

## SPOT/VEGETATION NDVI 자료를 이용한 동북아시아의 생태기후지도

박윤영 · 한경수

부경대학교 위성정보과학과

(2006년 4월 27일 접수; 2006년 5월 25일 수락)

## Ecoclimatic Map over North-East Asia Using SPOT/VEGETATION 10-day Synthesis Data

Youn-Young Park and Kyung-Soo Han

Department of Satellite Information Science, Pukyong National University, Busan, Korea

(Received April 27, 2006; Accepted May 25, 2006)

### ABSTRACT

Ecoclimap-1, a new complete surface parameter global database at a 1-km resolution, was previously presented. It is intended to be used to initialize the soil-vegetation- atmosphere transfer schemes in meteorological and climate models. Surface parameters in the Ecoclimap-1 database are provided in the form of a per-class value by an ecoclimatic base map from a simple merging of land cover and climate maps. The principal objective of this ecoclimatic map is to consider intra-class variability of life cycle that the usual land cover map cannot describe. Although the ecoclimatic map considering land cover and climate is used, the intra-class variability was still too high inside some classes. In this study, a new strategy is defined; the idea is to use the information contained in S10 NDVI SPOT/VEGETATION profiles to split a land cover into more homogeneous sub-classes. This utilizes an intra-class unsupervised sub-clustering methodology instead of simple merging. This study was performed to provide a new ecoclimatic map over Northeast Asia in the framework of Ecoclimap-2 global database construction for surface parameters. We used the University of Maryland's 1km Global Land Cover Database (UMD) and a climate map to determine the initial number of clusters for intra-class sub-clustering. An unsupervised classification process using six years of NDVI profiles allows the discrimination of different behavior for each land cover class. We checked the spatial coherence of the classes and, if necessary, carried out an aggregation step of the clusters having a similar NDVI time series profile. From the mapping system, 29 ecosystems resulted for the study area. In terms of climate-related studies, this new ecosystem map may be useful as a base map to construct an Ecoclimap-2 database and to improve the surface climatology quality in the climate model.

**Key words :** SPOT/VEGETATION, NDVI, Ecoclimatic base map, Sub-clustering

### I. 서 론

최근 지구 곳곳에서 발생하는 기후 관련 대규모 재해를 고려해 볼 때, UN(United Nations)의 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)가 1992

년에 제출한 보고서에서 예견된 것과(IPCC, 1992) 같이 전 지구적인 기후변화가 현재 진행 중이며 이상기후의 발생 빈도 역시 증가하고 있는 것이 명백해 보인다. 이러한 기후변화는 그 동안의 급속한 산업화의 발달에 따른 현상으로 화석연료 사용의 증가와 도시의

팽창, 사막화의 꾸준한 진행과 그에 따른 산림의 유실로 인한 것이다. 산림유실은 기후 시스템에 영향을 미치며, 이를 정량적으로 평가하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 지구 온난화 등 기후변화에 상당한 영향을 미치는 이산화탄소의 양은 산림의 바이오매스 정도와 상당히 밀접한 관련이 있다. 따라서 지표의 형태와 상태를 제대로 파악 하는 것은 기후변화의 모니터링에 있어 상당히 중요하다고 할 수 있다.

그 동안 SPOT 위성과 Landsat 위성, Terra, Aqua 위성의 MODIS(the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 센서 등으로부터 위성영상을 이용한 토지피복 분류가 이루어졌었고 지금도 활발한 연구가 이루어지고 있다. 토지피복분류는 단순히 피복의 구분일 뿐 피복의 종이 어떤 기후의 요소를 반영하고 있는지는 알 수 없다. 이것은 같은 피복일지라도 각각의 피복이 영향을 받는 기후대는 다를 수 있고 지표면 특성 또한 다를 수도 있기 때문이다. 이 때문에 토지 피복 별로 엽면적지수(LAI; leaf area index), 지표방출, fraction vegetation 등과 같은 지표 변수를 산출 할 때 때때로 정확한 정보를 산출하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 토지 피복과 기후 지도를 중첩한 ecosystem 지도를 이용한 ECOCLIMAP-1이 소개되었다(Valery masson *et al.*, 2003). 그러나 ECOCLIMAP-1에서 사용된 Koeppel and De Long (1958)의 기후지도가 상당히 오래 전에 제작 된 것으로 전 지구를 16개의 기후대로 분류 하였으며 아직도 이것이 기본 기후 지도로 널리 사용 되고 있으나 반세기전의 분류된 기후대가 최근 일어나는 기후 변화를 반영하지는 못한다. 따라서 변화한 기후대의 새로운 정의가 필요하나, 이를 현실점에서 정의 내리기는 쉽지 않고 적절치 못하다 사료된다. 이것은 전 지구에 대한 직접적인 관측을 통하여 기후 정보를 수집하기도 불가능 할 뿐더러, 기후는 상당히 오랜 기간 동안의 통계를 바탕으로 결정되어 지기에 새롭게 기후대를 정의하기란 어렵고 조심스러운 부분이다. 이러한 관점에서 볼 때, ECOCLIMAP-1에서 사용된 ecosystem map 역시 항상 변화하는 기후요소를 반영하지 못한다 할 수 있다.

Richardson(1922)는 처음으로 통계적 기상 예보에 있어 식생 역할의 중요성을 언급 하였다. 최근 10년 동안 몇몇의 조사에서 대류권의 기단 순환과 대기경계층의 지표면에 대한 에너지 교환 사이에서 존재하는

강한 연관성을 확인하였다(Woodward, 1987; Melillo *et al.*, 1995). 또한 최근 기후 모델링은 생물량 발달을 명백하게 나타내기 위해 지표면과 대기 사이의 CO<sub>2</sub> 유동에 대해 중점을 두고 있다(Sellers *et al.*, 1994). 따라서 중규모의 조사나 통계 기상 예보 모델에서부터 일반 순환 모델에 이르기까지 면밀하고 현실적인 지표면 특성을 묘사하는 기술이 필요하다.

지구 온난화로 인한 기후변화에 있어 대기 중으로 방출되는 이산화탄소의 증가를 그 주요인으로 보는 견해가 많기 때문에, 기후와 바이오매스는 밀접한 관계를 가진다고 볼 수 있다. 즉, 기후변화를 모니터링 함에 있어 식생지수가 중요한 역할을 할 수 있고, 따라서 동질의 토지피복 내에서 지표 요소인 식생지수 값을 input data로 사용 하여 보다 실제 지표와 그 환경의 상태를 잘 반영한 동질의 집단으로 분류 할 수 있다. 식생지수는 농작물, 초목, 산림등과 같은 중요한 식생자원을 모니터링 하기 위해 설계된 도구로 장기간 동안의 기후 모델과 상호작용을 하는 생태 역학 모델의 개발을 지원할 수 있다.

ECOCLIMAP-2는 식생의 밀도 변화로부터 기후의 변화를 고려한 지표변수 data base를 제공하기 위하여 진행 중인 전 지구적 프로젝트로, 현재 유럽과 아프리카에 대해 작업이 완료된 상태이다. 본 연구의 주 목적은 ECOCLIMAP-2 project의 일환으로 지표변수들을 산출하는 데 기본 주제로 사용되는 ecoclimatic map을 동북아시아 영역에 대해 제공하기 위한 분류를 수행하는 것이다. 아울러, 같은 토지피복 내에서 식생 지수에 따라 무감독분류를 시행하여 동질의 집단으로 분류한 다음 clustering한 결과가 climate map에서의 분류와 어떤 차이가 있는지를 알아보고자 한다.

## II. 자료 및 방법

본 연구의 범위는 Fig. 1에서와 같이 동북아시아 영역으로 위도 17.9°N~55.6°N, 경도 92.7°E~146.9°E이며, 러시아 일부와 몽골, 중국, 한국, 일본, 그리고 베트남, 미얀마, 라오스, 태일랜드, 부탄의 일부 지역이 포함된다. 동북아시아는 북부 지역에 사막 지대가 많이 분포하고 있는데 중국과 몽골 사이에 고비와 타클라마칸사막이 위치하고 있고 대륙성 기후를 보이고 있다. 또한 중국은 전체적으로 서고동저의 분포를 보이며 서부는 티베트 고원이 자리 잡고 있어서 대부분이

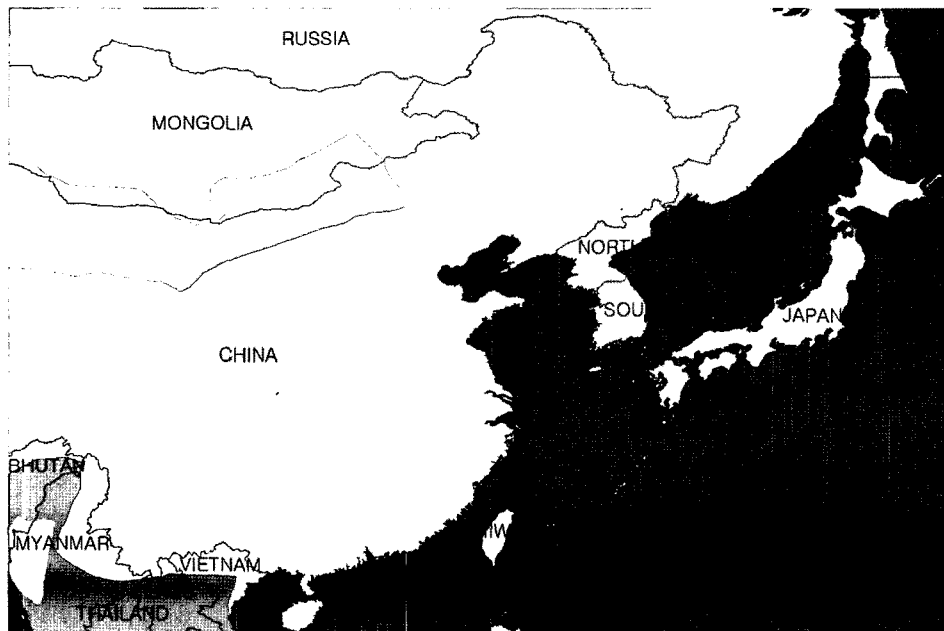
**Table 1.** Spectral characteristics of VGT sensor for NDVI calculation

Spectral Bands for NDVI	Wavelengths	Surface reflectance range
Red	0.61-0.68 $\mu\text{m}$	0.0-0.5
NIR	0.78-0.89 $\mu\text{m}$	0.0-0.7

산지이며 고산 기후가 많이 나타난다. 동부지역은 북쪽에서는 밭농사, 중부와 남부에서는 논농사지대가 많다. 몽골은 대부분 스텝 지대로 유목을 많이 하며 대부분이 건조기후지대이다. 한국과 일본은 동고서저의 분포를 보이며 주로 온대 습윤기후이며 곳에 따라 온대 동계건조기후를 보이기도 한다. 연구영역에서 동남아시아의 북부 지역도 포함되며 열대기후를 보인다.

연구 자료는 1999년에서 2004년까지 총 6년 동안의 SPOT 위성의 VEGETATION(VGT) 센서로부터 취득된 NDVI 10-day MVC(Maximum Value Composite) 값을 사용하였다. SPOT VGT 시스템은 satellite-borne sensor로부터 청색광, 적색광, 근적외광(near infrared),

단파장 적외광(Short wave infrared) 밴드로 4가지 채널을 제공한다. 이들 밴드들의 총 파장범위는 0.43  $\mu\text{m}$ ~1.75  $\mu\text{m}$ 이며 NDVI 산출 시 쓰이는 각 밴드의 파장 범위는 Table 1에 명시된 것과 같다. 밴드 별 지표 반사도의 범위는 적색광 밴드에서는 0.0~0.5, 근적외광 밴드에서는 0.0~0.7로 가장 넓은 범위를 가진다. 그리고 식생은 0.61  $\mu\text{m}$ ~0.68  $\mu\text{m}$ 의 적색광 영역에서는 상대적으로 낮은 반사도 값을 보이며 0.78  $\mu\text{m}$ ~0.89  $\mu\text{m}$ 의 근적외광 영역에서는 높은 반사도를 보인다. 이것은 식물은 주로 엽록소에 의해 적색광영역에서 강한 흡수를 하기 때문에 낮은 반사도를 보이고, 근적외광 영역에서는 식물의 갯숨조직(spongy parenchyma mesophyll cells)에 의해 강한 산란이 일어나기 때문에 반사도가 높다. 또한 1.58  $\mu\text{m}$ ~1.75  $\mu\text{m}$ 의 단파적외광 영역에서의 에너지는 식물의 수분에 의해 흡수가 일어나기 때문에 낮은 반사도를 보인다. 이처럼 가시광, 근적외광, 단파적외광 파장대에서의 특징들이 식물의 반사도에 지배적인 영향을 미친다. 그



Code	Climate Zone	Color	Code	Climate Zone	Color	Code	Climate Zone	Color
1	Dry summer tropical	[Pattern]	7	Humid subtropical	[Pattern]	13	Cool littoral	[Pattern]
2	Tropical desert	[Pattern]	8	Semiaride continental	[Pattern]	14	Humid continental	[Pattern]
3	Semiaride tropical	[Pattern]	9	Intermedicate desert	[Pattern]	15	Extreme subpolar	[Pattern]
4	Wet and dry tropical	[Pattern]	10	Moderate polar	[Pattern]	16	Marine subpolar	[Pattern]
5	Wet equatorial	[Pattern]	11	Cool marine	[Pattern]			
6	Trade wind littoral	[Pattern]	12	Polar	[Pattern]			

**Fig. 1.** The study area and Koeppen Climate map of study area (Koeppen and De Long 1958).

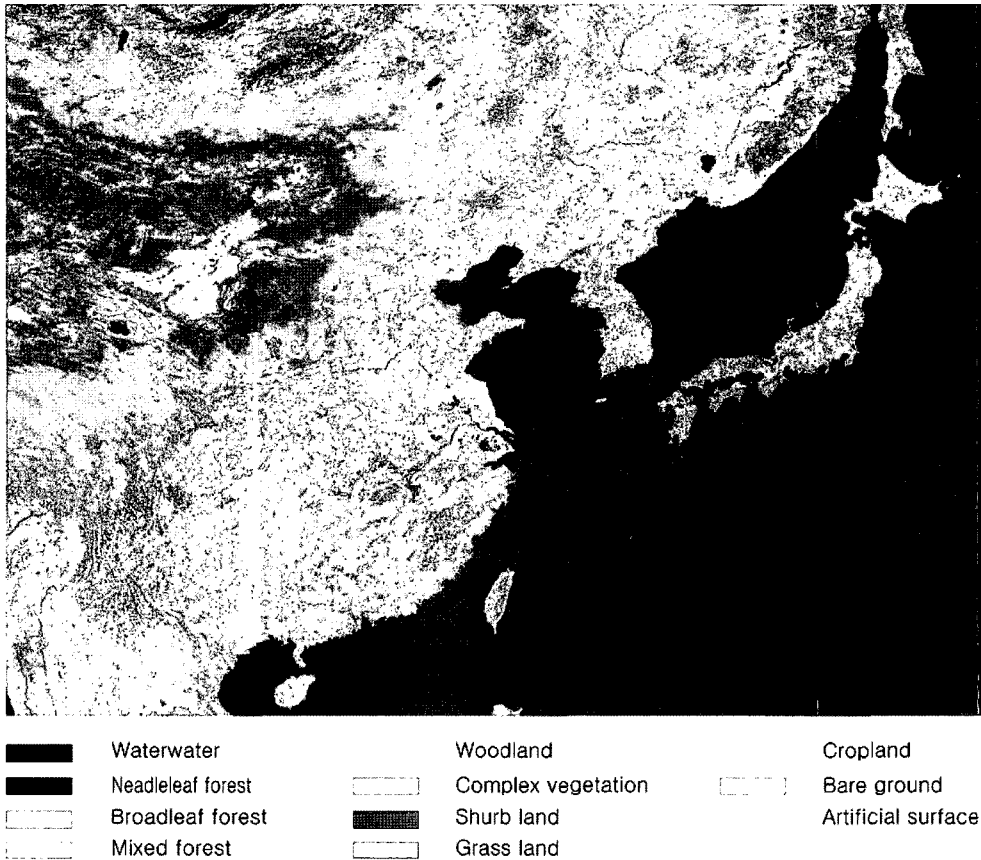


Fig. 2. UMD landcover over study area at 1-Km resolution (The University of Maryland's 1km global land cover product).

러나 식생지수의 산출 과정에는 가시광과 근적외광의 특징만이 반영된다.

본 연구에서 사용한 VGT S-product는 S1과 S10을 제공하며, S10은 지리보정과 대기보정이 완료된 상태로 공급되는 자료로서, 1일 자료인 S1자료를 10일 동안에 대해 종합 처리 한 것으로 S1의 자료와 같은 경우 신청제안서를 제출 해야지만 자료가 제공되며, 10-day MVC의 경우 현재 VITO(<http://free.vgt.vito.be/>)를 통해 공개하고 있다. S10 중에서 NDVI(정규식생지수)의 정의는 다음과 같다.

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

여기서  $\rho_{NIR}$ 은 근적외광 영역에서의 반사도이며  $\rho_R$ 은 적색광 영역에서의 반사도를 나타낸다. NDVI MVC는 10일 동안의 NDVI 값 중 가장 높은 값을 가장 정확한 값으로 보고 그 값을 취하는 것으로써 자료의

질을 나타내는 status map과 함께 제공된다. 토지피복 자료는 The University of Maryland's 1 km Global Land Cover product(UMD: Hansen *et al.*, 2000)에서 제공하는 1 km 토지피복자료(Fig. 2)를 사용하였다. UMD에서 제공하는 토지피복자료는 총 13종으로 분류되어 있다. UMD의 intra-class sub-clustering의 초기 군집 수를 결정하기 위한 보조자료로 사용될 기후지도는 Koeppel and De Long(1958)의 지도를 사용했으며 Fig. 1에서 보는 바와 같이 동북아시아는 총 9개의 기후대로, 열대반건조기후, 사바나기후, 적도우림기후, 해안성기후, 아열대다우기후, 반건조대륙성기후, 초원기후, 대륙성다우기후, 아한대기후로 나뉜다.

연구방법과 그 과정의 개요는 Fig. 3에 나타내었고 다음과 같이 요약 할 수 있다.

(1) 1999년부터 2004년 동안의 SPOT/VGT의 NDVI MVC값을 얻은 다음 각각 6년 동안의 NDVI 평균을 구하여 각 픽셀을 대표 할 수 있는 NDVI

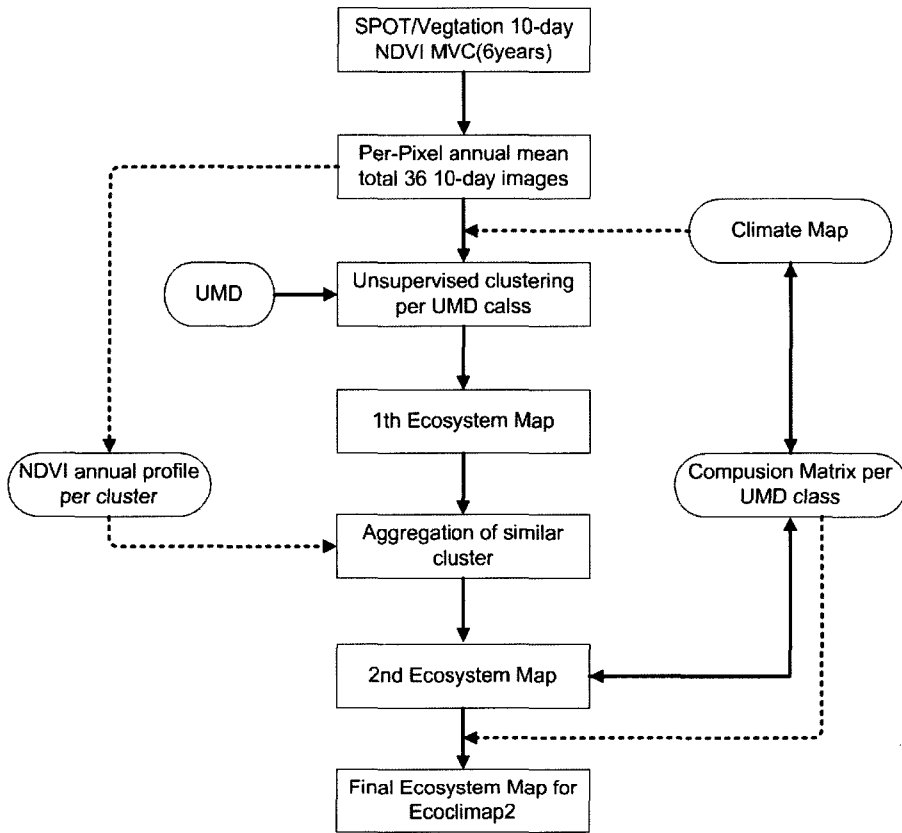


Fig. 3. Flowchart for synthesis methodology of the study.

10-day time-series를 산출한다. 이 자료는 10일 종합 자료이기 때문에 각 월별 3개씩 총 36개의 10-day 통합 자료를 얻게 된다.

(2) 해당지역을 대표하는 NDVI MVC 값을 UMD의 각각 클래스와 중첩을 하여 전체 연구 영역의 토지피복은 각각 6년치의 NDVI MVC값을 속성값으로 가지게 된다.

(3) UMD의 각 클래스에 해당되는 모든 화소의 NDVI MVC값에 대해 ISODATA(iterative self organizing data analysis technique) 무감독분류(unsupervised classification)기법을 수행한다. ISODATA clustering 방법은 다음과 같이 나타내어 진다.

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2 \quad (2)$$

식 2에서 i는 해당 화소를 나타내며 j는 해당 cluster를 나타낸다. k는 cluster의 수를 의미하며 n은 화소의 수를 나타낸다.  $\|x_i^{(j)} - c_j\|^2$ 은 j번째 cluster의

i번째 화소값  $x_i^{(j)}$ 와 j번째 cluster의 중심값  $c_j$ 와의 Euclidian distance, 즉 물리적 거리를 나타낸다. ISODATA감독 분류법은 정해진 개수의 초기 군집에 대한 중심벡터를 임의로 설정하여 군집화를 수행하는 방법으로 반복 계산시 각 군집의 새로운 평균이 계산되며 군집 정리시 군집의 표준편차값을 분석하여 편차가 너무 큰 경우 두 개의 군집으로 분리 할 수 있다. 이러한 군집 분리 기능을 가짐으로써 읽어 들인 모든 화소는 분광 특성상 물리적 거리가 가장 가까운 군집으로 할당된다. 무감독분류는 감독분류에 비해 광범위한 사전지식 없이 통계적인 반복에 의해 유사한 픽셀들을 그룹화 하는 것으로 간단하며 빠르게 수행 된다. 또한 무감독분류를 수행하기 이전에 나지(bare land)와 인공구조물(artificial surfaces), 수체(water body)를 식생이 거의 없는 지역으로 제외 한 후 총 8개의 클래스에 대해 무감독분류를 시행한다. 피복 별로 무감독분류를 할 때에 분류할 초기 cluster의 수를 결정하는 방법은 무감독분류 이전에 UMD 토지피복지도의

각 class 내에 존재하는 기후대의 수를 climate map 을 통하여 파악한 후 높은 비율을 차지하는 중요한 기후대의 수에 따라서 결정 된다.

(4) 동일한 UMD 클래스 내에 있는 비슷한 특성을 가지는 클러스터들에 대해서는 통합을 실시한다. 유사 클러스터들의 통합은 NDVI time series 패턴과 클러스터들 간의 평균과 표준편차 최대, 최소값들의 차이를 비교하여 통계치를 구한다음 이를 비교하여 수행 한다.

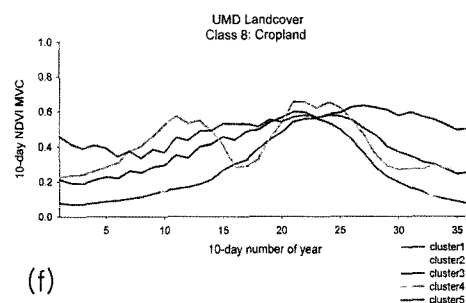
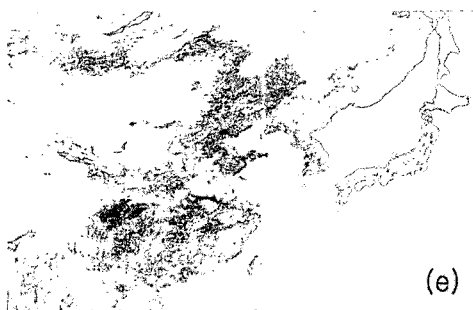
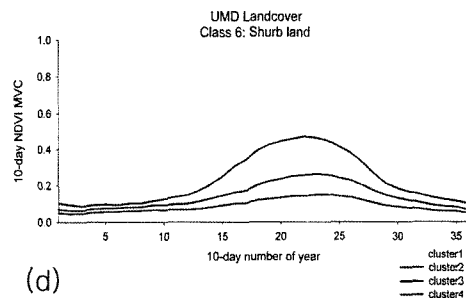
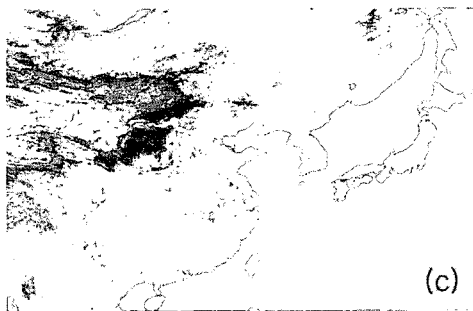
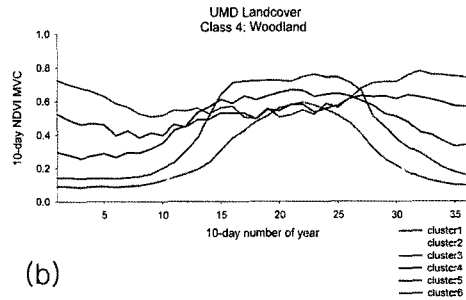
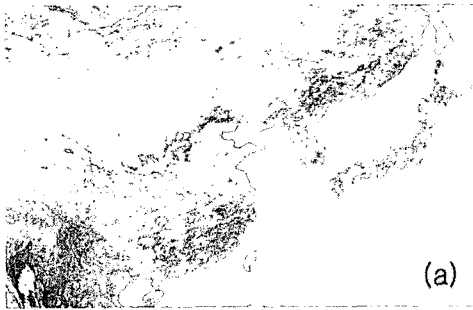
### III. 분석 및 결과

UMD 클래스 별 무감독분류를 Table 2와 같이 결정된 초기 cluster 수에 따라 분류한 결과 총 44의

**Table 2.** Contribution of the clusters from ISODATA unsupervised classification for each UMD landcover class

UMD landcover class	Initial No. of clusters	Final No. of clusters
class 1(Neandleaf forest)	5	3
class 2(Broadleaf forest )	5	2
class 3(Mixed forest)	4	2
class 4(Woodland)	6	4
class 5(Complex vegetation)	5	3
class 6(Shrub land)	4	4
class 7(Grass land)	5	4
class 8(Crop land)	5	4

클러스터로 분류 되었으며, 분류된 cluster내의 화소들은 동질의 집단으로 볼 수 있다. 각각의 class 내의



**Fig. 4.** Spatial distribution of woodland (a), shrub land (c), cropland (e) and annual NDVI time series profiles (b), (d), (f) of cluster for each UMD.

화소를 분류한 결과 같은 토지 피복임에도 불구하고 NDVI 값에 따라 몇몇의 집단으로 분류되었는데 이것은 동일한 토지 피복이라 하더라도 각각의 식생들의 시공간적 성장 변화 특징이 다르기 때문이며, 이러한 특징들은 각 cluster들의 NDVI MVC time series에서 확인 할 수 있다. 총 44개의 cluster들은 서로 다른 NDVI MVC값의 변화를 보여주며, 같은 피복 내에서도 비슷한 NDVI MVC time series의 패턴을 보이는 cluster들이 있는가 하면, 이와는 상관없이 NDVI MVC 값의 년 내 변동을 보여주는 cluster들도 존재 하였다. Fig. 4는 무감독분류된 결과 중 특징적인 cluster들로 임지(woodland)와 관목지(shrubland) 그리고 농지(cropland)의 class에 대한 결과이다. Fig. 4a는 UMD의 네 번째 클래스 임지에 대하여 무감독분류를 시행한 결과로 6개의 클러스터로 분류 된 것을 확인 할 수 있다. 각 클러스터마다 NDVI MVC time series를 보면 그 변화가 특징적으로 나타나는 것을 알 수 있는데, 분류된 cluster들의 위치를 살펴보면 대체적으로 위도에 따라 각각 cluster 집단이 분포되어 있는 것을 확인 할 수 있으며, 이는 위도 별로 받는 계절주기의 이질성에 따른 NDVI값의 차이로 볼 수 있다. 상대적으로 높은 위도에 분포하고 있는 cluster 1, 2, 3의 NDVI MVC의 년 내 변화 패턴이 거의 비슷하게 나타났으며, 보다 남쪽에 분포 하고 있는 cluster 5, 6은 cluster 1, 2, 3과는 달리 가을과 겨울 사이에도 상대적으로 높은 NDVI MVC 값을 가지는 것을 볼 수 있다(Fig. 4b). 이것은 같은 토지 피복 내에 분포하는 지역의 식생이라도 서로 다른 특징적인 성장 주기가 존재한다는 것을 단적으로 보여준다. 여섯 번째 class인 관목지에 대하여는 4개의 집단으로 분류 하였으며 모든 클러스터가 여름 동안에 최대 NDVI MVC값을 나타내나 년 내 변동의 격차를 보여주고 있다(Fig. 4d). Fig. 5c에 나타난 각 cluster들의 공간적 분포를 보면 몽고와 중국에 걸쳐 있는 고비사막을 중심으로 각 cluster들이 여러 개의 동심원 형태로 둘러싸여 있는 것을 확인 할 수 있으며 이것으로 보아 사막의 경계 부분에서 식생의 변화가 진행되고 있음을 짐작 해 볼 수 있다. 농지에 대한 5개 cluster들의 공간적 분포와 NDVI 변동은 Fig. 4e와 Fig. 4f에 나타내었다. NDVI MVC time-series를 살펴보면 cluster4가 3월에서 5월 사이에 높은 NDVI값을 보이다가 7월까지 현저히 낮은 NDVI 값을 보이

**Table 3.** Threshold values of inter-cluster difference for annual NDVI mean, Standard deviation (SD), minimum value, maximum value for aggregation

	$\Delta$ mean	$\Delta$ sd	$\Delta$ min	$\Delta$ max
Threshold values	0.1549	0.0891	0.1485	0.1790

고 다시 7월에서 9월 사이는 NDVI MVC값이 높은 것을 확인 할 수 있는데, 이것으로 보아 이모작 농경지임을 알 수 있다(Fig 4f). 또한 동남아시아 지역과 남한의 영남지역과 제주도영역에 나타난 cluster 5는 다른 클러스터 들에 비해 연중 높은 NDVI MVC 값을 보이는데 이는 지리적으로 따뜻한 남쪽에 위치하여 일년 내내 꾸준히 농작물이 재배되고 있는 것을 보여 준다. 한편 농경지내에서 북쪽에 분포된 cluster1과 2는 6~9 월에는 높은 NDVI 값을 보이지만 그 외의 시기에는 0.2도 채 안 되는 아주 낮은 식생 분포를 가지는 것을 알 수 있다.

위에서 살펴 본 것처럼 토지피복별 무감독분류 결과 NDVI 값의 연 내 변동 패턴이 비슷한 cluster들이 존재 하였으며, 만약 이러한 클러스터들이 같은 성질의 것이라면 통합할 필요가 있다. 이러한 과정에서 각각 cluster마다 NDVI MVC의 평균, 표준편차, 최대값과 최소값을 구하였고, 클러스터 마다 위의 값들의 차이를 구하여 각 클러스터를 통합하기 위한 기준으로 임계치(Table 3)를 구하였다. 시간적으로 비슷한 NDVI 값의 연 내 변동 경향을 보이는 cluster들은 Fig. 5에 나타내었고 요약하면 다음과 같다.

- Class1 - cluster1, 2(Fig. 5a); cluster3, 4(Fig. 5b)
- Class2 - cluster1, 2(Fig. 5c ); cluster 3, 4, 5(Fig. 5d)
- Class3 - cluster1, 2, 3(Fig. 5e)
- Class4 - cluster1, 2, 3(Fig. 5f)
- Class5 - cluster2, 3(Fig. 5g); cluster4, 5(Fig. 5h)
- Class7 - cluster2, 3(Fig. 5i)
- Class8 - cluster1, 2(Fig. 5j)

이러한 cluster들 간의 평균, 표준편차, 최대값, 최소값의 차는 Table 3에서 제시한 임계치에 모두 만족하므로 하나의 cluster로 통합되었다. 최종적으로 통합된 각 cluster에 대한 명명을 위해서는 먼저 각 cluster들이 포함되어 있는 토지피복의 특징과 각 cluster영역내의 climate map의 기후분포를 살펴보았다. Table 4에서와 같이 UMD의 8개 class의 cluster들에 대한

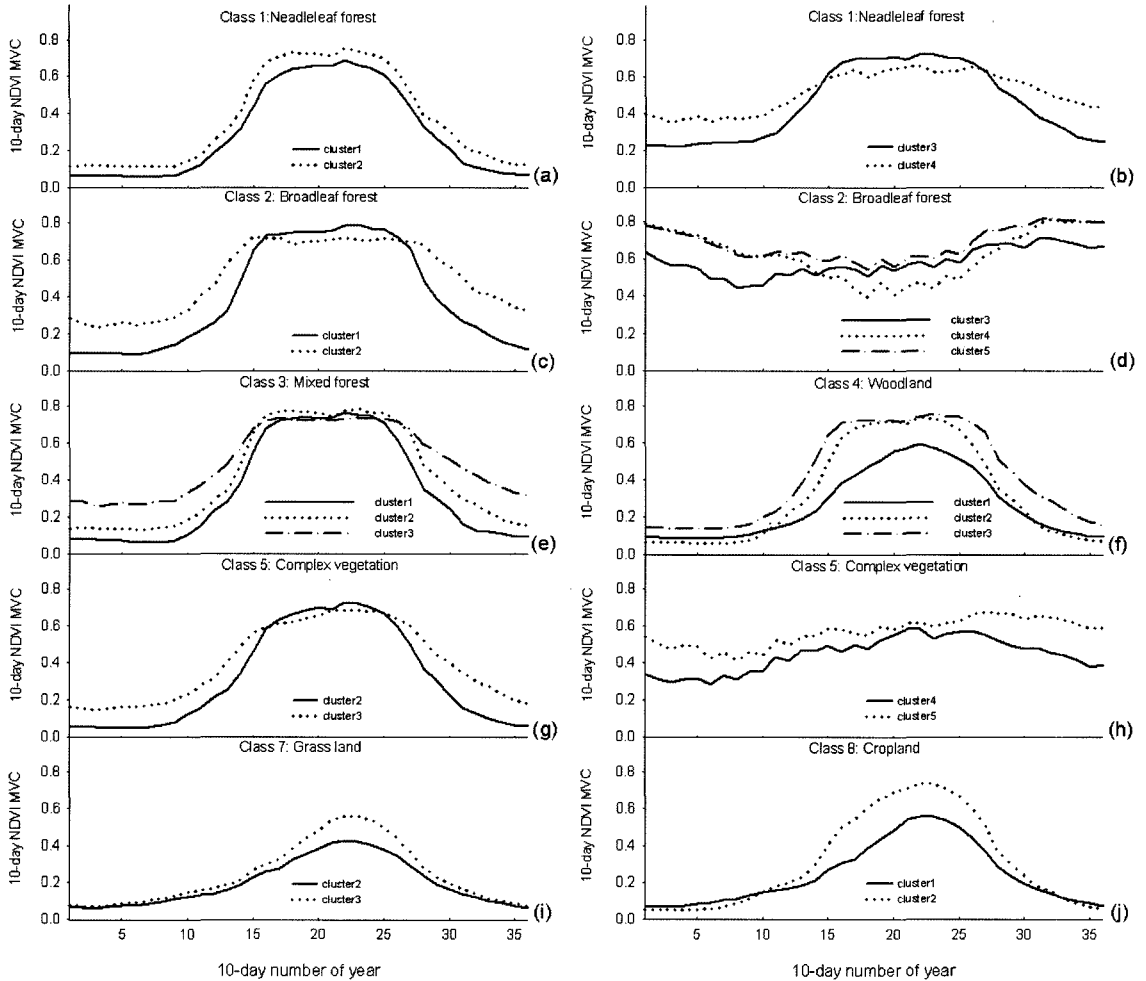


Fig. 5. Annual NDVI time series profiles of similar clusters to aggregate for 10 cases (a)-(j).

각 기후대 분포 비율 중 많은 영향을 미치는 기후대를 확인 할 수 있다. 대부분 기후대 별로 cluster의 분포가 이루어진 것을 볼 수 있으나 몇몇의 cluster들은 Koepple and De Long(1958)가 정의한 기후대와 상관없는 분포를 보여 주었다. 따라서 대부분의 cluster의 명명은 각각의 cluster마다 중요한 영향을 미치는 기후대와 토지피복의 이름을 고려하여 이루어졌으며, 기후 분포와 무관한 경향을 보이는 6개의 cluster들은 지역적 요소를 고려하여 각각 far east woodland, sub-arctic & humid zone complex vegetation, Asia sub-steppe shrubland, subarctic & semi arid shrubland, Asia sub-steppe grass land, Asia humid zone cropping 등으로 명명하였다. 최종적으로 작성된 동북아시아에 대한 ecoclimatic map은 Fig. 6에 나타내었다. 본 연

구에서 제시한 동북아시아의 생태기후지도는 토지피복, 식생의 성장 주기, 기후대, 그리고 지리학적 위치들이 종합적으로 고려되어 있음에도 불구하고 연구의 특성상 검증할 방법을 찾거나 뚜렷한 증거물을 제시하기에는 많은 어려움이 존재한다. 그러나 위성으로 관측된 자료에 대한 분광특성의 유사성의 군집화를 통해 구한 연구 결과는 같은 토지 피복 내에서 존재하는 생태계의 다양성이 식생의 성장 주기, 기후대, 지리학적 위치, 그리고 기후변화와 같은 환경변화를 반영한다는 것은 명백하다 할 수 있다.

#### IV. 요약 및 제언

본 연구는 동북아시아 지역에 대한 생태 기후 지도



**Table 4.** Contribution of the clusters from ISODATA unsupervised classification for each UMD landcover class

Class	cluster	Major climate Code(%)		
class1 (Needleleaf forest)	cluster1	15(77.95)	14(15.59)	Sub-arctic Needleleaf forest
	cluster2	15(50.57)	14(21.54)	Asia continental Needleleaf forest
	cluster3	7(71.22)	15(14.94)	Asia subtropical evergreen Needleleaf forest
class2 (Broadleaf forest)	cluster1	14(72.62)	15(13.95)	Asia continental deciduous broadleaf forest
	cluster2	4(55.09)	7(13.95)	Asia tropical evergreen broadleaf forest
class3 (Mixed forest)	cluster1	14(47.42)	15(42.07)	Asia continental mixed forest
	cluster2	7(47.79)	15(23.16)	Asia subtropical evergreen mixed forest
class4 (Woodland)	cluster1	15(58.01)	14(33.93)	Far east woodland
	cluster2	14(40.23)	7(22.11)	Asia continental wood land
	cluster3	7(69.56)	4(12.07)	Asia subtropical wood land
	cluster4	4(49.39)	7(33.59)	Asia tropical wood land
class5 (Complex vegetation)	cluster1	15(61.93)	14(24.94)	Sub-arctic & humid zone complex vegetation
	cluster2	15(44.94)	14(42.59)	Asia continental complex vegetation
	cluster3	7(60.08)	14(14.80)	Asia subtropical complex vegetation
class6 (Shrub land)	cluster1	9(60.95)	15(38.22)	Asia steppe shrubland
	cluster2	15(58.41)	9(33.38)	Asia sub-steppe shrubland
	cluster3	15(39.70)	8(36.19)	Asia continental shrubland
	cluster4	15(56.49)	8(27.14)	Subarctic & semi arid shrubland
class7 (Grass land)	cluster1	15(74.41)	9(13.92)	Asia sub-steppe grass land
	cluster2	15(67.85)	8(20.54)	Asia sub-arctic grass land
	cluster3	14(34.09)	15(26.63)	Asia continental grass land
	cluster4	7(65.50)	14(11.19)	Asia subtropical grass land
class8 (Crop land)	cluster1	14(52.65)	15(33.46)	Asia continental cropland
	cluster2	14(44.13)	7(42.15)	Asia humid zone cropland
	cluster3	14(80.25)	7(12.48)	Asia continental double-cropping
	cluster4	7(66.89)	4(16.37)	Asia subtropical cropland

Climate code: 1: Dry summer tropical 2: Tropical desert 3: Semiaride tropical 4: Wet and dry tropical 5: Wet equatorial 6: Trade wind littoral 7: Humid subtropical 8: Semiaride continental 9: Intermediate desert 10: Moderate polar 11: Cool marine 12: Polar 13: Cool littoral 14: Humid continental 15: Extreme subpolar 16: Marine subpolar

제작에 그 목적이 있다. 자료는 1999년부터 2004년까지 동북아시아에 대한 6년간의 SPOT/VGT의 NDVI MVC를 이용하였으며, 6년간의 NDVI를 화소별로 평균하여 각 화소를 대표할 수 있는 NDVI MVC 값을 산출 하였다. 각 토지 피복에 식생지수 정보를 중첩시켜 class 마다 무감독분류를 시행하였으며 그 결과 8개의 UMD class에 대해 44개의 cluster로 분류되었고, 비슷한 cluster들은 NDVI time series의 분포와 경계치 값에 준하여 통합하였다. 각 cluster를 명명함에 있어서 대부분 기후대와 잘 부합하였지만, 그렇지 않은 class들도 존재 하였다. 이는 최근 기후의 변화나 다른 환경변화에 따른 것으로 생각되며 자세한 분석이 필요 할 것으로 사료 된다. 이처럼 동질의 토

지 피복 내에서도 식생 생장 주기의 시·공간적 변화성이 다른 것은 각 화소가 영향을 받는 기후와 지리학적 위치에 의한 것으로 판단 할 수 있으며, 이것은 역으로 동질의 토지피복에서 분류된 cluster들의 연중 NDVI MVC 값에서 그 차이를 확인 할 수 있다. 이와 같이 기후의 영향을 받는 토지피복에 대한 새로운 분류(생태기후지도)는 기후와 토지피복간의 상호 연관성을 미루어 볼 때 당연한 시도 이며 많은 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

이러한 생태 기후 지도는 기존의 토지피복, 기후 지도와는 달리 동질의 집단에 대한 식생정보를 잘 반영하고 있는 지도라고 할 수 있다. 앞으로 본 연구에서 제시한 ecoclimatic map은 기후모델과 생태계모델, 기

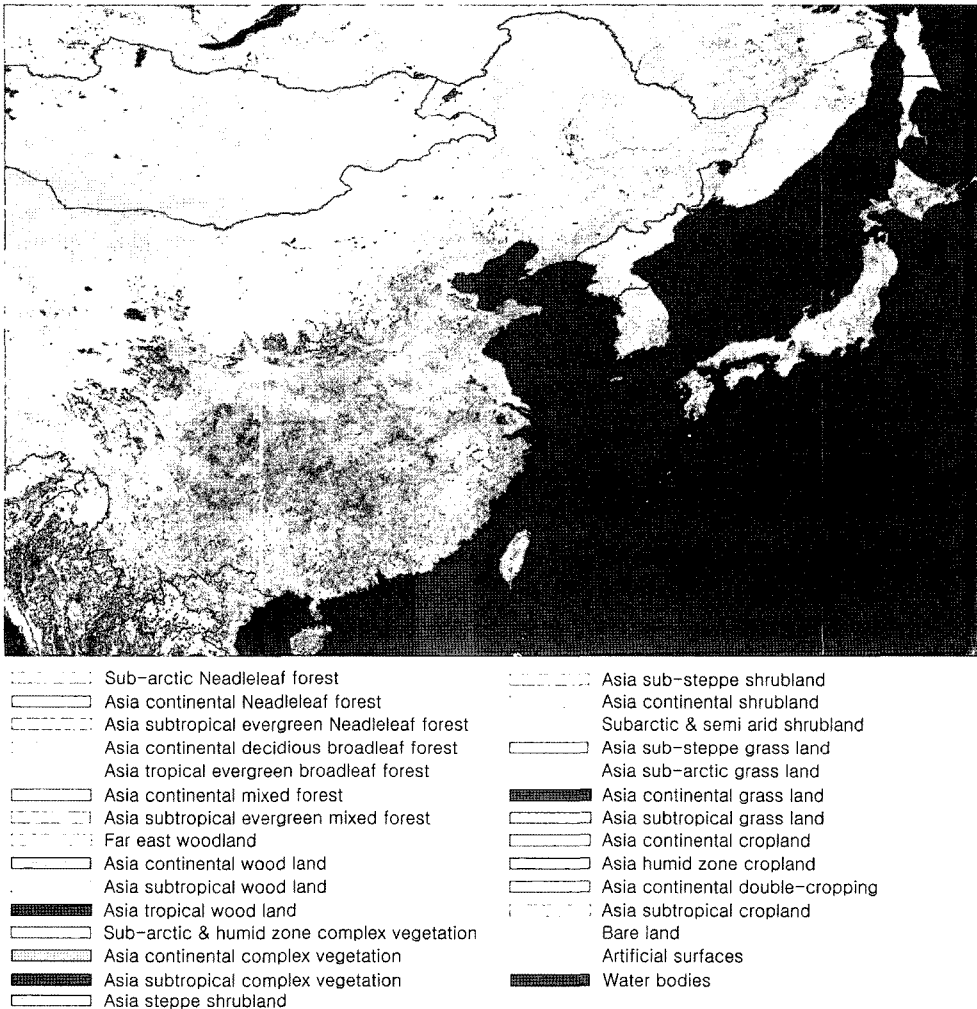


Fig. 6. North-east base map for ecoclimap 2 with 29 classes.

상모델의 중요한 input 자료로서 쓰여 질 것으로 사료되며, 또한 농업기상과 환경 분야에서도 많은 도움이 될 것으로 보인다. 향후 연구에서는 ecoclimatic map을 기본 주제로 하여 엽면적 지수(LAI), FV (fraction vegetation), FAPAR(fraction of absorbed photosynthetically active radiation), NPP(net primary productivity)를 포함한 보다 질 높은 기후관련 지표변수 데이터 베이스 구축에 초점을 맞추어야 하겠다.

### 적 요

새로운 개념과 알고리즘으로 완성된 지표 변수 데이터베이스인 Ecoclimap-1이 전 지구 영역에 대해 1km

의 해상도로 제공 된 바 있다. 이것은 기상과 기후의 모델에서 토양과 식물과 대기 사이의 이동을 정량적으로 표현하기 위해 고안 되었으며, Ecoclimap-1 데이터베이스를 구성하는 지표변수 자료들은 토지피복지도와 기후지도를 중첩하여 얻어진 생태기후 지도를 기본 주제로 사용하여 각 클래스에 대한 값(per-class)으로 제공된다. 생태기후지도의 제작은 일반적으로 사용하는 토지피복분류가 나타내지 못하는 동질 피복 내 생장 주기의 변동성을 고려하기 위한 것이다. 그러나 이렇게 중첩하여 얻은 주제를 사용하더라도 역시 같은 class 내부의 식생 생장 주기의 변동성은 여전히 높게 나타나는 경향을 보였다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 새로운 방법으로, SPOT/VEGETATION S10

NDVI 자료를 이용하여 토지피복지도와 기후지도의 단순 중첩이 아닌 동일 토지피복 클래스 내의 sub-clustering을 통하여 보다 동질의 하위 집단으로 분류한다. 본 연구는 Ecoclimap-2 project의 전 지구 데이터 베이스 구축의 일환으로 동북 아시아 지역의 생태기후지도 제작을 수행하였다. 사용된 토지피복 지도는 University of Maryland Global Land Cover Database를 사용하였고 기후지도는 각 토지피복 클래스의 sub-clustering시 초기 군집의 수를 결정하기 위한 보조 자료로 사용하였다. 1999년부터 2004년 총 6년 동안의 NDVI 10-day 자료를 이용하였고 한 UMD토지피복 class내에 존재하는 모든 화소의 시·공간 긴밀도를 분석하여 비슷한 NDVI 정보를 가지는 화소들을 통합하였다. 이러한 과정을 통해 동북아시아를 총 29개의 ecosystem으로 정의 하였다. 이러한 ecosystem map은 앞으로의 기후 모델 연구에 있어 중요한 기본 주제로 유용할 것으로 보이며 또한 생태계모델, 기상모델의 중요한 input 자료로서 쓰여 질 것으로 사료 된다.

### 감사의 글

이 논문은 2005년도 부경대학교 기성희 학술연구비에 의하여 연구되었음.

### REFERENCES

- Hansen, M. C., R. S. DeFries, J. R. G. Townshend, and R. Sohlberg, 2000: Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing* **21**, 1331-1364.
- IPCC, 1992: *Climate change 1992: The supplementary report to the IPCC Scientific Assessment*. J. T. Houghton, B.A. Callandar and S. K. Varney(eds.), Cambridge University Press, Cambridge
- Koeppel, C. E., and G. C. De Long, 1958: *Weather and Climate*. McGraw-Hill, 341 pp.
- Melillo, J. M., I. C. Prentice, G. D. Farquhar, E. D. Schulze, and O. E. Sala, 1995: Terrestrial biotic responses to environmental change and feedbacks to climate. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, J. T. Houghton et al., Eds., Cambridge University Press, 572 pp.
- Richardson, 1922: *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge University Press, 236 pp.
- Sellers, P. J., S. O. Los, C. J. Tucker, C. O. Justice, D. A. Dazlich, G. J. Collatz, and D. A. Randall, 1994: A global 1 by 1 degree NDVI data set for climate studies. Part 2: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI. *International Journal of Remote Sensing* **15**, 3519-3545.
- Valery, M., C. Jean-Louis, C. Fabrice, M. CHRISTELLE, and L. Roselyen, 2003: A global database of land surface parameters at 1-km resolution in meteorological and climate models. *Journal of Climate* **16**, 1261-1282.
- Woodward, F. I., 1987: *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press, 174 pp.