

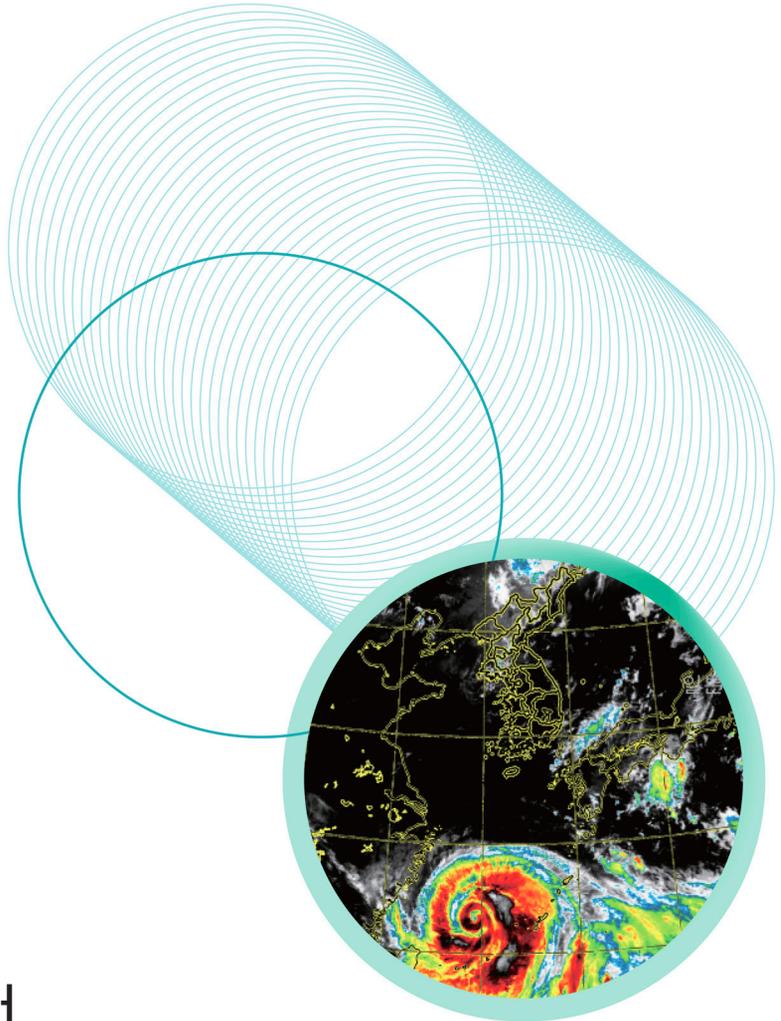
발간등록번호
11-1360000-100030-10



ISSN 2800-0218

2024

한반도 영향태풍 분석보고서



목차

| | |
|-------------------------------|----|
| 제1장 2024년 태풍 주요 현황 | 1 |
| 1. 2024년 태풍 개요 | 3 |
| 가. 태풍 발생 통계 | 3 |
| 나. 태풍 발생 주요 환경 | 6 |
| 다. 한반도 영향태풍 개요 | 28 |
| 제2장 2024년 한반도 영향태풍 분석 | 31 |
| 1. 제9호 태풍 종다리(JONGDARI) | 33 |
| 가. 개요 | 33 |
| 나. 태풍 특성 분석 | 37 |
| 1) 발생기 | 37 |
| 2) 발달·최성기 | 41 |
| 3) 영향기간 | 43 |
| 4) 약화기 | 45 |
| 5) TD 약화 이후 | 48 |
| 6) 특이사항 | 50 |
| 다. 태풍 관련 관측값 | 52 |
| 1. 제10호 태풍 산산(SHANSHAN) | 53 |
| 가. 개요 | 53 |
| 나. 태풍 특성 분석 | 57 |
| 1) 발생기 | 57 |
| 2) 발달·최성기 | 61 |
| 3) 영향기간 | 64 |
| 4) 약화기 | 66 |
| 5) 특이사항 | 69 |
| 다. 태풍 관련 관측값 | 73 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 제3장 2024년 한반도 영향태풍 관련 보도자료 | 75 |
| 1. 제9호 태풍 종다리(JONGDARI) | 77 |
| 2. 제10호 태풍 산산(SHANSHAN) | 78 |
| 부록 1. 2024년 한반도 영향태풍 관련 피해 상황 | 79 |
| 부록 2. 열대저기압의 분류 | 80 |
| 참고문헌 | 81 |

제1장

2024년 태풍 주요 현황

1. 2024년 태풍 개요

가. 태풍 발생 통계

2024년 북서태평양¹⁾에서는 총 26개의 태풍이 발생하였고, 이 중 2개의 태풍이 우리나라에 영향을 주었다. 평년(1991~2020년)과 비슷하게 발생(평년 25.1개)하였으나 영향 태풍은 평년(3.4개)보다 적었다. 5월에 첫 태풍이 발생하였고, 봄철(3~5월) 2개, 여름철(6~8월) 8개, 가을철(9~11월)에 15개가 발생하였으며 12월에도 1개의 태풍이 발생하였다(표 1.1). 여름철(8월)까지는 10개의 태풍이 발생하여 평년(13.5개)보다 적었으나 가을철(특히 9월과 11월)에 평년보다 많은 수가 발생하였다.

2024년 북서태평양에서 발생한 태풍의 최대 발달 강도 분포는 ‘초강력’ 2개(7.7%), ‘매우 강’ 7개(26.9%), ‘강’ 2개(7.7%), ‘중’ 이하 15개(57.7%)였으며, 태풍 강도별 발생비율을 살펴보면 강도 ‘강’ 태풍은 평년에 비하여 1/3 수준으로 적어졌으나(표 1.2) 강도 ‘매우 강’ 이상은 34.6%(평년 28.6%), ‘중’ 이하는 57.7%(평년 47.1%)로 평년보다 각각 6%, 10.6% 많은 분포(57.7%)를 보여 매우 강하거나 약한 강도의 비율이 높은 특징을 보였다.

[표 1.1] 2024년 월별 태풍 발생 수 단위: 개

| 월 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 합계 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|-----|---------------|
| 2024년 | - | - | - | - | 2 | - | 2 | 6 (2) | 8 | 3 | 4 | 1 | 26 (2) |
| 평년 (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) |

※ 태풍 발생일(KST) 기준이며, 괄호 안 숫자는 우리나라에 영향을 준 태풍의 수임

[표 1.2] 2024년 최대강도 등급별 태풍 발생 수 단위: 개(%)

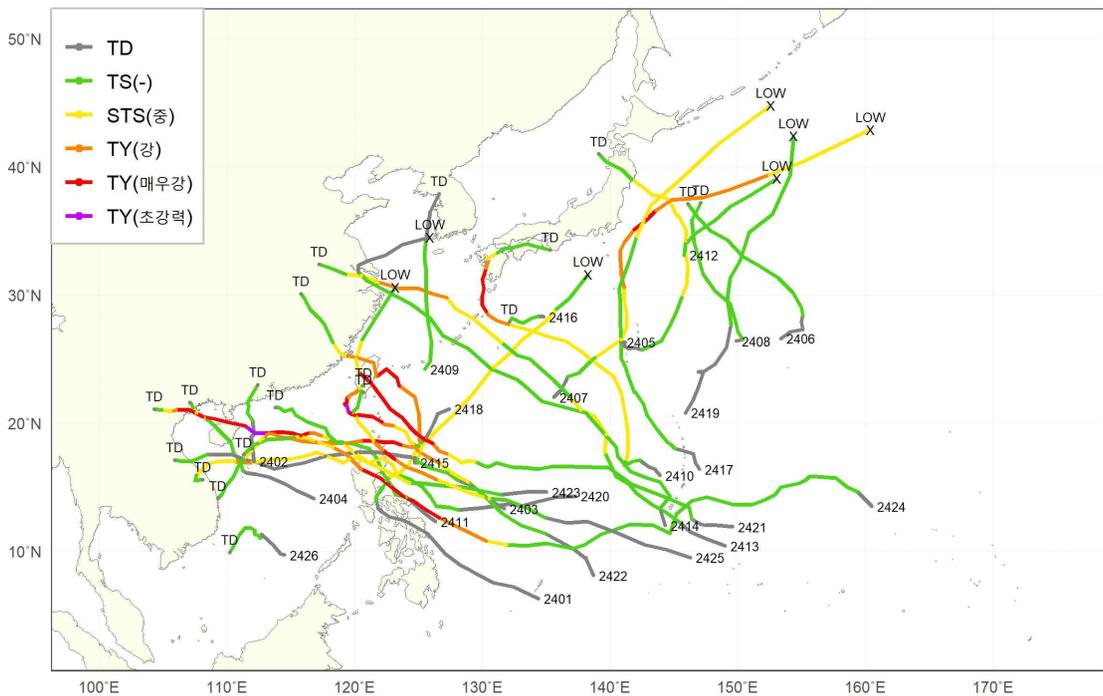
| 강도 등급 | - (17~25 m/s 미만) | 중 (25~33 m/s 미만) | 강 (33~44 m/s 미만) | 매우 강 (44~54 m/s 미만) | 초강력 (54 m/~) | 합계 |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------|------|
| 2024년 | 9(34.6) | 6(23.1) | 2(7.7) | 7(26.9) | 2(7.7) | 26 |
| 평년 | 7.3(29.2) | 4.5(17.9) | 6.1(24.2) | 5.5(22.0) | 1.7(6.6) | 25.1 |

※ 괄호 안 숫자는 총 발생 태풍 대비 백분율(%)임

1) 기상청 열대저기압 감시 및 분석 임무 영역: 위도 0°N~60°N, 경도 100°E~180°E

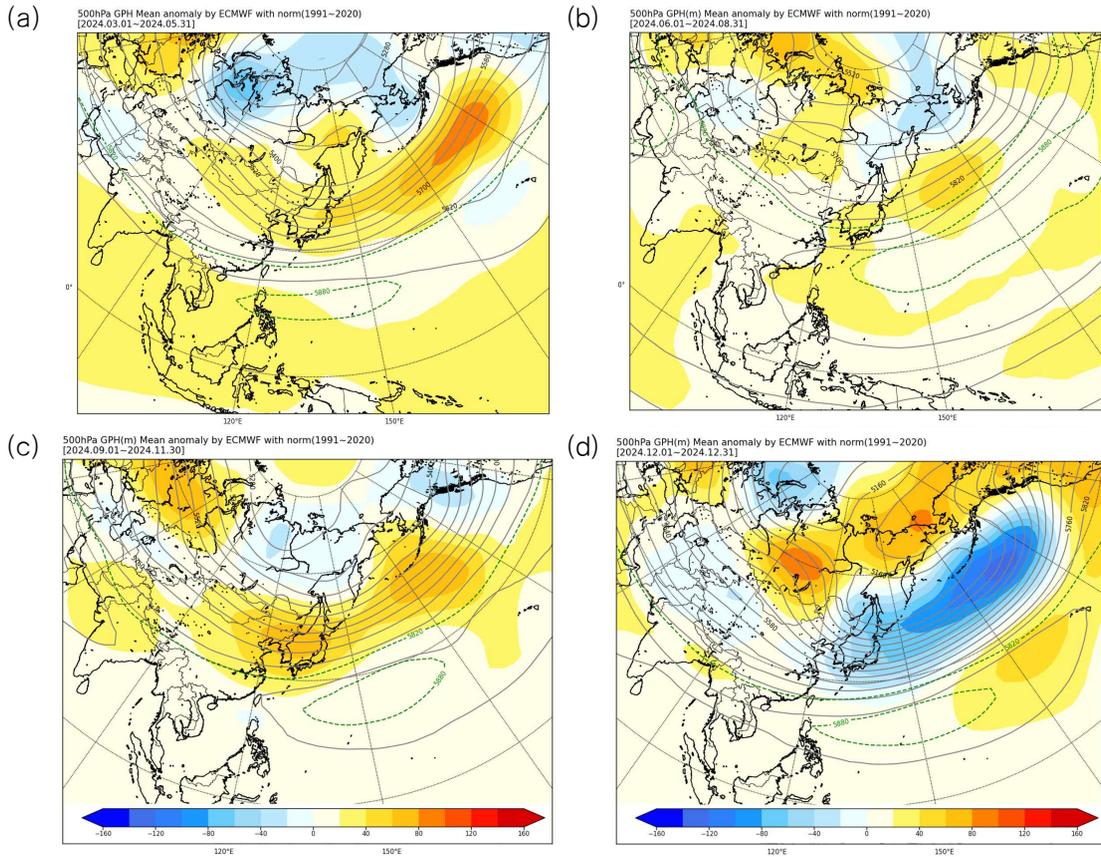
폭풍누적에너지(ACE, Accumulated Cyclone Energy)²⁾는 $204 \times 10^4 \text{ kt}^2$ 로 평년($299.6 \times 10^4 \text{ kt}^2$)보다 적었는데 이는 강도 ‘강’의 비율이 낮아지고, 강도 ‘중’ 이하의 비율은 높아졌을 뿐 아니라 태풍의 평균 생존시간도 110.1시간으로 평년(125.8시간)보다 짧아졌기 때문이다.

아열대고기압이 평년보다 확장(그림 1.2)한 것으로 나타났는데 특히 태풍 발생이 빈번한 여름(그림 1.2.(b))과 가을철(그림 1.2.(c))에 특히 더욱 확장하면서 전체적인 태풍 발생 위치가 평년 대비 넓은 지역으로 확산되는 경향을 나타냈고, 북위 20°N 이북 지역에서도 상대적으로 많은 분포를 보였다(그림 1.3). 우리나라에 영향을 준 태풍은 8월에 발생한 제9호 종다리(JONGDARI)와 제10호 산산(SHANSHAN)으로 총 2개이며 두 태풍 모두 한반도에 상륙하지는 않았다(표 1.1, 그림 1.1).

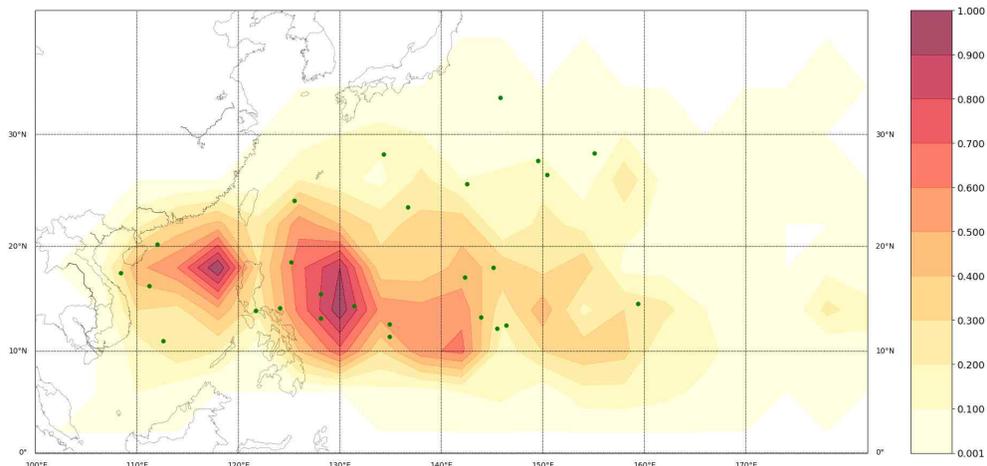


[그림 1.1] 2024년 북서태평양 발생 태풍의 경로

2) 자료 출처: <https://tropical.atmos.colostate.edu/Realtime>



[그림 1.2] 2024년 500 hPa 지위고도³⁾ 편차⁴⁾(녹색: 평년 5880 gpm) (a)봄, (b)여름, (c)가을, (d)겨울



[그림 1.3] 태풍 평년 발생 위치 밀도(채색) 및 2024년 태풍 발생 위치(녹색 점) * 밀도 격자간격 4°×4°

- 3) 지위고도: 지오퍼텐셜을 단위로 하여 측정한 높이. 지면에서 특정 기압이 되는 높이로 지위고도가 주변보다 높으면 고기압, 낮으면 저기압을 의미
- 4) 편차: 특정 변수(기온, 강수량, 지위고도 등)에 대해 특정 시점의 값에서 같은 기간 평년값(과거 30년(1991~2020년)간의 평균)을 뺀 값(30년 평균값에 대해 변화폭이 얼마나 되는지를 가늠하기 위해 사용)

나. 태풍 발생 주요 환경

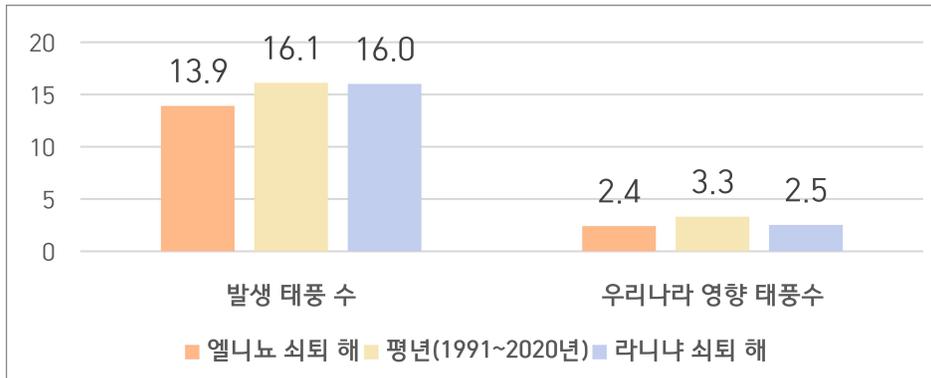
기상청의 엘니뇨·라니냐(El Niño/La Niña) 기준⁵⁾에 따라 2023년 5월부터 엘니뇨 상태로 전환되어 12월에 최성기를 보이고 2024년 5월까지 이어지던 엘니뇨 상태가 6월부터 중립상태를 유지하였다(표 1.3).

[표 1.3] 엘니뇨·라니냐 감시구역 Nino 3.4의 3개월 이동평균 해수면온도 편차(°C)

| 월 연도 | 1월 (전년 12~2) | 2월 (1~3) | 3월 (2~4) | 4월 (3~5) | 5월 (4~6) | 6월 (5~7) | 7월 (6~8) | 8월 (7~9) | 9월 (8~10) | 10월 (9~11) | 11월 (10~12) | 12월 (11~익년 1) |
|---------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------|------------------|
| 2023 | -0.7 | -0.4 | -0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| 2024 | 1.8 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.5 |

※ 빨간색: 엘니뇨, 파란색: 라니냐 / 자료: 미국 국립해양기상청(NOAA) ERSSTv5

※ 평년: 1991~2020년(최근 자료), 2020년 이전은 10년씩 이동된 평년을 사용함



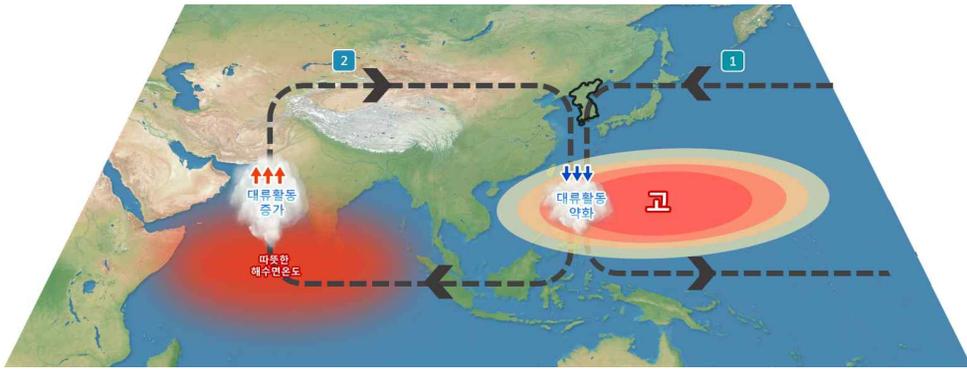
[그림 1.4] 엘니뇨·라니냐 쇠퇴 해의 태풍 발생(6~9월) 비교

2024년처럼 겨울철에 강한 엘니뇨를 보이다가 점차 쇠퇴하는 과거 해는 1992, 1995, 1998, 2005, 2007, 2010, 2016, 2020년으로 총 8번(참고: 라니냐 쇠퇴 해는 1996, 2001, 2006, 2009, 2012, 2014, 2018, 2023년)의 사례가 있었다. 엘니뇨 쇠퇴 시 활발한 태풍 활동을 보이는 6~9월 기간 동안 태풍의 특성은 태풍 발생수(13.9개)와 우리나라 영향 수(2.4개) 모두 평년(16.1개 발생, 3.3개 영향)보다 적게 나타나는 특징을 보였다(그림 1.4). 하지만 2024년은 7월까지 유사한 패턴을 보이다가 9월에는 오히려 평년보다 많은 태풍 발생 수를 기록하여 상반되는 특징을 보였다. 이는 엘니뇨 쇠퇴 후

5) 엘니뇨(라니냐)의 기상청 기준: 엘니뇨·라니냐 감시구역(Nino3.4 지역: 5°S~5°N, 170°W~120°W)의 3개월 이동평균한 해수면온도 편차가 +0.5°C 이상(-0.5°C 이하)으로 5개월 이상 지속될 때, 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐)의 시작으로 봄

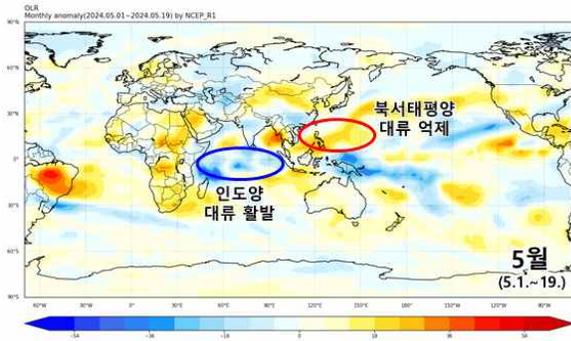
라니냐 상태까지 가지 못하고 중립상태를 계속 유지한 것이 과거와의 차이점이라 할 수 있겠다.

2024년 5월까지 태풍은 2개가 발생하여(평년 2.5개) 평년과 비슷한 수준이었다. 그러나 5월 중반까지 태풍 발생이 없었던 것은 2020년 이후 4년 만에 나타난 현상이다. 이 시기에는 인도양의 대류 활동이 활발하고, 북서태평양의 대류 활동이 억제됨에 따라 북서태평양 아열대고기압이 확장 및 강화되면서 태풍 발생이 억제되었다. 이는 엘니뇨에 따른 중앙태평양 지역에 대류 활동이 증가하면서 보상류에 의해 열대 서태평양 지역으로 고기압성 흐름이 발달하였고, 또한 인도양 해수면온도가 상승하면서 대류활동 증가에 따른 상승류가 해양대륙 부근에서 하강하면서 서태평양 지역에 아열대고기압이 강화되었기 때문이다. 이에 따라 MJO 인자도 인도양과 해양대륙 부근에서 약하게 머무를 뿐 서태평양 지역까지 이동하지 못하는 것으로 나타났다(그림 1.5, 1.6).

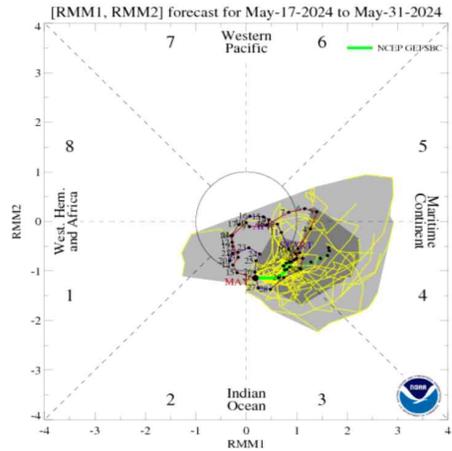


[그림 1.5] 2024년 1~5월 태풍 발생 적은 원인 모식도

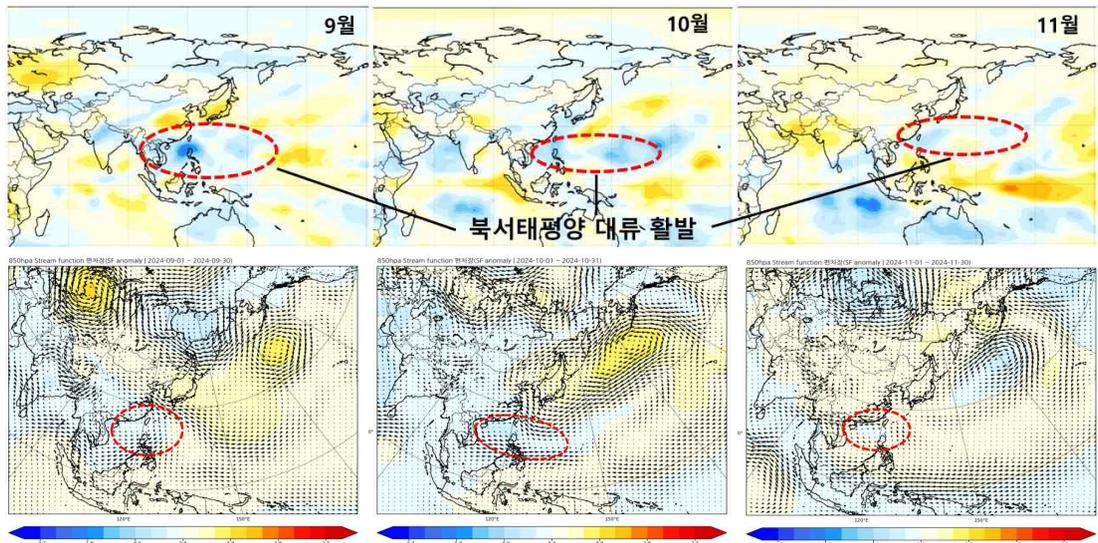
(a)



(b)



[그림 1.6] 5월(5.1.~19.) OLR 편차⁶⁾ 현황(왼쪽) 및 MJO 현황(4.1.~5.16.)과 예측(5.17.~5.31.)

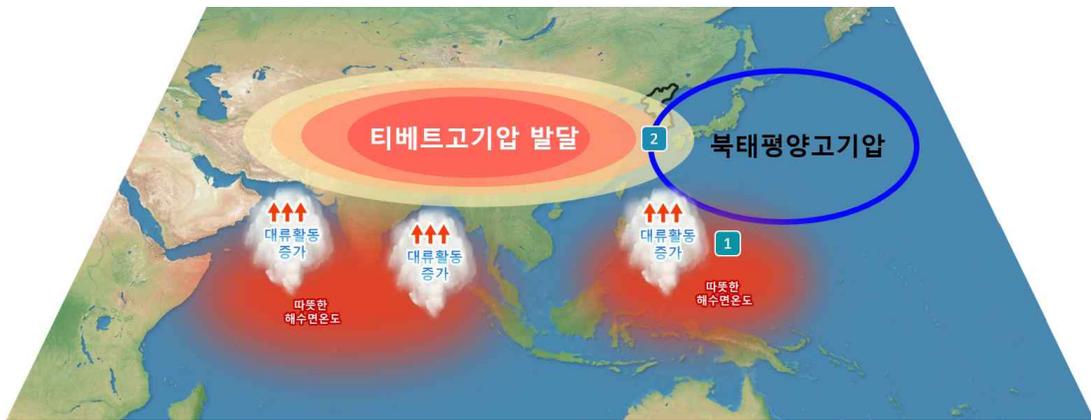


[그림 1.7] 가을철(9~11월) 월별 OLR 편차(위)와 850 hPa 유선 편차(아래)

6월부터 엘니뇨·라니냐 중립상태를 유지하였는데, 6~8월까지의 8개의 태풍이 발생하여 평년(11.0개)보다 적었으나 오히려 가을철(9~11월)에는 15개의 태풍이 발생하여 평년(10.7개)보다 많아져 결론적으로 2024년은 평년과 비슷한 발생 수를 보였다. 가을철에 태풍이 많이 발생한 것은 필리핀 부근과 그 동쪽 지역에서 대류 활동이 활발하였고, 하층(850 hPa)에서도 그

6) OLR(Outgoing Longwave Radiation)편차: 지구장파복사 편차를 통한 대류활동의 감시 요소의 하나로 음수(파랑 채색)이면 평년보다 대류 활발, 양수(빨강 채색)이면 평년보다 대류 억제

지역을 중심으로 저기압성 순환이 강화되었기 때문이다(그림 1.7). 이에 따라 상대적으로 북태평양고기압(약 5 km 상공)이 평년보다 북쪽으로 발달하면서 그 남쪽 가장자리에서 태풍 발생이 많아졌고, 북태평양고기압 가장자리를 따라 북상 진로 환경이 만들어졌으나 북인도양의 대류 활동에 의해 티베트고기압이 발달하여 우리나라 상층(약 12 km 상공)에 자리 잡으면서 우리나라 영향을 저지하였다(그림 1.8). 이는 봄철까지 나타나던 엘니뇨가 약화 되면서 여름철 동안 중립상태를 유지하고 가을철에 라니냐로 진행되는 유사해의 특징과 비슷하다.

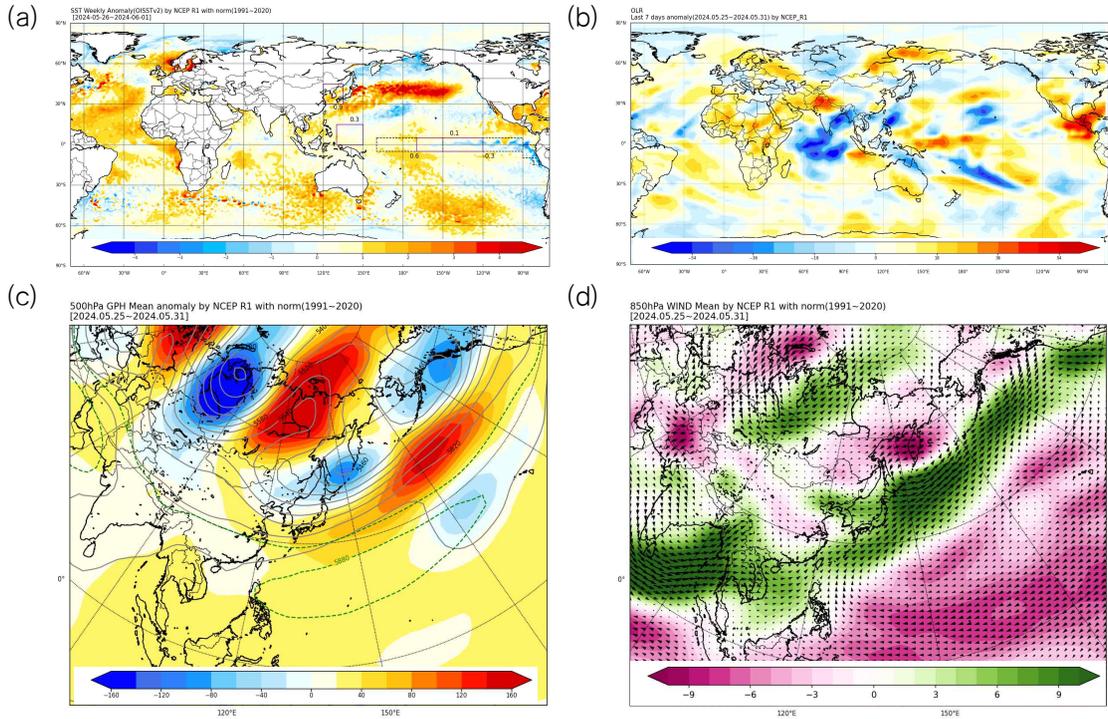


[그림 1.8] 2024년 가을철 태풍 발생 많은 원인과 진로 모식도

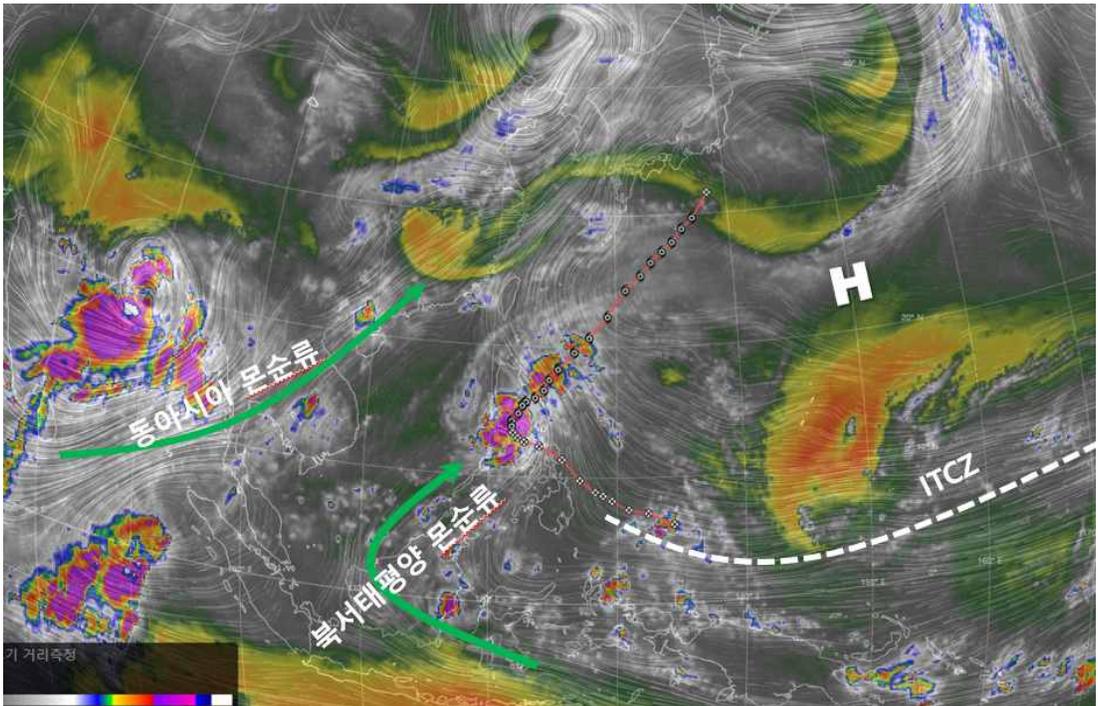
5월 말(5.25.~5.31.)에 태풍 주요 발생 구역의 해수면온도는 평년보다 조금 높은 수준(평년 대비 0.3℃ 이상)을 보이고, 필리핀 부근에서 음의 OLR 편차가 나타났다. 비록 500 hPa 고도장이 양의 편차를 보이면서 강하게 발달할 조건은 아니었으나 남서쪽에서 유입되는 몬순류의 수렴역이 필리핀 부근에 형성되면서 2개의 태풍이 발생(평년 1개)하였다(그림 1.9).

제1호 태풍 에위니아(EWINIAR)는 필리핀 남서쪽에서 유입되는 북서태평양 몬순류와 130°E 부근까지 형성된 ITCZ(Intertropical Convergence Zone, 열대수렴대)의 수렴이 강화되면서 5월 26일 09시에 필리핀 마닐라 남동쪽 해상에서 발생하였으며, 25°N, 150°E 부근에 중심을 둔 아열대고기압의 가장자리를 따라 북동진하였다(그림 1.10).

이후 점차 150°E 부근에 중심을 둔 아열대고기압이 서쪽으로 확장함에 따라 그 서쪽 가장자리를 따라 유입되는 남동류와 동아시아 몬순류(남서류)가 합류되면서 5월 31일 15시에 남중국 해상에서 제2호 태풍 말릭시(MALIKSI)가 발생하였다.



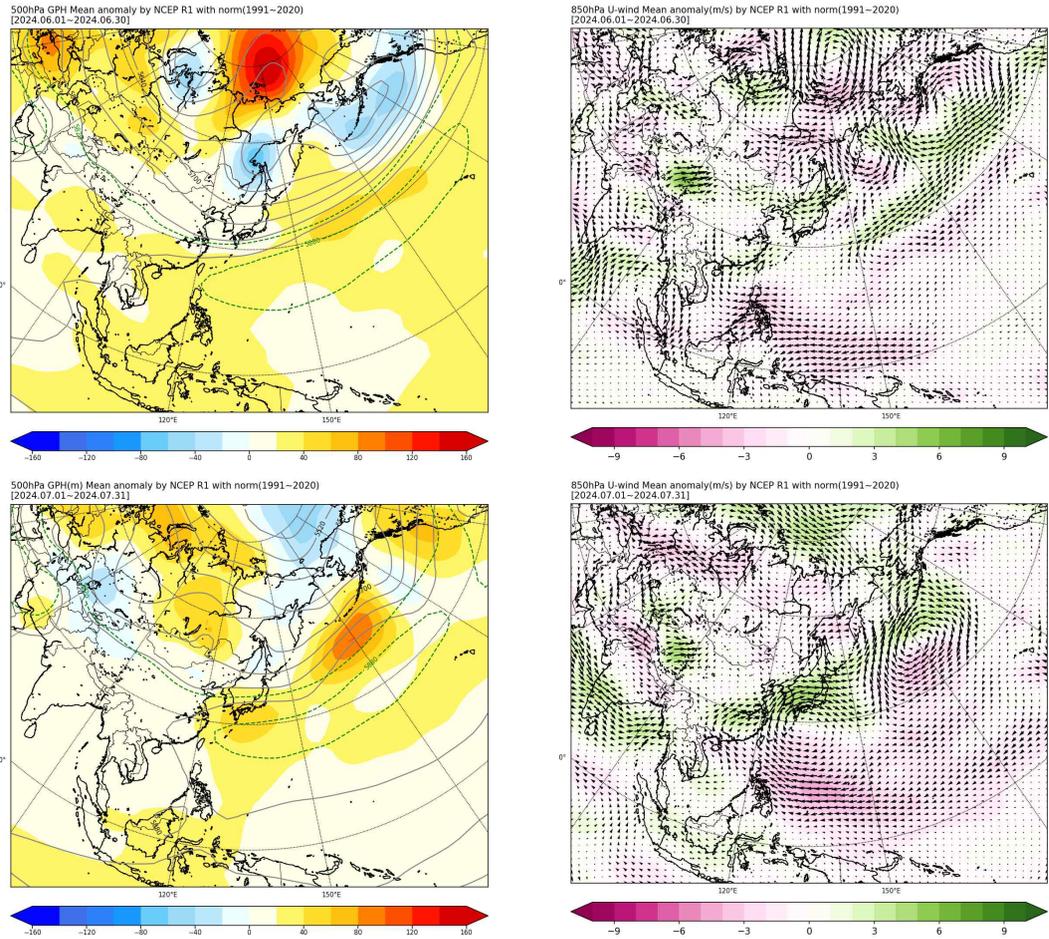
[그림 1.9] 2024년 5월 25일~5월 31일 평년편차 (a)해수면온도, (b)OLR, (c)500hPa 지위고도 (d)850hPa 바람벡터



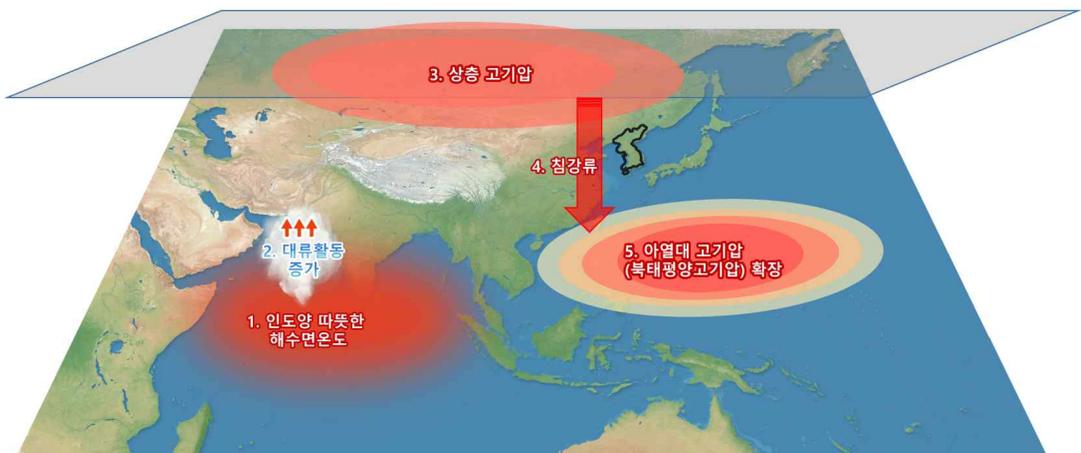
[그림 1.10] 제1호 태풍 에위니아 진로와 KIM 850 hPa 유선장 및 수증기 영상 (2024.5.26. 09시)

6월과 7월은 주요 태풍 발생 구역에서 500 hPa 지위고도가 고압 편차를 보이고, 850 hPa 바람도 10°N 부근에 강한 동풍 편차가 나타나 북서태평양 모든 지역에 걸쳐 뚜렷한 고기압성 순환이 자리 잡아 대류 발생 및 발달에 불리한 환경이 조성되었다(그림 1.11).

이러한 환경으로 인해, 6월과 7월 중순까지는 태풍이 발생하지 않았다. 이는 봄철 열대 인도양의 높은 해수면온도가 지속되면서 6월에 아라비아해 부근으로 대류 활동이 증가하고 7월에 남아시아 지역의 상층에서 고기압성 순환이 발달하여 하강기류(침강류)가 발생하였고, 그로 인해 북서태평양 지역에 아열대고기압이 강하게 확장하였기 때문이다(그림 1.12).

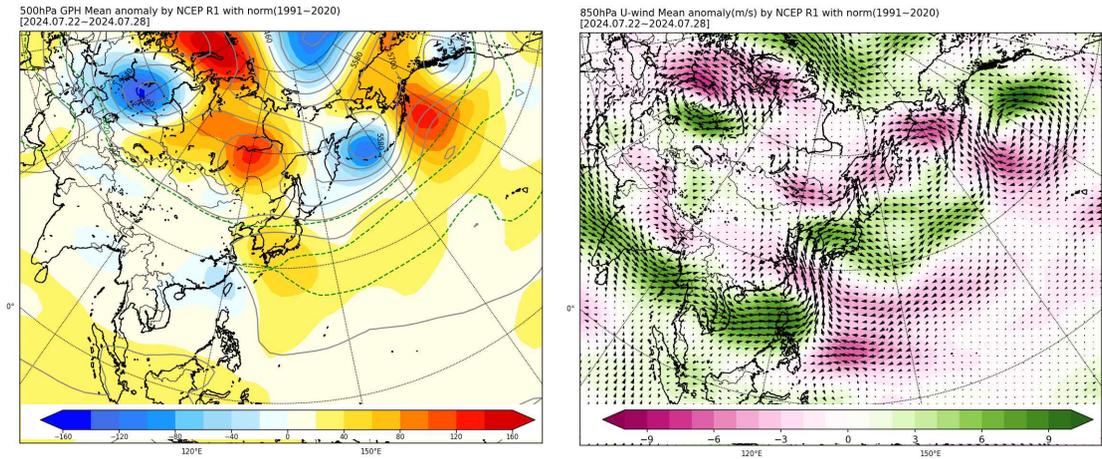


[그림 1.11] 2024년 6월(위)과 7월(아래) 평년편차 (좌)500 hPa 지위고도, (우)850 hPa 바람



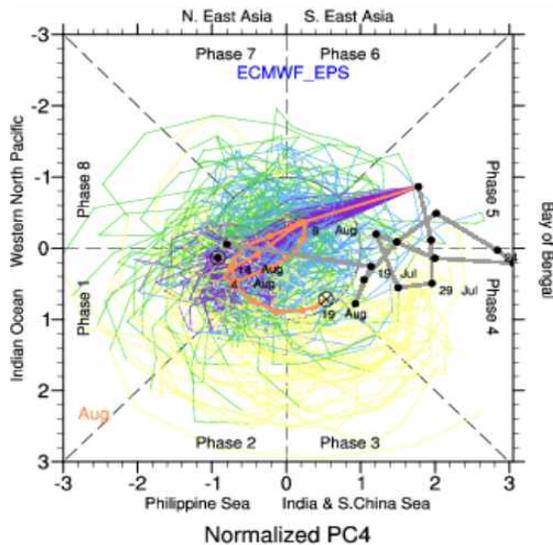
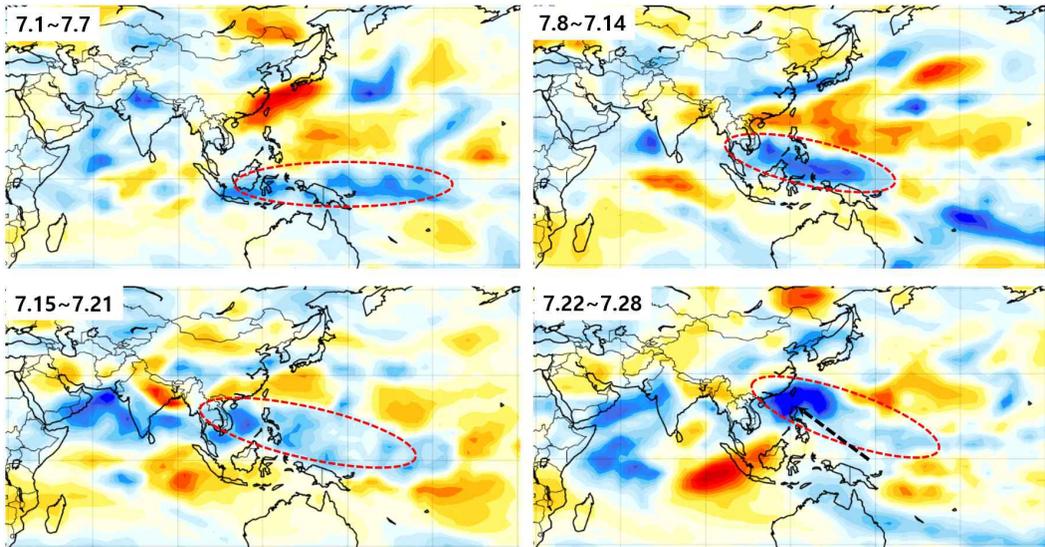
[그림 1.12] 2024년 6월과 7월 태풍이 발생하지 않은 원인 모식도

7월 하순에 접어들면서 남중국 해상까지 확장했던 아열대고기압이 120°E 동쪽으로 축소되었다. 이에 따라 인도양에서부터 필리핀 동쪽 해상까지 강한 양의 서풍 편차가 나타나고, 동쪽으로는 양의 동풍 편차가 나타나면서(그림 1.13) 130°E 부근에서 수렴이 되어 중국 남동쪽에서부터 대만~필리핀 북동쪽까지 형성된 몬순기압골에서 2개의 태풍(7월 평년 3.7개)이 발생하였다.



[그림 1.13] 2024년 7월 말(7.22.~7.28.) 평년편차 (좌)500hPa 지위고도, (우)850hPa 바람

이러한 몬순기압골의 형성은 7월 OLR의 분포와 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타나는데 그림 1.14처럼 7월 초 적도 부근에 동서로 길게 분포한 음의 편차 OLR 구역이 시간에 따라 북서쪽으로 이동하면서 7월 말(4주 후)에는 대만과 필리핀 북동쪽 지역으로 강한 음의 편차가 나타났다.



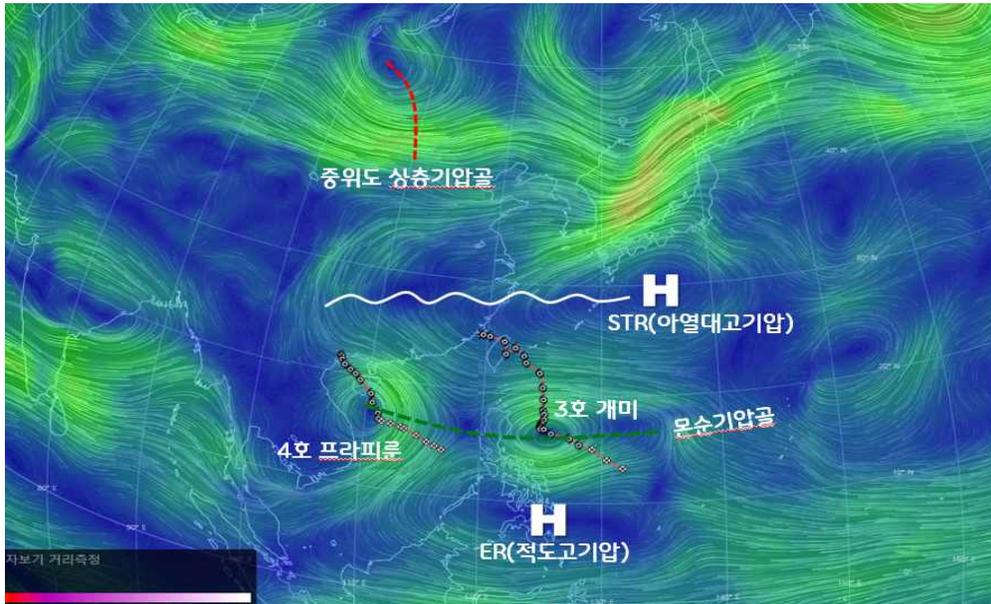
[그림 1.14] 7월 OLR 주간 변화(위)와 BSISO 2 분석과 예측(아래)

여름철 계절내진동(BSISO7)2)의 이동 경향에서도 7월 말 phase 4~5구역으로 강한 시그널이 나타나는 것과 일치하였다.

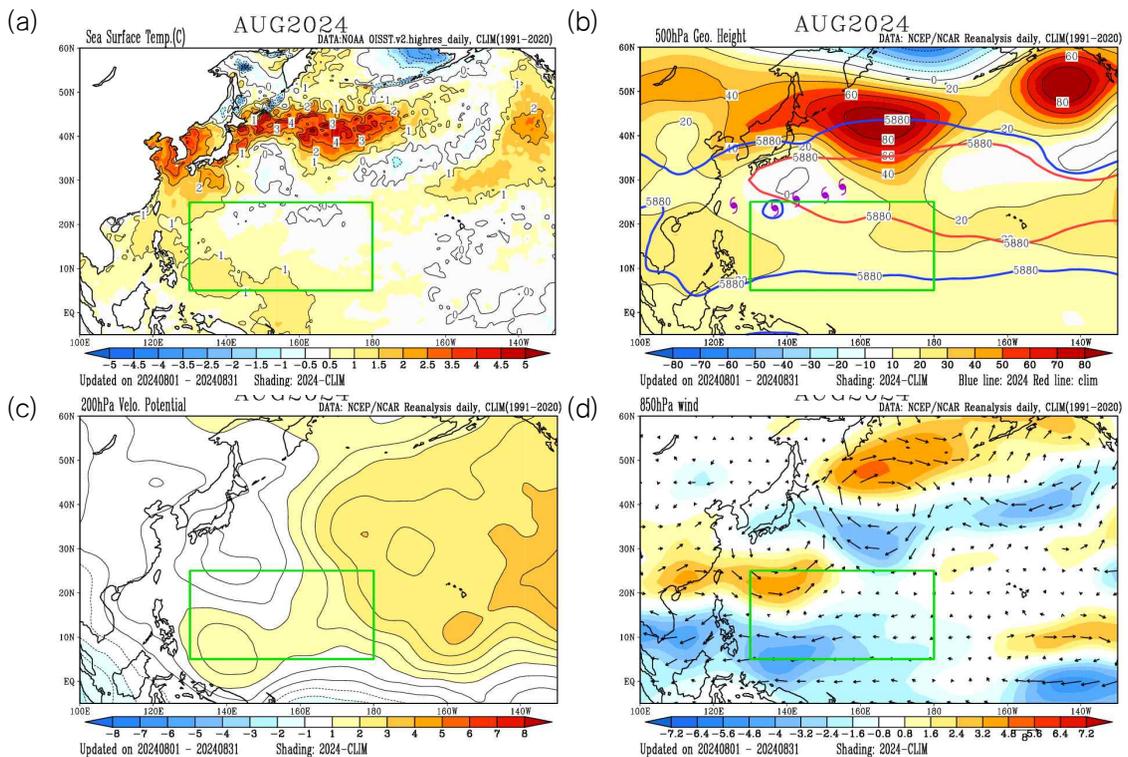
남중국에서 필리핀 동쪽까지 창출한 몬순기압골 내에서 제3호 태풍 개미(GAEMI)가 7월 20일 15시에 필리핀 동쪽 해상에서 발생하였고, 하루 뒤인 7월 21일 12시에 제4호 태풍 프라피룬(PRAPIROON)이 하이난섬 남쪽

7) BSISO(Boreal Summer Intraseasonal Oscillation): 여름철에 발생하는 매든-줄리안 진동(MJO, Madden-Julian Oscillation)과 같은 대규모 대류 순환(건-우기 주기적 변동), BSISO 1은 30~60일 주기로 인도 몬순지역과 북태평양 몬순 지역의 반대 위상을 가지면서 북진, BSISO 2는 10~20일 주기로 인도 몬순, 북태평양 몬순 지역에서 같은 위상을 나타내며 북서진

해상에서 발생하였으나 두 태풍 모두 북쪽의 동서고압대에 막혀 중국 내륙으로 이동하였다(그림 1.15).



[그림 1.15] 제3~4호 태풍 진로와 KIM 500 hPa 유선장(2024.7.21. 15시)



[그림 1.16] 2024년 8월 평년편차 (a)해수면온도, (b)500 hPa 지위고도, (c)200 hPa 속도포텐셜, (d)850 hPa 바람

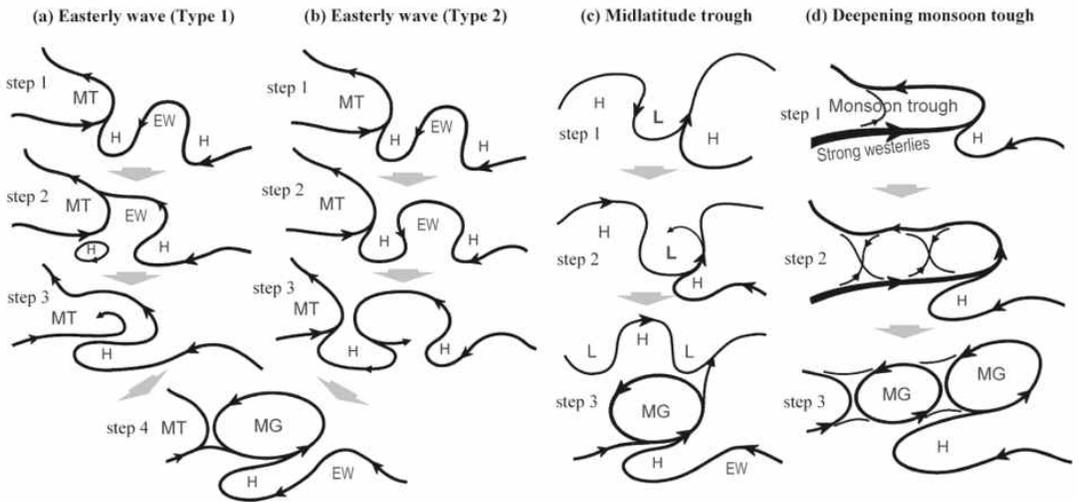
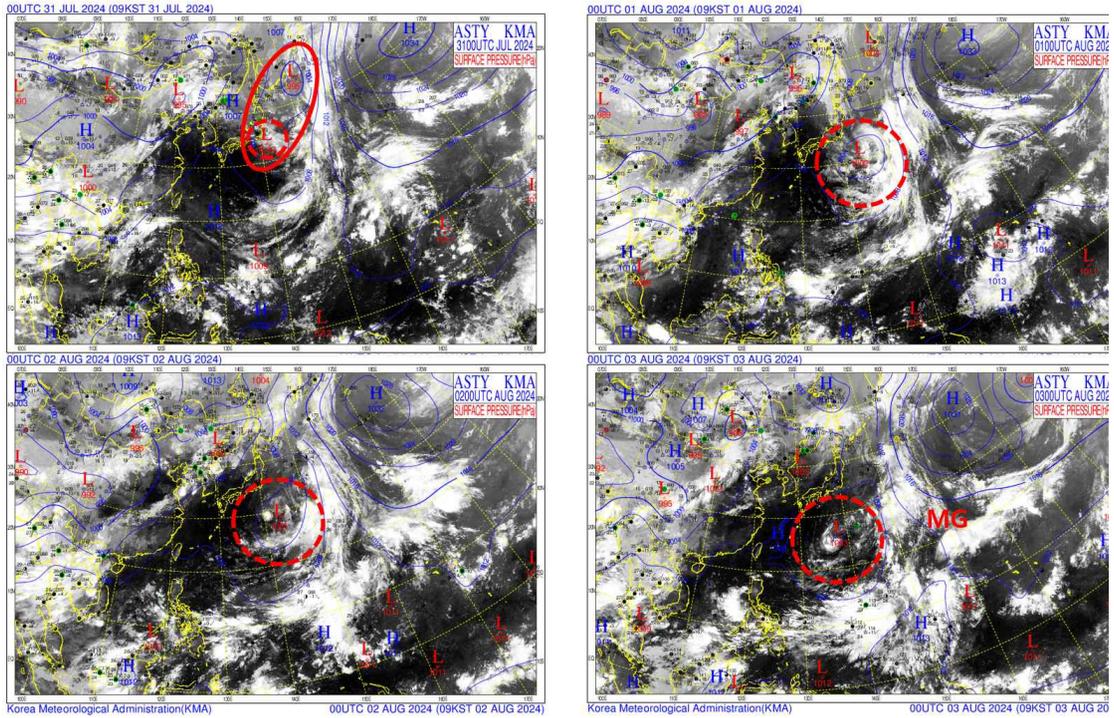


FIG. 6. Schematic diagrams of streamline portraying the four different types of synoptic development for monsoon gyre formation corresponding to Fig. 5. Here MT, EW, MG, H, and L are acronyms for monsoon trough, easterly wave, monsoon gyre, anticyclonic and cyclonic perturbations, respectively. Light gray arrows indicate the transition of steps.

[그림 1.17] 시간에 따른 중위도 저기압의 남진 경향(2024.7.31.~8.3.(위), 몬순자이어⁸⁾ 형성 기작(CHEN at al.,2008)

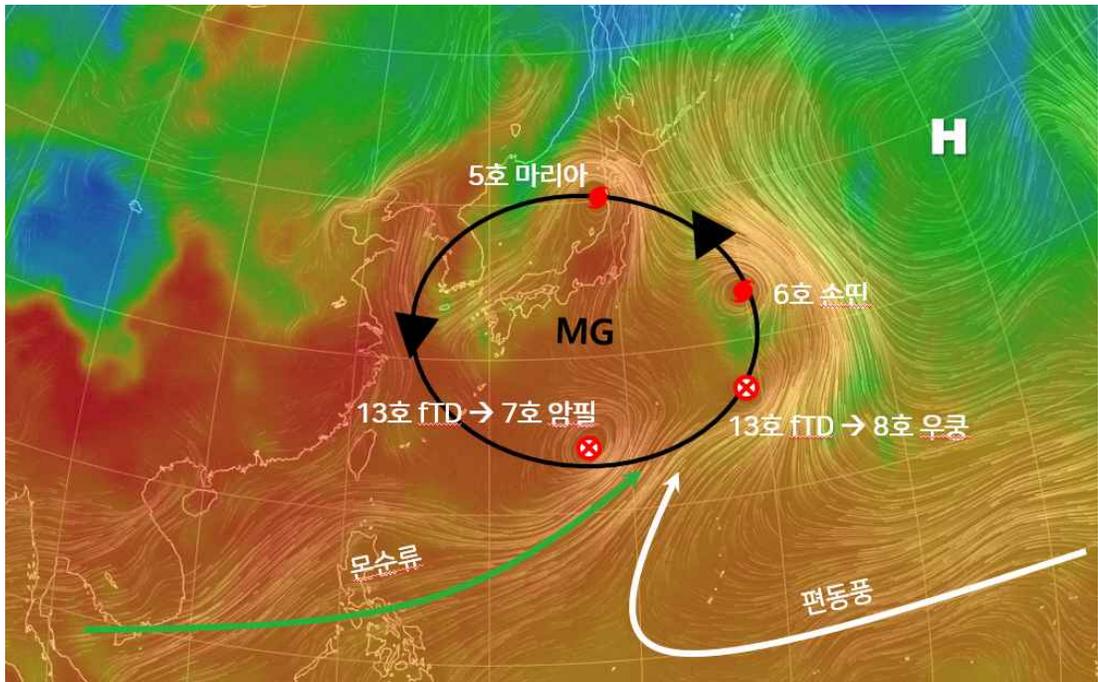
8월에는 평년 5.6개와 비슷한 6개의 태풍이 발생하였고 이 중 2개가 8월 후반 우리나라에 영향을 주었다. Nino 3.4구역의 해수면온도가 음의 편차를

8) 몬순자이어(MG, Monsoon Gyre): 7~9월 사이 아열대 지역에 자주 형성되는 동서 수평규모 2500 km 이상의 수명 5일 이상인 하층 저기압성 순환

보이면서 상대적으로 서태평양의 해수면온도가 평년보다 1℃ 이상 높은 분포를 보였다. 상층(200 hPa)은 수렴편차 구역이 적도와 10°N 부근에 나타나고, 500 hPa 지위고도(5880 gpm)는 평년보다 서쪽과 북쪽으로 많이 확장되어 있었으나 850 hPa 바람이 남중국에서부터 150°E 부근까지 강한 서풍 편차가 나타남에 따라 이 구역을 중심으로 태풍이 발생하였다(그림 1.16).

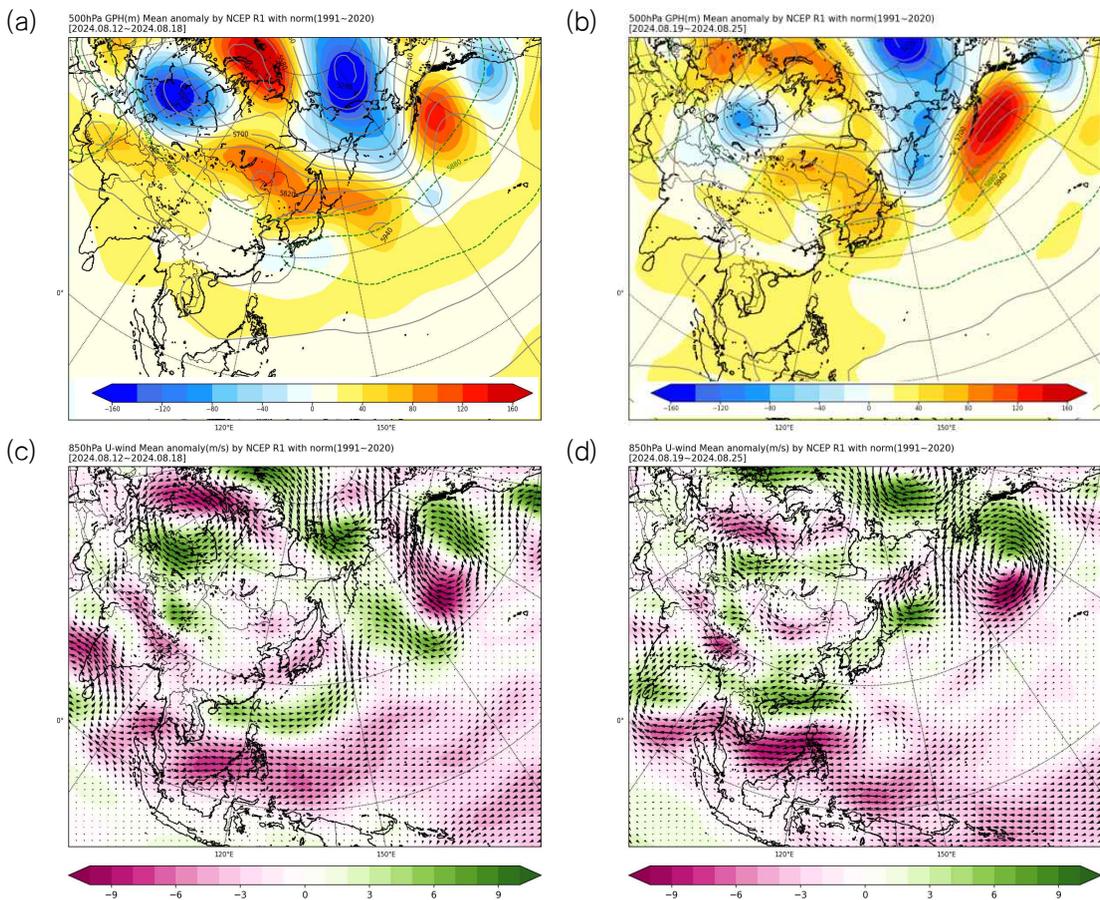
그림 1.17(위)에 나타낸 것처럼 7월 31일 00UTC 일본 동쪽의 저기압성 순환이 점차 남쪽(북서태평양 구역)으로 이동하면서 광범위한 저기압성 순환이 형성되었다. 이는 중위도 기압골이 남쪽으로 떨어져 나오면서 남서쪽의 몬순류와 합류되며 형성되는 몬순자이어(Monsoon Gyre) 형태로(그림 1.18의 (c) Midlatitude trough), 그 가장자리에서 대류운이 발달하면서 태풍으로 성장하는 경우가 많은 것으로 알려져 있다.

제5호 태풍 마리아(MARIA)는 몬순자이어의 남동쪽 가장자리에서 서쪽으로 몬순류가 유입되면서 8월 8일 03시에 일본 도쿄 남남동쪽 해상에서 발생하였다. 그 이후 동쪽 아열대고기압 가장자리를 따라 북상하다가 상층기압골을 만나지 못하고 일본 혼슈 북쪽 지역을 관통하여 빠져나가는 저기압성 순환 진로를 보였다.



[그림 1.18] 제5호~제8호 태풍 발생 상황과 850 hPa 유선장 및 EPT(2024.8.12. 21시)

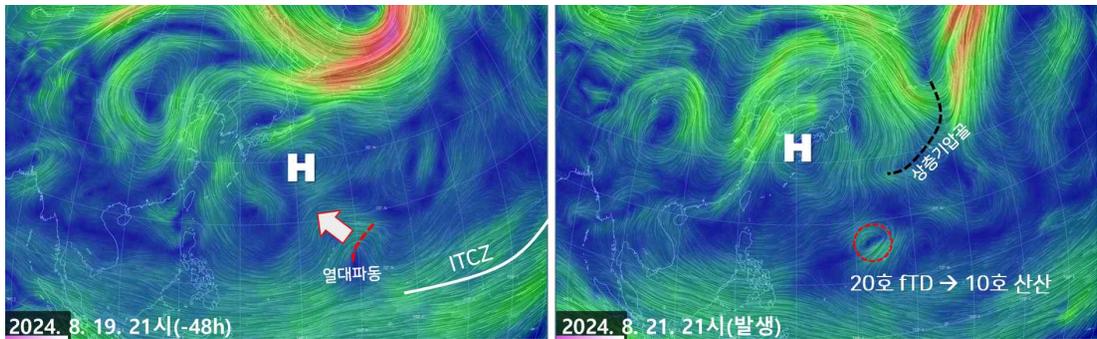
또한, 몬순자이어가 유지되고 동쪽 아열대고기압 가장자리를 따라 유입되는 남풍이 합류되면서 제6호 태풍 손뎨(SON-TINH)이 8월 11일 18시에 일본 도쿄 동남동쪽 먼 해상에서 발생하여 제5호 태풍 마리아와 유사한 진로 패턴을 보였다. 이 태풍은 20°N 이상 북쪽에서 발생하여 최대강도 발달이 994 hPa에 그쳤다. 연이어 8월 13일 03시와 15시에 각각 제7호 태풍 암필(AMPIL)과 제8호 태풍 우쿵(WUKONG)이 몬순자이어의 남동쪽 가장자리에서 발생하여 일본 동쪽 해상으로 북상하여 빠져나갔다(그림 1.18).



[그림 1.19] 2024년 8월 3주(좌)와 4주(우)의 평년편차 (위)500hPa 지위고도, (아래)850hPa 바람

제9호 태풍 종다리(JONGDARI)는 제8호 태풍 우쿵이 일본 북동쪽으로 빠져나가고 아열대고기압이 서쪽으로 확장하면서 몬순자이어 순환이 약해지는 대신 인도양에서 남중국해를 거쳐 유입되는 몬순류가 대만 동쪽

부근에서 수렴되며(그림 1.19) 8월 19일 03시에 대만 동쪽 해상에서 발생하였다. 500 hPa에서는 일본 남동쪽 해상에 아열대고기압이 위치하면서 그 가장자리를 따라 북진하여 우리나라에 영향을 주어 2024년 첫 영향태풍으로 기록되었다. 하지만 200 hPa에서는 상층고기압 순환이 형성되고, 상층 발산 흐름이 약하여 태풍이 강하게 발달하지 못하여(최대 중심기압 996 hPa, 중심부근 최대풍속 19 m/s) 20일 21시 흑산도 부근 해상에서 열대저압부로 약화 되었다. 이어서 제10호 태풍 산산(SHANSHAN)이 몬순기압골의 동쪽 끝부분과 ITCZ의 서쪽 끝부분이 만나는 부분에서 열대 파동이 발달하여 발생하였고(그림 1.20), 2024년 두 번째 우리나라 영향태풍으로 기록되었다.

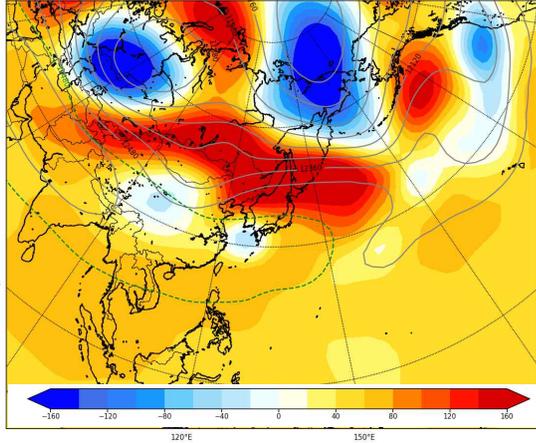


[그림 1.20] 열대파동 발달에 따른 10호 태풍 산산 발생(KIM 500 hPa 유선장)

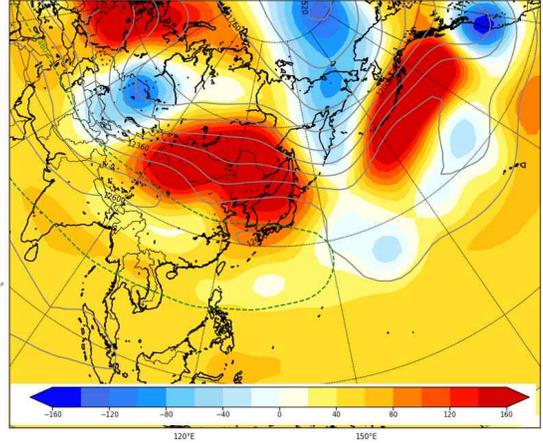
캄차카반도 남쪽으로 길게 형성된 상층기압골이 점차 남하하여 TUTT⁹⁾ 형태로 남서진하면서 10호 태풍 발달과 진로에 영향을 주었는데 그림 1.21에서 보여지는 것처럼 200 hPa 고도편차가 8월 3주(8.12~8.18)에 비해 8월 4주(8.19~8.25) 기간에 캄차카반도에서부터 20°N까지 음의 고도편차가 나타나고, 그 구역이 필리핀 동쪽 해상까지도 약하게 나타나 북서태평양 지역에 이 기간 동안 TUTT의 영향이 있었음을 확인 할 수 있다. 한편, 이 시기에 우리나라 부근 중상층이 모두 강한 고압편차 구역이 위치함(그림 1.19.(b), 1.21.(우))에 따라 북상하는 태풍은 상륙하지 못하고, 약화되거나

9) 열대상층기압골(TUTT, Tropical Upper Tropospheric Trough), 열대지역 상층(200 hPa)에 위치하고 해양의 중앙부분에 형성되는 골(mid-oceanic trough)로서 상층에 한랭핵(cold core)를 갖고 있으면서 일반적으로 시어(shear) 때문에 열대저기압 발달에 양호하지 않지만, 위치에 따라서 발달을 유도할 수 있고, 상호작용을 통해 진로에 영향을 주기도 함

200hPa GPH(m) Mean anomaly by NCEP R1 with norm(1991-2020)
[2024.08.12-2024.08.18]



200hPa GPH(m) Mean anomaly by NCEP R1 with norm(1991-2020)
[2024.08.19-2024.08.25]

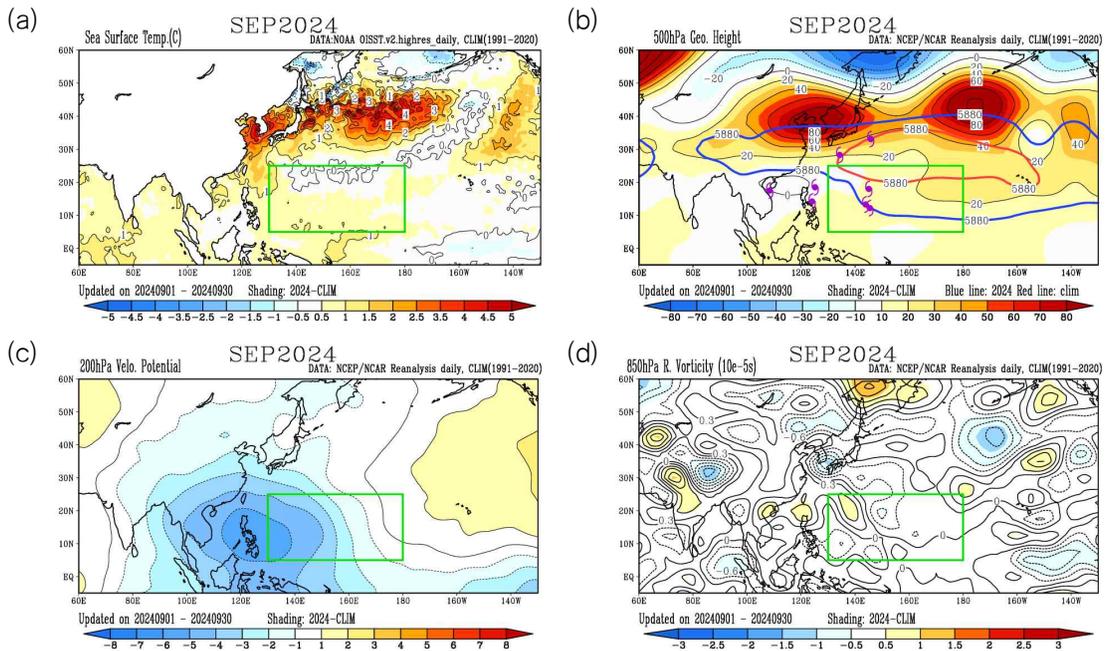


[그림 1.21] 2024년 8월 3주(좌)와 4주(우)의 200hPa 지위고도 편차

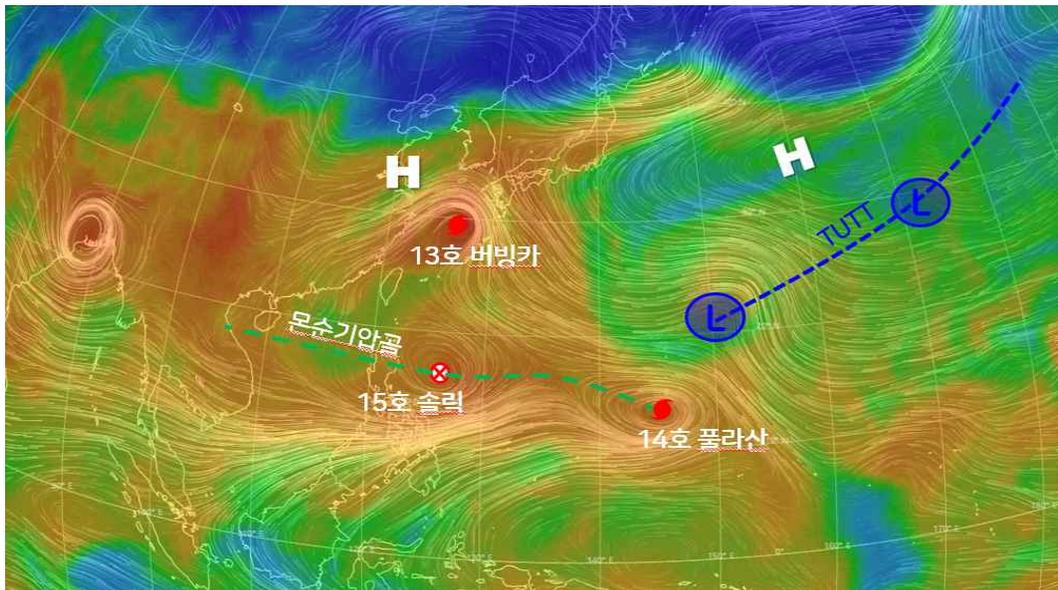
해상으로 빠져나가는 특성을 보였고, 이러한 환경은 10월까지도 지속됨으로 인하여 우리나라 영향 태풍이 평년(3.4개)보다 적었던 것으로 분석된다.

9월의 해수면온도는 평년보다 1℃ 내외로 높아진 상태를 유지했고, 500 hPa 지위고도는 평년보다 확장하였는데 특히, 20~30°N 구역에서 서쪽에서의 확장이 뚜렷하게 나타났다. 그러나 200 hPa의 발산구역은 필리핀을 중심으로 서태평양 지역으로 광범위하게 나타났으며, 850 hPa의 양의 와도 편차 구역이 인도양에서부터 필리핀 북쪽을 거쳐 160°E 부근까지 로스비 파동 형태로 나타났다(그림 1.22).

그 결과 9월 한 달 동안 평년 5.1개보다 많은 8개의 태풍이 발생하여, 2013년 8개 이후 9월에 태풍이 가장 많이 발생한 해로 기록되었다(9월 최다 발생 9개(1966년, 1967년)). 제11호 태풍 야기(YAGI)가 9월 1일 21시경 몬순기압골의 동쪽 끝부분인 필리핀 마닐라 동쪽 해상에서 발생하였고, 제12호 태풍 리피(LIPI)는 9월 5일 15시경 일본 도쿄 동쪽 해상에서 북쪽 상층기압골의 전면 발산 영향으로 발생하였다. 이어서 열대파동이 몬순류에 의해 강화되며 9월 10일 21시경 괌 남남동쪽 해상에서 제13호 태풍 버빙카(BEBINCA)가 발생하였고, 몬순류가 계속 강화되어 140°E 부근까지 몬순기압골이 형성되면서 비슷한 위치에서 제14호 태풍 풀라산(PULASAN)이 9월 15일 21시경 발생하였으며, 제15호 태풍 솔릭(SOLIK)이 9월 19일 09시경 남중국 해상에서 발생하였다(그림 1.23).



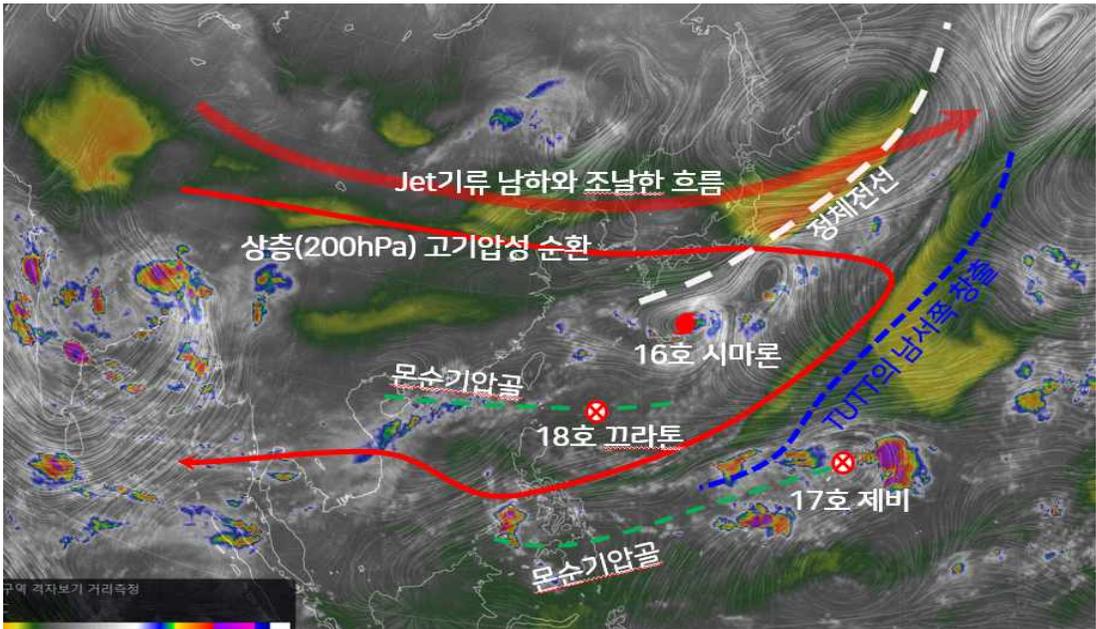
[그림 1.22] 2024년 9월 평년편차 (a)해수면온도, (b)500 hPa 지위고도, (c)200 hPa 속도포텐셜, (d)850 hPa 와도



[그림 1.23] 제13호~15호 태풍 발생 환경과 KIM 850 hPa 유선장 및 EPT(2024.9.15. 09시)

9월 후반이 되면서 상층 제트기류가 점차 남하하기 시작하면서 상층 고기압성 순환이 우리나라에서부터 필리핀 부근까지 장악하면서 북동쪽의 TUTT까지 남서쪽으로 창출하는 경향을 보이면서 다소 복잡한 형태의 태풍 발생 환경이 만들어졌다. 일본 가고시마 남쪽 해상에서 발생한 제16호 태풍

시마론(CIMARON)은 정체전선(한난의 경계) 남쪽 끝부분에서 태풍으로서의 구조가 잘 갖추어지지 못하였고, 9월 27일 15시경 괌 북쪽 해상에서 발생한 제17호 태풍 제비(JEBI)도 TUTT에 동반된 건조역의 영향으로 강하게 발달하지 못하였다. 제18호 태풍 크라톤(KRATHON)은 정체전선의 남쪽에서 생성된 저기압성 순환이 남진하여 몬순류와 합류하면서 9월 28일 09시경 필리핀 마닐라 북동쪽 해상에서 태풍으로 발달하였다(그림 1.24).

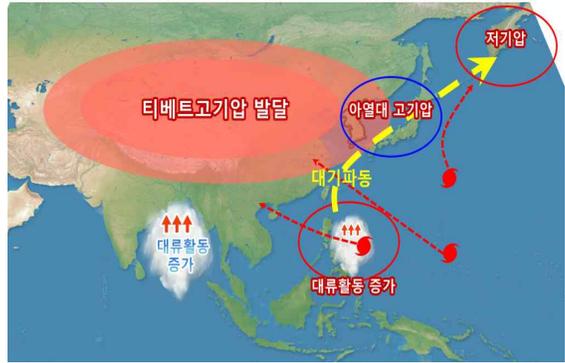
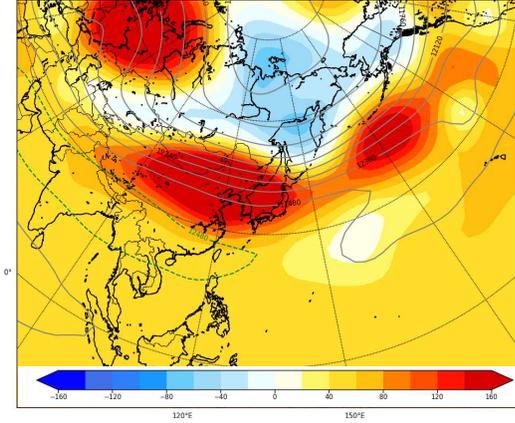


[그림 1.24] 제16호~18호 태풍 발생 환경과 KIM 925 hPa 유선장 및 수증기영상(2024.9.24. 09시)

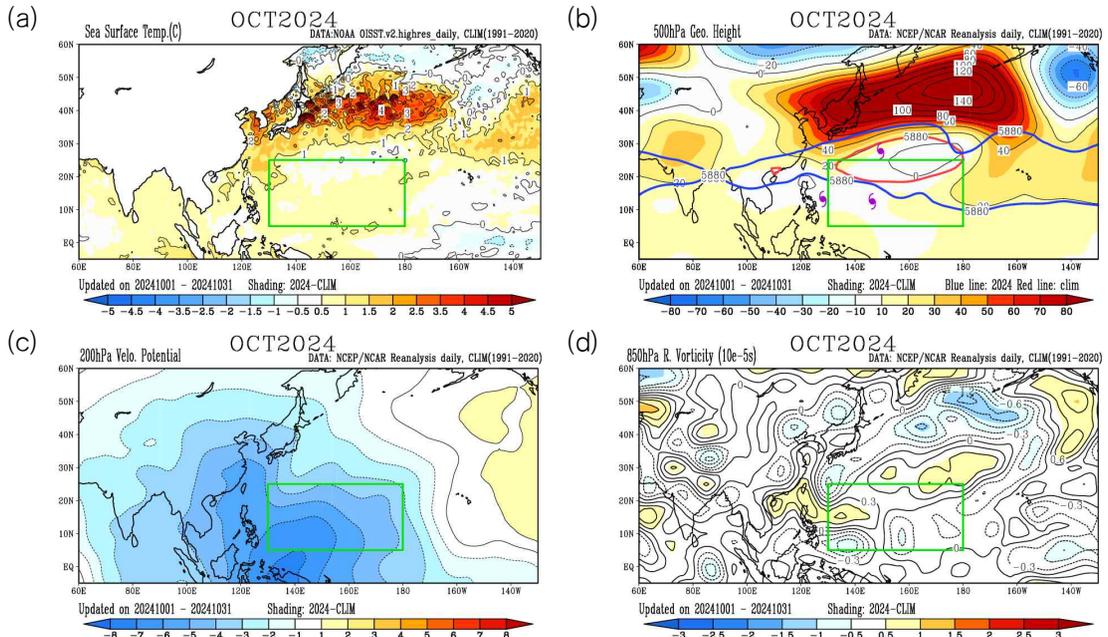
필리핀 부근에서 대류 활동이 증가하여 북쪽으로 전파되는 대기 파동에 의해 필리핀 부근 저기압 → 우리나라 동쪽 고기압 → 오호츠크해 부근 저기압이 형성되었을 뿐 아니라 9월 상~중순 북인도양 대류 활동도 증가하여 티베트고기압이 강하게 발달함에 따라 우리나라 상층에서는 고기압성 흐름이 강하게 발달함에 따라 우리나라 부근으로 접근하지 못하고 대부분 중국으로 서진하거나 일본 동쪽 해상으로 빠져나가는 경향을 보였다(그림 1.25.).

10월은 평년(3.5개)과 비슷한 3개의 태풍이 발생하였다. 해수면온도 분포는 9월과 비슷했으며, 점차 라니냐 환경(해수면온도 편차 -2°C)으로 전이되는 기간이었으나 150°E 서쪽 해역은 평년보다 1°C 이상 높은 해수면온도 분포를 유지하였다. 500 hPa 5880 gpm 지위고도는 평년에 비해

200hPa GPH(m) Mean anomaly by NCEP R1 with norm(1991-2020)
[2024.09.01-2024.09.30]



[그림 1.25] 9월 200hPa 지위고도 편차(좌), 9월 증관상황과 태풍 이동(우)

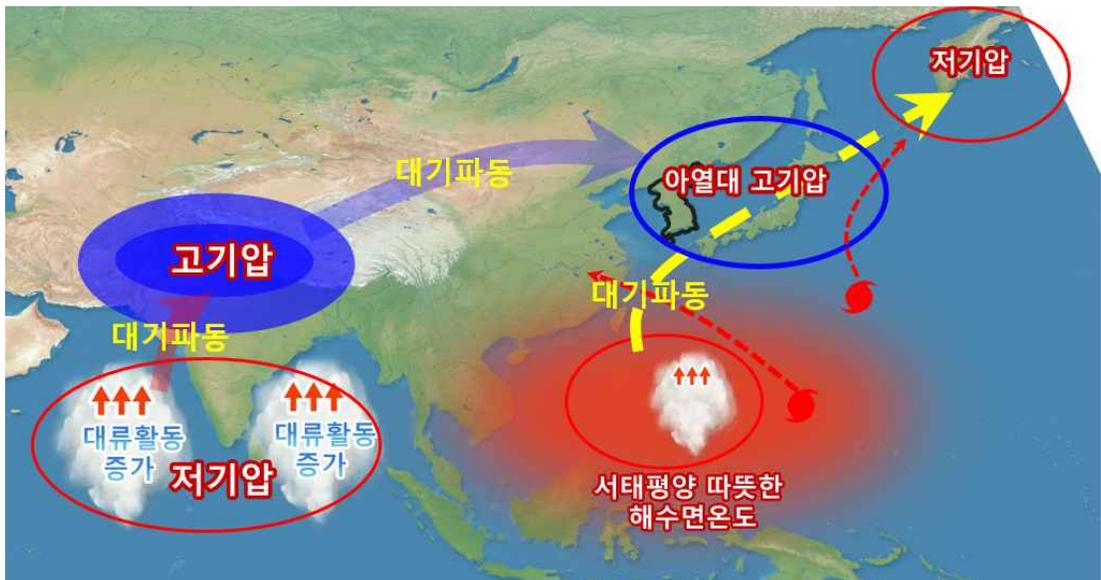


[그림 1.26] 2024년 10월 평년편차 (a)해수면온도, (b)500hPa 지위고도, (c)200hPa 속도포텐셜, (d)850hPa 상대와도

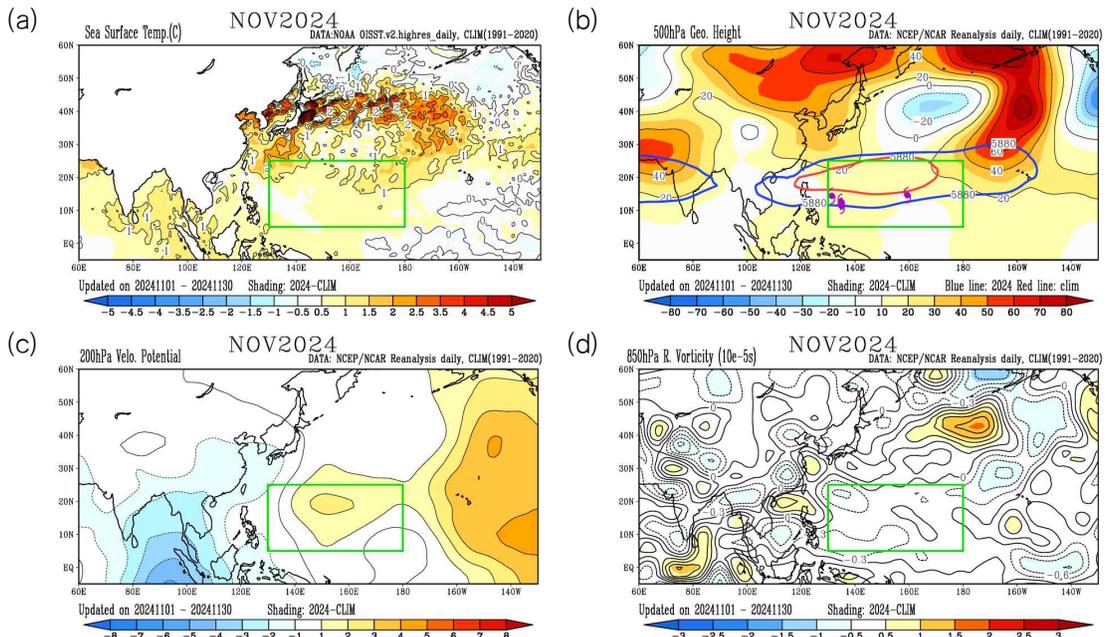
더 확장하였으나 대부분의 태풍 주요 발생 구역에서 평년과 비슷한 지위고도 분포를 보였으며, 200 hPa 속도포텐셜은 발산역이 9월에 비해 필리핀을 중심으로 더욱 확장하고, 필리핀 북쪽 지역으로 하층 수렴역이 강해졌으나 그 북동쪽으로 하층 수렴을 저지하는 형태가 나타나면서, 평년과 비슷한 태풍이 발생하였다(그림 1.26).

열대과동이 서진하다가 145°E 부근에서 수렴이 되면서 저기압성 순환을 갖추고, 동쪽 아열대고기압 가장자리를 따라 북진하면서 제19호 태풍 바리자트(BARIJAT)가 10월 9일 15시경 일본 도쿄 남동쪽 먼 해상에서 발생하였고, 평년보다 높은 해수면 온도를 유지한 필리핀 동쪽 해상에서 몬순자이어가 강화되면서 제20호 태풍 짜미(TRAMI)가 10월 22일 03시경에 발생하였으며, 이어 그 동쪽으로 로스비 파동 전파에 의한 저기압성 순환 강화로 제21호 태풍 콩레이(KONG-REY)가 10월 25일 06시경 괌 동남동쪽 해상에서 발생하였다.

10월 환경도 9월과 유사하게 필리핀 부근의 해수면온도가 평년보다 1℃ 이상 높게 유지되면서 이 구역으로 태풍 발생 조건은 마련되었으나 북인도양의 활발한 대류 활동이 파동 형태로 우리나라와 일본 주변까지 전파되면서 고기압성 순환을 발달시킴에 따라 태풍이 북상하지 못하고 서진하는 경향을 보였다(그림 1.27).



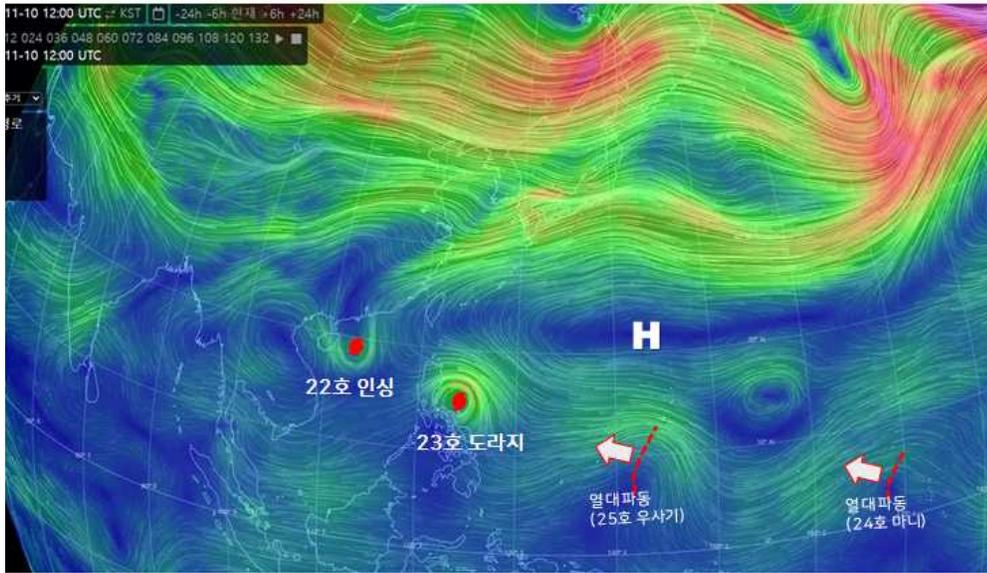
[그림 1.27] 2024년 10월 태풍 발생과 진로 관련 기압계 영향 모식도



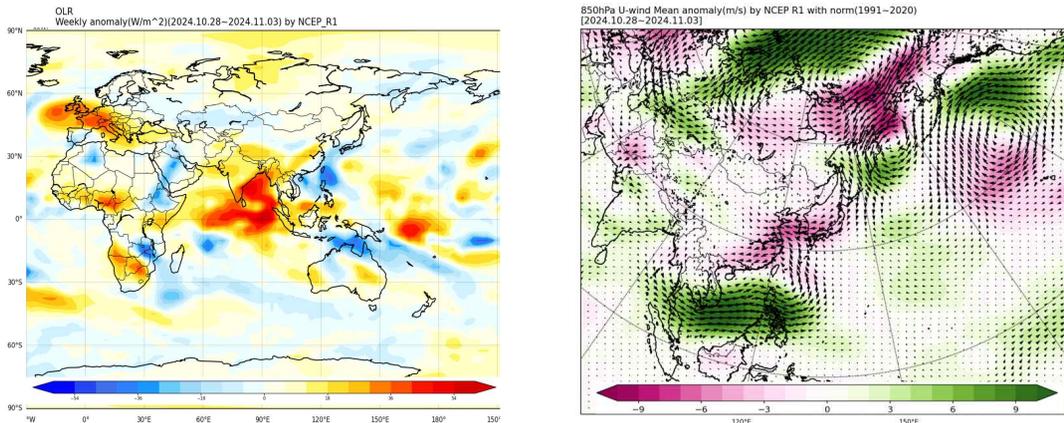
[그림 1.28] 2024년 11월 평년편차 (a)해수면온도, (b)500 hPa 지위고도, (c)200 hPa 속도포텐셜, (d)850 hPa 상대와도

11월은 평년(2.1개)보다 많은 4개의 태풍이 발생하였다. 500 hPa 지위고도는 평년보다 확장하였고, 200 hPa 속도포텐셜은 발산역이 10월에 비해 남서쪽으로 이동하여 인도양 부근에 분포하였으나, 해수면온도 분포는 9월~10월과 비슷하게 필리핀을 중심으로 한 서태평양 해역이 평년보다 1℃ 이상 높은 해수면온도 분포를 유지하였고, 하층 수렴역이 필리핀 북쪽부터 남중국해상으로 강하게 나타나 이 지역을 중심으로 태풍 활동이 유리한 조건이 되면서 평년보다 많은 태풍이 발생하였다(그림 1.28).

제22호 태풍 인싱(YINXING)이 11월 4일 03시경 필리핀 동쪽 해상에서 발생한 것을 시작으로 비슷한 구역에서 제23호 태풍 도라지(TORAJI)가 11월 9일 15시경에 발생하였고, 같은 시각 제24호 태풍 마니(MAN-YI)가 괌 동쪽 해상에서 발생하였다. 이어 11월 12일 03시경 제25호 태풍 우사기(USAGI)가 필리핀 동쪽 해상에서 발생하여 모두 필리핀 부근을 경유하여 서북서진하는 진로를 보였다. 이는 폭넓게 확장한 북태평양고기압 남쪽 가장자리를 따라 주기적으로 열대과동이 서진(그림 1.29)하였고, 필리핀 부근에 여름철 동안 평년보다 높은 해수면 온도를 유지함에 따라



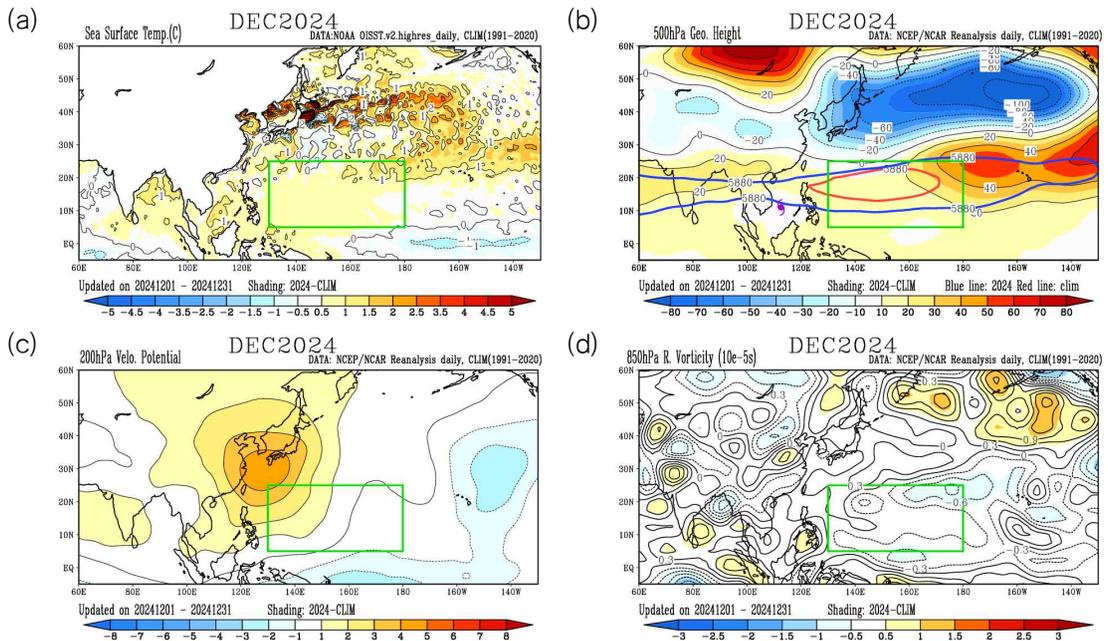
[그림 1.29] 2024년 11월 12일 12UTC 500hPa 유선장(UM)



[그림 1.30] 2024년 10.28.~11.03. 평년편차 (좌)상향장파복사, (우)850hPa 동서바람

대기가 불안정한 반면 인도양 해역으로는 강한 양의 OLR 편차(하강기류)가 나타나 하층(850 hPa)에서 인도양에서부터 필리핀 동쪽 해상까지 서풍이 강화(그림 1.30)되면서 동쪽에서 이동해 오는 열대과동과 수렴함으로써 태풍으로 발달하여 처음으로 11월에 4개의 태풍이 동시에 활동한 특이한 해(참고: 11월에 3개의 태풍이 활동했던 해 1968년과 1966년)로 기록되었다.

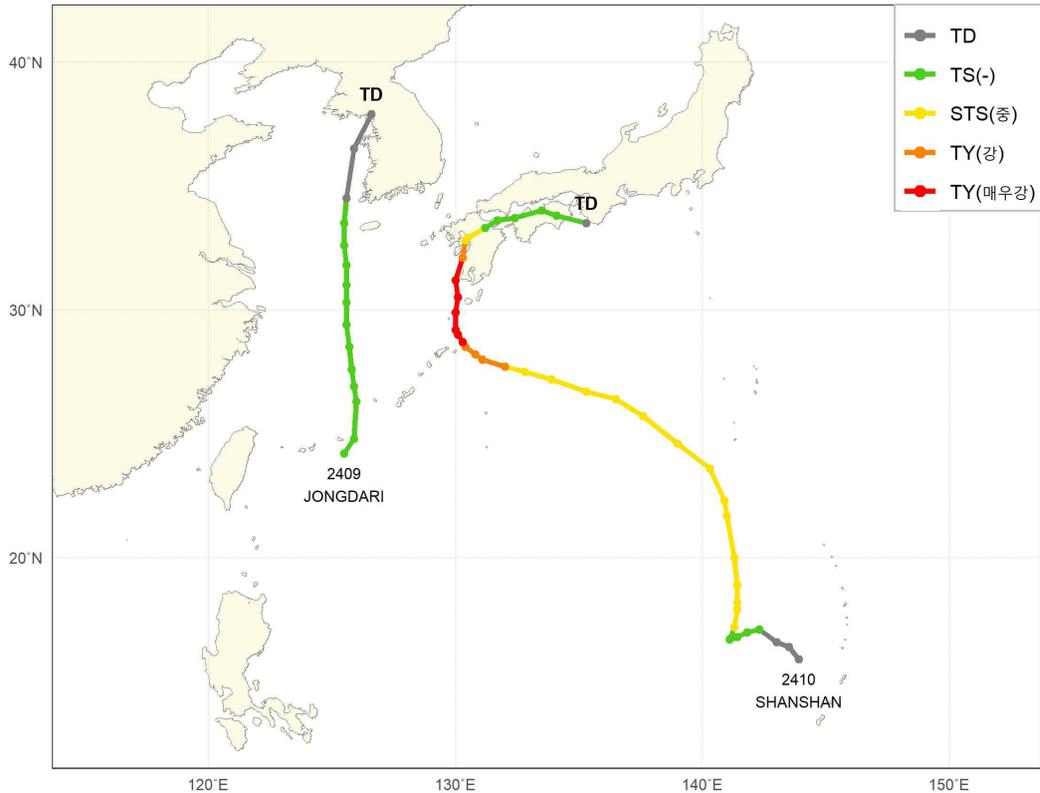
12월에는 해수면온도 분포는 북서태평양 지역은 11월과 비슷했으나 적도부근에서 중앙태평양 지역의 해수면온도 편차가 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 내외로 낮아지면서 라니냐 형태로 진행되는 특성을 보여주었다. 500 hPa 지위고도는 아열대지역에서 계속 평년에 비해 확장한 상태를 유지하였으나 중위도지역은 음의 고도편차를 보였다. 우리나라 200 hPa 속도포텐셜은 우리나라를 중심으로 남쪽으로는 필리핀을 포함한 서태평양 부근까지 수렴역이 분포하고, 발산역은 동태평양 지역으로 나타났다. 이에 하층 수렴도 필리핀 부근 일부 지역으로만 나타나면서(그림 1.31) 평년(1.0개)과 비슷하게 제26호 태풍 파북(PABUK)이 12월 23일 15시경 베트남 호찌민 동쪽 해상에서 발생하였으나 베트남 육상에 근접하고, 북쪽으로 강한 건조역과 하층에서 강한 북동풍(찬기류)이 유입되면서 발생 48시간 만에 열대저압부로 약화되었다.



[그림 1.31] 2024년 12월 평년편차 (a)해수면온도, (b)500 hPa 지위고도, (c)200 hPa 속도포텐셜, (d)850 hPa 상대와도

다. 한반도 영향태풍 개요

2024년 우리나라에 영향을 준 태풍은 8월에 2개(제9호 종다리, 제10호 산산)이며, 이 중 제9호 태풍 종다리는 열대저압부로 약화되어 한반도에 상륙하였다(그림 1.32, 표 1.4).



[그림 1.32] 2024년 우리나라에 영향을 준 태풍의 경로도

제9호 태풍 종다리(JONGDARI)는 8월 19일 3시경 일본 오키나와 남서쪽 약 360 km 부근 해상에서 발생하였다. 태풍은 북상하며 20일 04시 제주도남쪽바깥먼바다에 태풍주의보가 발효된 것을 시작으로 20일 14시에 제주도, 18시에 전라남도 일부 도서지역(흑산도, 흥도, 신안)을 중심으로 영향을 주었고, 8월 20일 21시경 흑산도 남남동쪽 약 30 km 부근 해상에서 열대저압부로 약화 된 후 계속 북진하여 21일 07시경 강화군 부근에 상륙한 후 소산 되었다.

제10호 태풍 산산(SHANSHAN)은 8월 22일 03시경 괌 북북서쪽 약 480 km 부근 해상에서 발생하였고, 남해동부바깥먼바다(28일 9시), 동해남부남쪽바깥먼바다(29일 10시)에 태풍주의보가 발효되면서 동풍 강화로 동해안을 중심으로 최대 168.5 mm(도계)의 비가 내렸으며, 제주도와 남해안에 강풍(매물도 26.9 m/s)을 기록한 후, 8월 31일 9시경 일본 오사카 남쪽 약 130 km 해상에서 열대저압부로 약화 되었다.

[표 1.4] 2024년 한반도 영향태풍 일람

| 태풍 번호 | 태풍이름 | 발생~소멸 | 최대발달 | | | 영향도 | 태풍이름 의미 (제출국) |
|-------|----------------|------------------------|------------|------------|----|-----|---------------|
| | | | 중심기압 (hPa) | 최대풍속 (m/s) | 강도 | | |
| 2409 | 종다리 (JONGDARI) | 8.19. 3시~ 8.20. 21시 | 996 | 19 | - | 영향 | 새의 종류 (북한) |
| 2410 | 산산 (SHANSHAN) | 8.22. 3시~ 8.31. 9시 | 935 | 49 | - | 영향 | 소녀의 애칭 (홍콩) |

제2장

2024년 한반도 영향태풍 분석

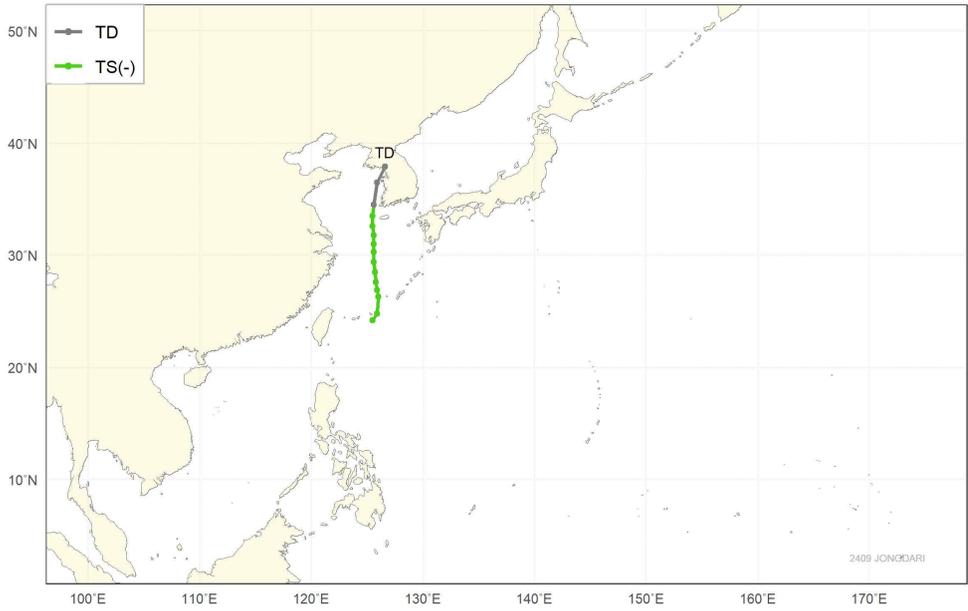
1. 제9호 태풍 종다리(JONGDARI)

가. 개요

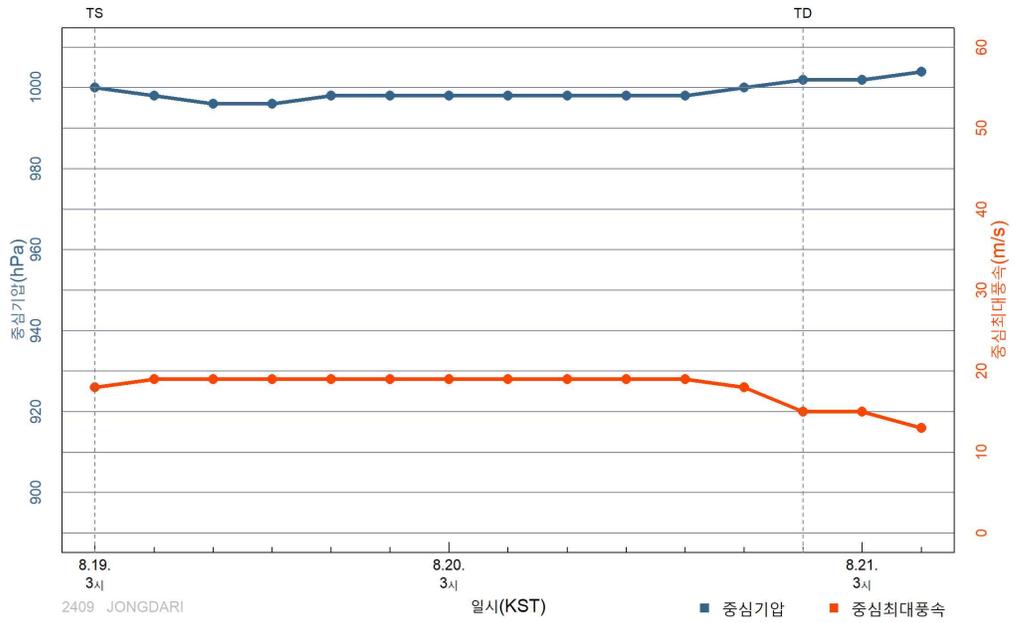
- 제9호 태풍 종다리(JONGDARI)는 제17호 열대저압부로부터 8월 19일 03시경 일본 오키나와 남서쪽 약 360 km 부근 해상에서 발달하였음
 - 태풍 발생 시 주변 해양조건(해수면온도 30 °C, 해양열량 50 kJ/cm²)과 대기조건(연직시어 20 kt 이하)이 양호하였음
 - 종다리는 남서쪽에서 불어오는 몬순류의 가장자리에서 몬순저기압의 형태로 중심 부근의 풍속보다는 주변의 풍속이 강하게 나타났으며, 중심의 남서쪽 부근에서 대류가 강화됨에 따라 태풍으로 발달함
 - 발생 후 태풍의 오른쪽에 위치한 아열대고기압의 가장자리를 따라 북진하였으며, 이후 고기압의 확장정도에 따라 서해상으로 북상할 것인지, 대한해협을 통과할 것인지 진로 변동성이 컸음
- 태풍이 이동하는 지역의 해수면온도는 30 °C, 해양열량은 50 kJ/cm² 정도로 발달에 유리한 조건이었으며, 850 hPa(대기 상공 약 1.5 km 부근)에서는 태풍이 위치한 지역으로 인도양에서 남중국해를 거쳐 강한 몬순류에 의한 고온 다습한 공기가 지속적으로 유입되면서, 태풍 발달에 좋은 조건을 형성하였으나, 200 hPa(대기 상공 약 12 km 부근) 상층에 고기압 순환이 형성되고, 발산 흐름이 약하여 강도 발달이 제한적이었음
 - 500 hPa(대기 상공 약 5 km 부근)에서는 일본 남동쪽 해상에 고기압이 버티면서 태풍의 북진을 계속 주도하였으며, 몽골 남동쪽에 한기를 동반한 기압골이 느리게 남서진하여 향후 태풍의 약화와 북동쪽 전향에 영향을 주었음
- 태풍 종다리는 8월 20일 21시경 흑산도 남남동쪽 약 30 km 부근 해상에서 중심기압 1002 hPa, 중심최대풍속 15 m/s인 열대저압부로 약화 되었음

- 태풍은 약화 되었지만 이후 19호 열대저압부로 우리나라에 영향을 미칠 가능성을 고려하여 열대저압부 정보를 계속 제공하였으며, 8월 21일 09시경 중심기압 1004 hPa, 중심최대풍속 13 m/s로 약화 되고, GTS 자료에서 중심 부근으로 11 m/s 이상 강풍역이 나타나지 않아, 더 이상 발달하지 못할 것으로 예상되어 제19호 열대저압부에 대한 정보를 종료하였음
- 태풍 종다리의 영향기간(태풍특보 발효기간: 8.20.04:00~21:40) 동안 발생한 누적 강수량은 삼각봉(제주 제주시) 153.0 mm, 온산(울산 울주군) 142.0 mm, 진달래밭 (제주 서귀포시) 124.5 mm, 영실(제주 서귀포시) 115.0 mm, 사제비(제주 제주시) 111.5 mm 등을 기록함
 - 태풍은 제주도 서쪽 해상을 지나 서해안으로 북상하였지만 지형적인 영향으로 인해 제주도 산간과 경상남도 해안지역을 중심으로 많은 강수가 관측되었음
 - 일최대순간풍속은 삼각봉(제주 제주시) 29.9 m/s, 신지도(전남 완도군) 25.6 m/s, 온산(울산 울주군) 24.5 m/s, 해수서 (전남 진도군) 24.2 m/s, 갈매여(전북 부안군) 23.6 m/s, 등 제주도와 전라남도 육상 및 전라도 해안과 경상남도 해안, 경상북도 남쪽 해안 일부를 따라 U자 형태로 강한 바람이 관측되었음

(a)



(b)



[그림 2.1] 제9호 태풍 종다리의 (a)경로도, (b)강도시계열

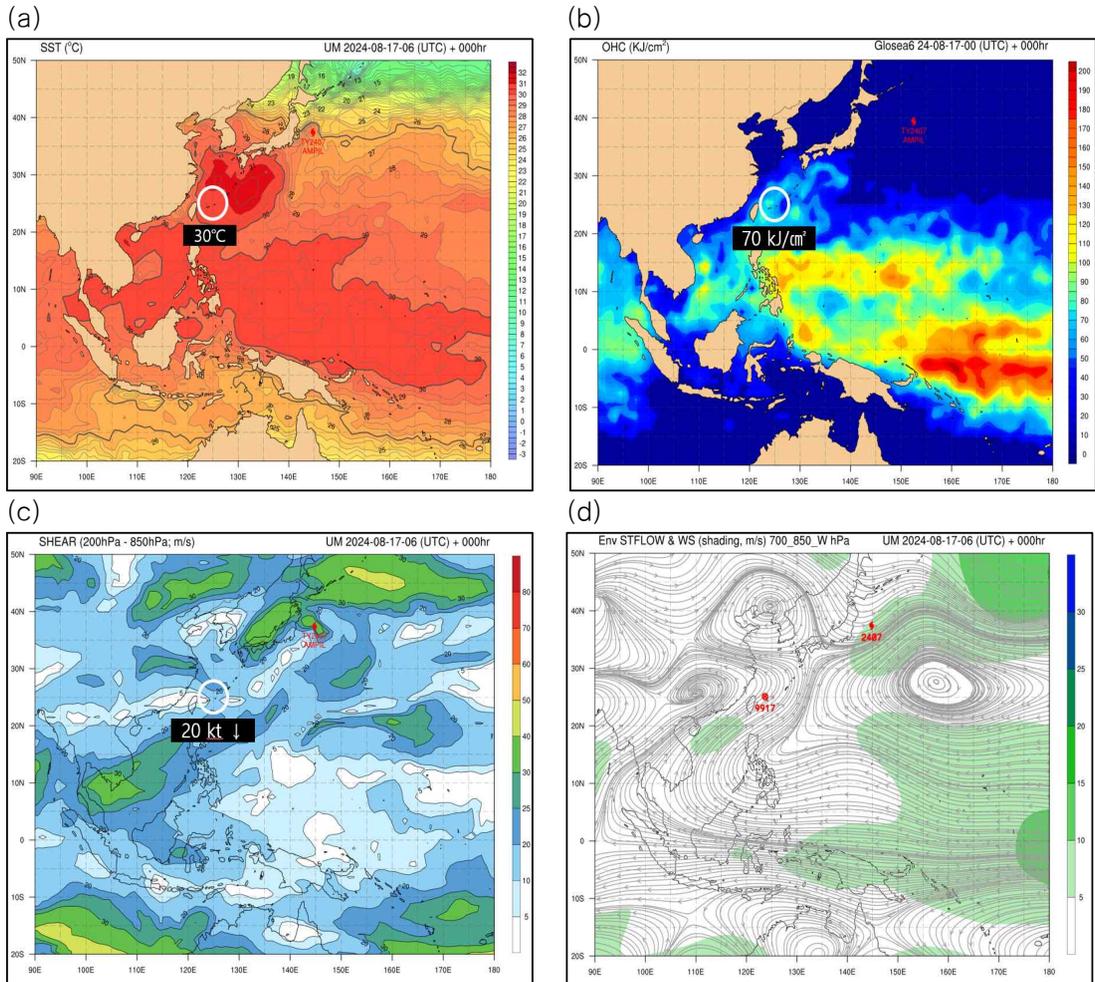
[표 2.1] 제9호 태풍 종다리 분석표

| 구분 | 일시 (KST) | 중심위치 | | 중심 기압 (hPa) | 최대 풍속 (m/s) | 강풍 반경 (km) | 폭풍 반경 (km) | 강도 | 진행 방향 | 이동 속도 (km/h) |
|----|-------------|--------|--------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|----|----------|--------------------|
| | | 위도(°N) | 경도(°E) | | | | | | | |
| TS | 08.19. 03 | 24.2 | 125.5 | 1000 | 18 | 240 | - | - | 서남서 | 10 |
| TS | 08.19. 09 | 24.8 | 125.9 | 998 | 19 | 240 | - | - | 북북동 | 19 |
| TS | 08.19. 15 | 26.3 | 126 | 996 | 19 | 240 | - | - | 북 | 26 |
| TS | 08.19. 18 | 26.9 | 125.9 | 996 | 19 | 200 | - | - | 북 | 22 |
| TS | 08.19. 21 | 27.6 | 125.8 | 998 | 19 | 200 | - | - | 북 | 26 |
| TS | 08.20. 00 | 28.5 | 125.7 | 998 | 19 | 200 | - | - | 북 | 33 |
| TS | 08.20. 03 | 29.4 | 125.6 | 998 | 19 | 180 | - | - | 북 | 33 |
| TS | 08.20. 06 | 30.3 | 125.6 | 998 | 19 | 180 | - | - | 북 | 33 |
| TS | 08.20. 09 | 31 | 125.6 | 998 | 19 | 180 | - | - | 북 | 25 |
| TS | 08.20. 12 | 31.8 | 125.6 | 998 | 19 | 180 | - | - | 북 | 30 |
| TS | 08.20. 15 | 32.6 | 125.5 | 998 | 19 | 160 | - | - | 북 | 30 |
| TS | 08.20. 18 | 33.5 | 125.5 | 1000 | 18 | 140 | - | - | 북 | 33 |
| TD | 08.20. 21 | 34.5 | 125.6 | 1002 | 15 | - | - | - | 북 | 37 |
| TD | 08.21. 03 | 36.5 | 125.9 | 1002 | 15 | - | - | - | 북 | 41 |
| TD | 08.21. 09 | 37.9 | 126.6 | 1004 | 13 | - | - | - | 북동 | 30 |

나. 태풍 특성 분석

1) 발생기

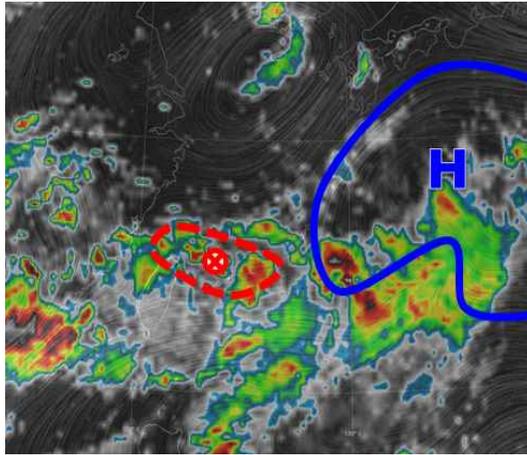
- 제17호 열대저압부는 8월 17일 15시경 타이완 타이베이 동쪽 약 220 km 해상(25.1°N, 123.7°E)에서 중심기압 1004 hPa, 중심최대풍속 11 m/s로 발생하였음
- 열대저압부 주변의 해양조건(해수면온도 30 °C, 해양열량 70 kJ/cm²)과 대기조건(연직시어 20 kt 이하)은 양호하였으며, 700–850 hPa의 지향류에서 뚜렷한 지향류는 아직 나타나지 않고 있음(그림 2.2)



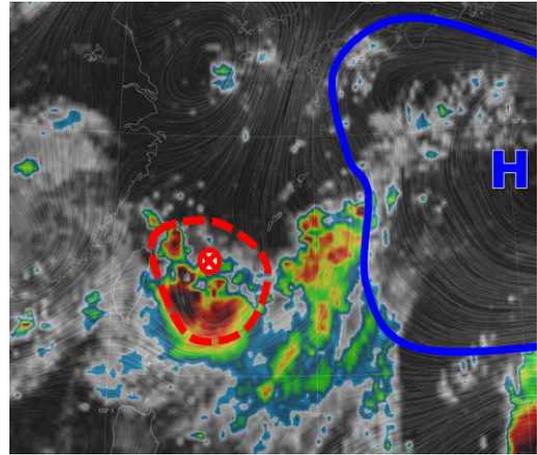
[그림 2.2] 제17호 열대저압부(8.17. 15시) (a)해수면온도, (b)해양열량, (c)200–850 hPa 연직시어, (d)700–850 hPa 지향류

- 이 열대저압부는 해양조건이 매우 좋은 환경에서 남서쪽에서 고온다습한 몬순류가 계속 유입되면서 발달할 만한 조건이 갖춰졌으나, 200 hPa (대기 상공 약 12 km 부근)에 고기압이 위치하고 있으면서 상층 발산이 약하여 태풍으로의 조직화가 계속 지연되었음.
- 이후에도 계속 순환 중심 부근의 풍속보다 중심 주변의 풍속이 강하게 나타나는 몬순저기압의 형태를 유지하면서, 주변에 대류셀들이 분포하였으나 태풍으로 조직화하지 못하다가 하층 순환의 남쪽에서 대류가 강하게 발달하면서 8월 19일 03시경 일본 오키나와 남서쪽 약 360 km 부근 해상에서 태풍으로 선언되었음(그림 2.3)

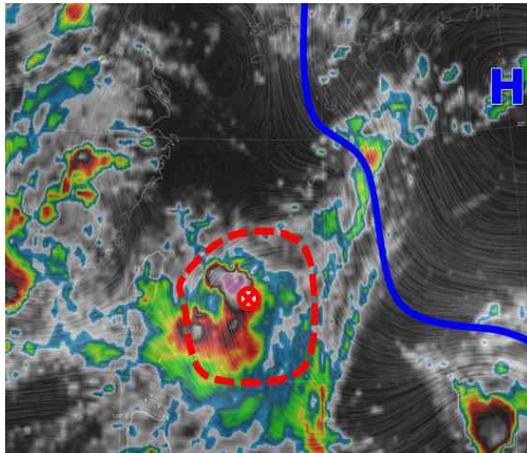
(a) 8.17. 15시 제17호 열대저압부



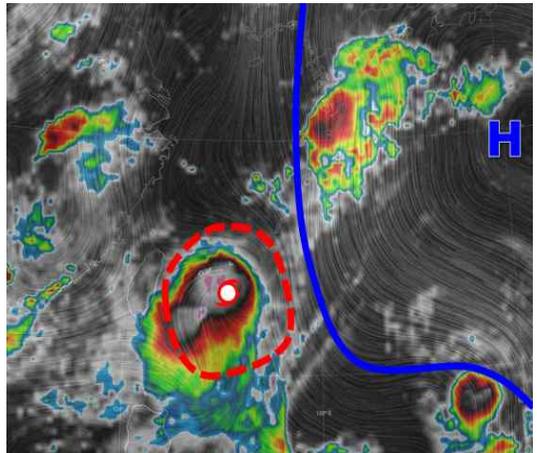
(b) 8.18. 09시 제17호 열대저압부



(c) 8.18. 21시 제17호 열대저압부

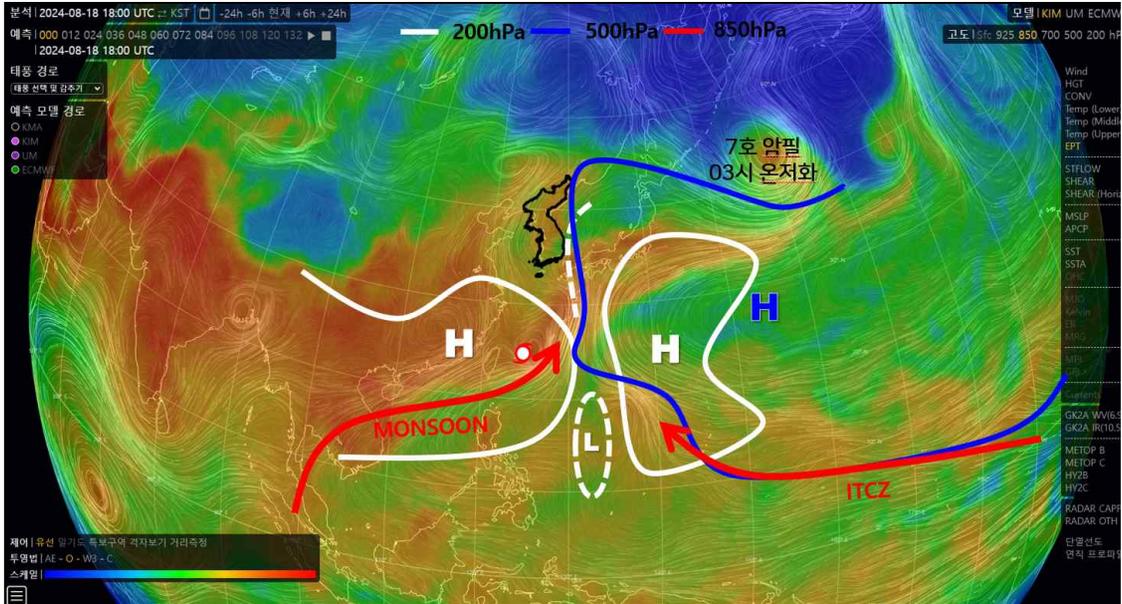


(d) 8.19. 03시 제9호 태풍 종다리

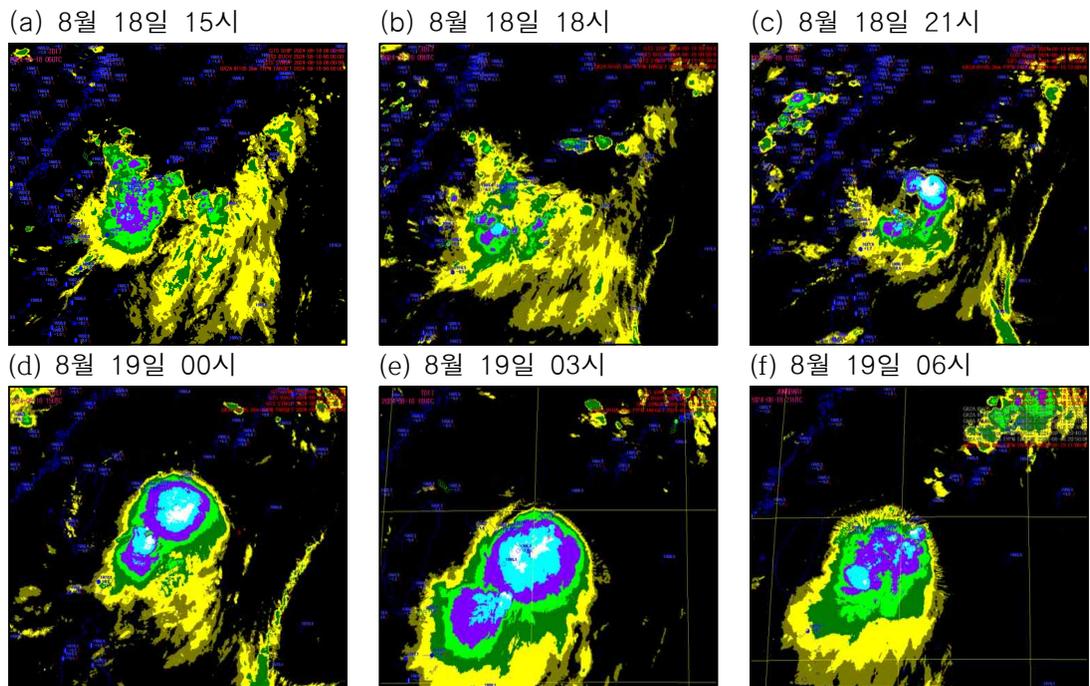


[그림 2.3] 제9호 태풍 종다리 500 hPa 유선장&천리안위성(GK2A) 컬러적외 영상

○ 태풍의 발생 초기 중관환경을 살펴보면, 하층에서는 몬순 유입에 의한 남서풍류가 강화됨에 따라 중심의 남쪽으로 8월 19일 03시까지 대류가 강화되었다가, 06시에는 다소 약화 되었음(그림 2.4, 그림 2.5)

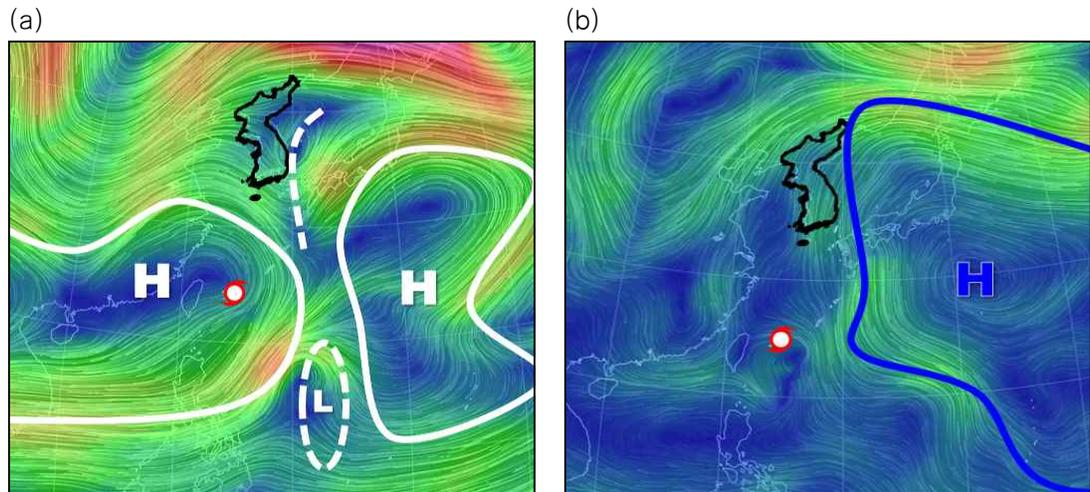


[그림 2.4] 제9호 태풍 종다리 - 850 hPa 유선&상당온위(8.19. 03시)



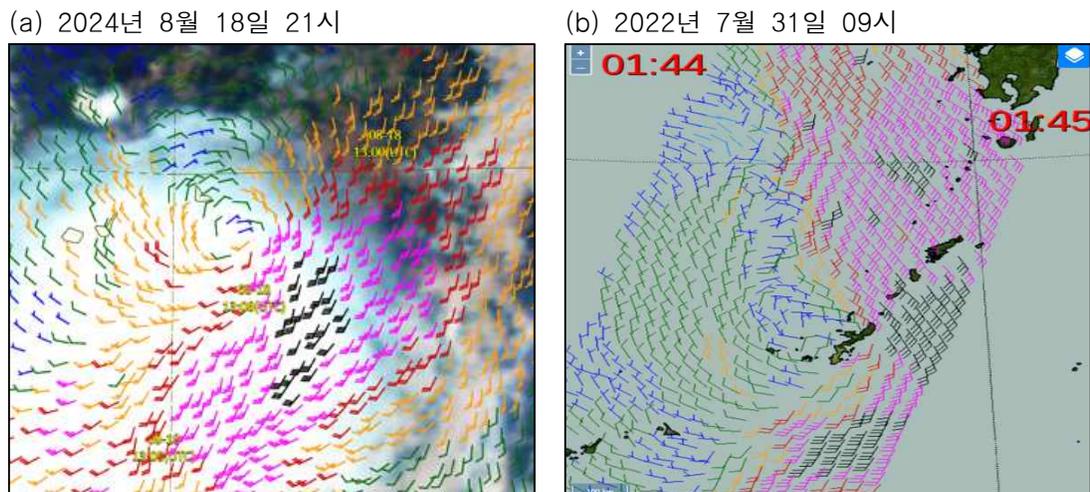
[그림 2.5] 제9호 태풍 종다리 발달경향(적외영상)

○ 이는 상층에서는 태풍의 북쪽에 상층고기압이 위치하여, 상층 발산이 저지되면서 빠른 발달을 지연시켰기 때문이며, 500 hPa에서는 태풍의 오른쪽에 상층의 고기압과 연계된 세력이 강한 아열대고기압이 점차 확장하면서 태풍의 북진을 견인하였음(그림 2.6)



[그림 2.6] 제9호 태풍 종다리(8.19. 03시) (a)200 hPa 유선, (b)500h Pa 유선

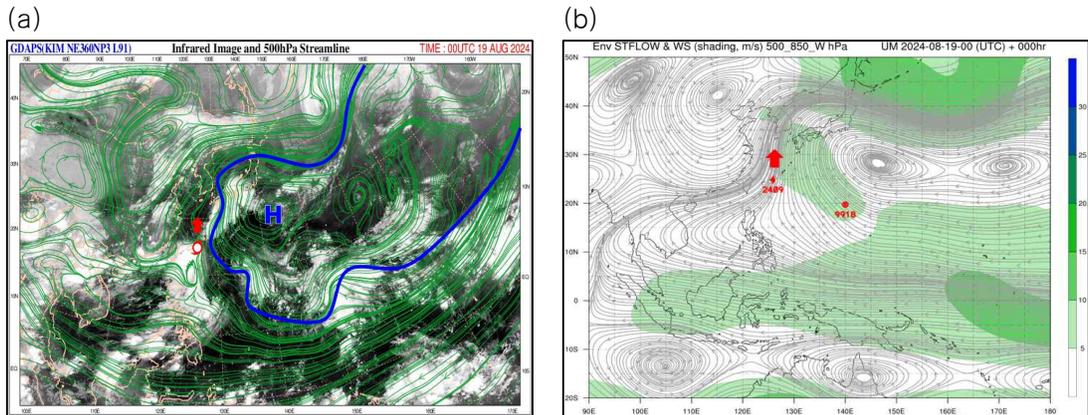
○ 태풍 선언 전 해상풍 자료를 살펴보면 태풍 중심보다는 중심 외곽에서 15 m/s의 강풍역이 나타났으며, 이는 종다리가 2022년 제6호 태풍 트라세처럼 중심 부근의 풍속은 약했으나 몬순저기압의 형태에서 중심 외곽의 풍속이 강하여 태풍으로 선언된 사례임(그림 2.7)



[그림 2.7] 태풍 선언 전 해상풍 자료 (a) 2409 종다리, (b) 2207 트라세

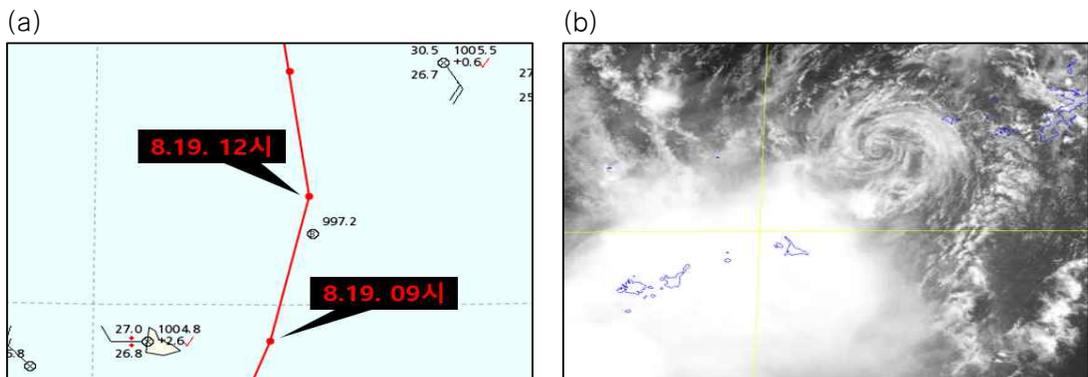
2) 발달·최성기

- 태풍은 일본 남동쪽 해상에 위치한 아열대고기압 가장자리의 지향류를 따라 북진하였으며, 상층에 계속 고기압이 위치하면서 빠르게 발달하지는 못하고 19일 12시에 최대강도 996 hPa로 발달하였으며, 이후 19일 21시까지 강도를 유지하였음(그림 2.8)



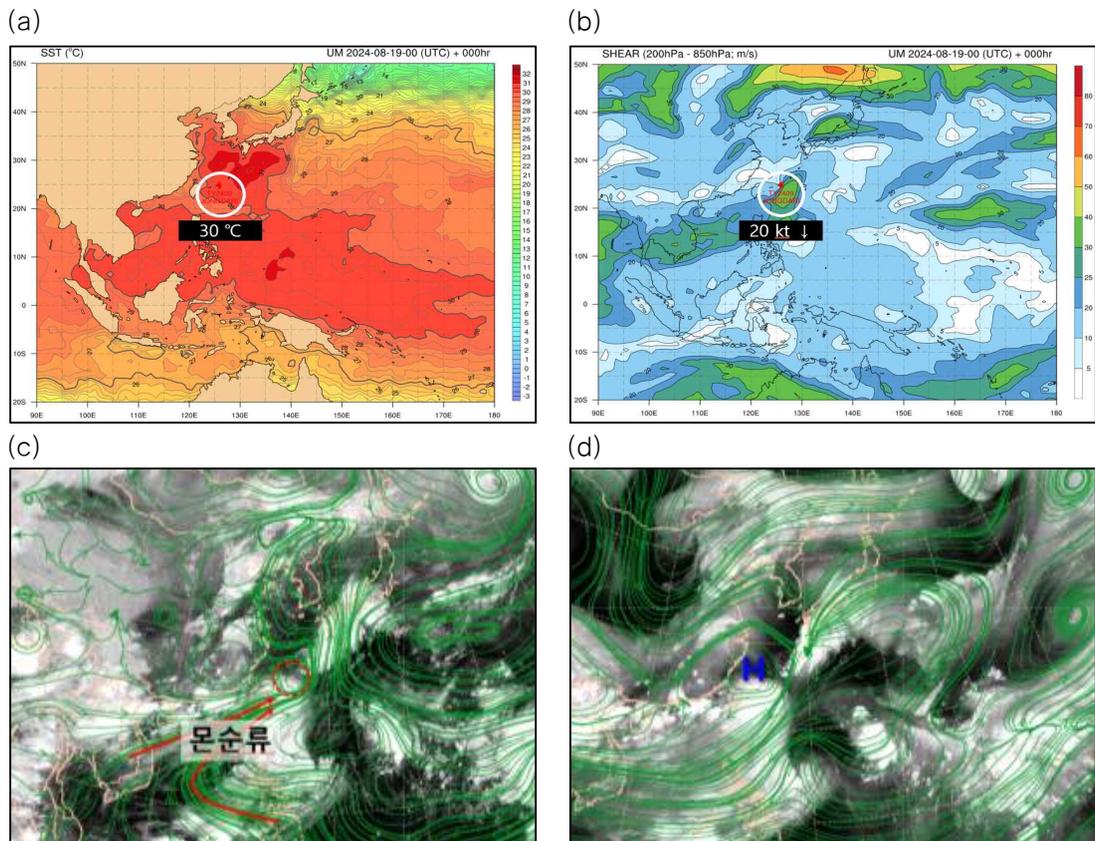
[그림 2.8] 제9호 태풍 종다리(8.19. 09시) (a)500 hPa 유선&적외영상, (b)500-850 hPa 지향류

- 태풍 종다리의 최대강도는 8월 19일 11시에 태풍의 중심과 근접한 곳에 위치했던 해상부이에서 관측된 997.2 hPa의 해면기압을 토대로 12시에 996 hPa로 분석하였으며, 이후 13시 적외영상에서 발달한 대류운과 태풍의 중심이 분리되면서 더 이상 발달하지 못하였는데, 이는 200 hPa에서는 상층고기압 남쪽에서 남향성분이 강했으나, 하층에서는 북태평양고기압 서쪽에서 북향 성분이 강하여 상하층이 분리됨(그림 2.9)



[그림 2.9] 제9호 태풍 종다리 (a)GTS 자료(8.19.11시) (b)적외영상(8.19.13시)

- 해수면 온도는 여전히 30 °C 이상으로 높았고, 연직시어도 태풍의 남쪽에서는 강했으나 이동 경로상으로 20 kt 이하였으며, 850 hPa(대기 상공 약 1.5 km 부근)에서는 태풍이 위치한 지역으로 인도양에서 남중국해를 거쳐 강한 몬순류에 의한 고온다습한 공기가 지속적으로 유입되면서 태풍 발달에 좋은 조건을 형성하고 있었음. 그러나 200 hPa 부근에서는 고기압 순환에 따른 상층 발산의 흐름이 약해 태풍이 크게 발달하지 못한 것으로 분석됨(그림 2.10)
- 종다리는 열적 조건이 매우 양호하나 역학적 조건이 불충분할 때 태풍 발달이 제한적일 수 있음을 보여주는 좋은 사례임

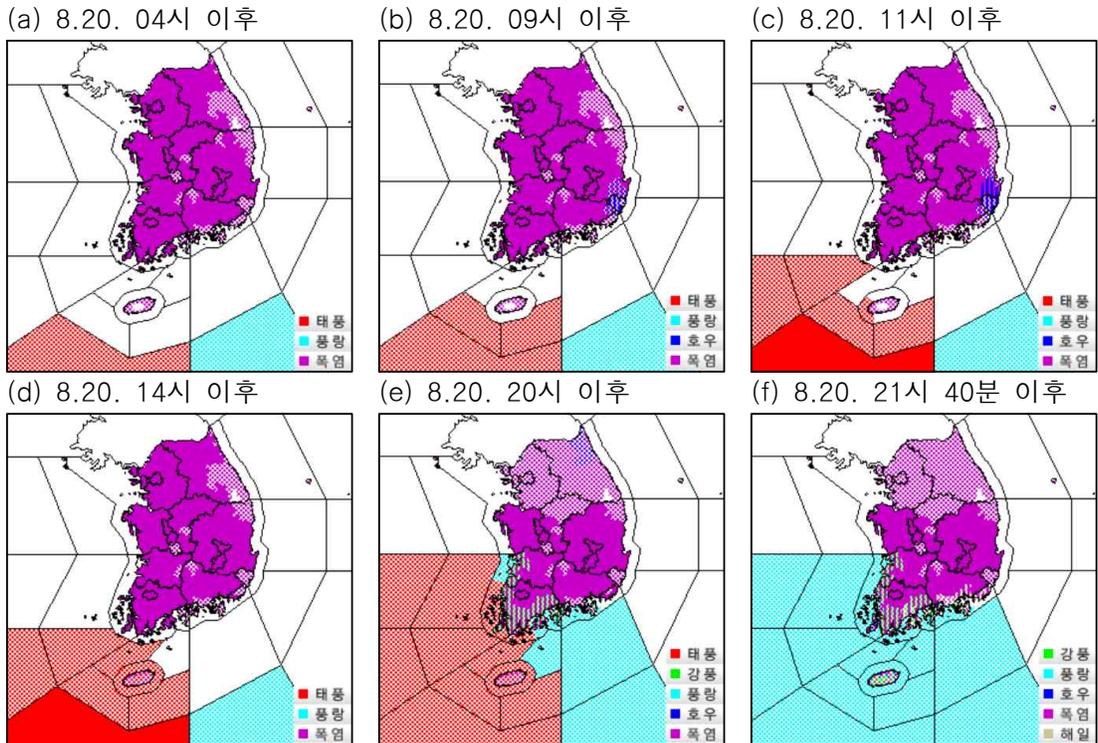


[그림 2.10] 제9호 태풍 종다리(8.19. 09시) (a)해수면온도, (b)200-850 hPa 연직시어, (c)850 hPa 유선장&위성 적외영상, (d)200 hPa 유선장&위성 적외영상

- 따라서 8월 19일 16시 태풍정보에서는 아열대고기압 가장자리를 따라서해남부해상까지 북진하지만, 상층 발산이 약하여 더 이상 발달하지 못하고 36시간 이내 서해상에서 열대저압부로 약화 될 것으로 예상하였음

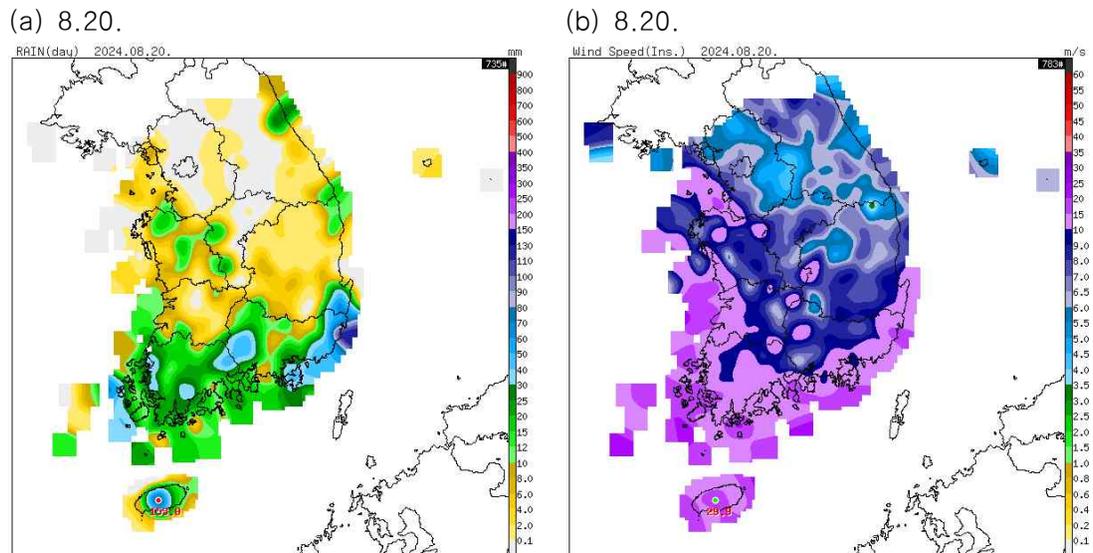
3) 영향기간

- 제9호 태풍 종다리로 인해 8월 20일 04시에 제주도남쪽먼바다에 태풍주의보가 발효되었고, 09시에 태풍이 서귀포 남남서쪽 약 270 km 부근 해상에 위치하면서 제주도남동쪽안쪽먼바다, 제주도남서쪽안쪽먼바다에도 태풍주의보가 발효되었음. 이후 11시에 서해남부남쪽안쪽먼바다와 서해남부남쪽바깥먼바다에 태풍주의보가 발효되었고, 제주도남쪽바깥먼바다의 태풍주의보는 태풍경보로 변경되었음
- 태풍이 8월 20일 14시에 고산 남남서쪽 약 110 km 해상으로 북상하면서 제주도육상에도 태풍주의보가 발효되었고, 같은 시각 제주도북부앞바다와 제주도동부앞바다, 제주도남부앞바다에도 태풍주의보가 발효되었으며, 태풍이 북상하면서 20시에는 제주도남쪽바깥먼바다의 태풍경보가 태풍주의보로 변경되었고, 21시 40분에 제9호 태풍 종다리가 TD로 약화되었다는 정보가 발표되면서, 모든 태풍특보는 풍랑과 강풍, 호우특보로 변경되었고 우리나라는 제9호 태풍 종다리의 영향에서 벗어났음(그림 2.11)



[그림 2.11] 제9호 태풍 종다리 시간별 특보 발효 현황

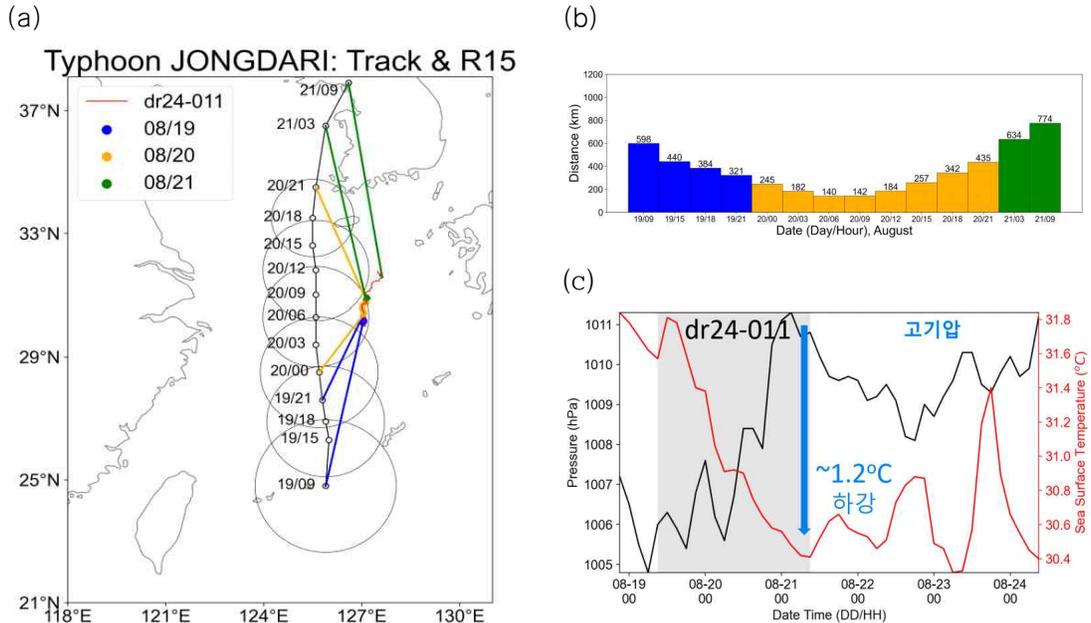
- 태풍의 영향기간(태풍특보 발효기간: 8.20.) 동안 발생한 누적강수량은 삼각봉(제주 제주시) 153.0 mm, 온산(울산 울주군) 142.0 mm, 진달래밭 (제주 서귀포시) 124.5 mm, 영실(제주 서귀포시) 115.0 mm, 사제비(제주 제주시) 111.5 mm, 윗세오름(제주 제주시) 108.5 mm, 울기(울산 동구) 104.5 mm, 한라산남벽(제주 서귀포시) 100.5 mm 등으로 태풍은 제주도 서쪽 해상을 지나 서해안으로 북상하였지만 지형적인 영향으로 인해 제주도 산간과 경상남도 해안지역을 중심으로 많은 강수가 관측되었음(그림 2.12, 표 2.2)
- 태풍의 영향기간 동안의 최대순간풍속은 삼각봉(제주 제주시) 29.9 m/s, 신지도(전남 완도군) 25.6 m/s, 온산(울산 울주군) 24.5 m/s, 해수서(전남 진도군) 24.2 m/s, 갈매여(전북 부안군) 23.6 m/s, 상조도(전남 진도군) 21.1 m/s, 간여암(전남 여수시) 21.1 m/s, 가거도(전남 신안군) 20.6 m/s, 도리도(경기 화성시) 20.6 m/s 등 제주도 산간과 남해안과 서해안, 경상남도 및 경상도 일부 해안지역을 따라 U자 형태로 강한 바람이 관측되었음(그림 2.12, 표 2.2)



[그림 2.12] 제9호 태풍 종다리에 의한 (a)누적강수량, (b)일최대순간풍속

4) 약화기

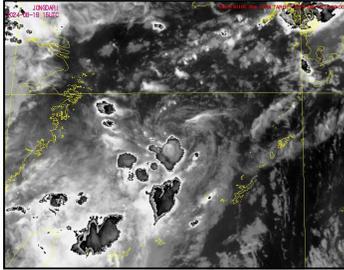
- 태풍 종다리는 계속해서 상층의 고기압 순환의 영역 아래에서 발달하지 못하고 북진하다가 19일 21시에 998 hPa로 약화되었으며, 이후 동일한 강도를 유지하였음. 태풍의 강도 재분석을 위해 국가태풍센터에서 발간한 ‘태풍 발달 감시를 위한 해양 특별관측 연구(2024.12.)’에서 제시된 표류부이를 활용한 특별관측 자료를 활용하였음(그림 2.13)



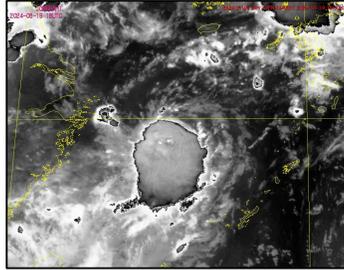
[그림 2.13] 제9호 태풍 종다리와 표류부이 자료 (a)위치, (b)거리, (c) 기압&해수면 온도

- 태풍 종다리는 19일 21시에 표류부이에서 남서쪽으로 321 km 떨어진 곳에 위치하고 있었고, 이때 표류부이에서 관측된 기압은 1006.8hPa 이었음. 이 시간에 관측된 기압과 태풍과 표류부이 사이의 거리를 고려하여 태풍의 강도를 추정하였을 때 중심최저기압 998 hPa이 타당해 보이며, 이후 가장 근접했던 시기는 20일 06시로 태풍 중심으로부터 동쪽으로 140 km 떨어진 곳에 위치하였는데 이때 관측되었던 기압은 1005.6 hPa로 태풍의 강도를 998 hPa로 추정한 것은 타당하였던 것으로 사료됨(그림 2.13)
- 20일 00시부터 적외영상을 보면 태풍이 Shear 패턴에서 CB cluster 패턴으로 바뀌면서 발달하는 듯 보였으나, 표류부이를 이용한 강도 추정을 통해 태풍의 강도를 998 hPa로 유지하였고, 이후 GTS 자료를 활용하여 강도는 유지되는 것으로 분석하였음(그림 2.14, 그림 2.15)

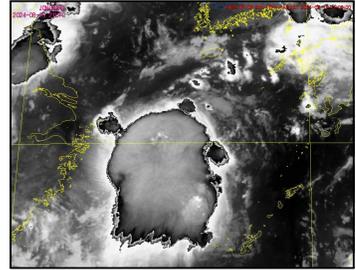
(a) 8월 20일 00시



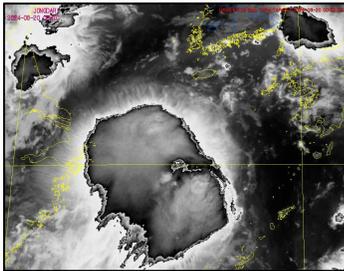
(b) 8월 20일 03시



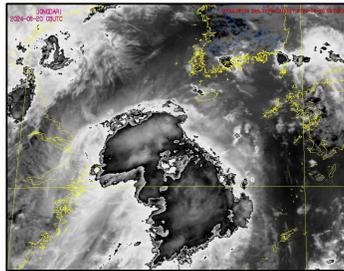
(c) 8월 20일 06시



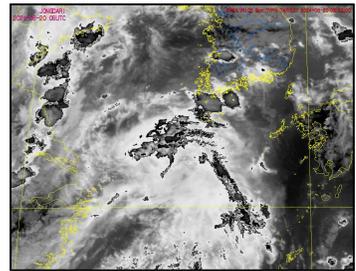
(d) 8월 20일 09시



(e) 8월 20일 12시

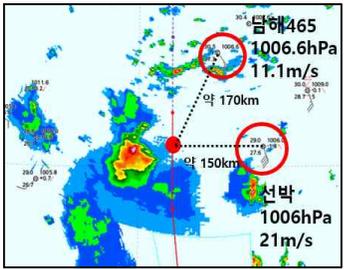


(f) 8월 20일 15시

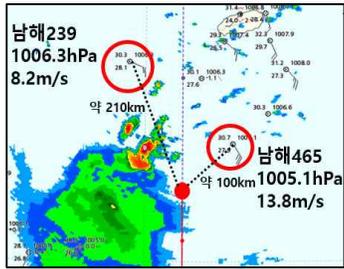


[그림 2.14] 제9호 태풍 종다리 강도 경향(적외 강조영상)

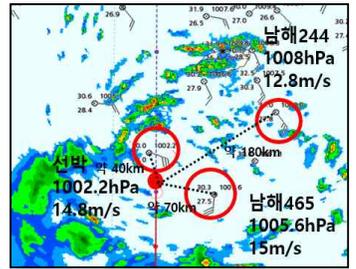
(a) 8월 20일 06시



(b) 8월 20일 09시



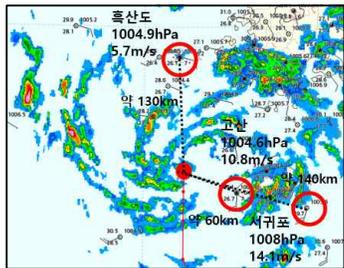
(c) 8월 20일 12시



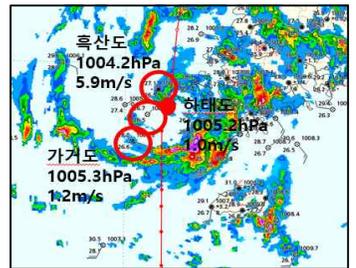
(d) 8월 20일 15시



(e) 8월 20일 18시

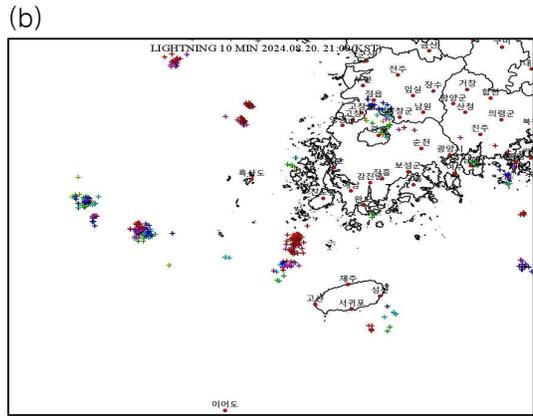
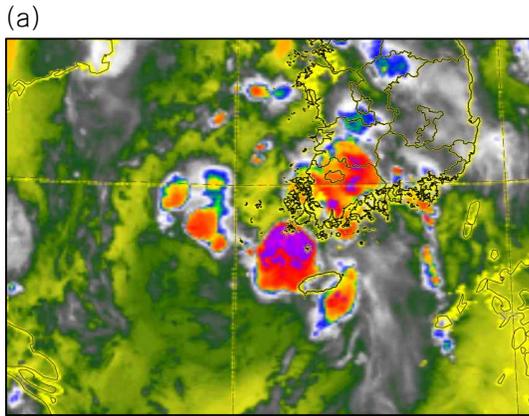


(f) 8월 20일 21시



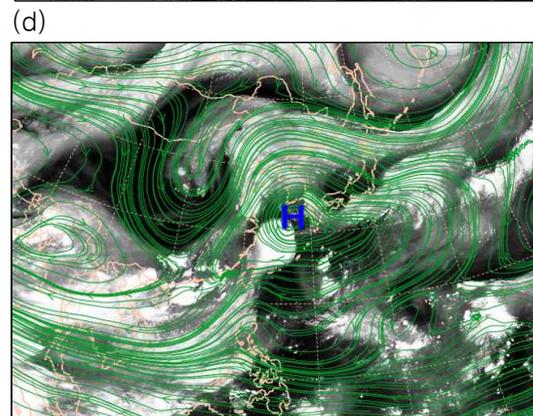
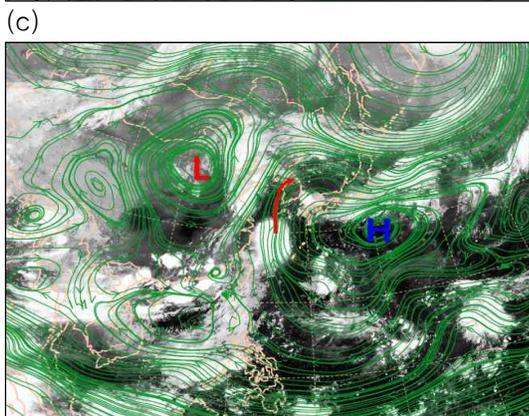
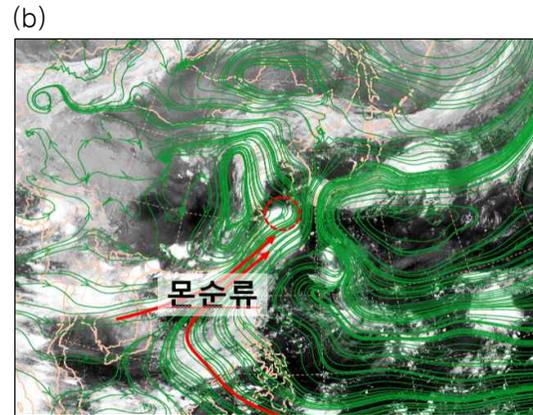
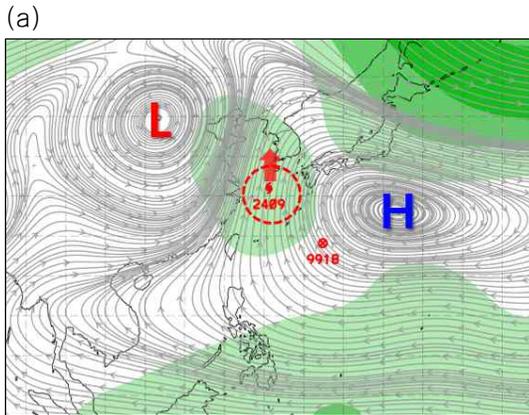
[그림 2.15] 제9호 태풍 종다리 레이더영상>S 자료

○ 태풍 종다리는 20일 12시 이후부터 다시 대류가 약해지기 시작하였고, 21시에는 태풍구조가 완전히 와해되면서, 상층건조역과 반응하여 국지적으로 뇌전을 동반한 대류운이 발생하였으며, 태풍 중심 부근에서 17m/s 이상의 풍속이 관측되지 않아 TD로 약화 되었음(그림 2.16)



[그림 2.16] 제9호 태풍 종다리(8.20.21시) (a)컬러수증기 영상 (b)레이더 낙뢰 영상

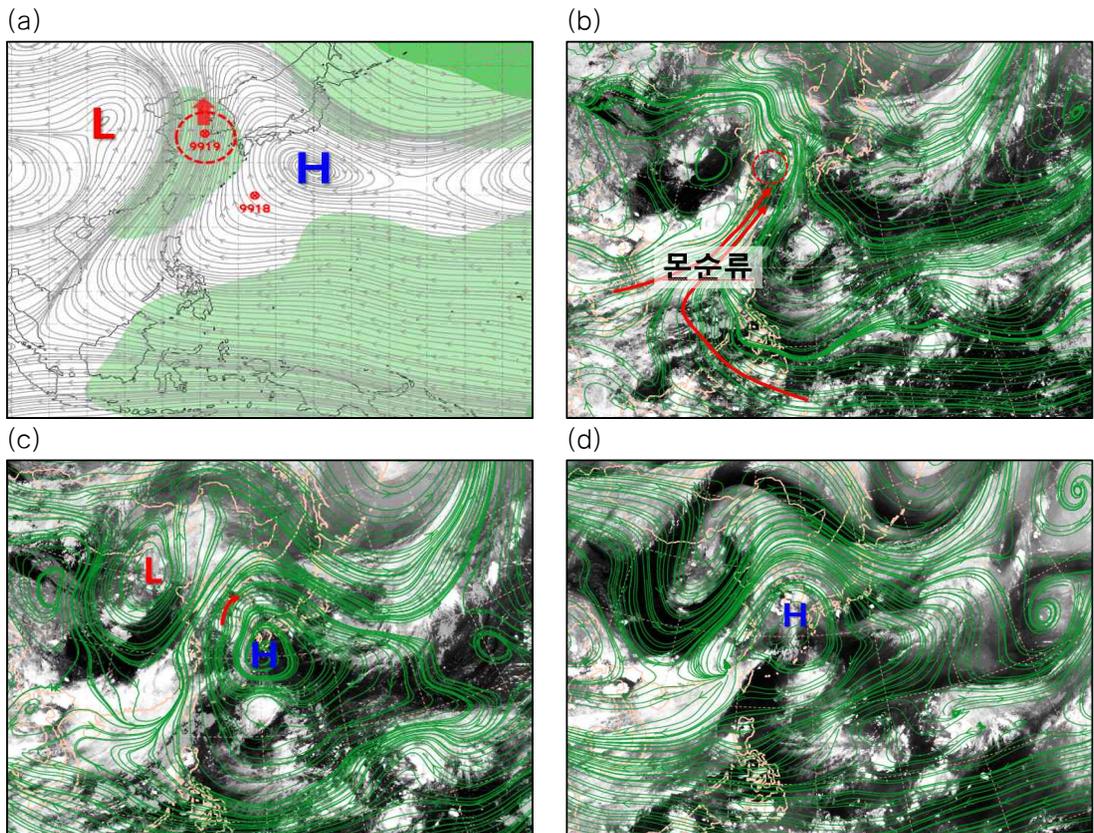
○ 태풍은 일본 남동쪽 해상의 아열대고기압 지향류에 의해 서해남부해상까지 북진하였음(그림 2.17)



[그림 2.17] 제9호 태풍 종다리(8.20. 09시) (a)400-850 hPa 지향류, (b)850 hPa 유선장& 위성 적외영상, (c)500 hPa 유선장&위성 적외영상, (d)200 hPa 유선장&위성 적외영상

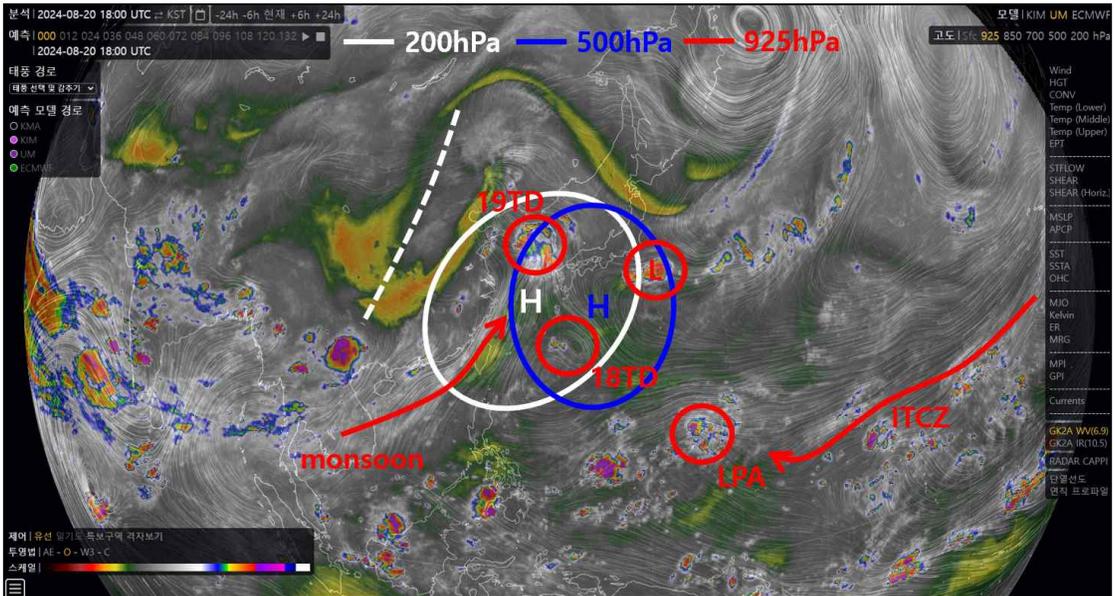
5) TD 약화 이후

- 제9호 태풍 종다리는 8월 20일 21시에 제19호 TD로 약화되었지만, 이후에도 우리나라에 영향을 미칠 것을 고려하여 계속 TD 정보를 생산하였음
- 20일 21시에 제19호 TD의 강도는 1002 hPa(최대풍속 15 m/s)로 분석되었고, 강도에 따라 700-850 hPa 고도의 지향류를 분석한 결과 계속 북진 지향류가 나타났음. 그러나, 500 hPa에서는 일본 남동쪽 해상에 고기압이 위치하면서 태풍의 북진 이동을 주도하고 있으나, 몽골 남동쪽에 한기를 동반한 기압골이 느리게 남서진하고 있어 향후 TD의 북동쪽 전향에 영향을 줄 것으로 예상됨(그림 2.18)
- 제19호 TD의 강도는 태풍일 때와 마찬가지로 200 hPa 상층에 고기압이 버티고 있어 상층 발산이 약하여 발달하지 못하였음(그림 2.18)



[그림 2.18] 제19호 TD(8.20. 21시) (a)700-850 hPa 지향류, (b)850 hPa 유선장&위성 적외영상, (c)500 hPa 유선장&위성 적외영상, (d)200 hPa 유선장&위성 적외영상

○ 21일 03시 925 hPa 유선장과 수증기 영상을 살펴보면 제19호 TD는 중심기압 1002 hPa(최대풍속 15 m/s)를 유지하면서 하층 고기압 가장자리를 따라 서산 남서쪽 약 60 km 부근까지 북진하였으며, 그 뒤를 따라 제18호 TD가 북서진 중이나 중층 및 상층의 고기압 세력권 내에서 태풍으로 발달하지는 못하였음. 그리고, 괌 부근에는 향후 제10호 태풍 산산으로 발달한 열대요란이 느리게 서진 중임(그림 2.19)



[그림 2.19] 925 hPa 유선&수증기영상(8.21. 03시)

○ 제19호 TD는 당초 예상보다 고기압이 강하여 예상보다 더 북진하였으며, 21일 09시에 강화 북북동쪽 약 30 km 육상에 위치하면서 1004 hPa(최대풍속 13 m/s)로 더욱 약화 되었고, 더 이상 발달하지 못할 것으로 예상되어 열대저압부에 대한 정보를 종료하였음(그림 2.20)

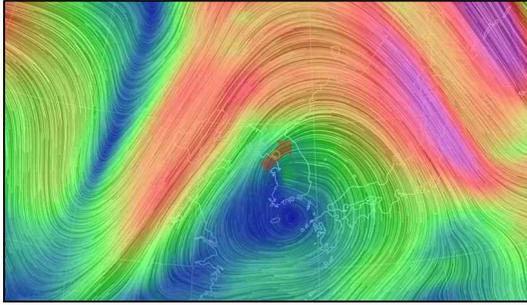


[그림 2.20] 제19호 TD 분석위치>S 자료

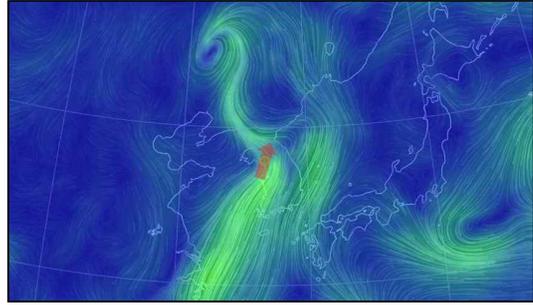
6) 특이사항

- 제9호 태풍 종다리는 해양조건이 매우 좋은 환경에서 남서쪽에서 고온 다습한 몬순류가 유입되면서 태풍의 발생 및 발달에는 좋은 열적 조건을 가지고 있었으나, 상층에 고기압이 강하게 자리하면서 상층 발산이 약하여 태풍으로의 발달이 지연된 사례임
- 또한, 중심 부근의 풍속보다 중심 주변의 풍속이 강한 몬순저기압의 형태에서 순환의 남쪽에서 대류가 강하게 발달하고, 15 m/s의 해상풍 자료가 관측되면서 태풍으로 선언되었으며, 2022년 제6호 태풍 트라세와 유사한 사례임
- 제9호 태풍 종다리는 우리나라 주변 해수면온도가 평년보다 높아 강도를 유지하면서 북상할 것으로 예상되었으나, 상층에 고기압이 계속 버티면서 상층 발산이 약해 발달하지 못하였으며, 우리나라 부근에서는 상층 건조역으로 인해 태풍 구조가 완전히 와해되면서 빠르게 약화 되었음
- 그러나, 약화된 이후에도 우리나라에 영향을 줄 것으로 예상되어 계속 TD정보를 발표하였으며, 실제로도 100 mm 이상의 강수와 30 m/s에 근접한 최대순간풍속이 나타나 태풍이 TD로 약화된 이후에도 위험기상이 나타날 수 있다는 것을 보여준 사례임
- TD로 약화된 이후에도 이동 경로에 따른 강수 집중 구역의 예보가 매우 중요했는데, 당초 상층(200 hPa)의 기압골을 받아 북동진해서 강원도로 이동하는 경로가 가능성이 높아 보였으나, 약화된 이후 상층보다는 하층 기압계의 영향을 더 많이 받으면서 하층(925 hPa)의 고기압성에 의한 북북동진 지향류의 영향을 받아 예상보다 북진하였음(그림 2.21)
- 제9호 종다리에 대한 각 모델들의 예측경향은 발생 초기에 서해상으로 북상하는 진로와 대한해협을 통과하는 진로로 나뉘었으나, 이후 북태평양고기압의 확장을 모델들이 잘 모의하면서 일관되게 서해상으로 북상하는 진로를 예측하였음

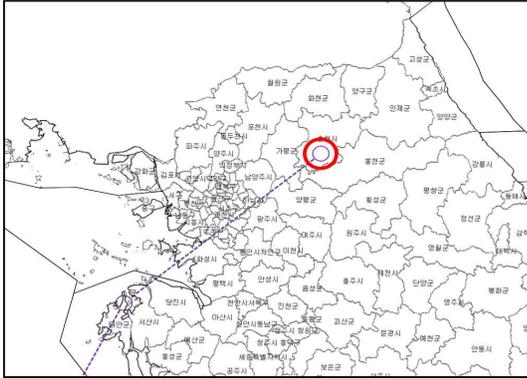
(a) 8월 21일 09시 200 hPa 유선장



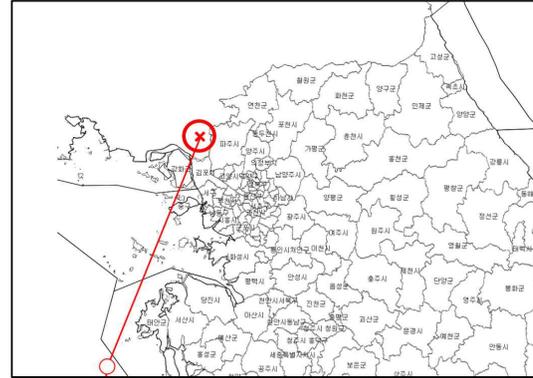
(b) 8월 21일 09시 925 hPa 유선장



(c) 8월 21일 09시 예상 위치(8월 20일 09시 발표)



(d) 8월 21일 09시 실제 위치



[그림 2.21] 제19호 TD 이동경향

- 그러나, 약화시점에서 모델들의 진로가 경기만으로 들어와서 한반도 내륙에 상륙하여 강원도로 이동하는 진로와 좀 더 북쪽으로 이동하여 황해도 지역으로 이동하는 경로로 나뉘었는데, 이는 태풍을 강하게 모의하는 모델은 상층기압골에 의한 북동 지향류에 의해 좀 더 내륙으로 전향할 것으로 예측하였고, 태풍을 약하게 모의한 모델들은 하층 고기압의 지향류에 의해 북북동진할 것으로 예측하였음
- 제9호 태풍 종다리는 강하게 발달하지 못하는 문순저기압의 특징을 가지는 태풍으로 2022년 제6호 태풍 트라세와 유사했고, 또한 높은 해수면온도와 문순류에 의한 고온다습한 공기의 유입 등 해상의 열적 조건은 양호했음에도 불구하고, 200 hPa에 고기압이 강하게 버티면서 상층 발산의 흐름이 약해 역학적 조건이 불충분하여 더 이상 발달하지 못하였으며, 그로 인해 상층보다는 하층 기압계의 영향을 많이 받은 태풍이었음

다. 태풍 관련 관측값

[표 2.2] 제9호 태풍 종다리 영향기간(8.20.) 자동기상관측장비(AWS) 관측값

○ 일최대순간풍속 (단위: m/s)

| 순위 | 8.20. | |
|----|-------|------|
| | 지점 | 값 |
| 1 | 삼각봉 | 29.9 |
| 2 | 신지도 | 25.6 |
| 3 | 온산 | 24.5 |
| 4 | 해수서 | 24.2 |
| 5 | 갈매여 | 23.6 |
| 6 | 상조도 | 21.1 |
| 7 | 간여암 | 21.1 |
| 8 | 가거도 | 20.6 |
| 9 | 도리도 | 20.6 |
| 10 | 우도 | 19.8 |

○ 일강수량 (단위: mm)

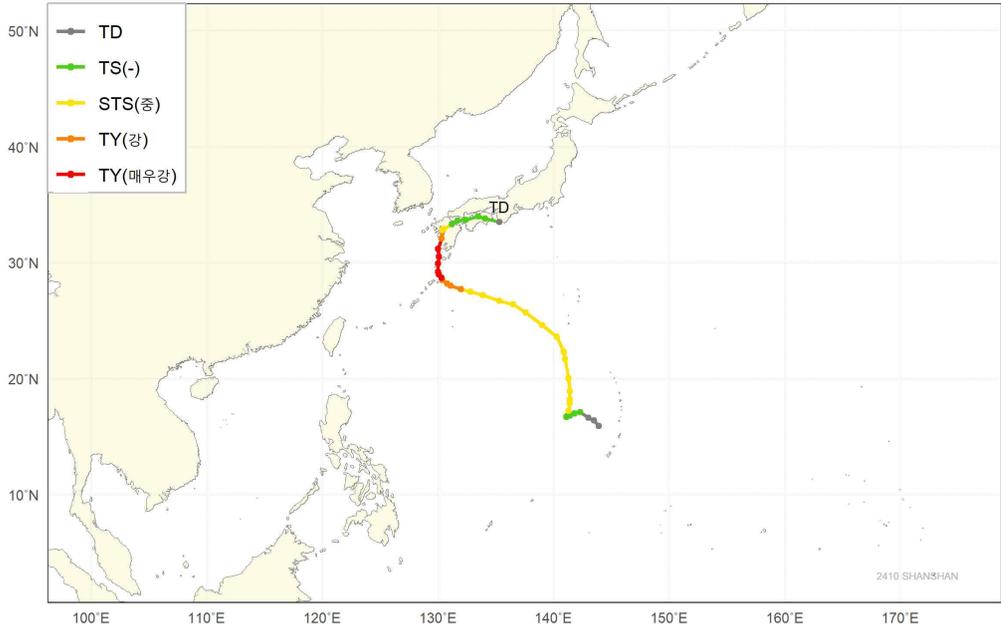
| 순위 | 8.20. | |
|----|-------|-------|
| | 지점 | 값 |
| 1 | 삼각봉 | 153.0 |
| 2 | 온산 | 142.0 |
| 3 | 진달래밭 | 124.5 |
| 4 | 영실 | 115.0 |
| 5 | 사제비 | 111.5 |
| 6 | 윗세오름 | 108.5 |
| 7 | 울기 | 104.5 |
| 8 | 한라산남벽 | 100.5 |
| 9 | 간절곶 | 98.0 |
| 10 | 토함산 | 96.5 |

2. 제10호 태풍 산산(SHANSHAN)

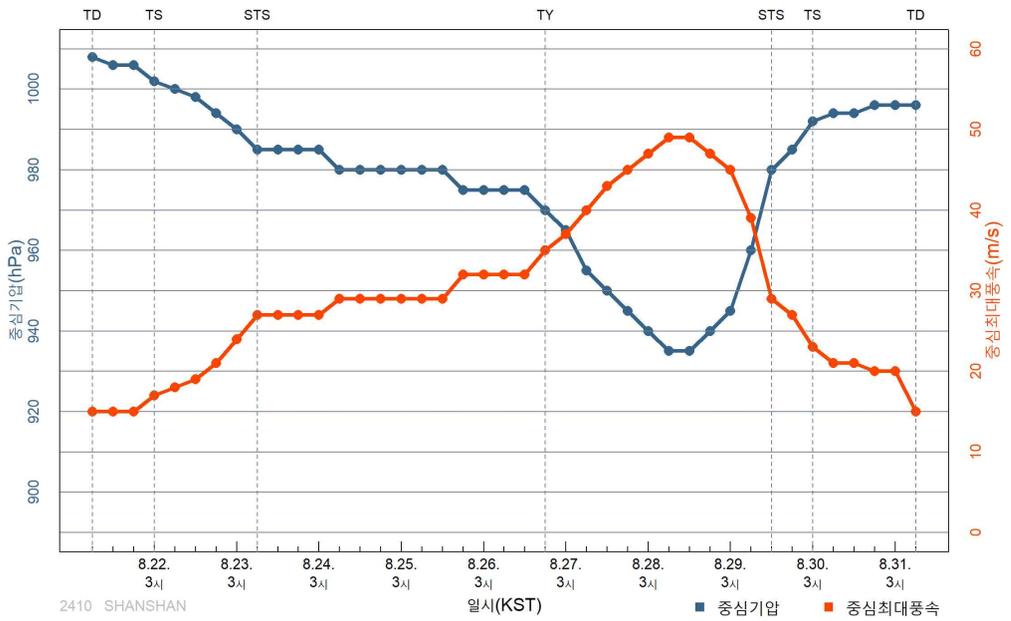
가. 개요

- 제10호 태풍 산산(SHANSHAN)은 8월 22일 03시 괌 북북서쪽 약 480 km 부근 해상에서 제20호 열대저압부로부터 발생하였음
 - 태풍 발생 시 주변 해양조건(해수면온도 30 °C, 해양열량 100 kJ/cm²이하)과 대기조건(연직시어 20 kt 이하)이 매우 양호하였음
 - 편동풍 파동들이 서진하는 가운데 200 hPa 고기압의 북풍류에 의해 적도방향으로의 발산이 강화되면서 태풍으로 발달하였음
- 태풍은 발생 초기 상층저기압(TUTT Cell)과의 상호작용으로 태풍의 급격한 발달을 하지 못하였으나 이후 영향에서 벗어나면서 점차 발달하였음
 - 태풍 경로상의 해수면온도는 30 °C 로 평년에 비해 1 °C정도 높은 상황에서 상층골 전면에서 상층 발산의 지원을 받으며 최대강도인 중심기압 935 hPa, 중심최대풍속 49 m/s의 ‘매우 강’ 태풍으로 발달하였음
- 뚜렷한 지향류가 없어서 태풍의 이동속도가 느림에도 불구하고 쿠로시오 난류가 지나는 해역에서 평년보다 높은 해수면 온도로 인하여 용승에 따른 강도 저하는 거의 없었음
- 티베트고기압과 아열대고기압 사이에서 북상하던 태풍은 상륙 이후 지면 마찰로 인해 빠르게 약화 되기 시작하였으며 규슈 북쪽으로 건조역이 남하하면서 8월 31일 09시경 중심기압 996 hPa, 중심최대풍속 15 m/s인 열대저압부로 약화 되었음
- 8월 28일 09시 남해동부바깥먼바다에 태풍주의보가 발효된 것을 시작으로 30일 10시 30분에 태풍특보가 풍랑특보로 변경될 때까지 약 49시간 30분 동안 우리나라에 영향을 주었음

(a)



(b)



[그림 3.1] 제10호 태풍 산산의 (a)경로도, (b)강도시계열

[표 3.1] 제10호 태풍 산산 분석표

| 구분 | 일시 (KST) | 중심위치 | | 중심 기압 (hPa) | 최대 풍속 (m/s) | 강풍 반경 (km) | 폭풍 반경 (km) | 강도 | 진행 방향 | 이동 속도 (km/h) |
|-----|-------------|--------|--------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----|----------|--------------------|
| | | 위도(°N) | 경도(°E) | | | | | | | |
| TD | 08.21. 09 | 15.9 | 143.9 | 1008 | 15 | - | - | - | 서북서 | 15 |
| TD | 08.21. 15 | 16.4 | 143.5 | 1006 | 15 | - | - | - | 북서 | 20 |
| TD | 08.21. 21 | 16.6 | 143 | 1006 | 15 | - | - | - | 서 | 4 |
| TS | 08.22. 03 | 17.1 | 142.3 | 1002 | 17 | 120 | - | - | 서 | 14 |
| TS | 08.22. 09 | 17 | 141.8 | 1000 | 18 | 120 | - | - | 남서 | 10 |
| TS | 08.22. 15 | 16.8 | 141.4 | 998 | 19 | 190 | - | - | 남서 | 5 |
| TS | 08.22. 21 | 16.8 | 141.2 | 994 | 21 | 200 | - | - | 서 | 3 |
| TS | 08.23. 03 | 16.7 | 141.1 | 990 | 24 | 250 | - | - | 남 | 3 |
| STS | 08.23. 09 | 17.2 | 141.3 | 985 | 27 | 250 | 60 | 중 | 북북동 | 15 |
| STS | 08.23. 15 | 17.9 | 141.4 | 985 | 27 | 270 | 70 | 중 | 서 | 7 |
| STS | 08.23. 21 | 18.2 | 141.4 | 985 | 27 | 270 | 70 | 중 | 북 | 7 |
| STS | 08.24. 03 | 18.9 | 141.4 | 985 | 27 | 270 | 70 | 중 | 북 | 15 |
| STS | 08.24. 09 | 20 | 141.3 | 980 | 29 | 270 | 70 | 중 | 북 | 25 |
| STS | 08.24. 15 | 21.7 | 141 | 980 | 29 | 270 | 70 | 중 | 북북서 | 44 |
| STS | 08.24. 21 | 22.3 | 140.9 | 980 | 29 | 280 | 90 | 중 | 북북서 | 13 |
| STS | 08.25. 03 | 23.6 | 140.3 | 980 | 29 | 280 | 70 | 중 | 북북서 | 27 |
| STS | 08.25. 09 | 24.6 | 139 | 980 | 29 | 280 | 70 | 중 | 북서 | 32 |
| STS | 08.25. 15 | 25.7 | 137.6 | 980 | 29 | 280 | 70 | 중 | 서북서 | 41 |
| STS | 08.25. 21 | 26.4 | 136.5 | 975 | 32 | 290 | 80 | 중 | 북서 | 17 |
| STS | 08.26. 03 | 26.7 | 135.3 | 975 | 32 | 290 | 80 | 중 | 서 | 20 |
| STS | 08.26. 09 | 27.2 | 133.9 | 975 | 32 | 290 | 80 | 중 | 서북서 | 24 |
| STS | 08.26. 15 | 27.5 | 132.8 | 975 | 32 | 290 | 80 | 중 | 서북서 | 16 |
| TY | 08.26. 21 | 27.7 | 132 | 970 | 35 | 290 | 80 | 강 | 서북서 | 16 |
| TY | 08.27. 03 | 28 | 131.1 | 965 | 37 | 290 | 80 | 강 | 서북서 | 18 |
| TY | 08.27. 09 | 28.2 | 130.8 | 955 | 40 | 300 | 90 | 강 | 북서 | 4 |
| TY | 08.27. 15 | 28.5 | 130.4 | 950 | 43 | 320 | 100 | 강 | 북서 | 4 |
| TY | 08.27. 21 | 28.7 | 130.3 | 945 | 45 | 320 | 100 | 매우강 | 북 | 3 |
| TY | 08.28. 03 | 29 | 130.1 | 940 | 47 | 320 | 100 | 매우강 | 북서 | 9 |
| TY | 08.28. 09 | 29.2 | 130 | 935 | 49 | 320 | 100 | 매우강 | 북 | 3 |
| TY | 08.28. 15 | 29.9 | 130 | 935 | 49 | 320 | 100 | 매우강 | 북북서 | 11 |
| TY | 08.28. 21 | 30.5 | 130.1 | 940 | 47 | 320 | 100 | 매우강 | 북북동 | 15 |

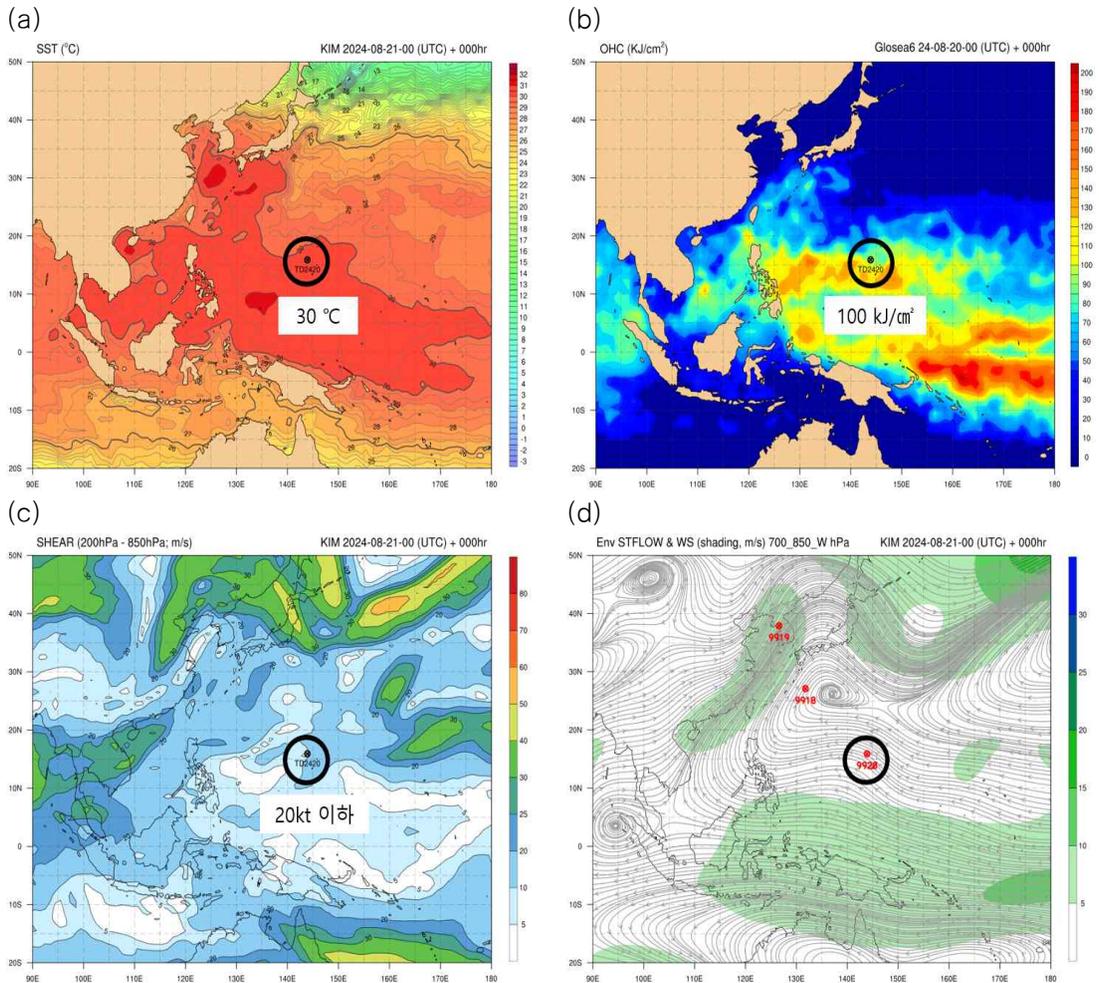
[표 3.1] 제10호 태풍 산산 분석표

| 구분 | 일시 (KST) | 중심위치 | | 중심 기압 (hPa) | 최대 풍속 (m/s) | 강풍 반경 (km) | 폭풍 반경 (km) | 강도 | 진행 방향 | 이동 속도 (km/h) |
|-----|-------------|--------|--------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----|----------|--------------------|
| | | 위도(°N) | 경도(°E) | | | | | | | |
| TY | 08.29. 03 | 31.2 | 130 | 945 | 45 | 320 | 100 | 매우강 | 북북서 | 15 |
| TY | 08.29. 09 | 32.1 | 130.3 | 960 | 39 | 290 | 90 | 강 | 북북동 | 19 |
| STS | 08.29. 15 | 32.8 | 130.4 | 980 | 29 | 250 | 90 | 중 | 북 | 7 |
| STS | 08.29. 21 | 32.9 | 130.5 | 985 | 27 | 220 | 70 | 중 | 동 | 3 |
| TS | 08.30. 03 | 33.3 | 131.2 | 992 | 23 | 200 | - | - | 북동 | 23 |
| TS | 08.30. 09 | 33.6 | 131.7 | 994 | 21 | 180 | - | - | 북동 | 9 |
| TS | 08.30. 15 | 33.7 | 132.4 | 994 | 21 | 170 | - | - | 동북동 | 12 |
| TS | 08.30. 21 | 34 | 133.5 | 996 | 20 | 160 | - | - | 동 | 24 |
| TS | 08.31. 03 | 33.8 | 134.1 | 996 | 20 | 160 | - | - | 동남동 | 10 |
| TD | 08.31. 09 | 33.5 | 135.3 | 996 | 15 | - | - | - | 동남동 | 26 |

나. 태풍 특성 분석

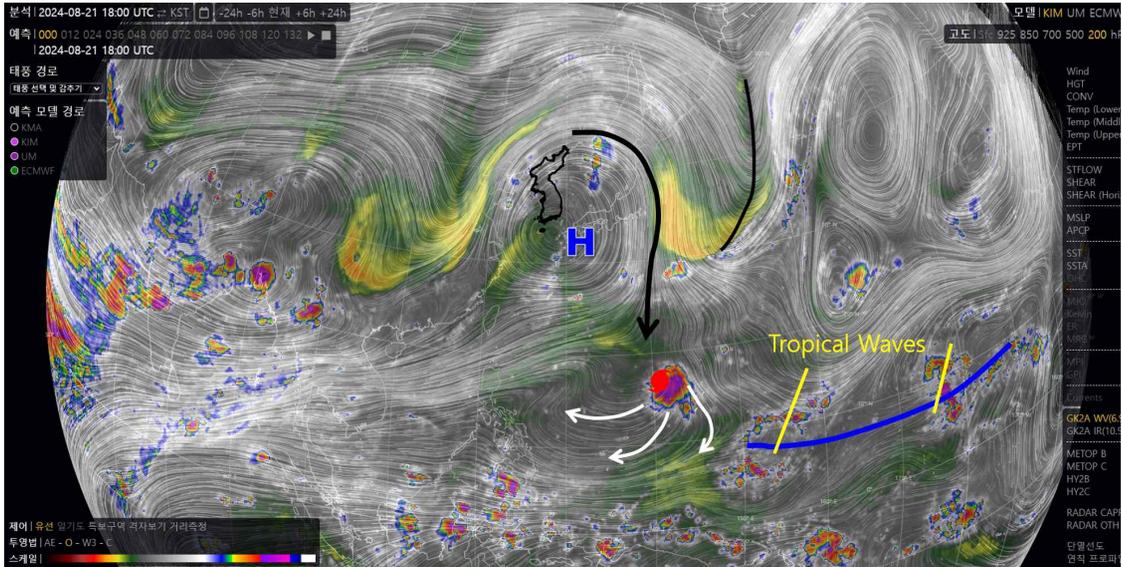
1) 발생기

- 제20호 열대저압부는 8월 21일 09시경 괌 북북서쪽 약 280 km 부근 해상에서 중심기압 1008 hPa, 중심최대풍속 15 m/s로 발생하였음
- 열대저압부 주변의 해양조건(해수면온도 30 °C, 해양열량 100 kJ/cm² 이하)과 대기조건(연직시어 20 kt 이하)이 매우 양호하였으나, 700–850 hPa 지향류에서는 뚜렷한 지향류가 나타나지 않았음(그림 3.2)



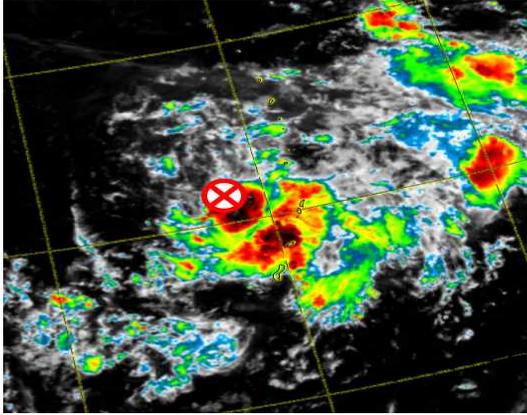
[그림 3.2] 제20호 열대저압부(8.21. 09시) (a)해수면온도, (b)해양열량, (c)200–850 hPa 연직시어, (d)700–850 hPa 지향류

- 이 열대저압부는 해양과 대기조건이 좋은 환경에서 편동풍 파동들이 서진하는 가운데 200 hPa 고기압의 북풍류에 의해 적도방향으로의 발산이 강화되면서, 8월 22일 03시경 괌 북북서쪽 약 480 km 부근 해상에서 중심기압 1002 hPa, 중심최대풍속 18 m/s의 제10호 태풍 산산(SHANSHAN)으로 발달하였음(그림 3.3, 그림 3.4)

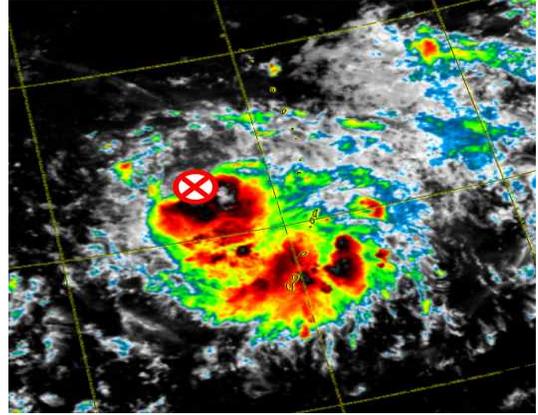


[그림 3.3] 제10호 태풍 산산(8.22. 03시) 200 hPa 유선&천리안위성(GK2A) 수증기영상 중첩

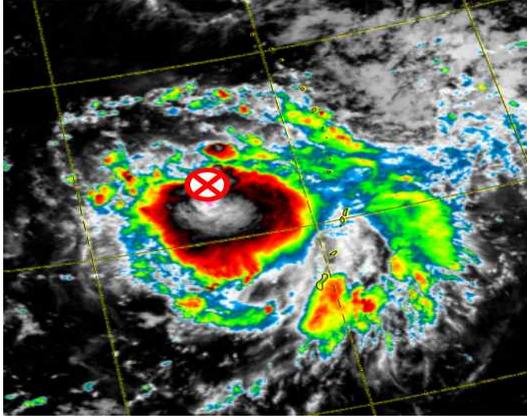
(a) 8.21. 09시 제20호 열대저압부(TD)



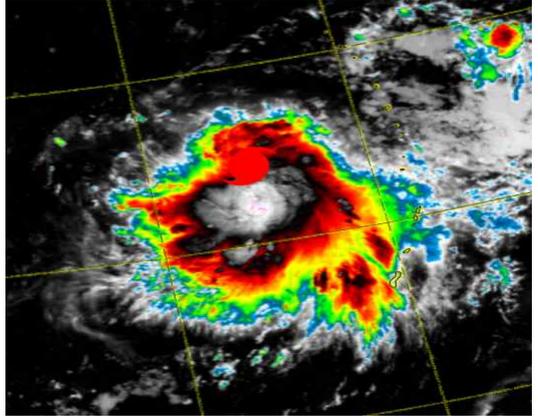
(b) 8.21. 15시 제20호 열대저압부(TD)



(c) 8.21. 21시 제20호 열대저압부(TD)



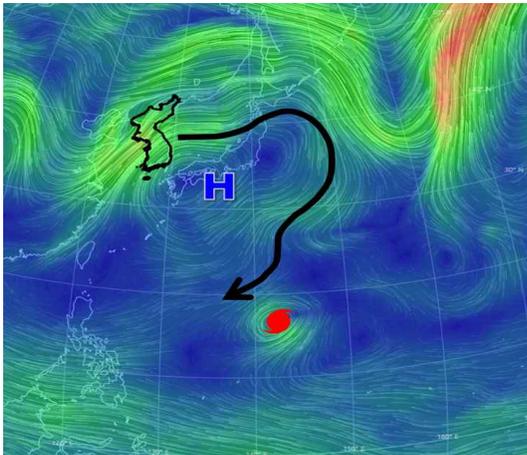
(d) 8.22. 03시 제10호 태풍 산산



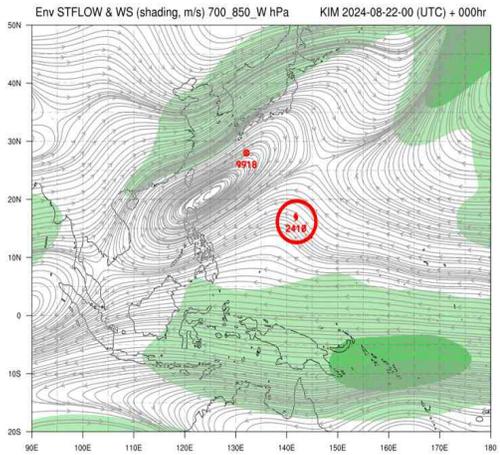
[그림 3.4] 제10호 태풍 산산 천리안위성(GK2A) 컬러적외 영상

○ 태풍으로 발달 후에는 뚜렷한 지향류 없이 태풍 북쪽에 위치한 아열대고기압 가장자리를 따라 서진 하였음(그림 3.5)

(a)

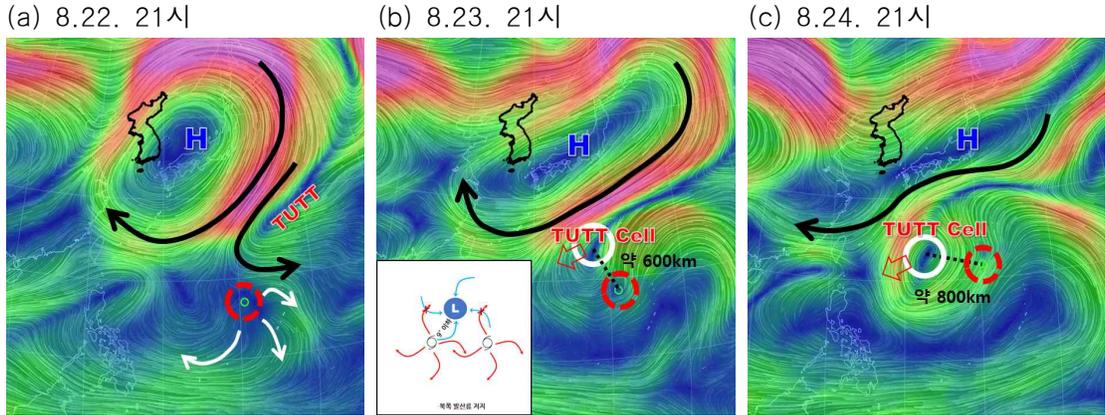


(b)



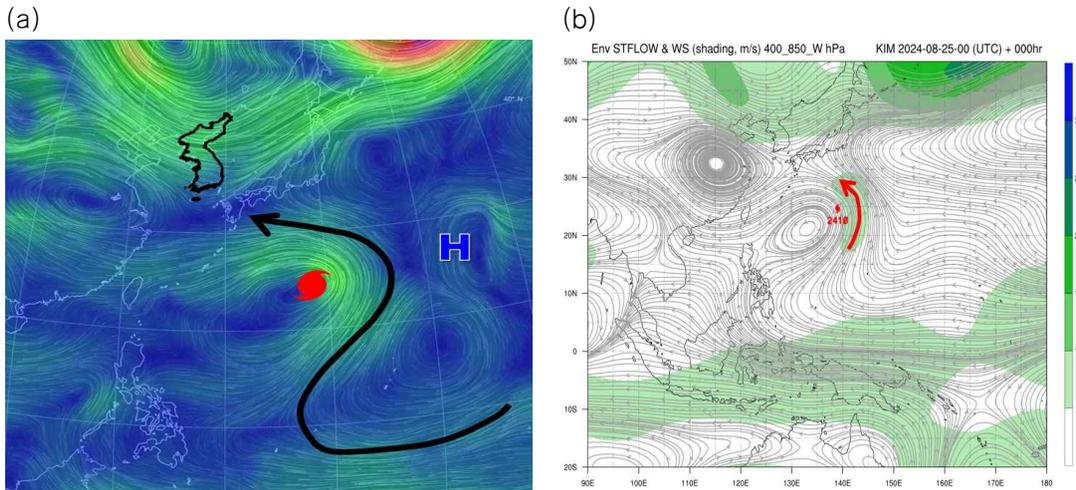
[그림 3.5] 제10호 태풍 산산(8.22. 09시) (a)500 hPa 유선 (b)700-850 hPa 지향류

○ 태풍 발생 초기에는 태풍 북쪽에 위치한 상층기압골(TUTT)에 의해 발산을 지원받으면서 발달하였지만, 상층기압골(TUTT)은 점차 상층저기압(TUTT Cell)으로 분리되면서 태풍과의 거리가 가까워짐에 따라 발산이 저지되고 태풍의 급격한 발달을 저해함(그림 3.6)



[그림 3.6] 제10호 태풍 산산 200 hPa 유선

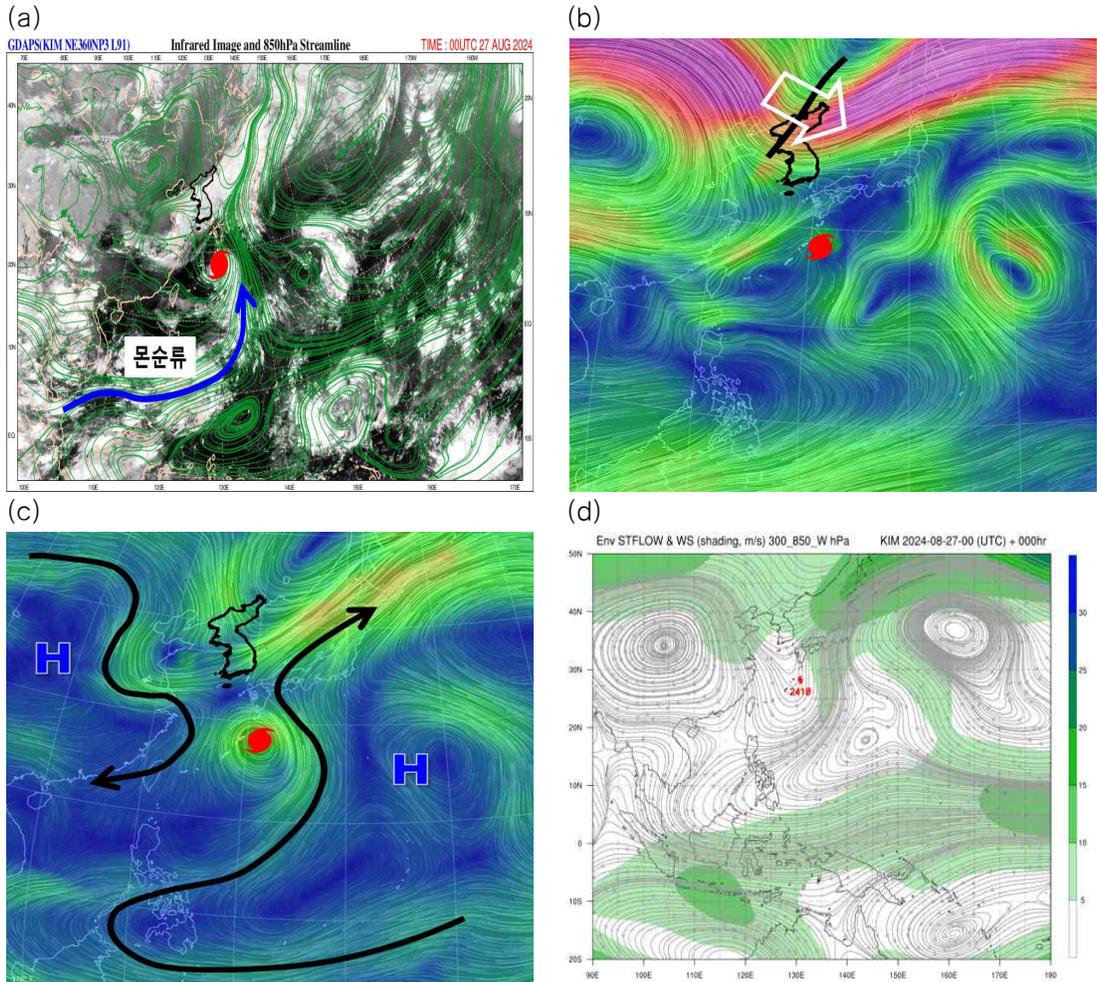
○ 서진하던 태풍은 상층저기압(TUTT Cell)이 점차 태풍 서쪽으로 빠져나가고 동쪽에 위치한 아열대고기압 가장자리에서 지향류를 받으며 북상함(그림 3.7)



[그림 3.7] 제10호 태풍 산산(8.25. 09시) (a)500 hPa 유선, (b)400-850 hPa 지향류

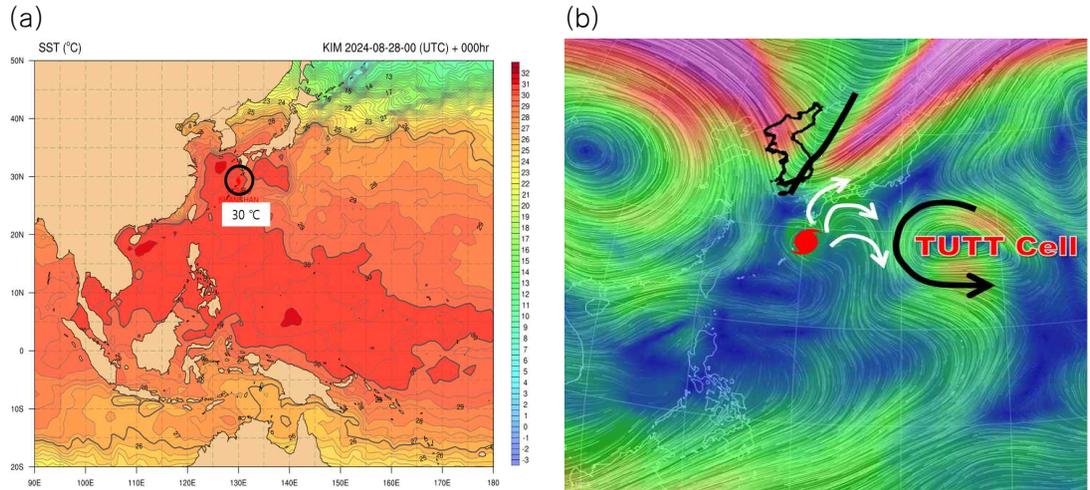
2) 발달·최성기

- 850 hPa에서 인도양에서 필리핀을 거쳐 몬순류에 의한 고온다습한 공기가 지속적으로 유입되면서 태풍 발달에 좋은 조건이 형성되었고, 200 hPa에서는 점차 다가오는 상층기압골의 영향으로 발산이 강하게 나타나면서 태풍은 점차 발달하였고, 태풍 동쪽에 위치한 아열대고기압과 중국 내륙에 위치한 티베트고기압에 의한 남풍 지향류 사이에서 느리게 북상하였음(그림 3.8)



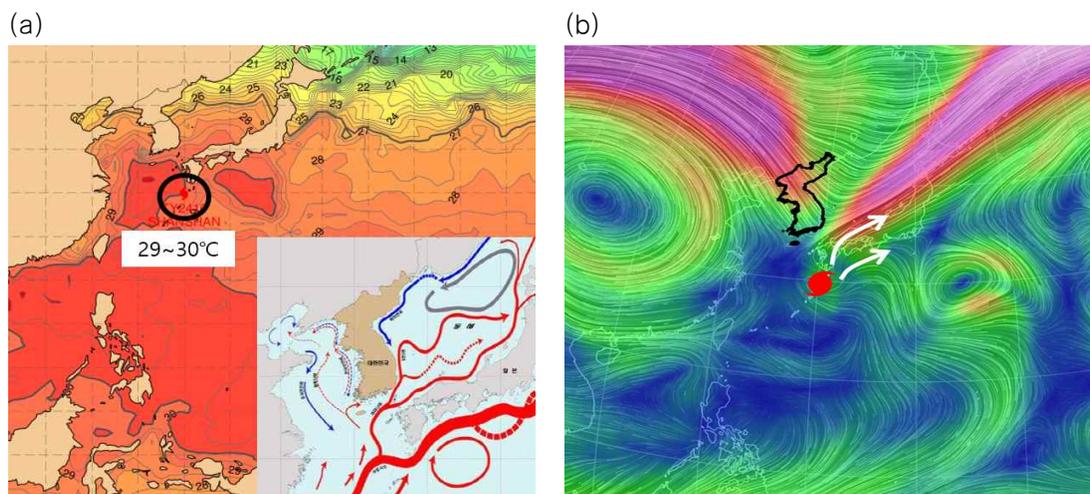
[그림 3.8] 제10호 태풍 산산(8.27. 09시) (a)850hPa 유선장&위성 적외영상, (b)200hPa 유선장, (c)500hPa 유선장, (d)300-850hPa 지향류

- 태풍 경로상의 해수면온도는 30 °C로 평년에 비해 1 °C 정도 높은 상황에서 다가오는 상층기압골 전면에서의 상층 발산과 태풍 동쪽에 위치한 상층저기압(TUTT Cell)에 의한 상층 발산이 더해지면서 8월 28일 09시 최대강도인 중심기압 935 hPa, 중심최대풍속 49 m/s의 ‘매우 강’ 태풍으로 발달하였음(그림 3.9)



[그림 3.9] 제10호 태풍 산산(8.28. 09시) (a)해수면온도 (b)200 hPa 유선

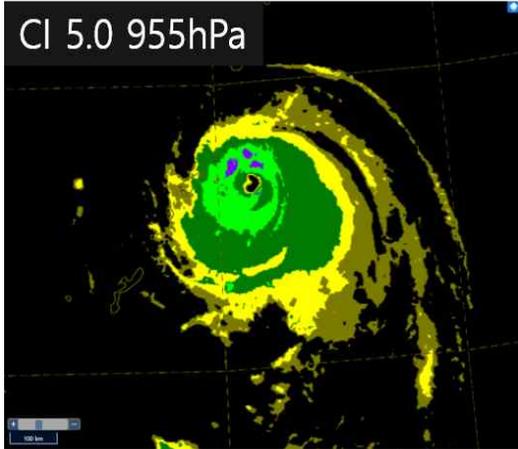
- 뚜렷한 지향류가 없어서 태풍의 이동속도가 느림에도 불구하고 상층에서의 강한 발산과 남쪽에서 북상 해오는 따뜻한 쿠로시오 난류의 영향으로 해수면온도의 하강이 없어서 용승에 따른 강도 저하는 없었음(그림 3.10)



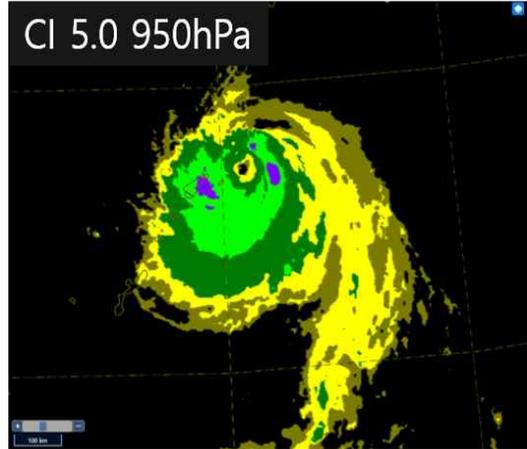
[그림 3.10] 제10호 태풍 산산(8.28. 15시) (a)해수면온도&해류 (b)200 hPa 유선

- 태풍 산산은 이동하면서 눈벽대체과정(ERC)이 나타났는데, 8월 27일 오전 최상층 드보락 온도 계조는 Black(-64°C 이하, 연두색)이었다가 오후에 Light Gray(-54°C 이하, 초록색)로 약해진 후 다음날 새벽에 다시 Black 계조로 발달하며 눈벽대체과정이 진행되었음(그림 3.11)

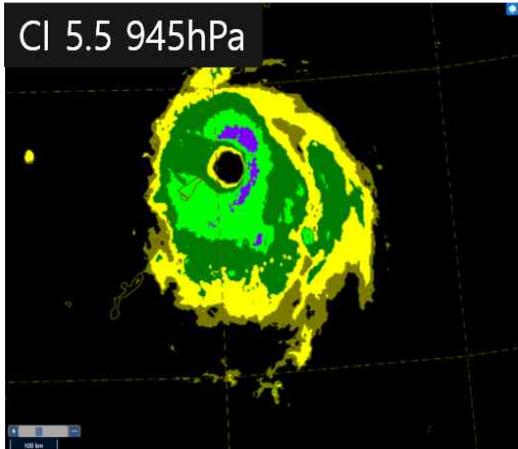
(a) 8.27. 09시



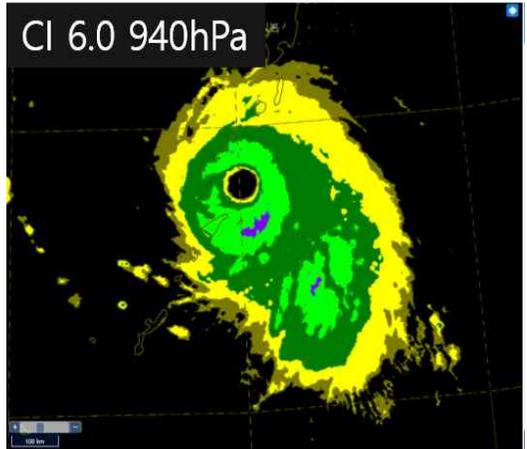
(b) 8.27. 15시



(c) 8.27. 21시



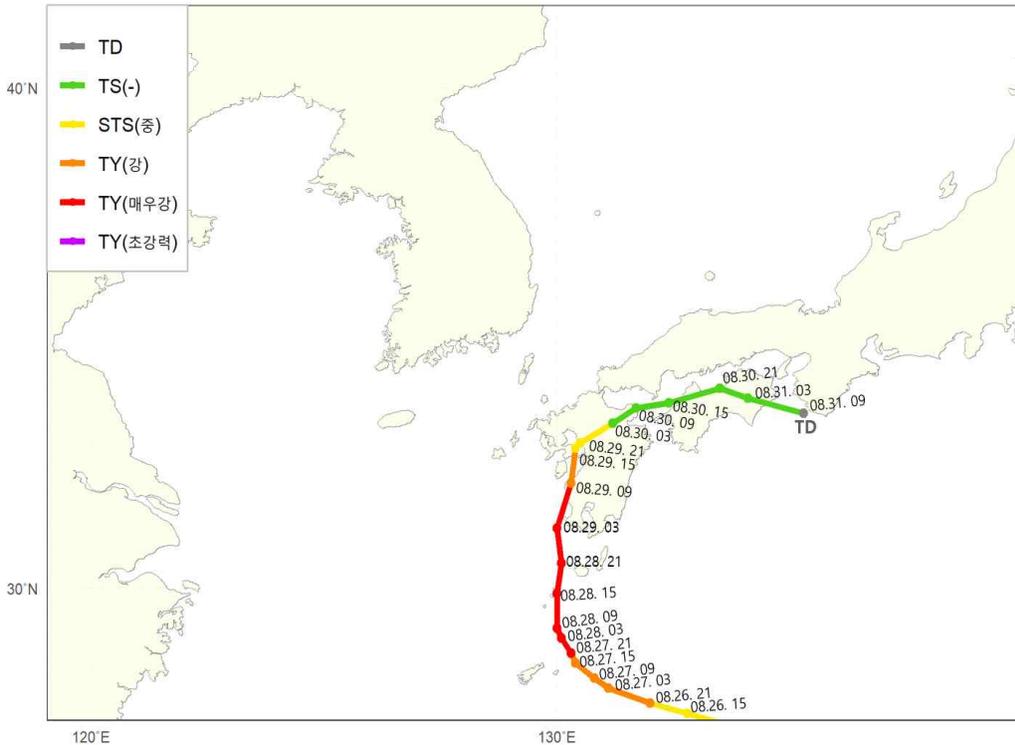
(d) 8.28. 03시



[그림 3.11] 제10호 태풍 산산 눈벽대체과정(ERC) 천리안위성(GK2A) 적외강조 영상

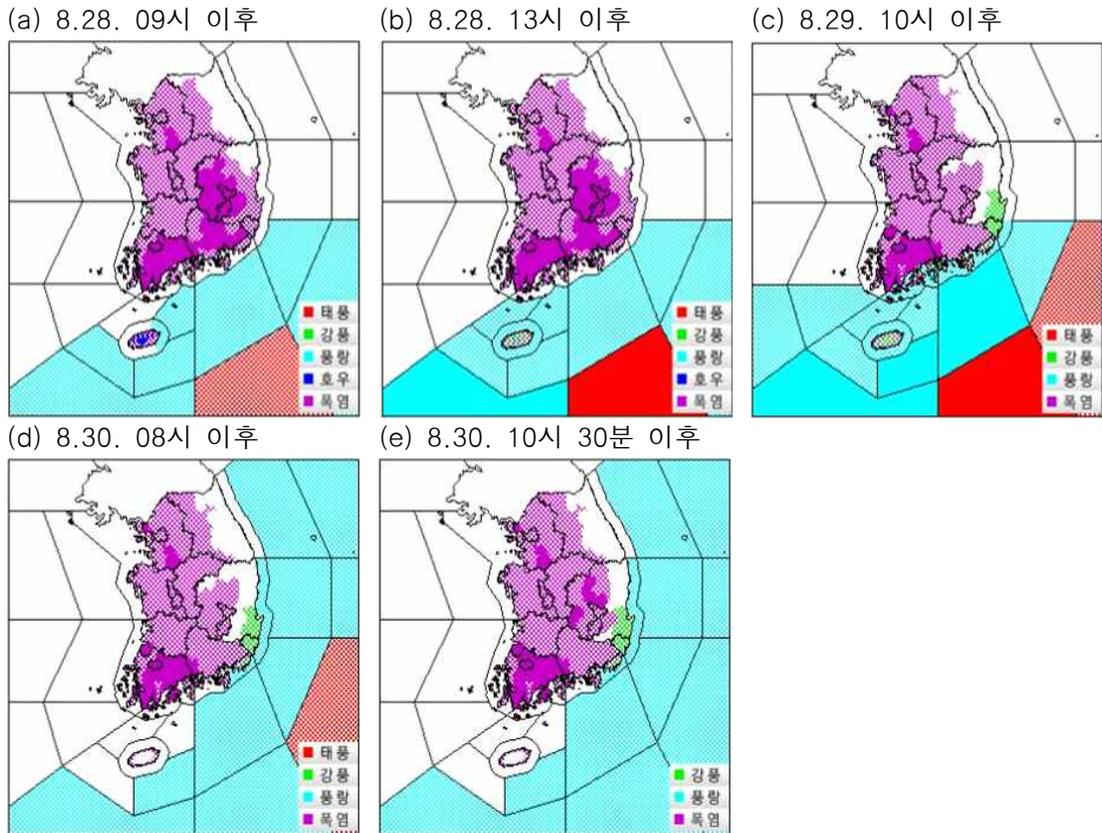
3) 영향기간

- 태풍으로 인해 8월 28일 09시 남해동부바깥면바다에 태풍주의보가 발효되기 시작하여, 동해남부남쪽바깥면바다에 태풍주의보가 발효된 후 8월 30일 10시 30분 태풍특보가 풍랑특보로 변경될 때까지 약 49시간 30분 동안 우리나라에 영향을 주었음(그림 3.12)



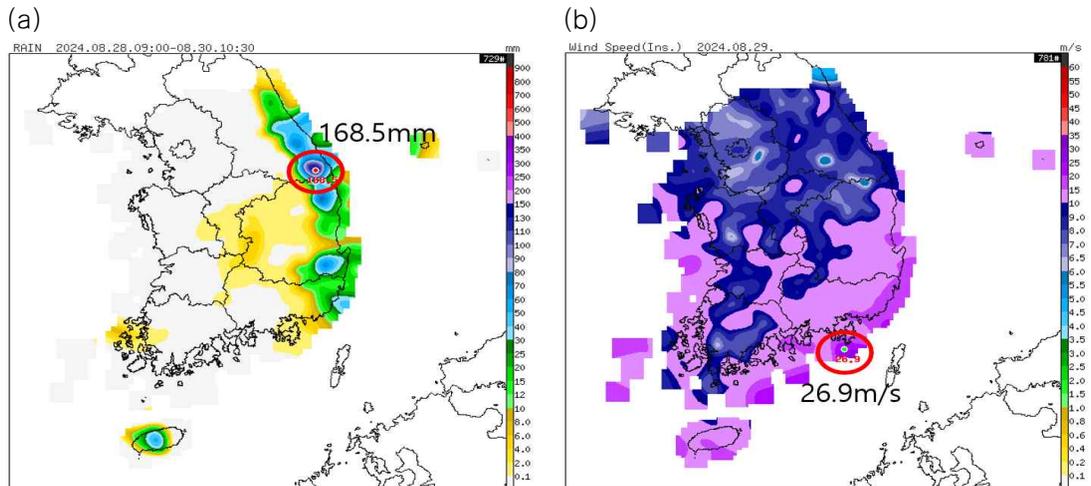
[그림 3.12] 제10호 태풍 산산의 경로와 분석시간

- 8월 28일 09시에 남해동부바깥면바다의 풍랑주의보가 태풍주의보로 변경되었으며, 이후 태풍이 근접함에 따라 8월 28일 12시에 태풍경보로 변경되었으며, 8월 29일 10시에는 동해남부남쪽바깥면바다까지 태풍주의보가 발효되었음(그림 3.13)
- 규슈 서쪽 해상에서 북상하던 태풍은 규슈 중부 내륙에서 북동진하면서 8월 30일 10시 30분 이후에는 모든 해상에서 태풍특보가 풍랑특보로 변경되었음(그림 3.13)



[그림 3.13] 제10호 태풍 산산 시간별 특보 발효 상황

○ 태풍 산산으로 인한 동풍의 강화로 동해안을 중심으로 최대 168.5 mm (도계)의 비가 내렸으며, 제주도와 남해안에 최대순간풍속 26.9 m/s(매물도)의 강풍이 관측되었음(그림 3.14)

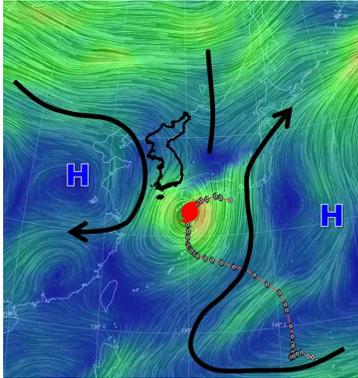


[그림 3.14] 제10호 태풍 산산에 의한 (a)누적강수량(8.28.~8.30.), (b)일최대순간풍속(8.29.)

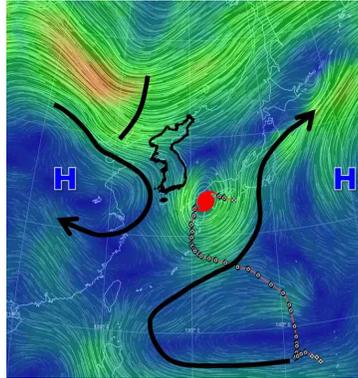
4) 약화기

- 티베트고기압과 아열대고기압 사이에서 북상하던 태풍은 8월 29일 09시경 일본 가고시마 북북서쪽 약 60 km 부근 육상에 상륙하였으나 상층기압골에 Catch Up 되지 못하고 규슈 중부 내륙에서 티베트고기압과 아열대고기압 사이에서 느리게 북동~동남동진하였음(그림3.15)

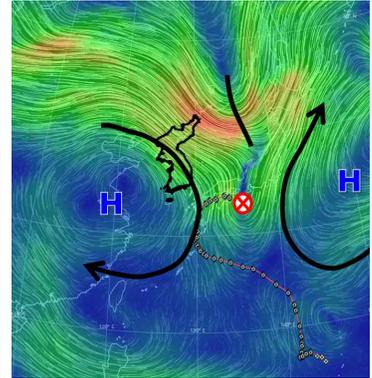
(a) 8.29. 09시



(b) 8.30. 09시

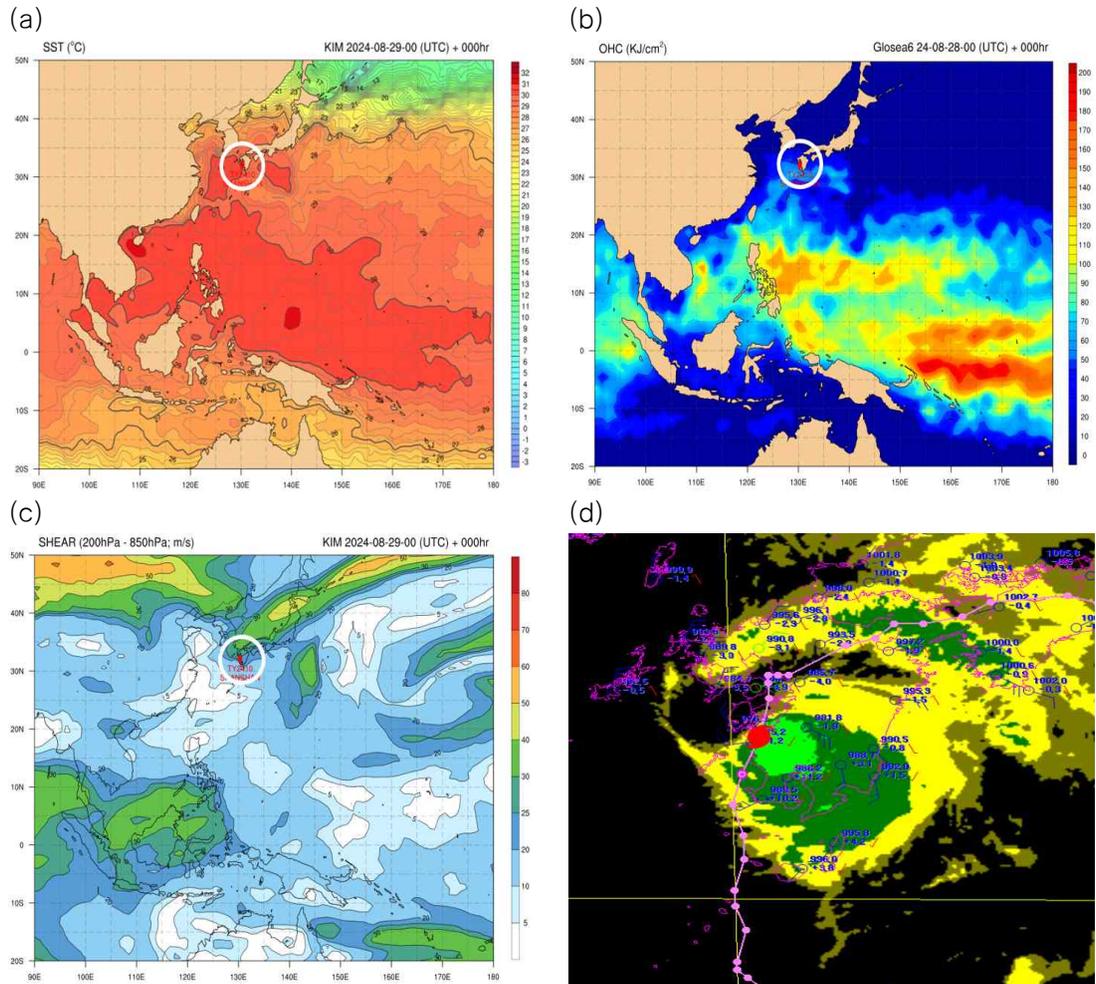


(c) 8.31. 09시



[그림 3.15] 제10호 태풍 산산 500 hPa 유선

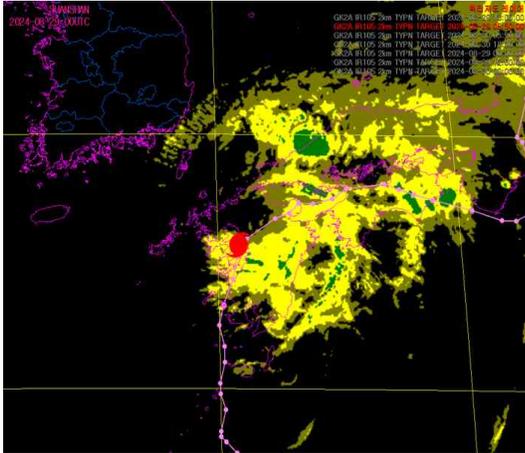
○ 상륙 이전까지도 양호 해양조건(해수면온도는 29~30 ℃, 해양열용량 70 kJ/cm²)과 대기조건(20 kt 이하)으로 ‘매우 강’의 강도로 북상하였으나 태풍 북동쪽으로 강한 지면 마찰에 의해 중심기압 960 hPa, 중심최대풍속 39 m/s인 ‘강’의 강도로 상륙하였음(그림3.16)



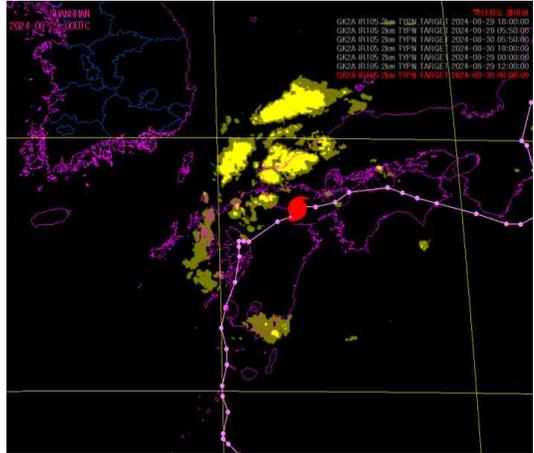
[그림 3.16] 제10호 태풍 산산 약화기(8.29. 09시)

○ 상륙 이후 태풍은 지면 마찰로 인해 빠르게 약화 되기 시작하였으며 규슈 북쪽에서 건조역이 남하하면서 일본 내륙을 서에서 동으로 가로지르며 8월 31일 09시에 중심기압 996 hPa, 중심최대풍속 15 m/s인 열대저압부로 약화 되었음(그림 3.17)

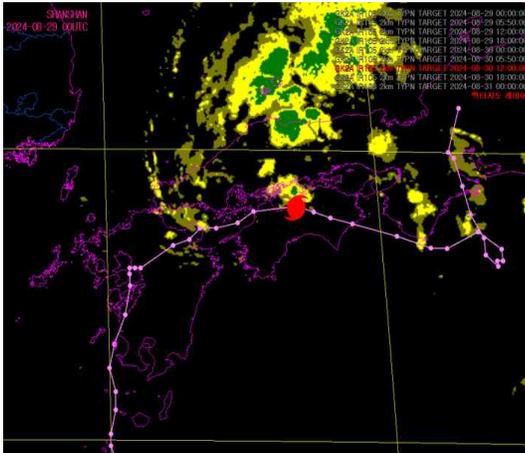
(a) 8.29. 15시



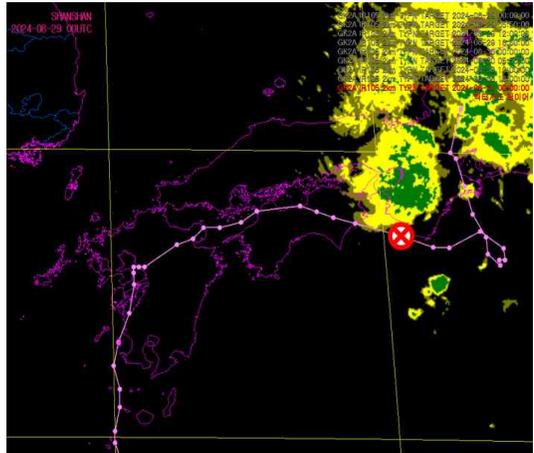
(b) 8.30. 09시



(c) 8.30. 21시



(d) 8.31. 09시

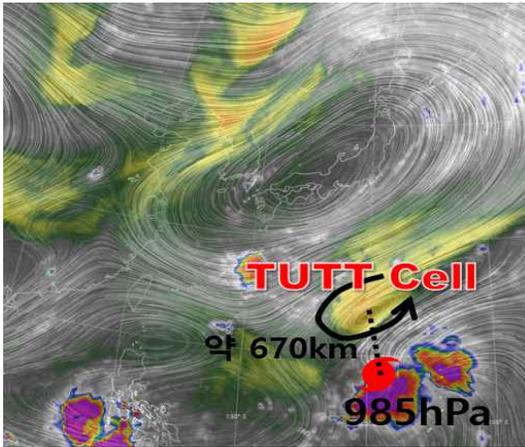


[그림 3.17] 제10호 태풍 산산 열대저압부로 약화 과정 천리안위성(GK2A) 적외강조영상

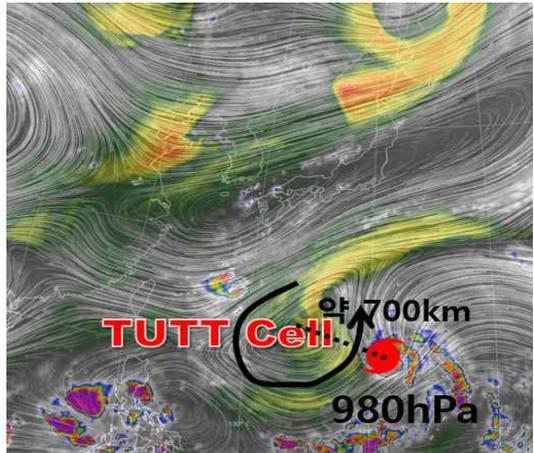
5) 특이사항

- 제10호 태풍 산산은 해양조건이 좋은 환경이었으나 상층에 위치한 상층저기압(TUTT Cell)에 의해 태풍 발생 초기부터 강도 발달에 영향을 많이 받으면서 급격하게 발달하지 못했음(그림 3.18)
 - 강도의 경우 상층저기압과 태풍의 거리가 9° 이하로 가까워지면 북쪽 발달이 저지되는 특성이 나타나는데, 이와 함께 상층저기압에 의한 건조역이 유입되면서 태풍의 급격한 발달을 제한하였음
 - 상층저기압의 영향을 받기 시작하는 23일경 중심기압 985 hPa(중심최대풍속 27 m/s)에서 상층저기압의 영향에서 벗어나기 시작하는 26일경 중심기압은 975 hPa(중심최대풍속 32 m/s)로 10 hPa 강화되면서 급격히 발달하지 못했음

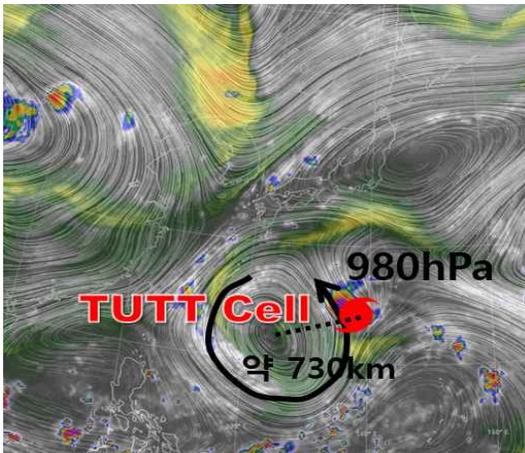
(a) 8.23. 09시



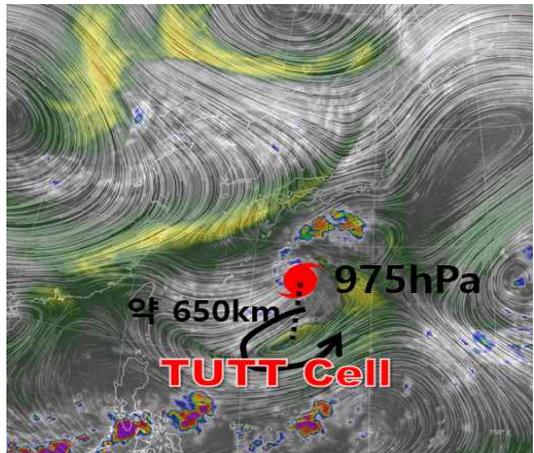
(b) 8.24. 09시



(c) 8.25. 09시

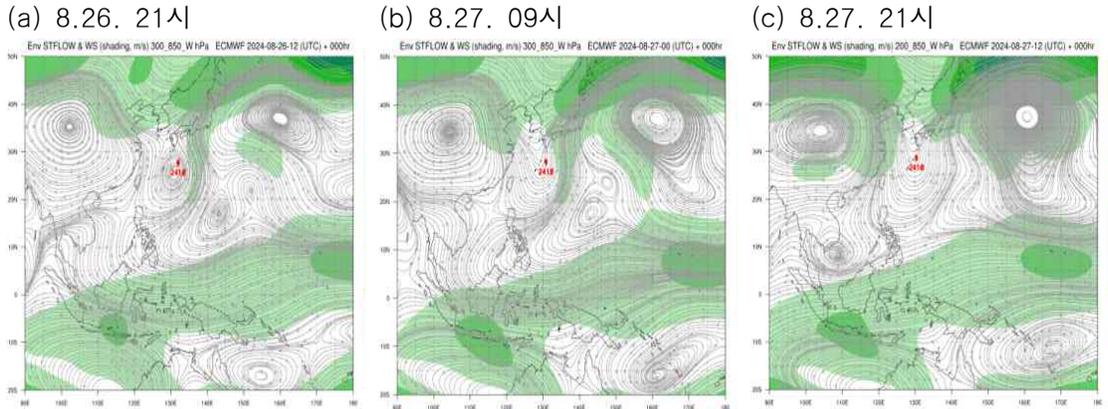


(d) 8.26. 09시



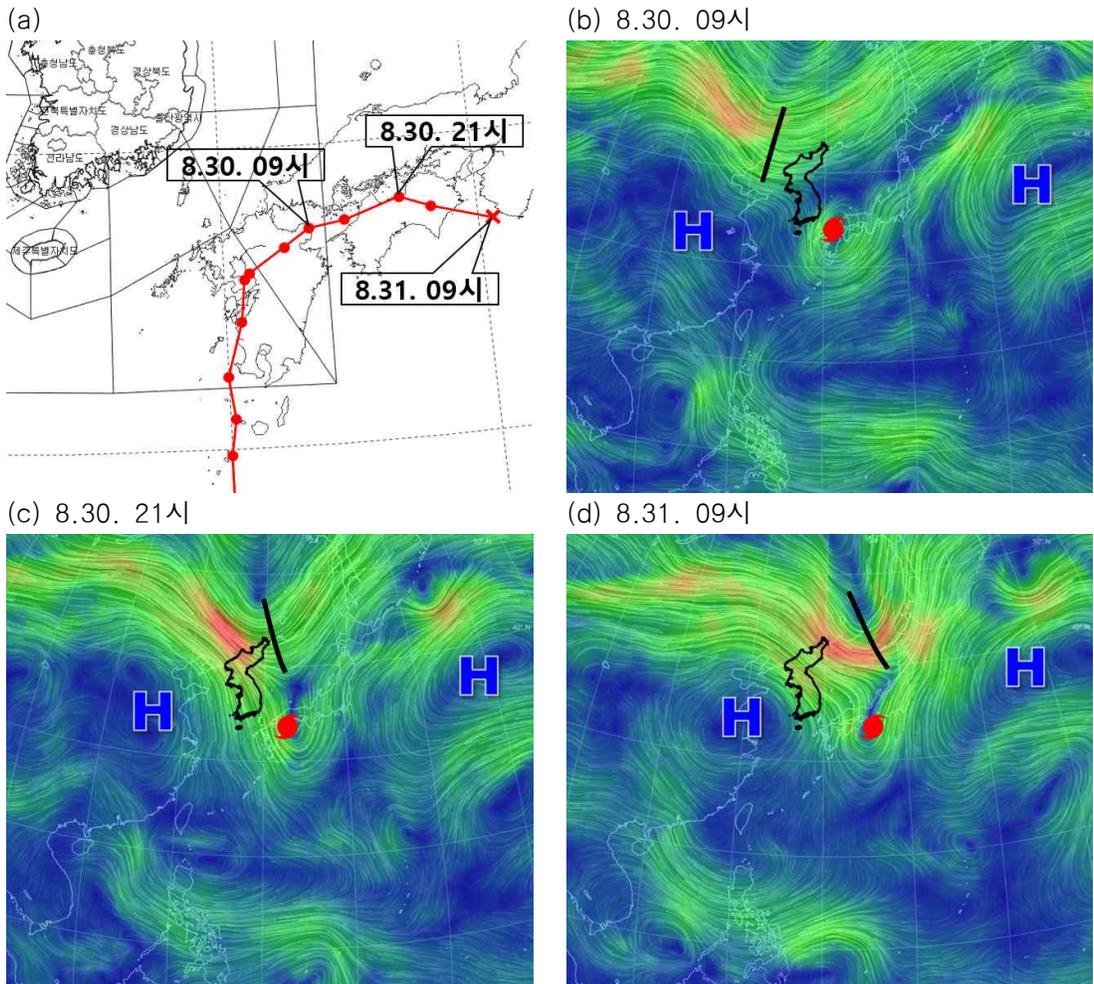
[그림 3.18] 제10호 태풍 산산 200 hPa 유선&천리안위성(GK2A) 수증기영상 중첩

- 태풍 산산은 28°N 부근부터 이동속도가 10 km/h 내외로 느려졌음(그림 3.19)
 - 27일경 상층기압골 통과 후 중국내륙에 위치한 티베트고기압이 점차 발달하면서 태풍은 동쪽의 아열대 고기압에 의한 북진 지향류와 티베트고기압에 의한 남진 지향류의 영향을 동시에 받아 속도가 느려짐, 이후 28일경 상층기압골의 영향을 받기 전까지 느리게 북상하였음



[그림 3.19] 제10호 태풍 산산 지향류

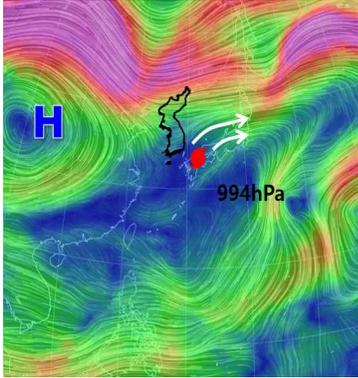
- 태풍 산산은 규슈에 상륙한 후 상층기압골의 영향으로 북동진하였으나 상층기압골의 세력이 강하지 않아 Catch Up 되지 못하고 북동진 후 동북동진 하였음. 30일 후반부터는 기압골 후면으로 티베트고기압이 더 확장하면서(건조역 남하) 남쪽 지향류가 더해져 태풍은 동남동진하였고, 일본 규슈~시코쿠 지역을 서에서 동으로 횡단하였음(그림 3.20)



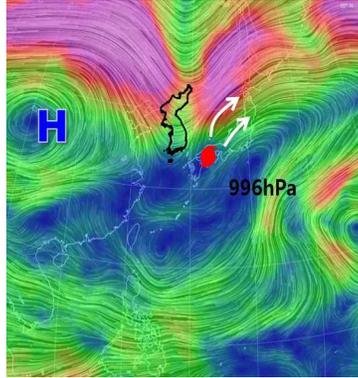
[그림 3.20] 제10호 태풍 산산 (a) 태풍진로도 (b~d) 500 hPa 유선

- 태풍 산산은 8월 29일 09시경 960 hPa(39 m/s)의 강의 강도로 일본 가고시마 북북서쪽 약 60 km 부근 육상으로 상륙하였으며 지면 마찰에 의해 6시간 동안 20 hPa(10 m/s)이 약화되어 980 hPa(29 m/s)의 중의 강도로 급격히 약화 되었으나, 상층기압골 전면에서의 발산을 계속해서 지원받으면서 일본 상륙 후 48시간 동안 생존하며 31일 09시에 일본 오사카 남쪽 약 130 km 부근 해상에서 996 hPa(15 m/s)의 열대저압부로 약화 되었음(그림 3.21)

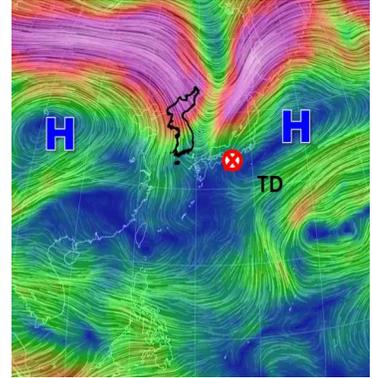
(a) 8.30. 09시



(b) 8.30. 21시



(c) 8.31. 09시



[그림 3.21] 제10호 태풍 산산 200 hPa 유선

다. 태풍 관련 관측값

[표 3.2] 제10호 태풍 산산 영향 기간(8.28.~8.30.) 자동기상관측장비(AWS) 관측값

○ 일최대순간풍속 (단위: m/s)

| 순위 | 8.28. | | 8.29. | | 8.30. | |
|----|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 지점 | 값 | 지점 | 값 | 지점 | 값 |
| 1 | 사제비 | 24.2 | 매물도 | 26.9 | 이덕서 | 21.5 |
| 2 | 매물도 | 23.9 | 사제비 | 25.0 | 설천봉 | 20.3 |
| 3 | 새별오름 | 22.3 | 오륙도 | 23.2 | 온산 | 19.4 |
| 4 | 강정 | 21.5 | 설천봉 | 21.8 | 간절곶 | 19.1 |
| 5 | 간여암 | 21.2 | 거문도 | 21.3 | 구룡포 | 18.9 |
| 6 | 삼각봉 | 21.1 | 간여암 | 21.0 | 사하 | 18.8 |
| 7 | 지귀도 | 20.8 | 지귀도 | 20.1 | 한라산남벽 | 18.4 |
| 8 | 오륙도 | 20.2 | 이덕서 | 20.1 | 오륙도 | 17.7 |
| 9 | 마라도 | 19.8 | 온산 | 19.9 | 가파도 | 17.3 |
| 10 | 설천봉 | 19.3 | 서이말 | 19.6 | 토함산 | 17.0 |

○ 일강수량 (단위: mm)

| 순위 | 8.28. | | 8.29. | | 8.30. | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 지점 | 값 | 지점 | 값 | 지점 | 값 |
| 1 | 윗세오름 | 194.5 | 도계 | 161.5 | 삼당령 | 29 |
| 2 | 어리목 | 192 | 수비 | 91 | 주문진 | 25 |
| 3 | 사제비 | 164.5 | 강릉왕산 | 70.5 | 연곡 | 24.5 |
| 4 | 삼각봉 | 158 | 강릉성산 | 69.5 | 강릉왕산 | 24.5 |
| 5 | 한라산남벽 | 145 | 신기 | 66.5 | 달방댐 | 20.5 |
| 6 | 진달래밭 | 144 | 궁촌 | 47 | 구룡령 | 16 |
| 7 | 새별오름 | 123.5 | 금강송 | 45.5 | 도계 | 11.5 |
| 8 | 제주금악 | 113.5 | 삼척 | 44 | 강릉성산 | 9.5 |
| 9 | 영실 | 98.5 | 하장 | 41.5 | 하조대 | 8.5 |
| 10 | 성판악 | 71 | 삼당령 | 40.5 | 평창용산 | 6 |

○ 누적강수량 (단위: mm)

| 순위 | 8.28.~8.30. | |
|----|-------------|-------|
| | 지점 | 값 |
| 1 | 윗세오름 | 196.0 |
| 2 | 어리목 | 193.0 |
| 3 | 도계 | 173.5 |
| 4 | 사제비 | 164.5 |
| 5 | 삼각봉 | 162.0 |
| 6 | 한라산남벽 | 150.0 |
| 7 | 진달래밭 | 144.5 |
| 8 | 제주금악 | 113.5 |
| 9 | 영실 | 103.0 |
| 10 | 강릉왕산 | 95.5 |

제3장

2024년 한반도 영향태풍 관련 보도자료

1. 제9호 태풍 종다리(JONGDARI)

가. 언론 보도자료

경향신문 2024년 08월 19일 (월) 종합

내일부터 태풍 영향권... '뜨끈한 습기' 몰려와 찜통더위 더 세진다

9호 태풍 '종다리' 북상...22일까지 비

제9호 태풍 종다리의 예상 이동 경로, 기상청 제공.

태풍도 폭염의 기세를 꺾지 못할 것으로 보인다. 제9호 태풍 '종다리'가 20일부터 한반도에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 전국 곳곳에 비가 내리겠지만 더위를 식히는 커녕 고온다습한 공기를 유입시키면서 찜통더위의 기세를 높일 것으로 예상된다. 서울과 부산, 인천에서 연속 열대야일수 최장 신기록이 갱신되고 있다.

KBS 2024년 08월 20일 (화) 사회

새벽시간 140mm 기습 폭우에 차량 침수·고립 잇따라

[앵커]
태풍의 영향으로 부산과 울산지역에도 많은 비가 쏟아졌습니다.
특히 울산 일부 지역엔 줄곧 시간대 100mm 넘는 기습 폭우로 차량이 침수되는 등 피해가 잇따랐습니다.

한국일보 2024년 08월 21일 (수) 사회 11면

제9호 태풍 '종다리'가 해상 중인 20일 부산 해운대구 송정항에서 어민들이 태풍에 대비해 배에 크레인용 어망에 어망 속까지 물고 있다. 부산연남뉴스

태풍 '종다리' 한반도에... 전국 많은 비

연합뉴스TV 2024년 08월 20일 (화) 환경

열기 품고 온 종다리...태풍 지나도 폭염 안 꺾인다

열기 품고 온 종다리...태풍 지나도 폭염 안 꺾인다

[앵커]
태풍이 몰고 온 열기로 한반도는 더 찜통이 됐습니다.
내일(21일)은 중부 지방에 비가 내리면서 폭염은 다소 완화되었지만, 비가 그친 남부 지방으로는 또다시 고온 현상이 이어지겠습니다.

2. 제10호 태풍 산산(SHANSHAN)

가. 언론 보도자료

2024년 08월 28일 (수) 사회

The JoongAng

"태풍 산산, 초강력...5000명 사상자 낸 60년전 떠올라" 日 초간장

태풍 '산산' 예상 진로 ※8월 28일 16시 기준

태풍위치 70% 확률반경
최대풍속 15m/s 이상

9월 2일 15시
9월 1일 15시
31일 15시(중)
30일 15시(강)
29일 15시(매우강)
10호 '산산'
28일 15시(매우강)

자료: 기상청 The JoongAng

신재원 기자

제10호 태풍 산산이 당초 예상보다 강하게 발달하면서 29일 일본 규슈 남부에 상륙할 것으로 보여 일본 열도가 바짝 긴장하고 있다.

2024년 08월 29일 (목) 종합

뉴스1

초강력 태풍, 자전거 속도로 日 휩쓸다...1000 물폭탄에 200만 대피

시속 15로 느릿느릿 복진...이후 진로 틀어 등쪽으로 태풍 관련해 최소 5명 사망...충남부 7개현 19만 가구에 대피령

29일 일본 후쿠오카시 하카타역 근처에서 태풍 산산의 강력한 비바람에 뒤집혀 날아갈 것만 같은 우산을 한 남성이 간신히 잡고 있다. 2024.08.29/ AFP=뉴스1 News1 권진영 기자

2024년 08월 29일 (목) 종합

연합뉴스

태풍 영향 부산에도 강풍...유리 파편 맞고 넘어져 2명 부상(종합)

오륙도에 순간 최대 초속 23m 바람, 부산소방본부에 12건 신고

강풍에 깨진 유리창

(부산=연합뉴스) 제10호태풍 산산이 일본에 상륙한 29일 오후 부산 남구 한 오피스텔에 강풍으로 인해 유리창이 깨져 있다. 유리창 파편이 지상으로 떨어져 보행자가 무릎을 다쳐 병원으로 옮겨졌다. 2024.8.29 [부산소방재난본부 제공 재판매 및 DB 금지]

2024년 08월 29일 (목) 종합

朝鮮日報

무서운 기세로 日 휩쓰는 '태풍의 눈'... 위성으로 본 '산산' 위력

제10호 태풍 '산산'(SHANSHAN)의 중심부를 포착한 위성 영상. /X(옛 트위터)

제10호 태풍 '산산'(SHANSHAN)이 거센 비바람을 동반한 사상 최강 위력으로 일본에 상륙해 피해가 속출하는 가운데, 태풍의 눈으로 불리는 중심부가 무시무시한 기세로 열도를 집어삼키는 모습이 위성 영상을 통해 포착됐다.

부록 1. 2024년 한반도 영향태풍 관련 피해 상황

| 태풍이름 | 영향기간* | 인명피해 | 이재민 | 시설피해 | 비고** |
|-------------------|-----------------------------------|------|-----|---------------|-------------------------|
| 종다리 (JONGDARI) | 8. 20. 04:00 ~ 8. 20. 21:40 | - | - | 사유시설 44건 등 | 2024.8.22. 06시 자료 기준 |

* 영향기간은 태풍특보가 발효된 기간으로 함

** 집계된 피해 상황은 행정안전부 안전관리일일상황 보고자료를 기반으로 작성되었으며, 추후 변동할 수 있음

부록 2. 열대저기압의 분류

- 열대저기압은 강도에 따라 단계별로 분류하며, 그 기준으로는 중심최대풍속 (MSW; Maximum Sustained Wind, 10분 평균 풍속)을 사용함

| 중심최대풍속 | 한국 | 세계기상기구(WMO) | |
|---|-------|---|-----------------|
| 17 m/s(34 kt) 미만 | 열대저압부 | TD (Tropical Depression) | |
| 17 m/s(34 kt) 이상 ~ 25 m/s(48 kt) 미만 | 태풍 | - TS (Tropical Storm) | |
| 25 m/s(48 kt) 이상 ~ 33 m/s(64 kt) 미만 | | 중 (Normal) STS (Severe Tropical Storm) | |
| 33 m/s(64 kt) 이상 ~ 44 m/s(85 kt) 미만 | | 강 (Strong) | TY (Typhoon) |
| 44 m/s(85 kt) 이상 ~ 54 m/s(105 kt) 미만 | | 매우강 (Very strong) | |
| 54 m/s(105 kt) 이상 | | 초강력 (Super strong) | |

참고문헌

- 기상청(2024), 태풍정보 생산 업무매뉴얼.
- 기상청 국가태풍센터(2011), 태풍백서.
- 기상청 기후예측과(2024), 월기상특성 보도자료.
- 기상청(2024), 월간 기후분석정보.
- 행정안전부(2024), 안전관리일일상황. URL: https://www.mois.go.kr/frt/bbs/type001/commonSelectBoardList.do?bbsId=BBSMSTR_000000000336

한반도 영향태풍 분석 보고서(2024)

센터장 | 이시우

기획 사무관 | 이경호 박효순 송수환

집필

편집 예보관 | 김진연 김성수 김대준 최의수 신명섭 박지만

연구원 | 현유선 신주영 이은정 이기훈

발간월 2025년 2월

발행처 기상청 예보국 국가태풍센터
