



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2018년 2월
석사학위 논문

태풍 하부경계층과 대기연직구조 변화 특성

-보성종합기상탑 관측자료를 중심으로-

조선대학교 대학원

지구과학과

이 승 호

2018년 2월

석사학위논문

태풍 하부경계층과 대기연직구조 변화 특성

이 승 호

태풍 하부경계층과 대기연직구조 변화 특성

-보성종합기상탑 관측자료를 중심으로-

Characteristics of the Lower Boundary Layer and Atmospheric Vertical
Structural Changes of Typhoon
- Focus on Observation Data of Boseong Tower -

2018년 2월 23일

조선대학교 대학원

지구과학과

이 승 호

태풍 하부경계층과 대기연직구조 변화 특성

-보성종합기상탑 관측자료를 중심으로-

지도교수 류 찬 수

이 논문을 이학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2017년 10월

조선대학교 대학원

지 구 과 학 과

이 승 호

이승호의 석사학위 논문을 인준함

위원장 기 상 청 공학박사 이 종 호 (인)

위 원 조선대학교 교 수 정 병 옥 (인)

위 원 조선대학교 교 수 류 찬 수 (인)

2017년 11월

조선대학교 대학원

목 차

List of Figures	iii
ABSTRACT	v
제1장 서론	1
제2장 자료 및 분석 방법	4
제1절 자료	4
제2절 분석 방법	4
제3장 분석 결과	6
제1절 2015년 태풍 사례	6
1. 일기도 분석	6
2. 모델 자료 분석	8
3. 기본관측자료 분석	12
제2절 2016년 태풍 사례	19
1. 일기도 분석	19
2. 모델 자료 분석	21
3. 기본관측자료 분석	25

제3절 비교 분석	30
1. 기본관측자료 비교 분석	30
2. 일기도 및 트랙 분석	32
제4장 요약 및 결론	35
참고문헌	36
부록	38

List of Figures

Fig. 1. Total precipitation and hourly precipitation at CHAN-HOM	7
Fig. 2. Cumulative precipitation at CHAN-HOM	7
Fig. 3. Radar(2015.07.12. 13:00)	7
Fig. 4. Satellite picture(2015.07.12. 13:00)	7
Fig. 5. Vertical velocity in Boseong(a)2015.07.12. 03:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 15:00, d)07.12. 21:00, e)07.13. 03:00)	8
Fig. 6. Relative Humidity(a)2015.07.12. 03:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 15:00, d)07.12. 21:00, e)07.13. 03:00) and Specific humidity in Boseong(f)2015.07.12. 03:00, g)07.12. 09:00, h)07.12. 15:00, i)07.12. 21:00, j)07.13. 03:00)	9
Fig. 7. Temperature and Wind, 850hPa GPH and Temperature and Mixing Ratio, 500hPa GPH and Temperature and Relative Vorticity of KLAPS	11
Fig. 8. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)	13
Fig. 9. Humidity of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)	14
Fig. 10. Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)	15
Fig. 11. Wind direction, Vertical wind average of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)	16
Fig. 12. Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)	17
Fig. 13. Total precipitation and hourly precipitation at CHABA	20
Fig. 14. Cumulative precipitation at CHAN-HOM	20
Fig. 15. Radar(2016.10.05. 08:00)	20
Fig. 16. Satellite picture(2016.10.05. 08:00)	20
Fig. 17. Vertical velocity in Boseong(a)2016.10.04. 21:00, b)10.05. 03:00, c)10.05. 09:00, d)10.05. 15:00)	22

Fig. 18. Relative Humidity(a)2016.10.05. 03:00, b)10.05. 09:00, c)10.05. 15:00) and Specific humidity in Boseong(e)2016.10.05. 03:00, f)10.05. 09:00, g)10.05. 15:00) 23

Fig. 19. Temperature and Wind, 850hPa GPH and Temperature and Mixing Ratio, 500hPa GPH and Temperature and Relative Vorticity of KLAPS. 24

Fig. 20. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2016.10.04.~05.) 25

Fig. 21. Humidity of Boseong Tower(2016.10.04.~06.) 26

Fig. 22. Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m of Boseong Tower (2016.10.04.~05.), Wind direction (2016.10.04.~06.), Vertical wind average(2016.10.04.~06.) 28

Fig. 23. Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower (2016.10.04.~06.) 29

Fig. 24. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m, Humidity, Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m, Wind direction, Vertical Wind average, Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2015.07.15.) 30

Fig. 25. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m, Humidity, Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m, Wind direction, Vertical Wind average, Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2016.10.02.) 31

Fig. 26. CHAN-HOM surface pressure(a)2015.07.11. 21:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 21:00), CHABA surface pressure(d)2016.10.04. 21:00, e)10.05. 09:00, f)10.05. 21:00) 33

Fig. 27. Typhoon best track of CHAN-HOM(a) and CHABA(b) 33

ABSTRACT

Characteristics of the Lower Boundary Layer and Atmospheric Vertical Structural Changes of Typhoon - Focus on Observation Data of Boseong Tower -

Lee Seung-Ho

Advisor : Prof. Ryu Chan-Su, Ph.D.

Department of Earth Science,

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study is to analyze the characteristics of the lower boundary layer and atmospheric vertical structure of typhoons that affected the Korean Peninsula in 2015 and 2016 using the observation data of the Boseong standard weather observatory.

The typhoon routes created by the Korea Meteorological Administration and weather data of the Korea Local Analysis and Prediction System (KLAPS) confirmed a strong mixing ratio at 850 hPa and a high relative vorticity at 500 hPa. The visible influencing ranges of the typhoons were analyzed using weather satellite images and weather radars, and precipitation data were analyzed using the automatic weather station (AWS) data. When the typhoon approached the Boseong station with the Global Data Assimilation and Prediction System (GDAPS) of the Unified Model, the rising current developed from the upper layer, and the high humidity and high specific humidity areas existed. Furthermore, the characteristics of temperature, humidity, wind direction, wind speed, pressure, equivalent potential temperature, and vertical wind of Boseong Tower were analyzed. The results revealed that the temperature difference between the upper and lower layers became constant as the typhoon approached, and the difference decreased further as the eye of the

typhoon became closer. In addition, as the typhoon approached, the wind speed became higher, but the wind rapidly stopped at the eye of the typhoon. The wind direction changed to the center direction according to the movement route of the typhoon. The closer to the center of the typhoon, the lower the atmospheric pressure, and the interval between the equivalent potential temperatures of the upper and lower layers became constant due to the wind. When the typhoon approached, the vertical wind showed a rising current, which was stronger in the lower layer than in the upper layer.

제1장 서론

기상현상과 계절의 변화가 생기는 주된 요인은 기울어진 자전축과 자전과 공전으로 인해 발생하는 태양으로부터 받는 열의 변화와 태양이 내리쬐는 시간의 변화로 적도와 극지방 간의 수열량의 차이 때문이다. 두지역의 이러한 열의 불균형은 대기를 역동적으로 움직이게 한다. 태풍이란 기상현상은 같은 맥락에서 적도 부근이 극지방보다 태양열을 더 많이 받아 생기는 열적 불균형을 없애기 위해, 저위도 지방의 따뜻한 공기가 바다로부터 수증기를 공급받아 강한 바람과 많은 비를 동반하며 고위도로 이동하는 기상현상으로 해석한다(국가태풍센터, 2010). 우리나라에서 발생하는 기상재해 중 태풍으로 인한 재해 피해가 가장 많으며, 피해액이 또한 가장 크기 때문에 태풍에 대한 꾸준한 연구와 조사가 필요하다고 사료된다.

기존 연구들의 핵심 내용을 살펴보면 ‘대한해협을 통과한 태풍 사례 중에서 중심기압과 태풍 재산 피해액과 사망자 수의 상관관계도 유의미 하게 나타나고, 강수량, 최대순간풍속으로 인한 태풍의 피해는 태풍의 운동에너지의 크기에 의존하며 수증기의 수렴 정도에 따라 달라졌다’(김백조, 2007). ‘전국 평균적으로 태풍 내습 시 발생하는 피해 규모는 태풍에 의한 강풍·호우 등 극한 기후 현상의 강도와 최대 50%의 관련성을 나타내고, 공간적으로 시군 행정구역, 태백산맥과 소백산맥을 경계로 남동부 지역의 시군 지자체에서는 호우강도와 재산의 피해 규모 사이에 유의미한 상관관계를 보인다. 하지만 북서부지역에는 상관관계를 보이지 않는 등 각종 조건에 따라 결과가 상이하게 나타났다’(이승욱, 2016).

‘북서 태평양에서 발생하는 태풍의 수는 감소하는 경향을 보이거나 한반도에 영향을 주는 태풍은 오히려 증가함을 보여 이는 우리나라 주변의 기온과 해수온의 상승과 관련 되어 있음을 알 수 있었다’(박종길, 2006). ‘1986-2004년의 태풍이 1966-1985년의 태풍에 비해 강한 태풍의 상륙빈도가 높았고, 태풍의 생존기간도 길었다. 이는 중국대륙을 경유하는 빈도가 낮으며 이로 인해 한반도 상륙 진로가 남동진 하면서 해양에서 충분한 에너지를 공급 받을 수 있기 때문에 강한 태풍을 유지하는 것으로 보였다’(최기선, 2007, 2012). ‘북서태평양과 한반도 주변에서의 태풍 활동과 태풍 개수에 따른 강도 변화를 비교해 본 결과 최근 강한 태풍이 증가하는 것을 알 수 있었다’(백은희, 2008). ‘1977-1998년 태풍보다 1999-2013년 태풍 발생기간 동안 발생빈도가 열대 및 아열대 서태평양의 북서해역에서 더 많이 발생하는 경향을 보였고, 전자보다 후자가 고위도로 이동하는 경향을 보이고 있기 때문에 태

풍 최대 강도가 고위도에서 나타날 가능성이 높음을 알 수 있었다'(최기선, 2015). 이는 태풍의 발생이 더 많아지고, 이로 인해 피해가 증가할 것을 암시한다. 이에 태풍의 성향과 특징을 파악하여 피해에 대비할 필요가 있다.

'우리나라를 내습하는 태풍은 대부분 진행방향 전면에서 가장 강한 수렴역이 발생하게 되고, 태풍 전면에 위치한 남부내륙 및 동해안 지역에서는 지형적인 산악효과 및 중위도 기상현상의 상호작용이 더해져서 강한 강우분포를 나타냈다'(김태정, 2015). 그리고 경로 분석을 통한 결과 '태풍의 호우 강도가 초반에는 약하고, 주로 중후반에 강한 형태를 나타내며 이것은 홍수를 유발하기 쉬운, 위험한 호우 패턴을 보였고'(박희성, 2016), '위성자료를 활용하여 관측한 연구로는 태풍이 높게 발달하는 구름은 잠열의 방출을 크게 하고 태풍의 강도에 영향을 주었다'(변재영, 2006).

직접 관측하여 연구를 한 경우는 autosonde를 이용한 연구 결과 '태풍의 통과 후 연직 기온의 구배가 통과 전보다 현저히 낮게 나타나고, 지상의 기온은 태풍이 통과하는 시점에서 부근 시간대보다 감소하고 상륙 후 지상의 습도와 기온이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있었다'(김정훈, 2002).과 태풍 루사 (Rusa, 200215)의 연직 구조를 연구한 사례 '지상의 기온은 태풍의 접근 시 기온이 점차 하강하고 상층의 기온은 상승하는 것으로 나타났다. 또한 붕괴된 태풍의 눈에서도 태풍 눈의 특성인 상층 공기 궤의 하강에 따른 기온 상승과 습도 하강이 나타남을 보이고, 태풍 통과 후 지상 약 3km 지점에서 기온 상승과 습도 하강 패턴을 보였다'(정효상, 2007). '드롭존데 자료가 태풍의 진로 예보의 정확도를 높이고 각각의 관측 변수들은 태풍의 진로예보 향상에 서로 다른 역할을 하며, 수평 바람장에 의해 진로 예보의 정확도가 상대적으로 높아짐을 알 수 있었다'(조은수, 2004).가 있다. 유사한 실험으로는 '드롭존데를 이용하여 분석한 결과로 자료동화과정에서 태풍 진로 예측에 긍정적인 영향을 주고, 중하층 고도 자료, 남쪽 영역, 열역학적 변수보다 역학적 변수 등이 진로 예측에 더 큰 영향을 주는 것으로 밝혀졌다'(전은희, 2009).와 '라디오존데를 이용하여 본 경우 지상부근에서의 급격한 기온 변화는 없지만 상대습도의 증가를 확인하기도 하고'(정우식, 2010), '라디오존데와 마이크로 강우레이더로 관측한 태풍 전면 수렴형 강우의 경우 열적 불안정과 역학적 불안정이 유지되고, 이때의 강한 강수는 높은 상당온위를 가진 열대 공기가 중하층에 거쳐서 유입될시 발생하고 이 때는 역학적 불안정이 매우 강하게 발달 하였다'(김도우, 2012)등 이 있다.

모델 시뮬레이션을 통한 연구 결과로는 '태풍은 대체적으로 제주도와 남해안 지역의 재현기간 풍속이 크게 나오며 고위도로 갈수록 작아지는 특징을 나타냈다'(이

승수, 2016)등 이 있다. 태풍과 관련한 연구는 많이 이루어지고 있으나 대부분이 모델링 및 통계적 연구이며, 하층을 직접 관측하고 이를 이용한 연구는 많지 않다.

종합기상탑을 이용한 국내 선행연구는 태풍 CHAN-HOM(201509)에 대해 ‘태풍의 중심이 지날 때 풍속이 증가하고 풍향이 일정하게 태풍 진행방향에 맞춰서 변하며 10m의 풍향의 변화가 300m 보다 크게 관측 되는 등 종합기상탑을 이용한 선행 연구’(황성은, 2015)가 있었지만 사례의 부족함이 많아 더 많은 연구가 필요하고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 종합기상탑 관측자료를 활용한 태풍연구를 통해 태풍 영향권 내의 하층대기 연직구조를 입체적으로 분석하고 파악하여 궁극적으로 정확한 태풍예보에 기여하고자 한다.

제2장 자료 및 분석 방법

제1절 자료

본 연구에서는 2015년과 2016년 발생한 태풍 중 우리나라에 근접하여 영향을 준 기간인 2015년 7월 11일부터 7월 13일까지 사흘간과 2016년 10월 4일부터 10월 5일까지 이틀간의 자료를 사용하였다. 태풍의 종관적 특성과 중규모 대류계의 기단과 기압계의 분석을 위해 기상청에서 생산되는 지상일기도를 활용 하였다. 강수 발생시간, 강수 지속시간, 강수량을 알기 위해 보성(258) 지점의 ASOS 자료를 사용하였다.

종관자료 외에도 중규모대류계의 비종관적인 특징을 분석하고자 단기수치예보 결과, 위성자료, 레이더 자료 등을 사용하였다. 수치예보모델은 UM 모델 분석장과 KLAPS 분석장을 사용하였다.

하층 대기연직구조 특성분석을 위해 보성표준기상관측소(위도 34.45°, 경도 127.12°) 내의 종합기상탑 관측자료를 사용하였다. 종합기상탑은 국내 최대 높이(307m)의 기상관측을 위한 탑이다. 지리적 환경으로는 간척지로 조성되어 수평으로 균질한 농경지역으로 주변 1km 반경에 3층 이상의 건물이 없으며, 남동쪽 1.5km정도 떨어진 곳에 바다가 있다. 서쪽으로는 5km정도 떨어진 곳에 오봉산(320m)이 위치해 있다. 이렇게 주변이 균질한 평지에 설치되어 있어 미기상 실험을 하기에는 이상적인 지형조건을 가지고 있으며, 바다와 인접한 환경으로 인해 태풍 및 호우에 따른 연안의 경계층 구조와 연안 안개 생성에 관한 연구를 수행하기에 적합하다.

종합기상탑의 관측 지점은 총 11개 층으로 10m, 20m, 40m, 60m, 80m, 100m, 140m, 180m, 220m, 260m, 300m에서 관측하고 있다. 관측 요소는 기온, 습도, 풍향, 풍속이며 1분 간격으로 관측하고 있으며, 3차원 풍향풍속계로 관측하는 연직류는 30분 평균을 사용하였고, 60m와 300m에서 관측한 자료를 사용하였다. 태풍이 지나갈 때의 고도별 관측 요소의 변화 값을 이용하여 하층 대기연직구조 변화 특성을 분석하였다.

제2절 분석 방법

2015년과 2016년에 우리나라에 영향을 준 태풍으로 CHAN-HOM(201509)과 CHABA(201618)를 분석하였다. CHAN-HOM(201509)은 태풍의 중심이 관측지점의

좌측으로 하여 위쪽으로 지나가고, CHABA(201618)는 아래쪽으로 하여 우측으로 지나간 사례이며, 강수사례를 보기 위해 보성(258) 지점의 강수량을 확인 하였다. 지상일기도와 태풍의 트랙을 통해 태풍의 진행방향과 종관적인 특징을 분석하였다.

위성자료와 레이더 자료를 사용하여 태풍의 범위와 강수 범위를 확인하고, UM 모델 GDAPS 자료로 보성지역 연직 단면 상승류와 습도, 비습을 분석하였다. KLPAS 분석장으로 지상과 850hPa의 일기도를 통해 종관 분석을 하고, 혼합비를 통해 태풍의 위치와 강수역을 확인하고 500hPa 상대와도를 통해 태풍의 중심과 진행방향을 예상 하였다.

보성표준기상관측소의 종합기상탑 관측자료를 통하여 기온, 습도, 풍향, 풍속의 1분 간격 자료를 확인하고, 보성 지점 ASOS의 기압자료를 활용하여 높이별 기압과 상당온위를 계산 하였다. 60m와 300m에서 관측하는 플릭스 관측 장비 중 하나인 3차원 풍향풍속계(CSAT3A)로 연직류(Z방향) 1분 평균을 구할 수 있으며 이 자료를 30분 평균하여 연직류를 구하여 분석 하였다.

제3장 분석 결과

제1절 2015년 태풍 사례

1. 일기도 분석

기상청 국가태풍센터에서 발표한 제 9호 태풍 CHAN-HOM(201509)의 분석 내용은 2015년 7월 12일에 CHAN-HOM(201509)이 흑산도를 지나갔으며, 이때의 보성군관측소(258)의 최대순간풍속은 20.8m/s였고, 총 강수는 95.5mm, 12일 일 강수는 74mm로 관측되었다(Fig. 1.). 태풍 영향기간에 제주도 산간인 윗세오름에 799.0mm의 많은 강수가 관측 되고, 제주도 윗세오름에 최대순간풍속 27.5m/s, 흑산도에는 33.5m/s의 풍속이 관측 되었다(Fig. 2, 3, 4.). CHAN-HOM(201509)은 6월 30일 21시에 괌 동남동쪽 약 1,660 km 부근 해상(9.9°N, 159.6°E)에서 발생 하여 일본 오키나와 남서쪽 해상, 중국 상하이 남동해상을 통과하여 서해상으로 이동하여 북한 옹진반도에 상륙하고 열대 저기압으로 약화, 소멸 하였다.

발생 부근의 해수면 온도는 29°C, 해양열용량 50~75kJ/cm², 대기의 연직시어 5 kts(2.6m/s) 이하로 태풍 강도 강화에 양호한 조건이었으며, 열대 저압부 중심으로 상층 발산과 하층 수렴이 존재하여 태풍으로 발달하기 좋은 조건이었다. 이후 아열대 고기압 남쪽 가장자리에서 서북서진 하면서 발달하여 12시간만인 6월 30일 21시에 제 9호 태풍 CHAN-HOM(201509)으로 발달하였다. 태풍의 크기는 처음에 1002hPa, 최대 풍속 18m/s의 약한 소형 태풍이었으나 7월 9일 18시에서 7월 10일 03시에 중심기압 935hPa, 최대풍속 49m/s의 매우 강한 태풍으로 발달하였다. 또한 상층 기류가 발달하고 상층의 강한 발산이 하층의 강한 수렴을 유도하고 있었다. 7월 11일 03시부터 중국 내륙에 형성된 강한 연직시어와 육지 마찰로 중심기압 960hPa, 최대풍속 39m/s로 점차 약화 되었다. 이후 상층기압골의 영향으로 북한의 옹진반도에 상륙하기 전까지 중심기압 985hPa, 최대풍속 24m/s로 태풍의 강도를 유지하였다.

태풍 CHAN-HOM(201509)으로 인한 보성지역의 강수는 11일 14시를 전후하여 시작하여 총 강수량은 95.5mm가 기록되었으며, 시간당 가장 많이 비가 내린 시기는 12일 12시에 내린 16.5mm/h이었다. 강수는 40시간 동안 유지되었으며 강우 분포도는 강우가 기록되고부터 약 20시간동안 시간당 2mm 정도의 고른 강우가 기록되다가 태풍에 가장 영향을 받는 약 6시간동안 50.5mm의 강우가 기록되었고, 이후

강우는 소강상태를 보였다(Fig. 1.).

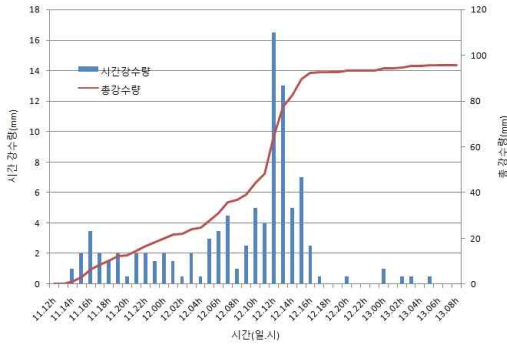


Fig. 1. Total precipitation and hourly precipitation at CHAN-HOM

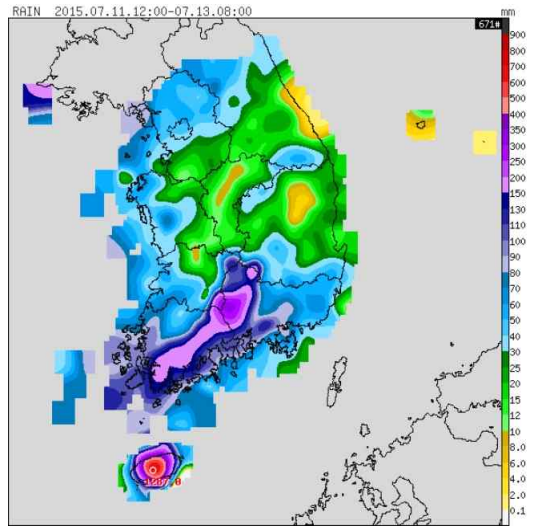


Fig. 2. Cumulative precipitation at CHAN-HOM

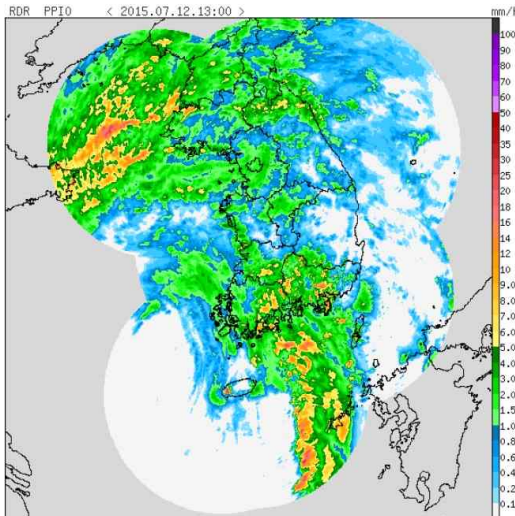


Fig. 3. Radar(2015.07.12. 13:00)

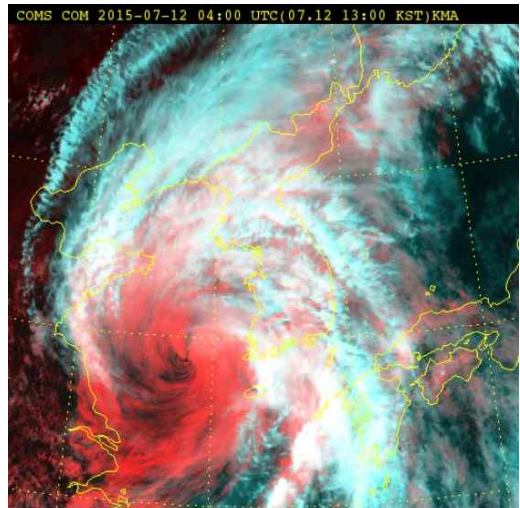


Fig. 4. Satellite picture(2015.07.12. 13:00)

2. 모델 자료 분석

태풍 CHAN-HOM(201509)이 한반도 좌측을 지나가는 시간인 2015년 12월 3시, 12일 9시, 12일 15시, 12일 21시, 13일 3시 UM모델 분석장의 보성지역 단면 연직류(Fig. 5)를 보면 전반적으로 상승류가 발달하며, 풍향은 태풍의 중심이 남서쪽에 있어서 중심을 향해 북동풍이 강하게 불다가 시간이 지날수록 태풍의 중심이 북서쪽으로 이동하여 풍향이 변하는 것을 확인 할 수 있었다. 보성 지역은 지리적 위치와 태풍의 진행 방향 때문에 이 기간 동안 계속 남풍계열의 바람이 불었다.

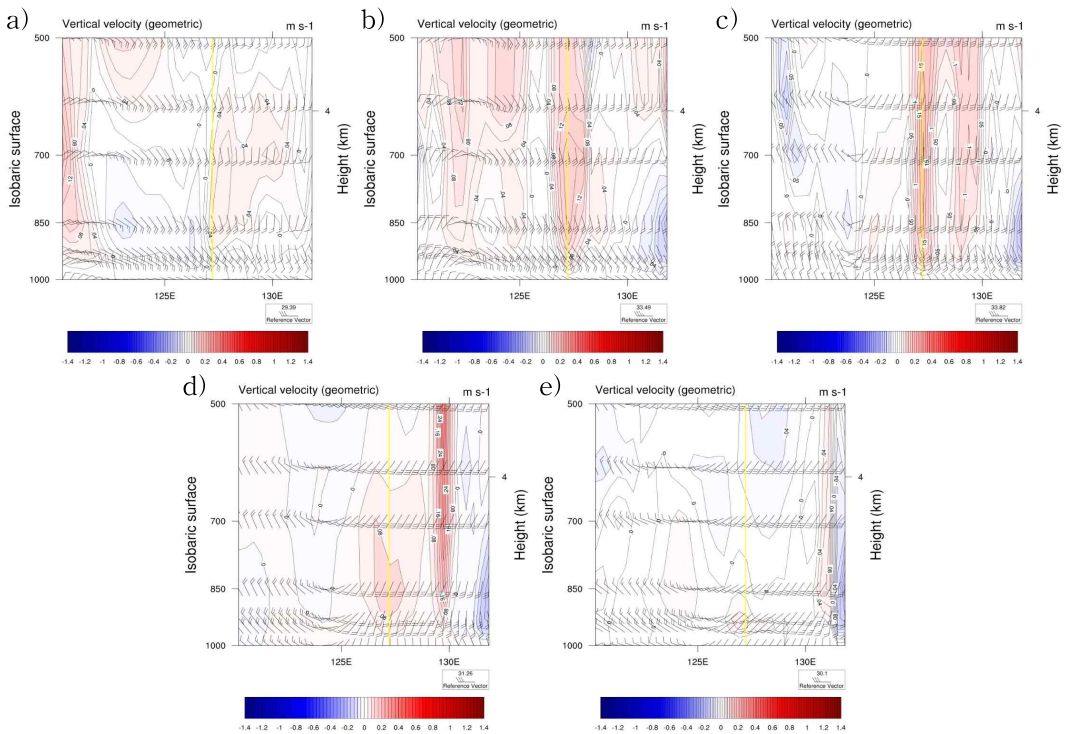


Fig. 5. Vertical velocity in Boseong(a)2015.07.12. 03:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 15:00, d)07.12. 21:00, e)07.13. 03:00)

12일 9시와 15시에 바람 변화로 태풍의 중심이 보성지역과 같은 위도를 지나가는 것을 간접적으로 확인 할 수 있었고, 12일 15시에 태풍의 중심이 지나면서 서해상에 낮은 하강류가 있는 것을 확인 하였다. 바람의 방향은 12일 3시에는 상층으로 갈수록 순전(veering)으로 전환되는 것을 볼 수 있다. 상대 습도 연직 단면(Fig. 6)에서 볼 수 있듯이 시간이 지날수록 서쪽에서 동쪽으로 점차 습도가 높아짐을 확인할 수 있고, 태풍이 지나가는 12일 21시 이후 상층부터 습도가 낮아지는 것을 확

인 할 수 있다. 비습의 연직 단면도 서쪽에서부터 이동하는 태풍의 중심의 하부의 이동에 따라 고비습역을 보이고 있어 불안정 하며 강한 강수가 내리는 것으로 확인된다.

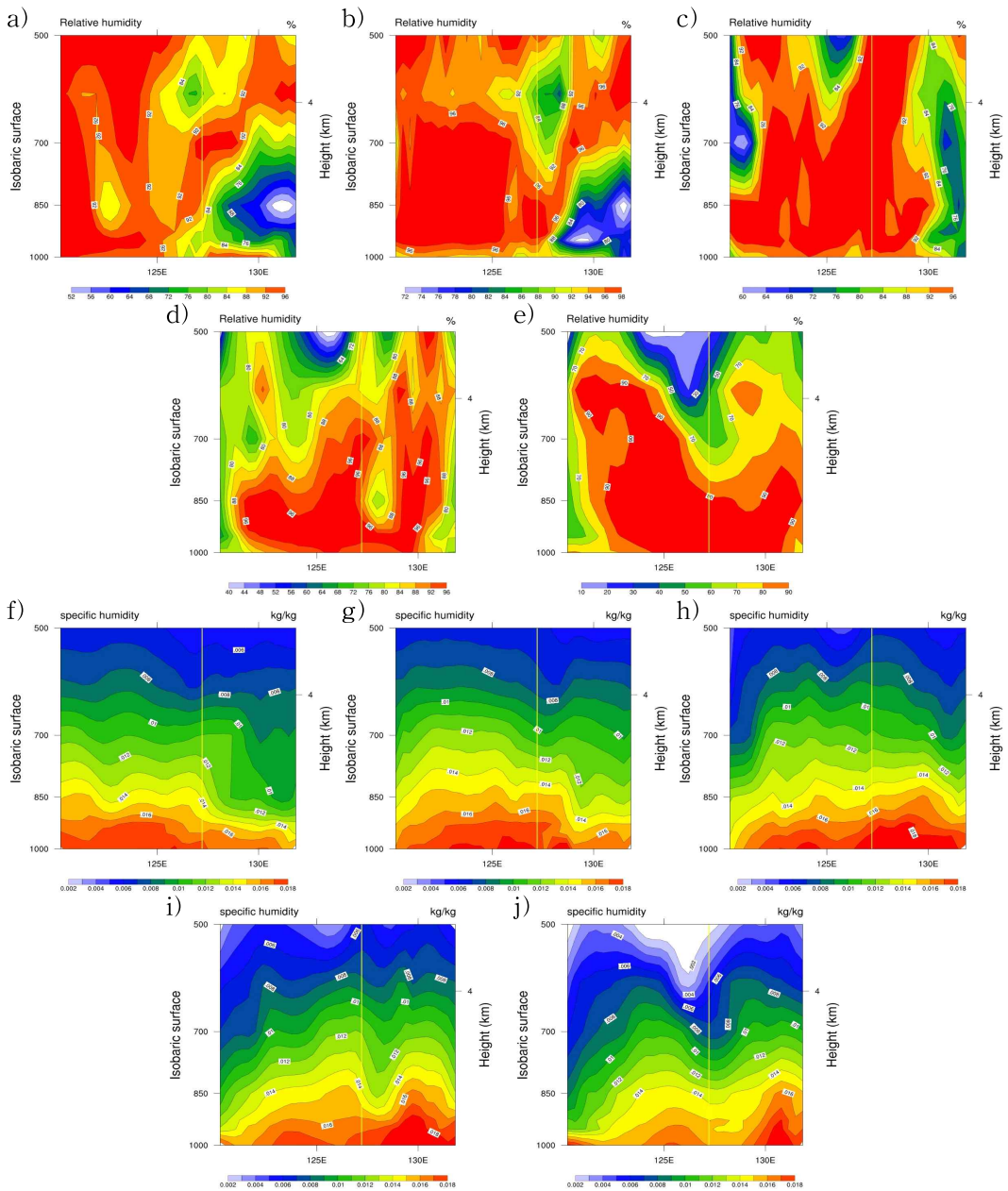


Fig. 6. Relative Humidity(a)2015.07.12. 03:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 15:00, d)07.12. 21:00, e)07.13. 03:00) and Specific humidity in Boseong(f)2015.07.12. 03:00, g)07.12. 09:00, h)07.12. 15:00, i)07.12. 21:00, j)07.13. 03:00)

KLAPS 분석 결과(Fig. 7.)를 보면 종관분석과 UM모델의 결과와 같은 값을 보이며, 지상에서와 850hPa 바람장에서 태풍의 모습을 확인할 수 있다. 단위질량당 수증기량을 나타내는 높은 혼합비의 선명도로 태풍의 위치와 강수역이 12일 15시에 호남지방에 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 11일 10시 30분부터 제주남부 먼바다가 영향권이 들어 태풍주의보가 발효되었고, 12일 15시 쯤 서해상에서 강하게 나타나는 형태를 확인 할 수 있다. 태풍이 지날 때 850hPa에서 높은 혼합비와 타원형의 풍향과 풍속을 확인 할 수 있고, 500hPa에서 짙은 상대와도를 볼 수 있다.

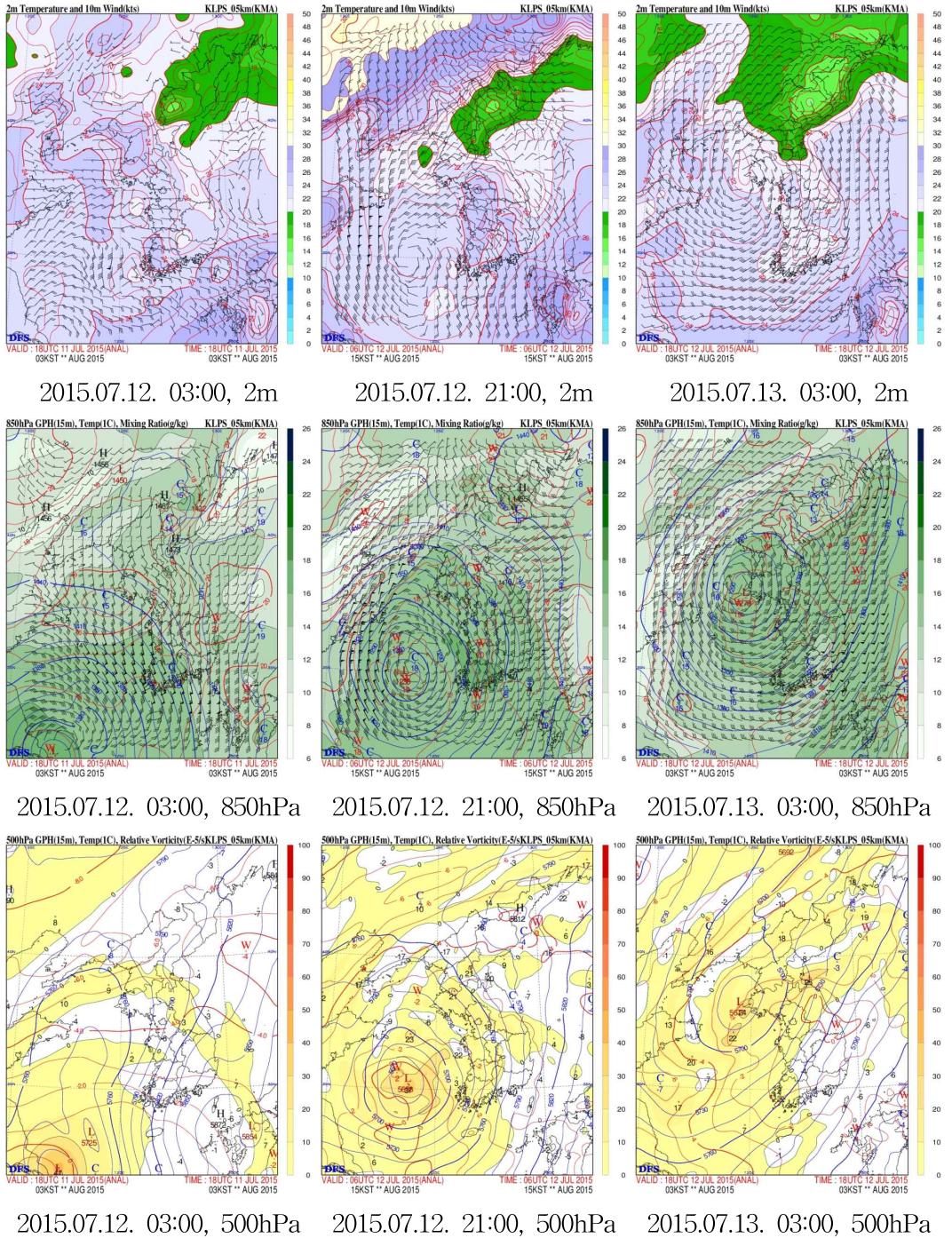


Fig. 7. Temperature and Wind, 850hPa GPH and Temperature and Mixing Ratio, 500hPa GPH and Temperature and Relative Vorticity of KLPS

3. 기본관측자료 분석

Fig. 8은 태풍의 영향을 받은 기간 중 보성에 영향을 준 기간인 7월 11~14일 종합기상탑의 기온과 고도 기온차 시계열 그래프이며, 기온은 태풍의 중심에 가장 영향을 많이 받는 12일을 기준으로 최고기온 60m에서의 25.87°C(07:42 KST)이고, 최저기온은 300m에서의 20.59°C(23:54 KST)였다. 기온차는 일반적으로 야간에 차이가 작고 주간에 차이가 가장 크나, 12일 10m와 300m의 고도 기온차에서 보는 바와 같이 태풍의 영향으로 야간과 주간 고도기온차가 비슷하게 형성되며, 기온차 또한 1~2°C의 간격을 꾸준히 유지 하였다. 태풍의 영향을 받는 기간을 11일 오후부터 14일 오전까지로 짐작할 수 있으며, 태풍이 지난 14일 오후부터는 일반적인 기온 변화 형태로 변화하였다.

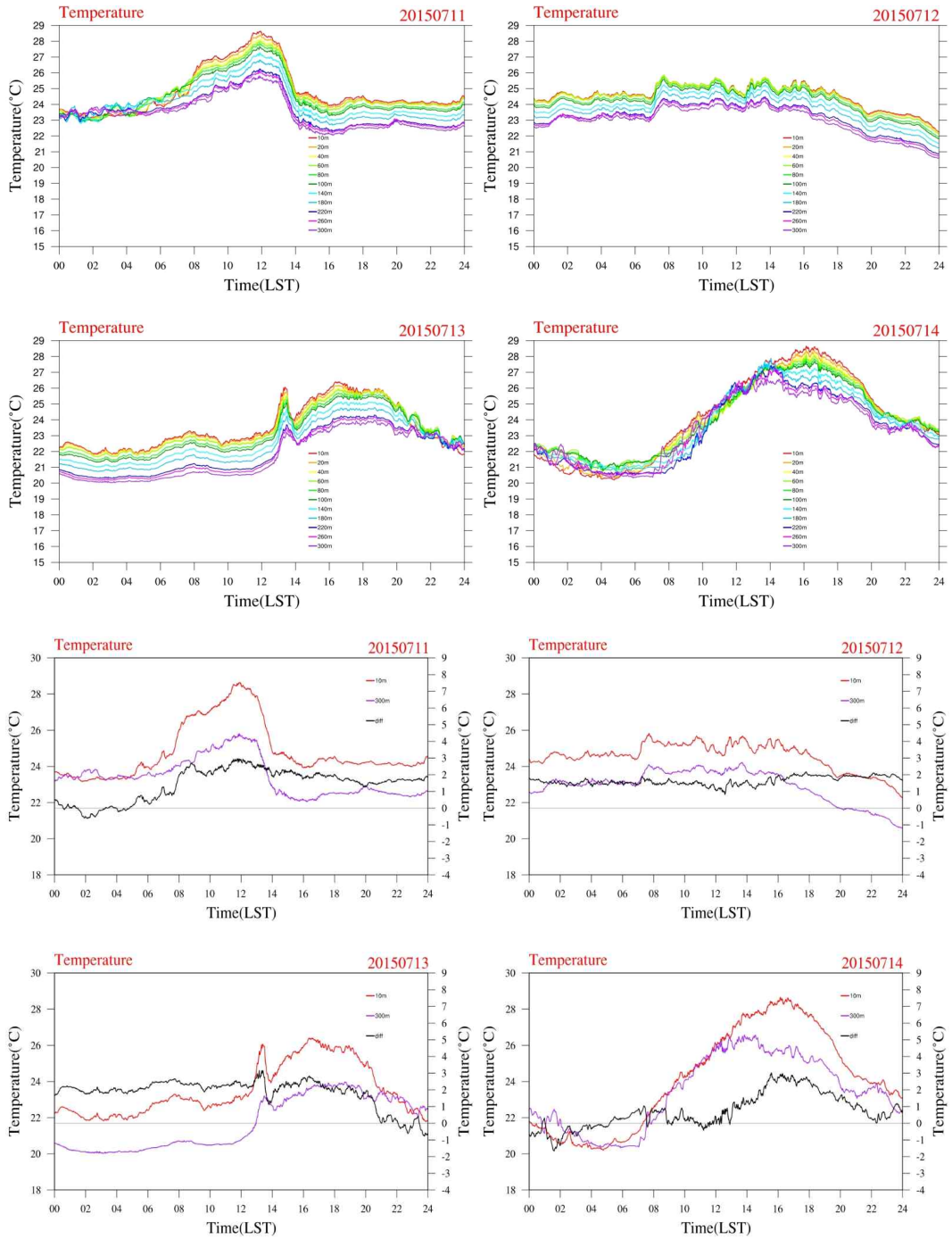


Fig. 8. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)

Fig. 9는 7월 11~14일 종합기상탑의 습도 시계열 그래프이며, 태풍의 영향을 받아 11일 오후에 습도가 낮아지지 않고 급격히 상승한 후 13일 오후까지 습도가 높게 유지되고, 13일 오후부터 조금씩 습도가 낮아졌으며 이후 14일은 일반적인 습도 그래프 곡선 모습인 야간에 기온이 낮아지면서 습도가 높아지고 낮에 기온의 상승으로 인해 습도가 낮아지는 모습을 나타냈다.

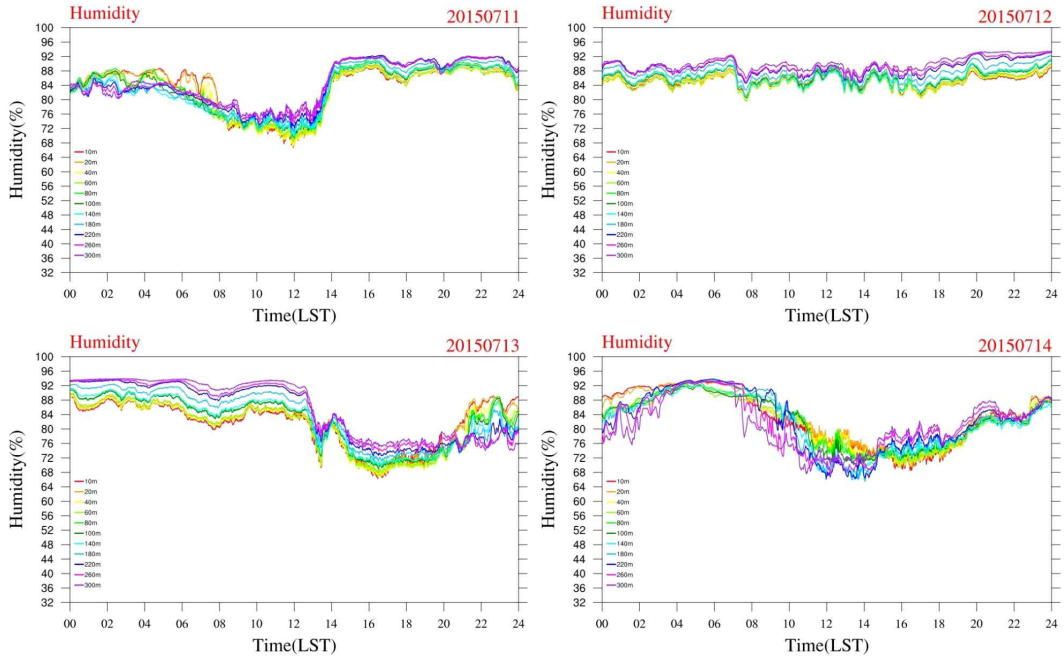


Fig. 9. Humidity of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)

Fig. 10은 7월 11~14일 종합기상탑의 풍속과 고도풍속차 시계열 그래프와 풍향 시계열 그래프이며, 11일 오후부터 점차 태풍의 영향권에 들어가면서 풍속이 높아지기 시작하였으며 태풍이 관측 지점을 지나가면서 꾸준히 북동풍(Fig. 11.)부터 시작하여 순전하면서 일정하게 변하며 불어가는 것을 확인하였다. 풍속은 12일에 최고 기록을 기록 하였으며 10m에서 최대 18.2m/s, 260m에서 27.3m/s로 관측 되었다. 이후 점차 풍속이 줄어들고 14일부터 6m/s 이하의 낮은 풍속을 나타냈다. 낮은 풍속을 기록 될 때 풍향 또한 남풍이 주로 나타났으나, 다양한 풍향의 변화가 나타났다. 고도풍속차 또한 가장 강한 바람이 부는 12일에 가장 크게 나타났으며, 이후 태풍의 영향이 줄어들면서 고도풍속차 또한 줄어들었다. 그리고 10m의 바람보다 300m의 바람이 더 강하게 불었으며, 그 중심이 지나가는 12일 에 차이가 꾸준히 약

6m/s 정도로 나타났다. 연직 바람은 바람이 가장 강한 12일에 변하는 것으로 보이지만 거의 미미한 수준으로 나타났다.

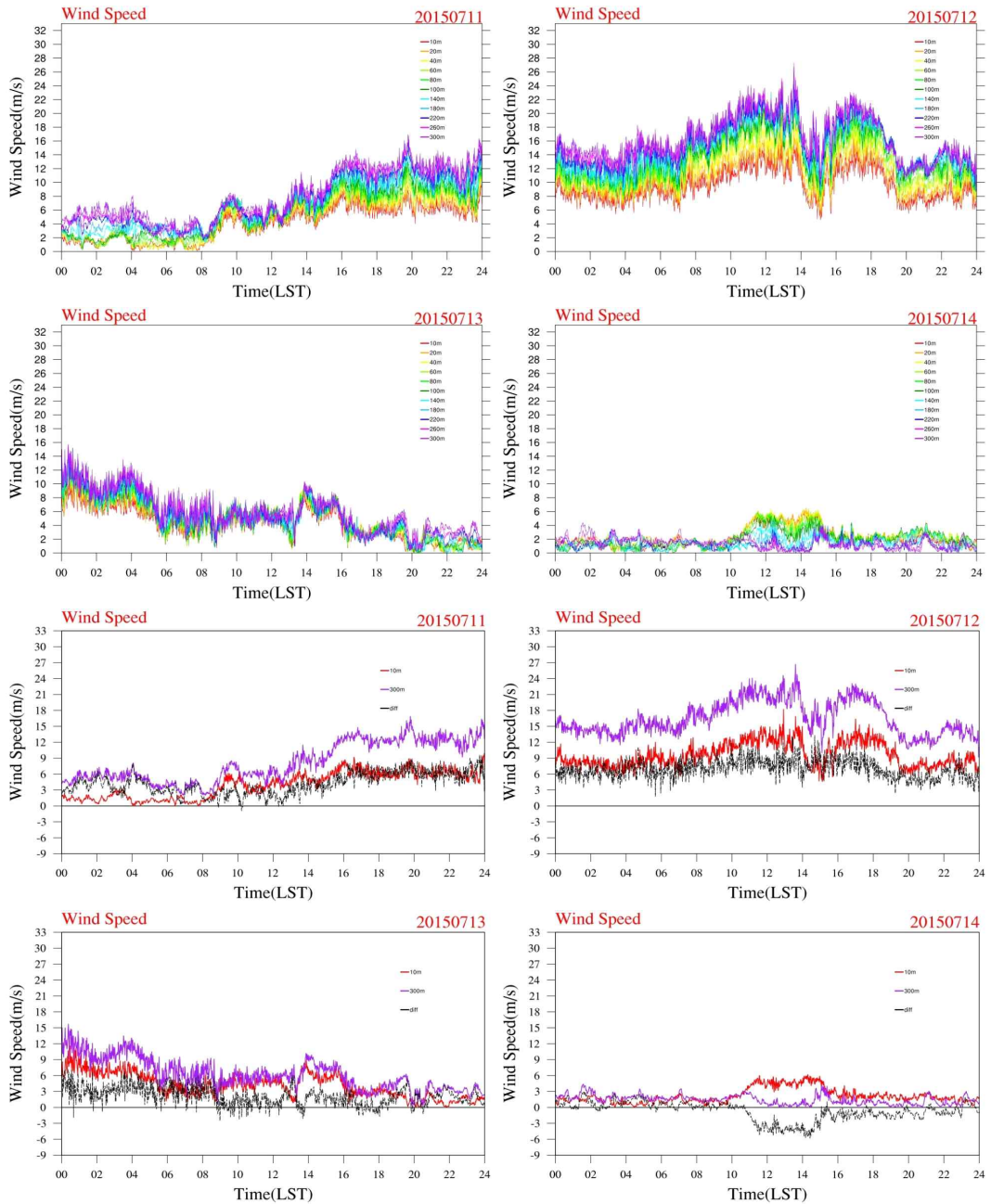


Fig. 10. Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2015.07.11. ~14.)

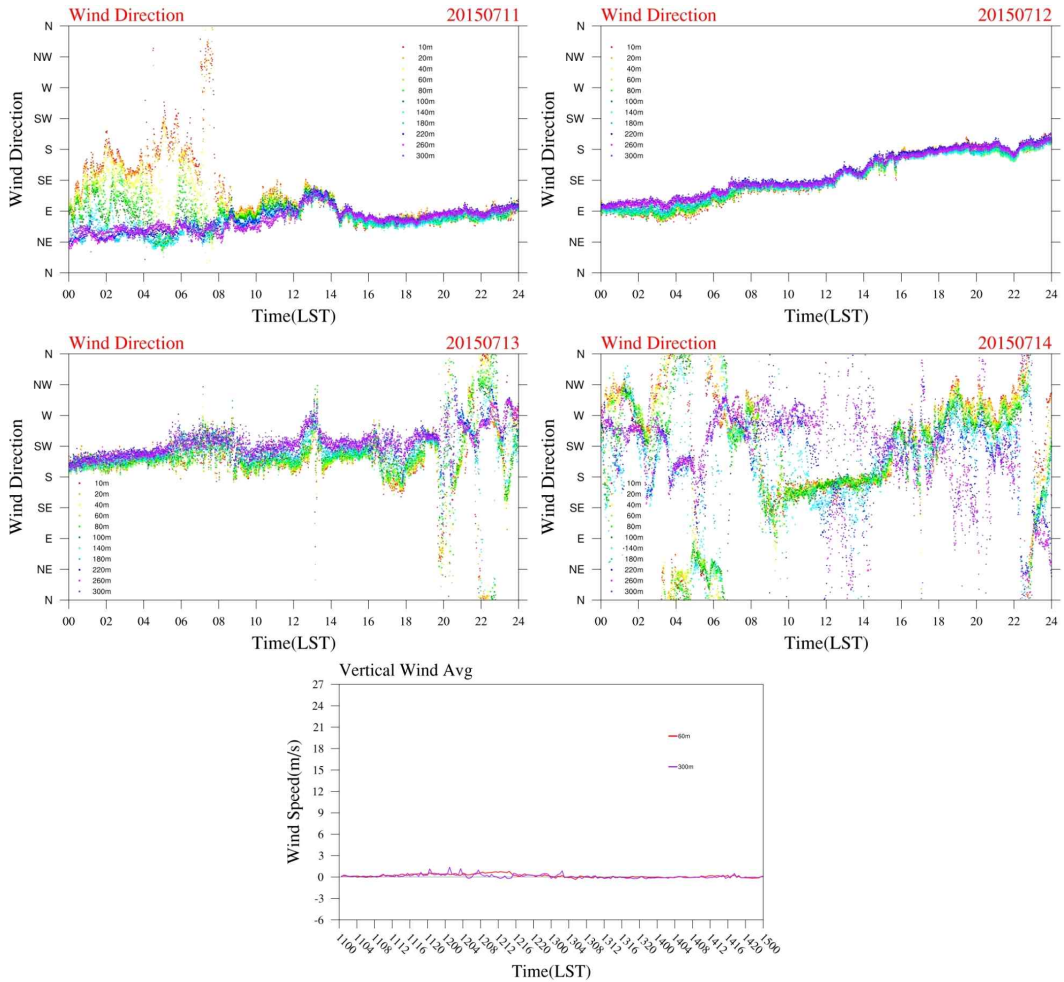


Fig. 11. Wind direction, Vertical wind average of Boseong Tower(2015.07.11.~14.)

Fig. 12는 7월 11~14일 종합기상탑의 기압과 상당온위 시계열 그래프이며, 기압은 태풍의 중심이 보성을 지나가는 것이 아닌 서해안을 지나기 때문에 극적으로 변하지 않고 완만한 기압 변화를 보이고 있다. 보통 야간에는 상하간의 상당온위의 격차가 크고 주간에는 반대로 크게 차이가 없어야 하는데 태풍의 영향으로 야간과 주간 관계없이 비슷한 간격으로 유지가 되어 풍향과 풍속에 의해 상당온위가 일정하게 변화하는 것으로 보인다.

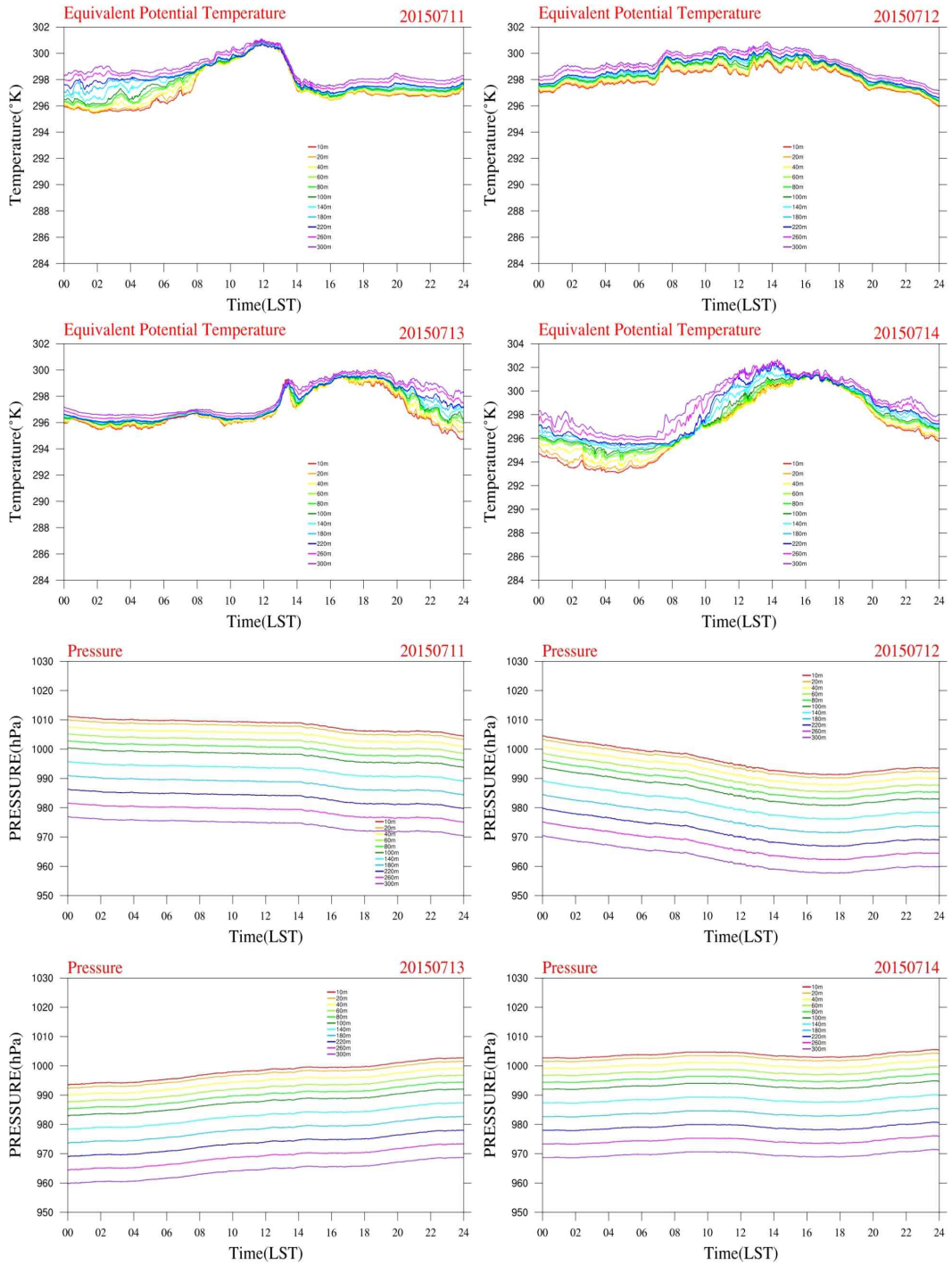


Fig. 12. Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower (2015.07.11.~14.)

CHAN-HOM(201509)의 영향을 받는 기간의 최고기온은 12일 기준으로 60m에서 25.9°C(07:42 KST)이고, 최저기온은 300m에서의 20.6°C(23:54 KST)였다. 11일 12시부터 13일까지 일반적인 기온변화와 다르게 모든 고도의 기온이 일정하게 유지되고 큰 변화가 없었다. 습도는 태풍의 영향을 받을 때 거의 변화가 없으며 강수의 영향으로 높은 습도를 유지하였다. 풍속은 11일 오후부터 증가하여 12일에 27.3m/s(13:35 KST)로 최댓값이 관측되었다. 풍향은 태풍의 진행에 따라 동풍(90°)에서 남서풍(240°)으로 변화 하였으며 주로 12일에 남동풍이 주를 이루었다. 기압은 12일에 가장 낮은 지점을 보여 이 시간에 태풍과 관측지점이 가장 가까웠음을 짐작 할 수 있다.

제2절 2016년 태풍 사례

1. 일기도 분석

기상청 국가태풍센터에서 발표한 제 18호 CHABA(201618)의 분석 내용은 2016년 10월 5일 9시에 CHABA(201618)는 고흥반도 앞으로 지나갔으며, 이때의 보성군 관측소(258)의 최대순간풍속은 16.7m/s였고, 총 강수는 72mm로 관측되었다(Fig. 13.). CHABA(201618)는 9월 28일 03시 괌 동쪽 약 1,460 km 부근 해상(15.8°N, 158.1°E)에서 발생 하여 일본 오키나와 남쪽, 제주도 성산 부근을 통과하여 남해안인 거제도과 부산을 지나 10월 6일 00시 일본 삿포로 남남동쪽 약 110km 부근에서 온대저기압으로 약화 되었다. 태풍 영향기간에 제주도 산간 659.5mm, 국가태풍센터 290mm의 많은 강수가 관측 되었다(Fig. 14.). 또한, 제주도 고산에는 최대순간풍속 56.6m/s의 강한 바람이 관측되었고, 그 밖의 지역에서도 25m/s 이상의 강한 바람이 관측되었다.

10월 1일 이후 아열대 고기압의 남서쪽 가장자리에서 북서진 지향류의 영향을 받으면서 해양열량이 높은 해역(75KJ/cm²이상)에 진입하고, 태풍의 동쪽에 상층 고기압에 의한 북쪽 발산이 강하게 형성되면서 본격적으로 발달 하였다. 태풍의 크기는 10월 3일 9시에 중형에 중심기압은 930hPa이며 바람도 매우 강(최대풍속 50m/s)한 중형 태풍까지 발달하였으며, 이후 보성표준기상관측소 근처로 중심이 통과하는 시기인 5일 06시에서 09시 사이에는 크기는 소형으로 중심기압은 970hPa이며 바람의 강도는 강(최대풍속 35m/s)으로 약화되었다.(Fig. 15, 16.) 또한 CHABA(201618)는 제 17호 태풍 MEGI(201617)에 의해 테워진 고온 습윤한 대기, 높은 해수면 온도와 해양 열량, 약한 연직시어와 상층 발산으로 인한 에너지를 공급 받으면서 10월 3일 9시부터 4일 9시까지 중심기압 930~935hPa의 최성기를 유지하였다.

CHABA(201618)는 평년보다 강하게 발달한 북태평양 고기압 가장자리를 따라 10월에 한반도로 북상하였고, 10월 5일 4시 50분경에 제주도 성산을 지나 8시 경쯤에 고흥 앞바다를 지났다. 보성군 강수시작은 4일 23시 전후하여 시작하여, 총 강수량은 72mm를 기록하였으며 시간당 가장 많이 비가 내린 시기는 5일 07시에 내린 12mm/h이었다. 강수는 13시간 동안 유지되었으며, 강우 분포도는 처음과 시작이 작고 가운데가 큰 일반적인 가우스 분포도 모양이다.

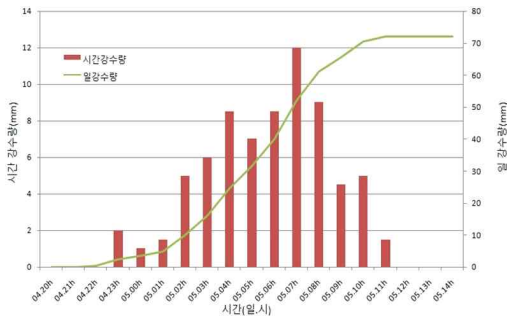


Fig. 13. Total precipitation and hourly precipitation at CHABA

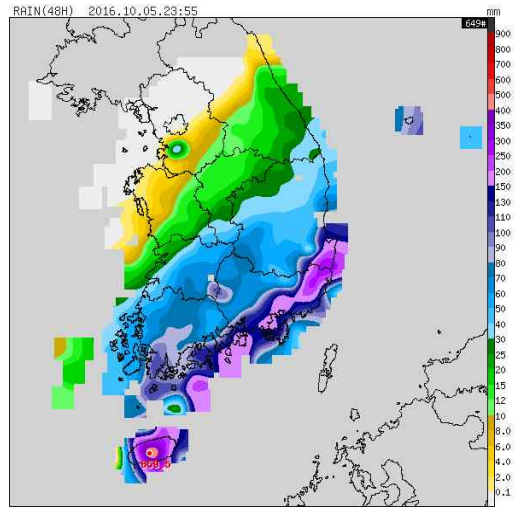


Fig. 14. Cumulative precipitation at CHABA

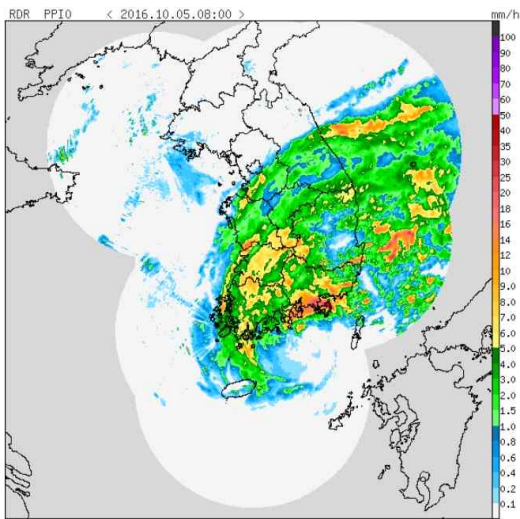


Fig. 15. Radar(2016.10.05. 08:00)

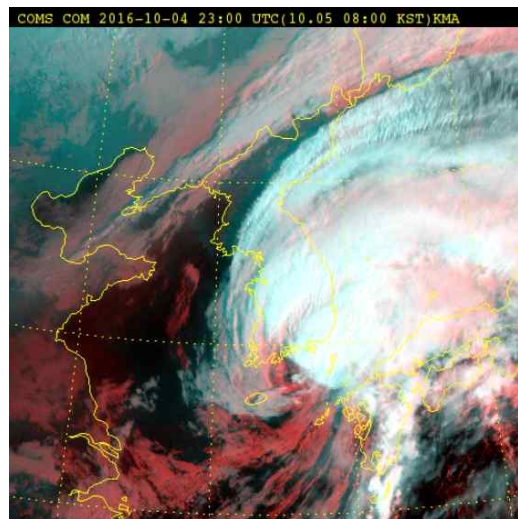


Fig. 16. Satellite picture(2016.10.05. 08:00)

2. 모델 자료 분석

태풍 CHABA(201618)이 한반도를 지나는 시간인 4일 21시, 5일 3시, 5일 9시, 5일 15시의 UM모델 분석장의 연직류의 단면(Fig. 17.)을 보면 5일 3시부터 상층부터 태풍의 상승류가 발달하며, 풍향은 500hPa 지역에 남풍이 강하게 불고, 지상은 태풍의 중심이 제주도 남쪽에 있어서 중심을 향해 북동풍이 불었다. 이후 5일 9시에 지상부터 500hPa까지 북풍이 불고, 태풍의 좌측 하부에 하강류가 있으며 이 하강류와 맞물려 수렴대가 강화되면서 상승 시 강수를 더 증가시키는 것으로 보인다. 바람의 방향은 5일 3시에는 상층으로 갈수록 순전(veering)으로 전환되는 것을 볼 수 있고, 9시에는 상층으로 갈수록 순전하다가 700hPa 이후 반전(backing) 하였다. 5일 3시와 9시의 연직 습도 단면도에서 볼 수 있듯이 상층까지 습도가 높음을 확인할 수 있고, 15시 이후 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. 5일 3시와 9시의 비습의 연직 단면(Fig. 18.)그래프를 보면 태풍의 중심의 하부에 고비습역을 보이고 있어 불안정하고, 이로 인해 강한 강수가 내리는 것으로 확인된다.

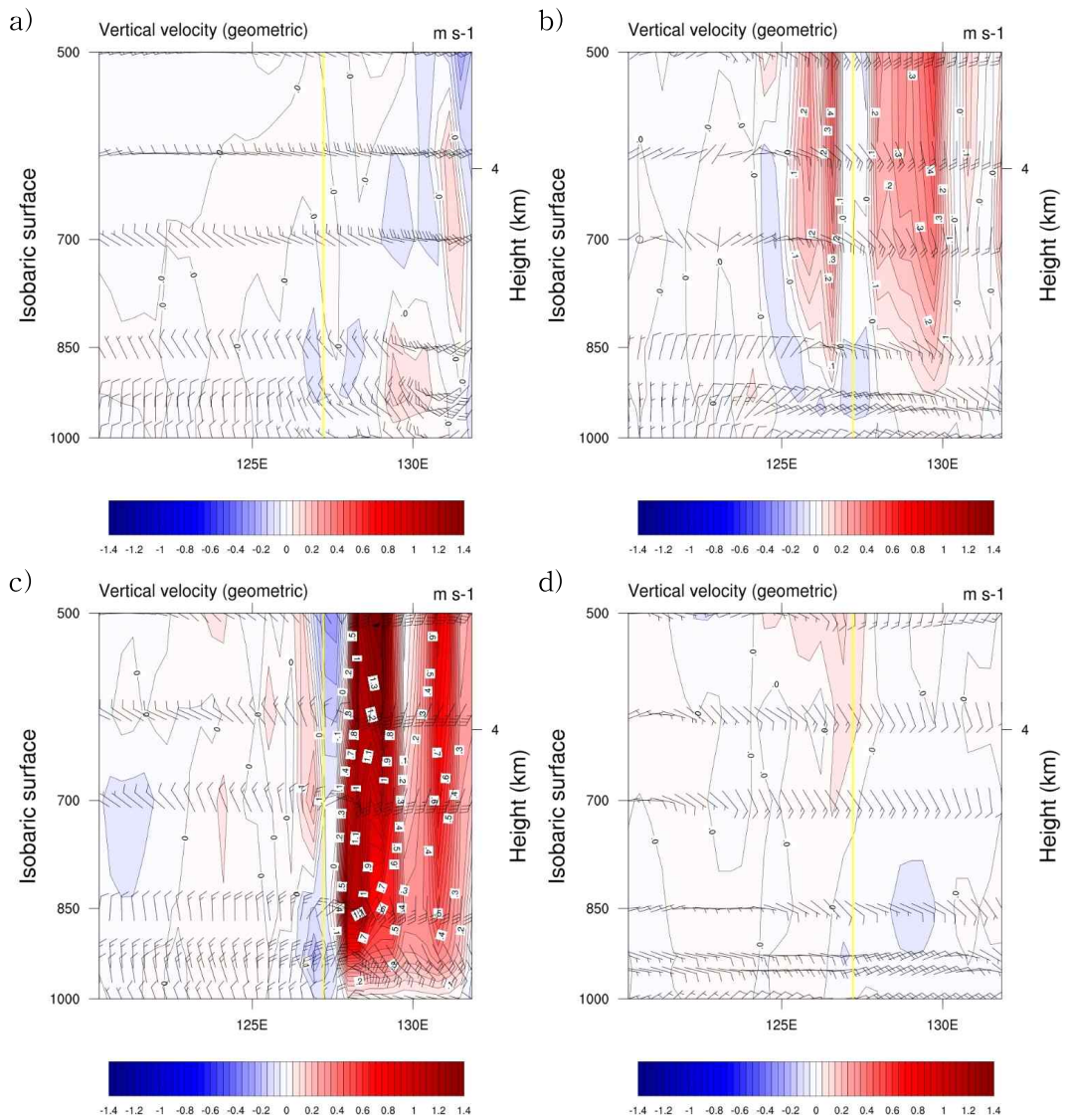


Fig. 17. Vertical velocity in Boseong(a)2016.10.04. 21:00, b)10.05. 03:00, c)10.05. 09:00, d)10.05. 15:00)

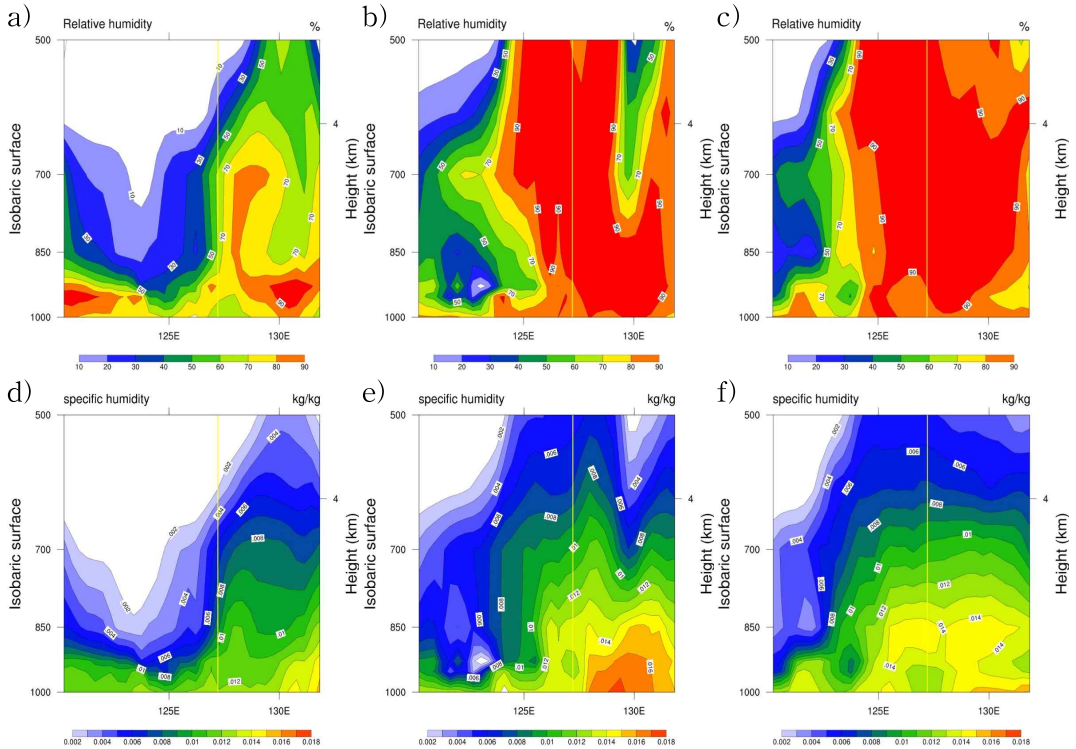
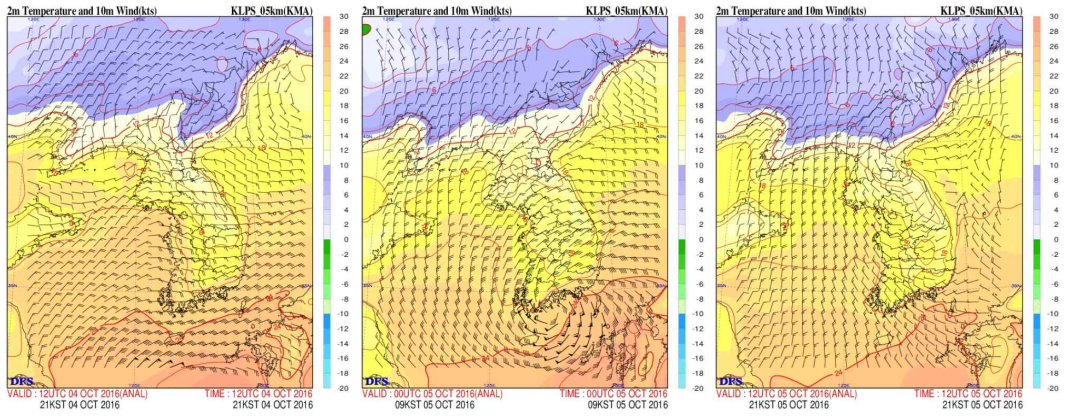


Fig. 18. Relative Humidity(a)2016.10.05. 03:00, b)10.05. 09:00, c)10.05. 15:00) and Specific humidity in Boseong(e)2016.10.05. 03:00, f)10.05. 09:00, g)10.05. 15:00)

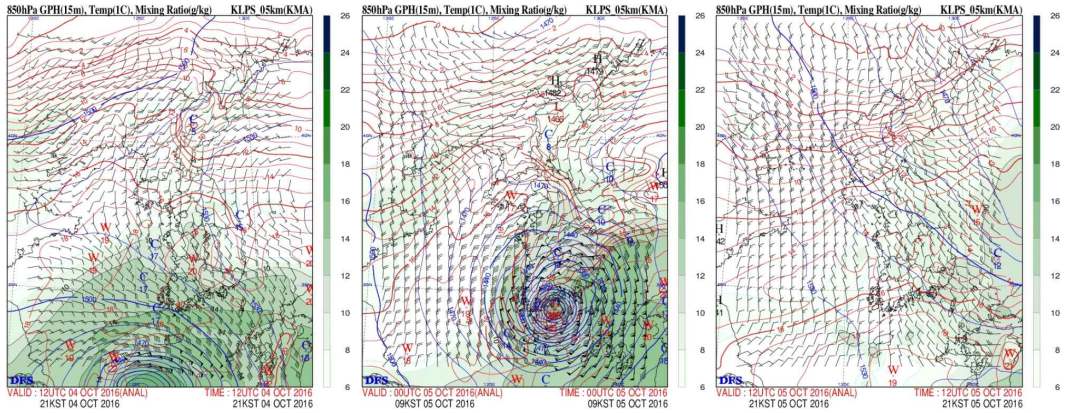
KLAPS 분석 결과(Fig. 19)를 보면 중관분석과 UM모델의 결과와 같은 값을 보이며, 지상에서와 850hPa의 바람장에서 태풍의 모습을 확인할 수 있다. 10월 4일 13시에 제주 남부 먼바다의 태풍 특보를 시작으로 영향권에 들기 시작하고 5일 9시쯤에 우리나라 남해상에 타원형의 형태를 확인할 수 있다. 태풍이 지날 때 850hPa에서 확인한 혼합비와 타원형의 풍향과 풍속을 확인할 수 있고, 500hPa에서 짙은 상대와도를 볼 수 있다.



2016.10.04. 21:00, 2m

2016.10.05. 09:00, 2m

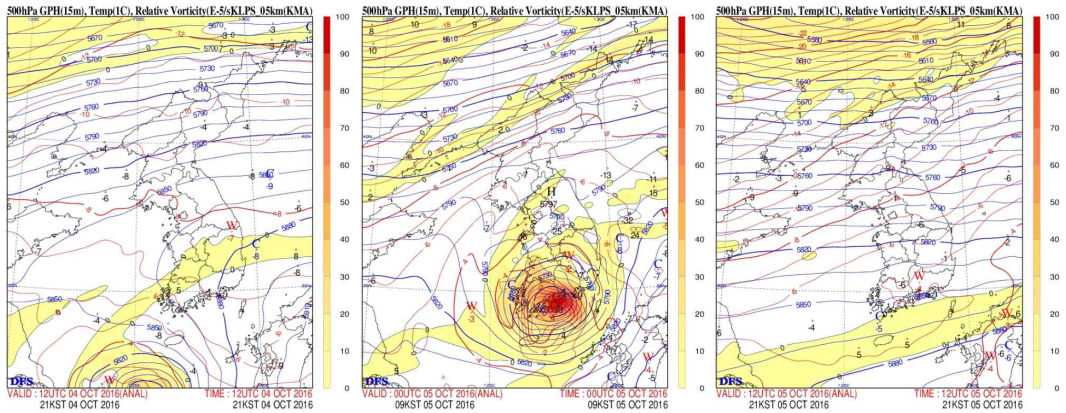
2016.10.05. 21:00, 2m



2016.10.04. 21:00, 850hPa

2016.10.05. 09:00, 850hPa

2016.10.05. 21:00, 850hPa



2016.10.04. 21:00, 500hPa

2016.10.05. 09:00, 500hPa

2016.10.05. 21:00, 500hPa

Fig. 19. Temperature and Wind, 850hPa GPH and Temperature and Mixing Ratio, 500hPa GPH and Temperature and Relative Vorticity of KLPS

3. 기본관측자료 분석

Fig. 20은 태풍의 영향을 받은 기간 중 보성에 영향을 준 기간인 10월 4~5일 종합기상탑의 기온과 고도기온차 시계열 그래프이며, 기온은 4일을 기준으로 최고 기온 28.2°C(13:01 KST)이고 최저기온은 17.2°C(06:55 KST)였다. 5일을 기준으로 는 최고기온 26.2°C(13:23 KST)였으며 최저기온은 18.5°C(23:23 KST)였다. 4일 10m와 300m의 기온차에서 보는 바와 같이 보통 해뜨기 전까지 지상의 기온이 하강하여 새벽시간에 상층의 기온이 높은 역전이 형성 되어야 하나 태풍의 영향으로 일정한 간격을 유지하게 되고, 태풍이 지나가는 순간인 6~9시 사이에 태풍의 영향으로 5일 새벽시간에 10m의 기온이 높으며 태풍에 가장 영향을 많이 받는 8시쯤에는 300m와 10m의 기온차가 거의 없는 0.13°C 차이(07:49 KST) 보였다. 이는 태풍의 중심에 가깝고 상층과 하층의 이동이 활발한 것으로 사료 된다. 태풍이 지난 오후부터는 일반적인 기온 변화 형태로 변화였다.

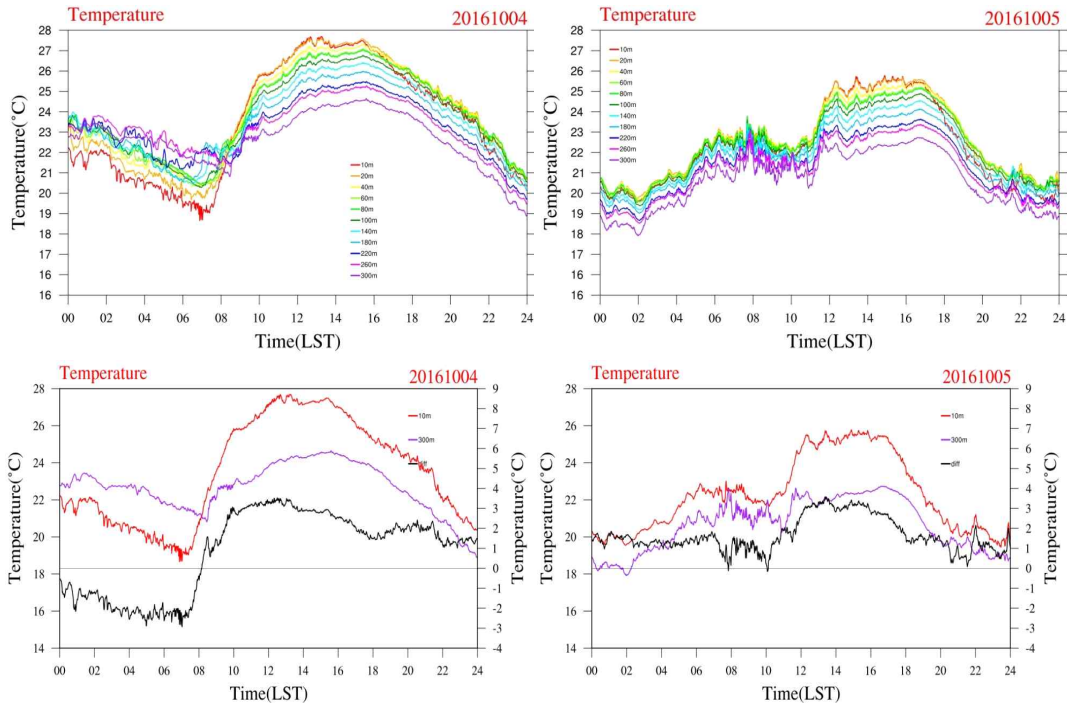


Fig. 20. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2016.10.04.~05.)

Fig. 21은 10월 4~6일 종합기상탑의 습도 시계열 그래프이며, 태풍의 영향을 받아 4일 오후에 습도가 낮아지지 않고 5일 오후까지 습도가 높게 유지 되었다. 이후 태풍의 영향을 벗어나는 6일 오후부터 일반적인 습도 그래프 곡선으로 그렸다.

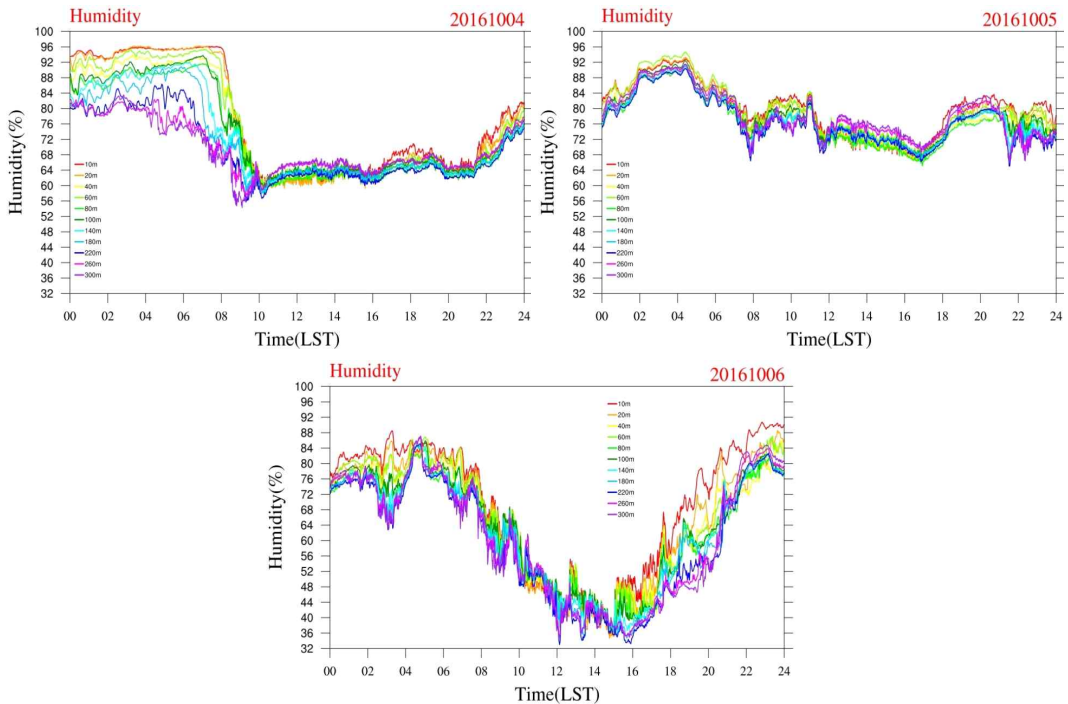


Fig. 21. Humidity of Boseong Tower(2016.10.04.~06.)

Fig. 22은 10월 4~5일 종합기상탑의 풍속과 고도풍속차 시계열 그래프와 풍향 시계열 그래프이며, 4일 오후부터 점차 태풍의 영향권에 들어가면서 풍속이 높아지기 시작하였으며 태풍이 관측 지점을 지나가는 시간인 6~9시 사이에 풍향이 평균 북동풍(약 50°)에서 북서풍(약 300°)으로 빠르게 변화하였으며, 이는 태풍의 중심이 관측지점의 남쪽을 가깝게 지나가면서 그 중심을 향해서 풍향이 변함을 알 수 있었다. 풍속은 10m에서 최대 24.7m/s, 300m는 31.9m/s로 관측되었다. 또한 태풍의 중심과 근접한 구역이 지나가는 시간인 7시쯤에 풍속이 급격히 줄어드는 것을 확인할 수 있으며, 이는 태풍의 중심에 가까이 지나가는 것임을 추정할 수 있다. 5일 19시 이후 낮은 풍속(2~6m/s)으로 관측 되고, 이는 연평균(4.4m/s) 풍속과 유사하다. 300m와 10m의 풍속 경향은 비슷하게 변화하나 태풍의 중심이 지나갈 때 풍속차가

급격히 줄어들고 10m의 풍속이 더 빠른 것을 확인 할 수 있었다. 태풍의 중심이 지난 이후 다시 일정한 풍속차를 보였다. 풍속이 강하게 관측된 기간에 모든 고도에서 유사한 풍향이 관측되나 태풍이 지나간 약 19시 이후부터 풍속이 약해져서 풍향의 변화가 심해졌다. 연직풍을 살펴보면 300m의 연직 풍은 거의 변함없이 유지되다가 태풍의 중심이 지나는 5일 9시부터 조금 상승하였다. 상대적으로 60m는 큰 변화폭을 보이는데 특히 4일 9시부터 4일 자정까지 하강류를 보였다. 또한 태풍의 중심을 지나는 시간에는 상승류가 급격히 발달하여 300m와 다른 경향을 보였다. 풍속과 비교해 보았을 때 태풍의 중심을 지나는 구간을 벗어나 바람이 강해질 때 60m 연직류가 급격히 증가하는 것을 확인 하였다. 이는 상층에는 상승류보다 수평류가 강한 것으로 보이고 하층에는 수평류와 더불어 상승류도 증가했기 때문으로 사료 된다. 그리고 태풍의 중심이 지나가기 전에는 오히려 60m에 하강류가 발생하여 태풍의 전면에서 하강류가 발생하고 태풍의 후면에서 강한 상승류가 있음을 확인 할 수 있었다.

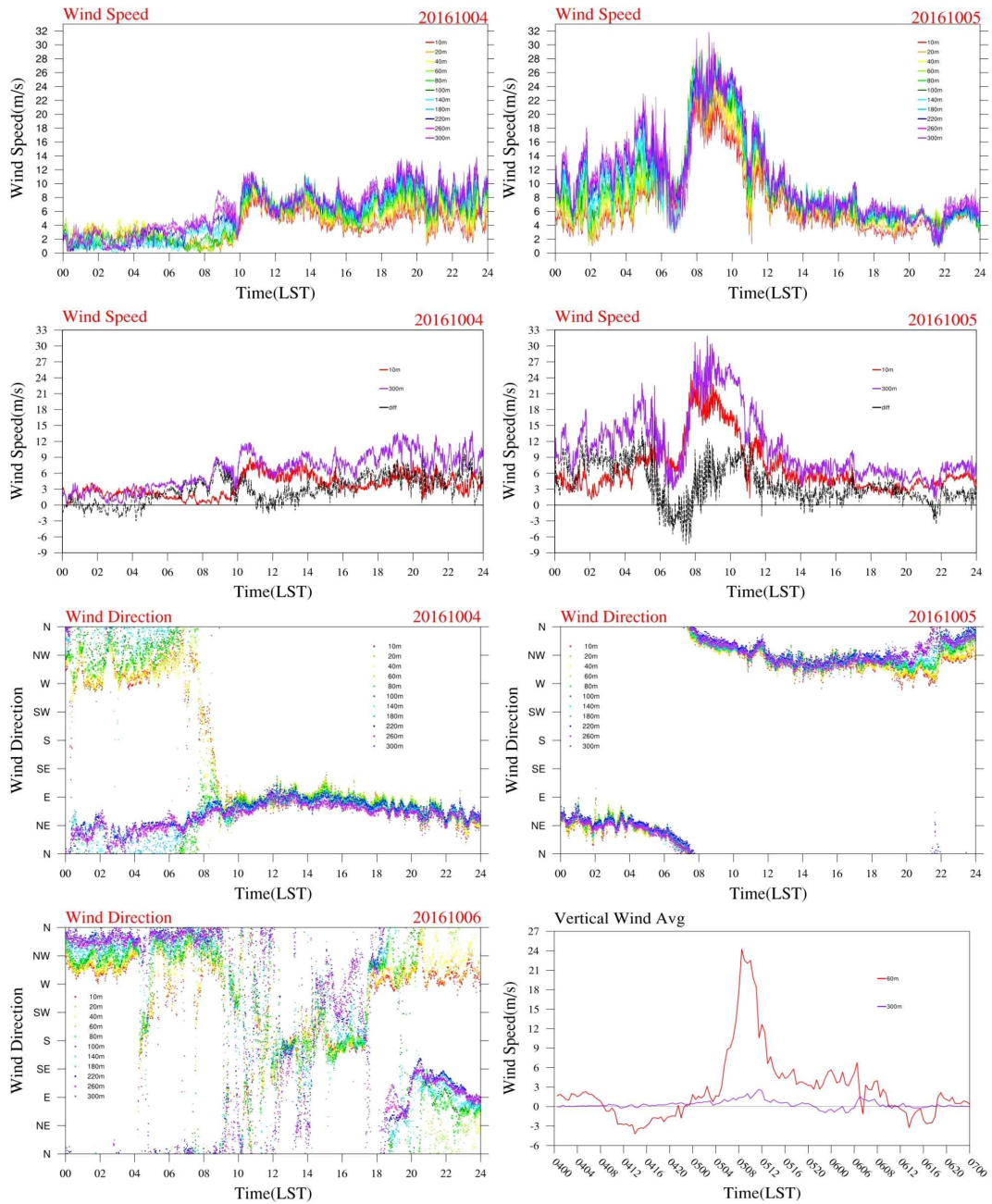


Fig. 22. Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m of Boseong Tower(2016.10.04.~05.), Wind direction(2016.10.04.~06.), Vertical wind average(2016.10.04.~06.)

Fig. 23은 10월 4~6일 종합기상탑의 기압과 상당온위 시계열 그래프이다. 기압은 태풍의 중심에 가까워지면서 천천히 낮아지다가 중심에 들어서는 6시간 사이에 급격히 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다. 4일 저녁부터 태풍의 영향으로 상당온위는 격차가 크게 벌어지지 않고 5일 12시까지 2°C정도의 일정한 상당온위를 유지하였다. 그러나 태풍의 중심이 지나는 5일 오전에 하층인 10m 까지 높은 상당온위역을 보이는 것을 확인하여 이때 불안정이 강하게 나타난 것을 확인 할 수 있었다. 5일 오후에 거의 격차가 없다가 6일 오전까지 태풍의 영향으로 큰 격차를 보이지 않았다.

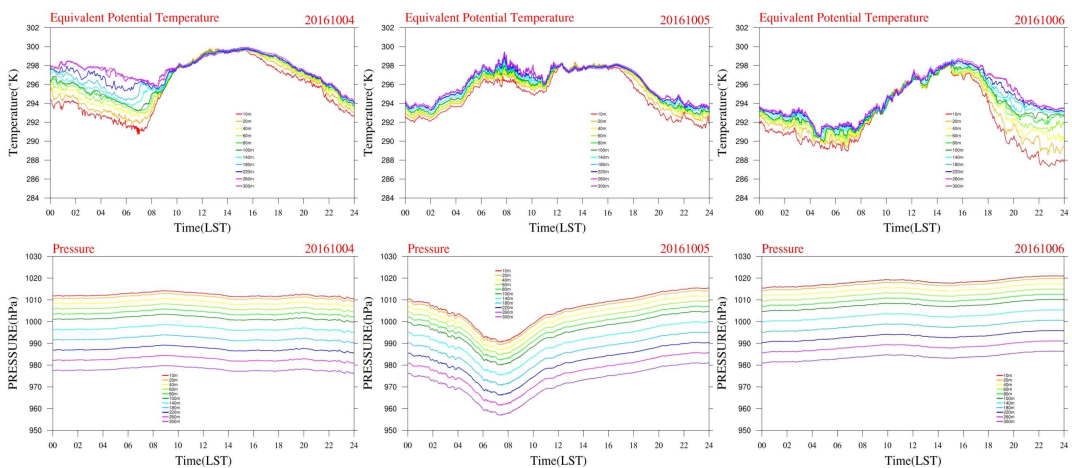


Fig. 23. Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2016.10.04.~06.)

CHABA(201618)의 영향을 받는 기간의 최고 기온은 5일 기준으로 5일을 기준으로 최고기온 26.2°C(13:23 KST)였으며 최저기온은 18.5°C(23:23 KST)였다. 5일에 태풍의 영향으로 새벽시간에 역전층이 형성되지 않다가 태풍의 중심이 지나는 순간 상하층간의 기온차가 없었다. 이는 상하층간의 연직류가 강하게 발달하여 생긴 결과로 사료 된다. 습도는 태풍의 영향을 받을 때인 5일에 일 변화가 크게 나타나지 않으며 이는 강수의 영향인 것으로 사료 된다. 풍속은 4일 오후부터 증가하여 5일에 31.9m/s(08:40 KST)로 300m에서 최댓값이 관측되었다. 풍향은 태풍의 진행에 따라 동풍(90°)에서 북서풍(320°)으로 변화 하였으며 태풍이 지나는 순간에 급격히 풍향이 변하였다. 기압은 5일에 가장 낮은 지점을 보여 이 시간에 태풍과 관측 지점이 가장 가까웠음을 짐작 할 수 있다.

제3절 비교 분석

1. 기본관측자료 비교 분석

Fig. 24는 2015년 7월 15일의 보성 타워 자료로 형식은 앞서 분석한 2015년 7월 11~14일 때와 같다. 다만 15일은 태풍이 지난 후 날씨가 맑은 날의 경우이며, 일반적인 여름철 날씨이다. CHAN-HOM(201509)이 지나가는 시기의 경우 태풍의 영향으로 일교차가 크지 않고 상하층간의 기온의 변화가 일정한 것을 확인할 수 있었으나 7월 15일인 맑은 날에는 일교차가 뚜렷하고 밤 시간에는 상하층의 기온차가 낮아 역전층을 형성하고, 낮 시간에 상하층간 기온차가 큰 것을 확인할 수 있다. 바람도 강하게 불지 않고, 오후 시간에 평균 4m/s 정도로 바람이 부는 것을 확인할 수 있고, 이 시간대에만 남동풍이 뚜렷하게 보이고 다른 시간대에는 바람이 약해서 뚜렷하게 풍향이 나타나지 않았다. 연직풍도 크게 나타나지 않았고, 상당운위와 기압도 크게 변화하지 않았다.

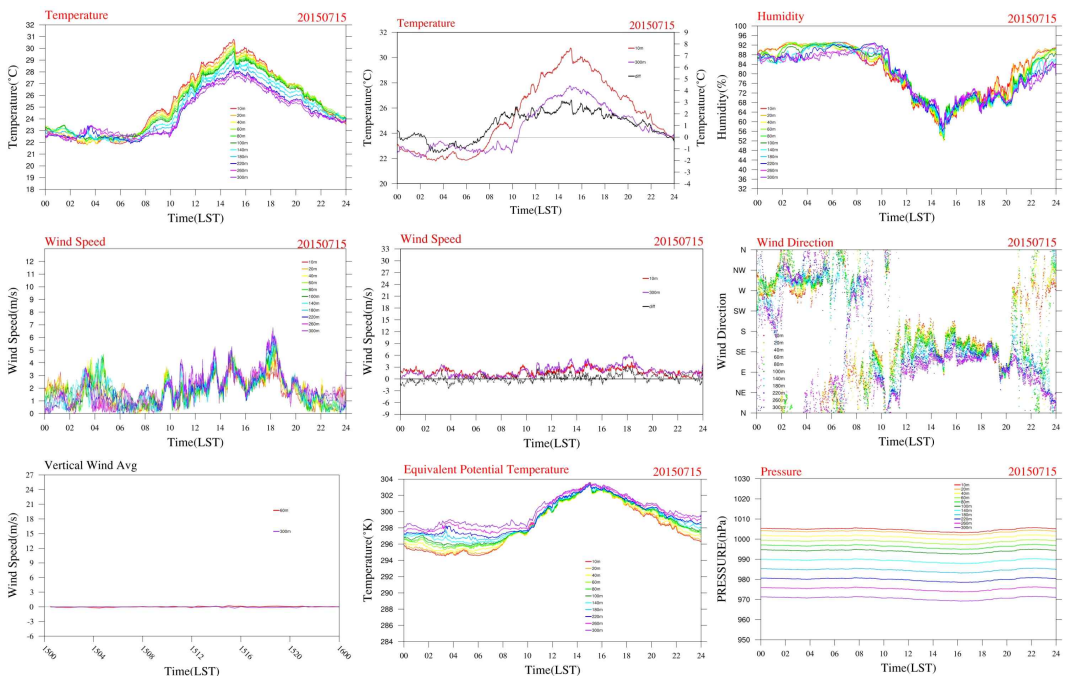


Fig. 24. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m, Humidity, Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m, Wind direction, Vertical Wind average, Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2015.07.15.)

Fig. 25는 2016년 10월 2일의 보성 타워 자료로 형식은 앞서 분석한 2016년 10월 4~6일 때와 같다. 태풍이 오기 전에 맑은 날의 경우였다. 다만 태풍의 영향권으로 들어가는 특징을 볼 수 있었다. 먼저 하루 종일 바람이 동풍으로 평균 4m/s로 불고 있었다. 이로 인해 일교차는 보이나 새벽시간대에도 상하층간의 기온차가 뚜렷하게 보였다. 습도도 낮 시간에 크게 떨어지지 않았고, 상당온위도 크게 변하지 않는 모습을 보였다. 점차 태풍의 영향권에 들어가면서 기압이 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다.

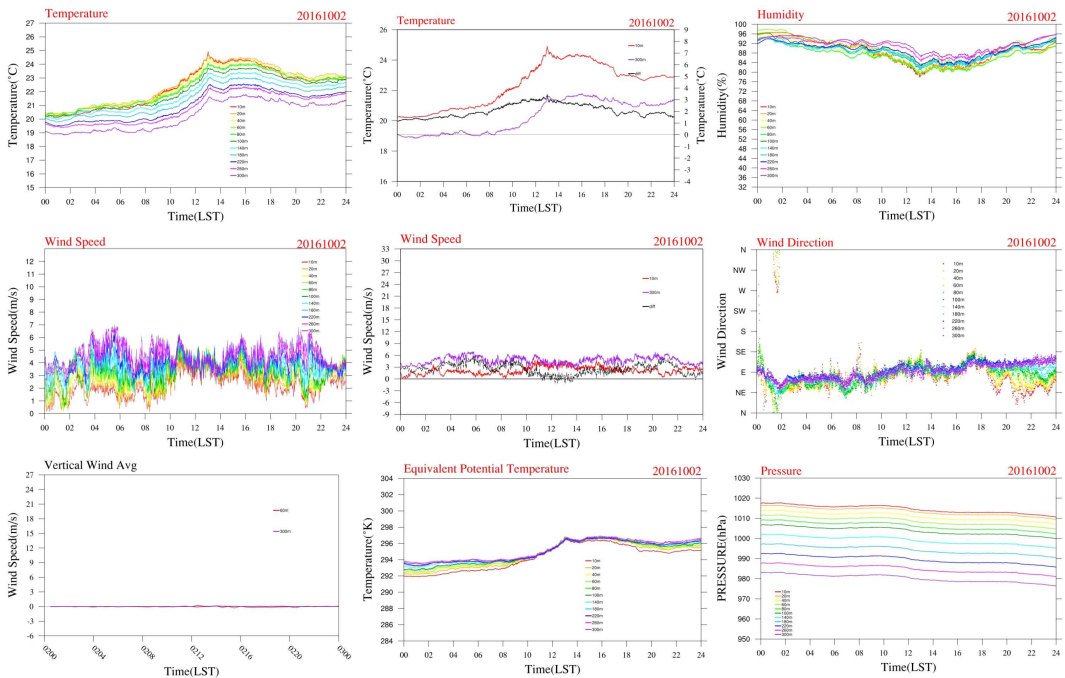


Fig. 25. Temperature, Temperature difference between 10m and 300m, Humidity, Wind speed, Wind speed difference between 10m and 300m, Wind direction, Vertical Wind average, Equivalent potential temperature, Pressure of Boseong Tower(2016.10.02.)

태풍이 불 때의 하층 특징과 맑은 날의 하층의 특징을 가장 뚜렷이 보이는 것은 풍속의 영향으로 사료되며, 이 풍속의 영향으로 기온, 습도, 상당온위 등 상하층간의 변화와 일변화에 큰 영향을 주었다.

2. 일기도 및 트랙 분석

국가 태풍센터 태풍 보고서에 따르면 2015년 제 9호 태풍 CHAN-HOM(201509)은 6월 30일 21시에 괌 동남동쪽 약 1660km 부근 해상(9.9°N, 159.6°E)에서 제 10호 열대저압부가 발달하여 발생(Fig. 27.)하였다. CHAN-HOM(201509)은 발생 초기에 아열대 고기압의 남쪽 가장자리를 따라 서진하였고, 중심기압 1002hPa, 중심최대풍속 18m/s의 약한 소형태풍으로 발생하여 일본 오키나와 남서쪽 해상에서 중심기압 935hPa, 중심부근 최대풍속 49m/s의 매우 강한 중형 태풍까지 발달하였다. 이후 중국 상하이 남동해상을 통과하면서 중국 내륙과 마찰과 서해상의 낮은 해수 온도(22~26°C)로 비교적 빠르게 약화되었다. 7월 11일 15시부터 태풍의 서쪽에서 강화되는 상층 jet골과 아열대고기압사이에 형성된 북진지향류의 영향으로 전향하여 7월 11일 오전부터 13일 새벽까지 한반도 해상특보구역에 태풍의 영향권이었고, 7월 12일 흑산도에서 최대순간풍속 33.5m/s, 7월 11일 제주도 윗세오름에 27.5m/s의 최대순간풍속과 779.0mm의 강수량이 기록되었다(Fig. 26.).

2016년 제 18호 태풍 CHABA(201618)는 9월 28일 3시에 괌 동쪽 약 590km 부근 해상(14.5°N, 150.1°E)에서 제 37호 열대저압부가 발달하여 발생하였다(Fig. 27.). 이후 아열대고기압 남서쪽 가장자리를 따라 서북서진하여 10월 3일 오키나와 남쪽 해상까지 진출하다가 북진하면서 우리나라로 방향을 바꾸었다. 5일 0시에 아열대고기압 가장자리로 이동하면서 서귀포 남남서쪽 약 160km 부근 해상에서 전향하여 4시 50분에 성산부근에 상륙하였다. 이후 상층 강풍대의 영향으로 전향하여 5일 11시에는 부산에 상륙한 후 동해상으로 빠져나가면서 6일 0시에 일본 센다이 북쪽에서 온대저기압으로 변질 되었다. 발달기(9월 28일~10월 3일)의 태풍 경로 상 해수면 온도(29°C~30°C), 해양열량(50~150kJ/cm²), 연직시어(10 kts 이하)등이 매우 양호한 조건이며 10월 3일 9시 중심기압 930hPa, 중심 부근 최대풍속 50m/s의 매우 강한 중형 태풍으로 발달하여 4일 9시까지 최성기를 유지하였다(Fig. 26.). 이후 해수면 온도 경도구역에 들고 상층 기압골의 접근으로 구조가 와해되어 약화 단계로 접어들었지만 남해상의 해수면 수온이 평년보다 1°C이상 높은 26°C로 낮지 않았고, 상층골 우측 발산장에 위치하여 약화속도가 빠르지 않아 강한상태로 우리나라에 영향을 미칠 수 있었다. 태풍의 영향으로 제주도 고산에서 최대순간풍속 56.6m/s, 한라산 윗세오름에는 659.5mm의 강수가 기록되었으며, CHABA(201618)는 우리나라에 영향을 준 10월 태풍 중 가장 강력한 태풍으로 기록되었고, 서귀포,

포항, 울산 등 지역에서 10월 일 강수량 극값 1위로 기록 되었다.

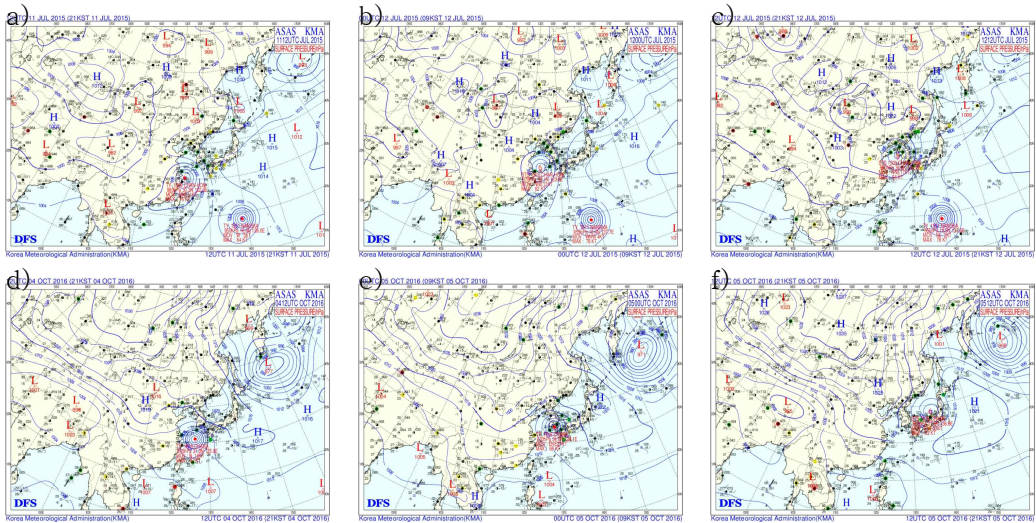


Fig. 26. CHAN-HOM surface pressure(a)2015.07.11. 21:00, b)07.12. 09:00, c)07.12. 21:00), CHABA surface pressure(d)2016.10.04. 21:00, e)10.05. 09:00, f)10.05. 21:00)

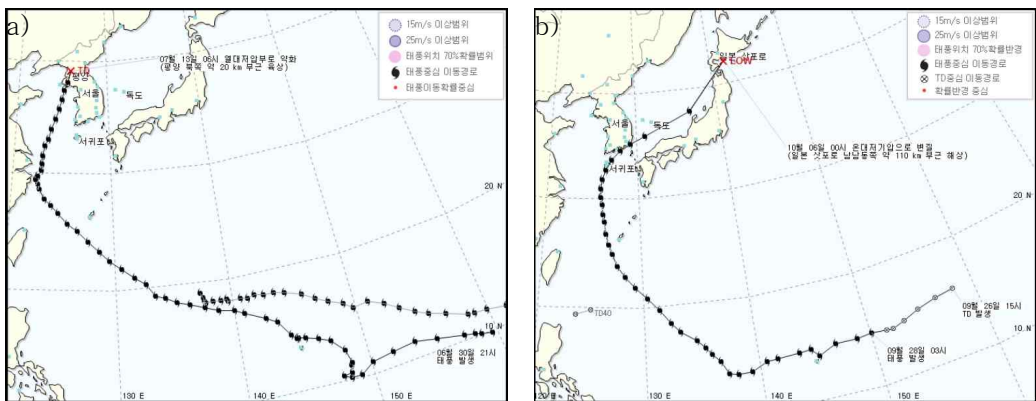


Fig. 27. Typhoon best track of CHAN-HOM(a) and CHABA(b)

두 태풍 모두 강한 중형급 태풍으로 한반도에 영향을 주는 태풍이었다. 차이점은 우리나라를 오른쪽과 왼쪽에 두고 북상한 차이이며, 이 차이로 바람의 방향과 태풍의 위험반원의 영향의 차이가 있었다. 그리고 CHABA(201618)의 경우 제주도 와 남부지역을 관통하여 상대적으로 CHAN-HOM(201509)보다 풍속이 강하였다. 반대로 CHAN-HOM(201509)의 경우 CHABA(201618)보다 이동 속도가 느려 상대

적으로 오랜 기간 동안 우리나라 서해상에 머물러 많은 강수량을 기록하였다. 특히 제주도에 많은 강수를 기록하였고, 우리나라 전체적으로 많은 강수를 기록한 반면 CHABA(201618)는 제주와 남해안을 빠르게 통과하여 제주와 남해안에만 많은 강수를 기록하였다. 또한 태풍에 에너지를 공급하는 수온의 차이가 있었지만 두 경우 모두 해수 온도는 높았다. 그러나 CHAN-HOM(201509)이 중국 남부에 상륙하면서 해수열용량이 급격히 줄었고, CHABA(201618)는 제주도에 상륙하기 전까지 온전히 세력을 유지해 속도와 강도의 차이가 달랐다. 그리고 태풍의 중심이 CHAN-HOM(201509)은 우리나라 서해를 통과하여 제주도와 남부해안선에 상륙한 CHABA(201618)에 비해 약한 모습을 보였다.

제4장 요약 및 결론

태풍의 영향이 있을 때 종합기상탑 자료를 활용하여 하부 경계층에서의 특징을 보면 공통적으로 태풍의 영향 때문에 상하층의 연직 기류가 활발히 발생하고 이를 통해 혼합이 이루어져 일교차가 줄어들고, 상층과 하층 기온의 변화가 일정해 지고, 풍속은 강해졌다. 특히 풍속은 태풍의 강도에도 영향을 받지만 베스트 트랙에 따라 중심 거리에 따른 풍속 변화가 크게 나타났다. CHAN-HOM(201509)의 경우 관측 지점인 보성과 중심거리가 멀어서 풍속변화가 급격하게 나타나지 않고 천천히 풍속 변화가 일어나지만 CHABA(201618)의 경우 관측지점을 가까이 지나 급격한 풍속변화를 나타냈다. 풍향은 저기압인 태풍의 중심을 향해 변하는 특징을 보여 태풍의 이동 경로가 풍향을 결정짓는 중요한 요소로 보였다. 또한 태풍 CHABA(201618)의 사례에서 알 수 있듯이 태풍의 중심축에는 오히려 약한 바람이 존재 하는 것을 확인 하였고, 상층과 하층의 바람이 역전되어 상하층의 바람이 크게 차이가 나지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 습도는 강수가 발생함에 따라 높은 습도를 유지하였다. 상당온위는 일별로 변화하는 일반적인 곡선에서 변화하여 하층에도 고상당온위역이 존재하여 불안정이 지속되었다. 그리고 태풍 CHABA(201618)의 경우 태풍의 중심에 가까워질수록 300m의 상승류는 거의 변동이 없지만 60m의 상승류가 급격히 상승하는 특이한 모습을 보였다. 하층에서는 상승류가 크고 상층에서 상승류가 크지 않는 건 하층보다 상층의 수평풍이 더 강하기 때문인 것으로 사료가 된다. 대체적으로 풍속의 변화가 기온의 상하층간의 차이, 연직류, 상당온위 등 많은 부분에 영향을 주는 것으로 사료된다.

우리나라에 상륙하기 전에 북서태평양의 수온의 상태와 상륙방향, 쇠퇴 속도에 따라 우리나라에 영향을 주는 크기가 달라졌다. 특히 우리나라로 진행하는 방향에서 수온과 해양열량이 높으면 강한 모습을 보였고 경로상에 육지가 있거나 강한 연직 시어가 존재하면 태풍이 약해지는 것을 확인 할 수 있었다.

기후 변화로 인한 기온 및 수온 상승으로 우리가 경험하지 못했던 강력한 태풍이 발생할 수 있을 것이다. 특히 태풍 CHABA(201618)의 경우에서처럼 10월에 상륙한 태풍으로 영향을 주었듯이 여름에 국한되지 않고 태풍이 우리나라에 영향을 주는 기간이 점차 길어질 것으로 사료된다.

모쪼록 이번 관측자료 분석을 시작으로 향후 지속적인 하부경계층의 연구가 진척되어 태풍의 정확한 예보와 기상재해 예방에 유의미한 성과가 있기를 소망한다.

참고문헌

- 기상청 국가태풍센터, 2010, 태풍바로알기. 홈페이지,
http://typ.kma.go.kr/TYPHOON/contents/contents_04_1_1.jsp.
- 기상청 국가태풍센터, 2015, 한반도 영향 태풍 분석 보고서. 기상청 예보국 국가태풍센터, 1-65.
- 기상청 국가태풍센터, 2016, 한반도 영향 태풍 분석 보고서. 기상청 예보국 국가태풍센터, 1-60.
- 김도우, 김연희, 김기훈, 신승숙, 김동균, 황윤정, 박종임, 최다영, 이용희, 2012, 2010년 여름철 수도권 집중관측기간에 나타난 호우시스템의 대기연직구조. 한국기상학회, 33(2), 148-161.
- 김백조, 이성로, 김호경, 박종길, 최병철, 2007, 한반도 상륙 태풍 진로에 따른 태풍 피해 특성 분석. 한국기상학회 학술대회 논문집, 486-487.
- 김정훈, 김백조, 이성주, 조천호, 정효상, 2002, 태풍 'RUSA' 통과시 3시간별 고층관측자료에 나타난 태풍주변 대기 연직구조 특징 분석. 대기, 12(3), 620-623.
- 김창모, 류찬수, 2014, 중규모 대류계에 의한 호남지방 강수 특성. 조선대학교 대기과학과 석사학위논문, 1-43.
- 김태정, 박건철, 권현한, 2015, 우리나라 내습태풍 유형에 따른 강우특성 및 종관기후학적 분석. 한국수자원학회논문집, 48, 463-477.
- 박종길, 김병수, 정우식, 김은별, 이대근, 2006, 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화. 대기 16(1), 1-17.
- 박희성, 조혜린, 2016, 태풍에 의해 발생하는 호우의 시간적 패턴에 대한 고찰. 대한토목학회 정기학술대회, 11-12.
- 백은희, 권혁조, 2008, 북서태평양 및 한반도 주변 태풍의 강도 변화. 공주대학교 대기과학과 석사학위논문, 1-57.
- 변재영, 김백조, 2006, TRMM TMI 관측 자료와 태풍 강도의 관련성. 한국기상학회 가을학술대회 논문집, 116-117.
- 서성용, 류찬수, 2013, 2012년 태풍의 성향 분석. 조선대학교 대기과학과 석사학위논문, 1-35.
- 이승수, 김가영, 2016, 태풍 시뮬레이션을 통한 한반도 극한풍속 추정. 한국전산구조공학회, 29(2), 141-148.

- 이승욱, 안숙희, 임병환, 최광용, 2016, 우리나라 태풍 내습 유형별 극한기후현상 강도와 피해 규모의 관련성. 한국지역지리학회지, 22(2), 450-465.
- 전은희, 김연희, 장동언, 이희상, 이승우, 2009, T-PARC 2008 드롭존데 관측자료가 태풍 실라코(0813)와 장미(0815)의 진로예측에 미치는 영향. 한국기상학회 가을학술대회 논문집, 12-13.
- 정효상, 김정훈, 김백조, 조천호, 2007, 오토존데 특별관측자료를 이용한 태풍 “루사(RUSA)”의 대기 연직구조 변화 특성. Journal of the Korean Data Analysis Society, Vol.9, No.1, 149-161.
- 정우식, 박종길, 김은별, 이평근, 2010, 태풍발생 시 대기의 연직구조 관측 및 분석. 한국환경과학회 2010년 정기학술발표회 논문집(19), 130-132.
- 정우식, 박종길, 김은별, 2011, 태풍 중심이 통과한 사례 관측 및 기상학적 특성분석, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집. 한국지구과학회, 36(2), 171-180.
- 조은수, 박선기, 이은희, 2004, 드롭존데를 이용한 관측시스템 모사 실험시 관측 변수가 태풍 진로 예보에 미치는 영향. 한국기상학회 학술대회 논문집, 202-203.
- 최기선, 김백조, 2007, 한반도 상륙태풍의 십년 규모 변동성에 대한 연구. 한국기상학회 학술대회 논문집, 216-217.
- 최기선, 차유미, 김태룡, 2012, 한반도에 상륙한 태풍 빈도수의 십년간 변동 특성. 한국지구과학회지, 33(1), 59-68.
- 최기선, 박기준, 김정윤, 김백조, 2015, 최대 강도 태풍의 북상 경향에 대한 종관분석. 한국지구과학회지, 36(2), 171-180.
- 황성은, 신승숙, 하종철, 임은하, 2015, 보성 종합기상탑 관측자료의 계절별 연직 특성 분석. 한국기상학회 학술대회 논문집, 745-746.
- 황성은, 신승숙, 박영산, 임은하, 2016, 보성 종합기상탑 관측자료를 활용한 하부경계층 연직 기상특성 분석. 한국기상학회 학술대회 논문집, 892-893.

부록

태풍 재분석 세부 내용

-CHAN-HOM-

등급	태풍호수	날짜(UTC)				위치		강도		강풍반경			폭풍반경			태풍 이름
		년	월	일	시	경도 (°E)	위도 (°N)	풍속 (m/s)	중심기압 (hPa)	장반경	단반경	단반경 방향	장반경	단반경	단반경 방향	
TD	1509	2015	6	30	0	161.1	9.1	14	1004	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TD	1509	2015	6	30	6	160.4	9.5	15	1002	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TS	1509	2015	6	30	12	159.8	9.7	18	1002	150	130	225	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TS	1509	2015	6	30	18	159.1	10	18	1000	170	140	225	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TS	1509	2015	7	1	0	157.1	10.8	20	996	200	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TS	1509	2015	7	1	6	156.3	10.9	21	994	200	150	135	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
TS	1509	2015	7	1	12	155.5	11	24	990	220	200	157.5	-999	-999	-999.9	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	1	18	154.5	11.1	27	985	250	230	180	100	90	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	2	0	152.3	10.9	27	985	250	210	180	100	80	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	2	6	150.5	10.7	27	985	250	210	180	100	80	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	2	12	149	10.2	29	980	270	220	180	110	90	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	2	18	148.5	10.1	32	975	280	230	180	110	90	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	3	0	147.9	10.3	32	975	280	250	202.5	110	100	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	3	6	148.4	10.7	27	985	280	250	202.5	110	100	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	3	12	148.6	11	27	985	250	220	202.5	110	100	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	3	18	148.8	11.8	27	985	270	220	180	110	100	180	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	4	0	148.1	12.6	27	985	270	230	202.5	120	90	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	4	6	147.1	13.3	27	985	270	240	202.5	120	90	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	4	12	146.2	13.7	27	985	270	230	225	120	90	225	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	4	18	145.7	13.8	27	985	270	230	247.5	120	90	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	5	0	145.3	14	27	985	270	220	225	120	110	225	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	5	6	144.9	14	27	985	300	250	202.5	120	100	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	5	12	144	15.2	27	985	300	250	202.5	120	100	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	5	18	143.1	15.7	29	980	350	300	202.5	120	110	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	6	0	142.3	16.2	29	980	350	300	202.5	120	110	202.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	6	6	140.8	17	29	980	300	250	292.5	120	110	292.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	6	12	139.6	17.5	29	980	300	250	292.5	120	110	292.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	6	18	138.7	17.6	32	975	330	280	292.5	130	120	292.5	CHAN-HOM
STS	1509	2015	7	7	0	137.6	17.8	32	975	330	280	247.5	130	120	247.5	CHAN-HOM

TY	1509	2015	7	7	6	136.3	18.4	37	965	370	320	247.5	140	130	247.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	7	12	135.2	18.7	37	965	400	350	225	150	130	225	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	7	18	134.3	19.1	39	960	400	350	225	150	130	225	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	8	0	133.6	19.5	39	960	400	350	225	150	120	225	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	8	6	132.6	20.4	39	960	400	350	292.5	150	130	292.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	8	12	131.7	21	39	960	400	350	292.5	150	130	292.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	8	18	130.6	21.8	39	960	400	350	292.5	150	130	292.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	9	0	129.5	22.5	40	955	400	350	247.5	150	130	247.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	9	6	128.6	23.3	45	945	420	350	247.5	160	150	247.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	9	12	127.6	24.2	45	945	420	380	247.5	150	130	247.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	9	18	126.6	25.1	49	935	450	400	247.5	160	140	247.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	10	0	125.6	25.7	49	935	450	400	315	160	140	315	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	10	6	124.7	26.6	47	940	450	400	315	150	130	315	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	10	12	124	27.3	45	945	450	400	315	160	130	315	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	10	18	123.3	27.8	43	950	430	370	337.5	160	130	315	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	0	122.8	28.7	38	960	400	330	270	160	130	270	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	3	122.6	29.1	37	965	350	270	292.5	150	120	292.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	6	122.5	29.5	37	965	380	330	270	160	110	270	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	9	122.6	29.9	37	965	380	320	270	170	120	270	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	12	122.8	30.4	37	965	370	310	270	160	120	270	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	15	123	30.9	35	970	300	250	270	150	130	270	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	18	123.2	31.6	35	970	280	220	292.5	130	120	292.5	CHAN-H OM
TY	1509	2015	7	11	21	123.4	32.3	35	970	250	200	292.5	130	120	292.5	CHAN-H OM
STS	1509	2015	7	12	0	123.6	33.1	32	975	230	200	292.5	130	110	292.5	CHAN-H OM
STS	1509	2015	7	12	3	123.8	34	32	975	220	190	90	90	-999	-999.9	CHAN-H OM
STS	1509	2015	7	12	6	124.1	34.9	32	975	210	170	67.5	70	-999	-999.9	CHAN-H OM
STS	1509	2015	7	12	9	124.4	35.8	29	980	210	150	112.5	70	-999	-999.9	CHAN-H OM
TS	1509	2015	7	12	12	124.6	36.8	23	980	150	110	112.5	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM
TS	1509	2015	7	12	15	124.8	37.5	20	985	130	100	90	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM
TS	1509	2015	7	12	18	125.1	38	19	985	50	40	112.5	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM
TD	1509	2015	7	12	21	125.8	38.7	15	985	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM
TD	1509	2015	7	13	0	127	40	15	985	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM
TD	1509	2015	7	13	3	129.4	42.1	15	985	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHAN-H OM

-CHABA-

등급	태풍호수	날짜(UTC)				위치		강도		강풍반경			폭풍반경			태풍이름
		년	월	일	시	경도 (°E)	위도 (°N)	풍속 (m/s)	중심기압 (hPa)	장반경	단반경	단반경 방향	장반경	단반경	단반경 방향	
TD	1618	2016	9	27	12	150.6	14.4	15	1004	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TD	1618	2016	9	27	18	149.2	14.4	15	1004	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TD	1618	2016	9	28	0	148	14.4	15	1004	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TD	1618	2016	9	28	6	146.3	14.3	15	1004	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TD	1618	2016	9	28	12	144.9	14.2	16	1002	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TD	1618	2016	9	28	18	143.8	14.1	16	1000	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	29	0	142.6	13.9	18	1000	120	80	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	29	6	141.2	13.8	19	998	120	80	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	29	12	140.2	13.6	20	996	130	80	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	29	18	139.4	13.5	21	994	140	90	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	30	0	138.3	13.6	22	992	150	100	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	30	6	137.6	14.1	22	992	150	100	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	30	12	136.9	14.7	24	990	150	100	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	9	30	18	136	15.3	24	990	160	110	202.5	-999	-999	-999.9	CHABA
TS	1618	2016	10	1	0	135.4	16	24	990	160	110	225	-999	-999	-999.9	CHABA
STS	1618	2016	10	1	6	134.6	16.8	29	980	180	130	225	60	50	225	CHABA
TY	1618	2016	10	1	12	133.8	17.6	34	970	200	150	225	60	50	225	CHABA
TY	1618	2016	10	1	18	132.7	18.6	37	965	200	150	225	60	50	225	CHABA
TY	1618	2016	10	2	0	131.5	19.7	43	950	220	170	225	80	60	225	CHABA
TY	1618	2016	10	2	6	130.3	20.8	43	950	220	170	225	80	60	225	CHABA
TY	1618	2016	10	2	12	129.3	21.8	43	950	220	170	225	80	60	225	CHABA
TY	1618	2016	10	2	18	128.3	22.8	47	940	220	170	225	80	60	225	CHABA
TY	1618	2016	10	3	0	127.6	23.8	49	935	220	170	225	90	80	225	CHABA
TY	1618	2016	10	3	3	127.2	24.4	49	935	220	170	225	90	70	225	CHABA
TY	1618	2016	10	3	6	127	25	49	935	200	150	247.5	80	60	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	3	9	126.8	25.4	49	935	200	150	247.5	80	60	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	3	12	126.7	25.8	49	935	210	160	247.5	70	60	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	3	15	126.6	26.3	49	935	200	150	247.5	80	60	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	3	18	126.5	26.8	49	935	200	150	247.5	70	50	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	3	21	126.3	27.3	47	940	210	160	247.5	70	50	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	4	0	126.2	27.8	47	940	220	170	247.5	70	50	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	4	3	126	28.6	47	940	230	180	247.5	80	60	247.5	CHABA
TY	1618	2016	10	4	6	125.9	29.3	45	945	250	220	270	80	60	270	CHABA
TY	1618	2016	10	4	9	125.8	30	45	945	260	210	270	90	70	270	CHABA
TY	1618	2016	10	4	12	125.9	30.8	40	955	300	240	270	90	70	270	CHABA
TY	1618	2016	10	4	15	126	31.8	40	955	300	250	270	90	70	270	CHABA
TY	1618	2016	10	4	18	126.4	32.8	40	955	280	230	337.5	80	70	337.5	CHABA
TY	1618	2016	10	4	21	127.1	33.6	39	959	280	230	337.5	90	70	337.5	CHABA
TY	1618	2016	10	5	0	128.2	34.5	35	970	260	170	315	70	50	315	CHABA
STS	1618	2016	10	5	3	129.3	35.3	32	975	200	150	315	80	50	315	CHABA
STS	1618	2016	10	5	6	131.4	36.3	29	980	180	130	315	60	40	315	CHABA
STS	1618	2016	10	5	9	133.7	37.1	27	985	170	130	225	60	50	225	CHABA
TS	1618	2016	10	5	12	137.5	38	24	990	150	100	135	-999	-999	-999.9	CHABA
L	1618	2016	10	5	15	140.8	38.8	-9	994	-999	-999	-999.9	-999	-999	-999.9	CHABA