

대기물리 분과 [P-054]

한국형 구름물리실험챔버(K-CPEC) 실험을 통한 습도계 상호비교 기반 내부 습도의 균질성과 변동성 분석

김정규¹, 박성민¹, 박민수², 김승범³, 차주완³, 김영미³, Belorid Miloslav³, 김부요³,
염성수², 서표석², 안찬우², 이재준⁴, 엄준식^{1,5}

¹부산대학교 BK21 지구환경시스템교육연구단 지구환경시스템학부 대기과학전공

²연세대학교 대기과학과

³국립기상과학원 기상응용연구부

⁴부산대학교 고분자공학과

⁵부산대학교 대기환경과학과

한국형 구름물리실험챔버(K-CPEC)는 내·외부 챔버로 구성된 이중 구조로 설계되었으며, 구름 발생 실험을 주로 수행하는 내부 챔버(부피 22.4 m³)는 온도와 기압을 각각 -70~60 °C, 30~1013 hPa 범위에서 제어할 수 있다. 과포화도는 구름방울의 활성화와 이후 성장에 결정적 영향을 미치며, 이를 정밀하게 이해하기 위해서는 정확한 습도 관측이 필수적이다. 특히, 큰 부피와 내부 열역학적 조건이 넓은 범위에서 제어되는 K-CPEC 환경에서는 관측의 정확성과 더불어 내부 습도의 공간적 변동성과 균질성에 대한 정량적 평가가 요구된다.

본 연구에서는 서로 다른 관측 원리를 대표하는 세 가지 유형의 습도 센서를 이용해 구름 챔버 습도 관측 자료의 상호비교를 수행하였다. 센서 구성은 (a) Buck Research 1011C 냉각거울 방식 습도계, (b) LI-COR LI-7500DS 개방경로 CO₂/H₂O 분석기 2대, (c) Vaisala HMM-170 정전용량식 습도계로 이루어진다. 챔버 내부 습도의 균질성과 변동성을 분석하기 위해 네 가지 실험 사례를 설계하였다. 사례 1에서는 모든 습도계를 내부 챔버에서 최대한 인접하게 배치해 센서 간 편차를 정량화한다. 사례 2에서는 동일 높이에서 수평 거리를 두어 수평 방향 균질성을 평가한다. 사례 3에서는 수직과 수평 위치를 함께 변화시켜 3차원 공간 변동성을 분석한다. 사례 4에서는 LI-7500DS 중 하나를 내·외부 챔버 사이 공간으로 이동시켜 두 공간 간 습도 차이를 정량화한다. 각 사례별로 감압, 단열 팽창, 수증기 또는 건조 공기 주입을 포함한 단계적 구름 발생 실험 절차를 수행하였다.

분석은 (i) 절차별 센서 간 차이와 (ii) 내부 습도의 공간적 균질성 정량화에 초점을 두었다. 예비 결과로, 사례 1에서 1011C-LI-7500DS 간 평균 이슬점 온도 차이는 1.51 ± 0.25 °C, 두 LI-7500DS 간 차이는 0.08 ± 0.06 °C였다. 본 연구는 K-CPEC과 같은 대형 구름 챔버에서 습도 관측의 정확도·재현성 향상과 구름방울 활성화·성장 해석 정밀도 제고에 필요한 센서 배치·보정·운용 가이드라인 마련에 기여할 것이다.

Keywords: K-CPEC, 습도 관측, 과포화도, 구름 발생 실험

※ 이 연구는 기상청 R&D 기상조절과 구름물리(KMA2018-00224)와 한국연구재단(RS-2025-00572970)의 지원으로 수행되었습니다.