

대구지역의 빗물 중 화학적 성분의 계절별 및 지역별 농도분포

송희봉[†] · 이은경 · 정동숙 · 김인옥 · 이명숙 · 권병윤 · 이경출

대구광역시보건환경연구원

(2006년 2월 9일 접수, 2006년 5월 8일 채택)

Seasonal and Regional Concentrations of Chemical Composition in Rainwater in Daegu Area

Hee-Bong Song[†] · Eun-Kyeong Lee · Dong-Sook Jung · In-Ok Kim

Myeong-Sug Lee · Byoung-Youne Kwon · Kyoung-Chool Lee

Public Health and Environment Institute of Daegu Metropolitan City

ABSTRACT : To investigate the characteristics of rainwater in Daegu area, parameters such as pH, electrical conductivity, TOC, TIC and TC were analyzed on 34 samples from January to December 2005. Results revealed that higher values were measured in winter than in summer. Furthermore samples that originated from industrial and commercial areas had higher chemical concentrations and conductivity as compared with those from residential and reference areas. Seldom acid-rain occurrence was recorded(27.2%) as compared with non-acid precipitation(72.8%) incidence. Also, higher organic carbon fraction(TOC) was detected(72.5%) than inorganic form(TIC) (27.5%) in terms of component ratio with TC. During frequent rainfalls, the concentration of chemicals was decreased to a degree. Conversely, lower rate of rainfall gave out higher chemical values. Thereby the improvement of air quality in 2005 compare with 2003 report was influenced by the environment authorities' efforts to reduce air pollutions and various factors by the depression of the region's economy.

Key Words : Rainwater, TOC, Acid-rain, Rainfall, Air Quality

요약 : 대구지역에 내린 빗물의 수질 특성을 조사하기 위해 2005년 1월부터 12월까지 채취한 빗물시료 34개에 대하여 pH, 전기전도도, TOC, TIC, TC와 같은 화학성분을 분석하였다. 분석된 화학성분의 농도는 겨울철이 여름철보다 높게 나타났다. 공업지역과 상업지역은 주거지역과 대조지역보다 화학성분의 농도와 전기전도도가 높게 나타났다. 산성우의 발생빈도(27.2%)가 비산성우(72.8%)에 비해 훨씬 낮았고, 또한 TC의 구성비율은 유기성인 TOC(72.5%)가 무기성인 TIC(27.5%)보다 높게 나타났다. 강수가 잦을수록 화학성분의 농도는 어느 정도 낮아지고, 반대로 무강수일이 길수록 화학성분의 농도가 높아졌다. 2003년에 비해 2005년의 대기질이 다소 개선된 원인은 환경행정당국의 대기오염 저감노력과 함께 지역 경기침체로 인한 다양한 영향을 받는데 있었다.

주제어 : 빗물, TOC, 산성우, 강수, 대기질

1. 서론

공장이나 자동차 등에서 배출되는 황산화물과 질소산화물이 빗방울에 녹아 pH 5.6 이하를 나타내는 산성우는 산업사회의 발달과 함께 인간의 활동에 의해 유발되는 대기오염현상 중 가장 뚜렷하며 광범위한 피해를 미치는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 본 논문의 연구대상지역인 대구광역시 북쪽에 팔공산, 남쪽에 대덕산과 비슬산으로 둘러싸여 있고, 동서부의 완만한 구릉지에 형성된 분지형태의 도시로서 대기의 확산이 어려워 대기질 관리가 국내 타도시에 비해 상대적으로 매우 불리한 지형적인 조건을 갖추고 있다. 또한 염색공단, 3공단, 서대구공단, 성서공단 등이 북서부에 위치하고 있어 동절기에는 북서계절풍의 영향으로 이들 공단에서 발생된 대기오염물질들이 도심으로 이동하여 대기오염도를 심화시키는 요

인이 되고 있다. 이러한 대기질 악화의 입지조건에도 불구하고 대구지역을 대상으로 한 빗물에 관한 연구는 지금까지도 활발하게 진행되지 못하여 매우 부족한 실정에 있고, 그동안 대부분의 연구사례는 타도시를 중심으로 발표되어 왔다.²⁻⁵⁾ 다만, 대구지역의 빗물에 대한 연구로서는 2002년 10월부터 2003년 9월까지 1년 동안 대구시의 주거지역인 대구광역시 보건환경연구원 옥상 1개소를 대상으로 채취된 빗물의 물리·화학적 특성과 미생물학적 오염특성을 검토한 바 있다.⁶⁾ 따라서 본 논문에서는 이미 발표된 연구⁶⁾와 연계하여 대구광역시 대표성이 있는 지역용도별 4개소를 대상으로 2005년 1월부터 12월까지 1년 동안에 걸쳐 빗물을 채취하여 분석한 데이터를 바탕으로 (1) 계절별과 지역별로 빗물에 함유된 화학성분의 농도분포 특성을 규명하고, (2) 이들 빗물의 화학성분과 기상인자간의 상관성을 해석하고, (3) 또한 과거의 측정 자료를 활용하여 산성우와 대기환경수준간의 농도를 비교함으로써 대기질 개선여부를 파악하여 그 원인을 규명하는데 목적을 두었다. 이와 같은 연구결과와는 향후 대구지역 빗물 연

[†] Corresponding author
E-mail: 10000gj@hanmail.net
Tel: 053-760-1260

Fax: 053-760-1333

구자들에게 지역배경농도로써 충분히 활용될 것으로 기대되며, 또한 환경행정당국의 대기환경개선을 위한 기초자료로서 활용가치가 높다고 판단된다.

2. 재료 및 방법

2.1. 채취지점 및 기간

분지형태인 대구광역시의 지역적인 특성을 고려해 대기오염자동측정소가 설치·운영되는 장소로서 비교적 녹지지역과 인접한 주거지역인 수성구 지산동 대구광역시보건환경연구원 옥상(Site 1, #1)을 대조지역으로 하고, 주거지역인 남구 대명동 대구성명초등학교 옥상(Site 2, #2), 상업지역인 중구 수창동 대구수창초등학교 옥상(Site 3, #3), 공업지역인 서구 이현동 대구중리초등학교 옥상(Site 4, #4) 등 총 4개소를 대표적인 지역으로 선정하여 2005년 1월부터 12월까지 1년 동안 빗물을 채취하였다.

2.2. 시료채취 및 분석

인위적인 오염을 최소화하기 위해 폴리에틸렌(깔대기)과 경질유리(채수병)의 재질을 가진 채수기를 자체에서 제작하여 시료채취에 사용하였으며,⁶⁾ 비가 내리는 처음부터 비가 그치는 순간까지 전량 채취하여 하나의 분석시료^{6,7)}로 1년 동안(봄 3~5월, 여름 6~8월, 가을 9~11월, 겨울 12~2월) 총 34개의 시료를 얻었다. 다만, 1 mm 이하의 적은 강수량은 분석에 필요한 시료량 부족으로 제외하였다. 채취된 시료는 즉시 실험실로 옮겨 Table 1에 수록한 내용처럼 수소이온농도(Potential for hydrogen, pH), 전기전도도(Electrical conduc-

Table 1. Analytical methods and instruments

Components	Methods	Instruments
pH, EC	• Ionic electrode	• pH/conductivity meter (YSI, 556 MPS, USA)
TC, TOC, TIC	• Oxidation : UV/Persulfate(S ₂ O ₈ ²⁻) • Detection : NDIR detector	• TOC analyzer (Tekmar-Dohrmann, Phoenix 8000, USA)

tivity, EC), 총탄소(Total carbon, TC), 총유기탄소(Total organic carbon, TOC), 총무기탄소(Total inorganic carbon, TIC)를 분석하였다.

2.3. 분석자료 처리방법

본 연구의 각 분석항목에 대한 자료의 대표값은 선진 외국에서 널리 이용하고 있는 강수량을 고려한 가중평균치(volume-weighted mean, VWM)로 계산하였다. 이는 분석항목 값에 큰 편차가 있으면 강수량으로 보정하여 편차를 최소화하기 위함이다. 한편 자료해석에 활용되는 강수량, 무강수일 및 풍속은 대구기상대 측정치⁸⁾를 이용하였으며, 모든 분석자료의 통계분석은 MS Excel⁹⁾과 SPSS/Windows 프로그램¹⁰⁾을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 빗물에 함유된 pH, 전기전도도의 농도분포

현재 국내에서 산성우의 평가기준은 대기 중 350 ppm의 이산화탄소(CO₂)가 물(H₂O)과 평형을 이룰 때 나타나는 pH 5.6으로 하고 있으며,^{11,12)} 또한 물 속에 존재하는 무기성 이온

Table 2. Seasonal and regional VWM* concentration of pH, EC in rain water

	Rainfall (mm)	pH					EC(μS/cm)					
		#1	#2	#3	#4	mean	#1	#2	#3	#4	mean	
Spring	'05.03(n=5)	67.1	5.7	5.9	5.5	5.6	5.7	24	25	26	29	26
	04(n=3)	44.8	6.5	6.2	6.5	6.4	6.4	17	20	28	28	23
	05(n=3)	32.6	5.0	5.0	5.5	5.3	5.1	27	27	25	25	26
	mean(n=11)	48.2	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	22	24	26	28	25
Summer	'05.06(n=3)	119.0	6.1	6.2	6.3	6.3	6.2	20	16	19	23	20
	07(n=4)	193.6	5.7	5.4	5.6	5.5	5.5	16	13	13	15	14
	08(n=6)	280.2	5.0	5.3	5.1	5.2	5.2	13	12	17	12	13
	mean(n=13)	197.6	5.3	5.4	5.3	5.4	5.4	16	13	16	15	15
Fall	'05.09(n=4)	49.9	4.9	4.8	5.1	5.1	5.0	26	31	34	39	32
	10(n=1)	6.7	5.7	6.6	6.9	7.1	6.3	57	69	69	101	74
	11(n=2)	14.5	7.0	7.0	7.0	6.9	7.0	23	36	33	52	36
	mean(n=7)	23.7	5.0	4.9	5.2	5.2	5.1	26	33	35	44	34
Winter	'05.12(n=0)	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01(n=1)	6.5	6.8	6.2	5.8	6.0	6.1	38	41	40	41	40
	02(n=2)	16.6	6.4	6.4	6.3	6.3	6.4	18	20	21	20	20
	mean(n=3)	8.6	6.5	6.3	6.1	6.2	6.3	23	26	26	26	25
Total mean(n=34)	69.5	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	18	17	20	20	19	

VWM* = Volume Weighted Mean.

물질의 총량인 전기전도도는 빗물의 오염도를 평가할 때 배경치(reference)로서 활용될 수 있다고 생각된다. Table 2는 본 연구에서 측정된 대구지역 4개소에서의 빗물 중 pH와 전기전도도를 계절별 및 지역별로 구분하여 나타내었다.

측정계절별로 조사된 평균 pH를 살펴보면 겨울철(6.3) > 봄철(5.6) > 여름철(5.4) > 가을철(5.1) 순으로 나타났다. 여기에서 겨울철이 여름철에 비해 높게 나타난 결과는 대구지역을 대상으로 이미 발표된 연구⁶⁾의 pH자료(2002년 10월~2003년 9월 : 겨울 5.3, 여름 4.7)와 환경부¹³⁾의 대구지역 산성우오염 측정자료(2005년 1월~12월 : 겨울 5.5, 여름 5.3) 및 대전 지역의 겨울철(12월 5.7, 1월 6.1)이 높고 여름철(7월 5.5, 8월 4.8)이 낮게 나타난 연구결과⁴⁾와는 동일한 경향을 보였다. 그러나 여름철이 겨울철보다 높게 나타난 기존의 일반적인 연구결과¹⁴⁻¹⁶⁾와는 상이하다는 점이 주목할 만하다. 이러한 현상은 겨울철의 낮은 강수 발생빈도(3회)와 함께 소량의 빗물(평균 8.6 mm)에 다량의 알칼리성 토양입자가 혼합된 결과로 나타난 것인지 혹은 특유의 분지형태인 대구지역만의 경향인지는 앞으로 그 원인규명을 위한 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다. 측정지역별로 조사된 평균 pH의 경우는 뚜렷한 계절별 차이와는 달리 공업지역(#4), 상업지역(#3), 주거지역(#2) 및 대조지역(#1)이 5.3~5.4의 비슷한 농도분포를 보였다. 한편 산성우의 발생빈도를 살펴본 결과 전체시료(n=136) 중 pH 5.6 이하인 산성우는 27.2%(n=37), pH 5.6 이상인 비산성우는 72.8%(n=99)로 관측되어 비산성우가 산성우보다 2.7배 정도 많이 내렸음을 알 수 있었다. 이러한 산성우의 발생빈도는 대구지역(27.2%)이 타지역(대전 56.7%, 전주 35%, 익산 71%)^{4,14,16)}보다 낮게 나타난 점이 특징이었다. 일반적

으로 전기전도도는 오염정도가 높을수록 많은 이온성분들이 용해되어 높게 나타난다.³⁾ 또한 전기전도도는 황사현상시 급격히 증가된 대기 중의 부유먼지가 강수현상에 의해 세정되어 빗물 중에 입자상물질이 혼합되어 정상상태보다 높게 나타나는 것으로 알려져 있다.¹⁷⁾ 측정계절별로 조사된 전기전도도의 평균농도는 가을철(34 $\mu\text{S}/\text{cm}$) > 겨울철, 봄철(25 $\mu\text{S}/\text{cm}$) > 여름철(15 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 순으로 나타났다. 즉, 가장 낮은 농도를 보인 여름철에 비해 가을철이 2.3배, 봄철과 겨울철이 1.7배 정도 높은 농도를 보였다. 가을철의 전기전도도가 가장 높게 나타난 원인은 강수횟수와 강수량 부족(10월, 1회, 6.7 mm), 황사발생(11월, 1회, 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 및 대기오염물질의 대기 확산 저하(평균풍속 : 가을 2.1 m/sec, 봄 2.7 m/sec, 여름 2.2 m/sec, 겨울 3.1 m/sec) 등 복합적인 요인으로 사료된다. 또한 겨울철과 봄철이 높은 원인은 겨울철의 난방용 연료사용량 증가와 낮은 강수 발생빈도(3회) 및 봄철의 황사 발생(3월과 4월, 각 1회, 81 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 등의 영향과 연관이 있을 것으로 추정된다. 그리고 여름철이 다른 계절에 비해 가장 낮은 농도를 보인 것은 장마철에 지속적인 강우로 인하여 대기 중의 입자상오염물질이 많이 세정되었기 때문으로 사료된다. 측정지역별로 조사된 전기전도도의 평균 농도를 살펴보면 공업지역(#4)과 상업지역(#3)이 각각 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로, 주거지역(#2) 및 대조지역(#1)의 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 와 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 보다 약간 높게 나타났다. 이는 대규모 공단지역 사업장에서 발생하는 입자상오염물질의 배출량이 많고 또한 도심지역에서 운행 중인 많은 자동차와 인간의 활동으로 인한 도로상과 인도상 먼지의 재비산 등의 직접적인 영향을 받는데 원인이 있다고 사료된다.

Table 3. Seasonal and regional VWM* concentration of TOC, TIC, TC in rain water

		TOC(mg/L)					TIC(mg/L)					TC(mg/L)				
		#1	#2	#3	#4	mean	#1	#2	#3	#4	mean	#1	#2	#3	#4	mean
Spring	'05.03(n=5)	1.37	1.73	1.86	2.16	1.78	0.42	0.68	0.76	0.58	0.61	1.80	2.41	2.62	2.74	2.39
	04(n=3)	1.94	1.76	2.34	2.17	2.05	0.36	0.59	1.21	0.60	0.69	2.29	2.35	3.54	2.77	2.74
	05(n=3)	2.14	2.33	2.36	2.44	2.32	0.45	0.61	0.78	0.52	0.59	2.59	2.94	3.14	2.95	2.91
	mean(n=11)	1.72	1.88	2.12	2.23	1.99	0.41	0.63	0.90	0.57	0.63	2.13	2.51	3.02	2.80	2.61
Summer	'05.06(n=3)	1.79	1.35	1.05	1.44	1.41	0.65	0.49	0.52	0.46	0.53	2.44	1.85	1.58	1.89	1.94
	07(n=4)	0.81	0.85	0.78	0.93	0.84	0.22	0.25	0.28	0.30	0.26	1.02	1.10	1.06	1.23	1.10
	08(n=6)	0.64	0.52	0.59	0.58	0.58	0.25	0.35	0.47	0.31	0.35	0.89	0.87	1.05	0.89	0.93
	mean(n=13)	0.92	0.79	0.74	0.87	0.83	0.32	0.35	0.42	0.33	0.35	1.24	1.14	1.16	1.20	1.19
Fall	'05.09(n=4)	1.33	1.03	1.32	2.03	1.43	0.27	0.41	0.59	0.69	0.49	1.61	1.44	1.91	2.72	1.92
	10(n=1)	5.08	4.41	5.78	4.38	4.91	0.24	0.60	1.15	1.33	0.83	5.31	5.01	6.93	5.70	5.74
	11(n=2)	1.16	2.39	2.14	4.88	2.64	0.84	0.97	1.07	0.90	0.94	2.00	3.36	3.21	5.78	3.59
	mean(n=7)	1.41	1.44	1.64	2.74	1.81	0.40	0.54	0.71	0.75	0.60	1.81	1.98	2.35	3.49	2.41
Winter	'05.12(n=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01(n=1)	3.44	4.16	3.84	5.95	4.35	1.41	2.01	1.53	1.57	1.63	4.84	6.17	5.37	7.52	5.97
	02(n=2)	1.45	2.03	1.98	2.75	2.05	0.62	1.07	0.97	0.83	0.87	2.08	3.10	2.95	3.58	2.93
	mean(n=3)	1.97	2.59	2.47	3.59	2.66	0.83	1.32	1.12	1.02	1.07	2.81	3.91	3.58	4.61	3.73
Total mean(n=34)		1.13	1.08	1.10	1.32	1.16	0.35	0.44	0.54	0.43	0.44	1.48	1.52	1.64	1.75	1.60

VWM* = Volume Weighted Mean.

3.2. 빗물에 함유된 TOC, TIC, TC의 농도분포

TC는 TOC와 TIC의 합을 의미한다. Table 3은 본 연구에서 분석된 빗물에 함유된 TOC, TIC, TC 농도를 계절별 및 지역별로 구분하여 나타내었다.

측정계절별로 조사된 TC의 평균농도를 살펴보면 겨울철(3.73 mg/L) > 봄철(2.61 mg/L) > 가을철(2.41 mg/L) > 여름철(1.19 mg/L) 순으로 나타났으며, 가장 낮은 농도를 보인 여름철에 비해 겨울철이 3.1배, 봄철이 2.2배, 가을철이 2.0배 정도 높은 농도를 보였다. 특히 겨울철의 TC 농도가 가장 높게 나타난 원인은 대구지역 뿐만 아니라 국내 도시지역에서는 매우 일반적인 현상으로서 난방용 연료사용량의 증가와 대기환경용량의 감소 등과 같은 복합적인 요인에서 기인한 것으로 보여진다. 또한 봄철과 가을철이 높은 원인은 본 연구의 측정기간 중 대구지역에 발생한 봄철(3월과 4월, 각 1회, 7.07 mg/L와 13.15 mg/L)과 가을철(11월, 1회, 9.49 mg/L)의 황사현상과 연관이 있을 것으로 추정된다. 그리고 다른 계절에 비해 가장 낮은 농도를 보인 여름철은 연료사용에 관련된 대기오염물질 발생량 자체가 감소하고 잦은 강우에 의한 세정효과로 인해 TC 농도가 전반적으로 감소한 것으로 사료된다. 측정지역별로 조사된 TC의 평균농도는 공업지역(#4, 1.75 mg/L) > 상업지역(#3, 1.64 mg/L) > 주거지역(#2, 1.52 mg/L) > 대조지역(#1, 1.48 mg/L) 순으로 나타났다. 즉, 가장 낮은 농도를 보인 대조지역(#1)에 비해 공업지역(#4)이 1.2배, 상업지역(#3)이 1.1배 정도 높은 농도를 보였고 주거지역(#2)과는 1.0배로서 거의 비슷한 농도를 보였다. 특히 공업지역과 상업지역이 대조지역과 주거지역보다 높은 농도를 보인 것은 이들 지역에 환경오염물질 배출사업장이 밀집해 있을 뿐만 아니라 도심지역에 위치해 있어 자동차통행량이 많아 이로부터 배출되는 각종 유기물질과 무기물질로 인한 영향이 상대적으로 많았을 것으로 사료된다. 한편 측정된 빗물의 구성비율을 살펴보면 TOC/TC 농도비는 전체평균 0.73으로서 계절별(0.70~0.76)과 지역별(0.67~0.76)로 큰 차이가 없었으며 유기물 함량(72.5%)이 무기물 함량(27.5%)보다 2.6배 정도 높은 비율로 존재함을 알 수 있었다.

3.3. 빗물의 화학성분 및 기상인자간의 상관분석

Table 4는 측정된 빗물의 화학성분과 기상인자간의 상관성

Table 4. Correlation coefficient of chemical components and meteorological factors(n = 136)

	pH	EC	TOC	TIC	TC	Rainfall	NRD*
pH	1.000						
EC	0.255	1.000					
TOC	0.305	0.947	1.000				
TIC	0.603	0.552	0.541	1.000			
TC	0.402	0.938	0.980	0.696	1.000		
Rainfall	-0.318	-0.358	-0.395	-0.370	-0.424	1.000	
NRD*	0.304	0.279	0.292	0.376	0.338	-0.246	1.000

NRD* = Non Rainfall Day.
Correlation coefficient is all significant at the 0.01 level.

을 분석한 결과를 나타낸 것으로 각 항목 간에는 통계적으로 모두 유의한 상관관계를 보였다($p < 0.01$). 여기에서 무강수일은 유효한 강수량인 0.1 mm 이상의 경우만 강수일로 간주하여 강수일 전과 강수일 후에 비가 내리지 않은 기간으로 하였다.

기상인자인 강수량과 무강수일을 중심으로 빗물의 화학성분(pH, 전기전도도, TOC, TIC, TC)간의 상관성을 살펴보면 강수량은 화학성분과 모두 역상관성을 보인 반면에 무강수일은 화학성분과 모두 정상관성을 보였다. 즉, 전자의 경우는 강수량이 많을수록 화학성분의 농도가 낮아지고 강수량이 적을수록 화학성분의 농도가 높아짐을 의미한다. 그러나 후자의 경우에는 무강수일이 길수록 화학성분의 농도가 높아지고 무강수일이 짧을수록 화학성분의 농도가 낮아짐을 의미한다. 이러한 현상은 빗물과 대기오염물질간의 세정효과(scavenging effect)와 침적효과(deposition effect)로 인한 영향으로 각각 해석된다. 한편 빗물 속에 함유된 화학성분(pH, 전기전도도, TOC, TIC, TC)간에는 모두 정상관성을 보였는데 특히 전기전도도와 TOC($r = 0.947$), 전기전도도와 TC($r = 0.983$), TC와 TOC($r = 0.980$), TC와 TIC($r = 0.696$) 간에 높은 상관성을 보였다.

이러한 결과는 Table 2와 Table 3에서 전기전도도와 TC 농도가 동고하저형의 유형을 보였고 빗물에 함유된 무기물질과 유기물질의 구성비율이 비슷하였다는 설명에서 확인되는 것처럼 이들 화학물질의 발생원이 동일하거나 비슷한 성질로 존재하기 때문으로 사료된다. 또한 pH와 전기전도도간에는 높은 상관성을 나타내지는 않았지만($r = 0.255$) 유의한 상관관계를 보였는데($p < 0.01$), 이러한 결과는 선행된 다른 연구결과³⁾도 비슷한 정상관성을 보였다. 이는 pH가 높을수록 전기전도도의 농도가 높아짐을 의미한다. 즉, 빗물의 알칼리도(alkalinity)가 증가할수록 물속에 무기물질의 양을 많이 함유하는 것으로 나타났다.

3.4. pH 실측치와 대기환경수준간의 비교평가

본 연구에서는 빗물 pH의 경우 이미 발표된 주거지역인 지산동(#1)의 연구결과⁶⁾와 연계하여 동일한 장소인 대기오염환경측정소에서 관측된 대기오염물질의 농도를 2003년과 2005년으로 구분하여 Table 5에 나타내었다.

2005년의 대기오염도는 2003년의 동일기간과 비교해 보면 대기오염물질을 정화시키는 역할을 하는 빗물의 양인 강수량이 2배 이상이나 적었던 상황임에도 불구하고 산성우오

Table 5. Comparison of pH measured in this study with data from AAQMN and MMN

Monitoring period	This study	AAQMN*				MMN**
	pH	PM ₁₀ (μg/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	CO (ppm)	Total rainfall (mm)
2005.01~06	6.1	62	26	7	0.6	286.6
2003.01~06	4.9	79	27	8	0.7	659.2

* AAQMN = Ambient Air Quality Monitoring Network.
** MMN = Meteorological Monitoring Network.

염(pH : 4.9 → 6.1)과 대기질(특히, PM₁₀ : 79 µg/m³ → 62 µg/m³)이 다소 개선되었음이 주목할 만하다. 이러한 원인은 환경행정당국¹⁸⁾의 지속적인 대기질 개선사업(청정연료 공급 확대, 천연가스버스 보급확대, 자동차배출가스 및 비산먼지발생사업장 단속강화, 주요간선도로 진공청소와 살수 확대실시 등)의 효과뿐만 아니라 대구지역의 불경기에 따른 증소제조업체 평균가동률¹⁹⁾ 감소(대구지역 1~6월 기준 : 72.3%, 2003년 → 70.3%, 2005년), 연료사용량²⁰⁾ 감소(대구지역 1~6월 기준 : 9,255 Bbl, 2003년 → 8,256 Bbl, 2005년), 기름값 인상에 따른 자동차통행량²¹⁾ 감소(대구 범어네거리 기준 : 81,134대/평일, 2003년 → 72,868대/평일, 2005년) 및 자동차등록대수 평균증가율²⁰⁾ 둔화(대구지역 1~6월 기준 : 3.0%, 2003년 → 0.9%, 2005년) 등의 직접적인 영향도 대기질 개선에 크게 기여한 것으로 사료된다.

4. 결론

대구지역에 내린 빗물의 수질 특성을 검토하기 위해 2005년 1월부터 12월까지 채취한 빗물시료 총 34개에 대한 화학성분(pH, 전기전도도, TOC, TIC, TC)을 분석하였다.

- 1) 전반적으로 분석된 화학성분의 계절별 농도는 겨울철이 여름철보다 높게 나타났고, 지역별로는 공업지역과 상업지역이 주거지역과 대조지역보다 높은 농도를 보였다.
- 2) 산성우의 발생빈도는 비산성우(72.8%)가 산성우(27.2%)보다 2.7배 정도 높았다.
- 3) TC의 구성비율은 유기성인 TOC(72.5%)가 무기성인 TIC(27.5%)보다 2.6배 정도 높게 나타났다.
- 4) 강수량이 많을수록 화학성분의 농도가 낮아지고 무강수일이 길수록 화학성분의 농도가 높아짐을 알 수 있었다.
- 5) 2003년에 비해 2005년의 대기질이 다소 개선된 원인은 환경행정당국의 대기오염 저감노력과 함께 지역 경기침체로 인한 다양한 영향을 받는데 있었다.

참고문헌

1. Charron, A., Plaisance, H., Sauvage, S., Coddeville, P., Galloo, J. C., and Guillermo, R., "A study of the source-receptor relationships influencing the acidity of precipitation collected at a rural site in France," *Atmospheric Environment*, **34**, 3665~3674(2000).
2. 강공언, 임재현, 김희강, "서울지역 강수 산성도의 장기적인 경향분석," 한국대기보전학회지, **13**(1), 9~18(1997).
3. 최금찬, 김창환, 조정구, 박정호, "부산시 일부지역에 대한 초기 및 후속강우의 이온성분 특성," 한국대기보전학회지, **14**(4), 361~368(1998).
4. 구자공, 박경렬, "대전지역 산성강우의 화학적 특성에 관한 연구," 한국대기보전학회지, **9**(2), 147~153(1993).
5. 박국태, 문경언, 허정구, 홍현복, "경기도 성남시, 인천시, 강원도 강릉시, 충북 청원군 강수의 화학적 성분에 관한 비교 연구," 한국환경과학회지, **4**(3), 285~294(1995).
6. 이성호, 송희봉, 정동숙, "대구지역 강수의 화학적-미생물학적 특성," 대한환경공학회지, **26**(8), 853~860(2004).
7. 酸性雨調査法研究會, "酸性雨調査法 : 試料採取, 成分分析とデータ整理の手引き," 179~259(1993).
8. 기상청 홈페이지, <http://www.kma.go.kr>(2006).
9. 노형진, Excel에 의한 조사방법 및 통계분석, 법문사, 서울(1998).
10. 원태연, 정성원, 통계조사분석, SPSS academy, 서울(2001).
11. US EPA, "Research Summary Acid Rain," Vol. 3, No. 4(1979).
12. 大害多數一, 公害と對策, **20**(3), 279~287(1984).
13. 대구지방환경청 홈페이지, <http://daegu.me.go.kr>(2006).
14. 나춘기, 정재일, "전주시에서 채수된 강수의 화학적 조성," 한국대기보전학회지, **13**(5), 371~381(1997).
15. 오길영, 양수인, 이완진, "목포, 여천지역 강수의 무기이온 성분농도와 거동에 관한 연구," 한국대기환경학회지, **15**(4), 385~392(1999).
16. 강공언, 오인교, 김희강, "익산지역 강수의 계절별 산성도와 화학성상," 한국대기환경학회지, **15**(4), 393~402(1999).
17. 이민희, 한진석, 한의정, 신찬기, "황사현상시 강수의 화학적 성분에 관한 연구," 한국대기보전학회지, **5**(2), 1~11(1989).
18. 대구광역시, 시정백서(2005).
19. 중소기업협동조합중앙회 홈페이지, <http://www.kfsb.or.kr>(2006).
20. 한국석유공사 홈페이지, <http://www.petronet.co.kr>(2006).
21. 대구광역시 홈페이지, <http://www.daegu.go.kr>(2006).