

GIS를 이용한 한국의 기후지역 구분

박현욱* · 문병채**

A Classification of Climatic Region in Korea Using GIS

Hyun-Wook Park* · Byung-Chae Moon**

요약 : 기후지역 구분(기후환경 유형화)의 가장 중요한 역할은 기후환경의 실태를 나타내 그 대세를 알기 쉽게 표현하는 귀납적 일반화를 행하기 위한 수단이다. 본 연구는 기후대표성과 그 범위의 체계적인 과학적 설정을 위해 한반도의 기후특성을 잘 반영하고 있는 13개 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피, 기온, 신적설, 상대습도 등)를 선정하고, 이에 관해 수집된 자료를 많은 변수 처리와 공간 및 속성자료를 동시에 분석해야 할 필요성으로, GIS 분석기능과 연계하여 다변량해석법의 일종인 주성분분석법, 정보이론에 의한 엔트로피와 정보비 개념을 사용해 기후요소별로 유형화를 시킨 후, 이들을 다시 GIS를 이용 중첩시켜 기후특성에 관한 속성값을 담고 있는 폴리곤들을 대상으로 군집분석하여 한국 기후환경에 대한 종합적 유형화를 시도하였다.

이 결과 일기의 평균 정보량인 일기엔트로피와 그 정보비는 일기출현의 특성을 잘 나타내므로 그것을 측도로 하는 기후환경의 지역별 일기 대표성 및 범위의 설정이 가능하였고, 주성분분석법을 응용하여 추출된 기후요소들의 연변화형의 주성분 벡터와 진폭계수는 실제의 기후요소들의 분포와 연변화 특징을 잘 나타내, 이를 기초로 하는 한국의 기후환경을 유형화하였으며, 위의 유형화된 결과물을 GIS 지도대수와 통계분석 프로그램인 S-Plus 및 SAS를 연계시켜 분석한 결과 형성된 997개 기후유형과 이 997개 유형에 포함된 109개 변량을 대상으로 군집분석을 하여, 남한의 기후환경을 3구분 즉, 대구분(8), 중구분(26), 소구분(48)으로 유형화시킨 결과를 얻어냈다.

주요어 : 기후지역 구분, 지리정보체계, 정보이론, 주성분분석, 군집분석

Abstract : The purpose of this study is to classify climatic environment according to its characteristics in Korea using GIS.

The necessary condition of climatic division is that it is able to indicate climatic phenomena systematically and it has scientific persuasive power. Precipitation, rainfall days, temperature and weather entropy which are consist of Korean climatic elements are of advantage to indicate climatic phenomena systematically. GIS(Geographic Information System) has scientific persuasive power.

This paper shows the time-spatial variations of each climatic elements, using GIS to precipitation, rainfall days, temperature and weather entropy in Korea. And writers tried to know these regional characteristics and to divide the detailed climatic environment objectively and systematically.

The main result of this study is that the regional division of climatic environment in Korea can be classified into 8 types, in details, 26 or 48 types.

Key Words : classification of climatic region, geographic information system, information theory, principal component analysis, cluster analysis.

1. 서론

기후란 지구상의 어느 장소에 있어서의 대기의 정상적인 종합상태로 1년을 주기로 되풀이하여 변천되는 확률이 가장 큰 상태라 정의할 수 있다(福

井英一郎, 1982). 기후의 공간적 분포 특성에 기초하여 설정된 유형화는 기후특성의 공간적 질서의 파악을 위한 중요한 근거로서 중요시된다. 즉, 이러한 기후환경의 유형화된 기후지역은 가장 기본적인 자연지역으로서 지표의 어느 부분이 어떠한

* 경상대학교 사회교육학과 시간강사(Part-time Lecturer, Department of Social Education, Gyeongsang National Univ.)
** 전남대학교 지리교육학과 시간강사(Part-time Lecturer, Department of Geography Education, Chonnam National Univ.)

기후 특색을 지니고 있고 그것이 우리 생활과 어떠한 관계를 갖고 있는가를 규명해 주므로, 기후지역은 지역특성의 파악에 주요한 자료가 되며 또한 기후지(氣候誌)의 핵심을 이루고 있고 사회의 여러 응용 분야에 중요하게 활용되는 기후정보를 제공하게 되어 여러 학문 분야에서 중시되고 있다.

기후 특성의 유형화 즉, 기후분류(구분) 혹은 기후특성의 분포의 특정(特定)이란 여러 곳의 기후 특징이나 기후형의 유사 또는 상이(相異)에 착안하여 지도상에 경계선을 그어 지역을 구분하는 것으로, 먼저 기후의 유형을 구분하여 기후분류를 확립해야 하며 이어서는 각각의 유형이 공간적으로 어떻게 투영되는가 즉, 기후지역을 확정(劃定)하는 것이 필요하다. 기후 유형화 방법은 기후의 개념 규정상 입장과 목적에 따라서 여러 가지가 있을 수 있으며 방법론이 달라질 수 있지만, 기후환경의 유형화의 가장 중요한 역할이 기후환경의 실태를 나타내 그 대세를 알기 쉽게 표현하려는 귀납적 일반화(Grigg, 1965)를 행하기 위한 수단이라 한다면, 기후 유형화의 문제점은 선택되는 지표, 요소 자체에 있다기 보다는 오히려 과학적 설득력을 지닐 수 있는 객관적인 작업에 의해 체계적으로 구분·분류가 행해질 수 있는가의 여부에 있다. 일반적으로 기후 구분에는 기후의 작용결과인 생성물을 지표로 하는 유형화 즉, 경험적 방법과 기후현상을 만들어 내는 기구 특히 대기 대순환을 기초로 하는 유형화 즉, 발생적 방법 등으로 대별된다(Yoshino, 1981). 그러나 두 방법 모두 기후현상의 종합적 표현과 과학적 설득력이라는 기후구분의 가장 바람직한 요건을 동시에 모두 만족시킬 수는 없기 때문에, 매우 이상적인 기후구분은 이들을 동시에 상호 보완적으로 접근시켜야 한다. 또한 앞으로는 기술적 또는 기능적으로 알려진 응용적 구분 방법의 특징도 포함되어 있는 하나로 통합된 기후 구분 체계가 만들어져야 한다고 본다. 그러나 한 장으로 된 만능의 기후구분도는 존재하지 않는다.

일반적으로 한반도는 한대 대륙기단인 cP 기단과 열대 해양기단인 mT 기단과의 접촉대인 태평양 한대 전선대가 이동하는 중위도의 아시아대륙 동안에 위치하여 동안기후와 계절풍 기후의 특색을 함께 지닌다. 그리고 한반도의 대기흐름은 태백·소백 산맥 등의 산악효과로 산악지형에서는

짧은 거리에서도 지역차가 커 기후요소의 값이 크게 변화하며, 반도의 속성인 바다-육지의 열용량 차이에 의한 영향도 크게 받아 특히 해안지역에서는 국지기상은 종관규모 일기계와 지역적 특성이 결합되어 복잡하게 나타난다(김철희·전종갑, 1992). 따라서 한국은 수리적, 지리적 요인에 의해 산지 및 해안지역 등에 따라 기후현상 및 탁월일기의 다소와 그 계절변화가 크고 이러한 탁월한 일기 및 기후현상의 특징은 특히 강수와 기온요소를 중심으로 한 그 출현율과 월변화에 잘 반영되고 있다. 특히 각종 기후인자의 영향을 예민하게 반영하고 있는 강수 및 기온 현상은 계절을 통해 다양하게 통과하는 일기 시스템, 복잡한 지형적 요인 및 대기순환 양상에 의해 협소한 한반도 내에서도 국지성을 강하게 보인다(박현욱, 1992, 1995-a, b). 그러므로 기상 및 천후현상을 정확하게 파악하기 힘들어 정확한 일기예보 및 기후 대표성 설정이 매우 어렵다.

이와 같이 한반도의 기후환경은 수리적 및 지리적 특성에 매우 복잡하게 영향을 받아 형성되기 때문에, 한반도의 기후환경은 한 장의 기후구분도에 모두 나타낼 수 없다. 그래서 한반도의 일기 및 기후현상을 귀납적으로 일반화시키는 방법에는 공간 데이터와 함께 속성 데이터까지 동시에 분석해야 할 필요성을 내재하고 있다. 또한 기후환경의 특정한 process가 시·공간상에 편중할 때 기후환경의 지역성 즉, 기후 대표성이 나타나는데 기후환경의 공간적 분포(지역적 차이)나 시간적 변동(계절의 추이)의 현저함은 복수 지점의 여러 기후요소와 상호관련하여 발생하고 있고, 이에 따라 각 지역의 기후 대표성이 나타난다고 볼 수 있다(Kato, 1983 ; Rizzo and Wiken, 1992). 따라서 기후구분의 가장 바람직한 요건인 기후현상의 종합적 표현과 과학적 설득력을 동시에 보다 만족시킬 수 있으며, 기후환경의 실태의 대세를 알기 쉽게 표현하는 귀납적 일반화를 얻을 수 있고, 많은 변수의 처리와 공간 및 속성 데이터를 동시에 분석해야 할 필요성으로 다변량해석법 특히, 주성분분석법, 정보이론에 의한 엔트로피 및 정보비 개념을 응용한 분석, 군집분석 등이 GIS 지도대수(Map Algebra)와 연계되어 분석될 필요성이 있었다(Goodchild and Karen, 1991). 그것은 GIS가 특히

수많은 변수에 의해 그려지는 도면들을 한 화면에서 동시에 중첩(Overlay) 및 추출(Reselect) 등의 공간조작(Spatial Analysis)을 속성 데이터와 함께 보다 효율적으로 행할 수 있을 뿐만 아니라 복잡한 통계분석 프로그램과도 연계시킬 수 있기 때문이다(송인성·문병채, 1994).

따라서 본 연구에서는 한국의 기후특성을 잘 나타내는 강수와 기온을 비롯한 여러 기후요소의 출현다소(出現多少) 및 월변화에, GIS에 통계S/W(S-Plus)를 연계시켜(ESRI-a·ESRI-b, 1994) 다변량해석법과 정보이론을 이용하여 주성분 벡터, 진폭계수 및 일기엔트로피, 정보비를 수량적으로 추출하고, 그 공간 스케일의 시간적 변동을 살펴 각 관측지점의 일기(기후) 대표성을 밝혀, 보다 과학적으로 설득력있게 한국 기후환경의 종합적 유형화를 시도하였다.

2. 연구방법 및 자료

1) 연구방법

본 논문에 사용된 연구 방법은 GIS 프로그램(Arc/Info, S-Plus)을 이용하여 다변량해석법중 주성분분석법과 일기엔트로피 및 정보비 기법등으로 기후요소별 잠재적 인자를 추출해냈으며, 이 잠재적 인자를 중심으로 구분된 기후지역 다각형들을 GIS의 통계기능을 이용하여 각 다각형에 잠재적 인자 포함 정도에 따른 척도에 따라 군집분석(송인성·문병채, 1997, 1998; 송인성 외, 1998)을 행하여 지역구분을 하였다. 이렇게 하여 지역구분된 4개의 개별 지도를 가지고, 다시 GIS를 이용하여 위와 같은 분석과정에 따라 종합적으로 다각형(Polygon) 별 기후특성을 파악하여 최종적으로 모든 기후요소가 고려된 기후지역 구분이 행해지도록 하였다.

통계분석으로 다변량해석법을 택한 이유는 이 방법이 서로 상관 있는 다변량 자료가 갖는 특징을 요약하여 소기의 목적에 따라 종합하는데 유용한 기법이고, 변량으로서 보다 조밀한 관측망의 자료를 전제로 하므로 주관적인 요소가 배제되고, 유형화에 있어서 등질지역과 기능지역의 양 개념에 기초하여 객관적·체계적으로 상세한 구분까지 가능하며(奥野隆史, 1977), 지역경계선의 설정에 있어

서도 정확성을 기할 수 있어 과학적 설득력이 큰 매우 의의 있는 구분을 행할 수 있다는 장점 때문이었다.

(1) 일기대표성 및 범위의 설정

엔트로피는 cybernetics의 일부로 있는 정보이론에서 중요시되는 개념으로써 열역학의 제 2법칙, 「볼츠만의 통계역학」에 있어서의 엔트로피와 똑같은 형이며 또한 정보원의 측도로 정보원에서의 각 요소가 갖는 정보량의 평균값을 나타내는 통계학적인 parameter이다(정현태, 1989; 최병욱 역, 1994; Singh, 1987). 이 엔트로피의 기상·기후학에의 응용은 일기의 평균정보량인 일기 엔트로피 및 정보비 개념에 의해 가능하다(박현욱, 1995a, 1996; 星野常雄, 1970; Leung and North, 1990; Pan, 1995). 일기 엔트로피는 각 지역의 일기가 모두 똑같이 있을 경우의 평균정보량으로서 일기의 불확정성의 감소 비율을 측정할 양으로 생각될 수 있고 일기일수의 치우친 비율을 나타내므로 그 값의 대소는 일기출현의 특성을 잘 표현한다. 그러므로 각 지역의 일기(기후) 대표성은 매일 일기엔트로피와 정보비 개념을 기초로 하면 수리적, 지리적 요인 및 계절변화 등을 포함한 보다 항상적인 모습으로 밝힐 수 있다. 왜냐하면 일기엔트로피와 정보비의 경도가 큰 곳은 일기와 기후구분의 경계와 잘 일치하며(김일근·박현욱, 1996; 박현욱, 1996) 또한, 이것은 일기엔트로피와 정보비의 공간적 분포의 계절에 따른 추이의 특징을 수량적으로 추출하고 월별로 분류하여 지도상에 플롯(plot)하면 인접하는 두 개 혹은 N개의 기상예보 중심지에 대한 범위(세력권)를 객관적으로 정할 수 있어 일기엔트로피와 정보비를 측도(測度)로 하는 일기(기후) 대표성 설정이 과학적으로 설득력 있게 가능하기 때문이다.

일반적으로 각 지역이 갖는 일기 엔트로피는 어느 기간 중 매일 완전한 일기예측이 그 지역에 부여될 때의 일일 평균정보량이다.

본 논문에서의 일기 엔트로피는 다음 식에 의해 계산한다.

$$H = - \sum_{i=1}^{12} p_i \log_2 p_i \quad (\text{단위 : bits})$$

여기서 H는 엔트로피, p_i 는 i 로 되는 일기의 출현확률로서 $i =$ 맑음, 갬, 흐림, 비이다. 엔트로피는 $p_1=p_2=\dots=p_n$ 일 때 최대이며 이때 불확정성이 제일 크다. 또한 엔트로피의 값은 계급의 수에 따라 다르다. 여기에서는 일기를 4 계급으로 분류하였기 때문에 일기 엔트로피의 최대는 2,000 bits, 최소는 0이다.

그런데 예보와 실황의 일치정도를 비교하기에는 평균정보량만으로는 충분하지 않다. 왜냐하면 어느 예보자가 어느 지점에 대해 예보를 매일 보냈던 경우 예보가 전부 맞는다면 그 지점 고유의 엔트로피에 똑같은 정보량을 준 것으로 되나 그 지점의 고유의 엔트로피의 대소에 의해 그 의미가 달라지게 된다. 또한 예보일기가 맞지 않으면 평균으로 하여 정보량의 손실이 있게 되고 그 결과의 평균정보량 \bar{I} 는 다음 식으로 계산된다.

$$\bar{I} = - \sum_i \sum_j p(x_i, y_j) \log_2 \frac{p y_j(x_i)}{p(x_i)}$$

여기에서 x 는 실황, y 는 예보를 나타내며 $P(x_i, y_j)$ 는 x_i 라는 실황과 y_j 라는 예보가 동시에 일어나는 확률(동시확률), $P y_j(x_i)$ 는 한 지점에 있어서의 일기 y_j 에 대해 타 지점의 일기(x_i)가 일어나는 확률(조건부 확률, y_j 가 조건), $P(x_i)$ 는 x_i 라는 실황의 출현확률이다. 위의 식은

$$\bar{I} = \sum_i p(x_i) \log_2 \frac{1}{p(x_i)} - \sum_i \sum_j p(y_j) p y_j(x_i) \log_2 \frac{1}{p y_j(x_i)}$$

여기에서 제 1항은 일기가 완전히 일치하는 경우의 정보량이며 제 2항은 지역성에 의한 일기의 차이에서 오는 정보량의 손실이다.

결국 평균정보량 \bar{I} 를 처음의 실황 엔트로피에 대한 비로서 표시한 것, 즉 $IR = \frac{\bar{I}}{H}$ 가 정보비이다. 이 IR(information-ratio)은 두 지점의 일기별 도수가 어느 정도 관계가 있는가를 표시하는 기준으로서 사용되는 지수이다. 즉 도수 분포가 완전히 일치할 때는 1, 무관계일 때는 0, 보통은 그 중간의 값으로 된다.

정보비는 두지점의 일기별 도수가 어느 정도 관계가 있는가를 표시하는 지수이므로 일기 정보비를 계산하여 인접하는 두 개 혹은 n 개 지역의 기상관측소의 대표범위를 논할 수 있다. 즉 인접하는

2개 지역의 기상관측소 대표지점을 각각 a, b라고 하고 그 중간의 지점을 c라고 할 때 일기별 일수의 유사성으로 c점의 a 또는 b로의 소속을 결정하려 한다면 c와 a의 조합의 정보비 IRa와 c와 b의 조합의 정보비 IRb를 계산하여 그 값이 큰 쪽의 지점을 같은 대표지점 범위에 속한 것으로 하면 좋다. 다수의 중간지점의 소속을 이렇게 결정하면 대표지역 범위의 경계선이 그려진다.

그런데 정보비는 일기대표성이 거리에 따라 감소하는 상황을 잘 나타내는 척도로 유효하며 정보비의 거리에 따른 감소는 다음 실험식으로 표시되어진다(星野常雄,1961 ; Peschel and Mokosch, 1991).

$$IR = I_{R0} \exp(-Ax^{1/3}) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

여기에서 $I_R =$ 정보비(%), $I_{R0} =$ 예보중심(원점)에 있어서의 정보비로서 그 값은 100%, $x =$ 예보중심에서의 거리(km), $A =$ 지형조건, 계절 등에 의해 결정되는 정수(감쇠계수)이다. 그리고 정보비의 반감거리는 다음과 같이 정의할 수 있으므로 이것 또한 일기의 대표성을 파악하는 척도로서 활용할 수 있다(박현욱, 1996).

$$\text{정보비의 반감거리 } d = \left(\frac{\log 2}{0.4343A} \right)^3 \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

(2) 기후요소의 연변화형 추출

다변량해석법 중 주성분분석법은 외적인 기준 없이 복잡하게 상호 관련되어 있는 현상들의 내적 구조 파악과 공변동을 규정하는 잠재요인을 찾고 요약하는 경우에 좋은 방법인데 주어진 기후요소의 변량들에 의한 지역구분 즉 변동이나 변화의 지역성을 물리적으로 고찰함으로써 유사한 변동특성을 갖는 지점들이 결합된 지역으로 표현되어 직관적인 판단이 가능한 결과론적 구분임과 동시에 원인적 구분이라 할 수 있다. 이 방법에 의한 기후환경 유형화는 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피, 10개 기후요소)를 변량으로 하는 경우에는 추출되어지는 주요성분에 대하여 물리적으로 어느 정도 요인규명 및 기후학적 해명이 가능하며 기후현상의 종합적 표현을 객관적·체계적으로 하므로 과학적으로 강한 설득력을 가질 수 있다(小島忠三

郎, 1973 ; 野本眞一 外, 1983).

이러한 주성분분석법은 각 지역변동의 탁월패턴을 찾아 그 성쇠에 대한 인자부하량을 기초로 그룹화(Grouping)를 행해 각 지역 특성을 명확히 하는 방법으로 해석상에서는 noise로 되는 각 지점 고유의 미소한 현상을 제거하고 또 그룹마다 얻어지는 여러 특성에 의해 지역특성이 명확하게 되는 두 개의 이점이 있다.

주성분분석기법을 이용하여 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 계절적인 배분을 특징 짓는 연변화 유형을 추출하였다. 왜냐하면, 한반도는 수리적, 지리적 요인에 의해 지역에 따라 기후특성의 다소와 그 계절적 변화가 크고 또 이들은 기후요소의 출현율과 그 연변화상에 잘 반영되고 있기 때문이다. 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 연변화의 특징은 매월 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 상대적인 다소 즉 계절변화에 의해 표현된다. 여기서 기상대 및 기상관측소(이하 관측점이라 한다)마다 다른 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 연변화 진폭의 차이를 제거하기 위해 다음 순서에 따라 월의 표준화를 행했다.

임의의 관측점에 있어서 기후요소(월강수일, 월강수량, 월일기엔트로피)를 R(ij)이라고 표현하고 [단i(=1~12)는 월을 나타내며 j(=1~70)는 관측점임] 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 연평균(RM) 및 연변화의 진폭(RV)을 각각

$$RM(j) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} R(i, j) \dots\dots\dots (1)$$

$$RV(j) = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} [R(i, j) - RM(j)]^2} \dots\dots\dots (2)$$

라고 정의하고, 여기서 RM(j), RV(j)를 사용하여 기후요소(월강수일, 월강수량, 월일기엔트로피) R(i, j)을 다음과 같이 표준화하였다.

$$r(i, j) = [R(i, j) - RM(j)] / RV(j) \dots\dots\dots (3)$$

즉, 이 표준화에 의해 관측점에 따라 다른 기후요소(연강수일, 연강수량, 연일기엔트로피)와 연변화의 진폭이 제거되어 r(i,j)은 관측점 j의 연변화의 특징만을 표현하게 된다. 다음으로 지금 70지점의 자료가 있기 때문에 70종류의 연변화형이 있게 되는 데, 이 중에서 기본적인 연변화형을 주성분분석

에 의해 구하면, r(i, j)에서 공분산 행렬C(l, m)는

$$C(l, m) = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{70} r(l, j) \times r(m, j) \dots\dots\dots (4)$$

(단 l=1~12, m=1~12)

로 정의되고 공분산행렬 C(l, m)에 대응하는 고유벡터와 고유치 12개가 얻어진다. 이 고유벡터 E1, E2, ..., E12가 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 연변화를 나타내는 지표가 되며 고유치 크기가 클수록 탁월한 연변화를 나타낸다. 여기서 표준화양 r(i, j)은 관측점마다의 기후요소(강수일, 강수량, 일기엔트로피)의 연변화가 전관측점의 평균 기후요소의 연변화로부터 벗어나는 정도를 표현하는 것으로, 이는 지역에 따른 연변화의 정도차를 나타내는 것이다. 이를 고유벡터를 사용하여 표현한다면

$$r(i, j) = \sum_{i=1}^{12} C_i(j) \times E_i \dots\dots\dots (5)$$

이 된다. 여기서 C_i(j)는 각주성분의 진폭계수로서의 상대적인 크기에 의해 관측점 j의 연변화형이 결정된다. 다음으로 r(i, j)에 대하여 어느 주성분이 가장 탁월한가를 알기 위한 지표로, 각주성분의 진폭계수 상대치 R_s를 다음과 같이 정할 수 있다.

$$Rs(i, j) = [C_i(j) \times |C_i(j)|] / \sum_{i=1}^{12} C_i^2(j) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

따라서 R_s(i, j)는 관측점 j에 있어서의 연변화를 특징짓는 양으로 사용할 수 있으며, R_s(i, j)가 클수록 j지점에서 제i주성분의 고유벡터로 표현된 연변화형이 탁월한 것이 된다.

(3) 기후환경의 종합적 군집화

군집분석은 패턴의 분류 등을 목적으로 할 때 이용되며 서로 다른 모집단 관계를 검토하는 유용한 처리법으로 모집단에 대한 사전 정보가 전혀 없는 표본 단위에 대해 그 분류체계를 찾으려는데 그 본원적 목적이 있다. 군집분석은 컴퓨터의 발달과 함께 여러 현상의 분류에 가장 넓게 이용되는 기술통계학적 방법으로 다수의 개체가 있을 때 개체 상호간의 유사도(군집분석에서는 거리라고 부름)를 계산하고 그 행렬을 기초로 하여 몇 개의 유형을 찾아내는 분류방법이다. 즉, 비슷한 것 끼

리를 몇 개인가의 군으로 나누는 것으로 그 순서는 유사성의 크기 순으로 수차 그룹화(Grouping)하는 방법이다. 군집분석은 변수의 양과 변동을 동시에 고찰하여 보다 정확하게 등질지역을 구분할 수 있고 외부 기준 변량이 없는 경우의 양 또는 질적 내부 변량으로서 등질지역 및 기능지역의 설정이 가능한 방법이다(奥野忠一 외, 1984).

한편, 본 연구에서는 군집분석을 실시하기 이전에 다변량분석(주성분분석 및 엔트로피와 정보비 개념의 응용)을 적용하는 것이 바람직하였다. 그 이유는 사용된 변수가 너무 많아 속성행렬로 바로 유형화를 행하는 경우 각 유형에 대한 명명단계에서 해석이 힘들어질 뿐만 아니라, 또 하나는 속성간에는 어느 정도 상관관계가 성립하고 있기 때문에 변수군이 직교좌표축을 형성하지 않아 변수간의 관계가 무상관이 되도록 변수군을 변환할 필요성이 있기 때문이다.

군집분석법에는 다양한 종류가 있으나, 본 논문에서 있어서 기후요소별(강수일, 강수량, 일기엔트로피, 10개 기후요소) 유형화나 이들 유형화를 종합적 측면에서 최종적으로 행한 유형화 연구 모두에 최장거리법(Complete-linkage)이 한국의 지형특성의 영향을 잘 반영하여 가장 분류감도(分類感度)가 좋은 것으로 나타나 채택하였다.

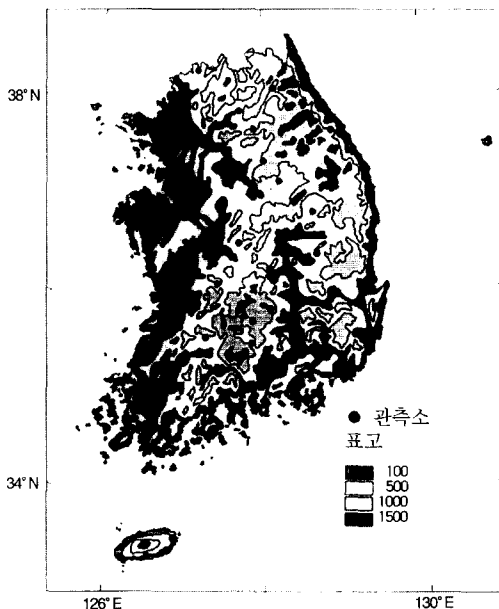


그림 1. 관측지점의 분포와 지형

2) 자료

본 연구에서 기후요소를 이용하여 한국의 기후 유형화를 하기 위해 이용한 자료는 기상청에서 발행한 1954-1996년의 기상월보이다. 이들 자료의 일일 기상자료에서 70개 관측지점의 1954-1996년의 운량, 강수량, 강수일, 기온, 신적설, 상대습도 등을 추출하여 이용하였다. 본 연구에 이용한 연구지역의 지리적 범위와 기상관측소는 그림 1에 나타냈다.

3. 기후요소별 유형화

1) 기후요소의 연변화 유형과 그 특성

(1) 일기엔트로피

주성분분석 기법을 이용하여 연일기엔트로피의 계절적인 배분을 특징짓는 연변화유형을 추출하였다. 남한의 70개 지점에서 표준화하여 월일기엔트로피의 연변화에서 얻어진 평균 연변화를 표시한 것이 그림 2-b의 점선이다. 이것을 보면 월일기엔트로피의 연변화형에서 일기엔트로피는 평균적으로 난후기에 크고, 동계에는 작은 단순한 형이다. 이중 3월과 5월, 9월에는 특히 일기엔트로피가 크고 10월과 1월, 12월에는 작은데, 전자는 주로 이동성 저, 고기압의 영향을 때때로 받는 계절로서 우리나라의 근처의 기압장은 비교적 변하기 쉽고 따라서 일기도 변화가 많기 때문이다. 후자 중 10월에는 평균적으로 이동성 고기압이 한반도 부근에서 동서고압대를 형성할 때가 많아 맑은 날씨가 많기 때문이며, 1월과 12월은 동계의 북서계절풍에 의해 바람받이인 소백, 태백산맥 이서부는 雪雲의 일기에 의한 엔트로피의 감소가 있고, 산맥의 반대편(바람의지)에서는 청천의 빈도가 많기 때문에 엔트로피의 감소가 있어 전국적으로 보아 일기엔트로피의 연변화의 곡이 생긴다.

각 관측점에 있어서 주성분분석에 의해 얻어진 연변화형과 기여율은 그림 3의 점선으로 나타나 있다. 이는 남한의 전형적인 연변화형을 추출하여 표현한 것으로서 진폭계수를 양으로 한 경우의 주된 특징은 다음과 같다.

제 1주성분에 의해 표현된 일기엔트로피의 연변

화형은 전국평균 일기엔트로피의 연변화에 비교하여 3, 4월과 9월을 중심으로 한 춘, 추계는 일기엔트로피가 꽤 작고, 2, 1월을 중심으로 한 동계에 접어들수록 일기엔트로피가 상당히 커지며, 6월을 중심으로 한 하계도 약간 큰 형으로 그 크기는 진폭에 비례한다.

일기엔트로피가 크다(작다)는 것은 base의 날씨가 변형되기 쉬우므로(어려우므로) 무언가의 일기가 다른 일기보다 적게(많이) 출현하여 예측이 어려운(쉬운) 경우이다. 즉 엔트로피가 작다는 것은 어느 특정의 사상만이 높은 확률로 일어나는 것을 의미한다. 일반적으로 일기엔트로피가 작으면 일기가 한 모양으로 안정적이다. 제 1주성분은 남한에서 가장 탁월한 연변화형을 나타내며 기여율은 28.9%이다.

제 2주성분이 나타내는 연변화의 특징은 6월, 7월, 8월을 중심으로 한 하계에는 일기엔트로피가 전국평균 일기엔트로피보다 대체로 작고, 나머지 계절은 모두 전국평균 일기엔트로피보다 크며 1, 5, 10월에는 특히 크다. 2번째로 탁월한 성분으로 기여율은 14.8%이다.

제 3주성분은 4월과 10, 11월에 일기엔트로피가 전국평균보다 작고 나머지 달은 모두 전국평균보다 크며, 동계보다는 하계, 특히 6, 7, 8월에 크다. 제 3주성분의 기여율은 13.8%로 제 1, 2, 3주성분의 기여율을 합하면 57.5%로 상위 3성분이 나타내는 연변화형의 조합에 의해 설명되는 정보는 다소 낮은 편이다.

제 4주성분이 나타내는 일기엔트로피 연변화형의 특징은 4, 5, 6, 7월과 11, 12월은 전국평균보다

작으며 2, 8, 10월에는 크고 그 기여율은 8.9%이다.

제 5주성분이 나타내는 일기엔트로피의 연변화형의 특징은 2, 4, 7, 11월에는 일기엔트로피가 전국평균보다 크며 6, 10월에는 작고, 그 외의 달은 전국평균과 큰 차이가 없다. 그 기여율은 6.7%이다.

제 1~5주성분의 기여율은 합이 73.1%로서 상위 5개의 주성분이 나타내는 연변화형의 조합에 의해 설명되는 정보는 전 정보의 73.1%로 다소 낮아, 제 6주성분 이하의 기여도 상당하리라고 생각된다. 그러나 제 6주성분 이하의 기여가 큰 탁월한 관측점은 그다지 많이 나타나지 않는다. 이것은 엔트로피의 값은 분류의 수에 의해서 차이가 나고, 정보의 가치부여의 소재에 좌우되는 성질이 있기 때문에 그다지 문제가 안된다. 다만 쾌청인가 어떤가가 문제되는 경우와, 비가 있었는가 어떤가가 문제로 되는 경우에는 기초적인 조건으로 있는 계급의 내용을 명확히 하고, 즉 경계 설정을 바꿀 필요가 있다.

(2) 강수일

주성분분석 기법을 이용하여 연강수일의 계절적인 배분을 특징 짓는 연변화유형을 추출하였다. 남한의 70 지점에서 표준화한 월강수일의 연변화에서 얻어진 남한의 전형적인 평균연변화를 표시한 것이 그림 2-a의 점선이다. 이것을 보면 월강수량의 연변화형에서 강수일은 평균적으로 난후기에 많고 동계는 적은 단순한 형이다. 이중 7, 8, 6월에는 특히 강수일이 많고 10, 12, 5월에는 적는데 전자는 장마, 태풍의 시기에, 후자는 건조기의 시기

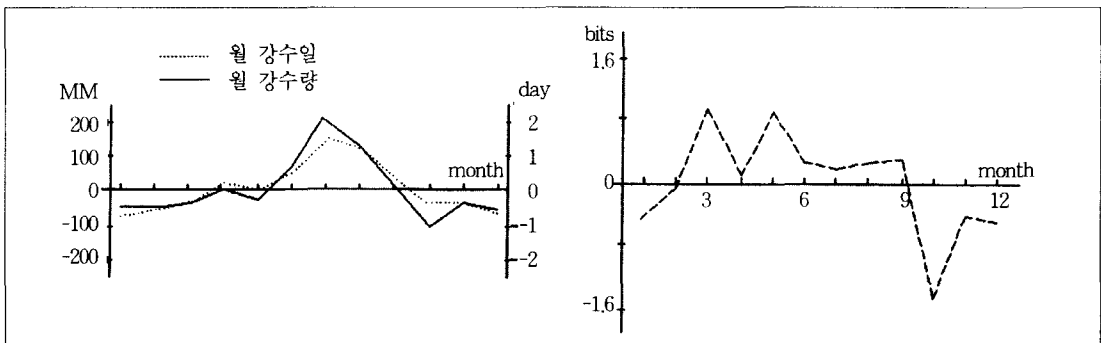


그림 2-a. 표준화한 월강수일과 월강수량의 평균 연변화

그림 2-b. 표준화한 월일기 엔트로피의 평균 연변화

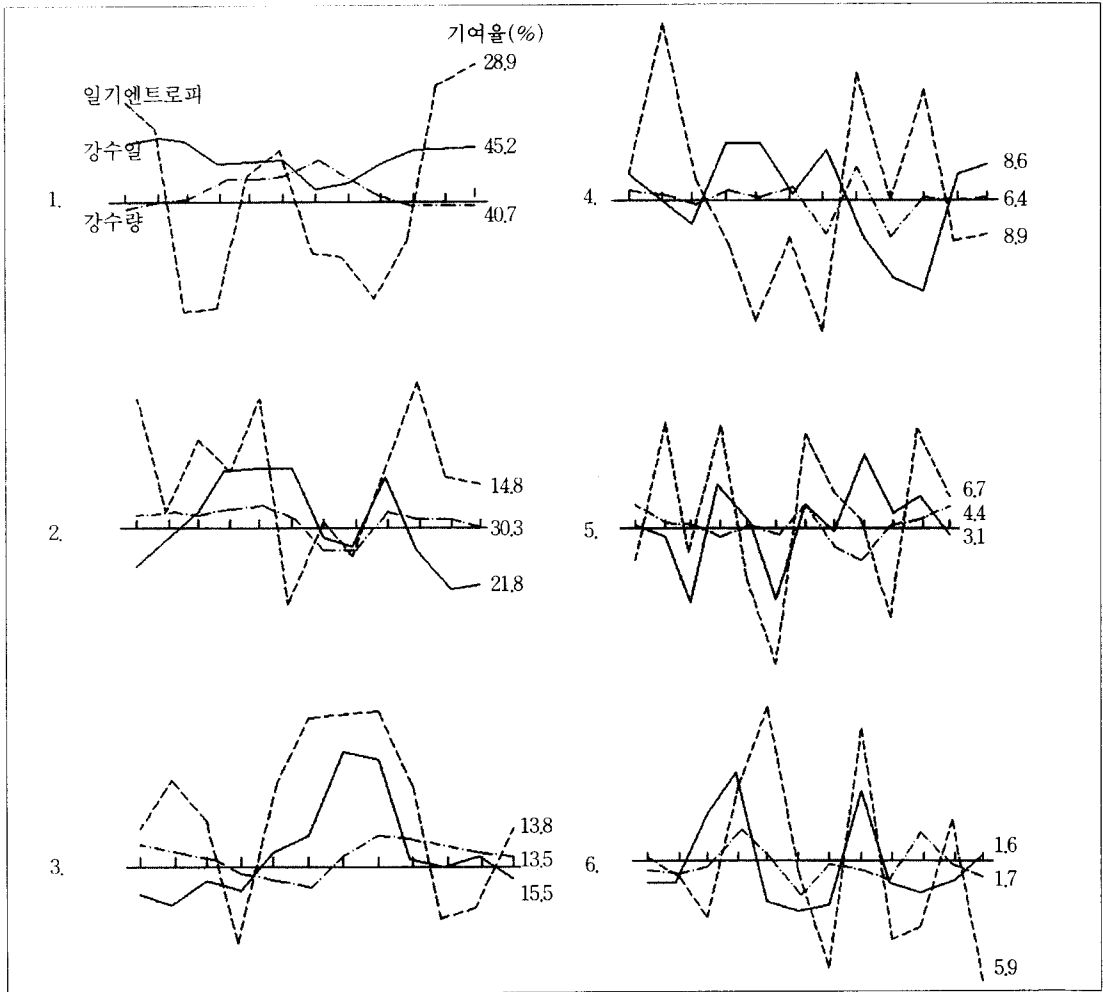


그림 3. 주성분 분석에 의한 일기엔트로피, 강수량 강수일의 연변화형과 기여율

에 잘 대응하고 있다.

각 관측점에 있어서 주성분분석에 의해 얻어진 강수일 연변화형과 기여율은 그림 3의 실선으로 나타나 있다. 이는 남한의 전형적인 연변화형을 추출하여 표현한 것으로서 진폭계수를 양으로 한 경우의 주된 특징은 다음과 같다.

제 1주성분에 의해 표현된 강수일의 연변화형은 전국 평균 강수일 연변화에 비교하여 7, 8월 중심으로 한 하계는 강수일이 약간 많고 동계로 갈수록 보다 많아지는 단순한 형으로 그 크기는 진폭에 비례한다. 제 1주성분은 남한에서 가장 탁월한 연변화형을 나타내며 기여율은 45.2%이다. 이 연변화형에서 모든 월의 강수일은 전국평균 연변화

다 많다.

제 2주성분이 나타내는 연변화의 특징은 4, 5, 6, 9월의 강수일이 전국평균 강수일보다 많고 11, 12, 1월은 보다 적다. 두번째로 탁월한 성분으로 기여율은 21.8%이다.

제 3주성분은 7, 8월에 강수일이 다른 달에 비해 특히 전국평균보다 많으며 12, 1, 2월에는 적은 형이다. 제 3주성분의 기여율은 15.5%로 제 1, 2, 3주성분의 기여율을 합하면 82.6%이다. 제 4주성분이 나타내는 강수일 연변화형의 특징은 4, 5월은 전국평균보다 많으며 9, 10월은 특히 적은 형이다. 그 기여율은 8.7%이다.

제1, 2, 3, 4, 주성분의 기여율은 합은 91.3%으로

서 남한의 강수일 연변화의 특징은 상위 4성분이 나타내는 연변화형의 조합에 의해 대부분이 설명될 수 있다. 즉 이 4개의 주성분이 전 정보의 91.3%를 설명한다고 할 수 있다. 제 4주성분 이하의 탁월한 관측점은 거의 나타나지 않는다.

(3) 강수량

주성분분석 기법을 이용하여 연강수량의 계절적인 배분을 특징짓는 연변화유형을 추출하였다. 남한의 70 지점에서 표준화한 월강수량의 연변화에서 얻어진 남한의 평균 연변화를 표시한 것이 그림 2-a의 실선이다. 이것을 보면 강수량은 평균적으로 난후기에 특히 6, 7, 8, 9월에 많고 동계에 적은 단순한 형이다. 이 중 6, 7, 8, 9월은 장마, 태풍, 초가을 장마의 시기에 잘 대응하고 있다. 5월은 4월에 비해 평균 강수량이 적는데 이는 5월의 소년기에 해당한다.

각 관측점에 있어서 주성분분석에 의해 얻어진 강수일의 연변화형과 기여율을 그림 3에 가는 점선으로 나타냈다. 이는 남한의 전형적인 연변화형을 표현한 것으로서 진폭계수(振幅係數)를 양(陽)으로 한 경우의 주된 특징은 다음과 같다.

제 1주성분에 의해 표현된 연변화형은 12, 1, 2월

의 동계는 강수량이 남한평균강수량보다 적고 6, 7, 8, 9월의 하계에는 평균강수량에 비해 많다. 제 1주성분은 가장 탁월한 연변화형을 나타내며 기여율은 40.7%이다. 제 2주성분이 나타내는 연변화형의 특징은 7, 8월의 강수량이 평균강수량에 비해 많고 그 밖의 달은 적다. 두 번째로 탁월한 성분으로 기여율은 30.3%이며 제 1주성분의 기여율과 합하면 71.0%이다. 제 3주성분의 기여율 13.5%까지 합하면 84.5%로 남한의 강수량연변화의 특징은 상위 3성분이 나타낸 연변화형의 조합에 의해 대부분이 표현될 수 있다. 제 4주성분 이하의 기여율은 적어서 그 같은 연변화형이 탁월한 관측점은 거의 나타나지 않는다.

2) 주요 10개 기후요소의 잠재요인 해석

여기서는 남한의 70개 관측지점의 10개 기후요소에 주성분분석을 적용해 추출된 주요 성분에 대하여 물리적으로 그 요인구명 및 기후학적 해명을 하고 개개 기후요소의 특성, 즉 주성분 스코아의 좌표 공간상에서의 산포상황을 이용하여 객관적이며 체계적인 상세한 유형화 즉, 기후구분을 시도하였다. 10개 기후요소 (1월 평균기온(X_1), 7월 평균기온(X_2), 1월 평균일교차(X_3), 7월 평균일교차(X_4), 1월

표 1. 주요 10개 기후요소의 주성분분석의 결과

	1st component		2nd component		3rd component		4th component		Sum of square of factor loading	
	Factor loading	Coefficient	Factor loading	Coefficient	Factor loading	Coefficient	Factor loading	Coefficient	to 3rd compon.	to 4th compon.
X_1	0.683	0.270	-0.527	-0.145	0.365	0.209	0.124	0.164	0.878	0.893
X_2	-0.109	0.101	-0.148	-0.024	0.847	0.574	0.272	-0.024	0.751	0.825
X_3	-0.907	-0.264	0.111	-0.013	-0.145	-0.046	-0.037	0.009	0.856	0.857
X_4	-0.878	-0.258	0.224	0.033	-0.089	-0.011	0.217	0.102	0.829	0.876
X_5	0.786	0.148	0.085	0.058	-0.353	0.282	0.310	0.305	0.750	0.846
X_6	0.261	-0.028	0.391	0.155	0.507	0.351	-0.685	-0.583	0.478	0.947
X_7	-0.039	-0.028	0.838	0.327	0.349	0.229	0.115	-0.010	0.825	0.838
X_8	0.788	0.205	0.122	0.091	0.080	0.007	-0.266	-0.012	0.642	0.723
X_9	0.488	0.082	0.773	0.321	0.117	0.044	0.064	0.019	0.849	0.853
X_{10}	0.269	-0.032	0.878	0.333	-0.236	-0.181	0.167	0.016	0.899	0.927
Eigenvalue	3,692		2,608		1,459		0,985		-	
Accumulated contributory rate	0,369		0,630		0,776		0,874		-	

(X_1 :1월평균기온, X_2 :7월평균기온, X_3 :1월평균일교차, X_4 :7월평균일교차, X_5 :1월강수량, X_6 :7월강수량, X_7 :1월상대습도, X_8 :7월상대습도, X_9 :강수일, X_{10} :신적설)

강수량(X_5), 7월 강수량(X_6), 1월 상대습도(X_7), 7월 상대습도(X_8), 강수일(X_9), 新積雪(X_{10}))는 기후의 모든 스케일의 현상이 열수지에 관계되고, 기후가 습하다든가 혹은 건조, 그리고 온난한랭하다든가 계절적으로 그 변화가 어떠한가를 아는 것이 필요하므로, 식물의 분포, 성장, 인간생활에 미치는 영향을 고려하여 선정되었다. 그 외 바람, 일조, 천기일수, 증발량 등도 중요한 요소이나 이들 자료를 얻을 수 있는 지점이 적어 생략했다.

10개 기후요소에 상관행렬을 기초로 한 주성분 분석 결과 4개 주성분의 누적기여율은 87.4%이며 이것만으로 전정보의 87.4%가 설명된다(표 1). 인자부하량의 자승합은 제 3주성분까지 채택한 각 요소의 정보의 비율과 같이 7월 강수량, 7월 상대습도를 제외하면 모두 크다. 특히 신적설 1월 평균기온 등은 약 85% 이상의 정보가 채택되고 택되고 있다.

각주성분의 특징을 분석하면 제 1주성분은 그 고유치가 3.692로서 기여율이 36.9%에 지나지 않아 충분한 정보가 채택된다고 볼 수 없다. 그 중 인자부하량이 특히 큰 것은 1월 평균일교차와 7월 평균일교차, 1월 평균기온이며 이어서 7월 상대습도, 1월 강수량도 꽤 큰 값을 나타내고 있다. 이외에 7월 강수량, 강수일 등에서도 정보가 채택되고 있으나 신적설, 7월 평균기온에서는 거의 정보가 채택되지 않고 있다.

이상에서 제 1주성분은 주로 기후요소중 1월의 기온, 기온교차, 강수량과 7월의 일교차, 상대습도의 정보를 종합한 것이라고 말할 수 있다. 즉, 이 주성분의 양의 값이 큰 곳은 동계에 온난하며 기온의 일교차가 크지 않고 강수량이 많은 지대이다.

제 2주성분은 주로 기후요소 중 강수와 습도관계의 정보를 종합한 것이라 말할 수 있다. 즉, 이 주성분의 양의 값이 큰 곳은 동계에 습도가 높고 강수현상이 빈번한, 특히 강설이 많은 지역이다.

제 3주성분은 고유치가 1.495로 제 1주성분의 약 40%로 적으며 기여율은 14.6%에 불과하다. 제 3주성분까지의 누적기여율은 77.6%로서 이 3개의 주성분이 전정보의 77.6%를 설명하고 있다. 제 3주성분에서 특히 인자부하량이 큰 것은 7월평균기온이며 다음이 7월강수량이다. 이 사실에서 이 주성분은 난후기의 기온과 강수량의 정보가 종합된 것이

기 때문에 이 값이 큰 곳은 여름, 특히 7월에 기온이 높고 강수량도 많음을 나타낸다.

제 4주성분은 고유치가 0.985로 적으며 기여율은 9.9%에 불과하다. 인자부하량이 비교적 큰 기후요소는 7월강수량이며 다음이 1월강수량이다. 그외는 평균하여 정보가 거의 채택되지 않고 있다.

3) 기후요소별 유형화

(1) 일기엔트로피

유형화(지역구분)는 일기엔트로피의 최소, 최대의 출현월과 일기엔트로피의 연변화형에 따라 행한다. 구체적 순서는 다음과 같이 3단계로 나눈다.

제 1단계: 최소 일기엔트로피가 출현하는 월에 따라 지역 S1, S2, S6, S7, S9, S10, S11, S12로 분류한다. 이 결과 남한은 8개형의 지역으로 구분된다. 이러한 제 1단계에 의한 구분은 소구분에 해당된다. 또한 최대 일기엔트로피가 출현하는 월에 따라 분류된 지역 L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L12도 참고한다. 이는 일반적으로 일기엔트로피와 탁월날씨와는 역상관으로 되어 있어 엔트로피가 작은(큰) 곳은 base의 날씨가 변형하기 어렵다(쉽다)라는 것을 의미하고 있기 때문이다. 여기에서 S와 L, 숫자는 각각 일기엔트로피의 최소와 최대, 출현월을 의미한다.

제 2단계: 각 관측점에 있어서 일기엔트로피의 주성분벡터에 의한 연변화형의 진폭계수 상대치 R_s 의 크기와 그 부호에 따라 남한은 지역 $Rs1, Rs①, Rs2, Rs②, Rs3, Rs③, Rs4, Rs④, Rs5, Rs⑤, Rs6, Rs⑥, Rs7, Rs⑦, Rs8, Rs⑧, Rs9$ 등 16개형의 지역으로 분류된다. 지역 $Rs1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9$ 는 각각 제 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9주성분의 R_s 값이 제일 크며 그 값이 양인 지역이며, 지역 $Rs①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧$ 은 각각 제 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8주성분의 값이 제일 크나 그 값이 음인 지역이다. 여기에서 R_s 의 침자로 있는 숫자는 각각 제 1위인 각 주성분의 진폭계수 상대치를 의미하며, 그 R_s 값이 양일 때는 그냥 숫자로, 음일 때는 원안에 숫자를 넣어 표시했다. 이러한 제 2단계에 의한 구분은 대구분에 해당된다.

제 3단계: 제 1, 2단계에서 얻어진 결과를 GIS의 공간조작에 의해 합성하여 최종적으로 지역구분을 하였고 역시 GIS의 추출기능을 이용하여 각 유형

별 주된 속성(제 1속성, 제 2속성)을 파악해내 각 유형별 기후특징이 설명되도록 하였다.

결국 일기엔트로피의 최소, 최대의 출현월에 의한 지역구분과 일기엔트로피의 연변화형에 기초한 지역구분을 합성하여 얻어진 최종 지역구분이 그림 4이다.

이상과 같이 그림 4는 일기엔트로피의 최소·최대 출현월과 주성분분석에 의해 추출된 일기엔트로피의 연변화형의 진폭계수 상대치(R_s)에 따라 지역구분을 한 것이다. 단, 그림 4에서는 편의상 R_s ①~ R_s ⑧이 각각 R_{sA} ~ R_{sH} 로 변환되어 표시되었다(GIS 변수의 용이성을 위해). 예를 들어 R_s ① S12는 R_{sAS12} 로 표현되었다. 그 결과 남한은 최소 일기엔트로피의 출현월에 따라 S1~S12까지 8개 형으로 분류되며, 또한 주성분분석에 의한 일기엔트로피의 연변화형에 따라 R1~R9까지 16개의 형으로 분류된다. 결국 이들을 종합하여 최종적으로 구분하면 남한은 지역 R1S17~R9S10까지 31개 지역으로 구분된다.

또한 각 지방의 일기출현율과 엔트로피를 이용하여 어떤 특정지역을 중심으로 남한의 69개 지점 각각에 대해 완전히 맞는 예보를 그대로 적용한 경우의 정보비를 구하고 그를 응용한 값에 의해

어떤 지역의 일기(기후)대표성을 논할 수 있다. 하나의 예로 광주를 선정하여 광주의 기준지점 자신과 그 외에 남한의 69개 기상 측후소와의 거리와 정보비와의 관계를 ①식과 ②식에 적용하여 보면 광주에 대한 일기의 완전 정보를 남한 내 모든 관측 지점에 제공한 경우에 구한 정보비의 분포 및 정보비의 감쇠계수에 따른 반감거리 등을 알 수 있어 광주의 일기(기후)대표성을 규명할 수 있다. 그런데, 인접하는 두 개(n 개)의 관측 지점에 관하여 일기대표성을 고려하여 그 경계를 논할 때 그 경계는 양(n 개) 대표관측지점에 대해서 부여된 정보비 그것을 대소(정보비 차)에 의해 정하는 것이 합리적인 방법이 된다. 그 방법은 다음과 같다.

어느 지점에 대하여 중심 a에 대하여 부여된 정보비를 IR_a , 중심 b에서 부여된 정보비를 IR_b 로 한다면 그 차이의 양과 음에 의해 다음과 같이 소속 영역을 정할 수 있다.

$IR_a - IR_b > 0$: a의 영역, $IR_a - IR_b < 0$: b의 영역

따라서 두 개의 영역의 경계는 $IR_a - IR_b = 0$ 으로 되는 선을 연결하면 얻어진다. 그림 5는 이 방법에 따라 광주와 부산을 기준으로 한 경우의 일기(기후)대표 범위 즉, 기후지역 경계를 계절별로 나타낸 것이다. 결국, 일기 엔트로피와 정보비의 공간적 분포 계절에 따른 추이의 특징을 수량적으로 추출하고 월별로 분류하여 지도상에 플로트 하면 인접하는 두 개 혹은 n 개의 기상관측 중심지에 대한 일기대표성을 객관적으로 정확히 정할 수 있다. 특히, 정보비는 일기의 대표성의 거리 및 지형 등의 영향에 따른 감쇠를 나타내는 척도로 유효하며, 그 감쇠를 실험식으로 표시할 수 있고, 반감거리도 구할 수 있어 정보비를 척도로 하는 각 지역의 일기(기후)대표성 설정이 과학적으로 설득력 있게 가능하다(박현욱, 1996). 또한 이것은 기후구분의 응용 및 해설을 가능하게 하며, 기상측후소의 정확한 일기예보 구역 설정 등을 포함한 효율적인 운용 및 사회의 여러 응용 분야에 중요하게 활용되는 기후 정보의 제공 등에도 기여할 수 있다.

(2) 강수일

강수일 유형화(지역구분)는 연강수일의 크기와 강수일의 연변화형에 따라 행한다. 구체적 순서는

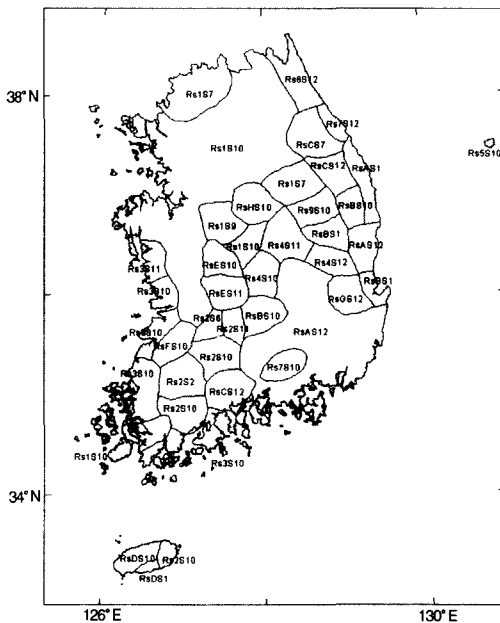


그림 4. 일기 엔트로피에 의한 기후지역구분

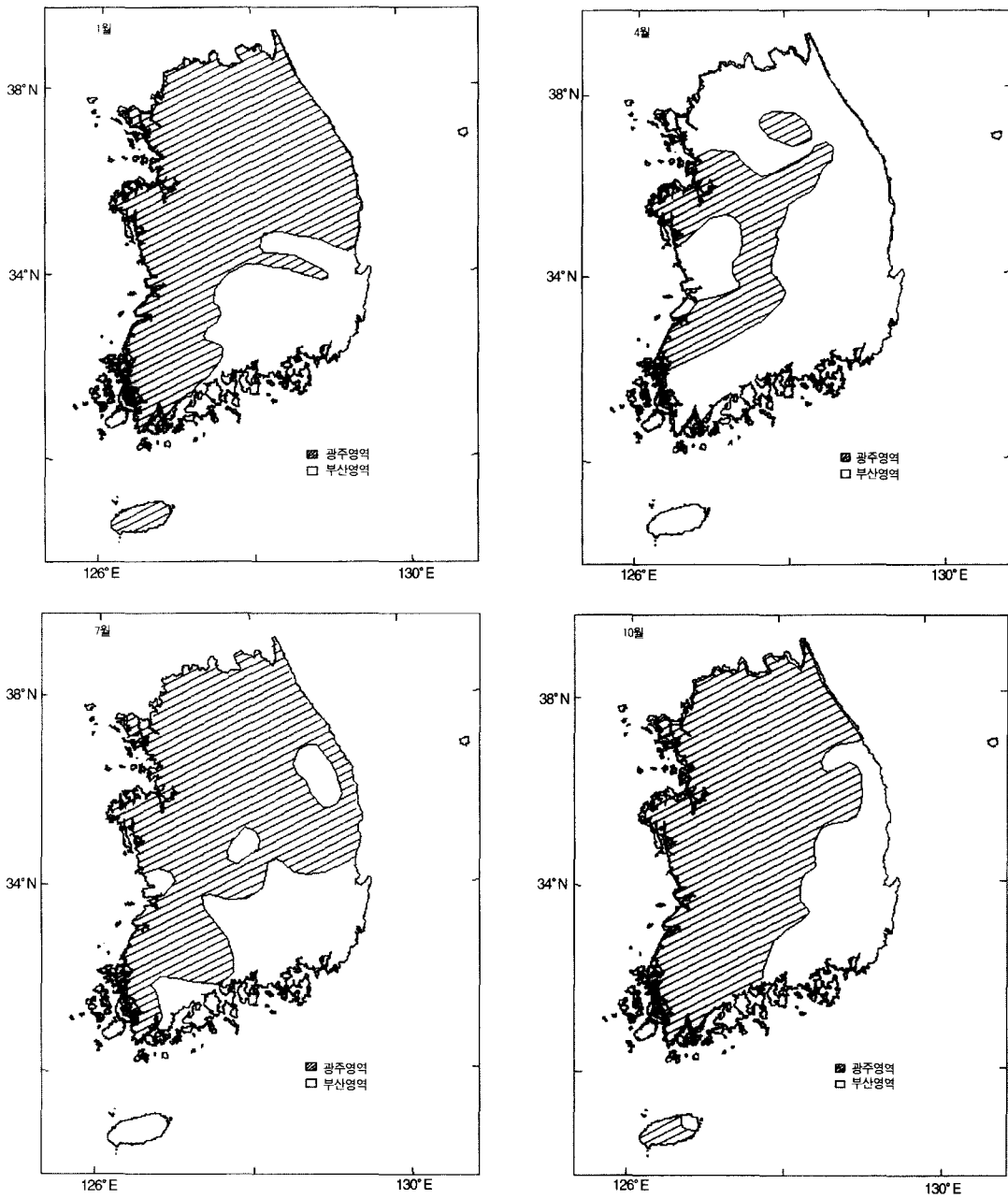


그림 5. 정보비차(광주-부산)에 의한 일기 대표 범위

다음과 같이 3단계로 나누었다.

제 1단계 : 연강수일의 크기에 따라 지역 I, II, III으로 나누었다. 지역I는 연강수일이 100일 미만, 지역II는 연강수일이 100-120일 미만, 지역III은 연강수일이 120일 이상이다.

제 2단계 : 각 관측점에 있어서의 연변화형 진폭계수의 상대치 R_s 크기와 그 부호에 따라서 지역 A, a, B, b, C, c, d, e로 나누었다. 지역 A, B, C 지역은 각각 제 1, 2, 3주성분의 R_s 값이 제일 크고 그 값이 양인 지역이며 지역a, b, c, d, e는 각각 제

1, 2, 3, 4, 5주성분의 Rs값이 제일 크나 그 값이 음인 지역이다.

제 3단계 : 제 1, 2단계에서 얻어진 결과를 GIS의 공간조작에 의해 합성하여 최종적으로 지역구분을 하였고 역시 GIS의 추출기능을 이용하여 각 유형별 주된 속성(제 1속성, 제 2속성)을 파악해내 각 유형별 기후특징이 설명되도록 하였다. 합성하여 최종적으로 지역구분을 한다.

강수일 연변화의 진폭계수 상대치 Rs의 크기에 따라 다음에 기술하는 구분역을 설정했다.

즉,

[대구분]

- 지역 A: 제1주성분의 진폭계수 $R_s(=R_{s1})$ 가 제일 크고 그 값이 42.0% 이상인 지역
- 지역 a: 제1주성분의 R_s 가 제일 크나 그 값이 음이며 -30.9% 이하인 지역
- 지역 B: 제2주성분의 $R_s(=R_{s2})$ 가 제일 크고 그 값이 40.4% 이상인 지역
- 지역 b: 제2주성분의 R_s 가 제일 크나 그 값이 -36.4% 이하인 지역
- 지역 C: 제3주성분의 $R_s(=R_{s3})$ 가 제일 크고 그 값이 34.0% 이상인 지역
- 지역 c: 제3주성분의 R_s 가 제일 크나 그 값이 -38.9% 이하인 지역
- 지역 d: 제4주성분의 $R_s(R_{s4})$ 가 제일 크나 그 값이 -52.2% 이하인 지역
- 지역 e: 제5주성분의 $R_s(R_{s5})$ 가 제일 크나 그 값이 -25.4% 이하인 지역

여기서 알파벳 대문자와 소문자는 각각 첫번째로 큰 주성분의 R_s 의 부호가 양과 음의 값임을 의미한다.

[소구분]

지역 A, a, B, b, C, c, d, e를 다시 2번째로 큰 주성분의 진폭계수 R_s 에 의해 소구분한다. 소구분은 두번째로 큰 주성분 R_s 의 번호를 첨자로 부가시켜 표현하고 그 값이 음일 때는 원안에 숫자를 넣어 나타냈다. 다만 두번째로 큰 주성분의 진폭계수 R_s 를 특정할 수 없을 때는 소구분의 첨자를 0으로 했다. 예를 들면 지역A③은 제1주성분의 진폭계수 $R_s(R_{s1})$ 가 제일 크며 그 값은 양이고, 제3주성분의 $R_s(R_{s3})$ 가 두번째로 크나 그 값은 음인 것을 의미한다.

이상과 같은 연강수일에 의한 지역구분과 연변화형에 기초한 지역구분을 중첩(Overlay)시켜 얻어진 최종 지역구분이 그림 6이다. 단, 그림 6에서는 편의상 I, II, III는 각각 X, Y, Z로, ①~⑥은 각각 e~j로 변환하여 표시되었다(예, IIIA②는 ZAf로).

그림 6은 주성분 분석에 의해 추출된 강수일 연변화의 진폭계수 R_s 와 연강수일의 크기에 따라 남한의 강수일을 지역구분한 것이다. 그 결과 남한은 3개의 강수일 연변화형에 따라 9개로 소구분된 지역I, 8개의 강수일 연변화형에 따라 26개로 소구분된 지역II, 2개의 강수일 연변화형에 따라 6개로 소구분된 지역III으로 구분된다. 즉, [지역 I]:연강수일이 100일 미만 지역이며 제1, 2위 주성분의 R_s 에 의해 설명되는 이 지역은 Ia형(5개지역), IB형(2개지역), Id형(2개지역)으로 소구분되고, [지역II]:연강수일이 100-120일 미만 지역이며 제 1위, 제 2위 주성분의 R_s 에 의해 설명되는 이 지역은 지역IIA형 (4개 지역), IIa형(4개 지역), IIB형(2개 지역), IIb형(6개 지역), IIC형(5개 지역), IIc형(2개 지역), IID형(2개 지역), IIe형(1개 지역)으로 소구분되며, [지역III] 연강수일이 120일 이상인 지역이다. 제 1위, 제 2위 주성분의 R_s 에 의해 설명되는 이 지역은 지역 IIIA형(5개 지역), IIIC형(1개 지역)으

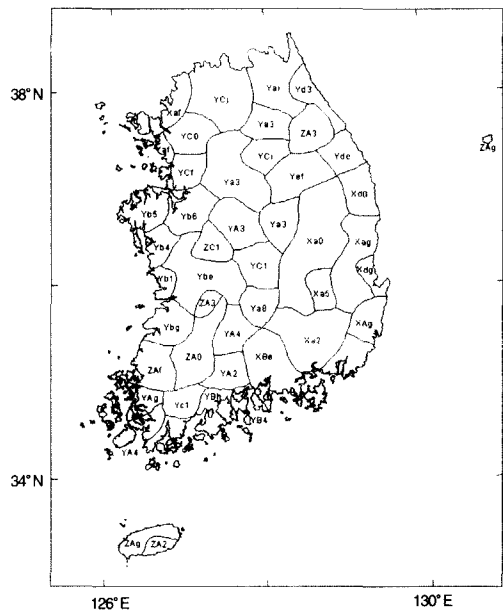


그림 6. 강수일에 의한 기후지역 구분

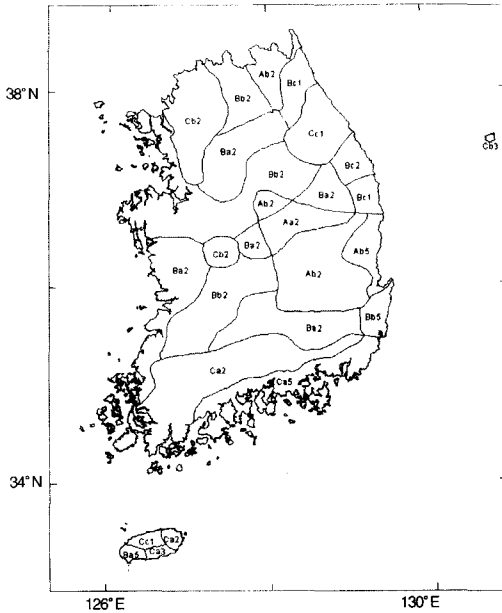


그림 7. 강수량에 의한 기후지역구분

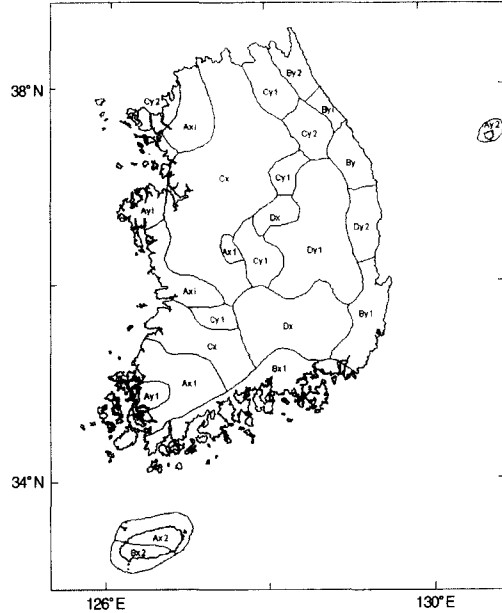


그림 8. 10개 기후요소에 의한 기후지역구분

로 소구분된다.

결국, 남한에서 강수일 연변화형은 A-e형까지 8개형, 세분하면 A0-e ㉔형까지 36개 형으로 분류되며, 강수일 지역은 Ia-IIIc까지 13개지역, 세분하면 Ia0-IIIc1까지 41개 지역으로 구분된다.

(3) 강수량

유형화(지역구분)는 연강수량의 크기와 강수량의 연변화형에 따라 행한다. 구체적 순서는 다음과 같이 3개의 단계로 나누었다.

제 1단계: 연강수량의 크기에 따라 지역 I, II, III으로 나누었다. 지역 I은 연강수량이 1,100 mm 미만, 지역 II는 연강수량이 1,100~1,300mm미만, 지역 III은 연강수량이 1,300mm 이상이다.

제 2단계: 각 관측점에 있어서 연변화형의 진폭계수의 상대치 R_s 의 크기에 따라 지역 a, b, c, e, h로 나누었다. 지역 a는 제 1주성분의 R_s 가 제일 크고 그 값이 56.6% 이상, 지역 b는 제 1주성분의 R_s 가 제일 크나 그 값이 56.6% 미만인 지역이다. 또한 지역 c, e, h는 각각 제 2, 5, 8 주성분의 R_s 가 제일 큰 지역이다.

제 3단계: 제 1, 제 2 단계에서 얻어진 결과를 GIS의 공간조작에 의해 합성하여 최종적으로 지역

구분을 하였고 역시 GIS의 추출기능을 이용하여 각 유형별 주된 속성(제 1속성, 제 2속성)을 파악해내 각 유형별 기후특징이 설명되도록 하였다.

다음으로 연변화형의 진폭계수의 상대치 R_s 의 크기에 따라 다음에 기술하는 구분역을 설정했다.

[대구분]

지역 a : 제 1주성분의 R_s 가 제일 크고 그 값이 56.6% 이상인 지역

지역 b : 제 1주성분의 R_s 가 제일 크나 그 값이 56.6% 미만인 지역

지역 c : 제 2주성분의 R_s 가 제일 크고 그 값이 31.8% 이상인 지역

지역 e : 제 5주성분의 R_s 가 제일 크고 그 값이 31.5% 이상인 지역

지역 h : 제 8주성분의 R_s 가 제일 크고 그 값이 24.2% 이상인 지역

[소구분]

지역 a, b, c, e, h를 다시 두 번째로 큰 주성분의 R_s 에 의해 소구분한다. 소구분은 두 번째로 큰 주성분의 번호를 첨자로 부가시켜 표현한다.

이상과 같이 하여 연강수량에 의한 지역구분과 연변화형에 기초한 지역구분을 GIS에 의해 중첩시켜 얻어진 최종지역 구분이 그림 7이다. 단 그림 7

에서는 편의상 I, II, III를 A, B, C로 변환하여 표시되었다(예, IIIb2가 Cb2로). 그 결과 남한의 강수지역은 Ia2~IIIh3까지 16지역으로 구분되며, 강수량의 연변화형은 a2~h3까지 9개로 분류된다. 즉, 지역 I은 연강수량이 1100mm미만 지역이며 제 1, 2위 주성분의 Rs에 의해 설명되는 이 지역은 Ia2, Ib2, Ib5로 세분된다. 지역 II는 연강수량이 1100mm~1300mm 지역이며 제 1, 2위 주성분의 Rs에 의해 설명되는 이 지역은 IIa2, IIa5, IIb2, IIb5, IIc1, IIe1, IIe2로 세분된다. 지역 III은 연강수량이 1300mm이상 지역이며 제 1, 2위 주성분의 Rs에 의해 설명되는 이 지역은 지역 IIIa2, IIIa3, IIIa5, IIIb2, IIIc1, IIIh3로 세분된다.

- (4) 기후요소(1월 평균기온, 7월 평균기온, 1월 평균일교차, 7월 평균일교차, 1월 강수량, 7월 강수량, 1월 상대습도, 7월 상대습도, 강수일, 新積雪)

앞에서 10개 기후요소에 주성분분석을 한 결과를 보면, 기후 유형화에 필요한 정보는 제 3 주성분까지 충분하다고 판단된다. 다만 이들 주성분에서 정보가 충분히 채택되지 않았던 연변동이 심한 7월 강수량은 제 4 주성분에서 보다 많은 정보가 채택되고 있으므로 별도로 고려할 필요가 있다.

어느 지점의 3개의 주성분스코아는 3차원 공간에 산포하는 1개의 점의 좌표라고 생각할 수가 있다. 그리고 어느 범위내에 덩어리져 분포하는 각 지점은 똑같은 기후형에 속하는 것이라고 판단하여도 좋다. 3차원 산포도를 평면상에 그리는 일은 곤란하므로 우선 제 1, 2의 2개의 주성분에 주목하고 제 3 주성분에 관하여는 그 부호만을 생각한다면 평면상에 그 산포도가 그려진다. 실제로는 70개 지점 전부의 산포상황을 1장의 도상에 그리면 번잡하게 되기 때문에 지방별로 그리면 알기 쉽다.

주성분 3개의 스코아는 평균이 0으로 되어 있기 때문에 그 음양만을 주목한다면 2³=8의 상한으로 구분된다. 그러나 동일상한에 속하는 지점에서 서로의 거리가 멀다면 똑같은 기후조건이라 할 수 없다. 그러므로 우선 3차원 공간에서 각지점의 중심(0점)으로 부터의 거리 D를 다음에 따라 구한다.

$$D^2 = Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 \dots\dots\dots (1)$$

단, Z₁, Z₂, Z₃ : 각 지점의 3개의 주성분 스코아

D의 값의 크기에 따라 각 상한을 3개로 나누면 24개군의 기후형으로 분류되나 실제에는 해당하는 지점이 없기도 하여 이것은 제외하면 21군으로 된다. 역시 D의 값이 작은 지점은 남한 전체의 평균적인 기후형을 나타내는 군으로서 독립시키는 편이 좋으나 이 같은 지점은 실제로 적고 또 지리적으로도 산재하여 있기 때문에 1개의 지역으로 묶을 수는 없다. 그리고 각 군간의 거리 D_{ij}(i군과 j군의 거리)를 다음식에 따라 구한다.

$$D_{ij}^2 = (\bar{z}_{1i} - \bar{z}_{1j})^2 + (\bar{z}_{2i} - \bar{z}_{2j})^2 + (\bar{z}_{3i} - \bar{z}_{3j})^2 \dots\dots\dots (2)$$

\bar{z}_{1i} : i군의 제1성분의 평균스코아
 \bar{z}_{2j} : j군의 제2성분의 평균스코아
 이하 이것에 준한다.

군간의 거리가 가까운 군은 함께 하여도 좋기 때문에 하나로 묶어 결국 14군으로 줄였다. 즉, 제 1, 2, 3 주성분이 직각으로 만나는 3차원 공간좌표상에서 남한의 70개 지점의 주성분 스코아의 부호에 따른 8개의 상한 내에서 14개군(14개 기후형, Ia1~IVb2)으로 분류된다.

표 2는 이 경우의 각군 스코아와 군간의 거리를 나타낸 것이다. 역시 군간의 로마자와 영자는 각각 제 1, 2주성분의 부호와 제 3주성분의 부호에 따라 구별한 것이며 첨자는 세구분이다. 이 14군을 기초로 구분함이 당연함이 당연하나 각 지점의 스코아의 산포도를 참조하고 또 군평균 스코아의 거리도 고려하여 다소 융통성을 주어 구분한다. 이것을 너무 기계적으로 행하면 불연속적인 지역으로 세세히 구분되기 때문이다.

이같이 하여 14군의 기후형에서 26개의 구분이 이루어진다(예를 들면 Ia1형은 4개). 이 26개의 구분 중에는 당연히 똑같은 기후형의 것이 몇 개 있으나 지리상의 거리도 멀고 지금 취급하지 않았던 바람·천기일수·일조시간·증발량 등의 요소와 3개의 주성분에 포함되어 있지 않는 7월 강수량 등의 차이가 있기 때문에 동일지역에 속한다고 말할 수 없다. 각 지역의 범위와 특징은 표 3과 그림 8에 나타나 있다. 단 그림 8에서는 편의상 I, II, III, IV가 각각 A, B, C, D로, a, b, c가 각각 x, y, z로 변환되어 표시되었다(예, IIb1이 By1).

이상과 같이 10개 기후요소에 주성분분석을 적용해 기후구분을 시도한 결과, 얻어진 결과를 GIS

표 2. 군(群)별 평균 스코아와 각 군 사이의 거리

		I a ₁	I a ₂	I b ₁	I b ₂	II a ₁	II a ₂	II b ₁	II b ₂	III a	III b ₁	III b ₂	IV a	IV b ₁	IV b ₂
sc	1st compon.	0.32	1.90	0.68	2.52	0.91	2.17	0.53	0.73	-0.69	-0.93	-1.15	-0.62	-1.11	-0.02
or	2nd compon.	0.73	0.78	0.68	2.21	-0.74	-0.24	-1.44	-1.29	0.66	0.72	1.02	-0.89	-1.16	-2.04
es	3rd compon.	0.64	0.44	-0.08	-3.85	0.61	0.54	-0.56	-1.93	0.42	-0.49	-3.09	0.45	-0.31	-1.43
	I a ₁		1.59	0.81	4.49	1.58	2.09	2.49	3.29	1.04	1.66	4.02	1.93	2.55	3.57
	I a ₂			1.33	4.56	1.82	1.22	2.79	3.36	2.59	2.98	4.67	3.02	3.66	3.89
	I b ₁				2.58	1.59	1.86	2.18	2.70	1.45	1.66	3.68	2.10	2.58	2.07
	I b ₂					5.58	5.04	5.30	4.37	5.56	5.04	3.93	6.16	6.07	5.51
	II a ₁						1.35	1.41	2.60	2.13	2.59	4.58	1.54	1.74	2.58
	II a ₂							2.31	3.04	3.00	3.40	5.68	2.86	3.51	3.45
	II b ₁								1.39	2.61	2.60	3.90	1.62	1.68	1.19
	II b ₂									3.36	2.97	3.19	2.08	2.45	1.17
	III a										0.94	3.55	1.55	2.00	3.34
	III b ₁											1.01	1.88	1.89	3.05
	III b ₂												4.05	3.53	3.66
	IV a													0.94	2.28
	IV b ₁														1.79
	IV b ₂														
	No. of places	11	2	3	1	8	2	4	3	16	5	2	7	5	1

표 3. 분류스케일에 의한 기후지역과 기후형의 분류

대구분	중구분	소구분
해안지역 (I, II)	중부서해안 습윤소일교차지대(I a · II b) 중부동해안 하계소냉 소우지대(II b) 남해안 온난습윤지대(II a) 남부 동해안 온난소설지대(II b) 호남 서남부 다강수일,소일교차지대(I a · I b) 울릉도 온난다설지대(I b) 제주도 온난다우지대(I a · II a)	I a ₁ I b ₁ * III b ₂ - ㉔ ㉕ ㉖ II b ₁ II b ₂ - ㉒ ㉓ ㉔ II a ₁ - ㉗ II b ₁ - ㉘ I a ₁ · I b ₁ - ㉙ ㉚ I b ₂ - ㉛ I a ₁ II a ₂ - ㉜ ㉝
내륙지역 (III, IV)	중부내륙 한랭습윤지대(III a) 태백 · 소백산맥 한랭 다강수일지대(III b · IV a) 호남내륙 다설대일교차지대(III a · III b) 영남남부 내륙 온난소설지대(IV a) 영남북부 내륙 소우대일교차지대(IV b)	III a* · I a ₁ - ㉞ ㉟ III b ₁ · III b ₂ · IV a - ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ III a · III b ₁ - ㊶ ㊷ IV a · IV b ₁ · IV b ₂ - ㊸ ㊹ ㊺ IV a · IV b ₁ · IV b ₂ - ㊻ ㊼ ㊽

* 예외적인 사례임

의 공간조작에 의해 합성하여 최종적으로 지역구분을 하였고, 역시 GIS의 추출기능(Reselect function)을 이용하여 각 유형별 주된 속성(제 1속성, 제 2속성)을 파악해내 각 유형별 기후특징이 설명되도록 하였다. 그 결과 남한지방은 대체로 해안지방과 내륙지방으로 대구분되며 이것을 중부와 남부로

다시 구분하면 해안지역 5개, 내륙지방 4개의 지대로 중구분된다(표 3). 여기에 울릉도와 제주도의 특수한 기후대를 합치면 11개 지대로 구분된다. 본 연구에서 이들 지대 명은 가칭한 것이기 때문에 앞으로 검토를 요한다.

남한은 결국 14개의 기후형에서 26개의 소기후

지역으로 구분되며 기후의 유사성, 지역의 연결성 등을 고려하면 11개의 지대(I, II형은 7지대, III, IV형은 4 지대)로 통합된다. 이때 주로 I, II형은 해안 지역의 기후를, III, IV형은 내륙지역의 기후를 나타낸다.

4. 기후환경의 유형화

본 연구의 군집분석은 기후요소별(10개 기후요소, 강수일, 강수량, 일기엔트로피)로 유형화된 결과물(최종지도 그림 4, 6, 7, 8) 전체를 GIS에 의해 중첩(Overlay)시켜 997개 지역(polygon) 그림 9를 만들어 냈다. 즉, 주성분분석법에 의해 추출된 잠재인자를 토대로 군집분석하여 얻어진 유형화된 3개 도면(10개 기후요소(26), 강수일(36), 강수량(16)) 및 정보이론에 입각한 엔트로피와 정보비 개념을 토대로 얻어진 결과에 의해 유형화된 1개 도면 [일기엔트로피(31)] 등 총 4개의 유형화된 것을 중첩시켰다. 그런 후 본래의 4개의 유형화 도면에 들어 있는 변량 총 109개와 이들 유형화된 도면중첩으로 생긴 클러스터 997개를 토대로 "997행 109열 속성행렬"을 만들어 군집분석을 하였던 바, GIS의 부울대수(Boolean Algebra)를 적용한 공간분석을 행하여 위의 4개 유형화 도면의 속성값 포함정도를 척도로 얻은 유사도에 따라 3구분 즉, 대구분(8), 중구분(26), 소구분(48)으로 유형화하였다(표 4와 그림 10, 11, 12참조). 또한, 유형화된 영역별로 GIS에 의해 속성분류하여 추출(Reselect)기능을 이용 각 유형별 주된 속성(제1속성, 제2속성)을 파악해내 각 유형별 기후특징이 설명되도록 하였다.

이상과 같은 방법과 과정을 통해 얻어진 남한의 기후환경 유형화의 결과와 그 특징을 최종적으로 종합하여 표 4에 나타냈으며, 남한의 기후 환경을 유형화한 결과를 종합하여 보면 대구분시에는 8개 기후지역으로(그림 10), 중구분시는 26개 기후지역으로(그림 11), 소구분시는 48개 기후지역으로(그림 12) 구분됨을 알 수 있다.

그림 10, 11, 12에서 각각 대, 중, 소로 유형화된 기후지역에 대한 지리적 위치 및 범위를 살펴 보면 다음과 같다. 먼저 경기 서북부 지역에서 나타

나는 대구분 I은 중구분 IA와 IB가 포함되고 있으며, 중구분 IA 기후지역에는 강화지역을 중심으로 한 소구분 IA①이 들어 있고, 중구분 IB에는 철원, 춘천을 중심으로 한 소구분 IB①, 문산을 중심으로 한 IB②, 서울을 중심으로 한 소구분 IB③이 들어 있다. 이하 대구분 II~VIII의 지리적 위치, 범위와 그 각각에 속하는 중구분, 소구분의 내역의 기술은 그림 10, 11, 12와 표 4에 들어 있으므로 생략한다.

그리고 대, 중, 소구분에 속하는 기후요소별 각 속성에 관해 주된 요소를 GIS의 추출 기능을 이용하여 찾아내, 이를 기초로 각 유형별 기후형은 예를 들면, 경기서북부에 보이는 대구분 I에서 GIS의 추출 기능에서 찾아낸 대표적 기후형은 RS1S10, Bb2, YC0, Cx이며, 마찬가지로 철원, 춘천, 파주, 서울을 중심으로 한 지역에서 보이는 중구분 IB에서의 대표적 기후형은 Rs1S10, Cb2, YCj, Cx이다. 그리고 서울을 중심으로 한 지역에서 보이는 IB③의 대표적 기후형은 Rs1S10, Cb2, YC0, Axi이다(표 4참조). 여기서는 경기 서북부지역에서 보이는 대구분 I의 대표적 기후형인 RS1S10, Bb2, YC0, Cx의 기후특징을 기술한다. 즉, 기후형 RS1S10은 일기엔트로피의 제 1주성분의 진폭계수(RS1)가 제 1위이며 그 값이 양이고 최소 일기엔트로피가 10월에 나타나는(S10 : 맑음 많음) 지역이다. 그림 3에서 살펴본 바와 같이 제 1주성분에 의해 표현되는 일기엔트로피의 연변화는 일기엔트로피가 3, 4, 9월에는 전국 평균보다 꽤 작으나 동계에 접어들수록 상당히 커진다. 6월을 중심으로 한 하계에는 약간 큰 편이다.

일반적으로 일기엔트로피가 작으면 일기가 한 모양으로 안정적이 되므로 이 구분역에 있어서는 특히 10월에 청명한 날씨가 안정적으로 많다.

기후형 Bb2(IIb2)는 연강수량이 1100~1300mm인 지역에서 나타나며 강수량의 제 1주성분의 진폭계수(RS1)가 제일 크나 그 값이 56.6%미만이며 제2주성분의 진폭계수(RS2)가 두 번째로 크며 그 값이 -36.7%인 지역이다. 제 2주성분의 진폭계수가 상대적으로 크기 때문에 그림 3에서 보면 강수량의 제1, 2 주성분의 연변화형은 강수량이 특히 하계(7, 8월)에 많고 동계일수록 줄어드는 특징을 보이고 있다. 실제로 이 구분역에서는 7, 8월에 강수

량이 다른 월에 비해 특히 많다.

기후형 YC0(HC0)는 연강수일이 100~120일인 지역(Y)에서 나타나며 강수일의 제3주성분의 진폭계수(RS3)가 제일 크고 그 값이 80.8%이며 제5주

성분의 진폭계수(RS5)가 두 번째로 크나 그 값이 7.7%에 불과하다. 그러므로 강수일 연변화의 특징은 대부분 RS3에 의해 설명할 수 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 동계 강수일은 전국평균보다



그림 9. 기후요소별 유형화의 종합

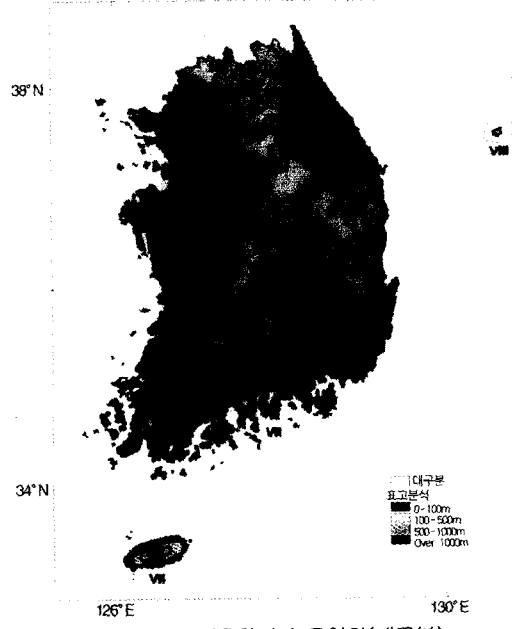


그림 10. 기후환경의 유형화(대구분)

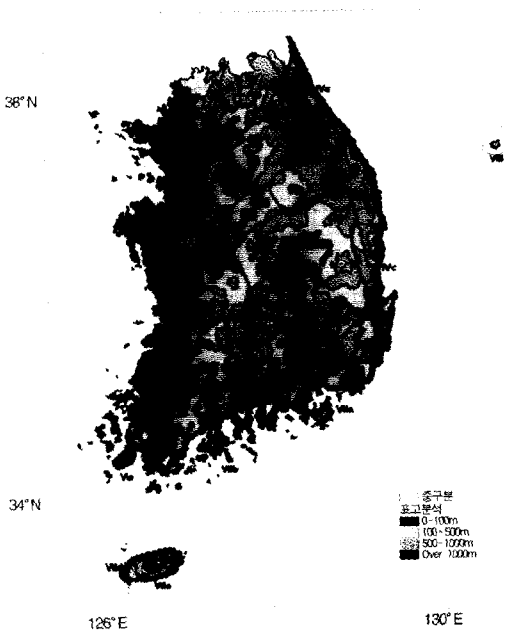


그림 11. 기후환경의 유형화(중구분)

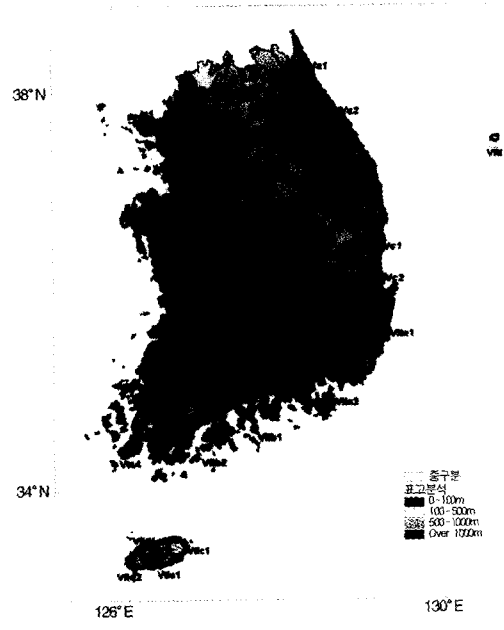


그림 12. 기후환경의 유형화(소구분)

표 4. GIS를 이용한 한국 기후환경의 유형화와 그 특징

대 구분		중 구분		소 구분		관측소	기후 특징	
구분	기후형	구분	기후형	구분	기후형		소구분 기후형	대구분 기후형
(I) 경기 서북부형	RsIS10 Bb2 YC0 Cx	I A	RsIS10 Bb2 Xaf Cy2	I A①	RsIS10 Bb2 Xaf Cy2	강화	10월 일기안정(맑음), 5월 불안정, 춘강수일소, 하강수량다·일교차소, 동강수량·일교차소·온화	가을에는 가장 일기(맑음)가 안정상태를 보이거나, 봄에는 불안정함. 습윤하나 여름에 강수 집중율이 크고, 내륙에서는 겨울에 일교차가 큰 기후형임
				I B①	RsIS10 Bb2 YCj Cx	철원, 춘천	7월 일기안정(비), 5월 불안정, 춘강수일소, 하강수일·강수량·일교차다, 동일교차·상대습도다, 동한랭·신적설다.	
		I B	RsIS10 Cb2 YCj Cx	I B②	RsIS7 Cb2 Xaf Axi	-	10월 일기안정(맑음), 5월 불안정, 하강수일·강수량다.	
				I B③	RsIS10 Cb2 YC0 Axi	서울	10월 일기안정(맑음), 2월 불안정, 하강수일·강수량다, 일교차소, 동일교차소, 상대습도다.	
(II) 차령 이북 중부형	RsIS10 Bb2 Ya3 Cx	II A	RsIS10 Bc1 Yai Cy1	II A①	RsIS10 Bc1 Yai Cy1	인제	10월 일기안정(맑음), 12월 불안정, 추강수일소, 신적설다, 하일교차다·기온소, 동일교차다·한랭.	내륙: 가을에 가장 일기(맑)가 안정상태를 보이거나, 겨울에는 불안정함. 일교차가 크고 겨울에 매우 한랭하며 여름과 겨울에 강수가 많아 습윤한 기후형임 해안: 가을에 일기(맑음)가 안정상태를 보이거나 봄에는 불안정함. 일교차가 작고 습윤하며 겨울에 상당한 신적설이 있는 기후형임
				II B①	RsCS7 Cc1 ZA3 Cy2	대관령	7월 일기안정(비), 10월 불안정, 사계강수일다, 신적설다, 하강수량다·기온소, 동상대습도다	
		II C	RsIS10 Bb2 Ya3 Cx	II C①	RsIS10 Cc1 Ya3 Cx	홍천, 원주	10월 일기안정(맑), 2월 불안정, 하강수일·일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭, 신적설다	
				II C②	RsIS10 Ba2 Ya3 Cx	양평, 이천	10월 일기안정(맑), 6월 불안정, 춘강수일소, 신적설다, 하일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭	
		II D	RsIS10 Bb2 Yb4 Cx	II D①	RsIS10 Bb2 Yb4 Cx	수원, 아산	10월 일기안정(맑음), 5월 불안정, 하강수일소, 강수량·일교차다, 동일교차다, 한랭, 신적설다.	
				II E①	RsIS10 Bb2 Yaf Cx	인천	10월 일기안정(맑음), 5월 불안정, 춘강수일소, 하일교차·상대습도소·강수량다, 동일교차소, 신적설다	
II E	RsIS10 Bb2 Yb4 Axi	II E②	RsIS10 Bb2 Yb4 Axi	서산, 보령	11월 일기안정(맑), 3월 불안정, 하강수량·일교차·상대습도다, 동일교차·강수량다			
		III A	RsCS12 Bb2 Yef Dy1	III A①	RsCS12 Bb2 Yef Dy1	제천	7월 일기안정(비), 3월 불안정, 강수일연변화소, 하일교차다, 상대습도소, 동일교차다·한랭	
(III) 소백 이서 중령·호남형	RsIS10 Bb2 Ybe Cx	III B	RsHS10 Bb2 YA3 Cx	III B①	RsHS10 Bb2 Ya3 Cx	충주	10월 일기안정(맑), 5월 불안정, 하강수량·일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭, 신적설다	내륙: 가을에 가장 일기(맑)가 안정상태를 보이거나, 봄에는 불안정함. 일교차가 크며 한랭하고, 겨울에 습윤하며 여름에 강수가 많은 기후형임 해안: 가을에 가장 일기(맑)가 안정상태를 보이거나, 봄에는 불안정함. 연중 일교차가 작으나 겨울에 강수(눈)이 많은 기후형임
				III B②	RsIS9 Bb2 YA3 Cx	청주	9월 일기안정(맑), 5월 불안정, 하강수일·강수량·일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭	
		III C	RsIS10 Bb2 Ybe Cx	III C①	RsES10 Cb2 ZC1 Cx	유성, 대전	10월 일기안정(맑), 3월 불안정, 하강수일·강수량·일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭, 신적설다.	
				III C②	RsIS10 Bb2 Ybe Cx	부여, 익산, 전주	10월 일기안정(맑), 3월 불안정, 춘강수일소, 하강수량·일교차다, 동강수량·일교차·상대습도다, 신적설다.	
				III C③	RsES11 Bb2 Ybe Cx	금산	11월 일기안정(맑), 6월 불안정, 하일교차다, 동일교차·상대습도다·한랭, 신적설다.	
				III C④	RsFS10 Bb2 Ybg Cx	정읍	10월 일기안정(맑), 3월 불안정, 춘강수일소, 하일교차다, 동강수일·일교차·상대습도다, 신적설다.	

대 구분		중 구분		소 구분		관측소	기후 특징				
구분	기후형	구분	기후형	구분	기후형		소구분 기후형		대구분 기후형		
(III) 소백 이서 충청 · 호남 형	Rs1S10 Bb2 Ybe Cx	III D	Rs3S10 Ba2 Ybg Cx	III D①	R _s 3S10 Ba2 Ybe Axi	군산	10월 일기안정(맑음), 3월 불안정, 하강수 일·상대습도다. 일교차소. 동강수일·강수량 다·일교차소, 신적설다.				
				III D②	R _s 9S10 Ba2 Ybg Cx	부안	10월 일기안정(맑음), 9월 불안정, 춘강수일 소, 하일교차다. 동강수일·일교차·상대습도 다, 신적설다.				
(IV) 태백 이동 동해 안형	RsBS10 Ab5 Xag Dy2	IV A	Rs6S12 Cc1 Yai By2	IV A①	R _s 6S12 Bc1 Yai By2	속초	12월 일기안정(맑음)·5월 불안정, 하강수 량·일교차·기온소, 동강수량다·일교차 소·온화		겨울에 가장 일기 (맑음)가 안정상태 를 보이나, 봄에는 불안정함, 여름에 는 기온이 다소 낮 고 강수량도 적은 편이나, 겨울에 강설량이 많고 남 쪽일수록 보다 온 화하나 강수현상은 적은 기후형임		
				IV A②	R _s 7S12 Cc1 Yd3 Byi	강릉	12월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 춘강수일 다, 하일교차·기온소·강수량다, 동강수 량다·강수일소·온화, 신적설소				
		IV B	RsBS10 Bc2 Xd0 By	IV B①	R _s BS10 Bc2 Xd0 By	삼척, 울진	1월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 춘강수일 다, 하강수량·기온소, 동강수일·상대습도 소·강수량다, 신적설소				
				IV C	RsBS1 Ab5 Xag Dy2	IV C①	R _s 4S12 Ab5 Xag Dy2	영덕		12월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 하강수 량·강수일·기온소, 동상대습도소, 신적설소	
		IV C②	R _s BS1 Ab2 Xdg By1			포항	1월 일기안정(맑음)·7월 불안정, 하강수일 소, 동상대습도소·온화, 신적설소				
		(V) 영남 내륙 형	RsAS12 Ab2 Yc1 Dx	V A	RsAS12Ab2 Xa0 Dy1	VA①	R _s BS10 Ba2 Xa0 Dy1	영주		10월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 동강수 량·강수일·상대습도소·일교차다, 신적설소	
VA②	R _s 4S11 Ab2 Ya3 Dx					문경	11월 일기안정(맑음)·9월 불안정, 하일교차 다, 동강수량·일교차다, 신적설다				
VA③	R _s AS12 Ab2 Xa0 Dy1					의성, 신안 대구	12월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 연강수일 소, 하기온·일교차다·상대습도소, 동강수 량·상대습도소·일교차다, 신적설소				
VA④	R _s GS12 Ab2 Xag Dy1					영천	12월 일기안정(맑음)·9월 불안정, 하강수 일·상대습도소·일교차다, 동강수량·상대 습도소·일교차다, 신적설소				
V B	Rs1S10 Bb2 Yc1 Cy1			VB①	R _s 1S10 Bb2 YA3 Cy1	보은	10월 일기안정(맑음)·5월 불안정, 하강수 일·일교차다·기온소, 동일교차다, 신적설다				
				VB②	R _s 4S11 Bb2 Yc1 Cy1	추풍령	10월 일기안정(맑음)·9월 불안정, 하강수일 다·기온소, 동강수일다, 신적설다				
V C	RsBS10 Ba2 Ya8 Dx			V C	RsBS10 Ba2 Ya8 Dx	V C①	RsBS10 Ba2 Ya8 Dx	거창	10월 일기안정(맑)·3월 불안정, 춘강수일소, 하기온·일교차다, 동강수량소·일교차다, 신 적설소		
									V D	RsAS12 Ca2 Xa2 Dx	VD①
VD②	R _s AS12 Ca2 XBe Dx			산청	12월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 하기온· 일교차다, 동강수일소·일교차다, 신적설소						
(VI) 노령 이남 호남 형	Rs2S10 Ca2 YA4 Ax1			VIA	Rs2S10 Ca2 YA4 Ax1	VIA①	R _s 2S11 Bb2 YA4 Cx	임실	6월 일기안정(흐림)·3월 불안정, 하기온 소·일교차다, 동강수일·상대습도·일교차 다, 신적설다		가을에 가장 일기 (맑)가 안정 상태를 보이나, 봄 에는 불안정함, 겨 울과 봄에 강수일 이 많고 내륙에서 는 일교차가 큰 기 후형임
		VIA②	R _s CS12 Ca2 YA4 Cx			남원	10월 일기안정(맑)·3월 불안정, 춘강수일다, 하일교차다, 동강수일·상대습도·일교차다, 신적설다				
		VIA③	R _s 2S10 Ca2 ZAf Ax1			광주	2월 일기안정(맑)·5월 불안정, 하기온·일 교차다, 동강수일·상대습도·일교차다, 신 적설다				
		VIA④	R _s 1S10 Ca2 YAg Ax1			해남	10월 일기안정(맑음)·5월 불안정, 춘강수일 다, 동강수일·상대습도·강수량다, 신적설 다				

대 구분		중 구분		소 구분		관측소	기후 특징	
구분	기후형	구분	기후형	구분	기후형		소구분 기후형	대구분 기후형
(Ⅵ) 남해안형	RsAS12 Ca5 XBe Bx1	ⅥB	Rs3S10 Ca2 ZAf Ax1	ⅥB①	Rs3S10 Ca2 ZAf Ax1	함평, 목포	10월 일기안정(맑음)·5월 불안정, 동강수일·상대습도·강수량다, 신적설다	남해안: 겨울에 가장 일기(맑음)가 안정상태를 보이거나 봄철에는 불안정함, 일교차가 작고 온화하며 여름과 봄에 강수가 많은 기후형임 제주도: 가을에 가장 일기(맑)가 안정상태를 보이거나, 봄에는 불안정함, 연중 온화하며 일교차가 작고 여름과 겨울에 강수가 많은 기후형임
		ⅥA	RsAS12 Ca5 XBe By1	ⅥA①	RsAS12 Bb5 XAg By1	울산	12월 일기안정(맑음)·7월 불안정, 춘강수일다, 하강수량다·강수일소, 동온화, 신적설소	
				ⅥA②	RsAS12 Ca5 XBe Bx1	부산, 마산 충무, 진주	12월 일기안정(맑음)·3월 불안정, 하강수량·상대습도다·일교차소, 동일교차·상대습도소·강수량다·온화, 신적설소	
		ⅥB	RsCS12 Ca5 YBh Bx1	ⅥB①	RsCS12 Ca5 YB4 Bx1	남해, 여수	1월 일기안정(맑음)·7월 불안정, 춘강수일다, 하강수량다, 동강수량·상대습도다·강수일소·온화	
				ⅥB②	RsCS12 Ca5 YBh Bx1	승주, 고흥 장흥, 완도	10월 일기안정(맑음)·5월 불안정, 하강수량·상대습도다·일교차소, 동강수량다·일교차소·온화	
		ⅥC	Rs2S10 Ca2 ZA2 Ax2	ⅥC①	Rs2S10 Ca2 ZA2 Ax2	성산포	10월 일기안정(맑)·7월 불안정, 하강수일다·일교차소, 동강수일·강수량소·온화	
		ⅥD	RsDS10 Cc1 ZAg Bx2	ⅥD①	RsDS10 Cc1 ZAg Ax2	제주	10월 일기안정(맑)·7월 불안정, 하강수일다·일교차소, 동강수일·강수량다·일교차소·온화	
				ⅥD②	RsDS10 Bb5 ZAg Bx2	모슬포	10월 일기안정(맑음)·7월 불안정, 신적설소, 하강수일다·일교차소, 동강수일·강수량다	
		ⅥE	RsDS1 Ca3 ZA2 Bx2	ⅥE①	RsDS1 Ca3 ZA2 Bx2	서귀포	1월 일기안정(맑)·5월 불안정, 춘강수일다, 신적설소, 하강수량다·일교차소, 동강수일·강수량다·일교차소	
		(Ⅶ) 울릉도형			R5S10 Cb3 ZAg Ay2		울릉도	

적으나 하계 특히 7, 8월은 전국평균보다 꽤 많은 것이 특징이다. 실제로 이 구분역의 7, 8월의 강수일은 전국평균보다 2.3일 정도 상당히 많고 동계는 1.2일정도 다소 적다.

그리고 기후형 Cx(Ⅲa)는 경기서북부의 내륙지역(C)에서 주로 나타나며 10개 주요 기후요소의 제1,2,3 주성분 스코아의 평균값은 표 2에서 보는 바와 같이 각각 -0.69, 0.66, 0.42이다. 10개 기후요소의 제1주성분은 표 1에서 보는 바와 같이 기후요소 중 1월의 평균기온, 기온일교차, 강수량과 7월의 일교차, 상대습도의 정보를 종합한 것이다(인자부하량이 크므로). 이 주성분은 기온관계가 주로 표

현되는데 양의 값이 큰 곳은 겨울철에 온난하며 기온의 일교차가 크지 않고 강수량이 많은 지역이다. 또한, 여름에도 기온의 일교차가 크지 않는 상대습도가 높은 지역이다. 또한 제2주성분은 주로 기후요소 중 신적설, 강수일, 1월 상대습도, 7월 평균기온 즉, 강수와 상대습도 관계의 정보를 종합한 것으로(인자부하량이 크므로), 이 주성분의 양의 값이 큰 곳은 겨울철에 습도가 높고 강수현상이 빈번한 특히 강설이 많은 지대이다. 기후요소의 제3주성분은 주로 기후요소 중 7월 평균기온과 7월 강수량의 정보 즉 난후기의 기온과 강수량의 정보가 종합된 것으로(인자부하량이 크므로) 이 값이

큰 곳은 여름 특히 7월에 기온이 높고 강수량이 많음을 나타낸다. 그러므로 기후형 Cx는 1월과 7월의 일교차가 크며 특히 산간분지에서 크다. 1월의 평균 기온은 낮다. 강수일, 신적설 및 7월의 강수량이 많고 1월의 상대습도가 높다.

요약하면 경기 서북부 지역의 일기는 가을에 안정적(맑음)이나 봄에는 일기 변화가 심하다. 강수량과 강수일은 특히 7, 8월에 집중도가 크다. 그리고 경기 서북부의 내륙쪽은 한랭습윤지대로, 해안쪽은 습윤 소일교차 지대로 특징 지을 수 있다.

이상과 같은 방식으로 하면, GIS의 추출기능에 의해 찾아낸 나머지 대구분 II~VIII, 중구분 IA~VII E 및 소구분 IA①~VII E①에 속하는 유형별 기후형의 기후특징을 규명할 수 있다. 그 결과의 요약이 [표 4]의 기후특징 난에 들어 있다.

5. 결 론

본 연구는 먼저, 한반도의 기후 특성을 잘 반영하고 있는 기후요소(강수일, 강수량, 기온, 상대습도, 신적설, 일기엔트로피 등)를 선정하고, 이에 관해 수집된 데이터를 GIS에 통계S/W를 연계시켜, 다변량해석법의 일종인 주성분분석, 정보이론에 의한 엔트로피와 정보비 개념을 이용하여 분석해 기후요소별로 유형화를 시킨 후, 이들을 다시 GIS의 지도대수와 통계기능으로 군집분석하여 한국 기후환경에 대해 보다 과학적으로 설득력있게 종합적 유형화를 시도한 것이라 볼 수 있다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 일기의 평균정보량인 일기엔트로피와 그 정보비는 일기출현 특성을 잘 나타내므로 그것을 축도로 하는 한반도 기후환경의 지역별 일기대표성 및 범위의 설정이 가능하다.
- 2) 주성분분석기법을 응용하여 추출된 여러 기후요소의 연변화형의 주성분 벡터와 진폭계수는 실제의 여러 기후요소의 분포와 연변화 특징을 잘 나타내, 이를 기초로 하는 한국의 기후환경 유형화가 가능하였다.
- 3) 남한은 최소 일기엔트로피 출현월에 따라 지역 S1-S11까지 8개형의 지역이 나타나며, 주성분분석에 의한 일기엔트로피의 연변화형에

따라 Rs1-Rs9까지 16개형의 지역으로 분류된다. 이를 종합하면 남한은 지역 Rs1S7-Rs9S10까지 31개 지역으로 구분된다.

- 4) 남한에서 강수일 연변화형은 A-e형까지 8개형, 세분하면 A0-e②형까지 36개 형으로 분류되며, 강수일 지역은 Ia-III C까지 13개 지역, 세분하면 Ia0-III C1까지 41개 지역으로 구분된다.
- 5) 남한에서 강수량의 연변화형은 a₂~h₃까지 9개로 분류되며, 이를 이용하여 구분한 남한의 강수지역은 지역 I형에 3개, 지역 II형에 7개, 지역 III형에 6개의 세분지역을 각각 포함하여 Ia₂~IIIh₃까지 16지역으로 구분되었다.
- 6) 주요한 10개 기후요소에 대해 주성분분석을 행한 결과는 남한은 14개 기후형(Ia₁~IVb₂)으로 분류된다. 이 14개 기후형에서 26개의 소기후 지역으로 구분되며 기후의 유사성, 지역의 연결성 등을 고려하면 11개의 지대로 통합된다.
- 8) 남한의 기후환경은 위의 유형화된 결과물을 GIS 지도대수와 통계분석 프로그램인 S-Plus를 연계시켜 분석한 결과 형성된 997개 기후 유형과 이 997개 유형에 포함된 109개 변량(997×109 행렬)을 대상으로 군집분석을 하여, 최종적으로 남한의 기후환경을 3구분 즉, 대구분(8), 중구분(26), 소구분(48)으로 유형화시킨 결과 즉, 그림 10, 11, 12와 표 4를 얻어냈다.
- 9) 특히, 본 연구에서 GIS 기법의 이용은 기후 유형화(구분)가 도면과 함께 많은 변량(속성값)의 처리를 요한다는 점에 비추어 기후 현상의 종합적 표현과 과학적 설득력 면에서 매우 유용한 기법임이 인식되었다.

文 獻

- 기상청, 1954~1996, 기상월보, 기상청, 서울.
- 김일곤 · 박현욱, 1996, "남부지방의 일기예보구역 설정에 관한 연구", 대한지리학회지, 31(3), 469-488.
- 김철희 · 전종갑, 1992, "중관바람을 고려한 한반도

- 에서의 3차원 수치 모의”, 한국기상학회지, 28(2), 165-181.
- 박현욱, 1992, 다변량해석법에 의한 한국의 기후지역 구분, 전남대학교 대학원, 박사학위논문.
- 박현욱, 1995-a, “남한의 일기엔트로피의 연변화 유형과 지역 구분”, 대한지리학회지, 30(3), 207-229.
- 박현욱, 1995-b, “강수일과 그 연변화형에 의한 한국의 지역구분”, 한국환경과학회지, 4(5), 387-402.
- 박현욱, 1996, “정보이론에 의한 한국의 일기 대표성 설정”, 한국지역지리학회지, 2(2), 49-73.
- 송인성·문병채, 1994, “GIS 공간조작기능을 이용한 최적입지선정 방안에 관한 연구”, 전남대학교 지역개발연구소 논문집, 26(1), 111-145.
- 송인성·문병채, 1997, “위성자료를 이용한 환경보전적 계획기법에 관한 연구”, 한국지형공간정보학회지, 6(1), 93-101.
- 송인성·문병채, 1998, 地理情報分析技法, 문운당, 서울.
- 송인성·문병채·김채승, 1997, “GIS를 이용한 그 린벨트 실태분석과 관리방안에 관한 연구”, 한국지역정보학회지, 1(1), 90-105.
- 정현태, 1989, 엔트로피 응집력 척도를 활용한 군락화기법의 개발, 숭실대학교대학원 박사학위논문.
- 최병욱 역, 1994, 기초 정보이론, 형설출판사, 서울.
- 福井英一郎, 1962, “氣候の意義と氣候學の分野”, 地學雜誌, 730號, 32.
- 星野常雄, 1961, “天氣の エントロピによる 天氣の局地性 評價の 試み(3) - 天氣の 代表性의 距離による 減衰, 研究時報, 13, 861-863.
- 星野常雄, 1970, “天氣의 エントロピによる 天氣의 局地性 評價의 試み(5) -千葉縣内の 地區豫報管署의 天氣의 代表性의 季節變化について”, 研究時報, 22, 281-291.
- 小島忠三郎, 1973, “主成分分析による 東北地方의 詳細な 氣候區分”, 農業氣象, 29(3), 165-172.
- 野本眞一·千葉 長·矢島榮三, 1983, “氣候要素의 地域區分への 主成分分析法 應用 (降水量による わが國 地域區分)”, 天氣, 30, 385-392.
- 奥野隆史, 1977, 計量地理學の 基礎, 大明堂, 東京.
- 奥野忠一外, 1984, 續多變量解析法, 日科技連, 東京.
- Bruce E. Davis, 1996, GIS : A Visual Approach, Onword, NM(USA), 211-294.
- ESRI, 1994a, PC ARC/INFO Commend Referances, Redlands, CA: ESRI.
- ESRI, 1994b, ARC/INFO Training Course Class Materials, vol 11-13, Redlands, CA: ESRI.
- Goodchild, M. F. and Karen K. Kemp, 1991, “Application Issues in GIS”, NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis University of California, Santa Babara) Core Curriculum, 55-1 ~ 59-9.
- Grigg, D., 1965, “The Logic of Regional System”, A.A.A.G., 55, 470-471.
- Kato, H., 1983, “Environmental regionality in Hokkaido as revealed by a Multivariate analysis of thermal climatic elements”, *Environmental Sci*, Hokkaido, 6, (2), 319 - 349.
- Leung, Lai-Yung and Gerald, N.R., 1990, “Information theory and climatic prediction”, *J. Climatic*, 3, 5-14.
- Pan, G. C., 1995, “Related information measures for the associations of Earth science variables”, *Mathematical Geology*, 27(5), 609-632.
- Peschel, G. and M. Mocosch, 1991, “Interrelations between Geostatistics and Information theory and their practical use”, *Mathematical Geology*, 23(1), 3-7.
- Randolph, J. C. and Lee, Jae K. 1993, “Climate change effects on forest of the eastern United States”, In: GIS Applications in Natural Resource 2, Michael Heit, H. Dennison Parker and Art Shortreid(eds.), GIS World Books, Colorado, 399 - 407.
- Rizzo, B. and E. Wiken., 1992, “Assessing the sensitivity of Canada’s ecosystems to climatic change”, *Climate Change*, 21, 37 - 55.

Singh, V. P., 1987, "On derivation of the extreme value(EV) type III distribution for low flows using entropy", *Hydrol. Sci. Jour.*, 32, 521-533.

Yoshino, M. M., 1981, "Climatic division in Japan", *Saigai no Kenkyu*, Fire and marine insurance rating association of Japan, 12, 51.