

# 식생지수를 이용한 DMZ의 생태적 영향권 조사

김상욱<sup>1</sup> · 정종철<sup>2\*</sup>

## Ecological Effect Area Research of DMZ using NDVI

Sang-Wook KIM<sup>1</sup> · Jong-Chul JEONG<sup>2\*</sup>

### 요 약

본 연구의 목적은 DMZ 지역의 개발과 보전적 전략에서 생태적 평가를 수행하는데 있다. 군사적인 이유에 의해 연구지역을 현장조사하고 이를 바탕으로 생태적인 평가를 수행하기 어렵다. 때문에 본 연구에서는 Landsat ETM+ 위성영상 자료와 수치지도의 보조 자료를 이용하여 DMZ의 생태적 평가를 수행하였다. 생태적 영향권 조사를 위해 식생지수 가운데 하나인 NDVI값을 이용하였으며, 본 연구시점의 DMZ는 DMZ 내부를 제외하고는 식생활력도가 군사적 교란, 민간인의 영농활동 등으로 매우 낮은 값으로 나타났다. 또한 DMZ를 기준으로 설정한 거리별 식생지수값의 변화는 로지스틱한 형태로 표현되지 않고 있다. 이는 서부 및 중부지역의 평야지대의 경우 개발압력이 민통선지역에까지 이르렀으며, 동부지역의 경우 정기적인 사계청소의 영향이라 판단된다.

주요어: DMZ, 식생지수, 생태적 영향권

### ABSTRACT

The purpose of this study is to estimate the ecological effect of DMZ for development and conservation of this area. Because of the political reason, field research and estimation of the ecological effect using field data is very difficult. Then we carried out the estimation of the ecological effect using Landsat ETM+ and ancillary data of digital maps. Because of military disturbance and agricultural activity of common people, NDVI of DMZ was very low value except the interior area of DMZ. According to the distance of DMZ, the variance of NDVI didn't show the logistic curve. This result has the reason as follows. The developing force at level plane of west and middle area reached to DMZ and we could concluded in that case of east area had been effect of regular cutting for view.

*KEYWORDS: NDVI, DMZ, Ecological Effect*

2002년 9월 26일 접수 Received on September 16, 2002 / 2002년 12월 11일 심사완료 Accepted on December 11, 2002

<sup>1</sup> 한국토지공사 Korea Land Corporation

<sup>2</sup> 남서울대학교 지리정보공학과 Department of Geoinformatics Engineering, Namseoul University

\* 연락처 E-mail: jcjeong@nsu.ac.kr

## 서 론

DMZ를 어떻게 활용할 것인가에 대한 논의가 남북화해무드와 발맞추어 정부, 민간단체, 학계에서 거론되고 있다. 생태적 보전론자들의 입장에서는 제2의 원생자연지역으로 계속하여 보존해야 한다고 주장하는 반면에 개발론자들은 DMZ 또한 개발될 곳과 보전되어야 할 곳을 계획하는 작업의 선상에서 이해해야 한다고 주장한다. 현실적으로도, 경의선 철도 사업과 남북연결도로의 개설 등 남과 북을 잇기 위한 구체적인 개발사업들이 시행 중에 있다. 또한 군 작전 중 발생하는 생태계 간섭과 더불어 민통선지역의 주거영농 확대 등으로 DMZ 및 민통선(이하 DMZ지역)의 생태적 환경에 많은 변화와 교란이 발생되고 있는 실정이다. 또한 DMZ 지역의 보전 및 활용과 관련하여 여러 가지 모델(김은식, 1996; 황지옥, 2000)들이 제시되고 있지만 이들은 행정경계 등의 인위적 경계를 그 기준으로 하고 있는 실정이다. 독일의 경우를 보더라도 통독이후 베를린 장벽주변의 과거역사보존 및 녹지보존이 서독기업과 땅주인의 개발논리에 밀려 완전히 훼손·방치되고 있다(이장희, 2000). 이에 본 연구는 통일 전후 DMZ지역의 지속가능한 개발을 위한 기초 자료 제공측면에서 수행되었다. 또한, 경관생태학적 측면에서 DMZ가 한반도의 동서를 잇는 생태통로로서의 역할을 수행할 수 있는지를 조사하기 위하여, 식생활력도를 군사분계선을 중심으로 DMZ지역의 생태적 영향권 파악을 본 연구의 목적으로 한다. DMZ는 상대적으로 개발압력을 적게 받은 대상형 산림지대가 주를 이루고 있지만 군사적 목적의 방화 등의 간섭이 주기적으로 나타나고 있는 실정이다. 또한 남북한의 토지관련 제도의 차이로 인하여 생태적 영향권이나 그 경계부분의 넓이 등에 차이를 보일 것으로 판단된다.

이를 달성하기 위하여 다음과 같은 내용의

연구를 수행한다. 첫째, DMZ지역의 생태적 영향권 조사에 있어 지형적 특성을 반영하여 서부, 중부 그리고 동부지역으로 구분한다. DMZ는 동서로 긴 대상의 띠로서 전체적인 조사로는 그 특성을 정확히 반영할 수 없으므로, 지형특성에 따라 지역별로 구분하며, 지역별 경사도 및 표고를 비교·분석함으로써 지역구분의 타당성을 검증한다. 둘째, DMZ의 생태 현황 및 파악을 위하여 위성영상을 이용하여 각 지역마다 NDVI(normalized difference vegetation index)값을 이용한 식생의 활력도를 조사한다. 산림식생의 활력도만으로 생태적 가치를 조사할 수는 없지만, 산림경관은 단순히 수목이 일정하게 분포하고 있는 상관이 아니고, 기후, 지형, 토양, 지하수 등의 상호작용과 천이의 시간적 경과, 또는 인간간섭의 강도 등이 종합적으로 만들어낸 유형(한국경관생태연구회, 2001)이기 때문에 본 연구에서 생태적 가치를 판단하는 지표로 전제한다. 셋째, 군사분계선을 중심으로 각각 10km 이내의 식생활력도를 조사하고 생태적 영향권을 조사해본다. 본 연구에서는 식생활력도가 군사분계선에서 멀어질수록 그 활력도가 낮아질 것으로 판단하고 급격히 변화하는 지역을 완충지구로 가정하며, 완충지구를 중심으로 그 내부는 생태계보전지구 그리고 외부는 집약적 경제활동지구로 구분한다.

연구의 시간적 범위는 2000년 5월 및 9월의 식생활력도를 위성영상인 Landsat ETM+ 영상자료를 이용하여 조사한다. 연구의 공간적 범위는 육지역인 길이 248km(155mile)에 군사분계선을 중심으로 각각 10km씩 총 20km 폭원의 지역을 포함한다. 본 연구는 DMZ 내부 및 민간인 통제선지역의 일부를 그 대상으로 하고 있는데, 군사시설 보호와 보안 유지를 위해 민간인을 통제할 목적으로 남북방한계선으로부터 남쪽으로 5~20km지역에 설치된 일련의 선을 지칭하며, 민간인 통제구역은 그 폭원이 일정치 않지만 Westing(2000)은 남한

지역의 민간인 통제구역의 평균 폭원을 5.4km로 밝히고 있다. 북한에도 유사한 규모, 성격의 선과 지역이 존재하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 민통선지역은 휴전선의 파생지역으로서의 분계지역(border region)적 성격과 그로 인해 민간생활이 통제되고 개발이 억제된 한계지역(marginal area)적 성격, 그리고 민간인 출입통제의 효과로 생겨난 생태적 보전지역(conservation area)의 성격을 함께 지니는 지역으로 규정될 수 있다(문석기, 1996).

## 선행연구 및 방법론

### 1. DMZ지역 토지피복현황

#### 1) 북한 토지용도 구분

북한은 전체 토지를 크게 6가지 용도 즉 농업토지, 산림토지, 주민지구토지, 산업토지, 특수토지, 수역토지로 구분하고 있는데, DMZ 및 민통선지역의 경우 특수토지, 산림토지 및 농업토지가 대부분을 차지할 것으로 판단된다. DMZ내부 및 최근린 지역은 특수토지 가운데에서도 군사용 토지로 구분되어 군부대가 그 이용 및 관리를 담당하며, 농업토지는 경작이 가능한 농지만이 포함되며 이의 관리는 농업지도기관과 이를 이용하는 해당 협동농장 및 기관, 기업소, 단체가 행하도록 되어 있다. 북한의 산지이용은 무림목지, 잡관목지, 농경지, 과수원, 잡엽, 생산림지, 상전 등의 조성을 미리 예정하고 현재의 산림상태를 고려하여 계획을 세울 것을 요구하고 있는데(김일성저작집 15권), 산림식생의 존재여부와 관계없이 경사지(산지)를 대상으로 한 농업, 축산, 임업 등의 생산활동과 보호보존 및 서비스 활동까지를 포함하는(김광주, 1988), 산지에서 발생하는 일체의 활동을 그 대상으로 하고 있다. 즉 북한은 산림식생에 한정하지 않고 산림토지와 그 안에 있는 모든 이용까지를 포함한 토지중심적 사고를 가지고 있는 반면에, 남한은 정책의 기반을 지상물인 산림식생에 그 초점을 맞

추고 있다(이광원 2001).

#### 2) DMZ지역 토지피복현황

DMZ내에서 생태학적으로 의미를 지니는 토지피복으로 산림, 농경지(전, 답, 과수원, 다락밭), 초지 및 습지 등을 들 수 있겠다. 산림청 임업연구원(1995)이 위성영상을 이용하여 DMZ지역의 토지피복을 분류한 결과를 살펴보면, 남한지역의 경우 DMZ의 산림면적비율은 77.6%, 경작지비율은 1.3%에 이르고 있으며, 나지의 경우 전체면적의 0.2%를 보이고 있다. 북한지역의 경우는 DMZ는 산림면적비율이 73.5%, 경작지면적비율이 4.2%에 이르고 있으며, 나지의 경우 거의 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 하지만 서창완과 전성우(1998)의 연구결과에서 주거지역이 남측의 경우 DMZ내에서는 6.37%, 외곽 10km 내에서는 10.24%를 차지하며, 나지의 경우 각각 2.52%와 4.75%를 차지하고 있다. 북측의 경우도 주거지역이 DMZ내에서는 5.93%, 외곽 10km까지 에서는 10.77%로 조사되었으며, 나지의 경우도 3.08%와 9.98%로 나타나 이 지역내의 토지이용의 변화가 빈번함을 알 수 있다. 실제 답사와 위성영상자료를 동시에 활용하여 DMZ 산림자원 현황을 조사한 결과를 보면 이 지역은 민간인에 의한 간섭이 없었다는 것을 말할 뿐, 군인들에 의한 간섭은 포함하지 않은 표현임을 알게 해준다(산림청 임업연구원, 1996).

### 2. 연구이론 및 방법론

#### 1) 경관생태학적 측면에서의 DMZ 고찰

본 연구에서 DMZ지역은 주변지역에 비해 상대적으로 식생활력도가 높은 대상형 녹지가 주를 이루며, 이에 한반도를 횡적으로 연결하는 생태통로로 정의한다. 경관에서 통로는 서식처, 도관, 장벽, 여과대, 공급원 그리고 수용처의 6가지 기본적인 기능(이도원, 2001)을 가지고 있다. 경계 및 가장자리의 구조를 이루는 가장 중요한 요소 가운데 하나가 인간이며

(Forman, 1995), 인간 간섭의 측면에서 DMZ 지역은 위의 6가지 기능을 모두 지니고 있지만, 특히 내부와 가장자리를 지닌 서식처이며, 철책과 군의 통제를 통해 인간의 간섭을 최소화시키는 여과대로서의 역할이 크다고 하겠다. 본 연구에서 DMZ 및 민통지역에서의 장벽의 의미는 자연생태계에는 도움이 되는, 즉 인간의 간섭을 최소화시킬 수 있는 긍정적인 의미를 지니고 있으며, 이들 장벽이 지닌 영향력을 조사하여 생태적 영향권을 설정하기 위한 기초자료로 활용하기로 한다.

경관생태학에서 경계란 이질적 성격의 공간요소 만나는 지점을 의미한다. DMZ 내부, 민통선 내부 및 외부지역이 만나는 지점은 일정한 경계를 이루며, 이러한 경계는 그 폭이 넓거나 좁은 전이지대(ecotone)를 형성하게 된다. 전이지대에 대한 연구로는 박종화 등(1995), 박영임(1996), 신재훈(1999) 등의 연구가 있는데, 주로 국립공원의 등산로주변의 식생분석을 통해 전이지대를 탐지하고 있다. 조각(patch)으로서의 국립공원 경계부의 식생활력도가 로지스틱 곡선을 그릴 것으로 가정하여 추이대를 탐지하였다. DMZ에서의 전이지대란 남방 및 북방한계선 또는 민통선을 중심으로 자연환경과 인간의 간섭이 혼재하는, 인간의 제한적 이용과 주요 생태조각들이 보존되는 지역으로 정의한다.

2) 분석의 공간적 범위설정

① DMZ 및 민통지역의 보전 및 활용모델로서의 생태적 영향권분석

통일 후 DMZ 및 민통지역의 보존과 이용에 관련한 보존모델을 제시하고 있지만(김은식, 1996; 황지욱, 2000), 이들 모델들은 행정구역을 그 구분의 기준으로 삼고 있어, 이 지역의 자연환경적 특성을 무시한 이론적 수준으로, 접경지역계획을 위한 정책구상수준에 머무르고 있다. 이에 본 연구에서는 자연환경조건을 고려하여 실제적인 경계의 설정을 위한 생태적 영향권을 파악해보기로 한다. 본 연구

에서는 식생활력도의 변화곡선을 파악하여 핵심보전지역으로서의 생태계보전지구, 완충 및 전이지대로서의 완충지구 그리고 인간활동이 자유로운 집약적 경제활동지구로 구분한다.

② DMZ 및 민통지역의 자연환경별 지역구분

DMZ지역은 한반도를 동서로 가로지르고 있음으로 서부평야지역, 중부내륙구릉지역 및 동부산악지역이라는 한반도의 전형적 지형특성을 모두 포함하고 있어, DMZ 지역에 대한 정확한 분석을 위해서는 자연환경별로 지역을 구분하고, 각 지역별로 특성을 분석하고 있다(양홍모와 이태희, 1996; 산림청 임업연구원 1995-2000; 김귀곤, 2000) 하지만 기존 연구들의 경우 정확한 공간적인 경계를 밝힌 경우는 없으며, 이에 본 연구에서는 수계현황도, DEM을 이용한 지형기복도 및 위성영상자료의 토지피복분류결과를 바탕으로 크게 3지역으로 구분하였는데, 경계구분은 저류폭원이 300m 이상이 되는 주요 하천을 중심으로 하였다. 서부평야지역과 중부지역의 경계는 임진강을 중부와 동부지역의 경우 북한강을 경계로 하였다. 이를 정리하면 다음과 같다. 서부평야지역의 경우 해안 및 도서지역을 포함하고 있지만, 본 연구에서는 육역부의 식생활력도만을 그 분석대상으로 삼고 있다.

- 서부평야지역(임진강) : 판문군(북)/파주시(남) (임진강입구, 사천, 장단반도, 어룡리)
- 중부내륙지역(북한강) : 철원군(북)/연천군(남) (임진강, 철원평야, 백마고지, 계웅산)
- 동부산악지역 : 창도군(북)/화천군, 고성군(남) (두타연, 가전리, 남강, 감호)

3) 지형정보의 처리 및 분석

① 자료 취득 및 처리

본 연구를 위해서 Landsat ETM+ 영상 및 수치지형도를 이용해 제작한 1' DEM 자료를 이용하였다. Landsat 자료는 식생활력도 조사

를 위해 그리고 DEM 자료는 DMZ지역의 고도 및 경사도 분석에 이용하였다. Landsat ETM+ 영상은 해상도 30m x 30m의 저해상도의 위성영상이지만 DMZ와 같은 광역적인 분석을 위해서는 Landsat 영상이 보다 효율적이라 판단된다. 북한지역의 투영방법 및 Datum을 결정하는데 있어서 UTM52 지역을 그리고 타원체는 WGS84를 그 기준으로 하였다. 위성영상의 조사·분석을 위해서는 ER-Mapper v6.1을 이용하였으며, DMZ 지역의 고도 및 경사도 분석과 분석된 식생활력도 자료의 거리별 값의 분포를 알아보기 위하여 ArcView v3.2를 이용하였다. 지상기준점(GCP: ground control point)은 국방과학연구소(ADD)에서 제작한 북한 및 접경지역 1:50,000 수치지형도를 기본으로 하여 구축하였으며, 영상좌표와 지도좌표간의 좌표 변환식은 1차 다항식을, 화소의 resampling 방법은 nearest neighborhood 방법을 사용하였다. 본 연구를 위해 활용하고자 하는 위성영상은 다음의 표 1과 같다. 115/33 영상은 강원도 동부산악지역, 116/33은 문산에서 김화(신철원)에 이르는 중부평야 및 구릉지역을 그리고 116/34의 경우 강화~김포~파주의 서부평야지역의 분석에 이용된다.

표 1. 분석에 이용된 위성영상자료

Sensor	Row/Path	Resolution	Date	대상지
Landsat ETM+	115/33		'00. 05. 08	동부산악 지역
	116/33	30m	'00. 05. 07	중부내륙 지역
	116/34		'00. 09. 04	서부평야 지역

#### ② 영상의 가공(영상 접합 및 마스크)

각각의 위성영상은 시기해상도에 따라 동일한 지역이라도 다른 반사값을 가지게 된다. 즉 취득의 계절별 시기 및 시간의 영향을 받을 수 있으며 취득일의 일기에 따른 일조량

및 운무량 등에 의해서도 다른 반사값을 가지게 된다. 본 분석을 위해 이용된 116/34 영상은 가을의 영상으로 나머지 두 영상과는 전반적으로 다른 반사특성을 갖게된다. 이렇게 다른 반사값을 지닌 위성영상의 분석을 위해 정규화(normalization)과정으로서 본 연구에서는 첫째로 각각의 영상의 복사휘도(path radiance) 값을 저감시키기 위하여 haze compensation 방법을 이용한다. 각 영상의 근적외선 영상의 깨끗한 물의 반사량을 감해준다. 둘째로 식생지수값을 분석의 자료로 이용하였다. 또한 각각의 영상은 중부지역의 일부를 제외하고는 연구지역을 포함하고 있기에 영상접합의 보정이 필요 없다. 군사분계선과 남·북방한계선 폴리곤자료를 추출 및 편집한 후 이를 이용하여 분석범위 이외의 지역을 잘라내고 수체(water body) 및 구름 등과 같이 분석결과를 왜곡시키거나 필요 없는 부분을 제거하였다.

#### ③ DMZ지역의 지형분석

본 연구에서는 선형의 DMZ를 크게 남측과 북측으로 그리고 서부, 중부 그리고 동부로 분할하여 분석하고 있다. 인간의 간섭정도를 파악하기 위한 식생활력도의 분석을 위하여 우선 DMZ 남측과 북측의 지형적 특성을 표고분석과 경사도 분석결과로 비교하였다. 또한 임진강과 북한강을 경계로 서부평야지역, 중부구릉지역 그리고 동부산악지역을 구분한 결과가 과연 각각의 지형적 특성을 잘 반영할 수 있는 지 판단하기 위해 각 지역의 표고와 경사도를 비교·분석하였다.

#### 4) DMZ지역 식생활력도 분석

##### ① 식생지수의 선정

식생지수는 식생을 조사하고 평가하여 식생의 피복량과 이와 관련된 환경조건을 계산하는 대표적인 방법으로, 실제로 이용되는 식생지수는 그 종류가 20여 가지에 이른다. 국내에서 일반적으로 이용되는 식생지수로는 NDVI, TVI 및 GVI 등이 있으며, 식생지수들

가운데 토지피복변화 측정에 적합한 식생지수를 찾아내는 연구의 결과 NDVI가 지형적 영향을 가장 적게 받으며 통계적으로 정규분포를 보여 피복변화 측정에 최적의 것으로 나타나고 있다. 남한 및 북한의 식생활력도 분석에 있어 NDVI를 이용한 연구가 주를 이루고 있으며(박종화 등, 1995; 김천, 1998; 서창완과 전성우, 1998; Lee와 Yoon, 1999; Kim과 Park, 2001) 본 연구에서도 우리나라에서 가장 일반적으로 이용되고 있는 식생지수인 NDVI를 이용하기로 한다.

② DMZ 식생활력도 조사

지형에 따라 지역별로 그리고 군사분계선으로부터의 거리에 따라 구역별로 구분하여 조사하며, 서부, 중부 및 동부지역별로 각각 NDVI분석 결과를 바탕으로 DMZ를 포함하여 각각 10km 이내 지역의 식생활력도를 거리별로 분석하였다. 분석결과를 바탕으로 DMZ 서부, 중부 그리고 동부지역의 남측 및 북측지역의 생태적 영향권을 파악하였다. 이를 수행하기 위해서는 다음과 같은 가설 과 연구방법이 필요하다.

첫째, 지역내부의 지형적 영향 및 자연적, 인위적 단절요소들로 인하여 식생활력도는 불규칙한 형태를 나타낼 수 있으며, 이에 지형적 영향을 최소화시키기 위하여 경사도 30°이하인 지역만을 대상으로 하여 식생활력도를 조사하며, NDVI값이 상대적으로 낮게 나타나는 수체의 경우 null값을 준다. 본 연구에서는 경사도가 30°이상인 지역의 경우 개발압력으로부터 제외된 지역으로 판단한다. 둘째, DMZ지역의 경우 남측과 북측 각각 군사분계선에서 민통지역으로 멀어질수록 식생의 활력도가 떨어질 것으로 추측되며, 로지스틱한 형태를 지닐 것으로 가정하며, 곡선의 형태는 개발압력의 노출정도 및 경성(철책과 같은 물리적 경계)·연성경계의 영향에 따라 아래의 4가지 유형으로 다양하게 나타나게 될 것으로 추정한다(그림 1). 곡선 1의 경우 개발압력이 남·

북방한계선지역까지 이른 형태를 보여주며 이에 남·북방 한계선부근이 완충지구를 형성한다. 곡선2의 경우 민통선지역에 대해서 인간의 간섭이 노출된 지역을 보여주며 민통선내부지역이 완충지역이 된다. 곡선 3은 현재까지 민통선내부지역의 개발압력이 미미함을 보여주며 민통선부근이 완충지역을 형성하게 된다. 곡선 4는 DMZ지역에 걸쳐진 경성 및 연성경계들로 인하여 불규칙한 형태를 나타내고 있다. 셋째, 남북의 산림과 관련한 토지제도의 차이로 인하여 식생활력도 분석결과와의 차이가 클 것으로 판단되며 이에 남과 북 식생활력도 변화조사 결과에 대하여 서로 다른 기준에서 생태적 영향권을 분석한다.

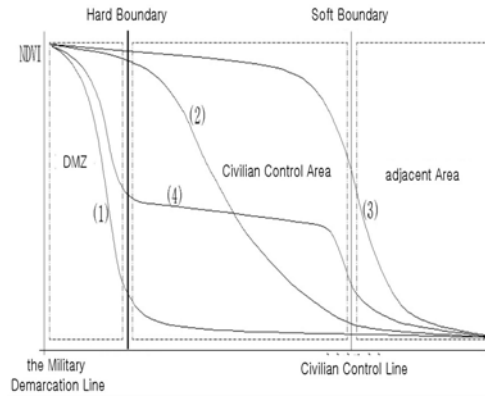


그림 1. DMZ지역에 나타날 것으로 판단되는 로지스틱 곡선의 유형

③ 거리별 식생활력도 분석

조사지역은 군사분계선을 중심으로 남측 10km 그리고 북측 10km의 폭원의 완충공간을 확보하고, 폭원 500m의 대상형 띠를 구축한 후 이들 대상형 띠의 식생활력도의 평균값을 구한다. 이들 조사값은 군사분계선에서 남·북방향으로 떨어진 정도에 따라 동부, 중부 및 서부지역 각각의 대상의 띠는 그 거리위치에서의 식생활력도 값을 대표하게 된다. 그림 2는 본 연구의 분석과정으로서 남북방향으로 각각 1km 폭원의 대상형 띠로 이루어진 완충

공간을 보여주고 있다.

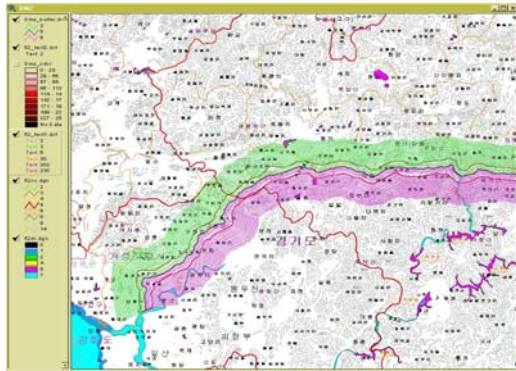


그림 2. 식생활력도 조사를 위한 버퍼설정

## 결 과

### 1. DMZ 서부, 중부 및 동부지역의 지형분석

1) 서부, 중부 그리고 동부지역의 지형비교  
 식생활력도는 해발고도와 경사도의 영향을 많이 받게되는데, 예를 들어 해발고도가 낮고 경사가 완만한 지역은 인간에 의한 개발압력에 항상 노출되어 있게 된다. DMZ 지형분석은 식생의 활력도값에 영향을 미칠 수 있는 해발고도와 경사도 두 요인에 대하여 남측과 북측으로 나누어 그리고 서부, 중부 그리고 동부로 구분하여 분석하였다.

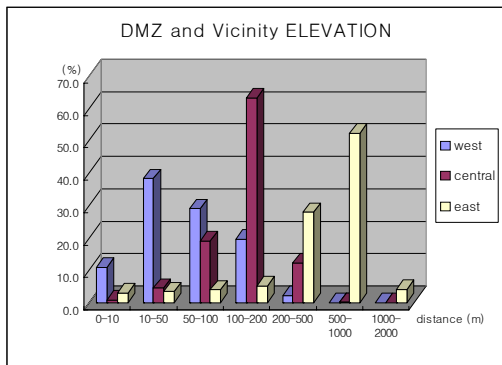


그림 3. 서부, 중부, 동부지역별 경사도 분석

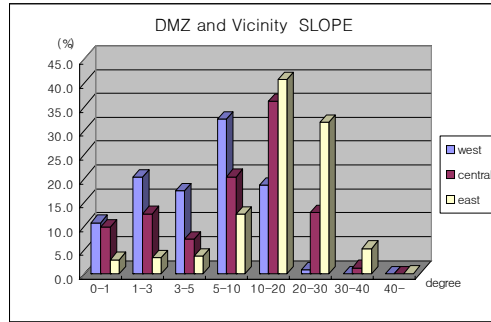


그림 4. 서부, 중부, 동부지역별 해발고도 분석

DMZ 지역의 DEM을 이용하여 경사도 및 해발고도 분석결과 서부, 중부 그리고 동부지역별로 그 자연환경적 특성이 매우 다른 것으로 나타났다(그림 3과 4). 서부지역은 해발고도가 낮고 경사가 완만한 지형이 대부분을 차지하고 있으며, 중부 그리고 동부지역으로 갈수록 해발고도도 높고 경사도 급한 것으로 나타나고 있다. 위의 분석결과로 보아 표 1의 기준에 따른 자연환경별 지형구분은 어느 정도 타당한 것으로 볼 수 있다.

### 2) DMZ 남측 및 북측의 지형분석

DMZ 서부지역은 대부분 하구 및 평야지대로 이루어져 있어, 남측의 경우 해발고도가 10~50m인 지역이 그리고 북측의 경우 50~200m인 지역이 대부분을 차지하고 있다. 북측이 남측보다는 해발고도가 높은 것으로 분석되고 있다. DMZ 중부내륙지역은 구릉지 및 일부산악지역으로 해발고도 200~500m인 지역이 대부분을 차지하고 있으며, DMZ 동부산악지역은 500~1,000m인 지역이 대부분을 차지하고 있다. 동부지역의 경우 백두대간을 넘어 고성군지역의 동해안지역의 저지대를 포함하고 있어 0~200m인 지역도 일부 나타나고 있지만 200m 이상인 지역이 대부분을 차지하고 있다.

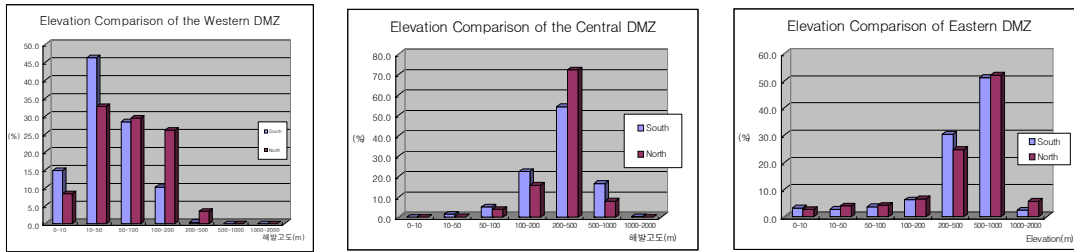


그림 5. DMZ 서부, 중부 그리고 동부지역의 남측 및 북측 고도 비교

2. DMZ 지역별 생태적 영향권 조사

거리별 NDVI값의 평균값의 변화를 아래의 그림 6과 같다. 그래프의 왼편은 DMZ 북측지역을 오른편은 남측지역을 나타내며 가운데의 지시선은 군사분계선을 그리고 군사분계선을 중심으로 한 남북방한계선을 나타낸다.

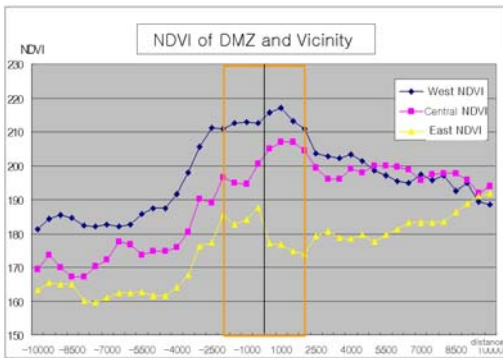


그림 6. DMZ 서부, 중부 및 동부지역의 거리별 NDVI값의 분포

전체적으로 DMZ 내부만이 상대적인 식생의 활력도가 높은 것으로 나타나고 있다. 남·북측 민통선지역의 경우 군사시설물, 사계(射界)청소 그리고 산불 등의 이유로 인해 상당한 면적이 벌채 또는 훼손되고 있음을 유추할 수 있게 해준다. 전반적인 식생의 활력도가 서부, 중부 그리고 동부의 순으로 나타나고 있는데, 이는 서부지역의 식생활력도가 가장 높음을 나타내는 것은 아니며, 본 분석의 전제에서 개발 가용지만을 그 대상으로 하기 위하여 경사도 30. 이하인 지역만을 대상으로 하였기 때

문으로 판단된다. 즉 중·동부지역의 경우 높은 경사도의 상대적으로 임상이 좋은 식생을 포함한 지역들이 경사도 조건에 맞지 않아 제거된 후 분석되었기에 상대적으로 식생의 활력도가 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

1) 서부평야지역

서부 남측지역은 임진강입구의 고루리, 장단반도, 파주군 석곡리 및 연천 사미천 지역에 이른다. NDVI 값은 최대값과 최소값 변화가 28정도에 이른다. 군사분계선에서 남방한계선을 지나면서 급격하게 감소한 후 4km 지점까지 식생활력도의 변화를 보이지 않다가 그 이후로 전반적으로 완만한 감소세를 보이고 있다. 감소세로 돌아서는 지점인 5km지점에는 연천군의 백학면을 중심으로 한 주거지역이 크게 분포하고 있으며, 5.5km 지점에는 장파리 그리고 10km 지점에는 문산 시가지가 위치하고 있다. 평야지대로 이루어진 서부지역의 경우 JSA가 위치하고 있어 군사시설물이나 군작전용 도로 등의 건설에 의한 식생교란 보다는 접경지역개발 등의 민간인 거주 및 영농확대로 인한 식생 교란이 보다 많이 나타날 것으로 유추할 수 있다. DMZ내부를 핵심보전지구, 4km까지를 완충지구 그 이후는 집약적 경제활동지구로 구분할 수 있겠다.

서부 북측지역은 개성직할시 판문군과 장풍군을 그 행정구역으로 하고 있으며, 판문읍, 판문점, 장단반도, 어룡저수지, 사천읍역을 그 대상으로 하고 있다. 산림청 임업연구원(1998)



의 보고에서 북한의 서부지역의 민통지역 및 외부지역의 구릉지 및 계곡부는 다락밭으로 조성되었다가 현재는 식생의 피복도나 밀집도가 떨어진 묵밭, 나대지 또는 무림목지의 형태로 방치되고 있다. 변화그래프를 살펴보면, 군사분계선에서 북방한계선을 지나면서 급격한 식생활력도 감소를 보이고 있으며, 군사분계선에서 약 4.5km 지점이 변곡점이라고 볼 수 있는데 그 이후로는 완만한 감소세를 보이고 있다. 6km 지점에 관문읍이 위치하고 있다. 서부 북측지역의 경우도 남측과 비슷한 곡선을 보이고 있는데, DMZ 내부 및 약 2.5km 지점까지는 핵심보전지구, 2.5km에서 4km 정도까지는 완충지구 그리고 그 이후는 경제활동지구로 그 생태적 영향권을 나눌 수 있겠다.

## 2) 중부내륙지역

중부내륙지역은 해발고도 500m 이하의 완만한 구릉지로 구성되어 있는데, 군사분계선 주변지역은 고도가 낮고 남·북방한계선으로 갈수록 높아지는 형태를 보이고 있다. 중부남측의 NDVI값은 DMZ 내에서는 매우 높은 값을 보이다가 군사분계선 약 2.5km 지점을 변곡점으로 본다면 남방한계선에서 군사분계선 약 4km 지점까지를 완충지대로 파악할 수 있겠다. 4km 이후 지역의 경우 증가와 감소가 반복되는 전반적으로는 약간의 감소세가 이어지는 형태를 보여주고 있다.

군사분계선을 중심으로 여러 하천이 발달하고 있는데 김화군(북)과 철원군(남)에 걸쳐 있는 금성천은 군사분계선을 따라서 동에서 서로 흐르고 있어 식생활력도가 낮게 나타나고 있다. 중부북측의 경우 DMZ내에서도 급격한 식생활력도의 감소를 보이고 있으며, 북방한계선을 지나면서 그 감소세는 더욱 심화되고 있는데 이는 화공작전 및 식량증산사업의 일환으로 이루어진 자연개조사업 때문이라 유추 가능하다. 몇 군데 변곡점이 나타나고 있지만 전체적으로 감소세를 보이고 있어 큰 의미를 갖기 힘들며, 중부 남측의 NDVI값과 많은

차이를 보이기 때문에, 중부 북측의 보전을 위한 생태경계는 DMZ 내부에 국한된다고 볼 수 있겠다.

## 3) 동부산악지역

동부 남측지역의 경우 예상과 달리 DMZ내부의 식생활력도가 외부지역보다 낮게 나타나고 있다. 식생활력도가 상대적으로 매우 낮게 나타나는 가장 큰 요인으로는 산불을 들 수 있다. 지난 제5차 남북군사실무회담에서도 남·북한화공작전을 자제하기로 합의하였는데, 국방부 합동참모본부에 따르면, 산불의 발화와 관련하여 주요 요인으로 북한의 화전영농 중실화, 자연 발화, DMZ내 동물들의 지뢰밟기 등을 꼽고 있으며, 대략 산불발생 시기는 매년 2월 중순에서 5월까지라고 설명하고 있다. 이번 NDVI분석에 이용된 위성영상은 2000년 발생한 동해안산불 발생시기의 약 한달 후인 5월의 영상으로 산불피해를 그대로 보여주고 있다고 할 수 있겠다. 산림청 임업연구원(1999)의 답사결과에 따르면, DMZ내에는 대면적의 산불피해지역이 여러 군데 나타나고 있는데, 향로봉과 건봉산 등 비교적 고지대를 제외한 지역의 경우 직경 10m 내외의 맹아림이 대부분을 차지하고 있으며, 능선부 일대는 과도한 토양침식으로 표토층이 노출된 관목·초지형 식생형을 나타내고 있는데, 예를 들어 DMZ 인접 최북단 지역인 현내면에는 무림목지가 42.5%를 차지하고 있다고 밝히고 있다. 이렇게 불 때 주기적인 사계청소가 빈번히 일어나는 동부전선지역의 경우 군 작전상 사람의 손이 닿지 않는 지역은 극히 한정되어 있음을 알 수 있다. 동부북측지역의 결과 또한 남측과 마찬가지로 산불로 인한 산림생태계 교란으로 NDVI값이 매우 낮게 나타나고 있다. 특히 동해안 산불이 발생하던 시기인 2000년 4월경 함경남도 함흥 남서쪽 지역(원산만)에서 큰 산불이 있었던 점이 이번 분석결과에 직접적으로 반영된 것으로 판단된다.

## 결론 및 제언

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 대상형의 DMZ를 보다 정확히 분석하기 위하여 하천을 기준으로 서부·중부·동부지역으로 구분하였으며, 이들 각각 지역에 대한 표고 및 경사도 분석결과 위의 기준에 따른 자연환경별 지형구분은 상당히 타당한 것으로 판단된다. 둘째, DMZ 내부를 제외하고는 식생 활력도가 군사적 교란, 민간인의 영농활동 등으로 매우 낮은 값으로 나타났다. 남측이 북측보다는 높게 나타나고 있는데, 남측의 경우 NDVI 값이 남방한계선을 변곡점으로 NDVI가 감소한 이후 그 값의 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 북측의 경우 민통지역에 이르기까지 NDVI값이 급감하는 것으로 나타났다. 셋째, 가설에서 설정한 거리별 식생지수값의 변화는 로지스틱한 형태로 표현되지 않고 있다. 이는 남·북 모두 민통지역의 식생의 활력도가 DMZ 내부에 비하여 매우 낮게 나타났기 때문이며, 이는 서부 및 중부지역의 평야지대의 경우 개발압력이 민통지역에까지 이르렀으며, 동부지역의 경우 정기적인 사계청소의 영향이라 판단할 수 있겠다. 넷째, 남·북의 NDVI값의 변화차이가 매우 커서 서로 다른 기준에서의 이용 및 보전방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 이와 마찬가지로 서부·중부·동부지역별로도 지역조건에 맞는 관리방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

식생지수 한가지 인자만으로 DMZ의 생태적 영향을 평가한 점은 연구의 한계점이라 볼 수 있으며, 이에 향후에는 첫째, DMZ내의 생태적 환경을 보다 잘 나타낼 수 있는 환경지표들을 찾고 이들 요소들을 종합적으로 고려한 DMZ지역의 생태적 영향권 조사가 필요할 것으로 판단되며, 둘째, 위성영상의 분석에 있어 지형효과 저감을 위한 방사보정의 수행 및 생물계절주기의 차이에 따른 오차를 줄이기 위한 동일 시기 영상을 이용한 조사가 수행되

어져야 할 것으로 판단된다. **KAGIS**

## 참고문헌

- 김광주. 1988. 산의 종합적 이용에서 제기되는 몇 가지 문제. 산림과학연구논문집 1:471-480.
- 김귀곤. 2000. 자연보전 차원에서 본 DMZ; 습지생태계 보전 및 관리를 중심으로. DMZ의 합리적 보전 및 관리에 관한 심포지움. 64-80쪽.
- 김은식. 1996. 비무장지대의 평화적 이용을 위한 접근방안(비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 2차 보고서: 중동부산악지역, 5-38쪽). 산림청 임업연구원.
- 문석기. 1996. DMZ개관: 한반도 DMZ의 현황과 과제. 한반도 DMZ의 환경보전과 개발에 관한 국제심포지움 보고서, 한국조경학회. 5-6쪽.
- 박중화 외. 1995. GIS 및 원격탐사기법을 이용한 북한산 국립공원 주변부의 추이대 탐지. 한국GIS학회지 3(2):91-102.
- 산림청 임업연구원. 1995~2000. 비무장지대 및 인접지역의 산림생태계 조사 종합 보고서.
- 서창완, 전성우. 1998. 원격탐사와 GIS기법을 이용한 접경지역 토지피복연구. 환경영향평가학회지 7(1):20.
- 아서 웨스팅. 2000. 평화와 자연을 위한 한반도 DMZ 보호구역. DMZ II. 소화.
- 양홍모, 이태희. 1996. DMZ의 육역 및 하구환경의 지속가능한 계획과 관리. 한반도 비무장지대의 환경보전과 개발에 관한 국제심포지움 보고서, 한국조경학회.
- 오정수. 2000. DMZ의 산림생태계 현황. 비무장지대의 합리적 보전 및 관리에 대한 심포지움. 7-43쪽.
- 이도원. 2001. 경관생태학. 서울대학교. 203-209쪽.
- 황지욱. 2000. 한반도 통일이후 남북한 접경지역의 개발. DMZ II. 소화.

- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaic: The Ecology of Landscape and Regions. Cambridge University, New York, NY, pp.405-412.
- Kim, Chun. 1998. Remote sensing for monitoring for deforestation in North Korea. Proceedings of The Joint German-Korean Symposium. pp76-82.
- Kim, S. and C. Park. 2001. Spatio-temporal change detection of forest patches due to the recent land development in North Korea. Journal of Environmental Impact Assessment 10(1):41.
- Lee, K. and J. Yoon. 1999. Development of a methodology to estimate the degree of green naturality in forest area using remote sensor data. Journal of Environmental Impact Assessment 8(3):1-14. **KAGIS**