

지하철역사 실내공기질 조사

- 유동인구가 많은 지하역사 내 실내공기질을 적정하게 유지하기 위해 상시 모니터링하고,
- 실내공기질의 과학적이고 효율적인 관리로 시민의 건강보호 및 환경상의 위해 예방

1. 조사개요

- 조사기간 : 2009년 1월 1일 ~ 12월 31일
- 조사지점
 - ▷ 수영역, 연산역, 미남역, 덕천역, 서면역
- 조사항목
 - ▷ 수영역, 연산역, 미남역, 덕천역 : 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃)
 - ▷ 서면역 : 미세먼지(PM10)

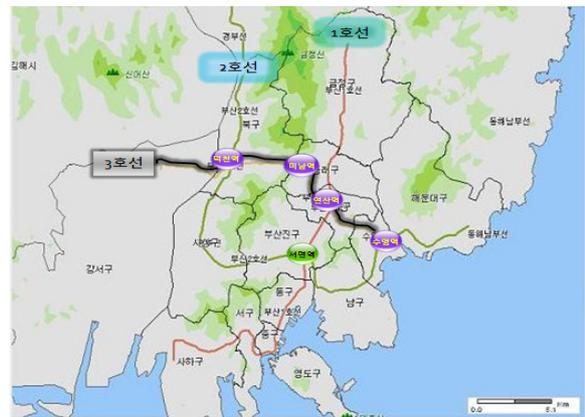


그림 1. 실내공기질 자동측정망 설치지점

표 1. 실내공기질 자동측정망 현황

측 정 소		측정항목	설치년도	측정기기
수영역		PM10, CO ₂ , CO, NO ₂ , O ₃	2006. 1. 1.	DIGS Air Monitoring System
연산역		"		
미남역		"		
덕천역		"		
서면역	1호선 대합실	PM10	2003. 12. 9.	Thermo FH62-C14
	1호선 승강장	"		
	2호선 대합실	"	2005. 7. 8.	
	2호선 승강장	"		

※ 자료생성 주기는 대기오염측정망 설치운영지침에 따름.

2. 조사방법

○ 항목별 측정방법

측정항목	측정방법
미세먼지(PM10)	베타선흡수법 (β-Ray Absorption Method)
이산화탄소(CO ₂)	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
일산화탄소(CO)	비분산적외선법 (Non-Dispersive Infrared Method)
이산화질소(NO ₂)	화학발광법 (Chemiluminescent Method)
오존(O ₃)	자외선광도법 (U.V. Photometric Method)

3. 조사결과

○ 연평균 농도

- ▷ PM10, CO₂, NO₂ 및 O₃ 농도는 전년대비 소폭 증가하였으며, CO 농도는 소폭 감소하였음.
- ▷ PM10 농도는 도시대기 및 도로변 평균 농도에 비하여 약간 낮았고, NO₂ 농도는 도시대기 평균 농도보다 약 2배 이상 높았으며, 도로변 평균 농도보다 약간 높은 수준이었음.
- ▷ CO 농도는 도시대기 및 도로변 평균 농도보다는 상당히 높은 수준이었으며,
- ▷ O₃ 농도는 CO 농도와는 반대로 도시대기 및 도로변 평균 농도에 비하여 훨씬 낮은 수준이었음.
- ▷ T 검정을 통한 2008년과 2009년의 평균의 차를 검정한 결과 PM10을 포함한 5개 측정항목 모두 95% 유의수준에서 2008년과 2009년의 평균의 차이가 있는 것으로 나타났음.

표 2. 측정항목별 연평균 농도

항목	유지(권고) 기준	실내공기질		도시대기	도로변
		2009년	2008년 ¹⁾	2009년	2009년
PM10 (µg/m ³)	150 이하	47	45	49	50
CO ₂ (ppm)	1,000 이하	494	487	-	-
CO (ppm)	10 이하	2.0	2.2	0.4	0.7
NO ₂ (ppm)	0.05 이하	0.046	0.040	0.021	0.042
O ₃ (ppm)	0.06 이하	0.0030	0.0022	0.027	0.015

¹⁾ 2008년 8~12월 평균 데이터임.

○ 측정지점별 연평균 농도

- ▷ 측정지점별 연평균 PM10 농도는 미남역에서 약 56 µg/m³으로 가장 높았으며, CO, CO₂, NO₂ 및 O₃ 농도는 덕천역에서 각각 약 2.6, 525, 0.050 및 0.004 ppm으로 가장 높았음.
- ▷ O₃ 농도는 0.0023~0.0036 ppm으로 지점별로 큰 차이는 없었으며, 권고기준인 0.06 ppm의 3.8~6.0%로 매우 미미한 수준이었음.
- ▷ 수영역의 경우 T 검정 결과 95% 유의수준에서 PM10 및 CO 및 NO₂ 농도는 전년대비 차이가 없는 것으로 나타났으며, CO₂ 농도는 전년대비 소폭 감소하였으나 O₃ 농도는 전년대비 소폭 증가하였음.

- ▷ 연산역과 미남역의 경우 CO를 제외한 모든 측정항목에서 전년대비 소폭 증가하였음.
- ▷ 덕천역의 경우 T 검정 결과 95% 유의수준에서 CO₂ 농도는 전년도와 차이가 없는 것으로 나타났으며, PM10 농도는 전년대비 소폭 감소하였으나 CO, NO₂ 및 O₃ 농도는 전년대비 소폭 증가하였음.
- ▷ 서면역의 경우 T 검정 결과 95% 유의수준에서 1호선 승강장 및 2호선 승강장에서의 PM10 농도는 전년도와 차이가 없는 것으로 나타났으며, 1호선 대합실에서의 PM10 농도는 전년대비 약 28% 감소하였고 2호선 대합실에서는 이와는 반대로 약 7% 증가하는 것으로 나타났음.
- ▷ 각 측정지점간의 연평균의 차이가 있는지를 조사하기 위하여 분산분석을 실시한 결과, 95% 유의수준에서 수영역과 연산역, 미남역과 덕천역 그리고 서면역 1호선 대합실과 2호선 대합실 및 2호선 승강장에서의 연평균 PM10 농도는 평균의 차이가 없는 것으로 나타났음.
- ▷ CO 농도의 경우 수영역과 미남역의 연평균 농도는 95% 유의수준에서 차이가 없는 것으로 나타났으며, CO₂ 농도의 경우 모든 측정지점간 농도차이가 있는 것으로 나타났음.
- ▷ NO₂ 농도는 95% 유의수준에서 연산역과 수영역, 미남역과 덕천역의 연평균 농도의 차이가 없는 것으로 나타났으며, O₃ 농도의 경우 연산역과 덕천역의 연평균 농도가 차이가 없는 것으로 나타났음.

표 3. 측정지점별 연평균 농도

		PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	
수영역	2009년	45	484	1.9	0.042	0.0023	
	2008년 ¹⁾	47	489	2.0	0.042	0.0015	
연산역	2009년	48	506	1.7	0.042	0.0033	
	2008년 ¹⁾	37	482	2.5	0.036	0.0025	
미남역	2009년	56	461	1.8	0.049	0.0028	
	2008년 ¹⁾	43	454	1.8	0.040	0.0024	
덕천역	2009년	53	525	2.6	0.050	0.0036	
	2008년 ¹⁾	57	524	2.4	0.043	0.0026	
서면역	1호선 대합실	2009년	41	-	-	-	-
		2008년 ¹⁾	32	-	-	-	-
	1호선 승강장	2009년	50	-	-	-	-
		2008년 ¹⁾	48	-	-	-	-
	2호선 대합실	2009년	42	-	-	-	-
		2008년 ¹⁾	45	-	-	-	-
	2호선 승강장	2009년	44	-	-	-	-
		2008년 ¹⁾	45	-	-	-	-
	서면역 평균	2009년	44	-	-	-	-
		2008년 ¹⁾	42	-	-	-	-
평균	2009년	47	494	2.0	0.046	0.0030	
	2008년 ¹⁾	45	487	2.2	0.040	0.0022	
유지(권고)기준		150 이하 (20시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	10 이하 (1시간평균)	0.05 이하 (1시간평균)	0.06 이하 (1시간평균)	

¹⁾ 2008년 8~12월 평균 데이터임.

○ 항목별 월평균 및 시간평균 농도변화

▷ PM10 (유지기준 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)

- 월평균 PM10 농도는 황사의 영향으로 4월에 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았으며, 이후 9월까지의 점차 감소한 후 10월에 다시 황사 및 박무의 영향으로 소폭 증가하였음.
- 연산역, 미남역, 덕천역 및 서면역 1호선 승강장에서 평균 PM10 농도는 전체평균인 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 보다 높았으며, 8개 측정지점 모두 대부분 30~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위였음.
- 시간별 농도변화 경향은 뚜렷하지 않았으며, 미남역의 경우 역사 내부 지하철 4호선 공사로 인하여 대체적으로 다른 지점에 비하여 약간 높게 나타난 것으로 판단되었음.
- 각 측정지점별 2009년 1년 동안의 일일평균 PM10 농도분포를 파악한 결과, 전체 일일 평균농도 범위는 21~102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (중간값 43, 평균 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)이었음.
- 연평균 농도가 가장 높은 미남역의 경우 15~148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (중간값 51, 평균 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 범위였으며, 최대값의 경우 유지기준에 거의 근접하는 수준이었음.
- 연평균 농도가 가장 낮은 서면역 1호선 대합실의 경우 18~105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (중간값 38, 평균 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 범위를 나타내었음.

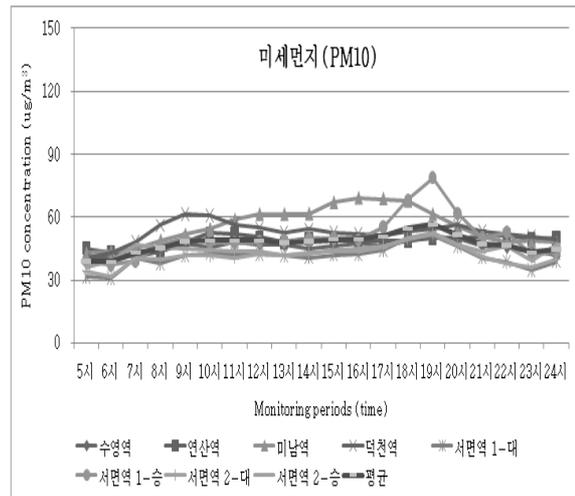
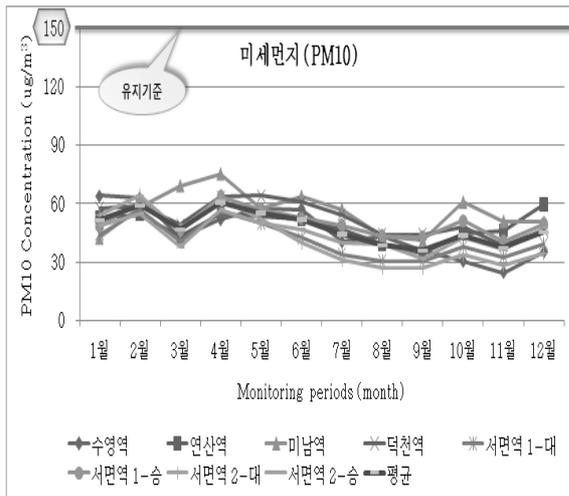


그림 2. 측정지점별 미세먼지(PM10) 농도의 월변화 추이

▷ CO₂ (유지기준 : 1,000 ppm 이하)

- 4개 측정지점 전체의 월평균 CO₂ 농도 범위는 466~518 ppm으로 측정지점별 월평균 농도변화는 매우 미미한 수준이었으며,
- 시간평균 CO₂ 농도는 4개 측정지점 모두 오전 출근시간인 8~9시까지 증가한 이후 일정 농도를 유지한 다음, 오후 퇴근시간대인 18~19시 이후에는 소폭 감소하는 경향이있음.

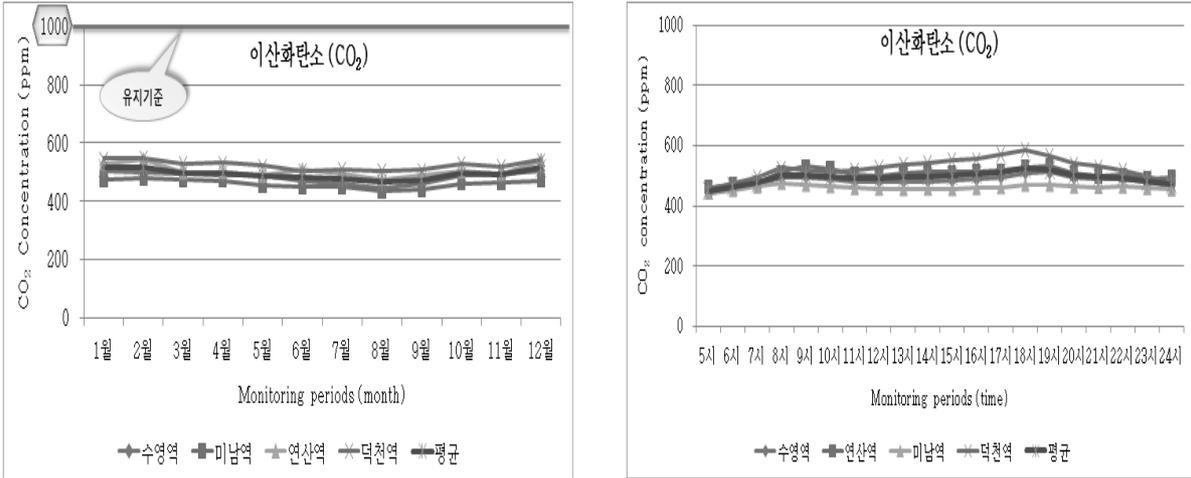


그림 3. 측정지점별 이산화탄소(CO₂) 농도의 월변화 추이

▷ CO (유지기준 : 10 ppm 이하)

- 월평균 CO 농도는 4개 지점 모두 여름철인 6~8월에 약간 높았으며,
- 시간별 평균농도는 덕천역의 경우 2.4~2.8 ppm, 나머지 3개 역사의 경우 1.5~2.0 ppm으로 시간별 변화폭은 매우 미미한 수준이었음.
- 특히 덕천역의 CO 농도가 다른 지점에 비하여 높게 검출되었는데, 이는 역사 대합실 지하에 위치한 지하주차장의 영향을 크게 받은 것으로 판단됨.

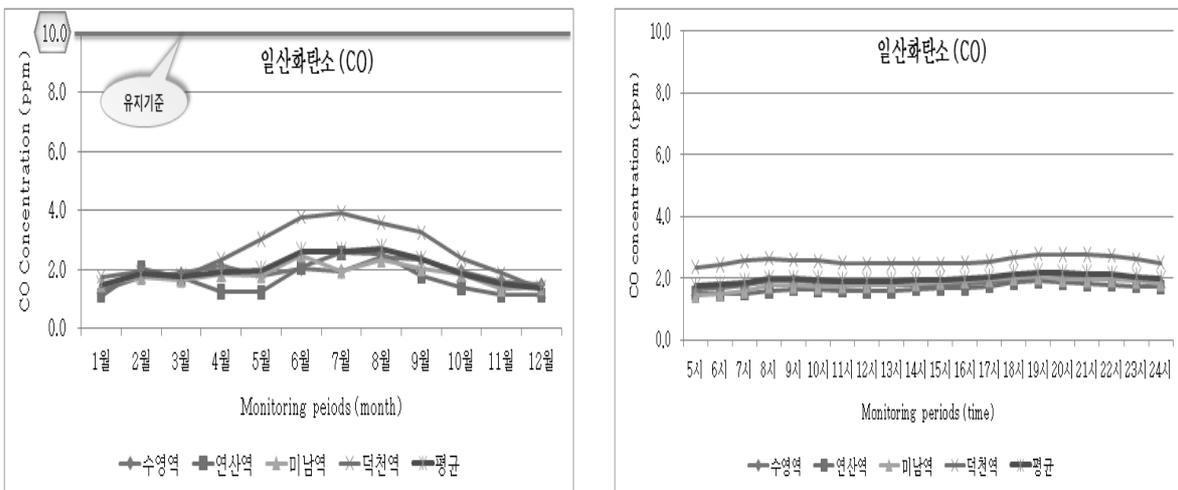


그림 4. 측정지점별 일산화탄소(CO) 농도의 월변화 추이

▷ NO₂ (권고기준 : 0.05 ppm 이하)

- 월평균 NO₂ 농도는 4개 측정지점 모두 봄철인 4~5월에 가장 높았으며, 이후 7~8월까지 장마철의 영향으로 감소한 다음 10월까지는 다시 증가하는 경향이었음.

- 2008년 교통량 조사결과에서는 연산교차로 > 미남교차로 > 수영교차로 > 덕천교차로 순으로 교통량이 많았으나, 교통량이 가장 적은 덕천역의 NO₂ 농도가 가장 높게 나타난 것은 CO와 마찬가지로 역사 대합실 지하에 위치한 지하주차장의 영향을 많이 받은 것으로 판단되었으며,
- 미남역의 경우에는 역사 내에 지하철 4호선 공사의 영향으로 NO₂ 농도가 높은 것으로 보였음.
- 시간평균 NO₂ 농도는 4개 측정지점 모두 오전 출근시간대인 8~9시까지 증가한 이후 일정농도를 유지한 다음, 오후 퇴근시간대인 19시 이후부터 소폭 감소하는 것으로 나타나 NO₂ 농도는 자동차 배기가스의 영향을 많이 받는 것으로 판단되었음.
- 또한 덕천역 및 미남역의 경우 연평균 NO₂ 농도가 권고기준과 거의 유사할 정도로 높았으며, 수영역과 연산역의 경우도 권고기준의 약 84% 수준으로 전반적으로 지하역사의 NO₂ 농도가 높게 나타나 관리대책을 세우는 것이 시급한 것으로 판단됨.

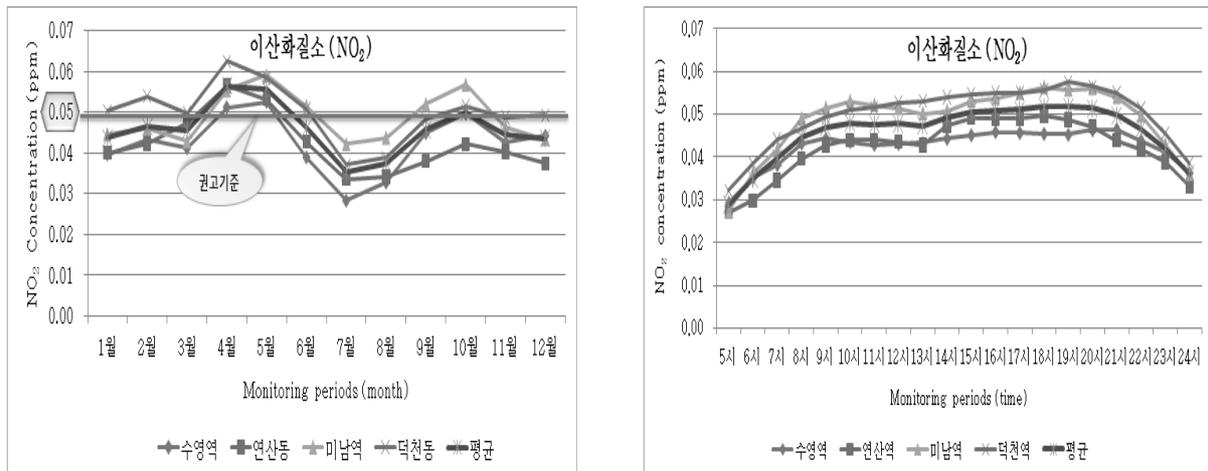


그림 5. 측정지점별 이산화질소(NO₂) 농도의 월변화 추이

▷ O₃ (권고기준 : 0.06 ppm 이하)

- 월평균 O₃ 농도는 4개 측정지점 모두 봄철인 4~5월에 가장 높았으나, 전반적으로 권고기준에 비하여 매우 미미한 수준이었으며,
- 시간평균 O₃ 농도의 경우 외부공기의 영향으로 낮시간대에 소폭 증가하였으나, 그 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났음.
- 대기 중의 NO₂는 O₃의 생성율에 영향을 미치지만 지하공간의 O₃ 농도는 질소산화물의 순환이 이루어지지 않아 O₃ 생성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨.

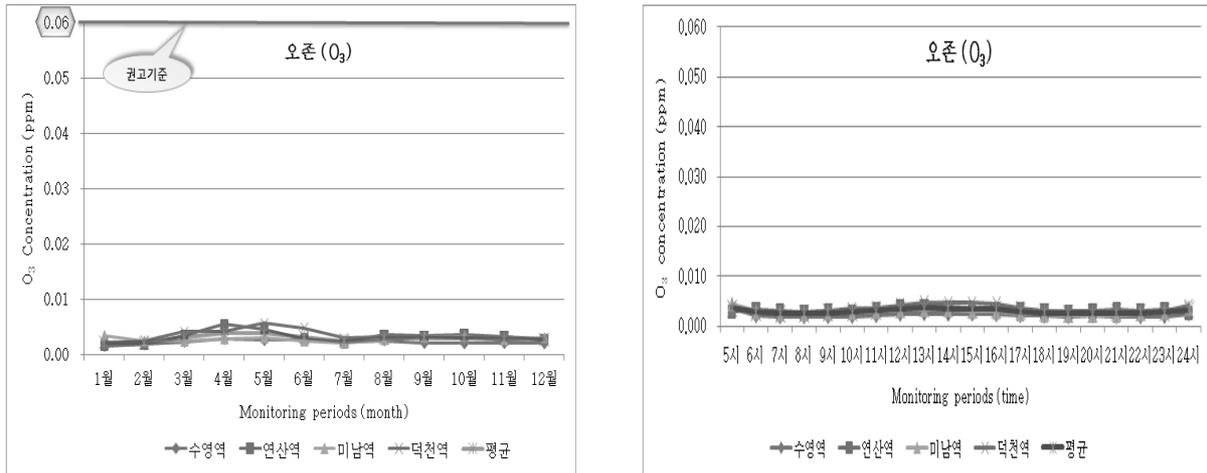


그림 6. 측정지점별 오존(O₃) 농도의 월변화 추이

○ 항목별 일평균 농도분포

▷ PM10 (유지기준 150 µg/m³ 이하)

- 각 측정지점별 2009년 1년 동안의 일일평균 PM10 농도분포를 파악한 결과, 전체 일일 평균농도 범위는 21~102 µg/m³(중간값 43, 평균 47 µg/m³)이었음.
- 연평균 농도가 가장 높은 미남역의 경우 15~148 µg/m³(중간값 51, 평균 56 µg/m³)의 범위였으며, 최대값의 경우 유지기준에 거의 근접하는 수준이었음.
- 연평균 농도가 가장 낮은 서면역 1호선 대합실의 경우 18~105 µg/m³(중간값 38, 평균 41 µg/m³)의 범위를 나타내었음.

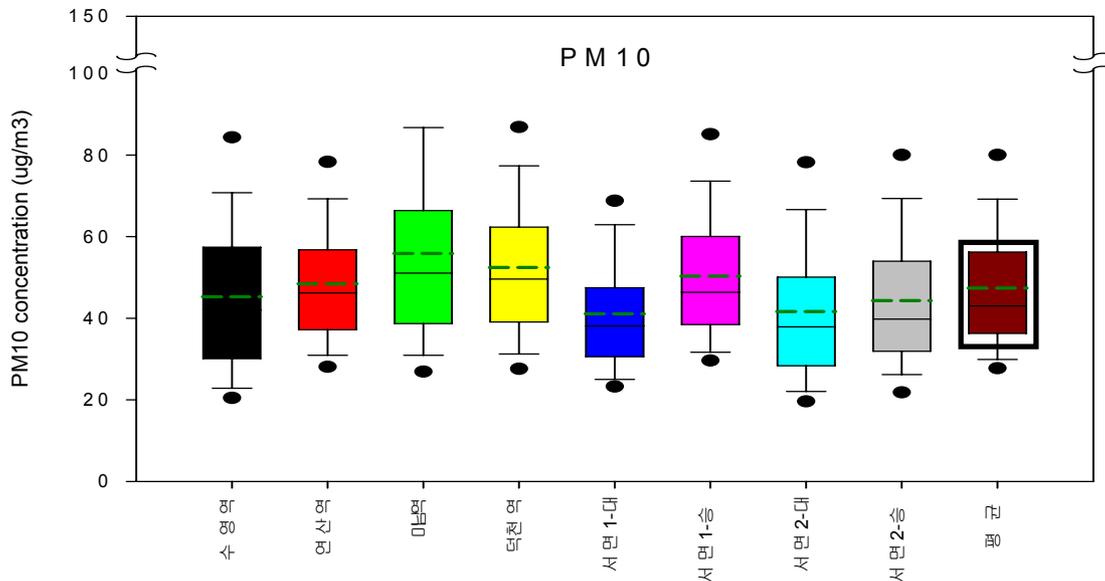


그림 7. 측정지점별 미세먼지(PM10)의 일평균 농도분포

▷ CO₂ 및 CO (유지기준 : CO₂ 1,000 ppm 이하, CO 10 ppm 이하)

- 각 측정지점별 2009년 1년 동안의 일일평균 CO 농도분포를 파악한 결과, 전체 일일 평균 농도 범위는 0.56~3.56 ppm(중간값 1.96, 평균 1.99 ppm)으로 중간값과 평균값이 거의 동일한 수준이었으며, 최대값의 경우 유지기준의 약 36% 수준이었음.
- 년평균 농도가 가장 높은 덕천역의 경우 0.38~5.66 ppm(중간값 2.46, 평균 2.58 ppm)의 범위로 최대값의 경우 유지기준의 약 57% 수준으로 다른 지점에 비하여 비교적 높은 값을 나타내었음.
- CO₂의 경우 전체 평균보다 높은 덕천역의 경우 최대값이 600 ppm 이상으로 나타났으며,
- 평균 및 중간값도 500 ppm 이상으로 타 지역에 비하여 비교적 높게 검출되었음.

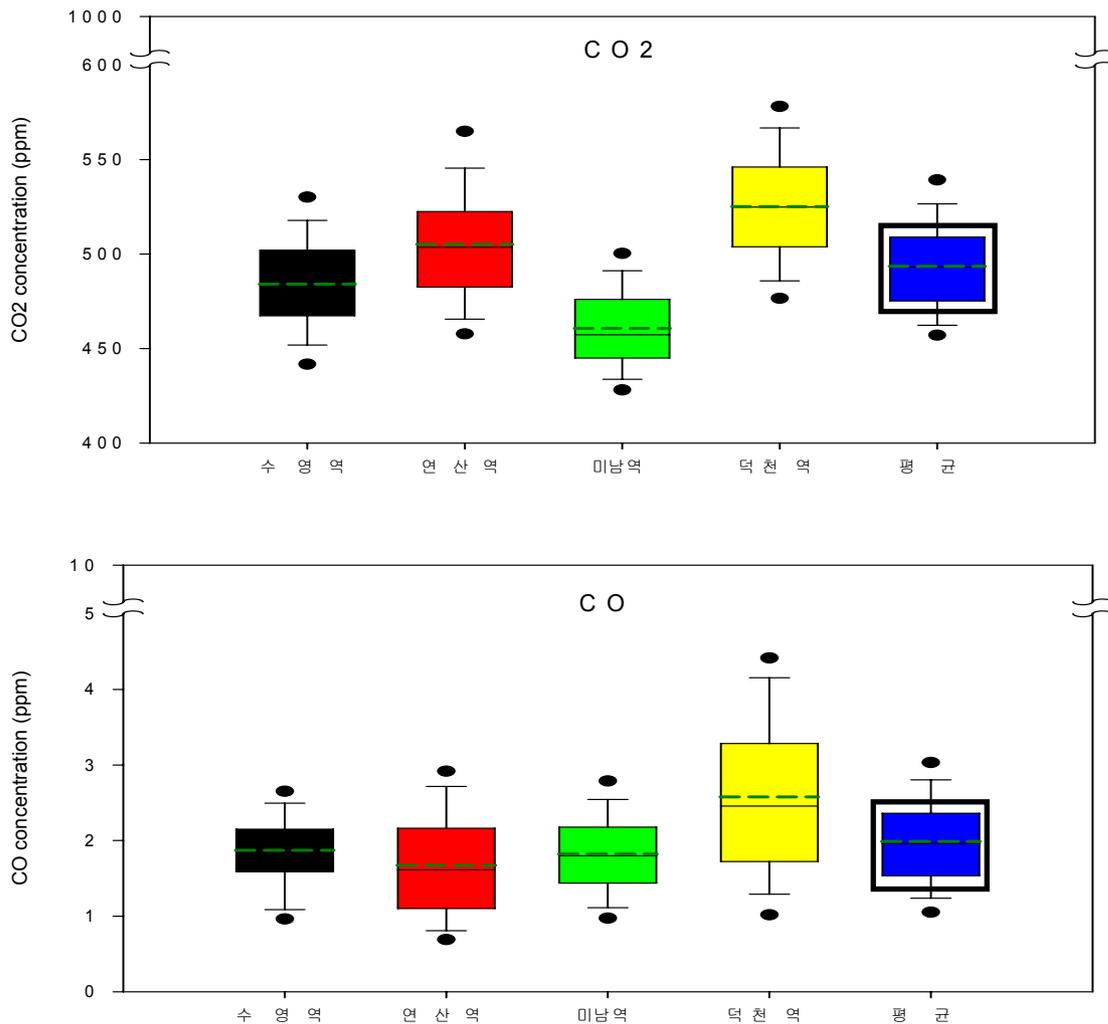


그림 8. 측정지점별 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO₂)의 일평균 농도분포

▷ NO₂ 및 O₃ (권고기준 : NO₂ 0.05 ppm 이하, O₃ 0.06 ppm 이하)

- 각 측정지점별 2009년 1년 동안의 일일평균 NO₂ 농도분포를 파악한 결과, 전체 일일 평균

- 농도 범위는 0.013~0.086 ppm(중간값 0.045, 평균 0.046 ppm)으로 중간값과 평균값이 거의 동일한 수준이었으며, 최대값의 경우 권고기준의 약 72%를 초과하였음.
- 연평균 NO₂ 농도가 가장 높은 미남역과 덕천역의 경우 각각 약 0.012~0.084(평균 0.049 ppm) 및 0.017~0.090 ppm(평균 0.050 ppm)의 범위였으며,
 - 4개 측정지점 모두 최대값의 경우 0.08 ppm이상으로 권고기준을 초과하는 것으로 나타났음.
 - O₃의 경우 전체 일일 평균농도 범위는 0.001~0.009 ppm(중간값 0.003, 평균 0.003 ppm)으로 중간값과 평균값이 거의 동일한 수준이었으며, 최대값의 경우 권고기준의 약 15% 수준으로 미미하였음.
 - 연평균 농도가 가장 높은 덕천역의 경우에도 0.001~0.013 ppm(중간값 0.003, 평균 0.004 ppm)의 범위로 유지기준에 비해 아주 미미한 수준이었음.

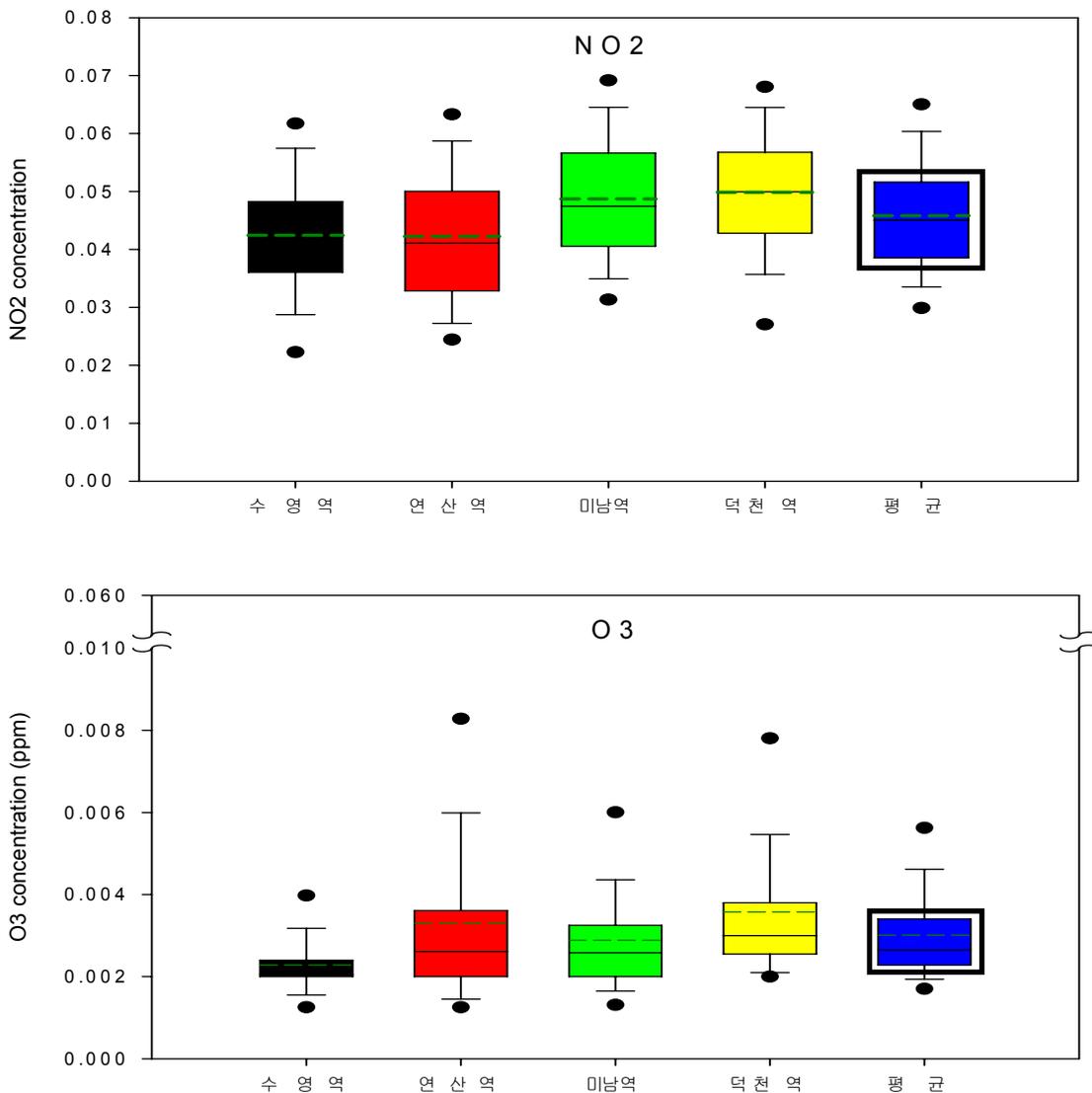


그림 9. 측정지점별 이산화질소(NO₂) 및 오존(O₃)의 일평균 농도분포

○ 실내공기질 유지(권고)기준 초과현황

▷ 유지(권고)기준 초과현황

- 5개 측정항목 중 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리법」 상의 기준을 1회 이상 초과한 항목은 NO₂였으며,
- 4개 측정지점에 대해서 지하철을 운행하지 않는 시간(1시~5시)을 제외한 하루 20시간을 기준으로 총 29,200회 중 NO₂의 권고기준을 초과한 총 빈도수는 9,952회로 약 34.1%가 초과하였으며,
- 이는 전년도의 23.2%에 비하여 약 10% 정도 증가한 것으로 나타났다.

표 4. 유지(권고)기준 초과현황

구분		PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)
유지기준		150 이하 (20시간평균)	10 이하 (1시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	-	-
권고기준		-	-	-	0.05 이하 (1시간평균)	0.06 이하 (1시간평균)
초과횟수	2009년	-	-	-	9,952회 (34.1%)	-
	2008년 ¹⁾	-	-	-	2,842회 (23.2%)	-

¹⁾ 2008년 8~12월 평균 데이터임.

▷ 측정지점별 NO₂ 권고기준 초과현황

- 측정지점별 NO₂ 권고기준 초과횟수는 덕천역에서 약 3,334회(45.7%)로 가장 많았으며, 그 다음으로는 미남역 > 연산역 > 수영역 순으로 많이 초과한 것으로 나타났다.
- 2008년 교통량 조사결과와는 반대로 교통량이 가장 적은 덕천역의 NO₂의 권고기준 초과횟수가 가장 많이 나타난 것은 역사 대합실 지하에 위치한 지하주차장의 영향을 많이 받았던 것으로 판단되었으며,
- 미남역의 경우에는 역사 내에 지하철 4호선 공사의 영향으로 NO₂ 권고기준 초과횟수가 많았던 것으로 판단되었음.

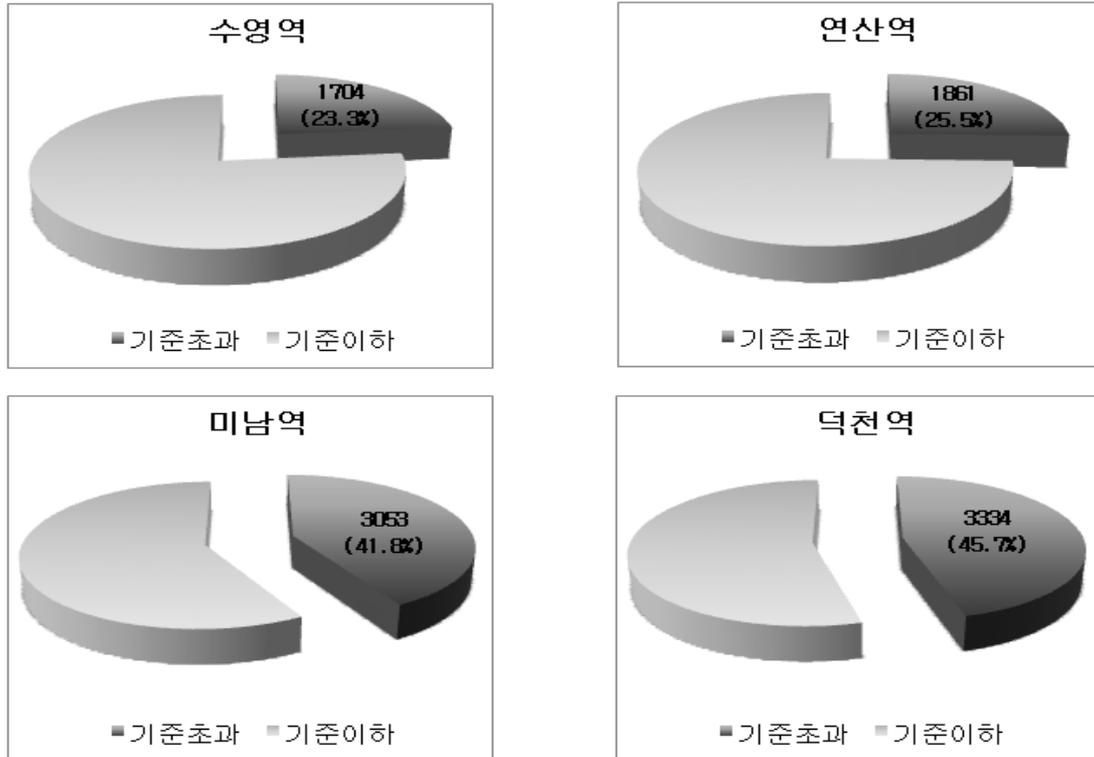


그림 10. 측정지점별 이산화질소(NO₂) 기준초과 현황

▷ 측정지점별 NO₂ 권고기준 초과일수

- 측정지점별 NO₂ 권고기준 초과 일수는 미남역에서 총 365일 중 302일(82.7%)로 가장 많았으며, 그 다음으로는 덕천역(299일, 81.9%) > 연산역(224일, 61.4%) > 수영역(188일, 51.5%) 순으로 초과일수가 많았던 것으로 나타났다.

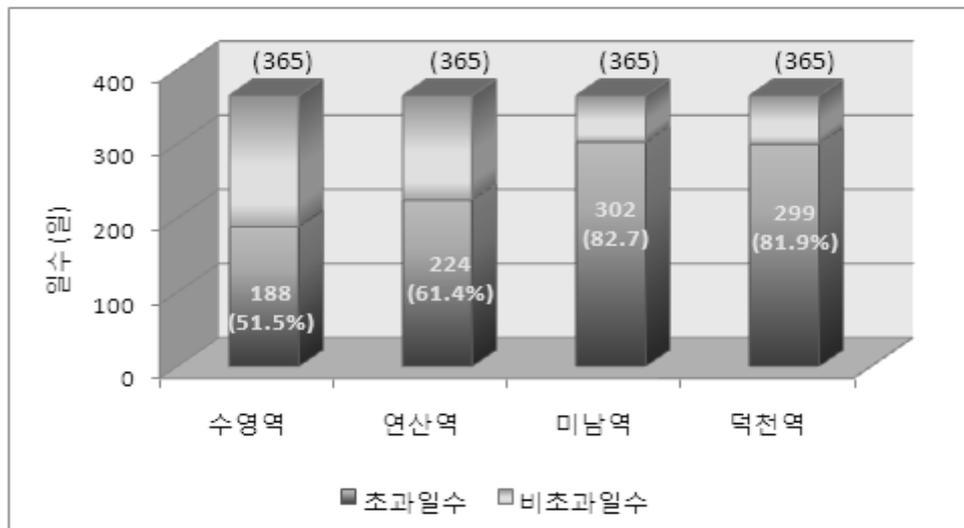


그림 11. 측정지점별 이산화질소(NO₂) 기준초과 현황

▷ 측정지점별 NO₂의 월별 및 시간별 권고기준 초과현황

- NO₂ 권고기준의 월별 초과빈도는 4개 측정지점 모두 4월에 가장 많았으며, 이후 여름철인 7월까지 감소하다 10월까지 차츰 증가한 후 다시 소폭 감소하는 경향이었음.
- 시간별 초과빈도는 4개 측정지점 모두 자동차 통행량이 많은 오전 출근시간부터 차츰 증가하다 9시 이후부터는 비슷한 수준으로 유지되었으며, 저녁 퇴근시간 이후인 8시 이후부터는 다시 감소하는 경향이었음.

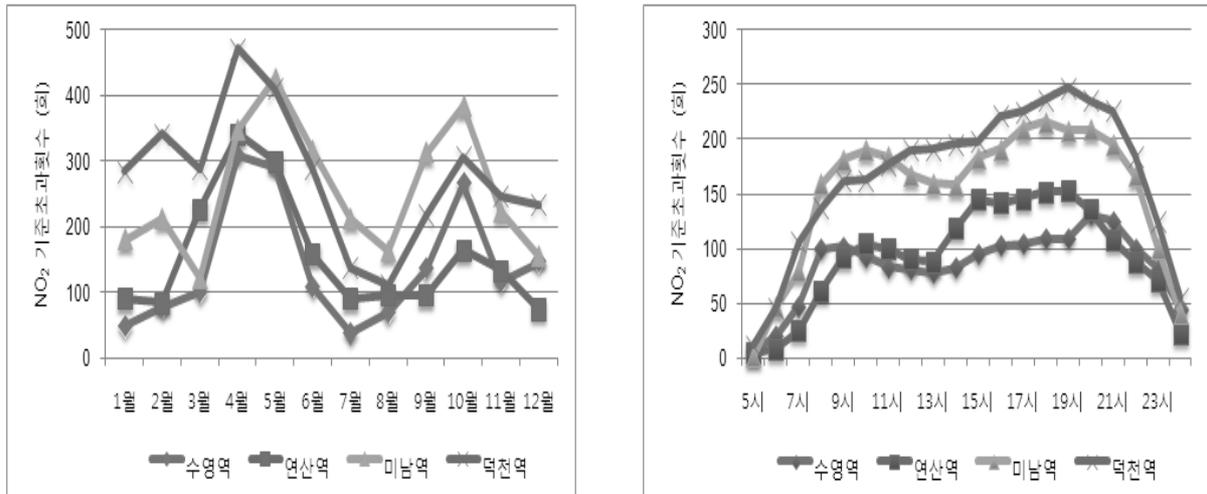


그림 12. 측정지점별 이산화질소(NO₂) 월별 및 시간별 기준초과 현황