

PA48) 울산지역 주요 대기오염물질의 농도와 상관관계 분석

Analysis of Concentrations and Correlations between Criteria Air Pollutants in Ulsan

이치현 · 이병규 · Vu Van Tuan

울산대학교 건설환경공학부

1. 서 론

울산광역시는 1962년 제1차 경제개발 5개년 계획에서 특정공업지역으로 지정·개발되면서 정유·제철·비료 공장이 들어섰고, 1968년 자동차공장, 1973년 조선소가 세워지면서 우리나라 대표 공업도시로 발전하였다. 그러나 이러한 개발로 환경이 파괴되기 시작하였으며, 특히, 수많은 공장에서 배출하는 고농도의 대기오염물질로 인해 사람들이 일상생활을 하기 힘들 정도로 대기오염이 심해졌다. 결국 울산은 1986년에 대기특별대책지구로 지정되면서 다른 지역보다 더욱 엄격한 대기환경기준을 적용받게 되었다. 이에 대한 노력으로 울산지역에서는 저유황유의 사용을 의무화하고, 청정연료의 사용을 권장하여 현저한 대기오염저감을 실현하였다. 현재 울산은 13개의 대기 측정망을 설치, 운영하면서 실시간으로 대기오염을 감시, 관리하고 있다. 본 연구에서는 최근 3년(2006~2008)간 울산지역 주요 대기오염물질(CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂)의 계절별 평균농도와 기상조건의 특성을 알아보고, 주요 대기오염물질과 기상조건간의 상관관계를 파악하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 먼저, 계절별 주요 대기오염물질의 평균농도와 평균기상조건을 구하기 위해서, 울산지역 13곳에 설치된 대기 측정망에서 측정된 최근 3년간 월별 주요 대기오염물질의 농도와 기상자료를 수집하였다. 그리고 계절별 주요 대기오염물질의 평균농도와 평균기상조건을 계산하기 위해서 Microsoft Excel을 이용하였다. 다음으로 주요 대기오염물질과 기상조건간의 상관관계를 알아보기 위해서, 위와 같이 울산지역 13곳의 대기 측정망에서 측정된 최근 3년간의 월별 주요 대기오염물질농도와 기상자료를 이용하였다. 서로간의 상관관계를 분석하기 위해서, SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 13.0을 사용하였으며, 이를 통해 Pearson coefficient(R)와 p-value를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 울산지역의 최근 3년(2006~2008)간 계절별 주요 대기오염물질의 평균농도와 평균기상조건을 나타낸다. NO₂, O₃, PM₁₀ 그리고 SO₂는 봄에 평균농도가 가장 높았으며, CO는 겨울에 가장 높았다. 특히, PM₁₀은 모든 계절에서 WHO의 연간권고기준인 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 상당히 초과하였다. 그중에서 봄에는 평균농도가 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 다른 계절과 많은 차이를 보였으며, 이는 봄철에 자주 발생하는 황사현상이 기여한 것으로 판단된다. 또한 경우에 따라서 PM₁₀은 울산지역에 거주하는 사람들의 건강에 위험요소로 작용할 수도 있을 것으로 추정된다. O₃도 유일하게 연간기준이 있는 캐나다의 기준인 0.015ppm을 모든 계절에서 초과하였으며, NO₂도 WHO 연간권고기준인 0.021ppm을 여름을 제외하고 모든 계절에서 초과하였다. 한편, CO와 SO₂농도는 모든 계절에서 세계 각국의 기준치보다 낮은 농도로 확인되었다. 이로보아 PM₁₀, O₃ 그리고 NO₂가 울산지역의 대기오염에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. CO, NO₂ 그리고 PM₁₀은 여름에 평균농도가 가장 낮았으며, O₃과 SO₂는 각각 겨울과 가을에 가장 낮았다. 기상조건을 보면, 평균풍속은 봄(2.5m/s)에 가장 빨랐고, 가을(1.9m/s)에 가장 느렸으며, 평균기온과 평균습도는 여름(24.2 $^{\circ}\text{C}$, 69.7%)에 가장 높았고, 겨울(4.4 $^{\circ}\text{C}$, 51.1%)에 가장 낮았다.

Table 1. Average concentrations of air pollutants and meteorological elements by season during 3 years.

Pollutants & Temperatures	Spring	Summer	Fall	Winter	Average
CO(ppm)	0.451	0.339	0.424	0.513	0.432
NO ₂ (ppm)	0.024	0.018	0.022	0.024	0.022
O ₃ (ppm)	0.035	0.028	0.025	0.023	0.028
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	67	43	44	54	52
SO ₂ (ppm)	0.009	0.008	0.006	0.007	0.007
Temp(°C)	13.3	24.2	16.5	4.4	14.6
Wind Speed (m/s)	2.5	2.1	1.9	2.2	2.2
RH(%)	60.7	76.9	69.7	51.1	64.5

표 2는 울산지역 13곳의 대기 측정망에서 측정한 최근 3년간 월별 주요 대기오염물질의 평균농도와 평균기상조건을 이용하여, SPSS 13.0으로 분석하여 얻은 각각의 상관관계를 나타낸다. PM₁₀은 기온과 습도를 제외한 모든 주요 대기오염물질들과 양의 상관관계를 보였다. 특히, 풍속($R=0.76, p<0.05$)과 NO₂($R=0.72, p<0.05$)와는 강한 양의 상관관계를 보였으며, CO($R=0.58, p<0.05$) 및 O₃($R=0.64, p<0.05$)과도 뚜렷한 양의 상관관계를 보였다. 다른 주요 대기오염물질 사이에서는 NO₂와 CO($R=0.89, p>0.01$)가 가장 강한 양의 상관관계를 보였으며, SO₂와 O₃($R=0.70, p>0.05$)도 강한 양의 상관관계를 보였다. 기온에 대해서는 CO ($R=-0.97, p<0.01$)와 NO₂($R=-0.84, p<0.01$)가 아주 강한 음의 상관관계를 보였으며, PM₁₀($R=-0.55$)도 뚜렷한 음의 상관관계를 보였다. 습도에 대해서도 기온의 경우와 같이 CO($R=-0.93, p<0.01$)와 NO₂($R=-0.83, p<0.01$)가 아주 강한 음의 상관관계를 보였으며, PM₁₀($R=-0.66, p<0.05$)도 뚜렷한 음의 상관관계를 보였다. 풍속에 대해서는 O₃($R=0.65, p<0.05$)과 뚜렷한 양의 상관관계를 보였다. 기상조건들 사이의 관계를 보면, 기온과 습도($R=0.97, p<0.01$)가 아주 강한 양의 상관관계를 보였으며, 풍속과 습도($R=-0.51$)는 뚜렷한 음의 상관관계를 보였다.

Table 2. Correlation coefficients between air pollutants and meteorological elements.

	CO	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	SO ₂	Temp	Ws	RH
CO	1							
NO ₂	0.89**	1						
O ₃	-0.19	0.08	1					
PM ₁₀	0.58*	0.72*	0.64*	1				
SO ₂	-0.24	-0.03	0.70*	0.39	1			
Temp	-0.97**	-0.84**	0.23	-0.55	0.27	1		
Wind Speed	0.25	0.34	0.65*	0.76*	0.44	-0.34	1	
RH	-0.93**	-0.83**	0.07	-0.66*	0.16	0.97**	-0.51	1

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

참 고 문 헌

- 변승혁, 이병규 (2008) 울산광역시 지역의 지역특성별 대기오염도 비교, 한국대기환경학회 2008 춘계학술대회 논문집, 345-346.
- 이종철, 이정주 (1998) 환경대기 중 기상인자와 미세먼지 (PM_{2.5})의 상관관계, 한국대기환경학회 1998 학술대회논문집 제2권, 301-303.
- Chak K. Chana and Xiaohong Yaoa (2008) Riview: Air pollution in mega cities in China, Atmospheric Environment, 42, 1-42.

- Juliette Rimetz-Planchon, Esperanza Perdrix, Sophie Sobanska, and Claude Bre'mard (2008) PM₁₀ air quality variations in an urbanized and industrialized harbor, *Atmospheric Environment*, 42, 7274-7283.
- Shaodong Xie, Tong Yub, Yuanhang Zhang, Limin Zeng, LiQi, and Xiaoyan Tang (2005) Characteristics of PM₁₀, SO₂, NO_x and O₃ in ambient air during the dust storm period in Beijing, *Science of the Total Environment*, 345, 153-164.
- Teresa Moreno, Javier Lavi'n, Xavier Querol, Andre's Alastuey, Mar Viana, and Wes Gibbons (2009) Controls on hourly variations in urban background air pollutant concentrations, *Atmospheric Environment*, 43, 4178-4186.
- Thurston, G.D. (2008) Outdoor Air Pollution: Sources, Atmospheric Transport and Human Health Effects, *International Encyclopedia of Public Health*, 700-712.