2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된 집중관측자료의 분석 및 활용

김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈
기상연구소

Preliminary Analysis of Intensive Observation Data Produced by the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers (NCIO) in 2002

Baek-Jo Kim, Chun-Ho Cho, Jae-Cheol Nam, Hyo-Sang Chung, Jeong-Hoon Kim
Meteorological Research Institute, KMA

Abstract

The National Center for Intensive Observation of Severe Weathers (NCIO) as a part of METRI's principal project "Korea Enhanced Observing Period; KEOP" was established at Haenam Weather Observatory in order to effectively monitor and observe heavy rainfall in summer, which is essential for the identification of the structure and evolution mechanism of mesoscale severe weather system. The intensive field-based experiments in 2002 within southwestern Korea toward various meteorological phenomena ranging from heavy rainfall to snowfall were conducted in collaboration with KMA(Korea Meteorological Administration) and universities. In this study, preliminary analysis results using intensive observation data obtained from these experiments are presented together with the introduction of NCIO and its operational structure.

1. 서 론

우리 나라는 여름철 태풍 및 장마와 관련된 중규모 악기상에 의한 피해액이 전체 기상재해의 3분의 2를 상회하고 있으며, 이에 따른 인명 및 재산의 피해가 증가 추세에 있다. 이러한 중규모 악기상의 구조 분석과 발생·발달 메커니즘 규명을 위해 첨단관측장비를 이용한 태풍 및 장마와 관련된 악기상의 입체적인 관측·감시가 필요하다. 또한 최근에 정보통신기술의 급격한 발달로 말미암아 이들 기술을 기반으로 개발된 첨단기상관측장비의 원활한 운영 기술 확보와 함께 장비의 활용성 증대를 위하여 기상관측장비들을 한 곳에 모아 이들 장비간의 상호 신뢰성을 평가하고, 나아가 종합기상관측을 통하여 특이기상 및 악기상에 대한 다양한 규모의 대기분석을 위한 "집중관측센터" 구축이 여러 나라에서 시도되고 있다. 예를 들면, 일본 통신종합연구소(Communication Research Laboratory)에서 운영하고 있는 오키

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

나와 아열대 환경 원격감시센터 (Okinawa Subtropical Environment Remote-Sensing Center)와 중국대기물리연구소에서 운영하고 있는 Xianghe 관측소가 있다. 일본 오키나와의 지리적, 기후적 특성을 고려하여 구축된 오키나와 아열대 환경 원격감시센터는 400MHz대 윈드프로파일러, 장거리 해양 감시 레이더 그리고 Bistatic 강수레이더를 이용하여 지구온난화와 관련된 지구규모 기후변동에 크게 기여하는 대기·해양의 상호작용 메커니즘을 규명하는 데 그 설립목적을 둔다. 특히 일본 오끼나와 북쪽에 위치한 Ogimi 윈드프로파일러 관측소(경도 128°09'32" E, 위도 26°40'41" N)에는 400 MHz대 윈드프로파일러 외에 라디오 초음파 탐측시스템(RASS), 1.3GHz대 윈드프로파일러, 도플러 Sodar, 운저계, GPS 라디오존데, 초음파 풍속계, 지상기상관측장비, 광학식우량계, 우적입경계측장비가 설치되어 있다. 최근에 Adachi(2001)는 400 MHz-밴드 윈드프로파일러를 이용하여 연직 풍속값의 고도 범위가 16 km에 이른다는 것을 제시한 바 있다. 전구 에너지·물순환 관측실험(Global Energy and Water Cycle Experiment; GEWEX)의 아시아 몬순관측실험(GEWEX Asian Monsoon Experiment; GAME)에서도 Sodar, 경계층 레이더, 레윈존데, 적도 대기레이더 등 다양한 대기역학 관측장비들을 한 곳에 설치하여 인도네시아 Kototabang 집중관측소를 구축하였다. 집중관측을 기반으로 한 악기상 관측·분석 연구에 대한 필요성 제기와 현재 진행중인 국제관측프로그램과의 연계를 위하여 기상연구소에서는 2001년에 "한반도 악기상 집중관측사업 (Korea Enhanced Observing Period; KEOP)"을 시작하였다. 이 사업의 일환으로 다른 나라에서 구축된 집중관측센터와 유사하게 오토존데, 윈드프로파일러 등과 같은 첨단관측장비를 이용한 국가 악기상 집중관측센터(National Center for Intensive Observation of Severe Weathers; NCIO)를 2001년 기반공사를 시작으로 1년에 걸쳐 해남기상관측소에 구축하였다. 또한 국가 악기상 집중관측센터와 연계하여 한반도 남서지역의 여름철 집중호우와 동계 시베리아 고기압 확장에 따른 폭설 구조를 파악하기 위하여 (구)무안기상대에 연구용 도플러 기상레이더를 이전 설치하여 운영중에 있다(남재철, 2002).

본 연구에서는 국가 악기상 집중관측센터의 구축 현황에 중점을 두면서 이 집중관측센터에서 생산된 2002년 악기상 집중관측(KEOP-2002), 태풍 "루사(RUSA)" 특별관측, 대기 및 플럭스 집중관측 그리고 강설 집중관측자료의

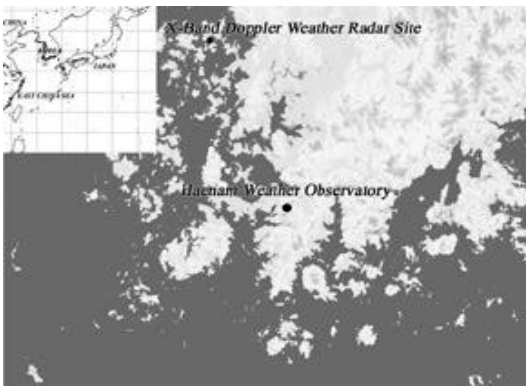

Fig. 1. Geographical locations of Haenam Weather Observatory and X-Band Doppler Weather Radar Site at Muan.

1. 서 론
2. 국가 악기상 집중관측센터 구축 현황
3. 악기상 집중관측 및 분석
4. 요 약
감사의 글 · 참고문헌

예비 분석결과를 제시하고, 나아가 향후 활용 계획에 대해 기술하고자 한다.

2. 국가 악기상 집중관측센터 구축 현황

첨단기상관측장비을 이용한 악기상 집중관측센터 구축을 위해서는 최적의 관측지점 선정이 무엇보다 중요하다. 이를 위하여 한반도로 북상하는 장마전선 활성화와 관련된 남서기류 유입과 태풍의 주 진로상에 위치하고, 플럭스 관측을 위해 주변의 생태학적 조건이 균질하고 안정적이어야 하며, 존데를 이용한 고층관측을 위해 주변의 장애물이 없어야 하는 설립 조건을 고려하면서 한반도 남서지역에 위치한 기상관서를 답사한 후 최적 장소로 해남기상관측소를 선정하였다. 최근 20년간 발생한 집중호우를 형태별로 분류한 결과에 해남을 중심으로 한 남서연안형이 존재하였다(기상연구소, 2002). 소백산맥의 남서쪽 끝자락에 위치한 해남기상관측소(34°33' N, 126°34' E)는 북쪽으로 흑선산(650 m), 서쪽에는 금강산(481 m) 등으로 둘러싸여 있고, 남서쪽 약 13 km 밖에 해안과 접하고 있다. 이러한 지리적 여건으로 말미암아 여름철 몬순기간동안 남서기류의 유입시 지형에 의한 강수 발생 빈도가 다른 지역보다 높을 것으로 기대된다. 또한 해남기상관측소는 부지면적이 3,069 ㎡로 다른 기상관측소보다 넓은 편이므로 첨단 고가의 관측장비의 관측소내 설치가 가능하다는 잇점이 있다(Fig. 1참조).

Figure 2는 국가 악기상 집중관측센터에 설치된 관측장비의 종류와 배치도를 나타낸 것이다. 현재 운영중인 장비는 오토존데와 1.3 GHz 윈드프로파일러, 마이크로 강수레이더, 광학 강우강도계, 그리고 20 m 플럭스 관측탑이다. 처음으로 설치된 오토존데는 해남의 기후학적 특성을 고려하여 관측소내의 남동쪽에 설치하였고, 윈드프로파일러는 안테나 부분과 신호처리

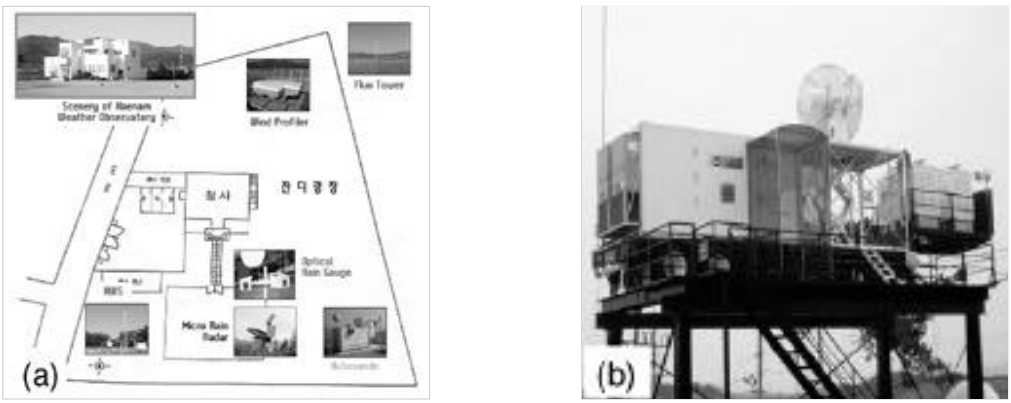

Fig. 2. Spatial location of meteorological equipments installed at (a) the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers and (b) the view of X-band Doppler Weather Radar at Muan.

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

Table 1. Meteorological equipments installed at the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers.

No	Meteorological Equipment	Observation Elements	Application	Installation
1	1.3GHz-WPR (Sumitomo, Japan)	Wind direction, Wind speed	Producing one-minute profile of vertical and horizontal wind	December, 2002
2	Autosonde (Vaisala, Finland)	Pressure, Temperature, Relative humidity, Wind	Producing three-hourly upper-air observation data	January, 2002
3	Micro Rain Radar (Met-Tech, Germany)	Reflectivity, Rain rate, Liquid water content(LWC), Drop size distribution	Producing vertical profiles of rain rate, LWC and drop size distribution	May, 2002
4	Optical Rain Gauge (STCI, USA)	Rain rate	Producing information to distinguish between rain and snow and precipitation intensity	May, 2002
5	20m Flux Tower (ADTEC ,Korea)	Net radiation, Wind, CO_2 and H_2O concentration. Soil temp.	Producing sensible, latent, radiative fluxes over the land surface	July, 2002
6	X-Band Doppler Weather Radar (EEC, USA)	Reflectivity, Radial velocity, G-DR(Differential reflectivity)	Producing reflectivity and wind	November, 2002

시스템 부분을 분리하여 안테나는 관측소 밖 인접한 농지에 설치하였고, 신호처리 시스템과 관련 장비들은 관측소 북동쪽에 위치한 운영실에 두었다. 오토존데용 자동기상관측장비는 관측야장 서쪽에 설치하였다. 또한 마이크로 강수레이더와 광학 강우강도계는 관측야장에 설치되어 있으며, 20 m 플럭스 관측탑은 집중관측센터에서 약 20 m 밖 생태환경이 균일한 지역에 설치하였다.

Table 1은 국가 악기상 집중관측센터에 설치된 장비들의 특성 및 활용을 나타낸 것이다. 먼저 핀란드 Vaisala사에서 개발한 무인자동고층관측장비인 오토존데는 2002년 1월에 설치하였다. 이 장비는 최대지상풍속이 20 m/s인 경우에도 관측이 가능하며, 1회에 24개의 레디오존데를 장착하여 무인자동고층관측을 수행한다. 2002년 12월에 설치된 일본 Sumitomo사의 1.3 GHz 윈드프로파일러는 1분 간격의 연직 바람자료 생산이 가능하다. 이들 고층관측장비들은 악기상 구조 및 발달 메커니즘을 규명하기 위해 시간 고분해능 고층관측자료를 생산하는 데 활용되고 있다. 구름물 함량, 강우낙하속도, 우적 크기의 분포를 측정할 수 있는 마이크로 강수레이더와 강우와 강설의 광학적 특성을 측정할 수 있는 광학 강우강도계는 2002년 5월에 설치되었으며, 이들 장비는 구름의 연직 구조 분석, 집중호우의 강수 특성 분석에 활용하여 강수물리과정 개선에 기여하게 될 것이다. 에너지와 물 수지의 감시를 위하여 2002년 7월에 20 m 플럭스 관측탑을 세워 다양한 플럭스 관측자료를 생산하고 있다. 또한, 집중호우와 강설시스템의 구조 분석을 위하여 (구)무

1. 서 론
2. 국가 악기상 집중관측센터 구축 현황
3. 악기상 집중관측 및 분석
4. 요 약
감사의 글 · 참고문헌

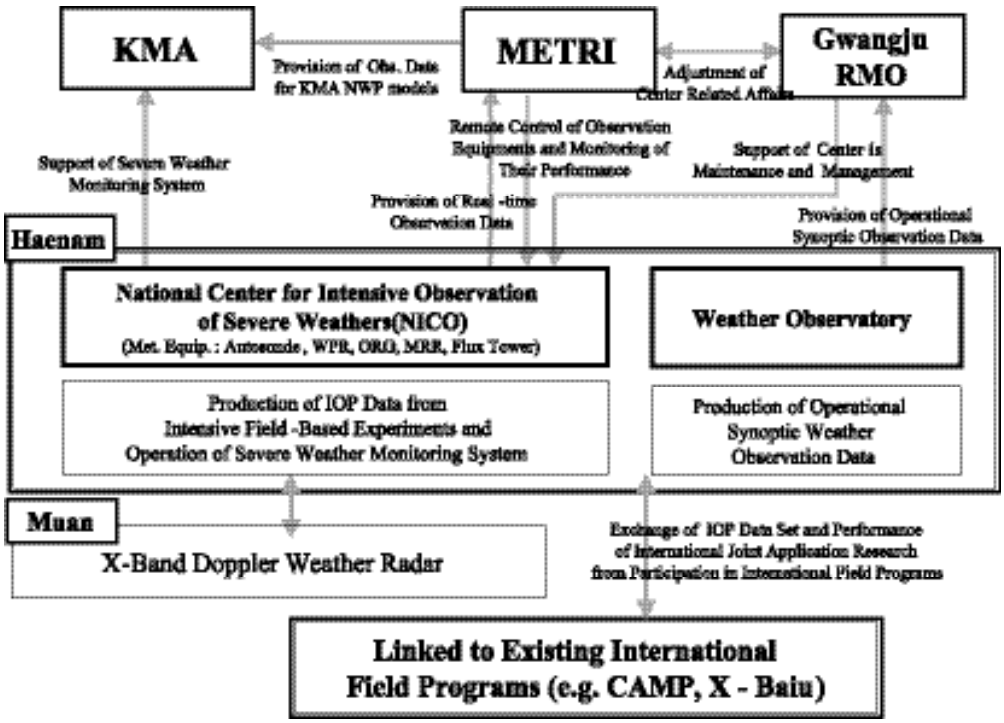

Fig. 3. Operational structure of the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers(NCIO).

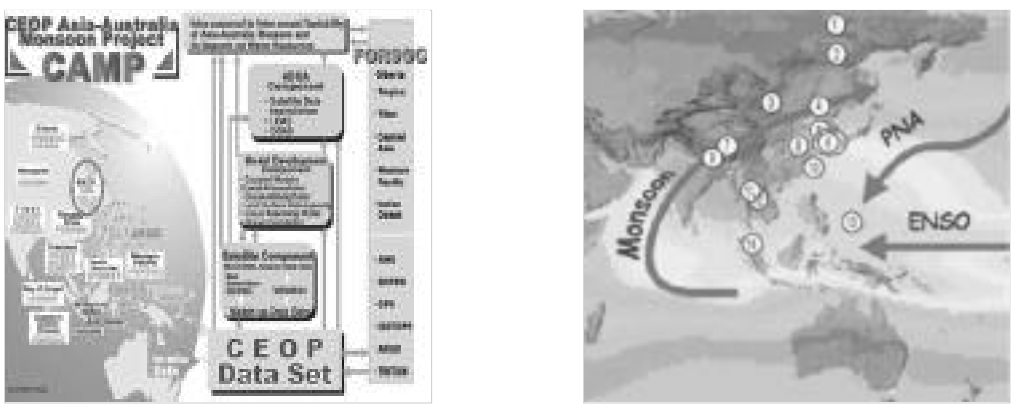

Fig. 4. Internatinal linkage of the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers(NCIO), KEOP to CAMP/CEOP.

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

Table 2. Brief summary of intensive field-based experiments in 2002 associated with the National Center for Intensive Observation of Severe Weathers(NCIO).

Experiment	Experiment Period	Experiment Objective	Meteorological Equipment	Participating Organization
KEOP-2002	July 8 -20, 2002	Identify the vertical structure of MCSs in the Changma front based on high temporal and spatial resolution upper-air observation data	-Autosonde (Haenam) -Rawinsonde (Heuksando) -KMA Operational Upper-Air Network (Gwangju, Gosan)	-METRI (FRL, RSRL) -KMA -Yosei Univ.
Typhoon 'RUSA' Special Observation	August 30 -September 1, 2002	Identify the structure of Typhoon RUSA's center	-Autosonde (Haenam)	-METRI(FRL)
2002 Intensive Upper-Air & Flux Experiment (IUAFEX)	November 21 -25, 2002	Identify characteristics of flux variation and its association with atmospheric vertical structure	-Autosonde (Haenam) -20m Flux Tower (Haenam)	-METRI (FRL, AMRL) -Chosun Univ. -Daegu Catholic Univ. -Kyungbuk Univ. -Yonsei Univ.
2002 Christmas Experiment	December 23 - 26, 2002	Identify the structure of snowfall over southwestern Korean peninsula	-Autosonde (Haenam) -X-Band Doppler Radar(Muan)	-METRI (FRL, RSRL)

안기상대에 연구용 도플러 레이더를 이전 설치하였다 (Fig. 2 참조).

국가 악기상 집중관측센터의 운영체계는 첨단관측장비를 이용한 악기상 집중관측자료를 생산하여 수치예보 모델의 초기자료와 기상연구소 자체 악기상 분석 연구에 활용하고 악기상 감시시스템 운영으로 이루어져 있다(Fig. 3). 또한, 기상연구소는 첨단관측장비를 원격제어하고 장비성능을 상시 감시하며, 오토존데와 윈드프로파일러의 원격제어 및 표출 시스템은 기상연구소 예보연구실에서 운영중에 있으며, 광주지방기상청 예보관실에 오토존데 표출시스템이 설치되어 있다.

이 집중관측센터는 현재 국제관측프로그램(CAMP/CEOP)의 기준 관측망에 등록되어 고층관측 및 플럭스 관측자료를 생산하고 있으며 (Fig. 4 참조), CEOP (Coordinated Enhanced Observing Period)의 1차 집중관측기간(2003년 10월 1일부터 2004년 9월 30일까지)에 참여할 예정이다. 그리고 일본 기상연구소의 여름철 아시아 몬순집중관측실험(X-Baiu)과 관측자료, 특히 에어로존데 관측자료의 상호교환 및 관측자료 활용기술 공동 개발 등 활발한 국제협력 활동이 진행중에 있으며, 2003년 여름철 집중관측을 양국간 공동으로 실시하였다.

3. 악기상 집중관측 및 분석

국가 악기상 집중관측센터에 설치된 첨단관측장비를 이용하여 2002년 4회의 집중관측을

1. 서 론
2. 국가 악기상 집중관측센터 구축 현황
3. 악기상 집중관측 및 분석
4. 요 약
감사의 글 · 참고문헌

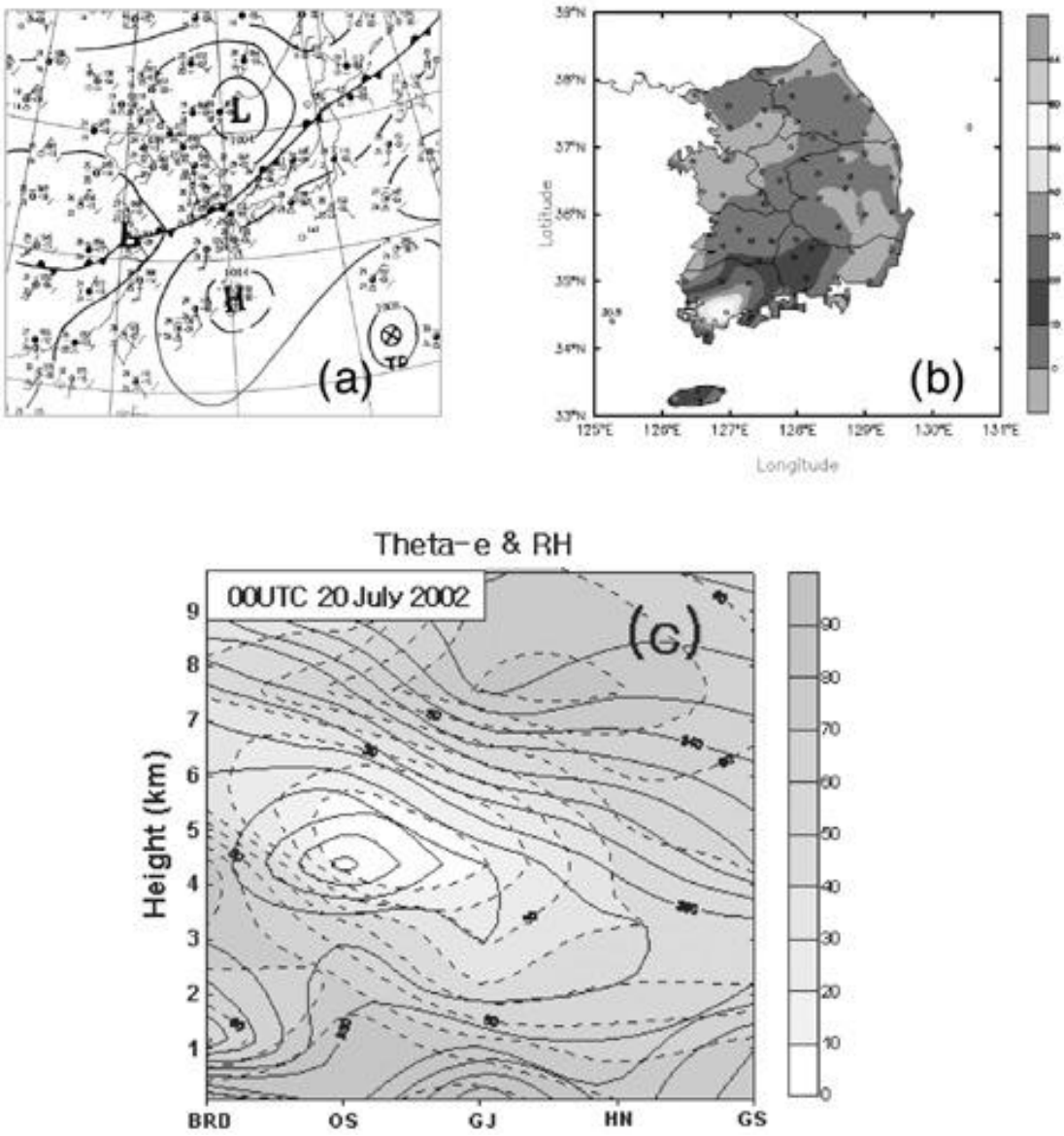

Fig. 5. Synoptic weather map (a) and daily precipitation distributions(b), and equivalent potential temperature and relative humidity(c) along upper-air stations located in western coastal region at 00 UTC 20 July, 2002. BRD, OS, GJ, HN and GS denote Baekryungdo Osan, Gwangju, Haenam and Gosan station, respectively.

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

수행하였으며, 이들 집중관측들의 관측기간, 관측목적 그리고 참여기관에 대한 내용을 Table 2에 제시하였다. 관측목적에 대한 세부 내용은 집중관측 결과와 함께 소개할 예정이며, 참여기관은 기상연구소의 주도하에 관련 국내 대학에서 참여하였다. 본 절에서는 이들 집중관측자료를 이용한 기초 분석 결과를 제시하였다.

3.1 악기상 집중관측(KEOP-2002)

장마전선과 태풍이 북상하는 시기인 7월초에 기상청 고층기상관측망과 해남 국가 악기상 집중관측센터를 중심으로 여름철 악기상 집중관측(KEOP-2002)을 실시하여 장마전선내 대기연직구조 분석을 위한 시, 공간 고해능 고층관측자료를 생산하였다. 2002년 악기상 집중관측 기간중 7월 20일은 제주도 남쪽 해상에서 일본 규슈 북쪽에 걸쳐 위치한 장마전선의 영향으로 한반도 남서지역에 국한되어 일 강우량이 목포 28.0mm, 완도 22.5mm를 기록하였다. 이 사례에 대해 해남 국가 악기상 집중관측센터의 오토존데 고층관측자료와 기상청 고층관측자료를 이용하여 장마전선 북쪽지역의 대기연직구조를 조사한 결과, 중층 대류권이 한랭 건조하고 이러한 연직구조는 위도가 낮아질수록 그 출현 고도가 낮아지고 있다. 반면에 하층은 고온 다습하여 대류 불안정을 보인다. 특히 국지강수가 발생한 지역의 중심에 위치한 해남은 다른 지점들보다 하층이 한랭 건조하여 이러한 불안정성이 다소 약하다. 국지 강수 발생과 관련된 대류 불안정성은 강수 발생지역보다 약 60km 북쪽지역인 광주지점에서 가장 크게 나타난다.

3.2 태풍 “루사(RUSA)” 특별관측

태풍 “루사(RUSA)”가 한반도에 접근 및 통과하는 기간동안 국가 악기상 집중관측센터에 설치한 오토존데를 이용하여 총 21회의 고층관측을 실시하였다. 태풍 “루사(RUSA)” 중심구조를 규명하기 위하여 이들 고층관측자료를 이용하여 기온, 습도, 바람에 대한 고도-시간 단면도를 Fig. 6과 같이 나타내었다. 그림에서 태풍 기호는 태풍 “루사(RUSA)”의 중심이 해남 국가 악기상 집중관측 센터에 가장 근접한 시각인 8월 30일 1500 LST이다. 관측지점으로 태풍이 접근함에 따라 하층의 기온은 점차 하강하는 반면 상층의 기온은 상승하는 것으로 나타났고, 기온의 상승과 하강의 경계고도는 약 2.5 km이었다. 이러한 하층의 기온 변화는 태풍 접근에 따른 기압감소에 의한 공기괴의 단열 팽창과정과 강수 효과에 의한 영향으로 해석된다. 태풍의 통과 전 온도의 연직구배가 통과 후보다 현저히 높게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이는 태풍이 남해상에 상륙하면서 연속적인 위성자료에서 보이는 것처럼 태풍 눈의 영역이 확장되어 8월 31일 1500 LST 이후 관측지점이 이 영역에 놓이게 되어 전형적인 태풍 눈의 특징인 공기괴의 하강운동에 따른 단열압축에 의해 기온 상승에 따른 것으로 사료된다. 또한 이러한 기온 상승이 존재하는 영역에 구름량이 증가하여 상당 온위가 높게 나타났다. 태풍 “루사(RUSA)”가 한반도의 남해상에 상륙하는 시각을 전후로 하층의 습도변화가 크게 나타나는 것은 태풍 통과전 태풍 전면의 구름대의 영향으로 습도가 증가하였다가 태풍 통과 후 공기괴의 하강운동에 의한 단열압축으

1. 서 론
2. 국가 악기상 집중관측센터 구축 현황
3. 악기상 집중관측 및 분석
4. 요 약
감사의 글 · 참고문헌

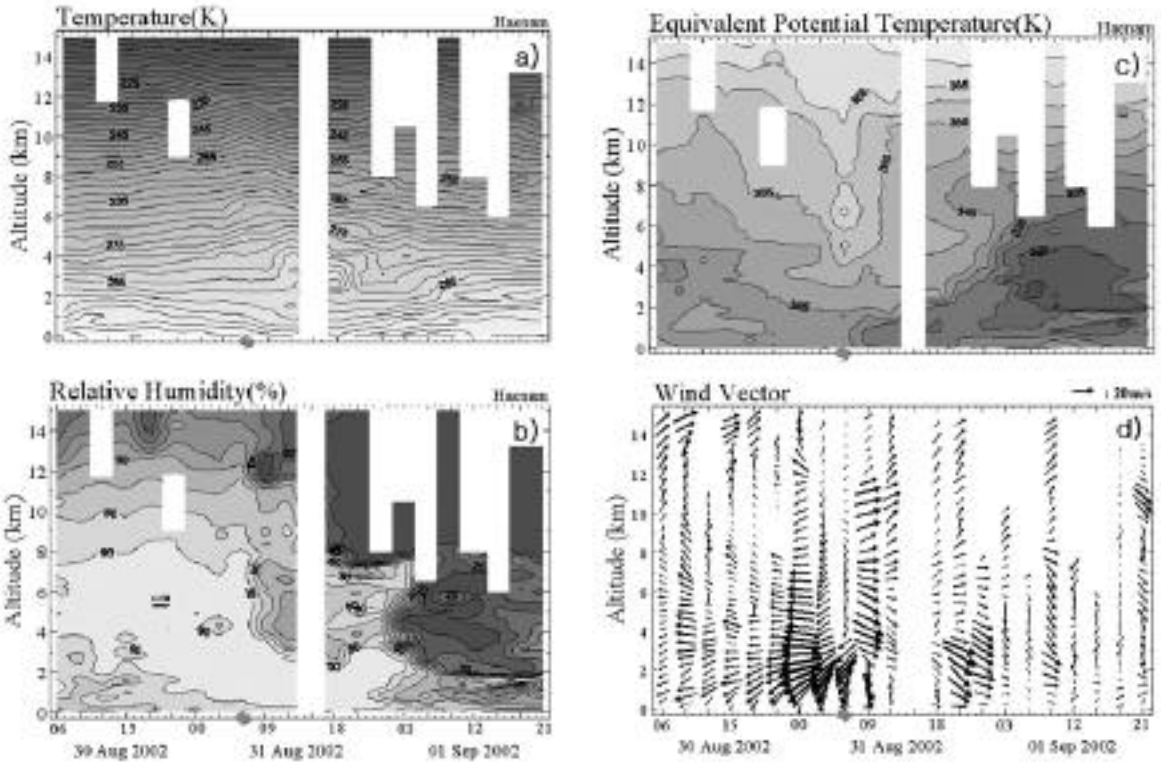

Fig. 6. Time-altitude variations of (a) temperature, (b) relative humidity, (c) equivalent potential temperature and (d) wind vector observed by the Autosonde during the passage and approach period of typhoon‘ RUSA ’. Typhoon symbol denotes the time when it approached the nearest to the Haenam weather observatory.

로 기온이 상승하여 습도가 감소하였기 때문이다. 바람벡터의 분포에서 태풍 통과 전에 동풍계열이 우세하다가 태풍 통과 시각에서 풍향의 전이가 존재하여 태풍 통과 후 서풍계열이 탁월하였다. 풍속은 태풍의 남해상 상륙후 6시간이 지난 8월 31일 2100 LST부터 급격히 약화하는 것으로 나타났다. 관측기간동안의 풍속 살펴보면, 중위도 종관기상계과 달리 태풍에 의한 최대풍속은 지상으로부터 고도 2~3 km에서 나타났으며 고도 약 8 km 이상에서 바람의 발산역이 존재하는 것을 볼 수 있었다.

3.3 가을철 플럭스 및 고층관측 (IUAFEX)

2002년 가을철 플럭스 및 고층관측(Intensive Upper-Air and Flux Experiment, IUAFEX) 기간중 오토존데를 이용한 고층관측자료에 나타난 시간별 고도 3 km까지의 바람벡터를 Fig. 7와 같이 나타내었다. 관측 시간 전체에 걸쳐

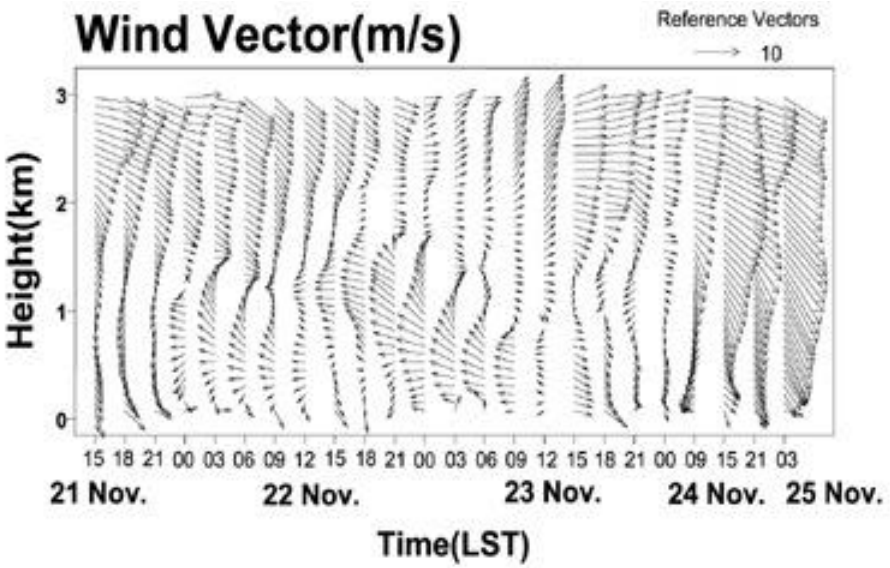

Fig. 7. Time-height variation of wind vector below altitude 3km during the period of IUAFEX.

고도 약 3 km이상에서는 서풍계열의 바람이 우세하게 나타났다. 지표면 부근의 풍속은 대체로 낮 동안이 밤 동안보다 강하였으나 지상으로부터 약 300 m 이상의 고도의 풍속은 이와 반대로 밤 동안이 낮 동안보다 강하게 나타났다. 또한 풍향은 지표 근처에서는 주로 서풍 및 북풍계열이 우세하게 나타났고, 지표층 이상의 고도에서는 시간에 따라 동풍에서 서풍으로 바뀌었다가 11월 23일 1500 LST경에 다시 서풍으로 전이되었다. 11월 23일 바람벡터의 일변화를 살펴보면 이러한 낮 동안과 밤 동안의 풍향 변화가 뚜렷이 존재함을 볼 수 있는데, 이는 이동성 고기압의 이동속도가 느리면서 종관 기압계에 인한 약한 바람을 고려해 볼 때 국지풍의 영향으로 해석된다. 11월 24일 1500LST 이후부터 다시 북서풍계열의 바람이 전 고도에 걸쳐 일정하게 나타나고 있다. 이는 중국 대륙상의 고기압의 영향으로 관측기간동안의 다른 날에 비해 강한 북서풍이 나타났다.

이들 연직 고분해능 고층관측자료를 이용하여 관측 시작 시점인 11월 20일 1500 LST부터 11월 25일 1500LST까지의 혼합층 고도를 살펴보면, 11월 24일 1500 LST 이후 4회의 고층관측을 제외하면 일출과 동시에 지표 가열로 인해 혼합층 고도가 점점 높아지다가 1500 LST경 최대 혼합층 고도를 나타내며 태양복사가 약화되면서 혼합층 고도가 서서히 낮아지는 전형적인 혼합층 일변화를 나타내고 있다(Fig. 8 참조). 관측기간 중 평균 혼합층 고도는 약 555 m이었다. 혼합층이 최저 고도는 역전층의

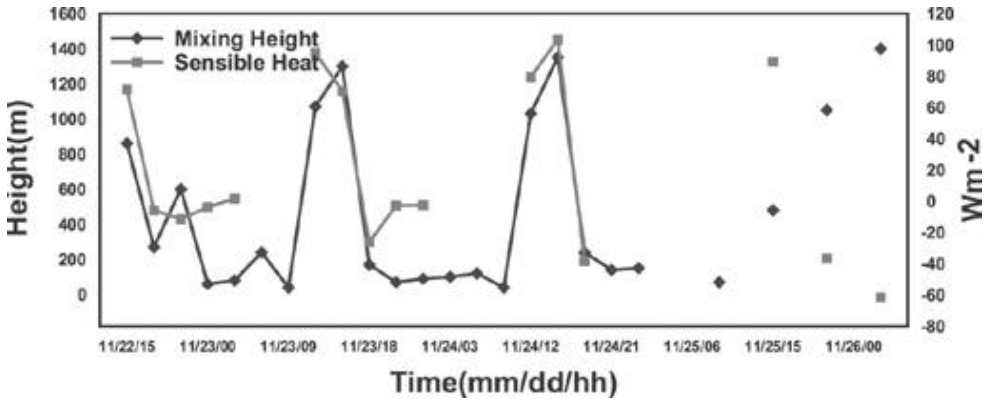

Fig. 8. Time variation of mixed height estimated from upper-air observation data and sensible flux observed by 20 m flux tower during the period of IUAFEX.

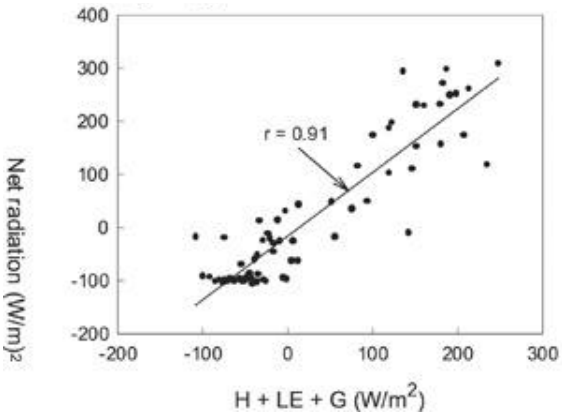

Fig. 9. Comparison of surface energy budget at Haenam from 23 to 25 November 2002. H: sensible heat flux, LE: latent heat flux, G: soil heat flux, Rn: net radiation.

형성과 관련되어 40 m 정도로 매일 0900 LST 경에 나타났으며, 11월 22일 1800 LST에 1500 m로 가장 높은 혼합층 고도가 나타났다. 특히 11월 20일 1500 LST의 경우 혼합층 고도가 약 656 m이였고, 이는 풍향의 변화가 나타나는 고도와 잘 일치하였다. 또한 혼합층 고도의 성장과 플럭스 관측탑에서 관측된 현열 플럭스 속의 변화와 같은 양상을 보였다(Fig. 8 참조).

플럭스 관측탑의 관측자료를 이용하여 순복사 에너지에 대한 현열, 잠열, 토양열 플럭스의 합의 상관 관계를 조사함에 따라 에너지 수지의 결손을 살펴볼수 있고 간접적인 플럭스 관측 자료의 품질 검증이 가능하다. Figure 9는 순복사에 대한 현열, 잠열, 토양열 플럭스 합의 일대일대응으로 관측 기간 동안을 나타낸 것이다. 상관 계수(r)는 0.91로 나타나 약 9% 이내

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

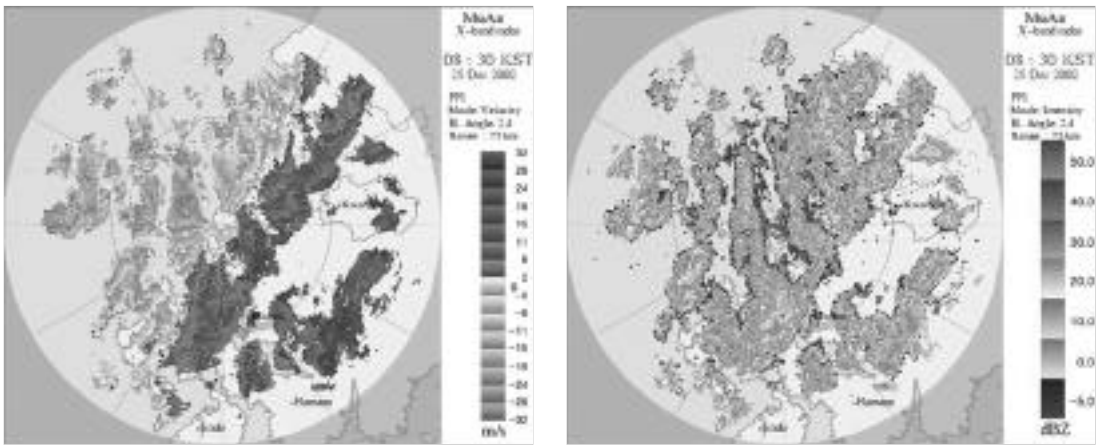

Fig. 10. Doppler velocity(a) and radar reflectivity factor (b) display at 0830 LST on 25 December 2002. The colour gray denotes the area of zero radial Doppler velocity when the radar is pointing perpendicular to the wind.

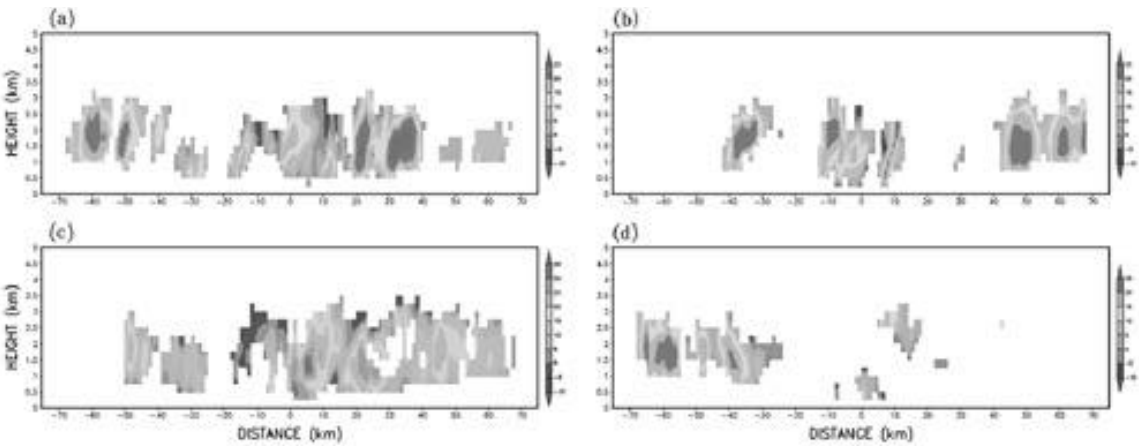

Fig. 11. Cross section display of the radar reflectivity factor at 0830 on 25 December 2002: (a) north-south cross-section at a location of 20 km east of the radar site, (b) north-south cross-section at a location of 20 km west of the radar site, (c) east-west cross-section at a location of 20 km north of the radar site, and (d) east-west cross-section at a location of 20 km south of the radar site. This figure shows a 3-km echo top height.

의 오차를 가지고 에너지 수지의 닫힘을 보이고 있다. 이는 지면이 평탄하고 균질한 경우인 Harazono et al. (1998)의 논에서 측정한 값(η = 0.95 ~ 0.99)과 비교해 조금 큰 에너지 수지 닫힘의 결여를 보였으나, 박윤호 등(2002)와 박윤호 등(2000)이 경기도 하리의 논에서 측정한 값(η= 0.92)과 유사한 에너지 수지 닫힘의 값을 보였다. 이에 비해 낮 동안 자료의 경우 상관 계수는 0.71로 나타났다. 따라서 정확한 에너지 수지 닫힘의 정량화를 위해서는 광합성 등에 쓰이는 에너지(uA) 또는 식생 저류항(S) 등의 측정되지 못한 항들에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

3.4 겨울철 강설집중관측(2002 Christmas Experiment)

한반도 남서지역은 울릉도, 영동지방과 함께 우리 나라의 대설지역 중에 하나이다. 특히 겨울철 시베리아 고기압 확장시 건조한 대륙성 기단이 황해상에서 변질되어 이 지역에 강설을 종종 발생시킨다. 이러한 강설 시스템의 발달 구조 파악을 위하여 해남 국가 악기상 집중관측센터의 오토존데를 이용한 시간 고분해능 고층관측과 무안 연구용 도플로 기상레이더를 이용한 고층 및 레이더 집중관측을 2002년 12월 크리스마스 날을 중심으로 실시하였다. Fig. 10(a)는 무안에서 강설이 내리기 시작한 12월 25일 0830 LST의 도플러 영상으로 북동북에서 남서남 방향으로 영선이 직선으로 있음을 보여준다. 이것으로 레이더 관측영역내의 전 고도에 걸쳐 서북서 계열의 바람이 불고 있음을 알 수 있다. Fig. 10(b)에서 영선의 축과 평행하게 있는 음의 에코 밴드가 레이더 사이트에 눈을 내리게 했다. 이 에코는 0700 LST가 지나면서 연구용 도플러 기상레이더로 관측되기 시작하여, 점점 발달하면서 남동진하여 레이더 관측소를 통과하였다. 에코의 연직 구조를 알기 위하여 레이더 사이트를 원점으로 동서와 남북방향으로 각각 20 km 되는 곳의 단면도를 그렸다(Fig. 11). 이 그림의 (a)는 동쪽으로 20 km 되는 곳의 남북 방향의 단면도를, 그림의 (b)는 서쪽으로 20 km 되는 곳의 남북 방향의 단면도를, 그림의 (c)는 북쪽으로 20 km 되는 곳의 동서 방향의 단면도를, 그림의 (d)는 남쪽으로 20 km 되는 곳의 동서 방향의 단면도를 dBZ 단위로 나타낸 것이다. 이 단면도에서 알 수 있듯이 에코의 정고도는 3 km이고, Fig. 10에서 강한 강도의 에코가 있는 지점에는 구름 내의 활동이 활발함을 보여준다.

4. 요 약

기상연구소 주요사업 "한반도 악기상 집중관측사업(KEOP)"의 일환으로 2001년 기반공사를 시작하여 2002년 초부터 오토존데, 윈드프로파일러 등 첨단관측장비의 해남기상관측소에 도입 및 설치와 2002년 11월 연구용 도플로 레이더의 (구)무안기상대에 이전 설치로 국가 악기상 집중관측센터는 안정적으로 구축되었다. 이 집중관측센터를 중심으로 기존 기상청 관측망과 연계하여 2002년에 여름철 장마, 태풍 "루사" 그리고 강설과 같은 악기상 집중관측과 국제집중관측프로그램(CAMP/CEOP)에 참여를 위한 고층 및 플럭스 관측자료의 안정

2002년 국가 악기상 집중관측센터에서 생산된
집중관측자료의 분석 및 활용
- 김백조, 조천호, 남재철, 정효상, 김정훈

적 생산 및 DB 구축 능력 평가를 위한 고층 및 플럭스 집중관측을 국내 대학들과 협력하여 성공리에 실시하였다. 이들 집중관측자료의 초기 분석결과, 국가 악기상 집중관측센터에 설치된 첨단관측장비에서 생산된 관측자료는 악기상 구조 및 발달과정 분석연구 뿐만 아니라 지표 플럭스 연구 활성화에 크게 기여할 것으로 판단되었다. 특히 태풍 "루사" 통과시 오토존데를 이용한 3시간별 고층관측을 통한 태풍 "루사" 중심 구조 분석은 매우 의미 있는 결과로 사료된다.

앞으로 2003년 1월부터 안정적으로 운영되는 윈드프로파일러 자료를 이용하여 악기상 관련 전선 및 하층바람 구조 및 발달 과정 분석을 분석하고, 아울러 연구용 X-밴드 도플러 레이더, 오토존데 관측자료간의 비교분석으로 윈드프로파일러 관측자료의 정확도를 평가하고자 한다. 광학강우강도계, 마이크로 강수레이더, 연구용 X-밴드 도플러 레이더 그리고 기상청 진도 S-밴드 레이더를 이용하여 악기상 강수 시스템의 구조 및 발달 과정 분석할 예정이다. 또한 국가 악기상 집중관측센터는 태풍과 장마, 겨울철 폭설과 한파와 같은 악기상 집중관측외에 봄과 가을철에 많은 강수를 동반한 저기압 통과시, 황사 발생의 경우 등에 특별관측을 수행하여 특이기상 현상의 이해력을 증진시키는데 활용코자 한다.

감사의 글

본 연구는 기상연구소 주요사업 '한반도 악기상 집중관측(KEOP)사업'의 일환으로 수행되으며, 플럭스 관측자료 분석에 도움을 준 응용기상연구실의 김연희 연구사와 무안 도플러 기상 레이더 관측자료 분석에 도움을 준 원격탐사연구실의 남경엽 연구원에게 감사드린다.

참고문헌

기상연구소, 2002: 중규모 기상재해 저감 기반 기술 개발, MR011F12, pp.339.

남재철, 2002: 연구용 도플러 기상레이더 이전 설치 운영, 대기, 12권 4호, p.103.

박윤호, 류상범, 권원태, 김준, 2002: 하리집중관측기간에 관측한 저층플럭스자료의 품질에 관하여. 한국기상학회지, 38(2), 129-139.

박윤호, 김준, 이희춘, 임종환, 권원태, 2000: 증발산 장기 관측에 따른 크립톤 습도계의 흡수 계수의 변화와 이슬점 생성기를 이용한 기기 보정, 한국농림기상학회지, 2(3), 75-79

Adachi, T., Y. Masuda, S. Fujii, 2001: Development of a 400 MHz-band Wind Profiler Radar in Okinawa, Proceedings of the Third International Symposium on Asian Monsoon System(ISAM3), December 11-14, Okinawa, Japan, 309-313.

Harazono, Y., J. Kim, A. Miyata, T. Choi, J. I. Yun, and J. W. Kim, 1998: Measurement of energy budget components during the international rice experiment (IREX) in Japan. Hydrological processes, 12, 2081-2092.