

## 전방산란형 시정계의 관측특성 연구

최규용

국립기상과학원 관측연구부

대기 가시성의 정확한 측정은 기상학, 교통, 환경 모니터링에 필수적이다. 광학 전송 측정기, 산란 측정기, 레이저 기반 시스템, 혹은 인공지능 기법을 활용한 카메라 기반 방법 등이 일반적으로 사용되나, 통일된 기준 관측의 부재로 인해 다양한 센서 간 비교에 어려움이 있다. 특히, 안정적인 조건에서도 기상청 관측지침에서 제시된 정확도를 벗어나는 시정 값 변동이 자주 발생하여 관측품질에 대한 신뢰성 확보에 어려움이 있다. 본 연구는 이러한 변동성의 원인을 식별하고 시정관측 품질의 한계와 가능성을 제시하고자 한다.

이를 위해 시정 관측에 영향을 주는 요소들을 에어로졸과 습도로 가정하고 상용 시정관측 장비를 실내 환경에서 시험하여 야외 대기의 변동성 영향을 최소화하였다. 실내에서 시정 값의 안정화를 어느정도 확보 하였으나 일단위의 시정 값의 변동이 존재하였고, 최대 광학 범위(MOR)를 달성하지 못했다. 이에 따라, 실내 조명과 공기질이 통제되고 반사율을 최소화한 재질의 커튼으로 구축한 암실에서 시정계의 최대 MOR에 도달할 수 있었다. 시정계의 안정성과 선형성을 테스트하기 위해, 한국표준과학연구원(KRIS)에서 특성화된 두 세트의 중성 밀도(ND) 필터를 사용하여 낮은 MOR을 인위적으로 모의하였다. 결과는 선형성과 재현성, 그리고 안정성이 기상청의 야외관측지침의 허용오차보다 뛰어난 값들을 보여주었다. 이는 야외관측의 변동성은 관측장비의 불안정성이 아니라는 결론을 도출하였다.

또한, 야외관측에서 발견되는 변동성의 원인을 전방산란형 시정계의 시정 관측 원리를 분석하였다. 전방산란형 시정계는 최대 관측시정 대비 상당히 짧은 거리에서 소멸 계수를 측정하고 이를 이용해 MOR을 추정하지만, 실제 환경에서는 이 가정이 항상 성립하지 않을 수 있다는 것을 운고계 관측을 통해 보여주고자 한다. 이를 통해 시정관측의 한계와 보다 정확한 시정관측을 위한 제안을 제시하고자 한다.

Key words: 전방산란형 시정계, 시정계, 관측품질

## Converting the wind speed and temperature at specific height to those at reference height over ocean surfaces

Moon-Soo Park<sup>1</sup>, Kitae Baek<sup>1</sup>, Kwang-Young Cheong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Climate and Environment, Sejong University

<sup>2</sup>Ocean Research Division, Korea Hydrographic and Oceanographic Agency

Air temperature and wind speed observed at reference heights are essential for validating a performance of meteorological models as well as for parameterization of a boundary-layer processes such as air-sea momentum and heat interactions. This study developed a power for converting the wind speed and air temperature at specific heights (35.7m for air temperature and 41.4m for wind speed) to those at reference heights (2m for air temperature and 10m wind speed) with the use of the observed wind speed and temperature data at the Jeodo Ocean Research Station during the two special experimental periods. Obstacle correction was applied to the observed wind speed at the rooftop and 10m height to take into account the effect of station structure on wind speed. The power  $p$  and beta for power-law profile were evaluated and the retrieved wind speed and air temperatures were compared with the observed ones. The performance was tested. Difference of most wind speed were less than 0.5m/s, while difference of 95% of air temperature were less than 1.0°C. Power-law is very simple, but accurate, if appropriate coefficients are given.

Key words: Air-sea interaction, Power-law profile, Jeodo Ocean Research Station, Parameterization

※ 이 연구는 국립해양조사원과 기상과학원의 지원으로 수행되었습니다.

## 보성 기상관측탑 고품질 바람 자료 생산을 위한 표준 바람장 산출 기술 개발

윤진아, 이영태, 김기훈, 이철규

국립기상과학원 관측연구부

국립기상과학원에서는 2014년 4월부터 고층 기상관측을 위해 보성 표준기상관측소에서 기상관측탑(307m, 11개 층)에서 기본관측(기온, 습도, 풍향, 풍속)을 수행하고있다. 바람 관측자료의 경우, 전 층(11개), 180° 방향에서 2차원 풍향풍속계를 설치하여 관측을 수행하였다. 2024년 1월부터는 보성 기상관측탑은 삼각 격자 구조로 이루어져 구조물에 의한 영향을 최소화하여 관측 품질을 개선하고자 2차원 초음파 풍속계를 기상관측탑 전 방향(60°, 180°, 300°)에 설치하였다. 이에 본 연구에서는 2024년 1월 ~ 6월 기간, 6개 층(10m, 20m, 40m, 60m, 80m, 300m)에서 관측된 풍향과 풍속 관측자료와 전산유동해석(CFD)을 이용하여 삼각 격자 구조에 따른 유동왜곡 영향을 분석하여 구조물 영향을 확인하였다. 이에 차폐영향으로 인한 풍속의 유동왜곡 오차를 최소화하고자 각 층대별 바람 자료의 유효범위를 설정함으로써 보성 기상관측탑의 표준 바람장 산출 기술을 개발하였다. 본 연구를 통해 생산된 보성 기상관측탑의 고도별 표준 바람장은 기상 분야 외에도 신재생에너지 농업 등 다양한 분야에서 고품질의 고층 바람 자료로 활용될 것으로 기대된다.

Key words: 기상탑, 보성 기상관측탑, 표준바람장, 구조물영향, 고층바람

※ 이 연구는 기상청 국립기상과학원 「국가 기상관측장비 및 관측자료 표준화」(KMA2018-00221)의 지원으로 수행되었습니다.

## 보성 표준기상관측소 관측자료를 활용한 상사이론 기반의 난류 특성 분석

홍선옥, 이영태, 김기훈, 이철규

국립기상과학원 관측연구부

국립기상과학원은 전라남도 보성군 득량면에 위치한 307m 높이의 보성 종합기상탑을 운영하고 있으며, 에디 공분산 방법을 통해 플럭스 자료를 장기간 연속적으로 관측해왔다. 보성 종합기상탑은 연안의 농경지에 위치해 있으며 60m, 140m, 300m 세 개 층과 지상 2.5m에서 20Hz의 3차원 풍속, 기온, 수증기, CO<sub>2</sub> 농도 등의 플럭스를 관측하였다. 본 연구는 에디공분산 방법을 통해 관측된 플럭스 자료를 활용하여 Monin-Obukhov 상사이론(MOST) 기반의 플럭스-분산 상관관계와 난류 수송 효율을 분석하고자 한다. 플럭스-분산 상관관계에 의하면 바람과 스칼라 변수의 표준편차를 정규화한 무차원 표준편차가 무차원 안정도 길이( $z/L$ )의 보편 함수로 나타낼 수 있다. 분석 결과 알려진 바와 같이 안정한 대기에서는 난류 수송이 억제되어 무차원 표준편차 값이 감소하고, 불안정한 대기에서는 난류 변동성과 강도가 증가하여 무차원 표준편차 값이 증가하였다. 본 연구는 장기적인 관측자료를 활용하여 보성 표준기상관측소의 대기 경계층 내에서의 대기 안정도 및 관측 고도별 난류 특성을 제시한다.

Key words: 표준기상관측소, 기상관측탑, 에디공분산, Monin-Obukhov 상사이론, 난류 수송, 대기 안정성, 플럭스

※ 이 연구는 기상청 국립기상과학원 「국가 기상관측장비 및 관측자료 표준화」 (KMA2018-00221)의 지원으로 수행되었습니다.

## 지상관측자료 기반 남한 극한 강우의 발생 특성 군집화 및 군집별 특성 분석

유하영<sup>1</sup>, 서명석<sup>1</sup>, 박지수<sup>2</sup>, 송유정<sup>3</sup>, 김찬수<sup>2</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 대기과학과

<sup>2</sup>공주대학교 응용수학과

<sup>3</sup>펜타시스템 테크놀로지

본 연구에서는 최근 10년간(2013-2022) 남한에서 발생한 극한 강우의 시공간적 특성을 398개의 ASOS 및 AWS 관측 지점에서 수집된 1시간 누적 강우량 자료에 군집화 기법을 적용하여 분석하였다. 누적 시간(1, 3, 12h)별 극한 강우의 발생 빈도 및 강도를 고려하기 위하여 18개의 극한 강우 관련 입력 변수를 도출하였다. 최적의 군집화를 위해 explained cluster variance를 활용한 민감도 분석을 통해 관측 지점 수(395), 입력 변수 수(17), 정규화 기법(로버스트), 군집화 기법(K-Means) 및 군집 수(4: C1-C4)를 최적화하였다. 군집화 후 4개의 군집에 대해 군집별 공간분포, 극한 강우의 평균적인 발생 특성, 빈도와 강도의 계절내 변동, 일변동 등에 대해 분석하였다. C1 군집은 경기도를 제외한 대부분의 내륙 지역, C2는 북부 지역과 호남 지역에 집중적으로 분포한다. 두 군집의 점유율(C1: 46%, C2: 30%)은 가장 높지만 극한 강우의 발생 빈도(이하 빈도)는 낮으며 누적시간에 관계없이 7월과 8월에 높은 계절 내 변동패턴을 보인다. 강도의 경우, 누적시간 및 월에 관계없이 매우 유사하다. 또한 두 군집은 내륙 지역에 집중적으로 분포하기 때문에, 이른 아침과 오후에 빈도가 높은 일변동 패턴을 갖는다. C2 군집의 경우, 누적시간에 관계없이 빈도가 7월과 8월에 C1보다 두 배 이상 높은 차이가 있다. C3은 동해안과 남해안에 집중되어 있으며, 빈도와 강도 모두 누적시간에 관계없이 8월과 9월에 최대가 나타나는 계절 내 변동을 보이며 새벽에 최대치가 발생하는 일변동을 보인다. C4는 제주도, 거제, 미시령등에 위치하며, 점유율은 5%로 적으나 모든 월 및 누적시간에서 빈도와 강도가 가장 높은 군집이다. 빈도의 경우 1시간에서는 6 ~ 9월 사이에 점진적으로 증가하는 패턴을 보이나 3시간과 12시간 누적에서는 7 ~ 9월에 유사한 발생빈도를 보인다. 이와 상이하게 3시간과 12시간 누적에서의 강도는 9월에 매우 강한 특징을 보인다. C4의 일변동 패턴은 C3과 같이 새벽에 최대치가 나타난다. 군집화 분석에서 제외된 제주도의 3개 지점은 4개의 군집에 비해 극한 강우의 빈도가 모든 월 및 누적시간에서 약 4배 이상 월등하게 높게 나타난다. 본 연구에서 국내 최초로 398개의 지점 자료를 이용하여 극한강우 발생 특성의 상세 시공간 특성을 분석한 결과 매우 인접한 지역 및 누적시간에 따라 극한강우 발생 특성이 매우 다양하게 나타남을 확인하였다. 이러한 결과는 최근 단시간에 국지적으로 발생하는 극한 강우 현상들에 대한 메커니즘 연구의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Key words: 극한강우, 지상관측자료, 군집화, 시공간 변동성, 남한

※ 이 연구는 2024년 국립공주대학교 학술연구지원사업과 기상청 <「위험기상 선제대응 기술개발사업」>(RS-2023-00239653)의 지원으로 수행되었습니다.

## 보성 종합기상탑 관측 자료를 활용한 열대저기압 상륙 시 표면층 특성 분석

주진희<sup>1</sup>, 박두선<sup>1,2,3</sup>, 김기훈<sup>4</sup>, 이영희<sup>1,3</sup>, 김현주<sup>5</sup>, 박태원<sup>6</sup>, 인소라<sup>4</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 대기과학과 BK21 위험기상 교육연구팀

<sup>2</sup>경북대학교 지구과학교육과

<sup>3</sup>경북대학교 대기원격탐사연구소

<sup>4</sup>국립기상과학원 관측연구부

<sup>5</sup>차세대수치예보모델개발사업단

<sup>6</sup>전남대학교 지구과학교육과

열대저기압에 의한 피해를 최소화하기 위해 열대저기압의 진로나 강도를 정확하게 예측하는 것은 중요하다. 자료동화, 구름물리과정 모수화 등 수치모형의 다양한 요소가 열대저기압 예측에 영향을 줄 수 있으며, 경계층 모수화 또한 중요하다. 특히 육지에 상륙할 때 표면이 달라짐에 따라 표면과 가까운 열대저기압 내 대기경계층 하부의 특성이 달라질 수 있으며, 이러한 변화는 열대저기압의 진로와 강도에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 열대저기압이 육지에 상륙할 때 대기경계층의 특성에 대해 이해하고 이를 수치모형에 적용하는 것은 열대저기압 예측 향상에 도움이 된다. 여러 선행 연구에서 열대저기압이 바다 위에 있을 때 항공기 관측, 드롭존데 관측 등을 통하여 열대저기압 대기경계층의 특성을 분석한 바 있지만, 육지에 상륙한 후에는 관측에 어려움이 있어 상대적으로 많은 연구가 진행되지 못하였다. 아시아에서 2번째로 높은 307m 고도의 보성 종합기상탑은 열대저기압이 한반도에 상륙할 때의 연직 구조를 높은 시간 해상도로 관측할 수 있는 시설로, 열대저기압이 한반도에 상륙할 때 나타나는 대기경계층 하부의 특성을 이해하는 데에 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 보성 종합기상탑 자료를 사용해 보성 종합기상탑 주변을 관통한 열대저기압을 대상으로 경계층 하부에서 나타나는 특성에 대해 분석하였다. 더불어 기존 연구에서 분석한 해양에서의 열대저기압 내부 경계층 난류 특성과 비교하고, Yonsei University (YSU) planetary boundary layer (PBL) 모수화 수식으로부터 구해지는 난류 변수를 비교하였다.

Key words: 열대저기압, 대기경계층, 표면층, 모수화

※ 이 연구는 국립기상과학원 관측연구부 『표준기상관측소 위험기상 특성 분석 및 종합기상탑 풍향풍속계 비교 실험 연구』, 환경부 재원의 「한국환경산업기술원의 관측기반 온실가스 공간정보지도 구축 기술개발사업(RS-2023-00232066)」, 기상청 재원의 「기후 및 기후변화 감시·예측정보 응용 기술개발 사업(RS-2022-KM221312)」, 과학기술정보통신부의 재원의 한국연구재단 기초연구실 사업(RS-2023-00207866)으로 수행되었습니다.