시베리아 고기압의 강도에 따른 초기 태풍계절의 태풍 활동 변동성

최기선 · 박상욱 · 장기호 · 이종호 · 전상희

기상청 국가태풍센터

(2013년 5월 14일 접수, 2013년 6월 4일 수정, 2013년 6월 11일 게재 확정)

Change of Typhoon Activity in Early Typhoon Season by Siberian High Intensity

Ki-Seon Choi · Sangwook Park · Ki-Ho Chang · Jong-Ho Lee · Sanghee Jun

National Typhoon Center, Korea Meteorological Administration

(Received 14 May 2013, Revised 4 June 2013, Accepted 11 June 2013)

Abstract : In the present study, changes in the activities of typhoons in the early typhoon season (April-June) in relation to the intensity of Siberian anticyclones and large scaled atmospheric circulations that cause those changes were analyzed. In years of positive Siberian anticyclones, typhoons occurred in the western waters of the subtropical western Pacific and went through the South China Sea to move toward the ashore to the southern coast of China or came north from the deep sea on the southeast of Philippines, changed directions and moved to the deep sea on the east of Japan. In years of negative Siberian anticyclones, typhoons occurred in the western waters of the subtropical western Pacific, went through the East China Sea and changed directions to move toward Korea and Japan. These differences between the two years were identified through stream flow differences at 850 hPa and 500 hPa between the year of positive Siberian anticyclones and the year of negative Siberian anticyclones. In both analyses, the cold northeasterly anomalies formed because anticyclonic circulation anomalies were centered on the Sea of Okhotsk and cyclonic circulation anomalies were center on the middle-latitude waters of the northwestern Pacific affected the Republic of Korea and Japan. Therefore, the cold northeasterly anomalies played the role of steering flows to prevent typhoons occurred in the subtropical western Pacific from moving toward Korea and Japan in years of positive Siberian anticyclone indexes. In particular, according to the analysis of stream flow at 850 hPa, cyclonic circulation anomalies were reinforced in the western waters of 140°E in the subtropical western Pacific and anticyclonic circulation anomalies were reinforced in the eastern waters of 140°E in the subtropical western Pacific and thus the former waters provided good environments for the occurrence of typhoons in years of positive Siberian anticyclone indexes and the latter waters provided good environments for the occurrence of typhoons in years of negative Siberian anticyclone indexes.

Key Words : Typhoons, Siberian anticyclones, steering flows

1. 문제제기 및 연구목적

동아시아 지역은 열대 및 아열대 서태평양 해상에서 발생하는 태풍으로 인해 매년 수많은 재산과 인명피해를 입고 있다. 일본에서는 2004년 10개의 태풍이 상륙하였으며, 지금까지 그 높은 상륙빈도의 기록은 깨어지지 않고 있다(Kim *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2009; Choi and Kim, 2011a; Choi and Kim, 2011b). 한국에서는 2002년 태풍 Rusa(0215)가 상륙하여 지금까지의 최고 기록인 870.5 mm의 24시간 최다 누적 강수량이 강릉에서 기록되었다(Park and Lee, 2007). 타이완에서는 2009년 태풍 Morakot(0908)이 상륙하여 남부 지역에 1년 누적 강수량에 해당하는 양이 단 하루 만에 기록되었으며(Pan *et al.*, 2010), 필리핀에서는 매년 동아시아에서 가장 높은 빈도인 약 10개의 태풍으로부터 영향을 받고 있다(Lyon and Camargo, 2009).

따라서 북서태평양의 각 지역에서 발생하는 이러한 비 이상적인 태풍의 활동에 대한 원인을 기후인자로부터 찾고자 하는 노력이 활발히 이루어져왔다. 북서태평양 태풍활동과의 상관분석이 가장 많이 이루어진 기후인자는 준 2년 진동(quasi-biennial oscillation, QBO)과 엘니뇨-남방진동(El Niño-southern oscillation, ENSO)이다(Chan, 1985, 1995; Lander, 1994; Saunders *et al.*, 2000; Wang and Chan, 2002; Camargo and Sobel, 2005; Ho *et al.*, 2009). Lander(1994)는 열대 및 아열대 서태평양에서의 태풍 발생 빈도와 엘니뇨-남방진동 사이에는 통계적으로 유의한 상관관을 보이지 않는 반면, 태풍 발생 위치에서는 엘니뇨-남방진동의 변화에 따라 뚜렷한 차이가 있음을 제안하였다. 이후 Wang and Chan(2002)과 Camargo and Sobel(2005)은 엘니뇨 시 태풍들은 열대 및 아열대 서태평양의 남동지역에서 주로 발

생하며, 좀 더 긴 수명을 갖는 경향이 있음을 보였다.

Ho *et al.*(2005)은 북서태평양 태풍활동의 변화에 대한 원인을 남반구에서의 대규모 대기대순환과 연관시키고자 하였다. 그들은 남반구에서 양의 남극진동(Antarctic Oscillation, AAO) 위상 동안 동아시아 중위도 지역에 비 이상적으로 발달한 고기압으로 인해 이 지역에서의 태풍 이동 빈도는 증가하나 남중국해 부근지역에서는 감소함을 보였다. 또한, Wang and Fan (2007)은 6-9월 동안 남극진동과 열대 및 아열대 서태평양에서의 태풍 발생 빈도 사이에는 음의 상관관계가 있음을 발견하였다. 그들은 이 연구에서 양의 남극진동 위상 시 열대 및 아열대 서태평양에서는 연직바람시어가 증가하고, 하층 고기압/상층 저기압의 연직 구조가 발달하며, 해수면 온도는 낮아져 태풍이 발생하는데 비우호적인 환경이 조성됨을 보였다.

한편, Elsner and Kocher(2000)는 인자 분석 모델(factor analysis model)을 이용하여 세계 주요 열대저기압 발생해역으로부터 전 지구 규모의 열대저기압 활동 지수의 추출을 시도하였으며, 추출된 지수는 엘니뇨-남방진동의 변동보다는 북대서양 진동(North Atlantic Oscillation, NAO)의 변동과 좀 더 깊은 관계가 있음을 제시하였다. 또한 Wang *et al.* (2007)은 6-9월 동안 북태평양 진동(North Pacific Oscillation, NPO)과 아열대 서태평양 및 아열대 대서양에서의 태풍 및 허리케인 발생 빈도와의 관계를 조사하였다. 결과로서, 그들은 전자와 후자 열대 저기압 발생 해역에서의 열대 저기압 발생 빈도가 각각 북태평양진동과 양의 상관 및 음의 상관을 나타내며, 두 열대 저기압 발생 해역 사이에 태풍 및 허리케인 발생 빈도의 변동은 대규모 대기 원격패턴을 통해 이루어짐을 제안하였다. 가장 최근의 연구로서 Choi *et al.*(2010)은 태평양-일본 원격패턴(Pacific-Japan

teleconnection pattern, PJ pattern)에 따른 북서태평양에서 태풍활동의 변화를 분석하였다. 이들은 양의 태평양-일본 원격패턴의 위상 시에는 동아시아 저·중위도에 각각 비 이상적인 저기압과 비 이상적인 고기압이 발달함으로 인해 동아시아 중위도에서 강화된 남풍이 이 지역으로 태풍을 쉽게 이동시키는 지향류의 역할을 함을 보인바 있다.

북반구 겨울철에 가장 뚜렷하게 매년 발생하는 모드중의 하나인 북극진동(Arctic Oscillation, AO)과 북서태평양에서의 태풍활동과의 관계에 대한 연구도 눈에 띈다. Choi and Byun(2010)이 7-9월 동안 북극진동의 위상에 따른 북서태평양에서 태풍활동의 변화를 분석하였다. 대서양에서의 허리케인 활동과 북극진동과의 관계에 대한 연구 역시 존재한다(Larson *et al.*, 2005; Xie *et al.*, 2005). 이 연구들에서는 북극진동이 대서양에서의 허리케인 발생 빈도와 양의 상관관계에 있음을 공통적으로 제시하고 있다.

한편 겨울철 시베리아 고기압의 강약은 남중국해에서의 여름철 태풍 발생빈도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Choi *et al.*, 2010). 하지만 시베리아 고기압의 강약에 따른 태풍활동의 변화에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 따라서 이 연구는 겨울철 시베리아 고기압의 강도변화에 따른 초기 태풍계절(4-6월) 동안 태풍의 활동변화를 분석해 보고자 한다.

2장에서는 자료 및 분석방법이 소개되고, 3장에서는 시베리아 고기압 지수가 정의된다. 4장에서는 시베리아 고기압의 강약에 따른 태풍의 활동변화를 살펴보고, 이러한 태풍활동 변화의 원인이 되는 대규모 대기순환을 분석한다. 이 연구는 5장에서 요약된다.

2. 자료 및 분석 방법

태풍 자료는 지역특별기상센터-동경 태풍 센터에서 제공하는 태풍의 최적 경로 자료로부터 얻어졌다. 이 자료는 1951-2012년(62년)동안 매 6시간 간격으로 관측된 태풍 이름, 태풍 위경도 위치, 태풍 중심기압, 태풍 중심 최대풍속의 정보로 구성된다. 태풍은 일반적으로 중심최대풍속(maximum sustained surface wind speeds, MS-SWS)을 기준으로 네 등급으로 나뉘어진다: 열대 저압부($MSSWS < 17ms^{-1}$), 열대 폭풍($17ms^{-1} \leq MSSWS \leq 24ms^{-1}$), 강한 열대 폭풍($25ms^{-1} \leq MSSWS \leq 32ms^{-1}$), 태풍($MSSWS \geq 33ms^{-1}$). 위의 네 등급에 더하여, 이 연구는 태풍으로부터 변형된 온대 저기압도 분석에 포함시켰다. 이는 이러한 온대 저기압도 동아시아 중위도 지역에서 많은 재산과 인명피해를 입히기 때문이다. 본 연구에서의 태풍은 이 다섯 등급을 포함한 열대 저기압을 의미한다.

한편 이 연구는 62년 동안의 National Centers for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research(NCEP-NCAR) 재분석 자료의 지위고도(gpm) 및 동서바람(ms^{-1})의 변수를 사용하였다(Kalnay *et al.*, 1996; Kistler *et al.*, 2001). 이 NCEP-NCAR 재분석 자료는 위경도 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 및 17개의 연직층의 공간해상도로 이루어져 있다.

또한 미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 월평균 해수면 온도 자료가 사용되었다(Reynolds *et al.*, 2002). 이 자료는 1854년부터 현재까지 이용 가능하며 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 의 수평공간해상도로 구성되어 있다. 이 연구에서의 통계적 유의성의 검증은 Student's t-test가 사용되었다.

본 연구에서 태풍의 이동빈도는 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 격자 간

그림 1. 1951–2012년 평균 겨울철(11–3월) 1000hPa 지위고도. 예를 들어 1951년 겨울은 1950년 11월부터 1951년 3월까지를 말함. 점선으로 된 사각형은 시베리아 고기압 지수를 구하기 위한 영역을 말함.

그림 2. 그림 1에서 점선으로 된 사각형에서 영역평균 정규화된 시베리아 고기압 지수의 시계열

격 내를 통과하는 태풍의 빈도를 더한 것으로 표현되었다. 하지만 같은 태풍이 같은 격자를 여러 번 통과하는 경우는 단 한번 통과한 것으로 간주하였으며, 태풍의 발생빈도 역시 태풍의 이동빈도와 같은 방법으로 계산되었다. 태풍의 발생과 이동빈도는 북서태평양의 넓은 지역에서 계산되어지는 것이기 때문에 좀 더 유의한 결과를 얻기 위해서 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 격자 간격을 사용하였다.

그림 1은 62년 기후평균 11–3월 1000hPa 지위고도장을 나타낸다. 여기서 1951년 겨울은 1950년 11월부터 1951년 3월까지의 평균을 의미한다. 가장 높은 지위고도 값은 바이칼 호와 발하쉬 호

사이에 위치해 있다. 따라서 본 연구에서 시베리아 고기압 지수는 62년 기후평균 11–3월 1000hPa 지위고도 값이 가장 높은 값을 보이는 영역(40° – 55° N, 80° – 110° E)에서의 평균된 지위고도 값을 사용하였다(Kim *et al.*, 2005).

그림 2는 정규화된 시베리아 고기압의 지수를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 1960년대 후반–1970년대 초반에 시베리아 고기압 지수가 대체로 낮았고, 높은 해는 상대적으로 전체 연구 기간에 걸쳐 불규칙하게 분포하고 있음을 볼 수 있다. 이 지수로부터 가장 높은 값을 나타내는 12개 해(1951, 1953, 1955, 1957, 1977, 1980, 1984,

1986, 1996, 2005, 2008, 2012; 이후 양의 시베리아 고기압 지수의 해라 함.)와 가장 낮은 값을 보이는 12개 해(1958, 1968, 1969, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1979, 2001, 2007; 이후 음의 시베리아 고기압 지수의 해라 함.)을 선택한 뒤 두 그룹 사이에 평균차를 분석하였다. 여기서 선택되어진 총 24년은 총 분석기간(62년)의 약 40%를 차지함으로써 앞으로의 분석에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

3. 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이의 차

1) 태풍 발생 및 이동 빈도 특성

그림 3은 두 그룹 사이에 4-6월 평균 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 격자간격마다 태풍 발생빈도(그림 3a)와 태풍의 이동빈도(그림 3b) 차를 나타낸 것이다. 먼저 태풍의 발생 빈도에서는 전체적으로 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍들이 음의 시베리아 고기압

지수의 해에 태풍들보다 좀 더 서쪽에서 발생하였음을 볼 수 있다(그림 3a). 즉 아열대 서태평양에서 140°E 의 서쪽해역에서는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에, 동쪽지역에서는 음의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍들이 더 많이 발생하였다. 이는 각 그룹에서의 평균 태풍 발생위치에 대한 비교분석을 통해 알 수 있다. 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 15°N , 138.2°E 를 보이는 반면, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 15.4°N , 142°E 를 나타낸다. 여기서 두 그룹 사이에 태풍 발생 위치의 위도차는 통계적으로 유의하지 않지만, 경도차는 95% 신뢰수준에서 유의하다.

태풍의 이동 빈도에서 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 두 가지의 태풍 이동 패턴을 나타낸다. 첫째, 태풍이 주로 필리핀 부근 해상으로부터 남중국해를 지나 중국남부해안을 향하거나, 둘째 필리핀 남동쪽 먼 해상으로부터 북서태평양 중위도 해상을 지나 전향한 후 북태평양으로 이동하는 경향을 보인다. 반면, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 필리핀 부근 동쪽해상으로부터 동중국해를 지나 한국 및 일본을 향해 이동하는 패턴

그림 3. (a) 태풍 발생 빈도와 (b) 태풍이동빈도에 대한 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이의 차. 원안의 사각형은 Student's t-test를 사용하여 표시된 95% 신뢰수준에서 유의한 영역

을 보인다. 따라서 시베리아 고기압의 지수가 낮은 해(즉, 시베리아 고기압이 약한 해)인 경우 동아시아 중위도 남부지역(20° – 30° N)에서는 4–6월 동안 태풍의 영향을 받을 확률이 더 높다는 것을 알 수 있다.

2) 종관 환경

위에서 분석된 두 그룹 사이에 태풍활동 차를 야기하는 원인을 알아보기 위해 4–6월 평균 850 hPa 유선에 대해 두 그룹 사이에 차를 분석하였다(그림 4a). 먼저 25° N 이남과 160° E 서쪽의 아열대 서태평양에서는 140° E를 기준으로 서쪽해역에 저기압성 순환 아노말리가, 동쪽 해역에 고기압성 순환 아노말리가 발달해 있다. 이로 인해 앞서 분석되었듯이 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 140° E의 서쪽 해역에서 태풍이 주로 발생하는 반면, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 140° E의 동쪽 해역에서 태풍이 주로 발생하게 된다.

한편, 바이칼호 남쪽지역에서는 고기압성 순환 아노말리가 강화되어 있으며, 오호츠크해에 중심을 둔 찬 고기압성 아노말리는 한국 및 일본까지 남쪽으로 영향을 미치고 있다. 이 고기압성 아노말리의 서쪽에는 강한 저기압성 아노말리가 발달

해 있다. 즉, 25° N 북쪽의 지역에서는 동아시아 지역에서 나타나는 겨울철의 전형적인 기압배치인 서고동저형의 기압계 배치가 양의 고기압 지수 해의 4–6월에도 여전히 나타남을 볼 수 있다.

4–6월 평균 500hPa 유선에 대한 두 그룹 사이에 차 분석 역시 두 그룹 사이에 850hPa 유선차 분석과 비슷한 공간 분포를 나타낸다(그림 4b). 오호츠크 해에 중심을 둔 고기압성 아노말리로부터의 찬 북동풍 아노말리는 한국 및 일본에 영향을 주고 있음을 볼 수 있다. 이 찬 북동풍 아노말리는 타이완 동쪽해상을 거쳐 필리핀 동쪽 해상까지 남하하고 있다. 따라서 이 북동풍 아노말리는 4–6월 동안 아열대 서태평양에서 발생한 태풍이 동아시아 중위도 지역에 위치한 한국 및 일본으로 이동하는 것을 막는 지향류의 역할을 할 수 있다. 따라서 앞서 그림 3b에서 분석되었듯이 두 그룹 사이에 태풍의 이동 빈도 차에서 4–6월에는 필리핀 동쪽해상으로부터 동중국해를 지나 한국 및 일본 지역으로 음의 값이 형성되어 있다.

한편 두 그룹 사이에 850hPa 기온차를 분석하였다(그림 5). 120° E의 동쪽영역은 남고북저의 기온 아노말리 패턴을 나타낸다. 이는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 4–6월에 25° N의 남쪽 지

그림 4. 4–6월에 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이에
(a) 850hPa 유선과 (b) 500hPa 유선에 대한 차

그림 5. 4-6월에 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이에 850hPa 기온차

역은 더 따뜻하고, 25°N의 북쪽 지역은 더 한랭함을 의미한다. 후자 지역에서 더 한랭함은 앞서 설명하였듯이 오호츠크해에 중심을 둔 고기압성 아노말리와 이 고기압성 아노말리의 동쪽에 강화되어 있는 저기압성 아노말리에 의해 형성된 북동풍 아노말리의 영향인 것으로 판단된다. 따라서 양의 시베리아 지수의 해에 북서태평양의 중위도에 강화되어 있는 한랭한 기단은 이 지수 해에 아열대 서태평양에서 발생한 태풍이 동아시아 중위도 지역으로 이동하는 것을 막거나 이동하더라도 강도를 급격하게 약화시키는 역할을 하였을 것으로 판단된다.

앞서 분석되었듯이 양의 시베리아 고기압 지수

해의 4-6월에 북서태평양의 중위도에서 강화된 저기압성 아노말리는 이 지수의 해에 북서태평양 고기압이 음의 시베리아 고기압 지수의 해보다 북쪽으로 발달하지 못했음을 의미한다. 이를 알아보기 위해 두 그룹에 대한 북서태평양 고기압의 발달 정도를 분석하였다(그림 6). 여기서 북서태평양 고기압은 5870gpm보다 큰 영역으로 정의된다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 음의 시베리아 고기압 지수의 해에 북서태평양 고기압이 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 북서태평양 고기압보다 좀 더 북쪽으로 발달해 있는 것을 볼 수 있다. 반면 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 남중국해를 향해 남서쪽으로 확장해 있다. 따라서 앞서 분석된 바와 같이 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 태풍이 동아시아 중위도까지 북상할 수 있었으며, 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 필리핀으로부터 남중국해를 지나 중국 남부해안으로 이동할 수 있었던 것으로 판단된다.

200hPa와 850hPa 사이에 연직바람시어는 태풍의 발생 및 발달에 영향을 줄 수 있다. 따라서 두 그룹 사이에 4-6월 200-850hPa 연직바람시어에 대한 차를 분석하였다(그림 7). 연직바람시어 값이 적을수록 태풍이 발생하고 발달하기에 좋은 환

그림 6. 양의 시베리아 고기압 지수의 해(실선)와 음의 시베리아 고기압 지수의 해(파선)에 4-6월 평균 북서태평양 고기압

그림 7. 4-6월에 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이에 200hPa와 850hPa 사이의 연직 바람 시어의 차

경인 것을 의미한다. 아열대 서태평양에서는 필리핀 남동쪽 해상으로부터 남중국해 지역까지 북서에서 남동 방향으로 음의 아노말리가 강화되어 있는 반면, 그 동쪽 해역에서는 양의 아노말리가 강화되어 있다. 이는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 전자의 해역에 연직바람시어 값이 더 작음을 의미한다. 따라서 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 전자의 해역에서 태풍이 주로 발생하는 반면, 후자의 해역에서는 음의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍이 주로 발생한다. 한편 그림 7은 25° – 35° N 사이에 양의 연직시어 아노말리를 나타내고 있다. 이는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 아열대 서태평양에서 발생한 태풍이 이 지역으로 이동하는 것을 막거나 이동하더라도 강도를 급격하게 약화시키는 역할을 하였을 것으로 판단된다.

해수면 온도 역시 태풍의 발생 및 발달에 중요한 역할을 할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 4–6월 해수면 온도에 대해 두 그룹 사이에 평균차를 분석하였다(그림 8). 먼저 아열대 서태평양의 북서 사분면 해역에서는 양의 아노말리가, 남동 사분면 해역에서는 음의 아노말리가 강화되어 있다. 이는 양(음)의 시베리아 고기압 지수의 해에 전(후)자의 해역에서 해수면 온도가 더 높았음을 의미한다. 따라서 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 아열대 서태평양의 북서 해역에서, 음의 시베리아 고기압 지수 해에는 아열대 서태평양의 남동 해역에서 태풍이 주로 발생하는 다른 원인이 된다. 한편 북서태평양 중위도 해역에서는 음의 아노말리가 강화되어 있다. 이는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍이 동아시아 중위도 지역으로 북상하는 것을 막거나, 북상하더라도 강도를 급격하게 약화시키는 환경을 제공해 줄 수 있다.

그림 8. 4–6월에 양의 시베리아 고기압 지수의 해와 음의 시베리아 고기압 지수의 해 사이에 해수면 온도 차

4. 요약 및 결론

이 연구는 11–3월 동안의 시베리아 고기압이 이른 태풍 시즌(4–6월) 동안의 태풍 활동에 미치는 영향을 알아보기 위해, 62년 기후평균 1000 hPa 지위고도 장에서 가장 높은 지위고도를 나타내는 시베리아 지역에 대해 영역 평균된 값을 정규화한 시베리아 고기압 지수를 추출하였다. 이후 이 지수들 중 가장 높은 값을 가지는 12개 해(양의 시베리아 고기압 지수의 해)와 가장 낮은 값을 가지는 12개 해(음의 시베리아 고기압 지수의 해)를 선정하여 두 그룹 사이에 평균 차를 분석하였다.

태풍의 발생에서는 아열대 서태평양에서 140° E를 경계로 하여 서쪽해역에서는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에, 동쪽해역에는 음의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍이 좀 더 많이 발생하는 경향을 나타내었다. 태풍의 이동에서는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 필리핀 부근 해역으로부터 남중국해를 지나 중국 남부해안에 상륙하거나, 필리핀 남동쪽 먼 해상으로부터 북진하여 전향한 후 일본 동쪽 먼 해상으로 이동하는 패턴을 나타내었다. 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 필리핀 동쪽해상으로부터 동중국해를 지나 전

향하여 동아시아 중위도 지역에 위치한 한국 및 일본을 향해 이동하는 경향을 보였다.

이러한 태풍의 발생과 이동 경향의 원인을 알아보기 위해 850hPa과 500hPa 유선에 대해 두 그룹 사이에 차를 분석하였다. 두 분석 모두에서 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 고기압성 아노말리는 오호츠크해에, 저기압성 아노말리는 북서태평양의 중위도 해역에 중심을 둠으로 인하여 형성된 찬 북동풍 아노말리가 한국 및 일본에 영향을 주었다. 따라서 찬 북동풍 아노말리는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 아열대 서태평양에서 발생한 태풍이 한국 및 일본으로 이동하는 것을 막는 기류의 역할을 하였다. 특히 850hPa 유선에 대한 두 그룹 사이에 차 분석에서는 아열대 서태평양의 140°E를 경계로 서쪽해역에서는 저기압성 순환 아노말리가, 동쪽해역에서는 고기압성 순환 아노말리가 강화됨으로써 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 전자의 해역에서, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 후자의 해역에서 태풍이 좀 더 많이 발생하는 좋은 환경을 제공해 주었다.

두 기간 사이에 이러한 태풍의 발생 및 이동 특성의 차는 200–850hPa 연직바람시어와 해수면 온도에 대한 두 그룹 사이에 차의 분석을 통해 확인할 수 있었다. 200–850hPa 연직바람시어 분석에서는 필리핀 남동쪽 해상으로부터 남중국해 부근 지역에 음의 아노말리를 나타내는 반면, 그 지역의 동쪽 해역에서는 양의 아노말리를 나타내어 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 전자의 지역에, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 후자의 지역에 태풍이 좀 더 많이 발생할 수 있는 좋은 환경을 제공해 주었다. 또한 25°–35°N 위도대에 강화된 양의 아노말리는 양의 시베리아 고기압 지수의 해에 태풍이 중위도 지역으로 접근하는 것을 막거나, 접근하더라도 태풍의 강도를 급격히 약화시키는 역할을 하였다. 해수면 온도에 대한 두

그룹 사이에 차 분석에서 아열대 서태평양의 북서해역에는 양의 아노말리가, 남동해역에는 음의 아노말리가 강화되었다. 따라서 양의 시베리아 고기압 지수의 해에는 전자의 해역에서, 음의 시베리아 고기압 지수의 해에는 후자의 해역에서 태풍이 좀 더 많이 발생할 수 있는 좋은 환경을 제공해 주었다. 하지만 동아시아 중위도 해역에 강화된 음의 아노말리는 태풍이 동아시아 중위도 지역으로 북상하는 것을 막거나, 북상하더라도 강도를 급격하게 약화시키는 역할을 하였다.

이 연구는 겨울철(11–3월) 시베리아 고기압 강도에 따른 초기 태풍계절(4–6월)에 태풍의 활동 변화를 조사하였다. 차후 연구에서는 겨울철 시베리아 고기압의 강도를 이용하여 초기 태풍계절에 태풍활동을 예측하기 위한 통계모델을 개발할 예정이다.

사사

본 연구는 기상청 재원 “국가태풍센터 운영” 사업 및 국립기상연구소 “예보기술 지원 및 활용 연구(NIMR-2013-B-1)”의 태풍 단,장기에측기술개발의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Camargo, S. J. and Sobel, A. H., 2005, Western North Pacific tropical cyclone intensity and ENSO, *Journal of Climate*, 18(15), 2996–3006.
- Chan, J. C. L., 1985, Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to El Niño/Southern Oscillation phenomenon, *Monthly Weather Review*, 113(4), 599–606.
- Chan, J. C. L., 1995, Tropical cyclone activity in the

- western North Pacific in relation to the stratospheric Quasi-Biennial Oscillation, *Monthly Weather Review*, 123(8), 2567-2571.
- Choi, K. S. and Byun, H. R., 2010, Possible relationship between western North Pacific tropical cyclone activity and Arctic Oscillation, *Theoretical and Applied Climatology*, 100(3-4), 261-274.
- Choi, K. S., Kang, K. R., Kim, D. W., Hwang, H. S., and Lee, S. R., 2009, A study on the characteristics of tropical cyclone passage frequency over the western North Pacific using Empirical Orthogonal Function, *Journal of Korean Earth Science Society*, 30(6), 721-733.
- Choi, K. S. and Kim, T. R., 2011a, Development of a diagnostic index on the approach of typhoon affecting Korean Peninsula, *Journal of Korean Earth Science Society*, 32(4), 347-359.
- Choi, K. S. and Kim, T. R., 2011b, Regime shift of the early 1980s in the characteristics of the tropical cyclone affecting Korea, *Journal of Korean Earth Science Society*, 32(5), 453-460.
- Choi, K. S., Moon, J. Y., Kim, D. W., and Chu, P. S., 2010, Seasonal prediction of tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific using teleconnection patterns. Theoretical and Applied Climatology, 100, 191-206.
- Choi, K. S., Wu, C. C. and Cha E. J., 2010, Change of tropical cyclone activity by Pacific-Japan teleconnection pattern in the western North Pacific, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 115(D19), D19114, doi:10.1029/2010JD013866.
- Elsner, J. B. and Kocher, B., 2000, Global tropical cyclone activity: A link to the North Atlantic Oscillation, *Geophysical Research Letters*, 27(1), 129-132.
- Ho, C. H., Kim, H. S., Jeong, J. H. and Son, S.W., 2009, Influence of stratospheric Quasi-Biennial Oscillation on tropical cyclone tracks in western North Pacific, *Geophysical Research Letters*, 36(6), L06702, doi:10.1029/2009GL037163.
- Ho, C. H., Kim, J. H., Kim, H. S., Sui, C. H., and Gong, D. Y., 2005, Possible influence of the Antarctic Oscillation on tropical cyclone activity in the western North Pacific, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 110(D19), D19104, doi:10.1029/2005JD005766
- Kalnay, E. and Coauthors, 1996, The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project, *Bulletin of American Meteorological Society*, 77(3), 437-471.
- Kim, D. W., Byun H. R., and Lee, Y. I., 2005, The long-term changes of Siberian high and winter climate over the Northern Hemisphere. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 41, 275-283.
- Kim, J. H., Ho, C. H., and Sui, C. H., 2005, Circulation features associated with the record-breaking typhoon landfall on Japan in 2004, *Geophysical Research Letters*, 32(14), L14713, doi:10.1029/2005GL022494.
- Kistler, R. and Coauthors, 2001, The NCEP/NCAR 50-year reanalysis, *Bulletin of American Meteorological Society*, 82(2), 247-267.
- Lander, M. A., 1994, An exploratory analysis of the relationship between tropical storm formation in the western North Pacific and ENSO, *Monthly Weather Review*, 122(4), 636-651.
- Larson, J., Zhou, Y., and Higgins, R. W., 2005, Characteristics of landfalling tropical cyclones in the United States and Mexico: Climatology and interannual variability, *Journal of Climate*, 18(8), 1247-1262.
- Lyon, B. and Camargo, S. J., 2009, The seasonally-varying influence of ENSO on rainfall and tropical cyclone activity in the Philippines, *Climate Dynamics*, 32(1), 125-141.
- Park, S. K. and Lee, E. H., 2007, Synoptic features of orographically enhanced heavy rainfall on the

- east coast of Korea associated with Typhoon Rusa (2002), *Geophysical Research Letters*, 34(2), L02803, doi:10.1029/2006GL028592
- Pan, C. J., Reddy, K. K., Lai, H. C., and Yang, S. S., 2010, Role of mixed precipitating cloud systems on the typhoon rainfall, *Annales Geophysicae*, 28(1), 11-16.
- Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., and Wang, W., 2002, An improved in situ and satellite SST analysis for climate, *Journal of Climate*, 15(13), 1609-1625.
- Saunders, M. A., Chandler, R. E. Merchant, C. J., and Roberts, F. P., 2000, Atlantic hurricanes and NW Pacific typhoons: ENSO spatial impacts on occurrence and landfall. *Geophysical Research Letters*, 27(8),1147-1150.
- Wang, B. and Chan, J. C. L., 2002, How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific, *Journal of Climate*, 15(13),1643-1658.
- Wang, H. J. and Fan, K., 2007, Relationship between the Antarctic Oscillation in the western North Pacific typhoon frequency, *Chinese Science Bulletin*, 52(4), 561-565.
- Wang, H.J. Sun, J. Q., and Fan, K., 2007, Relationships between the North Pacific Oscillation and the typhoon/hurricane frequencies, *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50(9), 1409-1416.
- Xie, L., Yan, T., and Pietrafesa, L. J., 2005, Climatology and interannual variability of North Atlantic hurricane tracks, *Journal of Climate*, 18(24), 5370-5381.