

김동수*, 민경덕, 권병혁

경북대학교 천문대기과학과

1. 서론

대기 경계층 내에서 물리적인 변화는 지표면의 조건에 따라 지배되는데 특히 야간에 지표면이 주변 공기 온도 보다 낮아져 주간과 달리 상층으로 갈수록 공기의 온도가 높아지는 성층을 안정층이라 하며 야간에 발생 빈도가 높아서 야간 안정층이라 한다. 야간 안정층을 다시 몇 개의 층으로 나누어 연구한 Li et al. (1983)는 야간 안정층 내의 열수지에 기여하는 항들 중에서 난류 냉각은 복사 냉각에 비해 무시할 수 있으며, 이 두 항은 이류에 의한 냉각보다는 작다고 하였다. 구름에 의한 장파복사가 대기온도의 변화에 기여한다는 결과에 따라 본 연구에서 장파복사가 중요한 야간 안정층 내에서 구름 유무에 따른 역전강도 및 열수지를 알아보하고자 한다.

2. 관측 자료

본 연구에서는 야간의 혼합층 발달을 포함해서 대기 경계층의 특성을 알아보기 위해 경상북도 울진, 청송, 월성, 화북, 상옥, 예천, 유산 그리고 성주를 대상 지역으로 선정하였다. 혼합층의 특성을 알아보기 위해 상층 기상 관측은 에어존데(air sonde) 관측으로 1994년 10월부터 1999년 2월에 이르는 기간 동안 각 계절별로 하루씩 맑은 날을 선택하여 관측이 이루어 졌으며 매 관측일 마다 3시간 간격으로 1일 8회에 걸쳐 이루어 졌다. 바람 자료는, 경위의(theodolite)로 추적하는 방법(3 시간 간격)과 파이발(pibal) 관측 (1 시간 간격)의 두 가지 방법으로 수집되었다. 경상북도 청송, 예천, 상옥 그리고 화북에서는 자동기상관측장치(AWS)를 설치해 지상 기온, 습도, 풍향, 풍속, 기압 등의 자료를 얻었다(민경덕 등, 1999).

3. 결과

야간에는 지표 안정층의 상단이 낮의 혼합층의 상단만큼 명료하게 정의되지 않는다. 해가 지면서 상부의 유입역의 안정도가 약해지고 그 층 아래로 지표 역전층을 형성하게 된다. 구름이 없었던 1999/2/22-23에 화북에서 관측된 온도의 연직 분포로부터 야간 안정층이 시간에 따라 깊어지는 것을 Fig. 1(a)에서 보여주고 있다. 18시까지는 역전층이 나타나지 않지만 21시와 03시 사이에 급속한 지표면 냉각으로 인해 역전 강도가 커지면서 안정층이 발달하고, 06시에 하층에서 역전층이 사라지기 시작한다. 그러나 1998/11/19-20 22시 부터 구름 유입이 관측되었던 상옥의 경우, 18시에서 21시까지 형성된 안정층은 구름 유입 이후에는 사라진 것을 알 수 있다(Fig. 1(b)). 이는 구름에 의한 장파 복사가 열이 있었음을 시사한다.

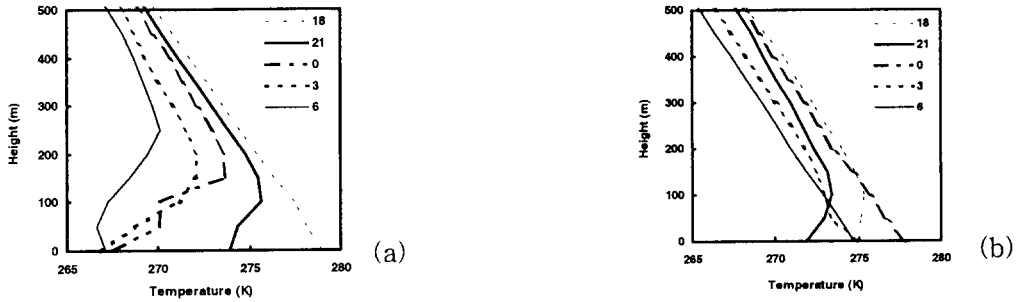


Fig. 1 Temperature profile (a) for 22-23 Feb., 1999 at Hwabuk and (b) for 19-20 Nov. 1998 at Sangok.

안정층의 정부에서 현열속이 0에 접근한다고 가정하고, 열보존 방정식을 안정층 고도 (h)까지 적분하면,

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{1}{h} \frac{H_0}{\rho C_p} + \frac{1}{h} \frac{[F_N(h) - F_M(0)]}{\rho C_p}$$

I
II
III

총 장파 복사 $F_N = F_{\downarrow} - F_{\uparrow}$ 이고, H_0 는 지표면에서의 현열속을 나타낸다. II항과 III항은 각각 난류와 복사에 의한 냉각율을 나타낸다. 우변의 두 항의 합에 약 2배가 되는 간류항이 필요한 것은 Li et al. (1983)의 결과와 일치하고, 이류와 침강에 의한 냉각으로 설명될 수 있을 것이다. 구름이 유입되었을 경우 III항이 양의 값이라는 것은 복사가열이 있었음을 의미하고, 위의 온도 분포에서 역전층이 사라지는 것과 일치한다.

Table. 3 Components of cooling rate on 22-23 Feb., 1999 at Hwabuk and on 19-20 Nov. 1998 at Sangok.

Time (LST)	Hwabuk			Sangok		
	I	II	III	I	II	III
18:00-21:00	-0.60	-0.19	-0.06	-0.67	-0.14	-0.05
21:00-00:00	-0.70	-0.14	-0.08	1.23	-0.26	0.03
00:00-03:00	-0.50	-0.19	-0.05	-0.87	-0.50	0.09
03:00-06:00	-0.67	-0.09	-0.06	0.27	-1.16	0.00

4. 요약 및 결론

경북 지역에서 총 192회의 상층 관측을 하였다. 구름의 유입은 야간 안정층을 가열하였고, 이류와 침강의 효과는 일반적으로 무시되지만 이 두 항이 온위나 비습을 변화시켜서 복사 냉각에 영향을 줄 수 있음이 밝혀졌다.

참고 문헌

- 민경덕, 김상희, 김경익, 권병혁. 1999 : 경북 지역 대기 혼합층 발달의 계절 및 지역적 특성. 한국기상학회지. 35(4), 게재예정.
- Li xing-sheng, J. E. Gaynor, and J. C. Kaimal. 1983 : A study of multiple stable layers in the nocturnal lower atmosphere. *Boundary-Layer Meteor.*, 26, 157-168 pp.