

## 대기오염감시망수립을 위한 감시점들의 공간적대표성에 대한 연구

전영일, 장명일

현시기 환경보호분야에서는 환경에 대한 연구와 관리의 정보화, 과학화가 높은 수준에서 실현되고있으며 도시들에서 대기오염을 미리막기 위한 오염측정 및 감독통제가 더욱 심화되고있다.

논문에서는 생산과 건설이 비약적으로 발전하는 현실적요구에 맞게 대기오염감시망수립을 위한 감시점들의 공간적대표성규모결정방법을 서술하였다.

### 1. 대기오염농도의 시공간적대표성

우리 나라에서 대기환경을 평가하는 국가대기환경기준값( $C_{LC}$ )은 시간적으로는 1회최고와 1일평균, 년평균으로, 기능지역에 따라서는 1급, 2급, 3급으로 규정하였다.

관측이나 계산의 방법으로 얻은 일평균농도는 물론 순간(1회)농도 역시 시간평균값으로서 평활화시간규모안의 대기오염수준을 대표한다.

선행연구[2]에서는 접지층에서의 대기오염막흐름확산평활화규모설정방법을 소개하였는데 대기오염물질의 막흐름확산평활화시간규모가 2~3min이며 30min까지도 설정할수 있다는것을 제기하였다.

연기립자들의 자리표분산( $\sigma_y^2$ ,  $\sigma_z^2$ )을 결정할 때 평활화시간규모(시료채집시간)에 따라  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ 의 크기가 달라진다.[3]

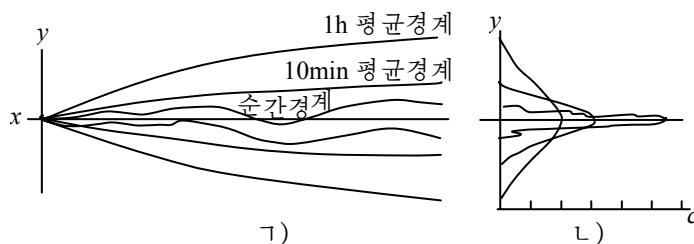


그림 1. 평활화시간에 따르는 연기의 경계(1)와 농도분포(L)

그림 1에서 알수 있는것처럼 평활화시간규모가 클수록 연기립자들의 평균자리표변위( $\sigma = \bar{y}$ )가 커지고 오염농도는 낮아진다.

시료채집시간(평균시간)  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ 와 연기의 확산폭  $\sigma_{y\tau_1}$ ,  $\sigma_{y\tau_2}$  사이의 관계식

$$\sigma_{y\tau_2} = \sigma_{y\tau_1} \left( \frac{\tau_2}{\tau_1} \right)$$

를 리용하여 지표면부근 대기오염농도의 공간적대표성규모[1]를 결정한데 의하면 농도를 평균하는 시간이 길어짐에 따라 공간적대표성규모도 커진다는것을 알수 있다.(표 1)

표 1. 대기안정도등급과  $\tau_2$ 에 따르는  $\sigma_{y\tau_2}$  및 그 평균값

대기안정도	$\tau_2$ (시간)						
	0.5	1	3	6	9	15	24
A	430.9	495.0	688.2	847.3	956.9	115.4	1 284.3
B	376.7	432.7	610.7	740.8	836.6	975.2	1 122.8
C	252.7	290.2	403.6	496.9	561.1	654.1	753.1
D	169.3	194.5	270.4	333.0	376.1	435.3	504.7
E	137.9	158.4	220.2	271.1	306.2	356.9	411.0
F	150.4	172.7	240.2	295.7	334.0	389.3	448.2
$\sigma_{y\tau_2}$	253.0	290.6	404.1	497.5	565.6	654.9	754.0

표 1의 값들은 바람방향이 24h사이에 변하지 않는 경우에 해당한다. 평균하는 시간이 길수록 오염농도값이 대표할수 있는 면적이 넓어진다. 이렇게 평균하는 시간에 따라 오염농도가 대표하는 공간적규모가 달라지는것을 대기오염농도의 시공간적대표성이라고 부른다.

대기오염농도가 대표할수 있는 면적이 넓을수록 대기오염감시망설계에서 관측점밀도가 작아지며 반대로 대기오염농도가 대표할수 있는 면적이 작을수록 관측점밀도가 커진다.

## 2. 일평균농도와 년평균농도가 대표하는 공간적규모

9개의 대기환경감시점의 일평균농도와 년평균농도를 수평보간한 다음 공간적대표성을 분석한 실례를 그림 2에서 보여준다.

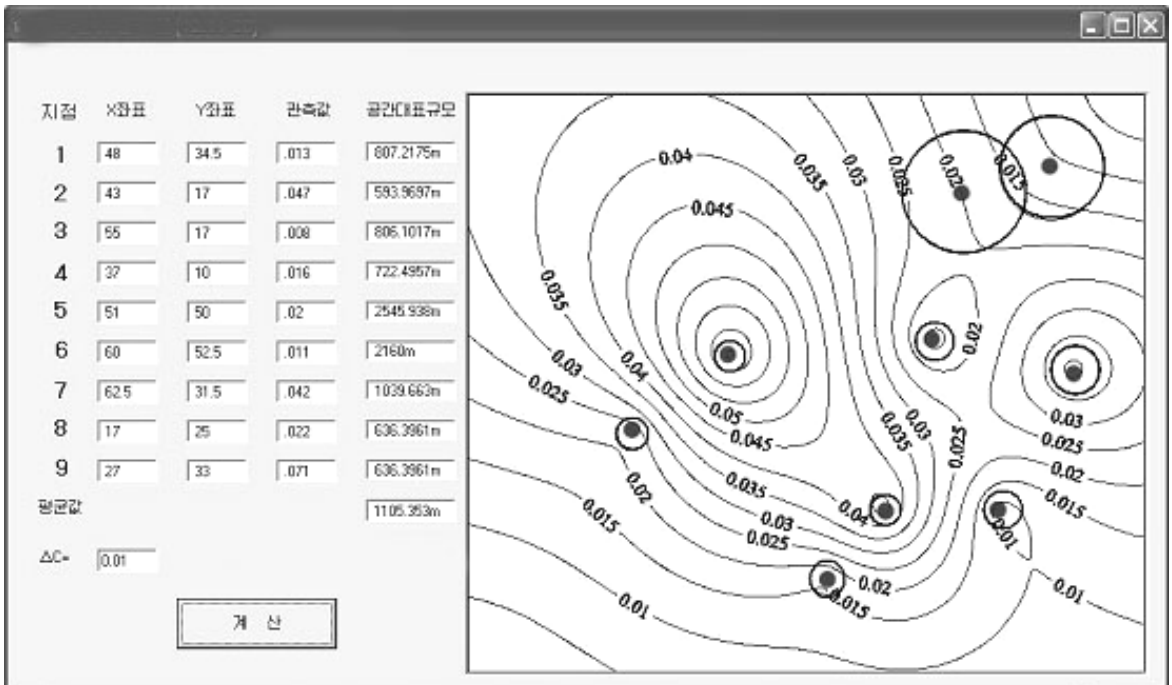


그림 2. 관측점들이 대표하는 공간적규모분석실례

일평균오염농도(SO<sub>2</sub>)는 2013년 12월(1일—30일) 관측자료이다.

평균농도의 공간적대표성을 분석하기 위하여 농도의 공간적변화한계값  $\Delta C$ 를 0.01mg/m<sup>3</sup>로 설정하였는데 이 값은 국가대기환경기준 1급의 일평균값과 년평균값의 1/3, 1/2에 해당되는 값이다.

관측점들에서 관측한 농도로부터 공간적변화가  $\Delta C$ 의 절대값을 초과하지 않는 영역을 이 관측점이 대표하는 공간적규모로 설정하고 그림 2에 동그라미로 표시하였다.

그림 2에서 다른 등값선들은 보간된 농도등값선들인데 그 간격은 0.005mg/m<sup>3</sup>이다.

그림 2를 분석하면 오염농도가 높고 그 공간적변화가 심한 관측점들이 대표하는 공간적규모는 작으며 오염수준이 낮고 그 공간적변화가 완만한 지점들이 대표하는 공간적규모는 크다는것을 알수 있다.

이와 같은 방법으로 일평균농도가 대표하는 공간적규모를 30일간 분석하였는데 그 결과(그림 2에서 동그라미로 표시한 구역의 반경)는 표 2와 같다.

표 2. 관측점별일평균농도가 대표하는 면적의 반경(m)

날자	지점									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	평균값
1	1 458.0	1 888.1	1 803.2	2 413.5	2 270.7	1 633.6	1 442.5	763.7	722.5	1 439.7
2	2 846.8	3 500.2	1 548.7	3 103.9	3 776.3	1 336.6	1 527.9	2 524.4	2 630.4	2 279.8
3	1 633.6	1 187.9	870	3 942.0	1 187.9	1 251.8	1 336.6	1 824.8	1 251.8	1 448.9
4	4 298.5	9 230.6	3 187.6	4 878.3	5 675.4	2 545.9	3 062.5	4 348.8	4 624.5	4 185.6
5	6 036.2	1 845.7	3 590.1	1 824.3	6 851.9	2 525.2	7 848.6	4 603.3	6 369.1	4 149.9
6	7 793.6	8 655.9	10 401	6 646.9	21 255.6	1 569.8				9 387.1
7	2 694.2	9 284.5	2 630.4	4 803.1	2 406.9	4 118.3	6 103.3	6 121.3	3330	4 149.9
8	2 718.3	3 457.8	1 845.7	5 642.9	2 885	2 526.6	1 760.8	9 173.7	4 327.7	3 434.6
9	1 275.6	2 235.6	1 294.2	3 818.6	1 824.3	1 569.8	891	2 312.3	6 533.7	2 176.4
10	2 418.7	1507.5	1 060.7	3 567.9	2 206.2	1 719.4	1 739.5	1 951.6	1697.6	1 787.9
11	3 670.4	2 036.9	2 508.9	2 040.4	2 418.7	2 723.6	2 787.4	76 991	6 510.6	3 240.7
12	1 888.1	1484.9	933.4	2 163.7	1 766.9	2 736.6	2 079.3	3 309.3	2 333.5	1 870.8
13	2 673.2	3 540.1	2 808.0	4 106.5	1 815.9	400.1	—	—	—	2 705.6
14	2 175.1	593.9697	1 017.1	722.5	2 545.9	2 160	1 039.7	636.4	636.4	996.2
15	1 146.3	1 697.1	1 485.5	3 033.6	3 273.71	2 273.082	1 018.234	742.7	763.7	1 544.9
16	1 039.7	488.4	615.6	680.1	1 633.6	1 357.645	954.829	8 2 036.9	2885	1 170.8
17	2 418.3	1 421.4	1 187.9	1 968.1	1 527.9	3 204.949	2 206.581	1 951.6	1 951.6	1 785.6
18	5 134.3	2 083.9	2 206.6	4 165.3	2 906.3	2 609.31	2 496.498	6 163.6	5 218.6	3 300.2
19	1 443.1	870	806.1	1 082.1	1 490.4	2 185.886	1 909.188	3 600	2 207.8	1 561.4
20	1 315.2	2 121.3	1 315.2	3 057.7	1 463.9	3 563.8	1 909.2	3 600	2 207.8	2 057.4
21	21 255.6	1 560	1 813.2	3 641.4	4 306.7	7 957.2	—	—	—	6 755.7
22	3 267.9	1 166.9	2880	1 187.9	4 585.7	5 155.9	—	—	—	3 040.7
23	2 163.3	1166.9	3 733.8	1 166.9	4 629.1	3 012.3	—	—	—	2 645.4
24	1 442.5	891	2 010.2	891	5 384.1	5 876.2	—	—	—	2 749.1
25	2 015.6	3 903.2	4 052.2	2 715.2	2 058.7	3 744.2	—	—	—	3 081.5
26	1 866.7	5 473.	4 815.8	2 461.1	1 710.3	3 525.5	—	—	—	3 308.7
27	1 663.3	1 230.4	2 057.8	1 230.4	849.6	848.5	—	—	—	1 313.3
28	912.4	636.4	553.2	1 463.9	976.7	912.4	—	—	—	909.1
29	530.8	361.2	361.2	573.2	637.8	1 612.2	—	—	—	679.4
30	848.5	1 315.9	1 697.01	1 336.6	1 039.7	870	—	—	—	1 184.6
평균값	3 022.5	2 561.2	2 229.3	2 677.6	3 294.7	2 584.2	2 339.6	3 520.2	3 122.3	2 678

표 2에서 보는바와 같이 개별적인 날들에는 관측점들이 대표하는 면적의 반경이 361.2~21 255.6m로서 차이가 대단히 심하지만 지점별월평균값들사이에는 2 229.3~3 520.2m로서 차이가 심하지 않으므로 지점별월평균값들은 월-지점평균값(2 678m)과 비교적 근사하다고 볼수 있다.

같은 방법으로 년평균농도들(SO<sub>2</sub>, 2007년-2016년)을 앞에서와 같은 방법으로 수평보 간한 다음 년도별로 공간적대표성을 분석하였다.(표 3)

표 3. 관측점별년평균농도가 대표하는 면적의 반경

지점	년										평균값
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1	1 315.9	21 255.6	2 694.2	1 701.8	1 845.7	3 529.8	6 281.7	6 491.2	2 969.8	2 630.4	5 071.6
2	2 110.5	21 255.6	3 818.4	2 800.1	2 927.7	2 497.8	7 860.3	6 630.6	6 103.3	5 178.9	6 118.3
3	2 100.2	2 430.0	1 124.5	5 833.9	1 860.2	1 379.0	1 867.2	21 255.6	2 627.8	1 146.3	4 162.5
4	1 336.6	2 400.0	2 143.5	3 054.9	2 057.8	1 527.4	8 185.1	10 495.8	3 221.3	2 180.7	3 660.3
5	2 227.5	3 707.0	1 145.5	4 764.2	3 182.3	1 463.9	1 888.1	5 367.0	5 678.2	1 209.3	3 063.3
6	2 899.9	4 014.3	1 909.7	912.4	933.4	1 484.0	1 677.1	4 573.9	3 085.1	3 065.4	2 455.6
7	1 888.1	21 255.6	1 951.6	975.8	1 018.2	1 370.8	1 532.4	1 888.1	2 015.3	1 187.9	3 508.4
8	3 309.3	6 720.3	3 033.6	3 266.8	4 179.1	4 879.0	5 260.9	6 678.2	4 964.1	4 369.9	4 666.1
평균값	2 148.5	10 379.8	2 227.6	2 913.8	2 250.5	2 266.6	4 319.1	7 922.6	3 833.1	2 621.1	4 088.3

표 3에 의하면 관측점들에서 년평균농도가 대표하는 면적은 각이하지만 그 반경들은 912.4~21 255.6m사이에 놓이며 총 평균값은 4 088.3m이다.

관측점별일평균과 년평균공간적대표성규모(m)를 비교하면 표 4와 같다.

표 4. 관측점별일평균과 년평균공간적대표성규모의 비교

구분	지점								평균값
	1	2	3	4	5	6	7	8	
일평균	3 022.5	2 339.6	2 561.2	2 229.3	2 677.6	3 294.7	2 584.2	3 122.3	2 728.9
년평균	5 071.6	6 118.3	4 162.5	3 660.3	3 063.3	2 455.6	3 508.4	4 666.1	4 088.3
년평균/일평균	1.678	2.615	1.625	1.642	1.144	0.745	1.358	1.494	1.498

년평균농도가 대표하는 공간적규모는 일평균농도가 대표하는 규모보다 현저한 차이를 가지는데 약 1.5배정도이다. 이 결과는 오염농도를 평균하는 시간규모가 길어지면 평균농도가 대표하는 공간적규모가 커진다는것을 확증하여준다.

이와 같은 규모로 관측점들을 배치한다면 도시중심구역영역을 20km×20km로 볼 때 일평균규모에 의해서는 17개의 관측점, 년평균규모에 의해서는 8개정도 배치하여야 한다.

## 맺 는 말

론문에서는 대기오염감시망수립을 위한 대기오염감시점들의 공간적대표성규모를 오염농도의 시공간적대표성해석방법으로 연구하였다.

연구과정에 오염농도가 높거나 공간적변화가 심하면 오염농도가 대표할수 있는 공간적규모가 작아지고 오염농도가 낮거나 공간적변화가 심하지 않으면 오염농도가 대표할수 있는 공간적규모가 커진다는것을 밝혔으며 정량적인 방법으로 대기오염감시망의 감시지점수를 결정하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 53, 4, 166, 주체96(2007).
- [2] M. E. Berlyand; Forecasting of air pollution with emphasis on research in USSR, World Meteorological Organization 21~22, 1998.
- [3] 蒋维楣; 空气污染气象学, 南京大学出版社, 55~59, 2016.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

## **Research on Spatial Representativeness of Stations for Air Pollution Monitoring Network Establishment**

*Jon Yong Il, Jang Myong Il*

In this paper we studied spatial representativeness scale of air pollution monitoring stations by analysis method for temporal and spatial variability of the pollution concentrations.

Key words: air pollution, monitoring network, spatial representativeness