

근적외 CCD카메라와 분광반사계의 식생지수를 이용한 산불 발생지역에서의 산림 피해도 평가

Damage Degree Valuation of Forest Using NDVI from Near Infrared CCD Camera and Spectral Radiometer in a Forest Fire Area

최승필¹⁾ · 김동희²⁾ · 박종선³⁾

Choi, Seung Pil · Kim, Dong Hee · Park, Jong Sun

Abstract

Recently, forest damage has occurred often and made big issues. Among them, the damage by forest fire is not only damage of itself but also being connected with secondary damage like a flood. This is the fact that a forest fire is caused rather artificially by people than nature. In this study, we try to investigate damage of a forest fire through spectral reflectance of a plant community surveyed using a near infrared CCD camera and a SPM (Spectral Radiometer) as advanced work to use satellite image data. That is, damage of a forest fire by the naked eye observation was divided into the No damage, the light damage, the serious damage and we estimated activity of forest and grasped revival possibility of forest. Through correlation analysis between the spectral reflectance by SPM and the near infrared CCD camera, we could get high correlation in the No damage and light damage. Therefore, when we surveyed damage of a forest fire, we could grasp damage, that is hardly observed by the naked eye by, using jointly the spectral radiometer and the near infrared CCD camera.

Keywords : Near infrared CCD camera, Spectral Radiometer, Forest fire damage, NDVI

요 지

최근 들어 자주 발생하는 산림피해는 세계적으로 커다란 이슈가 되고 있으며, 그 중에서도 산불에 의한 피해는 그 자체로서의 피해뿐 만이 아니라, 홍수 등으로 이어지는 2차 피해로 연결이 된다. 또한 산불 등은 자연적인 원인보다는 사람에 의한 인위적인 재해가 많은 것도 주지의 사실이다. 본 연구에서는 위성영상 자료를 이용하기 위한 사전작업으로 근적외 CCD카메라와 분광반사계를 사용한 식생의 분광반사특성을 이용하여 산불의 피해 정도를 파악하고자 하였다. 즉 육안 관측에 의해 산림 피해도를 무(無), 중(中), 강(強)으로 구분하여 산림의 활성도를 평가하여 산림의 소생가능성을 파악하였다. 분광반사계와 근적외 CCD 카메라에 의한 분광 반사 특성간의 상관 관계를 구한 결과, 피해도 무(無), 중(中), 강(強)에서 높은 상관관계를 얻을 수 있었다. 따라서 산불피해 조사시 분광반사계와 근적외 CCD카메라를 병용하여 사용함으로서, 육안으로 관측하기 어려운 산불의 피해를 파악할 수 있었다.

핵심용어 : 근적외 CCD 카메라, 분광반사계, 산불 피해, 정규화 식생지수

1. 서 론

인류가 생활을 영위하는데 있어서 산림의 존재는 매우

큰 영향을 미치며, 인류의 지속적인 발전을 위해서 필수 불가결한 자원이다. 또한 세계적으로 산림에 대한 피해는 커다란 문제가 되고 있는데 이러한 산림재해는 자연적인

1) 정회원 · 관동대학교 토목교통공학부 교수(E-mail:spchoi@kd.ac.kr)

2) 연결저자 · 정회원 · 지바대학교 자연과학연구과 박사과정(E-mail:kdhsy@hotmail.com)

3) 정회원 · 관동대학교 토목공학과 박사과정(E-mail:lovepark@samcheok.ac.kr)

재해에 의한 것보다는 인위적인 재해가 많다.

특히 무분별한 벌목과 산불 등에 의한 산림피해는 커다란 문제가 되고 있으며, 세계적으로도 1997년 필리핀과 2000~2003년 몽고에서 발생한 산불 등은 인간에 의한 재해의 대표적인 것으로 발표가 되었다.

우리나라에서도 1996년 봄 강원도 고성 산불 이후 2000년 고성, 강릉, 동해, 삼척 등지에서 연이어 대형 산불이 발생하여 산림자원 피해는 물론 수많은 재산상의 피해가 발생을 하였다(최승필 등, 1998).

또한, 2005년 들어 강원도 양양 지역에서는 거대한 산불이 연이어 발생하였다.

특히 산불에 의한 산림의 파괴는 차지하고, 인명과 농작물 등에 대한 영향이 매우 커으며 이러한 피해에 대한 조사와 추후 야기되는 재해에 대한 대책이 절실히 형편이다.

따라서 이러한 산불의 실태를 정확하게 파악을 하고 산불에 의해 파생된 영향을 조사하여 미연에 이러한 대책을 강구하는 것이 요구된다.

산불에 의한 산림의 피해를 조사하고 산불발생 이후의 산림변화 또는 회복되는 과정을 조사하기 위하여 많은 연구에서 위성 영상을 사용하는 해석방법이 제안되어 있다.

또한 원격탐사 기술의 발전에 의해 위성영상 자료를 이용한 산불 피해지역의 추출 및 2차 피해 등의 연구가 진행되었다(최승필 등, 2004; 김동희, 1997).

그러나 이러한 연구는 위성 영상 자료에 많은 부분을 의존하였기 때문에 실제로는 산불 피해 전후의 위성 영상 자료에 의한 식생지수 만을 가지고 파악 한 것이 대부분이지만 최근 들어 인공위성 영상 만이 아닌 근적외 CCD(Coupled Device) 카메라를 사용한 연구가 활발히 전개되고 있다.

필름을 사용하는 일반 카메라와는 다르게 CCD와 같은 전자적 센서를 사용하는 것을 디지털 카메라라고 한다. 일반적인 용도의 CCD 카메라는 광전변환 소자의 감도특성을 인간이 눈으로 감지할 수 있는 가시광 파장대에 한정시키고 있으나, 근적외 CCD 카메라는 400nm의 가시광 파장대에서 근적외 파장대인 1050nm 범위까지 촬영하는 것이 가능하다.

식생은 상태와 종류에 따라서 가시광 파장대역과 근적외 파장대역에서 특징적인 분광반사 특성을 나타낸다. 특히 산불 전후의 식생의 상태는 분광반사특성에서 매우 큰 차이를 보이고 있으므로 근적외 CCD 카메라를 사용하면 매우 중요한 정보를 얻을 수 있다(양인태 등, 1991; Itto

et al., 1996).

따라서 본 연구에서는 위성 영상 자료를 이용하기 위한 사전 작업으로 근적외 CCD 카메라와 분광반사계를 사용한 식생의 분광반사 특성을 이용하여 산불의 피해 정도를 파악하고자 하였다. 즉, 산불 발생 후의 식생의 활력 정도를 나타내는 식생지수 값을 피해도별로 구분하여 산림 피해 정도의 평가 가능성을 제시하였다.

2. 대상지역 및 현지조사

2.1 대상지역

조사대상지역은 강원도 양양군 현남면, 낙산사를 포함한 강현면 주변의 2군데로 나누어 선정하였다. 그림 1은 조사대상지역을 나타낸 것이다.

2005년 4월 4일에 발생한 산불은 양양군 양양읍 화일리를 중심으로 하여 최대 풍속 25m/sec의 강풍으로 발생하였으며, 약 400여억원의 피해가 발생하였다.

두번째 산불은 양양군 현남면 주리를 중심으로 최대풍 속 27.3m/sec(습도 20%미만)로 인한 산불로 약 20여억원의 피해가 발생한 것으로 추정되었다.

산불 지역은 약 95%가 소나무 숲으로 산불이 시작되면서 강풍과 조우하여 순식간에 넓은 지역으로 산불이 퍼져나간 것도 이번 양양 산불의 큰 특징이라고 할 수 있다.

또한 산불이 번지는 과정에서 강풍으로 인하여 넓은 범위에 피해를 주었지만 반면에 나무의 뿌리 부분에는 피해를 입히지 않은 수관화에 의한 피해가 많았다.

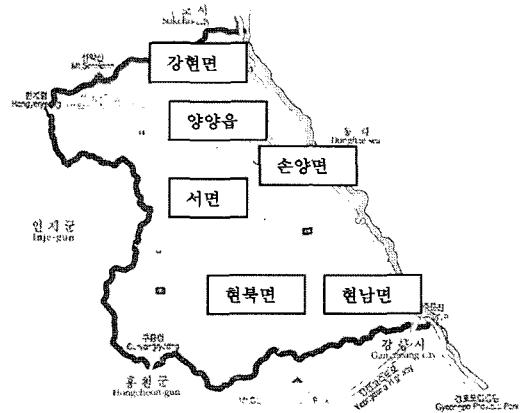


그림 1. Study Area

2.2 현지 조사

현지조사는 2005년 7월 14일~30일까지 행하여졌다. 먼저 산불 피해지역을 낙산사 주변을 포함한 양양군 강현면과 현남면 일대의 2지역으로 분류를 하여 각 분류지역 별로 이동을 하면서 분광반사율을 측정하였다.

측정과 동시에 GPS로 각 측점별로 경위도 좌표를 입력하였고 근적외선 CCD 카메라를 이용하여 대상을 촬영하였다.

샘플링 포인트는 강현면의 10포인트와 현남면의 8포인트를 각각 추출하여 분석에 사용하였고, 각 포인트 별로 1~3개의 대상 식생을 피해 정도에 따라 피해도 무(無), 피해도 중(中), 피해도 강(強)으로 분류하였다. 그러나 피해 정도를 분류 할 때 포인트에 따라서 피해도가 하나인 지역도 있었으므로, 이러한 포인트는 하나의 분류 밖에 할 수가 없었다. 또한 지속적인 시계열 측정을 위하여 각 포인트 별로 그림 2와 같은 표시를 하였다.

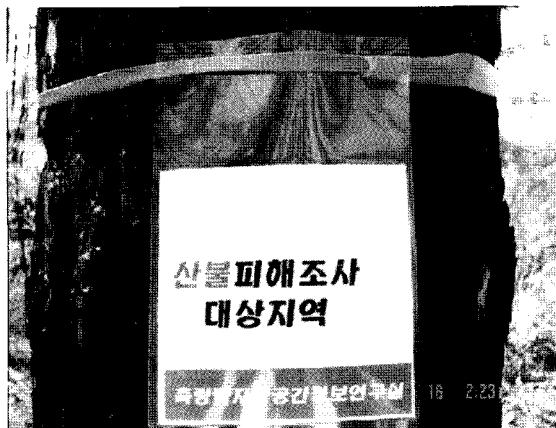


그림 2. Target Sample for Time Series Monitoring

샘플링 자료의 추출은 먼저 육안관측에 의하여 피해도 무(無), 피해도 중(中), 피해도 강(強)인 지역으로 분류하고, 그 후에 분광반사계와 근적외 CCD 카메라를 사용하여 측정하였다. 피해도 별로 분류된 영상을 그림 3에 나타내었다.

3. 사용장비

3.1 근적외 CCD 카메라

본 연구에는 근적외 CCD 카메라로 KODAK사의 DCS420IR 모델을 사용하였다. 카메라의 본체는 니콘 F90 카메라를 베이스로 코닥사의 디지털 이미지팩을 조합한 AF Single lens reflex 디지털 카메라이다. 그림 4는 근적외 CCD 카메라와 조사에 사용된 필터를 나타낸 것이다.

근적외 CCD 카메라를 이용한 파장대의 측정은 각각의

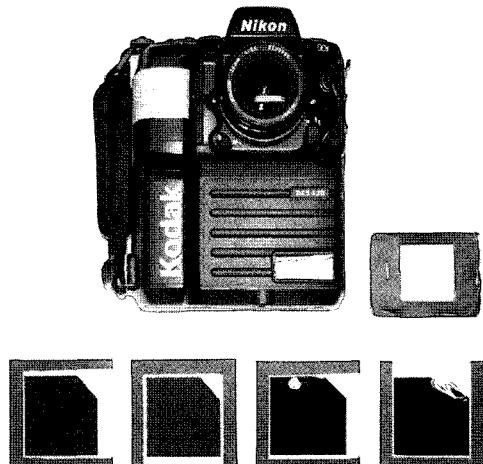
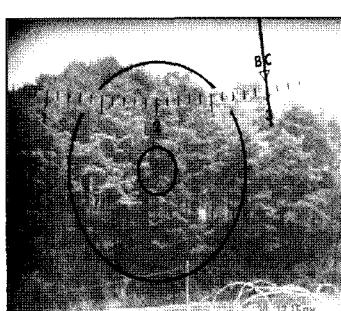
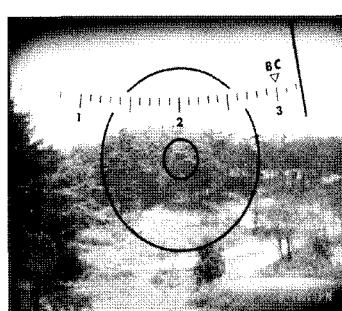


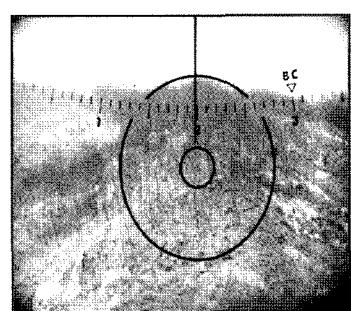
그림 4. Near Infrared CCD Camera and Filter



No Damage(無)



Light Damage(中)



Serious Damage(強)

그림 3. Image of Damage

파장대에 대하여 일정한 투과율을 갖는 필터를 카메라 렌즈에 부착하여 실시한다. 본 실험에 사용한 젤라틴 필터는 코닥사의 제품을 사용 하였으며, B(400~475), G(500~600nm), R(625~675nm), near-IR(700~1050nm)의 필터를 사용하여 측정을 하였다.

3.2 분광 반사계

분광반사계는 일본 Abesekkei사의 2703MM 분광반사계를 사용하였으며, 측정 파장대는 400-1050nm, 측정간격은

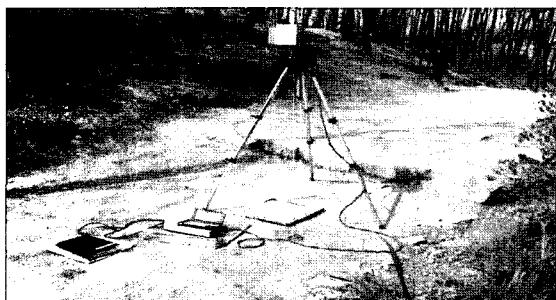


그림 5. 2730MM SPM

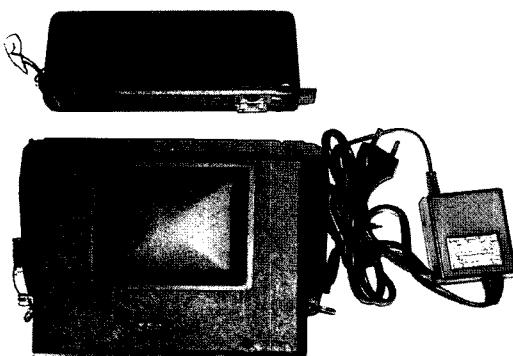


그림 6. GPS(Global Positioning System)

은 가시파장은 25nm이고, 근적외 파장은 50nm간격으로 17번드의 관측파장을 조사할 수 있으며, 헤드컨트롤러, 제어 수집용 Palmtop PC로 구성되어 있다((주)AbeSekkei).

그림 5는 분광반사 측정을 하는 과정이다.

3.3 GPS Machine

GPS는 미국 Trimble사의 TRIMBLE NAVIGATION을 사용하였으며, 오차를 알아보기 위하여 낙산사 주변의 삼각점에 대한 경위도 좌표와 표고를 이용하여 오차를 검증하였다. 그 결과 GPS의 오차는 표고에서 약 1m, 경위도에서 약 10초 정도의 오차가 발생하였다. 그림 6은 조사에 사용된 GPS를 나타낸 것이다.

4. 자료 해석

4.1 분광반사율측정

현지 조사 해석에 앞서 실제 적용 대상인 산불 피해 지역의 기준값을 구하기 위하여 먼저 백색판의 반사율을 측정 한 후 소나무에서 불에 탄 가지와 살아 있는 가지를 협각(2°)의 범위를 가지고 측정하였다.

이러한 일련의 과정을 그림 7에 나타내었다.

또한 측정 자료를 이용한 측정 대상물의 분광반사율은 다음의 식으로 정의된다.

$$R = [10^{(Dsmp - Dref)} \times 0.001] \times 100 \quad (1)$$

여기서 R; 반사율

Dref ; 표준백색판 반사값

Dsmp ; 측정 대상물 반사값

측정에 의하여 얻어진 각 샘플 자료를 도시하면 그림 8과 같다.

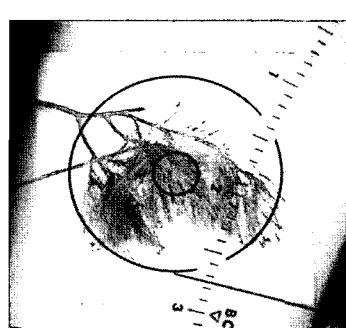
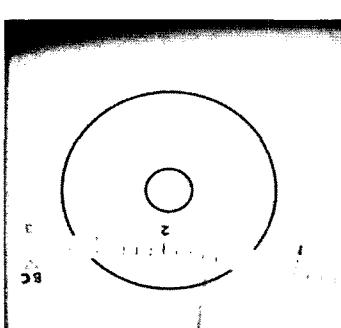


그림 7. Survey of Spectral Reflectance

분광반사계로 분광반사율을 구할 경우 협각(2°)과 광각(10°)의 2가지로 측정할 수 있다. 하지만 협각으로 측정한 것과 광각으로 측정을 한 것은 반사율에서 많은 차이를 보여주는데, 이러한 원인으로는 협각으로 측정하였을 때 보다 광각으로 측정 하였을 경우 식생부분만이 아닌 다른 성분의 값이 반사율에 많은 영향을 미치기 때문이다. 특히 근적외 영역에서 이러한 특징이 두드러지므로 본 측정에서는 주로 협각으로 측정을 하였으며, 불가피한 경우에만 광각으로 측정한 자료를 이용하였다.

또한 그림 8에서 알 수 있듯이 협각으로 측정하였을 때, 불에 탄 솔잎의 경우 반사율이 5~19로 일정한 값의 패턴을 보여주지만 살아있는 솔잎의 경우는 가시영역과 근적외영역의 특정 파장대에서 전형적인 식물의 분광반사 특성을 보여주고 있다.

그림 8에서 X축은 각 밴드별의 파장대를 나타내며, 이에 대응하는 각 파장대를 표 1에 나타내었다.

또한 각 시간대별로 정확한 백색판의 반사율을 알기 위하여 백색판의 분광반사율의 패턴을 조사하였다(그림 9).

백색판의 반사율을 조사한 날의 기상 상태로 인하여 오

전중에는 조사가 이루어 지지 않았지만 오후 12시부터 한 시간 간격으로 동일한 장소에서 측정이 행하여졌다. 동일한 조건을 주기 위하여 분광반사계의 각도는 지상과 90° 의 각도로 측정을 하였다. 본 측정에서는 그림 9에서 알 수 있듯이 백색판의 분광반사율은 시간과 태양의 고도, 태양천정각(Solar Zenith Angle)의 영향을 거의 받지 않았다.

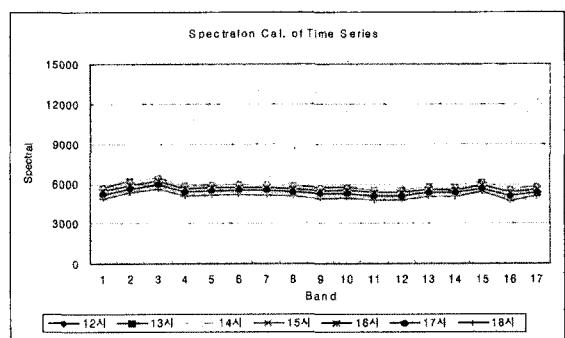


그림 9. Time Reflectance of Spectralon Cal.

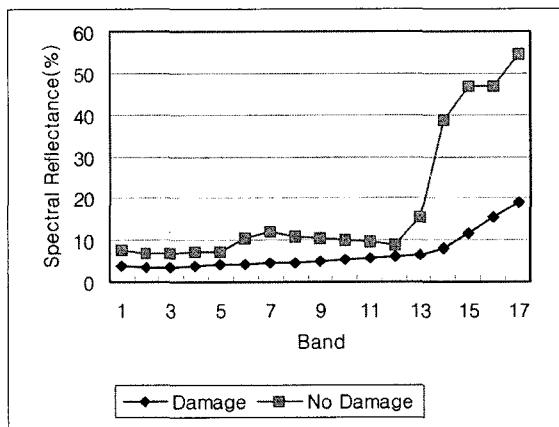


그림 8. Spectral Reflectance of SPM

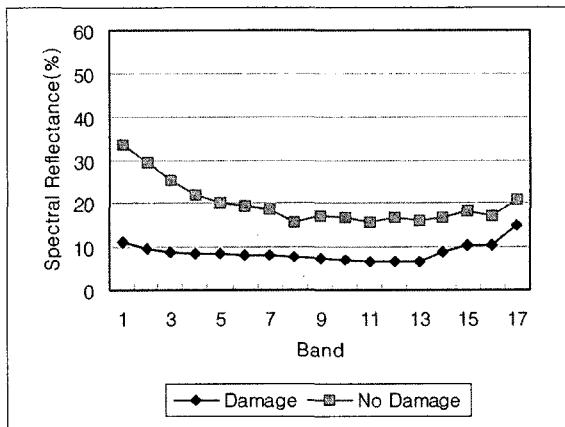


표 1. Wavelength of Band

Band	Wavelength	Band	Wavelength	Band	Wavelength
1	400nm	7	550nm	13	700nm
2	425nm	8	575nm	14	750nm
3	450nm	9	600nm	15	850nm
4	475nm	10	625nm	16	950nm
5	500nm	11	650nm	17	1050nm
6	525nm	12	675nm		

4.2 식생지수

그림 6에서 알 수 있듯이 식물의 분광반사는 정상적인 상태의 식물인 경우 가시광 파장대와 근적외 파장대역에서 강한 반사 특성을 보여준다. 이러한 식생이 다른 분야의 물질과 비교하여 특이한 반사율을 나타내는 이유로는 광합성색소인 클로로필이 존재하기 때문이다. 일반적으로 광합성 색소는 300nm~500nm의 파장대에 있어서 전자파를 흡수하며, 적색 파장대(600nm~700nm)에서 높은 흡광도를 나타내기 때문이다.

또한 식생은 근적외 영역(800nm~1300nm)에서 높은 반사율을 나타낸다. 이 파장대에 있어서 반사율은 잎의 구조에 따라서 변화하며 700nm~800nm 구간에서 급격하게 증가한다.

이처럼 식생은 가시·근적외 영역의 파장대에서 명확한 흡수영역과 반사영역을 가지고 있으며, 이러한 반사율의 차이는 크다.

식생의 분류를 행함에 있어서 여러가지 많은 연산식이 개발되어 졌고, 일반적으로 많이 이용되고 있는 식생지수로는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)(Los, 1993)를 들 수 있다.

$$NDVI = \left[\frac{(NIRband - REDband)}{(NIRband + REDband)} \right] \quad (2)$$

여기서, NIRband ; 근적외 영역

REDband ; 가시광 RED 영역

식 (2)에서 계산된 식생지수는 최대 +1, 최소 -1의 범위 내에 분포를 하며 식물의 활성도가 높은 식물 일수록 +1에 가까운 값을 갖는다.

5. 분석

5.1 피해도별 분광반사를 측정

분석에는 2가지의 주안점을 가지고 행하여졌다. 먼저 육안으로 관측을 하여 피해도 무(無), 피해도 중(中), 피해도 강(強)의 지역으로 선정을 하고 분광반사계로 측정한 후 실제로 근적외 CCD 카메라로 촬영을 했을 경우 식생이 활력을 보이는지 아닌지를 검증하였다. 또한 부분적인 화재로 인하여 피해를 입었지만 다시 재생하고 있는 식생에 관하여 분광 반사 특징을 해석하였으며, 이러한 경우 근적외 CCD 카메라의 영상 자료를 분석하였다.

또한, 근적외 CCD 카메라와의 상관도를 구하기 위해

서 분광반사계의 파장대를 카메라의 파장대로 처리하였다. 이를 위해 본 연구에서는 RGB 파장대에 맞추어 분광반사계의 평균값을 구하여 식생지수를 산출했다.

5.1.1 분광반사를 측정

각 측점별로 촬영한 반사율 곡선과 포인트를 그림 10에 표시하였다.

그림 10에서는 각 포인트별로 피해도 무(無), 중(中), 강(強)인 상태의 분광반사율을 나타내었다.

육안관측으로 보았을 때는 수목이 줄기 부분만 피해를 입었다고 판단을 하였지만, 실제로 근적외 CCD 카메라로 촬영을 한 결과 수목의 성장이 멎어 있는 경우가 많았다. 이것은 뿐만 아니라 말라가면서 생기는 일시적인 현상이라고 생각이 된다.

이와는 반대로 육안으로는 산불에 의하여 상당한 피해를 입은 것처럼 보이지만 실제로 당시의 기상상태로 인하여 수목의 뿐만 아니라 영양분을 공급받아 새순이 돋아나는 수목도 측정결과 나타났다. 이러한 경우 근적외 CCD 카메라로 촬영을 하여 보면 수목의 부분이 붉은 빛을 띠고 있는 것을 알 수가 있었다.

근적외 CCD 카메라로 촬영한 근적외 합성 영상과 RGB 합성 영상을 그림 11에 나타내었다.

그림 11에서 보듯이 실제로 근적외 CCD 카메라로 RGB 필터를 사용하여 추출한 영상을 합성 한 경우 인간이 눈

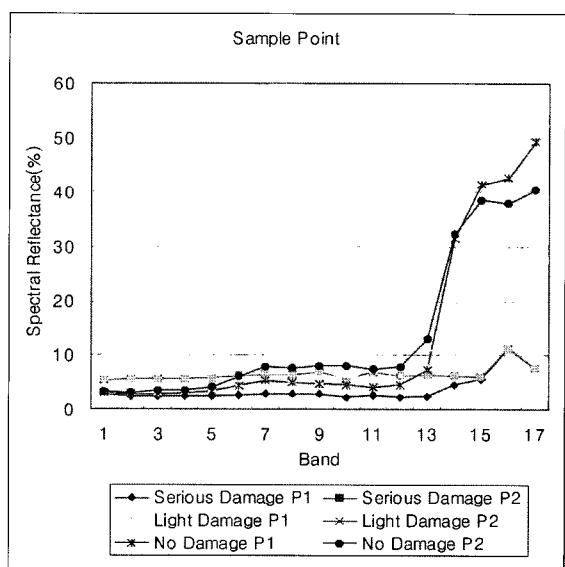


그림 10. Spectral Reflectance Curve

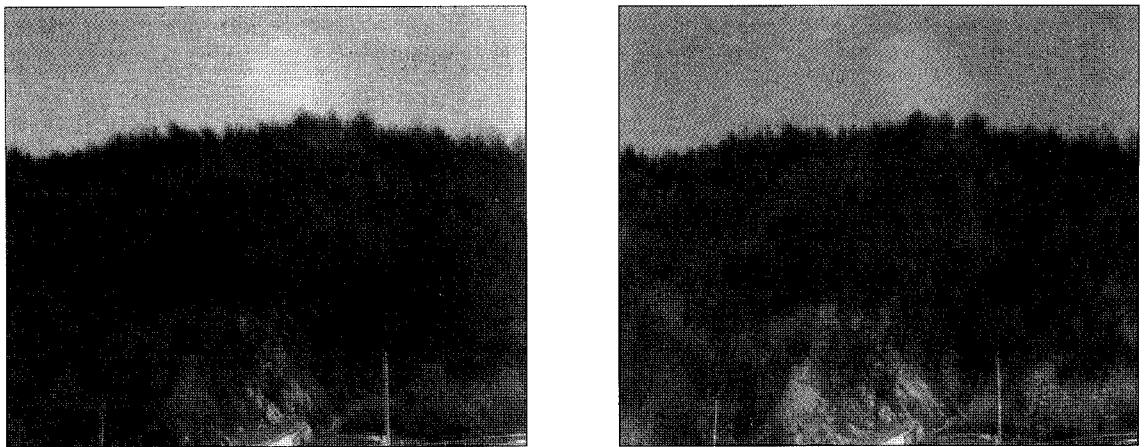


그림 11. RGB Image and Near Infrared Image

으로 보는 것과 같이 산불에 피해를 받은 것처럼 나타난다. 하지만 근적외 필터를 사용하여 측정을 한 결과 식생이 건강한 상태를 보이는 부분이 빨간색으로 표시가 되며 수목이 현재 활성이 있다는 것을 알 수 있다.

5.1.2 분광반사값과 근적외합성영상

분광반사값과 근적외 영상과의 상관도를 조사하기 위하여 각각의 밴드에 해당하는 파장대의 평균값과 실제 합성영상과의 상관도에 대하여 조사를 하였다.

실제로 적외선 CCD 카메라와 동일한 위치의 수목을 측정하기 위하여 분광반사계와 동일한 지점의 수목에 대한 근적외 영상을 구하였다.

그림 12의 좌측 그림의 조그만 원안의 대상지역은 우

측 그림의 근적외 합성 영상의 원에 포함되는 지역이다. 또한 정확성을 높이기 위하여 분광반사계에서 협각에 해당하는 근적외CCD 카메라의 화소는 약 100×100 픽셀의 범위가 되며, 근적외 CCD 카메라에서 식생지수를 계산할 때는 이러한 픽셀의 평균값을 계산에 이용하였다.

5.2 분광반사계와 근적외 CCD카메라의 상관도

그림 13과 같이 피해도 무(無), 피해도 중(中), 피해도 강(強)의 지역에 대하여 분광반사계로 측정된 자료와 근적외 CCD 카메라로 측정한 자료로 식생지수를 구하여 상관도를 각각 비교하였다.

그림 13에서 보듯이 피해도 무(無), 중(中), 강(強)의 모든 지역에서 상관계수가 각각 0.9549, 0.9505, 0.8904

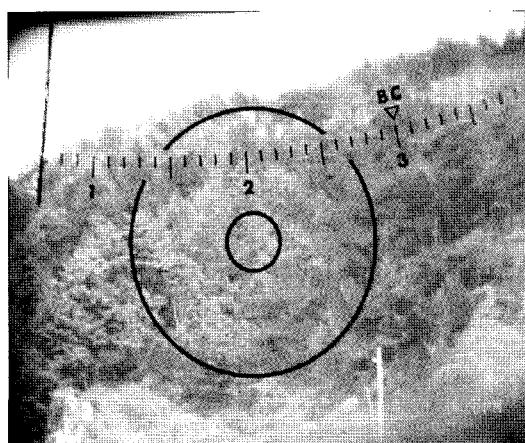
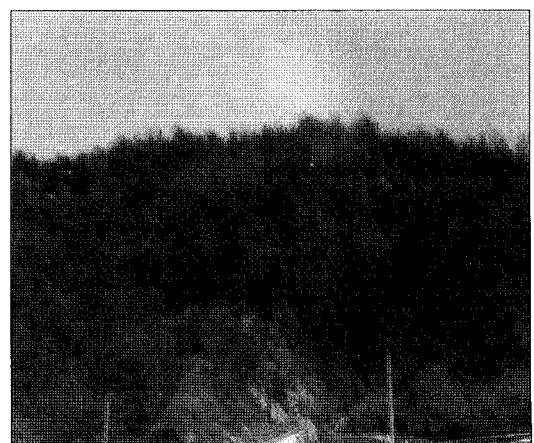


그림 12. SPM Point and CCD Camera Image



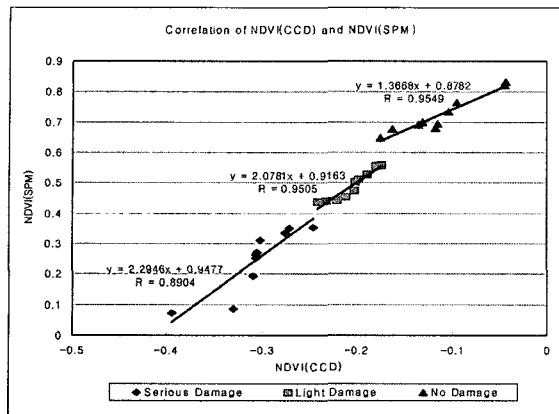


그림 13. Correlation of NDVI(CCD) and NDVI(SPM)

표 2. NDVI Range by Damage Degree

	Damage Degree		
	No Damage	Light Damage	Serious Damage
NDVI(SPM)	0.65~0.83	0.44~0.56	0.07~0.35
NDVI(CCD)	-0.18~-0.04	-0.24~-0.17	-0.39~-0.25

로 높은 상관성을 보였다.

따라서 산불의 피해도 평가시에는 어느 기구를 사용하더라도 무방하나 분광반사계가 근적외 CCD 카메라에 비하여 상대적으로 고가이고, 더욱이 저가의 근적외 CCD 카메라가 최근 보급되고 있으므로 CCD 카메라를 사용하는 것이 유리한 것으로 생각된다.

근적외 CCD 카메라와 분광반사계에서 얻은 NDVI를 피해 정도 별로 나타내면 표 2와 같다.

피해정도에 따라 NDVI의 범위가 서로 다르므로 향후 위성 영상을 이용하여 산불 발생 지역에서 소나무 등의 산불 피해 정도를 평가하는데 유용하게 이용할 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 근적외 CCD 카메라와 분광반사계를 사용하여 산불 발생 지역에서 소나무 피해도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 실제 육안으로 관측한 산불의 피해상황보다는 근적외 CCD 카메라를 이용한 피해조사가 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

둘째, 근적외 CCD 카메라와 분광반사계를 이용하여 식생지수 값을 비교하면, 각각의 피해도별로 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

셋째, 향후 인공위성 영상 자료를 분석 할 때 NDVI값의 범위에 따라 산불 피해 정도를 파악할 수 있다.

또한 향후 과제로는 산불후의 2차 피해를 조사하기 위하여 대상지역을 주기적으로 관찰할 필요가 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 관동대학교 첨단해양공간 개발연구센터의 지원에 의한 것이며, 실험 장비를 지원해 준 강원대학교의 측량 및 지형공간정보 연구실과 인하공업전문대학의 원격탐사 연구실에 감사드립니다.

참고문헌

- 김동희 (1997), 인공위성 LANDSAT TM IMAGE DATA를 이용 한 고성산불 피해지역 조사해석, 석사학위논문, 관동대학교.
양인태, 김응남 (1991), 근적외 디지털 카메라에 의한 수목의 NDVI 추출과 분석, 대한토목학회 논문집, Vol. 19, No. 3-1, pp. 49-57.
- 최승필, 박종선 (2004), 산불피해지역에서 정규산화율지수와 정 규식생지수의 비교분석, 한국측량학회학회지, Vol.22, No3, pp. 261-268
- 최승필, 유영걸, 김응남, 양인태 (1998), GSIS에 의한 산불피해 지점의 공간분포분석, 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), pp. 485-488.
- (주)AbeSekkei, 2703MM ver2 portable photometer Manual.
- Itto, K., Otuski, K., and Kamichicha, M. (1996). The Independent Estimation of Vegetation Cover Rates and Vegetation Vigor using Spectral Reflectance. JSPRS, Vol. 16, No. 4.41-49.
- Los, S. O. (1993), Calibration adjustment of the NOAA AVHRR Normalized Difference Vegetation Index without recourse to component channel 1 and 2 data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 14, pp. 1907-1917.

(접수일 2005. 9. 9, 심사일 2005. 9. 16, 심사완료일 2005. 12. 28)