

부산광역시 지하공간의 CO 대기질 평가

이 화 운·박 종 길·장 난 심·이 희 령*·김 희 만**
부산대학교 대기과학과·인제대학교 환경시스템학부·**부산대학교 환경시스템학과
(2002년 11월 12일 접수; 2003년 1월 20일 채택)

The Evaluation of CO Concentration Level at Underground Space in Busan Metropolitan City

Hwa-Woon Lee, Jong-Kil Park*, Nan-Sim Jang, Hee-Ryung Lee** and Hee-Man Kim**

Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

*School of Environmental Science & Engineering, Institute of Basic Sciences, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

**Department of Environmental System, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 12 November, 2002; accepted 20 January, 2003)

With increasing population densities in cities, underground facilities and entertainment locations are proliferating at a rapid pace in efforts to maximize the use of land.

The purpose of this study is to evaluate CO concentration level of subway stations having underground platforms in Busan Metropolitan City, from September to November 2000, over seven times. The places of inquiry include Yonsan-dong station, Somyon station, Busan station, Nampo-dong station and Dusil station. The samplings were conducted at three points of each station, i.e. gates, ticket gates, and platforms. The component of CO concentration is the main elements of indoor air quality evaluation. The total concentrations and average concentrations of CO were the higher at the Somyon station. The distribution of CO concentrations at each station, generally was higher at gate than ticket gates and platforms. The I/O ratios(I-platforms, O-gates) were expressed highly than 1 at the Yonsan-dong station, Busan station, Nampo-dong station and were lower than 1 at the others.

Key words : Underground space, Total concentrations, Average concentrations, I/O ratio

1. 서 론

현대의 도시는 도시공간의 이용률을 높이기 위하여 대규모 복합건물과 더불어 지하공간의 활용을 크게 증가시키고 있다. 예를 들어, 서울시의 경우 1974년 지하철 1호선이 개통된 이후 8호선까지 완공되어 하루 약 440 만명의 인원이 지하철을 이용하고 있으며 9호선에서 10호선은 현재 건설 계획 중에 있는 등 이들 지하철을 점진적으로 더욱 확대할 계획이어서 현대 도시에서 매우 중요한 대중교통수단의 하나로 자리 잡고 있다.¹⁾ 부산시의 지하철은 1981년 6월 1호선의 부분 개통으로 시작하여

현재 2호선까지 운행되고 있으며, 3호선은 공사 중에 있다. 부산시의 지하철 1호선은 32.5 km, 34개역으로 일평균 544,000명의 인원을 수송하고 있으며, 2호선은 38 km, 39 개역으로 일평균 167,000명을 수송하고 있다²⁾. 이러한 지하철 노선의 확충은 지하공간을 인간의 새로운 활동영역으로 확대시킴과 동시에 지하철 공기질은 인간의 건강에 직·간접적으로 위해를 줄 수 있다³⁾. 일반적으로 도시인들은 대부분 지하철, 지하상가, 공공건물, 작업장 및 사무실 등의 각종 실내 환경에서 생활하고 있으나 실내공기는 자연회석물이 부족하여 오염된 공기가 계속 순환되고 있다. 그러나 인간의 신체 감각이 독성보다는 쾌적성 감지에 더 민감하므로 위험수준 이상에서도 감지하지 못하는 경우가 있다.⁴⁾ 게다가 실내오염에 의한 인체 영향은 실외 오염보다 더욱

Corresponding Author : Hwa-Woon Lee, Dept. of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Phone : +82-51-510-2291
E-mail : hwlee@pusan.ac.kr

심각하며 따라서 실내오염물질의 성분과 농도에 대한 조사는 매우 중요할 것으로 생각된다.^{5,6)} 그 예로서 지하철의 지하 승강장이나 개찰구가 있는 광장 및 터널내의 공기정화를 위해 강제 환기 방식의 공조 설비로 인한 오염과 소음으로 인해 두통을 호소하는 경우가 많다.^{7,8)} 부산의 경우 선행연구로서 한돈희⁹⁾는 부산시 지하상가의 대기질에 대해서 연구하였고, 문덕환 등은¹⁰⁾ 부산지역 4개 백화점의 공기 오염도에 대해서 연구하였으며, 박중길 등은^{11,12)} 부산지역에 있는 학교를 대상으로 실내의 대기질 농도를 비교·분석한 바 있다. 본 연구는 부산 지하철역을 대상으로 실내 대기질 평가기준 물질인 CO 농도를 측정하여 역별, 지점별로 오염물질의 농도 분포를 분석하고 외기인 실외와 지하철 내부인 실내 지하 승강장의 오염물질 비를 도출하여냄으로써 지역적인 오염도에 대한 관심도를 높이고 지하공간의 공기질 개선을 위한 기초 자료를 생산하는데 목적을 두었다.

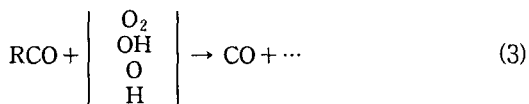
2. 재료 및 방법

2.1. CO의 생성과정과 영향

CO는 탄화수소계 연료의 불완전연소로 인하여, 중간 연소단계 동안에 생성되는 화합물 중의 하나이다. 연소가 완성될 때, CO₂로 되려는 CO의 산화가 CO와 다른 산화물 사이의 재결합반응을 통하여 일어나는데, 만약 이 재결합반응이 산화제의 부족이나 낮은 가스온도의 영향으로 완성되지 못한다면 CO는 산화되지 않고 남게 된다. 또한, 탄화수소 연소기구는 CO생성을 위한 하나의 주요 반응경로이고, CO 생성기구는 다음과 같이 도식적으로 요약될 수 있는데, 그 일련의 반응은 매우 빠르게 진행된다.



여기서 CO의 생성은 식(2)처럼 RCO의 열분해에 의해서 생성되기도 하고, 식 (3)처럼 R기가 다른 물질과 화합함으로써 생성되기도 한다.



인체에 대한 영향연구로서 일본에서는 1964년 석유, 목탄 스토브로 실험을 하던 중 실험자가 중독으로 졸도한 적이 있다고 보고 되었다.¹³⁾ CO는 공기 중의 CO농도가 100 ppm 이상이 되면, 운동신경과 근육마비가 먼저 나타나고, 두통, 현기증, 구토,

식욕감퇴 및 위 점막의 침식으로 출혈과 부종을 수반하며, 공기 중에 2,000 ppm을 초과하면 단시간 내에 사망한다.

혈액 중의 hemoglobin(Hb)과의 결합력이 산소보다 200배 이상 강하여 흡입할 경우 체내에서 CO-Hb가 형성되어 산소운반 능력을 현저히 감소시켜 두통이나 구토증상을 일으키고 심하면 사망에 이를 수 있다.¹⁴⁾ 또한 담배를 피워도 체내에 CO-Hb가 생성된다고 하는데, 조사에 의하면 하루에 10~20 개비를 피우는 사람은 몸 안의 전 Hb의 4.9%, 30~40 개비를 피우는 사람은 9.3% 정도의 CO-Hb가 생성된다고 한다. 그리고 CO는 각종 산업의 발달, 차량의 증가로 인해 자동차 배기가스와 더불어 대도시 대기오염을 한층 가중시키는 요인이 되고 있는 실정이다.¹⁵⁾ CO는 자동차, 각종 실내 주방기구, 난방시설, 취사도구, 냉매제(dry ice), 스케이트장, 담배연기 등 다양한 생활공간에서 발생된다.

2.2. 측정지역 선정

부산광역시 지하공간내의 CO 대기질 평가를 위해 선정된 측정지역은 부산시 지하철 1호선의 34개역 가운데 승강장이 지하에 위치하고, 사람들의 통행량이 비교적 많은 연산동역, 서면역, 부산역, 남포동역의 4곳과 사람들의 통행이 한산한 두실역 1곳을 선정하였으며, 각 역별 실내·외 기준은 다음과 같다.

사람들의 통행이 가장 많고 외기의 영향을 많이 받을 수 있는 지상도로변의 출입구 5곳을 실외로 정하였다. 다섯 역의 입구는 모두 상가 부근이었고, 그 중 연산동역은 입구 쪽에서 공사 중이었다. 선정된 모든 역은 차량의 통행과 정체가 많은 곳이었으나 두실역은 차량의 통행량에 비해 정체현상을 거의 보이지 않았다. 한편 지하철 역내의 실내인 개찰구와 외기의 영향을 거의 받지 않는 승강장 각각 5곳을 실내로 정하였다.

2.3. 관측 및 실험

부산광역시 지하 공간에서의 대기질평가를 위해 선정된 15개 지점에서 CO 농도를 측정하기 위해 2000년 9월부터 11월까지 7회에 걸쳐 공기를 포집하였다. 공기포집에 사용된 기계는 Kimoto HS-7 Handy Sampler와 SKC Inc.(U.S.A.)의 eighty four, Ra 15330 10ℓ Tedlar Bag 이며, 공기포집은 지면으로부터 150 cm 높이에서 이루어졌다.

2.4. 분석방법

포집된 공기의 CO 분석을 위해 사용된 분석기기는 비분산 적외선법을 채택하고 있는 Thermo Environmental Instrument사의 Model 48C를 사용하였

다. 비분산 적외선법(Nondispersive Infrared Method)은 CO에 의한 적외선 흡수량의 변화를 선택성 검출기로 측정해서 환경대기 중에 CO의 농도를 연속적으로 측정하는 방법으로 Model 48C의 측정범위는 0~100 ppm이며 90% 응답 시간은 2분 30초 이내이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 각 역별 CO 농도 분포

Fig. 1, 2는 공기시료를 채취한 지하철역별 즉 입구, 개찰구 그리고 승강장을 기준으로 측정시기에 따른 각 지점별 CO의 총 농도(Total Concentrations)와 평균 농도(Average Concentrations)를 비교한 것이다. 각 역별 전체 CO 농도를 비교해보면, 입구에서는 서면역(12.0 ppm), 부산역(8.2 ppm), 남포동역(7.4 ppm), 두실역(7.0 ppm), 그리고 연산동역(4.8 ppm)순이었고, 개찰구에서는 서면역(9.1 ppm), 남포동역(7.0 ppm), 연산동역(6.0 ppm), 두실역(6.0 ppm), 그리고 부산역(5.3 ppm)의 순으로 나타났다. 승강장에서는 연산동역(8.2 ppm), 부산역(8.0 ppm), 서면역(7.7 ppm), 남포동역(6.5 ppm), 그리고 두실역(6.4 ppm)의 순으로 나타나 서면역이 비교적 총 농도가 높았다. 각 역별 CO의 평균 농

도 분포의 경우, 입구에서는 서면역(2.0 ppm), 부산역(1.4 ppm), 남포동역(1.2 ppm), 두실역(1.2 ppm) 그리고 연산동역(0.8 ppm)의 순으로 농도가 높게 나타났다. 개찰구에서 각 역의 평균 농도는 서면역(1.5 ppm), 남포동역(1.2 ppm), 연산동역(1.0 ppm), 두실역(1.0 ppm) 그리고 부산역(0.9 ppm)의 순으로 농도 분포를 나타내었다. 승강장에서는 연산동역(1.4 ppm), 서면역(1.3 ppm), 부산역(1.3 ppm) 그리고 남포동역과 두실역(1.1 ppm)의 순으로 나타나 서면역이 지점별로 높은 농도를 나타내었다. 따라서 CO 총 농도와 평균 농도를 각 역별로 비교한 결과, 입구와 개찰구에서 서면역의 오염농도가 가장 높았다. 이곳은 대형 백화점과 쇼핑몰이 집중되어 있는 관계로 교통량이 상시 많으며, 게다가 차량정체가 심하므로 차량에 의한 CO의 배출량이 많고 유동인구가 많음에 의한 것으로 생각된다.

3.2. 실·내외 CO 농도 분포

부산광역시 지하공간내의 CO 대기질 평가를 위해 선정된 15개 지점에서 7회에 걸쳐 공기를 포집·분석한 결과는 Table 1과 같다. 5회째 관측은 일부 data가 손실되어 본 연구에서는 제외하고 분석하였다. 각 역별 CO 농도를 살펴보면, 부산역의 전체

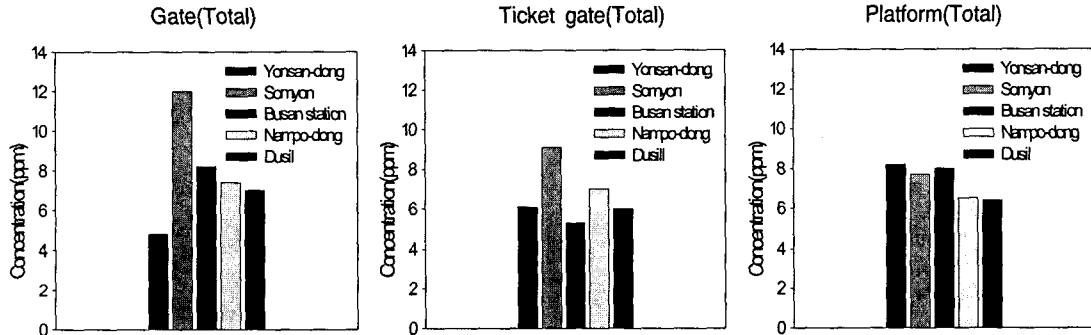


Fig. 1. Variation comparison of CO Total concentration at each point.

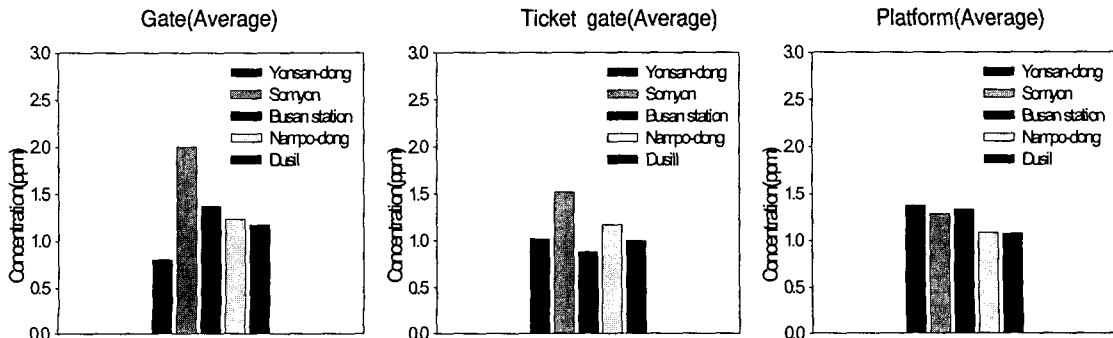


Fig. 2. Variation comparison of CO Average concentration at each point.

농도 분포는 0.6~2.3 ppm이었으며, 입구의 농도 분포는 0.8~2.3 ppm, 개찰구의 농도 분포는 0.6~1.5 ppm 그리고 승강장의 농도 분포는 0.9~1.9 ppm이었다. 전 측정기간 동안 입구의 농도가 다른 지점보다 높았지만 다른 지점과 농도차이는 크지 않았다. 지하철역 실내의 농도가 실외의 농도보다 아직 높지 않다는 것은 지하철역 내부의 특별한 발생원이 없음을 의미하고, 이 점은 실내환경의 건강 측면에서 매우 다행스러운 일이라 할 수 있겠다. 평균 농도를 살펴보면 0.9~1.4 ppm이었고, 입구(1.4 ppm), 승강장(1.3 ppm) 그리고 개찰구(0.9 ppm) 순으로 높았다. 평균 농도의 경우 입구와 승강장의 평균농도 차이가 적은 것으로 보아 입구농도가 높으면 승강장 농도도 높은 것으로 생각된다.

남포동역의 전체 농도 분포는 0.6~2.4 ppm이었으며, 입구의 농도 분포는 0.6~1.6 ppm, 개찰구의 농도 분포는 0.9~1.6 ppm 그리고 승강장 농도 분포는 0.9~1.4 ppm으로 입구의 농도가 높게 나타나 부산역의 경우와 유사한 특성을 나타내었다. 평균 농도 분포는 1.1~1.2 ppm 이었고 입구(1.2 ppm), 개찰구(1.2 ppm) 그리고 승강장(1.1 ppm) 순으로 높았으며 지하철역 입구나 개찰구의 평균농도차이는 없었고 승강장과는 0.1 ppm 차이로 적었다.

두실역의 전체 농도 분포는 0.8 ppm~1.6 ppm이었으며, 입구의 농도 분포는 0.4~1.6 ppm, 개찰구의 농도 분포는 0.5~1.3 ppm 그리고 승강장의 농도 분포는 0.6~1.4 ppm이었고, 입구의 농도가 지하철역 실내의 농도보다 높은 편이었다. 또한 지하철역의 개찰구와 승강장의 농도는 거의 비슷한 분포를 보였다. 평균 농도를 살펴보면 1.0~1.2 ppm의 분포였고, 입구(1.2 ppm), 승강장(1.1 ppm) 그리고 개찰구(1.0 ppm) 순으로 높았다. 평균 농도도 입구, 승강장 그리고 개찰구의 농도 차이가 각각 0.1 ppm으로 적은 변화 폭이었다.

서면역의 전체 농도 분포는 0.6~3.7 ppm 이었으

며, 입구의 농도 분포는 0.6~3.7 ppm, 개찰구의 농도 분포는 1.2~1.9 ppm 그리고 승강장의 농도 분포는 0.7~1.8 ppm이었다. 대체로 위 세 지점을 비교하면 입구가 개찰구와 승강장에 비해 높게 나타났다. 전 측정 기간 동안 최대 농도인 3.7 ppm은 입구에서 나타났고 지하철역 내부인 개찰구와 승강장의 두 지점의 농도를 비교하면 개찰구의 농도가 항상 높았다. 서면역의 개찰구 농도가 승강장보다 높은 원인으로서는 다른 역과는 달리 서면 지하상가에서 배출되는 오염원의 영향인 것으로 생각되며, 명확한 배출원인을 알기 위해서는 지속적인 관측과 연구가 필요할 것이다. 따라서 지하철역 중에서도 지하상가가 있는 개찰구는 지하상가가 없는 개찰구에 비해서 농도가 높음을 알 수 있었고, 이는 지하상가 설계시 꼭 고려되어야 할 사항이라고 생각된다. 평균 농도를 살펴보면 1.3~2.0 ppm으로 분포하였으며 입구(2.0 ppm), 개찰구(1.5 ppm) 그리고 승강장은(1.3 ppm)순으로 높았다.

연산동역의 전체 농도 분포는 0.5~1.8 ppm이며, 입구의 농도 분포는 0.5~1.2 ppm, 개찰구의 농도 분포는 0.5~1.6 ppm 그리고 승강장의 농도 분포는 0.9~1.8 ppm이었다. 다른 역과는 달리 승강장의 농도가 측정 기간 동안 항상 높았다. 전 측정 기간 동안 연산동역에서 CO의 최대 농도는 승강장에서 나타났다. 승강장의 농도가 높게 나타난 것은 연산동역의 환기 시스템에 원인이 있는 것으로 생각되며, 환기 시스템의 전반적인 점검의 필요성을 지적할 수 있다. Table 2의 각 역별 환기량¹⁶⁾에 의하면 연산동역의 개찰구와 승강장의 환기량은 1,093,563 m³/min으로서 남포동역 1,442,116m³/min, 서면역 1,423,800m³/min, 부산역 1,306,542m³/min에 비해 적음을 알 수 있었다. 평균 농도의 분포 범위는 0.8~1.4 ppm 이었으며, 승강장(1.4 ppm), 개찰구(1.0 ppm) 그리고 입구(0.8 ppm)순으로 높았다. 4개의 다른 역의 경우 입구의 평균 농도가 가장 높은 것에 비해서 승강장의 농도가 높은 것은 매우 특이한 점이었다. 이 역은 다른 역에 비해 승강장에서 입

Table 1. Variation of CO concentration at each station

Site Point	Gate		Ticket gate		Platform	
	Average (ppm)	Range (ppm)	Average (ppm)	Range (ppm)	Average (ppm)	Range (ppm)
Yonsan-dong	0.8	0.5~1.2	1.0	0.5~1.6	1.4	0.9~1.8
Somyon	2.0	0.6~3.7	1.5	1.2~1.9	1.3	0.7~1.8
Busan station	1.4	0.8~2.3	0.9	0.6~1.5	1.3	0.9~1.9
Nampo-dong	1.2	0.6~2.4	1.2	0.9~1.6	1.1	0.9~1.4
Dusil	1.2	0.4~1.6	1.0	0.5~1.3	1.1	0.6~1.4

Table 2. The ventilation rate of each station in Autumn

Station	ventilation rate(m ³ /min) (18:00~20:00, Ticket gate, Platform)
Yonsan-dong	1,093,563
Somyon	1,423,800
Busan station	1,306,542
Nampo-dong	1,442,116
Dusil	698,330

< Busan Urban Transit Authority >

구로 나오는 거리가 매우 길며, 강제 환기에 의한 공기의 순환이 용이하지 못한 결과로 실내에서 더 높은 농도를 나타낸 것으로 생각된다.

전체 역의 개찰구와 승강장의 농도 분포는 0.5~1.9 ppm으로 이채연 등¹⁷⁾의 부산지역 지하상가(국제, 대현, 부전상가)의 오염에 관한 조사연구에서 CO 농도 분포가 0.5~3.0 ppm인 것과 유사하였고, 송희봉¹⁸⁾의 대구지역 공중이용시설의 실내·외 공기 중 기준성 오염물질의 농도에서 지하상가의 CO 농도가 1.7~3.5 ppm 인 것에 비해서는 약간 낮은 농도를 보여주었다.

우리나라의 보건복지부 공중위생법 관리시행규칙 제8조 제2항 별표 6 오염허용기준¹⁹⁾과 환경부 지하생활공간공기질관리법 시행규칙 제3조 별표 2 지하공기질기준²⁰⁾에 의하면 CO 의 허용기준은 1시간 평균치 25 ppm이다.

이상과 같이, 부산지역의 지하철 실·내외 CO의 농도는 대체로 실외인 입구가 높은 농도를

나타내었으나 실내인 개찰구와 승강장의 농도는 역에 따라 다소 차이는 있으나 입구에 비해 대체로 낮은 농도를 나타내었다.

3.3. CO 농도의 I/O비

Table 3은 각 역별로 실내와 실외의 CO 농도비를 알아보기 위하여 승강장을 Indoor로, 입구를 Outdoor로 하여, 각각의 I/O비와 평균 I/O비를 비교하였다.

I/O비를 역별로 살펴보면 연산동역은 1.50~2.20으로 분포하였고 평균 1.77로 연산동역은 실내가 실외보다 다소 높은 농도를 나타내었다. 서면역은 0.28~2.33으로 분포했고 포집시기에 따라 큰 차이가 있었으나 평균 I/O비는 0.99로 거의 1에 가깝게 나타나 내부와 외부의 오염도가 거의 비슷하게 나타났다. 부산역은 0.75~1.46으로 나타났고 평균 1.02, 남포동역은 0.46~1.67의 분포로 평균 1.05이었다. 부산역과 남포동역도 내부인 승강장의 오염

Table 3. Variation of CO I/O ratio at each station

Site Number	Yonsandong	Somyon	Busan	Nampodong	Dusil
1	1.63	0.52	1.46	1.25	0.88
2	1.60	2.33	1.38	0.75	0.62
3	2.20	1.00	0.75	1.67	0.91
4	2.14	1.50	0.75	0.46	0.92
6	1.50	0.32	0.83	0.93	1.08
7	1.58	0.28	0.93	1.22	1.50
Average	1.77	0.99	1.02	1.05	0.98

I/O ratio : Platform/Gate

도가 약간 높게 나타났다. 두실역은 0.62~1.50으로 두실역의 평균 I/O비는 0.98로 거의 1에 가까운 값을 나타내어 내·외부의 오염도가 비슷하다는 것을 보여주었다. 따라서, 실내·외 CO의 농도비를 살펴본 결과 대체로 실내가 높게 나타났으며, I/O비가 1보다 큰 역은 연산동역, 부산역, 남포동역이고 서면역과 두실역은 1에 가까운 값을 보였다. 동계에는 실내 난방등에 의해 실내의 CO 농도가 증가할 수 있으므로 계속적인 연구와 승강장 내부의 대기질 개선책을 위한 지속적인 감시와 대책이 요구된다.

4. 결 론

2000년 9월에서 11월에 걸쳐 부산광역시 다섯 개 지하철역을 대상으로 실·내외 지점에서 CO를 측정·분석한 결과 다음과 같다.

지하철역별 전체 CO 농도와 평균 농도 분포는 서면역이 다른역에 비해서 높게 나타났다. 실·내외 CO 농도 분포는 대체로 입구가 높은 농도를 나타내었으며 실내인 개찰구와 승강장은 역에 따라 약간의 차이는 있으나 낮게 나타났으며 실내공간과 환기량에 따라 실내가 더 높은 농도를 나타낼 수 있음을 알 수 있었다.

각 역별 I/O비는 연산동역, 부산역, 남포동역이 1보다 컸고 서면역과 두실역은 1에 가까운 값을 보여 실내 대기질에 대한 계속적인 연구와 감시가 요구되어진다.

참 고 문 헌

- 1) 서울특별시 지하철 공사, 1998, 서울시 지하철 환경개선 방안 연구. 시정연 98-T-45.
- 2) 부산지하철공단, http://www.subway.busan.kr/c/c010100_frame.html.
- 3) Perry, R. and I. L. Gee, 1994, Vehicle emissions and effects on air quality indoors and outdoors, Indoor Environ., 3, 224-236.
- 4) 김희강, 김동술, 김신도, 김운신, 나진균, 이종범, 정일래, 홍민선, 1993, 대기오염개론, 동화기술, 45-50pp.
- 5) 西田 耕之助, 大迫 政浩, 新居 敬幸, 柳橋 泰生, 齊内 正俊, 奥鷲 將行, 井上仁, 増田 まなみ, 松田 佳憲, 高山 洋一, 工司, 森地 耕三, 山川 正信, 1991, 地下鐵驛構内の空氣汚染と換氣塔からの放出に關する調査(I), 公害と對策, 27(5), 52-59.
- 6) Marttila, O., T Haahtela, I. Silakoski, H. Vattinen, and O. Suominen, 1994, The South Karelia air Pollution Study : Relationship of Outdoor and

- Indoor Concentrations of Malo-dorous Sulfar Compounds released by pulp Mills. *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 44, 1093-1096.
- 7) 西田 耕之助, 大迫 政浩, 新居 敬幸, 齊内 正俊, 奥鷲 將行, 松田佳憲, 1992, 地下鐵驛構内の空氣汚染と換氣塔からの放出に關する調査 (II), 公害と對策, 28(3), 21-30.
- 8) 本田えり, 1977, 浮遊細菌による地下環境空氣汚染の現況, 公害と對策, 13(9), 6-16.
- 9) 한돈희, 1992, 인제논총, 7(1), 405-413.
- 10) 문덕환, 이현우, 이채연, 1991, 부산지역 4개 백화점의 공기오염도에 관한 조사연구, 한국산업위생학회지, 1(2), 164.
- 11) 박중길, 장난심, 박홍재, 박문기, 황용식, 정지영, 1997, 실내대기환경과 중금속농도의 분포특성에 관한 연구, 한국환경과학회지, 6(5), 451-459.
- 12) Park, J. K., Y. K. Kim, H. W. Lee, N. S. Jang and M. K. Park, 2002, Characteristics of Heavy Metal Concentrations and Indoor Atmospheric Environments in Busan Metropolitan Area, *Korea, J. of the Environmental Sciences*, 11(8), 801-810.
- 13) 吉澤普, 1986, ビール室内空氣管理をめぐる課題と今後の動向, 公害と對策, 22(13), 13-16.
- 14) 김민영, 라승훈, 신도철, 한규문, 최금숙, 정일현, 1998, 서울지역 지하철역의 공기 중 오염인자의 노선별 분포특성, 한국환경위생학회지, 24(2), 134-144.
- 15) 김윤신, 1994, 실내환경과학, 민음사, 32-33pp.
- 16) 부산시, 2000, 교통공단자료제공.
- 17) 이채연, 문덕환, 조병만, 김준연, 배기철, 1989, 부산지역 지하상가의 대기오염도에 관한 조사연구, 한국대기보전학회지, 5(1), 22-32.
- 18) 송희봉, 민경섭, 한개희, 김종우, 백성욱, 1996, 대구지역 공중이용시설 실내·외 공기중기준성오염물질의 농도, 한국대기보전학회지, 12(4), 429-439.
- 19) 보건복지부, 2000, 공중위생법관리시행규칙 제8조 제2항 별표 6, 오염허용기준.
- 20) 환경부, 2002, 지하생활공간공기질관리법시행규칙 제3조 별표 2, 지하공기질기준.