

# RS를 이용한 탁수환경변화에 따른 토사의 분광반사특성

## Spectral Reflectance Characteristics of Sediment from Turbid Water Environmental Change using Remote Sensing

신형섭\*, 이규호\*\*, 박종화\*\*\*

Hyoung Sub Shin, Kyu Ho Lee, Jong Hwa Park

### 요 지

지구 온난화의 영향으로 생각되는 이상기온이 세계각지에서 발생하고 있고, 우리나라도 최근 몇 년 동안 각지에서 집중호우에 의한 재해가 발생하고 있다. 이러한 자연재해는 모든 분야에서 심각한 영향을 미치고 있으며, 이중 산과 택지개발 및 도로공사 등에서 발생하는 토사는 하천, 저수지, 댐 및 하구를 빠르게 메우고 탁수환경을 지속시켜 수질악화와 오염원이 되며 저서생태계에 많은 영향을 미치고 있는 실정이다. 또한 토사는 농업용저수지와 수리구조물의 수명을 단축시키고, 하상을 높여 흐름을 방해하거나 변화시켜 하천의 범람을 유도하기도 한다. 이와 같이 토사는 토사농도변화에 따라 인명피해와 재산피해를 초래하고 있어 그 특징을 다각도로 분석 파악할 필요성이 있다. 본 연구에서는 토사의 농도와 분광반사특성의 상호관계를 알아보기 위해 원격탐사(RS)기법을 이용하였다. 탁수환경을 분광복사계(Li-1800)를 이용하여 미리 제작한 2개의 수조(흑색, 백색) 안 토사(실트질, 모래질)의 농도를 변화시켜 반사값을 측정하였다. 측정된 반사값을 이용하여 토사농도에 따른 분광반사 특성을 파악하였고, 토사 정보를 추정하는데 유용한 파장영역에 대해 검토, 고찰하였다.

**핵심용어** : remote sensing, 분광반사, 토사농도, 자연재해

### 1. 서 론

최근 경제성장으로 산과 택지개발 및 도로공사 등에서 다량의 토사가 발생하고 있다. 토사중에서 입자가 큰 것은 유입지점 주위에 상대적으로 빠른 시간내에 침전되지만, 나머지 미세한 입자는 흐름 작용에 의해 혼합되어 부유하면서 부유물의 형태로 이동하게 된다. 이러한 부유사는 농업용저수지, 하천, 댐 및 하구를 빠르게 메워 수리구조물의 수명을 단축시키게 되고, 하천범람과 제방붕괴의 원인이 되어 막대한 재산피해를 가져오고 있다. 또한 탁수환경은 수중에 태양복사에너지의 전달을 방해하여 수중생태계의 먹이사슬과 저서생물의 서식환경에 많은 영향을 미친다. 이러한 부유사 정보의 추출 및 분석에 RS 기법의 활용성이 증대되고 있으나 우리나라에서는 연구가 미진하여, 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 첫째, 원격탐사(RS)기법을 이용하여 토사 재해 파악에 대한 기초연구로 농업용

\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : [subihoho@hanmail.net](mailto:subihoho@hanmail.net)

\*\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : [loki95@nate.com](mailto:loki95@nate.com)

\*\*\* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : [jhpak7@chungbuk.ac.kr](mailto:jhpak7@chungbuk.ac.kr)

저수지와 하천에 영향을 미치는 실트와 모래의 부유사 농도와 분광반사특성의 상호관계를 파악하고자 한다. 둘째 실험용수조의 색을 변화(흑색수조, 백색수조)시켜 배경색의 영향을 분석하였다. 셋째로는 임의로 분류한 5개 파장 영역에서의 적분치를 분석함으로써 부유사농도를 추정하기 위한 최적파장영역을 파악하고자 하였다.

## 2. 실험방법

실험 조건은 색이 다른 두 개의 수조에 점차 탁도가 증가하는 과정을 가정하여 설정하였다. 측정장비는 분광복사계(LI-1800, Li Cor Inc), 노트북, 표준백색판(BaSO<sub>4</sub> 교정판), 배수펌프가 들어있는 수조, Telescope/Microscope, 받침대를 이용하였다. 실험에 사용한 수조는 Fig. 1의 제원을 갖는 흑색 수조와 백색 수조로, 균일한 탁수 환경을 만들기 위하여 배수용 펌프(PDV-270M)를 수조내부에 설치하여 사용하였다.

실험 방법은 먼저 태양복사에너지에 해당하는 표준백색판(BaSO<sub>4</sub> 교정판)을 측정 후 설정 탁수환경에서 반사되는 반사에너지를 측정하였다. 모든 시료의 측정을 끝낸 후 다시 표준백색판을 측정하여 실험하는 동안의 복사에너지 변화를 조사하였다.

탁도 실험에 사용한 시료는 산림 벌개지에서 채취한 토사를 체가름 실험하여 모래(2.0 ~ 0.075 mm)와 실트(0.075 ~ 0.002 mm)로 분류하여 사용하였다. 탁수환경 변화는 체가름 실험 한 시료(실트, 모래)를 정밀저울로 15g 씩 정확히 계량하여 농도를 증가하는 형태로 설정하였다. 탁도 0%는 맑은 물이며, 15g 씩 계량한 시료를 증가시킴에 따라 5%씩 증가하여 100%까지 총 20개의 시료를 조성하여 실험하였다.

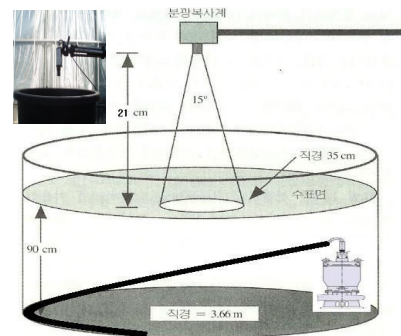


Fig. 1 Schematic diagram of spectral reflectance measurement system

### 2.1 분광 반사율(spectral reflectance)계산 및 적분(integral)분석

탁수환경의 분광반사율은 99%의 반사특성을 갖는 표준백색판에서 반사되는 전자파의 태양복사에너지와 대상물체에서 반사되는 분광반사에너지의 비로 계산하였다. 이 관계를 식으로 나타내면 식(1)과 같다.

$$Reflectance(\lambda) = \frac{Soil_O(\lambda)}{Sun_T(\lambda)} \times 100(\%) \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서  $Soil_O(\lambda)$ 는 실험 대상 물체에서 반사되는 분광반사에너지,  $Sun_T(\lambda)$ 는 표준백색판에서 반사되는 전자파의 태양복사에너지이다.

체가름한 두 시료에 대해 농도를 5%씩 증가하여 분광반사율을 측정하였다. 그리고 임의로 분류한 5개 밴드에 대해 각각 적분분석을 한 결과값과 부유사 농도의 상관관계를 분석하였다. 이에 대한 적분식은 식(2)와 같다.

$$\int R(\lambda)d\lambda = \sum_{i=k}^N R\left(\frac{1}{2}[\lambda_i + \lambda_{i+1}]\right)\Delta\lambda \quad \dots \dots \dots (2)$$

임의로 분류한 5개 밴드는 blue(400~500nm), green(500~600nm), red(600~700nm), NIR-1(700~800nm) 및 NIR-2(800~900nm)이다.

### 3. 분석 결과 및 해석

#### 3.1 부유사 농도변화에 따른 분광반사특성

분석 결과 Fig. 2와 같이 흑색수조의 경우는 두 시료 모두 부유사 농도가 높아질수록 모든 파장에서 반사율은 높아지는 특징을 보인다. 흑색 수조의 경우 두 시료 모두 가시광선 영역인 550~700nm 영역에서 높은 반사율을 보이며, 부유사 농도가 100%일 때 모래질은 580nm, 실트질은 600nm 부근에서 가장 높은 반사율을 보인다. 그 이후 영역에서는 반사율이 낮아지며 750nm의 수분흡수 파장대에서 흡수된 후 800nm 부근에서 다시 증가하는 경향을 보인다. 또한 두 시료를 비교하면 모든 파장 범위에서 실트질의 반사율이 40~45%정도 높게 나타난다. 이는 각 토사의 광물조성과 색 그리고 입자크기(표면적)등의 영향이 반영된 영향으로 해석된다. 흑색 수조는 모든 파장영역에 대해 부유사농도가 증가할수록 순차적으로 증가하지만, 백색수조에서는 가시광선 영역에서 부유사농도가 감소할수록 증가한다. 이는 백색수조가 전반사를 하기 때문이며, 분광반사율은 가시광선 영역에서 주변 환경색의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 백색수조의 경우 모래질에서 농도가 0%일 때 가장 높은 반사율을 나타내지만 실트질에서는 가장 낮은 반사율을 나타낸다. 부유사 농도가 5%까지는 백색 수조의 영향으로 약 8%정도의 반사율 차이가 있지만(모래질 : 60%, 실트질 : 68%), 그 이후는 반사율 차이가 거의 없다.

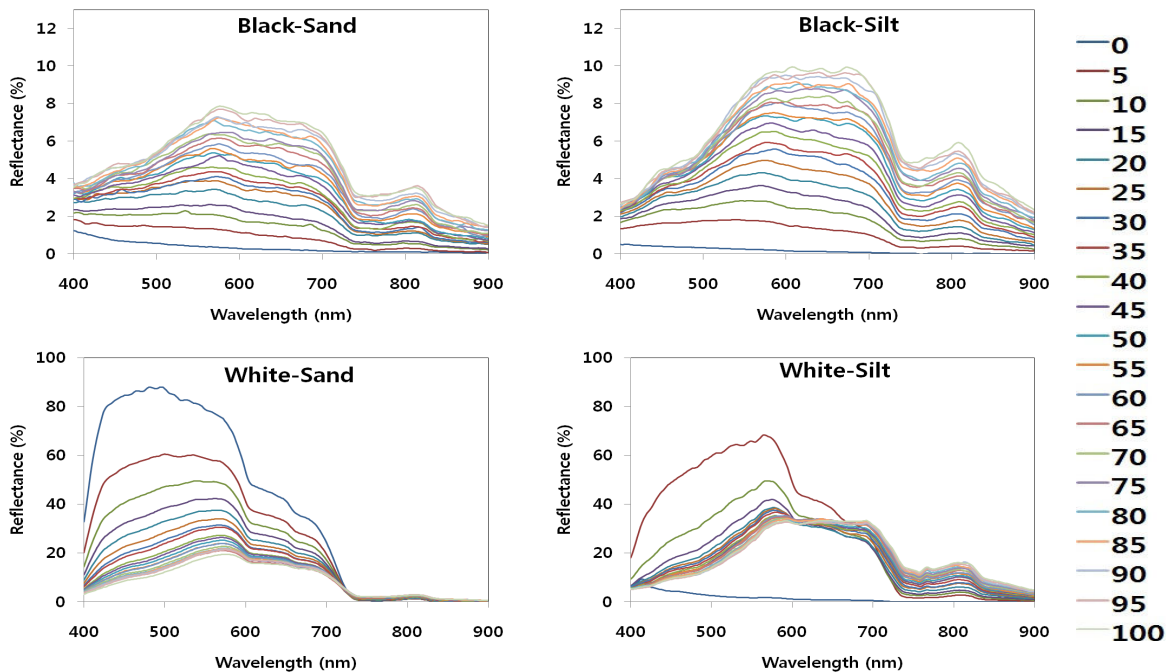


Fig. 2 Typical above-water reflectance spectra, corresponding to different SSC

### 3.2 부유사 농도변화에 따른 적분해석

Fig. 3은 부유사 농도와 임의로 분류한 5개밴드(Blue, Green, Red, NIR-1, NIR-2)의 분광반사율의 적분치에 대한 관계를 나타낸 것이다. 두 수조 모두 부유사 농도가 0% 일때는 400~500nm(Blue)영역의 적분치가 가장 크다. 이것은 물의 전형적인 성질로, 순수한 물의 흡수율이 460nm 영역에서 가장 작기 때문에 반사율의 적분치가 가장 큰 것으로 판단된다. 흑색 수조 5개 영역의 적분치는 계속적으로 증가하나, 백색수조의 가시광선영역에서는 계속적으로 감소하는 패턴을 보이고, 근적외선영역에서는 계속적으로 증가하는 패턴을 보인다. Fig. 3에서 A, B, D의 경우 모두 부유사 농도가 100%일 때 600~700nm(Red)영역의 적분치가 가장 높으나, C에서는 500~600nm(Green)영역의 적분치가 가장 높다. 이는 분광반사율이 A, B, D에서 580~600nm 부근에서 가장 높은 반사율을 보이는 반면, C에서는 500nm부근에서 반사율이 가장 높은 것과 관계가 있음을 알 수 있다.

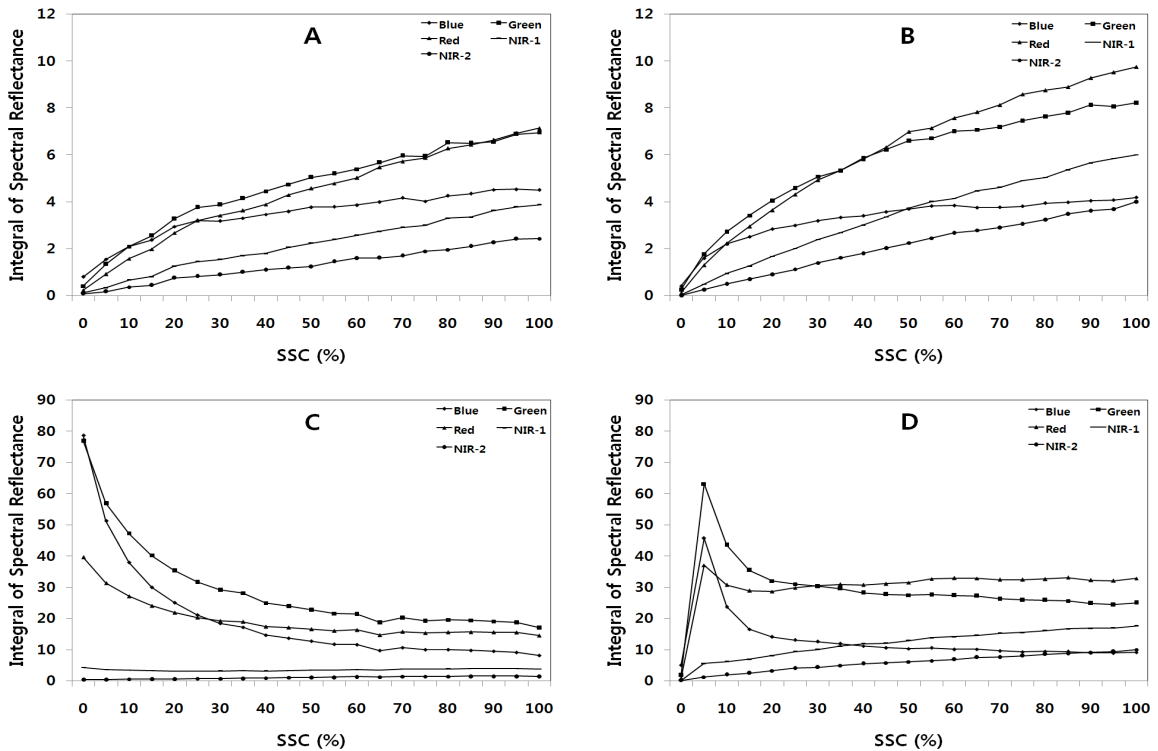


Fig. 3 Integral of spectral reflectance with varying SSC ; A:Black-sand, B:Black-silt, C:White-sand, D:White-silt

Table 1은 부유사 농도와 임의로 분류한 5개 영역의 적분치의 상관관계(n=21)를 구한 결과이다. 흑색수조와 백색수조 모두 r값의 순서가 700~900nm(NIR-1,2), 600~700nm(Red), 500~600nm(Green), 400~500nm(Blue) 순으로 나타났다. 따라서 탁수환경 파악을 위한 파악을 700~900nm의 근적외선 파악영역이 가장 유용하게 활용할 수 있는 파악으로 추정할 수 있다.

Table 1. Correlation coefficients between the integral of reflectance and SSC (n=21)

Water tank color	Texture class	$\int_{400}^{500} R(\lambda)d\lambda$ (Blue)	$\int_{500}^{600} R(\lambda)d\lambda$ (Green)	$\int_{600}^{700} R(\lambda)d\lambda$ (Red)	$\int_{700}^{800} R(\lambda)d\lambda$ (NIR-1)	$\int_{800}^{900} R(\lambda)d\lambda$ (NIR-2)
Black(A)	Sand	0.92 ( $p<0.001$ )	0.96 ( $p<0.001$ )	0.98 ( $p<0.001$ )	0.99 ( $p<0.001$ )	0.99 ( $p<0.001$ )
	Silt	0.86 ( $p<0.001$ )	0.94 ( $p<0.001$ )	0.97 ( $p<0.001$ )	0.99 ( $p<0.001$ )	0.99 ( $p<0.001$ )
White(B)	Sand	-0.77 ( $p<0.001$ )	-0.82 ( $p<0.01$ )	-0.80 ( $p<0.001$ )	0.47 ( $p<0.001$ )	0.98 ( $p<0.001$ )
	Silt	-0.50 ( $p<0.001$ )	-0.31 ( $p<0.01$ )	0.43 ( $p<0.01$ )	0.95 ( $p<0.001$ )	0.98 ( $p<0.001$ )

#### 4. 결 론

본 연구에서는 토사 농도에 따른 분광반사특성을 파악하였고, 토사의 정보를 추정하는데 유용한 파장영역에 대해 검토, 고찰하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 흑색수조는 부유사 농도가 높아질수록 순차적으로 증가하지만, 백색수조는 부유사 농도가 낮아질수록 증가하였다.
2. 흑색수조와 백색수조의 결과가 반대로 나오는 것은 백색수조가 전반사를 하기 때문이며, 가시광선 영역에서 분광반사율은 주변 환경색의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.
3. 임의로 분류한 5개영역의 적분값과 부유사농도와의 상관관계를 구한결과 NIR-2(800~900nm)영역에서 높은 상관(>0.98)성을 보였다. 이 파장대는 부유사농도를 추정할 수 있는 유용한 파장대로 추정된다.

본 연구결과는 위성의 활용분야와 관련하여 부유사농도를 결정하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 과학기술부에서 시행한 원격탐사개발사업의 세부과제인 “정밀 농업정보 추출 및 분석기술 개발(M104DA010003-08D0100-00119)”에 의하여 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 신형섭, 박종화(2008). RS를 이용한 미호천 부유사의 분광반사특성, 충북대학교 농업과학기술연구소, 제 24권, pp. 41-46.
2. Han, L.(1996). Spectral Characterization of Suspended Sediments Generated from Two Texture Classes of Clay Soil, International journal of Remote Sensing, 17(3), pp. 643-649.
3. JOHN R JENSEN.(2000). REMOTE SENSING OF THE ENVIRONMENT, pp. 407-413.