

터널 대기질 조사

생활환경연구실 : 곽 진

팀 장 : 김영태

부산지역 주요 터널의 공기질 조사로 시민의 건강피해를 예방하기 위한 대책수립에 필요한 기초자료 제공

□ 조사개요

- 조사근거 : 시환보 67302-0(2003.02.25)호
- 조사기간
 - ▷ 터널내(년 1회) : 2004년 12월 13일, 14일, 20~23일, 26일
 - ▷ 터널주변(반기 1회)
 - 상반기 : 2004년 6월 8~10일, 28일, 29일
 - 하반기 : 2004년 12월 6~10일
- 조사지점 : 기계식 환기시설이 설치된 부산 시내 7개 터널 대상
 - ▷ 지점선정 조건 : 이동측정차량이 주차 할 수 있는 공간과 전원공급 가능
 - 터널내(7) : 부산, 만덕 2, 광안, 구덕, 황령, 백양, 수정
 - 터널주변(5) : 부산, 광안, 구덕, 황령, 백양
- 조사항목
 - ▷ 터널내(7) : SO₂, NO, NO₂, CO, O₃, PM10, PM2.5
 - ▷ 터널주변(6) : SO₂, NO, NO₂, CO, O₃, PM10
- 측정방법

조사항목	SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₃	PM10, PM2.5	PM10
측정회수	터널내 : 1회 터널주변 : 2회	1회	2회
측정지점	터널내 및 주변지점	수정, 백양터널	터널주변지점
측정 및 분석방법	<ul style="list-style-type: none"> · 터널내 : 이동측정차량에 샘플라인을 연결하여 가스상물질을 24시간 연속 측정 · 터널주변: 이동측정차량을 이용한 연속 측정 	터널내 PM10, PM2.5 샘플러(PAS-201)를 설치하여 24시간 연속측정 후 중량법에 의한 분석	이동측정차량에 설치된 PM10샘플러를 이용하여 24시간 연속 측정 및 분석

- 측정방법 : 특수 고안된 샘플라인을 이용하여 이동차량과 이격되어 있는 지역의 공기를 이동차량의 측정기로 유입시켜 측정

▷ 샘플라인 : 최고 200m까지 확장이 가능하여 이동차량이 근접하기 어려운 곳의 공기를 차량내부의 측정기로 측정함. 샘플라인의 끝에 연결된 시료 투입부는 그립과 같이 1~2m의 높이에서, 필터를 통하여 먼지를 제거하도록 되어있음.



<터널내부로 샘플라인을 확장한 모습>



<시료투입부>

▷ 펌프 : 샘플라인을 통하여 시료를 끌어오도록 하는 펌프. 샘플라인을 통과하는 동안 온도차이로 인한 응축을 방지하기 위하여 히팅이 가능하도록 설계됨.



<펌프작동 모습>

▷ 외부와 연결된 샘플라인은 차량내부 측정기 인렛과 연결되어 차량내 가스 물질의 농도 측정.

□ 조사결과

- 터널내 대기질

▷ 터널내 가스상물질의 농도를 시간대별, 일별로 측정한 결과를 살펴보면

- SO₂의 경우 전체 평균치는 37ppb로 시간대별 최소 5ppb에서 최대 120ppb로 나타났고 일평균치를 살펴보면 만덕2터널이 20ppb로 최소값을, 차량의 일일통행량(55,434대)이 가장 많았던 황령터널이 50ppb로 최고치를 보였다.
- NO와 NO₂의 경우 전체 평균치는 NO가 661ppb, NO₂가 91ppb로 나타났으며 시간대별 최소값은 NO가 104, NO₂는 40ppb, 최고치는 NO가 4,533ppb, NO₂가 261ppb로 조사되었다. 일 평균치는 NO가 233~2351ppb, NO₂는 65~152ppb의 범위로 나타났으며, 수정터널에서 가장 높은 농도를 보였다.
- O₃의 경우 전체평균치는 7ppb로 시간 최소 5ppb에서 최고 19ppb로 나타났으며 측정 지점별로는 큰 차이를 보이지 않았다. O₃이 일반대기질의 평균농도 보다 낮게 나타난 것은 터널내에 광화학반응이 원활하지 않음에 의한 것으로 사료됨.
- CO의 경우 전체 평균치는 3.7ppm으로 시간대별 최소 1.7ppm에서 최고11.0ppm으로 나타났으며 지점별로 일 평균치는 부산과 수정터널이 2.8ppm으로 가장 낮았으며, 만덕2터널이 5.8ppm으로 최고치를 보였다.

▷ 백양터널과 수정터널의 PM₁₀ 및 PM_{2.5}농도를 살펴보면

- PM₁₀의 경우 평균농도는 319 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 수정터널이 353 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 백양터널의 285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 높게 나타났음.
- 한편 PM 2.5의 경우 평균농도는 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 수정터널이 163 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 백양터널의 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 높은 것으로 조사되었음.
- PM_{2.5}/PM₁₀의 비율은 수정터널이 0.46으로 백양터널의 0.41에 비해 높은 것으로 나타났다.

<터널내 가스상물질 및 입자상물질 조사결과>

터널명	측정일자	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	강우량 (mm)
부산	12/14	42	334	94	7	2.8	·	·	·
만덕2	12/23	20	233	65	9	5.8	·	·	·
광안	12/22	25	381	77	7	2.9	·	·	
구덕	12/27	44	412	70	6	4.2	·	·	
황령	12/20	50	504	107	6	3.9	·	·	0.1
백양	12/13	46	413	70	6	3.4	285	118	
수정	12/21	32	2,351	152	8	2.8	353	163	
평균		37	661	91	7	3.7	319	141	
최대		50	2,351	152	9	5.8	353	163	
최소		20	233	65	6	2.8	285	118	
시간대	최대	120	4,533	261	19	11.0	·	·	
	최소	5	104	40	5	1.7	·	·	

○ 터널주변 대기질

▷ 터널주변지역 대기질에 대하여 시간대, 일별 측정된 결과

- SO₂의 경우 전체 평균치는 7ppb로 시간대별 최소 1ppb에서 최대 42ppb로 나타내었으며, 일평균치는 광안터널 주변지점이 5ppb로 가장 낮았고 터널과 이격거리가 가장 가까운 부산터널주변지점이 11ppb로 최대치를 보였음.
- NO₂의 경우 전체평균치는 42ppb로 나타났으며, 시간대별 최소 3ppb, 최대 153ppb로 조사되었음. 일 평균치는 백양터널 주변지점이 26ppb로 가장 낮았고 터널 출구 쪽에 인접한 황령터널 주변지점이 대기환경기준(80ppb/day)을 초과한 86ppb로 최대치를 보였음.
- O₃의 경우 전체평균치는 22ppb로 시간대별 최소 1ppb에서 최대 82ppb로 나타났으며, 일평균치는 부산터널 주변지점이 15ppb로 최소, 구덕터널 주변지점이 28ppb로 최대치를 나타내었으나, 지점 간에 농도 차이는 크지 않았음.
- CO의 경우 전체평균치는 0.7ppm으로 시간대별로는 최소 0.2ppm에서 최대 2.0ppm으로 나타났으며, 일 평균치는 최소 광안터널주변이 0.4ppm, 황령터널 주변이 1.0ppm으로 최대치를 보였음.
- PM10의 경우 전체 평균치는 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 시간대별로는 최소 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 최대 214 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 일 평균치는 백양터널 주변지역이 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 낮았고, 부산터널주변지역이 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 최대를 나타내었음.

<터널주변 대기질 조사결과>

구분		측정일자	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	강우량 (mm)
터널명	주변 측정지점								
부산	부산터널 관리사무소앞	6/29, 12/7	11	15	36	15	0.9	105	
광안	대남초등학교	6/8, 12/6	5	15	28	20	0.4	70	
구덕	구학초등학교	6/10, 12/8	6	69	34	28	0.6	88	
황령	장백아파트	6/9	7	35	86	26	1.0	95	
백양	모동초등학교	6/28, 12/9	6	59	26	21	0.8	68	
평 균			7	39	42	22	0.7	85	
일	최 대		11	69	86	28	1.0	105	
	최 소		5	15	26	15	0.4	68	
시간	최 대		42	201	153	82	2.0	214	
	최 소		1	1	3	1	0.2	10	

○ 터널별 차량통행량

▷ 터널별 차량통행량 조사결과는 아래와 같다.

- 7개 터널 측정당시 일별 차량통행량은 황령터널이 55,334대로 가장 많고 수정터널이 16,867대로 가장 적은 것으로 조사되었음.
- 차종별로 살펴보면 경차와 소형차의 일별 차량통행량이 가장 많은 곳은 황령터널로 각각 3,320대와 49,407대이었으며, 대형차량은 만덕2터널에서 3,482대로 가장 많이 통행하였다.

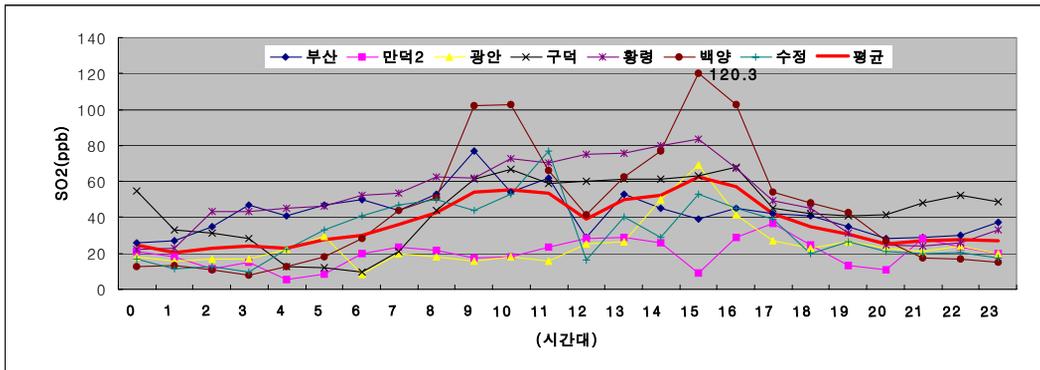
<터널내 차종별 일별 차량통행량>

구 분	백양터널	만덕2터널	구덕터널	황령터널	수정터널
경 차	2,243	2,468	1,891	3,320	1,093
소 형	31,022	31,712	25,707	49,407	14,854
대 형	2,296	3,482	2,076	2,707	920
합 계	35,561	37,662	29,674	55,434	16,867

○ 터널내 시간대별 변화특성

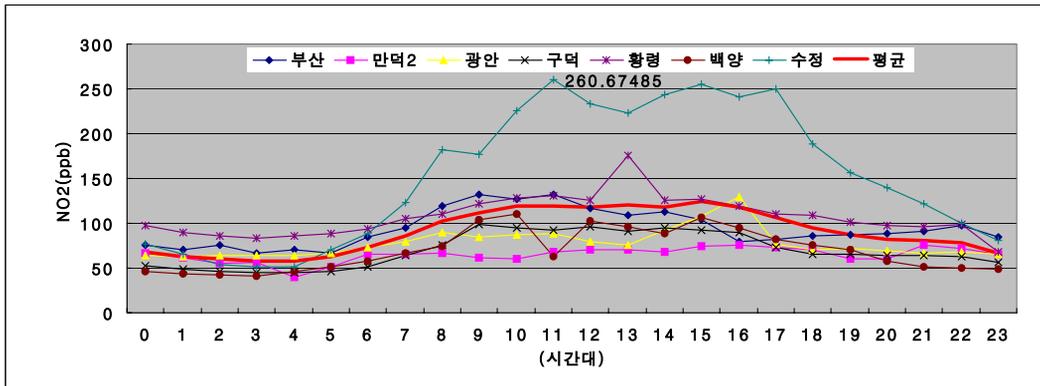
▷ 터널공기질의 시간대별 특징을 살펴보면

- SO₂의 경우 평균농도는 통행량이 감소하는 20시간대부터 오전 5시간대까지 감소 추세를 보이다가 점점 증가하여 15시간대에 62ppb로 가장 높았으며 시간대별 최대농도는 백양터널에서 인터아키텍15시간대에 120ppb로 조사되었음.

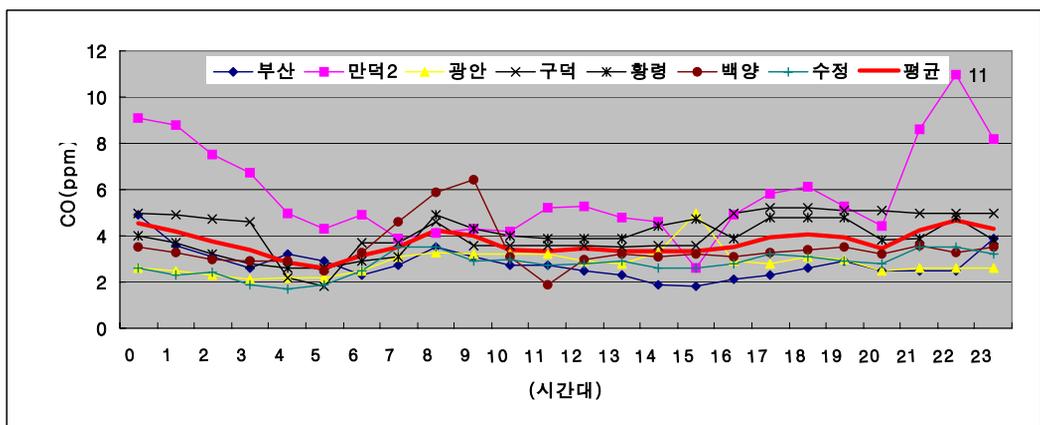


- NO₂의 경우도 SO₂와 비슷한 경향을 보였으며, 수정터널이 다른 터널에 비해 높은 농도를 보였으며 이는 차량통행량이 가장 적은 반면 주행속도가 높아 다른

터널에 비하여 높은 농도를 나타내는 것으로 판단됨. 평균농도는 6시간대부터 점점 증가하기 시작하여 8시간대에서 17시간대까지 100ppb 이상의 값을 보이다가 18시 이후에 점점 줄어드는 현상을 보였고 측정지점별로는 수정터널 11시대에 261ppb로 가장 높게 조사되었음.



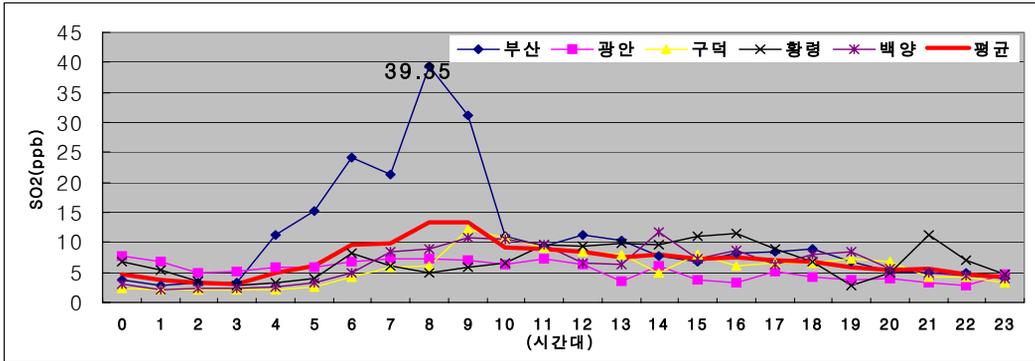
· CO의 경우 평균농도가 통행량이 적은 5시대에 가장 낮은 농도를 보였으며 22 시대에 4.7ppm으로 가장 높은 수치를 보였다. 만덕2터널의 경우 밤시간대 임에도 불구하고 22시간대 최고농도 11.0ppm을 나타내었는데, 이는 차량통행량(3,616 대)의 증가로 정체의 원인에 의한 것으로 사료되나 지속적인 검토가 필요한 것으로 판단됨.



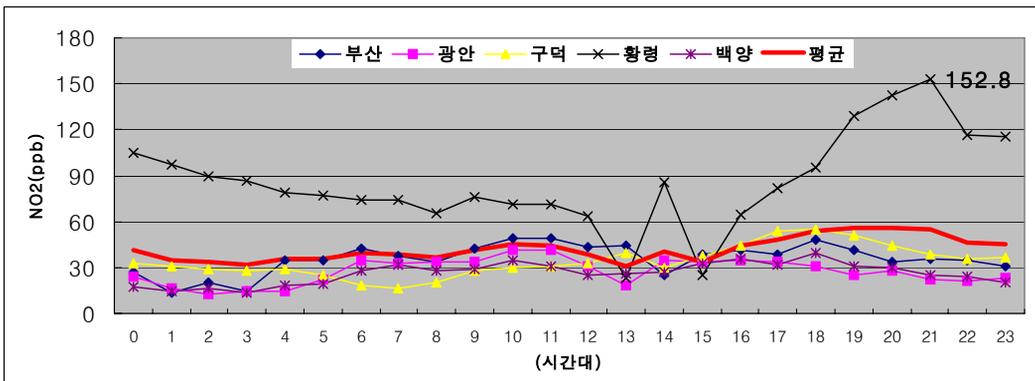
○ 터널주변 시간대별 변화특성

▷ 터널주변지역 공기질의 시간대별 특성을 살펴보면

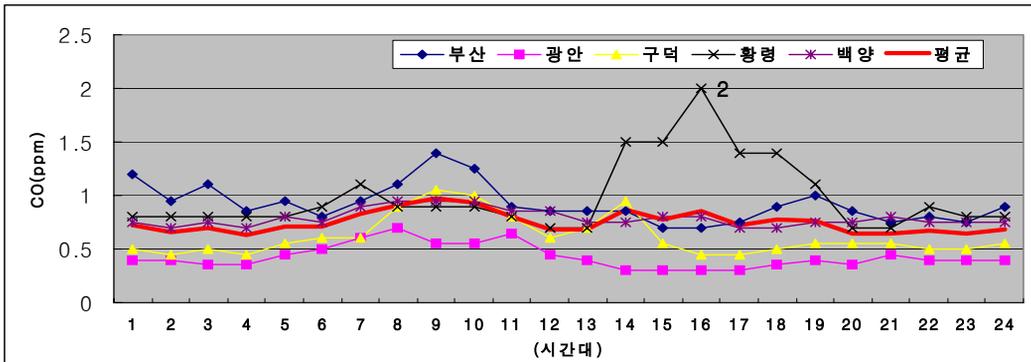
- SO₂의 경우 출근 및 일상생활이 시작되면서 오염물질 배출량이 늘어남과 동시에 차량의 통행량이 증가하는 7시간대부터 9시간대에 가장 높은 농도값을 나타내었고, 일정한 값을 유지하다가 감소하는 추세를 보였다. 측정지점별 최대값은 부산터널주변 지점에서 오전 8시간대에 평균 39ppb를 나타내었음.



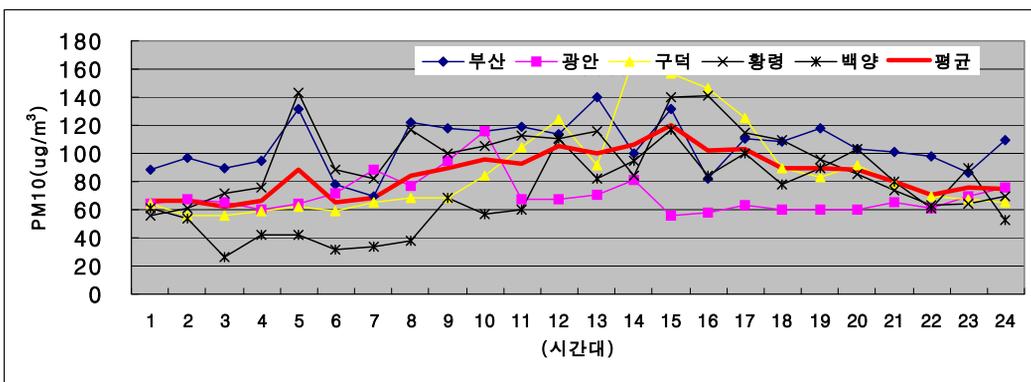
- NO₂의 경우에는 퇴근시간대인 18시간대에서 21시간대에 NO₂의 농도가 54~56ppb로 높은 값을 보였으며 13시간대가 30 ppb로 최소값을 나타내었음. 측정지점 중에는 황령터널 주변지점이 최고치가 153ppb로 대기환경기준 (150ppb/hr)을 초과하였으며, 이에 대한 지속적인 검토가 필요함.



- CO의 경우 출근시간대로 차량통행량이 증가하는 오전 7시간대에서 9시대에 높은 값을 나타내었으나 시간대별 농도에는 큰 차이를 보이지 않았음. 가장 높은 농도를 나타낸 지점은 황령터널 주변지점으로 16시대에 2.0ppm으로 조사되었음.



- PM10의 경우에는 오전 6시간대부터 점차 증가하여 14시간대 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최대치를 나타내었다가 감소하는 경향을 보였고 측정지점별로는 구덕터널 13시간대 169ppb로 가장 높게 조사되었음.



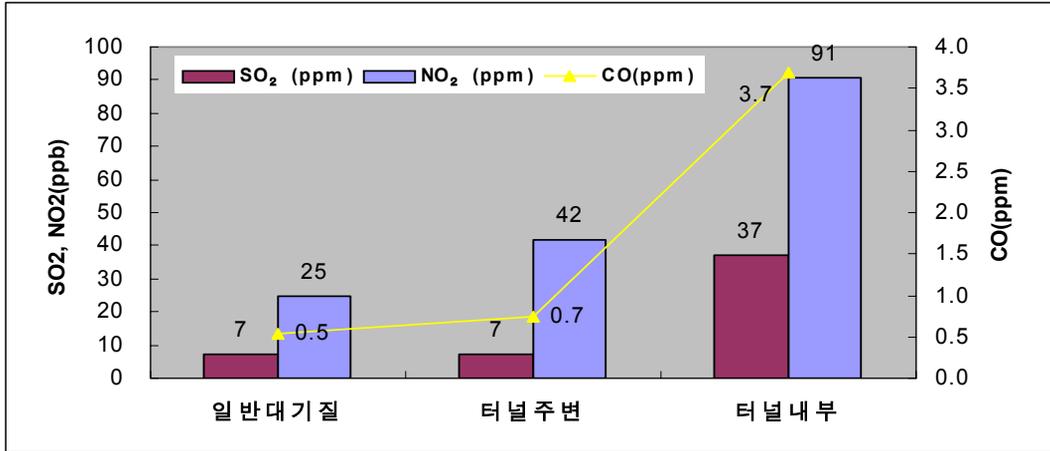
○ 터널내 · 주변 및 일반대기질과 비교

▷ 터널내, 주변과 일반대기질을 비교하면

- 전체적인 대기질의 오염도순위는 터널내 > 터널주변 > 일반대기질로 터널내에서 가장 높았다.
- SO₂의 경우는 터널내가 37ppb로 터널주변, 일반대기질의 7ppb에 비해 약 5.3배 높은 것으로 조사되었음.
- NO₂의 경우는 터널내가 터널주변보다 약 2.2배, 일반대기질에 비해서는 약 3.6배 높은 것으로 나타났고 터널주변지역은 일반대기질에 비해 1.7배정도 높은 것으로 조사되었음.

· CO의 경우도 터널내> 터널주변> 일반대기질 순이며 터널내가 터널주변 보다 약 5.3배, 일반대기질 7.4배 높은 것으로 나타났음.

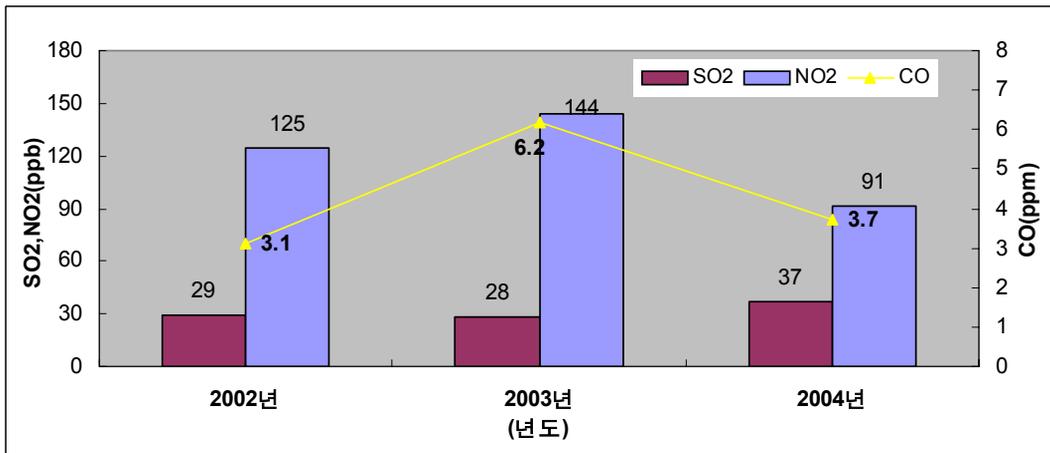
※PM10의 경우도 터널내가 터널주변보다 약 3.8배, 일반대기질에 4.3배 정도 높고 터널주변이 일반대기질에 비해 1.1배 정도 높은 것으로 조사되었음.



○ 터널공기질의 전년도와 비교

▷ 터널 공기질의 전년도와의 변화를 항목별로 살펴보면

- SO₂의 경우 전년도에 비해 다소 증가하는 경향을 나타내었고,
- NO₂와 CO는 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 전년도에는 이동측정차량을 터널내 왕복 운행하면서 시간대별로 측정하는 방식에서 금년부터는 이동측정차량을 출구 밖에 고정시켜 놓고 샘플라인을 이용하여 24시간 연속 측정한 평균값으로 야간시간대가 포함되었기 때문에 다소 낮은 값을 나타내는 것으로 판단됨.



□ 결론

- 터널기준인 CO 100ppm, NOx 25ppm을 초과한 터널은 없었음.
- 황령터널주변지점에서 NO₂가 0.086 ppm/day과 0.153 ppm/hr로 대기환경기준을 초과하였음.
- 전체적인 대기질의 오염도순위는 터널내> 터널주변> 일반대기질로 터널내에서 가장 높았음.
- 터널내의 대기질 오염도순위는 황령> 구덕> 수정> 백양 등으로 황령터널이 가장 높았고, 터널 주변은 측정지점 간에 이격거리가 짧은 황령> 부산> 구덕 등의 순으로 나타났음.
- 측정당시 전체 차량통행량은 황령터널이 제일 많았으며 대형차량의 통행량은 만덕터널이 최다인 것으로 조사되었음.
- 항목별로 터널내가 터널주변의 약 2.2~5.3배, 일반대기질의 약 3.6~7.4배 높게 나타났다음.
- 전년도에 비해 SO₂는 증가 CO, NO₂는 감소하였음.

□ 대책

- 환경보전과
 - ▷ 터널 대기질 관리 종합 대책 수립
 - ▷ 터널관리부서 자체관리 촉구
 - ▷ 관련법 제정 추진 : 환경부 또는 건교부
 - ▷ 초저황유, 대체에너지 적극검토
- 도로계획과
 - ▷ 터널 건설시 대기질 개선 우선 고려 설계
 - ▷ 터널내 대기질 관리 최대 노력 강구
 - ▷ 터널내 대기질 개선 용역 추진
 - ▷ 터널내 대기질 및 인근지역 대기질 정례조사
- 터널관리부서(건설안전시험사업소 등)
 - ▷ 터널내 차량의 정체시 환기시설 최대가동 방안 강구

- ▷ 바닥 및 벽면 청소(분기1회) 정례 실시
- ▷ 터널내 대기질 최대 악화 대비 환기시설 증설 또는 개·보수
- ▷ 터널내 · 외 주요지점 자동측정기 설치

- 붙임 : 1. 터널의 환기기준, 환기시설 설치현황 및 가동현황
2. 터널의 시간대별 측정값
3. 터널(좌·우)의 시간대별 측정값

※ 붙임 1. 터널의 환기기준, 환기시설 설치현황 및 가동현황

□ 터널 환기 기준

항목	CO	NOx
기준	100ppm	25ppm

□ 측정터널의 환기시설 설치현황 및 가동현황

연 번	터널명	시설규모		환기시설 현황	측정시 환기시설 가동현황
		길이 (m)	면적 (㎡)		
1	부산	644	11,678	제트팬 11kw×14대 송풍기 90kw×4대	전시간 일부 시설 가동
		660			
2	광안	1,130	19,980	송풍기 130kw×4대	원격감시제어시스템공사 및 소방케이블 공사관 제로 환기시설 가동 안함
		1,090			
3	구덕	1,870	17,578	송풍기 200kw×8대	상1호기, 상2호기 일부시간 가동
4	만덕2	1,740	15,700	송풍기 320kw×4대 송풍기 275kw×2대	송풍기 435마력 상행1호: 07:00-09:00,13:00-22:00 가동 상행2호: 06:00-13:00
5	황령	1,860	35,968	송풍기 320kw×2대 송풍기 150kw×2대	1,2,3,4호기 총 19시간 가동
6	백양	2,340	22,698	송풍기 300kw×6대 송풍기 110kw×6대	전시간 FAN 1,2,3기 및 LAMP가동
7	수정	2356	46,500	제트팬37kW×22대 (집진시설 270kW×4대)	제트팬37kW×2대 전시간 가동

※ 붙임 2. 터널의 시간대별 측정값

□ 터널의 시간대별 측정값

○ 부산터널(대신동→ 부산역 방향)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	26	183	75	6	4.9
1시대	27	165	71	6	3.6
2시대	35	232	75	6	3.1
3시대	47	151	67	6	2.6
4시대	41	216	71	6	3.2
5시대	47	197	67	6	2.9
6시대	50	379	85	6	2.3
7시대	44	450	94	6	2.7
8시대	53	651	119	6	3.5
9시대	77	660	132	7	3.1
10시대	54	577	126	7	2.7
11시대	62	550	131	7	2.7
12시대	29	376	117	7	2.5
13시대	53	291	109	7	2.3
14시대	45	322	113	9	1.9
15시대	39	373	103	9	1.8
16시대	45	175	79	9	2.1
17시대	42	233	82	8	2.3
18시대	41	255	86	7	2.6
19시대	35	277	87	7	2.9
20시대	28	305	88	7	2.5
21시대	29	330	91	6	2.5
22시대	30	423	98	6	2.5
23시대	37	240	85	6	3.9
평 균	42	334	94	7	2.8
최 대	77	660	132	9	4.9
최 소	26	151	67	6	1.8

○ 만덕2터널(동래→만덕 방향)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	21	238	67	9	9.1
1시대	18	182	61	9	8.8
2시대	12	164	55	10	7.5
3시대	15	165	57	9	6.7
4시대	5	121	40	10	5.0
5시대	8	164	52	10	4.3
6시대	20	249	66	10	4.9
7시대	23	238	65	10	3.9
8시대	22	240	67	9	4.1
9시대	17	196	62	9	4.3
10시대	18	198	60	10	4.2
11시대	23	288	68	9	5.2
12시대	28	310	71	8	5.3
13시대	29	323	71	9	4.8
14시대	26	268	68	10	4.6
15시대	9	316	75	7	2.6
16시대	29	287	75	10	4.9
17시대	37	220	73	10	5.8
18시대	25	268	70	10	6.1
19시대	14	176	60	9	5.3
20시대	11	175	60	10	4.4
21시대	28	297	75	10	8.6
22시대	23	269	72	10	11.0
23시대	20	242	65	9	8.2
평균	20	233	65	9	5.8
최 대	37	323	75	10	11.0
최 소	5	121	40	7	2.6

○ 광안터널(수영→대연동 방향)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	18	222	64	6	2.6
1시대	16	205	63	6	2.5
2시대	17	213	64	6	2.3
3시대	17	216	64	6	2.1
4시대	22	274	64	5	2.2
5시대	30	325	66	6	2.2
6시대	8	454	73	5	2.5
7시대	20	517	79	6	3.1
8시대	18	539	90	6	3.3
9시대	16	471	85	6	3.2
10시대	18	477	88	6	3.2
11시대	16	422	88	6	3.2
12시대	25	332	79	6	2.9
13시대	27	299	75	6	2.8
14시대	50	448	93	6	3.3
15시대	69	822	108	6	5.0
16시대	41	1086	129	11	2.9
17시대	27	267	78	9	2.8
18시대	23	260	71	7	3.1
19시대	27	290	72	19	3.0
20시대	23	264	69	10	2.5
21시대	21	250	66	8	2.6
22시대	24	266	68	7	2.6
23시대	20	228	66	6	2.6
평 균	25	381	77	7	2.9
최 대	69	1086	129	19	5.0
최 소	8	205	63	5	2.1

○ 구덕터널(대신동→학장동 방향)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	55	231	52	6	5.0
1시대	33	206	48	6	4.9
2시대	31	168	46	6	4.7
3시대	29	143	45	6	4.6
4시대	13	138	45	5	2.2
5시대	12	137	46	5	1.8
6시대	10	157	51	5	3.7
7시대	21	332	64	5	3.7
8시대	44	500	76	6	4.6
9시대	61	698	99	6	3.6
10시대	67	614	95	6	3.6
11시대	59	611	92	6	3.6
12시대	60	627	96	6	3.6
13시대	61	614	91	6	3.5
14시대	61	663	94	6	3.6
15시대	63	658	93	6	3.6
16시대	68	549	89	10	5.0
17시대	45	464	73	7	5.2
18시대	42	463	65	7	5.2
19시대	41	446	65	7	5.1
20시대	41	417	64	6	5.1
21시대	48	391	64	6	5.0
22시대	53	362	63	6	5.0
23시대	49	298	57	6	5.0
평 균	44	412	70	6	4.2
최 대	68	698	99	10	5.2
최 소	10	137	45	5	1.8

○ 황령터널(대연동→진포동 방향)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	22	285	97	6	4.0
1시대	23	201	90	6	3.7
2시대	43	162	85	6	3.2
3시대	43	155	83	6	2.8
4시대	45	186	86	6	2.6
5시대	46	204	89	6	2.6
6시대	52	277	93	6	2.9
7시대	53	460	105	6	3.1
8시대	62	501	111	6	4.9
9시대	62	742	122	7	4.3
10시대	73	895	128	6	4.0
11시대	70	945	130	6	3.9
12시대	75	830	126	6	3.9
13시대	76	1649	176	7	3.9
14시대	80	761	126	7	4.4
15시대	84	800	126	8	4.7
16시대	67	641	119	8	3.9
17시대	50	485	110	7	4.8
18시대	45	448	109	7	4.8
19시대	31	325	102	7	4.8
20시대	25	276	97	7	3.8
21시대	24	278	96	7	3.9
22시대	26	282	98	6	4.8
23시대	33	298	68	6	3.8
평 균	50	504	107	6	3.9
최 대	84	1649	176	8	4.9
최 소	22	155	68	6	2.6

○ 백양터널(당감동→덕포동 방향)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	13	125	46	6	3.5
1시대	13	129	44	6	3.3
2시대	11	112	42	6	3.0
3시대	8	104	41	7	2.9
4시대	13	143	46	6	2.9
5시대	18	189	52	5	2.5
6시대	28	264	57	5	3.3
7시대	44	405	67	6	4.6
8시대	51	460	75	6	5.9
9시대	102	958	104	6	6.4
10시대	103	1073	110	7	3.1
11시대	66	414	63	6	1.9
12시대	41	750	102	8	3.0
13시대	63	441	96	6	3.2
14시대	77	561	88	7	3.1
15시대	120	996	106	7	3.2
16시대	103	788	95	7	3.1
17시대	54	485	82	6	3.3
18시대	48	425	75	6	3.4
19시대	43	376	71	6	3.5
20시대	27	248	58	5	3.2
21시대	17	166	51	5	3.6
22시대	17	161	50	5	3.3
23시대	15	141	48	6	3.5
평 균	46	413	70	6	3.4
최 대	120	1073	110	8	6.4
최 소	8	104	41	5	1.9

○ 수정터널(부산역→가야 방향)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
0시대	17	1161	77	7	2.6
1시대	12	848	66	6	2.3
2시대	13	647	54	6	2.4
3시대	10	783	52	6	1.9
4시대	22	726	51	6	1.7
5시대	33	1073	70	7	1.9
6시대	41	1496	88	8	2.5
7시대	47	2165	123	9	3.5
8시대	50	2830	182	10	3.5
9시대	44	2426	177	9	2.9
10시대	53	3903	226	11	3.0
11시대	77	4533	261	12	2.7
12시대	16	3471	234	10	2.8
13시대	40	3705	224	11	2.9
14시대	29	3990	244	11	2.6
15시대	53	4098	255	9	2.6
16시대	45	3797	241	10	2.8
17시대	39	3881	250	10	3.2
18시대	20	2544	189	9	3.1
19시대	27	2029	156	8	2.9
20시대	21	1897	139	7	2.8
21시대	20	1829	121	7	3.5
22시대	20	1456	100	7	3.5
23시대	17	1137	80	6	3.2
평 균	32	2351	152	8	2.8
최 대	77	4533	261	12	3.5
최 소	10	647	51	6	1.7

※ 붙임 3. 터널주변지역 시간대별 측정값

□ 터널주변지역 시간대별 측정값

○ 부산터널(상반기)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	4	52	41	11	1.9	66
1시대	3	33	20	26	1.4	79
2시대	4	45	36	14	1.8	125
3시대	3	32	23	19	1.3	149
4시대	6	51	37	13	1.3	169
5시대	8	42	33	12	1	126
6시대	24	117	44	8	1.2	103
7시대	19	92	49	9	1.2	135
8시대	36	127	59	8	1.4	123
9시대	25	115	56	10	1.3	146
10시대	17	98	73	16	1.2	141
11시대	15	61	68	24	1.1	138
12시대	13	61	60	22	1	113
13시대	12	65	65	21	1	88
14시대	7	59	25	32	0.7	145
15시대	6	52	46	20	0.7	91
16시대	9	89	52	15	0.9	79
17시대	10	117	46	12	1.1	103
18시대	9	88	56	12	1.2	124
19시대	5	34	40	16	0.9	107
20시대	3	18	33	20	0.8	72
21시대	4	68	43	11	1	59
22시대	3	39	40	12	0.9	72
23시대	4	50	41	12	1.3	74
평 균	10	67	45	16	1.2	109
최 대	36	127	73	32	1.9	169
최 소	3	18	20	8	0.7	59

○ 부산터널(하반기)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	4	3	14	26	0.5	111
1시대	3	2	8	32	0.5	114
2시대	3	1	4	37	0.4	55
3시대	4	8	6	35	0.4	40
4시대	17	55	33	5	0.6	95
5시대	22	97	37	1	0.6	30
6시대	25	156	41	1	0.7	37
7시대	24	196	26	2	1.0	109
8시대	42	201	9	2	1.4	113
9시대	38	201	28	3	1.2	85
10시대	5	118	26	15	0.6	97
11시대	4	69	30	17	0.6	89
12시대	10	73	27	19	0.7	167
13시대	9	65	24	22	0.7	113
14시대	9	62	25	21	0.7	118
15시대	8	54	32	18	0.7	73
16시대	7	51	30	18	0.6	143
17시대	7	48	30	16	0.7	113
18시대	9	81	41	4	0.8	112
19시대	9	81	42	2	0.8	100
20시대	8	41	35	10	0.7	131
21시대	6	25	28	16	0.6	136
22시대	7	12	30	15	0.6	101
23시대	4	6	21	21	0.5	144
평 균	12	71	26	15	0.7	101
최 대	42	201	42	37	1.4	167
최 소	3	1	4	1	0.4	30

○ 광안터널(상반기)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	7	4	24	5	0.5	85
1시대	6	2	15	16	0.5	91
2시대	4	1	12	28	0.4	82
3시대	4	1	13	20	0.5	79
4시대	5	2	15	15	0.6	88
5시대	6	5	30	8	0.7	100
6시대	8	45	45	4	0.8	123
7시대	5	41	45	9	1	104
8시대	3	17	45	18	0.6	105
9시대	3	11	45	27	0.6	106
10시대	4	9	45	32	0.6	62
11시대	9	8	45	36	0.5	48
12시대	9	5	35	50	0.5	54
13시대	1	1	5	66	0.3	103
14시대	1	3	28	41	0.3	68
15시대	1	2	27	41	0.3	59
16시대	1	3	28	35	0.3	70
17시대	1	2	20	34	0.4	74
18시대	1	2	17	28	0.4	78
19시대	1	1	12	22	0.4	78
20시대	1	2	13	13	0.5	84
21시대	1	1	10	16	0.5	89
22시대	1	1	10	17	0.5	97
23시대	1	3	19	9	0.5	105
평 균	3	7	25	24	0.5	85
최 대	9	45	45	66	1.0	123
최 소	1	1	5	4	0.3	48

○ 광안터널(하반기)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	8	2	24	16	0.3	43
1시대	7	1	18	21	0.3	43
2시대	6	1	13	28	0.3	48
3시대	7	1	16	24	0.2	42
4시대	7	1	15	26	0.3	40
5시대	6	1	15	25	0.3	43
6시대	6	5	24	16	0.4	53
7시대	9	9	20	19	0.4	49
8시대	12	11	22	16	0.5	84
9시대	12	16	22	17	0.5	125
10시대	9	119	37	3	0.7	73
11시대	5	50	38	13	0.4	87
12시대	3	22	27	23	0.3	88
13시대	6	30	32	18	0.3	60
14시대	11	54	41	11	0.3	44
15시대	6	29	40	16	0.3	57
16시대	5	18	42	10	0.3	57
17시대	10	39	47	2	0.3	47
18시대	7	37	45	2	0.4	43
19시대	7	17	38	8	0.3	43
20시대	7	26	43	5	0.4	46
21시대	6	6	35	13	0.3	34
22시대	5	3	33	13	0.3	43
23시대	8	2	27	16	0.3	46
평 균	7	21	30	15	0.4	56
최 대	12	119	47	28	0.7	125
최 소	3	1	13	2	0.2	34

○ 구덕터널(상반기)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	2	1	37	51	0.5	57
1시대	2	1	35	48	0.5	53
2시대	2	1	34	45	0.5	52
3시대	2	1	33	46	0.5	57
4시대	2	3	36	24	0.6	65
5시대	2	16	32	12	0.7	56
6시대	3	28	25	17	0.6	71
7시대	4	13	30	27	0.7	77
8시대	4	17	27	27	0.7	72
9시대	3	13	25	43	0.7	86
10시대	3	5	23	56	0.6	85
11시대	6	4	21	56	0.4	106
12시대	7	9	19	50	0.5	75
13시대	7	31	33	82	0.5	214
14시대	7	30	35	78	0.5	207
15시대	8	27	39	72	0.5	193
16시대	8	22	48	60	0.5	165
17시대	9	11	65	34	0.5	109
18시대	9	14	68	24	0.6	86
19시대	9	8	63	27	0.6	101
20시대	9	2	57	30	0.6	82
21시대	4	2	48	40	0.6	66
22시대	4	1	43	46	0.6	66
23시대	3	1	40	51	0.6	67
평 균	5	11	38	43	0.6	95
최 대	9	31	68	82	0.7	214
최 소	2	1	19	12	0.4	52

○ 구덕터널(하반기)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	3	67	28	11	0.5	72
1시대	2	42	27	13	0.4	59
2시대	2	48	25	11	0.5	60
3시대	2	41	24	11	0.4	60
4시대	3	73	22	11	0.5	59
5시대	4	110	19	11	0.5	62
6시대	6	188	12	11	0.6	60
7시대	8	201	3	11	1.1	59
8시대	9	201	13	11	1.4	64
9시대	22	201	30	13	1.3	83
10시대	19	191	37	13	1	124
11시대	13	136	41	14	0.8	143
12시대	10	100	46	14	0.9	109
13시대	9	79	46	16	1.4	123
14시대	3	84	26	22	0.6	107
15시대	8	12	36	27	0.4	100
16시대	4	51	41	15	0.4	86
17시대	4	73	43	13	0.5	71
18시대	4	91	42	12	0.5	81
19시대	6	132	39	11	0.5	83
20시대	5	125	32	11	0.5	76
21시대	4	114	29	11	0.4	74
22시대	4	108	29	11	0.4	69
23시대	4	95	34	11	0.5	63
평 균	7	107	30	13	0.7	81
최 대	22	201	46	27	1.4	143
최 소	2	12	3	11	0.4	59

○ 황령터널

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	7	4	105	31	0.8	56
1시대	6	6	97	24	0.8	61
2시대	4	6	90	25	0.8	72
3시대	3	8	86	22	0.8	76
4시대	3	10	79	21	0.8	143
5시대	4	25	77	18	0.9	88
6시대	8	106	75	10	1.1	82
7시대	6	54	74	30	0.9	117
8시대	5	50	65	38	0.9	100
9시대	6	67	76	31	0.9	105
10시대	7	49	72	36	0.8	113
11시대	10	38	71	46	0.7	111
12시대	9	23	63	41	0.7	116
13시대	10	26	24	45	1.5	84
14시대	10	15	86	15	1.5	140
15시대	11	50	25	16	2	141
16시대	12	59	65	18	1.4	115
17시대	9	90	82	21	1.4	109
18시대	7	80	96	34	1.1	96
19시대	3	5	129	29	0.7	85
20시대	5	7	142	14	0.7	74
21시대	11	25	153	6	0.9	63
22시대	7	30	117	31	0.8	64
23시대	5	13	115	25	0.8	69
평 균	7	35	86	26	1.0	95
최 대	12	106	153	46	2.0	143
최 소	3	4	24	6	0.7	56

○ 백양터널(상반기)

시간대 \ 항목	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	2	2	12	26	0.7	43
1시대	1	2	10	24	0.6	44
2시대	2	1	12	24	0.7	26
3시대	1	1	7	27	0.6	41
4시대	1	3	12	18	0.7	35
5시대	1	2	10	18	0.6	36
6시대	2	22	24	10	0.8	39
7시대	6	13	26	14	0.9	61
8시대	8	13	30	13	0.9	44
9시대	8	12	30	17	1	71
10시대	6	9	28	24	0.9	82
11시대	4	5	21	40	0.9	86
12시대	5	5	23	49	0.8	101
13시대	6	59	27	38	0.8	139
14시대	6	6	30	48	0.7	101
15시대	6	5	19	58	0.8	96
16시대	6	4	32	50	0.7	72
17시대	4	2	20	63	0.6	118
18시대	7	2	29	48	0.7	103
19시대	6	1	30	37	0.8	127
20시대	3	1	32	23	0.8	85
21시대	2	1	17	26	0.7	84
22시대	1	2	16	25	0.7	55
23시대	3	2	15	24	0.7	10
평 균	4	7	21	31	0.8	71
최 대	8	59	32	63	1.0	139
최 소	1	1	7	10	0.6	10

○ 백양터널(하반기)

항목 시간대	SO ₂ (ppb)	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0시대	5	14	23	9	0.8	79
1시대	3	5	19	12	0.8	63
2시대	3	5	21	12	0.8	26
3시대	4	7	21	12	0.8	44
4시대	5	28	25	6	0.9	50
5시대	6	30	29	4	0.9	27
6시대	8	31	32	4	1	29
7시대	11	65	37	4	1	14
8시대	10	37	27	13	1	93
9시대	14	29	28	17	0.9	43
10시대	16	32	42	17	0.8	37
11시대	16	21	40	20	0.8	135
12시대	8	10	27	30	0.7	64
13시대	7	8	26	31	0.7	51
14시대	18	59	25	21	0.9	132
15시대	8	16	46	14	0.8	73
16시대	12	10	39	12	0.7	127
17시대	9	6	43	5	0.8	38
18시대	10	18	50	1	0.8	75
19시대	11	22	32	9	0.7	79
20시대	8	26	27	9	0.8	74
21시대	8	23	33	6	0.8	38
22시대	8	34	31	4	0.8	123
23시대	5	7	25	8	0.8	96
평 균	9	23	31	11	0.8	66
최 대	18	65	50	31	1.0	135
최 소	3	5	19	1	0.7	14