

## OA12 대기경계층내의 강설의 진단예측

최 효

강릉대학교 대기환경과학과

### 1. 서 론

강수량과 강설량은 열수지 및 습기수지에 따라 크게 달라진다. 열 및 습기수지는 바람, 지형, 육지 및해수온도에 따라 매우 상이하므로 먼저 MM5모델에 의해 이들 요소들의 재현이 실제 관측치에 어느정도까지 접근하는가를 파악할 필요가 있다<sup>(1)</sup>. 주간에는 대류경계층 (Convective Boundary Layer)내에서는 열수지 및 습기수지의 기준이 되는 기온, 습도, 혼합비, 현열속과 잠열속의 변화하는 값이 매우 크며, 경계층 이상의 고도에서는 거의 일정하다. 따라서 대기경계층의 범위를 파악하여, 이 고도 이하에서의 열수지 및 습기수지를 정확하게 파악하거나 예측할 수 있다면 강수와 강설의 생성 매카니즘을 파악하는데 기여할 수 있다.

본 연구에서 강설의 몇가지 유형에 따라 대기경계층내의 기온 및 습기분포를 분류하여 대기경계층의 발달구조에 따른 강수 및 강설의 강도 및 예측을 위한 직접적인 진단방법을 제시하기위해 강설의 사례연구를 통해 강설이 대기경계층내에서 기온, 습도, 혼합비 및 바람에 의해 어떻게 크게 영향을 받는가를 조사하였으며, 이들의 분포상태와 강설지역과의 관계를파악하여 강설과 강수의 진단모델을 정형화하고자 하였다.

### 2. 모델의 개요

2003년 1월 13일 00시 1월15일 18시까지 대관령 및 강릉 지역에서의 강설의 경우를 조사하였다. 사용된 모델은 MM5 V3.5이었으며, 모델의 초기입력자료로 NCEP 자료를 사용하였다. 모델의 수치모의시간은 2003년 1월 12일 0000UTC (0900LST) 1월 16일 1200UTC (2100LST)이었다. 이 기간 동안의 바람의 수평 및 연직분포, 3시간 누적강수량, 상대습도의 수평 및 연직분포, 구름내 혼합비, 기온의 수평 및 연직분포, 온위의 연직분포, 현열 및 잠열의 분포를 조사하였다. 특히 본 조사에서는 강설기간 중 대기경계층 내의 현열과 잠열분포를 파악하여 이들로부터 강설의 현업예보에 실용적으로 사용할 수 있는가도 조사하였다.

모델영역에서는 1차로 거친격자영역에서는 수평 격자간격 27km에 격자수 125×105, 연직 23층으로 먼저 계산한 후, 2차로 9km 격자간격에 격자수 82×82, 연직 9km까지 23층의 영역에서 계산하였으며, 다시 3차 미세영역에서 격자간격 3km, 격자수 61×61, 연직 23층으로 나누어서 수치계산을 하였다. 초기입력자료로 6시간 간격의 NCEP 자료를 사용하였으며; 최종적인 미세격자영역에서는 지형의 영향이 매우 중요하므로 0.9km (30초) 지형 자료를 사용하였다. 본 모델의 계산 시에는 경계층 내 (PBL)에서 MRF법의 사용하였으며,

simple ice method를 사용하였다. 강릉지역에서 강설 시에 강수가 동반되는 경우가 많으며, 고도에 따라 강설 또는 강수가 되므로 3시간 누적강설량 계산 시에는 구름내의 습기량을 물과 얼음을 모두 포함한 값으로 나타내었다.

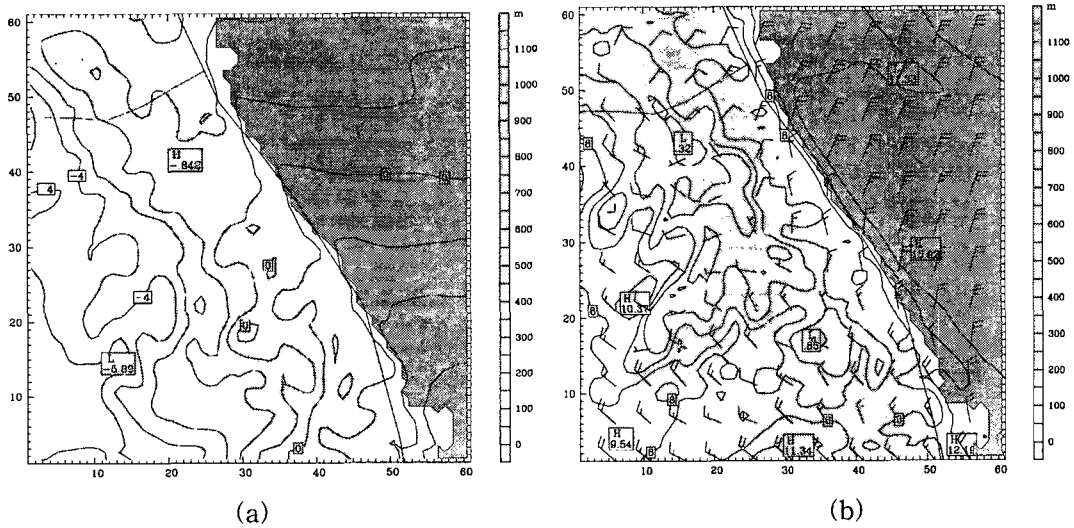


Fig. 1. Vertical profiles of (a) surface wind (m/s) and (b) air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) on a straight cutting line from left (grid 30-Mt. Taegwallung) to right (Kangnung city) (at 0900LST and 1500LST, January 14.

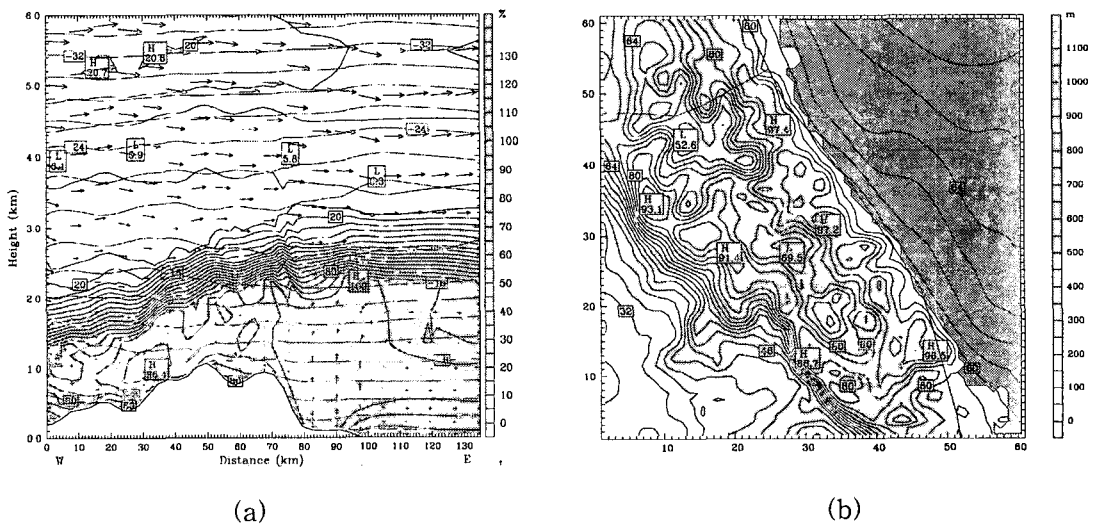


Fig. 2. Vertical profiles of (a) temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), relative humidity (%) and wind (m/s) at 900LST, January 14, 2003.

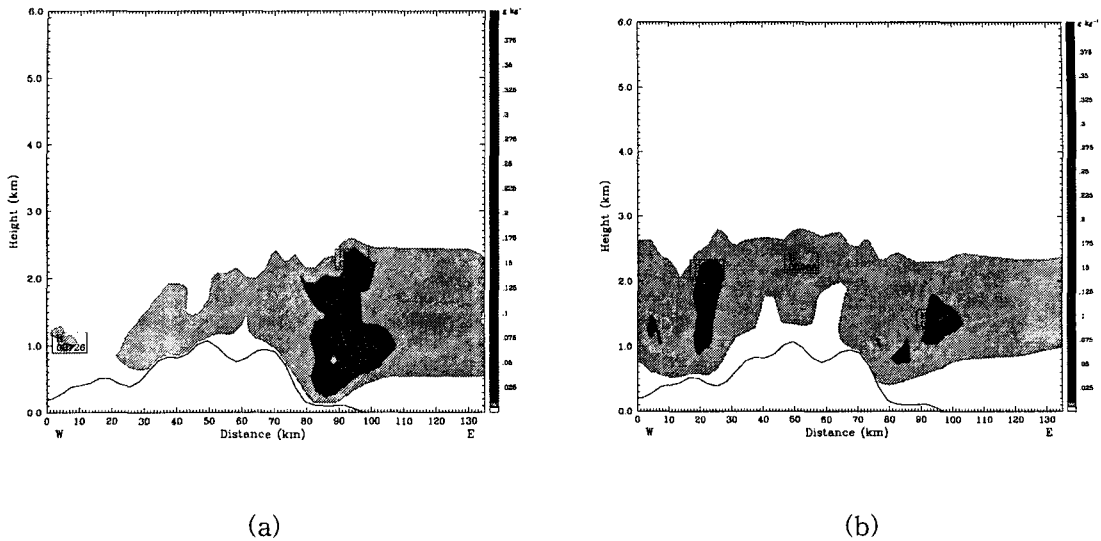


Fig. 3. Vertical distribution of total cloud mixing ratio (g/kg) at (a) at 900LST and 1500LST, January 14, 2003.

### 3.1 종관기상상태

Fig. 1은 강릉지역에서 강설 기간 동안인 2003년 1월 14일 09시 서고동저 형태의 기압배치상태를 나타내고 있어, 강릉 부근 지역에서의 강설현상이 나타나기 전에는 고기압의 전면에서 북서풍이 불다가, 강설이 시작할 무렵에는 한반도 부근 특히 강릉연안에서는 북풍 내지 북동풍이 불어 많은 습기가 강릉 연안으로 유입되어, 높은 산악이 있는 태백산맥으로 상승할 수 있는 여건을 형성되었다.

강릉 연안에서 13일 21시부터 14일 03시까지 5m/s 내외의 강한 북서풍이 불다가 09부터 24시까지 2m/s 이내의 약한 북북동풍과 북풍이 불었다. 그러나 대관령 부근의 서쪽 내륙에서는 여전히 강설전에 10m/s 이상의 북서풍이 불었고, 대관령에서 강설 직전까지 6m/s 이상으로 불다가 차츰 풍속이 감소하며 강설이 시작되는 09시에는 풍속이 2m/s 내외로 약풍으로 바뀌면서 대관령 동쪽사면을 따라 동풍이 불었다.

바람의 연직분포를 보면, 13일 21시부터 14일 03시까지 대관령 서쪽으로부터 대관령을 거쳐 강릉까지 서풍이 불어 내리고 있어 동해로부터의 습기유입이 어려웠다. 그러나 09시부터 15시에는 강릉 동해연안으로부터 북북동풍과 북풍에 의해 습기의 유입이 있던 후 대관령 상공 2km까지 상승하여, 많은 냉각이 초래되었다. 이후 15일 00시부터는 고기압의 동쪽으로의 이동에 의해 풍계가 강릉과 대관령에서 모두 서풍으로 바뀌어 동해로부터의 습기 유입이 차단되어 대관령 사면과 강릉내륙까지는 매우 건조하였다

### 3.2. 대기경계층내의 기온, 습도, 강수량 및 강설과의 관계

2003년 1월 13일에는 저기압의 통과후 풍향이 250°내외를 이루다가 14일 05시부터 340°

~20° 각도를 이루면 저기압에 의한 동해로부터의 습기유입이 강화되었다. 강원도 연안인 강릉에서는 강설전에 영상의 기온인 5°C 이상과 대관령에서는 -1°C 내외를 나타냈고, 습도도 80%이하로 낮았다 (Fig. 2). 그러나 고기압의 동쪽으로의 이동에 따라 고기압의 전면에 위치한 강원도 내륙과 연안지역은 시베리아로부터 장출되어 오는 찬 고기압의 영향에 의해 강릉의 지표부근의 기온이 -1.5도 내외, 대관령의 기온이 -5°C 내외로 냉각되어 되어 두 지역 모두 지표부근에서는 90%이상의 상대습도를 나타내었다. 14일 09시부터 강릉과 대관령에서 강설이 나타나며, 12시에 강릉과 대관령 모두에서 최대강설량을 나타내는데, 이때 강릉에서 기온이 -0.5°C, 상대습도는 91%, 대관령에서 기온이 -5.4°C, 상대습도는 94%을 나타내었다. 강릉에서 12시의 강수량은 14.9mm였고, 강설량은 19.8cm였고, 대관령에서 6.9mm, 11.5cm였다 (Fig.3). 풍속은 2m/s 이하의 약한 상태에서 적설이 생기며, 강릉시에서 최심적설량은 36.8mm였다.

대관령에서도 유사한 풍향을 나타내지만 기온이 -8.8°C도까지 하강하여 강설을 많이 만들 수 있는 조건이었으나, 동해로 부터의 습기 유입의 한계에 의해 최심적설량은 18.5mm로 강릉보다 적게 나타났다. 14일 03시까지는 북북서풍에 의해 대륙의 차고, 건조한 공기가 강원도 내륙과 해안으로 불어오면서 냉각이 일어나고, 야간 복사냉각에 의해 대기경계층(야간접지역전층)도 매우 낮아져서 구름이 생기지만, 극히 적은 양의 구름만 형성하였다. 특히 14일 12시부근에서 최대강설량이 나타나는 이유는 동해에서 대관령을 넘어 횡성, 원주방면의 내륙으로 1km 이내의 경계층내로 유입되었고, 대관령과 강릉 상공 2.5km까지 습한 공기가 상승하여 냉각되고, 2.5km 두께의 구름을 형성하였다. 이때 중층으로부터 찬 북서풍에 의해 대관령 부근에서는 -10°C이하로 많은 냉각이 있어 강설량이 최대로 나타났다. 이와같이 강릉 지역에서도 -2°C 정도도 냉각되어 대관령과 유사한 경향을 나타낸다. 강수띠가 냉각이 최대로 많이 일어나는 최저기온띠와 거의 일치하고, 동해 연안을 따라 내륙에서 연안을 거쳐 해양으로 나아갔다. 이 영역은 상대습도 100%를 나타내는 포화영역과 거의 일치하였다.

## 참 고 문 헌

- Choi, H., H. Lee, T.K. Kim and D.S. Choi, 2003, Numerical prediction on snowfall intensity in the mountainous coastal region, Proceeding of International symposium on clean environment, 21-22, Nov., 2003, Cheonan, 89-94.