

# 釜山市 地下商街의 汚染度 및 換氣量 調査研究

廢棄物分析科 · 釜山大學校 環境工學科\*

錢大榮 · 吳光重\* · 趙恩晶 · 金光洙

## A study on the air pollution and ventilation of underground shopping centers in Pusan

Industrial Waste Analysis Division,

Department of Environment Engineering Pusan National University\*

D. Y. Jeon, K. J. Oh\*, E. J. Cho, K. S. Kim

### Abstract

This study was performed to investigate air pollution( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , TSP) of 5 underground shopping centers in Pusan, from May, 1990 to May, 1992. Also We measured ventilating volume in Daehyun and Seomyun that had been maintained high pollution level among 5 underground shopping centers.

The results were follows.

1. Yearly variation of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , and  $\text{CO}$  was assumed a similar aspect of all the underground shopping centers and was showed by far below the environmental recommendation of underground space.
2. The concentration of TSP and  $\text{CO}_2$  in Daehyun exceeded the environmental recommendation of underground space by 71.7%, 29.1% respectively and the concentration of TSP in Seomyun exceeded by 19.7%.
3. The required ventilating volume of Daehyun was  $6204\text{m}^3/\text{min}$ .
4. The required ventilating volume of Seomyun was  $3500\text{m}^3/\text{min}$ .

## I. 緒 論

1970年代以後 急速한 産業化와 經濟規模의 增加로 인한 人口의 增加, 都市集中化 및 過密에 따른 都市空間의 立體的 利用이 指向되어 地下空間 利用의 必要性이 增大함에 따라 서울, 釜山 등 大都市에서 地下鐵, 地下駐車場, 地下步道 및 地下商街 등이 이미 完工되었거나 建設중에 있으며, 이러한 地下空間의 開發은 더욱 急速히 擴散될 것으로 豫想되고 있다. 특히 地下鐵과 都心地 商街를 連結하여 經濟性이 높은 商權을 形成하는 地下商街가 發達하고 있다. 이와 같은 現狀에 副應하여 이들 施設을 利用하는 사람들은 계속 增加할 것이며, 그에 反하여 地下生活圈의 環境은 더욱더 劣惡해져 地下空間의 空氣汚染이 深刻한 環境問題로 擡頭되고 있는 실정이다.

地下商街內 存在하는 主要 汚染物質로는  $SO_2$ ,  $CO_2$ , CO, NO,  $NO_2$ , HC, 암모니아, 粉塵, Formaldehyde, Asbestos, Radon( $Rn-222$ ) 및 그 崩壞物質, Pb化合物, Benzene, 타르, 니코틴, Ozone, 臭氣, 細菌, 곰팡이, 진드기 등이 있다<sup>1)</sup>. 이러한 汚染物質들은 가스狀 物質이나 粒子狀 物質의 形態로 存在하여 生理學的 影響 뿐만 아니라 不快感 및 疲勞와 같은 精神的 障害 등 人體에 큰 影響을 미치고 있다<sup>2)</sup>. 이처럼 潛在的 危害가 考慮되어 지는 汚染物質의 數는 많으나 그 全部에 대한 個別的인 研究는 事實上 不可能하다. 따라서 汚染物質에 대한 換氣의 重要性을 淸토즈업하여 適切한 換氣程度를 모니터하는 것이 必要하다.

本 研究에서는 釜山市內 5個 地下商街를 對象으로 地下空間 空氣汚染物質中  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO,  $CO_2$  그리고 TSP의 汚染度를 評價하고 現在의 換氣施設을 調査하고 換氣量을 計算하여 地下商街 換氣施設의 適正規模를 提示하고자 한다.

## II. 理 論

一般的으로 換氣方式에는 自然換氣方式과 機械換氣方式이 있다. 自然換氣方式은 風壓差 혹은 溫度差 등에 의해 自然的으로 換氣가 이루어지는 것이고, 機械換氣方式은 送·排風機를 利用하여 強制的으로 換氣시키는 것이다.

地下商街의 境遇는 出入口를 통한 自然換氣와 送·排風機에 의한 機械換氣 방식이 모두 適用되고 있다.

必要換氣量은 室內空氣의 淸淨度 및 快速도를 確保하기 위한 것으로, 外氣에 의한 稀釋이나 공기필타의 使用 有無, 그리고 각 汚染物質의 減少負荷量에 따라 달라진다.

空氣 調和設備가 있는 境遇의 換氣시스템은 Fig. 2-1로 나타낼 수 있다.

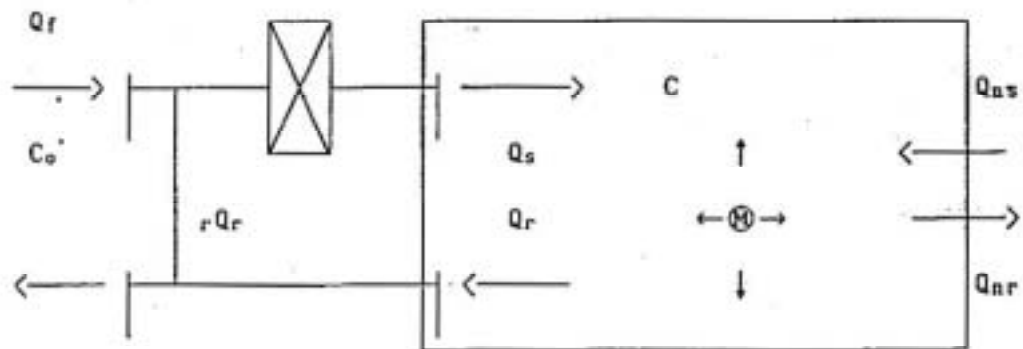


Fig. 2-1 Ventilation system with air conditioning facilities.

空調設備를 갖추었을 境遇의 室內空氣 汚染濃度는 다음의 式으로 나타낼 수 있다<sup>30)</sup>

$$C = \frac{C_o(1-\eta)Q + C_s Q_s + M}{Q + \gamma Q_r + Q_{nr}} \quad \dots\dots\dots(2+1)$$

- 여기서, Q : 機械 排氣量
- Qs : 機械 給氣量
- Qo : 導入 外氣量
- Qns : 自然 給氣量
- Qnr : 自然 排氣量
- γ : 再循環率
- η : 空氣淨化裝置의 捕集率

### III. 商街現況 및 調査方法

釜山市에 있어서는 1981년에 開設된 國際 地下商街를 필두로 서면地域의 대현地下商街와 서면地下商街 그리고 市廳앞의 롯데 1番街와 남포동의 코오롱地下商街가 開設되어 現在 5곳의 地下商街가 營業中에 있으며 모두다 都心에 位置하고 있다.

본 研究는 調査對象 商街의 現況을 Table. 3-1에 나타내었다.

Table. 3-1 The present status of each underground shopping center

Shopping center	Section	Length (m)	Area (m <sup>2</sup> )	No. of Shops	Exit
Lotte (86.1.22)	Nampodong-jungangdong	320	15504.2	220	13
Kolong (86.1.22)	Jagalchi-Nampodong	517.5	17745.5	228	15
Seomyun (85.7.23)	Seomyun-Pujeon	412	11907.5	326	12
Daehyun (86.1.22)	Hanjeon-Seomyun	403	11295.9	570	16
Kukje (81.7. )	Kukje Market	228	3018.9	132	8

## 1. 調査期間 및 項目

各 地下商街의 空氣汚染度 測定 期間은 1990年 5月~1992年 3月로 各 季節別로 나누어 總 9回 實施하였으며, 하루 中 測定時間은 11:00~14:00이었다.

測定項目으로는 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, TSP등의 5項目이다.

## 2. 試料採取와 分析方法

試料採取는 環境汚染公定試驗法<sup>9)</sup>에 의해 採取하였으며, 시료보관容器는 試料中에 包含되어 있는 物質이 변하거나 容器와 反應하지 않게 하기 위해 密閉用 teflon bag을 使用하였다.

採取후 實驗室로 運搬하여 24時間以內에 分析을 完了하였다.

各 項目別 分析器機는 다음과 같다.

- 1) SO<sub>2</sub>: KIMOTO 315(Conductivity Method)
- 2) NO<sub>2</sub>: KIMOTO Model 258 B(Chemilumines Method)
- 3) CO: Gastec CMCD-10P(정전위 전해식)
- 4) CO<sub>2</sub>: Gatec CMCD-10P(비분산형 적외선식)
- 5) TSP: High Volume Air Sampler(General Electric Motors)
- 6) 氣流: Anemometer(KANOMAX 6611)

## IV. 結果 및 考察

우리나라의 地下商街에 대한 管理基準은 保社部에서 定한 公衆 衛生法에 CO, CO<sub>2</sub> 및 浮遊 粉塵에 대한 基準値가 設定되어 있을 뿐이고 地下空間 環境 管理方案으로써 環境處에서 提案한 地下空間 環境基準 勸告値<sup>6)</sup>가 參考로 있을 뿐이다.

本 研究에서는 各 項目別 汚染 基準値를 地下空間 環境基準 勸告値와 比較하였는데 이를 Table. 4-1에 나타내었다.

Table. 4-1 The environmental recommendation of underground space

SO <sub>2</sub> (ppm/d)	NO <sub>2</sub> (ppm/hr)	CO(ppm/hr)	CO <sub>2</sub> (ppm/8hr)	TSP(μg/m <sup>3</sup> )
0.15	0.15	20	1,000	300

### 1. 年度別 汚染度 變化

#### 1) SO<sub>2</sub>

年度別 SO<sub>2</sub> 濃度變化는 Fig. 4-1에 나타내었는데 全體的인 濃度 變化는 부근의 外氣濃度 變化와 비슷한 傾向을 나타내었다.

뚜렷한 特徵으로는 冬節期에 대체로 濃度가 높게 나타났는데 이는 겨울철 煤房을 위한 燃料使用과 密接한 關聯이 있다고 생각되며 또한 冬節期에는 地下商街 内外 空氣의 溫度差에 依하여 自然 換氣量이 크기 때문에<sup>7)</sup> 外部의 自動車 排氣가스등의 外氣 流入에 依한 것으로 思料된다.

年度別로는 큰 變化가 없는 것은 外氣濃度의 趨勢 역시 큰 變化가 없기 때문인 것으로 思料된다.

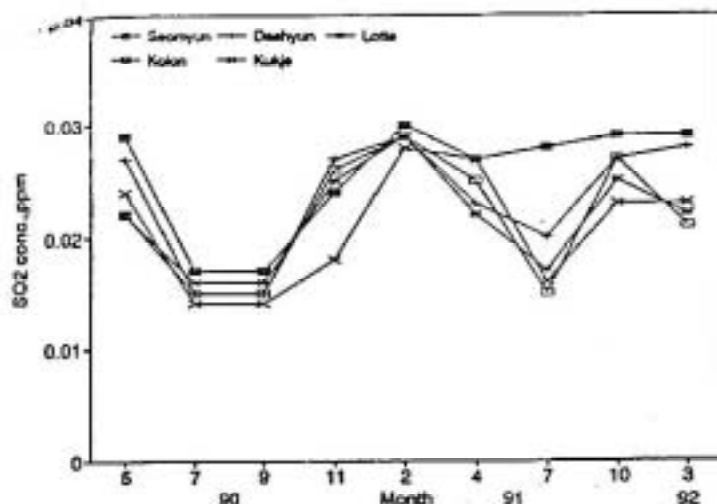


Fig. 4-1 Yearly variation of SO<sub>2</sub> concentration

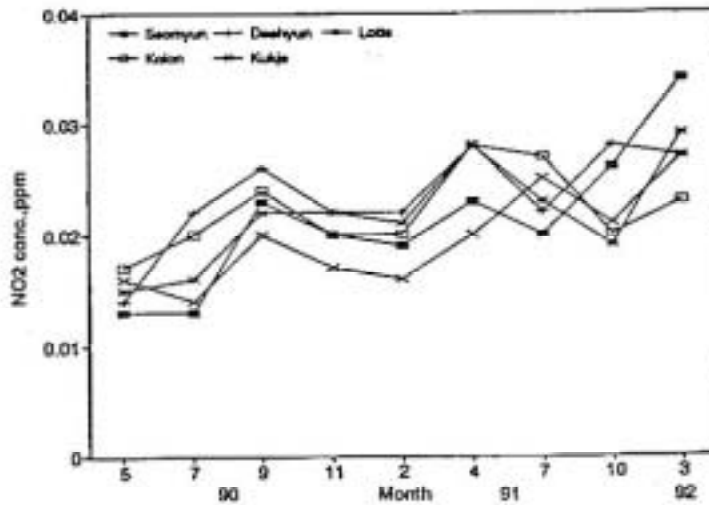


Fig. 4-2 Yearly variation of NO<sub>2</sub> concentration

## 2) NO<sub>2</sub>

年度別 NO<sub>2</sub> 濃度變化는 Fig. 4-2에 나타내었는데 그림에서 보는 바와 같이 해마다 濃도가 增加하는 趨勢이다.

NO<sub>2</sub>는 大部分 自動車 排氣가스에서 排出되므로 地下商街內의 NO<sub>2</sub> 增加는 自動車 數의 增加와 密接한 關聯이 있다고 생각 된다.

또한 NO<sub>2</sub> 濃도가 勸告值에는 미치지 않으나 外氣濃도와 비슷하거나 조금 높게 나타났는데 이것은 外氣의 流通 待機에 의해 稀釋이 되나 各 地下商街는 모두 自動車 運行이 頻繁하며 停滯 現狀이 심한 繁華街에 位置해 있고 吸入口 位置가 道路邊에 낮게 設置되어 있어 稀釋力이 작은 地下商街內로 NO<sub>2</sub>가 流入되는 것으로 思料된다.

## 3) CO

CO의 年度別 濃度變化는 Fig. 4-3에 나타내었는데 濃도가 해마다 增加하는 傾向이나 그 增加幅은 그다지 크지 않다.

CO는 自動車 및 暖房에 의해서 주로 排出되는데 地下商街內의 CO 濃도는 機械 給氣中의 CO 濃도와 自然 換氣의 外氣濃도의 影響을 받는다.

서면 地域의 地下商街에서 CO 濃도가 높게 나타난 것은 一般的으로 自動車 排氣街스중 CO는 空回轉(idling)이나 低速時 CO 排出量이 많아지는데 서면로터리 부근에 自動車 停滯 現狀이 심하게 일어나기 때문인 것으로 思料된다.

## 4) CO<sub>2</sub>

年度別 CO<sub>2</sub>의 濃度變化는 Fig. 4-4에 나타내었는데 그림에서 보는 바와 같이 濃도의 變化는 크지는 않다.

CO<sub>2</sub> 濃度는 人間の呼吸에 의한 排出量이 크게 차지하므로 地下商街内에서 生活하거나 이를 利用하는 人口數의 增加와 密接한 關聯이 있다고 생각된다.

대현 地下商街의 境遇 年中 대부분 勸告置를 超過하고 있는 것으로 나타났는데 이것은 많은 利用 人口와 극심한 주위 交通量, 商街内 吸煙의 許容등 여러가지 影響으로 인한 結果로 생각되며, 또한 換氣量의 問題도 있는 것으로 思料된다.

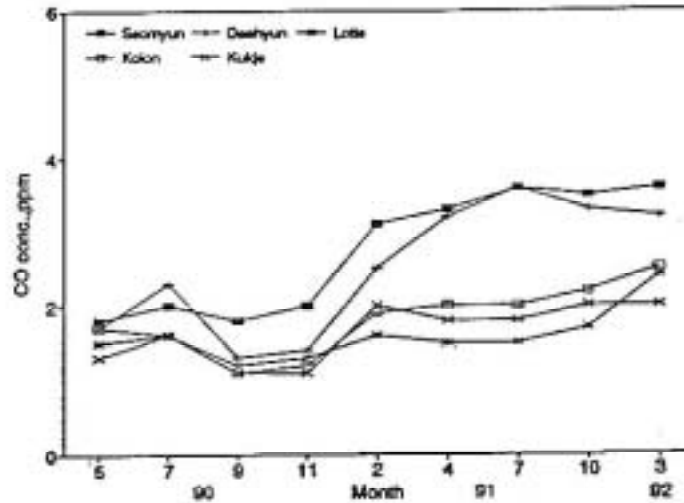


Fig. 4-3 Yearly variation of CO concentration

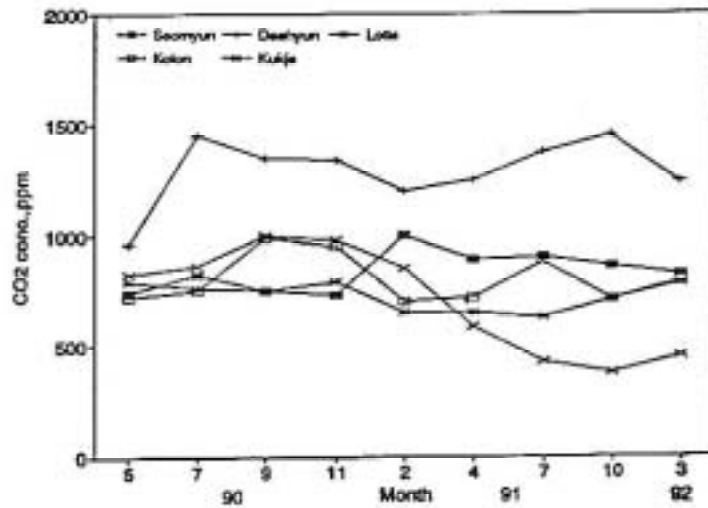


Fig. 4-4 Yearly variation of CO<sub>2</sub> concentration

### 5) TSP

TSP의 年度別 濃度 變化는 Fig. 4-5에 나타내었는데 各 地下商街 모두 全般的으로 增加하는 傾向이다.

地下商街內 TSP의 主發生源은 人體 및 그 活動으로서 步行 및 作業등이 가장 큰 影響을 미치지만 換氣施設 및 取扱 商品의 種類도 重要한 要因이다. 특히 TSP는 地上出入口를 통해 流入되는 外氣의 影響이 background pollution으로 作用될 수도 있으며, 冷暖房 施設의 可動時에는 에너지 效率을 考慮하여 換氣量을 줄이고 商街內 空氣를 再循環시키기 때문에 TSP 濃度가 높아져서 地下商街內에 蓄積되는 傾向이 있다<sup>10)</sup>.

대전 및 서면 地下商街의 境遇 勸告置를 넘어서고 있는데 이는 換氣施設의 設備 未備와 適正可動 與否가 問題로 보여진다.

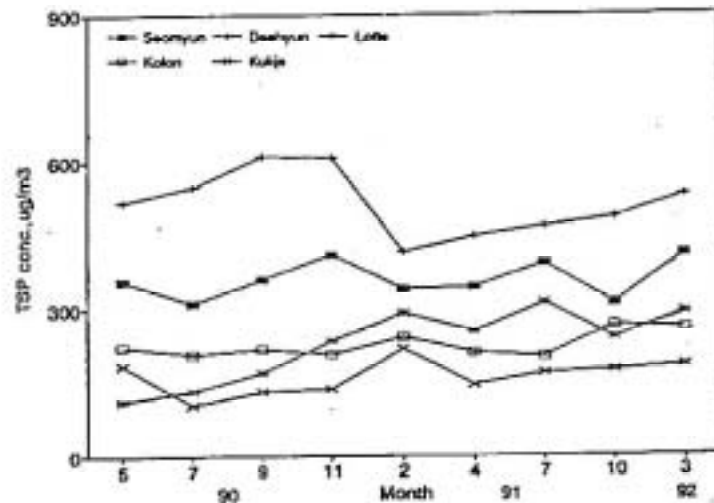


Fig. 4-5 Yearly variation of TSP concentration

## 2. 換氣量 計算

앞에서 考察한 結果에 依하면 특히 대전 地下商街는 TSP, CO<sub>2</sub>가 環境基準 勸告置를 超過하고 있으며, 서면 地下商街는 TSP가 超過하며, CO<sub>2</sub>는 그 勸告置에 近接하고 있는 것으로 나타났다.

따라서 이 두 地下商街에 대한 汚染物質 濃度 및 導入 外氣量을 구하여 空調施設 容量의 適正規模를 구하고자 한다.

### 1) 汚染物質 濃度 計算

대전 地下商街는 4月末부터 11月까지는 冷房을 위해 流入된 空氣의 一部를 再循環하여 地



下商街內로 給氣하고 있는데 再循環率은 대략 70% 수준이다. 따라서 대현 地下商街는 外氣 및 再循環 給氣의 境遇와 外氣만으로 給氣할 境遇를 區分하여 汚染物質 濃度를 구하고자 한다.

한편 서면 地下商街는 年中 내내 再循環없이 外氣로만 給氣를 하고 있기 때문에 外氣給氣의 境遇의 汚染物質 濃度를 구하고자 한다.

두 地下商街의 空調 施設內譯을 Table. 4-2에 나타내었다.

Table. 4-2 Air conditioning facilities in Daehyun and Seomyun

	Volume of Wind(m <sup>3</sup> /min)	Capture rate of air filter
Daehyun	2303m <sup>3</sup> /min	80%
Seomyun	3285m <sup>3</sup> /min	80%

機械給氣量은 空調機의 風量으로 計算하였고 自然換氣量은 出入口 斷面積에 平均 氣流 速度를 곱하여 구하였다.<sup>9)</sup>

Fig. 4-6 (a), (b)와 Fig. 4-7 (a), (b)에 各 出入口 附近의 流入, 流出部의 氣流 方向을 나타내었는데 風量은 流入部에 대해서만 平均 風速으로 計算하여 구하였다. 自然換氣量의 測定 結果는 Table. 4-4와 Table. 4-5에 나타내었다.

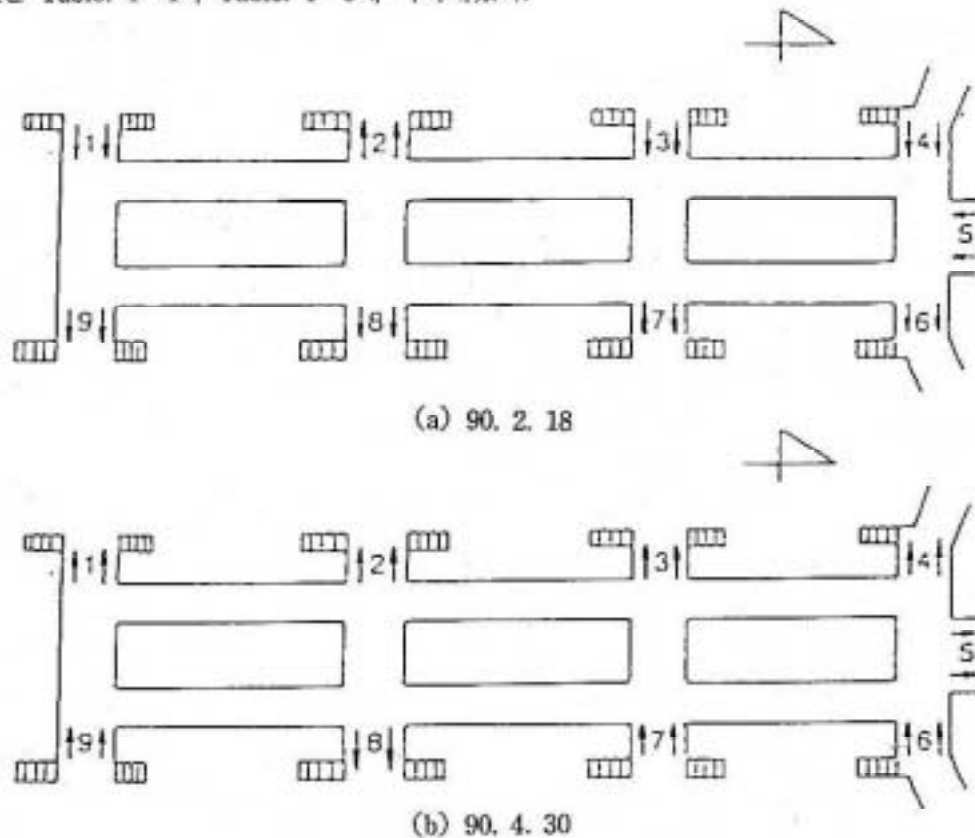


Fig. 4-6 Wind direction of each entrance in Daehyun

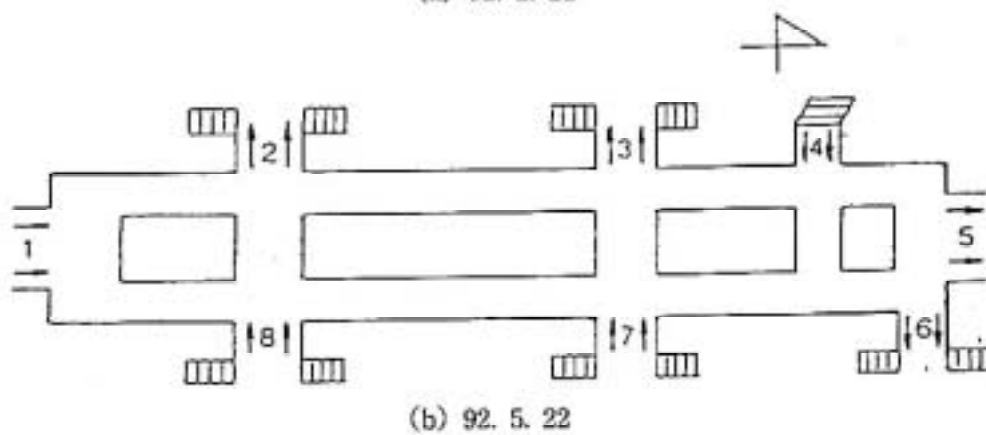
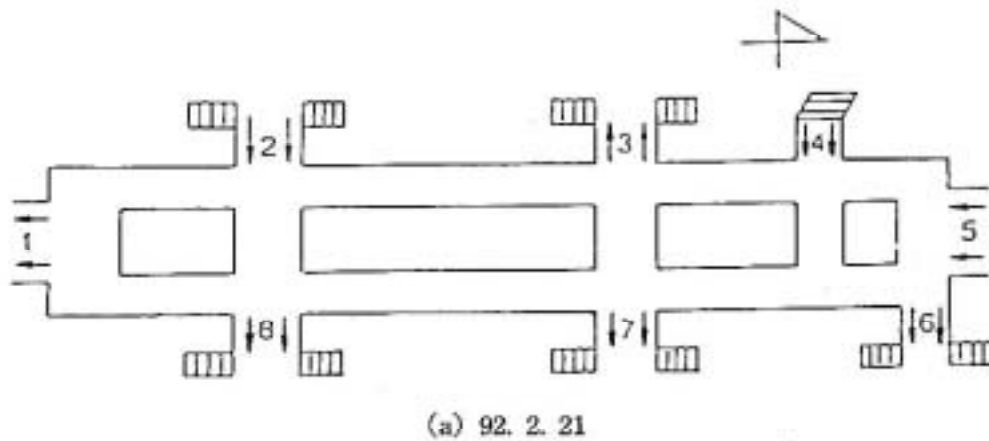


Fig.4-7 Wind direction of each entrance in Seomyun

Table. 4-3 The results of natural ventilating volume in Daehyun

Date		Exit							Total	Wind
		1	3	4	5	6	7	9		
	Area (m <sup>2</sup> )	21.6	31.1	31.1	26.5	21.6	31.1	21.6		
92. 2. 18	Velocity (m/s)	0.27	0.28	0.35	0.26	-	-	-		WNW
	Volume (m <sup>3</sup> /s)	5.8	8.7	11.0	6.9	-	-	-	32.4	
4. 30	Velocity (m/s)	-	-	-	-	0.39	0.31	0.21		NNE
	Volume (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	8.4	7.6	4.5	20.5	

Table. 4-4 The results of natural ventilating volume in Seomyun

Date		Exit						Total	Wind
		1	2	4	5	7	8		
	Area (m <sup>2</sup> )	18.1	21.6	13.5	15.2	21.5	21.6		
92. 2. 21	Velocity (m/s)	-	0.41	0.85	0.72	-	-		NWN
	Volume (m <sup>3</sup> /s)	-	8.9	11.5	10.9	-	-	31.3	
5. 22	Velocity (m/s)	0.44	-	0.43	-	0.22	0.33		ENE
	Volume (m <sup>3</sup> /s)	8.0	-	5.8	-	4.7	7.1	25.6	
	Mean (m <sup>3</sup> /s)						28.5		

한편 室内 汚染物質 發生量<sup>14)</sup>은 Table. 4-5에 나타내었으며 대현 및 서면 地下商街内外의 90~92年間 TSP와 CO<sub>2</sub>의 平均 濃度를 Table. 4-6에 나타내었다.

Table. 4-5 The amount of release by human activities

(unit : TSP : mg/min, CO<sub>2</sub> : m<sup>3</sup>/min)

item	Daehyun	Seomyun
TSP	1842.3	1211.3
CO <sub>2</sub>	4.913	3.230

Table. 4-6 The man concentration of TSP, CO<sub>2</sub>

(unit : TSP : μg/m<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub> : ppm)

	item	form of ventilation	Daehyun	Seomyun
indoor	TSP	recirculate	540	-
		direct	464	359
	CO <sub>2</sub>	recirculate	1321	-
		direct	1320	835
outdoor	TSP	recirculate	125	-
		direct	125	125
	CO <sub>2</sub>	recirculate	392	-
		direct	397	380

以上の資料와 式(2-1)을 利用하여 대현 및 서면 地下商街의 TSP와 CO<sub>2</sub> 濃度를 구한 結果를 Table. 4-7에 나타내었다.

Table. 4-7 The calculated value of TSP, CO<sub>2</sub>

(unit : TSP ;  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , CO<sub>2</sub> ; ppm)

item	form of ventilation	Daehyun	Seomyun
TSP	recirculate	570	-
	direct	505	302
CO <sub>2</sub>	recirculate	1604	-
	direct	1554	1027

가) 大현 地下商街의 汚染物質에 대한 考察

再循環 給氣의 境遇는 TSP는 實測 平均값이  $540\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 비해 計算값은  $570\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 計算값이 더 높게 나타났는데 이들 두 값의 相關度는 0.947로 앞 節의 理論式을 適用하는 데는 무리가 없다고 思料된다. CO<sub>2</sub>는 實測 平均값이 1321ppm인데 비해 計算값은 1604ppm로 TSP와 마찬가지로 計算값이 더 높게 나타났으며, 이들 두 값의 相關度는 0.824로 TSP보다는 相關性이 떨어지나 마찬가지로 앞 節의 異論式 適用은 可能하다고 본다.

한편 外氣 給氣의 境遇 TSP는 實測 平均값이  $464\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 비해 計算값은  $505\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 再循環 給氣의 境遇와 마찬가지로 計算값이 더 높게 나타났으며 이들 두 값의 相關度는 0.919 이고 또한 CO<sub>2</sub>는 實測 平均값이 1230ppm인데 비해 計算값은 1554ppm으로 역시 計算값이 더 높게 나타났으며 이들 두 값의 相關값은 0.792으로 再循環給氣의 境遇에 비해 相關性이 약간 낮다.

나) 서면 地下商街의 汚染物質에 대한 考察

TSP의 實測 平均값은  $359\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 비해 計算값은  $302\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 實測값이 더 높게 나타났으며, 이들 두 값의 相關度는 0.841이다. CO<sub>2</sub>의 實測 平均값은 835ppm인데 비해 計算값은 1027ppm으로 計算값이 더 높게 나타났으며, 이들 두 값의 相關값은 0.813으로 비교적 相關性이 크므로 앞의 理論式 適用이 可能하다고 본다.

2) 換氣量 計算

地下商街內에 要求되는 必要 換氣量은 地下商街內 汚染物質 濃度를 基準濃度에 부합시켜 導入 外氣量을 구한다.\*

式 (2-1)을 利用하여 大현 및 서면 地下商街의 導入 外氣量을 구한 結果는 Table. 4-8과 같다.

Table. 4-8 The calculated ventilating volume

		(unit : m <sup>3</sup> /min)	
item	form of ventilation	Daehyun	Seomyun
TSP	recirculate	1669	—
	direct	5462	3317
CO <sub>2</sub>	recirculate	1416	—
	direct	6204	3500

## 가) 대현 地下商街의 換氣量에 대한 考察

Table. 4-8에서 보는 바와 같이 TSP의 地下空間 環境基準 勸告置를 만족시키기 위해 再循環 給氣時에 導入하여야 할 外氣量은 1669m<sup>3</sup>/min로 나타났으며, CO<sub>2</sub>의 境遇는 1416m<sup>3</sup>/min로 나타났다. 이것은 現在 機械 給氣量의 各各 2.4, 2.0배에 해당되는 外氣量이다.

한편 外氣 給氣時에 導入하여야 할 外氣量은 TSP의 境遇는 5462m<sup>3</sup>/min로 나타났으며, CO<sub>2</sub>의 境遇는 6204m<sup>3</sup>/min으로 나타났다. 이 값들은 現在 機械 給氣量의 各各 2.4, 2.7배에 해당되는 外氣量이다.

結果的으로 대현 地下商街의 換氣量은 6204m<sup>3</sup>/min이어야 한다.

## 나) 서면 地下商街의 換氣量에 대한 考察

Tbale. 4-8에서 보는 바와 같이 TSP濃度에 대한 地下空間 環境基準을 勸告置를 만족시키기 위해 導入하여야 할 外氣量은 3317<sup>3</sup>/min로 나타났으며, CO<sub>2</sub>의 境遇 3500<sup>3</sup>/min로 나타났다. 이것은 現在 機械 給氣量에 10% 程度를 넘는 수준이다.

結論的으로 서면 地下商街 換氣量 3500<sup>3</sup>/min이어야 한다.

## V. 結 論

본 研究의 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO의 濃度 變化는 5個 地下商街 모두 비슷한 樣相을 보였으며, 地下空間 環境 基準 勸告置에는 훨씬 미치지 않은 것으로 나타났다.
2. 대현 地下商街는 TSP와 CO<sub>2</sub>가 地下空間 環境基準 勸告置를 各各 71.7%, 29.1% 超過하였고, 서면 地下商街는 TSP가 19.7% 초과하였으며, CO<sub>2</sub>는 近接한 것으로 나타났다.
3. 대현 地下商街의 必要換氣量은 6204<sup>3</sup>/min이다.
4. 서면 地下商街의 必要換氣量은 3500<sup>3</sup>/min이다.

## VI. 參考 文獻

- 1) 吉澤 普, 室内空氣質, 空氣清淨 衛生工學, 62.7 pp.551~552(1988)
- 2) 정 용의, 실내공기오염과 건강위해도 평가에 관한 연구, pp.18~20(1988)
- 3) 신현준의 2명 지하상가의 환기시스템 연구, pp.18~20 (1988)
- 4) 入江建久, 室内空氣質, 浮遊粒子狀物質, 空氣調和 衛生工學, 第62券 第7號 pp.516~566 (1988)
- 5) 환경처, 환경오염공정시험법(1990)
- 6) 환경처, 지하공간 환경기준 권고치(1990)
- 7) 入江建久ほか, 建築物における 必要換氣量決定のための空氣影響指標に関する研究(第1報). 日本建築學會大會學術講演梗概集, p.317(1985)
- 8) 환경처, 환경년감(1991)
- 9) 地下街環境調査研究委員會, 空氣汚染による局部公害と空氣清淨裝置の效果に関する研究報告書. 空氣清淨 第7券 第4號 pp.30~37(1970)
- 10) 김희강의 3명, 대기오염과 제어, pp.94~96, 377~379(1987)
- 11) 김윤신, 실내공기오염(8) 분진, 환경관리인, pp.14~18(1991)
- 12) 김윤신, 실내공기오염(17) 탄산가스, 환경관리인, pp.10~12(1992)