

Remote Sensing기법에 의한 자연하천수와 토양의 분광반사특성

○ 박종화*, 전택기**, 이상혁**, 신용희**

1. 서론

미래농업에서는 생산력과 수익성이 높고 자원에너지를 효과적으로 사용하여 환경에 부하가 적은 안전한 식량생산과 관리시스템이 요구될 것이다. 그러나, 도시화와 산업화에 따른 농업환경의 변화는 농경지의 건조화와 사막화를 가속시켜 토지생산성 저하의 원인이 되기도 한다. 따라서, 환경변화가 농림생태계에 미치는 영향을 평가하고 이에 대한 대책을 마련하기 위하여 농림업분야에 Remote Sensing(이후 RS)기법을 이용하여 다각적으로 농림업의 생리와 생산성 등에 적용할 수 있는 방법을 모색해 가고 있다. 또한, 이러한 현상이 예상되는 지역에 대한 자연하천과 토양조사 및 작물조사 등을 통해 유효농지의 황폐화를 막고 생산성을 향상시킬 필요성이 있으며 체계적인 토양과 작물관리가 가능하도록 할 필요가 있다.

이와 같은 문제점 해결과 농업의 생산과 관리활동에 적용할 수 있도록 RS기법을 이용하여 자연하천과 토양에 관한 기초자료를 수집하고 이 들 정보취득방법과 그 결과를 제시하였다.

2. 실험개요 및 방법

1) 조사지구 및 공시토양의 특성

자연상태의 물과 수리구조물 및 식생에 관한 조사는 다음의 자연하천 주변의 두 지점에서 실시하고 이에 대한 분광반사특성을 조사하였다.

- ① 충북 청원군 옥산면소재 병천천의 깨끗한 하천수.
- ② 충북 청원군 옥산면 병천천과 미호천 합류지점에 위치한 제지회사 방류구의 오염된 하천수.

토양의 분광반사특성은 충북지방을 중심으로 표 1과 같이 토양특성이 서로 다른 7개 지점을 선택하여 조사하였다. 이 들 토양특성을 분석한 결과 크게 다음의 세 가지로 구분 지을 수 있었다.

- ① 충북 청원군에 위치하고 있는 미호천변의 모래.
- ② 산지주변의 톱과 사질토.
- ③ 연안 갯벌의 실트질 점토토.

각 토양시료는 각 시험지구 표면 5cm의 표토를 채취하여 자연습수비 조건에서 물리적 성질을 조사하고, 각각 자연습수비 상태의 분광반사특성을 측정하였다.

* 충북대학교 농과대학 조교수

** 충북대학교 농과대학 석사과정

표 1 7개 지점 토양의 자연함수비와 입도분포

토양구분	분 류	시료채취 지점	함수비(%)	모래(%)	실트(%)	점토(%)
Type1	Sand	미호천변	0.15	100	0	0
Type2	Loam	오창 A	25.46	36.33	40.57	23.10
Type3	Sandy loam	청주	27.32	67.31	30.17	2.52
Type4	Loam	오창 B	16.57	52.83	38.11	14.72
Type5	Silty clay loam	매항	64.92	6.97	66.24	26.79
Type6	Silty clay loam	선창포구	72.98	1.57	64.84	33.59
Type7	Silty loam	보은	38.11	29.81	65.19	5.00

2) 분광반사스펙트럼의 측정방법

분광반사스펙트럼 측정은 먼저 반사율이 99%인 표준백색판(30cm×30cm크기)에 관한 반사전자파에너지를 측정(3회 측정)하고 다음으로 각각의 시료가 갖는 여러 조건에 관한 시료의 반사전자파에너지를 측정(3회 측정)하여 각 파장의 비를 식(1)에 의하여 구한다. 여기서 구해진 3회 평균값을 사용하여 반사율로 하였다. 반사율 계산은 반사판에 입사되는 입사전자파를 100으로 하고 시료에 입사하여 반사되는 양을 측정하여 그 비를 다음 식과 같이 계산하여 반사율 $R(\lambda)$ 로 하였다.

$$R(\lambda) = \frac{I_a(\lambda)}{I_r(\lambda)} \quad (1)$$

여기서, $I_a(\lambda)$: 시료의 반사 전자파에너지, $I_r(\lambda)$: 표준 백색판의 반사 전자파에너지이다.

시료는 그림 1과 같이 40cm×40cm크기의 사각형 트레이에 5cm두께로 토양표면을 고르게 하여 사용하였다. 분광반사스펙트럼 측정은 Spectro-radiometer (LI-1800, 측정파장역 : 300nm ~ 1100nm, 측정 간격 : 10nm)에 Telescope을 연결하여 시료의 약 1m위에 설치하여 FOV 15° 로 측정하였다.

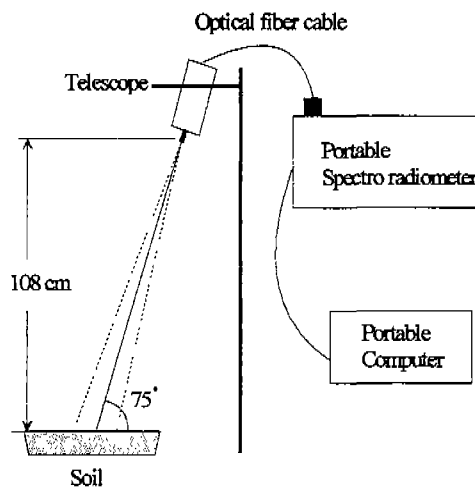


그림 1 분광반사스펙트럼의 측정 개요도

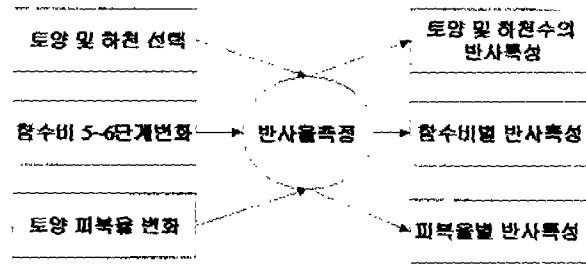


그림 2 분광반사특성 측정방법

본 연구에서 실시한 분광반사특성 측정방법을 정리하면 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

3. 실험결과 및 고찰

1) 표준백색판 측정치의 보정

분광반사특성조사에서 표준백색판 측정값을 정량적으로 추정할 수 있는 방법을 찾아 적용한다면 측정시간과 오차를 줄일 수 있을 것이다. 따라서, 추정에 필요한 관계식을 얻기 위해서는 태양고도의 연간변화와 하루의 변화를 고려할 필요가 있을 것이다. 따라서, 태양고도의 연간변화는 크게 하지와 동지를 기준으로 두 기간으로 나누어 해석할 수 있을 것이다.

또한, 하루(1일)동안의 분광반사스펙트럼도 시간의 경과와 함께 태양으로부터의 입사각이 변화하여 서로 다르게 나타날 것이다. 그림 3은 파장과 시간별 표준백색판 값을 11월 20일 하루 동안 30분 간격으로 측정하여 최대 분광반사 값에 대한 각각의 표준백색판 값의 비를 도시한 것이다. 그 결과 반사율의 비는 시간의 경과와 함께 일정한 비율로 변화하였다. 이의 변화관계를 알아보기 위하여 x축을 오전 10시부터 오후 4시까지 변화되는 시간경과로 하고 y축을 최대분광반사 스펙트럼 값의 비율로 하여, 가시광선대의 650nm(R)과 근적외선대의 850nm(IR)의 비율을 서로 구분하여 나타내면 그림 4와 같다. 오전 10시부터 측정하여 오후 4시까지의 변화를 보면 태양이 정남향의 중앙에 위치하였을 때를 기준으로 상승과 하강의 변화를 나타낸다. 이는 전파장대에 걸쳐 태양이 정남향 중앙을 정점으로 오전에는 태양 에너지의 증가와 함께 반사율도 증가하고 오후에는 태양의 입사각 변화에 의해 반사율도 감소하는 특성을 반영한 것이라 할 수 있다.

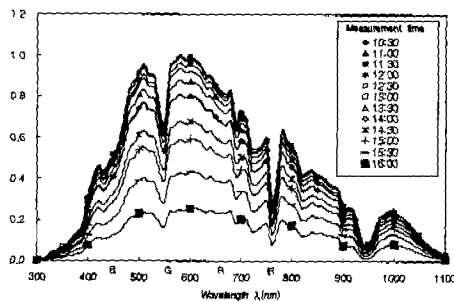


그림 3 하루(1일)동안의 분광반사스펙트럼의 변화 (2000년 11월 20일 측정)

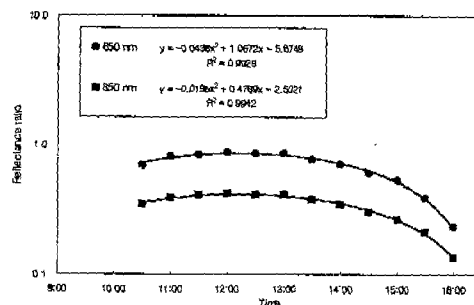


그림 4 시간경과에 따른 최대분광반사 스펙트럼 값의 비율

2) 자연조건 하천수의 반사특성

농업생태계를 구성하고 있는 각 생물과 물체들이 어떠한 반사특성을 가지고 있는지를 알아보기 위하여 자연조건에서의 하천수와 토양에 관한 반사특성을 조사하였다. 그림 5는 충북 청원군 옥산면 장동소재 병천천 보를 월류하여 흐르는 깨끗한 하천수의 반사특성을 나타낸 것이다. 여기서, WG-1은 자연하천에서 수심 2cm로 이끼가 약간 낀 모래 위를 파가 거의 없이 느리게 흐르는 경우이다. 이와 같이 물 속에 이끼류 등 식물이 존재하는 경우 근적외선대에서 식물의 반사특성과 같은 높은 반사율을 나타낸다. WG-2는 얇은 자갈과 모래(5mm~30mm)가 섞여 수심 4cm로 파를 높게 형성하며 빠르게 흐르는 흐름에서의 반사특성이다. WG-3은 하천바닥이 가는모래로 구성되어 있고 수심이 12cm인 곳에 잔물결을 이루며 느리게 흐르는 흐름의 반사특성이다. WG-4는 수심이 39cm되는 취수로 내에 흐름이 정지되어 고여 있는 물에 관한 반사율을 나타낸 것이다. 수심이 낮은 곳의 흐름에서 파의 영향은 WG-2와 같이 빛의 산란작용으로 반사특성에도 물아래 존재하는 재료의 반사특성이 반영되어 나타나는 특징을 보였다. 이와 같이 물의 반사특성은 전반적으로 낮은 반사율을 나타내며 물의 흐름조건과 수위 및 수면아래에 존재하는 물질의 종류에 따라 반사 폭에 차이를 보였으며 특히 근적외선 부근에서 큰 차이를 나타냈다.

3) 자연함수비 조건에서 토양의 분광반사특성

토양에 관한 RS데이터는 식생 등의 데이터를 판독하는데 작물사이사이의 반사특성으로 나타나 식물판독의 노이즈로 작용하게 되므로 토양의 분광반사특성 파악은 매우 중요하다. 특히, 위성데이터로부터 토양정보를 얻어내기 위해서는 토양고유의 분광특성을 파악해두는 것이 필요하다.

시험지구 6개소에서 채취한 토양에 대해 자연함수비 조건에서 측정된 분광반사특성 결과를 파장(wavelength, nm)과 반사율(reflectance, %)로 나타내면 그림 6과 같다. 그림과 같이 각 토양의 반사특성은 500nm이하의 파장대에서는 서로 유사한 변화패턴을 보이나, 550~600nm(G)영역에서 토양의 구성성분에 따라 변화에 차이를 보이며 교차한 뒤 근적외선대에서는 일정한 반사율 패턴을 나타낸다.

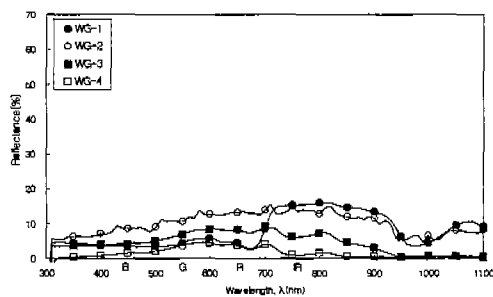


그림 5 깨끗한 하천수의 반사특성

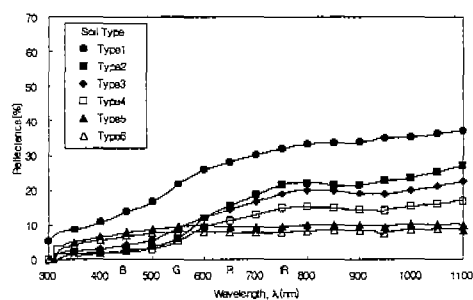


그림 6 자연함수비 조건에서 측정된 토양의 분광반사특성

토양의 분광반사율곡선은 전반적으로 식물이 나타내는 반사율곡선보다 단조로운 형태로 가시광대부터 근적외대까지 파장의 증가와 함께 분광반사율도 증가하는 특징을 나타낸다. 그 중에서도 자연함수비 조건에서 Type 1의 모래는 근적외(IR) 파장대에서 가장 높은 반사율을 나타내었고, Type 2, 3, 4의 황토와 화강암 풍화토는 가시광대에서 비교적 낮은 반사율을 나타내나 근적외(IR) 파장대로 갈수록 반사율이 높아져 17~27%를 나타내고 있다. 반사곡선이 형성하는 기울기는 가시광대부터 근적외대 시작부에서 일정하게 증가하는 경향을 보이다 일정한 형태의 반사율을 보였다. Type 5, 6의 갯벌 토양은 다른 토양에 비해 현저하게 낮은 반사율을 나타내며 가시광대부터 근적외대에 이르기까지 거의 같은 10%이하의 낮은 반사율을 나타냈다.

4) 함수비 변화에 따른 토양의 분광반사특성

그림 7은 토양의 함수비 변화에 따른 분광반사율의 변화를 그래프로 나타낸 일례(예, Type 1)이다. 이 때 각 토양의 함수비 조절은 각 시험지구에서 채취해 온 토양을 자연건조시킨 뒤 수분공급을 통하여 일정 함수비로 조절한 후 측정하였다.

그림과 같이 모든 토양은 공통적으로 토양수분량이 증가함에 따라 반사율은 낮아지는 경향을 보였다. 이는 물의 분광반사특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 즉, 물의 분광반사특성은 가시광대에서 낮은 반사특성을 보이거나 근적외선대부터는 거의 반사하지 않는 특징을 갖는다. 따라서, 토양수분이 증가하면 토양의 분광반사특성에 물이 갖는 고유의 분광반사특성이 영향을 미쳐 서로가 혼합된 형태의 분광반사특성을 나타낸다. 또한, 함수비 변화에 따라 함수비가 증가하면 그래프형태는 반사율이 저하된 형태로 거의 같은 스펙트럼패턴을 유지한다. 이는 수분의 증가와 상관없이 물질구성이 같으므로 반사특성에는 영향을 미치지 않은 결과로 해석된다.

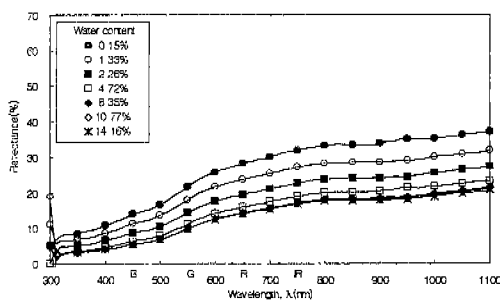


그림 7 토양의 함수비변화에 따른 분광반사율(Ex. Type 1)

표 2 토양선의 각 계수 값

토양종류	a	b	R ²
Type1	1.09	2.69	1.00
Type2,4	1.14	2.87	0.99
Type3	1.10	4.56	0.99
Type5,6	1.17	0.33	0.99
Type7	1.11	5.37	0.99

적은 양의 자료를 통해 토양을 정확히 구분 짓고 판별하기는 어렵지만 본 연구에 사용한 토양에 관해 크게 분류해보면 다음과 같이 세 종류로 구분되어 진다.

첫째는 Type 1(모래)의 반사특성으로 함수비 변화에 관계없이 파장의 증가와 함께 반사율도 점진적으로 증가하는 형태.

둘째는 Type 5, 6(갯벌 토양인 매항리와 선창포구의 실트질점토류)은 함수비 변화에도

전파장대의 반사율이 낮은 토양. 유기물함량이 많은 토양이 갖는 분광반사곡선의 변화 특성과 유사.

세제는 Type 2,3,4,7(흙과 사질흙, 실트흙)로 550nm이하의 파장대에서 매우 낮은 반사율을 나타내며, 파장의 증가와 함께 약간씩 증가하는 형. 특히, 550nm를 전후하여 800nm까지는 반사율이 급격히 증가하며, 이후 일정구간 일정한 반사율을 나타내다 950nm부터 다시 상승하는 경향을 나타냄.

이와 같이 분류하였을 경우 Condit의 분류법과 매우 유사한 형태로 분류되었다.

5) 토양정보 취득방법

토양의 분광반사곡선에서 변화가 일정하고 독특한 성질을 나타내는 특징 있는 두 파장대 즉, 가시광선 파장대 빨강(R)의 650nm와 근적외파장대(IR) 850nm를 선택하여 토양정보추출을 위한 기준파장대로 설정하였다. R의 650nm와 IR 850nm를 각각 x축과 y축으로 하여 토양의 반사율을 비교해 보면 식 (2)와 같이 서로 일정한 비를 가진 선형관계가 나타난다.

$$IR_{850nm} = a R_{650nm} + b \quad (2)$$

여기서, IR_{850nm} : 근적외파장대(IR)850nm의 반사율

R_{650nm} : 가시광선파장(R)650nm 의 반사율

a, b : 실험결과 얻어지는 상수

표 2는 본 연구에서 사용한 토양에 관한 각 계수 값을 나타낸 것으로 매우 높은 상관관계를 나타낸다. 이 값을 이용하여 토양정보를 취득하는 식이 된다.

4. 결 론

RS기법을 이용하여 자연 하천수와 토양에 관한 분광반사특성을 정리하면 다음과 같다.

1. 측정일수와 측정시간에 따라 달라지는 분광방사에너지 값을 고려할 수 있는 방법에 대해 검토한 결과 표준백색판 측정값을 이용하여 높은 상관성을 갖는 식을 유도할 수 있었다.
2. 자연상태의 토양과 물, 식물의 분광반사특성을 조사한 결과 물체의 종류 및 환경조건이 다를 경우 분광반사곡선의 형태 즉 특성이 서로 다르게 나타나는 것이 확인되었다. 특히, 물은 가시광대의 낮은 파장에서만 반사하고 근적외선부터는 전부 흡수되는 특징을 나타냈다.
3. 토양의 분광반사특성은 토양종류에 따라 토양 고유의 분광반사곡선을 가지며, 파장의 증가와 함께 거의 모든 토양의 반사율이 일정한 비율로 증가하는 특징을 나타냈다.
4. 토양의 함수비변화에 따른 반사율은 함수량 증가와 함께 전 파장에서 일정한 비율로 감소하지만, 토양고유의 분광반사곡선형태는 그대로 유지하면서 변화되는 특징을 보였다.
5. 토양정보추출을 위하여 가시파장(650nm)과 근적외파장(850nm) 두 파장의 반사율을 이용한 결과 두 파장간에는 선형관계의 매우 높은 상관성을 보였다.

5. 참고문헌

Derek R. Peddle외 3인, Reflectance processing of remote sensing, Computers & Geosciences, Vol.27 No.2, pp.203-213 , 2001