

태풍의 전향에 관한 연구

설동일^{*†}

* 한국해양대학교 항해학부

A Study on the Recurvature of Typhoons

Dong-II Seol^{*†}

* Division of Navigation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 본 연구에서는 최근 20년간(1992-2011년)의 기상 데이터를 이용하여 태풍의 전향에 대하여 분석하였다. 연구 결과, 연별 전향하는 태풍의 수는 연별 태풍 발생 수의 감소와 함께 서서히 줄어드는 경향을 보였다. 전향하는 태풍은 특히 8-10월에 많고, 7-10월에 전향하는 태풍의 수는 전체 전향 태풍의 71%를 차지하였다. 남중국해를 제외한 북태평양에서 전향한 태풍의 수명은 5일과 7일이 가장 많았고, 전향한 태풍의 평균 수명은 6.8일이었다. 이는 전향, 비전향의 모든 태풍의 평균 수명보다 다소 긴 값이다. 전향 태풍의 대부분은 태풍으로 발달한 후 5일 이내에 북위 20-34도, 동경 120-139도에서 북동쪽으로 전향하였다. 평균 전향 위도는 북위 25도, 평균 전향 경도는 동경 135도이었다.

핵심용어 : 기상 데이터, 태풍의 전향, 태풍의 수명, 전향 위도, 전향 경도

Abstract : This paper analyzed recurvature of typhoons by using 20 years meteorological data from 1992 to 2011. The results of this study are as follows. Yearly numbers of typhoon recurvature showed decreasing tendency gradually with decrease of numbers of typhoon occurrence. Typhoons recurvature were especially many between August and October and number of typhoon recurvature between July and October was occupied counts for 71% of the whole typhoon recurvature. Life of typhoon recurvature in the North Pacific was most frequent at 5 days and 7 days. Mean life of typhoon recurvature was 6.8 days and this numerical value was longer than mean life of the whole typhoon including recuevatute and non-recurvature. Most of typhoons recurvature changed their direction north-eastwards in 20-34 degrees north latitude and 120-139 degrees east longitude. Mean latitude recurvature and longitude recurvature were 25 degrees north latitude and 135 degrees east longitude, respectively.

Key Words : Meteorological data, Recurvature of typhoons, Life of typhoon, Latitude recurvature, Longitude recurvature

1. 서 론

선박의 안전 운항을 책임지고 있는 항해자에게 있어서 태풍 예보는 매우 중요한데, 그 태풍의 예보에서 실용상 가장 핵심적인 것이 이동 경로의 예상이다. 일반적으로 태풍은 저위도에서는 편동풍을 타고 서진하여 일부분은 대륙으로 진입한 후 소멸하지만 난후기(暖候期)에는 대부분이 북위 20-30도 부근에서 진로를 바꾸어 편서풍대를 북동진한다. 이와 같이 태풍이 진로를 바꾸는 것을 전향이라고 하고, 그 지점을 전향점(轉向點, point of recurvature)이라고 한다. 태풍의 전향점은 태풍의 이동 경로를 결정하는 중요한 역할을 한다.

항해하는 선박이 태풍 이동 경로의 우측반원(위험반원)에 위치하게 되면 풍향은 순진하고 매우 강한 바람과 함께 높은 파고로 극한 위험에 노출되는 황천 항해를 하게 된다. 그에 비하여 선박이 태풍 이동 경로의 좌측반원(가항반원)에 위치하게 되면 풍향은 반진하고 우측반원에 비하여 상대적으로 약한 바람과 낮은 파고의 영향을 받게 된다 (Fukuchi, 1997; Seol, 2013). 선박이 태풍 이동 경로의 우측반원에 위치하는가 또는 좌측반원에 위치하는가는 선박의 안전 관점에서 매우 중요하다.

따라서 태풍의 이동 경로를 사전에 정도 높게 예측하여 결정하는 것은 자연에 노출되어 대양을 항해하는 선박이 태풍의 영향을 받아 어느 정도 위험한가를 결정하는 직접적인 문제이다. 이미 기술한 바와 같이 태풍의 전향은 태풍의 이동 경로를 예측하고 결정하는 데에 있어서 핵심적

† seol@kmou.ac.kr, 051-410-4271

태풍의 전향에 관한 연구

인 요소이다. 선박의 항해자는 특정 태풍의 전향 시기 및 위치 등을 보다 전문적으로 파악하여 그 결과를 선박의 안전 운항 즉, 해양사고의 예방에 적극적으로 활용할 필요가 있다.

태풍은 잘 알려진 바와 같이, 이동 경로에 위치하는 넓은 범위의 육상과 해상에서 막대한 기상재해와 해양사고를 발생시킨다.

최근의 연구 결과에 따르면, 우리나라를 포함하는 동아시아 지역이 태풍의 영향을 주로 받는 6-9월에 있어서의 전향점이 예년에 비하여 동쪽으로 이동하는 경향을 보인다. 그리고 이에 대한 원인으로 북태평양 고기압의 변화가 지적되고 있다(Murayama, 2006). 특히, 우리나라에 상륙하거나 접근하면서 영향을 미치는 태풍은 대부분 전향하는 태풍이다. 전향하는 태풍에 대한 통계적 분석 결과는 기상재해 예방 및 최소화 관점에서 중요한 의미를 가진다고 볼 수 있다.

이 연구는 특히 선박의 안전 운항과 관련하여 태풍의 전향에 관한 통계적 특성 및 경향 등을 선박의 항해자에게 제공할 목적으로 20년간(1992-2011년)의 데이터를 이용하여 북태평양의 남서부 해상과 남중국해에서 발생한 태풍 중에서 전향하는 태풍의 수, 전향하는 태풍의 수명 및 전향 시기, 전향 위치(위도 및 경도) 등에 대하여 분석하고자 한다.

그리고 전향 태풍의 전형적인 패턴을 구하고 그에 해당하는 대표적인 사례를 선정, 분석하여 전향 태풍의 특성을 더욱 명확하게 제시하고자 한다.

2. 사용 자료

이 연구를 위하여 사용한 자료는 20년간(1992-2011년) 일본 기상청(Japan Meteorological Agency, JMA)이 제공하고 있는 태풍 경로도와 태풍 위치표이다. 기상 분야에서 어떤 요소의 기후학적인 특성치를 파악하기 위해서는 최소 30년간의 자료를 사용하는 것이 합당하나 이번 연구에서 사용한 자료 중에서 태풍 위치표를 1992년부터 입수할 수 있어 그로부터 20년간의 자료를 사용하기로 정하였다.

그리고 이 연구에서 대상으로 한 전향 태풍은 다음의 2가지 조건을 모두 만족시키는 경우로 제한하여 선정하였다. 첫째는 열대저압부(Tropical Depression, TD)에서 태풍으로 발달하여(중심 부근의 최대풍속이 17.0 m/s 이상으로 강해져서) 포물선 형태의 이동 경로를 취하는 것이고, 둘째는 이동 방향의 관점에서 전향 전에는 북서향 성분(서북서-북북서향)을 가지다가 전향 속도가 0인 시점을 지나 전향 후에는 북동향 성분(북북동-동북동향)을 보이는 태풍이다.

20년간의 자료에 대하여 전향 태풍으로 선정된 태풍은

모두 200개이다. 이 중에서 183개의 태풍은 북태평양에서 발생하여 전향한 것이고 나머지 17개는 남중국해에서 발생하여 전향한 것이다.

3. 연구 결과

3.1 전향 태풍의 수

Fig. 1은 1992년부터 2011년까지의 연별 태풍 발생 수와 전향한 태풍의 수를 시계열 그래프로 나타낸 것이다. 20년 동안에 발생한 태풍의 총 수는 484개(연평균 24.2개)이다. 그 중에서 전향한 태풍의 수는 200개(연평균 10.0개)로 전체 태풍 발생 수의 41%를 차지한다. 그림에서 알 수 있는 것처럼, 연별 태풍의 발생 수는 시간의 흐름과 함께 서서히 감소하는 추세를 보인다.

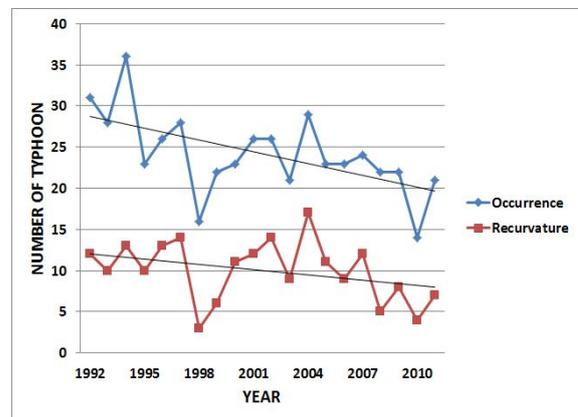


Fig. 1. Time series of yearly number of typhoon occurrence and number of typhoon recurvature.

이는 지구 온난화와 관련된 것으로 이전의 많은 연구에서 그 결과가 지적되고 있다(Haarsma et al., 1993; Bengtsson et al., 1996; Sugi et al., 1997, 2002; Knutson et al., 1998; Oouchi et al., 2006; Seol, 2010). 이 연구에서도 매년 발생하는 태풍의 수가 서서히 감소 추세를 보인다는 사실을 확인할 수 있었다.

그림에서 알 수 있는 또 하나의 사실은 전향하는 태풍의 수도 서서히 감소하고 있다는 것이다. 연별 태풍 발생 수 추세선의 기울기보다는 다소 완만하지만 시간의 흐름과 함께 전향 태풍의 수도 점차 감소하고 있음을 확인할 수 있다. 이 결과는 태풍의 발생 수가 감소함에 따라 전향하는 태풍의 수도 감소하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 이와 같은 해석은 Fig. 1에서 알 수 있는 것처럼 연별 태풍의 발생 수 그래프와 전향하는 태풍 수 그래프가 유사한 패턴을 보인다는 사실로부터도 확인할 수 있다.

Fig. 2는 20년 동안의 태풍 발생 수와 전향한 태풍의 수를 월별 평균값으로 나타낸 그래프이다. 월별 태풍의 발생 수는 7-10월에 많고 12-4월은 적은 분포를 보인다. 태풍의 발생 수는 4월부터 증가하여 8월에 최대값을 보이고 이후 감소하는 추세를 보인다.

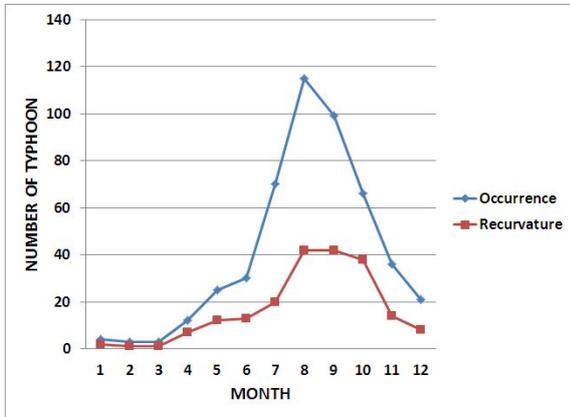


Fig. 2. Monthly mean number of typhoon occurrence and number of typhoon recurvature for 20 years(1992-2011).

전향하는 태풍의 월별 수도 유사한 경향을 보여 난후기(暖候期)인 7-10월에 많고 한후기인 12-4월에 적은 분포를 보인다. 전향하는 태풍의 수가 특히 많은 달은 8-10월이고, 이 시기에 전향하는 태풍의 수는 전체 전향 태풍의 61% (122개)를 차지한다. 7-10월에 전향하는 태풍의 수는 전체 전향 태풍의 71%(142개)를 차지하여 같은 시기의 태풍 발생 수의 비율(72%)과 거의 같은 값을 보인다. 전향 태풍이 특히 많은 8월, 9월, 10월은 월별 발생 태풍의 각각 37%, 42%, 58%가 전향하여, 10월의 경우가 전향 태풍의 비율이 가장 높음을 알 수 있다.

태풍의 전향은 북태평양 고기압의 기압마루선과 밀접히 관련되어 있다. 따라서 북태평양 고기압이 발달하는 난후기(暖候期), 그 중에서도 특히 7-10월에 전향하는 태풍의 수가 많게 된다. 한후기에 북태평양 남서부 해역에서 발생하는 태풍은 세력이 약화되면서 중심이 남동쪽으로 후퇴한 북태평양 고기압의 영향을 받지 않게 되므로 발생 후 서진 또는 북서진하는 태풍이 많아지게 되고 전향하는 태풍의 수는 미미하다.

따라서 선박의 입장에서 난후기(暖候期)에는 태풍의 전향에 각별히 관심을 가질 필요가 있다.

3.2 전향 태풍의 수명 및 전향 시기, 전향 위치

20년 동안에 전향한 태풍의 수는 총 200개인데, 그 중에서 17개는 남중국해에서 발생하여 전향한 것이다. 여기서

는 남중국해를 제외한 북태평양에서 발생하여 전향한 태풍에 대하여 태풍의 수명 및 전향 시기, 전향 위치(위도 및 경도) 등을 분석하고자 한다.

Fig. 3은 북태평양에서 전향한 태풍 183개의 수명 분포를 나타낸 그래프이다. 여기서 태풍의 수명이란 초기 열대저압부가 태풍으로 발달한 시점부터 태풍이 온대저기압으로 변질되거나 다시 열대저압부로 약화되는 시점까지의 일수를 말한다.

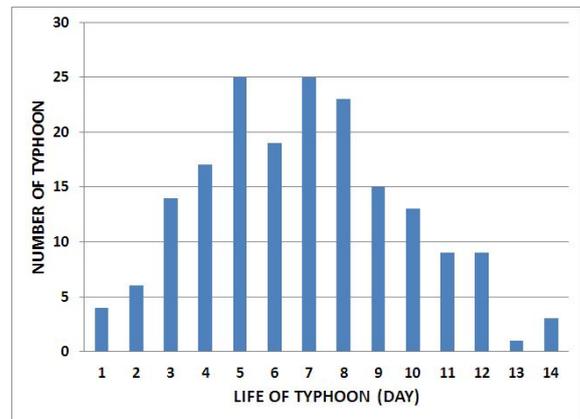


Fig. 3. Monthly distribution of lifetime of recurvated typhoons.

전체 대상 태풍 183개의 평균 수명은 6.8일이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼, 5일과 7일의 수명을 보이는 태풍이 가장 많았고(전체 183개 중 각각 25개로 14%), 그 다음은 8일이었다. 이들 태풍(태풍의 수명이 5일, 7일, 8일인 태풍)은 전체 전향 태풍의 40%를 차지한다. 4일에서 8일까지의 수명을 보이는 태풍은 109개로 전체의 60%를 차지하여, 전향하는 태풍의 다수가 이 범위의 수명을 보인다는 사실을 알 수 있다.

Murayama(2006)에 의하면, 근래 태풍의 평균 수명은 길어지는 경향을 보인다. 여기에서 말하는 태풍은 전향, 비전향의 모든 태풍을 포함한다. 1956-1965년에 발생한 전체 태풍의 평균 수명은 6.1일, 1966-1975년의 경우도 6.1일, 1976-1985년의 경우는 6.6일, 1986-1995년의 경우는 6.0일, 1996-2005년의 경우는 6.7일로 평균 수명이 시간의 흐름과 함께 약간씩 길어지는 추세를 보인다. 이는 태풍이 이전보다 비교적 북태평양의 동쪽 해상에서 발생하기 때문이다. 북태평양의 동쪽 해상에서 발생한 태풍은 그렇지 않은 태풍에 비하여 상대적으로 더 긴 시간을 해양에서 이동하기 때문에 에너지원인 수증기의 공급이 원활하여 보다 긴 수명을 보이게 된다.

위에서 분석한 전향 태풍의 평균 수명 6.8일은 상기 10년 단위의 전체 태풍의 평균 수명보다는 다소 긴 값이다. 이는 전향하는 태풍은 전향하지 않는 태풍에 비하여 상대적으로 수증기의 발생 및 분포가 많은 해양 상을 보다 장

태풍의 전향에 관한 연구

시간 이동하기 때문이라고 해석할 수 있다.

남중국해를 제외한 북태평양에서 전향한 태풍 183개를 대상으로 하여 초기 열대저압부가 태풍으로 발달한 후 몇 일째에 전향하는지, 그 전향 시기를 분석해 보았다.

태풍으로 발달한 후 1일째(24시간 이내)에 전향하는 태풍은 34개로 전체의 19%를 차지하여 가장 많았다. 그리고 2일째(태풍으로 발달한 후 24-48시간)는 27개(전체의 15%), 3일째(태풍으로 발달한 후 48-72시간)는 28개(전체의 15%)이다. 결과적으로 태풍으로 발달한 후 3일 이내에 전향하는 태풍이 전체 전향 태풍의 절반을 차지함을 알 수 있다. 그리고 태풍으로 발달한 후 5일 이내로 전향 시기를 확장하면, 전체 전향 태풍의 72%가 이 시기에 전향함을 알 수 있다. 따라서 대부분의 전향 태풍이 열대저압부에서 태풍으로 발달한 후 5일 이내에 전향함을 확인할 수 있다.

Fig. 4와 Fig. 5는 전향한 태풍의 전향 위치 즉, 전향 위도와 전향 경도의 분포를 보인다. 먼저, 전향 위도를 살펴보면, 대부분의 전향 태풍은 북위 20-34도에서 전향함을 알 수 있다(Fig. 4 참조). 북위 20-24도에서는 47개(전체 전향 태풍의 26%), 북위 25-29도도 47개, 북위 30-34도는 45개(전체 전향 태풍의 25%)로 대부분의 태풍(전체 전향 태풍의 77%)이 이 위도대에서 전향한다. 그러나 북위 10도 이남과 북위 40도 이북에서 전향한 태풍은 없었다. 그리고 북위 10-14도와 북위 35-39도에서는 적은 수의 태풍이 전향하였다. 183개 전체 전향 태풍의 평균 전향 위도는 북위 24.6도이다.

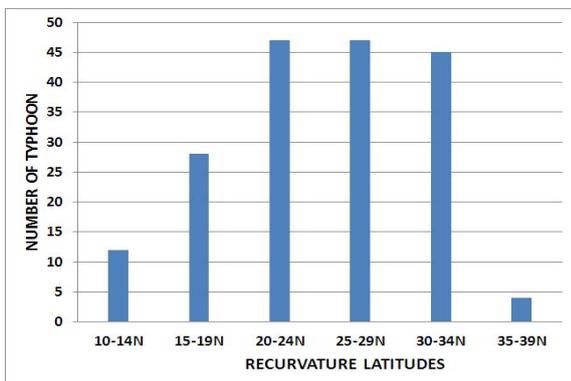


Fig. 4. Distribution of recurvature latitudes of typhoon recurvature.

Fig. 5를 보면, 전향 태풍의 대부분은 동경 120-139도에서 전향함을 알 수 있다. 동경 120-129도에서 전향한 태풍은 62개로 전체 전향 태풍의 34%를 차지하고, 동경 130-139도에서 전향한 태풍은 65개로 전체 전향 태풍의 36%를 차지하여, 동경 120-139도에서 전향한 태풍이 전체 전향 태풍의 70%를 차지함을 알 수 있다. 동경 120도 이서와 동경 160

도 이동에서 전향하는 태풍은 소수에 그친다. 183개 전체 전향 태풍의 평균 전향 경도는 동경 135.1도이다.

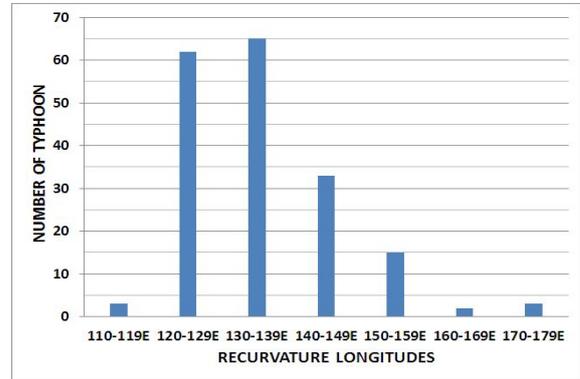


Fig. 5. Recurvature longitudes of typhoon recurvature.

3.3 전형적인 전향 패턴의 사례 분석

위에서 분석한 결과를 근거로 하여 전향하는 태풍의 전형적인 패턴을 정리해 보면, 전향 태풍의 평균 수명은 7일, 전향 시기는 열대저압부에서 태풍으로 발달한 후 5일 이내, 전향 위치는 평균 북위 25도, 평균 동경 135도이다.

이들 요소를 고루 만족시키는 태풍은 연구 기간 20년 동안(1992-2011년)에 대표적으로 9512 OSCAR, 9518 WARD, 0914 CHOI-WAN, 0918 MELOR 등이 있다(Fig. 6-9 참조). 그림에서 백색 점은 오전 9시, 흑색 점은 오후 9시의 태풍 중심 위치이다. 그리고 실선은 태풍으로서의 기간을 보이고, 점선은 열대저압부 또는 온대저기압의 기간을 나타낸다.

전향 태풍의 전형적인 패턴으로 거론된 상기 4개의 태풍은 공통적으로 전향 전보다는 전향 후에 이동 속도가 빨라지는 특성을 보인다. 그리고 발생 위치는 모두 북위 20도 이남, 동경 140도 이동의 열대 해상이다.

Fig. 6과 Fig. 7에서 확인할 수 있는 것처럼, Typhoon 9512 OSCAR와 9518 WARD는 전향 위치가 거의 북위 25도, 동경 135도 부근이다. 이들 태풍은 육지에 상륙하지 않고 북태평양 상을 포물선 형태로 이동하다가 소멸하는 공통점을 보인다.

그러나 Fig. 8의 Typhoon 0918 MELOR처럼 전향 경도가 동경 135도보다 서쪽으로 치우치게 되면 태풍은 우리나라나 일본에 상륙할 가능성이 높아지게 된다. 그리고 Fig. 9의 Typhoon 0914 CHOI-WAN과 같이 태풍의 전향 경도가 동경 135보다 동쪽으로 치우치게 되면 태풍은 육지에 상륙하지 않고 전향 후 북동진하면서 쇠약해져 북태평양 상에서 소멸할 가능성이 상대적으로 높아지게 된다. 이처럼 태풍의 전향 위치는 태풍의 이동 경로를 결정하는 중요 요소로 작용하게 된다.

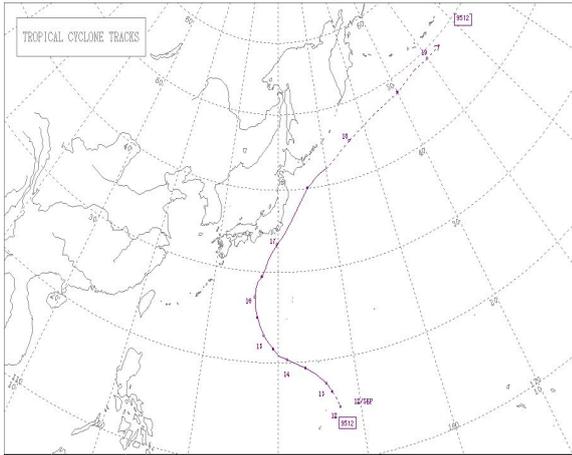


Fig. 6. Trajectory of Typhoon 9512 OSCAR(Source : RSMC Tokyo, <http://www.data.jma.go.jp>).

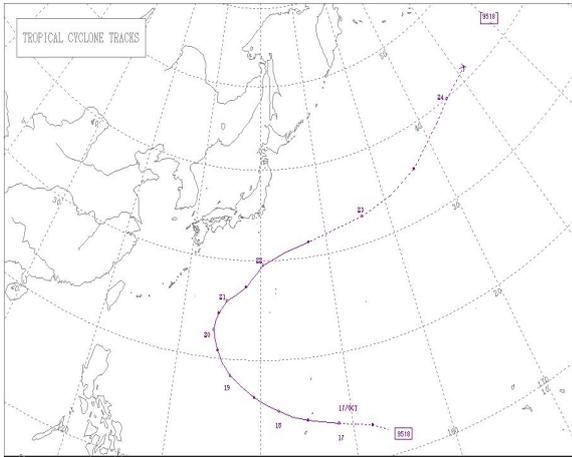


Fig. 7. Trajectory of Typhoon 9518 WARD(Source : RSMC Tokyo).

태풍 위치표에서 시간별로 태풍의 중심 위치 및 중심 기압, 최대풍속의 데이터 취득이 가능한 Typhoon 0914 CHOI-WAN 과 0918 MELOR의 경우를 살펴보면, 두 태풍 모두 전향하기 2일 전에 태풍 일생의 피크(peak)기가 나타난다는 사실도 확인할 수 있다. 여기서 피크기란 태풍의 일생 중에서 최대풍속이 가장 강한 시기를 말한다. 통상 태풍의 세기는 중심 부근의 최대풍속으로 나타낸다. 이 연구의 결과에서도 알 수 있는 것처럼, 태풍이 평균 북위 25도 부근에서 전향한다면 전향 후에는 상대적으로 해수면온도가 낮은 해역을 이동하기 때문에 태풍의 에너지원인 수증기의 공급이 약화되면서 태풍의 세력은 약해진다. 즉, 전향 후에는 태풍 일생의 단계에서 쇠약기에 접어들게 된다.

Seol(2014)에 의하면, 대부분의 태풍에서 피크기가 유지되

는 기간은 2일 이내이고, 피크기의 평균 유지 시간은 31시간이다.

따라서 태풍의 세기는 통상 전향 전에 최대 강도를 보인다고 해석할 수 있으며, 이 결과는 대양 상을 향해하는 선박의 항해자가 반드시 알아야 할 중요한 사실이다.

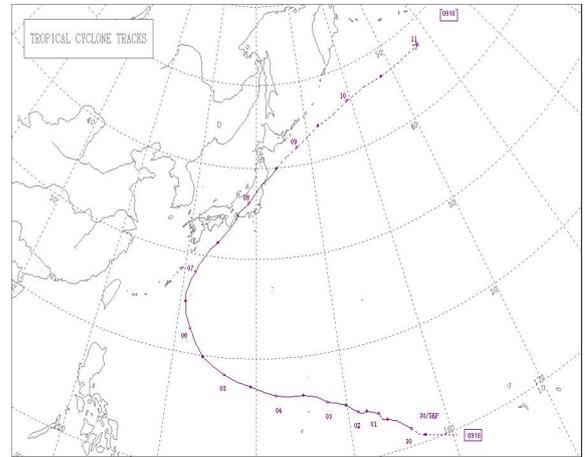


Fig. 8. Trajectory of Typhoon 0918 MELOR(Source : RSMC Tokyo).

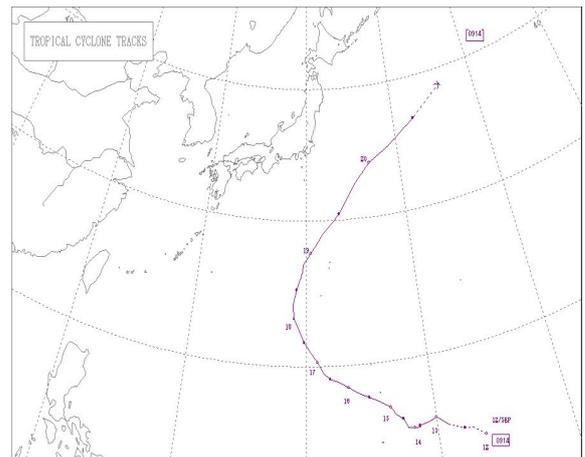


Fig. 9. Trajectory of Typhoon 0914 CHOI-WAN(Source : RSMC Tokyo).

4. 토론 및 결론

일반적으로 태풍의 영향권은 풍속 30노트를 기준으로 삼는데, 중형 태풍의 경우는 평균 반경 약 220마일, 대형 태풍의 경우는 평균 반경 약 350마일이 태풍의 영향권에 속한다. 태풍의 세기 등에 따라 다를 수는 있으나, 황천 피항의 관점에서 태풍 중심과 선박간의 거리는 중형 태풍의 경

태풍의 전향에 관한 연구

우는 200마일 이상, 대형 태풍의 경우는 300마일 이상을 확보하는 것이 바람직하다(Min, 1986). 여기서 중형 태풍과 대형 태풍은 우리나라 기상청의 태풍 크기의 분류법에 근거하여, 풍속 30노트 이상의 바람이 부는 반경이 각각 300 km 이상-500 km 미만과 500 km 이상-800 km 미만에 해당한다. 따라서 선박의 항해자는 태풍의 이동 경로를 정확히 파악하여 태풍 중심과 선박간의 거리를 안전하게 확보하기 위한 노력을 다 하여야 한다. 이러한 의미에서 태풍의 전향 특성 그 중에서도 특히, 전향 시점 및 전향 위치, 전향과 관련한 태풍의 세기는 매우 중요하다.

연구 결과, 최근 20년 동안에 연별로 전향하는 태풍의 수는 태풍 발생 수의 감소와 함께 서서히 줄어드는 추세를 보인다는 사실을 확인하였다. 이 결과는 우리나라에 영향을 미치는 태풍의 수가 감소하고 있다는 것을 의미한다. 따라서 빈도수 관점에서는 태풍에 의한 육상의 기상재해와 연근해 및 항만 등에서의 해양사고 가능성은 감소할 것으로 추정된다.

그리고 전향하는 태풍은 특히 8-10월에 많고, 7-10월에 전향하는 태풍의 수는 전체 전향 태풍의 71%를 차지한다는 통계적인 결과는 기상재해 및 해양사고 예방 및 최소화 대응 관점에서 중요한 의미를 가진다. 난후기(暖候期)에 전향하는 태풍이 다수를 차지하는 것은 북태평양 고기압의 영향 때문이다.

북태평양에서 발생하고 전향한 태풍의 수명은 5일과 7일이 가장 많았고 평균 수명은 6.8일이었다. 평균 수명 6.8일은 전향, 비전향을 모두 포함하는 태풍의 평균 수명보다 다소 긴 값으로 전향하는 태풍에 의한 영향이 보다 길게 지속된다는 의미를 가진다. 이는 태풍이 보다 장시간 대양상을 이동한다는 의미로 항해하는 선박의 입장에서 지속적으로 경계를 해야 할 필요성이 있다.

전향 태풍의 대부분(72%)은 열대저압부가 태풍으로 발달한 후 5일 이내에 전향한다. 따라서 태풍의 전향 시점을 예측할 때에 하나의 자료로 참고할 만하다. 전향 태풍은 대부분 북위 20-34도, 동경 120-139도의 위도대 및 경도대에서 전향하는 특성을 보인다. 평균 전향 위도 및 경도는 각각 북위 25도, 동경 135도이다.

전향하는 태풍은 공통적으로 포물선 형태의 이동 경로를 보이고 전향 후에는 이동 속도가 빨라진다. 그리고 태풍의 세력이 가장 강한 피크기는 전향 전에 나타나는 특성을 보인다. 전향 후에는 태풍 일생의 단계 중에서 세력이 약화되는 쇠약기에 접어든다. 전향 태풍은 전향 전부터 전향 시기에 걸쳐 최대 강도를 보이므로 선박은 이 시기에 특히 태풍의 중심에서 멀어지도록 피항 조치하여야 한다.

태풍은 선박의 안전 운항에 직접적인 영향을 미친다. 선박의 항해자들은 위에서 정리한 태풍의 전향 특성을 충분히 인식하면서 현재 영향을 미치고 있는 태풍 개개의 성질을 정확히 파악하여 대비함으로써 안전 우선의 항해를 하여야 한다. 최근, 지구 온난화에 동반하여 태풍의 발생 수는 미미하게 감소하고 있으나 이전보다 더 강력한 태풍의 출현이 현실화 되고 있어 이에 대한 각별한 주의 및 대응이 요구된다.

References

- [1] Bengtsson, L., M. Botzet and M. Esch(1996), Will greenhouse gas-induced warming over the next 50 years lead to higher frequency and greater intensity of hurricanes?, *Tellus*, 48A, pp. 57-73.
- [2] Fukuchi, A.(1997), *Ocean Meteorology Class*, Seizantou press, pp. 130-132.
- [3] Haarsma, R. J., J. F. B. Mitchell and C. A. Senior(1993), Tropical disturbances in a GCM, *Climate Dyn.*, 8, pp. 247-257.
- [4] Knutson, T. R., R. E. Tuleya and Y. Kurihara(1998), Simulated increase of hurricane intensities in a CO₂-warmed climate, *Science*, 279, pp. 1018-1020.
- [5] Min, B. E.(1986), *Maritime Meteorology*, Sejong press, p. 298.
- [6] Murayama, K.(2006), *Introduction of Typhoon*, Mountain and Valley press, pp. 51-58.
- [7] Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki and A. Noda(2006), Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses, *J. Meteor. Soc., Japan*, 84, pp. 259-276.
- [8] Seol, D. I.(2010), Global warming and trends of typhoon variation, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 34, No. 6, pp. 453-458.
- [9] Seol, D. I.(2013), *Maritime Meteorology*, Dasom press, pp. 280-281.
- [10] Seol, D. I.(2014), Analytical study on the peak Stage of typhoons, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 38, No. 6, pp. 695-700.
- [11] Sugi, M., A. Noda and N. Sato(1997), Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: An experiment with the JMA global model, *WMO/TD-No. 792*, 7.69-7.70.

- [12] Sugi, M., A. Noda and N. Sato(2002), Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: An experiment with the JMA global model, J. Meteor. Soc., Japan, 80, pp. 249-272.

Received : 2014. 11. 18.

Revised : 2015. 02. 11. (1st)

: 2015. 03. 11. (2nd)

Accepted : 2015. 04. 27.