

ORIGINAL ARTICLE

한반도 영향태풍 분석을 위한 태풍유형지수 활용 및 사례분석

김건우^{1,2)} · 정우식^{1)*}

¹⁾인제대학교 대기환경정보공학과/대기환경정보연구센터, ²⁾원랩 주식회사

Typhoon Type Index for Analysis of Typhoons Affecting the Korean Peninsula

Gunwoo Kim^{1,2)}, Woo-Sik Jung^{1)*}

¹⁾Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 50834, Korea

²⁾Winlab Corporation, Busan 47881, Korea

Abstract

This study aimed to classify typhoons using a more objective index based on strong winds and precipitation data from 1904 to 2019 obtained from the Automated Surface Observing System. The Typhoon Type Index (TTI) was calculated by classifying wind speed and precipitation of each typhoon, thereby revealing the rate and characteristics of the wind-type and rain-type typhoons. In addition, the top 10 typhoons for property damage were analyzed by dividing them into three types according to the typhoon course. The analysis showed that typhoons of type 1, heading north to the west coast, were most clearly affected by the wind. In addition, the impact of the wind was reduced and the impact of rain increased in the order of typhoon type 2 that landed on the southern coast and type 6 that affected the Korean Peninsula through China.

Key words : ASOS, Precipitation, Strong wind, Typhoon Type Index

1. 서론

최근으로 오면서 한반도에 영향을 미치는 태풍의 강도와 그에 따른 피해액이 증가하고 있다. 재해연보(Ministry of the Interior and Safety, 2019)와 기상청(https://www.weather.go.kr/weather/lifenindustry/disaster_04.jsp)에 따르면 근대기상관측이 수행된 1904년 이후부터 2018년까지 115년간 한반도에 영향을 미친 전체 태풍 중에서 재산피해액 기준 상위 10위 내에, 가장

많은 피해를 유발한(1위) 루사(2002)와 그다음으로 많은 피해를 기록한(2위) 매미(2003)를 포함하여 무려 6개의 태풍이 2000년 이후의 한반도 영향태풍이었다. 이러한 최근으로 올수록 많은 피해를 유발하는 태풍들이 잦아짐에 따라 태풍 내습에 따른 피해와 관련한 다양한 선행연구들이 진행되어왔다. 국내에서는, 항공 LiDAR 자료를 이용하여 슈퍼태풍에 의한 해안 및 연안 지역 일대에서의 침수피해예측 연구(Han et al., 2009)나 사전방재 측면에서 활용가능한 태풍사전방재모델을 개발(Na and Jung,

Received 9 June, 2021; Revised 21 June, 2021;

Accepted 28 June, 2021

*Corresponding author: Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 50834, Korea
Phone : +82-55-320-3932
E-mail : wsjung1@inje.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2019)하는 등의 태풍 내습 시 피해예측과 관련된 연구가 수행된 바 있다. 또한 볼라벤(2012) 영향기간 동안 제주도에서 염분의 이유, 확산에 관련된 바람의 발생 및 이로 인한 식생에 대한 피해에 대한 연구(Choi et al., 2014)와 매미(2003)에 동반된 강풍으로 부산지역에서 발생한 피해에 대한 분석(Kang et al., 2003)등, 태풍과 관련된 피해에 대한 분석적 연구들이 수행된 바 있다. 국외에서는 AI를 이용하여 태풍 강수를 예측하는 어플리케이션을 개발하거나(Lin and Chen, 2005) 남서 계절풍 영향을 고려한 ANN 기법을 이용하여 태풍 강수 예측의 정확도를 올리는(Pan et al., 2011) 등 인공지능과 결합하여 태풍을 예측하는 연구들도 진행된 바 있다.

태풍 내습 시 발생하는 피해 대부분은 태풍에 동반된 많은 양의 비와 강한 바람에 의해 발생하는데, 피해 발생 가능성을 사전에 예측하고 대비하기 위해 한반도 내습 태풍에 동반된 비와 바람에 관련된 상세한 시, 공간적 분포특성을 파악할 필요성이 있다. 비와 바람에 대한 특성으로 태풍을 분류한 선행연구들을 보면, 태풍으로 인한 피해가 어떤 유형에 의해 나타나느냐에 따라 풍태풍과 우태풍으로 구분하거나(Park and Moon, 1989) 태풍에 의한 누적강우량과 최대순간풍속 사이의 관련성을 조사하여, 비 태풍은 누적강우량이 150 mm/2days 이상인 경우, 바람 태풍은 17 m/s 이상이 50% 이상으로 나타난 경우로 정의(Kim et al., 2007)하기도 하였다. 또한, 관측 자료를 이용하여 강풍강도지수와 강수강도지수를 계산하거나(Hyun et al., 2013) 태풍의 진로인 Best-Track 자료와 위성 기반의 바람과 강수 자료를 이용하여 한반도에 영향을 미치는 태풍에 동반된 비와 바람의 비율을 산정하거나(Kim and Moon, 2019), 천리안 위성 2A호의 바람과 강수 자료를 이용하여 한반도 부근의 비와 바람의 비율을 따라 ‘주의 태풍’이나 ‘위험 태풍’으로 구분한 바도 있지만(Kim et al., 2020), 복잡한 계산이 필요하거나 태풍 유형 구분에 있어 객관적 기준이 다소 모호하다는 아쉬움도 있다. 또한, 국외 연구에서도 SSM/I 마이크로웨이브를 통한 관측자료를 이용하여 태풍의 특성을 분석(Rao, 1994)하고 태풍으로 인한 작물의 피해를 분석하기 위해 관측자료를 이용해 태풍 유형을 구분(Lin et al., 2020)한 바 있지만, 해상도 측면에서는 여전히 미흡한 측면이 있다. 즉, 이들 대부분의 연구는, 기본적으로, 태풍에 동반된 비와 바람이 각 상세 지역 단위로 어느

정도, 얼마나 우월적 경향을 보이는지에 대한 관점이 아닌, 한반도 또는 대상 지역 전체를 하나의 영향대상으로 설정하고 이에 대한 비와 바람의 지배적 경향에 근간하여 ‘풍태풍’, ‘우태풍’, ‘주의 태풍’, ‘위험 태풍’ 등으로 균일하게 태풍 유형 등을 분류하고 있다. 하지만, 우리나라는 지리적, 지형적 복잡성으로 인해, 좁은 공간 규모에서도 바람의 강도, 강수의 양에 있어서 지역적 편차와 평균이 다양한 수준으로 나타나므로, 이러한 우리나라를 하나의 단위로 구분하는 태풍 유형 구분과 특성분석은 현장 활용적 측면에서 유용한 정보로 활용되기가 어렵다. 비록, 방재 정보 제공 시 각 지자체에서는 태풍에 동반된 강풍과 호우를 각각 3단계로 구분하여 위험도 정보를 제공하고 있으나, 이는 각각의 지역별 강풍과 호우의 특성이 고려된 단계 기준값으로 구분하는 것이 아니라, 모든 지자체에서 동일한 기준값을 사용하는 일률적 기준이므로 지역적 특성이 고려된 것이라 볼 수는 없다. 따라서 본 연구에서는 상세 지역 단위 규모에서의 태풍 유형 분류 및 특성분석으로 실제 방재 행정현장에서 활용 가능한 정보를 제공할 수 있는 한반도 맞춤형 태풍유형지수 개발을 위한 예비연구로써, 시범적으로, 우리나라 근대기 상관측 이후 재산피해 10위권 내의 한반도 영향 태풍들을 대상으로 상세 지역별 태풍유형지수 연구를 수행하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서는 한반도에서의 태풍 영향기간 동안 상세지역별 태풍유형지수(Typhoon Type Index, TTI)를 도출하기 위하여, 우리나라에서 근대기상관측이 시작된 1904년부터 2019년까지 116년에 걸쳐 장기간 관측이 이루어진 모든 종관기상관측(Automated Synoptic Observing System, ASOS)지점의 시간별 자료를 이용하여 각 ASOS 지점별 태풍유형지수를 산출하였다. 기상청에서 운용 중인 ASOS 지점은 1904년 부산(지점번호 159)을 시작으로 점차 늘어나서, 2019년 현재 우리나라 전역에 102개의 지점이 운용되고 있다(Fig. 1). 본 연구에서는 지역별 태풍유형지수를 도출하여 특징을 살펴보기 위하여, 태풍백서(KMA, 2011)와 태풍분석보고서(KMA, 2012-2019)를 참고하여, 시범적으로, 1904년부터 2019년까지 한반도에 영향을 미친 총 361개의 영향태풍

중에서 피해액 기준으로 상위 10위까지의 태풍인 ‘루사’, ‘매미’, ‘에위니아’, ‘올가’, ‘볼라벤’, ‘덴빈’, ‘재니스’, ‘셀마’, ‘산바’, ‘예니’, ‘쁘라삐룬’을 대상으로 예비적 분석을 수행하였다(볼라벤과 덴빈의 경우 두 개의 태풍이 연이어 발생하여 하나의 사례(5위)로 처리하여, 총 11개의 태풍을 분석하였다).

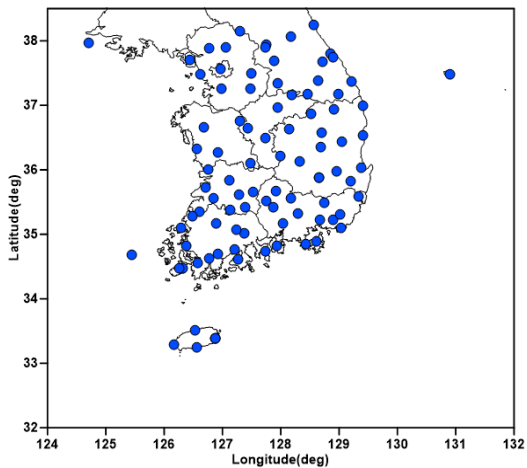


Fig. 1. Distribution of 102 ASOS stations (as of 2019).

Fig. 2는 부산(159)지점과 서울(108)지점별 모든 영향태풍을 대상으로 나타낸 산점도와 추세선이다. 그림에서 하늘색 원은 한반도 영향태풍 각각을 나타낸 것으로, 관측 시작 시기에 따라 각 관측지점별로 TTI 산정에 활용된 태풍의 자료 수는 다를 수 있다. 즉, 부산지점은 1904년부터 관측자료가 제공되므로 1904년부터 2019년까지 한반도에 영향을 미친 361개 태풍의 영향 시기에 대한 부산지점 자료가 모두 고려되었지만 서울지점은 1908년도부터 관측이 시작되어 이때부터 2019년까지 한반도에 영향을 미친 344개 태풍 영향 시기의 자료가 TTI 산정에 사용되었다.

각 그림에 나타난 회귀식(검은선)은 해당 지점에서의 태풍영향기간 동안 누적강수량과 풍속 사이의 상관관계를 나타낸 것이다. 각 태풍별로 누적강수량과 풍속에 해당하는 위치가 이 회귀식에서 멀리 떨어 질수록 비 또는 바람의 특성이 뚜렷해지는 경향을 나타내는데, 붉은색 영역의 위쪽으로 갈수록 바람의 영향이 강한 ‘풍태풍’의 경향이 뚜렷해지고, 아래쪽인 파란색 영역의 아래쪽으로

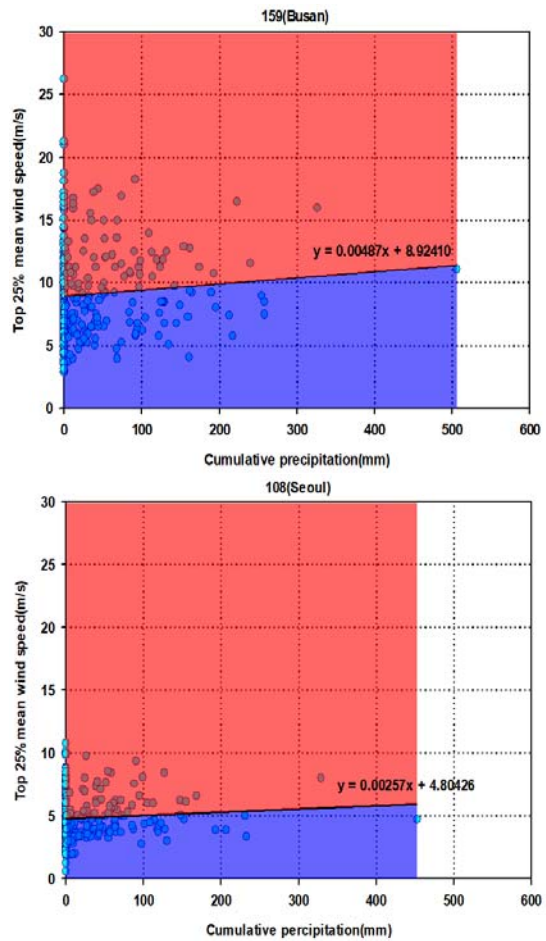


Fig. 2. Scatter diagram of cumulative precipitation(x-axis) and top 25% mean wind speed(y-axis) for Busan(left) and Seoul(right). Black line is the trend line for each station. Red area indicate more wind-dominated Typhoons and blue area indicate more rainfall-dominated Typhoons.

갈수록 비의 영향이 강한 ‘우태풍’의 특성이 뚜렷해지는 것을 의미한다. 그리고 회귀식에 가까울수록 태풍에 동반된 비와 바람의 영향이 어느 한쪽으로 치우쳐 나타나는 것이 아니라, 비슷한 정도로 영향을 준다는 것을 의미한다. 이를 수식으로 나타낸 것이 식 (1)이다.

$$Typhoon\ Type\ Index\ (TTI) = \overline{y_i} - y_i = y_i - (ax_i + b) \quad (식\ 1)$$

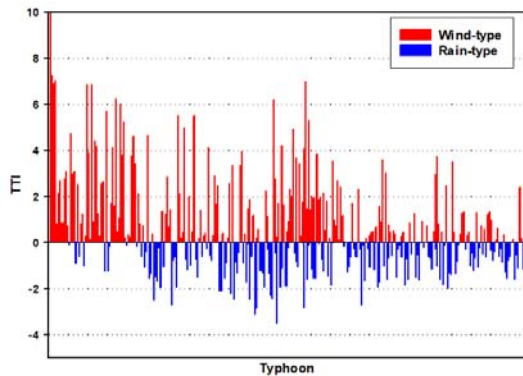


Fig. 3. TTI of typhoon affecting the Korean Peninsula (1904-2019). Red and blue bars show the wind-type and rain-type typhoons, respectively.

식에서 y_i 는 각 태풍영향기간 동안 평균풍속의 상위 25% 값, x_i 는 누적강수량이며 $\bar{y}_i = ax_i + b$ 는 Fig. 2에 나타난 추세선이다. TTI 값이 클수록 추세선과 멀어지게 되는데, 이는 비 혹은 바람의 영향이 다른 한쪽에 비해 크다는 것을 뜻하며 반대로 TTI 값이 작을수록 비와 바람의 영향을 고르게 받는다는 것을 의미한다. 여기서 한 가지 유념해야 하는 것은 TTI 값이 작다고 해서, 즉, 회귀식에 가깝다고 해서, 약한 태풍은 아니며, 또한, TTI가 크다고 해서, 즉, 회귀식에서 멀다고 해서 강한 태풍을 의미하는 것은 아니다. TTI 값은 해당 태풍이 비 또는 바람 중에서 어떤 현상이 어느 정도로 더 뚜렷한 특성을 나타내는지를 지수화한 것이다. 예를 들어보면, 태풍영향기간 동안 풍속이 강하거나 누적강수량이 적을수록 큰 (+) 값의 TTI 지수가 나타나는 경향을 보이게 되고, 반대로 풍속이 약하거나 누적강수량이 많을수록 큰 (-) 값의 TTI 지수가 산정되는 경향이 나타나게 된다. 즉, 풍속과 누적강수량이 함께 큰 값을 보이거나, 함께 작은 값이 나타나는 경우에는 작은 값의 TTI 지수가 산정되는 경향이 나타난다.

3. 결과

3.1. 한반도 영향 전체 태풍별 TTI

Fig. 3은 1904년부터 2019년까지 한반도에 영향을 미친 361개 전체 태풍 각각의 TTI를 나타낸 것이다. 태

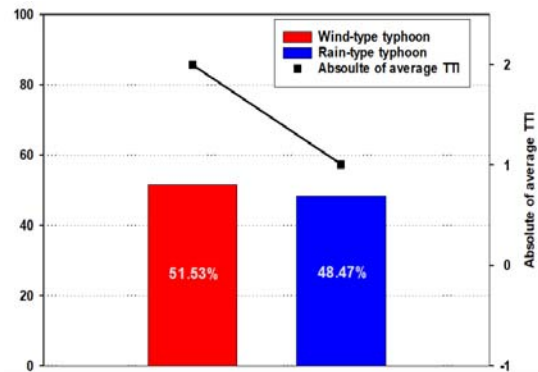


Fig. 4. Rate of wind-type typhoon (red bar) and rain-type typhoon (blue bar) (1904-2019). Black rectangle is absolute value of average TTI by typhoon type.

풍별 TTI 산정과정을 간단히 설명하면, 관측지점별로 각각의 태풍에 대한 TTI를 산정하고 태풍별로 전 관측지점의 TTI를 평균하면 각 태풍의 TTI가 도출된다. 가로축의 태풍은 연도별 발생순서대로 나타낸 것이므로, 오른쪽으로 갈수록 최근의 태풍을 의미한다. 그림에서 빨간색은 바람의 특성이 상대적으로 더욱 뚜렷이 나타난 ‘풍태풍’을 나타낸 것이며, 파란색은 비의 특성이 우세하였던 ‘우태풍’을 의미한다. 그림을 보면, 전반적으로, 근대기상관측이 시작된 초기(그림의 왼쪽)에는 풍태풍의 빈도가 월등히 높았던 것을 알 수 있고, 그 이후로는 풍태풍과 우태풍이 번갈아 나타나는 경향을 보인다. 다만, 전 기간으로 보면, 풍태풍과 우태풍이 크게 차이가 나지 않는 수준에서 풍태풍(51.53%)이 우태풍(48.47%)에 비해 조금 더 높은 비율로 나타났다(Fig. 4). 하지만, 이들 형태별 발현 특성을 자세히 살펴보면 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 우태풍에 비해, 풍태풍의 경우에는 더욱 뚜렷한 풍태풍의 특성을 나타내고 있다. 이것은, Fig. 3으로도 대략의 경향을 알 수 있는데, 풍태풍으로 나타난 태풍의 TTI가 우태풍으로 나타난 TTI보다 비교적 더 큰 절대값을 나타내는 경향을 볼 수 있다. 구체적으로, 풍태풍과 우태풍의 평균 TTI 절대값을 보면(Fig. 4) 풍태풍이 ‘1.99’로 나타나서 ‘1.01’을 보인 우태풍보다 더 크게 나타났다. 즉, 풍태풍은 상대적으로 더 강한 바람의 특성을 나타내며 우태풍은 더 많은 강수량을 나타낸다는, 이러한 경향적 특성을 각 형태별 ‘기준’으로 놓고 보더라도, 한반도

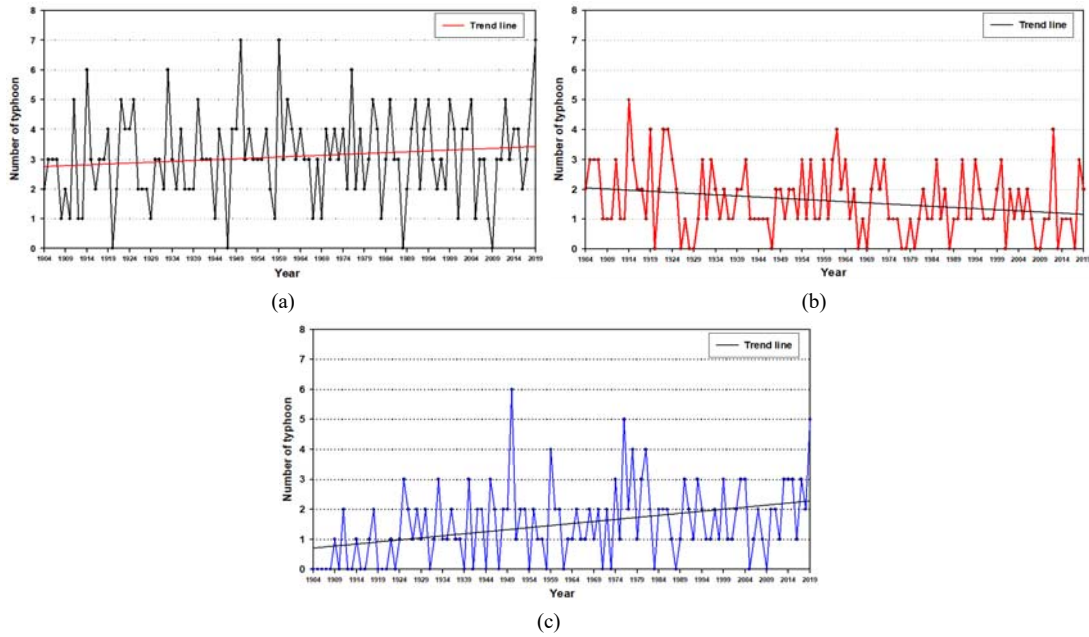


Fig. 5. Number of (a) total typhoons, (b) wind-type typhoons, and (c) rain-type typhoons affecting the Korean Peninsula by year (1904~2019).

영향태풍들 중에서 풍태풍으로 분류된 태풍들은, 우태풍으로 분류된 태풍들이 우태풍의 특성을 보인 정도에 비해, 더욱 뚜렷한 풍태풍의 경향을 나타냈다는 것으로 볼 수 있다.

Fig. 5는 1904년부터 2019년까지 연도별 한반도 영향태풍수를 나타낸 것이다. Fig. 5(a)는 연도별 전체 태풍수를 나타낸 것이고, Fig. 5(b)는 연도별 풍태풍 수, Fig. 5(c)는 연도별 우태풍수이다. 매년 전체 태풍(Fig. 5(a))은 최근으로 올수록 빈도수가 증가하는 것으로 나타났는데, 풍태풍과 우태풍으로 구분하여 살펴보면, 풍태풍의 빈도는 최근으로 올수록 감소하고(Fig. 5(b)), 우태풍은 증가하고 있는 것(Fig. 5(c))을 알 수 있다. 즉, 과거에는 바람의 영향을 주는 풍태풍의 수가 많았지만, 최근으로 올수록 비로 인한 영향이 큰 우태풍의 수가 늘어난 것으로 나타났다.

3.2. 태풍 사례 분석

Table 1은 연구대상으로 설정한 11개 태풍들 각각에 대한 피해액과 본 연구를 통해 도출된 TTI를 나타낸 것이다. Table 1에서 5위 태풍으로 구분된 볼라벤과 덴빈

을 함께 나열한 이유는, 이들 두 개의 태풍이 연이어 발생하여 피해액 등의 통계가 하나의 사례로 제공되고 있기 때문이다. 이들 11개 태풍 각각의 TTI를 산정한 결과, 11개의 태풍 중에서 10개의 태풍이 풍태풍으로 분류되었다. 특히, 역대 태풍으로 야기된 피해액 순위 2위의 태풍이면서, 최대순간풍속에서도 가장 강한 풍속을 기록했던 매미(60.0 m/s, 제주)와 2위를 기록한 프라피룬(58.3 m/s, 흑산도), 3위의 루사(56.7 m/s, 고산), 그리고 7위의 볼라벤(51.8 m/s, 완도)의 경우, 본 연구에서 산정한 TTI도 풍태풍에 해당하는 수치를 산정해 내는 것으로 나타났다. 여기서, 태풍 피해액(1위)과 최대순간풍속(3위)에서 매우 높은 순위를 기록한 루사의 경우 TTI가 2.51로, 나머지 9개의 풍태풍에 비해 그다지 높지 않은 순위(6위)를 나타냈다. 이것은 루사가 매우 강한 풍속을 동반하기도 하였지만, 역대 일 최다강수량의 순위에서도 1위(870.5 mm)를 기록하여, 매우 많은 강수량도 함께 나타났기 때문이다. 즉, 앞서 TTI에 대한 설명에서도 언급한 바와 같이, TTI가 태풍의 강도를 직접적으로 나타내는 것이 아니라 태풍에 동반된 바람과 강수 중에서 어떠한 현상이 더욱 뚜렷이 발현되었는지에 관한 지수로서의 의미를 가지는 것

Table 1. Top 10 typhoons ranked by damage amount. Bolaven and Tembin were recorded together in the 5th ranking because the two typhoons affected the Korean Peninsula in a row, providing statistics on the amount of damage as one.

Rank	Period of influence on the Korean Peninsula	Typhoon	Property damage amount (Billion won)	Typhoon Type Index
1	2002.08.30.~09.01	RUSA	51,479	2.51
2	2003.09.12.~09.13.	MAEMI	42,225	3.52
3	2006.07.09.~07.10	EWINIAR	18,344	1.34
4	1999.08.02.~08.04.	OLGA	10,490	3.55
5	2012.08.29.~09.01.	BOLAVEN TEMBIN	6,365	2.98 1.20
6	1995.08.25.~08.27.	JANIS	4,563	0.26
7	1987.07.15.~07.16.	THELMA	3,913	3.03
8	2012.09.16.~09.19.	SANBA	3,657	1.30
9	1998.09.28.~09.30.	YANNI	2,749	-0.20
10	2000.08.31.~09.01.	PRAPIROON	2,521	3.74

이므로, 루사와 같이 풍속과 강수량 모두 큰 값을 기록한 태풍은 TTI 절대값이 상대적으로 작게 나타나게 된다. 즉, 루사는 강한 풍속이 나타나기도 하였지만, 동시에 매우 많은 강수량도 동반한 태풍이었으므로 TTI는 상대적으로 그다지 높지 않게 나타난 것이며, 이 정도의 수치로 산정된 그 자체가 TTI가 태풍의 특성을 비교적 정확히 진단하는 수단으로 타당하게 활용될 수 있다는 것으로 볼 수 있다. 즉, 큰 피해와 강력한 바람을 기록하였음에도 불구하고, TTI가 그다지 높지 않은 수치를 나타냈다면 많은 강수량도 함께 동반되었을 것으로 분석이 가능하다. 또한, 낮은 TTI 값으로 산정된 태풍이 비교적 약한 기록하였다면, 강수량 또한 많지 않은 것으로 판단할 수 있는 것이다.

Fig. 6은 11개 각 태풍의 TTI와 태풍별 영향기간 동안 한반도 전체 평균풍속(평균풍속의 상위 25% 값)과 평균 누적강수량을 나타낸 것이다. 평균풍속은 올가의 사례에서 가장 높게 나타났으며 평균 누적강수량은 11개의 태풍 중에서 유일하게 우태풍으로 분류된 예니의 사례에서 가장 많았다. 풍태풍 중 프라피룬이 루사보다 큰 TTI를 보여 바람의 영향이 비교적 더 크게 나타난 태풍으로 볼 수 있는데, 프라피룬의 경우, 풍속은 강했고 강수량은 적게 나타났기 때문에 비교적 큰 양(+)의 TTI가 나타났고, 루사의 경우는, 앞서 설명한 바와 같이, 풍속도 강하고 강수량 또한 많아서 프라피룬보다 작은 TTI가 나타난 것이다. 이와 더불어, 연구대상인 태풍 피해액 기준 상위

11개 태풍 전체에 대한 ASOS 지점별 평균 TTI를 살펴보면(Fig. 7), 울릉도(115) 지점을 제외하고는 모두 양의 TTI를 나타내고 있는데, 이는 표 1에서 살펴본 바와 같이, 우리나라에 큰 피해를 야기한 대부분의 태풍이 강풍의 영향을 크게 받은 풍태풍(+ TTI)이었다는 것과 의미를 같이 하는 것으로 볼 수 있다.

하지만, Fig. 6에 나타난 바와 같이, 각 태풍별로도 각기 다른 강풍과 강수량을 동반하여 다양한 TTI를 나타내는 것과 마찬가지로, 우리나라의 지리적, 지형적 특성 또한 복잡 다양하여 각 상세 지역별로도 균일하지 않은 기상-기후학적 특징에 따른 각 태풍 사례별 우리나라 전역의 상세지역별로도 강풍과 강수량의 영향 정도가 다양하게 나타날 수 있다. 이에 본 연구에서는 각 태풍별로 우리나라 전역에서의 TTI 분포를 살펴보았다.

이를 위해 연구대상 11개의 태풍들을 진행경로별로 구분하여, 각 태풍별 TTI 특성과 함께 경로별 태풍의 TTI 특성도 분석하였다. 한반도에 영향을 미치는 태풍의 진행경로는 Park et al.(2006)의 연구에서 제안한 분류법을 사용하였는데, 본 연구에서는 11개 태풍들을 진행경로별로 분류한 결과, 서해로 북상해서 서해안으로 상륙하는 ‘유형 1(Fig. 8a)’과 남해안에 상륙하는 ‘유형 2(Fig. 8b)’, 중국을 거쳐 한반도에 영향을 주는 ‘유형 6(Fig. 8c)’으로 구분되었다.

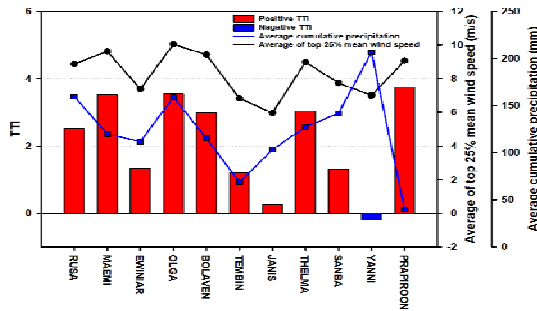


Fig. 6. Wind speed, precipitation, and TTI for each of the top 10 typhoons for property damage.

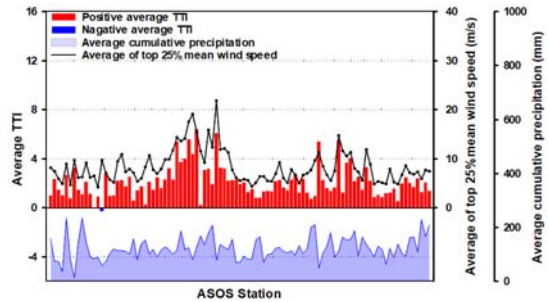


Fig. 7. Same as Fig. 6, except for each of the all ASOS stations. The values represent the average of typhoons in the top 10 of property damage.

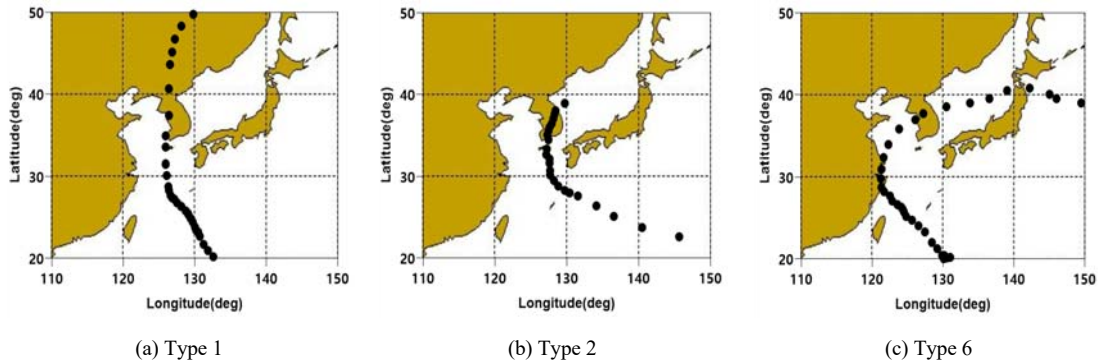


Fig. 8. Typhoon tracks affecting the Korean Peninsula. (a), (b), and (c) are schematic representations of the typhoon path for Type 1, Type 2, and Type 6, respectively. (Na et al., 2019)

3.2.1. 유형 1 (Type 1)

한반도에 영향을 미친 태풍 중에서 ‘유형 1’의 경로는 우리나라 서해로 북상하여 서해안에 상륙하는 경우로, 연구대상인 11개 태풍 중에서, 올가와 볼라벤, 그리고 프라피룬, 3개의 태풍이 이 유형에 해당하였다. 이들 태풍의 TTI는 올가 3.55, 볼라벤 2.98, 프라피룬 3.74로 나타났고 평균 TTI는 3.42였다.

Fig. 9는 유형 1에 해당하는 올가와 볼라벤, 그리고 프라피룬의 영향기간 동안 ASOS 지점별 TTI와 강풍, 누적강수량, 그리고 TTI 공간분포를 나타낸 것으로, 검은색 마름모는 태풍 중심의 위치, 검은색 점선은 태풍 중심의 이동 경로다. 그림에서 Fig. 9a와 9b는 올가의 결과를 나타낸 것으로, TTI 분포(Fig. 9b)를 보면, 제주를 포함하여 전라도와 충청도, 그리고 경기 중남부, 경남 서부,

강원 중부지역에서 양(+)의 TTI가 나타나서 비 보다는 바람의 영향을 상대적으로 더 많이 받는 풍태풍 지역으로 분석되었다. 특히, 올가가 가장 낮은 중심기압을 보인 시기(1999년 08월 01일 21 LST), 태풍중심에 인접한 오른쪽 영역이었던 전라도 지역은 다른 지역에 비해 더 큰 양(+)의 TTI가 나타나서 바람의 영향을 뚜렷하게 받는 풍태풍 지역인 것을 볼 수 있다. 하지만, 경북 북부 일부와 강원 동해 연안을 따라서는 음(-)의 TTI를 보여, 같은 태풍에 대해서도 이 지역들은 상대적으로 비의 영향이 더 큰 우태풍 지역으로 나타났으며, 이외에는 ‘0’에 가까운 작은 값의 TTI를 보여 비와 바람이 동시에 비슷한 정도로 영향을 주는 지역으로 나타났다. 특히, 그림에 나타난 태풍 올가의 중심위치와 이동 경로에 가까운 오른쪽 지역에서 주로 큰 양(+)의 TTI가 나타났는데, 이것은, 일반적

으로 알려져 있는, 태풍 중심의 오른쪽인 위험반원에서, 그리고 중심에 가까울수록 상대적으로 더욱 강한 바람이 나타난다는 점에서 볼 때, 타당한 결과로 판단된다. 이 당시 언론 자료에서도 강수량은 100~300mm로 상대적으로 적었지만, 최대순간풍속이 완도에서 46m/s, 해남에서 36m/s를 기록하는 등 강한 바람이 불었던 태풍으로 보도된 바 있다(<https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=020&aid=0000418753>). 볼라벤(Fig. 9c, d)의 경우에도, 올라와 유사하게, 태풍 중심에 가까운 오른쪽 지역인 전라도, 충청도, 경기도 지역이 더 큰 양(+)의 TTI를 보이는 풍태풍 지역으로 나타났다. 하지만 동해 일부 지역과 흑산도에서는 음(-)의 TTI가 나타나서 우태풍 경향을 보였는데, 특히 흑산도(Fig. 9c의 그림에서, 가장 큰 파란색 막대가 나타난 지점)에서는 볼라벤 기간 동안 다른 지역에 비해 강한 풍속(전 지점 중에서 4번째 강한 풍속)을 보였음에도 불구하고, 특징적으로, 큰 음(-)의 TTI인 '-6.72'가 나타났다. 이것이 지역별 TTI를 독립적으로 산정해야 하는 중요한 이유이기도 한데, 태풍영향 시기 전 지역에 동일한 풍속, 동일한 강수량이 나타나더라도 각 지역별로는 이러한 풍속과 강수량이 평균 대비 강한 바람이거나 약한 바람일 수 있고, 많은 강수량이거나 적은 강수량일 수 있다. 따라서 평균 대비 풍속이 큰 폭으로 증가하거나 예측되는 지역에서 풍태풍에 대한 경계나 대책을 강화하여야 할 것이고, 강수의 증가가 크게 예측되는 지역에서는 우태풍에 대한 방재관리를 강화하는 등의 각 상세지역별로 풍태풍과 우태풍을 구분할 필요가 있다. 프라피룬의 경우에도, 태풍의 이동 경로가 서해안을 따라 올라가면서 상륙하는 경로의 특성상, 앞의 두 태풍과 마찬가지로, 우리나라 서부권역에서 상대적으로 큰 양(+)의 TTI를 나타내는 풍태풍 지역이 넓게 나타나고 있다(Fig. 9f). 이 태풍은 11개 태풍 중에서 가장 큰 TTI(3.74)를 나타낸 풍태풍으로 나타났는데, 지점별 풍속의 분포(Fig. 9e)를 보면 올라 및 볼라벤과 유사한 범위와 분포를 나타내고 있지만, 강수량은 대부분 지점에서 이들 두 태풍에 비해 적은 것을 알 수 있다. 즉, 프라피룬은 다른 태풍에 비해 바람이 더욱 뚜렷한 특징적 현상을 나타내는 더 큰 양(+)의 TTI를 나타낸 것이다. 하지만, 앞서 언급한 바와 대로, TTI가 태풍의 강도를 직접적으로 의미하는 것은 아니므로 주의할 필요는 있다. 예를 들어, 프라피룬의 경우에도

11개 태풍 중에서 가장 큰 TTI를 나타냈고, 흑산도에서 기록된 최대순간풍속(58.3m/s)이 역대 2위에 해당하는 강한 풍속이었지만, 이 태풍에 의한 피해액 순위는 10위였다. 즉, TTI는 태풍에 동반된 비와 바람의 영향이 어느 정도로 더 뚜렷하게 나타날지를 구분하는 것에 정확한 의미를 가지고 있다. 다만, 몇 가지 태풍의 사례에서 보면, 바람이 강할수록 양(+)의 큰 TTI를 나타내는 풍태풍의 경향이 나타나고 강수량이 많을수록 음(-)의 큰 TTI를 가지는 우태풍의 경향이 나타나는 것으로 보이지만, 이에 대해서는 향후 진행될 한반도 영향 태풍 361개 전체를 대상으로 분석을 수행하면 비교적 객관적이고 정확한 구분정보가 제시될 수 있을 것으로 예상된다.

각각의 태풍에 대한 지점별, 지역별 TTI 분포나 특징들을 보면, 이들 태풍 모두 풍태풍으로 나타났지만, TTI 공간분포에서도 볼 수 있듯이 우리나라 전역에 걸쳐 동일한 TTI를 나타내지 않고 다양한 TTI를 가지는 풍태풍 지역과 우태풍 지역으로 구분되기도 한다. 또한, 같은 풍태풍 지역(+ TTI)이거나 같은 우태풍 지역(- TTI)이라 하더라도, 바람이나 비의 정도에 따라 다양한 범위의 TTI를 나타내는 지역으로 다시 세분된다는 것을 알 수 있다. 이를 통해, 지형적 복잡한 우리나라는 비와 바람의 강도나 영향 정도를 상세지역별로 제공될 수 있는 TTI 분류방식의 활용이 중요하다고 판단된다.

3.2.2. 유형 2 (Type 2)

남해안에 상륙하는 경로를 보이는 '유형 2'에 해당하는 연구대상 태풍은 루사, 매미, 에위니아, 덴빈, 셀마, 산바, 예니로 나타났다(Fig. 10). 이들 태풍의 TTI를 보면, 루사 2.51, 매미 3.52, 에위니아 1.34, 덴빈 1.20, 셀마 3.03, 산바 1.30, 예니 -0.20였고, 평균 TTI는 1.81로 나타나서 유형 1에 해당하는 태풍들의 평균인 3.42보다는 낮았다.

Fig. 10a와 10b는 루사에 관한 결과를 나타낸 것으로, 남서해안에 상륙한 태풍의 중심이 육지내륙을 관통하여 북동 방향으로 진행되는 경로를 볼 수 있다. 루사의 경우에는 태풍 중심의 이동 경로를 따라 우태풍 지역이 나타나고 중심에서 멀리 떨어진 전라도, 충청도, 경기도 지역에서 풍태풍 경향을 보이고 있다. 이것은, 루사가 강풍 영역이 특이했던 태풍이었던 것과 관련이 있는데, 다른 태풍들과는 달리 중심 부근의 바람이 다른 태풍에 비해 상

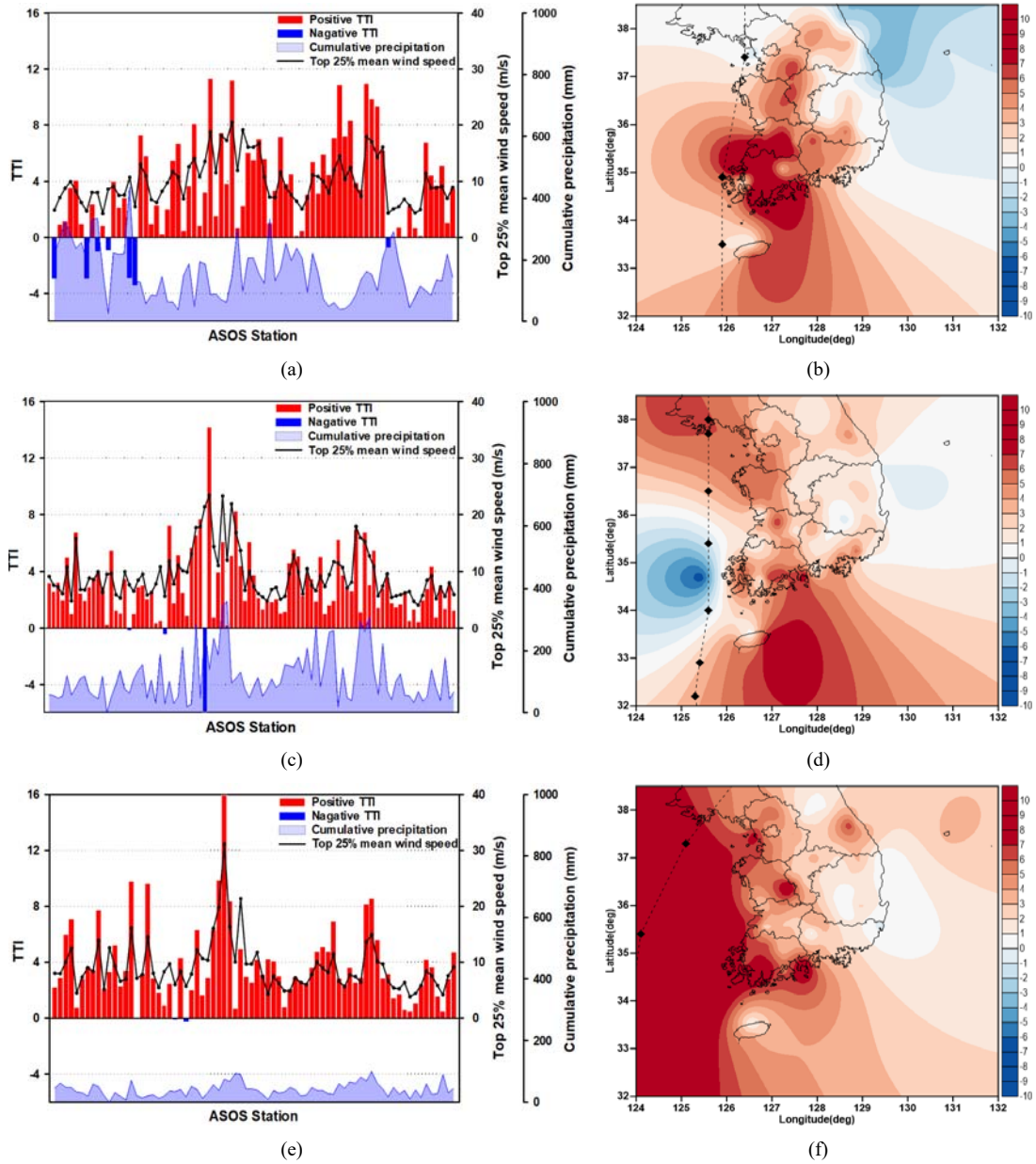


Fig. 9. Left figures show wind speed, precipitation, and TTI by all ASOS stations for each Type 1 typhoon. Right figures shows TTI contour map for each typhoons. (OLGA (a, b), BOLAVEN (c, d), PRAPIROON (e, f)). Dotted line represent the path of each typhoons.

대적으로 약했고, 중심에서 약 150~200 km 정도 떨어진 거리에서 바람이 가장 강하게 나타났던 ‘냄비 바닥’형 구조를 형성하고 있었다. 또한, 루사가 한반도에 영향을 미

치는 시기에는 이례적으로 한반도 주변에 형성된 편서풍이 약해서 태풍의 전향 시점이 늦어졌고 이는 태풍의 이동속도를 늦추는 효과를 가져와서 한반도 내륙에 18시간이나

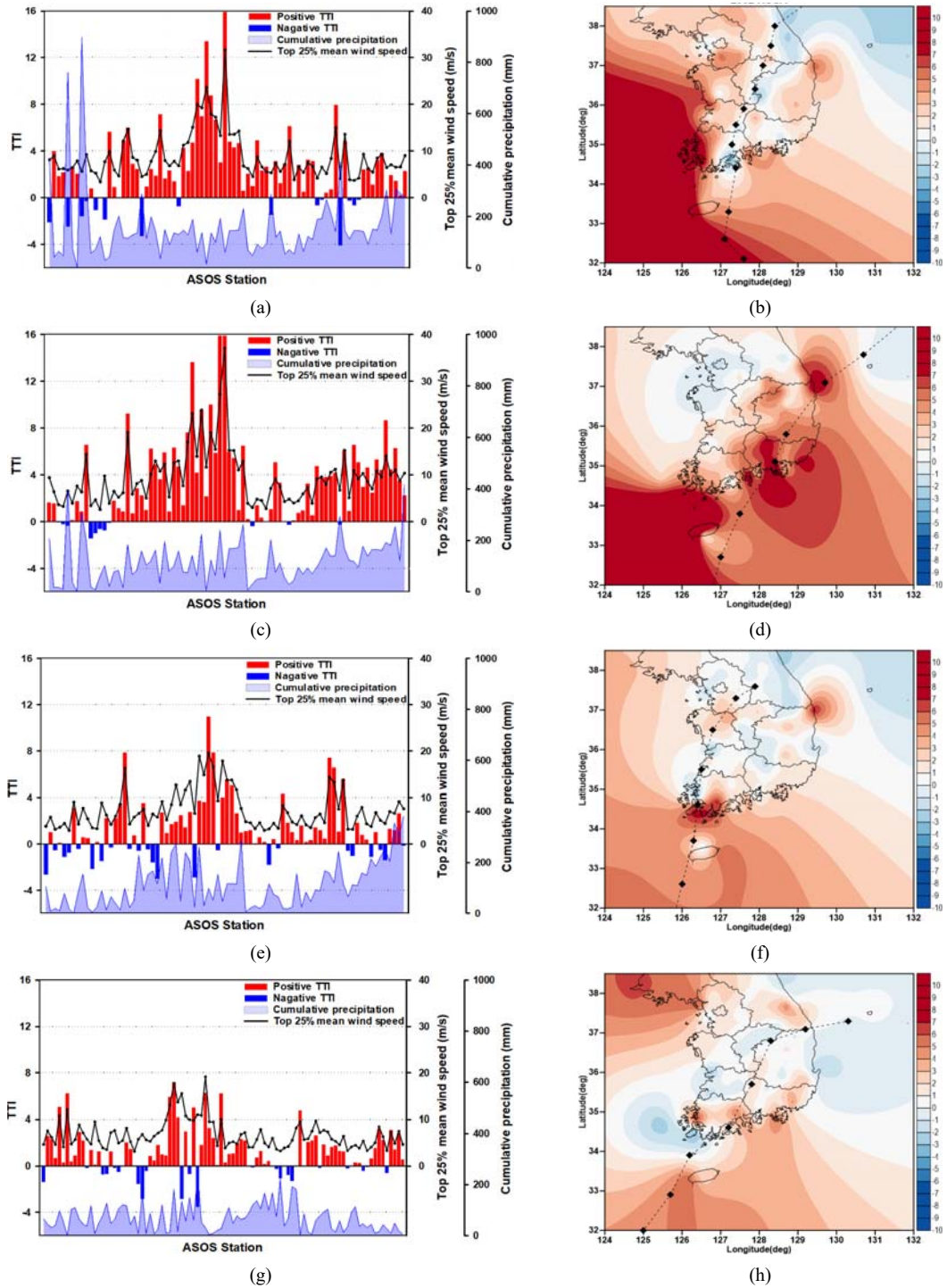


Fig. 10. Same as Fig. 9, except for Type 2 (RUSA(a, b), MAEMI(c, d), EWINIAR(e, f), TEMBIN(g, h), THELMA(i, j), SANBA(k, l), YANNI(m, n)).

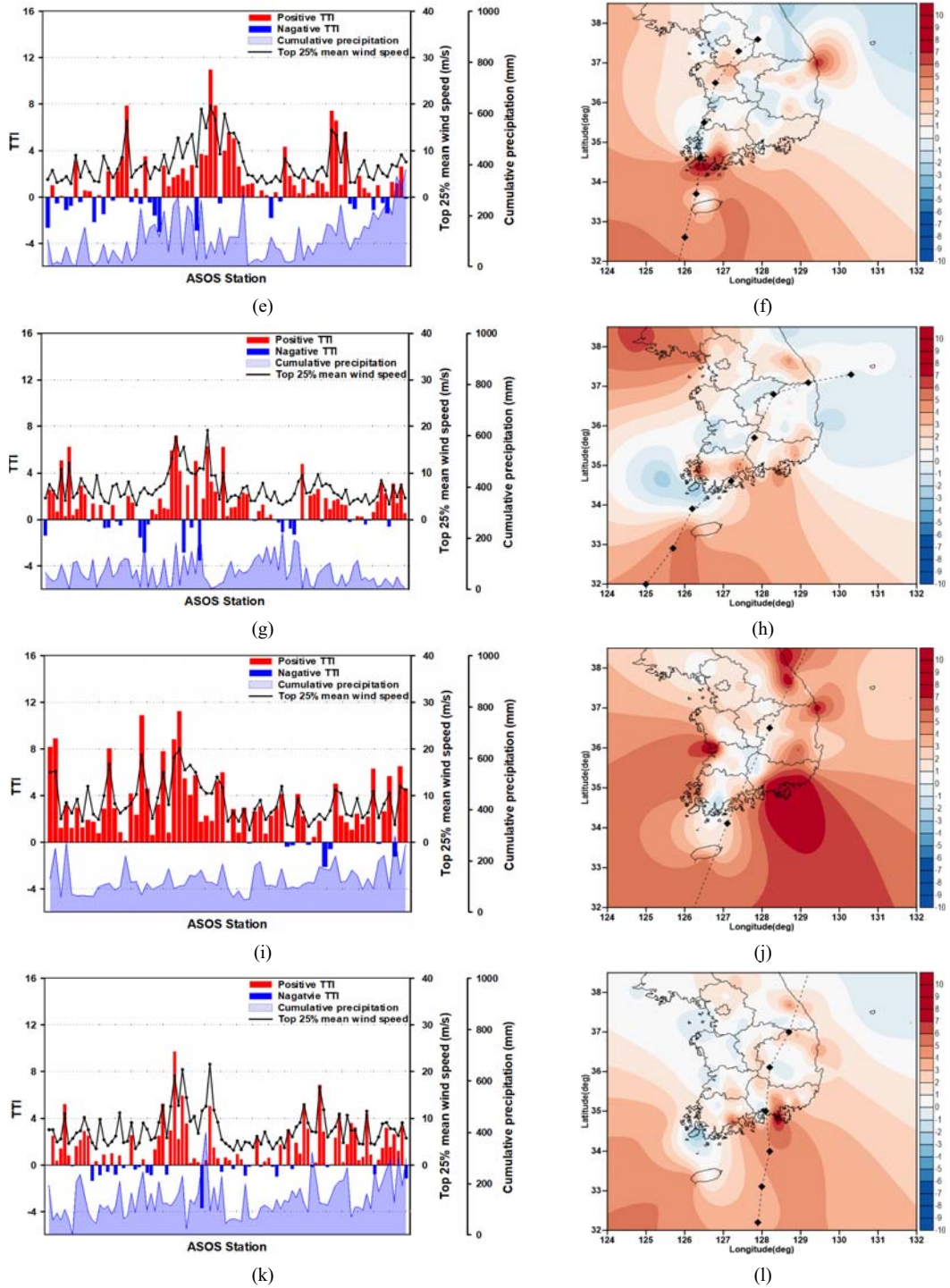


Fig. 10. Continued.

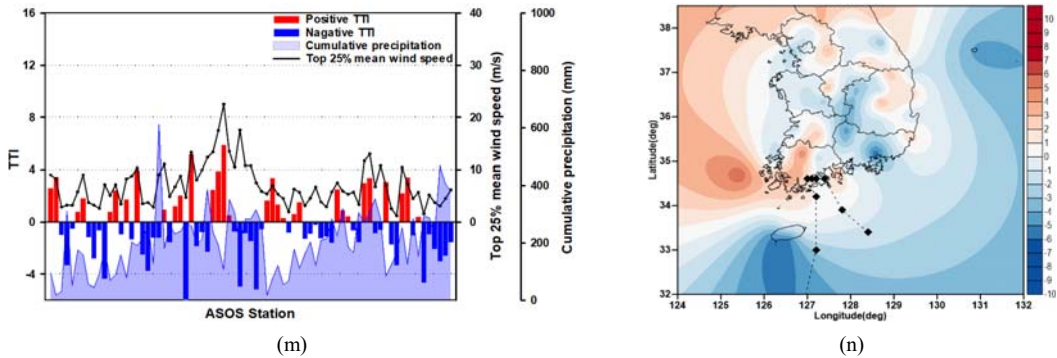


Fig. 10. Continued.

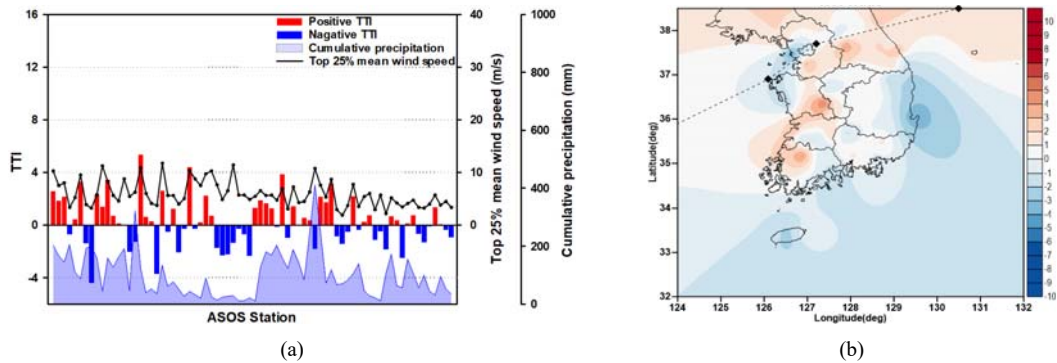


Fig. 11. Same as Fig. 9, except for Type 6 (JANIS(a, b)).

머물렀으며 이로 인해 위험반원(오른쪽)과 가항반원(왼쪽) 영역에서의 풍속차가 거의 없이 전국 대부분에 걸쳐서 강풍이 지속되었다는 것과 관련이 있다. 또한, 내륙에 오래 머무는 동안 태풍 중심의 이동 경로를 따라서 많은 누적강수량은 있었지만, 위에서 설명한 바와 같이, 풍속은 오히려 다른 태풍에 비해 약했던 상황으로 인해 태풍 중심을 따라서는 우태풍 지역이 형성된 것으로 분석할 수 있다. 즉, Fig. 10a에 나타난 바와 같이, 파란색 막대(-TTI)로 나타난 우태풍 ASOS 지점에서는 다른 지점에 비해 상대적으로 많은 누적강수량과 약한 풍속을 나타내는 경향이 있음을 알 수 있다. 이처럼 루사는 큰 피해를 야기한 다른 태풍들과는 달리 특이한 진로, 바람, 그리고 강수 특성을 나타내었던 태풍이었음에도 불구하고 이러한 특이성으로 유발된 특징들 또한 본 연구에서 활용한 TTI 분석을 통해 비교적 구체적으로 잘 알 수 있다. Fig. 10c와 10d에 나타난 매미의 경우에는 역대 가장 강한 강

풍을 기록한 태풍이었음에도 25 m/s 이상의 강풍 범위인 “폭풍역”이 남동쪽으로는 150 km 반경, 북서쪽으로는 55 km 반경 정도로 작았기 때문에 예상과 달리 태풍 중심의 이동 경로 주변으로만 강한 바람에 의한 풍태풍의 경향이 나타났다. 또한, 강풍역과 거리가 먼 경기도, 충청도, 그리고 강원도 일대에서는 상대적으로 강하지 않은 풍속으로 인해 작은 양(+)의 TTI를 가지는 풍태풍 지역과 작은 음(-)의 TTI를 가지는 우태풍 지역이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이상의 결과를 보면, 루사와 매미가 역대 가장 많은 피해를 유발한 태풍으로, 기록적인 최대 순간풍속을 동반한 태풍이기도 하였지만 동시에 많은 강수도 동반하였기 때문에, 우리나라 상세 단위별로는 이들 태풍에 동반된 강풍에 의한 영향이 더 컸던 풍태풍 지역도 있지만, 비에 영향을 더 크게 받았던 우태풍 지역도 나타나는 것이다. 또한 같은 풍태풍 영향 지역이라도 바람의 영향정도에 따라 다양한 TTI를 가진 지역들이 분포

하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로 볼 때, 태풍영향 시기에는 상세지역별로 비와 바람의 영향 정도가 각기 다를 수 있으므로 해당 지역별 맞춤형으로서의 비와 바람의 강도나 영향 정도를 파악할 수 있는 TTI의 활용이 중요하다 할 수 있다. 이 외 태풍들의 TTI 분석 결과(Fig. 10e~10n)를 보더라도 루사와 매미에서 설명한 바와 마찬가지로, 상세지역별로 풍태풍과 우태풍 지역들이 다양한 수준으로 분포하고 있음을 알 수 있다. 에위니아(Fig. 10e, 10f)와 덴빈(Fig. 10g, 10h), 그리고 산바(Fig. 10k, 10l)를 보면 다른 태풍들에 비해 풍태풍 지역의 TTI도 작은 편이고 우태풍 지역이 좀 더 넓은 범위로 분포하고 있다. 이러한 결과는 각각의 태풍에 동반된 강풍이나 누적강수량이 크지는 않았지만, 각 태풍의 영향 시기 이전에 장마전선과 선행태풍으로 인해 지반이 약화된 상태에서 이들 태풍의 영향이 연이어 오면서 피해가 커진 태풍이었다. 그로 인해 피해 규모가 컸던 태풍이었지만, 그림에서 보는 바와 같이 루사나 매미에 비해서는 비교적 덜 뚜렷한 풍태풍의 경향과 분포가 나타났다. 셀마(Fig. 10i, 10j)는 다른 태풍과 달리 영향 범위가 매우 넓었던 태풍으로 최전성기에는 ‘강풍역’의 직경이 1,850 km에 달할 정도의 초대형 태풍이었다. 이러한 특징을 반영하듯 태풍 중심의 이동 경로 인근 지역을 제외한 한반도 대부분 지역에서 풍태풍의 경향이 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 경상남도 지역의 바람 피해가 컸다고 보도되었는데 본 연구결과에서도 남해안을 포함한 경상남도 지역에 큰 양(+)의 TTI가 나타나 있다. 태풍 예니(Fig. 10 m, 10 n)는 재산피해 10위 내의 태풍 중에서 유일한 우태풍으로 분류되었지만, TTI를 보면 ‘-0.20’으로 0에 가까워 바람도 거의 비슷한 수준으로 영향을 준 태풍으로 분석되었다. 그림에서도 음의 TTI뿐 아니라 양의 TTI 지역들도 곳곳에 분포하는 것을 알 수 있다. 이 태풍의 경우에는 한반도 상륙 후 북상하지 못하고 오히려 남해 쪽으로 남하하면서 머무는 동안 형성된 많은 강수로 인해 강원도를 비롯한 충청이남 지역에서 많은 강수가 발생하였는데, 이러한 특징적 사례가 분포도와 지점별 시계열 결과에 잘 나타나 있다. 연구대상 태풍 중에서 유형 2에는 피해액 유발 기준으로 역대 1~3위에 해당하는 강력한 태풍이었던 루사, 매미, 에위니아가 모두 포함되어 있는 것도 특징할 만하다.

3.2.3. 유형 6 (Type 6)

유형 6은 중국을 거쳐 한반도에 영향을 주는 경로로, 연구대상 태풍 중에서는 재니스가 해당되었다. 이 태풍의 경우에는 작은 값의 TTI(0.26)가 나타났는데, 우태풍이었지만 작은 TTI를 보인 유형 2의 예니(-0.2)와 마찬가지로, 다른 연구대상 태풍들에 비해, 우태풍 지역이 상대적으로 넓게 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

다만, 연구대상 중에서는 재니스가 유일하게 이 유형에 해당하는 태풍이어서, 이 결과만으로 유형 6의 진행경로를 가지는 태풍들에 대한 TTI 특징을 대표할 수는 없다. 이와 관련해서는 동일 유형에 해당하는 태풍에 대한 분석결과가 더 추가되어야 할 부분으로 향후, 이 유형에 해당하는 태풍들에 대한 추가 분석이 수행된다면, 일정 수준 이상의 신뢰성과 객관성을 가진 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

유형별 연구결과들을 보면, 유형 1이 비교적 큰 양(+)의 TTI를 보여 다른 유형의 태풍에 비해 상대적으로 강풍의 특징이 더욱 뚜렷이 나타나는 경향의 결과를 보였지만, 각 태풍별 TTI 공간분포나 ASOS 지점별 풍속과 누적강수량의 결과를 보면, 풍태풍으로 분류된 태풍에 있어서도 각 상세 지역 단위에서는 다양한 범위의 풍태풍 지역이 분포하고 우태풍 지역도 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한, 우태풍에서도 우태풍 지역이 나타나는 반면, 풍태풍 지역도 함께 분포하는 것으로 나타났다.

결국, 우리나라와 같이 복잡 다양한 지형·지리적 조건에서는 지역별로 기상관측값이 다양한 수준으로 나타나는 것과 마찬가지로, 동일한 태풍이라고 하더라도 지역별로는 비와 바람에 의한 영향 정도 또한 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 측면에서, 과거 한반도 전역을 대상으로 태풍의 특성을 하나로 규정하는 선행연구들과는 달리, 현재 연구에서 활용한 바와 같이 지역별로 태풍에 동반된 비와 바람의 특성분석이 가능한 방식의 연구는 필요하다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서도 태풍의 분류적 특성을 분석하기 위해 상세 지역별로 구분이 가능한 태풍유형지수인 TTI를 산정하여 ‘풍태풍(+TTI)’과 ‘우태풍(-TTI)’ 관련 분석을 수행하였다.

먼저, 한반도에 영향을 미친 전체 태풍을 분석한 결과, 풍태풍(51.53%)과 우태풍(48.47%)의 비율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만, 한반도 영향중에서 풍태풍은 우태풍에 비해 TTI 절대값이 더 크게 나타나서 우태풍에 비해 더욱 뚜렷한 풍태풍 특성을 나타내주는 것으로 분석되었다.

연구대상 태풍을 진행경로별로 구분하여 살펴본 결과, 서해를 지나면서 한반도에 상륙하는 경로를 나타낸 유형 1에 해당하는 태풍(3개)들은 진행경로의 중심에 가까운 오른쪽 지역에서 풍속이 강하게 나타나는 태풍의 일반적 특징과 같이 큰 양(+)의 TTI가 나타나는 풍태풍 지역이 나타났다. 하지만, 한반도 육상과 해상을 포함한 전역을 상세 지역 단위로 자세히 살펴보면, 다양한 범위의 TTI가 나타나는 풍태풍 지역이 분포하였으며, 지역에 따라서는 우태풍 지역도 나타나는 것을 알 수 있었다. 이것은 우리나라 상세 지역별로는 지역이 위치한 지리적 특성에 따라 동일한 태풍에 대해서도 바람의 영향과 비의 영향이 다양하게 나타난다는 것을 TTI 분석에서 구체적으로 볼 수 있음을 나타낸 것으로 판단된다. 우리나라 남해안으로 상륙하는 경로를 가지는 유형 2에 해당하는 태풍(7개)들도, 유형 1과 마찬가지로, 상세 지역별로 다양한 TTI를 가지는 풍태풍 지역과 우태풍 지역들이 각각의 태풍에 동반되었던 강풍과 강수의 특징을 비교적 정확하게 나타내는 것을 알 수 있었다. 특히, 유형 2에 해당하는 루사의 경우, 다른 태풍과 달리 태풍 중심 부근에서 일정 정도 떨어진 거리의 기항반원 지역에서도 강한 풍속으로 인한 큰 값의 풍태풍 지역이 나타나고, 태풍의 낮은 이동속도로 많은 강수량에 기반한 우태풍 지역이 태풍 중심의 이동 경로상에서 나타난 결과들은 본 연구에서 사용한 TTI 분석이 타당함을 잘 나타낸 것으로 판단되었다.

현재의 연구에서는 시범적으로 11개의 태풍을 대상으로 분석을 수행하였으므로, 이들 태풍에 기반한 현재의 TTI 분석결과들이 한반도 전체 영향태풍에 대한 일반적 결과라고 할 수는 없지만, 한반도 영향태풍에 동반된 비와 바람이 한반도 전역에 동일한 정도로 영향을 주는 것이 아니라 상세 지역별로 다양하게 범위로 영향을 줄 수 있음을 제시한 점에서 분석적 가치가 있다고 판단된다. 이에 본 연구에서의 결과를 바탕으로, 우리나라 근대 기상관측 이후 한반도 영향 태풍 전체를 대상으로 더욱 구체적이고 다

양한 TTI 분석을 수행한다면 더욱 유용한 도구 및 정보로서 한반도 영향태풍과 관련된 결과가 도출될 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020 R1F1A1068738).

REFERENCES

- Choi, K. H., Choi, G. Y., Kim, Y. M., 2014, Salty wind damages in windbreak forests of Jeju Island by typhoon Bolaven, *Journal of the Korean Geographical Society* 49(1), 18-31.
- Han, J. G., Kim, S. P., Chang, D. H., Chang, T. S., 2009, Estimation of inundation damages of urban area around Haeundae Beach induced by super storm surge using airborne LiDAR data, *The Journal of GIS Association of Korea*, 17(3), 341-350.
- Hyun, Y. S., Moon, I. J., Jung, Y. H., Lee, J. H., 2013, Basic statistical analysis for classification of rain typhoon and wind typhoon, *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS*, 442-443.
- Kang, H. J., Kim, N. Y., Yoon, S. W., 2003, Wind damage of typhoon Maemi in Pusan, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 23(2), 281-284.
- Kim, B. J., Lee, S. R., Park, J. K., Choi, B. C., 2007, Analysis of typhoon damage characteristics due to the progress of typhoons landing on the Korean Peninsula, *Proceedings of the Spring Meeting of KMS*, 486-487.
- Kim, B. R., Shin, I. C., Choi, J. T., Moon, I. J., 2020, Analysis of typhoon types affecting the Korean Peninsula through typhoon risk factor analysis technology based on Cheonlian Satellite 2A, *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS*, 209-209.
- Kim, H. J., Moon, I. J., 2019, Determination of rain-/wind-dominant type for typhoons approaching South Korea based on satellite-estimated rainfall and best-track data, *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 90, 340-345.
- Korea Meteorological Administration, 2011, *Typhoon White Book*, 11-1360016-000001-01, Seoul, Korea.

- Korea Meteorological Administration, 2012-2019, Typhoon Analysis Report, 11-1360000-000197-10, Seoul, Korea.
- Lin, G. F., Chen, L. H., 2005, Application of an artificial neural network to typhoon rainfall forecasting, *Hydrological processes*, 19(9), 1825-1837.
- Lin, Y. C., Wang, W. H., Lai, C. Y., Lin, Y. Q., 2020, Typhoon type index: A New index for understanding the rain or wind characteristics of typhoons and its application to agricultural losses and crop vulnerability, *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 59, 973-989.
- Ministry of the Interior and Safety, 2019, 2018 Statistical Yearbook Of Natural Disaster, 11-1741000-000002-11, Sejong, Korea.
- Na, H. N., Jung, W. S., 2019, Assessment of the suitability of the typhoon disaster prevention model according to the typhoon maximum wind speed radius and surface roughness length, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 35(2), 172-183.
- Na, H. N., Jung, W. S., Park, J. K., 2019, A Study on the characteristics of maximum wind speed distributions by typhoon track in the Korean Peninsula, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 35(1), 36-48.
- Pan, T. Y., Yang, Y. T., Kuo, H. C., Tan, Y. C., Lai, J. S., Chang, T. J., Lee, C. S., Kathryn, H. H., 2011, Improvement of statistical typhoon rainfall forecasting with ANN-Based southwest monsoon enhancement, *terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 22(6), 633-645.
- Park, J. K., Kim, B. S., Jung, W. S., Kim, E. B., Lee, D. G., 2006, Change in statistical characteristics of typhoon affecting the Korean Peninsula, *Atmosphere*, 16(1), 1-17.
- Park, J. K., Moon, S. W., 1989, On the characteristics of the precipitation due to the typhoon located in the vicinity of the Korean Peninsula, *Korean Journal of the Atmospheric Sciences*, 25(2), 45-55.
- Rao, G. V., 1994, Some characteristics of typhoons as revealed by the recent SSM/I microwave radiometry, *Natural Hazards*, 9, 17-35.
-
- CEO. Gun-Woo Kim
Winlab Corporation
zero6589@hanmail.net
 - Professor. Woo-Sik Jung
Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center
wsjung1@inje.ac.kr