

고차확률가중모멘트법에 의한 지역화빈도분석과
GIS기법에 의한 설계강우량 추정(I)
- 동질성의 지역구분 방법을 중심으로 -

Estimation of Design Rainfall by the Regional Frequency Analysis
using Higher Probability Weighted Moments and GIS Techniques(I)

- On the method to identify homogeneous regions -

이	순	혁*	· 박	중	화*	· 류	경	식**
Lee,	Soon	Hyuk	· Park,	Jong	Hwa	· Ryoo,	Kyong	Sik
지	호	근**	· 전	택	기**	· 신	용	희**
Jee,	Hoo	Keun	· Jeon,	Taek	Ki	· Shin,	Yong	Hee

Abstract

It is matter of common knowledge to give impetus to the water resources development to cope with increasing demand and supply for the water utilization project including agricultural, living and industrial water owing to the economic and civilization development in recent years.

Regional design rainfall is necessary for the design of the dam, reservoir, levee and drainage facilities for the development of various kinds of essential waters including agricultural water. For the estimation of the regional design rainfall, classification of the climatologically and geographically homogeneous regions should be preceded preferentially.

This study was mainly conducted to derive the optimal regionalization of the precipitation data which can be classified by the climatologically and geographically homogeneous regions all over the regions except Cheju and Wulreung islands in Korea. A total of 65 rain gauges were used to regional analysis of precipitation. Annual maximum series for the consecutive durations of 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 and 72hr were used for various statistical analysis.

Both K-means clustering and mean annual precipitation methods are used to identify homogeneous regions all over the regions. Nine and five homogeneous regions for the precipitation were classified by the K-means clustering and mean annual methods, respectively. Finally, Five homogeneous regions were established by the trial and error method with homogeneity test using statistics of χ^2 distribution.

*충북대학교 농과대학

**충북대학교 대학원

키워드 : 강우관측소, 장·단기 강우특성,
변동계수 및 왜곡도계수 공간분산도,
연평균강우량, 동질성 검정

I. 서 론

댐이나 제방 등의 수리구조물은 홍수나 가뭄시 물을 저류하거나 하류로 방류하여 각종 산업용수의 공급은 물론 홍수 및 가뭄으로부터 인명과 재산 그리고 농경지 및 하류의 도시들을 보호해주는 대단히 중요한 시설이다. 이와 같은 수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수를 위해서는 신빙성 있는 빈도별 수문량, 즉 지속기간에 따른 빈도별 수문량의 제시가 매우 중요하다. 그러나, 우리나라는 대부분의 수리구조물의 설계제원이 해당 설계지점의 관측치가 없는 관계로 인근에 위치한 관측지점의 설계수문량을 그대로 사용하기 때문에 이의 신빙성이 낮은 것이 사실이다 (1997). 또한, 설계지점의 과거 수문관측자료를 사용하여 설계를 했을지라도 관측지점의 수문자료 확보 기간이 짧아 표본오차가 큰 관계로 이것 역시 설계제원으로 사용하기에는 부적절하다.

따라서, 본 연구에서는 보다 신빙성 있는 설계수문량을 제공하기 위하여 단기간의 홍수관측기록 등으로 인하여 신빙성이 결여된 부적절한 설계홍수량을 사용하는 대신에 우리나라 전역에 걸쳐 비교적 신빙도가 높은 기상청 산하 기상대 및 기상관측소의 자기강우기록치를 이용하여 지역별 지속기간별로 적절한 설계강우량을 산정하는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 우선적으로 강우의 장·단기 강우특성과 지리·지형학적 특성을 고려한 동성의 지역화를 시도하게 되며, 지역화된 지속기간별 극치강우량의 적정확률분포모형의 결정과 함께 확률분포모형의 매개변수 유도를 위한 확률가중모멘트의 선형조합인 L-모멘트법과 고차확률가중모멘트를 이용한 LH-모멘트법에 의해 각각 점빈도 및 지역빈도분석을 통한 지속기간에 따른 빈도별 설계강우량을 유도하고 이를 비교 분석하여 최적빈도분석 방법을 제시하게 된다. 그러므로 해서, 미관측 지점에 댐이나 하천제방과 같은 각종 수리구조물의 건설시 이용될 수 있는 신빙성 높은 설계강우량 산정 방법을 제시하고자 한다.

본 연구의 제 I 보에서는 강우의 장·단기 강우

특성과 지리·지형학적 특성을 고려한 강우의 동질성의 지역화를 시도한다. 그리고, 제 II 보에서는 확률가중모멘트의 선형조합인 L-모멘트법으로, 제 III 보에서는 고차확률가중모멘트인 LH-모멘트법에 의해 각각 지역화된 지속기간별 설계강우량을 유도하고 이들을 비교 분석함으로써 최종적으로 지역화된 적정 설계강우량을 이끌어 내하고자 한다.

II. 강우자료 및 분석방법

1. 강우자료

우리나라의 강우자료에 대한 지역화 분석을 시도하기 위해서는 신빙성 있는 강우자료를 수집하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청 산하 65개 기상대 및 기상관측소(이하 강우관측지점이라 한다.)를 대상 강우관측지점으로 선정하였으며, 관측된 일강우량 자료는 한국건설기술연구원의 수문 DB로부터 수집하였으며 지리학적 인자인 위도, 경도 및 표고는 기상연보 (1980~1998)에 수록된 자료를 이용하였다. 선정된 65개 강우관측지점에 대하여 지속기간이 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간인 연최대치 계열의 강우자료를 수집하여 시계열 자료로 구성하였다.

본 분석에서는 우리나라의 도서지방인 제주도와 울릉도를 제외한 내륙지방만을 분석 대상지역으로 설정하였다.

2. 분석방법

가. 강우의 지역화 빈도분석을 위한 강우관측지점의 선정

강우의 지역화 빈도분석에 의한 신빙성 있는 설계강우량을 유도하기 위하여 강우관측 자기기록치의 관리가 양호한 기상청 산하 65개 강우관측지점을 선정하였다.

나. 강우 지속기간별 시계열 구성

선정된 65개 강우관측지점들의 강우자료를 지속

시간 1, 3, 6, 12, 24, 26, 48 및 72 시간인 연최대 치계열 자료를 수집하여 시계열을 구성하였다.

다. K-means clustering 법에 의한 지역화 분석

전국 65개 강우관측지점의 연최대일강우량의 최고치, 평균치 및 표준편차와 같은 단기강우특성과 연평균강우량, 우기평균강우량과 같은 장기강우특성 등의 기후특성과 지리적인 위치인 위도, 경도 및 표고와 같은 지형적 특성을 변수화하여 지역화를 시도한다.

라. 강우관측지점들의 동질성 여부 분석

강우관측지점에서 연평균강우량의 변동계수와 왜곡도계수 및 지속기간별 연최대누강우량의 변동계수 및 왜곡도계수의 공간분산도에 의해 동질성 여부를 분석한다.

마. 연평균강우량법(mean annual precipitation, MAP)에 의한 지역화

전국 65개 강우관측지점들을 기상학적으로 동질성인 수개의 지역으로(climatologically homogeneous region, CHR) 구분한다.

바. K-means clustering 방법과 연평균강우량법에 의한 지역화 결과의 보완

K-means clustering 방법과 연평균강우량법에 의해 유도된 지역화 결과의 보완을 위해 최종적으로 시행착오법과 동질성 검정을 수행하여 적절한 지역화를 꾀한다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구에서는 강우관측지점의 지역화를 위해 전술한 바와 같이 2가지 방법을 사용하였다. 첫째는 K-means clustering 분석에 의한 방법이고 둘째는 강우관측지점별 연평균강우량(mean annual precipitation, MAP)을 변수로 하여 강우관측지점들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역(climatologically homogeneous region, CHR)으로 구분하는

방법이다.

1. K-means clustering 분석에 의한 지역화

지역화 분석을 위해 본 연구에서는 K-means clustering 법을 사용하였으며 이는 65개 강우관측지점에서 연최대일강우량의 최대치, 평균치 및 표준편차와 같은 단기강우특성, 연평균강우량과 우기평균강우량과 같은 장기강우특성 및 강우관측지점의 지리적 위치인 위도, 경도 및 표고와 같은 지형적 특성을 변수화하여 분석하는 방법이다.

K-means clustering 분석에 의한 지역화는 분석하고자 하는 강우관측지점들의 지역화의 갯수인 계수, K 를 정해 놓고 어느 한 지역에서 다른 지역으로 변량을 이동하면서 다음 식(1)의 오차 E 의 감소가 더 이상 없을 때까지의 군집(partition)을 형성한다.

$$E[P(n, K)] = \sum_j D(i, l_i)^2 \dots\dots\dots (1)$$

여기서, $E[P(n, K)]$ 는 n 개의 강우관측지점들에 P 개의 변수가 있다고 할 때 해당군집에서의 오차이며, l_i 는 강우관측지점 i 를 포함하는 지역을 나타내고 있다. $D(i, l_i)$ 는 강우관측지점 i 와 지역 l_i 평균간의 유클리드(Euclidean) 거리이며 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D(i, l_i) = \left\{ \sum_j [X(i, j) - \bar{X}(l_i, j)]^2 \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

여기에서, $X(i, j)$ 및 $\bar{X}(l_i, j)$ 는 각각 강우관측지점 i 의 변수 j 의 값 및 지역 l_i 내의 변수 j 의 평균값이다.

우기평균강우량은 일반적으로 6월부터 9월까지의 평균강우량을 의미하나, 호우기 장마로 인해 홍수피해가 빈번히 발생한다는 사실에 근거하여 본 분석에서는 실질적인 방재근무 기간인 6월 21일부터 9월 20일까지의 평균강우량을 대상으로 분

Table 1 Statistics for regional analysis of 65 stations

Station Number	Station	Annual maximum daily rainfall (mm)			Annual mean rainfall (mm)	Mean rainfall of rainy season (mm)
		Maximum	Mean	Standard deviation		
1	Sokcho	314.2	146.64	54.13	1,003.9	690.3
2	Cheolweon	268.1	136.04	53.76	1,320.9	818.5
3	Daekwanryeong	349.0	181.12	86.27	1,634.1	971.2
4	Chuncheon	308.5	132.26	55.88	1,045.0	833.5
5	Gangreung	297.5	140.20	66.40	980.0	682.6
6	Donghae	214.7	118.90	68.15	1,025.7	506.8
7	Seoul	332.8	149.90	63.94	1,092.1	880.0
8	Incheon	302.5	129.07	64.59	906.2	717.3
9	Weonju	250.5	128.01	42.71	1,272.6	844.5
10	Suweon	313.6	138.71	61.02	1,011.6	805.9
11	Seosan	236.1	116.07	43.50	916.4	672.8
12	Wuljin	279.0	104.69	62.23	860.2	482.6
13	Cheongju	293.0	115.12	50.97	948.4	712.8
14	Daejeon	303.3	125.88	52.99	1,061.9	778.0
15	Cupungryeong	215.4	104.61	39.76	846.7	631.0
16	Andong	129.0	94.01	21.34	917.7	565.8
17	Pohang	516.4	116.79	81.67	798.3	545.8
18	Gunsan	261.1	111.30	47.86	888.2	634.5
19	Daegu	225.8	97.61	44.82	771.3	565.8
20	Jeonju	232.1	109.40	42.16	938.7	699.3
21	Ulsan	417.8	132.29	72.94	919.7	632.9
22	Masan	264.5	141.21	53.25	1,329.9	728.0
23	Gwangju	335.6	124.81	56.14	972.0	718.3
24	Busan	439.0	144.75	72.47	1,042.7	712.9
25	Chungmu	340.5	135.46	57.74	1,002.0	656.2
26	Mokpo	394.7	115.21	58.66	762.7	539.5
27	Yeosu	267.6	133.02	47.44	1,001.7	694.0
28	Wando	257.7	141.78	53.07	1,226.4	659.6
29	Jinju	264.0	133.17	53.50	1,135.0	773.6
30	Ganghwa	481.0	173.00	81.86	1,100.4	835.9
31	Yangpyeong	346.0	134.01	67.95	1,080.4	836.3
32	Icheon	273.6	128.92	51.39	1,072.3	805.6
33	Inje	275.8	120.01	55.74	907.7	690.5
34	Hongcheon	276.0	126.84	56.32	1,066.8	814.4
35	Samcheok	307.5	136.38	69.73	866.3	570.9
36	Taebaek	338.5	138.88	66.28	1,156.4	689.7
37	Jecheon	276.5	123.42	55.99	1,051.9	773.8
38	Chungju	263.0	115.20	52.18	953.5	708.4
39	Boeun	407.5	131.10	79.06	1,002.2	729.6
40	Onyang	273.5	120.40	45.21	968.8	699.7
41	Daecheon	361.5	128.80	73.45	969.0	700.6
42	Buyeo	517.6	136.37	86.63	1,050.0	742.0
43	Geumsan	202.0	119.34	35.79	995.3	695.8

Station Number	Station	Annual maximum daily rainfall (mm)			Annual mean rainfall (mm)	Mean rainfall of rainy season (mm)
		Maximum	Mean	Standard deviation		
44	Buan	202.5	118.66	37.68	923.9	644.4
45	Imsil	203.3	105.99	35.92	1,010.1	709.1
46	Jeongju	244.5	108.54	42.53	985.4	681.6
47	Namweon	183.5	106.12	34.73	1,024.2	726.9
48	Jangsu	172.0	114.51	39.91	1,402.6	782.3
49	Seungju	250.6	141.90	55.05	1,132.2	793.3
50	Jangheung	547.4	157.53	95.46	1,104.8	735.3
51	Haenam	477.5	140.17	87.11	990.2	659.4
52	Goheung	487.1	153.00	84.07	1,082.6	680.6
53	Chunyang	250.0	124.01	56.44	1,137.5	653.1
54	Youngju	259.5	117.95	50.50	981.0	685.3
55	Jeomchon	173.3	98.32	28.96	948.7	660.4
56	Youngdeok	296.0	100.15	54.15	779.3	491.3
57	Uiseong	156.0	92.66	28.30	772.7	543.4
58	Seonsan	221.0	94.89	34.40	809.7	565.2
59	Yeongcheon	190.1	104.13	32.68	802.5	546.6
60	Geochang	210.0	114.65	39.69	995.8	692.2
61	Hapcheon	223.5	119.68	53.11	981.3	690.8
62	Milyang	271.4	128.85	55.51	961.5	640.5
63	Sancheong	332.5	155.14	69.81	1,178.3	817.7
64	Geoje	341.2	165.41	61.79	1,303.1	812.8
65	Namhae	324.5	170.25	66.40	1,336.1	817.5

석하였다.

본 분석에 적용한 연최대일강우량의 최고치, 평균치 및 표준편차와 연평균강우량 및 우기평균강우량 등의 통계량을 구한 결과는 Table 1과 같다.

Cluster 분석은 변수의 수, 단위 및 적용하고 있는 알고리즘에 따라서 상이한 결과를 나타낸다. 이러한 문제점은 일반적으로 널리 사용되는 통계범용 소프트웨어를 사용함으로써 극복할 수 있는데, 본 분석에서는 SYSTAT 8.0의 모듈을 사용하였다.

강우관측지점들이 동질성의 지역으로 분리되는 개수를 4에서부터 9까지 변화시켜 가면서 Cluster 분석을 실시한 결과 분리되는 개수가 증가하면서 점차적으로 지리적으로 가까운 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 군집화 되는 현상을 나타내었다.

이와 같은 과정을 통하여 분석한 결과 동질성인

지역을 9개 지역으로 구분하는 것이 적정한 것으로 나타났으며 이들 65개 강우관측지점들을 9개의 지역으로 분류한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 동질의 지역별로 강우관측지점들이 위치하는 구역을 살펴보면, I 지역은 경상북도 내륙지역과 충청북도 남부지방, II 지역은 남해안 지방, III과 VIII 지역은 경기도, 강원도 및 경상북도 북부 지방, IV 지역은 강원도와 경상북도 동해안 지방, V 지역은 강원도 내륙 지방, VI 지역은 전라도, 충청도 및 경상남도 북부 지방, VII 지역은 경상남도 동부와 경상북도 남부 지방으로 지역화 되는 것으로 나타났다. 그러나, IX 지역으로 분류되는 강우관측지점들은 전국에 걸쳐 산재되어 있어 특정한 지방으로 구분할 수 없었다.

본 분석에 사용된 K-means clustering 분석 방법은 강우관측지점들의 강우특성과 지형적 특성

Table 2 Nine regions classified by the method of K-means clustering

Region	Stations	Number of stations (65)
I	Cupungryeong, Andong, Daegu, Jeomchon, Uiseong, Seonsan, Yeongcheon	7
II	Masan, Wando, Jinju, Seungju, Sancheong, Geoje, Namhae	7
III	Sokcho, Cheolweon, Chuncheon, Seoul, Incheon, Suwon, Daejeon, Yangpyeong, Icheon, Hongcheon	10
IV	Gangreung, Donghae, Uljin, Samcheok, Youngdeok	5
V	Daekwanryeong, Taebaek	2
VI	Seosan, Cheongju, Gunsan, Jeonju, Gwangju, Mokpo, Yeosu, Chungju, Onyang, Geumsan, Buan, Imsil, Jeongju, Namweon, Geochang, Hapcheon	16
VII	Pohang, Ulsan, Busan, Chungmu, Milyang	5
VIII	Weonju, Inje, Jecheon, Jangsu, Chunyang, Youngju	6
IX	Ganghwa, Boeun, Daecheon, Buyeo, Jangheung, Haenam, Goheung	7

을 고려한 분석 방법임에도 불구하고 Table 2의 결과에서 보는 바와 같이 VIII 지역에서 지형적으로 다른 전라북도에 위치한 장수 강우관측지점이 경상북도, 충청북도 및 강원도에 위치한 춘양, 영주, 제천, 원주 및 인제 강우관측지점들과 함께 동질성의 지역으로 분류되었으며, 이러한 경향은 III, VI, 및 VII 지역에서도 부분적으로 나타났다. 이와 같은 경향은 김(1990)의 분석 결과와도 유사하였다.

2. 연평균강우량(mean annual precipitation, MAP)에 의한 지역화

본 분석에서 사용한 두번째 지역화 분석 방법은 연평균강우량방법으로 이는 각 강우관측지점들의 연평균강우량을 변수로 하여, 선정된 강우관측지점들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역(Climatologically Homogeneous Region, CHR)으로 구분하는 방법이다.

가. 강우관측지점들의 동질성 여부

강우의 지역화 분석을 위해서는 사전에 과연 강우관측지점들을 기상학적으로 동질성인 수개의 지역으로 구분해야 할 필요성이 있는지 여부를 판단해야 한다. 이와 같은 판단을 위한 통계적인 척도로서는 각 강우관측지점별 연평균강우량의 변동계수 및 왜곡도계수와 지속기간별 누가강우량에 대

한 변동계수(Coefficient of variation, C_v) 및 왜곡도계수(Coefficient of skewness, C_s)가 있으며, 이들의 변동폭의 크기에 의해 동질성 여부를 판단할 수 있다.

그러므로, 본 연구에서는 강우관측지점들의 기상학적인 동질성 판단을 위하여 각 강우관측지점별 연평균강우량의 변동계수 및 왜곡도계수와 지속기간이 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간인 연최대누가강우량의 변동계수 및 왜곡도계수를 구하여 변동계수 및 왜곡도계수의 공간분산도를 도시하면 각각 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

Fig. 1 및 Fig 2에서 나타난 바와 같이 연평균강우량의 변동계수 및 왜곡도계수는 각각 0.207~0.448과 -0.552~1.726의 범위를 나타내고 있다. 여기에서 연평균강우량에 대한 왜곡도계수의 변동폭은 변동계수의 변동폭 보다 크게 나타났다.

또한, 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간 연최대누가강우량에 대한 변동계수는 각각 0.220~0.617, 0.139~0.687, 0.137~0.666, 0.218~0.629, 0.255~0.658, 0.284~0.636, 0.240~0.642 및 0.220~0.652의 범위를 가지며, 왜곡도계수는 각각 -0.469~3.766, -0.059~3.870, -0.141~3.810, 0.065~3.689, -0.055~3.773, 0.0348~3.876, -0.195~3.857 및 0.010~3.466의 범위를 갖고 있다.

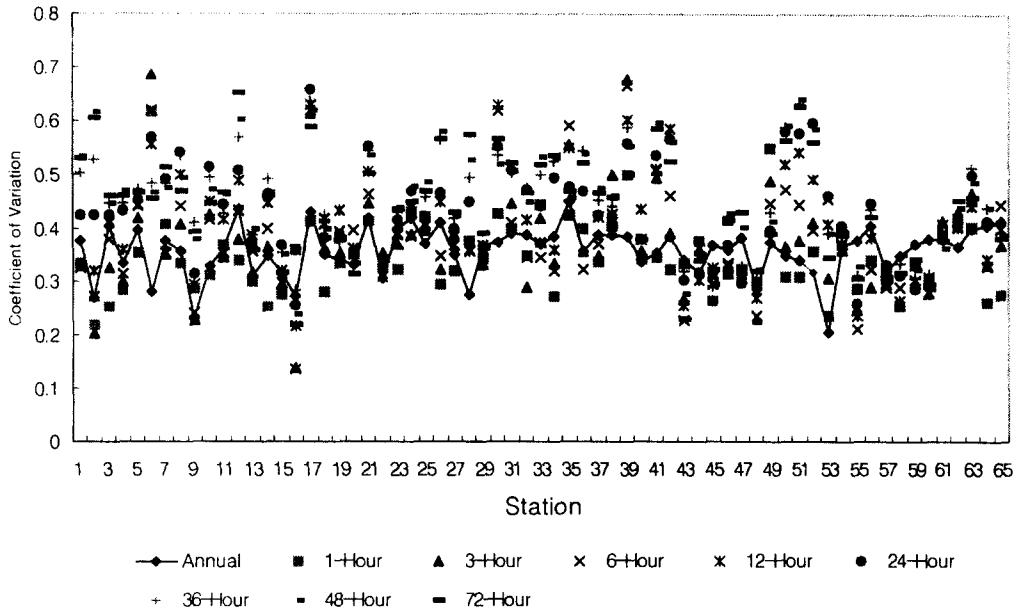


Fig. 1 Spatial variation diagram of C_v for the consecutive durations

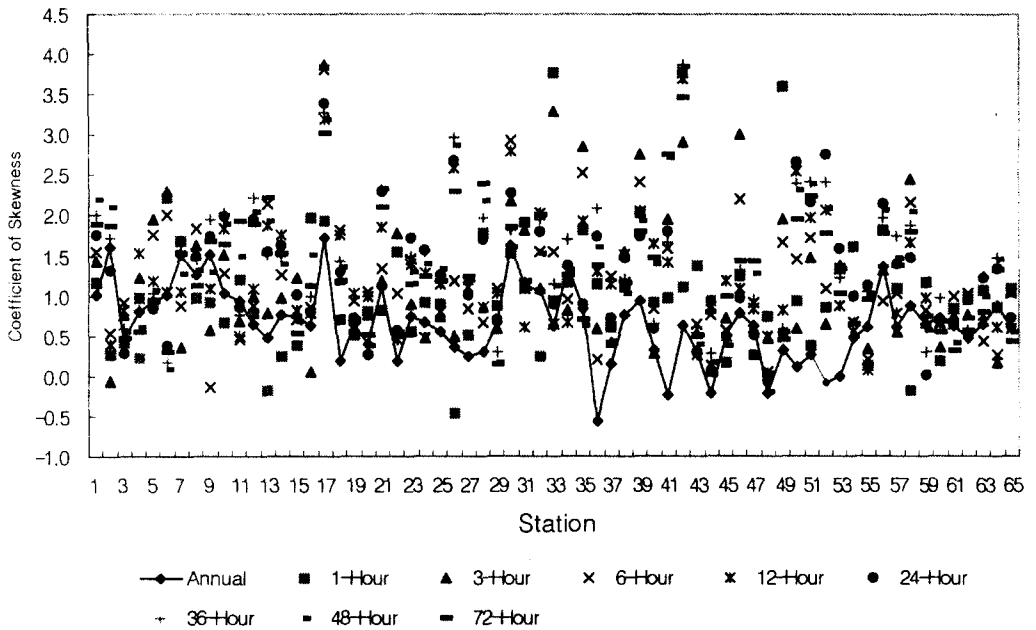


Fig. 2 Spatial variation diagram of C_s for the consecutive durations

이러한 결과는 지속기간별 연최대누가강우량의 변동계수와 왜곡도계수의 변동폭이 불규칙함을 보여주고 있다. 즉, 변동계수의 변동폭은 지속기간이 증가하면서 대체적으로 감소하는 경향이 있으며, 왜곡도계수의 변동폭은 강우관측지점별 지속기간에 따른 변동계수의 변동폭 보다 크게 나타났다. 전반적으로 연평균강우량과 지속기간별 왜곡도계수와 변동계수의 변동폭이 불규칙하고 특히, 왜곡도계수의 변동폭이 크게 나타났기 때문에 선정된 65개 강우관측지점들을 동질성의 지역으로 볼 수 없어 지역화 분석이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

나. 연평균강우량에 의한 지역화 분석

선정된 강우관측지점들을 기상학적으로 동질성인 지역으로 구분하기 위해 우리나라 연평균강우량에 대한 계급의 수와 계급간 범위를 시행착오법에 의하여 결정하였으며, 분석 결과 지리적으로 가까운 강우관측지점들이 동질성으로 군집화 되는 계급의 수는 5개로, 계급간 범위는 100으로 구분하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 이상의 결과에 의해 강우관측지점들을 지역화한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 동질의 지역별로 강우관측지점들이 위치하는 구역을 살펴보면, I

지역은 경상북도 내륙지역과 충청북도 남부지방, III 지역은 강원도, 충청도 및 전라도 지방, IV 지역은 경기도, 강원도 및 경상북도 북부지방, V 지역은 남해안 지방으로 지역화 되는 것을 알 수 있었다. 그러나, II 지역에 위치하는 강우관측지점들은 전국에 걸쳐 산재되어 있기 때문에 특정한 지방으로 구분할 수 없었다.

본 분석에 사용된 연평균강우량법은 강우관측지점들의 기상학적 측면만을 고려하여 동질성의 지역으로 구분하는 방법이기 때문에 Table 3의 결과와 같이 I 지역에서 지형적으로 다른 목포관측지점이 경상북도 일원에 위치하고 있는 강우관측지점들과 동일한 지역에 포함된 사실을 볼 수 있으며 이러한 경향은 타 지역에서도 부분적으로 나타났다.

3. 지역화 결과의 보완

전술한 바와 같이 K-means clustering 방법에 의한 지역화와 연평균강우량법에 의한 지역화는 분석 방법상 여러 가지 문제점을 내포하고 있으므로, 이러한 문제점을 해결하고 합리적인 동질성의 지역화를 위해 시행착오법과 χ^2 분포의 통계량을 이용하여 보완을 시도하였다.

χ^2 분포의 통계량인 D_i 는 각 강우관측지점들의

Table 3 Five regions classified by the method of mean annual precipitation method

Range of annual mean rainfall (mm)	Region	Stations	Number of stations (65)
Below 850	I	Cupungryeong, Pohang, Daegu, Mokpo, Youngdeok, Uiseong, Seonsan, Yeongcheon	8
851 ~ 950	II	Incheon, Seosan, Wuljin, Cheongju, Andong, Gunsan, Jeonju, Ulsan, Inje, Samcheok, Buan, Jeomchon	12
951 ~ 1,050	III	Sokcho, Chuncheon, Gangreung, Donghae, Suweon, Gwangju, Busan, Chungmu, Yeosu, Chungju, Boeun, Onyang, Daecheon, Buyeo, Geumsan, Imsil, Jeongju, Namweon, Haenam, Youngju, Geochang, Hapcheon, Milyang	23
1,051 ~ 1,150	IV	Seoul, Daejeon, Jinju, Ganghwa, Yangpyeong, Icheon, Hongcheon, Taebaek, Jecheon, Seungju, Jangheung, Goheung, Chunyang	13
Above 1,151	V	Cheolweon, Daekwanryeong, Weonju, Masan, Wando, Jangsu, Namhae, Geoje, Sancheong	9

연평균강우량에 대한 변동계수를 사용한 통계량으로 이는 지형적으로 동질성의 지역으로 분류될 수 있는 허용한계를 제시할 수 있는 기준식으로 다음 식 (3)과 같이 나타낸다.

$$D_i = \frac{[C_v(i) - \bar{C}_v]^2}{S_v^2} \dots \dots \dots (3)$$

여기서, $C_v(i)$, \bar{C}_v 및 S_v 는 각각 동질성의 지역으로 형성된 강우관측지점들의 연평균강우량에 대한 변동계수, $C_v(i)$ 의 평균 및 $C_v(i)$ 의 표준편차를 나타내고 있다. 상기의 허용한계의 기준식은 2개의 변수를 갖음으로 χ^2 분포의 통계량인 D_i 의

자유도가 1로서 5% 유의수준에서의 극한값은 3.84이다.

전술한 바와 같이 K-means clustering 방법에 의한 지역화와 연평균강우량에 의한 지역화의 분석 결과를 볼 때 지형적으로 멀리 위치하고 있는 강우관측지점이 타지역과 동질성인 지점으로 분류되는 모순점을 보완함이 중요하다. 그러므로 본 연구에서는 지형적으로 가까운 강우관측지점이 동질성의 지역으로 분류될 수 있도록 시행착오법과 식 (3)의 동질성 검증 방법을 사용하여 분석한 결과, 최종적으로 5개 지역으로 분류되었으며, 분석 결과를 정리하면 Table 4와 같다.

이와 같은 방법에 의하여 강우관측지점들의 지

Table 4 Five regions classified by cluster analysis and mean annual precipitation method

Region	Station	Annual mean rainfall (mm)	C_v	\bar{C}_v	S_v	D_i	$D_{0.05}$
I	Sokcho	1,003.9	0.377	0.359	0.035	0.249	3.84
	Cheolweon	1,320.9	0.271			6.205*	
	Chuncheon	1,044.9	0.336			0.445	
	Seoul	1,092.1	0.375			0.199	
	Incheon	906.2	0.357			0.003	
	Suweon	1,011.6	0.329			0.732	
	Ganghwa	1,100.4	0.375			0.188	
	Yangpyeong	1,080.4	0.390			0.768	
	Icheon	1,072.3	0.387			0.619	
	Inje	907.7	0.371			0.111	
II	Hongcheon	1,066.8	0.384	0.326	0.084	0.479	3.84
	Daekwanryeong	1,634.1	0.406			0.888	
	Weonju	1,272.6	0.232			1.237	
	Taebaek	1,156.4	0.356			0.123	
	Jecheon	1,051.9	0.388			0.540	
	Chunyang	1,137.5	0.207			1.972	
III	Youngju	981.0	0.367	0.368	0.030	0.238	3.84
	Seosan	916.4	0.363			0.028	
	Cheongju	948.4	0.313			3.423	
	Daejeon	1,061.9	0.349			0.395	
	Gunsan	888.2	0.352			0.228	
	Jeonju	938.7	0.331			1.536	
	Ulsan	919.7	0.418			2.721	
	Gwangju	972.0	0.399			1.089	
	Busan	1042.7	0.419			2.932	
	Mokpo	762.6	0.411			2.019	
Chungju	953.5	0.388	0.438				

* Significance level can be acknowledged

Region	Station	Annual mean rainfall (mm)	C_v	$\overline{C_v}$	S_v	D_i	$D_{0.05}$
III	Boeun	1,002.1	0.385	0.368	0.030	0.315	3.84
	Onyang	968.8	0.337			1.042	
	Daecheon	969.0	0.355			0.181	
	Buyeo	1,050.0	0.385			0.330	
	Geumsan	995.3	0.340			0.863	
	Buan	923.9	0.318			2.786	
	Imsil	1,010.1	0.367			0.001	
	Jeongju	985.4	0.358			0.105	
	Namweon	1,024.2	0.381			0.178	
	Geochang	995.8	0.380			0.170	
	Hapcheon	981.3	0.380			0.164	
Milyang	961.5	0.366	0.003				
IV	Gangreung	980.0	0.395	0.364	0.057	0.296	3.84
	Donghae	1,025.7	0.281			2.110	
	Ulsan	860.2	0.434			1.491	
	Cupungryeong	846.7	0.315			0.731	
	Andong	917.7	0.275			2.462	
	Pohang	798.3	0.428			1.269	
	Daegu	771.3	0.339			0.185	
	Samcheok	866.3	0.448			2.171	
	Jeomchon	948.7	0.376			0.041	
	Youngdeok	779.3	0.404			0.502	
	Uiseong	772.7	0.318			0.658	
	Seonsan	809.7	0.349			0.072	
Yeongcheon	802.5	0.370	0.012				
V	Masan	1,329.9	0.308	0.350	0.043	0.976	3.84
	Chungmu	1,002.0	0.369			0.193	
	Yeosu	1,001.7	0.352			0.001	
	Wando	1,226.4	0.277			2.889	
	Jinju	1,135.0	0.368			0.172	
	Jangsu	1,402.6	0.288			2.123	
	Seungju	1,132.1	0.373			0.271	
	Jangheung	1,104.8	0.347			0.006	
	Haenam	990.2	0.341			0.045	
	Goheung	1,082.6	0.319			0.544	
	Sancheong	1,178.3	0.397			1.183	
	Geoje	1,303.1	0.403			1.474	
	Namhae	1,336.1	0.413			2.122	

역화 분석 결과를 도시하면 Fig. 3과 같으며, 여기에서 지역별 경계는 행정단위인 군경계를 고려하여 결정하였다.

그러나, Table 4에서 보는 바와 같이 철원지점의 경우 I 지역의 다른 관측지점과 D_i 값에 있어 크게 차이가 있으나, 지형적으로 I 지역에 가깝기

때문에 동 지역에 그대로 포함시켰다.

이는 B. Naghavi (1995)가 미국 Louisiana주의 24개 강우관측지점을 3개의 동질성 지역으로 지역화를 시도하였으나 그 중 III번 지역에 1개 강우관측지점이 유의차가 인정되었지만 지형적으로 가까운 III번 지역에 포함시킨 사실을 준용한 것이다.

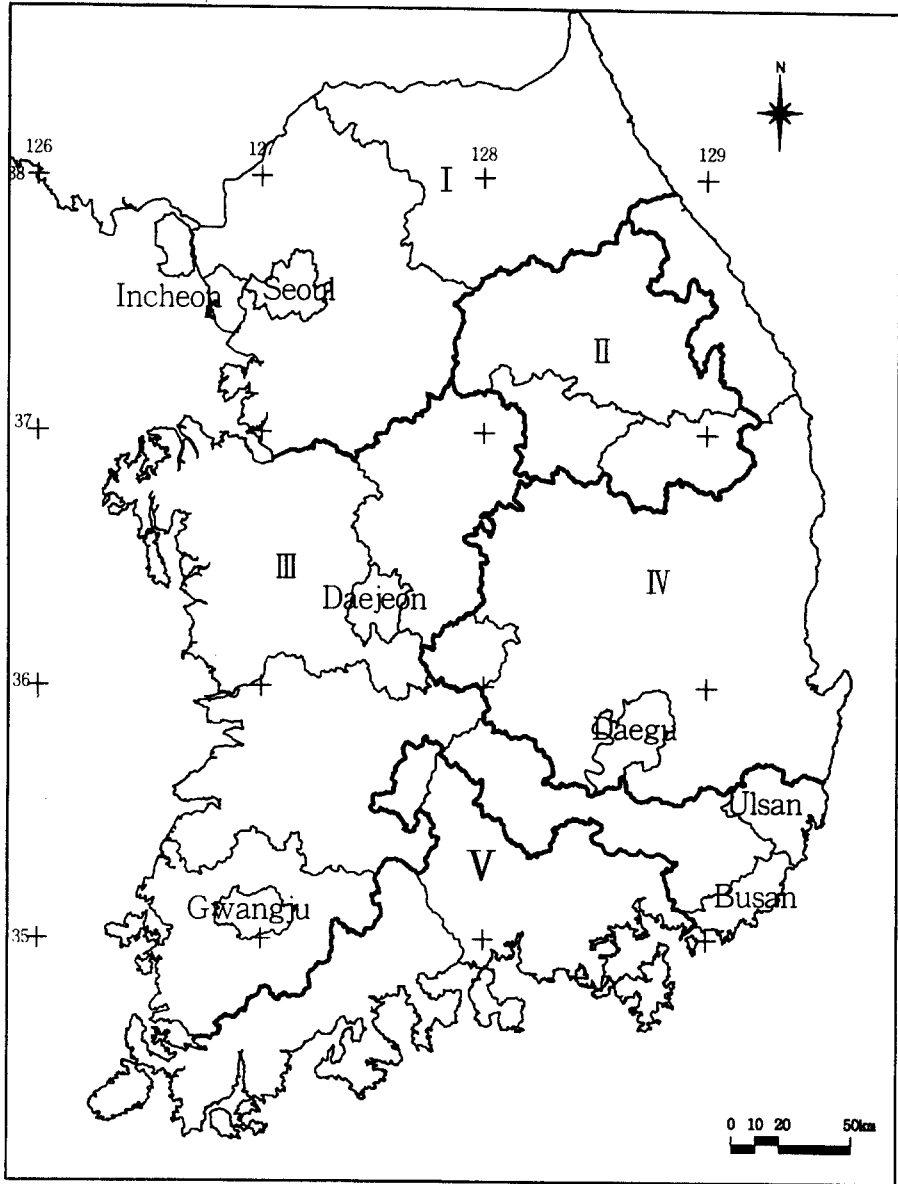


Fig. 3 Five regions classified by cluster analysis and mean annual precipitation method

IV. 결 론

본 연구는 우리나라 전역에 걸쳐 비교적 장기간 관측되고 관측 정밀도가 높은 강우관측지점을 선정하여 지속기간별 연최대치 계열을 구성하고 대

상 강우관측지점의 지형적, 기후적 특성을 변수화하여 지형적 및 기후학적으로 동성인 강우의 지역화를 K-mean clustering 분석법과 연평균강우량법 및 이들의 보완에 의해 시도하였으며 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자기강우관측자료의 신빙도가 높은 기상청산 하 65개 기상대 및 기상관측소의 강우자료를 선정 하여 강우관측지점의 강우자료를 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간에 대한 극치강우 시계 열을 구성하였다.

2. K-means clustering 분석에 의한 지역화의 결과는 9개 지역으로 분류되었지만, III, VI, VII 및 VIII 지역에서 지형적으로 다른 타 지방에 위치하는 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 분류되었다.

3. 연평균강우량법에 의해 지역화를 시도한 결과 5개 지역으로 분류되었지만, 전 지역에 걸쳐 지형적으로 다른 타 지방에 위치하는 강우관측지점들이 동질성의 지역으로 합류되었다.

4. K-means clustering 방법과 연평균강우량법에 의해 지역화된 결과의 보정을 위해 시행착오법과 동질성 검정을 시도한 결과, 최종적으로 지형적 및 기후적으로 동성인 5개의 지역으로 지역화가 이루어졌다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(No. 2000-1-31600-001-2) 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 기상청, 1980~1998, 기상년보.
2. 김태철, 노재경, 1990, 설계강우의 지역화 분석, 한국농공학회지, Vol. 32, No. 2, pp. 59~69.
3. 한국수자원공사, 1997, 임진강유역 종합수문관측 시스템 타당성 조사 및 기본 계획 수립.
4. Benson, M. A., 1952, Characteristics of Frequency Curves Based on a Theoretical 1,000 Year Record in Ref. 7, U.S.G.S., Open File Report, pp. 57~74.
5. Dalrymple, T., 1960, Flood Frequency Analysis, U.S.G.S., Water Supply Paper 1543-A.
6. Naghavi, B. and F. X. Yu, 1995, Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Louisiana, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 121, No. 11, pp. 819 ~ 827.
7. Schaefer, M. G., 1990, Regional Analysis of Precipitation Annual Maxima in Washington State, Water Resources Research, Vol. 26, No. 1, pp. 119 ~ 131.
8. SYSTAT, 1998, SYSTAT 8.0 Statistics, SPSS Inc.