

터널공기질 조사

- 부산지역 주요 터널내 공기질의 실태를 제공하므로서 환기시설의 효율적 관리 유도로 이용 시민들의 건강피해 예방을 위한 기초자료 제공

1. 개요

- 조사기간 및 근거
 - ▷ 조사기간 : 2011년 상반기(3/25, 3/28), 하반기(7/5, 7/6) 4일간
 - ▷ 시행근거 : 부산광역시 환경보전과 67302-0(2003. 2. 25.)호
 - ▷ 관련기준 : 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제42조 (터널의 환기시설 등)
CO(일산화탄소) : 100ppm이하 NO_x(질소산화물) : 25ppm이하
- 조사지점 : 기계식 환기시설이 설치된 부산 시내 7개 주요터널

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

- 조사항목(5개 항목)
 - ▷ 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO), 일산화질소(NO), 이산화질소(NO₂), 질소산화물(NO_x)
- 측정방법
 - ▷ 터널 내 통과차량과 비슷한 운행조건의 공기질 평가를 위해 대기오염이동측정차량을 이용

▷ 조사대상 터널을 이동하면서 실시간(1회당 9초간)으로 연속측정

2. 조사결과

○ 측정일자 및 통과시간

▷ 터널별 실내공기질 측정일자와 통과방향, 시간대 및 대기오염이동측정차량의 통과시간(저속운행 : 시속 약 30 km)은 <표 1>과 같으며, 상반기에 비해 하반기 측정 당시 백양터널 등 일부 터널에서 비교적 정체현상을 보였음.

표 1. 터널별 측정시간대 및 통과시간

터널명	상반기			하반기		
	방 향(상·하행)	시간대(일자)	통과시간(분:초)	방향(상·하행)	시간대(일자)	통과시간(분:초)
부산	영주 ⇨ 동대신(상)	10:00 (3/28)	01:13	영주 ⇨ 동대신(상)	10:00 (7/5)	01:54
	동대신 ⇨ 영주(하)	10:00 (3/28)	01:20	동대신 ⇨ 영주(하)	11:00 (7/5)	01:40
구덕	서대신 ⇨ 학장(상)	11:00 (3/28)	03:16	서대신 ⇨ 학장(상)	10:00 (7/5)	05:29
	학장 ⇨ 서대신(하)	11:00 (3/28)	03:13	학장 ⇨ 서대신(하)	10:00 (7/5)	05:19
수정	좌천 ⇨ 가야(상)	13:00 (3/28)	03:43	좌천 ⇨ 가야(상)	13:00 (7/5)	06:24
	가야 ⇨ 좌천(하)	12:00 (3/28)	03:54	가야 ⇨ 좌천(하)	13:00 (7/5)	06:23
광안	대연 ⇨ 광안(상)	14:00 (3/25)	01:49	대연 ⇨ 광안(상)	14:00 (7/5)	02:40
	광안 ⇨ 대연(하)	14:00 (3/25)	01:57	광안 ⇨ 대연(하)	14:00 (7/5)	02:47
황령	대연 ⇨ 전포(상)	14:00 (3/28)	02:19	대연 ⇨ 전포(상)	11:00 (7/6)	05:02
	전포 ⇨ 대연(하)	13:00 (3/28)	03:09	전포 ⇨ 대연(하)	14:00 (7/6)	04:49
백양	당감 ⇨ 모라(상)	13:00 (3/28)	03:39	당감 ⇨ 모라(상)	13:00 (7/5)	06:10
	모라 ⇨ 당감(하)	13:00 (3/28)	03:18	모라 ⇨ 당감(하)	13:00 (7/5)	06:34
만덕2	만덕 ⇨ 온천(상)	13:00 (3/25)	02:56	만덕 ⇨ 온천(상)	14:00 (7/6)	04:32
	온천 ⇨ 만덕(하)	13:00 (3/25)	03:37	온천 ⇨ 만덕(하)	13:00 (7/6)	04:56

○ 평균농도

▷ 터널별 상·하행 통과시간대별 오염도조사 결과 항목별 평균농도는 <표 2>에서 보듯이 SO₂의 경우 백양 > 수정 > 구덕 > 광안 = 황령 > 부산 = 만덕2터널 순으로 백양터널에서 0.023 ppm으로 가장 높았으며 순간 최대농도도 역시 백양터널에서 0.044 ppm을 보였고 순간 최소농도는 0.004~0.0011 ppm의 농도 범위를 나타냈음.

▷ CO는 터널환기기준(100 ppm 이하)이 설정된 항목으로 평균농도는 백양 > 황령 = 구덕 > 수정 = 광안 > 만덕2 > 부산터널 순으로 백양터널에서 2.9 ppm 으로 가장 높은 농도를 나

타내면서 순간최대농도는 백양터널에서 6.8 ppm을 나타내었고 순간 최소농도의 경우 터널별로 0.2~0.5 ppm의 농도범위를 보였다. 그리고 모든 터널에서 환기 기준에 크게 미달하였음.

- ▷ NO_x는 CO와 같이 터널환기기준(25 ppm 이하)이 설정된 항목으로 NO와 NO₂의 합을 말하며, 평균농도는 백양 > 구덕 > 수정 > 광안 > 황령 > 만덕2 > 부산터널 순으로 백양터널이 2.383 ppm으로 가장 높았고 순간 최대농도는 구덕터널이 6.949 ppm으로 나타났고 순간 최소농도는 구덕터널에서 0.020 ppm을 보였음. 그리고 모든 터널에서 환기기준을 크게 미달하였음.

표 2. 터널별 공기질 평균농도 및 순간최대 및 최소농도

항목 (ppm)		부산	구덕	수정	광안	황령	백양	만덕2
SO ₂	평균	0.012	0.016	0.019	0.014	0.014	0.023	0.012
	최대	0.018	0.023	0.038	0.021	0.020	0.044	0.018
	최소	0.007	0.006	0.006	0.004	0.007	0.011	0.007
CO	평균	1.3	2.1	2.0	2.0	2.1	2.9	1.8
	최대	2.9	5.1	6.0	6.5	5.1	6.8	6.1
	최소	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
NO	평균	0.636	1.685	1.402	1.301	0.936	2.176	0.850
	최대	1.286	6.551	3.905	2.103	2.232	6.340	2.300
	최소	0.004	0.001	0.117	0.180	0.215	0.349	0.312
NO ₂	평균	0.140	0.150	0.172	0.207	0.186	0.208	0.158
	최대	0.353	0.573	0.352	0.509	0.354	0.454	0.401
	최소	0.025	0.005	0.038	0.052	0.067	0.010	0.065
NO _x	평균	0.776	1.832	1.575	1.507	1.122	2.383	1.007
	최대	1.615	6.949	4.180	2.319	2.473	6.596	2.684
	최소	0.029	0.020	0.163	0.270	0.300	0.475	0.380

○ 상·하반기 터널별 농도분포

- ▷ 상·하반기 터널별 오염도 조사결과는 <그림 1>, <표 3>과 같으며 주 배출원인 차량의 종류별, 통행량과 운행속도 등에 따라 많은 차이를 보였음.
- ▷ <표 1>의 차량통행 속도에서 알 수 있듯이 상반기에 비해 비교적 차량의 정체가 심한 것으로 나타난 하반기에 있어서 터널의 SO₂, CO, NO_x 평균농도는 상반기에 비해 높은 것으로 조사되었음.
- ▷ 비교적 정체가 심했던 하반기 백양터널의 경우 SO₂가 0.026 ppm, CO가 3.9 ppm, NO_x가 3.229 ppm으로 상·하반기 통틀어 전체 터널 중에서 가장 높은 농도를 나타내었고 방향별로는 SO₂와 NO_x는 하반기 백양터널 모라 ⇨ 당감(하), CO는 하반기 당감 ⇨ 모라(상)이 가장 높은 농도를 보였음.

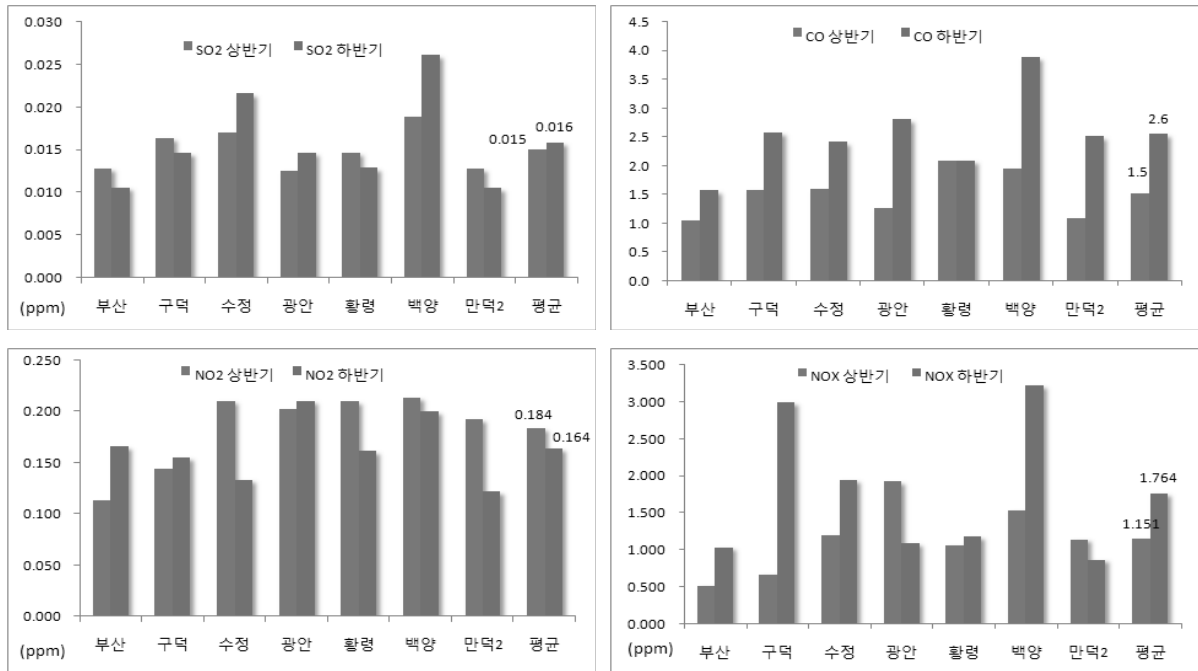


그림 1. 상·하반기 터널별 농도비교

표 3. 상·하반기 터널별 농도분포

(단위 : ppm)

터널	시간대	방향	SO ₂	평균	CO	평균	NO	평균	NO ₂	평균	NO _x	평균
부산	상반기	상	0.012	0.013	1.2	1.1	0.313	0.404	0.088	0.113	0.401	0.517
		하	0.014		0.9		0.495		0.139		0.634	
	하반기	상	0.011	0.011	1.8	1.6	0.913	0.868	0.208	0.166	1.121	1.035
		하	0.010		1.4		0.824		0.125		0.949	
구덕	상반기	상	0.017	0.016	1.3	1.6	0.463	0.522	0.128	0.144	0.591	0.666
		하	0.016		1.9		0.581		0.160		0.741	
	하반기	상	0.015	0.015	2.1	2.6	1.553	2.848	0.138	0.155	1.690	2.998
		하	0.015		3.0		4.142		0.173		4.306	
수정	상반기	상	0.016	0.017	1.6	1.6	0.662	0.989	0.195	0.211	0.857	1.200
		하	0.018		1.6		1.316		0.227		1.543	
	하반기	상	0.021	0.022	1.3	2.4	1.595	1.816	0.130	0.134	1.725	1.949
		하	0.022		3.5		2.037		0.138		2.174	
광안	상반기	상	0.011	0.013	1.9	1.3	1.537	1.724	0.200	0.203	1.737	1.926
		하	0.014		0.6		1.910		0.205		2.116	
	하반기	상	0.018	0.015	3.3	2.8	1.223	0.878	0.282	0.211	1.505	1.089
		하	0.012		2.3		0.533		0.139		0.672	
황령	상반기	상	0.014	0.015	1.8	2.1	0.638	0.854	0.198	0.210	0.836	1.064
		하	0.016		2.3		1.071		0.222		1.293	
	하반기	상	0.013	0.013	1.9	2.1	0.722	1.018	0.181	0.162	0.904	1.179
		하	0.013		2.3		1.313		0.142		1.455	
백양	상반기	상	0.016	0.019	1.5	2.0	0.841	1.323	0.176	0.214	1.017	1.537
		하	0.022		2.4		1.805		0.252		2.057	
	하반기	상	0.019	0.026	4.6	3.9	1.751	3.029	0.235	0.200	1.985	3.229
		하	0.033		3.2		4.307		0.166		4.472	
만덕2	상반기	상	0.013	0.013	0.8	1.1	0.252	0.951	0.107	0.193	0.359	1.144
		하	0.013		1.4		1.650		0.279		1.929	
	하반기	상	0.010	0.011	1.0	2.5	0.409	0.748	0.090	0.122	0.499	0.870
		하	0.011		4.0		1.087		0.155		1.242	

○ 도시대기질과의 비교

터널내 환기기준이 설정되어있는 항목인 CO와 NO_x의 경우 모든 터널에서 기준치 이내를 유지하고 있었는데, 환기기준이 없는 항목인 SO₂와 O₃, NO₂에 대하여는 도로변과 도시대기오염도와 오염도 수준을 비율로 비교하였음.

물론 실내 공간인 터널 내 높은 농도의 공기질을 일반 대기질과 비교한다는 것은 다소 무리가 있겠지만 참고 사항으로 비교한 결과 <표 4>와 같이 항목별로 많은 차이가 있었음.

표 4. 도시대기질과의 농도비교

터널	SO ₂ (ppm)	농도비(배)		CO (ppm)	농도비(배)		NO ₂ (ppm)	농도비(배)	
		A	B		A	B		A	B
부산	0.012	2.0	2.0	1.3	2.2	3.3	0.140	3.8	7.4
구덕	0.016	2.7	2.7	2.1	3.5	5.3	0.150	4.1	7.9
수정	0.019	3.2	3.2	2.0	3.3	5.0	0.172	4.6	9.1
광안	0.014	2.3	2.3	2.0	3.3	5.0	0.207	5.6	10.9
황령	0.014	2.3	2.3	2.1	3.5	5.3	0.186	5.0	9.8
백양	0.023	3.8	3.8	2.9	4.8	7.3	0.208	5.6	10.9
만덕2	0.012	2.0	2.0	1.8	3.0	4.5	0.158	4.3	8.3
도로변	0.006		0.6		0.037				
도시대기	0.006		0.4		0.019				

※ 'A' : 터널/도로변대기 배율(배), 'B' : 터널/도시대기 배율(배)

※ 대기환경기준

- SO₂ : 1시간평균치 0.15 ppm 이하
- CO : 1시간평균치 25 ppm 이하
- NO₂ : 1시간평균치 0.10 ppm 이하
- O₃ : 1시간평균치 0.10 ppm 이하

- ▷ 대기질의 실내·외 주변 환경과 배출원과의 거리 등 일반적인 특성에 따라, 터널>도로변>도시대기의 오염도수준을 나타내었음.
- ▷ SO₂의 경우 터널이 도로변과 도시대기에 비하여 2.0~3.8배의 범위이며 백양터널은 도로변과 도시대기와 비교시 3.8배, CO는 백양터널이 도로변과는 4.8배 도시대기와는 7.3배의 농도수준으로 가장 높은 것으로 조사되었다. 그리고 자동차 배출가스의 주요 오염물질인 NO_x중 대기환경기준 항목인 NO₂의 경우 도로변과 도시대기에 비하여 3.8~10.9배의 범위를 보이면서 백양과 광안터널의 대기질이 도시대기질에 비해 10.9배의 높은 농도를 보였다.
- ▷ 참고적으로 NO₂의 경우 대기환경기준에 준용할 경우 전 터널에서 대기환경기준을 초과하는 수준으로 나타났음.

○ 전년도와의 비교

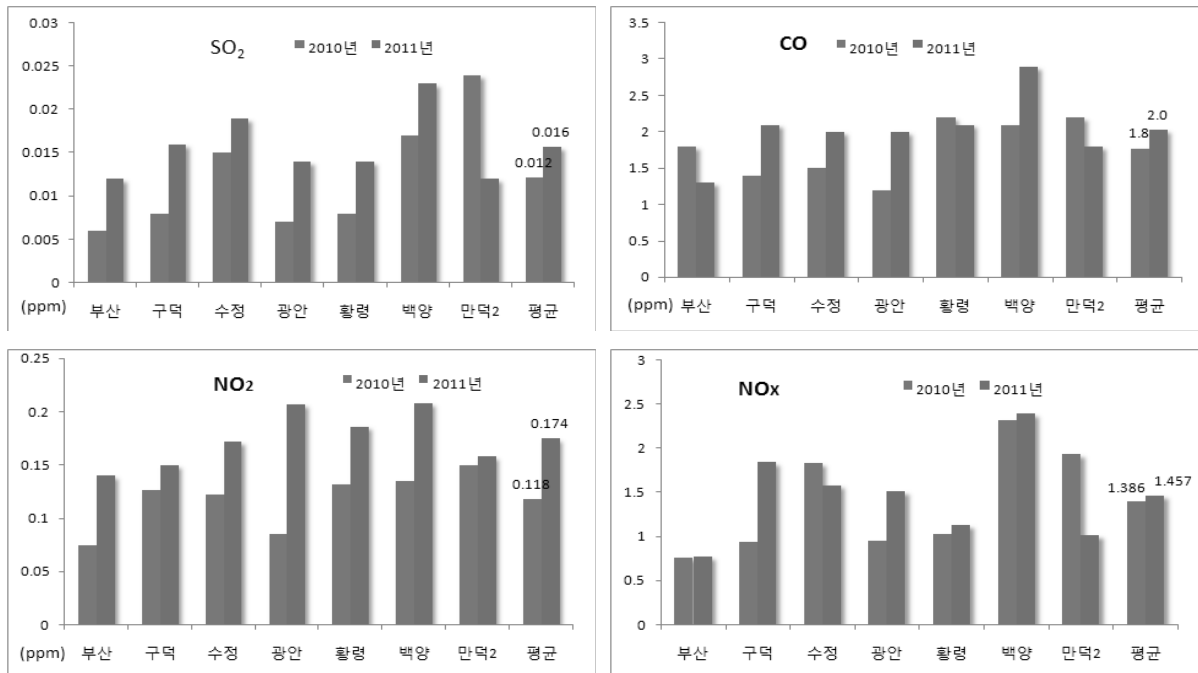


그림 2. 전년도와 농도비교

- ▷ 전년도와 농도변화를 비교할 경우 <그림 2>와 같이 SO₂는 만덕 2터널에서는 다소 감소하였으나 나머지 터널에서는 증가추세를 보였고 전체 평균농도는 0.012 ppm에서 0.016 ppm으로 증가하였음.
- ▷ CO의 경우 부산, 황령, 만덕2터널에서 감소, 나머지 터널에서는 증가 하였고 전체평균농도는 1.8에서 2.0 ppm으로 증가추세를 보였음.
- ▷ NO_x의 경우 부산, 구덕, 광안, 백양터널에서 증가추세를 나타내었으나 나머지 터널에서는 감소를 보였다. 전체 평균은 1.386에서 1.457 ppm으로 증가하였음.

3. 결론

- 터널환기기준인 CO 100 ppm, NO_x 25 ppm을 초과한 터널은 없었음.
- 터널별 평균농도 오염도 순위는 SO₂의 경우 백양 > 수정 > 구덕 > 광안 = 황령 > 부산 = 만덕2 터널, CO는 백양 > 황령 = 구덕 > 수정 = 광안 > 만덕2 > 부산터널, NO_x는 백양 > 구덕 > 수정 > 광안 > 황령 > 만덕2 > 부산터널 순으로 나타났음.
- 상·하반기 터널별 조사결과를 보면 상반기에 비해 비교적 차량의 정체가 심한 것으로 조사된 하반기에 SO₂, CO, NO_x 평균농도가 높은 것으로 나타났고 하반기에 백양터널의 경우 SO₂가 0.026 ppm, CO가 3.9 ppm, NO_x가 3.229 ppm으로 상·하반기 통틀어 전체 터널에서 가장 높은 농도를 보였다.
- 도로변과 도시대기질 농도 비교시 SO₂의 경우 백양터널에서 도로변과 도시대기의 3.8배, CO는 백양터널이 도로변과는 4.8배 도시대기와는 7.3배의 농도 수준으로 가장 높은 것으로

조사되었음. 그리고 NO₂의 경우 도로변과 도시대기에 비하여 3.8~10.9배의 범위를 보이면서 백양과 광안터널의 대기질이 도시대기질에 비해 약 10.9배의 높은 농도를 보였음.

- 전년도에 비해 올해의 경우 SO₂, CO, NO_x의 평균농도는 증가한 것으로 나타났음.
- 자동차에서 배출되는 CO, NO_x는 대표적 대기오염물질로 교통정체 및 혼잡 등에 의하여 가중된다고 볼 수 있음. 이러한 현상이 터널내 자동차배출가스를 증가시킨다는 것을 조사결과 확인 할 수 있었음. 따라서, 터널공기질의 대기오염물질 저감 방안으로 교통문제를 해결하는 것이 매우 중요하며, 아울러 터널내 환기시설의 충분한 가동도 함께 선행되어야 할 것임.