 고령토 광상연구, 한국자원연구소 연구보고 KR-95(c)-7.
- 이경한, 2001, 고령토 산업구조 및 활성화를 위한 제안, 대한자원환경지질학회, 한국자원공학회, 한국지구물리탐사학회, 대한지질학회 춘계공동학술발표회.