

지면피복 자료들의 비교연구를 통한 아시아지역
지면피복 자료 개선
Improvement of Land Cover over Asian region via
Comparison of the Land Cover Data Sets

강전호*, 서명석, 곽종흠
Kang Jeon-Ho*, Suh Myoung-Seok, Kwak Chong-Heum
공주대학교 대기과학과
jtiger02@kongju.ac.kr

요 약

고분해능복사계(AVHRR) 자료로부터 산출한 아시아지역 지면피복 분류자료들 (United States Geological Survey: USGS, International Geosphere Biosphere Programme: IGBP, University of Maryland: UMD)의 분류특성을 분석하였으며 이를 근거로 하여 이 지역에 대한 지면피복의 분류를 시도하였다. 서로 다른 지면피복 분류 자료들의 비교를 위하여 지도 투영법을 일치시켰으며 지면피복 정의가 유사한 유형들만 비교하였다. 세 지면피복 자료에서 분류가 모두 일치하는 비율은 33.57%이고 3 자료 중 두 자료에서 분류가 일치하는 비율은 49.69%로 나타났다. 전체적으로 나대지(사막), 도시 및 혼합림과 같이 식생의 생물리적 특성이 뚜렷한 유형들에서는 분류의 일치율이 높게 나타났다. 반면에 농지, 낙엽활엽수림, 및 낙엽침엽수림과 같이 식생의 생물리적 특성이 유사한 유형에서는 일치율이 낮게 나타났다. 분류에 사용된 기본 입력자료 수, 지면피복 유형수, 분류기법 및 입력 자료의 전처리 수준 등이 지면피복 분류 결과에 차이를 유발한 것으로 판단된다. 지면피복 자료들의 비교결과와 각 유형별 식생지수의 평균 계절변동 특성을 이용하여 이 지역에 대한 지면피복 분류자료를 보완하였다.

서 론

지면피복(land cover) 분류자료는 수치 모델이나 지역기후 모델 등의 지면경계조건 뿐만 아니라 지면온도 산출 및 지구환경 변화의 연구, 생물지화학적 순환(bio-geochemical cycle)을 포함한 지구시스템 과정 연구에 중요한 기초 자료이다 (Dickinson, 1995; Hall et al., 1995). 지면피복 분류자료의 중요성이 인식됨에 따라 시·공간적으로 연속적이며 거의 동일한 품질의 광역 관측을 제공하는 기상위성 자료로부터 다양한 유형의 지면피복 분류자료가 산출되고 있다(서명석 외, 2001;

Hansen et al., 2000; Loveland et al., 2000). 최근에는 기상위성 자료의 질적 수준과 컴퓨터의 계산능력 향상으로 공간분해능 1 km의 고해상도 지면피복 분류자료들이 지역 및 전 지구규모로 산출되고 있다. 우리나라에서도 동아시아 지역의 지면피복에 대한 관심이 높아지면서 수치모델의 경계조건 및 황사예측모델, 강수현상 예측수준 향상연구, 통신해양기상위성 (Communication Ocean and Meteorological Satellite: COMS)의 기상자료 처리시스템 개발에서 지면온도 산출 등에 기초 자료로 활용되고 있다.

모델링 및 환경 분야에서 가장 일반적

으로 이용되고 있는 자료는 USGS(U.S. Geological Survey Land Use/Land Cover), IGBP(International Geosphere Biosphere Programme) 및 University of Maryland(UMd) 지면피복 분류자료이다. 이 자료들은 모두 NOAA/AVHRR 1 km 자료로부터 산출된 식생지수(NDVI)에 대해 감독 혹은 무감독 분류기법을 적용하여 지면피복을 분류한 것이다. 이들 세 자료 사이에는 입력자료, 분류기법 및 분류유형이 다르기 때문에 분류결과가 상이할 수 있다. 하지만 아직까지 한반도를 비롯한 동아시아 지역에서의 이 자료들의 유사점과 차이점에 대해 분석이 이루어지지 않고 있다. 이 연구에서는 서로 다른 입력자료, 분류기법 및 분류유형에 근거한 USGS, IGBP 및 UMd의 전 지구 지면피복 분류자료 중 아시아 지역에서의 분류결과에 대해 유사점과 차이점을 비교분석하였다. 또한 이러한 비교분석 결과를 근거로 하여 이 지역에서의 지면피복자료 개선 및 새로운 지면피복 자료를 분류하였다.

자료 및 연구방법

본 연구에 사용된 지면피복 자료는 USGS, IGBP 및 UMd 지면피복 분류자료이며 이 자료들의 특성은 Table 1과 같다. 이 세 자료는 1992년 4월부터 1993년 3월까지 1년간의 AVHRR 자료로부터 산출된 공간해상도 1 km의 월별 식생지수를 공통적으로 이용하였다. 하지만 이 세 자료 사이에는 분류기법, 지면피복 유형의 수 및 보조자료의 활용면에서 차이가 있다. USGS와 IGBP는 기상위성 탐사자료와 같이 광역의 자료 분류에 사용되는 무감독 분류기법을 이용한 반면 UMd는 전지구 영역에 대해 감독 분류기법의 하나인 결정나무 기법을 이용하였다. 분류유형의 수는 USGS, IGBP 및 UMd가 각각 24, 17

및 14개로 상이하다. 입력 자료의 경우 USGS와 IGBP는 월별 식생지수만을 이용한 반면 UMd는 AVHRR의 다른 채널 자료로부터 41개의 시계열 자료를 작성하여 이용하였으며 감독분류에 필요한 기준자료로 자원탐사위성(Landsat) 자료를 이용하였다. 분류절차에 있어서 USGS와 IGBP는 각 대륙별 지면피복을 분류한 후 통합한 반면 UMd는 전지구의 지면피복을 동시에 분류하였다. 이 세 자료들은 USGS 및 Maryland 대학 홈페이지를 통해 Web 혹은 Anonymous FTP 방식으로 (<http://edcsns17.cr.usgs.gov/glcc/>, <http://www.geog.umd.edu/landcover/1km-map.html>) 무료로 내려받아 이용할 수 있다.

Table 1. Characteristics of USGS, IGBP and UMd land cover products.

Products	USGS Land Use/Cover	IGBP DISCover	UMd Land Cover
Sensor	NOAA/AVHRR	NOAA/AVHRR	NOAA/AVHRR
Period of data collection	1992.4-1993.3	1992.4 - 1993.3	1992.4-1993.3
Spatial resolution	1 km	1 km	1 km (8 km & 1 deg.)
Input data	12 monthly composited NDVI	12 monthly composited NDVI	41 metrics derived from NDVI and bands 1-5
Categories	24 Class	17 Class	14 Class
Processing sequence	Continent by continent	Continent by continent	Global
Classification scheme	unsupervised clustering	unsupervised clustering	Decision Tree (supervised classification tree method)

서로 다른 지면피복 분류자료들을 화소 차원에서 구체적으로 비교분석하기 위해서는 공간해상도 및 지도 투영법, 지면피복 정의 및 분류유형 수에서 표준화가 필요하다. 본 연구에서는 일부 표준화가 어려운 요소에 대해서는 비교분석에서 제외하고 각 항목에 대해 표준화를 시도하였다.

세 자료의 공간해상도는 1 km 로 동일하므로 일차적으로 지도투영법을 플레이트 커리 맵 투영법(Plate Carree Map Projection)으로 통일시켰다. 이 투영법은

위도와 경도 격자가 수직으로 만나며, 한 격자의 위도와 경도의 거리가 같음에 따라 자료의 이용 및 관리가 수월하며, 다른 형태로의 재 투영이 비교적 간단하기 때문이다. 따라서 자료의 화소(또는 격자점) 수와 시작점의 위/경도만으로 전체 자료의 위/경도 정보를 쉽게 구할 수 있어 자료 저장 공간을 절약할 수 있다.

지면피복 분류과정에서 이미 결정된 지면피복 정의 및 분류유형 수에 대해 표준화가 어렵기 때문에 3개의 지면피복 자료에서 공통적으로 정의된 12개 지면피복을 중심으로 비교분석을 수행하였다. 세 지면피복 자료에 공통적으로 존재하지 않는 USGS의 9가지 유형 및 IGBP의 3가지 유형은 비교할 수 없는 유형으로 분류하였다.

Fig. 1은 본 연구에 사용된 지면피복 분류자료 중 USGS와 UMD 자료에서 한반도 영역을 표현한 것이다. USGS에서는 한반도의 대부분을 사바나로 분류한 반면 UMD에서는 혼합림 등으로 다양하게 분류하였다. 그러나 UMD의 분류도 다양하기는 하나 농지와 상록 침엽수림의 분포가 적게 나타나는 등 개선의 여지가 있음을 나타내고 있다. 뿐만 아니라, 압록강을 가로질러 자강도 주변에 나타나는 공간불연속은 기초 자료의 전처리 수준을 평가할 수 있는 기준이 될 수 있다. 각 자료의 이러한 문제점 들은 한반도를 비롯한 아시아 지역의 지면피복이 부정확하며 따라서 새로운 지면피복 자료의 산출 연구가 필요함을 뒷받침한다.

3개 지면피복 분류자료에 대한 비교는 다음과 같이 3단계로 수행하였다. 1단계에서는 비교가 불가능한 USGS의 9개 유형 및 IGBP의 3개 유형을 제외한 화소들의 각 유형별 화소수를 비교하였다. 2단계에서는 구체적 비교를 위하여 각 화소별로 3개 지면피복이 모두 일치하는 경우, 2개

만 일치하는 경우 및 모두 다른 경우로 구분하여 각 화소별 분류의 일치성을 분석하였다. 3단계에서는 Hansen and Reed(2000)의 대유형별 일치율 분석법을 세분화하여 12개 유형에 대해 일치율을 비교하였다. 예를 들어, UMD의 도시영역에 대해 USGS는 도시로 몇 %를 분류하고, 다른 유형으로 각각 몇 %를 분류하였는지 분석하였다.

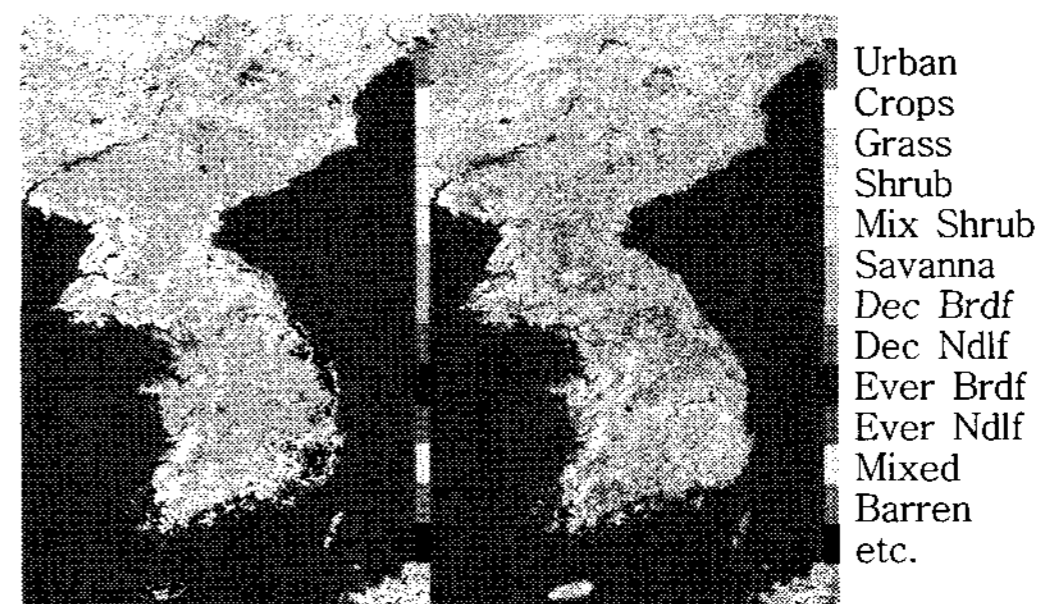


Fig. 1. Reprojected and unified color-coded land cover maps of USGS(left) and UMD(right) over Korean peninsula.

아시아 지역에 대한 3개의 지면피복 분류결과 비교연구를 기반으로 이 지역에서 지면피복을 개선하고 새로운 지면피복 분류자료를 작성하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 준비단계로서 USGS, IGBP 및 UMD 지면피복 유형을 참고로 17개 유형의 지면피복을 정의하였다. 1단계에서는 세 지면피복 자료가 모두 일치하는 화소의 지면피복을 그대로 적용하고, 2단계에서는 1단계에서 분류되지 않은 화소 중 UMD와 USGS 혹은 UMD와 IGBP가 일치하는 화소의 지면피복을 정의하였다. 3단계에서는 MODIS 자료로부터 추출한 식생지수를 기반으로 한반도 영역에 대하여 지면피복을 분류한 본 연구실의 기존 연구결과와 세 지면피복(USGS/IGBP/UMD)이 일치하는 유형을 적용하였다. 4단계에서는 USGS에 정의한 4가지 툰드라를 (Herbaceous/ Wooded/ Mixed/ Bare

ground) 하나로 통합하여 적용하였다. 5단계에서는 미 분류된 화소들에 대해 연중 최대/최소 식생지수, 연평균 및 연 변동폭을 산출한 후 각 지면피복 유형별 식생지수 특성과의 속성거리가 최소인 지면피복으로 분류하였다.

결과 및 토의

지면피복 분류결과들을 비교분석해 본 결과 아시아 지역에서 3개의 지면피복 분류결과가 모두 일치하는 화소는 33.57%이며, 2개가 일치하는 화소는 46.69%이고 3개가 전혀 다르게 분류된 화소는 8.42%로 나타났다. 또한 3개의 지면피복에서 지면피복 유형수가 상이하여 비교가 불가능한 화소 수도 8.32%에 달하였다. 이러한 결과는 현재 사용 중인 아시아 지역의 지면피복 분류자료에는 잘 못 분류된 화소가 적어도 10% 이상이 됨을 제시한다고 볼 수 있다. Table 2는 각 유형별 일치비율을 나타낸 것이다. USGS와 IGBP는 상대적으로 유사하게 아시아 지역의 지면피복을 분류한 반면 UMd는 이들 두 자료와 매우 상이하게 분류하였다. 이렇게 분류결과에서 차이가 크게 난 것은 앞에서 설명한 바와 같이 지면피복 분류과정에서 사용한 기본 입력자료 및 분류방법의 차이와 관련된 것으로 보인다.

Table 2. Ratio of agreement among the USGS, IGBP and UMd land cover data sets.

TA	Triple Agreement	USGS == IGBP == UMd	33.57 %	
DA	Double Agreement	USGS == IGBP /= UMd	49.69 %	91.078
		USGS == UMd /= IGBP		0.285
		IGBP == UMd /= USGS		8.637
TD	Totally Disagreement	USGS /= IGBP /= UMd	8.42 %	
OT	Others		8.32 %	

각 화소별 지면피복 분류의 일치성 및 12개 유형에 대한 일치율 비교분석에서 나대지(사막), 도시, 저밀도 관목(open

shrub) 및 혼합림과 같이 식생의 생물리적 특성이 뚜렷한 유형들에서는 분류가 잘 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 뺨뺨한 관목(closed shrub), 농지, 사바나, 낙엽활엽수림 및 낙엽침엽수림과 같이 식생의 생물리적 특성이 유사한 유형사이에는 분류가 잘 일치하지 않는 특성을 보였다. 지면피복 분류에 사용한 기본 입력자료와 분류기법이 무감독 분류로 동일한 USGS와 IGBP 지면피복 분류결과가 상대적으로 유사성이 높게 나타났다. 반면 기본 입력자료와 분류기법에서 많은 차이가 있는 UMd의 지면피복 분류결과는 앞의 두 지면피복 분류결과와 매우 상이하게 나타났다. 초기 위성자료로 동일 기간의 동일한 기상위성자료(AVHRR)를 사용하였음에도 불구하고 분류결과에 큰 차이가 나타난 것은 전처리 수준 차, 기본 입력자료 및 분류기법의 차이에 의한 것으로 보인다. 또한 3개 지면피복 자료를 비교하면서 문제가 되었던 지면피복 유형수가 상이했던 점도 분류결과를 상이하게 한 것으로 판단된다.

Fig. 2는 3개 지면피복 자료들의 비교연구를 토대로 17개 유형으로 새롭게 분류한 지면피복 분류결과이다. 지면피복 분류결과의 전체적인 공간분포가 우리가 알고 있는 사실과 유사하게 나타났음을 볼 수 있다. 특히 한반도 영역에서 해발고도가 낮아 주요 평야지대가 위치하는 서해안과 남해안지역의 대부분이 관개농지로 분류되었으며, USGS와 IGBP에서 사바나로 분류했던 영역을 보다 합리적인 다양한 유형으로 분류하였다. 즉, 전남과 경남지역의 대부분이 상록침엽수림, 혼합림, 낙엽활엽수림 및 상록 침엽수림, 중부지방은 혼합림, 강원도 산악지역과 북한 지역의 부분이 낙엽활엽수림으로 분류되었다. 지리산 및 주변의 고산지대에서도 낙엽활엽수림이 분포하는 것으로 분류되었다. 주로

농지 및 사바나 등으로 단순화 되었던 인도 지역의 지면피복이 다양하게 분류되었으며 바이칼호 주변의 러시아, 일본열도

및 태국 주변의 지면피복이 개선된 것을 볼 수 있다.

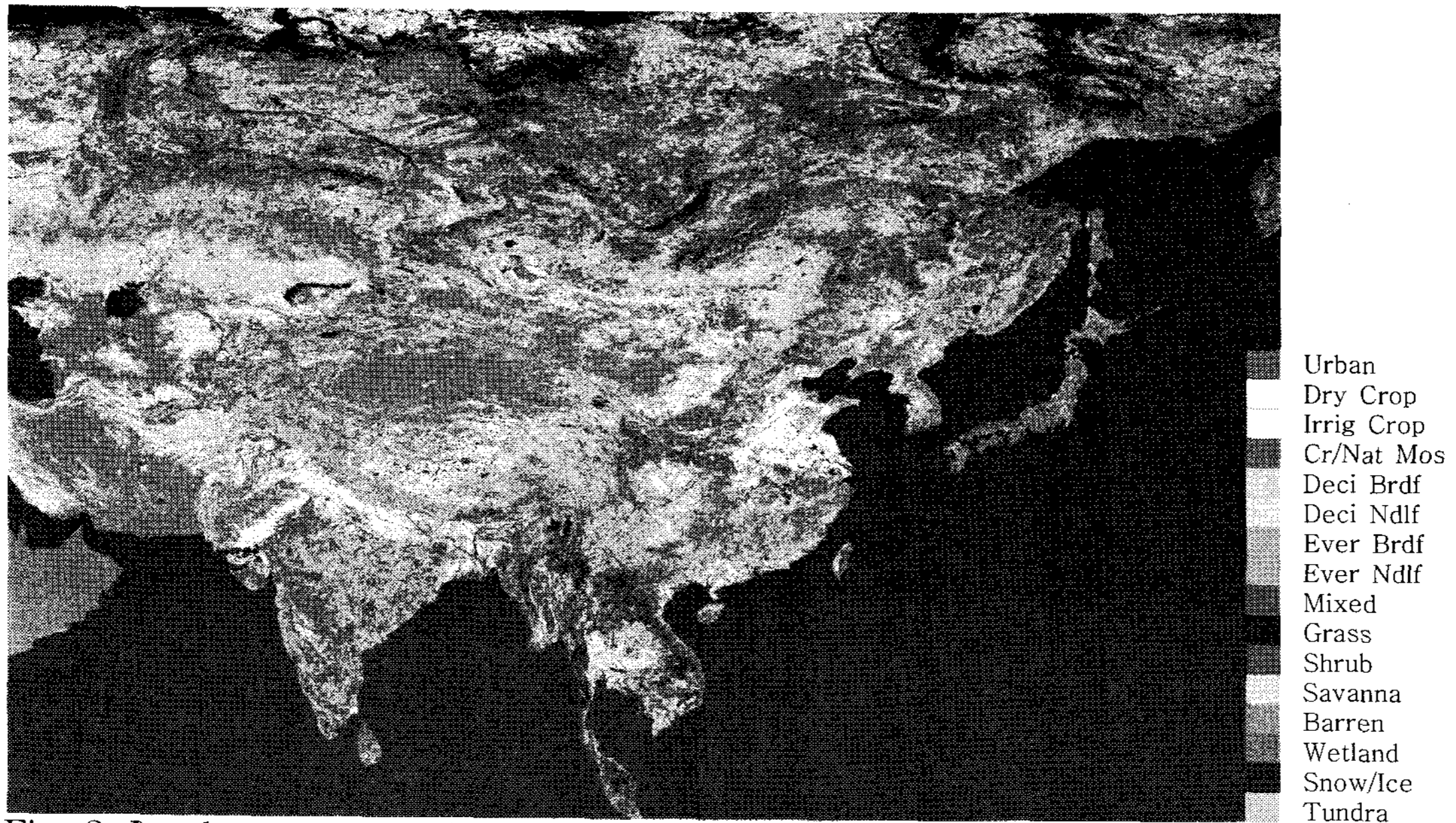


Fig. 2. Land cover map of Asian region classified in this study. Urban denote urban and built-up, Dry Crop denote dryland cropland and pasture, Irrig Crop denote irrigated cropland and pasture, Cr/Nat Mos denote cropland/natural vegetation mosaic, Deci Brdf denote deciduous broadleaf forest, Deci Ndlf denote deciduous needleleaf forest, Ever Brdf denote evergreen broadleaf forest, Ever Ndlf denote evergreen needleleaf forest, Mixed denote mixed forest, Grass denote grasslands, Shrub denote shrublands, Savanna denote savannas, Wetland denote Wetlands, Snow/Ice denote Snow and Ice, and Tundra denote tundra, respectively.

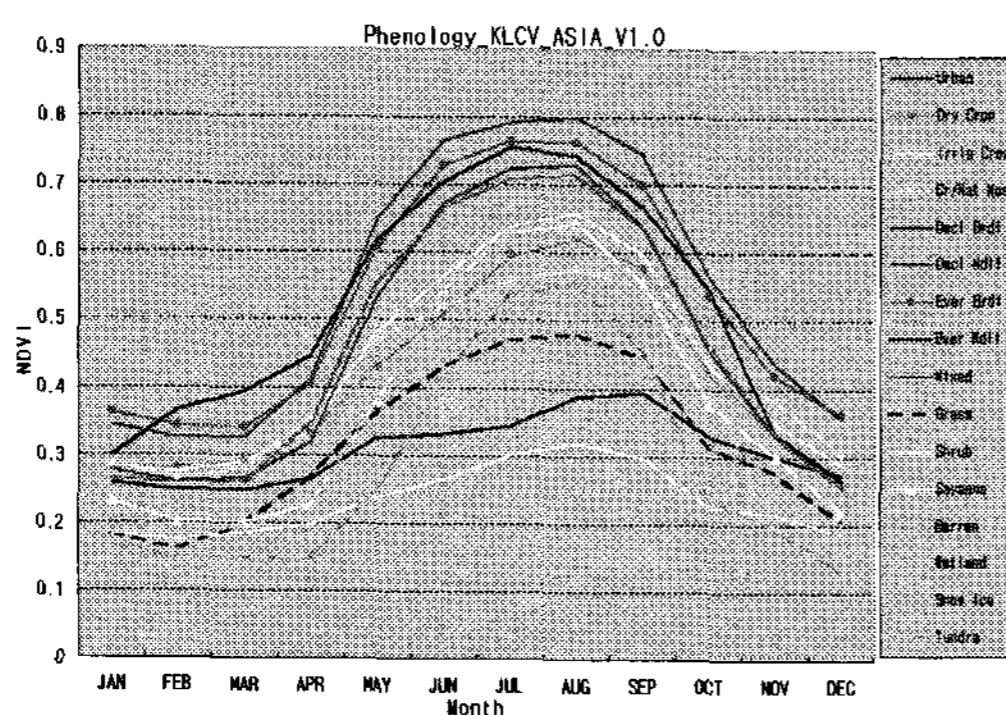


Fig. 3. Temporal variation of averaged NDVI according to the land cover type.

Fig. 3은 각 지면피복별 평균 식생지수의 계절변화를 나타낸 것으로 분류결과의 질적 수준을 확인할 수 있다. 전체적으로 겨울에 최소가 되고 여름에 최대가 되는 계절변동이 잘 나타나고 있다. 단, 결빙지역과 나지 등 식생의 분포가 거의 없는 지역에서 연중 식생지수의 변동이 나타나지 않았다. 도시, 관목, 초지의 식생지수는 최대로 성장한 여름에도 크지 않으며 계절변화가 크지 않은 특징을 잘 나타내고 있다. 반면, 연중 평균 식생지수가 가장 높으며 변동폭이 상대적으로 크지 않은 상록수림의 경우 최대 식생지수가 가장

높은 특징은 잘 나타내고 있으나 겨울철에 식생지수가 상대적으로 감소하여 연변동쪽이 크게 나타났다. 이는 우랄산맥 주변과 극지방에 분포하는 상록수림이 겨울철 눈의 영향과 지도투영법에 의해 극지방의 지형적 왜곡에 따른 영향으로 판단된다.

결론

수치모델 및 기후모델의 지면경계조건으로 광범위하게 이용되고 있는 아시아 지역의 USGS 지면피복 분류자료를 IGBP 및 Maryland 대학 지면피복 분류자료(UMd)에 대해 세 지면피복 분류자료에서 공통적으로 분류한 12가지 유형을 중심으로 비교분석을 수행하였다. 또한 비교분석 결과를 근거로 새로운 지면피복 분류자료를 산출하였다.

서로 다른 세 지면피복 분류자료의 비교에서 전체적으로 도시 및 나지 등과 같이 식생의 생물리적 특징이 뚜렷한 유형에서 세 자료가 잘 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 농지, 사바나, 낙엽활엽수림 등 식생의 생물리적 특징이 유사한 유형에서는 분류에 차이가 많은 것으로 나타났다. 비교분석 결과 현재 가장 일반적으로 이용되고 있는 지면피복 분류자료에는 적어도 10% 이상의 잘못 분류된 화소가 포함되어 있는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 주로 세 자료가 일치하지 않는 화소들의 지면피복을 MODIS 식생지수 등을 이용하여 재분류를 통해 지면피복 자료를 개선하였다. 새로 작성된 지면피복 자료에서는 USGS 등에서 한반도의 대부분을 사바나로 분류한 오류 및 북한 등 일부지역에서 나타나는 불연속이 제거되는 등 기존 자료에 비해 분류수준이 개선된 것으로 판단되나 현장관측 자료의 부재 등 검증자료의 부족으로 직접적인 검증은 이루어지지 못하였다. 본 연구에서 제시한 지면피

복 자료들에 대한 비교분석 결과는 이 자료들을 수치모델이나 기후모델의 지면경계조건으로 사용하는 데 참고자료가 될 수 있을 것이다. 하지만 여기서 제시한 비교결과는 절대적인 것이 아니고 지면피복 자료들 사이의 일치와 불일치에 대한 자료이기 때문에 아시아 지역에서 보다 정확한 지면피복 분류 자료를 산출하기 위해서는 광범위한 지상의 관측자료 및 기상위성자료의 확보와 함께 보다 정교한 분류기법의 활용이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 "통신해양기상위성 1호 개발사업"의 "기상자료 처리시스템 개발사업(IV)"의 일환으로 수행된 것입니다.

참고문헌

- 서명석, 곽종흠, 김희수, 김맹기, 2001. 극궤도 기상위성 자료를 이용한 한반도의 지면피복 분류. 한국지구과학회지, 22(2): 138-146.
- Dickinson, R., 1995. Land processes in climate models. *Remote Sens. Environ.*, 51: 27-38.
- Hall, F. G., Townshend, J. R., and Engman, E. T., 1995. Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters. *Remote Sens. Environ.*, 51: 138-156.
- 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. *Int. J. Remote Sensing*, 21(6): 1331-1364.
- Hansen, M. C., and B. Reed, 2000. A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1 km global land cover products. *International J. Remote Sensing*, 21(6/7): 1365-1373.
- Loveland, T. R., Reed, B. C., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Zhu, Z., Yang, L., and Merchant, J. W., 2000. Development of a global land cover characteristics data base and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *Int. J. of Remote Sensing*, 21: 1251-1277.