

大田地域 地下商街의 大氣汚染度에 關限 調査研究

A Study on Air Pollution in the Underground Shopping Store of Taejon Area

양 천 회*·류 완 호*·장 철 현**

Chun-Hoi Yang · Wan-Ho Roo · Cheol-Hyeon Jang

ABSTRACT

In order to assess the level of atmospheric pollution and to contribute the health improvement of residents in Taejon city, the authors were measured the concentration of air pollutants(CO, SO₂, NO₂, TSP, Pb, Cd, Cr) at three places of the centrol road in Taejon.

The investigative research performed bimonthly from May 1993 to September 1993, and the places were the underground shopping stores of Taejon station, Dongyang department store and provincial government areas.

The results of statistical analysis are as followings.

- | | |
|---|--|
| ① CO : 0.569 ~0.966 ppm | ② SO ₂ : 0.084 ~0.170ppm |
| ③ NO ₂ : 0.0045~0.022ppm | ④ TSP : 249~ 299 μg/m ³ . |
| ⑤ Pb : 0.366 ~1.157 μg/m ³ . | ⑥ Cd : 0.016~0.025 μg/m ³ . |
| ⑦ Cr : 0.198 ~0.290 μg/m ³ . | |

The mean concentration of SO₂ in Dongyang department store area was 0.17ppm, and it exceeded the ambient air quality standard by 0.02ppm.

The concentration of TSP was higher than a standing rule of public hygiene, and it was very near to a standing rule of environmental preservation.

* 대전산업대학교 화학공학과

** 대전산업대학교 환경공학과

The standing rule of indoor air pollution in underground shopping store have two different laws, the public hygiene and the environmental preservation. Therefore, it was difficult to judge what to do in such circumstance.

In regarding to the laws, an environmental standard for air pollution in the underground space must unify into the standard of public hygiene.

1. 서 론

지하상가는 외부와 차단되고 조그만 출입구로 많은 사람들이 왕래하기 때문에 탄산가스, 비산분진, 중금속 등이 날로 증가하여 지하공간에서 활동하는 사람들의 환경안전관리 문제가 새롭게 대두되고 있다^{1)~4)}. 특히, 지하상가는 여름철에는 외기에 비해 시원하고 겨울철에는 따뜻하여 지상의 상가보다 이용객이 훨씬 많아 공기오염에 대한 여러가지 문제점이 야기되고 있다.

이처럼 지하시대에 살고있는 우리들은 생활의 편의적 부산물인 여러가지 공기오염 물질을 다량 배출하여 지하에 축적하는 결과를 초래하고 있으나, 충분한 환기마저 이루어 지지않아 지하상가의 공기오염은 공중 위생학적 입장에서 볼때 관심의 대상이 아닐 수 없다^{5)~8)}. 여러 공기오염물질 가운데는 아황산가스, 일산화탄소, 부유분진, 소음 및 여러 중금속 물질들은 인체에 대하여 특히 유해한 것으로 알려져있다^{9)~11)}.

따라서 본 연구는 대전시내 주요 지하상가를 대상으로 현재 지하공간의 대기성분 실태와 부유분진 및 중금속을 측정하여 그 오염도를 파악함으로써 지하상가 공기 오염의 저감대책 수립의 기초자료를 마련함은 물론 이용객의 건강과 쾌적한 환경을 유지할 수 있는 개선 방안을 모색하는데 있다.

2. 연구방법

2.1 조사지역 및 기간

대전지역의 대표적 지하상가인 중앙로 지하상가를 연구 대상지역으로 하였다. 중앙로 지하상가는 동·서 2개로 나누어져 있고 업종이 매우 다양하여, 측정 위치에 따라 유해가스 농도가 다를것으로 생각되어 우선 크게 3가지 분류기준에 따라 선정하였는데, 도청앞 주위의 음식점류, 동양백화점 주위의 의류, 대전역 주위의 각종 잡화류가 바로 그것이

다. 따라서 선정된 시료 채취 위치는 대전역앞, 동양백화점앞, 도청앞 등 3개 지점을 정하여 각 장소별로 1993년 5월, 7월, 9월 등 월 1회씩 시료를 채취하여 측정하였다.

2.2 분석 방법

측정 항목은 일산화탄소(CO), 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 부유분진(TSP)과 중금속 성분으로 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr) 등 7가지로 하였다.

일산화탄소는 CO Analyzer(Miran 101 U.S.A.)를 이용하였으며, SO₂는 Rosaniline-Formarin법, NO₂는 Saltzman법으로 Handy Sampler(Millipore Co.)에 흡수액을 넣고 2l/min의 유속으로 1시간동안 흡수시켜 UV에 의해 분석하였다¹²⁾.

또 부유분진(TSP)과 중금속(Pb, Cd, Cr)은 High Volumn Air Sampler를 사용하여 여지상에 8시간동안 시료를 채취하여 흡인유량을 산출하고, 여지의 전·후 중량차에 의하여 부유분진의 농도를 측정하였으며, 그 여지에 부착된 분진을 중금속분석 시료로 사용하였다. 중금속은 AA(Atomic Absorption Spectrophotometer, Perkin-Elmer, 2380, U.S.A.)를 이용하여 각 파장(Pb: 283.3nm, Cd: 228.8nm, Cr: 357.9nm)에서 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로 부터 그 양을 구하고 농도를 산출하였다¹³⁾.

3. 결과 및 고찰

3.1 지하상가 입주 현황

지하상가의 이용현황을 보면 Table 1과 같다. 역전 지하상가는 총길이 270m(연면적 5880m²)에 점포수 180개이며 유동인구는 하루에 7~8만명, 출입구는 16개 있었다. 또 중앙로 1번가의 지하상가는 총길이 769m(연면적, 18,978.09m²)에 점포수 490개이며 유동인구는 하루에 8~10만명이고 출입구

Table 1 The present status of underground shopping store

Division/Areas	Taejon station area	1st street of central road area
Construction year	1981. 6. 30	1991. 12. 13
Total areas	5880m ²	18, 978. 09m ²
Total length	270m	769m
Total store	180	490
Through persons	7~80,000 persons/day	8~100,000 persons/day
Instrument for changing air	Blower	Blower
	76HP ×1 40HP ×1	air supplies, 181HP ×17 exhaust fan, 220HP ×1
entrance	16	27

는 27개 이었다.

3.2 지하공간 실내 환경기준

지하 공간의 환경기준은 현재 우리나라의 공중 위생법 제27조 1항 “공중 이용시설의 위생관리 기준”에 부유분진, CO, CO₂, 온도, 상대습도, 기류,

조명 등의 허용기준이 명시되어 있다. 그러나 부유분진에 포함된 미량 유해 물질인 중금속등은 공중 이용시설 관리기준에는 명시되어 있지 않고 산업안전 보건법과 환경보전법에 대기 환경기준으로 일부 항목이 명시되어 있을 뿐이다.

Table 2는 각 항목별 환경기준 권고치와 관련 법규를 나타낸 것이다.

Table 2 Comparison of environmental standard for air pollution in the underground space

Pollutants	Permitted Limit, less then	Related law
CO(ppm)	10ppm	Public Hygiene
	8ppm/monthly average	Environmental Preservation
SO ₂ (ppm)	0.05ppm/yearly average	Environmental Preservation
	0.15ppm/day	“
	0.5ppm/15min., tunnel	Industrial Safety & Health
NO ₂ (ppm)	0.05ppm/yearly average	Environmental Preservation
	0.5ppm/15min., tunnel	Industrial Safety & Health
TSP(μg/m ³)	150 μg/m ³ , 24hour average	Public Hygiene
	300 μg/m ³ , 24hour average	Environmental Preservation
Pb(μg/m ³)	1.5 μg/m ³ in air/day	Environmental Preservation
	3 μg/m ³ in underground/day	Industrial Safety & Health
Cd(μg/m ³)	2 μg/m ³ in underground/day	Industrial Safety & Health
Cr(μg/m ³)	1.5 μg/m ³ in underground/day	Industrial Safety & Health

3.3 지하상가 오염도 현황

지하상가내 실내 공기 오염 물질들은 지하상가에 입주된 업종물품에서도 발생되겠지만 중앙로가 교통이 매우 복잡하고 차량통행이 많아 이로인한 원인을 배제할 수 없다.

Table 3은 대전역 앞 지하상가의 오염도 현황을 나타낸 것이다. CO가스는 여름철 보다 봄철인 5월에 가장 농도가 높았으나 SO₂는 여름철인 7월에 농도가 가장 높았다. NO₂는 계절에 관계없이 비슷한

농도를 보였고, 부유분진(TSP)은 연평균 위생관리 기준치 150 μg/m³를 훨씬 상회 하였다. 중금속 농도는 무더운 여름철에 비교적 높게 나타났다.

Table 4는 동양 백화점 앞 지하상가의 대기오염 현황을 조사하여 나타낸 것이다. CO는 여름철에는 높게 나타났으나, 기온이 조금 낮아지는 계절에는 그 농도가 낮게 나타났다. SO₂의 농도변화는 월별로 큰 차이를 보이지 않았으며, NO₂의 경우 미량 나타나고 있으나 9월에는 거의 나타나지 않았다.

부유분진의 경우 여름철에 매우 높게 나타난 것

으로 보아 여름철에 이곳의 지하상가가 시원하여 통행량이 많아진 것이 큰 영향일 것으로 생각된다. 그러나 중금속류는 대전역 지하 상가와 비슷하거나 조금 낮은 경향으로 나타났다.

Table 3 Monthly air pollutants at the underground shopping store of taejon station area

Pollutants/ Monthly	May	July	September	Average
CO(ppm)	1.546	1.032	0.001	0.859
SO ₂ (ppm)	0.092	0.147	0.012	0.084
NO ₂ (ppm)	0.035	0.023	0.009	0.022
TSP(μg/m ³)	297	257	278	277
Pb(μg/m ³)	0.231	0.466	0.412	0.370
Cd(μg/m ³)	0.056	0.015	0.005	0.025
Cr(μg/m ³)	0.309	0.418	0.145	0.290

Table 4 Monthly air pollutants at the underground shopping store of dongyang department store area

Pollutants/ Monthly	May	July	September	Average
CO(ppm)	0.667	1.025	0.017	0.569
SO ₂ (ppm)	0.130	0.184	0.196	0.170
NO ₂ (ppm)	0.005	0.004	-	0.0045
TSP(μg/m ³)	209	407	280	299
Pb(μg/m ³)	0.551	0.357	0.189	0.366
Cd(μg/m ³)	0.009	0.029	0.021	0.020
Cr(μg/m ³)	0.256	0.176	0.162	0.198

Table 5는 도청앞 지하 상가의 대기 오염도 조사 현황이다. CO는 여름철에, SO₂는 봄과 가을철에 높았으며, NO₂는 미량 나타났으나 5월의 경우 흔적만 보였다. 이곳에서도 부유분진의 농도가 여름철에 높았으며 중금속은 Pb의 농도가 가장 높고, Cd가 가장 낮았다.

Table 5 Monthly air pollutants at the underground shopping store of provincial government area

Pollutants/ Monthly	May	July	September	Average
CO(ppm)	0.917	1.813	0.168	0.966
SO ₂ (ppm)	0.168	0.095	0.149	0.137
NO ₂ (ppm)	-	0.003	0.035	0.019
TSP(μg/m ³)	235	282	229	249
Pb(μg/m ³)	1.551	1.357	0.562	1.157
Cd(μg/m ³)	0.016	0.014	0.017	0.016
Cr(μg/m ³)	0.162	0.443	0.256	0.287

Fig. 1은 지하상가 공기오염 평균농도를 나타낸 것이다.

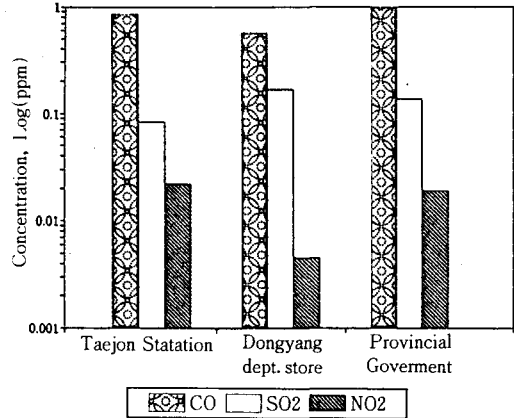


Fig. 1 Average concentration of air pollutants in the underground commercial floor of taejon area

CO의 평균농도는 도청앞(0.996ppm), 대전역(0.859ppm), 동양백화점(0.569ppm) 순으로 각 지역 공히 우리나라 대기환경기준(년평균 8ppm) 보다 낮았다.

CO는 약 85%가 교통기관의 배기가스에서 배출된다고 K. Wark등은 보고하고 있다¹⁴⁾. 따라서 교통량이 많고 인구가 조밀한 도시 지역에서는 실제 대기중 CO농도가 10~15ppm에 이를 수 있기 때문에 도심지 CO농도의 영향에 대하여 과소 평가해서는 곤란하며 빈혈이나 심폐질환 등의 환자나 CO에 감수성이 큰 사람은 특히 관심을 가져야 할 것이다.

본 조사의 경우 대전지역 중앙로 지하상가의 CO 농도는 0.569~0.966ppm으로 우리나라 대기환경 기준치에 훨씬 미달하고 있을 뿐만 아니라, 1986년 서울시 대기중 일산화탄소 농도인 1.4~4.3ppm에도 훨씬 못미치는 수치로 나타났다.

아황산가스(SO₂) 평균농도는 동양백화점(0.170ppm), 도청앞(0.137ppm), 대전역(0.084ppm)의 순이었다. 본 조사의 경우 아황산가스 농도는 0.084~0.170ppm으로 일부 지역에서는 우리나라 대기환경기준치(년평균 0.05ppm이하)를 초과하였는데 이것은 내부에서 발생된 아황산가스가 불충분한 환기시설로 축적된 것과 외부 간선도로변으로부터 혼입된것으로 사료된다. 특히 동양백화점 앞

에서 배출가스 농도가 대전역 앞 보다 2배이상 차이를 보인것은 배출능력등 구조적 특성과 교통 적 체현상에 기인한 것으로 사료되나, 이 역시 추후 더욱 검토가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

또한 이산화질소(NO₂)평균농도는 대전역(0.022ppm), 도청앞(0.019ppm), 동양백화점(0.0045ppm)의 순으로 우리나라의 대기환경 기준치(년평균 0.05ppm이하)에 미치지 못하였다. 이산화질소는 공기중의 질소 혹은 연료자체의 질소 성분이 비교적 고온에서 연소할 때 주로 많이 발생하는데, 본 조사의 경우 이산화질소 농도는 0.0045~0.022ppm로 1986년 서울시 지하상가 평균값 0.0155~0.0418ppm보다 조금 낮거나 유사하였다.

Fig. 2는 대전지역 지하상가의 부유분진과 중금속 농도를 나타낸 것이다.

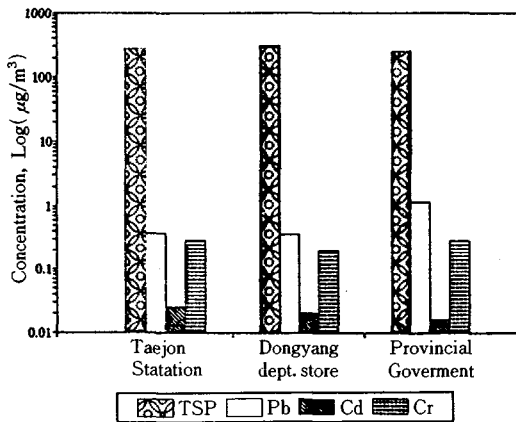


Fig. 2 Average concentration of air pollutants in the underground commercial floor of taejon area

부유분진의 평균농도는 동양백화점(299 µg/m³), 대전역(277 µg/m³), 도청앞(249 µg/m³)의 순으로 대부분 우리나라 공중위생시설의 위생관리기준(150 µg/m³ 이하)을 초과하였으며 지하공간 대기환경 기준권고치(300 µg/m³ 이하)에 거의 접근하였다.

부유분진의 농도가 각지역 공히 비슷하게 나타난 것은 인구의 이동량이 비슷한것에 기인하는 것으로 생각되었다. 그러나 위생시설기준치와 대기환경기준치가 각각 다른것은 혼란을 야기시킬 수 있기에 충분했는데, 이는 빨리 시정되어야 할것으로 생각

되었다. 특히, 중금속의 경우 대기중 허용기준이 납 이외에는 설정되어 있지 않기 때문에 산업안전보건법(사업장내)에 규정된 수치를 적용할 수 밖에 없었다.

납(Pb)의 평균농도는 도청앞(1.157 µg/m³), 대전역(0.370 µg/m³), 동양백화점(0.366 µg/m³)의 순으로 대기환경기준치(1.5 µg/m³)에 도청앞에서는 거의 접근하고 있다.

본 조사의 경우 0.366~1.157 µg/m³로 지역에 따라 심한 차이를 보였는데, 이러한 차이는 지역적 특수성에 의한 것이라기 보다는 오히려 조사방법 및 조사시기 등의 차이에 기인한 것으로 사료되나 추후 더욱 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

카드뮴(Cd)의 평균농도는 대전역(0.025 µg/m³), 동양백화점(0.020 µg/m³), 도청앞(0.016 µg/m³)의 순으로 대부분 비슷한 농도 분포를 보였고, 기준권고치(2.0 µg/m³)에 각 지역 공히 훨씬 미달하였다.

크롬(Cr)은 호흡기, 소화기 및 피부를 통하여 체내에 흡수되어 신장과 간장, 골수에 축적되며 주로 신장을 통하여 배설된다. 최근에 크롬의 발암작용에 대해 많은 보고가 나오고 있어 더욱 관심 사항이 되고있다¹⁵⁾.

본 조사의 경우 크롬의 농도는 0.198~0.290 µg/m³로 대부분 기준권고치(1.5 µg/m³)에는 미달하였으나, 1986년 서울의 연중 평균 농도 0.03~0.06 µg/m³보다는 훨씬 높았다. 7월 도청앞에서 크롬이 다량 검출된것은 '93 대전 EXPO 개막을 앞두고 주변에서 각종 건설공사가 진행된 것이 큰 요인으로 생각되었다.

지금까지는 지하상가의 실내공기 오염을 대기환경오염과 같이 취급하는 경향으로 자칫 일반공해로 착각하는 경우가 있는데, 지하상가 오염도 측정판리는 궁극적으로 이용자에 대한 인체 건강관리이므로 위생관리부서에서 종합적인 관리가 요구된다.

특히, 지하상가의 실내공기오염이 공중위생법상 허용기준과 환경처의 지하공간 환경기준 권고치가 서로 상이하여 측정 데이터의 비교 판정이 달라 불신이 예상되므로 환경처 지하공간 대기환경기준을 공중위생기준 방식으로 전환하는 것을 검토해 보아야 할 것이다.

4. 결 론

대전지역 지하상가의 공기오염도를 파악하여 시민들의 건강 안전관리를 개선하는데 기여하고자 대전시 중앙로 지하상가 3개 지점(대전역 앞, 동양백화점 앞, 도청앞)의 공기오염물질(CO, SO₂, NO₂, TSP, Pb, Cd, Cr)을 1993년 5월부터 9월까지 격월로 월 1회씩 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 각 항목별 오염 물질의 농도 범위
 - ① 일산화탄소(CO) : 0.569 ~ 0.966ppm
 - ② 아황산가스(SO₂) : 0.084 ~ 0.170ppm
 - ③ 이산화질소(NO₂) : 0.0045 ~ 0.022ppm
 - ④ 부유분진(TSP) : 249 ~ 299 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - ⑤ 납(Pb) : 0.366 ~ 1.157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - ⑥ 카드뮴(Cd) : 0.016 ~ 0.025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - ⑦ 크롬(Cr) : 0.198 ~ 0.290 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2) 동양백화점 앞 지하상가의 아황산가스 농도는 0.17ppm으로 환경기준 권고치(0.15ppm)를 0.02ppm 초과 하였다.
- 3) 부유분진의 경우 공중위생 관리기준(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 훨씬 높았고, 대기 환경기준 권고치(300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 거의 접근하였다.
- 4) 지하상가의 공기오염 판정기준에서 공중위생법과 환경보존법의 기준 권고치가 서로 상이하여 측정 데이터의 비교 판정이 달라 혼란이 예상되므로 지하공간 대기환경기준을 공중위생기준 방식으로 전환해야 할 것이다.

본 연구는 1993년도 교육부 지역개발 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 神山惠三, 都市生活空間としての地下環境の基礎的考察, 公害と對策, Vol.13, pp.949, 1977.
- 2) 권숙표, 정용, 임동구, 서울시 대기중 유해 부유분진의 성분, 예방의학회지, Vol.12, No.1, pp.45~55, 1979.
- 3) 古川友幸, 地下街通路の空氣汚染現況, 公海と對策, Vol.13, p.946, 1977.
- 4) 차철환, 서울시내 대기오염도 조사 연구-중금속을 중심으로, 77년도 정책과제 학술연구 보고서, 1977.
- 5) H.Soto, E.Lissi and T.Caceres, Indoor house pollution; Appliance emission and indoor ambient contraction, Atmospheric Environments, Vol.17, pp.1009~1015, 1983.
- 6) T.D.Sterling and A.Arundel, Possible carcinogenic components of indoor air, J. Environ. Sci. Health, C2, pp.185~230, 1984.
- 7) 조강래, 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구, 대기보전학회지, Vol.3, No.1, pp.55~64, 1987.
- 8) 김용환, 부산의 대기오염도 조사연구, 예방의학회지, Vol.19, No.2, 1986.
- 9) 임정규, 부산지역의 대기중 중금속 오염도에 관한 연구, 환경과 공해, Vol.10, No.5, pp.331~344, 1987.
- 10) E.D.Palmes et al, Personal Sampler for Nitrogen dioxide, Am.Ind. Hyg. Assoc. J37, pp.57~577, 1976.
- 11) 이민희, 대기중 부유분진의 성분에 관한 연구(IV), 국립환경연구소 보고서, Vol.7, pp.165~176, 1985.
- 12) U.S.Dept. of HEW, Public Health Service Publication No.999-AP-11, Selected Methods for the Measurement of Air Pollutants, 1965.
- 13) P.W.West and G.C.Gaeke, Anal.Chem., Vol.28, pp.1816, 1965.
- 14) K.Wark et al, Air Pollution-It's Origin and Control, 2nd Ed. Haper and Row Publishers, New York, 1974.
- 15) G.D.Clayton et al, Patly's industrial hygiene and toxicology, Wiely-Interscience publisher, New York, 1981.