

# 지상형 원격탐사기술을 이용한 소나무 재선충 피해조사\*

김용남\*\* · 김대영\*\*\*

## An Investigation of Pine Wilt Damage by Using Ground Remote Sensing Technique

Eung-Nam Kim\*\*, Dae-Young Kim\*\*\*

**요약** : 소나무의 AIDS라 일컫는 소나무 재선충이 1988년 부산의 금정산에서 최초로 발견되었다. 발견된 이후 2005년 12월까지 경상남도 전역 53개 시군구지역에 피해를 끼쳤다. 피해를 입은 삼림지역에 대한 최선의 대책은 초기 방제 작업 후에 훈증을 통해 처리하는 방법이다. 그러나 관찰에 의해 초기에 방제를 하는 것은 피해 삼림지역이 매우 광범위한 지역에 걸쳐있기 때문에 어렵다. 또한 한국의 지형적 특성 상 관찰자의 접근이 어렵다는 문제가 있다.

본 연구는 근적외선 CCD 카메라를 사용하여 소나무 재선충 피해지역의 초기 방제 가능성을 제시하였다.

**주요어** : 원격탐사, 근적외선 카메라, 소나무 재선충, 부산

**Abstract** : The first pine wilt damage in Korea, which called AIDS of pine, was found out at Mt. Geumjeong of Pusan province in 1988. The damage area spread 53's city, Gun, Gu throughout the Gyeongsangnamdo in December 2005 since then find out. The best treatment for these damaged forests is well known as fumigation method after early detection. But early detection by an observer is very difficult because of the damaged forest areas are spread over huge range. Also the access of observer is difficult in condition of Korea topographical characteristic.

In this study, an attempt was done to investigation about early detection of pine wilt damage using near infrared CCD camera.

**Key Words** : Ground Remote Sensing, Infrared CCD Camera, Pine Wilt, Pusan

### 1. 서론

최근 우리나라의 산림에 심각한 위협이 되고 있는 소나무재선충은 매개충인 솔수염 하늘소에 의해 발생되며 0.6~0.8mm 크기의 미세한 재선충이 소나무의 수분 이동통로를 막아 소나무를 말라죽게 하는 병이다. 1988년 부산 금정산에서 초기 발견된데 이어 2005년 12월 현재는 경남지역을 중심으로 53개 시, 군, 구까지 확산되어 있다. 소나무재선충이 발생되기 시작하면 완전히 고사하기까지의 기간이 한 달 이내로 짧은 편이며 주위의 소나무에 감염되는 시간이 방제속도보다 빠르다. 이러한 재선충의 확산을 막는 방법으로는 조기발견에 의해 벌채 및 훈증 처리하는 방법이 유일한 실정이다. 하지만 피해 예상 산림이 광범위한 지역에 달하며 관찰자의 접근이 힘든 경우가 대부분인 우

리나라의 산림 지형 여건을 고려해 볼 때, 목시 관측에 의한 조기 발견 방법은 적용상의 많은 제약이 따른다.

본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위해 화상형 지상원격탐사 장비를 이용하는 원격탐사 기법의 적용을 검토하였다. 원거리에서 촬영된 분광과장대역별 영상으로부터 식물의 성장 상태를 반영하는 식생지표를 산출하여 소나무 재선충을 조기 발견하는 방법에 대해 검토하였다. 연구대상지로는 부산광역시 대변항 주변의 소나무림을 선정하였고, 2006년 4월, 5월, 6월, 7월, 8월과 11월에 걸쳐 총 7회의 현지조사를 한 달 간격으로 실시하였다. 지상형 원격탐사 장비로서는 가시광선대역 및 근적외선대역을 관측 가능한 CCD 카메라와 분광반사계를 이용하였고, 재선충의 감염 여부를 추출하는 지표로서는 식생활력도를 나타내는 지수의 일종인

\* 이 논문은 2006학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*\* 인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 부교수(Associate Professor, Department of Aerial Geoinformatics, Inha Technical College)(kimen@inhac.ac.kr)

\*\*\* 인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 부교수(Associate Professor, Department of Aerial Geoinformatics, Inha Technical College)(kdy@inhac.ac.kr)

NDVI(김응남, 2006)를 이용하였다.

## 2. 본 론

### 1) 지상원격탐사용 장비

#### (1) 분광반사계

본 연구에서는 대상 산림의 분광반사 특성 및 CCD 카메라와의 비교분석을 위해 아베(阿部)설계에서 제작한 2703형 분광반사계를 이용하였다. 이 장치는 헤드 컨트롤러, 제어·데이터 수집용 소형 컴퓨터로 구성되어 있다.



그림 1. 2703M 분광반사계

이 장치는 대상물의 분광정보를 17밴드로 조사하고 있고, 각 밴드의 반사율정보를 표준 백색판(BaSO<sub>4</sub>)과의 백분율로 구한다. 2703형 분광반사계의 사진과 이 장치의 사양을 <표 1>((주)阿部설계, 2000)과 <그림 1>에 나타내었다.

#### (2) 근적외선 디지털 카메라

표 1. 2703M 분광반사계 사양

사 양	기 능
분광방식	금속간섭필터
측정시야각	2°, 10°(수동조절)
측정파장	400, 425, 450, 475, 500, 525, 550, 575, 600, 625, 650, 675, 700, 750, 850, 950, 1050nm
파인더	single lens reflex 식
광전변환기	반도체 포토셀(galium hiso silicone)
I/F	RS232C, 비동기 반2중 통신
사용전원	단3 건전지 4개
데이터 전송	RS232C(ZMODEM)

본 연구에서는 니콘사의 D100(근적외선 모드로 개조) 모델을 사용하였다(그림 2). 이 카메라는 니콘사에서 전문가용으로 출시한 렌즈 교환식 일안(Single Lens Reflex) 디지털 카메라이다. 카메라의 사양은 <표 2>((주)아남옵틱스, 2004)와 같다.



그림 2. 니콘 D100 카메라

D100 모델은 보통의 카메라와 마찬가지로 가시광선 대역에 대해서만 감도특성을 갖도록 설계되어 있다. 그렇기 때문에 이러한 카메라를 이용할 경우 식물의 활력정보 추출에 반드시 필요한 근적외선 대역의 반사광 정보를 수집할 수 없다.

본 연구에서는 여러 차례의 시행착오를 통해 D100 카메라가 근적외선 대역의 정보를 수집할 수 있도록, 즉 가시광선 대역은 물론 근적외선 대역에 대해서도 감도특성을 가질 수 있도록 개조하였다. 과거의 연구(양인태, 1999)에서 사용하였던 (주)코닥사의 DCS460IR(근적외선 모델) 카메라는 매우

표 2. 근적외선 디지털 카메라의 사양

사 양	기 능
촬영소자	23.7(H)×15.6(V)mm CCD
CCD Type	단판 1컷
총 화소수	약 600만 화소
해 상 도	3008×2000 화소
기억매체	콤팩트플래시(CF)카드
기억매수	약 160매(1GB)
촬영범위	사용렌즈에 의존
렌즈	렌즈 교환식
샷터 스피드	1/4,000~30초
감 도	ISO 200~1600 상당

지상형 원격탐사기술을 이용한 소나무 재선충 피해조사

비싼 가격으로 인해 구입상의 어려움이 있었다. 그리고 현재는 생산마저도 판매부진의 이유로 중지한 상태이다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 가격적인 측면에서 10분의 1의 가격에 지나지 않으며 손쉽게 구입 가능하고, 카메라 자체의 첨단 기능을 충분히 활용 가능한 D100 카메라를 이용한 지상원격탐사 기술의 효용성은 매우 클 것으로 판단된다.

2) 현장조사

(1) 조사장소 및 조사일시



그림 3. 조사대상 산림

부산시 기장군 기장읍 대변향 부근에 위치한 조사대상 산림은 대변향 남서쪽 방향 1km 지점에 위치하고 있다. 주위의 산림 40% 정도가 재선충의 피해를 입어 혼중처리 되었고, 상대적으로 피해가 심한 대변향 주변에는 산림의 절반 이상이 벌목된



그림 5. 분광반사계 관측 point

지역도 있다.

대상산림은 재선충의 피해로 혼중된 소나무의 비율이 20% 정도인 곳으로 주위와 비교할 때 피해 발생이 상대적으로 적은 지역에 속하나, 향후 재선충의 피해가 우려되는 곳 중의 하나이다. 현장조사는 2006년 4월 30일, 5월 29일, 6월 16일, 6월 27일, 7월 31일, 8월 30일, 11월 16일에 걸쳐 총 7회 실시하였고 관측 당일의 기상은 양호하였다. <그림 3>에 조사장소의 위치를 나타내고 있다. 대상산림의 조사는 태양을 등진 상태에서 200~250m 전방에 위치한 소나무림을 관측하였다.

(2) 분광반사계 조사

대상물의 촬영에 앞서 기준이 되는 표준백색판 (BaSO<sub>4</sub>)을 각 파장별로 관측하고 이 값을 100으로 한 대상물의 상대적 반사율을 주어진 계산식(김응남, 2006)에 의해 구하였다. 대상물 및 표준백색판의 관측 시야각은 2°로 설정하였다. 관측 point는 소나무의 활력정보를 상, 중, 하로 육안 구분하여 <그림 4>와 같이 선정하였다.

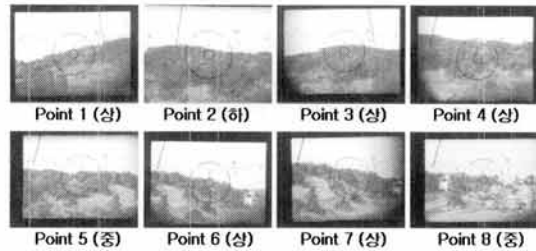


그림 4. 분광반사계 관측 point

소나무의 활력정도를 상, 중, 하로 육안 구분하고 있는 이유는 시계열적인 재선충의 피해 확산 및 피해목의 분광반사율 변이와 식생활력의 변화

현상을 모니터링 하기 위해서이다. 피해 발생 전인 1회 관측 후 일정한 시간간격으로 일정기간 반복 관찰한 후, 피해 발생이 확인된 시점에서 피해목을 구분하고 역으로 피해목의 변이 현상을 조사하고자 하였다.

각 관측 point의 전체적인 배치를 <그림 5>에 나타내었다. 내륙쪽에서 바닷가 방향으로 point 1에서 point 8까지를 선정하여 관측 및 촬영 조사하였다.

(3) 영상의 촬영

D100(IR개조) 카메라를 Multi spectral Camera로 사용하였다. 카메라를 삼각대 위에 안정되게 설치하여 대상을 촬영하였다. 이때 대상 산림 전체를 촬영하기 위해서는 여러 컷으로 나누어 촬영하여야 하였고, 각각의 영상이 연결 가능하도록 일부 중복되도록 촬영하였다.

D100 카메라의 경우는 한 지점에 대하여 가시광선 촬영과 근적외선 촬영으로 별도 촬영하며, 가시광선 촬영은 카메라 렌즈 앞에 근적외선 차단 필터를 부착하고, 근적외선 촬영은 근적외선 투과 필터를 부착하여 촬영한다.

3) 식생지수(NDVI)의 산출

2703 분광반사계와 CCD 카메라를 통해 관측되고 촬영된 각 조사 지점별 데이터를 식(1)에 대입하여 각 point별 NDVI 값을 계산하였다.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

NIR: 근적외선 파장대역  
RED: 가시광선 적색파장대역

2703 분광반사계의 데이터로부터 식생지수 NDVI를 산출하기 위해 17개 밴드 파장대역을 Landsat/TM의 밴드대역을 기준으로 각각 B band, G band, R band, NIR Band로 묶어 그 평균값을 구하여 사용하였다.

(1) 분광반사계

각 point별 NDVI 값으로부터 촬영일시별로 NDVI 값의 변화를 조사하였다. 그 결과를 <그림 6>에

나타내었다. <그림 6>의 그래프를 보면 알 수 있듯이 전체적으로 2회차(5월 29일)의 NDVI 값이 1회차(4월 30일)에 비하여 0.1~0.2 정도 높아진 것을 알 수 있다. 이는 계절적인 영향에 의한 것으로 생각되며, 3회차(6월 27일)는 장마로 인한 일조량의 부족에 의해 활력도 저하가 나타나고 있다.

4회차 데이터를 보면 NDVI 값이 0.05~0.1 정도 상승하는데 이 역시도 계절적인 영향으로 식생의 활력도가 높아진 것으로 판단된다. 전체적인 경향으로는 계절적 요인에 의해 지수값 0.1 이내의 범위에서 활력도가 증가한 것으로 나타났다.

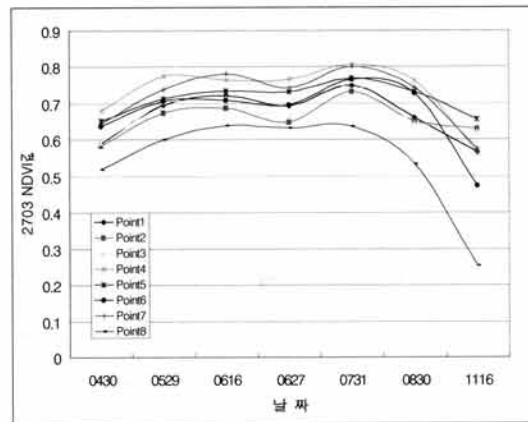


그림 6. 분광반사계 각 Point 별 NDVI 값의 변화

5회차 데이터 상에서는 조사기간 중 가장 높은 지수값을 보이고 있다. 장마 이후의 일조량 증가에 의해 모든 대상물의 활력이 증가하였음을 알 수 있다.

6회차는 5회차에 비해 전반적으로 하락하는 추세를 보이고 있으며, 최초 활력이 상으로 분류된 Point1, Point3이 급격하게 낮아진 것을 확인할 수 있다. 마지막 조사인 7회차는 계절적인 요인으로 모든 지점의 NDVI값이 크게 낮아지고 있다.

(2) 디지털 카메라 영상

파장대역별 영상을 이용하여 NDVI 영상을 생성하였다. 그 결과를 <그림 7>에 나타내었다. NDVI 영상은 전체적으로 1회차(4월 30일)의 영상이 가장 낮고 점차 상승하는 것으로 보이나, 각 point의 NDVI 값은 일정하거나 약간씩 낮아지고 있는 것

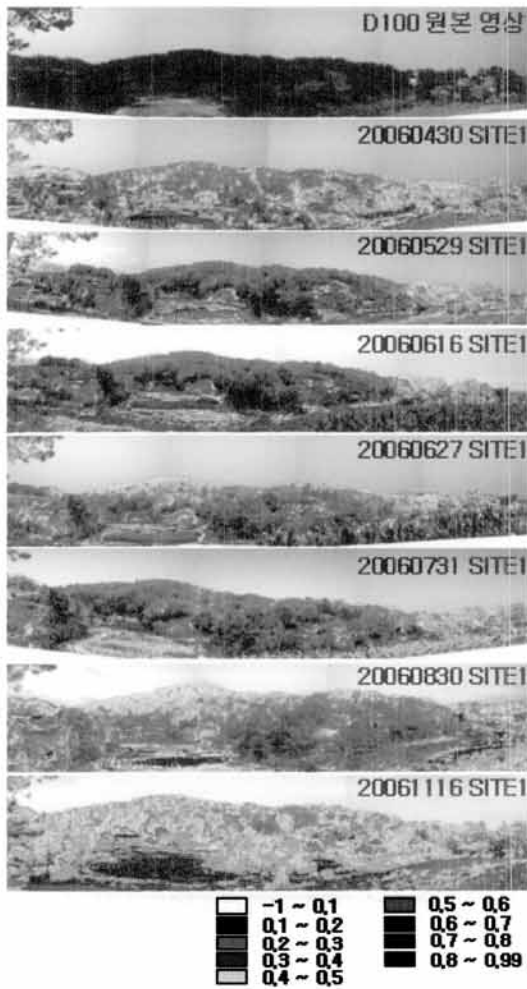


그림 7. D100 Camera의 NDVI 영상

으로 나타났다.

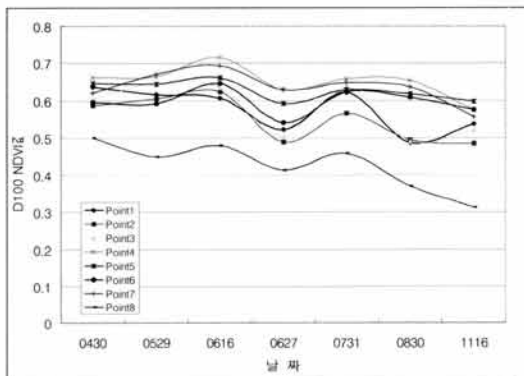


그림 8. D100 Camera의 각 Point 별 NDVI 값의 변화

<그림 8>은 각 point에 대한 NDVI 값을 그래프로 나타낸 것이다.

#### 4) 결과 및 고찰

##### (1) 장비 간 상관관계 분석

인공위성 영상을 이용한 원격탐사 조사방법에서는 현장조사의 목적으로 지상형 원격탐사 장비를 사용하게 된다. 그 대표적인 장비가 분광반사계이다. 분광반사계는 일정한 시야각 내의 대상물로부터의 상대적인 반사율을 분광대역별로 구할 수 있는 장비이고, 위성영상을 분석하는 과정에 있어서 매우 중요한 장비라고 할 수 있다. 본 연구에서는 CCD 카메라를 통해 얻어진 값들을 분광반사계를 통해 얻은 값과 비교함으로써 CCD 카메라의 특성을 조사하고자 하였다.

<그림 9>는 2703 분광반사계에 대한 D100 카메라 간의 상관관계를 나타낸 것이다. 전체적인 상관관계를 보면 7회차 조사를 제외하고  $R^2=0.7$ 에서 0.9까지 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있다. 하지만 11월 16일 관측 데이터의 경우,  $R^2$ 값이 약

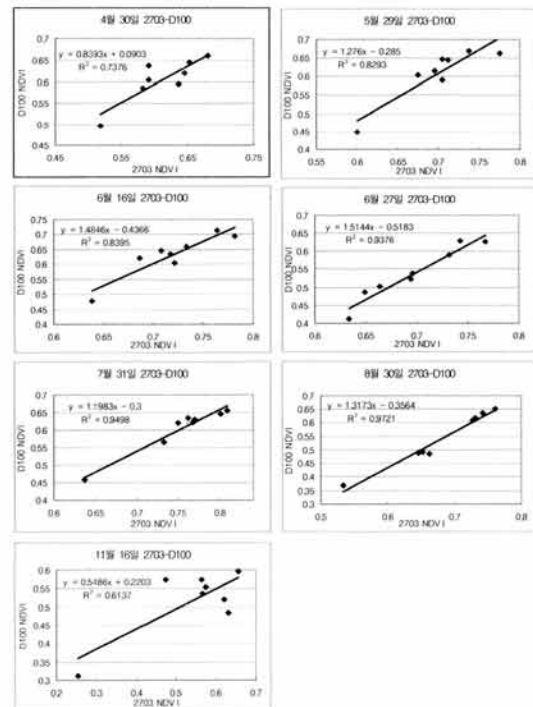


그림 9. 장비 간 상관관계

0.61 정도로 낮게 나타나고 있다. 현재로서는 그 원인을 명확히 밝히기는 어렵지만 관측상의 외부적 요인이 개입된 것이 아닌가 추측된다. 하지만, 전반적인 경향으로 볼 때, 표준의 장비로서의 의미를 가지고 있는 분광반사계값과 높은 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있었다. 이는 금번 연구에서 사용하고 있는 CCD 카메라 장비가 화상형 분광반사계로서 유용함을 나타내는 것이라고 할 수 있다.

(2) 활력 유형별 변화 분석

<그림 10>은 그림 4에서 육안으로 분류한 상, 중, 하 산림군에 대한 NDVI 값을 평균하여 그래프로 나타낸 것이다. 상으로 구분한 point의 NDVI 값은 대체적으로 가장 높은 값의 변화를 나타내고 있다. 중과 하로 구분한 point의 값은 상과는 대조적으로 유사한 값의 변동을 나타내고 있다. 이는 육안 구분에 따른 구분의 불명확성과 함께 중으로 구분한 point의 상당 부분이 조사 기간 동안 활력도가 낮아졌기 때문인 것으로 판단된다. 또한 일부 지점의 경우 재선충의 피해가 발생한 것으로 판단된다.

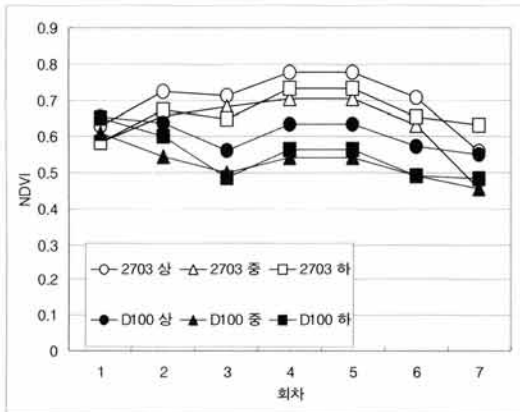


그림 10. 활력 유형별 변화



그림 11. 재선충이 걸린 대상의 역추적 Point

2703 분광반사계와 D100 데이터의 활력 유형별 변화 추이는 대체로 유사한 패턴을 보이고 있다. 2회차 이후 3회차에는 조금 낮아지고, 4회차에는 상승하는 경향을 보인다. 이는 앞서서도 설명한 것과 같이 장마철 일조량 부족의 영향으로 판단된다. 5회차 조사 이후 다시 계절적 요인으로 인한 전반적 하락이 나타나고 있다.

(3) 재선충 피해목의 변화 분석

본 연구에서는 재선충 감염목이 조사 기간중 어떠한 식생지수상의 변화를 보이는지를 조사하고자 7회차(11월 16일) 조사 당일, 재선충 감염이 확인된 대상목을 대상으로 7지점을 선정하였다. 이들 재선충 감염목을 그림 11에 나타내었다. 재선충은 6월에서 8월 사이에 가장 번성하며 11월은 재선충의 매개체인 솔수염하늘소의 활동이 중지되는 시기로 더 이상 재선충 피해는 확산되지 않는다. 이러한 사실을 전제로 11월 현재, 재선충 피해로 인해 고사된 나무들을 대상으로 선정하였다. 총 7회에 걸쳐 촬영된 재선충 감염목의 변화과정을 <그림 12>에 나타내었다. 조사 기간 동안의 각 지점별 특징은 다음과 같다.

1번 지점은 4회차(6월 27일)까지 정상이었으나 5회차(7월 31일)부터 상부 쪽 가지가 말라가기 시작하였고, 6회차(8월 30일)에는 완전히 고사하였다.

2번 지점은 1회차(4월 30일)부터 고사되어 있었고, 이미 전년도에 재선충에 감염된 고사목으로 판단된다.

3번 지점은 1회차(4월 30일)에 약간 갈색빛을 띠었으나, 2회차(5월 29일) 이후 고사하여 진한 갈색빛을 띠고 있다.

4번 지점은 1회차(4월 30일)부터 진한 갈색빛을 띠었으며, 이미 전년도에 재선충에 감염된 것으로



지상형 원격탐사기술을 이용한 소나무 재선충 피해조사

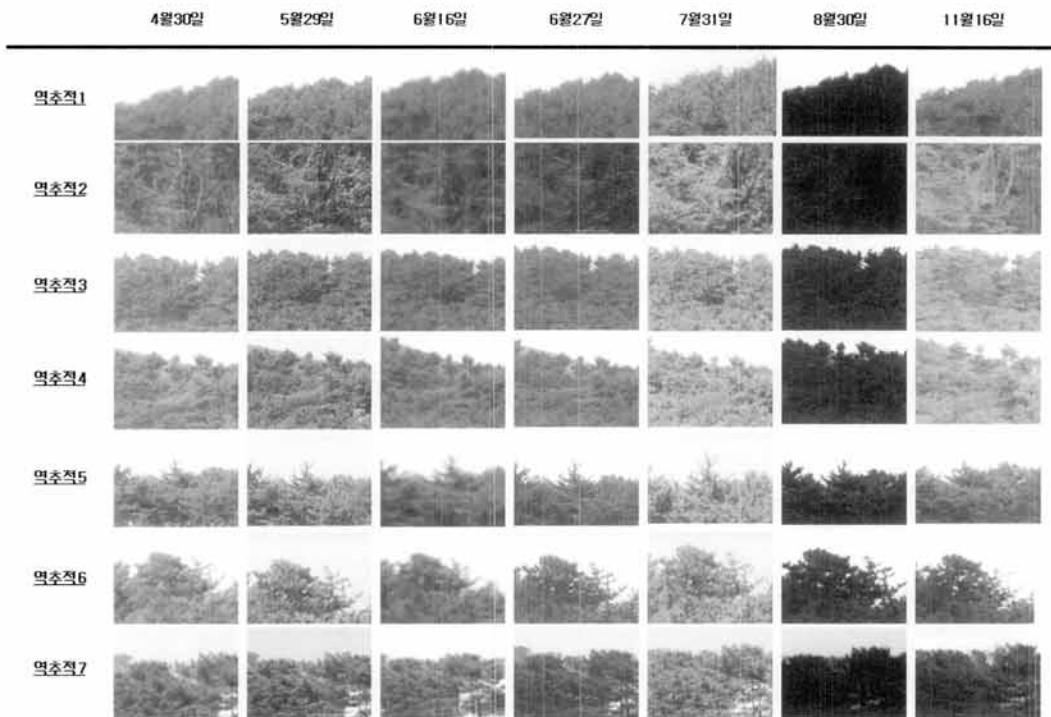


그림 12. 각 시기별 감염목의 변화

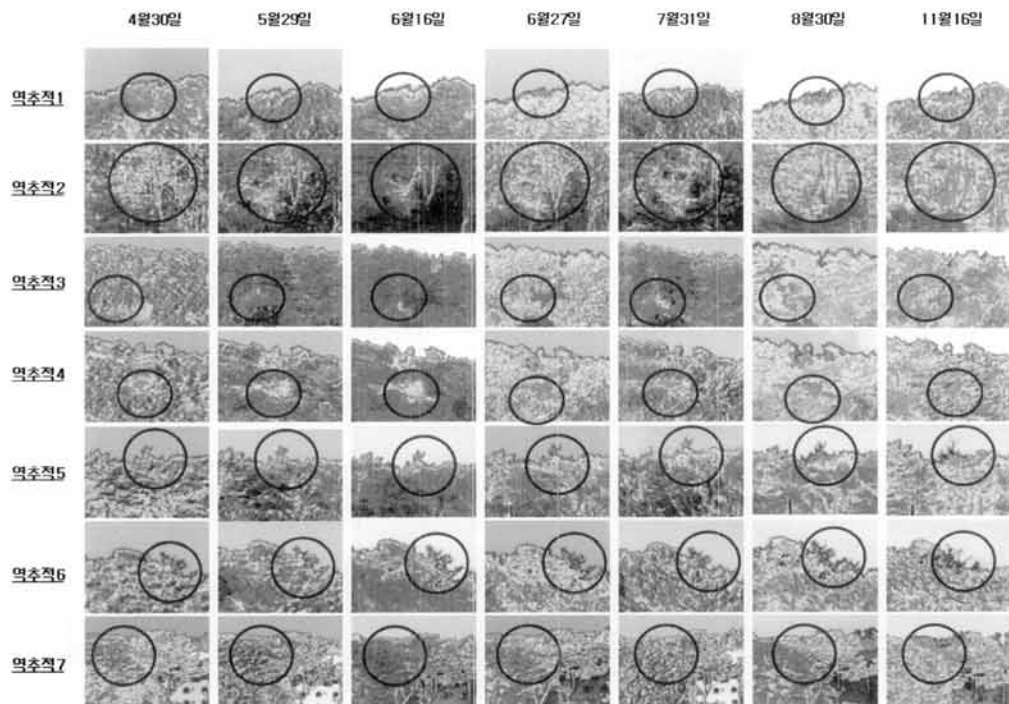


그림 13. 각 시기별 감염목의 NDVI 변화

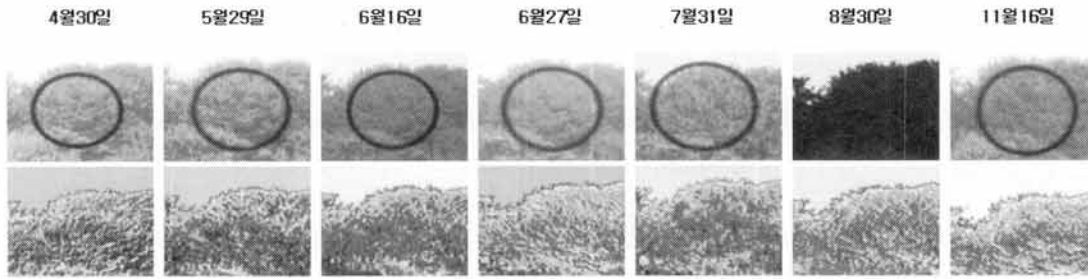


그림 14. 정상 소나무의 NDVI 변화

판단된다.

5번 지점은 5회차(7월 31일)까지 정상 상태를 보이고 있으나, 6회차(8월 30일) 조사에서는 고사하여 진한 갈색을 띄고 있다.

6번 지점은 5회차(7월 31일)까지 정상이었으나 6회차(8월 30일)부터 상부 가지가 마르기 시작하여 7회차(11월 16일)에서는 고사하였다.

7번 지점은 6회차(8월 30일)까지 정상 상태를 보이고 있으나, 7회차(11월 16일)에서는 완전 고사하였다.

각 시기의 NDVI 추출영상을 <그림 13>에 나타내었다. 재선충 피해가 발생하지 않은 정상 상태의 NDVI영상인 <그림 14>와 비교해볼 때, 재선충의 피해가 발생한 대상목의 경우에는 식생활력이 낮은 부분을 나타내는 청색계통의 부분이 그림에서도 확연히 식별 가능하다. <그림 15>에서 볼 수 있듯이 정상적인 소나무는 <그림 8>의 범례에 나타내고 있는 바와 같이, 0.6 이상의 NDVI값을 나타내는 붉은색 부분이 조사기간 내내 유지되고 있다. 하지만, 재선충 피해가 발생된 감염목은 짧은 기간내에 활력이 급격히 떨어져 0.4 이하의 지수값을 나타내고 있다.

이러한 부분, 즉 재선충에 의한 식생활력의 저하가 발생한 부분은 재선충 감염목 별로 상이한 시기에 검출되고 있다. 앞서 설명하였듯이 육안으로 검출한 조사 시기별 감염목 잎의 색변화와 같은 시기이거나 이보다 앞선 시점에서 이러한 현상이 나타나고 있다. 이는 근적외선 정보를 이용한 식생활력 검출 방법이 육안 식별에 의한 감염목 검출 방법보다 빠른 시점에 감염목을 식별할 수 있음을 나타내는 것이다. 재선충의 확산을 막기 위해 실시되고 있는 유일한 방법이라 여겨지는 감염목의 조

기발견에 본 연구에서 제안된 근적외선 디지털 카메라를 이용한 지상원격탐사 기술이 유용하게 적용될 수 있음을 시사하는 것이라 할 수 있다.

(4) 재선충 감염목의 식생지수 변화

본 연구에서는 재선충 감염목이 조사 기간 중 어떠한 식생지수상의 변화를 보이는지를 조사하고자 7회차(11월 16일) 조사 당일, 재선충 감염이 확인된 대상목 중 일부와 정상 소나무를 선정하여 비교 분석하고자 하였다. <그림 15>는 정상 소나무와 재선충에 감염된 소나무의 식생지수값 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

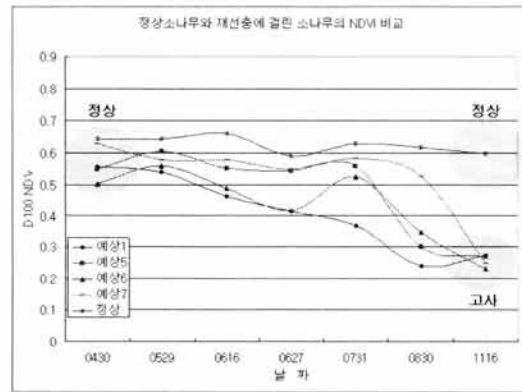


그림 15. 피해 유형별 소나무의 식생지수 변화

그래프를 보면 알 수 있듯이 정상소나무와 감염목 모두 1회차(4월 30일)의 조사에서는 0.5에서 0.65까지 범위의 지수값을 보이고 있다. 조사기간내의 지수값 변화와 비교해 볼 때 정상목과 감염목의 구분이 나타나고 있지 않으며 이러한 값의 추이는 2회차 조사일인 5월말까지 계속되고 있음을 알 수



있다. 이후 비감염목은 조사기간이 끝난 11월까지 0.6이상의 일관된 범위의 값을 보이는 것에 비해 재선충 감염목은 서로 다른 변화 형태를 보이고 있다.

1번, 5번, 6번, 7번의 지점별 변화 형태를 보면 다음과 같은 특징을 나타낸다. 1번 지점은 2회차(5월 29일)부터 조금씩 활력이 저하되고 있고 이후 6회차에 급격한 저하가 나타난다. 이는 재선충의 피해가 5월말부터 시작하여 서서히 죽어가는 경우로 판단된다.

5번 지점은 5회차(7월 31일) 이후 급격하게 지수값이 떨어졌다. 전형적인 재선충 피해의 특징으로서 6월에서 8월 사이에 가장 활발하게 진행되는 재선충의 피해라고 볼 수 있다.

6번 지점 역시 5회차(7월 31일)이후에 급격하게 떨어지는 것을 알 수 있다.

7번 지점은 6회차(8월 30일) 이후에 급격하게 떨어졌다. 이것도 전형적인 재선충의 특징이라 할 수 있을 것이다.

### 3. 결론

지상원격탐사 장비로 소나무재선충의 피해를 조사해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 지상원격탐사 장치를 통해 활력 유형별 대상 산림의 분광반사 특성을 조사하는 것이 가능하였고, 시계열적인 변화를 모니터링 하는 것이 가능하였다.

둘째, 새롭게 도입하고 개발한 화상형 지상원격탐사 장비를 통해 대상지 산림에 대한 면적인 활력정보를 추출하는 것이 가능하였다. 이러한 면적 활력정보는 대상지내의 재선충 피해목을 추출하는데 있어 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 본 연구에서는 분광반사계를 통해 조사한 분광반사율 자료로부터 식생지수 NDVI를 계산하였고, 이 값을 기준값으로 간주하여 CCD 카메라를 통해 추출한 값과의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 장치 간에는 매우 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

넷째, 4월 이후 11월까지의 총 7회에 걸친 시계열적인 조사를 통해 건강한 소나무와 재선충 감염

목의 시계열적인 NDVI의 변화 추이를 조사할 수 있었다. 또한 이러한 감염목의 시계열적인 변화추이를 통해 대상지 산림 내에서 새롭게 감염된 피해목의 추출이 가능함을 알 수 있었다. 향후 이러한 조사데이터는 재선충 피해목의 조기발견에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 금번의 연구에서는 200m 이상의 원거리에서 데이터를 취득하였다. 향후 근거리 내에서의 데이터 취득을 통해 보다 정밀한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 재선충의 피해발생은 5월 이후 다양한 형태로 진행되는 것으로 판단되기 때문에, 조사 주기를 1주일 단위로 하는 등의 조정이 필요할 것으로 판단된다. 아직 우리나라는 재선충에 관한 기초적 데이터가 부족한 실정이므로 이러한 조사방법에 의해 세밀한 재선충 피해 유형 및 확산 등 기초적인 데이터를 수집 할 수 있을 것이다.

### 문헌

김영섭 외 5인, 2004, 원격탐사개론, 동화기술.

김용남, 2006, CCD 카메라를 이용한 지상원격탐사 기술 개발, 대한토목학회논문집, 제26권 제2D호, pp.325-333.

(주)阿部設計, 2000, 2703Mm Ver0.2형 Portable Photometer 취급설명서, p.20.

(주)아남옵틱스, 2004, Nikon D100 사용설명서

양인태, 김용남, 1999, 근적외선 디지털 카메라에 의한 수목의 NDVI 추출과 분석, 대한토목학회 논문집, 제19권, 제3-1호, pp.49-53.

Atkinson, P.M., 1999, *Advances in Remote Sensing and GIS Analysis*, John Wiley and Sons.

Rees, W.G., 2001, *Physical Principles of Remote Sensing*, Cambridge University Press.

Jensen, J.R., 2005, *Introductory Digital Image Processing*, Prentice Hall.

•교신 : 김용남(인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 부교수, kimen@inhac.ac.kr)  
Eung-Nam Kim(Associate Professor, Department of Aerial Geoinformatics, Inha Technical College)

(접수 : 2008. 1. 10, 채택 : 2008. 2. 4)