

## 부산연안에서 관측된 저층대기의 특성에 관한 연구

전 병 일 · 김 유 근\*  
신라대학교 환경학과 · 부산대학교 대기과학과  
(1997년 12월 11일 접수)

### Study on the Characteristics of Low Level Atmosphere Observed in Pusan Coastal Area

Byung-Il Jeon and Yoo-Keun Kim\*  
Dept. of Environmental Sciences, Silla University, Pusan, Korea  
\*Dept. of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Pusan, Korea  
(Manuscript received 11 December 1997)

The low level atmospheric observation carried out to investigate magnitude, formation and dissipation of nocturnal surface inversion layer, also to survey relation to each meteorological parameter in inversion layer at Pusan power plant for Oct. 13, 1996.

As coastal area, the surface inversion layer height was relatively high(186m), and after sunset unstable layer formed from surface to around 40m, and the inversion layer was left still in the upper layer. The surface inversion layer dissipated at 0920LST perfectly. The layer that strong inversion layer was formed, showed steep variation of potential temperature and wind speed and relative humidity.

Key words : low level atmospheric observation, nocturnal surface inversion layer, potential temperature, wind speed, relative humidity.

#### 1. 서 론

태양복사에너지가 없는 야간에는 지표의 복사냉각에 의해 지표의 온도가 내려가서 지표에 접했던 하층대기가 냉각되어 고도에 따라 기온이 상승하는 야간 접지역 전층(Nocturnal surface inversion layer)이 생성된다. 이러한 접지역전층이 형성되면 대기가 극히 안정되어, 대기오염물질, 현열 및 잠열의 확산을 방해하여 국지적인 오염농도를 증가시킬 수 있다. 특히 연안지역에서 야간에 생성된 역전층이 파괴될 시기에 해풍이 유입된다면, 전병일 등(1996)이 제시하였듯이 지표불안정층 위에 강한 안정층이 계속 잔존하여 fumigation현상으로 고농도의 오염물질이 지상부근까지 하강하여 단시간 내에 인체나 동식물에 심각한 고농도 피해를 나타낼 수도 있다.

연안 공업도시에서는 오염물질의 주요발생원인 도심지와 공업지역의 대다수가 해안에 위치하기 때문에 도시의 오염농도 분포가 국지풍의 영향으로 복잡한 양상을 나타낸다(河村, 1979; Kawamura, 1985). 일반적으로 해풍이 발생할 때는 기압경도가 완만하여 대기가 안정하고 역전층 고도가 낮으며, 약한 풍속과 낮은 혼합고도로 인해 대기의 확산 능력이 저하된다(Mantis et al., 1992). 또한 이러한 조건에서 해풍전선이 존재한다면, 양쪽으로부터의 바람의 수렴에 의해 대기오염농도가 급

격히 상승하는 현상이 나타나기도 한다(若松伸司, 1975; Young and Winchester, 1980; Lalas et al., 1983).

연안 지역에 위치한 대부분의 대도시는 주요한 인공 오염원과 인구밀집지역이 집중되어 있는 양상을 가지고 있고, 특히 이런 지역에 해륙과 산악 분포에 의한 해륙풍과 산곡풍 같은 국지순환이 일어난다면, 해안지역에서 발생한 오염물질이 수렴·정체되면서 연안도시의 특정지역에 대기오염농도를 급속히 상승시키는 현상이 발생될 수 있다(Robinson et al., 1992; Papageorgiou, 1988; 近藤, 1995). 특히, 지표부근의 역전층은 지형의 영향을 많이 받게 되는데, 일반적으로 분지나 내륙은 역전강도가 강하나, 반대로 해상은 역전층이 생성되기 어려운 경향이 있다. 역전층의 고도나 강도는 풍속, 야간 복사량 등의 기상조건, 해양으로부터의 거리, 지형 등의 여러 조건에 의해 의존한다.

우리 나라에서는 부산 지역의 해안이 한반도의 남해와 동해에 접하여 있고, 공업 지대가 연안에 인접해 있기 때문에 대기오염물질이 해풍에 의해 영향을 받을 수 있는 최적의 상태에 있다고 할 수 있다. 이미 여러 연구자(최길수 등, 1982; 전병일 등, 1994; 전병일, 1997)들에 의해 부산 도심지는 해풍의 발생 빈도가 높고 해풍의 영향이 큰 지역이라고 조사된 바 있다.

Table 1. Observation time and maximum launch height of balloon for Oct. 13, 1996

Run No.	Starting time(LST)	Running time(min)	Maximum launch height(m)
1	0520	18	420
2	0610	12	425
3	0705	12	276
4	0800	11	290
5	0920	12	354

그리고 우리 나라의 저층대기에 관한 관측은 기상연구소(1975, 1980(a), 1980(b), 1981)에 의해 남서해지역과 임해공업단지로 지정된 아산만 지역을 대상으로 오염물질의 확산과정을 예측하기 위해 접지기상관측을 실시한 바가 있고, 한라산 남사면상과 소백산에서 야간 경계층의 기온 및 냉기 이동 특성을 분석한 연구(1987, 1989) 등이 있으며, 부산 연안역 인근에서의 조사·연구로는 문승의 등(1984)에 의해 고리 원자력발전소의 입지타당성을 조사를 위해 역전층의 발생빈도, 시작, 소멸, 지속시간에 관한 조사가 있다. 또한 황수진(1989)은 산곡내 역전층의 생성과 소멸, 그리고 냉기류에 관해서 연구하였고, 박종길과 원경미(1994)는 김해지방의 기온 역전층의 구조와 특성을 조사한 바 있으며, 전병일 등(1996)은 연안지역에서 해풍이 저층대기구조 변화에 미치는 영향을 체계적으로 연구한 바 있으며, 임상진(1997)은 부산대학교 운동장에서 풍하측에 나타나는 강풍현상을 관측을 통해 규명한 바 있다. 그러나 아직 부산연안역을 비롯한 해안에서 tethersonde를 이용하여 저층대기구조의 특성 즉 기온역전층의 생성과 소멸을 체계적으로 관측하거나 규명한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 연안역의 새벽 역전층 발생은 기압경도가 완만하여 대기가 안정하다는 것을 시사하고 따라서 주간 해안과 육지와의 비열차에 의한 해풍과 해풍전선이 발생함에 따라, 대기오염물질이 수렴할 수 있어 대기오염이 가중되리라는 것을 예측할 수 있다.

본 연구에서는 tethersonde관측을 통하여 연안역에서 접지역전층의 생성과 소멸 그리고 규모 등의 저층대기구조의 특성을 분석하고, 역전층 고도에서 각 기상요소사이에 어떠한 관련성을 가지는지를 상세히 고찰함으로써 연안역 대기오염문제를 해결하는 데 도움이 되도록 한다.

## 2. 관측방법과 관측요소

저층대기의 관측은 대상으로 하는 해석의 목적에 따라 사전에 충분히 관측항목을 검토할 필요가 있으며, 상층관측이 필요한 경우에는 필요한 전 항목을 매번 실시하는 것은 관측기술이나 경비 등의 면에서 곤란한 점이 많다. 따라서 상층관측은 대상지역에서 중요한 국지기상의 입체구조를 파악하는 것이 목적이기 때문에 관측기간을 특별히 정해서 행하는 것이 더욱 효율적이라고 할 수 있다.

부산 연안역에서 저층대기구조의 특성을 분석하기 위해서 부산광역시 사하구 감천1동 부산화력발전소에서 헬륨가스가 주입된 풍선을 이용한 tethersonde로 상층대기관측을 실시하였다. 상층대기에 대한 관측장소는

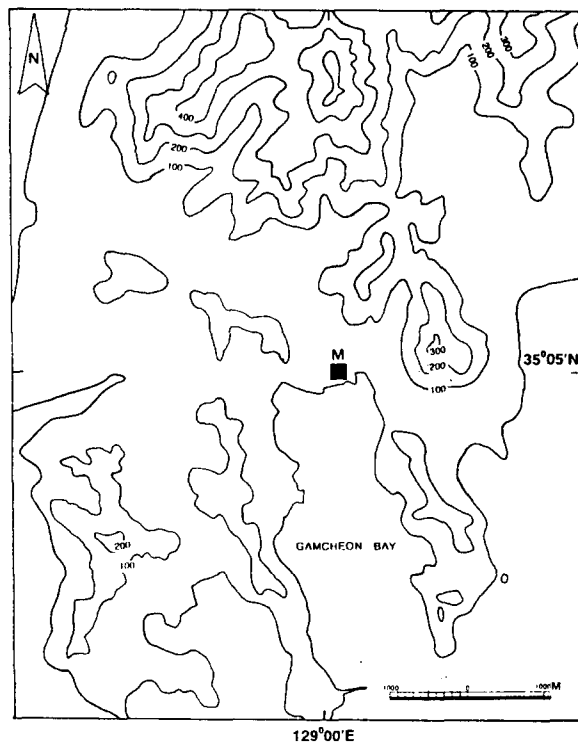


Fig. 1. Geographical map around the observation site.

거의 해발고도와 같은 고도로 해안으로부터 약 50m 정도 떨어져 있으며, 주변에 발전소건물이 있고, 관측지점의 북쪽방향에 해발 200m정도의 구릉이 존재하고 있으나, 수평거리가 크기 때문에 상층관측에 대한 영향은 아주 미약할 것으로 생각되며, 관측장소로 적당하다고 판단된다(Fig. 1 참조). 관측기간은 1996년 10월 13일 05시 20분부터 약 1시간 간격으로 5회에 걸쳐 실시하였으며(Table 1참조), 관측고도는 풍압에 의한 계류기구인 지탱한계를 고려하여 최저 276m(0705LST)에서 최대 425m(0610LST)까지이며, 비양시간이 11(0800LST)분에서 18분(0520LST) 정도 소요되었다.

본 관측에서 사용된 관측기기는 저층대기구조를 파악하는 데 있어 가장 유용하게 사용되는 계류기구로, 미국 Atmospheric Instrument Research Co. 에서 개발한 ADAS-3B (Atmospheric Data Analysis System - 3B, ADAS)형 tethersonde로서, 그 주요 부분은 계류기구(balloon), 감지부(sensor), tetherline과 winch로 구성되어 있다. 헬륨가스가 들어간 기구를 원치에 매달아 대기 중에 상승시켜, 그로부터 무선 발신호를 지상에서 수

Table 2. Pasquill stability classes in terms of range of vertical temperature gradient by NRC(1972)

Pasquill stability classes	Pasquill stability classification	Range of vertical temperature gradient(°C/100m)
A	Very unstable	< -1.9
B	Moderately unstable	-1.9~-1.7
C	Slightly unstable	-1.7~-1.5
D	Neutral	-1.5~-0.5
E	Slightly stable	-0.5~ 1.5
F	Moderately stable	1.5~ 4.0
G	Very stable	> 4.0

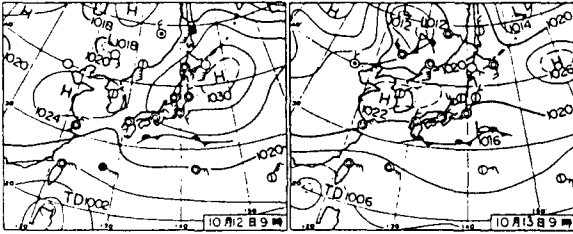


Fig. 2. Surface weather chart at 0000UTC Oct. 12~13, 1996.

신하여 상층대기 환경과 저층대기 환경을 관측하고 ADAS출력값을 IBM-PC에 연결하여 기압, 건습구온도, 상대습도, 풍향, 풍속 등의 기상요소에 대한 연직분포를 분석하였다.

3. 관측결과 및 토의

3.1 관측일의 기상상태

관측일의 기상상태는 저층대기의 특성을 고찰하는데 매우 의미있는 상황을 제공한다고 할 수 있다. 따라서 지상일기도와 부산지방기상청자료를 분석하여 그 특성을 알아보았다. Fig. 2는 1996년 10월 12일과 13일의 0000UTC의 지상일기도를 나타낸 것으로서 관측일의 일기상태는 중국의 화중으로부터 동서로 가로놓인 이동성고기압의 영향을 받고 있는 전형적인 가을 날씨를 나타내고 있으며, 만주지방과 일본 남부해상에는 전선을 동반한 저기압이 형성되어 있고, 대만 남쪽해상에는 태풍이 형성되어 있으나, 우리 나라에는 전혀 영향이 없는 기상상태이다.

본 관측지점인 부산지방은 이동성 고기압의 중심부에 위치하고 있으며, 측정기간동안 이 고기압의 영향권내에 있었으며, 부산지방기상청 측정자료(부산지방기상청, 1996)에 의하면, 10월 13일에 최고기온이 26.0°C, 최저기온이 14°C로 일교차가 12°C로 매우 큰 값을 나타내었으며, 일조시간 9.2시간, 일사량 14.45MJ/m<sup>2</sup>이었고 평균운량은 3(1/10)으로 대체로 맑은 날씨를 나타내어 상층기상관측을 통한 대기의 연직구조를 고찰하는데 매우 적당한 기상상태라고 할 수 있다. 또한, 10월의 부산연안 평균해수온도가 20°C정도로서, 육상의 최고기온과 최저기온의 차가 ±6°C이 때문에 해륙풍이 발생할 수 있는 기상조건이라 할 수 있다.

3.2 저층대기의 특성

Fig. 3에 1996년 10월 13일 새벽과 이른 아침에 tethersonde를 이용하여 측정된 기온, 온위, 상대습도, 혼합비, 풍속 그리고 풍향을 고도에 따라 나타내었다.

3.2.1 기 온

일반적으로 기온을 통해 접지기온역전층의 생성과 소멸과정을 상세히 알 수 있다. 특히 산간 내륙의 분지에서 시간에 따른 역전층의 변화과정이 명확하게 나타난 예가 많이 관측되고 있다(황수진, 1989; 오운택, 1992). 기온의 연직구조를 보면(Fig. 3-A), 먼저 10월 13일 0520LST의 경우 지표로부터 186m까지 1.69°C/100m의 증가율을 가진 강한 역전층이 형성되어 있다. 특히 89m부터 127m까지는 5.39°C/100m이라는 매우 강한 역전층이 존재하고 있으며, 지표로부터 89m까지는 0.72°C/100m의 약한 역전층을 나타내고 있다. Table 2의 기온의 연직경도만을 이용한 미국 NRC(1972)의 안정도 분류에 의하면, 이 시간대의 안정도등급은 186m까지 F등급이라고 할 수 있다. 0610LST 경우, 지표로부터 14m까지 -1.21°C/100m의 불안정층을 나타내고 있으나, 이는 아직 일출시간이 0630LST인 점으로 볼 때, 북서풍에 의한 기계적 요란에 의해 지표의 공기가 혼합됨으로서 등온층에 가까운 불안정층이 생성된 것으로 판단되며, 14m부터 186m까지 1.73°C/100m의 역전층이 존재하고 있다. 특히 이 구간에 14m부터 83m까지와 151m부터 186m까지 2.57°C/100m의 상승률을 가진 두 개의 강한 역전층이 존재한다. 0705LST는 일출후의 시간대로서 태양복사에너지의 영향으로 지표로부터 35m까지 -0.11°C/100m의 약한 불안정층이 나타났으며, 35m부터 276m까지 1.30°C/100m의 역전층이 존재하고 있다. 그러나 관측고도가 276m 이상 측정되지 않은 점이 아쉽고, 역전층 중간중간 약한 불안정이 생성되어 있다. 이는 상층의 약한 요란에 의한 것이라고 판단되지만, 상세한 원인은 더 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다.

0800LST의 경우, 지표로부터 46m까지 -0.41°C/100m의 불안정층이 존재하고 있으며, 전 시간대보다 약간 더 불안정해 졌다는 것을 알 수 있다. 46m부터 84m까지 4.71°C/100m, 95m부터 124m까지는 5.59°C/100m의 놀라운 상승률을 가진 강한 역전층이 존재하고 있으며, 그 사이인 84m부터 95m까지 -4.6°C/100m의 강한 불안정층이 존재하는 데, 이 구간에서 풍속의 변화가 심한 것으로 보아 강한 요란이 존재한 것으

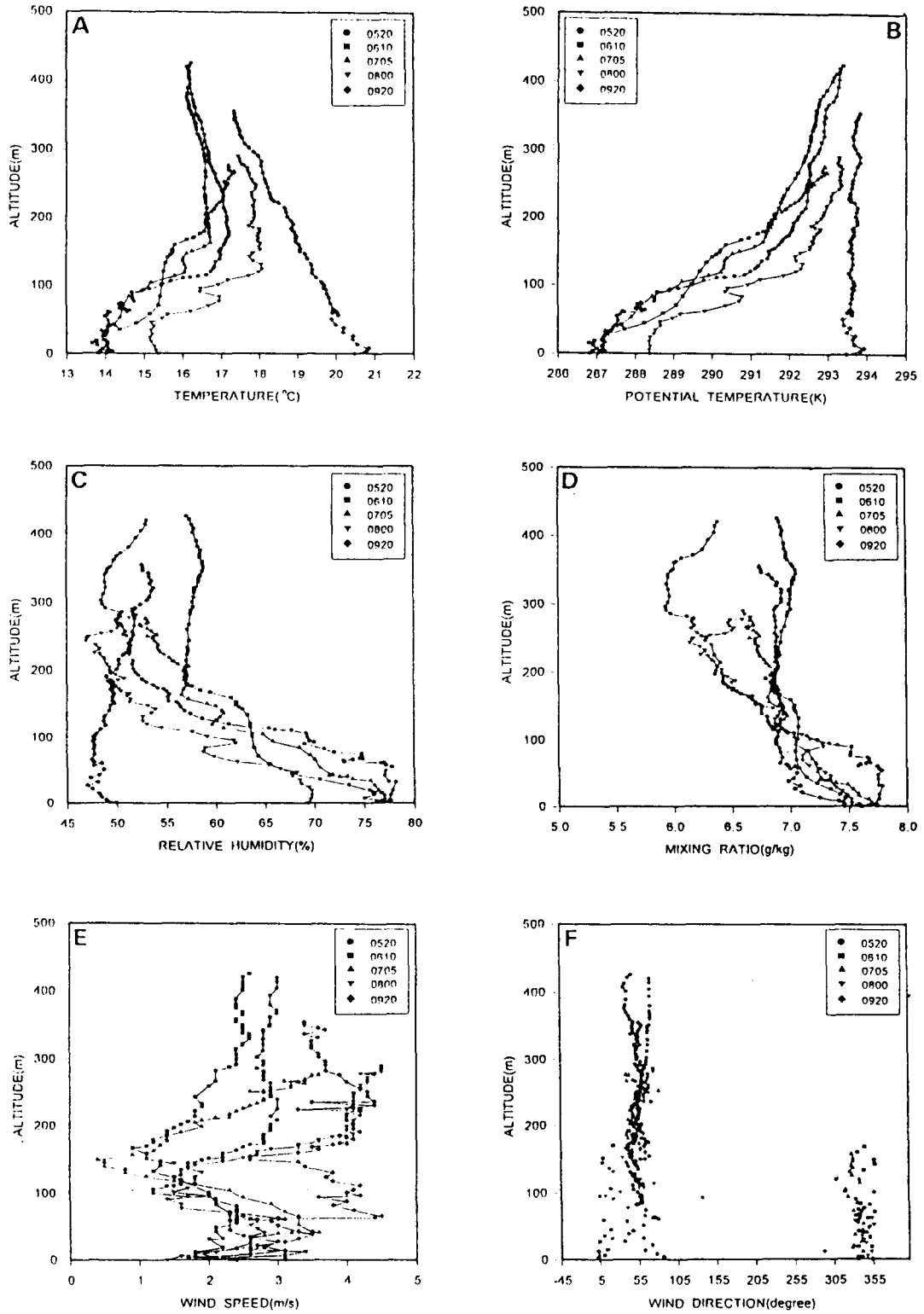


Fig. 3. Vertical profiles of air temperature(A), potential temperature(B), relative humidity(C), mixing ratio (D), wind speed(E), and wind direction(F) each run for Oct. 13, 1996.

Table 3. Diagram on range of each layer and Pasquill stability classes by NRC(1972) at each run

Time(LST)	Class	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
0520		SFC ~ 186m (F)		
0610			SFC ~ 14m (D)	14 ~ 186m (F)
0705			SFC ~ 35m (E)	35 ~ 276m (E)
0800			SFC ~ 46m (E)	46 ~ 124m (F)
0920				

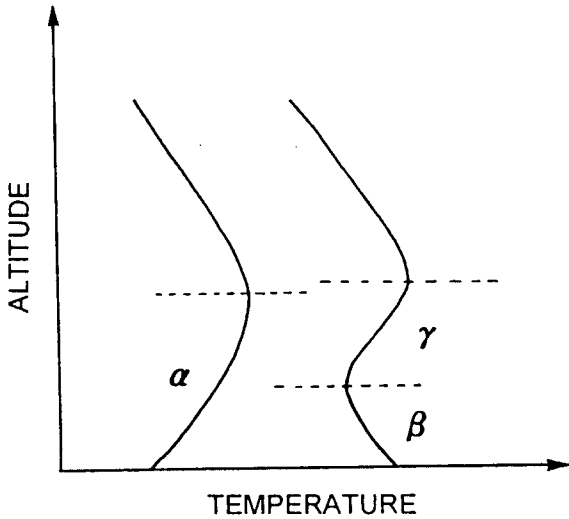


Fig. 4. Generalized form of the air temperature profile in the boundary layer at several times on morning at standard station (modified after Oke, 1978).

로 판단되며, 그 이유에 대한 것은 더욱더 상세한 조사가 이루어져야 할 것으로 보인다. 아몽튼 이 불안정이 없다고 하였을 때, 46m에서 124m까지의 기온 상승률은 3.72°C/100m로 매우 강한 역전층이 존재하고 있다는 것을 알 수 있다. 마지막으로 0920LST의 경우, 8m까지 약한 역전층이 있으나, 전반적으로 관측고도(354m)까지 -1.01°C/100m의 불안정층이 형성되고 있다.

야간에 생성되었던 역전층은 Fig. 4의 α층과 같이 수백 m를 형성한 후, 태양복사에너지에 지표로부터의 가열에 의해 서서히 역전층이 지표로부터 파괴되어 β층을 이루고 이 층위에 역전층인 γ층이 잔존하게 된다. 그 이후 γ층도 사라지는 전형적인 역전층의 일변화가 나타나지만, 전병일 등(1996)이 고리원자력발전소 부근 연안 지역의 저층대기 관측에서 상대적으로 차가운 해풍에 의해 γ층이 파괴되지 않고 중간에도 존재한다는 것을 관측하여 보고한 바 있다. 본 연구에서도 그와 같은 현상을 찾고자 Table 3에 각 관측별 α층, β층 그리고 γ층과 NRC에서 제시한 Pasquill 안정도 등급을 나타내었으며, 0920LST 이후의 해풍침입에 따른 각 층의 존재를 찾지 못했다는 것이 다소 아쉽다.

### 3.2.2 온 위

Fig. 3-B는 온위의 연직분포를 나타낸 것이다. 온위는 온직구배를 이용해 기층의 안정도를 판별할 수는 기준을 제시하는 특성을 가지고 있으며, 관측일 온위의 연직분포를 시각별로 나누어서 살펴보았다. 먼저 10월 13일 0520LST의 경우 지표로부터 89m까지 불안정층이 약하게 나타나는 양상이지만, 전반적으로 1.7K/100m의 약한 안정층을 나타내고 있으며, 89m부터 186m까지는 3.56K/100m의 강한 안정층을 나타내었다. 0610LST의 경우, 지표로부터 14m까지는 불안정층이지만, 186m까지 2.71K/100m의 강한 안정층을 나타내었으며, 0705LST의 경우 일출의 영향으로 지표로부터 35m까지 중립에 가까운 불안정이 형성되었고 이 층부터 276m까지 2.28K/100m의 강한 안정층이 형성되어 있었다. 그리고 0800LST의 경우, 기온과 같이 지표로부터 46m까지 중립에 가까운 불안정층, 84m부터 95m까지 -3.41K/100m의 강한 불안정층이 형성되어 있고, 그 사이와 그 위층에서 강한 안정층이 나타내고 있으며, 0920LST의 경우 0.1K/100m의 중립층이 관측 고도(354m)까지 나타나고 있다.

### 3.2.3 상대습도와 혼합비

Fig. 3-C는 상대습도의 연직분포를 나타낸 것이다. 0520LST, 0610LST 그리고 0705LST의 경우 지표면부근에서는 75~78%의 높은 습도를 나타내었으나, 200m부근에서 47~54%의 낮은 습도를 나타내고 있다. 그리고 일출이 되면서 0800LST의 경우 지표면부근이 69%정도로 하강하였으며, 240m에서 47%로 가장 낮은 습도를 기록하였으며, 0920LST의 경우 지표로부터 관측고도까지 50%내외의 습도를 나타내었다.

Fig. 3-D는 혼합비의 연직구조를 나타낸 것이다. 연안 지역의 시간별 혼합비는 해풍의 침입유무를 결정하는 중요한 지표로 사용될 수 있다(전병일 등, 1996). 그러나 본 관측에서는 새벽녘과 아침시간대의 고찰이므로 그러한 현상을 볼 수 없는 점이 아쉽다. 전반적으로 지표로부터 120m까지는 6.8~7.7g/kg의 혼합비를 나타내었으며, 이 고도이상에서는 7.0g/kg이하의 값을 나타내었으나, 0520LST의 280~360m부근에서 5.9g/kg의 비교적 낮은 혼합비를 나타내었다.

### 3.2.4 풍속과 풍향

Fig. 3-E와 Fig. 3-F는 풍속과 풍향의 연직구조이다. tethersonde 관측은 고도별 바람장을 관측할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 특히 연안역에서는 해풍과 육풍의 경계에서 풍향의 급변현상과 역전층고도부근에서 풍속

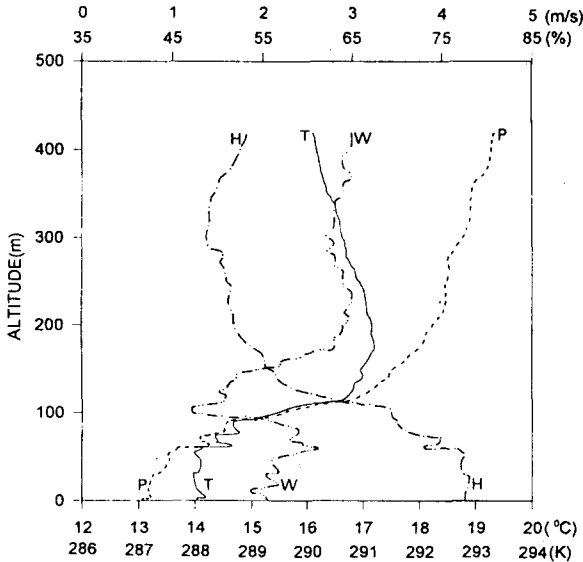


Fig. 5. Vertical profiles of air temperature(T), potential temperature(P), relative humidity(H), and wind speed(W) at 0520LST Oct. 13, 1996.

의 급상승 즉 저층제트(LLJ: Low Level Jet)를 관측할 수 있다. 그러나 본 관측에서는 위에서 언급한 관측시간대와 강한 풍속에 의한 tethered wire의 절단을 우려해 높은 고도까지 비양할 수 없었던 것이 아쉽다.

산의 주능선에 수직방향으로 불어오는 수평적으로 균일한 바람은 산의 후사면에 와류나 심한 난류를 형성시키며, 중립상태의 대기가 산을 넘어오는 경우에는 풍상측에서의 고도별 풍속분포가 대수분포를 나타내지만, 풍하측에서는 지수분포를 나타내어 산악에 의한 풍속의 감쇄현상이 뚜렷하게 나타난다(Taylor, 1988).

0520LST의 경우, 지표로부터 73m까지 2.4m/s내외의 값을 나타내었으나, 이 고도 이후 급속히 하강하여 107m에서는 1.2m/s의 가장 낮은 풍속을 기록하였다. 그리고 역전층이 가장 강하게 나타났던 층에서 풍속이 증가하여 200m에서는 2.9m/s를 나타내었다. 0610LST, 0705LST 그리고 0800LST 모두 역전층고도에서 풍속의 증가율이 가장 크게 나타나는 경향을 보이고 있다. 0920LST에서는 고도별 풍속의 변화가 심하게 나타나고 있다. 여기서 가장 주목해야 할 부분이 역전층의 하층에서 풍속이 약하고 역전층의 상부에서 풍속이 강해지는 현상 즉 역전층에서 풍속의 증가율이 가장 높은 것은 외국 여러 관측(鈴木, 1977; Hsu, 1979; Hsu, 1988)에서 제시된 바가 있으나, 국내에서 이 부분에 대해 관측되었거나 언급된 것은 아직 없는 실정이다.

풍향의 경우, 150m이하에서는 육풍인 것으로 추정되는 북북서풍이 불었으며, 이 고도 이상에서는 기압계에 의한 중관풍인 북동풍이 나타나고 있는 것으로 보아, 전반적으로 본 관측일은 약하게나마 북동기류가 유입된 중관계로, 새벽에도 무풍이 아닌 약한 바람이 형성되었으며, 9시 이후에는 북서풍이 사라지고 북동풍이 불고

있다. 우리나라와 같이 지형이 복잡하고 평지가 좁은 지역에서는 일반풍이 약한 상태에서 해안 가까운 지역에서 해륙풍, 산간부에서는 산곡풍 등의 소규모의 순환이 발달하기 때문에 현실적으로 정온상태가 되는 것은 어렵고 야간에도 바람이 불기 때문에 풍계의 변화가 나타나기도 한다. 이러한 야간의 바람이 도시지역에 형성된 기온역전층에 어떠한 변화를 줄 것인가를 아는 것은 도시기후의 메커니즘을 구명하는 데 중요한 의미를 부여한다. 본 관측일의 풍향이 기온역전층의 구조에 어떤 변화를 주었는지는 차후의 연구과제로 남겨두고자 한다.

Fig. 5는 부산연안역에서 저층대기의 연직구조를 상세히 해석하기 위한 대표적인 사례로서 1996년 10월 13일 0520LST의 기온, 온위, 상대습도 그리고 풍속의 연직분포에 대한 관측 결과이다. 지표로부터 89m까지 약한 역전층이 존재하고, 89~127m에서는 매우 강한 역전층(F등급)이 존재하며, 지표로부터 186m까지 역전층이 형성되어 있는데, 해안지역을 감안한다면, 지표기온역전층이 두껍게 형성되어 있다고 할 수 있겠다. 온위의 연직분포는 기온의 분포와 거의 유사하게 형성되어 있으며, 상대습도의 역전층이 강하게 형성되기 이하의 고도(89m)에서는 65~77%정도이었으나, 89~186m에서 급하게 하강하여 55%이하의 습도를 나타내고 있다. 풍속의 경우도 역전층고도에서 급속한 증가를 나타내고 있다. 전반적으로 역전층이 강하게 형성되어 있는 89~186m에서 기상요소의 급속한 변화가 나타났다.

대체적으로 지표로부터 89m까지 등온층에 가까운 역전층의 생성은 관측지점 북서쪽의 해발고도 469m의 승학산을 넘어온 기류가 기계적인 혼합을 하면서 생성되었으며, 89m이상의 층에서는 위에서 언급하였듯이 기온, 온위, 습도, 풍향 그리고 풍속의 급변이 나타났다.

#### 4. 결 론

1996년 10월 13일에 tethered sonde 관측을 통하여 부산연안역에서 접지역전층의 생성과 소멸 그리고 규모 등의 저층대기구조의 특성을 분석하고 각 기상요소간에 어떠한 관련성을 가지는지를 상세히 고찰하였다.

연안지역임에도 불구하고 새벽의 기온역전층은 186m로 비교적 두껍게 형성되었고 일출 후 지표로부터 14m(0610LST), 35m(0705LST) 그리고 46m(0800LST)까지 불안정한 기층이 생성되었으며, 그 상층에 계속하여 0610LST에 14~186m, 0705LST에 35~276m 그리고 0800LST에 46~124m의 역전층이 잔존하였으며, 그 연직기온경도는 초기(0520LST)의 기온경도보다 강하게 나타났다는 것을 알 수 있었다. 또한 0520LST의 관측 결과에 의하면 89m부터 186m까지 강한 역전층이 형성되어 있는 구간에 온위와 풍속의 급격한 증가 그리고 상대습도의 하강 등 기상요소의 급속한 변화가 나타난 것을 알 수 있었다.

앞으로 저층대기의 측정과 관련하여 대기오염농도를 병행하여 측정한다면 풍하측에서의 구조를 더욱더 상세히 규명하는데 도움이 될 것이라고 보며, 아울러 tethered sonde를 해안으로부터 여러 장소에서 동시에, 고도별

풍향, 풍속을 상세히 측정하여 해풍전선구조와 열적내부경계층의 측정이 이루어진다면, 연안역 저층대기구조의 변화과정을 보다 명확히 밝혀 낼 수 있으리라 생각한다.

참 고 문 헌

기상연구소, 1975, 접지역전층 현상의 실험적 연구, 59pp.  
 기상연구소, 1980(a), 남서해지역(군산일원)에서의 해풍에 관한 연구(Ⅱ), 39pp.  
 기상연구소, 1980(b), 아산만의 미기상조사, 170pp.  
 기상연구소, 1981, 해안지방의 접지기후연구, 84pp.  
 기상연구소, 1987, 제주도의 접지층 기상특성 조사(Ⅰ), 83pp.  
 기상연구소, 1989, 소백산의 기상특성 조사(Ⅱ), 92pp.  
 문승의, 유혜주, 김유근, 1984, 고리지역의 접지역전에 관한 기후환경학적 연구, 부산대학교 환경문제연구소 환경연구보, 2, 69-77.  
 박종길, 원경미, 1994, 김해에서 관측한 접지역전층의 특성에 관한 연구, 한국환경과학회지, 3(4), 305-315.  
 부산지방기상청, 1996, 일기상통계표.  
 오윤택, 1992, 합천군 저층 지역의 접지기온역전층에 관한 연구, 부산대학교 교육대학원 석사논문, 50pp.  
 임상진, 1997, 지형성 강풍 현상에 대한 고찰, 부산대학교 석사논문, 65pp.  
 전병일, 김유근, 이화운, 1994, 부산 연안역의 바람 특성에 관한 고찰, 한국환경과학회지, 3(1), 1-9.  
 전병일, 김유근, 이화운, 황수진, 1996, 해풍효과에 의한 저층대기구조 변화의 측정, 한국환경과학회지, 5(4), 441-451.  
 전병일, 1997, 부산연안역의 고농도 오존일의 예측기법 개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 박사논문, 119pp.  
 최길수, 문승의, 양인기, 문영수, 1982, 부산 지방의 해륙풍의 특성에 관한 연구, 부산대학교 자연과학논문집, 34집, 411-422.  
 황수진, 1989, 산곡내의 야간접지역전층의 생성·소멸에 관한 연구, 부산대학교 자연과학논문집, 48, 161-179.  
 菊地 立, 1983, 關東地方の局地風系と高濃度大氣汚染關係についての研究, 國立公害研究所研究報告, 44, 31-55.  
 近藤裕昭, 1995, 局地循環と大氣汚染II, 日本大氣汚染學會誌, 30(6), A87-A96.  
 若松伸司, 1975, 神祭川縣の海風と大氣汚染(1), 天氣, 22-2, 79-83.

鈴木彌幸, 1977, 館野の接地逆轉, 研究時報, 29, 113-116.  
 河村 武, 1979, 都市の大氣環境, 東京大學出版會, 185pp.  
 Hsu, S. A., 1979, Mesoscale nocturnal jetlike winds within the planetary boundary layer over a flat, open coast, *Boundary-Layer Meteorol.*, 17, 485-495.  
 Hsu, S. A., 1988, *Coastal meteorology*, Academic Press, Inc., 260pp.  
 Kawamura, T., 1985, Recent change of atmosphere environment in Tokyo and its surrounding area, *Geographical review of Japan*, Vol. 58(Ser. B), No. 1, 83-94.  
 Lalas, D. P., Asimakopoulos, D. N., Deligiorgi, D. G. and C. G. Helmis, 1983, Sea-breeze circulation and photochemical pollution in Athens, Greece, *Atmos. Environ.*, 17(9), 1621-1632.  
 Mantis, H. T., Pepapis, C. C., Zerefos, C. S. and J. C. Ziomas, 1992, Assessment of the potential for photochemical air pollution in Athens: A comparison of emissions and air-pollutant levels in Athens with those in Los Angeles, *J. Appl. Meteor.*, 31, 1467-1476.  
 NRC, 1972, Atmospheric dispersion models for potential accident consequence assessments at nuclear power plants, *Reg. Guide 1.23*.  
 Oke, T. R., 1978, *Boundary layer climates*, Methuen & Co Ltd, 372pp.  
 Papageorgiou, J. G., 1988, A 3-D sea breeze model of the PBL including pollutant dispersion, *Boundary-Layer Meteorol.*, 45, 9-29.  
 Robinsohn, J., Mahrer, Y. and E. Wakshal, 1992, The effects of mesoscale circulation on the dispersion of pollutants(SO<sub>2</sub>) in the eastern Mediterranean, southern coastal plain of Israel, *Atmos. Environ.*, 26B(3), 271-277.  
 Taylor, P. A., 1988, Turbulent wakes in the atmospheric boundary layer. In *flow and Transport in the Natural Environment: Advances and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, 270-292.  
 Young, G. S. and J. W. Winchester, 1980, Association of non-marine sulfate aerosol with sea-breeze circulation in Tampa Bay, *J. Appl. Meteor.*, 19, 419-425.