

광주시 대기오염물질 배출량 변화추이에 관한 연구

서광엽¹ · 신대윤²

광주광역시보건환경연구원¹, 조선대학교 환경공학과²

A study on the air pollutant emission trends in Gwangju

Gwang-yeob Seo^{1*}, Dae-yewn Shin²

¹Gwangju Health and Environmental Institute, Environmental Research Department

²Department of environmental engineering Chosun university

Abstract

We conclude the following with air pollution data measured from city measurement net administered and managed in Gwangju for the last 7 years from January in 2001 to December in 2007. In addition, some major statistics governed by Gwangju city and data administered by Gwangju as national official statistics obtained by estimating the amount of national air pollutant emission from National Institute of Environmental Research were used.

The results are as follows :

1. The distribution by main managements of air emission factory is the following ; Gwangju City Hall(67.8%) > Gwangsan District Office(13.6%) > Buk District Office(9.8%) > Seo District Office(5.5%) > Nam District Office(3.0%) > Dong District Office(0.3%) and the distribution by districts of air emission factory ; Buk District(32.8%) > Gwangsan District(22.4%) > Seo District(21.8%) > Nam District(14.9%) > Dong District(8.1%). That by types(Year 2004~2007 average) is also following ; Type 5(45.2%) > Type 4(40.7%) > Type 3(8.6%) > Type 2(3.2%) > Type 1(2.2%) and the most of them are small size of factory, Type 4 and 5.
2. The distribution by districts of the number of car registrations is the following ; Buk District(32.8%) > Gwangsan District(22.4%) > Seo District(21.8%) > Nam District(14.9%) > Dong District(8.1%) and the distribution by use of car fuel in 2001 ; Gasoline(56.3%) > Diesel(30.3%) > LPG(13.4%) > etc.(0.2%). In 2007, there was no ranking change ; Gasoline(47.8%) > Diesel(35.6%) > LPG(16.2%) >

*Corresponding author email: sky521@hanmail.net

etc.(0.4%). The number of gasoline cars increased slightly, but that of diesel and LPG cars increased remarkably.

3. The distribution by items of the amount of air pollutant emission in Gwangju is the following; CO(36.7%) > NOx(32.7%) > VOC(26.7%) > SOx(2.3%) > PM-10(1.5%). The amount of CO and NOx, which are generally generated from cars, is very large percentage among them.
4. The distribution by mean of air pollutant emission(SOx, NOx, CO, VOC, PM-10) of each county for 5 years(2001~2005) is the following ; Buk District(31.0%) > Gwangsan District(28.2%) > Seo District(20.4%) > Nam District(12.5%) > Dong District(7.9%). The amount of air pollutant emission in Buk District, which has the most population, car registrations, and air pollutant emission businesses, was the highest. On the other hand, that of air pollutant emission in Dong District, which has the least population, car registrations, and air pollutant emission businesses, was the least.
5. The average rates of SOx for 5 years(2001~2005) in Gwangju is the following ; Non industrial combustion(59.5%) > Combustion in manufacturing industry(20.4%) > Road transportation(11.4%) > Non-road transportation(3.8%) > Waste disposal(3.7%) > Production process(1.1%). And the distribution of average amount of SOx emission of each county is shown as Gwangsan District(33.3%) > Buk District(28.0%) > Seo District(19.3%) > Nam District(10.2%) > Dong District(9.1%).
6. The distribution of the amount of NOx emission in Gwangju is shown as Road transportation(59.1%) > Non-road transportation(18.9%) > Non industrial combustion(13.3%) > Combustion in manufacturing industry(6.9%) > Waste disposal(1.6%) > Production process(0.1%). And the distribution of the amount of NOx emission from each county is the following ; Buk District(30.7%) > Gwangsan District(28.8%) > Seo District(20.5%) > Nam District(12.2%) > Dong District(7.8%).
7. The distribution of the amount of carbon monoxide emission in Gwangju is shown as Road transportation(82.0%) > Non industrial combustion(10.6%) > Non-road transportation(5.4%) > Combustion in manufacturing industry(1.7%) > Waste disposal(0.3%). And the distribution of the amount of carbon monoxide emission from each county is the following ; Buk District(33.0%) > Seo District(22.3%) > Gwangsan District(21.3%) > Nam District(14.3%) > Dong District(9.1%).
8. The distribution of the amount of Volatile Organic Compound emission in Gwangju is shown as Solvent utilization(69.5%) > Road transportation(19.8%) >

Energy storage & transport(4.4%) > Non-road transportation(2.8%) > Waste disposal(2.4%) > Non industrial combustion(0.5%) > Production process(0.4%) > Combustion in manufacturing industry(0.3%). And the distribution of the amount of Volatile Organic Compound emission from each county is the following ; Gwangsan District(36.8%) > Buk District(28.7%) > Seo District(17.8%) > Nam District(10.4%) > Dong District(6.3%).

9. The distribution of the amount of minute dust emission in Gwangju is shown as Road transportation(76.7%) > Non-road transportation(16.3%) > Non industrial combustion(6.1%) > Combustion in manufacturing industry(0.7%) > Waste disposal(0.2%) > Production process(0.1%). And the distribution of the amount of minute dust emission from each county is the following ; Buk District(32.8%) > Gwangsan District(26.0%) > Seo District(19.5%) > Nam District(13.2%) > Dong District(8.5%).
10. According to the major source of emission of each items, that of oxides of sulfur is Non industrial combustion, heating of residence, business and agriculture and stockbreeding. And that of NOx, carbon monoxide, minute dust is Road transportation, emission of cars and two-wheeled vehicles. Also, that of VOC is Solvent utilization emission facilities due to Solvent utilization.
11. The concentration of sulfurous acid gas has been 0.004ppm since 2001 and there has not been no concentration change year by year. It is considered that the use of sulfurous acid gas is now reaching to the stabilization stage. This is found by the facts that the use of fuel is steadily changing from solid or liquid fuel to low sulfur liquid fuel containing very little amount of sulfur element or gas, so that nearly no change in concentration has been shown regularly.
12. Concerning changes of the concentration of throughout time, the concentration of NO has been shown relatively higher than that of NO₂ between 6AM~1PM and the concentration of NO₂ higher during the other time. The concentration of NOx(NO, NO₂) has been relatively high during weekday evenings. This result shows that there is correlation between the concentration of NOx and car traffics as we can see the Road transportation which accounts for 59.1% among the amount of NOx emission.
13. 49.1~61.2% of PM-10 shows PM-2.5 concerning the relationship between PM-10 and PM-2.5 and PM-2.5 among dust accounts for 45.4%~44.5% of PM-10 during March and April which is the lowest rates. This proves that particles of yellow sand that are bigger than the size 2.5 μm are sent more than those that are smaller from China. This result shows that particles smaller than

2.5 μm among dust exist much during July~August and December~January and 76.7 % of minute dust is proved to be road transportation in Gwangju.

Key words: Air Pollutant Emission, Sulfur Dioxides, Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, Fine Particulate Matters, Volatile Organic Compounds

I. 서론

대기오염은 국지적인 문제뿐만 아니라 국제적인 문제를 야기하며, 많은 국제 환경 협약들이 체결되고, 환경보호를 위한 무역 규제도 강화되고 있다. 최근 WTO, OECD와 같은 국제기구에서는 환경과 무역을 연계한 국제환경규제, CO₂배출량을 줄이기 위한 국가별 목표량 설정, 탄소세·에너지세부과, 자동차 연비기준 등 각종 규제수단을 개발하고 있다.

대기오염에 관한 국제적인 규제가 만들어지는 배경은 공기가 물과 달리 장거리 이동이 가능하고 확산속도가 빠르기 때문에 국경을 넘어 다른 나라에 악영향을 미치기 때문이다. 우리나라의 경우 매년 3~5월 사이에 중국북부의 고비사막 일대에서 발생하는 황사와 중국의 산업화과정에서 발생하는 산성 강하물질이 우리나라로 넘어와 보건위생, 경제적, 환경적으로 막대한 피해를 입고 있다. 대기오염은 이와 같이 인접국가에 피해를 끼칠 뿐만 아니라 오존층파괴, 온난화현상과 같이 지구환경을 위기에 몰아넣고 있기 때문에 국제적 규제가 절실하다.

우리나라는 1970년 이후 인구증가와 도시 집중, 산업의 고도화, 중화학공업의 발달, 자동차 보급 및 증가, 화석연료 사용량 증가 등 여러 영향으로 대기환경이 악화되었으나 대기오염을 줄이기 위한 범국가적 노력에 힘입어 많이 개선되고 있는 실정이다. 최근 구제역, 조류독감, 신종 플루 등 호흡기계 질병의 유행과 생활수준 향상 등의 양향으로 대기오염에 관심이 많아지고 대기질에 대한 요구수준이 증폭되어 대기오염을 줄이고 효율적으로 관리하기 위한 다양한 방법들이 모색되고 있다.

이러한 일환으로 사업장 배출시설의 원격 자동감시시스템(Tele monitoring system: 이하 TMS)설치, 민간전문기관 위탁운영, 기업체가 자발적으로 에너지절약 등의 세부시

행계획을 정부에 제출하는 Voluntary agreement 등 대기환경 규제방식을 전환하고, 기존에 국가에서 관장해 온 대기관리업무를 지방자치단체에 이관하고 광역관리체계를 갖추어 대기질을 개선하고 있다. 또한 자동차 배출가스를 줄이기 위해 천연가스자동차와 히브리드 자동차를 보급하고 저유황연료를 사용하도록 규제하며, 사업장에 대한 규제기준이나 지도·감시도 강화하고 있다.¹⁻³⁾

저유황 및 청정연료의 보급이 확산되면서 전국적으로 아황산가스와 미세먼지농도는 현저히 감소하는 추세이다. 그러나 자동차 증가와 가스연료 사용으로 인하여 질소산화물, 휘발성 유기화합물 및 오존농도 등은 증가하고 있는 실정이다.

산업이 발달함에 따라 대기오염물질도 다양화되고 발생량이 증가하여 이에 대응하는 법적제도들이 마련되고 있다. 일례로서 벤젠 등과 같은 유해대기오염물질을 관리하기 위한 환경기준을 설정하여 2010년부터 적용할 계획이다.⁴⁾

또 우리나라가 OECD가입과 더불어 대기질 관리의무도 강화되어 국가간 대기오염물질 이동에 대한 적극적인 대응책도 수립해야 할 형편이다. 지방자치단체에서도 국내외 대기정책에 부응하고 대기관리업무의 영향권역별 광역환경관리체계 변경에 따른 대기질 개선대책을 수립하기 위한 연구와 정책개발이 필요한 시점이다.

지방자치단체들이 2002년 7월말부터 대기오염측정망을 환경부로부터 이관하여 운영하고 있으며, 대기오염자동측정소도 매년 확대 설치하고 있다. 대기오염측정망을 지방자치단체에 이관한 것은 지방자치단체들이 연합하여 지역별 특성에 부합되는 대기 관리 체계를 구축하고 정책을 개발하여 효율적으로 관리하자는 취지이다. 즉 지역 대기관리를 전문화, 체계화하자는 것이다.

우리나라는 산과 강이 많아서 지역별로 독특한 지형과 기후를 형성하고 있다. 대기는 지형, 계절에 따른 기후와 온도변화에

따라 시시각각 유동하므로 지역별로 대기의 유동과 대기질에 미치는 요인을 파악하고 영향을 예측하는 연구가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 광주광역시 대기오염배출량의 변화추이를 파악하고자 한다. 이를 위하여 1차 대기오염물질인 SO_2 , NO_2 , CO , PM-10 과 2차 대기오염물질인 O_3 농도의 변화를 분석하고, 오염원별 연도별로 대기오염물질의 배출량을 조사하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

광주광역시 대기오염배출량의 변화추이를 파악하기 위하여 1차 대기오염물질인 SO_2 , NO_2 , CO , PM-10 과 2차 대기오염물질인 O_3 농도의 변화를 분석하고, 오염원별 연도별로 대기오염물질의 배출량을 조사하였다.

2. 연구방법

2001년부터 2007년까지 광주광역시 대기오염측정망인 농성동, 두암동, 송정동, 오

선동, 주월동, 충금동측정소의 자료를 시간 대별, 월별, 연도별로 분석하였다. 인위적 배출원 자료는 광주광역시 주요통계자료(2001~2007년)와 국립환경과학원의 국가대기오염물질 배출량자료(2001~2005년)를 사용하였다.



Fig. 1. The map of air monitoring site in Gwangju.

Table 1. Instruments for measuring air quality

Component	Instrument	Method	Supplier
SO_2	SO_2 analyzer	Pulse U.V.-fluorescence	Dasibi, M/L, Thermo, Horiba
NO_2	NO_2 analyzer	Chemiluminescent	Dasibi, M/L, Thermo, Horiba
O_3	O_3 analyzer	U.V. Photometric Chemiluminescent	Dasibi, M/L, Thermo, Horiba
CO	CO analyzer	Non-Dispersive Infrared	Dasibi, M/L, Thermo, Horiba
PM-10	PM-10 analyzer	β -ray Absorption, TEOM	Dasibi, MetOne R&P
PM-2.5	PM-2.5 analyzer	β -ray Absorption, TEOM	MetOne R&P

3. 대기오염물질 배출량

대기정책수립 지원시스템(CAPSS, clean air policy support system)에서 산정한 국가 대기오염물질 배출량 산정 및 분석결과를 토대로 작성된 배출량 자료를 사용하였다. 배출량 자료는 유럽 CORINAIR 배출원 분류체계(SNAP 97)를 기초로 국가 배출원 분류체계를 확립하고 배출량 산정은 국내 연구를 우선하였으며, 아직 국내에서 연구

되지 않은 배출원에 대해서는 유럽 및 미국의 방법론을 국내 실정에 적합하게 수정하여 산출된 자료를 활용하였다⁵⁾.

III. 결과 및 고찰

1. 대기오염물질 배출량 변화

1.1 배출원 변화 추이

대기오염배출원은 오염물질에 따라 다양하게 분류할 수 있으나, 일반적으로 인위적 배출원(anthropogenic source)과 자연적 배출원(natural source)으로 구분한다. 자연적 배출원은 생물배출원(biogenic source)과 비생물 배출원(non-biogenic source)으로 구분하나, 비생물 배출원은 발생기작이 명확하게 규명되지 않았고 인간이 개입할 수 없기 때문에 규제대상에서 제외된다.

인위적 배출원은 배출형태에 따라 고정배

출원(stationary source)과 이동배출원(mobile source)으로 구분하고, 점오염원(point source), 선오염원(line source) 및 면오염원(area source)으로 세분한다.^{3, 6)}

2001년부터 7년간 광주시 자치구별 인구는 북구(33.1%) > 서구(22.1%) > 광산구(21.1%) > 남구(15.4%) > 동구(8.3%) 순으로 많았으나, 2006부터 2년 기준으로는 북구(32.8%) > 광산구(22.4%) > 서구(21.8%) > 남구(14.9%) > 동구(8.1%)로서 서구와 광산구 순위가 바뀌었다.^{7~13)}

Table 2. The classified table of air pollutant emission source

구 분			주 요 배 출 원
인 위 적 배 출 원	자연적 배출원	자연식생, 농작물, 미생물 등	
	비생물오염원	화산폭발, 산불, 번개, 해염발생 등	
	고 정 오 염 원	연료연소시설	공공발전시설, 지역난방시설, 석유정제시설 보일러, 민간발전시설, 공공업무용 빌딩 보일러, 아파트 대형 주거시설 보일러, 대형 농축수산업 시설, 산업용 보일러, 산업용 공정로 등
		산업용생산시설	석유정제시설, 철강생산 등 금속재련시설, 무기산 제조시설, 화학비료 제조시설, 기타 무기화학제품 제조시설, PVC 관련제품 제조시설, 고무 및 플라스틱 제조시설, 유기용제 제조시설, 기타 유기화학제품 제조시설, 펄프 및 종이 제조사설, 식음료품 제조시설, 아스팔트 제조시설, 시멘트 및 석회 제조시설, 유리제품 제조시설, 기타 대형 산업제품 제조시설 등
		유류 저장 및 운반시설	저장탱크, 출하시설
		유기용제사용시설	도장시설, 금속세정시설, 인쇄시설, 세탁시설 등
		폐기물처리시설	소각시설, 매립시설, 하폐수 처리시설 등
	면 오 염 원	소형연소시설	소형 상업용 연소시설, 가정용 연소시설, 소형 산업용 연소시설 등
		비관리연소공정	현장소각, 노천소각, 농업잔재물 소각 등
	이동 오염원	선 오 염 원	도로 이동오염원 승용차, 택시, 승합차, 버스, 트럭, 이륜차
		비도로 이동 오염원	군사용 장비, 철도차량(기관차 및 동차), 선박, 항공기, 농기계, 건설장비, 산업기계 등

Table 3. The annual variation of population in Gwangju (unit: capita)

Year	Gwangju	Donggu	Seogu	Namgu	Bukgu	Gwangsangu
2001	1,387,360	119,556	301,302	226,454	475,314	264,734
2002	1,401,525	117,696	312,600	221,673	472,363	277,193
2003	1,400,683	117,059	314,319	216,417	463,518	289,370
2004	1,406,915	118,432	316,586	213,714	459,375	298,808
2005	1,408,106	115,220	312,192	215,047	455,818	309,829
2006	1,415,953	114,936	310,129	212,450	463,088	315,350
2007	1,423,469	116,121	308,050	209,890	469,013	320,395

1.1.1. 고정오염원

고정오염원은 발전소, 대형공장, 소각시설 등과 같이 배출규모가 큰 점오염원과 주거, 상업, 산업 등과 같이 소규모 배출시설이 밀집하여 일정 면적당 배출량을 관리하는 면오염원으로 구분된다. 대기오염물질발생량에 따라 구분하는 종별 대기배출업소 현황 및 광주광역시 및 자치단체에서 관리하

는 대기배출업소수는 Table 4와 같다. 사업장 종별 현황을 4년간(2004년~2007년) 평균한 사업장의 수는 Fig. 2와 같다. 이를 종합하여 보면 시에서 관리하는 대기배출업소사업장이 가장 많으며, 광산구, 북구, 서구, 남구, 동구 순이다. 사업장 종별 수를 분석하여 보면 사업장 규모가 작은 5종, 4종, 3종, 2종, 1종 순이다^{7~13)}.

Table 4. The annual variation of air pollutant factory (unit: vehicle)

Year	Total	District					Type					
		Gwangju	Donggu	Seogu	Namgu	Bukgu	Gwangsangu	1	2	3	4	5
2001	648	297	45	57	54	114	81					
2002	741	414	38	53	53	107	76					
2003	798	471	33	60	49	102	83					
2004	745	437	32	58	39	90	89	16	22	64	292	351
2005	725	455	12	52	39	76	91	16	24	62	292	331
2006	717	467	2	45	39	68	96	16	23	65	291	322
2007	692	469	2	38	21	68	94	15	23	58	298	298

※ 종별구분

1종사업장(Type 1): 대기오염물질발생량의 합계가 연간 80톤 이상인 사업장

2종사업장(Type 2): 대기오염물질발생량의 합계가 연간 20톤 이상 80톤 미만인 사업장

3종사업장(Type 3): 대기오염물질발생량의 합계가 연간 10톤 이상 20톤 미만인 사업장

4종사업장(Type 4): 대기오염물질발생량의 합계가 연간 2톤 이상 10톤 미만인 사업장

5종사업장(Type 5): 1종 내지 4종사업장에 속하지 아니하는 사업장

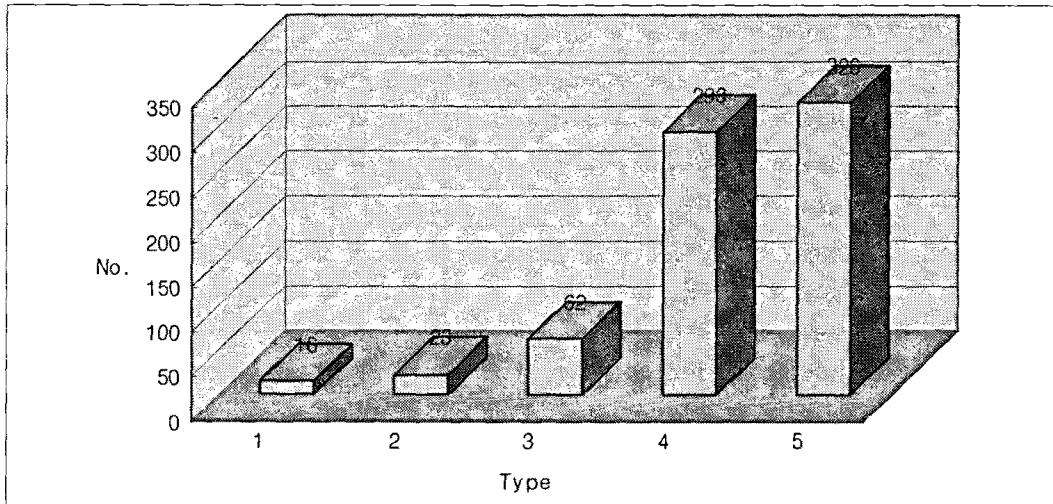


Fig. 2. The distribution of air pollutant factory type.

1.1.2. 이동오염원

이동오염원은 자동차, 철도, 항공기, 선박, 농기계 등 움직이는 배출원에 의하여 오염물질을 배출하는 형태를 말한다. 대기오염물질 배출량 가운데 이동오염원이 차지하는 비율은 전체 오염물질의 반 이상을 차지하고 있어 대기오염관리는 이동배출원의 관리 여부에 따라 달라질 수도 있다.

자동차는 이동배출원 중 가장 높은 비중을 차지하며 배출 위치는 당해 지역 도로망에 따라 좌우된다. 자동차에서 배출되는 오염물질은 차종에 따라 크게 영향을 받는데 트럭, 버스 등 경유 사용 차량에서는 매연 및 질소산화물이, 휘발유 또는 가스를 사용하는 자동차에서는 탄화수소 및 질소산화물이 주로 발생한다. 또 주행 모드에 따라서도 배출오염물질이 달라지는데 공회전시는 일산화탄소가 가속 할 때와 정속 할 때는

질소산화물이 감속 할 때는 탄화수소가 많이 발생하는 것으로 알려져 있다(14).

Table 5와 Fig. 3은 광주광역시의 자동차 등록현황을 나타낸 것이며, Table 6과 같이 자치단체별 자동차 등록대수의 7년(2001~2007년) 평균 분포는 북구(32.8%) > 서구(23.2%) > 광산구(22.6%) > 남구(14.1%) > 동구(7.3%) 순으로 분포를 나타내고 있으나 2006년 이후에 광산구지역의 대단위아파트 조성으로 인한 인구유입으로 광산구와 서구의 순서가 바뀌었다. 즉 최근 2년(2006년~2007년) 평균을 보면 북구(32.3%) > 광산구(23.7%) > 서구(23.2%) > 남구(13.8%) > 동구(7.0%) 순으로 자동차 등록분포를 나타내고 있다.

2007년 12월말 현재 광주광역시 자동차등록대수는 462,456대로 2001년의 362,995대에 비해 약 27.4% 증가하였다^{7~13)}.

Table 5. The annual variation of motocar registration in Gwangju (unit: vehicle)

Year	Donggu	Seogu	Namgu	Bukgu	GwangSangu	Gwangju		
						Total	No. of increase	Increase rate(%)
2001	28,068	80,179	53,852	125,688	75,208	362,995	26,390	7.8
2002	29,663	91,669	56,665	132,772	84,323	395,092	32,097	8.8
2003	30,398	98,518	57,968	136,567	91,179	414,630	19,538	4.9
2004	31,080	99,989	58,680	137,045	95,595	422,389	7,759	1.9
2005	30,984	102,457	61,072	139,295	102,236	436,044	13,655	3.2
2006	31,683	104,617	62,262	145,013	106,336	449,911	13,867	3.2
2007	32,467	106,883	63,375	150,012	109,719	462,456	12,545	2.8

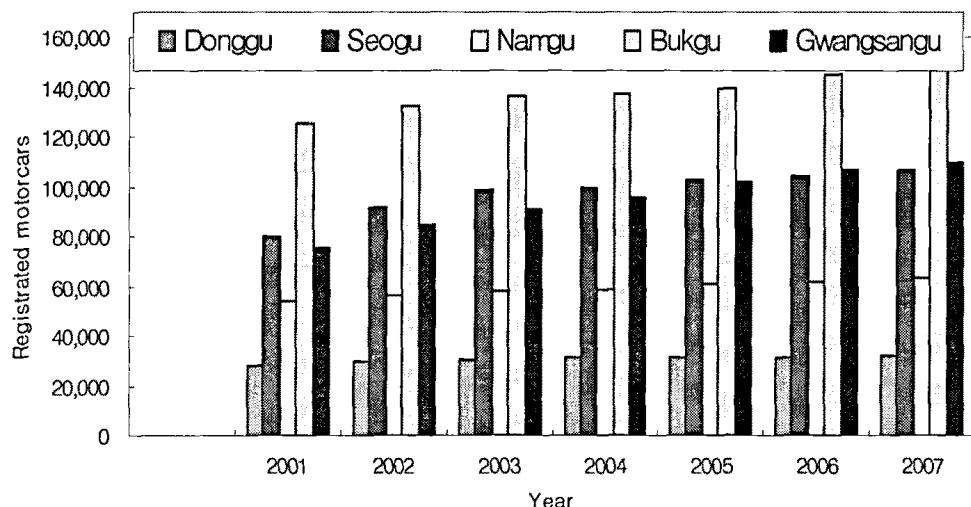


Fig. 3. The annual variation of motorcar registration in district.

Table 6. The variation of population and motocar registration in district.

(unit: capita, vehicle)

Division	Year	Total	Donggu	Seogu	Namgu	Bukgu	GwangSangu
Population	Avg. ('01~'07)	1,406,288	117,003	310,740	216,521	465,498	296,526
	% ('01~'07)	100.0%	8.3%	22.1%	15.4%	33.1%	21.1%
	Avg. ('06~'07)	1,419,711	115,529	309,090	211,170	466,051	317,873
	% ('06~'07)	100.0%	8.1%	21.8%	14.9%	32.8%	22.4%
Motocar	Avg. ('01~'07)	420,502	30,620	97,759	59,125	138,056	94,942
	% ('01~'07)	100.0%	7.3%	23.2%	14.1%	32.8%	22.6%
	Avg. ('06~'07)	456,184	32,075	105,750	62,819	147,513	108,028
	% ('06~'07)	100.0	7.0%	23.2%	13.8%	32.3%	23.7%

Table 7은 연도변화에 따른 차종별 등록현황을 나타낸 것으로 승합차의 경우는 감소하고 승용차는 증가하고 있음을 알 수 있다. Fig. 4는 연도변화에 따른 연료별 자동차등록 변화를 나타내었으며, Table 8은 사용연료에 따른 자동차등록 현황을 나타내었다. 2001년도의 사용연료에 따른 자동차

등록 현황을 살펴보면 휘발유(56.3%) > 경유(30.0%) > LPG(13.4%) > 기타(0.2%) 순에서 2007년에는 휘발유(47.8%) > 경유(35.6%) > LPG(16.2%) > 기타(0.4%) 순으로 순위 변화는 없었으며, 휘발유 차량의 증가는 적고 경유와 LPG 차량의 증가가 두드러졌다.

Table 7. The annual variation of registered motocars in Gwangju (unit: vehicle)

Year	Total	Passenger car	Passenger van	Truck	Special car
2001	362,995	251,847	35,603	74,580	965
2002	395,092	278,386	36,571	79,137	998
2003	41,463	295,525	35,996	82,087	1,022
2004	422,389	304,346	31,143	82,812	1,088
2005	436,044	320,531	30,637	83,758	1,118
2006	449,911	335,481	29,599	83,651	1,180
2007	462,456	348,285	29,374	83,466	1,331

Table 8. The annual variation of registered motocars by using fuel in Gwangju (unit: vehicle)

Year	Total	Gasoline	Diesel	LPG	etc
2001	362,995	204,275	109,076	48,814	830
2002	395,092	214,065	124,360	55,590	1,077
2003	414,630	218,092	136,396	58,847	1,295
2004	422,389	214,652	145,118	61,124	1,495
2005	436,044	216,546	152,818	65,048	1,632
2006	449,911	218,427	159,466	70,262	1,756
2007	462,456	220,945	164,804	74,827	1,880

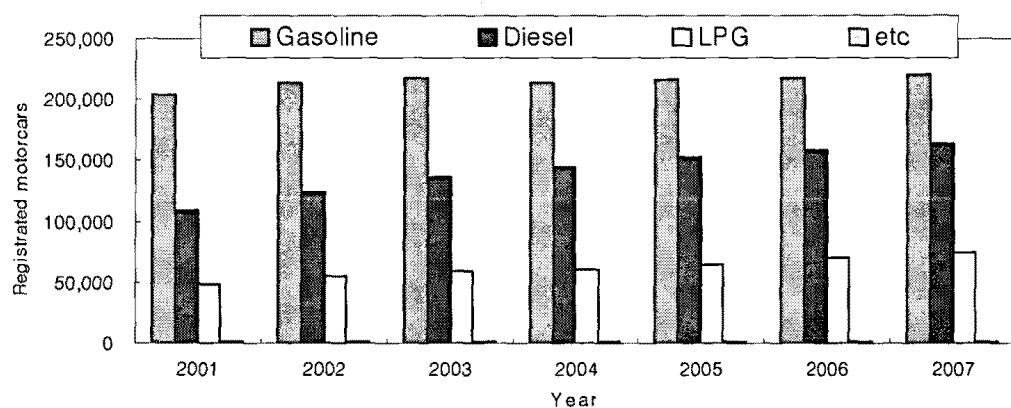


Fig. 4. The distribution of registered motocars by using fuel.

2. 연료사용량

대기 중 오염물질의 배출량은 연료사용량과 무관하지 않다. 인위적으로 발생되는 오염물질의 대부분은 연료의 연소과정에서 발생된다. 연료는 크게 액체, 기체, 고체연료로 구분할 수 있으며 밀도가 높을수록 오염물질 발생량도 많아진다. 도시가스나 LP가스와 같이 오염물질의 발생이 적은 연료를 저공해 또는 청정연료라고 하며, 차세대 연료로 각광받고 있는 수소는 오염물질이 전

혀 배출되지 않는 무공해 연료이다. 대기오염이 심해지면서 오염물질 배출량이 많은 고체연료의 사용량은 감소하고 있는 반면 가스연료의 사용량이 급격히 증가하고 있는 것이 최근의 연료사용 변화 추세이며, Table 9의 광주광역시 에너지 소비현황과 같이 도시가스는 연도변화에 따라 계속적으로 사용량이 증가하고 있으며, 문화수준향상으로 전기사용량 또한 지속적으로 증가함을 알 수 있었다^{7~13)}.

Table 9. The annual variation of consumed energy in Gwangju

Year	Division	Petroleum products(kt)					LP Gas(Ton)			City gas (1000m ³)	Briquet (Ton)	Electric power (Mwh)	
		Subtotal	Gasoline	Kerosine	Boiler Kerosin e	Diesel	B-C	Subtotal	Propane	Butane			
2001		1,004,835	244,703	246,077	32,262	439,907	41,886	147,997	41,116	106,881	304,717	33,005	4,639,098
2002		964,132	246,762	222,824	26,414	432,156	35,976	130,062	41,910	88,152	321,361	32,066	5,090,958
2003		910,502	219,083	188,763	20,924	455,595	26,137	134,117	42,076	92,041	342,051	31,254	5,337,212
2004		867,970	211,130	157,987	13,670	461,528	23,655	135,745	39,844	95,901	364,827	35,711	5,761,793
2005		849,490	216,998	142,044	11,813	448,554	30,081	134,930	41,565	93,365	412,042	46,771	6,205,053
2006		941,363	252,658	118,431	8,275	501,801	60,198	123,691	31,817	91,874	456,083	44,832	6,441,162
2007		986,791	289,777	95,579	13,018	527,511	60,906	126,818	31,689	95,129	452,051	46,885	6,803,618
Avg.		932,155	240,159	167,386	18,054	466,722	39,834	133,337	38,574	94,763	379,019	38,646	5,754,128

3. 대기오염물질 배출량 변화

대기오염물질 배출량은 국가 또는 그 지역의 대기환경정책 수립을 위한 가장 기초적인 자료로서 어떤 종류의 대기오염물질이 어느 지역의 어떤 배출원에서 얼마만큼 배출되는지를 파악하는 것으로서 국립환경과학원에서는 Table 10과 같이 배출원 분류 체계에 따라 국가 대기오염물질배출량을 매년 산정하여 국가 공식 통계자료로 관리하

고 있다

대기오염물질은 크게 가스상 물질과 입자상 물질로 구분되며, 가스상 물질에는 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소 등이 있으며, 입자상 물질에는 먼지 등이 있다. 대기오염물질배출량에서는 다양한 대기오염물질 중 환경기준 항목인 오염물질(황산화물, 질소산화물, 일산화탄소, 먼지) 및 VOC 등에 대한 배출량 자료를 제공하고 있다^{15~17)}.

Table 10. The classified table of air pollutant emission source

No	Classification	개요
1	Combustion in energy production	발전, 지역난방, 석유 정제 등
2	Non industrial combustion	주거, 상업, 농축산 부분의 난방
3	Combustion in manufacturing industry	제조업 배출시설의 연료연소
4	Production process	제조업 생산공정(연료연소 제외)
5	Energy storage & transport	휘발유 공급과정의 VOC 배출
6	Solvent utilization	유기용제 사용에서 기인하는 VOC 배출
7	Road transportation	자동차 및 이륜차에 의한 배출
8	Non-road transportation	철도, 선박, 항공기, 농기계, 건설장비
9	Waste disposal	폐기물 소각 및 매립
10	Nature	식생에 의한 VOC 및 암모니아 배출
11	Agriculture	농경지 비료살포, 가축분뇨처리

광주광역시의 연도별 대기오염물질 배출량 변화를 5개 항목(SOx, NOx, CO, VOC, PM-10)에 대해서 살펴보면 Table 11과 같이, 2002년도에 급격하게 증가하다가 2004년부터는 감소하고 있는 추세이다^{15~18)}.

Table 11. The trends of air pollutant emission in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	SOx	NOx	CO	VOC	PM-10
2001	46,455,375	1,388,829	14,223,909	18,029,495	12,121,057	692,086
2002	56,041,507	1,184,945	17,465,653	22,573,328	13,992,284	825,296
2003	57,199,078	1,129,790	20,594,737	19,360,000	15,272,932	841,618
2004	51,758,687	1,264,848	17,054,312	18,362,831	14,248,401	828,296
2005	46,490,339	1,074,798	15,074,448	16,412,867	13,229,070	699,157

자치구별 대기오염물질 5년(2001~2005년) 평균 배출량의 분포는 Table 12와 같이 북구(31.0%) > 광산구(28.2%) > 서구(20.4%) > 남구(12.5%) > 동구(7.9%) 순이며, 인구, 자동차등록대수, 대기오염배출업

소수 등이 가장 많은 북구의 대기오염물질 배출량이 가장 많았으며, 인구, 자동차, 대기오염배출업소수가 가장 적은 동구의 대기오염물질배출량이 가장 작게 나타났다.

Table 12. The trends of air pollutant emission in distict (unit: Kg)

Year Region	Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	7.9	4,094,875	3,772,954	4,477,905	4,668,653	3,955,517	3,599,346
Seogu	20.4	10,527,411	9,144,867	12,444,877	10,338,571	10,693,083	10,015,658
Namgu	12.5	6,423,022	5,810,830	7,442,438	6,613,435	5,776,097	6,472,308
Bukgu	31.0	15,986,931	15,433,077	17,693,471	17,469,110	16,094,723	13,244,276
Gwangsangu	28.2	14,556,758	12,293,648	13,982,816	18,109,309	15,239,267	13,158,752
Total	100.0	51,588,997	46,455,375	56,041,507	57,199,078	51,758,687	46,490,339

3.1. 황산화물

대부분 연료중의 황(Sulfur) 성분이 연소 시 공기 중 산소와 결합하여 생성된 후 대기 중으로 배출된다. 황성분이 산화하면 먼저 이산화황(SO_2)이 되고 더 산화하면 삼산화황(SO_3)이 되는데, 이를 통틀어 황산화물이라 하고 SOx (SO_2 와 SO_3)로 나타낸다. SO_2 는 공기 중에서 쉽게 SO_3 로 산화하여 황산염이 되거나 수분과 반응하여 미세한 황산(H_2SO_4)방울이 된다. 황산화물은 무색의 강한 자극성 기체로 일정 농도 이상이면 호흡기에 유독하고, 저농도에서도 저항성이 약한 식물에 해를 주어 고사 시킬 수 있다.

황산화물은 질소산화물과 더불어 주로 발전소, 석탄 및 석유의 연소과정 등에서 발생하여 산성비를 내리게 하는 원인 물질이며 벌딩과 금속구조물을 부식시키고 동식물에 해를 끼친다. 산성비는 어느 도시나 공단지역에 한정된 피해를 주지만 대량으로 배출되면 때로는 피해지역이 국경을 넘어 광역으로 확산되기도 한다. 호수, 지표수, 지하수의 산성화는 수생 동식물을 죽이고,

산림과 농토를 황폐화시키기도 한다.

황산화물 저감대책에는 사전적 및 사후적 방법이 있는데, 사전적 대책으로는 저황연료(저황 원유나 석탄) 또는 청정연료(천연가스, LPG) 사용, 석유제품의 탈황(desulfurization) 등이 있고, 사후적 방법으로는 중유나 석탄의 연소에서 발생한 배출가스(flue gas)의 황산화물을 굴뚝으로 배출하기 전에 제거하는 배연탈황법이 있다. 배연탈황은 경제성면에서 대규모시설에만 적용 가능한 한계가 있다¹³⁾.

Table 13에서와 같이 광주광역시 황산화물 배출량은 비산업연소(59.5%) > 제조업 연소(20.4%) > 도로 이동오염원(11.4%) > 비도로 이동오염원(3.8%) > 폐기물처리(3.7%) > 생산공정(1.1%)순으로 나타났다.

Table 14에서와 같이 자치구별 황산화물 5년(2001~2005년) 평균 배출량 분포는 광산구(33.3%) > 북구(28.0%) > 서구(19.3%) > 남구(10.2%) > 동구(9.1%)순으로 나타났다.

Table 13. The trends of SOx emission by source in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	Combustion in energy production	Non industrial combustio n	Combustion in manufacturing industry	Productio n process	Road transporta tion	Non-road transportat ion	Waste disposal
2001	1,388,829	-	776,697	320,856	48,556	151,172	41,947	49,601
2002	1,184,945	-	715,109	213,381	4,694	149,179	47,347	55,235
2003	1,129,790	-	658,450	219,083	5,544	139,950	70,381	36,382
2004	1,264,848	-	636,039	399,568	4,114	142,404	40,199	42,523
2005	1,074,798	-	811,168	81,347	4,245	106,227	29,079	42,732

Table 14. The trends of SOx emission by year in Gwangju (unit: Kg)

Year Region	Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	9.1	110,522	100,246	78,239	129,869	117,493	126,761
Seogu	19.3	233,315	272,796	238,902	205,992	213,168	235,719
Namgu	10.2	123,266	152,232	118,630	107,733	107,298	130,438
Bukgu	28.0	338,914	413,530	391,807	314,443	269,611	305,178
Gwangsangu	33.3	402,625	450,026	357,367	371,753	557,277	276,701
Total	100.0	1,208,642	1,388,829	1,184,945	1,129,790	1,264,848	1,074,798

3.2. 질소산화물

질소산화물은 대부분이 고온연소과정에서 생성되어 대기 중으로 배출되는데, 대부분은 공기 중 질소의 연소에 의하여 생성되지만 일부는 연료 중 질소의 산화로 발생한다. 질소는 다양한 형태의 질소산화물을 생성하는데, 일산화질소(NO), 삼산화이질소(N_2O_3), 이산화질소(NO_2) 등이 주로 생성되는 형태이며, 이중 대부분을 차지하는 NO와 NO_2 를 NO_x 라 한다. NO는 공기 중에서 쉽게 산화하여 NO_2 로 변하고 물에 녹으면 질산(HNO_3)이 되므로 황산화물과 마찬가지로 산성비의 원인 물질이다.

질소산화물은 인체에 유해한데, 직접적으로 인간의 호흡기를 자극하여 염증을 일으

키고 식물에 손상을 주는가 하면, 간접적으로는 광화학스모그 반응에서 핵심적 역할을 한다. 웃음유발가스로 알려진 아산화질소(N_2O)는 마취제로 쓰이고 지구 온난화를 유발하는 온실기체로 알려져 있다¹³⁾.

Table 15에서와 같이 광주광역시 질소산화물 배출량은 도로 이동오염원(59.1%) > 비도로 이동오염원(18.9%) > 비산업연소(13.3%) > 제조업연소(6.9%) > 폐기물처리(1.6%) > 생산공정(0.1%) 순으로 나타났다.

Table 16에서와 같이 자치구별 질소산화물 5년(2001~2005년) 평균 배출량 분포는 북구(30.7%) > 광산구(28.8%) > 서구(20.5%) > 남구(12.2%) > 동구(7.8%) 순으로 나타났다.

Table 15. The trends of NOx emission by source in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	Combustion in energy production	Non industrial combustion	Combustion in manufacturing industry	Production process	Road transport ation	Non-road transportat ion	Waste disposal
2001	14,223,909	-	2165,130	682,334	23,042	8,746,686	2,300,331	306,386
2002	17,465,653	-	2339,421	592,806	-	11,015,975	3,194,962	322,488
2003	20,594,737	-	2216,186	3179,658	-	9,962,795	4,975,799	260,300
2004	17,054,312	-	2171,101	790,238	-	10,919,235	2,931,104	242,634
2005	15,074,448	-	2336,961	557,053	-	9,337,163	2,604,547	238,724

Table 16. The trends of NOx emission by year in Gwangju (unit: Kg)

Year Region	Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	7.8	1,324,151	1,215,298	1,369,182	1,534,389	1,311,746	1,190,142
Seogu	20.5	3,461,844	2,922,843	3,930,561	3,493,927	3,608,405	3,353,486
Namgu	12.2	2,064,408	1,733,680	2,294,601	2,239,163	1,907,640	2,146,954
Bukgu	30.7	5,177,393	4,733,878	5,586,496	5,910,786	5,328,607	4,327,198
Gwangsangu	28.8	4,854,815	3,618,210	4,284,814	7,416,471	4,897,914	4,056,667
Total	100.0	16,882,612	14,223,909	17,465,653	20,594,737	17,054,312	15,074,448

3.3. 일산화탄소

일산화탄소는 주로 연료 중 탄소가 불완전연소 할 때 생성된다. 일산화탄소(CO)는 무색, 무취의 유독한 기체로 사람이 소량만 흡입하여도 중독을 일으키고 자칫하면 목숨을 잃는다. 일산화탄소를 흡입하면 산소(O₂)대신 혈액 중 헤모글로빈(Hb)과 결합하여 CO-Hb를 형성하는데, CO는 산소(O₂)에 비하여 Hb과의 결합능력이 200배 이상으로 커서 헤모글로빈의 산소운반능력을 크게 감소시킨다. 주된 발생원은 주택 난방, 자동차 배기ガ스 등이다. 과거 겨울철에 우리나라 가정에서 많은 중독자와 사망자를 내었

던 연탄가스의 주요 성분이 바로 일산화탄소이다¹³⁾.

Table 17에서와 같이 광주광역시 일산화탄소 배출량은 도로이동오염원(82.0%) > 비산업연소(10.6%) > 비도로 이동오염원(5.4%) > 제조업연소(1.7%) > 폐기물처리(0.3%) 순으로 나타났다

Table 18에서와 같이 자치구별 일산화탄소 5년(2001~2005년) 평균 배출량 분포는 북구(33.0%) > 서구(22.3%) > 광산구(21.3%) > 남구(14.3%) > 동구(9.1%) 순으로 나타났다.

Table 17. The trends of CO emission by source in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	Combustion in energy production	Non industrial combustion	Combustion in manufacturing industry	Production process	Road transportation	Non-road transportation	Waste disposal
2001	18,029,495	-	1,997,303	146,303	-	15,071,545	750,915	63,429
2002	22,573,328	-	1,895,857	115,582	-	19,466,259	1,025,316	70,313
2003	19,360,000	-	1,779,323	1049,543	-	14,945,137	1,538,862	47,135
2004	18,362,831	-	1,902,077	160,974	-	15,314,050	931,696	54,034
2005	16,412,867	-	2,486,717	138,734	-	12,905,097	828,107	54,212

Table 18. The trends of CO emission by year in district (unit: Kg)

Region \ Year	Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	9.1	1,727,434	1,523,364	2,029,434	1,946,186	1,657,799	1,480,385
Seogu	22.3	4,230,874	3,956,689	5,310,585	3,903,043	4,196,770	3,787,283
Namgu	14.3	2,700,646	2,622,432	3,344,748	2,601,246	2,528,977	2,405,827
Bukgu	33.0	6,257,593	6,307,362	7,570,032	6,185,014	5,986,777	5,238,781
Gwangsangu	21.3	4,031,157	3,619,649	4,318,529	4,724,511	3,992,507	3,500,590
Total	100.0	18,947,704	18,029,495	22,573,328	19,360,000	18,362,831	16,412,867

3.4. 휘발성유기화합물(VOC, Volatile Organic Compounds)

오존은 질산화물, VOC, 태양에너지 등에 의하여 2차적으로 발생하는 물질로서 배출원에서 발생하는 물질이 아니며 따라서 배출량 평가 대상물질은 아니지만 대기오염분야에서 중요한 관심 물질이기 때문에 제시하였다.

오존(O_3)은 주로 성층권 공기애 분포하며 (90%), 대류권 공기에는 소량(10%)만 존재하는 것이 일반적인데, 최근 대도시지역을 중심으로 질소산화물과 VOC 배출량이 증가하면서 광화학반응이 활발한 늦봄 및 초여름에 고농도의 오존이 발생하고 있으며, 1시간 평균 오존농도가 0.12 ppm 이상이면 주의보가 내려진다. 오존은 공기 중의 질소산화물과 휘발성 유기화합물이 햇빛을 받아 광화학반응을 통해 발생되는데, 특히 자동차 배기 가스는 NOx, CO 및 탄화수소를 다량 배출하므로 자동차가 많고 일조량이 풍부한 대도시에서 오존 및 PAN(peroxyacetyl nitrate) 등이 생성될 우려가 높다.

오존은 매우 강력한 산화력을 갖고 있어 유기물 부패 시 발생하는 악취물질을 제거하는데 이용되기도 하며, 가정용 공기청정기 중 일부는 오존을 발생시켜 실내공기 중의 냄새를

상당히 줄여준다. 공기청정기의 경우 고농도 오존에 노출되거나 저농도라고 하더라고 장기간 인체노출은 위해할 수 있으므로 적절한 환기가 필요하다. 일반적으로 오존과 PAN 등과 같은 과산화물(oxidants)은 자극성이 있고, 동식물에 손상을 초래한다.⁶⁾

위에 제시된 물질 이외에도 환경에 소량만 존재하여도 독성이 커서 유해대기오염물질로 특별히 관리되고 있는 다양한 대기오염물질이 존재한다. 또한 환경호르몬이라고 불리는 내분비계장애물질인 유기증금속류, 다이옥신류, 살충제, 제초제 등을 비롯하여, 다양한 실내공기오염물질인 담배연기, 석면, 라돈, 포름알데히드, 먼지, 미생물, 각종 화학물질, 보일러 연소가스 등도 존재하고 있다. 특히 최근에는 건축공사에 사용하는 각종 화학물질로 인한 실내공기오염에 의하여 '새집증후군'이 발생하기도 한다.

Table 19에서와 같이 광주광역시 휘발성유기화합물 배출량은 유기용제사용(69.5%) > 도로이동오염원(19.8%) > 에너지수송 및 저장(4.4%) > 비도로 이동오염원(2.8%) > 폐기물처리(2.4%) > 비산업연소(0.5%) > 생산공정(0.4%) > 제조업연소(0.3%) 순으로 나타났다.

Table 20에서와 같이 자치구별 휘발성 유기화합물 5년(2001~2005년) 평균 배출량 분포는 광산구(36.8%) > 북구(28.7%) > 서구(17.8%) > 남구(10.4%) > 동구(6.3%) 순으로 나타났다.

Table 19. The trends of VOC emission by source in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	Combustion in energy production	Non industrial combusti on	Combustion in manufac turing industry	Production process	Energy storage & transport	Solvent utilization	Road transporatati on	Non-road transpora tion	Waste disposal
2001	12,121,057	-	64,924	20,646	40,047	606,173	8,217,661	2,605,039	272,880	293,688
2002	13,992,284	-	70,850	16,824	47,154	616,714	9,001,403	3,481,982	384,262	373,094
2003	15,272,932	-	71,984	142,083	23,880	587,910	10,799,872	2,629,204	592,012	425,987
2004	14,248,401	-	73,303	24,017	17,480	592,375	10,268,479	2,668,887	347,685	256,176
2005	13,229,070	-	78,776	18,655	120,781	610,904	9587,237	2,235,649	307,486	269,580

Table 20. The trends of VOC emission by year in district (unit: Kg)

Region \ Year Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	6.3	867,077	876,761	935,908	980,485	800,010
Seogu	17.8	2,449,976	1,862,769	2,795,950	2,583,723	2,510,611
Namgu	10.4	1,432,186	1,210,244	1,573,438	1,557,106	1,132,731
Bukgu	28.7	3,957,754	3,737,963	3,871,076	4,776,786	4,240,029
Gwangsangu	36.8	5,065,756	4,433,319	4,815,912	5,374,832	5,565,020
Total	100.0	13,772,749	12,121,057	13,992,284	15,272,932	14,248,401
						13,229,070

3.5. 미세먼지

먼지는 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상물질을 말한다. 건강에 미치는 영향은 화학적 조성과 입자의 크기에 따라 다른데, 입자의 크기가 작을수록 폐에 대한 악영향이 증가하는 것으로 알려져 있다. 또한 미세입자는 상대적으로 넓은 흡착 표면적을 제공함으로써 중금속, 잔류성유기 오염물질, 내분비계 장애물질의 이동수단 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 보통 공기 중 입자의 직경은 0.001~500 μm 범위에 펴져 있으나 0.1~10 μm 범위의 입자가 가장 많다. 1 μm 는 1000분의 1 mm 또는 10000A을 의미한다.

대기 중 먼지 농도를 나타내는 통상적인 표현방법으로는 TSP, PM-10, PM-2.5 등이

있다. TSP(total suspended particulate)는 대기 중 부유상태에 있는 총먼지의 양이고, PM-10(Particulate matter, Particles less than 10 micrometers in diameter)은 직경 10 μm 이하인 먼지의 양이며, PM-2.5(Particulate matter, Particles less than 2.5 micrometers in diameter)는 직경이 2.5 μm 이하인 먼지의 양이다. 현재 우리나라 대기 환경기준은 PM-10에 대하여 농도 기준이 제시되어 있으며, 우리인체에 미치는 영향이 상대적으로 큰 PM-2.5는 아직 기준이 마련되어 있지 않으며, 환경기준설정을 위한 용역 중에 있다. 완료되는 시점인 2010년부터 환경기준을 설정하여 시행할 계획이다^{4,19)}.

Table 21에서와 같이 광주광역시 미세먼

지 배출량은 도로이동오염원(76.7%) > 비도로 이동오염원(16.3%) > 비산업연소(6.1%) > 제조업연소(0.7%) > 폐기물처리(0.2%) > 생산공정(0.1%)순으로 나타났다.

Table 22에서와 같이 자치구별 미세먼지

5년(2001~2005년) 평균 배출량 분포는 북구(32.8%) > 광산구(26.0%) > 서구(19.5%) > 남구(13.2%) > 동구(8.5%)순으로 나타났다.

Table 21. The trends of PM-10 emission by source in Gwangju (unit: Kg)

Year	Total	Combustion in energy production	Non industrial combustion	Combustion in manufacturing industry	Production process	Road transportation	Non-road transportation	Waste disposal
2001	692,086	-	40,976	5,722	3,269	547,254	93,389	1,476
2002	825,296	-	48,177	4,711	133	642,463	128,236	1,577
2003	841,618	-	42,654	6,993	70	596,433	194,257	1,211
2004	828,296	-	50,486	6,951	79	654,894	114,693	1,194
2005	699,157	-	53,974	3,313	150	537,975	102,564	1,181

Table 22. The trends of PM-10 emission by year in district (unit: Kg)

Region \ Year	Contribution rate(%)	Average	2001	2002	2003	2004	2005
Donggu	8.5	65,691	57,285	65,143	77,724	68,470	59,835
Seogu	19.5	151,401	129,771	168,880	151,886	164,129	142,342
Namgu	13.2	102,516	92,243	111,022	108,186	99,450	101,681
Bukgu	32.8	255,277	240,344	274,059	282,081	269,698	210,203
Gwangjanggu	26.0	202,405	172,444	206,193	221,743	226,548	185,096
Total	100.0	777,291	692,086	825,296	841,618	828,296	699,157

4. 대기오염농도의 시간대별, 월별, 연도별 변화특성

4.1 아황산가스(SO₂)

광주광역시에서 운영·관리하고 있는 지점인 농성동, 두암동, 송정동, 오선동, 주월동, 충금동의 2001년 1월 1일부터 2007년 12

월 31일까지의 대기오염도 자료를 산술평균하여 시간대별로 정리하였으며, SO₂, NO₂, NO, O₃, CO, PM-10, PM-2.5의 하루 중 시간대별 변화특성을 Fig. 5, Fig. 11에 나타냈다. 각 항목별 오염물질 월별 변화 특성은 Fig. 6, Fig. 12에 나타냈다^{20~25)}.

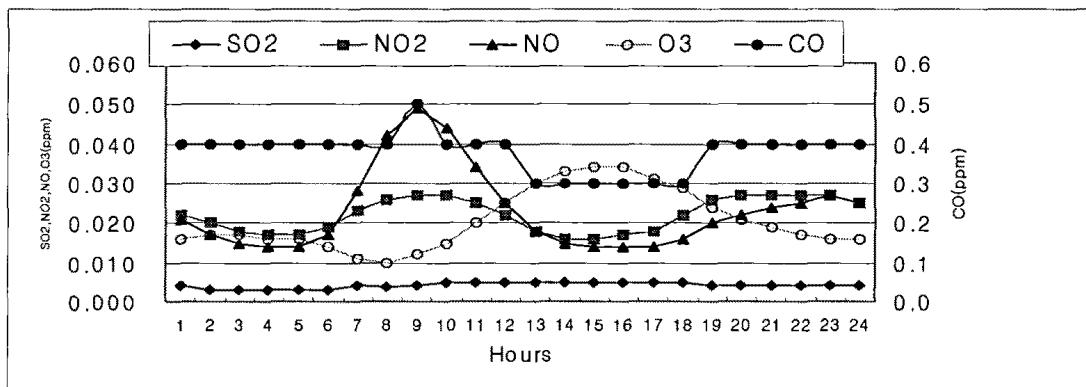


Fig. 5. The variation of air pollution by hour in Gwangju.

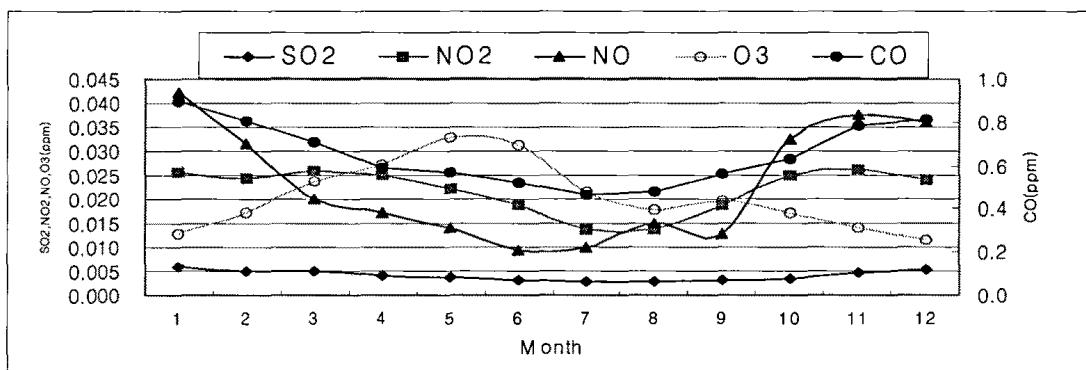
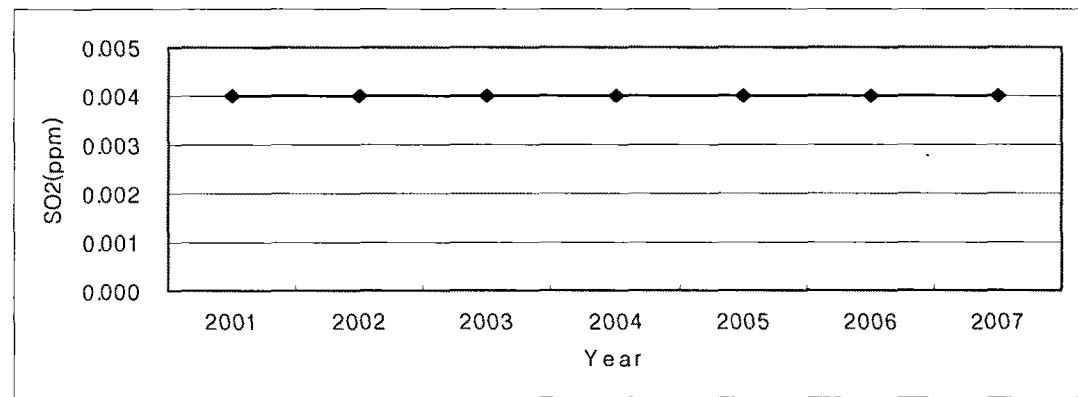


Fig. 6. The variation of air pollution by month in Gwangju.

Fig. 5에서 SO_2 는 시간의 변화에 따른 오염도 변화는 거의 없으며 다른 광역자치단체의 아황산가스(SO_2)농도는 0.006~0.008ppm이다. 우리시의 아황산가스농도를 타 광역자치단체와 비교하면 가장 살기 좋은 지역으로 분류할 수 있으며, Fig. 7에서와 같이 연도에 따

른 농도변화가 없이 0.004ppm으로 일정하며, 안정화 단계에 머무른 것 같다. 이는 연료사용이 점차적으로 고체연료나 액체연료에서 황성분이 적은 저유황의 액체연료나, 기체연료의 사용이 증가됨에 따라 SO_2 의 농도변화율이 크지 않는 것으로 사료된다.

Fig. 7. The variation of SO_2 by year in Gwangju.

4.2. 이산화질소(NO_2)

NO_2 의 농도 변화를 살펴보면 Fig. 5와 같이 오전 10시에 가장 높은 농도를 나타냈으며 오후 18시 이후부터 다시 농도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 자동차나 난방 연료의 연소 과정에서 배출되는 Fig. 5에서와 같이 NO 농도는 출근시간대에 급격하게 증가되는 것을 볼 수 있으며, NO_2 의 시간대

별 변화특성은 NO 가 NO_2 로 변화됨에 따라 출·퇴근시간대보다 조금 늦게 농도가 올라가는 것을 나타내고 있다. Fig. 8과 같이 연도별 이산화질소의 변화를 보면 2001년도에 최고농도인 0.026 ppm에서 점차 감소하는 추세이며, 2007년 현재 0.023 ppm이다. 서울, 부산, 인천 등 다른 광역시(0.022 ~0.038 ppm)보다 아주 깨끗한 편이다.

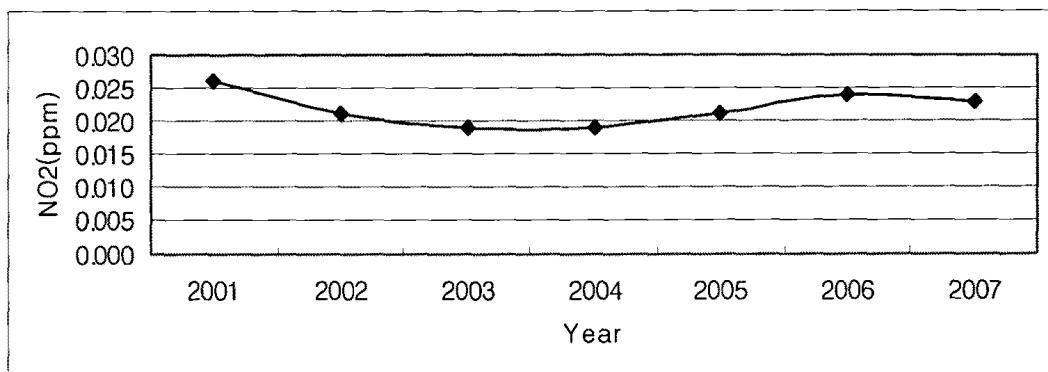


Fig. 8. The variation of NO_2 by year in Gwangju.

4.3. 오존(O_3)

Fig. 5에서와 같이 O_3 의 경우 일사량이 가장 많은 14시에서 16시 사이가 가장 높게 나타났으며 O_3 를 생성하는 가장 큰 원인은 자동차 증가로 인해 질소산화물과 탄화수소 계통의 오염물질이 증가되어 O_3 의 농도가 증가되고 있는 것으로 사료된다. 질소산화물은 하루 중 9~10시에 최고농도가 되며, 오

존은 하루 중 13시 이후에 최고농도로 나타나는 것으로 보아 다른 복잡한 어떤 발생요인이 있겠지만 단순 평가 시 질소산화물과 반응시간은 4~5시간 소요되는 것으로 판단된다. Fig. 9와 같이 연도별 오존의 변화를 보면 2002년에 감소하였다가 2004년 이후에 0.021~0.022 ppm을 나타내고 있다.

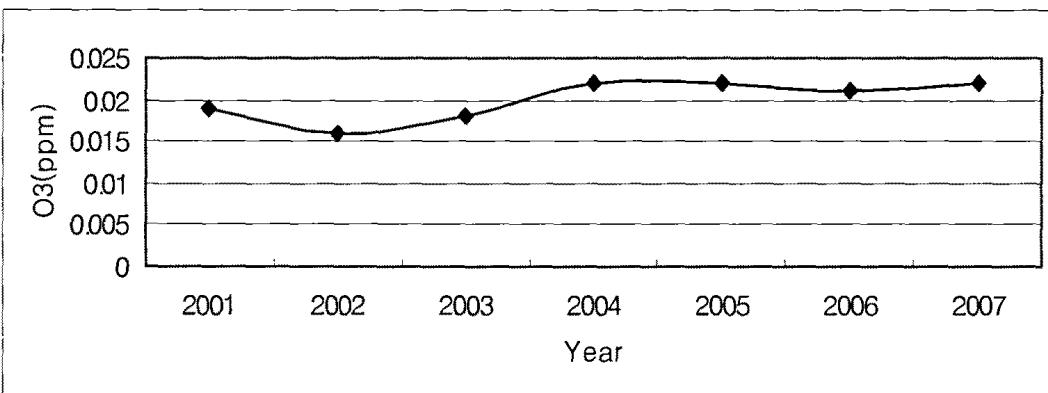


Fig. 9. The variation of O_3 by year in Gwangju.

4.4. 일산화탄소(CO)

CO의 변화특성을 살펴보면 Fig. 10과 같이 2001년에 최고농도인 0.7 ppm을 나타내다가 점차 감소하여 2007년 현재 0.6 ppm을 나타내고 있다.

Fig. 5와 같이 출근시간대인 8시에서 10시 사이, 18시에 급격한 변화 있었다. 이는

출근시간과 퇴근시간대에 자동차로 인한 영향과 난방을 위한 연료의 연소과정에서 배출되는 것으로 사료된다. 또한 하루 중 13시에서 18시 사이가 가장 낮은 농도를 나타내고 있는 것은 이 시간에 난방 사용이 적음에 따라 연소배출가스감소와 자동차 통행량의 감소에 따른 것으로 사료된다.

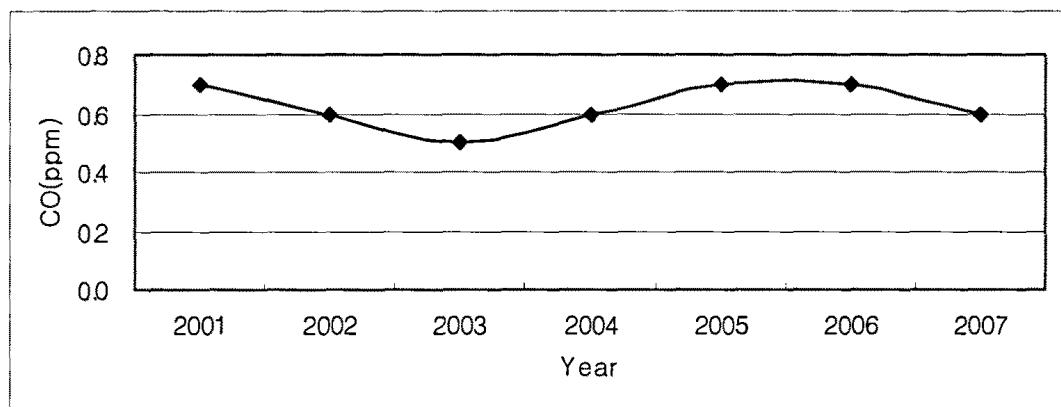


Fig. 10. The variation of CO by year in Gwangju.

4.6. 먼지(PM-10, PM-2.5)

Fig. 11에서와 같이 시간대별로 평가한 결과 오전 시간대인 10시, 11시에 최고농도로 나타났고, 11시 이후에 점차 감소하다가 15시에 최저농도를 나타냈으며, 다시 18시 이후에 점차적으로 증가하였으나, 변화의 폭은 아주 크지 않았다. 이는 출퇴근으로 인한 자동차 배출가스에 의한 영향으로 사료된다.

Fig. 12에서와 같이 PM-10과 PM-2.5의 관계를 보면 황사발생이 많은 3월, 4월은 PM-10과 PM-2.5의 차가 크게 나타났다.

Fig. 13에서와 같이 PM-10의 경우 2001년도에 최고치인 $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 점차 감소하다가 2004년도에 증가현상을 보이고 있으며, 2007년 현재 $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 특히 2003년도의 경우 황사 발생일수가 적었을 뿐만 아니라 황사발생 시 미세먼지농도

가 다른 년도에 비해 아주 작게 나타났고 경유시내버스를 대기오염물질 발생량이 비교적 적은 천연가스버스로 교체하는 등 여러 가지 노력의 결과로 여겨진다. PM-2.5는 2005년도에 주월동에 최초로 설치하여 측정하고 있으며, PM-10과 PM-2.5간의 분포를 보면 Table 23에 나타낸 것과 같이 PM-10의 49.1~61.2 %가 PM-2.5로 나타났다.

Table 24에 나타낸 것과 같이 먼지 중 PM-2.5는 3월~4월에 PM-10의 45.4%~44.5%로 가장 낮게 차지하고 있으며 이는 중국에서 넘어오는 황사의 입자가 $2.5\mu\text{m}$ 보다 큰 입자가 더 많이 넘어온다고 할 수 있다. 가장 높게 차지하는 시기는 7월~8월, 12월~1월로 나타났다. 이 결과로 볼 때 먼지 중에 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 입자가 7월~8월 12월~1월에 많이 존재한다는 것을 알 수 있다.

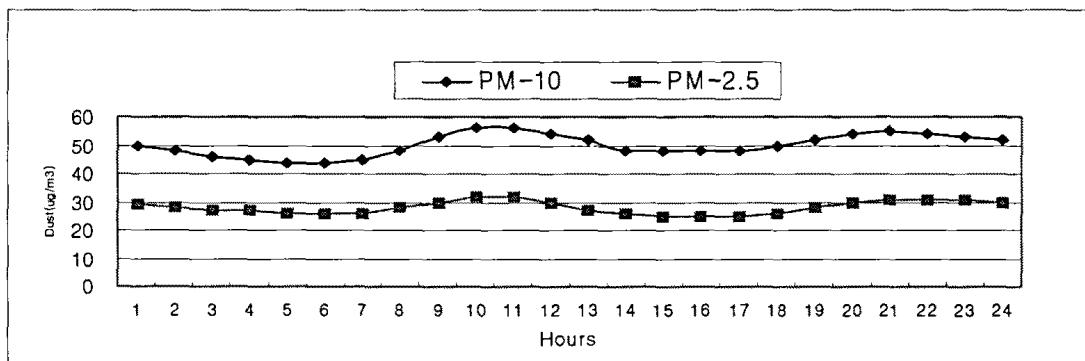


Fig. 11. The variation of particulate(PM-10, PM-2.5) by hour in Gwangju.

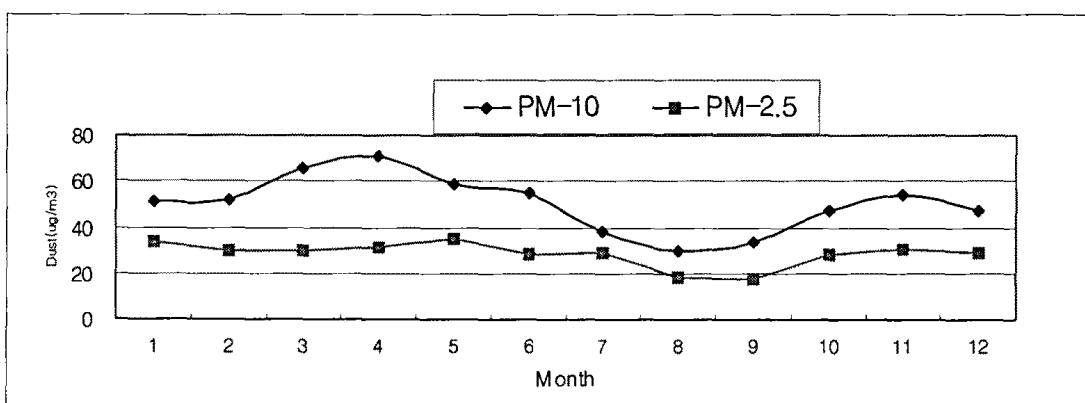


Fig. 12. The variation of particulate(PM-10, PM-2.5) in each month in Gwangju.

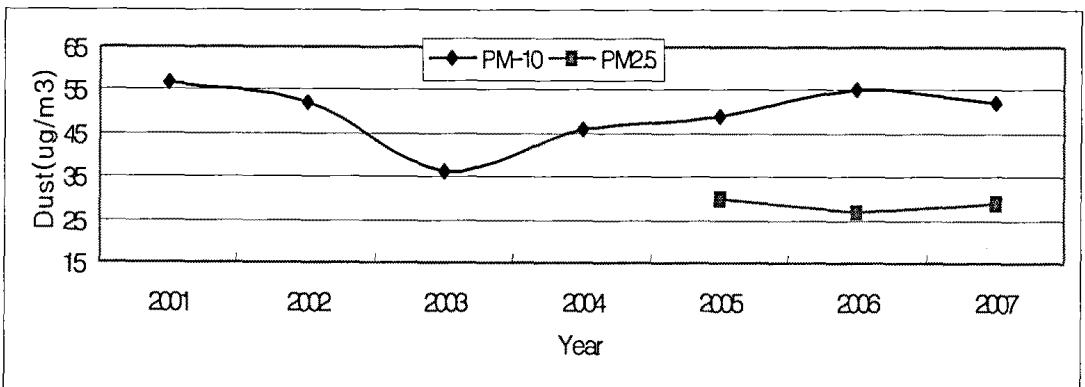


Fig. 13. The variation of particulate(PM-10, PM-2.5) by year in Gwangju.

Table 23. The variation of particulate by year in Gwangju

Particulate	Year	2005	2006	2007
PM-10		49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM-2.5		30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(PM-2.5/PM-10)		61.2 %	49.1 %	56.9 %

Table 24. The variation of particulate by month in Gwangju (unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Particulate	Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM-10		51	52	66	71	58	55	38	30	34	47	54	47
PM-2.5		33	30	30	31	35	28	29	18	18	28	30	29
(PM-2.5 /PM-10)		65.7	57.3	45.4	44.5	59.7	51.7	75.8	59.9	53.1	59.2	56.4	62.1%
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	

IV. 결 론

광주광역시에서 운영관리 중인 도시대기 측정망에서 측정된 2001년 1월부터 2007년 12월까지 7년간 대기오염자료와 광주광역시의 주요통계자료 및 국립환경과학원에서 국가 대기오염물질배출량을 매년 산정하여 국가 공식통계자료로 관리하고 있는 광주광역시 자료(2001~2005년)를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대기배출업소의 관리주체별 분포는 광주광역시청(67.8%) > 광산구청(13.6%) > 북구청(9.8%) > 서구청(5.5%) > 남구청(3.0%) > 동구청(0.3%)순이며, 대기배출업소의 지역별 분포는 북구지역(32.8%) > 광산구지역(22.4%) > 서구지역(21.8%) > 남구지역(14.9%) > 동구지역(8.1%)순이며, 종에 따른 분포(2004~2007년 평균)는 5종(45.2%) > 4종(40.7%) > 3종(8.6%) > 2종(3.2%) > 1종(2.2%)순으로 규모가 작은 시설인 4종, 5종 사업장이 아주 많이 있다.

2. 자동차등록대수의 지역별 분포는 북구지역(32.8%) > 광산구지역(22.4%) > 서구지역(21.8%) > 남구지역(14.9%) > 동구지역(8.1%) 순이며, 자동차의 사용연료에 따른 2001년도의 사용연료에 따른 분포는 휘발유(56.3%) > 경유(30.0%) > LPG(13.4%) > 기타(0.2%) 순에서 2007년 휘발유(47.8%) > 경유(35.6%) > LPG(16.2%) > 기타(0.4%) 순으로 순위 변화는 없었으며, 휘발유 차량의 증가는 적고 경유와 LPG 차량의 증가가 두드러졌다.

3. 광주광역시 대기오염물질 배출량의 항목별 분포는 CO(36.7%) > NOx(32.7%) > VOC(26.7%) > SOx(2.3%) > PM-10(1.5%) 순으로 자동차에서 주로 발생하는 CO와 NOx 물질이 차지하는 비율이 아주 높게 나타났다.

4. 자치구별 대기오염물질 배출량(SOx, NOx, CO, VOC, PM-10)의 5년(2001~2005년) 평균의 지역별 분포는 북구지역(31.0%) > 광산구지역(28.2%) > 서구지역(20.4%) > 남구지역(12.5%) > 동구지

역(7.9%)순이며, 인구, 자동차등록대수 및 대기오염배출업소 수 등이 가장 많은 북구의 대기오염물질 배출량이 가장 많았으며, 인구, 자동차 및 대기오염배출업소수가 가장 적은 동구의 대기오염물질배출량이 가장 작게 나타났다.

5. 광주광역시 황산화물 5년(2001~2005년) 평균 배출량은 비산업연소(59.5%) > 제조업 연소(20.4%) > 도로이동오염원(11.4%) > 비도로 이동오염원(3.8%) > 폐기물처리(3.7%) > 생산공정(1.1%)순으로 나타났으며, 자치구별 황산화물 배출량 분포는 광산구(33.3%) > 북구(28.0%) > 서구(19.5%) > 남구(10.2%) > 동구(9.1%)순으로 나타났다.

6. 광주광역시 질소산화물 배출량은 도로 이동오염원(59.1%) > 비도로 이동오염원(18.9%) >비산업연소(13.3%) > 제조업연소(6.9%) > 폐기물처리(1.6%) > 생산공정(0.1%) 순으로 나타으며, 자치구별 질소산화물 배출량 분포는 북구(30.7%) > 광산구(28.8%) > 서구(20.5%) > 남구(12.2%) > 동구(7.8%)순으로 나타났다.

7. 광주광역시 일산화탄소 배출량은 도로 이동오염원(82.0%) > 비산업연소(10.6%) > 비도로 이동오염원(5.4%) > 제조업연소(1.7%) > 폐기물처리(0.3%) 순으로 나타났으며, 자치구별 일산화탄소 배출량 분포는 북구(33.0%) > 서구(22.3%) > 광산구(21.3%) > 남구(14.3%) > 동구(9.1%)순으로 나타났다.

8. 광주광역시 휘발성유기화합물 배출량은 유기용제사용(69.5%) > 도로 이동오염원(19.8%) > 에너지수송 및 저장(4.4%) > 비도로 이동오염원(2.8%) > 폐기물처리(2.4%) > 비산업연소(0.5%) > 생산공정(0.4%) > 제조업연소(0.3%) 순으로 나타났으며, 자치구별 휘발성 유기화합물 배출량 분포는 광산구(36.8%) > 북구(28.7%) > 서구(17.8%) > 남구(10.4%) > 동구(6.3%)순으로 나타났다.

9. 광주광역시 미세먼지 배출량은 도로 이동

오염원(76.7%) > 비도로 이동오염원(16.3%) > 비산업연소(6.1%) > 제조업연소(0.7%) > 폐기물처리(0.2%) > 생산공정(0.1%)순으로 나타났으며, 자치구별 미세먼지 배출량 분포는 북구(32.8%) > 광산구(26.0%) > 서구(19.5%) > 남구(13.2%) > 동구(8.5%)순으로 나타났다.

10. 각 항목별 주 배출원은 황산화물의 경우 주거, 상업, 농축산 부분의 난방인 비산업연소시설이며, 질소산화물, 일산화탄소 및 미세먼지는 자동차 및 이륜차에 의한 배출인 도로이동오염원이었고, VOC는 유기용제사용에서 기인하는 유기용제 배출시설로 나타났다.

11. 2001년 이후 현재까지의 아황산가스농도는 0.004ppm으로 연도변화에 따른 농도변화가 없으며, 이는 연료사용이 점차적으로 고체연료나 액체연료에서 황성분이 적은 저유황의 액체연료나, 기체연료의 사용이 증가됨에 따라 농도 변화 거의 없이 일정하게 나타났으며, 안정화 단계에 이른 것으로 사료된다.

12. NO와 NO₂의 시간대별 변화는 6시에서 13시까지는 NO가 NO₂보다 높게 나타났으며, 다른 시간대에는 NO₂가 높게 나타났다. 질소산화물(NO, NO₂)은 출퇴근시간대에 비교적 높게 나타났는데 이는 우리시 질소산화물 배출량의 59.1%를 차지하는 도로이동오염원에서 보듯이 자동차 운행과 가장 밀접한 관계를 갖고 있음을 알 수 있다.

13. PM-10과 PM-2.5간의 관계는 PM-10의 49.1~61.2%가 PM-2.5로 나타났고, 먼지 중 PM-2.5는 3월~4월에 PM-10의 45.4%~44.5%로 가장 낮게 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 중국에서 넘어오는 황사의 입자가 2.5 μm 보다 큰 입자가 더 많이 넘어온다고 할 수 있다. 가장 높게 차지하는 시기는 7월~8월, 12월~1월로 나타났다. 이 결과로 볼 때 먼지 중에 2.5 μm 이하의 입자가

7월~8월, 12월~1월에 많이 존재한다는 것을 알 수 있으며, 우리시 미세먼지 배출량의 76.7%가 도로이동오염원으로 나타났다.

참고문헌

1. 홍성희 외 5인, 대구지역 대기질 특성 및 영향인자, pp.1~2, 2003.
2. 유은철 외 1인, GIS를 이용한 부산지역 공간구조와 대기질 변화에 관한 연구 (I): 배출량분포, pp.318~319, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 2003.
3. 이관희 외 7인, 2006년 충남지역 대기 질평가보고서, pp.5~12, 2007.
4. 환경부, 환경정책기본법 별표1. 환경기준.
5. 김대곤 외 9인, 수도권 대기오염물질 배출량 변화 추이 분석(1999년~2003년), pp.85~86, 한국대기환경학회 추계학술대회논문집, 2005.
6. 대기오염물질배출량(<http://airemiss.nier.go.kr/>), 대기오염물질 배출원 분류
7. 광주광역시, 2002 시정주요통계(제16호), pp.39~152, 2002.
8. 광주광역시, 2003 시정주요통계(제17호), pp.39~152, 2003.
9. 광주광역시, 2004 시정주요통계(제18호), pp.39~152, 2004.
10. 광주광역시, 2005 시정주요통계(제19호), pp. 39~154, 2005.
11. 광주광역시, 2006 시정주요통계(제20호), pp. 39~158, 2006.
12. 광주광역시, 2007 시정주요통계(제21호), pp. 43~160, 2007.
13. 광주광역시청(<http://www.gwangju.go.kr/gjcity>), 주요통계.
14. 경기도보건환경연구원, '99 경기도 대기오염현황, pp.19, 2000.
15. 국립환경과학원, 국가대기오염물질 배출량(1999~2003년), pp.109~127, 2005.
16. 국립환경과학원, 대기오염물질 배출량 2004, pp.147~149, 2006.
17. 국립환경과학원, 대기오염물질 배출량 2005, pp.129~131, 2007.
18. 자연을 사랑하는 사람들의 모임, 광주 지역 대기질의 효율적인 관리방안, pp.30~65, 2000.
19. 김현구 외 2인, 전국 시도별 비산먼지 배출량 산정(2001년도), pp.263~276, 한국대기환경학회 제20권 제2호, 2004.
20. 환경부, 대기환경연보(2001), pp.109~148, 2002.
21. 환경부, 대기환경연보(2002), pp.119~163, 2003.
22. 환경부, 대기환경연보(2003), pp.117~161, 2004.
23. 환경부, 대기환경연보(2004), pp. 149~193, 2005.
24. 환경부, 대기환경연보(2005), pp.201~249, 2006.
25. 환경부, 대기환경연보(2006), pp.207~254, 2007.