

地下環境의 大氣汚染物質 規制에 關한 調查研究

李敏熙 · 韓義正 · 辛燦基 · 程海東 · 韓慈暻
國立環境研究所 大氣研究部

A Survey of the Air Quality in Underground Environment

M. H. Lee · E. J. Han · C. K. Shin · H. D. Chung · J. K. Han

*Air Quality Research Department
National Environmental Protection Institute*

Abstract

The underground living spaces have become one of the major environment of this decade in urban area. This study was carried out to examine contamination level for purpose of preservation of the pleasant underground environment. Three subway stations and three underground shopping centers in Seoul and two underground shopping centers in Busan were selected and surveyed by measuring gaseous pollutants (SO_2 , NO_2 , CO, HC, HCHO, CO_2), dust, airborne microbes, and the other air conditions (temperature, humidity, air pressure, air flow, kata cooling power).

These examined data were compared with four kinds of standard (building sanitation management, room air quality standards, occupational safety and health standards, ventilation equipment) as environmental hygiene.

緒 論

1967年末(서울市廳 앞 地下商街)을 始發로 하여 大都市에 新設된 많은 地下商街는 商店과 地下通路의 役割을 擔當하고 있으며 1974年 8月 서울의 地下鐵 1號線이 開通된 이래 1985年 10月 3, 4號線이 完全開通되어 延長 123 km에 달하는 世界 第7位의 地下鐵保

有都市가 되었고 釜山에서도 地下鐵 1號線의 일부 開通을 보게 되었다.

이러한 地下生活圈은 多數人이 居住,利用 또는 往來하고 있으므로 各種有害物質은 小規模로 發生하고 있으나 外部와의 空氣循環이 잘 이루어지지 않는 거의 遮斷狀態의 限定된 空間이므로 國民保健學上으로 問題가 되고 있다.

地下生活圈의 增加로 인하여 直·間接으로 地下環境에 接觸하는 人口도 漸次 增大되고 있

어 이와같은 環境下에서의 人體에 미치는 影響과 被害가 있을 것이 豫想된다.

人間の 生活環境은 普通室內環境 즉 住宅, 事務所, 學校, 病院, 店舖, 映畫館, 集會所 등 사람의 日常生活을 營爲하는 屋內에 準하는 環境과 大氣環境 즉 屋外의 自然環境을 말하는데 이러한 地下空間에 對한 汚染問題는 建築法¹⁾에 의한 換氣設備基準이나 産業安全保健法¹⁾에서 다루고 있는 作業場 室內環境 問題와 관련되고 있다.

本 調査에서는 날로 擴張되고 있는 地下住居空間의 空氣質이 問題가 되므로 이에 대한 基礎資料를 얻기 위하여 室內環境에서 주로 取扱하는 氣候要素(物理的 條件)와 가스상物質 및 粒子狀物質(化學的 條件)과 落下細菌에 關하여 調査하였다.

調査 및 測定方法

1. 調査地域 및 期間

調査對象地域은 서울(地下商街 3 個所, 地下電鐵驛 3 個所)과 釜山(地下商街 2 個所)의 8 個所를 選定하였으며 地下商街에서는 商街 內部の 3 個地點과 商街出入口로 부터 約 10m 程度의 外部 1 個地點을, 地下電鐵驛에서는 昇強場의 2 個地點과 待合室(賣票所)의 1 個地點 및 出入口에서 10 m 程度의 外部 1 個地點을 測定地點으로 하였다.

測定期間은 1985 年 3 月부터 同年 11 月까지 季節別(봄: 3~5 月 여름: 6~8 月 가을: 9~11 月)로 測定을 遂行하였다.

2. 試料採取 및 分析方法

(1) 가스狀物質 및 粒子狀物質

測定地點의 地上 1.5m 程度에서 20分間 空氣採取容器(材質: 테프론製)에 試料空氣를 採取한 다음 곧 實驗室로 옮겨 自動分析器로 測定하였으며(SO₂, NO_x, HC, CO) CO₂ 는 檢

知管法으로, TSP는 Piezobalance 法³⁾ (壓電結晶振動法)으로 現場에서 測定하였다. 또 HCHO는 吸收溶液에 試料空氣를 1 l / 分의 流量으로 60 分동안 通過시킨 溶液을 分析用 試料로 하여 環境汚染公定試驗法³⁾에 따라 波長 420 nm에서 吸光度를 測定하여 濃度を 計算하였다.

(2) 氣候要素 및 落下細菌

一般的으로 室內環境에서 다루고 있는 物理的 條件으로 氣溫, 氣濕, 氣壓, 氣動(氣流) 및 Kata 冷却力과 室內環境汚染의 指標로 利用되는 落下細菌에 對하여 調査하였다.

Table 1. Summary of Key Parameters Measured

Pollutants	Method	Instrument
SO ₂	Conductivity method	Kimoto Model 313 TW
NO _x	Chemiluminescence method	Kimoto Model 258
HC	G. C(FID) method	Kimoto Model 712
CO	NDIR method	Kimoto Model 520
CO ₂	Detector method	Gastec
HCHO	Acethyl acetone method	Jasco UVIDEC-505
TSP	Piezobalance method	Thermo System Inc Model 3500

Table 2. Plate Count Agar⁵⁾

Reagents	Volume
Trypton	5.0 g
Yeast extract	2.5 g
Glucose	1.0 g
Agar	15.0 g
Distilled Water	1 g

(pH : 7.0 ± 0.1)

氣溫(乾求, 濕求溫度) 및 氣濕의 測定에는 Assman 通風乾濕計(佐藤計量器製作所)를 사용하였고 氣壓은 Aneroid 氣壓計(Weather instrument: 日)를, Kata 冷却力은 Kata 溫度計를 使用하여 100°F에서 95°F까지 알칼柱가 下降하는데 所要되는 時間을 測定하여 그 값으로 單位時間에 單位面積에서 損失되는 熱量 즉 空氣의 冷却力(millical/cm/sec)을 測定하였다.⁴⁾ 또 室內의 氣動은 通風, 換氣, 室內外 溫度差에 따라 일어나며 一般의 1 m/sec 以下の 微弱한 速度로서 方向이 一定치 않은데 이의 測定에는 Kata 冷却力에 依한 風速算定表(Leonard Hill)를 使用하여 求하였다.⁵⁾

落下細菌은 標準寒天培地를 넣은 Petri dish(90 mm × 9 mm) 3 枚를 試驗場所에 5 分間 露出, 靜置한 다음 37 °C 卵形器에서 48 時間 培養하여 發生된 細菌集落數를 세어 이것의 算術平均値로서 1 枚當 5 分間の 落下細菌數로 하였다.^{5), 26)}

結果 및 考察

1. 地下環境의 空氣汚染度

8 個 地下環境을 對象으로 1 個所의 3 個地點에서 6 回 測定을 實施(總 144 回)한 結果에 대하여 比較·檢討하였다.

(1) SO₂

5 個 地下商街의 平均値는 25ppb, 3 個 地下鐵驛의 平均値는 31ppb 로서 測定地點에 따라 큰 差異를 보였다.

또 그림 2 에 나타낸 季節에 따른 空氣汚染度는 地下商街나 地下鐵驛 모두가 여름철인 7, 8 월에 낮은 濃度를 보였으며 이는 燃料使用에 따른 大氣汚染度의 變化推移와 密接한 關係를 갖는 外部大氣와도 비슷한 樣相으로 나타났다.

그림 3 은 地下環境과 外部大氣를 同時에 測

定한 結果로서 汚染濃度의 比는 一定치 않았으나 外部보다는 地下環境이 낮은 편이었고 또 表 3 은 이들의 相關性을 나타낸 것으로 良好한 相關關係는 認定되지 않았다.

(2) NO₂

測定場所와 時期에 따라 상당히 큰 差異를 보였고 地下鐵驛에 比하여 地下商街에서 약간 높은 濃度를 보였다.

窒素酸化物은 주로 自動車 排出가스나 燃燒過程에서 發生하는 것으로 대부분 NO로 生成되나 大氣中에서 酸化로 인하여 NO₂가 되며 NO보다는 NO₂가 毒性이 強하고 人爲的인 發生보다는 自然發生量이 더 많은 것으로 알려져 있다.⁶⁾

그림 2 에서 보면 가을철이 봄이나 여름보다 낮은 汚染度를 나타냈으며 地下環境과 外部大氣와는 比較的 良好한 相關性이 認定되었는데 (r: 0.64) 이는 換氣口가 NOx 發生源(주로 自動車)에 가깝게 位置하고 있으며 또 出入口를 통한 外氣와의 空氣流通이 쉽게 이루어지는 結果로 思料되어진다.

地下環境과 外部大氣에 있어서 NO가 NO₂로 酸化되는 率을 比較하면 外部에서 높게 나타났다.

(3) HC

地下商街의 平均値는 5.3ppm, 地下鐵驛은 4.8ppm을 나타냈다.

全般的으로 地下環境이나 外部大氣 모두에서 메탄이 非메탄보다 높은 濃度였으며 地下環境에서 非메탄이 메탄보다 높은 濃度를 나타낸 것은 144 回 測定 중 12.5%(18 回)뿐이었고 外部大氣에서는 6.3%였다.

地下環境에 있어서는 메탄이 平均 3.5ppm 非메탄이 1.7ppm이었고(약 2:1) 外部大氣에서는 메탄이 3.5ppm, 非메탄이 1.3ppm 으로서(약 3:1) 메탄은 동일한 濃度를 보였으나 非메탄은 地下環境에서 높게 나타났다.

季節別로는 여름이 봄이나 가을보다 약간

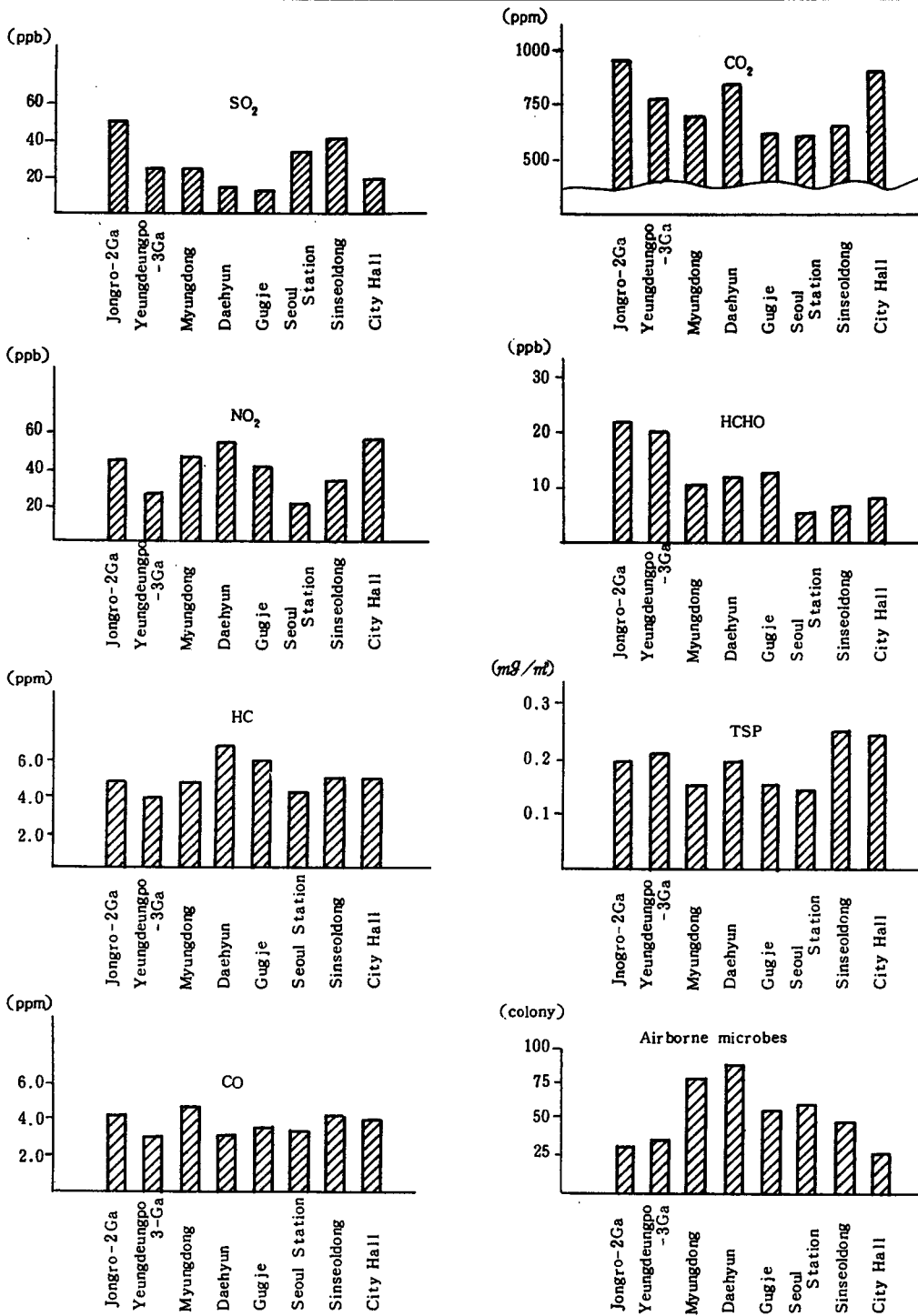


Fig.1. Air pollutant levels of underground environment.

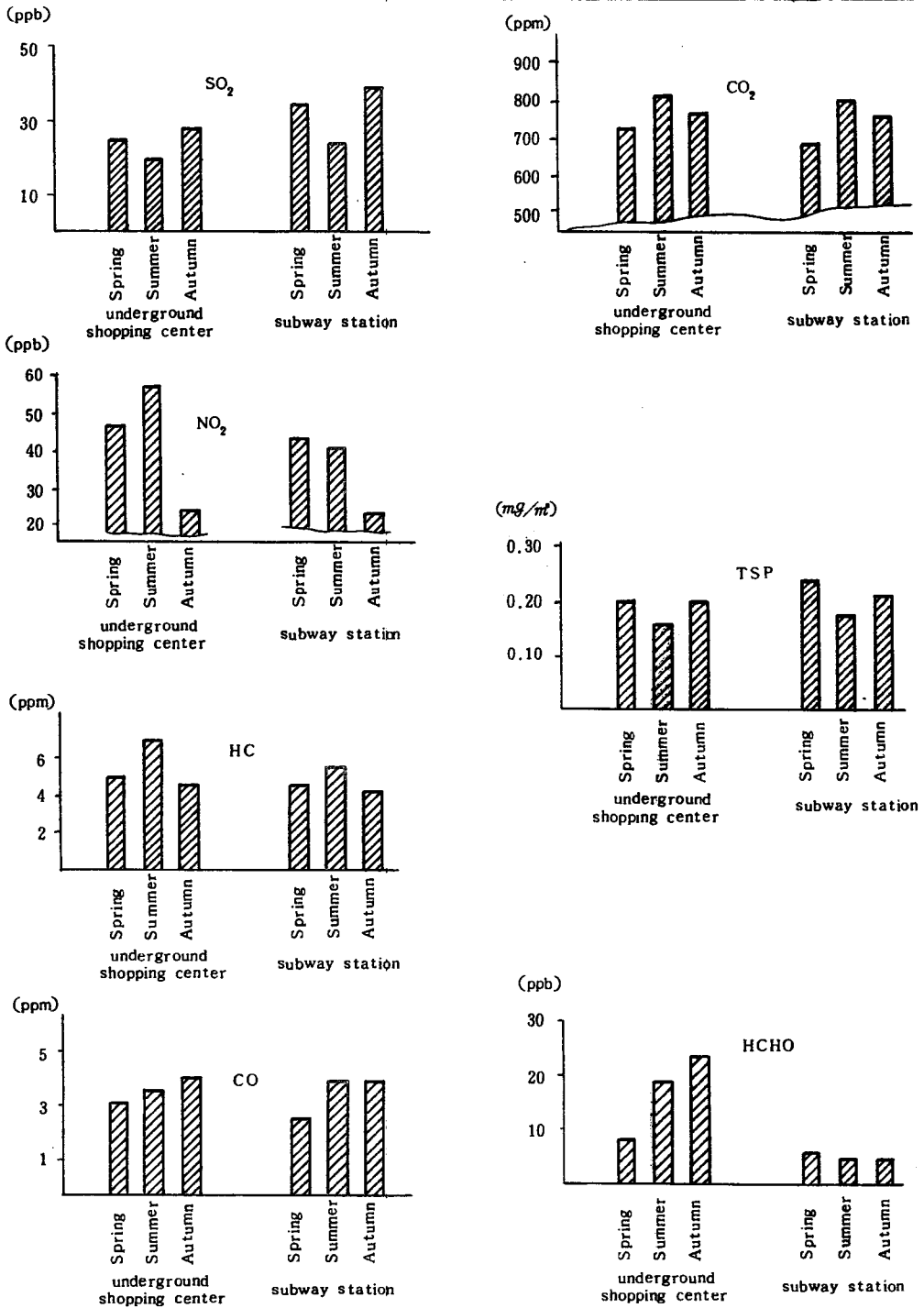


Fig.2. Seasonal variations of air pollutant levels

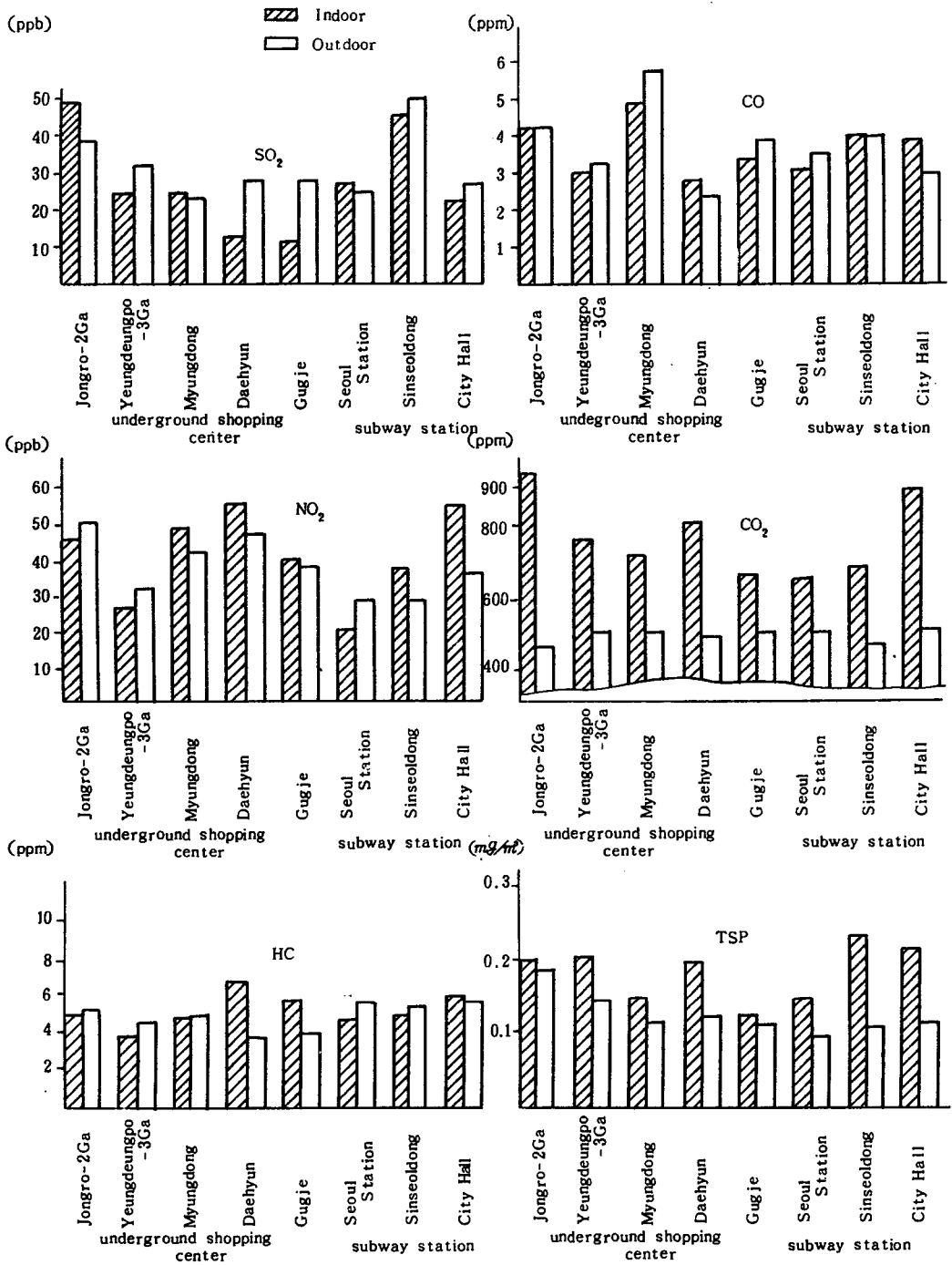


Fig.3. Comparison of air pollutant levels in underground environment and outdoor

높은 濃度였고 地下鐵에서는 外部大氣와의 濃度差가 적었으나 地下商街에서는 外部大氣보다 높은 濃度を 보였다. 이는 地下商街에서의 發生要因으로서 衣類가 主業種을 이루고 있으며 簡易食堂이나 施設物의 Painting 등이 原因인 것으로 思料된다.

(4) CO

地下商街나 地下鐵驛의 平均値는 모두 3.7 ppm이었고 測定場所別로 季節에 따른 一貫性 있는 濃度變化는 볼 수 없었으나 여름철이 比較的 높은 濃度였다.

또 測定場所와 時間에 따라 地下環境과 外部大氣와의 濃度差異는 不規則하였으나 이들의 相關關係는 良好한 것으로 나타났다.

(r : 0.83)

Table 3. Correlation Coefficient and Regression Equation between Underground Environment and Outdoor.

Item	Equation	Correlation
SO ₂	Y = 0.58 X + 15.6	0.52
NO ₂	Y = 0.63 X + 12.5	0.64
HC	Y = -0.006 X + 47.6	-0.007
CO	Y = 1.22 X + 7.2	0.83
CO ₂	Y = 0.13 X + 39.8	0.24
TSP	Y = 0.24 X + 8.13	0.36

(5) CO₂

平均濃度는 地下商街가 780ppm, 地下鐵驛이 740ppm으로 地下商街에서 약간 높은 濃度を 보였다.

CO₂는 室內空氣判定에 중요한 項目으로 이용되나 非毒性이므로 大氣汚染物質로는 規制하고 있지 않으며 淸淨한 공기중에도 0.03~0.04%가 含有되어 있다. 그러나 多數의 사람이 換氣 不充分한 空間에 長時間 滯留할 경우 高濃度를 나타내며 群集毒(Crowd Poison)의 原因物質이 된다.⁷⁾

季節別로는 여름철이 봄이나 가을보다 높은 濃度を 보였는데 이는 여름철에 CO의 高濃度現象과 一致되는 傾向이었고 또 모든 측정 지점에서 午後에 測定한 濃度가 午前보다 훨씬 높은 濃度を 나타냈는데 이는 通行人의 增加와 換氣作用이 잘 이루어지지 않고 있음에 基因하는 것으로 思料된다. 外部地點에서도 350~700ppm의 測定範圍를 보였으며 대부분 500ppm程度로서 특히 여름철이 他季節에 비해 높은 濃度였다.

地下環境의 汚染度가 外部大氣보다 낮은 경우는 단 2回 뿐으로 外部보다 상당히 높은 濃度を 보였다. 測定場所에 따라 測定地點別로 살펴보면 地下鐵驛의 昇降場과 待合室에서는 一貫性 있는 濃度變化는 볼 수 없었으나 地下商街에서는 中心部가 出入口 가까운 地點보다는 대체로 높은 傾向이었다.

(6) HCHO

平均濃度는 地下商街에서 17.3ppb 를, 地下鐵驛에서 5.3ppb 로 地下商街에서 높은 汚染度를 나타냈는데 自然狀態의 大氣中の 濃度(약 0.01ppm以下)와 比較하면 地下商街는 약간 높은 濃度였다.

최근 住宅建材나 斷熱材, 家具 또는 衣類등에 호르마린을 含有하는 樹脂를 많이 使用하므로 HCHO에 의한 室內空氣汚染으로 눈, 呼吸器, 皮膚 등의 刺戟으로 人體에 影響이 豫想된다.

NIOSH(美國國立勞動安全衛生研究所 基準)는 HCHO의 發癌性을 認定, 作業場에서의 暴露濃度를 勸告하고 있으며 OSHA(美國勞動安全衛生廳 基準)에서는 8시간 작업시 3ppm이하를 規定하고 있다.

地下鐵驛에 있어서는 季節에 따른 濃度の變化는 나타나지 않았으나 地下商街에서는 氣溫上昇에 따라 濃度가 增加되는 推移를 볼 수 있어 氣溫上昇이 HCHO發生에 크게 寄與함을 알 수 있다.

三谷²¹⁾에 의하면 新築住宅(新築 3 개월) 에서 20~38ppb, 新築 4 年後의 一般住宅에서 2.0~5.8ppb를 報告한 바 있으며 특히 地下商街의 主業種은 衣類이고 建築材로서 호르마린을 含有한 接着劑나 樹脂類의 많은 使用으로 最高 38.0ppb를 記錄하고 있어 建材에 대한 品質基準의 制定이 要望된다.

(7) TSP

地下鐵驛(平均 $0.21 \text{ mg}/\text{m}^3$)이 地下商街($0.18 \text{ mg}/\text{m}^3$)에서보다 약간 높은 汚染度를 나타냈다.

TSP는 環境基準의 設定項目으로 環境汚染의 指標로 널리 이용되고 있으며 특히 勞動衛生學의 側面에서 중요한 要素가 된다.

季節別 汚染度를 살펴보면 여름철이 地下環境이나 外部大氣 모두에서 比較的 낮은 편이었으나 地下商街에서는 測定地點에 따라 差異가 많았는데 이는 出入口로부터 流入되는 공기流速의 變化와 清掃狀態, 通行人數 등 여러 變數가 作用하는 것으로 推測되어진다.

한편 地下鐵驛은 수분간격으로 電動車的 運行이 이루어지고 있어 電動車 通過시에는 높은 농도를 나타냈다. 測定地點 모두가 外部大氣보다 높은 汚染度였으며 地下鐵驛에 있어서 外部大氣汚染도와는 큰 差異를 보였다. TSP에 의한 被害程度는 汚染濃度보다 粒徑의 크기와 成分組成이 더 問題되는 것으로 呼吸過程을 통하여 吸入, 沈着되어지므로 人體에 미치는 影響이 클 것으로 思料되며 李 등¹⁵⁾의 調査에서 地下鐵驛에 있어서 Cu, Fe, Pb는 상당히 높은 汚染度를 報告한 바 있어 특히 有害重金屬成分이 問題되고 있다.

2. 地下環境의 氣候要素 및 落下細菌

一般的으로 氣候要素로는 氣溫, 氣濕, 風向, 風速, 氣壓, 輻射熱, 降雨量, 雲量 등을 말하는데 本 調査에서는 普通室內環境의 評價項目으로 널리 이용되는 氣溫, 氣濕, 氣壓, 氣流,

Kata 冷却力 및 落下細菌에 對한 測定만을 행하였다.

가. 氣溫, 氣濕

人體는 항상 37°C 를 保持하기 위한 體溫調節이 일어나고 있으며 여기에는 體內에서 熱을 生産하여 調節하는 化學的 調節과 體內의 熱을 外部로 放熱하는 理學的 調節이 이루어지고 있다. 放熱에 影響을 미치는 外的條件으로 氣溫, 氣濕, 氣流, 輻射熱이 關係하고 있으며 특히 氣溫은 季節에 따라 상당한 差異가 나타나는 것으로 室內에서는 快適한 狀態의 溫熱條件이 더욱 要求된다. 理想的인 溫熱條件 즉 至適溫度($18 \pm 2^\circ\text{C}$)를 維持할 필요가 있으나 季節에 따른 極端的인 溫度差로 인하여 地下環境에서 至適溫度에의 符合는 여러 가지 條件으로 어려운 形편이다.

表 4, 5에 나타난 季節別 氣溫을 살펴보면 봄과 가을은 平均 $19 \sim 22^\circ\text{C}$ 로서 至適 溫도와 큰 差를 보이지 않았으나 여름은 外部氣溫과 비슷한 最高 33°C 를 나타낸 경우도 있었다.(地下鐵驛) 그러나 地下商街의 경우, 冷房裝置의 正常稼動時에는 外部氣溫보다도 약 5°C 의 底下를 보인 때도 있었고 대체로 $1 \sim 3^\circ\text{C}$ 程度는 낮은 편이었다. 넓은 空間에서 出入口의 開放으로 인한 外部와의 空氣遮斷이 어려워 實際로 冷溫房裝置로서 一定한 溫度維持는 곤란한 形편이다.

濕度는 乾燥期인 봄에 가장 낮았고 雨期인 여름에 높은 경우가 대부분이었는데 이는 地下環境이나 外部에서도 같은 樣相이었다.

保健學의 側面에서 $40 \sim 70\%$ 를 快適濕度라 하는데 거의 이 範圍內에 속하였으며 地下環境과 外部濕도와는 큰 差異나 規則的인 變化는 볼 수 없었다.

나. 氣壓, 氣流 및 Kata 冷却力

氣壓은 天氣와 密接한 關係를 가지고 있으며 人間의 普通生活環境에서는 人體에 큰 影響을 미치지 않는 것으로서 表 4, 5의 測定值

Table 4. Seasonal Variation of Meteorological Conditions and Airborne Microbes in Underground Shopping Center

Season	Item Sampling Point	Dry-bulb temp (°C)	Wet-bulb temp (°C)	Humidity (%)	Air pressure (mb)	Air flow (m/sec)	Kata cooling power (m.cal/cm ² /sec)	Airborne microbes (5 min)
Spring	Jongro-2Ga	18 (11)	8 (5)	27(36)	1011(1011)	0.4 (2.2)	8.6 (20.0)	18(35)
	Yeungdeung po-3Ga	17 (11)	9 (4)	32(28)	1015(1010)	0.3 (4.0)	8.9 (26.8)	9(31)
	Myungdong	24 (23)	13 (12)	23(23)	998(996)	0.4 (1.2)	5.3 (9.6)	43(50)
	Daehyun	18 (15)	12 (9)	49(40)	1004(1002)	0.8 (3.9)	9.5 (21.9)	54(40)
	Gugje	16 (14)	11 (11)	65(67)	1001(1000)	1.0 (1.1)	12.1 (7.5)	117(85)
	Sub-total	19 (15)	11 (8)	39(39)	1006(1004)	0.6 (2.5)	8.9 (17.3)	46(48)
Summer	Jongro-2Ga	30 (31)	24 (26)	61(68)	994(993)	1.4 (6.8)	4.5 (7.0)	31(66)
	Yeungdeung po 3Ga	28 (32)	23 (25)	67(55)	994(994)	0.8 (5.9)	4.3 (5.0)	53(107)
	Myungdong	29 (32)	23 (24)	59(52)	995(994)	1.4 (7.4)	4.7 (5.6)	40(78)
	Daehyun	26 (28)	20 (22)	57(60)	1004(1003)	0.4 (0.8)	4.4 (4.9)	79(124)
	Gugje	25 (24)	22 (22)	79(84)	1003(1003)	0.3 (0.6)	4.7 (6.5)	65(-)
	Sub-total	28 (29)	22 (24)	65(64)	998(997)	0.9 (4.3)	4.5 (5.8)	52(94)
Autumn	Jongro-2Ga	23 (18)	14 (9)	46(43)	1007(1007)	1.2 (2.8)	8.6 (17.1)	46(50)
	Yeungdeung po-3Ga	22 (18)	16 (13)	57(62)	1005(1003)	1.4 (2.9)	9.5 (16.9)	30(131)
	Myungdong	21 (19)	15 (14)	55(60)	1004(1003)	0.8 (2.8)	8.4 (16.1)	32(33)
	Daehyun	21 (21)	15 (15)	54(53)	1005(1004)	0.6 (3.4)	8.0 (14.7)	119(134)
	Gugje	21 (18)	17 (14)	60(64)	1002(1001)	1.0 (3.9)	8.9 (19.5)	101(226)
	Sub-total	22 (19)	15 (13)	54(56)	1005(1004)	1.0 (3.2)	8.7 (16.9)	66(115)
Total		23 (21)	16 (15)	53(53)	1003(1002)	0.8 (3.3)	7.4 (13.3)	58(86)

() : Outdoor

와 氣象年報¹⁷⁾에 실린 84년도 서울과釜山 지방의 測定值(서울 3~5月: 1006mb, 6~8月: 997mb, 9~10月: 1006mb,釜山 3~5月: 1008mb, 6~8月: 999mb, 9~10月: 1000mb)와 比較하면 거의 비슷한 樣相으로 여름이 봄과 가을에 비해 대단히 낮은 測定值를 보였으며 地下環境이 外部氣壓보다 거의 1~2mb 程度 높게 나타났다.

氣流는 自然換氣의 原動力으로 空氣成分의 均等化와 氣候變化를 가져오는 要素가 되는 것으로 外部의 氣動보다는 地下環境이 훨씬 낮은 測定值를 보였다. 그러나 地下鐵驛에서는 電動車 運行시에 높은 測定值를 보였으며 또

外部의 강한 바람이 出入口를 통하여 進入할 수 있는 風向에 따라 큰 差異가 있었고 測定시마다 不規則한 結果가 나타났다.

Kata 冷却力은 生體의 輻射, 傳導에 의한 熱損失의 尺度가 되는 것으로 人體表面에서의 熱損失 程度를 單位時間에 單位面積에서 損失되는 熱量으로서 表示하는데 봄과 가을은 4.4~15.5millical/cm²/sec(平均 9.2)로 여름보다 높은 測定值를 나타냈다.

5分間の 落下細菌數를 測定한 結果를 살펴 보면 測定地點, 測定時期에 따라 一貫性있는 測定結果를 얻지 못하여 상당한 差異가 있었으나 전체적으로 地下環境이 外部보다는 良好

Table 5. Seasonal Variation of Meteorological Conditions and Airborne Microbes in Subway Station

Season	Item	Dry-bulb temp (°C)	Wet-bulb temp (°C)	Humidity (%)	Air pressure (mb)	Air flow (m/sec)	Kata cooling power (m.cal/cm ² /sec)	Airborne microbes (5 min)
Spring	Seoul Station	18 (15)	10 (7)	36 (30)	1006(1005)	0.9 (2.3)	10.9 (18.2)	67 (155)
	Sinseoldong	21 (21)	13 (11)	37 (30)	1005(1003)	0.8 (0.5)	8.6 (8.9)	36 (60)
	City Hall	22 (21)	15 (14)	52 (43)	994 (993)	0.8 (1.5)	8.3 (10.7)	6 (12)
Summer	Sub-total	20 (19)	13 (11)	42 (35)	1002(1001)	0.8 (1.5)	9.3 (12.6)	37 (76)
	Seoul Station	31 (33)	27 (25)	72 (51)	991 (990)	1.2 (0.5)	3.7 (2.3)	65 (31)
	Sinseoldong	30 (30)	25 (23)	61 (54)	998 (997)	1.0 (4.8)	3.4 (8.0)	62 (132)
	City Hall	31 (30)	25 (24)	59 (62)	992 (990)	1.2 (2.0)	3.5 (5.1)	33 (32)
	Sub-total	31 (31)	26 (24)	64 (56)	994 (993)	1.2 (2.5)	3.6 (5.2)	53 (65)
Autumn	Seoul Station	22 (17)	13 (9)	36 (33)	1002(1001)	1.5 (2.2)	9.7 (16.5)	42 (33)
	Sinseoldong	22 (17)	16 (13)	58 (63)	1001(1000)	1.1 (3.1)	10.1 (17.8)	41 (113)
	City Hall	19 (18)	14 (14)	53 (65)	1005(1003)	0.8 (0.9)	9.2 (14.1)	37 (26)
	Sub-total	21 (17)	14 (12)	49 (54)	1003(1001)	1.0 (2.4)	9.7 (16.1)	40 (58)
Total		24 (22)	18 (16)	53 (48)	1000 (998)	1.0 (2.1)	7.5 (11.3)	43 (66)

() : Outdoor

Table 6. Japanese Room Air Quality Standards⁵⁾

Item	Season	Grade				
		A	B	C	D	E
Temperature (°C)	Summer	24 ~ 25 (25 ~ 26)	26	22 ~ 27 21	28	> 29 9
	Spring	22 ~ 24	25	26	27	> 28
	Autumn		21	20	19	18
	Winter	22 ~ 23	21 ~ 24 20	25 19	26 18	> 27 17
Humidity (%)		50 ~ 60	61 ~ 65 49 ~ 45	66 ~ 70 44 ~ 40	71 ~ 80 39 ~ 30	> 81 29
Air flow (m/sec)	Summer	0.40 ~ 0.50	0.51 ~ 0.74 0.39 ~ 0.25	0.75 ~ 1.09 0.24 ~ 0.10	1.10 ~ 1.49 0.09 ~ 0.04	> 1.56 0.03
	Spring	0.30 ~ 0.40	0.41 ~ 0.57	0.58 ~ 0.82	0.83 ~ 1.15	> 1.16
	Autumn		0.29 ~ 0.17	0.16 ~ 0.08	0.07 ~ 0.03	0.02
Winter	0.20 ~ 0.30	0.31 ~ 0.45 0.19 ~ 0.17	0.46 ~ 0.65 0.11 ~ 0.08	0.66 ~ 0.99 0.05 ~ 0.02	> 1.00 0.01	
Kata cooling power	Dry	6.0 ~ 7.0	7.1 ~ 9.0 5.9 ~ 5.0	9.1 ~ 11.0 4.9 ~ 3.5	11.1 ~ 12.9 3.4 ~ 9.1	> 13.0 2.0
	Wet	18.0 ~ 19.0	19.1 ~ 20.9 17.9 ~ 15.1	21.0 ~ 24.0 15.0 ~ 12.1	25.0 ~ 29.9 12.0 ~ 9.1	> 30.0 9.0
Usual		< 0.069	0.070 ~ 0.099	0.100 ~ 0.139	0.140 ~ 0.199	> 0.200
	Forced ventilation	0.099	0.100 ~ 0.139	0.140 ~ 0.199	0.200 ~ 0.249	> 0.250
	Portable stove (gas, fuel)	< 0.099	0.100 ~ 0.199	0.200 ~ 0.349	0.350 ~ 0.499	> 0.450
TSP (mg/m ³)		0.09	0.1 ~ 0.29	0.3 ~ 0.9	1.0 ~ 1.9	> 2.0
Airborne microbes (5 min)		< 29	30 ~ 74	75 ~ 149	150 ~ 299	> 300

A: Clean condition C: Permissible condition E: Inappropriate condition

한 狀態를 보였다.

以上の 結果를 日本의 普通室内 空氣試驗成績判定基準⁵⁾과 比較하면 氣溫, 氣動을 제외하고는 모두 良好한 단계에 속하였고 美國 OSHA基準에 의한 作業場許容濃度에도 모두 만족하였다.

Table 7. Building Sanitation Management Standards²²⁾

Item	Standard
TSP	Not more than 0.15mg/nt
CO	Not more than 10 ppm
CO ₂	Not more than 1,000ppm
Temperature	Not less than 17°C and not more than 28°C
Relative humidity	Not less than 40% and not more than 70%
Air flow	Not more than 0.5m/sec

Table 8. Occupational Safty and Health Standards(OSHA)

Pollutants	Environmental Standard
SO ₂	5 ppm 8-hr TWA
CO ₂	5,000 ppm 8 hr TWA
HC	50 ppm 8-hr TWA
HCHO	3 ppm 8-hr TWA

우리나라의 建築法 施行規則 換氣設備基準¹⁾에는 溫度를 제외하고는 日本의 建築物環境衛生管理基準²²⁾과 동등한 基準으로 정해져 있는데 CO, CO₂, 濕度는 基準이내에 속하였다.

日本에서는 이미 建築物의 衛生的 環境 確保에 關한 法律이 制定되어 建築物에는 반드시 環境衛生管理技術者가 衛生管理를 擔當하도록 規定하고 있으나 우리나라에서는 都市計 計法, 建築法, 消防法 등으로 各種 施設物의 管理에 대한 業務를 管掌하고 있다.

結 論

서울, 釜山地域의 5個 地下商街와 3個 地下電鐵驛에 대하여 1985年 3月부터 11월까지 氣狀 및 粒子狀汚染物質과 落下細菌, 氣候要素 등을 環境衛生學的 側面에서 調査하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 地下商街의 SO₂ 平均濃度는 25ppb, 地下鐵驛은 31ppb로서 測定地點에 따라 差異를 보였으며 여름철에 낮은 濃度를 나타냈다.

2. NO₂는 測定場所와 測定時期에 따라 큰 差異를 보였으며 地下商街가 地下鐵驛보다 약간 높은 濃度였다.

3. 地下商街의 HC 平均濃度는 5.3ppm 이고 地下鐵驛은 4.8ppm이었고 地下鐵驛은 外部大氣汚染도와 濃度差가 적었으나 地下商街에서는 外部大氣보다 높은 濃度를 보였다.

4. CO는 地下商街와 地下鐵驛 모두에서 3.7ppm으로 여름철이 比較的 높은 濃度를 나타냈으며 測定地點에 따라 外部大氣의 汚染도와 큰 差異를 보였다.

5. 地下商街의 CO₂ 平均濃度는 780ppm 이고 地下鐵驛은 740ppm으로서 地下鐵驛보다 地下商街에서 더 높은 濃度를 보였으며 午前보다 午後에 높게 나타났다.

6. HCHO는 地下鐵驛보다 地下商街에서 훨씬 높은 濃度를 나타냈으며 溫度上昇에 따른 高濃度 傾向이 뚜렷하였다.

7. 地下商街의 TSP 平均濃度는 0.18mg/nt, 地下鐵驛은 0.21mg/nt를 나타냈으며 여름철이 比較的 낮은 濃度였으나 測定地點과 測定時間에 따라 差異를 보였다.

8. 氣溫은 봄과 가을철에는 平均 19~22°C로서 至適溫度와 큰 差異가 없었으나 여름철에는 外部溫度에 따라 높게 나타났고 또 濕度는 保健學的 至適濕度인 40~70% 範圍內에 속하였다.

9. 地下環境의 氣壓은 外部보다 1~2mb 정도 높았으며, 氣動은 0.1~2.6m/sec 의 範圍로서 地下商街는 平均 0.8m/sec, 地下鐵驛은 1.1m/sec 로서 電動車의 運行으로 높은 편이었고 또 Kata 冷却力은 平均 7.4 millical/cm/sec 였다.

10. 落下細菌數는 地下商街에서 58±57.6, 地下鐵驛에서 43±30.4 로서 測定地點과 測定時期에 따라 상당한 差異를 보였다.

參 考 文 獻

1. 法制處, 大韓民國現行法令集, 1982.
2. 環境廳, 環境保全法, 1983.
3. 環境廳, 環境汚染公定試驗法, 1983.
4. 權肅杓外, 最新環境衛生學, 18~40, 集賢社, 1982.
4. 日本藥學會編, 衛生試驗法注解, 金泉出版, 1980.
6. 趙光明, 大氣汚染, 183~203, 清文閣, 1979.
7. 權彝赫, 公衆保健學, 14~31, 東明社.
8. 勞働科學研究所, 新勞働衛生 핸드ブック本編, 1977.
9. 環境技術研究會, 環境アセスメントマニュアル, 222~231, 1978.
10. 公害計測技術委員會編, 公害計測技術指導書, コロナ社, 1979.
11. 田中正四外, 環境保健, 南山堂.
12. 鄭南朝外, 國立保健研究院報, 15, 427~432, 1978.
13. 禹世鴻外, 環境과 公害, 7(2), 67~77, 1984.
14. 金光振外, 서울特別市 保健環境研究所報, 20, 327~335, 1984.
15. 李光國外, 서울特別市保健環境研究所報, 20, 336~341, 1984.
16. 曹泳珠, 公衆保健雜誌, 6(2), 260~268.
17. 중앙기상대, 기상연보, 1984.
18. 吉川友章, 公害と對策, 13(9), 18~29, 1974.
19. 小竿眞一郎, 公害と對策, 13(9), 30~40, 1974.
20. 本田えり, 公害と對策, 13(9), 6~16, 1974.
21. 三谷一憲外, 公害と對策, 21(9), 42~44, 1985.
22. ビル管理教育センター, ビルの環境衛生管理, 1982.
23. Stern, Air Pollution, Vol.II, 117~153, Academic Press, N.Y. 1977.
24. W.H.O.: Estimating Human Exposure to Air Pollutants, W.H.O Offest Publication, No.69, 1982.
25. National Academy of Science, Indoor Pollutants, National Academy Press, Washington D.C 1981.
26. American Public Health Association, Standard Methods, 14th, 1976.