

남한의 생물기후권역 구분과 특성 규명*

최유영¹⁾ · 임철희¹⁾ · 류지은²⁾ · Dongfan Piao¹⁾ · 강진영³⁾ · Weihong Zhu⁴⁾ ·
Guishan Cui⁴⁾ · 이우균¹⁾ · 전성우¹⁾

¹⁾ 고려대학교 환경생태공학과 · ²⁾ 고려대학교 환경 GIS/RS 센터 · ³⁾ 제주연구원 · ⁴⁾ Yanbian University

Bioclimatic Classification and Characterization in South Korea*

Choi, Yu-Young¹⁾ · Lim, Chul-Hee¹⁾ · Ryu, Ji-Eun²⁾ · Dongfan Piao¹⁾ · Kang, Jin-Young³⁾ ·
Weihong Zhu⁴⁾ · Guishan Cui⁴⁾ · Lee, Woo-Kyun¹⁾ · Jeon, Seong-Woo¹⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University,

²⁾ Environmental GIS/RS Center, Korea University,

³⁾ Jeju Research Institute,

⁴⁾ Department of Geography, Yanbian University.

ABSTRACT

This study constructed a high-resolution bioclimatic classification map of South Korea which classifies land into homogeneous zones by similar environment properties using advanced statistical techniques compared to existing ecological area classification studies. The climate data provided by WorldClim(1960-1990) were used to generate 27 bioclimatic variables affecting biological habitats, and key environmental variables were derived from Correlation Analysis and Principal Component Analysis. Clustering Analysis was performed using the ISODATA method to construct a 30'(~1km) resolution bioclimatic classification map. South Korea was divided into 21 regions and the results of classification were verified by correlation analysis with the Gross Primary Production(GPP), Actual Vegetation map made by the Ministry of Environment. Each zones' were described and named by its environmental characteristics and major vegetation distribution. This study could provide useful spatial frameworks to support ecosystem research, monitoring and policy decisions.

* 본 연구는 기상청 “기상See-At기술개발사업(KMIPA2015-6140)”의 지원으로 수행되었습니다.

First Author : Choi, Yu-Young, Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering,
Tel : +82-2-3290-3543, Email : cuteu0@korea.ac.kr,

Corresponding Author : Jeon, Seong-Woo, Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering,
Tel : +82-2-3290-3043, Email : eepps_korea.ac.kr

Received : 28 February, 2017. **Revised** : 30 June, 2017. **Accepted** : 27 June, 2017.

Key Words : *Climate Change, Biodiversity, Bioclimatic classification, Statistical classification, Conservation strategies*

I. 서 론

기후변화의 가속화 및 생태계 파괴로 인해 생물다양성의 감소가 지속적으로 심화되고 있다(IPCC, 2014). 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC) 제 5차 보고서에 따르면, 많은 동·식물종들이 빠른 기후변화 속도에 적응하지 못하여 멸종위기에 처할 것으로 예측되고 있다. 이에 따라 전 세계적으로 생물 종을 보전하고자 하는 노력이 증가하고 있다(WWF, 2015).

환경이 유사한 지역은 유사한 동식물이 분포할 확률이 높으므로, 환경적 특성의 규명은 생물종 보전에도 유용한 정보를 제공한다(Harding and Winterbourn, 1997). 따라서 정확한 환경정보를 바탕으로 환경적 특성이 유사한 지역을 구분하고, 이를 공간적으로 표현하는 작업은 생물다양성 보전과 자연자원의 효율적인 관리를 위한 기반을 제공할 수 있다(McMahon et al., 2001). 예를 들어, 생물다양성 보호를 위한 재원 분배 시 우선순위 지역 선정, 보호지역의 공간적 범위 설정, 연구를 위한 표본지역 선정의 기준 제시 등에 이용할 수 있다(Myers et al. 1987; Awimbo et al. 1996; Margules and Pressey 2000).

현재 영국, 호주, 캐나다, 유럽 등 많은 국가들에서 생태적 특성을 기반으로 한 권역화 연구를 수행하고, 자연보전 전략 및 정책에 적극적으로 활용하고 있다(Hossell et al., 2003; M.J.Metzger et al., 2005; Omernik and Griffith, 2014). 호주에서는 보호지역의 과학적 지정을 위해 국가 차원에서 생물종 및 환경 자료 Database를 구축하고, 이를 기반으로 잠정생물지리지역(Interim Biogeographic Regionalisation for Australia, IBRA)을 구분하고 있다(Thackway et al., 1995).

구분한 각 권역의 환경적 특성을 규명하여 권역별 보호 지역 기준을 설정하는 등 정책적으로 활용 중이다. 미국의 환경보호국에서도 주 단위 및 지역수준으로 생태지역(Ecoregion)을 구분하고 기후, 식생 및 동물상 등을 조사하여 지역 별 위협요소 및 보전전략 등을 설정하였다(Omernik, 1987; McMahon, 2001 Omernik, 2004).

국내에서도 기후와 지형요소 등을 활용한 생태기반 지역 구분 연구가 다수 수행된 바 있다. Shin and Kim(1996)의 연구에서는 대하천의 유역경계와 해발고도를 기준으로 남한을 5개의 권역으로 구분하였고, 이후 기후자료와 지형요소를 활용하여 16개의 생태지역으로 세분한 바 있다. 또한 Kim(2004)는 한반도 전역을 대상으로 기상자료와 지형, 수분지수, 토지피복, 식생지수를 활용하여 11개의 생태지역으로 분류하였다. Lee et al.(2005)은 기후에 영향을 미치는 지리적 인자와 식생, 작물, 가옥 구조의 지리적 분포를 통해 기후 구분 지표를 개발하여 남한을 48개의 상세기후지역으로 구분하였다. Korea Forest Research Institute(2009)에서는 자연 생태적 특성인 대지형, 해양과의 인접성, 대유역과 인문 지리적 특성인 사회문화권, 토지이용패턴을 기준으로 남한을 5대 권역과 27개의 지역으로 구분하고 권역 별 산림 관리 방안을 제시하였다.

기후인자를 주요 변수로 한 분류로는, National Institute of Environmental Research(2007)이 WorldClim에서 제공하는 19개의 Bioclim 변수를 활용하여 남한지역을 21개의 권역으로 구분한 바 있으나, 해상도가 5'(약 18km)로 낮아 권역의 경계가 명확하지 않다. 한국환경정책·평가연구원에서도 생물기후권역화를 시도한 연구 사례가 있으나, 남한 지역 전체가 아닌 일부 지

역만을 대상으로 하거나 (Korea Environmental Institute, 2014), 구축한 권역이 지나치게 세분화, 파편화되어 활용가능성이 적다(Korea Environmental Institute, 2016). 또한, 방법론 적용에 대한 시범 연구로서 권역의 특성 규명 및 검증이 이루어지지 않았다. 이와 같이 국내의 생물기후권역 연구들은 결과활용성 측면의 한계와 통계적 방법론의 한계, 분류 정확성에 대한 검증이 이루어지지 않은 등의 한계가 존재한다.

생물다양성 보전을 위해 생태 혹은 기후 권역의 구분이 활용되기 위해서는 권역경계가 보다 상세하고, 각 권역 별 환경적 특성 규명이 필요하다. 이를 바탕으로 기후변화에 따른 권역 변화를 모의하고 분석함으로써, 권역 별 기후변화 적응 대책 수립을 위한 기반을 마련할 수 있다. 따라서 본 연구는 남한지역을 대상으로 고해상도의 생물기후권역도를 구축하고, 각 권역별 환경적 특성을 규명함으로써, 보호구역의 설정, 생물조사 및 분포연구 등의 기초자료를 제공하고자 한다. 이를 위해 생물서식에 영향을 미치는 생물기후변수들을 구축하고, 보다 고도화된 통계적 방법의 권역화를 시도하고자 한다. 나아가 구축한 생물기후권역도의 신뢰성 확보를 위해 식생자료를 활용하여 정량적 검증을 수행하고, 권역 별 특성을 파악하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 연구의 자료

생물기후권역화를 위한 기후자료로 WorldClim에서 제공하는 version1.4 Current Condition (1960-1990 평균자료)의 30" (~1km) 해상도 자료를 이용하였다(Hijmans et al., 2005).

본 연구의 목적은 단순히 유사 기후의 구분이 아닌 생물 서식에 영향을 미치는 기후요인을 구분하는 것이므로, 생물기후변수를 생성하여 권역화에 이용하였다. 생물기후변수는 기온과 강수량으로부터 생성한 생물학적 의미를 지니는

변수로, 주로 중 분포 모델링에 이용된다(O'Donnell and Ignizio, 2012). 가능한 많은 변수들을 포함하기 위해, 본 연구에서는 WorldClim에서 제공하는 19개의 Bioclim 변수들 외에 WorldClim dataset로부터 산출 가능한 8개의 변수들을 추가적으로 구축하였다. 추가한 변수들은 권역화를 실시한 해외 사례와 식물 생장 및 분포 관련 문헌을 참고하여 생성하였다(Table 1). 특히, 유효강수지수(Precipitation Effective Index)와 온량지수(Warmth Index)는 식물의 생장 및 분포와 밀접한

Table 1. Bioclimatic Variables (T: temperature)

Variable name	Description
var1	Annual mean T(°C)
var2	Annual Mean diurnal range(°C)
var3	Isothermality(%)
var4	T seasonality(°C)
var5	Maximum T of the warmest month(°C)
var6	Minimum T of the coldest month(°C)
var7	Annual T range
var8	Mean T of wettest quarter(°C)
var9	Mean T of driest quarter(°C)
var10	Mean T of warmest quarter(°C)
var11	Mean T of coldest quarter(°C)
var12	Mean T of the coldest month(°C)
var13	Mean T of the warmest month(°C)
var14	Maximum T coldest month(°C)
var15	Minimum T warmest month(°C)
var16	Thermicity index
var17	Annual precipitation (mm)
var18	Precipitation of the wettest month(mm)
var19	Precipitation of the driest month(mm)
var20	Precipitation seasonality(%)
var21	Precipitation of wettest quarter(mm)
var22	Precipitation of driest quarter(mm)
var23	Precipitation of warmest quarter(mm)
var24	Precipitation of coldest quarter(mm)
var25	Emberger's pluviothermic quotient
var26	PEI (Precipitation Effectiveness Index)
var27	WI (Warmth Index)

관련이 있는 지수들로, 기후변화에 따른 식생 분포 연구에 이용된 바 있다(Kira, 1945; Yim and Kira 1975; Choi *et al.*, 2011).

2. 연구의 방법

1) 생물기후권역의 정의

국내외의 권역화 연구 검토 결과, 여러 국가에서 생태적 동질지역을 구분하는 용어가 혼용되어 사용되고 있었다. 영국의 Hossell *et al.* (2003)은 Bioclimatic classification으로, 유럽의 Metzger *et al.* (2005)은 Climatic Stratification으로, 호주의 환경부에서는 Interim Biogeographic Regionalisation for Australia(IBRA)로, 미국의 환경보호국(EPA)에서는 Ecoregions 등의 용어로 생태계 환경을 분류하고 있다. 국내에서는 Kim(2004) 및 Jeong *et al.*(2012)가 식물과 동물, 생태계의 생물다양성에 따라 구분되는 지역을 생태지역(ecoregion)으로 표현하였고, Korea Environmental Institute(2007)에서 생물기후권역 용어를 사용하였다. 이처럼 비슷한 개념을 다양한 용어로 표현하였지만, 용어와 개념을 명확히 정의하고 있지 않았다. 이에 따라 본 연구에서는 생물 서식에 영향을 미치는 환경 요인들 간의 공간적 위계를 바탕으로 생물기후권역을 정의하고자 한다.

생태계를 구성하는 환경 요인 간의 공간적 위계는 기후 > 지형 > 지질 및 토양 > 식생 > 동물 상 순으로(Klijin and Haes, 1994; Metzger *et al.*, 2005), 이러한 공간적 스케일의 위계를 바탕으로 기후가 동일한 지역을 우선적으로 구분할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생물 서식에 영향을 미치는 환경 요인들 중 가장 상위 요인인 기후가 동일한 지역을 생물기후권역(Bioclimatic Classification)으로 정의하고 연구를 진행하였다.

2) 환경변수의 도출

주요환경변수를 도출하기 위해 통계 프로그

램 R(version 3.3.1)을 이용하여 상관분석과 주성분분석을 실시하였다. 상관성이 높은 변수들은 포함하는 정보가 유사하고, 이 변수들이 함께 적용 될 경우, 권역화 시 가중치가 부여되는 효과가 나타날 수 있어(Metzger *et al.*, 2013), 먼저 상관분석을 통해 생물기후변수들 중 상관성이 높은 변수들을 제거하였다. pearson 상관계수가 1인 변수들은 그 중 식생의 분포를 설명하기에 용이한 하나의 변수만 선정하고, 나머지 변수들은 제외하였다.

선정한 변수들로 주성분 분석을 실시하여 가중치가 부여된 다수의 생물기후변수들을 포함하는 독립적인 변수들을 생성하였다. 주성분 분석을 통해 생성된 주성분들 중, 고유값의 누적 기여율(Cumulative Proportion) 80%를 기준으로 주성분을 선정하였다.

3) 생물기후권역화 및 권역 별 특성구명

군집화를 위해 선정된 주성분으로 군집분석을 수행하였다. 군집분석의 방법으로는 Metzger *et al.*(2005, 2012)이 유럽과 전 세계 대상으로 권역화 시에 이용한 ISODATA¹⁾(the Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) 방법을 이용하였다.

생성한 주성분으로 군집분석을 수행하기 위해 제 1주성분을 Red band, 제 2주성분을 Green

1) ISODATA 기법은 무감독분류 기법 중의 하나로 임의의 점으로부터 출발하여 샘플들을 가장 가까이 있는 점에 할당해 나간다. 각 군집의 평균값 차에 의해 군집을 분류하며, 각 군집의 표준편차가 너무 큰 경우 두 개의 군집으로 분리하는 과정을 반복 수행하여 군집을 정리한다. 매 반복 수행 시마다 군집의 결과를 재분석하므로 보다 포괄적이고 정교한 방법이라고 할 수 있다 (강건호 등, 2009). ISODATA분류 기법은 사용자가 분류하고자 하는 군집의 개수를 정해줄 필요 없이, 군집 내의 허용 가능한 최대 표준편차, 군집 간에 요구되는 최소 거리, 허용 가능한 최대 반복 수 등의 파라미터를 정하여 초기에 주어진 클러스터의 개수에서 분할과 병합을 하면서 원하는 군집수로 클러스터링을 할 수 있다는 장점이 있다 (Jo, 2012).

Band, 제 3주성분을 Blue Band로 배치하여 영상 융합을 실시하였다. 융합된 영상으로 ArcMap 10.2.2의 Iso Cluster tool을 이용하여 군집화를 진행하였다. 군집개수는 활용에 적절하도록 자료와 사전 경험에 의해 연구자가 주관적으로 결정하였다. 이에 따라 Number of classes는 25, Minimum class size는 300, Sample interval은 10으로 설정하여 진행하였다. 또한 군집의 환경적 특성 규명 및 명명을 위해 Dendrogram tool을 이용하여 군집 간 Euclidean 거리가 4이하인 권역들을 하나의 대권역으로 재군집화 하였다.

분류한 권역들은 대권역의 기후환경 특성에 따라 명명하고, 각 권역 별 코드명을 부여하였다. 먼저, 최한월의 기후구분에 근거하여 최한월의 평균 기온이 -3°C 이상, 18°C 이하인 지역은 온대기후, 최한월 평균기온이 -3°C 이하, 최난월 평균기온이 10°C 이상인 지역을 냉대기후로 구분하고, 그 외의 다른 남한의 기후구분 연구들(Lee et al., 2005; Ko et al., 2006; Rye et al., 2011)을 참고하여 대권역명을 부여하였다. 대권역 내에서는 식물의 공간적인 분포를 설명하는 온량지수(WI) (Kira, 1945)의 오름차순으로 세부권역을 구분하였다.

4) 생물기후권역의 비교·검증

생물기후권역도 분류의 타당성을 검토하기 위해 남한의 다른 분류연구 및 식생자료와 비교를 통해 검증을 수행하였다. 여러 분류 연구들 중, 분류 기준과 활용자료, 권역 수 등이 유사한 Lee et al.(2005)의 상세지역 구분도와 National Institute of Environmental Research(2007)의 생물기후권역 분류 연구를 통해 비교 검증을 실시하였다.

또한 유사한 생물기후권이 구분될 경우 기후에 영향을 받는 식생 분포와 관계가 높을 수 있으므로, 권역 별 생물기후환경의 대푯값과 두 가지의 수치화된 식생 분포 평균값 간의 상관분석을 실시하였다. 일반적으로 상관계수가 0.3

이상이면 뚜렷한 선형관계로, 권역화의 결과가 식생분포와 연관성이 있다고 판단할 수 있다. 각 권역의 생물기후를 표현할 수 있는 대표값으로 권역별 제 1 주성분 점수의 평균값을 이용하였다. 식생분포를 수치적으로 표현하기 위해서는 총 1차생산량(Gross Primary Production)과 식생 군락의 임상 면적을 이용하였다.

총 1차생산량은 독립영양생물에 의한 총 광합성률로, 기온과 강수량에 주된 영향을 받는다. 따라서 생물학적 기후환경을 구분한 본 연구의 권역화 결과를 총 1차생산량과 비교하였다. 총 1차생산량은 Numerical Terradynamic Simulation Group에서 제공하는 MODIS GPP/NPP Project (MOD17)의 2000-2014년 연 누적 자료의 평균값을 이용하였다. 나아가 기후에 따라 분포하는 식생의 종류가 다르기 때문에, 권역 별로 우점하는 식생의 종류에도 차이가 존재할 것이다. 예를 들어, 기온이 높고, 강수량이 많은 온대 권역에서는 활엽혼효림의 분포가 냉대 권역보다 많을 것으로 예상할 수 있다. 이를 확인하기 위해, 식생 분포의 차이를 표현할 수 있는 수치를 생성하였다. 권역 별 임상 정보는 환경부에서 2008년에 제작한 현존식생도의 임상 자료를 활용하였다(KEI 2008). 임상 분포는 명목형 자료로 이를 수치화하기 위해 권역 별 임상 면적을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 변수 도출

변수들 간 상관계수 분석 결과, 5개의 변수가 적어도 한 개 이상의 다른 변수들과 피어슨 상관계수가 1로 나타났다(Table 2). 이 변수들 중 var11(최한랭분기의 평균기온)과 var22(최건조분기의 강수량) 변수를 선정하고, 이 두 변수들과 상관성이 높은 var12(최한월의 평균기온), var16(Thermicity index), var24(최한랭분기의 강수량) 세 변수는 제외하였다. 따라서 총 27개의 변수

Table 2. A subset of Pearson correlation matrix for those variables with a correlation coefficient of 1.00

		var11	var12	var16	var22	var24
var11	Mean T of coldest quarter	1				
var12	Mean T of the coldest month	1	1			
var16	Thermicity index	1	1	1		
var22	Precipitation of driest quarter	0.28	0.32	0.25	1	
var24	Precipitation of coldest quarter	0.29	0.33	0.26	1	1

Table 3. (A) Eigenvalues, explained proportion of variance and cumulative proportion and eigenvectors (B) for the first three principal components (PC) of the final clustering variables, explaining 90.6% of total variation. Variables with eigenvector loadings >0.25 shown in bold

(A)

	PC1	PC2	PC3
Eigenvalues	12.4901	6.2932	2.9686
Proportion of variance	0.5204	0.2622	0.1237
Cumulative Proportion	0.5204	0.7826	0.9063

(B)

	PC1	PC2	PC3
var1	-0.27376	-0.05049	0.121608
var2	0.13825	-0.26267	-0.05865
var3	0.028177	-0.12444	-0.1301
var4	0.190685	-0.27049	0.052856
var5	-0.21167	-0.22872	0.157477
var6	-0.26845	0.114015	0.060431
var7	0.185358	-0.29134	0.031558
var8	-0.2383	-0.17874	0.145628
var9	-0.25935	0.097567	0.119663
var10	-0.23119	-0.18824	0.171872
var11	-0.27493	0.068269	0.069668
var13	-0.24221	-0.16188	0.169886
var14	-0.26805	0.047563	0.055302
var15	-0.25829	-0.08868	0.172613
var17	0.109038	0.233945	0.393265
var18	0.206473	-0.08809	0.353988
var19	-0.00269	0.329951	-0.087
var20	0.167511	-0.27195	0.214235
var21	0.191538	0.04439	0.415254
var22	-0.04081	0.368949	-0.04231
var23	0.19646	0.004472	0.403669
var25	-0.00318	0.336654	0.290974
var26	0.189938	0.265597	0.159374
var27	-0.26763	-0.06648	0.14247

중 위의 세 변수를 제외한 24개의 변수로 주성분 분석을 수행하였다(Table 3).

주성분 분석을 통해 가중치가 부여된 24개 생물기후변수들의 조합으로 주성분 변수를 생성하

였다. 24개의 주성분 변수들 중 고유값(eigenvalue)값이 1이상이고, 누적설명력이 90.6%인 제 3주성분까지를 이용하여 군집분석을 수행하였다. 각 주성분을 구성하는 생물기후변수들의 고

유벡터(eigenvectors) 값이 0.25 이상으로 상대적으로 높은 비율을 차지하는 변수들은 다음과 같다.

제 1주성분(PC1)은 var1(연평균기온), var6(최한월의 최저기온), var9(최건조분기의 평균기온), var11(최한랭분기의 평균기온), var14(최한월의 최고기온), var15(최온난분기의 최저기온), var27(온량지수) 등의 기온 관련 변수들이 상대적으로 높은 가중치를 차지했다. 이들 모두 음의 계수로, 제 1주성분 값은 온도가 상승함에 따라 낮아지는 특성을 보인다. 반면 제 2주성분(PC2)은 var2(등온성), var7(평균연교차), var19(최저 강수월의 강수량), var20(강수량의 계절성), var22(최저강수분기의 강수량), var25(Emberger's pluviothermic quotient), var26(유효강수지수) 등으로 기후의 계절적 변동성 및 강수량 변수들이 높은 비중을 차지했다. 기후의 계절적 변동성을 나타내는 변수들의 경우 음의 계수로, 강수량 변수들은 양의 계수로 제 2주성분 값과의 상반된 관계를 나타냈다. 제 3주성분(PC3)은 var21(최고강수분기의 강수량), var23(최온난분기의 강수량), var17(연 평균 강수량) 등으로 습윤하고, 온난한 분기의 강수량 변수들이 상대적으로 높은 가중치를 차지했다.

2. 생물기후권역화 및 권역 별 특성

군집분석의 결과, 남한지역을 21개의 권역으로 구분할 수 있었다(Figure 3). 분류된 21개의 권역을 권역들 간의 Euclidean 거리를 기반으로 7개의 대권역으로 재군집화 하였다(Figure 1, Figure 2). 코펜의 기후구분과 기존 국내 연구들을 참고하여, 7개의 대권역을 냉대 산악형(Cold Mountain), 냉대 서해안형(Cold Westcoast), 냉대 평지형(Cold Plain), 온대 동해안형(Temperate Eastcoast), 온대 분지형(Temperate Basin), 온대 남해안형(Temperate Southcoast), 온대 해안형(Temperate Coast)으로 명명하였다.

각 권역별 평균 고도와 연 평균 기온 및 강수

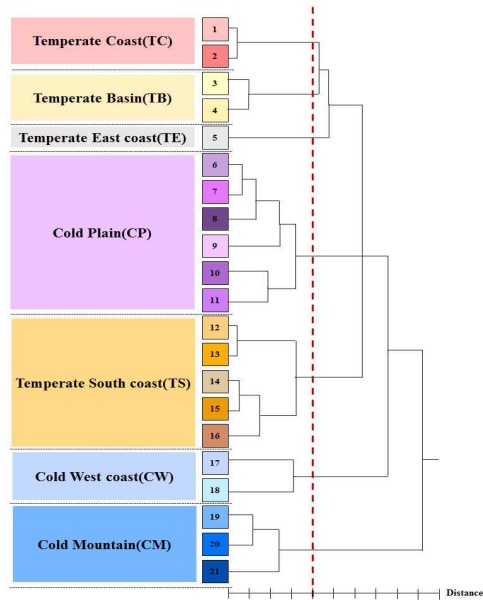


Figure 1. Dendrogram based on Euclidean distance between 21 bioclimatic zones. Reclassifying into 7 classes and naming were performed based on Euclidean distance 4 (red dot line).

량, 온량지수는 Appendix 1과 같다. 이러한 환경적 특성과 환경부에서 자연환경조사를 바탕으로 구축한 현존식생도를 활용하여 각 권역 별 식생의 분포 현황을 파악하였다.

냉대 산악형 권역(CM)은 3개의 권역으로 세분화되며, 설악산에서 오대산, 태백산, 지리산으로 이어지는 백두대간의 일부 산맥과 제주도의 한라산 등의 산악지역을 포함한다(Appendix 1-1). CM1, CM2, CM3로 갈수록 고도가 낮아짐에 따라 연평균기온과 온량지수는 증가하고, 연강수량은 감소하는 경향을 보인다. CM 권역의 온량지수는 32.8℃에서 103.0℃의 범위를 나타내었으며 Choi et al.(2011)에 따르면 이러한 범위의 온량지수에는 상록침엽수와 낙엽활엽수가 적합하다. CM 권역 내에서 온량지수가 높아짐에 따라 CM1에서는 70% 이상을 차지하던 낙엽활엽수인 신갈나무 군락은 CM2, CM3로 가며 점차 감소하고, 반면 상록침엽수인 소나무 군락은 증가하는 경향을 확인하였다.

냉대 서해안 권역(CW)은 2개의 권역으로 분류되며, 서울, 인천 등 대도시 지역과 경기도 일대 지역이다(Appendix 1-2). 서울을 포함하는 CW1 권역은 경기북부 지역 산지를 포함하고 있어 CW2에 비해 고도가 높고, 평균 기온이 낮다. CW 권역의 온량지수는 53.6~105.6℃의 범위를 가지며, CM권역에 비해 높은 온량지수를 보였다. 이에 따라, CM권역에 비해 소나무 군락이 차지하는 비중은 줄어들고, 신갈나무 군락과 CM권역에서는 거의 분포하지 않던 굴참나무 군락과 상수리 나무군락을 포함하는 낙엽활엽수림의 분포가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

냉대 평지형 권역(CP)은 중부내륙 지역의 권역으로 가장 넓은 면적을 차지하며 6개로 구분된다(Appendix 1-3). CP1 권역은 CM 지역과 가장 인접하여, 다른 CP 권역들에 비해 산지가 높은 비율을 차지하고, 평균 고도가 높고 기온과 온량 지수가 낮은 특성을 가진다. CP2 권역은 경기 동북부와 강원영서지역을 포함하며, 지형적 특성으로 인해 CP 권역 내에서 가장 많은 강

수량을 나타낸다. CP3 권역은 파편화되어 있으며 CP1과 같이 CM권역과 인접하여 고도가 높은 산림지역이 많이 분포한다. CP4 권역은 CP 권역들 중 가장 남쪽에 분산되어 위치하고, 고도가 낮은 산지들을 포함하여 평균 고도는 높게 나타났다. 그러나 CP1-CP3에 비해 보다 남쪽에 분포하는 위치적 특성상 기온과 온량지수의 경우 상대적으로 높은 값을 보였다. CP5 권역은 서해안 일부와 중부 평지 지역에 분포하며, 남한강과 안성천 유역의 대부분을 차지한다. CP6 권역은 태안반도를 포함하는 충청남도의 서해안 지역 전체를 포함하고 있다. CP5와 CP6 권역은 CP1-CP4에 비해 고도가 낮고, 온량지수가 높은 평야 지역으로 농경지가 많이 분포한다. CP권역은 졸참나무, 갈참나무, 굴참나무 등 참나무 군락의 분포가 다른 권역들에 비해 두드러지게 나타난다.

온대 분지형 권역(TB)은 경상북도의 중심부에 위치하며, 지리적으로는 경상분지에 해당한다(Figure 3). 분지적 특성에 따라 주변 지역에 비해 고도가 낮고, 기온은 높으며 강수량은 낮

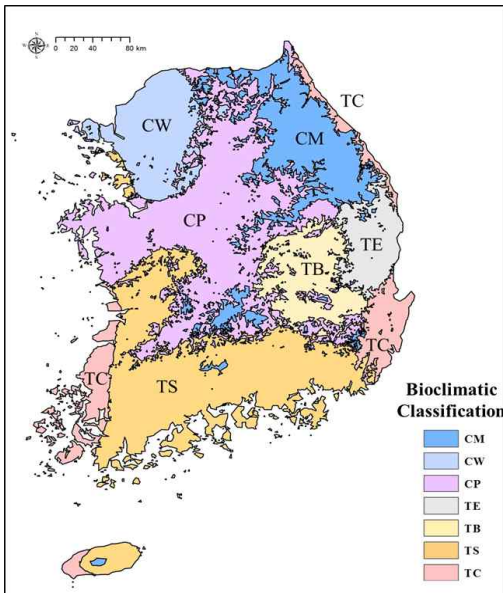


Figure 2. Bioclimatic classification of South Korea (7Classes)

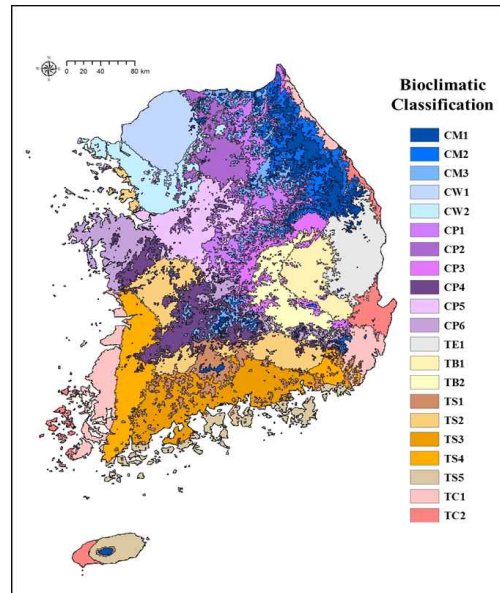


Figure 3. Bioclimatic classification of South Korea (21zones)

은 특성을 보인다(Appendix 1-4). TB1 권역은 TB2 권역에 비해 산지가 많아 고도가 높고, 기온과 온량지수가 낮다. 반면, TB2 권역은 시가지 지역과 농경지가 상대적으로 많이 분포한다. 이에 따라 TB1 권역에서는 침엽수림인 잣나무 군락과 활엽수림인 갈참나무 군락이 함께 나타나며 TB2 권역에서는 잣나무 군락의 분포는 나타나지 않았다.

온대 동해안형 권역(TE)은 태백산맥의 남단의 권역으로, 행정구역 상 경상북도 지역에 위치하며 하나의 권역으로 구분된다(Appendix 1-5). 동해안에 위치하였지만 산맥과의 연결성으로 해양성 기후보다는 산악 지형과 유사한 기후적 특성을 나타낸다. 고도가 높고 온량지수는 낮은 반면, 강수량이 낮게 나타나는데 이는 TB권역의 분지적 특성과 연결성이 있는 것으로 사료된다. TE권역은 소나무와 잣나무 등의 침엽수림이 우점하는데, 특히 전체 권역들 중 소나무림이 가장 많이 분포하는 권역이다.

온대 남해안형 권역(TS)은 남부 해안과 서부 평야 지역 및 제주도에 분포하며, 5개의 세부 권역으로 구분된다(Appendix 1-6). TS 권역은 다른 권역들에 비해 기온과 강수량이 높은 해양성 기후를 나타낸다. TS1 권역은 정상 부근을 제외한 지리산 지역과 한라산을 포함하는 산발적 권역으로 고도가 높고 기온과 온량지수는 낮은 반면, 지형성 강우가 집중되는 지역으로 높은 강수량을 나타낸다. TS2 권역은 TS 권역들 중 가장 북쪽에 위치하여 내륙성 기후의 영향을 받는 지역으로 분산되어 분포한다. TS3 권역은 지리산의 남쪽 사면에 인접하여 TS1 권역과 유사한 지형성 강우로 인해 강수량이 많은 특성을 보인다. TS4 권역은 충청남도 남부지역에서부터 전라남도의 가장 남쪽까지 수직적으로 분포하며, 경상남도에도 일부 나타난다. 해당 권역은 평야 지역이 넓게 분포하여 농경지로 많이 활용되는 지역이다. TS5 권역은 한반도 최남단 해안(도서 지역)과 제주도의 중앙과 동쪽 사면 지역으로

기온과 강수가 가장 높고, 온량지수도 가장 높게 나타나는 권역이다. TS 권역의 식생 특성은, TS1 권역에서 개서어나무 군락과 졸참나무 군락이 두드러지고, TS2-5 권역에서는 전국적으로 분포하던 신갈나무가 거의 나타나지 않았다. 남부 해안에 걸쳐 있는 TS3와 TS5의 경우 곰솔나무군락이 넓게 분포하는 것으로 확인되었다. 특히 대한민국 최남단에 위치한 TS5 권역에서는 소나무가 거의 나타나지 않는 특성이 있다.

온대 해안형 권역(TC)은 동해안과 동남해안, 서해안, 제주 서부지역에 걸쳐 나타난다(Figure 3). TC 권역은 고도가 권역들 중 가장 낮고, 기온과 온량지수가 높은 지역이다(Appendix 1-7). TC1 권역은 서부 해안과 동북부 해안, 남동부 대도시권(울산, 부산)에 걸쳐 나타난다. TC2 권역은 동부 해안과 제주 서부지역, 울릉도를 포함한 여러 도서지역에 분포한다. 공통적으로 남부 해안에 걸쳐있는 TC 권역과 TS 권역을 비교하였을 때, TC 권역이 높은 온도에 비해 강수량이 낮게 나타난다. 이는 TS 권역의 지형성 강우 특성에 따른 차이가 반영된 부분이다. TC 권역의 식생 분포는 TS3과 TS5와 같이 곰솔나무 군락이 넓게 분포하며, 다수의 참나무류 군락이 함께 나타난다.

3. 생물기후권역도의 비교 및 검증

본 연구에서 구축한 생물기후권역도를 남한을 구체적인 분류 기준으로 상세하게 분류하고 있는 Lee et al.(2005)의 상세지역 구분도 및 National Institute of Environmental Research (2007)의 생물기후권역분류와 비교를 실시하였다 (Figure 4).

Lee et al.(2005)의 상세지역 구분 연구에서는 식생과 작물 분포의 한계를 이용하여 남한기후를 크게 4개로 1차 구분하고, 1차 기후 지역 내에서 식생, 작물, 가옥 분포 및 지리적 특징에 따라 2차적으로 14개 기후 지역으로, 3차적으로 48개의 상세기후지역으로 구분하였다. 대나무

한계를 기준으로 남부와 중부 기후지역을 구분하고, 상록활엽수림 분포 및 월동 배추 재배 가능지역의 구분으로 남해안 및 도서 기후지역을 구분하였다. 이러한 권역 내에서 벼 재배종, 혹은 기옥 구조의 형태 등에 따라 2차적으로 구분하였다. 이 구분은 본 연구의 CP권역 내의 경계와 남해안 지역의 TS권역의 경계 및 서·동해안의 TC권역 경계와 유사한 형태를 보였다. 또한, 도시의 분포 및 농업 등의 생활방식을 고려하여 해발 300m를 산지 기후지역으로 구분하였고, 이는 본 연구의 CM권역의 분포와 거의 유사한 공간적 분포를 나타냈다. 이렇듯 본 연구의 결과와 비교하였을 때, 분류 기준 및 방법이 상이함에도 산맥지역, 해안지역, 분지지역 등이 유사한 형태로 분류되었음을 확인할 수 있었다. 하지만 정성적 분류기준을 통한 분류로 직접적인 비교는 어려운 한계가 존재했다.

정량적 방법을 활용한 National Institute of Environmental Research(2007)의 연구에서는 WorldClim에서 제공하는 19개의 생물기후변수로 주성분 분석만을 수행하여 최장연결법을 적용한 병합적 방법으로 군집분석을 수행하였다. 본 연구에서는 지역적 차원에서 생물 서식에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 추가로 구축하였고, 상관분석을 통해 상대적으로 독립적인 변수들을 추출하는 과정을 거쳤다. 이를 통해 군집분석 시 가중치가 부여되는 효과를 줄이고, ISODATA 군집분석으로 보다 많은 양의 데이터 처리함으로써 고해상도 권역 구분이 가능하였다. 또한 권역 별 환경 특성 규명 및 명명을 통해 남한의 생물기후환경의 이해를 제고하는 등 기존 연구에 비해 고도화된 부분이 다수 존재했다.

각 권역 별 총 1차생산량(GPP)의 평균값 및 현존 식생도의 임상면적을 이용한 주성분 점수와 권역 별 주성분 점수의 평균값 간의 상관관계분석 결과는 다음 Figure 5와 같다. 주성분 점수와 GPP와의 상관계수는 -0.667, 임상 별 면적과는 -0.918의 상관계수로 뚜렷한 상관성을 나

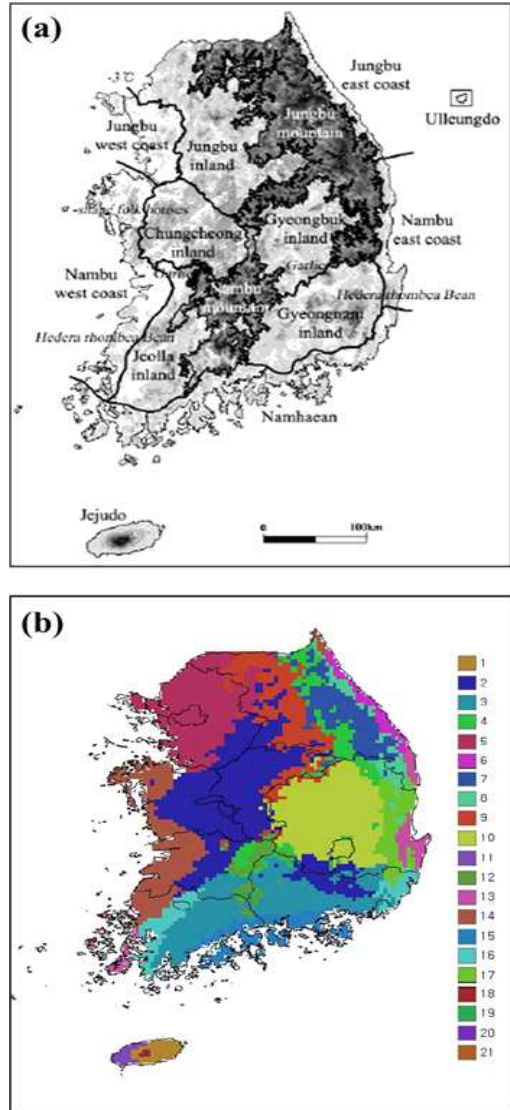


Figure 4. Comparison with other studies. (a) Lee et al.(2005); The secondary division of climatic region. (b) National Institute of Environmental Research(2007); 21 classes of Bioclimatic Classification

타났다. 또한 권역 별 주성분 점수의 평균값이 증가할수록, GPP 및 임상면적 주성분 점수가 선형적으로 감소하는 경향성을 확인할 수 있었다. 이는 기온과 강수량으로 생성된 생물기후변수들의 조합으로 이루어진 주성분 점수의 값이 식생의 분포와 연관성이 있다는 것을 의미한다.

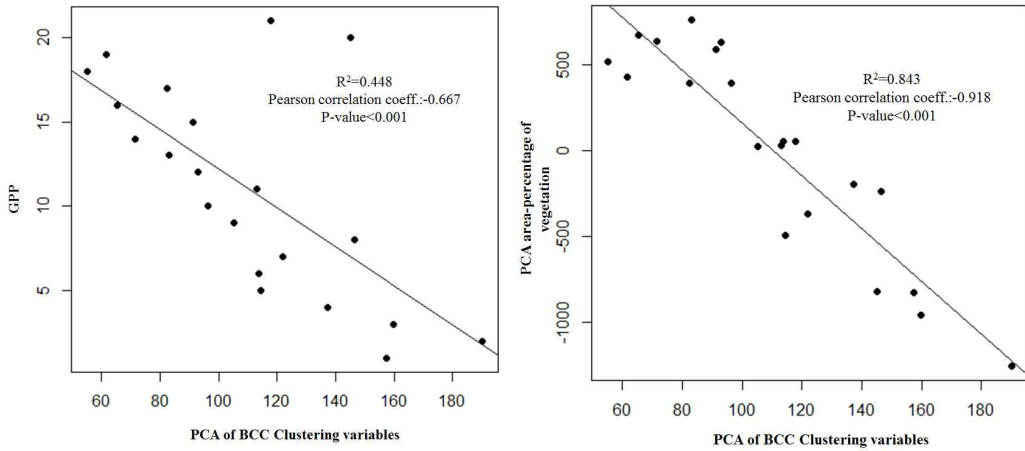


Figure 5. Result of correlation analysis between the mean first principal component of the classification variables and vegetation index ((Left) Gross Primary Production; (Right) PCA area percentage of vegetation) per bioclimatic zone.

권역별 제 1 주성분 점수의 평균값 순으로 도해한 결과, 북부 내륙으로 갈수록 주성분의 평균값이 커지는 것을 확인할 수 있었다(Figure 6). 이는 제 1 주성분이 주로 기온과 관련한 변수들로 구성되고 선형 계수가 음의 값이기 때문에, 기온이 낮아질수록 높은 주성분 점수를 나타낸다. 반면 GPP의 경우, 기온이 높고 강수량이 많은 남부 해안으로 갈수록 증가하므로, GPP와 주성분 점수 간에 음의 상관관계를 설명할 수 있다. 임상 면적을 이용한 주성분 분석의 경우, 활엽혼효림이 가장 큰 비중의 음의 계수를 차지하여 활엽혼효림의 비중이 작을수록 주성분 값은 크게 나타났다. 활엽 혼효림의 분포 역시 GPP와 마찬가지로 기온이 높고 강수량이 많을수록 증가하므로, 주성분 점수와 음의 상관관계를 나타내었다. 한편, 생물기후변수와 GPP보다 임상면적의 주성분 점수와 음의 상관성이 더 높은 이유는 GPP는 단순히 식생의 분포 양을 표현하는 반면, 임상정보는 권역 별로 분포하는 식생 종의 차이까지 반영하였기 때문으로 사료된다.

본 연구의 정량적 평가 결과는 Matzer et al.(2005)이 유럽을 대상으로 구축한 Environ-

mental Stratification of Europe (EnS)과 다른 환경자료들과의 상관분석 수행 결과와 유사하였다. 유럽 사례의 경우, 구축된 EnS와 잠재식생

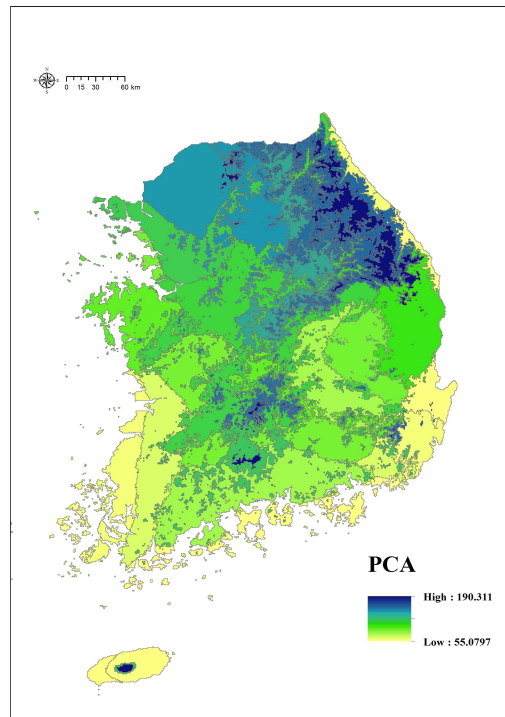


Figure 6. Bioclimatic zone illustrated in order of average value of PC1 score

도는 0.92, 여러 토양자료 및 토지피복자료들과는 0.4-0.7 정도의 상관계수를 나타내 본 연구와 비슷한 수준임을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 권역화 결과 역시 다른 환경자료들과 연관성이 있다고 판단할 수 있다.

IV. 결 론

기후변화에 따라 생물 서식이 위협받는 등의 위기에 대응하기 위해 환경이 동일한 지역을 권역화 하고, 이를 도면화 하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 남한지역을 21개의 생물기후권역(Bioclimatic classification)으로 구분하는 고해상도의 생물기후권역도를 구축하였다.

27개의 생물기후변수로 상관분석과 주성분 분석을 수행한 결과, 연평균 기온, 최한월의 최저기온, 온량지수 등의 기온 관련 변수와 최저강수분기의 강수량 및 온난분기의 강수량 등의 변수가 주요 변수로 선정되었다. 주성분을 이용하여 남한을 21개의 권역으로 구분하고, 다른 분류연구와 비교 및 식생 자료와의 상관분석을 통해 분류결과를 검증하였다. 각 군집 간 Euclidean 거리를 기반으로 7개의 class로 재군집화 하고, 기온분포, 지리적 특성 및 온량지수를 이용해 명명하여 각 권역의 환경적 특성 및 주요 식생 분포를 규명하였다.

본 연구는 남한의 기후 환경에 적합한 생물기후변수들을 추출하고, 생물서식에 영향을 미치는 환경적 요인인 기후가 동일한 지역을 통계적 기법을 통해 구분하여 도면화하였다. 또한, 권역 별 환경적 특성을 규명함으로써 남한의 생물서식 환경 이해를 제고하고, 구축한 권역을 식생 분포를 이용하여 정량적 검증을 시도하였다는 점에서 의의가 있다.

본 연구에서는 기존 연구와 비교 및 향후 공간 확장을 고려하여 WorldClim의 현재 자료(1960-1990년 평균자료)를 이용하였으나, 최신의 기후를 반영하지 못한 한계가 존재한다. 향

후 최신 기후와 생물 서식에 영향을 미치는 다른 자연적 요인(고도, 토지피복 등) 및 사회 환경적 요인(토지이용, 인구 밀도 등)을 추가하여 권역을 구분한다면 보다 정확한 생물기후권역을 구축할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 권역화 결과의 타당성 검토를 위해 다른 분류지도와의 비교 및 생물종 분포 자료를 이용한 검증 등 추가적인 방법이 모색되어야 할 것이다.

본 연구를 통해 구축한 고해상도 생물기후권역도는 자연환경 조사 지역 선정, 기후변화대응을 위한 보호지역 선정 및 범위 설정 등 기후변화 적응 정책 및 계획 수립에 유용한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

References

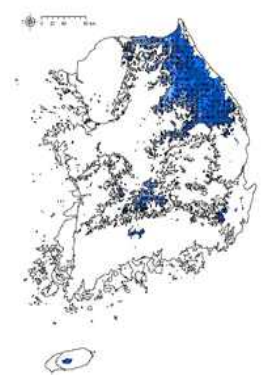

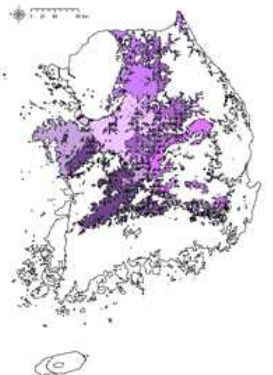
- Kang JH · Suh MS and Kwak CH. 2009. Classification of Land Cover over the Korean Peninsula using MODIS Data. *Atmosphere*, 19(2), 169-182.
- Ko JW · Back HJ · Kwon WT and Park JY. 2006. The Characteristics of Spatial Distribution of Temperature and Regionalization in Korea, *Journal of Climate Research*, 1(1), 3-14.
- National Institute of Environmental Research. 2007. Assessments of Ecosystems Sensitive to Climate Change(I) : With Emphasis on Bioclimatic Classification.
- Kim WJ. 2004. Ecoregion classification in Korea based on analysis of geospatial variables. Interdisciplinary Doctoral Program in Landscape Architecture Major Graduate School Seoul National University.
- Ryu YS · Park ML · Kim JW and Joo HJ. 2011. Establishment of Climate Region by Recent 30-year Temperature Range in South Korea Area. *The Korean Solar Energy Society*. 376-382.




- Shin JH and Kim CM. 1996. Ecosystem classification in Korea (I): Ecoregion classification. Korea Forest Reserach Institute. Forest Science. 54, 188-189.
- Lee SH · Heo IH · Lee KM and Kwon WT. 2005. Classification of Local Climatic Regions in Korea. Korean Meteorological Society, 41(6), 983- 995.
- Jeong GW · Yang HM · Kim SK and Park SJ. 2012. Ecoregion Classification using Multi-Hierarchy of Environmental Factors. The Korean Geographical Society. 47.5: 654-676.
- Jo MH. 2012. A Study on the Extraction of a River from the RapidEye Image Using ISODATA Algorithm. The Korean Association of Geographic Information Studies, 15 (4), 1-14.
- Korea Environmental Institute. 2014. Establishment and operation of National Environmental Map in 2014. Ministry of Environment.
- Korea Environmental Institute. 2016. Establishment and operation of National Environmental Map in 2014. Ministry of Environment.
- AMERICA, O. N. 1997. ECOLOGICAL REGIONS OF NORTH AMERICA.
- Anselin, L. and Anil K.B. 1998. "Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics," in Aman Ullah and David Giles(eds.). Handbook of Applied Economic Statistics. New York. pp. 237-289.
- Awimbo, J. A. · Norton, D. A., and Overmars, F. B. 1996. An evaluation of representativeness for nature conservation, Hokitika Ecological District, New Zealand. Biological Conservation, 75(2), 177-186.
- Bailey, R. G. 1983. Delineation of ecosystem regions. Environmental Management, 7(4), 365-373.
- Burrough, P. A. · Wilson, J. P. · van Gaans, P. F.M. and Hansen, A. J., 2001, Fuzzy k-means classification of topoclimatic data as an aid to forest mapping in the Greater Yellowstone Area, USA, Landscape Ecology, 16, 523-546.
- Choi, S. · Lee, W. K. · Kwak, D. A. · Lee, S. · Son, Y. · Lim, J. H., and Saborowski, J. 2011. Predicting forest cover changes in future climate using hydrological and thermal indices in South Korea. Climate Research, 49(3), 229-245.
- Griffith, G. E. · Omernik, J. M. · Johnson, C. B., and Turner, D. S. 2014. Ecoregions of Arizona (poster) (No. 2014-1141). US Geological Survey.
- Harding, J. S., and Winterbourn, M. J. 1997. An ecoregion classification of the South Island, New Zealand. Journal of Environmental Management, 51(3), 275-287.
- Hargrove, W. W., and Hoffman, F. M. 1999. Using multivariate clustering to characterize ecoregion borders. Computing in science & engineering, 1(4), 18-25.
- Hijmans, R. J. · Cameron, S. · Parra, J. · Jones, P. · Jarvis, A., and Richardson, K. 2005. WorldClim, version 1.3. University of California, Berkeley.
- Hossell, J. E. · A. E. Riding, and I. Brown. 2003. "The creation and characterisation of a bioclimatic classification for Britain and Ireland." Journal for Nature Conservation 11.1: 5-13.
- Jeong, G. Y. · Yang, H. M. · Kim, S. K., and Park, S. J. 2012. Ecoregion Classification


- using Multi-Hierarchy of Environmental Factors. *Journal of the Korean Geographical Society*, 47(5), 654-676.
- Jongman, R. H. G. · Bunce, R. G. H. · Metzger, M. J. · Mücher, C. A. · Howard, D. C., and Mateus, V. L. 2006. Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecology*, 21(3 SPEC. ISS.), 409-419.
- Korea Environment Institute. 2008. Recommendations for improvement to establish the better map of actual vegetation. In: Jeong WS (ed) *Environmental forum* 12(4): 1-8 (in Korean)
- Kira, T. 1945. A new classification of climate in eastern Asia as the basis for agricultural geography. Kyoto, Japan: Horticultural Institute Kyoto University.
- Klijn, F., and Haes, H. A. U. 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape ecology*, 9(2), 89-104.
- Lugo, A. E. · Brown, S. B. · Dodson, R. · Smith, T. S., and Shugart, H. H. 1999. The Hold-ridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping. *Journal of Biogeography*, 26(5), 1025-1038.
- M.Metzger, A.D. Shkaruba · R.G.H. Bunce and R. H. G. J. 2009. The European Environmental Zones and Strata. North, 1-193.
- Margules, C. R., and Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405 (6783), 243-253.
- Metzger, M. J. · Bunce, R. G. H. · Jongman, R. H. G. · Mücher, C. A. and Watkins, J. W. 2005. A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 14(6), 549-563.
- McMahon, G. · Gregonis, S. M. · Waltman, S. W. · Omernik, J. M., Thorson, T. D., Freeouf, J. A. and Keys, J. E. 2001. Developing a spatial framework of common ecological regions for the conterminous United States. *Environmental Management*, 28(3), 293-316.
- Metzger, M. J. · Bunce, R. G. H. · Jongman, R. H. G. · Sayre, R. · Trabucco, A. and Zomer, R. 2013. A high-resolution bioclimate map of the world: A unifying framework for global biodiversity research and monitoring. *Global Ecology and Biogeography*, 22(5), 630-638.
- Myers, S.C. · G. N. Park, and F.B. Overmars. 1987. The New Zealand Protected Natural Areas programme: a guidebook for the rapid ecological survey of natural areas. New Zealand Biological Resources Centre publication6. Department of Conservation, Wellington, New Zealand
- O'Donnell, M.S., and Ignizio, D.A., 2012. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States: U.S. Geological Survey Data Series 691, 10 p.
- Omernik, J. M. 1987. Ecoregions of the conterminous United States. Map (scale 1: 7,500,000). *Annals of the Association of American Geographers*, 77, 118-125.
- Omernik, J. M. 2004. Perspectives on the nature and definition of ecological regions. *Environmental Management*, 34(1), S27-S38.
- Omernik, J.M. and G.E. Griffith. 2014. Ecoregions of the conterminous United States: evolution of a hierarchical spatial framework. *Environmental Management* 54(6):

- 1249-1266.
- Pachauri, R. K. · Meyer, L. · Plattner, G. K. and
Change 2014: Synthesis Report. Contribution
of Working Groups I, II and III to the Fifth
Assessment Report of the Inter-
governmental Panel on Climate Change.
IPCC.
- Randal Storey. 2015. "Bioregional approaches to
reservation priorities in Australia", Dept. of
Environment of Australian Government
- Shkaruba, A. D. · Jongman, R. H. G., and Bunce,
R. G. H. 2012. Descriptions of the European
environmental zones and strata (No. 2281,
p. 152). Alterra.
- Thackway, R., and Cresswell, I. D. 1995. An
interim biogeographic regionalisation for
Australia: a framework for setting priorities
in the national reserves system cooperative.
Australian Nature Conservation Agency,
- Stocker, T. 2015. IPCC, 2014: Climate
Reserve Systems Unit.
- Thorntwaite, C. W. 1931. The climates of
North America: according to a new
classification. *Geographical review*, 21(4),
633-655.
- WWF, 2015. Impact of Climate Change on
Species
- Yim, Y. J. and Kira, T. 1975. Distribution of
forest vegetation and climate in the Korean
peninsula, *Japanese Journal of Ecology*,
25(2), 32-43
- Zhou, Y., Narumalani, S., Waltman, W. J. and
Palecki, M. A. 2003, A GIS-based spatial
pattern analysis model for eco-region
mapping and characterization, *Geographical
Information science*, 17(5), 445-462.

Appendix 1. Environmental characteristics of Bioclimatic zones

	Bioclimatic Classification	Environmental Characteristics				
		No.	Average Height (m)	Annual Mean Temperature (°C)	Annual Precipitation (mm)	Average Warmth Index
1	CM					
		CM1	948.2	6.37	1584.1	58.2
		CM2	639.2	8.17	1447.2	69.1
		CM3	570.7	8.64	1388.6	75.0
		average	719.4	7.7	1473.3	67.4
2	CW					
		CW1	203.3	10.3	1426.4	91.0
		CW2	73.3	11.1	1299.5	97.1
		average	138.3	10.7	1362.9	94.1
3	CP					
		CP1	339.9	9.91	1284.5	84.8
		CP2	267.6	9.87	1347.0	85.9
		CP3	311.8	10.8	1208.5	88.5
		CP4	311.3	11.1	1324.8	89.7
		CP5	112.3	11.4	1236.4	95.9
		CP6	112.0	11.8	1207.8	96.8
average	242.5	10.8	1268.2	90.3		

	Bioclimatic Classification	Environmental Characteristics				
		No.	Average Height (m)	Annual Mean Temperature (°C)	Annual Precipitation (mm)	Average Warmth Index
4	TE					
		TE1	374.1	10.6	1185.9	84.6
		average	374.1	10.6	1185.9	84.6
5	TB					
		TB1	182.9	11.7	1057.4	95.3
		TB2	109.6	12.5	1082.3	102.1
		average	146.3	12.1	1069.9	98.7
6	TS					
		TS1	522.0	10.7	1531.2	84.9
		TS2	100.2	12.5	1298.3	101.4
		TS3	143.2	13.1	1479.2	102.7
		TS4	78.5	13.2	1298.5	106.3
		TS5	154.5	13.9	1590.3	111.5
		average	199.7	12.7	1439.5	101.4

	Bioclimatic Classification	Environmental Characteristics				
		No.	Average Height (m)	Annual Mean Temperature (°C)	Annual Precipitation (mm)	Average Warmth Index
7	TC					
		TC1	86.0	13.2	1228.6	105.2
		TC2	110.8	13.3	1150.9	106.0
		average	98.4	13.3	1189.8	105.6