

## 대기경계층높이와 지면오염농도사이의 관계

한혁일, 오성남

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《공기와 물을 비롯한 환경을 보호하기 위한 연구사업을 잘하여야 인민들의 건강을 보호하고 그들에게 보다 위생문화적인 생활조건을 마련하여줄수 있습니다.》(《김정일선집》증보판 제11권 42페이지)

대기경계층은 지구표면의 영향을 직접적으로 받는 대기의 아래층으로서 대기경계층에 대한 연구는 대기환경을 잘 보존, 관리하여 대기오염을 미리막는데서 중요한 의의를 가진다.

대기경계층은 대류경계층, 중립경계층, 안정경계층으로 구분할수 있는데 혼합층은 대류경계층에, 접지역전은 안정경계층에 속한다.

대기경계층높이결정방법에는 건조단열선법, 지상관측자료를 리용하는 방법, 바람속도와 대기안정도에 의한 방법 등이 있다.

이 방법들은 우단점을 가지고있으므로 설계하는 총체적모형의 특성에 맞게 합리적인 방법을 적용해야 한다.

선행연구[1-3]에서는 대기혼합층높이와 오염물질농도사이에는 밀접한 관계가 있다는 것이 연구되었으나 대류경계층, 중립경계층, 안정경계층을 총적으로 포괄하여 대기경계층높이변화와 대기오염농도사이의 관계를 정량적으로 분석하지 못하였다.

따라서 논문에서는 대류경계층, 중립경계층, 안정경계층을 포괄하여 대기경계층높이 계산모형으로 대기경계층높이의 일변화경향성을 분석하고 대기경계층높이의 시간별변화와 그것에 대응하는 지면오염농도와의 호상관계를 해명하였다.

### 1. 대기경계층높이계산모형

대기경계층높이결정방법들가운데서 바람속도와 대기안정도에 의한 방법은 시간별경도관측자료와 바람속도관측자료만 주어지면 시간에 따르는 대기경계층높이를 결정할수 있는 방법이다.

바람속도와 대기안정도에 의한 경계층높이계산모형은 A, B, C, D급일 때

$$H = a_s \cdot \frac{u_{10}}{f},$$

E, F급일 때

$$H = b_s \cdot \sqrt{\frac{u_{10}}{f}}.$$

여기서  $f$ 는 코리올리파라미터,  $a_s$ ,  $b_s$ 는 경계층결수들이다.(표 1)

표 1. 대기안정도에 따르는  $a_s$ ,  $b_s$

구분	$a_s$				$b_s$	
대기안정도	A	B	C	D	E	F
바람이 불 때	0.073	0.060	0.041	0.019	1.66	0.70
무풍일 때	0.090	0.067	0.041	0.031	1.66	0.70

따라서 경계층높이를 계산하기 위하여서는  $a_s$ ,  $b_s$  결정을 위한 대기안정도판정문제가 제기된다.

우리는 경도관측자료와 바람속도의 1h 관측자료가 알려져있는 조건에서 가장 합리적이고 정확한 방법이라고 볼수 있는 수직온도경도와 바람속도에 의한 방법으로 대기안정도를 판정하였다.

교시의 경도탑에서는 10, 25, 55, 88m의 4개 높이에서 온도관측을 진행하는 조건에서 어느 층에서의 온도경도를 경계층의 수직온도경도로 설정하는가 하는것이 중요한 문제로 제기된다.

4개 층에서 온도관측을 하는 경우 가능한 2개 층사이의 온도경도는 6개 경우이다.

우리는 다음의 세가지 방안(가능한 6개의 온도경도중 어느 한가지만을 취하는 방안, 3개의 온도경도를 결정하고 그것을 평균하는 방안, 가능한 6개의 온도경도를 모두 평균하는 방안)을 설정하고 그중 가장 합리적인 방안을 선택하여 경계층의 수직온도경도를 결정하도록 하였다.

이 경우 임의의 2개 층사이의 수직온도경도는 다음식으로 계산된다.

$$\gamma_{i,j} = \frac{T_i - T_j}{Z_i - Z_j} \times 100$$

세가지 방안을 비교한 결과 세번째 방안을 리용하여 경계층높이를 결정하는 경우 새벽 2시에 최소가 나타나고 오후 3시에 최대경계층높이가 나타나며 시간에 따르는 경계층 높이변화특성이 다른 방법들에 비하여 명백하였다.

따라서 우리는 방안 3을 리용하여 대기경계층의 수직온도경도를 결정하였다.

## 2. 대기경계층높이변화특성과 오염농도사이의 관계

1983~1987년 경계층높이의 시간별평균값은 표 2와 같다.

표 2. 경계층높이의 일변화특성

시각/시	높이/m	시각/시	높이/m	시각/시	높이/m	시각/시	높이/m	시각/시	높이/m	시각/시	높이/m
1	314	5	296	9	664	13	1 224	17	1 089	21	477
2	275	6	295	10	881	14	1 257	18	896	22	411
3	283	7	325	11	1 005	15	1 297	19	698	23	360
4	292	8	438	12	1 166	16	1 239	20	550	24	357

표 2에서 보는바와 같이 대기경계층높이는 새벽 2시에 평균 275m로서 최소로 되고 오후 3시에 평균 1 297m로서 최대로 된다.

그러므로 새벽시간에 경계층높이가 제일 낮아졌다가 해가 뜨기 시작하여 점차 높아지다가 오후 3시경에 최대로 발달하며 해가 지는것과 함께 점차 낮아지는 일변화경향성을 명

백히 알수 있다.

일반적으로 지면에서 아류산가스농도의 일변화특성을 보면 아침 9시경에 제일 높아지고 오후 3시경에 제일 낮아진다.

오전 8~9시사이에 오염농도가 제일 높아지는것은 도시의 키높은 오염원들에서 밤시간에 배출된 오염물질이 안정경계층의 옷부분에 쌓여있다가 이 시간에 안정경계층이 혼합경계층으로 이행하는것으로 하여 지표면으로 내려오기때문이라고 볼수 있다.

또한 오후 2~5시경에 오염수준이 제일 낮아지는것은 이 시간에 혼합층이 높이 발달하고 바람속도가 비교적 큰것과 관련된다고 말할수 있다.

대기경계층높이와 지면오염농도사이의 관계를 분석하기 위하여 계절별로 경계층높이와 지면오염농도사이의 상관관계를 분석하였다.(표 3)

표 3. 계절별경계층높이와 오염물질농도와의 상관관계

지표	봄	여름	가을	겨울	년간
아류산가스	-0.377	-0.361	-0.603	-0.649	-0.533
먼지	-0.574	-0.452	-0.575	-0.656	-0.571

계절별경계층높이와 지표면오염물질농도와의 상관관계를 보면 모두 부의 상관을 나타낸다. 그리고 아류산가스와 먼지는 겨울철에 상관결수가 제일 커진다.

또한 먼지는 아류산가스에 비하여 계절에 따라 상관결수에서 큰 차이가 없지만 아류산가스는 봄철과 여름철에 가을과 겨울철에 비하여 상대적으로 크게 작아진다.

오염수준이 높은 겨울철에 대기안정도급별에 따르는 경계층높이와 오염물질농도사이의 상관관계를 분석한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 안정도급별경계층높이와 오염물질농도와의 상관관계

지표	혼합경계층(A, B, C)	중립경계층(D)	안정경계층(E, F)
아류산가스	-0.729	-0.619	-0.482
먼지	-0.682	-0.681	-0.339

안정도급별로 경계층높이와 지면오염물질농도와의 상관관계를 분석해보면 혼합경계층과 중립경계층인 경우 안정경계층에 비하여 상관이 더 좋다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

대기경계층높이와 지면오염농도의 관계는 매우 밀접하다.

## 참 고 문 헌

- [1] 徐祥德 等; 城市化环境气象学引论, 气象出版社, 5~10, 2002.
- [2] 祁斌 等; 城市空气污染预报研究, 兰州大学出版社, 25~37, 2004.
- [3] 徐祥德 等; 城市环境气象学预报技, 气象出版社, 112~150, 2007.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

## **Relationship between the Height of Atmospheric Boundary Layer and Pollution Concentration of Ground**

*Han Hyok Il, O Song Nam*

In this paper we have proposed the most suitable decision method of atmospheric stability and calculation model of boundary layer's height using the gradient observation data.

When we decide the atmospheric stability using the gradient observation data, we have suggested that the most suitable method is to average the vertical temperature gradient between all of the available layers by calculating the vertical temperature gradient.

Also we have analysed that there exist close relationship between the height of atmospheric boundary layer and pollution concentration of ground by the correlation analysis about these data.

Key words: atmospheric boundary layer, atmospheric stability, pollution concentration