

SPOT/VEGETATION NDVI 자료를 이용한 북한지역 식생 변화 탐지*

염종민¹·한경수^{2*}·이창석²·박윤영²·김영섭²

A Detection of Vegetation Variation Over North Korea using SPOT/VEGETATION NDVI*

Jong-Min YEOM¹·Kyung-Soo HAN^{2*}·Chang-Suk LEE²
Youn-Young PARK²·Young-Seup KIM²

요 약

본 연구에서는 원격탐사자료를 이용하여 현장관측이 불가능한 북한 지역에 대한 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 산출을 통하여 1999년부터 2005년까지 7년간의 지표 상태 모니터링 하였다. 북한의 산림 지역은 소위 한반도의 폐라고 불리며, 한반도 내에서 가장 풍부한 산림지역이 위치하고 있다. NDVI는 식생의 활력 지수를 나타내며, 유사한 많은 연구에서 사용되었다. 본 연구에서는 북한 지역 식생의 변화를 탐지하고 그 원인을 분석하였다. NDVI의 변동은 북한 지역에서 가뭄이나 태풍의 영향을 잘 반영하고 있으며, 북한 지역이 태풍이나 가뭄을 겪고 있을 때 평년보다 낮은 NDVI 수치가 나타났다. 특히, 최근 정치적, 경제적으로 큰 이슈가 되고 있는 북한 지역 식량 생산 정보에 간접적인 파악을 위해 본 연구에서 분석한 결과를 토대로 식량 생산 동향을 유추하였다.

주요어 : NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SPOT/VEGETATION, 식생 변화

ABSTRACT

In this study, we perform land surface monitoring of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) variation by using remote sensing data during 1999-2005 over North Korea, which can't easily access to measure directly land surface characteristics due to one of the world's most closed societies. North Korea forest region has most abundant forest vegetation - so called Lungs of Korea in the Korea peninsula. NDVI represents vegetation activity used in many similar studies. In this study, we detect vegetation variation and analysis factors of the change over North Korea. By using variation of NDVI, we can infer that effect of drought

2008년 3월 3일 접수 Received on March 3, 2008 / 2008년 3월 30일 수정 Revised on March 30, 2008 / 2008년 4월 7일 심사 완료 Accepted on April 7, 2008

* 이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-4106)의 지원으로 수행되었습니다.

1 부경대학교 환경대기과학과 Department of Environment Atmosphere, Pukyong National University

2 부경대학교 위성정보과학과 Department of Satellite Information Science, Pukyong National University

※ 연락처 E-mail : kyung-soo.han@pknu.ac.kr

over North Korea, and reduced vegetation indices by typhoon in North Korea. Land surface type except barren ground with decreased NDVI value is considered as when North Korea region was suffering from drought and typhoon effects, which show lower than mean of 7-year NDVI value. Especially, in recently, the food production of North Korea with political and economical issues can be inferred indirectly these trends by using estimated output data from this study.

KEYWORDS : NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SPOT/VEGETATION, Vegetation Variation

서론

한반도는 약 70%이상 산림으로 이루어져 있으며, 이 산림지역은 인간의 생활뿐만 아니라, 여러 동식물들에게 있어서도 환경·생태적으로 매우 중요한 지역이다. 그러나 1900년대 초반 일제 강점기의 무분별한 벌목과 1950년부터 3년 동안에 걸친 6·25전쟁, 그리고 최근 들어 산업 발전으로 인한 다양한 산림개발 요구에 따른 산림지역의 변동성이 커지고 있다.

이러한 요인들로 인해 산림의 확보와 관리를 위한 산림자원 정보화의 중요성이 증대되었으며, 식생지수와 같은 지표변수를 보다 정확하게 분석하는 것이 필요하다 (Tarpley et al., 1984; Justice et al., 1985). 우리나라에서는 1999년 5월에 자연환경보전법을 개정하여, 매 10년 혹은 5년마다 녹지 자연도와 현존식생도를 작성하도록 하고 있다. 작성된 자료들은 환경관련 연구 기초자료로 중요한 위치를 점하고 있다. 그러나 이 같은 자료들은 대부분 현장조사에 의하여 구축되어지는데, 조사를 위하여 많은 시간과 비용이 소요된다. 또한, 인간 활동에 따른 빈번한 산림 변화에 적절하게 대처하지 못하므로 큰 효용성을 지니지 못한다. 따라서 위성자료를 이용한 원격탐사는 단시간 광범위한 영역에 대한 주기적 조사가 가능하게 하며, 시·공간적 변동성이 큰 지역 관찰에 적합하다. 이러한 위성 자료의 장점들을 이용하여 현장조사의 단점을 보완할 수 있다.

그동안 국내·외에서 진행되었던 식생지역에 대한 원격탐사 연구들은 주로 정규화 식생지수

(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)를 사용하였으며, NDVI는 식생 canopy 생물학적 특성을 밝히기 위해서 가장 널리 사용되는 식생지수이다 (Jiang et al., 2006). 국내 연구들은 LANDSAT위성의 MSS (Multi-spectral Scanner Scenes), TM (Thematic Mapper)과 NOAA위성의 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), 그리고 SPOT/VEGETATION 자료를 이용하여 토지이용, 임상구분, 병해충에 의한 삼림의 피해, 토지피복 분류 등에 대한 연구를 수행하였다 (한균형, 1987; 안철호 등, 1988; 이규성, 1994; 박경훈과 정성관, 1999; 이민부 외, 2003; 성정창, 2000; 박윤영과 한경수, 2006). 국외연구에서도 NOAA/AVHRR과 SPOT/VEGETATION등의 다양한 위성 센서를 사용하여 NDVI 모니터링, 식생의 구분, 산림유형 분류 등의 다양한 연구가 수행되었다 (Townshend and Justice, 1986; Demen et al., 1992; Eidenshink, 1992; Han et. al., 2004; Wang et al., 2005).

한반도 식생관련 선행연구는 대부분 남한지역에 국한되어 있고, 북한에 관련한 연구는 양적·질적으로 부족한 것이 현실이다. 남북분단 이후 북한지역은 현지답사가 불가능한 지역이기 때문에 현장조사를 통한 산림정보의 획득은 불가능하다. 그 결과 선행연구와 같이 현장관측을 병행한 산림조사는 주로 남한을 대상으로 하고 있다. 북한의 산림지역은 ‘한반도의 허파’라 일컬어지며, 남한에 비하여 상대적으로 풍부한 산림자원을 보유하고 있는 중요지역임에도 불구하고 관련 자료가 매우 부족하다.

따라서 본 연구에서는 SPOT/VEGETATION 자료를 활용하여 접근이 불가능한 북한지역을 대상으로 식생 활력도(Vegetation Activity)의 시계열적 변화를 모니터링하고, 식생지수의 연간변화특성을 관찰하여 북한지역의 식생변화를 파악하고자 한다. 특히, 본 연구에서는 위성자료를 통해 산출된 NDVI 자료와 메릴랜드 대학에서 제공하는 토지피복 자료를 이용하여 북한 지역의 농작물 생산 추이를 간접적으로 유추하였다. 본 연구를 통해 탐지된 식생 변화는 북한지역 식생분야 연구에 중요한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

연구 범위와 자료

본 연구의 범위(그림 1)는 위도(37.5°N - 43.2°N) 경도(124.17°E - 130.45°E)의 북한지역을 대상으로 하고 있으며, 연구 자료는 1999년에서 2005년까지 총 7년 동안의 SPOT/VEGETATION 자료를 사용하였다. SPOT/VEGETATION 센서에 대한 구체적인 특성은 표 1에 나타나 있다.

SPOT/VEGETATION은 P-product와 S-product를 제공하는데, 본 연구에서는 S-product의 S10 밴드 자료에서 산출된 NDVI 값을 사용하였다. S-product는 지리보정만 수행한 P-product와 달리 지리 보정과 대기보정 모두 수행된 자료이다. P1자료, S1자료, 그리고 S10자료 모두 직하 관측점에서 1km 공간 해상력을 가진다. S1의 경우 각 밴드 자료, 화소별 각도 자료 그리고 사용 화소 특성 정보 (SM: Status map)

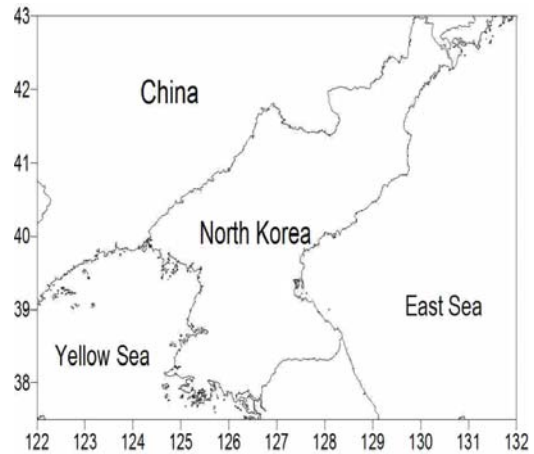


FIGURE 1. Map of the study area

에 관한 위성 자료를 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales)에서 제공해주며, S10의 경우에는 각 밴드 자료, 사용 화소 특성 정보, (SM) 그리고 NDVI 자료를 제공한다. 참고로 S1 자료는 VGT 센서에서 하루 동안 관측한 모든 영상을 전구영역에 대해서 모자이크 처리를 한 것이다. 반면 S10 자료에서 제공되는 NDVI 자료는 10일 동안의 S1 밴드 자료를 종합 처리 한 것으로 10일 동안 각 화소의 NDVI 수치가 가장 높은 값을 선택하여 합성하는 MVC (Maximum Value Composite) 방법을 사용하였다 (Holben, 1986).

MVC 방법은 NDVI 산출 시 구름과 대기의 영향, 그리고 강수 이후 지표 수분에 의해 발생하는 오차요소를 줄이는 가장 일반적인 방법이다 (Eidenshink and Faundeen, 1994).

TABLE 1. Characteristics of SPOT/VEGETATION sensor

	SPOT/VEGETATION			
Satellite				
Altitude	» 820 km			
Repetitiveness	» 12 hours			
Channel	B0 (blue)	B2 (red)	B3 (NIR)	MIR (SWIR)
Wavelength (μm)	0.43 ~ 0.47	0.61 ~ 0.68	0.78 ~ 0.89	1.58 ~ 1.75
Resolution at Nadir (km)	1.0 × 1.0	1.0 × 1.0	1.0 × 1.0	1.0 × 1.0

북한의 식생변화 위성영상처리

북반 지역의 식생 변화 연구를 위해서 1999년부터 2005년까지 각 연도 별 S10자료를 통합하여 월별 NDVI 자료를 구축하였다. 먼저, CNES에서 제공하는 South-Asia 영역의 자료를 앞에서 언급한 연구 영역으로 추출하였다. 잘라낸 영상에 대해서 SM 자료를 이용하여 우선적으로 Land Sea mask 작업을 수행하였다. 본 연구에서는 해양의 경우뿐만 아니라, 내륙에 위치한 물 지역에 대해서도 masking 과정을 수행하고, 물 지역을 제외한 나머지 영역에 대해서는 Scale factor를 이용하여 실제 NDVI 물리값으로 변환하였다. 물리 변환식은 식(1)과 같다.

$$NDVI_{Real} = a \times Digital_count + b \quad (1)$$

위 식에서 Scale factor(a, b)는 각각 0.004, -0.1이고, NDVI_{Real}은 실제 NDVI 값이고, Digital_count는 0에서 255값을 가지는 정수형 원 자료이다. 식(1)을 통한 NDVI 값을 산출하기 이전에, SM에서 제공하는 화소별 사용 특성 정보를 이용하였다. SM의 경우 8bit 형태를 가지는 입력 자료로서 청천, 그림자 지역, 구름 그리고 불특정 지역에 관한 정보뿐만 아니라, 적설지역 및 각 채널별 불량화소에 대한

정보를 제공한다. 본 연구에서는 SM 자료에서 산출되는 품질정보 (QC: Quality control) 이용하여 정확도가 높은 자료만을 사용하였다.

식생변화 분석 및 처리

최종적으로 처리된 10 day-composite NDVI 값에 대해 각 월별 특성을 분석하기 위해 월별 최대값을 산출하였다. 표 2는 7년간의 전체 평균 NDVI 값과 해당 년도의 NDVI값을 비교한 것으로 이를 통하여 북한 지역의 식생변화와 식생분포특성을 알 수 있다. 표 2에 나타나는 것과 같이 북한지역 전체적인 식생변화 특성은 1월에 NDVI 값이 연중 최저값을 나타내고 4월 이후에는 NDVI 값이 급격하게 상승하는 것을 알 수 있다, 이는 일반적으로 낙엽수들이 4월 이후가 되어야 새 잎이 나기 시작하기 때문이다.

위 결과는 계절변화에 따른 연중 식생변화뿐만 아니라, 연간 식생의 변화 또한 관찰할 수 있는데, 그 대표적인 사례가 2001년 자료이다. 2001년의 경우 그림 2의 그래프에서 볼 수 있듯이 다른 해에 비하여 전체적으로 낮은 NDVI값을 보이며, 4월에서 6월에 걸쳐 그 현상이 두드러지게 나타나고 있다.

이러한 현상은 다음의 연합뉴스 2001년 5월

TABLE 2. Value of NDVI for 7 years over North Korea

Month Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1999	0.196	0.211	0.214	0.29	0.549	0.648	0.716	0.747	0.724	0.565	0.335	0.216
2000	0.117	0.131	0.216	0.243	0.56	0.646	0.699	0.722	0.705	0.502	0.31	0.198
2001	0.11	0.13	0.189	0.221	0.516	0.61	0.664	0.73	0.698	0.469	0.316	0.251
2002	0.166	0.186	0.225	0.311	0.576	0.666	0.72	0.725	0.698	0.449	0.249	0.205
2003	0.137	0.14	0.198	0.248	0.56	0.669	0.724	0.763	0.716	0.518	0.295	0.189
2004	0.183	0.15	0.207	0.29	0.562	0.661	0.694	0.765	0.728	0.533	0.295	0.185
2005	0.134	0.122	0.199	0.273	0.554	0.649	0.726	0.763	0.736	0.556	0.301	0.159
Monthly Mean	0.149	0.153	0.207	0.268	0.554	0.650	0.706	0.745	0.715	0.513	0.301	0.200

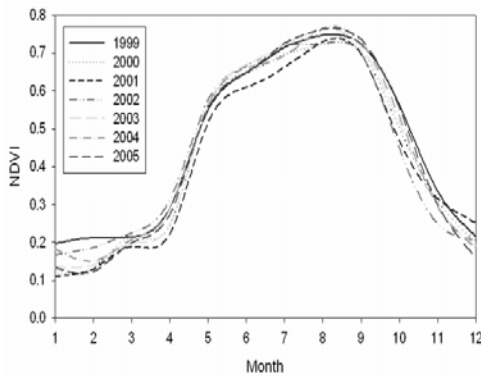


FIGURE 2. Distribution of NDVI over 7 years according to month

TABLE 3. North Korea and west area NDVI in 2001 versus mean NDVI of North Korea and west area for 7 years according to month (a - North Korea in 2001, mean of North Korea for 7 years, c - west area in 2001, d - mean of west area for 7 years)

	a	b	c	d
April	0.275	0.292	0.232	0.265
May	0.544	0.561	0.493	0.539
June	0.593	0.663	0.542	0.624

2일자에 기재된 북한가뭄 관련 기사를 통하여 짐작할 수 있다.

북한 기상수문국의 정룡우 중앙예보연구소 부소장은 지난달 30일 조선중앙텔레비전에 출연해 “올해 봄철에 우리나라는 가뭄(가뭄)이 계속되고 있는데 지난 3월 3일 전국적으로 6 mm 정도의 비가 한번 왔고 그 후 3월 14일에 3mm의 비가 내린 후로는 비가 오지 않았다”고 밝혔다. ...<중략>... 2일에도 오전 9시 현재 해주에 2mm의 비가 내렸을 뿐 다른 지역의 강수량은 측정이 불가능한 수준에 그친 것으로 파악되고 있다(심규석, 연합뉴스, 2001).

위의 기사내용과 같이 2001년에 북한은 수

개월에 걸쳐 가뭄을 겪고 있었으며, 그 결과 7년 중 가장 낮은 NDVI값을 가짐을 알 수 있었다.

이러한 내용을 확인하기 위하여 표 3과 같이 북한지역의 7년간 4, 5, 6월의 평균 NDVI 값과 2001년 4, 5, 6월의 NDVI 값과 비교하였고, 현재 국내·외적으로 많은 관심의 대상이 되고 있는 북한의 곡창지대의 가뭄 피해정도를 파악하기 위하여 2001년 4, 5, 6월의 북한 서부평야지역 NDVI 값 역시 서부지역의 평균 값과 비교하였다. 표 3에서 나타나는 것과 같이 2001년 4, 5, 6월의 북한지역 NDVI값이 7년 NDVI 평균값보다 0.015, 0.018, 0.068씩 각각 감소함을 확인할 수 있었다. 2001년과 서부지역 평균 NDVI 변화량이 4월 - 0.033, 5월 - 0.46, 6월 - 0.082의 변화량을 보임으로 동월 북한 전 지역의 변화량보다 4, 5, 6월에 각각 0.018, 0.032, 0.014씩 더 감소하였다. 이는 서부 평야지역 또한 다른 산림지역과 같이 가뭄의 영향을 크게 받았다는 것을 간접적으로 유추할 수 있다. 가뭄과 관련하여 심각한 문제는 서부지역이 북한의 주요 쌀 생산지로 연백평야, 재령평야(이상 황해남도), 평양평야, 안주평야(이상 평안남도), 영흥평야, 함흥평야(이상 함흥남도)가 위치하고 있어, 서부지역의 가뭄은 곧 북한의 식량 문제와도 직결된다는 점이다. 또한 북한은 1990년대 중반부터 지속적인 가뭄을 겪고 있다고 알려져 있으며, 이로 인하여 심각한 식량난을 겪고 있다. 그러므로 가뭄 문제와 관련하여 보다 구체적인 분석을 시행하기 위하여 UMD (University of Maryland's 1km global land cover product)에서 제공하는 토지피복분류(Land cover classification)를 활용하여, 북한 서부 평야지역의 농경지를 분류하고, 서부지역의 NDVI값의 7년간 변화를 분석하였다. UMD 자료는 메릴랜드 대학에서 1992년에 제작된 토지 피복 자료로서 총 13종의 지표 클래스를 가진다. 사용된 입력 자료는 AVHRR 자료를 이용하였고, 현재 USGS와 같이 세계적으로 많이 활용되는 지면 정보 자료이다.

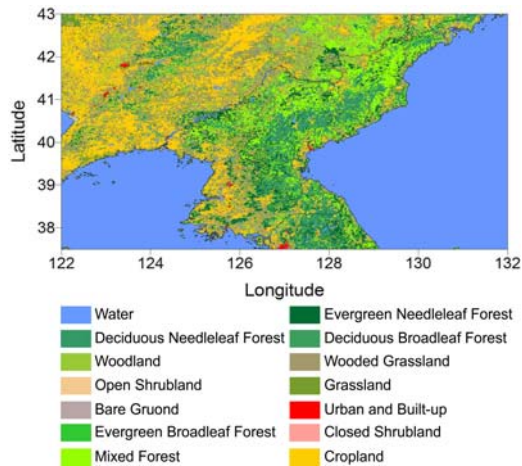


FIGURE 3. 1 km land cover map of the University of Maryland over the study area

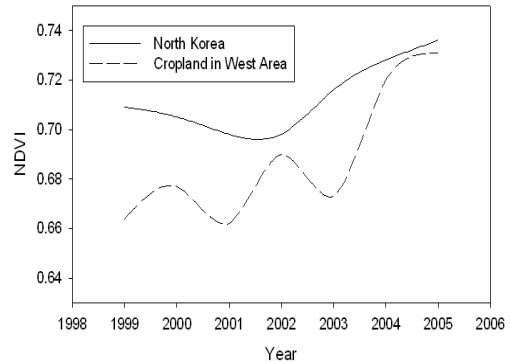


FIGURE 4. NDVI variation from September 1999 to September 2005 over North Korea and Cropland in West area

TABLE 4. Distribution of land types using UMD over the study area

Description		Percentage of area(%)	Vegetation density
Water		Not counted	
Forest	Evergreen needleleaf forest	28.45	High
	Deciduous broadleaf forest		
	Mixed Forest		
	Woodland		
Open land	Wooded grassland	16.60	Mid
	Closed shrubland		
	Open shrubland		
	Grassland		
	Crop land	2.80	High
bare ground /urban	Bare ground	0.12	Low
	Urban and built-up		

TABLE 5. NDVI variation from September 1999 to September 2005 over North Korea and Cropland in West area

Area \ Year	Year						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Cropland	0.664	0.677	0.662	0.69	0.673	0.72	0.731
North Korea	0.709	0.705	0.698	0.698	0.716	0.728	0.736

TABLE 6. NDVI value in 2002 and 2004 over Gang-Won Do

	NDVI Value in 2002	NDVI Value of the mean	Differences
July	0.7734	0.7549	0.0185
August	0.7326	0.7974	-0.0648
September	0.7580	0.7819	-0.0239

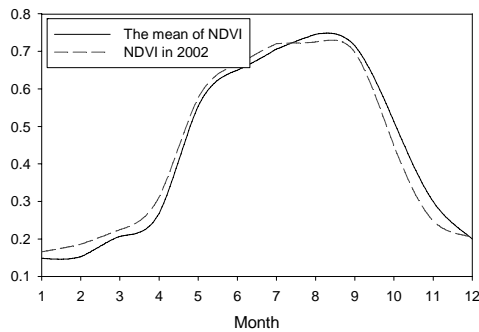


FIGURE 5. Distribution of averaged NDVI for 7years and NDVI mean values according to month

연구 영역에 대한 UMD 토지피복 클래스와 각 클래스별 면적에 대한 구체적인 내용은 그림 3과 표 4에 나타나 있다.

본 연구에서는 표 5와 그림 4에서 UMD 자료를 이용하여 농경지로 분류된 서부지역 식생과 북한 전체 산림 지역에 대한 식생 변화 경향을 비교·분석하였다. 비교·분석을 위해 1년 중 9월의 값을 사용하였는데, 이는 수확직 전 9월의 NDVI값이 작물 생산량과 깊은 관련성을 가지고 있기 때문이다. 표 5의 2001년의 NDVI값은 앞서 언급한 바와 같이 최저값을 가지는데 이를 통해 가뭄의 영향을 재확인 할 수 있으며, 피해규모를 간접적으로 추정할 수 있다. 특히, 그림 4에서 북한 전체 산림지역에

대한 NDVI 변화 경향은 그림에서처럼 2002년을 기점으로 반등하는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 농경지의 식생지수는 UMD 토지피복 분류 기준 (그림 3)으로 Forest 지역 (Deciduous Needleleaf Forest, Evergreen Broadleaf Forest, Evergreen Needleleaf Forest, Deciduous Broadleaf Forest)에 대해서 약간 낮은 값을 가지는 경향을 보이지만, 나머지 토지 피복 지역에 대해서는 높은 값을 가진다. 그림에서 실제 서부 지역의 NDVI 변화 경향은 북한 전체 경향과 달리 2001년과 2003년에서 낮은 값을 보인다. 이것은 서부지역의 농경지역이 상대적으로 다른 피복지역에 대해서 가뭄에 민감하다는 것을 유추 할 수 있다.

NDVI의 값이 2002년을 기점으로 하여 북한 전 지역에 걸쳐 상승하고 있는데, 이는 장기적으로 지속되던 가뭄이 해소되어 점차적으로

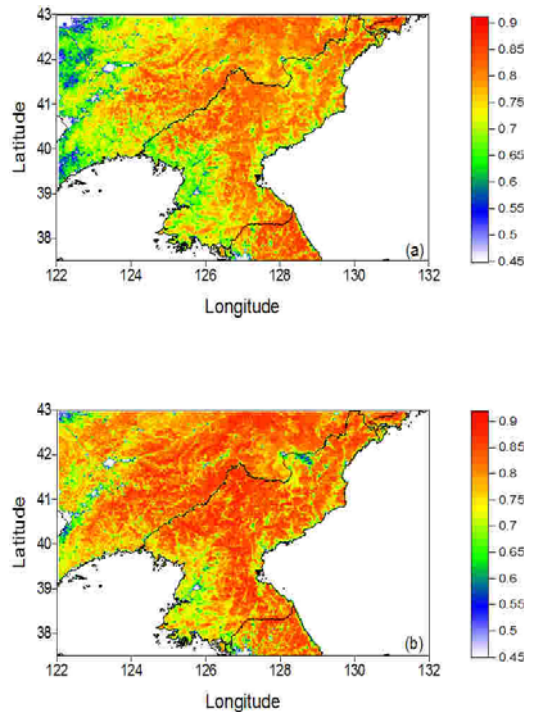


FIGURE 6. NDVI image in North Korea (a) 1st-10th September 2002 (b) 1st-10th September 2003

NDVI값이 정상 값으로 회복되고 있음을 보여 준다. 그리고 서부 농경지역에서의 급격한 NDVI증가는 2000년 남북정상회담 이후 식량, 비료 등의 대북지원정책의 결과로 쌀 생산량이 증가했을 것으로 유추된다.

추가적으로 가뭄에 의한 식생변화 뿐 아니라 태풍으로 인한 식생의 변화를 감지 할 수 있었다. 그림 5는 태풍의 영향을 관찰하기 위하여 2002년의 NDVI값과 평균 NDVI값을 비교한 것이다. 일반적으로 연중 NDVI값의 변화는 1월부터 8월까지 꾸준히 증가하다가 8월을 최고점으로 하여 이후 점차 감소하는 경향이 있다. 하지만 2002년의 경우는 그림 5에서 나타나는 것과 같이 7월을 최고점으로 하여 7월 이후부터 점차 감소하는 현상을 보인다. 또한 감소 시기가 앞당겨진 것뿐만 아니라 8월 이전까지는 평균 이상의 값을 보이다가 8월부터 평균이하의 값으로 내려가 그 상황이 12월까지 유지 되는 것을 볼 수 있다.

이는 2002년 한반도를 관통하여 큰 피해를 입힌 태풍 ‘루사’의 영향으로 인한 것으로 사료되며, 이러한 사실을 확인하기 위하여 기상청의 태풍경로자료와 태풍의 영향권에 속하기 전, 중, 후로 구분하여 산출하였다. 그림 6(a)은 태풍이 지나간 이후 2002년 9월 1일부터 10일간의 NDVI 자료이고, 그림 6(b)은 태풍의 영향이 없었던 2003년 9월 1일부터 10일간의 영상자료이다. 그림 7은 태풍 ‘루사’의 진행경로를 보여준다.

위의 영상들을 통하여 태풍의 경로와를 NDVI의 변화가 거의 일치함을 확인 할 수 있었고, 이로써 태풍의 영향을 간접적으로 알 수 있었다. 즉 대기영향, 지표특성 및 다양한 요소의 영향을 받는 NDVI를 통하여서도 태풍 및 각종 환경·기후 현상에 의한 식생변화를 간접적으로 관찰 할 수 있었다. 그리고 정확한 태풍의 영향을 확인하기 위하여 태풍의 피해가 심각하였던 강원도 지역을 대상으로 NDVI 값을 산출하였다. 표 6은 북한 강원도 지역의

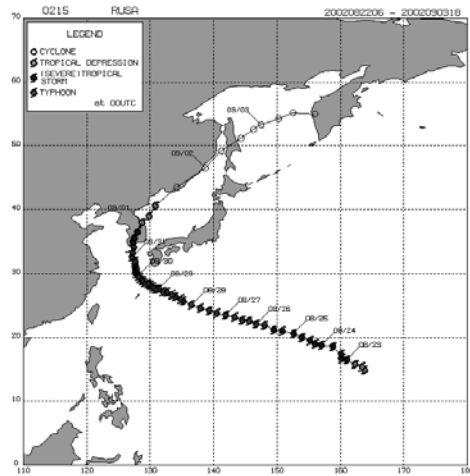


FIGURE 7. The track of the typhoon “Rusa”

2002년 7월, 8월, 9월의 NDVI값과 평균적인 7월, 8월, 9월의 NDVI값이며 7월 값은 태풍영향 이전과 이후를 비교하기 위하여 제시 되었다.

표 6에서 확인 할 수 있는 바와 같이 강원도 지역 또한 전체 NDVI변화량과 유사한 형태로 7월을 최고점으로 하여 8월 이후 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 8월과 9월의 변화량은 각각 -0.0648 , -0.0239 의 값을 가져, 이는 표 2에 나타나는 동월의 북한 전체 지역과 북한 전체지역의 평균과의 차이 -0.02 , -0.017 보다 더 크게 나타나 태풍 피해가 다른 지역보다 심각하였음을 유추 할 수 있다.

그리고 8월 이후로도 NDVI값이 지속적으로 평균이하의 값을 보이는 것으로 보아, 태풍과 홍수 등의 영향으로 인해 산림유실 등 식생의 감소가 발생하였으리라 추측 할 수 있다.

결론

본 연구에서는 위성자료를 이용하여 북한 지역 식생의 변화를 관측하였으며, 그 변화의 원인을 분석하였다. 그 결과 2001년 봄 가뭄과

2002년 태풍 '루사'로 인한 식생 피해를 확인 할 수 있었다.

가뭄의 영향으로 인한 식생의 분석결과 북한의 서부지역인 평안남도, 황해남도 등, 농경지 지역의 피해의 심각성을 알 수 있었고, 이를 통하여 북한의 식량자원 사정 등의 현황과 관련하여 생각해 볼 수 있었다. 다만 북한의 식생은 각종 재해와 재난으로 인하여 계속하여 감소하고 있을 것이라는 당초 예상에서 벗어나, 90년대 지속되었던 오랜 가뭄에서 벗어나 점차 증가하고 있다는 사실을 간접적으로 알 수 있었다. 그리고 2002년 NDVI의 연중 변화형태가 7년 평균의 NDVI 변화 형태와 다른 기현상 원인인 태풍을 분석하였고, 태풍으로 인한 영향과 이에 따른 식생 변화까지 파악하였다.

위와 같이 본 연구를 통하여 도출된 자료와 분석 자료는 최근 증가하는 북한의 각종 재난과 이로 인한 기아와 기근 등으로 피해를 받고 있는 북한주민들을 구제하기 위한 정책을 펼치는데 중요한 근간이 될 것이다. 즉 각종 기후 및 환경에 의한 식생피해의 정도를 정확하게 예측·판단하고, 이를 통해 북한관련 정책 수립에 있어 합리적인 의사결정을 할 수 있도록 기여 할 것이다. 더욱이 북한 관련 정책뿐만 아니라 향후 한반도 식생자원 관리와 관련하여 중요한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 위성자료를 통한 NDVI값만을 사용하여 연구함으로써 연구의 신뢰도를 높이는 부분이 부족하였다는 한계점을 가지고 있다. 위성자료를 활용한 식생분포 연구시 현장조사를 수행하게 되는데, 이는 실제 위성에서 모의된 식생 지수에 대한 검증 작업이다. 따라서 현장조사의 보완이 없는 자료의 정확도는 75% 수준에 그치며(남한 지역의 정확도는 83.5%임) 신뢰도는 더 내려 가는 것으로 평가되었다(사공호상 외, 국토연구원, 2000). 이러한 부분을 보완하기 위해서 실제 현장 조

사를 수행하게 되지만 현장조사 또한 수행비용, 인력 그리고 관측 시간 등과 같은 많은 어려움을 가지고 있다. 최근 전 세계적으로, 위성의 궤도 특성, 센서 제원, 관측 파장의 물리적인 특성 등에 의해 발생하는 오차 요소를 줄이는 연구들이 다양하게 수행되어 위성관측 신뢰도가 향상되고 있다. 그렇기에 향후 본 연구에서는 보다 정확한 지면변수 산출을 위해 현장조사가 수행되어야 하며, 또한 정확도가 높은 최신 위성 센서의 활용을 통하여 지면변수를 산출하는 것이 필요하다. 그리고 실제 지면 식생 변화에 민감도가 높은 강수 및 온도 자료를 활용하면, 정확성이 보다 향상될 것으로 파악되지만, 실제 북한지역의 기상관측 자료를 얻기는 불가능하다. 향후 연구에서 수치모델에서 모의된 재분석 자료를 활용하여 그 정확도를 높이고자 한다.

1999년부터 2005년까지 7년간 자료를 대상으로 연구를 수행함으로 장기적인 관점에서의 식생변화에 대한 연구가 부족하였다. 식생의 변화는 1년, 2년 만에 빠르게 변화하는 것이 아니라 수십 년에 걸쳐 장기적으로 변화하는 것이다. 그렇기에 7년간의 연구 자료로는 장기적인 변화를 감지하는데 한계가 있었다. 이러한 문제는 지속적인 연구를 관찰을 통하여 해결될 것이며, 이러한 기초자료는 북한 관련 문제뿐만 아니라 향후 기후변화와 관련한 문제에서도 크게 활용될 것이다.

또한 앞으로의 연구에서는 SPOT위성뿐만 아니라 NOAA/AVHRR, LANDSAT등의 각종 위성자료들의 상호 보완이 이루어져야 할 것이다. 각 위성은 센서 특성에 따라 각기 다른 특성의 자료를 가지며, 이로 인해 각각 장점과 단점을 가진다. 그러므로 위성자료간의 상호 보완은 반드시 필요하며 이는 향후 위성자료와 관련한 모든 연구에서 결과 신뢰도를 향상시키는데 크게 이바지 할 것으로 사료된다. **KAGIS**

참고 문헌

- 박경훈, 정성관. 1999. 광역적 녹지계획 수립을 위한 도시열섬효과 분석. 한국지리정보학회지 2(3): 35-45.
- 박윤영, 한경수. 2006. SPOT/VEGETATION NDVI 자료를 이용한 동북아시아의 생태기후 지도. 한국농림기상학회지 8(2): 86-96.
- 사공호상, 박성미, 김영표. 2000. 인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연구. 국토연구 115쪽.
- 성정장. 2000. 다중시기 NDVI 변화 패턴과 토지피복상태의 변화에 관한 연구. 한국지리정보학회지 3(3): 20-30.
- 안철호, 윤상호, 박병욱, 양경락. 1988. Landsat TM data를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출에 관한 연구. 한국측지학회지 6(2): 42-52.
- 이규성. 1994. 시계열 AVHRR 위성자료를 이용한 한반도 식생분류. 한국임학회지 83(4): 441-449.
- 이민부, 김남신, 최환성, 신근하. 2003. GIS와 RS를 이용한 토지피복 및 식생분포의 시공간적 변화 -평안북도 서부지역을 중심으로. 대한지리학회지 38(5): 835-848.
- 한균형. 1987. 인공위성 사진을 이용한 북한 쌀 생산량 추정. 지리학논총 14: 311-320.
- Demen, M., B. Fraki, H. Legleau and A. Sairouni, 1992. Vegetation cover mapping over France using NOAA-11/AVHRR, International Journal of Remote Sensing 13(9): 1787-1795.
- Eidenshink, J. C., 1992. The 1990 Contentious U.S AVHRR Data Set, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 58(6): 809-813.
- Eidenshink, J. C. and J. L. Eidenshink. 1994. The 1km AVHRR global land data set: First stages of implementation. International Journal of Remote Sensing 15(17): 3443-3462.
- Han Kyoung-Soo, Jean-Louis Champeaux, and Jean-Louis Roujean. 2004. A land cover classification product over France at 1 km resolution using SPOT4/VEGETATION data. Remote Sensing of Environment 92:55-66.
- Holben, B. N. 1986. Characteristics of maximum values composite images from temporal AVHRR data. International Journal of Remote Sensing 7(11): 1417-1434.
- Jiang, Z., A. R. Huete, J. Chen, Y. Chen, Li, G. Yan and X. Zhang. 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment 101(3): 366-378.
- Justice, C. O., B. L. Markham and P. J. Pinter. 1983. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. Remote Sensing of Environment 92:52-66.
- Tarpley, J. D., S. R. Schneider and R. L. Money. 1984. Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite. Journal of Climate Applied Meteorology 23:491-494.
- Townshend, J. R. G and C. O. Justice. 1986. Analysis of the dynamics of African Vegetation using the normalized difference vegetation index. International Journal of Remote Sensing 7(11): 1435-1445.
- UMD(University of Maryland). 