

대기물리 분과 [P-053]

겨울철 대기경계층의 열역학·운동학적 구조가 에어로졸 총상 구조와 혼합고 추정에 미치는 영향

김현경^{1,2}, 김준식¹, 박정민³, 임용재³, 이그림³, 이규영³, 김해리³, 문다희³, 정희정^{1,2,4},
홍진규⁵, 장성현¹, 박성민¹, 김정규¹, 김지윤^{1,2}, 조희원^{1,2}, 이평근⁶, 엄준식^{1,2,7}

¹부산대학교 BK21 지구환경시스템 교육연구단, 지구환경시스템학부 대기과학전공

²부산대학교 환경연구원

³국립환경과학원 기후대기연구부 대기환경연구과

⁴충청북도 보건환경연구원 환경연구부 미세먼지분석과

⁵연세대학교 대기과학과

⁶그라우이앤씨(GRAWENC)

⁷부산대학교 대기환경과학과

겨울철 대기경계층은 기온 역전, 습도 구배, 야간 저층제트와 같은 열역학·운동학적 구조로 인해 난류가 억제되거나 변조된다. 이 과정에서 에어로졸은 총상 구조를 형성하며, 혼합고 산출에도 불확실성이 유발된다. 본 연구는 이러한 구조적 특성이 에어로졸 분포와 혼합고 추정에 미치는 영향을 규명하기 위해, 2025년 1월 23~25일 충청권대기환경연구소(서산)에서 수행된 집중 관측을 분석하였다.

관측에는 Lufft CHM 15k 운고계(15초 & 5m 간격)와 54회 라디오존데가 활용되었으며, 운고계 자료는 오버랩 보정 및 시간·연직 스무딩을 통해 후방산란 프로파일로 산출하였다. 이를 기반으로 고도별 후방산란 강도와 기온·습도·풍속 등의 기상 변수 간 상관 관계를 도출하고, 안정층·혼합층·잔류층 조건에 따른 차이를 비교하였다. 또한 습도 분포, 연직 바람 시어, 야간 저층제트 발생 여부에 따른 상관성 변화를 정량화하였다.

혼합고는 (i) 운고계 후방산란의 기울기 및 구조 기반 탐지와 (ii) 라디오존데 열역학·운동학 프로파일 분석을 통해 각각 추정하였다. 그 결과, 특정 조건에서는 에어로졸 신호의 최대값이 실제 혼합층 상단을 반영하지 않는 사례가 빈번히 확인되었으며, 이는 자동화된 혼합고 탐지 알고리즘의 한계를 보여준다.

본 연구는 겨울철 대기경계층의 열역학·운동학적 전조건(preconditioning)이 에어로졸 총상 구조와 혼합고 추정에 미치는 영향을 정량적으로 규명하였다. 이러한 결과는 운고계와 라디오존데의 통합 활용을 통해 겨울철 경계층 구조 진단과 대기질 예측의 정확성을 향상시키는 데 기여할 수 있다.

Keywords: 대기경계층, 열역학·운동학적 구조, 에어로졸 총상 구조, 운고계, 혼합고

※ 이 연구는 교육부(RS-2020-NR049592)와 한국연구재단(RS-2025-00572970)의 지원으로 수행되었습니다.