

## 지하철역사 실내공기질 조사

- 유동인구가 많은 지하역사 내의 실내공기질을 적정하게 유지하여 시민의 건강보호 및 환경상의 위해 예방
- 효율적인 실내공기질 관리를 위해 과학적인 측정 자료를 근거로 시정정책 방향 수립, 시민들의 환경관심유도, 알권리 충족

### 1. 조사개요

- 조사기간 : 2016. 1. ~ 2016. 12.
- 조사대상 : 8개 역사 11개 지점

표 1. 실내공기질 자동측정망 측정지점 및 연혁

지 점		설치년도	최초설치	측정항목
수영역 3호선 대합실		2006. 01. 01.	부산교통공사	PM10, CO, CO2, NOx,
연산역 3호선 대합실		"	"	PM10, CO, CO2, NOx,
미남역 3호선 대합실		"	"	PM10, CO, CO2, NOx,
덕천역 3호선 대합실		"	"	PM10, CO, CO2, NOx,
남포역 1호선 대합실		2011. 9. 1.	보건환경연구원	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5, HCHO
		2014. 7. 1.	"	
사상역 2호선 대합실		2011. 9. 1.	보건환경연구원	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5, HCHO
		2014. 7. 1.	"	
서면역	1호선 대합실	2003. 12. 9.	부산교통공사	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5
		2010. 10. 1.	보건환경연구원	
	1호선 승강장	2003. 12. 9.	부산교통공사	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5
		2010. 10. 1.	보건환경연구원	
	2호선 대합실	2005. 7. 8.	부산교통공사	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5, HCHO
		2013. 8. 1.	보건환경연구원	
	2호선 승강장	2005. 7. 8.	부산교통공사	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5
		2013. 8. 1.	보건환경연구원	
동래역 4호선 대합실		2014. 7. 1.	보건환경연구원	PM10, CO, CO2, NOx, PM2.5

※ 자료생성 주기는 대기오염측정망 설치운영지침에 따름

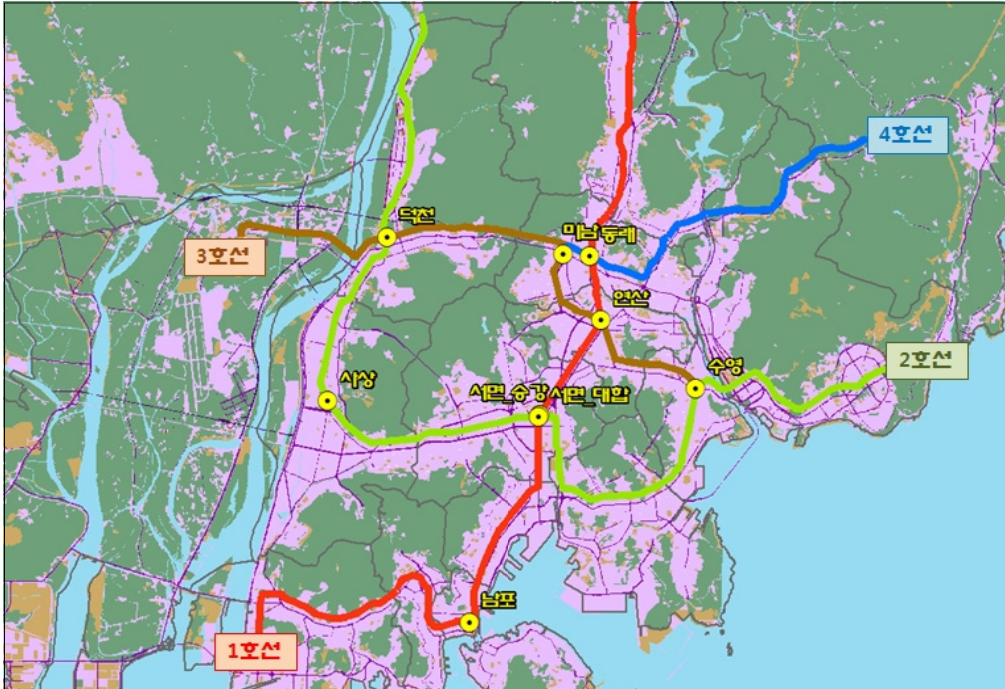


그림 1. 실내공기질측정망 지점도

## 2. 조사방법

- 시험방법 : 대기오염공정시험기준(환경대기, 자동연속측정법)
- 조사항목 : PM10, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM2.5, HCHO

## 3. 조사결과

- 연평균 농도
  - 2016년 실내공기질측정망 운영결과, PM10은 전년대비 감소, PM2.5 CO<sub>2</sub>, HCHO는 소폭 증가, CO와 NO<sub>2</sub>는 같은 수준
  - PM10 연평균 농도는 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 유지기준(150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 29% 수준이며 도시대기와 유사하고 도로변 대비 약 86% 수준
  - CO는 0.6 ppm으로 유지기준(10 ppm) 대비 6% 수준이며 도시대기 대비 1.5배, 도로변 대비 1.2배 높음
  - NO<sub>2</sub>는 0.041 ppm으로 권고기준(0.05 ppm)의 82% 수준이며, 도시대기 보다 약 2배, 도로변 보다 1.2배 높음
  - CO<sub>2</sub>는 557 ppm으로 유지기준(1000 ppm)의 56% 수준, HCHO는 10.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 유지기준(100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 약 10% 수준

표 2. 연도별, 측정망별 연평균 농도

항목	측정망	유지(권고) 기준	실내공기질		도시대기	도로변
			2016년	2015년	2016년	2016년
PM10	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150 이하	43	45	44	50
M2.5	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-	25	24	27	26
CO	(ppm)	10 이하	0.6	0.6	0.4	0.5
CO <sub>2</sub>	(ppm)	1,000 이하	557	538		
NO <sub>2</sub>	(ppm)	0.05 이하	0.041	0.041	0.021	0.034
HCHO	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	100 이하	10.3	7.5		

표 3. 측정지점별 연평균 농도

역사명		항목	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	HCHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
수영역	2016년		38		0.7	530	0.033	-
	2015년		35	-	0.9	503	0.035	-
연산역	2016년		39		0.7	528	0.035	
	2015년		38	-	0.6	498	0.037	-
미남역	2016년		38		0.7	509	0.031	
	2015년		41	-	0.6	491	0.043	-
덕천역	2016년		50		0.6	508	0.048	
	2015년		51	-	0.5	510	0.045	-
남포역	2016년		45	24	0.4	561	0.045	18.1
	2015년		53	26	0.5	542	0.041	8.0
사상역	2016년		32	16	0.5	536	0.042	7.1
	2015년		38	22	0.6	522	0.040	8.0
동래역	2016년		36	20	0.5	505	0.046	
	2015년		35	17	0.5	469	0.048	-
서면역	1호선 대합실	2016년	49	28	0.6	674	0.040	
		2015년	53	30	0.5	627	0.039	-
	1호선 승강장	2016년	54	31	0.5	571	0.043	
		2015년	54	26	0.5	549	0.040	-
	2호선 대합실	2016년	47	28	0.5	645	0.044	5.8
		2015년	47	27	0.5	632	0.038	5.8
	2호선 승강장	2016년	41	30	0.5	560	0.051	
		2015년	46	23	0.5	570	0.045	-
	서면역 평균	2016년	48	29	0.5	613	0.045	
		2015년	50	27	0.5	595	0.041	5.8
	평균	2016년	43	25	0.6	557	0.041	10.3
		2015년	45	24	0.6	538	0.041	7.5
유지(권고)기준			150 이하 (6시간평균)	-	10 이하 (1시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	0.05 이하 (1시간평균)	100 이하 (1시간평균)

## ○ 지점별 연평균 농도

- 연평균 PM10과 PM2.5는 서면역 1호선 승강장에서  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  로 가장 높게 나타났으며, NO<sub>2</sub>는 서면역 2호선 승강장에서 0.051 ppm으로 권고기준(0.050 ppm)을 초과하였음
- CO<sub>2</sub>는 유동인구가 많은 서면역을 중심으로 전반적으로 농도가 높았으며, 서면역 1호선 대합실에서 674 ppm으로 가장 높은 것으로 나타났음.
- CO는 수영, 연산, 미남역에서 0.7 ppm으로 높게 나타났으며, HCHO는 남포역에서  $18.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높게 조사되었음.

## ○ PM10 농도

- 서면역 1호선 승강장에서  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났으며, 사상역에서  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮게 조사되었음.
- 월별 농도변화는 5월( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 가장 높았으며, 7월( $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 가장 낮았음. 연중 5월에 미세먼지(PM10) 주의보 발령횟수가 7회로 가장 많았기 때문으로 판단됨.
- 시간대별로는 새벽 5시 ~ 6시 시간대에 가장 낮았으며, 차량 통행량과 이용객이 증가하는 출퇴근시간대(18~19시)에 가장 높은 농도를 보였음.
- 승객이 이용하지 않는 새벽 1시 ~ 4시 시간대에도 지하역사 내부 공사나 청소 등으로 인하여 일정농도를 유지하는 것으로 나타났음.

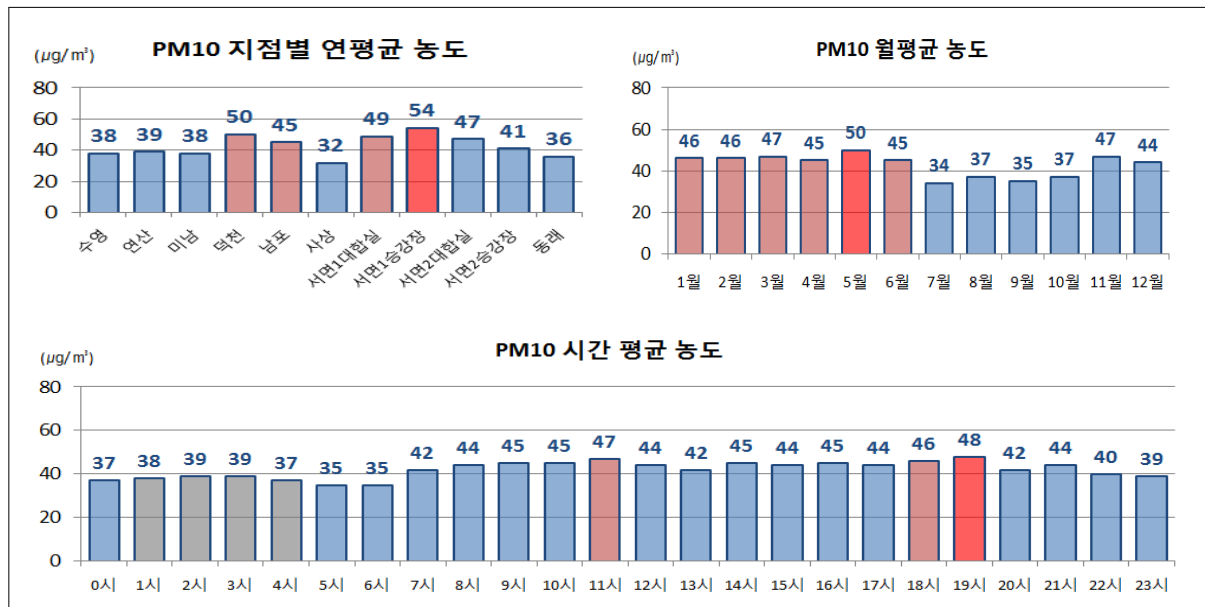


그림 2. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 PM10 평균농도

## ○ PM2.5

- 서면역 1호선 승강장( $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )에서 가장 높고, 사상역( $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )이 가장 낮았음.
- 월별 농도 변화는 12월( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 가장 높게 나타났으며, 7월( $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 가장 낮았음. 연중 12월에 미세먼지(PM2.5) 주의보 발령횟수가 4회로 가장 많았던 영향 때문으로 판단됨.

- 시간별로는 출퇴근 시간에 소폭 높은 농도를 유지하였음.
- 전반적으로 PM2.5의 농도추이는 PM10과 유사한 경향을 나타내었음.

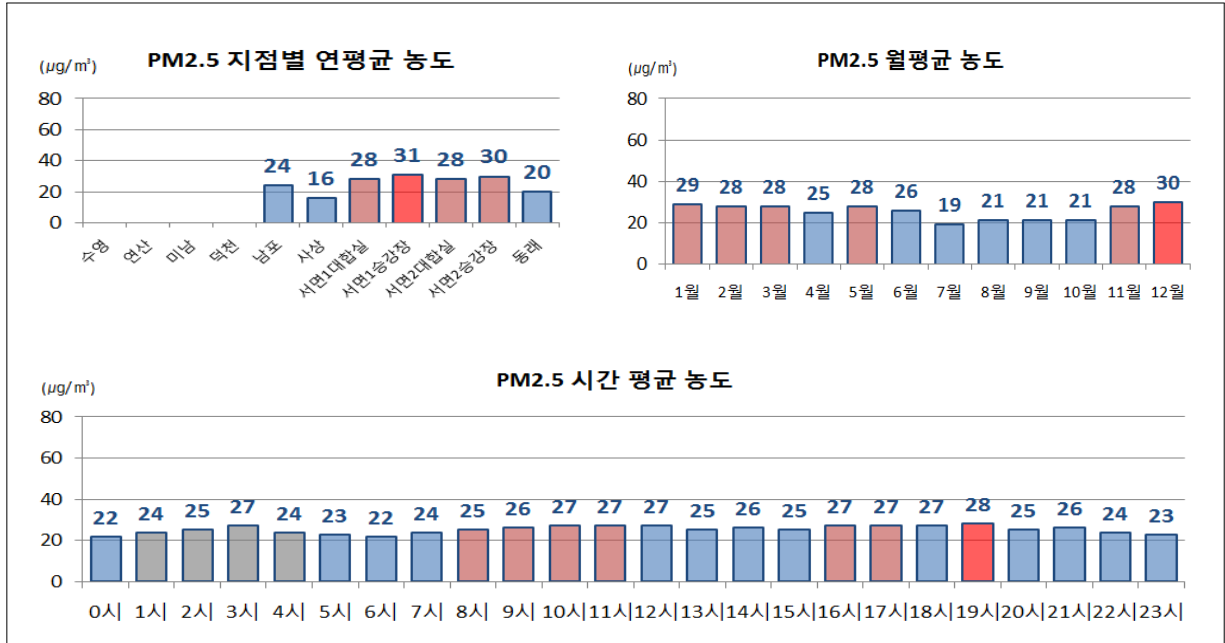


그림 3. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 PM2.5 평균농도

○ CO 농도

- 수영, 연산, 미남역에서 0.7 ppm 으로 타 측정소 대비 높은 수준을 나타내었음
- 월별 CO 농도는 비슷한 수준을 나타내며 하절기인 6 ~ 9월에 0.5 ppm으로 다소 낮게 나타남.
- 퇴근시간대인 18~20시간에 다소 높은 농도(0.6 ppm)를 나타내었음.

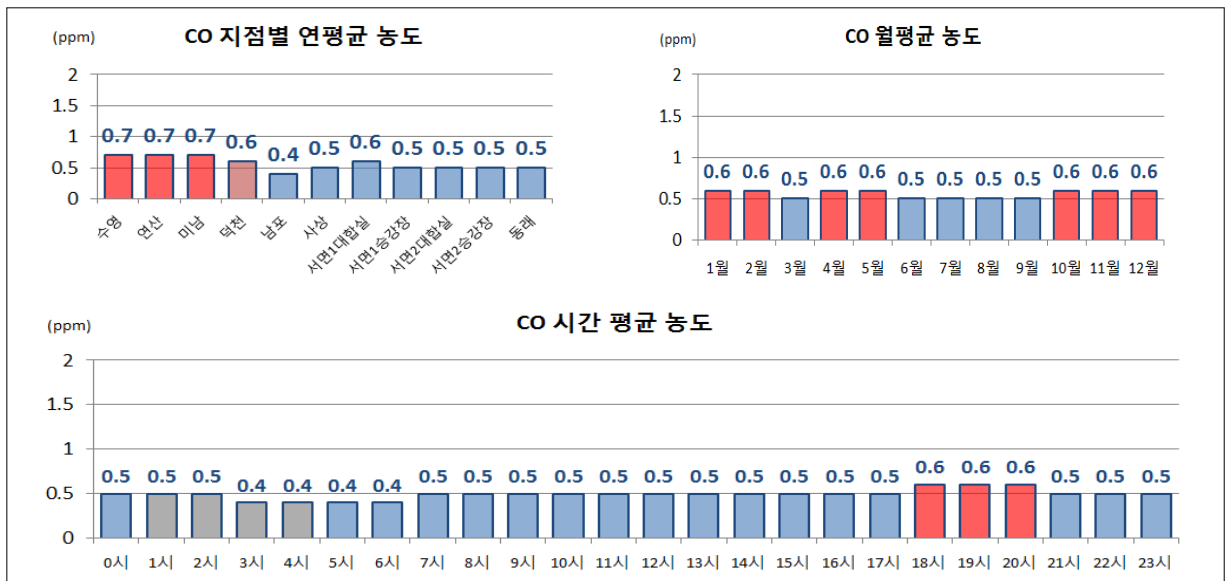
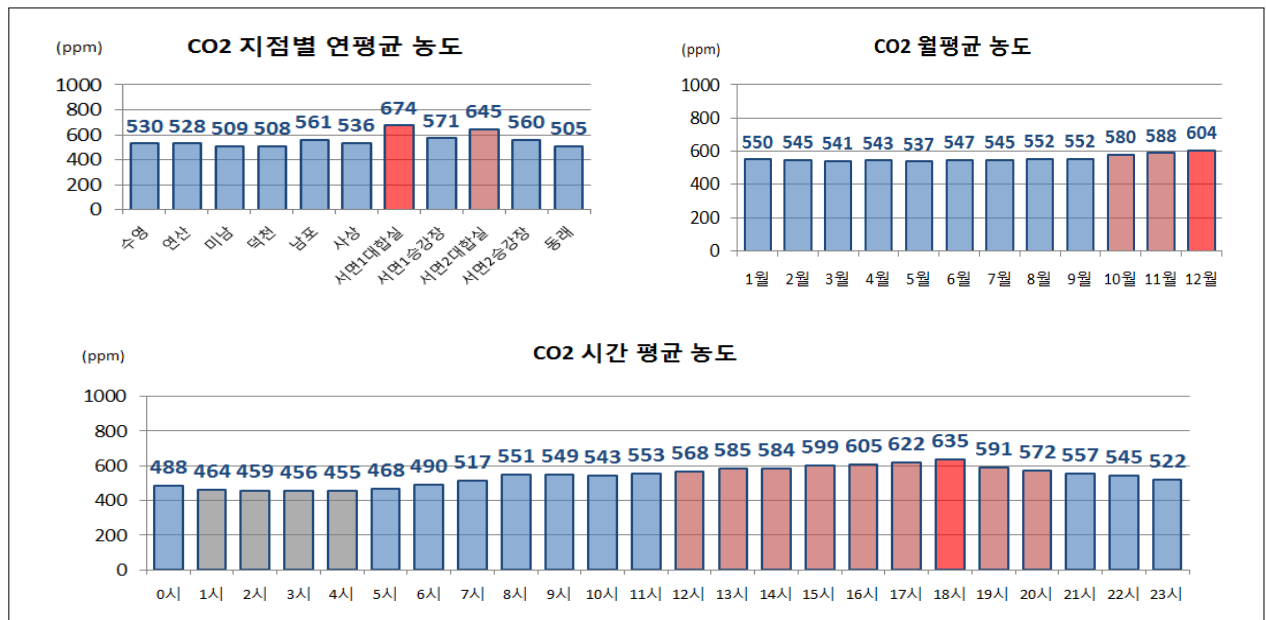


그림 4. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 CO 평균농도

○ CO<sub>2</sub> 농도

- 환승역인 서면역에서 높은 농도를 나타내었으며 서면역 1호선 대합실에서 674 ppm으로 최고 농도를 나타냄.
- 월별농도는 연말인 12월에 유동인구의 증가로 최고 농도를 나타내었음.
- 시간대별 CO<sub>2</sub> 농도는 유동 인구가 많은 오후 시간대에 높은 농도를 나타내었으며 특히 퇴근 시간 대인 18시에 최고 농도를 나타내었음

그림 5. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 CO<sub>2</sub> 평균농도○ NO<sub>2</sub> 농도

- 서면역 2호선 승강장(0.051 ppm)에서 가장 높게 나타났으며, 월별로는 NO<sub>2</sub>생성에 기여하는 물질인 오존의 농도가 높았던 5월에 0.055 ppm으로 가장 높게 나타났음.
- 시간별로는 자동차 통행량이 늘어나는 출근시간을 지나면서 농도가 점차적으로 증가하여, 차량 정체가 많은 퇴근시간대인 15시~19시에 최고 수준을 보이고 이후 감소되는 추세를 보였음.
- 자동차 배기가스로 배출되는 NO<sub>2</sub>는 공조기, 출입구 등을 통해 지하 역사로 유입되어 분해되지 못하고 축적되는 특성이 있음.

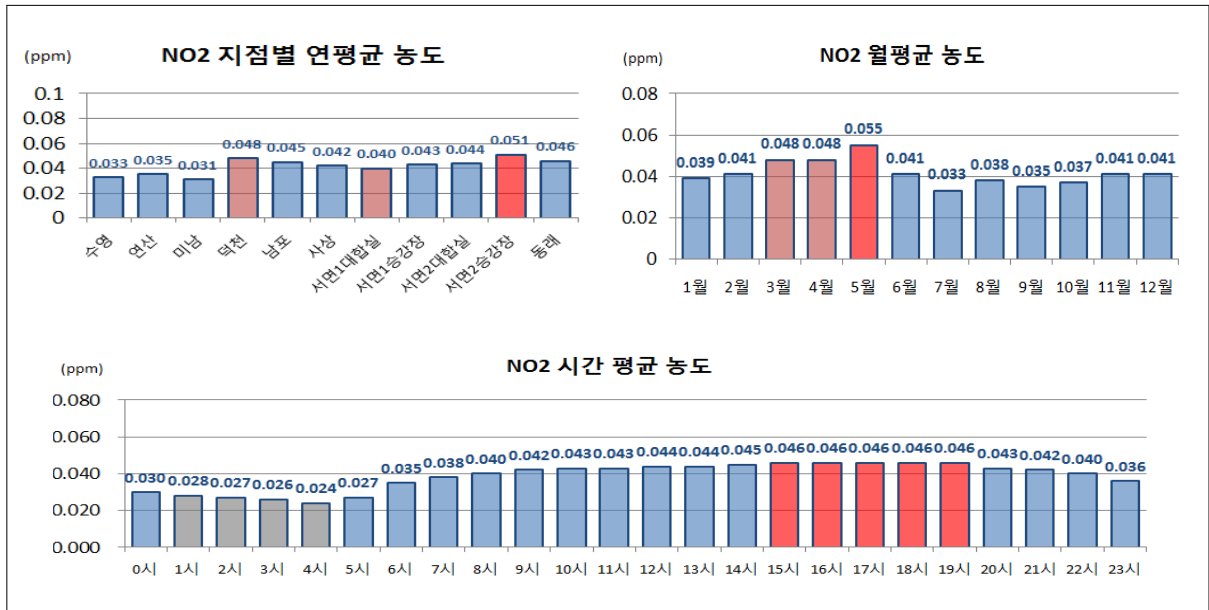


그림 6. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 NO<sub>2</sub> 평균농도

○ HCHO 농도

- HCHO는 3개 측정지점 중 남포역이 18.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 사상역과 서면역 2호선 대합실에 비해 연평균 농도가 높은 것으로 나타났음.
- 월별로는 1월부터 증가하여 4월(14.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에 최고농도를 나타내었으며 그 이후 감소 추세를 보임. HCHO 농도는 남포역내 상가들의 내부 공사로 인한 농도 증가가 전체 평균 농도를 높인 것으로 판단됨.

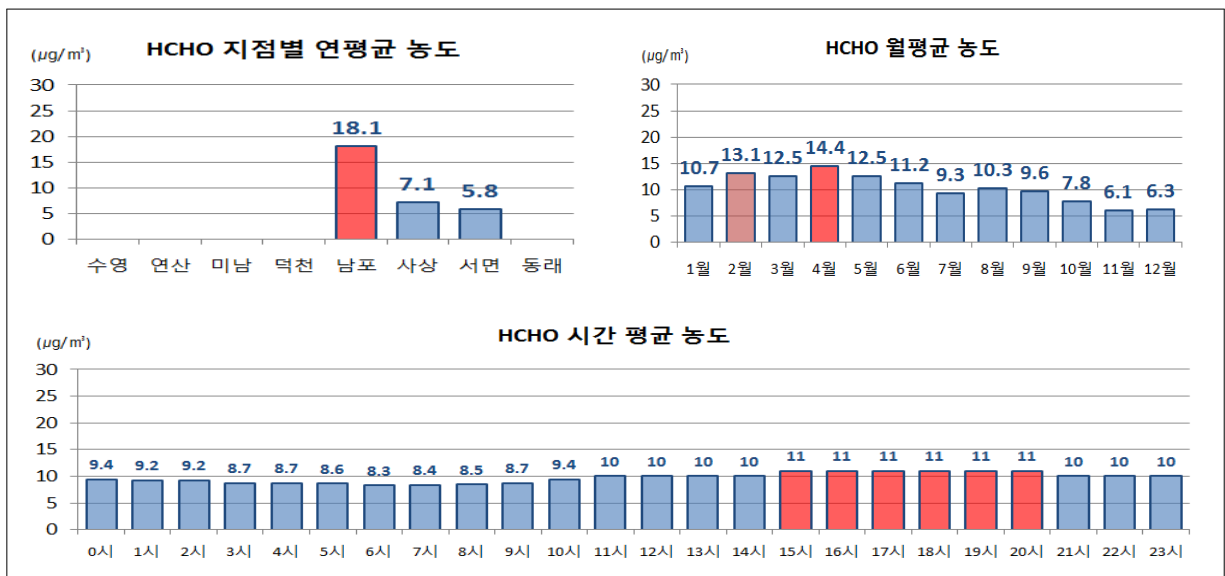


그림 7. 실내공기질 지점별, 월별, 시간별 HCHO 평균농도

○ 미세먼지주의보 발령일 실내공기질 농도분포

- 미세먼지 주의보 발령일에 PM10, PM2.5 농도 분포가 높은 경향을 나타내어 실내공기질이 외기의 영향을 많이 받고 있는 것으로 유추됨.
- 미세먼지 및 초미세먼지 주의보 발령일의 실내공기질 농도는 PM10, PM2.5가 각각 대기 농도의 67.5%, 73.2%로 나타나 흡입구를 통한 외부공기 유입 시 PM2.5의 유입이 더 높은 것으로 조사됨.

표 4 미세먼지주의보 발령일 실내 및 대기질 농도

(단위  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

발령일자	항목	실내공기질 농도		대기질농도	
		PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
1월 4일	PM10, PM2.5	73	52	81	63
1월16일	PM2.5	70	46	80	61
1월27일	PM2.5	69	44	81	55
2월26일	PM2.5	75	49	83	59
2월27일	PM2.5	78	49	100	67
4월 1일	PM2.5	67	42	96	65
4월 9일	PM10	67	33	105	42
4월23일	PM10	74	36	180	57
5월 7일	PM10	71	23	136	43
5월 8일	PM10	54	19	119	35
12월5일	PM10, PM2.5	80	62	97	65
평균		71	41	105	56

표 5. PM10 일평균농도

(단위  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	31일
1월	53	57	59	73	44	38	44	34	39	44	33	36	37	42	63	70	46	43	31	37	41	35	43	33	43	53	69	65	29	35	54
2월	35	42	50	59	42	42	40	43	45	35	45	53	41	29	32	39	35	42	59	54	31	44	55	37	35	75	78	73	39		
3월	38	52	38	42	53	39	38	47	32	36	39	42	51	66	61	63	66	35	52	35	32	51	42	28	31	33	47	58	65	62	80
4월	67	56	43	26	44	51	29	52	67	62	35	42	34	44	39	40	28	39	39	43	30	48	74	64	48	46	25	33	39	50	
5월	43	45	28	41	41	38	71	54	52	44	37	39	39	35	41	40	44	52	52	48	47	46	56	39	59	79	67	78	47	58	65
6월	34	33	45	40	28	36	47	59	63	48	49	37	45	51	46	47	46	49	37	57	48	42	42	41	38	44	80	49	41	39	
7월	31	26	33	33	33	32	35	31	24	44	32	27	42	42	28	27	35	54	37	28	27	28	31	36	38	35	31	38	40	37	45
8월	45	40	41	38	33	33	40	58	36	35	58	70	57	51	47	37	30	28	31	28	25	28	24	26	33	31	32	19	22	29	39
9월	49	32	33	38	32	52	63	43	49	42	27	27	31	23	28	37	20	23	25	26	43	42	39	34	31	38	43	29	25	27	
10월	34	30	35	33	26	37	30	28	27	28	32	45	42	49	58	34	36	46	50	56	37	32	27	26	33	38	38	28	45	39	39
11월	31	39	58	62	57	43	44	46	46	36	52	58	56	50	48	51	65	60	49	36	40	42	33	26	33	52	45	56	34	42	
12월	46	32	43	42	80	31	48	64	56	34	34	53	56	55	43	33	46	48	61	49	49	33	31	48	43	37	31	37	32	34	39



표 6. PM2.5 일평균농도

(단위  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일	31일
1월	37	39	39	52	26	24	27	19	23	27	18	21	20	24	39	46	31	27	15	22	26	22	27	19	25	33	44	44	16	19	38
2월	20	24	28	34	23	24	23	26	25	18	24	34	25	46	20	24	18	24	38	31	17	24	30	21	19	49	49	43	24		
3월	24	33	21	25	31	20	22	24	16	18	22	25	30	41	39	39	39	23	50	21	20	32	22	16	17	18	31	37	39	38	50
4월	42	32	24	12	24	30	16	27	33	30	25	22	19	23	45	30	13	21	22	26	15	28	36	26	21	21	12	19	22	28	
5월	23	26	17	19	19	19	23	19	26	20	19	19	37	18	24	36	24	28	25	23	26	27	35	24	39	54	39	48	28	35	39
6월	17	17	26	24	13	20	26	35	34	33	27	21	24	28	25	26	28	30	21	33	28	24	23	23	21	28	49	28	25	22	
7월	18	13	19	20	20	18	18	15	11	25	18	15	24	24	14	14	21	34	21	14	15	12	16	21	22	18	14	20	22	21	26
8월	32	25	23	20	19	18	25	37	18	18	36	45	36	32	28	39	15	14	15	13	12	14	11	12	17	17	14	9	19	21	21
9월	28	19	18	21	16	40	40	32	28	24	14	14	15	12	17	22	12	14	13	13	27	27	24	20	18	22	27	18	14	16	
10월	22	20	22	19	22	21	15	15	15	14	17	34	23	29	33	18	20	26	28	32	19	17	13	12	17	21	20	21	24	21	21
11월	17	17	40	38	35	27	27	27	28	18	28	32	34	30	26	34	38	48	35	25	22	23	18	12	19	34	29	34	21	29	
12월	30	19	27	25	62	18	31	42	37	21	22	35	36	39	27	19	28	32	49	32	32	21	28	34	31	28	39	23	18	17	27

○ PM10 실내공기질 유지(권고)기준 초과현황

- 지하철을 운행하지 않는 시간(1시 ~ 4시)을 제외한 하루 20시간을 기준으로 PM10은 6시간 평균농도를 측정된 결과 9회(0.02%) 초과하여 전년 39회(0.07%)대비 낮은 초과율을 나타내었음.
- PM10은 주로 외부 대기질의 영향으로 유지 기준을 초과하였음
- 지점별 PM10 초과횟수는 미남역(4회)>연산역(4회)>서면역(1회)로 조사

○ CO<sub>2</sub> 실내공기질 유지(권고)기준 초과현황

- CO<sub>2</sub>는 285회(0.37%) 초과 하였으며 전년 57회(0.07%)대비 대폭 증가 하였는데 승객이 집중하는 퇴근시간대나 주말 오후시간대 주로 기준을 초과하였음.
- 지점별 CO<sub>2</sub> 초과횟수는 서면역 1호선 대합실이 150회로 가장 많았으며 서면역 2호선 대합실이 80회로 조사되어 환승역으로 유동인구가 많은 서면역에서 초과율이 높은 것으로 나타남.

○ NO<sub>2</sub> 실내공기질 유지(권고)기준 초과현황

- NO<sub>2</sub>는 19,348회(24.9%) 초과 하였으며 전년 17,374회(22.2%) 대비 소폭 증가하였음.
- 지점별 NO<sub>2</sub> 초과횟수는 서면역 2호선 승강장에서 3,257회로 가장 많았으며 덕천역에서 2,786회 초과 되었으며 나머지 역에서도 높은 초과율을 나타내었음.
- NO<sub>2</sub> 기준 초과는 급기시 유입되는 자동차 배출가스 영향 때문으로 주로 낮 시간부터 오후 시간대 기준 초과율이 높았음
- NO<sub>2</sub>는 지하역사내에서의 오염원은 거의 없으나 교통이 혼잡한 교차로 등 도로에 위치한 급기시설이나 출입구를 통해 주요오염원인 자동차 배출가스가 유입되어 증가하게 됨. 대기중 NO<sub>2</sub>는 확산이나 태양광에 의해 분해, 소실되기도 하나 지하역사내에서는 이러한 반응 없이 축적되므로 도시대기 대비 높은 수준을 나타냄.

표 7. 유지(권고)기준 초과현황(다중이용시설 등의 실내공기질관리법)

구분		PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)
유지기준		150 이하 (6시간평균)	1,000 이하 (1시간평균)	-
권고기준		-	-	0.05 이하 (1시간평균)
초과횟수	2016년	9회(0.02%)	285회(0.37%)	19348회(24.9%)
	2015년	39회(0.07%)	57회(0.07%)	17374회(22.2%)

표 8. 지점별 유지(권고)기준초과 현황(초과횟수)

구분		서면역	수영역	연산역	미남역	덕천역	남포역	사상역	동래역	합계
PM10	2016년	7	0	4	4	5	0	0	6	26
	2015년	2	0	0	21	16	0	0	0	39
CO <sub>2</sub>	2016년	253	1	0	0	0	31	0	0	285
	2015년	44	0	0	0	0	13	0	0	57
NO <sub>2</sub>	2016년	8,487	424	788	672	2,786	2,174	1,739	2,278	19,348
	2015년	6,051	727	1,287	2,013	2,061	1,179	1,389	2,667	17,374

구분		서면역				서면역 합계
		1호선 대합실	1호선 승강장	2호선 대합실	2호선 승강장	
PM10	2016년	0	0	4	3	7
	2015년	0	0	2	0	2
CO <sub>2</sub>	2016년	150	7	80	16	253
	2015년	13	0	25	6	44
NO <sub>2</sub>	2016년	1493	1806	1931	3257	8,487
	2015년	1,103	1,440	893	2,615	6,051

#### 4. 활용방안

- 실시간 지하역사내 공기질을 측정함으로써 급기설비 및 환기시설 가동 주기, 역사 내 청소등 관리에 필요한 자료 제시
- 항목별 기준초과 원인은 PM10과 PM2.5는 대기 중 미세먼지 농도 증가이며, CO<sub>2</sub>는 역사 내 유동인구의 증가, NO<sub>2</sub>는 자동차 배출가스 영향으로 판단. 각 항목에 대한 저감 방안 제시 가능

#### 5. 기대효과

- 다년간 축적해온 모니터링 결과로 지하역사 운영 및 시설개선 정책의 자료 제공 가능