

터널공기질 조사

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

1. 조사개요

- 조사기간 및 근거
 - 년 1회 : 2006년 12월 18일~28일(10일간)
 - 조사근거 : 부산광역시 환경보전과 67302-0(2003.02.25)호
- 조사지점
 - 조사지점 : 기계식 환기시설이 설치된 부산 시내 7개 터널 대상

터널명	위치	환기방식	규모 (길이×폭)	환기시설	비고
부산	중구 영주동~ 서구 동대신동	<u>제트팬식</u> <u>반횡류식</u>	643 m×8.5 m 660 m×9.4 m	제트팬 11 kW×14대 송풍기 90 kW×4대	2련
광안	남구 대연동~ 수영 광안동	<u>반횡류식</u>	1,110 m×9.8 m	송풍기 130 kW×4대	2련
구덕	구덕운동장~ 사상구 확장동	<u>반횡류식</u>	1,870 m×9.4 m	송풍기 200 kW×8대	2련
만덕2	동래구 온천동~ 북구 만덕동	<u>반횡류식</u>	1,740 m×9.4 m	송풍기 320 kW×8대	2련
황령	부산진구 전포동~ 남구 대연동	<u>반횡류식</u>	1,860 m×9.4 m	송풍기 320 kW×4대 송풍기 120 kW×4대	2련
백양	부산진구 당감동~ 사상구 모라동	<u>반횡류식</u>	2,340 m×10.5 m	송풍기 30 kW×6대 송풍기 140 kW×6대	2련
수정	부산진구 가야동~ 동구 좌천동	<u>제트팬식</u> <u>전기집진식</u>	2,356 m×9.9 m	제트팬 37 kW×22대 전기집진기 270 kW×4대	2련

※ 지점선정 조건 : 이동측정차량의 주차 공간 및 전원공급 여부

- 조사항목
 - SO₂, NO, NO₂, O₃, CO
- 측정방법
 - 이동측정차량에 샘플라인을 연결하여 24시간 연속측정

2. 조사결과

□ 평균농도

- 터널기준인 CO 100 ppm, NOx 25 ppm을 초과한 터널은 없었음.
- 터널별 가스상물질의 평균농도는 표 1과 같다.
- SO₂의 경우 전체 평균치는 11 ppb로 시간대별 최소 2 ppb에서 최대 30 ppb로 나타났고 터널별로는 수정터널이 15 ppb로 최대값을, 부산터널이 8 ppb로 최소값을 나타내었으며 7개 터널 전체 평균치는 전년 36 ppb에 비해 확연히 감소하였다.
- NO와 NO₂의 경우 전체 평균치는 NO가 211 ppb, NO₂가 57 ppb로 나타났으며 시간 평균 최소값은 NO가 6, NO₂는 13 ppb, 최고치는 NO가 791 ppb, NO₂가 376 ppb로 조사되었다. 일 평균치는 NO가 63~362 ppb, NO₂는 41~112 ppb의 범위로 나타났으며, 황령터널 에서 가장 높은 농도를 보였으나 전체적으로는 전년도 보다 많이 감소함.
- O₃의 경우 전체평균치는 3 ppb로 시간최소 1 ppb에서 최고 11 ppb로 나타났으며 측정지점별로는 큰 차이를 보이지 않았다. O₃가 일반대기질의 평균농도 보다 훨씬 낮게 나타난 것은 터널 내에서의 광화학 소스가 없어 오염물질이 형성되지 않는다는 이론을 증명하는 결과로 판단됨.
 - ▷ CO의 경우 전체 평균치는 1.0 ppm으로 시간 평균 최소 0.2 ppm에서 최고 2.8 ppm으로 나타났으며 지점별로는 광안터널이 0.6 ppm으로 가장 낮았으며, 만덕2터널 1.4 ppm로 최고치를 보였음.
 - ▷ 전 항목에서 전년에 비해 낮은 농도를 기록하였으며 특히 SO₂ 및 CO 항목의 감소가 두드러지게 나타났음.

표 1. 터널내 가스상물질 조사결과

터널명	측정일자	SO ₂ (ppb)		NO (ppb)		NO ₂ (ppb)		O ₃ (ppb)		CO (ppm)	
		'05	'06	'05	'06	'05	'06	'05	'06	'05	'06
부산	12/22~25	26	8	190	63	57	37	7	4	3.0	0.7
만덕2	12/21	15	15	193	276	48	63	5	2	4.1	1.4
광안	12/26	19	9	296	130	46	48	5	2	3.1	0.6
구덕	12/18	68	9	134	134	29	41	3	4	4.2	0.9
황령	12/27	40	12	356	362	84	112	4	4	4.9	1.2
백양	12/19	35	11	266	210	53	43	4	2	3.2	1.0
수정	12/20	46	16	1326	299	108	57	6	1	2.2	1.0
평 균		36	11	394	211	61	57	5	3	3.5	1.0

□ 시간대별 농도

○ SO₂

- ▷ 7개 터널의 시간대별 평균농도 분포를 보면 03시경 최저농도가 기록된 이후 출퇴근 차량이 증가하는 6시경부터 가파른 상승세를 나타내고 있음.

- ▷ 이후 10시경에 1차 고점을 나타낸 후 점심시간 전후로 다소 소강상태를 나타낸 후 오후 4시 전후로 일중 최고농도를 나타낸 후 야간까지 감소추세로 전환됨.
- ▷ 지점별로는 백양 및 수정터널의 농도변화 폭이 가장 크게 나타나고 있으며 이는 컨테이너 배후도로의 성격이 큰 터널의 특성을 반영한 결과임.
- ▷ 부산터널의 경우 시간대별 농도변화가 가장 작게 나타났는데 이는 상대적으로 터널길이가 짧아 오염물질의 확산이 양호한 결과임.

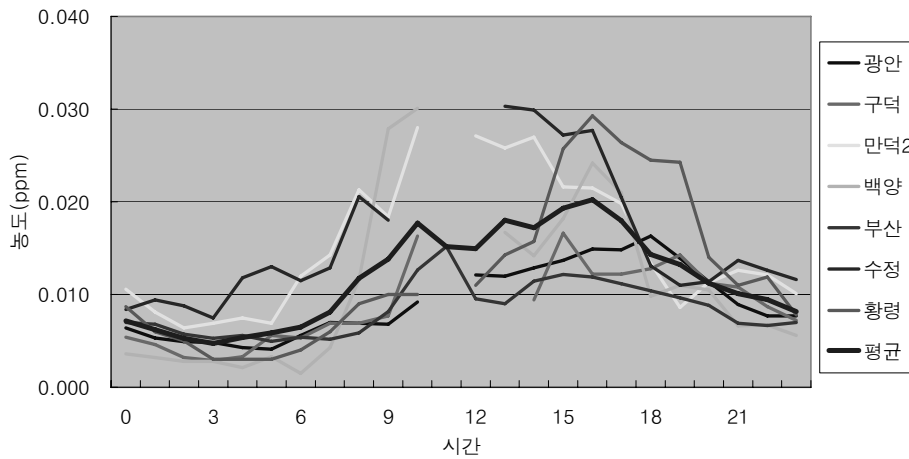


그림 1. SO₂ 시간대별 농도.

- ▷ NO
 - 7개 터널의 시간대별 평균농도 분포를 보면 일중 최고농도는 오전 10시경이며 점심시간 전후에 소강상태 후 오후 4시경에 2차로 고농도 발생 후 야간까지 지속적인 감소세임.
 - 지점별로 농도변화 폭은 백양 및 수정터널이 가장 크게 나타나고 부산터널이 가장 작게 나타나 SO₂와 유사한 양상임.

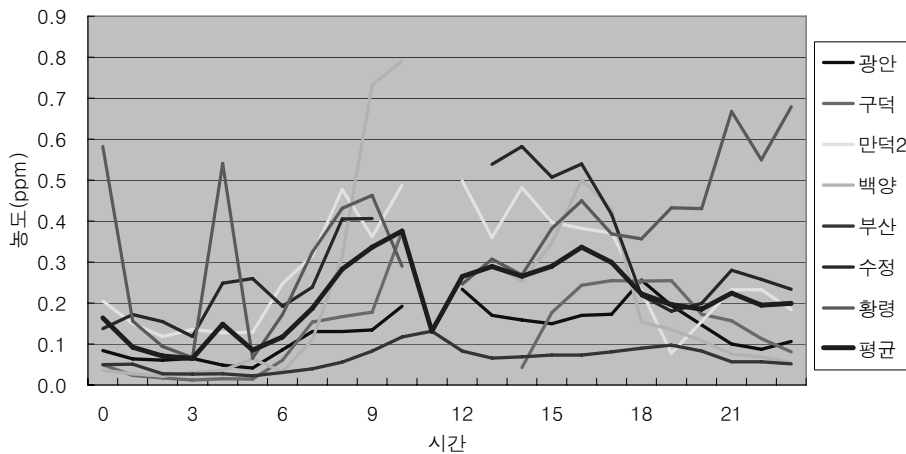


그림 2. NO 시간대별 농도.

○ NO₂

- ▷ NO₂는 NO로부터 유래되는 이차오염물질로서 농도의 시간대별 농도 변화폭은 작게 나타나 터널에서의 NO로부터 NO₂의 형성이 용이하지 않음을 보여주는 결과임.
- ▷ 터널별로는 황령터널의 변화가 가장 크게 나타났으며 황령터널의 경우 외부로부터의 공기 유입이 활발하게 진행된 것으로 판단되며, 황령터널을 제외하면 오전 10시경부터 오후 2시경까지가 고농도로 나타남.

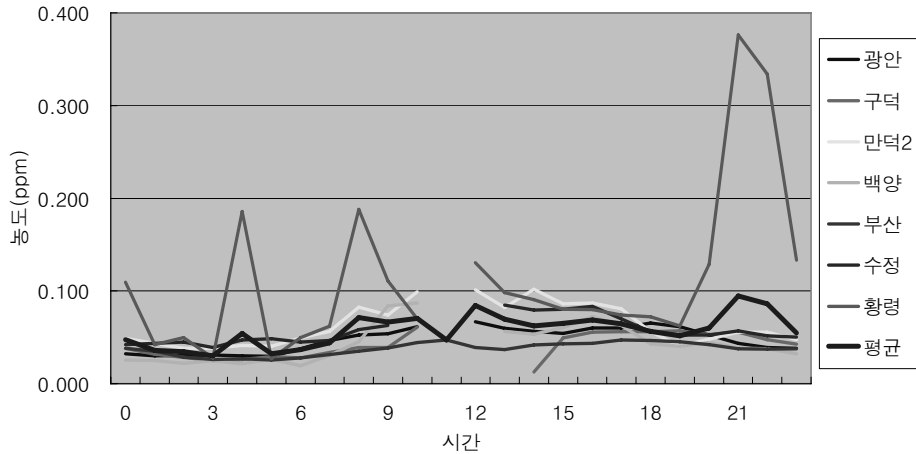


그림 3. NO₂ 시간대별 농도.

○ O₃

- ▷ O₃는 1차 오염물질의 광화학반응으로 생성되는 2차 오염물질로서 생성인자 중 중요한 부분을 UV가 차지하는데 터널의 경우 UV 소스가 없어 대부분 외부로부터의 유입으로 판단된다.
- ▷ 시간대별 농도 변화는 타 오염물질에 비해 뚜렷한 경향을 나타내지 않으면서 전반적으로 저농도를 나타내고 있으며 부산지역의 평균에 비해 확연하게 낮게 나타나 상기 이론을 증명하고 있음.

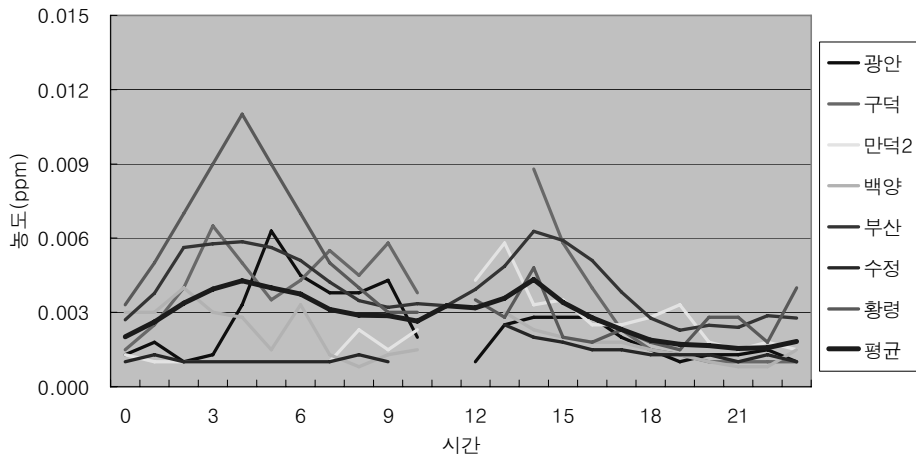


그림 4. O₃ 시간대별 농도.

○ CO

▷ CO는 자동차로부터 유래되는 대표적인 1차오염물질로서 SO₂, NO와 유사한 결과를 나타내고 있으며 백양, 만덕2, 수정터널의 순으로 변화가 심하며, 이는 통행차량의 특성이 반영된 결과로 판단됨.

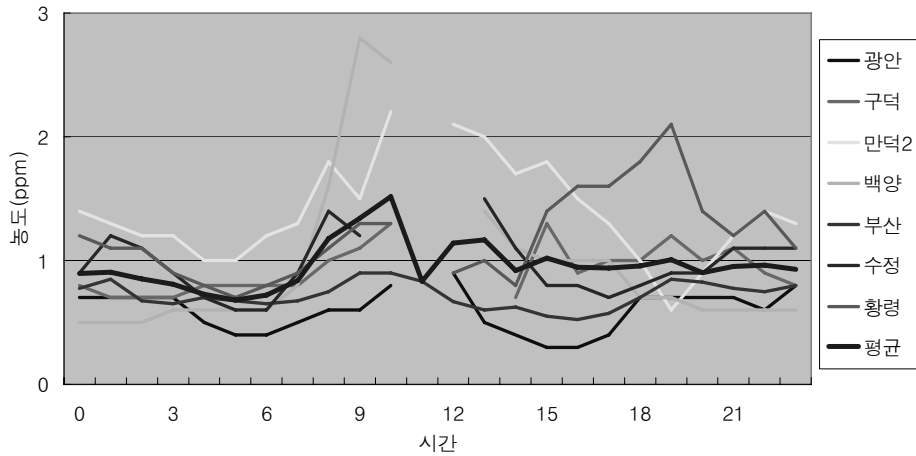


그림 5. CO 시간대별 농도.

□ 연도별 비교

○ 터널 공기질의 전년도와의 변화를 로그 스케일로 나타내었다.

▷ 전 항목에서 전년에 비해 감소하였으며 특히 SO₂와 CO의 경우 3배 이상의 농도가 감소되어 측정당시의 터널 환기상태가 양호한 결과를 간접적으로 나타내고 있음.

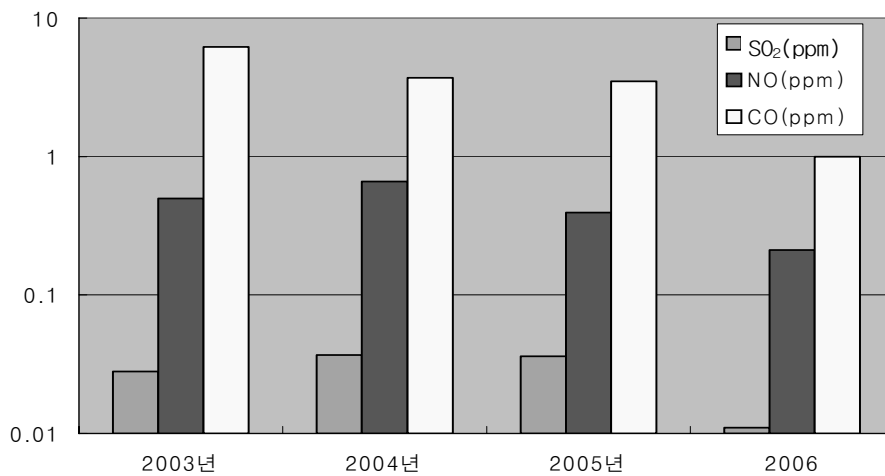


그림 6. 연도별 변화 추이.

3. 결론

- 터널기준인 CO 100 ppm, NOx 25 ppm을 초과한 터널은 없었음.
- 터널내의 오염물질은 SO₂, NO, CO의 농도가 차량 통행량과의 상관성이 나타났으며, 평균 농도는 전 항목에서 전년대비 감소함.
- SO₂ 농도는 수정 > 만덕2 > 황령 > 백양 순으로 높았음.
- NO 농도는 황령 > 수정 > 만덕2 > 백양 순으로 높았음.
- CO 농도는 만덕2 > 황령 > 백양 > 수정 순으로 높았음.
- 전반적으로 대형차량의 통행이 빈번한 지역의 터널 공기질이 열악한 것으로 조사되어 이들 차량 배기가스의 개선 및 지도 점검이 적극적으로 요구됨.

4. 참고자료(터널의 시간대별 측정값(단위 : ppm))

- 부산터널(대신동 → 부산역 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.007	0.050	0.038	0.003	0.8
1시간대	0.007	0.051	0.035	0.004	0.9
2시간대	0.006	0.028	0.029	0.006	0.7
3시간대	0.005	0.026	0.026	0.006	0.7
4시간대	0.006	0.027	0.027	0.006	0.7
5시간대	0.005	0.022	0.026	0.006	0.7
6시간대	0.005	0.031	0.028	0.005	0.7
7시간대	0.005	0.039	0.031	0.004	0.7
8시간대	0.006	0.056	0.035	0.003	0.8
9시간대	0.008	0.083	0.039	0.003	0.9
10시간대	0.013	0.117	0.044	0.003	0.9
11시간대	0.015	0.131	0.047	0.003	0.8
12시간대	0.010	0.083	0.039	0.004	0.7
13시간대	0.009	0.066	0.037	0.005	0.6
14시간대	0.011	0.068	0.042	0.006	0.6
15시간대	0.012	0.073	0.043	0.006	0.6
16시간대	0.012	0.073	0.044	0.005	0.5
17시간대	0.011	0.081	0.047	0.004	0.6
18시간대	0.010	0.090	0.047	0.003	0.7
19시간대	0.010	0.097	0.045	0.002	0.9
20시간대	0.009	0.083	0.042	0.002	0.8
21시간대	0.007	0.057	0.038	0.002	0.8
22시간대	0.007	0.057	0.037	0.003	0.8
23시간대	0.007	0.052	0.038	0.003	0.8
평균	0.008	0.064	0.038	0.004	0.7
최대	0.015	0.131	0.047	0.006	0.9
최소	0.005	0.022	0.026	0.002	0.5

□ 만덕2터널(동래 → 만덕 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.011	0.205	0.049	0.001	1.4
1시간대	0.008	0.150	0.044	0.001	1.3
2시간대	0.006	0.118	0.038	0.001	1.2
3시간대	0.007	0.135	0.038	0.001	1.2
4시간대	0.008	0.127	0.042	0.001	1
5시간대	0.007	0.128	0.041	0.001	1
6시간대	0.012	0.247	0.050	0.001	1.2
7시간대	0.014	0.315	0.057	0.001	1.3
8시간대	0.021	0.477	0.083	0.002	1.8
9시간대	0.018	0.362	0.074	0.002	1.5
10시간대	0.028	0.488	0.099	0.002	2.2
12시간대	0.027	0.498	0.102	0.004	2.1
13시간대	0.026	0.360	0.082	0.006	2
14시간대	0.027	0.482	0.102	0.003	1.7
15시간대	0.022	0.397	0.086	0.004	1.8
16시간대	0.022	0.382	0.087	0.003	1.5
17시간대	0.020	0.371	0.081	0.003	1.3
18시간대	0.013	0.229	0.056	0.003	1
19시간대	0.009	0.078	0.041	0.003	0.6
20시간대	0.011	0.155	0.048	0.002	0.9
21시간대	0.013	0.232	0.056	0.002	1.2
22시간대	0.012	0.232	0.056	0.002	1.4
23시간대	0.010	0.184	0.048	0.002	1.3
평균	0.015	0.276	0.063	0.002	1.4
최대	0.028	0.498	0.102	0.006	2.2
최소	0.006	0.078	0.038	0.001	0.6

□ 광안터널(대연동 → 수영 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.006	0.084	0.033	0.001	0.7
1시간대	0.005	0.064	0.030	0.002	0.7
2시간대	0.005	0.061	0.031	0.001	0.7
3시간대	0.005	0.065	0.031	0.001	0.7
4시간대	0.004	0.048	0.030	0.003	0.5
5시간대	0.004	0.041	0.030	0.006	0.4
6시간대	0.006	0.086	0.038	0.005	0.4
7시간대	0.007	0.130	0.047	0.004	0.5
8시간대	0.007	0.130	0.053	0.004	0.6

□ 광안터널 계속

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
9시간대	0.007	0.134	0.054	0.004	0.6
10시간대	0.009	0.192	0.062	0.002	0.8
12시간대	0.012	0.233	0.067	0.001	0.9
13시간대	0.012	0.170	0.060	0.003	0.5
14시간대	0.013	0.159	0.057	0.003	0.4
15시간대	0.014	0.150	0.055	0.003	0.3
16시간대	0.015	0.170	0.060	0.003	0.3
17시간대	0.015	0.173	0.060	0.002	0.4
18시간대	0.016	0.256	0.066	0.002	0.7
19시간대	0.014	0.194	0.062	0.001	0.7
20시간대	0.011	0.146	0.053	0.001	0.7
21시간대	0.009	0.100	0.044	0.001	0.7
22시간대	0.008	0.087	0.039	0.002	0.6
23시간대	0.008	0.106	0.038	0.001	0.8
평균	0.009	0.130	0.048	0.002	0.6
최대	0.016	0.256	0.067	0.006	0.9
최소	0.004	0.041	0.030	0.001	0.3

□ 구덕터널(대신동 → 학장동 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.005	0.050	0.038	0.002	0.8
1시간대	0.005	0.023	0.032	0.003	0.7
2시간대	0.003	0.017	0.029	0.004	0.7
3시간대	0.003	0.012	0.025	0.007	0.7
4시간대	0.003	0.015	0.026	0.005	0.8
5시간대	0.006	0.014	0.029	0.004	0.8
6시간대	0.005	0.061	0.028	0.004	0.8
7시간대	0.007	0.154	0.034	0.006	0.8
8시간대	0.007	0.167	0.039	0.005	1
9시간대	0.008	0.178	0.039	0.006	1.1
10시간대	0.016	0.375	0.061	0.004	1.3
14시간대	0.009	0.042	0.013	0.009	0.7
15시간대	0.017	0.177	0.050	0.006	1.3
16시간대	0.012	0.243	0.056	0.004	0.9
17시간대	0.012	0.255	0.056	0.002	1
18시간대	0.013	0.254	0.056	0.002	1
19시간대	0.014	0.255	0.057	0.001	1.2
20시간대	0.011	0.173	0.053	0.001	1
21시간대	0.011	0.157	0.056	0.001	1.1
22시간대	0.009	0.113	0.048	0.001	0.9
23시간대	0.007	0.081	0.043	0.001	0.8
평균	0.009	0.134	0.041	0.004	0.9
최대	0.017	0.375	0.061	0.009	1.3
최소	0.003	0.012	0.013	0.001	0.7

□ 황령터널(대연동 → 전포동 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.009	0.582	0.110	0.003	1.2
1시간대	0.006	0.156	0.042	0.005	1.1
2시간대	0.005	0.094	0.050	0.007	1.1
3시간대	0.003	0.067	0.028	0.009	0.9
4시간대	0.003	0.540	0.186	0.011	0.8
5시간대	0.003	0.066	0.027	0.009	0.7
6시간대	0.004	0.172	0.050	0.007	0.8
7시간대	0.006	0.324	0.062	0.005	0.9
8시간대	0.009	0.431	0.188	0.004	1.1
9시간대	0.010	0.463	0.111	0.003	1.3
10시간대	0.010	0.290	0.070	0.003	1.3
12시간대	0.011	0.246	0.131	0.004	0.9
13시간대	0.014	0.307	0.099	0.003	1
14시간대	0.016	0.269	0.091	0.005	0.8
15시간대	0.026	0.382	0.081	0.002	1.4
16시간대	0.029	0.449	0.080	0.002	1.6
17시간대	0.026	0.369	0.074	0.002	1.6
18시간대	0.025	0.357	0.073	0.002	1.8
19시간대	0.024	0.432	0.063	0.002	2.1
20시간대	0.014	0.430	0.129	0.003	1.4
21시간대	0.011	0.668	0.376	0.003	1.2
22시간대	0.012	0.550	0.334	0.002	1.4
23시간대	0.008	0.679	0.134	0.004	1.1
평균	0.012	0.362	0.112	0.004	1.2
최대	0.029	0.679	0.376	0.011	2.1
최소	0.003	0.066	0.027	0.002	0.7

□ 백양터널(덕포동 → 당감동 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.004	0.035	0.026	0.003	0.5
1시간대	0.003	0.027	0.025	0.003	0.5
2시간대	0.003	0.021	0.022	0.004	0.5
3시간대	0.003	0.030	0.025	0.003	0.6
4시간대	0.002	0.035	0.022	0.003	0.6
5시간대	0.003	0.064	0.027	0.002	0.6
6시간대	0.002	0.032	0.020	0.003	0.6
7시간대	0.004	0.110	0.031	0.001	0.8
8시간대	0.012	0.314	0.046	0.001	1.6
9시간대	0.028	0.732	0.084	0.001	2.8
10시간대	0.030	0.791	0.087	0.002	2.6
13시간대	0.017	0.292	0.057	0.003	1.4
14시간대	0.014	0.254	0.054	0.002	1.1
15시간대	0.018	0.346	0.061	0.002	1
16시간대	0.024	0.500	0.073	0.002	1

□ 백양터널 계속

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
17시간대	0.021	0.430	0.063	0.002	1
18시간대	0.010	0.154	0.043	0.002	0.7
19시간대	0.011	0.135	0.041	0.001	0.7
20시간대	0.011	0.108	0.045	0.001	0.6
21시간대	0.007	0.076	0.039	0.001	0.6
22시간대	0.007	0.069	0.038	0.001	0.6
23시간대	0.006	0.055	0.033	0.002	0.6
평균	0.011	0.210	0.043	0.002	1.0
최대	0.030	0.791	0.087	0.004	2.8
최소	0.002	0.021	0.020	0.001	0.5

□ 수정터널(개금동 → 부두로 방향)

시간대	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO
0시간대	0.008	0.137	0.042	0.001	0.9
1시간대	0.009	0.172	0.044	0.001	1.2
2시간대	0.009	0.155	0.045	0.001	1.1
3시간대	0.008	0.118	0.039	0.001	0.9
4시간대	0.012	0.248	0.047	0.001	0.7
5시간대	0.013	0.260	0.049	0.001	0.6
6시간대	0.012	0.192	0.045	0.001	0.6
7시간대	0.013	0.238	0.047	0.001	0.9
8시간대	0.021	0.405	0.059	0.001	1.4
9시간대	0.018	0.406	0.063	0.001	1.2
13시간대	0.030	0.538	0.085	0.003	1.5
14시간대	0.030	0.582	0.080	0.002	1.1
15시간대	0.027	0.507	0.081	0.002	0.8
16시간대	0.028	0.539	0.084	0.002	0.8
17시간대	0.021	0.416	0.070	0.002	0.7
18시간대	0.013	0.218	0.056	0.001	0.8
19시간대	0.011	0.180	0.053	0.001	0.9
20시간대	0.011	0.199	0.053	0.001	0.9
21시간대	0.014	0.280	0.057	0.001	1.1
22시간대	0.013	0.258	0.052	0.001	1.1
23시간대	0.012	0.233	0.051	0.001	1.1
평균	0.016	0.299	0.057	0.001	1.0
최대	0.030	0.582	0.085	0.003	1.5
최소	0.008	0.118	0.039	0.001	0.6