Check for updates

Journal of Korean Society for Atmospheric Environment
Vol. 37, No. 1, February 2021, pp. 55-65
https://doi.org/10.5572/KOSAE.2021.37.1.055
p-ISSN 1598-7132, e-ISSN 2383-5346

논 문

근대 기상관측 이후, 비태풍 시기 한반도 강풍의 장기특성 분석: 1904년부터 2019년까지 116년간 자료분석

Characteristics of Strong Winds on the Korean Peninsula during the Non-typhoon Period: Data Analysis for 116 Years from 1904 to 2019

나하나, 정우식*
인제대학교 대기환경정보공학과

Hana Na, Woo-Sik Jung*
Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University, Gimhae, Republic of Korea

접수일 2020년 12월 21일
수정일 2021년 1월 11일
채택일 2021년 1월 14일

Received 21 December 2020
Revised 11 January 2021
Accepted 14 January 2021

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

Abstract Strong winds analyzed in this study were described as winds of more than 14 m/s, among all winds developed during the period, except during the typhoon season, which affected the Korean Peninsula. In order to analyse the temporal and spatial characteristics of strong winds during non-typhoon periods from 1904 to 2019, hourly wind speed data recorded at all weather observation points (ASOS, Bouy, Beacon) in Korea were utilized. Both the rate of occurrence of strong winds and the strong winds were higher in coastal in metropolitan cities. The annual change in wind speed showed a tendency to decrease in coastal areas and seas, and a complex increase and decrease in inland areas by point. Looking at the overall rate of occurrence of strong winds and strong wind speeds in Korea during all periods of the study, the overall trend has declined since modern weather observations, but has been increasing again since the early and mid-1970s. In terms of seasonal characteristics of strong winds, except for winter (December, January, February), the rate of occurrence of strong winds and strong wind speeds was relatively higher in March and April, which are spring months.

Key words: Long-term data, Strong wind, Non-typhoon period

1. 서 론

한반도에서 발생하는 자연재해는 지구온난화로 인해 발생빈도 증가 및 피해 규모가 광역화되는 추세이다(IPCC, 2015). 우리나라에서 발생하는 자연재해에는 주로 태풍, 집중호우, 강풍, 폭설 등이 있다. 이러한 여러 자연재해 중에서 강풍은 다른 자연재해와 달리 계절성 없이 사계절 내내 발생하며, 특히, 최근으로 올수록 '태풍급 강풍' 혹은 '폭풍급 강풍'이라는 용어로, 태풍 시기가 아닌 비태풍 시기에 발생하는 강풍의 빈도와 강도가 점차 증가하고 있는 추세이다. 최근 10년간(2008~2018년) 기상재해별 피해액을 살펴보면(MOIS, 2018), 강풍에 의한 피해가 전체 자연재해 중에서 태풍, 호우, 대설에 이어 4번째로 많은 피해액을 기록한 것을 알 수 있으며, 최근까지도 지속적인 증가추세를 보인다. 강풍에 관련된 국내의 선행연구를 살펴보면, 주로 태풍에 동반된 강풍에 대한 연구(Na and Jung, 2019; Cao *et al.*, 2015; Jung, 2015)와 단기간의 강풍 특징에 대한 분석(Kim *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2017; Kim and Kim, 2013; Choi and Mun, 2008), 시뮬레이션을 이용한 극한풍속 예측(Lee and Kim, 2016; Ko *et al.*, 2014; Cheng and Chiu, 1985) 등이 선행된 바 있지만, 태풍 시기를 제외한 장기간의 강풍에 대한 전반적인 특징을 살펴볼 수 있는 분석은 매우 부

족한 실정이다. 또한, 최근 강풍으로 인한 피해가 급증하여 관측자료를 활용한 강풍에 대한 분석적 연구(Kim *et al.*, 2020; Ham *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2006)들이 있지만, 이들 연구에서는 시간별 자료가 아닌 일 최대풍속 또는 일 최대순간풍속을 주요 분석요소로 사용하여, 실제 많은 피해를 유발하는 강풍의 시간별 특성 등을 구체적으로 살펴보기에는 다소의 아쉬움이 있다. 이러한 측면에서, 특히, 우리나라를 대상으로 하는 시간별 관측자료에 바탕한 장기간의 강풍에 대한 시·공간적 분포 및 빈도와 같은 기후학적 특징 분석과 관련된 연구는 다른 자연재해와는 달리 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 근대 기상관측이 시작된 이후 최근까지의 전체 기간을 대상으로 비태풍 시기 발생한 강풍의 시간별 자료를 바탕으로 시·공간적 특성을 분석하고, 우리나라 비태풍 시기 강풍관련 다양한 연구의 기초자료를 구축하고자 한다.

2. 자료 및 방법

본 연구에서는 우리나라에서 근대 기상관측이 시작된 1904년부터 최근인 2019년까지 총 116년간의 종관기상관측(Automated Synoptic Observation System, ASOS), 해양부이, 등표 관측지점 전체의 매시간별 자료를 분석에 활용하였다. 일반적인 관점에서, '강풍'은 강한 바람을 의미하지만, 이에 대한 기상학적 정의는 국가별, 분야별로 다르다. 전 세계적으로 사용되고 있는 뷰포트 풍력 계급도(Beaufort wind force scale)에서는 풍속 14 m/s 이상을 강풍으로 분류하고 있으며, 우리나라 기상청에서는 초속 13.9 m/s 이상의 바람을 폭풍이라 정의하고 육상에서 풍속 14 m/s 이상 또는 순간 풍속 20 m/s 이상이 예상될 경우, 강풍주의보를 발표한다. 이에 본 연구에서는 '14 m/s'를 강풍의 기준으로 설정하고, KMA (2010)와 매년 발간되는 한반도 영향 태풍보고서에 기록된 각각의 태풍이 한반도에 영향을 미친 기간을 제외한 나머지 모든 기간을 '비태풍 시기'로 설정하여 이 기간을 대상으로 강풍분석을 수행하였다. 본 연구에서는 기상청에서 공식적으로 제공하는 총 128개 기상관측지점의 시간별 자료를 분석에 사용하였다.

2.1 종관기상관측시스템(Automated Synoptic Observing System, ASOS)

종관기상관측이란 기상청에서 종관기상관측을 목적으로 정해진 시각의 대기 상태를 파악하기 위해 모든 관측소에서 같은 시각에 실시하는 관측을 의미한다. 시정, 구름, 증발량, 일기현상 등 일부 목측 요소를 제외하고 종관기상관측장비를 이용하여 자동으로 관측한다. 1904년 4월부터 관측이 수행되었으며, 2020년 9월 현재 102개 지점의 관측이 수행(그림 1)되고 있다.

2.2 해양기상부이(Bouy)

해양기상부이는 해수면에서 해양기상현상을 다양한 기상장비로 측정하고, 그 값을 일정한 물리량으로 변환 및 처리한다. 기압, 바람, 기온, 습도, 파도 등에 대한 요소를 관측하며 1996년 7월부터 관측이 수행되었으며, 2020년 9월 현재 17개 지점에서 관측이 수행(그림 1)되고 있다.

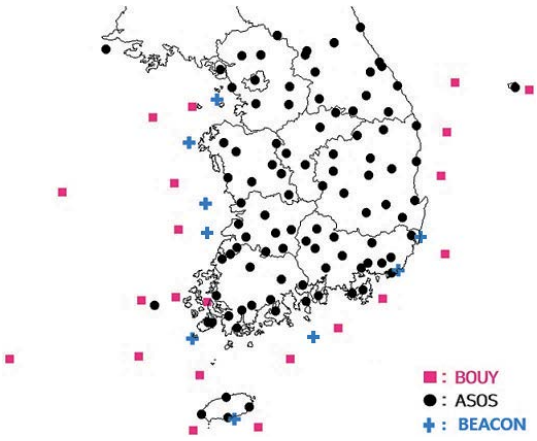


Fig. 1. Distribution of observation sites (128 in total) used in this study from the ASOS, Buoy, and Beacon networks.

2.3 등표(Beacon)

등표기상관측장비는 등표나 관측탑 등의 해양 구조물에 기상관측장비를 설치하고, 수중에는 해상상태를 측정할 수 있는 파고계 등을 설치하여 관측기기에서 측정한 값을 일정한 물리량을 변환 및 처리한다. 2020년 9월 현재 9개 지점의 관측이 수행(그림 1)되고 있다.

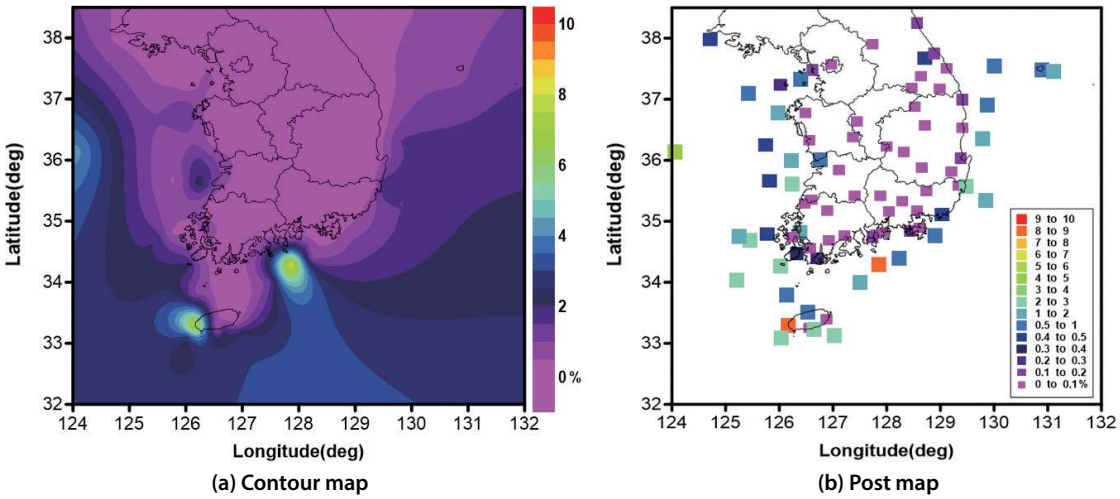
3. 결 과

3.1 관측지점별 분석

전체 연구대상 기간인 총 116년 동안 ASOS, 부이, 등표 전 지점의 비태풍 시기에 관측된 강풍자료를 바탕으로 풍속특성과 발생비율 등을 분석하였다. 전체 관측지점 총 128개 각 지점별 자료의 관측시작 시기가 상이하기 때문에, 지점별로 비태풍 시기의 전체 기간에 대한 14 m/s 이상의 강풍이 기록된 시간 분석을 통해 강풍발생비율을 산정하였으며, 14 m/s 이상의 풍속이 기록된 자료들을 대상으로 강풍 특성 분석을 수행하였다.

시간별 자료를 분류한 결과, 총 116년 동안의 비태풍 시기에 128개 전체 지점에서 관측된 14 m/s 이상의 강풍은 총 54,090시간으로 나타났고 이들 강풍자료를 각 지점별로 할당하여 분석자료를 구축하였다. 이를 활용하여, 기상청 전 관측지점(ASOS, 부이, 등표) 각각의 비태풍 시기 '강풍발생비율'과 '강풍풍속 평균값' 분포를 각각 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 그림 2의 강풍발생비율을 살펴보면, 내륙보다는 연안 및 해상에서 강풍발생비율이 높게 나타났으며, 서해보다는 동해에서 발생비율이 다소 높게 나타났다. 지점별로 강풍발생비율의 상위 10위권 내에서는 고산을 제외하고는 모두 해양부이와 등표에서 기록되었으며, ASOS 지점만을 살펴보면 고산 8.49%, 흑산도 2.03%, 목포 1.05% 순으로 높은 발생비율을 보였다. 이는 1970년부터 2008년까지 남서지역의 강풍발생 원인을 태풍, 겨울철 북서계절풍, 전선풍으로 구분하여 분석한 Kim *et al.* (2009)의 연구에서 태풍을 제외한 다른 원인으로 인해 흑산도, 목포에서 강풍이 다수 발생한다는 것과 유사한 결과이다.

그림 3에 나타낸 지점별 강풍풍속의 분포를 살펴보면, 전체적으로 강풍발생비율과 유사하게 내륙보다는 해안에서 비교적 강한 풍속이 나타나는 경향을 보이고 있다. 특히, 해양부이와 등표를 포함하면 더욱 뚜렷



(a) Contour map (b) Post map

Fig. 2. Horizontal distribution and post map for the rate of occurrence of strong wind by point at ASOS, Bouy, and Beacon from 1904 to 2019.

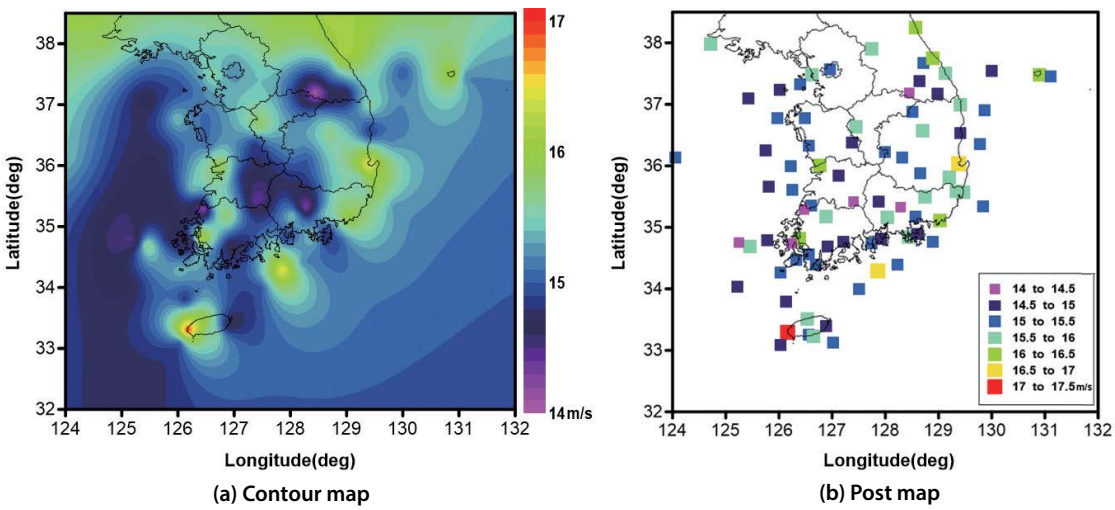


Fig. 3. Same as Fig. 2, except for strong wind speed.

하게 육상보다 연안과 해상에서 강한 풍속이 발생하였음을 알 수 있다. 또한, 서해보다는 동해 일대에서 상대적으로 강한 특징을 보였다. ASOS 지점 중에서는 고산 17.05 m/s, 포항 16.62 m/s, 목포 16.45 m/s 순으로 높게 나타났다. 고산과 목포 지점은 강풍발생비율에서도 다른 지점들에 비해 상당히 높은 값을 나타낸 것과 마찬가지로 강풍풍속 또한 매우 강하게 나타났다.

그림 4는 모든 관측지점에서의 비태풍 시기 강풍풍속에 대한 회귀분석 결과를 지점별로 나타낸 것이다. 회귀분석에서 기울기 값은 풍속의 전체적인 변화추세를 설명할 수 있는 값으로 음의 값을 가지면 감소하는 추세, 양의 값을 가지면 증가하는 추세로 볼 수 있다. 지역 및 영역별로 자세히 살펴보면, 비태풍 시기 강풍의 풍속이 높게 기록된 해상부이 및 등표지점 대부분과 서해 및 동해 연안일대의 ASOS 지점들에서는 대체적으로 풍속이 감소하는 음의 경향을 보이는 지점들이 많이 나타났고 남해 연안에서는(ASOS) 풍속이 증가하는 양의 값을 나타내는 지점들이 서해나 동해에 비해 상대적으로 많았으나, 전반적으로 모든 해상과 연안에서는 비교적 넓은 범위에 걸쳐 대체적으로 균일하거나 공간적 변화가 심하지 않은 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 그러나 내륙지점들을 보면, 각

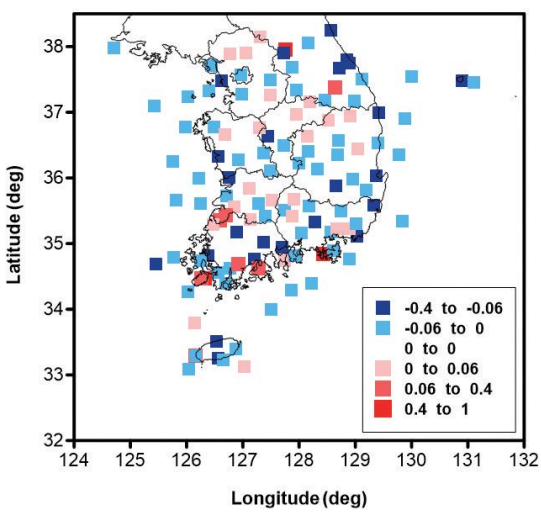


Fig. 4. Same as Fig. 2(b), except for tendency of change in the strong wind speed.

지점별로 증가 및 감소가 일률적이지 않고 복잡다양한 공간적 분포경향을 나타냈다. 즉, 해상이나 연안지역과 달리 내륙 전반에 걸쳐서는 우리나라 전역뿐만 아니라, 도 단위별로 보더라도 풍속이 증가하는 지점과 감소하는 지점이 좁은 공간영역에서도 복합적으로 나타나 특정한 증가, 감소의 경향을 보이지 않으며, 기

온 등을 포함한 기상요소에 일반적으로 큰 영향을 미치는, 위도별 구분으로 보더라도 풍속의 증가 및 감소의 경향이나 분포에 있어서의 특징적인 양상이 나타나지는 않음을 알 수 있다.

3.2 지역별 특징

일반적으로, 육지에서 일정거리 떨어진 해상에서의 풍속은 수표면에서의 마찰이나, 지형적 장애가 거의 없거나 매우 적기 때문에 육상의 풍속에서 비해 대체적으로 강하게 나타난다. 반면, 육상에서는 한반도가 동일한 종관기상 상태에 놓여있다 하더라도 바람에 영향을 미치는 지면의 여러 자연적 요소(지형적, 지리적 조건 등)나 인위적 요소(인공구조물, 토지피복도 등)에 의해 광역 및 국지적 규모에서도 다양한 형태나 강도의 바람이 나타나게 된다. 이에, 앞서 설명한 바와 같이, 비교적 균일하고 유사한 지역적 분포 또는 강도의 특성을 보이는 해상(부이, 등표)에서의 자료와 달리, 인간의 대부분이 거주하는 주된 생활공간이며 지역별 편차와 분포가 복잡다양하게 나타나는 육상(ASOS)에서의 관측값을 대상으로 내륙과 연안지역에서의 강풍특성을 비교해 보았다.

본 연구에서는 우리나라에 육지에 설치된 102개의 ASOS 전 지점을 대상으로, 근대기상관측이 수행된 1904년부터 2019년까지 총 116년간 비태풍 시기의 자료를 사용하여 Park *et al.* (2020)과 Kim (1997)에서 분석한 바와 같이, 해안으로부터 10 km 이내의 지역에 설치된 지점들은 '연안지역'으로, 해안선으로부터 10 km 이상 떨어진 지역에 위치한 지점들은 '내륙지역'으로 구분하여 이들 각각 지역에서의 강풍 특징을 분석하였다(표 1). 전체 102개 ASOS 지점 중에서 연안지역은 39개, 내륙지역은 63개 지점으로 분류되었다.

Table 1. Average wind speed, average of strong wind speed, and rate of occurrence of strong wind during non-typhoon periods from 1904 to 2019.

	Average wind speed (m/s)	Average of strong wind speed (m/s)	Rate of occurrence of strong wind (%)
Costal area	**4.5**	**16.6**	**1.8**
Inland area	3.7	15.1	1.3

분석을 수행한 결과, 비태풍 시기에 연안지역에서의 평균풍속은 4.5 m/s, 내륙지역에서는 3.7 m/s로 나타나서 연안지역에서의 풍속이 내륙지역보다 더 강한 것으로 나타났다. 또한, 14 m/s 이상의 강풍만을 대상으로 발생비율을 보더라도 연안지역에서는 전 기간 동안 1.8%의 비율로 강풍이 발생하였으나 내륙지역은 이보다 적은 1.3%의 강풍발생비율을 보였으며, 강풍의 풍속 또한 연안지역(16.6 m/s)이 내륙지역(15.1 m/s)보다 더 강하게 나타났다. 즉, 연안지역에서는 해안에서 멀리 떨어진 내륙지역에 비해 일상적으로도 바람이 더 강할 뿐 아니라 바람에 의한 피해와 직접적으로 연관되는 '강풍'도 더 강한 강도로 발생하며 이러한 강풍의 발생 가능성 또한 더 높다는 것이다. 이러한 결과를 보면, 우리나라의 경우, 인구가 밀집되어 있고 경제산업의 주요역할을 하는 대단위 생활권역인 대도시와 대규모 공단들이 주로 연안지역 일대에 형성되어 있어, 지금까지는 태풍 시기에 발생하는 강풍에 대한 위험성과 우려, 그리고 방재대책에 주로 관심을 기울였으나, 본 연구 결과에서 나타난 바와 같이 연안지역에서는 이제 태풍 시기뿐만 아니라, 일상의 시기에서도 강풍에 대한 위험성을 인식하고 방재적 관점에서 관심과 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

이러한 관점에서 실제 방재 및 재난관리의 행정업무가 광역시도 단위의 법정 행정구역에 따라 계획 및 집행, 관리되고 있다는 점을 고려하여 광역시도 단위의 지자체별 강풍 특성에 대해 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

3.3 광역시도별 특징

우리나라는 현재 16개의 광역단위의 행정지역으로 구분되어 있다(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 충남, 충북, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주). 본 연구에서는 이들 16개 광역시도별 강풍발생비율 및 강풍풍속의 특징을 살펴보았다. 표 2는 광역시도별 각각의 행정구역 내에 위치한 총 102개 ASOS 지

Table 2. Total number of observation hours and the number of strong wind occurrence hours for each region from 1904 to 2019.

	Total observation hours	Total strong wind hours
Seoul	563,901	40
Busan	583,091	2,391
Deagu	575,299	245
Incheon	1,023,558	1,317
Gwangju	488,749	43
Daejeon	390,762	20
Ulsan	472,556	159
Gyeonggi	357,740	–
Gangwon	3,059,248	3,291
Chungnam	882,109	205
Chungbuk	1,110,423	85
Jeonbuk	1,664,439	2,541
Jeonnam	2,989,368	1,327
Gyeongbuk	3,672,169	4,853
Gyeongnam	2,610,563	773
Jeju	2,304,348	25,877

Table 3. Average wind speed and rate of occurrence of strong winds by region from 1904 to 2019.

	Strong wind speed (m/s)	Rate of occurrence (%)
Seoul	15.16	0.01
Busan	16.04	0.41
Deagu	15.35	0.04
Incheon	15.74	0.13
Gwangju	15.83	0.01
Daejeon	14.82	0.01
Ulsan	15.53	0.03
Gyeonggi	–	–
Gangwon	15.69	0.11
Chungnam	15.27	0.02
Chungbuk	15.12	0.01
Jeonbuk	16.00	0.15
Jeonnam	16.02	0.41
Gyeongbuk	16.03	0.13
Gyeongnam	15.49	0.03
Jeju	16.89	1.12

점 전체의 116년간 총 관측시간수와 총 강풍발생시간수를 나타낸 것으로, 각 광역시도별로 강풍발생시간수가 다양하게 나타났는데, 특히, 경기도의 경우에는 관내 위치한 모든 관측지점들이 설치 이후 단 한번도 14 m/s 이상의 강풍이 단 한번도 관측되지 않았음을 알 수 있다.

표 2를 보면, 각 광역시도별로 전체 관측시간수가 다양한 범위로 나타나 있는데, 이는 각 광역시도별 설치된 ASOS 지점의 수와 각 ASOS 지점의 설치시기에 차이가 있기 때문이다. 이러한 이유로 강풍이 발생한 시간수에서도 광역시도별로 큰 차이가 있을 수 있으므로 실제 강풍발생에 따른 분석을 위해서는 발생시간수가 아닌 발생비율(강풍발생시간수/총관측시간수)의 분석이 필요한 것이다.

그림 5와 표 3은 16개 각 광역시도별 강풍발생비율과 강풍풍속을 나타낸 것이다. 광역시도별 강풍발생비율을 살펴보면, 제주가 1.12%로 전체 광역시도 중에서 가장 높은 값을 보였고, 다음으로 부산과 전남이 0.14%로 나타나서 다른 광역시도에 비해 비교적 자주 강풍이 발생하는 것을 알 수 있다. 그 외 광역시도에서는 0.01~0.15%의 발생비율을 보였다. 강풍풍속의 경우에도 발생비율이 가장 높았던 제주(16.89 m/s)에서 가장 강하게 나타났으며 그 다음으로 부산(16.04 m/s)과 전남(16.02 m/s)에서 강하게 나타났다. 즉, 제주와 부산, 그리고 전남지역은 다른 광역시도에 비해 비교적 강한 강풍이 더 자주 발생했음을 알 수 있다. 하지만, 발생한 강풍의 광역시도별 풍속을 보면, 발생비율과 강풍풍속의 경향이 모두 일치하는 것은 아니다. 즉, 전남에 비해 강풍발생비율이 낮은 경북과 전북에서는 강풍풍속이 전남과 거의 비슷한 수준을 나타내었으며, 발생비율이 거의 비슷한 서울, 광주, 대전, 충북에서는 오히려 강풍풍속에 있어 다소 큰 차이를 보였다. 또한 광주와 경북의 경우에는 강풍발생비율은 다른 지역에 비해 낮지만, 강풍풍속은 오히려 강한 특징을 나타냈다. 이상의 결과를 보면, 강풍발생비율과 강풍풍속은 반드시 비례하는 경향을 나타내는 것이 아니라, 각 지역에서의 다양한 지형적, 지리적 특성에 연계된 여러 영향요소가 복합적으로 작용해서 나타난다고 이해할 수 있다. 하지만, 현재의 결과에서 주목할 점은, 제주와 부산, 그리고 전남지역은 강풍발생비율과 강풍풍속이 다른 지역에 비해 높고 강하기 때문에 강풍으로 야기될 수 있는 피해의 위험도가 상대

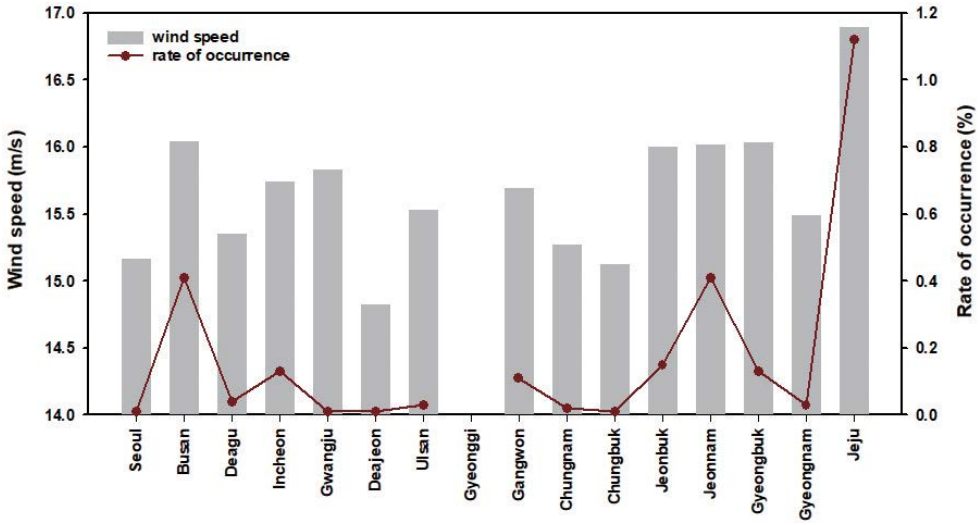


Fig. 5. Average wind speed and rate of strong winds by region from 1904 to 2019.

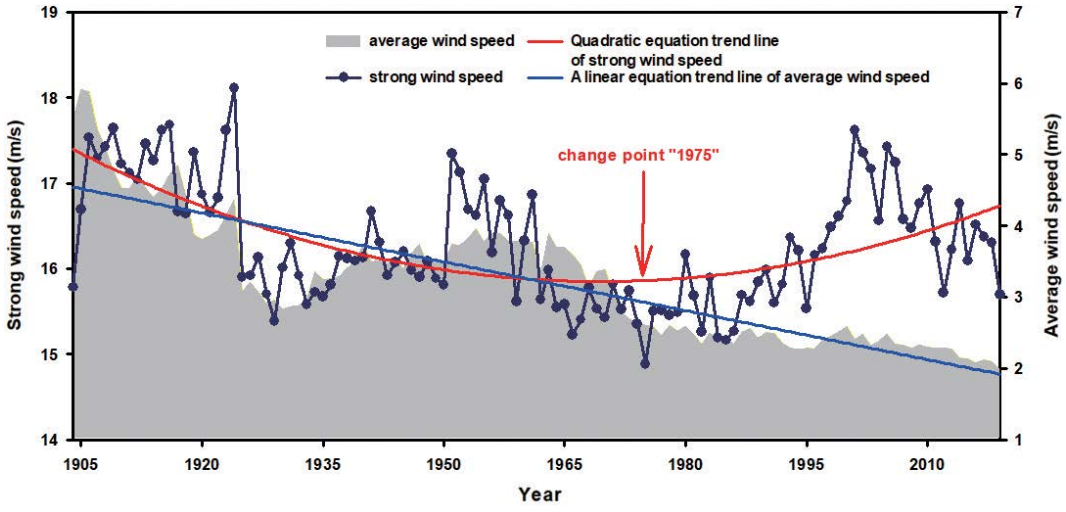


Fig. 6. Time series of average wind speed and strong wind speed and Figure of the change point in 1975 by a quadratic trend line.

적으로 다른 광역시도에 비해 클 수 있으며 경북의 경우에도 강풍발생비율은 낮지만, 발생하는 강풍의 강도는 강하기 때문에 강풍피해의 위험도가 높을 수 있으므로 방재의 측면에서 이들 지역은 더욱 주의 및 관심이 필요하다는 것과 이 결과는 사전방재 측면에서 기초자료로 활용할 가치가 있다는 것이다.

3. 4 강풍 시계열 분석

3. 4. 1 연도별

그림 6은 연도별로 비태풍 시기 전체의 풍속과 강풍의 풍속에 대한 분석결과를 나타낸 것이다. 그림을 보면, 비태풍 시기 전체의 풍속은 과거부터 최근까지 전반적인 감소의 경향을 나타내고 있지만, 강풍의 풍

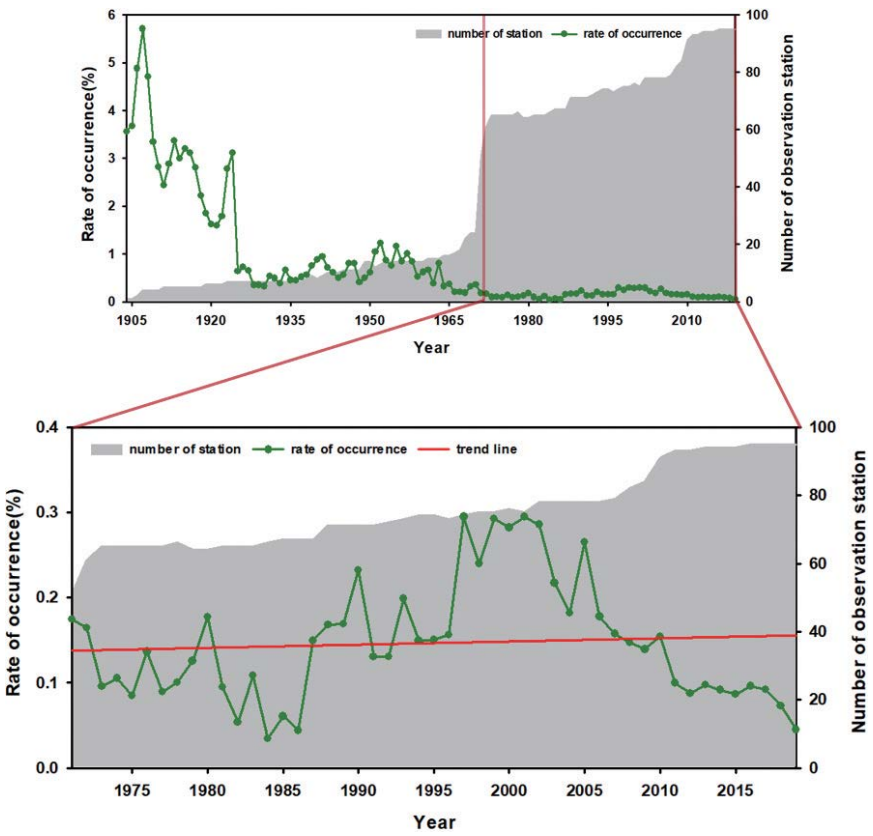


Fig. 7. Changes in the trend of strong winds and the number of observation stations from 1971 to 2019.

속은, 전반적으로 감소하다가 일정 시점부터는 다시 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 우리나라 전체를 볼 때, 평상시의 풍속은 지속적으로 약해지고 있지만, 강풍이 발생할 때의 강도는 감소하다가 1975년부터는 오히려 증가하고 있음을 알 수 있다.

이처럼 1975년 이후, 최근으로 올수록 강풍풍속의 증가가 강풍발생비율과는 어떠한 관계가 있는지도 살펴보았다. 그림 7을 보면, 관측 전 기간을 보면, 근대기상관측 시작부터 최근까지 강풍발생비율이 지속적으로 감소하는 것으로 나타났지만, 우리나라 전역의 지역별 풍속특성을 비교적 상세히 살펴볼 수 있을 정도로 관측지점수가 급격히 늘어난 1971년을 시작으로 최근인 2019년까지의 기간만을 대상으로 살펴보면, 최근으로 올수록 강풍발생비율은 약간 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 그림 6에서 나타난 바와 같이 강풍평균풍속이 1975년에 증가하기 시작한 것과 상당부분 밀접한 연관이 있는 것으로 판단된다. 이상의 결과를 보면, 최근으로 올수록 우리나라에는 강풍발생이 점차적으로 잦아지고 그 강도 또한 강해지고 있는 것으로 나타났다. 다만, 비교적 짧은 기간 간격으로는 다양한 변화양상이 있기도 하므로, 이에 관해서는 추가적인 상세 연구를 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

3.4.2 월별, 계절별

그림 8은 비태풍 시기 발생한 강풍의 월별 특성을 나타낸 것이다. 그림을 보면, 대체적으로 기온이 높은 여름철에 비해 늦가을과 초봄을 포함한 동절기에 강풍발생비율과 강풍풍속이 높고 강하게 나타났다. 구

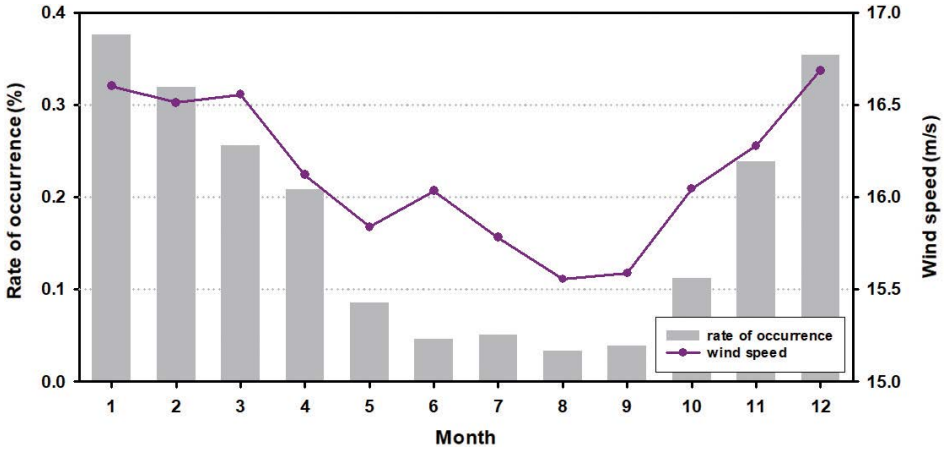


Fig. 8. Strong wind speed and rate of occurrence of strong wind of monthly from 1904 to 2019.

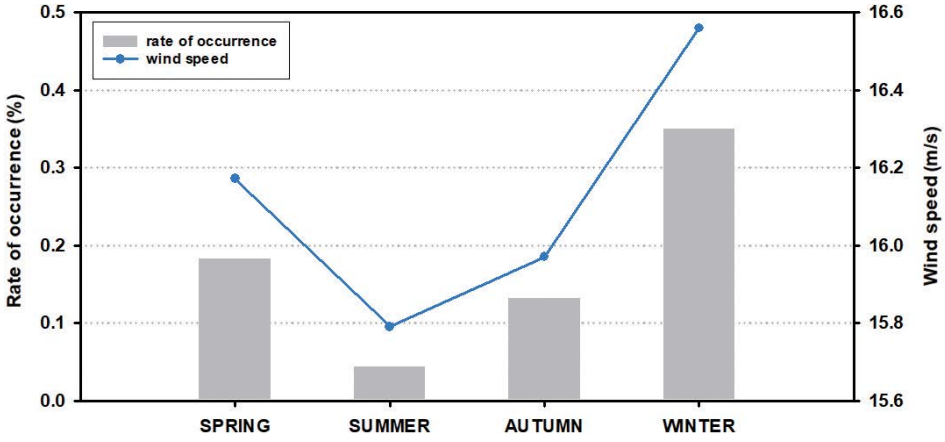


Fig. 9. Strong wind speed and rate of occurrence of strong wind by season from 1904 to 2019.

체적으로 보면, 강풍발생비율은 1월이 가장 높고 다음으로 12월, 2월, 3월 순이었으며, 강풍풍속은 12월이 가장 강하고, 다음으로 1월, 3월, 2월 순으로 나타났다. 여기서 주목할 점은, 전통적 의미에서 겨울철인 12월과 1월, 2월을 제외하고는 3월이 나머지 월들에 비해 더욱 강한 강풍이, 더욱 자주 나타난 것이다. 이러한 결과는 선행연구(Kim *et al.*, 2020)에서 최근 26년간(1993년~2018년) 태풍 시기를 포함한 전 기간 동안의 일 최대풍속자료를 이용하여 17 m/s 이상의 풍속이 나타난 횟수를 분석한 결과 3월과 4월에 강풍발생빈도가 가장 높았다는 결과와 맥락을 같이하는 것으로 판단된다. 따라서 최근 들어 언론 및 보도에서 자주 언급되고 있는 봄철의 '폭풍급 강풍'과 이로 인한 피해사례의 예들이 점차적으로 증가하고 있다는 점에 대한 위험성을 인식하고(https://www.donga.com/news/It/article/all/20200318/100216651/2, http://www.segye.com/newsView/20200423520313), 향후 봄철 강풍으로 인한 피해예방에 대한 대책마련과 함께 추가적 관련 연구의 필요성도 있다고 사료된다.

그림 9는 각 계절별 강풍발생비율과 강풍풍속을 나

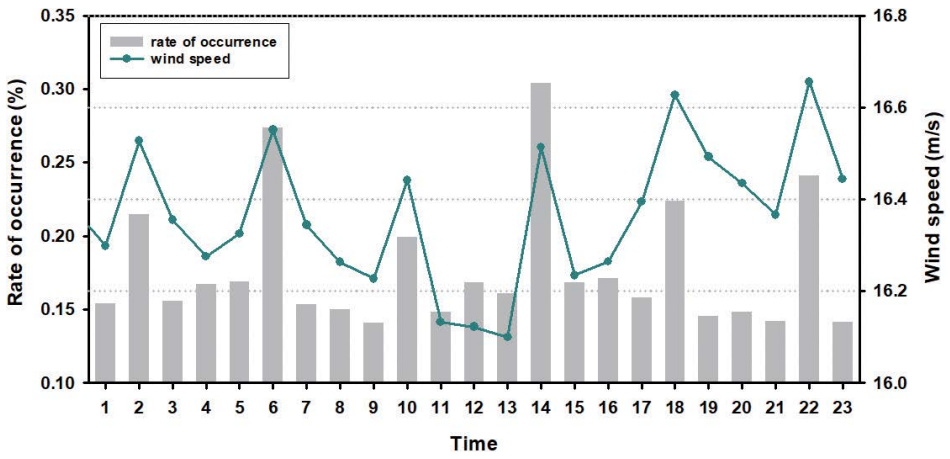


Fig. 10. Hourly strong wind speed and rate of occurrence of strong from 1904 to 2019.

타낸 것으로, 여름과 가을에 비해 겨울과 봄에 빈번하고 강한 강풍이 발생한 것을 알 수 있다.

3.4.3 시간별

그림 10은 시간대별 강풍발생비율과 강풍풍속을 나타낸 것으로, 강풍발생비율은 14시에 가장 높았으며 06시, 22시, 18시, 02시 그리고 10시에서 다른 시간대보다 상대적으로 높은 발생비율을 보였다. 또한 이 시간대에서의 강풍풍속 또한 다른 시간대에 비해 상대적으로 강한 경향이 나타났지만, 시간대별로 뚜렷한 특징들이 나타나지는 않았다. 이러한 결과는 주야간의 구분에 따른 강풍의 특징적 차이는 없었다는 선행연구(Kim *et al.*, 2020)와 유사한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 최근 발생빈도와 강도가 증가하여 막대한 피해를 입히는 비태풍 시기 강풍에 대한 분석을 수행하였다. 본 연구에서 분석한 강풍은 한반도에 영향을 미친 태풍 시기를 제외한 모든 기간 동안에 발생한 바람 중에서 14 m/s 이상의 풍속을 기록한 바람으로 정의하였다. 이러한 측면에서, 비태풍 시기 강풍에 대한 전반적인 시·공간적 특징을 살펴보기 위하여 근대기상관측이 시작된 1904년부터 최근인 2019년까지의 우리나라 모든 기상관측지점(ASOS, 부이, 등표)에서 기록된 장기간의 시간별 풍속자료를 활용하여 분석을 수행하였다.

분석을 수행한 결과, 강풍발생비율과 강풍풍속 모두, 내륙지역에 비해서, 연안지역 및 해상에서 높은 값을 나타내었으며, 광역시도별로 살펴보면, 제주와 부산 그리고 전남지역이 다른 지역에 비해 높은 강풍발생비율과 강풍풍속을 나타냈다. 연구대상 전 기간 동안 우리나라 전체의 강풍발생비율과 강풍풍속을 보면, 근대기상관측 이후 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나 1970년대 초중반을 기점으로 다시 증가하는 경향을 보였다. 강풍의 계절별 특징으로는, 겨울철(12월, 1월, 2월)을 제외하고는 봄철인 3월과 4월이 다른 시기에 비해 강풍발생비율과 강풍풍속이 비교적 높게 나타났다.

최근 들어 여러 측면에서 많은 관심이 주목되고 있는 봄철 '태풍급 강풍'으로 인한 피해가 커지고 있는 현 시점에서, 우리나라 근대기상관측 이후 지금까지 장기간의 자료에 바탕한 강풍 분석자료 및 결과는 사전방재행정의 수행주체인 광역시도 단위에서의 관련 정책 및 대응방안 마련에 기초자료로 활용 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

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

References

Cao, S., Tamura, Y., Kikuchi, N., Saito, M., Nakayama, I., Matsuzaki, Y. (2015) A case study of gust factor of a strong typhoon, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 138, 52-60. https://doi.org/10.1016/j.jweia.2014.12.012

Cheng, E.D.H., Chiu, N.L. (1985) An expert system for extreme wind simulation, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 36(2), 1235-1243. https://doi.org/10.1016/0167-6105(90)90120-2

Choi, E.S., Mun, I.J. (2008) The Variation of Extreme Values in the Precipitation and Wind Speed During 56 Years in Korea, Korean Meteorological Society for Atmospheric, 18(4), 117-127, (in Korean with English abstract).

Ham, J.H., Jung, H.Y., Gwak, K.H. (2017) Analysis on characteristics of strong wind distribution using automated synoptic observing system data in Korea, Journal of the Korean Meteorological Association Autumn Academic Conference, 2017, 589-590, (in Korean with English abstract).

Intergovernmental Panel on Climate Change (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 Industrial Facilities, Journal of the Environmental Sciences, 24(9), 1199-1210.

Kim, B.J., Shim, S.K., Jeong, H.S., Lee, S.L., Kim, H.G. (2006) Characteristics of wind fields over the Korean Peninsula associated with typhoons Rusa (0215) and Maemi (0314), Journal of the Korean Data Analysis Society, 8, 1625-1643, (in Korean with English abstract).

Kim, B.J., Lee, S.L., Park, G.W. (2009) Characteristics of Strong Wind Occurrence in the Southwestern Region of Korea, Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, 9(4), 37-44.

Kim, H.Y., Kim, B.J., Nam, H.G., Jung, J.H., Shim, J.K. (2020) Climatological Spatio-Temporal Variation of Strong Wind in Korea, Atmosphere Korean Meteorological Society, 30(1), 47-57, (in Korean with English abstract). https://doi.org/10.14191/Atmos.2020.30.1.047

Kim, J.Y., Kim, D.Y. (2013) Spatio-temporal characteristics of wind observations over South Korea: 1982-2011, Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 49, 551-560, (in Korean with English abstract). https://doi.org/10.1007/s13143-013-0049-3

Kim, T.Y. (1997) Management of Jeju Coastal Area by Integrated Management System, Jeju Research Institute, 1(1), 1-18.

Ko, D.H., Jeong, S.T., Cho, H.Y., Kang, K.S. (2014) Extreme Offshore Wind Estimation using Typhoon Simulation, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, 26(1), 16-24, (in Korean with English abstract). https://doi.org/10.9765/KSCOE.2014.26.1.16

Korea Meteorological Administration (KMA) (2011) Typhoon White Book, pp. 358. https://doi.org/10.23100/smartlib2019031466

Lee, S.S., Kim, G.Y. (2016) Estimation of Extreme Wind Speeds in Korean Peninsula using Typhoon Monte Carlo Simulation, Journal of Computational Structural Engineering Institute of Korea, 29(2), 141-148, (in Korean with English abstract). https://doi.org/10.7734/COSEIK.2016.29.2.141

Ministry of the Interior and Safety (MOIS) (2018) STATISTICAL YEARBOOK OF NATURAL DISASTER, 11-1741000-000002-11, Sejong, Korea.

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

Park, T.W., Lee, C.K., Jang, M.H., Park, D.S. (2020) Characteristics of Heat Wave and Tropical Night in Honam Region, Korean Society of Climate Change Research 2020 Conference, 255-255.

Wang, X., Huang, C., Huang, P., Yu, X. (2017) Study on wind characteristics of a strong typhoon in near-ground boundary layer, The Structural Design of Tall and Special Buildings, 15(1), 1-13. https://doi.org/10.1002/tal.1338

Authors Information

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