

자기조직화지도를 활용한 태풍 영향기간 동안의 강우패턴 분석

Analysis on Rainfall Pattern During Typhoons Using Self-Organizing Map

김현욱* · 심재관** · 최병철***

Kim, Hyun-Uk*, Shim, Jae-Kwan**, and Choi, Byoung-Choel***

Abstract

Typhoon is a major natural disaster that causes the most damage in Korea. Especially, study of rainfall characteristics during typhoons season is needed because of the heavy damage caused by heavy rains during the typhoons. In this study, the number of optimal clusters with similar characteristics was calculated based on the distribution pattern of rainfall for typhoons that affected the past. Based on the results of the cluster analysis, we analyzed the relationship between the track and rainfall distribution of typhoons and we classified characteristics of rainfall pattern during typhoon period. As a result, the optimum number of clusters of rainfall distribution, which showed similar characteristics during typhoon effect period in Korea, was calculated as 12. According to the cluster analysis result, even if the path of the typhoon is similar, the pattern of rainfall may be different, and the pattern of rainfall may be similar even if the path is different. Lastly, we classified the distribution pattern with the highest frequency and the distribution pattern in which rainfall that might affect property damage occurred.

Key words : Typhoon, Typhoon Track, Rainfall Pattern

요 지

태풍은 우리나라에서 가장 많은 피해를 유발하고 있는 대표적인 자연재해이다. 특히 태풍기간 중 호우로 인한 피해가 많이 나타나고 있어 태풍 기간 중 강우 특징에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 과거에 영향을 미친 태풍에 대해서 강우의 분포 패턴을 중심으로 유사한 특징을 가진 최적군집의 개수를 산출했다. 또한 군집분석 결과를 바탕으로 태풍의 이동경로와 강우 분포의 관계를 분석했으며, 태풍 기간 중 나타나는 강우패턴의 특징을 구분했다. 그 결과, 우리나라 태풍 영향기간 중 유사한 특징을 나타내는 강우 분포의 최적군집 개수는 12개로 산출되었다. 또한, 군집분석 결과에 의하면 태풍의 이동경로가 유사하더라도 강우의 패턴이 다르게 나타날 수 있고, 이동경로가 다르더라도 강우의 패턴이 유사하게 나타날 수 있음이 확인되었다. 마지막으로 가장 높은 빈도로 나타나는 분포 패턴과 재산피해에 영향을 미칠 수 있는 강우현상이 발생하는 분포 패턴을 구분했다.

핵심용어 : 태풍, 태풍 경로, 강우패턴

1. 서 론

태풍은 해마다 국민안전처의 재해연보에 호우, 대설, 강

풍과 더불어 집계되는 우리나라의 법적 자연재해 중 하나이다. 재해연보에 의하면 우리나라에서 태풍으로 인한 피해는 연평균 약 2~3 회 발생하며, 대표적인 대형 재해피해

*교신저자, 정회원, 국립기상과학원 관측기반연구과 재해기상연구센터 연구원(Tel: +82-70-7850-6648, Fax: +82-33-644-2657, E-mail: darzhyun@korea.kr)
Corresponding Author, Member, Researcher, High Impact Weather Research Center (HIWRC), National Institute of Meteorological Sciences (NIMS), Korean Meteorological Administration (KMA)

**국립기상과학원 관측기반연구과 재해기상연구센터 연구사
Research Scientist, HIWRC, NIMS, KMA

***국립기상과학원 관측기반연구과 재해기상연구센터 센터장
Director, HIWRC, NIMS, KMA

를 살펴보면, 2002년 ‘루사’는 약 63,085명의 이재민과 약 246명의 인명피해, 약 5조 1,480억원의 재산피해가 발생했으며, 2003년 태풍 ‘매미’는 약 61,844명의 이재민과 약 131명의 인명피해, 약 4조 2,220억원의 재산피해가 발생했다. 그리고 2007년 태풍 ‘나리’는 약 478명의 이재민과 약 16명의 인명피해, 약 1,592억원의 재산피해가 발생했다. 이러한 태풍피해를 저감하기 위해 태풍에 대한 구분, 예측, 피해저감 등 다양한 분야에서 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다.

태풍을 기상현상을 중심으로 구분한 선행연구들 중에서 일본의 경우, Sekiguchi(1964)는 250억톤 이상의 강우를 동반한 경우를 “우태풍”, 그 이하의 강우를 동반한 경우를 “풍태풍”이라고 정의했다. Kitabatake(2006)는 많은 강우를 동반한 태풍을 “Ame-taifu”, 강한 바람을 동반한 태풍을 “Kaze-Taifu”라고 정의했다. 미국의 경우는 우태풍과 풍태풍에 대해 각각 “Rainmaker”, “Windmaker”로 표현하고 있다. 우리나라의 경우, Park(1989)은 강우에 의한 피해가 많은 경우 “우태풍”, 강풍에 의한 피해가 많은 경우 “풍태풍”이라고 정의했다. Seol and Min(1992)은 기상재해를 비태풍, 바람태풍, 비바람태풍으로 분류할 경우 여름철에 태풍 유형별 내습빈도 비율이 2:1:3임을 밝혔다. Kim et al.(2007)은 누적강우량이 150 mm / 2 days가 20% 이상인 경우 비태풍, 최대순풍속이 17m/s 이상이 50% 이상일 경우 바람태풍으로 정의했다. Hyun et al.(2013)은 강풍강도지수와 강우강도지수를 활용하여 비태풍과 바람태풍을 정의했다. 이동경로를 중심으로 구분한 선행연구들 중에서 Lee et al.(1992)은 한반도에 영향을 미친 태풍에 대하여 중심기압과 지상최대풍속을 통계적인 방법으로 분석하고, 진로 특성에 따라 분류했다. Park et al.(2006)은 한반도에 영향을 미친 태풍을 진로에 따라 유형을 구분하고, 각 유형별로 태풍의 강도와 영향의 정도를 파악하여, 태풍의 특성을 분석했다. Kim et al.(2007)은 태풍의 진로 유형을 FCM(Fuzzy Clustering Method)를 이용하여 4개 유형으로 구분하고 피해 특성을 분석했다. Ahn et al.(2008)은 한반도에 영향을 준 태풍 중에서 서해를 통과한 태풍과 동해를 통과한 태풍으로 구분하고, 각 진로 유형별 피해 특징을 분석했다. Choi(2011)는 태풍 경로의 절대적인 거리와 공간패턴을 사용하여, 경로의 유사도를 측정하는 알고리즘을 개발했다.

이와 같이 많은 선행연구에서 태풍을 구분하고 그 특징을 분석하고 있지만, 태풍의 영향기간의 강우 패턴의 분포와 구분에 관한 연구는 미비한 실정이다.

태풍 피해는 크게 호우로 인한 침수와 강풍에 의한 피해로 발생하고 있지만, 특히 호우로 인한 침수피해가 크게 나타나고 있기 때문에, 태풍 기간 중 강우의 분포 패턴을 파악하는 것은 재해 저감을 위해 중요한 자료가 될 수 있다.

하여 본 연구에서는 강우를 기반으로 군집분석을 활용하여 강우 분포가 유사한 태풍의 영향기간 동안 이동경로와 강우

패턴간의 관계와 강우의 분포 패턴을 분석하여 태풍 피해 저감에 이바지하고자 한다.

2. 연구자료 및 방법

2.1 연구자료

본 연구에서는 1982년부터 2015년까지 국민안전처에서 발행하는 재해연보에 기록된 태풍 피해 사례를 연구했다. 강우 현상을 중심으로 태풍의 유사성을 구분하기 위해 우리나라 기상청에서 제공하는 강우 관측값을 이용했다. 강우 관측값은 자료의 연속성을 위해 연구기간 동안 연속해서 관측한 57개의 Automated Surface Observing System(ASOS)을 선정하여 사용했으며, 내륙과 강우 패턴에 많은 차이가 있는 도서 지역은 제외했다(Fig. 1).

태풍 이동경로는 일본의 Regional Specialized Meteorological Center(RSMC)-Tokyo에서 제공하는 베스트 트랙 자료를 사용했다. 여기서 RSMC에서 제공하는 태풍 이동경로에 포함된 태풍의 영향기간과 재해연보에 기록된 피해 기간이 불일치하는 자료는 제외하고, 61개의 태풍을 영향 태풍으로 선정하여 사용했다. 태풍의 영향기간은 태풍 백서에 기록되어 있는 태풍 영향반경에 속하는 베스트 트랙 포인트의 기간과 비교하여 정리했다.



Fig. 1. Observation Points Used in This Study

본 연구에서 태풍으로 인한 강우현상의 유사성을 군집분석하기 위해서 지점별 총 강우량, 일 최대 강우량, 시간당 최대강우량 등 Table 1과 같은 변수를 사용했다. 해당변수는

우리나라의 강우패턴을 구분한 선행연구에서 사용된 변수를 고려하여 선정했다(Kim et al., 2012; Um et al., 2011). 또한 집중호우를 고려하기 위해 시간당 20 mm, 30 mm의 변수와 현행 특보를 고려하기 위해 일강우 100 mm의 변수를 추가했다.

Table 1. Variable Used in This Study

Variable	Description
Total_RN	Total rainfall by observation point during influence period of typhoon
Max_Day_RN	Day maximum rainfall by observation point during influence period of typhoon
Max_1hr_RN	1hr maximum rainfall by observation point during influence period of typhoon
1hr_30	Observation points with an hourly rainfall of 30mm or more
1hr_20	Observation points with an hourly rainfall of 20 mm or more
Day_100	Observation points with an daily rainfall of 100 mm or more

2.2 연구방법

2.2.1 자기조직화지도

본 연구에서는 군집방법으로 자기조직화지도(Self-Organizing Map: SOM)를 활용하여 분석했다. 군집분석에는 다양한 방법이 있지만 어떤 방법이 가장 좋은 방법이라는 객관적 기준은 없다. 그러나 많은 선행연구에서 강우의 패턴을 구분하기 위해 SOM을 사용하여 좋은 결과를 도출한바 있다(Kim et al., 2012; Lin et al., 2006; Lu et al., 2006; Nishiyama et al., 2007). SOM은 네덜란드 헬싱키 대학의 Teuvo Kohonen에 의해 최초로 소개되어, 일명 Kohonen Map이라고도 불린다. SOM은 다차원의 데이터를 연구자가 이해하기 쉬운 형태로 시각화하고, 데이터의 숨겨진 의미있는 패턴을 찾아낼 수 있는 장점을 가진다(Arribas-Bel et al., 2011). SOM의 기본구조는 Fig. 2와 같이 입력층(Input Layer)과 경쟁층(Competition Layer)으로 구성되며, 경쟁층은 서로 완전 연결 되어있다. 경쟁층은 통상 육각형의 격자단위로 구성되며, 각 격자단위는 입력데이터에 따라 랜덤하게 초기 가중치 벡터($m_i(t)$)를 가지고, SOM의 훈련과정에 따라 갱신된다. 훈련과정이 종료된 후 가중치 벡터는 각 격자단위에 소속되는 입력 벡터($x(t)$)값을 대표하며, 동일한 차원을 가진다.

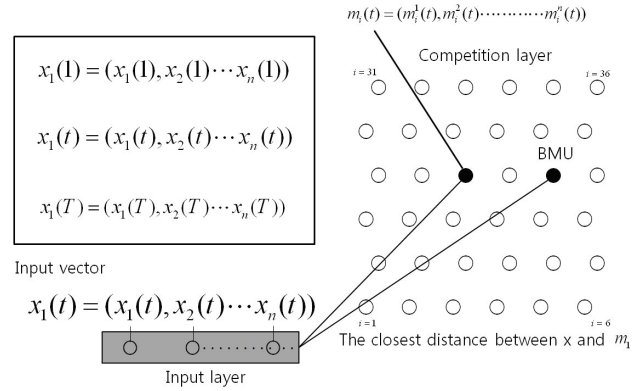


Fig. 2. Structure of Self-organizing Map (Source: Nishiyama et al.(2007), “Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map”)

SOM 훈련 전 가중치 벡터 요소는 임의값으로 초기화된다. 그리고 입력 벡터는 일반적으로 0과 1사이의 값들로 정규화 된다. SOM의 훈련이 시작되면 Eq. (1)과 같이 $x(t)$ 와 모든 $m_i(t)$ 간의 거리가 계산된다. 그리고 계산된 거리값을 이용하여 입력 벡터와 가장 가까운 가중치 벡터인 승자 단위(Winning Unit) c 를 찾는다. 승자 단위 c 는 BMU(Best Matching Unit)라 불린다.

$$c = \arg \min \| x(t) - m_i(t) \| \quad (1)$$

다음 단계는 Eqs. (2)와 (3)에 의하여 입력 벡터와 비교하여 모든 가중치 벡터가 갱신되는 것이다.

$$m_i(t+1) = m_i(t) + h_{ci}(t, \| r_c - r_i \|) [x(t) - m_i(t)] \quad (2)$$

$$h_{ci}(t, \| r_c - r_i \|) = a(t) \cdot \exp\left(-\frac{\| r_c - r_i \|^2}{2\sigma^2(t)}\right) \quad (3)$$

단,

$a(t)$: t 기의 학습률, 훈련시간 진행 따라 감소

$\sigma(t)$: t 기 이웃의 최대 범위, 훈련시간 진행에 따라 감소

$\| r_c - r_i \|$: Best Matching Unit과 이웃에 위치한 가중치 벡터와의 거리

가중치 벡터의 갱신은 Eqs. (2)와 (3)에 의해 이루어진다. Eqs. (1), (2), (3)을 이용하여 훈련과정이 반복되어 일정 범위 내에서 가중치 벡터 값의 변동이 없을 때 전체 훈련과정이 종료된다. 훈련과정 종료 후 최종적으로 얻어진 경쟁층의 격자단위를 대표하는 가중치벡터는 훈련에 사용된 입력 벡터를 대표하도록 조정된다. 또한 가까운 곳에 위치한 육각형의 격자단위들은 먼 곳에 위치한 격자단위들에 비해 유사한 가중치 벡터 값을 가지게 된다.

2.2.2 K-means Clustering과 Davies-Bouldin Index를 이용한 최적군집수 설정

SOM의 훈련이 종료되고 최종적으로 가중치 벡터가 입력 벡터의 값을 대표하도록 조정되면 가장 유사한 가중치 벡터 값을 가지는 격자단위에 개별 입력 벡터가 소속된다. 이 경우 격자단위를 중심으로 군집이 형성된다. 그러나 일반적으로 SOM을 구성하는 격자단위의 수가 많기 때문에 이 단계에서 너무 많은 수의 군집이 형성되는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 각 격자단위가 가진 가중치 벡터값을 이용하여 격자단위를 다시 몇 개의 군집으로 재군집화하는 절차가 일반적으로 이용된다. 본 연구에서는 K-means Clustering 방법을 이용하여 격자단위를 재군집화하는 방법을 이용하였다. 그러나 K-means Clustering은 최적 군집수를 연구자가 주관적으로 판단하는 단점을 가진다. 본 연구에서는 군집개수 선정의 객관성을 위해 Nishiyama et al.(2007), Lu et al.(2006), Vesanto and Alhoniemi(2000) 등과 같은 방법으로 Eq. (4)와 같이 군집개수의 유효성 측도로써 Davies-Bouldin Index가 최소화된 군집수를 최적군집수로 설정하였다.

$$v_{DB}(C) = \frac{1}{C} \sum_{k=1}^C \max_{l \neq k} \left\{ \frac{S_c(Q_k) + S_c(Q_l)}{d_{ce}(Q_k, Q_l)} \right\} \quad (4)$$

단,

C : 군집의 수

c_k : 군집 k 의 중심값

$S_c = \sum_i \|X_i - c_k\| / N_k$: 군집중심과 군집에 포함된 데이터 간의 거리

N_k : 군집 k 에 존재하는 데이터의 수

$d_{ce} = \|c_k - c_l\|$: 군집 Q_k 와 Q_l 의 거리

또한, 자기조직화지도의 가중치 벡터는 랜덤 설정되기 때문에 결과 값이 매번 다르게 나타나는 단점을 가지므로 반복분석을 통해서 DBI가 가장 최소화되는 군집을 선택했다(Kim et al., 2012).

3. 결 과

3.1 SOM 반복분석

SOM은 모델 구동시 경쟁층의 각 격자를 대표하는 가중치 벡터의 초기값은 랜덤으로 설정된다. 그렇기 때문에 분석 결과가 유사하지만, 매번 다르게 나타나는 단점을 가진다. 본 연구에서는 이와 같은 단점을 제외하고자 Kim et al.(2012) 과 같은 방법으로 반복분석을 통해서 최적 DBI를 산출했다. 군집의 개수는 2개부터 20개까지 지정하여 각각의 군집에 대해 DBI를 검증했으며, 이를 20회 반복분석 했다. 분석된 자료를 바탕으로 각각의 군집별 DBI의 평균값을 검토한 결과,

대체적으로 2개 군집에서 14개 군집까지 낮은 DBI를 보였으며, 14개 이상 군집부터 DBI가 크게 상승하는 경향을 보였다. 그중에서도 11개 군집부터 13개 군집까지가 가장 낮은 DBI를 보였으며, 이것은 과거 태풍의 강우 패턴을 11~13개의 군집으로 나누는 것이 적합하다는 것을 의미한다(Fig. 3).

Table 2는 반복분석된 DBI산출 결과이다. 분석결과 반복 분석 2회차의 12개 군집이 DBI가 0.642로 모든 분석 결과 중에서 가장 적합한 수치를 보였다. 군집결과는 Table 3과 같다.

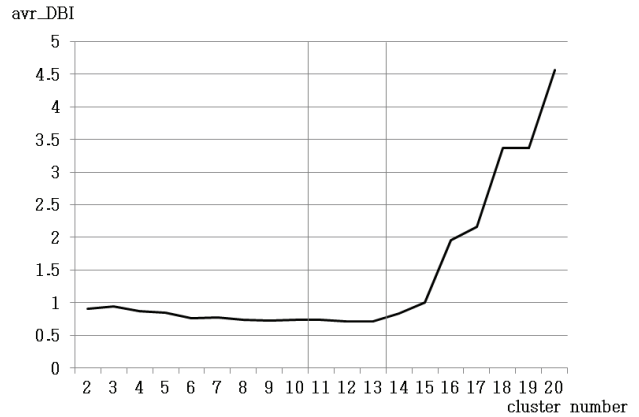


Fig. 3. Average of DBI by Cluster

3.2 태풍의 이동경로와 강우 패턴간의 관계

군집결과 중에서 이동경로와 강우패턴 간에 명확한 특징을 나타내고 있는 그룹을 비교 분석하고, 각각의 특징을 검토했다(Figs. 4-5).

첫째, Group 3과 Group 10은 우리나라의 남쪽에서부터 진입해 동해안을 통과하는 이동경로를 보이고 있다. 두 개의 그룹은 유사한 이동경로를 보이고 있으나 강우 패턴은 다르게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 먼저, Group 3은 한반도 전체에 걸쳐 전반적으로 미약한 강우를 보이고 있으며, 남해안과 동해안 일부에 상대적으로 강한 강우를 보인다. 반면에 Group 10의 경우 남해안과 동해안 일부에 강한 강우를 보이고, 이와 함께 한반도 북부지역에도 강한 강우가 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다.

둘째, Group 6과 Group 12는 한반도를 관통하는 이동경로를 보이고 있다. 이 또한 두 개의 그룹이 유사한 이동경로를 보이고 있으나 강우패턴은 다르게 나타나고 있다. 먼저, Group 6은 태풍의 경로를 기준으로 왼쪽지역, 한반도의 서쪽에 많은 강우를 보이는 반면에, Group 12는 태풍의 경로를 기준으로 오른쪽 지역, 한반도 남쪽과 동쪽에 많은 강우를 보이고 있다. 특히 Group12의 경우 서해안을 통과하는 태풍의 이동경로가 함께 보이고 있는데, 이것은 태풍의 이동경로가 다르더라도 유사한 강우 패턴을 나타낼 수 있음을 나타낸다.

Table 2. Repeatedly Analyzed Davie-Bouldin Index

# of analyzes	# of cluster																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NaN	0.903	1.040	0.950	0.842	0.761	0.784	0.699	0.767	0.740	0.698	0.739	0.729	3.204	0.786	3.044	5.570	4.639	2.431	5.510
2	NaN	0.903	0.833	0.950	0.866	0.782	0.739	0.730	0.742	0.714	0.723	0.642	0.724	0.756	0.694	0.726	0.755	5.066	4.153	3.843
3	NaN	0.903	0.833	0.822	0.811	0.825	0.804	0.743	0.655	0.761	0.781	0.754	0.694	0.665	0.712	4.027	0.702	3.797	1.010	5.350
4	NaN	0.903	1.040	0.871	0.811	0.752	0.808	0.759	0.800	0.746	0.790	0.739	0.692	0.674	0.730	3.044	0.717	2.792	3.727	4.317
5	NaN	0.903	0.833	0.871	0.859	0.825	0.738	0.731	0.726	0.707	0.753	0.728	0.673	0.708	0.661	0.731	3.732	7.638	1.690	3.772
6	NaN	0.903	0.833	0.950	0.851	0.752	0.804	0.739	0.738	0.727	0.790	0.651	0.728	0.706	2.972	2.328	2.123	0.709	2.431	6.251
7	NaN	0.903	1.040	0.950	0.807	0.715	0.738	0.793	0.738	0.678	0.733	0.768	0.728	0.711	0.688	2.328	0.701	0.709	2.431	4.971
8	NaN	0.903	0.833	0.950	0.799	0.758	0.785	0.731	0.678	0.791	0.767	0.668	0.669	0.670	0.678	0.656	0.692	4.124	0.695	5.067
9	NaN	0.903	1.040	0.822	0.866	0.814	0.785	0.722	0.731	0.731	0.673	0.695	0.683	0.725	0.786	3.866	4.288	5.066	4.455	4.361
10	NaN	0.903	1.040	0.822	0.842	0.797	0.739	0.786	0.726	0.735	0.772	0.698	0.718	0.702	0.740	3.838	2.491	4.476	3.427	5.013
11	NaN	0.903	0.833	0.950	0.830	0.715	0.739	0.709	0.692	0.755	0.746	0.764	0.692	0.711	0.744	3.581	1.001	2.045	3.736	4.765
12	NaN	0.903	1.040	0.950	0.811	0.825	0.804	0.743	0.761	0.694	0.741	0.743	0.732	0.709	2.921	2.045	3.357	3.622	4.707	3.748
13	NaN	0.903	0.833	0.871	0.830	0.814	0.804	0.777	0.747	0.756	0.725	0.710	0.732	0.706	0.688	0.697	0.690	1.948	3.413	4.971
14	NaN	0.903	1.040	0.950	0.866	0.756	0.784	0.703	0.774	0.744	0.698	0.726	0.728	0.796	0.786	0.786	4.388	0.709	1.018	3.450
15	NaN	0.903	1.040	0.822	0.897	0.735	0.759	0.747	0.726	0.712	0.730	0.688	0.718	0.699	1.975	0.652	3.518	2.214	7.269	1.600
16	NaN	0.903	0.833	0.780	0.830	0.715	0.746	0.738	0.747	0.727	0.746	0.756	0.730	0.711	0.658	0.733	0.697	2.045	1.010	3.459
17	NaN	0.903	1.040	0.780	0.866	0.780	0.755	0.699	0.704	0.779	0.790	0.756	0.729	0.738	0.745	0.737	0.717	4.639	5.463	4.633
18	NaN	0.903	0.833	0.822	0.859	0.782	0.739	0.786	0.737	0.714	0.675	0.769	0.669	0.752	0.680	3.838	0.692	5.066	5.350	5.415
19	NaN	0.903	1.040	0.822	0.830	0.708	0.739	0.725	0.692	0.756	0.737	0.704	0.694	0.709	0.658	0.707	4.787	0.720	4.819	7.110
20	NaN	0.903	1.040	0.822	0.866	0.746	0.808	0.731	0.767	0.731	0.675	0.699	0.724	0.706	0.694	0.729	1.696	5.400	4.036	3.683

Table 3. List of Typhoons by Cluster

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0014 'SAOMAI'	1215 'BOLAVEN'	8310 'FORREST'	8211 'CECIL'	9507 'JANIS'	8508 'KIT'	8213 'ELLIS'	8509 'LEE'	9015 'ABE'	8712 'DINAH'	8616 'ABBY'	8705 'THELMA'
0415 'MEGI'		8410 'HOOLY'	8605 'NANCY'	9907 'OLGA'	8613 'VERA'	8219 'KEN'	8911 'JUDY'	9411 'BRENDAN'	0514 'NABI'	9112 'GLADYS'	9809 'YANNIS'
		8520 'BRENDA'	0314 'MAEMI'	9917 'ANN'		8513 'PAT'	9119 'MIREILLE'	9429 'SETH'		9219 'TED'	0215 'RUSA'
		9109 'CAITLIN'		0012 'PRAPIROON'		9019 'FLO'	9503 'FAYE'	0807 'KALMAEGI'		9307 'ROBYN'	1109 'MUIFA'
		0306 'SOUDELOR'		0407 'MINDULLE'		9306 'PERCY'	1009 'MALOU'	1007 'KOMPASU'		9413 'DOUG'	1216 'SANBA'
		0418 'SONGDA'		0711 'NARI'		9414 'ELLIE'		1207 'KHANUN'		0205 'RAMMASUN'	
		1324 'DANAS'				9711 'TINA'				1004 'DIANMU'	
						9719 'OLIWA'				1411 'HALONG'	
						0610 'WUKONG'					
						0613 'SHANSHAN'					
						0704 'MANYI'					
						1408 'NEOGURI'					
						1412 'NAKRI'					
						1515 'GONI'					

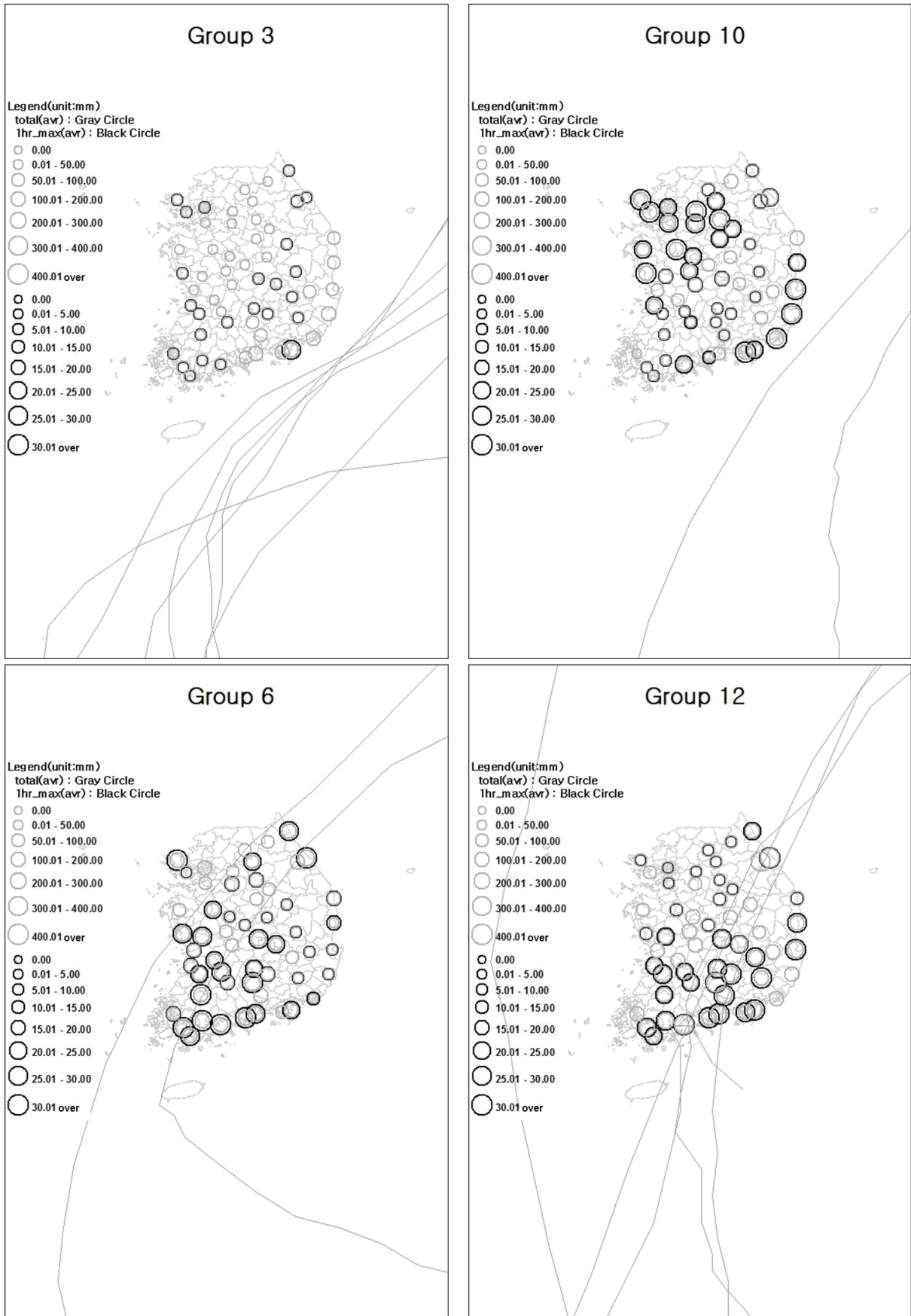


Fig. 4. Rainfall Pattern by Typhoon Group (3, 10 and 6, 12)

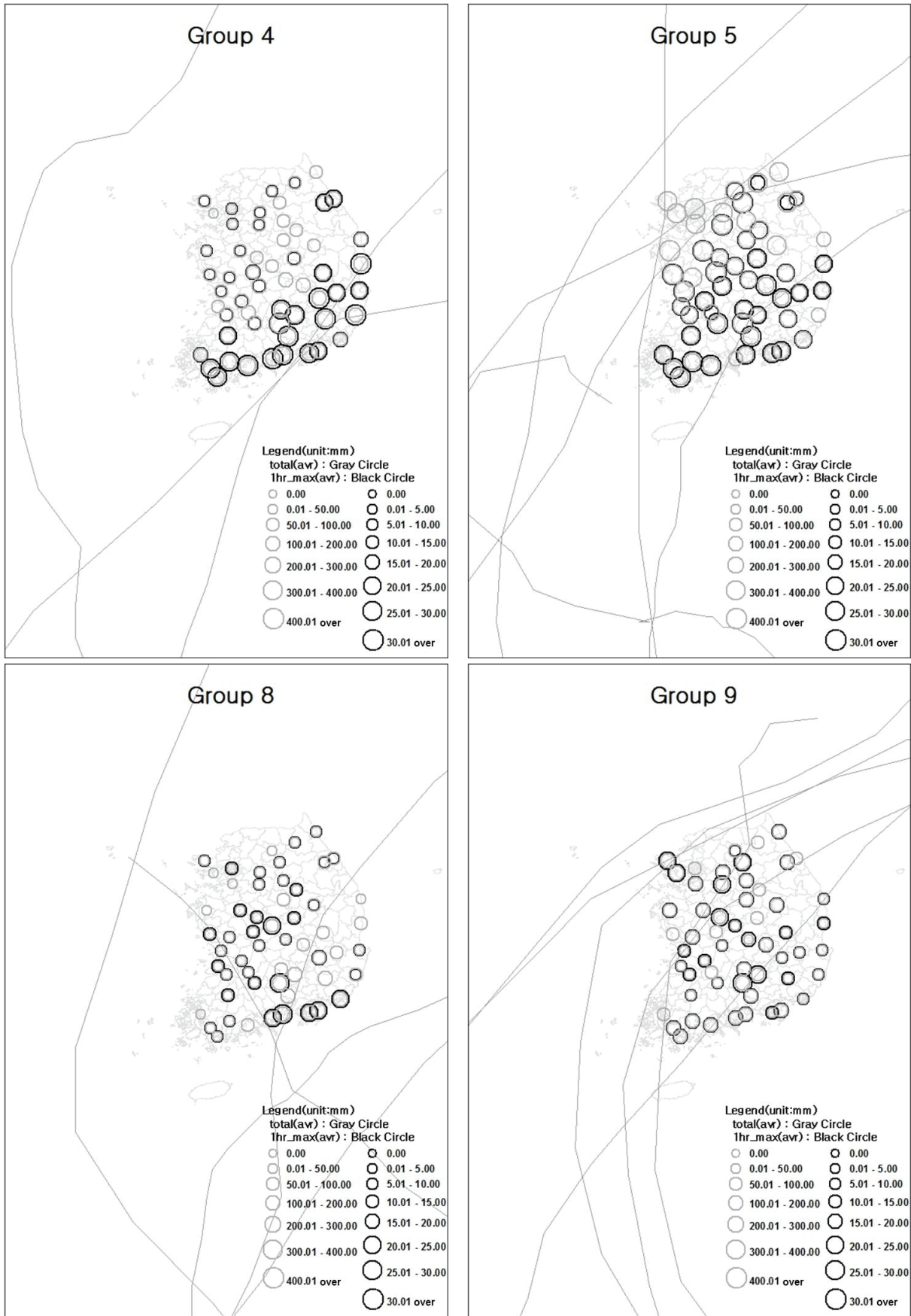


Fig. 5. Rainfall Pattern by Typhoon Group (4, 5, 8, 9)

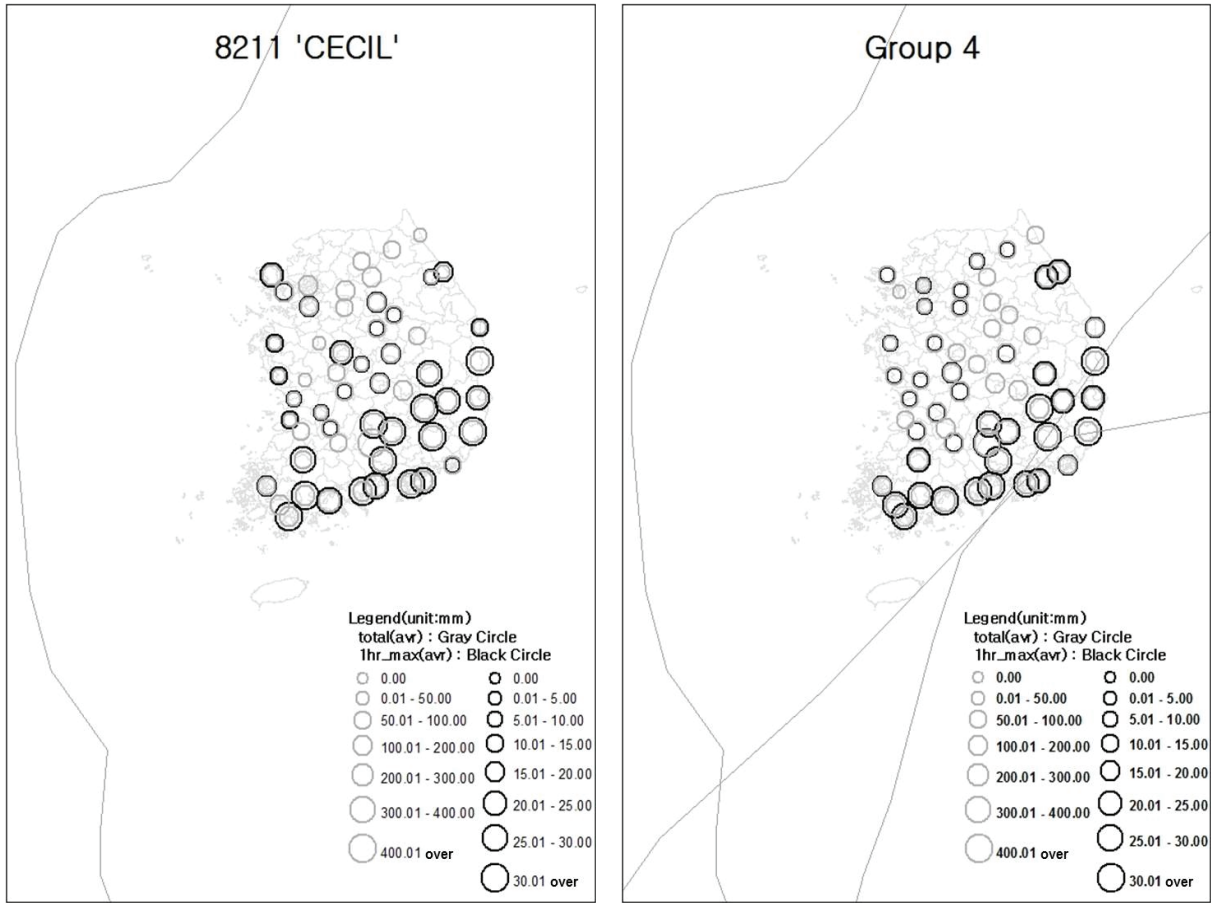


Fig. 6. Verification of Rainfall Patterns on Cluster Results

마지막으로, Group 4, 5, 8, 9는 서해안을 통과하는 태풍의 특징을 살펴볼 수 있다. 서해안을 통과하는 태풍이 다른 이동경로의 태풍과 함께 묶여 있지만, 강우 패턴은 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이것은 서해안을 통과할 때 우리나라의 강우 현상이 변칙적이고 다양하다는 것을 의미한다.

Fig. 6은 서해안을 통과하는 태풍이 소속된 그룹의 강우패턴이 제대로 군집된 것인지 Group4에 소속된 서해안을 통과하는 태풍 'CECIL'과 Group4의 강우분포를 비교한 것이다. 비교분석 결과 강우의 분포가 유사한 것으로 확인되어 분석된 군집결과에 오류가 없음을 확인했다.

3.3 태풍 영향기간 동안의 주요 강우 패턴

우리나라의 태풍 영향기간 동안의 강우 분포 패턴의 관찰은 태풍 내습 시 방재 역량의 집중을 위해서 중요한 기초자료로 활용할 수 있다. 이에 따라 군집 결과에 대해서 각 그룹별 강우 패턴의 특징을 분석했다.

첫째, Group 7은 본 연구에서 사용된 총 61개의 태풍 자료 중에서 14개 태풍이 묶인 그룹으로 태풍 영향기간 중 가장 빈번하게 나타나는 패턴임을 의미한다(Fig. 7). 전국적으로 미약한 강우 분포를 보이고 있으며, 영향기간 중

총 강우량은 전국적으로 평균 약 22.6 mm, 최대 1시간 강우량은 평균 5.4 mm로 나타났다.

둘째, Group 5(Fig. 5), 10, 12(Fig. 4)는 집중호우 기준인 시간당 30 mm 강우 지역이 많은 그룹으로 나타났다. Group 5는 시간당 30 mm의 강우가 발생한 지역이 16개, Group 10과 12는 10개로 나타났다. 강우의 분포 패턴을 살펴보면 Group 5는 전국적으로 강한 강우를 나타내고 있으며, Group 10은 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 충청도 등 북부지역에, Group 12는 전라도, 경상도, 강원도 등 동해안과 남부지역에 강한 강우를 보이고 있다.

마지막으로, Group 3(Fig. 4), 8, 9(Fig. 5)는 평균적으로 총 강우량이 40~50 mm로 분석되어 강우 현상이 미미한 그룹으로 나타났으나, 시간당 강우가 20 mm 이상인 지역이 확인되었다. Group 3은 시간당 20 mm 이상 강우가 1개 지역에서 나타났으며, 전국적으로 낮은 강우를 보이고 있다. Group 8과 9는 시간당 20 mm 이상 강우가 7개 지역에서 나타났다. Group 8은 충청도, 전라도, 경상도 일부지역으로 주로 남부 지역에 많은 강우를 보이고 있으며, Group 9는 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 충청도 지역인 북부지역에 많은 강우를 보이고 있다.

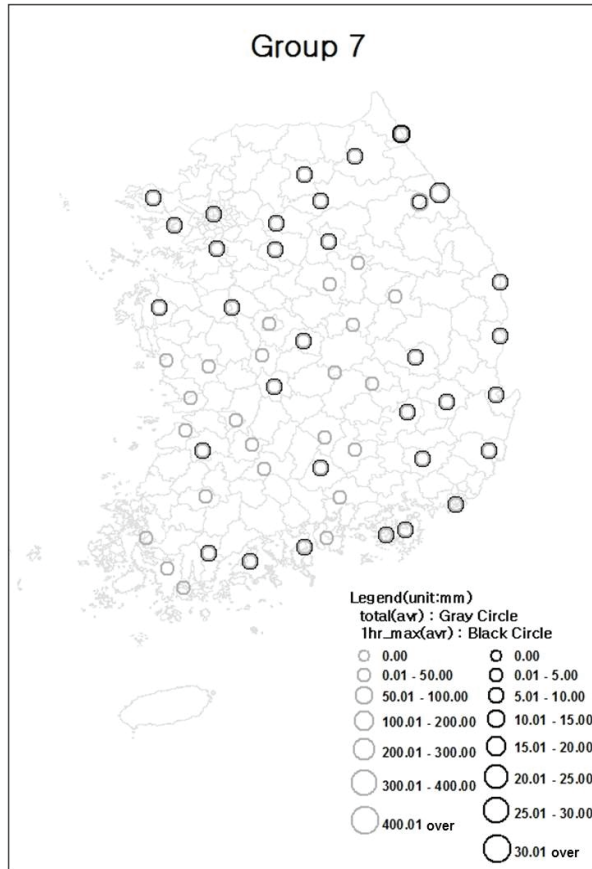


Fig. 7. Rainfall Pattern by Typhoon Group 7

4. 결론 및 고찰

본 연구는 과거 우리나라에 피해를 유발한 영향태풍 61개를 선정하여, 강우 패턴을 기준으로 자기조직화지도를 활용하여 유사한 태풍을 구분하고, 각 그룹별 특징을 분석했다.

분석결과 첫째, 우리나라의 태풍 영향기간 중의 강우 분포 패턴은 12개로 구분할 수 있다. 이는 기상학적으로 의미를 지니며, 선행연구에서처럼 강우의 분포패턴을 분류하여 최적군집수를 산출하는데 의의가 있다(Kim et al., 2012; Um et al., 2011; Nishiyama et al., 2007; Lu et al., 2006).

둘째, 태풍의 이동경로가 유사하더라도 강우패턴이 다르게 나타날 수 있으며, 태풍의 이동경로가 다르더라도 강우패턴은 유사하게 나타날 수 있다. 이는 향후 태풍 내습시 강우지역에 대한 예측과 피해지역에 대한 대비를 위해 중요한 기초자료로써 활용 될 수 있으며, 태풍 영향기간 중의 강우 피해에 대한 연구에 대하여 이동경로가 아닌 또 다른 분류 기준을 제시한다.

마지막으로, 우리나라의 태풍영향기간 중 강우의 분포 패턴을 구분하고 그 특징을 분석했다. 우리나라의 영향태풍 61개 중 14개 태풍이 미약한 강우를 동반하며 가장 높은 빈도를 보였다. 또한 13개 태풍은 각 그룹별로 전국, 북부, 남부 등에 분포 특징을 보이며, 많은 강우를 동반하여

강력한 집중호우 현상을 나타냈다. 마지막으로 18개 태풍은 전국적으로 강우는 미약하지만 각 그룹별로 일부 지역에 20 mm 이상의 강우현상을 보이는 것으로 분석되었다. 이는 향후 태풍 피해가 예상되는 지역에 대해 방재역량 집중을 위한 방재대책 및 정책 결정에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 강우를 기준으로 태풍을 분류했기 때문에 강풍을 고려하지 못했다는 한계를 가지고 있지만, 태풍에 대한 방재대책, 태풍연구와 영향예보의 기초자료로써 활용될 수 있을 것이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립기상과학원의 기상업무지원기술개발연구(R&D) 사업(NIMS-206-3100)의 일환으로 수행되었습니다.

References

- Agarwal, P., and Andre, S. (2008) *Self Organizing Maps: Applications in Geographic Information Science*. John Wiley & Sons, West Sussex, England.
- Ahn, S.H., Kim, B.J., Lee, S.L., and Kim, H.K. (2008) The Characteristics of Disaster by Track of Typhoon Affecting the Korean Peninsula. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 8, No. 3, pp. 29-36.
- Choi, J.M. (2011) Hurricane Query Based on Spatio-Temporal Similarity. *The Korean Association of Professional Geographers*, Vol. 45, No. 1, pp. 189-197.
- Hyun, Y.S., Moon, I.J., Jung, Y.Y., and Lee, J.H. (2013) Basic Statistical Analysis for Classification of Rain Typhoon and Wind Typhoon. *Proc., the Autumn Meeting of Korea Meteor. Soc.*, Vol. 2013, No. 10, pp. 442-443.
- Kim, B.J., Lee, S.L., Kim, H.G., Park, J.K., and Choi, B.C. (2007) Analysis of Damage Characteristics of Typhoons according to the course of typhoons landing on the Korean peninsula. *Proc., the Spring Meeting of Korea Meteor. Soc.*, pp. 486-487.
- Kim, H.U., Shon, C., and Han, S.O. (2012) Identifying the Optimal Number of Homogeneous for Regional Frequency Analysis Using Self-Organizing Map. *Korea Spatial Information Society*, Vol. 20, No. 6, pp. 13-21.
- Kim, J.S., and Kwon, H.J. (2007) Seasonal Prediction of Tropical Cyclone Frequency in the Western North Pacific using GDAPS Ensemble Prediction System. *Atmosphere*, Vol. 17, No. 3, pp. 269-279.

- Korea Meteorological Administration (2002) *Development of Infrastructure Technology for Advanced Numerical Forecasting System: Part 1, Improving Predictive Performance of Global Forecasting Systems*. Korea Meteorological Administration.
- Korea Meteorological Administration (2011) *White Paper on Typhoon*. Korea Meteorological Administration, pp. 31-32.
- Lee, D.K., Jang, D.E., and Wee, T.K. (1992) Typhoons Approaching Korea, 1960-1989 Part I : Statistics and Synoptic Overview. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, Korea Meteorological Society, Vol. 28, No. 2, pp. 133-147.
- Lu, H.C., Chang, C.L., and Hsieh, J.C. (2006) Classification of PM_{10} distributions in Taiwan. *Atmospheric Environment*, Vol. 40, pp. 1452-1463.
- Ministry of Public Safety and Security (2016) *2015 Disaster Yearbook*. Ministry of Public Safety and Security.
- Nishiyama, K., Endo, S., Jinno, K., Bertacchi Uvo, C., Olsson, J., and Berndtsson, R. (2007) Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map. *Atmospheric Research*, Vol. 83, pp. 185-200.
- Park, J.K. (1989) On the Characteristics of the Precipitation Due to the Typhoon Located in the Vicinity of the Korean Peninsula. *Journal of Korea Meteorological Society*, Vol. 25, No. 2, pp. 45-55.
- Park, J.K., Kim, B.S., Jung, W.S., Kim, E.B., and Lee, D.G. (2006) Change in Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula. *Atmosphere*, Korea Meteorological Society, Vol. 16, No. 1, pp. 1-17.
- Sekiguchi Fukuoka (關口, 福岡) (1964) Rain Typhoon and Wind Typhoon (雨台風の 風台風). *Japan Meteorological Society*, Vol. 11, No. 2, pp. 53-57.
- Seol, D.I., and Min, B.E. (1992) A Statistical Study on Weather Disasters in Korea by Typhoons. *Korean Institute of Navigation and Port Research*, Vol. 16, No. 4, pp. 47-54.
- Sim, M.J., Shon, J.H., Park, S.W., Chu, G.M., Jung, H.S., and Jang, D.E. (2007) *Verification of Numerical Forecasting System(2006)*. Numerical Forecasting Officer Technical Notes, 2007-1.
- Vesanto, J., and Alhoniemi, E. (2000) Clustering of the Self-Organizing Map. *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 11, No. 3, pp. 586-600.

Received	March 13, 2017
Revised	March 14, 2017
Accepted	May 29, 2017