

퇴적물의 분류를 위한 Landsat TM자료와 Hyperspectral reflectance 자료 적용

유영철*, 송무영*, 안충현**

충남대 지질학과 지구물리연구실*, ETRI-CSTL 영상처리연구부 RS팀**

요 약

본 연구의 목적은 실험실에서 퇴적물의 다분광반사 특성과 물성을 측정하고 이를 위성 영상에 적용하여 영상에서 나타나는 퇴적물의 분광차이의 원인을 해석하고, 위성영상에서의 퇴적물의 분류 가능성을 연구하는데 있다. 연구에서는 Landsat TM 위성 영상과 350~2500nm 파장대역에 대한 퇴적물 시료의 분광측정 자료를 사용하였으며, 기존의 조사 자료를 토대로 TM 영상에서 퇴적물을 분류한 후, 현장에서 시료를 채취하여 입도 분류를 실시하였다. 퇴적물의 입도와 함수비에 따른 분광특성변화를 검증하였으며, 입도와 함수비에 대한 회귀식을 구하여 이를 영상에 적용 분류하였다.

분석 결과 다분광자료 측정시 퇴적물입도에 따른 분광차이는 미약하였으며 이를 TM 자료로 재구성하였을 때는 분광특성을 구분할 수 없었다. 퇴적물의 분류는 TM Band 4, 5, 7을 이용한 회귀식을 적용할 때 비교적 정확하게 나타났으나, 영상에서 퇴적물의 분광차이는 입도 크기가 직접적인 요인이 아니라 입도에 의한 함수비 및 유기물 함량의 차이에 기인한 것으로 해석된다.

I. 서 론

위성 자료를 이용한 정확한 지표피복물의 분석을 위하여는 각 지표분광물의 파장대역별 분광특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 우리나라의 경우 위성자료를 이용한 응용분야는 많은 발전을 보이고 있으나 위성센서의 설계나 정확한 지표피복을 분류하는데 있어서 필요한 물질의 분광특성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 위성이나 항공자료를 이용하여 현생퇴적물을 구분하는 시도는 주로 저탁류의 농집량을 구분하거나 입도, 함수비에 따른 분광 차이에 의해 나타나는 픽셀의 변화를 구분하는데 목적이 있으며, 일부 해안의 수심측량(Sanidge, 1995)에도 적용 가능한 것으로 보고되고 있다. 본 연구는 현생 퇴적물에 대하여 위성영상에서 나타나는 분광차이에 대한 원인을 파악하기 위해 실험실에서 다분광 측정을 실시한 후 이를 위성영상에 적용하여 퇴적물 분류를 실시하였다.

II. 연구방법 및 결과

1. Landsat TM 자료

TM 위성자료는 84년부터 97년까지 수집된 총 11개의 자료를 이용하였으며 퇴적물의 분포가 넓은 천수만 지역을 대상으로 하여 750/650화소로 재구성하였다.

2. 퇴적물시료 처리

연구지역에 대한 기존 연구조사로는 박동원(1976)에 의하여 퇴적물 입도 분류를 실시한바 있으며, 여기에서는 이를 기초로 하여 무감독 분류를 실시한 후 기존 퇴적물과 분광특성이 유사한 지점에서 동일 시기의 영상에 포함되는 지점을 선택하였다. 시료채취는 영상의 해상도를 감안하여 30m 정사각형을 설정하고 30g 씩 10회를 채취하여 한곳의 시료로 간주하였다. 총 10곳의 site에서 채취하였으며 입도 분석은 W. J. Fritz외(1988)가 제안한 Particle grain-size scale부분을 중심으로 분류하였다. 분류에 사용된 Sieve의 screen 크기는 2-0.0625mm까지 6개를 사용하였다(Fig. 1). 입도 분석 결과 10개의 시료 중 coarse sand 2개, medium sand 1개, fine sand 7개로 분석되었다(Table 1).

Table 1. Grain size percent of sediments

	Coarse sand (%)	Medium sand (%)	Fine sand (%)
Sample-1	25.503	8.488	66.009
Sample-2	10.587	11.370	78.043
Sample-3	23.878	7.551	68.571
Sample-4	21.600	13.561	64.840
Sample-5	15.352	7.686	76.962
Sample-6	71.950	26.064	1.986
Sample-7	0.845	49.567	49.587
Sample-8	62.663	24.825	12.513
Sample-9	35.229	13.115	51.656
Sample-10	33.286	20.520	46.195

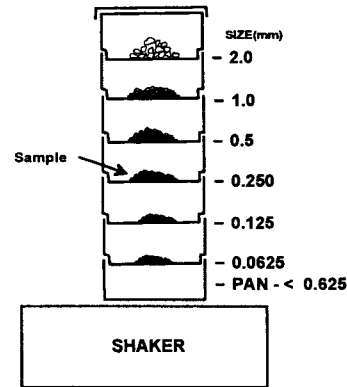


Fig. 1. Illustration of sand-size by sieving

3. 다분광 반사도 측정

다분광 반사도 측정을 위하여는 한국전자통신연구원 RS연구팀의 Spectroradiometer FieldSpec FR(Fig 2. Right) 기종을 사용하였으며, white, dark reference로 보정을 실시한 후 측정하였다. 2회 측정하여 평균값을 취하였으며 측정된 분광대는 350~2500nm까지 1nm 간격으로 실시하였다. 시료의 측정은 입도에 따른 분류를 실시한 시료를 도가니에서 24시간 건조시킨 시료를 함수비 0%로 가정한 뒤 0~80%까지 20%의 단위로 변화시킨 시료와 현장 함수비등 총 6개의 데이터로 저장하였다. 이를 spectral library format으로 작성한 후 Normal reflectance와 Continuum removed 방법으로 비교하였다. FieldSpec FR의 원시자료처리를 위하여 비쥬얼베이직으로 spectral viewer를 구성하였다(Fig. 2 Left).

Table 2. Specification of FieldSpec FR Portable Spectroradiometer

Name	FieldSpec FR Portable Spectroradiometer
Incorporation	Analytical Spectral Devices, Inc.
Spectral range	350 - 2500 nm
Sensors	One 512 element photo diode array
Sensor linearity	+/-1%
Sampling interval	1.4 nm for 350 - 1000 nm, 2 nm for 1000 - 2500 nm.
Spectral resolution	3 nm @ 700 nm, 10 nm @ 1500 nm, and 10 nm @ 2100 nm.
Wavelength accuracy	+/-1 nm.
Scan time	A new spectrum is generated every 0.1 seconds for the entire spectral range.
Operational weight	7 kg + 2.2 kg battery pack.
Operational size	35 x 29 x 13 cm.

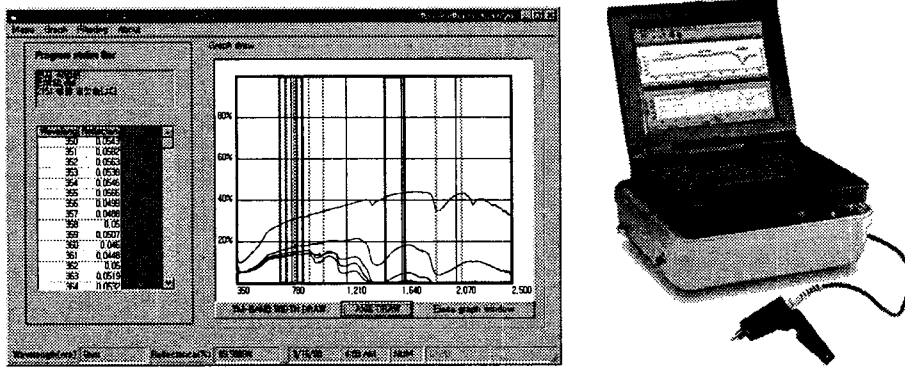


Fig. 2. Spectra viewer display(Left), Spectroradiometer(Right).

4. 퇴적물의 분광특성

함수비 특성에 따른 반사도 측정에서 함수비의 증가에 따라 대략 1400nm, 1900nm에서는 water absorption band의 영향으로 강한 반사도 저하를 보이고 2200nm의 hydroxyl absorption band에서 약한 흡수를 일으키는 것으로 측정되었다. 또한 가시광선영역에서 건조한 퇴적물이 수분을 함유한 토양보다 반사도가 높은 경향을 나타내며 이러한 현상은 시료의 반사도 측정에서도 동일하게 나타난다. 함수비가 20%이상의 반사도 측정에서 가시광선영역은 함수비가 0%조건일 때 보다 상대적으로 동일한 분광특징을 보인다.

입자크기에 의한 차이는 coarse sand의 경우 건조한 상태에서 range는 1~55% 사이로 입자가 작을수록 반사도의 감소를 보인다. 일반적으로 입자가 작은 퇴적물은 입자가 큰 퇴적물 보다 입자사이의 공간이 적어 대기와 접하는 면적이 작아 배수와 증발이 잘 되지 않는다. 이런 퇴적물 입자의 크기와 함수비 사이의 관계는 퇴적물의 반사도 형태에 중요한 역할을 한다(Swain and Davis, 1978).

이외 퇴적물의 분광특성을 변화시키는 요인은 mineralogy, grain size, organic matter가 있다(Shuchman, 1981; Clark, 1998). 본 연구에서 입자크기에 의한 반사도 차이는 거의 구분이 불가능하였고 함수비의 변화에 따른 반사도 차이는

hyperspectral spectrum을 Landsat TM의 파장대로 resampling 하였을 때도 분명한 차이를 보여 TM영상에서 구분이 가능하였으며(Fig. 3) 이러한 결과를 바탕으로 선형회귀식을 작성하였다.

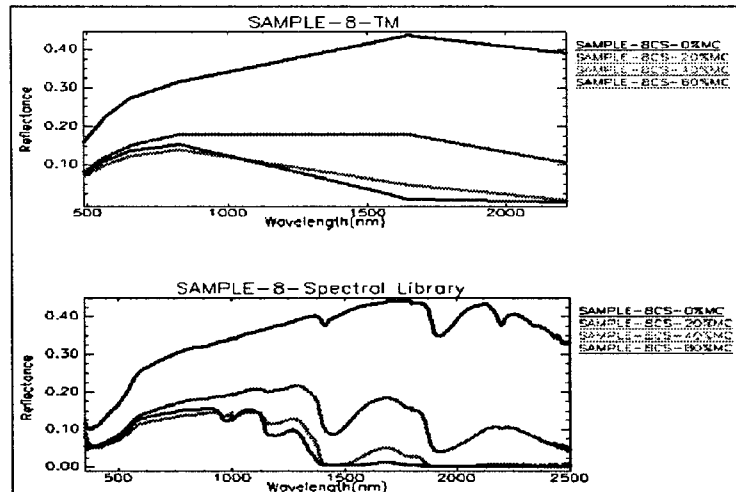


Fig. 3. Spectral reflectance curves over the extended wavelength range of 350 to 2500nm of Coarse sand(sample 8). Note the changes, with spectral resolution, in the TM band(upper), hyperspectral band(lower).

5. TM자료와 함수비에 따른 선형관계식 유도

수분 인자와 관계된 관계식 적용은 위성자료와 현장자료를 이용하여 회귀식을 작성하는 방법을 사용하며, 부유퇴적물(suspended sediment)추정, 수질(water quality)등 여러 분야에 적용되고 있다. 본 연구에서는 11개의 위성자료에서 DN(Digital Number) 값을 비교하여 가장 변동이 없는 값을 선정한 후, 영상의 DN값과 현장조사시 함수비를 고려하여 이로 인해 구해진 band별 함수에 대한 회귀식을 작성해 85년 영상에 적용하였다. 추정선은 선형회귀식으로 1차 방정식 형태로 구하였다. 함수비가 2,10~55.69%는 데이터로 추론한 직선식의 범위내에 포함되며, 이 범위를 벗어나는 부분은 선형 추세선에 의해 작성되어진 부분이므로 범위를 벗어나는 함수비에 의한 오차를 고려하였다.

이 결과 함수비와 TM 자료의 DN값은 반비례하는 경향을 나타내었다. 또한 함수비에 의한 선형식은 최저값과 최고값의 제약을 받는데 최저값은 영상의 DN값이 0일 때 최저가 되며, 255일때는 함수비가 음의 값을 갖게 되므로 제외가 된다. 또한 함수비가 0%일 때 영상의 DN값은 최대가 된다. TM 자료의 1~7band(thermal band제외)의 파장대와 DN값의 허용범위인 최대와 최소를 표시하면 Fig. 4와 같다. 이때 영상에서 나타날 수 있는 최대값은 건조 퇴적물의 분광스펙트럼과 같고 최소 화소값은 깨끗한 물의 분광스펙트럼에 해당된다. 추정 함수비 영상에서 band 1, 2, 3보다 band 4, 5, 7번을 선형회귀식에 대입하여 만든 영상이 퇴적물과 water의 구분에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 band 1, 2, 3번으로 만든 함수비는 거의 같은 범위에 반사도 값이 위치하여 함수비 분류에 효과적이지 않은 반면, 근적외선과 중적외선 파장대 영역에서는 수분에 따른 반사도 범위가 상대적으로 크므로 분류에 효과적인 것으로 해석되었다.

$$\begin{aligned} \text{Moisturecontent}(\%) &= -0.8732(\text{band1}) + 107.26 \\ \text{Moisturecontent}(\%) &= -1.0685(\text{band2}) + 70.916 \\ \text{Moisturecontent}(\%) &= -0.6098(\text{band3}) + 54.787 \\ \text{Moisturecontent}(\%) &= -0.5952(\text{band4}) + 47.795 \\ \text{Moisturecontent}(\%) &= -0.3102(\text{band5}) + 42.913 \\ \text{Moisturecontent}(\%) &= -0.5975(\text{band1}) + 42.591 \end{aligned}$$

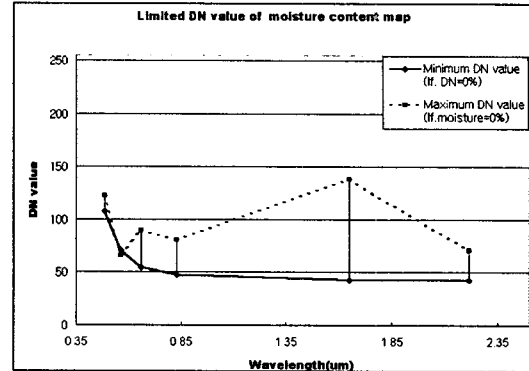


Fig. 4. limited value DN(digital number) of moisture content map.

III. 결론 및 제안

실험실에서 분광측정기를 이용한 분광스펙트럼의 측정시 동일한 함수비일 때 퇴적물의 입도에 따른 spectra curve는 작은 감소를 보였으며 이를 TM자료로 Resampling 하였을 경우 Curve pattern구분이 불가능하였다. 그러나 함수비에 따른 반사도 변화는 큰 변화를 보이며 특히 1400nm 와 1900nm 부근에서 강한 변화를 보였다. 결과적으로 수분 등 기타 요인에 의한 요인이 입자 크기에 의한 영향보다 직접적으로 TM 영상에서 퇴적물 분광차이를 나타내는 것으로 나타났다. 그리고 퇴적물의 분류는 TM band 4, 5, 7과 같은 근적외선과 중적외선 파장대가 효과적인 것으로 나타났다.

보다 정확한 위성자료의 분광특성을 이용한 퇴적물 분류를 위하여는 퇴적물의 입도와 함수비, 유기물질 등에 대한 독립적인 측정과 이들 요소들의 상호 관련성에 대한 연구 또한 필요하다. 또한 앞으로 다가올 hyperspectral sensor에 대한 활용 연구의 측면과 위성영상의 보편화에 앞서 물체의 분광특성연구와 우리나라의 지표분광물에 대한 spectral library 제작의 필요성이 제기된다.

참고문헌

- Sanidge, J. C., and Holyer, 1995, R. J., Costal bathymetry from hyperspectral data, Naval Reserch Lab.
http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect13/nicktutor_13-4.html.
- Shuchman, R. A., 1981, Determination of beach sand parameters using remotely sensed aircraft reflectance data, Remotesensing of Envir. V. 11, p. 295-310.
- Swain, P. H., and Davis, S. M., 1978, Remote sensing : The quantitative approach. Mcgraw-Hill, p. 227-289.
- W. J. Fritz and J. N. Moore, 1988, Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology, Wiley, New York, p. 46.