한반도에서 태풍에 의한 피해액과 피해지역의 변화

김선영¹ · 조창현² · 이승호³

¹국립기상과학원 황사연구과 · ²경희대학교 지리학과 · ³건국대학교 지리학과
(2015년 5월 12일 접수, 2015년 6월 25일 수정, 2015년 6월 26일 게재 확정)

Change of Damages and Damage Areas Caused by Typhoon in South Korea

Sunyoung Kim¹ · Chang-Hyeon Joh² · Seungho Lee³

¹Asian dust research division, National Institute of Meteorological Research

²Department of Geography, Kyung Hee University

³Department of Geography, Konkuk University

(Received 12 May 2015, Revised 25 June 2015, Accepted 26 June 2015)

Abstract : This study aims to show that the change of damages and damage areas caused by typhoon has an impact on South Korea using the typhoon track data and the data of damages caused by typhoon. This study analyzed the frequency of typhoon, damages and the distribution of damage by cities. The damages caused by typhoon sharply increased and typhoon scale is intensified after 1990s. The frequency of typhoon which has an impact on South Korea is concentrated in August and September. The frequency of typhoon is stable in August but increases in September. The typhoon which passed by the South sea and the Yellow sea damaged South Korea, and the frequency of typhoon which hits the south coastal increased. During the latter half of the period than the first half of the period in August and September, the damage area expands and damage scale grows 'W'. The damage area of typhoon which hits the South coastal expands during the latter half of the period than the first half of the period. The damage area of typhoon which passed by the Yellow sea moved to the West coastal. The damage area of typhoon which passed by the East sea decreased.

Key Words : typhoon, typhoon track, damages, damage area

주요어 : 태풍, 태풍경로, 피해액, 피해지역

1. 서론

한국에서 태풍은 호우와 더불어 인명과 재산상에 큰 피해를 초래할 수 있는 주요 기상재해 요인

의 하나이다. National Emergency Management (2014)에 따르면, 1987~2013년 기간 중 한국에 영향을 미친 25개의 주요 태풍 중 12개가 21세기에 들어 발생하여 최근 태풍의 영향이 커지고 있음을

알 수 있다. 특히 2002년과 2003년 한반도에 영향을 미친 태풍 루사(Rusa)와 매미(Maemi)는 각각 6만 명이 넘는 이재민과 당시 물가로 5조 원에 가까운 재산 피해를 초래하면서 태풍에 대한 주민들의 경각심을 일깨우기도 하였다.

태풍과 관련된 연구는 강도, 유형, 피해분석 등 다양한 각도에서 이루어졌다(Emanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005; Moon, 2006; Park *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011; Sim, 2011; Nam *et al.*, 2012). Moon(2006)은 한반도 주변 해수면 온도가 상승함에 따라 한반도에 영향을 미치는 태풍의 강도가 유지된 상태로 접근하여 영향을 줄 수 있다고 하였다. Park *et al.*(2006)은 한반도에 영향을 주는 태풍의 발생 및 통계적 특성이 어떻게 변화하고 있는지에 대해 분석하였다. 그 결과 한반도에 영향을 미치는 태풍은 증가하고 있고 진로별 피해 유형을 구분한 결과 남부와 동부지역에 피해를 미치는 태풍 수가 증가하고 있으며, 피해규모도 증가하고 있다고 하였다. Emanuel(2005)은 풍속에 근거하여 태풍의 강도를 표현한 Potential Destructive Index(PDI)를 분석하여 북서태평양에서의 태풍강도가 같은 지역의 해수면 온도 상승과 밀접한 관계를 갖으며 증가하고 있음을 밝혔다. Webster *et al.*(2005)은 북서태평양에서 해수면온도가 상승함에 따라 태풍발생빈도가 크게 증가하지는 않으나, 강한 태풍의 빈도는 증가한다고 밝혔다.

Sim(2011) 과 Nam *et al.*(2012)는 태풍으로 인한 피해에 대한 연구를 수행하였다. Sim(2011)은 기후변화로 세계 곳곳에서 태풍피해가 대형화 되고 있는 추세를 가지고 있다고 하였으며, 태풍에 의한 우리나라 재해현황과 주요 태풍사례를 통한 피해특성을 조사하여 이에 대응하는 문제점에 대해 밝혔다. Nam *et al.*(2012)는 1979~2010년까지 한국에 영향을 미친 태풍의 피해규모를 표준화하여

태풍의 규모 및 피해의 경년변화를 분석하고, 태풍강도와 피해의 상관관계를 구하였다. 그 결과 태풍강도와 피해액 사이에는 양의 관계가 있다고 하였으며, 연구기간 전기에 비해 후기의 피해 정도가 작다고 하였다.

그 외에도 태풍의 발생 위치와 이동경로를 분석한 연구도 이루어졌다(Park *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011). Park *et al.*(2008)은 경상북도에서 태풍에 의한 영향과 유형별 진로특성을 분석하여 태풍에 의한 강수강도가 강화되고 있으며, 풍속 또한 증가하였음을 밝혔다. 태풍이 서해로 진입한 경우에는 폭우가 기록되었고, 동해로 진입한 경우에는 강풍이 기록되었으며, 남해로 진입한 경우에는 강풍과 폭우가 동반하여 기록되었다고 하였다. Kim *et al.*(2011)은 북서태평양의 태풍발생 특성을 분석하여 태풍발생위치에 남방진동지수와 해수면온도가 영향을 미친다고 하였으며, 남방진동지수가 음의 위상을 보일 때 태풍발생 위치가 태평양 중앙으로 양의 위상을 보일 때 태평양 서북부지역에서 발생한다고 하였다. 이와 같이 다양한 측면에서 태풍에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 월별과 태풍 이동경로별로 구분하여 그 빈도와 피해액의 변화를 분석한 연구나 피해지역의 변화를 파악한 연구는 미미하다.

따라서 이 연구에서는 최근 50년(1964~2013년) 동안 한반도에 영향을 미친 태풍의 이동경로와 영향을 미친 시기, 피해액 등을 분석하여 한반도에 영향을 미치는 태풍의 빈도와 피해액 및 피해지역의 변화를 파악하고자 하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에 이용된 주요 자료는 태풍 경로와 태풍에 의한 재해 자료이다. 태풍 경로는 기상청에서

발행한 태풍백서에서 발췌하였으며, 재해자료는 국민안전처와 소방방재청에서 발행하는 재해연보에서 태풍에 의한 피해 자료를 발췌하였다. 재해연보의 재해자료는 시·군별 피해액을 파악할 수 있다. 자료의 분석기간은 최근 50년간으로 1964~2013년이지만, 시·군별 분석은 1981~2013년 기간을 대상으로 하였다. 이는 재해연보의 시·군별 자료가 1981년부터 제공되기 때문이다.

National Typhoon Center(2011)에서는 태풍이 $32^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E}\sim 138^{\circ}\text{E}$ 범위에 포함된 경우를 한반도에 영향을 미친 태풍으로 정의하고 있다. 이 연구에서도 National Typhoon Center(2011)에 의해 정의된 기준을 사용하였다.

태풍의 경로는 연구자에 따라 다양하게 구분할 수 있다. Kim(1992)는 한반도에 영향을 미친 태풍 경로를 다음 6가지로 구분하였다. 즉, 일본으로 상륙하여 동해로 북상하는 태풍, 황해를 따라 북상하는 태풍, 황해를 지나 남해안으로 상륙하여 남해안을 따라 이동하는 태풍, 남해로 접근한 후 황해를 통과하는 태풍, 남해안으로 상륙하여 내륙을 관통하는 태풍으로 구분하였다. 이 연구에서는 태풍의 출현빈도 등을 고려하여 태풍의 경로를 크게 세 가지로 구분하였다. 즉, 한반도에 영향을 미치는 태풍을 동해로 지나는 태풍과 남해안에 상륙하여 내륙을 관통하는 태풍, 황해로 접근하여 서해안으로 상륙하는 태풍으로 구분하였다. 그러므로 Kim(1992)의 분류 중 일본을 관통하면서 한반도에 영향을 미친 태풍은 동해로 지나는 태풍에 포함하였고, 남해안으로 접근한 후 황해를 통과한 태풍은 황해로 접근하여 서해안으로 접근한 태풍에 포함하였다. 본 연구의 분석기간 중에는 태풍이 서해안으로 상륙하여 남해안을 따라 동진한 사례는 없었다.

재해연보에서 발췌한 태풍 재해자료를 각 월별, 경로별로 구분하였다. 월별 및 경로별로 구별

된 태풍 빈도와 피해액을 매 10년별로 산출하였다. 즉, 1964~1973년 기간, 1974~1983년 기간, 1984~1993년 기간, 1994~2003년 기간, 2004~2013년 기간으로 분석기간을 나누고 한반도에 영향을 미친 태풍 빈도와 그로 인하여 발생한 피해액 변화 경향을 파악하였다. 한반도에 영향을 미친 태풍의 빈도분석에는 단순히 한반도 영향권에 포함된 경우와 피해를 기록한 경우, 피해액 100억 원 이상을 기록한 경우로 구별하여 분석하였다. 태풍으로 인한 피해액은 매 10년 기간별 총 피해액과 태풍 당 평균 피해액을 분석하였다. 물가에 따라서 피해액의 차이가 커질 수 있으므로 피해액은 2010년 물가로 환산하여 계산하였다.

태풍으로 인한 피해지역의 변화를 파악하기 위하여 분석기간을 전기(1981~2000년)와 후기(2001~2013년)로 구분하고 월별 및 태풍 경로별로 시·군 단위로 지도화하였다. 전기와 후기의 자료 기간의 차이가 있으므로 시·군별로 태풍에 의한 피해액을 산출한 후 기간으로 나누어 연평균 피해액을 분포도를 작성하였다. 태풍 피해액의 분포도는 ArcGIS를 이용하여 지도화하였다.

3. 결과 및 토의

1) 태풍 피해액의 변화

이 연구의 분석기간 동안 발생한 태풍 피해액은 총 22조 1,910억 원 정도이며, 자연재해 중 호우에 이어 두 번째로 높은 비중을 차지한다. 태풍으로 인한 피해는 주로 연구기간의 후기에 집중되었으며, 특히 1994~2003년 기간에 전체 피해액의 67.5%를 차지하였다. 이 기간에는 태풍 피해액 최고를 기록한 ‘루사’와 그에 버금가는 피해를 기록한 ‘매미’가 한반도에 영향을 미쳤다. 두 태풍의 피해액은 2010년 물가 기준으로 약 11조 8천만 원으

로 분석기간 전체 태풍 피해액의 절반 정도를 차지한다.¹⁾ 태풍 '루사'와 '매미'로 인한 피해를 제외한다 하더라도 태풍 피해액은 점차 증가 추세를 보이고 있다. 뿐만 아니라 태풍 당 피해액의 규모도 점차 증가하였다(Figure 1). 예를 들어, 1964~1973년 기간에 태풍 당 평균 피해액이 약 604억 원이었지만, 1994~2003년 기간의 경우 약 2,111억 원이다(태풍 '루사'와 '매미'의 피해액은 제외함).

태풍으로 인한 피해는 강풍과 태풍에 동반된 강수량에 의하여 발생할 수 있다. 태풍이 한반도에 영향을 미칠 때 발생한 일최다강수량 상위 10개의 태풍 중 2000년대에 3개(루사, 2002; 나리, 2007; 매미, 2003), 1990년대에 4개(예니, 1998; 글래디스, 1991; 올가, 1999; 재니스, 1995)로 최근에 집중되고 있음을 볼 수 있다. 또한 태풍 통과시 일최대순간풍속도 상위 10개 중 6개(매미, 2003; 뿌라빠룬, 2000; 루사, 2002; 나리, 2007; 볼라벤, 2012; 나비, 2005)가 2000년대, 2개(테드, 1992; 페이, 1995)가 1990년대로 대부분 1990년대 이후

에 출현하였다. 한반도에 영향을 미치는 태풍의 강도가 1990년대 이후 강해지고 있음을 알 수 있다.

(1) 월별 태풍 출현빈도의 변화

한반도에 상륙하는 태풍 경로는 북태평양 고기압의 세력변화와 밀접하게 관련되어 있어서, 태풍은 7월 상순부터 집중적으로 내습하여 8월 하순에 최고를 기록한 후 9월부터 점차 감소하는 경향이다. 북태평양 고기압의 세력이 강화되면 한반도의 태풍 빈도가 증가하고, 그 세력이 약화되면 태풍의 출현빈도도 감소한다(Lee and Lee, 1998). Lee and Lee(1998)에 의하면, 8월 하순 한반도에 영향을 미치는 태풍의 빈도는 15%이지만, 피해액은 전체의 37%에 이른다. 본 연구의 분석 기간 중 한국에서 태풍으로 인한 총 피해액은 약 22조 1,900억 원이며, 이 중 8월의 피해액은 약 12조 4,724억 원, 9월 피해액은 약 7조 2,565억 원으로 두 달의 피해액 합계가 전체의 88.8%에 이른다.

Figure 1. Total damage of typhoon and mean damage per typhoon by period.

이 연구의 분석기간(1964~2013년) 중에는 총 150회의 태풍이 한반도에 영향을 미쳤다. 이 중 8월에 영향을 미친 태풍이 총 57회(38.0%)로 가장 높은 빈도였다. 이어서 7월(42회, 28.0%)과 9월(37회, 24.7%)에 태풍의 출현빈도가 높다. 6월과 10월에는 각각 10회, 4회 태풍의 영향을 받았다(Figure 2a). 한반도에 영향을 미치는 태풍이 7~9월 사이에 집중되어 있는 것은 Lee and Lee(1998)의 결과와 일치한다.

한반도에 영향을 미친 태풍 중 분석기간 동안 한국에 피해를 미친 태풍은 총 80회이다. 이 중 8월에 피해를 준 태풍의 빈도가 35회(43.8%)로 전체 태풍 빈도에 비하여 집중도가 높다(Figure 2b). 8월에 한반도에 영향을 미치는 태풍이 피해를 줄 가능성이 다른 달에 비하여 더욱 높다는 것을 보여준다. 태풍으로 인한 피해 규모가 큰 태풍의 경우 8월의 집중도가 더욱 높다. 피해액 100억 원을 초과하는 태풍의 빈도를 보면, 8월에 25회로 47.2%에 이르며 9월에 11회로 20.8%에 이른다(Figure 2c). 이와 같이 100억 원 이상의 피해를 미친 태풍 출현 빈도가 8월과 9월에 68%가 집중되어 있어 한여름과 초가을에 태풍 피해가 크다는 것을 알 수 있다.

Figure 3a는 매 10년 기간별로 한반도에 영향을 미친 태풍의 출현빈도를 월별로 나타낸 것이다. 6

월에 한국에 피해를 끼친 태풍의 빈도는 0~4회로 출현비율은 0~13.8%이며, 1984~1993년 기간에 4회 출현하여 그 시기의 13.8%를 차지하였다. 7월의 태풍 출현빈도는 5~12회로 19.2~41.4%의 비율이다. 분석기간 중 1964~1973년 기간에 12회로 가장 높은 출현빈도였다. 8월에 한반도에 영향을 미친 태풍의 출현빈도는 10~13회(32.2~42.3%)로 연중 가장 높은 비율이다. 1974~1983년에 13회로 가장 많이 영향을 미쳤지만, 기간별 차이가 다른 달에 비하여 적은 편이다. 9월에는 10년 기간별로 5~9회의 태풍이 한반도에 영향을 미쳤다. 10월에는 총 4회의 태풍이 한반도에 영향을 미쳤으며, 1994~2003년 기간에 2회로 가장 높은 빈도였다.

Figure 3b는 분석기간 동안 매 10년 기간별로 한국에 피해를 기록한 태풍의 출현빈도를 월별로 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯, 1984~1993년 기간에 한국에 피해를 끼친 태풍의 출현빈도(23회)가 가장 높다. 이 시기의 태풍 출현빈도는 분석기간 전체의 28.8%에 이르지만, 피해액은 전체 분석기간(50년 동안)의 16.0%에 불과하다(Figure 1). 이는 태풍 피해액이 비교적 적은 6, 7월에 태풍이 많았기 때문이라고 할 수 있다. 이 기간에는 6월과 7월에 피해액을 기록한 태풍이 총 9회 내습하여 다른 기간에 비해 월등히 높은 출현빈도를 기록하

Figure 2. Monthly frequency of typhoon which has an impact on the south Korea (a) Total, (b) Typhoon causing damage, (c) Typhoon causing damage over the 10 billion won.

Figure 3. Monthly frequency of typhoon by period
(a: Total, b: Typhoon causing damage, c: Typhoon causing damage over the 10 billion won).

였다. 7월에 한국에서 피해액을 기록한 태풍의 출현비율은 6.7~37.5%로 기간별 변동폭이 크다. 7

월에는 한국에 피해를 기록한 태풍의 빈도가 4회 이하였지만, 1984~1993년 기간에는 6회의 태풍이 피해를 끼쳤다. 8월에 한국에 피해를 끼친 태풍의 출현빈도는 5~8회로 출현비율은 29.4~62.5%이다. 1964~1973년 기간과 1974~1983년 기간의 출현비율이 62.5%, 53.3%로 높은 비율을 차지하였다. 1984~1993년 기간 이후 8월의 태풍 출현비율이 낮아진 것은 빈도 자체의 감소보다 상대적으로 다른 달의 태풍 빈도가 늘면서 8월의 출현비율이 낮아진 것이다. 예를 들면, 9월 이후 태풍의 출현빈도는 낮지만 증가한 추세이다. 특히 100억 원 이상의 피해를 일으킨 태풍의 빈도를 보면, 8월에는 1974~1983년 기간에 정점을 이룬 후 감소하는 추세이지만, 9월의 빈도는 1974~1983년 기간 이후 꾸준히 증가하는 추세이다(Figure 3c). 1984~1993년 기간 이후 8월의 태풍빈도는 2004~2013년 기간을 제외하고는 7~8회로 거의 변화가 없다. 이에 따라 2004~2013년 기간의 경우 태풍의 출현이 특정 달에 집중되지 않고 모든 달에 분산되어 출현하고 있음을 알 수 있다. 이는 장기적으로 볼 때, 태풍이 특정 달에 치우치지 않고 발생 가능성이 있다는 것을 시사하고 있어서, 이후 태풍 대비를 위해 고려되어야 할 점이라 할 수 있다. 8월에 한국에 피해를 끼친 태풍의 평균 피해액은 약 287억 원이지만, 9월의 경우 7,400억 원이다. 이러한 점을 감안한다면 9월 이후의 태풍 빈도 증가에 관심을 기울여할 것임을 보여준다.

(2) 경로별 태풍 출현빈도의 변화

Kim(1992)의 연구에 의하면, 태풍이 지나가는 경로에 따라 태풍 피해액의 차이가 크다. 따라서 이 동 경로별로 태풍 피해규모를 파악하고 경로별 출현빈도의 변화 여부를 파악할 필요가 있다.

분석기간 중 일본을 포함하여 동해를 통과한 태풍이 58회(38.7%) 영향을 미쳐 가장 높은 빈도이

Figure 4. The frequency of typhoon by track (a: Total, b: Typhoon causing damage over the 10 billion won 'E' is typhoon passed by the East Sea, 'S' is typhoon which hits the South coastal of Korea and passed through Korean peninsula, and 'W' is typhoon passed by Yellow Sea or hit the West coastal of Korea. Following figures use the same symbol.

다. 이어서 중국을 포함하여 황해를 통과한 태풍이 53회(35.3%)로 출현빈도가 높고, 남해안으로 상륙한 태풍은 39회(26.0%)이다(Figure 4a). Figure 4b는 피해액을 기록한 태풍의 경우를 나타낸 것으로, 동해를 통과한 태풍은 26회(32.5%), 황해를 통과한 태풍 31회(38.8%), 남해안으로 상륙한 태풍 23회(28.8%)이다. 전체 영향을 미친 태풍 중 피해액을 기록한 경우는 동해를 통과한 태풍의 비율이

낮아지고, 황해를 통과한 태풍과 남해안으로 상륙한 태풍의 비율이 높아졌다. 월별로 보면, 6월과 7월에는 황해를 통과하거나 서해안으로 상륙한 태풍의 빈도가 높은 반면, 9월에는 동해상으로 통과한 태풍의 빈도가 높다.

태풍으로 인한 피해액 100억 원 이상을 기록한 태풍의 경우, 동해를 통과한 태풍의 비율은 더 줄어서 13회(24.5%)이며, 황해를 통과한 태풍과 남

Figure 5. Total damage of typhoon and mean damage per typhoon by typhoon track.

해안으로 상륙하여 한반도를 통과한 태풍은 각각 23회(43.4%), 17회(32.1%)로 그 비율이 높아졌다(Figure 4c). 즉, 태풍이 남해안으로 상륙하거나 황해를 통과할 경우가 동해를 통과하는 경우보다 태풍에 의한 피해가 더 크다는 것을 보여준다. 태풍 피해를 기록한 경우라도 피해액이 100억 원 이하의 경우는 동해를 통과한 태풍의 비율이 훨씬 높다.

태풍 경로별 피해액을 보면, 남해안으로 상륙한 경우가 총 피해액 약 15조 6,003억 원으로 가장 피해 규모가 컸음을 알 수 있다(Figure 5). 다음은 황해 상으로 통과한 경우로 약 5조 6,435억 원이며, 동해를 통과한 경우는 약 9,459억 원이다. 피해액을 기록한 태풍 당 피해액도 남해안으로 상륙한 태풍이 약 6,784억 원으로 피해규모가 가장 크다. 황해를 통과하거나 서해안으로 상륙한 태풍의 평균 피해액은 약 2,171억 원, 동해상으로 통과한 태풍의 경우는 약 305억 원이다.

Figure 6은 분석기간 동안 매 10년 기간별로 한국에 피해액을 기록한 태풍의 출현빈도를 경로별로 나타낸 것이다. 피해액의 규모가 큰 남해안으로 상륙하는 태풍의 경우는 매 10년 동안 6~10회의 출현빈도이며, 점차 증가하는 경향을 볼 수 있다(Figure 6a). 피해를 기록한 태풍의 경우, 남해안으로 상륙한 것은 0~8회의 출현빈도이다. 태풍 출현빈도가 가장 많았던 1984~1993년 기간 전의 출현빈도 0~3회에 비하여 최근 20년 동안의 출현빈도가 매 10년마다 6회로 최근 남해안으로 상륙하는 태풍의 출현빈도가 크게 늘었음을 알 수 있다. 1984년 이전 기간에는 남해안으로 상륙한 태풍의 출현 비율이 20% 이하였지만, 1994년 이후의 기간에는 매 10년 기간마다 각각 35.3%씩 기록하여 그 비율의 증가가 확인된다.

황해를 통과하거나 서해안으로 상륙한 태풍의 출현빈도는 매 10년마다 8~15회이며, 1964~1973

년 기간에 15회를 기록한 후 점차 감소한 추세이다(Figure 6b). 출현비율도 1964~1973년 기간에 51.7%로 가장 높았고, 2004~2013년 기간에는 30.8%로 낮아졌다. 피해를 기록한 태풍의 경우는

Figure 6. The frequency of typhoon by track (a: type 'S', b: type 'W', c: type 'E').

5~7회로 고르게 분포하였다. 출현비율은 1964~1973년 기간에 62.5%로 가장 높았고, 그 후 점차 낮아져 2004~2013년 기간의 출현비율은 35.3%이다. 피해액 100억 원 이상을 기록한 태풍의 경우도 3~7회의 출현빈도로 비교적 고르게 출현하였으며, 1984~1993년 기간에 7회를 기록한 후 점차 감소한 추세이다.

동해상을 통과한 태풍은 매 10년마다 8~15회 출현하였으며, 1974~1983년 기간에 15회를 기록한 후 점차 감소한 추세이다(Figure 6c). 그러나 피해를 기록한 태풍은 1984~1993년 기간에 8회를 기록한 것을 제외하면 그 전과 후의 차이가 크지 않다.

2) 태풍 피해지역의 변화

(1) 월별 태풍 피해지역의 변화

이 연구의 분석기간 동안 한반도에 피해액을 기록한 태풍 80개 중 6월과 10월은 각각 6개와 3개로 10회 미만의 빈도이다. 6월과 10월에 태풍에 의한 피해액의 비율도 각각 1.4%와 0.2%에 불과하다. 이를 시·군별로 구분하여 분석하기에는 적은 값이므로 6월과 10월을 제외한 7~9월을 중심으로 태풍으로 인한 피해지역의 변화를 분석하였다. 이 연구에서는 편의상 1981~2000년을 전기, 2001년 이후를 후기로 정하였다.

연구기간 동안 7월의 태풍 피해액은 약 2조 1,179억 원으로 총 피해액의 9.5%이다. 전기 7월의 태풍 피해액은 부산과 김해 지역에서 연평균 50억~100억 원을 기록하였다. 그 외 제주도와 거제, 통영, 창원, 남해, 고성, 사천, 하동, 여수 등 남해안과 김천, 거창, 함양, 산청, 합천, 창녕, 진주, 밀양, 함안 등 경상남도의 내륙지역도 연평균 피해액이 10억~50억 원을 기록하여 비교적 피해가 컸던 지역이다. 이 중 인구밀도가 높은 부산의

피해액이 두드러지게 크며, 연평균 약 66억 5백만 원을 기록하였다. 후기에 7월에는 제주도에서만 연평균 피해액 10억 원 이상을 기록하였고, 그 외 내륙에 위치한 홍천과 평창, 상주, 영동 지역에서 연평균 5억 원 이상의 태풍 피해액을 기록하였다. 전기에 피해액이 비교적 높았던 남해안 지역이 후기에는 피해액이 크게 감소하였다. 즉, 2000년대 이후 7월에 평균 태풍 피해액이 전반적으로 감소하였음을 보여준다.

연구기간 동안 8월의 태풍 피해액은 약 12조 4,724억 원으로 총 피해액의 56.2%이다. Figure 7은 연구기간의 전기와 후기의 시·군별 8월의 연평균 태풍 피해액 분포를 나타낸 것이다. 7월과 달리 8월에는 전기와 후기의 차이가 명확하게 나타난다는 것을 볼 수 있다(Figure 7). 전기 8월의 태풍 피해지역은 동해안과 남해안, 영남 내륙지방에 집중적으로 분포하였다. 그 중에서 피해규모가 큰 곳은 포항과 경주이며, 각각 연평균 피해액 50억~100억 원을 기록하였다. 그 외에도 강릉과 삼척과 울진, 영덕, 울산 등의 동해안과 그 인접지역, 그리고 제주도, 부산, 거제, 통영, 고성, 창원, 하동, 김해, 여수, 고흥 등의 남해안 지역, 양산, 밀양, 창녕, 합천지역 등에서 연평균 10억~50억 원의 피해액을 기록하였다. 후기에는 피해규모가 증가한 것이 뚜렷하게 드러나며, 전기에 비하여 피해 규모가 큰 지역이 더욱 확대되었다. 즉, 동해안 북부와 전라남·북도과 경상남·북도의 경계에 해당하는 소백산맥 주변지역 등으로 피해지역이 확대되었다. 강원도 고성과 양양, 강릉, 정선, 동해, 삼척 등의 동해안 북부와 김천, 영동, 무주, 거창, 함양, 하동, 광양 등 소백산맥을 포함하는 지역에서 피해규모가 커서 각 지역에서 연평균 피해액 100억 원 이상을 기록하였다. 피해규모가 큰 지역은 대체로 2002년 태풍 루사가 지난 경로와 비슷하다.²⁾ 연평균 피해액 10억 원 이상을 기록한 지역

Figure 7. Spatial distribution of annual mean damage caused by typhoon in August (left: mean of 1981-2000, right: mean of 2001-2013).

에 전기에 비하여 넓게 확대되어 전라남·북도과 경상남·북도 및 강원도 태백산지를 끼고 있는 지역이 대부분 포함되었다.

연구기간 동안 9월의 태풍 피해액은 약 7조 2,565억 원으로 총 피해액의 32.7%이다. Figure 8은 연구기간 전기와 후기를 구분하여 시·군별로 9월의 연평균 태풍 피해액을 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 9월의 태풍 피해지역도 전기와 후기의 차이가 뚜렷하다. 또한 피해 규모도 더욱 증가한 것을 확인할 수 있다. 전기에는 동해안의 포항과 경주, 남해안의 보성, 내륙의 김천에서 연평균 피해액 10억~50억 원을 기록하였고, 그 외 영덕, 하동, 여수, 고흥, 장흥, 해남 등의 동해안과 남해안, 그리고 안동, 의성, 성주, 대구, 청도, 밀양, 창녕, 함안, 진주 등에서 연평균 10억 이하의

피해를 기록하였다. 이들 지역의 피해액은 연평균 10억 미만으로 피해규모가 상대적으로 크지 않았다. 그러나 후기에는 동해안과 남해안, 내륙 등으로 피해지역이 확대되었으며, 피해규모도 커진 것을 볼 수 있다. 2003년 태풍 매미의 영향을 크게 받았던 지역에서 피해규모가 커졌다. 태풍 매미는 2003년 9월 12일 20시 경에 사천 해안으로 상륙하여 북동진하여 울진 부근에서 동해로 빠져나갔으며, 육지로 상륙할 무렵 통영에서는 중심기압 956.1hPa(오후 8시 50분)을 기록하였다. 제주와 통영, 거제, 남해, 여수, 마산, 고성, 진해, 부산, 김해 등의 남해안과 울산, 경주, 강릉, 삼척 등 동해안, 정선, 의령, 창녕 등 내륙지방에서 연평균 태풍 피해액이 100억 원 이상을 기록하였다. 그 외에도 태풍 매미의 경로에 인접한 고흥, 하동, 사

Figure 8. Spatial distribution of annual mean damage caused by typhoon in September (left: mean of 1981-2000, right: mean of 2001-2013).

천, 진주, 산청, 함천, 거창, 김천, 칠곡, 대구, 밀양, 청송, 영양, 영덕, 울진 등도 연평균 피해액 50억~100억 원을 기록하였다.

(2) 경로별 태풍 피해지역의 변화

Figure 9는 한반도에 영향을 미친 태풍의 경로 중 가장 큰 피해를 입힌 남해안에서 상륙한 경우의 시·군별 피해액 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 전기에 비하여 후기에 태풍 피해지역의 범위가 확대되고 피해 규모도 더 커진 것을 확인할 수 있다.

전기에 해당하는 1981~2000년 사이에 한반도에 피해를 입힌 태풍은 총 42개였으며, 이 중 남해안으로 상륙한 것은 13개였다. 전기에 비교적 심하게 피해를 입은 지역은 동해안의 포항, 경주와

남해안의 부산, 김해이다. 각 지역에서는 연평균 피해액 50억~100억 원을 기록하였다. 동해안의 삼척과 울진, 영덕, 울산과 남해안의 제주도, 거제, 통영, 고성, 남해, 하동, 여수, 고흥, 보성, 완도, 그리고 김천, 성주, 거창, 함양, 함천, 산청, 창녕, 청도, 밀양, 의령, 함안, 양산, 진주 등 경남 내륙의 대부분 지역에서도 연평균 10억~50억 원의 피해를 입었다.

후기에 해당하는 2001년 이후에는 총 24개 태풍이 한국에 피해를 입혔고, 그 중 9개 태풍이 남해안으로 상륙하였다. 이 시기에는 피해 규모가 두드러졌던 태풍 ‘루사’와 ‘매미’가 남해안으로 상륙하여 피해 규모를 더욱 확대하였다. 동해안의 고성, 양양, 강릉, 동해, 삼척, 울진, 울산과 남해안의 제주도, 부산, 김해, 거제, 통영, 남해, 하동, 광

Figure 9. Spatial distribution of annual mean damage caused by type 'S' typhoon (left: mean of 1981-2000, right: mean of 2001-2013).

Figure 10. Spatial distribution of annual mean damage caused by type 'W' typhoon (left: mean of 1981-2000, right: mean of 2001-2013).

양, 여수, 고흥, 내륙의 정선, 영양, 영동, 김천, 무주, 성주, 거창, 함양, 산청, 합천, 의령, 창녕, 밀양 등에서 피해규모가 커서 각각 연평균 100억 원 이상의 피해를 기록하였다. 그 외에 영덕과 청송, 경주, 영천, 대구, 청도, 상주, 사천, 진주, 함안, 남원 등에서도 연평균 50억~100억 원의 피해를 당하였다. 그 외에도 전라남도과 경상남·북도 대부분 지역이 연평균 10억~50억 원의 피해를 입었다.

태풍이 황해 상을 지나 북상하거나 한반도로 상륙하는 경우도 전기와 후기의 피해지역의 차이가 크다. 이 경우도 전기에 비하여 후기에 피해지역이 확대되었으며(Figure 10), 전기에 15회, 후기에 8회의 태풍이 영향을 미쳤다. 전기에는 제주도와 합천, 창녕, 창원, 김해에서 연평균 10억~50억 원의 피해를 기록하였다. 그 외에도 피해 규모는 작

지만, 밀양, 의령, 함안 등 경상남도의 내륙과 거제, 남해, 여수, 고흥 등 남해안에서 연평균 5억~10억의 피해를 기록하였다. 전라남도 신안을 제외하고는 서해안에서 연평균 피해액 5억 원 이상인 지역이 없다.

후기에는 피해지역이 전기와 전혀 다른 패턴을 보인다. 즉, 경상남도 내륙과 해안의 피해지역이 없어지고, 주요 피해지역이 서쪽으로 이동하였다. 특히 제주도와 신안, 완도에서 피해규모가 비교적 커서 각각 연평균 50억~100억 원의 피해를 기록하였다. 그 외 서해안의 인천, 태안, 서산, 당진, 예산, 홍성, 보령, 청양, 군산, 고창, 영광 등과 남해안의 진도, 해남, 완도, 강진, 장흥, 보성, 고흥, 여수 등에서도 연평균 10억~50억 원의 피해를 입었다.

Figure 11은 태풍이 동해를 지나면서 한반도에

Figure 11. Spatial distribution of annual mean damage caused by type 'E' typhoon (left: mean of 1981-2000, right: mean of 2001-2013).

피해를 입힌 경우의 시군별 피해 분포를 나타낸 것이다. 이런 경로를 따라 이동하면서 한국에 피해를 끼친 태풍은 전기에 14회, 후기에 7회 영향을 미쳤다. 전기에 피해가 두드러진 지역은 동해안에 위치하는 강릉, 삼척, 울진, 영덕, 포항, 경주, 울산 등이지만, 연평균 피해액은 10억~50억 원으로 그리 높지 않다. 그 외에 제주도와 양양, 정선, 안동, 의성, 밀양, 양산, 부산, 거제, 여수 등에서 연평균 10억 원 이하의 피해가 발생하였다. 후기에는 동해안의 영덕, 포항, 경주, 울산 등 피해지역이 남부로 축소되었다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 한국에 영향을 미치는 태풍에 의한 피해액과 피해지역의 변화를 파악하고자 하였다. 이를 위하여 태풍 경로와 태풍에 의한 피해액 자료를 이용하여 월별 및 태풍 경로별로 태풍의 빈도와 피해액, 시·군별 피해액의 분포를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 분석기간 동안 매 10년 기간별로 보면, 태풍으로 인한 피해액이 급격하게 증가하였다. 여기에는 2002년과 2003년에 영향을 미친 태풍 ‘루사’와 ‘매미’의 영향이 크게 반영되었지만, 이 두 태풍으로 인한 피해를 제외한다 하더라도 1990년대 이후 태풍의 규모가 강화되고 있다.

2) 월별로 보면, 한국에 피해를 끼친 태풍의 빈도는 8월과 9월에 집중되어 있다. 특히 100억 원 이상의 피해를 기록한 태풍은 이 두 달에 68%가 집중되었다. 그러나 최근 8월의 태풍 빈도는 거의 변화 없지만, 9월에는 증가하고 있어서 태풍이 특정 시기에 집중되지 않고 분산되고 있음을 알 수 있다.

3) 경로별로 보면, 동해를 통과하는 태풍보다 남

해나 황해를 지나는 태풍이 한국에 큰 피해를 끼쳤다. 특히 남해안에서 한반도로 상륙하는 태풍의 피해가 압도적으로 높아서 각 태풍의 평균 피해액이 6,784억 원에 이르며, 남해안으로 상륙하는 태풍의 빈도가 점차 증가하고 있다.

4) 태풍으로 인한 피해지역은 피해규모가 큰 8월과 9월에 뚜렷하였다. 8월과 9월 모두 전기에 비하여 후기에 피해지역이 확대되었고, 피해규모도 더욱 커졌다. 즉, 전기에는 피해지역이 남동 해안에 분포하였으나, 후기에는 동해안 북부와 서해안 내륙 등 피해지역이 광범위하게 분포하였다.

5) 태풍 이동 경로별로 보면, 남해안으로 상륙하는 경우는 피해지역이 동해안 북부와 경상남·북도 내륙, 전라남도 내륙 등으로 확대되면서 피해 규모도 커졌고, 황해를 통과하는 경우는 서해안으로 피해지역이 옮겨졌으며, 동해를 지나는 태풍의 경우는 피해지역이 축소되었다.

이상의 결과에서 점차 태풍의 피해지역이 확대되고 있고, 피해 규모도 커지고 있음을 알 수 있다. 루사, 매미와 같은 대형 태풍으로 인한 피해는 그 규모가 크기 때문에 대형 태풍의 발생, 이동, 영향, 예측 등을 분석할 필요가 있다. 또한 초가을인 9월에 영향을 미치는 태풍의 빈도가 증가하면서 시기별 빈도가 분산되고 있음을 알 수 있다. 9월에는 태풍이 호우를 동반할 경우 늦장마와 겹치면서 큰 피해를 유발할 수 있다. 뿐만 아니라 태풍당 피해 규모가 큰 시기인 9월에 빈도가 증가하고 있다는 점은 차후 재난관리에서 특히 주목해야 할 점이라 할 수 있다. 따라서 9월에 태풍 피해가 많은 동해안 북부와 남해안의 동부, 영남의 내륙지역에서 태풍에 대비를 더욱 철저하게 할 필요가 있다.

사사

이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013 S1A3A2052995).

주

- 1) 한반도에 피해액을 기록한 태풍의 평균 피해액은 약 1,863억 원이다.
- 2) 태풍 루사를 분석 대상에서 제외할 경우 피해지역 분포가 크게 달라진다. 즉, 전기에 비하여 8월 태풍 피해규모도 감소하였고, 피해지역이 제주도와 전라남도의 남서쪽으로 집중되어 분포한다. 제주도와 전라남도의 완도, 신안, 장흥, 나주 등이 비교적 피해규모가 큰 지역이다.

참고문헌

- Emanuel, K., 2005, Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years, *Nature*, 436, 686-688.
- Kim, G., Lee, S., and Lee, Y.-K., 2011, On the genesis of typhoons in the north-western Pacific, *2014 Proceedings of wind engineering institute of Korea symposium*, 149-153 (in Korean).
- Kim, H., 1992, *Distribution of Precipitation Derived by Typhoons that Affected of the Korea*, Masters Thesis, Yonsei University (in Korean).
- Lee, E. and Lee, H., 1998, Spatial distribution and causative factors of typhoon disasters in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 33(2), 179-190 (in Korean).
- Moon, I., 2006, Global warming and super typhoon (role of ocean), *The fourth climate change symposium*, 88-91 (in Korean).
- Nam, C., Yeo, H., Cho, H., Ho, C.-H., Park, D., Chang, K., and Park, S., 2012, Reanalysis of damage scale of typhoon in Korean peninsula, *2012 Proceedings of Korea Meteorological Society*, 440-441 (in Korean).
- National Emergency Management, Central Disaster and Safety Countermeasures Headquarters, 2014, *Statistical Yearbook of Calamities* (in Korean).
- National Typhoon Center, 2011, *Typhoon White Book*, KMA (in Korean).
- Park, D.-S., Ho, C.-H., and Hwang, J., 2008, Influence of typhoon landfall and its track characteristics in Gyeongsangbuk-do, *Atmosphere*, 18(4), 525-532 (in Korean).
- 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*, 16(1), 1-17 (in Korean).
- Sim, O., 2011, Damage characteristics and direction of reaction of large scale typhoon, *Planning and Policy*, 30-38 (in Korean).
- Webster, P. J., Holland, G. J., Curry, J. A., and Chang, H. -R., 2005, Change in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment, *Science*, 309, 1844-1846.

책임 편집: 이승호

영문 교열: 조창현