



K-평균 알고리즘을 이용한 적설관측소 군집분석

Cluster Analysis of Snowfall Observatory Using K-means Algorithm

이문석* · 정건희**

Lee, Munsoek*, and Chung, Gunhui**

Abstract

Because of global warming, the polar vortex become weak and the cold and low pressure air in pole move down to the middle latitude. The cold air causes the severely cold winter recently. In South Korea, the same phenomenon happens every year from 2014. Therefore, recording the amount of winter snowfall and preparing for a sudden disaster became another homework to cope with the global warming. Since Korea has traditionally not suffered by heavy snow damage, the number of snow observation stations is smaller than that of rainfall observation stations. Therefore, it is necessary to install additional snow observation stations, but before this, the current distribution of snow observation stations should be analyzed. Monthly maximum fresh daily snow depth and observational altitude data of January, February, and December were used as the four parameters of K-mean algorithm. Total 94 snowfall stations were classified by data retention period and cluster analysis was performed. As a result of the cluster analysis, a cluster was formed into four: the west coast area, the inland mountainous area along the Taebeek - Sobaek mountain vein, Gyeongsang and South coast, and Jeju island, Ulleungdo and Daegwallyeong. In addition, since the snow observation station in Jeju Island is only installed on the coastal area, additional snow observation stations should be considered in the mountainous area.

Key words : Clustering, K-means, Snowfall, Snowfall Observatory

요 지

최근 지구온난화의 영향으로 약해진 극소용돌이(polar vortex)를 넘어 겨울철 극지방의 차가운 기운이 중위도 지역까지 내려와 겨울 한파를 야기하는 일이 잦아지고 있다. 우리나라에도 그 영향으로 추운 겨울 한파가 2014년 이후 매년 지속되고 있다. 그러므로 겨울철 적설량을 기록하고 갑작스러운 재난에 대비하는 것은 지구온난화의 또 다른 숙제가 되었다. 우리나라는 전통적으로 폭설 피해가 크지 않았기 때문에 적설관측소의 수가 강우관측소에 비해 현저히 적다. 그리하여 추가적인 적설관측소의 설치가 필요하다고 판단되지만, 이에 앞서 우리나라의 현재 적설관측소의 분포현황을 분석하였다. 1월, 2월, 12월의 최대 최심신적설량과 관측소 고도자료를 K-평균 알고리즘의 4개의 변수로 사용하였으며, 전국에서 총 94개의 적설관측소를 자료보유 기간으로 분류하여 군집분석을 수행하였다. 군집분석 결과 서해안지역, 태백·소백산맥을 따라 존재하는 내륙산악지역, 경상도와 남해안 그리고 제주도지역, 울릉도와 대관령으로 군집이 형성되었다. 또한, 제주도의 적설관측소가 해안가 위주로 설치되어 있어, 비교적 눈이 많이 오는 한라산 산간지역에 추가적인 적설관측소 설치가 고려되어야 할 것이다.

핵심용어 : 군집분석, 적설, 적설관측소, K-평균 알고리즘

1. 서 론

최근 지구 온난화에 따라 2014년 이후로 겨울 한파가

자주 발생하고 있다. 이에 따라 겨울철 폭설이 발생하여 인명 및 재산 피해가 가중되고 있다. 그 피해로 2015년 기상청에서 발행한 2014년 이상기후 보고서에 의하면 2014년에

*정회원, 호서대학교 토목공학과 석사과정(E-mail: dlanstjr918@naver.com)

Member, Master's Course, Department of Civil Engineering, Hoseo University

**교신저자, 정회원, 호서대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 조교수(Tel: +82-41-540-5794, Fax: +82-41-540-5798, E-mail: gunhuic@gmail.com)

Corresponding Author, Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Hoseo University

동해안 지방에서는 2월 달에 103년 만의 최장기간 폭설이 발생하였고, 폭설 및 한파로 인해 한랭 질환자가 264명이 발생하고 18명이 사망하였으며, 재산피해액은 179억 원에 달한다. 또한, 재해연보에 따르면 2001년 1월 전국에서 폭풍을 동반한 폭설로 주택, 비닐하우스 등 총 6,590억 원의 피해액이 발생하였으며, 2004년 3월 우리나라 중부 대부분을 비롯해 내린 폭설은 3월에 내린 일 적설량 중 최고 기록을 갱신하였고, 2005년 12월 폭설은 장기적으로 내린 폭설로 14명의 인명피해가 있었다(Korea Meteorological Agency, 2015; Korea Fire Protection, 2001; Korea Fire Protection, 2004; Korea Fire Protection, 2005).

적설관측소의 추가적인 설치에 대한 연구는 부족한 실정 이지만, 비슷한 연구로 Jung et al.(1999)은 주성분 분석을 이용하여 한반도를 크게 5개의 기후구역으로 구분하였다. 다변량 자료의 분류에는 주로 통계적인 방법이 사용되어지며 최근에는 주로 군집분석 방법을 이용하여 분류한다. 국내의 경우 이런 군집분석 방법으로 강우관측소나 강우사상을 분류하는데 주로 적용하고 있다. Lee and park(1999)는 군집 분석 방법 중 비지도 학습 방법(unsupervised learning)인 K-평균 군집분석을 이용하여 여름철 강수지역을 구분하였다. 또한, Lim(2009)은 K-평균 군집분석을 이용하여 한강유역을 4개의 지역으로 구분하고, 각 지역에 속한 강우자료를 이용해 지역빈도해석을 통한 확률강우량을 추정하는 연구를 수행하였다. K-평균 군집분석을 하려면 초기 중심 개수를 지정해 줘야 하는데 Lee(2012), Kim(2012) 등이 K-평균 군집분석의 초기치 선정의 복잡도 개선 및 초기 중심 선정 방법을 비교하는 연구를 수행하였다.

최근 기후변화로 인하여 대설형태가 시·공간적으로 변하면서 한 지역에 국한되지 않고 여러 지역에서 동시다발적으로 이상 폭설이 발생하고 있다. 하지만, 우리나라는 옛날부터 대설로 인한 피해가 적었기 때문에 적설관측소의 수가 강우 관측소의 수보다 현저하게 적다. 본 연구에서는 적설관측소의 개수의 부족으로 강설예측에 어려운 부분을 보완하고자 현재 우리나라의 적설관측소 분포현황을 분석하고자 한다.

2. K-평균 알고리즘

이 연구에서 사용된 군집분석 방법은 비지도 학습(unsupervised learning) 방법 중 하나인 K-평균 방법이다. 이 방법은 지도 학습 방법에 비해 대량의 자료에서 군집을 발견하기 쉽고 계산 속도가 빠른 것으로 알려져 있다(Brain, 1993). K-평균 군집분석 방법은 MacQueen(1967)에 의해 제안된 방법으로 주어진 데이터를 k개의 군집으로 묶는 알고리즘이다.

군집분석의 순서를 단계적으로 간략하게 알아보면,

단계 1. 랜덤하게 초기 중심 값을 선택한다.

단계 2. k개의 중심 값과 각 개별 데이터간의 거리를 Eq. (1)과 같이 유클리디안(euclidean) 거리를 이용하여 계산하고, 가장 가까운 클러스터에 해당 데이터를 할당한다.

$$\sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (1)$$

단계 3. 클러스터마다 새로운 중심 값을 계산한다.

단계 4. 선택된 중심 값이 변화가 어느 정도 없다면 멈춘다. 만약 계속 변화가 있다면 단계 1부터 반복한다.

또한, K-평균 군집 분석 방법은 분석자가 초기에 중심개수를 지정해 주어야 한다. 초기 중심 개수를 지정하는 방법은 여러 가지가 있다. 가장 기본적인 방법으로 Eq. (2)와 같은 식을 적용하거나, 군집의 수를 순차적으로 늘려가면서 결과를 모니터링하고 군집의 개수를 추가하여 이전의 결과와 비교하는 경험적인 방법이 있다. 이 외에도 몇 가지 방법이 있지만 본 연구에서 초기 중심 개수를 결정하는 방법은 통계 프로그램인 R의 함수를 사용하여 Eq. (3)과 같이 제곱합(sum of square) 방법으로 초기 중심 개수를 설정하였다.

$$k = \sqrt{n/2} \quad (2)$$

여기서, n: 표본 수 (본 연구에서는 적설관측소 개수)

$$SS = \sum (Y - \bar{Y})^2 \quad (3)$$

3. 데이터 구축 및 분석 결과

3.1 데이터 수집

전국의 적설관측소를 K-평균 군집분석 방법을 이용하여 군집화하기 위해 변수를 지정하고, 해당하는 데이터를 수집하였다. 데이터를 수집하기 위해서 기상청에서 관리하는 기상정보개방포털의 자료를 활용하였다. 데이터는 각 관측소의 고도자료 및 겨울철 1월, 2월, 12월의 최대 최심신적설을 관측 시작 일부터 2016년까지의 자료를 수집하였다. 수집한 자료는 Table 1과 같다.

본 연구에서는 4가지의 변수 중 고도자료는 기상정보개방포털에서 수집한 데이터를 그대로 사용하였고, 3가지의 적설자료는 각 관측소의 자료보유 기간 동안 모든 자료를 평균 값을 내어 사용하였다. 또한, 자료보유 기간을 기준으로 2가지의 그룹으로 데이터를 분류하였다. 분류한 데이터는 Table 2와 같이 자료보유 기간이 30년 이상인 그룹과 제한을 주지 않았을 때로 분류하였다.

Table 1. Monthly Maximum Fresh Snow Depth and Observatory Altitude

Point	Name	Data retention period	1 Month (cm)	2 Month (cm)	12 Month (cm)	Altitude (cm)
90	Sokcho	49yr	14.386	14.400	7.504	18.06
93	North Chuncheon	1yr	0.000	0.000	0.500	95.61
95	Cheolwon	29yr	5.938	4.676	4.907	154.81
98	Dongducheon	20yr	4.737	2.879	3.763	112.50
99	Paju	16yr	3.088	1.506	2.619	29.42
100	Daegwallyeong	47yr	25.778	25.185	15.770	772.57
101	Chun Cheon	52yr	8.227	6.037	5.784	76.47
102	Baekryongdo	17yr	4.976	2.671	5.741	145.50
104	North Gangneung	10yr	12.900	23.978	11.656	78.90
105	Gangneung	107yr	17.176	14.290	5.630	26.04
106	Donghae	25yr	8.608	10.252	2.32	39.91
108	Seoul	110yr	5.747	4.578	3.906	85.80
112	Incheon	102yr	5.599	4.159	3.724	68.20
114	Won-ju	45yr	6.328	4.396	4.728	148.60
115	Ulleungdo	78yr	31.859	21.371	20.259	222.40
119	Suwon	53yr	5.807	3.343	4.834	34.06
121	Yeongwol	22yr	5.461	4.061	2.870	240.60
127	Chungju	45yr	5.742	3.207	3.984	116.30
129	Seosan	49yr	7.967	3.633	6.873	28.91
130	Uljin	46yr	5.983	6.535	2.324	50.00
131	Chungju	50yr	7.080	3.812	5.092	58.70
133	Daejeon	48yr	5.833	3.298	4.383	68.94
135	Chupungnyeong	80yr	6.922	4.778	3.831	243.70
136	Andong	49yr	4.334	2.282	2.386	140.10
137	Sangju	15yr	2.947	2.713	0.813	96.17
138	Pohang	74yr	2.149	1.926	0.451	2.28
140	Gunsan	49yr	7.651	3.449	7.976	23.20
143	Dae-gu	110yr	2.149	1.926	0.451	53.40
146	Jeonju	100yr	5.109	3.247	4.658	61.40
152	Ulsan	86yr	1.251	1.639	0.571	82.00
155	Changwon	7yr	1.663	0.963	0.616	37.60
156	Gwangju	32yr	6.922	4.855	6.481	72.38
159	Busan	78yr	0.779	0.849	0.330	69.56
162	Tongyeong	111yr	1.133	1.310	0.178	32.30
165	Mokpo	49yr	7.188	4.148	6.825	38.00
168	Yeo su	24yr	0.979	1.712	0.456	64.64
169	Heuksando	111yr	3.020	1.480	2.105	76.49
170	Wando	75yr	2.050	1.850	2.198	35.24
172	Gochang	20yr	6.986	1.857	11.986	52.00
174	Suncheon	46yr	1.917	0.233	3.633	165.00
175	Jindo	15yr	4.294	2.950	6.756	476.47
184	Jeju	94yr	2.739	1.744	1.201	20.45
185	Gosan	29yr	0.821	0.137	0.342	71.47

Table 1. (Continued)

Point	Name	Data retention period	1 Month (cm)	2 Month (cm)	12 Month (cm)	Altitude (cm)
188	Seongsan	44yr	3.952	2.150	2.400	17.75
189	Seogwipo	56yr	2.630	1.393	1.230	49.03
192	Jinju	48yr	2.119	1.967	0.592	30.21
201	Ganghwa	45yr	4.560	3.409	3.309	47.01
202	Yangpyeong	45yr	5.051	3.616	3.627	47.98
203	Icheon	45yr	6.824	3.529	3.851	78.01
211	Inje	46yr	5.827	4.956	4.007	200.16
212	Hongcheon	46yr	6.800	5.191	3.256	139.95
216	Taebaek	32yr	11.888	9.191	3.806	712.82
217	Jeongseon-gun	7yr	0.000	0.000	0.000	307.40
221	Jecheon	45yr	6.011	4.418	4.536	259.80
226	Boeun	45yr	6.038	3.544	4.300	174.99
232	Cheonan	46yr	6.502	3.596	5.727	81.50
235	Boryeong	45yr	5.849	3.331	6.533	15.49
236	Buyeo	45yr	5.196	2.469	4.984	11.33
238	Gumsan	45yr	5.776	3.473	4.400	170.35
243	Buan	45yr	7.160	4.153	8.360	11.96
244	Imsil	47yr	7.351	4.366	8.064	247.87
245	Jeongeup	38yr	9.747	5.445	11.155	69.84
247	Namwon	46yr	6.798	4.722	5.918	127.48
248	Jangsu	29y	6.286	5.652	5.741	406.49
251	Gochang-gun	9y	5.520	1.520	9.820	54.00
252	Yeonggwang	10y	4.200	1.480	6.680	37.20
216	Taebaek	32yr	11.888	9.191	3.806	712.82
217	Jeongseon-gun	7yr	0.000	0.000	0.000	307.40
221	Jecheon	45yr	6.011	4.418	4.536	259.80
226	Boeun	45yr	6.038	3.544	4.300	174.99
232	Cheonan	46yr	6.502	3.596	5.727	81.50
235	Boryeong	45yr	5.849	3.331	6.533	15.49
236	Buyeo	45yr	5.196	2.469	4.984	11.33
238	Gumsan	45yr	5.776	3.473	4.400	170.35
243	Buan	45yr	7.160	4.153	8.360	11.96
244	Imsil	47yr	7.351	4.366	8.064	247.87
245	Jeongeup	38yr	9.747	5.445	11.155	69.84
247	Namwon	46yr	6.798	4.722	5.918	127.48
248	Jangsu	29yr	6.286	5.652	5.741	406.49
251	Gochang-gun	9yr	5.520	1.520	9.820	54.00
252	Yeonggwang	10yr	4.200	1.480	6.680	37.20
253	Gimhae	11yr	0.000	1.333	1.022	53.34
254	Sunchang-gun	11yr	2.933	1.456	5.278	127.00
255	North changwon	11yr	0.000	1.988	1.750	48.80
257	Yongsan	8yr	0.213	1.663	1.000	14.85
258	Boseong-gun	7yr	0.114	0.714	2.243	2.80
259	Gangjin-gun	8yr	1.525	0.750	5.788	12.50

Table 1. (Continued)

Point	Name	Data retention period	1 Month (cm)	2 Month (cm)	12 Month (cm)	Altitude (cm)
260	Jangheung	45yr	3.093	2.558	2.947	45.02
261	Haenam	46yr	3.243	2.857	3.452	13.01
262	Goheung	45yr	1.398	1.689	0.791	53.12
263	Uiryeong-gun	7yr	0.000	0.529	2.071	14.18
264	Hamyang-gun	46yr	0.914	0.700	3.414	151.20
266	Gwangyang	6yr	0.000	0.117	0.000	80.90
268	Jindo-gun	3yr	0.000	0.000	0.000	5.40
271	Bonghwa	29yr	4.607	3.024	3.603	324.30
272	Yeongju	45yr	4.456	3.284	2.458	210.79
273	Mungyeong	44yr	5.691	3.245	2.984	170.61
276	Cheongsong-gun	7yr	1.214	3.286	1.843	206.23
277	Youngdeok	45yr	2.267	2.816	0.478	42.12
278	Uiseong	44yr	3.952	1.736	1.648	81.81
279	Gumi	44yr	4.627	2.095	1.732	48.88
281	Yeongcheon	45yr	3.331	1.587	0.869	93.80
283	Gyeongju	7yr	1.729	7.929	3.000	37.64
284	Guchang	6yr	5.664	4.771	2.740	225.95
285	Hapcheon	44yr	3.016	2.550	0.600	32.00
288	Miryang	44yr	2.025	1.395	0.264	11.21
289	Sancheong	45yr	4.009	3.331	1.084	138.07
294	Geoje	45yr	1.316	1.287	0.036	45.40
295	Namhae	45yr	1.380	2.222	0.293	43.70

Table 2. Data Retention Period of Group

Number	Type	
	Data retention period	Number
1	Over 30 years	63
2	Unlimited	94

3.2 자료의 표준화

일반적으로 다변량 자료를 이용하여 복합자료로 만드는 과정에서는 표준화(Normalization)를 적용하여 결과에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 적용할 수 있다(Kim et al., 2007). 적설관측소를 표준화하기 위해 선정되고 구축된 변수들이 단위가 상이하기 때문에, 자료의 단위에 따른 편차 문제를 해소하기 위해 표준화 과정을 수행하였다. 본 연구에서는 Eq. (4)와 같은 Z-Score 방식으로 환산된 표준값을 사용하였다.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (4)$$

여기서, X : 개개인의 값, μ : 모평균, σ : 모표준편차

3.3 적설관측소 군집분석 결과

3.3.1 초기 중심 개수 설정

K-평균 군집분석을 하는데 있어서 분석자가 초기 중심 개수를 설정해 주어야 한다. 본 연구에서는 초기 중심 개수 설정방법 몇 가지 중에서 제곱합 결정방법으로 중심 개수를 설정하였다. 이 방법은 통계 프로그램인 R을 이용하여 함수로 그래프를 그려 결정 할 수 있다. Fig 1과 같이 R의 함수를 사용하여 중심 개수를 다르게 하면서 각 결과 값을 저장하여 그래프로 표시한다. 그래프가 도출되면 Y축의 경사가 완만해지고 변화가 적어지기 시작할 때 X값을 중심 개수로 사용한다.

모든 그룹에 제곱합 함수를 적용하고 초기 중심 개수를 선정하였다. K-평균 군집분석의 특징으로 분석자가 군집

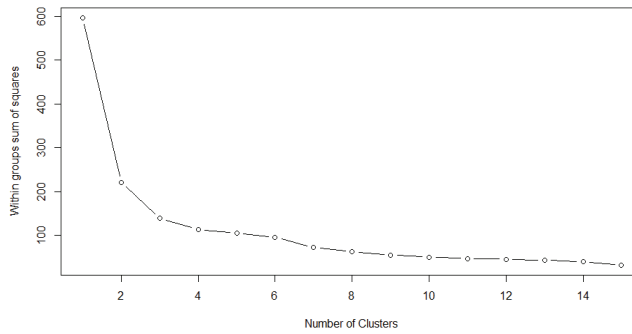
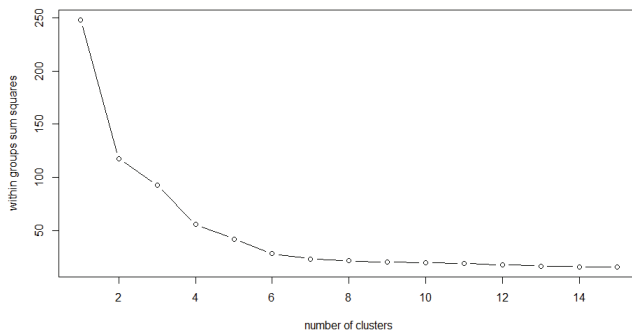
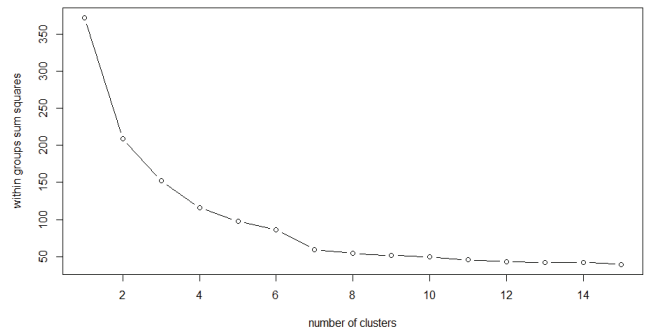


Fig. 1. Center Number Determination



(a) Over 30 years



(b) Unlimited

Fig. 2. Center Number

K개의 개수를 정할 수 있지만 적절한 기준이 없어 함수를 적용하여 초기 중심 개수를 선정하였다. K-평균 군집분석의 실행으로 두 그룹에 2개의 중심개수를 결정하고 비교하였으며 선정된 중심 개수는 Fig. 2와 같이 30년 이상의 자료를 보유한 그룹이 3개, 4개이며, 자료보유 기간에 제한을 주지 않았을 때도 마찬가지로 3개, 4개로 결정되었다.

3.3.2 군집분석 결과

앞서 구축하고 표준화를 수행한 데이터를 군집분석 하였다. Table 2와 같이 분류한 모든 그룹에 군집분석을 수행하였으며, 각 그룹의 객체들 간의 거리를 유클리디안 거리를 이용하여 계산하였다. 본 연구에서는 비지도 학습 방법 중 하나인 K-평균 군집분석을 적용하여 군집분석을 수행하였으며, 그룹 별로 군집분석한 결과를 GIS에 표기 및 분석하였다. GIS에 분석 및 표기한 결과는 Fig. 3과 같다.

K-평균 군집분석을 이용하여 분석한 결과, 30년 이상의 자료를 보유한 그룹에서는 중심이 3개일 때와 중심이 4개일 때의 차이는 크게 나타나지 않았지만, 중심이 3개일 때 보다 중심이 4개일 때 군집의 결과가 지형적 특징 등 연관이 있는 지역끼리 군집의 형성이 더욱 잘 이루어졌다. 중심이 4개일 때의 군집은 크게 서해안과 태백·소백산맥을 따라 이어지는 산간지역, 강원도 동해안 지방, 비교적 적설량이 적은 경상도와 남해안 그리고 제주도, 적설량이 많은 울릉도와 대관령으로 각각 군집이 형성되는 것을 볼 수 있었다.

자료보유 기간에 제한을 주지 않았을 때의 그룹에서는 군집 결과가 고르게 형성되지 않고 다른 지역끼리 군집이 형성되어 지역적인 특성을 파악하기 어려웠다. 즉, 군집의 뚜렷한 특성도 찾아 볼 수 없었으며, 눈이 많이 오는 지역과 그렇지 않은 지역이 하나의 군집으로 묶이는 것을 볼 수 있었다. 이는 자료보유 기간이 짧은 관측소의 유무가 군집분석에 영향을 끼치는 것으로 판단되며, 군집분석을 수행할 때는 자료보유 기간이 비교적 긴 관측소들을 대상으로 수행하는 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있다고 판단된다. 또한 모든 군집 분석 결과에서 대관령과 울릉도가 하나의 군집으로 묶이고, 경상도와 남해안 그리고 제주도가 하나의 군집으로 묶이는 것을 볼 수 있었다. 자료보유 기간에 제한을 주지 않은 그룹의 군집분석의 결과를 보면 충청도와 강원도 지역의 적설관측소 분포밀도가 다른 지역에 비해 작은 것을 알 수 있었다. 두 곳 각각 서해안과 고도가 높은 산간 지역을 포함하고 있어 눈이 많이 오는 지역에 속하기 때문에 적설관측소 분포밀도를 높일 필요가 있다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 우리나라의 적설관측소를 대상으로 비지도 학습 방법 중 하나인 K-평균 군집분석을 이용하여 군집분석을 수행하였다. 관측소의 고도와 겨울철 월별 최심신적설을 변수로 선정하여 데이터를 수집하였다. 수집한 데이터에

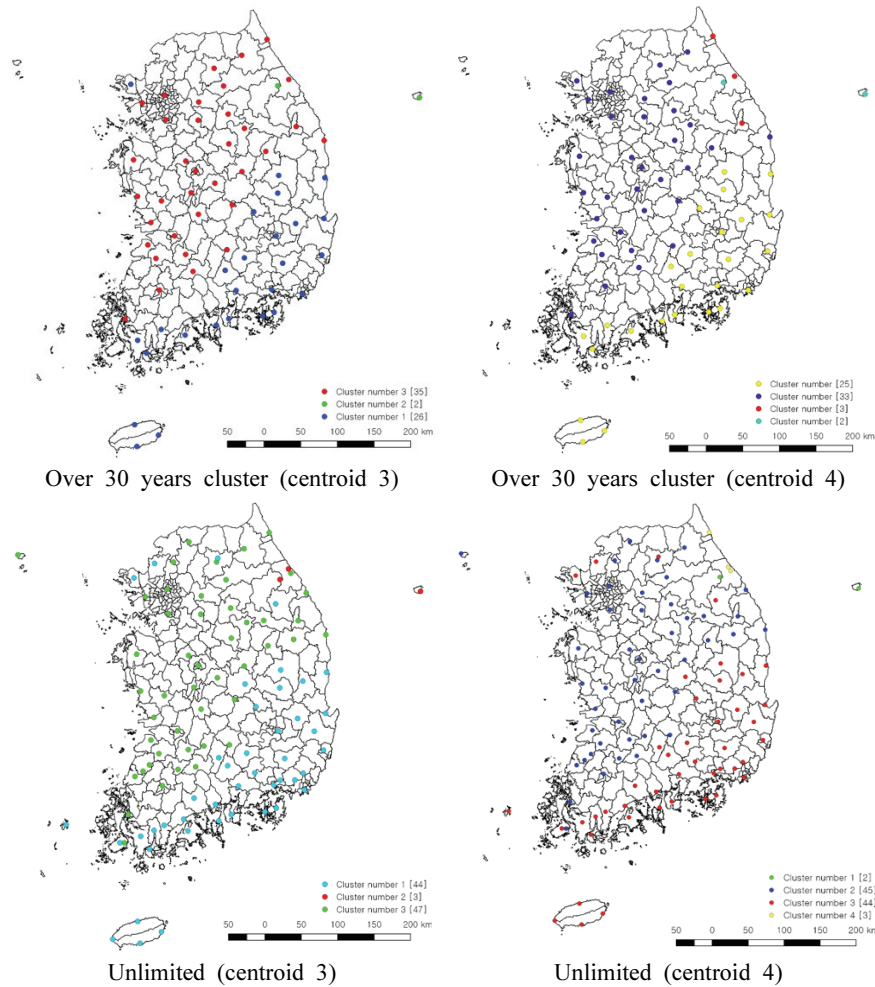


Fig. 3. Result of Clustering

표준화를 적용하였고 자료보유 기간에 따라 그룹을 나누었다. 분류한 그룹에 제공함 함수를 적용하여 초기 중심 개수를 선정하였고 선정한 중심 개수를 토대로 군집분석을 수행하였다. 그 결과, 모든 군집분석 결과에서 그룹별로 크게 눈이 많이 내리는 서해안과 태백·소백산맥을 따라 이어지는 산간지역, 강원도 동해안 지방, 비교적 적설량이 적은 경상도와 남해안 그리고 제주도 지역, 적설량이 매우 높은 울릉도와 대관령으로 군집이 형성되는 것을 볼 수 있었다. 군집분석을 수행할 때 자료보유 기간이 짧은 관측소와 함께 군집분석을 수행할 경우 군집의 특성이 다소 약해져 지역별 특성을 파악하기 어려워졌다. 군집분석을 수행한 결과 중 제주도 지역이 경상도와 남해안 지역과 군집으로 묶이는 것이 적설량으로 볼 때는 타당해 보이나, 제주도의 적설관측소가 오직 해안가 위주로 설치되어 있는 것을 보았을 때 눈이 많이 오는 한라산지역의 적설량은 고려되지 않은 것을 알 수 있었다. 때문에 제주도의 산간지역에 추가적인 적설관측소의 설치가 필요하다 판단된다. 충청도와 강원도의 적설관측소 분포밀도가 다른 지역에 비해 적은 것으로 나타났다. 두 곳 모두 눈이 많이 오는 지역에 포함되기 때문에 추가적인

적설관측소의 설치가 필요하다고 판단되지만, 이는 후에 본 연구를 바탕으로 적설관측소의 지배면적을 조사하는 연구나 고도, 향 등 변수를 추가하여 보다 정밀한 군집분석을 통해 자세한 설치 위치를 지정할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2017R1A2B2008828).

References

Jung, K.Y., Jung, Y.S., and Hwang, B.J. (1999) Classification of Snowfall Regions using Principal Component Analysis. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Korean Meteorological Society, Vol. 35, No. 3, pp. 466-473.

Kim, H.S., Song, Y.I., Kim, I.J., and Lim, Y.S. (2007) *Linking*

- Environmental Assessment and Sustainable Development Indicators*. RE-08, Korea Environment Institute (in Korean).
- Kim, K.U. (2012) *Improving Complexity of Selection Initial Point in enhanced K-Means Clustering*. Master's thesis, Cheju National University.
- Korea Fire Protection Agency (2001) *Disaster Report*.
- Korea Fire Protection Agency (2004) *Disaster Report*.
- Korea Fire Protection Agency (2005) *Disaster Report*.
- Korea Meteorological Agency (2015) *Abnormal Climate of Report*.
- Lee, D.K., and Park, J.K. (1999) Regionalization of Summer Rainfall in South Korea Using Cluster Analysis. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 35, No. 4, pp. 511-518.
- Lee, S.Y. (2012) Comparison of Initial Seeds Methods for K-Means Clustering. *Journal of Korean Society for Internet Information*, Vol. 13, No. 6, pp. 1-8.
- MacQueen, J. (1967) Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. *Proceedings of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Vol. 1, pp. 281-297.

<i>Received</i>	October 25, 2017
<i>Revised</i>	October 27, 2017
<i>Accepted</i>	November 6, 2017