

# Remote Sensing기법을 이용한 하천 토사농도변화에 따른 탁수의 분광반사특성 Spectral Reflectance Characteristics of Turbid Water from River Sediment Density Change using Remote Sensing Techniques

신형섭\*, 박종화\*\*

Hyoung Sub Shin, Jong Hwa Park

## 요 지

최근 들어 국지성호우와 장마, 태풍에 의한 자연재해는 모든 분야에서 심각한 영향을 미치고 있다. 자연재해로 발생한 토사는 하천, 농업용 저수지, 댐 및 하구를 메워 흐름을 방해하고 저서생태계에 미치는 영향은 매우 크다. 이러한 토사는 농업용 저수지와 홍수 조절용 구조물의 사용 수명을 단축시키고, 하상을 높여 흐름을 방해하거나 변화시켜 하천 범람을 발생하기도 한다. 한편 하천범람과 제방 붕괴 등은 농지 침수는 물론 작물의 성장을 방해하는 등 많은 경제적 손실을 가져오고 있다.

본 연구에서는 토사의 농도와 분광반사특성의 상호관계를 알아보기 위하여 분광복사계(Li-1800)를 이용하여 미리 제작한 수조 안의 토사(실트질, 모래질) 농도를 변화시켜 토사농도에 따른 분광반사 특성을 파악하고, 그 특징에 대해 검토, 고찰하였다.

연구결과 실트질의 체적반사율이 모래에 비해 약 40% 높게 나타났으며, 실트와 모래 모두 554~588nm영역에서 최대반사율을 나타내었다. 상관분석 결과 각 토사의 상관계수는 실트질이 0.63~0.99, 모래가 0.73~0.96의 값을 나타냈으며, 두 토양 모두 550~900nm영역에서  $r > 0.90$ 의 높은 상관성을 보였다. 또한, 토사농도에 따른 반사특성은 실트질의 경우 토사 농도가 0~60%까지 470~740nm영역에서 큰 상승폭을 보인 반면, 모래의 경우 토사농도가 25%까지 크게 증가하였으나 30%이상의 농도에서는 변화 폭이 매우 적어지는 특징을 보였다. 토사농도의 변화에 따른 탁수의 분광반사특성은 토사의 종류에 따라 크게 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

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

## 1. 서 론

최근 들어 지구온난화 등에 따른 국지성호우와 장마, 태풍에 의한 토사유출과 자연재해가 증가하면서 다량의 토사가 하천이나 해안으로 유출되고 있다. 이러한 토사는 하천의 하상변형과 농업용 저수지, 댐을 메우는 원인이 되기도 하고, 농업용 저수지와 홍수 조절용 구조물의 수명을 단축시키기도 한다. 이와 같이 다양한 농도의 토사는 하천범람과 제방 붕괴의 원인이 되어 농지 침수 등 재산피해는 물론 많은 인명피해를 가져오기도 한다. 한편 상류유역에서 유입된 토사는 음용수, 레크레이션 및 산업목적의 수질에도 영향을 미친다. 또한 부유사는 수중에 태양복사에너지 전달을 방해하여 수중 생태계의 먹이사슬에 미치는 영향은

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

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

매우 크다.

본 연구는 원격탐사를 이용한 토사재해의 파악을 위한 기초연구로 실트질, 모래질의 부유사 농도와 분광반사특성의 상호관계를 파악하는데 그 목적을 두었다.

## 2. 실험방법 및 분광반사율 계산

### 2.1 실험방법

미호천에서 채취해온 토사를 체가름 시험하여 실트질과 모래의 시료로 구분하고, 농도변화를 위해 각 토사를 10g씩 계량하여 각각 20개씩 준비하여 실험에 사용하였다. 측정에 사용한 기기는 Fig. 1과 같이 분광복사계(Li-1800, Li-Cor Inc.), 노트북, 표준백색판(BaSO<sub>4</sub> 고정판), 배수펌프, 수조, Telescope/Microscope 등이다. 실험방법은 Fig. 2와 같은 조건에서 먼저 표준백색판을 측정한 후 토사농도에 맞추어 제작된 부유사를 측정하고 모든 시료의 측정을 끝낸 후 다시 표준백색판을 측정하였다.



Fig. 1 실험장비의 설치모습  
과 분광반사 시험

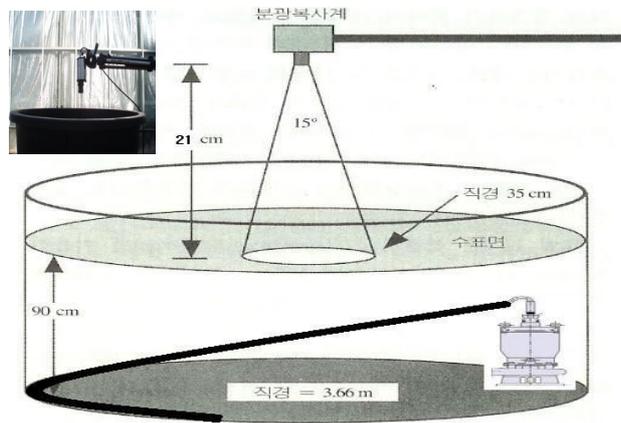


Fig. 2 배수펌프가 설치된 수조 위에 Telescope /  
Microscope를 설치하여 부유사를 측정

### 2.2 분광반사율 계산

분광반사율은 99%의 반사특성을 갖는 표준백색판에서 반사되는 전자파에너지와 대상물체에서 반사되는 전자파에너지의 비로 계산하였다. 이 관계를 식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$R(\lambda) = \frac{L(\lambda)}{S(\lambda)} \times Cal(\lambda) \quad (1)$$

여기서  $L(\lambda)$ 는 대상 물질로부터 반사되는 전자파에너지,  $S(\lambda)$ 는 표준백색판 반사 전자파에너지,  $Cal(\lambda)$ 는 표준백색판의 보정계수이다.

### 3. 분석 결과 및 해석

#### 3.1 부유사 농도변화에 따른 분광반사특성

본 시험연구에서 가정한 실험조건은 하상과 주변 환경을 흑색으로 가정하고 미리 계량한 토사를 이용하여 소정의 부유사 농도로 만든 다음 각 조건에 맞추어 분광특성을 조사하였다. 분광복사계(Li-1800)를 이용하여 실트질과 모래에 관한 분광특성을 300~1100nm의 파장 범위에서 측정 한 후, 부유사 농도에 따른 반사율을 400~900nm 파장 범위로 나타내면 Fig. 3 과 같다. 실트질과 모래의 시료의 경우 부유사 농도가 높아질수록 모든 파장에서 반사율은 높아지는 특징을 보였다. 두 시료 모두 가시광선 영역인 400nm부터 반사가 증가하여 580nm 부근에서 정점을 이룬 후 반사율이 낮아지며 750nm의 수분흡수 파장대에서 흡수된 후 다시 증가하는 경향을 보였다. 또한 실트와 모래를 비교하면 모든 파장범위에서 실트의 반사율이 모래보다 약 40% 높은 것으로 나타났다. 또한 반사율은 실트질의 경우 부유사농도 0%(물)에서 60%까지 470~740nm의 파장에서 큰 폭으로 높아지지만, 65%이후부터는 변화 폭이 낮아지는 특징을 보였다. 모래질의 경우 부유사 농도 25%까지는 큰 변화를 보이지만

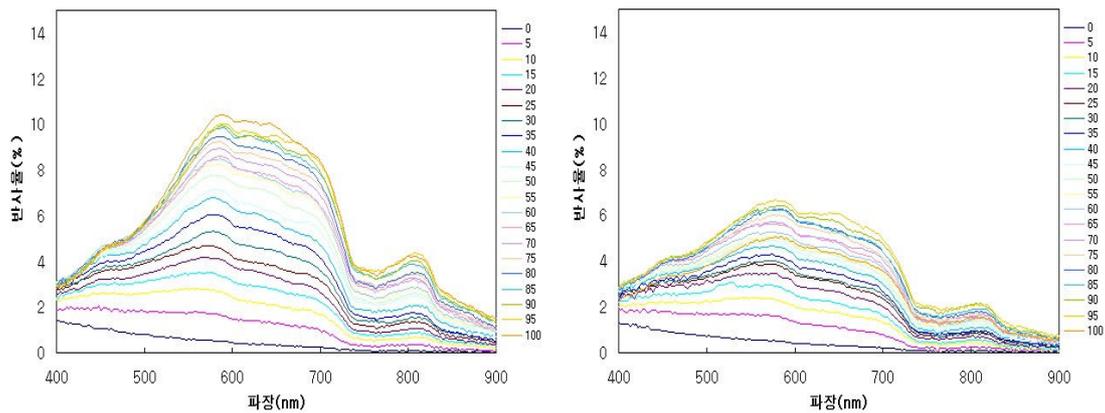


Fig. 3 실트질과 모래질의 부유사 농도에 따른 반사율

30%이후는 매우 적은 변화를 보인다. 이는 각 토사의 광물 조성과 색 그리고 입자 크기(표면적) 등의 영향이 반영된 것으로 해석된다.

Fig. 4는 부유사 농도변화와 최대반사파장의 관계를 나타낸 것이다. 실트질과 모래 모두 농도가 높아질수록 최대반사파장도 높은 파장으로 옮겨 가는 것으로 나타났다. 특히 농도가 낮은 10% 이하에서는 최대반사파장이 파랑 파장영역 부근에서 나타나지만 부유사 농도가 높아지면서 녹색 파장영역으로 최대반사가 이동하여 일정하게 나타나는 특징을 보였다. 두 시료를 비교하면 실트가 모래에 비해 약간 높은 파장영역에서 최대반사를 하는 것으로 나타났다.

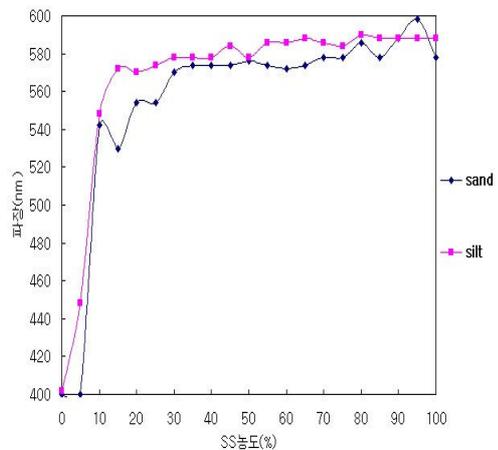


Fig. 4 부유사 농도변화에 따른 최대반사파장

### 3.2 부유사 농도변화에 따른 도함수 해석

Fig. 5는 각 파장영역에서 변화율변화가 가장 크게 나타난 파장영역 파락과 두 시료의 차이를 구분하기 위하여 도함수 해석을 한 결과이다. 부유사 농도변화에 따른 각 파장영역에서의 1차 도함수 변화를 보면 실트질과 모래질 모두 590~610nm의 황색영역과 650~660nm의 적색영역, 695~740nm의 적색 및 근적외선 파장영역에서 변화폭이 큰 것으로 나타났다. 그리고 모래질은 실트질에 비해 상대적으로 변화 폭이 적은 것으로 나타났다. 또한 두 시료 모두 부유사 농도가 높을수록 도함수 변화 폭도 큰 것으로 나타났다.

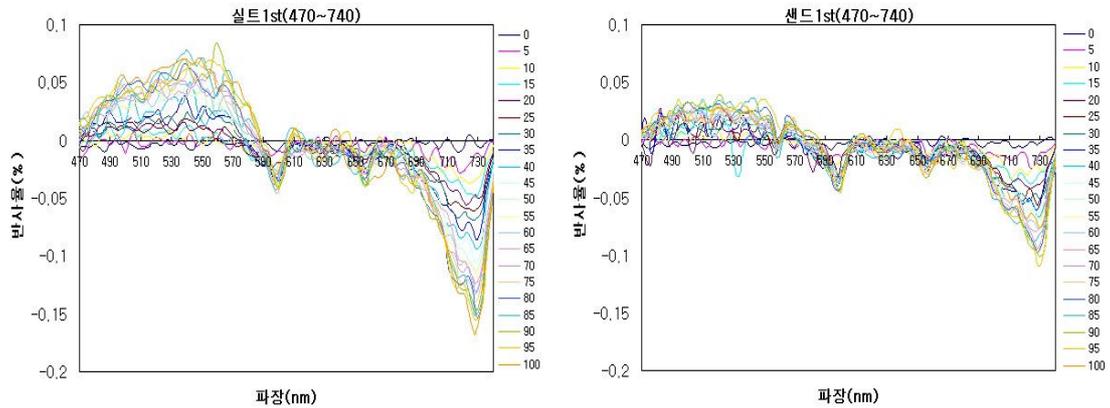


Fig. 5 실트질과 모래의 1차 도함수 해석

### 3.3 부유사 농도변화에 따른 적분해석

Fig. 6는 파장 470~740nm영역을 적분한 값을 나타낸 것이다. 이는 전 파장의 반사특성이 어느 정도 높은가를 파악할 수 있는 방법으로 두 시료를 비교한 결과 적분치의 최대값은 실트질이 농도 100%에서 2980.5, 모래질이 농도 95%에서 1476.56로 실트질이 모래질보다 높은 경향을 보였다. 실트질은 모래에 비해 부유사 농도가 높은 시료에서 약 100%정도 높은 반사를 보이는 것으로 파악되었다.

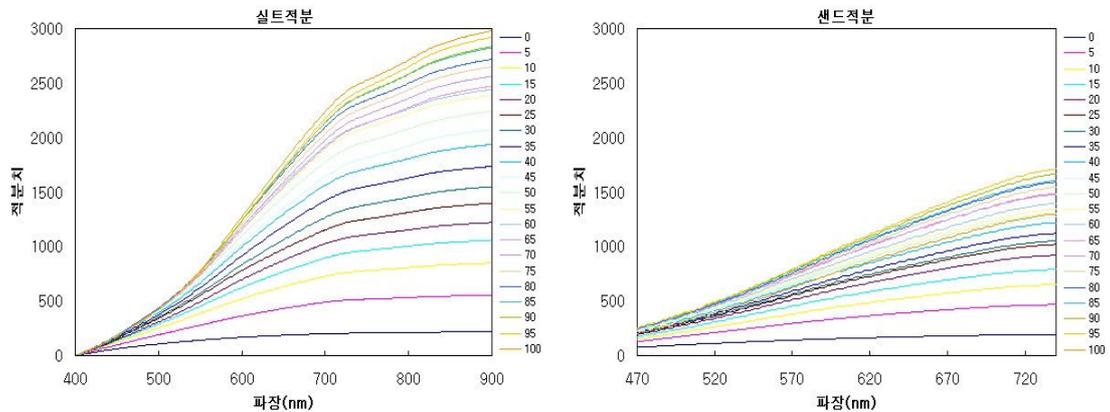


Fig. 6 실트질과 모래질의 적분해석(470~740nm)

### 3.3 부유사 농도변화에 따른 상관계수

Fig. 7은 부유사 농도변화에 따른 실트질과 모래질의 파장에 따른 상관계수를 나타낸 것이다. 상관분석결과 각 토사의 상관계수는 실트질의 경우 0.63~0.99의 범위를 보이고, 모래질의 경우 0.73~0.96의 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 두 토양 모두 550~900nm 영역에서  $r > 0.90$ 의 높은 상관성을 보였다. 실트질의 경우 874nm, 모래질의 경우 824nm에서 가장 높은 상관성을 나타내고 전체적으로 실트질이 모래질보다 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다.

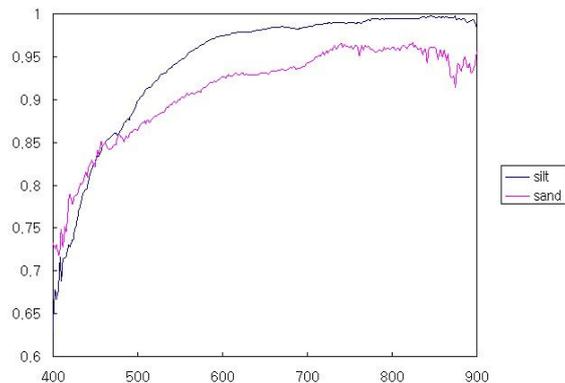


Fig. 7 부유사 농도변화에 따른 실트질과 모래질의 상관계수

#### 4. 결론

본 연구는 원격탐사를 이용한 토사재해의 파악을 위한 기초연구로 실트질, 모래질의 부유사 농도와 분광반사특성의 상호관계를 파악하는데 그 목적을 두었다. 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 부유사의 농도가 높아질수록 가시광선 영역인 470~740nm의 파장에서는 거의 대부분 반사가 이루어지고, 모두 554~588nm 영역에서 최대 반사율을 나타냈다.
2. 실트와 모래를 비교하면 모든 파장범위에서 실트의 반사율이 모래보다 약 40% 높은 것으로 나타났다.
3. 실트질과 모래질 모두 최대반사는 보다 많은 부유사가 첨가될수록 가시영역내에서 실트질이 모래질에 비해 약간 높은 파장영역에서 최대반사를 하는 것으로 나타났다.
4. 1차 도함수 변화를 보면 실트질과 모래질 모두 590~610nm의 황색영역과 650~660nm의 적색영역, 695~740nm의 적색 및 근적외선 파장영역에서 변화폭이 큰 것으로 나타났다.
5. 실트질은 모래질에 비해 부유사 농도가 높은 시료에서 약 100%정도 높은 반사를 보이는 것으로 파악되었다.
6. 상관분석결과 각 토사의 상관계수는 실트질 0.63~0.99, 모래질 0.73~0.96의 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.
7. 두 토양 모두 550~900nm 영역에서  $r > 0.90$ 의 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. Curran, P.J., 1983. Estimating Green LAI From Multispectral Aerial Photograghy. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49, pp.1709-1720