

# 수문해석을 위한 광역유역내의 토양 및 식생정보 추출방법에 관한 연구

- 주로 위성리모트센싱을 이용하여 -

## A Study of Extracting Method of Soil and Vegetation Information for Hydrological Analysis

- Mainly using the Satellite Remote Sensing -

박            종            화\*  
Park,        Jong        Hwa

### Summary

The purpose of this study was to clarify the reflectance of soil and plant in order to extract the soil and vegetation informations using the satellite remote sensing data. The influence of soil moisture content and vegetation cover rate on the soil reflectance, and the relationship between vegetation reflectance and its vitality were discussed.

The results obtained in this study were summarized as follows;

- 1) The soil reflectance( $R_{0.65}$ ) of wavelength  $0.65\mu\text{m}$  was closely related to the reflectance( $IR_{0.85}$ ) of wavelength  $0.85\mu\text{m}$ . This relationship could be expressed by soil line.
- 2) A point on the soil line was affected by the soil moisture ratio and the organic matter content.
- 3) The vegetation cover rate was formulated in terms of soil and vegetation reflectance at wavelengths of  $0.65\mu\text{m}$ ( $R_{0.65}$ ) and  $0.85\mu\text{m}$ ( $IR_{0.85}$ ).
- 4) The vegetation reflectance was strongly influenced by its vitality, which was related to the moisture content and the chlorophyll *a* concentration.

### I. 서      론

유역내에 분포하는 토양과 그 지표면을 피

복하고 있는 식생의 종류 및 분포상황등은 지구전체의 에너지수지 및 지구상의 에너지 유송을 지배하는 요소이기도 하며, 토양수분이

\*일본 수산청 수산공학연구소

키워드 : 리모트센싱, 토양반사율, 토양수분량, 식생, Soil line, VI

동, 빗물의 유출 및 유역의 물수지평가 등의 수문현상, 비에 의한 토양침식 및 농경지의 수몰 등 토사재해의 발생, 더하여는 농업적 토지의 효율적 이용에 크나큰 영향을 미치고 있다. 특히 최근에 있어서는 지구의 온난화현상등 지구규모로 기온변화가 심해, 농업에 있어서도 환경변화를 가져와, 농경지의 사막화 및 건조화를 가속시켜 토지의 생산성의 저하 문제가 식량의 생산성에 많은 영향을 미치고 있다. 따라서, 장래에 사막화 및 건조화가 예상되는 지역이 토양에 관한 정보를 미리 수집하고, 토양 및 식생변화를 경시적을 추적해 두는 것은, 유효한 사막화와 건조화 대책을 마련하는데 유효하다고 할 수 있다. 이와 같은 유역내의 토양 및 식생분포에 관한 정보를 효율적이고 정확히 추출하고 수집하는 것은 이 지역의 수문특성과악 및 유역내의 토사재해발생을 예측하고 제어하는데 매우 중요하며 또한 쾌적한 농업환경을 만드는데 있어서도 필요한 요건이라 할 수 있다.

한편 복잡한 지형과 광역지에 관한 정량적 데이터를 현지조사 등에 의해 직접 수집하는 것은 매우 많은 노력과 시간을 필요로 하며, 자연조건의 변화와 시간변동으로 인한 상황을 신속하고 정확하게 파악하는 것이 곤란하다.<sup>1)</sup> 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 광역적 조사와 측정의 동시성이 요구되며, 이에 부응하여 크나큰 위력을 발휘하는 것이 리모트센싱이라 할 수 있다. 이와 같은 리모트센싱 기법을 이용하여, 본 논문에서는 유역내의 중요한 환경정보인 토양수분량과 식생피복율이 토양반사율에 미치는 영향 및 식생피복율과 활성과의 관계를 실험적으로 검토, 고찰했다.

## II. 실험개요

### 1. 스펙트럼 계측

지구관측위성(예를 들면, Landsat, MOS,

NOAA 등)에 탑재한 광학센서로 감지된 전자파에너지는, 태양광으로부터 반사된 전자파에너지가 지표면에 도달하여 토양과 식생여건, 물입자 등에 의해 흡수·산란·투과 및 반사한 에너지이다. 이는 지표면의 물질조성의 이질성에 의해 식 (1)과 같이 다른 분광특성을 나타낸다.

$$I_s(\lambda) = \tau(\lambda) R(\lambda) I_0(\lambda) + P(\lambda) \dots \dots \dots (1)$$

- 여기서,  $\lambda$  : 파장
- $I_s$  : 센서에 입사된 전자파에너지 즉, 분광반사율
- $\tau(\lambda)$  : 대기투과율
- $R(\lambda)$  : 지표면의 반사율
- $I_0(\lambda)$  : 지표면에 입사한 전자파에너지
- $R(\lambda)I_0(\lambda)$  : 지표면 바로 위의 상방향분광반사휘도(= $u_p$ )
- $P(\lambda)$  : Path radiance, 즉 대기중의 공기분자 및 에어졸에 의해 산란한 휘도

Fig. 1과 같이 센서에 의해 감지된 전자파에너지는 지표면상의 물체종류 및 상태에 의

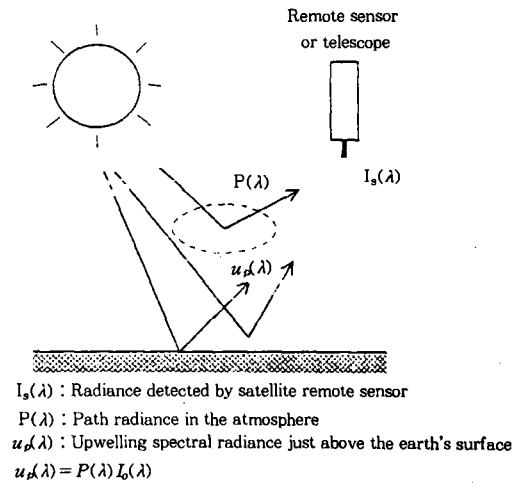


Fig. 1. Schematic drawing of the optical remote sensing system used to extract soil and vegetation information

해 변화하는 반사율  $R(\lambda)$ 에 의해 크게 변화하는 특징을 보인다. 따라서, 이같은 화상데이터로부터 토양 및 식생정보를 올바르게 추출해내기 위해서는 먼저 여러조건에서의 토양 및 식생에 관한 반사특성을 파악하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 토양 및 식생피복율에 관한 반사율을 측정하기 위해 Fig. 2와 같은 장치를 이용하여 측정했다. 즉, 반사율은 파장별 빛에너지 분산장치에 연결된 망원경의 60cm 밑에 시료 및 표준백색판을 설치하여 측정하였으며 그 반사전자파에너지는 식 (2)에 의해 구했다.

$$R(\lambda) = I_o(\lambda) / I_r(\lambda) \dots \dots \dots (2)$$

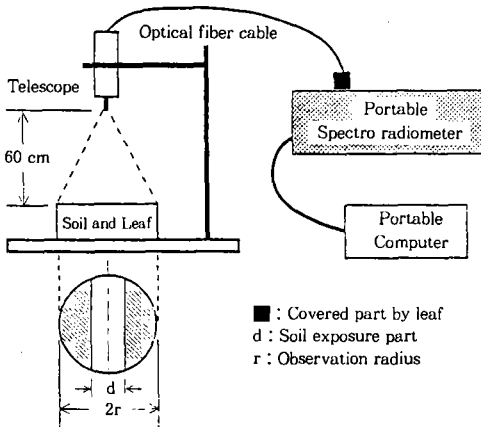


Fig. 2. Schematic diagram of the measuring instrument

여기서,

$I_o(\lambda)$  : 시료의 반사전자파에너지

$I_r(\lambda)$  : 표준백색판의 반사전자파에너지

계측은 토양 및 식생조건에 따라 반사되는 빛에너지를  $0.01\mu\text{m}$ 의 파장간격으로  $0.3\mu\text{m}$ 에서  $1.1\mu\text{m}$ 까지 행하여 2회 반복하여 얻은 데이터의 평균치를 반사휘도로 했다. 또한 반사율의 계산은 미리 표준반사판의 반사휘도를 측정해 놓고 그 반사휘도와 토양 및 식생피복에 관한 반사휘도의 비를 반사율로 했다.

## 2. 시료 및 측정조건

본 연구에 사용한 토양은 일본사가현의 유역내에서 채취한 것이며, 이 토양의 관측적·물리적 특징은 Table-1과 같다.

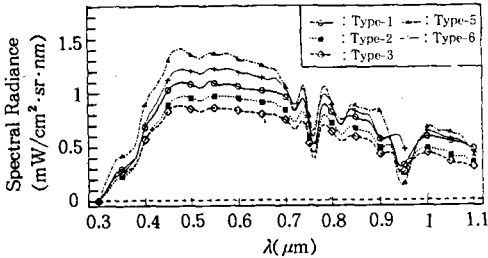
실험방법은, 첫째 토양수분량과 토양반사특성과의 관계를 명확히 하기 위해, 각 토양에 관한 함수비를 5~9단계로 변화시켜 그 반사율을 측정했다. 둘째, 식생피복율에 따른 반사율의 변화특성을 보기 위해 Table-2와 같은 공시체의 노출폭과 식생피복율과의 관계를 설정했다. 셋째, 반사특성과 식생의 활성과의 관계를 칩잎을 이용하여 Chlorophyll-a 경시적 변화, 잎의 계절적상태변화에 관해 측정했다. 경시적변화에 따른 측정은 채취직후의 녹색잎과 한시간, 두시간 경과후의 시들은 녹색잎에 관해 실시했다. 그리고, 잎의 상태변화에 따른 측정은 황색잎과 마른잎을 이용하여 반사율을 측정했다. 이 같은 토양 및 식생에 관한 반사

Table-1. Soil types and physical characteristics

Soil thpe	Classification	Sampling site	Sun altitude	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Gs	$I_L$ (%)
Type 1	Brown earth	River side	43° 24'	97.7	1.3	1.0	2,573	1.80
Type 2	Yellow earth	Forest	41° 01'	87.3	4.0	8.7	2,506	1.60
Type 3	Gray warp soil	Paddy field	37° 43'	38.4	19.2	42.5	2,663	10.2
Type 4	Volcanic ash soil	Volcanic zone		15.3	2.5	82.2	2,461	19.9
Type 5	Dark red latosol	Field	64° 41'	4.8	24.1	71.1	2,808	10.0
Type 6	Gleyed soil	Reclaimed zone	57° 19'	3.2	45.6	51.2	2,536	9.40

**Table-2. Exposure width and vegetation cover rate of soil and leaf**

Exposure width d(cm)	Vegetation cover rate (%)
0.0	100.0
1.0	85.88
2.0	71.94
3.0	58.36
4.0	45.33
5.0	33.09
6.0	21.91
	0.000



**Fig. 3. Difference of the variations spectral radiance just above the earth's surface with  $\lambda$  between soil types**

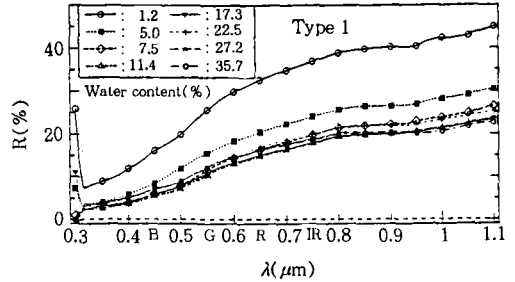
을 측정시의 지표면의 입사한 태양에너지 분포곡선은 Fig. 3과 같다. 측정시의 날씨는 모두 맑았으며, 완전확산조건이었다.

### III. 실험결과 및 검토, 고찰

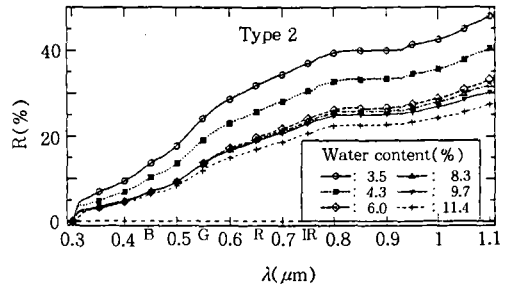
#### 1. 토양함수비와 반사율과의 관계

Fig. 4~9는, Table-1에 표시된 토양의 토양함수비와 그 반사율곡선과의 관계를 표시한 것이다. Fig. 10은 토양함수비가 거의 동일한 조건에서의 반사율특성을 나타낸 것이다.

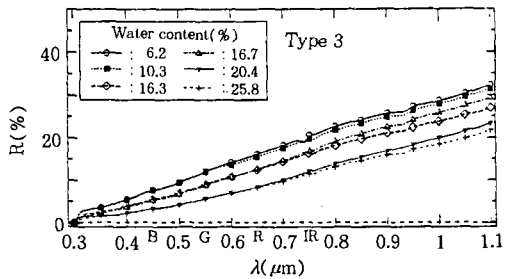
그림과 같이, 토양의 반사율은 토양함수비가 증가함에 따라 전파장역(가시파장역에서 근적외파장역에 이르기까지)에서 저하하는 경향을 띠고 있다. 이러한 특성은 토양이 습윤 상태에서 건조상태로 변화함에 따라 그 반사



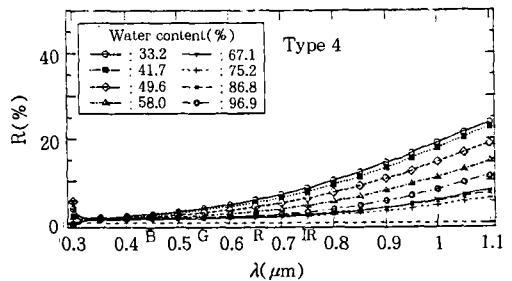
**Fig. 4. Relationship between water content and reflection rate for Type 1**



**Fig. 5. Relationship between water content and reflection rate for Type 2**



**Fig. 6. Relationship between water content and reflection rate for Type 3**



**Fig. 7. Relationship between water content and reflection rate for Type 4**

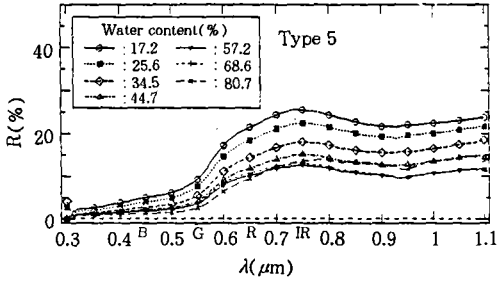


Fig. 8. Relationship between water content and reflection rate for Type 5

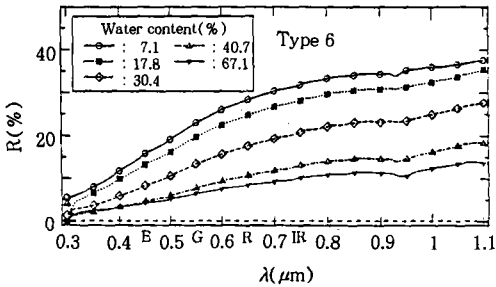


Fig. 9. Relationship between water content and reflection rate for Type 6

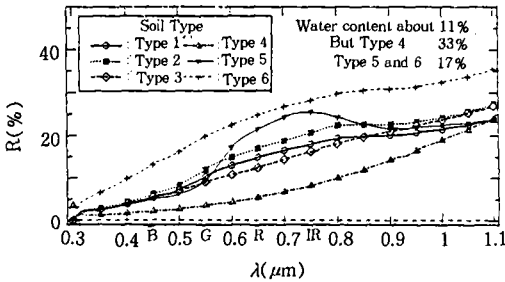


Fig. 10. Relationship between water content and reflection rate at various Types

율은 크게 높아지며, 그에 따른 증발산량도 증가하므로, 이러한 변화는 수문량을 파악하는데 있어서 중요하다. 또 하나의 반사율곡선의 특징은 함수비의 변화에도 각 토양고유의 형상은 유지하면서 변화한다는 점이다.

포장토(Type 3)의 경우에는 전파장역에 있어서 직선적으로 증가하는 분포를 나타냈다. 한편, 적색토(Type 5)는 청색(4.5μm)반사율이 다른 토양에 비해 특히 낮으나 가시광선의

파장(7.2μm)역에서 급구배곡선이 되어 반사율은 최대치를 나타내며, 철상분포를 보였다. 그러나, 파장이 0.7μm 이상에서는 그 증가율이 떨어지는 경향을 나타냈다. 그리고 Type 1, Type 2, Type 6의 경우 0.3μm에서 0.7μm 범위의 파장역에서는 파장이 증가함에 따라 반사율도 비교적 크게 증대하나 파장이 0.7μm 이상에서는 그 증가율이 적어지는 경향을 보였다.

Type 4의 경우 파장 0.3μm에서 0.7μm 범위에서도 반사율은 비교적 완만하게 증가하나, 0.7μm 부근에서부터 그 증가율은 크며 요상분포를 보였다. 이러한 특징을 종합해 보면, 각 토양의 반사율 곡선은 각계 토양고유의 형상을 가지며, 각 토양의 물리·화학적 조성을 종합적으로 반영하여 나타난 것이라 할 수 있다. 특히 파장 0.72μm 부근을 경계로 즉, 가시파장역(R)과 근적외파장역(IR)에서는 포장토(Type 3)를 제외한 각 토양의 반사특성이 매우 크게 변화하는 경향을 보였다.

여기서, 데이터 상호관계를 보기 위하여 각 토양의 분광반사율곡선의 변화점이라 할 수 있는 가시파장 0.65μm의 반사율  $R_{0.65}$ 을 횡축, 근적외파장 0.85μm의 반사율  $IR_{0.85}$ 을 종축으로 하여 도시하면 Fig. 11과 같다.

그림과 같이, 두 파장대의 반사율관계에서 나타나는 토양특성은 함수비의 대소에도 불구하고 양자간에 매우 높은 상관성(상관계수  $r = 0.99$ )을 나타냈다. 이러한 두 파장대 사이의 반사율은 식 (3)의 관계가 성립한다.

$$IR_{0.85} = a R_{0.65} b \dots\dots\dots (3)$$

여기서,

$IR_{0.85}$  : 근적외파장 0.85μm의 반사율

$R_{0.65}$  : 가시광선파장 0.65μm의 반사율

$a, b$  : 실험결과 얻어지는 계수

식 (3)은 일반적으로 Soil line이라 불리워

지며, 본 실험에 있어서의 계수  $a$ ,  $b$ 는 Fig. 11의 관계를 보였다. 여기서, Soil line 직선상의 위치는 토양의 조성하고 함수비와 밀접한 관계에 있다고 알려져 있다.<sup>1)</sup> 즉, 토양의 종류 및 그 함수비 조건은 달라도 일정구배의 Soil line 직선상의 존재한다는 점이다. 이는 토지의 비옥도와도 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로, 식생 0%를 나타내는 기준선이라 할 수 있다. 이 같은 관계를 토양의 물리적 특성과 관련지어 검토하면 다음과 같다. Table-1에 표시한 각 토양의 작열감량비  $I_L$ 와 Soil line과 종축과의 교점에서 각 토양의 Soil line 위의 Plot 위치까지의 거리를  $D_s$ 라 하였으며, 식으로 표

현하면  $D_s (= \sqrt{R_{0.65}^2 + (IR_{0.85} - 2.1)^2})$  와의 관계를 나타내면 Fig. 12와 같다. 이와 같이 양자간의 관계는 편대수치상에서 거의 직선관계를 나타내며, 식 (4)로 표시된다.

$$D_s = a \exp(bI_L) \dots \dots \dots (4)$$

여기서,  $a$ ,  $b$ 는 실험결과로 얻어지는 계수이다.

결과적으로, 토양의 작열감량비 즉, 유기물 함유량은 Soil line상의 위치를 크게 좌우한다고 할 수 있다. 또한, 동일토양에 있어서는 토양함수비가 클수록 Soil line의 위치는 밀쪽으로 이동한다.

## 2. 토양식생피복율과 반사율과의 관계

Fig. 13~18은 각 토양의 풍건상태의 식생피복율을 Table-2와 같이 변화시켜 측정된 토양반사율 곡선을 나타낸 것이다.

그림과 같이 식생피복율이 0%에서 100%로 증가함에 따라 그 반사율곡선은 풍건토양의 반사율곡선에서 녹색잎의 반사율곡선으로 점차 변하고 있다. 특히, 식생피복율이 변화함에 따라 토양반사율곡선은 풍건토양의 반사율곡선과 녹색잎의 반사율곡선과의 교점( $0.72\mu m$ )을 힌지로하여 변화한다. 이러한 변화방식은 양자의 반사율곡선의 상대적위치관계에 따라 크게 달라진다. 즉, Type 1, 2, 3, 5, 6은 풍건토양의 반사율곡선이 전반적으로 높을 경우, 피복토양의 반사율곡선은 가시과장역에서 저하하고, 반대로 근적외과장역에서는 증가했다. 반면에 Type 4는 풍건토양의 반사율곡선은 녹색잎의 반사율곡선보다 전반적으로 낮게 위치하며, 반사율곡선은 근적외과장역에서 현저한 차이를 보이며 증가했다. 한편, 근적외과장역에서의 변화는 가시과장역에서의 변화비에 비하여 매우 크게 나타났다. 이같은 식

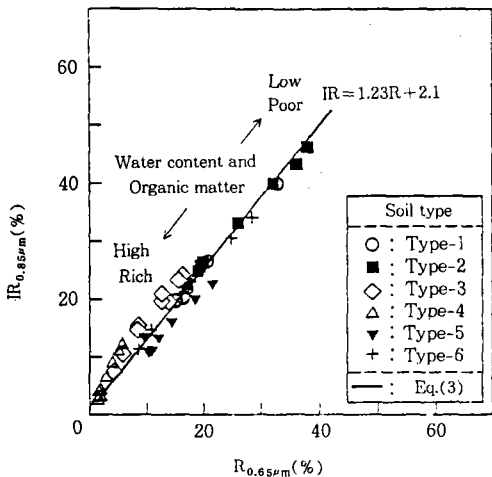


Fig. 11. Relationship between  $R_{0.65}$  and  $IR_{0.85}$  at various types

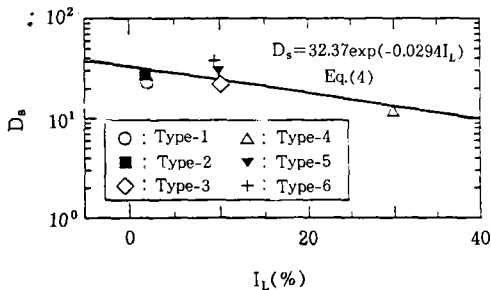


Fig. 12. Relationship between  $D_s$  and  $I_L$  at various types

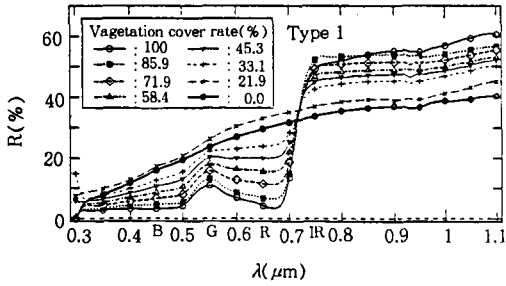


Fig. 13. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 1

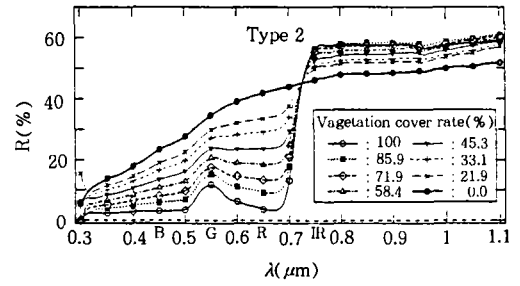


Fig. 14. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 2

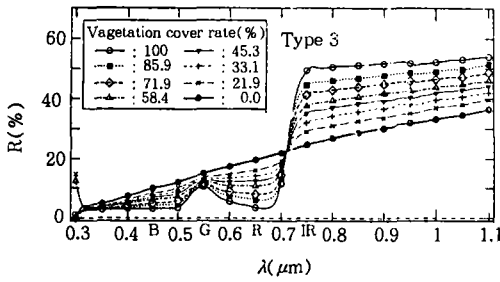


Fig. 15. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 3

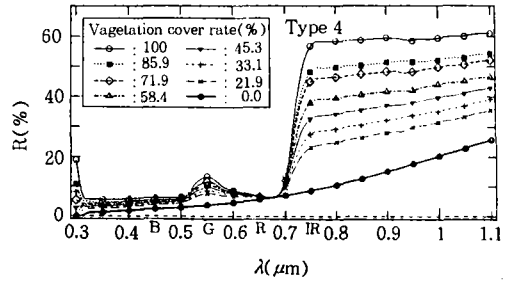


Fig. 16. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 4

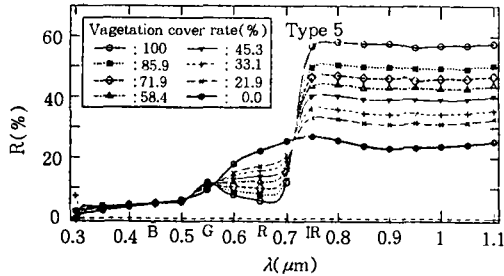


Fig. 17. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 5

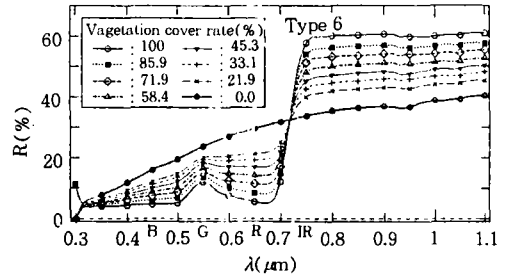


Fig. 18. Relationship between vegetation cover rate and reflection rate for Type 6

생피복율의 변화에 따른 토양반사율곡선의 성상을 고려하여 변화를 보기위해 Fig. 11과 같이 식생으로 피복된 각 토양의 가시광선반사율( $R_{0.65}$ )을 횡축에, 근적외과장영역의 반사율( $IR_{0.85}$ )을 종축에 Plot하면 Fig. 19와 같다.

그림과 같이, 풍건토양에서의 식생피복율이 0

%에서 100%로 증가함에 따라 토양피복율은 Soil line에서 점차 멀어져 일정점 P에 집중됐다. 이 같은 결과는 복원등<sup>1)</sup>이 연구결과와도 일치한다.

Fig. 20은 세종류의 토양(Type 4, 5, 6)에 관해 세가지의 함수비로 식생피복율을 변화시켜

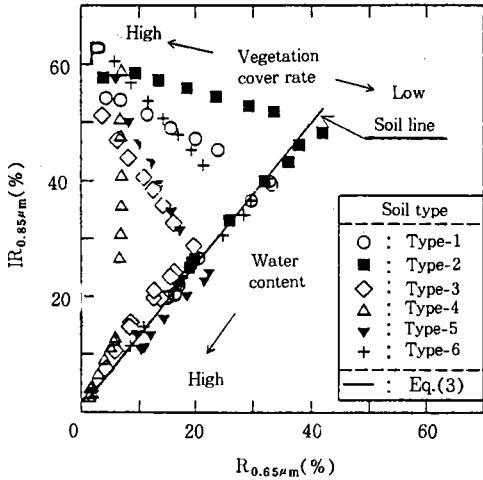


Fig. 19. Relationship between  $R_{0.65}$  and  $IR_{0.85}$  at various types

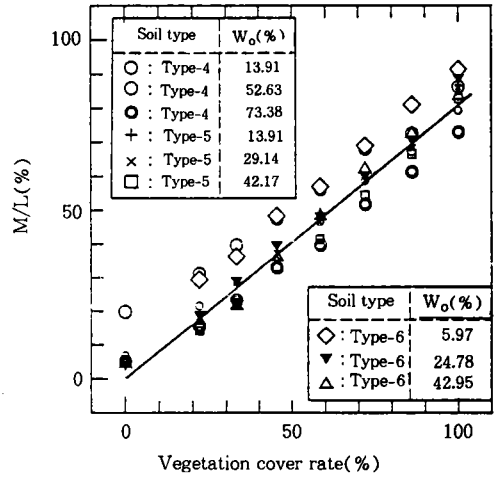


Fig. 21. Relationship between  $M/L$  and vegetation cover rate for Type 4, 5 and 6 at various water content

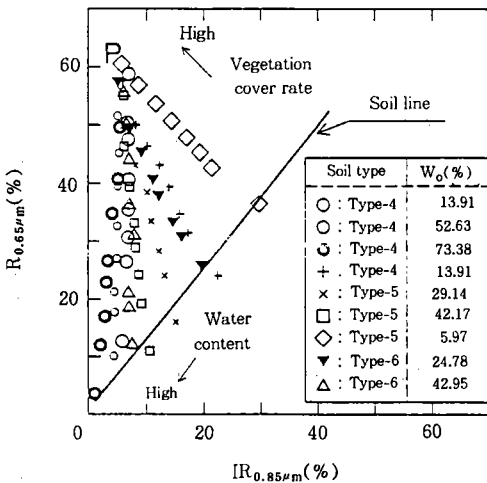


Fig. 20. Relationship between  $R_{0.65}$  and  $IR_{0.85}$  for Type 4, 5 and 6 at various content

올과의 관계를 표시하면 Fig. 21이 된다. 그림과 같이 양자사이에는 거의 일정비례관계가 인정된다. 따라서, 이 관련성과 식 (3)을 사용해 식생피복을  $V_r$ 를 정식화하면, 식 (5)가 된다.

$$V_r = \frac{(IR_X - 1.23R_X) - 2.1}{(IR_p - 1.23R_p) - 2.1} \dots\dots\dots (5)$$

여기서,  $R_X$ ,  $IR_X$ : 식생피복을  $V_r$ 에서의 토양반사율  $R_{0.65}$ ,  $IR_{0.85}$   
 $R_p$ ,  $IR_p$ : 일정점  $P$ (식생)의 반사율  $R_{0.65}$ ,  $R_{0.85}$

따라서, 식 (5)를 사용하면  $R_{0.65}$ - $IR_{0.85}$ 좌표에서의 좌표점( $R_X$ ,  $IR_X$ )에 대응하는 식생피복을 추정이 가능하다.

이상의 관계는 인공위성의 Landsat TM 데이터를 이용하기 위해서 중요한 사항이다. R은 BAND 3(파장대 0.63-0.69 $\mu$ m)에 상응하며, IR은 BAND 4(파장대 0.76-0.90 $\mu$ m)의 주파수대에 속하므로, BAND 3-BAND 4의 좌표에서 각 화소에 대응하는 식생피복을 추정이 가능하다.

$R_{0.65}$ 와  $IR_{0.85}$ 의 관계를 도식한 것이다. 그림과 같이, 함수비를 변화시킨 경우에 있어서도 Fig. 19와 같은 경향이 나타났다. 여기서, 세 종류의 토양(Type 4, 5, 6)에 관해서 Soil line에서 P점까지의 길이 L과 Soil line으로부터 각 식생피복에 대응하는 좌표점까지의 길이 M과의 비(M/L)을 구해 이것과 식생피복



### 3. 식생의 활성과 그 반사율과의 관계

Fig. 22는 채취직후의 엽잎에 관한 녹색잎과 채취후 한시간에서 두시간경과한 녹색잎의 반사율곡선과 황색잎 및 마른잎의 반사율곡선을 비교한 것이다. 그 결과, 잎의 수분량은 감소하고, 그 시들을 정도가 증가함에 따라서 녹색잎은 근적외과장역에서의 반사율 구배는 점차 크게 나타났다.

그러나, 가시과장역에서의 반사율변화는 거의 없다. 이것은 함수비가 크게 변화함에도 불구하고 가시과장역에서 큰 흡수대를 가지므로 Chlorophyll-a농도가 세가지 상태의 녹색잎에 있어서 거의 변화하지 않는 것으로 생각된다. 한편, 녹색잎, 황색잎 및 마른잎의 반사율곡선에 있어서는 매우 큰 차이가 있다. 즉, 녹색잎에서 황색잎으로 변화하는 경우 근적외과장역에 거의 일정한 반사율의 저하가 보인다. 그러나, 0.5 $\mu$ m에서 0.6 $\mu$ m의 과장역에서는 반대로 반사율이 증가한다. 이것은 녹색잎에서 황색잎에 변화함에 따라서 Chlorophyll류가 분해·소멸해서 그것과 다른 흡수 스펙트럼을 가진 황색 카로틴등이 현재화해서 나타난 것으로 생각된다.<sup>2)</sup> 더욱 마른잎의 경우는 가시과장역에서 근적외과장역으로 진행해감에 따라 반사율은 점차 증가하며, 토양의 반사율과 유사하게 나타났다. 이것으로부터 알 수 있는 것과 같이 식생의 반사율은 그 활성에

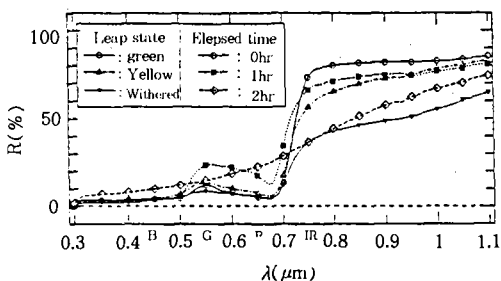


Fig. 22. Relationship curves for various leaf state

의해서 크게 좌우한다. 따라서, 그 반사율의 영향의 행방은 식생의 활성상태, 즉 수분의 감소에 따라 활성을 잃었을 경우와 계절의 추이에 따라서 녹색잎에서, 황색잎 더하여는 마른잎에 변화함에 있어 활성을 잃어 가는 경우에 크나 큰 차이를 보이고 있다. 따라서, 현재 리모트센싱에 있어서 식생의 활성상태등을 나타내는 지표로 널리 활용하고 있는 정규화식생지표<sup>3)</sup>는 모두 활성상태를 나타내는 지표로써 꼭 타당하다고 할 수 없다. 여기서, 정규화식생지표에 대응하는 식물지표 DVI(식 6)와 RVI(식 7),<sup>4-6)</sup> 그리고 시들을에 의한 활성변화를 정확히 표현한다는 식 (8)을 비교해서 나타낸 것이 Fig. 23이다.

$$DVI = \frac{IR_{0.85} - R_{0.65}}{IR_{0.85} + R_{0.65}} \dots\dots\dots (6)$$

$$RVI = \frac{IR_{0.85}}{R_{0.65}} \dots\dots\dots (7)$$

$$VI = \frac{IR_{1.1} - IR_{0.85}}{IR_{1.1}} \dots\dots\dots (8)$$

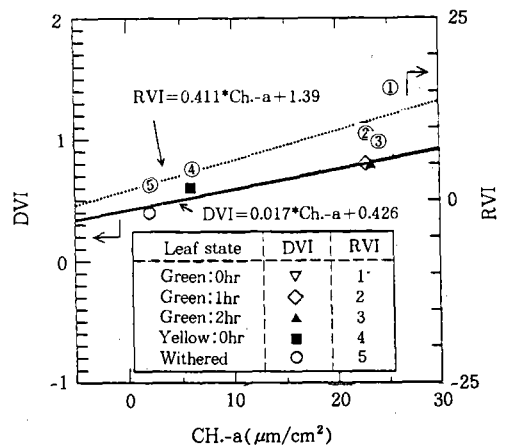


Fig. 23. Relationship between DVI, RVI and Chlorophyll II-a at various leaf state

여기서, *DVI*: 차식생지수

*RVI*: 영향도지표

$R_{0.65}$ : 가시과장  $0.65\mu\text{m}$ 에서의

식생반사율

$IR_{0.85}$ ,  $IR_{1.1}$ : 근적외과장  $0.85\mu\text{m}$ ,

$1.1\mu\text{m}$ 에서의 식생변화율

(8)식의 시들음에 의한 식생의 활성변화를 평가하는데 있어서 *DVI*보다 그 변화를 정확히 표현해주는 것은 *VI*가 더욱 더 타당하다고 생각된다.

#### IV. 결 론

여기서 얻어진 주요한 결과를 정리해보면 다음과 같다.

1) 토양의 종류 및 그 함수비의 크기에 따라 토양의 반사율곡선은 크게 변화한다. 그러나, 가시과장  $0.65\mu\text{m}$ 의 반사율  $R_{0.65}$ 와 근적외과장  $0.85\mu\text{m}$ 의 반사율  $IR_{0.85}$ 와는  $R_{0.65}-IR_{0.85}$ 좌표에 있어서 Soil line이라 부르는 일직선을 형성하며 식 (3)으로 표현된다. 그 직선은 토양특성 및 수분량에 변화하지 않는 토양고유의 일정한 것이라 생각된다.

2) Soil line 위에서의 위치는 토양의 조성 및 함수비의 크기에 의존한다. 특히, 풍건상태의 각 토양에 대한 Soil line의 길이는 작열감량비와 밀접한 관계가 있어 그 관계는 식 (4)로 표현된다.

3) 토양의 식생피복율은 그 반사율곡선에 큰 영향을 미친다. 특히, 식생피복율이 0%에서 100%로 증가함에 따라 가시과장역 및 근적외과장역의 반사율은 한점을 힌지로 하여 각각 녹색잎의 것에 점차 근접한다. 또한,  $R_{0.65}-IR_{0.85}$ 좌표에서의 토양의 반사율좌표점은 식생피복율이 증가함에 따라 Soil line에서 멀어져 일점 P에 집중하는 경향을 보였다. 더욱이 이 관계로부터 토양의 식생피복율은 식 (5)로 표현된다.

4) 식생의 활성은 그 반사특성에 크게 좌우된다는 것이 확인되었다. 즉, 식생상태 및 조건에 따른 반사특성은 식생의 활성에 크게 영향을 미치며, 식생활성상태의 차이는 식물중의 수분조건 및 Ch-a 등의 활성의 변화에 따른 것으로 추정했다. 따라서, 식생의 활성변화를 평가하는데 있어서 *DVI*, *RVI*, *VI*의 유효성이 검증되었다.

이 연구수행에 있어 적극적인 지도를 해주신 日本佐賀大學 農學部 瀬田洋昌 教授님께 심심한 사의를 표하며, 실험을 도와준 대학원 졸업생인 林稔人氏에게도 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 福原道一·濟藤元也, 리모-트센싱기술應用-土壤調査-, 農業土木學會誌, 54, pp.59-64, 1986
2. 増田芳雄, 植物生理學, オ-ム社, 東京, PP: 52-56, 1988
3. 李慶雲·大沼一彦·安田嘉純, 時系列な植物指數による中國の植生特性の解析, 寫眞測量とリモ- トセンシング, 29, pp.4-12, 1990
4. Campbell j. B., Introduction to Remote Sensing, The Guilford Press, pp.384-395, 1987
5. Asra G., Theory and Applications of Optical Remote Sensing, John Wiley & Sons, pp.119-129, 1989
6. Price, J. C., Estimating Vegetation Amount from Visible and Near Infrared Reflectances, Remote Sensing Environ, 41, pp.29-34, 1992

(접수일자 : 1996년 1월 26일)