

논문

한반도 영향 가을태풍! - 과거와 현재의 특성 변화 - Autumn Typhoon Affecting the Korean Peninsula - Past and Present Characteristics

나하나, 정우식*

인제대학교 대기환경정보공학과

Hana Na, Woo-Sik Jung*

Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University,
Gimhae, Republic of Korea

접수일 2020년 7월 16일
수정일 2020년 7월 30일
채택일 2020년 8월 5일

Received 16 July 2020
Revised 30 July 2020
Accepted 5 August 2020

*Corresponding author
Tel: +82-(0)55-320-3932
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

Abstract This study investigated the characteristics and frequency of autumn typhoons affecting the Korean Peninsula during Period I (1954~2003), Period II (2002~2010), and Period III (2011~2019). As a result of analysis of all typhoons since 1954, the frequency of typhoons during June~August has decreased more recently than in the past. In contrast, the number of autumn typhoons in September and October was almost 20% of the total number of typhoons during Period I, but increased by 31.6% during both Periods II and III. According to an analysis of the distribution of the maximum 3-Second gust, the area of strong gust over 33 m/s, which was concentrated in parts of the North Korea, the Korea Strait, and Japan, during Period II, was expanded to the entire Korean Peninsula during Period III. Also we can find the strength and intensity of the typhoon increased compared to the past from analysis of the characteristics of 3-Second gust in the Autumn typhoon.

Key words: Autumn typhoon, Typhoon frequency, Typhoon intensity, WRF

1. 서론

최근으로 올수록 지구온난화의 지속과 기후변화로 인하여 전 세계적으로 이상 기상현상의 발현빈도가 증가하고 있으며 (IPCC, 2015) 한반도에 영향을 미치는 태풍 또한 과거와 다른 특징들을 보이고 있다. 특히, '가을태풍'이라 불리는 9월, 10월 한반도에 영향을 미치는 태풍의 영향빈도가 증가하고, 태풍의 세력이 강한 상태로 유지되어 한반도에 내습하면서 막대한 인명 및 재산피해를 발생시키고 있다. 2019년에는 총 7개의 태풍이 한반도에 영향을 미쳤는데, 그중에서 3개의 태풍이 가을에 나타난 태풍이었다. 이러한 가을에 한반도에 영향을 미치는 태풍은 발생시기와 관계없이, 그 자체로도 강풍과 폭우 등의 악기상을 동반하기 때문에 인적, 물적 피해발생에 큰 영향을 미치게

되지만, 일반적으로 우리나라 국민들에게 인식되어있는 전통적 의미에서의 발생시기인 여름철이 아니라 위험성이 매우 작다고 받아들이는 가을철에 급작스러운 느낌으로 나타나는 태풍이기 때문에 생산 및 출하 시기가 가을에 집중된 분야의 농업 및 수산업 등 태풍 내습에 취약한 집단 및 업종에서는 더 큰 실질적인 피해가 나타날 수 있게 된다. 또한 사람들의 인식적 차원에서 가을철은 태풍에 대한 경계의식이 낮아지는 시기이기 때문에 일상생활에서의 피해도 급격히 커질 수 있다.

가을태풍과 관련된 국외의 연구를 살펴보면, 가을철 북서태평양 열대성 저기압의 급격한 변화에 대한 연구를 수행한 Hsu *et al.* (2017)에 따르면, 1977~2012년까지 총 35년간의 북서태평양 가을철 열대성 저기압에 대한 분석을 수행한 결과, 북서태평양 가을철 열

대성 저기압의 활동이 1998년을 기점으로 급격한 변화가 나타난 것으로 분석되었다. Tsou (2008)는 가을철 태풍 중에서 미국 태풍등급기준에서 강력한 태풍으로 분류되는 카테고리 4~5등급의 강한 태풍에 해당하는 가을철의 태풍의 10년 변동성이 나타나는데, 이것은 가을철 북서태평양의 해수면 온도와 구름 온도 등을 포함한 태평양에서의 환경 변화와 연관이 있는 것으로 분석한 바 있다. 국내의 연구를 살펴보면, Cha (2007)는 총 36년(1971~2006년)의 기간 동안 가을철 태풍에 의한 피해 증가 연구를 수행하여, 가을철 한반도 영향태풍에 의해 발생한 재산 피해가 증가하는 추세라는 점을 제시한 바 있으며 가을태풍의 영향빈도 변화에 대한 분석을 수행한 Kwon and Ryu (2008)는 1977년~2006년 기간에는 가을태풍이 연평균 1.34개였던 반면, 1997년~2006년에는 가을태풍이 연평균 1.5개로 나타나서 최근으로 올수록 약간 증가하고 있다고 분석한 바 있다. 하지만, 가을태풍과 관련된 이들 연구에서는 가을철 한반도에 영향을 미친 태풍의 특성 및 변화경향을 분석하기에는 연구대상기간이 다소 불충분하다. 더욱이 최근으로 올수록 한반도에 내습하는 가을태풍의 영향빈도와 강도는 급격히 증가하고 있고, 그로 인한 피해발생규모 또한 충분히 증가될 수 있기 때문에 가을태풍에 대한 피해 저감을 위한 방재적인 측면에서의 연구와 장기간의 자료분석을 바탕으로 하는 가을태풍에 대한 특성(빈도, 강도) 분석을 포함하는 통합정보 기반의 가을태풍 연구는 반드시 필요하다 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 한반도에 영향을 미친 가을태풍의 차별적 특성을 살펴보기 위해 한반도 영향 전체 태풍과의 비교연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구 대상

본 연구에서는 2002년부터 2019년까지 18년간 한반도에 영향을 준 태풍 60개를 대상(표 1)으로 태풍

Table 1. List of typhoons affecting the Korea Peninsula.

Number	Typhoon	Number	Typhoon
0205	RAMMASUN	1215*	BOLAVEN*
0208	NAKRI	1216*	SANBA*
0209	FENGSHEN	1304	LEEPI
0215	RUSA	1315*	KONG-REY*
0304	LINFA	1324*	DANAS*
0306	SOUDELOR	1408	NEOGURI
0310	ETAU	1411	HALONG
0314*	MAEMI*	1412	NAKRI
0407	MINDULLE	1419*	VONGFONG*
0410	NAMTHEUN	1509	CHAN-HOM
0415	MEGI	1511	NANGKA
0416	CHABA	1512	HALOLA
0418*	SONGDA*	1515	고니(GONI)
0514*	NABI*	1616*	MALAKAS*
0603	EWINIAR	1618*	CHABA*
0610	WUKONG	1703	NANMADOL
0613*	SHANSHAN*	1705	NORU
0704	MAN-YI	1718*	TALIM*
0705	USAGI	1807	PRAPIROON
0711*	NARI*	1818	RUMBIA
0807	KALMAEGI	1819	SOULIK
1004	DIANMU	1824*	TRAMI*
1007*	KOMPASU*	1825*	KONG-REY*
1009*	MALOU*	1905	DANAS
1105	MEARI	1908	FRANCISCO
1109	MUIFA	1909	LEKIMA
1112*	TALAS*	1910	KROSA
1207	KHANUN	1913*	LINGLING*
1210	DAMREY	1917*	TAPAH*
1214*	TEMBIN*	1918*	MITAG*

* : Autumn Typhoon

의 영향빈도, 강도 등에 대한 분석을 직접적으로 수행하여 한반도 전체 영향태풍과 가을철 영향태풍의 특성을 분석하였다. 또한, 최근 한반도에 영향을 미친 태풍들이 과거의 태풍들과 어떠한 차이가 있는지 살펴보기 위하여 1954년부터 2003년까지, 50년간 한반도에 영향을 미친 태풍을 분석한 Park *et al.* (2006)의 연구결과를 분석에 활용하였다. 즉, 본 연구에서는 한반도에 영향을 미친 태풍을 ‘과거 태풍(1954~2003년)’과 ‘현재 태풍(2002~2019년)’으로 구분하여 총 66년(1954~2019년)의 기간 동안 태풍의 변화 경향과 특성을 살펴보았다.

한반도 영향태풍은 우리나라 기상청에서 정의하고

있는 ‘태풍 중심이 32°N에서 40°N, 120°E에서 138°E 이내에 들고 한반도에 영향을 준 경우에 해당하는 태풍이다(KMA, 2011). 또한, 본 연구에서의 ‘가을태풍’은 9월과 10월에 한반도에 영향을 주는 태풍으로 정의하고 분석을 수행하였다.

2.2 연구 방법

2.2.1 분석 기간

본 연구에서는 3개의 구간으로 나누어 분석을 수행하였다. 1954년부터 2003년까지, 50년간의 기간을 ‘과거’에 해당하는 ‘Period I’으로 설정하였으며, 2000년대 초반인 2002년부터 2010년까지, 9년의 기간을 ‘Period II’, 그리고 가장 최근인 2011년부터 2019년까지, 9년의 기간을 ‘Period III’으로 설정하였다. 본 연구에서는 태풍의 월별 발생빈도와 관련된 분석은 Period I, II, III 기간을 대상으로 수행하였으며, 태풍의 강도 및 최대순간풍속의 특성과 관련된 분석은 기상청 RDAPS 자료가 생산되는 Period II와 III의 기간을 대상으로 결과를 도출하였다.

2.2.2 태풍사전방재모델

본 연구에서는 태풍에 동반된 강풍의 강도를 정량적으로 평가하기 위해 태풍사전방재모델에서 산정되는 태풍 내습시기에 발생 가능한 최대순간풍속인, 3초 gust를 활용하였다(그림 1). 본 연구에서 활용한 태풍사전방재모델은 미국 Florida Department of Financial Services (FDfS, 2005)에서 허리케인의 내습시기에 발생할 수 있는 피해 규모를 예측하기 위해 개발된 Florida Public Hurricane Loss Model (FPHLM)을 참고하여 한반도의 지리적, 지형적 특성을 고려하여 개선한 한국형 모델(Na *et al.*, 2019; Na and Jung, 2019; Jung, 2015; Jung *et al.*, 2010)이다. 태풍에 동반된 강풍을 도출하기 위한 태풍사전방재모델의 입력자료로는 700 hPa 고도에서의 풍속자료가 활용되는데, 본 연구에서는 WRF 수치모델을 활용하여 시·공간적으로 고해상도의 결과를 생산하여 활용하였다. 태풍사전방재모델에서 계산되는 3초 gust는 태풍 영

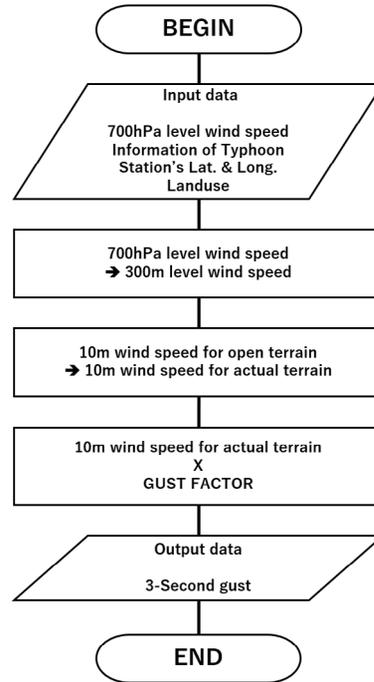


Fig. 1. Flow chart of typhoon disaster prevention model.

향기간 동안 이론적으로 발생 가능한 최대순간풍속의 의미를 가지는데, 태풍에 동반된 강풍에 의해 발생하는 피해는 대부분 순간돌풍에 의해 직접적인 영향을 받으므로, 태풍사전방재모델에서 도출되는 돌풍정보인 3초 gust를 이용하여 태풍의 강도를 평가하고자 하였다.

2.2.3 WRF (Weather Research and Forecasting) 수치모델

본 연구에서는 태풍사전방재모델의 입력자료인 700 hPa 풍속을 산출하기 위해 NCAR (National Center for Atmospheric Research)에서 개발된 중규모 기상 수치모델 WRF V3.8.1을 활용하였다. 모델의 초기 입력자료는 공간해상도 12 km, 시간 간격 6시간의 기상청 RDAPS (Regional Data Assimilation Prediction System) 자료를 이용하였고, 모의 영역은 한반도를 중심으로 27, 9, 3 km 해상도를 가지는 3개의 도메인의 양방향 동지 격자(two way nesting)로 구성하였다

(그림 2). 모델의 연직층은 27개의 층으로 구성하였고, 최상층은 약 22 km로 정의하여 모델을 수행하였다. 모델의 물리과정으로 대기 경계층은 YSU scheme 방안을 사용하였고, 미세 물리 방안으로 WSM6 scheme, 장파복사와 단파복사는 각각 RRTM Longwave와 Dudhia Shortwave를 사용하였으며, 적운모수화 과정은 Kain-Fritsch 기법을 사용하였다. 또한, 오차를 최소화하기 위해 초기 spin-up 기간을 고려하여 태풍의 한반도 영향 기간에 대한 모델링을 수행하였다(표 2).

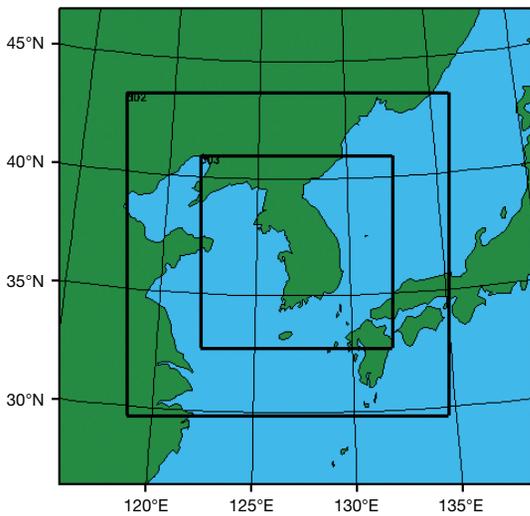


Fig. 2. Domain configuration of WRF.

Table 2. Configuration of WRF modeling.

	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Horizontal grid	124 × 124	223 × 223	334 × 334
Horizontal resolution	27 km	9 km	3 km
Vertical layers		27	
Physical options	mp_physics bl_pbl_physics sf_surface_physics sf_sfclay_physics ra_lw ra_ws cu_physics	WSM6 scheme YSU scheme Noah LSM Monin-Obukhov scheme RRTM Longwave Dudhia Shortwave Kain-Fritsch scheme	No CPs
Initial data		RDAPS data	

3. 결 과

3.1 한반도 영향태풍 월별 빈도

그림 3과 표 3은 Period I, II, III 기간 동안 한반도에 영향을 미친 태풍의 월별 빈도를 나타낸 것이다.

과거인 Period I 기간 동안에는 한반도 영향태풍이 총 175개였으며, 2000년대 초반인 Period II 기간에는 24개, 그리고 가장 최근인 Period III에는 36개였다(표 3). 특히, 최근 10년 동안(Period III)에는 그 이전 10년(Period II)에 비해 영향태풍이 1.5배 많아진 것을 알 수 있다. 월별 빈도를 살펴보면, 최근으로 올수록 전통적 의미에서의 여름철인 6월, 7월, 8월에 한반도

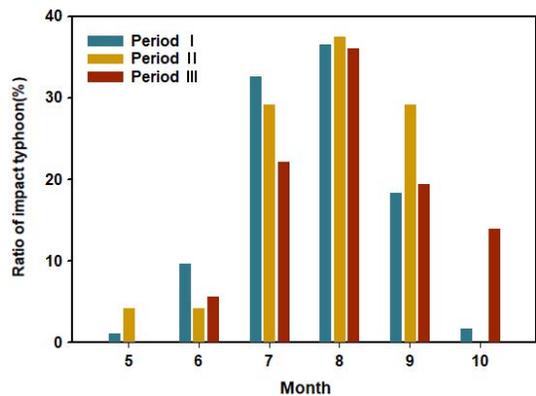
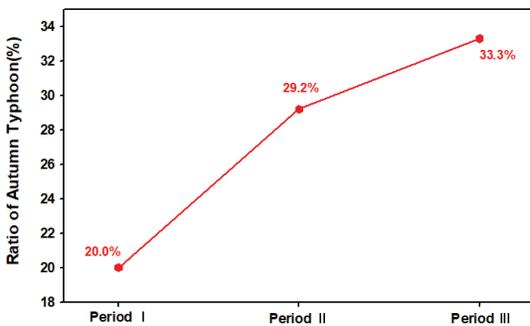


Fig. 3. Monthly ratio of the typhoon influenced on the Korean peninsula.

Table 3. Monthly frequency of typhoon influenced on the Korean peninsula.

	Month						Total
	5	6	7	8	9	10	
Period I (1954~2003)	2 (1.1%)	17 (9.7%)	57 (32.6%)	64 (36.6%)	32 (18.3%)	3 (1.7%)	175 (100%)
Period II (2002~2010)	1 (4.2%)	1 (4.2%)	7 (29.2%)	9 (37.5%)	7 (29.2%)	-	24 (100%)
Period III (2011~2019)	-	2 (5.6%)	8 (22.2%)	13 (36.1%)	7 (19.4%)	5 (13.9%)	36 (100%)

**Fig. 4.** Ratio of autumn typhoon.

영향태풍의 비율이 과거에 비해 낮아지는 것을 알 수 있는데, 특히 한여름인 7월에는 크게 감소하고 있다(그림 3). 이에 비해 가을철인 9월과 10월에 한반도 영향태풍의 비율이 과거(Period I)에는 전체 영향태풍의 약 20%가 가을태풍이었지만, 2000년도 이후인 Period II와 Period III 기간에는 29.2% (9월)와 33.3% (10월)가 가을태풍인 것으로 나타났다(그림 4). 즉, 최근으로 올수록 9월, 10월의 가을태풍 발생 비율이 점차적으로 높아지고 있다는 것을 알 수 있다. 특히, 이 중에서도 10월에 영향을 미치는 가을태풍의 발생비율이 과거에 비해 크게 늘어난 것을 알 수 있는데, 1954년 이후 한반도에 영향을 미친 총 8개의 10월 가을태풍 중에서 5개가 최근 10년(Period III) 사이에 나타나서 전체 10월 태풍의 62.5%가 최근에 집중되었다는 점은 향후에도 한반도에 영향을 미치는 가을태풍의 발생이 지속적으로 높아질 가능성이 있다는 것과 함께 이에 대한 사전대비적 측면에서의 대책마련도

필요하다 할 수 있겠다.

3.2 태풍의 강도

태풍은 발생시기 및 진행경로에 따라 한반도 전체 뿐 아니라 상세 지역별로도 영향의 정도에 차이가 있다. 이에 본 연구에서는 태풍에 동반된 강풍에 의해 발생가능한 피해를 사전에 진단하여 방재적 측면에서 활용가능한 최대순간풍속의 고해상도 분포경향을 살펴보기 위하여 태풍사전방재모델에서 계산되는 3초 gust를 산정하였다. 해상과 육상을 포함한 한반도 전역에서의 고해상도 3초 gust를 산정하기 위해, WRF 기상장 수치모델링을 수행하고 태풍사전방재모델에 입력자료로 활용하였다. 태풍의 강도변화에 대한 상세한 공간분포 경향을 살펴보기 위해 기상청 RDAPS 자료가 제공되기 시작한 2002년부터인 Period II와 가장 최근인 Period III 기간 동안의 모든 한반도 영향태풍을 대상으로 수치모델링을 수행하여 3초 gust를 비교해 보았다. 표 4와 5는 각 기간별 전체 태풍의 평균 3초 gust와 최대 3초 gust 분포를 나타낸 것이다.

태풍사전방재모델에서 산정된 3초 gust의 타당성은 Na and Jung (2019)에 상세히 제시되어 있는데, 모델 산정값이 기상청 해상부이의 'GUST'와 등표의 '최대순간풍속' 관측값과 좋은 일치를 보였다는 점과 사전방재 측면의 중요점인 최대순간풍속 관측값보다 일정 수준 강한 풍속정보를 제공한다는 점 등, 모델의 적합성에 관한 내용은 이 선행연구에 상세히 기술되어 있으므로, 여기서는 타당성 평가에 관한 구체적 내용은 생략하였다.

Table 4. Percentage of average 3-Second gust (V_3) during Period II and III.

	Period II	Period III
≤ 17 m/s	60.8%	48.7%
$17 < V_3 \leq 25$ m/s	37.5%	51.3%
$25 < V_3 \leq 33$ m/s	1.7%	-
$33 < V_3 \leq 44$ m/s	-	-
44 m/s <	-	-

Table 5. Percentage of maximum 3-Second gust during Period II and III.

	Period II	Period III
≤ 17 m/s	-	-
$17 < V_3 \leq 25$ m/s	21.9%	-
$25 < V_3 \leq 33$ m/s	29.1%	25.0%
$33 < V_3 \leq 44$ m/s	34.0%	61.7%
44 m/s <	15.0%	13.3%

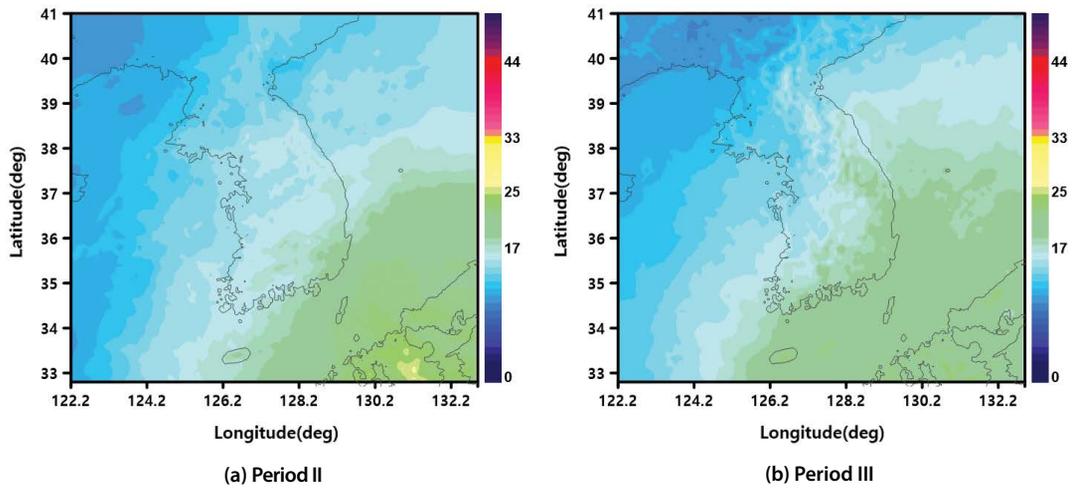


Fig. 5. Distribution of average 3-Second gust.

3. 2. 1 한반도 영향태풍에 동반된 최대순간풍속 특성 변화

그림 5는 Period II와 Period III 각각의 기간 동안 모든 한반도 영향태풍의 평균 3초 gust (10 m 고도) 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 색깔별 풍속구분값은 우리나라 기상청의 태풍 강도분류 기준인, 태풍중심 최대풍속이 17 m/s 이상의 ‘약’(2019년 3월 29일 이후로는 -로 표기); 25 m/s 이상인 ‘중’, 33 m/s 이상인 ‘강’, 그리고 44 m/s 이상인 ‘매우 강’으로 하였다. 그림을 보면, 과거(Period II)에는 한반도의 내륙으로는 동남 권역에, 해상으로는 남해동부 및 동해남부지역에 국한해서 17 m/s 풍속대가 나타났지만, 최근(Period III)에는 17 m/s 이상의 영역이 제주도를 포함한 한반도 남해 전역과 강원 내륙 및 전라 연안지역까지 넓게 확대된 것을 볼 수 있다(표 4를 보더라도 17~25 m/s 풍

속대의 분포비율이 과거에 비해 증가한 것을 알 수 있다). 즉, 과거에는 17 m/s 이하의 약한 평균 3초 gust를 나타낸 지역(60.8%)이 17~25 m/s 풍속 영역(37.5%)에 비해 훨씬 넓게 나타났으나, 최근에는 오히려, 17~25 m/s의 풍속 영역(51.3%)이 17 m/s 이하의 영역(48.7%)보다 넓게 나타난다. 비록 25 m/s 이상의 3초 gust가 나타나는 영역이 과거에는 1.7% 나타나기는 하지만(표 4), 그림 5를 보면 알 수 있듯이, 해당 영역은 한반도가 아닌 일본 큐슈지역에 나타난 것이므로 본 연구에서 제외하고 분석해 볼 때, 전반적으로 한반도에서는 최근으로 올수록 태풍에 동반된 3초 gust가 강해지고 이러한 강해진 3초 gust가 나타나는 영역이 넓어지고 있음을 알 수 있다.

그림 6과 표 5는 최대 3초 gust (10 m 고도)의 분포를 나타낸 것이다. 그림을 보면 평균 3초 gust 분포에

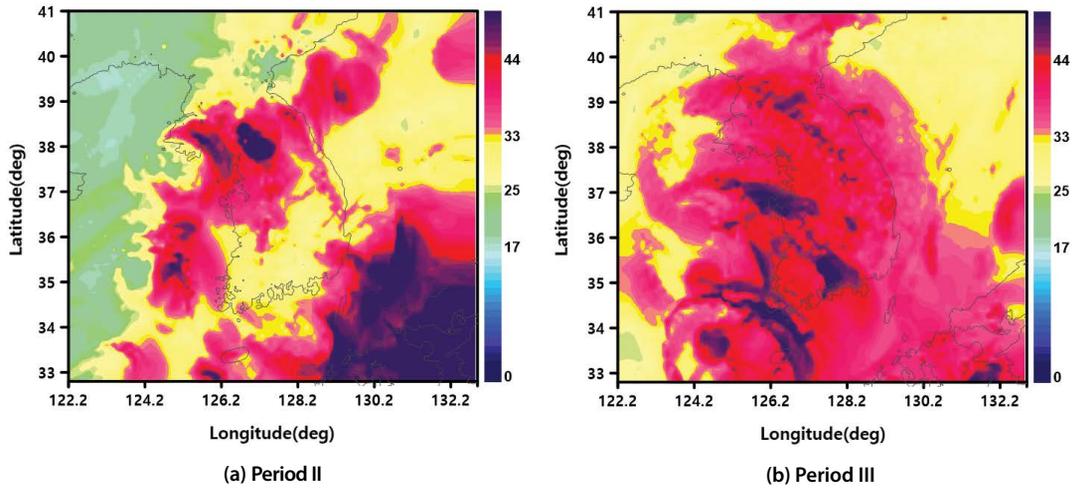


Fig. 6. Distribution of maximum 3-Second gust.

서 나타난 특징과 유사하게, 과거에 비해 최근으로 올수록 한반도의 내륙과 해역에 걸쳐 최대 3초 gust가 강해지며 이러한 강한 풍속의 영역이 넓어진 것을 볼 수 있다. 즉, 과거(Period II)에는 한반도 중부 내륙과 해역에만 33 m/s 이상의 강한 바람이 분포(34.0%)하고 있고 17 m/s의 비교적 약한 바람도 21.9%나 나타났지만, 최근(Period III)에는 한반도 전체 내륙과 연안에 걸쳐 33 m/s 이상의 강한 바람이 분포(61.7%)하는 것을 알 수 있다. 또한, 표 5에 나타난 44 m/s 이상의 바람이 나타나는 영역이 과거에는 15%이고 최근에도 13.3%로 큰 차이를 보이지 않지만, 분포지역을 자세히 살펴보면, 과거에는 이 영역의 대부분이 큐슈 지역을 포함한 일본 본토 내륙과 일본측 대한해협에 걸쳐 있었던 것에 비해, 최근에는 대부분 한반도의 내륙과 해역에 분포하고 있다는 점을 고려해 보면, 실질적으로는 최근으로 올수록 한반도에 영향을 미치는 태풍에 동반된 바람이 강해지고 강풍범위 또한 상당히 넓어지고 있다는 것을 알 수 있다.

3.2.2 한반도 영향 가을태풍에 동반된

최대순간풍속 특성 변화

그림 7과 표 6은 Period II와 Period III 각각의 기간

Table 6. Percentage of average 3-Second gust in Autumn typhoon.

	Period II	Period III
≤ 17 m/s	62.5%	51.6%
$17 < V_3 \leq 25$ m/s	37.4%	46.5%
$25 < V_3 \leq 33$ m/s	0.1%	1.9%
$33 < V_3 \leq 44$ m/s	-	-
44 m/s <	-	-

Table 7. Percentage of maximum 3-Second gust in Autumn typhoon.

	Period II	Period III
≤ 17 m/s	2.0%	1.0%
$17 < V_3 \leq 25$ m/s	21.6%	19.5%
$25 < V_3 \leq 33$ m/s	40.4%	38.6%
$33 < V_3 \leq 44$ m/s	35.4%	40.3%
44 m/s <	0.6%	0.6%

동안 9월과 10월에 한반도에 영향을 미친 모든 태풍의 평균 3초 gust (10 m 고도) 분포를 나타낸 것이다. 그림 7을 보면 9월, 10월의 한반도 영향태풍에서도 과거에 비해 최근에는 한반도 내륙과 해역 전반에 걸쳐 3초 gust가 증가한 것을 볼 수 있다. 특히, 제주도를 포함한 남해권역에서의 풍속증가가 뚜렷하게 나타났다.

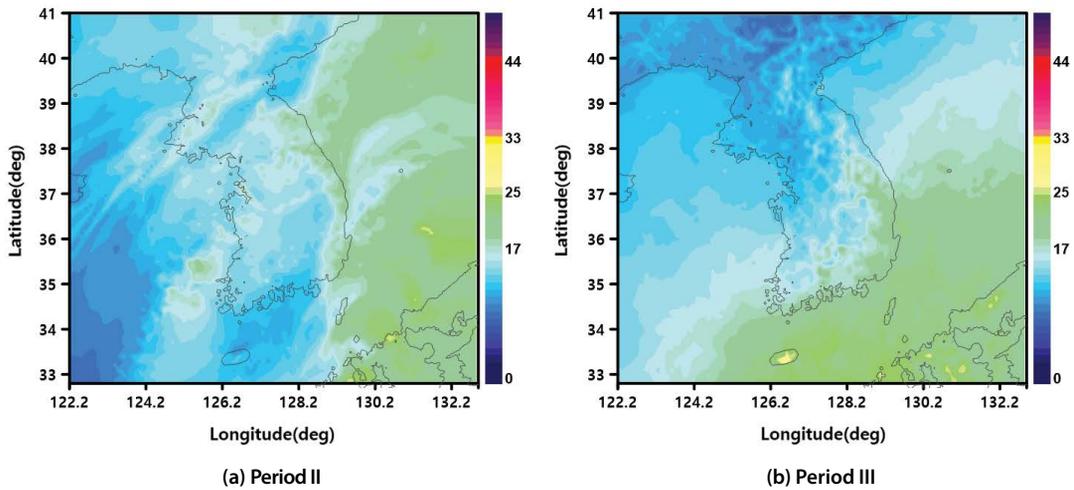


Fig. 7. Distribution of average 3-Second gust in Autumn typhoon.

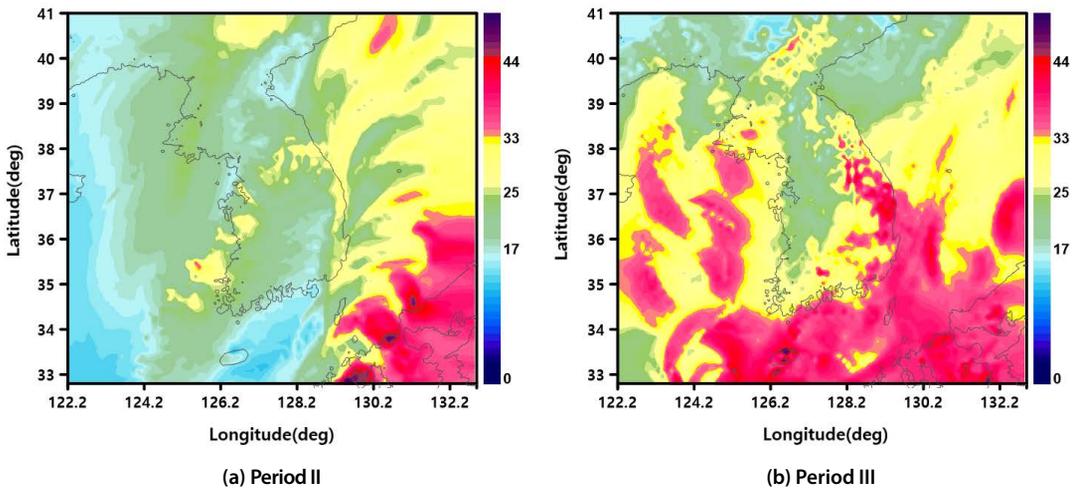


Fig. 8. Distribution of maximum 3-Second gust in Autumn typhoon.

표 7을 보더라도 과거에 비해 최근으로 올수록 17 m/s 이하의 약한 풍속비율은 감소하고 그 이상의 강한 풍속대에서의 비율은 모두 증가하고 있다. 즉, 9월과 10월 한반도에 영향을 미치는 태풍은 과거에 비해 더 강한 바람을 동반하며 넓은 영역에 걸쳐 이러한 강풍을 발생시키고 있음을 알 수 있다. 그림 7을 보면, 최근의 남해권역에서 뚜렷한 풍속증가와 달리, 한반도 중북부 내륙과 동해북부 해역에서는 풍속이 감소하는 것

을 볼 수 있는데 태풍의 진행경로에 있어서의 변화와 일정부분 관련된 것으로 추정되지만, 이에 관해서는 추후 구체적 연구를 통해 분석할 필요가 있다고 판단된다.

그림 8과 표 7은 9월과 10월에 한반도 영향태풍의 최대 3초 gust (10 m 고도)의 분포를 나타낸 것이다. 앞서 분석한 결과들과 유사한 측면의 분포경향을 보이고 있다. 그림 8을 보면, 과거 (Period II)에는 일본

내륙과 일본 근해에 걸쳐 33 m/s의 강한 3초 gust가 분포하고 있지만, 최근(Period III)에는 일본지역뿐만 아니라 한반도의 남해 전역과 동해남부해역 및 동쪽 내륙 일부, 그리고 서해 넓은 지역에 걸쳐 33 m/s 이상의 강한 바람이 나타나고 있음을 볼 수 있다. 또한 한반도 내륙에서도 과거에는 17 m/s 이상의 바람이 한반도 내륙 전역에 분포하고 있지만, 최근에는 중부내륙 일부를 제외한 많은 부분의 한반도 내륙에서 과거보다 강한 25 m/s 이상에 바람이 넓게 분포하는 것을 알 수 있다. 비록 표 7에 나타난 과거와 최근의 가을태풍 풍속대별 비율이 비슷하지만, 이것은 그림 전 영역에서의 분포비율이므로 한반도 내륙과 해역에서의 변화에 관점을 두면, 과거에 비해 풍속이 증가한 것을 뚜렷하게 알 수 있다(그림 8).

4. 결 론

본 연구에서는 한반도 영향태풍의 특징변화를 살펴 보기 위하여 1954~2003년(Period I)과 2002~2010년(Period II), 그리고 2011~2019년(Period III)의 한반도 영향태풍을 대상으로 비교연구를 수행하였다. 또한, 일반적으로 가을철로 인식되는 9월과 10월에 한반도에 영향을 미치는 ‘가을태풍’에 대해서도 발생빈도 및 특성 등을 살펴보았다.

과거에 비해 최근으로 올수록 6, 7, 8월 한반도 영향태풍의 빈도는 감소하고 있는 것으로 나타났지만, 9, 10월에 영향을 미치는 가을태풍의 빈도는 과거(Period I) 20%에서 최근(Period II + III)에는 31.6%로 급격히 증가한 것으로 나타났다.

본 연구에서 태풍의 강도를 평가하기 위해 태풍사 전방재모델에서 3초 gust를 산정하여 분석을 수행한 결과, 2000년대 초반(Period II)에 비해 최근(Period III)에는 제주도를 포함한 한반도 남해 전역과 동남권역, 그리고 강원 내륙 및 전라 연안지역까지 강풍영역이 확대되는 것을 알 수 있었다. 가을태풍의 경우에도 과거에 비해 최근에 한반도 내륙과 남해권역에서 3초

gust의 증가를 볼 수 있었는데 특히, 제주를 포함한 서남해역에서의 뚜렷한 3초 gust 증가를 볼 수 있었다.

본 연구에서는 과거부터 현재까지 한반도에 영향을 미친 태풍들의 과거와 최근 특징에 대한 분석과 함께, 특히 최근 관심이 집중되고 있는 가을태풍에 대한 연구를 수행하였다. 이러한 결과들을 바탕으로 사전방재분야에서 활용가능한 현장적용형 정보가 도출된다면 한반도에 영향을 주는 여름태풍 및 가을태풍에 의해 발생하는 피해저감에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 2019학년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

References

- Ahn, S.H., Kim, B.J., Lee, S.L., Kim, H.K. (2008) The Characteristics of Disaster by Track of Typhoon Affecting the Korean Peninsula, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 8(3), 29-36.
- Cha, E.J. (2007) Typhoon Characteristics and Its Impact on Korea in the Fall Season (September, October, November), *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, 7(3), 75-81.
- Florida Department of Financial Services (FDfs) (2005) Florida Public Hurricane Loss Projection Model, Engineering Team Final Report Volume I-III, 48pp.
- Hsu, P.C., Lee, T.H., Tsou, C.H. (2017) Role of scale interactions in the abrupt change of tropical cyclone in autumn over the western North Pacific. *Climate Dynamics*, 49, 3175-3192. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3504-x>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2015) *Climate Change 2015: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Jung, W.S. (2015) An Estimation of Extreme Wind Speed of Typhoon Affecting the Damage of Public and Indus-

- trial Facilities, *Journal of the Environmental Sciences*, 24(9), 1199-1210, (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2019.35.1.036>
- Jung, W.S., Park, J.K., Choi, H.J. (2010) An Estimation of Amount of Damage Using the 3-Second Gust When the Typhoon Attack, *Journal of the Environmental Sciences International*, 19(3), 353-363, (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.5322/JES.2010.19.3.353>
- Korea Meteorological Administration (KMA) (2011) Typhoon White Book, Typhoon Center/KMA. 345pp.
- Kwon, H.J., Ryu, J.Y. (2008) A New Proposition on the Definition of the Tropical Cyclone Influence on the Korean Peninsula, *Korean Meteorological Society for Atmosphere*, 18(1), 43-53, (in Korean with English abstract).
- Na, H.N., Jung, W.S. (2019) A Study on Improving the Prediction Accuracy of a Typhoon Disaster Prevention Model Part I : Sensitivity of the WRF Model to High-Resolution SST Data and Meteorological Data Assimilation, *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 35(3), 303-317, (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.5572/kosae.2019.35.3.303>
- 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, (in Korean with English abstract). <https://doi.org/10.5572/kosae.2019.35.1.036>
- Park, J.K., Kim, B.S., Jung, W.S., Kim, E.B., Lee, D.G. (2006) Chang in Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula, *Korean Meteorological Society for Atmosphere*, 16(1), 1-17, (in Korean with English abstract).
- Tsou, C.H. (2008) Interdecadal variability of the typhoon activity in Autumn, *Tropical Meteorology Special Symposium 20th*, JP3.9.

Authors Information

나하나(인제대학교 대기환경정보공학과 박사과정)
정우식(인제대학교 대기환경정보공학과 교수)