

광물탐사를 위한 광물소재의 분광특성 분석

Spectral analysis of mineral materials for mineral exploration

*현창욱, 박형동

Chang-Uk Hyun, Hyeong-Dong Park

서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부

hyuncu99@snu.ac.kr, hpark@snu.ac.kr

요약

광물탐사 과정 중에 원격탐사 기법을 도입하면 지표 광역조사를 보다 효율적으로 수행할 수 있다. 위성영상에서 특정 광물의 분포 위치와 분포량에 대한 분석을 수행하기 위해서는 대상 광물의 분광반사특성을 분류 기준으로 선정하여야 한다. 본 연구에서는 국내 광산 및 채석장에서 채취한 광물과 암석 시료를 이용하여 구성 광물을 분석하고 분광반사특성을 측정하였다. 다양한 위성영상들의 구성 밴드들에 대한 파장영역을 추출하고 측정된 분광반사특성 자료를 추출된 파장영역으로 재구성하여 광물 및 암석들의 고유한 분광특성들의 보존 유무에 대해 분석을 수행하였다.

1. 서론

최근 광물자원의 가격 상승으로 인해 광물자원 탐사 및 개발에 대한 관심이 증대되고, 휴·폐광중인 기존의 광업 현장에 대해서도 정밀탐사와 재개발이 다수 시도되고 있다. 원격탐사 분야에서는 다중분광 (multispectral) 및 하이퍼스펙트럴 (hyperspectral) 센서의 개발과 측정 및 분석 기술의 발전으로 측정 가능한 파장 영역이 넓어지고, 밴드의 수 역시 증가됨에 따라 광물자원탐사 분야에서도 적용이 가능한, 지표피복의 정밀 탐사에 대한 연구들이 수행되고 있다. 광물자원의 광종별, 구성암종별 고유한 분광학적 특성과 위성자료를 이용한 원격탐사 기법을 결합하면 조사현장에서 필수적으로

이루어지는 시료 채취, 현장 실험과 실험실 분석 등 시간적·인적·금전적으로 고비용·저효율인 작업들의 효율성을 개선하여 광역지질조사 과정을 신속하고 정밀하게 수행할 수 있다.

위성자료를 이용하여 광물의 분포 위치와 분포량에 대한 분석을 수행하기 위해서는 대상 광물의 분광반사특성을 분류 기준으로 선정하여야 한다. 국내에서는 여러 연구자들에 의해 광물 및 암석의 분광반사특성 측정에 대한 연구들이 (강필종과 지광훈, 1987; 강필종 외, 1990; 박인석과 박종남, 1992; 박종남과 김지훈, 1990; 조민조 외, 1990)에 의해 수행된 바 있다. 기존의 연구 사례에서 측정된 분광반사특성들은 별도의 처리 없이 특징적인 흡광 특성에

대해 분석이 이루어지거나 Landsat TM 밴드로 재구성되었다. 해외 연구 사례에서는 특정 광물이나 암석의 조사를 위해 Landsat 뿐만 아니라 ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) (Crósta et al., 2003; Moore et al., 2008; Zhang et al. 2007)나 AVIRIS(Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer) (Drake et al., 1999; Yang et al., 1999), EO-1 Hyperion (Hubbard et al., 2005) 등 다양한 종류의 센서를 이용하고 있다.

본 연구에서는 원격탐사기법 기반의 광물탐사를 위한 기초연구로서 국내에서 채취된 광물 및 암석소재들의 시료를 X선 회절분석 (X-ray diffraction; XRD)을 통해 성분분석을 수행하고 FieldSpec[®]3 분광계를 이용하여 분광반사특성을 측정하였다. 대상 시료의 성분과 분광반사곡선을 비교분석하여 분광반사도에서 특징적인 흡광특성을 발생시키는 원인이 되는 성분을 분석하였다. 또한 지질탐사 분야에 대중적으로 이용되는 지구관측 위성들의 측정 밴드들의 파장영역으로 대상 시료의 분광반사특성을 제한하여 광종별·암종별 고유한 흡광 패턴의 보존에 대한 평가를 수행하였다.

2. 연구 대상 광물과 암석

분석 대상으로 7개의 광물 및 암석을 선정하였고 그 종류와 산지는 table 1과 같다.

Table 1. rock and mineral samples for

measurement of spectral reflectance

| rocks and minerals | sampling location |
|--------------------|---------------------|
| alunite | JeollaNam-do |
| feldspar | ChungCheongNam-do |
| illite | JeollaNam-do |
| kaolinite | KyeongsangNam-do |
| porcellanite | ChungCheongNam-do |
| pyrophyllite | JeollaNam-do, Busan |

3. 분광반사특성 측정 실험

대상 광물과 암석에 대해 가시광 영역과 근적외선 영역에 대해 분광반사특성을 측정하였다. 사용 기기 및 측정 실험 상세는 table 2와 같다.

Table 2. experimental specification of spectral reflectance measurement

| item | specification |
|---|--|
| spectrometer | FieldSpec [®] 3 (ASD Inc.) |
| wavelength range | 350 nm – 2,500 nm |
| software for spectral reflectance measurement | RS ³ (ASD Inc.) |
| data processing software | ViewSpecPro (ASD Inc.), ENVI (ITT) |

분광계로부터 측정된 분광반사특성은 350 nm에서 2,500 nm을 포함하는 영역에서 연속적으로 기록되어 있다 (fig. 1).

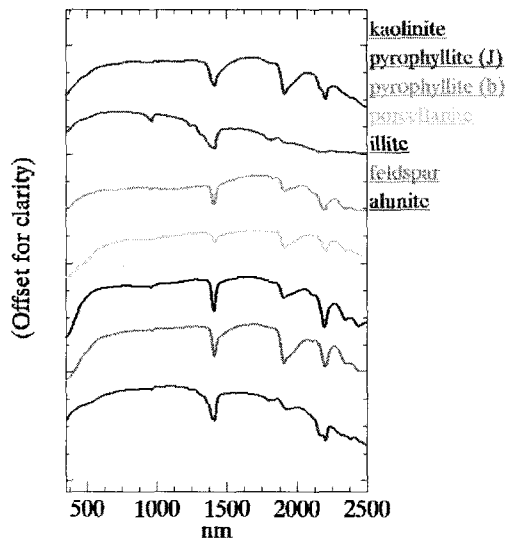


Fig. 1. spectral reflectances of rocks and minerals

4. 분광반사특성의 파장 영역 재구성

측정된 개별 분광반사곡선을 Landsat ETM+의 1, 2, 3, 4, 5, 7번 6개 밴드와 ASTER의 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8번 8개 밴드의 파장영역으로 (table 3) 재구성하였다 (fig. 2, 3).

Table 3. band range for spectral resampling

| sensor | band no. | band range (μm) |
|-----------------|----------|------------------------------|
| Landsat ETM+ | 1 | 0.45-0.52 |
| | 2 | 0.52-0.60 |
| | 3 | 0.63-0.69 |
| | 4 | 0.77-0.90 |
| | 5 | 1.55-1.75 |
| ASTER | 1 | 0.52 - 0.60 |
| | 2 | 0.63 - 0.69 |
| | 3 | 0.76 - 0.86 |
| | 4 | 1.600 - 1.700 |
| | 5 | 2.145 - 2.185 |
| | 6 | 2.185 - 2.225 |
| | 7 | 2.235 - 2.285 |
| | 8 | 2.295 - 2.365 |

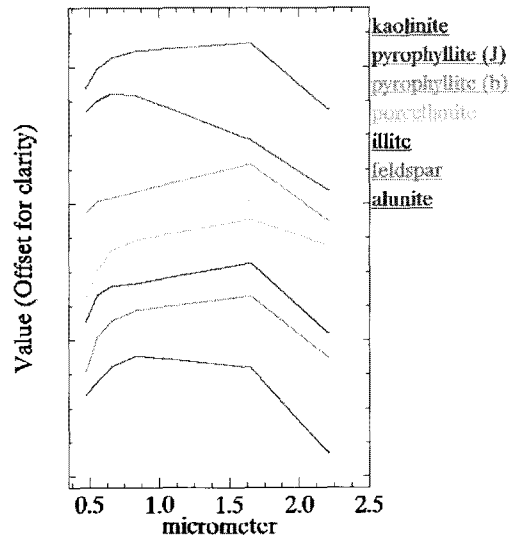


Fig. 2. spectral resampling of spectral reflectances with Landsat ETM+ band ranges

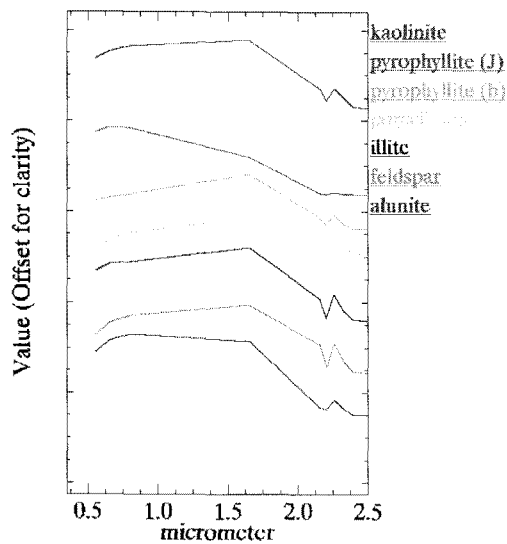


Fig. 3. spectral resampling of spectral reflectances with ASTER band ranges

점토 광물과 같이 Al-OH을 포함하는 광물은 2.2 μ m 부근에서 특징적인 흡광 특성이 존재하고 (Clark, 1999) 이 특성을 광물탐사 기준으로 선택할 수 있다. ASTER의 경우 2.2 μ m 부근에 5, 6, 7의 세 개의 밴드가 분포하기 때문에 상대적으로 정밀한 분광특성을 기록할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 광산 및 채석장에서 채취한 7개의 광물과 암석 시료에 대해 분광반사특성을 측정하였다. Landsat ETM+ 와 ASTER 위성영상들의 구성 밴드들에 대한 파장영역을 추출하고 측정된 분광반사특성 자료를 추출된 파장영역으로 재구성하여 광물 및 암석들의 고유한 분광특성들의 보존 유무에 대해 분석을 수행하였다. 근적외선 영역의 해상도가 보다 우수한 ASTER의

경우 Landsat ETM+ 센서보다 점토류 광물의 탐사에 효율적인 것으로 판단된다.

참고문헌

강필중, 지광훈, 1987. 양산-동래 단층 지역의 암석에 대한 분광학적 연구, 대한원격탐사학회지, 3(1): 1-10.

강필중, 조민조, 이봉주, 1990. 화성암과 퇴적암의 분광특성분석, 대한원격탐사학회지, 6(1): 49-62.

박인석, 박종남, 1992. 원격탐사자료에 의한 해남지역 비금속광상 및 관련 특성 추출을 위한 연구, 8(2): 105-123.

박종남, 김지훈, 1990. 울산 지역 암석 시료의 스펙트럼 특성과 이의 Clustering 응용, 대한원격탐사학회지, 6(2): 115-133.

조민조, 강필중, 이봉주, 1992. 변성암의 분광특성, 대한원격탐사학회지, 8(1): 1-13.

Clark, R.N., 1999. Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals and Principles of Spectroscopy, Principles of Spectroscopy, Manual of Remote Sensing, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, 3-58.

Crósta, A.P., De Souza Filho, C.R., Azevedo, F., Brodie, C. 2003. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using

- ASTER imagery and principal component analysis, *International Journal of Remote Sensing*, 24(21): 4233-4240.
- Drake, N.A., Mackin, S., Settle, J.J., 1999. Mapping vegetation, soils, and geology in semiarid shrublands using spectral matching and mixture modeling of SWIR AVIRIS imagery, *Remote Sensing of Environment*, 68(1): 12-25.
- Hubbard, B.E., Crowley, J.K., 2005. Mineral mapping on the Chilean-Bolivian Altiplano using co-orbital ALI, ASTER and Hyperion imagery: Data dimensionality issues and solutions, *Remote Sensing of Environment*, 99(1-2): 173-186.
- Moore, F., Rastmanesh, F., Asadi, H., Modabberi, S. 2008. Mapping mineralogical alteration using principal-component analysis and matched filter processing in the Takab area, north-west Iran, from ASTER data, *International Journal of Remote Sensing*, 29(10): 2851-2867.
- Yang, H., Van Der Meer, F., Bakker, W., Tan, Z.J., 1999. A back-propagation neural network for mineralogical mapping from AVIRIS data, *International Journal of Remote Sensing*, 20(1): 97-110.
- Zhang, X., Pazner, M., Duke, N. 2007. Lithologic and mineral information extraction for gold exploration using ASTER data in the south Chocolate Mountains (California), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(4): 271-282.