

부산지역 지역별 대기질 조사

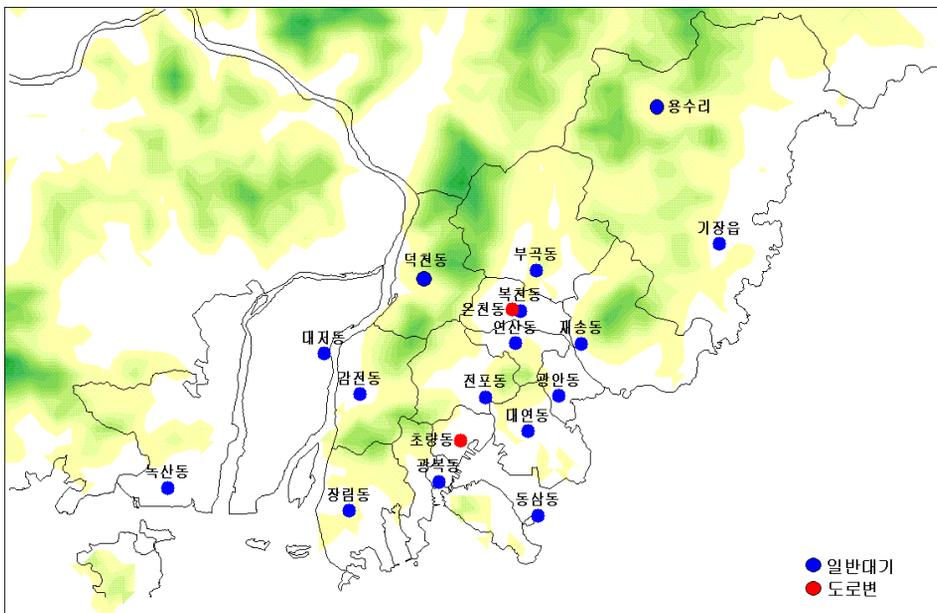
대기보전과 : 이소림

과 장 : 지기원

부산지역의 대기질 실태과악 및 증감에 대한 원인규명을 통하여 대기질 개선대책 수립에 필요한 기초 자료 확보

□ 조사개요

- 조사근거 : 『대기환경보전법』 제3조(상시측정)
- 조사기간 : 2004년 1월 1일 ~ 12월 31일(매시간 자료)
- 조사지점 : 부산지역소재 지역대기 및 도로변 측정망
 - ▷ 지역대기측정망 : 총 15개소(부산시 14개소, 낙동강유역환경관리청 1개소)
 - ▷ 도로변 측정망 : 총 2개소(부산시 2개소)
 - ▷ 시정장애측정망 : 총 1개소(부산시 1개소)
- 조사항목 : SO₂, NO₂, O₃, CO, PM10, 기상, (일부지점만 측정 PM2.5, 시정)



<측정소 위치도>

<우리 시 대기측정망 설치현황>

| 측정망 | 운영주체 | 측 정 소 | 위 치 | 용도 |
|-------------|------|-------|-----------------------|----|
| 지역대기 측정망 | 부산시 | 대 저 동 | 강서구 대저2동 강서보건소 옥상 | 녹지 |
| | | 동 삼 동 | 영도구 동삼동 해양대학내 구과고관측소 | 녹지 |
| | | 기 장 읍 | 기장군 기장읍 기장초등학교 옥상 | 주거 |
| | | 부 곡 동 | 금정구 부곡2동 사무소 옥상 | 주거 |
| | | 대 연 동 | 남구 대연동 부산공고 옥상 | 주거 |
| | | 연 산 동 | 연제구 연산5동 연제초등학교 옥상 | 주거 |
| | | 재 송 동 | 해운대구 재송1동사무소 옥상 | 주거 |
| | | 광 안 동 | 수영구 광안4동 보건환경연구원 3층 | 주거 |
| | | 광 복 동 | 중구 광복동사무소 옥상 | 상업 |
| | | 전 포 동 | 진구 전포동 경남공고 옥상 | 상업 |
| | | 북 천 동 | 동래구 북천동 동래구청 신관 옥상 | 주거 |
| | | 감 전 동 | 사상구 감전1동사무소 옥상 | 공업 |
| | | 장 립 동 | 사하구 장림1동 사무소 옥상 | 공업 |
| | | 녹 산 동 | 강서구 송정동 녹산공단(삼성전기 옥상) | 공업 |
| | | 용 수 리 | 기장군 정관면 용수리 정관면사무소 옥상 | 주거 |
| | 환경부 | 덕 천 동 | 북구 덕천동 낙동강유역환경관리청 | 주거 |
| 도로변 측정망 | 부산시 | 온 천 동 | 동래구 동래지하철역 앞 | 주거 |
| | 부산시 | 초 량 동 | 동구 초량동 율홍신장군 동상 | 주거 |
| 시정장애 | 부산시 | 연 산 동 | 연제구 연산5동 연제초등학교 옥상 | 주거 |
| DOAS | 부산시 | 연 산 동 | 상 동 | 주거 |

- ※ 2003년에 측정소 위치 이전(대연동:대연초교→부산공고, 범천동→전포동, 신평동→장림동)
- ※ 2004년 측정소 위치 이전(장림동:사하여성회관→장림1동사무소)
- ※ 2004년 노후장비 교체(장림동, 감전동) 및 신설(기장군 용수리 : '04.10.12부터 정상가동)

○ 조사방법

- ▷ 각 측정소에서 측정되는 5분 자료를 이용 1시간 평균자료를 생성하고, 1시간 평균자료를 이용 일평균, 월평균, 연평균값을 계산함.(이때 유효측정값의 처리비율을 75%이상으로 하여 신뢰성을 제고함)
- ▷ '04년 10월에 신설된 용수리 측정소의 경우 계절별, 월별평균값에서 제외하였음.
- ▷ 연산동에 설치된 VOCs 측정을 위한 DOAS 방식 측정기는 금년 잦은 고장 및 측정값 불안정에 의한 유효자료 연속성 및 신뢰도 저하로 제외하였음.

□ 조사결과

○ 지역대기측정망 대기질 평가

▷ 종합평가

- 주요 5개 측정항목에 대한 분석결과, 2003년에 비하여 NO₂, CO는 감소, SO₂, O₃, PM10은 증가하였음.
- 대기환경기준 5개항목 연간 총 534,259회중 SO₂, NO₂, O₃, PM10 4개항목에 대해 330회(전체대비0.06%)초과로 전년 대비 총횟수 증가
 - SO₂ 및 NO₂ 1시간기준, O₃ 8시간기준, PM10 24시간기준 횟수 증가
 - SO₂ 총 127,031회 중 10회(전체대비 0.008%)
 - NO₂ 총 126,923회 중 1회(전체대비 0.0008%)
 - O₃ 총 5,208회 중 245회(전체대비 4.7%)
 - PM10 총 5,406회 중 48회(전체대비 0.89%)
 - NO₂ 24시간 기준, O₃ 8시간 기준 횟수 감소
 - NO₂ 발생내역 없음
 - O₃ 총 127,104회 중 26회(전체대비 0.02%)
- 연간 환경기준 달성현황
 - 100%달성 : SO₂ 24시간기준, NO₂ 1, 24시간기준, O₃ 1시간기준, CO 1, 8시간기준
 - 부분달성 : SO₂ 1시간기준(15개소 93.7%), O₃ 8시간기준(2개소 12.5%), PM10 24시간기준(11개소 68.8%)
- 오존경보제의 운영(5.10~9.30) 결과 오존주의보 발령은 총 2일 3회(Ⅱ,Ⅲ,Ⅴ 권역 각 1회)발생(전국 156회)
- 서울시 및 4대 광역시(대구, 인천, 대전, 울산시)와 비교 해 본 결과 부산지역 O₃의 농도가 타시도에 비하여 상대적으로 높았음.
- 계절별 농도추이는 SO₂와 NO₂경우 연료사용량이 많은 겨울철에 최대농도를 나타냈으며, O₃ 및 PM10은 봄철의 농도가 높게 나타남.
- 항목별 월별 추이는 SO₂ 경우 매우 균일한 농도분포를 보였으며, NO₂는 난방연료 사용이 적은 7~9월이 상대적으로 낮은 농도값을 나타내었고 그 외는 다소 균일한 농도값 이었다.
- O₃는 3~5월 가장 큰 피크를, 9~10월에 적은 피크를, 7월에 가장 낮은 농도분포를 보였고 CO는 1,11,12월에, PM10은 황사현상이 발생하는 3월~5월에 가장 큰 피크를, 난방연료 사용량이 증가하는 11월에 작은 피크를 보였음.

- 5개 대기오염물질의 시간 평균농도의 구간별 발생빈도 분포는 SO₂는 0~0.01ppm, NO₂는 0.01~0.02ppm, 0.02~0.03ppm, O₃는 0~0.01ppm, CO는 0.5~1.0ppm, PM10은 0~50ppm 구간에서 최대 발생빈도를 나타내었음.

▷ 년도별 대기질 추이

- 부산지역 15개 대기자동측정소의 주요 5개 측정항목(SO₂, NO₂, O₃, CO, PM10)에 대한 분석결과, 부산지역 전체 연평균은 2003년에 비하여 NO₂와 CO는 감소하였으며, SO₂, O₃, PM10은 증가한 것으로 나타났다.
- SO₂의 경우 국가 연료규제 정책에 힘입어 '90년대부터 현재까지 꾸준한 감소추세를 보였으나 전년에 비해 금년은 다소 증가를 보였다. NO₂는 '91년 이후 지속적인 증가를 보이다 '97년 이후 감소와 증가를 반복하며 뚜렷한 추세를 보이지 않았으며, O₃는 '94 이후 증가추세를 보이다 '98년을 기점으로 20ppb대의 다소 안정된 농도 분포를 나타내고 있다. 특히 황사와 강우에 영향을 많이 받는 PM10은 황사를 배제한 농도의 경우 2000년 이후 거의 일정한 농도값을 보이다 금년은 전년에 비해 다소 증가를 보였으나, 강우량(2328.0mm→1386mm)감소를 감안할 때 전년에 비해 큰 변화는 없었다. 황사발생일을 포함한 전체농도 추세는 황사일수와 강도에 따른 동일한 경향을 보여 농도저감 정책의 실질적인 광역추진의 필요성을 의미하고 있다.

<대기환경기준 항목 연평균농도 현황>

| | SO ₂ (ppm) | NO ₂ (ppm) | O ₃ (ppm) | CO(ppm) | PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ()황사제외 |
|----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------|--|
| 1991 | 0.038 | 0.023 | 0.014 | 1.5 | |
| 1992 | 0.033 | 0.023 | 0.014 | 1.1 | |
| 1993 | 0.028 | 0.025 | 0.014 | 1.3 | |
| 1994 | 0.023 | 0.024 | 0.014 | 1.6 | |
| 1995 | 0.023 | 0.027 | 0.016 | 1.0 | 73 |
| 1996 | 0.022 | 0.031 | 0.020 | 1.2 | 76 |
| 1997 | 0.018 | 0.028 | 0.019 | 1.0 | 68 |
| 1998 | 0.015 | 0.024 | 0.022 | 1.0 | 67 |
| 1999 | 0.014 | 0.019 | 0.022 | 1.1 | 65 |
| 2000 | 0.010 | 0.024 | 0.022 | 0.9 | 62(58) |
| 2001 | 0.008 | 0.027 | 0.025 | 0.7 | 59(54) |
| 2002 | 0.006 | 0.028 | 0.024 | 0.7 | 69(58) |
| 2003 | 0.006 | 0.026 | 0.023 | 0.6 | 55(55) |
| 2004 | 0.007 | 0.024 | 0.024 | 0.5 | 60(58) |
| 연평균환경기준 (시환경기준) | 0.02 (0.02) | 0.05 (0.05) | - | - | 70 (65) |

<황사발생 내역>

| 년 | 월 | 발생횟수(일수) | 발생일자(지속일) | PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)평균농도 | | |
|-------|-------------|----------|------------|---|------------------|---------------|
| | | | | 황사일 | 2004년 평균 황사제외 | 2004년 전체평균 |
| 2004년 | 3월, 4월 | 2 | 3/11, 4/23 | 140(2일) | 58 | 60 |
| 2003년 | '황사발생내역 없음' | | | - | 55 | 55 |

- 측정소별로는 SO₂ 경우 상업지역인 광복동과 공업지역(장림·감전·녹산동)이 타 지점에 비해 높게 나타났으며, 녹지지역인 동삼동이 타지점 비교 다소 높은 농도값을 보여 선박 운행의 영향을 받는 항구도시 부산의 지역적인 특성을 나타냈다. NO₂는 화물차 등 자동차 배가스의 영향이 높은 상업지역 (광복·전포동)과 공업지역(장림·감전)이 상대적으로 높은 농도분포를 보였으며, O₃은 동삼·녹산동, CO는 장림·감전동, PM10은 장림·대저동의 연평균값이 타 지점에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타냈다.
- 전년대비 14개 측정소별 연평균값은 SO₂는 광복·덕천·대저동에서 동일값, 그외 전지점에서 증가하였고, NO₂는 동삼·기장·부곡을 제외한 전지점이 감소하거나 동일한 값으로 나타났다. O₃는 증가한 지점이 많았으며(9개 지점), CO는 일부지점이 증감의 현상을 보였으나 대부분지점이 동일값으로 일정한 패턴을 보였다. PM10은 전지점에서 증가한 것으로 나타났다.

▷ 대기환경기준 초과 및 환경기준 달성현황

- 대기환경기준 초과현황
 - 전년대비 기준초과현황을 보면, 대기환경기준 5개항목 연간 총 534,259¹⁾회 중 SO₂, NO₂, O₃, PM10 4개항목에 대하여 330회(전체대비0.06%) 대기환경기준을 초과하였다.
 - 기준초과 횟수는 SO₂가 1시간기준을 총 127,031회 중 10회(전체대비0.008%), NO₂가 1시간기준을 총 126,923회 중 1회(전체대비 0.0008%) 초과하여 전년 미발생이었던 단기(1시간)기준 초과 사례가 있었고, 24시간기준 초과는 미발생으로 전년대비 감소를 보였다.

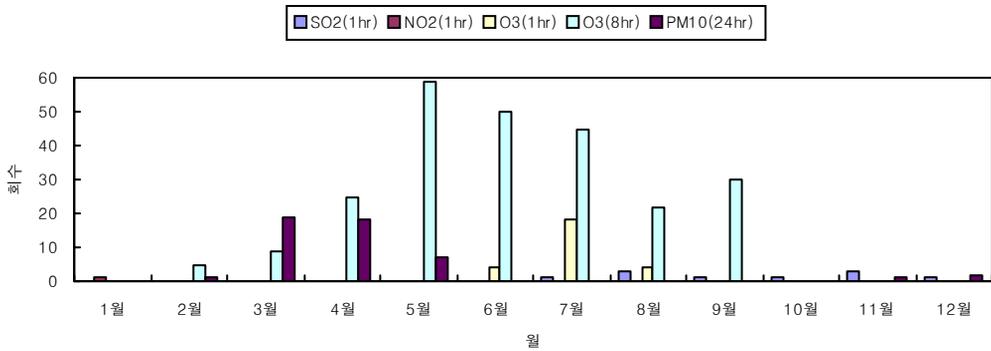
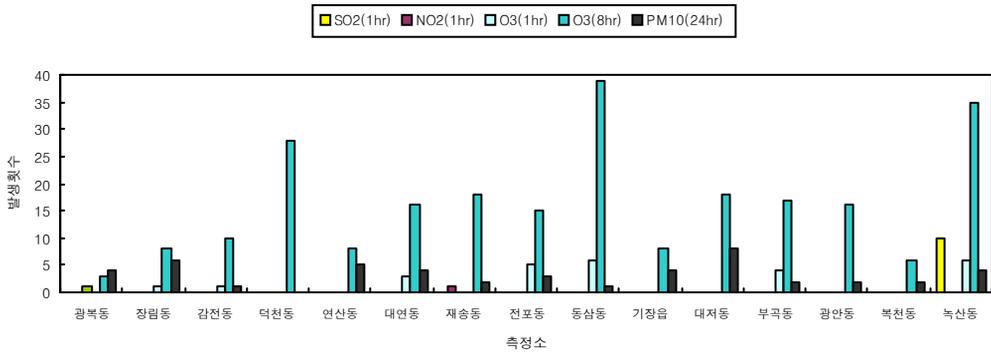
1) 측정소별 유효자료수 (환경기준 5개항목의 각 가동률×가동일수× 《24(1시간기준일시)+1(8시간기준일시)+1(24시간기준일시)》의 합

- O₃는 1시간기준을 총 127,104회 중 26회(전체대비 0.02%), 8시간 기준을 총5,208 회중 245회(전체대비 4.70%)의 초과를 보여 전년대비 단기(1시간)기준 초과횟수는 감소하였으며, 8시간기준은 증가를 보였다.
- PM10은 24시간기준을 총 5,406회중 48회(전체대비 0.89%) 초과하여 전년대비 증가를 보였다. PM10의 경우 금년 봄철에 발생한 황사가 미세먼지 초과(전체초과 중 92%)에 영향을 주었으며, 황사일을 배제한 미세먼지 농도는 거의 일정한 값을 보였다.

<전년대비 기준초과현황>

| 년도 | 항목 | 계 | SO ₂ (ppm) | | NO ₂ (ppm) | | O ₃ (ppm) | | PM10(μg/m ³) 150이하 |
|----|-------------|---------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------|
| | | | 1시간 (0.15이하) | 24시간 (0.15이하) | 1시간 (0.15이하) | 24시간 (0.08이하) | 1시간 (0.1이하) | 8시간 (0.06이하) | |
| | 총횟수(5개항목) | 534,259 | 127,031 | 5,406 | 126,923 | 5,406 | 127,104 | 5,208 | 5,406 |
| | 초과횟수(2004년) | 330 | 10 | 0 | 1 | 0 | 26 | 245 | 48 |
| | 초과율(%) | 0.06% | 0.008% | 0% | 0.0008% | 0% | 0.02% | 4.70% | 0.89% |
| | 초과횟수(2003년) | 227 | 0 | 0 | 0 | 5 | 29 | 188 | 5 |

- 측정소별, 월별 기준초과 현황을 보면, 과년 초과이력이 없었던 SO₂의 경우 녹산공단 삼성전기 옥상에 위치한 녹산동 지점에서 1시간기준을 10회 초과하는 사례가 발생하였으며, 세부내용은 7월 이후 매월 1~3회 초과하여 기상변화에 의한 영향보다는 해당측정소가 공업지역에 위치하며, 초과발생시점에 타항목의 오염물질 농도증가가 수반되는 것을 감안할 때 배출원의 영향으로 추정, 저유황연료 사용여부 등 배출업소의 지속적인 지도점검이 요구된다.
- NO₂ 1시간기준은 재송동에서 1회 초과하였으며, O₃의 1시간기준 초과는 공업지역에서 총8회(장림1, 감전1, 녹산6), 동삼동 6회, 전포동 5회, 부곡동 4회, 대연동 3회 초과하여 전년에 비해 광역범위에서 초과를 보였다.
- O₃의 8시간기준은 전 지점에서 초과한 것으로 나타났으며, 측정소별로는 동삼동 39회, 녹산동 35회, 덕천동 28회의 순으로 초과횟수가 많았다.
- 월별 기준초과 횟수를 보면, SO₂ 1시간기준 초과는 7월~12월사이 1~3회로 균일한 분포를 보였으며, NO₂ 1시간기준 초과는 1월에 1회, O₃ 1시간기준 초과는 6~8월 사이에 집중하였으며, 그 중 7월에 총 18회로 전체 초과횟수의 82.0%, O₃ 8시간기준이 5월~7월중 154회로 62.8%, PM10 24시간기준이 3월~4월 중 총 37회로 77.1%를 차지하는 것으로 나타났다.



<측정소별 월별 기준초과 현황>

· 환경기준 달성현황

- 환경기준 달성여부 판단은 2001년 1월 1일부터 개정시행된 환경정책기본법 제2조(별표1 환경기준)에 의거 1시간평균치는 *999천분위수(千分位數)의 값, 8시간 및 24시간 평균치는 *99백분위수(百分位數)에 해당되는 각 항목의 농도 값이 각각의 기준농도를 초과하였는가 여부에 따라 초과한 경우는 “미달성”, 초과하지 않은 경우는 “달성”으로 판단하였다.

* 999천분위수는 999/1000를 99백분위수는 99/100를 의미함.

- 대기환경기준 설정 5개항목에 대한 연간 환경기준 달성현황을 살펴보면, SO₂의 경우 1시간기준을 15개소(93.7%), O₃는 8시간기준을 2개소(12.5%), PM10 24시간 기준을 11개소(68.8%), 그 외 항목은 16개소(100%)에서 달성한 것으로 조사되어 전년에 비해 전반적으로 환경기준 달성율이 저하되었으며, 특히 PM10이 가장 큰 저하를 보였다.

<연간 환경기준 달성여부>

| 구분 | 999천분위수값 | | | | 99백분위수값 | | | | |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | 1시간평균 | | | | 8시간평균 | | 24시간평균 | | |
| | SO ₂ (ppm) | NO ₂ (ppm) | O ₃ (ppm) | CO (ppm) | O ₃ (ppm) | CO (ppm) | SO ₂ (ppm) | NO ₂ (ppm) | PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| 해당측정소수 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 달성/미달성 | 15/1 | 16/0 | 16/0 | 16/0 | 2/14 | 16/0 | 16/0 | 16/0 | 11/5 |
| 환경기준 달성율(%) | 93.7% | 100% | 100% | 100% | 12.5% | 100% | 100% | 100% | 68.8% |

· 오존경보제 운영

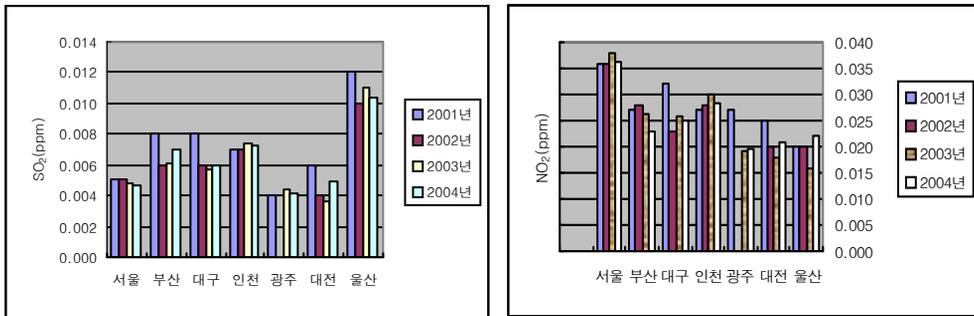
- 우리시를 6개권역으로 구분하여 고농도 오존 발생시 1,829개소에 경보 등의 발령을 통하여 시민 건강과 재산에 대한 피해를 최소화하기 위해 실시하는 오존경보제의 금년 운영(5.10~9.30) 결과 오존주의보 발령은 총 2일 3회(Ⅱ,Ⅲ,Ⅴ 권역 각 1회)발생하였다.
- 2004년도 발령된 2일의 오존주의보는 7/30일 Ⅱ,Ⅲ권역에서, 8/2일 Ⅴ 권역에서 오존주의보가 발령되었고, 발령특징은 동삼동 인근의 고농도 오존발생을 시작으로 바람의 이동에 따른 고농도 오존의 내륙으로의 확산 이류와 내륙지역에서 배출된 오존전구물질 및 오존생성에 유리한 기상조건의 형성으로 발생한 오존이 합쳐진 형태를 띠고 있다.

<오존주의보 발령현황 및 세부내역>

| 발령번호 | 일자 | 권역 (측정소) | 발령농도 | 해제농도 | 발령 및 해제시간 (지속시간) |
|---|--------|---------------|-----------|-----------|----------------------|
| 2004-1호 | 7월 30일 | Ⅱ 권역 (전포동) | 0.130 ppm | 0.068 ppm | 14:00~16:00 (2시간) |
| ※ 부산진구 AWS 자료 → 기온 : 31.7℃, 풍향 : 179.2, 풍속 : 3.5m/s | | | | | |
| 2004-2호 | 7월 30일 | Ⅲ 권역 (대연동) | 0.146 ppm | 0.054 ppm | 15:00~16:00 (1시간) |
| ※ 대연동 AWS 자료 → 기온 : 32.2℃, 풍향 : 34.1, 풍속 : 2.4m/s | | | | | |
| 2004-3호 | 8월 2일 | Ⅴ 권역 (녹산동) | 0.130 ppm | 0.095 ppm | 13:00~15:00 (2시간) |
| ※ 녹산동 기상자료 → 기온 : 30.3℃, 풍향 : 149, 풍속 : 3.3m/s | | | | | |

▷ 타시·도 대비

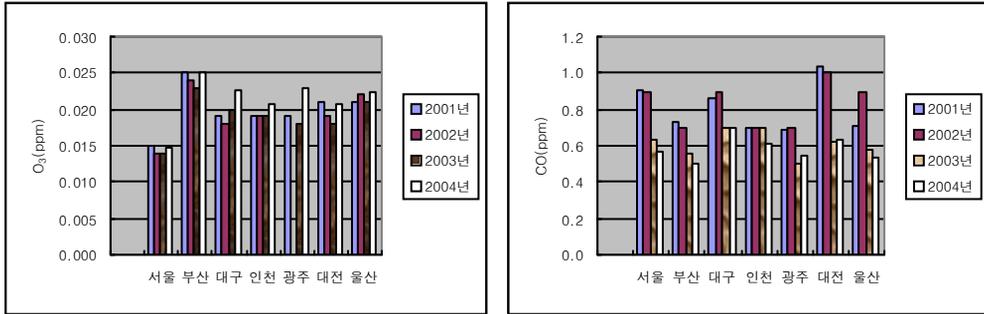
- 금년 5개 주요 대기오염물질의 연평균농도²⁾를 서울시 및 5대 광역시(대구, 인천, 광주, 대전, 울산시)와 비교해 본 결과 <그림4>에서와 같이 부산지역 O₃의 오염도가 타 시도에 비하여 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
- 항목별로 살펴보면 그림과 같이 SO₂는 울산시가 가장 높은 농도분포를 보였으며, 연간 변화를 보면 우리시와 대구시, 대전시는 다소 감소추세를 보이다 금년에 증가를 나타냈고, 그 외 도시는 유사한 값을 나타냈다. NO₂는 주로 서울시의 농도가 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 인천시, 대구시, 우리시 순의 농도분포를 보였다. 또한 대구, 대전, 울산시는 전년에 비해 증가하였으며, 그 외 도시들은 감소한 것으로 나타났다.



<도시별 연평균 SO₂, NO₂ 농도 변화 추이>

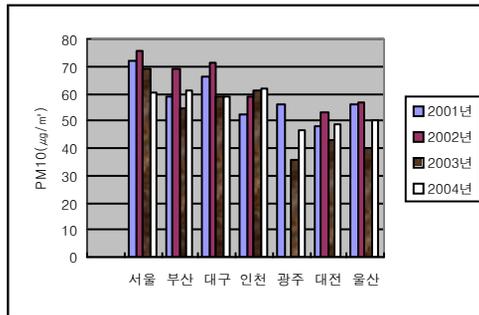
- O₃의 경우 타 시도에 비해 우리시가 가장 높은 농도를 보였고, 특히 금년은 전국적으로 5월부터 고농도 오존의 발생을 시작으로 6월에 풍속이 약한 상태에서 고온, 건조현상이 지속되는 기상조건하에서 고농도 오존발생 사례가 빈번(전국 오존주의보 발령이 156회)하였으며, 그 영향을 반영하듯이 주요도시 모두 평균농도 증가를 보였다.
- 금년은 주요도시 모두 큰 폭 증가를 보인 반면 우리시의 경우 상대적으로 증가폭이 적게 나타났다. CO의 경우 전년에 비해 광주를 제외한 비교도시 모두 연평균이 감소한 것으로 나타났다.

2) 2004년은 10월까지 공인자료 평균값임



<도시별 연평균 O₃, CO 농도 변화 추이>

- PM10의 경우 <그림5>와 같이 금년은 인천시의 농도가 가장 높았고, 그 다음으로 서울, 우리시, 대구시 순이었다. 년도별 추이는 서울시가 전년에 비해 감소하였으며, 대구시가 동일값을 그 외 비교도시 모두 농도 증가를 보였다.



<도시별 연평균 PM10 농도 변화 추이>

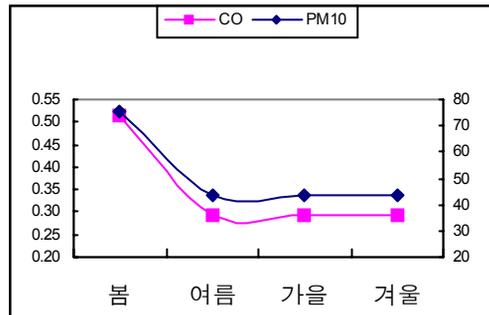
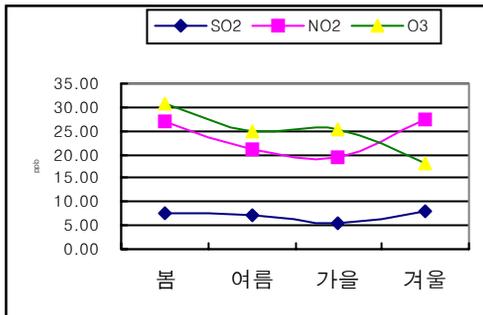
▷ 계절별 추이

· 계절평균

- 4계절이 뚜렷한 우리나라의 기후는 계절에 따른 오염물질의 농도변화가 비교적 뚜렷하게 나타난다. '03년 12월~'04년 2월을 겨울, '04년 3~5월을 봄, '04년 6~8월을 여름, '04년 9~11월을 가을로 나누어 계절별 평균농도를 보면 SO₂, NO₂, PM10은 겨울, O₃, CO은 봄철에 대기농도가 가장 높게 나타났다.
- 대기오염 농도는 연료의 사용이나 기상변화와 밀접한 관계가 있기 때문에 계절별 농도변화에 뚜렷한 영향을 미친다. SO₂와 NO₂경우 연료사용량이 많은 겨울철에 최대농도를 나타냈으며, 이는 난방용 연료사용이 주배출원으로 추정된다. O₃의 경우 여름철에 비해 봄철에 가장 높은 농도분포를 보여 오존과 그 전구물질의

대기 중 체류시간이 상당히 긴 겨울철에 오존과 전구물질들이 지속적으로 생성·축적됨으로써, 봄철에 오존농도가 가장 높게 나타난다는 연구³⁾와 일치한다. PM10은 대기가 건조한 겨울철과 황사현상이 발생하는 봄철의 농도가 높게 나타났다.

- 계절별 측정소별 농도에서 SO₂의 경우 봄·여름에는 광복동이, 가을·겨울에는 장림·동삼동이 타 지점에 비해 높은 농도값을 보였다. 이는 인근에 위치한 부산항의 대형선박 정박장에 의한 영향으로 사료되며, NO₂의 농도는 계절별 뚜렷한 경향을 보이지 않고, 전 계절에 걸쳐 차량통행이 많고 인구 밀집 지역이 높은 상업지역(광복·전포동), 공업지역(장림·감전), 대연·재송·전포동이 유사한 농도 수준으로 타 지점에 비해 높은 농도분포를 나타냈다.
- O₃의 농도는 봄에는 동삼·녹산동(0.040ppm), 여름에는 동삼동(0.031ppm), 가을에는 광안동(0.029ppm), 겨울에는 광안·녹산동(0.031ppm)에서 높게 나타나 자연발생 오존의 영향을 받는 해안지역과 VOCs배출원이 상대적으로 많은 공업지역이 농도가 높고, 자동차 배기가스의 영향이 가장 높은 상업지역이 상대적으로 농도가 낮음을 알수 있다.
- CO는 계절 및 지역에 따라 큰 편차를 나타내지 않았으나 공업지역(장림·감전)과 도시고속도로 인근지점(연산·전포·부곡)이 타 지점에 비해 높은 농도를 보였다. PM10은 대저동에서 봄·여름에 농도가 가장 높았고, 가을·겨울에는 장림동에서 높게 나타났다.



3) Liu et al(1987), Penkett et al.(1993)

<계절별오염물질평균농도>

■ 겨울(2003/12~2004/2)

| | SO ₂ | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | PM10 | 기온 | 습도 | 풍속 |
|------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|------------------|
| | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppm | μgm ⁻³ | ℃ | % | ms ⁻¹ |
| Mean | 7.89 | 28.48 | 27.49 | 56.07 | 18.20 | 0.29 | 76 | 12.3 | 46.45 | 2.17 |
| ±SD | ±5.83 | ±41.04 | ±18.71 | ±55.96 | ±11.96 | ±0.29 | ±44 | ±2.17 | ±16.22 | ±1.47 |
| Max | 76.00 | 496.00 | 159.00 | 840.00 | 78.00 | 3.90 | 345 | 22.6 | 100 | 15.5 |
| Min | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.10 | 10 | - | - | - |
| 자료수 | 29862 | 29975 | 29975 | 29985 | 29953 | 29915 | 29326 | 28230 | 11115 | 28565 |

■ 봄(2004/3~5)

| | SO ₂ | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | PM10 | 기온 | 습도 | 풍속 |
|------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|------------------|
| | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppm | μgm ⁻³ | ℃ | % | ms ⁻¹ |
| Mean | 7.42 | 15.20 | 27.03 | 42.13 | 30.61 | 0.52 | 74 | 14.5 | 56.28 | 2.17 |
| ±SD | ±5.97 | ±23.05 | ±15.84 | ±34.11 | ±16.03 | ±0.29 | ±44 | ±5.28 | ±20.36 | ±1.47 |
| Max | 115.00 | 308.00 | 143.00 | 399.00 | 95.00 | 2.60 | 405 | 32.2 | 100 | 20.0 |
| Min | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.10 | 4 | -4.1 | 5.3 | 0.0 |
| 자료수 | 31562 | 31547 | 31578 | 31563 | 31542 | 31473 | 31442 | 32235 | 15377 | 32231 |

■ 여름(2004/6~8)

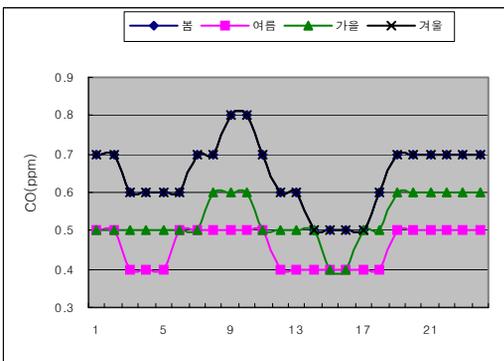
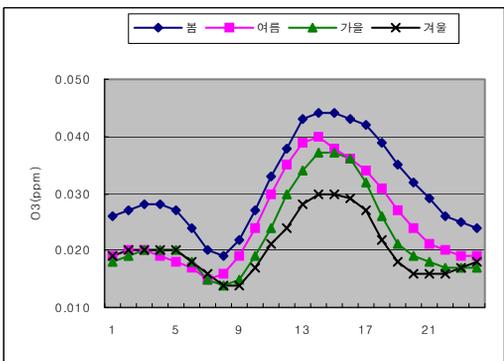
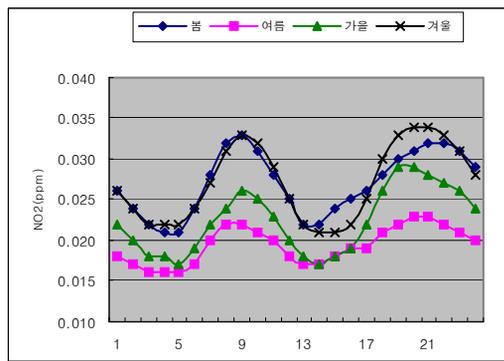
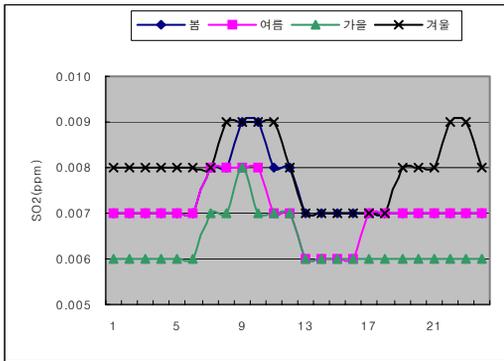
| | SO ₂ | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | PM10 | 기온 | 습도 | 풍속 |
|------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|------------------|
| | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppm | μgm ⁻³ | ℃ | % | ms ⁻¹ |
| Mean | 7.27 | 14.19 | 20.91 | 35.40 | 25.00 | 0.46 | 60 | 24.3 | 73.76 | 2.03 |
| ±SD | ±6.93 | ±19.99 | ±14.43 | ±31.55 | ±17.76 | ±0.35 | ±29 | ±3.87 | ±17.18 | ±1.52 |
| Max | 314.00 | 349.00 | 124.00 | 500.00 | 169.00 | 6.30 | 258 | 38.1 | - | 23.1 |
| Min | 2.00 | 1.00 | 4.00 | 6.00 | 1.00 | 0.20 | 10 | 1.8 | 25.5 | 0.0 |
| 자료수 | 31883 | 31854 | 31891 | 31897 | 32015 | 31686 | 31499 | 32359 | 14873 | 32359 |

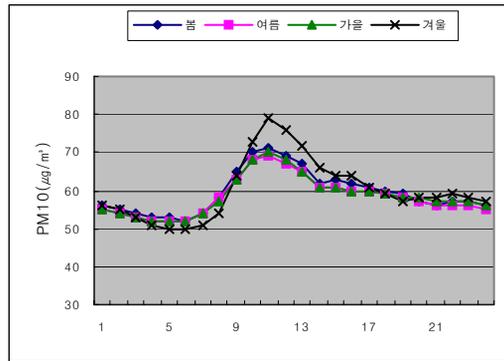
■ 가을(2004/9~11)

| | SO ₂ | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | PM10 | 기온 | 습도 | 풍속 |
|------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|--------|------------------|
| | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppm | μgm ⁻³ | ℃ | % | ms ⁻¹ |
| Mean | 5.68 | 12.71 | 19.31 | 32.00 | 25.10 | 0.47 | 47 | 12.9 | 68.39 | 2.28 |
| ±SD | ±5.20 | ±17.77 | ±12.26 | ±26.46 | ±15.06 | ±0.28 | ±25 | ±4.42 | ±16.30 | ±1.66 |
| Max | 182.00 | 223.00 | 102.00 | 273.00 | 99.00 | 2.2 | 212 | 33.1 | 100 | 14.9 |
| Min | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.04 | 0 | 0 | 12.8 | 0 |
| 자료수 | 31978 | 31771 | 31880 | 31348 | 32015 | 31848 | 31720 | 31960 | 17378 | 32503 |

· 계절별 시간대별 추이

- 계절별 시간대별 추이를 보면 전체적으로 사계절에 걸쳐 오염물질의 일 농도변화 형태는 유사하게 나타났다.
- 항목별로 살펴보면 SO₂는 일상생활이 시작되면서 오염물질 배출량의 증가와 대기안정상태가 완전히 해소되기 직전 오염물질의 정체기 지속되어 나타나는 오전 시간대의 농도가 전계절에 걸쳐 높았으며, 난방연료 사용량이 많아지는 겨울철에는 야간시간대에도 높은 형태를 보였다.
- NO₂는 SO₂와 같이 난방연료 사용이 많은 겨울철에 가장 높았으며, 사계절 모두 자동차 운행이 증가되는 출퇴근 시간대(6~9시, 17~19시)에 농도 증가를 보여 자동차 배출가스에 의한 영향을 나타냈다.
- O₃는 사계절 모두 일사량이 많은 낮 시간대에 일최고농도가 나타났고, CO는 봄과 겨울이 거의 유사한 형태를 보였으며, 사계절 중 일사량이 높은 여름에 일중 농도 변화폭이 가장 작게 나타났다. PM10은 오전 7시부터 계속 증가하여 11시에서 12시 사이에 최고 농도를 나타내 생산활동 시간과 밀접한 상관관계를 나타냈다.





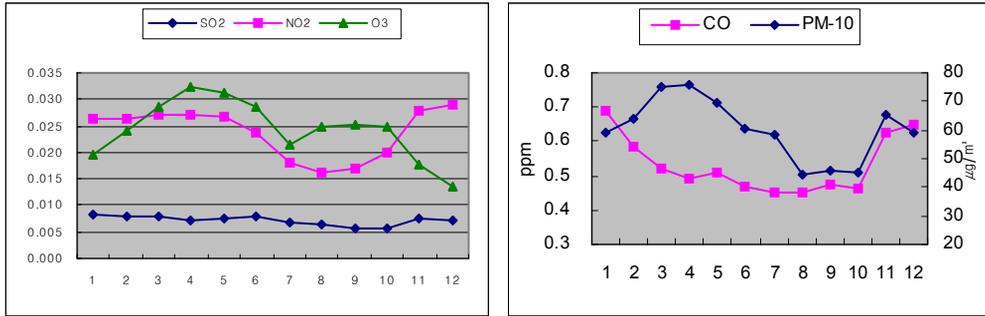
<계절별 시간대별 추이>

▷ 월별 추이

- SO₂는 월별 매우 균일한 농도분포였으며, NO₂는 난방연료 사용이 적은 7~9월이 상대적으로 낮은 농도값을 나타냈고, 그 외는 다소 균일한 농도값이었다. O₃는 선행된 연구결과와 마찬가지로 3~5월 가장 큰 피크를, 9~10월에 적은 피크를, 7월에 가장 낮은 농도분포로 대도시에서 나타나는 O₃분포현황과 상이한 해안지역 특징을 보이고 있다. CO는 1, 11, 12월에, PM10은 황사현상이 발생하는 3~5월에 큰 가장 피크를, 난방연료 사용량이 증가하는 11월에 작은 피크를 나타냈다.
- 측정소별 SO₂는 연중 큰 편차를 보이지 않았으며, NO₂는 11월에 덕천동 등 5개 지점, 12월에 전포동 등 4개 지점에서 높은 농도를 보였고, O₃는 전 측정소에서 3월~6월 사이에 가장 높은 농도를 보이는 등 연중 농도변화 추이가 유사하게 나타났다. CO는 1월, 11월, 12월에 오염도가 비교적 높게 나타나는 측정소가 많았다. PM10은 대부분 측정소에서 4~5월 중 농도가 높게 나타났다.

<항목별 월평균농도>

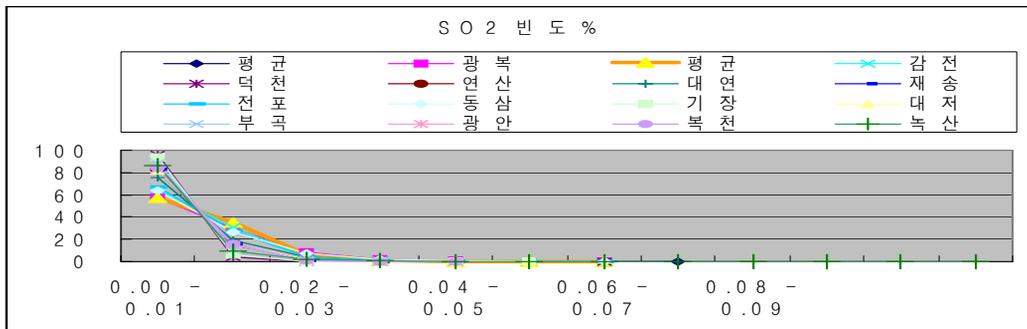
| 항목 \ 월 | 평균 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SO ₂ (ppm) | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.007 |
| NO ₂ (ppm) | 0.024 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.027 | 0.027 | 0.024 | 0.018 | 0.016 | 0.017 | 0.020 | 0.028 | 0.029 |
| O ₃ (ppm) | 0.024 | 0.020 | 0.024 | 0.029 | 0.032 | 0.031 | 0.029 | 0.022 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.018 | 0.013 |
| CO(ppm) | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| PM10(µg/m ³) | 60 | 59 | 64 | 75 | 76 | 70 | 60 | 59 | 45 | 46 | 45 | 65 | 59 |

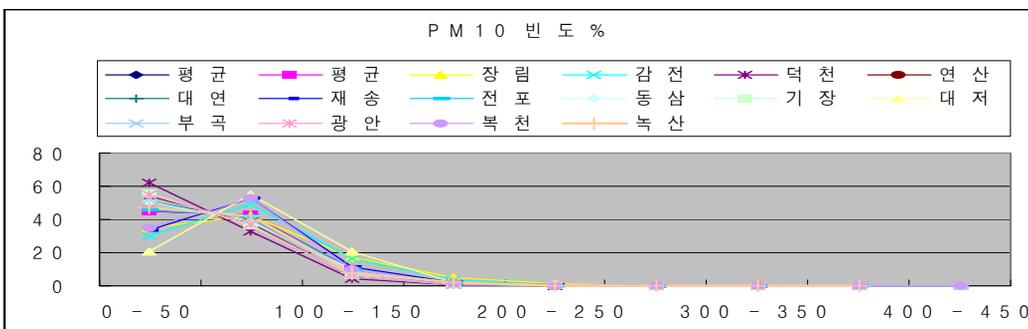
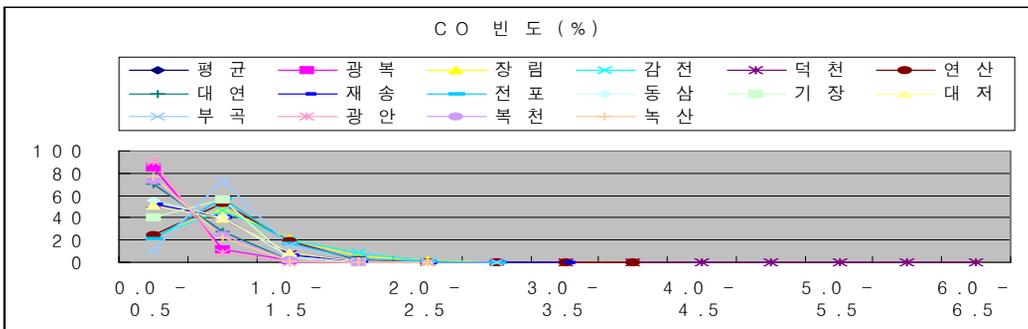
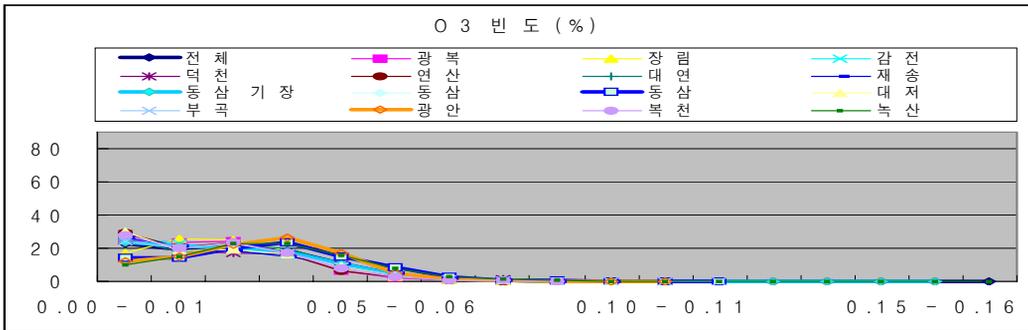
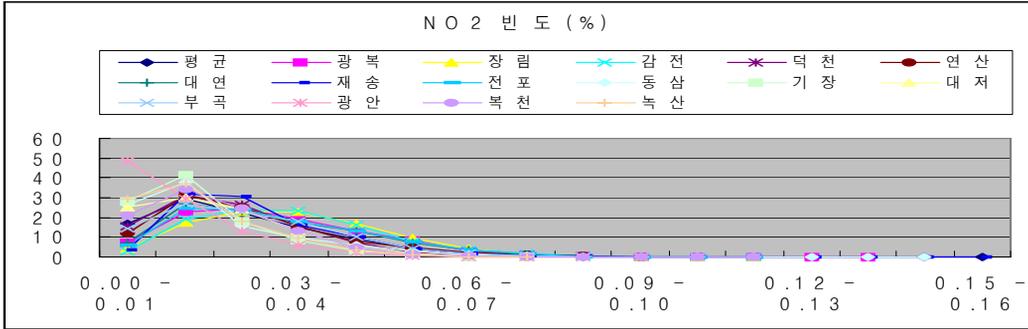


<항목별 연중 변화추이>

▷농도구간별 발생빈도

- 5개 항목 대기오염물질의 시간 평균농도의 구간별 발생빈도를 보면, SO₂는 0~0.01ppm 구간이 전체 81.9%, NO₂는 0.01~0.02ppm구간 29.7%, 0.02~0.03ppm구간이 22.5%, O₃는 0~0.01ppm구간에서 22.6%, CO는 0.5~1.0ppm구간에서 50.1%, PM10은 0~50ppm구간에서 44.8%로 최대 발생빈도를 보였다.
- 항목별 농도구간별 발생빈도에서 SO₂는 0.02ppm이하가 96.7%로 저농도대에서 대부분 발생빈도를 보였으나, 녹산동이 고농도대에서도 일부 발생빈도를 나타냈다. NO₂는 0.05ppm 이하가 92.9%를 차지하였으며 동구간 내에서의 농도편차가 타 항목에 비해 다소 균일한 분포를 보였다. O₃는 0.05ppm 이하(93.2%)가 대부분이었으며, 동구간 내에서 해안지역의 피크가 일반지역의 피크보다 한 구간 높은 농도분포를 보였다. CO는 1.5ppm이하(98.0%), PM10은 10~100, 100~150µg/m³ 2구간에서 측정소별 피크를 달리했다.





<항목별 농도구간별 발생빈도>

○ 도로변측정망 대기질 평가

- ▷ 부산지역 2개소 도로변측정소에 대한 주요 5개항목에 대한 분석결과 전체 연평균은 전년도에 비해 O₃ 감소, SO₂ 동일, NO₂·CO·PM10은 증가한 것으로 나타났으며, 년도별 추이 또한 SO₂는 거의 변화가 없는 안정된 농도를, O₃ 감소, NO₂·CO·PM10은 증가하여 전년과 동일 경향으로 매년 증가하는 자동차의 영향을 반영했다.
- ▷ 자동차 배출가스 배출량이 많은 도로변 지역은 지역대기 측정망과 비교해 볼 때 자동차 배출 가스의 주 함유성분인 NO₂·CO·PM10의 농도가 상대적으로 높게 나타났으며, O₃의 농도는 낮게 나타났다. 이는 NO₂에 의해 생성된 오존에 비해 NO에 의해 소멸되는 오존양이 많아 나타난 현상으로 추정된다.

<도로변 지역 대기환경기준 항목 연평균농도 현황>

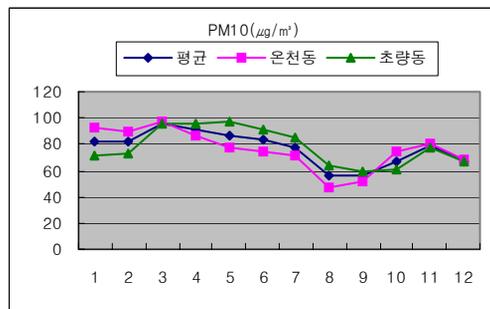
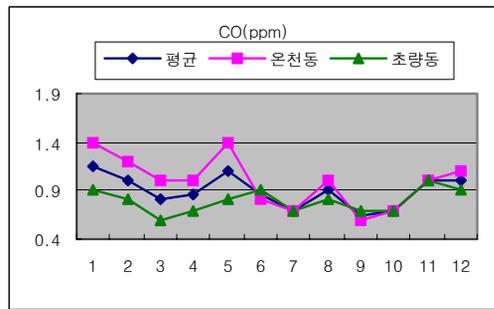
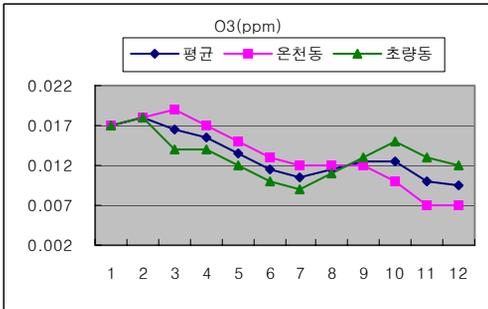
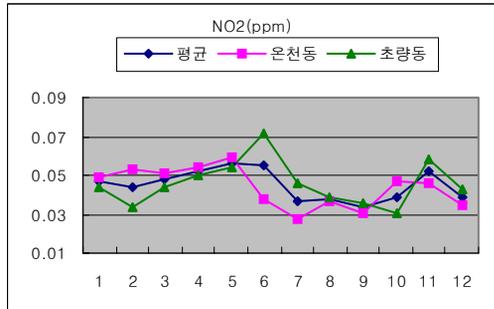
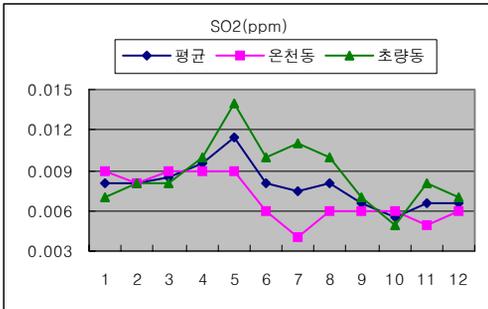
| | SO ₂ (ppm) | NO ₂ (ppm) | O ₃ (ppm) | CO(ppm) | PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ()황사제외 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------|---|
| 2002 | 0.007 | 0.042 | 0.014 | 1.5 | 92(65) |
| 2003 | 0.008 | 0.037 | 0.014 | 1.1 | 56(56) |
| 2004 | 0.008 | 0.045 | 0.013 | 1.3 | 77(74) |
| 2004 지역대기 | 0.007 | 0.024 | 0.024 | 0.5 | 60(58) |

- ▷ 도로변 대기환경기준 초과사항은 총 72,184회중 63회(전체대비 0.09%) 초과하였으며, 초과내역은 NO₂ 1시간대기환경기준을 총 17,143회 중 26회(전체대비 0.15%), NO₂ 24시간대기환경기준을 총 732회 중 24회(전체대비 3.28%), PM10 24시간대기 환경기준을 총 732회 중 13회 (전체대비 1.78%)초과하였다.

<전년대비 환경기준 초과현황>

| 구 분 | 계 | NO ₂ | | PM10 |
|-------------|--------|--------------------|---------------------|---|
| | | 1시간 (0.15ppm이하) | 24시간 (0.08ppm이하) | 24시간 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하) |
| 총횟수(기준5개항목) | 72,184 | 17,143 | 732 | 732 |
| 초과횟수(2004년) | 63 | 26 | 24 | 13 |
| 초과율(%) | 0.09% | 0.15% | 3.28% | 1.78% |
| 초과횟수(2003년) | 4 | 1 | 3 | - |

- ▷ 도로변지역의 월평균 대기오염도는 SO₂의 경우 5월~8월이 측정소별 농도편차가 가장 크게 나타났고, 그 외는 비슷한 농도분포를 보였다. 도로변측정소에서 자동차에 의한 영향이 가장 큰 NO₂는 지역대기에 비해 거의 2배 수준의 높은 농도분포였으며, 5월에 초량동지점이 최대농도피크를 보였다.
- ▷ O₃는 자동차에서 배출되는 NO의 직접적인 영향으로 지역대기에 비해 2배정도 낮은 수준을 나타냈다. CO는 NO₂와 함께 도로변 오염도를 나타내는 중요한 인자로 지역대기에 비해 높은 농도수준이었으며, 농도편차에 있어서는 상반기 다소 높게, 하반기는 거의 일정한 수준으로 다른 패턴을 보였다. PM10 또한 자동차 영향을 직접 받는 요소로 지역대기에 비해 다소 높은 농도분포를 보였으며, 월별 경향은 타 항목에 비해 가장 균일하게 나타났다.



<도로변측정소 월별 오염도 변화>

○ 시정장애측정망 대기질 평가

- ▷ PM2.5의 금년 평균값은 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전년 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 감소하였으며, 시정거리는 19.60km로 전년 15.93km에 비해 향상(23%)되었다.
- ▷ 시정에 영향인자를 평가하기 위해 시정장애 측정소와 설치위치가 동일한 연산동의 PM10과 PM2.5의 년도별 농도변화를 보면 PM2.5가 거대입자에 비해 시정에 지배적인 영향을 미친다는 선행된 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

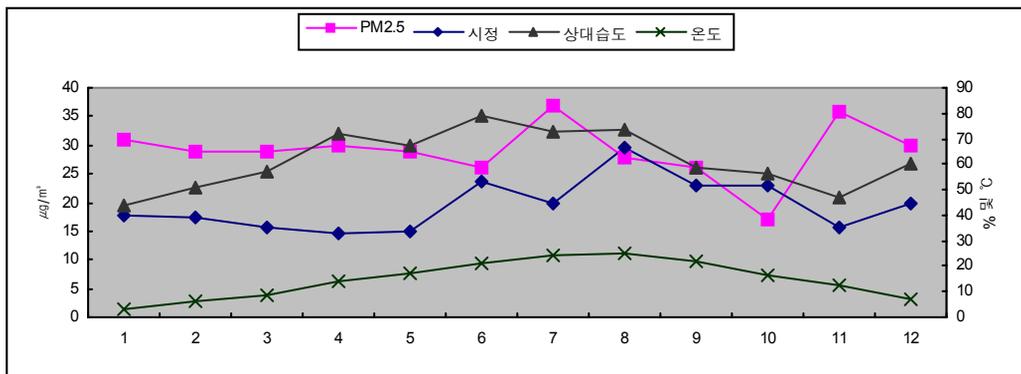
<년도별 연산동 저점 PM10, PM2.5, 시정>

| 년 | PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 시정거리(km) |
|-------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 2002년 | 68 | - | 19.04(14.7) |
| 2003년 | 55 | 31 | 15.93(13.5) |
| 2004년 | 55 | 29 | 19.60 |

※ '02 및 '03년은 연간가동 50%미만으로 AWS자료 사용

※ ()값은 대기자동측정망 가동기간('02년:9~12월, '03년: 1~8월)평균값임

- ▷ 시정에 영향요소로 알려진 PM2.5와 환경요인(상대습도, 온도)의 월별 분포를 살펴보면, 시정은 PM2.5의 증가와 더불어 감소하였으며, 온도, 습도와는 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다.



<월별 시정 및 PM2.5, 온도, 습도 변화>

□ 결론

○ 지역대기

- ▷ SO₂의 경우 대기오염 저감을 위한 연료정책의 효과로 지속적인 감소추이를 보여 왔지만 '04년의 경우 전년에 비해 우려할 수준은 아니지만 농도폭의 증가를 보였으며, 또한 일시적으로 높은 농도대를 보임.
- ▷ NO₂, CO의 경우 전년에 비해 감소하였으며, 금년의 경우 연중 변화추이를 볼 때 자동차에 의한 영향보다는 난방연료가 가장 주요요인으로 작용하였음.
- ▷ O₃의 경우 해안에 위치한 우리시의 지형적 특성에 가장 영향을 받는 항목으로 '04년은 전년에 비해 다소 증가하였으며, 타 시도에 비해 높은 농도 분포대를 나타내었음. '04년은 전국적으로 고온 건조한 기상조건의 영향으로 고농도대의 오존 발생이 많았으며, 국지적 해륙풍 등에 의한 영향으로 평균농도는 타 시도에 비해 높은 농도를 유지했으나 고농도 발생사례는 수도권에 비해 적었으며, 과년에 비해 수도권 지역과의 평균농도 편차는 감소함.
- ▷ PM10의 경우 '04년은 전년에 비해 강우량 감소 및 황사 발생 등이 농도 저감에 불리한 요인으로 작용 농도 증가를 보였으며, 부두로를 중심으로 대량의 컨테이너 차량의 왕래가 잦아 비산먼지 발생이 높은 지역여건을 감안 지속적인 관리 요구됨.

○ 도로변 지역

- ▷ 전년에 비해 O₃감소, SO₂동일, NO₂·CO·PM10증가를 보여 자동차 배출가스에 의한 영향을 나타내어 도로변 주변 진공청소차량 정기적 운행 등 지속적 관리가 요망됨.

○ 시정장애 측정소

- ▷ 금년의 시정은 19.60km로 전년 15.93km에 비해 향상되었음.

□ 향후 계획

- 1999년 12월 대기환경규제지역으로 지정된 이후 NO₂, O₃농도를 대기환경기준의 80%이하 수준으로 개선하는 대기환경실천계획을 수립 시행 중에 있으며, 그 일환으로 '05년 지역대기 자동 측정망 1개소 확충으로 보다 광역 범위의 감시체계를 확보를 계획 중임.
- 또한 과학적이고 효율적인 오염 원인인자 분석을 위해 대기 경계층내의 고도별 대기질 파악과 우리시 청정지역을 대표할 수 있도록 고도가 높은 황령산(428m)정상에 측정소 1개소 신설 추진 및 우리지역이 갖는 해안지역의 고농도 오존 분포현상을 규명하기 위한 해안 인접지역인 등대에 측정소 신설 운영 가능성을 타진하는 등 다각도의 대기오염 저감 계획 중에 있음.