

대기오염도 조사

○ 도시대기 및 도로변 대기오염측정소의 상시 운영을 통하여 대기오염 문제로부터 시민의 재산과 생명을 보호하고 대기질 개선 정책의 기초자료 제공

1. 조사개요

- 조사근거 : 대기환경보전법 제3조 및 시행규칙 제11조
- 조사기간 : 2012년 1월 ~ 12월, 매시간자료
- 조사지점 및 항목
 - ▷ 21개 도시대기 및 도로변 측정소
 - ▷ SO₂, NO₂, O₃, CO, PM10 5개 항목
- 대기오염 측정소 운영 현황

표 1. 대기오염 측정소 현황

측정소	구, 군	위치	설치 년 월	측정항목	비고
광복동	중구	광복동 주민자치센터	1998년 10월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	도시대기
장림동	사하구	장림1동 주민자치센터	2004년 08월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
학장동	사상구	학장초등학교	2010년 06월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
덕천동	북구	한국환경공단 영남지역본부	1988년 10월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
연산동	연제구	연제초등학교	1996년 04월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
대연동	남구	부산공업고등학교 공동실습관	2003년 11월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
청룡동	금정구	청룡노포동 주민자치센터	2007년 02월	NO _x , O ₃ , PM10	
전포동	부산진구	경남공업고등학교	2003년 08월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
태종대	영도구	태종대 관리사무소	2007년 01월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
기장읍	기장군	기장초등학교	1999년 08월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
대저동	강서구	대저차량사업소	2007년 02월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
부곡동	금정구	부곡2동 주민자치센터	2000년 11월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
광안동	수영구	보건환경연구원	2001년 11월	NO _x , O ₃ , PM10	
명장동	동래구	명장1동 주민자치센터	2007년 02월	NO _x , O ₃ , PM10	
녹산동	강서구	(주)삼성전기 부산사업장	2003년 11월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
용수리	기장군	정관면 주민자치센터	2004년 10월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
좌동	해운대구	좌1동 주민자치센터	2005년 11월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2.5	
수정동	동구	동구청	2011년 07월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
대신동	서구	동대신3동 주민자치센터	2012년 08월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
온천동	동래구	동래지하철 맞은편	1997년 02월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	
초량동	동구	윤흥신장군 동상 인근	1999년 06월	SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, PM10	

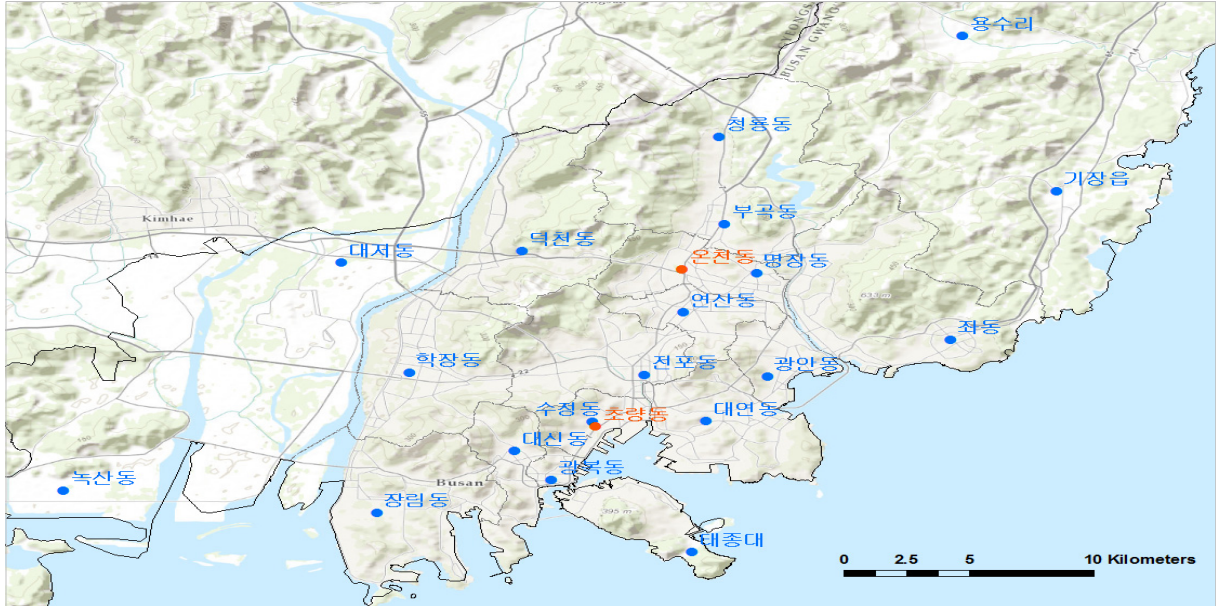


그림 1. 대기오염 측정소 위치도

- 추진 사항
 - ▷ 대기오염 측정소 신설 : 대신동 측정소(주거)

표 2. 대신동 측정소 신설 내용

용도지역	상세위치	측정항목	정상가동일
주거	서구 대영로 73번길 92 동대신3동 주민센터	SO ₂ , NOx, O ₃ , CO, PM10 풍향, 풍속, 기온, 습도	2012년 8월 1일

- 측정소별 가동률
 - ▷ 유효가동률(%) = (유효 측정시간수 ÷ 유효 총 측정시간수) × 100
 - ▷ 유효 총 측정시간수 : 총 측정시간수(365일×24시간)에서 장비교정, 보수, 정도검사, 정기점검, 측정소 건물수선, 정전, 천재지변 등으로 인한 가동중단 기간을 제외한 시간 수.
 - ▷ 유효 측정시간수 : 최종 확정에서 유효 처리된 측정값의 개수.
 - ▷ 유효가동률은 99.98%(수정동 측정소)~97.9%(좌동 측정소)의 범위로 나타났으며 장림동 측정소는 건물 수선(11월 14일~28일), 기장읍 측정소는 측정소이전(2월 15일~3월 31일)으로 유효 총 측정시간수가 낮았음.

표 3. 측정소별 유효 측정시간수(개) 및 유효가동률(%)

구분	광복	장림	학장	덕천	연산	대연	청룡	전포	태종	기장	대저	부곡	광안	명장	녹산	용수	좌동	수정	대신	온천	초량
SO ₂	8572	8129	8638	8112	8546	8592	8640	8593	7290	8605	8640				8538	8602	8475	8672	3629	8119	8624
NO ₂	8591	8119	8641	8562	8594	8576	8586	8661	8593	7447	8578	8640	8349	8627	8541	8606	8607	8670	3629	8502	8517
O ₃	8591	8185	8647	8580	8593	8521	8598	8662	8580	7453	8491	8603	8324	8626	8544	8605	8497	8672	3629	8488	8632
CO	8486	8045	8616	8565	8546	8592	8662	8593	7388	8607	8640				8542	8575	8616	8672	3629	8484	8623
PM10	8389	8058	8669	8570	8601	8321	8598	8577	8548	7485	8494	8632	8506	8377	8595	8404	8641	8676	3599	8570	8390
가동률	99.24	98.65	99.85	99.08	99.69	99.17	99.58	99.56	99.68	98.61	99.2	99.52	96.98	99.17	99.7	99.63	99.78	99.92	99.42	99.8	99.35

2. 조사방법

○ 항목별 측정방법

항목	측정방법
아황산가스(SO ₂)	자외선형광법(Puls UV Fluorescence Method)
이산화질소(NO ₂)	화학발광법(Chemiluminescent Method)
오존(O ₃)	자외선광도법(UV Photometric Method)
일산화탄소(CO)	비분산적외선법(Non-Dispersive Method)
미세먼지(PM10)	베타선흡수법(β -Ray Absorption Method)

○ 대기환경기준

항목	대기환경기준		
	구분	국가기준	부산시기준
아황산가스(SO ₂)	연간평균치	0.02 ppm이하	0.01 ppm이하
	24시간평균치	0.05 ppm이하	0.03 ppm이하
	1시간평균치	0.15 ppm이하	0.10 ppm이하
이산화질소(NO ₂)	연간평균치	0.03 ppm이하	0.03 ppm이하
	24시간평균치	0.06 ppm이하	0.06 ppm이하
	1시간평균치	0.10 ppm이하	0.10 ppm이하
오존(O ₃)	8시간평균치	0.06 ppm이하	0.05 ppm이하
	1시간평균치	0.1 ppm이하	0.07 ppm이하
일산화탄소(CO)	8시간평균치	9 ppm이하	6 ppm이하
	1시간평균치	25 ppm이하	15 ppm이하
미세먼지(PM10)	연간평균치	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
	24시간평균치	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
납(Pb)	연간평균치	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
벤젠	연간평균치	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하

※ 1시간 평균치는 999천분위수의 값이 그 기준을 초과하여서는 아니되고, 8시간 및 24시간 평균치는 99백분위수의 값이 그 기준을 초과하여서는 아니된다.

- 통합대기환경지수(CAI, Comprehensive Air Quality Index)
 - ▷ 대기오염도 측정치를 알기 쉽게 하고 대기오염으로부터 피해를 예방하기 위한 행동지침을 제시하기 위하여 대기오염도에 따른 인체 위해성과 대기환경기준을 고려하여 개발된 대기오염도 표현방식.
 - ▷ 각 오염물질별로 통합대기환경지수를 산정하고 5개 대기오염물질 지수점수 중 가장 높은 점수를 통합지수 값으로 사용.
 - ▷ 통합대기환경지수는 0부터 500까지의 지수를 6단계로 나누어 점수가 커질수록 대기상태가 좋지 않음을 나타냄.

지수값	지수구분	구간의미
0~50	좋음	대기오염 관련 질환자군에서도 영향이 유발되지 않을 수준
51~100	보통	환자군에게 만성 노출시 경미한 영향이 유발될 수 있는 수준
101~150	민감군영향	환자군 및 민감군에게 유해한 영향이 유발될 수 있는 수준
151~250	나쁨	환자군 및 민감군(어린이, 노약자 등)에게 유해한 영향 유발, 일반인도 건강상 불쾌감을 경험할 수 있는 수준
251~350	매우나쁨	환자군 및 민감군에게 급성 노출시 심각한 영향 유발, 일반인도 약한 영향이 유발될 수 있는 수준
351~500	위험	환자군 및 민감군에게 응급 조치가 발생되거나, 일반인에게 유해한 영향이 유발될 수 있는 수준

3. 조사결과

- 연평균 농도 변화
 - ▷ 2012년 도시대기 측정소 평균 농도는 SO₂ 0.006 ppm, NO₂ 0.020 ppm, O₃ 0.029 ppm, CO 0.4 ppm, PM₁₀ 43 µg/m³, 도로변 측정소 평균 농도는 SO₂ 0.007 ppm, NO₂ 0.042ppm, O₃ 0.016 ppm, CO 0.7 ppm, PM₁₀ 48 µg/m³으로 나타남.
 - ▷ PM₁₀이 크게 감소하였으며 도시대기의 경우 O₃, 도로변 측정소에서는 NO₂가 다소 증가하였음.
 - ▷ 도시대기 측정소의 SO₂, NO₂, CO, PM₁₀은 전반적으로 감소하고 있으며 O₃는 다소 증가하고 있음. 도로변 측정소는 SO₂가 2010년 0.007 ppm으로 다소 증가하였지만 CO, PM₁₀과 더불어 감소하는 추세이며 NO₂와 O₃는 최근 들어 다소 증가하는 경향을 보이고 있음.

(도시대기) 년도	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	CO (ppm)	PM10 (ug/m ³)
2001	0.008	0.03	0.025	0.7	60
2002	0.007	0.029	0.024	0.7	69
2003	0.006	0.026	0.023	0.6	55
2004	0.007	0.024	0.024	0.5	60
2005	0.006	0.023	0.023	0.5	58
2006	0.006	0.023	0.024	0.4	59
2007	0.006	0.022	0.024	0.4	57
2008	0.006	0.022	0.026	0.4	51
2009	0.005	0.021	0.027	0.4	49
2010	0.006	0.021	0.026	0.4	49
2011	0.006	0.02	0.027	0.4	47
2012	0.006	0.02	0.029	0.4	43

(도로변) 년도	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	CO (ppm)	PM10 (ug/m ³)
2001					
2002	0.007	0.042	0.014	1.2	75
2003	0.008	0.037	0.014	1	56
2004	0.008	0.045	0.013	0.9	77
2005	0.007	0.043	0.013	0.8	69
2006	0.007	0.043	0.014	0.8	67
2007	0.006	0.042	0.011	0.7	55
2008	0.006	0.042	0.012	0.6	51
2009	0.005	0.042	0.015	0.7	50
2010	0.007	0.043	0.015	0.7	56
2011	0.006	0.037	0.016	0.6	56
2012	0.007	0.042	0.016	0.7	48

그림 2. 대기오염도 연평균 변화, 2001-2012년

○ 월평균 농도 변화

- ▷ 2012년 SO₂의 월평균 농도는 1월 0.008 ppm에서 3월 0.005 ppm의 분포로 월 변화 폭이 크지 않으며 전년과 비교하여 1월이 높고 2, 3월의 농도가 낮았음.
- ▷ NO₂ 월평균 농도는 5월과 12월에 0.024 ppm으로 가장 높았고 8월 0.014 ppm으로 가장 낮았음. 전년과 비교하여 5월 평균 농도가 높았고 전반적으로 과년도 평균보다 감소하였음.
- ▷ O₃는 5월에 0.041 ppm으로 가장 높았으며 12월 0.018 ppm으로 가장 낮게 나타나 주로 봄철에 높고 장마철과 겨울에 낮게 나타남. 전반적으로 과년도 평균보다 높은 농도를 보이고 있음.
- ▷ CO는 0.3~0.5 ppm의 월평균 농도로 월 변화 폭이 크지 않으며 과년도와 비교하여 감소하였음.
- ▷ PM10은 5월에 58 ug/m³으로 가장 높았으며 8월이 가장 낮았음. 전년과 비교하여 황사 발생일이 크게 줄면서(6일 → 1일) 상반기 농도 감소가 뚜렷하였고 11월에 약한 황사가 나타났지만 황사일을 제외하더라도 연평균 농도에는 변화가 없었음. 과년도 평균보다 감소하였음.

○ 광역시별 연평균 농도

- ▷ 부산지역 O₃ 평균 농도는 0.029 ppm으로 7대 광역시 중 가장 높았지만 NO₂는 0.020 ppm으로 광주 0.019 ppm 다음으로 낮게 나타났음.
- ▷ PM10 평균 농도는 43 ug/m³으로 7대 광역시 중 인천(47 ug/m³), 울산(46 ug/m³) 다음 3번째로 높은 농도를 유지하였음.

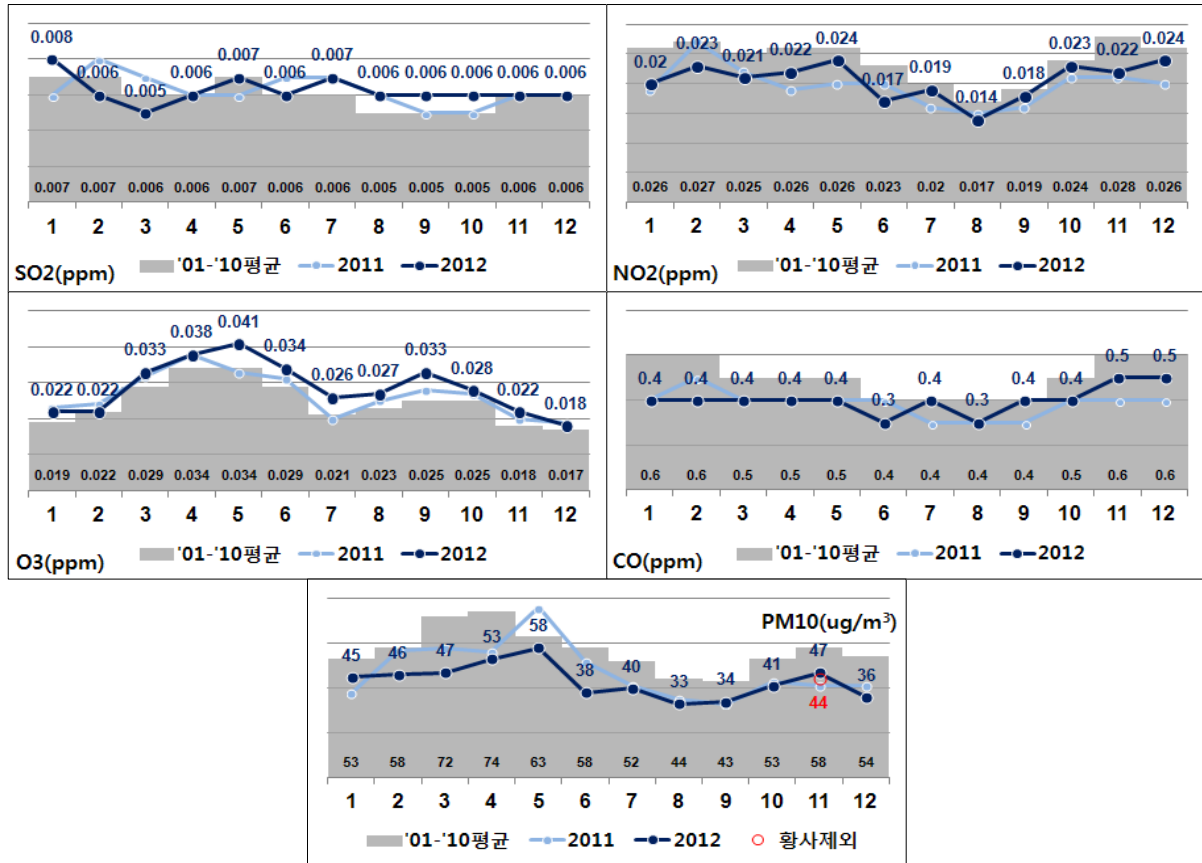


그림 3. 항목별 월평균 농도변화(SO₂, NO₂, O₃, CO, PM₁₀)

표 4. 광역시별 연평균 농도분포

구분	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	CO(ppm)	PM ₁₀ (ug/m ³)
서울	0.005	0.030	0.021	0.5	41
부산	0.006	0.020	0.029	0.4	43
대구	0.004	0.021	0.026	0.5	42
인천	0.007	0.027	0.024	0.6	47
광주	0.004	0.019	0.027	0.5	38
대전	0.004	0.021	0.024	0.5	39
울산	0.008	0.023	0.026	0.5	46

○ 광역시별 연평균 농도

- ▷ 2012년 SO₂의 지점별 평균 농도 분포는 0.005(연산동, 부곡동, 용수리, 대신동)~0.008 ppm(녹산동)으로 지점 간에 크게 차이가 없음.
- ▷ NO₂의 지점별 농도 분포는 0.012(녹산동)~0.029 ppm(장림동)으로 공업지역인 사하구와

사상구, 교통량이 많은 도심내부와 해운대 신시가지를 중심으로 높게 나타남.

- ▷ O₃의 지점별 농도 분포는 0.025(장림동, 학장동)~0.037 ppm(좌동)으로 해안과 인접한 지역인 좌동, 녹산동, 광안동, 태종대에서 비교적 높은 평균 농도를 보였음.
- ▷ PM₁₀ 지점별 농도 분포는 29(광안동)~62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (장림동)으로 서부 공업지역을 중심으로 비교적 높게 나타났음. 대신동 측정소는 8월부터 정상가동 하여 평균 기간의 차이로 낮게 나타남.

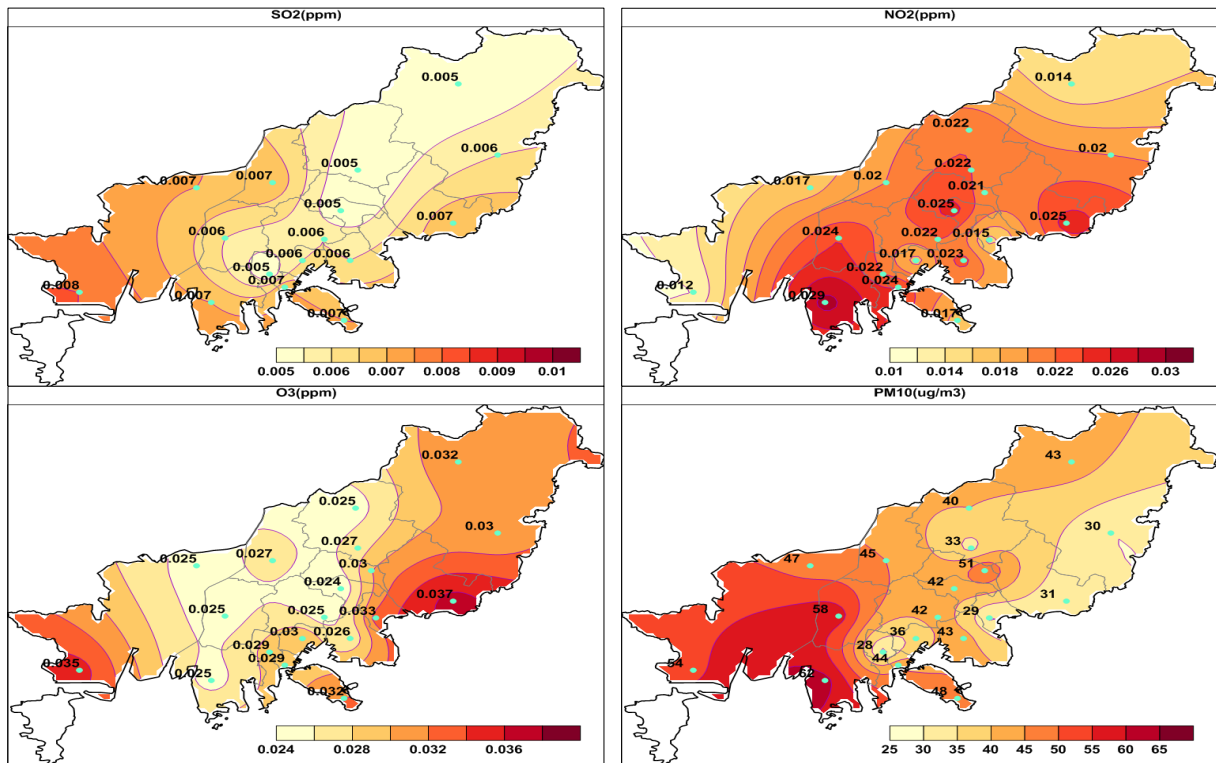


그림 5. 도시대기 2012년 평균 SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ 농도

○ 항목별 환경기준 초과 현황

- ▷ 도시대기 측정소의 SO₂, NO₂, CO는 전체 환경기준을 만족하였음. O₃는 1시간 환경기준 초과횟수가 187회, 8시간 환경기준 초과횟수는 574회로 환경기준을 달성하지 못함.
- ▷ 도시대기 측정소의 PM₁₀ 연평균은 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 작년에(47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 이어 연간 환경기준을 만족하였으나 24시간 환경기준은 초과횟수가 104회로 환경기준 달성에 실패하였음. 황사기간을 제외하여도 환경기준 초과횟수가 87회로 환경기준을 초과한 것으로 나타남.
- ▷ 도로변 측정소의 NO₂는 1시간 환경기준 초과횟수가 180회, 24시간 환경기준 초과횟수가 84회로 환경기준을 초과하였으며 PM₁₀도 24시간 환경기준 초과횟수가 15회로 환경기준을 달성하지 못함.

표 5. 2012년 도시대기 및 도로변 측정소 환경기준 달성여부

구분	SO ₂ (ppm)			NO ₂ (ppm)			O ₃ (ppm)		CO(ppm)		PM10(μg/m ³)		PM10(μg/m ³) 황사제외		
	1시간	24시간	연간	1시간	24시간	연간	1시간	8시간	1시간	8시간	24시간	연간	24시간	연간	
도시 대기	유효자료(개)	130273	5435	156617	6540		156401	6437	130774	5372	6440		6423		
	분위수값	0.037	0.016	0.083	0.048		0.102	0.084	1.8	1.2	109		104		
	평균	0.006	0.006	0.006	0.020	0.021	0.020	0.029	0.039	0.4	0.5	43	43	43	43
	초과횟수(회)			31	14		187	574			104		87		
도로 변	유효자료(개)	16743	698	17019	709		17120	699	17107	695	697				
	분위수값	0.030	0.014	0.143	0.077		0.063	0.049	2.4	1.7	109				
	평균	0.007	0.007	0.007	0.042	0.042	0.016	0.022	0.7	0.8	48	48			
	초과횟수(회)			180	84			2			15				
환경기준	0.150	0.050	0.020	0.100	0.060	0.030	0.100	0.060	25	9	100	50	100	50	

※ 분위수값 : 1시간환경기준 → 999천분위수, 8시간, 24시간환경기준 → 99백분위수

○ 지점별 환경기준 초과 내역

- ▷ 도시대기 측정소는 전 지점에서 O₃ 8시간 환경기준을 초과하는 것으로 나타났으며 환경 기준 초과횟수는 좌동에서 88회로 가장 많았고 녹산동에서 71회로 다음으로 높게 나타났음.
- ▷ O₃ 1시간 환경기준을 초과하는 지점은 광안동, 명장동, 녹산동, 용수리, 좌동, 대신동 측정소이며 환경기준 초과횟수는 좌동이 48회로 가장 많았고 녹산동 40회로 비교적 높았음.
- ▷ PM10 24시간 환경기준 초과지역은 서부 공업지역을 중심으로 나타나고 있으며 일부 도심내부 주거지역에서도 환경기준 초과가 발생하였음. 환경기준초과 횟수는 공업지역인 장림동 22회, 학장동 15회로 높게 나타남.
- ▷ 도로변 측정소 NO₂의 1시간 및 24시간 환경기준 초과횟수는 온천동에서 각각 175회, 77회로 초량동 5회, 7회보다 월등하게 높게 나타나 환경기준 초과의 원인이 되었음.

○ 지점별 통합 대기환경지수 분포

- ▷ 각 측정소별로 시간별 통합 대기환경지수를 산정하고 일별로 가장 많은 빈도를 보이는 값을 각 지점별 해당일의 통합 대기환경지수로 결정함. 지점별로 산정된 일자별 통합 대기환경지수 중 가장 많은 빈도를 그날의 부산지역 평균 통합 대기환경지수로 선정하였음.
- ▷ 대기질이 가장 양호한 지점은 광안동 측정소로 ' 좋음'이 181일 발생하였으며 기장은 175일, 부곡동 163일로 비교적 대기질이 양호하였음.
- ▷ '민감군영향' 이상은 공업지역인 장림동 측정소에서 66일로 가장 많이 발생하였으며, 학장동 측정소에서 42일로 다른 지점들보다 비교적 높게 발생하여 상대적으로 대기질이 열악하였음.

▷ ‘민감군영향’ 이상의 주요 원인물질은 대부분의 지점에서 PM10이었으나 좌동 측정소에서는 38%가 오존에 의하여 발생하였고 장림동, 연산동, 명장동 측정소는 낮은 빈도지만 NO₂가 원인 물질이었음.

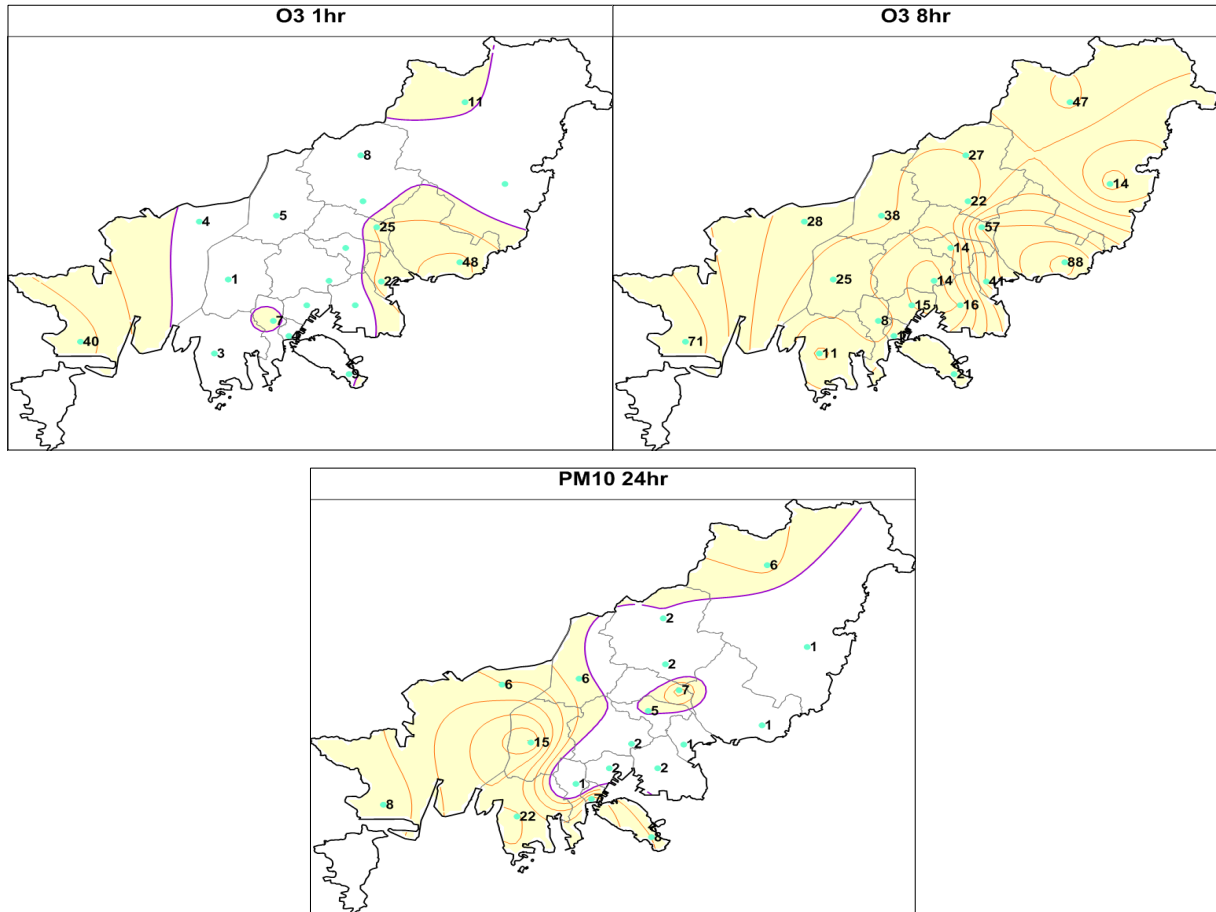


그림 6. O₃, PM10 지점별 환경기준초과 횟수 및 초과지점 분포

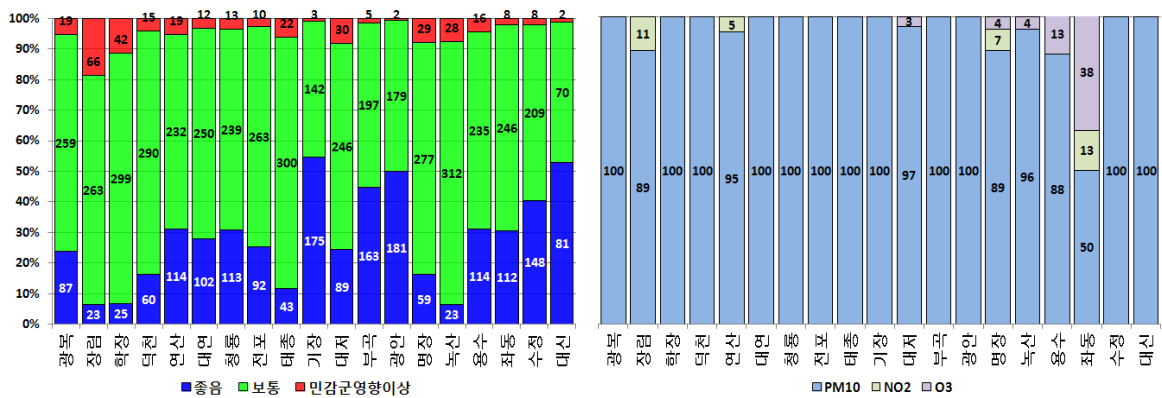


그림 7. 지점별 CAI 지수 발생일수 및 '민감군영향' 이상 원인물질

○ 일자별 통합 대기환경지수 분포

- ▷ 2012년 중 대기질이 가장 나쁜 날은 5월 8일, 17일, 11월 29일로 대부분의 지점에서 ‘나쁨’ 지수가 나타났으며 원인물질은 PM10이었음. 5월 8, 17일은 연무현상에 따른 PM10 농도 증가, 11월 29일은 약한 황사현상에 따른 PM10 농도 증가가 원인임.
- ▷ ‘민감군영향’의 빈도가 높았던 날은 총 7일 발생하였으며 연무 또는 박무에 의한 PM10 농도증가가 원인이었음.

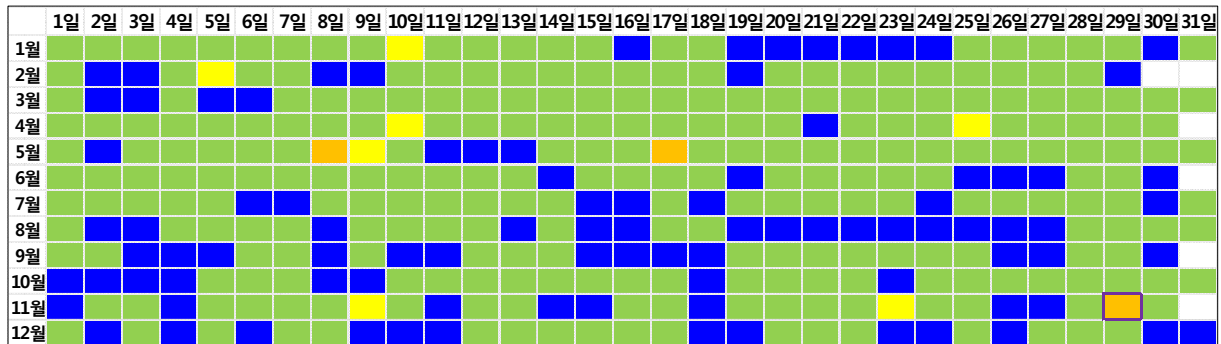


그림 8. 2011년 일자별 통합 대기환경지수 분포, 좋음: ■, 보통: ■, 민감군영향: ■, 나쁨: ■, 매우나쁨: ■, 위험: ■, 굵은선은 황사발생일

4. 결 론

- 2012년 연평균 농도는 도시대기 측정소에서 SO₂ 0.006 ppm, NO₂ 0.020 ppm, O₃ 0.029 ppm, CO 0.4 ppm, PM10 43 μg/m³, 도로변 측정소는 SO₂ 0.007 ppm, NO₂ 0.042ppm, O₃ 0.016 ppm, CO 0.7 ppm, PM10 48 μg/m³으로 PM10이 크게 감소하였으며 도시대기의 경우 O₃, 도로변 측정소에서는 NO₂가 다소 증가하였음.
- 도시대기 측정소는 SO₂, NO₂, CO가 환경기준을 만족하였고, 도로변 측정소는 SO₂, O₃, CO가 환경기준을 만족하였음.
- 통합 대기환경지수 산정결과 대기질이 양호한 지점은 광안동, 부곡동, 기장읍 측정소였으며 공업지역인 장림동, 학장동은 대기질이 열악한 것으로 나타남.
- 통합 대기환경지수 ‘민감군영향’ 이상의 주요 원인물질은 PM10으로 나타났으며 연무, 박무 현상에 따른 PM10 농도증가가 원인이었음.