



2013년 8월 석사학위 논문

## 2012년 태풍의 성향분석

-덴빈(1214), 볼라벤(1215), 산바(1216)-

## 조선대학교 대학원

대기과학과

서성용

## 2012년 태풍의 성향분석

-덴빈(1214), 볼라벤(1215), 산바(1216)-

Analysis of Typhoon on 2012 -TENBIN(1214), BOLAVEN(1215), SANBA(1216)-

2013년 8월 23일

## 조선대학교 대학원

대기과학과

서성용

## 2012년 태풍의 성향분석

-덴빈(1214), 볼라벤(1215), 산바(1216)-

## 지도교수 류 찬 수

이 논문을 이학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2013년 4월

## 조선대학교 대학원

대기과학과

서성용

## 조선대학교 대학원

2013년 5월

위 원 에코브레인 연구소장 오 완 탁 (인) 위 원 조선대학교 교 수 류 찬 수 (인)

위원장 군장대학교 교 수 정 병 옥 (인)

서성용의 석사학위 논문을 인준함

List of Tables iii
List of Figures iv
Abstracts
제1장 서 론
제2장 자료 및 분석방법 5
1. 자료
2. 3차원 국지분석 및 예측시스템(KLAPS) 5
제3장 태풍분석
제1절 제14호 태풍 TENBIN 8
1. 종관분석
2. 영상자료 분석
3. 트랙분석
제2절 제15호 태풍 BOLAVEN19
1. 종관분석
2. 영상자료 분석
3. 트랙분석
제3절 제16호 태풍 SANBA
1. 종관분석
2. 영상자료 분석
3. 트랙분석

# 목 차

제4절 피해분석	37
제4장 결론	39
참고문헌	41

## List of Tables

uth	So	the	hit	that	typhoons	the	of	pressure	central	5	Тор	1.	Table
35		•••••	•••••			•••••	•••••				Coast.		
37								damage. •	major	of	Status	2.	Table

## List of Figures

Fig.	1. 1	Damage by cause for the past 10 years
Fig.	2.	Secular change of the incidence of typhoon 3
Fig.	3.	Change in the number of typhoons that affected the Korean
	]	Peninsula 3
Fig.	4.	The flow chart 3-D KMA analysis and prediction system (KLAPS)
	1	procedure
Fig.	5.	Surface chart(2012. 08.19.00UTC~2012. 08.24.00UTC) 10
Fig.	6.	Surface chart(2012.08.25.00UTC~2012.08.30.00UTC) 11
Fig.	7.	Surface chart(2012.08.30.06UTC~15UTC)
Fig.	8.	Steering flow(2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC)
Fig.	9. 2	KLAPS(2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC)
Fig.	10.	Weather chart of 850hPa, 500hPa (2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC).
Fig.	11.	Radar · COMS data(2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC) 16
Fig.	12.	Prognostic chart of track in TEMBIN, BOLAVEN 17
Fig.	13.	Track of TEMBIN
Fig.	14.	Surface chart(2012.08.20.06UTC~2012.08.28.21UTC) 20
Fig.	15.	Steering flow(2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC) 21
Fig.	16.	KLAPS(2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC) 23
Fig.	17.	Weather chart of 850hPa, 500hPa(2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC). ·
Fig.	18.	Radar · COMS data(2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC) 26
Fig.	19.	Track of BOLAVEN. 27
Fig.	20.	Surface chart(2012. 09.11.00UTC~2012.09.16.00UTC) 29
Fig.	21.	Surface chart(2012.09.16.12UTC~2012.09.18.00UTC)
Fig.	22.	Steering flow (2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC)

Fig.	23.	KLAPS (2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC)	32
Fig.	24.	Weather chart of 850hPa, 500hPa(2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).	
			33
Fig.	25.	Radar · COMS data(2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC)	34
Fig.	26.	Prognostic chart of track in SANBA.	35
Fig.	27.	Track of SANBA.	36
Fig.	28.	Track of typhoon in 14of 16 and trands of North Pacific high.	36
Fig.	29.	Damage cases by typhoon.	38

## <u>Abstracts</u>

## Analysis of Typhoon on 2012 -TENBIN(1214), BOLAVEN(1215), SANBA(1216)-

Seo Sung Yong Advisor : Prof. Ryu Chan-Su, Ph.D. Department of Atmospheric Science Graduate School of Chosun University

The water temperature rise, which is accelerating due to global warming, is making typhoons form more frequently and in larger scales. Accordingly, disasters caused by typhoons are also rapidly increasing. Therefore, studies are required to ensure accurate typhoon analysis and damage reduction. In this study, three typhoons that affected the Korean peninsula from August to September, 2012, (Tenbin, Bolaven, and Sanba) were examined. The characteristics of typhoons were examined via synoptic analysis and track examination, and the damage types and scales were analyzed to contribute to the typhoons forecast and damage reduction.

The three typhoons that consecutively hit the Korean peninsula in 2012 are summarized as follows.

Typhoon Tenbin(1214) formed over the east sea of the Philippines on September 19 at around 09:00KST and stayed near Taiwan, and affected by Typhoon 1215 that formed over the northwest sea of Guam on September 20 at around 15:00KST and moved north to the West Sea and by Fujiwhara effect, showed an ' $\alpha$  type' atypical path to move north following Bolaven. Then the typhoon direction turned east as the North Pacific high in the east of Korea shrank. The typhoon passed the west of Jeju Island at dawn on September 30, hit Wando, Jeollanam-do at around 10:45KST, continued to move northeast, and changed into extratropical low over the East Sea on September 31 at around 00:00KST.

Typhoon Bolaven(1215) moved north at a velocity of approximately 40 km/h from 120km west-northwest of Seoul with a 965 hPa central pressure and a 38 m/s central velocity on September 28 at around 15:00 KST, hit the Ongjin Peninsula, passed Democratic People's Republic of Korea on September 29, moved northeast of China, and changed into an extratropical low in 36hours.

Typhoon Sanba(1216) arrived Namhae, Gyeongsangnam-do on September 17 at around 11:30KST, and changed into an extratropical low over the sea approximately 290km east-northeast of Cheonjin, Hamgyeongbuk-do.

With the decline of the Arctic air mass and the resulting withdrawal of the Siberian air mass in 2012, the North Pacific air mass abnormally developed and the typhoon track formed over the West Sea unlike the past ones. Bolaven first moved along this track, and before the North Pacific air mass declined, the next typhoons also moved along this track. In addition, typhoons consecutively formed in a short period as the water temperature of the North–West pacific air mass was kept warm. This was because of the temperature rise in air and water due to the climate change, decline of the Arctic air mass, and the abnormal development of the North Pacific air mass. The consecutive formation of three typhoons that impacted the Korean peninsula in a year had not happened in 50years since 1962. However, the three typhoons caused greater disaster than that of 50years ago, and the damages by typhoons are increasing year by year (The accurate disaster statistics is determined by NEMA). Therefore, instead of just forecasting the typhoons, the recognition about the typhoon formations should be changed, and the nationwide countermeasure against typhoon damage should be established.

## 제1장서론

지구온난화에 따른 기후변화로 태풍, 집중호우·홍수, 가뭄, 폭설, 이상고온·이상저 온, 지진 등의 위험기상 현상이 세계적으로 빈발하고 있다.

최근 60년 동안 전 세계적으로 자연재해의 발생 빈도와 피해액이 지속적으로 증 가하는 추세로, 500명 이상의 사망자 또는 5억 달러 이상의 재산피해가 발생한 대 형 기상이변 발생건수가 2001~2010년 연평균 24.5건으로, 1981~1990년 12.7 건에 비해 2배 수준으로 급증하였으며, 1994년과 2005년의 경우 전 지구적 피해 액이 2000억 달러를 초과하였고, 2008년에도 1,500억 달러 정도의 피해가 발생 하면서 기상이변에 따른 경제적 피해가 2100년까지 세계 GDP의 5~20%에 달할 것으로 예상<sup>1)</sup>하고 있다.

국내의 경우 자연재해의 90% 이상이 기상재해에 의해 발생하고 있으며, 기상재 해로 인한 경제적 피해규모가 갈수록 커지는 경향을 보이고 있다. 2001~2010년 위험기상에 따른 연평균 재산 피해액은 2조 2,900억원으로, 1990년대 6,953억 원에 비해 3배 이상 증가하였다.(소방방재청, 2011)

최근 해수온도의 상승으로 태풍의 강도가 강해지면서 태풍에 의한 피해규모가 커지고 있다.

태풍은 적도 부근이 극지방보다 태양열을 더 많이 받기 때문에 생기는 열적 불균 형을 없애기 위해, 저위도 지방의 따뜻한 공기가 바다로부터 수증기를 공급받으면 서 강한 바람과 많은 비를 동반하며 고위도로 이동하는 기상 현상의 하나이다. 태 양복사는 지구의 날씨를 변화시키는 주된 원인이다. 지구는 회전축이 지구상의 북 극과 23.5도 기울어진 상태로 자전하면서 태양의 주위를 돌기 때문에 낮과 밤, 계 절의 변화가 생기며, 이로 인해 지구가 태양으로부터 받는 열량의 차이가 발생한 다. 또한 대륙과 바다, 적도와 극지방과 같이 지역 조건에 따른 열적 불균형이 일 어난다. 이러한 불균형을 해소하기 위하여 태풍과 같은 현상이 발생하고, 비나 눈 이 내리고, 바람이 불고, 기온이 오르내리는 등 날씨의 변화가 생기게 된다.

한반도에 영향을 주는 태풍은 주로 북태평양의 남서해상에서 발생하여 북상한다. 우리나라는 태풍으로 인한 강풍과 호우로 많은 피해를 입고 있으며, 2000~2010

<sup>1)</sup> Stern, N.(2006) The Economics of Climate Change : The Stern Review. Cambridge University Press

년까지 27개 태풍의 영향으로 419명의 인명피해와 13조 8천억원 이상의 재산피 해가 발생하였다.

기상청에서 1981~2010년까지의 태풍피해 통계를 분석한 결과, 인명피해는 줄어 드는 반면, 재산피해는 중가 하는 경향이 있다고 하였다. (기상청, 2012) 이는 예 보의 수준의 증가로 인하여 인명피해 대비는 하고 있으나 도시화 현상과 산업화의 영향으로 인하여 재산피해가 증가하는 것으로 파악되고 있다.(기상청, 2012)



Fig. 1. Damage by cause for the past 10 years. (Source : annual report for damage in 2010)



Fig. 2. Interannual variation of the incidence of typhoon.



태풍의 발생과 한반도에 주는 영향에 대해서는 태풍백서를 토대로 작성한 Fig. 2 와 Fig. 3을 보면 태풍의 발생과 한반도에 영향을 준 태풍이 소폭 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 태풍의 발생숫자에 대해서는 증가, 유지, 감소의 세 가지 의견이 분분하며, 최기선 등(2012)에 따르면 최근태풍의 발생 수는 점차 증가하고 있으며, 한반도에 영향을 주는 태풍 또한 증가하는 추세라고 하였다. 또한 북서태 평양의 해수면 온도의 상승을 태풍 발생 증가원인 중 하나로 꼽았다. 이러한 북서 태평양의 온도상승은 지구온난화현상 때문인 것으로 추정하고 있다. 지구 온난화는 규정사실이며(IPCC, 2007), 온난화로 인한 태풍의 수가 증가한다는 의견이 신빙 성이 있다. 지구온난화, 기후변화는 현재 진행 중이며 앞으로도 수온상승은 더욱더 가속화 될 것이다. 이는 태풍의 발생이 더 많아진다는 것을 의미하고 있으며, 태풍 으로 인한 피해가 증가 할 것을 암시하고 있다. 이에 태풍의 성향과 특징을 파악하 여 태풍피해에 대비 할 필요가 있다.

본 연구는 2012년 8월부터 9월까지 한반도에 피해를 준 TEMBIN, BOLAVEN, SANBA 등 3개 태풍의 종관분석과 이동트랙을 분석하고, 피해형태를 파악하여 태 풍피해 저감에 기여하고자 한다.

## 제2장 자료 및 분석방법

#### 1. 자료

본 연구 자료는 2012년에 발생한 태풍 중 한반도에 연속으로 발생하여 큰 영향 을 준 TEMBIN(1214), BOLAVEN(1215) 및 SANBA(1216)가 발생하여 소멸 한 2012년 8월 19일부터 9월 18일까지의 자료를 활용하였으며, 주로 한반도 상 륙시를 중심으로 하였다.

태풍의 종관분석 자료는 기상청 국가태풍센터의 '2012년 태풍분석보고서'자료 를 활용하였으며, 그 외에 기상청 Web-FAS (Forecaster's Analysis System)의 KLAPS (Korea Local Analysis and Prediction System) 자료로 00UTC의 지 상(바람, 기온, 해면기압), 850hpa(바람, 혼합비, 온도, 고도), 500hpa(상대와도, 기온, 고도)의 자료를 분석하였다. 또한 태풍의 트랙(track)을 확인하기 위하여 '2012년 태풍분석보고서'를 참고하였다.

또한, 3개 태풍의 피해 정도를 파악하기 위하여 소방방재청의 태풍 피해조사 통 계를 이용하여 분석하였고, 이를 통해 각 태풍의 피해 형태를 조사하였다.

### 2. 3차원 국지분석 및 예측시스템(KLAPS)

강수예보를 하기위해서는 무엇보다 예보 시점에서의 정확한 기상 상태를 파악하 는 것이 중요하며, 기존의 종관자료 외에도 단기수치예보 결과, 위성자료, 레이더자 료 등의 비 종관 기상자료를 활용할 필요가 있다. 또한 이를 통해 사용자들이 예보 를 산출하는데 도움이 될 수 있도록 수집된 모든 자료들을 신속하게 처리하여 다 양한 그래픽 도구를 통해 현재의 기상 상태를 표출할 수 있어야 한다.

다음으로, 정확한 수치예보가 요구되는데 수치 모델링에 있어서 보델 초기자료의 개선이 필요하며, 수치예보의 초기자료 구성에 있어서 실시간 관측 자료의 이용은 매우 중요하다. 여기에는 관측 자료간 규모의 문제, 비 종관 관측 자료의 이용, 격 자점으로의 내삽, 관측자료 선별 등의 전처리과정의 개발이 요구된다.(김용상 등, 2002)

현재 대기 감시능력 향상을 위해 관측망의 확대가 지속적으로 이루어져 자동기상 관측장비, 레이더, 수직측풍장비 등의 장비를 통해 다양한 관측 자료가 실시간 수 집되고 있다. 그러나 관측형태에 따라 별도로 제공되는 관측정보는 별도의 모니터 링과 분석을 요구하게 되므로, 대기의 상태를 입체적으로 조망하기에는 부족한 측 면이 있다. 그래서 실시간으로 가용 가능한 관측자요와 수치예측 자료를 사용해서 대기를 3차원적으로 분석하여 예보관에게 제공할 수 있는 시스템이 요구되었다. 이를 위하여 국립기상연구소에서는 기존에 개발해오던 국지분석시스템을 활용해 KLAPS를 구축하고 현업화하여 2006년 5월 15일부터 운영하여 매시간 5km 해 상도의 분석장을 예보관들에게 지원하고 있다.(기상연구소, 2006).

KLAPS의 배경장은 연직 35층의 해상도를 갖는 MM5(short for Fifth -Generation Penn State / NCAR Mesoscale Model) 모델 예측장을 사용하였 다.

Fig. 4에서 보여주는 바와 같이, 현재 KLAPS는 매시간 10분 이내에 분석과정이 완료되어 지원을 하기 때문에 매시 6분 이내에 관측되어 수집되어지는 관측자료를 활용하게 된다. 이때 활용되는 관측자료는 위성자료, 레이더자료, AWS(Automatic Weather system)자료, 일본지상관측소(Automated Meteorological Data Acquisition System ; AMeDAS), 낙뢰자료, 수직측풍장비자료 및 항공기상관측 자료 등이다.

또한, 15km 격자 영역의 분석에는 분석유효시각보다 늦게 이루어지기 때문에 GTS(Global Telecommunication System), ACARS(Aircraft Communica tions Addressing and Reporting System)과 고층관측자료가 더 포함된다. (Berwster et al. 1995; Snool et al., 1998; Schultz and Albers, 2001)

여러 종류의 관측으로부터 역학적 균형을 이루는 초기장을 생산하는 일련의 물리 적 초기화 과정이 KLAPS에는 포함되어있다. (Shaw et al., 2001)

KLAPS는 초기 자료 수집 모듈과 분석 모듈로 크게 나누어지는데, 분석 과정에 는 지상 분석 과정과 3차원 바란, 온도, 습도, 구름, 강수, 토양 분석과정, 그리고 그로부터 유도되는 각종 자료 분석과정으로 구성되며, 각각의 분석 과정은 관측자 료의 특성을 고려한 자료 분석 및 동화 기법을 포함하고 있다.

KLAPS의 각 단계별 분석 과정은 다음 단계 혹은 이전단계의 분석과정과 상호 관련성을 가지며, 또한 이전 시간의 분석 자료와의 연속성을 유지하며 수행되도록 설계되었다. 최종 분석된 자료는 3차원 그래픽 도구에 의해 현재 대기상태를 나타 내는 그림으로 표출되어 실황 예보에 활용되고, 3차원 격자점 자료로 변환되어 수 치예보 모델의 초기 자료로 제공되며, 분석예보는 기상관련 기관 및 방재 기관 등 으로 분배된다.

한반도 영역에서는 지상관측, 고층관측, 기상레이더, 해양 Buoy, AWS, ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reportion System) 등의 자료가 이용 가능하고, 분석 영역 전체에 대하여 지상 및 고층 관측자료, 해양 Buoy, GMS 위성자료, QuickSCAT(Quick Scatterometer), CDW(Cloud Drift Wind, 구름이동속도) 등이 입력된다.

KLAPS 분석과정은 지상분석 과정부터 시작되는데 이는 지상분석 자료가 다른 분석과정의 초기 및 경계 자료로써 이용되기 때문이다. 본격적인 분석에 들어가기 전에 지상관측 자료에 대한 기후, 연속성, 표준편차 등을 검사하는 품질 검사과정 이 수행된다. 관측자료는 내삽된 분석자료와 비교하여 다시 한 번 품질검사 과정을 거치고, 이때 그 차이가 일정 임계치 이상을 초과하는 경우에 관측치는 제거된다.

한편 바람장 분석은 단일 도플러 레이더의 반지름 방향 바람과 레이더 이외의 측 기(레디오존데 등)에서 관측된 바람자료를 결합시키는 2단계 객관분석법이 이용된 다. 사전 분석 작업이 완료되면 레이더 관측 자료가 KLAPS 격자점으로 내·외삽 되며 품질 검사 후 사전 분석장을 이용하여 보정된다.

KLAPS 3차원 온도장 분석은 MM5로부터 초기 추정온도 자료를 KLAPS 격자 점으로 내삽함으로서 시작된다. 레디오존데 자료 등이 사전분석 과정에 이용되며 마지막으로 지상 온도 분석 자료가 3차원 분석의 하층 정보로써 제공된다. (황승 언 등, 2002).



Fig. 4. The flow chart 3-D KMA analysis and prediction system (KLAPS) procedure.

## 제3장 태풍 분석

## 제1절 제14호 태풍 TEMBIN

#### 1. 종관분석

국가 태풍센터에 따르면 제 28호 TD(tropical depression)는 타이완 타이페이 남동쪽 약 40km 해상부근에서 8월 17일 06UTC 경에 높은 해수면 온도(28~2 9℃)와 해수열용량(40~60kJ/c㎡)의 해역에서 발달하였다.

이 TD는 북태평양고기압(mT) 남서쪽에 위치하고 있었으나 제13호 태풍 KAI-TAK으로 인해 mT가 수축하게 되어 지향류가 강하게 형성되지 않아 진로 패턴에 변화를 받지 못하고, 오히려 필리핀 부근에 형성된 Tropical Buffer Cell에 의한 고기압 형성 지향류가 진로에 영향을 주어 S/EF pattern/region<sup>2)</sup>에서 적도방향으 로 진로를 취하는 매우 드문 사례로 분석되었다.

이후 태풍으로 발달하면서 남동쪽 고기압성 순환이 강화되고 자체적인 발달을 통 해 강풍역이 동쪽에 형성되면서 8월 19일 00UTC에 제 14호 태풍 TEMBIN'으로 발달한 후 북쪽으로 이동하기 시작하였다.

제14호 태풍 TEMBIN의 발생 초기의 mT는 제13호 태풍 KIA-TAK의 영향으 로 동편 수축을 하여 남중국해에서부터 괌 부근까지 폭넓게 몬순기압골이 형성되 어 태풍의 진로에 영향을 주는 주변 고기압 부재에서 뚜렷한 지배 지향류가 형성 되어 있지 않다.

이전 28호 TD가 남쪽으로 이동하면서 발생한 태풍이었기 때문에 발생시점에 남 동쪽 지향류가 다소 강화되면서 북진요소를 지녀 남진 TD에서 발생 시점부터 북 쪽으로 이동하기 시작하였는데 이동속도가 매우 느린 특성이 있었다.

발생 초중반경 8월 22일 부터는 북쪽에 대륙에서 발달한 고기압이 버티면서 북 진하지 못하고 북쪽 고기압이 주변으로 작용하여 태풍의 진로에 영향을 미치면서 태풍은 서진하기 시작하였으며, 북쪽 주변 고기압은 8월 26일까지 태풍의 진로에 영향을 미쳤다.

이후 태풍이 제15호 태풍 BOLAVEN의 영향으로 **후지와라 효과**3)를 보이며 회

<sup>2)</sup> Carr and Elsberry의 분류법에 의한 분류 : S(Standard), EF(Equatorial Flow)

후지와라 효과 : 두 개의 태풍이 일정거리 이내로 인접하게 됨에 따라 물리적으로 상호 작용하면서 각 각의 태풍의 진로와 발달에 영향을 주는 현상을 말함

전하기 시작하였고, 제15호 태풍 BOLAVEN이 북상하면서 중위도 골과 합쳐지면 서 거대한 RTF(Reverse Trough Formation) 형태가 형성되었다. RTF가 형성되 면서 제15호 태풍 BOLAVEN과 제14호 태풍 TEMBIN은 동서로 낀 Reverse Trough를 따라 북북동진 할 수 밖에 없는 종관상황이 전개되어 이례 없이 두 태 풍이 우리나라에 영향을 미치는 기압계가 형성되어 피해를 많이 발생시켰다.

이번 제14호와 제15호 태풍과 같이 후지와라 효과가 동반되면서 한반도에 영향 을 준 유사태풍으로는, 1972년 'α형태'의 이상 진로를 보이면서 서해상으로 북 상한 제7호 태풍 RITA와 동해상으로 북상한 제9호 태풍 TESS가 있다.

제14호 태풍 TEMBIN의 진로는 제28호 TD 분석단계에서부터 이상 진로를 보 였는데, TD로 분석되었던 8월 17일 06UTC부터 8월 18일 18UTC까지 이례적으 로 처음부터 남진하였다. 당시에는 북태평양고기압의 남서쪽에 위치하였지만 mT 의 영향을 받지 못하고 Tropical Buffer Cell에 의해필리핀 부근에 형성된 고기압 성 흐름의 형향으로 S/EF pattern/region에서 남진 지향류 영향을 받았기 때문이 라고 판단된다.

태풍으로 발달한 8월 19일 00UTC부터 8월 21일 12UTC까지는 패턴분류가 모 호하여 뚜렷한 지향류의 형향을 받지 못하고 태풍의 동쪽에 형성되는 강풍대와 맞 물려 자체적으로 형성된 지향류에 의해 매우 느리게 북진하였다.

8월 25일 00UTC부터 8월2 7일 12UTC 까지는 제14호 태풍이 제15호 태풍에 의해 반시계 방향으로 역회전하는 DCI(Direct Cyclone Interaction) 현상이 발생 하였는데, 제15호 태풍의 규모와 강도가 제14호 태풍에 비해 크고 강하여 제15호 태풍은 제14호 태풍에 의한 진로의 형향을 받지 않고 mT에 의해 형성된 지향류 를 따라 독자적으로 이동하였지만, 제14호 태풍은 제15호 태풍의 영향을 받아 α 형태의 이례적인 진로로 이동하였다.

8월 28일 00UTC부터는 중위도 Trough와 제15호 태풍에 의해 거대한 Reverse 몬순기압골이 형성되면서 제14호 태풍까지 Trough가 연계되며 더욱 깊 은 골이 형성되며 제15호 태풍이 지나간 경로를 따라 북동진 하였는데, 제15호 태 풍이 여전히 mT에 영향을 미쳐 mT가 다소 동쪽으로 눕게 되는 기압배치가 이루 어지면서 제14호 태풍은 서해상으로 상륙한다는 예보보다 동쪽으로 치우치면서 남 해안으로 상륙하여 동해상으로 빠져나갔다.

- 9 -



(source : KMA)



Fig. 6. Surface chart (2012.08.25.00UTC~2012.08.30.00UTC).

(source : KMA)





### 가. 지향류 분석

국가태풍센터에 따르면 제14호 태풍의 TD 발생초기 서쪽에 고기압성 흐름이 형 성되면서 최대풍역이 태풍의 왼쪽에 존재하고 태풍의 진로를 지배하는 주변고기압 이 필리핀 동족의 Tropical Buffer Cell로서 태풍은 고기압 동쪽에서 남진 지향류 의 영향을 받았다. 이 후 19일 태풍으로 발달하면서 남쪽 고기압성 흐름이 강화되 기 시작하여 태풍의 남동쪽 강풍역이 강화되면서 북진 지향류가 형성되기는 하였 지만 북쪽과 남쪽 고기압이 강하지 못하여 태풍의 진로에 영향을 미치지 못하여 태풍은 자체적으로 형성된 북진 지향류의 영향으로 북진 하였으나, 주변고기압 부 재에서 뚜렷한 지배 지향류가 형성되지 않았기 때문에 이동속도가 매우 느린 특성 을 보였다.

21일까지 북진하던 태풍은 북쪽의 고기압이 버티는 기압패턴에 가로막혀 북진하 지 못하고 서진하기 시작하였다.

25일부터 27일까지 제14호 태풍은 제 15호 태풍의 영향을 받아 반시계방향으로 역회전하는 이상 진로로 이동하였다.

28일 제14호 태풍 및 제15호 태풍과 중위도 골에 의해 거대한 RTF (Reverse Trough Formation)가 형성되면서 제14호 태풍은 제15호 태풍을 따라 북북동진 하였다. 제15호 태풍이 북서쪽으로 positive vorticity advection을 통해 북서쪽 고기압을 약화 시키고 남동쪽으로 negative vorticity advection을 통해 RMT (Ridge Modification by Tropical Cyclone)가 발생하였다. mT가 변형되면서 남동쪽 고기압성 흐름이 매우 발달하여 태풍의 남동쪽에 강풍 대가 형성되면서 태풍은 북북동진 지향류의 영향을 받아 제15호 태풍에 연이어 한 반도에 영향을 미치게 되었다.





 2012.08.29.00UTC, 400-800hPa
 2012.08.30.00UTC, 400-800hPa

 Fig. 8. Steering flow (2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC).

(source : KMA)

## 2. 영상자료 분석

#### 가. KLAPS 자료

Fig. 9는 제14호 태풍 TEMBIN이 한반도 상륙시인 08월 29일부터 30일까지의 KLAPS의 지상, 850hPa, 500hPa 자료이다.

KLAPS 분석결과 종관분석의 결과와 같은 값을 보이며, 지상에서와 850hPa에서 바람장의 모습이 태풍의 모습을 확연히 보이고 있으며, 단위질량당 수증기량을 나 타내는 혼합비의 선명도로 태풍의 위치와 강수역을 확인 할 수 있었다.

지상 자료에서는 풍향과 풍속으로 태풍의 위치를 확인하였을 때 제15호 태풍이 북상한 후 30일 남해안 진도부근에 강한 바람과 조밀한 기압배치를 보이며 제14 호 태풍이 확인 되었다. 850hPa의 자료에서는 29일에는 한반도 전역의 혼합비가 비슷한데 비해 30일에는 남해안 진도 부근에 혼합비가 진하게 나타나는 것으로 태 풍이 상륙하는 것을 확인할 수 있었다.

500hPa의 자료에서는 상대와도에서 태풍 바람의 중심과 진행방향을 예상할 수 있었는데, 와도를 나타내는 색상의 진하기로 제15호 태풍에 비하여 제14호 태풍의

풍속이 비교적 약한 것을 확인 할 수 있었다. 또한 제14호 태풍의 와도가 서해상 으로 발달한 것으로 보아 태풍의 진로가 서해상으로 진행할 것을 암시하고 있다.



Fig. 9. KLAPS (2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC).

### 나. 고층일기도

Fig. 10의 500hPa 일기도를 보면 29일 내륙으로 상륙하여 온대저기압으로 변형 한 제15호 태풍 BOLAVEN과 대만 부근에서 북상 중인 제 14호 태풍 TEMBIN 을 확일 할 수 있다. 또한 부산까지 확장한 북태평양 고기압을 볼 수 있었다. 30일 일본전역으로 후퇴한 북태평양 고기압과 한반도에 상륙중인 제14호 태풍 TEMBIN을 확인 할 수 있었다.

850hPa 일기도에서도 29일 온대 저기압으로 변형되는 중인 제15호 태풍 BOLAVEN과 북상중인 제14호 태풍 TEMBIN이 확인되며, 일본전역까지 확장한 북태평양 고기압이 관찰된다. 30일 한반도에 상륙중인 제14호 태풍 TEMBIN이 관찰되며, 확장한 북태평양고기압에 태풍이 둘러싸여 주머니 형태를 띠며 이는 많 은 강수량을 보이는 형태이다.



Fig. 10. Weather chart of 850hPa, 500hPa (2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC).

## 다. 레이더, 위성영상

Fig. 11의 레이더영상을 보면, 상륙전인 8월 29일 00UTC에는 BOLAVEN의 영 향으로 보이는 강수가 중부지방에 나타나고 있다. 상륙일인 8월 30일 00UTC에는 남해상에 태풍의 눈이 위치한 것으로 추정이 되며, 목포와 서해에 강한 강수 에코 가 나타났다. 위성영상에서는 TEMBIN 특유의 α형태의 이동경로와 구름의 형태를 파악 할 수 있었다. TEMBIN은 상륙전인 8월 29일 위성사진에서는 중반부와 후 반부에서 짙은 구름이 확인 되었으나, 상륙일인 8월 30일에는 레이더 사진에서 강 한 에코가 보인 위치인 태풍의 전반부에 짙은 구름을 확인 할 수 있었다.

위성영상의 짙은 구름의 이동으로 29일 상륙전 해상에서 수증기를 공급받아 30 일 상륙일 공급받은 수증기를 강수의 형태로 변환하고 있음을 확인하였다.



Fig. 11. Radar · COMS data (2012.08.29.00UTC~2012.08.30.00UTC).

### 3. Track 분석

기상청 발표 자료에 따르면 제14호 태풍 TEMBIN은 8월 19일(일) 09KST경 필리핀 동쪽 해상에서 먼저 발생하여 대만 부근에 머물다가, 8월 20일(월) 15KST경 괌 북서쪽 해상에서 발생하여 서해상으로 북상한 제15호 태풍과 후지와 라효과에 의해 α형태의 이례적인 진로를 보이며 BOLAVEN을 뒤따라 곧바로 북 상하였다. 이후 우리나라 동쪽에 위치한 북태평양고기압이 수축하면서 태풍의 진행 방향이 동변하기 시작하였고, 8월 30일 새벽 제주도 서쪽 해상을 지나 10:45KST 경 전라남도 완도 부근에 상륙한 뒤 계속 북동진하여 8월 31일(금) 00UTC 경 동해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

태풍이 상륙하여 육상을 지나는 동안 태풍 진행방향의 왼쪽 반원에 속하는 충청 도와 전라도에서는 북서쪽에서 내려온 차고 건조한 공기와 TEMBIN이 몰고 온 다 량의 따뜻한 수증기가 충돌해 최고 200mm 이상의 많은 비가 내렸고 해안지방과 태 풍 진행방향의 오른쪽 반원에 속하는 남부지방을 중심으로 최대순간풍속 30m/s 이 상의 매우 강한 바람이 불었다.



Fig. 12. Prognostic chart of track in TEMBIN, BOLAVEN. (source : KMA)



Fig. 13. Track of TEMBIN. (source : KMA)

## 제2절 제15호 태풍 BOLAVEN

#### 1. 종관분석

기상청 국가 태풍센터에 따르면 8월 19일 06UTC에 미국령 괌 서족 약 620km 부근 해상에서 발생한 제30호 TD는 29℃의 높은 해수면온도와 100kJ/c㎡의 높은 해수열용량 해역에서 발달하였다.

제30호 TD는 괌 서쪽 해상에서 8월 19일 06UTC 경 중심부근 기압이 1006 hPa 인 저기압이 해수면온도가 29℃, 해수열용량 100kJ/cm인 지역을 이동하면서 발달하였고, 광범위하게 형성된 저기압성 회전역의 동쪽에 위치한 가운데 북쪽으로 는 mT가, 남동쪽으로는 북동쪽으로 향하는 강한 지향류, TD의 남서쪽으로는 편동 풍이 남서류와 합쳐져 북동쪽으로 향하면서 TD를 북쪽으로 이동시켰으며, 29℃의 높은 해수면온도, 100kJ/cm의 높은 해양열용량 해역을 이동하면서 발달하여, 2012년 8월 19일 06UTC 경 괌북서쪽 약 570km부근 해상에서 제15호 태풍 BOLAVEN으로 발달하였다.

제15호 태풍 BOLAVEN은 20일 06UTC에 미국 괌 북서쪽 약 570km부근 해상 에서 제30호 TD에서 발달하였으며, 발생초기에는 일본 남동해상에 중심을 둔 mT 의 남남서쪽에서 S/PF pattern/region<sup>4)</sup>에서 서북서쪽으로 향하는 지향류의 영향 을 받았으나 대만 동쪽해상에서 북진하는 제14호 TEMBIN의 세력으로 인하여 느 리게 서~서북서진하였고, 8월 24일 00UTC 경부터는 mT의 남서쪽에서 북서쪽으 로 향하는 지향류의 영향으로 북서진하였다.

8월 25일 00UTC 경부터는 mT의 일시적인 확장으로 인하여 서진 한 후 다시 북서진하였으며, 8월 26일 18UTC 경부터 또 다시 mT의 서쪽으로 진입하면서 S/PF에서 M/PF pattern<sup>5)</sup> 역으로 전이되는 과정에서 북북서진, 8월 27일 09UTC 경부터는 S/PF에서 M/PF pattern 사이 전이역에서 온대저기압으로 변질 되는 8월 28일 21UTC경까지 북진하였으며, mT의 서쪽가장자리에서 북쪽으로 향 하는 강한 지향류와 북쪽에 위치한 상층 공의 영향으로 빠른 속도로 북상하였다.

35°N을 넘으면서 상층에서 건조역이 침투되면서 상하층 구름이 분리되기 시작 하였고 육상으로 상륙하면서 급격히 약화되어 8월 28일 21UTC경 온대저기압으 로 변질되었다.

<sup>4)</sup> Carr and Elsberry의 분류법에 의한 분류 : S(Standard), PF(Poleward Flow)

<sup>5)</sup> Carr and Elsberry의 분류법에 의한 분류 : M(Meddle ettitude), PF(Poleward Flow)



Fig. 14. Surface chart (2012.08.20.06UTC~2012.08.28.21UTC).

(source : KMA)

#### 가. 지향류 분석

국가태풍센터에 따르면 제15호 태풍이 발생한 2012년 8월 20일 00UTC부터 20일 12UTC 사이에는 중국내륙부터 괌 동쪽 저위도 해상으로 넓게 형성된 회전 역 내에서 북태평양고기압의 남쪽 가장자리에 위치하고 있었으나, 북태평양고기압 과 제15호 태풍 BOLAVEN 사이 지향류의 영향보다는 태풍 남동쪽 강풍대의 영향을 더 많이 받아 북진하였다. 이 후 제15호 태풍은 s/PF pattern/region에서 태풍의 북쪽 지향류와 남동쪽 강풍대 사이에서 북쪽으로 향하는 지향류 영향을 더 크게 받으면서 비교적 느린 속도로 서-서북서진하였다.

23일 동해남부해상과 남부지방, 서해남부해상에 위치한 정체전선과 제14호 태풍 으로 인하여 일시적으로 확장한 북태평양고기압에 의해 제15호 태풍은 일시적으로 서북서진 하였으나 곧 정체전선이 북상하면서 제15호 태풍은 북상하였다.

27일부터 S에서 M/PF pattern으로 전이역에서 북북서 쪽으로 향하는 지향류의 영향으로 북진하였다.

28일부터 북태평양고기압의 서북서쪽 가장자리에 위치하면서 북북동쪽으로 향하 는 지향류의 영향을 받고 있으나 태풍의 북북동 쪽에 강한 강풍대의 영향으로 북 북동 쪽으로 전향하지 못하고 온대저기압으로 변질될 때까지 북진하였다.



 2012.08.27.00UTC, 200-700hPa
 2012.08.28.00UTC, 300-800hPa

 Fig. 15. Steering flow (2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).

(source : KMA)

### 2. 영상자료 분석

#### 가. KLAPS 자료

Fig. 16은 BOLAVEN이 한반도 상륙 직전인 08월 27일과 상륙시인 08월 28일 의 KLAPS의 지상, 850hPa, 500hPa 자료이다.

KLAPS 분석결과 종관분석의 결과와 같은 값을 보이며, 지상에서와 850hPa에서 바람장의 모습이 태풍의 모습을 확연히 보이고 있었다.

지상 자료에서 8월 27일에는 별다른 특이점을 보이지 않고 있다가 28일에는 강 한 풍속을 보이며, 조밀한 기압배치의 타원형 형태를 확연히 확인 할 수 있었다.

850hPa 자료에서는 27일부터 한반도 남부에서 짙은 혼합비를 보이며, 8월 28일 에는 태풍의 중심부터 확실한 혼합비와 타원형 형태의 풍향과 강한 풍속을 확인 할 수 있었다.

또한 500hPa의 자료에서 8월 27일 남해 먼 바다에서 태풍의 영향으로 보이는 짙은 상대와도를 볼 수 있었으며, 8월 28일에는 서해안을 중심으로 한 짙고 큰 타 원형의 상대와도를 확인 할 수 있었다.

태풍의 진로는 타원의 방향이 북동쪽으로 치우친 것으로 보아 서해안을 따라 한 반도 북부에 상륙할 것으로 예상된다.

KLAPS 자료로 보아 TEMBIN과 비교해서 보다 강한 바람장과 상대와도를 확인 할 수 있으며, 이는 TEMBIN보다 BOLAVEN이 더 강한 바람을 동반한 것을 알 수 있다.



Fig. 16. KLAPS (2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).

#### 나. 고층일기도

Fig. 17의 500hPa 일기도를 보면, 27일 북상중인 제15호 태풍 BOLAVEN과 중국남부에서 회전중인 제14호 태풍 TEMBIN이 확인되며, 한반도 중부지방까지 확장한 북태평양고기압을 확인 할 수 있었다.

30일 제15호 태풍 BOLAVEN이 한반도에 상륙하였고, 확장한 북태평양고기압에 밀려 서해상을 따라 북상하는 것을 확인 할 수 있었다.

850hPa일기도에서 또한 27일 확장한 북태평양고기압을 볼 수 있으며, 제 15호 태풍 BOLAVEN이 북태평양고기압을 밀며 북상하는 것을 볼 수 있다. 30일 제15 호 태풍 BOLAVEN이 한반도에 상륙하였으며, 제14호 태풍TEMBIN과는 달리 북 태평양고기압에 둘러싸이는 형태는 띠지 않았다. 이는 제15호 태풍이 제14호 태풍 보다 중심기압이 더 낮고 반경이 더 큰 것에 기인한 것이라 판단된다.





Fig. 17. Weather chart of 850hPa, 500hPa (2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).

### 다. 레이더, 위성영상

Fig. 18의 레이더영상을 보면, 상륙전인 8월 27일 00UTC에는 BOLAVEN의 영 향으로 보이는 강수가 서남해 먼 바다에서 나타나고 있다. 상륙일인 8월 28일 00UTC에는 호남지방에 태풍의 눈이 위치한 것으로 추정이 되며, 서해 앞바다와 부산 앞바다에 강한 강수 에코가 나타났다.

위성영상에서는 북서태평양 중앙에서 시작한 BOLAVEN을 확인 할 수 있으며, 27일에는 대만과 중국 사이에서 동진하고 있는 TEMBIN이 확인 되며, 30일 이후 BOLAVEN의 영향으로 인하여 α형태로 다시 서진하여 BOLAVEN을 따라 북상하 는 것이 확인된다. BOLABEN 또한 TEMBIN과 마찬가지로 27일에 해상에서 수 증기를 공급받아 상륙일인 28일에 레이더 사진에서 강한 에코가 보인 위치인 태풍 의 전반부에 짙은 구름을 확인 할 수 있었다.

위성영상의 짙은 구름의 이동으로 27일 상륙전 해상에서 수증기를 공급받아 28 일 상륙일 공급받은 수증기를 강수의 형태로 변환하고 있음을 확인하였다.



Fig. 18. Radar · COMS data (2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).

#### 3. 트랙분석

기상청 발표 자료에 따르면 제15호 태풍 BOLAVEN은 28일(화) 15KST에 중 심기압 965hPa, 38째 로 서울 서북서쪽 120km 부근 해상에서 시속 약 40km의 빠른 속도로 북상하여 16KST 경 옹진반도 부근에 상륙하여 9일(수) 북한을 지나 중국 북동 지방으로 이동하면서 36시간 이내에 온대저기압으로 변질되었다.

제15호 태풍은 2000년 이후 서해상을 따라 북상한 태풍들 가운데 가장 강한(상 륙 시 965hPa) 태풍이다. 태풍의 진로와 근접한 제주도, 서해안과 남해안을 중심 으로 최대순간풍속 30m/s 이상의 매우 강한 바람이 불었고(무등산 : 59.5m/s의 최대 순간풍속 기록), 태풍으로부터 강하게 유입된 수증기가 산간과 해안에서 충돌하면 서 제주도, 남해안과 지리산부근에 200mm 이상의 매우 많은 비가 내렸다.



Fig. 19. Track of BOLAVEN. (source : KMA)

## 제3절. 제16호 태풍 SANBA

#### 1. 종관분석

기상청 국가 태풍센터에 따르면 9월 10일 00UTC에 필리핀 마닐라 동남동쪽 약 1,590km 부근 해상에서 발생한 제31호 TD는 연직시어 값이 5~20kts, 해수면온 도는 28~29℃, 해수열용량도 80~120kJ/cm으로 대기 및 해양 조건이 양호하였다. 이 TD는 북태평양 남서쪽에 위치한 몬순 기압골에 들어 있어 주변 기압계가 약 하여 거의 정체하고 있으나 시일이 지나면서 북태평양기단의 남서쪽에 형성된 S/TE pattern/region<sup>6)</sup>으로 접어들면서 서북서~북서 지향류의 영향을 받을 것으 로 예상되었다.

제16호 태풍 SANBA는 9월 11일 00UTC에 필리핀 마닐라 동남동쪽 1,530km 부근 해상에서 제31호 TD가 발달하여 발달하였으며, 발생초기 이 태풍은 날짜 변 경선 부근에 중심을 둔 북태평양고기압 남서쪽에 위치하고 S/PF region으로 접어 들면서 북서 지향류의 영향을 받을 것으로 예상되었다. 이 후 뚜렷한 S/PF pattern/region에서 태풍 동쪽에 최대풍역이 강화되면서 13일까지 북서진하였으 며, 이후 9월 15일 까지는 북~북북서진하였다.

9월 16일 북태평양 고기압서쪽에 위치하고 태풍 동북동쪽에 강풍대가 형성되어 북북서진 지향류의 영향을 받았으며 점차 S/PF에서 M/PF pattern/region으로 전 이되면서 전향하였다. 이후, 동쪽에 강풍대가 형성되어 북진 지향류의 영향을 받아 북진을 하였으며, 9월 17일 경부터는 상층골 영향을 받아 빠르게 북북동진하면서 17일 06시경에는 서귀포 동쪽 약 130km 부근해상으로 진출하고, 1130KST 경 경상남도 남해군 상주면부근 해안으로 상륙하여, 경상북도와 강원도 남부를 관통하 여 지나고, 21KST 경에는 속초 북동쪽 약 90km 부근 해상으로 진출 후, 9월 18 일 09UTC 경 청진 북동쪽 약 290km 부근해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

<sup>6)</sup> Carr and Elsberry의 분류법에 의한 분류 : S(Standard), TE(Tropical Easterlies)



(source : KMA)





(source : KMA)

### 가. 지향류 분석

국가태풍센터에 따르면 제16호 태풍이 발생한 2012년 9월 11일 OOUTC 베트 남 중부에서 필리핀 남동쪽 해역으로 몬순기압골이 형성되어 있었으며 몬순기압골 북쪽으로 서-남쪽으로 동 지향류가 약하게 형성되고, 북태평양고기압에 의한 지향 류가 큰 흐름을 형성하고 있었으나 태풍주변으로 소규모의 지향류가 배치하여 태 풍의 진로가 다소 유동적이었으나 s/PF pattern/region에서 태풍 북동쪽의 지향류 가 점차 강화되고, 강풍대가 태풍의 북동쪽으로 형성되면서 태풍이 북서진하였다.

14일 몬순기압골의 약화와 북태평양고기압의 강화로 인하여 한반도로 향하는 지 향류가 강하게 형성되어 북태평양고기압의 가장자리를 따라 북상하였다.

16일 북태평양고기압에 의한 강한 지향류가 형성되고 태풍의 동쪽에 강풍대가 형성되어 북진하였으며, S/PF에서 M/PF pattern/region으로 전이되면서 전향하였 다.

17일 북태평양고기압에 의한 강한 지향류가 형성되고 태풍의 동남동쪽에 강풍대 가 형성되어 M/PF pattern/region에서 북북동진 하였으며, 북쪽을 지나는 상층기 압골과 가까워지면서 상층기압골의 영향을 받아 이동속도가 빨라졌다.



2012.09.16.00UTC, 250-850hPa2012.09.17.00UTC, 300-850hPaFig. 22. Steering flow (2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC).

(source : KMA)

### 2. 영상자료 분석

#### 가. KLAPS 자료

Fig. 23은 제16호 태풍 SANBA가 한반도 상륙시인 9월 16일과 9월 17일의 KLAPS의 지상, 850hPa, 500hPa 자료이다.

KLAPS 분석결과 종관분석의 결과와 같은 값을 보이며, 지상과 850hPa에서 바 람장의 모습이 태풍의 모습을 확연히 보이고 있었다.

지상 자료에서 9월 16일에는 남해안 먼 바다에서 풍속이 강한 것을 제외한 별다 른 특이점을 확인 할 수 없으나 9월 17일에는 남해안 완도 부근에 강한 바람과 조 밀한 기압배치의 원형 형태의 제16호 태풍을 확인 할 수 있었다.

850hPa 자료에서 9월 16일에는 남해안 먼 바다를 중심으로 짙은 혼합비를 확인 할 수 있었으며, 17일에는 강한바람과 원형 형태의 제16호 태풍을 확인 할 수 있 었다. 제16호 태풍의 오른쪽에 짙은 혼합비를 확인 할 수 있었으며, 이로서 제16 호 태풍의 주요 강수지역을 알 수 있다.

또한 500hPa 자료에서 16일부터 남해안 먼 바다에서 시작되는 긴 형태의 상대

와도를 볼 수 있었으며, 17일에는 남해안 완도부근에서 태풍의 중심으로 보이는 상대와도와 한반도를 통과하여 만주와 러시아에 이르는 긴 선형의 상대와도를 보 아 한반도 남부를 관통하는 진로가 예상되었다.



Fig. 23. KLAPS (2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC).

#### 나. 고층일기도

Fig. 24의 500hPa 일기도를 보면, 16일 일본에 영향을 미치고 있는 북태평양고 기압의 가장자리를 따라 북상하여, 17일 한반도 남해안에 상륙하였다. 북태평양고 기압은 다소 세력이 작아진 것으로 보인다.

850hPa 일기도에서는 제16호 태풍 SANBA가 중국과 한반도에 걸쳐 확장한 북 태평양고기압을 이등분하며 북상한 것으로 보이나 500Hpa 일기도에서 보았듯이 중국과 한반도에 위치한 고기압은 북태평양 고기압의 원래세력으로 볼 수 없으며, 북태평양고기압과 나중에 합쳐진 부분으로 태풍의 진로의 영향을 주기에는 무리가 있다고 보여진다. 16일에는 확장한 고기압을 만나 북진하였고, 17일에는 한반도 남해안에 상륙하였다. 제16호 태풍 SANBA는 제15호 태풍보다는 제14호 태풍과 비슷한 반경과 성향을 보이고 있다.



Fig. 24. Weather chart of 850hPa, 500hPa (2012.08.27.00UTC~2012.08.28.00UTC).

## 다. 레이더, 위성영상

Fig. 25의 레이더영상을 보면, 상륙전인 9월 16일 00UTC에는 SANBA의 영향 으로 보이는 강수에코가 남부지방에서 나타나고 있다. 상륙일인 9월 17일 00UTC 에는 남해안에 태풍의 눈이 위치한 것으로 추정이 되며, 강원도를 제외한 남한 전 체에 강한 강수 에코가 나타났다.

위성영상에서는 태풍을 중심으로 북서에서 남동쪽으로 길게 늘어진 구름을 확인 할 수 있었으며, 북상하면서 북태평양고기압의 영향으로 구름 띠가 꺾이는 것을 볼 수 있었다. 제14호 태풍과 제15호 태풍과는 달리 위성영상에서 구름으로 확인된 부분에 강수가 비교적약한 부분이 있는 차이점이 나타났다. 또한 레이더 영상으로 봤을 때 세 태풍 중 가장 강수에코를 보이고 있었다.



Fig. 25. Radar · COMS data (2012.09.16.00UTC~2012.09.17.00UTC).

#### 3. 트랙분석

기상청 발표 자료에 따르면 제16호 태풍 SANBA는 17일(월) 11:30KST 경 경 남 남해군 부근으로 상륙한 후 18일(화) 09:00KST 경 함경북도 청진 동북동쪽 약 290km 해상에서 온대저기압으로 변질되었다. 최성기 중심기압은 910hPa까지 발달하였으나 한반도 부근에 형성된 저수온역(평년대비 -0.5~-2.5℃)을 지나면 서 빠르게 약화 되었다.

또한 SANBA는 상층 기압골과 합류하면서 약 8시간 만에 빠르게 내륙을 통과해 영향 지속시간이 짧았다. 제16호 태풍 SANBA는 2012년에 5번째로 한반도에 영 향을 준 태풍으로, 남해안 상륙 시 중심기압 965hPa을 기록하여 남해안으로 상륙 한 태풍들 중 역대 5위의 강한 태풍으로 기록되었다.

Table 1. Top 5 central pressures of the typhoons that hit the South Coast.

TY Name	Year	Pressure for landing
SARAH	1959	951hPa
MAEMI	2003	954hPa
SAOMAI	2000	959hPa
RUSA	2002	950hPa
SANBA	2012	965hPa
		Data from KMA



Fig. 26. Prognostic chart of track in SANBA. (source : KMA)



Fig. 27. Track of SANBA.( source : KMA) 2012년은 북태평양고기압이 평년보다 강하게 유지됨으로(평년대비 +2~6hPa) 에 따라 3개의 태풍(TEMBIN, BOLAVEN, SANBA)이 한반도에 연이어 상륙한 최초 사례로 기록되었다. 한 해 동안 4개의 태풍이 한반도에 상륙한 것은 지난 1962년 이후 50년만의 일이다.

Jalos citra	1152 496
- and	152 茶件也
	제14 <u>도 변변</u> 16호 선택
	SEL THE
	대평양고기압
Man / - 1	

Fig. 28. Track of typhoon in 14of 16 and trands of North Pacific high. (source : KMA)

#### 제4절 피해 분석

2012년에 총 21개의 태풍이 발생하여 총 5개의 태풍이 한반도에 영향을 주었으 며, 이는 평년(3.1개)에 비해 1.6배 증가한 값이며, 최근 10년 평균 2.5개에 비해 2배 증가 하였다.

TEMBIN과 BOLAVEN은 서해안을 따라 진행하여 주요피해지역이 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 충남북, 전남북으로 한반도 전역인데 비해 남 해안에 상륙한 SANBA의 피해지역은 부산, 경남북, 전남에 집중된다. TEMBIN과 BOLAVEN의 영향으로 초래된 항공 결항 등으로 인한 항공사 손실액은 170억원 으로 집계 되었다.

Table 2. Status of major damage.

Doriod	Domago (billion KW)	Rainfall (mm)		Damage
1 01100	riod Damage (Dillion Kw) Kalmali			areas
0010.00.05.00.00	property : 6,366	Jindo	244	Gyeonggi
2012.08.25~08.30		Jeongeup	221	Chungnam
TEMBIN, BOLAVEN	dead : 5 persons	Gochang	192	Jeonbuk
		Mogpo	181	Jeonnam
		Loin	851	Gyeongnam
0010 00 15 00 17		gyeongju Changwon	487 364 358	Gyeongbuk
2012.09.15~09.17	property . 3,657			Jeonnam
SANBA	dead : 2 persons			Pusan
		Yangsan		Loin
				Jeju 기근궤고 · 기사처

또한 TEMBIN과 BOLAVEN에 의해 전남, 전북, 광주, 인천 등 전국에 걸친 산사태에 의해 10.54ha, 임도 3.64km, 가로수 19,104본 등 139억원의 산림피해 를 입었다. 이는 제15호 태풍 BOLAVEN이 지나간 후 43시간 만에 집중호우를 동반한 제14호 태풍 TEMBIN이 전남지역을 통과하면서 집중적인 산사태 등의 산 림피해가 가중된 것으로 판단된다(전남 5.75ha, 전북 3.02ha, 충북 1.1ha 등).

SANBA에 의한 산림피해는 주로 폭우에 의한 것으로 경북 및 경남지역에 집중 적으로 발생하였다. 산사태면적은 457.7ha이며, 임도 24.37km, 가로수 8,738본의 산림피해를 입었다. TEMBIN과 BOLAVEN에 비하여 피해지역이 작은 반면, 산사 태와 임도의 피해는 더 크게 나타났다. 농축산업은 2012년 5개의 태풍으로 인해 비닐하우스 1,776ha(163,115백만원), 농작물 315,781ha, 축사 143,552백만원 등 약 307억원(306,667백만원)의 피해 를 입었다. 이중 TEMBIN과 BOLAVEN은 전남북, 경남북, 충남북, 광주, 제주, 인 천, 대전, 경기, 강원 등에 농작물 292,545ha, 비닐하우스 1,690ha, 수산 증·양 식시설 4,402개소 등의 해를 주었다. SANBA는 전남북, 경남북, 충남북, 부산, 제 주 등에 농작물 23,236ha, 비닐하우스 86ha, 수산 증·양식시설 553개소의 피해 를 주었다.

산업현장에서의 피해는 BOLAVEN의 영향으로 우리나라 주요산업단지의 280여 개의 사업체에서 변압기 파손, 전봇대 유실로 인항 정전 피해가 발생하였고, 이로 인한 순간정전으로 수억원의 피해를 입었다.

TEMBIN과 BOLAVEN, SANBA에 대한 사망, 피해액은 '소방방재청'에서 자 세한 집계 중에 있으며, 위의 자료는 기상청에서 발간한 '2012년 이상기후 보고 서'에 기초한 것이다.



Damage of fish farm in Goheung



Damage of plastic house in Suncheon source : KMA

Fig. 29. Damage cases by typhoon.

## 제4장 결론

2012년의 한반도에 연이어 상륙한 태풍의 특성을 요약하면 다음과 같다.

제14호 태풍은 8월 19일 09:00KST경 필리핀 동쪽 해상에서 먼저 발생하여 대 만 부근에 머물다가, 20일(월) 15:00KST경 괌 북서쪽 해상에서 발생하여 서해상 으로 북상한 제15호 태풍과 후지와라효과에 의해 α형태의 이례적인 진로를 보이 며 BOLAVEN을 뒤따라 곧바로 북상하였다. 이후 우리나라 동쪽에 위치한 북태평 양고기압이 수축하면서 태풍의 진행방향이 동변하기 시작했고, 8월 30일 새벽 제 주도 서쪽해상을 지나 10:45KST 경 전라남도 완도 부근에 상륙한 뒤 계속 북동 진하여 8월 31일 00:00KST 경 동해상에서 온대저기압으로 변질되었다.

제15호 태풍 BOLAVEN은 8월 28일 15:00KST에 중심기압 965hPa, 38m\$로 서울 서북서쪽 120km 부근 해상에서 시속 약 40km의 빠른 속도로 북상하여 16:00 KST 경 옹진반도 부근에 상륙하여 29일 북한을 지나 중국 북동 지방으로 이동하면서 36시간 이내에 온대저기압으로 변질되었다.

제16호 태풍 SANBA는 9월 17일 1130KST 경 경남 남해군 부근으로 상륙한 후 9월 18일 09:00KST 경 함경북도 청진 동북동쪽 약 290km 해상에서 온대저 기압으로 변질되었다.

지향류 흐름을 분석한 결과, 강풍역의 위치로 북태평양고기압의 확장과 위치를 확인 할 수 있었으며, 태풍의 진행 방향을 예측 할 수 있었다.

또한 500hPa과 850hPa 일기도에서 북태평양고기압의 발달형태와 기압배치를 확인할 수 있었으며, 레이더와 위성영상으로 강수와 구름의 위치로 강한 강수지역 을 확인 할 수 있었다.

결과적으로 2012년 연달아 북상한 태풍은 극기단이 쇠퇴로 인하여 시베리아기단 이 후퇴하여 기존의 기압배치와 달리 북태평양기단의 이상 발달로 인하여 태풍트 랙이 기존과 달리 서해안 상으로 형성되어 BOLAVEN부터 이 트랙을 따라 상승하 였으며, 북태평양기단이 쇠퇴하기 전에 이후 태풍들이 만들진 트랙을 따라 상승하 였다. 또한 북서태평양의 수온이 따뜻한 상태로 유지되어 짧은 기간에 태풍이 연달 아 생성되었다. 이는 기후변화로 인하여 기온상승과 수온상승, 극기단의 쇠퇴, 북태 평양기단의 이상발달이 발생한데 원인이 있다.

이처럼 연달아 3개의 태풍이 발생하여 한반도에 영향을 준 것은 1962년 이후 50년만으로 이례적인 사례이다. 그러나 3개의 태풍은 50년 전보다 더 많은 재산 피해를 주었으며(정확한 집계는 '소방방재청'에서 정보수집 중이다.), 매년 피해 가 증가하고 있다.

기후변화와 지구온난화는 진행 중이며, 이는 더 많은 태풍이 발생할 것을 암시하 는 것이다. 태풍이 많이 발생하면 한반도에 영향을 주는 태풍 또한 그 수가 증가할 것이며, 태풍에 의한 재산피해도 증가 하게 될 것이다. 이에 일반적인 태풍에 대한 예보를 넘어서 태풍의 발생에 대한 인식변화와 태풍 피해에 대한 범국민적인 대응 체계가 확립되어야 할 것이다.

## 참고문헌

기상연구소, 2006, 단시간 강수예측능력 향상연구(Ⅲ). 247pp.

기상청 국가태풍센터, 2011, 2011 태풍백서

기상청 국가태풍센터, 2012, 2012 태풍분석

김도우, 김연희, 김기훈, 신승욱, 김동균, 황윤정, 박종임, 최다영, 이용희, 2012, 2010년 여름철 수도권 집중관측기간에 나타난 호우 시스템의 대기연직구조. 한국지구과학회지, 33(2), 148-161.

김백조, 강기룡, 류찬수, 2007, 최근 30년동안 우리나라에 도래한 태풍의 통계적 특성. 한국자료분석학회 봄철학술발표논문집, 287-288.

- 김백조, 이성로, 김호경, 박종길, 최병철, 2007, 한반도 상륙 태풍진로에 따른 태풍 의 피해 특성 분석. 한국기상학회 봄학술대회 논문집, 486-487.
- 김용상, 이용희, 박옥란, 2002, KLAPS/MM5를 이용한 관측자료별 분석 및 예측 의 민감도 연구. 대기, 12(1), 529-532.
- 김용상, 박옥란, 황승언, 2002, 기상연구소의 국지규모 기상 분석 및 예측 시스템 (KLAPS)의 실시간운영, 한국기상학회지, 38(1), 1-10
- 김호경, 김백조, 이성로, 류찬수, 2007, 태풍 바람의 재해특성 및 고도분포지수 산 정에 관한 연구. 한국자료분석학회 봄철학술발표논문집, 277-285.
- 류찬수, 박균명, 김은미, 언효성, 박정원, 2007, 태풍 "민들레"에 의한 집중호우의 레이더 분석 특성. 한국지구과학회 추계학술발표회논문집, 67-72.
- 박종길, 문승의, 1989, 우리나라의 태풍에 의한 강수량 특성, 한국기상학회논문집, 23(2), 45-55.
- 박종길, 김병수, 정우식, 김은별, 이대근, 2006, 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계 적 특성변화. 한국기상학회 논문집, 16(1), 1-17.

박종길, 정우식, 김은별, 김지선, 이보람, 2011, 사전방재기반구축을 위한 태풍의 한반도 내습 시 강풍 분포에 관한 연구. 한국환경학회 정기학술발표회 논문집,

20, 39-41

백은희, 2008, 북서태평양 및 한반도 주변 태풍의 강도변화. 공주대학교, 59pp. 박병수, 1995, 우리나라에 영향을 준 태풍의 유형분류. 사회과학연구, 421-437. 서성용, 류찬수, 2010, 한반도 남서해안지방에 영향을 미친 태풍의 특성분석. 한국 자료분석학회 봄철학술발표논문집, 183-187.

- 서성용, 정효상, 류찬수, 2010, KLAPS자료로 분석한 태풍 4호의 우리나라 상륙시 특성. 한국자료분석학회 가을학술발표논문집, 579-583.
- 설동일, 2010, 지구온난화와 태풍의 변화경향. 한국항해항만학회 학술대회논문집, 238-239.
- 설동일, 민병언, 1992, 태풍에 의한 우리나라의 기상재해에 관한 통계적 연구. 한 국항해학회논문집, 14(4), 47-54.
- 안숙희, 김백조, 이성로, 김호경, 2008, 한반도 영향 태풍의 이동경로에 따른 재해 특성. 한국방재학회논문집, 29-36.
- 이동규, 장동언, 위태권, 1992, 한반도에 접근하는 태풍, 1960-1989 제1n : 통계 와 종관개요. 한국기상학회논문집, 28(2), 133-147.
- 이영곤, 김백조, 안숙희, 안보영, 2009, 한반도 상륙태풍의 특성 및 사회·경제적 영향. 한국환경학회 정기학술발표회 논문집, 19, 34-35
- 장새롬, 하경자, 2008, 태풍 강도와 발생지역의 상관성연구 : ENSO 발달과 소멸 의 영향. 한국지구과학회, 29(1), 29-44.
- 장기호, 이우정, 임명순, 정영윤, 유희동, 김태룡, 심재면, 이종호, 2013, 주요태풍 센터의 태풍분석위치 차이 및 원인에 대한 사례연구. Journal of Climate Change & Environment, 1(1), 51-55.
- 정우식, 박종길, 김은별, 이평근, 2010, 태풍발생 시 대기의 연직구조 관측 및 분 석. 한국환경학회 정기학술발표회 논문집, 19, 130-132.
- 최기선, 차유미, 김태룡, 2012, 한반도에 상륙한 태풍 빈도수의 십년간 변동 특성, 한국지구과학회, 33(1), 59-68.
- 최기선, 김태룡, 2011, 한반도에 영향을 주는 태풍의 접근진단 지수 개발. 한국지 구과학회지, 32, 347-359.
- 최기선, 강기룡, 김도우, 황호성, 이상룡, 2009. 경험적 직교함수를 이용한 북서태 평양 열대저기압의 이동빈도 특성에 관한 연구. 한국지구과학회지, 30, 721-733.
- 허솔잎, 2010, KLAPS를 활용한 겨울철 한반도 중서부지방의 강수유형판별 연구. 조선대학교, 51pp.
- 황승언, 박옥란, 김용상, 1987, 중간규모 모델에서의 겨울철 저기압의 시뮬레이션. 한국기상학회지, 23(1), 35-55.

- Barnett, T.P., Dumenil, L., Schlese, U., Roekler, E., and Latif, M., 1989, The effect of Eurasian snow cover on regional and global climate variations. Journal of Atmospheric Sciences, 46, 661-686.
- Brewester, K., S. Albers, F. Carr, and M. Xue, 1995, Initialing a non hydrostatic model using WSR-88D data and OLAPS. 27th Conf. on Radar Meteorology. Vail. CO, Amer. Meteor. Soc., 178-180.
- Chan, J.C.L., 2005, Interannual and interdecadal variations of tropical cyclone activity over the western North Pacific. Meteorology and Atmospheric Physics, 89, 143-152.
- Chan, J.C.L., and Shi, J.E., 1996, Long-term trends and interannual variability in tropical cyclone activity over the western north Pacific. Geophysical Research Letters, 23, 2765-2767.
- Choi, K.S., and Kim, B.J., 2007, Climatological characteristics of tropical cyclones making landfall over the Korean Peninsula. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 43, 97-109.
- Choi, K.S., Kim, B.J., Km, D.W., and Byun, H.R., 2010, Interdecadal variation of tropical cyclone making landfall over the Korean Peninsula. International Journal of Climatology, 30, 1472-1483.
- IPCC, 2007, Climate Change, 2007, The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S.,D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- Schultz, P. and Albers, S. 2001, The use of three-dimensional analyses of cloud attributes for adiabatic initialization of mesoscale modal. CONFERENCE ON WEATHER ANALYSIS AND FORECASTING, 18, J122-J124.