

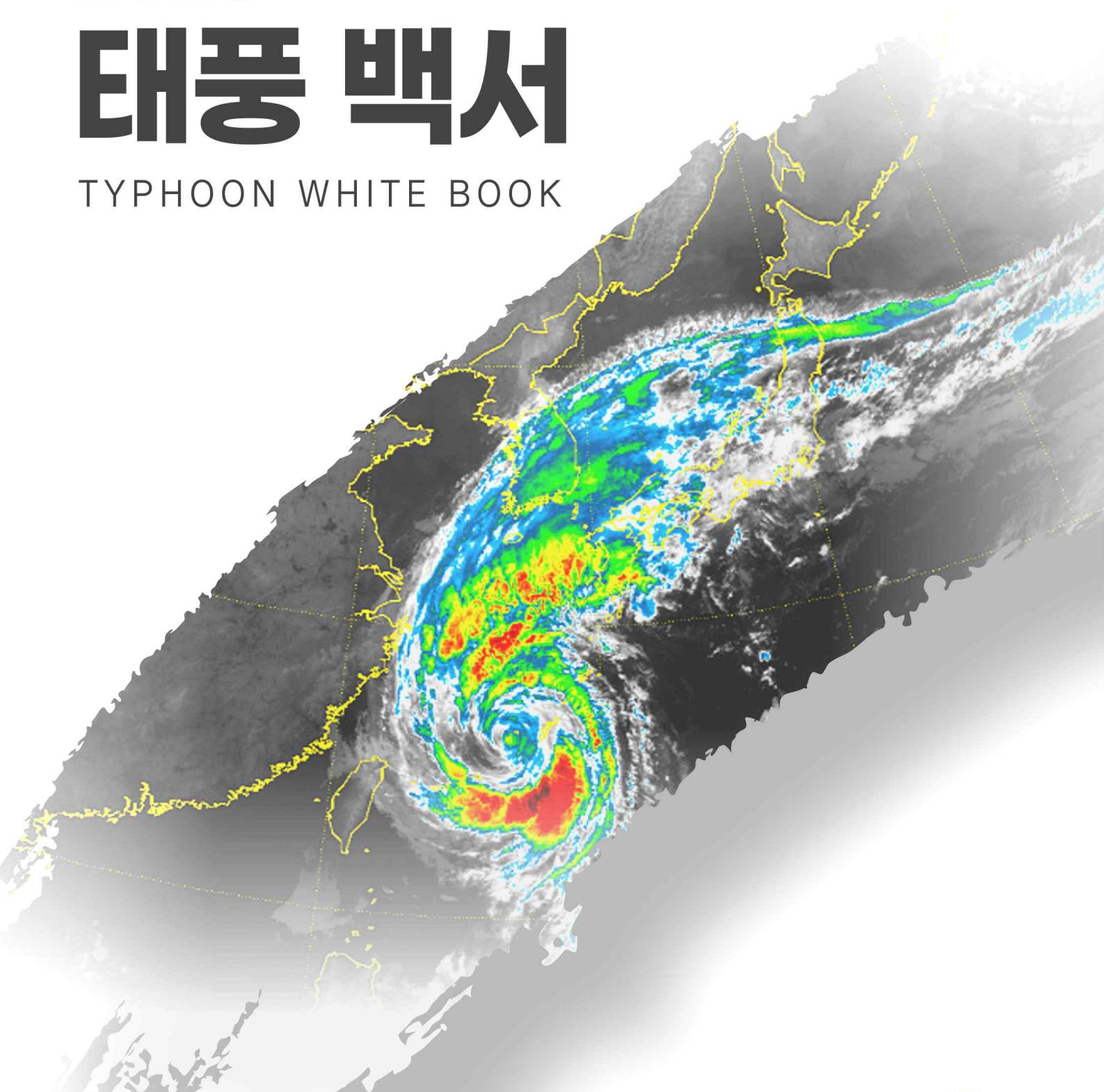
발간등록번호

11-1360000-100141-01

2025

태풍 백서

TYPHOON WHITE BOOK



기상청

태 풍 백 서

TYPHOON WHITE BOOK



기상청

Korea Meteorological
Administration

2025

기 상 청



목 차

제 1 장 태풍이란 무엇인가?	1
1.1. 태풍의 정의	2
1.2. 태풍의 발생 조건	6
1.3. 태풍의 구조	21
1.4. 태풍의 생애와 이동 경로	29
1.5 태풍의 이름 지정 및 순환 방식	38
제 2 장 우리나라의 태풍 통계	45
2.1. 서론	46
2.2. 내습빈도	49
2.3. 최대강도 순위	50
2.4. 인명 및 재산피해 순위	60
2.5. 최대강수량 및 최대순간풍속 순위	64
2.6. 주요 태풍 사례 분석	68
제 3 장 기후변화와 인공지능시대의 태풍	99
3.1. 기후변화에 따른 태풍 특성 미래 전망	100
3.2. 인공지능 기반 태풍 예측의 현황과 발전 전망	112
참고문헌	130

부록 1 태풍 통계자료	143
1.1. 태풍일람표	144
1.2. 1951~2024년 북서태평양 태풍 발생 수	152
1.3. 특이태풍 사례	155
1.4. 1951~2024년 영향태풍 통계(ASOS 자료)	167
1.5. 우리나라에 영향을 미친 태풍 경로도	171
부록 2 태풍 예보 업무 변천사	173
2.1. 국가태풍센터의 설립	174
2.2. 태풍현업시스템 구축	175
2.3. 태풍특보	178
2.4. 국제협력 활동	179



표 목차

표 1.1.1 태풍 발생 위치에 따른 태풍 이름 및 발생 시기	3
표 1.1.2 우리나라(WMO 기준) 태풍 구분	4
표 1.1.3 기상청 태풍 강도 분류	4
표 1.1.4 미국 기관별 태풍 강도 분류	5
표 1.1.5 기상청 태풍 크기 분류	6
표 1.2.1 태풍 발생에 영향을 미치는 대규모 대기-해양 환경조건	7
표 1.2.2 1951~2024년 태풍 계절(7~10월) 엘니뇨/라니냐/중립 시기, 북서태평양에서 발생한 태풍 특성	20
표 1.2.3 1951~2024년 태풍 계절(7~10월) 엘니뇨/라니냐/중립 시기, 영향태풍 발생 특성	20
표 1.5.1 태풍 이름을 제안하는 ESCAP/WMO 태풍위원회 회원국	39
표 1.5.2 북서태평양 태풍 이름(2025.3.10. 기준)	40
표 2.1.1 1951~2024년 북서태평양의 기관별 태풍 자료 통합	47
표 2.1.2 우리나라 영향태풍에 의한 강수량 및 풍속 자료	48
표 2.1.3 인명 및 재산피해 산정을 위한 이용 자료	48
표 2.2.1 1951~2024년까지 발생한 전체 태풍 및 영향 태풍의 개수	49
표 2.3.1 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1951~2024년) ...	51
표 2.3.2 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1977~2024년) ...	53
표 2.3.3 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(최대풍속 기준: 1977~2024년) ...	54
표 2.3.4 우리나라 영향기간 내 태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1951~2024년)	56
표 2.3.5 우리나라 영향기간 내 태풍 최대강도 순위(최대풍속 기준: 1977~2024년)	58

표 2.4.1 1951~2023년 영향태풍에 의한 재산피해 순위	61
표 2.4.2 1951~2023년 영향태풍에 의한 인명피해 순위	62
표 2.4.3 1979~2023년 전체 자연재해 피해액 대비 태풍 피해액의 비율	63
표 2.5.1 1951~2024년 영향태풍에 의한 일강수량 순위	64
표 2.5.2 1951~2024년 영향태풍에 의한 영향기간 누적강수량 순위	65
표 2.5.3 1951~2024년 영향태풍에 의한 최대순간풍속 순위	67
표 2.6.1 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위	71
표 2.6.2 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	71
표 2.6.3 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	71
표 2.6.4 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위	75
표 2.6.5 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	75
표 2.6.6 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	75
표 2.6.7 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위	78
표 2.6.8 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	78
표 2.6.9 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	79
표 2.6.10 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위 ...	81

표 2.6.11 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	82
표 2.6.12 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	82
표 2.6.13 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위	85
표 2.6.14 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	86
표 2.6.15 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	86
표 2.6.16 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위 ...	89
표 2.6.17 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	90
표 2.6.18 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	90
표 2.6.19 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위 ...	93
표 2.6.20 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	93
표 2.6.21 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소 (ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	93
표 2.6.22 2023년 제6호 태풍 카눈의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위	96
표 2.6.23 2023년 제6호 태풍 카눈의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위	97

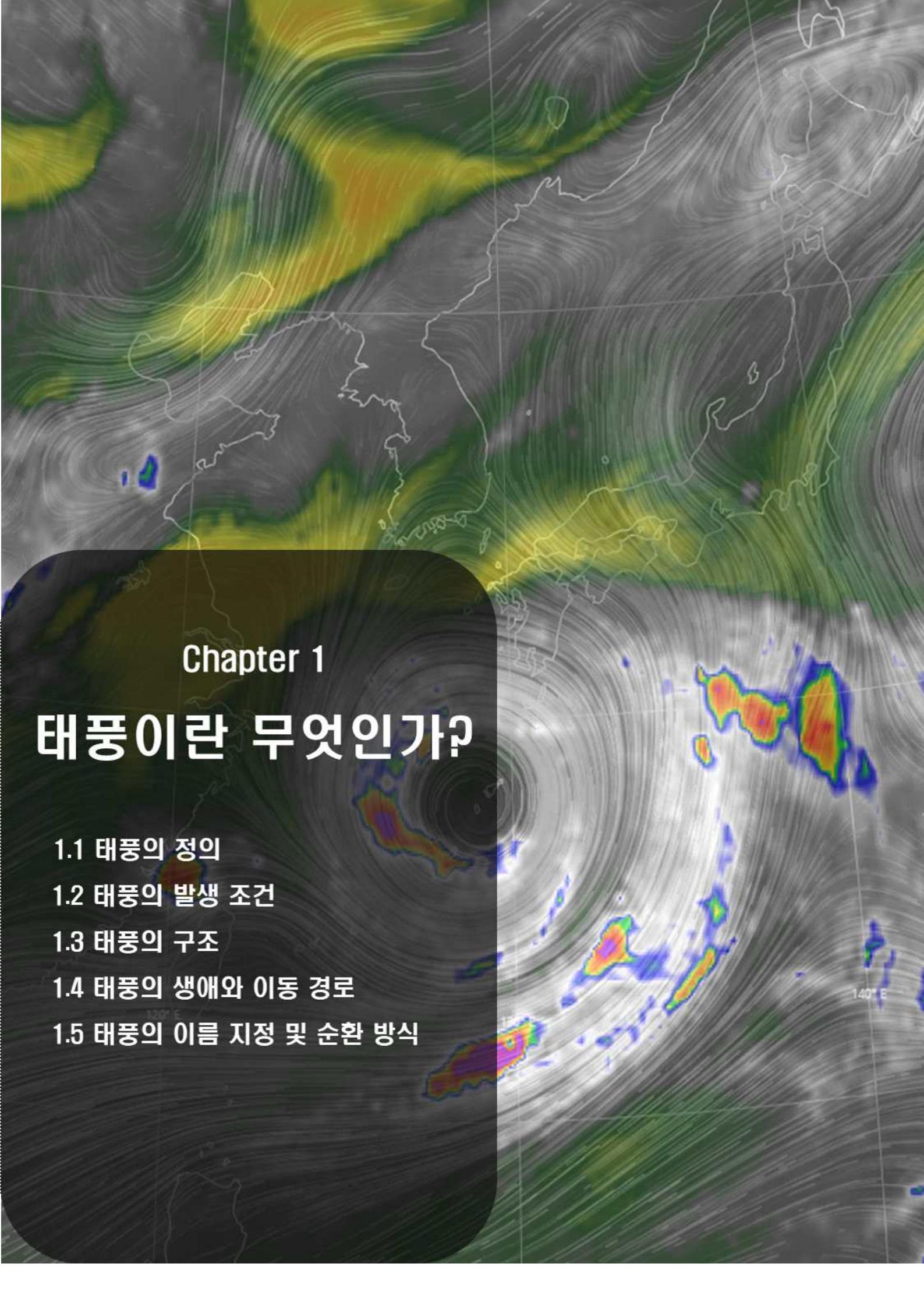
표 2.6.24 2023년 제6호 태풍 카누의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위	97
표 3.1.1 기후변화 시나리오 분석에 사용한 CMIP6 참여모델	101
표 3.1.2 IPCC 6차 평가보고서 기반 주요 기후변화 시나리오	102
표 3.1.3 각 시나리오별 과거 기후(historical) 대비 태풍 활동 변화	103
표 3.2.1 GraphCast의 기술적 사양 및 특징	116
표 3.2.2 Aurora의 기술적 사양 및 특징	120
표 3.2.3 Pangu-Weather의 기술적 사양 및 특징	122
표 3.2.4 FuXi 2.0의 기술적 사양 및 특징	124



그림 목차

그림 1.1.1 전지구 주요 태풍 발생 지역	3
그림 1.2.1 북서태평양 몬순 기압골 지역	11
그림 1.2.2 몬순 자이어가 태풍 형성과정에서 최대강도에 도달해 가는 과정	13
그림 1.2.3 MJO의 대규모 바람 구조 모식도	14
그림 1.2.4 여름철 200hPa 속도 포텐셜 아노말리 합성도	16
그림 1.2.5 열대 태평양 엘니뇨/라니냐 감시구역	17
그림 1.2.6 엘니뇨(a)와 라니냐(b) 시기, 북서태평양 상대와도	18
그림 1.2.7 1951~2024년 태풍 계절(7~10월)의 엘니뇨(붉은색)/라니냐(파란색)/ 중립(검은색) 시기 북서태평양(a) 및 우리나라 영향태풍(b) 발생 위치 ..	19
그림 1.3.1 태풍의 연직 구조 단면의 개념 모식도	22
그림 1.3.2 태풍의 눈(a), 눈벽(b), 나선형 구름대(c), 상층 권운 덮개(d)의 위성 영상 이미지	22
그림 1.3.3 태풍의 위험반원과 가항반원	25
그림 1.3.4 태풍의 접선 바람과 반경 바람의 모식도	26
그림 1.3.5 2002년 제5호 태풍 라마순(RAMMASUN)의 최대풍속반경(RMW, Radius of Maximum Wind)과 34knot 바람(R34)의 개략도	27
그림 1.3.6 북반구 태풍의 레이더 반사도 패턴에 대한 모식도	28
그림 1.4.1 카르노 엔진 모델(Emanuel, 1988)에서의 태풍 에너지 순환과정 ..	31
그림 1.4.2 태풍 전향 모식도	33
그림 1.4.3 태풍에 의한 ‘cold wake’ (냉수 흔적)의 모식도	35
그림 1.4.4 베타효과와 비선형효과(지향류)에 의한 저위도에서 북서진하는 태풍 모식도	37
그림 1.4.5 베타효과에 의한 저기압성 회전(태풍)의 북서진 모식도	37

그림 1.4.6 북태평양고기압 변화에 따른 태풍 진로	38
그림 2.2.1 1951~2024년 우리나라에 영향을 미친 영향태풍의 월별 분포도	50
그림 2.6.1 2002년 제15호 태풍 루사의 경로도	69
그림 2.6.2 2003년 제14호 태풍 매미의 경로도	73
그림 2.6.3 2007년 제11호 태풍 나리의 경로도	77
그림 2.6.4 2012년 제15호 태풍 불라벤의 경로도	80
그림 2.6.5 2016년 제18호 태풍 차바의 경로도	84
그림 2.6.6 2020년 제10호 태풍 하이선의 경로도	88
그림 2.6.7 2022년 제11호 태풍 힌남노의 경로도	91
그림 2.6.8 2023년 제6호 태풍 카눈의 경로도	95
그림 3.1.1 과거 기후(1881~1990년) 대비 현재 및 미래 태풍 발생 밀도 차이 및 발생 확률	104
그림 3.1.2 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍 강도 변화 분포	106
그림 3.1.3 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍의 최저 이동속도 차이 분포 및 확률	108
그림 3.1.4 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍 소멸 위치의 밀도 차이 분포 및 확률	110
그림 3.2.1 ECMWF의 AIFS 개념도	114
그림 3.2.2 GraphCast의 사이클론 이동 예측 성능 평가	117
그림 3.2.3 GenCast의 2019년 태풍 하기비스(Hagibis)의 경로 예측 자료	118
그림 3.2.4 Aurora의 2023년 태풍 독수리(Doksuri)의 경로 예측 자료	121
그림 3.2.5 Pangu-Weather와 ECMWF-HRES의 태풍 경로 예측 비교	123
그림 3.2.6 FuXi 2.0, FuXi 1.0, ECMWF-HRES의 태풍 예측 성능 비교를 위해 경로, 평균 해면기압, 10m 풍속에 대한 MAE, RMSE 값의 비교	125
그림 3.2.7 2019년 태풍 간무리(Kammuri)에 대한 Hybrid CNNs-based forecasting과 KMA-based forecasting의 강도 예측 비교	127



Chapter 1

태풍이란 무엇인가?

- 1.1 태풍의 정의
- 1.2 태풍의 발생 조건
- 1.3 태풍의 구조
- 1.4 태풍의 생애와 이동 경로
- 1.5 태풍의 이름 지정 및 순환 방식

1.1 태풍의 정의

태풍은 지구상에서 가장 강력하고 파괴적인 자연재해 중 하나로, 생태계와 인류 사회에 막대한 피해를 초래한다. 동시에 태풍은 단지 한 지역의 기상현상에 그치지 않고, 전 지구적인 열·수증기·질량 순환에 핵심적인 기여를 하고 있다. 태풍은 대기-해양 상호작용의 결과로 나타나는 저기압성 대기 현상이며, 해수면에서 공급되는 열과 수증기를 이용하여 에너지를 생성한다. 특히 해수면 온도(SST, Sea Surface Temperature)가 26.5°C 이상일 때 발생 가능성이 높아지며, 28°C 이상이면 태풍 발생의 열역학적 조건이 충분하게 된다(Graham and Barnett, 1987).

태풍은 고도로 조직화된 대류 시스템으로, 반시계 방향으로 회전(북반구 기준)하며 뚜렷한 구조적 특징을 지닌다. 중심에는 눈(eye)이라 불리는 영역이 존재하며, 이곳은 상대적으로 약한 풍속과 맑은 날씨를 보인다. 눈을 둘러싼 눈벽(eyewall)은 태풍 내에서 가장 강한 상승류와 최대풍속이 집중된 지역으로, 극심한 강수와 돌풍을 동반한다. 그 외곽에는 태풍 중심을 향해 나선형으로 배열된 비구름대(spiral rainbands)가 형성되며, 강수와 돌풍을 수반한 간헐적 대류 구역으로 구성된다. 이러한 전체 구조는 중심부의 강한 대류 및 잠열 방출과 연계되어 태풍의 유지와 강화에 필수적인 동역학적 특성을 나타낸다(제1장 3절 태풍의 구조 참조).

태풍은 발생 해역에 따라 각기 다른 이름으로 불린다. 북서태평양에서는 ‘태풍(typhoon)’, 대서양과 동태평양은 ‘허리케인(hurricane)’, 인도양과 남반구에서는 ‘사이클론(cyclone)’이라고 부른다. 또한 태풍은 전향력(coriolis force) 효과가 미미한 남북위 5° 이내에서는 거의 발생하지 않으며, 우리나라에 영향을 미치는 태풍은 주로 5~10월 사이에 발생한다. 태풍이 주로 발생하는 지역은 다음과 같다(표 1.1.1; 그림 1.1.1):

표 1.1.1 태풍 발생 위치에 따른 태풍 이름 및 발생 시기[출처: 기상청 날씨누리]

태풍 이름	태풍	허리케인	사이클론
해역	북서태평양	대서양, 동태평양	인도양, 남반구
발생위치	북태평양 동경 180° 서쪽 ~ 남중국해	- 북대서양 서부 - 서인도제도 부근 - 북태평양 동부 - 멕시코 앞바다	- 인도양 남부(마다가스카르 에서 동경 90°까지 및 오스트레일리아 북서부) - 벵골만과 아라비아 해
발생시기	7~10월	7~10월	4~6월, 9~12월

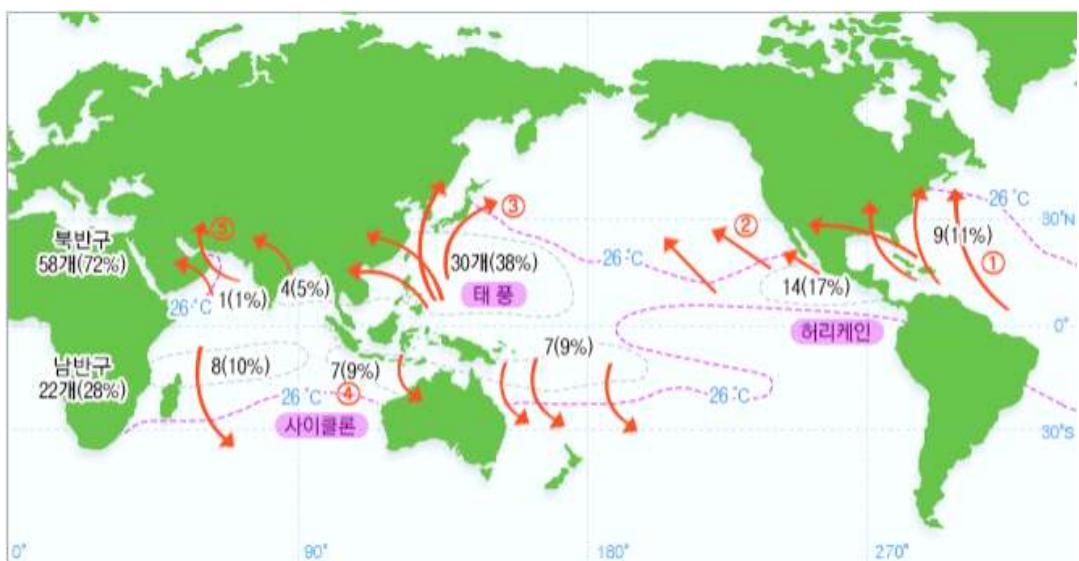


그림 1.1.1 전지구 주요 태풍 발생 지역 [출처: 기상청 날씨누리]

세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization)는 열대저기압 중에서 중심 부근의 최대풍속에 따라 태풍을 분류한다(표 1.1.2). 우리나라와 일본은 10분 평균풍속을 기준으로 태풍 중심 부근의 최대풍속이 17m/s 미만인 것을 열대저압부(TD, Tropical Depression)로 부르고, 최대풍속이 17m/s 이상인 열대저기압 모두를 태풍이라고 부른다.

우리나라는 태풍 강도에 따라 ‘강도 1’, ‘강도 2’, ‘강도 3’, ‘강도 4’, ‘강도 5’로 분류하고 있다(표 1.1.3; 기상청 날씨누리).

표 1.1.2 우리나라(WMO 기준) 태풍 구분

중심 최대풍속	세계기상기구(WMO)	한국 / 일본	
17m/s 미만 (34knot 미만)	열대저압부(TD: Tropical Depression)	TD	열대저압부
17~24m/s (34~47knot)	열대폭풍(TS: Tropical Storm)	TS	
25~32m/s (48~63knot)	강한 열대폭풍(STS: Severe Tropical Storm)	STS	태풍
33m/s 이상 (64knot 이상)	태풍(TY: Typhoon)	TY	

※ 최대풍속: 10분 평균풍속, 1m/s ≈ 1.94knot

표 1.1.3 기상청 태풍 강도 분류[출처: 기상청]

구분	최대풍속
강도 1	17m/s (34knot, 61km/h) 이상 ~ 25m/s (48knot, 90km/h) 미만
강도 2	25m/s (48knot, 90km/h) 이상 ~ 33m/s (64knot, 119km/h) 미만
강도 3	33m/s (64knot, 119km/h) 이상 ~ 44m/s (85knot, 158km/h) 미만
강도 4	44m/s (85knot, 158km/h) 이상 ~ 54m/s (105knot, 194km/h) 미만
강도 5	54m/s (105knot, 194km/h) 이상

참고로 미국은 태풍 강도 구분에 1분 평균풍속을 이용하며, 관련 기관에 따라 강도 분류를 각각 다르게 하고 있다(표 1.1.4). 미국 합동태풍경보센터(JTWC, Joint Typhoon Warning Center)는 최대풍속에 따라 ‘TD(Tropical Depression)’ , ‘TS(Tropical Storm)’ , ‘TY(Typhoon)’ , ‘ST(Super Typhoon)’로 분류하며, 미국 국립 허리케인센터(NHC, National Hurricane Center)와 미국 중태평양 허리케인센터(CPHC, Central Pacific Hurricane Center)는 ‘TD’ , ‘TS’ 및 Saffir-Simson 허리케인 분류의 ‘Category 1~5’로 각각 분류하며, TS급 이상부터 태풍으로 간주한다.

표 1.1.4 미국 기관별 태풍 강도 분류

미국 ¹⁾			
기관		기관	
JTWC		NHC, CPHC	
최대풍속[knot]	분류	최대풍속[knot]	분류
< 34	Tropical Depression (TD)	< 34	Tropical Depression (TD)
34~63	Tropical Storm (TS)	34~63	Tropical Storm (TS)
64~129	Typhoon (TY)	64~82	Hurricane Category 1
		83~95	Hurricane Category 2
		96~112	Hurricane Category 3
		113~136	Hurricane Category 4
		≥ 137	Hurricane Category 5
※ 최대풍속: 1분 평균풍속			

2020년 5월 15일 이전, 기상청은 풍속 15m/s 이상의 강풍이 나타나는 반경을 기준으로 ‘소형’, ‘중형’, ‘대형’, ‘초대형’으로 구분하였다. 그러나 ‘소형’ 태풍이라도 강도는 매우 강할 수 있어, 태풍의 크기로 인한 위험성을 과소평가할 수 있다는 지적이 있었다. 따라서 2020년 5월 15일 이후부터는 태풍의 크기를 강풍반경과 폭풍반경으로 정량화한 정보로 대체하여 발표하고 있다. 강풍반경과 폭풍반경은 각각 태풍 중심으로부터 풍속 15m/s, 25m/s 이상의 바람이 부는 반경(km)으로 정의한다(표 1.1.5).

1) * Hurricane Category: Saffir-Simpson Hurricane wind scale 분류 기준

* JTWC: Joint Typhoon Warning Center (미국 합동태풍경보센터)

* NHC: National Hurricane Center (미국 국립 허리케인센터)

* CPHC: Central Pacific Hurricane Center (미국 중태평양 허리케인센터)

* Hurricane Category: Saffir-Simpson Hurricane wind scale 분류 기준

표 1.1.5 기상청 태풍 크기 분류

2020.5.15. 이전

단계	강풍반경(풍속 15m/s 이상의 반경)
소형(Small)	300km 미만
중형(Medium)	300km 이상 ~ 500km 미만
대형(Large)	500km 이상 ~ 800km 미만
초대형(Extra-large)	800km 이상

2020.5.15. 이후

구분	정의
강풍반경	태풍 중심으로부터 풍속 15m/s 이상의 바람이 부는 반경(km)
폭풍반경	태풍 중심으로부터 풍속 25m/s 이상의 바람이 부는 반경(km)

1.2 태풍의 발생 조건

1.2.1 태풍 발생 과정

열대저기압이 태풍으로 발달하기 위해서는 일련의 조직화 및 환경적 변화가 필요하다. 태풍의 정의는 열대저기압의 중심 최대풍속이 17m/s 이상에 도달했을 때로, 태풍으로 발달할 수 있는 잠재성을 가진 열대 요란은 해마다 수없이 생성되지만, 이 중 극히 일부만이 태풍으로 발전 한다(Ritchie and Holland, 1999). 이는 열대 요란이 태풍으로 발달하기 위해서는 다양한 시간적, 공간적 인자들이 조직화 과정에서 서로 영향을 미쳐야 하기 때문이다(Houze et al., 2009; Park et al., 2015).

태풍 발생은 먼저 따뜻한 해수면에서 대류운이 반복적으로 발생하고, 이 대류에서 수증기 응결 시 방출되는 잠열로 중심부 온도가 주변보다 따뜻한 온난핵이 형성·유지되는 과정에서 시작된다. 동시에 대류권 하층의 소용돌이가 강화되고 해상풍이 강해지면서 해수면으로부터 열과 수증기

공급이 증가해 더 강한 대류를 유도하고, 이 대류는 난기가 흩어지지 않도록 묶어주는 역할을 한다. 이렇게 강화된 소용돌이와 조직화된 대류·온난핵은 서로를 더욱 증폭시키는 양의 되먹임(feedback)을 통해 순환이 수평 방향으로 확장되고 적란운 무리가 중규모 대류시스템 규모로 성장하면서 비로소 열대 요란이 태풍 규모의 소용돌이로 발달하게 된다.

1.2.2 태풍 발생의 대기-해양 환경조건

태풍 발생을 위해서는 여러 열역학적 및 역학적 환경조건이 충족되어야 하며, Gray(1968)는 이를 총 6가지로 분류하였다(표 1.2.1). 먼저 열역학적 조건은 대기에서 발생하는 열적, 수증기적 환경을 말하며 열에너지와 대기 불안정을 공급한다. 역학적 조건은 대기 흐름과 관련된 물리적 환경 조건으로 태풍의 회전과 상승을 가능하게 하는 전향력과 관련된 요소들이다. 이러한 조건들은 국지적이고 변동성이 클 수 있는 특성을 가진다.

표 1.2.1 태풍 발생에 영향을 미치는 대규모 대기-해양 환경조건

분류	발생조건	참고문헌
열역학적 조건		
(1) 해수면 온도(SST)	<ul style="list-style-type: none"> · 26.5°C 이상의 따뜻한 해수 · 약 60m 깊이까지 분포하는 해수면 혼합층 	<ul style="list-style-type: none"> - Gray(1968) - McBride(1995)
(2) 상대습도(RH)	· 대류권 중층(600~700hPa)의 높은 상대습도	- Fu et al.(2012)
(3) 대류 불안정성	· 대류권 전 층에 걸친 대류 불안정성	- McBride and Zehr(1981)
역학적 조건		
(4) 양의 상대와도	· 대류권 하층에서 강한 양의 상대와도가 존재	- McBride and Zehr(1981)
(5) 연직 바람 시어	· 약한 연직 바람 시어	- McBride and Zehr(1981)
(6) 적도에서의 위치	· 적도에서 5도(약 500km) 이상 떨어진 위치	- Tory and Frank(2010)

가. 열역학적 조건(Thermodynamic Conditions)

(1) 해수면 온도(SST, Sea Surface Temperature)

태풍 발생을 위해서는 해수면 온도가 26.5°C 이상이어야 한다(Gray,

1968; McBride, 1995). 이 온도는 해수면에서 수증기를 상승시키고, 상승된 수증기는 응결하면서 잠열을 방출하게 된다. 방출된 잠열은 태풍 중심을 온난하게 만들어 중심기압을 낮추고 소용돌이 순환을 강화하여 태풍의 회전을 더욱 증폭시킨다. 또한 해수면 혼합층이 약 60m 이상으로 깊으면, 따뜻한 물이 두꺼운 층으로 쌓여 있어서 태풍이 지나가면서 표층을 식혀도 아래의 따뜻한 물이 계속 보충된다. 그 결과, 태풍이 필요한 열과 수증기 에너지를 오랫동안 안정적으로 공급받을 수 있다(Gray, 1968).

(2) 상대습도(RH, Relative Humidity)

태풍 발생에 중요한 또 하나의 열역학적 조건은 대류권 중층(600~700hPa)에서의 높은 상대습도이다. 상대습도 70% 이상(Fu et al., 2012)은 수증기 응결과 잠열 방출을 통해 대기의 불안정을 증대시키며, 태풍을 형성하는 데 필요한 대류 활동을 자극한다. 특히 80% 이상의 상대 습도는 태풍의 발생을 더욱 촉진시킬 수 있으며, 이는 강력한 대류운의 발달을 돋는다(Fu et al., 2012).

(3) 대류 불안정성(Instability)

대류 불안정은 대기의 하층과 상층 사이의 온도 차이를 의미하며, 이는 대기의 상승 운동을 촉진시킨다. 대기의 수직 불안정성은 수증기의 상승과 함께 열을 방출하고, 이는 태풍 형성에 필요한 강한 대기 상승 운동을 유도한다. 이 조건은 열대저기압에서 태풍으로 발전하는 과정에서 필수 요소이다(Gray, 1975; McBride and Zehr, 1981).

나. 역학적 조건(Dynamical Conditions)

(4) 양의 상대와도(Relative Vorticity)

태풍은 대류권 하층에서 저기압성 순환을 필요로 한다. 즉, 대류권 하층에서 강한 양의 상대와도가 있어야 하며, 이는 저기압성 순환을 유도하여 상승기류를 촉진시킨다. 상대와도가 강할수록 대류운이 강해지며, 이는 태풍의 중심부에서의 기류를 강화시키는 데 중요한 역할을 한다(McBride and Zehr, 1981).

(5) 연직 바람 시어(Vertical Wind Shear)

연직 바람 시어란, 높이(고도)에 따라 바람의 세기나 방향이 달라지는 현상을 의미한다. 연직 바람 시어가 약하면, 대류운이 수직적으로 잘 조직화되고, 이는 태풍의 강력한 발달을 돋는다(McBride and Zehr, 1981). 반대로 연직 바람 시어가 크면, 상층과 하층의 바람이 서로 다르게 흐르게 되어 대류운의 수직적 구조가 붕괴될 수 있다.

(6) 적도에서의 위치

태풍이 발생하려면 적도에서 5도 이상 떨어진 위치에서 발생해야 한다. 이는 태풍 회전에 필요한 유효한 전향력(coriolis force)을 제공하기 때문이다. 전향력은 지구의 자전으로 인해 발생하며, 이는 대기 중에서 기류가 회전하면서 수렴되도록 돋는다. 적도에 가까운 지역에서는 전향력이 약해 태풍 발생이 어려워진다. 따라서 대부분의 태풍은 적도에서 5도 이상의 위도에서 발생한다(Tory and Frank, 2010). 그러나 2001년 북서태평양 제22호 태풍 파사이(FAXAI)나 2004년 북인도양 사이클론 아그니(AGNI)처럼 북위 5° 남쪽 해상에서 발생이 관측된 사례도 있다(Chang et al., 2003; Chambers and Li, 2007).

태풍 발생은 주로 여름과 가을 동안 발생(북반구)하며, 이는 대기-해양 환경조건의 계절적 변화와 밀접하게 관련된다. 해수면 온도는 여름철에 가장 높고, 이는 태풍 발생에 유리한 환경을 제공한다. 또한, 여름철은 대류 불안정과 상대습도가 높아지며, 이는 태풍 발생을 촉진시킨다. 반면, 겨울철에는 해수면 온도가 낮아져 태풍 발생의 휴지기가 발생한다 (McBride and Zehr, 1981; Lee, 1989). 다만, 북서태평양은 해수면 온도가 일년내내 높게 유지되는 유일한 해역으로 계절과 관계없이 태풍이 발생할 수 있다. 특히, 겨울철에도 태풍이 발생하는 예외적인 상황이 발생할 수 있는 지역이다(Lee, 1989).

1.2.3 몬순 환경에 의한 북서태평양 태풍 발생 메커니즘

태풍은 전 세계의 여러 몬순 지역(북서태평양, 인도양, 동태평양, 남태평양)에서 자주 발생한다. 특히, 북서태평양에서 발생하는 태풍의 약 80%는 몬순 환경의 영향을 받는다(Frank, 1988; Harr and Elsberry, 1996). 몬순 환경은 대기와 해양의 상호작용으로 만들어지며, 이 지역 특유의 기상 조건이 태풍 발생에 중요한 역할을 한다. 태풍이 잘 생기는 대표적인 환경은 ① 몬순 기압골(monsoon trough), ② 몬순 합류구역 (monsoon confluence zone), ③ 몬순 자이어(monsoon gyre)이다. 이들은 태풍 형성에 필요한 역학적 및 열역학적 조건을 제공하기 때문에, 이를 파악하는 것은 태풍 발생 메커니즘을 이해하는 데 중요한 요소가 된다.

(1) 몬순 기압골(Monsoon Trough)과 태풍 발생

몬순 기압골은 태풍 발생에 가장 중요한 환경 중 하나이다. 이 기압골이 강하게 형성되면 북반구 여름철 대기 하층에서 반시계방향(그림 1.2.1의 붉은색 음영)의 저기압성 순환이 발달하며, 넓은 지역에 약한 저기압이 형성된다(그림 1.2.1). 이 안에서는 대규모 구름 무리(중규모 대류계; MCS, Mesoscale Convective Systems)가 자주 발생하고, 점차 이 하층의 약한 저기압이 강해지면 태풍으로 발전하게 된다(Feng and Wu, 2022). 실제로 북서태평양 태풍의 약 40~70%가 이런 몬순 기압골 환경에서 만들어 진다는 통계가 있다(Cao et al., 2020).

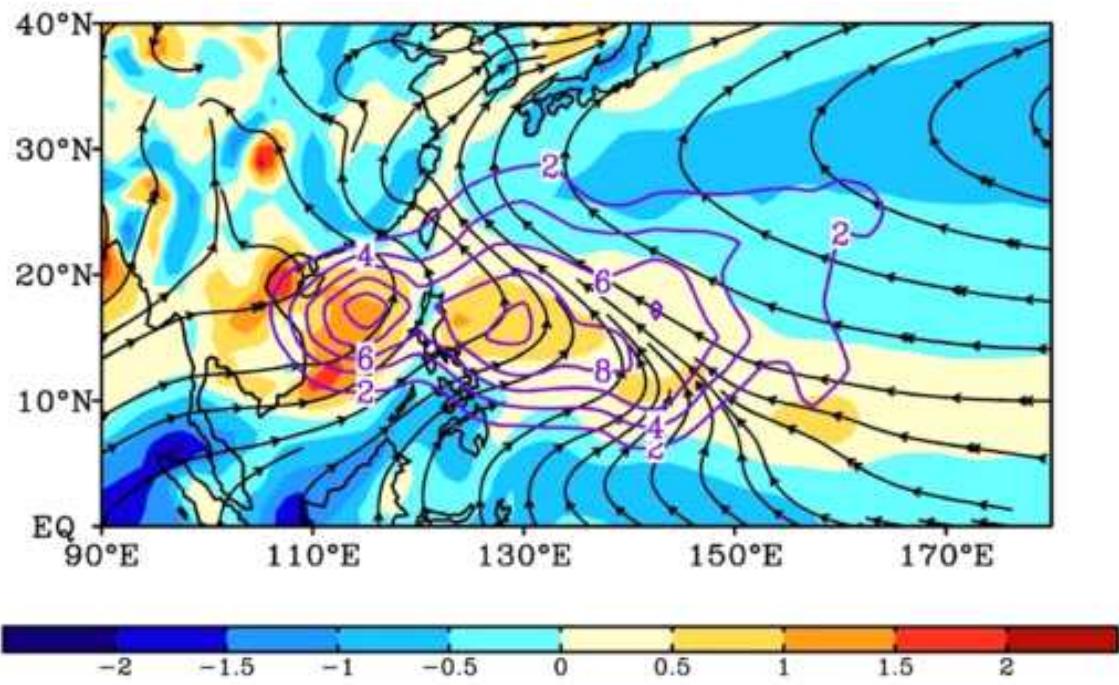


그림 1.2.1 북서태평양 몬순 기압골 지역. 1958~2017년 여름철(7~9월)의 태풍 발생 빈도(실선)와 하층(850hPa) 바람장 및 상대와도(음영; 단위: 10^{-5} s^{-1})를 나타냄[출처: Feng and Wu, 2022]

(2) 몬순 합류구역(Monsoon Confluence Zone)과 태풍 발생

몬순 합류구역은 서쪽에서 불어오는 몬순 서풍과 동쪽에서 불어오는 무역풍이 서로 부딪히는 지역으로 바람이 한곳으로 모이면서 공기가 쉽게 위로 솟아올라 저기압이 강해지기 좋은 환경을 만든다. 공기가 이렇게 수렴·상승하는 바탕 위에 열대 해양을 따라 이동하는 대규모 대기 파동, 특히 로스비파(rossby wave)²⁾ 같은 파동이 겹치면 상승과 소용돌이 흐름이 한층 더 강화된다.

로스비파가 몬순 합류구역 위에 자리 잡으면, 그 파동이 만들어내는 저기압성 순환이 기존의 수렴 구조와 겹치면서 공기가 더 강하게 회전하고, 이 소용돌이가 조직화 되면서 태풍으로 성장하기 쉽다. 이런 이유로 몬순

2) 로스비파는 지구 자전과 전향력 때문에 생기는, 중·고위도 대기에서 나타나는 대규모 파동(대기 속의 아주 큰 물결)이다. 대기 상층에서 제트기류가 크게 굽이치는 형태로 나타나는 모습이 바로 로스비파다. 로스비파가 강해지면 저기압과 고기압이 커지거나 느리게 이동·정체하면서, 넓은 지역의 날씨를 며칠에서 몇 주 동안 바꾸는 역할을 한다.

합류구역에서는 다른 지역보다 태풍 씨앗이 잘 만들어지고, 비교적 짧은 시간 안에 태풍으로 발달하는 경우가 자주 나타난다(Ritchie and Holland, 1999; Chang and Webster, 1990).

(3) 몬순 자이어(Monsoon Gyre)와 태풍 발생

몬순 자이어는 하층 대기 약 850hPa(고도 약 1.5km)에서 나타나는 지름 수천 km에 이르는 커다란 소용돌이다. 넓게 펴진 순환 구조가 약 2~3 주간 유지되며, 이 안에서도 태풍이 생길 수 있다(그림 1.2.2). 하지만 자이어는 흔한 현상이 아니고, 태풍 발생에 필요한 조건(강한 대기 불안정이나 충분한 에너지)을 충분히 제공하지 못하는 경우가 많다. 그래서 몬순 자이어에서 태풍이 생기는 경우는 다른 환경보다 낮은 빈도를 보인다. 그러나 한 번 형성되면 큰 대기 순환을 바꾸어 지역 날씨에 큰 영향을 주기도 한다(Briegel and Frank, 1997; Ritchie and Holland, 1999).

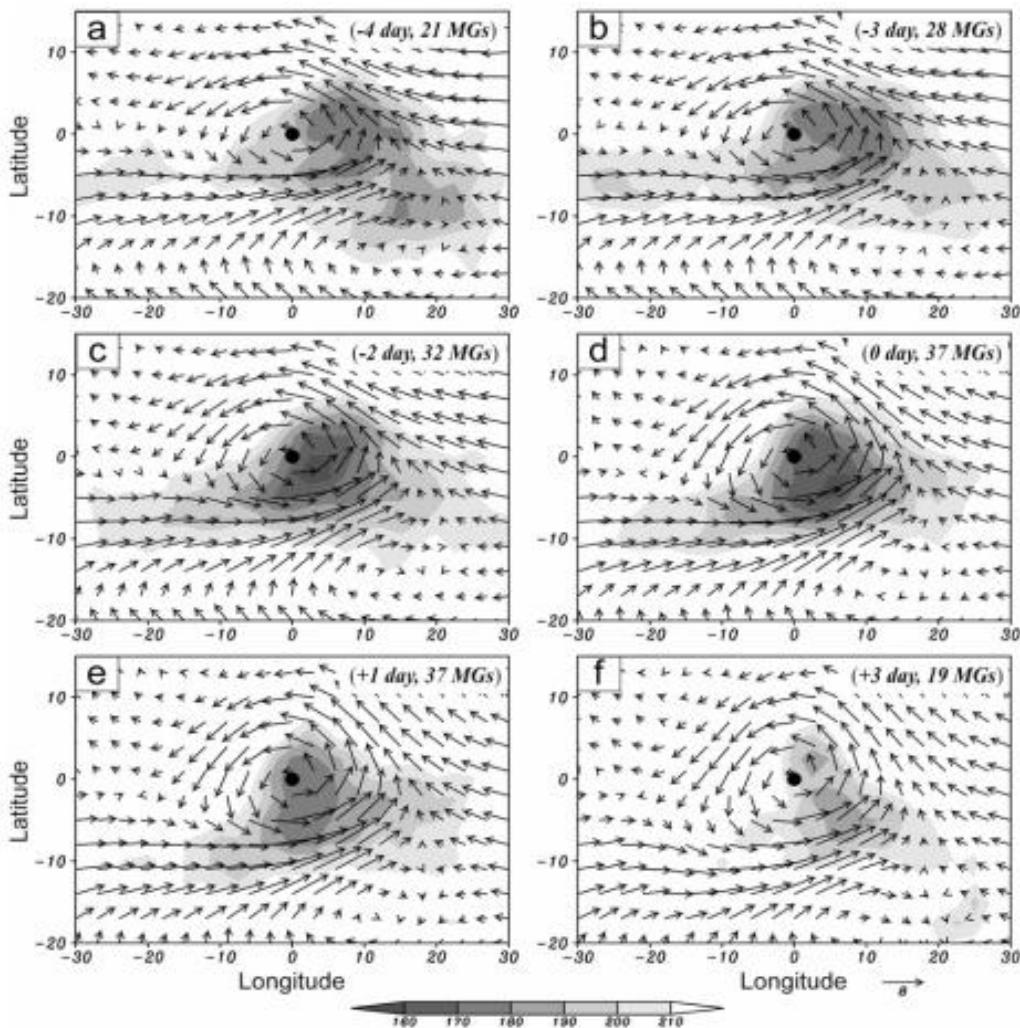


그림 1.2.2 몬순 사이어가 태풍 형성과정에서 최대강도에 도달해 가는 과정. 바람장은 850hPa에서의 10일 low-pass 필터(단위: m/s) 및 음영은 OLR (Outgoing Longwave Radiation; 단위: W/m)을 각각 나타냄[출처: Wu et al., 2013]

1.2.4 태풍 발생에서 열대 파동인 MJO의 역할

북서태평양에서 태풍 발생에 영향을 미치는 주요 열대 파동 중 하나는 매든-줄리안 진동(MJO, Madden-Julian Oscillation)³⁾이다.

3) MJO는 열대 인도양과 서태평양 부근에서 강한 대류와 바람 변화가 동쪽으로 이동하는, 약 30~60일 주기의 대규모 대기 진동 현상이다. 주로 강한 비구름대와 그에 동반된 대기 순환이 행성 규모로 이동하며, 열대 저기압·태풍 발생 가능성과 아시아 몬순, 강수 변동 등에 중요한 영향을 미친다.

MJO는 열대지역의 대규모 대류-순환 현상이며(Madden and Julian, 1972; Maloney and Hartmann, 2000; Higgins and Shi, 2001), 북반구에서 영향을 미치는 시기는 주로 5월에서 11월 사이로 이 시기에 MJO는 열대 해상에서 대류 활동을 강화시키거나 약화시키면서 태풍 발생에 유리하거나 불리한 대기 환경을 형성한다.

MJO가 강한 지역은 하층 바람 수렴이 강화되고, 상층 발산과 결합되어 중규모 기압계(MSC, Mesoscale Convective System)를 발달시켜 초기 저기압성 순환이 태풍으로 발달할 수 있는 환경을 만들게 된다(그림 1.2.3; Liebmann et al., 1994; Zhang, 2005). MJO가 동쪽으로 이동하면, 그에 따라 강한 대류가 일어나는 영역도 인도양에서 서태평양과 중태평양 쪽으로 함께 옮겨 간다. 이 강한 대류 영역의 이동에 맞춰 태풍이 발생하기 좋은 대기 · 해양 조건도 시간과 공간을 따라 동쪽으로 이동하게 된다.

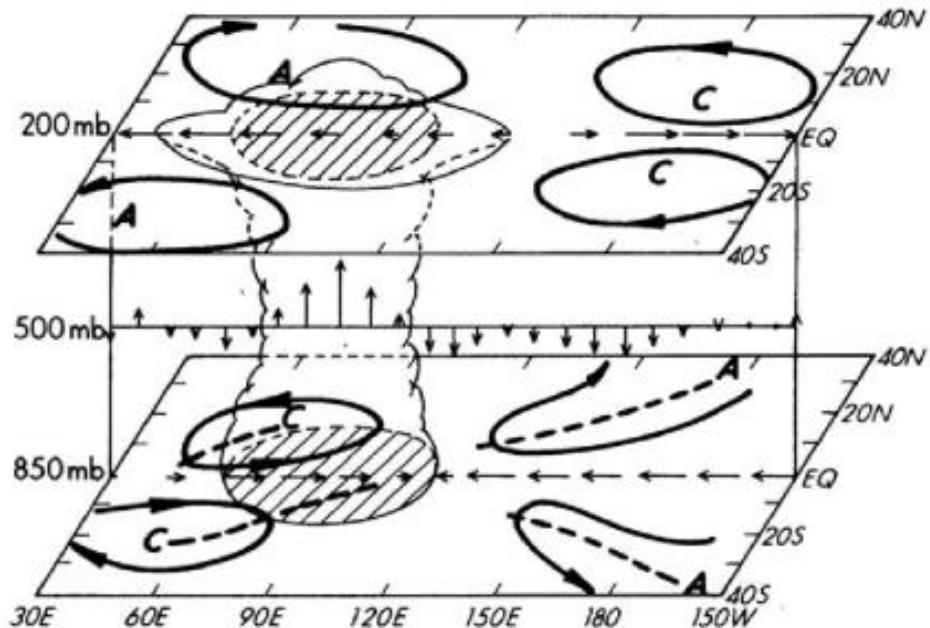


그림 1.2.3 MJO의 대규모 바람 구조 모식도. “A” 와 “C” 는 각각 고기압성 및 저기압 흐름을 나타내며, 화살표는 850hPa와 200hPa에서의 바람 및 500hPa에서의 수직 운동을 나타냄[출처: Rui and Wang, 1990]

이러한 MJO 이동은 태풍 발생 빈도의 지역적 변화를 설명한다. MJO의 강한 대류가 서태평양이나 중태평양에 위치하는 여름철에는 하층 저기압성 순환과 상층 발산이 중첩되어 이 지역에 태풍 발생 확률이 높아진다. 이와 관련된 분석 사례에서(그림 1.2.4), MJO의 동진에 따른 상층 발산(속도 포텐셜⁴⁾ 음의 값; 그림 1.2.4의 녹색 영역) 영역의 이동은 태풍 발생 위치와 밀접한 상관을 보여준다. 상층 발산 구역이 서태평양에 위치할 때는 태풍 발생 빈도가 증가하지만, 동태평양으로 이동하면 서태평양 지역은 상층 수렴에 놓이게 되어 태풍 발생이 감소하는 반면, 동태평양에서는 허리케인 발생 빈도가 증가한다. 이러한 결과는 MJO가 열대 해양에서 대규모 대류-순환 패턴을 조절함으로써 태풍 발생 시공간을 변화시키는 핵심 요인임을 보여준다.

4) 속도 포텐셜은 바람(속도)장을 스칼라 함수 하나로 표현한 양으로, 일반적으로 값이 작은(음의) 영역일수록 상층 발산과 같은 ‘퍼져 나가는’ 흐름이 강한 곳을 가리킨다.

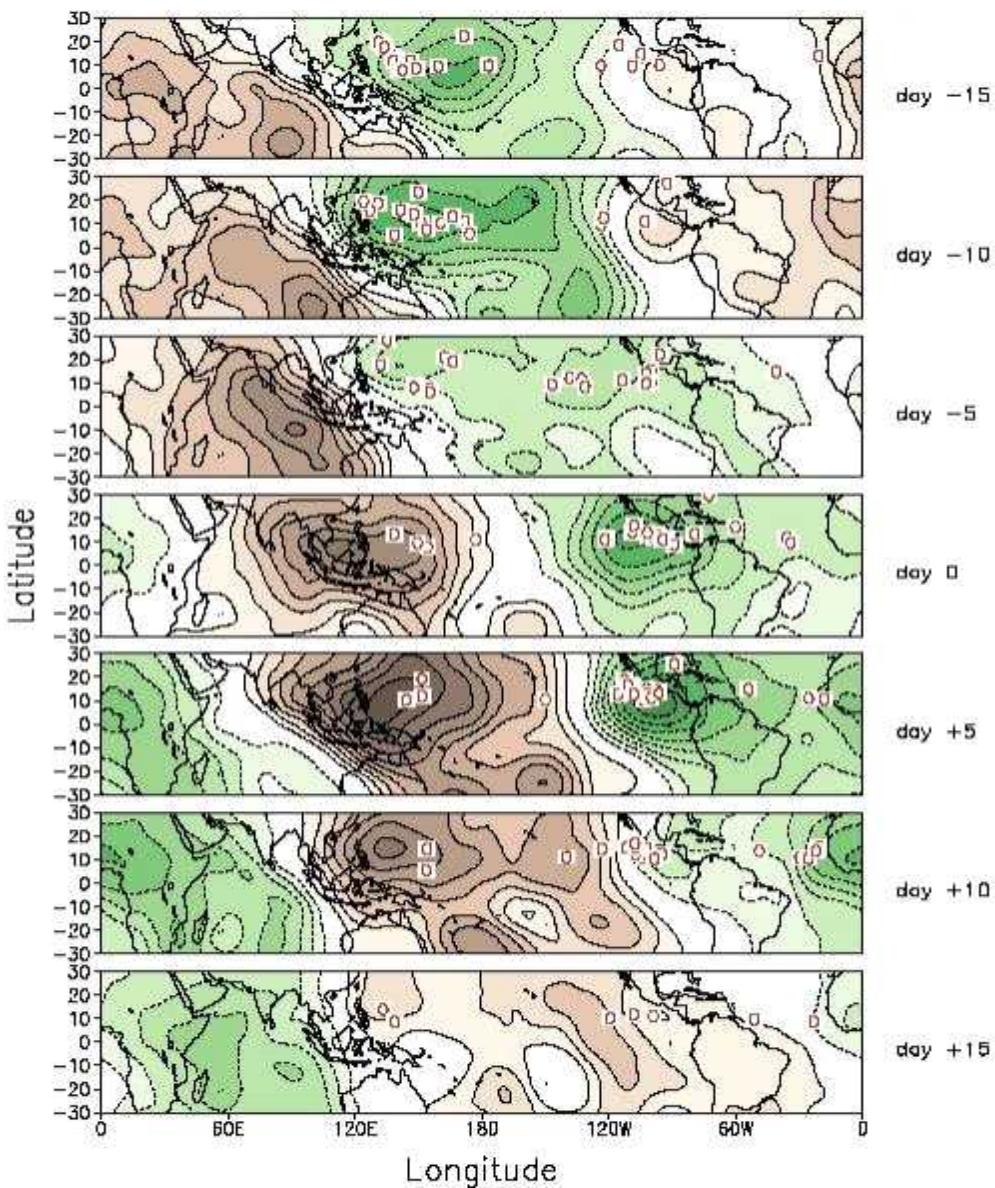


그림 1.2.4 여름철 200hPa 속도 포텐셜 아노말리 합성도(35일간 21개 MJO 이벤트 기반 합성). 음의 값인 녹색 구역은 상층 발산, 양의 값인 갈색 구역은 상층 수렴을 각각 나타냄. 붉은색 “O”는 태풍발생을 의미함[출처: 기상청 예보기술 22호-MJO의 이해와 활용, 2013]

1.2.5 El-Nino(엘니뇨)와 La-Nina(라니냐) Phase 태풍 발생

엘니뇨와 라니냐는 북서태평양 지역의 태풍 발생 위치와 빈도, 강도에 중요한 영향을 미친다(Shi et al., 2024). 엘니뇨/라니냐의 정의는, 열대

태평양 감시구역(Nino3.4) 지역: 5° S- 5° N, 170° W- 120° W; 그림 1.2.5)의 3개월 이동 평균한 해수면 온도 편차가 $+0.5^{\circ}$ C 이상(-0.5° C 이하)으로 5개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐)의 시작으로 정의한다(2016.12.23.부터 적용; http://www.nims.go.kr/?sub_num=1013, 국립기상과학원). 이 두 현상을 엘니뇨-남방진동(ENSO, El Niño-Southern Oscillation)이라고 부른다.

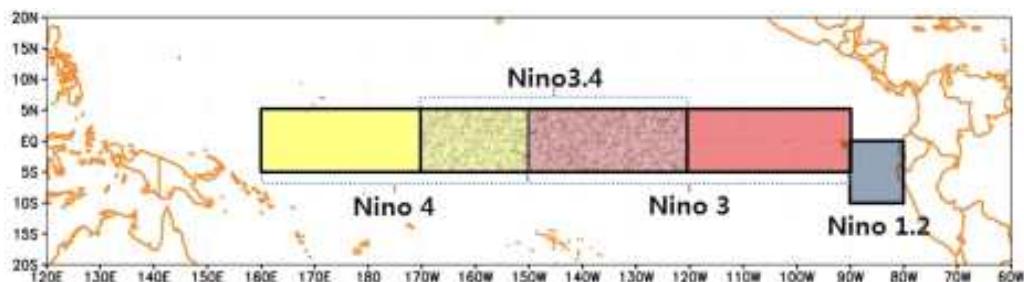


그림 1.2.5 열대 태평양 엘니뇨/라니냐 감시구역[출처: 기상청]

엘니뇨 시기에는 중부와 동태평양의 해수면 온도가 평년보다 높아지면서 북서태평양 남동쪽에 저기압성 순환이 강화된다(그림 1.2.6a; 상대와도의 양의 값 지역(저기압성 흐름)). 이로 인해 태풍 발생 위치가 평년보다 남동쪽으로 이동하고(그림 1.2.6a; 그림 1.2.7의 붉은색 점), 따뜻한 해역에서 태풍이 만들어지기 때문에 태풍의 생애가 길고 강한 경우가 많다. 또한 이 시기에는 상하층의 연직 바람 시어가 약해지고, 태평양 중·동부에서 대류 활동이 활발해지며, 풍부한 수증기와 열이 공급되어 태풍 발생에 유리한 조건이 형성된다(Kim et al., 2022). 따라서 엘니뇨 해에는 태풍의 발생 수는 평년보다 적을 수 있으나(표 1.2.2), 발생하는 태풍은 평균적으로 강도가 크고 우리나라에 영향을 미치는 태풍도 상대적으로 강력하다(표 1.2.3).

반대로 라니냐 시기에는 무역풍이 강화되어 서태평양의 해수면 온도가 평년보다 높아지고 동태평양은 낮아지기 때문에, 서태평양에 넓은 고온 해역이 형성된다(Huang and Xu, 2010). 이로 인해 대류 활동과 수증기 공급이 북서태평양으로 집중되며, 태풍 발생 빈도가

늘어날 뿐만 아니라 발생 위치도 평년보다 서쪽으로 치우쳐 나타난다(그림 1.2.6b; 그림 1.2.7의 푸른색 점). 따라서 태풍의 강도는 엘니뇨 시기보다 약한 경향을 보이지만(표 1.2.2), 우리나라와 같은 동아시아 지역에 접근하는 빈도는 엘니뇨에 비해 오히려 높아질 수 있다(표 1.2.3).

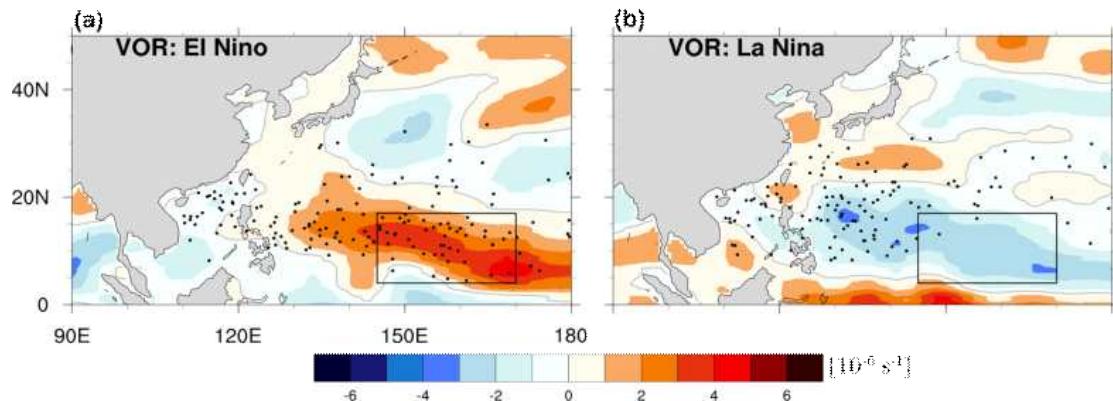


그림 1.2.6 엘니뇨(a)와 라니냐(b) 시기, 북서태평양 상대와도[출처: Kim et al., 2022]

1951년부터 2024년까지 74년 동안, 7월부터 10월 사이 북서태평양에서는 총 1,361개의 태풍이 발생하였으며(표 1.2.2), 이 중 222개(약 16.3%)가 우리나라에 영향을 주었다(표 1.2.3).

엘니뇨 시기에는 북서태평양에서 총 374개의 태풍이 발생했으며, 이 중 59개(15.8%)가 우리나라에 영향을 미쳤다. 이 시기에 북서태평양에서 발생한 태풍 위치는 평년보다 남동쪽으로 치우쳐 나타났으며, 태풍의 최대강도 평균은 풍속 37.9m/s, 중심기압 958.4hPa로 평년(풍속 35.2m/s, 중심기압 963.8hPa)에 비해 강했다(표 1.2.2). 이는 기상청 태풍 강도 분류 기준으로 ‘강도 3’에 해당한다(표 1.1.3 참조).

반면, 라니냐 시기에 북서태평양에서 411개의 태풍이 발생하였고(표 1.2.2), 그중 72개(17.5%)가 우리나라에 영향을 주었다(표 1.2.3). 태풍의 발생 위치가 북서태평양의 북서쪽에 분포하면서 우리나라 접근 빈도가 높았으나, 최대강도 평균은 풍속 32.8m/s, 중심기압 964.3hPa로 엘니뇨 시기보다 다소 약한 경향을 보였다(표 1.2.2). 이는 기상청 분류로 ‘강도 2’ 수준이다.

우리나라에 영향을 준 태풍의 최대발달시점에서 강도는 엘니뇨 시기에 최대 평균풍속이 45.7m/s로 ‘강도 4’에 해당하고, 중심기압은 932.1hPa로 매우 강한 수준을 나타냈다(표 1.2.3). 반면 라니냐 시기의 영향 태풍은 최대 평균풍속 38.6m/s, 중심기압 953.8hPa로, 엘니뇨 및 중립 시기에 비해 상대적으로 약한 경향을 보였다(표 1.2.3).

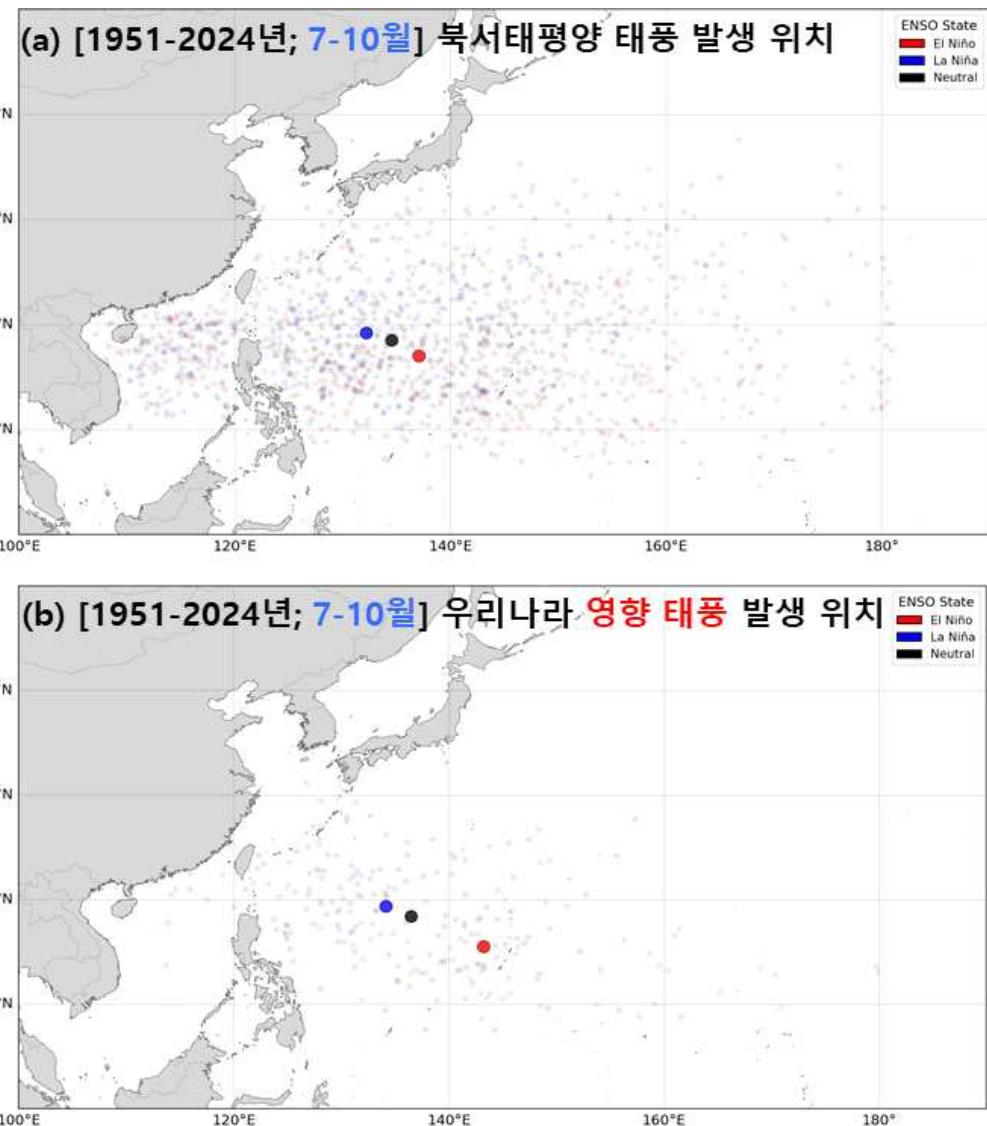


그림 1.2.7 1951~2024년 태풍 계절(7~10월)의 엘니뇨(붉은색)/라니냐(파란색)/중립(검은색) 시기 북서태평양(a) 및 우리나라 영향 태풍(b) 발생 위치. 각 색상의 큰 점은 각 시기의 평균 위치를 나타냄

표 1.2.2 1951~2024년 태풍 계절(7~10월), 엘니뇨/라니냐/중립 시기, 북서태평양에서 발생한 태풍 특성

항목	전체 태풍		El Niño 태풍		Normal 태풍		La Niña 태풍	
발생 개수 합	1,361		374		576		411	
발생 위치 평균[도]	18.3 ±0.3	137.4 ±0.8	17.0 ±0.5	137.1 ±3.7	18.5 ±0.4	134.5 ±2.5	19.2 ±0.5	132.2 ±2.9
태풍 최대강도 평균 (최대풍속; m/s; 1977~2024년)	35.2±0.8		37.9±1.6		35.1±1.1		32.8±1.5	
태풍 최대강도 평균 (중심기압; hPa; 1951~1976년)	963.8±2.7		958.4±5.1		967.5±4.3		964.3±4.6	

※ 평균값은 95% 신뢰구간(평균±신뢰범위)을 함께 나타냄

표 1.2.3 1951~2024년 태풍 계절(7~10월), 엘니뇨/라니냐/중립 시기, 영향태풍 발생 특성

항목	영향 태풍		El Niño 태풍		Normal 태풍		La Niña 태풍	
발생 개수 합	222		59		91		72	
북서태평양 발생 태풍 대비 영향태풍 발생 비율[%]	16.3		15.8		15.8		17.5	
발생 위치 평균[도]	17.9 ±0.6	137.5 ±1.5	15.5 ±1.2	143.2 ±3.8	18.4 ±1.0	136.5 ±2.0	19.4 ±1.1	134.1 ±2.1
태풍 최대강도 평균 [최대풍속; m/s; 1977~2024년]	41.1±1.9		45.7±3.3		39.7±2.8		38.6±3.7	
태풍 최대강도 평균 [중심기압; hPa; 1951~1976년]	949.5±7.3		932.1±14.5		955.9±12.2		953.8±11.6	

※ 평균값은 95% 신뢰구간(평균±신뢰범위)을 함께 나타냄

본 절에서 제시한 엘니뇨/라니냐 위상별 태풍 발생 특성은 1951~2024년의 베스트트랙 자료에 기반한 ‘기후학적 평균 경향’을 요약한 것이며, 모든 해에 그대로 적용되는 일반적인 규칙은 아니다. 다양한 기후 모드와 내부 변동성을 함께 고려해 해석해야 할 통계적 경향으로 이해할 필요가 있다(Magee et al., 2021; Wang et al., 2025).

1.3 태풍의 구조

1.3.1 태풍의 기본 구조

태풍은 열대 해상에서 따뜻한 해수면으로부터 막대한 에너지와 수증기를 공급받으며 형성되는 강력한 대규모 저기압성 순환 체계이다. 중심기압이 주변보다 현저히 낮고, 강한 회전 운동을 동반하며 ‘온난핵(warm-core)’ 구조를 갖는다.

태풍의 3차원 구조를 살펴보면, 하층에서는 공기가 수렴하여 중심으로 유입되고, 중심 부근에서는 이 공기가 강하게 상승하면서 적란운(cumulonimbus)을 발달시킨다. 상승한 공기는 대류권 상층까지 도달한 후, 상층에서는 외곽으로 방출되는 유출기류(outflow)로 퍼지며 태풍의 상부에 벼섯 형태의 권운(cirrus canopy)이 만들어진다. 이렇게 유입, 상승, 유출의 순환이 지속되면서 태풍은 스스로 구조를 유지하고 강화하게 된다(그림 1.3.1).

태풍의 구조는 크게 네 가지 주요 부분으로 구분된다. 중심의 눈(eye), 이를 둘러싼 눈벽(eyewall), 외곽으로 펼쳐지는 나선형 구름대(spiral rainbands), 그리고 그 위를 덮는 상층 권운 덮개(cirrus canopy)이다(그림 1.3.1; 그림 1.3.2). 이 네 부분이 서로 연계되어 열과 운동에너지의 순환을 담당하며, 태풍의 강도 변화와 생애 주기를 결정짓는다.

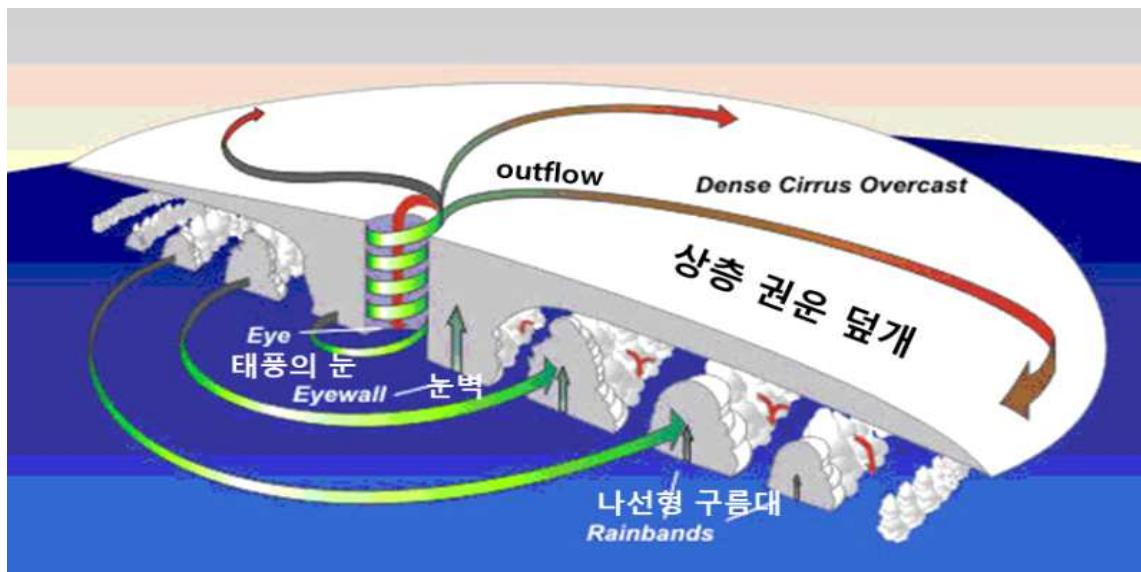


그림 1.3.1 태풍의 연직 구조 단면의 개념 모식도

[출처:<https://web.mit.edu/12.000/www/m2010/finalwebsite/background/hurricanes/hurricanewhatis.html>]

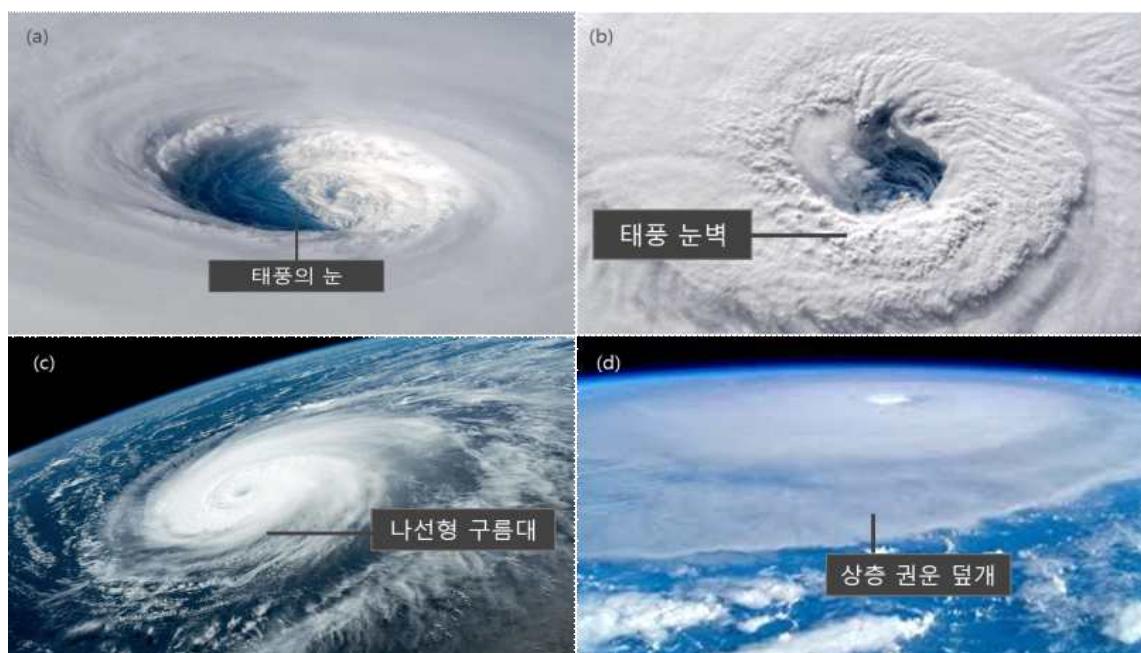


그림 1.3.2 태풍의 눈(a), 눈벽(b), 나선형 구름대(c), 상층 권운 덮개(d)의 위성영상 이미지

[출처: (a) https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Search?SearchText=Trami&result_type=images,
 (b) <https://visibleearth.nasa.gov/images/92744/awesome-frightening-views-of-hurricane-florence/92746>,
 (c) <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150290/typhoon-hinnamnor>, (d) https://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/prmet102/Ch16-TropCycl-v102.pdf]

가. 태풍의 눈(Eye of Tropical Cyclone)

태풍의 눈(eye)은 중심에 위치하는 저기압 영역으로 대류 활동이 억제되고 바람이 상대적으로 약한 평온한 지역이다. 일반적으로 눈 내부에서는 약한 하강운동이 일어나며, 이로 인해 공기가 단열 압축하면서 습도가 낮고 하늘이 맑은 상태를 유지한다. 이렇게 하강기류가 형성되는 이유는 눈벽에서의 강한 상승운동을 보상하기 위해 중심에서 하강 흐름이 나타나기 때문이다. 눈의 직경은 보통 30~65km 수준이나, 태풍의 강도에 따라 크게 달라질 수 있다. 일반적으로 태풍이 강할수록 눈은 작고 뚜렷하며, 눈벽이 더 조밀하게 발달한다. 반면 약한 태풍은 넓고 흐릿한 눈을 형성하거나, 경우에 따라 명확한 눈이 나타나지 않는 경우도 있다.

나. 태풍의 눈벽(Eyewall of Tropical Cyclone)

눈벽(eyewall)은 태풍의 구조에서 가장 활발한 대류 활동과 강한 바람, 강수가 나타나는 구역이다. 눈벽은 눈을 둘러싼 원형띠 형태로 분포하며, 중심으로 수렴하는 고온다습한 공기가 강하게 상승하면서 형성된다. 이 과정에서 수증기 응결을 통해 방출되는 잠열(latent heat)이 태풍의 주요 에너지원으로 작용하여 태풍 순환을 더욱 강화시킨다. 눈벽 내부는 최대 풍속 영역(RMW, Radius of Maximum Wind)이 위치하며(Hsu and Yan, 1998), 이곳에서 풍속은 수십 m/s에 달하고 강한 강수가 집중된다. 눈벽의 상층부는 주변보다 온도가 높아 온난핵 구조를 유지하며, 강한 태풍일수록 대류운이 수직으로 깊게 발달한다.

눈벽은 수직으로 곧게 세워진 기둥 형태가 아니라, 중심 바깥쪽으로 기울어진 경사를 가진다. 이는 중심부와 외부의 압력 차, 상승기류 구조, 지면 마찰력 등에 의해 형성되며, 일반적으로 $10^\circ \sim 20^\circ$ 정도의 기울기를 보인다. 강한 태풍의 경우, 중심 눈벽 외부에 새로운 눈벽이 형성되는 눈벽 교체 과정(ERC, Eyewall Replacement Cycle)이 발생하기도 한다 (Houze et al., 2007). 이 과정에서는 두 개의 눈벽이 일시적으로 공존하며, 기존 눈벽이 약화되고 외곽의 새로운 눈벽이 강화된다. ERC 과정 동안 태풍의 강도는 일시적으로 감소할 수 있지만, 새로운 눈벽이 완전히 자리 잡으면 다시 세력이 강해지는 경우가 많다. 이러한 눈벽의 변화는 태풍의 강도 예측과 진로 해석에 매우 중요한 역할을 한다.

다. 나선형 구름대(Spiral Rainbands)

태풍의 나선형 구름대(spiral rainbands)는 눈벽 바깥에서 중심을 향해 감겨 들어가는 길고 굽은 구름 띠로 태풍의 외곽 구조를 구성한다. 이 영역에서도 상승 기류와 대류가 활발하며, 태풍 전체 강수의 상당 부분이 이 구름대에서 발생한다. 구름대는 태풍 중심으로 유입되는 수증기가 상승하고 응결하는 과정에서 형성되며, 태풍의 회전 운동과 전향력에 의해 곡선형으로 배열된다. 상층 구름대는 주로 권층운이나 적운형 구름으로 강한 비와 뇌우를 동반한다(Knaff et al., 2014). 강한 태풍일수록 구름대가 규칙적이고 밀집된 형태를 띠며, 약한 태풍에서는 불규칙하고 분산된 형태로 나타난다. 나선형 구름대의 구조와 형태는 태풍 강도의 지표로 자주 활용된다.

라. 상층 권운 덮개(Central Dense Overcast(CDO), Cirrus Canopy, Cirrus Shield)

태풍의 상층에서는 상승한 공기가 대류권 상부에서 외곽으로 퍼져나가며 권운 덮개(cirrus canopy)를 형성한다. 이는 위성영상에서 흔히 볼 수 있는 벼섯 모양의 구조로 태풍의 유출기류(outflow)가 이루어지는 영역이다. 이러한 상층의 유출기류는 태풍 내 상승운동을 지속시키는 역할을 하며, 전체 순환을 유지하는 중요한 구성요소로 작용한다.

한편, 태풍의 바람 구조는 일반적으로 좌우 대칭이 아니며, 진행 방향의 오른쪽에서 바람이 더 강하고 왼쪽은 약한 비대칭적 특성을 보인다. 이는 태풍 고유의 회전 운동과 태풍의 이동을 결정하는 환경장 바람(지향류, steering flow)이 합성된 결과이다. 북반구 중위도에서는 편서풍으로 인해 태풍의 진행 방향 오른쪽 반원은 바람이 강해 ‘위험반원’이라 하며, 강한 강수를 동반한다. 반면 왼쪽은 상대적으로 바람이 약해 ‘가항반원’이라고 한다(그림 1.3.3).

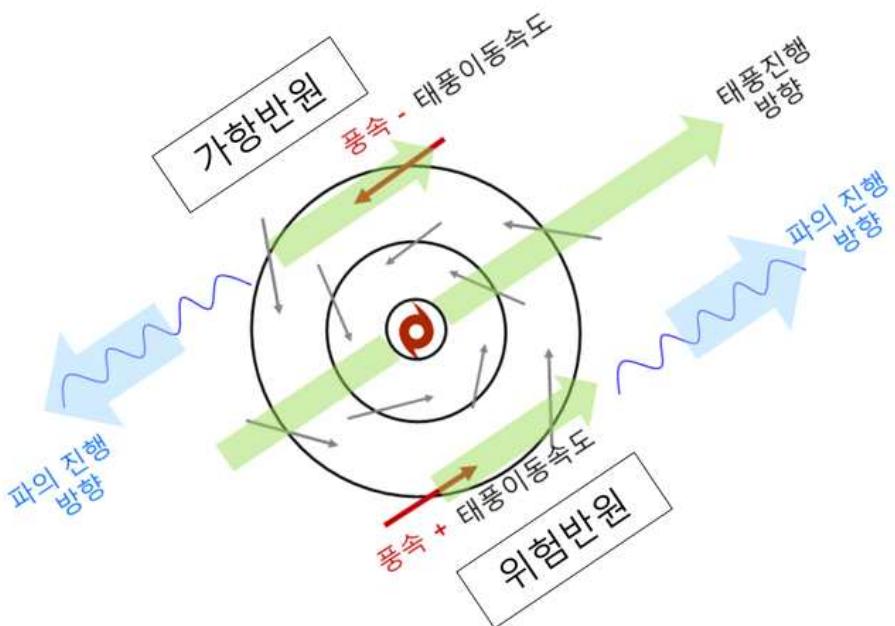


그림 1.3.3 태풍의 위험반원과 가향반원
[출처: 태풍(기상기후인재기발원, 2020)]

결국 태풍은 해양에서 공급되는 열에너지를 대기로 전달하면서 유지되는 복합적인 열역학·역학 시스템이다. 중심의 눈, 눈벽, 나선형 구름대, 상층 권운 덮개 등은 서로 밀접히 연결되어 열과 운동에너지의 순환을 담당하며, 이들의 구조적 변화가 태풍의 강도 변동과 생애 주기를 결정한다.

1.3.2 풍속 및 강수분포

가. 풍속분포

태풍은 중심을 기준으로 강한 회전 운동을 하는 대규모 저기압 현상으로 그 안의 바람과 비의 분포는 구조적으로 복잡하다. 태풍 내부의 바람 순환은 크게 주순환과 이차순환으로 나뉜다. 주순환은 태풍 중심을 감싸며 반시계방향(북반구 기준)으로 도는 바람의 수평순환이고, 이차순환은 공기의 수직적인 흐름으로 하층에서는 중심 쪽으로 모여들고 눈벽 부근에서는 위로 상승하며, 상층에서는 중심에서 바깥으로 퍼져나간다.

태풍의 바람 구조는 접선 바람(tangential wind; 중심을 따라 도는 바람; 주순환(primary circulation))과 반경 바람(radial wind; 중심으로 향하는 바람; 2차 순환(secondary circulation))으로 구분된다(그림 1.3.4). 특히 접선 바람은 태풍의 강도를 결정하는 핵심 요소로, 눈벽 바로 주변에서 가장 빠르게 나타난다. 태풍 중심에서 가장 강한 바람이 부는 지점을 최대풍속 반경(RMW; Radius of Maximum Wind)이라 한다. 태풍 중심으로 갈수록 기압이 더 낮아지면서 주변과의 기압 차이가 커지고, 이로 인해 공기를 더 강하게 태풍 안쪽으로 끌어당기게 되고, 그 힘에 의해 회전하는 바람 속도도 점점 빨라진다. 그러나 무한히 빨라지는 것은 아니고, 회전하려는 힘(원심력)과 지구 자전에서 오는 힘(전향력)이 균형을 이루는 지점에서 바람 세기가 최대가 되며, 그 반경이 바로 최대풍속 반경(RMW)이 된다(그림 1.3.5).

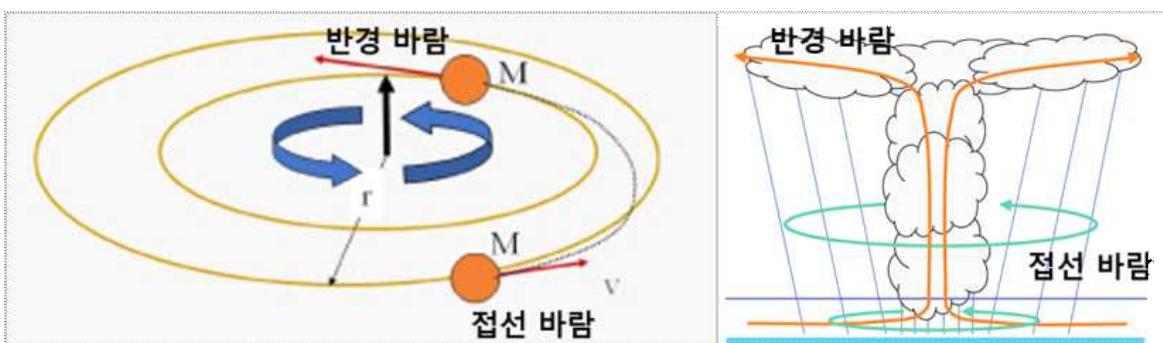


그림 1.3.4 태풍의 접선 바람과 반경 바람의 모식도[출처: Smith and Montgomery, 2025; Zitzmanm, 2020]. 우측 그림의 민트색 화살표는 접선바람을 나타나고, 주황색 화살표는 반경바람을 각각 나타냄

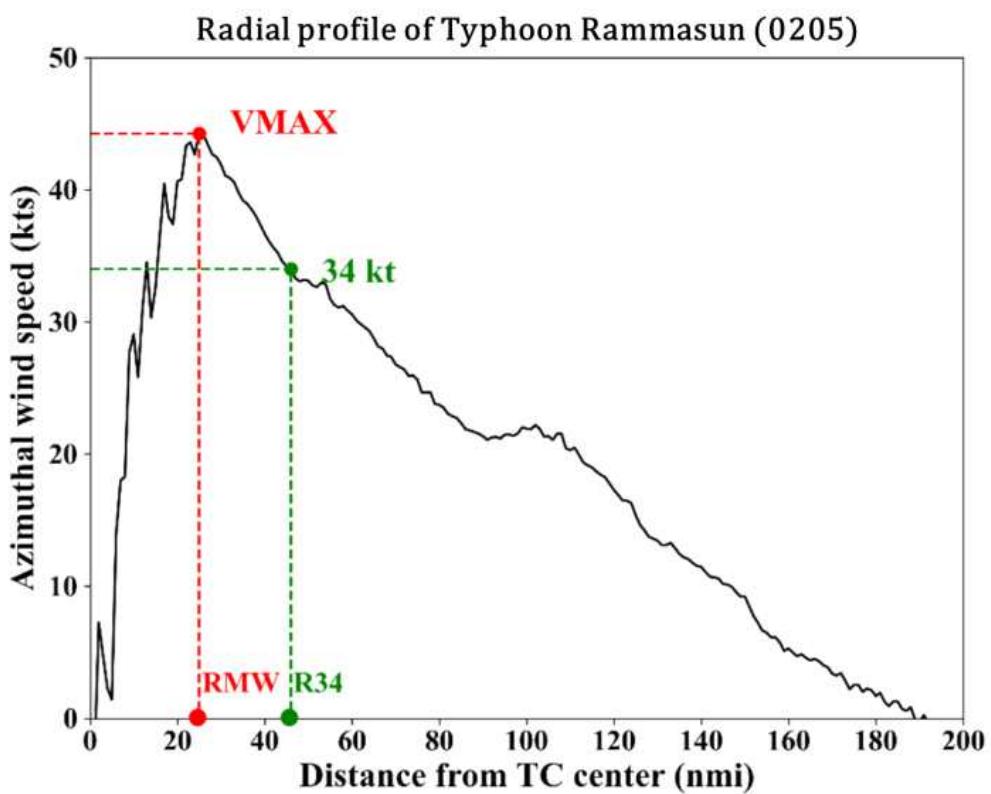


그림 1.3.5 2002년 제5호 태풍 라마순(RAMMASUN)의 최대풍속반경(RMW, Radius of Maximum Wind)과 34knot 바람(R34)의 개략도. VMAX는 최대풍속을 나타냄[출처: Baek et al., 2022]

나. 강수분포

눈벽에서는 매우 강한 대류가 집중되어 강한 강수와 강풍이 동반되며, 이 지역의 레이더 반사도는 매우 높게 나타난다. 눈벽 바깥으로 나가면 비가 줄어들어 해자(moat)⁵⁾라는 비교적 고요한 지역이 생기게 된다. 그 밖에는 나선형으로 길게 뻗은 구름대(spiral rainbands; principle rainband, secondary rainband)가 형성되어 폭이 넓은 비구역이 형성된다. 이 구름대는 중심에서 멀수록 대류가 약해지지만, 비의 범위는 매우 넓다 (그림 1.3.6).

5) 해자는 태풍의 눈벽(eyewall) 바로 바깥에 위치하는 특징적인 영역으로, 눈벽에서 강한 상승 운동과 대규모 폭우가 발생한 뒤 외곽으로 나가면서 상대적으로 대류가 약해지고 강수량이 크게 줄어드는 비교적 평온한 지역을 말한다.

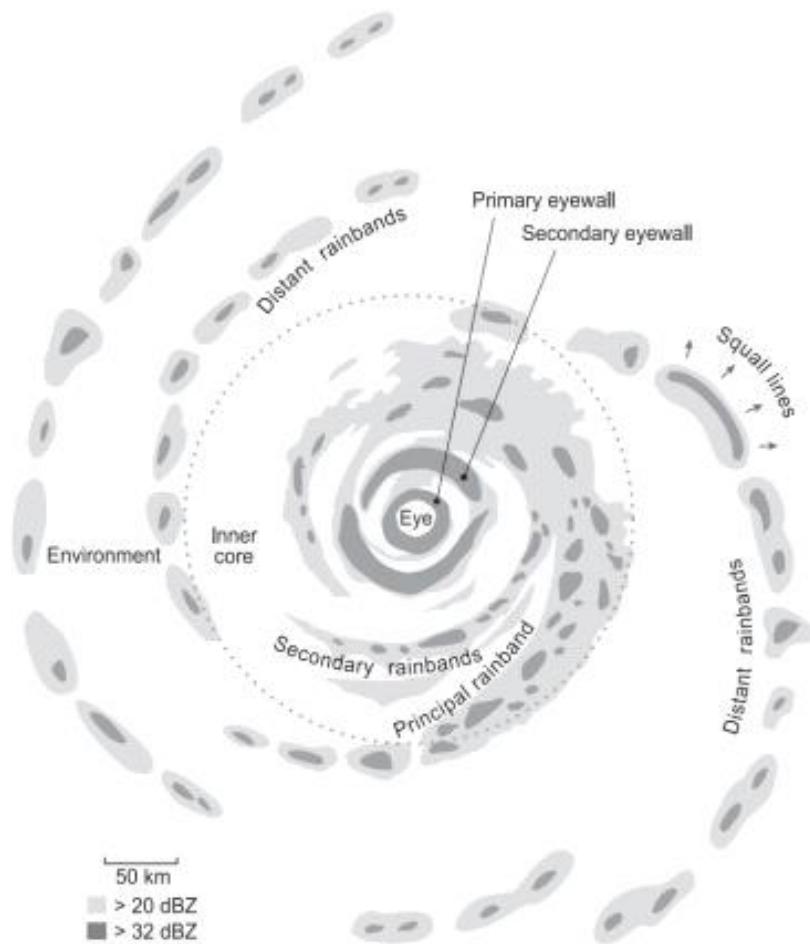


그림 1.3.6 북반구 태풍의 레이더 반사도 패턴에 대한 모식도
[출처: Houze, 2010]

태풍의 비는 보통 이동 방향의 오른쪽 반원에 집중되는 경향이 있다. 이는 태풍의 회전 바람과 이동속도가 합쳐져 오른쪽 지역의 상승기류와 대류 활동이 강화되기 때문이다. 또한, 한반도처럼 복잡한 지형에서는 산과 해안이 강수 분포에 큰 영향을 준다. 산악지역은 공기 상승을 유도해 국지적으로 강한 강수를 만들고, 남해안이나 동해안처럼 태풍 진로와 맞닿는 지역은 강한 바람과 함께 집중호우가 내리는 경향이 있다.

1.4 태풍의 생애와 이동 경로

1.4.1 발생, 발달, 전향, 약화 및 소멸

가. 발생

태풍의 발생 부분은 1.2절에서 자세히 설명하고 있다. 본 절에서는 간략히 요약한다.

일반적으로 태풍이 발생하기 좋은 조건은 6가지로 분류되며(Gray, 1968) 이는 해수면 온도 26.5°C 이상, 대류권 중층(600~700hPa)의 높은 상대습도, 대류 불안정성, 하층의 강한 양의 상대와도, 약한 연직 바람 시어, 적도에서 약 5도 이상 떨어진 해역 등이다. 태풍의 씨앗은 주로 몬순 수렴대 같은 대규모 수렴대나 MJO 같은 대규모 섭동이 제공하며, 반대로 강한 연직 바람 시어 · 중층 건조 · 얇은 혼합층 등은 환기 효과를 통해 태풍 형성을 억제한다.

나. 발달

1) 열기관으로서의 태풍과 최대잠재강도(MPI)

태풍은 단순히 대기가 소용돌이치는 저기압이 아니라 따뜻한 해양에서 에너지를 끌어와 움직이는 거대한 열기관으로 볼 수 있다. 따뜻한 해수면에서 대기와 해양 사이로 열이 직접 전달되는 현열과, 수증기 형태로 올라갔다가 응결할 때 방출되는 잠열이 태풍의 주요 연료 역할을 한다.

특히 수증기가 구름으로 응결하며 내놓는 잠열은 태풍 중심의 강한 상승운과 순환을 유지 · 강화시키는 핵심 에너지이다. Emanuel(1986, 1988)은 태풍이 이처럼 해양과 대기 사이의 에너지 교환을 통해 마치 카르노 열기관처럼 작동한다고 보고(그림 1.4.1), 이런 틀을 이용해 태풍이 이론적으로 도달할 수 있는 최대잠재강도(MPI, Maximum Potential Intensity)를 이론적으로 공식화하였다.

카르노 열기관과정은 네 개(A->B->C->D)의 이상화된 경로로 설명할 수 있다.

① A->B : 1단계(등온 가열 과정, 해수면 경계층):

해수면 바로 위 약 1km 두께의 대기 경계층에서 공기가 바깥에서 중심부로 빨려 들어오며, 해수면과 거의 같은 온도(등온 상태)를 유지한다. 이때 해양에서 대기로 많은 열과 수분이 공급되며, 수증기가 응결되어 큰 에너지가 유입된다.

② B->C : 2단계(단열 상승, 눈벽):

1단계에서 에너지가 채워진 대기는 중심에서 눈벽을 따라 강하게 위로 상승한다. 상승 과정에서는 대기가 외부와 열을 거의 교환하지 않기 때문에 ‘단열’이라는 이상적인 에너지 보존 상태로 빠르게 냉각되며 대류권 상부까지 도달한다.

③ C->D : 3단계(등온 냉각, 하부 성충권):

상층에 도달한 대기가 성충권 하부 부근에서 머물며, 복사 냉각 등을 통해 바깥으로 에너지를 내보내면서 점차 식는다. 이 구간은 온도 변화가 비교적 일정하게 유지되는 등온 냉각 과정에 가깝다고 볼 수 있다.

④ D->A : 4단계(하강, 주변 대기):

상층의 대기가 태풍 바깥쪽으로 퍼진 뒤 주변 대기와 함께 서서히 하강하면서 다시 해수면 부근으로 돌아온다. 하강하면서 압축 가열로 온도는 조금씩 올라가지만, 에너지가 새로 섞이거나 흘어지는 정도가 크지 않아서 전체적인 대기의 무질서도(엔트로피⁶⁾)는 유의하게 바뀌지 않는 이상화된 과정이다.

6) 엔트로피는 어떤 계(예: 공기 덩어리)에 들어 있는 에너지가 얼마나 균일하게 퍼져 있는지를 나타내는 열역학적 상태 변수

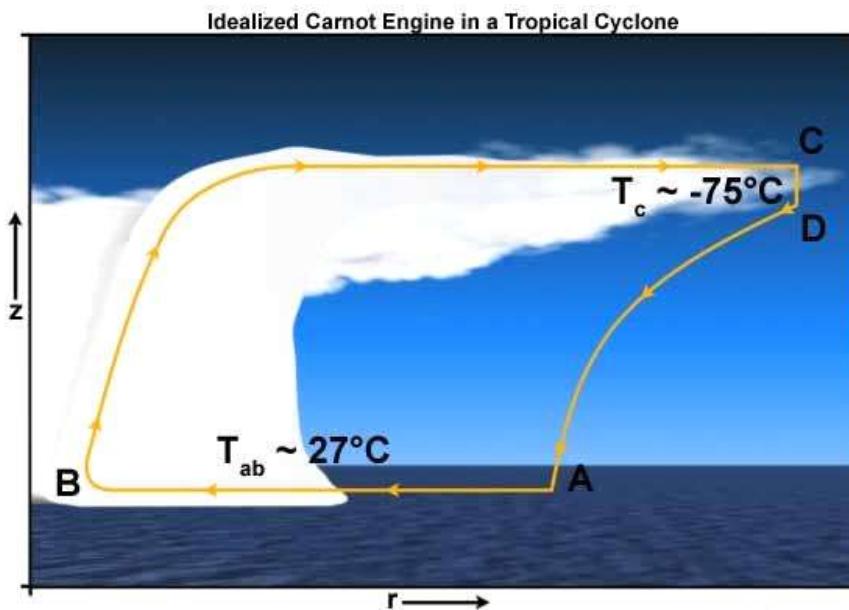


그림 1.4.1 카르노 엔진 모델(Emanuel, 1988)에서의 태풍 에너지 순환과정. $\sim 27^{\circ}\text{C}$ 는 따뜻한 해수면 · 경계층 대기 쪽 온도 수준을 의미하며, $\sim -75^{\circ}\text{C}$ 는 대류권 상층 · 하부 성층권처럼 냉각이 일어나는 상층 대기 온도 수준을 각각 나타냄[출처: Introduction to Tropical Meteorology, https://www.chanthaburi.buu.ac.th/~wirote/met/tropical/textbook_2nd_edition/navmenu.php_tab_9_page_4.1.2.htm]

태풍의 에너지는 바람이 강해질수록 해수면에서 증발이 늘어나고, 이 수증기가 응결하면서 방출하는 열이 증가하여 해양이 더 많은 연료를 태풍으로 공급하고, 그 연료가 다시 바람을 키우는 “자가증폭 과정”으로 순환한다고 볼 수 있다.

한편, 태풍은 해양에서 에너지를 받는 동시에 지면과의 마찰 때문에 에너지를 잃기도 한다. 해양에서 들어오는 열에너지와 마찰로 인해 잃는 에너지가 균형을 이를 때, 이론적으로 태풍이 도달할 수 있는 가장 강한 세기를 최대잠재강도(MPI)라고 부른다. 실제 태풍은 건조 공기 유입, 연직 바람 시어, 해양 냉각 등의 영향으로 MPI보다 약한 수준에 머무는 경우가 많지만, MPI는 “이 환경에서 태풍이 최대 어느 정도까지 강해질 수 있는가”를 판단하는 기준이 되며, 기후변화나 장기 기후 예측 연구에서 중요한 도구로 활용된다.

2) 급격한 발달(RI)

급격한 발달(RI, Rapid Intensification)은 태풍의 최대풍속이 24시간 이내에 30knot(약 15.4m/s) 이상 증가하는 현상을 의미한다. 이는 태풍 강도 예측에서 가장 도전적인 요소 중 하나이며, 특정한 해양 및 대기 조건이 동시에 유리하게 조성될 때 RI의 발생 확률이 크게 높아진다(부록 1.3.4의 북서태평양 발생 태풍 중 급격한 강화(RI) 순위표 참조).

다. 전향(Recurvature)

태풍의 진로는 단순히 하나의 요인에 의해 결정되지 않고, 대기 대순환, 종관기압 배치, 지구 자전 효과, 대기-해양 상호작용 등 복합적인 동역학적 요인들이 상호 작용하여 형성된다. 특히 북서태평양에서는 북태평양 아열대 고기압(subtropical high)과 중위도 편서풍대(mid-latitude westerlies)의 상호작용이 태풍의 이동 경로와 전향(recurvature)에 영향을 미친다.

위도 30° 이하의 저위도 지역에서는 대기 대순환 시스템에 따라 주로 동쪽에서 서쪽으로 부는 바람, 즉 무역풍이 우세하게 불고 있다. 이 때문에 이 지역에서 발생한 태풍은 무역풍의 영향을 받아 자연스럽게 서쪽으로 이동하게 된다(그림 1.4.2b). 태풍이 반시계 방향으로 회전하기 때문에 이동 경로의 오른쪽에서는 태풍 자체의 바람 방향과 무역풍 방향이 일치하며, 이로 인해 풍속이 더욱 빨라진다. 바람이 빨라지면 지구의 자전에 의한 전향력도 커지게 되며, 이 전향력이 태풍을 점점 북쪽, 즉 오른쪽으로 당기는 힘으로 작용한다(그림 1.4.2a). 그 결과, 무역풍대의 태풍은 단순히 서쪽으로만 이동하는 게 아니라 북서쪽 방향으로 점차 이동하는 경향을 보인다.

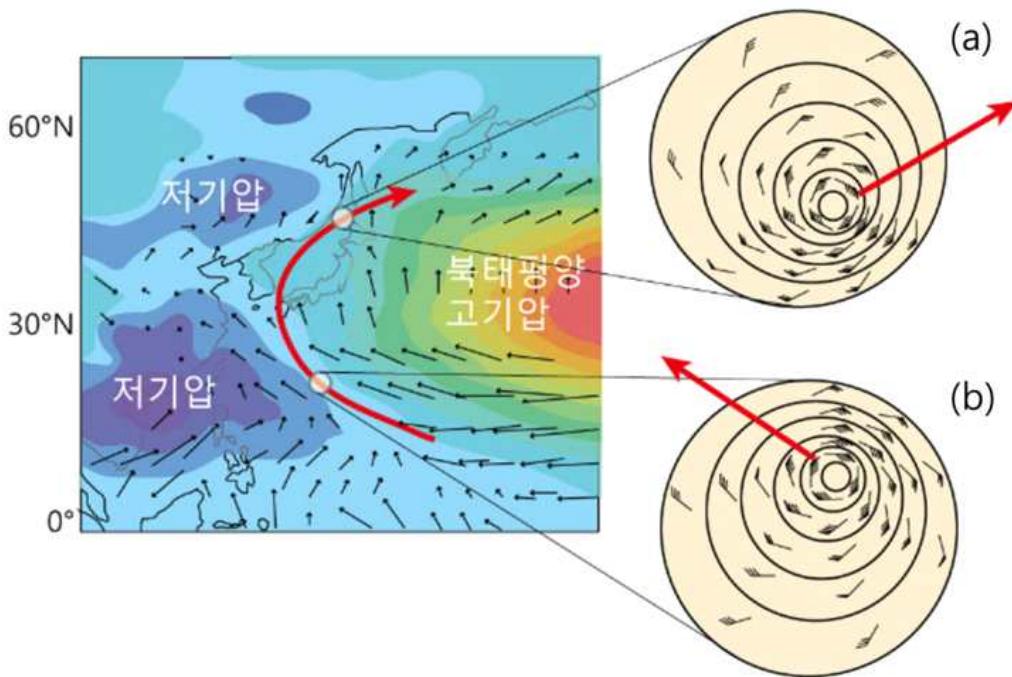


그림 1.4.2 태풍 전향 모식도

[출처: <https://topclass.chosun.com/news/articleView.html?idxno=10547>, 미국 국립 환경예측센터(NCEP, National Centers for Environmental Prediction) 인용]

한편, 두 개 이상의 태풍이 가까이 위치할 때는 태풍 상호작용 영향이 발생할 수 있다. 이 현상은 인접한 두 열대저기압이 서로의 회전력에 영향을 주면서 공전하듯 궤도가 변하거나, 또는 합병하는 현상을 의미 한다. 보통 중심 간 거리가 약 12도 위도($1,200\sim 1,400\text{km}$) 이내일 경우 뚜렷하게 나타나며, 이때 태풍의 진로는 예측하기 어렵고 불확실성이 크게 증가한다. 북서태평양은 여러 개의 태풍이 동시에 활동하는 경우가 많으므로 태풍 상호작용 효과는 진로 예측에서 고려해야 하는 중요한 요인이다.

라. 약화 및 소멸

태풍의 약화 및 소멸 경로는 크게 환경적 요인(연직 바람 시어, 건조 공기, 해양 냉각), 상륙에 따른 지형·지상 효과(마찰, 수분 차단), 그리고 온대저기압화(ET, Extratropical Transition)로 나누어 설명할 수 있다.

① 환경적 요인

· 연직 바람 시어

상층과 하층의 바람 방향이나 속도 차이를 연직 바람 시어(VWS, Vertical Wind Shear)라고 하며, 이 차이가 클수록 태풍의 상하층 구조가 분리되면서 태풍이 약해지게 된다(1.3절의 그림 1.3.1 참조).

· 대기-해양 상호작용

태풍의 강한 바람은 해양 표층의 물을 강하게 섞어 놓고, 동시에 깊은 해양의 차가운 물을 위로 끌어올리는 용승(upwelling)을 일으킨다 (그림 1.4.3). 그 결과, 태풍이 지나간 해양의 표면 온도는 2~6°C 정도 급격히 낮아지며, 이 냉각 효과는 며칠 동안 지속될 수 있다(Price, 1981; Lin et al., 2003). 이렇게 해수 표층 온도가 떨어지면 해양에서 대기로 전달되는 열, 수증기(잠열, 엔탈피 플럭스)가 줄어든다. 즉, 태풍이 에너지를 공급받기 어려워지고, 중심 대류 활동과 바람이 빠르게 약해진다. 특히, 해양의 혼합층이 얕을 때(30m 이하), 태풍이 느리게 이동 할 때, 태풍 반경이 클 때 위와 같은 냉각 효과가 더욱 강하게 나타난다 (Shay et al., 2000; Lin et al., 2005).

반대로, 혼합층이 깊고 해양열량(TCHP, Tropical Cyclone Heat Potential)이 높은 해양에서는 차가운 물이 쉽게 올라오지 않기 때문에 표층 온도가 크게 떨어지지 않는다. 이런 곳에서는 태풍이 여전히 온난한 물에서 에너지를 공급받으며, 강한 강도를 더 오래 유지할 수 있다 (Xu et al., 2020).

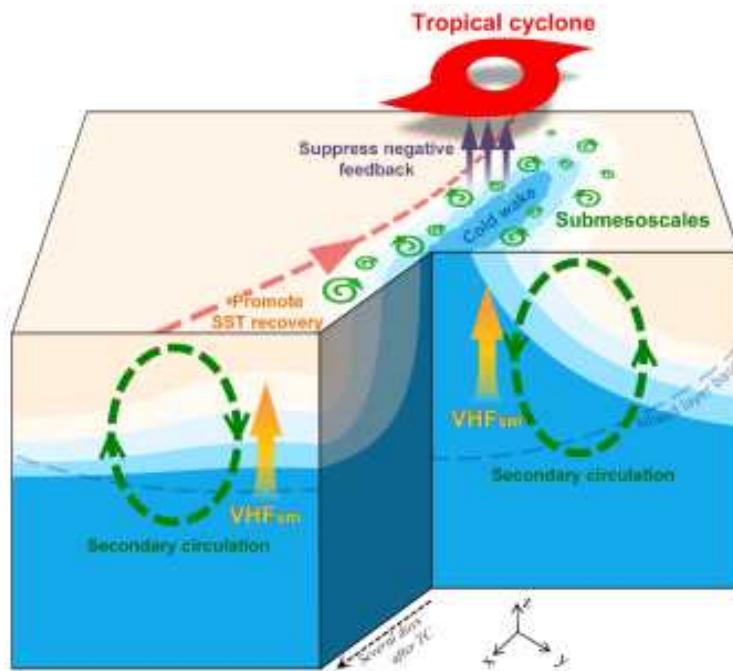


그림 1.4.3 태풍에 의한 ‘cold wake’(냉수 흔적)의 모식도. ‘cold wake’는 태풍이 지나간 뒤 강한 바람과 혼합·용승 때문에 태풍 경로를 따라 해수면 온도가 주변보다 뚜렷이 낮아진 해양 영역을 나타냄[출처: Wang and Zhang, 2025]

② 상륙에 따른 지형·지상 효과

태풍이 해양에서 육지로 상륙하면, 해양으로부터 공급받는 열과 수증기를 더 이상 공급받지 못하고, 지면 마찰로 인해 태풍은 급격히 약화된다. 이로 인해 태풍 내부의 공기 흐름(회전력)이 약해지고, 눈벽 구조가 무너지고 눈이 사라지며 바람의 세기와 범위가 줄어든다(Chan and Liang, 2003; Han et al., 2022).

특히 산악 지형은 태풍 약화를 더욱 빠르게 만든다. 산을 넘는 과정에서 대기가 강제로 상승해 국지적인 집중호우가 생기고, 태풍 구조가 비대칭으로 변형된다. 이로 인해 비가 내리는 위치와 바람이 부는 구역이 바뀌며, 태풍의 경로 예측이 어려워지는 원인이 되기도 한다(Chang et al., 2005; Brand and Bleck, 1974).

③ 온대저기압화(ET, Extratropical Transition)

온대저기압화(ET)는 태풍이 저위도에서 중위도로 이동하면서 열대저기압의 성질을 잃고 온대저기압으로 변질되는 과정을 의미한다.

온대저기압화가 진행되기 시작하면, 태풍의 구조는 더 이상 둥글고 대칭적인 형태가 아니라 비와 바람이 한쪽에 집중되고, 구름도 짐표 모양의 전형적인 온대저기압 형태로 변화한다.

열대저기압은 주로 해수면에서 공급되는 잠열과 현열을 통해 에너지를 얻고, 그 구조는 상대적으로 따뜻한 공기로 채워진 ‘warm core’ 특성을 갖는다. 반면 온대저기압은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나면서 형성된 전선대를 통해 에너지를 얻으며, 뚜렷한 온도 차이를 에너지 원천으로 하는 ‘cold core’ 구조를 보인다.

때로는 온대저기압화(ET) 과정에서 태풍이 온대성 폭풍으로 재발달하기도 해 강한 비바람을 남기며, 태풍과 유사한 큰 영향을 줄 수 있다.

1.4.2 이동 경로

북서태평양은 전 지구 열대저기압의 30% 이상이 발생하는 최대 생성 해역으로 한국·일본·대만·필리핀·중국 남동 연안의 위험도와 피해 양상은 ‘태풍의 이동 경로’에 의해 좌우된다.

태풍의 이동 경로는 사실 매우 복잡하지만, 크게 두 가지 기본 원리에 의해 결정된다. 첫째는 ‘지향류(steering flow)’, 즉, 태풍 주변 바람의 흐름이다. 주로 태풍 주변의 북태평양고기압의 가장자리에서 형성되며, 이 지배적인 흐름의 분포에 따라 태풍의 진로가 결정된다(그림 1.4.4). 만약 이 바람이 강하면 태풍 이동속도가 빨라지고, 약하면 태풍이 정체하거나 진로가 불규칙해진다.

두 번째로는 베타효과(β -effect)로 지구의 곡률 때문에 위도에 따라 지구 자전 효과가 달라지는 것을 의미한다. 지향류가 매우 약할 때에는 베타효과가 태풍의 이동을 결정하기도 한다(그림 1.4.4, 그림 1.4.5). 이 효과로 인해 태풍은 단순히 서쪽으로만 가는 것이 아니라 점차 북서쪽이나 북쪽 방향으로 꺾이게 된다.

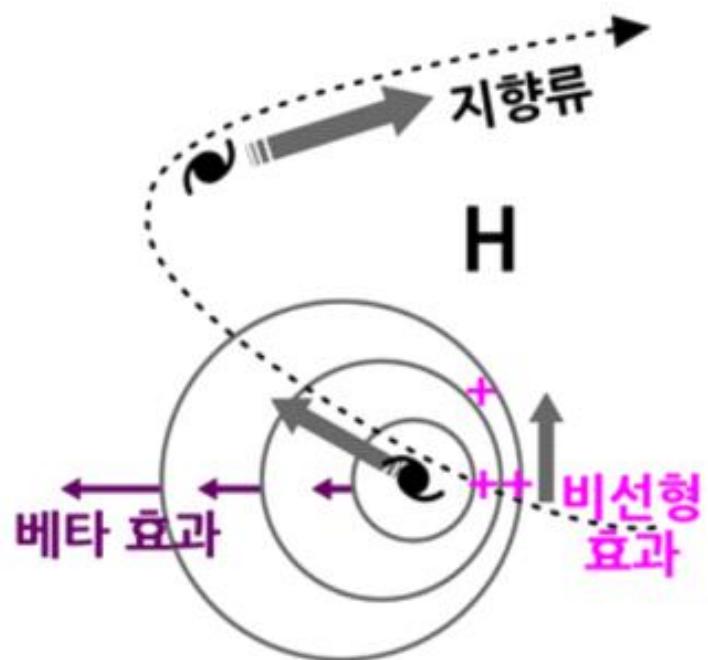


그림 1.4.4 베타효과와 비선형효과(지향류)에 의한 저위도에서 북서진하는 태풍 모식도[출처: 운명기상학2 (문찬혁, 2022)]

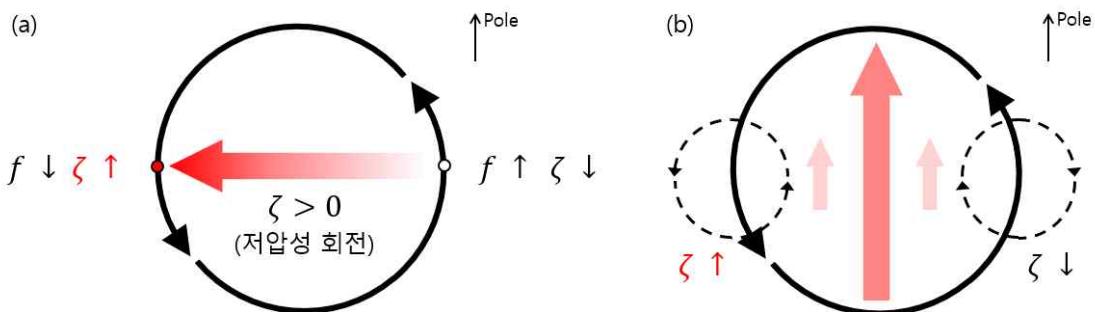


그림 1.4.5 베타효과에 의한 저기압성 회전(태풍)의 북서진 모식도. (a)지구와도(f)와 상대와도(ζ)의 합이 보존($f + \zeta = const$)되는 물리적 특성에 의해, 저기압성 회전의 좌측으로는 위도가 낮아져 지구와도가 감소되는 만큼 상대와도가 커지고, 저기압성 회전의 우측으로는 상대와도가 작아져 저기압성 회전(태풍)이 서쪽으로 이동함. (b) 저기압성 회전 우측과 좌측의 상대와도 방향에 의해 전체적인 저기압성 회전(태풍)이 북쪽으로 이동함. (a)와 (b)의 경향이 더해져 태풍이 북서진하는 효과가 나타남

주요 지향류 중의 하나는 ‘북태평양고기압’이다. 태풍은 보통 이 고기압의 가장자리를 따라 이동하며, 고기압의 강도나 경계가 조금만 바뀌어도 태풍의 진로가 크게 달라진다(그림 1.4.6). 예를 들어 고기압이 한반도 쪽으로 확장되어 있을 때는 우리나라로 오는 태풍 수가 많아지고, 일본 쪽으로 치우쳐 있으면 태풍이 일본 또는 북태평양으로 빠지는 경우가 많다. 고기압이 얼마나 강하고, 동서로 얼마나 확장되어 있는지에 따라 태풍의 이동 방향, 발달 정도에 영향을 줄 수 있다.



그림 1.4.6 북태평양고기압 변화에 따른 태풍 진로[출처: 기상청 보도 자료(2012.9.18.)]

1.5 태풍의 이름 지정 및 순환 방식

태풍은 보통 일주일 이상 이어지므로 같은 시기에 한 지역 주변에 여러 개의 태풍이 존재할 수 있다. 이런 상황에서 발표되는 예보가 서로 혼동되지 않도록 각 태풍에 이름이 부여되며, 이 이름들은 일정한 규칙에 따라 순환하여 사용된다.

태풍에 처음으로 이름을 붙인 것은 호주의 예보관들이었다. 그 당시 호주 예보관들은 자신이 싫어하는 정치가의 이름을 붙였다. 제2차 세계 대전 이후 미 공군·해군에서 공식적으로 태풍 이름을 붙이기 시작했는데, 이때 예보관들은 자신의 아내 또는 애인의 이름을 사용했다. 이러한 전통에 따라 1978년까지는 태풍 이름이 여성이었다가 이후부터는 남자와 여자 이름을 번갈아 사용하였다(출처: 기상청 날씨누리).

태풍 이름과 번호 지정에 있어서 1999년까지 태풍 번호는 일본 지역 특별기상센터(RSMC, Regional Specialized Meteorological Center)에서, 태풍 이름은 미국 합동태풍경보센터(JTWC, Joint Typhoon Warning Center)에서 각각 부여하였다. 그러나 2000년 1월 1일부터는 제32차 태풍 위원회 총회(1999년 11월 23~29일, 서울) 결정에 따라, 아시아 국민들의 태풍에 대한 관심 제고와 경계 강화를 위해 서양식 이름 대신 아시아 태평양 지역 14개국에서 제출한 고유 명칭을 사용하게 되었다.

우리나라에서 태풍의 이름은 아시아 태평양 지역 14개 회원국(표 1.5.1)이 참여하는 ‘ESCAP/WMO⁷⁾ 태풍위원회’의 규칙에 따라 지정된다. 각 회원국은 태풍의 이름으로 사용할 총 10개의 후보를 제출하며, 이렇게 모인 140개 이름은 자연, 동식물, 지명, 전설, 신화적 인물 등 각국의 문화가 반영된 다양한 종류가 혼합되어 있다.

표 1.5.1 태풍 이름을 제안하는 ESCAP/WMO 태풍위원회 회원국

ESCAP/WMO 태풍위원회 회원국	
아시아 회원국	그 외 회원국
한국, 북한, 중국, 일본, 캄보디아, 홍콩, 라오스, 마카오, 말레이시아, 필리핀, 태국, 베트남	미국, 미크로네시아

140개의 태풍 이름은 5개조, 즉 각 조마다 28개 이름으로 분류되어 있다(표 1.5.2). 태풍이 발생할 때마다 현재 사용하지 않은 명단에서 차례대로 이름을 지정하며, 1조에서 5조까지 순차적으로 사용한 후, 모두 소진되면

7) 유엔 아시아·태평양 경제사회위원회(ESCAP, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)와 세계기상기구(WMO, World Meteorological Organization)가 공동으로 설립한 협력기구

다시 처음 이름부터 반복해서 순환한다. 2025년은 마카오에서 제출한 태풍 이름인 ‘우딥(WUTIP)’이 제1호 태풍으로 시작되며, 제2호 태풍은 ‘스팟(SEPAT)’, 제3호 태풍은 ‘문(MUN)’ 순으로 이름이 지정된다(표 1.5.2). 태풍이 보통 연간 약 25개 정도 발생하므로 전체의 이름이 다 사용되려면 약 4~5년이 소요된다. 태풍위원회 회원국에는 북한도 포함되어 있어 한글로 된 태풍 이름은 20개이다.

특정 태풍이 매우 큰 피해를 남겼을 경우, 피해국의 요청과 위원회 협의를 거쳐 해당 이름은 명단에서 영구적으로 ‘퇴출’ 된다. 이럴 경우, 각국이 당초에 제출한 10개 이름 중 일부가 교체되어 명단을 보완하거나 새로 개신하게 된다. 한국의 경우 ‘수달(2006, 퇴출)’, ‘나비(2007, 퇴출)’, ‘고니(2021, 퇴출)’ 등의 사례가 있다. 이는 각국의 문화적 가치, 역사적 기억 및 피해를 고려한 결과로 국제협력에 기반을 두고 지속적으로 개신되고 있다.

표 1.5.2 북서태평양 태풍 이름(2025.3.10. 기준)[출처: 기상청 날씨누리]

국가명	1조	2조	3조	4조	5조
캄보디아	담레이	콩레이	나크리	크로반	트라세
	DAMREY	KONG-REY	NAKRI	KROVANH	TRASES
중 국	톈마	인싱	펑선	두쥐안	무란
	TIANMA	YINXING	FENGSHEN	DUJUAN	MULAN
북 한	기러기	도라지	갈매기	수리개	메아리
	KIROGI	TORAJI	KALMAEGI	SURIGAE	MEARI
홍 콩	원왕	마니	풍왕	초이완	칭마
	YUN-YEUNG	MAN-YI	FUNG-WONG	CHOI-WAN	TSING-MA
일 본	고이누	우사기	고토	고구마	도카게
	KOINU	USAGI	KOTO	KOGUMA	TOKAGE
라오스	볼라벤	파북	노카엔	참피	옹망
	BOLAVEN	PABUK	NOKAEN	CHAMPI	ONG-MANG
마카오	산바	우딥	페냐	인파	무이파
	SANBA	WUTIP	PENHA	IN-FA	MUIFA
말레이시아	줄라왓	스팟	누리	啐파카	므르복
	JELAWAT	SEPAT	NURI	CEMPAKA	MERBOK
미크로네시아	에위니아	문	실라코	네파탁	난마돌
	EWINIAR	MUN	SINLAKU	NEPARTAK	NANMADOL

국가명	1조	2조	3조	4조	5조
필리핀	말릭시	다나스	하구핏	루핏	탈라스
	MALIKSI	DANAS	HAGUPIT	LUPIT	TALAS
한 국	개미	나리	장미	미리내	호두
	GAEMI	NARI	JANGMI	MIRINAE	HODU
태 국	프라피룬	위파	메칼라	니다	꿀랍
	PRAPIROON	WIPHA	MEKKHALA	NIDA	KULAP
미 국	마리아	프란시스코	히고스	오마이스	로키
	MARIA	FRANCISCO	HIGOS	OMAIS	ROKE
베트남	손띤	꼬마이	바비	룩빈	선까
	SON-TINH	CO-MAY	BAVI	LUC-BINH	SONCA
캄보디아	암필	크로사	마이삭	찬투	네삿
	AMPIL	KROSA	MAYSAK	CHANTHU	NESAT
중 국	우쿵	바이루	하이선	덴무	하이탕
	WUKONG	BAILU	HAISHEN	DIANMU	HAITANG
북 한	종다리	버들	노을	민들레	잠자리
	JONGDARI	PODUL	NOUL	MINDULLE	JAMJARI
홍 콩	산산	링링	돌핀	라이언록	바냔
	SHANSHAN	LINGLING	DOLPHIN	LIONROCK	BANYAN
일 본	야기	가지키	구지라	도케이	야마네코
	YAGI	KAJIKI	KUJIRA	TOKEI	YAMANEKO
라오스	리피	농파	찬홈	남테운	파카르
	LEEPI	NONGFA	CHAN-HOM	NAMTHEUN	PAKHAR
마카오	버빙카	페이파	페이러우	말로	상우
	BEBINCA	PEIPAH	PEILOU	MALOU	SANVU
말레이시아	풀라산	타파	낭카	냐토	마와르
	PULASAN	TAPAH	NANGKA	NYATOH	MAWAR
미크로네시아	솔릭	미탁	사우델	사르불	구촐
	SOULIK	MITAG	SAUDEL	SARBUL	GUCHOL
필리핀	시마론	라가사	나라	아무야오	탈림
	CIMARON	RAGASA	NARRA	AMUYAO	TALIM
한 국	제비	너구리	개나리	고사리	보리
	JEBI	NEOGURI	GAENARI	GOSARI	BORI
태 국	끄라톤	부알로이	앗사니	차바	캬눈
	KRATHON	BUALOI	ATSANI	CHABA	KHANUN
미 국	바리자트	마트모	아타우	에어리	란
	BARIJAT	MATMO	ETAU	AERE	LAN
베트남	짜미	할롱	방랑	송다	사오비엔
	TRAMI	HALONG	BANG-LANG	SONGDA	SAOBIEN

· 참고자료(태풍의 어원)

옛 문헌에 나타난 우리나라 바람에 관한 최초의 기록은 삼국시대로 거슬러 올라간다. 고구려 모본왕(摹本王) 2년 3월(서기 49년 음력 3월)에 폭풍으로 인해 나무가 뽑혔다는 기록이 전해온다. 그 당시 바람 세기를 현재 기준에 따라 짐작해 보면, 평균풍속 30m/s(시속 110km) 이상으로 이 정도면 중형급 태풍으로 볼 수 있다. 한편, 신라에서는 경주에 큰 바람이 불고 금성 동문이 저절로 무너졌다고 전해 내려온다.

고려시대에는 정종(靖宗) 6년(서기 950년) 음력 9월 1일 폭우가 내리고 질풍(疾風)이 불어 길거리에 죽은 사람이 있었으며, 광화문이 무너졌다는 기록이 있다.

조선시대에는 명종(明宗) 17년(서기 1526년) 경상 감사의 서장(書狀)에 의하면, “경상도에서 음력 7월 15~16일 폭풍과 호우가 밤낮으로 계속 몰아쳐 기와가 날아가고 나무가 뽑혔으며, 시냇물이 범람하여 가옥이 표류하였고 인명과 가축도 많이 상하였으며 온갖 농작물이 침해되어 아예 추수할 가망조차 없습니다. 그 중에서도 진주 지방은 민가가 전부 침수되었고 밀양에는 물에 떠내려가 죽은 사람이 매우 많으니 이처럼 혹심한 수재는 근고에 없었던 것입니다.”라는 내용과 또 “신이 지난 8월 8일에 김해(金海)로부터 안골포(安骨浦)에 당도하였는데 이때에 비바람이 몰아쳐 밤새도록 멈추지 아니하였고 지붕의 기와가 모두 날아갔습니다.”라는 내용이 기록되어 있다.

‘태풍’이라는 단어는 1904년부터 1954년까지의 기상관측 자료가 정리된 「기상연보(氣像年報) 50년」에 처음으로 등장하였다. 태풍의 ‘태(颶)’라는 글자가 중국에서 가장 처음 사용된 예는 1634년에 편집된 《복건통지(福建通志)》 56권 <토풍지(土風志)>에 있다. 중국에서는 옛날에 태풍과 같이 바람이 강하고 회전하는 풍체(風系)를 ‘구풍(具風)’이라고 했으며, 이 ‘구(具)’는 ‘사방의 바람을 빙빙 돌리면서 불어온다’는 뜻이다.

그렇다면 현재 사용되고 있는 “Typhoon”이라는 영어 단어는 어디서 기원 했을까? 그리스 신화에 티폰(Typhon)에서 그 유래를 찾을 수 있다. 대지의 여신인 가이아(Gaia)와 거인족 타르타루스(Tartarus) 사이에서 태어난 티폰(Typhon)은 백 마리의 뱀의 머리와 강력한 손과 발을 가진 용이었으나, 아주 사악하고 파괴적이어서 제우스(Zeus)신의 공격을 받아 불길을 뿜어내는 능력은 빼앗기고 폭풍우 정도만을 일으킬 수 있게 되었다.

‘티폰(Typhon)’을 파괴적인 폭풍우와 연관시킴으로써 ‘taifung’을 끌어들여 ‘typhoon’이라는 영어 표현을 만들어냈다. 영어의 ‘typhoon’이란 용어는 1588년에 영국에서 사용한 예가 있으며, 프랑스에서는 1504년 ‘typhon’이라 하였다. [출처: 기상청 날씨누리]

Chapter 2

우리나라의 태풍 통계

2.1 서론

2.2 내습빈도

2.3 최대강도 순위

2.4 인명 및 재산피해 순위

2.5 최대강수량 및 최대순간풍속 순위

2.6 주요 태풍 사례 분석



2.1 서론

태풍은 우리나라 기후 및 사회·경제에 지대한 영향을 미치는 자연 재해 중 하나로, 그 발생 빈도와 강도, 그리고 피해 규모를 체계적으로 파악하는 것은 재난 대비와 기후 변화 대응에 매우 중요하다.

현대사회에서 태풍은 사람들에게 주로 자연재해로 인식되고 있지만, 긍정적인 영향과 부정적인 영향 모두 있다. 긍정적인 영향으로 먼저 가뭄 해소를 이야기할 수 있다. 태풍이 많은 비를 동반하면서 가뭄 지역의 수자원 확보에 도움이 되며, 강수량이 부족한 지역의 농업용수, 생활용수를 공급해 줄 수 있다. 두 번째는 수질 개선 및 생태계 순환이다. 강수와 강한 바람은 하천과 해안의 오염 물질을 씻어내고, 호수나 하천의 수질 개선에 도움을 줄 수 있으며, 해양 혼합 작용으로 저층의 영양염류가 상층으로 올라오면서 먹이 증가에 따라 어획량이 증가한다(Yu et al., 2014). 세 번째는 에너지 균형을 유지하는 역할이다. 주로 공기나 해류가 적도 지역의 열을 극지방으로 이동시키는 역할을 하는데 태풍도 여기에 한 역할을 한다. 태풍은 열대지역에서 수증기를 가지고 북상해 중위도 지역에서 비를 뿌리면서 대기에 열을 방출함으로써 지구가 열적 평형 상태를 유지하는데 기여한다(Kang et al., 2018).

부정적인 영향으로는 우선 인명피해가 있다. 강풍과 폭우로 인해 홍수, 산사태, 침수, 붕괴 등의 재난이 발생하여 인명피해를 유발한다. 두 번째는 대표적인 재산피해인 기반 시설의 파괴로 전기, 통신, 교통 등 인프라 시설이 마비되거나 파괴되어 생활에 큰 불편을 초래한다. 세 번째는 농작물 및 어업 피해이다. 태풍으로 인한 강풍과 집중호우는 작물을 쓰러뜨리거나 물에 잠기게 하여 수확량 감소와 농가의 피해를 야기할 뿐만 아니라 어획 활동 제한과 선박 및 어장 파괴로 수산업에도 큰 피해를 준다(안재찬, 2005). 네 번째는 2차 피해 유발로 기반 인프라 파손에 따른 의료시설 마비, 또는 오염된 물로 인한 수인성 질병 유행 등 공중보건 위협이 발생한다(Ortiz et al., 2023).

본 절에서는 1951년부터 2024년까지 74년간 우리나라에 영향을 준 태풍(부록 1.1 태풍일람표 참조)을 대상으로 내습 빈도, 태풍 최대강도, 인명 및 재산피해, 최대강수량과 최대풍속 등의 주요 지표를 순위별로 산출하여 분석하고자 한다.

○ 자료 구축

(1) 영향 태풍 최대 강도(중심기압 및 최대풍속)

태풍 내습 빈도 및 태풍 최대강도 등 주요 특성을 분석하기 위해, 표 2.1.1과 같이 자료를 구축하였다. 1951~2000년은 RSMC Tokyo 베스트 트랙 자료, 2001~2014년은 KMA 실황자료, 2015~2024년은 KMA 베스트 트랙 자료를 활용⁸⁾하였다.

또한 영향 태풍 최대강도는 중심기압(hPa)과 최대풍속(m/s; 10분 평균 풍속)을 기준으로 구분하여 분석하였다. 중심기압을 활용한 태풍 강도 분석은 1951~2024년, 최대풍속에 따른 강도 분석은 1977~2024년 기간에 대해 수행하였다. 이는 1977년 이전의 RSMC Tokyo 자료(표 2.1.1)에는 최대풍속 정보가 포함되지 않았기 때문이다.

표 2.1.1 1951~2024년 북서태평양의 기관별 태풍 자료 통합

기관	기간	중심기압 기준 강도 (hPa)	최대풍속 기준 강도 (m/s)
RSMC Tokyo	1951~1976	○	X
	1977~2000	○	○
KMA 실황	2001~2014	○	○
KMA Best Track	2015~2024	○	○

(2) 태풍의 우리나라 영향 기간 최대강수량 및 최대풍속

태풍 영향 기간 내 우리나라 최대강수량 및 최대풍속과 그 지역을 분석하기 위해 기상청 종관기상관측소(ASOS, Automated Synoptic

8) RSMC Tokyo는 1951년부터 공식 베스트 트랙 자료를 생산하기 시작하였다. 기상청(KMA)은 2001년 이후 예보 기반 태풍 실황자료를 활용하였으며, 2015년부터는 베스트 트랙 재분석을 통해 북서태평양 발생 태풍에 대한 자료를 생산하고 있다.

Observing System) 및 방재기상관측소(AWS, Automated Weather System) 관측자료를 활용하였다(표 2.1.2).

표 2.1.2 우리나라 영향태풍에 의한 강수량 및 풍속 자료

변수	자료 기간	관측자료
강수량(일강수량, 누적강수량)	1951~2024년	ASOS
	1997~2024년	AWS
풍속(최대순간풍속)	1951~2024년	ASOS
	1997~2024년	AWS

(3) 영향 태풍에 따른 인명 및 재산피해

영향 태풍에 따른 피해 분석 자료는 기간에 따라 나뉜다(표 2.1.3). 1951~1976년은 건설부(당시 기관명)의 ‘재해통계총람’, 1977~1978년은 건설부 ‘한국의 홍수’, 1979~2023년은 행정안전부 ‘재해연보’를 기준으로 분석하였으며, K-water(수자원공사)의 ‘시기별 대규모 홍수피해 현황’ 및 환경부 홍수통제소의 ‘우리나라에 영향을 미친 주요 태풍’ 자료는 참고자료로 활용하였다. 또한 전체 자연재해 피해액 대비 태풍 피해액 산정은 행정안전부 ‘재해연보’를 기준으로 산정하였다.

표 2.1.3 인명 및 재산피해 산정을 위한 이용 자료

자료명	자료 기간	담당 기관
기준자료		
재해통계총람	1951~1976년	건설부
한국의 홍수	1977~1978년	
재해연보	1979~2023년	행정안전부
참고자료		
시기별 대규모 홍수피해 현황	1959~2022년	K-water
우리나라에 영향을 미친 주요 태풍	1987~2023년	환경부 한강홍수통제소

2.2 내습빈도

내습빈도는 우리나라에 영향을 미친 태풍 빈도를 나타내는 것으로, 본 절은 분석 기간인 1951~2024년(74년간)까지 북서태평양에서 발생한 모든 태풍의 개수와 우리나라에 영향을 미친 영향 태풍의 분포를 산출하였다.

74년 동안 북서태평양에서 발생한 태풍의 전체 개수는 1,924개이고, 우리나라에 영향을 미친 태풍의 수는 모두 239개이다(표 2.2.1). 분석 기간 동안 평균적으로 북서태평양에서 1년 동안 발생하는 태풍의 개수는 대략 26개이고, 그중에서 약 12%에 해당하는 3개 정도의 태풍이 북상하여 우리나라에 영향을 미쳤다. 월별 전체 태풍 대비 영향 태풍의 비율은 7월이 약 26%로 가장 높았다. 분석 기간 영향 태풍이 가장 많은 달은 8월, 7월, 9월 순서로 많았으며, 7~9월의 분포가 전체의 87%로 이 시기에 영향 태풍이 집중되었다. 5월과 10월에 내습한 태풍은 각각 1%(3개), 2%(5개)로 극히 드물었다(그림 2.2.1).

표 2.2.1 1951~2024년까지 발생한 전체 태풍 및 영향 태풍의 개수

(단위: 개)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계	연평균
전체 태풍	31	19	27	52	73	128	280	409	369	277	174	85	1,924	26.0
영향 태풍	-	-	-	-	3	23	73	85	50	5	-	-	239	3.2
영향 태풍 비율(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	18.0	26.1	20.8	13.6	1.8	0.0	0.0	12.4	

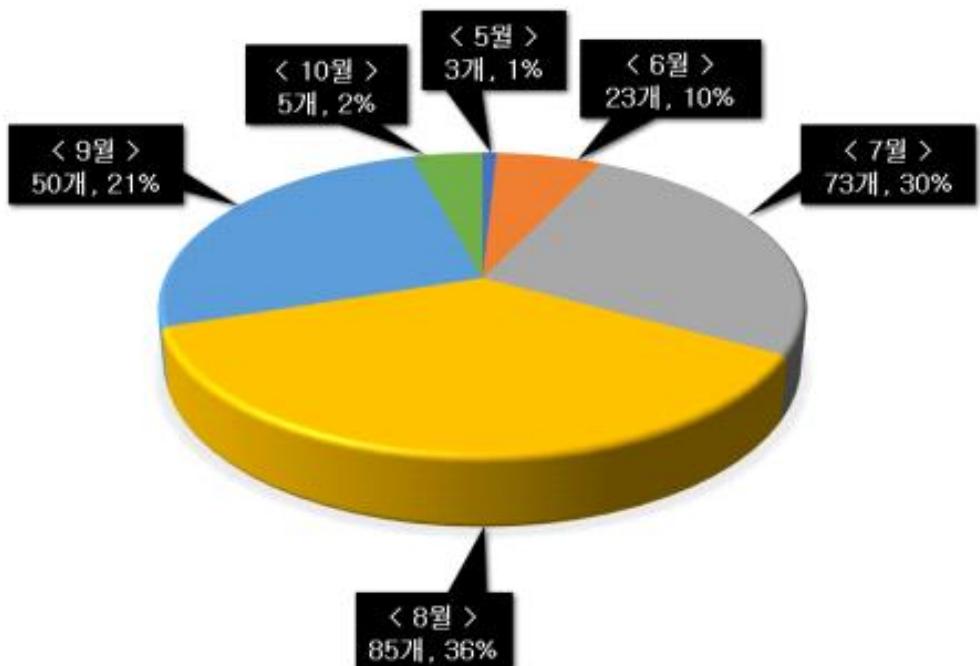


그림 2.2.1 1951~2024년 우리나라에 영향을 미친 영향태풍의 월별 분포도

2.3 최대강도 순위

본 절은 분석 기간 1951~2024년(74년간) 우리나라에 영향을 미친 태풍의 최대강도를 분석하였다. 태풍 최대강도는 중심기압(hPa)과 최대풍속(m/s)을 기준으로 각 10위까지 순위를 산정하였다. 순위표에서 동일 강도의 중심기압(최대풍속)일 경우 최대풍속(중심기압)이 높은(낮은) 태풍을 우선하였으며, 최대풍속(중심기압)이 같거나 값이 없는 경우 최근 발생한 태풍을 기준으로 정렬하였다.

(1) 우리나라 영향 태풍 강도

표 2.3.1은 분석 기간(1951~2024년, 74년간) 우리나라 영향 태풍(239개)의 강도 순위를 중심기압 기준(낮을수록 강한 태풍)으로 나타낸 것이다. 중심기압이 가장 낮았던 태풍은 1983년 제10호 태풍인 ‘FORREST’ 였으며, 중심기압이 885hPa, 최대풍속이 57m/s로 기상청 태풍 강도 분류(표 1.1.3)의 ‘강도 5’ 태풍에 해당하였다. 2001년 이후 발생한 주요 태풍

중에서는, 2014년 제19호 태풍 ‘봉퐁(VONGFONG)’, 2004년 제16호 태풍 ‘차바(CHABA)’, 2020년 제10호 태풍 ‘하이선(HAISHEN)’, 2012년 제16호 태풍 ‘산바(SANBA)’, 2003년 제14호 태풍 ‘매미(MAEMI)’ 등이 상위 순위에 포함되었다. 특히 ‘매미(MAEMI)’는 인명 및 재산피해 순위에서도 각각 2위와 9위를 기록하여 태풍 강도와 피해 규모 간의 상관성을 보여주었다(2.4절 참조). 74년간 239개 영향 태풍 중 중심기압 기준 10위 ($\leq 920\text{hPa}$)에 해당하는 52개 태풍 중 16개가 2001년 이후 발생했으며, 이 중 12개가 2010년 이후 태풍으로 최근 태풍 강도가 증가하는 추세로 나타났다.

표 2.3.1 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1951~2024년)

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
1	198310	FORREST	1983-09-23 09:00	18.6	133.5	885	57	110
	195909	JOAN	1959-08-29 09:00	21.3	124.8	885	-	-
2	195111	MARGE	1951-08-15 21:00	21.0	133.5	886	-	-
3	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	890	62	120
	196118	NANCY	1961-09-12 09:00	15.5	137.5	890	-	-
4	196911	ELSIE	1969-09-23 15:00	18.3	142.9	895	-	-
5	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	900	64	125
	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-08 03:00	17.6	133.2	900	59	115
	199810	ZEB	1998-10-14 03:00	16.2	123.8	900	57	110
	196210	OPAL	1962-08-05 15:00	22.3	122.7	900	-	-
	195705	VIRGINIA	1957-06-22 15:00	14.8	128.2	900	-	-
6	197709	BABE	1977-09-08 09:00	20.4	127.3	905	57	110
	197609	THERESE	1976-07-13 21:00	13.4	147.4	905	-	-
	197128	BESS	1971-09-20 15:00	21.4	133.6	905	-	-
	197002	OLGA	1970-07-01 15:00	18.6	127.6	905	-	-
	195914	SARAH	1959-09-15 09:00	22.9	126.5	905	-	-
	195819	GRACE	1958-09-01 09:00	16.6	131.5	905	-	-
	195707	AGNES	1957-08-18 09:00	22.5	130	905	-	-
	195412	JUNE	1954-09-08 15:00	20.6	140.1	905	-	-
7	200416	차바(CHABA)	2004-08-25 09:00	20.4	138.2	910	57	111
	199429	SETH	1994-10-08 09:00	19.1	125.6	910	57	110
	197911	JUDY	1979-08-20 09:00	21.3	133.8	910	57	110
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-04 21:00	22.6	133.5	910	56	109
	201216	산바(SANBA)	2012-09-14 15:00	19.1	129.8	910	56	109
	200314	매미(MAEMI)	2003-09-11 09:00	25.3	125.1	910	54	105
	197617	FRAN	1976-09-08 09:00	22.6	131.5	910	-	-

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
8	197214	BETTY	1972-08-15 21:00	22.1	126.7	910	-	-
	197207	RITA	1972-07-11 09:00	17.6	134.2	910	-	-
	195304	KIT	1953-06-30 09:00	14.1	134.1	910	-	-
	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-01 09:00	22.5	125.7	915	55	107
	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-10 15:00	17.9	123.5	915	55	107
	201909	래끼마(LEKIMA)	2019-08-08 21:00	24.4	124.9	915	55	107
	201825	콩레이(KONG-REY)	2018-10-02 03:00	17.3	133.7	915	55	107
	201824	짜미(TRAMI)	2018-09-25 03:00	19.6	129.1	915	55	107
	201411	할롱(HALONG)	2014-08-03 15:00	15.7	133.1	915	54	105
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-07 09:00	20.3	128.1	915	54	105
	202214	난마돌(NANMADOL)	2022-09-17 03:00	25.5	133.8	915	53	103
	199719	OLIWA	1997-09-11 03:00	19.2	148.2	915	51	100
	199407	WALT	1994-07-20 03:00	23.2	134.5	915	51	100
	198712	DINAH	1987-08-26 21:00	19.2	129.8	915	51	100
	198213	ELLIS	1982-08-23 03:00	18.3	135.4	915	51	100
	198705	THELMA	1987-07-11 15:00	17.9	130.2	915	46	90
	197613	BILLIE	1976-08-07 15:00	20.8	134.5	915	-	-
	197303	BILLIE	1973-07-15 15:00	21.8	125.3	915	-	-
9	196618	CORA	1966-09-05 9:00	24.7	125.2	918	-	-
10	198211	CECIL	1982-08-08 21:00	22.3	123.4	920	57	110
	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 09:00	25.3	129.5	920	53	103
	200209	펑센(FENGSHEN)	2002-07-22 09:00	22.3	152.2	920	51	100
	200603	에위니아(EWINIAR)	2006-07-05 15:00	18.2	130.1	920	51	99
	199709	ROSIE	1997-07-23 09:00	19.1	131.9	920	51	99
	197505	PHYLLIS	1975-08-15 03:00	24.1	137	920	-	-
	195507	CLARA	1955-07-13 09:00	25.6	125	920	-	-

※ 최대강도의 최대풍속은 중심기압이 가장 강했던 첫 시간의 최대풍속임

표 2.3.2는 1977~2024년(48년간) 중심기압(hPa)을 기준으로 태풍 순위를 나타낸 것으로, 동일기간 최대풍속 기준 태풍 순위(표 2.3.3)와 비교하기 위함이다. 그 결과, 1위는 1983년 제10호 태풍 ‘FORREST’ (885hPa), 2위는 1999년 제19호 태풍 ‘FLO’ (890hPa), 3위는 1982년 제10호 태풍 ‘BESS’ (900hPa)로 기록되었다.

표 2.3.3은 동일 기간 최대풍속을 기준으로 우리나라 영향 태풍 상위 10위를 산정한 결과이다. 10위 내 태풍 중 기상청 태풍 강도 분류(표 1.1.3)에서 ‘강도 5’에 해당하는 태풍은 모두 21개(상위 7위)였다. 이 중 2001년⁹⁾ 이후 발생한 태풍은 총 35개 중 18개로 약 51%였으며, 2010년

이후 태풍이 13개로 대부분을 차지하였다. 이는 최근 발생한 영향 태풍의 강도가 강해지고 있음을 보여준다.

표 2.3.2 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1977~2024년)

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
1	198310	FORREST	1983-09-23 09:00	18.6	133.5	885	57	110
2	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	890	62	120
3	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	900	64	125
	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-08 03:00	17.6	133.2	900	59	115
	199810	ZEB	1998-10-14 03:00	16.2	123.8	900	57	110
4	197709	BABE	1977-09-08 09:00	20.4	127.3	905	57	110
5	200416	차바(CHABA)	2004-08-25 09:00	20.4	138.2	910	57	111
	199429	SETH	1994-10-08 09:00	19.1	125.6	910	57	110
	197911	JUDY	1979-08-20 09:00	21.3	133.8	910	57	110
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-04 21:00	22.6	133.5	910	56	109
	201216	산바(SANBA)	2012-09-14 15:00	19.1	129.8	910	56	109
	200314	매미(MAEMI)	2003-09-11 10:00	25.3	125.1	910	54	105
6	202214	난마돌(NANMADOL)	2022-09-17 09:00	26.0	133.1	915	55	107
	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-01 09:00	22.5	125.7	915	55	107
	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-10 15:00	17.9	123.5	915	55	107
	201909	레끼마(LEKIMA)	2019-08-08 21:00	24.4	124.9	915	55	107
	201825	콩레이(KONG-REY)	2018-10-02 03:00	17.3	133.7	915	55	107
	201824	짜미(TRAMI)	2018-09-25 03:00	19.6	129.1	915	55	107
	201411	할롱(HALONG)	2014-08-03 15:00	15.7	133.1	915	54	105
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-07 09:00	20.3	128.1	915	54	105
	199719	OLIWA	1997-09-11 03:00	19.2	148.2	915	51	100
	199407	WALT	1994-07-20 03:00	23.2	134.5	915	51	100
	198712	DINAH	1987-08-26 21:00	19.2	129.8	915	51	100
	198705	THELMA	1987-07-11 21:00	18	128.9	915	51	100
	198213	ELLIS	1982-08-23 03:00	18.3	135.4	915	51	100
7	198211	CECIL	1982-08-08 21:00	22.3	123.4	920	57	110
	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 09:00	25.3	129.5	920	53	103
	199709	ROSIE	1997-07-23 09:00	19.1	131.9	920	51	100
	200603	에우니아(EWINIAR)	2006-07-05 15:00	18.2	130.1	920	51	99
	200209	펑센(FENGSHEN)	2002-07-22 09:00	22.3	152.2	920	51	99
8	200613	산산(SHANSHAN)	2006-09-13 03:00	24.0	123.8	925	52	101
	199413	DOUG	1994-08-06 03:00	17.5	127.3	925	51	100
	199119	MIREILLE	1991-09-24 03:00	19.1	130.1	925	51	100

9) 2001년(21세기) 이후 발생한 태풍의 이름에 한글 혼용(태풍위원회)

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
9	201511	낭카(NANGKA)	2015-07-10 03:00	18.2	143.6	925	51	99
	200514	나비(NABI)	2005-09-02 21:00	20.1	136.1	925	49	95
	200014	SAOMAI	2000-09-11 00:00	24.4	132.2	925	49	95
	199313	YANCY	1993-09-03 00:00	27.5	127.5	925	49	95
	198120	CLARA	1981-09-19 21:00	17.8	123.7	925	49	95
	198613	VERA	1986-08-22 09:00	22	145.5	925	46	90
10	202009	마이삭(MAYSAK)	2020-09-01 09:00	26.8	126.0	930	50	97
	201109	무이파(MUIIFA)	2011-08-01 03:00	18.5	133.5	930	50	97
	202306	카눈(KHANUN)	2023-08-02 03:00	25.5	127.4	930	49	95
	200704	마니(MAN-YI)	2007-07-13 03:00	24.9	127.5	930	49	95
	199918	BART	1999-09-23 00:00	26.6	127.2	930	46	90
10	202410	산산(SHANSHAN)	2024-08-28 03:00	29.0	130.1	935	49	95
	201705	노루(NORU)	2017-07-31 03:00	22.8	14.09	935	49	95
	201618	차바(CHABA)	2016-10-04 00:00	26.3	126.6	935	49	95
	201515	고니(GONI)	2015-08-24 03:00	25.2	124.7	935	49	95
	201509	찬홍(CHAN-HOM)	2015-07-10 03:00	25.1	126.6	935	49	95
	199210	JANIS	1992-08-07 00:00	24.8	130.7	935	49	95
	201324	다나스(DANAS)	2013-10-07 09:00	25.2	130.2	935	48	93
	200418	송다(SONGDA)	2004-09-05 09:00	25.8	129.0	935	46	89

표 2.3.3 우리나라 영향태풍 최대강도 순위(최대풍속 기준: 1977~2024년)

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
1	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	64	125	900
2	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	62	120	890
3	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-09 03:00	18.7	130.5	59	115	900
4	198310	FORREST	1983-09-23 90:00	18.6	133.5	57	110	885
	199810	ZEB	1998-10-14 30:00	16.2	123.8	57	110	900
	197709	BABE	1977-09-08 90:00	20.4	127.3	57	110	905
	200416	차바(CHABA)	2004-08-25 09:00	20.4	138.2	57	111	910
	199429	SETH	1994-10-08 09:00	19.1	125.6	57	110	910
	197911	JUDY	1979-08-20 09:00	21.3	133.8	57	110	910
5	198211	CECIL	1982-08-09 03:00	22.9	123.6	57	110	920
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-04 21:00	22.6	133.5	56	109	910
	201216	산바(SANBA)	2012-09-14 15:00	19.1	129.8	56	109	910

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
6	202214	난마돌(NANMADOL)	2022-09-17 09:00	26.0	133.1	55	107	915
	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-01 09:00	22.5	125.7	55	107	915
	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-10 15:00	17.9	123.5	55	107	915
	201909	레끼마(LEKIMA)	2019-08-08 21:00	24.4	124.9	55	107	915
	201825	콩레이(KONG-REY)	2018-10-02 03:00	17.3	133.7	55	107	915
	201824	짜미(TRAMI)	2018-09-25 03:00	19.6	129.1	55	107	915
7	200314	매미(MAEMI)	2003-09-11 10:00	25.3	125.1	54	105	910
	201411	할롱(HALONG)	2014-08-03 15:00	15.7	133.1	54	105	915
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-07 09:00	20.3	128.1	54	105	915
8	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 09:00	25.3	129.5	53	103	920
9	200613	산산(SHANSHAN)	2006-09-16 03:00	24.0	123.8	52	101	925
10	199719	OLIWA	1997-09-11 03:00	19.2	148.2	51	100	915
	199407	WALT	1994-07-20 03:00	23.2	134.5	51	100	915
	198712	DINAH	1987-08-27 03:00	19.6	129.6	51	100	915
	198705	THELMA	1987-07-11 21:00	18.0	128.9	51	100	915
	198213	ELLIS	1982-08-23 03:00	18.3	135.4	51	100	915
	200613	에위니아(EWINIAR)	2006-07-05 15:00	18.2	130.1	51	99	920
	200209	펑센(FENGSHEN)	2002-07-22 09:00	22.3	152.2	51	99	920
	199709	ROSIE	1997-07-24 03:00	21.4	132.2	51	100	920
	201511	낭카(NANGKA)	2015-07-10 03:00	18.2	143.6	51	99	925
	199413	DOUG	1994-08-06 09:00	17.5	127.3	51	100	925
	199119	MIREILLE	1991-09-24 03:00	19.1	130.1	51	100	925
	198120	CLARA	1981-09-20 03:00	18.3	122.9	51	100	930

표 2.3.2와 표 2.3.3의 비교/분석에서 주요 태풍 중 1982년 제10호 태풍 ‘BESS’는 중심기압 기준 3위(900hPa)이지만, 최대풍속은 64m/s로 동일 기간 내 가장 강한 태풍으로 평가되었고, 일본에 가장 큰 피해를 초래한 태풍 중 하나로 기록되어 있다. 반면, 2003년 ‘매미(MAEMI)’는 중심기압 기준으로는 상위 5위지만 최대풍속 순위는 7위로 각각 다르게 나타나, 두 지표 간 순위 차이가 존재함을 보여준다. 그러나 2001년 이후, 특히 최근 발생한 태풍에서는 중심기압과 최대풍속 기준의 순위가 전반적으로 유사하게 나타나는 경향을 보인다.

(2) 우리나라 영향 기간(영향 시작일과 종료일 기준) 내 태풍 강도

영향 태풍이 우리나라에 직접적으로 영향을 미친 기간 내에 태풍의 강도 순위(10위)를 평가하기 위해 해당 기간 내 태풍의 중심기압(1951~2024년; 74년간; 표 2.3.4)과 최대풍속(1977~2024년; 48년간; 표 2.3.5)을 기준으로 순위를 산정하였다.

표 2.3.4는 중심기압 기준의 태풍 강도 순위 결과로, 우리나라 영향 기간 내 가장 강한 태풍은 1990년 제19호 태풍 ‘FLO’로 중심기압 890hPa을 기록했다. 2001년 이후 발생한 태풍 중에는 2022년 제14호 태풍 ‘난마돌(NANMADOL)’, 2012년 제15호 태풍 ‘볼라벤(BOLAVEN)’, 2020년 제10호 태풍 ‘하이선(HAISHEN)’ 순으로 나타났다. 74년간 중심 기압 10위 기준의 42개 태풍 중 2001년 이후 태풍은 19개로 약 45%를 차지하였다.

표 2.3.4 우리나라 영향기간 내 태풍 최대강도 순위(중심기압 기준: 1951~2024년)

순위	태풍 번호	태풍명	우리나라 영향 기간	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
					위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
1	199019	FLO	1990-09-17 ~ 1990-09-18	1990-09-17 9:00	24.9	129.1	890	62	120
2	195914	SARAH	1959-09-15 ~ 1959-09-18	1959-09-15 9:00	22.9	126.5	905	-	-
3	202214	난마돌 (NANMADOL)	2022-09-17 ~ 2022-09-19	2022-09-17 3:00	25.5	133.8	915	53	103
	197709	BABE	1977-09-10 ~ 1977-09-12	1977-09-10 3:00	29.0	128.0	915	46	90
4	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 ~ 2012-08-29	2012-08-26 9:00	25.3	129.5	920	53	103
	198310	FORREST	1983-09-26 ~ 1983-09-30	1983-09-26 3:00	25.7	125.8	920	51	100
	196118	NANCY	1961-09-15 ~ 1961-09-16	1961-09-15 3:00	27.3	128.9	920	-	-
5	195115	RUTH	1951-10-13 ~ 1951-10-15	1951-10-13 3:00	21.5	126.0	924	-	-
6	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-06 ~ 2020-09-07	2020-09-06 3:00	26.4	130.9	925	51	99
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-08 ~ 2014-07-10	2014-07-08 3:00	23.8	126.1	925	51	99
	199313	YANCY	1993-09-02 ~ 1993-09-04	1993-09-02 18:00	26.5	126.7	925	49	95
	195707	AGNES	1957-08-19 ~ 1957-08-22	1957-08-19 3:00	26.0	129.5	925	-	-

순위	태풍 번호	태풍명	우리나라 영향 기간	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
					위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
7	202009	마이삭(MAYSAK)	2020-09-01 ~ 2020-09-03	2020-09-01 9:00	26.8	126.0	930	50	97
	200613	산산(SHANSHAN)	2006-09-17 ~ 2006-09-18	2006-09-17 3:00	28.5	127.1	930	49	95
	199119	MIREILLE	1991-09-27 ~ 1991-09-28	1991-09-27 0:00	27.3	126.2	930	49	95
	199918	BART	1999-09-23 ~ 1999-09-24	1999-09-23 0:00	26.6	127.2	930	46	90
	195612	EMMA	1956-09-08 ~ 1956-09-10	1956-09-08 15:00	26.6	127.0	930	-	-
8	202410	산산(SHANSHAN)	2024-08-28 ~ 2024-08-30	2024-08-28 3:00	29.0	130.1	935	49	95
	202211	힌남노 (HINNAMNOR)	2022-09-04 ~ 2022-09-06	2022-09-04 15:00	27.0	124.8	935	49	95
	201618	차바(CHABA)	2016-10-04 ~ 2016-10-05	2016-10-04 0:00	26.3	126.6	935	49	95
	201515	고니(GONI)	2015-08-24 ~ 2015-08-26	2015-08-24 3:00	25.2	124.7	935	49	95
	199210	JANIS	1992-08-07 ~ 1992-08-08	1992-08-07 0:00	24.8	130.7	935	49	95
	201324	다나스(DANAS)	2013-10-07 ~ 2013-10-09	2013-10-07 9:00	25.2	130.2	935	48	93
	201216	산바(SANBA)	2012-09-16 ~ 2012-09-18	2012-09-16 3:00	25.6	128.2	935	48	93
	200014	SAOMAI	2000-09-12 ~ 2000-09-16	2000-09-12 0:00	25.7	129.8	935	46	90
	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12 ~ 2003-09-13	2003-09-12 3:00	28.5	125.8	935	46	89
	200418	송다(SONGDA)	2004-09-06 ~ 2004-09-08	2004-09-06 3:00	27.8	127.2	935	44	86
9	198712	DINAH	1987-08-30 ~ 1987-08-31	1987-08-30 9:00	28.0	126.1	935	44	85
	200514	나비(NABI)	2005-09-06 ~ 2005-09-07	2005-09-06 0:00	29.8	130.2	935	43	84
	197119	OLIVE	1971-08-04 ~ 1971-08-06	1971-08-04 3:00	28.7	130.5	935	-	-
	200711	나리(NARI)	2007-09-15 ~ 2007-09-17	2007-09-15 3:00	26.7	126.5	940	48	93
	201913	링링(LINGLING)	2019-09-06 ~ 2019-09-07	2019-09-06 3:00	26.8	125.2	940	47	91
	201616	말라카스 (MALAKAS)	2016-09-19 ~ 2016-09-20	2016-09-19 9:00	29.4	127.1	940	47	91
	200416	차바(CHABA)	2004-08-29 ~ 2004-08-31	2004-08-29 3:00	27.8	132.1	940	44	86
	199606	EVE	1996-07-14 ~ 1996-07-19	1996-07-16 12:00	24.4	134.9	940	44	85
	199307	ROBYN	1993-08-08 ~ 1993-08-11	1993-08-09 9:00	27.7	129.2	940	44	85
	199109	CAITLIN	1991-07-28 ~ 1991-07-30	1991-07-28 0:00	26.6	126.7	940	41	80

순위	태풍 번호	태풍명	우리나라 영향 기간	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
					위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
	197009	WILDA	1970-08-14 ~ 1970-08-15	1970-08-14 3:00	29.5	128.8	940	-	-
	196515	JEAN	1965-08-05 ~ 1965-08-06	1965-08-06 3:00	31.9	129.9	940	-	-
	195705	VIRGINA	1957-06-25 ~ 1957-06-27	1957-06-25 3:00	21.0	121.8	940	-	-
	195522	LOUISE	1955-09-29 ~ 1955-09-30	1955-09-29 3:00	28.5	130.9	940	-	-
10	195111	MARGE	1951-08-21 ~ 1951-08-24	1951-08-21 3:00	30.8	124.9	941	-	-

표 2.3.5는 우리나라 영향 기간 중 최대풍속을 기준으로 산정한 태풍 강도 상위 10위를 제시한 것이다. 그 결과, 1990년 제19호 태풍 ‘FLO’가 가장 강한 태풍으로 나타났다. 상위 10위에 포함된 26개 태풍 모두 기상청 태풍 강도 분류 기준에서 ‘강도 4’ 이상에 해당하였으며, 이 중 2001년 이후 발생한 태풍이 17개(약 65%)를 차지하였다. 특히 2010년 이후 발생한 태풍이 14개로서 최근 우리나라 영향 태풍의 강도가 강해지고 있음을 뚜렷하게 보여주었다.

표 2.3.5 우리나라 영향기간 내 태풍 최대강도 순위(최대풍속 기준: 1977~2024년)

순위	태풍 번호	태풍명	우리나라 영향 기간	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
					위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
1	199019	FLO	1990-09-17 ~ 1990-09-18	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	62	120	890
2	202214	난마돌 (NANMADOL)	2022-09-17 ~ 2022-09-19	2022-09-17 09:00	26.0	133.1	55	107	915
3	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 ~ 2012-08-29	2012-08-26 09:00	25.3	129.5	53	103	920
4	198310	FORREST	1983-09-26 ~ 1983-09-30	1983-09-26 03:00	25.7	125.8	51	100	920
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-06 ~ 2020-09-07	2020-09-06 03:00	26.4	130.9	51	99	925
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-08 ~ 2014-07-10	2014-07-08 03:00	23.8	126.1	51	99	925
5	202009	마이삭(MAYSAK)	2020-09-01 ~ 2020-09-03	2020-09-01 09:00	26.8	126.0	50	97	930

순위	태풍 번호	태풍명	우리나라 영향 기간	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
					위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
6	200613	산산(SHANSHAN)	2006-09-17 ~ 2006-09-18	2006-09-17 03:00	28.5	127.1	49	95	930
	199313	YANCY	1993-09-02 ~ 1993-09-04	1993-09-02 15:00	26.0	126.3	49	95	930
	199119	MIREILLE	1991-09-27 ~ 1991-09-28	1991-09-27 00:00	27.3	126.2	49	95	930
	202410	산산(SHANSHAN)	2024-08-28 ~ 2024-08-30	2024-08-28 03:00	29.0	130.1	49	95	935
	202211	힌남노 (HINNAMNOR)	2022-09-04 ~ 2022-09-06	2022-09-04 15:00	27.0	124.8	49	95	935
	201618	차바(CHABA)	2016-10-04 ~ 2016-10-05	2016-10-04 00:00	26.3	126.6	49	95	935
	201515	고니(GONI)	2015-08-24 ~ 2015-08-26	2015-08-24 03:00	25.2	124.7	49	95	935
	199210	JANIS	1992-08-07 ~ 1992-08-08	1992-08-07 00:00	24.8	130.7	49	95	935
7	201324	다나스(DANAS)	2013-10-07 ~ 2013-10-09	2013-10-07 09:00	25.2	130.2	48	93	935
	201216	산바(SANBA)	2012-09-16 ~ 2012-09-18	2012-09-16 03:00	25.6	128.2	48	93	935
	200711	나리(NARI)	2007-09-15 ~ 2007-09-17	2007-09-15 03:00	26.7	126.5	48	93	940
8	201913	링링(LINGLING)	2019-09-06 ~ 2019-09-07	2019-09-06 03:00	26.8	125.2	47	91	940
	201616	말라카스 (MALAKAS)	2016-09-19 ~ 2016-09-20	2016-09-19 09:00	29.4	127.1	47	91	940
9	197709	BABE	1977-09-10 ~ 1977-09-12	1977-09-10 03:00	29.0	128.0	46	90	915
	199918	BART	1999-09-23 ~ 1999-09-24	1999-09-23 00:00	26.6	127.2	46	90	930
	200014	SAOMAI	2000-09-12 ~ 2000-09-16	2000-09-12 00:00	25.7	129.8	46	90	935
	198213	ELLIS	1982-08-25 ~ 1982-08-28	1982-08-25 03:00	25.2	131.8	46	90	945
	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12 ~ 2003-09-13	2003-09-12 03:00	28.5	125.8	46	89	935
10	202008	바비(BAVI)	2020-08-25 ~ 2020-08-27	2020-08-26 03:00	31.4	124.8	45	87	945

2.4 인명 및 재산피해 순위

우리나라에 영향을 미친 태풍에 의한 인명 및 재산피해는 각 태풍의 영향기간 동안의 강도와 그 시기 피해지역의 사회발달 정도와 범위에 따라 피해의 정도가 달라진다. 본 절은 분석 기간 1951~2023년(73년간) 동안 영향 태풍 중에서 우리나라에 인명 및 재산피해를 크게 입힌 순(10위)으로 분석하였다. 재산피해의 경우, 피해액은 해당연도의 화폐 가치로 산정되었다.

(1) 재산피해

표 2.4.1은 영향 태풍에 따른 재산피해 순으로 2002년 제15호 태풍 ‘루사(RUSA)’에 의한 피해액이 51,479억 원으로 가장 컼고, 다음이 2003년 제14호 태풍 ‘매미(MAEMI)’에 의한 피해로 42,225억 원에 이르렀다. 재산피해 순위는 1987년 제5호 태풍 ‘THELMA’를 제외하고, 1990년대 중반 이후 발생한 태풍이 차지하였다. 이는 국가경제력 및 산업이 발달하면서 급격하게 도시화가 진행되었고, 이에 따른 전기·교통·통신 등의 기반시설과 산업시설이 확대되면서 유수지¹⁰⁾ 등 침수 방지 시설의 상대적 감소로 유출량이 증가했기 때문에 태풍에 의한 피해액이 증가하는 것이다 (Jang et al., 2021).

10) 장마, 호우 등으로 늘어난 우수 유출량을 임시로 저장하여 유량을 조정한 후 하수관거로 내보내는 침수 방지 시설이다.

표 2.4.1 1951~2023년 영향태풍에 의한 재산피해 순위

순위	태풍번호	태풍명	영향기간	재산피해(억 원)
1	200215	루사(RUSA)	2002-08-30 ~ 2002-09-01	51,479
2	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12 ~ 2003-09-13	42,225
3	200603	에위니아(EWINIAR)	2006-07-09 ~ 2006-07-10	18,344
4	199905	NEIL	1999-07-26 ~ 1999-07-28	10,490
	199907	OLGA	1999-08-02 ~ 1999-08-04	
5	201214	덴빈(TEMBIN)	2012-08-29 ~ 2012-08-30	6,365
	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 ~ 2012-08-29	
6	199507	JANIS	1995-08-25 ~ 1995-08-27	4,563
7	198705	THELMA	1987-07-15 ~ 1987-07-16	3,913
8	201216	산바(SANBA)	2012-09-16 ~ 2012-09-18	3,657
9	199809	YANNI	1998-09-28 ~ 1998-09-30	2,749
10	200012	PRAPIROON	2000-08-31 ~ 2000-09-01	2,520

(2) 인명피해

인명피해(사망, 실종)의 경우(표 2.4.2), 1959년 제14호 태풍 ‘사라(SARAH)’에 의한 849명의 피해가 가장 컸으며, 다음으로 1972년 제14호 태풍 ‘BETTY’, 2002년 제15호 태풍 ‘루사(RUSA)’ 순이다. 재산피해와 달리 10위 안에 2000년대 이전 연도들이 더 많이 분포하고 있었으며, 특히 태풍 루사와 매미를 제외하면 1990년 이전의 태풍들이 분포하는 특징을 보였다.

표 2.4.2 1951~2023년 영향태풍에 의한 인명피해 순위

순위	태풍번호	태풍명	영향기간	인명피해(사망/실종, 명)
1	195914	SARAH	1959-09-15 ~ 1959-09-18	849
2	197214	BETTY	1972-08-18 ~ 1972-08-20	550
3	200215	루사(RUSA)	2002-08-30 ~ 2002-09-01	246
4	197613	BILLIE	1976-08-12 ~ 1976-08-14	184
5	198705	THELMA	1987-07-15 ~ 1987-07-16	178
6	196015	CARMEN	1960-08-22 ~ 1960-08-23	159
7	198118	AGNES	1981-08-31 ~ 1981-09-04	139
8	197911	JUDY	1979-08-24 ~ 1979-08-26	136
9	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12 ~ 2003-09-13	131
10	196304	SHIRLEY	1963-06-19 ~ 1963-06-20	107

(3) 전체 자연재해 피해액 대비 태풍 피해액

분석 기간 1979~2023년(45년간)까지, 연간 전체 자연재해 피해액 대비 태풍 피해액의 비율을 산출하였다(표 2.4.3). 분석 기간의 전체 자연재해 피해액에서 태풍 피해액이 약 57%를 차지하였고, 최근 10년(2014~2023년) 동안은 약 27%를 차지하였다. 영향 태풍들에 의한 재산피해 순위에서 상위권의 태풍이 발생한 연도는 대표적인 자연재해인 호우, 대설, 강풍 등에 의한 피해가 발생했음에도 불구하고 태풍에 의한 피해액이 90% 이상을 차지하므로 강한 태풍에 의한 영향력이 크다는 것을 알 수 있다.

표 2.4.3. 1979~2023년 전체 자연재해 피해액 대비 태풍 피해액의 비율

연도	전체 재해 피해액(억 원)	태풍 피해액(억 원)	비율(태풍/전체, %)	영향 태풍 수
1979	1,584	846	53.4	2
1980	1,981	135	6.8	3
1981	1,216	1,034	85.1	5
1982	814	633	77.8	4
1983	193	15	7.9	1
1984	2,452	25	1.0	3
1985	1,364	169	12.4	5
1986	2,347	1,839	78.3	3
1987	10,575	5,019	47.5	3
1988	1,219	-	0.0	0
1989	5,501	1,192	21.7	2
1990	6,496	13	0.2	4
1991	3,869	2,445	63.2	5
1992	241	52	21.8	2
1993	1,971	879	44.6	4
1994	1,534	203	13.3	5
1995	6,012	5,481	91.2	3
1996	4,831	-	0.0	2
1997	1,909	105	5.5	4
1998	15,828	2,749	17.4	2
1999	12,197	11,344	93.0	5
2000	6,454	3,983	61.7	5
2001	12,562	-	0.0	1
2002	61,153	51,857	84.8	4
2003	44,082	42,334	96.0	4
2004	12,304	3,416	27.8	5
2005	10,494	1,385	13.2	1
2006	19,430	18,462	95.0	3
2007	2,518	1,609	63.9	3
2008	637	9	1.3	1
2009	2,988	-	0.0	0
2010	4,268	1,725	40.4	3
2011	7,942	2,183	27.5	3
2012	10,892	10,037	92.2	5
2013	1,721	17	1.0	3
2014	1,800	53	2.9	4
2015	319	134	42.1	4
2016	2,884	2,145	74.4	2
2017	1,873	-	0.0	3
2018	1,413	706	50.0	5
2019	2,162	2,128	98.4	7
2020	13,182	2,225	16.9	4
2021	661	211	31.9	3
2022	5,927	2,440	41.2	5
2023	9,582	558	5.8	1
최근 10년 합계	39,802	10,600	26.6	38
전체 평균	7,142	4,040	56.6	3.24

2.5 최대강수량 및 최대순간풍속 순위

1951~2024년까지 영향 태풍들에 의한 강수량 및 강풍의 정도를 알아보기 위해 영향 태풍들이 우리나라에 영향을 미친 영향기간 동안 기상청의 종관기상관측소(ASOS, Automated Synoptic Observing System)와 방재기상 관측소¹¹⁾(AWS, Automatic Weather System)의 관측자료를 이용하여 순위를 산정하였다.

(1) 최대강수량

강수량의 경우 각 태풍의 영향기간 동안의 지점별 일강수량 및 영향 기간 전체 누적강수량에 대한 순위를 산정하였다. 일강수량 최고 기록은 2014년 제12호 태풍 ‘나크리(NAKRI)’에 의해 윗세오름 지점에서 관측된 1,182.0mm이며, 다음 기록은 2020년 제9호 태풍 ‘마이삭(MAYSAK)’에 의한 1,004.0mm로 2002년 제15호 태풍 ‘루사(RUSA)’에 의한 870.5mm를 제외하면, 일강수량 상위권의 태풍 대부분이 제주도의 산간에 많은 비를 뿐였다(표 2.5.1). 영향기간 최고 누적강수량도 2014년 제12호 태풍 나크리에 의한 윗세오름 지점의 1,666.5mm로 기록적인 폭우가 내렸으며, 다음도 2015년 제9호 태풍 ‘찬홍(CHAN-HOM)’에 의한 윗세오름의 1,433.0mm로 일강수량과 마찬가지로 상위권 내 태풍 루사 외에 대부분의 태풍이 제주도 산간과 동부 지역에 많은 비를 내렸다(표 2.5.2). 영향 태풍이 우리나라로 북상할 때 제주도가 태풍 영향권에 들어가는 경우가 많아서 강수량도 제주도에 집중되는 경향이 있었다.

표 2.5.1 1951~2024년 영향태풍에 의한 일강수량 순위

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	일강수량(mm)	AWS/ASOS
1	201412	나크리(NAKRI)	윗세오름(제주도)	2014-08-02	1,182.0	AWS
2	202009	마이삭(MAYSAK)	한라산남벽(제주도)	2020-09-02	1,004.0	AWS
3	201819	슬릭(SOULIK)	사제비(제주도)	2018-08-23	901.5	AWS

11) 방재기상관측소 자료는 유인관측소에 비해 기계 오작동이나 통신장애 등으로 잘못된 관측자료가 나올 수 있으므로 참조용으로 사용 가능하고, 공식적인 통계자료가 아님.

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	일강수량(mm)	AWS/ASOS
4	200215	루사(RUSA)	강릉(강원도)	2002-08-31	870.5	ASOS
5	201509	찬홍(CHAN-HOM)	윗세오름(제주도)	2015-07-11	779.0	AWS
6	202211	힌남노(HINNAMNOR)	윗세오름(제주도)	2022-09-05	703.0	AWS
7	201109	무이파(MUIFA)	윗세오름(제주도)	2011-08-07	604.0	AWS
8	201216	산바(SANBA)	진달래밭(제주도)	2012-09-17	596.5	AWS
9	201618	차바(CHABA)	윗세오름(제주도)	2016-10-05	592.5	AWS
10	201905	다나스(DANAS)	삼각봉(제주도)	2019-07-20	591.5	AWS
11	200514	나비(NABI)	정자(울산광역시)	2005-09-06	584.5	AWS
12	201917	타파(TAPAH)	어리목(제주도)	2019-09-22	583.5	AWS
13	202205	송다(SONGDA)	삼각봉(제주도)	2022-07-31	579.0	AWS
14	200711	나리(NARI)	성판악(제주도)	2007-09-16	556.0	AWS
15	198118	AGNES	장흥(전라남도)	1981-09-02	547.4	ASOS
16	201825	콩레이(KONG-REY)	윗세오름(제주도)	2018-10-05	519.5	AWS
17	199809	YANNI	포항(경상북도)	1998-09-30	516.4	ASOS
18	201418	너구리(NEOGURI)	윗세오름(제주도)	2014-07-09	485.0	AWS
19	201909	레끼마(LEKIMA)	삼각봉(제주도)	2019-08-11	455.5	AWS
20	199112	GLADYS	부산(부산광역시)	1991-08-23	439.0	ASOS
21	200205	라마순(RAMMASUN)	산천단(제주도)	2002-07-05	422.5	AWS
22	200314	매미(MAEMI)	남해(경상남도)	2003-09-12	410.0	ASOS
23	197214	BETTY	해남(전라남도)	1972-08-20	407.5	ASOS
	200415	메기(MEGI)	다도(전라남도)	2004-08-18	407.5	AWS
24	201215	볼라벤(BOLAVEN)	윗세오름(제주도)	2012-08-28	402.0	AWS
25	202008	바비(BAVI)	삼각봉(제주도)	2020-08-26	397.5	AWS
26	197119	OLIVE	삼척(강원도)	1971-08-25	390.8	ASOS
27	202114	찬투(CHANTHU)	진달래밭(제주도)	2021-09-14	390.5	AWS
28	201918	미탁(MITAG)	윗세오름(제주도)	2019-10-02	373.5	AWS
29	202306	카누(KHANUN)	속초(강원도)	2023-08-10	368.7	ASOS
30	199507	JANIS	보령(충청남도)	1995-08-25	361.5	ASOS

표 2.5.2 1951~2024년 영향태풍에 의한 영향기간 누적강수량 순위

순위	태풍번호	태풍명	영향기간	관측지점명	영향기간 누적강수량 (mm)	AWS/ ASOS
1	201412	나크리(NAKRI)	2014-08-01~2014-08-03	윗세오름(제주도)	1,666.5	AWS
2	201509	찬홍(CHAN-HOM)	2015-07-11~2015-07-13	윗세오름(제주도)	1,433.0	AWS
3	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-13~2021-09-17	진달래밭(제주도)	1,276.5	AWS
4	201905	다나스(DANAS)	2019-07-19~2019-07-20	삼각봉(제주도)	1,140.5	AWS
5	201819	솔릭(SOULIK)	2018-08-22~2018-08-24	사제비(제주도)	1,113.0	AWS

순위	태풍번호	태풍명	영향기간	관측지점명	영향기간 누적강수량 (mm)	AWS/ ASOS
6	202009	마이삭(MAYSAK)	2020-09-01~2020-09-03	한라산남벽(제주도)	1,045.0	AWS
7	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-04~2022-09-06	윗세오름(제주도)	954.0	AWS
8	200215	루사(RUSA)	2002-08-30~2002-09-01	강릉(강원도)	898.0	ASOS
9	202205	송다(SONGDA)	2022-07-30~2022-08-01	삼각봉(제주도)	891.5	AWS
10	201216	산바(SANBA)	2012-09-16~2012-09-18	진달래밭(제주도)	845.0	AWS
11	201917	타파(TAPAH)	2019-09-21~2019-09-23	어리목(제주도)	783.5	AWS
12	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26~2012-08-29	윗세오름(제주도)	748.0	AWS
13	201825	콩레이(KONG-REY)	2018-10-05~2018-10-06	윗세오름(제주도)	732.0	AWS
14	198118	AGNES	1981-08-31~1981-09-04	성산(제주도)	684.0	ASOS
15	198012	NORRIS	1980-08-28~1980-08-31	성산(제주도)	674.0	ASOS
16	200711	나리(NARI)	2007-09-15~2007-09-17	성판악(제주도)	659.0	AWS
17	201618	차바(CHABA)	2016-10-04~2016-10-05	윗세오름(제주도)	658.5	AWS
18	201109	무이파(MUIFA)	2011-08-06~2011-08-08	윗세오름(제주도)	653.5	AWS
19	199413	DOUG	1994-08-09~1994-08-12	성산(제주도)	637.0	ASOS
20	199809	YANNI	1998-09-28~1998-09-30	포항(경상북도)	611.3	ASOS
21	200514	나비(NABI)	2005-09-06~2005-09-07	정자(울산광역시)	586.0	AWS
22	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12~2003-09-13	미시령(강원도)	585.0	AWS
23	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-08~2014-07-10	윗세오름(제주도)	560.5	AWS
24	201918	미탁(MITAG)	2019-10-01~2019-10-03	울진(경상북도)	556.3	ASOS
25	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-06~2020-09-07	어리목(제주도)	547.5	AWS
26	199112	GLADYS	1991-08-22~1991-08-26	울산(울산광역시)	545.0	ASOS
27	200014	SAOMAI	2000-09-12~2000-09-16	설악동(강원도)	541.0	AWS
28	201105	메아리(MEARI)	2011-06-25~2011-06-27	윗세오름(제주도)	521.5	AWS
29	202008	바비(BAVI)	2020-08-25~2020-08-27	삼각봉(제주도)	512.5	AWS
30	198712	DINAH	1987-08-30~1987-08-31	성산(제주도)	503.0	ASOS

(2) 최대순간풍속

영향 태풍에 의한 강풍 강도를 확인하기 위해 영향기간 동안 관측 당시의 순간 관측값인 최대순간풍속에 대한 순위를 산정하였다. 최대순간 풍속이 가장 강했던 태풍은 2020년 제8호 태풍 ‘바비’로 가거도에서 66.1m/s가 관측되었고, 다음은 2003년 제4호 태풍 ‘매미(MAEMI)’에 의해 제주도의 제주와 고산 지점에서 60.0m/s가 기록되었다(표 2.5.3). 태풍이 북상 시 영향권에 자주 포함되는 제주도, 전라도 및 경상도의 남해안 지역, 그리고 울릉도가 순위권에 많이 분포하였다.

표 2.5.3 1951~2024년 영향태풍에 의한 최대순간풍속 순위

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	최대순간풍속 (m/s)	AWS/ASOS
1	202008	바비(BAVI)	가거도(전라남도)	2020-08-06	66.1	AWS
2	200314	매미(MAEMI)	제주(제주도)	2003-09-12	60.0	ASOS
			고산(제주도)	2003-09-12	60.0	ASOS
3	200012	PRAPIROON	흑산도(전라남도)	2000-08-31	58.3	ASOS
4	200215	루사(RUSA)	고산(제주도)	2002-08-31	56.7	ASOS
5	201618	차바(CHABA)	고산(제주도)	2016-10-05	56.5	ASOS
6	201913	링링(LINGLING)	흑산도(전라남도)	2019-09-07	54.4	ASOS
7	200711	나리(NARI)	울릉도(경상북도)	2007-09-17	52.4	ASOS
8	201215	볼라벤(BOLAVEN)	완도(전라남도)	2012-08-28	51.8	ASOS
9	199219	TED	울릉도(경상북도)	1992-09-25	51.0	ASOS
10	202009	마이삭(MAYSAK)	고산(제주도)	2020-09-02	49.2	ASOS
11	198613	VERA	울진(경상북도)	1986-08-28	49.0	ASOS
12	200514	나비(NABI)	울릉도(경상북도)	2005-09-07	47.3	ASOS
13	202204	에어리(AERE)	청산도(전라남도)	2022-07-05	47.2	AWS
14	195914	SARAH	제주(제주도)	1959-09-17	46.9	ASOS
	201825	콩레이(KONG-REY)	진달래밭(제주도)	2018-10-06	46.9	AWS
15	199503	FAYE	통영(경상남도)	1995-07-03	46.6	ASOS
16	201109	무이파(MUIFA)	홍도(전라남도)	2011-08-07	46.4	AWS
17	199909	OLGA	홍도(전라남도)	1999-08-03	46.2	AWS
	201007	곤파스(KOMPASU)	옹도(충청남도)	2010-09-02	46.2	AWS
18	200415	메기(MEGI)	울릉도(경상북도)	2004-08-19	46.1	ASOS
19	201819	솔릭(SOULIK)	진달래밭(제주도)	2018-08-02	45.8	AWS
20	195612	EMMA	여수(전라남도)	1956-09-10	45.7	ASOS
21	201613	산산(SHANSHAN)	울릉도(경상북도)	2006-09-18	45.6	ASOS
22	195522	LOUISE	울릉도(경상북도)	1955-09-30	44.3	ASOS
23	198712	DINAH	서귀포(제주도)	1987-08-30	44.0	ASOS
24	201216	산바(SANBA)	평도(전라남도)	2012-09-17	43.9	AWS
25	199719	OLIWA	우도(제주도)	1997-09-15	43.7	AWS
26	200014	SAOMAI	제주남원(제주도)	2000-09-16	43.6	AWS
27	202211	힌남노(HINNAMNOR)	울릉도(경상북도)	2022-09-06	43.4	ASOS
28	201214	덴빈(TEMBIN)	산이(전라남도)	2012-08-30	43.2	AWS
29	200603	에위니아(EWINIAR)	부산(례)(부산광역시)	2006-07-10	43.1	AWS
30	196411	HELEN	서귀포(제주도)	1964-08-02	43.0	ASOS

2.6. 주요 태풍 사례 분석

우리나라에 영향을 미친 태풍들(부록 1.1 태풍일람표 참조) 중에서 2002년 제15호 태풍 ‘루사(RUSA)’, 2003년 제14호 태풍 ‘매미(MAEMI)’, 2012년 제15호 태풍 ‘볼라벤(BOLAVEN)’, 2020년 제10호 태풍 ‘하이선(HAISHEN)’, 2022년 제11호 태풍 ‘힌남노(HINNAMNOR)’를 포함한 8개의 주요 태풍 사례를 선정하여 태풍의 특징 및 피해 등에 대해 기술하고자 한다.

2.6.1 2002년 제15호 태풍 루사(RUSA)

태풍 루사는 8월 30일~9월 1일까지 우리나라 전역에 영향을 미쳤다. 특히, 강원도 지방에 막대한 강수를 기록하여 이재민 8만 8천여 명, 사망·실종 246명의 인명피해, 5조 1,419억 원의 재산피해 등 막대한 피해가 발생하였다(재해연보, 2002).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 루사는 2002년 8월 23일 09시경 괌 동북동쪽 약 1,800km 부근의 해상(16.5° N, 161.0° E)에서 열대저압부로 발생하였다. 이후 8월 26일 15시경 ‘강도 3’의 태풍으로 발달하여 일본 남쪽 해상을 통과한 뒤 제주도 서귀포 동쪽 해상을 거쳐 8월 31일 15시 30분경 중심기압 950hPa로 전라남도 고흥반도 남부 해안에 상륙하였다. 태풍은 9월 1일 한반도를 관통하며 북상한 후 강원도 속초 부근을 지나 동해로 빠져나갔다(그림 2.6.1).

태풍 루사가 우리나라에 직접적인 영향을 미친 기간은 태풍 특보 발표 기간인 8월 30일~9월 1일이다. 루사는 이전까지 우리나라에 상륙하였던 유사한 태풍들과 달리 매우 이례적으로 강력한 강도(강도 3, 950hPa)를 유지한 채 접근하였다. 8월 30일 뚜렷한 ‘태풍의 눈’을 형성한 상태에서 매우 느린 속도로 북상하다가 8월 31일 상륙 직전 12시경부터 이동속도가 빨라졌다. 상륙 후 35° N, 127.3° E(전남 순천시)를 지난 뒤에 전향하여

북북동진하면서 우리나라를 관통하였으며, 상륙 후 약 24시간 뒤인 9월 1일 15시경 세력이 많이 약화된 상태(중심기압 992hPa)에서 동해 북부 해상으로 진출하였다.

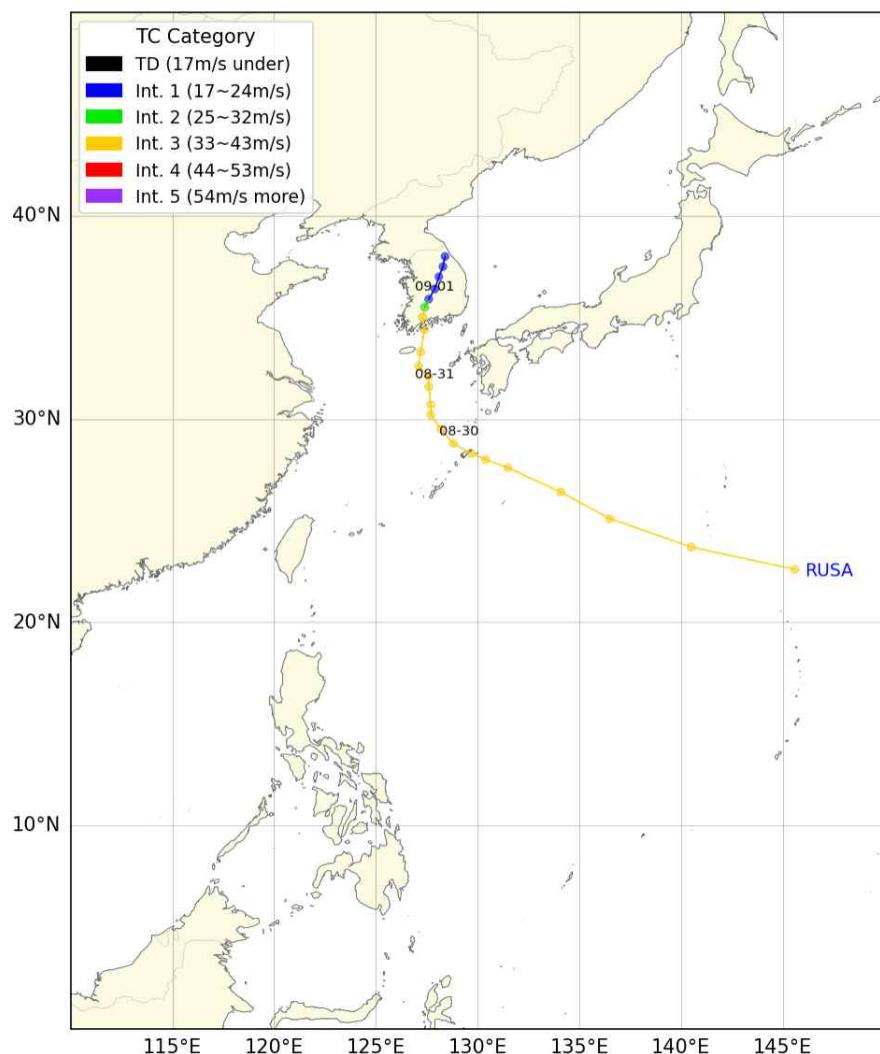


그림 2.6.1 2002년 제15호 태풍 루사의 경로도

루사가 강력한 세력을 유지한 채 한반도에 상륙하게 된 주요 원인은 8월 30일~31일 남해 해역을 지나올 때 해수면 온도가 26°C로 평년에 비해 2~3°C 높아서 태풍 발달에 필요한 습윤 에너지가 충분하게 공급되었기 때문이다. 또한 북태평양고기압이 동서로 강하게 확장 및 유지되어 상층 편서풍대가 약화되었고, 이와 함께 태풍의 진행 및 전향에

중요한 역할을 하는 상층 기압골의 이동속도가 매우 느렸기 때문에 태풍이 장기간 강한 세력을 유지할 수 있었다.

(2) 주요 기상현상

태풍 루사의 영향기간(태풍특보 발표기간: 8월 30일~9월 1일) 동안 전국 종관기상관측소(ASOS)와 방재기상관측소(AWS)의 기상 관측자료를 확인한 결과, 태풍에 의한 강한 폭풍우가 기록되었다. 특히, 태풍이 북상하면서 태풍 전면의 바람이 불어오는 위치에 있었던 제주도 및 남해안 지역에 강한 폭풍우가 발생하였다.

종관기상관측소인 제주도 고산에서는 8월 31일 10시 21분(KST) 최대 순간풍속 56.7m/s의 매우 강한 강풍이 관측되었으며, 이는 종관기상관측소 기준으로 2000년 8월 31일 태풍 ‘PRAPIROON’에 의해 흑산도에서 기록된 58.3m/s 이후 전국에서 두 번째로 강한 태풍 풍속 기록이다. 태풍이 8월 31일 서귀포 동쪽 해상을 통과할 때부터 상륙 직후까지 우리나라 전역에서 비교적 강한 바람이 불었으며, 특히 최대순간풍속이 흑산도 50.2m/s, 우도 47.8m/s, 서광 46.1m/s, 홍도 42.0m/s, 무등산 40.3m/s 등으로 제주도, 남서 해안 및 남부 내륙지역에 강풍이 관측되었다(표 2.6.1).

가장 먼저 태풍의 영향권에 든 제주도와 상륙 후 태풍의 전면부에 위치하고 주로 산맥의 풍상층에 해당하는 강원 영동지방, 그리고 지리산을 중심으로 남부 내륙 산간과 추풍령 등 중부내륙 산간지방에서 느린 속도로 북상하는 태풍에 의해 시간당 50~100mm의 집중호우가 내렸다. 특히, 강릉은 시간당 100.5mm의 기록적인 폭우와 8월 31일 일강수량 870.5mm는 연평균 강수량의 62%로 전국 기상관서의 기상관측 이래 가장 많은 양을 기록 하였으며(표 2.6.2), 이로 인한 인명 및 재산피해가 발생하였다. 영향기간 동안 강릉을 포함한 강원도 영동지방뿐만 아니라 제주도 산간에도 500mm 이상의 강수가 내렸고, 고흥과 뱈사골(전라북도)처럼 남해안 및 남부 내륙 지역에도 많은 양의 강수가 관측되었다(표 2.6.3).

표 2.6.1 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	관측일	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	고산(제주도)	2002-08-31	56.7	1021
2	흑산도(전라남도)	2002-08-31	50.2	1808
3	우도(제주도)	2002-08-31	47.8	0935
4	서광(제주도)	2002-08-31	46.1	0739
5	마라도(제주도)	2002-08-31	42.2	0928
6	홍도(전라남도)	2002-08-31	42.0	1617
7	서귀포(제주도)	2002-08-31	40.8	0458
8	안좌(전라남도)	2002-08-31	40.4	1540
9	무등산(광주광역시)	2002-08-31	40.3	1225
10	선유도(전라북도)	2002-08-31	40.2	1713

표 2.6.2 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	강릉(강원도)	2002-08-31	870.5
2	대관령(강원도)	2002-08-31	712.5
3	어리목(제주도)	2002-08-31	548.0
4	경포(강원도)	2002-08-31	471.5
5	성판악(제주도)	2002-08-31	468.0
6	뱀사골(전라북도)	2002-08-31	460.0
7	연곡(강원도)	2002-08-31	415.5
8	고흥(전라남도)	2002-08-31	404.0
9	가야산(경상남도)	2002-08-31	375.5
10	시천(경상남도)	2002-08-31	373.5

표 2.6.3 2002년 제15호 태풍 루사의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	강릉(강원도)	898.0	6	뱀사골(전라북도)	500.0
2	어리목(제주도)	813.0	7	경포(강원도)	483.0
3	대관령(강원도)	760.0	8	연곡(강원도)	430.0
4	성판악(제주도)	619.5	9	속초(강원도)	422.0
5	산천단(제주도)	521.0	10	고흥(전라남도)	412.5

2.6.2 2003년 제14호 태풍 매미(MAEMI)

태풍 매미는 9월 12일 17시경 제주도 동쪽 해상을 통과한 후 20시경 경상남도 사천시 부근으로 상륙하였고, 함안을 거쳐 13일 02시 30분경 울진 해안을 통해 동해상으로 빠져나가는 동안 사망·실종을 포함한 131명의 인명피해, 약 42,225억 원의 재산피해 등 막대한 피해가 발생하였다 (재해연보, 2003).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 매미는 2003년 9월 6일 15시경 팜 북서쪽 약 400km 부근의 해상 (16.0° N, 141.5° E)에서 ‘강도 1’의 태풍으로 발달하였다. 9월 8일 15시경 매미는 ‘강도 2’로 발달하였고, 9일 15시경에 ‘강도 3’의 강력한 태풍(중심기압 960hPa)으로 급격히 강화되었다. 이어 9월 11일 아침 10시경에 중심기압이 910hPa까지 떨어지며 최성기에 도달하였고, 15시까지 유지하였다. 10시경 최성기에 도달함과 동시에 진로를 북서 방향에서 북쪽 및 북북동 방향으로 전향하였으며, 21시경부터 시속 20km의 속도로 빠르게 북상하였다.

태풍 매미가 우리나라에 직접적인 영향을 미친 기간은 태풍특보 발표 기간인 9월 12~13일로 영향기간의 시작인 9월 12일부터 점차 세력이 약화되기 시작하여 12일 20시경 경상남도 사천시 부근 해안으로 상륙하였다. 이때의 중심기압은 약 954hPa, 중심 부근 최대풍속은 약 40m/s의 강한 바람과 함께 많은 비를 동반하였으며, 특히 거제도 부이에서 약 17m의 파고가 기록되었다. 태풍 매미는 북북동진하여 경상남도 함안을 거쳐 13일 02시 30분경 울진 부근 해안을 통해 동해상으로 진출하였으며, 그 이후에도 태풍의 세력을 유지한 채 북동진하여 일본 삿포로 북동쪽 해상에서 태풍으로서의 일생을 마쳤다(그림 2.6.2).

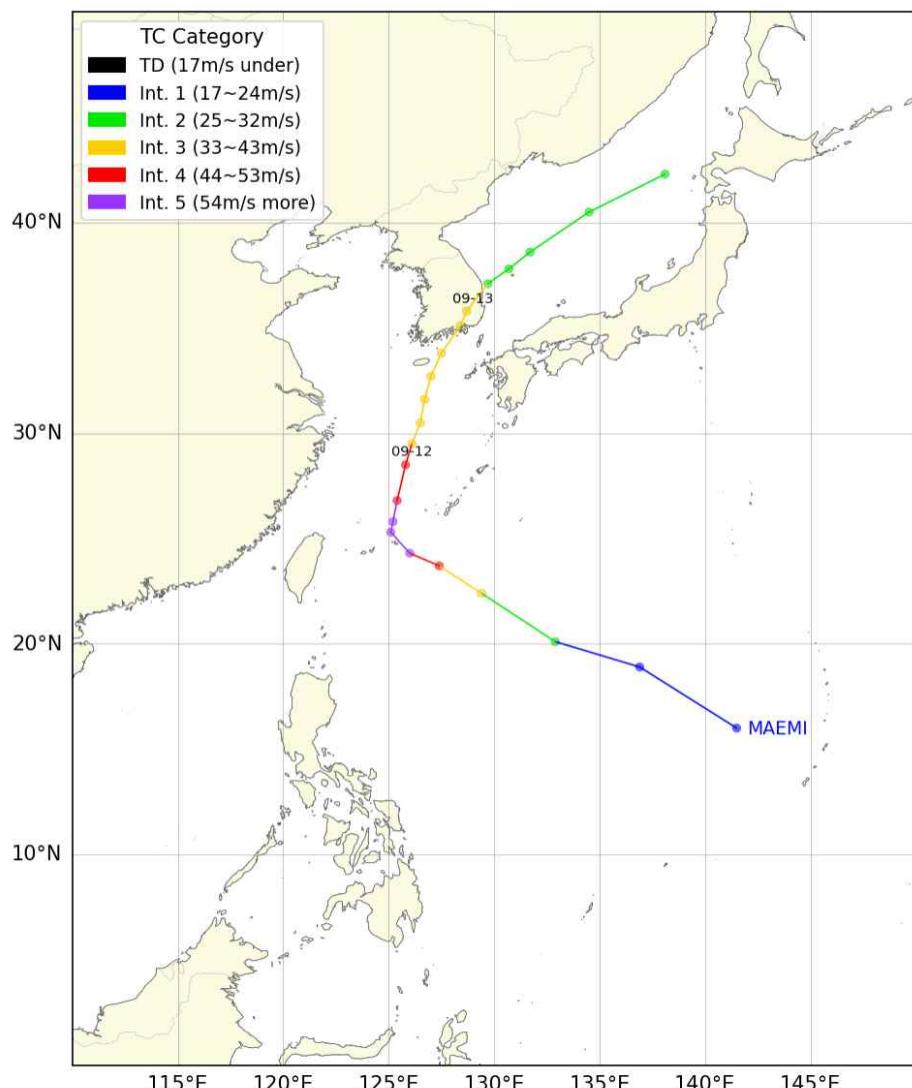


그림 2.6.2 2003년 제14호 태풍 매미의 경로도

태풍 매미의 경우, 동중국해와 남해 일대에 형성된 평년보다 약 3°C 정도 높은 약 28°C의 고수온역이 영향기간 동안 집중호우, 강풍 및 해일을 발생시킨 주요 원인으로 분석된다.

(3) 주요 기상현상

태풍 매미가 우리나라에 직접적인 영향을 미친 영향기간(태풍특보 발표 기간: 9월 12일~9월 13일) 동안 태풍이 상륙했던 9월 12일에 제주도, 남해안 및 동해안을 중심으로 강풍 및 폭우가 관측되었다.

2003년 9월 12일 태풍이 제주도 부근을 통과할 때 제주도의 제주와 고산 관측지점에서 17시경 전·후로 60.0m/s의 최대순간풍속이 관측되었으며, 이는 우리나라 기상관측(1904년) 이래 가장 강한 풍속이었다. 또한 제주도 뿐만 아니라 태풍이 상륙했던 사천 인근의 경상남도 남해안 지역(부산(례) 53.4m/s, 진북 45.0m/s)과 전라남도 남해안 지역(거문도 55.8m/s, 백야 50.9m/s)에도 최대순간풍속 50.0m/s 이상의 강한 바람이 기록되었다(표 2.6.4).

9월 11일 제주도 및 남해안 지방이 태풍의 전면 수렴대에 위치하면서 강수가 시작되었으며, 12일 제주도, 남해안 및 남부내륙 지역에 많은 강수가 내렸다. 제주도 부근을 통과한 9월 12일 어리목 지점에서 일강수량 384.0mm가 관측되었고, 태풍이 경상남도 해안 지방에 상륙하면서 남해 및 사천에 집중호우가 내려 각각 일강수량 410.0mm, 385.5mm를 기록하였을 뿐만 아니라 남부 내륙지역(뱀사골(전라북도) 377.5mm)에도 많은 강수량이 확인되었다(표 2.6.5). 강원 영동 및 동해안 지역에는 태풍이 동해안으로 진출하면서 12일에 이어 13일에도 많은 강수가 내리면서 높은 누적강수량을 기록하였다. 9월 12~13일 영향기간 동안 영동 산악지역인 미시령과 양양 영덕에 각각 585.0mm, 426.0mm가 내려 많은 일강수량을 기록한 남해안 지역보다 누적강수량이 더 많은 것이 확인되었다(표 2.6.6).

표 2.6.4 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	일시	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	제주(제주도)	2003-09-12	60.0	1811
	고산(제주도)	2003-09-12	60.0	1610
2	거문도(전라남도)	2003-09-12	55.8	1843
3	부산(레)(부산광역시)	2003-09-12	53.4	2105
4	백야(전라남도)	2003-09-12	50.9	1938
5	여수(전라남도)	2003-09-12	49.2	1857
6	도화(전라남도)	2003-09-12	49.1	1937
7	초도(전라남도)	2003-09-12	47.6	1759
8	대정(제주도)	2003-09-12	45.1	1608
9	진북(경상남도)	2003-09-12	45.0	2022
10	통영(경상남도)	2003-09-12	43.8	2057
	송백(경상남도)	2003-09-12	43.8	2228

표 2.6.5 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	남해(경상남도)	2003-09-12	410.0
2	사천(경상남도)	2003-09-12	385.5
3	어리목(제주도)	2003-09-12	384.0
4	뱀사골(전라북도)	2003-09-12	377.5
5	삼천포(경상남도)	2003-09-12	349.0
6	금남(경상남도)	2003-09-12	341.5
7	시천(경상남도)	2003-09-12	338.5
8	포두(전라남도)	2003-09-12	332.5
9	개천(경상남도)	2003-09-12	331.0
10	돌산(전라남도)	2003-09-12	329.5
	수곡(경상남도)	2003-09-12	329.5

표 2.6.6 2003년 제14호 태풍 매미의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	미시령(강원도)	585.0	6	대관령(강원도)	396.0
2	양양영덕(강원도)	426.0	7	사천(경상남도)	385.5
3	뱀사골(전라북도)	414.0	8	연곡(강원도)	384.0
4	남해(경상남도)	410.0	9	삽당령(강원도)	377.5
5	어리목(제주도)	397.5	10	금강송(경상북도)	366.0

그리고 9월 12일 20시경 태풍이 남해안에 상륙 시 남해안 지방의 만조 시기와 겹쳐 해일이 발생하여 마산항 지역에 가장 극심한 피해가 발생하였다(재해연보, 2003).

2.6.3 2007년 제11호 태풍 나리(NARI)

태풍 나리는 북한에서 제출한 이름으로 제주도 동쪽 지역에 근접하여 통과한 후 전라남도 고흥 지역에 상륙한 다음 남부 내륙지역을 통과하는 중 세력이 약해져서 온대저기압으로 변질되었다. 이에 따라 제주도 및 남해안 지방을 중심으로 사망·실종 16명의 인명피해와 약 1,592억 원의 재산피해가 발생하였다(재해연보, 2007).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 나리는 비교적 고위도에서 발생하고 생존 기간이 비교적 짧았으나 ‘강도 4’ 까지 발달한 태풍으로 우리나라 영향기간(태풍특보 발표기간: 9월 15일~17일)에 최성기에 도달하였다.

나리는 2007년 9월 13일 15시경 일본 오키나와의 남동쪽 약 660km 부근 해상(22.7° N, 132.9° E)에서 발생한 후 서북서진하였다. 발생 당시 (9월 13일 15시)의 중심기압은 998hPa이었지만, 우리나라에 직접적인 영향을 미치기 시작한 9월 15일 03시에 급격히 발달하면서 58hPa 낮아진 940hPa의 매우 강한 태풍이 되었으며, 9월 16일 18시 15분경 전라남도 고흥반도(34.5° N, 127.4° E)로 상륙하였다. 상륙 당시 태풍의 중심기압은 980hPa, 중심 부근 최대풍속은 27m/s로 ‘강도 2’ 였고, 9월 17일 00시경 안동 남서쪽 약 80km 부근 육상에서 온대저기압으로 변질되었다(그림 2.6.3).

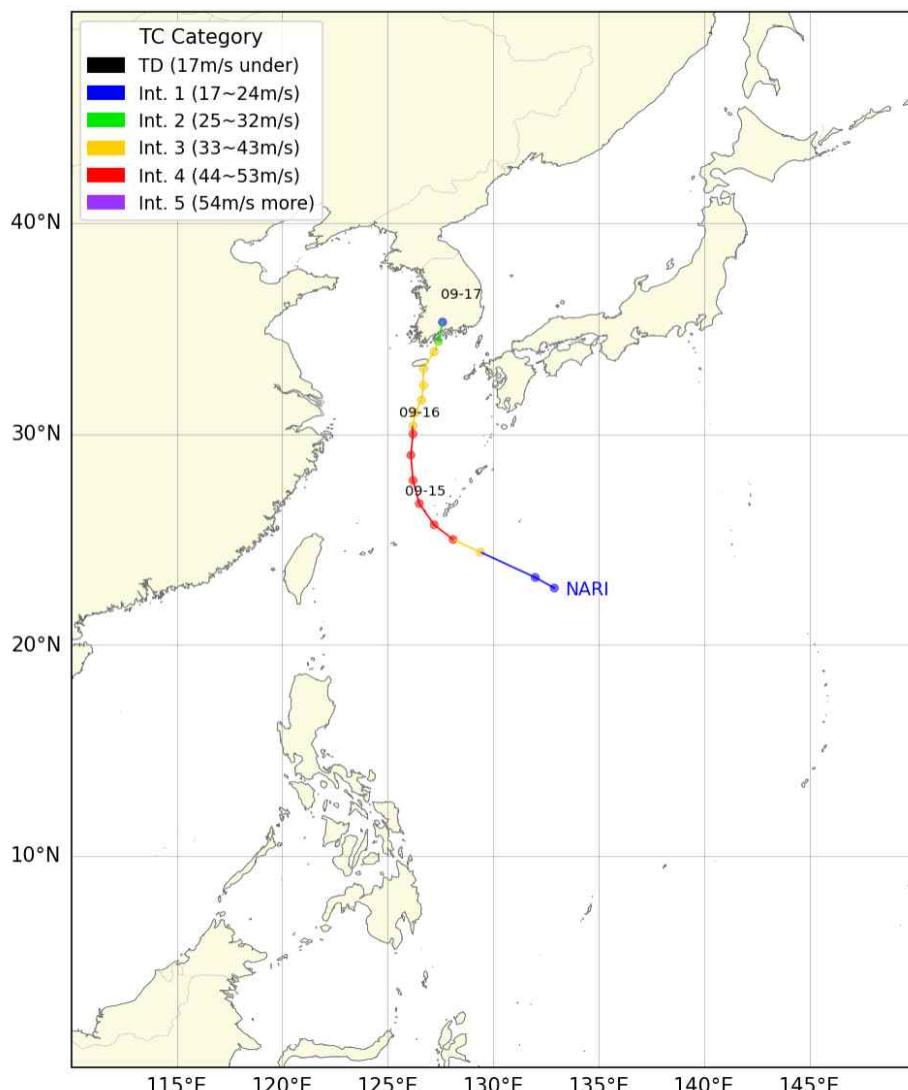


그림 2.6.3 2007년 제11호 태풍 나리의 경로도

(2) 주요 기상현상

태풍 나리가 우리나라에 영향을 미친 기간은 2007년 9월 15~9월 17일 까지였으며, 9월 15일과 9월 16일에 많은 강수량과 강한 바람이 기록되었다.

9월 17일 내륙에서 온대저기압으로 약화된 태풍이 동해상으로 빠져 나갈 때 울릉도에서 관측된 최대순간풍속을 제외하면 제주도 및 남해안 지역에서 강한 풍속(최대순간풍속 고산 52.0m/s, 초도 45.8m/s, 거문도 44.8m/s, 대정 43.3m/s)이 관측되었으며, 고산에서는 태풍 매미와 루사에 이어 3번째로 강한 풍속이 관측되었다(표 2.6.7).

표 2.6.7 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	일시	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	울릉도(경상북도)	2007-09-17	52.4	0813
2	고산(제주도)	2007-09-16	52.0	1203
3	초도(전라남도)	2007-09-16	45.8	1600
4	거문도(전라남도)	2007-09-16	44.8	1649
5	대정(제주도)	2007-09-16	43.3	1219
6	성산(제주도)	2007-09-16	43.0	1217
7	가파도(제주도)	2007-09-16	41.2	1238
8	대흘(제주도)	2007-09-16	41.1	1338
9	백야(전라남도)	2007-09-16	40.6	1711
10	여수(전라남도)	2007-09-16	39.5	1715

강수량은 9월 16일에 제주도(성판악 556.0mm, 산천단 481.0mm, 어리목 454.5mm, 대흘 428.5mm)에 집중적으로 내렸으며(표 2.6.8), 영향기간 동안 누적강수량도 성판악 659.0mm, 성산 650.0mm 등 제주도와 남해안 지역에 많은 강수량이 기록되었다(표 2.6.9), 이에 따라 도심 침수, 하천 피해 및 농작물 피해가 많이 발생하였다(재해연보, 2007).

표 2.6.8 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	성판악(제주도)	2007-09-16	556.0
2	산천단(제주도)	2007-09-16	481.0
3	어리목(제주도)	2007-09-16	454.5
4	대흘(제주도)	2007-09-16	428.5
5	제주(제주도)	2007-09-16	420.0
6	유수암(제주도)	2007-09-16	386.5
7	한림(제주도)	2007-09-16	296.5
8	와산(제주도)	2007-09-16	271.0
9	서귀포(제주도)	2007-09-16	265.5
10	제주남원(제주도)	2007-09-16	249.5

표 2.6.9 2007년 제11호 태풍 나리의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	성판악(제주도)	659.0	6	제주(제주도)	510.0
2	성산(제주도)	650.0	7	대흘(제주도)	497.0
3	산천단(제주도)	608.0	8	청산도(전라남도)	439.5
4	어리목(제주도)	592.5	9	한림(제주도)	405.0
5	유수암(제주도)	512.0	10	와산(제주도)	399.5

2.6.4 2012년 제15호 태풍 볼라벤(BOLAVEN)

태풍 볼라벤은 영향 태풍 중 아주 강하게 발달했던 태풍 중 하나로 우리나라에 직접적인 영향을 미치는 동안 중심기압 955~970hPa, ‘강도 3’의 강한 세력을 유지한 태풍으로 강풍에 의한 피해가 컸고, 바로 이어 상륙한 ‘덴빈(TEMBIN)’에 의해 강수 지속 기간이 길어지면서 호우 피해도 발생하였다. 총 17개의 시·도에서 11명(사망)의 인명피해, 6,365억 원의 재산피해가 발생하였다.

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 볼라벤은 2012년 8월 20일 15시경 미국 괌 북서쪽 약 570km 부근 해상(17.4° N, 141.4° E)에서 태풍으로 발달하였고, 발생 당시 중심기압은 1,000hPa의 약한 태풍으로 북북서진하였다. 태풍이 발생할 당시 부근 해역과 제주도 부근 해역의 해수면 온도가 모두 29.0°C 로 태풍 발달에 유리한 조건을 형성하고 있었으며, 위도 30° N 부근까지 해양열량이 50kJ/cm^2 내외로 9월 26일 15시경 일본 오키나와 동남동쪽 210km 해상에서 중심기압 920hPa까지 발달하였으며, 27일까지 이 강한 세력을 유지하였다.

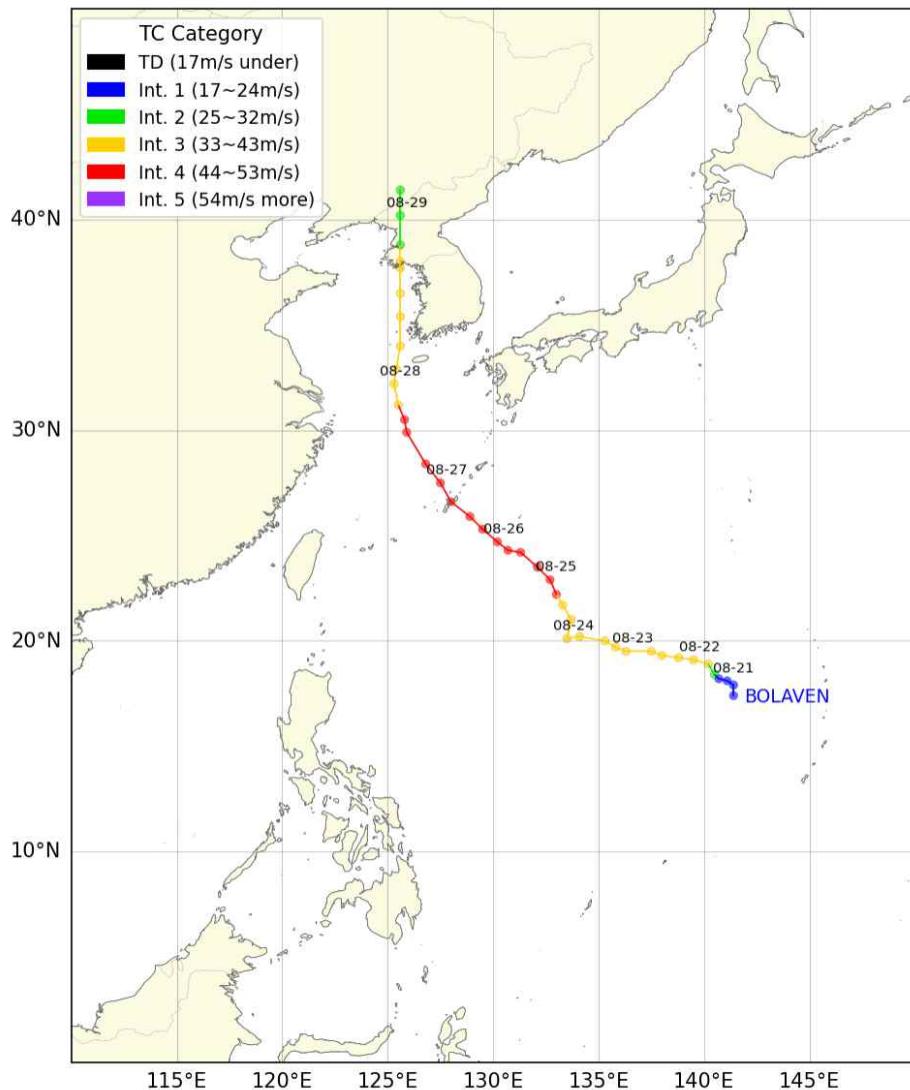


그림 2.6.4 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 경로도

8월 26일 밤 제주도 남쪽 먼바다를 시작으로 태풍특보가 발효되어 29일 온대저기압으로 약화될 때까지 유지되었다. 특보가 발효된 26일 밤 태풍 볼라벤은 중심기압 920hPa, 최대풍속 53m/s, 강풍반경 55km, ‘강도 4’의 태풍이었으며, 27일 18시까지 ‘강도 4’를 유지했다. 위도 30° N을 넘으면서 지향류(steering flow)의 영향으로 북진하면서 이동속도가 빨라졌고, 제주도에 가장 근접하였던 28일 03시경에는 중심기압 960hPa로 약화되었으나, 서울 서쪽 해상을 지나는 28일 오후 15시경까지 ‘강도 3’을 유지하여 우리나라에 막대한 피해를 주었다. 28일 16시경 황해도 웅진반도 해안으로 상륙하면서

급격히 약화되었고, 29일 06시경 평안북도 강계 북쪽 약 220km 부근 육상에서 온대저기압으로 변질되었다(그림 2.6.4).

(2) 주요 기상현상

태풍 볼라벤의 영향기간(8월 26~29일) 동안 태풍이 우리나라 서해를 따라 이동하면서 태풍의 오른쪽(위험반원)에 위치한 제주도, 남해안 및 서해안, 서쪽 내륙지역에 강풍과 많은 강수량이 관측되었다.

8월 28일 전라남도 서해안과 제주도에 강한 최대순간풍속이 많이 관측되었다. 서해안에서는 완도 51.8m/s, 가거도 44.9m/s, 홍도 44.0m/s가 기록되었고, 제주도에서는 가파도 46.7m/s, 윗세오름 43.8m/s가 기록되었다 (표 2.6.10). 강한 바람과 이로 인한 파랑으로 해안가 주변의 양식시설과 항만·어항·해안도로 등의 공공시설물들이 큰 피해를 입었다(재해연보, 2012).

표 2.6.10 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	일시	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	완도(전라남도)	2012-08-28	51.8	0616
2	가파도(제주도)	2012-08-27	46.7	2125
3	가거도(전라남도)	2012-08-28	44.9	0029
4	홍도(전라남도)	2012-08-28	44.0	0701
5	윗세오름(제주도)	2012-08-28	43.8	0412
6	진도(전라남도)	2012-08-28	43.6	0603
7	무안(전라남도)	2012-08-28	43.2	0838
8	흑산도(전라남도)	2012-08-28	42.2	0737
9	상조도(전라남도)	2012-08-28	42.1	0524
10	원효봉(충청남도)	2012-08-28	41.4	1321

또한, 제주도에서는 8월 27일과 28일에 윗세오름 402.0mm, 어리목 350.5mm, 진달래밭 314.5mm 등 산악지역에 많은 일강수량을 기록하였고, 남해안 및 남부 내륙의 지리산 인근(뱀사골 274.0mm, 지리산 250.0mm, 성삼재 248.0mm)에는 8월 28일에 강수가 집중되었다(표 2.6.11). 누적강수량도 제주도 산간(윗세오름 748.0mm, 어리목 601.0mm)에서 많은 강수량이 확인되었으며, 내륙의 지리산 인근지역에 비해 2배 이상 많은 양이 내렸다(표 2.6.12).

표 2.6.11 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	2012-08-28	402.0
2	어리목(제주도)	2012-08-28	350.5
3	윗세오름(제주도)	2012-08-27	346.0
4	진달래밭(제주도)	2012-08-28	314.5
5	뱀사골(전라북도)	2012-08-28	274.0
6	지리산(경상남도)	2012-08-28	250.0
7	성삼재(전라남도)	2012-08-28	248.0
8	산천단(제주도)	2012-08-28	244.0
9	어리목(제주도)	2012-08-27	230.0
10	진달래밭(제주도)	2012-08-27	224.0

표 2.6.12 2012년 제15호 태풍 볼라벤의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	748.0	6	성판악(제주도)	334.0
2	어리목(제주도)	601.0	7	제주(제주도)	319.7
3	진달래밭(제주도)	554.0	8	뱀사골(전라북도)	281.5
4	산천단(제주도)	453.5	9	성삼재(전라남도)	265.0
5	유수암(제주도)	408.5	10	지리산(경상남도)	261.0

2.6.5 2016년 제18호 태풍 차바(CHABA)

태풍 차바는 10월에 우리나라에 영향을 준 태풍 중 역대 가장 강력한 태풍으로 평년보다 강하게 발달한 북태평양고기압 가장자리를 따라 북상하면서 빠른 이동속도와 강한 강도를 유지하여 제주도를 비롯한 남해 및 동해 남부 지역에 큰 피해를 주었다. 총 8개의 시·도에서 6명(사망)의 인명피해 및 2,145억 원의 재산피해가 발생하였다(재해연보, 2016).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 차바는 2016년 9월 23일 03시경 미국 콤 동쪽 약 590km 부근 해상(14.5° N, 150.1° E)에서 발생하였다. 10월 1일 이후 높은 해수면 온도 ($29.0\sim30.0^{\circ}\text{C}$)와 함께 해양열량이 높은 해역(75.0kJ/cm^2)에 진입하면서 2일 15시경부터 ‘강도 4’의 태풍으로 발달하였으며, 4일 09시까지 중심기압 $930\sim935\text{hPa}$, 최대풍속 $49\sim50\text{m/s}$, ‘강도 4’의 최성기를 유지하였다.

태풍 차바의 영향기간은 4일~5일까지이다. 10월 4일 태풍 경로상의 해양 조건(해수면 온도 28.0°C 이하, 해양열량 35.0kJ/cm^2 이하)이 나빠지면서 약화되기 시작하였다. 5일 4시 50분에 제주도 성산 부근에 상륙하면서 제주도에 피해를 주었고, 11시에 부산에 상륙 후 15시에 동해상으로 진출 하였으며, 6일 0시에 일본 센다이 북쪽에서 온대저기압으로 변질되었다 (그림 2.6.5).

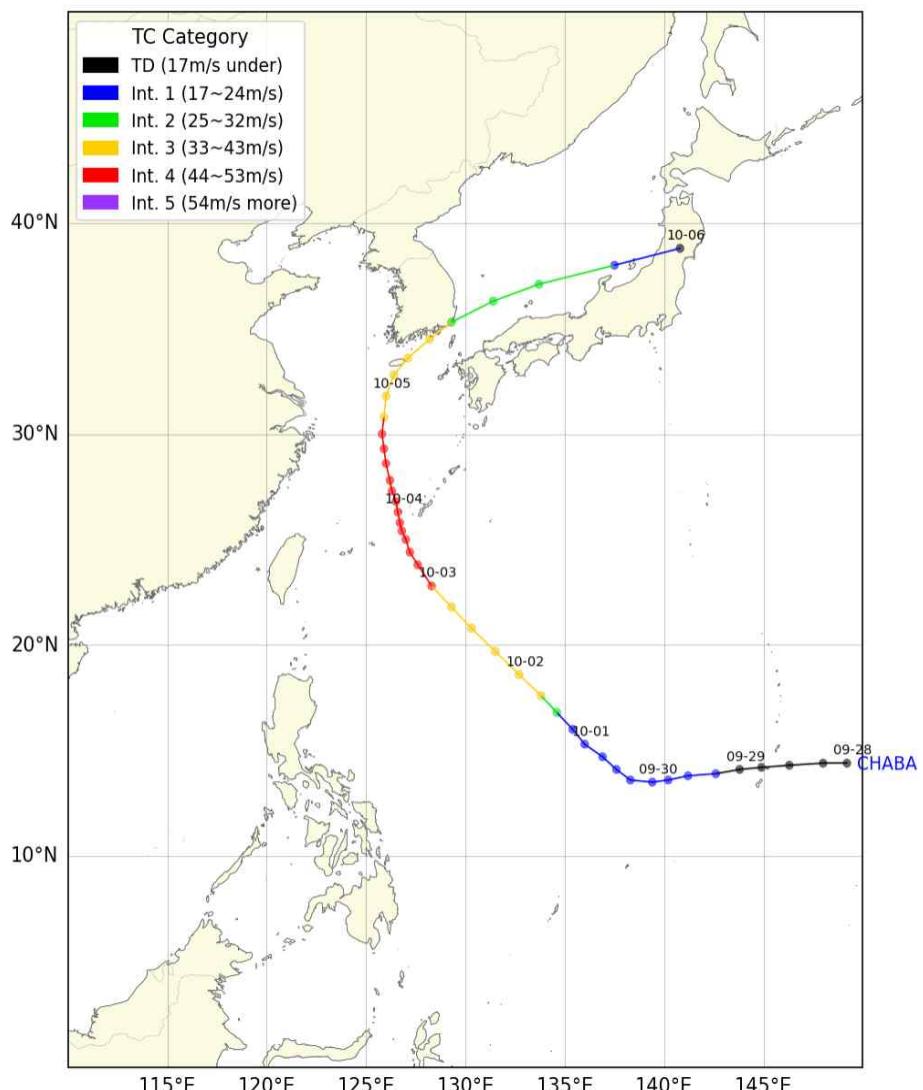


그림 2.6.5 2016년 제18호 태풍 차바의 경로도

(2) 주요 기상현상

태풍 차바의 영향기간(10월 4일~5일) 동안 차바의 주요 경로에 위치한 제주도 및 남해안, 그리고 동해안에 강풍 및 많은 강수량이 확인되었다.

태풍 차바가 상륙하였던 제주도와 경남 남해안 지역에서 강한 최대 순간풍속이 관측되었다. 특히, 제주도의 고산지점의 56.5m/s 최대순간풍속은 역대 10월 중 관측된 가장 강한 풍속이었으며, 고산지점뿐만 아니라 제주, 가파도 지점들도 역대 10월 최고값을 경신하였다. 경남 남해안의 관측 지점들(매물도 44.2m/s, 양지암 40.9m/s, 가덕도 39.2m/s)도 강한 최대순간

풍속을 기록하였으며(표. 2.6.13), 추가적으로 만조 시간대가 겹치면서 경남 남해안과 제주도 해안 지역의 가두리 양식장이 높은 파도에 의해 유실되고 선박이 전복되는 피해가 발생하였으며, 비닐하우스와 축사 등의 파손 피해도 컸다(재해연보, 2016).

표 2.6.13 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	일시	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	고산(제주도)	2016-10-05	56.5	0422
2	제주(제주도)	2016-10-05	47.0	0434
3	매물도(경상남도)	2016-10-05	44.2	0835
4	가파도(제주도)	2016-10-05	43.9	0410
5	양지암(경상남도)	2016-10-05	40.9	0921
6	제주김녕(제주도)	2016-10-05	39.5	0519
7	가덕도(부산광역시)	2016-10-05	39.2	0847
8	여수(전라남도)	2016-10-05	38.9	0859
9	마라도(제주도)	2016-10-05	38.3	0424
10	우도(제주도)	2016-10-05	37.4	0950

10월 5일 하루 동안 윗세오름 592.5mm, 진달래밭 570.5mm, 삼각봉 502.0mm 등의 많은 일강수량이 관측되었고, 울산 매곡에서도 382.5mm의 높은 값이 기록되었다(표 2.6.14). 이로 인해 경남과 울산 지역에 하천 제방의 붕괴 및 범람으로 인해 주택, 도로 및 차량 등 침수피해가 유발되었다(재해연보, 2016).

표 2.6.14 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	2016-10-05	592.5
2	진달래밭(제주도)	2016-10-05	570.5
3	삼각봉(제주도)	2016-10-05	502.0
4	사제비(제주도)	2016-10-05	491.5
5	어리목(제주도)	2016-10-05	489.0
6	영실(제주도)	2016-10-05	470.5
7	매곡(울산광역시)	2016-10-05	382.5
8	성판악(제주도)	2016-10-05	380.0
9	한라생태숲(제주도)	2016-10-05	364.5
10	산천단(제주도)	2016-10-05	340.0

표 2.6.15 2016년 제18호 태풍 차바의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	658.5	6	영실(제주도)	503.0
2	진달래밭(제주도)	621.5	7	성판악(제주도)	417.5
3	삼각봉(제주도)	549.5	8	한라생태숲(제주도)	399.0
4	사제비(제주도)	540.5	9	매곡(울산광역시)	382.5
5	어리목(제주도)	536.5	10	산천단(제주도)	371.0

2.6.6 2020년 제10호 태풍 하이선(HAISHEN)

태풍 하이선은 제9호 태풍 ‘마이삭(MAYSAK)’의 소멸 후 4일 뒤에 우리나라에 상륙한 태풍으로 마이삭과 같이 경북 동해안 및 강원도 영동 지역에 큰 피해를 입혔으며, 마이삭과 함께 산정된 피해로 총 17개 시·도에서 2명(사망)의 인명피해, 2,214억 원의 재산피해가 발생하였다 (재해연보, 2020).

(1) 태풍의 경로와 특징

2020년 제19호 열대저압부는 북서쪽의 제9호 태풍 마이삭으로부터 남서류 유입에 따른 활발한 대류 활동으로 9월 1일 21시경 미국 콤 북쪽 약 780km 부근 해상(20.5° N, 143.9° E)에서 태풍 하이선으로 발달하였다. 이후 남서~서북서 방향으로 이동하다가 9월 5일 이후 우리나라 서해상의 상층 기압골과 일본 서쪽의 고기압 사이를 따라 우리나라로 북진하게 되었다. 하이선은 발생 시부터 이동한 경로상의 해역이 태풍 발달에 아주 좋은 해양 조건(해수면 온도 $30.0\sim31.0^{\circ}\text{C}$, 해양열량 150.0kJ/cm^2 내외)을 갖춰 지속적으로 강해져 9월 4일 09시 중심기압 935hPa, ‘강도 4’의 태풍이 되었고, 5일 15시경에는 일본 오키나와 동남동쪽 약 410km 부근 해상에서 중심기압 915hPa, 최대풍속 55m/s, ‘강도 5’로 발달하였다.

태풍 하이선은 9월 6일 09시부터 7일 20시까지 약 35시간 동안 우리나라에 영향을 주었다. 태풍 하이선은 9월 6일 15시부터 30.0km/h의 이동 속도로 빠르게 북상하기 시작하여 7일 09시경 중심기압 955hPa, 최대풍속 35m/s, ‘강도 3’인 태풍으로 울산 남남서쪽 약 30km 부근에 상륙하였다. 상륙 후 지면과의 마찰로 태풍의 세력은 더욱 약해졌고, 50.0km/h의 빠른 속도로 북상하여 7일 15시에 속초 북동쪽 약 50km 부근 해상으로 진출하였으며, 21시 함흥 동북동쪽 약 100km 부근에 다시 상륙하면서 온대 저기압으로 변질되었다(그림 2.6.6).

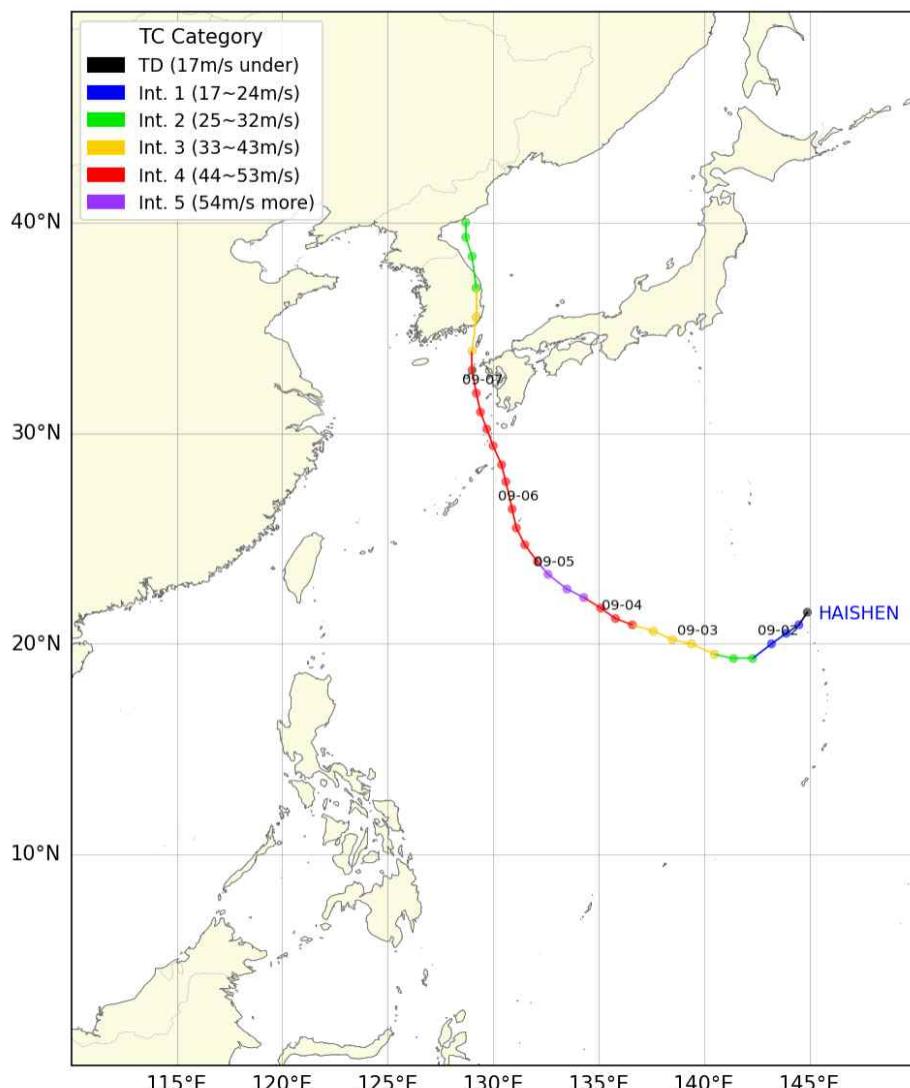


그림 2.6.6 2020년 제10호 태풍 하이선의 경로도

(2) 주요 기상현상

태풍 하이선은 9월 7일에 강풍 및 강수량이 집중되었다. 강풍은 경남 남해안(서이말 38.2m/s, 양지암 33.6m/s, 부산 32.2m/s)과 동해안 지역(구룡포 42.3m/s, 정자 33.2m/s, 온산 31.5m/s)에서 강한 최대순간풍속이 관측되었다 (표 2.6.16). 특히, 경남·북 해안가는 밀물이 가장 높아지는 시기인 대조기와 겹치면서 월파로 인한 어촌마을 침수 피해와 강한 풍랑으로 항만·어항 시설에 피해가 집중되면서 해수부 소관 피해액(730억 원)이 전체의 33%를 차지하였다(재해연보, 2020).

표 2.6.16 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	일시	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	구룡포(경상북도)	2020-09-07	42.3	0946
2	서이말(경상남도)	2020-09-07	38.2	0628
3	양지암(경상남도)	2020-09-07	33.6	0647
4	정자(울산광역시)	2020-09-07	33.2	0904
5	말도(전라북도)	2020-09-07	33.0	0841
6	부산(부산광역시)	2020-09-07	32.2	0919
7	온산(울산광역시)	2020-09-07	31.5	0849
8	부산(례)(부산광역시)	2020-09-07	31.4	0634
	거문도(전라남도)	2020-09-07	31.4	0743
9	고산(제주도)	2020-09-07	31.2	0251
10	욕지도(경상남도)	2020-09-07	30.7	0612

강수량도 9월 7일에 집중적으로 많이 내렸다. 어리목 359.5mm, 사제비 306.0mm, 한라생태숲 304.0mm 등 제주도 산간에 일강수량 300mm 이상 내린 곳이 많았고, 강원도에서도 산간에 위치한 관측소들(진부령 349.4mm, 미시령 326.5mm, 설악동 312.0mm)에 많은 강수량이 기록되었다(표 2.6.17). 앞선 태풍 마이삭의 엄청난 폭우 피해를 입은 하천, 도로 및 산림에 연이어 하이선에 의한 비가 쏟아지면서 도로 유실, 산사태로 인한 건물 매몰, 하천 제방 붕괴가 일어나 농경지 및 주택 침수 피해가 발생하였다(재해 연보, 2020).

표 2.6.17 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	어리목(제주도)	2020-09-07	359.5
2	진부령(강원도)	2020-09-07	349.4
3	미시령(강원도)	2020-09-07	326.5
4	설악동(강원도)	2020-09-07	312.0
5	사제비(제주도)	2020-09-07	306.0
6	한라생태숲(제주도)	2020-09-07	304.0
7	삼각봉(제주도)	2020-09-07	301.0
8	설악산(강원도)	2020-09-07	290.5
9	와산(제주도)	2020-09-07	280.5
10	향로봉(강원도)	2020-09-07	266.0

표 2.6.18 2020년 제10호 태풍 하이선의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	어리목(제주도)	547.5	6	윗세오름(제주도)	461.0
2	와산(제주도)	531.5	7	진달래밭(제주도)	433.0
3	삼각봉(제주도)	504.5	8	산천단(제주도)	422.0
4	사제비(제주도)	490.0	9	한라산남벽(제주도)	419.0
5	한라생태숲(제주도)	474.0	10	영실(제주도)	394.5

2.6.7 2022년 제11호 태풍 힌남노(HINNAMNOR)

태풍 힌남노는 일반적인 태풍의 진로와 발달 과정을 벗어나 비정상적인 경로, 급격한 강도 변화, 독특한 구조 및 극단적 강수량 등 다양한 강도 메커니즘을 보여준 태풍으로 2022년 9월 4일부터 9월 6일까지 우리나라 전역에 영향을 미쳤다. 총 17개 시·도에서 11명(사망·실종)의 인명피해와 약 2,128억 원의 재산피해가 발생하였으며, 특히 경북 포항을 중심으로 인근지역의 피해가 컸다(재해연보, 2022).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 힌남노는 2022년 8월 28일 21시경 일본 도쿄 남동쪽 1,280km 부근 미나미토리시마 섬 인근의 해상(26.9° N, 148.5° E)에서 발생하였으며, 이후 우리나라로 북상하여 9월 6일 4시 50분 우리나라 거제 동쪽에 상륙 후 6일 21시 연해주 부근에서 온대저기압으로 변질되기까지 발생 후 9일 동안의 긴 수명을 유지하면서 주변 요소들(고기압 배치, 상층 제트 등)에 의해 이례적인 이동 경로와 급격한 강화·약화, 그리고 재발달하는 다양한 발달 과정을 보여주었다.

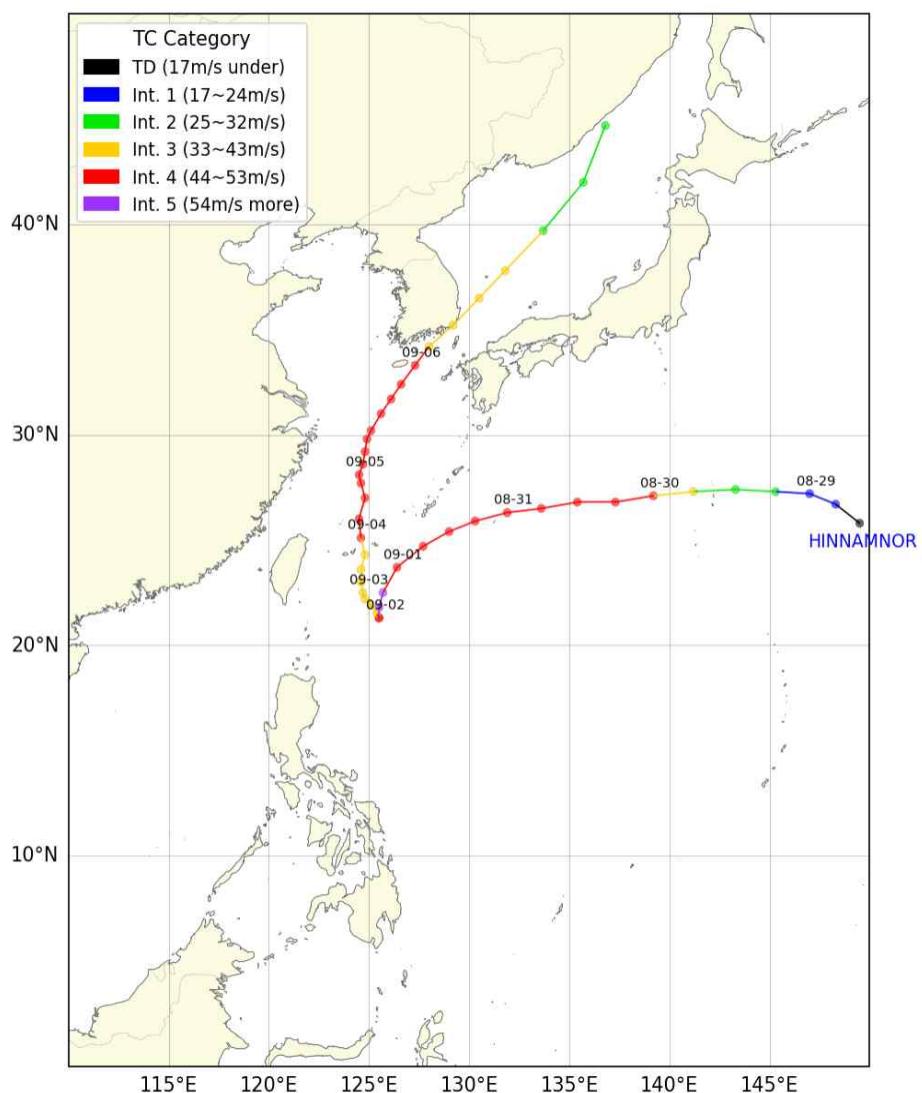


그림 2.6.7 2022년 제11호 태풍 힌남노의 경로도

태풍 힌남노는 9월 4일 18시부터 6일 20시까지 약 50시간 동안 우리나라에 영향을 주었으며, 우리나라로 북상하면서 재발달하여 9월 5일에는 중심기압 930hPa, 최대풍속 50m/s, ‘강도 4’의 태풍으로 발달하였다. 이후 우리나라 상륙 시(9월 6일 04시 50분)에는 ‘강도 3’, 중심기압은 약 955hPa, 최대풍속은 40m/s로 약화되었다. 상륙 후에는 52.0km/h의 빠른 이동속도로 북동진하면서 부산 및 경북 내륙지역을 거쳐 6일 07시 10분에 동해상으로 진출하였고, 21시 연해주 부근(44.4° N, 136.7° E)에서 온대 저기압으로 변질되었다(그림 2.6.7).

(2) 주요 기상현상

태풍 힌남노는 영향기간(9월 4일~6일) 동안 제주도, 전남 및 경남 남해안, 동해안 지역에서 강한 풍속과 많은 강수량을 기록하였다.

제주도 고산을 제외하면 전남 남해안과 동해상에서 강한 바람이 관측되었다. 9월 5일에는 가거도 42.3m/s, 고산 41.0m/s의 최대순간풍속이 기록되었고, 9월 6일에는 제주도(고산 42.5m/s)와 남해안(수유 41.3m/s, 옥도 39.8m/s), 그리고 동해상(울릉도 43.4m/s, 독도 36.9m/s)에서 강한 최대순간풍속이 기록되었다(표 2.6.19).

힌남노에 의한 주요 피해는 강수에 의한 것으로 제주도 산간과 포항을 중심으로 한 동해안 지역에 많은 비가 내렸다. 제주도에는 태풍 상륙 전날인 9월 5일에 윗세오름 703.0mm, 삼각봉 600.5mm, 사제비 591.0mm의 강수가 내렸고, 9월 4일~6일 전체 영향기간 동안에도 이 지역에 많은 강수가 기록되었다(표 2.6.20, 표 2.6.21). 태풍이 9월 6일 동해상으로 진출하면서 포항에 일강수량 342.4mm를 기록하였고, 이때 시간당 81.3mm의 집중호우로 인한 인명 및 재산 피해가 발생하였다(재해연보, 2022).

표 2.6.19 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	관측일	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	울릉도(경상북도)	2022-09-06	43.4	1127
2	고산(제주도)	2022-09-06	42.5	0014
3	가거도(전라남도)	2022-09-05	42.3	2248
4	수유(전라남도)	2022-09-06	41.3	0051
5	고산(제주도)	2022-09-05	41.0	2359
6	옥도(전라남도)	2022-09-06	39.8	0419
7	말도(전라북도)	2022-09-06	38.0	0339
8	가거도(전라남도)	2022-09-06	37.0	0028
9	독도(경상북도)	2022-09-06	36.9	1012
10	여수(전라남도)	2022-09-06	36.3	0406

표 2.6.20 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	2022-09-05	703.0
2	삼각봉(제주도)	2022-09-05	600.5
3	사제비(제주도)	2022-09-05	591.0
4	진달래밭(제주도)	2022-09-05	554.0
5	영실(제주도)	2022-09-05	508.0
6	어리목(제주도)	2022-09-05	487.5
7	한라산남벽(제주도)	2022-09-05	460.5
8	포항(경상북도)	2022-09-06	342.4
9	한라생태숲(제주도)	2022-09-05	342.0
10	성판악(제주도)	2022-09-05	335.5

표 2.6.21 2022년 제11호 태풍 힌남노의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	윗세오름(제주도)	954.0	6	한라산남벽(제주도)	739.5
2	삼각봉(제주도)	839.5	7	어리목(제주도)	635.0
3	사제비(제주도)	804.0	8	성판악(제주도)	477.5
4	진달래밭(제주도)	785.0	9	한라생태숲(제주도)	410.0
5	영실(제주도)	767.0	10	토함산(경상북도)	394.0

2.6.8 2023년 제6호 태풍 카누(KHANUN)

태풍 카누은 과거 태풍들에 비해 아주 느린 속도로 2번의 전향을 통해 지그재그 형태의 특이한 경로로 북상한 태풍으로 발생 후 소멸까지 14일 3시간의 긴 수명을 유지하였다. 우리나라에 상륙 후에도 내륙에서 약 21시간 동안 길게 생존하면서 우리나라 전역에 피해를 주었고, 총 17개 시·도에 인명피해 없이 558억 원의 재산피해를 입혔다(재해연보, 2023).

(1) 태풍의 경로와 특징

태풍 카누은 2023년 7월 28일 03시경 미국 팜 서쪽 약 730km 부근 해상(12.4° N, 138.2° E)에서 발생하였다. 이후 북태평양고기압의 가장자리를 따라 북서 방향으로 진행한 태풍은 해양 조건이 좋은 해역을 통과하면서 8월 1일 15시경 중심기압 930hPa, 최대풍속 50m/s, ‘강도 4’의 태풍으로 발달하였다. 북서진하던 태풍은 남동쪽의 적도 고기압이 확장하면서 정체 후 8월 4일 03시부터 전향하여 7일 03시까지 일본 방향으로 동진하였고, 일본 동쪽 해상에 중심을 둔 북태평양고기압의 강화에 따라 다시 정체 하였다가 2차 전향하여 우리나라 쪽으로 북상하였다.

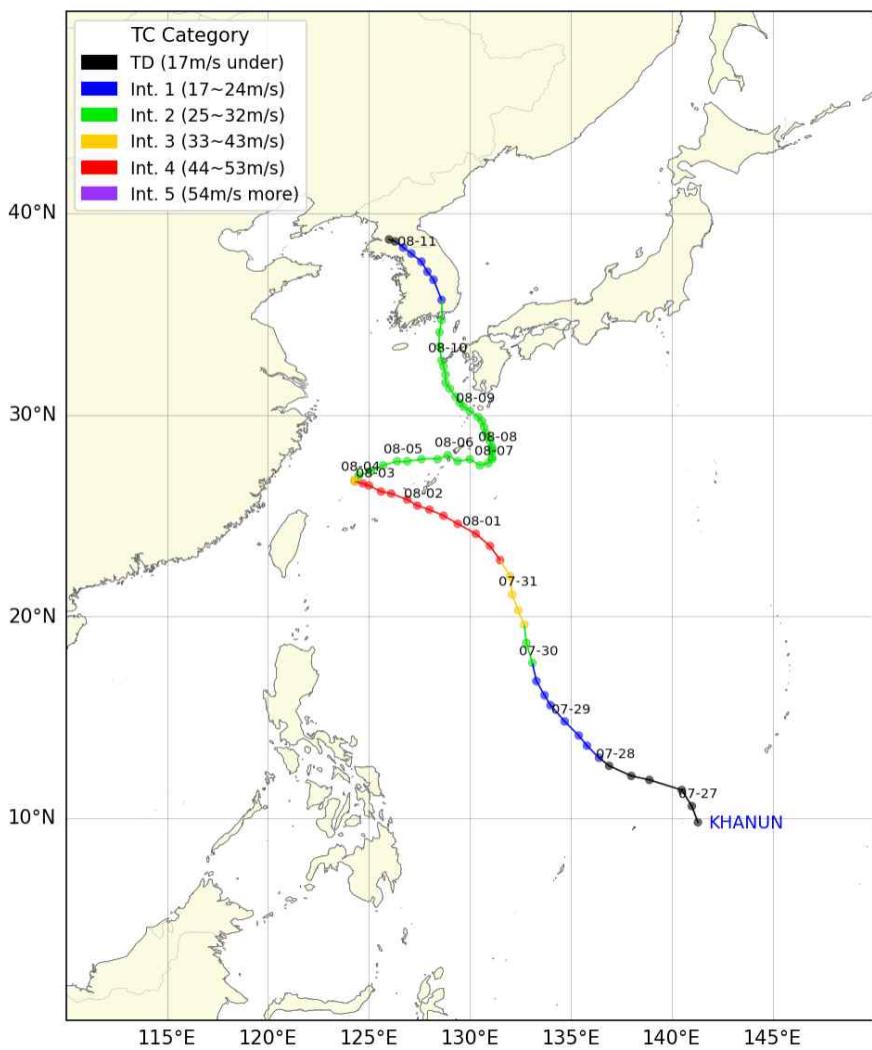


그림 2.6.8 2023년 제6호 태풍 카눈의 경로도

태풍 카눈은 북태평양고기압의 가장자리를 따라 북상하면서 8월 8일 10시부터 11일 06시까지 약 68시간 동안 우리나라 전역에 영향을 주었다. 우리나라 남해의 높은 해수면 온도와 원활한 상층 발산으로 태풍은 세력을 유지하면서 8월 10일 03시경 서귀포 동쪽 약 180km 부근 해상을 통과한 후 09시에 경남 거제도 부근에 중심기압 975hPa, 최대풍속 30m/s, ‘강도 2’로 상륙하였다. 태풍 서쪽의 티베트 고기압, 동쪽의 북태평양고기압이 벼티면서 상륙 후에도 두 고기압 사이에 위치한 우리나라를 느린 속도로 관통하였고, 상륙 후 21시간 뒤인 8월 11일 06시경 평양 남동쪽 약 80km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다(그림 2.6.8).

(2) 주요 기상현상

태풍 카누은 영향기간(8월 8일~11일) 동안 경남과 강원 영동에 많은 강수를 기록하였다.

태풍이 8월 10일 경남 거제도에 상륙하면서 경남 남해안에서 가덕도 34.9m/s, 매물도 34.2m/s, 사하 30.5m/s의 최대순간풍속이 관측되었고, 10~11일 강원도(향로봉 31.0m/s, 설악산 30.0~30.2m/s)와 중부지방(계룡산 32.6m/s)에서도 최대순간풍속이 기록되었지만, 강풍의 강도가 비교적 약한 편으로 피해가 크지 않았다(표 2.6.22).

표 2.6.22 2023년 제6호 태풍 카누의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재기상관측소(AWS)에서 관측된 최대순간풍속 순위

순위	지점명	관측일	최대순간풍속(m/s)	최대순간풍속 시각(hhmm)
1	가덕도(부산광역시)	2023-08-10	34.9	0741
2	매물도(경상남도)	2023-08-10	34.2	0609
3	매물도(경상남도)	2023-08-09	33.2	2317
4	계룡산(충청남도)	2023-08-10	32.6	1215
5	향로봉(강원도)	2023-08-10	31.0	1357
6	사하(부산광역시)	2023-08-10	30.5	0816
7	설악산(강원도)	2023-08-10	30.2	1238
8	설악산(강원도)	2023-08-11	30.0	0929
9	명사(경상남도)	2023-08-09	29.9	2357
10	부산남구(부산광역시)	2023-08-10	28.8	0720

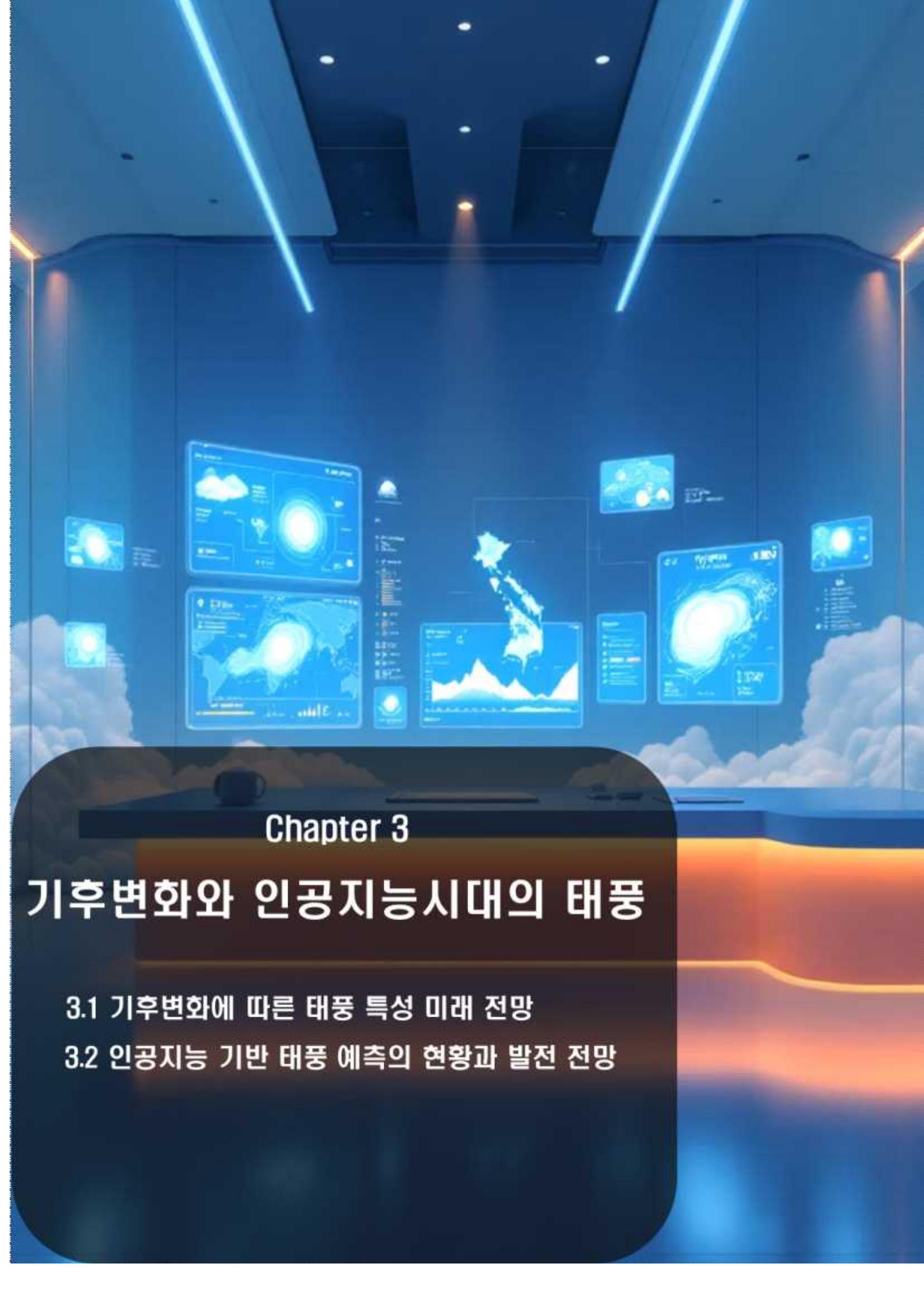
태풍이 우리나라 한가운데를 관통하면서 중심의 오른쪽에 위치한 강원 영동 산악지역과 동해안에 많은 강수가 내렸다. 일강수량의 경우, 8월 10일 속초에서 기록된 368.7mm는 이 관측소에서 기록된 역대 1위였다. 이 외에도 미시령 331.5mm, 죽정 329.5mm 등 많은 강수가 내렸다(표 2.6.23). 영향기간 동안의 누적강수량도 속초 403.5mm, 궁촌 391.0mm, 미시령 377.0mm로 동해안과 영동 지역을 중심으로 강수량이 많았고(표 2.6.24), 10일에 강수가 집중되어 강원 도심지에 대규모 침수가 발생하여 피해가 확대되었다(재해연보, 2023).

표 2.6.23 2023년 제6호 태풍 카누의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재 기상관측소(AWS)에서 관측된 일강수량 순위

순위	지점명	관측일	일강수량(mm)
1	속초(강원도)	2023-08-10	368.7
2	미시령(강원도)	2023-08-10	331.5
3	죽정(강원도)	2023-08-10	329.5
4	설악동(강원도)	2023-08-10	317.0
	속초조양(강원도)	2023-08-10	317.0
5	궁촌(강원도)	2023-08-10	316.0
6	현내(강원도)	2023-08-10	289.5
7	진부령(강원도)	2023-08-10	279.4
8	주문진(강원도)	2023-08-10	277.5
9	토함산(경상북도)	2023-08-10	273.0
10	강릉(강원도)	2023-08-10	270.5

표 2.6.24 2023년 제6호 태풍 카누의 영향기간 동안 전국 종관기상관측소(ASOS) 및 방재 기상관측소(AWS)에서 관측된 누적강수량 순위

순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)	순위	지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	속초(강원도)	403.5	6	양산상북(경상남도)	350.0
2	궁촌(강원도)	391.0	7	강릉(강원도)	347.8
3	미시령(강원도)	377.0	8	죽정(강원도)	343.5
4	설악동(강원도)	368.0	9	북창원(경상남도)	338.6
5	속초조양(강원도)	353.5	10	주문진(강원도)	336.0



Chapter 3

기후변화와 인공지능시대의 태풍

3.1 기후변화에 따른 태풍 특성 미래 전망

3.2 인공지능 기반 태풍 예측의 현황과 발전 전망

3.1 기후변화에 따른 태풍 특성 미래 전망

3.1.1 서론

산업화 이후 온실가스 농도의 증가로 인해 전 지구 평균 기온은 약 1.0°C 상승하였으며(IPCC, 2021). 온도 상승은 극한 기후, 특히, 태풍 현상의 빈도, 강도, 그리고 공간적 분포에 중대한 변화를 유발한다(Allen et al., 2006; Otto et al., 2016; Stott et al., 2016). 태풍은 매우 파괴적인 잠재력을 지니고 있으며, 그 위험성과 사회·경제적 피해는 점점 심각해지고 있다 (Li et al., 2017; Choi et al., 2019; Kim et al., 2020). 따라서 기후가 온난해질수록 태풍 경로가 어떻게 변화할 수 있는지를 이해하는 것은 미래 태풍으로 인한 재해의 양상을 파악하는 데 중요한 과제이다.

온난한 기후에서 태풍은 더 강해질 수 있다. 이는 태풍이 열대 지역의 잉여(남은) 열을 고위도로 수송하는 자연적인 물리적 메커니즘 역할을 하기 때문이다(Emanuel, 1987). 그러나 우리나라를 포함한 아시아에서 태풍의 위험을 완전히 이해하기 위해서는 단순한 강도 변화뿐만 아니라, 태풍의 이동 경로와 이를 따라 나타나는 태풍 특성의 변화를 분석해야 한다. 예를 들어, 선행 연구들은 인위적 온난화로 인한 해들리 세포의 확장(특히, 북서태평양 지역)으로 태풍이 더 높은 위도에서 발생하고 강해질 수 있음을 제시했다(Nakamura et al., 2017). 또 다른 연구에서는 최근 수십 년간 북서태평양 태풍이 더 북쪽으로 이동하고 수명이 길어져 9월에 한국과 일본에서 태풍 피해가 더 자주 발생했다고 보고하였다(Lee et al., 2019).

태풍 경로는 아시아 해안 지역에 가해지는 위험을 좌우하는 핵심 요소이다. 따라서 태풍 이동 특성이 과거와 어떻게 달라졌는지, 그리고 앞으로 어떤 방향으로 변화할 수 있는지에 대한 심층적 이해가 필요하다. 본 절에서는 기후변화 시나리오 기반의 태풍 관련 최신 연구결과인 Garner et al. (2024)¹²⁾를 바탕으로, 기후변화에 따른 북서태평양 및 아시아 해역의 태풍 활동(발생, 강도, 이동, 소멸)의 미래 변화 전망을 정리하였다.

12) 이 논문은 CMIP6 다중모델 양상블과 주요 SSP 시나리오를 사용해, 과거-현재-미래를 같은 방법론으로 비교함으로써 북서태평양의 태풍 활동을 체계적으로 전망(경로·강도·소멸 특성을 함께 보는 종합 전망)한 연구 중 하나이다.

Garner et al. (2024)은 CMIP6(Coupled Model Intercomparison Project Phase 6; 전지구 기후모델 비교 프로젝트 6단계) 전지구 모델 9개(표 3.1.1)의 양상을 자료를 활용하여, 주요 SSP 시나리오¹³⁾(표 3.1.2)에 따른 태풍 활동을 분석하였다. 즉, SSP 시나리오 기반, 과거 기후(historical; 1881~1990년)와 현재 기후(modern; 1981~2000년), 미래 기후(중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)와 고배출 시나리오(SSP5-8.5); 2081~2100년)에서의 태풍 활동을 전망하였다. 이를 통해 Garner et al. (2024)은 아시아 및 한반도에 영향을 미치는 태풍 활동의 미래 변화를 주요 시나리오별로 종합적으로 분석하였다.

표 3.1.1 기후변화 시나리오 분석에 사용한 CMIP6 참여모델

모델	개발 국가/기관	ENSO bias (Erickson et al., 2023)
CESM (Community Earth System Model)	미국 NCAR(국가대기연구센터)	N/A
CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques)	프랑스 Météo-France와 CERFACS 공동 개발	El Niño-biased
CanESM (Canadian Earth System Model)	캐나다 기후모델 센터	El Niño-biased
EC-Earth (European Community Earth-System Model)	유럽 여러 연구기관이 협력하여 개발	El Niño-biased
HadGEM (Hadley Centre Global Environment Model)	영국 기상청 Hadley Centre	El Niño-biased
IPSL (Institut Pierre-Simon Laplace)	프랑스 연구기관 컨소시엄이 개발	La Niña-biased
MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate)	일본 도쿄대, JAMSTEC, NIES가 공동 개발	El Niño-biased
MPI (Max Planck Institute Earth System Model)	독일 막스플朗크 기상연구소	El Niño-biased
UKESM (UK Earth System Model)	HadGEM을 기반으로 한 영국 차세대 지구시스템 모델	N/A

13) SSP(Shared Socioeconomic Pathways, 공통사회 경제경로): IPCC 6차 평가보고서를 위해 2100년 기준 복사강제력 강도(기준 RCP 개념)와 함께 미래 사회경제변화를 기준으로 기후변화에 대한 미래의 완화와 적응 노력에 따라 5개의 시나리오로 구별되며, 인구통계, 경제발달, 복지, 생태계 요소, 자원, 제도, 기술발달, 사회적 인자, 정책을 고려하였다[출처: 기상청 기후정보 포털].

표 3.1.2 IPCC 6차 평가보고서 기반 주요 기후변화 시나리오[출처: 기상청 기후정보 포털]

시나리오 종류	의미	CO2 농도 (2100년)
SSP1-2.6	재생에너지 기술 발달로 화석연료 사용이 최소화되고 친환경적으로 지속 가능한 경제성장을 이를 것으로 가정하는 경우	432ppm
SSP2-4.5	기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도가 중간 단계를 가정하는 경우	567ppm
SSP3-7.0	기후변화 완화 정책에 소극적이며 기술개발이 늦어 기후변화에 취약한 사회구조를 가정하는 경우	834ppm
SSP5-8.5	산업기술의 빠른 발전에 중심을 두어 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발이 확대될 것으로 가정하는 경우	1,089ppm

3.1.2 기후변화에 따른 아시아 지역 태풍 변화 (Garner et al., 2024))

가. 태풍 발생(gensis)

CMIP6의 9개 모델(표 3.1.1)의 결과는, 북서태평양 북부, 남중국해, 그리고 벵골만에서 태풍 발생 빈도가 과거 기후(historical) 대비 21세기 말에 통계적으로 유의미하게 증가하는 것으로 나타났다(신뢰구간 99%; 표 3.1.3; 그림 3.1.1). 현재 기후는 과거에 비해 북위 20도 이하에서 발생 확률이 증가하였지만(그림 3.1.1a), 미래에는 남중국해 전역, 북위 20도 이상의 북서태평양에서 그 확률이 증가하였다(그림 3.1.1b, c). 특히 미래 고배출 시나리오(SSP5-8.5)에서는 북서태평양 북부, 남중국해, 벵골만에서 태풍 발생이 과거 기후 대비 20% 이상 증가하는 것으로 전망되었다. 반면, 필리핀 동쪽에 위치한 북서태평양 남부 해역에서는 중간 배출과 고배출 미래 시나리오 모두에서 21세기 말까지 태풍 발생 빈도가 감소하는 것으로 분석되었다.

이는 지구 온난화로 인한 해들리 순환(Hadley cell)의 극지방 확장과도 밀접한 관련이 있다(Studholme et al., 2021; Kossin et al., 2016). 남중국 해에서는 태풍 발생 증가 지역이 최근 관측된 비정상적으로 높은 해수면 온도 구역과 일치하였으며(Park et al., 2014), 벵골만 역시 기록적으로 높은 해수면 온도와 상대습도가 태풍 발생 증가와 연계되어 있음이 보고

되었다(Bhaskar Rao et al., 2019; Deshpande et al., 2021). 따라서 북서 태평양 북부, 남중국해, 그리고 벵골만에서의 발생 증가 추세는 신뢰할 만한 결과로 해석할 수 있다.

표 3.1.3 각 시나리오별 과거 기후(historical) 대비 태풍 활동 변화

태풍	해역	Historical	Modern	Future SSP2-4.5	Future SSP5-8.5
발생 (Genesis)	Northwest Pacific Lat. Bds: 19°N~28°N Lon. Bds.: 125°E~148°E	9.7% (9.1%~10.3%)	9.0% (8.4%~9.5%)	10.5% (9.9%~11.1%) [+8.2%]	12.2% (11.5%~12.9%) [+25.8%]
	South China Sea Lat. Bds: 11°N~17°N Lon. Bds.: 80.5°E~95.5°E	5.2% (4.8%~5.6%)	5.5% (5.0%~5.9%)	6.6% (6.1%~7.1%) [+26.9%]	7.1% (6.6%~7.9%) [+36.5%]
	Bay of Bengal Lat. Bds: 11°N~17°N Lon. Bds.: 80.5°E~95.5°E	4.4% (4.0%~4.9%)	4.3% (3.9%~4.7%)	5.4% (5.0%~5.9%) [+22.7%]	5.3% (4.9%~5.8%) [+20.5%]
최대강화율 (Max. intensification)	Northwest Pacific Lat. Bds: 19°N~28°N Lon. Bds.: 125°E~148°E	13.3% (12.6%~14.0%)	12.4% (11.7%~13.1%)	14.3% (13.6%~15.0%) [+7.5%]	15.8% (15.0%~16.5%) [+18.8%]
	South China Sea Lat. Bds: 11°N~17°N Lon. Bds.: 80.5°E~95.5°E	7.6% (7.0%~8.1%)	7.8% (7.2%~8.3%)	8.8% (8.2%~9.3%) [+15.8%]	8.6% (8.0%~9.2%) [+13.2%]
	Bay of Bengal Lat. Bds: 11°N~17°N Lon. Bds.: 80.5°E~95.5°E	3.1% (2.8%~3.5%)	3.3% (2.9%~3.6%)	4.0% (3.6%~4.4%) [+29.0%]	4.3% (3.9%~4.7%) [+38.7%]
최저이동속도 (Min. translation speed)	Philippines Lat. Bds: 19°N~28°N Lon. Bds.: 115°E~129°E	14.7% (14.0%~15.4%)	14.0% (13.3%~14.7%)	13.5% (12.8%~14.2%) [-8.2%]	12.2% (11.6%~12.9%) [-17.0%]
	Mainland SE Asia Lat. Bds: 10°N~25°N Lon. Bds.: 96°E~108°E	3.5% (3.2%~3.9%)	3.9% (3.5%~4.3%)	4.7% (4.3%~5.2%) [+34.3%]	4.7% (4.3%~5.2%) [+34.3%]
	Bay of Bengal Lat. Bds: 11°N~17°N Lon. Bds.: 80.5°E~95.5°E	3.2% (2.9%~3.6%)	3.2% (2.8%~3.5%)	3.9% (3.5%~4.3%) [+21.9%]	3.6% (3.2%~4.0%) [+12.5%]
종료 (Termination)	Japan Lat. Bds: 32°N~47°N Lon. Bds.: 130°E~146°E	12.8% (12.1%~13.5%)	12.4% (11.7%~13.0%)	11.5% (10.9%~12.1%) [-10.2%]	12.5% (11.8%~13.1%) [-2.3%]
	Coastal China Lat. Bds: 22°N~31°N Lon. Bds.: 108.5°E~122°E	13.8% (13.1%~14.5%)	12.9% (12.2%~13.6%)	13.3% (12.6%~13.9%) [-3.6%]	12.5% (11.8%~13.2%) [-9.4%]
	Mainland SE Asia Lat. Bds: 10°N~25°N Lon. Bds.: 96°E~108°E	14.4% (13.7%~15.1%)	14.8% (14.1%~15.6%)	16.6% (15.8%~17.4%) [+15.3%]	16.4% (15.6%~17.1%) [+13.9%]

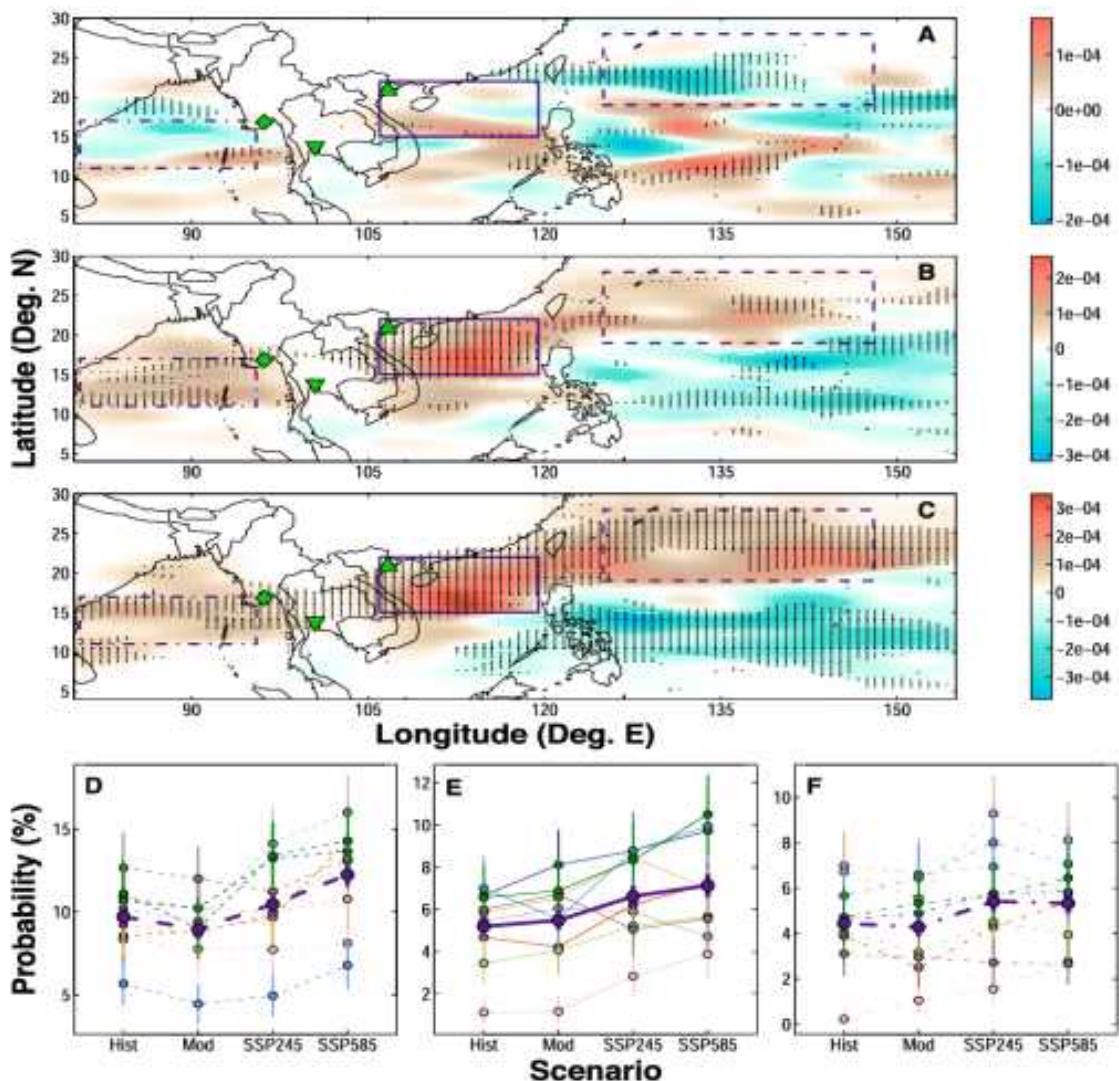


그림 3.1.1 과거 기후(1881~1990년) 대비 현재 및 미래 태풍 발생 밀도 차이 및 발생 확률. (a)는 과거 기후 대비 현재 기후(1981~2000년), (b)와 (c)는 각각 SSP2-4.5 및 SSP5-8.5 시나리오 기반 미래 기후(2081~2100년)의 발생 밀도 변화(음영으로 표시)의 공간 분포. 점은 통계적으로 유의한 지역을 나타냄. (d), (e), (f)는 각각 북서태평양, 남 중국해, 벵골만 해역의 CMIP6 모델별(9개) 태풍 발생 확률(%). 보라색은 모델 양상을 확률을 나타냄

나. 태풍 최대강도 변화

태풍 최대강도 증가율(강화율)에 대한 과거 기후(historical) 대비 미래 (SSP2-4.5, SSP5-8.5)의 공간적 위치 변화 및 규모 변화를 정량적으로 분석하였다.

먼저 태풍 경로상에서 급격한 풍속 증가¹⁴⁾가 발생하는 위치를 과거 기후 대비 현재 및 미래를 분석한 결과, 현재 기후는 북서태평양의 저위도와 남중국해에서 최대강도 증가율이 나타나고, 21세기 말에는 북서태평양 북부, 남중국해, 그리고 벵골만에서 태풍이 가장 빠르게 강해질 것으로 나타났다(그림 3.1.2a-c). 특히 미래의 고배출 시나리오(SSP5-8.5)에서는 북서태평양 북부에서 약 19%, 남중국해에서 약 13%, 벵골만에서 약 39% 더 높은 빈도로 태풍이 가장 빠르게 강화되는 것으로 전망되었다(표 3.1.3). 반대로, 북서태평양 남부(필리핀 동쪽), 벵골만 북부, 태국만 인근 일부 지역에서는 과거 기후 대비 태풍이 빠르게 강화할 가능성성이 감소하는 것으로 분석되었다(그림 3.1.2a-c).

태풍의 최대 강화율 자체(단시간 강도 증가 크기)도 미래에 점진적으로 상승하였다(그림 3.1.2d, e). 특히 고배출 시나리오에서 가장 두드러졌다. 예를 들어, 과거 기후에서 2시간 기준 최대 강화율의 83 백분위 값은 약 5.8knot였으나, 고배출 시나리오 미래 기간에는 9.2knot 까지 상승하여 50% 이상 증가하였다(그림 3.1.2d). 이와 같이 태풍 최대 강화율 자체의 크기가 증가한 것은 미래의 태풍이 과거에 비해 더 빠른 속도로 강해질 가능성을 시사한다.

또한, 2시간 동안 최대 10knot 이상의 급격한 강화가 발생할 확률 역시 미래에서 현저히 증가하였다. 중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 이 확률이 11.2%에 도달했으며, 고배출 시나리오에서는 14%까지 상승하였다(그림 3.1.2e).

이와 같이, 미래에는 태풍의 급격한 강화가 특정 지역(북서태평양 북부, 남중국해, 벵골만)에서 더 빈번하게 발생할 뿐만 아니라 강화율의 크기 자체도 현저히 증가할 것으로 전망된다. 이러한 복합적 변화는 태풍이 해안 인근에서 더욱 빠르게 강도 상승을 일으키며, 과거 기준을 넘어서는 강화율을 보일 가능성을 의미한다. 이는 예보 및 재해 대응 측면에서 큰 도전 과제이며, 특히 상륙 직전에 급격하게 강도가 변동하는 ‘급격한 강화(rapid intensification)’ 와 밀접히 관련된다. 이는 아시아 연안 지역에서

14) 급격한 풍속 증가: 본 절에서는 태풍 진로 중 2시간 동안 최대풍속 증가를 의미

예상보다 훨씬 더 빠른 태풍 강도 변화가 나타나 대응과 예측을 어렵게 만들 수 있음을 강하게 시사한다.

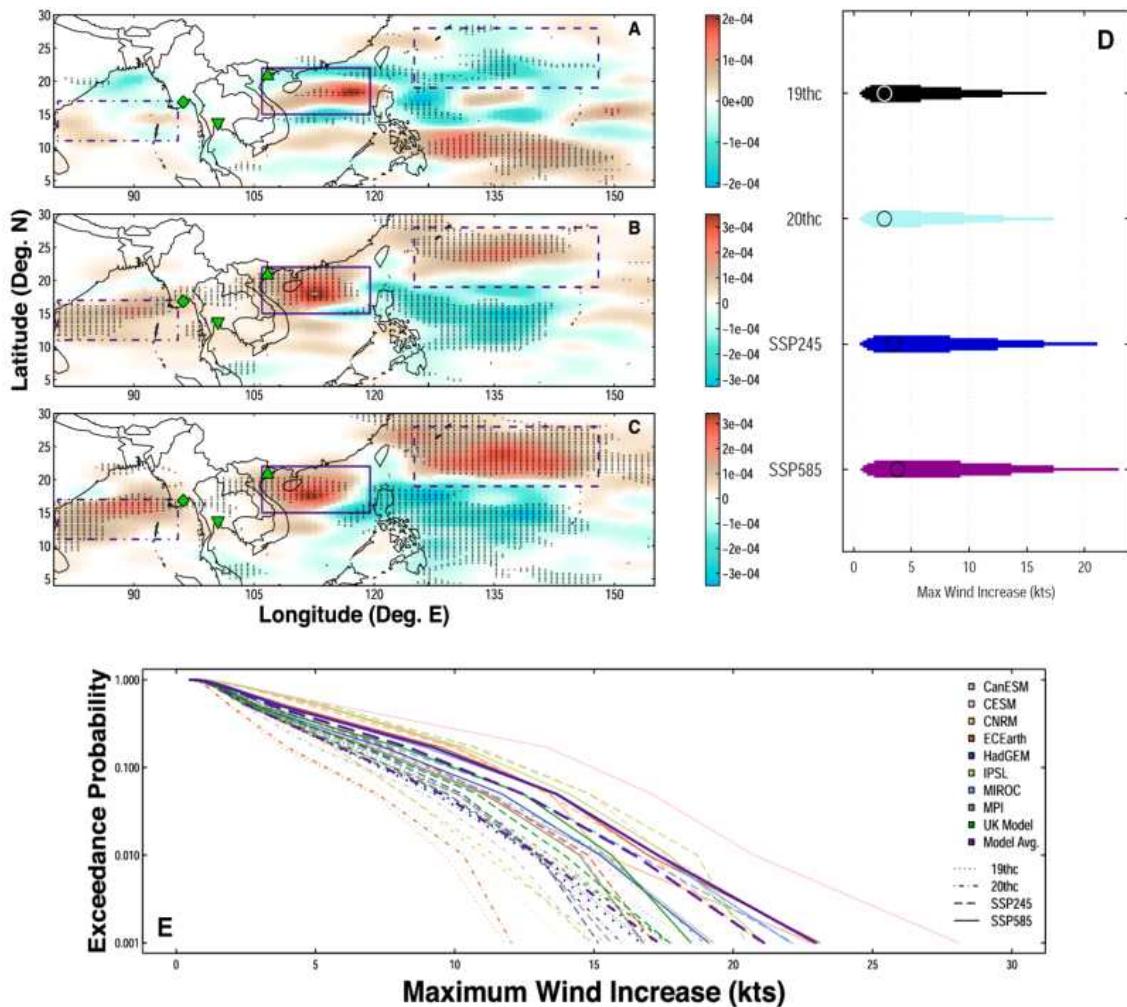


그림 3.1.2 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍 강도 변화 분포. (a), (b), (c)는 각각 과거 기후(historical) 대비 현재(1981~2000년), SSP2-4.5에 따른 미래(2081~2100년), SSP5-8.5에 따른 미래(2081~2100년)의 태풍 최대 강화율 변화 공간분포. (d)는 시나리오별 태풍 최대 강화율 분위(quantile) 분포. 가장 얇은 두께 순으로, 0.1~99.9 분위, 1~99 분위, 5~95 분위, 17~83 분위를 각각 나타냄. (e)는 태풍 일생 중 2시간 평균풍속 증가치의 초과 확률을 나타내는 생존 함수(survival functions)

다. 최저 이동속도

온난한 기후에서 태풍은 더 느리게 이동하는 특성을 보이는 경우가 많다(Knutson et al., 2019; Kossin, 2018; Lai et al., 2020). 태풍의 느린 이동은 극단적인 강수, 장기간의 폭풍 해일 및 태풍급 강풍 지속시간이 늘어나며, 결국 피해를 대폭 확대할 수 있다. 예를 들어, 2020년 필리핀에 상륙한 태풍 밤코(Vamco, 현지명 Ulysses)는 느린 이동(약 10.0~18.0km/h)으로 인해 기록적인 폭우와 대규모 홍수를 초래하였고, 최근 수십 년간 발생한 가장 치명적인 태풍 중 하나로 기록되었다(Kurata et al., 2022).

과거 기후에서 현재 기후 및 미래 기후로 갈수록 태풍이 가장 느리게 이동하는 구간이 나타날 확률은 특정 지역에서 통계적으로 유의미하게 (99% 신뢰구간) 증가하는 것으로 분석되었으며(그림 3.1.3a, b, c, 표 3.1.3), 미래에는 필리핀보다는 벵골만, 동남아시아, 남중국해 연안에서 태풍의 느린 이동이 더욱 빈번하게 나타날 것으로 전망되었다(그림 3.1.3). 또한 ‘warm pool’ 및 ITCZ 지역인 130° E~ 150° E 지역의 저위도에서 현재 기후는 과거에 비해 최저 이동속도가 더 느려지지만(그림 3.1.3a), 미래 기후, 특히 중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서는 반대로 더욱 빨라질 것(그림 3.1.3b)으로 전망되었다. 또한 CMIP6의 9개 모델 양상을 결과, 미래에는 필리핀보다는 벵골만, 동남아시아 내륙 및 남중국해 연안에서 태풍의 느린 이동이 더욱 빈번하게 나타날 확률이 증가할 것으로 분석되었다(그림 3.1.3d, e, f).

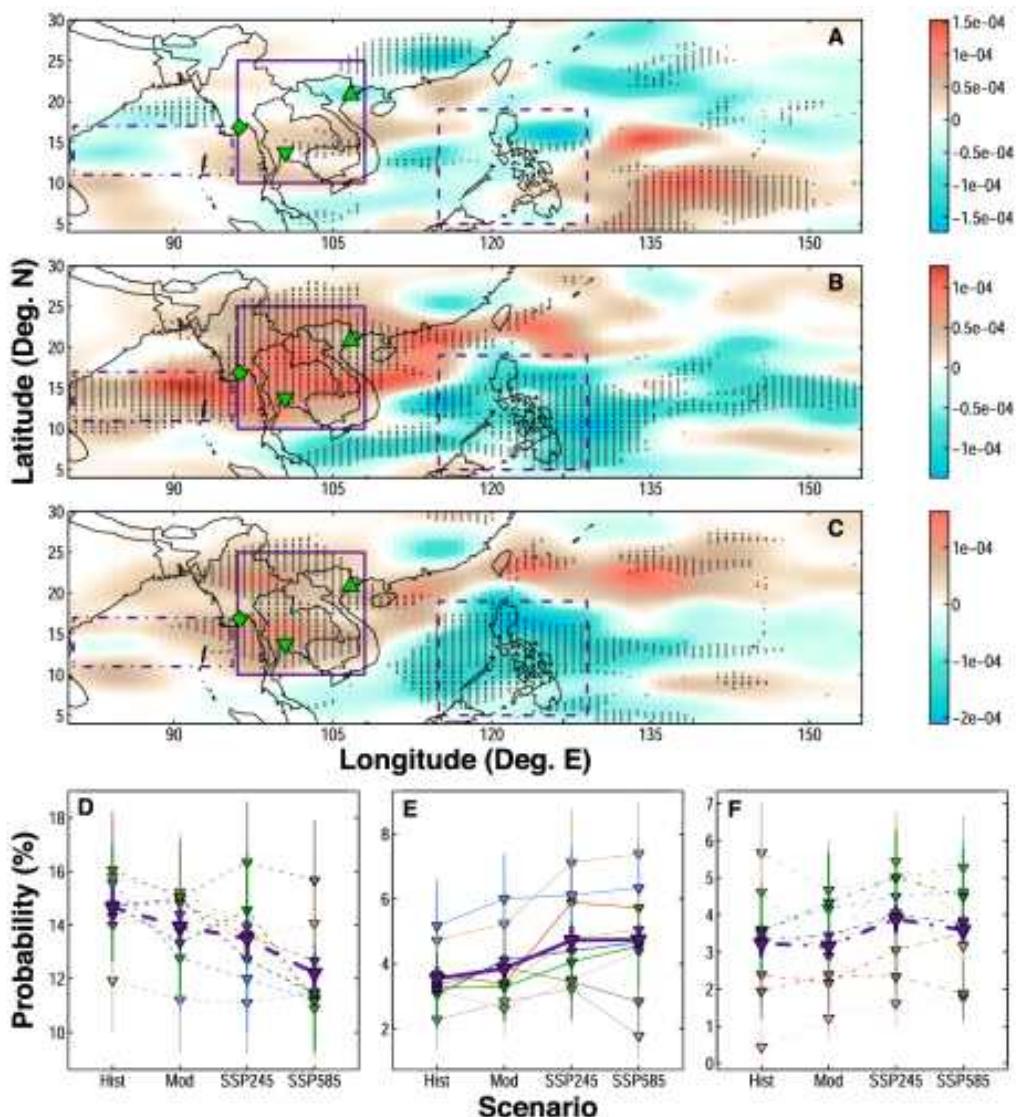


그림 3.1.3 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍의 최저 이동속도 차이 분포 및 확률. (a), (b), (c)는 각각 과거 기후 대비 현재 기후(1981~2000년), SSP2-4.5 시나리오 기반 미래 기후(2081~2100년), SSP5-8.5 시나리오 기반 미래 기후(2081~2100년)의 최저 이동속도 변화(음영으로 표시)의 공간 분포 (양(음)의 값: 최저 이동속도 느려짐(빨라짐)). 점은 통계적으로 유의한 지역을 나타냄. (d), (e), (f)는 각각 필리핀 지역, 동남아시아 내륙, 벵골만 해역의 CMIP6 모델별(9개) 태풍 최저 이동속도가 더 느려질 확률(%). 보라색은 모델 양상을 확률을 나타냄

라. 소멸 위치

과거 기후와 비교했을 때, 현재와 미래에는 동남아시아 내륙에서 태풍이 소멸할 확률이 증가하는 것으로 나타나고, 한반도 및 일본을 포함한 동아시아 부근과 중국 남동부 해안에서 태풍이 소멸하는 확률은 미래에 감소하는 경향을 보였다(그림 3.1.4, 표 3.1.3). 모델 양상을 결과, 동남아시아 지역의 이러한 소멸 빈도 증가는 미래의 중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서 가장 두드러지게 나타났으며, 해당 지역에서의 태풍 소멸은 과거 기후 대비 약 15% 더 높아졌다(표 3.1.3). 미래 기후하에서 벵골만 및 인접 해안, 중국 내륙의 일부 지역, 그리고 북태평양 북부에서도 태풍 소멸 빈도가 증가하는 것으로 나타났다(그림 3.1.4).

추가로 과거 기후와 비교했을 때 미래에는 내륙에서 소멸하는 태풍이 상륙 이후 더 오래 살아남는 경향이 있는 것으로 분석되었다. 이러한 특징은 배출 시나리오와 관계없이 일관되게 나타났다(그림 3.1.4g).

태풍 소멸 위치 역시 기후 온난화에 따라 달라진다. 본 연구는 태풍이 내륙 깊숙이 진입해 소멸하는 경우가 늘어나는 것을 보여준다. 이러한 소멸 위치의 내륙 확장은 태풍이 상륙 후 과거보다 훨씬 더 오래 버티는 특성과 관련되며, 이는 북서태평양 뿐만 아니라 대서양에서의 연구 결과와도 일치한다(Li and Chakraborty, 2020). 이는 장기간 높은 해수면 온도가 태풍에 더 많은 수분을 공급해 육상에서도 오랜 시간을 지속하게 만드는 물리적 메커니즘에 의해 설명될 수 있다.

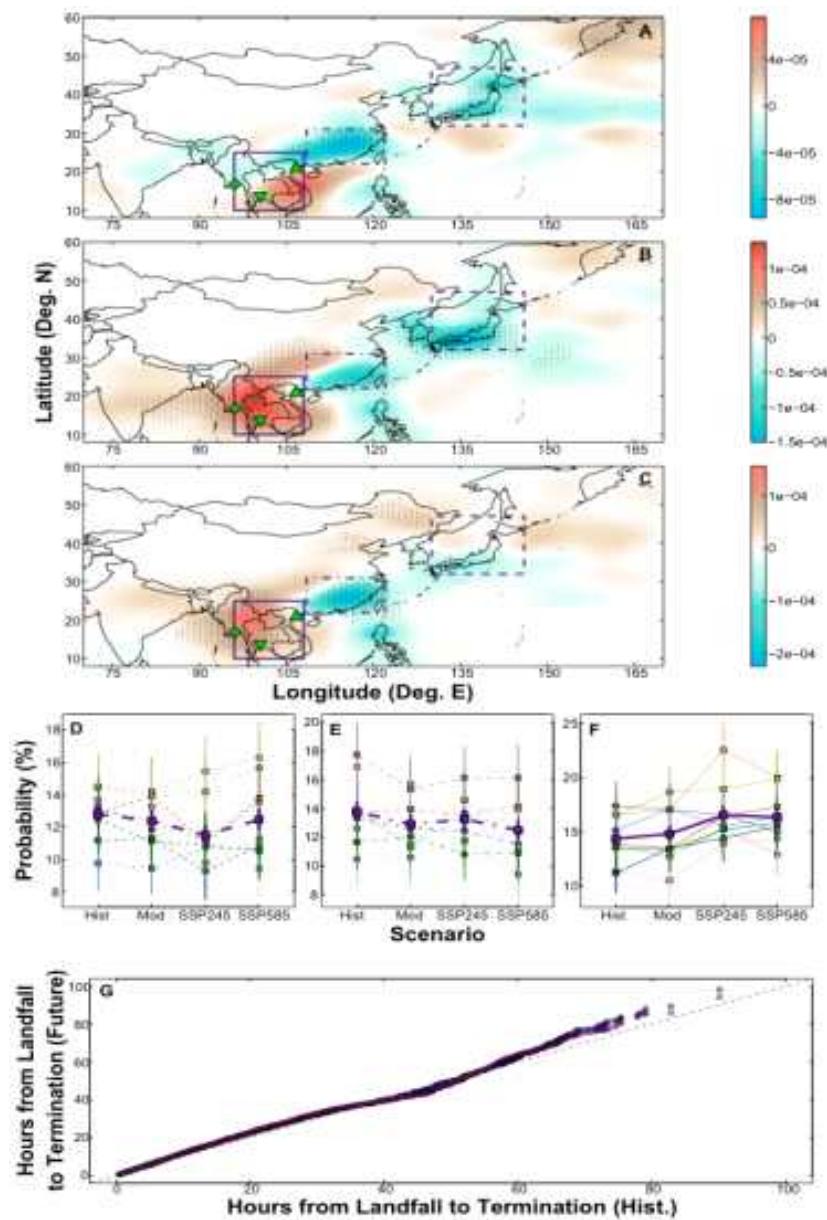


그림 3.1.4 과거 기후 대비 현재 및 미래 태풍 소멸 위치의 밀도 차이 분포 및 확률. (a), (b), (c)는 각각 과거 기후 대비 현재 기후(1981~2000년), SSP2-4.5 시나리오 기반 미래 기후(2081~2100년), SSP5-8.5 시나리오 기반 미래 기후(2081~2100년)의 소멸 위치 변화(음영으로 표시)의 공간 분포(양(음))의 값은 태풍 소멸 많아지는(적어지는) 지역. (d), (e), (f)는 각각 동아시아, 중국 동남부, 동남아시아의 CMIP6 모델별(9개) 태풍 소멸 확률(%). 보라색은 모델 양상을 확률을 나타냄. (g)는 과거 및 미래 기후에서 태풍 상륙 후 지속시간

3.1.3 결론

태풍의 발생빈도, 강화, 이동 경로의 공간적 분포, 소멸의 변화는 강풍·폭우·폭풍해일 등 복합 재해의 노출과 취약성을 증가시켜 아시아 전역의 자연재해 위험을 통계적으로 유의한 수준에서 높인다. 앞선 연구 결과에서 태풍의 발생 지점이 해안 가까이에 형성되더라도 도시에 도달하기까지의 시간은 큰 변화가 없으나, 더욱 빠른 강화율과 긴 지속시간이 결합되어 세 지역(북서태평양, 남중국해, 벵골만 해역) 모두 태풍의 강도가 더 강하게 나타나고, 영향 지속시간 또한 길어질 것으로 나타났다.

이러한 변화는 인구 및 도시 확대 추세를 고려할 때 더욱 피해가 우려되는 상황이다. 아시아의 해안 인구는 2050년 SSP2 시나리오에서 약 7억 1천만 명, SSP5 시나리오에서 약 7억 7천만 명까지 증가할 것으로 예상된다. 2100년에는 소폭 감소하더라도 여전히 현재보다 높은 수준을 유지할 전망이다(Merkens et al., 2016). 이는 현재의 기후 정책과 도시 계획이 미래 재해 위험 완화에 핵심적임을 시사한다.

본 절에서 기술한, Garner et al. (2024) 연구의 태풍 경로 모의 결과는 대부분 배출 시나리오가 높아질수록 변화가 일정한 방향(monotonic)으로 뚜렷하게 진행되는 모습을 보였다. 그러나 일부 특성에서는 예상과 달리, 오히려 중간 배출 시나리오(SSP2-4.5)에서 더 크게 변하는 양상이 나타났다. 이러한 결과는 기후모델이 대기-해양 순환을 어떻게 재현하는지에 따라 달라질 수 있다고 논문에서는 설명하고 있다. 예를 들어, 여름철 몬순 기압골의 재현 능력이나 엘니뇨-남방진동(ENSO)에 대한 모의 편향이 영향을 주었을 가능성이 있다(표 3.1.1). 또한 에어로졸(aerosols)과 온실 가스가 태풍 특성에 서로 반대되는 방식으로 영향을 미치므로 이러한 요인도 비선형적 변화 경향을 만든 원인일 수 있다(Wang et al., 2014). 따라서 이에 대한 후속 연구가 필요하다(Graner et al., 2024).

종합하면, 태풍은 세계적으로 가장 치명적이고 경제적으로 막대한 피해를 유발하는 기후 재해 중 하나이며, 특히 해수면 상승과 고밀도 인구가 집중된 아시아 해안 도시들에서는 더욱 큰 위협이 된다. 관련 연구에서

확인된 태풍 발생, 강화, 이동 및 소멸 특성 변화는 해안 지역 사회에 중대한 위험 증가를 의미하며, 이는 현재 세대에서 온실가스 배출 감축과 함께 향후 인명 및 경제 자산 보호를 위한 적응(adaptation)과 회복력(resilience)의 강화가 시급히 요구된다는 점을 분명히 보여준다.

본 절에서 소개한 Garner et al. (2024)의 결과는 CMIP6 9개 모델 앙상블에 기반한 정교한 분석으로서 아시아 및 북서태평양 태풍의 미래 변화를 이해하는 데 중요한 사례 연구이지만, 이를 곧바로 “북서태평양 전체의 공식 전망”으로 일반화하기에는 또 다른 관점의 선행 연구결과들이 있다.

우선, IPCC 제6차 평가보고서(AR6, IPCC Sixth Assessment Report) 및 세계기상기구(WMO) 태풍위원회 종합평가에서는, 전 지구적 관점에서 “강한 태풍(카테고리 4~5등급) 비율과 최대풍속은 온난화와 함께 증가할 가능성이 매우 크다”는 점에는 비교적 일관된 합의가 있으나, 해역별(북서태평양 등) 발생 빈도와 경로 변화에 대해서는 모델·기법·기간에 따라 결과가 상이하며, 일부 결과(북서태평양에서의 전체 발생 수 감소, 고위도 쪽으로의 최대강도 위치 이동 등)는 “중간 수준의 신뢰도 (medium confidence)”로만 제시되고 있음을 강조한다(IPCC, 2021). 또한 AR6의 핵심 근거 문헌으로 인용되는 Knutson et al. (2019)에서도 고해상도 모델과 최대잠재강도 이론에 근거했을 때 “강한 태풍의 비율·강수량 증가”에 대해서는 비교적 견고한 물리·모델 근거가 있는 반면, 해역별 태풍 발생 수, 세부적인 태풍 경로 분포, 상륙 빈도·위치 변화 등은 ENSO, 아열대고기압, 에어로졸, 내부 변동성 등의 영향을 받아 시기·모델·시나리오에 따라 상당한 불확실성이 남아 있음을 설명하고 있다.

3.2 인공지능 기반 태풍 예측의 현황과 발전 전망

3.2.1 인공지능을 이용한 태풍 예측 현황

태풍 예측은 전통적으로 물리 기반의 수치예보모델(NWP, Numerical Weather Prediction)에 의존해 왔다. 수치예보모델은 전 지구적 기압, 온도,

습도, 풍속 등의 데이터를 초기 조건으로 설정한 후 물리 방정식을 해석하여 미래 상태를 모의하는 방식으로 태풍의 진로와 강도를 정량적으로 계산할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 관측자료의 제약, 모델의 이산화 오류, 계산 자원의 한계 등으로 오차가 불가피하게 발생하고, 특히 태풍과 같은 고에너지 국지 현상은 이러한 한계가 응축된 사례로서 단기예보에서 조차 중심 예측 오차가 수십 킬로미터에 달하는 경우가 적지 않다(최민욱, 2025).

최근 수치예보모델의 기술적·운영적 한계를 개선하기 위해 인공지능(AI, Artificial Intelligence)을 새로운 예보 기법으로 적용하기 위한 시도가 계속되고 있다(Bi et al., 2025). AI는 입력된 기상 자료로부터 통계적 패턴을 학습하고, 입력자료의 변화에 따라 비선형적인 결과를 즉시 출력하는 것이 가능해 반복적인 대기 진화를 빠르게 계산하여 단시간 내 전 지구 예보를 산출하는 것이 가능하다. AI를 위한 학습 데이터양이 갈수록 많아지고, GPU(Graphics Processing Unit) 성능이 진화함에 따라 일부 선진 기관은 AI가 수치모델을 보완하는 후처리 기능을 넘어서 독립된 예보 생성도 가능한 단계로 전환하고 있다.

이러한 국제적인 기술의 흐름에 따라 전 세계 기관 및 나라별로 태풍 예측을 위해 AI를 활용하고 있는 현황에 대해 살펴보았다.

3.2.1.1 유럽 ECMWF

유럽 중기 기상예보센터(ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)는 2023년 AI를 예보기술에 적용하기 위해 AIFS(Artificial Intelligence Forecasting System)를 개발하기 시작하였고, 2025년 2월에 현업 예보 운영에 도입하여 기존 물리 기반 통합예보시스템(IFS, Integrated Forecasting System)과 나란히 가동하고 있다.

AIFS는 기계 학습을 이용한 기상 예측 모델 중 최초의 완전한 운영용 오픈 AI모델로 가장 넓은 범위의 변수를 다루고 있으며, 바람과 기온 같은 사용자에게 필수적인 요소뿐만 아니라 눈, 비에 이르기까지 다양한 강수 형태에 대한 세부 정보도 포함되어 있고, 현재 28km 격자 간격으로

정보를 산출하고 있다. 현재 열대성 저기압(태풍)의 진로를 12시간 더 앞당겨 예측하는 등 경로 예측을 포함한 여러 지표에서 최첨단 물리 기반 모델을 능가하고 있으며, 최대 20%의 성능 향상을 보여주고 있다(Lang et al., 2024). 또한 예보 생산에 필요한 에너지 사용량을 약 1,000배 절감함으로써 비용 측면에서도 유용하다(ecmwf.int).

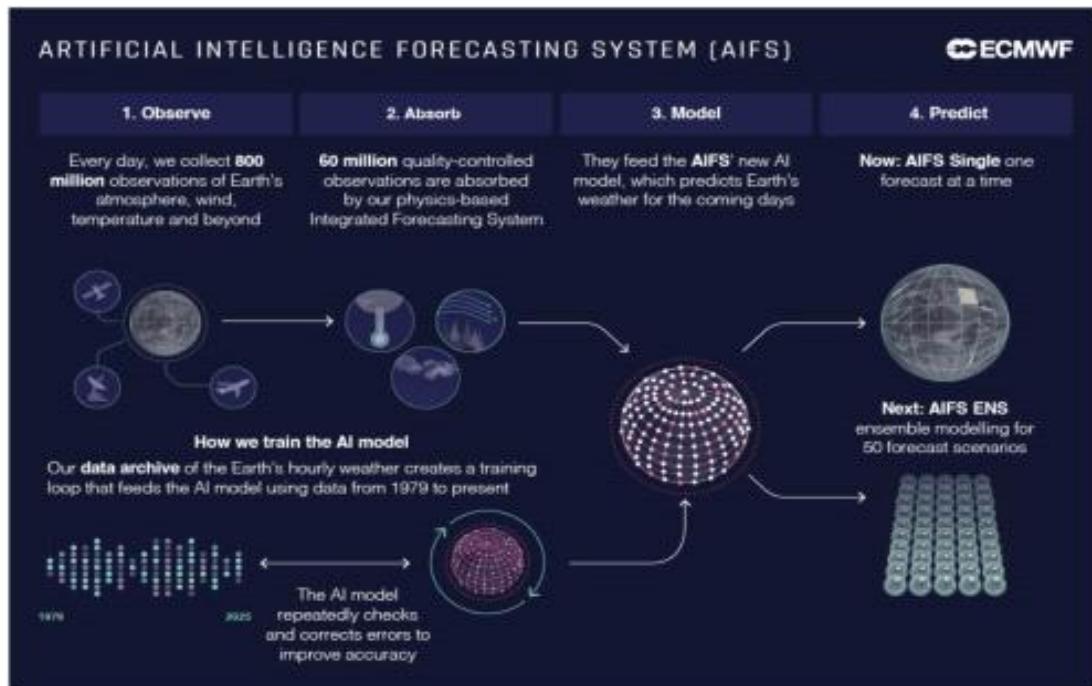


그림 3.2.1 ECMWF의 AIFS 개념도[출처: ecmwf.int(홈페이지)]

AIFS의 작동을 위한 초기 조건은 기존 물리 기반 IFS(Integrated Forecasting System)와 동일한 초기 조건을 사용한다. 이 초기 조건은 이전 단기예보와 약 6천만 건의 위성 기반 품질 관리된 관측자료, 비행기, 선박, 해양 부표, 지상 관측소 등 다양한 관측망에서 수집된 데이터를 결합하여 만들어지고, 매 6시간 간격으로 이러한 초기 조건이 AIFS에 입력된다. 그래프 신경망(GNNs, Graph Neural Networks) 기반 AI 알고리즘을 통해 초기 조건의 데이터를 학습하여 10일에서 최대 15일까지의 예측자료를 산출하며(그림 3.2.1), 이러한 산출물은 ECMWF의 Open Charts에서 IFS 모델의 차트와 함께 확인할 수 있다.

2025년 2월 현업 예보에 도입된 모델은 AIFS Single v1.0이라고 불리며, 이는 한 번에 하나의 예보만 실행하는 결정론적 예보(deterministic forecast) 방식 때문이며, 8월에 업그레이드 버전인 v1.1이 도입되었다. ECMWF는 이 모델을 발전시켜 확률론적 학습방식을 통해 초기 조건에 약간씩 차이를 둔 서로 다른 예보를 동시에 생성하려 하고 있으며, 이를 통해 모든 가능한 예측 시나리오를 제시하는 ‘앙상블 모델링(ensemble modeling)’의 AIFS ENS v1.0을 개발하여 2025년 7월부터 현업 예보에 도입하였다(ecmwf.int).

3.2.1.2 미국

미국은 구글(Google), 마이크로소프트(Microsoft), 엔비디아(NVIDIA) 등 IT 분야 대기업들이 자체적인 AI 기술력을 바탕으로 AI 예보 모델들을 연구개발하고 있으며, 미국 국립해양대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)과의 협업을 통해 성능을 더욱 개선하여 실시간 예보 정보를 제공할 예정이다.

(1) 구글의 GraphCast 및 GenCast

GraphCast와 GenCast는 구글의 차세대 AI 기반 기상 모델 제품군들 중 하나로 구글 딥마인드(DeepMind)의 AI 기반 결정론적 중기 예보 모델이며, 폭넓은 협업을 촉진하고 연구개발을 가속하기 위해 모델을 개방하여 소스코드와 가중치를 공개하고 있다.

가) GraphCast

GraphCast는 그래프 신경망(GNNs, Graph Neural Networks)과 고해상도 다중 스케일 표현(multi-scale mesh)를 활용하는 AI 중기 예보 모델로 ECMWF의 ERA5 (ECMWF Reanalysis v5) 데이터 세트에서 40년간의 기상 재분석 데이터를 학습시켰다. ECMWF의 업계 표준 기상 모델인 고해상도 NWP보다 최대 10일 앞선 기상 상황을 더욱 정확하고 빠르게 예측한다 (deepmind.google).

GraphCast의 기술적 사양 및 특징은 표 3.2.1과 같다.

표 3.2.1 GraphCast의 기술적 사양 및 특징[출처: deepmind.google(홈페이지)]

특성	설명
해상도와 공간 격자	<ul style="list-style-type: none">• 지구 전역 약 0.25° 위도/경도 격자(약 $28\text{km} \times 28\text{km}$)
수직 구조	<ul style="list-style-type: none">• 37개 고도(pressure levels)에서 온도, 습도, 풍속, 풍향, 해면기압 등 예측
입력 데이터	<ul style="list-style-type: none">• 6시간 전 및 현재 날씨 두 가지 데이터 세트만 사용하여 6시간 후 날씨 예측, 이 과정을 6시간 단위로 진행하여 최대 10일 후의 최신 예보 생성
출력 변수	<ul style="list-style-type: none">• 10일 동안 6시간 간격의 다양한 기상 변수(온도, 바람, 습도 등) 출력, 최대 227개의 주요 변수 출력
컴퓨팅 성능	<ul style="list-style-type: none">• 10일 예측 자료를 생성에 1분 소요(구글 클라우드 TPU v4 한 대 사용)

GraphCast의 최대 장점은 표 3.2.1에 나타낸 것처럼 기존의 NWP보다 훨씬 적은 컴퓨팅 자원으로 빠른 시간 내에 예측자료를 생산하는 것이며, ECMWF의 고해상도 NWP에 대한 종합적인 성능 평가에서 GraphCast는 1,380개 시험 변수 중 90% 이상에 대해 더 정확한 예측을 제공하고 리드 타임을 예측했으며, 정확한 예측이 가장 중요한 지표면에서 가장 가까운 $6\sim20\text{km}$ 상공의 대류권으로 제한했을 경우, 시험 변수의 99.7%에서 더 우수한 성능을 보였다(Lam et al., 2023).

또한, GraphCast는 기존 NWP보다 심각한 기상현상의 조기 탐지에도 성능이 우수한 것이 확인되었다. GraphCast에 사이클론 추적기(Cyclone tracking)를 직접 적용함으로써 기존 NWP보다 사이클론 이동 예측 리드 타임이 길어질수록 더 높은 정확도를 유지하였다(그림 3.2.2). 실제 허리케인 리(Lee)의 예측에서 기존 예보 방식보다 3일 전에 더 정확한 상륙 장소를 예측하였다(deepmind,google).

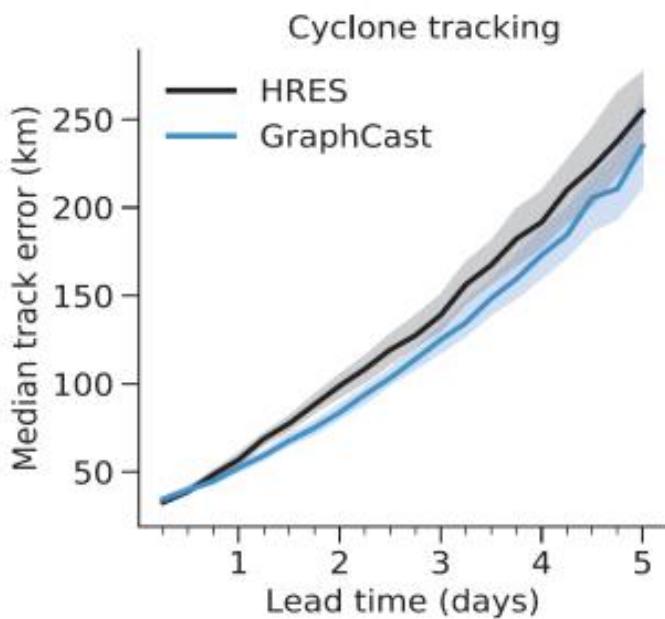


그림 3.2.2 GraphCast의 사이클론 이동 예측 성능
평가[출처: Lam et al., 2023]

GraphCast도 장점과 함께 단점을 가지고 있다. AI 기반 특성상 결과 값에 명확한 물리적인 메커니즘이 포함되어 있지 않으며, 관측자료 및 기상현상이 드문 경우 예측의 정확도가 감소할 수 있고, 빠른 예측을 위한 GPU/TPU 같은 고성능 연산자원이 요구된다. 그리고 GrpahCast는 하나의 가장 가능성 높은 단일 예측만 제공하기 때문에 확률적 양상을 예측이 아닌 점이 단점이어서 이후 구글 딥마인드는 이 부분을 보완하기 위해 GenCast라는 확률적 예측 모델을 발표하였다.

나) GenCast

GenCast 예보는 GraphCast 등 기존 AI 기상 예측 모델이 미래 기상에 대해 결정론적인 단일 최적 예측을 제공했던 것과 달리 50개 이상의 예측 시나리오를 제공하는 양상을 예보이다. 의사결정권자들에게 향후 며칠~몇 주 내에 발생할 수 있는 기상 상황과 각 시나리오의 발생 가능성을 보여주므로 기존의 단일 예보보다 더 유용하다.

GenCast는 최근에 이미지, 비디오, 음악 생성 분야의 급속한 발전을 뒷받침하는 생성형 AI 모델(노이즈를 점차 제거하면서 예측을 만들어

나가는 방식)인 확산 모델로 지구의 구형 기하학에 맞춰 개발되었으며, 최신 기상 정보를 입력하여 미래 기상 시나리오의 복잡한 확률 분포를 정확하게 생성하는 방식을 학습한다는 점에서 기존 모델들과 차별성이 있다. GenCast는 GraphCast와 동일한 40년간의 ERA5 데이터 세트와 NWP의 산출물도 학습 데이터로 사용하여 구글 클라우드 TPUv5를 통해 약 8분 만에 0.25° 위·경도 격자의 자료를 12시간 간격으로 최대 15일 까지 예측이 가능하고, 80개의 지표 및 대기 변수들을 예측하며, 예측치 하나에 여러 가능한 기후/날씨 경로를 생성해서 각 경로의 확률적 특성도 평가한다(deepmind.google). GenCast와 ECMWF의 양상을 예보시스템을 테스트하여 다양한 리드타임에서 다양한 변수의 예측을 총 1,320가지 조합으로 분석했을 때 GenCast는 목표치의 97.2%에서 ECMWF의 양상을 예보시스템보다 더 정확했으며, 리드타임이 36시간을 초과하는 경우에는 99.8%의 정확도를 보였다(Price et al., 2024).

GenCast는 허리케인과 태풍 등의 심각한 기상현상에 대해 기존 AI 모델보다 신뢰성 있고, 정확한 정보를 줄 수 있다. 태풍 경로 예측 실험에서 GenCast의 양상을 예보는 태풍 하기비스의 상륙 7일 전에 다양한 경로를 예상하지만, 태풍이 일본 해안에 접근함에 따라 예측 경로 확산도 같이 좁아져 높은 신뢰도와 정확성을 갖춘 클러스터를 나타냈다(그림 3.2.3).

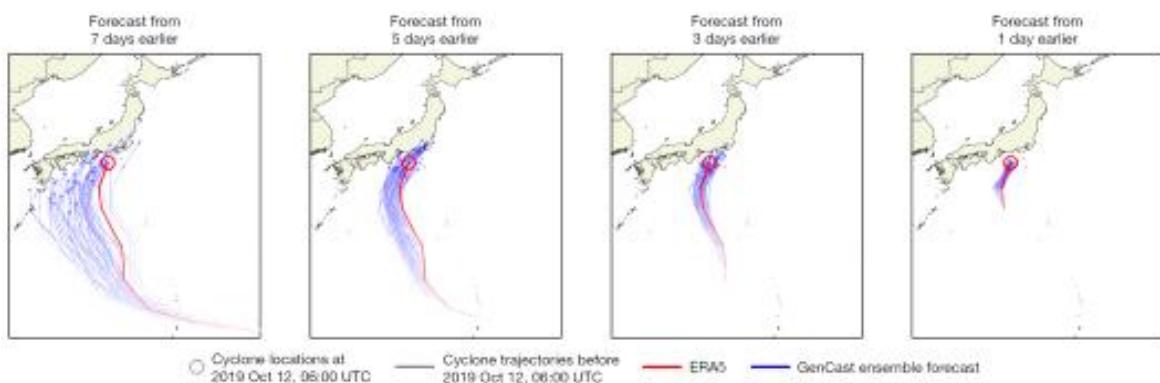


그림 3.2.3 GenCast의 2019년 태풍 하기비스(Hagibis)의 경로 예측 자료[출처: Price et al., 2024]

양상을 예보를 적용한 GenCast도 단점이 있다. 우선 0.25° 해상도로 인해 지역 단위의 세부적인 기상 변화(소나기, 지형 효과 등)는 잡아내기

어려울 수 있고, GraphCast와 마찬가지로 고성능의 연산자원이 요구되며, 예측 경로 간의 물리 법칙의 완전한 재현과 유지가 어려운 것은 여전한 과제이다.

구글은 현재 미국 국립해양대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)의 국립허리케인센터(NHC, National Hurricane Center)와 협업을 통해 허리케인 경로 및 강도 예측을 개선하기 위해 NHC가 AI 모델과 기존 모델을 원활하게 통합할 수 있도록 실시간 AI 예보 정보 제공 및 성능 평가 피드백 후 재반영하는 작업을 진행하며, 협업의 진행 상황과 결과를 공개하기로 하였다(techpartnerships.noaa.gov).

또한, 구글 딥마인드는 Weather Lab 사이트를 통해 ECMWF의 NWP 모델과 함께 WeatherNext Graph, WeatherNext Gen 및 최신 실험용 사이클론 모델 등의 예측자료를 볼 수 있도록 하고, 전문가와 연구자들이 분석할 수 있도록 다운로드를 지원하고 있다.

(2) 마이크로소프트의 오로라(Aurora)

마이크로소프트의 연구진이 개발한 오로라(Aurora)는 방대한 양의 대기 데이터를 학습하는 AI 기반 모델로서 13억 개의 매개변수로 구성되어 데이터 희소 지역이나 극한 기상 시나리오에서도 광범위한 예측 작업이 가능하다. 이 모델은 기초 모델(Foundation model)이라고 불리는 AI 모델의 한 유형인 대규모 딥러닝 모델로 방대한 양의 다양한 기상·기후 데이터를 학습하여 일반적인 지식을 구축한 후 특정 예측 작업에 탁월하게 미세조정 되도록 하였다.

Aurora는 두 가지 주요 단계로 학습되기 때문에 기초 모델로 간주된다. 첫째, 사전학습 단계에서 모델은 분석, 재분석 및 예측 시뮬레이션을 포함한 방대하고 다양한 데이터 세트를 학습하여 날씨와 기후의 범용 표현을 학습한다. 둘째, 미세조정 단계에서는 소량의 고품질 데이터를 사용하여 10일 지구 기상예보나 5일 대기 오염 예측과 같은 특정 작업에 탁월한 성능을 발휘하도록 지식을 조정한다. 이러한 학습방식을 통해 Aurora는 작업별 학습 데이터가 제한적인 경우에도 복잡한 패턴을 포함하고 예측 작업을 처리할 수 있다(microsoft.com).

Aurora 모델의 기술적 사양 및 특징은 표 3.2.2와 같다.

표 3.2.2 Aurora의 기술적 사양 및 특징[출처: microsoft.com; Bodnar et al., 2025]

특성	설명
모델 해상도	<ul style="list-style-type: none">10일 글로벌 날씨 예보 자료 : 0.25° 및 0.1° 해상도5일 전 세계 대기화학물질 및 대기오염물질 예측 자료 : 0.4° 해상도
모델 Parameter 수	<ul style="list-style-type: none">약 13억 개 파라미터
모델 구조	<ul style="list-style-type: none">3D Swin Transformer + 3D Perceiver 기반의 인코더 및 디코더 구조
학습 데이터	<ul style="list-style-type: none">사전훈련 : ERA5 재분석자료, CMIP6 기후모델자료, ECMWF IFS 수치예측자료, NOAA GFS 자료(분석 및 예보자료)미세조정 : ECMWF IFS-HERS(고해상도), CAMS 분석 자료
출력 변수	<ul style="list-style-type: none">유연한 아키텍처로 인해 사용자에 따라 다양한 변수 출력 가능약 17~20개 및 그 이상 변수 출력, 기압 레벨의 설정에 따라 개수 증가
필요 자원	<ul style="list-style-type: none">사전훈련 시 100만 시간 이상의 데이터 사용으로 훈련 기간 약 2.5주 소요, 32대의 NVIDIA A100 GPU 사용미세조정 시 약 5일 소요, 8대의 NVIDIA A100 GPU 사용

Aurora 모델은 다른 AI 기반 기상 예측 모델에 비해 방대한 양의 학습 데이터와 2단계의 학습 과정, 그리고 보다 유연한 아키텍처를 통해 심각한 기상현상, 예로 폭풍의 급격한 강화와 같은 예측에 대해 다른 AI 모델보다 우수한 성능을 보여주고 있으며(microsoft.com), 최대풍속의 예측에서도 ECMWF의 고해상도 수치모델 자료보다 오차율이 낮고, 지표면과 가까운 풍속 예측에서도 다른 AI 모델들보다 재분석자료와 유사하게 모의하였다 (Bodnar et al., 2025).

2023년 태풍 독수리(Doksuri)의 경로 예측 테스트에서 미국 합동태풍 경보센터(JTWC, Joint Typhoon Warning Center)는 태풍이 대만을 통과 할 것으로 예측했으나, Aurora는 태풍이 필리핀 북부에 상륙할 것임을 정확히 예측하였다(그림 3.2.4).

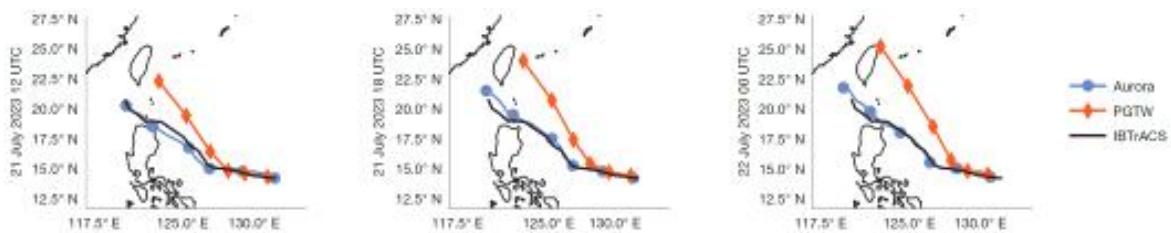


그림 3.2.4 Aurora의 2023년 태풍 독수리(Dokuri)의 경로 예측 자료. PTGW는 합동태풍경보센터(JTWC)의 기관 코드[출처: Bodnar et al., 2025]

Aurora 모델은 방대한 데이터의 학습으로 우수한 성능을 보이나, 이와 같은 데이터를 확보하기 위한 비용이 많이 들고, 모델 실행에 필요한 GPU 메모리의 용량(지구 전역 0.25° 해상도로 모델 실행 시 약 40GB GPU 메모리 필요)이 해상도가 높을수록 많이 들어가므로 초기 개발 비용이 높으며, 다른 AI 모델과 같이 학습 데이터가 과거에 관측된 범위 내의 데이터 중심이므로 이전에 없었던 최초 발생 유형의 변화에는 일반화가 어려운 점이 있다.

3.2.1.3 중국

중국은 중국기상청(CMA, China Meteorological Administration), 푸단대학교, 화웨이(Huawei)와 같은 국가 연구기관, 학교, 기업에서 독자적으로 또는 협업을 통해서 여러 AI 기상 예측 모델을 개발하고 있다. 여러 AI 모델과 ECMWF의 NWP 모델의 성능을 비교한 연구(Bi et al., 2025)에서 중국의 모델 중 화웨이의 ‘Pangu-Weather’ 모델과 푸단대학교의 ‘FuXi 2.0’ 모델의 성능이 우수하였다.

(1) 화웨이(Huawei)의 Pangu-Weather

Pangu-Weather는 화웨이 클라우드가 개발하고 발표한 AI 기반 글로벌 중기(Global medium-range) 기상예보 모델로 ECMWF의 웹사이트에 공개되어 있으며, 이를 통해 전 세계 기상예보관, 기상학자·전문가는 물론 일반 대중도 Pangu-Weather의 10일 전 세계 기상예보를 무료로 이용할 수 있다.

현재 ECMWF 웹사이트는 Pangu-Weather가 제공하는 6가지 유형의 차트를 보여주며, 여기에는 평균 해면기압과 850hPa 풍속, 500hPa 지오포텐셜 고도와 850hPa 기온, 평균 해면기압과 200hPa 풍속, 다양한 기압 레벨의 기온과 지오토텐셜 고도, 2m 기온과 10m 풍속, 다양한 기압 레벨의 풍속과 지오토텐셜 고도가 포함된다. ECMWF는 Pangu-Weather와 ECMWF의 NWP자료를 비교 분석하여 ‘데이터 기반 기상예보의 증가’라는 기술보고서를 통해 Pangu-Weather의 결과가 유망할 뿐만 아니라 글로벌 지표와 극한 기상현상 모두에서 좋은 성능을 보인다고 발표했다 (huawei.com).

Pangu-Weather 모델의 기술적 사양 및 특징은 표 3.2.3과 같다.

표 3.2.3 Pangu-Weather의 기술적 사양 및 특징[출처: huawei.com; Bi et al., 2023]

특성	설명
모델 해상도	<ul style="list-style-type: none"> 공간해상도 : $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 해상도 시간해상도 : 1시간 단위 예측 가능
모델 Parameter 수	<ul style="list-style-type: none"> 약 2억 5천만 개 파라미터
모델 구조	<ul style="list-style-type: none"> 3D Earth-Specific Transformer(3DEST) : Vision Transformer의 표준 인코더-디코더 설계 기반, Earth-specific positional bias 적용 Hierarchical temporal aggregation : 예보시 시간적으로 누적되는 오차 문제 감소 방식, 시간 간격별 예측과 처리 방식을 계층적으로 구성
학습 데이터	<ul style="list-style-type: none"> 1979년 이후 ERA5 재분석 자료
출력 변수	<ul style="list-style-type: none"> 지표면 기온, 10m 풍속, 지면 기압, 온도, 습도, 강수량 등 지표면 자료와 고도별 상층 대기 변수들 산출
속도	<ul style="list-style-type: none"> 10일 예측자료를 단일 GPU 서버에서 10초 만에 수행 가능, Tesla-V100 GPU(120 tera FLOPS)에서 1.4초 소요

앞서 Pangu-Weather 모델은 극한 기상현상에서도 좋은 성능을 보인다고 언급된 바와 같이 태풍의 경로 예측 테스트에서 ECMWF의 고해상도 수치 예보자료보다 정확하게 예측하였다. 2018년 태풍 콩레이(Kong-rey) 및 유투(Yutu)의 경로 예측 실험에서 ECMWF의 고해상도 수치예보자료는 실제 경로와 다른 경로 및 상륙지점을 나타냈지만, Pangu-Weather는

거의 유사한 경로를 예측하였다(그림 3.2.5). 물론 ECMWF의 고해상도 수치예보자료는 입력 데이터로 초기 조건 데이터를 사용하였고, Pangu-Weather는 재분석 데이터를 사용하였으므로 직접적인 비교를 하기에는 AI 모델에 이점이 있지만, 태풍의 경로 예측에 활용하기에 유의미한 결과이다(Bi et al., 2023).

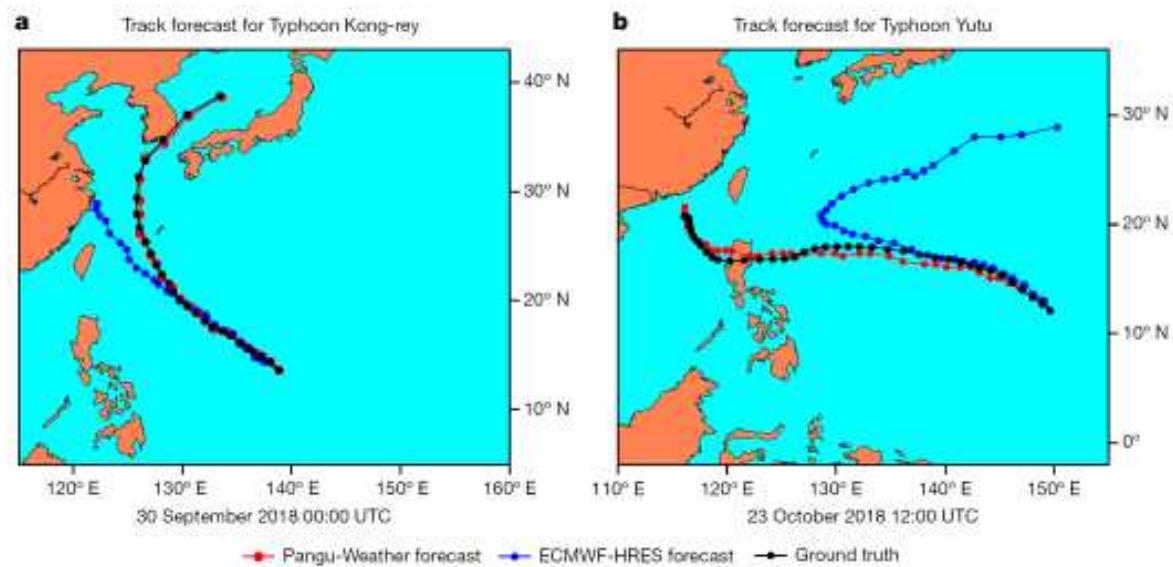


그림 3.2.5 Pangu-Weather와 ECMWF-HRES의 태풍 경로 예측 비교. a. 2018년 태풍 콩레이(Kong-rey)의 경로 예측 비교, b. 2018년 태풍 유투(Yutu)의 경로 예측 비교[출처: Bi et al., 2023]

Pangu-Weather 모델 또한 다른 AI 기상예보 모델과 유사한 단점들이 있다. 다른 단일 모델들과 마찬가지로 태풍의 급격한 강화 및 비정형적인 경로를 예측하는 것은 기존의 NWP 모델이 더 안정적이며, 작은 규모의 지형효과와 같은 국지적 기상예보에도 한계점이 있고, 고품질의 학습 데이터에 의존적이므로 관측 및 재분석 데이터가 부족하거나 해상도가 낮으면 예측의 정확도가 감소한다.

(2) 푸단대학교의 FuXi 2.0

중국 상하이에 있는 푸단대학교의 FuXi 2.0 모델은 글로벌 기상 예측을 위한 AI 기반 모델로 이전 버전 FuXi 및 FuXi 1.0의 한계를 개선하여

실용적인 응용을 염두에 두고 개발되었으며, 대기와 해양요소를 통합하여 더 많은 기상 변수뿐만 아니라 해양 변수도 산출하게 되었다. 그리하여 기상예보뿐만 아니라 신재생에너지(풍력 및 태양광 발전 예측), 항공(저층 및 전체 구름량 예측), 해양 운송(해면 상태, 파도, 해류 예측 등)과 같은 여러 분야에서 활용 가능한 것으로 소개되고 있다.(fudan.edu.cn)

FuXi 2.0 모델의 기술적 사양 및 특징은 표 3.2.4와 같다.

표 3.2.4 FuXi 2.0의 기술적 사양 및 특징[출처: Chen et al., 2023; Zhong et al., 2024]

특성	설명
모델 해상도	<ul style="list-style-type: none"> • 공간해상도 : $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 해상도 • 시간해상도 : 초기 5일간은 1시간 단위 예보, 그 이후 5일~10일 구간은 6시간 단위 예보
모델 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 이중 모델 구조 : 메인 모델은 6시간 간격 예보를 생성, 서브 모델은 그 6시간 예보 사이를 1시간 단위로 보간하여 1시간 단위 연속적 예보 생성 • 4차원 데이터 큐브($2 \times 88 \times 721 \times 1440$, 시간·기상변수·위도·경도)를 2D 합성곱 계층으로 축소, Swin Transformer 블록을 거쳐 예측 수행
학습 데이터	<ul style="list-style-type: none"> • 과거 재분석 자료. 특히, ERA5 재분석 데이터 사용 • PyTorch 프레임워크 기반으로 개발, AdamW 최적화 알고리즘 사용 • Charbonnier 손실함수(L1, L2 혼합) 및 변수별 가중치 적용
출력 변수	<ul style="list-style-type: none"> • 바람, 온도, 해수면 온도, 파고 등 88개 이상의 변수
속도	<ul style="list-style-type: none"> • ECMWF의 NWP 모델 대비 약 1,000 정도 빠른 것으로 홍보

FuXi 2.0 모델도 앞서 언급되었던 다른 AI 모델과 같이 ERA 재분석 자료를 학습 데이터로 사용하였으며, 6시간 단위인 메인 모델은 40,000회, 1시간 단위인 서브 모델은 60,000회를 반복하여 학습시킴으로써 최대 15일까지 1시간 단위의 고해상도 예측자료를 산출한다. 이러한 FuXi 2.0의 자료는 ECMWF 고해상도 수치예보자료와 성능 비교를 통해 성능이 더 우수한 것으로 나타났으며, 특히 100m 고도의 풍속 등 풍력 예측에서 월등한 성능을 보였다. 또한 태풍 예측 성능에서도 FuXi 2.0이 기존 FuXi 1.0보다 평균 해면기압과 10m 풍속 예측에서 더 우수한 성능을 보였으며, ECMWF의 고해상도 수치예보자료와 비교에서는 기준치를 IBTrACS로 할 때에는 ECMWF 고해상도 수치예보자료가 더 뛰어났고, 기준치를 ERA5로 할 때에는 FuXi 2.0이 더 뛰어났다(그림 3.2.6).

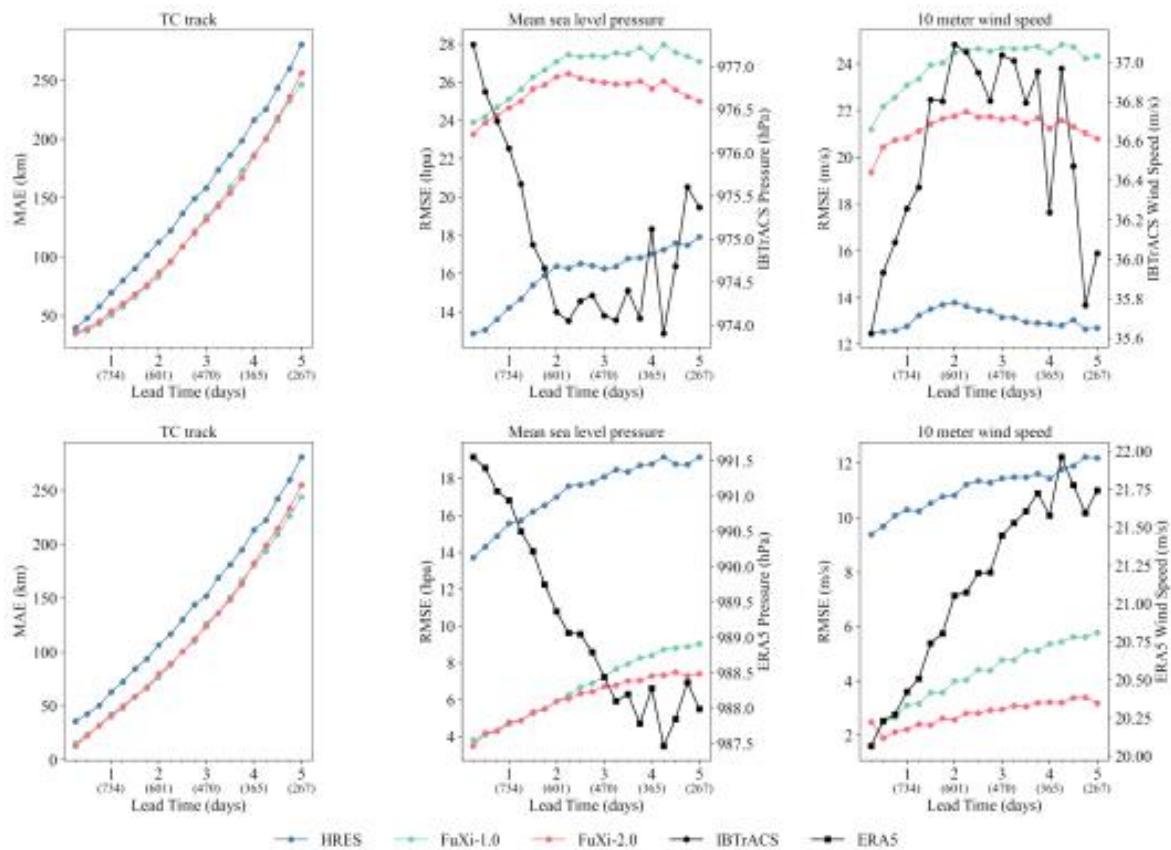


그림 3.2.6 FuXi 2.0, FuXi 1.0, ECMWF-HRES의 태풍 예측 성능 비교를 위해 경로, 평균 해면기압, 10m 풍속에 대한 MAE, RMSE 값의 비교. (왼쪽) 경로 예측, (가운데) 평균 해면기압, (오른쪽) 10m 풍속[출처: Zhong et al., 2024]

FuXi 2.0 모델도 앞서 소개된 다른 AI 모델과 유사한 단점들이 있다. 이를 보완하기 위해 푸단대학교의 개발진은 향후 FuXi 2.0모델 해상도를 더 세밀한 해상도로 높일 계획이고, 강수 부분은 기존의 NWP 모델을 뛰어넘기 위해 더욱 개선하며, 더 다양한 정보가 활용되도록 출력 및 진단 변수를 지금보다 더 확장할 계획이다(Zhong et al., 2024).

3.2.1.4 한국

한국은 기상청을 중심으로 AI 기상 예측 모델을 개발하고, 예보 업무에 활용하고 있다. 2024년까지 1단계 연구사업을 통해 AI 초단기 강수예측 모델(NowAlpha)를 개발하여 2025년 5월부터 현업에서 활용하고 있다. 이와 함께 AI 중기 기상예측모델 개발을 위한 AI 모델 활용성을 평가하고 현업 예보 지원을 위해 3종의 해외 개발 모델(FourcastNet2, Pangu-Weather, GraphCast)을 2024년부터 실시간 시험 운영하여 모델의 성능을 평가하는 등 모델의 특성을 분석하고 있으며, 예보관이 현업 예보에 참고 할 수 있도록 내부 웹페이지에 예측 결과를 제공하고 있다.

또한 기상청 국가태풍센터에서도 기후변화로 인해 시시각각 변하는 태풍 환경에 대응하기 위해 예보관들의 실시간 태풍 분석을 지원하기 위한 AI 기반 태풍 중심 분석기술을 개발하고 있다. 이 기술은 위성의 채널별 자료를 이용한 태풍 중심위치, 강도, 크기 분석을 학습하여 태풍 발생 시 매시간 태풍 실황분석요소(태풍중심 위·경도, 태풍강도(최대풍속), 강풍·폭풍반경)를 자동 생산하는 것으로 현재 태풍 분석에 활용되고 있다(Ho et al., 2024).

울산과학기술원(UNIST, Ulsan National Institute of Science and Technology)에서도 딥러닝 기반 태풍 예측 모델을 개발하였다. 이 모델은 위성영상 자료와 수치예보모델 자료(풍속, 기압, 해수면 온도 등)를 학습 데이터로 사용하였다. Hybrid-Convolutional Neural Networks (Hybrid-CNN)로 위성 이미지의 공간 패턴 추출 및 수치모델자료를 합성하여 강도를 분류하고, 전이 학습(Transfer learning)으로 오래된 위성으로부터 학습한 가중치를 최신 위성영상에 적용시켜 데이터의 이질성을 극복하는 이중 구조로 되어있으며, 주로 24, 48, 72시간의 선행 강도를 예측(최대풍속 등)하는 단기 집중 예측 성능의 개선에 초점을 두었다(Lee et al., 2024). 2019년 태풍 간무리(KAMMURI) 강도 예측 비교실험에서 기상청 태풍예측 모델(KMA-based forecasting)은 24, 48, 72시간 예측 모두에서 태풍의 급격한 강화 구간에 대한 예측 성능이 저하되었으나, Hybrid-CNN AI 예측(Hybrid CNNs-based forecasting)은 급격한 강화 구간과 약화 구간 모두에서 변화 시점과 변화율을 효과적으로 모의하였다(그림 3.2.7).

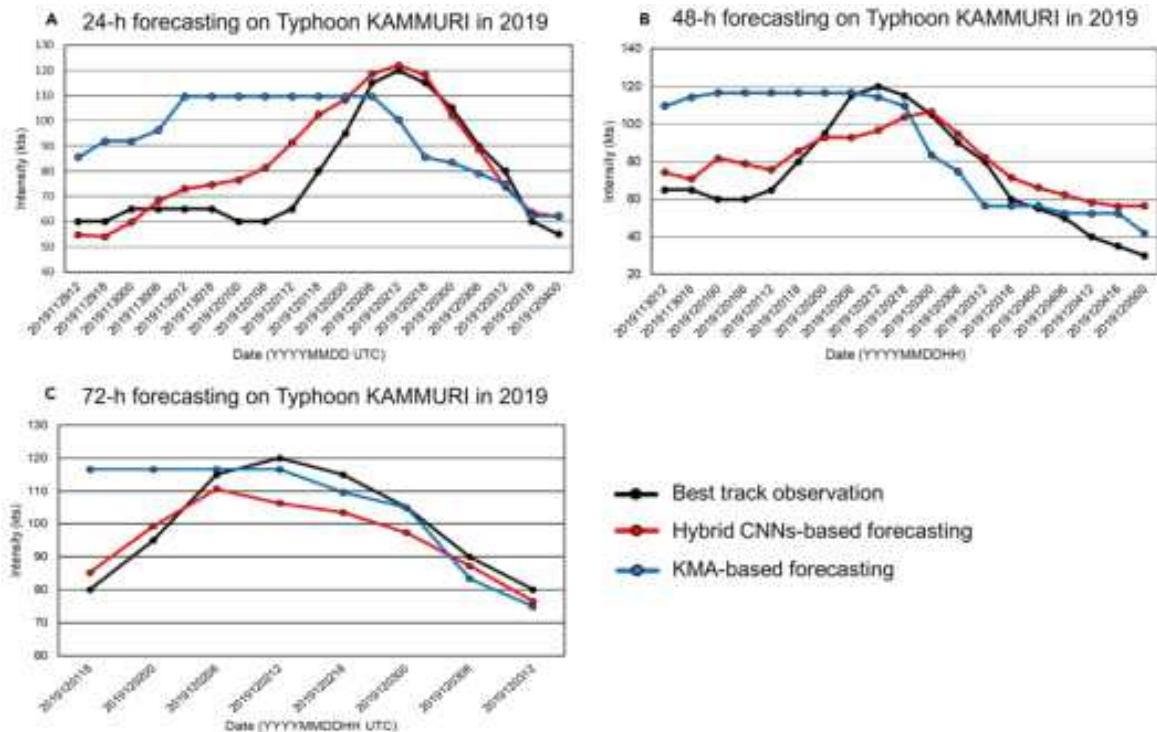


그림 3.2.7 2019년 태풍 간무리(Kammuri)에 대한 Hybrid CNNs-based forecasting과 KMA-based forecasting의 강도 예측 비교. a. 24시간 예측, b. 48시간 예측, c. 72시간 예측[출처: Lee et al., 2024]

글로벌 중기 AI 단일 및 양상을 모델을 예보 업무를 위해 운영 중인 유럽 및 미국 등의 선진국에 비해 한국의 AI 기상 예측 모델은 규모 및 산출 변수 등이 아직 부족한 상황이나, 2024년부터 과학기술정보통신부 혁신본부가 AI 분야 육성을 위해 국가전략기술진흥법에 따라 기상청 국립 기상과학원을 국가전략특화연구소로 지정하여 기술개발을 위한 예산을 지원하고 있으므로 AI 모델의 고도화 및 확장을 통해 기술력을 따라잡을 수 있을 것으로 기대된다.

3.2.2 인공지능을 이용한 태풍 예측의 향후 전망

앞서 3.2.1 절에서 소개된 AI 기상 예측 모델을 포함하는 태풍의 경로 및 강도를 예측하는 AI 모델들이 기존의 NWP 모델보다 훨씬 빠른 속도로 예측자료를 생산할 뿐만 아니라 비교실험에서 정확도도 더 우수한 것으로 확인되고 있지만, 아직 해결해야 할 과제도 많다. 특히, 태풍의 눈, 눈벽, 내부 바람장 변화 등 아주 세부적인 구조는 NWP 모델이나 관측자료(위성, 항공, 부이 등)의 도움 없이는 AI만으로 정확한 재현이 어려우며(Xu et al., 2025), 태풍의 급격한 강화 및 약화의 예측도 아직 NWP 모델보다 뛰어나지 않다(Charlton-Perez et al., 2024). 이러한 과제들이 있지만, 모델의 발전 가능성 또한 무궁무진하다. 선행 연구들(Bi et al., 2023; Bi et al., 2025; Bodnar et al., 2025; Charlton-Perez et al., 2024; Feng et al., 2024; Lam et al., 2023; Price et al., 2024)을 통한 향후 AI 모델의 보완 방향 및 활용 전망을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 하이브리드(Hybrid) 모델 증가: 물리 기반의 NWP 모델 + AI 모델 보완 방식으로 AI 모델의 후처리(Post-processing) 또는 병합을 통해 AI가 NWP 모델의 단점을 보완하는 형태 예상
- 2) 앙상블(Ensemble) 예측 방식 증가: AI 모델들이 훨씬 더 많은 시나리오를 빠르게 생성하므로 결정론적인 단일 모델보다 앙상블 모델을 통한 태풍 강도의 위험 분석 및 상륙지점에 대한 불확실성 평가 유리
- 3) 초단기 및 단기 예측 향상 및 활용: 장기간 예측보다 고해상도 직전 관측 데이터 입력을 통한 단기 또는 초단기 예측에 AI 모델이 강점이 있으므로 이 부분의 향상 및 활용 증가 예상
- 4) 해상도 확대: 다운스케일링(Down-scaling) 기술이 계속 발전 중이므로 공간해상도 확대 예상
- 5) 관측자료만을 이용한 신속한 예측 체계로 확장: 위성, 레이더, 드론, 해양 부이 등 관측망의 실시간 데이터와 빠른 연산의 AI 모델을 통해 예측 및 경고체계가 더 신속해지고 민감해질 전망

- 6) 기후변화 영향 분석: 태풍의 빈도, 강도, 경로 변화 등이 향후 기후 변화와 연관성이 높아질 전망이므로 과거 재분석 데이터, 기후모델 및 AI 모델의 결합을 통해 미래 태풍 패턴 변화에 대한 예측 연구의 증가 예상

기상청은 2025년부터 2030년까지 한국형 AI 기상·기후 파운데이션 모델을 개발하고 있다. 한국형 AI 기상·기후 파운데이션 모델은 우리나라와 주변 지역의 날씨에 특화된 인공지능(AI) 기상예측모델이며, 하루 하루의 날씨 변화와 함께 기후변화 특성을 모두 학습하여 초단기에서 중기 예보, 계절 전망까지 활용가능한 AI 파운데이션 모델이다. 재분석 자료(ERA5 등), 기후예측자료(CMIP) 뿐만 아니라 위성 관측과 레이더 관측까지 활용하여 초단기 예측, 단중기 예측, 태풍 예측과 같은 기상 분야 전반에서 활용이 가능할 것이다.

참고문헌

1장

- 기상청, 2013: MJO의 이해와 활용. 손에 잡히는 예보기술 22호, 13pp.
- 기상청, 2020: 태풍. 기상기술인재개발원, 285pp.
- 문찬혁, 2022: 운명기상학2: 일기분석 및 예보법. 269pp,
[<https://m.blog.naver.com/chandestiny/222938764554>].
- Baek, Y.-H., I.-J. Moon, J. Im, and J. Lee, 2022: A novel tropical cyclone size estimation model based on a convolutional neural network using geostationary satellite imagery. *Remote Sens.*, **14**, 426.
- Brand, S., and R. Bleck, 1974: Typhoon intensity and land interaction. *Mon. Wea. Rev.*, **102**(10), 707–713.
- Briegel, L. M., and W. M. Frank, 1997: Large-scale influences on tropical cyclogenesis in the western North Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 1397–1413.
- Cao, X., R. Wu, N. Wei, and Y. Dai, 2020: Location of the Preferred Region for Tropical Cyclogenesis in Strong Monsoon Trough Pattern over the Western North Pacific. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **98**(3), 637–654.
- Chambers, C. R. S., and T. Li, 2007: Simulation of formation of a near-equatorial typhoon Vamei(2001). *Meteorol. Atmospheric Phys.*, **98**, 67–80.
- Chan, J. C. L., and X. Liang, 2003: Convective Asymmetries Associated with Tropical Cyclone Landfall. Part I: f-plane Simulations. *J. Atmos. Sci.*, **60**(13), 1560–1576.
- Chang, H.-R., and P. J. Webster, 1990: Energy accumulation and emanation at low latitudes. Part II: Nonlinear response to strong episodic equatorial forcing. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2624–2644.

- Chang, C. P., C. H. Liu, and H. C. Kuo, 2003: Typhoon Vamei: An equatorial tropical cyclone formation. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, NO. 3, 1150.
- Chang, S. W., H. C. Kuo, and J. M. Chen, 2005: Influence of Taiwan's Topography on Typhoon Structure and Rainfall. *Mon. Wea. Rev.*, **133**(11), 2898–2915.
- Emanuel, K. A., 1986: An air-sea interaction theory for tropical cyclones. Part I: Steady-state maintenance. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 585–605.
- Emanuel, K. A., 1988: The Maximum Intensity of Hurricanes. *J. Atmos. Sci.*, **45**(7), 1143–1155.
- Feng, X., and L. Wu, 2022: Roles of interdecadal variability of the western North Pacific monsoon trough in shifting tropical cyclone formation. *clim. Dyn.*, **58**, 87–95.
- Frank, W. M., 1988: Tropical cyclone formation. A global view of tropical cyclones. R. L. Elsberry, Ed., Office of Naval Research, 53–90.
- Fu, B., M. S. Peng, T. Li, and D. E. Stevens, 2012: Developing versus nondeveloping disturbances for tropical cyclone formation. Part II: western North Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **140**, 1067–1080.
- Graham, N. E., and T. P., Barnett, 1987: Sea surface temperature, surface wind divergence, and convection over tropical oceans. *Science*, **238**, 657–659.
- Gray, W. M., 1968: A global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Mon. Wea. Rev.*, **96**, 669–700.
- Gray, W. M., 1975: Tropical cyclone genesis. Colorado State University Department of Atmospheric Science Paper 234, 121pp.
- Han, W., Y. Wang, and L. Liu, 2022: The relationship between pre-landfall intensity change and post-landfall weakening of tropical cyclones over China. *Front. Earth Sci.*, **10**, 1082181.

- Harr, and R. L. Elsberry, 1996: Structure of a mesoscale convective system embedded in Typhoon Robyn during TCM-93. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 634–652.
- Higgins, R. W., and W. Shi, 2001: Intercomparison of the principal modes of interannual and intraseasonal variability of the North American monsoon system. *J. Clim.*, **14**, 403–417.
- Houze R. A., 2010: REVIEW: Clouds in tropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 293–344.
- Houze, R. A., S. S. Chen, B. F. Smull, W-C. Lee, and M. M. Bell, 2007: Hurricane intensity and eyewall replacement. *Science*, **315**, 1235–1238.
- Houze, R. A., W.-C. Lee, and M. M. Bell, 2009: Convective contribution to the genesis of Hurricane Ophelia (2005). *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 2778–2800.
- Hsu, S. A., and Z. Yan, 1998: A Note on the Radius of Maximum Wind for Hurricanes. *J. Coastal Res.*, **14**(2), 667–668.
- Huang, F., and S. Xu, 2010: Super typhoon activity over the western North Pacific and its relationship with ENSO. *J. Ocean Univ. China*, **9**(2), 123–128.
- Kim, M.-H., and I.-J. Moon, 2022: Evaluation of the reliability of tropical cyclone data using ENSO. *Asia Pac. J. Atmos. Sci.*, **58**, 365–377.
- Knaff, J. A., S. P. Longmore, and D. A. Molenar, 2014: An objective satellite-based tropical cyclone size climatology. *J. Clim.*, **27**, 455–476.
- Lee, C. S., 1989: Observational analysis of tropical cyclogenesis in the western North Pacific. Part II: Budget analysis. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 2599–2616.
- Liebmann, B., H. Hendon, and J. Glick, 1994: The relationship between tropical cyclones of the western Pacific and Indian Oceans and the Madden-Julian Oscillation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 401–411.

- Lin, I.-I., W. T. Liu, C. C. Wu, G. T. F. Wong, C. Hu, Z. Chen, W. D. Liang, Y. Yang, and K. K. Liu, 2003: New evidence for enhanced ocean primary production triggered by tropical cyclone. *Geophys. Res. Lett.*, **30**.
- Lin, I.-I., C.-C. Wu, K. Emanuel, I.-H. Lee, C.-R. Wu, and I.-F. Pun, 2005: The interaction of supertyphoon Maemi (2003) with a warm ocean eddy. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 2635–2649.
- Madden, R. A., and P. R. Julian, 1972: Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40–50 day period. *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109–1123.
- Magee, A. D., A. S. Kiem, and J. C. L. Chan, 2021: A new approach for location-specific seasonal outlooks of typhoon and super typhoon frequency across the Western North Pacific region. *Sci. Rep.*, **11**, 19439.
- Maloney, E. D., and D. L. Hartmann, 2000: Modulation of eastern North Pacific hurricanes by the Madden-Julian Oscillation. *J. Clim.*, **13**, 1451–1460.
- McBride, J. L., 1995: Tropical cyclone formation. *Global Perspectives on Tropical Cyclones*, Eds., World Meteorological Organization, 63–105.
- McBride, J. L., and R. Zehr, 1981: Observational analysis of tropical cyclone formation. Part II: Comparison of non developing versus developing systems. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1132–1151.
- Park, M.-S., H.-S. Kim, C.-H. Ho, R. L. Elsberry, and M.-I. Lee, 2015: Tropical cyclone Mekkhala (2008) formation over the South China Sea: Mesoscale, synoptic-scale, and large-scale contributions. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 88–110.
- Price, J. F., 1981: Upper ocean response to a hurricane. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**(2), 153–175.

- Ritchie, E. A. and G. J. Holland, 1999: Large-scale patterns associated with tropical cyclogenesis in the western Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 2027–2043.
- Rui, H., and B. Wang, 1990: Development characteristics and dynamic structure of tropical intraseasonal convection anomalies. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 357–379.
- Shay, L. K., G. J. Goni, and P. G. Black, 2000: Effects of a warm oceanic feature on Hurricane Opal. *Mon. Wea. Rev.*, **128**(5), 1366–1383.
- Shi, L., R. Zhan, J. Zhao, and J.-S. Kug, 2024: Mutating ENSO impact on Northwest Pacific tropical cyclones under global warming. *Geophys. Res. Lett.*, **51**, e2023GL105864.
- Smith, R. K., and M. T. Montgomery, 2025: Towards understanding the tropical cyclone life cycle. *Trop. Cyclone Res. Rev.*, **14**, 119–131.
- Tory, K. J., and W. M. Frank, 2010: Tropical cyclone formation. *Global Perspectives on Tropical Cyclones: From Science to Mitigation*, J. C. L. Chan and J. D. Kepert, Eds., World Scientific, 55–91.
- Wang, H., and Z. Zhang, 2025: Submesoscale processes triggered by Tropical cyclones and their role in temperature recovery of cold wakes. *Geophys. Res. Lett.*, **52**, e2025GL116241.
- Wu, L. G., H. J. Zong, and J. Liang, 2013: Observational analysis of tropical cyclone formation associated with monsoon gyres. *J. Atmos. Sci.*, **70**, 1023–1034.
- Xu, J., L. Sun, Y. Wang, D. Chen, and C. Li, 2020: Quantifying tropical cyclone intensity change induced by sea surface temperature and upper ocean heat content. *Int. J. Climatol.*, **40**(1), 462–477.
- Zhang, C., 2005: Madden-Julian Oscillation. *Rev. Geophys.*, **43**(2), RG2003.
- Zitmann, S. F., 2020: Detecting activity of tropical cyclones with the unsupervised maximally divergent interval algorithm. Master Thesis, Ludwig Maximilian University of Munich.

2장

- 기상청, 2011: 태풍백서. 국가태풍센터, 345pp.
- 안재찬, 2005: 우리나라에 내습하는 태풍의 특성 및 피해 현황. *방재와 보험 기획특집 01*, 3-8.
- 행정안전부, 2002: 재해연보, 807pp.
- 행정안전부, 2003: 재해연보, 800pp.
- 행정안전부, 2007: 재해연보, 729pp.
- 행정안전부, 2012: 재해연보, 1285pp.
- 행정안전부, 2016: 재해연보, 927pp.
- 행정안전부, 2020: 재해연보(자연재난), 463pp.
- 행정안전부, 2022: 재해연보(자연재난), 501pp.
- 행정안전부, 2023: 재해연보(자연재난), 499pp.
- Jang, S., J. Yeom, and J. Jung, 2021: The Impact of Urban form on Damage of Natural Disaster; Using Spatial 2SLS Analysis Model. *J. of Korea Plan. Assoc.*, **56**, 208-217.
- Kang, H. W., J. H. Park, S. H. Jang, C. Y. Son, and J. M. Kim, 2018: A Study on the Time-periodic Characteristics of Changes in Typhoon Activities and Precipitation over the Korean Peninsula. *Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference*, 321.
- Ortiz, A. M., P. L. C. Chua, D. Jr. Salvador. C. Dyngeland, J. D. G. Jr. Alba and R. A. Abesamis, 2023: Impacts of tropical cyclones on food security, health and biodiversity. *Bull World Health Organ*, **101**, 152-154.
- Yu, J., D. Tang, G. Chen, Y. Li, Z. Huang, and S. Wang, 2014: The positive effects of typhoons on the fish CPUE in the South China Sea. *Cont. Shelf Res.*, **84**, 1-12.

3장

- 구글 딥마인드 홈페이지: <https://deepmind.google>.
- 마이크로소프트 홈페이지: <https://www.microsoft.com>.
- 미국해양대기청 기술파트너쉽 홈페이지: <https://techpartnership.noaa.gov>.
- 유럽 중기 예보센터 홈페이지: <https://www.ecmwf.int>.
- 최민우, 2025: 기후재난리포트12, 태풍 예보의 한계, AI가 극복할 수 있을까?. planet03 뉴스레터, <https://www.planet03.com/post/기후재난리포트12-태풍-태풍-예보의-한계-ai가-극복할-수-있을까>.
- 푸단대학교 홈페이지: <https://www.fudan.edu.cn>.
- 화웨이 홈페이지: <https://www.huawei.com>.
- Allen, M., P. Pall, D. Stone, and P. Stott, 2006: Scientific challenges in the attribution of harm to human influence on climate. *U. Pa. L. Rev.*, **155**, 1353.
- Bi, K., L. Xie, H. Zhang, X. Chen, X. Gu, and Q. Tian, 2023: Accurate medium-range global weather forecasting with 3D neural networks. *Nature*, **619**, 533–538.
- Bi, X., J. Liu, and Y. Duan, 2025: Review of Artificial Intelligence Application in Typhoon Forecasting. *Tropical Cyclone Research and Review*, **14**, 230–236.
- Bhaskar Rao, D. V., D. Srinivas, and G. C. Satyanarayana, 2019: Trends in the genesis and landfall locations of tropical cyclones over the Bay of Bengal in the current global warming era. *J. Earth Syst. Sci.*, **128**, 1–10.
- Bodnar, C., W. P. Bruinsma, A. Lucic, M. Stanley, A. Allen, J. Brandstetter, P. Garvan, M. Riechert, J. A. Weyn, H. Dong, J. K. Gupta, K. Thambiratnam, A. T. Archibald, C-C. Wu, E. Heider, M. Welling, R. E. Turner, and P. Perdikaris, 2025: A foundation model for the Earth System. *Nature*, **641**, 1180–1187.

- Charlton-Perez, A. J., H. F. Dacre, S. Driscoll, S. L. Gray, B. Harvey, N. J. Harvey, K. M. R. Hunt, R. W. Lee, R. Swaminathan, R. Vandaele, and A. Volonte, 2024: Do AI models produce better weather forecasts than physics-based models? A quantitative evaluation case study of Storm Ciaran. *npj Clim. Atmos. Sci.*, **7**, 93.
- Chen, L., X. Zhong, F. Zhang, Y. Cheng, Y. Xu, Y. Qi, and H. Li, 2023: FuXi: a cascade machine learning forecasting system for 15-day global weather forecast. *npj Clim. Atmos. Sci.*, **6**, 1-11.
- Choi D., D. O. Kasdan, and D. K. Yoon, 2019: Analyzing disaster loss trends: a comparison of normalization methodologies in South Korea. *Risk Anal.*, **39**(4), 859–870.
- Deshpande, M. et al., 2021: Changing status of tropical cyclones over the north Indian Ocean. *Clim. Dyn.*, **57**, 3545–3567.
- Emanuel, K., 1987: The dependence of hurricane intensity on climate. *Nature*, **326**, 83–485.
- Erickson, N. E. and C. M. Patricola, 2023: Future projections of the El Niño-Southern oscillation and tropical Pacific mean state in CMIP6. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **128**, e2022JD037563.
- Feng, K., D. Xi, W. Ma, C. Wang, Y. Li, and X. Chen, 2024: Potential Paradigm Shift in Hazard Risk Management: AI-Based Weather Forecast for Tropical Cyclone Hazards. Preprint at <https://arxiv.org/abs/2404.18440>.
- Garner, A. J., D. Samanta, M. M. Weaver, and B. P. Horton, 2024: Changes to tropical cyclone trajectories in Southeast Asia under a warming climate. *NPJ Clim. Atmos. Sci.*, **7**, 156.
- Ho, C-H., D. Hyeon, M. Chang, G. McFarquhar, and S-H. Won, 2024: Geostationary Satellite-Derived Positioning of a Tropical Cyclone Center Using Artificial Intelligence Algorithms over the Western North Pacific. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **105**, 486–500.

- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Kim, J.-M., S. Son, S. Lee, and K. Son, 2020: Cost of climate change: risk of building loss from typhoon in South Korea. *Sustainability*, **12**(17), 7107.
- Knutson, T. et al., 2019: Tropical cyclones and climate change assessment: part II. Projected response to anthropogenic warming. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **101**, 303–322.
- Kossin, J. P., 2018: A global slow down of tropical-cyclone translation speed. *Nature*, **558**, 104–107.
- Kossin, J. P., K. A. Emanuel, and S. J. Camargo, 2016: Past and projected changes in western north pacific tropical cyclone exposure. *J. Clim.*, **29**, 5725–5739.
- Kurata, Y. B., Y. T. Prasetyo, A. K. S. Ong, R. Nadlifatin, and T. Chuenyindee, 2022: Factors affecting perceived effectiveness of Typhoon Vamco (Ulysses) flood disaster response among Filipinos in Luzon, Philippines: an integration of protection motivation theory and extended theory of planned behavior. *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, **67**, 102670.
- Lai, Y. et al., 2020: Greater flood risks in response to slowdown of tropical cyclones over the coast of China. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, **117**, 14751–14755.
- Lam, R., A. S-Gonzalez, M. Willson, P. Wirnsberger, M. Fortunato, F. Alet, S. Ravuri, T. Ewalds, Z. E-Rosen, W. Hu, A. Merose, S. Hoyer, G. Holland, O. Vinyals, J. Stott, A. Pritzel, S. Mohamed, and P. Battaglia, 2023: Learning skillful medium-range global weather forecasting. *Science*, **382**, 1416–1421.

- Lang, S., M. Alexe, M. Chantry, J. Dramsch, F. Pinault, B. Raoult, M. C. A. Clare, C. lessing, M. M-Gerber, L. Magnusson, Z. B. Bouallegue, A. P. Nemesio, P. D. Dueben, A. Brown, F. Pappenberger, and F. Rabier, 2024: AIFS-ECMWF's data-driven forecasting system. Preprint at <https://arxiv.org/abs/2406.01465>.
- Lee, J., J. Im, and Y. Shin, 2024: Enhancing tropical cyclone intensity forecasting with explainable deep learning integrating satellite observations and numerical model outputs. *iScience*, **27**, 109905.
- Lee, M. et al., 2019: Long-term trends in tropical cyclone tracks around Korea and Japan in late summer and early fall. *Atmos. Sci. Lett.*, **20**, e939.
- Li, L., and P. Chakraborty, 2020: Slower decay of landfalling hurricanes in a warming world. *Nature*, **587**, 230–234.
- Li, R. C., W. Zhou, C. M. Shun, and T. C. Lee, 2017: Change in destructiveness of landfalling tropical cyclones over China in recent decades. *J. Clim.*, **30**(9), 3367–3379.
- Merkens, J. L., L. Reimann, J. Hinkel, and A. T. Vafeidis, 2016: Gridded population projections for the coastal zone under the shared socioeconomic pathways. *Glob. Planet Change*, **145**, 57–66.
- Nakamura, J. et al., 2017: Western North Pacific tropical cyclone model tracks in present and future climates. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **122**, 9721–9744.
- Otto, F. E., G. J. Van Oldenborgh, J. Eden, P. A. Stott, D. J. Karoly, and M. R. Allen, 2016: The attribution question. *Nat. Clim. Change*, **6**(9), 813–816.
- Park, D. S. R., C. H. Ho, and J. H. Kim, 2014: Growing threat of intense tropical cyclones to East Asia over the period 1977–2010. *Environ. Res. Lett.*, **9**, 014008.

- Price, I., A. S-Gonzalez, F. Alet, T. R. Andersson, A. E-Kadi, D. Masters, T. Ewalds, J. Stott, S. Mohamed, P. Gattaglia, R. Lam, and M. Willson, 2024: Probabilistic weather forecasting with machine learning. *Nature*, **637**, 84–90.
- Stott, P. A., N. Christidis, F. E. Otto, Y. Sun, J. P. Vanderlinden, and G. J. van Oldenborgh, 2016: Attribution of extreme weather and climate related events. *WIREs Clim. Change*, **7**(1), 23–41.
- Studholme, J., A. V. Fedorov, S. K. Gulev, K. Emanuel, and K. Hodges, 2021: Poleward expansion of tropical cyclone latitudes in warming climates. *Nat. Geosci.*, **15**, 14–28.
- Wang, Y., K. H. Lee, Y. Lin, M. Levy, and R. Zhang, 2014: Distinct effects of anthropogenic aerosols on tropical cyclones. *Nat. Clim. Change*, **4**, 368–373.
- Xu, H., Y. Zhao, Z. Dajun, Y. Duan, and X. Xu, 2025: Exploring the typhoon intensity forecasting through integrating AI weather forecasting with regional numerical weather model. *npj Clim. Atmos. Sci.*, **8**, 38.
- Zhong, X., L. Chen, X. Fan, W. Qian, J. Liu, and H. Li, 2024: FuXi-2.0: Advancing machine learning weather forecasting model for practical applications. Mon. Preprint at <https://arxiv.org/abs/2409.07188>.



부록 1

태풍 통계자료

- 1.1 태풍일람표
- 1.2 1951~2024년 북서태평양 태풍 발생 수
- 1.3 특이태풍 사례
- 1.4 1951~2024년 영향태풍 통계(ASOS 자료)
- 1.5 우리나라에 영향을 미친 태풍 경로도

1.1 태풍일람표

1951~2024년

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
5111	MARGE	1951-08-11	1951-08-24	12.5	145.5	886	-	08-21 ~ 08-24	전국
5114	PAT	1951-09-25	1951-09-28	20.0	117.5	980	-	09-28 ~ 09-30	전국
5115	RUTH	1951-10-09	1951-10-16	14.2	139.8	924	-	10-13 ~ 10-15	동해안, 남해안
5201	CHARLOTTE	1952-06-10	1952-06-16	15.0	117.0	960	-	06-17 ~ 06-18	남부, 동해안
5204	FREDA	1952-07-14	1952-07-15	28.0	132.7	995	-	07-15 ~ 07-16	동해안
5209	KAREN	1952-08-13	1952-08-20	17.6	129.6	955	-	08-16 ~ 08-19	전국
5211	MARY	1952-08-30	1952-09-05	11.5	128.0	985	-	09-02 ~ 09-04	전국
5302	JUDY	1953-05-29	1953-06-07	8.3	145.2	940	-	06-07 ~ 06-08	남해안
5304	KIT	1953-06-26	1953-07-07	5.9	146.5	910	-	07-05 ~ 07-07	북부
5309	PHYLLIS	1953-08-19	1953-08-22	17.3	128.0	975	-	08-23 ~ 08-26	전국
5407	-	1954-08-21	1954-08-27	18.1	140.6	996	-	08-24 ~ 08-27	북부, 서해안
5412	JUNE	1954-09-05	1954-09-16	19.4	151.0	905	-	09-13 ~ 09-14	동해안
5415	MARIE	1954-09-21	1954-09-28	13.0	137.8	952	-	09-25 ~ 09-26	동해안, 남해안
5507	CLARA	1955-07-07	1955-07-17	14.0	139.2	920	-	07-15 ~ 07-18	남해안
5508	DOT	1955-07-14	1955-07-17	21.0	135.0	995	-	07-15 ~ 07-18	남해안
5522	LOUISE	1955-09-21	1955-10-01	14.8	146.2	930	-	09-29 ~ 09-30	남해안
5609	BABS	1956-08-12	1956-08-19	21.0	127.0	960	-	08-16 ~ 08-17	남해안, 동해안
5611	DINAH	1956-08-31	1956-09-06	20.3	131.8	970	-	09-04 ~ 09-06	북부, 서해안
5612	EMMA	1956-09-03	1956-09-11	23.8	141.5	930	-	09-08 ~ 09-10	남부, 남해안
5613	FREDA	1956-09-14	1956-09-19	19.8	129.1	980	-	09-20 ~ 09-22	남부, 남해안
5705	VIRGINIA	1957-06-19	1957-06-27	10.4	149.0	900	-	06-25 ~ 06-27	제주
5707	AGNES	1957-08-13	1957-08-22	11.7	136.3	905	-	08-19 ~ 08-22	전국
5819	GRACE	1958-08-29	1958-09-06	10.5	145.0	905	-	09-05 ~ 09-06	남부
5904	WILDA	1959-07-05	1959-07-06	21.0	115.9	1000	-	07-07 ~ 07-08	남부
5905	BILLIE	1959-07-12	1959-07-18	13.5	131.2	970	-	07-16 ~ 07-18	북부, 서해안
5906	ELLEN	1959-08-03	1959-08-10	21.8	136.0	965	-	08-06 ~ 08-09	제주, 남해안
5909	JOAN	1959-08-25	1959-08-31	15.9	143.2	885	-	08-31 ~ 09-02	남부
5911	LOUISE	1959-09-01	1959-09-05	15.0	131.2	965	-	09-05 ~ 09-08	서해안
5913	NORA	1959-09-10	1959-09-11	20.5	114.1	988	-	09-12 ~ 09-14	남해안

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
5914	SARAH	1959-09-12	1959-09-19	13.5	141.6	905	-	09-15 ~ 09-18	중남부
6006	POLLY	1960-07-18	1960-07-29	19.1	126.7	950	-	07-27 ~ 07-29	서해안
6015	CARMEN	1960-08-16	1960-08-24	22.5	127.0	975	-	08-22 ~ 08-23	중북부, 서해안
6016	DELLA	1960-08-17	1960-08-31	13.3	154.1	970	-	08-28 ~ 08-30	남해안, 동해안
6104	BETTY	1961-05-22	1961-05-28	10.8	133.3	945	-	05-28 ~ 05-29	남부, 남해안
6107	DORIS	1961-06-30	1961-07-02	22.0	123.0	990	-	07-06 ~ 07-07	북부
6110	HELEN	1961-07-27	1961-08-03	21.5	131.5	970	-	08-02 ~ 08-04	전국
6118	NANCY	1961-09-08	1961-09-18	8.8	161.6	890	-	09-15 ~ 09-16	남해안
6123	TILDA	1961-09-28	1961-10-05	19.3	143.5	925	-	10-05 ~ 10-06	남해안
6205	JOAN	1962-07-07	1962-07-11	21.1	129.9	985	-	07-09 ~ 07-11	중부
6209	NORA	1962-07-29	1962-08-04	19.0	133.1	968	-	08-01 ~ 08-03	중부
6210	OPAL	1962-08-02	1962-08-09	12.3	138.4	900	-	08-08 ~ 08-09	중부
6217	AMY	1962-08-30	1962-09-07	16.4	147.3	940	-	09-06 ~ 09-08	중부
6304	SHIRLEY	1963-06-13	1963-06-20	13.6	131.6	935	-	06-19 ~ 06-20	남부, 동해안
6305	TRIX	1963-06-26	1963-07-02	13.5	126.4	984	-	07-03 ~ 07-06	호남
6309	BESS	1963-07-30	1963-08-10	16.7	142.7	930	-	08-09 ~ 08-12	동해안
6405	BETTY	1964-07-02	1964-07-07	22.3	131.2	960	-	07-06 ~ 07-08	북부, 서해안
6407	DORIS	1964-07-11	1964-07-16	10.5	141.5	995	-	07-17 ~ 07-19	제주, 남해안
6409	FLOSSIE	1964-07-26	1964-07-30	25.3	127.9	980	-	07-28 ~ 07-30	북부
6411	HELEN	1964-07-28	1964-08-04	19.7	149.0	930	-	08-02 ~ 08-04	북부
6513	HARRIET	1965-07-23	1965-07-28	13.2	143.0	970	-	07-28 ~ 07-29	경기, 충남
6515	JEAN	1965-07-31	1965-08-07	17.7	132.9	940	-	08-05 ~ 08-06	동해안
6518	MARY	1965-08-14	1965-08-20	19.8	137.8	950	-	08-21 ~ 08-24	북부, 서해안
6615	WINNIE	1966-08-21	1966-08-23	27.5	130.5	970	-	08-23 ~ 08-25	호남, 서해안
6617	BETTY	1966-08-29	1966-08-31	31.1	126.7	986	-	08-29 ~ 08-31	전국
6618	CORA	1966-08-31	1966-09-07	13.3	141.0	918	-	09-08 ~ 09-09	중부
6710	-	1967-07-21	1967-07-29	22.1	146.0	975	-	07-25 ~ 07-29	서해안
6804	MARY	1968-07-21	1968-07-29	15.8	147.0	925	-	07-28 ~ 07-30	남해안
6807	POLLY	1968-08-07	1968-08-17	24.2	155.6	965	-	08-15 ~ 08-17	남해안, 동해안
6816	DELLA	1968-09-17	1968-09-25	19.2	134.9	930	-	09-24 ~ 09-27	남해안
6911	ELSIE	1969-09-20	1969-09-28	17.2	161.4	895	-	09-29 ~ 09-30	남해안, 동해안
7002	OLGA	1970-06-29	1970-07-06	12.8	136.7	905	-	07-05 ~ 07-07	남부, 동해안
7004	RUBY	1970-07-13	1970-07-16	14.1	125.5	985	-	07-16 ~ 07-20	남부, 동해안

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
7009	WILDA	1970-08-09	1970-08-16	22.7	131.5	940	-	08-14 ~ 08-15	남해안, 동해안
7011	BILLIE	1970-08-24	1970-09-01	17.0	131.0	945	-	08-29 ~ 08-31	서해안
7119	OLIVE	1971-07-30	1971-08-07	24.0	140.5	935	-	08-04 ~ 08-06	동해안
7120	POLLY	1971-08-08	1971-08-11	22.3	131.8	980	-	08-09 ~ 08-12	중부, 서해안
7128	BESS	1971-09-17	1971-09-23	17.2	149.4	905	-	09-23 ~ 09-26	중부, 서해안
7207	RITA	1972-07-07	1972-07-26	10.5	143.5	910	-	07-25 ~ 07-27	남해안, 서해안
7209	TESS	1972-07-09	1972-07-24	13.4	168.9	940	-	07-23 ~ 07-25	동해안
7214	BETTY	1972-08-09	1972-08-19	12.9	148.5	910	-	08-18 ~ 08-20	남부, 남해안
7220	HELEN	1972-09-13	1972-09-19	16.0	136.1	955	-	09-16 ~ 09-17	동해안
7303	BILLIE	1973-07-13	1973-07-20	16.9	125.3	915	-	07-18 ~ 07-19	서해안
7305	DOT	1973-07-15	1973-07-20	17.8	113.9	975	-	07-19 ~ 07-21	서해안
7310	IRIS	1973-08-10	1973-08-18	21.9	130.8	970	-	08-16 ~ 08-18	전국
7408	GILDA	1974-06-30	1974-07-08	19.5	135.3	945	-	07-06 ~ 07-07	남부
7411	JEAN	1974-07-18	1974-07-20	21.4	125.0	994	-	07-20 ~ 07-22	서해안
7416	POLLY	1974-08-26	1974-09-03	15.5	146.4	950	-	09-01 ~ 09-03	동해안
7502	MAMIE	1975-07-28	1975-07-30	24.4	140.2	992	-	07-30 ~ 07-31	남해안, 서해안
7505	PHYLLIS	1975-08-12	1975-08-18	13.0	137.4	920	-	08-17 ~ 08-18	동해안
7609	THERESE	1976-07-11	1976-07-20	9.4	155.8	905	-	07-20 ~ 07-21	남해안
7611	WILDA	1976-07-22	1976-07-24	22.2	137.6	985	-	07-24 ~ 07-26	동해안
7612	ANITA	1976-07-23	1976-07-25	20.5	133.0	980	-	07-24 ~ 07-26	동해안
7613	BILLIE	1976-08-04	1976-08-11	15.7	145.2	915	-	08-12 ~ 08-14	중부
7615	DOT	1976-08-19	1976-08-21	22.9	133.6	990	-	08-22 ~ 08-23	중남부
7617	FRAN	1976-09-04	1976-09-14	9.8	148.5	910	-	09-12 ~ 09-13	남해안, 동해안
7707	AMY	1977-08-18	1977-08-25	20.0	128.0	985	31	08-23 ~ 08-25	제주
7709	BABE	1977-09-02	1977-09-12	8.6	143.0	905	57	09-10 ~ 09-12	제주
7803	POLLY	1978-06-18	1978-06-20	25.4	126.0	985	23	06-18 ~ 06-22	남해안
7808	WENDY	1978-07-24	1978-08-03	20.7	134.0	960	36	08-01 ~ 08-03	남해안
7811	CARMEN	1978-08-11	1978-08-20	15.6	144.3	960	39	08-18 ~ 08-20	남해안
7818	IRMA	1978-09-12	1978-09-16	24.2	122.3	970	33	09-13 ~ 09-15	남해안
7910	IRVING	1979-08-09	1979-08-18	17.8	136.0	955	41	08-15 ~ 08-18	영호남
7911	JUDY	1979-08-17	1979-08-26	13.8	143.2	910	57	08-24 ~ 08-26	남부
8007	IDA	1980-07-07	1980-07-12	14.5	136.4	980	36	07-13 ~ 07-15	남부
8012	NORRIS	1980-08-25	1980-08-29	18.9	133.3	945	49	08-28 ~ 08-31	남해안

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
8013	ORCHID	1980-09-07	1980-09-12	18.0	142.7	960	36	09-10 ~ 09-11	동해안
8104	IKE	1981-06-09	1981-06-15	17.7	112.5	965	31	06-16 ~ 06-17	남해안
8105	JUNE	1981-06-17	1981-06-23	15.5	130.2	965	36	06-21 ~ 06-23	남해안
8110	OGDEN	1981-07-28	1981-07-31	25.4	145.6	975	26	07-31 ~ 08-02	서해안, 남해안
8118	AGNES	1981-08-27	1981-09-04	17.4	139.6	950	41	08-31 ~ 09-04	전국
8120	CLARA	1981-09-16	1981-09-22	12.3	135.2	925	51	09-23 ~ 09-25	남부
8210	BESS	1982-07-23	1982-08-02	13.7	159.6	900	64	08-01 ~ 08-03	동해안
8211	CECIL	1982-08-06	1982-08-14	20.3	124.3	920	57	08-12 ~ 08-15	전국
8213	ELLIS	1982-08-20	1982-08-28	11.0	143.0	915	51	08-25 ~ 08-28	동해안
8219	KEN	1982-09-16	1982-09-25	17.8	131.8	940	49	09-24 ~ 09-26	동해안
8310	FORREST	1983-09-20	1983-09-28	11.0	143.7	885	57	09-26 ~ 09-30	남해안
8403	ALEX	1984-07-02	1984-07-04	17.1	123.9	960	41	07-04 ~ 07-08	중부, 영남일부
8410	HOLLY	1984-08-16	1984-08-22	22.0	132.6	960	36	08-20 ~ 08-22	남부, 강원
8412	JUNE	1984-08-28	1984-08-31	17.5	125.0	985	33	09-02 ~ 09-03	전국 (제주 제외)
8505	HAL	1985-06-20	1985-06-25	15.0	130.6	960	41	06-27 ~ 06-28	제주, 남부일부
8508	KIT	1985-08-03	1985-08-11	26.2	134.1	960	39	08-08 ~ 08-11	전국
8509	LEE	1985-08-12	1985-08-14	24.2	129.5	975	31	08-13 ~ 08-14	호남, 중부
8513	PAT	1985-08-26	1985-09-01	21.5	123.2	955	39	08-30 ~ 09-01	제주, 남해안, 동해안
8520	BRENDA	1985-09-30	1985-10-05	15.9	130.2	955	44	10-05 ~ 10-06	남부
8605	NANCY	1986-06-22	1986-06-25	15.4	128.0	955	36	06-23 ~ 06-25	영호남, 충청
8613	VERA	1986-08-16	1986-08-29	18.8	129.5	925	46	08-27 ~ 08-29	전국
8616	ABBY	1986-09-14	1986-09-20	14.2	140.4	945	44	09-20 ~ 09-21	충남, 호남
8705	THELMA	1987-07-09	1987-07-16	16.3	141.0	915	51	07-15 ~ 07-16	전국
8708	ALEX	1987-07-23	1987-07-29	10.4	131.9	970	33	07-29 ~ 07-31	전국(충청 제외)
8712	DINAH	1987-08-22	1987-08-31	11.0	145.7	915	51	08-30 ~ 08-31	전국(충청 제외)
8906	ELLIS	1989-06-23	1989-06-24	20.0	127.3	985	26	06-24 ~ 06-25	경기, 충남, 영호남
8911	JUDY	1989-07-23	1989-07-29	16.5	139.0	940	44	07-28 ~ 07-29	전국
9005	OFELIA	1990-06-18	1990-06-24	9.1	133.3	970	33	06-24 ~ 06-26	경기, 강원, 영호남
9007	ROBYN	1990-07-08	1990-07-12	17.7	127.4	992	23	07-10 ~ 07-12	전국(제주 제외)
9015	ABE	1990-08-25	1990-09-01	13.4	143.3	955	39	09-01 ~ 09-02	부산
9019	FLO	1990-09-13	1990-09-20	14.5	144.4	890	62	09-17 ~ 09-18	영남, 전남, 제주
9109	CAITLIN	1991-07-24	1991-07-30	14.3	132.0	940	41	07-28 ~ 07-30	강원, 충북, 영호남, 제주
9112	GLADYS	1991-08-16	1991-08-24	23.5	148.5	965	31	08-22 ~ 08-26	

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
9113	-	1991-08-28	1991-08-29	29.3	131.3	992	18	08-28 ~ 08-30	
9117	KINNA	1991-09-11	1991-09-14	20.4	134.2	955	41	09-13 ~ 09-14	
9119	MIREILLE	1991-09-16	1991-09-28	14.8	158.7	925	51	09-27 ~ 09-28	남부
9210	JANIS	1992-08-04	1992-08-09	13.8	142.8	935	49	08-07 ~ 08-08	경기, 경북
9219	TED	1992-09-19	1992-09-25	16.0	129.7	985	26	09-22 ~ 09-26	중부, 영호남
9305	OFELIA	1993-07-26	1993-07-28	22.9	135.3	990	23	07-27 ~ 07-28	
9306	PERCY	1993-07-28	1993-07-30	24.3	128.7	975	31	07-29 ~ 07-30	경기, 충남, 경북
9307	ROBYN	1993-08-02	1993-08-11	9.6	149.2	940	44	08-08 ~ 08-11	강원, 남부
9313	YANCY	1993-08-30	1993-09-04	20.2	134.2	925	49	09-02 ~ 09-04	
9407	WALT	1994-07-16	1994-07-26	15.3	125.2	915	51	07-26 ~ 07-28	
9411	BRENDAN	1994-07-29	1994-08-03	19.6	128.1	992	23	07-31 ~ 08-01	전국
9413	DOUG	1994-08-03	1994-08-12	15.4	140.0	925	51	08-09 ~ 08-12	중부 일부, 영호남, 제주
9414	ELLIE	1994-08-08	1994-08-16	25.1	143.7	965	36	08-14 ~ 08-16	경기
9429	SETH	1994-10-03	1994-10-12	10.0	153.7	910	57	10-10 ~ 10-12	전국 (제주 제외)
9503	FAYE	1995-07-17	1995-07-24	18.5	139.7	950	39	07-22 ~ 07-24	영호남, 제주
9507	JANIS	1995-08-22	1995-08-26	20.1	130.1	990	23	08-25 ~ 08-27	중부, 남부
9514	RYAN	1995-09-16	1995-09-24	13.7	113.7	940	44	09-23 ~ 09-24	
9606	EVE	1996-07-14	1996-07-19	20.5	141.5	940	44	07-14 ~ 07-19	제주
9612	KIRK	1996-08-06	1996-08-16	27.9	130.5	955	39	08-05 ~ 08-16	제주, 남해안
9708	PETER	1997-06-24	1997-06-29	15.4	129.1	970	33	06-27 ~ 06-28	
9709	ROSIE	1997-07-20	1997-07-28	13.3	136.9	920	51	07-26 ~ 07-27	강원, 영남
9711	TINA	1997-07-31	1997-08-09	13.6	135.3	955	39	08-07 ~ 08-09	영호남, 제주
9719	OLIWA	1997-09-04	1997-09-17	13.6	179.7	915	51	09-14 ~ 09-17	영호남, 제주
9809	YANNI	1998-09-28	1998-09-30	23.0	122.2	965	33	09-28 ~ 09-30	남부, 중부, 강원
9810	ZEB	1998-10-11	1998-10-18	10.3	138.9	900	57	10-16 ~ 10-18	남해안, 동해안
9905	NEIL	1999-07-25	1999-07-28	22.9	127.6	980	26	07-26 ~ 07-28	전국
9907	OLGA	1999-07-30	1999-08-04	16.7	133.6	970	33	08-02 ~ 08-04	전국
9908	PAUL	1999-08-04	1999-08-07	25.5	136.1	980	23	08-07 ~ 08-07	제주
9917	ANN	1999-09-16	1999-09-20	29.5	128.1	985	26	09-16 ~ 09-19	전남, 제주
9918	BART	1999-09-19	1999-09-25	22.1	128.2	930	46	09-23 ~ 09-24	전국
0004	KAI-TAK	2000-07-06	2000-07-11	19.3	120.0	960	39	07-10 ~ 07-11	남부, 중부
0006	BOLAVEN	2000-07-26	2000-07-31	25.0	126.9	980	26	07-30 ~ 07-31	남부, 중부
0008	JELAWAT	2000-08-01	2000-08-11	22.0	151.2	940	44	08-09 ~ 08-10	
0012	PRAPIROON	2000-08-27	2000-09-01	20.4	131.5	965	36	08-31 ~ 09-01	전국

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
0014	SAOMAI	2000-09-02	2000-09-16	16.1	156.3	925	49	09-12 ~ 09-16	전국
0111	파북 (PABUK)	2001-08-14	2001-08-23	18.9	145.8	955	38	08-20 ~ 08-21	해상
0205	라마순 (RAMMASUN)	2002-06-29	2002-07-06	11.3	136.2	945	44	07-04 ~ 07-06	전국
0208	나크리 (NAKRI)	2002-07-09	2002-07-13	22.4	118.9	985	23	07-13 ~ 07-13	제주
0209	펑센 (FENGSHEN)	2002-07-15	2002-07-27	12.8	170.3	920	51	07-26 ~ 07-27	제주, 영호남
0215	루사 (RUSA)	2002-08-23	2002-09-01	16.5	161.0	950	41	08-30 ~ 09-01	전국
0304	린파 (LINFA)	2003-05-26	2003-05-31	15.9	118.0	980	28	05-30 ~ 05-30	남해안
0306	소텔로 (SOUDELOR)	2003-06-13	2003-06-20	11.2	130.7	955	41	06-18 ~ 06-19	제주, 남부
0310	아타우 (ETAU)	2003-08-03	2003-08-10	14.1	139.5	945	41	08-08 ~ 08-08	남해안
0314	매미 (MAEMI)	2003-09-06	2003-09-14	16.0	141.5	910	54	09-12 ~ 09-13	전국
0407	민들레 (MINDULLE)	2004-06-23	2004-07-04	16.7	142.8	940	46	07-02 ~ 07-04	제주, 남부
0410	남태우른 (NAMTHEUN)	2004-07-25	2004-08-01	23.7	149.3	945	44	08-01 ~ 08-01	동해안, 남해안
0415	메기 (MEGI)	2004-08-16	2004-08-20	18.8	130.8	970	33	08-17 ~ 08-19	전국
0416	차바 (CHABA)	2004-08-19	2004-08-31	13.2	160.4	910	57	08-29 ~ 08-31	제주, 동해안, 남해안
0418	송다 (SONGDA)	2004-08-28	2004-09-08	11.1	165.2	935	46	09-06 ~ 09-08	제주, 남부, 강원
0514	나비 (NABI)	2005-08-29	2005-09-08	15.0	152.2	925	49	09-06 ~ 09-07	제주, 동해안, 남해안
0603	에워니아 (EWNIAR)	2006-07-01	2006-07-10	7.6	137.8	920	51	07-09 ~ 07-10	제주, 남부
0610	우쿵 (WUKUONG)	2006-08-13	2006-08-19	25.7	138.4	980	23	08-18 ~ 08-19	남해안, 동해안
0613	산산 (SHANSHAN)	2006-09-10	2006-09-19	16.8	134.8	925	52	09-17 ~ 09-18	남부, 동해안
0704	마니 (MAN-YI)	2007-07-09	2007-07-17	7.5	144.3	930	49	07-14 ~ 07-15	제주, 남부
0705	우사기 (USAGI)	2007-07-29	2007-08-04	18.1	144.5	945	45	08-03 ~ 08-04	제주, 동해안
0711	나리 (NARI)	2007-09-13	2007-09-17	22.7	132.9	940	48	09-15 ~ 09-17	제주, 남부
0807	갈매기 (KALMAEGI)	2008-07-15	2008-07-20	18.1	123.7	960	39	07-19 ~ 07-20	경기, 충청, 강원
1004	덴무 (DAINMU)	2010-08-08	2010-08-12	23.6	125.1	980	31	08-10 ~ 08-11	영·호남, 남해안
1007	곤파스 (KOMPASU)	2010-08-29	2010-09-03	21.2	134.4	960	40	09-01 ~ 09-02	전국
1009	말로 (MALOU)	2010-09-03	2010-09-08	23.2	130.9	990	24	09-06 ~ 09-07	제주, 남부

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
1105	메아리 (MEARI)	2011-06-22	2011-06-27	13.8	128.9	970	36	06-25 ~ 06-27	중부, 남해안
1109	무이파 (MUIFA)	2011-07-28	2011-08-09	12.1	135.2	930	50	08-06 ~ 08-08	전국
1112	탈라스 (TALAS)	2011-08-25	2011-09-05	17.8	141.4	965	38	09-03 ~ 09-05	동해안
1207	카눈 (KHANUN)	2012-07-16	2012-07-19	24.2	136.1	988	25	07-18 ~ 07-19	전국 (영남 제외)
1210	담레이 (DAMREY)	2012-07-28	2012-08-03	25.7	147.4	975	34	08-01 ~ 08-02	제주, 남해안
1214	덴빈 (TEMBIN)	2012-08-19	2012-08-31	17.6	124.8	945	45	08-29 ~ 08-30	전국
1215	볼라벤 (BOLAVEN)	2012-08-20	2012-08-29	17.4	141.4	920	53	08-26 ~ 08-29	전국
1216	산바 (SANBA)	2012-09-11	2012-09-18	9.4	134.0	910	56	09-16 ~ 09-18	전국(서울, 인천 제외)
1304	리피 (LEEPI)	2013-06-18	2013-06-21	16.7	126.6	992	22	06-20 ~ 06-21	
1315	콩레이 (KONG-ReY)	2013-08-26	2013-08-31	16.2	124.9	985	27	08-30 ~ 08-31	제주, 남해안
1324	다나스 (DANAS)	2013-10-04	2013-10-09	16.3	146.3	935	48	10-07 ~ 10-09	제주, 영남
1408	너구리 (NEOGURI)	2014-07-04	2014-07-11	11.9	142.2	915	54	07-08 ~ 07-10	제주
1411	할롱 (HALONG)	2014-07-29	2014-08-11	12.4	148.2	915	54	08-08 ~ 08-10	경기
1412	나크리 (NAKRI)	2014-07-30	2014-08-03	18.6	128.6	980	25	08-01 ~ 08-03	제주, 영·호남, 인천
1419	봉퐁 (VONGFONG)	2014-10-03	2014-10-14	8.8	157.7	900	59	10-12 ~ 10-13	제주, 남해안, 동해안
1509	찬홍 (CHAN-HOM)	2015-06-30	2015-07-13	9.7	159.8	935	49	07-11 ~ 07-13	제주, 서해안
1511	낭카 (NANGKA)	2015-07-04	2015-07-18	9.7	170.9	925	51	07-16 ~ 07-17	동해안
1512	할롤라 (HALOLA)	2015-07-13	2015-07-26	13.1	179.9	960	39	07-26 ~ 07-27	
1515	고니 (GONI)	2015-08-15	2015-08-26	13.0	148.2	935	49	08-24 ~ 08-26	제주, 영남, 강원, 동해안
1616	말라카스 (MALAKAS)	2016-09-12	2016-09-20	13.2	140.7	940	47	09-19 ~ 09-20	제주, 남해안
1618	차바 (CHABA)	2016-09-29	2016-10-06	13.9	142.6	935	49	10-04 ~ 10-05	전국(서울, 충청 제외)
1703	난마돌 (NANMADOL)	2017-07-02	2017-07-05	20.5	126.9	980	29	07-03 ~ 07-04	제주, 남해안
1705	노루 (NORU)	2017-07-21	2017-08-08	27.7	157.3	935	49	08-05 ~ 08-06	제주
1718	탈림 (TALIM)	2017-09-09	2017-09-18	15.2	142.7	945	45	09-15 ~ 09-17	제주, 남해안, 동해안
1807	쁘라삐룬 (PRAPIROON)	2018-06-29	2018-07-04	19.6	130.5	965	35	07-02 ~ 07-04	제주, 영남, 동해안

태풍 번호	태풍명	발생일	종료일	발생 위치		중심 최저기압 (hPa)	중심 최대풍속 (m/s)	영향 기간	피해지역
				북위	동경				
1818	룸비아 (RUMBIA)	2018-08-15	2018-08-18	27.0	127.4	985	21	08-15 ~ 08-17	제주
1819	솔릭 (SOULIK)	2018-08-16	2018-08-24	15.3	143.2	950	43	08-22 ~ 08-24	제주, 영호남, 강원
1824	짜미 (TRAMI)	2018-09-21	2018-10-01	15.6	142.6	915	55	09-29 ~ 09-30	제주, 남해안
1825	콩레이 (KONG-REY)	2018-09-29	2018-10-07	12.4	142.0	915	55	10-05 ~ 10-06	제주, 영호남, 충청, 강원
1905	다나스 (DANAS)	2019-07-16	2019-07-20	16.9	124.7	985	22	07-19 ~ 07-20	제주, 영호남
1908	프란시스코 (FRANCISCO)	2019-08-02	2019-08-06	20.4	152.7	970	35	08-06 ~ 08-06	영남
1909	레끼마 (LEKIMA)	2019-08-04	2019-08-12	17.4	131.3	915	55	08-10 ~ 08-11	제주, 서해안
1910	크로사 (KROSA)	2019-08-06	2019-08-16	18.3	142.9	950	43	08-15 ~ 08-16	강원, 동해안
1913	링링 (LINGLING)	2019-09-02	2019-09-08	16.6	124.8	940	47	09-06 ~ 09-07	전국
1917	타파 (TAPAH)	2019-09-19	2019-09-23	22.7	128.4	965	37	09-21 ~ 09-23	제주, 영호남, 충청, 강원
1918	미탁 (MITAG)	2019-09-28	2019-10-03	14.7	134.4	955	40	10-01 ~ 10-03	전국(서울, 인천 제외)
2005	장미 (JANGMI)	2020-08-09	2020-08-10	20.7	125.7	994	20	08-09 ~ 08-10	제주, 영호남
2008	바비 (BAVI)	2020-08-22	2020-08-27	23.4	122.8	945	45	08-25 ~ 08-27	제주, 호남, 충청, 수도권
2009	마이삭 (MAYSAK)	2020-08-28	2020-09-03	16.8	130.8	930	50	09-01 ~ 09-03	전국
2010	하이선 (HAISHEN)	2020-09-01	2020-09-07	20.9	144.5	910	56	09-06 ~ 09-07	전국
2109	루핏 (LUPIT)	2021-08-04	2021-08-09	21.0	114.6	980	23	08-08 ~ 08-09	남해안, 동해안
2112	오마이스 (OMAIS)	2021-08-20	2021-08-24	19.0	129.8	990	24	08-23 ~ 08-24	제주, 영호남
2114	찬투 (CHANTHU)	2021-09-06	2021-09-18	14.7	138.2	915	55	09-13 ~ 09-17	제주
2204	에어리 (AERE)	2022-07-01	2022-07-05	19.6	130.8	994	19	07-03 ~ 07-05	
2205	송다 (SONGDA)	2022-07-28	2022-08-01	22.6	138.9	994	20	07-30 ~ 08-01	제주, 호남
2206	트라세 (TRASES)	2022-07-31	2022-08-01	25.8	127.9	998	18	08-01 ~ 08-01	제주, 호남
2211	힌남노 (HINNAMNOR)	2022-08-28	2022-09-06	26.7	148.3	915	55	09-04 ~ 09-06	전국
2214	난마돌 (NANMADOL)	2022-09-14	2022-09-20	22.4	140.2	915	55	09-17 ~ 09-19	남해안, 동해안
2306	카눈 (KHANUN)	2023-07-28	2023-08-11	13.0	136.4	930	49	08-08 ~ 08-11	전국
2409	종다리 (JONGDARI)	2024-08-19	2024-08-20	24.6	125.8	996	19	08-20 ~ 08-20	제주, 남해안
2410	산산 (SHANSHAN)	2024-08-22	2024-08-30	16.7	142.1	935	49	08-28 ~ 08-30	제주, 남해안, 동해안

*: 태풍 발생일, 종료일, 발생위치, 강도(중심 최저기압, 중심 최대풍속)

- 1904~1950년: 태풍백서(2011) 참고
- 1951~1976년: 태풍의 중심기압(hPa) 기준으로 태풍 정보 기재
- 1977~2024년: 태풍의 최대풍속(m/s) 기준으로 태풍 정보 기재

*: 피해지역 산정

- 1904~2010년: 태풍백서(2011) 참고
- 2011~2024년: 행정안전부 재해연보 참고

1.2 1951~2024년 북서태평양 태풍 발생 수

1.2.1 1951~2024년 북서태평양 연도별·월별 태풍 발생 수

연도/월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계	
1951		1	1	2	1	1	3	3(1)	2(1)	4(1)	1	2	21(3)	
1952						3(1)	3(1)	5(2)	3	6	3	4	27(4)	
1953		1			1(1)	2(1)	1	6(1)	3	5	3	1	23(3)	
1954			1		1		1	5(1)	5(2)	4	3	1	21(3)	
1955	1	1	1	1		2	7(2)	6	4(1)	3	1	1	28(3)	
1956			1	2		1	2	5(2)	6(2)	1	4	1	23(4)	
1957	2			1	1	1(1)	1	4(1)	5	4	3		22(2)	
1958	1			1	1	4	7	5(1)	5	3	2	2	31(1)	
1959		1	1	1			2(2)	5(2)	5(3)	4	2	2	23(7)	
1960				1	1	3	3(1)	10(2)	3	4	1	1	27(3)	
1961	1		1		2(1)	3(1)	4(1)	6	6(2)	4	1	1	29(5)	
1962		1		1	2		5(2)	8(2)	4	5	3	1	30(4)	
1963				1		4(2)	4(1)	3	5	4		3	24(3)	
1964					2	2	7(4)	5	6	5	6	1	34(4)	
1965	2	1	1	1	2	3	5(2)	5(1)	8	2	2		32(3)	
1966				1	2	1	4	10(3)	9	4	3	1	35(3)	
1967		1	2	1	1	1	7(1)	9	9	4	3	1	39(1)	
1968					1	1	1	3(1)	8(1)	3(1)	5	5		27(3)
1969	1		1	1			3	4	3(1)	3	2	1	19(1)	
1970		1				2(1)	3(1)	6(2)	5	5	4		26(4)	
1971	1		1	3	4	2	8(1)	5(1)	6(1)	4	2		36(3)	
1972	1				1	3	6(2)	5(1)	5(1)	5	3	2	31(4)	
1973							7(2)	5(1)	2	4	3		21(3)	
1974	1		1	1	1	4(1)	4(1)	5(1)	5	4	4	2	32(3)	
1975	1						2(1)	4(1)	5	5	3	1	21(2)	
1976	1	1		2	2	2	4(3)	4(2)	5(1)	1	1	2	25(6)	
1977			1			1	3	3(1)	5(1)	5	1	2	21(2)	
1978	1			1		3(1)	4(1)	8(1)	5(1)	4	4		30(4)	
1979	1		1	1	2		4	2(2)	6	3	2	2	24(2)	
1980				1	4	1	4(1)	2(1)	6(1)	4	1	1	24(3)	
1981				1	2		3(2)	4(1)	8(1)	4(1)	2	3	2	29(5)
1982			3		1	3	3(1)	5(2)	5(1)	3	1	1	25(4)	
1983						1	3	5	2(1)	5	5	2	23(1)	
1984						2	5(1)	5(2)	4	7	3	1	27(3)	

연도/월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
1985	2				1	3(1)	1	8(3)	5(1)	4	1	2	27(5)
1986		1		1	2	2(1)	3	5(1)	3(1)	5	4	3	29(3)
1987	1			1		2	4(2)	4(1)	6	2	2	1	23(3)
1988	1				1	3	2	8	8	5	2	1	31(0)
1989	1			1	2	2(1)	7(1)	5	6	4	3	1	32(2)
1990	1			1	1	3(1)	4(1)	6(1)	4(1)	4	4	1	29(4)
1991			2	1	1	1	4(1)	5(2)	6(2)	3	6		29(5)
1992	1	1				2	4	8(1)	5(1)	7	3		31(2)
1993			1			1	4(2)	7(2)	5	5	2	3	28(4)
1994				1	1	2	7(2)	9(2)	8	6(1)		2	36(5)
1995				1		1	2(1)	6(1)	5(1)	6	1	1	23(3)
1996		1		1	2		5(1)	6(1)	6	2	2	1	26(2)
1997				2	3	3(1)	4(2)	6	4(1)	3	2	1	28(4)
1998							1	3	5(1)	2(1)	3	2	16(2)
1999				2		1	4(2)	6(1)	6(2)	2	1		22(5)
2000					2		5(2)	6(2)	5(1)	2	2	1	23(5)
2001					1	2	5	6(1)	5	3	1	3	26(1)
2002	1	1			1	3(1)	5(2)	6(1)	4	2	2	1	26(4)
2003	1			1	2(1)	2(1)	2	5(1)	3(1)	3	2		21(4)
2004				1	2	5(1)	2(1)	8(3)	3	3	3	2	29(5)
2005	1		1	1		1	5	5(1)	5	2	2		23(1)
2006					1	1	3(1)	7(1)	3(1)	4	2	2	23(3)
2007				1	1		3(2)	4	5(1)	6	4		24(3)
2008				1	4	1	2(1)	4	5	1	3	1	22(1)
2009					2	2	2	5	7	3	1		22(0)
2010			1				2	5(2)	4(1)	2			14(3)
2011					2	3(1)	4(1)	3(1)	7	1		1	21(3)
2012			1		1	4	4(2)	5(2)	3(1)	5	1	1	25(5)
2013	1	1				4(1)	3	6(1)	8	6(1)	2		31(3)
2014	2	1		2		2	5(3)	1	5	2(1)	1	2	23(4)
2015	1	1	2	1	2	2(1)	4(2)	3(1)	5	4	1	1	27(4)
2016							4	7	7(2)	4	3	1	26(2)
2017				1		1	8(2)	5	4(1)	3	3	2	27(3)
2018	1	1	1			4(1)	5	9(2)	4(2)	1	3		29(5)
2019	1	1				1	4(1)	5(3)	6(3)	4	6	1	29(7)
2020					1	1		7(3)	4(1)	7	2	1	23(4)
2021		1		1	1	2	3	4(2)	4(1)	4	1	1	22(3)
2022				2		1	3(3)	5(1)	7(1)	5	1	1	25(5)

연도/월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
2023				1	1	1	3(1)	6	2	2		1	17(1)
2024					2		2	6(2)	8	3	4	1	26(2)
30년평균 (1991-2020)	0.3	0.3	0.3	0.6	1.0	1.7 (0.3)	3.7 (1.0)	5.6 (1.2)	5.1 (0.8)	3.5 (0.1)	2.1	1.0	25.1 (3.4)
10년평균 (2011-2020)	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	2.2 (0.4)	4.1 (1.1)	5.1 (1.3)	5.3 (1.0)	3.7 (0.2)	2.2	1.0	26.1 (4.0)

※ 괄호 안의 숫자는 우리나라에 영향을 준 태풍 수

1.2.2 1951~2024년 북서태평양 계절별 태풍 발생 수

	봄 (3~5월)	여름 (6~8월)	가을 (9~11월)	겨울 (12~2월)	합계	연평균
전체 태풍	152	817	820	135	1,924	26.0
영향 태풍	3	181	55	0	239	3.2
영향 태풍 비율(%)	2.0	22.2	6.7	0.0	12.4	

1.3 특이태풍 사례

1.3.1 영향태풍 중 고위도 발생 순위(1951~2024년)

순위	태풍번호	태풍명	발생일시	발생 위치	
				위도	경도
1	196617	BETTY	1966-08-29 09:00	31.1	126.7
2	199917	ANN	1999-09-16 09:00	29.5	128.1
3	199113	-	1991-08-28 06:00	29.3	131.3
4	195204	FREDA	1952-07-14 09:00	28.0	132.7
5	199612	KIRK	1996-08-06 03:00	27.9	130.5
6	201705	노루(NORU)	2017-07-21 09:00	27.7	157.3
7	196615	WINNIE	1966-08-21 09:00	27.5	130.5
8	201818	룸비아(RUMBIA)	2018-08-15 09:00	27.0	127.4
9	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-08-28 21:00	26.7	148.3
10	198508	KIT	1985-08-03 15:00	26.2	134.1

1.3.2 발생 후 우리나라에 가장 빨리 영향 준 태풍 순위(1951~2024년)

발생일과 영향일의 간격	태풍번호	태풍명	발생일시	발생 위치		영향 시작일
				위도	경도	
0일	202005	장미(JANGMI)	2020-08-09 03:00	20.7	125.7	2020-08-09
	201818	룸비아(RUMBIA)	2018-08-15 09:00	27.0	127.4	2018-08-15
	199917	ANN	1999-09-16 09:00	29.5	128.1	1999-09-16
	199809	YANNI	1998-09-28 09:00	23.0	122.2	1998-09-28
	199612	KIRK *	1996-08-06 03:00	27.9	130.5	1996-08-05
	199606	EVE	1996-07-14 15:00	20.5	141.5	1996-07-14
	199113	-	1991-08-28 06:00	29.3	131.1	1991-08-28
	197803	POLLY	1978-06-18 15:00	25.4	126.0	1978-06-18
	196617	BETTY	1966-08-29 09:00	31.1	126.7	1966-08-29
+1일	202409	종다리(JONGDARI)	2024-08-19 03:00	24.6	125.8	2024-08-20
	202206	트라세(TRASES)	2022-07-31 09:00	25.8	127.9	2022-08-01
	201703	난마돌(NANMADOL)	2017-07-02 09:00	20.5	126.9	2017-07-03
	200415	메기(MEGI)	2004-08-16 15:00	18.8	130.8	2004-08-17
	199905	NEIL	1999-07-25 15:00	22.9	127.6	1999-07-26
	199306	PERCY	1993-07-28 15:00	24.3	128.7	1993-07-29
	199305	OFELIA	1993-07-26 03:00	22.9	135.3	1993-07-27
	198906	ELLIS	1989-06-23 03:00	20.0	127.3	1989-06-24

발생일과 영향일의 간격	태풍번호	태풍명	발생일시	발생 위치		영향 시작일
				위도	경도	
	198605	NANCY	1986-06-22 09:00	15.4	128.0	1986-06-23
	198509	LEE	1985-08-12 03:00	24.2	129.5	1985-08-13
	197818	IRMA	1978-09-12 03:00	24.2	122.3	1978-09-13
	197612	ANITA	1976-07-23 15:00	20.5	133.0	1976-07-24
	197120	POLLY	1971-08-08 09:00	22.3	131.8	1971-08-09
	195508	DOT	1955-07-14 15:00	21.0	135.0	1955-07-15
	195204	FREDA	1952-07-14 09:00	28.0	132.7	1952-07-15

* KIRK의 경우, 태풍발생일은 RSMC 베스트트랙 자료로 실황과 차이가 있을 수 있음

1.3.3 발생 후 우리나라에 가장 늦게 영향 준 태풍 순위(1951~2024년)

발생일과 영향일의 간격	태풍번호	태풍명	발생일시	발생 위치		영향 시작일
				위도	경도	
+18일	197207	RITA	1972-07-07 21:00	10.5	143.5	1972-07-25
	201705	노루(NORU)	2017-07-21 09:00	27.7	157.3	2017-08-05
	197209	TESS	1972-07-09 03:00	13.4	168.9	1972-07-23
	201512	할롤라(HALOLA)	2015-07-13 09:00	13.1	179.9	2015-07-26
	201511	낭카(NANGKA)	2015-07-04 03:00	9.7	170.9	2015-07-16
	202306	카눈(KHANUN)	2023-07-28 09:00	13.0	136.4	2023-08-08
	201509	찬홈(CHAN-HOM)	2015-06-30 21:00	9.7	159.8	2015-07-11
+11일	200209	펑센(FENGSHEN)	2002-07-15 06:00	12.8	170.3	2002-07-26
	199119	MIREILLE	1991-09-16 09:00	14.8	158.7	1991-09-27
	198613	VERA	1986-08-16 03:00	18.8	129.5	1986-08-27
	196016	DELLA	1960-08-17 15:00	13.3	154.1	1960-08-28
	201411	할롱(HALONG)	2014-07-29 12:00	12.4	148.2	2014-08-08
	201214	덴빈(TEMBIN)	2012-08-19 09:00	17.6	124.8	2012-08-29
	200416	차바(CHABA)	2004-08-19 21:00	13.2	160.4	2004-08-29
+10일	200014	SAOMAI	2000-09-02 21:00	16.1	156.3	2000-09-12
	199719	OLIWA	1997-09-04 09:00	13.6	179.7	1997-09-14
	199407	WALT	1994-07-16 21:00	15.3	125.2	1994-07-26
	196309	BESS	1963-07-30 09:00	16.7	142.7	1963-08-09
	195111	MARGE	1951-08-11 09:00	12.5	145.5	1951-08-21

1.3.4 북서태평양 발생 태풍 중 급격한 강화(RI) 순위(1977~2024년)

순위	태풍번호	태풍명	RI 시작 일시	RI 끝 일시	RI 기간 (hour)	RI 강도 (m/s)
1	200620	제비(CHEBI)	2006-11-09 21:00	2006-11-10 15:00	18	32.0
2	198304	WAYNE	1983-07-23 09:00	1983-07-24 09:00	24	30.9
3	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-07 15:00	2021-09-08 15:00	24	29.0
	200922	니다(NIDA)	2009-11-24 21:00	2009-11-25 21:00	24	29.0
	200917	파마(PARMA)	2009-09-30 09:00	2009-10-01 09:00	24	29.0
4	198424	AGNES	1984-11-03 03:00	1984-11-04 03:00	24	28.3
	198019	WYNNE	1980-10-08 09:00	1980-10-09 09:00	24	28.3
5	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-08-29 03:00	2022-08-30 03:00	24	28.0
	201919	하기비스(HAGIBIS)	2019-10-06 21:00	2019-10-07 21:00	24	28.0
6	202019	고니(GONI)	2020-10-29 15:00	2020-10-30 15:00	24	26.0
	201808	마리아(MARIA)	2018-07-05 09:00	2018-07-06 09:00	24	26.0
	200711	나리(NARI)	2007-09-13 15:00	2007-09-14 15:00	24	26.0
7	198422	VANESSA	1984-10-24 21:00	1984-10-25 21:00	24	25.7
	198011	MARGE	1980-08-09 15:00	1980-08-10 15:00	24	25.7
	197920	TIP	1979-10-10 09:00	1979-10-11 09:00	24	25.7
	197720	LUCY	1977-12-03 03:00	1977-12-04 03:00	24	25.7
8	201420	누리(NURI)	2014-11-01 21:00	2014-11-02 21:00	24	25.0
9	201601	네파탁(NEPARTAK)	2016-07-05 09:00	2016-07-06 09:00	24	24.0
	201214	덴빈(TEMBIN)	2012-08-19 21:00	2012-08-20 21:00	24	24.0
	201109	무이파(MUIFA)	2011-07-30 03:00	2011-07-31 03:00	24	24.0
10	198603	LOLA	1986-05-18 15:00	1986-05-19 15:00	24	23.1
	198310	FORREST	1983-09-22 03:00	1983-09-23 03:00	24	23.1
	198211	CECIL	1982-08-07 09:00	1982-08-08 09:00	24	23.1
	198202	NELSON	1982-03-23 21:00	1982-03-24 21:00	24	23.1
	198003	ELLEN	1980-05-15 03:00	1980-05-16 03:00	24	23.1
	197921	VERA	1979-11-03 15:00	1979-11-04 15:00	24	23.1
	197705	VERA	1977-07-29 15:00	1977-07-30 15:00	24	23.1

1.3.5 북서태평양 발생 태풍 중 생존 기간이 긴 태풍 순위

- 1951~2024년 중심기압 기준 태풍 생존 기간

순위	태풍번호	태풍명	태풍 발생 일시	태풍 종료 일시	생존 기간 (Hour)	생존 기간 (Day)
1	198614	WAYNE	1986-08-18 15:00	1986-09-06 21:00	462	19.25
2	197207	RITA	1972-07-07 21:00	1972-07-26 21:00	456	19.00
3	196722	OPAL	1967-08-30 09:00	1967-09-17 15:00	438	18.25
4	201705	노루(NORU)	2017-07-21 09:00	2017-08-08 09:00	432	18.00
5	199120	NAT	1991-09-16 15:00	1991-10-02 09:00	378	15.75
6	197209	TESS	1972-07-09 03:00	1972-07-24 15:00	372	15.50
	200917	파마(PARMA)	2009-09-29 09:00	2009-10-14 21:00	372	15.50
7	197414	MARY	1974-08-11 15:00	1974-08-26 21:00	366	15.25
8	199728	PAKA	1997-12-07 21:00	1997-12-22 15:00	354	14.75
9	195120	AMY	1951-12-03 09:00	1951-12-17 21:00	348	14.50
	199431	VERNE	1994-10-18 09:00	1994-11-01 21:00	348	14.50
10	199230	GAY	1992-11-16 03:00	1992-11-30 09:00	342	14.25

- 1977~2024년 최대풍속 기준 태풍 생존 기간

순위	태풍번호	태풍명	태풍 발생 일시	태풍 종료 일시	생존 기간 (Hour)	생존 기간 (Day)
1	198614	WAYNE	1986-08-18 15:00	1986-09-06 21:00	462	19.25
2	201705	노루(NORU)	2017-07-21 09:00	2017-08-08 09:00	432	18.00
3	199120	NAT	1991-09-16 15:00	1991-10-02 09:00	378	15.75
4	200917	파마(PARMA)	2009-09-29 09:00	2009-10-14 21:00	372	15.50
5	199728	PAKA	1997-12-07 21:00	1997-12-22 15:00	354	14.75
6	199431	VERNE	1994-10-18 09:00	1994-11-01 21:00	348	14.50
7	199230	GAY	1992-11-16 03:00	1992-11-30 09:00	342	14.25
8	200302	구지라(KUJIRA)	2003-04-11 09:00	2003-04-25 12:00	339	14.13
9	201511	낭카(NANGKA)	2015-07-04 03:00	2015-07-18 03:00	336	14.00
10	202306	카눈(KHANUN)	2023-07-28 09:00	2023-08-11 06:00	333	13.88

1.3.6 북서태평양 발생 태풍의 최대강도 순위

- 1951~2024년 중심기압 기준 최대강도 산정

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
1	197920	TIP	1979-10-12 15:00	16.8	137.6	870	72	140
2	197520	JUNE	1975-11-19 21:00	13.2	140.9	875	-	
	197315	NORA	1973-10-06 09:00	14.7	128.3	875	-	
3	195822	IDA	1958-09-24 15:00	19.3	135.3	877	-	
4	198422	VANESSA	1984-10-26 21:00	15.9	131.6	880	62	120
	197826	RITA	1978-10-25 15:00	12.8	131.0	880	62	120
	196604	KIT	1966-06-26 15:00	20.5	130.7	880	-	
5	198310	FORREST	1983-09-23 09:00	18.6	133.5	885	57	110
	197135	IRMA	1971-11-12 03:00	15.9	131.7	885	-	
	195909	JOAN	1959-08-29 09:00	21.3	124.8	885	-	
	195307	NINA	1953-08-13 09:00	18.6	137.2	885	-	
6	195111	MARGE	1951-08-15 21:00	21.0	133.5	886	-	
7	201614	드란티(MERANTI)	2016-09-13 21:00	20.4	123.0	890	62	121
	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	890	62	120
	201330	하이옌(HAIYAN)	2013-11-07 21:00	10.2	129.0	890	61	119
	201013	메기(MEGI)	2010-10-18 03:00	17.6	124.2	890	61	119
	198709	BETTY	1987-08-11 21:00	12.3	127.4	890	57	110
	198019	WYNNE	1980-10-09 09:00	18.7	138.0	890	57	110
	197105	AMY	1971-05-02 15:00	10.7	146.3	890	-	
	196222	EMMA	1962-10-05 15:00	23.3	144.7	890	-	
	196118	NANCY	1961-09-12 09:00	15.5	137.5	890	-	
	195408	IDA	1954-08-27 15:00	18.8	126.9	890	-	
8	199128	YURI	1991-11-27 09:00	10.7	146.8	895	62	120
	198522	DOT	1985-10-16 21:00	14.6	131.2	895	62	120
	198221	MAC	1982-10-05 09:00	16.2	138.3	895	62	120
	199123	RUTH	1991-10-24 21:00	15.1	133.2	895	59	115
	198317	MARGE	1983-11-04 09:00	18.2	135.2	895	57	110
	198305	ABBY	1983-08-09 03:00	17.4	131.5	895	57	110
	198122	ELSIE	1981-09-28 03:00	16.1	135.7	895	57	110
	197622	LOUISE	1976-11-03 21:00	16.3	127.4	895	-	
	197317	PATSY	1973-10-10 09:00	15.8	131.7	895	-	
	196911	ELSIE	1969-09-23 15:00	18.3	142.9	895	-	
	196420	WILDA	1964-09-21 15:00	21.2	137.9	895	-	
	196418	SALLY	1964-09-08 09:00	18.0	126.6	895	-	

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
	196124	VIOLET	1961-10-07 15:00	20.1	140.9	895	-	
	195915	VERA	1959-09-23 15:00	19.0	142.9	895	-	
9	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	900	64	125
	202315	볼라벤(BOLAVEN)	2023-10-11 21:00	18.9	142.9	900	59	115
	202102	수리개(SURIGAE)	2021-04-18 03:00	12.6	128.4	900	59	115
	201826	위투(YUTU)	2018-10-24 21:00	14.7	146.2	900	59	115
	201622	하이마(HAIMA)	2016-10-19 03:00	15.9	127.6	900	59	115
	201601	네파탁(NEPARTAK)	2016-07-06 09:00	18.7	130.2	900	59	115
	201513	소델로(SOUDELOR)	2015-08-04 03:00	17.8	140.8	900	59	115
	201422	하구핏(HAGUPIT)	2014-12-04 15:00	10.4	132.3	900	59	115
	201420	누리(NURI)	2014-11-02 21:00	17.2	132.5	900	59	115
	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-08 03:00	17.6	133.2	900	59	115
	201328	레끼마(LEKIMA)	2013-10-23 09:00	18.6	152.2	900	59	115
	199810	ZEB	1998-10-14 03:00	16.2	123.8	900	57	110
	199230	GAY	1992-11-21 09:00	11.4	156.0	900	57	110
	198715	HOLLY	1987-09-09 03:00	17.4	157.7	900	57	110
	198607	PEGGY	1986-07-07 03:00	16.4	131.8	900	57	110
	197909	HOPE	1979-07-31 21:00	19.6	126.2	900	57	110
	197515	ELSIE	1975-10-12 03:00	19.8	124.0	900	-	
	197503	NINA	1975-08-03 03:00	23.3	123.6	900	-	
	197118	NADINE	1971-07-24 15:00	19.6	127.6	900	-	
	197017	HOPE	1970-09-24 09:00	20.8	147.0	900	-	
	196905	VIOLA	1969-07-26 09:00	17.6	126.2	900	-	
	196813	AGNES	1968-09-04 09:00	18.7	138.4	900	-	
	196733	CARLA	1967-10-15 09:00	14.5	131.5	900	-	
	196528	BESS	1965-09-30 15:00	21.0	143.5	900	-	
	196434	OPAL	1964-12-12 09:00	9.5	133.5	900	-	
	196228	KAREN	1962-11-13 09:00	15.7	135.3	900	-	
	196210	OPAL	1962-08-05 15:00	22.3	122.7	900	-	
	195721	LOLA	1957-11-15 15:00	12.5	145.7	900	-	
	195716	HESTER	1957-10-08 15:00	23.8	142.3	900	-	
	195705	VIRGINIA	1957-06-22 15:00	14.8	128.2	900	-	
	195419	PAMELA	1954-11-02 15:00	17.5	129.5	900	-	
	195313	TESS	1953-09-22 15:00	19.3	133.0	900	-	
10	195109	LOUISE	1951-07-29 21:00	16.2	124.0	904	-	

- 1977~2024년 중심기압 기준 최대강도 산정

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
1	197920	TIP	1979-10-12 15:00	16.8	137.6	870	72	140
2	198422	VANESSA	1984-10-27 03:00	16.3	131.1	880	62	120
	197826	RITA	1978-10-25 15:00	12.8	131.0	880	62	120
3	198310	FORREST	1983-09-23 09:00	18.6	133.5	885	57	110
4	201614	므란티(MERANTI)	2016-09-14 03:00	20.8	121.9	890	62	121
	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	890	62	120
	198019	WYNNE	1980-10-09 15:00	19.1	137.0	890	62	120
	201330	하이옌(HAIYAN)	2013-11-08 03:00	10.6	126.9	890	61	119
	201013	메기(MEGI)	2010-10-18 03:00	17.6	124.2	890	61	119
	198709	BETTY	1987-08-11 21:00	12.3	127.4	890	57	110
5	199128	YURI	1991-11-27 09:00	10.7	146.8	895	62	120
	198522	DOT	1985-10-17 03:00	14.7	129.9	895	62	120
	198305	ABBY	1983-08-09 09:00	17.8	130.8	895	62	120
	198221	MAC	1982-10-05 09:00	16.2	138.3	895	62	120
	198122	ELSIE	1981-09-28 09:00	16.7	135.3	895	62	120
	199123	RUTH	1991-10-25 03:00	15.4	132.2	895	59	115
	198317	MARGE	1983-11-04 09:00	18.2	135.2	895	57	110
6	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	900	64	125
	202315	볼라벤(BOLAVEN)	2023-10-12 03:00	19.7	142.8	900	59	115
	202102	수리개(SURIGAE)	2021-04-18 03:00	12.6	128.4	900	59	115
	201826	위투(YUTU)	2018-10-25 03:00	15.4	145.3	900	59	115
	201622	하이마(HAIMA)	2016-10-19 03:00	15.9	127.6	900	59	115
	201601	네파탁(NEPARTAK)	2016-07-07 15:00	21.6	123.4	900	59	115
	201513	소델로(SOUDELOR)	2015-08-04 03:00	17.8	140.8	900	59	115
	201422	하구핏(HAGUPIT)	2014-12-05 03:00	11.4	130.5	900	59	115
	201420	누리(NURI)	2014-11-03 03:00	17.9	132.4	900	59	115
	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-09 03:00	18.7	130.5	900	59	115
	201328	레끼마(LEKIMA)	2013-10-24 03:00	19.9	148.7	900	59	115
	199810	ZEB	1998-10-14 03:00	16.2	123.8	900	57	110
	199230	GAY	1992-11-21 09:00	11.4	156.0	900	57	110
	198715	HOLLY	1987-09-10 03:00	18.8	155.5	900	57	110
7	198607	PEGGY	1986-07-07 03:00	16.4	131.8	900	57	110
	197909	HOPE	1979-08-01 03:00	20.1	124.7	900	57	110
	202302	마와르(MAWAR)	2023-05-26 03:00	14.9	140.4	905	58	113
	201504	마이삭(MAYSAK)	2015-04-01 03:00	10.3	138.7	905	58	113

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
8	201217	줄라왓(JELAWAT)	2012-09-27 03:00	19.1	125.4	905	57	111
	200922	니다(NIDA)	2009-22-26 09:00	14.5	140.7	905	57	111
	200918	멜로르(MELOR)	2009-10-05 09:00	18.5	136.3	905	57	111
	198126	IRMA	1981-11-22 21:00	12.8	132.8	905	57	110
	197709	BABE	1977-09-08 09:00	20.4	127.3	905	57	110
	199723	IVAN	1997-10-18 03:00	14.7	128.3	905	54	105
	199724	JOAN	1997-10-18 03:00	15.4	147.2	905	54	105
	199302	KORYN	1993-06-25 03:00	14.4	127.4	905	54	105
	198626	KIM	1986-12-03 03:00	15.5	147.6	905	54	105
	198603	LOLA	1986-05-20 03:00	12.4	155.2	910	62	120
	200815	장미(JANGMI)	2008-09-28 03:00	21.7	123.7	910	59	115
	199520	ANGELA	1995-11-02 03:00	14.4	126.9	910	59	115
	200614	야기(YAGI)	2006-09-22 03:00	22.6	144.8	910	57	111
	200416	차바(CHABA)	2004-08-25 09:00	20.4	138.2	910	57	111
	199725	KEITH	1997-11-03 03:00	15.2	143.2	910	57	110
	199429	SETH	1994-10-08 09:00	19.1	125.6	910	57	110
	199424	MELISSA	1994-09-16 09:00	22.8	158.4	910	57	110
	197911	JUDY	1979-08-20 09:00	21.3	133.8	910	57	110
	202019	고니(GONI)	2020-11-01 03:00	13.7	125.1	910	56	109
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-04 21:00	22.6	133.5	910	56	109
	201923	할롱(HALONG)	2019-11-06 03:00	20.3	150.6	910	56	109
	201822	망쿳(MANGKHUT)	2018-09-15 03:00	18.0	122.3	910	56	109
9	201216	산바(SANBA)	2012-09-14 15:00	19.1	129.8	910	56	109
	200708	스팟(SEPAT)	2007-08-16 09:00	17.3	126.5	910	55	107
	200619	시마론(CIMARON)	2006-10-29 15:00	16.3	123.6	910	54	105
	200314	매미(MAE MI)	2003-09-11 10:00	25.3	125.1	910	54	105
	199434	ZELDA	1994-11-05 03:00	18.6	138.9	910	54	105
	199028	PAGE	1990-11-27 09:00	14.6	127.4	910	54	105
	198425	BILL	1984-11-15 03:00	14.3	130.9	910	51	100
	198009	KIM	1980-07-25 03:00	16.0	123.4	910	51	100
	197829	VIOLA	1978-11-21 15:00	16.3	132.4	910	51	100
	197921	VERA	1979-11-05 03:00	12.1	127.6	915	57	110
	202411	야기(YAGI)	2024-09-06 03:00	19.2	113.0	915	55	107
	202214	난마돌(NANMADOL)	2022-09-17 09:00	26.0	133.1	915	55	107
	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-01 09:00	22.5	125.7	915	55	107
	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-10 15:00	17.9	123.5	915	55	107
	201919	하기비스(HAGIBIS)	2019-10-10 03:00	22.0	139.8	915	55	107

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
	201909	레끼마(LEKIMA)	2019-08-08 21:00	24.4	124.9	915	55	107
	201902	우딥(WUTIP)	2019-02-25 15:00	13.7	140.1	915	55	107
	201825	콩레이(KONG-REY)	2018-10-02 03:00	17.3	133.7	915	55	107
	201824	짜미(TRAMI)	2018-09-25 03:00	19.6	129.1	915	55	107
	201821	제비(JEBI)	2018-08-31 09:00	17.9	144.2	915	55	107
	201626	녹텐(NOCK-TEN)	2016-12-25 15:00	13.5	125.0	915	55	107
	201521	두쥐안(DUJUAN)	2015-09-28 03:00	23.0	124.9	915	55	107
	200406	덴무(DIANMU)	2004-06-17 09:00	17.1	134.3	915	55	107
	201413	제너비브(GENEVIEVE)	2014-08-08 09:00	16.3	176.7	915	54	105
	201411	할롱(HALONG)	2014-08-03 15:00	15.7	133.1	915	54	105
	201408	너구리(NEOGURI)	2014-07-07 09:00	20.3	128.1	915	54	105
	201319	우사기(USAGI)	2013-09-20 03:00	18.8	126.4	915	54	105
	200914	초이완(CHOI-WAN)	2009-09-17 03:00	19.6	141.4	915	54	105
	200802	람마순(RAMMASUN)	2008-05-10 21:00	16.8	132.0	915	54	105
	200505	하이탕(HAITANG)	2005-07-17 09:00	21.5	125.8	915	54	105
	198713	FREDA	1987-09-10 09:00	16.9	137.2	915	54	105
	200125	파사이(FAXAI)	2001-12-23 09:00	14.7	150.2	915	53	103
	199719	OLIWA	1997-09-11 03:00	19.2	148.2	915	51	100
	199713	WINNIE	1997-08-13 03:00	18.4	143.9	915	51	100
	199407	WALT	1994-07-20 03:00	23.2	134.5	915	51	100
	199319	ED	1993-10-05 09:00	20.9	132.6	915	51	100
	199228	ELSIE	1992-11-06 03:00	20.3	133.8	915	51	100
	199222	YVETTE	1992-10-14 09:00	19.7	129.3	915	51	100
	199104	WALT	1991-05-13 03:00	15.6	128.5	915	51	100
	199029	RUSS	1990-12-19 03:00	10.9	150.9	915	51	100
	199025	MIKE	1990-11-11 09:00	8.1	133.7	915	51	100
	198927	ELSIE	1989-10-19 03:00	16.4	124.2	915	51	100
	198908	GORDON	1989-07-15 15:00	16.9	125.2	915	51	100
	198824	NELSON	1988-10-05 03:00	20.8	124.4	915	51	100
	198712	DINAH	1987-08-27 03:00	19.6	129.6	915	51	100
	198705	THELMA	1987-07-11 21:00	18.0	128.9	915	51	100
	198406	DINAH	1984-07-29 09:00	22.8	153.7	915	51	100
	198213	ELLIS	1982-08-23 03:00	18.3	135.4	915	51	100
	198014	PERCY	1980-09-18 03:00	21.1	122.1	915	51	100
	200321	루핏(LUPIT)	2003-11-27 15:00	14.5	134.4	915	51	99
10	200010	BILIS	2000-08-22 03:00	20.3	125.1	920	57	110
	198304	WAYNE	1983-07-24 09:00	19.3	124.4	920	57	110

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)
	198211	CECIL	1982-08-09 03:00	22.9	123.6	920	57	110
	197720	LUCY	1977-12-04 03:00	14.0	129.2	920	57	110
	197719	KIM	1977-11-10 21:00	14.6	133.2	920	57	110
	202309	사올라(SAOLA)	2023-08-31 03:00	20.9	118.7	920	55	107
	202424	마니(MAN-YI)	2024-11-16 09:00	12.6	126.7	920	54	105
	202421	콩레이(KONG-REY)	2024-10-30 09:00	19.1	124.9	920	54	105
	202418	끄라톤(KRATHON)	2024-10-01 03:00	20.6	120.0	920	54	105
	200612	이오케(IOKE)	2006-09-01 03:00	20.2	165.4	920	54	105
	198720	LYNN	1987-10-21 03:00	18.0	138.0	920	54	105
	202122	라이(RAI)	2021-12-16 09:00	9.7	127.6	920	53	103
	201516	앗사니(ATSANI)	2015-08-20 03:00	20.4	150.4	920	53	103
	201506	노을(NOUL)	2015-05-10 15:00	17.8	122.7	920	53	103
	201327	프란시스코(FRANCISCO)	2013-10-20 03:00	17.4	138.3	920	53	103
	201215	볼라벤(BOLAVEN)	2012-08-26 09:00	25.3	129.5	920	53	103
	201111	난마돌(NANMADOL)	2011-08-27 03:00	18.0	122.7	920	53	103
	201102	송다(SONGDA)	2011-05-27 03:00	17.2	124.4	920	53	103
	200917	파마(PARMA)	2009-10-01 09:00	11.8	131.1	920	53	103
	199728	PAKA	1997-12-19 03:00	15.3	137.3	920	51	100
	199709	ROSIE	1997-07-24 03:00	21.4	132.2	920	51	100
	199215	OMAR	1992-08-31 03:00	16.1	138.6	920	51	100
	198902	ANDY	1989-04-22 03:00	15.5	149.5	920	51	100
	198707	WYNNE	1987-07-27 03:00	19.5	140.6	920	51	100
	200715	크로사(KROSA)	2007-10-06 09:00	23.7	123.5	920	51	99
	200603	에위니아(EWINIAR)	2006-07-05 15:00	18.2	130.1	920	51	99
	200422	망온(MA-ON)	2004-10-08 09:00	23.9	131.4	920	51	99
	200209	펑센(FENGSHEN)	2002-07-22 09:00	22.3	152.2	920	51	99
	198617	BEN	1986-09-25 03:00	19.4	140.6	920	49	95
	197916	OWEN	1979-09-26 09:00	23.1	129.0	920	46	90

- 1977 ~ 2024년 최대풍속 기준 최대강도 산정

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
1	197920	TIP	1979-10-12 15:00	16.8	137.6	72	140	870
2	198210	BESS	1982-07-29 09:00	20.3	144.4	64	125	900
3	201614	므란티(MERANTI)	2016-09-14 03:00	20.8	121.9	62	121	890
4	198422	VANESSA	1984-10-27 03:00	16.3	131.1	62	120	880

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
5	197826	RITA	1978-10-25 15:00	12.8	131.0	62	120	880
	199019	FLO	1990-09-17 09:00	24.9	129.1	62	120	890
	198019	WYNNE	1980-10-09 15:00	19.1	137.0	62	120	890
	199128	YURI	1991-11-27 09:00	10.7	146.8	62	120	895
	198522	DOT	1985-10-17 03:00	14.7	129.9	62	120	895
	198305	ABBY	1983-08-09 09:00	17.8	130.8	62	120	895
	198221	MAC	1982-10-05 09:00	16.2	138.3	62	120	895
	198122	ELSIE	1981-09-28 09:00	16.7	135.3	62	120	895
	198603	LOLA	1986-05-20 03:00	12.4	155.2	62	120	910
6	201330	하이옌(HAIYAN)	2013-11-08 03:00	10.6	126.9	61	119	890
	201013	메기(MEGI)	2010-10-18 03:00	17.6	124.2	61	119	890
	199123	RUTH	1991-10-25 03:00	15.4	132.2	59	115	895
	202315	볼라벤(BOLAVEN)	2023-10-12 03:00	19.7	142.8	59	115	900
	202102	수리개(SURIGAE)	2021-04-18 03:00	12.6	128.4	59	115	900
	201826	위투(YUTU)	2018-10-25 03:00	15.4	145.3	59	115	900
	201622	하이마(HAIMA)	2016-10-19 03:00	15.9	127.6	59	115	900
	201601	네파탁(NEPARTAK)	2016-07-07 15:00	21.6	123.4	59	115	900
	201513	소델로(SOUDELOR)	2015-08-04 03:00	17.8	140.8	59	115	900
	201422	하구핏(HAGUPIT)	2014-12-05 03:00	11.4	130.5	59	115	900
	201420	누리(NURI)	2014-11-03 03:00	17.9	132.4	59	115	900
	201419	봉퐁(VONGFONG)	2014-10-09 03:00	18.7	130.5	59	115	900
	201328	레끼마(LEKIMA)	2013-10-24 03:00	19.9	148.7	59	115	900
7	200815	장미(JANGMI)	2008-09-28 03:00	21.7	123.7	59	115	910
	199520	ANGELA	1995-11-02 03:00	14.4	126.9	59	115	910
	202302	마와르(MAWAR)	2023-05-26 03:00	14.9	140.4	58	113	905
	201504	마이삭(MAYSAK)	2015-04-01 03:00	10.3	138.7	58	113	905
	201217	줄라왓(JELAWAT)	2012-09-27 03:00	19.1	125.4	57	111	905
8	200922	니다(NIDA)	2009-11-26 09:00	14.5	140.7	57	111	905
	200918	멜로르(MELOR)	2009-10-05 09:00	18.5	136.3	57	111	905
	200614	야기(YAGI)	2006-09-22 03:00	22.6	144.8	57	111	910
	200416	차바(CHABA)	2004-08-25 09:00	20.4	138.2	57	111	910
	198310	FORREST	1983-09-23 09:00	18.6	133.5	57	110	885
9	198709	BETTY	1987-08-11 21:00	12.3	127.4	57	110	890
	198317	MARGE	1983-11-04 09:00	18.2	135.2	57	110	895
	199810	ZEB	1998-10-14 03:00	16.2	123.8	57	110	900
	199230	GAY	1992-11-21 09:00	11.4	156.0	57	110	900
	198715	HOLLY	1987-09-10 03:00	18.8	155.5	57	110	900

순위	태풍번호	태풍명	최대강도 일시 (KST)	최대강도 위치		최대강도		
				위도	경도	최대풍속 (m/s)	최대풍속 (knot)	중심기압 (hPa)
10	198607	PEGGY	1986-07-07 03:00	16.4	131.8	57	110	900
	197909	HOPE	197-08-01 03:00	20.1	124.7	57	110	900
	198126	IRMA	1981-11-22 21:00	12.8	132.8	57	110	905
	197709	BABE	1977-09-08 09:00	20.4	127.3	57	110	905
	199725	KEITH	1997-11-03 03:00	15.2	143.2	57	110	910
	199429	SETH	1994-10-08 09:00	19.1	125.6	57	110	910
	199424	MELISSA	1994-09-16 09:00	22.8	158.4	57	110	910
	197911	JUDY	1979-08-20 09:00	21.3	133.8	57	110	910
	197921	VERA	1979-11-05 03:00	12.1	127.6	57	110	915
	200010	BILIS	2000-08-22 03:00	20.3	125.1	57	110	920
	198304	WAYNE	1983-07-24 09:00	19.3	124.4	57	110	920
	198211	CECIL	1982-08-09 03:00	22.9	123.6	57	110	920
	197720	LUCY	1977-12-04 03:00	14.0	129.2	57	110	920
	197719	KIM	1977-11-10 21:00	14.6	133.2	57	110	920
	198626	KIM	1986-12-03 15:00	15.7	143.0	57	110	925
	198309	ELLEN	1983-09-06 15:00	18.3	123.0	57	110	925
	197705	VERA	1977-07-31 09:00	24.4	123.7	57	110	925
	198319	ORCHID	1983-11-24 03:00	17.2	126.0	57	110	930
10	202019	고니(GONI)	2020-11-01 03:00	13.7	125.1	56	109	910
	202010	하이선(HAISHEN)	2020-09-04 21:00	22.6	133.5	56	109	910
	201923	할롱(HALONG)	2019-11-06 03:00	20.3	150.6	56	109	910
	201822	망쿳(MANGKHUT)	2018-09-15 03:00	18.0	122.3	56	109	910
	201216	산바(SANBA)	2012-09-14 15:00	19.1	129.8	56	109	910

1.4 1951 ~ 2024년 영향태풍 통계(ASOS 자료)

1.4.1 강수량 및 풍속 순위(ASOS)

□ 1951~2024년 영향 태풍의 영향기간 동안 일강수량 순위(ASOS)

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	일강수량 (mm)	1시간 최대강수량 (mm)
1	200215	루사(RUSA)	강릉	2002-08-31	870.5	100.5
2	198118	AGNES	장흥	1981-09-02	547.4	52.5
3	199809	YANNI	포항	1998-09-30	516.4	93.4
4	199112	GLADYS	부산	1991-08-23	439.0	40.0
5	200711	나리(NARI)	제주	2007-09-16	420.0	75.0
6	200314	매미(MAEMI)	남해	2003-09-12	410.0	89.5
7	197214	BETTY	해남	1972-08-20	407.5	80.0
8	197119	OLIVE	삼척	1971-08-05	390.8	39.5
9	202306	카눈(KHANUN)	속초	2023-08-10	368.7	91.3
10	199507	JANIS	보령	1995-08-25	361.5	69.5
11	200415	메기(MEGI)	완도	2004-08-18	353.5	56.5
12	199307	ROBYN	대관령	1993-08-10	349.0	40.4
13	202211	힌남노(HINNAMNOR)	포항	2022-09-26	342.4	81.3
14	197911	JUDY	통영	1979-08-25	340.5	55.0
15	201918	미탁(MITAG)	울진	2019-10-02	332.9	91.3
16	200514	나비(NABI)	울산	2005-09-06	327.5	31.0
17	198412	JUNE	속초	1984-09-02	314.2	50.5
18	201825	콩레이(KONG-REY)	제주	2018-10-05	310.0	48.8
19	199429	SETH	삼척	1994-10-12	307.5	76.5
20	201412	나크리(NAKRI)	고흥	2014-08-02	306.5	52.5
21	201819	솔릭(SOULIK)	진도군	2018-08-23	305.0	35.0
22	199413	DOUG	서귀포	1994-08-11	304.0	52.6
23	198213	ELLIS	대관령	1982-08-27	303.0	33.5
24	201109	무이파(MUIFA)	제주	2011-08-07	299.0	39.5
25	197803	POLLY	남해	1978-06-18	291.0	41.0
26	198705	THELMA	산청	1987-07-15	287.3	53.0
27	195412	JUNE	강릉	1954-09-13	287.1	
28	201618	차바(CHABA)	양산시	2016-10-05	277.5	119.5
29	198508	KIT	강릉	1985-08-10	275.9	50.3
30	199907	OLGA	서산	1999-08-02	274.5	37.3

□ 1951~2024년 영향 태풍의 영향기간 동안 누적강수량 순위(ASOS)

순위	태풍번호	태풍명	영향기간	관측지점명	영향기간 누적강수량(mm)
1	200215	루사(RUSA)	2002-08-30 ~ 2002-09-01	강릉	898.0
2	198118	AGNES	1981-08-31 ~ 1981-09-04	성산	684.0
3	198012	NORRIS	1980-08-28 ~ 1980-08-31	성산	674.0
4	200711	나리(NARI)	2007-09-15 ~ 2007-09-17	성산	650.0
5	199413	DOUG	1994-08-09 ~ 1994-08-12	성산	637.0
6	199809	YANNI	1998-09-28 ~ 1998-09-30	포항	611.3
7	201918	미탁(MITAG)	2019-10-01 ~ 2019-10-03	울진	556.3
8	199112	GLADYS	1991-08-22 ~ 1991-08-26	울산	545.0
9	202114	찬투(CHANTHU)	2021-09-13 ~ 2021-09-17	서귀포	511.1
10	198712	DINAH	1987-08-30 ~ 1987-08-31	성산	503.0
11	195412	JUNE	1954-09-13 ~ 1954-09-14	강릉	477.5
12	200306	소델로(SOUDELOR)	2003-06-18 ~ 2003-06-19	성산	469.0
13	197214	BETTY	1972-08-18 ~ 1972-08-20	수원	461.8
14	198211	CECIL	1982-08-12 ~ 1982-08-15	산청	460.0
15	200014	SAOMAI	2000-09-12 ~ 2000-09-16	성산	446.0
16	197119	OLIVE	1971-08-04 ~ 1971-08-06	삼척	442.0
17	199907	OLGA	1999-08-02 ~ 1999-08-04	서산	435.5
18	197613	BILLIE	1976-08-12 ~ 1976-08-14	원주	430.0
19	198505	HAL	1985-06-27 ~ 1985-06-28	성산	429.8
20	197002	OLGA	1970-07-05 ~ 1970-07-07	강릉	420.6
21	198613	VERA	1986-08-27 ~ 1986-08-29	성산	411.0
22	200314	매미(MAEMI)	2003-09-12 ~ 2003-09-13	남해	410.0
23	202306	카눈(KHANUN)	2023-08-08 ~ 2023-08-11	속초	403.5
24	197911	JUDY	1979-08-24 ~ 1979-08-26	통영	401.8
25	197803	POLLY	1978-06-18 ~ 1978-06-22	남해	400.9
26	201216	산바(SANBA)	2012-09-16 ~ 2012-09-18	제주	399.2
27	199307	ROBYN	1993-08-08 ~ 1993-08-11	대관령	397.6
28	199507	JANIS	1995-08-25 ~ 1995-08-27	보령	397.5
29	198403	ALEX	1984-07-04 ~ 1984-07-08	남원	394.1
30	202211	힌남노(HINNAMNOR)	2022-09-04 ~ 2022-09-06	포항	393.0

□ 1951~2024년 영향 태풍의 영향기간 동안 최대풍속 순위(ASOS)

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	최대풍속(m/s)
1	200314	매미(MAEMI)	고산	2003-09-12	51.1
2	201618	차바(CHABA)	고산	2016-10-05	49.0
3	200012	PRAPIROON	흑산도	2000-08-31	47.4
4	195412	JUNE	울릉도	1954-09-14	45.0
	202009	마이삭(MAYSAK)	고산	2020-09-02	45.0
5	200215	루사(RUSA)	고산	2002-08-31	43.7
6	200711	나리(NARI)	고산	2007-09-16	43.0
7	201913	링링(LINGLING)	흑산도	2019-09-07	42.1
8	195115	RUTH	포항	1951-10-14	39.8
9	195522	LOUISE	울릉도	1955-09-30	37.8
10	195209	KAREN	목포	1952-08-18	37.5
11	202211	힌남노(HINNAMNOR)	고산	2022-09-06	37.3
12	196110	HELEN	울릉도	1961-08-04	36.7
13	202008	바비(BAVI)	흑산도	2020-08-26	36.4
14	201215	볼라벤(BOLAVEN)	완도	2012-08-28	36.3
15	195211	MARY	목포	1952-09-03	36.2
16	195914	SARAH	여수	1959-09-17	35.5
	201007	곤파스(KOMPASU)	흑산도	2010-09-01	35.5
17	195407	-	인천	1954-08-26	35.0
18	195609	BABS	울릉도	1956-08-17	34.7
19	196015	CARMEN	포항	1960-08-23	33.3
20	199503	FAYE	여수	1995-07-23	33.2
21	195612	EMMA	여수	1956-09-10	32.5
22	196304	SHIRLEY	여수	1963-06-20	32.0
23	195114	PAT	울릉도	1951-09-29	31.7
24	195707	AGNES	부산	1957-08-21	31.1
25	199907	OLGA	여수	1999-08-03	30.7
26	196209	NORA	부산	1962-08-03	30.0
	197120	POLLY	목포	1971-08-10	30.0
	199809	YANNI	흑산도	1998-09-30	30.0
27	195819	GRACE	부산	1958-09-06	29.7
	199219	TED	울릉도	1992-09-25	29.7
28	201216	산바(SANBA)	고산	2012-09-17	29.3
29	201109	무이파(MUIFA)	흑산도	2011-08-07	29.1
30	195415	MARIE	포항	1954-09-25	28.9

- 최대풍속은 10분 평균풍속

□ 1951~2024년 영향 태풍의 영향기간 동안 최대순간풍속 순위(ASOS)

순위	태풍번호	태풍명	관측지점명	관측일	최대순간풍속(m/s)
1	200314	매미(MAEMI)	제주	2003-09-12	60.0
			고산	2003-09-12	60.0
2	200012	PRAPIROON	흑산도	2000-08-31	58.3
3	200215	루사(RUSA)	고산	2002-08-31	56.7
4	201618	차바(CHABA)	고산	2016-10-05	56.5
5	201913	링링(LINGLING)	흑산도	2019-09-07	54.4
6	200711	나리(NARI)	울릉도	2007-09-17	52.4
7	201215	볼라벤(BOLAVEN)	완도	2012-08-28	51.8
8	199219	TED	울릉도	1992-09-25	51.0
9	202009	마이삭(MAYSAK)	고산	2020-09-02	49.2
10	198613	VERA	울진	1986-08-28	49.0
11	202008	바비(BAVI)	흑산도	2020-08-26	47.4
12	200514	나비(NABI)	울릉도	2005-09-07	47.3
13	195914	SARAH	제주	1959-09-17	46.9
14	199503	FAYE	통영	1995-07-23	46.6
15	200415	메기(MEGI)	울릉도	2004-08-19	46.1
16	199907	OLGA	완도	1999-08-03	46.0
17	195612	EMMA	여수	1956-09-10	45.7
18	200613	산산(SHANSHAN)	울릉도	2006-09-18	45.6
19	201007	콘파스(KOMPASU)	흑산도	2010-09-01	45.4
20	195522	LOUISE	울릉도	1955-09-30	44.3
21	198712	DINAH	서귀포	1987-08-30	44.0
22	202211	힌남노(HINNAMNOR)	울릉도	2022-09-06	43.4
23	196411	HELEN	서귀포	1964-08-02	43.0
24	201109	무이파(MUIFA)	흑산도	2011-08-07	42.4
25	198013	ORCHID	울릉도	1980-09-11	42.3
26	201917	타파(TAPAH)	여수	2019-09-22	42.2
27	199809	YANNI	흑산도	1998-09-30	42.1
28	199307	ROBYN	울릉도	1993-08-10	42.0
29	197207	RITA	제주	1972-07-26	41.5
30	196110	HELEN	울릉도	1961-08-04	41.4

1.5 우리나라에 영향을 미친 태풍 경로도

- 우리나라에 영향을 미친 태풍들의 경로도는 기상청 날씨누리의 태풍 정보 내 과거태풍 정보의 태풍 경로도 활용
 - 링크 정보: <https://www.weather.go.kr/w/typhoon/typ-history.do>
 - 태풍 경로도 QR 코드





부록 2

태풍 예보 업무 변천사

- 2.1 국가태풍센터의 설립
- 2.2 태풍현업시스템 구축
- 2.3 태풍특보
- 2.4 국제협력 활동

2.1 국가태풍센터의 설립

태풍에 대한 예보 업무는 1965년부터 시작되었다. 1982년 이전은 중앙 관상대, 1982~1990년에는 중앙기상대, 그리고 1990년 이후는 기상청의 예보 담당 부서에서 태풍 특보의 발표 및 진로 예보 업무 등을 수행하였다. 2002년 태풍 ‘루사’와 2003년 태풍 ‘매미’로 인해 많은 인명피해와 천문학적인 재산피해가 발생하면서 태풍 분석 및 예보 업무의 강화, 태풍 재해 경감을 위한 효율적 태풍 대응을 위해 태풍 예보 전담기관의 필요성이 대두되어 2008년 태풍을 맞이하는 길목에 위치한 제주도 서귀포에 국가태풍 센터가 설립되었고(그림 1), 현재까지 태풍 예보 업무를 전담 해왔다(표 1).

현재 국가태풍센터는 기상청 예보국 소속으로 총 38명이 근무하고 있으며, 북서태평양 전역 열대저기압 발생 감시와 태풍·열대저압부 분석 및 예보 정보 생산의 태풍 예보 업무, 태풍 분석·예보 기술 개발·연구 등 연구개발 업무 및 국제협력 업무, 태풍 관련 종합계획 수립 및 관계기관 협력 등의 정책기획 업무를 수행하고 있다. 가장 중요한 태풍 예보를 위한 태풍집중감시기간(5월 15일~11월 15일)에는 태풍 예보관 4명이 24시간 교대근무를 수행하고, 태풍 비상시에는 예보지원(분석 및 언론 대응 등)을 위한 추가 인력이 투입된다.



그림 1. 국가태풍센터의 모습

표 1. 국가태풍센터 연혁 및 주요 태풍서비스 개선 내용

연도	주요 내용
1965	기상청 태풍 예보 업무 시행
2001	48시간 진로 예보 실시
2003	72시간 진로 예보 실시
2005	태풍전담부서 신설, 72시간 강도 예보 실시
2008	국가태풍센터 개소
2011	태풍 5일 예보 정식 운영
2015	태풍 베스트트랙 독자 생산
2016	열대저압부(TD) 24시간 예보
2020	열대저압부(TD) 5일 예보, 태풍강도 초강력 등급 신설
2022	동적 반응형 태풍 상세 정보 제공
2023	한반도 통과 시 상세예보(6h → 3h) 제공, 지형효과를 고려한 강 풍반경 정보제공
2024	경계구역 진입 후 우리나라 영향 예상 시 태풍정보 3시간 주기 발표, 태풍통보문 가독성 개선(강도중심 표출 등), 태풍해설서 시험 제공
2025	태풍 강도 분류 체계를 강도 1~5로 변경 "-, 중, 강, 매우강, 초강력" → "강도 1, 2, 3, 4, 5"

2.2 태풍현업시스템 구축

태풍피해가 사회 경제 전반에 영향을 미침에 따라 태풍 분석 및 예보 업무의 강화를 위해 체계적인 태풍 예보시스템 구축의 필요성이 대두되었다. 이에 따라 2007년 태풍분석 및 예보시스템(TAPS, Typhoon Analysis and Prediction System)을 개발하여 2008년부터 운영하게 되었으며, 그림 2와 같이 TAPS는 운영 중 개선을 통해 버전을 업그레이드하였다.



그림 2. 태풍분석 및 예보시스템(TAPS)의 버전 흐름도

국가태풍센터는 TAPS를 활용하면서 분석 및 예보뿐만 아니라 통계, 그리고 강화된 훈련 기능이 추가된 태풍 업무의 전과정을 아우르는 현업 시스템을 점진적으로 구축하였다. 2014년부터 태풍분석모듈을 개발하였고, 2015년부터 태풍훈련모듈, 그리고 2016년부터는 태풍예보모듈 및 통계 모듈을 개발하였으며, 2017년에 태풍 업무 전과정을 아우르는 통합 플랫폼인 태풍현업시스템(TOS, Typhoon Operation System)을 개발하였다(그림 3).

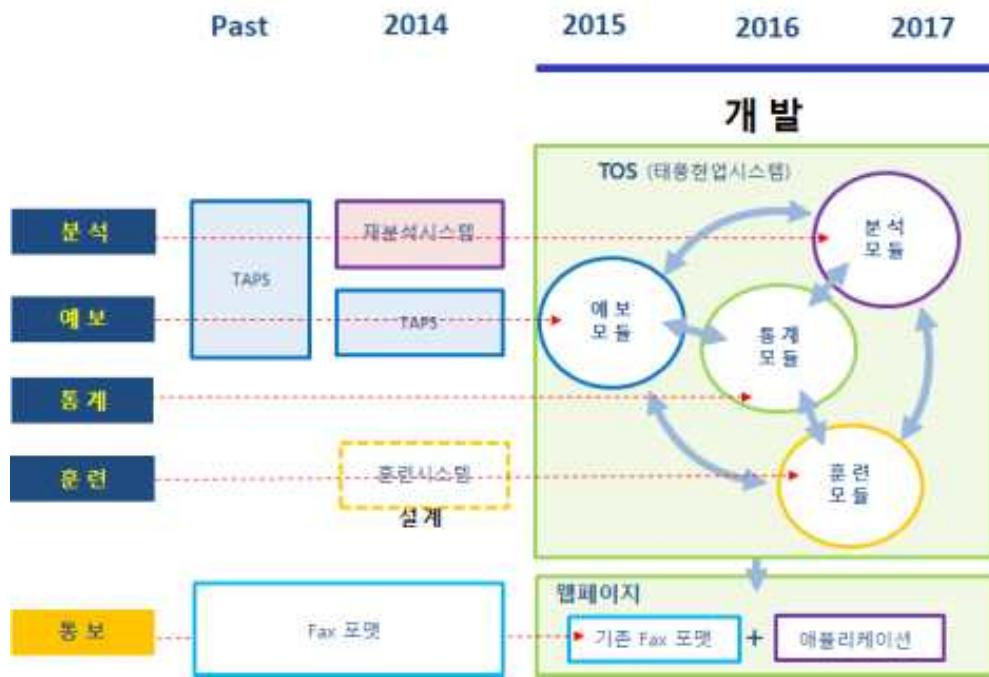


그림 3. 태풍현업시스템(TOS)의 개발 흐름도

2018년에는 태풍현업시스템을 시범 운영하였으며, 열대저기압 및 태풍 분석 · 예보를 위한 객관화된 예보 가이던스를 제공하기 위해 2023년에 감시모듈을 추가하여 태풍 예보관을 포함한 전국 예보관이 활용하고 있다 (그림 4).



그림 4. 태풍현업시스템(TOS)의 구성도

2.3 태풍특보

태풍 예보를 처음 시작한 시기부터 최근의 체계적인 태풍현업시스템이 구축되기까지 예보를 위한 태풍특보(주의보, 경보)의 기준도 표 2와 같이 변경 되어왔다.

표 2. 태풍특보 변경 이력

개정일자	주의보	경보	비고
1964.12.02 (훈령 제5호)	태풍의 중심에서 우리나라 해안선의 가장 가까운 지점이 500km 이상이 되면서, 태풍의 접근으로 인하여 다소 피해 발생이 우려될 때	태풍의 중심에서 우리나라 해안선의 가장 가까운 지점이 500km 권내에 들어갈 것이 예상되거나 상당한 피해가 예상될 때	
1971.07.01. (훈령 제80호)	태풍의 중심이 가장 가까운 우리나라 해안선으로부터 500km 밖에 위치하고 태풍의 여파로 피해가 예상될 때	태풍의 중심이 가장 가까운 우리나라 해안선으로부터 500km 권내에 들고 상당한 피해가 예상될 때	
1983.12.06. (훈령 제149호)	태풍의 중심에서 우리나라 가장 가까운 지점이 500km 밖에 위치하고 태풍의 여파로 인하여 피해가 예상될 때	태풍의 중심에서 우리나라 가장 가까운 지점이 500km에 들어가고 상당한 피해가 예상될 때	해안선 삭제
1989.07.14. (훈령 제203호)	태풍의 영향으로 최대 평균풍속 14m/s 이상의 폭풍 또는 호우, 해일 등으로 재해가 예상될 때	태풍의 영향으로 최대 평균풍속 21m/s 이상의 폭풍 또는 호우, 해일 등으로 막대한 재해가 예상될 때	발표기준 변경
1992.07.07. (훈령 제238호)	태풍의 영향으로 최대풍속 14m/s 이상의 폭풍 또는 호우, 해일 등으로 재해가 예상될 때	태풍의 영향으로 최대풍속 21m/s 이상의 폭풍 또는 호우, 해일 등으로 막대한 재해가 예상될 때	
1998.07.07. (훈령 제307호)	태풍의 영향으로 폭풍, 호우 또는 해일 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것이 예상될 때	태풍의 영향으로 폭풍, 호우 또는 해일 현상 등이 경보 기준에 도달할 것이 예상될 때	정의 수정
2004.06.29. (훈령 제406호)	태풍의 영향으로 강풍, 호우 또는 해일 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것이 예상될 때	태풍의 영향으로 강풍, 호우 또는 해일 현상 등이 경보 기준에 도달할 것이 예상될 때	폭풍→강풍 수정

개정일자	주의보	경보	비고												
2005.05.13. (훈령 제416호)	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것이 예상될 때	태풍으로 인하여 풍속이 17m/s 이상, 또는 강우량이 100mm 이상 예상될 때. 다만 태풍경보는 예상되는 바람과 비의 정도에 따라 아래와 같이 세분한다. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td>3급</td> <td>2급</td> <td>1급</td> </tr> <tr> <td>바람(m/s)</td> <td>17~24</td> <td>25~32</td> <td>33이상</td> </tr> <tr> <td>비(mm)</td> <td>100~249</td> <td>250~399</td> <td>400이상</td> </tr> </table>		3급	2급	1급	바람(m/s)	17~24	25~32	33이상	비(mm)	100~249	250~399	400이상	태풍경보 3단계로 세분화
	3급	2급	1급												
바람(m/s)	17~24	25~32	33이상												
비(mm)	100~249	250~399	400이상												
2012.06.18. (훈령 제727호)	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우 현상 등이 주의보 기준에 도달할 것이 예상될 때	태풍으로 인하여 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우 ① 강풍(또는 풍랑) 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 ② 총 강우량이 200mm 이상 예상될 때 ③ 폭풍해일 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	경보 기준 재정립												
2024.02.15. (대통령령 제34194호)	태풍으로 인하여 강풍, 풍랑, 호우 또는 폭풍해일 현상이 주의보 기준에 도달할 것으로 예상될 때	태풍으로 인하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 1. 강풍, 풍랑 또는 폭풍해일 현상이 경보 기준에 도달할 것으로 예상될 때 2. 총 강우량이 200mm 이상 예상될 때	「기상법 시행령」 편입												

2.4 국제협력 활동

우리나라는 태풍위원회 회원국의 일원으로 활발하게 활동하고 있다. 태풍위원회 총회는 매년 2월경에 회원국이 돌아가면서 개최하고 있으며, 우리나라는 2011년에 제42차 태풍위원회 총회를 개최(1월 17일~1월 22일) 하였고, 2026년에 제58차 총회를 우리나라에서 개최(3월)할 예정이다. 태풍 위원회 통합 워크숍은 태풍위원회 분과별 실무자급 회의로 매년 11월 개최되고 있으며, 기상분과 담당자가 참여하고 있다(표 3).

또한, 국가태풍센터는 한·중, 한·대만 양자 협력도 추진하고 있으며, 한·중 양자 협력은 격년으로 양국에서 번갈아 가면서 개최 중이다. 이 양자 협력을 통해서 한국, 중국, 대만의 태풍 관련 예보·분석 기술개발 현황과 향후 계획 등을 공유 및 협력하고 있다.

표 3. UN ESCAP/WMO 태풍위원회(Typhoon Committee) 활동 내용

구분	내용
회원국	한국, 중국, 일본, 필리핀, 홍콩, 태국, 라오스, 마카오, 미국, 말레이시아, 싱가포르, 베트남, 북한, 캄보디아
태풍위원회 총회	태풍위원회 각 회원국 대표단이 참석하는 의사결정회의(매년 2월)
통합워크숍	태풍위원회 분과별 실무자급 회의(매년 11월)
기상분과 연례회의	태풍위원회 각 회원국 기상분과 담당자 참석회의(매년 10월)
연수프로그램	훈련 및 연구조정 그룹(TRCG) 연수프로그램 운영(태풍예보관 초청 및 공동연구 수행)

그리고 국가태풍센터는 ESCAP/WMO 태풍위원회 「훈련 및 연구조정 분과(TRCG)」 활동의 일환으로 2001년부터 회원국의 태풍예보관 또는 전문가들을 초청하여 공동연구를 수행하는 연수프로그램을 운영하고 있다. 2025년까지 라오스 2명, 태국 12명, 베트남 8명, 필리핀 13명, 중국 6명, 말레이시아 1명 등 6개 회원국 총 42명이 국가태풍센터에서 태풍 관련 기술을 공유하고, 태풍 강도 예측 및 사례 모의 등 공동연구를 수행하였다. 이에 더해 국가태풍센터는 ODA 사업을 통하여 베트남, 라오스, 필리핀에 태풍현업시스템(TOS)을 구축하고 현지 예보관에게 시스템 운영 및 예보 기술을 전수하였다.

2025

태풍백서



기상청

Korea Meteorological
Administration

ISBN : 979-11-6988-692-5(93450)