

다변량 분석을 이용한 권역별 대표확률강우강도식의 유도

A Derivation of Regional Representative Intensity-Duration-Frequency Relationship Using Multivariate Analysis

이 정 식* / 조 성 근** / 장 진 욱***
Lee, Jung Sik / Cho, Seong Geun / Jang, Jin Uk

Abstract

This study is to derive the rainfall intensity formula based on the representative probability distribution using multivariate analysis in Korea. The annual maximum rainfall data at 57 stations having more than 30years long records were used for 12 durations(10min, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24hr). 50 rainfall characteristics elements are analyzed from the collected data. The widely used 14 probability distributions are applied to the basic data in hydrologic frequency analysis. The homogeneous tests(principal component and cluster analysis) are applied to find the rainfall homogeneity. The results of this study are as followings; (1) The homogeneous test shows that there is no appropriate representative distribution for the whole duration in Korea. But hydrological homogeneous regions of point rainfall could be divided by 5 regions. (2) The GEV distribution for zones I, III, IV, V and the Gumbel distribution for zone II are determined as the representative probability distribution. (3) Comparative analysis of the results shows that the probable rainfalls of representative zones are different from those of existing researches. (4) Rainfall intensity formulas are determined on the basis of the linearization technique for the probable rainfall.

key words : homogeneity test, multivariate analysis, representative probability distribution, rainfall intensity formula

요 지

본 연구에서는 우리나라 강우에 다변량 분석기법을 적용하여 대표확률분포형을 결정하고, 결정된 대표확률분포형으로부터 확률강우강도식을 유도하였다. 강우자료는 30년 이상의 연최대강우자료로서 12개의 지속기간(10분, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24시간)과 50개의 강우특성인자를 적용하였다. 확률분포형은 빈도해석에 널리 사용되는 14개 분포형을 사용하였으며, 전 지역의 강우 동질성을 검정하는 방법으로 주성분분석과 군집분석을 실시하였다. 본 연구의 수행으로 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 우리나라 전역을 대표할 수 있는 적정 분포형을 선정할 수는 없었으나, 수문학적 동질성이 인정되는 5개의 권역으로 구분하였다. 둘째, I, III, IV, V 권역은 GEV 분포, II 권역은 Gumbel 분포가 대표적정분포형으로 선정되었다. 셋째, 대표적정분포형에 의한 확률강우량은 기존 연구들과 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 넷째, 대표적정분포형으로부터 얻어진 확률강우량을 이용하여 대표확률강우강도식을 유도하였다.

핵심용어 : 동질성 검정, 다변량 분석, 대표확률분포형, 확률강우강도식

* 정희원 · 금오공과대학교 토목환경공학부 교수 (e-mail: jungsik@kumoh.ac.kr)

** 정희원 · 금오공과대학교 토목공학과 박사과정

*** 정희원 · 금오공과대학교 토목공학과 박사과정

1. 서론

수공구조물의 설계시 설계기준으로 널리 이용되는 것은 확률강우량으로서 장·단기 수자원계획과 수공구조물의 설계를 위하여 매우 중요하다고 할 수 있으나, 현재 사용되는 지점 빈도해석은 강우자료의 자료년수 부족문제, 예기치 않은 결측으로 인하여 발생하는 강우자료의 시계열성 결여 등의 자료수집과정과 미계측 지점일 경우 인접지역 자료를 분석하는 과정 등의 여러 문제로 인하여 확률강우량의 산정시 정확도에 문제가 발생시킬 수 있다(이동진과 허준행, 2001). 확률강우량을 산정하는 빈도해석에 있어 지역 빈도해석은 이러한 문제점들을 해결하기 위해 제안된 방법으로, 우리나라와 같이 강우자료의 기록년수가 100년 미만인 경우에 지점빈도해석을 통해 산정된 재현기간 100년 이상인 확률강우량의 신뢰도가 떨어지는 단점을 보완할 수 있다(Institute of Hydrology, 1999). 지역빈도해석을 위해서는 수문학적 동질성을 갖는 지점강우들의 권역화가 수행되어야 하며(Hosking과 Wallis, 1993), 동질지역의 경계설정에는 해당 지점의 환경을 잘 반영한 대상을 선정, 통계적인 절차에 의하여 산정되는 수치를 임계치로 사용하게 된다. 임계치 산정에는 다양한 기법들이 사용되고 있으며, 최근에는 해당 지점의 특정 항목만을 대상으로 하여 경계를 설정하는 일변량 분석방법보다 기상 및 지형 등의 여러 특성인자들을 종합적으로 고려하여 보다 신뢰성 있는 동질성 검정방법인 다변량 분석방법을 사용하고 있다.

국내 수공학 분야에서 지점강우의 권역화에 대한 연구들로는 이재준 등(1981)이 지형학적, 수문학적인 기준에 따라 5개 권역으로 나누어 강수빈도 및 강우강도의 시공적 분포에 대한 연구를 수행하였고, 이원환 등(1993)은 강우강도비와 확률강우강도식의 지역계수인 n 값을 이용하여 권역화를 실시하였다. 신창동(1993), 이재준과 이정식(1999)은 비모수 검정방법인 Mann-Whitney 검정과 Kruskal-Wallis 검정을 이용하여 21개 지점에 대한 강우의 동질성을 검정하였고, 허준행 등(1999)은 강우비와 강우강도비를 통한 권역화를 시도하였다. 또한 박상우 등(2003)은 다변량 분석기법 중의 주성분분석과 군집분석을 이용하여 우리나라 기상청 산하 60개 지점에 대한 지점강우의 권역도를 제시하였으며, 김경덕 등(2003)은 지수홍수법과 Netmax 기법, 군집분석을 이용하여 우리나라 주요 수계의 강우자료에 관하여 지역빈도해석과 기법간 적용성을 검토하였다. 최근에는 허준행과 이정식

(2006)에 의하여 23개 강우특성인자들에 대한 동질성 검정 연구가 수행된 바 있다. 기존에 수행된 연구들을 살펴보면 전반적으로 일변량 자료인 강우자료를 이용하여 지역구분을 수행하였으며, 2000년 이후에 수행된 다변량 분석을 이용한 연구에서도 분석기법간의 적용성을 검토하거나 권역구분도를 제시하는 수준에서 마무리 되었다.

따라서 본 연구에서는 국내 57개 지점들에 대하여 50개의 특성인자들로 다변량 분석을 실시하고, 그 결과를 토대로 통계적 절차를 수행하여 수자원 실무에서 보다 효율적인 대표확률강우강도식을 제시하고자 한다. 연구진행은 국내 기상청 산하 57개 강우관측지점에서 12개 지속기간에 대한 연최대치 강우자료 및 해당 지점들의 특성을 대변할 수 있는 요소들을 다각적으로 수집하고, 수집한 강우자료를 14개 분포형에 대하여 적용하여 모수를 추정, 모수의 범위와 확률변수의 범위에 대한 적정성을 검토한다. 적정성이 인정되는 모수를 대상으로 적합도 검정을 실시하여 각 지점의 적정분포형을 선정하며, 지점특성인자들은 다변량 분석방법 중의 자료축약기법인 주성분 분석을 통하여 각 변수들이 갖는 정보들을 소수의 독립적인 새로운 변수(주성분)들로 생성, 군집분석으로부터 이들의 유사성 정도를 해석하고 수문학적 및 지형학적 요인을 고려하여 동질성을 갖는 지점강우의 권역을 분류한다. 검정결과, 우리나라에 대한 대표적정분포형을 선정할 수 없을 경우에는 강우 동질성이 인정되는 지점끼리 묶어 우리나라 전역을 강우 동질성이 있는 여러 개의 권역으로 구분하여 그 권역들의 대표적정분포형을 찾는다. 그리고 각 권역에 대하여 확률강우량을 산출하고 각 권역의 확률강우강도식을 유도하므로써 동일 권역내에 있는 미계측 지점에서의 설계강우량을 구할 수 있는 확률강우강도식을 제시하며, 국내에서 기 발표된 연구의 결과와 본 연구의 결과를 비교함으로써 본 연구결과의 타당성을 검토한다.

2. 분석이론

2.1 확률분포형

본 연구에서는 수문학 분야에서 널리 쓰이고 있는 다음과 같은 14개의 확률분포형을 사용하여 대표분포형을 결정하기로 한다.

- (1) Normal 분포
- (2) Lognormal 분포(2모수, 3모수)
- (3) Gamma 분포(2모수, 3모수)
- (4) Log-Pearson Type III 분포

- (5) Gumbel 분포
- (6) Log-Gumbel 분포 (2모수, 3모수)
- (7) Weibull 분포 (2모수, 3모수)
- (8) GEV 분포
- (9) Wakeby 분포(4모수, 5모수)

14개 분포형의 모수를 추정하기 위하여 모멘트법과 최우추정법 및 확률가중모멘트를 사용하기로 하며, 그 중에서 적합도가 가장 좋은 모수를 최종적으로 채택하기로 한다. 확률분포의 적합도는 기각력이 가장 뛰어난 PPCC 검정을 1순위로, 2순위로 χ^2 -검정, 3순위 및 4순위로 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정을 채택하였다.

2.2 동질성 검정

일반적으로 자료 상호간의 상관성 및 동질성 여부를 분석하기 위하여 사용되는 통계적 방법에는 단일 자료 간의 분석시에 사용하는 일변량 분석방법과 다수로 구성된 자료의 공간적 해석과 동질 자료간의 경계 설정에는 주성분분석과 군집분석 등의 다변량 분석방법이 적용되어 왔다.

2.2.1 주성분분석

주성분분석(principal component analysis)은 다변량으로 이루어진 자료로부터 소수의 특징적인 변수를 찾아서 결합한 후에 자료를 분석하는 기법이다. 즉, 해석하고자 하는 다차원의 자료를 포함된 정보의 손실을 가능한 한 적게 해서 2차원 또는 3차원의 자료로 축약하는 방법이다.

주성분분석은 식 (1)과 같은 선형모형으로 집약된다. X 는 원변수들의 행렬이며, 행은 n 개의 관찰단위, 열은 m 개의 변수로 이루어진다. p 는 변환상수 또는 주성분계수의 행렬로서 변수의 개수인 m 개의 행과 주성분의 개수인 k 개의 열로 구성되며, PC 는 n 개의 행과 k 개의 열로 이루어진 주성분점수 행렬이다.

$$PC = X \cdot p \quad (1)$$

식 (1)에서 주성분점수들로 이루어진 행렬 PC 는 각 관측단위와 주성분들의 관계정도를 나타내며, 이 행렬의 각 열의 분산을 고유값이라 한다. 또한 주성분계수들의 행렬 p 는 원변수들과 주성분들의 관계 정도를 나타내며, 이 행렬의 각 열을 고유벡터라고 한다. 주성분분석에서는 고유벡터가 주성분과 원변수 사이의 관계를 나타내는 숫자임에도 불구하고 수학적으로

추출된 숫자이므로 그 해석적 의미가 다분히 추상적일 수 있다. 따라서 추출된 주성분의 의미를 부여하기 위하여 고유벡터를 주성분과 원변수 사이의 상관계수로 변환할 수 있는데, 이를 부하라 하며, 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 식 (2)에서 l_{ik} 와 p_{ik} 는 각각 i 번째 원변수와 k 번째 주성분간의 부하 및 고유벡터이며, λ_k 는 k 번째 주성분의 고유값, a_{ii} 는 i 번째 원변수의 분산이다.

$$l_{ik} = p_{ik} \sqrt{\lambda_k} / \sqrt{a_{ii}} \quad (2)$$

2.2.2 군집분석

군집분석(cluster analysis)은 자료의 구조를 아는 유효한 수단으로서 그 자료를 구성하고 있는 관측대상을 어떠한 기준에 의하여 분류하는 방법을 말한다. 그 종류는 무엇을 기준으로 해서 자료를 분류하느냐에 따라서 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 관측대상간(혹은 속성간)에 정해지는 유사성(또는 거리)을 기초로 하나의 그룹으로, 전체를 몇 개의 그룹으로 분할하는 것이다. 둘째는 자료 및 그룹내의 분산개념을 기초로, 그룹간의 분리의 정도를 기준으로 해서 구분하는 것이다. 본 연구에서는 보다 실용적으로서 널리 통용되고 있는 전자의 방법으로 분석을 실시한다(노형진, 2005).

개체의 군집화를 위한 유사성 거리의 측정방법에는 주로 유클리드 거리 또는 유클리드 제곱거리가 이용된다. 두 개체의 변수값 차이를 제곱하여 합산한 값으로서 다차원 공간에서 통계적 직선 최단거리를 나타내는 유클리드 제곱거리는 식 (3)과 같다.

$$d(O_1, O_2) = \sum_{j=1}^m (X_{1j} - X_{2j})^2 \quad (3)$$

여기서 d 는 개체사이의 평균거리이며, O_i 는 i 번째 개체, X_{ij} 는 i 번째 개체의 j 번째 변수의 값이다.

2.3 확률강우량 산정

확률강우량 산정에는 빈도계수법과 각 확률분포형의 누가분포함수의 역함수를 이용하여 구하는 방법이 있다. 본 연구에서는 내삽으로 빈도계수를 산정하여 오차가 발생할 수 있는 빈도계수법 보다 추정된 모수를 이용하여 확률강우량을 산정하는 역함수법을 이용하기로 한다.

역함수법은 확률강우량을 누가분포함수의 역함수를 사용하여 구하는 방법으로, 확률분포형의 누가분포함

수는 확률변수 x 와 모수 θ 의 함수로 주어진다.

$$F(x) = fct(x, \theta) \quad (4)$$

여기서 누가분포함수 $F(x)$ 는 0에서 1사이의 값을 갖는 비초과확률(q)로서, 식 (4)를 확률변수 x 의 역함수로 구성하면 식 (5)와 같다.

$$x = fct^{-1}(q, \theta) \quad (5)$$

빈도해석에서 사용하는 역함수는 표 1과 같으며, Pearson Type III 분포와 Log-Pearson Type III 분포의 경우에는 확률분포형의 역함수를 구할 수 없으므로 수치계산에 의하여 확률강우량을 구해야 한다.

2.4 확률강우강도식의 유도

확률강우강도식은 강우강도-지속기간-재현기간 관계를 나타내는 식으로 이 식을 유도하기 위하여 전절에서 얻어지는 확률강우량을 제2의 자료로 변환하는 작업이 필요하다. 즉, 확률강우량을 강우강도로 변환시킨 후, 각 확률년별의 강우강도-지속기간 관계식을 선형화 기법을 이용하여 유도한다. 본 연구에서 적용한 강우강도식형으로는 Talbot, Sherman, Japanese, 일반형과 Semi-log형이며, 일반형은 식 (6), Semi-log형은 식 (7)과 같다.

$$I(t) = \frac{a}{t^n + b} \quad (6)$$

$$I(t) = a + \log(t) \quad (7)$$

여기서 $I(t)$ 는 강우강도(mm/hr), t 는 강우 지속기간(min)이며, a, b, n 은 각 지점(또는 지역)마다 산정되는 회귀상수이다. 특히 $n = 1$ 인 경우는 Talbot형에 해당되며, $b = 0$ 일 때는 Sherman형, $n = 0.5$ 일 때는 Japanese형이라 한다. 또한 n 이 정수 1이 아닌 실수일 경우에는 일반형이라 한다.

3. 적용 및 결과분석

3.1 기본자료

수문자료의 확률빈도를 통계적으로 해석하는 강우량의 기록년수는 일반적으로 30년 이상이므로 본 연구에서는 국내의 수문관측 실정을 감안하고 관측소의 분포를 고려하여 최소 30년 이상의 기록년수를 가지고 있는 57개 지점의 지속기간별 매년 최대치계열 강우자료를 이용하였다. 지속기간 10분, 1, 6, 24시간 강우자료는 기상청의 기상연보(1961~2005)를 이용하여 추출하였으며, 지속기간 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 18시간의 강우자료는 기상청 산하 각 관측소에서 매 시간 측정된 강우자료를 이용하여 연간 최대치를 추출하였다. 본 연구의 대상인 57개 관측소와 강우기록년수는 표 2와 같다. 다변량분석을 위한 강우특성자료는 강우의 양적인 요인 및 강우시간 및 시간적 집중특성 등의 시간적 요인과 지리적 요인 등 모두 50개의 변수를 적용하였으며, 강우특성별 변수는 표 3과 같다.

표 1. 확률분포형의 역함수

확률분포형	확률분포형의 역함수
Normal (N)	$K_T = (x_T - \bar{x}) / s$
Lognormal (LN)	$x_T = x_0 + \exp(\mu_y + u\sigma_y)$
Gamma (GAM)	수치 계산에 의해 구함
Log-Pearson Type-III (LPIII)	수치 계산에 의해 구함
Gumbel (GUM)	$x_T = x_0 - \alpha \ln[-\ln(1 - 1/T)]$
Log-Gumbel (LGU)	$x_T = x_0 + (\theta - x_0)[- \ln(1 - 1/T)]^{-1/\beta}$
Weibull (WBU)	$x_T = x_0 + \alpha [- \ln\{1 - (1 - 1/T)\}]^{1/\beta}$
GEV (GEV)	$x_T = x_0 + \frac{\alpha}{\beta} [1 - \{- \ln(1 - 1/T)\}^\beta]$
Wakeby (WKB)	$x_T = m + a [1 - \{1 - (1 - 1/T)\}^b] - c [1 - \{1 - (1 - 1/T)\}^{-d}]$

표 2. 관측지점의 기록년수 및 특성

지점명	지속기간	10분, 1, 6, 24시간		2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 18시간		지점명	지속기간	10분, 1, 6, 24시간		2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 18시간	
		기록기간	관측년수	기록기간	관측년수			기록기간	관측년수	기록기간	관측년수
090	속 초	'68~'05	38	'68~'05	38	211	인 제	'73~'05	33	'73~'05	33
100	대관령	'71~'05	35	'71~'05	35	212	홍 천	'73~'05	33	'73~'05	33
101	춘 천	'66~'05	40	'66~'05	40	221	제 천	'73~'05	33	'73~'05	33
105	강 릉	'65~'05	41	'61~'05	45	226	보 은	'72~'05	34	'73~'05	33
108	서 울	'65~'05	41	'61~'05	45	232	천 안	'72~'05	34	'73~'05	33
112	인 천	'65~'05	41	'61~'05	45	235	보 령	'72~'05	34	'73~'05	33
114	원 주	'71~'05	35	'71~'05	35	236	부 여	'73~'05	33	'73~'05	33
119	수 원	'65~'05	41	'64~'05	42	238	금 산	'72~'05	34	'73~'05	33
129	서 산	'68~'05	38	'68~'05	38	243	부 안	'73~'05	33	'73~'05	33
130	울 진	'71~'05	35	'71~'05	35	244	임 실	'72~'05	34	'73~'05	33
131	청 주	'67~'05	39	'67~'05	39	245	정 읍	'72~'05	34	'73~'05	33
133	대 전	'69~'05	37	'69~'05	37	247	남 원	'73~'05	33	'73~'05	33
135	추풍령	'65~'05	41	'61~'05	45	256	순 천	'72~'05	34	'73~'05	33
136	안 동	'73~'05	29	'83~'05	23	260	장 흥	'72~'05	34	'73~'05	33
138	포 황	'65~'05	41	'61~'05	45	261	해 남	'71~'05	35	'73~'05	33
140	군 산	'68~'05	38	'68~'05	38	262	고 흥	'72~'05	34	'73~'05	33
143	대 구	'65~'05	41	'61~'05	45	272	영 주	'72~'05	34	'73~'05	33
146	전 주	'65~'05	41	'61~'05	45	273	문 경	'72~'05	34	'73~'05	33
152	울 산	'65~'05	41	'61~'05	45	277	영 덕	'72~'05	34	'73~'05	33
156	광 주	'65~'05	41	'61~'05	45	278	의 성	'73~'05	33	'73~'05	33
159	부 산	'65~'05	41	'61~'05	45	279	구 미	'73~'05	33	'73~'05	33
162	통 영	'68~'05	38	'68~'05	38	281	영 천	'72~'05	34	'73~'05	33
165	목 포	'65~'05	41	'61~'05	45	284	거 창	'72~'05	34	'73~'05	33
168	여 수	'65~'05	41	'61~'05	45	285	합 천	'73~'05	33	'73~'05	33
170	완 도	'71~'05	35	'71~'05	35	288	밀 양	'73~'05	33	'73~'05	33
192	진 주	'70~'05	36	'69~'05	37	289	산 청	'72~'05	34	'73~'05	33
201	강 화	'72~'05	34	'73~'05	33	294	거 체	'73~'05	33	'73~'05	33
202	양 평	'72~'05	34	'73~'05	33	295	남 해	'72~'05	34	'73~'05	33
203	이 천	'72~'05	34	'73~'05	33	-	-	-	-	-	-

표 3. 강우특성별 변수명 및 변수설명

강우특성	변수명	갯수	변수설명
강우량	Yrain	1	연평균 강수량(Mean Annual Precipitation)
	RRP	1	우기(6월~9월)의 평균강우량(Rainfall of Rain-Period)
	Mean10m~Mean24H	12	12개 지속기간별 연최대강우량의 평균 (10분~24시간)
	Mmrt1~Mmrt12	12	월평균 강수량 합(1월~12월)
	Xsnow	1	최심적설량
	Xnsnow	1	최심신적설량
강우관련요인	MHU	1	연평균 습도(Mean Annual Humidity)
	Mdp0.1	1	연평균 강우일수(0.1mm이상)
	Mdp1.0	1	연평균 강우일수(1.0mm이상)
	Mmt1~Mmt12	12	월평균 강우지속기간
시간적 집중특성	R/R24	4	지속기간별(1, 4, 8, 12시간)평균강우량과 24시간 평균강우량의 비
지리적 요인	Ycor	1	위도(radian)
	Xcor	1	경도(radian)
	Zcor	1	해발(m)

표 4. 각 지점별 적정분포형 선정

지점명	적정분포형	지점명	적정분포형	지점명	적정분포형	지점명	적정분포형
속 초	GEV	군 산	GEV	홍 천	GUM	영 주	GEV
대 관 령	GEV	대 구	GEV	제 천	GEV	문 경	GEV
춘 천	GEV	전 주	GUM	보 은	GEV	영 덕	GUM
강 룡	GEV	울 산	GEV	천 안	GUM	의 성	GUM
서 울	GEV	광 주	GEV	보 령	GEV	구 미	GEV
인 천	GEV	부 산	GEV	부 여	GEV	영 천	GUM
원 주	GUM	통 영	GUM	금 산	GEV	거 창	GEV
수 원	GUM	목 포	GEV	부 안	GUM	합 천	GUM
서 산	GUM	여 수	GEV	임 실	GEV	밀 양	GEV
울 진	GEV	완 도	GEV	정 읍	GUM	산 청	GEV
청 주	GEV	진 주	GUM	남 원	GUM	거 제	GEV
대 전	GEV	강 화	GUM	순 천	GUM	남 해	GUM
추 풍 령	GEV	양 평	GUM	장 흥	GEV	X	
안 동	GEV	이 천	GEV	해 남	GEV		
포 향	GEV	인 제	GUM	고 흥	GEV		

3.2 지점적정분포형

본 연구에서는 지속기간에 따른 각 지점의 적정분포형을 선정하였으며, 확률분포의 적합도는 기각력이 가장 뛰어난 PPCC 검정을 1순위로, 2순위로는 χ^2 -검정, 3순위 및 4순위로 Kolmogorov-Smirnov 검정과 Cramer von Mises 검정을 채택하였다. χ^2 -검정과 Kolmogorov-Smirnov 검정의 유의수준은 5% 내에서 적합성을 검정하였으며, 적합도 검정결과 총 57개의 지점중 37개 지점의 적정분포형으로 GEV 분포가, 20개 지점의 적정분포형으로 Gumbel 분포가 선정되었다. 각 지점별 적정분포형은 표 4와 같다.

3.3 동질성 검정

본 연구결과 우리나라 전역에 대한 대표확률분포형을 결정할 수 없음을 확인하였다. 따라서 강우동질성이 인정되는 지점들을 권역으로 묶어 권역별 강우량에 대한 대표확률분포형을 결정하고자 한다. 대상지점들의 동질성 여부를 확인하기 위해 지점별 강우의 양적인 요인과 강우시간 및 시간적 집중특성 등의 시간적 요인, 지리적 요인 등 50개의 변수들을 다변량분석에 적용하여 동질성 검정을 실시하였다.

3.3.1 주성분분석

주성분분석은 다변량으로 이루어진 자료로부터 소수의 특징적인 변수를 찾아서 결합한 후에 자료를 분석하는 기법이다. 추출된 각 변수의 값들은 그 단위나 범위, 규모 등이 각기 다르기 때문에 주성분분석을 하기 전에 각 변수의 평균이 0, 분산이 1이 되도록 표준

화시켜 변수들의 척도를 동일하게 하여 변수간의 차이를 소거하였다.

표준화된 원변수의 상관계수행렬을 이용하여 원변수의 수만큼 주성분을 산출하였으며, 각 주성분의 고유값은 표 5와 같다. 중요주성분의 선택은 고유값이 1 이상인 성분만을 추출하는 최소 고유값 기준과 분산 비율법에 의한 누적분산비가 80%를 넘는 성분까지 취한다는 경험적 기준(박상우 등, 2003)을 적용하여 9개의 중요주성분이 선택되었다. 고유값은 각 주성분의 정보량을 나타내는 주성분 점수의 분산으로 제1주성분은 고유값이 16.168, 분산비가 32.336로 원변수에 대한 정보량을 가장 많이 함축하고 있으며, 이후로 갈수록 정보축약의 정도가 줄어드는 것을 알 수 있다.

3.3.2 군집분석

본 절에서는 지점강우를 몇 개의 권역으로 나누기 위해 주성분분석에서 산출한 9개의 주성분점수를 이용하여 군집분석을 실시하였으며, 다음의 결과들을 이용하여 그룹화를 실시하였다.

표 6은 대상지점의 일부인 9개 관측지점간의 유클리디안 거리행렬을 나타낸 것으로서, 거리행렬의 계수는 상이성의 크기를 나타내기 때문에 숫자가 작을수록 유사성이 높다고 해석할 수 있다. 따라서 수원과 인천지점은 0.864로 유사성이 높으며, 인천과 대관령은 60.732로 상대적으로 유사성이 낮다고 할 수 있다.

군집분석의 결과인 덴드로그램을 도시하면 그림 1과 같으며, 덴드로그램에서의 권역구분은 군집간 결합거리의 차가 큰 단계들 중 산맥 및 수계, 행정구역 등

표 5. 중요주성분의 고유값과 분산비

성분	초기 고유값		
	전체	분산(%)	누적(%)
1	16.168	32.336	32.336
2	9.366	18.733	51.069
3	6.0160	12.019	71.891
4	4.401	8.803	71.891
5	2.996	5.993	77.883
6	1.976	3.952	81.836
7	1.904	3.807	85.643
8	1.354	2.707	88.350
9	1.192	2.384	90.734
10	0.884	1.767	92.501
11	0.866	1.731	94.232
12	0.479	0.959	95.191
13	0.387	0.774	95.966
14	0.339	0.678	96.644
15	0.281	0.563	97.207

표 6. 관측대상간의 유클리디안 거리행렬

지점명	제공 유클리디안 거리								
	속초	대관령	춘천	강릉	서울	인천	원주	수원	서산
속초	-	51.337	23.850	1.820	23.118	16.900	24.518	16.717	15.342
대관령	51.337	-	44.505	52.691	57.445	60.732	49.756	52.049	51.442
춘천	23.850	44.505	-	28.210	8.494	7.838	6.804	6.817	8.462
강릉	1.820	52.691	28.210	-	28.682	23.578	28.573	22.972	22.437
서울	23.118	57.445	8.494	28.682	-	3.048	12.309	3.181	8.394
인천	16.900	60.732	7.838	23.578	3.048	-	7.405	0.864	4.628
원주	24.518	49.756	6.804	28.573	12.309	7.405	-	4.836	7.633
수원	16.717	52.049	6.817	22.972	3.181	0.864	4.836	-	3.655
서산	15.342	51.422	8.462	22.437	8.394	4.628	7.633	3.655	-

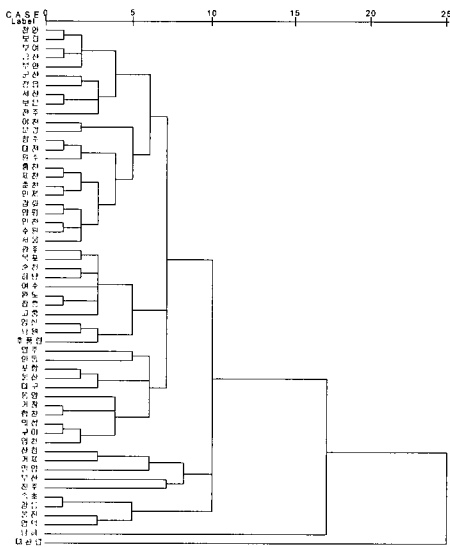


그림 1. 군집분석의 덴드로그램

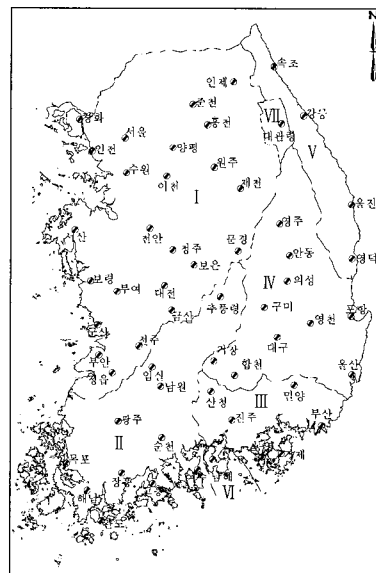


그림 2. 군집분석에 의한 권역구분도

의 지형학적인 요소들을 고려하여 결정하였다.

군집분석에 의한 지점강우에 대한 권역구분은 그림 2와 같으며, 그림 2를 살펴보면 권역구분은 크게 5개 권역과 지리적 강우특성이 인근 지역과 상당한 차이를 보이는 남해, 대관령 지점의 기타 2개 독립지점으로 구분되었다.

군집분석에 의한 각 권역별 주성분 평균값을 나타낸 표 7과 같으며, I 권역을 살펴보면 제3주성분이 0.6949로 제일 높게, 다음으로 제5주성분이 0.4040로 나타나 제3주성분이 가장 우세하며, 나머지 주성분은 상관율이 떨어지는 것으로 나타났다. 즉, I 권역의 지점들은 제3, 5주성분의 구성요소가 되는 연평균강우일수와 위도, 경도의 지리적 요인 등이 다른 지점들보다 상관성이 뛰어난 것으로 나타났다. II 권역을 살펴보면, 제4주성분이 0.8885로서 제일 높게, 다음으로 제1주성분이 0.4753로 나타나 제4주성분의 상관율이 가장 우세한 것으로 발생하였다. 즉, II 권역의 지점들은 제4, 1주성분의 구성요소가 되는 시간적 집중특성 요인의 일부인 24시간 강우에 대한 1시간 강우의 비와 월평균 강수량 합 등의 요인과 제1주성분의 구성요소가 되는 연평균 강수량과 우기의 평균강우량, 월평균 강수지속기간과 월평균강수량의 합, 적설량 등의 요인들이 다른 지점들보다 상관성이 뛰어난 것으로 나타났다. III 권역을 살펴보면 제2주성분이 1.3212로서 제일 높게, 제1주성분이 0.8337로 나타나 제2주성분의 상관율이 가장 우세한 것으로 발생하였다. 즉, III 권역의 지점들은 제2, 1주성분의 구성요소가 되는 12개 지속기간별 연최대강우량의 평균과 연평균 강수량과 우기의 평균강우량, 월평균 강수지속기간과 월평균강수량의 합, 적설량 등의 요인들이 다른 지점들보다 상관성이 뛰어난 것으로 나타났다. IV 권역은 제7주성분이 0.7451, 다음으로 제6주성분이 0.4587로 나타나 제7주성분의 상관율이 가장 높게 발생하였다. 즉, IV 권역의 지점들은 제7, 6주성분의

구성요소가 되는 시간적 집중특성 요인의 24시간 강우에 대한 1, 4시간 강우의 비와 지속기간 4시간의 연최대강우량의 평균, 월평균 강수량의 합 등의 요인에서 다른 지점들보다 상관성이 뛰어난 것으로 나타났다. V 권역의 경우에는 제9주성분이 1.2912로서 제일 높게, 다음으로 제6주성분이 0.8037로 나타나 제9주성분의 상관율이 가장 우세한 것으로 발생하였다. 즉, V 권역의 지점들은 제9, 6주성분의 구성요소가 되는 위도, 경도의 지리적 요인과 시간적 집중특성 요인의 24시간 강우에 대한 8, 12시간 강우의 비 등의 요인에서 다른 지점들보다 상관성이 뛰어난 것으로 나타났다. 기타 지점으로 남해지점은 제5주성분이 3.9380, 제4주성분이 1.8480으로, 대관령 지점은 제5주성분이 2.4139, 제7주성분이 1.4168로 발생하여 지리적 강우특성 요인 등이 인근 지역과 상당한 차이를 보여 기타 독립지점으로 구분하였다.

3.4 대표확률분포형의 선정

동질성 검정 결과를 토대로 강우동질성이 인정되는 지역들을 구분한 권역에 따라 해당 권역을 대표하는 최적분포형을 선정하여 제시하였다. 권역대표분포형 설정기준은 각 지점의 최적분포형과 2순위, 3순위의 분포형을 기본자료로 하여 각각의 순위에 가산점(1순위:3점, 2순위:2점, 3순위:1점)을 주어 가장 많은 점수를 얻은 분포를 그 권역의 대표확률분포형으로 채택하였다.

권역별로 합산한 가산점수를 내림차순으로 정렬하면 표 8과 같으며, 괄호안은 가산점수를 말한다. 표 8을 살펴보면 II 권역은 Gumbel 분포, 그 외의 권역에서는 GEV 분포가 우세하여 대표적정분포형으로 선정하였다. 지속기간별로 전체 57개 지점에 대한 강우동질성은 성립되지 않았지만, 강우동질성이 인정되는 권역들에 대한 대표적정분포형이 GEV 분포와 Gumbel 분포가 선정되었으며, 향후 지점 및 자료가 보완이 된

표 7. 각 권역별 주성분 평균값

권역	제1주성분	제2주성분	제3주성분	제4주성분	제5주성분	제6주성분	제7주성분	제8주성분	제9주성분	
I	-0.3926	0.1181	0.6949	-0.1905	0.4040	-0.0441	-0.1746	0.1378	0.2887	
II	0.4753	0.3318	0.0192	0.8885	-0.6344	-0.8208	0.0437	0.2691	-0.3839	
III	0.8337	1.3212	-1.1488	-0.0856	-0.1760	0.3365	-0.0043	-0.2462	0.0693	
IV	-0.8105	-0.3748	-0.6645	-0.2883	-0.3432	0.4587	0.7451	-0.3277	-0.6876	
V	0.6558	-1.9798	-0.5448	-0.5998	-1.1455	0.8037	-1.2886	-0.4513	1.2912	
기 타	VI	0.3224	-0.2433	-2.6362	1.8480	3.9380	0.3449	0.0213	0.7578	1.5951
	VII	4.315	-2.4996	1.4651	-1.2541	2.4139	-0.0799	1.4168	-0.4658	-3.0068

표 8. 총 지속기간에 대한 분포형의 가산점수합

권역	총 지속기간에 대한 분포형의 가산점수합					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	
I	GEV(469)	GUM(387)	GAM3(305)	GAM2(118)	WBU3(116)	
II	GUM(236)	GEV(231)	GAM3(133)	GAM2(73)	WBU3(27)	
III	GEV(190)	GAM(94)	GUM(89)	GAM2(32)	WBU3(3)	
IV	GEV(263)	GUM(158)	GAM3(126)	GAM2(40)	WBU3(39)	
V	GEV(123)	GUM(65)	WBU2(41)	GAM2(12)	WBU3(3)	
기타	VI(남해)	GUM(32)	GAM3(17)	GEV(11)	GAM2(11)	WBU3(7)
	VII(대관령)	GEV(33)	GUM(7)	GAM3(3)	WBU3(3)	WBU2(7)

다면 전체 지점에 대한 대표확률분포형도 가능하리라 판단된다.

3.5 대표확률강우강도식의 유도

본 연구에서는 대표확률강우강도식을 유도하기 위해 선형화 기법을 응용하였으며, 지속기간과 강우강도가 반비례하는 관계를 바탕으로 강우강도식을 유도하였다. 현재 일반적으로 사용하는 Talbot, Sherman, Japanese, Semi-log, 일반형의 강우강도식을 적용하여 가장 작은 편차의 확률강우강도식을 제시하였다. 강우강도식을 유도하는 과정에서 회귀식의 적합도를 높이기 위하여 각 지속기간을 기준으로 장기간과 단기간으로 회귀분석을 실시하였으며, 여기서 편차의 제공함이 가장 작게 나타나는 경우의 지속기간을 장단기 구분시간으로 하여 확률강우강도식을 결정하였다. 전체 권역에서 보면 지속기간 120분에서 편차의 제공함이 가장 작게 나타났으며, 이에 따라 본 연구에서는

지속기간 120분을 기준으로 강우강도식을 장단기간으로 구분하여 강우강도식을 유도하였다.

따라서 우리나라의 확률강우강도식 산정시 강우지속기간의 장단기간의 구분은 전반적으로 120분을 기준으로 하여도 적절한 것으로 판단된다. 장기간과 단기간으로 구분을 하여 제시한 단시간 확률강우강도식은 표 9이며, 장시간 확률강우강도식은 표 10과 같다.

4. 비교고찰

4.1 확률분포형의 비교

본 연구에서는 기존의 연구결과와 본 연구에서 얻어진 결과를 토대로 적용 대상지점에 대하여 적정분포형을 비교·분석하였으며, 본 연구에서 구한 적정분포형과 서울지방의 지속기간 10분, 1시간, 6시간, 24시간의 적정분포형을 비교하여 나타낸 것은 표 11과 같다.

표 9. 대표권역별 확률강우강도식(단시간)

권역명	확률강우강도식(10분~2시간)							
	2년	5년	10년	20년	30년	50년	100년	200년
I 권역	$\frac{1113.72}{t^{0.72} + 6.75}$	$\frac{1365.37}{t^{0.71} + 6.48}$	$\frac{1467.82}{t^{0.69} + 6.06}$	$\frac{1526.54}{t^{0.66} + 5.56}$	$\frac{1543.33}{t^{0.65} + 5.25}$	$\frac{1548.45}{t^{0.63} + 4.85}$	$\frac{1530.11}{t^{0.60} + 4.27}$	$\frac{1482.26}{t^{0.57} + 3.69}$
편차	3.38	4.51	5.18	5.74	6.03	6.36	6.71	6.95
II 권역	$\frac{1205.32}{t^{0.71} + 8.17}$	$\frac{1396.01}{t^{0.71} + 7.42}$	$\frac{1540.79}{t^{0.70} + 7.17}$	$\frac{1566.06}{t^{0.69} + 6.21}$	$\frac{1751.12}{t^{0.68} + 6.85}$	$\frac{1850.34}{t^{0.68} + 6.75}$	$\frac{1989.45}{t^{0.67} + 6.66}$	$\frac{2124.12}{t^{0.67} + 6.56}$
편차	3.72	4.84	5.60	5.49	6.72	7.23	7.95	8.63
III 권역	$\frac{783.28}{t^{0.65} + 4.84}$	$\frac{956.57}{t^{0.62} + 4.51}$	$\frac{1080.05}{t^{0.61} + 4.38}$	$\frac{1214.64}{t^{0.60} + 4.34}$	$\frac{1300.95}{t^{0.60} + 4.34}$	$\frac{1411.89}{t^{0.60} + 4.35}$	$\frac{4566.48}{t^{0.60} + 4.35}$	$\frac{1736.02}{t^{0.61} + 4.37}$
편차	2.97	4.05	4.73	5.41	5.81	6.29	6.93	7.56
IV 권역	$\frac{784.39}{t^{0.70} + 5.03}$	$\frac{1102.73}{t^{0.71} + 5.44}$	$\frac{1337.33}{t^{0.72} + 5.76}$	$\frac{1604.03}{t^{0.73} + 6.22}$	$\frac{1775.52}{t^{0.73} + 6.52}$	$\frac{2025.88}{t^{0.74} + 7.02}$	$\frac{2425.22}{t^{0.75} + 7.86}$	$\frac{2930.17}{t^{0.77} + 8.94}$
편차	2.28	3.18	3.85	4.61	5.09	5.80	6.92	8.28
V 권역	$\frac{512.06}{t^{0.63} + 3.58}$	$\frac{712.55}{t^{0.63} + 4.09}$	$\frac{829.62}{t^{0.62} + 4.22}$	$\frac{931.39}{t^{0.61} + 4.28}$	$\frac{977.91}{t^{0.60} + 4.20}$	$\frac{1022.53}{t^{0.59} + 4.07}$	$\frac{1065.77}{t^{0.56} + 3.80}$	$\frac{1070.74}{t^{0.53} + 3.38}$
편차	1.74	2.64	3.28	3.97	4.33	4.80	5.39	5.86

표 10. 대표권역별 확률강우강도식(장시간)

권역명	확률강우강도식(2시간~24시간)							
	2년	5년	10년	20년	30년	50년	100년	200년
I 권역	$\frac{2545.85}{t^{0.84} + 37.00}$	$\frac{2831.40}{t^{0.81} + 29.11}$	$\frac{2948.38}{t^{0.79} + 24.53}$	$\frac{3072.48}{t^{0.77} + 21.25}$	$\frac{3123.96}{t^{0.76} + 19.42}$	$\frac{3211.62}{t^{0.75} + 17.61}$	$\frac{3349.93}{t^{0.74} + 15.64}$	$\frac{3654.88}{t^{0.73} + 15.16}$
편차	0.44	0.53	0.58	0.69	0.82	1.07	1.57	2.14
II 권역	$\frac{1534.72}{t^{0.77} + 19.27}$	$\frac{2599.86}{t^{0.79} + 30.66}$	$\frac{3574.64}{t^{0.91} + 40.27}$	$\frac{4264.74}{t^{0.81} + 48.28}$	$\frac{5151.85}{t^{0.83} + 52.38}$	$\frac{5906.09}{t^{0.84} + 57.17}$	$\frac{6913.94}{t^{0.84} + 62.55}$	$\frac{7962.68}{t^{0.85} + 67.58}$
편차	0.54	0.90	1.18	1.62	1.64	1.85	2.12	2.40
III 권역	$\frac{4209.53}{t^{0.89} + 80.12}$	$\frac{5773.01}{t^{0.89} + 80.95}$	$\frac{6114.47}{t^{0.87} + 71.34}$	$\frac{6079.13}{t^{0.85} + 60.18}$	$\frac{5958.96}{t^{0.84} + 53.88}$	$\frac{5647.50}{t^{0.82} + 45.45}$	$\frac{5133.18}{t^{0.78} + 35.26}$	$\frac{4537.04}{t^{0.75} + 26.38}$
편차	0.66	1.08	1.33	1.56	1.68	1.82	2.07	2.46
IV 권역	$\frac{2425.66}{t^{0.86} + 50.27}$	$\frac{3349.78}{t^{0.85} + 56.40}$	$\frac{3796.36}{t^{0.84} + 56.13}$	$\frac{4085.95}{t^{0.83} + 53.60}$	$\frac{4188.61}{t^{0.82} + 51.35}$	$\frac{4207.44}{t^{0.80} + 47.22}$	$\frac{4081.91}{t^{0.78} + 40.44}$	$\frac{3742.93}{t^{0.74} + 32.20}$
편차	0.85	1.46	1.77	1.97	2.05	2.09	2.07	2.03
V 권역	$\frac{1631.28}{t^{0.78} + 36.17}$	$\frac{2402.12}{t^{0.78} + 45.14}$	$\frac{2368.44}{t^{0.75} + 36.15}$	$\frac{2105.51}{t^{0.70} + 25.16}$	$\frac{1885.97}{t^{0.68} + 19.00}$	$\frac{1580.46}{t^{0.63} + 12.22}$	$\frac{1215.08}{t^{0.58} + 5.81}$	$\frac{2181.62}{t^{0.63} + 13.44}$
편차	0.37	0.89	1.03	0.93	0.81	0.92	1.98	2.55

표 11을 살펴보면 1999년 이후의 연구결과에서 새로운 확률분포형 이론과 적정분포형 선정방법들이 추가로 적용되었으며, 추가 적용된 분포형들이 각 지점의 적정분포형으로 설정된 것은 기존의 연구보다 강우자료의 충분한 확보와 보다 다양한 분포형의 적용 및 적합도 검정을 사용한 복합적인 요인에 의한 것으로 판단된다.

본 연구의 결과에 의하면, 우리나라의 연최대치 강

우사상은 GEV 분포와 Gumbel 분포가 적합한 것으로 나타났으며, 확률강우량 산정을 위한 분포형의 설정은 본 연구의 목적처럼 전국에 걸쳐 동일한 분포로 선정하는 것이 좋으나 강우사상의 시공간적인 변화와 급격한 도시화로 인해 강우동질성이 결여되어 동일한 분포로 취급하는 것은 무리였다. 그러나 강우동질성이 보이는 인접 지역끼리 묶어 권역을 나누었을 때 그 권역에서는 권역 대표확률분포형을 결정할 수 있었다.

표 11. 지속기간별 서울지방의 적정분포형 비교

지 점 명	연구 자	지 속 기 간			
		10 분	1 시간	6 시간	24 시간
서울	이원환과 이길춘(1971)	3RN	3RN	3RN	3RN
	이 원 환(1974)	LN2	LN2	2RN	3RN
	이 원 환(1977)	-	-	-	2RN, 4RN
	이 원 환(1987)	LN2	LN2	5RN	LN3
	이원환과 박상덕(1992)	LN3	5RN	LN3	LPⅢ
	신 창 동(1993)	WEI3	WEI3	WEI3	LPⅢ
	허준행 등(1999)	GEV	GEV	GEV	GEV
	이재준과 이정식(1999)	WEI3	2RN	GEV	GEV
	이재준 등(2000)	GUM	GUM	GUM	GUM
	건교부(2000)	GEV	GEV	GEV	GEV
본 연구	지 점	GEV	GEV	GEV	GEV
	권 역	GEV	GEV	GEV	GEV

단, 2RN : 2승근 변수변환 Normal 분포, 3RN : 3승근 변수변환 Normal 분포

4RN : 4승근 변수변환 Normal 분포, 5RN : 5승근 변수변환 Normal 분포, GUM : Gumbel 분포

LN2 : 2모수 Lognormal 분포, LN3 : 3모수 Lognormal 분포, WEI3 : 3모수 Weibull 분포

LPⅢ : Log-Pearson Type III 분포

표 12. 서울·부산지점의 지속기간 10분의 확률강우량 비교

(단위 : mm)

지 점 명	연구 자	재 현 기 간 (년)							
		2	5	10	20	30	50	100	200
서울	이원환(1967)	15.7	22.9	27.9	32.9	35.8	39.5	44.6	-
	건설부(1974)	14.1	21.0	25.5	29.9	32.4	35.6	38.6	43.9
	손광익(1981)	14.2	20.3	24.3	28.1	30.2	32.8	36.3	39.8
	이원환과 박상덕(1992)	16.6	22.9	27.4	31.9	34.6	38.0	42.7	47.7
	신창동(1993)	17.2	21.4	23.6	25.4	26.3	27.4	28.8	30.0
	이재준과 이정식(1999)	17.8	22.5	24.9	26.7	27.6	28.6	29.7	30.7
	건교부(2000)	14.3	20.7	25.0	29.1	31.5	34.4	38.4	42.4
	본 연구	17.3	21.7	24.0	25.9	26.8	27.8	28.9	29.9
부산	이원환(1967)	13.8	18.2	21.1	23.9	25.5	27.5	30.2	-
	건설부(1974)	12.7	17.5	20.3	23.3	24.9	27.0	29.9	32.7
	손광익(1981)	13.2	17.7	20.7	23.6	25.2	27.2	30.0	32.7
	신창동(1993)	14.5	20.9	25.0	29.1	31.6	34.7	39.2	43.9
	이재준과 이정식(1999)	15.2	21.0	24.9	28.6	30.7	33.3	36.7	40.0
	건교부(2000)	13.1	18.7	22.4	25.9	28.0	30.6	34.0	37.5
	본 연구	15.5	20.2	23.8	27.7	30.1	33.4	38.2	43.5

4.2 확률강우량의 비교

본 절에서는 최근의 강우자료를 포함하여 선정환 적정분포형과 기존의 연구결과에 의한 확률강우량을 비교하였으며, 서울과 부산지점의 지속기간 10분의 확률강우량 비교를 표 12에 수록하였다.

표 12를 살펴보면 기존의 연구와 확률강우량의 차이가 있음을 알 수 있으며, 이는 적용한 강우자료수와 강우량에서 차이가 발생하여 모수와 적정분포형이 변화하여 발생한 것으로 판단된다. 기존의 연구중 가장 최근에 수행된 건교부(2000)의 연구와 비교해 보면, 본 연구와 건교부(2000)의 연구는 자료년수에서 차이가 나타났으며, 적정분포형 선정에서도 건교부(2000)의 연구는 지점적정분포형인 GEV 분포가 아닌 전국에 걸쳐 단일화된 대표분포형인 Gumbel 분포를 적용하여 본 연구의 GEV 분포와 상이함을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 수자원 계획과 수공구조물 설계를 위한 설계수문량 산정을 위하여 최근의 보충된 자료와 상호간의 통계적인 동질성 검정 및 객관성이 있는 다수의 적합도 검정을 통하여 우리나라 강우량에 대한 대표확률분포형을 결정하고 결정된 대표확률분포형에 따라 산출된 확률강우량을 이용하여 확률강우강도식을 유도한 것으로서, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 주성분분석에서 산출된 지점별 주성분 점수를 이용한 군집분석은 강우지점간의 수문학적 동질성 파악을 위한 지점간 강우정보의 유사성을 합리적이고 효율적으로 분석할 수 있게 하였으며, 군집분석의 결과로부터 지형학적 영향을 고려한 지점강우의 권역화는 우리나라의 강우지역을 5개의 권역과 2개의 기타지점으로 분류하였다.
- (2) 5개의 권역에 대한 각각의 대표확률분포형은 I, III, IV, V 권역은 GEV 분포, II 권역에는 Gumbel 분포가 적합한 것으로 나타났다.
- (3) 각 권역의 대표확률분포형으로부터 각 지속기간 및 재현기간별 확률강우량을 산정하였고 이를 확률강우강도로 변환한 후, 일반강우강도식형으로 회귀분석을 실시하여 대표확률강우강도를 제시하였다.
- (4) 권역별로 산정된 대표확률분포형과 기존의 확률분포형을 비교했을 때 다소의 차이가 발생하였으며, 이는 자료년수와 강우량특성이 반영되었다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의해서 연구된 논문으로 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (2000), 한국 확률강우량도 작성. 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서. 제1권, pp. 29~98.
- 건설부 (1974), 하천조사서.
- 기상청 (1961~2005), 기상연보.
- 김경덕, 김지훈, 허준행 (2003), 지수홍수법과 Netmax 자료를 이용한 지역 빈도해석, 대한토목학회 학술발표회 개요집, 대한토목학회, pp. 2047~2049.
- 노형진 (2005), Excel 및 SPSS를 활용한 다변량분석 이론과 실제, 형설출판사, pp. 450~478.
- 박상우, 전병호, 장석환 (2003), 다변량분석기법에 의한 지점강우의 권역화 연구, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제36권, 제5호, pp. 879~892.
- 손광익 (1931), 우리나라 확률강우량 산정에 관한 수문학적 연구, 석사학위논문, 연세대학교 대학원.
- 신창동 (1993), 우리나라 강우의 적정분포형 결정에 관한 연구, 석사학위논문, 금오공과대학교 대학원.
- 이동진, 허준행 (2001), L-모멘트법을 이용한 한강 유역 일강우량자료의 지역빈도해석, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제34권, 제2호, pp. 119~130.
- 이재준, 손광익, 이원환 이길춘 (1981), 강우빈도 및 강우강도의 시공간적 분포에 관한 연구, 한국수문학회지, 한국수문학회, 제14권, 제4호, pp. 53~72.
- 이재준, 이정식 (1999), 우리나라 도시배수시스템 설계를 위한 확률강우강도식의 유도, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제32권, 제4호, pp. 403~415.
- 이재준, 이정식, 김병일, 박종영 (2000), 대표확률분포형에 의거한 권역별 확률강우강도식의 유도, 한국수자원학회 학술대회지, 한국수자원학회, pp. 124~129.
- 이원환 (1967), 국내 지역별 강우특성과 확률강우량 산정에 관한 연구, 대한토목학회지, 대한토목학회, 제15권, 제3호, pp. 28~38.
- 이원환 (1974), 우리나라 지점강우의 수문통계적 특성에 관한 연구, 대한토목학회지, 대한토목학회, 제22권, 제1호, pp. 63~82.
- 이원환 (1977), 한국 확률강우강도 작성을 위한 수문학적 연구, 한국수문학회지, 한국수문학회, 제10권, 제1호, pp. 39~51.
- 이원환, 이길춘 (1971), 우리나라 지점우량자료의 분포형 설정에 관한 연구(其1), 대한토목학회지, 대한토목학회, 제19권, 제1호, pp. 28~40.
- 이원환, 이길춘 (1971), 우리나라 지점우량자료의 분포형 설정에 관한 연구(其2), 대한토목학회지, 대한토목학회, 제19권, 제2호, pp. 19~28.
- 이원환 (1987), 한국 확률강우량도 작성을 위한 수문해석기법, 한국수문학회지, 한국수문학회, 제20권, 제2호, pp. 139~150.
- 이원환, 박상덕 (1992), 서울지방의 통합형 확률강우강도식, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제12권, 제4호, pp. 135~143.
- 이원환, 박상덕, 최성열 (1993), 한국 대표확률강우강도식 유도, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제13권, 제1호, pp. 115~120.
- 허준행, 김경덕, 한정훈 (1999), "지속기간별 강우자료의 적정분포형 선정을 통한 확률강우강도식의 유도." 한국수자원학회논문집, 제32권, 제3호, 한국수자원학회, pp.247~254.
- 허준행, 이정식(2006), 도시지역의 확률강우량 산정, 도시홍수 재해관리 기술보고서 FFC05-07.
- Hosking, J.R.M., and Wallis, J.R. (1993), *Some Statics useful in Regional Frequency Analysis*. Water Resources Research, Vol. 29, No. 2, pp.271~281.
- Institute of Hydrology (1999), *Flood Estimation Handbook*, Institute of Hydrology, Wallingford, UK.

© 논문접수일 : 2007년 03월 12일

© 심사의뢰일 : 2007년 03월 14일

© 심사완료일 : 2007년 05월 08일