

프루드수를 활용한 강릉공항 활강 강풍 분석 : 2023년 4월 11일 사례를 중심으로

성재훈^{1,2}, 김주완²

¹공군기상단

²공주대학교 대기과학과

강원도 영동 지역의 활강 강풍(downslope windstorm)은 태백산맥의 가파른 지형 영향으로 발생하는 국지적인 현상이며, 산불 확산뿐만 아니라 항공기 운영에도 영향을 미친다. 활강 강풍 주요 원인으로 물뿔 현상(hydraulic jump)이 있으며, 강릉공항 강풍 예보 시 물뿔 구역의 위치가 강릉공항의 강풍 발생 여부와 연관이 있음을 추정해왔다. 활강 강풍 발생과 관련하여 배경류와 중력파 속도의 비율로 나타내는 프루드수(Froude Number, Fr)가 있으며, 대다수 선행 연구에서는 산악 높이 측면으로 프루드수를 지점별로 산출하여 연구를 수행하였다. 역전층 아래의 대기는 산 정상에 넘을 때 임계 이하($Fr < 1$) 흐름에서 임계 이상($Fr > 1$) 흐름으로 전환되어 물뿔 현상이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 물뿔 현상 발생의 공간적 이해를 목적으로 천수 방정식에서 얻어지는 동서 바람 및 대기 두께의 섭동 해를 기반으로 한 프루드수를 활용하였다. ERA5 자료와 Weather Research and Forecasting 모델을 이용하여 2023년 4월 11일 강릉지역 산불 발생에 영향을 준 강풍 사례를 집중적으로 분석하였다. 공간 구조를 분석한 결과 지형이 높아지는 풍상 측 임계 이하 흐름에서는 대기 두께가 감소하고 풍속이 증가하였고, 정상부근에서 임계값보다 높아지며 하강류가 발생하였다. 또한, 평균류와 중력파 속도가 균형을 이루어 물뿔 현상이 일어나는 구역과 프루드수가 급감하여 다시 1에 가까워지는 구역이 일치하였고, 물뿔 구역 직전까지 가속됨을 확인하였다. 따라서 역전층 또는 안정층 이하 대기를 하나의 층화된 유체로 가정하고 프루드수를 활용함이 적절한 것으로 확인하였다. 역전층 이하 대기 두께를 기반으로 산출된 프루드수는 강릉공항 강풍 가이드라인에서 예보 인자로서 활용 가능성이 있다.

Key words: 프루드수, 활강 강풍, 물뿔 현상