

발간등록번호
11-1360000-000197-10

국가태풍센터 기술노트
2011-4

2010년 태풍분석 보고서

2011. 4.

기 상 청
국가태풍센터

2010년 태풍분석보고서

국가태풍센터

김태룡

강성대

강태진

박상옥

윤정빈

추교명

황영하

최기선

차유미

원성희

김경보

이성희

김동진

이지연

현유선

박시현

정영운

임명순

기 상 청
국가태풍센터

차 례

표 차례	vii
그림 차례	viii
제1장 2010년 발생태풍 현황	1
1.1 2010년 태풍 통계	3
1.2 2010년 대기 및 해양 상황	8
1.2.1 엘니뇨-남방진동 및 해양 상황	8
1.2.2 열대지역 대류활동 및 대기상황	10
1.3 2010년 태풍의 특성	16
1.3.1 가장 적은 태풍 발생 수 기록	16
1.3.2 상반기 적은 태풍발생의 원인	18
1.4 3개의 태풍의 동시 존재	21
1.5 3개의 태풍 한반도 영향	22
1.5.1 제4호 태풍 ‘덴무’	24
1.5.2 제7호 태풍 ‘곤파스’	25
1.5.3 제9호 태풍 ‘말로’	26
1.6 고위도에서 발생한 태풍	27
1.6.1 2010년 태풍 발생 경향	27
1.6.2 고위도에서 발생한 태풍의 과거사례	28
1.7 2010년 태풍 진로 오차 현황	32
1.7.1 발생태풍별 진로 오차	32
1.7.2 최근 3년간 예보시간별 진로 오차	37
1.7.3 주요기관별 진로 오차	38
1.8 2010년 태풍 대응 활동	40
1.8.1 태풍 특별 대응반 운영	40
1.8.2 태풍 5일 예보 시범 운영	42

제2장 2010년 한반도 영향 태풍 상세 분석	47
2.1 제4호 태풍 '덴무(DIANMU)'	49
2.1.1. 개요	49
2.1.2. 태풍 이동경로	50
2.1.3. 태풍의 강도	52
2.1.4. 기압계 분석	55
2.1.5. 예보 및 검증	57
2.1.6. 주요지점별 극값기록(2010.08.10~11)	58
2.1.7. 육상 통과 시 관측 자료 모음	59
2.2 제7호 태풍 '곤파스(KOMPASU)'	63
2.2.1. 개요	63
2.2.2. 태풍의 이동 경로	64
2.2.3. 태풍의 강도	64
2.2.4. 기압계 분석	67
2.2.5. 예보 및 검증	69
2.2.6. 주요지점별 극값 기록(2010.09.01~02)	70
2.2.7. 육상 통과 시 관측자료 모음	73
2.2.8. 특보현황	75
2.3 제9호 태풍 '말로(MALOU)'	78
2.3.1. 개요	78
2.3.2. 태풍의 이동 경로	79
2.3.3. 태풍의 강도	80
2.3.4. 기압계 분석	82
2.3.5. 예보 및 검증	84
2.3.6. 주요지점별 극값기록(2010.9.06~07)	85
2.3.7. 특보현황	87
제3장 2010년 한반도 비 영향 태풍 사후분석	47
3.1 제1호 태풍 '오마이스(OMAIS)'	91

3.1.1	특징요약	91
3.1.2	태풍정보	92
3.1.3	종관상황	92
3.1.4	위성영상	93
3.1.5	해수면온도	93
3.2	제2호 태풍 '꼰선(Conson)'	95
3.2.1	특징요약	95
3.2.2	태풍정보	95
3.2.3	종관상황	96
3.2.4	위성영상	98
3.2.5	해수면온도	100
3.2.6	중심기압, 진행속도 변화	101
3.2.7	진로 예보오차	102
3.2.8	각국 피해상황	103
3.3	제3호 태풍 '찬투(CHANTHU)'	104
3.3.1	특징요약	104
3.3.2	태풍정보	104
3.3.3	종관상황	105
3.3.4	위성영상	106
3.3.5	해수면온도	106
3.3.6	중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화	108
3.3.7	진로 예보오차	109
3.4	제5호 태풍 '민들레(MINDULLE)'	110
3.4.1	특징요약	110
3.4.2	태풍정보	110
3.4.3	종관상황	111
3.4.4	위성영상	112
3.4.5	해수면온도	113
3.4.6	중심기압, 진행속도 변화	114

3.4.7	진로 예보오차	114
3.5	제6호 태풍 '라이언록(LIONROCK)'	115
3.5.1	특징요약	115
3.5.2	태풍정보	116
3.5.3	종관상황	116
3.5.4	위성영상	117
3.5.5	해수면온도	118
3.5.6	중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화	119
3.5.7	진로 예보오차	120
3.6	제8호 태풍 '남테운(NAMTHEUN)'	122
3.6.1	특징요약	122
3.6.2	태풍정보	122
3.6.3	종관상황	123
3.6.4	위성영상	124
3.6.5	해수면온도	125
3.6.6	중심기압, 진행속도 변화	125
3.6.7	진로 예보오차	126
3.6.8	각국 피해상황(YTN 뉴스 등)	126
3.7	제10호 태풍 '므란티(MERANTI)'	127
3.7.1	특징요약	127
3.7.2	태풍정보	127
3.7.3	종관상황	128
3.7.4	위성영상	129
3.7.5	해수면온도	130
3.7.6	중심기압, 진행속도 변화	130
3.7.7	진로 예보오차	131
3.7.8	각국 피해상황(YTN 뉴스 등)	131
3.8	제11호 태풍 '파나피(FANAPI)'	132
3.8.1	특징요약	132

3.8.2 태풍정보	132
3.8.3 종관상황	133
3.8.4 위성영상	134
3.8.5 해수면온도	136
3.8.6 중심기압, 진행속도 변화	137
3.8.7 진로 예보오차	138
3.9 제12호 태풍 ‘말라카스(MALAKAS)’	139
3.9.1 특징요약	139
3.9.2 태풍정보	139
3.9.3 종관상황	140
3.9.4 위성영상	141
3.9.5 해수면온도	142
3.9.6 중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화	143
3.9.7 진로 예보오차	144
3.10 제13호 태풍 ‘메기(MEGI)’	146
3.10.1 특징요약	146
3.10.2 태풍정보	147
3.10.3 종관상황	147
3.10.4 위성영상	149
3.10.5 해수면온도	151
3.10.6 중심기압, 진행속도 변화	153
3.10.7 진로 예보오차	153
3.11 제14호 태풍 ‘차바(CHABA)’	155
3.11.1 특징요약	155
3.11.2 태풍정보	156
3.11.3 종관상황	156
3.11.4 위성영상	157
3.11.5 해수면온도	158
3.11.6 중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화	159

부록 ??

참고문헌 ??

표 차 례

[표 1.1.1] 한반도 영향태풍의 발생 일시 및 상륙 일시	4
[표 1.1.2] 1971-2010년 태풍 발생 집계표	5
[표 1.1.3] 2010년도 태풍발생 목록	6
[표 1.2.1] 2009~2010년 해수면온도편차(SSTA)	8
[표 1.5.1] 한반도 영향 시 주요지점의 강수량 및 풍속	22
[표 1.7.1] 2010태풍요약	32
[표 1.7.2] 발생태풍별 진로 오차	33
[표 1.7.3] 최근 3년간 예보 시간별 진로오차	37
[표 1.7.4] 주요기관별 진로 오차	38
[표 1.8.1] 태풍 특별 대응반 운영	41
[표 1.8.2] 태풍 5일 예보 시범 운영	42
[표 1.8.3] 태풍 5일 예보체계 추진경과	42
[표 1.8.4] 단계별 예보자료 생산	43
[표 1.8.5] 현업 근무체계	44
[표 1.8.6] 주요기관 태풍 5일 예보현황	44
[표 1.8.7] 태풍예보 이용실태 조사 대상	45
[표 2.1.1] 태풍 전체 시각과 소요시간	51
[표 2.1.2] 태풍 '덴무' 생성부터 소멸까지의 특징	54
[표 2.1.3] 태풍 '덴무' 지역별 누적 강수량(2010년 8월 10일~11일)	58
[표 2.1.4] 태풍 '덴무' 최대순간풍속(2010년 8월 10일~11일)	58
[표 2.2.1] 태풍 '곤파스'의 시간별 태풍위치 및 강도	66
[표 2.2.2] 태풍 '곤파스' 지역별 누적 강수량(2010년 9월 1일~2일)	71
[표 2.2.3] 태풍 '곤파스' 최대순간풍속(2010년 9월 1일~2일)	71
[표 2.2.4] 관측개시이래 일 최대순간풍속 극값 경신된 지점	72
[표 2.2.5] 관측개시이래 일 최대풍속 극값 경신된 지점	72
[표 2.2.6] 관측개시이래 1시간 최다강수량 극값 경신된 지점	72
[표 2.3.1] 태풍 '말로'의 시간별 위치 및 강도	81
[표 2.3.2] 태풍 '말로' 누적강수량	86
[표 2.3.3] 태풍 '말로' 최대순간풍속	86

그 립 차 례

[그림 1.1.1] 2010년 발생 태풍 전체진로도	7
[그림 1.2.1] 2009년 해수면온도(음영)와 편차(등온선)	9
[그림 1.2.2] 500hPa 지위고도	12
[그림 1.2.3] 2010년 OLR 월평균 편차(음영, 단위: W/m^2)	13
[그림 1.2.4] 연직시어와 850hPa 바람장 편차	14
[그림 1.2.5] 2010년 3~12월 수심 0-300m 해양열용량 편차와 MJO 지수 변화	15
[그림 1.3.1] 평년(1971-2000년) 및 2010년 태풍발생수와 우리나라영향태풍 수	17
[그림 1.3.2] 1951-2010년 장기간 태풍활동도(NTA 지수) 변화	17
[그림 1.3.3] 1951~2010년 상반기 태풍 발생 수	17
[그림 1.3.4] 태평양 해저수온편차	18
[그림 1.3.5] 연직바람시어	19
[그림 1.3.6] 500hPa 고도장	19
[그림 1.3.7] 월별평균 500hPa 고도장 분포	20
[그림 1.4.1] 동시 존재한 태풍들의 경로	21
[그림 1.5.1] 2010년 영향태풍 진로도	22
[그림 1.5.2] 1951-2010년 한반도 영향 태풍의 빈도와 강도 및 장기간 추세변화	23
[그림 1.6.1] 최근 10년(2000~2009년) 및 2010년 태풍 발생 빈도	27
[그림 1.6.2] 2010년 우리나라의 영향을 준 고위도 발생 태풍	28
[그림 1.6.3] 2008년 제10호 태풍 '판본'	29
[그림 1.6.4] 2008년 제11호 태풍 '봉풍'	29
[그림 1.6.5] 2007년 제17호 태풍 '버들'	30
[그림 1.6.6] 고위도에서 발생한 과거태풍	31
[그림 1.6.7] 고위도에서 발생한 과거태풍 경로	31
[그림 1.7.1] 제2호 태풍 '꼰선' 오차 비교	33
[그림 1.7.2] 제6호 태풍 '라이언록' 오차 비교	34
[그림 1.7.3] 제7호 태풍 '곤파스' 오차 비교	34
[그림 1.7.4] 제9호 태풍 '말로' 오차 비교	35
[그림 1.7.5] 제11호 태풍 '파나피' 오차 비교	35
[그림 1.7.6] 제12호 태풍 '말라카스' 오차 비교	36
[그림 1.7.7] 제13호 태풍 '메기' 오차 비교	36

[그림 1.7.8] 제14호 태풍 '차바' 오차 비교	37
[그림 1.7.9] 제4호 태풍 '덴무' 예보시간별 진로오차	38
[그림 1.7.10] 11일 21시 실제위치와 48시간 전 예상위치	39
[그림 1.7.11] 제7호 태풍 '곤파스' 예보시간별 진로오차	39
[그림 1.7.12] 제7호 태풍 '곤파스' 2일 03시 실제위치와 48시간 전 예상위치	39
[그림 1.8.1] 태풍 5일 예보 시범 운영	43
[그림 1.8.2] 단계별 예보자료 생산	43
[그림 1.8.3] 미국 태풍 5일 예보	44
[그림 1.8.4] 일본 태풍 5일 예보	45
[그림 2.1.1] 이동경로	51
[그림 2.1.2] 한반도 상륙 후 이동경로	52
[그림 2.1.3] 태풍 '덴무'	53
[그림 2.1.4] 500hPa 고도장	56
[그림 2.1.5] 기관별 태풍 진로예측	57
[그림 2.1.6] 제4호 태풍 '덴무' 영향으로 인한 최대풍속과 강수량 분포	58
[그림 2.1.7] 육상 통과 시 관측 자료(바람 벡터)	59
[그림 2.1.8] 육상 통과 시 관측 자료(해면기압)	60
[그림 2.1.9] 육상 통과 시 원격탐사 자료(위성영상)	61
[그림 2.1.10] 육상 통과 시 원격탐사 자료(레이더영상)	62
[그림 2.2.1] 태풍 '곤파스'의 이동경로	65
[그림 2.2.2] 500hPa 고도장	68
[그림 2.2.3] 기관별 태풍 진로예측	69
[그림 2.2.4] 태풍 진로예측 오차 발생 원인 모식도	70
[그림 2.2.5] 2010년 9월 1~2일간 누적강수량 분포	70
[그림 2.2.6] 태풍 '곤파스' 이동에 따른 일 최대풍속 및 일 최대순간풍속 기록	71
[그림 2.2.7] 태풍 '곤파스' 상륙시점(9월 2일 6시 35분경)의 관측자료	73
[그림 2.2.8] 태풍 '곤파스' 해상진출시점(9월 2일 10시 50분경)의 관측자료	74
[그림 2.3.1] 태풍의 이동경로	79
[그림 2.3.2] 태풍 '말로'	80
[그림 2.3.3] 500hPa 고도장	83
[그림 2.3.4] 기관별 태풍 진로예측	84
[그림 2.3.5] 태풍 '말로' 영향기간의 종관환경 모식도	85
[그림 2.3.6] 태풍 '말로' 누적강수량과 최대순간풍속 기록	86

제1장

2010년 발생태풍 현황

1.1 2010년 태풍 통계

2010년에 북서태평양에서 발생한 전체 태풍 발생 수는 14개로 태풍 발생통계분석을 시작한 1951년 이래 가장 적은 발생빈도를 기록하였다. 이 중 우리나라에 영향을 준 태풍은 총 3개(제4호 태풍 '덴무', 제7호 태풍 '곤파스', 제9호 태풍 '말로')로 이며 제9호 태풍 '말로'를 제외하고 우리나라에 상륙하였다. 제4호 태풍 '덴무'는 2007년 제11호 태풍 '나리' 이후 3년 만에 상륙한 태풍이 되었고, 제7호 태풍 '곤파스'는 우리나라 수도권을 강타하며 2010년 가장 큰 피해를 입힌 자연재해가 되었다(표1.1.1). 이 3 태풍은 모두 한 달(8.8~9.3) 사이에 발생하였고 모두 북위 20° 이상의 비교적 고위도에서 발생하여 단시간에 우리나라로 근접한 특징도 보였다.

2010년 첫 태풍인 제1호 태풍 '오마이스'는 3월 24일 21시에 발생하여 3월 26일 15시에 소멸하였으며, 마지막 태풍인 제14호 태풍 '차바'는 10월 24일 21시에 발생하여 10월 31일 03시에 소멸하였다. 2010년 상반기(1~6월)에는 3월에 발생한 제1호 태풍 '오마이스' 이후 태풍이 발생하지 않았으며, 11월과 12월에도 어떤 태풍도 발생하지 않았는데, 이 또한 1951년 이후로 처음이다. 또한 8월 30일~9월 1일에는 30시간 동안 제6호 태풍 '라이언록(8월 29일 21시~9월 2일 15시)', 제7호 태풍 '곤파스(8월 28일 21시~9월 3일 03시)', 제8호 태풍 '남태운(8월 30일 21시~9월 1일 03시)'가 동시에 존재하기도 하였다.

2010년에 발생한 14개 태풍 중 7개가 TY, 3개가 STS, 4개가 TS급¹⁾이었다. 최대로 발달한 태풍은 제13호 태풍 '메기(10월17일18시~10월18일00시)'로 중심 최저기압이 890hPa, 최대풍속은 61m/s를 기록하였다. 이 태풍은 1990년 제19호 태풍 'FLO(중심 최저기압 890hPa)' 이후 가장 강력한 태풍으로, 필리핀을 강타하여 13명의 사망과 함께 막대한 피해를 주었다.

2010년 열대 해양 및 대기 상황은 상반기에 엘니뇨 패턴에서 라니냐 패턴

1) 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에서는 태풍 중심부근의 최대풍속에 따라 17~24m/s이면 TS(Tropical Storm, 열대폭풍), 25~32m/s이면 STS(Severe Tropical Storm, 강한 열대폭풍), 33m/s 이상이면 TY(Typhoon, 태풍)급으로 분류한다.

으로 전이하여 하반기에는 전형적인 라니냐 패턴을 보였다. 라니냐의 출현과 함께 워커순환이 강화되어 서태평양에서는 동풍류가 지배적으로 나타났고 이로 인해 MJO의 동진도 저지되면서 열대서태평양 일부(서쪽)지역에서만 대류활동이 활발할 뿐 전반적으로 태풍발생구역에서 대류활동이 미약하였다. 또한 북태평양고기압이 상반기에 상당히 남하하여 태풍발생구역에 하강류가 지배적으로 나타나 태풍 발생을 억제하는 역할을 하였고 하반기 들어 고기압이 북상함에 따라 서태평양에 축적되어 있는 열적에너지 조건(고수온상태)이 갖추어지면서 8~9월에 9개의 태풍이 발생하였으며, 특히 강한 대류활동구역이 상당히 고위도까지 발달하여 북위 20°이상에서 발생하는 태풍이 많은 특징을 보였다.

2010년 가장 오래 지속된 태풍은 제13호 태풍 '메기'로 246시간, 가장 짧은 수명의 태풍은 제8호 태풍 '남태운'으로 30시간 지속되었다. 2010년의 태풍은 평균적으로 북위 19.06°, 동경 126.7° 해상에서 발생하였으며, 평균적으로 북위 28.66°, 동경 123.87° 해상에서 소멸하였다. 동태평양의 약한 대류활동으로 단지 5개의 태풍만이 북위 20°의 남쪽과 동경 120°의 동쪽에서 발생하여 평년(북위16.2°, 동경136.9°, RSMC best track 자료를 이용한 1971-2000년 평균 발생 위치임)에 비해 북서쪽으로 편향한 경향을 보였다. 태풍이 가장 고위도에서 발생한 태풍은 제8호 태풍 '남태운'으로 북위 26.2°이며, 가장 저위도에서 발생한 태풍은 제13호 태풍 '메기'로 북위 11.7°에서 발생하였다. 또한 가장 동쪽에서 발생한 태풍은 제12호 태풍 '말라카스'로 동경 145°에서 발생하였으며, 가장 서쪽에서 발생한 태풍은 제5호 태풍 '민들레'로 동경 111°에서 발생하였다.

[표 1.1.1] 한반도 영향태풍의 발생 일시 및 상륙 일시

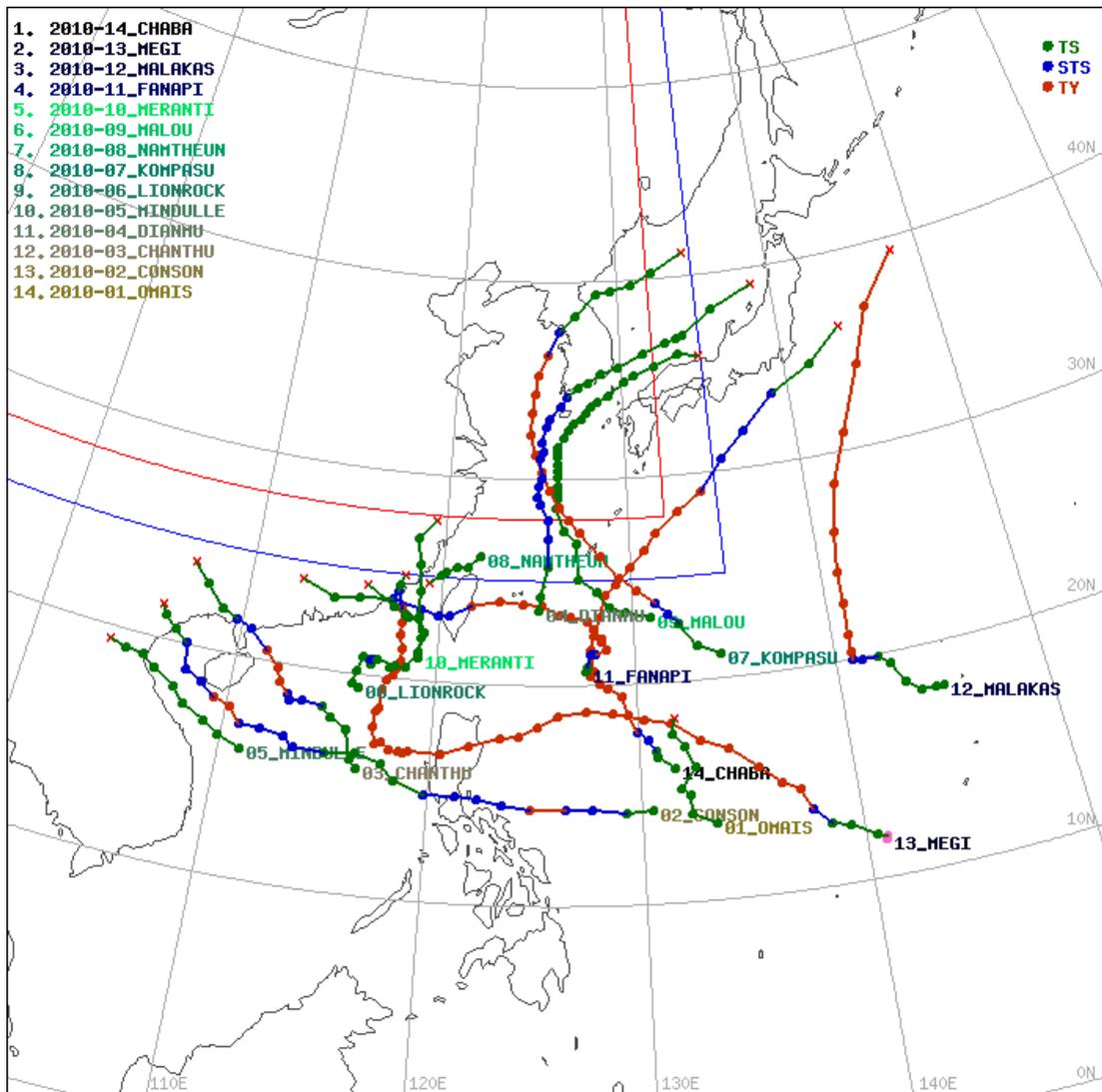
태풍번호/이름	발생일시	발생위치	중심 최저기압 (hPa)	한반도 상륙일시
제4호 '덴무'	8. 8. 21:00	23.6N, 125.1E	980	8.11. 05:00 전남 고흥
제7호 '곤파스'	8. 29. 21:00	21.2N, 134.4E	960	9. 2. 06:30 강화도 부근
제9호 '말로'	9. 3. 15:00	23.2N, 130.9E	990	8. 7. 12:00경 대한해협 통과

[표 1.1.2] 1971-2010년 태풍 발생 집계표

년	월												연 합계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1971	1		1	3	4	2	8	5 (2)	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	4 (2)	5 (1)	5 (1)	4	4	2	32 (4)
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	8 (2)	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	4 (2)	2	3	2	29 (5)
1982			3		1	3	3	5 (3)	5 (1)	3	1	1	25 (4)
1983						1	3	5	2 (1)	5	5	2	23 (1)
1984						2	5 (1)	5 (1)	4 (1)	7	3	1	27 (3)
1985	2				1	3 (1)	1	8 (3)	5	4 (1)	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 (1)	5	2	3	28 (5)
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 (1)	6 (2)	4 (1)	3	2	1	28 (5)
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	5 (3)	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)
30년 평균 1971-2000	0.5	0.1	0.4	0.8	1.0	1.7 (0.3)	4.1 (1.0)	5.5 (1.3)	5.1 (0.8)	3.9 (0.1)	2.5	1.3	26.7 (3.4)
10년 평균 1991-2000	0.1	0.2	0.3	0.8	0.9	1.1 (0.1)	4.0 (1.2)	6.2 (1.4)	5.5 (1.0)	3.8 (0.2)	2.2	1.1	26.2 (3.9)

※ ()의 숫자는 우리나라에 영향을 준 태풍의 수임.

※ 태풍발생 수 및 영향 태풍 발생 월은 해당 태풍이 발생한 시점을 기준으로 함.



[그림 1.1.1] 2010년 발생 태풍 전체진로도

1.2 2010년 대기 및 해양 상황2)

1.2.1 엘니뇨-남방진동 및 해양 상황

열대 중·동태평양 엘니뇨 감시구역(NINO 3.4지역, 5°N~5°S, 170°W~120°W)에 대한 해수면온도의 5개월 이동평균 편차에 따르면, 2009년 6월부터 2010년 4월까지 엘니뇨 현상을 보이다가 점차 저수온 상태로 전이하여 6월부터 라니냐 발생, 연말까지 지속되었다.

[표 1.2.1] 2009~2010년 해수면온도편차(SSTA)

구 분	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
NINO 3.4 5개월 이동평균 해수면온도 편차(°C)	2009	-0.6	-0.6	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5
	2010	1.5	1.3	0.9	0.5	0.1	-0.4	-0.8	-1.2	-1.4	-1.5		

※ 엘니뇨 감시해역(열대태평양 Nino 3.4지역, 5°S-5°N, 170°W-120°W)에서 5개월 이동평균한 해수면온도의 편차가 0.4°C 이상(-0.4°C 이하) 나타나는 달이 6개월 이상 지속될 때 그 첫 달을 엘니뇨(라니냐) 발달의 시작으로 봄. +0.4 이상 및 -0.4 이하는 각각 붉은체로 표시

※ 본 자료는 기상청 기후전망시스템의 해수면온도자료를 발췌한 것임.

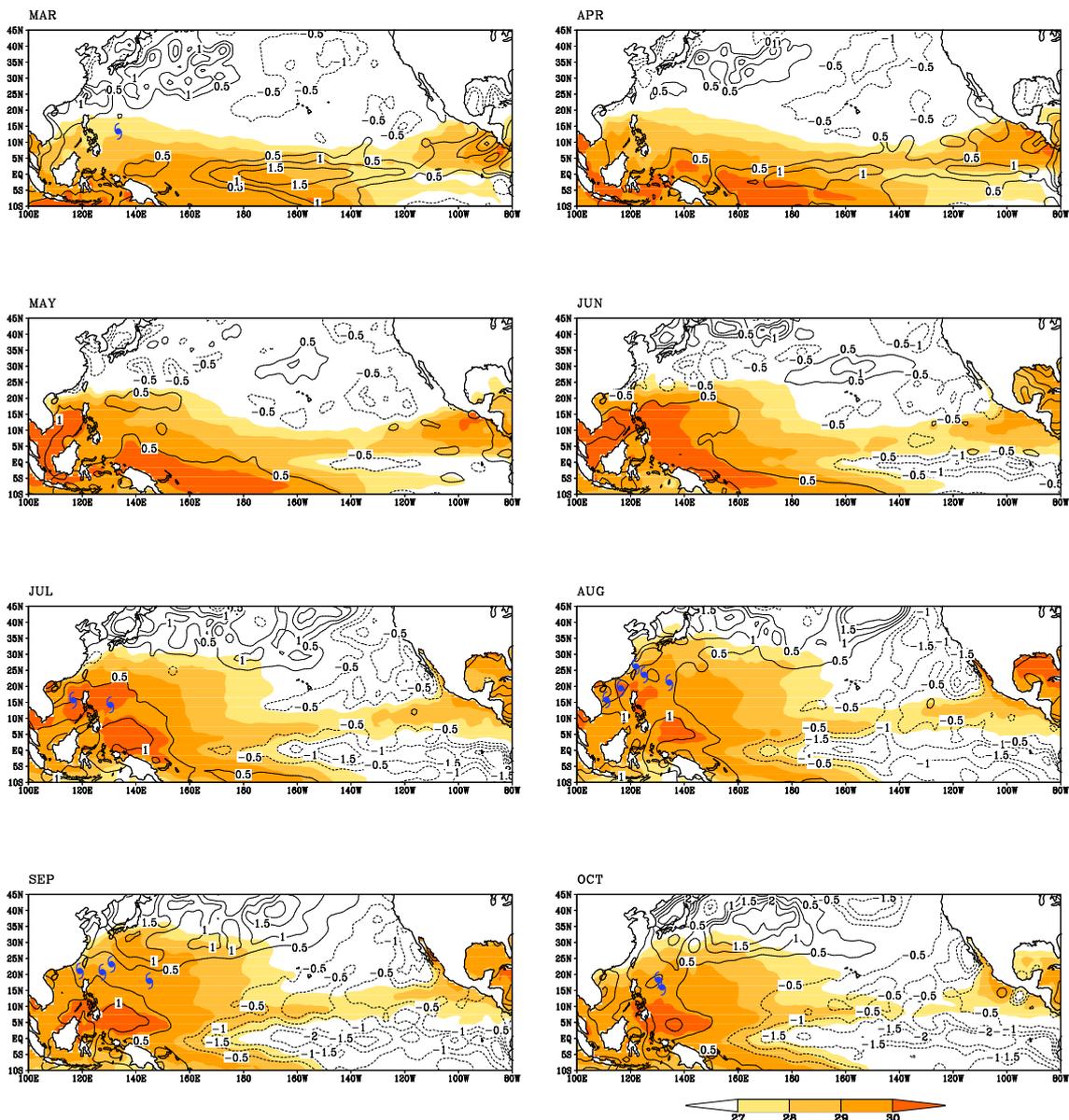
2009년에는 동태평양보다 중앙태평양의 해수면온도가 높은 ‘엘니뇨 모도키’ 현상으로 태풍의 주요 발생 해역보다 동편(중앙태평양)에서 태풍이 빈번하게 발생하는 특징을 보였다. 그림 1.2.1의 2010년 해수면온도 편차에 따르면 2010년 4월까지도 중앙태평양에 양의 편차가 나타나고 있지만, 실제로 2월부터 열대서태평양 해저에서는 저수온 상태가 나타났으며, 서서히 동태평양까지 확대되어 저수온대가 연중 동서로 넓게 분포하였다. 이로 인해 열대서태평양의 해양열용량³⁾은 평년에 비해 낮아 태풍이 발달할만한 열적조건을 갖추지 못하였

2) 기상청 기후변화정보센터 (<http://www.climate.go.kr>)에서 매월 발표하는 기후변화 뉴스레터와 이상기후 감시 뉴스레터 및 기상청 기후전망시스템 (<http://lfcst.kma.go.kr>)의 자료를 참고

3) 해수면 10m 아래까지 해수가 가지고 있는 열의 용량으로, 높을수록 태풍에 에너지 공급이 많아져 강한 태풍으로 발달함.

으나, 이후 6월부터 열대서태평양 해면근처에서부터 고수온 상태가 발생하여
해저까지 확대되면서 지속적으로 해양열용량이 축적되기 시작하였다. 그러나
라니냐 현상으로 강한 대류활동이 평년보다 서쪽에서 나타남에 따라 2010년
은 2009년과 달리 평년보다 서쪽에서 태풍이 발생하는 경향을 보였다.

또한 2010년 하반기에는 해수면온도의 양의 편차가 남중국해와 동중국해를
포함한 상당한 고위도까지 나타났다. 이에 따라 해양의 열적조건이 갖추어지
면서 상대적으로 고위도에서 태풍이 발생하는 특징도 나타났다.



[그림 1.2.1] 2009년 해수면온도(음영)와 편차(등온선) (단위: °C), 태풍발생 위치(☉)

1.2.2 열대지역 대류활동 및 대기상황

2010년 500hPa 지위고도를 이용하여 북태평양고기압(5880gpm 등고선) 발달 경향을 분석하고 외향장파복사량(Outgoing Longwave Radiation, OLR)과 연관시켜(Choi et al, 2009), NOAA 산하의 국가기상센터에서 제공하고 있는 MJO 지수 변화를 통해 대류활동을 살펴보았다. 2010년에는 북태평양고기압의 평년보다 이른 발달과 열대서태평양까지 덮는 남서쪽으로의 확장이 특징적이다. 이러한 현상은 상반기동안 계속 지속되었고 고기압의 하강류는 태풍 발생구역에서의 대류활동을 억제하는 역할을 하였다. 반면, 7월 중순부터 북태평양고기압은 북서쪽으로 치우쳐 발달하는 경향이 두드러졌다. 또한 상반기에 축적된 해양의 열적에너지로 열대서태평양의 대류활동이 강화됨에 따라 제1호 태풍 '오마이스'가 3월 발생한 이후 제2호 태풍 '곶선'과 제3호 태풍 '찬투'가 7월에 발생하였다. 이 두 태풍은 동서로 넓게 분포한 북태평양고기압의 영향으로 모두 북서진하여 베트남과 중국으로 상륙하였다. 8월에는 북태평양고기압이 7월보다 더 북서편으로 확장하였고 내륙지역과 해양지역으로 세력이 분리되면서 두 고기압 사이의 가장자리를 따라 고온다습한 공기가 우리나라로 유입되는 형태를 이루었다. 이에 따라 북서진하여 베트남으로 상륙한 제5호 태풍 '민들레'를 제외하고 많은 열대저압부(태풍으로 발달하기 전 단계)와 태풍이 분리된 두 고기압 사이로 북상하였고 이 중 제4호 태풍 '덴무'와 제7호 태풍 '곶파스', 1개의 열대저압부가 우리나라에 직접적인 영향을 주었다. 그리고 8월 30일부터 9월 1일까지는 제7호 태풍 '곶파스' 외에 제6호 태풍 '라이언록'과 제8호 태풍 '남태운'이 동시에 활동하였는데, 두 태풍이 매우 인접함에 따라 후지와라 효과로 인해 이상 진로를 보이기도 하였다. 9월까지도 북태평양고기압은 세력이 유지되며 열대저압부와 태풍이 자주 발생하여 북상하였고, 이 중 제9호 태풍 '말로'가 우리나라에 영향을 주었다. 10월에는 북태평양고기압이 9월에 비해 축소되었으나 여전히 평년에 비해 강하게 발달하였으며, 2개의 태풍이 발생하였다. 10월 13일에 발생한 제13호 태풍 '메기'는 북

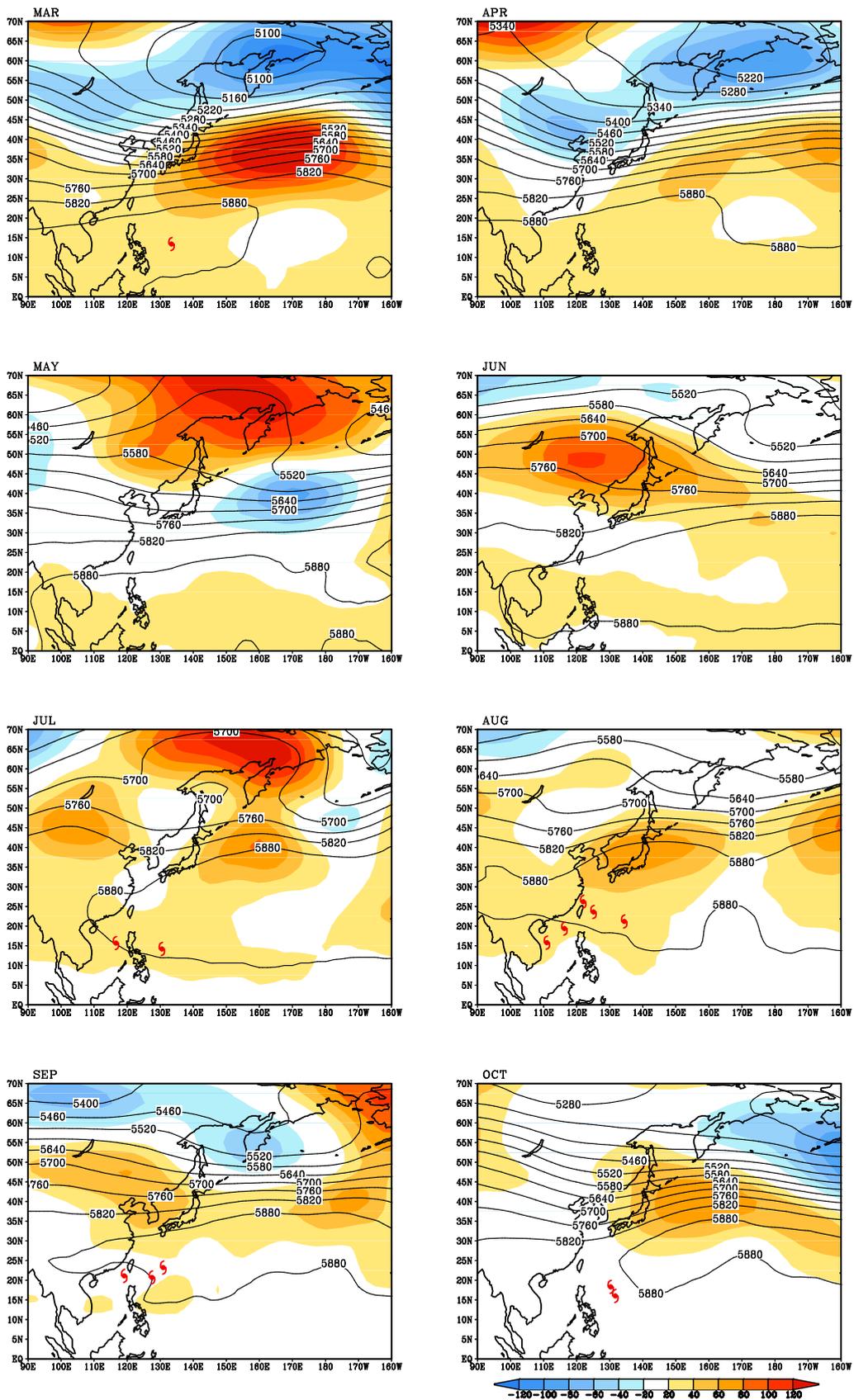
태평양고기압의 가장자리를 따라 북 서진하였으며 가장 긴 시간동안 이동하였다. 특히 이 태풍의 경우 가장 저위도에서 발생한 태풍으로 해양열용량이 충분하고 연직시어가 작은 해상을 지나면서 1990년 이후 가장 강하게 발달한 태풍(최성기 중심기압 890hPa)으로 기록되기도 했다. 11월과 12월에는 태풍이 발생하지 않았는데, 이는 태풍발생구역이 고위도에 비해 상대적으로 기압이 높은 남고북저 기압아노말리 패턴을 지속적으로 유지하며 태풍 발생이 억제되었다.

태풍발생구역의 외향장과복사량⁴⁾과 연직시어⁵⁾ 편차를 살펴보면, 상반기까지 대류활동이 약하고 연직시어가 커 태풍 발생이 억제되었다. 그러나 하반기에는 동경 140°의 서쪽으로 제한되기는 하지만, 필리핀 주변해역과 남중국해, 동중국해를 포함하는 열대서태평양에서 대류활동이 활발하였고, 필리핀 주변해역으로 평년보다 작은 연직시어가 나타났다. 이러한 변화는 열대서태평양의 열적에너지, 북태평양고기압의 발달 경향과 더불어 하반기에 빈번한 태풍 발생과 평년에 비해 북 서편에서 발생하도록 유도하는 역할을 하였다. 또한 인도 및 벥골만에서 나타나는 MJO의 상승기류(음의 편차, 태풍 발달을 강화함)가 7월과 10월의 경우 서태평양까지 전파되는 경향을 보였으나 워커순환의 강화로 인해 전반적으로 MJO의 동진 시그널이 억제되어 강한 대류활동 지역이 열대서태평양의 서쪽해상으로만 제한될 수밖에 없었다.

반면, 평년보다 고위도까지 남북으로 길게 놓인 강한 대류활동 구역, 고수온대 형성, 북태평양고기압의 북서편 확장 등은 북서태평양 전체 태풍 태풍발생 빈도가 적음에도 불구하고 3개의 태풍이 우리나라로 이동하는 경로를 만드는 역할을 하였다.

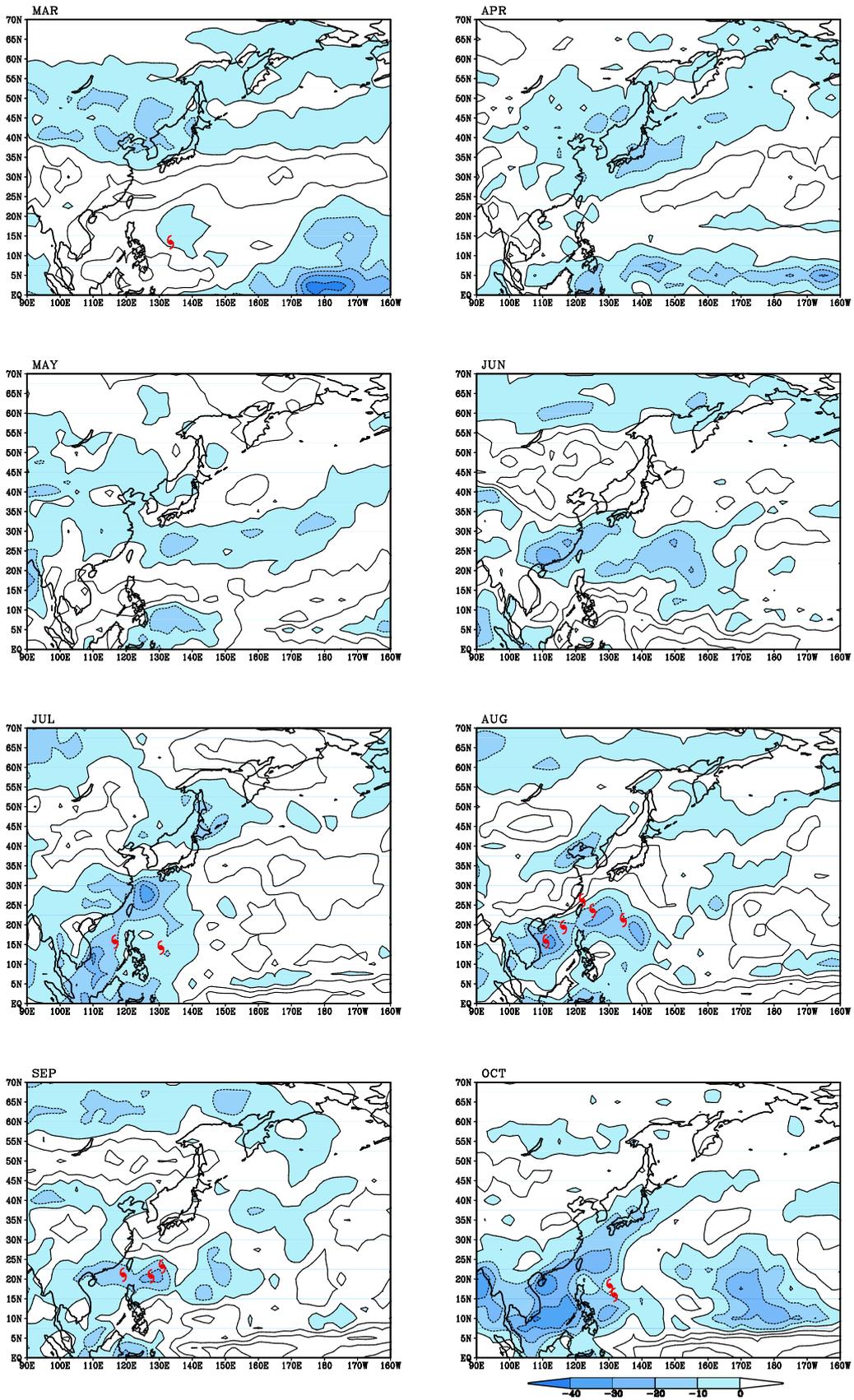
4) 외향장과복사량이 음의 편차 값을 가질 경우 대류활동이 활발함을 뜻함.

5) 연직시어가 작을수록 태풍 발생 및 발달의 호조건이 됨.

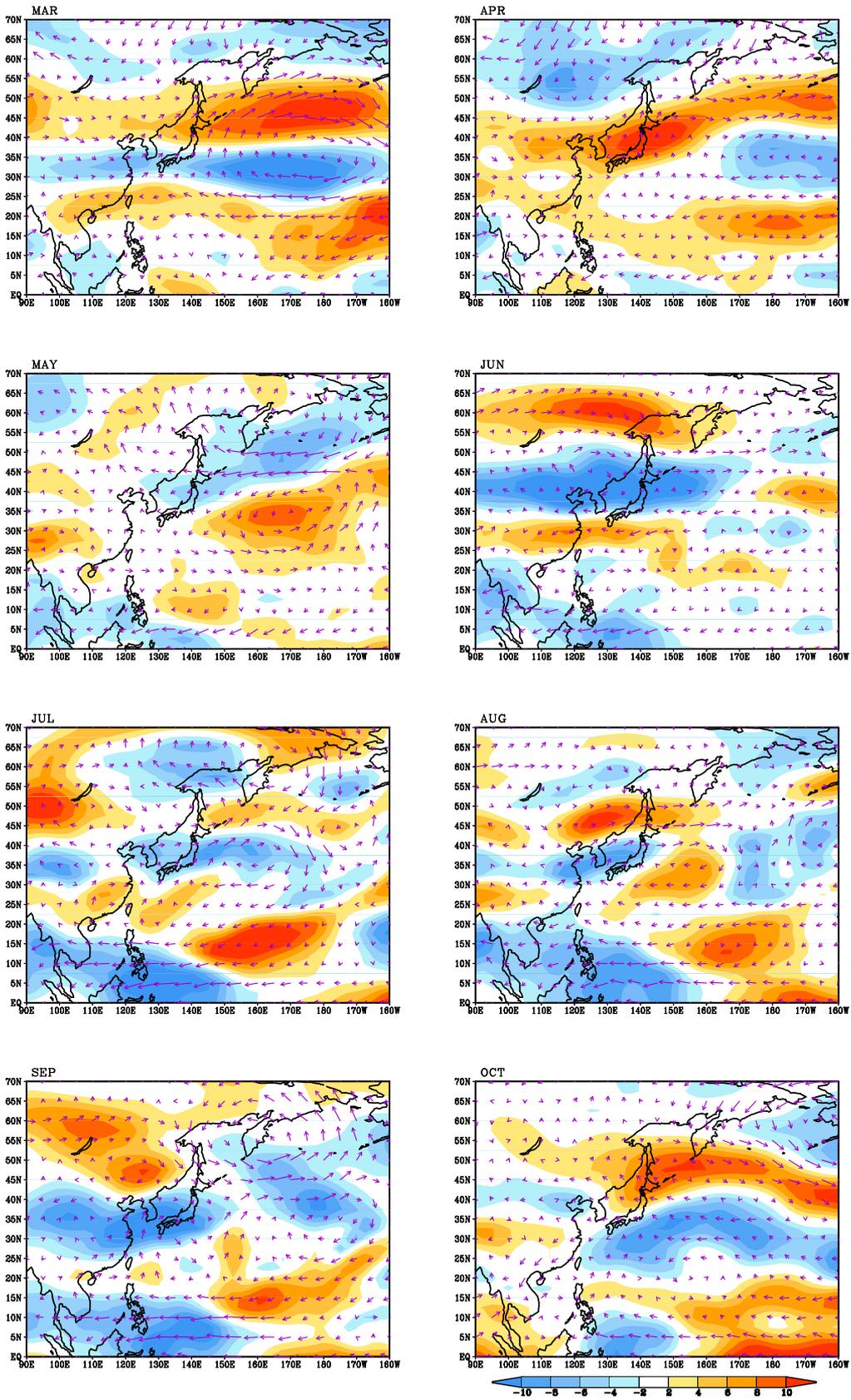


[그림 1.2.2] 500hPa 지위고도

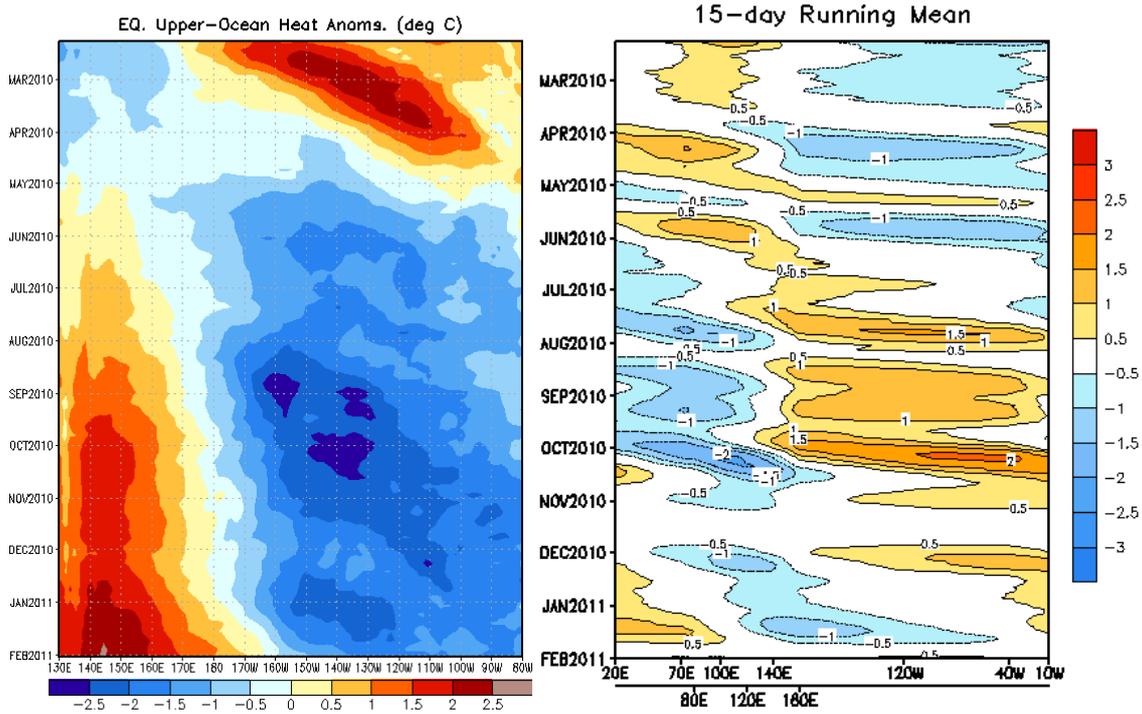
(실선: 2010년 월평균, 음영: 2010년 편차, 단위: gpm)와 태풍발생 위치(S)



[그림 1.23] 2010년 OLR 월평균 편차(음영, 단위: W/m^2), 태풍발생 위치(●)



[그림 1.2.4] 연직시어와 850hPa 바람장 편차 태풍발생 위치(9)



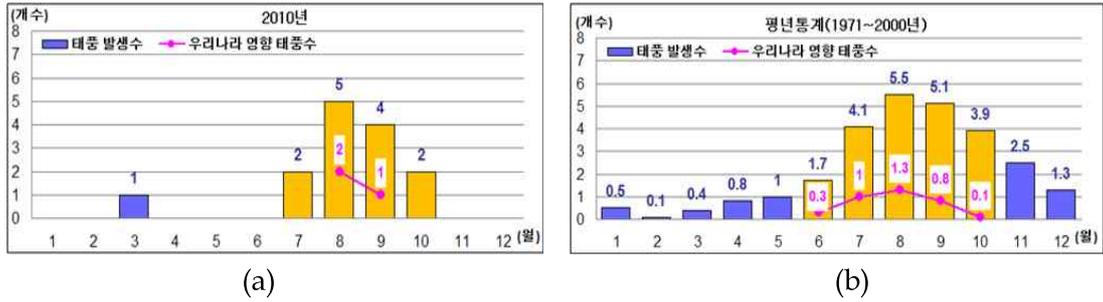
[그림 1.2.5] 2010년 3~12월 수심 0-300m 해양열용량 편차와 MJO 지수 변화. MJO 지수는 200hPa 5일 평균 속도포텐셜자료를 이용한 EEOF 첫 번째 모드를 추출한 것임. 음의 값을 가질 경우 대류활동이 활발함을 의미함.

1.3 2010년 태풍의 특성

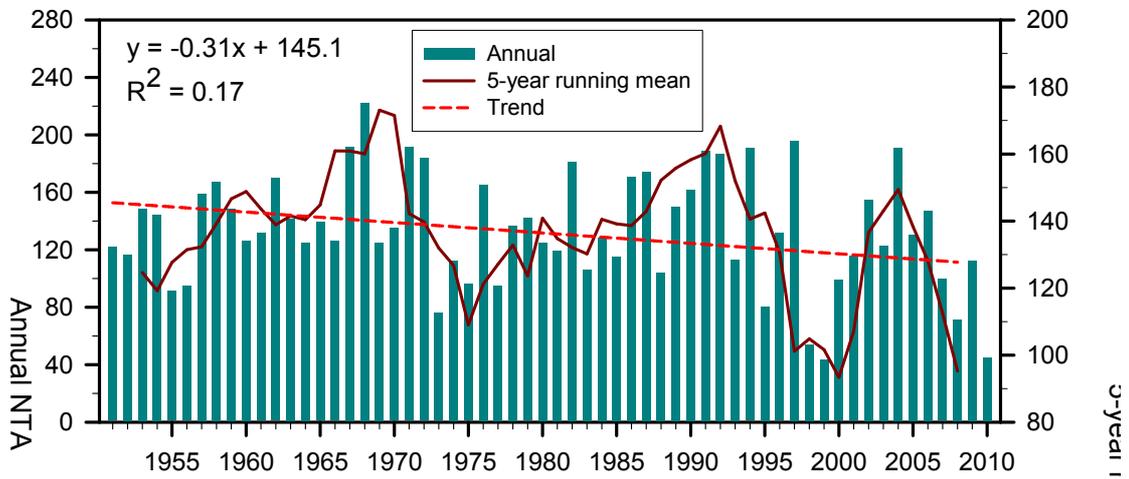
1.3.1 가장 적은 태풍 발생 수 기록

북서태평양 구역에서 발생하는 태풍은 연평균(1971년~2000년) 26~27개이나 2010년에는 총 14개가 발생하여 통계분석이 시작된 1951년 이래 가장 적었다. 태풍이 1년의 20개 이하로 기록된 것은 이번이 세 번째로 1969년 19개, 1998년 16개에 뒤를 이은 것이다. 2010년에는 북태평양고기압이 주요 태풍발생구역을 포함한 열대서태평양까지 남서쪽으로 확장됨에 따라 태풍의 발생 단계인 열대저기압의 발생이 미약했고, 하반기 들어 북태평양고기압이 북서쪽으로 중심이 이동하였으나, 라니냐 현상으로 인해 열대서태평양 서쪽해상에 제한적으로 대류활동이 활발하여 태풍의 발생이 적었던 것으로 분석된다.

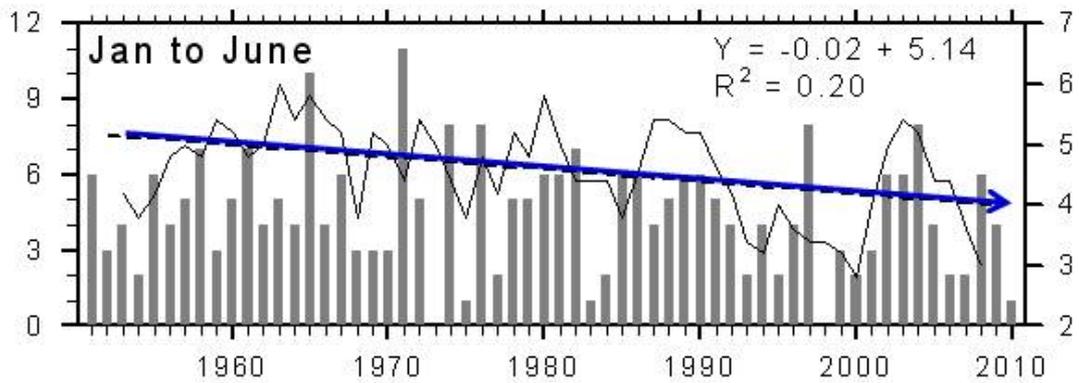
장기적인 태풍의 발생변화를 살펴보면 뚜렷하지는 않지만 점점 발생 수가 감소하는 추이를 보이고 있다. NTA 지수(Kwon 등, 2007; Lee 등, 2007)를 이용한 북서태평양의 태풍활동도 경향을 보더라도 태풍활동이 강하고 약한 시기가 주기적 변동을 보이기는 하지만, 전반적으로 태풍활동이 약화되는 추세이다. 하지만 태풍의 강도나 활동기간과는 큰 상관관계가 없는 것으로 분석된다. 태풍 발생빈도를 상반기와 하반기로 나누어 살펴보면, 1월~6까지 연평균 4.5개의 태풍이 발생하였으며, 7월~12월까지는 22.3개의 태풍이 발생하였다. 특히 최근 60년간 상반기 태풍발생빈도가 감소하는 추세가 두드러진다. 2010년 상반기에도 단지 1개의 태풍이 발생해 감소 경향이 지속되었다. 참고로 1971년 이후 상반기 태풍발생이 1개인 사례는 총 2회(1975년, 1983년)이며 전혀 발생하지 않은 해도 2회(1973년, 1998년) 있었다.



[그림 1.3.1] 평년(1971-2000년) (a) 및 2010년 (b) 태풍발생수와 우리나라영향태풍 수



[그림 1.3.2] 1951-2010년 장기간 태풍활동도(NTA 지수) 변화.



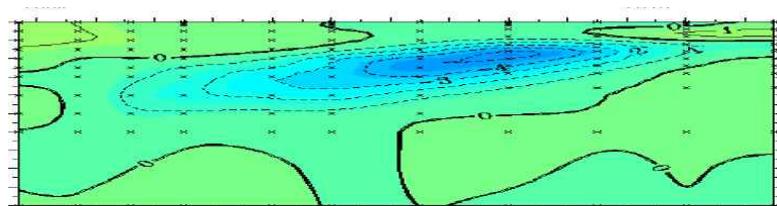
[그림 1.3.3] 1951~2010년 상반기 태풍 발생 수

1.3.2 상반기 적은 태풍발생의 원인

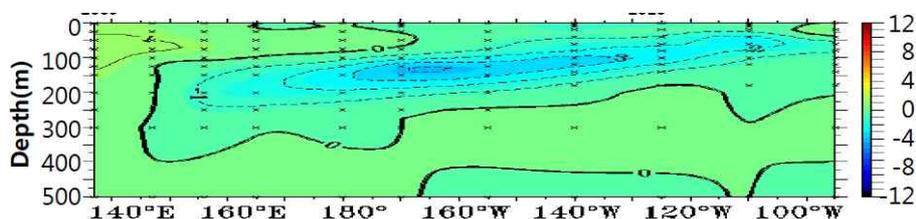
2010년 태풍발생해역의 해수면 온도가 평년보다 높은 29~30°C로, 양(+)의 편차를 보였으나 해저수온 및 해양열용량은 반대로 음(-)의 편차가 5월까지 지속되었다(6월부터 열대서태평양 표층에서부터 양의 편차가 나타나기 시작함). 게다가 북태평양 고기압이 평년보다 남서쪽으로 확장함에 따라 주 태풍발생구역에서 하강기류의 영향을 지속적으로 받아 태풍의 발생단계인 열대 저기압의 발생이 미약하였고, 라니냐 현상까지 가세하여 태풍의 발생이 적었던 것으로 분석되었다.

Wang and Chan(2002)와 Sobel and Camargo(2005)에 따르면, 라니냐 출현 시 열대서태평양의 해수온이 평년보다 높고 태풍이 북서쪽에서 발생한다는 견해가 있다. 이러한 특징은 2010년에도 잘 나타나며, 실제 전형적인 라니냐 해였던 1998년의 경우도 태풍이 평년보다 북서편에서 주로 발생하였고 단지 16개 태풍만이 발생한 바 있다.

(a) 2010년 5월

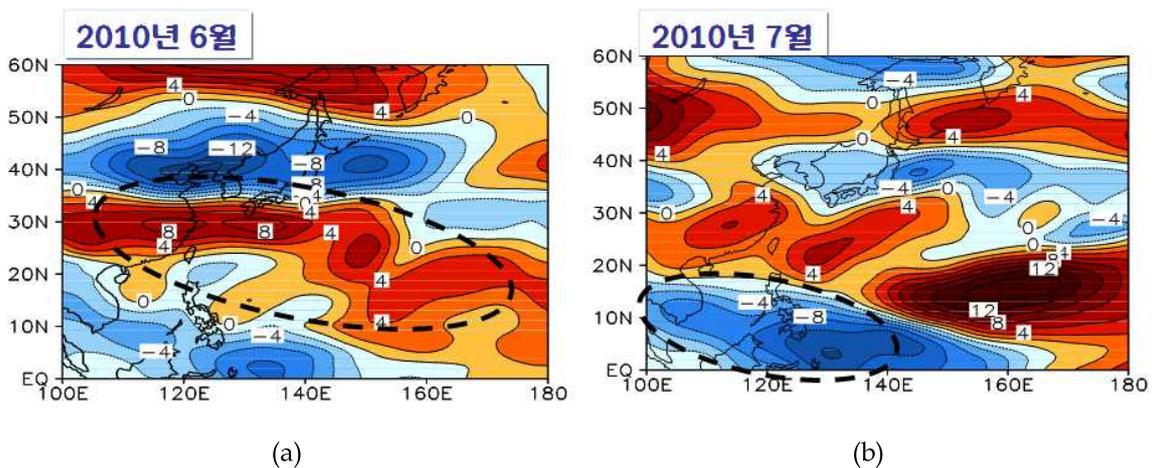


(b) 2010년 6월

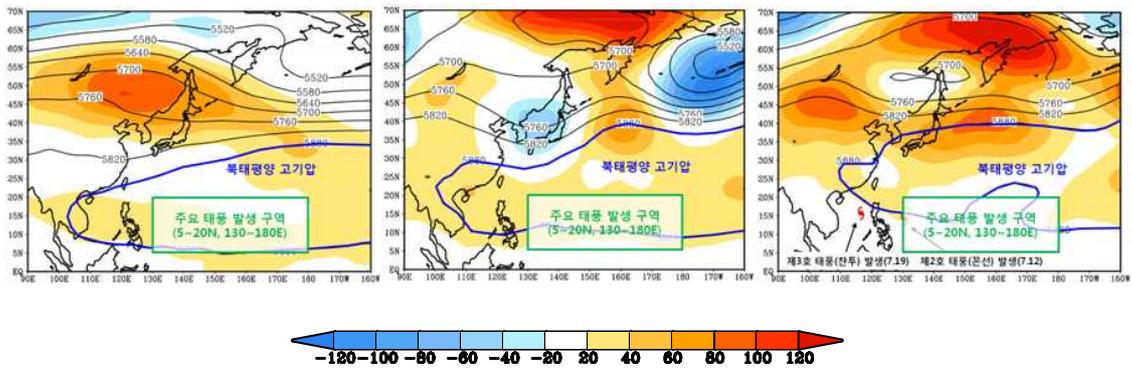


[그림 13.4] 태평양 해저수온편차 (a) 2010년 5월 (b) 2010년 6월

연직바람시어가 작을수록 태풍발생 및 발달의 좋은 조건이지만, 2010년 6월의 경우 중국 중부내륙에서 열대 태평양으로 연직바람 시어가 크게 나타났으며 열대서태평양에서 7월부터 평년보다 작은 연직바람시어가 나타나기 시작하였다(그림 1.3.5). 또한 700hPa 고도장의 상승이 분석되어 북서태평양구역 전반에 걸쳐 고압대가 폭넓게 형성되었음을 알 수 있다.



[그림 1.3.5] 연직바람시어 (a) 2010년 6월 (b) 2010년 7월



(a) (b) (c)

[그림 1.3.6] 5km 상공(500hPa)의 고도장

(a)2010년 6월 북태평양고기압

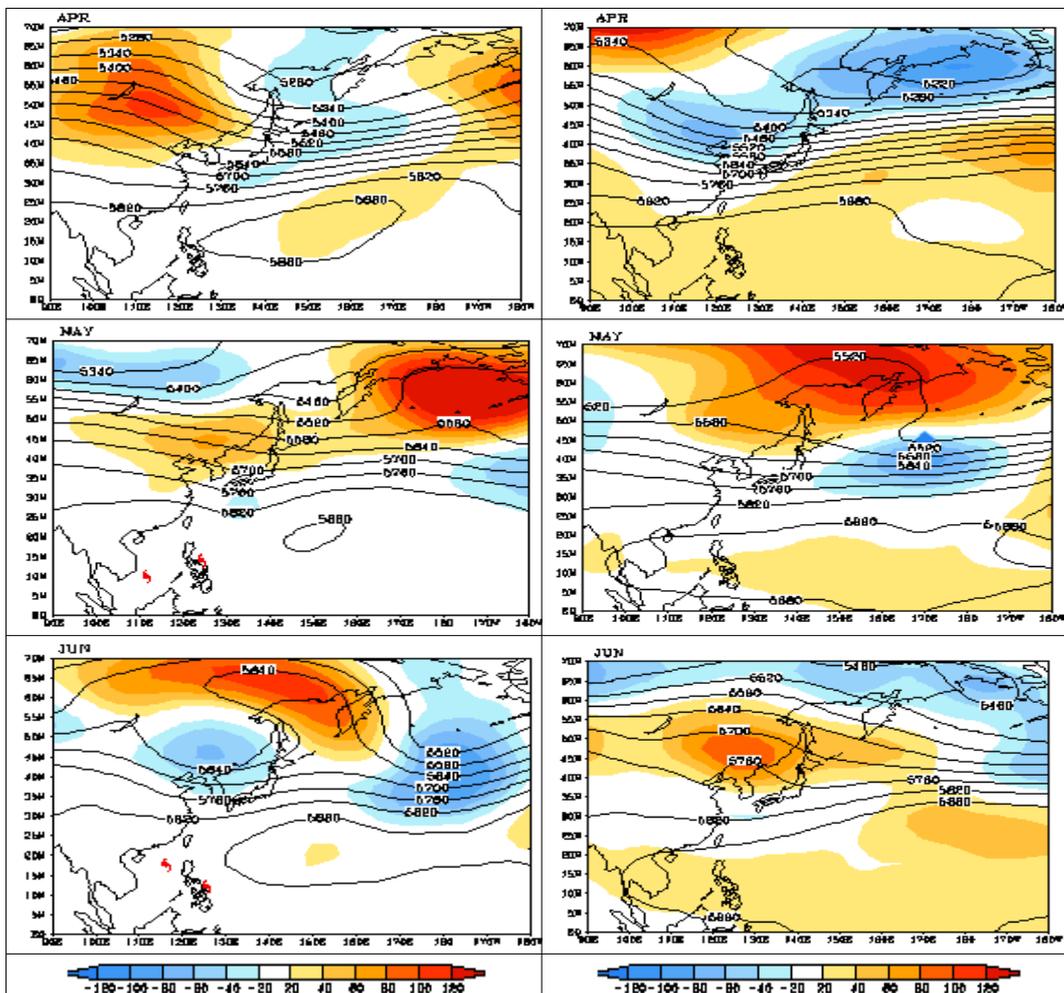
(b)2010년 7월 상순 북태평양고기압

(c)2010년 7월 중~하순 북태평양고기압

※실선 : 고도평균, 음영 : 고도편차

7월 상순까지 북태평양고기압이 열대 서태평양까지 남서쪽으로 확장함에 따라 대류활동이 억제되어 태풍발생이 평년보다 적어졌다. 또한 7월 중순부터 서태평양 상의 북태평양고기압이 다소 북쪽에 위치하게 되면서 제2호 태풍 '곶선'(7월 12일)과 제3호 태풍 '찬투'(7월 19일)가 발생하였다.

2010년의 경우 3월에 1개의 태풍이 발생한 반면, 2009년의 경우 5월과 6월에 각각 2개의 태풍이 발생하여 6월까지 총 4개의 태풍이 발생하였다. 2009년에 비해 2010년의 경우 500hPa의 5880gpm 고도장 강도 및 범위가 강하고 넓은 특징을 보였다. 이는 앞서 언급한 중층~하층까지 양의 바람시어편차를 보인 특징과 연관되어 북서태평양 구역에 폭넓은 고압대가 형성된 것으로 분석된다.



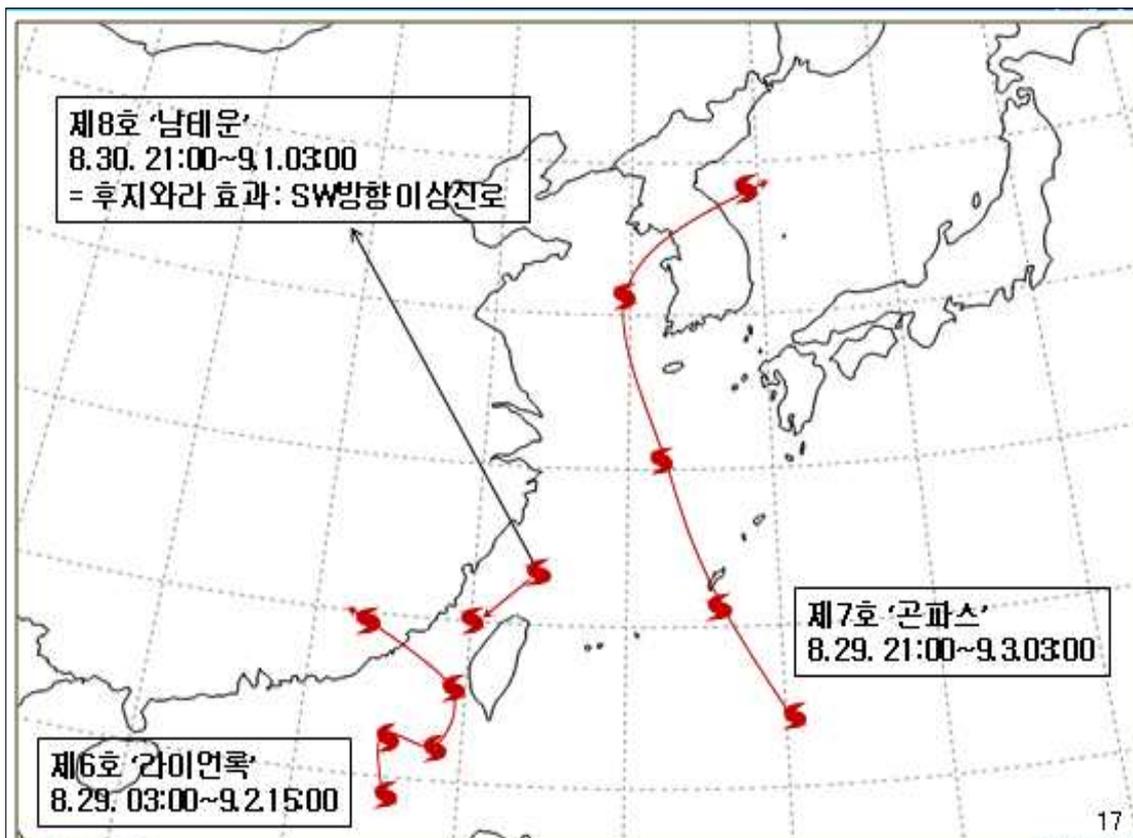
(a) 2009.04~2009.06

(b) 2010.04~2010.06

[그림 1.3.7] 월별평균 500hPa 고도장 분포

1.4 3개의 태풍의 동시 존재

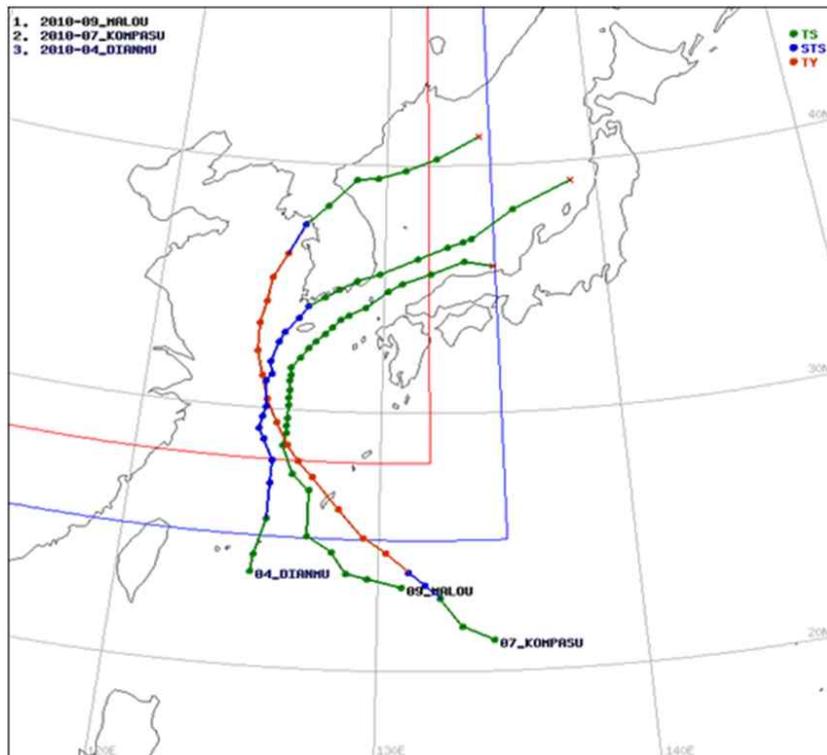
제6호 태풍 '라이언록'의 생존기간인 8월 29일 21~9월2일 15시 중 제8호 태풍 '남태운'이 8월 30일 21시~ 9월 1일 03사이에 존재하면서 이 기간 동안에는 제7호 태풍 '곤파스'와 함께 6,7,8호 3개의 태풍이 8월 30일 21시부터 9월 1일 03시까지 30시간 동안 동시에 존재하였다. 특히 제6호 태풍과 제8호 태풍이 인근에 위치하여 후지와라 효과(후지와라 효과 : 두 개의 태풍이 근접하여 한 태풍이 다른 태풍의 바람에 의해 진로가 변하는 현상)의 영향을 받았는데, 상대적으로 강도가 약했던 제8호 태풍이 제6호 태풍의 힘에 의해 남서진하는 이상 진로를 보였으며, 더 이상 발달하지 못하고 일찍 열대저압부로 약화되었다(그림 1.4.1).



[그림 1.4.1] 동시 존재한 태풍들의 경로

1.5 3개의 태풍 한반도 영향

2010년 8월과 9월 사이 우리나라에 제4호 태풍 ‘덴무’, 제7호 태풍 ‘곤파스’, 제9호 태풍 ‘말로’가 영향을 주었으며, 3개의 태풍 모두가 북위 20° 이상의 고위도에서 발생하였으며, 비교적 단시간에 우리나라에 영향을 주는 특징을 나타냈었다. 최근 30년(1981~2000) 동안 우리나라가 3개 이상의 태풍 영향을 받은 횟수는 총 20회로 2007년 이후 3년만이였다. 또한 제4호 태풍 ‘덴무’는 2007년 제11호 태풍 ‘나리’ 이후 3년 만에 상륙한 태풍이었다.

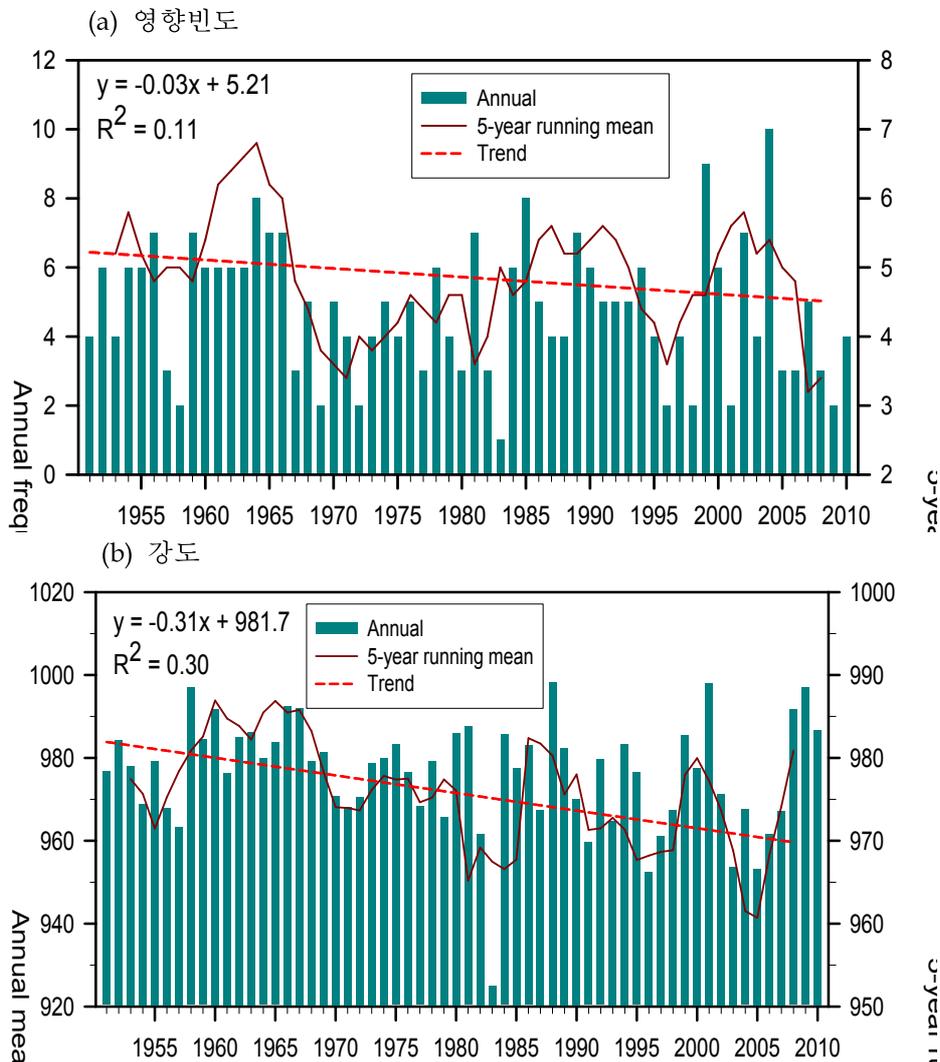


[그림 1.5.1] 2010년 영향태풍 진로도

[표 1.5.1] 한반도 영향 시 주요지점의 강수량 및 풍속

태풍번호/이름	일강수량 (mm)	지역	최대풍속 (m/s)	지역	순간최대 풍속(m/s)	지역
제4호 ‘덴무’	150.5	거제	20.9	고산	33.4	통영
제7호 ‘곤파스’	149.0	어리목 (제주)	21.6	낙월도 (광주)	52.4	홍도 (목포)
제9호 ‘말로’	220.5	윗세오름 (제주)	14.9	가덕도 (부산)	27.2	지귀도 (제주)

우리나라에 영향을 준 태풍의 장기간 변동 특성을 분석하기 위해서, 비상구역(북위 28°와 동경 132°의 북서쪽)에 진입한 열대저압부와 태풍에 대하여 지난 60년간(1951~2010년) 빈도와 강도 변화를 살펴보았다. 올해는 총 4개의 태풍(열대저압부 포함)의 영향을 받았지만, 장기적인 빈도는 감소 추세이며, 강도의 경우 지난 60년간 추세에 따르면 강화되는 경향을 보이나, 최근 10년간 추세는 오히려 강도가 약화되고 있어 강도에 대해서는 일관된 특성을 보이지 않았다.



[그림 1.5.2] 1951-2010년 한반도 영향 태풍(비상구역으로 진입한 열대저압부 및 태풍)의 빈도와 강도 및 장기간 추세변화

1.5.1 제4호 태풍 '덴무'

2010년 제4호 태풍인 '덴무'는 8월 8일 12시경 타이완 타이베이 동남동쪽 약 400km 해상에서 발생하였다. 이 시기 북태평양고기압이 일본 열도 남동쪽에 위치하고, 북위 23.6°의 비교적 고위도에 발생하여 태풍은 고기압의 서쪽 연변을 따라 곧바로 북진하여 8월 9일 18시경 우리나라 직접적인 영향권인 비상구역으로 진입하였다. 8월 10일 06시경 북위 30°를 진입하였고, 09시경 중심기압 980hPa, 최대풍속 31m/s의 중간 강도의 중형급 태풍으로 발달, 해양열용량이 작고 고위도에서 발생하여 북진하면서 충분한 에너지를 공급받지 못하여 강하게 발달하지는 못하였다. 그리고 21시경 서귀포 서쪽해상까지 진출 후 전향하여 북 동진하였으며, 8월 11일 05시경 우리나라 남해안(전남 고흥군 도화면)에 상륙하였다. 상륙 후 태풍의 강도는 급격히 약화되었으며, 지속적으로 동북동진하여 14시경 울산 동쪽 해상으로 진출하였고, 18시경 비상구역을 빠져나갔다. 이 태풍은 8월 12일 15시경 일본 서쪽해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

제4호 태풍 '덴무'는 2007년 제11호 태풍 '나리' 이후 3년 만에 우리나라에 상륙한 태풍이었으며, 태풍 발생에서 온대저기압으로 변질되기까지 90시간이 소요되었고, 태풍 상륙부터 통과할 때까지 약 9시간 소요되었다. 태풍이 우리나라를 통과하면서 전면에 위치한 수렴대에 의해 남해안과 영동지역에 많은 강수가 발생하였으나, 태풍으로 인한 피해보다 오랜 폭염과 가뭄 해갈하는 긍정적인 역할을 많이 하였다. 제4호 태풍 '덴무'에 대한 상세한 분석은 제2장을 참조하길 바란다.

1.5.2 제7호 태풍 '곶파스'

2010년 제7호 태풍인 '곶파스'는 8월 29일 21시경 일본 오키나와 남동쪽 약 880km 부근 해상에서 발생하였다. 제4호 태풍 '덴무'와 마찬가지로 발생 당시 북위 21.2°의 다소 고위도에 위치하였으나 더 동쪽에서 발생하여 일본에 위치한 북태평양고기압의 가장자리를 따라 지속적으로 북 서진하였고, 또 이동경로를 따라 고온의 해수역이 분포하여 세력이 점차 강화되었다. 이 태풍은 8월 31일 09시경 최대로 발달하여 중심기압 960hPa, 최대풍속 40 m/s의 강한 중형급 태풍이 되었고, 9월 1일 0시경 비상구역내에 진입하였다. 이후 태풍은 다른 지역에 비해 2~3도 해수온이 높게 형성되어 있는 서해안을 지나면서 세력을 유지하였고 우리나라가 태풍 진행방향의 오른쪽(위험반원)에 놓이면서 서해안 지역에 강한 바람 피해를 입혔다. 9월 1일 18시경 태풍은 전향점에 들었으나 북쪽 기압골이 태풍을 북쪽으로 끌어올려 진행속도가 떨어지지 않고 이동하였고, 21시경 중국 북부지방에 머물던 제트가 남동진하면서 태풍은 더욱 가속되어 시속 40km 내외로 북 동진하였다. 이후 9월 2일 06시 35분경 강화군 남동쪽 남단에 태풍이 상륙하였고 10시 50분경 강원도 고성군 앞바다로 진출하기까지 시속 40~50km의 빠른 속도로 이동하였다. 그리고 9월 2일 21시경 비상구역을 이탈하였고 9월 3일 03시경 청진 동쪽 해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

제7호 태풍 '곶파스'는 우리나라 수도권을 강타하며 2010년에 가장 큰 피해를 입힌 태풍이었다. 또한 태풍이 고수온 상태인 서해안을 통과하면서 세력이 강하였고 우리나라가 태풍의 위험반원에 들면서 수원, 서산, 홍천에서 관측개시 이래 최대순간풍속 극값을 경신하며 강한 바람으로 인한 피해가 컸다. 반면, 빠른 진행속도로 강수의 지속시간이 짧아 강수 피해는 상대적으로 적었다.

1.5.3 제9호 태풍 '말로'

2010년 9호 태풍 '말로'는 9월 3일 15시경 일본 오키나와 남동쪽 약 470km 부근 해상에서 발생하였으며, 제4호 태풍 '덴무', 제7호 태풍 '곤파스'와 마찬가지로 북위 23.2°의 비교적 고위도에서 발생하였다. 이 시기 우리나라와 일본에 걸쳐 형성된 고기압이 태풍의 북동쪽에 위치하여 북서방향으로 이동하였으며, 9월 5일 9시경 비상구역으로 진입하였다. 5일 오후에는 일본 동쪽해상의 북태평양고기압이 느리게 수축하고 중국내륙에 찬 대륙고기압이 위치하면서 태풍의 북상이 저지되면서 태풍은 시속 12km 내외의 느린 속도로 북진하였다. 9월 6일 09시경에는 태풍이 최대로 발달하여 중심기압 990hPa, 최대풍속 24m/s 로, 약한 소형급 태풍이었으며, 제7호 태풍 '곤파스'로 인해 차가운 해수의 유입으로 해양열용량이 낮아 태풍이 강하게 발달하지 못하였다. 9월 6일 오전에 상층제트가 일본 북쪽으로 남하하고 북태평양고기압의 중심이 남동쪽으로 치우치면서 이 태풍은 전향하여 북 동진하였으며, 고압대의 영향으로 우리나라로 상륙하지 않고 느리게 대한해협으로 이동하였다. 대한해협 통과 후 상층 기압골과 합류하면서 진행속도가 빨라졌으며, 9월 8일 09시경 독도 남동쪽 해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

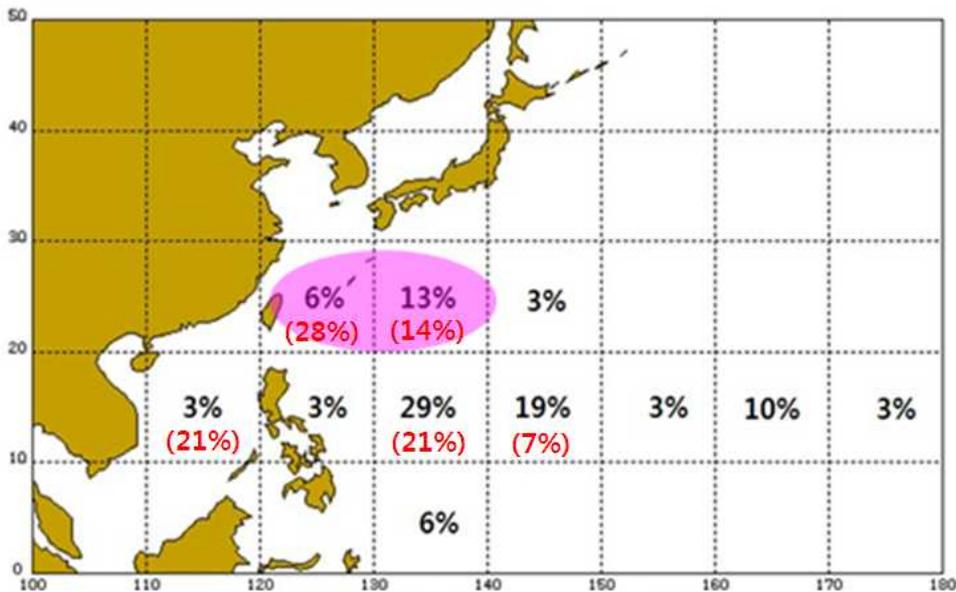
제9호 태풍 '말로'는 일본 동쪽해상에 위치한 북태평양고기압의 느린 수축으로 진행속도가 느렸던 것이 특징으로 우리나라에 영향을 준 시간이 길어지면서 강수량이 상대적으로 많았다. 그러나 소형태풍으로 강풍반경이 작아 바람피해는 적었다. 또한 태풍이 북상하면서 진행방향의 북쪽과 서쪽으로 강한 편서풍대와 동풍이 합류되면서 태풍 좌측의 강수대가 약화되어 우측에만 강수대가 형성된 것도 특징이었다.

1.6 고위도에서 발생한 태풍

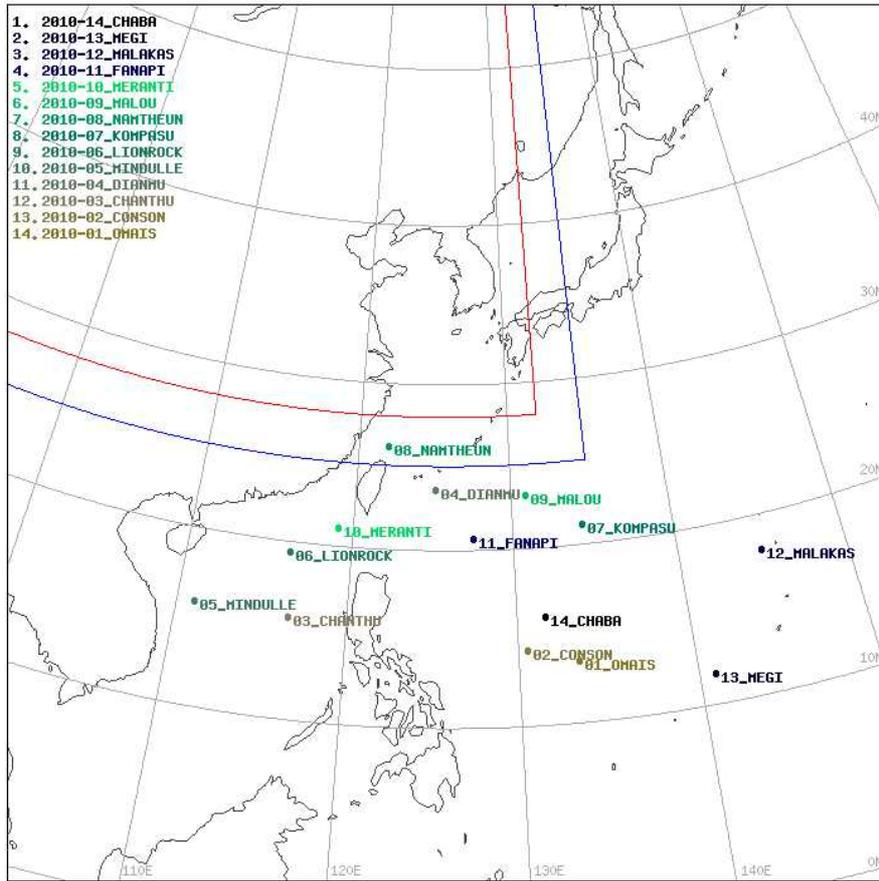
1.6.1 2010년 태풍 발생 경향

2010년에 발생한 총 14개 태풍 중 총 6개가 북위 20°이상의 비교적 고위도에서 발생하였으며, 이는 최근 10년(2000~2009년)간 태풍 발생 빈도 18%임을 감안할 때, 42%로 매우 높다. 특히 우리나라에 영향을 준 3개의 태풍이 모두 북위 20°이상의 고위도에서 발생한 경우였는데, 태풍이 단시간에 우리나라에 접근하여 태풍에 대비할 시간적 여유가 충분치 못하였다.

또한 동경 120°의 서쪽에서 발생한 태풍이 총 3개로 역시 최근 10년간 태풍 발생 빈도보다 높다. 이러한 특징은 라니냐 현상으로 인해 서태평양의 해수온도가 평년보다 높고, 동시에 29℃ 이상의 고수온지역이 고위도까지 광범위하게 분포하여 나타난 것으로 사료된다.



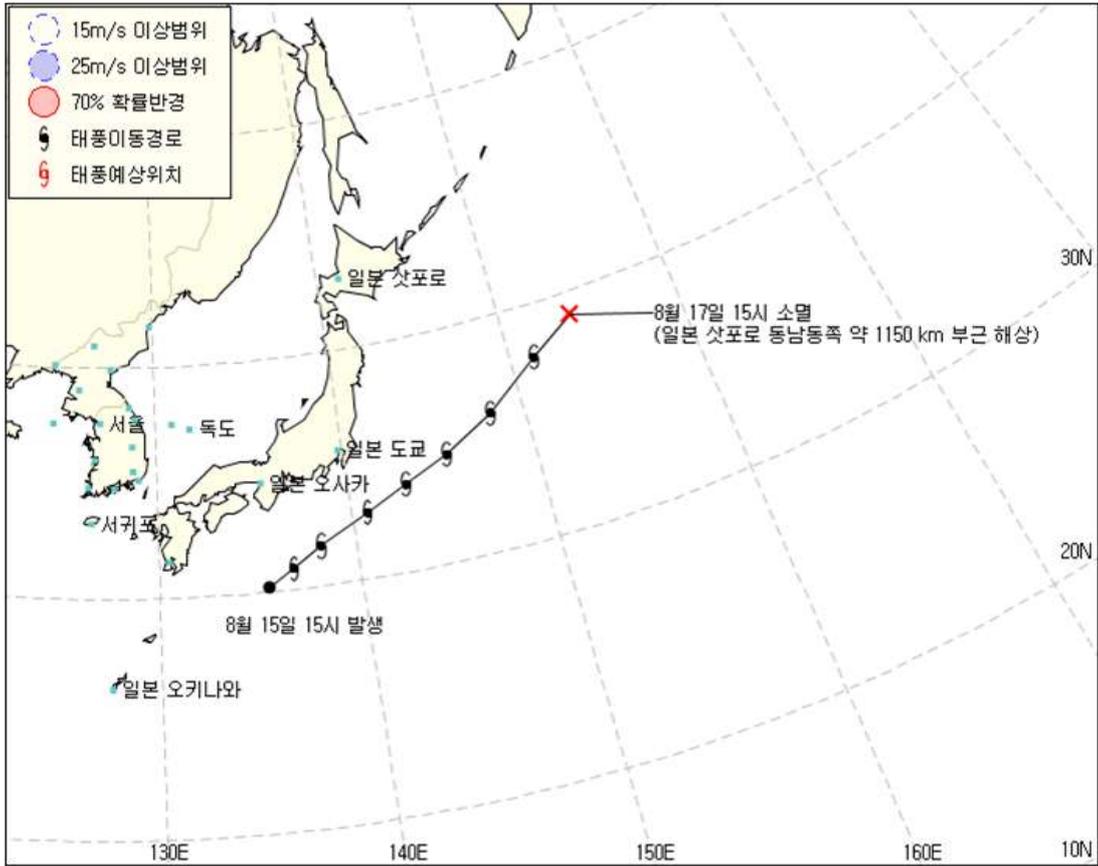
[그림 1.6.1] 최근 10년(2000~2009년) 및 2010년 태풍 발생 빈도
2010년 발생 빈도는 괄호 안의 수를 의미함.



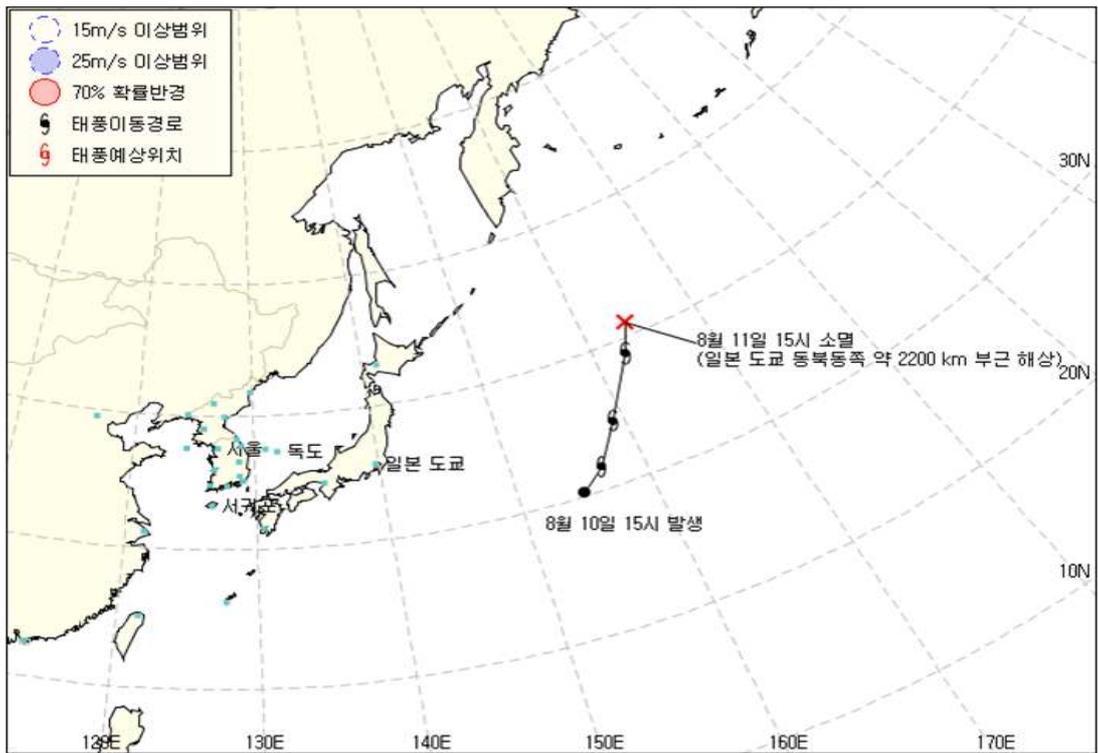
[그림 1.6.2] 2010년 우리나라의 영향을 준 고위도 발생 태풍

1.6.2 고위도에서 발생한 태풍의 과거사례

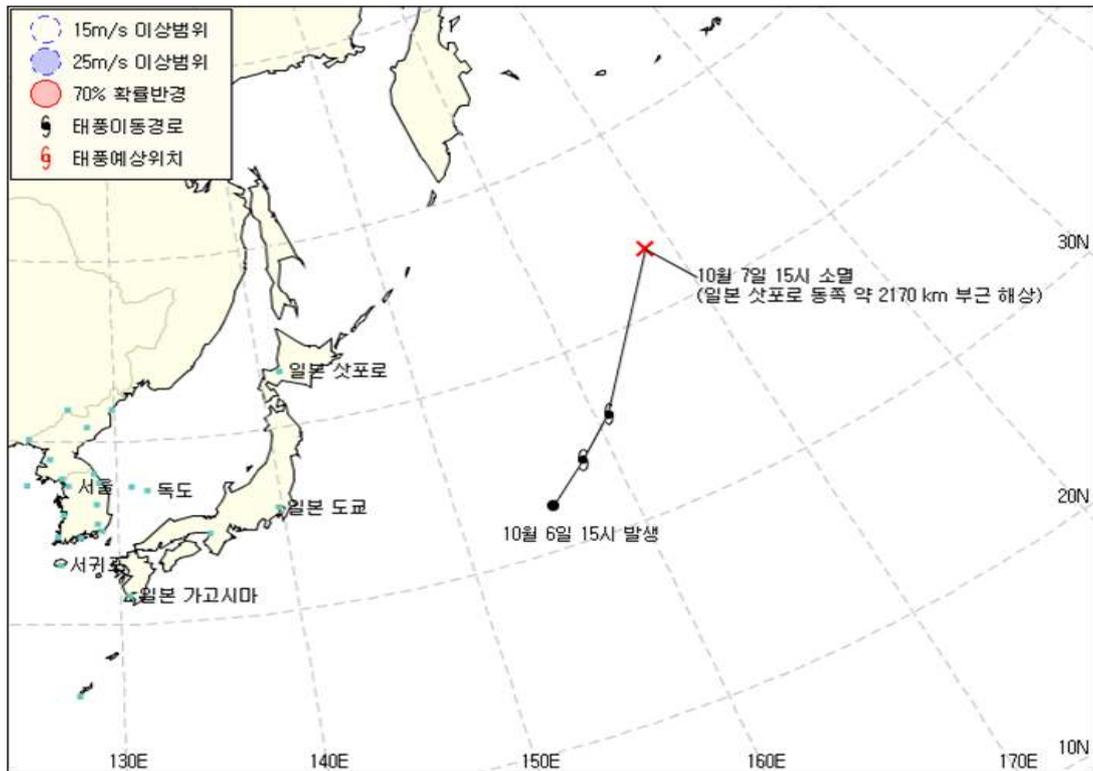
2001년부터 2009년 까지 총 216개 태풍이 발생하였다. 그중에 22개가 우리나라의 영향을 주었다. 북위 25°에서 발생한 경우는 총 18회로 전체 태풍의 8%를 차지하였다. 년도 별로는 2007년과 2008년이 각각 4회를 기록했으며, 월별로는 8월이 8회, 10월 4회, 9월이 3회의 순으로 기록되었다. 이중 북위 30° 이상에서 발생한 태풍은 5회이며, 중심기압이 1000~990hPa로 낮고 대체로 48시간이내의 짧은 수명을 가지고 있었다.



[그림 1.6.3] 2008년 제10호 태풍 '판본'

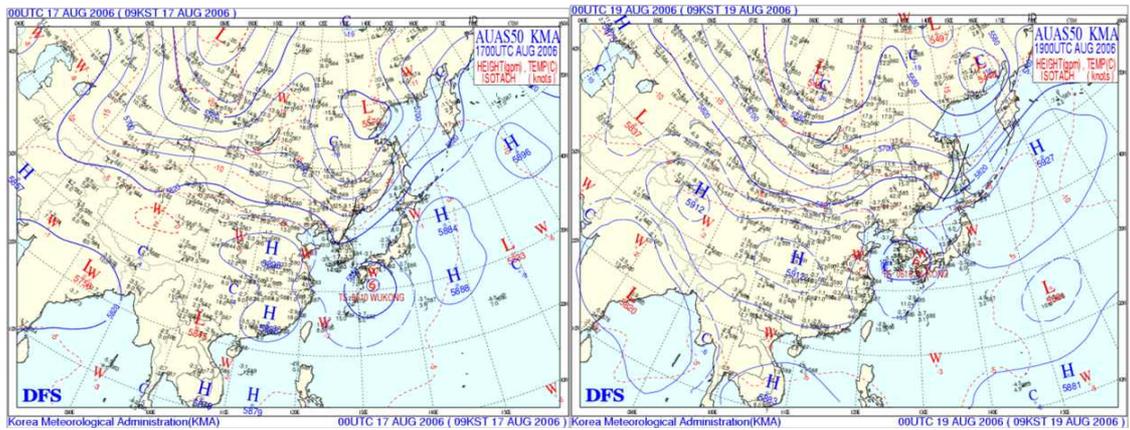


[그림 1.6.4] 2008년 제11호 태풍 '봉풍'



[그림 1.6.5] 2007년 제17호 태풍 '버들'

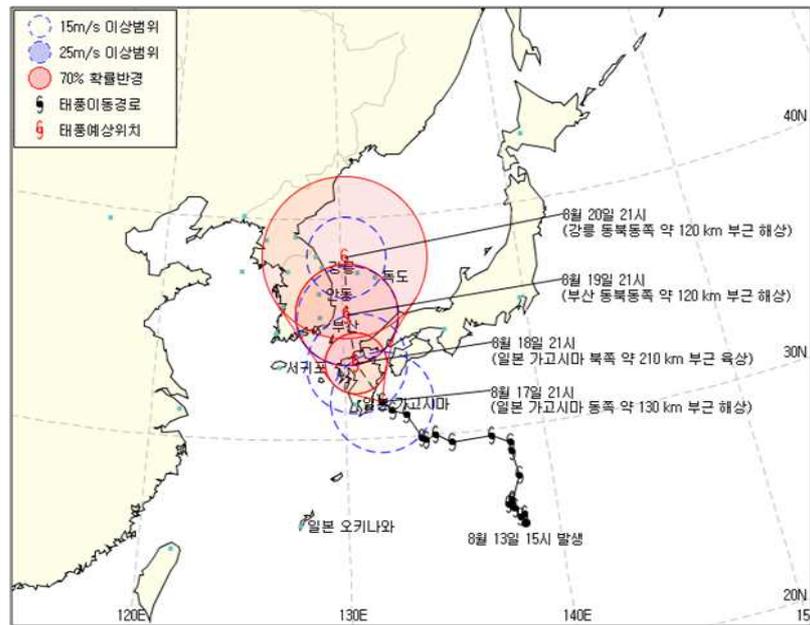
2006년 제10호 태풍 '우콩'의 경우 오키나와 동쪽 약 1,000km 부근에서 발생하였다. 이 태풍은 72시간 후에 경계구역, 그 후 30시간 후에 비상구역에 위치하였으며, 태풍의 발생 초기 제11호 태풍 '소나무'와의 합류로 인해 진로가 유동적이었다. 또한 점차 북서진하여 일본 가고시마를 거쳐 부산 동쪽 해안으로 접근하였고 우리나라 북쪽으로 기압골 접근하였으며, 일본 동쪽 해상의 고압대 영향으로 이동이 느렸다. 가고시마 상륙 시 중심기압 980hPa, 최대풍속 23m/s의 약한 소형 태풍이었으며, 기압골과 합류되어 부산 동쪽 해상에서 열대 저압부로 약화되었다.



(a)2006.08.17.09:00KST

(b)2006.08.19.09:00KST

[그림 1.6.6] 고위도에서 발생한 과거태풍



[그림 1.6.7] 고위도에서 발생한 과거태풍 경로

1.7 2010년 태풍 진로 오차 현황

1.7.1 발생태풍별 진로 오차

2010년 제2호 태풍 ‘곶선’부터 5일 예보를 시범적으로 실시하였다. 2011년 4월 이후 5일 예보를 정상 운영할 계획이다. 시범운영 5일 예보의 선진국(미국, 일본)과의 오차를 비교하고 오차원인을 규명하여 5일 예보 정상운영 방안을 마련한다.

[표 1.7.1] 2010태풍요약

호수	태풍명	발생일시	소멸일시	요약내용
1	오마이스	3.24. 21:00	3.26. 15:00	필리핀동쪽 해상에서 발생 북진한 후 3일만에 약화
2	곶선	7.12. 09:00	7.18. 09:00	필리핀 통과 후 베트남 상륙 약화
3	찬 투	7.19. 21:00	7.23. 15:00	필리핀 서쪽해상에서 북서진 베트남 상륙 약화
4	텐무	8. 8. 21:00	8.12. 15:00	타이완 서쪽 N24부근 발생 한반도 남해안 통과
5	만들레	8.23. 09:00	8.25. 09:00	베트남 부근에서 발생 48시간에 약화
6	라이언록	8. 29. 03:00	9. 2. 15:00	홍콩남쪽 발생 U자형 이상진로
7	곤파스	8.29. 21:00	9. 3. 03:00	오끼나와 남동쪽 N21 부근 발생 한반도 중부지방 통과
8	남태운	8.30. 21:00	9. 1. 03:00	타이완 서쪽해안에서 남서진후 48시간 약화
9	말로	9. 3. 15:00	9. 8. 09:00	오끼나와 남동쪽 N23 부근서 대한해협으로 통과
10	므란티	9. 9. 09:00	9. 10. 21:00	타이완 남서쪽에서 북진 후 36시간에 약화
11	파나피	9.15. 21:00	9.21. 03:00	타이완 통과 후 홍콩부근 상륙 후 약화
12	말라카스	9.21. 15:00	9.25. 21:00	괌 부근에서 일본동쪽해상으로 진행
13	메기	10.13. 21:00	10.24. 03:00	필리핀 북쪽 내륙 통과 후 중국내륙 통과 후 약화
14	차바	10.24. 21:00	10.31. 03:00	필리핀 동쪽해상에서 도쿄 남쪽해상부근 진출 후 약화

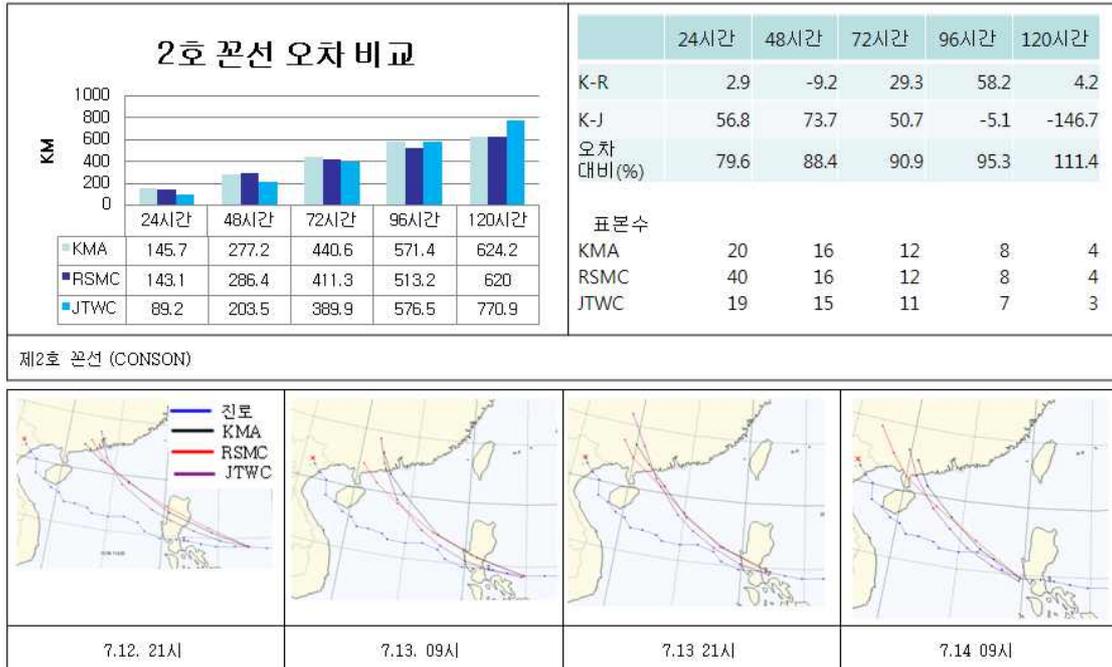
※ 96시간 이상 지속 오차분석 가능 태풍

[표 1.7.2] 발생태풍별 진로 오차

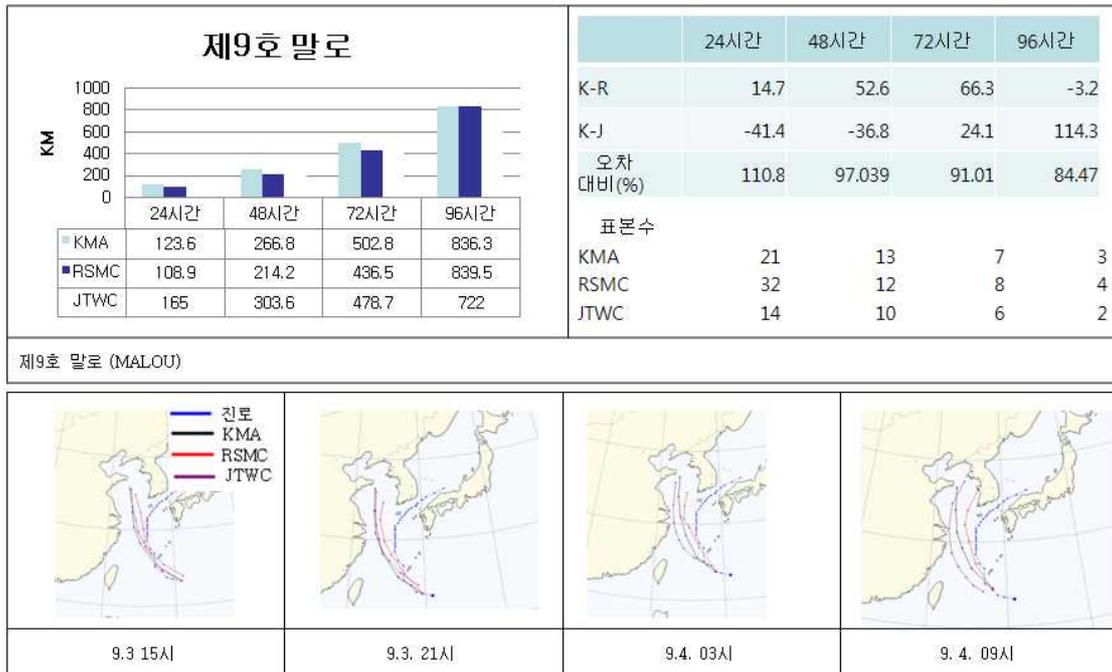
	1호	2호	3호	4호	5호	6호	7호
24시간	191.3(3)	277.2(20)	112.9(11)	141.9(18)	88.5(4)	84.7(14)	182.2(17)
48시간		277.2(16)	91.9(7)	313.8(9)		166.9(10)	375.4(9)
72시간		440.6(12)	292.2(3)	437.1(3)		197.7(6)	794.6(5)
96시간		486.1(8)		599.2(1)		172.8(2)	108.5(1)
120시간		638.7(4)					

호수	8호	9호	10호	11호	12호	13호	14호	전년
24시간	137.8(1)	123.6(21)	195.6(2)	66.9(17)	144.0(13)	92.2(37)	90.4(21)	117.4(199)
48시간		266.8(13)		102.7(13)	182.9(9)	157.1(33)	217.2(17)	207.9(136)
72시간		502.8(7)		225.9(9)	448.1(5)	249.1(29)	347.2(13)	349.6(92)
96시간		924.3(4)		395.8(5)	517.4(1)	320.5(25)	432.9(9)	548.3(57)
120시간				685.2(1)		435.4(21)	656.2(5)	603.9(26)

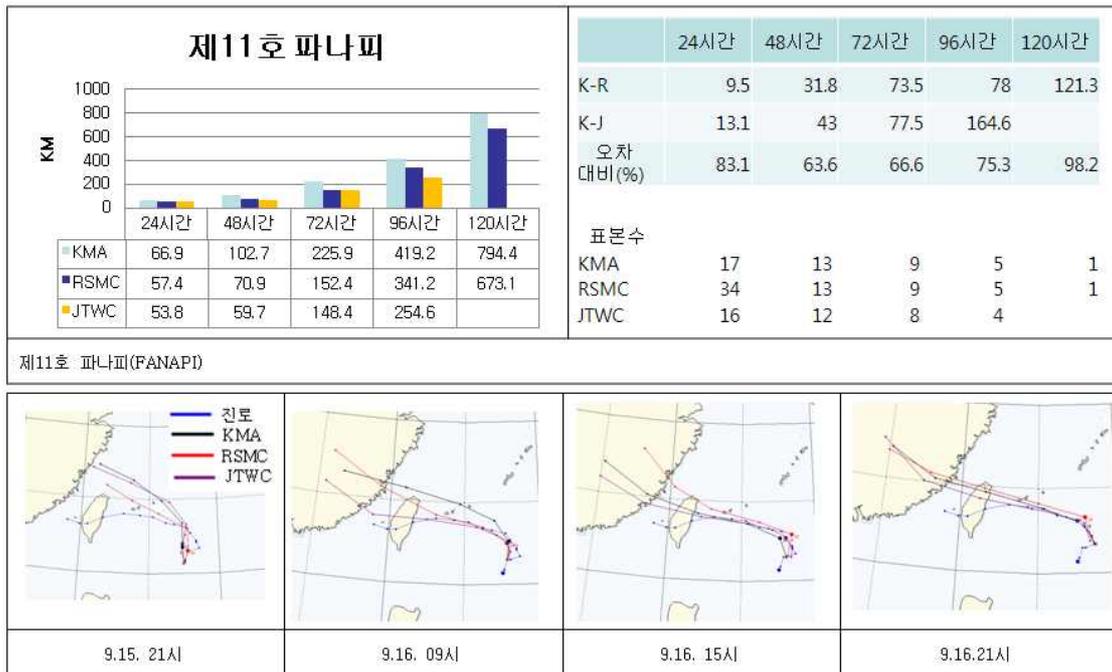
※ 분석 자료의 오차수치는 TAPS(태풍정보시스템)의 시계열에서 발췌한 자료임.
 실제와 약간의 오차 있을 수 있음. () : 표본수



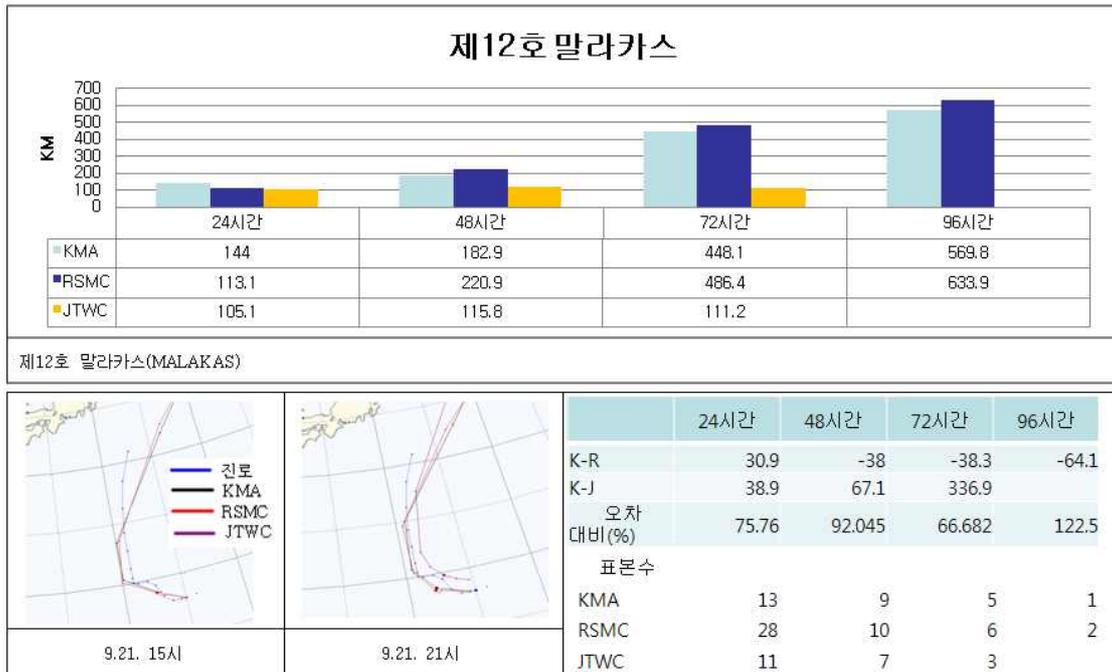
[그림 1.7.1] 제2호 태풍 '끈선' 오차 비교



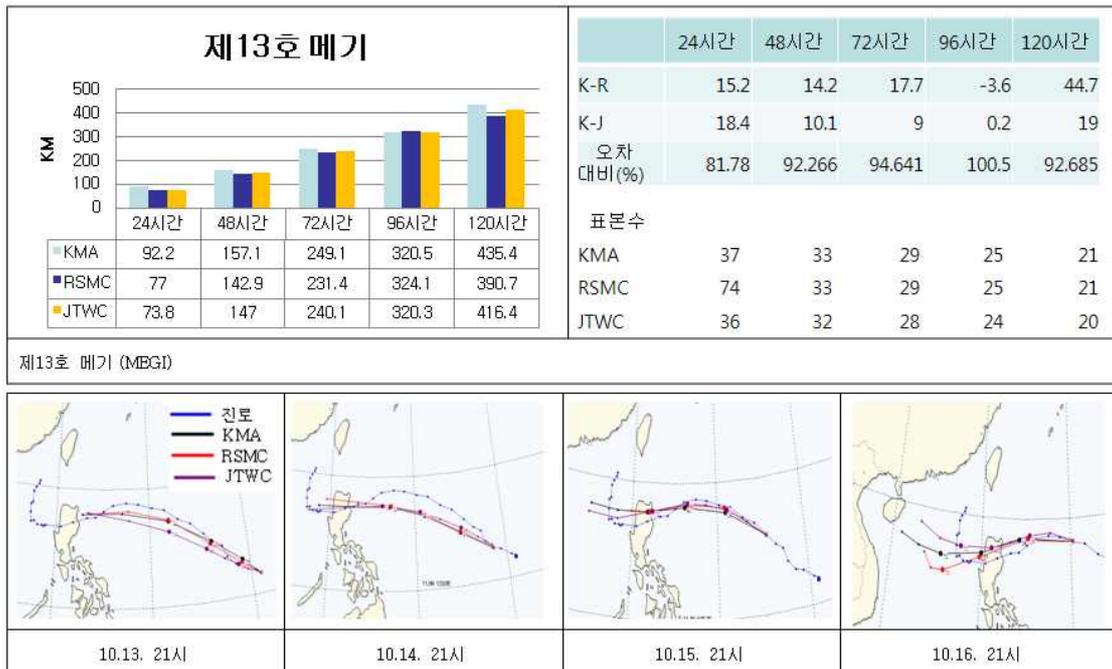
[그림 1.7.4] 제9호 태풍 '말로' 오차 비교



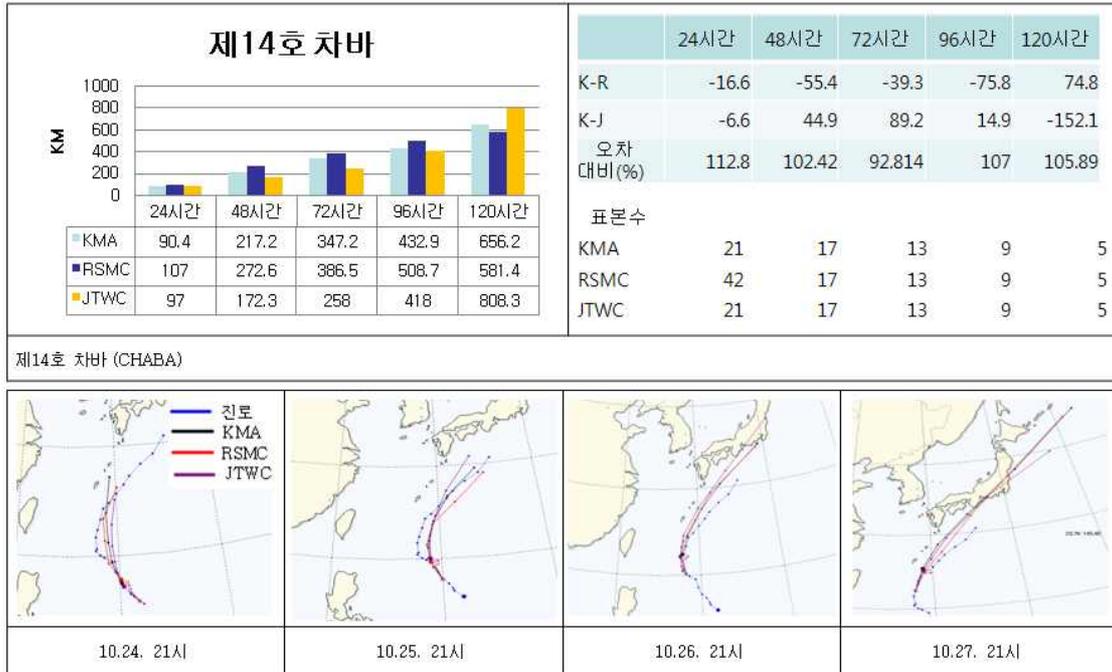
[그림 1.7.5] 제11호 태풍 '파나피' 오차 비교



[그림 1.7.6] 제12호 태풍 '말라카스' 오차 비교



[그림 1.7.7] 제13호 태풍 '메기' 오차 비교



[그림 1.7.8] 제14호 태풍 '차바' 오차 비교

1.7.2 최근 3년간 예보시간별 진로 오차

[표 1.7.3] 최근 3년간 예보 시간별 진로오차

구분	24시간	48시간	72시간	96시간	120시간
2008년	129	229	379	-	-
2009년	126	213	301	-	-
2010년	117	207	350	548	604

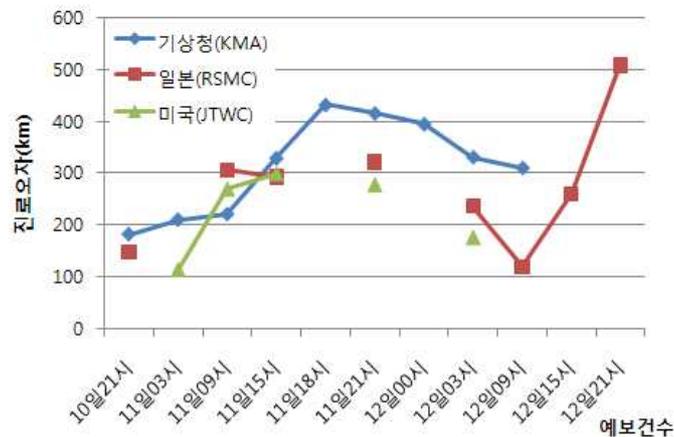
1.7.3 주요기관별 진로 오차

각 기관별(한국, 일본, 미국) 동시간대 예보오차를 비교할 때, 제4호 태풍 ‘덴무’와 제7호 태풍 ‘곤파스’의 예보오차가 상대적으로 컸다. 특히, 태풍 발생 초기와 전향 이후 오차가 큰 특징을 보였다.

[표 1.7.4] 주요기관별 진로 오차



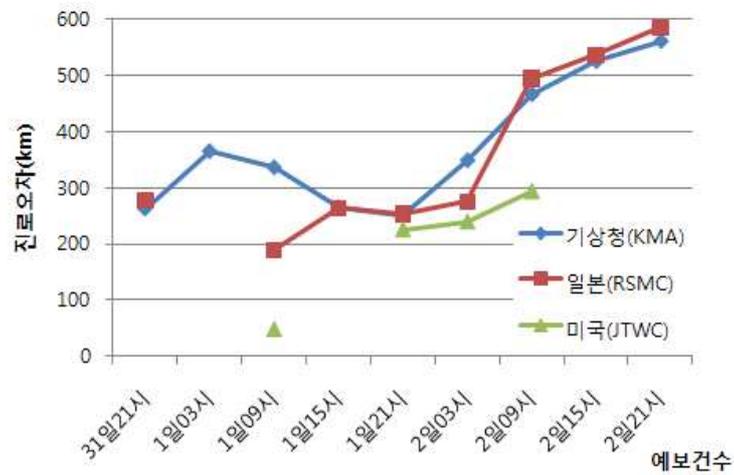
우리나라의 태풍진로오차가 컸던 이유는 태풍 발생 전부터 지속적으로 태풍 발생 가능성을 감지하고 사전에 분석할 수 있는 체계를 갖추고 있지 않아 타 기관에 비해 오차가 컸다.



[그림 1.7.9] 제4호 태풍 ‘덴무’ 예보시간별 진로오차



[그림 1.7.10] 11일 21시 실제위치와 48시간 전 예상위치



[그림 1.7.11] 제7호 태풍 '곤파스' 예보시간별 진로오차



[그림 1.7.12] 제7호 태풍 '곤파스' 2일 03시 실제위치와 48시간 전 예상위치

1.8 2010년 태풍 대응 활동

1.8.1 태풍 특별 대응반 운영

2008년 국가태풍센터 설립 이후 2년간 태풍이 한반도를 비껴갔다. 그러나 국가태풍센터의 절대인력과 숙련된 태풍예보관이 부족하고 태풍내습 시 언론의 관심 고조에 선제적이고 체계적인 대응과, 태풍이 접근하는 최 일선에서 방재활동으로 피해를 예방하고 한반도에 상륙하는 태풍피해 예방에 청의 전 역량 결집필요를 위해 2010년도 태풍 특별대응반을 계획하였다.

현재 태풍센터는 소수인력이 태풍 현업 및 연구, 업무지원 등으로 역할을 분산 운영하며, 현업 외에 1~3명씩 전문적인 고유 업무 수행으로 직원 간 정보공유가 미흡했다. 또한, 태풍분석 및 정보생산 경험 부족으로 태풍예보의 전문성이 결여되었으며, 지난 2년간 상륙태풍에 대한 무경험으로 현업근무자들의 경험이 부족하고 태풍발생 감시단계에서 1인 현업체제로 노하우 전수 및 축적이 미흡하다.

국가기상센터와 떨어져있는 태풍센터의 태풍예보 지원강화를 위해 유사시 [예보대책반]을 태풍센터에 파견하여 합동근무를 하였다. 대응반은 48시간 이내 직접 영향이 예상될 때 활동 개시하며, 예보대책반장은 청내 최고의 예보 전문가로 선발하였다. 반원은 위성분석 및 TAPS(태풍분석 예보시스템)전문가로 선발하였다.

합동근무를 통해 태풍센터의 예보기술 배양 및 기관의 역량을 향상시키고, 언론의 선제적 대응으로 기상청의 역할과 위상을 높이는 계기로 활용하며, 예보국장을 중심으로 태풍 방재에 기상청의 역량을 극대화 시켰다.

[표 1.8.1] 태풍 특별 대응반 운영

구분	내용																														
시행근거	“방재기상업무지침” 3.3 (특별대응반의 편성 및 운영) 중앙방재본부장은 태풍 등으로 큰 피해가 예상 시 특별대응반을 편성, 운영																														
특별대응반의 구성	<p>반장 : 예보국장 특별 대응 반장 밑 복수의 [태풍예보대책반] 반원 6인(4급 1명, 5급 2명, 6급 이하 3명) 2개조 총 12명으로 구성운영</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>총괄 예보관실</th> <th>국립기상 연구소</th> <th>국가기상 위성센터</th> <th>국가 태풍센터</th> <th>계</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>과장급</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5 급</td> <td>2</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>6급이하</td> <td>2</td> <td>-</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>계</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table> <p>국가기상위성센터는 위성분석 지원을 위해 국가기상센터에 사무관급 1명 지원 국가기상센터는 총괄예보관 1인등 5명 지원으로 3교대로 근무</p>	구 분	총괄 예보관실	국립기상 연구소	국가기상 위성센터	국가 태풍센터	계	과장급	1	1	-	-	2	5 급	2	-	-	2	4	6급이하	2	-	2	2	6	계	5	1	2	4	12
구 분	총괄 예보관실	국립기상 연구소	국가기상 위성센터	국가 태풍센터	계																										
과장급	1	1	-	-	2																										
5 급	2	-	-	2	4																										
6급이하	2	-	2	2	6																										
계	5	1	2	4	12																										
임무	태풍정보 생산과 예보지원, 총괄예보관과 정보 교환 및 협의 1시간 간격 속보생산																														
활동기간	8.9~12(제4호), 8.26~28(TD), 8.31~9.2(제7호), 9.5~9.8(제9호) 3개 태풍 및 1개 열대저압부 접근 시 운영																														
대응반 운영	내습 예상 36시간 전에 1개조, 익일 1개조를 출장 조치 태풍의 제주도 통과 후 순차적 복귀 중앙 방재본부장이 한반도 영향 여부로 대응반 운영 결정																														
대응반 임무 및 역할	국가태풍센터 현업실에서 태풍의 중심위치, 강도, 강풍반경, 진행속도 방향, 예상 강수량 정보 등 실시간 생산 및 예보지원 국가기상센터 총괄예보관과 정보교환 및 예보 협의 주관																														
행정사항	기상연구소는 과장급1명, 위성센터는 위성분석 실무관 2명 추천 태풍센터는 5급과 6급 이하 2명씩의 추천과 태풍특별 대응반의 근무환경 마련																														
언론대응	KBS, MBC, SBS, YTN, KCTV, 조선일보, 중앙일보, 동아일보, 한겨레, 한라일보 등																														

1.8.2 태풍 5일 예보 시범 운영

태풍분석 및 예측분야 선진국인 미국(JTWC)과 일본(RSMC)은 각각 2004년과 2009년부터 태풍 5일 예보를 수행하고 있으며, 이를 통해 태풍에 의한 피해 최소화를 위해 노력하고 있다. 이에 따라 우리나라도 재난관련 유관기관에서 태풍으로 인한 기상재해 사전예방을 위해 태풍예보에 대한 예보기간 확대 필요성이 제기되어 2010년 5월부터 태풍 5일 예보를 시행하였다.

기존 3일 예보와 함께 5일 예보를 병행하여 운영하며, 3일 예보 생산 후 순차적으로 5일 예보를 생산하였다(표 1.8.2). 2010년 제2호 태풍 ‘뽀선’부터 5일 예보 생산하여 제공하였고 2010년 태풍정보는 3일 예보 280회, 5일 예보는 272회 발표하였다.

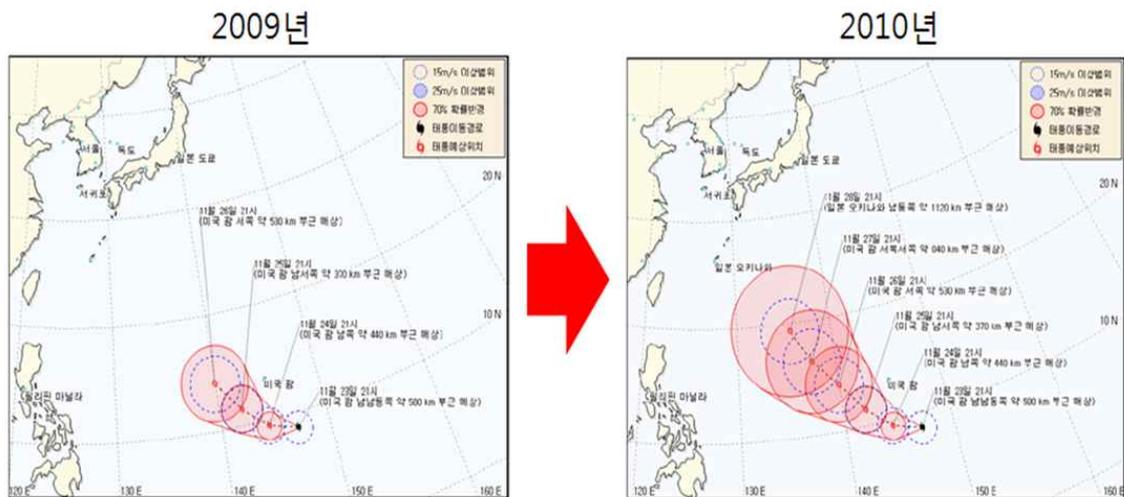
[표 1.8.2] 태풍 5일 예보 시범 운영

구분	내용
3일 예보	유관기관 통보, 기상청 홈페이지 게재
5일 예보	기상청 홈페이지 게재

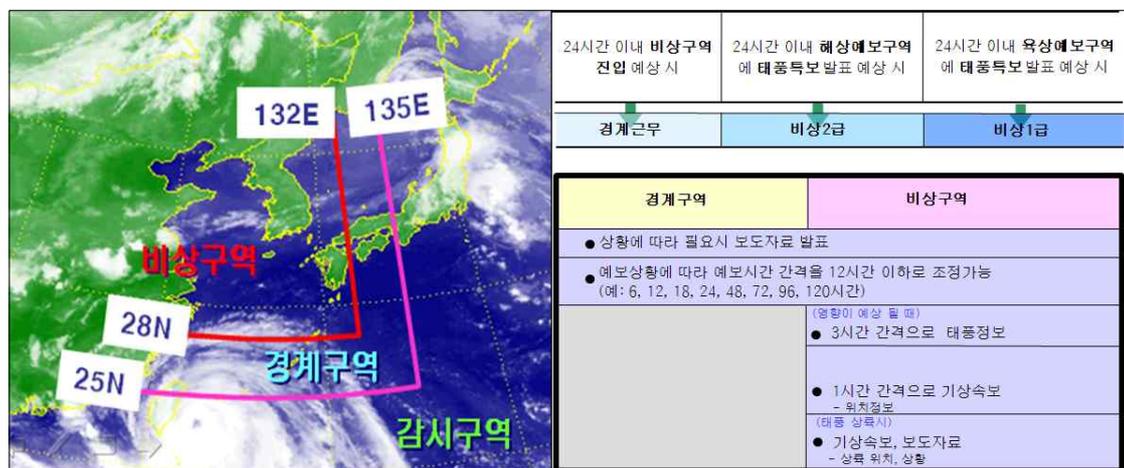
※ 일본의 경우 : 3일 예보는 유관기관에 제공하고 5일 예보는 홈페이지에 게재

[표 1.8.3] 태풍 5일 예보체계 추진경과

구분	시기	내용
태풍 5일 예보체계 구축	2007.	TAPS에 의한 태풍 5일 예보 표출시스템 구성
	2008. 12.	TAPS-2(태풍분석 및 예보시스템) 개발완료
	2009. 12.	태풍 5일 예보 가능성 검토 결과 보고
	2010. 2.	태풍 5일 예보 추진을 위한 사전 점검
	2010. 4.	태풍 방재대책 회의 개최 및 의견수렴 (유관기관, 학계 공동 개최)
태풍전용모델 (TWRF)에 의한 5일 예보시스템 구축	2008. 12.	WRF모델 기반의 태풍전용 수치모델 개발
	2009. 12.	2009년 태풍사례에 대한 태풍전용모델(TWRF) 오차검증
	2010. 1.	실시간 운영시스템을 국가태풍센터 클러스터에 구축
	2010. 2.	양상블 5일 예보 시스템 구축 계획 수립 및 보고



[그림 1.8.1] 태풍 5일 예보 시범 운영



[그림 1.8.2] 단계별 예보자료 생산

[표 1.8.4] 단계별 예보자료 생산

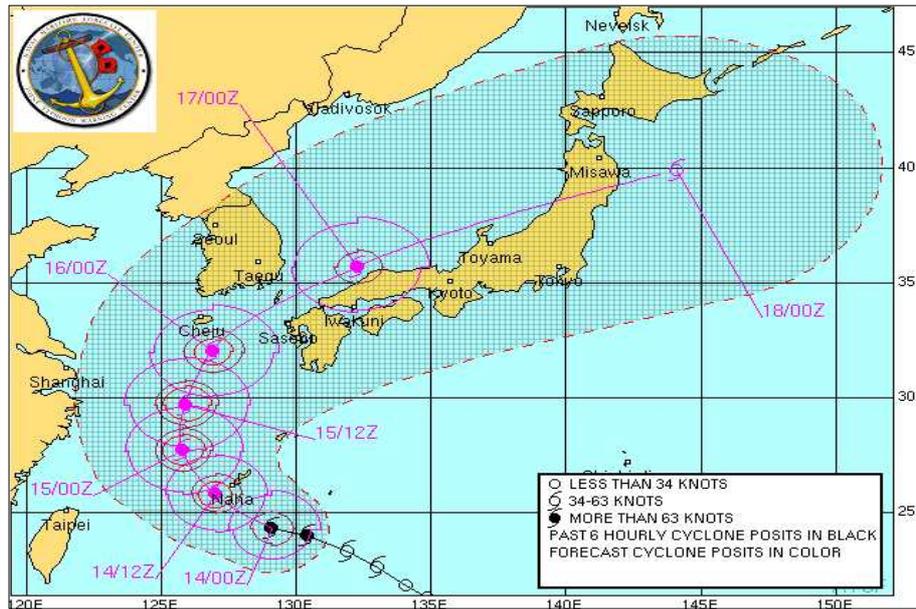
구분	내용
1단계	태풍이 감시구역에 위치하고 있을 때 정규예보시간에 24시간 간격의 120시간 예보
2단계	태풍이 경계구역에 위치하고 있을 때 정규예보시간에 24시간 간격의 120시간 예보 ※ 예보관 판단에 따라 12시간 간격의 예보 자료생산 가능
3단계	태풍이 비상구역에 위치하고 있을 때 정규 및 특별 예보시간(매 3시간)에 120시간 예보 ※ 우리나라 상륙 가능성 및 예상시간에 대한 정보를 하단문구에 제공

[표 1.8.5] 현업 근무체계

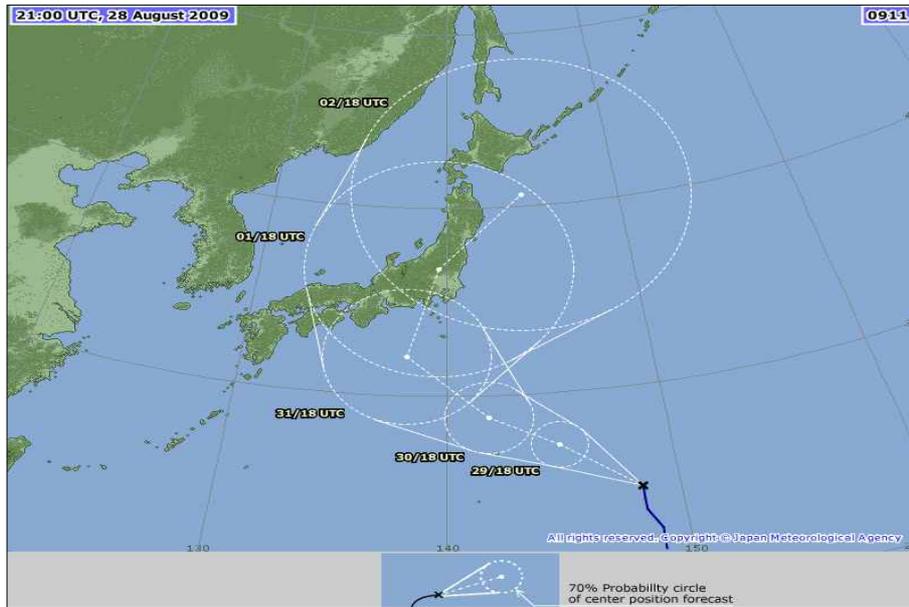
구분	이전단계	TD	TS	STS	TY
감시구역	1인 4교대	2인 4교대			
경계구역					
비상구역		4인 2교대			

[표 1.8.6] 주요기관 태풍 5일 예보현황

구분	시행시기	예보방법	개발주체	오차
미국 (JTWC)	2004년	모델결과로 작성된 가이던스 예보 방법	JTWC 및 미 해군대학원의 Elsberry 교수 연구팀 공동	828km (2008년)
대만 (CWB)	2006년	전구모델을 이용한 통계적 방법	기상국 약기상연구팀, 국립 대만대 대기과학과 등 공동	486km (2006년)
일본 (RSMC)	2009년	전구모델 이용한 앙상블예보 방법	기상청 수치예보과, 기후예측과, 기상연구소 등 공동	526km (2009년)



[그림 1.8.3] 미국 태풍 5일 예보



[그림 1.8.4] 일본 태풍 5일 예보

[표 1.8.7] 태풍예보 이용실태 조사 대상

구분		사례수(명)	비율(%)
전체		174	100.0
기관분류	중앙행정기관	13	7.5
	공기업	10	5.7
	지방자치단체	1	0.6
	국방기관	8	4.6
	지방기상청	12	6.9
	기상대	100	57.5
	미디어(방송)	15	8.6
	신문사	11	6.3
기타	4	2.3	
소속기관 구분	행정기관/공기업/기타	36	20.7
	언론사	26	14.9
	지방기상청	12	6.9
	기상대	100	57.5
기관유형 구분	외부	62	35.6
	내부	112	64.4

태풍 5일 예보를 관련하여 조사결과 현 시험수행오차(600~700Km)를 기준으로 한 태풍 5일 예보서비스의 정보가치에 대해 응답자의 39.1%가 '보통'이라고 응답하였고, 정보의 가치가 높다(33.9%)는 응답이 정보의 가치가 낮다(27.0%)는 응답보다 다소 높게 조사되었다. (보통 이상 : 73%)

제2장

2010년 한반도 영향 태풍 상세분석

2.1 제4호 태풍 ‘덴무(DIANMU)’

2.1.1. 개요

제4호 태풍 ‘덴무’는 8월 8일 21시경 대만 동남동쪽 약 400km 부근 해상에서 발생하였다. 태풍이 발생한 해역의 해수면 온도는 28~29℃로 유지되어 태풍의 발생을 위한 해양 조건은 형성되었으나 태풍이 고위도에서 발생하고, 이동경로에 놓인 한반도 남쪽해역의 해양열용량이 작아 태풍은 크게 발달하지 않았다.

이 태풍이 북진하면서 태풍의 좌·우에 형성된 고압대가 발달하면서 태풍의 발달을 유도(중심기압 980hPa : 8월 10일 9시~21시)하였고, 이후 8월 11일 5시 태풍이 전남 고흥군 도화면에 상륙하면서 강도는 다소 약화 되었으나, 내륙으로 깊이 진입하지 못함에 따라 같은 날 13시 50분경 동해 진출 시까지 태풍의 강도는 990hPa로 유지되었다.

연해주 부근의 기압능이 강하게 유지되고, 북태평양 고압대가 강하게 발달하면서 상층 기압계의 정체성이 클 것으로 예상함에 따라 태풍의 이동이 빠르지 않을 것으로 예측하였으나, 북태평양 고압대의 중심이 남동쪽으로 다소 이동하면서 태풍이 전향 후 예상보다 다소 빠른 진행속도를 보였다.

따라서 태풍 발생 시부터 온대저기압으로 변질될 때 까지 태풍의 이동 경로는 정확하게 예측하였으나, 태풍진행 속도 예측에 대한 오차로 인해 태풍진로 오차가 다소 발생한 것으로 분석된다.

2.1.2 태풍 이동경로

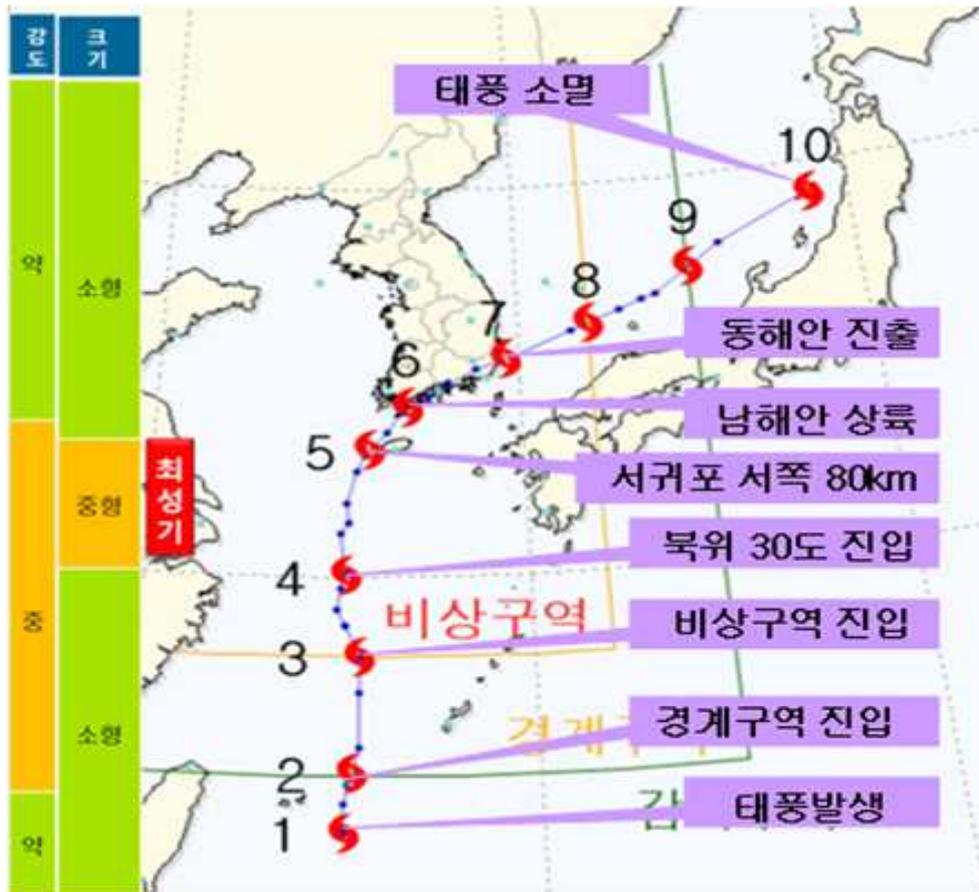
2.1.2.1 이동경로 및 주요시각

제4호 태풍 '덴무'는 8월 8일 21시경 대만 동쪽 해상에서 발생 후 8월 10일 21시경 제주도 서쪽을 통과하기 까지 이틀 동안 대체로 북진하였으며, 이후 동쪽으로 전향하여 동북동진하는 단순한 진로를 보였다.

태풍이 경계구역에 진입한 시각은 9일 9시경이었고, 이는 태풍 발생 후 12시간 후였으며, 경계구역 진입 후 9시간 후인 같은 날 18시에 비상구역에 진입하였다.

전라남도 고흥군 도화면에 11일 오전 5시에 상륙하여 경남 울산 인근 해상으로 진출하는데 9시간 정도 소요되었고, 이후 11일 18시 경에 태풍 비상구역을 벗어난 후, 다음 날인 12일 오전 9시경에 경계구역을 벗어났다. 태풍이 비상구역에서 이동한 시간은 48시간이었으며, 경계구역 내에 있었던 시간은 3일(72시간)이었다.

태풍은 12일 15시경에 온대저기압으로 변질되었고 이로서 90시간(3일 18시간)동안 생존하였다.



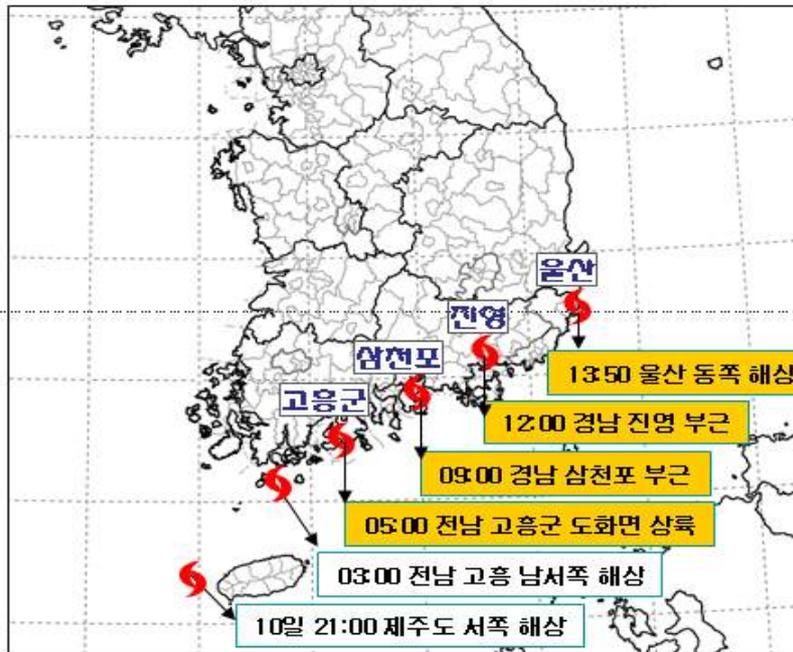
[그림 2.1.1] 이동경로

[표 2.1.1] 태풍 전체 시각과 소요시간

구분	태풍 위치	시각	소요시간
1	태풍발생	2010.08.08. 21:00	-
2	경계구역 진입	2010.08.09. 09:00 경	12시간
3	비상구역 진입	2010.08.09. 18:00 경	9시간
4	북위 30도 진입	2010.08.10. 06:00 경	12시간
5	제주도 서쪽	2010.08.10. 21:00 경	15시간
6	남해안 상륙	2010.08.11. 05:00 경	8시간
7	동해안 이탈	2010.08.11. 13:50 경	9시간
8	비상구역 이탈	2010.08.11. 18:00 경	4시간
9	경계구역 이탈	2010.08.12. 09:00 경	15시간
10	태풍소멸	2010.08.12. 15:00 경	6시간

2.1.2.2 한반도 상륙 후 이동경로 및 시각

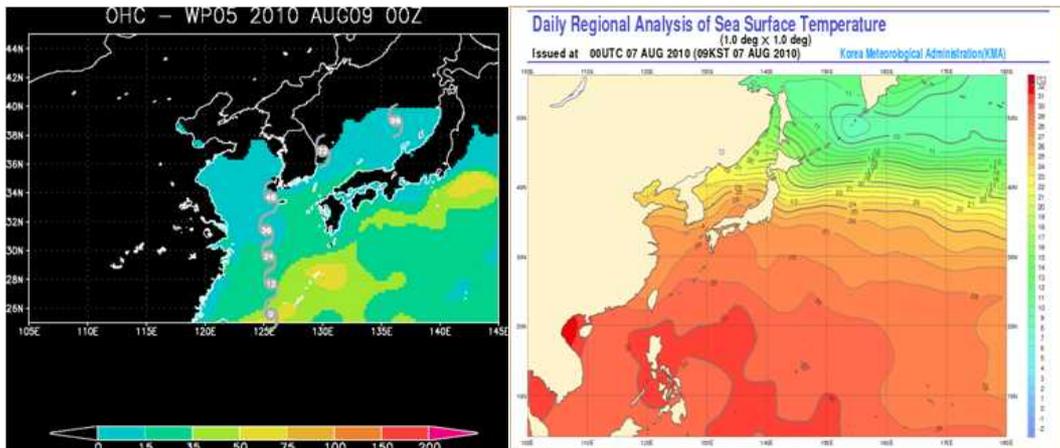
제4호 태풍 '덴무'는 8월 10일 21시경 제주도 서쪽 해상을 통과하여 다음 날인 11일 전라남도 고흥군 도화면에 상륙하였고, 내륙으로 깊이 진출하지 못한 채 남해안 근처를 약 9시간 정도에 걸쳐 이동한 후 같은 날인 11일 13시 50분경에 울산 동쪽 해상으로 진출하였다.



[그림 2.1.2] 한반도 상륙 후 이동경로

2.1.3. 태풍의 강도

제4호 태풍 '덴무'는 발생 시 중심기압이 994hPa이었다. 태풍이 발생한 대만 동쪽의 해수온은 28~29도로 낮지 않았으나, 해양 열용량지수가 크지 않았다. 태풍발생 위치가 상대적으로 고위도인 북위 23.6도이었으며, 저위도에서 충분한 시간을 갖고 이동하지 않은 채로 발생 후 처음부터 북진했기 때문에 태풍은 강하게 발달하지 못하였다.



(a) 해양열용량(2010.08.09.09:00KST) (b) 일평균 해수면 온도(2010.08.07.09:00KST)

[그림 2.1.3] 태풍 '덴무'

태풍의 중심기압은 우리나라에 상륙하기 전날인 8월 10일 09시부터 21시 사이에 980hPa에 도달하여 가장 강도가 강하였고, 이때의 최대풍속은 31m/sec 이었다. 이 후 우리나라 남해안 근처 육상을 통과하는 동안의 중심기압은 990hPa을 유지하였는데 이는 내륙으로 깊이 진입하여 못하여 강도가 거의 비슷하게 유지되었던 것으로 판단된다.

태풍의 크기는 태풍이 최대로 강하였던 8월 10일에 강풍반경이 300km이었던 중형 태풍이었다.

[표 2.1.2] 태풍 '덴무' 생성부터 소멸까지의 특징. 음영 부분은 각각 육상 접근(■)-통과(■)-해상 진출(■)을 의미함.

일시 (KST)	위도	경도	진행 방향	이동 속도 (km/h)	중심 기압 (hPa)	최대 풍속 (m/s)	강도	폭풍 반경 (km)	강풍 반경 (km)	강풍 반경 (여백방향 /반경)
08082100	23.6	125.1	N	19	994	21	TS		100	
08090300	24.3	125.2	N	16	992	22	TS		120	NW/100
08090900	25.7	125.6	NNE	27	990	24	TS		200	NW/150
08091500	27.1	125.6	N	26	985	27	STS		250	NW/180
08091800	28	125.6	N	34	985	27	STS		250	W/200
08092200	28.8	125.2	NNW	25	985	27	STS		250	W/200
08100000	29.2	125	NNW	25	985	27	STS		250	W/200
08100300	29.7	125.1	NNE	19	985	27	STS		250	W/200
08100600	30.1	125.2	NNE	16	985	27	STS		300	W/230
08100900	31.1	125.1	N	38	980	31	STS	50	300	W/250
08101200	31.4	125.3	NNE	13	980	31	STS	50	300	W/250
08101500	31.9	125.2	N	19	980	31	STS	50	300	W/250
08101800	32.7	125.5	NNE	32	980	31	STS	50	300	W/250
08102100	33.1	125.7	NNE	17	980	31	STS	50	300	W/250
08110000	33.7	126.3	NE	29	985	27	STS		250	W/200
08110300	34.2	126.7	NE	23	985	27	STS		200	W/150
08110600	34.6	127.4	ENE	27	990	24	TS		180	W/150
08110900	34.9	128	ENE	22	990	24	TS		150	NW/80
08111200	35.3	128.8	ENE	29	990	24	TS		120	NW/70
08111500	35.6	129.8	ENE	33	990	24	TS		120	NW/70
08111800	36.2	131.5	ENE	56	990	24	TS		120	NW/70
08112100	36.7	132.9	ENE	46	992	22	TS		120	NW/70
08120000	36.9	133.6	ENE	23	992	22	TS		120	NW/70
08120300	37	134	ENE	13	995	20	TS		120	NW/70
08120900	38.2	136	ENE	37	995	20	TS		120	NW/70
08121500	39.2	138.8	ENE	45	998		-			

2.1.4. 기압계 분석

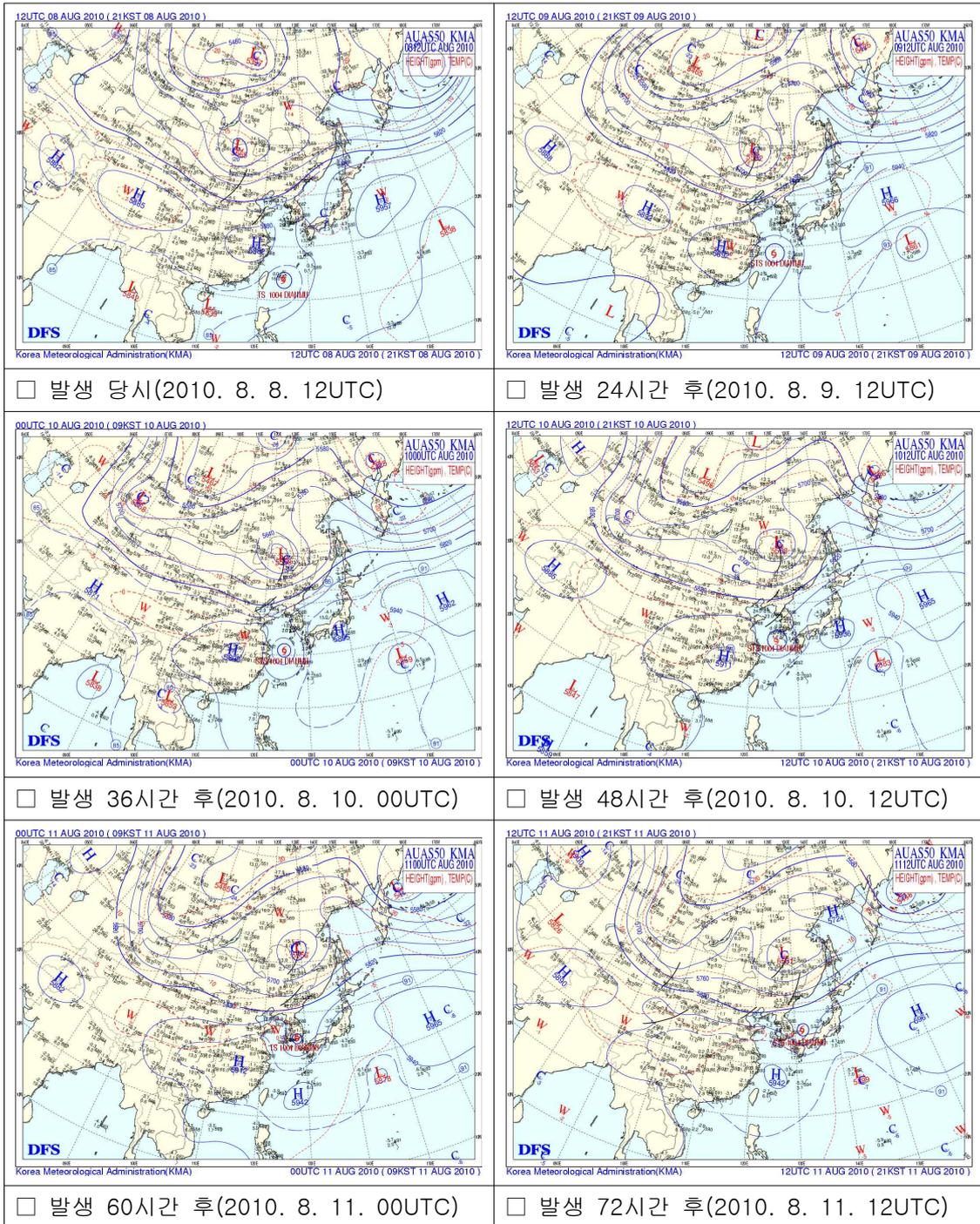
2010년 제4호 태풍 '덴무'는 8월 8일 12UTC에 발생하였는데, 발생 시 북태평양고기압의 중심은 일본 열도 남동쪽에 위치하였다. 태풍은 발생 후 이 북태평양고기압의 서쪽 연변을 따라 북진하였다.

태풍으로 발달하기 5일 이전부터 북위 30도, 동경 160도 부근에 처음으로 저압부가 발생하였고, 아직까지 하층에는 뚜렷한 저압부의 특성을 띠지 않은 채로 북태평양고기압 주변을 따라 서진하면서 서서히 발달하였다.

발생 24시간 후(8월 9일 12UTC)에는 연해주 부근으로 기압능이 깊어지고 만주 서편에 형성된 절리 저기압이 정체하는 가운데, 북태평양고기압이 태풍 전면에 해당하는 우리나라 쪽으로 확장하였다. 한편 중국 남부의 고기압의 세력이 강해지면서 태풍의 북진 속도를 완화하는 효과를 유발하였다.

발생 48시간 후(8월 10일 12UTC)에 태풍은 5880gpm 선 안에 포함되었고, 연해주 부근으로 기압능이 더욱 깊어지면서 다소 남동진했던 만주 부근의 절리 저기압이 다시 정체하고, 태풍전면으로는 기압골이 접근하였다. 북태평양고기압은 그 중심이 남쪽의 저기압 발달로 동서로 분리된 상태로 일본 남동쪽에서 발달하였고, 태풍 좌측의 고압대가 유지됨에 따라 태풍은 제주도 서쪽 해상까지 북상했음에도 진행속도가 크게 빨라지지 않았고 이동진로도 대체로 북진이였다.

발생 48시간 이후 태풍은 전면의 기압골과 합류하고 북태평양고기압이 수축하면서 동쪽으로 전향하였고, 발생 72시간 후(8월 11일 00UTC)에 태풍은 상층 기압골과 연계하여 북동진하였지만 연해주 동쪽의 블로킹으로 태풍의 진행속도가 빠르지 않았는데, 이러한 종관 특성은 태풍이 온대 저기압화된 발생 90시간 후(8월 12일 06UTC)까지 계속 유지되었다.

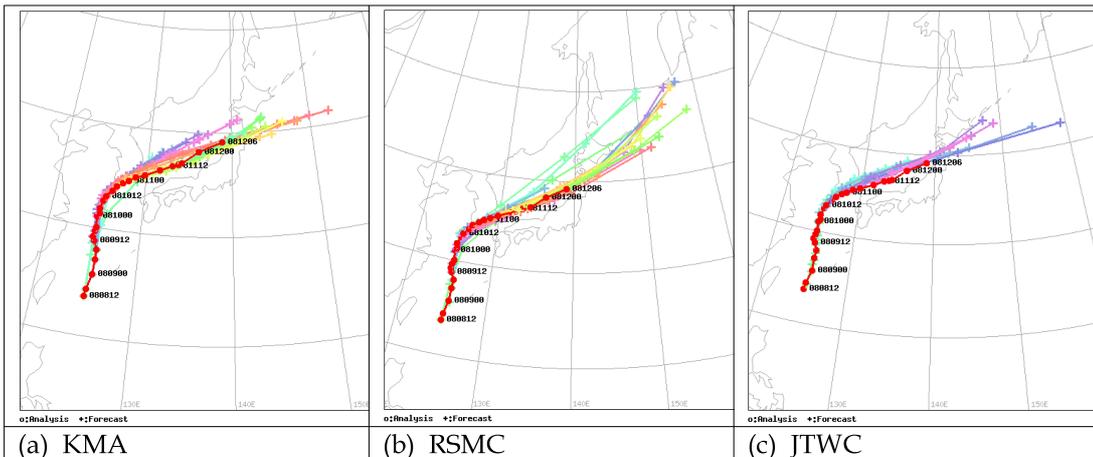


[그림 2.1.4] 500hPa 고도장

2.1.5. 예보 및 검증

태풍 발생 당시 연해주 부근의 기압능이 강하게 유지되고, 북태평양 고압대가 강하게 발달하면서 상층 기압계의 정체성이 클 것으로 예상함에 따라 태풍의 이동이 빠르지 않을 것으로 예측하였고, 예측한 바와 같이 연해주 부근의 기압능은 강하게 유지되어 태풍의 이동이 다소 느리게 유지되었으나, 북태평양 고압대의 중심이 남동쪽으로 다소 이동하면서 전향 후 예상보다 다소 빠른 진행속도를 보였다.

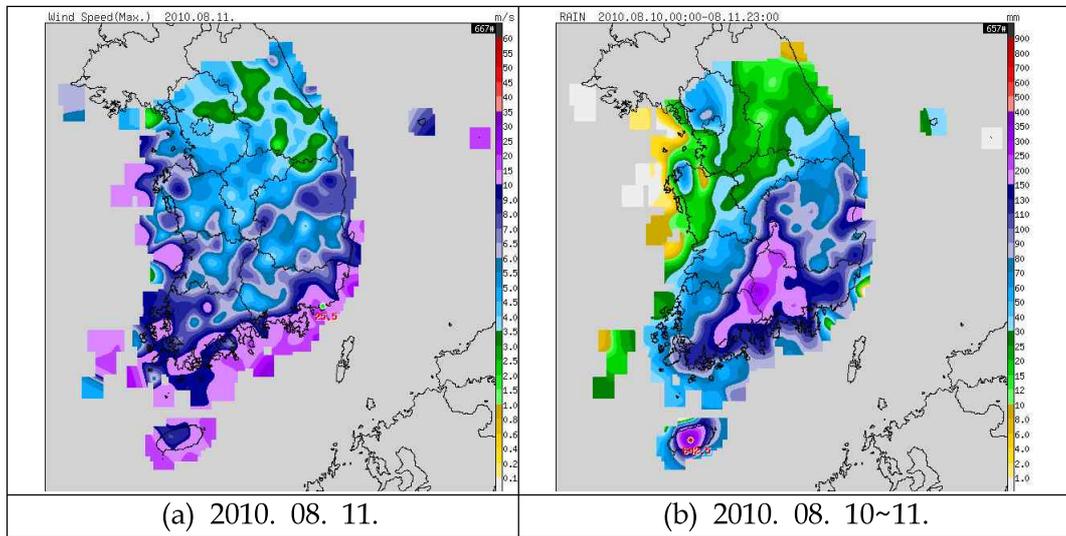
따라서 태풍 발생 시 부터 온대저기압으로 변질될 때까지 태풍의 이동 경로는 정확하게 예측하였으나, 태풍진행 속도 예측에 대한 오차로 인해 태풍진로 오차가 다소 발생하여 48시간 기준 진로오차는 314km(RSMC-Tokyo의 경우 262km, JTWC의 경우 210km)를 보였다.



[그림 2.1.5] 기관별 태풍 진로예측

2.1.6. 주요지점별 극값기록(2010.08.10~11)

2010년 제4호 태풍 '덴무'의 영향으로 제주도 윗세오름(해발고도 1673m)에서는 8월 10~11일 양일간 누적강수량이 739.5mm이었으며, 8월 11일에는 우리나라 남동해안에 위치한 부산레이더관측소(해발고도 517m)에서 한때 최대 풍속이 25.5 m/s, 최대순간풍속이 40.7 m/s를 나타내었다.



[그림 2.1.6] 제4호 태풍 '덴무' 영향으로 인한 최대풍속(a)과 강수량(b) 분포

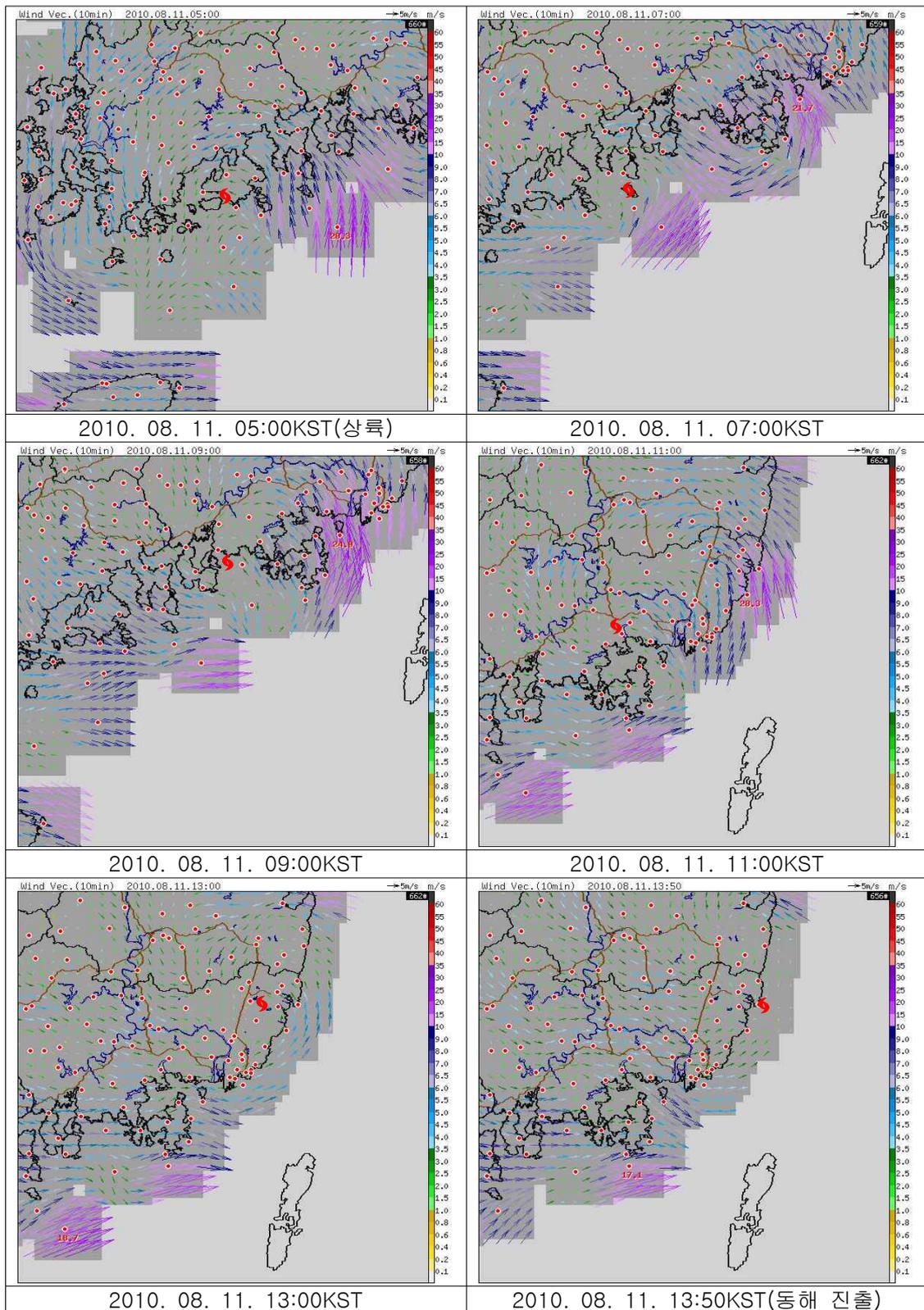
[표 2.1.3] 태풍 '덴무' 지역별 누적 강수량(2010년 8월 10일~11일)

지역	누적 강수량	지역	누적 강수량
윗세오름	739.5mm	진달래밭	642.5mm
서귀포	117.0mm	제주	76.5mm
보성	201.0mm	지리산	420.0mm
가야산	420.0mm	진북	184.5mm
중산리	275.0mm	울산	74.5mm
영덕읍	168.0mm		

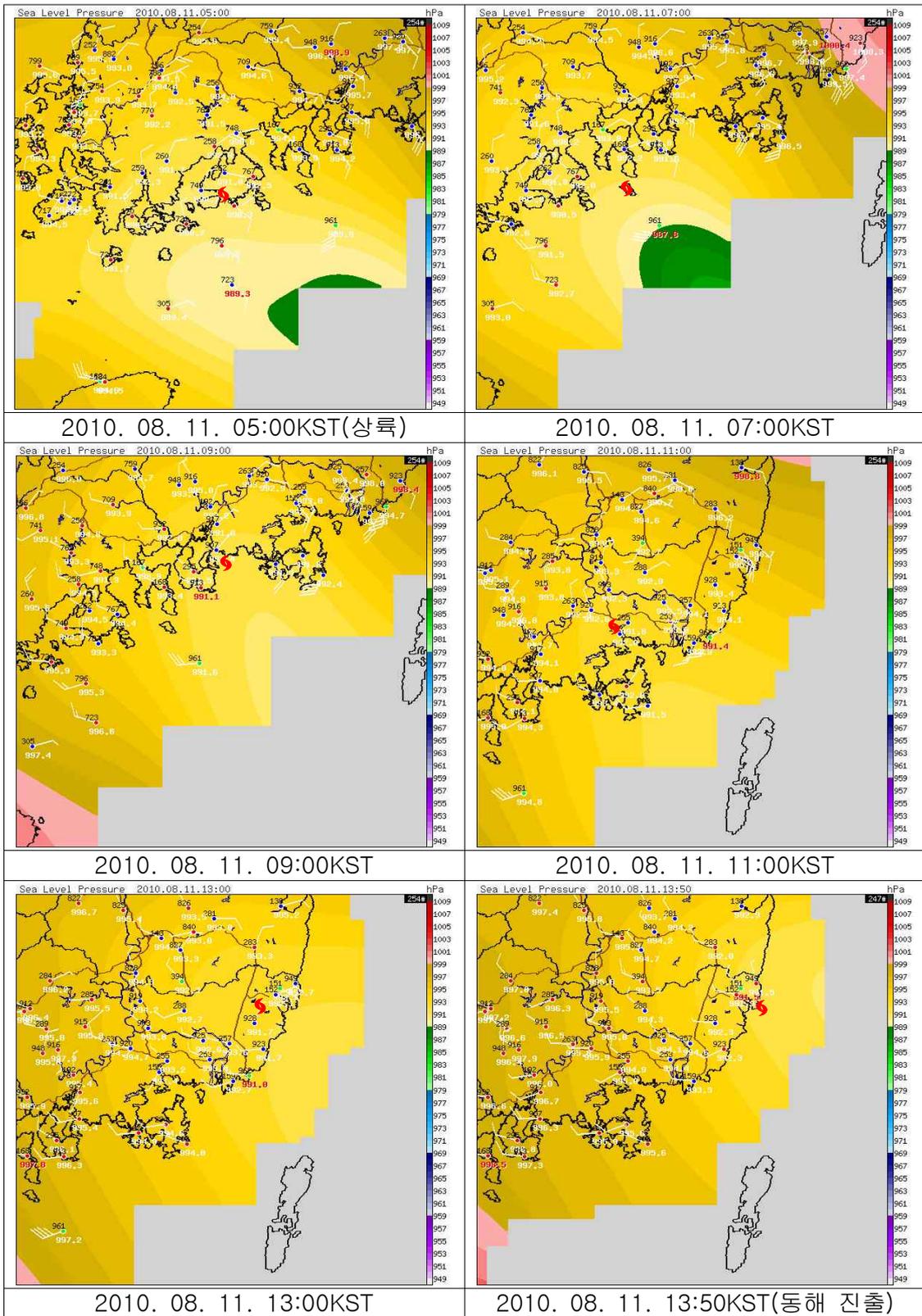
[표 2.1.4] 태풍 '덴무' 최대순간풍속(2010년 8월 10일~11일)

지역	최대순간풍속기록	지역	최대순간풍속기록
부산(레)	40.7m/s	도화	30.9m/s
간여암	34.1m/s	고산	29m/s
통영	33.4m/s		

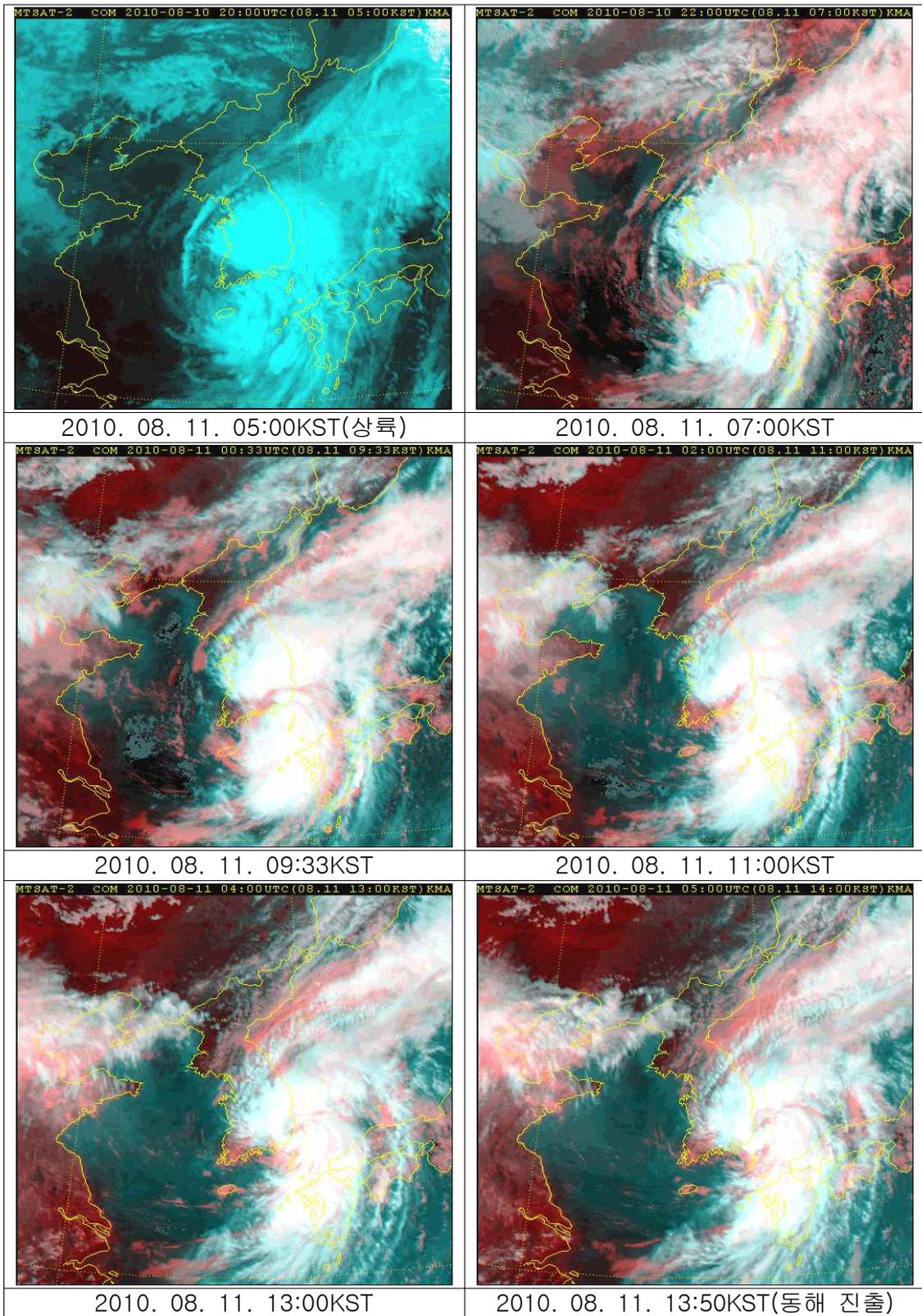
2.1.7. 육상 통과 시 관측 자료 모음



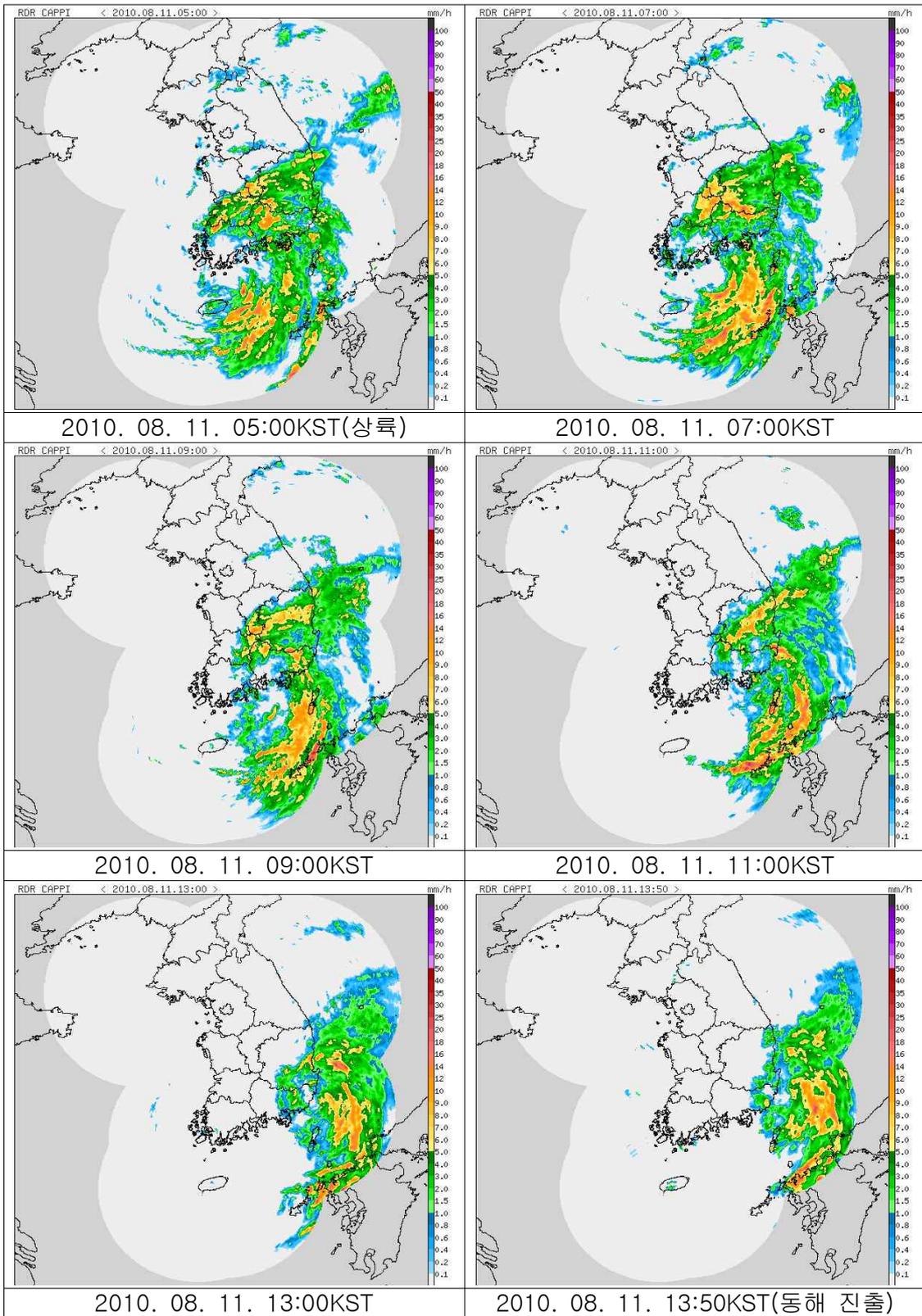
[그림 2.1.7] 육상 통과 시 관측 자료(바람 벡터)



[그림 2.1.8] 육상 통과시 관측 자료(해면기압)



[그림 2.1.9] 육상 통과 시 원격탐사 자료(위성영상)



[그림 2.1.10] 육상 통과 시 원격탐사 자료(레이더영상)

2.2 제7호 태풍 ‘곤파스(KOMPASU)’

2.2.1. 개요

제7호 태풍 ‘곤파스’는 8월 29일 21시에 일본 오키나와 남동쪽 약 880km 부근 해상에서 강도는 약, 크기는 소형인 태풍으로 발생하여 우리나라로 접근하였고 9월 1일 04시에 제주도 남쪽 먼 바다로 부터 태풍에 영향권에 들어, 9월 2일에는 우리나라 중부지역에 상륙(06:35)하여, 동해상으로 진출(10:50)하였다.

이 태풍은 크기는 소형이었지만, 강도는 강한 태풍이었으며, 우리나라가 태풍 진행방향의 오른쪽에 놓임에 따라 강한 바람으로 인한 피해가 컸다. 그러나 해수면 온도가 낮은 서해상을 지나면서 강도가 다소 약화되었고 진행속도가 매우 빨라 상륙 후에는 서울·경기도, 충청남도, 강원도, 전라남도, 제주도 등 주로 태풍의 진로 오른쪽 지역의 좁은 영역에서만 영향을 주었다.

이 태풍은 특히 진행속도가 빠른 것이 특징으로 대부분 지역에서 강수의 지속시간이 짧고 산발적이어서 호우로 인한 피해는 적었다. 강수는 주로 경기북부와 북한 지방에 집중되어 150~200mm 이상의 비가 내렸으며, 제주도와 지리산 일대에서는 지형적인 영향이 더해져 200mm 이상의 비가 내렸다.

2.2.2. 태풍의 이동 경로

제7호 태풍 '곶파스'는 2010년 8월 29일 21시경 일본 오키나와 남동쪽 약 880km 부근 해상(21.2N, 134.4E)에서 발생하였다. 이후 북태평양고기압대의 가장자리를 따라 해수면온도가 28~29℃ 이상인 해역을 북서진하면서 8월 31일 10시에는 강도는 강, 크기는 중형인 태풍으로 가장 발달하였다.

이 태풍은 북위 28도까지는 시속 20~40km의 속도로 북상하다가 9월 1일 아침 이후에는 평균 시속 40km 내외로 속도가 다소 빨라졌으며, 9월 1일 밤에 전향한 후, 9월 2일 강화군 남동쪽 남단에 상륙(06:35)하여, 강원도 고성군 앞바다로 진출(10:50)할 때까지 시속 40~50km의 속도로 빠르게 이동하였다.

9월 1일 04시에 제주도 남쪽 먼 바다부터 태풍에 영향권에 들어, 13시 제주도, 18시 전라남도, 9월 2일 00시 전라북도, 03시 서울·경기도와 충청도, 06시에는 강원도까지 태풍특보가 확대되었다.

9월 1일 06시부터는 제주도부터 태풍의 영향권에서 벗어나, 10시 전라남도, 12시 서울·경기도와 충청남북도, 15시에는 육상 모두 태풍의 영향권에서 벗어났다.

제7호 태풍 '곶파스'는 9월 3일 03시경 청진 동쪽 약 400km일 부근 해상(41.2N, 134.5E)에서 온대저기압으로 변질되었다.

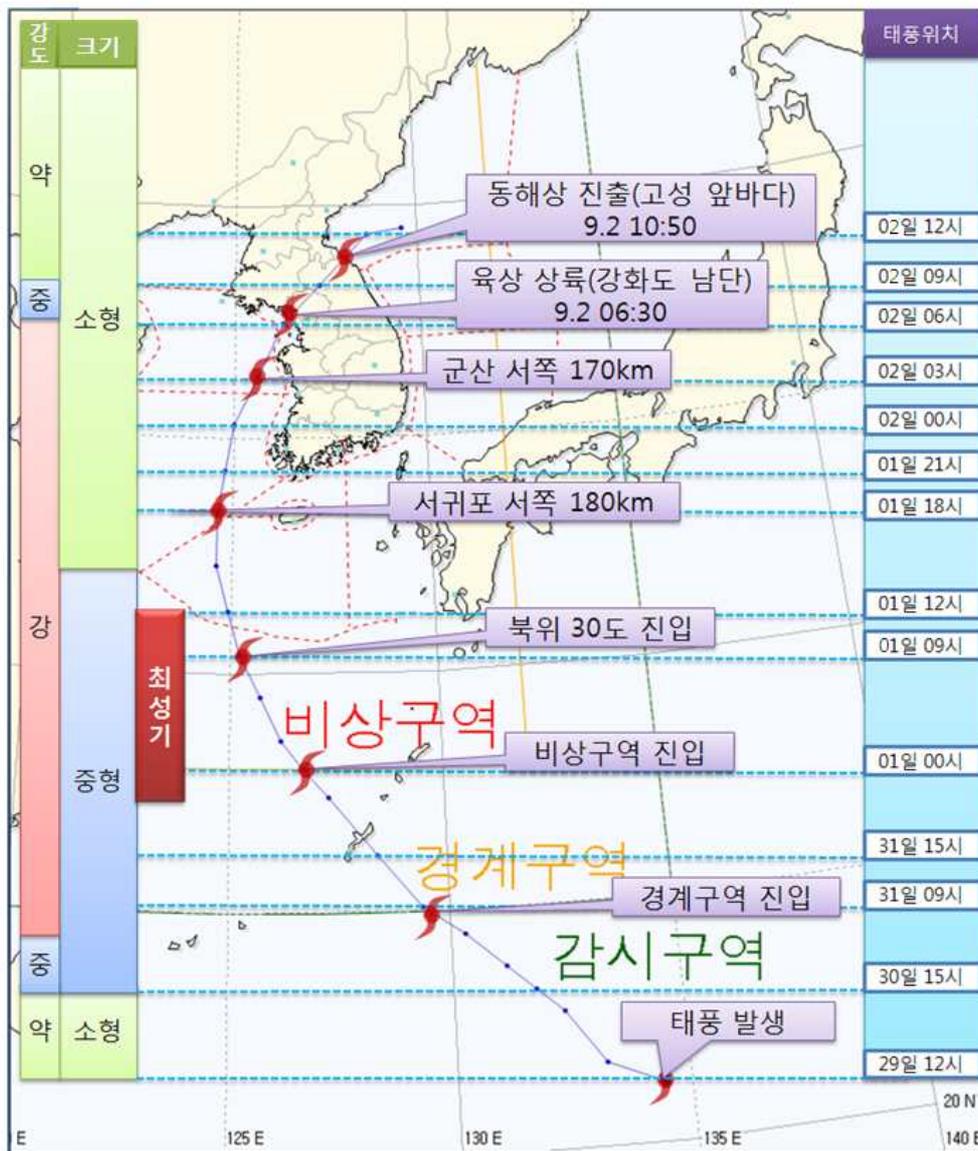
2.2.3. 태풍의 강도

제7호 태풍 '곶파스'는 서태평양의 해수온도가 평년보다 1℃ 정도 높은 가운데, 8월 29일 21시경 일본 오키나와 남동쪽 약 880km 부근 해상에서 발생하였다.

이 태풍은 발생 후 북태평양고기압의 가장자리를 따라 북서진하면서 고수온역을 통과하면서 점차 발달하였고, 31일 09시경 중심기압이 960hPa, 최대 풍속 40m/s(144km/h)로 강도는 “강”한 태풍으로 발달하였다. 이후에도 제7호 태풍 '곶파스'는 계속 북서진하면서 다른 지역에 비해 2~3℃ 높게 형성되

어있는 우리나라 주변 해역을 지나면서 세력이 유지되었고 9월 1일 18시경 서귀포 서쪽 약 180km부근 해상을 지나면서 서서히 약화, 진행방향을 북북동쪽으로 전향하였다.

9월 2일 06시 35분 경 강화도 남동쪽 남단에 태풍이 상륙하면서 강도는 “중”에서 “약”으로 약화되었고, 계속 북동진하면서 3일 03시경 청진 동쪽 약 400km 부근 해상(41.2N, 134.5E)에서 온대저기압으로 변질되었다.



[그림 2.2.1] 태풍 ‘곤파스’의 이동경로

※ 육상 통과 소요 시간 : 2010.09.02. 06:30~10:50(약 4시 30분 소요)

[표 2.2.1] 태풍 '곤파스'의 시간별 태풍위치 및 강도

일시 (KST)	위도	경도	진행 방향	이동 속도 (km/h)	중심 기압 (hPa)	최대 풍속 (m/s)	강도	크기	강풍 반경 (km)	강풍 반경 (예외방향/ 반경)
08292100	21.2	134.4	W	18	1000	18	약	소형	220	
08300300	21.7	133.2	WNW	23	996	19	약	소형	250	
08301000	22.8	132.4	NW	25	992	21	약	소형	280	
08301600	23.3	131.8	NW	14	985	27	중	중형	300	
08302100	23.8	131.2	NW	14	980	31	중	중형	350	SW300
08310300	24.5	130.3	NW	20	970	36	강	중형	450	SW400
08310900	25.1	129.4	NW	19	960	40	강	중형	450	SW400
08311500	26.2	128.4	NW	27	960	40	강	중형	300	SW250
08312100	27.4	127.3	NW	29	960	40	강	중형	300	NW250
09010000	28.0	126.7	NW	30	965	38	강	중형	300	NW250
09010300	28.6	126.2	NW	28	965	38	강	중형	300	NW250
09010600	29.5	125.7	NNW	38	965	38	강	중형	300	NW250
09010900	30.4	125.2	NNW	38	960	40	강	중형	300	SW250
09011200	31.3	124.9	NNW	35	960	40	강	중형	300	SW250
09011500	32.3	124.6	NNW	39	965	38	강	소형	280	W230
09011800	33.4	124.6	N	41	965	38	강	소형	250	W230
09012100	34.3	124.8	NNE	34	970	38	강	소형	240	W200
09020000	35.3	125.0	NNE	38	970	38	강	소형	240	W200
09020300	36.3	125.6	NNE	42	975	36	강	소형	220	NE200
09020600	37.5	126.3	NNE	50	985	27	중	소형	180	NW150
09020900	38.3	127.3	NE	42	990	24	약	소형	150	NW130
09021200	39.4	128.6	NE	56	990	24	약	소형	150	NW130
09021500	39.5	129.6	E	29	995	20	약	소형	130	NW100
09021800	39.8	130.6	ENE	39	995	20	약	소형	130	NW100
09022100	40.3	132.4	ENE	47	998	18	약	소형	100	NW80
09030300	41.2	134.5	ENE	34	1008					

2.2.4. 기압계 분석

제7호 태풍 '곶파스'는 8월 29일 21시경에 발생하였는데, 발생 당시 북태평양고기압의 중심은 일본 동쪽해상에 자리 잡고 있었으며 발생 전부터 세력을 서쪽으로 확장하고 있어 이로 인해 고기압의 남서쪽에 위치한 태풍의 주변으로 북서풍의 지향류가 형성되어 있었다. 또한 상층대기는 제트의 사행이 계속되면서 한기를 동반한 상층기압골이 중국 동부와 서해까지 남하한 상태였다.

발생 24시간 후(8월 30일 12UTC)에는 바이칼호 근처에 위치한 저기압 남하에 따라 남쪽의 북태평양고기압의 북상이 저지되는 가운데, 태풍은 여전히 고기압의 남서쪽 연변을 따라 북 서진하였다. 그리고 태풍의 서쪽으로 제6호 태풍 '라이언록'과 제8호 태풍 '남태운'이 동시에 활동하고 있었다.

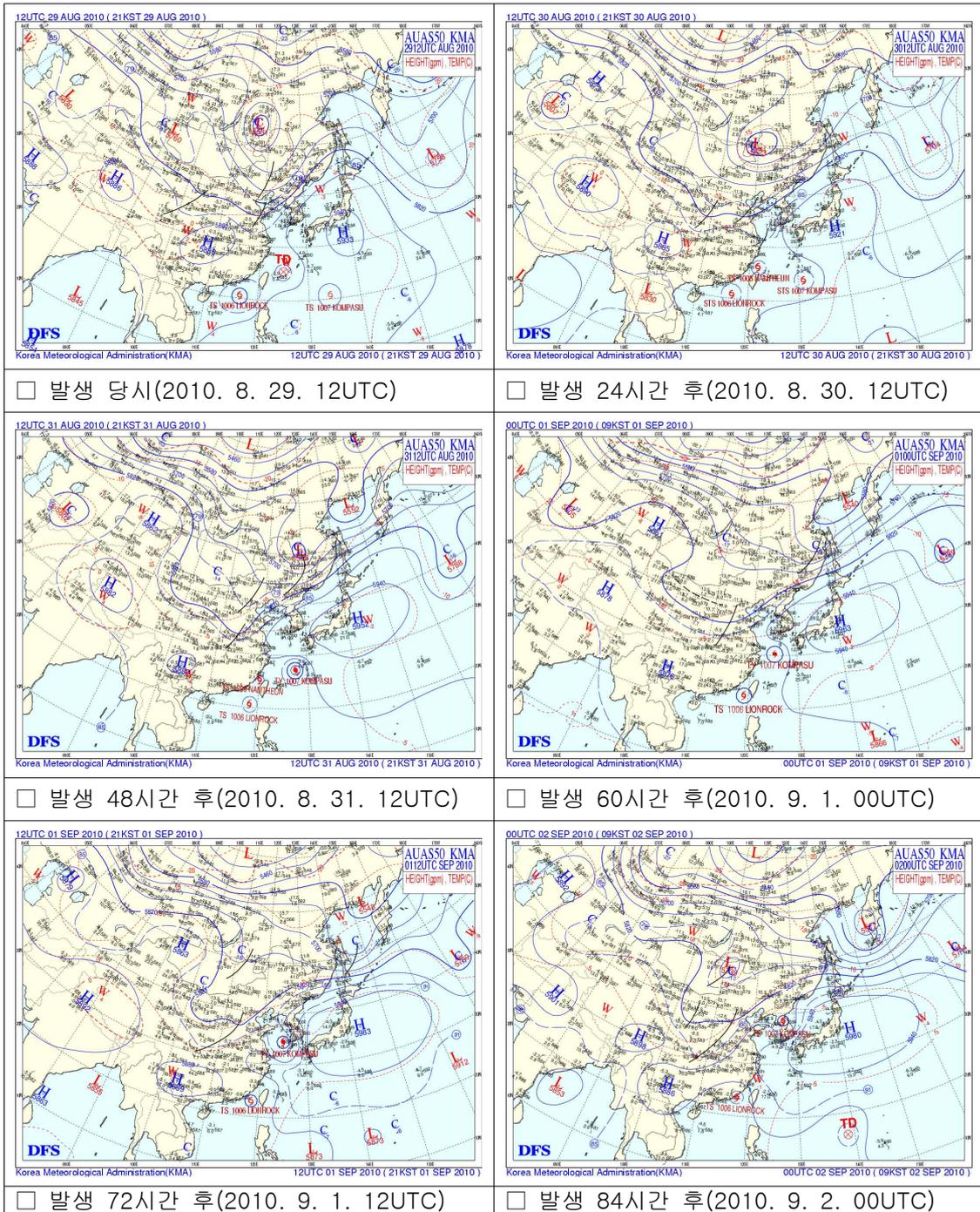
발생 48시간 후(8월 31일 12UTC) 북쪽에 위치한 저기압은 동쪽으로 빠져나가고 있지만, 여전히 상층기압골이 버티고 있어, 북태평양고기압은 북상하지 못하고 동서로 확장되었다. 이에 따라 태풍은 고기압의 연변을 따라 고해수온 상태의 해상을 이동하면서 지속적으로 발달하였다. 한편, 제7호 태풍 '곶파스'는 다른 두 태풍(제6호 태풍과 제8호 태풍)과 거리가 멀어 직접적인 후지와라 효과는 없었지만, 두 태풍의 후지와라 효과로 생겨난 큰 회전성 흐름의 영향으로 빠르게 북 서진하였다.

발생 60시간 후(9월 1일 00UTC)에는 태풍은 고기압의 서쪽 가장자리를 따라 북진하면서 전향구간에 접어들고 있었으나, 북쪽 기압골이 남하하면서 기압골과 고기압사이의 빠른 북풍류에 의해 태풍은 속도가 줄지 않고 전향구간을 빠르게 통과하였다.

발생 72시간 후(9월 1일 12UTC)에는 태풍이 전향 후 북동진 하였으며, 중국북부지방에 머물던 상층제트가 북쪽 기압골과 함께 다시 남동진하면서 이에 편승하여 태풍의 속도는 더욱 가속되었다.

발생 84시간 후(9월 2일 00UTC)에는 남고북저의 기압배치와 상층 빠른 편서

풍의 영향으로 태풍은 주변 흐름에 의해 동진하면서 빠르게 우리나라를 통과하였으며, 발생 102시간 만에 중국 청진 동쪽해상에서 온대저기압으로 변질되었다.



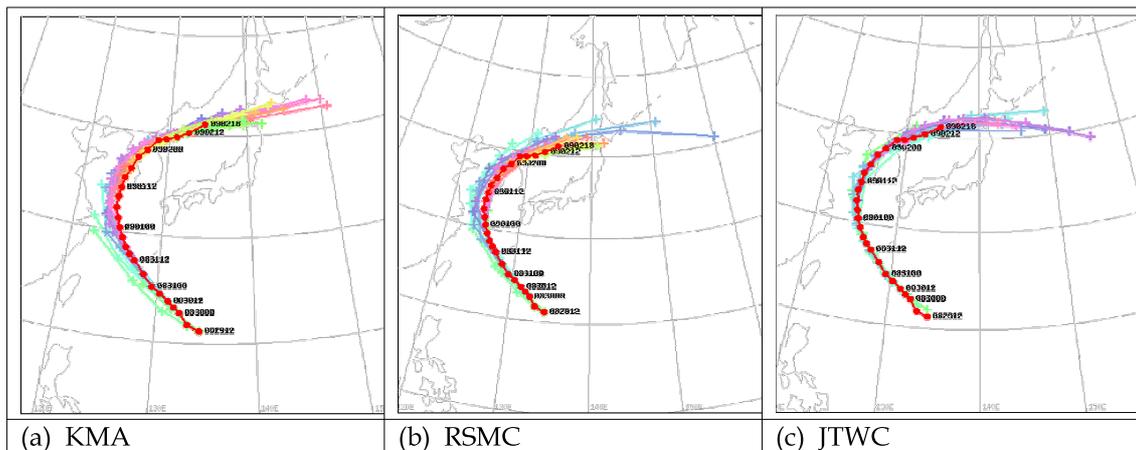
[그림 2.2] 500hPa 고도장

2.2.5 예보 및 검증

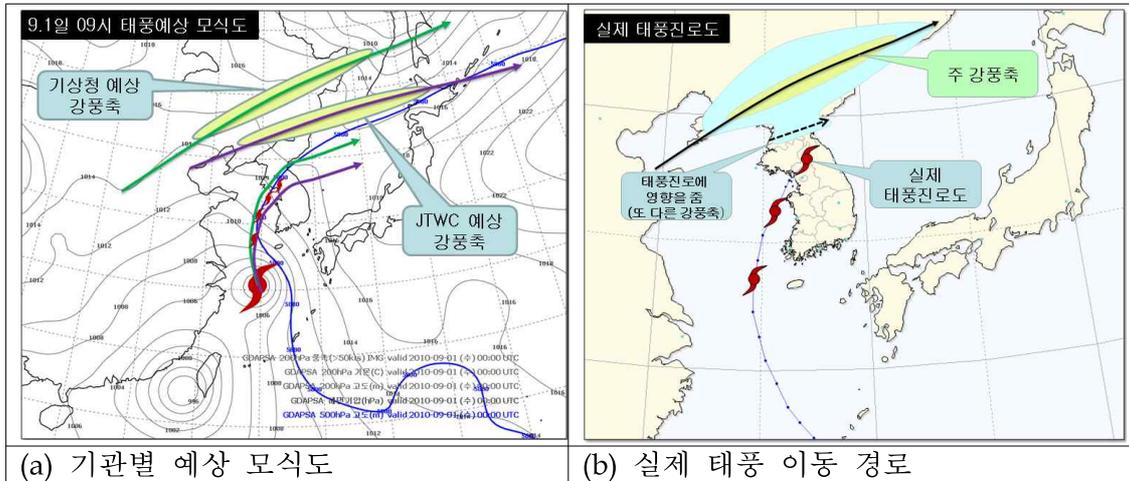
태풍 진행방향 오른쪽의 강한 북태평양고기압이 위치하고 있어 그 주변을 따라 이동할 것으로 예측하였고, 예측한 바와 같이 북태평양고기압 가장자리를 따라 이동하였으나 예상보다 다소 빠른 진행속도를 보였다.

이는 태풍이 전향할 시점에 진행속도가 주는 것이 일반적으로 예보에 반영하였으나, 상층 제트 기류에 동반된 또 다른 강풍축이 일시적으로 남하하여 태풍이 진행속도를 가속시키고, 진로도 예상보다 남하하였다.

따라서 태풍 발생 시부터 온대저기압으로 변질될 때까지 태풍의 이동 경로는 실제보다 북쪽으로, 태풍진행 속도는 느리게 예보함에 따라 태풍진로 오차가 다소 발생하여 48시간 기준 진로오차는 375km(RSMC-Tokyo의 경우 357km, JTWC의 경우 238km)를 보였다.



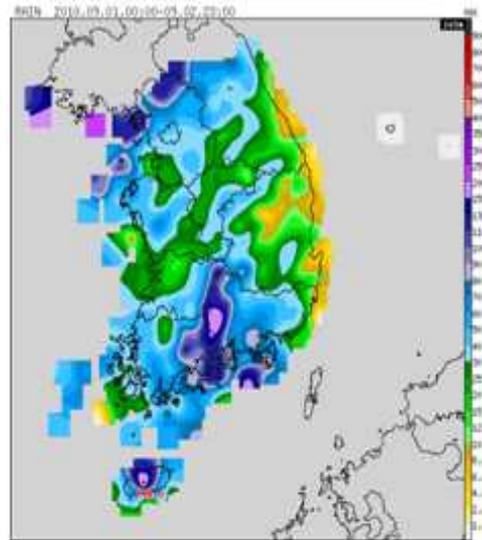
[그림 2.2.3] 기관별 태풍 진로예측



[그림 2.2.4] 태풍 진로예측 오차 발생 원인 모식도

2.2.6 주요지점별 극값 기록(2010.09.01~02)

제7호 태풍은 크기는 소형이었지만, 강도는 강한 태풍이었다. 또한 태풍이 서해안을 지남에 따라 우리나라가 위험반원에 속하면서 서울·경기도, 충청남도, 강원도, 전라남도, 제주도 등 주로 태풍의 진로 오른 쪽 좁은 지역에서 강한 바람으로 인한 피해가 컸다. 반면, 태풍의 진행속도가 빨라 강수의 지속시간이 짧고 산발적으로 나타나 강수피해는 상대적으로 적었다. 강수는 주로 경기북부와 북한지역에 집중되어 150~200mm 이상의 비가

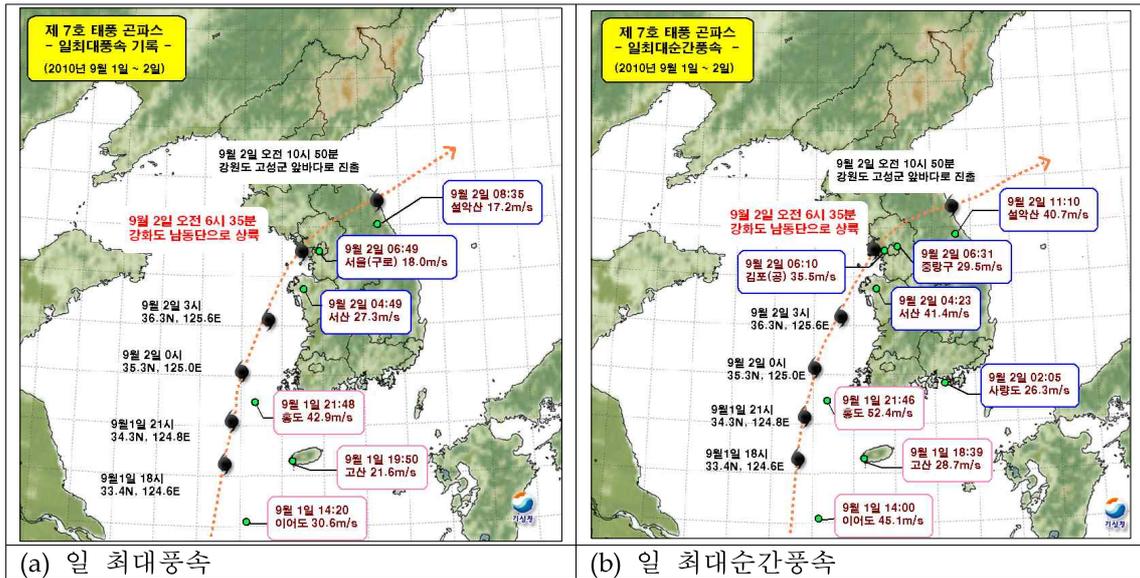


[그림 2.2.5] 2010년 9월 1~2일간 누적강수량 분포

내렸으며, 제주도와 지리산 일대부근에서는 지형적인 영향이 더해져 200mm 이상의 비가 내렸다.

- 6) 위험반원은 태풍 진행방향의 오른쪽 반원에 해당되는 지역으로, 태풍을 진행시키는 바람과 태풍중심으로 불어 드는 바람이 합성되어 풍속이 커지는 특성이 있다. 따라서 태풍의 오른쪽에 놓인 지역은 일반적으로 바람이 강하고 피해가 크다.

제7호 태풍 '곤파스'의 영향으로 제주도 어리목(47871, 해발고도 972 m)에서는 9월 1~2일, 양일간 누적강수량이 240.5 mm이었으며, 9월 1일에는 우리나라 서해상의 홍도(47160, 해발고도 517m)에서 한때 최대풍속이 42.9 m/s, 최대순간풍속이 52.4 m/s를 나타내었다.



[그림 2.2.6] 태풍 '곤파스' 이동에 따른 일 최대풍속 및 일 최대순간풍속 기록

[표 2.2.2] 태풍 '곤파스' 지역별 누적 강수량(2010년 9월 1일~2일)

지역	누적 강수량	지역	누적 강수량
어리목	239.0mm	대연평	215.5mm
지리산	206.5mm	진달래밭	191.0mm
백운산	176.5mm		

[표 2.2.3] 태풍 '곤파스' 최대순간풍속(2010년 9월 1일~2일)

지역	최대순간풍속기록	지역	최대순간풍속기록
홍도	52.4m/s	용도	46.2m/s
흑산도	45.4m/s	서산	41.4m/s
설악산	40.7m/s		

[표 2.2.4] 관측개시이래 일 최대순간풍속 극값 경신된 지점

지점	1위	2위	관측개시일
수원	30.5 (2010. 9. 2)	27.3 (2002.8.31)	1964.1.1
서산	41.4 (2010. 9. 2)	34.0 (1972.9.28)	1968.1.1
홍천	20.7 (2010. 9. 2)	19.9 (1996.6.29)	1971.9.27
양평	22.5 (1996.7.1)	21.3 (2010. 9. 2)	1972.1.1
보령	33.0 (2002.8.31)	29.9 (2010. 9. 2)	1972.1.24

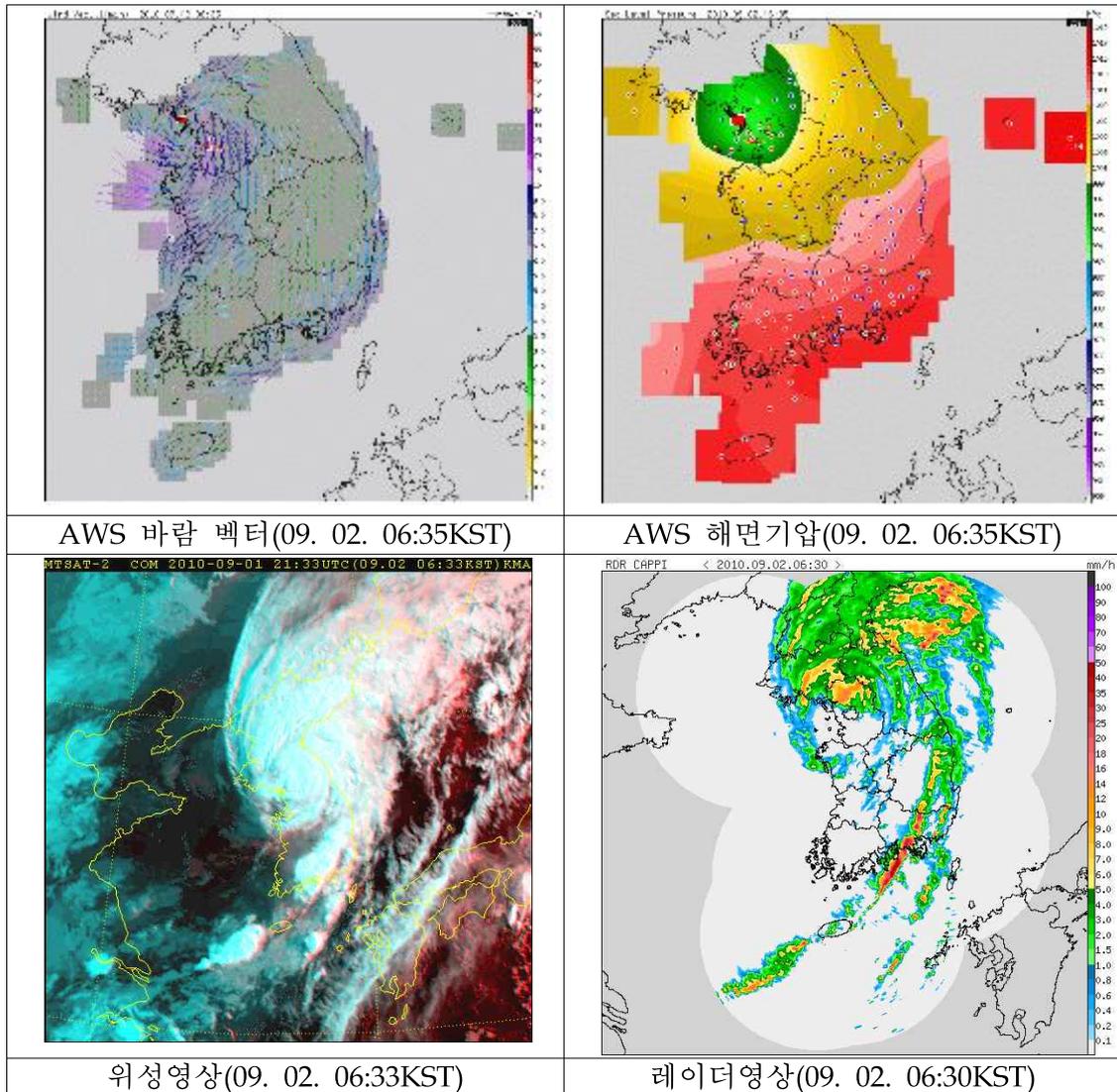
[표 2.2.5] 관측개시이래 일 최대풍속 극값 경신된 지점

지점	1위	2위
서산	27.3 (2010. 9. 2)	22.5 (2000.8.31)
보령	20.2 (2010. 9. 2)	18.7 (1995.8.26)
흑산도	47.4 (2000.8.31)	35.5 (2010. 9. 1)
수원	16.0 (1996.6.29)	15.9 (2010. 9. 2)

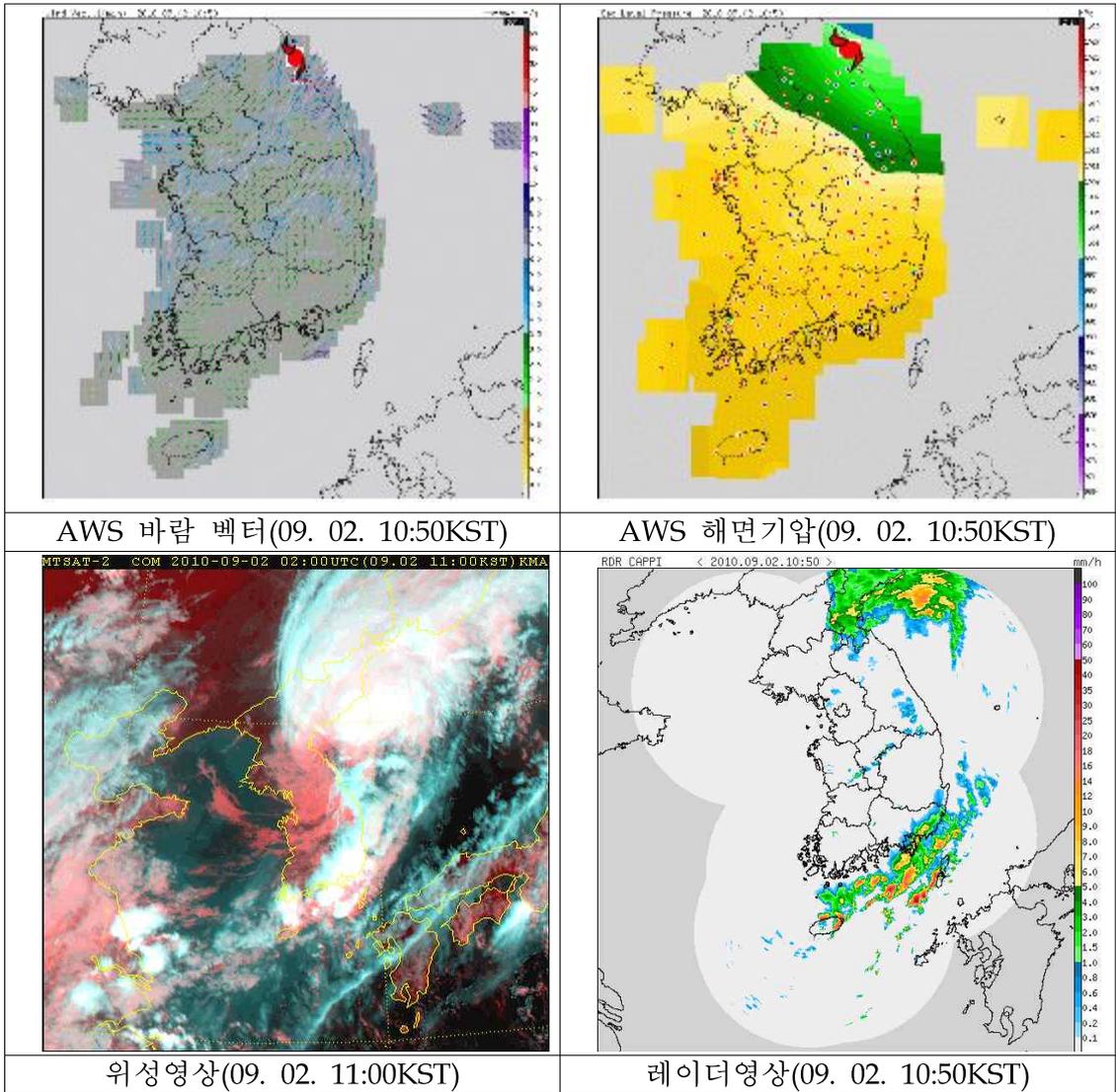
[표 2.2.6] 관측개시이래 1시간 최다강수량 극값 경신된 지점

지점	1위	2위	관측개시일
문산	55.5 (2010. 9. 2)	52.5 (2010.8.12)	2001.12.7

2.2.7. 육상 통과 시 관측자료 모음



[그림 2.2.7] 태풍 '곶파스' 상륙시점(9월 2일 6시 35분경)의 관측자료



[그림 2.2.8] 태풍 '곶파스' 해상진출시점(9월 2일 10시 50분경)의 관측자료

2.2.8. 특보현황

	특 보	발 표	발 효	해 제	발 효	구 역
1	태풍주의보	1일 04:00	1일 06:00	경보대치		제주도남쪽먼바다
2	호우주의보	1일 05:20	1일 05:20	경보대치		서해5도
3	태풍경보대치	1일 07:30	1일 09:00	풍랑주의보대치		제주도남쪽먼바다
	태풍주의보	1일 07:30	1일 10:00	경보대치		제주도앞바다
4	태풍주의보	1일 10:00	1일 13:00	경보대치		제주도
5	태풍주의보	1일 12:00	1일 15:00	경보대치		남해서부먼바다
	태풍경보대치	1일 12:00	1일 15:00	풍랑주의보대치		제주도앞바다
	태풍주의보	1일 12:00	1일 16:00	경보대치		서해남부먼바다
6	태풍경보대치	1일 15:00	1일 16:00	호우주의보/풍랑주의보 대치		제주도/남해서부 먼바다
	태풍주의보	1일 15:00	1일 17:00	경보대치		흑산도.홍도
	태풍경보대치	1일 15:00	1일 17:00	풍랑주의보대치		서해남부먼바다
7	호우경보대치	1일 15:30	1일 17:00	태풍주의보대치		서해5도
8	태풍주의보	1일 16:00	1일 17:00	풍랑주의보대치		남해서부앞바다
	태풍주의보	1일 16:00	1일 18:00	2일 07:00	2일 07:00	광주, 전남
	태풍주의보	1일 16:00	1일 18:00	경보대치		서해남부앞바다
	폭풍해일주의보	1일 16:00	1일 18:00	2일 07:00	2일 07:00	전라도해안,흑산도. 홍도
	태풍경보대치	1일 16:00	1일 18:00	2일 07:01	2일 07:01	흑산도.홍도
9	풍랑주의보	1일 17:00	1일 19:00	태풍주의보대치		서해중부먼바다
10	풍랑주의보	1일 18:00	1일 20:00	2일 15:00	2일 15:00	남해동부먼바다
11	호우주의보	1일 22:30	1일 22:30	태풍경보대치		경남(하동, 산청, 함양)
	태풍경보대치	1일 22:30	1일 22:30	풍랑주의보대치		서해남부앞바다
	태풍주의보	1일 22:30	2일 00:00	2일 07:00	2일 07:00	전북
	태풍주의보	1일 22:30	2일 00:00	경보대치		서해중부앞바다
	태풍주의보대치	1일 22:30	2일 00:00	경보대치		서해중부먼바다
12	태풍주의보	2일 00:00	2일 01:00	경보대치		대전, 충남
	태풍주의보	2일 00:00	2일 01:00	2일 12:00	2일 12:00	충북
	폭풍해일주의 보	2일 00:00	2일 01:00	2일 10:00	2일 10:00	충남 해안
	태풍경보대치	2일 00:00	2일 01:00	2일 07:00	2일 07:00	전남(동부), 전북 (남원), 경남(서부)

	특 보	발 표	발 효	해 제	발 효	구 역
	태풍주의보	2일 00:00	2일 03:00	경보대치		서울, 경기, 인천
	태풍주의보대치	2일 00:00	2일 03:00	2일 10:00	2일 10:00	서해5도
13	태풍경보발표	2일 01:40	2일 01:40	2일 07:00	2일 07:00	경남(거창, 통영, 사천, 고성, 남해)
	태풍경보대치	2일 01:40	2일 01:40	2일 07:00	2일 07:00	전남(보성)
14	풍랑주의보	2일 02:30	2일 02:30	2일 14:00	2일 14:00	남해동부앞바다
15	폭풍해일주의보	2일 03:00	2일 03:00	2일 10:00	2일 10:00	인천, 경기해안
	태풍경보 대치	2일 03:00	2일 03:00	풍랑주의보대치		서해중부전해상
16	태풍경보	2일 05:00	2일 05:00	2일 07:00	2일 07:00	경남(합천)
	호우주의보대치	2일 05:00	2일 05:00	2일 12:00	2일 12:00	제주도
	풍랑주의보대치	2일 05:00	2일 05:00	2일 14:00	2일 14:00	남해서부앞바다
	풍랑주의보대치	2일 05:00	2일 05:00	2일 15:00	2일 15:00	남해서부면바다, 제주도전해상
	태풍주의보	2일 05:00	2일 05:00	경보대치		강원도
17	호우주의보	2일 05:30	2일 05:30	2일 07:00	2일 07:00	경북(성주)
18	호우주의보	2일 05:50	2일 05:50	2일 10:00	2일 10:00	경남(창원, 밀양, 의령, 함안, 창녕)
	호우주의보	2일 05:50	2일 05:50	2일 12:00	2일 12:00	경남(거제)
19	태풍경보대치	2일 06:00	2일 06:00	2일 12:00	2일 12:00	서울, 경기, 인천
	태풍경보대치	2일 06:00	2일 06:00	2일 11:00	2일 11:00	대전, 충남
20	풍랑주의보대치	2일 07:00	2일 07:00	2일 14:00	2일 14:00	서해남부전해상
21	태풍경보대치	2일 07:30	2일 07:30	2일 12:00	2일 12:00	강원영서
	태풍경보대치	2일 07:30	2일 07:30	2일 15:00	2일 15:00	강원영동
22	태풍주의보	2일 09:00	2일 09:00			동해중부전해상
	풍랑주의보	2일 09:00	2일 10:00			동해남부전해상
	강풍주의보	2일 09:00	2일 10:00			울릉도독도
23	풍랑주의보대치	2일 10:00	2일 10:00	2일 15:00	2일 15:00	서해중부전해상

2.3 제9호 태풍 ‘말로(MALOU)’

2.3.1. 개요

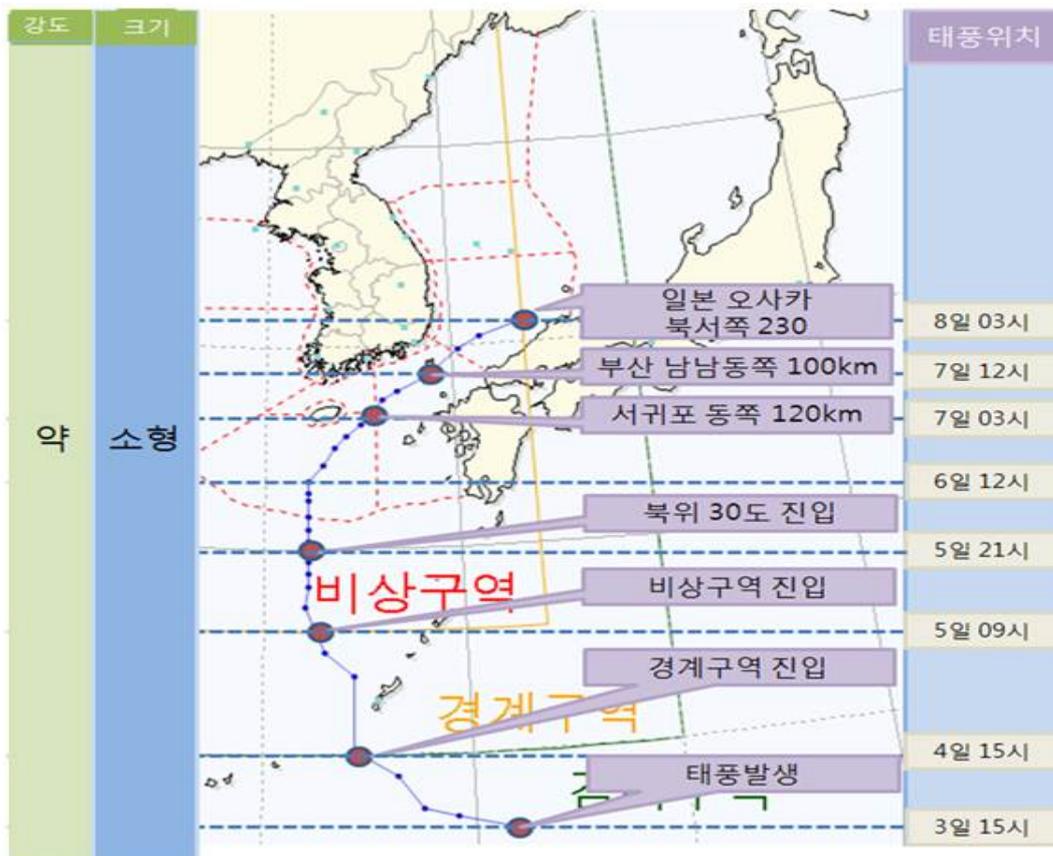
제9호 태풍 ‘말로’는 9월 3일 15시경 일본 오키나와 남동쪽 약 470km 부근 해상(23.2°N, 130.9°E)에서 발생하였다. 이 태풍은 일생동안 강도는 약, 크기는 소형으로 존재했으며, 중심기압은 990hPa, 최대중심풍속은 24m/s를 기록하였다. 북상하던 태풍은 9월 6일 15시부터 서귀포 남쪽해상에서 북동쪽으로 전향하면서 우리나라로 상륙하지 않고 남해상을 따라 7일 오후 대한해협을 통과, 9월 8일 9시경 독도 동남쪽 약 310km 부근 해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

태풍발생초기에는 북태평양고기압의 확장으로 인해 한국 서해상으로 이동할 것으로 예상하였지만, 9월 6일 이후 북태평양고기압이 남북으로 약화되고 동서로 세력을 확장하면서 동쪽으로 이동함에 따라 태풍은 북진하지 못하고 동편하는 경향을 나타내었다. 이는 제트기류가 일본 북쪽으로 남하하면서 북태평양고기압의 중심도 남쪽으로 이동함과 동시에 동서로 확장하게 되어 고기압의 가장자리를 따라 북쪽으로 이동하던 태풍은 급격하게 동쪽으로 전향한 것으로 분석되었다.

한편, 제9호 태풍 ‘말로’는 태풍의 우측만 강수대가 있는 ‘반쪽’형 태풍이었다. 이는 태풍이 북상하면서 태풍 진행 방향의 북쪽과 서쪽으로는 강한 편서풍대와 동풍이 부딪치면서 강수대가 약화되었기 때문인 것으로 분석되었다. 또한 태풍이 느리게 남해상을 이동하면서 영향권에 놓인 시간이 길어 제주 산간과 영남지역으로 강수가 집중되어 250mm 이상의 많은 비가 내렸다. 그러나 약한 소형 태풍으로 바람은 강하지 않았다.

2.3.2 태풍의 이동 경로

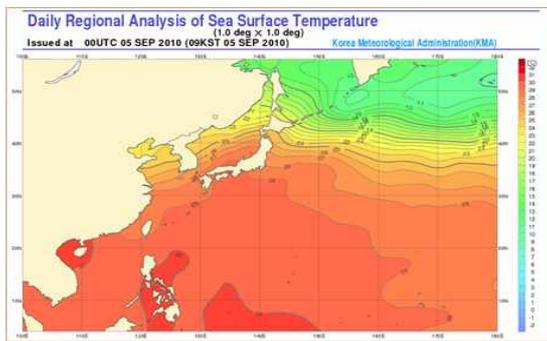
제9호 태풍 '말로'는 9월 3일 15시에 일본 오키나와 남동쪽 약 470km 부근 해상에서 강도는 약, 크기는 소형인 태풍으로 발생하여, 느리게 북상하였다. 이 태풍은 28°N까지는 시속 15~34km의 속도로 북상하면서 9월 4일 15시에 태풍경계구역에 진입, 9월 5일 10시에는 비상구역에 진입하였다. 9월 5일 오후 이후에는 평균 시속 12km 내외로 속도가 느려졌으며, 북상하던 태풍은 9월 6일 오후에 서귀포 남쪽해상에서 북동쪽으로 전향하면서 남해상을 따라 시속 15~20km의 느린 속도로 7일 오후 대한해협 부근으로 이동하였다. 대한해협을 통과한 태풍은 9월 8일 9시경 독도 동남쪽 약 310km 부근 해상에서 온대저기압으로 변질되었다. 이렇게 태풍이 느리게 이동한 원인은 일본 동쪽 해상의 북태평양고기압이 느리게 수축하고, 중국내륙에 찬 대륙고기압이 위치하면서 태풍의 북상을 저지하였기 때문이었다.



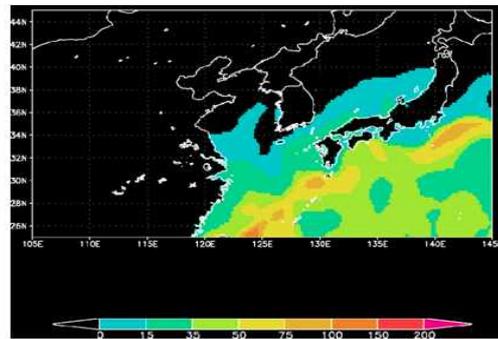
[그림 2.3.1] 태풍의 이동경로

2.3.3. 태풍의 강도

제9호 태풍 ‘말로’는 발생 해역인 서태평양부근의 해수면 온도가 28~29℃ 내외로 높았으나, 비슷한 경로를 지났던 7호 태풍 ‘곤파스’가 북상함으로 인해 아래층의 차가운 해수와 섞이면서 열용량이 낮았고, 우리나라 부근에 찬 공기가 위치하면서 일생동안 약한 태풍이었다.



(a) 해수면온도(2010.09.05.)



(b) 해양열용량

[그림 2.3.2] 태풍 ‘말로’

태풍의 최대풍속 및 중심기압의 전개과정을 바탕으로 발달기(발생~9월 5일 18UTC), 최성기(9월 6일 00UTC~9월 7일 00UTC), 쇠퇴기(9월 7일 06UTC~변질)의 3단계로 나누어보면, 발달기 동안에는 북태평양고기압이 서쪽으로 확장함으로 인해 태풍의 저기압성 소용돌이가 더욱 강화되었다. 따라서 태풍 ‘말로’는 지속적으로 북서방향으로 이동하게 되고 태풍의 강도(중심 기압과 최대풍속) 역시 지속적으로 강화되었다.

최성기 동안에는 상층 제트기류가 일본 북쪽으로 남하하면서 북태평양고기압의 중심이 남쪽으로 이동함과 동시에 동쪽으로 물러나게 되었다. 이로 인해 이 고기압의 가장자리를 따라 북쪽으로 이동하던 태풍은 30°N 부근을 지나면서 급격하게 동쪽으로 전향한 것으로 분석되었다. 이 단계 동안에는 중심기압이 985hPa까지 떨어졌으며, 최대풍속은 25m/s까지 강화되었고, 이동 속도도 5km/h까지 떨어졌다. 이렇게 느리게 이동하는 동안에 태풍은 따뜻한 해수면온도로부터 에너지를 공급받을 수 있는 시간을 더욱 가지게 되어 강

도가 강화될 수 있었다.

쇠퇴기 동안에는 태풍 '말로'가 대한 해협을 지나면서 상층 기압골의 영향을 받기 시작하여 급격하게 약화되었다. 또한 태풍이 지나는 경로를 따라 저온의 해수가 분포하고 있어 태풍의 약화를 더욱 가속화시키는 계기가 되었다. 태풍의 중심기압은 급격하게 증가하고 중심풍속도 급격하게 감소하였다. 특히, 태풍의 진행속도는 상층기압골의 영향으로 45km/h까지 증가하였다.

[표 2.3.1] 태풍 '말로'의 시간별 위치 및 강도

일시 (KST)	위도	경도	진행 방향	진행속도 (km/h)	중심기압 (hPa)	최대풍속 (m/s)	강도	크기	강풍 반경 (km)		
09031500	23.2	130.9	WNW	15	1000	18	약	소형	200		
09032100	23.5	129.6	WNW	23	1000	18	약	소형	200		
09040300	23.7	128.8	WNW	15	996	19	약	소형	220		
09040900	24.5	128.2	NW	18	996	19	약	소형	220		
09041500	25.1	127.2	NW	21	996	19	약	소형	220		
09042100	26.9	127.2	N	34	994	21	약	소형	250		
09050300	27.5	126.5	NW	17	994	21	약	소형	250		
09050900	28.6	126.0	NNW	22	994	21	약	소형	220		
09051200	29.1	126.1	N	19	994	21	약	소형	220		
09051500	29.4	126.1	N	12	994	21	약	소형	220		
09051800	29.7	126.1	N	12	994	21	약	소형	220		
09052100	30.2	126.1	N	19	994	21	약	소형	220		
09060000	30.5	126.1	N	12	994	21	약	소형	220		
09060300	30.8	126.1	N	12	994	21	약	소형	220		
09060600	31.2	126.1	N	15	994	21	약	소형	220		
09060900	31.4	126.1	N	8	990	24	약	소형	240		
09061200	31.7	126.1	N	12	990	24	약	소형	240		
09061500	32.1	126.5	N	20	990	24	약	소형	200		
09061800	32.5	126.8	NE	18	990	24	약	소형	180		
09062100	32.8	127.1	NE	15	990	24	약	소형	180		
09070000	33.1	127.5	NE	17	990	24	약	소형	160		
09070300	33.4	127.8	NE	15	990	24	약	소형	160		
09070600	33.7	128.1	NE	15	990	24	약	소형	160		
09070900	33.9	128.5	ENE	15	990	24	약	소형	160		
09071200	34.2	129.2	ENE	25	990	24	약	소형	160		
09071500	34.9	130.2	NE	41	996	19	약	소형	140		
09071800	35.2	130.8	ENE	22	996	19	약	소형	140		
09072100	35.6	132.1	ENE	42	996	19	약	소형	140		
09080400	36.1	133.6	ENE	25	998	18	약	소형	120		
09080900	35.9	134.9	소 멸								

2.3.4. 기압계 분석

제9호 태풍 '말로'는 9월 3일 15시경(06UTC)에 발생하였는데, 발생할 당시 북태평양고기압은 일본에 중심을 두고 우리나라와 중국 동부지역까지 세력이 미치고 있었고, 태풍은 이 고기압의 남쪽 가장자리에 위치하여 서북서진하였다. 또한 우리나라 서쪽으로 저기압이 위치하고 있었으며, 연해주 부근에 기압능이 형성되어 있었다.

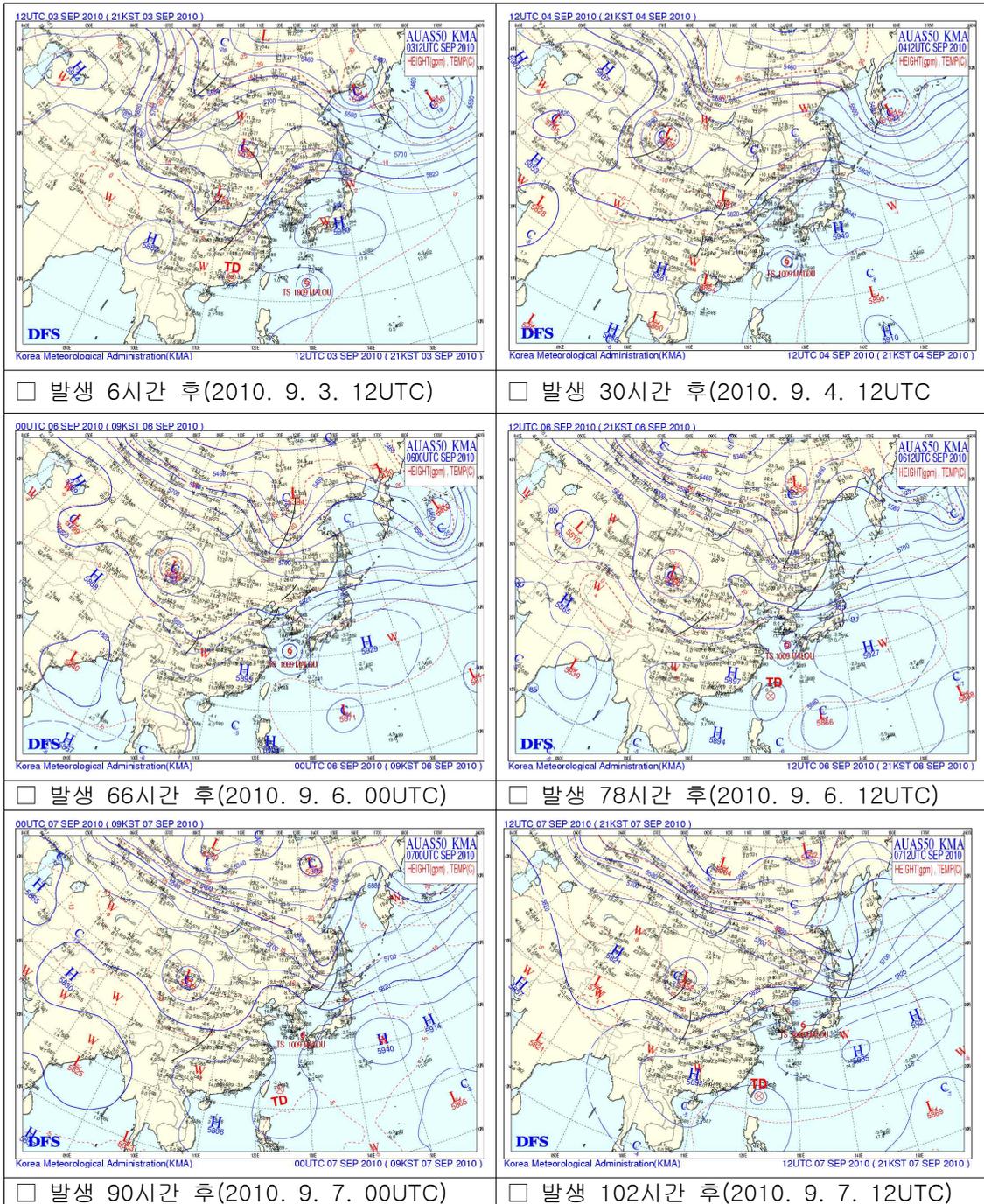
발생 30시간 후(9월 4일 12UTC)에는 저기압이 다소 약화되었고, 기압능은 정체된 상태였으며, 북태평양고기압이 서쪽으로 확장함에 따라 고기압의 남쪽에 위치한 태풍은 계속 고온의 해상을 서진하면서 더욱 강화되었다.

발생 66시간 후(9월 6일 00UTC)에는 우리나라 서쪽에 머물던 저기압과 연해주 부근에 위치한 기압능은 약화되었고 상층 제트가 남하함에 따라 북태평양고기압의 중심이 남동쪽으로 물러나게 되었다. 이로 인해 고기압의 가장자리를 따라 북진하던 태풍은 급격히 동쪽으로 전향하였다.

발생 78시간 후(9월 6일 12UTC)에는 상층제트와 북태평양고기압이 남북으로 동서로 길게 놓인 채로 정체하고 있었고 우리나라 북쪽으로 기압능이 위치함에 따라 완만한 기압경사로 태풍은 북태평양고기압의 북쪽 연변을 따라 남해상을 느린 속도로 동진하였다.

발생 90시간 후(9월 7일 00UTC)에는 우리나라 북서쪽으로 대륙고기압 세력이 점차 강화됨에 따라 북태평양고기압 세력이 더욱 동쪽으로 약화되었으며, 연해주 부근에 기압골이 형성되었다.

발생 102시간 후(9월 7일 12UTC), 우리나라 주변으로 기압계가 남북으로 완만한 경사를 이루는 가운데 태풍은 우리나라를 비교적 느린속도로 통과하였다. 그리고 대한해협을 지나면서 상층 기압골의 영향을 받기 시작하여 급격히 약화되어 발생 114시간(9월 8일 00UTC)만에 우리나라 동쪽 해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

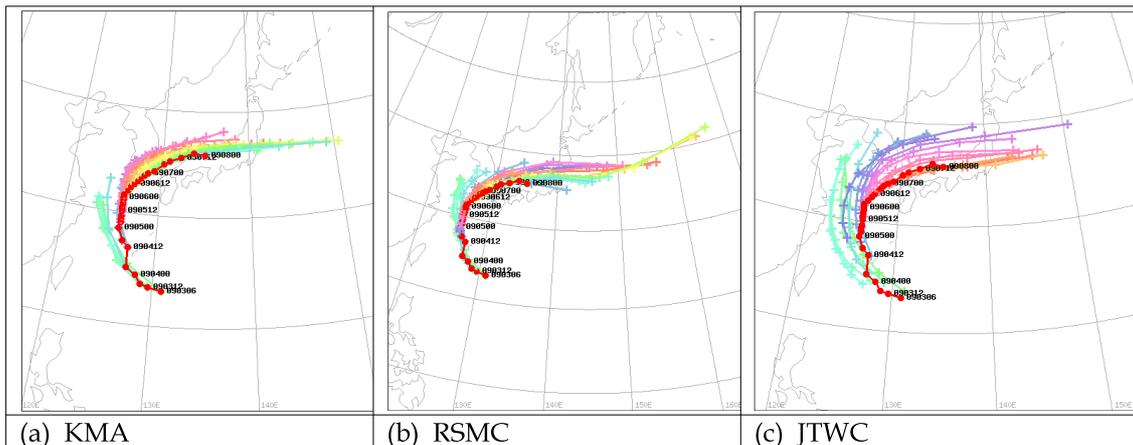


[그림 2.3.3] 500hPa 고도장

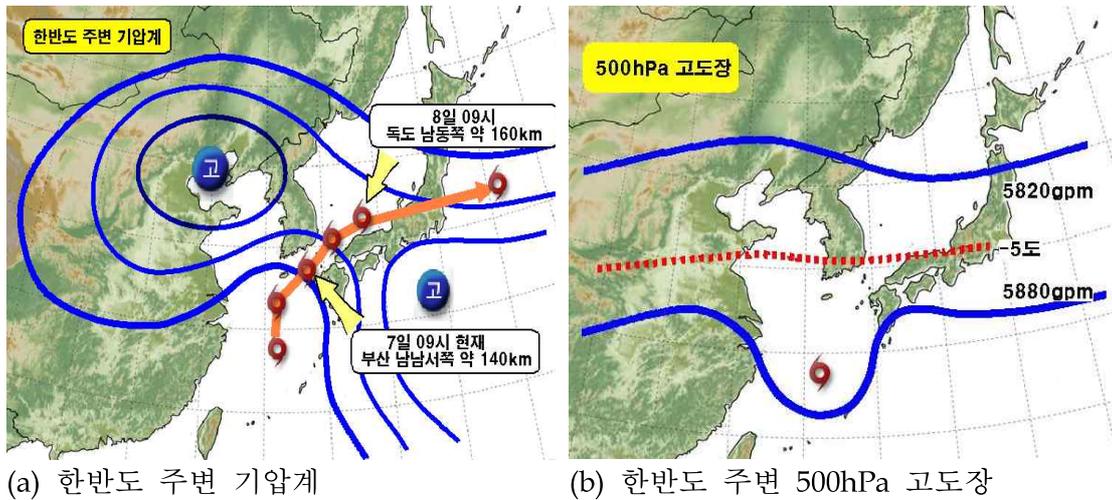
2.3.5 예보 및 검증

태풍이 이동하는 전면에 연해주 부근의 기압능이 강하게 유지되고, 일본 동쪽해상의 북태평양 고압대가 강하게 발달하면서 상층 기압계의 정체성이 클 것으로 예상하여 태풍의 이동이 빠르지 않을 것으로 예측하였다. 예측한 바와 같이 연해주 부근의 기압능은 강하게 유지되어 태풍의 이동이 다소 느리게 유지되었으나, 북태평양 고압대의 중심이 남동쪽으로 다소 이동하면서 예상보다 북상하지 못하고 남해상으로 태풍이 이동하였고 전향 후 예상보다 빠른 진행속도를 보였다.

따라서 태풍 발생 시부터 온대저기압으로 변질될 때까지 태풍의 이동 경로는 실제보다 북쪽으로, 태풍진행 속도는 느리게 예보함에 따라 태풍진로 오차가 다소 발생하여 48시간 기준 진로오차는 267km(RSMC-Tokyo의 경우 214km, JTWC의 경우 304km)를 보였다.



[그림 2.3.4] 기관별 태풍 진로예측

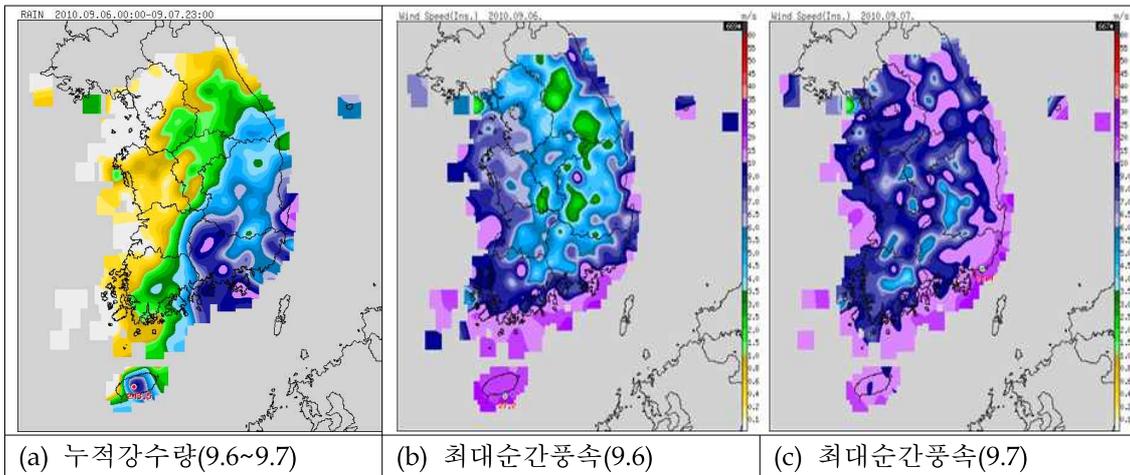


[그림 2.3.5] 태풍 '말로' 영향기간의 종관환경 모식도

2.3.6 주요지점별 극값기록(2010.09.06~07)

태풍이 느리게 남해상으로 이동하면서, 제주산간과 영남지역에서 강수가 150~200mm로 집중되었으며 지형적 영향으로 200mm 이상의 많은 비가 내린 곳도 있었다. 그러나 소형태풍으로 강풍반경이 작아 바람피해는 약하였고 인접지역에서만 강한 풍속이 나타났다. 이번 태풍은 느리게 북상하면서 우리나라에 영향을 준 시간이 길어져 강수량이 상대적으로 많았다. 한편, 태풍의 크기가 작고, 남해상으로 이동하면서 진행방향의 왼쪽에 놓인 중부지방과 남부서쪽지방은 강수량이 비교적 적었다.

제9호 태풍 '말로'의 영향으로 제주도 윗세오름(해발고도 1673m)에서는 9월 6~7일 양일간 누적강수량이 243.5mm였으며, 9월 6일에는 제주 남부의 지귀도(해발고도 22m)에서 한때 최대풍속이 17.7m/s, 최대순간풍속이 27.2m/s를 나타내었고, 9월 7일에는 매물도(해발고도 42m)에서 한때 최대풍속이 18 m/s, 최대순간풍속이 24.1m/s를 기록하였다.



[그림 2.3.6] 태풍 '말로' 누적강수량과 최대순간풍속 기록

[표 2.3.2] 태풍 '말로' 누적강수량

지역	누적 강수량	지역	누적 강수량
윗세오름	243.5mm	감포	209.0mm
갯천	184.0mm	대병	175.5mm
산천	168.0mm		

[표 2.3.3] 태풍 '말로' 최대순간풍속

지역	최대순간풍속기록	지역	최대순간풍속기록
지귀도	27.2m/s	부산(레)	24.4m/s
매물도	24.1m/s	호미곶	19.2m/s
간절곶	22.4m/s		

2.3.7 특보현황

월 일	태풍정보	속보	태풍주의보·경보 등
9.3	1호(17:00) 2호(22:00)		
9.4	3호(04:00) 4호(10:00) 5호(16:00) 6호(22:00)		
9.5	7호(04:00) 8호(10:00) 9호(13:00) 10호(16:00) 11호(19:00) 12호(22:00)	9-78호(13:10) 9-86호(18:20) 9-79호(13:50) 9-87호(18:30) 9-80호(14:20) 9-88호(19:10) 9-81호(15:20) 9-89호(20:20) 9-82호(15:50) 9-90호(21:20) 9-83호(16:30) 9-91호(22:20) 9-84호(17:10) 9-92호(23:20) 9-85호(17:20) 9-93호(23:40)	
9.6	13호(01:00) 14호(04:00) 15호(07:00) 16호(10:00) 17호(13:00) 18호(16:00) 19호(19:00) 20호(22:00)	9-94호(00:20) 9-107호(13:20) 9-95호(01:20) 9-108호(14:20) 9-96호(02:20) 9-109호(15:20) 9-97호(03:20) 9-110호(16:20) 9-98호(04:20) 9-111호(17:20) 9-99호(05:20) 9-112호(18:20) 9-100호(06:20) 9-113호(19:20) 9-101호(07:20) 9-114호(20:20) 9-102호(08:20) 9-115호(21:20) 9-103호(09:20) 9-116호(22:20) 9-104호(10:20) 9-117호(23:20) 9-105호(11:20) 9-118호(23:20) 9-106호(12:20)	<p>01:30 발표- 호우주의보·풍랑주의보 발표: 제주도에 호우주의보, 남해서부먼바다에 풍랑주의보를 발표(9.6. 03:00 발효)</p> <p>02:50 발표 - 호우경보대치: 제주도산간(9.6. 05:00 발효)</p> <p>03:30 발표- 태풍경보·태풍주의보 대치: 제주도남쪽먼바다, 제주도앞바다(06:00 발효)</p> <p>05:00 발표 - 태풍주의보 대치·태풍주의보 발표: 남해서부먼바다, 남해동부먼바다(09:00 발효)</p> <p>06:40 발표 - 호우주의보 발표: 울산광역시(09:00 발효)</p> <p>08:00 발표 - 태풍경보 대치·태풍주의보 발표: 남해서부앞바다, 제주도, 제주도앞바다(10:00 발효)</p> <p>10:50 발표 - 호우주의보 해제: 울산광역시(10:50 발효)</p> <p>13:50 발표 - 호우주의보 발표: 경상남도(산청군)(13:50 발효)</p> <p>15:00 발표 - 폭풍해일주의보 발표·태풍경보 대치·태풍주의보: 남해동부앞바다, 제주도, 남해동부먼바다, 남해서부먼바다, 서해남부먼바다, 흑산도, 홍도, 경상남도, 전라남·북도(18:00 발효)</p> <p>20:10 발표 - 호우주의보 발표: 울릉도·독도(20:10 발효)</p> <p>22:00 발표 - 폭풍해일주의보 발표·태풍경보 대치·태풍주의보 발표·태풍주의보 대치: 전라남도, 부산·울산광역시, 남해동부앞바다, 남해서부앞바다, 경상남도(23:00 발효)</p>

9.7	<p>21호(01:00) 22호(04:00) 23호(07:00) 24호(10:00) 25호(13:00) 26호(16:00) 27호(19:00) 28호(22:00)</p>	<p>9-119호(00:20) 9-128호(09:20) 9-120호(01:20) 9-129호(10:20) 9-121호(02:20) 9-130호(11:20) 9-122호(03:20) 9-131호(12:20) 9-123호(04:20) 9-132호(13:20) 9-124호(05:20) 9-133호(14:20) 9-125호(06:20) 9-134호(15:20) 9-126호(07:20) 9-135호(16:20) 9-127호(08:20) 9-136호(17:20)</p>	<p>00:20 발표- 태풍경보 대치·태풍주의보 발표: 전라남·북도(00:20 발효) 04:40 발표 - 강풍주의보 대치·폭풍해일 주의보 해제·풍랑주의보 대치·태풍경보·태풍주의보 해제: 전라남도, 서해남부먼바다, 제주도전해상,(06:00 발효) 06:00 발표 - 태풍주위보 발표: 동해남부전해상(08:00 발효) 06:30 발표 - 태풍경보대치: 경상북도(08:00 발효) 11:00 발표 - 강풍주의보 발표·강풍주의보·폭풍해일주위보 해제·풍랑주의보 대치·풍랑주의보 발표·풍랑주의보 해제·태풍경보 대치·태풍경보·태풍주의보 해제: 전라남도, 경상남·북도, 서해남부먼바다, 동해남·중부전해상, 남해서부앞·먼바다, 제주도전해상(13:00 발효) 12:00 발표 - 태풍경보·태풍주의보 해제: 경상남·북도(13:00 발효) 13:10 발표 - 호우주의보 해제: 울릉도·독도(13:10 발효) 13:40 발표 - 강풍주의보 해제: 전라남도(13:40 발효) 16:00 발표 - 강풍주의보 발표·풍랑주의보 해제: 울릉도독도, 남해서부전해상(17:00 발효) 16:30 발표 - 풍랑주의보 대치: 남해동부전해상(18:00 발효) 18:00 발표 - 풍랑주의보 대치: 동해남부앞·먼바다(22:00 발효) 23:00 발표 - 폭풍해일주위보 해제: 경상남도(00:00 발효)</p>
9.8	<p>29호(04:00) 30호(10:00)</p>		<p>04:00 발표 - 풍랑주의보 해제: 남해동부앞바다(05:00 발효) 11:00 발표 - 강풍주의보·풍랑주의보 해제: 동해중부앞바다, 동해남부앞바다, 남해동부먼바다(13:00 발효) 15:00 발표 - 풍랑주의보 해제: 동해남부·중부먼바다(18:00 발효)</p>

제3장

2010년 한반도 비 영향

태풍 사후분석

3.1 제1호 태풍 ‘오마이스(OMAIS)’

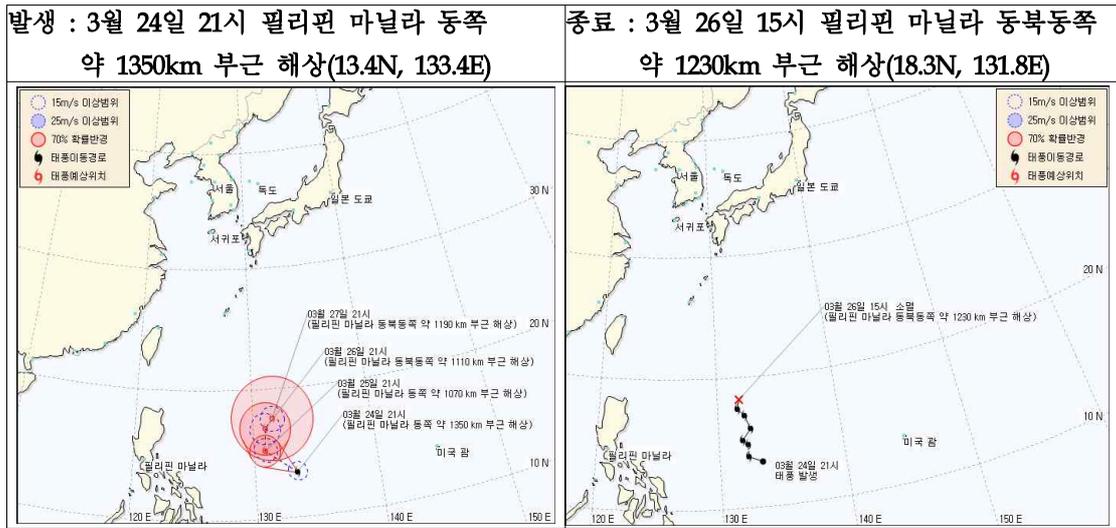
3.1.1 특징요약

- 생존기간이 42시간으로 수명이 짧은 태풍으로, 4호 정보 발표부터 태풍이 72시간 이내에 온대저기압으로 변질될 것으로 예측하였으나, 예상보다 태풍의 수명이 짧아짐에 따라 열대저압부로 약화되었다.
- 초기에 관측진로보다 북서쪽으로 느리게 이동한 후 북동쪽으로 전향할 것으로 예상하였으나, 실제로는 빠르게 이동하여 오차가 크게 나타났다.
- JTWC가 가장 정확한 예보: 타 예보기관은 느린 진행속도를 예측하여 오차가 커졌고, JTWC도 예상 진로는 유사하나 빠르게 이동하는 것으로 예측하여 오차가 작았다. NCEP GFS가 수치모델 중에서 가장 정확하였는데 이 모델이 기여한 것으로 추측된다. ECMWF는 부정확한 사례였고, 중국 예보오차와 TWRF는 태풍 종료 시점의 한 개 자료로 평가한 것으로 무의미한 값을 나타냈다.
- 태풍이 예보기간 중 약화되기 직전을 제외하고는 중심기압 998hPa, 최대풍속 35 kts이었던 약한 소형 태풍이었다.
- 태풍진로가 불규칙한 진로를 보여 예보가 어려웠고, 24시간 오차가 컸다. 태풍 ‘오마이스’가 불규칙한 진로를 보이는 이유로는 태양복사의 일일주기 사이클에 의한 주기적 대류강화와 약화가 진로에 영향을 주었고 해상풍 자료 분석에 의한 바람분포의 시간적 변화가 있었으며 중위도시스템, 아열대저기압, 태풍의 상호작용 분석(고도별 지향류)의 이유가 있었다.

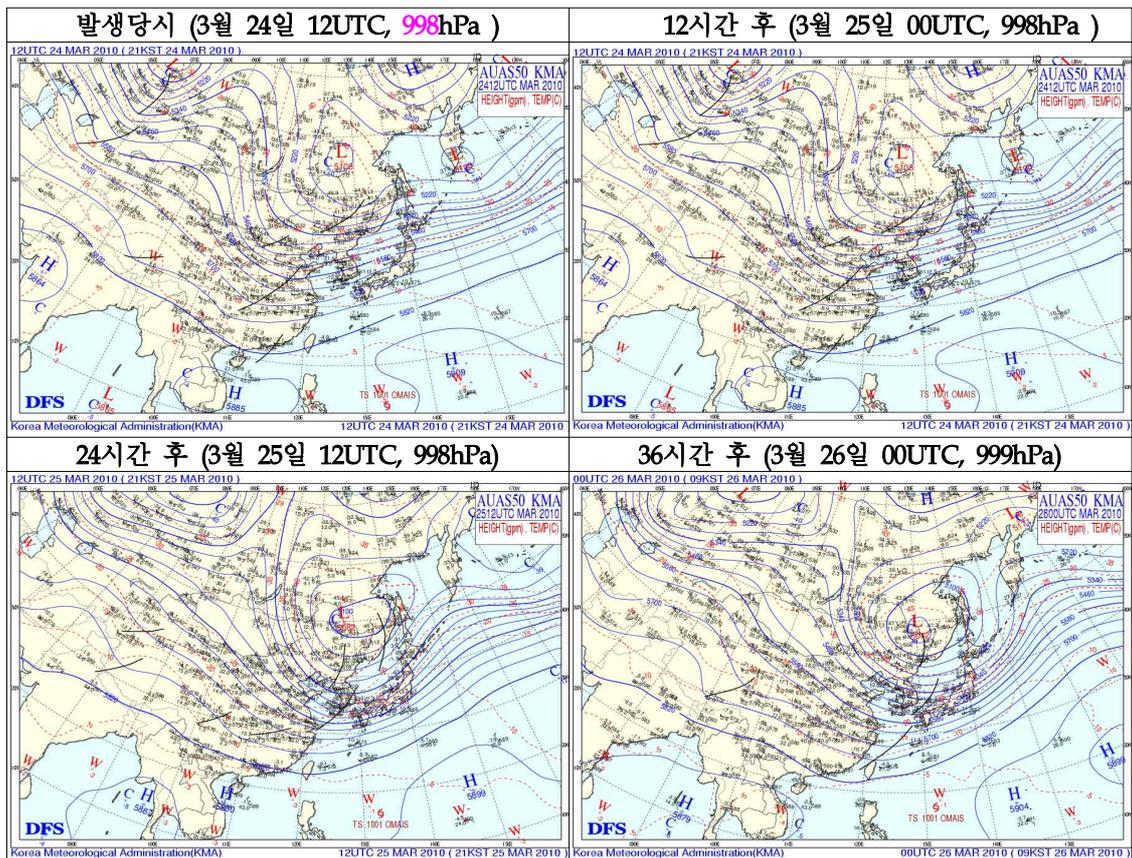
※ 첫 번째 태풍

30년(1971-2000년) 평균자료에 따르면, 일반적으로 첫 번째 태풍은 1~5월 중에 주로 발생하며, 최근 10년 내 3월에 발생한 태풍은 2005년 ‘로키(ROKE)’(3월 15일 9시 발생)가 유일함.

3.1.2 태풍정보

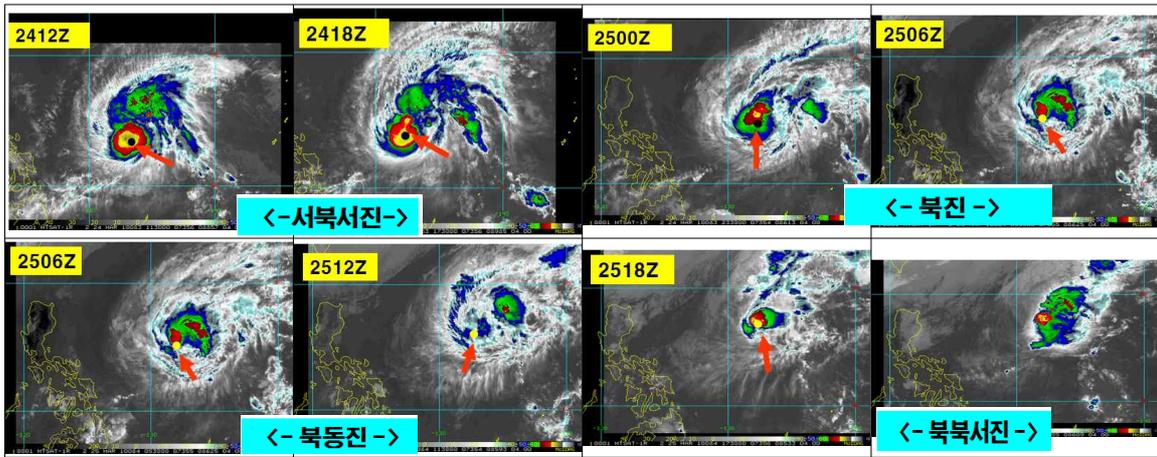


3.1.3 종관상황



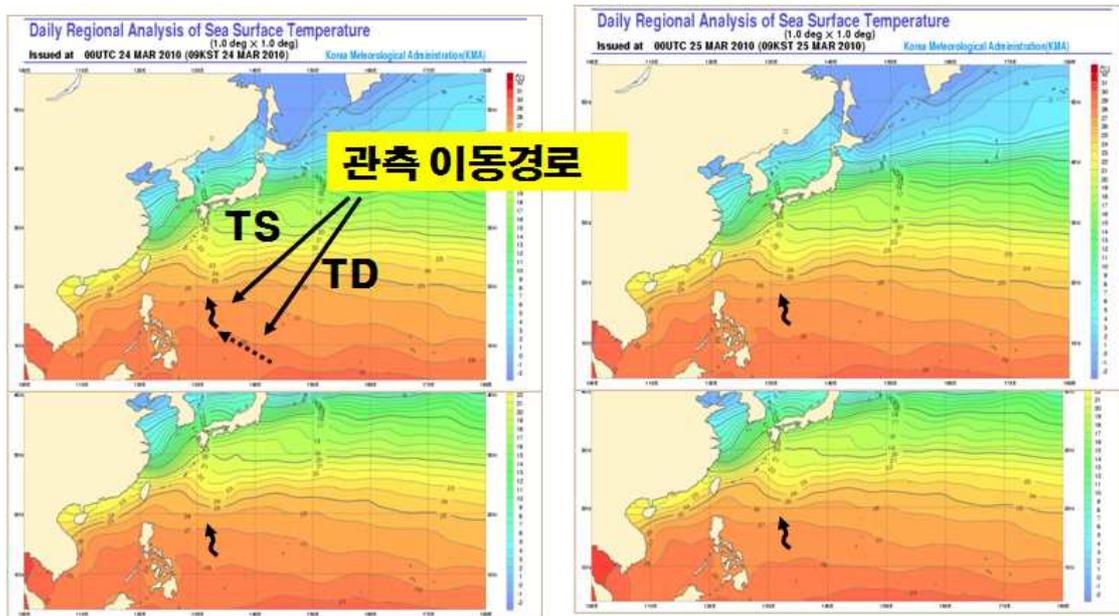
- 태풍은 동쪽의 북태평양고기압 서쪽 연변 지향류를 따라 이동하였으나, 고기압과의 거리가 있어 진행속도는 빠르지 않았다.

3.1.4 위성영상



- 태풍의 중심은 Main Cell에 항상 연관되어 있으며, 새로 발생하는 대류셀로 이동되는 경우는 없었다.

3.1.5 해수면온도



- 제1호 태풍 '오마이스'는 이동경로 상 해수면온도가 27~28도로 약한 강도 유지 하였으며, 해수 열용량지수도 높지 않아 태풍기간 중 해양과 상호작용이 미약 하여 SST 변화는 작았다.

3.1.6 진로 예보오차

24시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	TWRF	DBAR	UM	MTM	JGSM	TEPS	NOG AFS	GFS	ECM WF
오차	191.3	153.7	89.8	126.0	282.9	87.6	335.1	166.7	222.1	204.6	209.5	193.8	98.6	244.2
표본수	3	6	4	4	4	1	3	4	2	3	3	2	2	2

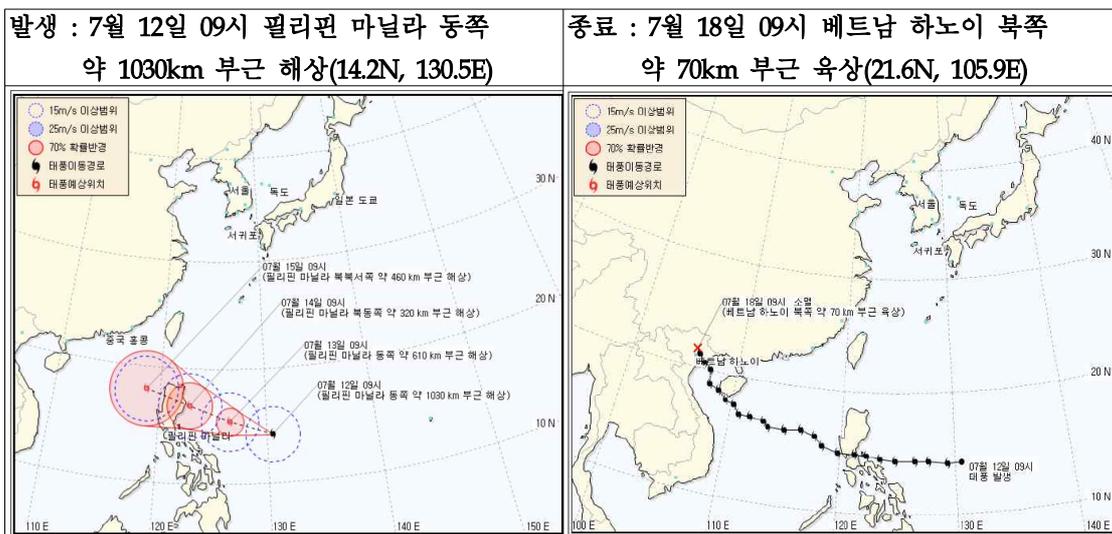
- 주) 1. 예측자료의 개수와 시점이 상이하여 유의미한 평가가 곤란.
 2. 태풍정보 발표시간이 48시간이어서 48시간 진로오차 통계치 부재
 3. RDAPS는 모델영역에 들어오지 않았음.

3.2 제2호 태풍 ‘꼰선(Conson)’

3.2.1 특징 요약

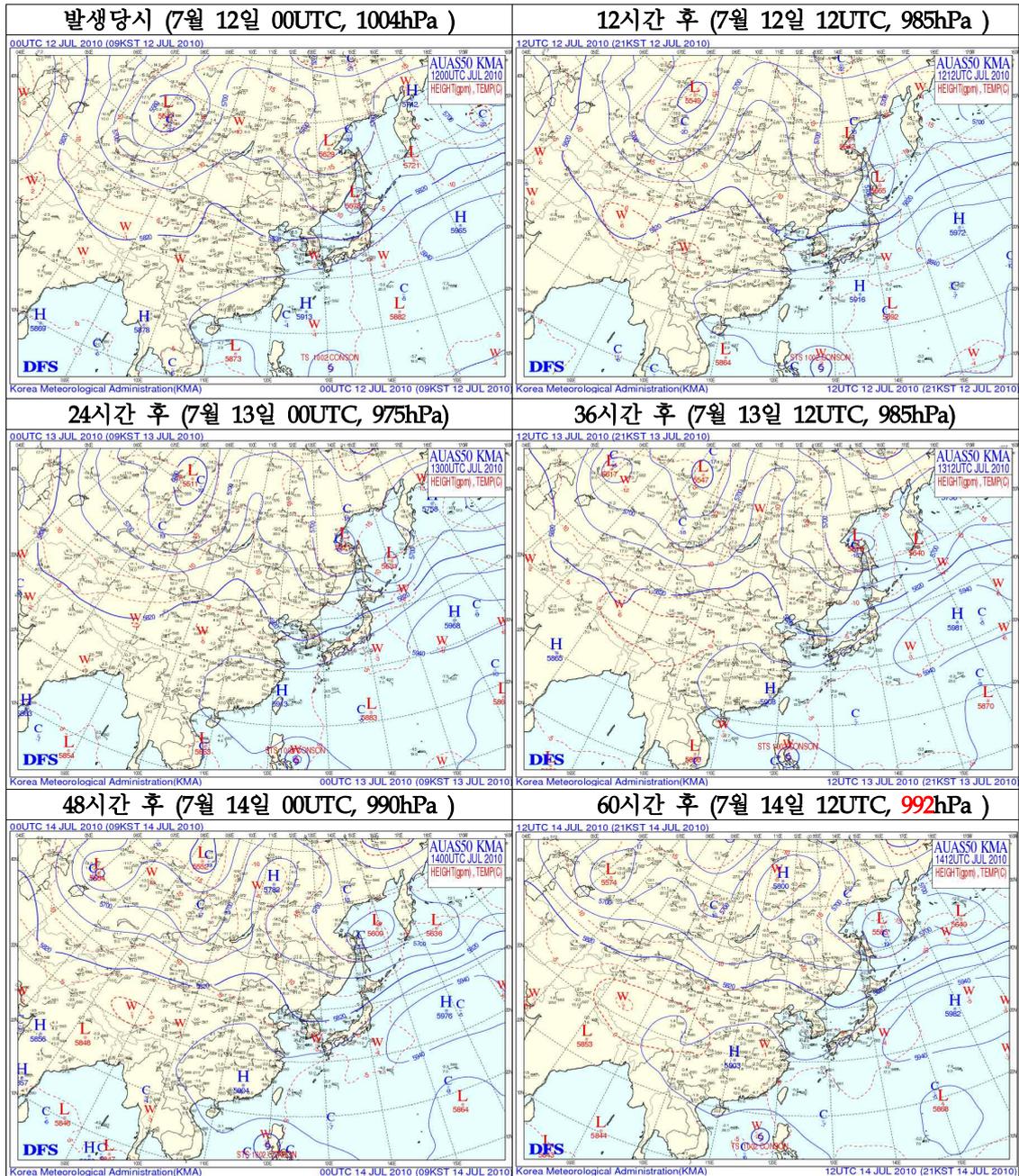
- 초기에는 필리핀 동쪽해상으로부터 홍콩부근 지역을 향해 이동할 것으로 예상했지만 북태평양고기압이 서쪽으로 차츰 확장함에 따라 진로는 서쪽으로 이동하는 경향 보였으며, 북태평양고기압이 다시 동쪽으로 물러나는 7월 16일 12UTC 이후 태풍 진로는 좀 더 북쪽을 향하여 이동하였다.
- 24, 48시간 진로 예보오차에서는 JTWC가 가장 정확하게 예측함. - 타 예보기관은 느린 진행속도를 예측하여 오차가 컸다. JTWC도 예상진로는 유사하나 빠르게 이동하는 것으로 예측하여 오차가 작았다. UM과 ECMWF 역시 비교적 정확하게 진로예측을 한다. 이것은 다른 모델이 초기에 필리핀 동쪽 해상으로부터 홍콩을 향해 이동할 것으로 예측하였지만, 두 모델은 좀 더 서쪽으로 이동할 것으로 예측하여 상대적으로 적은 진로오차의 결과를 나타냈다.
- 따라서 북태평양고기압이 지속적으로 서쪽으로 확장함에 따라 처음에 예상했던 것보다 진로가 서쪽으로 이동하면서 진로오차가 증가하였던 것으로 판단된다.

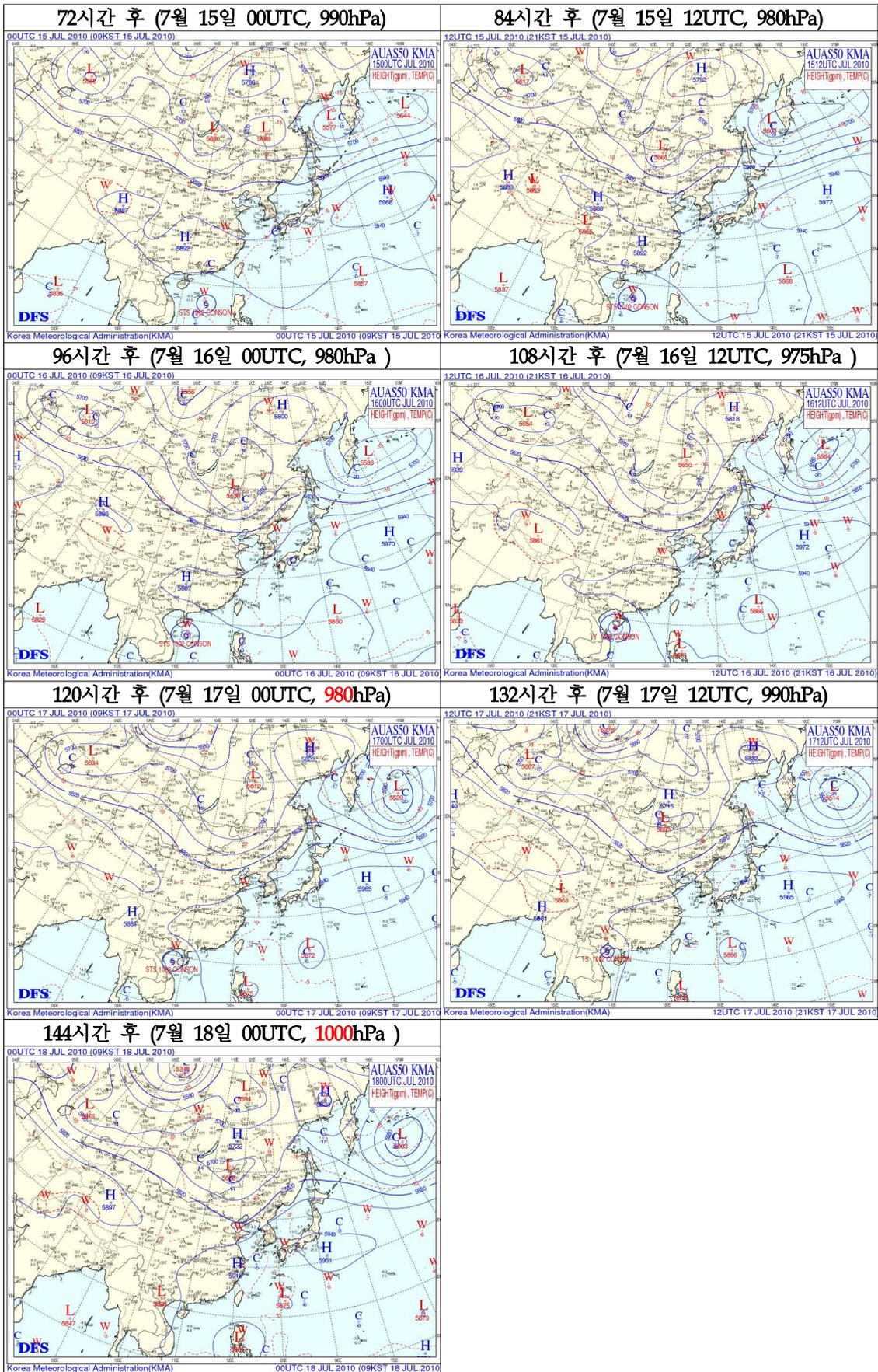
3.2.2 태풍정보



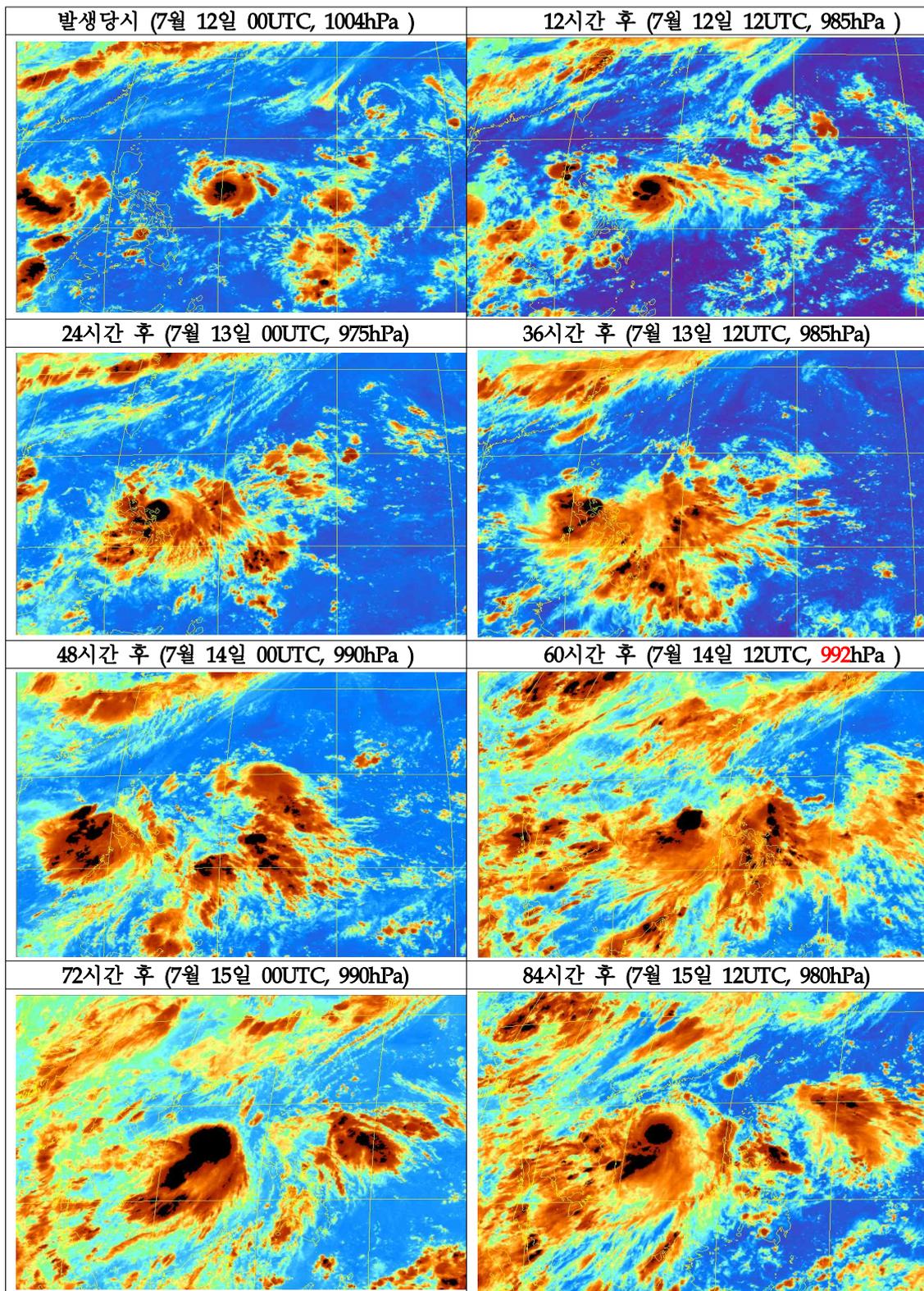
3.2.3 종관상황

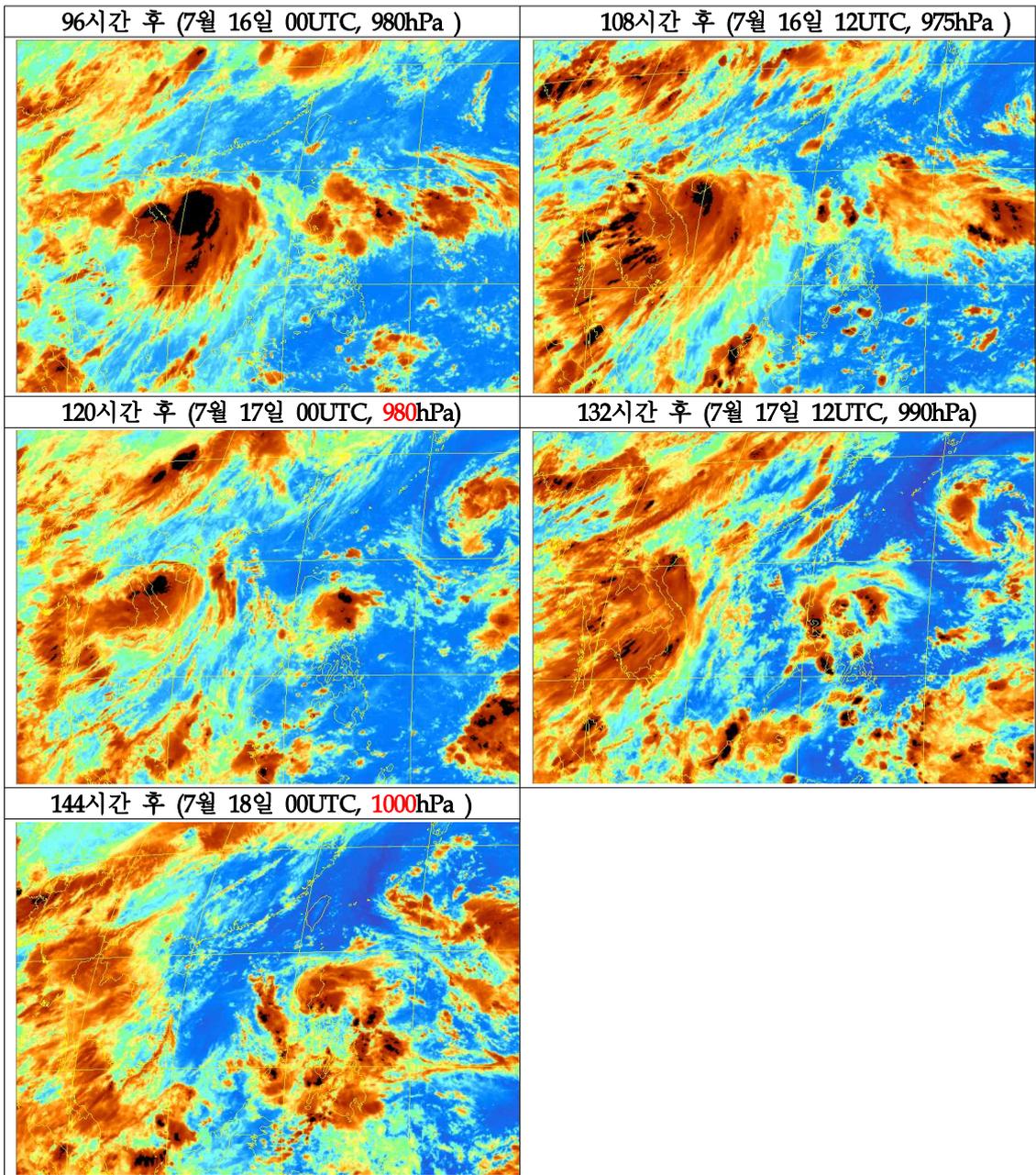
- 7월 13일 00UTC까지 차츰 동쪽으로 물러나는 듯 보였으나 이 후 서쪽으로 다시 확장하였으며, 16일 12UTC 이후 다시 동쪽으로 물러나는 추세를 보였다.





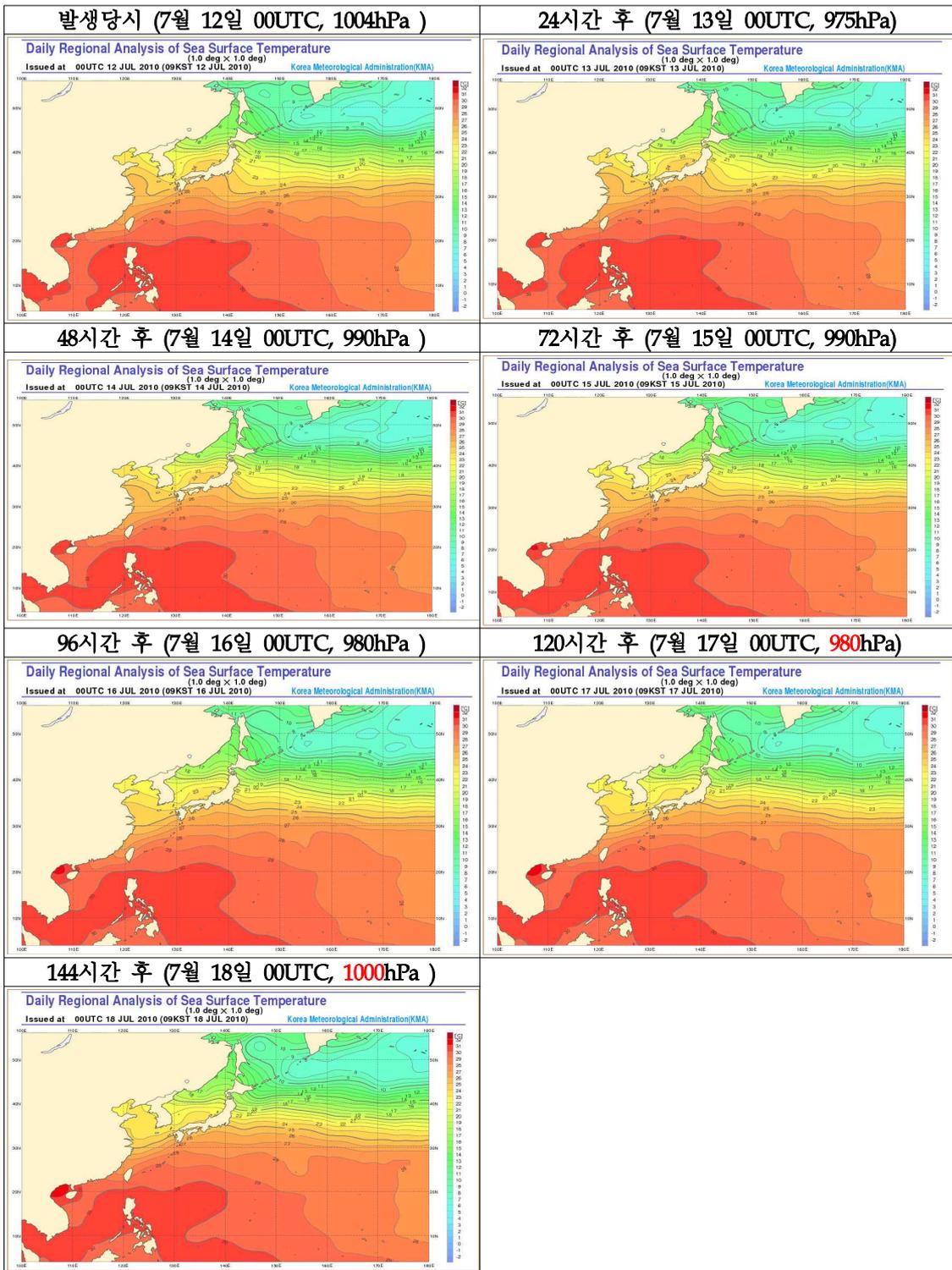
3.2.4 위성영상





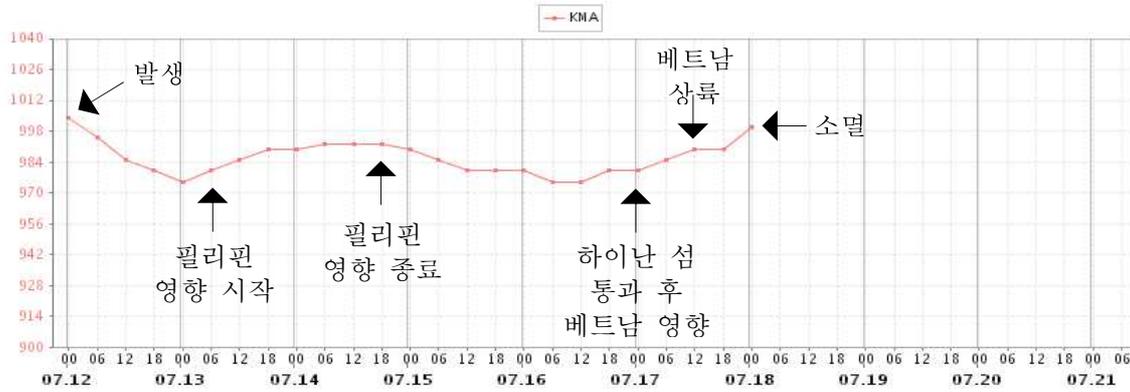
- 필리핀 상륙전(7월 12일 12UTC)까지 태풍의 모양과 대류의 중심은 뚜렷하며, 필리핀 통과동안(7월 13일)에도 그 중심은 대체로 유지되는 편이다. 그러나 통과 후에는 모양까지 흐트러진다. 하지만 남중국해를 지나는 동안(7월 14일-7월 16일 00UTC)에 대류의 중심은 다시 뚜렷하게 관측되며, 하이난 섬과 인도차이나 반도의 지형 영향을 받기 시작(7월 16일 12UTC)하면서 약화된다.

3.2.5 해수면온도

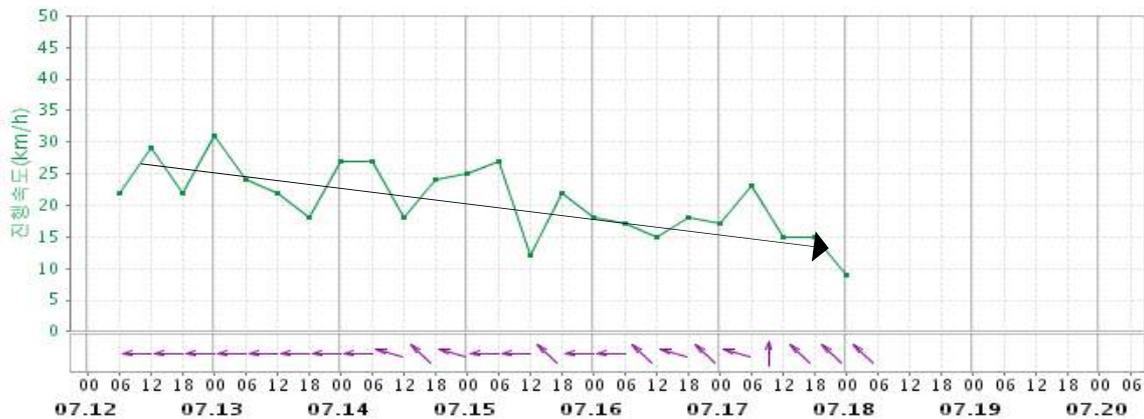


- 태풍은 7월 16일을 제외하고 대부분의 시간동안 30°C이상의 고수온 역에서 이동하는데 필리핀을 지나도 다시 강도가 강해질 수 있는 좋은 환경을 제공한다.

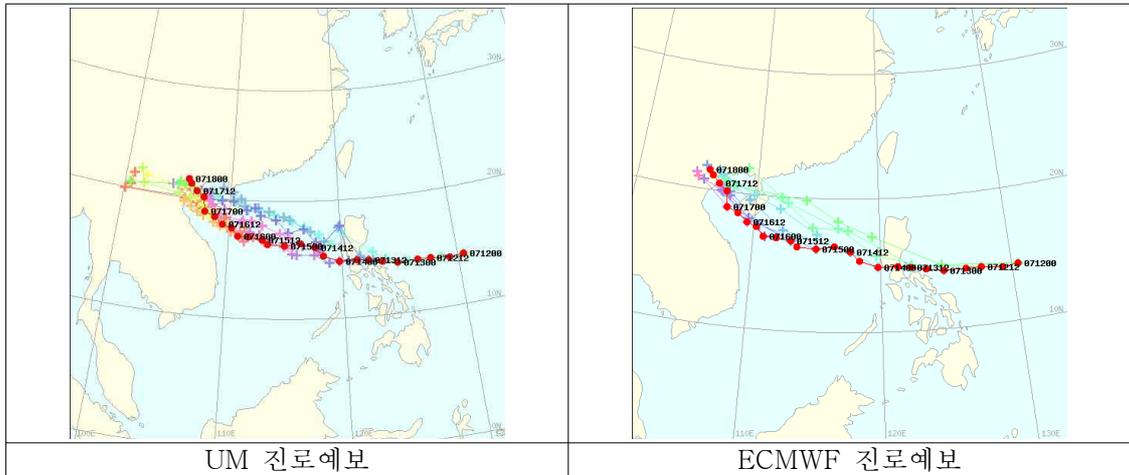
3.2.6 중심기압, 진행속도 변화



- 발생 후 필리핀 상륙전 단계(7월 13일 00UTC)동안에는 따뜻한 해수위를 이동함으로 인해 중심기압이 1004hPa에서 975hPa까지 약 30hPa 감소하였다.
- 필리핀에 상륙하는 7월 13일 12UTC에는 중심기압이 985hPa로서 12시간 전보다 약 10hPa 증가하였으며, 통과한 후인 7월 14일 12UTC에는 992hPa을 나타냄으로서 지형효과로 인해 필리핀 상륙시보다 약 7hPa 증가하였다.
- 이후 다시 남중국해의 따뜻한 해수위를 이동하면서 중심기압이 점차 감소하다가 하이난 섬과 인도차이나 반도지형의 영향을 받기 시작하면서 중심기압이 다시 상승하였다. 결국 태풍 '꼰선'은 중심기압 1002hPa로 소멸하게 된다.



- 점차적으로 태풍의 진행속도가 감소하는 경향을 나타낸다.
이것은 태풍이 초기에는 북태평양고기압의 남쪽에 위치하여 동풍의 지향류를 받아 속도가 빨랐으나 북태평양고기압의 서쪽 가장자리에 들면서 차츰 진행속도가 줄어든 것으로 판단된다.



모델별 진로예보

- KMA, JMA, JTWC, JGSM은 초기에 홍콩 부근지역으로 이동 할 것이라고 예상한 반면, UM, ECMWF는 좀 더 서쪽으로 이동할 것이라고 예측했다. 따라서 북태평양고기압이 예상외로 약화되지 않아 전자의 모델들은 시간이 지남에 따라 서쪽으로 예측을 변경하는 경향을 나타냈다.

3.2.8 각국 피해상황

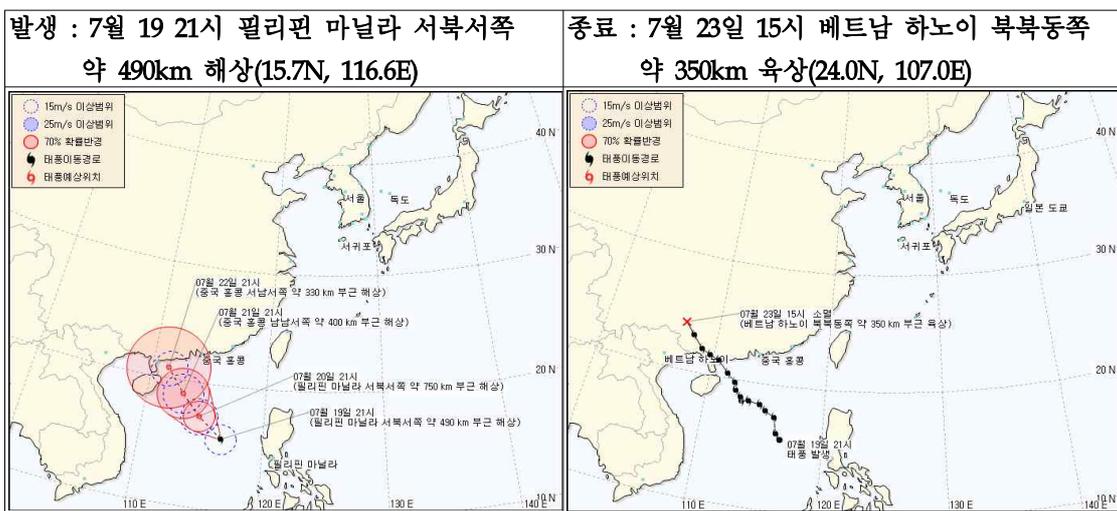
- 필리핀 : 필리핀 북동쪽 케손 지방에 상륙한 지난 13일 이후 65명이 숨지고 87명이 실종되었다. 강풍과 폭우를 동반한 태풍에 농가가 침수되고 도로와 각종 시설이 파괴되는 등 50억 원에 이르는 재산피해가 났다.
- 중국 : 하이난 섬 산야시 주민 4만여 명이 산사태와 침수를 피해 대피하였고 한 중국 중남부 일대에 폭우가 내리면서 10개성에서 200명이 넘는 사망자 및 실종자가 발생했다.
- 베트남 : 어선이 침몰해 7명이 실종했고, 침수나 해일 피해가 우려되는 해안 지역 주민 15만명이 대피했다.

3.3 제3호 태풍 ‘찬투(CHANTHU)’

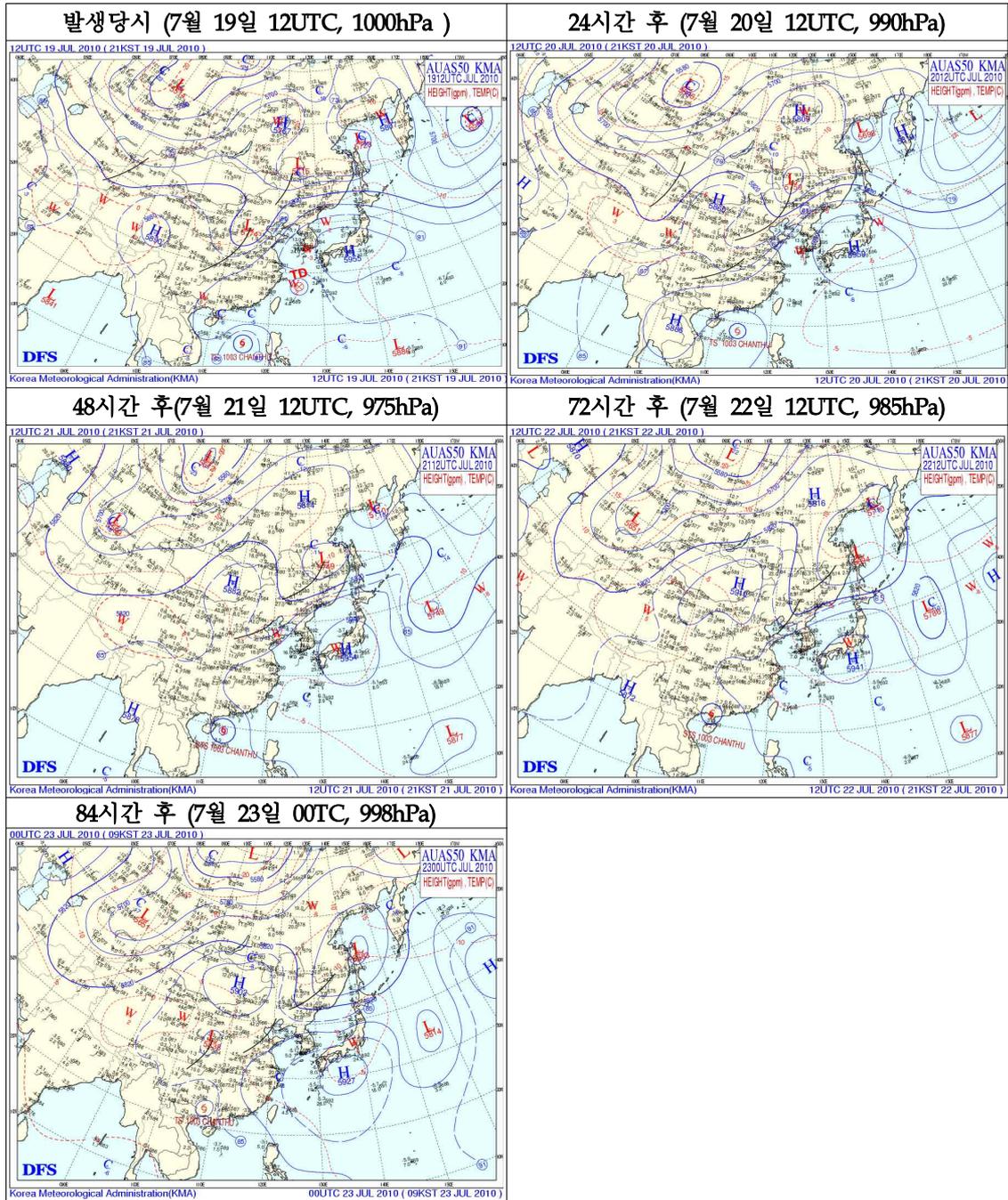
3.3.1 특징요약

- 생존기간이 4일로 시간으로 비교적 짧은 수명의 태풍으로 3-1호 정보(5일예보) 발표부터 120시간 이내에 TD로 약화될 것으로 예측하였다.
- 발생초기에 태풍전면에 위치한 북태평양고기압(MT)가장자리의 축소 경향에 따라 대체로 북서진하였다.
- 태풍은 발생초기 중심기압은 1000hPa로 약하지만 높은 SST 구역을 지나면서 다소 발달하였으며, 23일 새벽에 중국 남해안으로 상륙한 이후부터 태풍의 강도가 약화되었다.
- 태풍정보 초기부터 3호 태풍 ‘찬투’는 북서진하여, 중국 홍콩 서쪽으로 상륙할 것으로 예상하였고, 이에 따라 초기의 48시간 오차가 100km 이하로 나타났으며, 최종 48시간 오차는 91.9km로 2010년 평균오차(207km)보다 작고 초기에 예상한 진로와 예상위치에서 크게 벗어나지 않았던 사례였다.

3.3.2 태풍정보

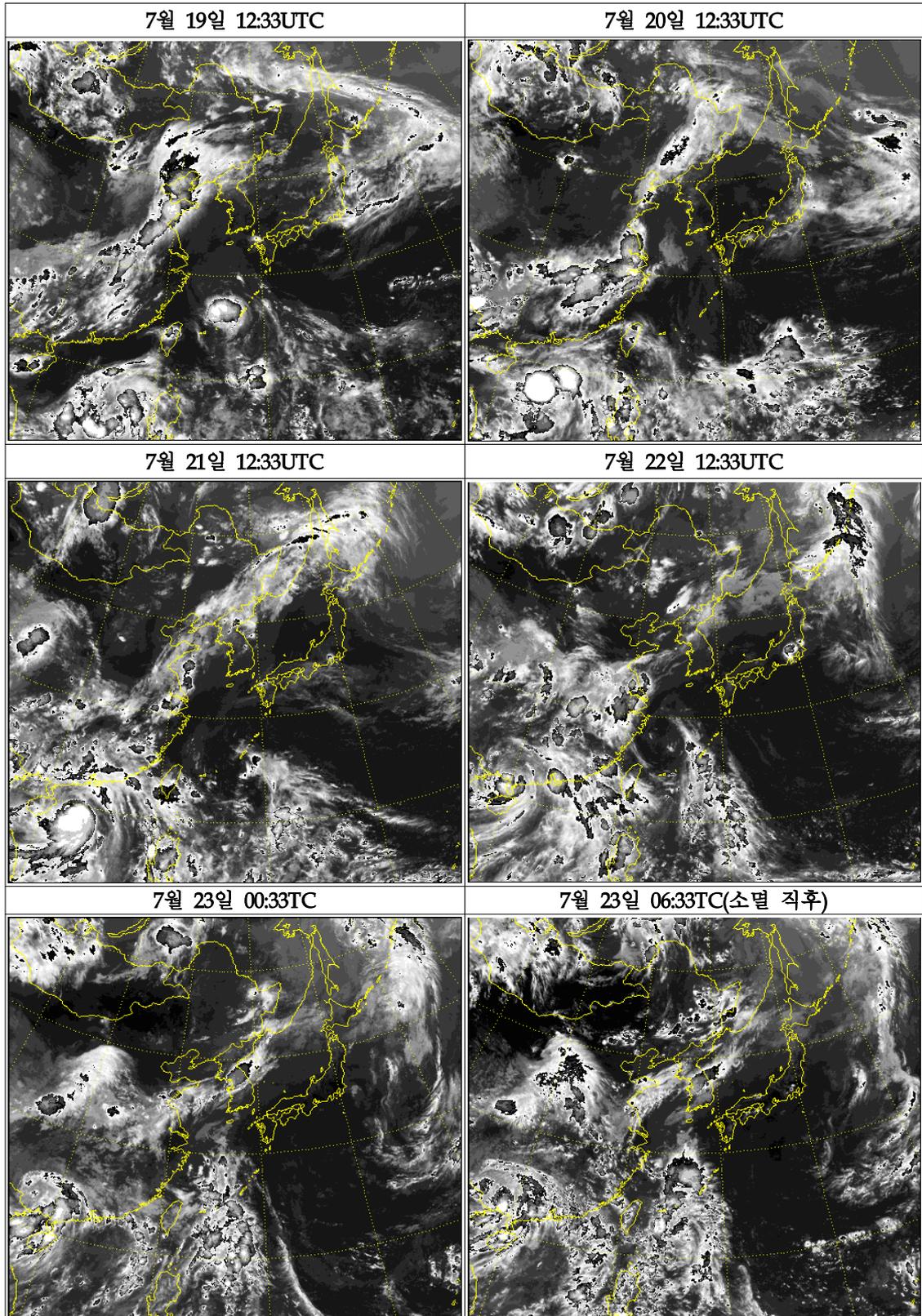


3.3.3 종관상황

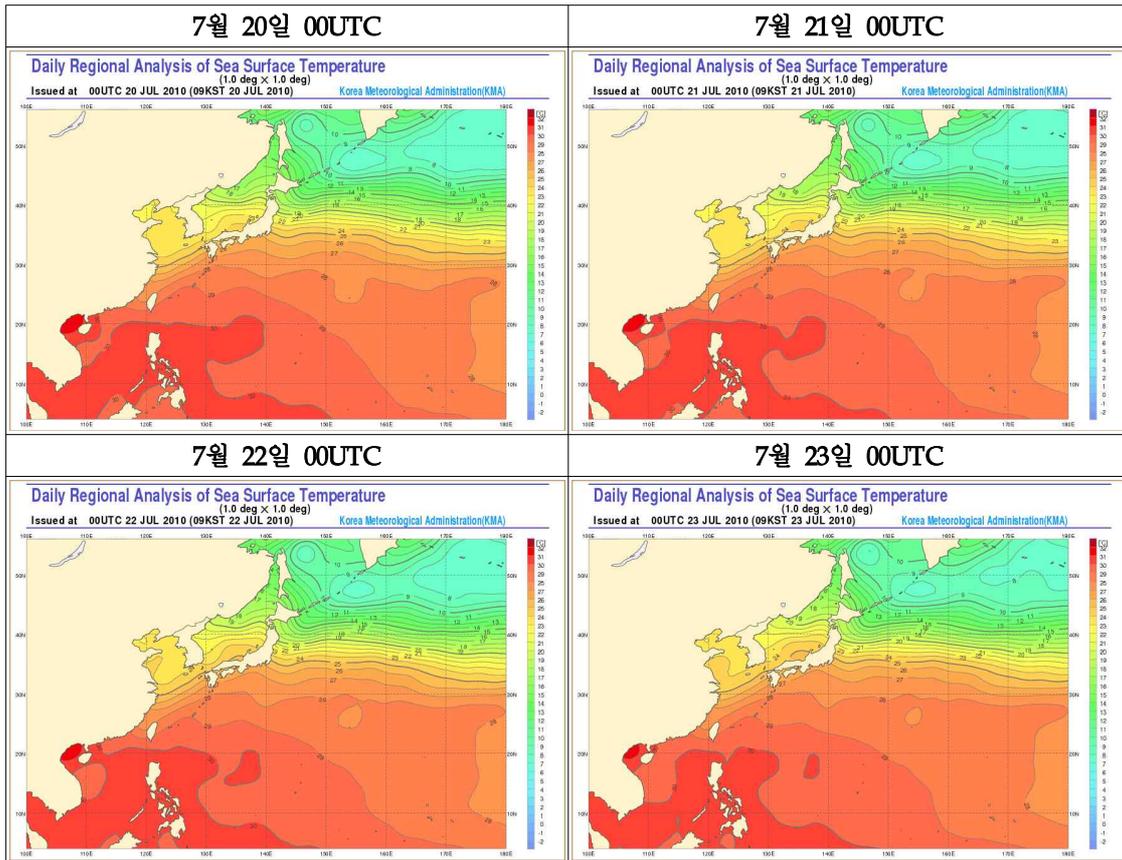


— 북태평양고기압이 화남지역까지 확대되어 있으며, 점차동쪽으로 축소되는 경향을 보였다.

3.3.4 위성영상



3.3.5 해수면온도



- 태풍은 중국 내륙으로 상륙할 때까지 대부분의 시간동안 30°C 이상의 고수온 역으로 이동하였다.

3.3.7 진로 예보오차

24시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MTM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	112.9	110.9	131.5	104.8	212.7	129.2	117.6	132.1	126.2	140.6	65.0	71.1	168.3	75.5	104.7
표본수	11	22	7	24	10	10	6	11	11	6	10	10	4	6	5

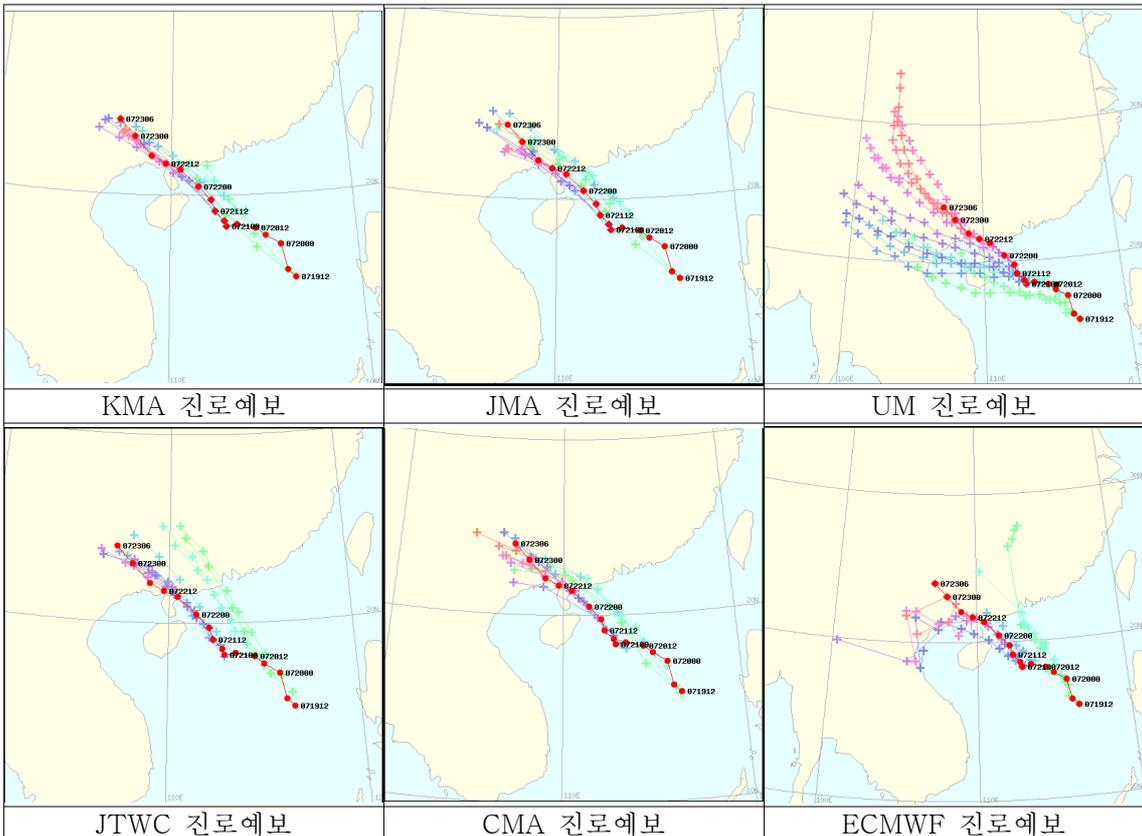
48시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MTM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	91.9	110.1	194.2	118.1	-	283.0	261.6	353.4	248.5	289.4	96.7	101.7	84.8	248.2	61.1
표본수	7	7	3	16	-	6	4	7	5	4	6	6	1	4	3

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MTM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	292.2	310.9	-	145.2	-	-	283.7	348.3	683.3	473.2	85.8	126.2	223.6	346.6	68.1
표본수	3	3	-	8	-	-	2	3	2	2	2	2	1	2	1

주) 1. JTWC 72시간 진로오차 통계 부재



기관별/모델별 진로예보

- 48시간 진로예보는 다소 늦고 동쪽으로 편향된 오차이다. UM의 경우 실제로 서쪽으로 예측하였다.

3.4 제5호 태풍 ‘민들레(MINDULLE)’

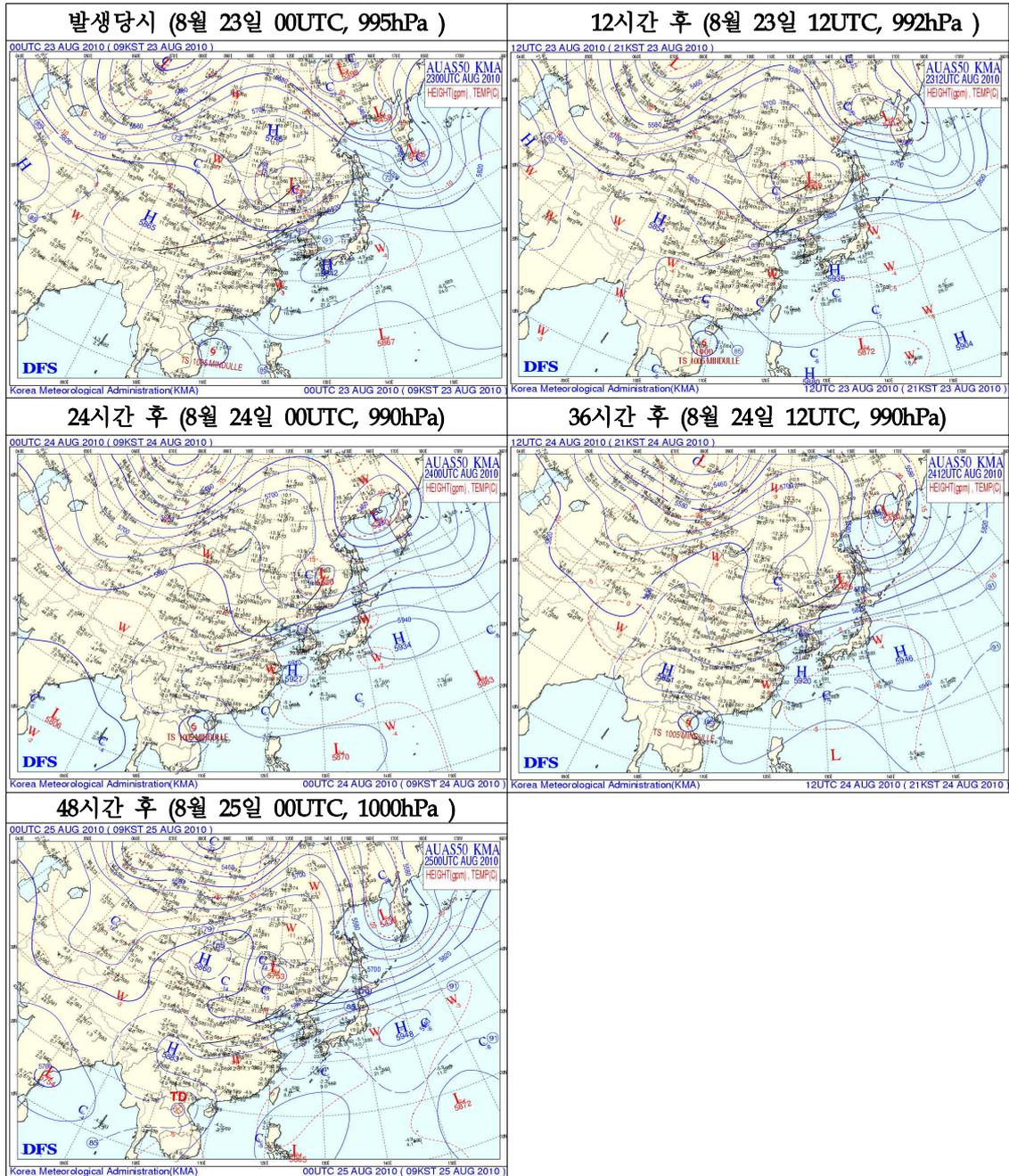
3.4.1 특징요약

- 생존기간이 48시간으로 짧은 태풍이다.
- 북태평양고기압이 서쪽으로 확장하고 있어 태풍은 전향하지 못하고 고기압의 가장자리를 따라 북서진하여 하이난섬 남서쪽을 지나 베트남 하노이 남서쪽 약 280km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.
- 해상에서 에너지를 받아 발달하였고, 24일 12UTC에는 기압은 990hPa 이지만 구름은 급격히 와해되고 기압도 상승하고 있다.
- 태풍은 29℃의 고수온 역으로 이동하고 있지만 육상과 가까이 있어 크게 발달하지는 못하고 약 소형으로 세력을 유지하다가 육상에 상륙하면서 급격히 약화되었다.
- 모델에서는 하이난섬 남서쪽을 지나 하노이 남서쪽에서 소멸하는 것으로 예보하여 진로는 비슷하나 위상 차이가 있었다.

3.4.2 태풍정보

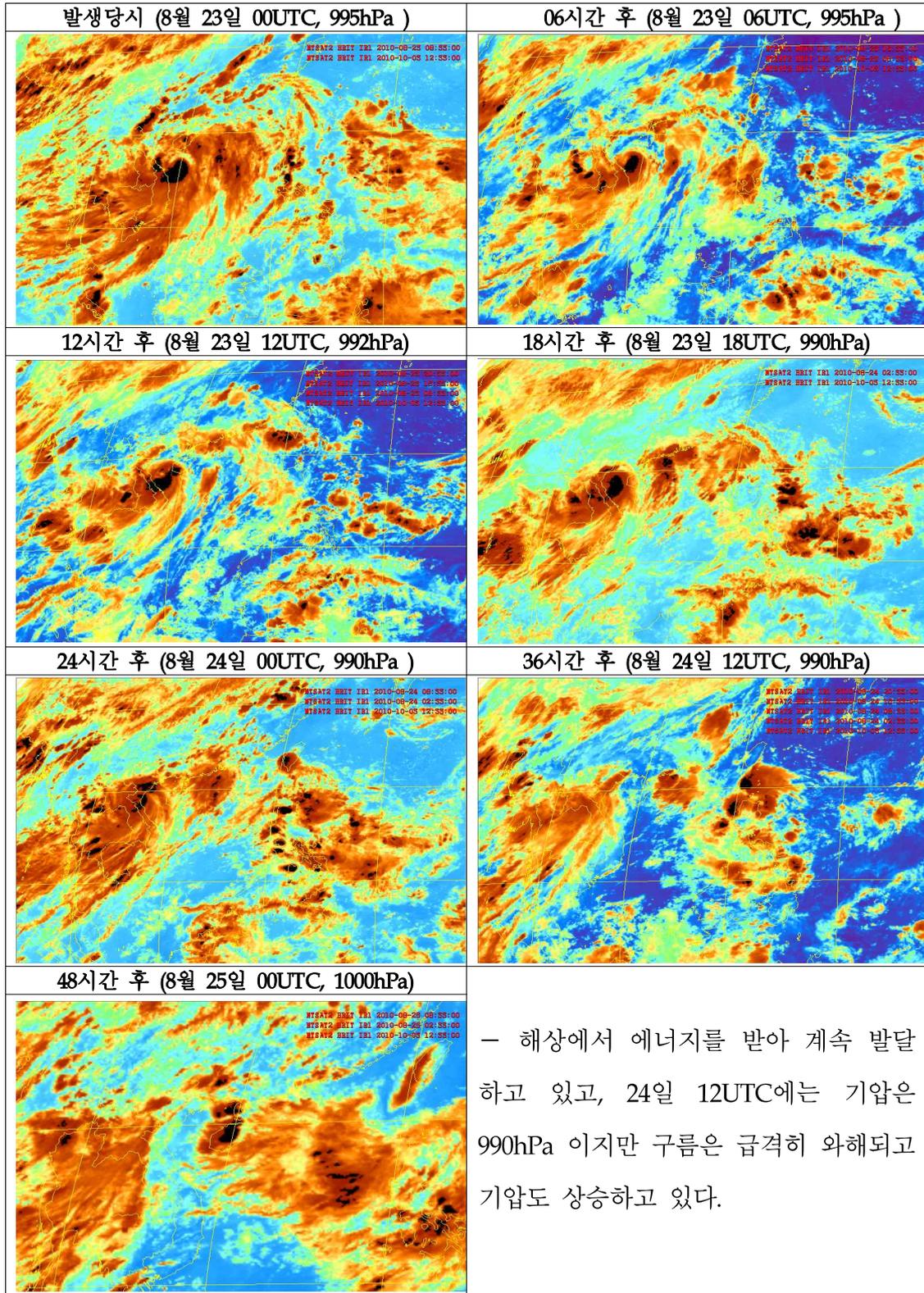


3.4.3 종관상황

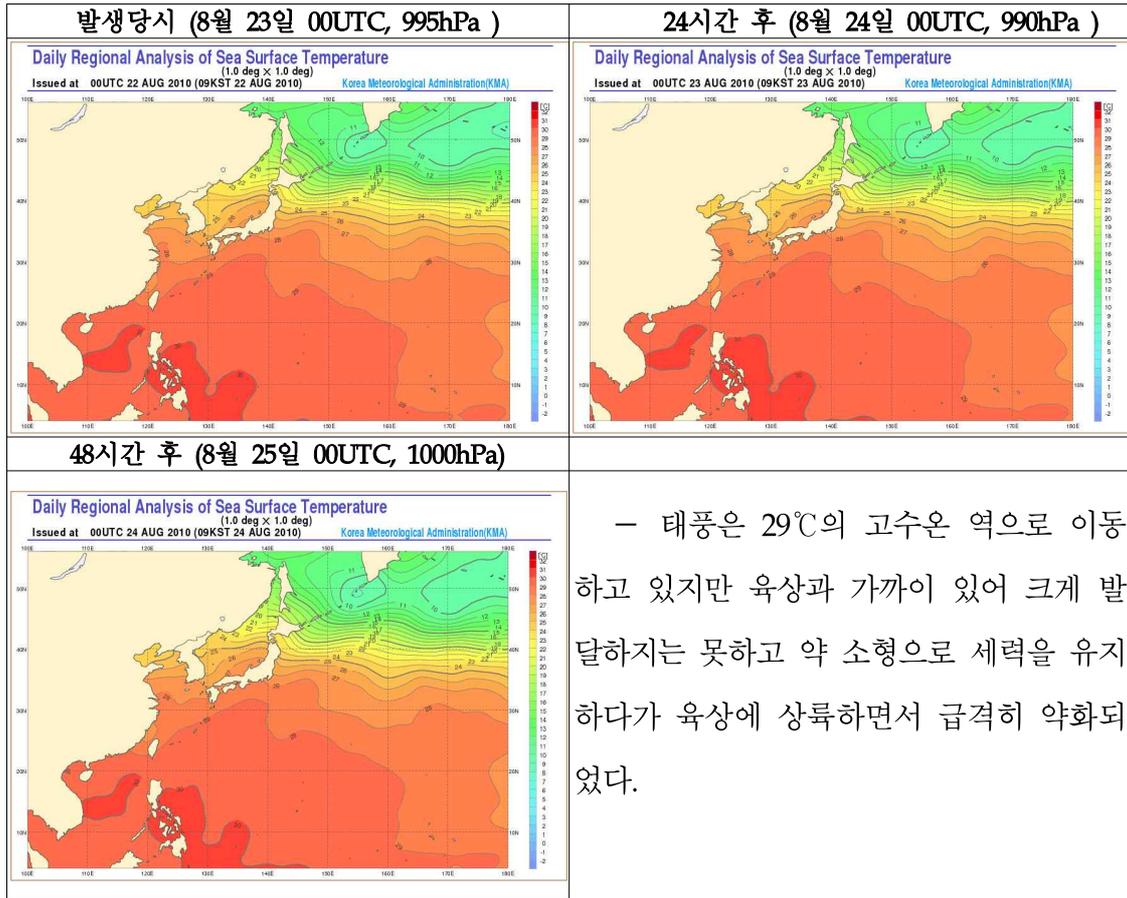


- 8월 23일 00UTC에서 25일 00UTC까지 계속 서쪽으로 확장하고 있어 태풍은 전향하지 못하고 고기압의 가장자리를 따라 북서진하여 하이난섬 남서쪽을 지나 24일 10:30UTC에 베트남 하노이 남쪽 200km 해안에 상륙하여 25일 00UTC에 베트남 하노이 남서쪽 약 280km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.

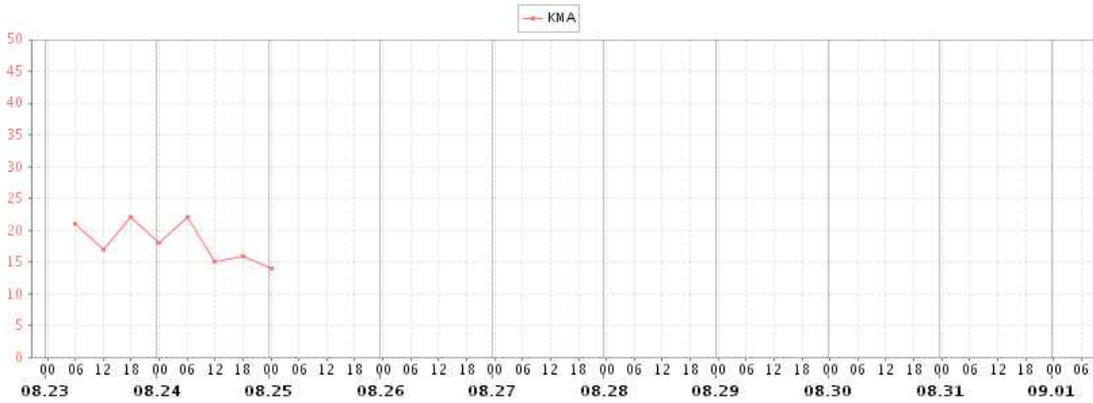
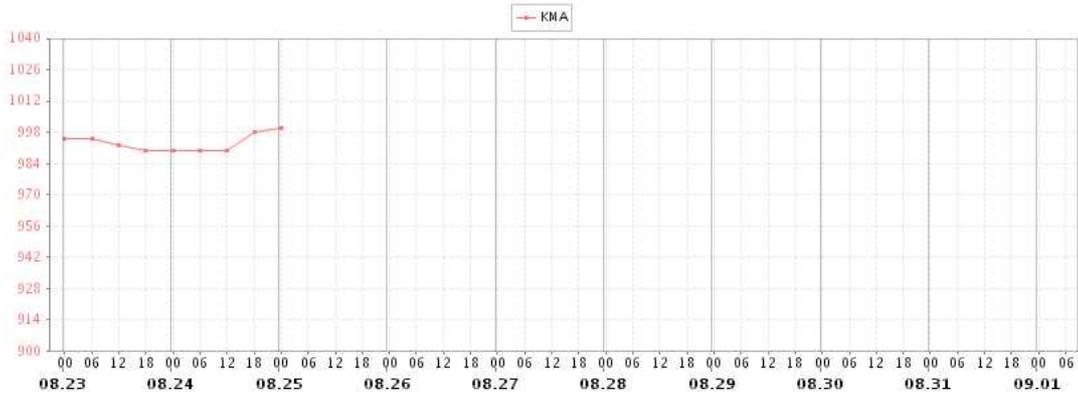
3.4.4 위성영상



3.4.5 해수면온도



3.4.6 중심기압, 진행속도 변화



3.4.7 진로 예보오차

24시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MIM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	88.4	85.6	125.3	150.1	85.0	82.5	60.4	275.3	78.1	162.1	74.0	97.6	147.7	158.3	124.4
표본수	4	8	2	4	4	3	2	4	3	1	4	4	3	2	2

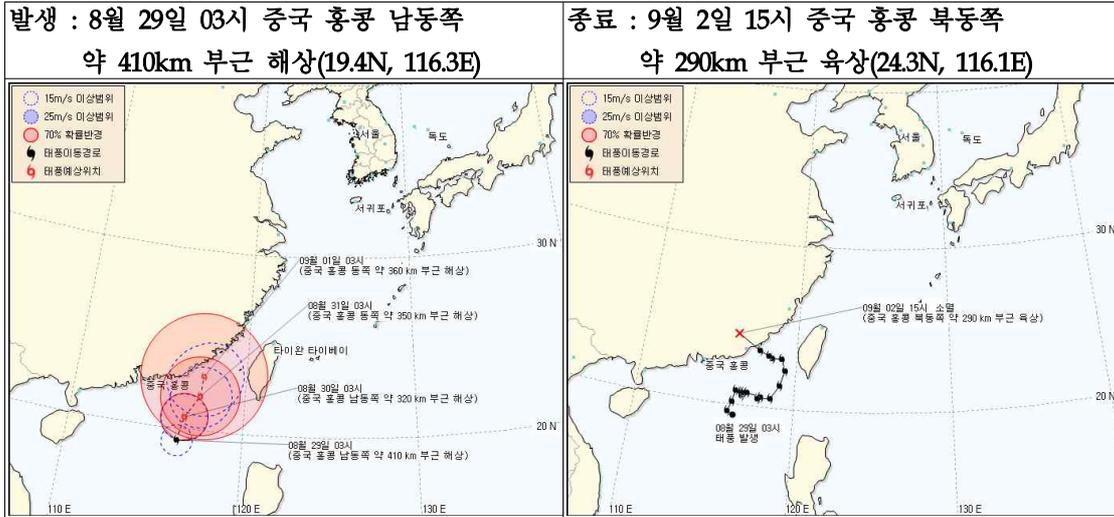
- 주) 1. 예측자료의 개수와 시점이 상이하여 유의미한 평가가 곤란.
 2. 태풍 유지기간이 48시간으로, 48시간 진로오차 통계치 부재

3.5 제6호 태풍 '라이언록(LIONROCK)'

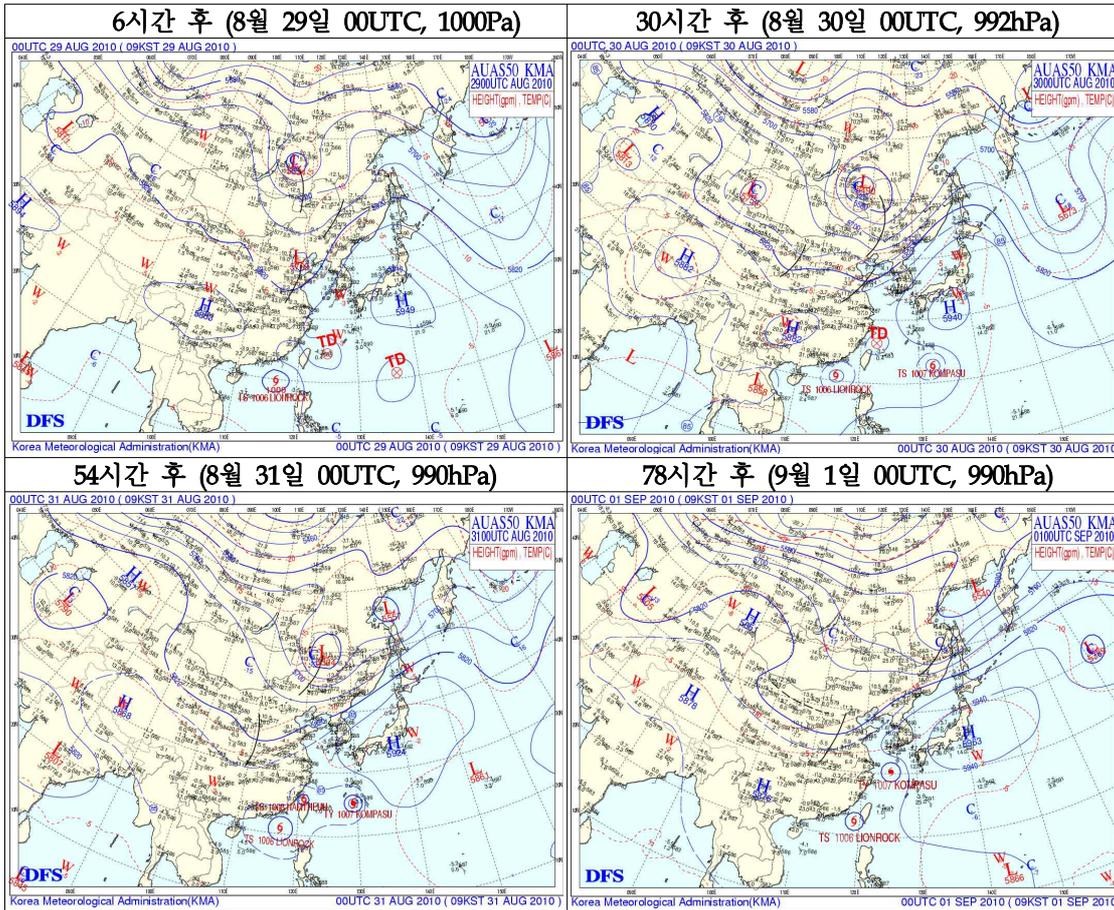
3.5.1 특징요약

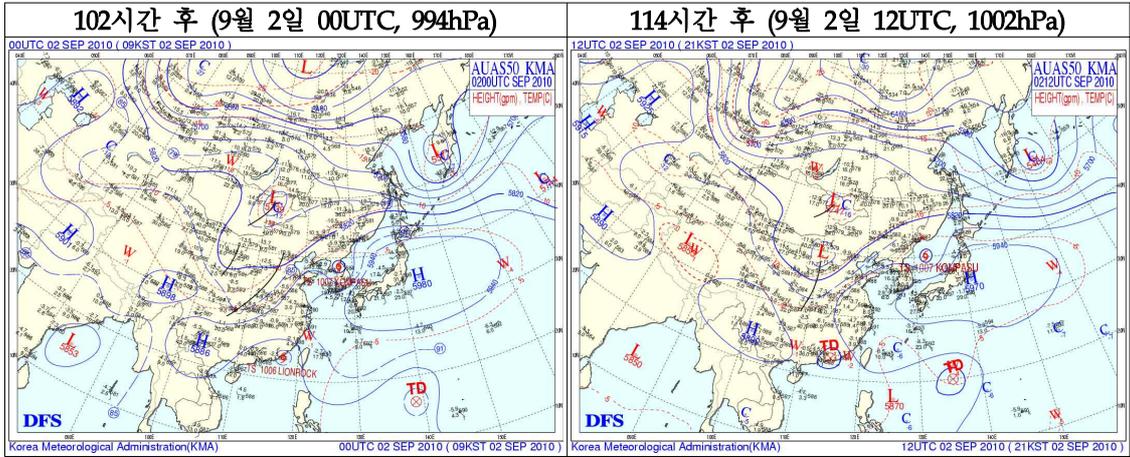
- 4일 12시간 동안 태풍으로 생존하였으며 최대 강풍반경이 250km이었던 소형 태풍이었고, 최고 강도는 8월 30일 중심기압 985hPa, 최대풍속 27m/sec에 도달하여 중급 태풍이었다.
- 태풍의 진로는 좌우가 뒤집어진 S자 모양으로 8월 30일까지 북진하다가 동쪽으로 전향하면서 진행속도가 느려졌다가 다시 빨라졌지만, 전체적으로 전 생애를 통해 해양상에서는 20km/hr 이하의 느린 속도로 이동하였다.
- 같은 날(8월 29일 21시)에 발생하여 우리나라에 중부지방에 상륙한 후 하루 늦게(9월 3일 03시) 온대저기압으로 변질된 7호 태풍 '곤파스' 때문에 관심을 끌지 못한 태풍이었다. 또한 6호 태풍 생존기간 중 8호 태풍 '남태운'이 8월 30일 21시~9월 1일 03시 사이에 존재하면서 이기간 동안에는 6, 7, 8호 3개의 태풍이 동시에 존재한 기간이 되었다. 특히 8호 태풍은 인근의 6호 '라이언록'의 진로에 후지와라 효과에 의한 영향을 미쳐 6호 라이언록의 이상 진로를 유발한 것으로 판단된다. 8호 태풍 또한 이동진로가 남서쪽이었던 이상 진로를 보였다. 한편 7호 태풍 '곤파스'는 이상 진로를 보이지 않았으며 6호 및 8호 태풍과 상대적으로 먼 거리를 유지하면서 북서진하였다.
- 태풍진로예보 정확도(48시간 기준)가 166.9km로 2010년 평균오차(207km)보다 작은 값을 보였다. 태풍이 이상 진로를 보여 예측하기 어려웠지만, 전 생애에 걸쳐 거의 정체 또는 느리게 이동하여 진로 오차가 상대적으로 적은 태풍이었다.
- 충분한 표본 수를 갖는 모델 중에서 UM 모델의 예측 정확도(115.0km, 48시간 기준)가 가장 높았으며, NOGAPS(792.5km)와 급격한 전향을 잘 모의하지 못하는 순압모델 DBAR(443.9km)의 진로 예측 정확도가 낮았다.

3.5.2 태풍정보



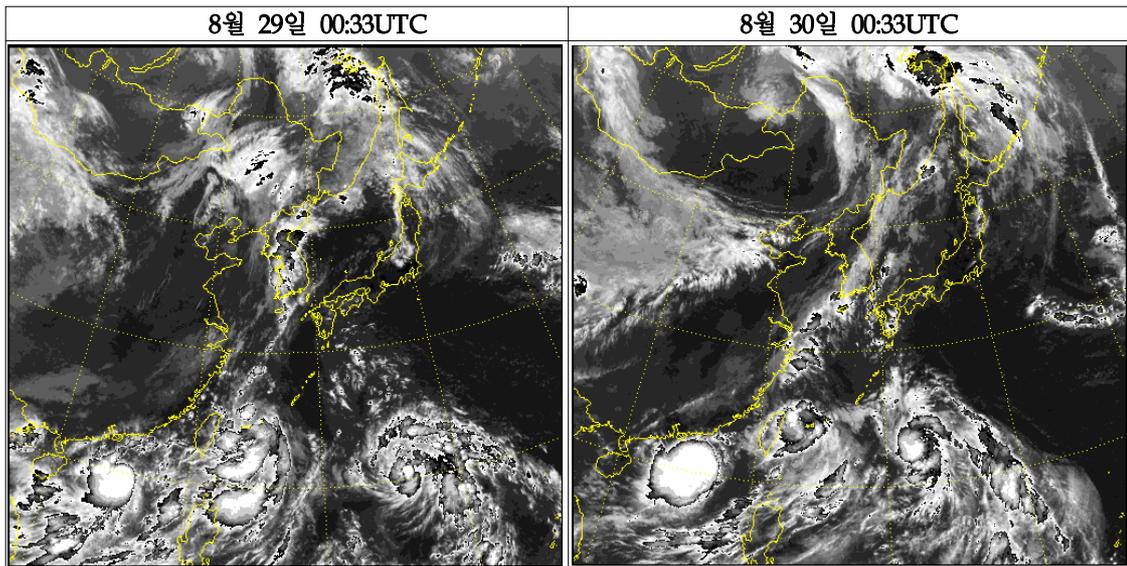
3.5.3 종관상황

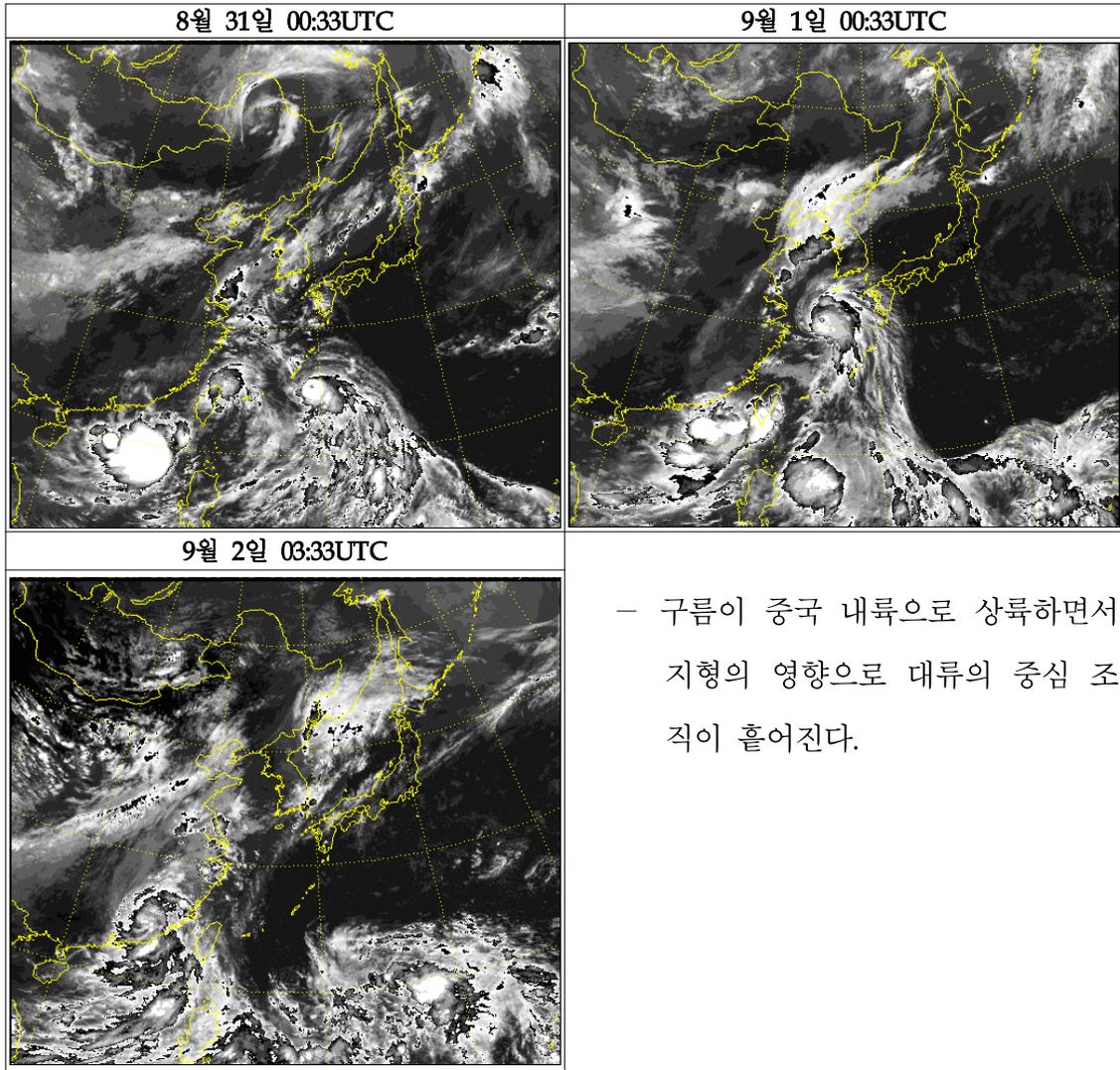




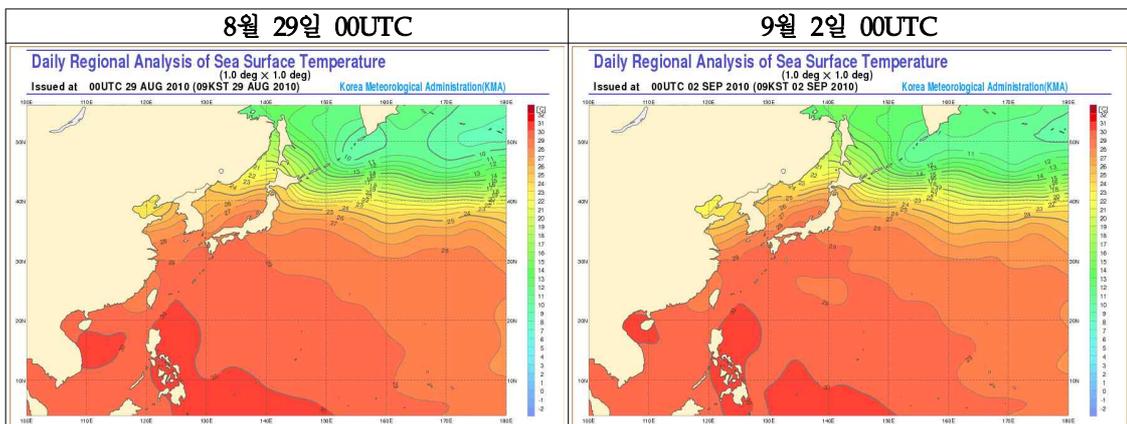
- 북태평양고기압이 일본 남쪽으로 중심을 두고 있어 상대적으로 제7호 태풍 '곤파스'보다 영향을 덜 받았고, '곤파스'가 우리나라까지 북상한 9월 2일 00UTC부터 북태평양고기압이 동서로 확장함에 따라 태풍이 북서진하였다.

3.5.4 위성영상



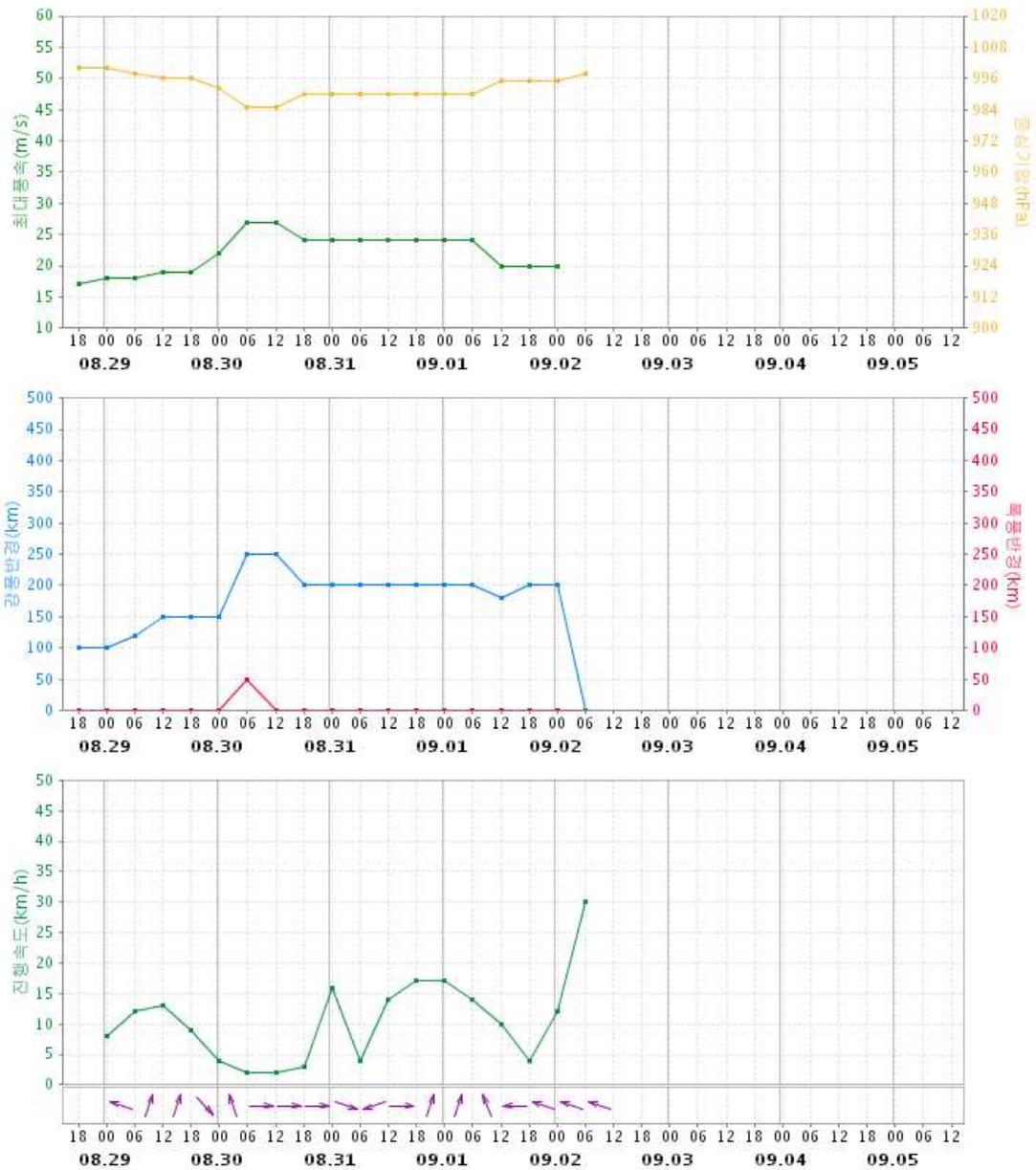


3.5.5 해수면온도



— 29°C 이상의 고수온 역이 30°N까지 북상하여 나타난다.

3.5.6 중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화



- 태풍이 최고 강도에 도달한 시간은 8월 30일 06, 12UTC이었으며, 중심기압은 985hPa, 최대풍속 27m/sec이었다.
- 6호 태풍 '라이언록'은 최대 강풍반경이 250 km이었던 소형태풍이었다.
- 태풍의 진로는 뒤집어진 S자 모양으로 8월 30일까지 북진하다가 동쪽으로 전향하면서 진행속도가 느려졌다가 다시 빨라졌지만, 전체적으로 전생애를 통해 해양 상에서는 20km/hr 이하의 느린 속도로 이동하였다.

3.5.7 진로 예보오차

24시간

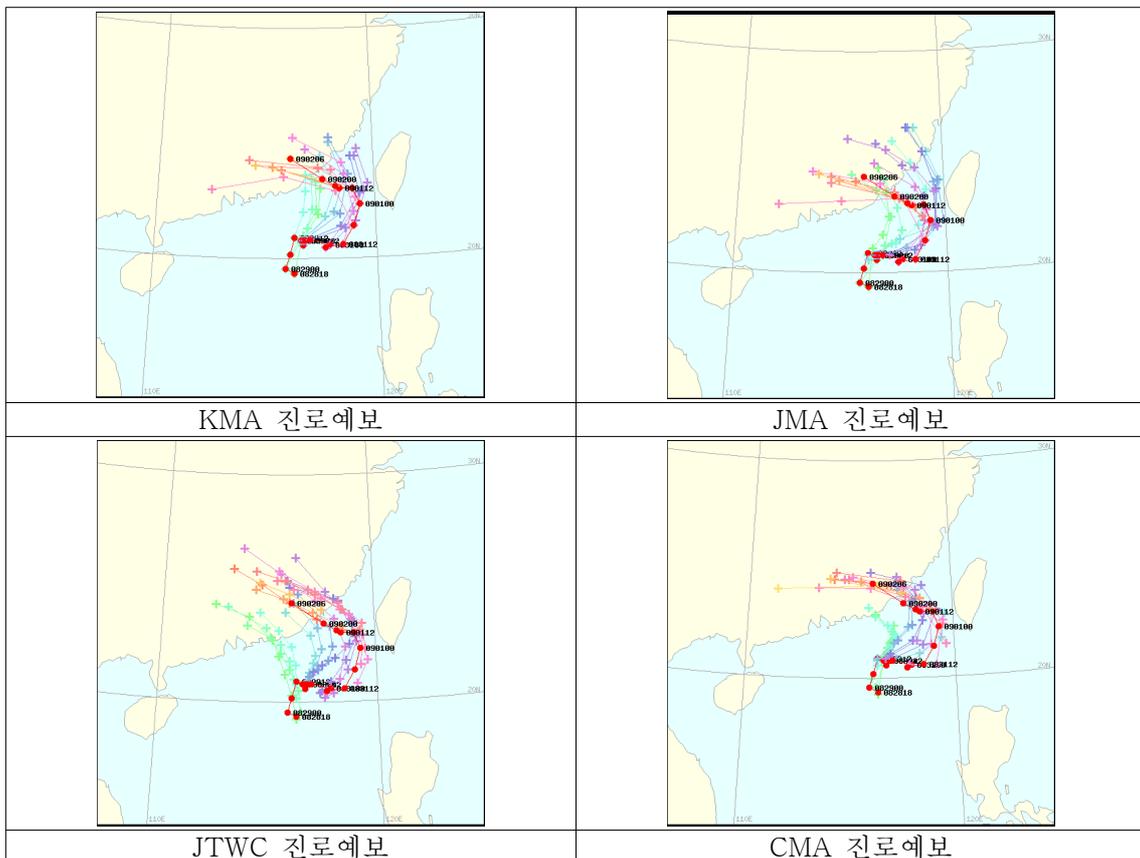
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MIM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	84.7	65.0	124.1	103.4	137.8	125.5	100.1	229.7	90.7	127.7	73.4	80.4	178.6	85.2	101.4
표본수	14	28	14	34	14	14	1	14	14	4	14	14	73	7	7

48시간

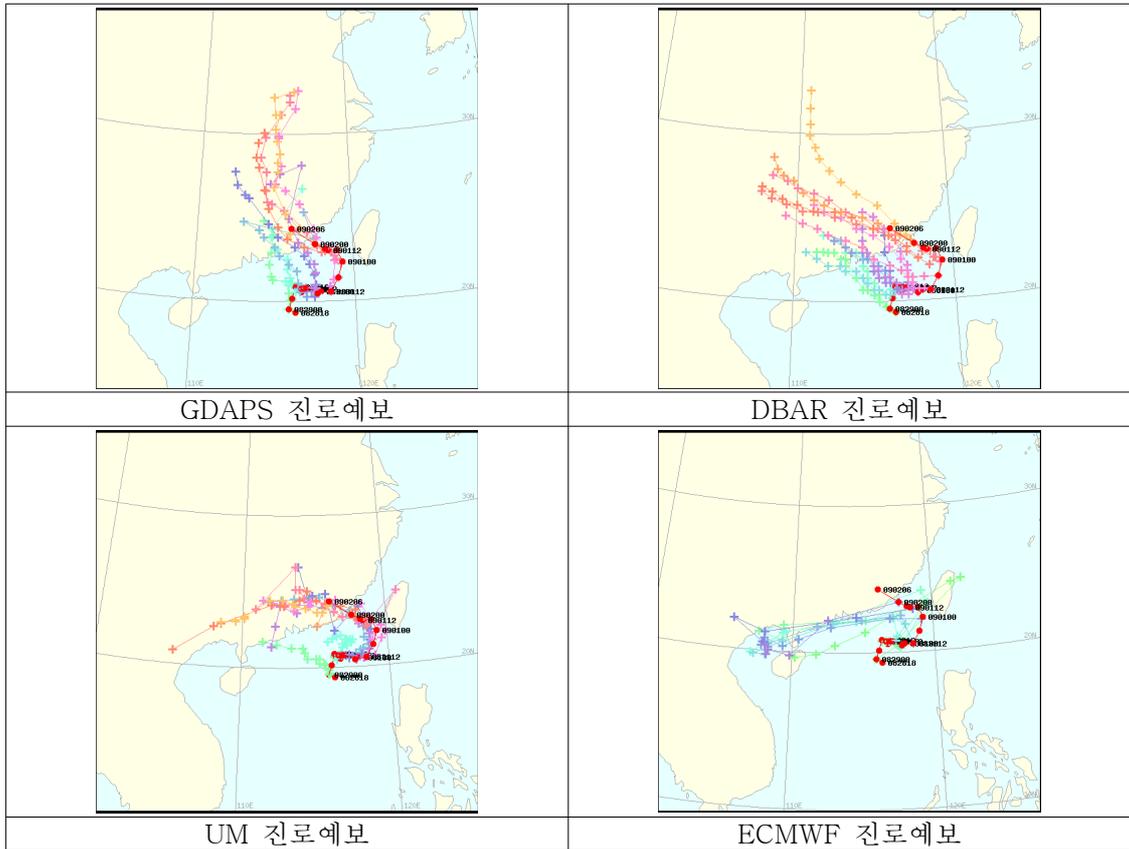
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MIM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	166.9	107.2	270.9	162.2	373.7	292.9	-	443.9	115.0	299.5	151.1	123.1	792.5	124.3	239.1
표본수	10	10	10	26	10	10	-	10	10	3	10	10	5	5	5

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	TWRF	DBAR	UM	MIM	JGSM	TEPS	NOGAPS	GFS	ECMWF
오차	197.7	171.5	441.5	257.9	102.9	-	-	672.5	306.4	525.9	261.8	149.8	974.6	282.6	214.3
표본수	6	6	5	18	2	-	-	6	6	2	6	6	3	3	3



기관별 진로예보



모델별 진로예보

- 발생초기에는 비교적 적은 오차를 보였으나 태풍이 반시계 방향으로 전향하는 진로를 예측하는데 모든 기관에서 어려움을 갖은 때문으로 예보오차가 상대적으로 컸다. JMA가 가장 빨리 태풍의 전향을 예측하였고 JTWC는 KMA보다 늦게 전향에 대한 예측을 발표하였다. 전반적으로 태풍이 빠르게 이동하지 않아 48시간 예측오차의 값은 크지 않았고 평균값 또한 크지 않았다.
- 충분한 표본 수를 갖는 모델 중에서 UM 모델의 예측 정확도가 가장 높았다. UM 모델은 급하게 반시계방향으로 전향하는 실제 진로를 가장 잘 모의하고 있음을 볼 수 있다.
- GDAPS는 대체로 북진 또는 북북서진으로 예상하였고, 순압모델인 DBAR는 서진 내지는 북서진을 예상하여 실제 전향방향과 반대로 모의하였다. ECMWF 모델은 6호 태풍 '라이언록'의 경우에는 예측 정확도가 높지 않았다.

3.6 제8호 태풍 '남테운(NAMTHEUN)'

3.6.1 특징요약

- 생존기간이 30시간인 짧은 수명을 가진 태풍으로 발생 시부터 열대저압부로 약화될 때까지 남서진하는 경향을 보였다.
- 이는 북태평양고기압의 동쪽 확장으로 고기압의 서쪽 가장자리에 있는 '곤파스'로부터 동풍 영향을 받았기 때문이다. 더욱이 중국내륙에 위치한 대륙 고기압으로부터의 북풍 및 북동풍의 영향으로 '남테운'은 북진하지 못하고 남서진하는 계기가 되었다. 그리고 '남테운'의 왼쪽에 위치한 라이언룩과 거리가 가까워지면서 후지와라 효과를 받았다. 특히 '라이언룩'은 '남테운'보다 강도가 강하여 '남테운'은 더 이상 발달하지 못하고 라이언룩에 흡수되면서 단시간만에 약화되었다.

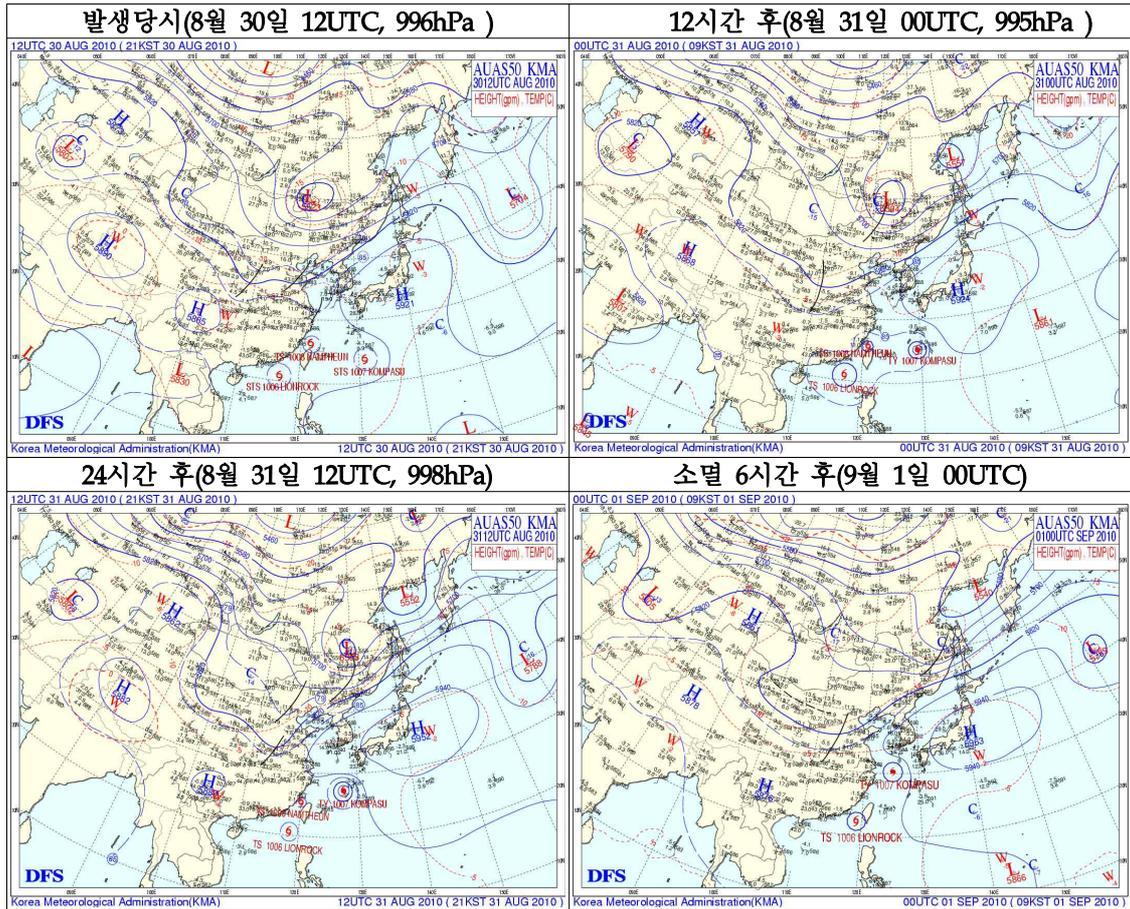
※ 가장 짧은 수명의 태풍

7429(Hester) : 짧은 수명의 태풍 1위에 해당하는 태풍으로 1974년 11월 15일 15시부터 1974년 11월 15일 21시까지 6시간(0.25일) 태풍으로 존재했다.

3.6.2 태풍정보

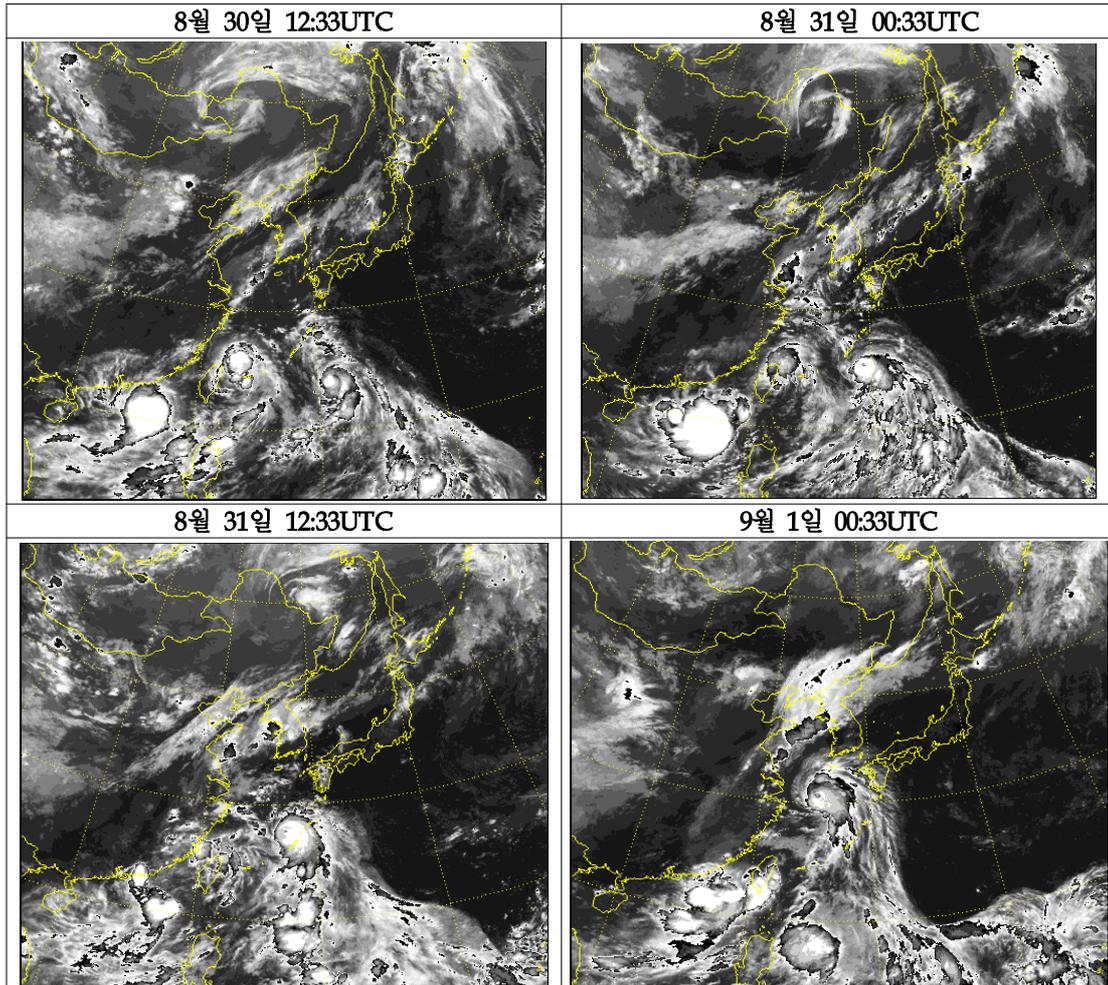


3.6.3 종관상황



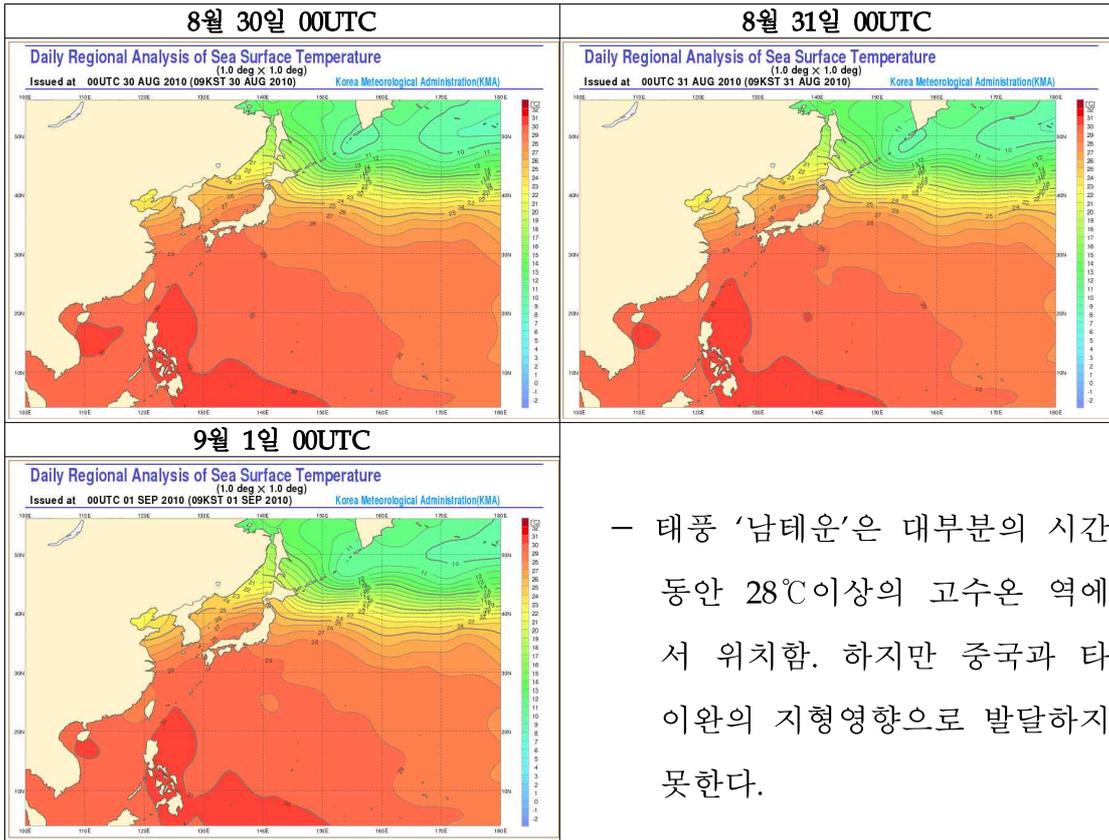
- 발생(8월 30일 12UTC): 타이완 타이베이 북북동쪽 약 140km 부근 해상에서 제6호 태풍 '라이언록'과 제7호 태풍 '곤파스' 사이에서 발생한다.
- 발생 12시간 후(8월 31일 00UTC): '남테운'의 북서쪽에 있는 대륙고기압으로부터의 북풍류와 '곤파스'로부터의 동풍류에 의해 '남테운'은 북쪽으로 이동하지 못하고 오히려 서남서진 한다. 여기서 '라이언록'은 인근에 위치한 태풍 '라이언록'에 의해 후지와라 효과를 받게된다. 특히 '라이언록'보다 세력이 약하여 '라이언록'의 순환 흐름에 영향을 받는다.
- 발생 24시간 후(8월 31일 12UTC): '남테운'은 더욱 '라이언록'과 가까워졌으며, 8월 31일 18UTC에는 중국 대륙 및 타이완의 높은 산맥과 같은 지형 영향과 '라이언록'의 세력에 흡수되며 열대저압부로 약화된다.

3.6.4 위성영상

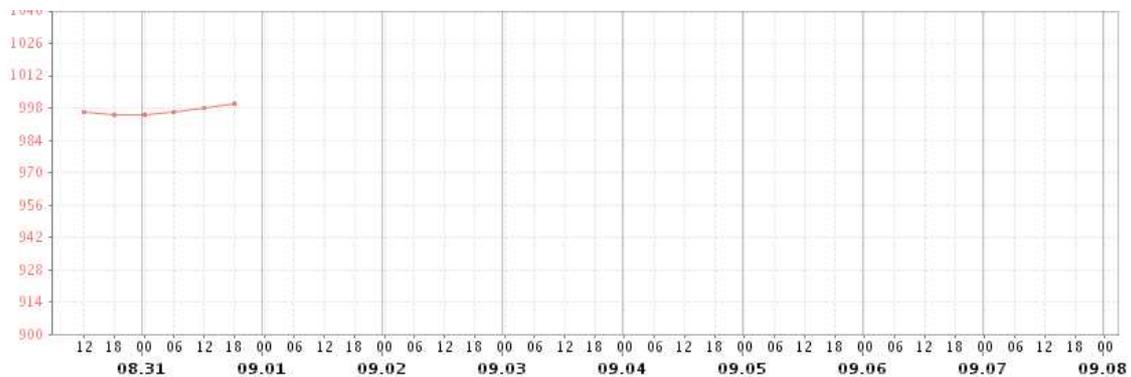


- 태풍 '남태운'이 타이완과 중국으로부터 지형의 영향을 받기전인 8월 31일 00UTC까지는 대류의 중심이 비교적 뚜렷하게 존재하나 차음 남서진하여 지형의 영향을 받는 8월 31일 12UTC에는 태풍의 형체를 알아보기 힘들 정도로 조직이 무너진다.

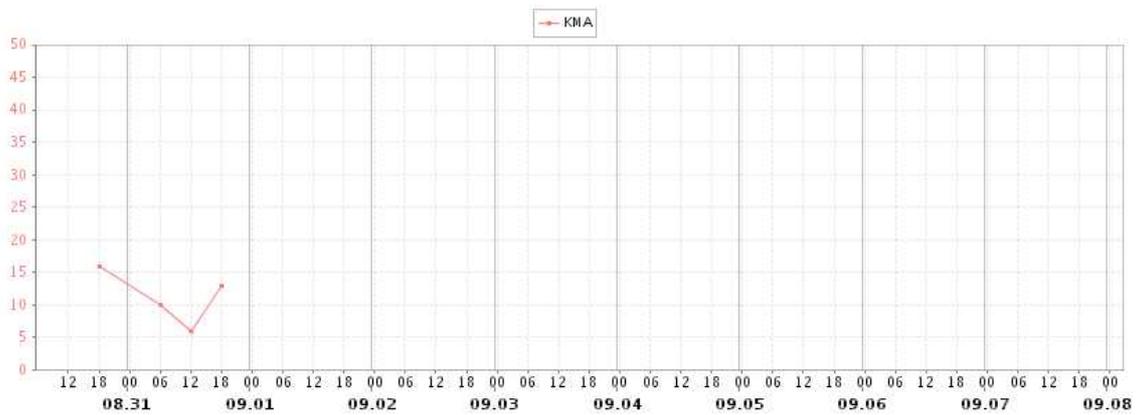
3.6.5 해수면온도



3.6.6 중심기압, 진행속도 변화



- 태풍 '남테운' 생존 기간 동안 비록 고수온 역에 위치하고 있었지만 중국과 타이완의 지형 영향으로 인해 발달하지 못하고 지속적으로 995-1000hPa 사이의 중심기압을 나타낸다.



- 태풍 '남테운'이 중국과 타이완의 지형 영향을 받기 전까지는 양 옆에 있는 두 태풍으로부터의 힘에 견제에 의해 진행속도가 느리지만 지형 영향을 받은 이후에는 이동 속도가 증가하기 시작한다.

3.6.7 진로 예보오차

- 태풍 '남테운'의 생존기간이 30시간이므로 24, 48, 72시간의 진로 예보오차가 계산되지 않는다.

3.6.8 각국 피해상황(YTN 뉴스 등)

- 타이완 : 타이완 기상당국은 해변의 관광객들을 안전한 곳으로 강제 대피시키고 각 지자체에도 강풍과 폭우에 대한 대책마련을 촉구한다.
- 한국 : 태풍 '남테운'과 '곶파스'의 영향으로 충남 부여에 호우경보가, 충남의 일부지역에 호우주의보가 발효된다.

3.7 제10호 태풍 '므란티(MERANTI)'

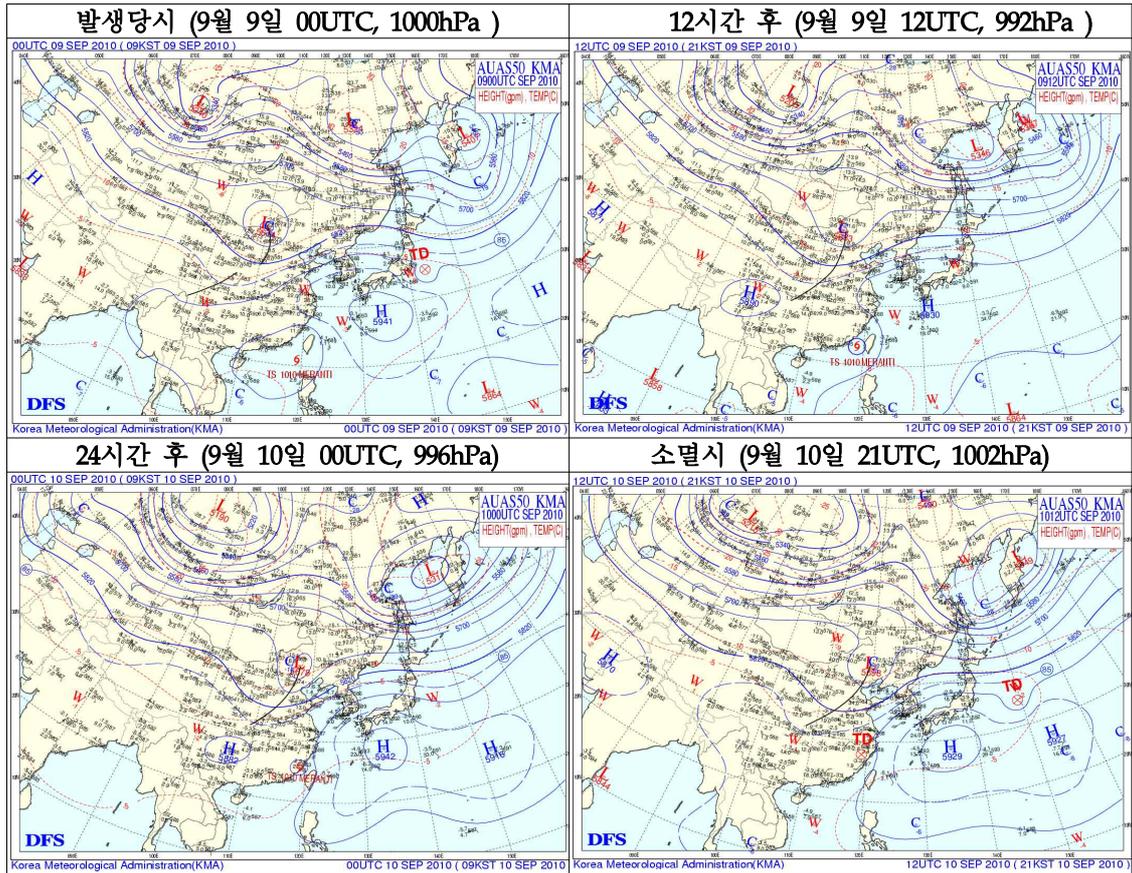
3.7.1 특징요약

- 생존기간이 1.5일인 짧은 수명을 가진 태풍으로 발생시부터 열대저압부로 약화될 때까지 북진하는 경향을 보였다.
- 이는 발해만 북서쪽에 위치한 중위도 상층 저기압의 영향으로 북태평양고기압이 서쪽으로 확장하지 못하고 대신 남북으로 두터워지는 형태를 나타냈기 때문이다.
- 태풍 '므란티'는 28℃이상의 고수온 역을 이동하면서 강도가 강해지는 듯 하였으나 중국에 상륙하면서 다시 강도가 약해졌다.
- 이 태풍은 Tropical Depression(TD)가 된 이후에 점차 북동진하여 한국에 영향을 주었다.

3.7.2 태풍정보

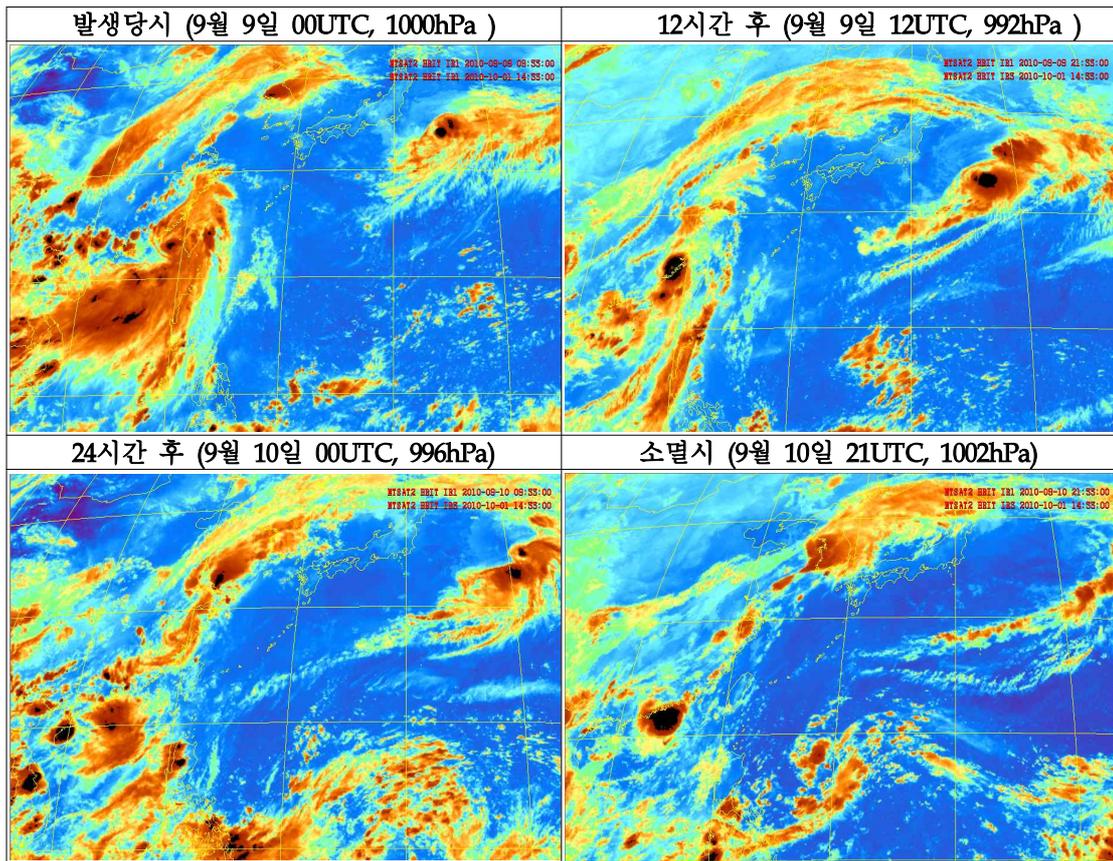


3.7.3 종관상황



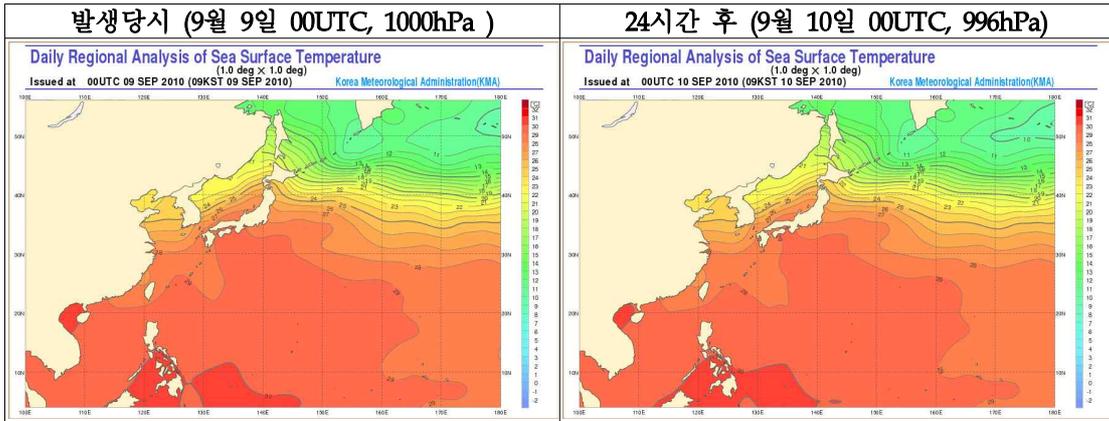
- 태풍 '프란티'가 생존해 있는 기간 동안 발해만의 북서쪽에 위치해 있는 중위도 상층 기압골의 영향으로 북태평양고기압이 서쪽으로 확장하지 못하는 대신 남북으로 두터워 지는 형태를 나타낸다. 따라서 태풍 '프란티'는 남북으로 서 있는 북태평양고기압의 영향으로 인해 지속적으로 북진하는 원인이 된다.

3.7.4 위성영상



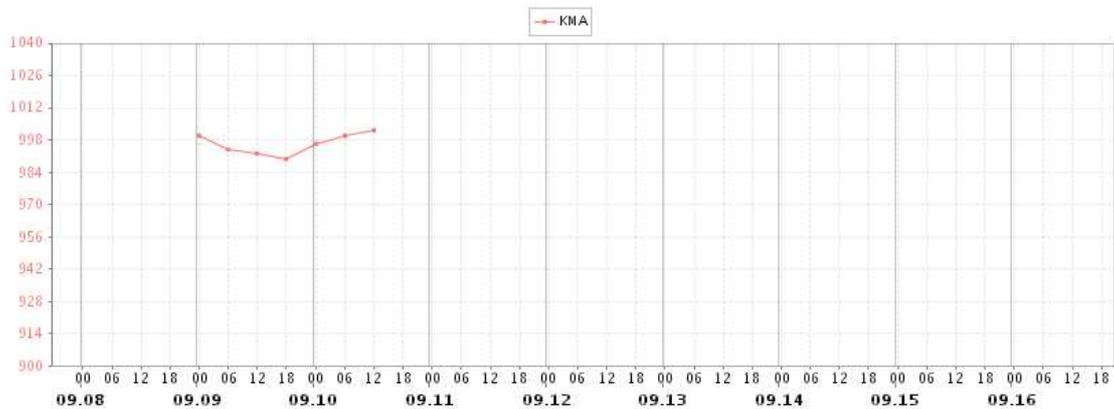
- 중국 상륙시(9월 9일 12UTC)까지 점차 발달함에 따라 태풍의 모양과 대류의 중심이 뚜렷하다. 특히 상륙 시에는 태풍의 눈이 보일 정도로 발달한다. 하지만 중국 내륙을 지나는 동안 지형의 영향으로 인해 급격히 약화된다.

3.7.5 해수면온도

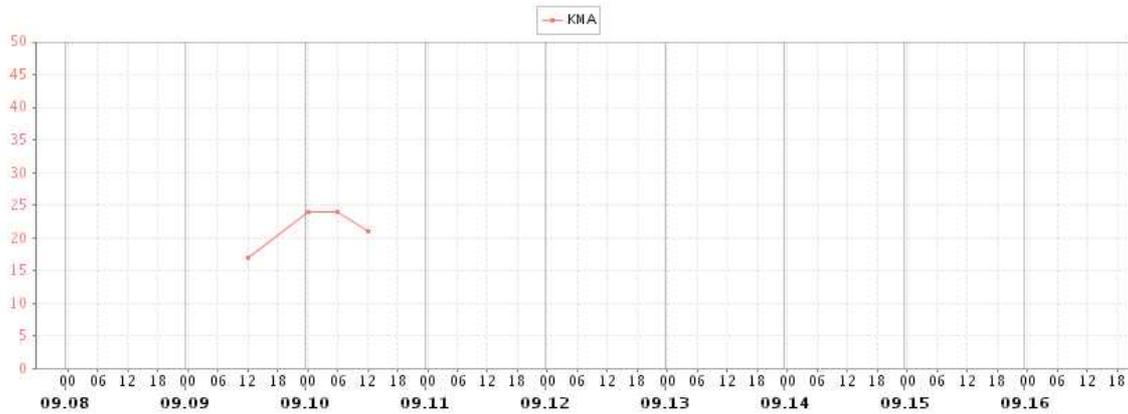


- 태풍은 중국 상륙 시까지 지속적으로 28℃이상의 고수온 역에 위치함. 하지만 강도가 강화될 만큼 이런 고수온에 위치하는 시간이 길지 못한다.

3.7.6 중심기압, 진행속도 변화



- 태풍 '므란티'가 중국에 상륙하기 전까지인 9월 9일 18UTC까지는 중심기압이 하강하는 추세를 보인다. 하지만 중국에 상륙한 이후에는 중심기압이 증가한다.



- 태풍 '므란티'가 중국에 상륙하기 전까지 강도가 강화됨에 따라 진행 속도가 빨라지는 추세를 나타낸다. 이후 9월 10일 06UTC 이후에는 오히려 속도가 느려지는데 이는 태풍이 전향하는 단계에 들어섰기 때문인 것으로 판단된다.

3.7.7 진로 예보오차

- 태풍 '므란티'의 생존기간이 1.5일이므로 24, 48, 72시간의 진로 예보오차가 계산되지 않는다.

3.7.8 각국 피해상황(YTN 뉴스 등)

- **한국** : 열대 저기압으로 약화되어 한국에 영향을 준 태풍 '므란티'로 인해 경기도에 200mm가 넘는 강우량이 기록되었으며, 강화읍에는 상가 8곳, 주택 27가구 등이 침수됨. 고양시에는 30가구가 물에 잠기고, 10곳의 도로가 통제됨. 낙뢰에 의해 전선제작 동장에 불이나 7천만원의 재산피해가 남. 서울에 호우주의보, 경기도 포천과 강원도 철원, 화천군에 호우경보 발령.
- **중국** : 4천 여명이 숨지거나 실종

3.8 제11호 태풍 ‘파나피(FANAPI)’

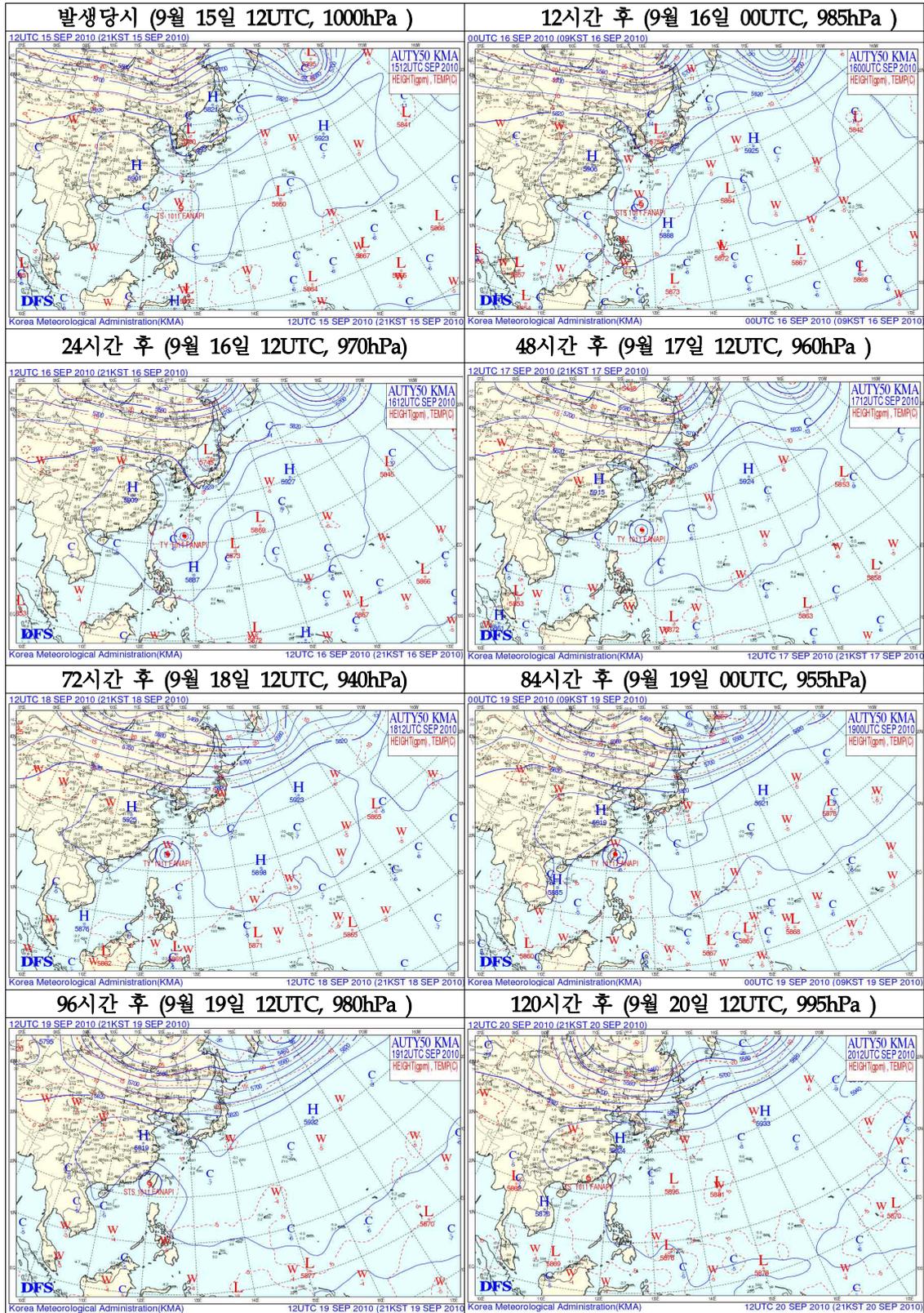
3.8.1 특징요약

- 우리나라 동해상에 위치한 저기압이 빨리 지나가지 못하여 기압골은 깊어져 9월 17일 00UTC에는 중국 중부지방의 고기압과 일본 동해상의 고기압으로 분리되어 태풍은 두 고기압 사이로 북진하다가 17일 12UTC에는 중국 중부지방의 고기압이 동쪽으로 확장하여 18일 00UTC에는 일본 동쪽해상의 고기압과 연결되어 태풍은 고기압의 가장자리를 따라 서진하여 19일 00:30UTC에 타이완 타이베이 약 150km 해안에 상륙하여 19일 12UTC에 해상으로 다시 진출하여 20일 00:30UTC에 중국 산둥주 북동쪽 약 70km 해안에 상륙하여 서진하다가 20일 18UTC에 중국 홍콩 북서쪽 약 240km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.
- 발생부터 18일 00UTC까지 29°C 영역에 있다가 북태평양고기압의 가장자리를 따라 방향을 전환하므로 그 후에는 28°C 영역에 놓였다.
- ECMWF은 초기장부터 어느 정도 일관성을 가지고 모의했고, KMA, JMA은 대만 북쪽을 통과할 것으로 모의 했지만 실황은 대만 남쪽으로 진행하여 대만 통과 후 오차가 컸다.

3.8.2 태풍정보

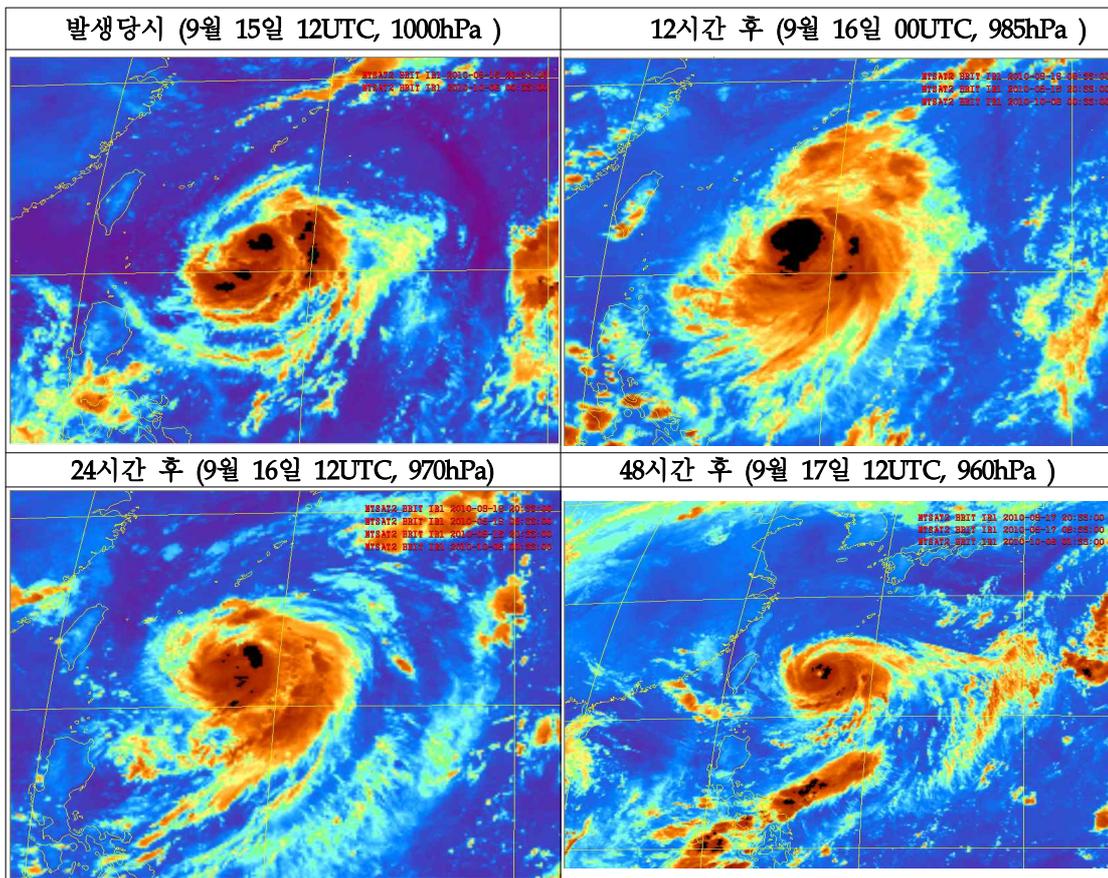


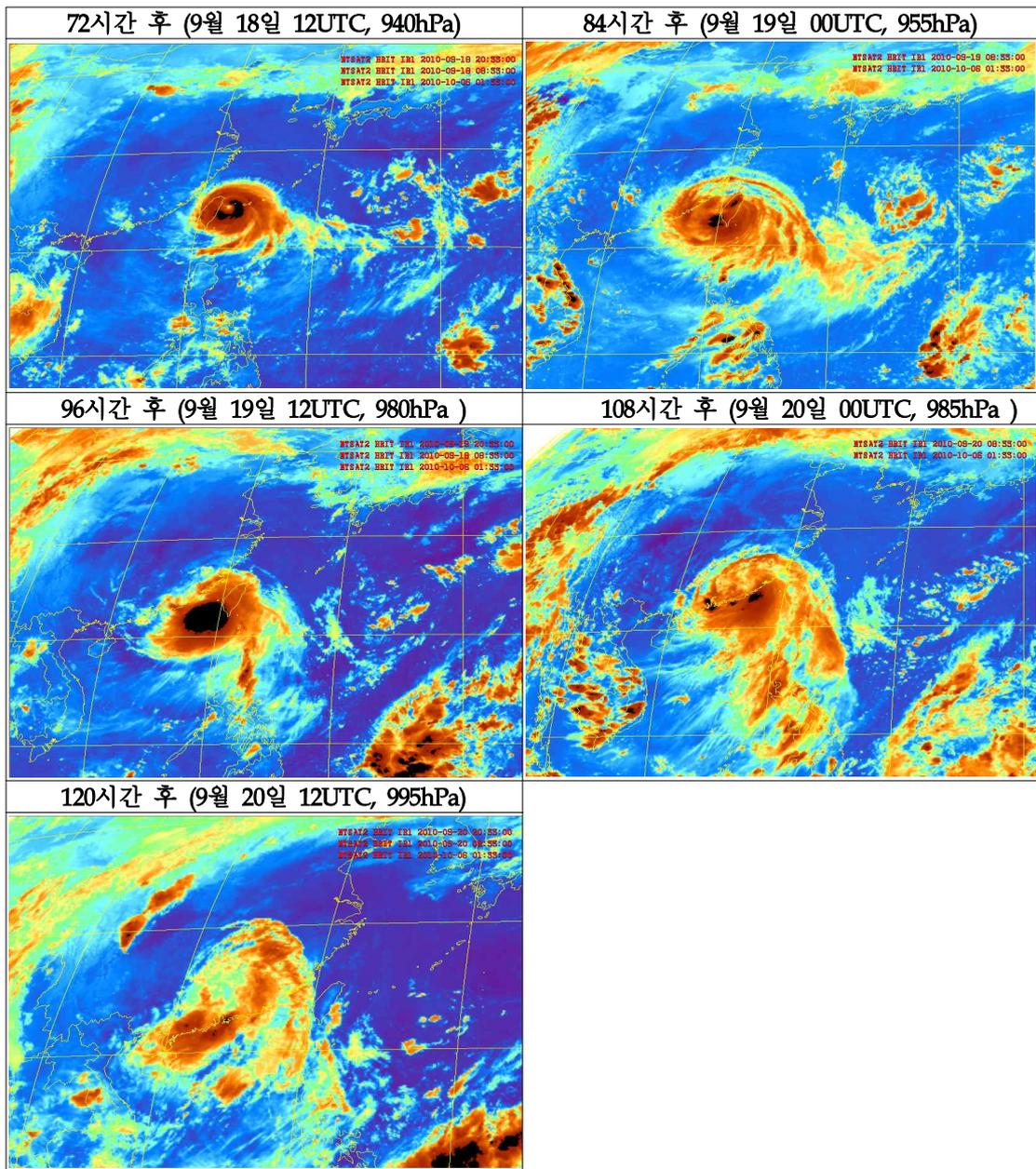
3.8.3 종관상황



- 우리나라 동해상에 위치한 저기압이 빨리 지나가지 못하여 기압골은 깊어져 9월 17일 00UTC에는 중국 중부지방의 고기압과 일본 동해상의 고기압으로 분리되어 태풍은 두 고기압 사이로 북진하다가 17일 12UTC에는 중국 중부지방의 고기압이 동쪽으로 확장하여 18일 00UTC에는 일본 동쪽해상의 고기압과 연결되어 태풍은 고기압의 가장자리를 따라 서진하여 19일 00:30UTC에 타이완 타이베이 남동쪽 약 150km 해안에 상륙하여 19일 12UTC에 해상으로 다시 진출하여 20일 00:30UTC에 중국 산터우 북동쪽 약 70km 해안에 상륙하여 서진하다가 20일 18UTC에 중국 홍콩 북서쪽 약 240km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.

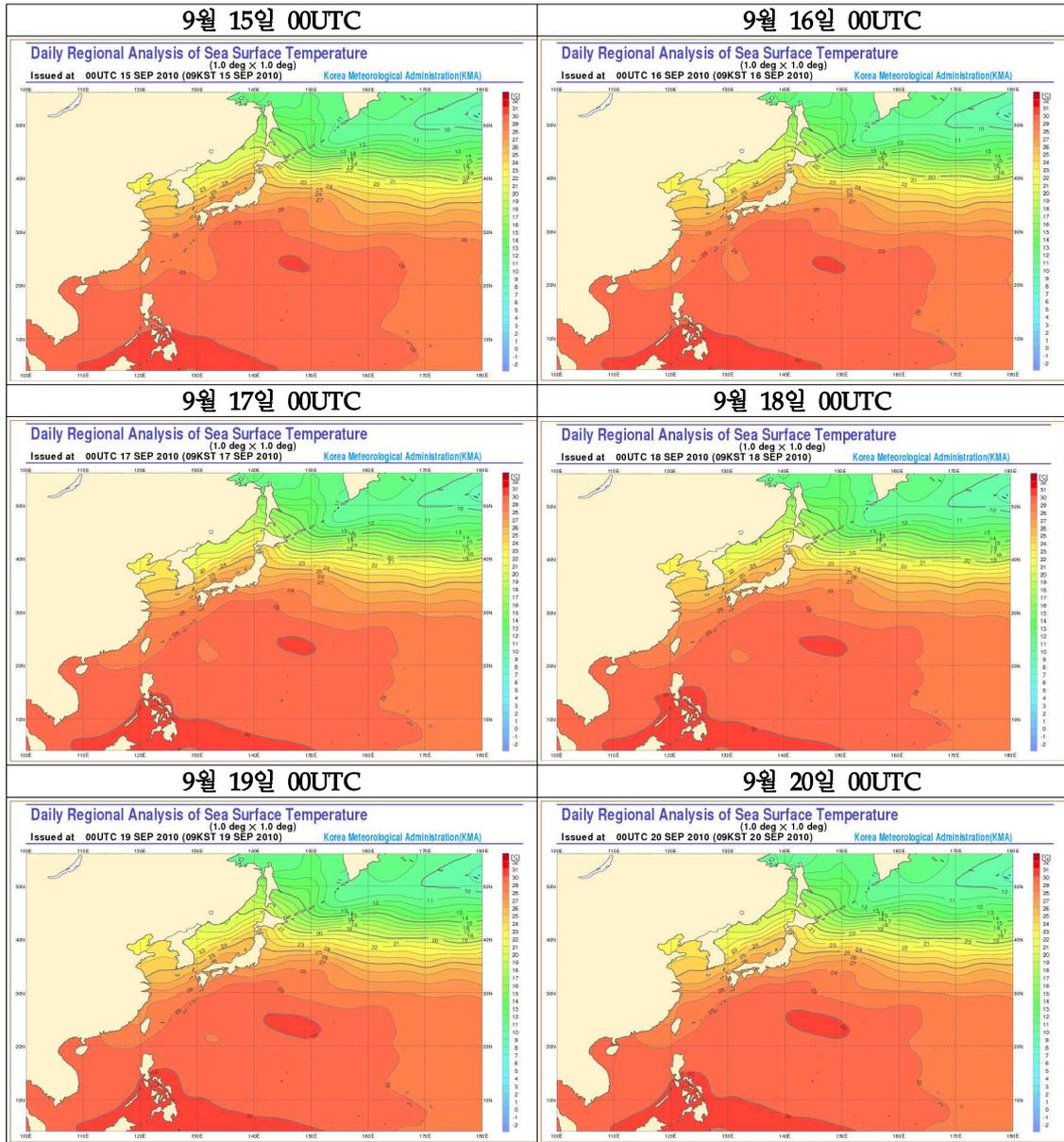
3.8.4 위성영상





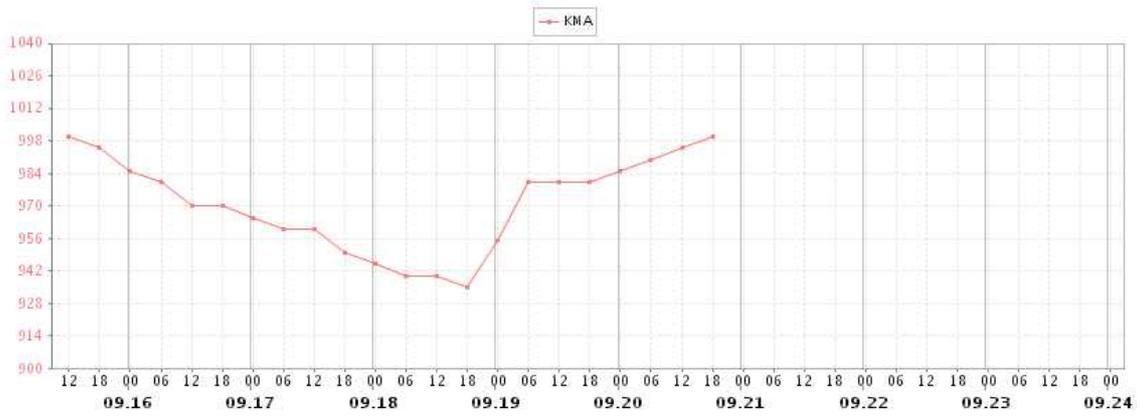
- 발달하면서 북진하고 17일 00UTC에는 태풍의 눈이 뚜렷하게 형성되고 18일 00UTC부터는 서진하여 19일 00UTC에는 타이완을 통과하면서 구름이 넓게 형성되었다가 다시 해상에서 발달하는 모습을 보이고 있다. 육상에 가까이 오면서 육상에 부딪쳐 구름이 와해되는 모습을 보이고 있다.

3.8.5 해수면온도

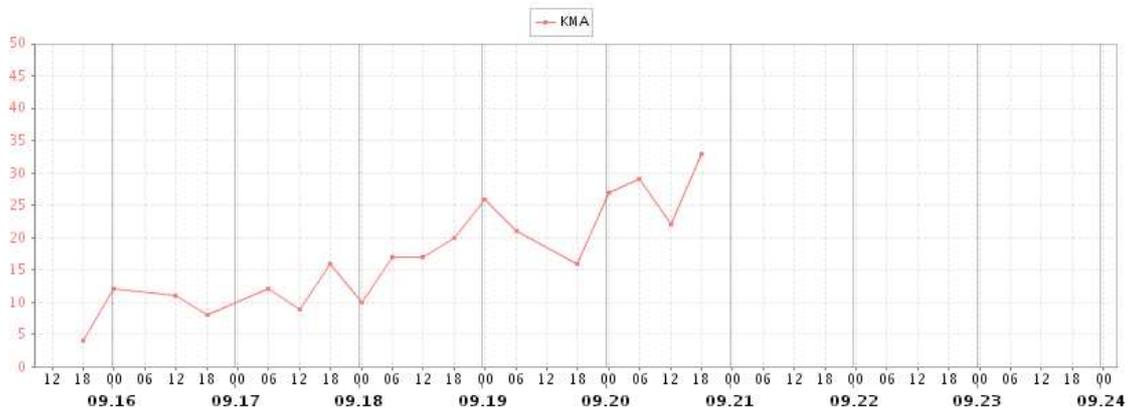


- 발생부터 18일 00UTC까지 29°C 영역에 있다가 북태평양고기압의 가장자리를 따라 방향을 전환하므로 그 후에는 28°C 영역에 있다.

3.8.6 중심기압, 진행속도 변화



- 935~1000hPa 18일 18Z에 가장 발달했고 대만을 통과 하면서 급격히 약화되었다.



- 해수온도가 28~29도 영역에서 느리게 진행하여 에너지를 공급받아 발달하면서 북동, 북서, 서풍으로 진행하다가 대만을 통과하면서 세력이 급격히 약화되고, 진행속도도 빨라진다.

3.8.7 진로 예보오차

24시간

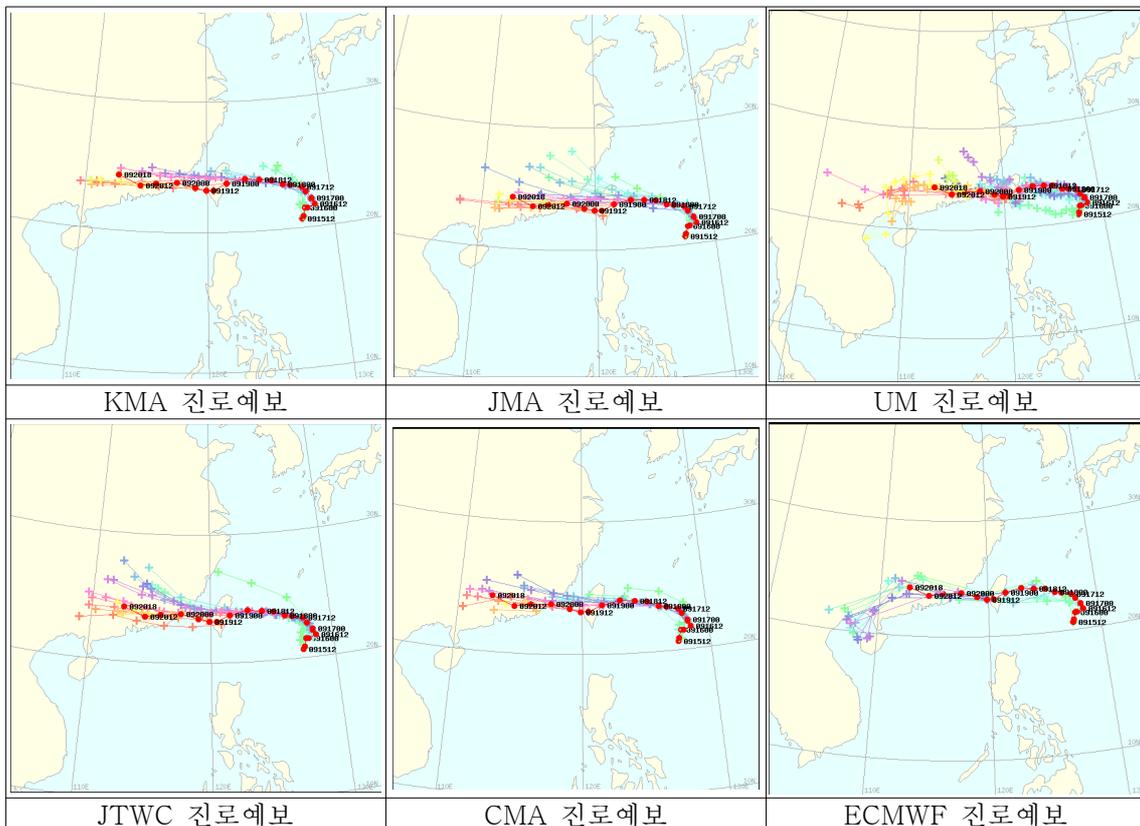
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IEFS	UM	TWRF
오차	66.9	57.4	53.8	42.2	206.6	115.7	109.0	105.0	72.9	101.1	85.3	112.9	86.4	124.1	75.8
표본수	17	34	16	22	15	15	15	13	17	9	9	9	17	18	9

48시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IEFS	UM	TWRF
오차	102.7	70.9	59.7	83.4	385.2	151.2	118.8	164.0	100.5	135.8	119.8	110.9	103.6	242.2	194.1
표본수	13	13	12	18	11	11	13	9	13	7	7	6	13	14	7

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IEFS	UM	TWRF
오차	225.9	152.4	148.4	154.6	765.5	-	303.0	261.4	178.0	214.0	164.4	153.0	158.4	222.6	362.8
표본수	9	9	8	12	7	-	8	3	8	5	5	5	9	10	5



기관별/모델별 진로예보

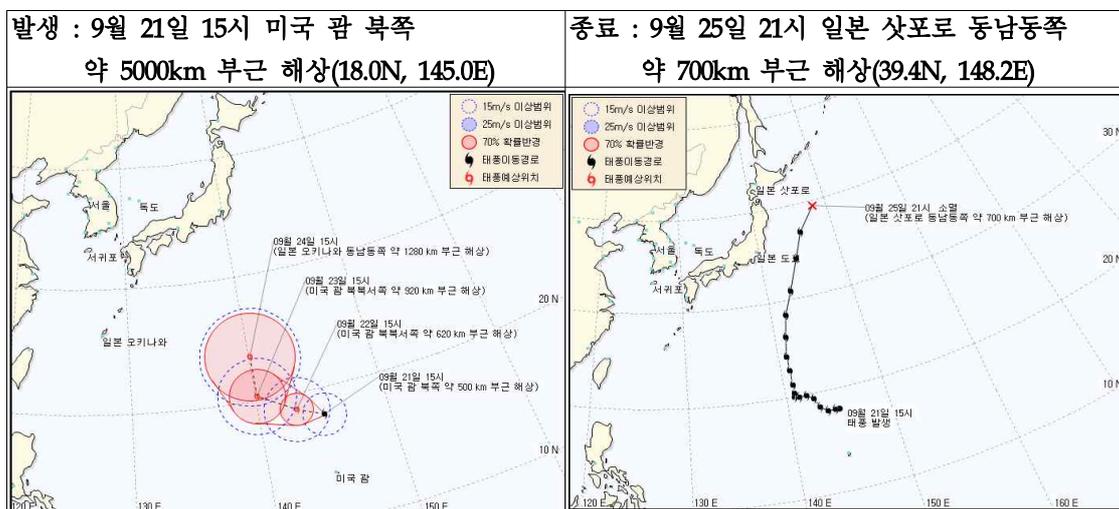
- 대만 북쪽을 지날 것으로 모의했으나 실황은 대만 남쪽으로 진행한다.
- UM은 초기장부터 오차가 크며, ECMWF는 초기장부터 일관성을 유지한다.

3.9 제12호 태풍 ‘말라카스(MALAKAS)’

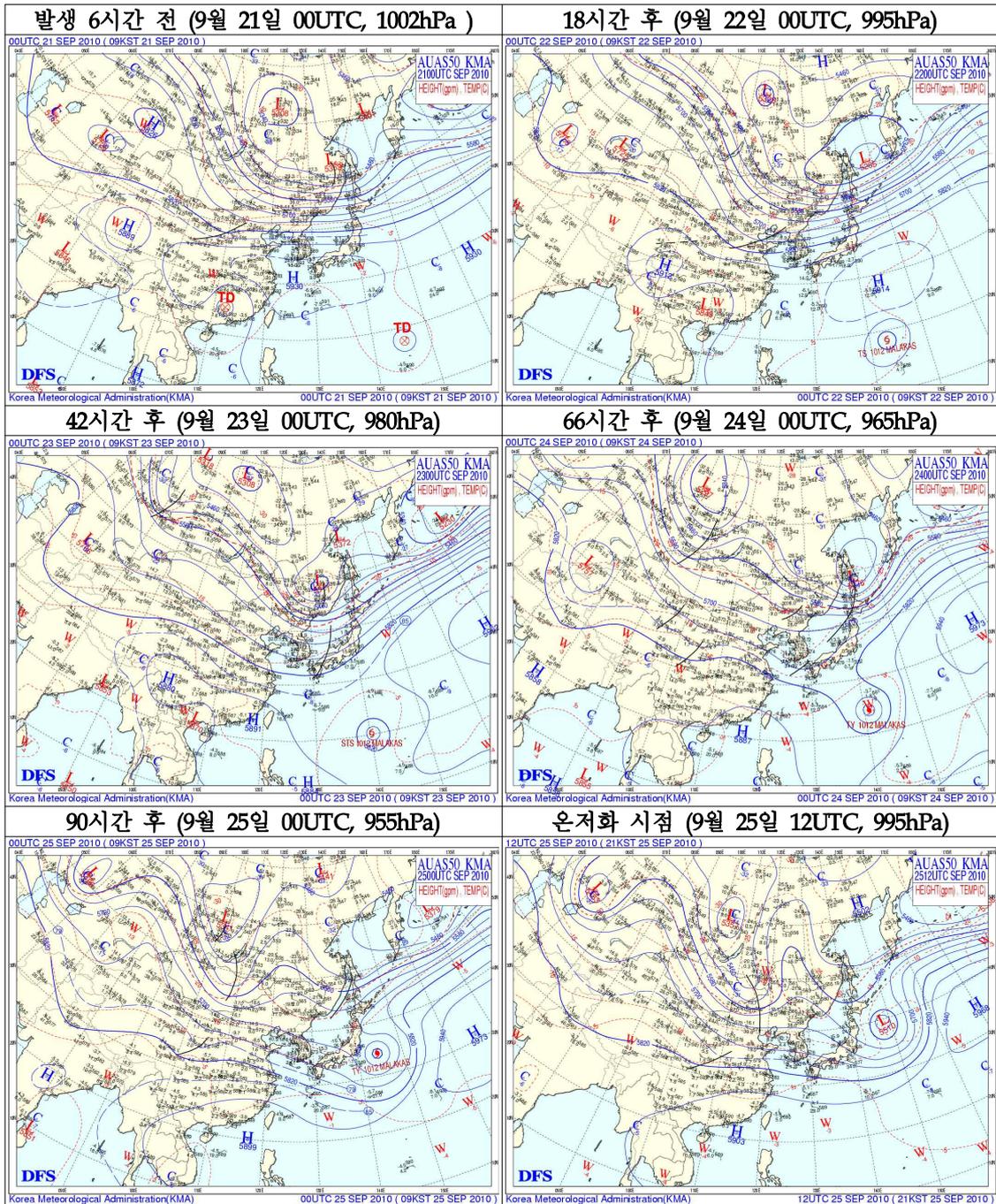
3.9.1 특징요약

- 태풍진로예보 정확도(48시간 기준)가 91.9km로 2010년 목표(207km)보다 높은 값을 보였다.
- 태풍은 발생초기 중심기압은 1002hPa로 약하지만 북쪽해상의 해수온은 29도 이상이며, 해수온도 편차는 양의 편차를 보였으며, 해양열용량지수도 높고, 연직쉬어 값도 크지 않아, 다소 발달할 것으로 예상되었으며, 35°N의 북쪽으로는 해수열용량지수와 해수온도가 낮아 태풍이 약화될 것으로 예상하였다.
- 태풍전면의 고기압의 영향으로 초기에 북서진하면서 느리게 이동할 것으로 예상하였고, 22°N 부근에서 전향하여 빠르게 북동진 할 것으로 예상된다. 이에 따라 초기의 48시간 오차가 평균 57km이었으나, 태풍이 전향하여 북동진하면서 예보보다 더 빠르게 북동진하면서 48시간 오차가 평균 340km(최고 444.8km) 오차를 보였다.

3.9.2 태풍정보

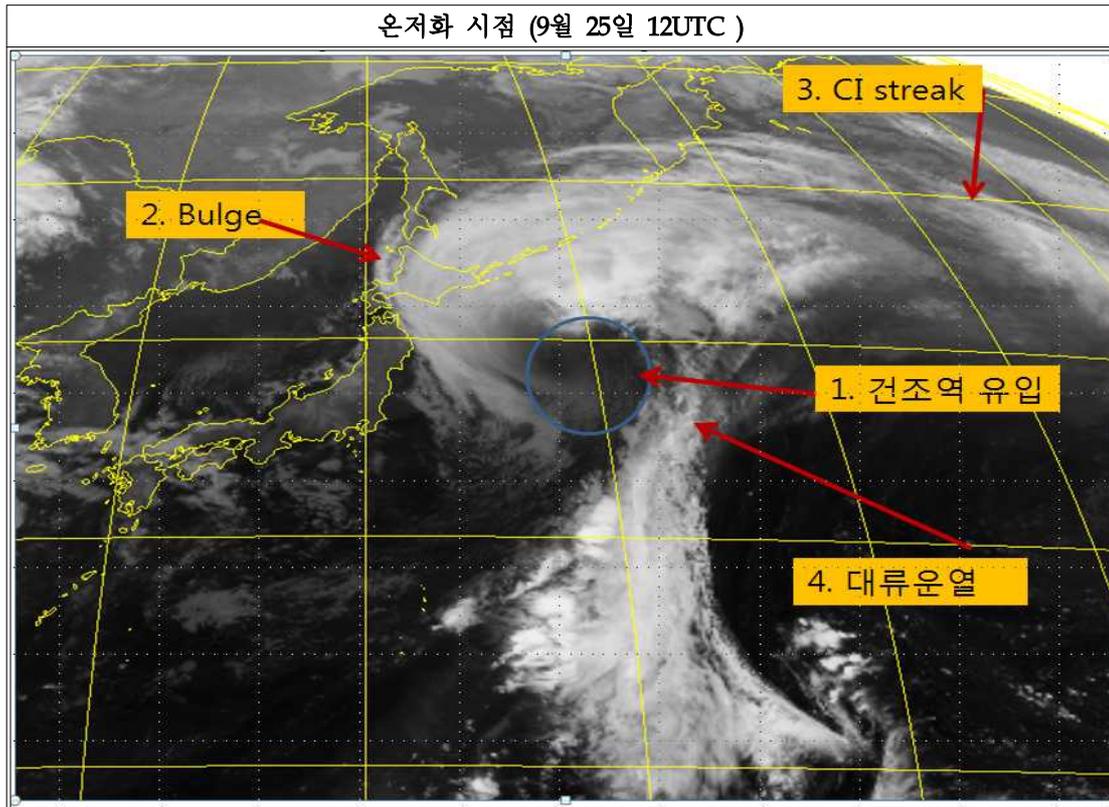


3.9.3 종관상황



— 북태평양고기압이 동쪽으로 물러나 그 가장자리를 따라 북상하였다.

3.9.4 위성영상

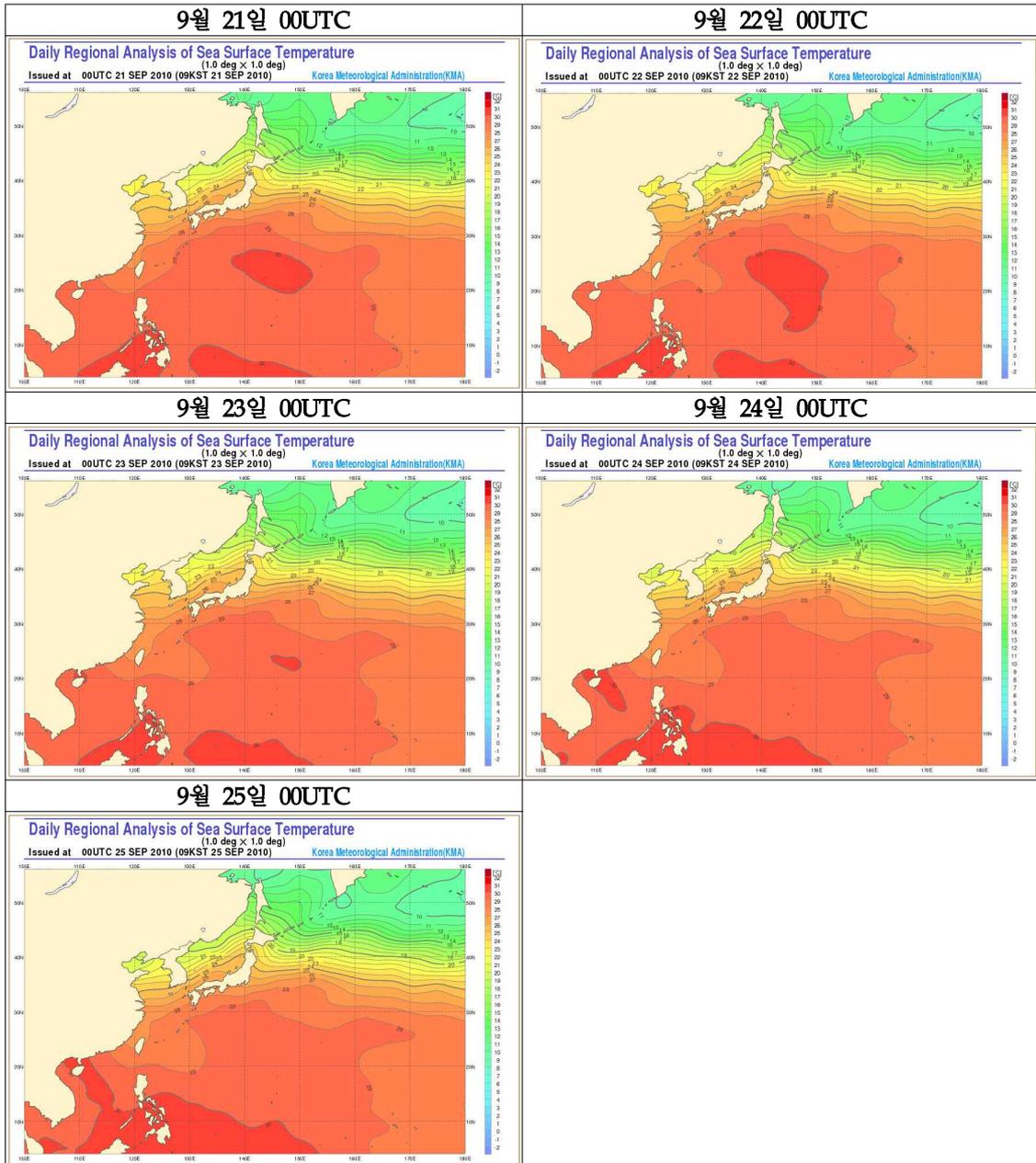


- 온대저기압 판정 흐름도 조건 중 4개를 만족하여 일본 삿포로 동남동 쪽약 700km 부근 해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

<참고자료>

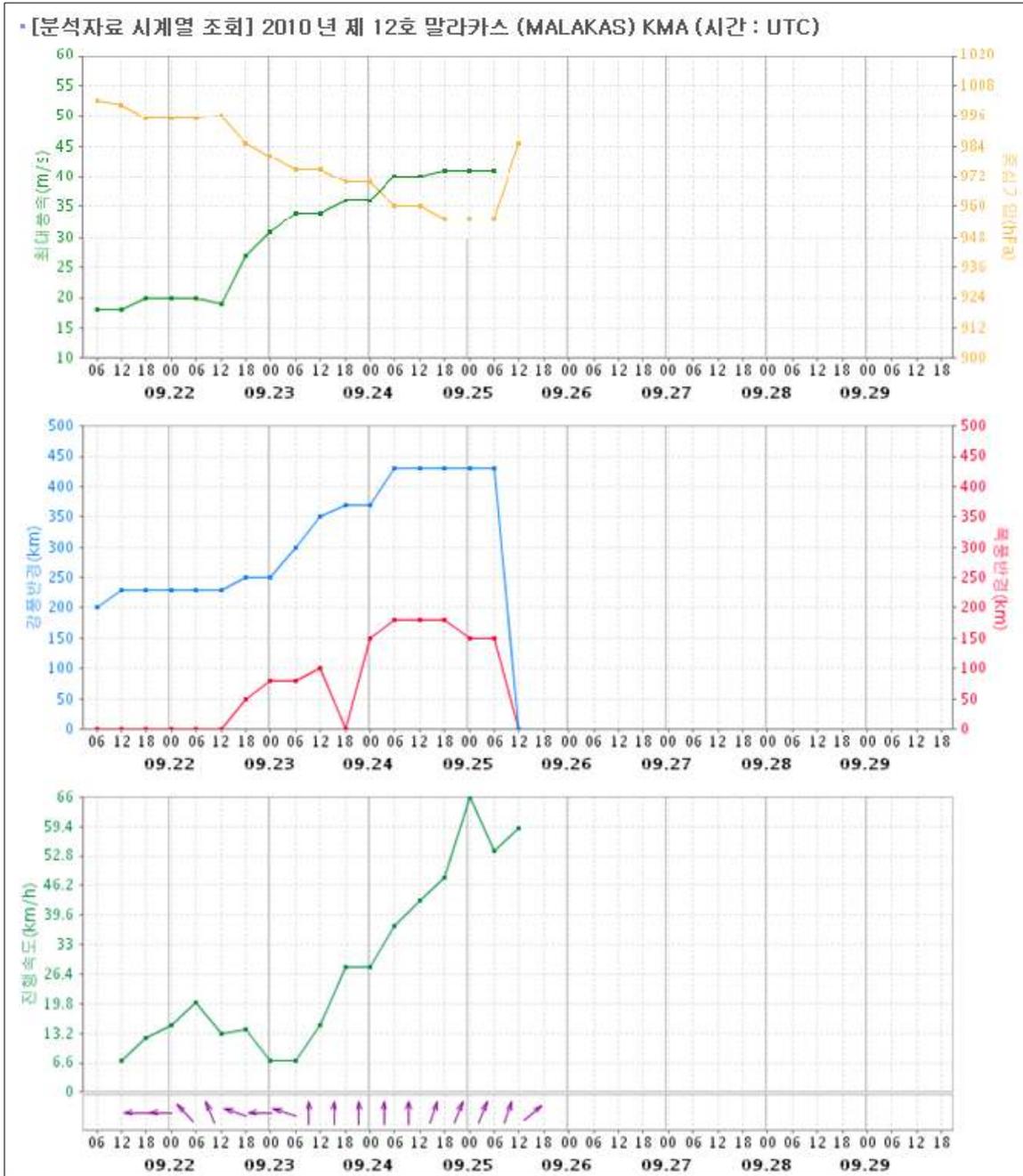
1. 국가위성센터 분석결과 상-하층 분리가 나타난다.
2. 미국(JTWC)은 25일 00UTC에 Final Warning을 발표하였다.
3. 일본은 24시간 이내(26일 12UTC 기준)에 온대저기압으로 변질 될 것으로 예상된다.

3.9.5 해수면온도



- 28°C 이상의 고수온 역이 30°N 이북까지 나타나나 태풍이 발달하기 좋은 조건을 갖추고 있다. 그러나, 일본 남쪽해역으로 점차 해수온이 낮아져 9월 24일 경에는 30°C 이상의 고수온 역이 없어진다.

3.9.6 중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화



- 태풍 '말라카스'는 고수온 역을 지나면서 온대저기압화될 때까지 지속적으로 중심기압이 낮아졌으며, 20°N이상으로 북상하면서 북쪽의 기압골의 영향을 받아 진행속도가 급격히 빨라졌다.

3.9.7 진로 예보오차

24시간

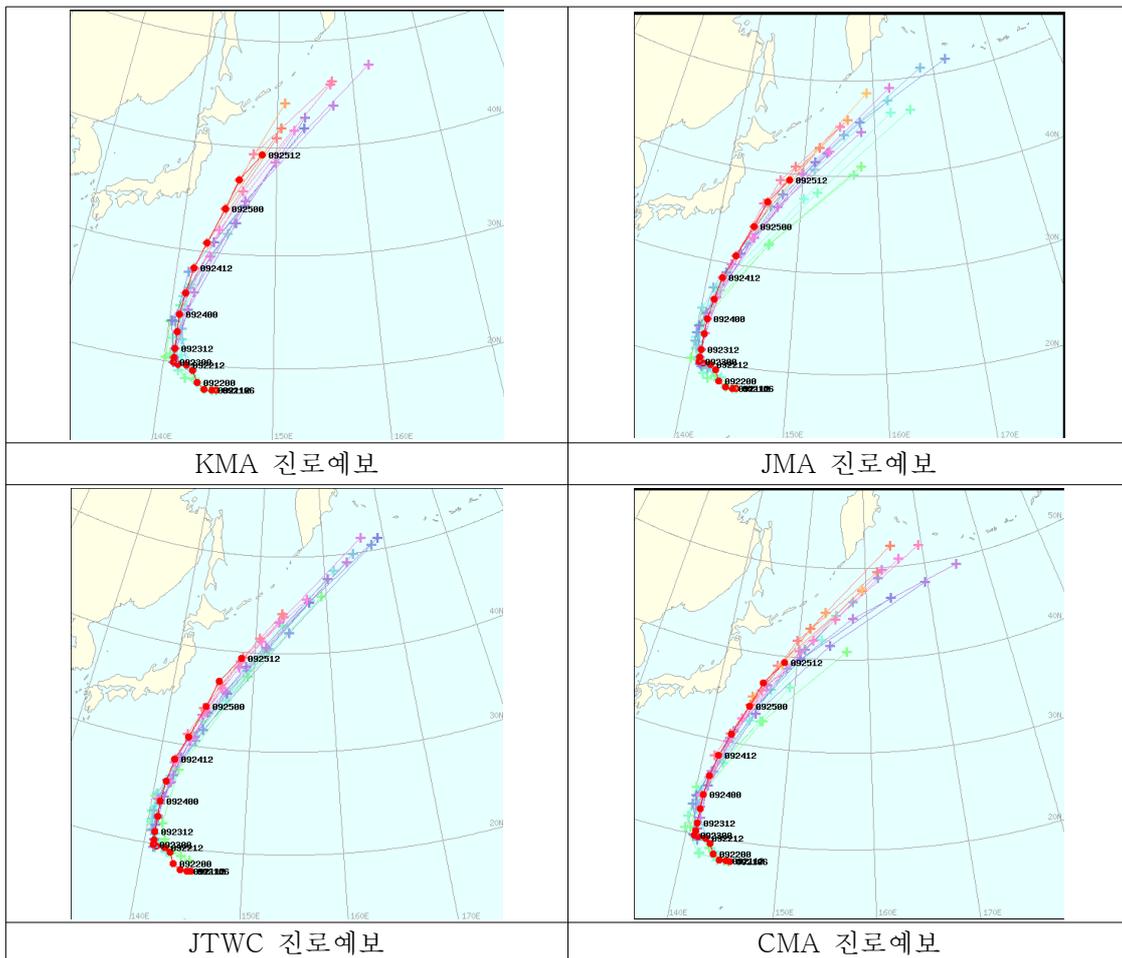
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	144.0	113.1	105.1	42.2	261.1	150.6	146.0	163.8	91.3	127.4	113.6	67.6	104.5	166.2	111.6
표본수	13	28	11	22	13	13	14	9	14	7	7	4	14	13	5

48시간

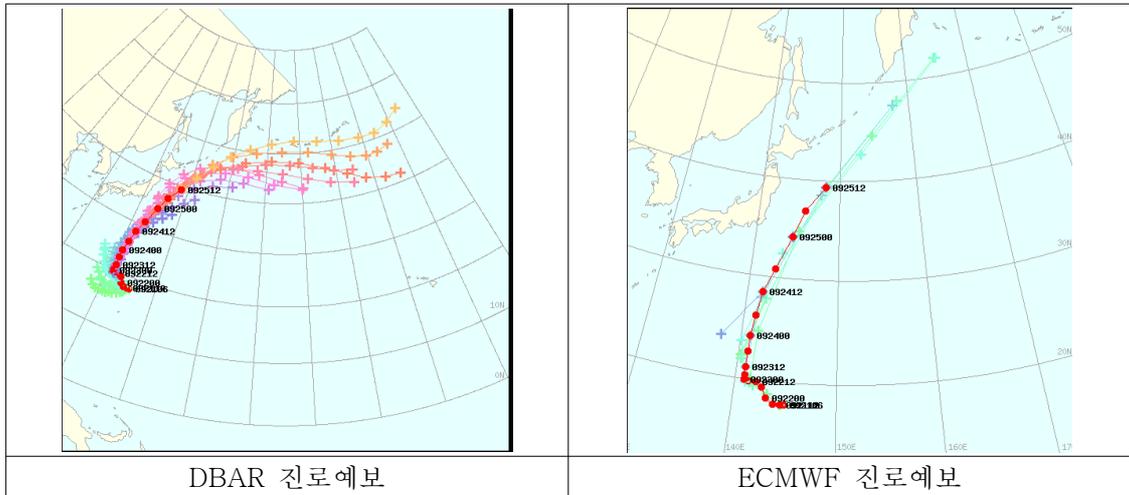
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	182.9	220.9	115.8	83.4	233.9	129.6	505.8	254.3	144.5	180.6	241.9	109.8	179.5	324.0	213.6
표본수	9	10	7	18	9	9	10	6	10	5	5	2	10	9	4

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MITM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	448.1	486.4	111.2	154.6	358.8	-	1265.7	682.0	197.7	215.6	408.0	72.9	208.1	710.1	540.8
표본수	5	6	3	12	5	-	6	2	6	3	3	1	6	5	2



기관별 진로예보



모델별 진로예보

- 태풍이 북서진할때는 전체적으로 48시간 오차가 작았으나 태풍이 북동진하면서 대부분 큰 오차를 보인다.
- 48시간 진로예보는 다소 늦고 남쪽으로 편향된 오차를 보였다.
- 발생 초기부터 소멸기까지 모델별 예측진로가 큰 차이를 보이지 않았으나, DBAR의 경우 발생 초에 다른 모델에 비해 서쪽으로 이동할 것으로 예측하였다.

3.10 제13호 태풍 ‘메기(MEGI)’

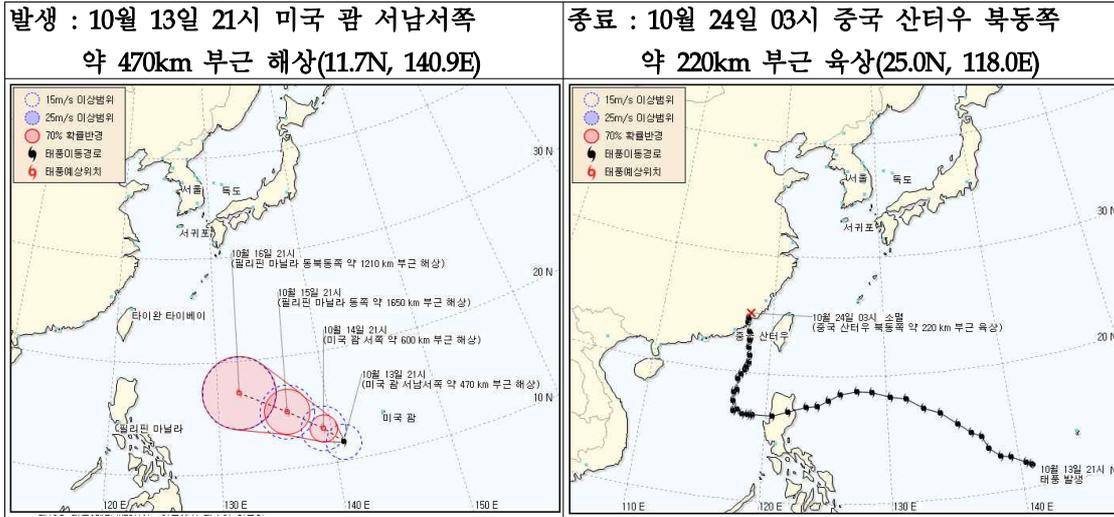
3.10.1 특징요약

- 제13호 태풍 ‘메기’는 중심 최저기압 890hPa, 생존기간 246시간으로 2010년에 발생한 태풍 중 가장 가역하고 수명이 길었던 태풍이었다.
- 우리나라 북쪽에서 기압골이 남하하고 있으나 태풍과의 거리가 멀어 이 기압골의 영향을 받지 못하고, 10월 17일 12UTC(21시)에는 동해북부해상으로 빠져나가고, 그 뒤에 약한 기압골이 다시 접근하지만 북태평양고기압이 계속 서쪽으로 확장하고 있어 태풍은 이 고기압의 세력에 밀려 계속 서진하다가 10월 18일 05UTC(14시)시경 필리핀 마닐라 북북동쪽 약 340Km 부근 해안으로 상륙하여 10월 18일 밤에는 다시 해상으로 진출하였고, 10월 23일 05:30UTC(14시 30분)경에는 다시 중국 산터우 북동쪽 약 140Km 해안에 상륙하였으며, 10월 23일 18UTC(24일 03시)에는 중국 산터우 북동쪽 약 220km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.
- 발생부터 해수온도 29~30℃ 영역에서 발달하다가 필리핀 내륙에 상륙하면서 세력이 약화되고, 다시 해상으로 진출하면서 발달하였고 북태평양고기압의 가장자리를 따라 서진하다가 21일부터 북동진 하였다.
- 모델마다 초기장부터 비슷하게 모의 했고 방향전환 후 대부분 모델에서 서쪽으로 모의 했으나 UM은 동쪽으로 모의했다.

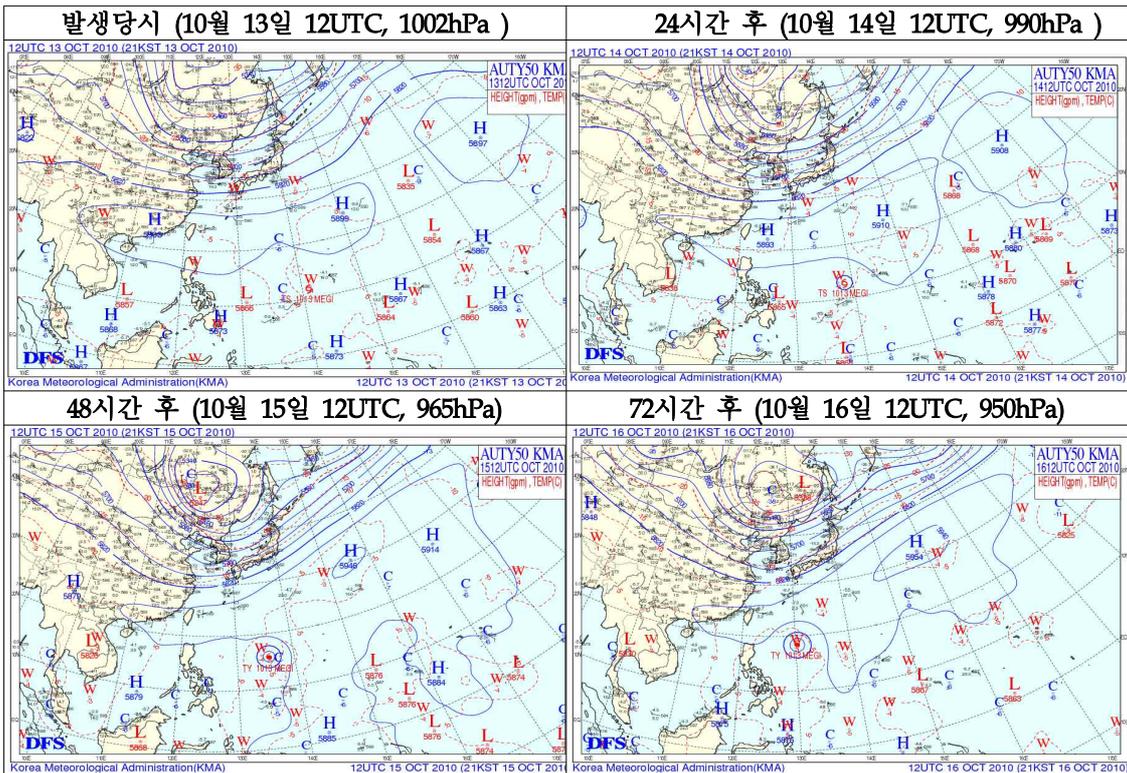
※ 가장 긴 수명의 태풍

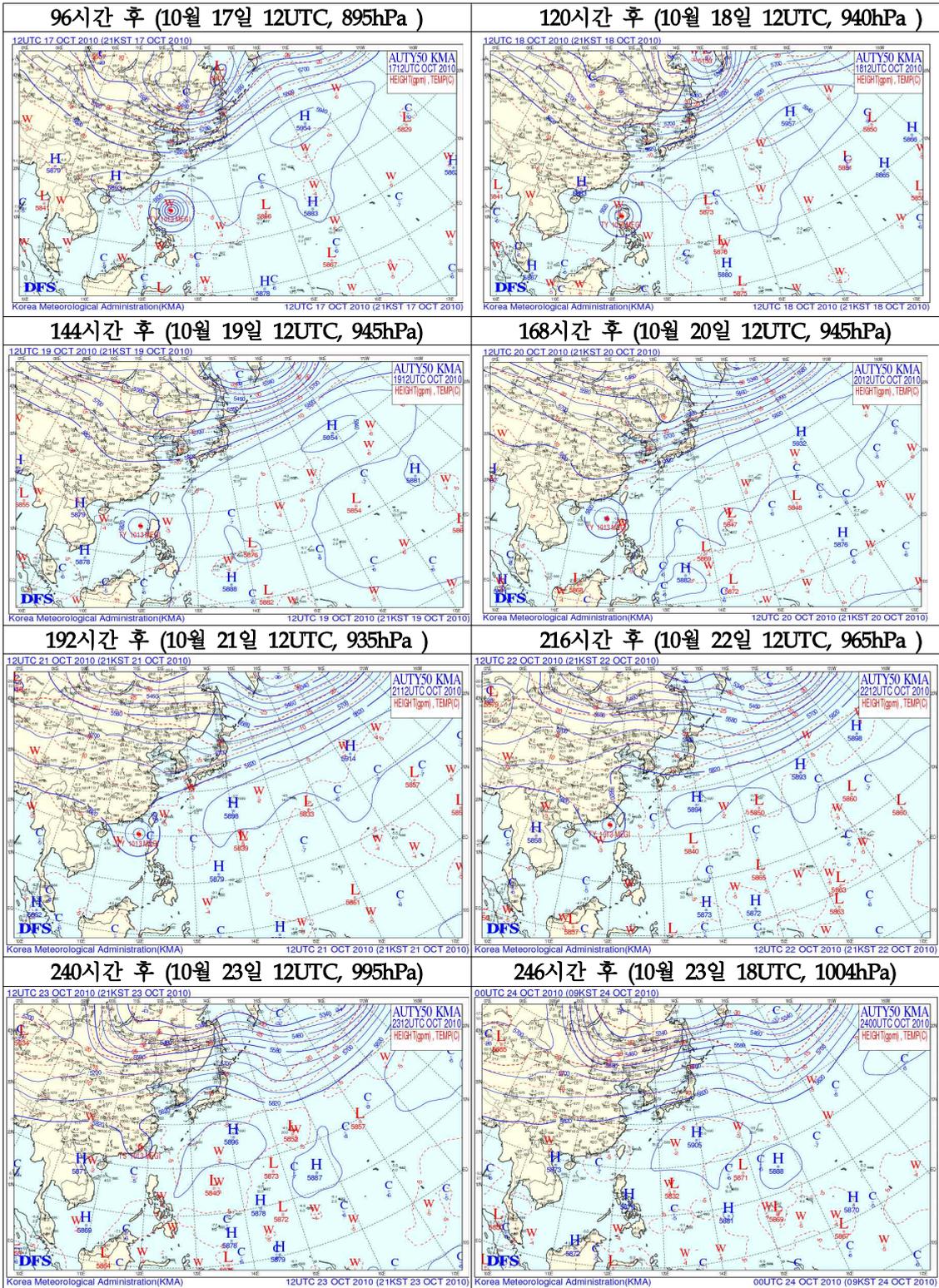
8614(Wayne) : 긴 수명의 태풍 1위에 해당하는 태풍으로 1986년 8월 18일 15 시부터 1986년 9월 6일 15시까지 432시간(18일) 태풍으로 존재했다.

3.10.2 태풍정보



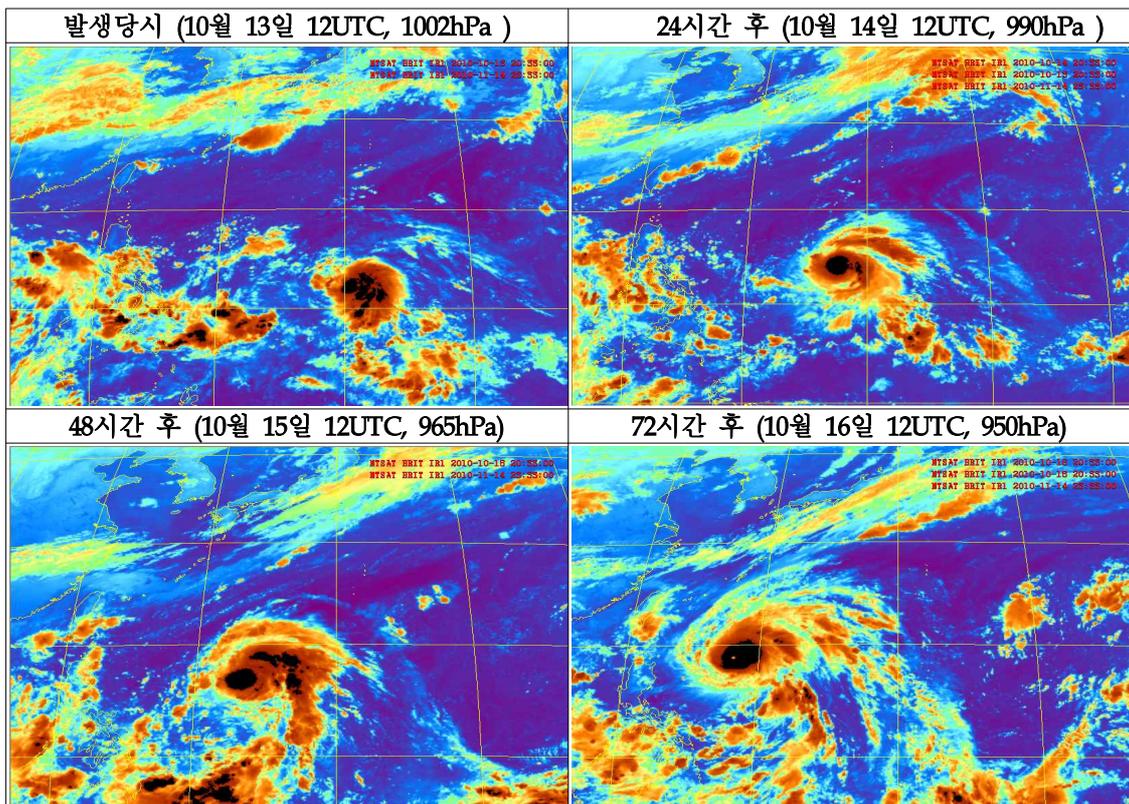
3.10.3 종관상황

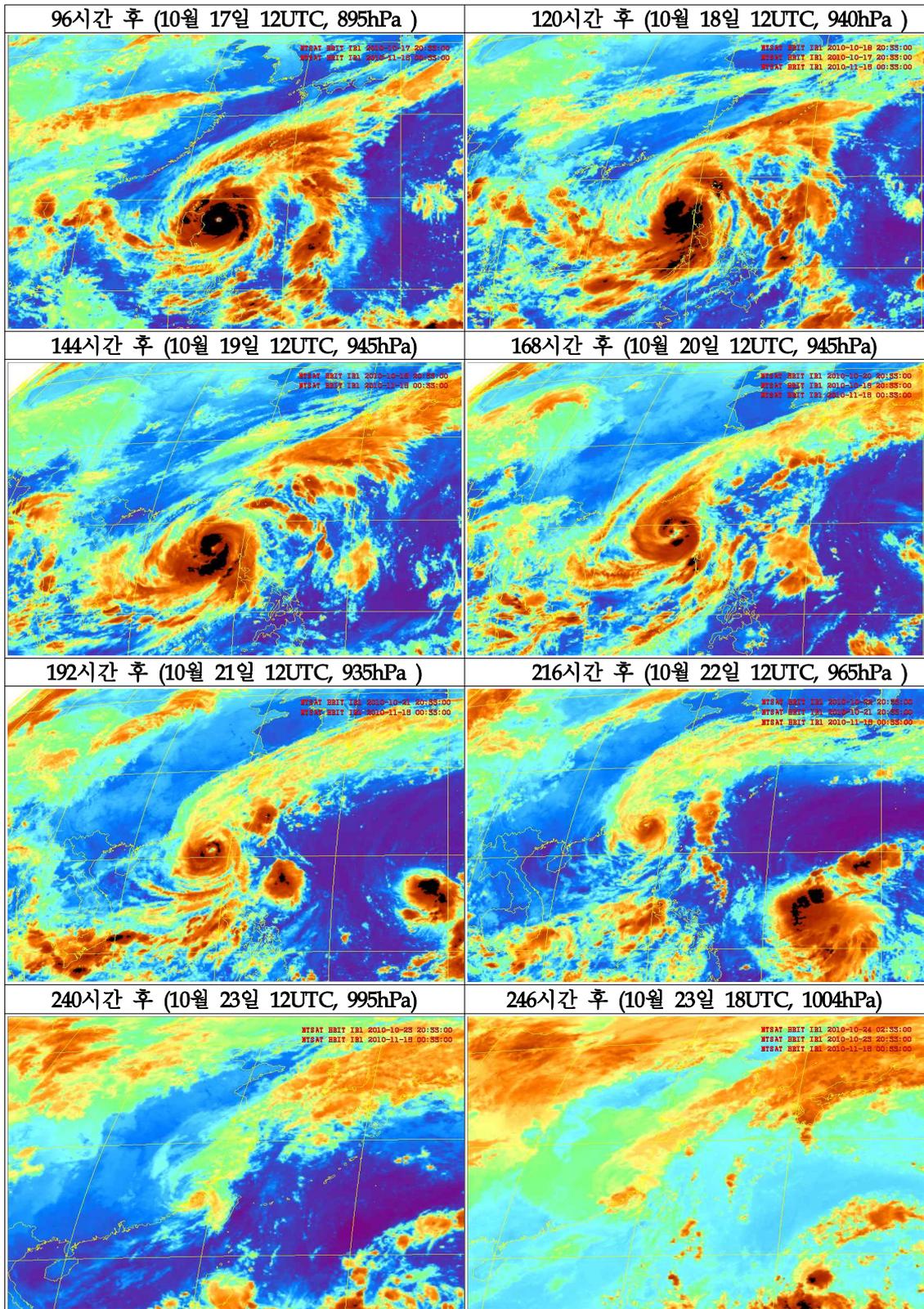




- 우리나라 북쪽에서 기압골이 남하하고 있으나 태풍과의 거리가 멀어 이 기압골의 영향을 받지 못하고, 10월 17일 12UTC(21시)에는 동해북부해상으로 빠져나가고, 그 뒤에 약한 기압골이 다시 접근하지만 북태평양고기압이 계속 서쪽으로 확장하고 있어 태풍은 이 고기압의 세력에 밀려 계속 서진하다가 10월 18일 05UTC(14시)시경 필리핀 마닐라 북북동쪽 약 340Km 부근 해안으로 상륙하여 10월 18일 밤에는 다시 해상으로 진출하였고, 10월 23일 05:30UTC(14시 30분)경에는 다시 중국 산터우 북동쪽 약 140Km 해안에 상륙하였으며, 10월 23일 18UTC(24일 03시)에는 중국 산터우 북동쪽 약 220km 부근 육상에서 열대저압부로 약화되었다.

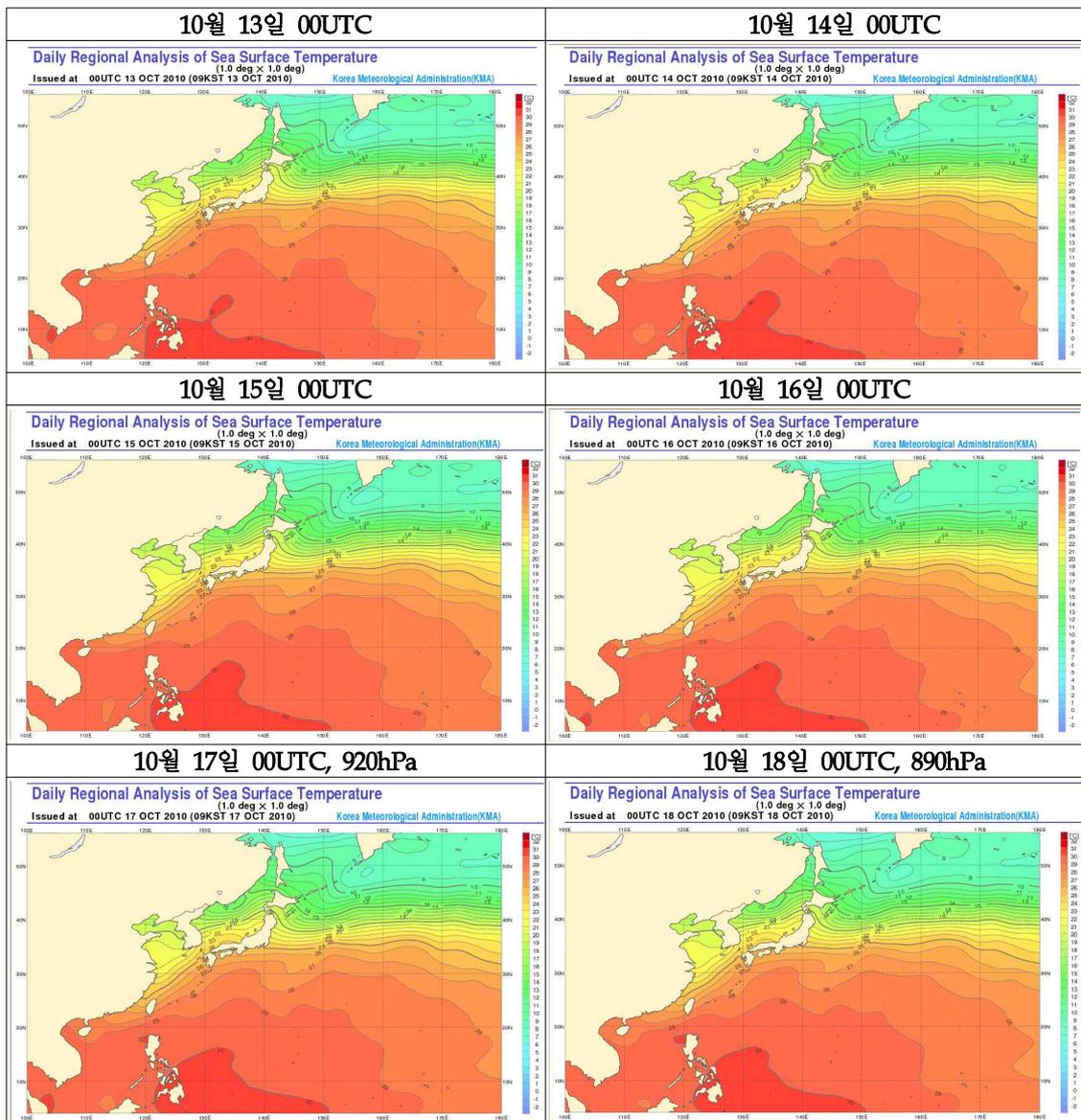
3.10.4 위성영상

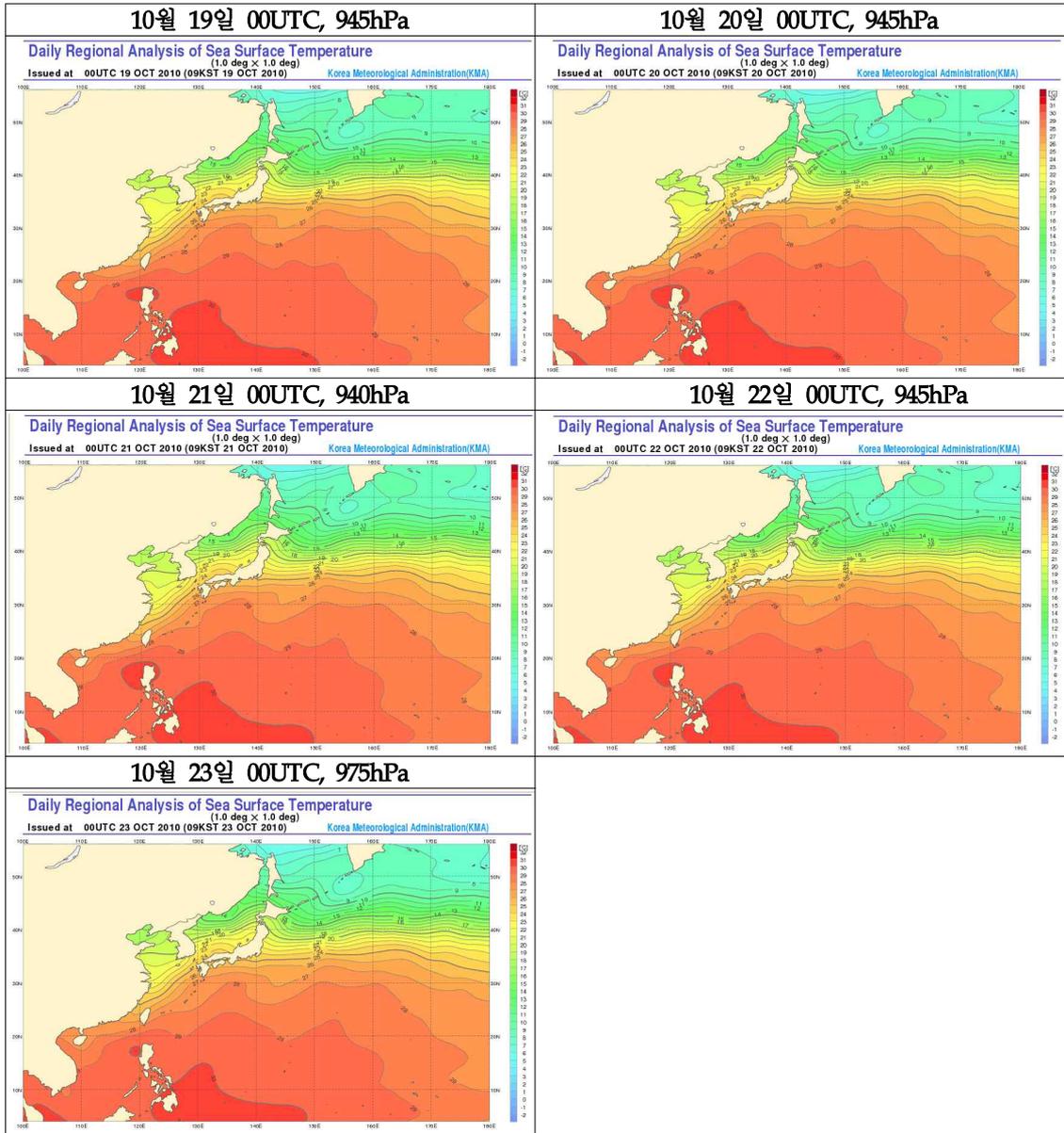




- 발달하면서 서내지 북서진하다가 18일 06~18UTC에는 남서진, 19일 00~18UTC에는 북서내지 북진, 이후에는 북내지 북동진하였음. 17일 18UTC에는 890hPa까지 발달하다가 필리핀 내륙에 상륙하면서 세력이 급격히 약화되고, 15일 이후에는 태풍의 눈이 뚜렷하게 형성되고 중국 내륙에 상륙해도 세력은 유지하다가 23일 12UTC 이후에는 구름이 급격히 와해되는 모습을 보이고 있다.

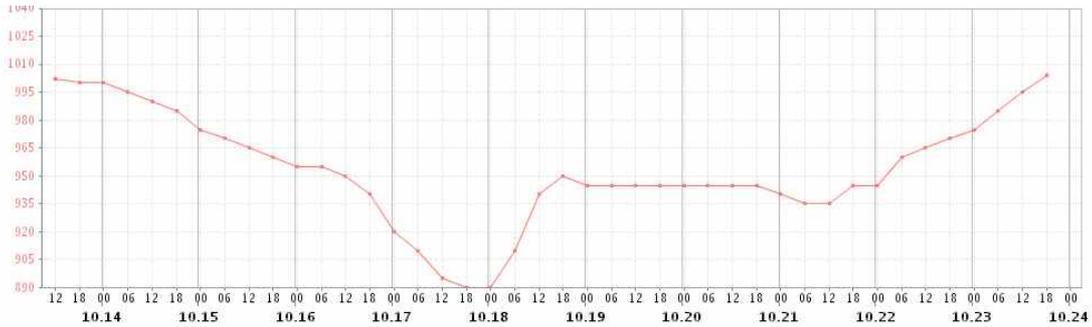
3.10.5 해수면온도



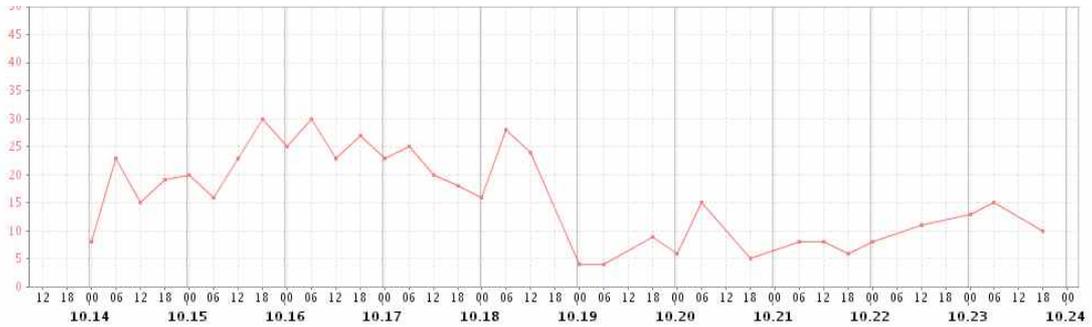


- 발생부터 해수온도 29~30℃ 영역에서 발달하다가 필리핀 내륙에 상륙하면서 세력이 약화되고, 다시 해상으로 진출하면서 발달하였고 북태평양고기압의 가장자리를 따라 서진하다가 21일부터 북동진하였다

3.10.6 중심기압, 진행속도 변화



— 1002~890hPa, 17일 18UTC에 가장 발달했고 필리핀 내륙을 통과하면서 급격히 약화되었다.



— 5~30m/s, 10월 17일 06UTC까지는 서내지 북서진하다가 17일 18UTC까지는 남서진, 이 후에는 북내지 북동진했다.

3.10.7 진로 예보오차

24시간

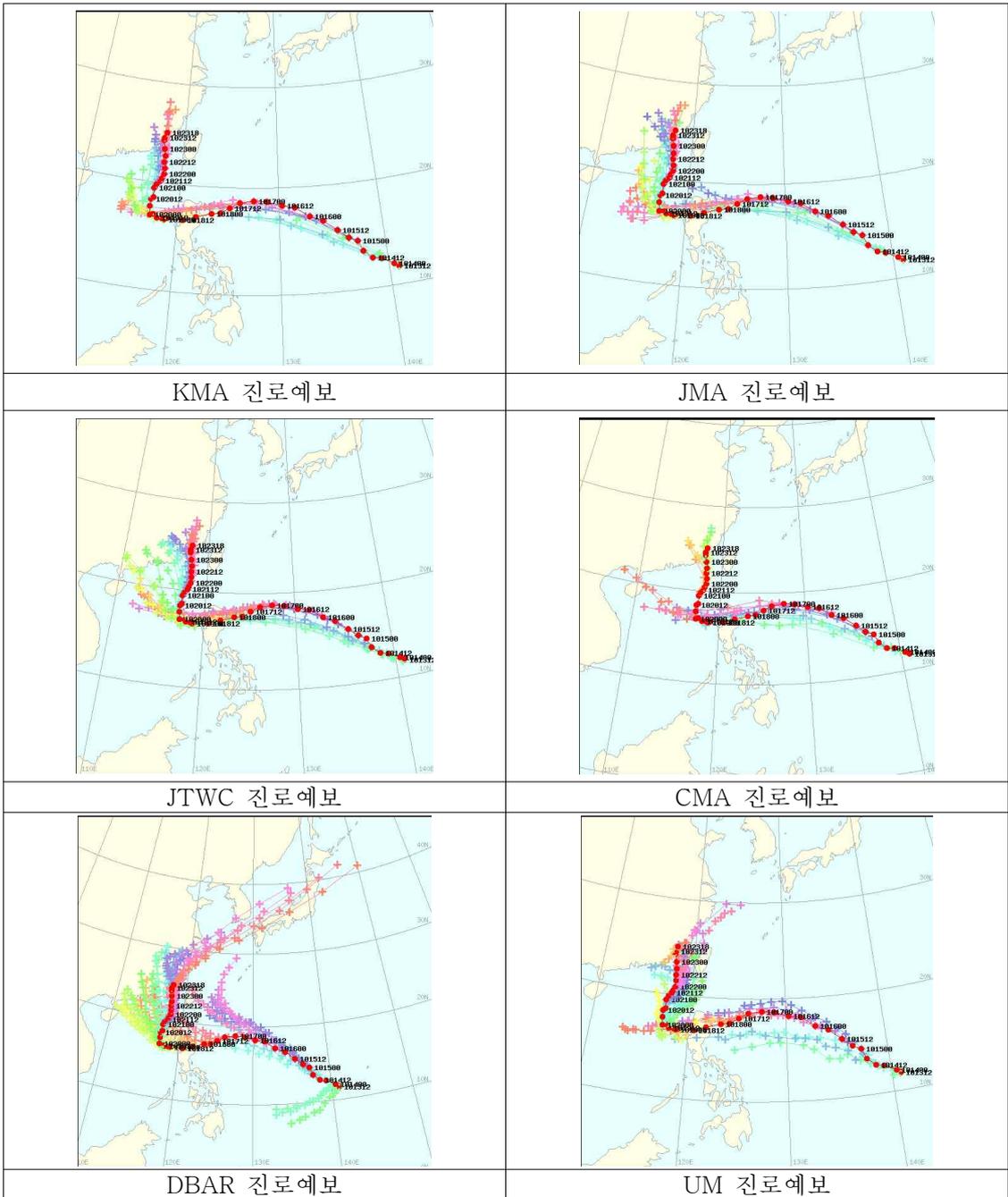
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MTM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	92.2	77.0	73.8	72.1	181.4	128.9	172.6	119.0	70.6	91.4	84.7	91.6	70.2	139.4	96.3
표본수	34	68	33	18	33	27	32	9	34	17	18	17	34	35	18

48시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MTM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	157.1	142.9	147.0	18.1	287.3	345.1	471.6	112.3	121.7	178.1	122.4	147.3	111.3	184.1	236.8
표본수	33	33	32	15	32	23	31	7	33	16	16	16	33	34	17

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MTM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	IFS	UM	TWRF
오차	249.1	231.4	240.1	345.1	331.9	-	725.9	163.9	195.6	285.4	175.9	219.3	191.9	229.5	460.9
표본수	29	28	28	8	28	-	27	3	29	14	14	14	29	29	15



기관별/모델별 진로예보

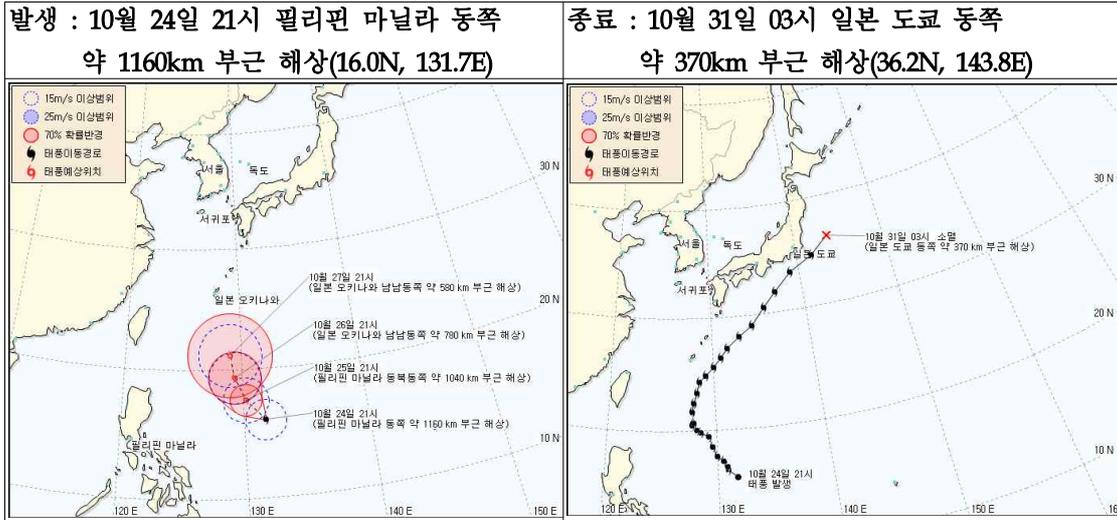
- KMA, JMA, JTWC, CMA 모두 초기장은 잘 예측하였으나, 전향한 후 실황보다 서쪽으로 모의하여 오차가 컸다.
- 방향전환 후 대부분 모델에서 실황보다 서쪽으로 모의했으나 UM은 실황보다 남쪽으로 예상했고, 전향 후에는 동쪽으로 모의했다. 그리고 DBAR는 초기에 전향위치를 잘못 예측하여 오차가 가장 컸다.

3.11 제14호 태풍 ‘차바(CHABA)’

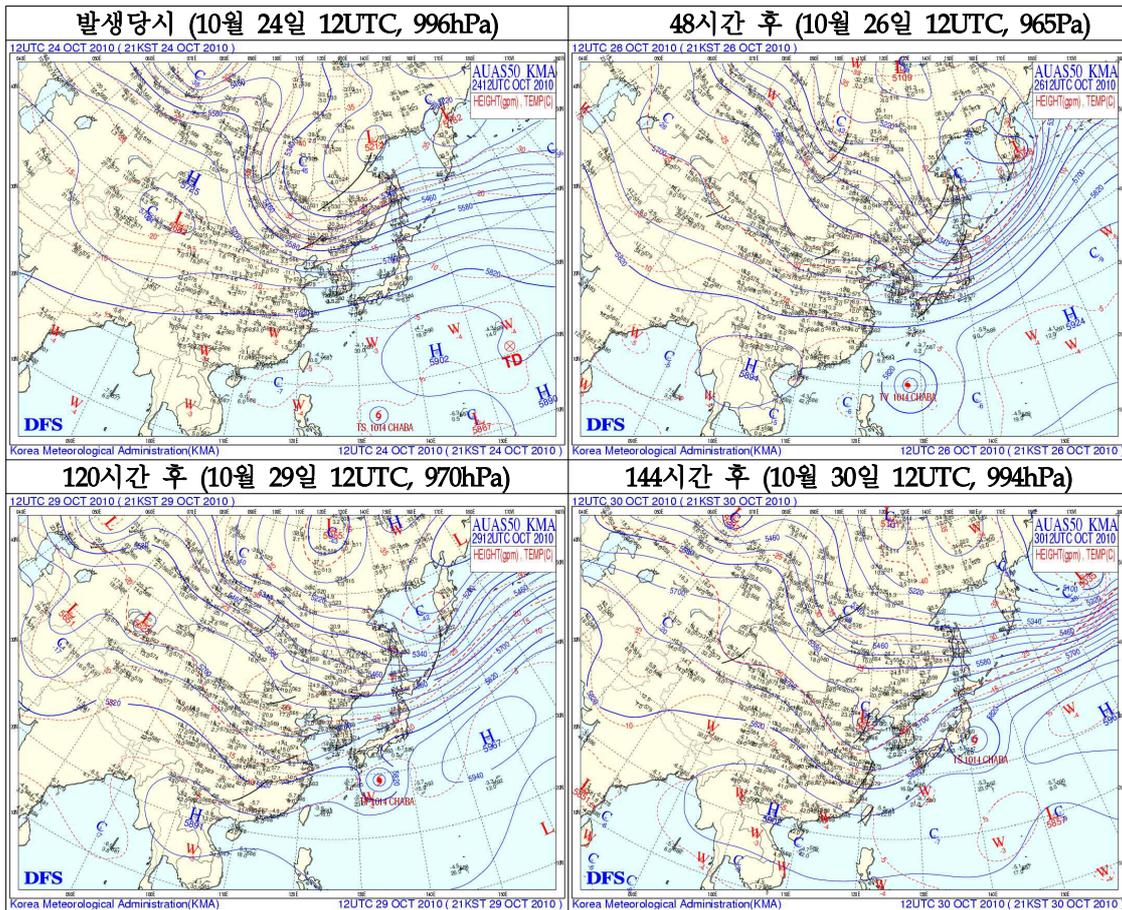
3.11.1 특징요약

- 제14호 태풍 ‘차바’는 10월 24일 밤 21시 필리핀 마닐라 동쪽 약 1160km 부근 해상(16.0N, 131.7E)에서 발생하였고, 10월 31일 03시에 일본 도쿄 동쪽 약 370km 부근해상(36.2N, 143.8E)에서 열대저압부로 약화되었다.
- 6일 6시간 동안 태풍으로 생존하였으며 최대 강풍반경이 580km이었던 대형 태풍이었다. 최고 강도는 10월 28일 21시에 중심기압 935hPa, 최대풍속 48m/sec에 도달하여 매우 강한 태풍이었다.
- 태풍의 진로는 C자 모양으로 10월 25일까지의 초기에는 대체로 북서진하였으며, 10월 26일에는 서북서진하면서 태풍의 강도가 975~965 hPa 상태에서 느리게 발달하였다. 이후 27일 아침부터 태풍은 북진 또는 북북동진 하면서 전향하였고, 28일에 북위 25도 선 부근을 통과하였는데, 이때 북북동 내지 북동진하면서 태풍이 최고로 발달하여 12UTC에는 최저 중심기압인 935hPa에 도달하였다. 이후 29, 30일에는 대체로 북동진하면서 일본 열도에 상륙하지 않고 일본 도쿄 남동쪽을 해상을 지나 31일 새벽 3시경에 도쿄 동쪽 약 370km 해상에서 온대저기압으로 변질되어 태풍의 일생을 마감하였다.
- 태풍진로예보 오차는(48시간 기준) 217.2km로 2010년 평균오차(207km)보다 다소 큰 값을 보였다. 발생초기에는 비교적 적은 오차를 보였으나, 태풍이 전향한 후 29일 이후에 중위도 편서풍을 타고 빠르게 이동하는 태풍의 진로를 서쪽으로 치우쳐 예측하였고, 진행속도에 있어서도 느리게 이동하는 것으로 예측하여 정확성에서 오차가 커진 것으로 나타났다.
- 충분한 표본 수를 갖는 모델 중에서 GFS 모델의 예측 정확도(99.9km, 48시간 기준)가 가장 높았으며, KMA 태풍전용 모델인 MTM(260.3km)도 상대적으로 좋은 성능을 보여 주었다. 한편 전구모델인 UM(317.3km)과 순압모델인 DBAR(305.8km)는 진로 예측 정확도가 높지 않았다.

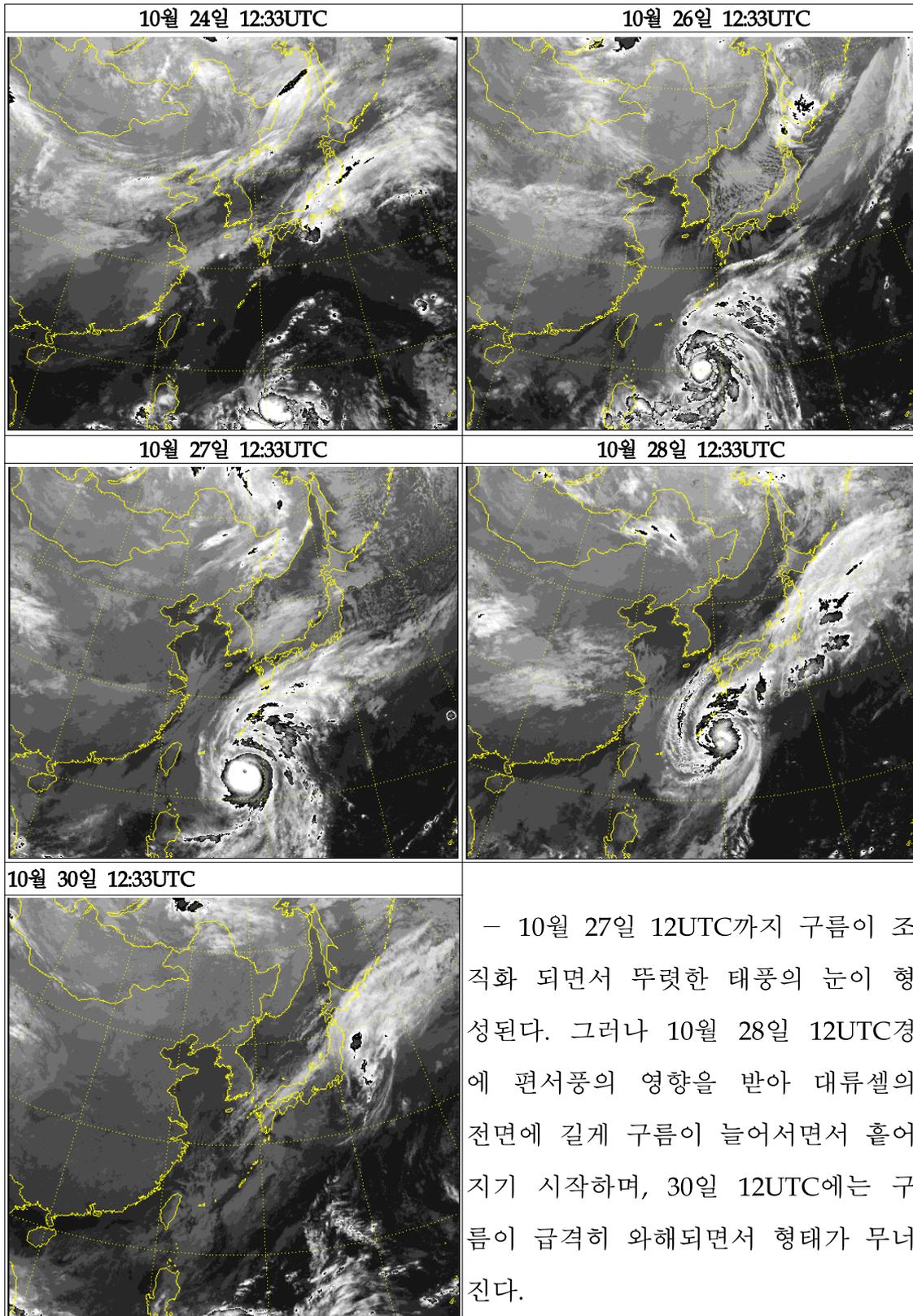
3.11.2 태풍정보



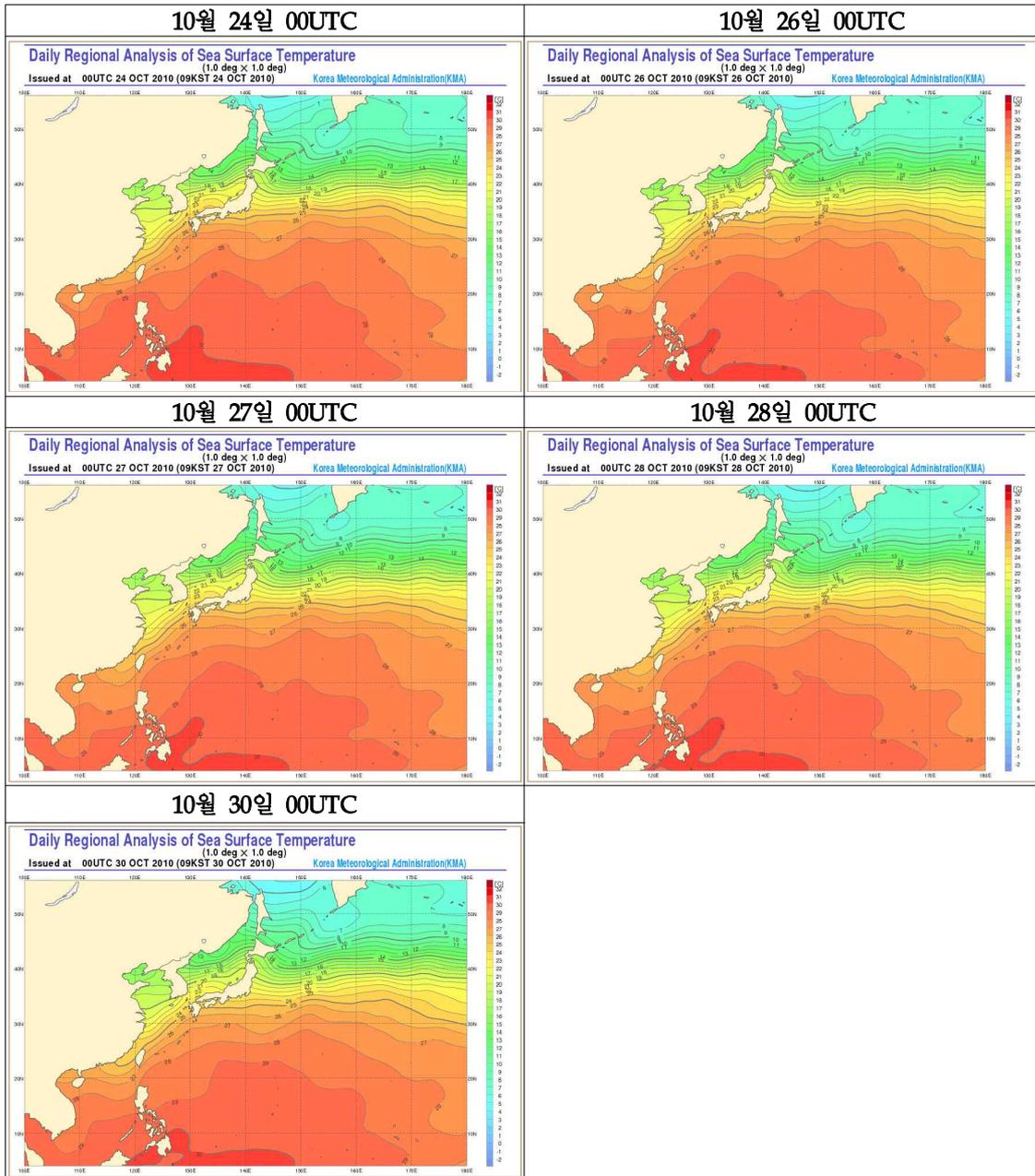
3.11.3 종관상황



3.11.4 위성영상

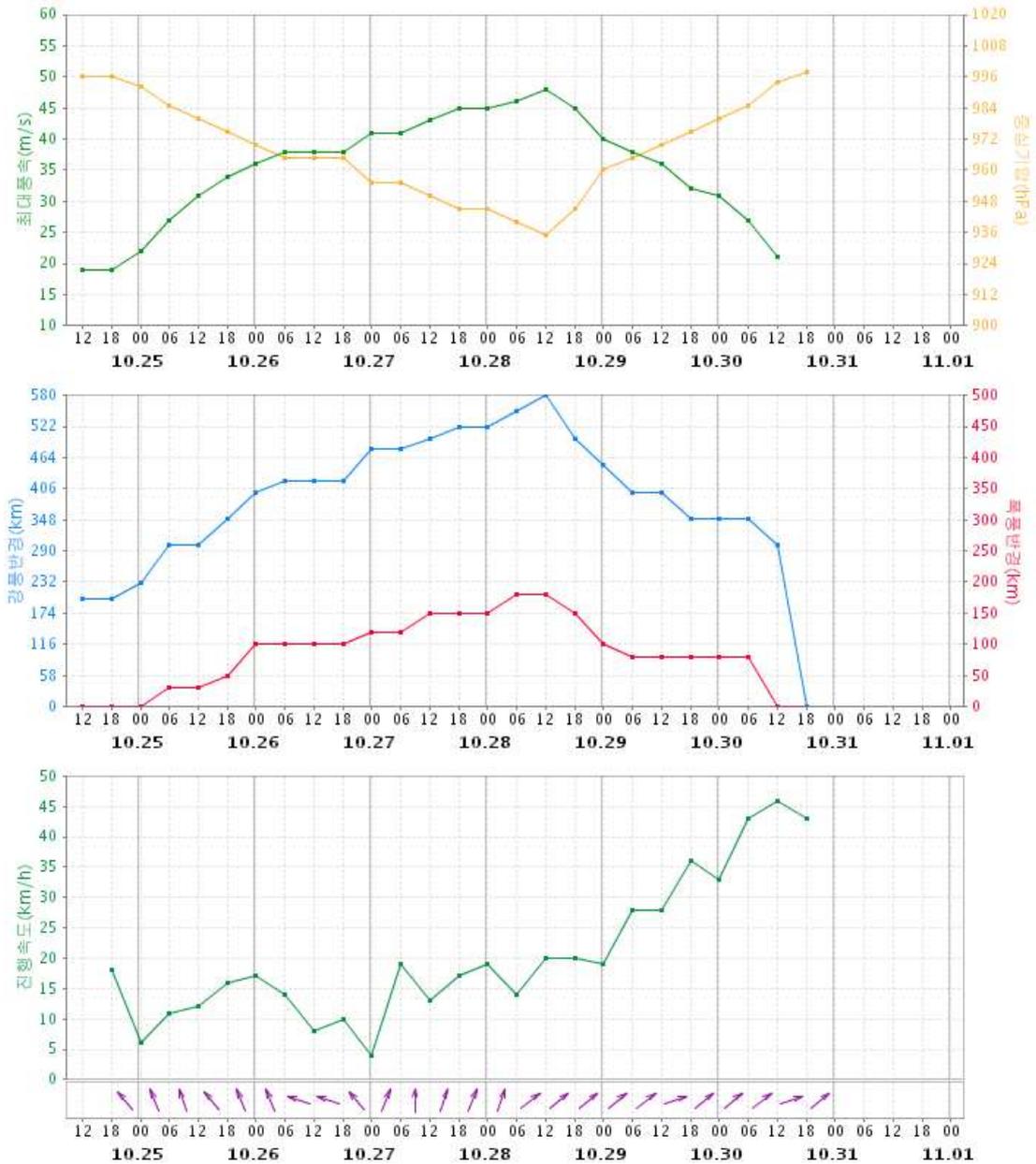


3.11.5 해수면온도



- 태풍 발생 초기에는 29~30°C의 고해수온 역에 위치하였으나, 점차 북상하면서 해수면온도가 27°C보다 낮은 30°N로 진출, 이후 태풍의 강도가 급격히 약화되었다.

3.11.6 중심기압, 강풍반경, 진행속도 변화



- 태풍이 최고 강도에 도달한 시간은 10월 28일 12UTC이었으며, 중심기압은 935hPa, 최대풍속 48m/sec로서 매우 강한 태풍이었다.
- 또한 태풍의 최대 강풍반경이 580 km이었던 대형 태풍이었다.
- 10월 24일 밤 21시 경에 발생한 이 태풍은 10월 26일 중 서북서진 한 기간을 제외하고는 북서태평양 고기압의 연변을 따라 활모양의 C자 모양으로 이동하였다. 10월 25일까지의 초기에는 대체로 북서진하였으

며, 10월 26일에는 서북서진하면서 태풍의 강도가 975~965 hPa 상태에서 느리게 발달하였다. 이후 27일 아침부터 태풍은 북진 또는 북북동진 하면서 전향하였고, 28일에 북위 25도 선 부근을 통과하였는데, 이때 북북동 내지 북동진 하면서 태풍이 최고로 발달하여 12UTC에는 최저 중심기압인 935hPa에 도달하였다. 이후 29, 30일에는 대체로 북동진하면서 일본 열도에 상륙하지 않고 일본 도쿄 남동쪽을 해상을 지나 31일 새벽 3시경에 도쿄 동쪽 약 370km 해상에서 온대저기압으로 변질되어 태풍의 일생을 마감하였다.

3.11.7 진로 예보오차

24시간

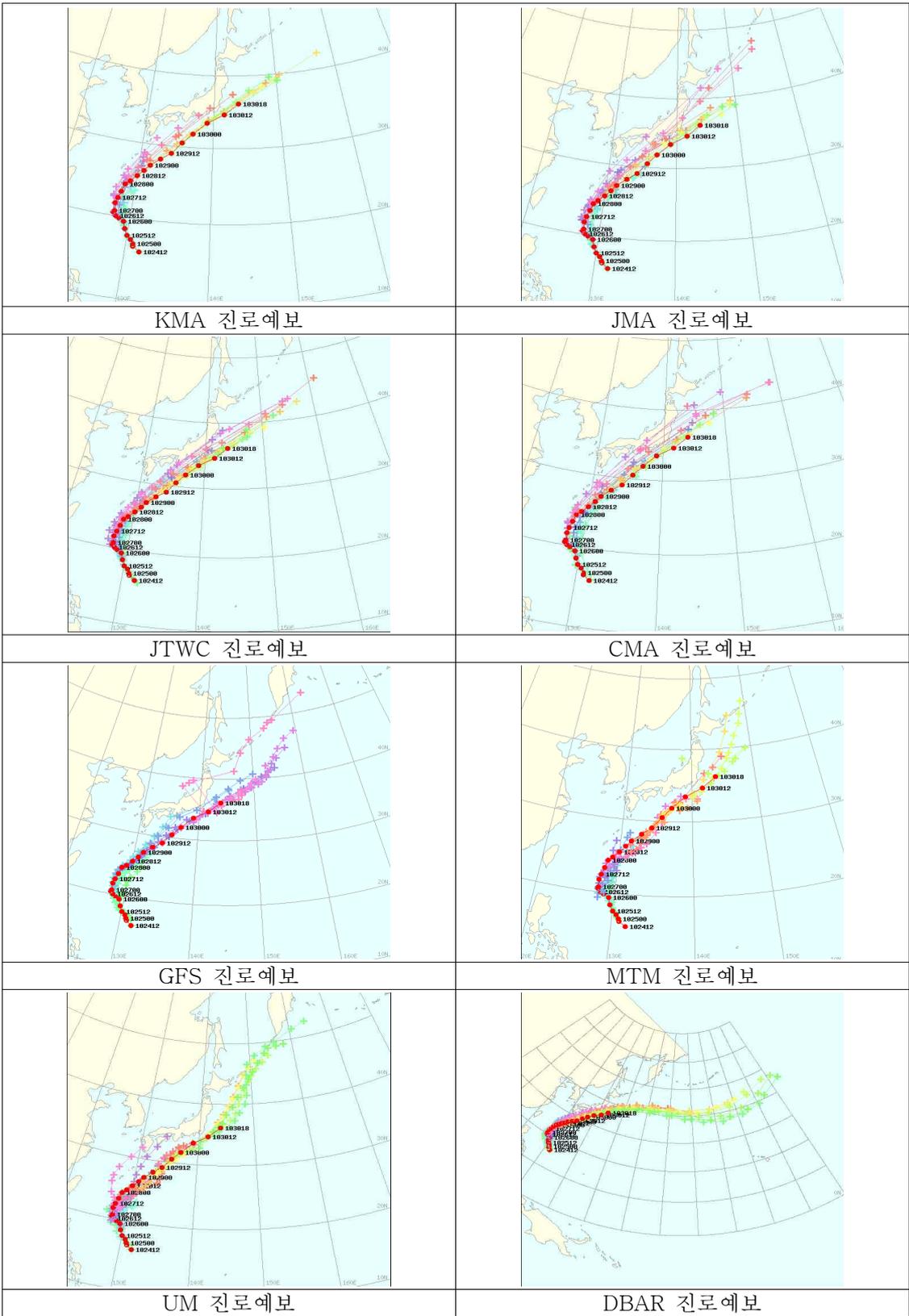
제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MIM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	THS	UM	TWRF
오차	90.4	107.0	97.0	100.2	182.7	148.7	150.5	246.7	100.3	127.3	102.2	74.9	137.5	191.5	120.6
표본수	21	42	21	37	21	19	21	17	21	11	11	10	21	21	8

48시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MIM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	THS	UM	TWRF
오차	217.2	272.6	172.3	200.8	305.5	365.8	305.8	260.3	246.8	315.8	99.9	194.2	320.1	317.3	104.4
표본수	17	17	17	29	17	15	17	14	17	9	9	8	17	17	6

72시간

제1호	KMA	JMA	JTWC	CMA	GDAPS	RDAPS	DBAR	MIM	JCSM	NOGAPS	GFS	ECMWF	THS	UM	TWRF
오차	347.2	386.5	258.0	225.1	474.6	-	463.1	357.3	441.0	494.6	185.0	328.4	547.3	519.6	196.1
표본수	13	13	13	21	13	-	13	6	13	7	7	6	13	13	6



기관별/모델별 진로예보

- KMA 진로예보 정확도(48h)는 217.2km로서 2010년 평균 오차(207km) 보다는 다소 크게 나타난 태풍으로, 일본보다는 진로오차가 작았지만 미국 JTWC보다는 크게 나타난다.
- 발생초기에는 비교적 적은 오차를 보였으나, 태풍이 전향한 29일 이후의 중위도 편서풍을 타고 빠르게 이동하는 태풍의 진로 및 진행속도를 예측하는데 있어 모든 기관에서 어려움을 갖은 것으로 나타난다. 특히 우리나라와 일본은 이러한 경향이 두드러진 것으로 나타났다.
- 우리나라는 14호 태풍 '차바'가 전향을 하기 전까지는 예보 정확도가 상대적으로 높았으나 전향 후 진로를 실제보다 서쪽으로 예측하였고 이동 속도도 실제보다 느리게 예측하였다. 일본도 우리나라와 유사한 예보 성향을 보였으며, 특히 72시간 이후의 예상 진로 방향이 일본 열도에 깊이 침투하여 이동하는 경우를 예보하는 경우도 있어 예보 오차가 컸다. 한편, 미국 JTWC는 상대적으로 일본에 상륙하는 예보를 적게 발표하고 예상진로의 Spread도 작아 예보정확도가 가장 높게 나타났다.
- 국내외 수치모델 중에서 GFS 모델의 예측 정확도가 가장 높았으며, 다음으로 TWAF의 정확도가 높았으나 자료의 수가 상대적으로 작았다.