

서울시 지하구조물내 공기오염도 조사연구

소음진동과

전재식 · 신도철 · 배일상 · 이연수 · 김석영 · 이길화 · 김장열 · 김민영 · 이규남

A Study on the Air Pollution Within Underground Construction in Seoul Area

Noise and Vibration Division

Jae-Sik Jeon, Do-Chul Shin, Il-Sang Bae, Yeon-soo Lee, Suk-Young Kim
Gil-Hwa Lee, Jang-Leoul Kim, Min-Young Kim and Kyu-Nam Lee

=Abstract=

This study was investigated air pollutants(CO, CO₂, TSP) within underground construction, e.g., tunnels, underground shopping centers and subway stations in Seoul area, from Feb. to July, 1997.

The results were as follows:

1. The average concentration of TSP in subway stations was $248 \pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and the concentration in Chegi station was $397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the highest level and Kyongbokkung station was $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the lowest level, the average concentration of CO was $2.0 \pm 0.4 \text{ppm}$ and the concentration in Shinchon station was 3.0ppm as the highest level and Sindorim station was 1.1ppm as the lowest level, the average concentration of CO₂ was $544 \pm 69 \text{ppm}$ and the concentration in City Hall station was 739ppm as the highest level and Kimpo Int'l Airport station was 413ppm as the lowest level. And the average concentrations of pollutants at platform were higher than ticket office in each subway stations.
2. The average concentration of TSP in Namsan No.1 tunnel was $1009 \pm 238 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the highest level and Bukak(Old) tunnel was $409 \pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as the lowest level, the average concentration of CO in Namsan No.2 tunnel was $12.2 \pm 3.0 \text{ppm}$ as the highest level and Kugi tunnel was $2.0 \pm 0.6 \text{ppm}$ as the lowest level, the average concentration of CO₂ in Namsan No.2 tunnel was $724 \pm 136 \text{ppm}$ as the highest level and Bukak(Old) tunnel was $443 \pm 46 \text{ppm}$ as the lowest level.
3. The average concentration of TSP in underground shopping centers was 194 ± 66

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the concentration in Donga was $362\mu\text{g}/\text{m}^3$ as the highest level and Ch'ongyangri(Lotte) was $85\mu\text{g}/\text{m}^3$ as the lowest level, the average concentration of CO was $2.1\pm 0.8\text{ppm}$ and the concentration in Hojeong was 4.1ppm as the highest level and Saeseoul was 0.5ppm as the lowest level, the average concentration of CO_2 was $709\pm 258\text{ppm}$ and the concentration in Tongdaemun was $1,500\text{ppm}$ as the highest level and Saeseoul was 418ppm as the lowest level.

4. According to the result of research of correlation coefficient between items in all tunnels, there were highly significance between CO and CO_2 , TSP and CO_2 , TSP and CO, respectively.

서론

산업의 발달에 따라 대도시의 인구과밀화는 교통문제 해결을 포함한 시민의 편리한 생활을 위해서 효율적인 생활공간 확보가 요구되어지고 있으며, 현재 활용되고 있는 지하공간(터널, 지하상가 및 지하철)은 시민생활의 편의에 일조를 담당하고 있는 것이 사실이나, 나날이 증가하는 차량과 다수인이 이용하는 지하공간은 환경문제에 대한 시민들의 새로운 관심의 대상이 되고있다.

지하공간은 지상의 공기질과는 달리 자연적 현상인 기류에 의한 오염물질의 확산이나 우수에 의한 자연정화가 이루어질 수 없는 상황으로 인위적인 청소나 환기를 통하여 공기를 정화시키고 있는 형편인 바, 그 방법 또한 철저한 관리를 통한 근본적인 정화의 노력이 없이는 지하공간내에서 오염물질이 재순환되므로 양호한 공기질 상태를 유지하기 어려운 실정이다.

이들 오염물질의 발생 및 축적은 이용자에게 불쾌감을 주는 것은 물론이고 건강에 심각한 영향을 줄 수 있으며,^{1,2)} 정부에서는 국민건강증진법을 제정³⁾하여 '95년 하반기부터 지하공간중 공중이용시설에서의 금연을 입법화하여 규제를 하고 있다. 또한 지하공간의 공기질상태를 향상시키기 위한 규제측면에서 지하생활공간 공기질관리법, 시행령 및 시행규칙^{4,5,6)}을 제정, 공포하여 '98년부터 시행토록 하고 있다.

지하생활공간에서 규제, 관리되어야 할 오염물질⁷⁾은 여러가지가 있겠으나 본 조사에서는 이러한 공간에서 발생되고있는 일산화탄소, 이산화탄소 및 총먼지의 농도를 파악하여 기초자료를 제시하고자 하였다.

조사기간 및 방법

1. 조사기간 및 지점

조사기간은 1997년 2월부터 6월까지 약 4개월에 걸쳐 실시하였다.

1) 지하철

'97.2.17~4.2 (군자지하철역등 20개 지점)

2) 터널

'97.4.21~5.31 (남산1호 터널등 8개지점)

3) 지하도상가

'97.6.9~6.23 (종로2가 지하상가등 26개지점)

2. 시료채취 및 분석방법

CO, CO_2 는 Gilian사 Aircon 2 Sampler를 이용하여 Tetra bag(10 l)으로 시료를 포집한 후, KIMOTO 사 CO/CO_2 ANALYZER(Model-ZRL BB 536 E43)를 사용하여 비분산적외선법(NDIR)으로 분석하였으며, TSP는 High Volume Air Sampler(G.M., 미국)를 설치하여 시료를 채취하였다.

3. 측정지점

지하상가는 그 상가를 대표할 수 있는 1개지점에 대하여 24시간, 지하철역사는 승강장, 매표소 등 2개지점에 대하여 3일

간, 터널은 입구, 중앙, 출구등 3개지점을 선정하여 3일간 시료채취하였고, 시료채취 높이는 그 부근의 평균오염도를 나타낼 수 있는 지점, 지상에서 약 1.5m높이로 하였으며, 터널에서의 시료채취 방향은 Table 1과 같다.

Table 1. Sampling direction in tunnel

| Tunnel Name | In | Out |
|--------------|------------------|------------------|
| Namsan No. 1 | Hannam dong | Pil dong |
| Namsan No. 2 | Chang chung dong | Itaewon |
| Namsan No. 3 | Hoehyon dong | Itaewon |
| Kumhwa | Tonglipmun | Shinchon |
| Bukak(Old) | Chongnung | Pyong chang dong |
| Bukak(New) | Pyong chang dong | Chongnung |
| Kugi | Kugi dong | Bul kwang dong |
| Chahwamun | Gung jeong dong | Pyong chang dong |

조 사 결 과

1. 일산화탄소

일산화탄소는 일반적으로 탄소화합물 또는 탄소와 같은 가연성성분의 불완전연소에 의해서 생긴다. 발생원은 인위적 발생원과 자연적 발생원으로 나뉘어지며, 인위적발생원중 연료의 연소에 의하여 배출되는 일산화탄소의 량중 차량에 의한 수송에서 약 60%, 난방에 의한 것이 약 39%, 산업이 약 1%로 교통수단에 의한 배출량이 가장 크다.⁸⁾

이러한 일산화탄소의 영향은 특히, 실내공간에서 인체에 큰 영향을 주는데 그 이유는 자연환기가 어려워 산소의 공급이 부족한다기 때문이다 할 수 있다. 일산화탄소는 인체혈액중의 헤모글로빈과 결합력이 산소보다 210배 높으며, 일산화탄소를 포함한 공기를 호흡하면 폐를 통해서 흡입되어 혈액중의 헤모글로빈과 쉽게 결합하여 일산화탄소-헤모글로빈(CO-Hb)이 되고, 이로 인해서 혈액에 의한 산소운반 기능이 저하되어 신체 각 조직은 일종의 질식사상태를 일으키며, 지난 30년전 연탄의 불완전연소에 의한 일산화탄소 중독사건은 사회적 문제로 대두될 정도로 많이 발생되어 왔다.

실내공간에서의 일산화탄소에 대한 개인적 노출은 연료사용 및 교통수단 이용시간등에 따라 달라질 수 있으며⁹⁾, 다른 오염물질에 비해 대체로 실내외에서의 농도차가 심하고 비중도공기와 비슷하므로 충분한 환기를 통하여 발생하는 일산화탄소를 최소화 하여야 한다.

본 조사에서 각 터널, 지하상가 및 지하철역사의 지점별 일산화탄소의 농도는 Table 2, Table 5, Table 6와 같고, 평균농도는 터널 5.0 ± 4.0 ppm, 지하상가 2.1 ± 0.8 ppm, 지하철역사 2.0 ± 0.4 ppm로 Fig. 1에서와 같이 터널에서 가장 높은 오염도를 나타내고 있다.

각 터널별 일산화탄소의 농도는 Fig. 2에서와 같이 남산 2호터널에서 12.2 ± 3.0 ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며, 구기터널에서 2.0 ± 0.6 ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내고 있다. 이 농도는 '95년 조사와 비교하면 전반적으로 감소한 것을 알 수 있으며, 특히 남산 1호터널이 18.5 ± 3.7 ppm에서 8.1 ± 2.6 ppm, 3호터널이 13.7 ± 5.5 ppm에서 5.1 ± 2.0 ppm로 각각 56%, 62%씩 감소를 나타낸 바, 이것은 '96년 11월부터 이들 터널에서 차량통행에 대한 혼잡통행료 징수를 실시하여 농도가 현저히 줄어든 것으로 사료된다. 터널의 각 지점별 일산화탄소의 농도는 Fig. 3에서와 같이 일반적으로 출구에서 가장 높게 나타났으며 입구에서 가장 낮게 나타났으나, 남산 2호터널에서는 중앙이 출구보다 높게 나타났는데, 이는 남산 2호 터널이 single tunnel이며 완만하게 휘어있는 특성 때문에 환기에 영향이 있고, 시료채취 시간에 바람의 역풍이 형성된 바 이에 기인하는 것으로 사료된다. 또한 전반적으로 남산 3호터널등 double tunnel이 남산 1터널등 single tunnel에 비해 오염도가 낮게 나타나고 있는 것을 알 수 있으며, 터널내의 일산화탄소의 오염도는 터널의 구조와 길이 차종 및 통행량에 따라 차이가 있을 수 있다.¹⁰⁾

각 지하상가별 일산화탄소의 농도는 Table 5에서와 같이 서초구에 위치한 호정상가에서 4.1ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며, 중구의 새서울상가에서 0.5ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내었고, 평균농도는 2.1 ± 0.8 ppm으로 국민건강증진법³⁾이 제정되기전의 조사¹¹⁾보다 약 50%의 감소를 나타낸 것으로, 이는 공중이용시설에서의 금연정책에 기인하는 것으로 사료되며, 지하상가내에서 생활하는 상인 및 통행인에게 일산화탄소의 노출 및 피해로부터 적지않은 효과를 얻고있는 것으로 생각된다.

각 지하철역사내의 일산화탄소의 오염도는 Table 6에서와 같이 신천역에서 3.0ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며, 신도림역이 1.1ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내었고, 평균농도 2.2 ± 0.4 ppm으로 조사된 지하공간중 가장 낮은 오염도를 나타냈다. 일반적으로 지하철역사내의 승강장이 매표소보다 약간 높은 수치를 나타냈으며, 이것은 서울특별시에서 조사한 바와 일치함을 보여주고 있다.¹²⁾

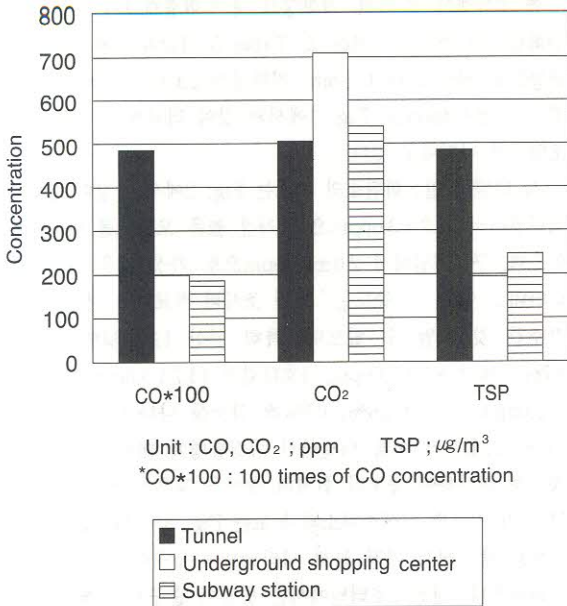


Fig. 1. Air pollutants concentration level within underground construction

2. 이산화탄소

이산화탄소는 자연적발생과 화석연료등의 연소, 화전으로 인한 산림파괴 및 시멘트제조 등 인위적 발생에 의해서 배출되며 현재 대기중 이산화탄소의 농도¹³⁾는 약 353ppm으로 산업활동의 증가에 따라 꾸준한 증가추세를 나타내고 있다. 이산화탄소의 증가는 대류권의 기온을 증가시켜 기온의 온난화

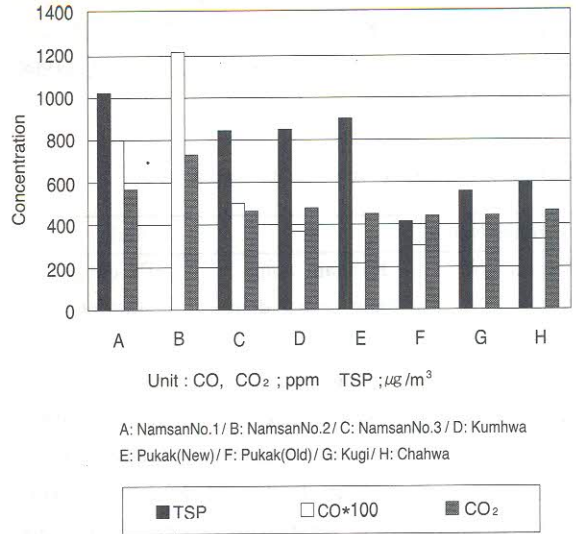


Fig. 2. Air pollutants concentration in tunnel

를 초래하여 기상이변을 보이는 등 엘니뇨현상을 유발시키는 이유중 하나로 알려지고 있다.

그 자체로는 비독성물질로 알려진 이산화탄소는 대기중에서 수분과 결합하여 산성우를 형성할 수 있으며, 다수인이 밀집, 통행하는 실내지하공간에서는 호흡에 의한 농도의 증가¹⁴⁾가 있을 수 있어 실내공기의 오타도 판정기준으로 사용되고 있으나, 건강한 사람이 농도 1.5%의 일산화탄소에 폭로되면 가벼운 정도의 대사장애를 일으키고, 7-10%에서는 수분이내에 기절하는 것으로 알려져 있다. 금번에 제정된 지하생활공간공기질관리법 시행규칙¹⁵⁾에서는 “1시간평균치 1000ppm이

Table 2. Distribution of CO concentration in tunnel

| Site | Time | Namsan No.1 | Namsan No.2 | Namsan No.3 | Kum hwa | Pukak (New) | Pukak (Old) | Kugi | Cha hwa | Mean ± SD |
|--------|------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|------|---------|-----------|
| In | AM | 8.8 | 9.4 | 3.0 | 2.6 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 2.8 | 3.9±3.2 |
| | PM | 6.9 | 9.9 | 3.6 | 2.9 | 1.0 | 2.5 | 1.3 | 2.2 | 3.7±3.0 |
| Center | AM | 10.6 | 17.7 | 4.0 | 3.5 | 2.5 | 1.9 | 2.1 | 2.5 | 5.6±5.6 |
| | PM | 4.8 | 11.6 | 5.0 | 3.1 | 1.9 | 3.0 | 2.1 | 3.5 | 4.3±3.1 |
| Out | AM | 11.4 | 13.3 | 6.3 | 4.6 | 3.2 | 3.9 | 2.7 | 4.4 | 6.2±3.9 |
| | PM | 5.9 | 11.2 | 8.5 | 5.6 | 3.1 | 5.1 | 2.6 | 4.7 | 5.8±2.8 |
| Mean | | 8.1 | 12.2 | 5.1 | 3.7 | 2.3 | 3.0 | 2.0 | 3.4 | 5.0±4.0 |
| ±SD | | ±2.6 | ±3.0 | ±2.0 | ±1.2 | ±0.8 | ±1.3 | ±0.6 | ±1.0 | |

Unit : ppm

Table 3. Distribution of CO₂ concentration in tunnel

| Site | Time | Namsan No.1 | Namsan No.2 | Namsan No.3 | Kum hwa | Pukak (New) | Pukak (Old) | Kugi | Cha hwa | Mean ± SD |
|--------|------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|------|---------|-----------|
| In | AM | 613 | 565 | 416 | 425 | 412 | 393 | 428 | 441 | 416 ± 80 |
| | PM | 486 | 640 | 407 | 415 | 398 | 406 | 389 | 426 | 445 ± 83 |
| Center | AM | 665 | 835 | 452 | 471 | 457 | 429 | 452 | 445 | 525 ± 146 |
| | PM | 492 | 927 | 461 | 458 | 429 | 431 | 429 | 449 | 509 ± 170 |
| Out | AM | 626 | 647 | 536 | 525 | 529 | 501 | 488 | 496 | 543 ± 60 |
| | PM | 505 | 731 | 525 | 567 | 483 | 496 | 496 | 527 | 541 ± 81 |
| Mean | | 565 | 724 | 466 | 477 | 451 | 443 | 447 | 464 | 505 ± 112 |
| ±SD | | ±79 | ±136 | ±54 | ±59 | ±49 | ±46 | ±40 | ±39 | |

Unit : ppm

Table 4. Distribution of TSP concentration in tunnel

| Site | Time | Namsan No.1 | Namsan No.2 | Namsan No.3 | Kum hwa | Pukak (New) | Pukak (Old) | Kugi | Cha hwa | Mean ± SD |
|--------|------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|------|---------|------------|
| In | AM | 1253 | - | 623 | 656 | 501 | 413 | 318 | 353 | 588 ± 319 |
| | PM | 570 | - | 644 | 697 | 663 | 369 | 496 | 384 | 546 ± 133 |
| Center | AM | 1123 | - | 801 | 732 | 664 | 376 | 389 | 582 | 666 ± 257 |
| | PM | 962 | - | 831 | 924 | 1100 | 479 | 675 | 673 | 806 ± 210 |
| Out | AM | 1011 | - | 865 | 1017 | 1132 | - | 755 | 699 | 913 ± 168 |
| | PM | 1136 | - | 1254 | 1036 | 1320 | - | 720 | 843 | 1051 ± 234 |
| Mean | | 1009 | - | 836 | 844 | 897 | 409 | 559 | 589 | 735 ± 280 |
| ±SD | | ±238 | - | ±228 | ±169 | ±329 | ±50 | ±184 | ±190 | |

Unit : µg/m³

하”의 기준치를 정하여 규제하므로서 지하공간내에서의 충분한 환기 등을 포함하여 각별한 관리를 유도코자 하고 있다.

본 조사에서 각 터널, 지하상가 및 지하철역사의 지점별 이산화탄소의 농도는 Table 3, Table 5, Table 6와 같으며 평균농도는 지하상가 709±258ppm, 지하철역사 544±69ppm, 터널 505±112ppm로 Fig. 1에서와 같이 지하상가에서 가장 높은 오염도를 나타내고 있다.

각 지하상가별 이산화탄소의 농도는 Fig. 6에서와 같이 동대문상가에서 1500ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며 새서울상가에서 418ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내고 있다. 조사된 바와 같이 동대문상가를 비롯해서 서초구에 위치한 동아상가 1376ppm, 한산상가 1040ppm은 기준치를 초과한 것으로 나타나 환기장치의 개선 및 금연정책의 철저한 시행등을 통한 세심한 관리가 요구되어지고 있다.

지하철역사별 이산화탄소의 농도는 Table 6에서와 같이 시청역에서 739ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며 김포공항역에서 413ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내고 있다. 김포공항역, 군자역, 서대문역등에서 이산화탄소의 농도가 다른 역사에 비해서 낮게 나타나고 있는 것은 5호선이 최근에 개통된 이유로 환기등 정화시설의 효율성에 기인하는 것으로 사료된다. 또한 일반적으로 승강장에서의 농도가 매표소보다 다소 높게 나타났으며, 고속버스터미널역, 사당역등에서는 각각 116ppm, 98ppm의 큰 농도차를 보여주고 있다.

터널별 이산화탄소의 농도는 Fig. 4에서와 같이 남산 2호 터널에서 724±136ppm으로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며 북악(구)터널에서 443±46ppm으로 가장 낮은 오염도를 나타내었으며 이는 북악(구)터널은 종전에 비해 화물차량 등 차량통행의 현저한 감소에 기인하는 것으로 사료된다. 전

Table 5. Distribution of CO, CO₂ and TSP concentration in underground shopping centers

| Site | CO | CO ₂ | TSP |
|-------------------------------|---------|-----------------|--------|
| Chongno-2ga | 1.9 | 625 | 269 |
| Chongno-4ga | 2.1 | 559 | 107 |
| Chongno-5ga(Boryeng) | 1.6 | 569 | 213 |
| Chongno-5ga(Hanil) | 2.1 | 455 | 156 |
| Daehyon | 1.7 | 435 | 140 |
| Shindang | 1.4 | 839 | 128 |
| Tongdaemun stadium(Ch'onggye) | 2.1 | 775 | 316 |
| Tongdaemun stadium(Ulchi) | 1.9 | 511 | 200 |
| Tongdaemun | 2.6 | 1,500 | 182 |
| Ulchiro | 0.7 | 583 | 162 |
| Saeseoul | 0.5 | 418 | 168 |
| Namdaemun | 2.4 | 779 | 180 |
| Sogong | 2.2 | 513 | 153 |
| Myong-dong | 1.5 | 592 | 184 |
| Hoehyon | 2.9 | 674 | 162 |
| Ch'ungmu | 2.5 | 657 | 255 |
| Ch'ongnyangni(Lotte) | 1.3 | 504 | 85 |
| Inhyon | 2.6 | 580 | 122 |
| Yongdungp'o Station | 2.3 | 813 | 153 |
| Yongdungp'o(Shinsege) | 1.1 | 750 | 233 |
| Yongdungp'o(Market) | 3.2 | 773 | 312 |
| Hojeong | 4.1 | 716 | 206 |
| Donga | 2.6 | 1,376 | 362 |
| Hansan | 1.8 | 1,040 | 179 |
| Kangnam | 1.8 | 708 | 195 |
| Chamshil | 1.3 | 685 | 227 |
| Mean±SD | 2.1±0.8 | 709±258 | 194±66 |

Unit : CO, CO₂:ppm TSP:μg/m³

채터널의 평균농도 505±112ppm으로 조사된 지하공간중 가장 낮은 오염도를 나타냈다. 일산화탄소의 경우와 같이 남산 2호터널을 제외한 전지점에서 출구의 농도가 가장 높았으며 입구의 농도가 가장 낮게 나타났다.

3. 총먼지

불완전연소과정, 기계적 분쇄과정, 응축 및 고온 화학반응 등을 거쳐 생성되는 총먼지는 대기중 미스트(mist), 먼지(dust), 연기(smoke), 훈연(fume), 안개(fog), 박무(haze), 스모그(smog) 등과 같은 상태로 존재하며 인간의 건강, 재산 및 가시도 등에 직, 간접적으로 피해를 주고 있다.

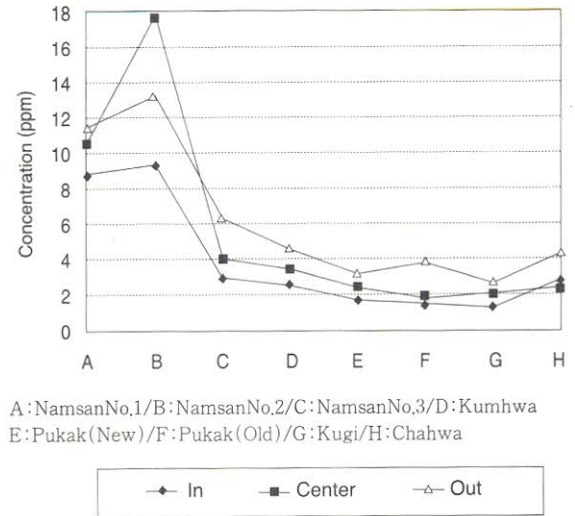


Fig. 3. Comparison of CO concentration by each point in tunnel

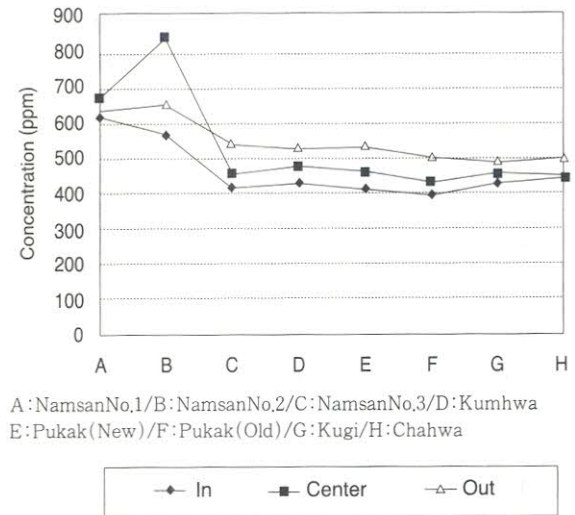


Fig. 4. Comparison of CO₂ concentration by each point in tunnel

총먼지는 여러 가지 가스상물질 및 중금속등을 흡착하고 있고, 작은 입자들은 인체의 폐 깊숙히 흡입될 수 있을 뿐 아니라 많은 종류의 발암물질들을 함유하고 있어 인체에 유해함은 널리 알려져 있다. 특히 터널내에서의 차량이동의 연소과정과 불특정다수인의 통행으로 혼잡한 지하상가 및 지하철역 사에서의 먼지의 발생은 지하생활공간에서의 불쾌감을 유발

Table 6. Distribution of CO, CO₂ and TSP concentration in subway stations

| Site | Sampling point | CO | CO ₂ | TSP |
|-----------------------|----------------|---------|-----------------|--------|
| City Hall | T | 1.8 | 735 | 239 |
| | P | 1.8 | 739 | 285 |
| Chegi | T | 2.2 | 513 | 325 |
| | P | 2.4 | 518 | 397 |
| Chongno-5ga | T | 2.2 | 595 | 265 |
| | P | 1.9 | 650 | 356 |
| Sindorim | T | 1.1 | 562 | 339 |
| | P | 1.1 | 565 | 259 |
| Chinchon | T | 2.6 | 477 | 282 |
| | P | 3.0 | 542 | 298 |
| Tongdaemun | T | 2.4 | 569 | 295 |
| | P | 2.4 | 558 | 295 |
| Seoul National Univ. | T | 1.8 | 490 | 338 |
| | P | 1.9 | 543 | 283 |
| Chamshil | T | 2.1 | 604 | 258 |
| | P | 2.2 | 529 | 293 |
| Yonshinnae | T | 2.1 | 471 | 299 |
| | P | 2.2 | 496 | 286 |
| Kyongbokkung | T | 2.3 | 498 | 140 |
| | P | 2.2 | 515 | 206 |
| Express Bus Terminal | T | 1.4 | 513 | 193 |
| | P | 1.7 | 629 | 186 |
| Ch'ungmuro | T | 1.7 | 665 | 168 |
| | P | 1.4 | 655 | 185 |
| Sadang | T | 1.5 | 600 | 197 |
| | P | 1.7 | 702 | 226 |
| Mia-samgori | T | 1.7 | 650 | 230 |
| | P | 1.8 | 608 | 253 |
| Seoul Station | T | 2.0 | 474 | 156 |
| | P | 2.5 | 530 | 201 |
| Ssangmun | T | 2.5 | 485 | 282 |
| | P | 2.6 | 483 | 287 |
| Sodaemun | T | 2.5 | 430 | 220 |
| | P | 2.1 | 423 | 230 |
| Kunja | T | 2.1 | 483 | 212 |
| | P | 1.7 | 450 | 178 |
| Yongdungp'o-gu Office | T | 1.5 | 494 | 241 |
| | P | 1.4 | 495 | 239 |
| Kimp'o Int'l Airport | T | 1.7 | 423 | 156 |
| | P | 1.6 | 413 | 156 |
| Mean±SD | | 2.0±0.4 | 544±69 | 248±50 |

Unit : CO, CO₂ ; ppm TSP ; μg/m³

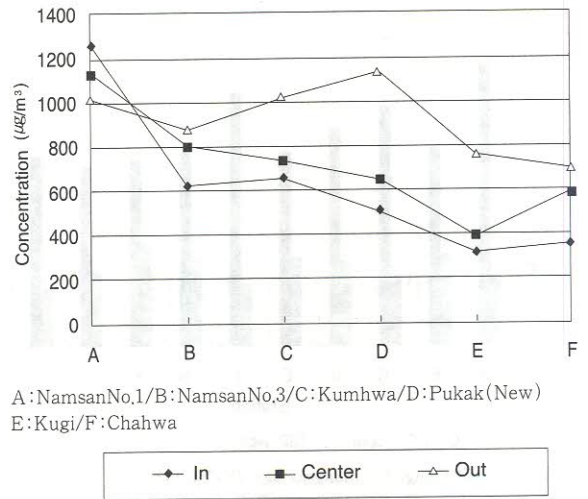
*T : ticket office, P : platform

시키고 있으며 이는 환경문제에 대한 새로운 관심의 대상이 되고 있다.

이에 따라 '89년 지하공간환경기준 권고치를 설정하였고, '96년에는 지하생활공간공기질관리법을 제정 '98년부터 시행토록 공포하였으며 "24시간평균치 150μg/m³(PM-10)이하"의

기준치를 정하여 규제토록 하고 있다. 본 조사에서 각 터널, 지하상가 및 지하철역사의 지점별 총먼지의 농도는 Table 4, Table 5, Table 6와 같으며 평균농도는 터널 735±280μg/m³, 지하철역사 248±50μg/m³, 지하상가 194±66μg/m³로 Fig. 1에서와 같이 터널에서 가장 높은 오염도를 나타냈고 지하상가에서 가장 낮은 오염도를 나타냈다.

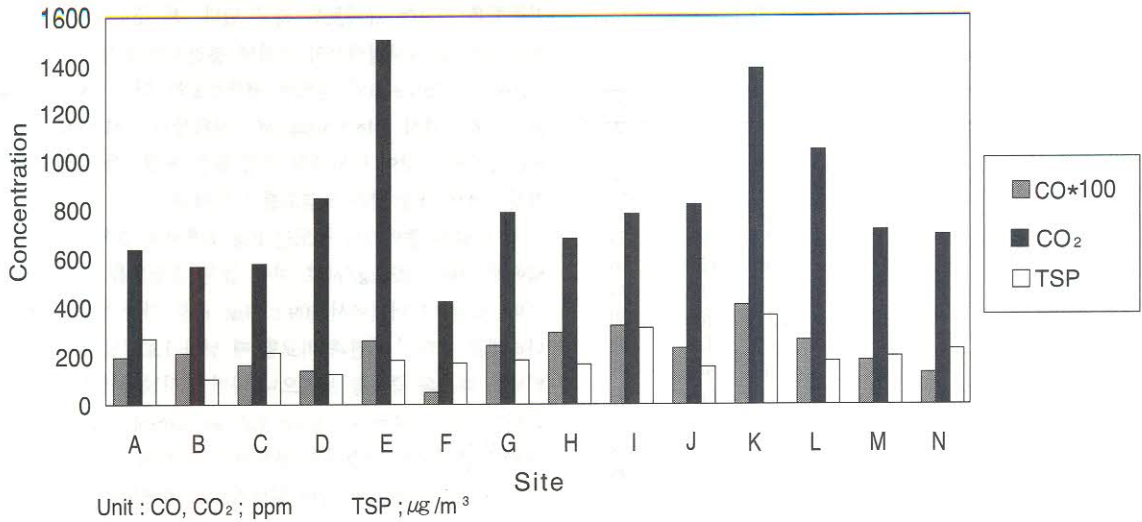
각 터널별 총먼지의 농도는 Fig. 5에서와 같이 남산 1호터널에서 1009±238μg/m³로 가장 높은 오염도를 나타내고 있으며, 북악(구)터널에서 409±50μg/m³로 가장 낮은 오염도를 나타내고 있다. '95년과 비교할 때 남산 1호터널 및 북악(신)터널은 다소의 증가를 보였으나 나머지 터널에서는 감소를 나타냈다. 남산 2호터널은 high vol. air sampler 설치공간상에 문제가 발생되어 측정하지 못하였다. 터널의 각 지점별 총먼지의 농도는 Fig. 5와 같이 일반적으로 입구보다 출구가 높게 나타났으며 남산 1호터널에서는 입구가 출구보다 높게 나타난 바 이에 대하여는 차후 세심한 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.



A : NamsanNo.1/B : NamsanNo.3/C : Kumhwa/D : Pukak(New)
E : Kugi/F : Chahwa

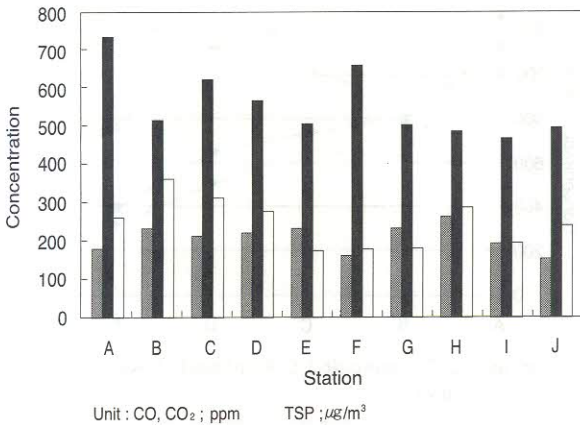
Fig. 5. Comparison of TSP concentration by each point in tunnel

지하철역사별 총먼지의 농도는 Fig. 7에서와 같이 제기역에서 397μg/m³로 가장 높게 나타났으며 경복궁역에서 140μg/m³로 가장 낮게 나타났다. 전반적으로 최근에 개통된 역사에 비해 오래전 개통된 1호선 등의 역사에서 비교적 높게 나타났으며 일산화탄소, 이산화탄소의 경우와 같이 매표소보다 승강장에서 더 높게 나타났다. 이는 선로가 매표소에 비해 공기의 정체가 심하고 전동차의 왕래로 인한 먼지의 비산에 의한 것



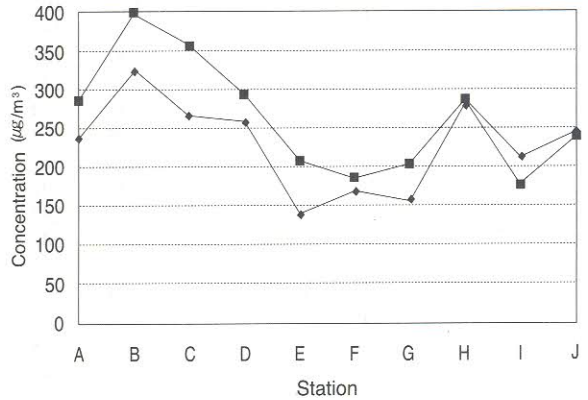
A: Chongno-2ga/ B: Chongno-4ga/ C: Chongno-5ga (Boryeong)/ D: Sindang/ E: Tongdaemun/ F: Saeseoul/ G: Namdaemun
 H: Hoehyon/ I: Yongdunp' o (Market)/ J: Yongdunp' o Station/ K: Donga/ L: Hansan/ M: Kangnam/ N: Chamshil

Fig. 6. Air pollutants concentration in underground shopping center



A: CityHall/ B: Chegi/ C: Chongno-5ga/ D: Chamshil
 E: Kyongbokkung/ F: Ch' ungmuro/ G: Seoul Station
 H: Ssangmun/ I: Kunja/ J: Yongdunp' o

Fig. 7. Air pollutants concentration in subway station



A: CityHall/ B: Chegi/ C: Chongno-5ga/ D: Chamshil/
 E: Kyongbokkung/ F: Ch' ungmuro/ G: Seoul Station/
 H: Ssangmun/ I: Kunja/ J: Yongdunp' o

Fig. 8. Comparison of TSP concentration at platform and ticket office in subway station

에 기인 하는 것으로 사료되며, 이러한 먼지의 발생에 대한 대책으로 주기적 혹은 전동차 진입시에 먼지의 비산을 억제하기 위하여 터널내에 물을 분사하는 방법등을 고려할 수 있다.¹⁵⁾ 이와 관련하여 지하철역사중 보행인이 통행하는 연결통

로가 선로보다 먼지오염도가 높음을 조사한 바도 있다.¹⁶⁾

지하상가별 총먼지의 농도는 Table 5에서와 같이 서초구에 위치한 동아상가에서 362µg/m³로 가장 높게 나타났으며, 청량리롯데상가에서 85µg/m³로 가장 낮게 나타났다. 지하상가 전

Table 7. Correlation coefficient between each air pollutant in all tunnels

| | CO | CO ₂ | TSP |
|-----------------|---------|-----------------|--------|
| CO | 1.0000 | | |
| CO ₂ | 0.8957* | 1.0000 | |
| TSP | 0.6176* | 0.6995* | 1.0000 |

* $p < 0.01$

체 평균농도 $194 \pm 66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, '89년에 조사된 $415 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비하면 약 50%이상의 감소를 나타내고 있어 청소등 정화를 위한 유지관리 노력의 성과라고 생각되나, 동아시아는 환경권 고치인 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (TSP)을 초과한 것으로 나타난 바 각별한 관리가 요구된다.

4. 전체 터널에 대한 항목간 상관관계

각 터널의 항목별 농도를 평균하여 항목간 상관관계를 조사한 결과 Table 7과 같았다. CO는 CO₂와 $r=0.8957$ ($p<0.01$), TSP는 CO와 $r=0.6176$ ($p<0.01$), CO₂는 TSP와 $r=0.6995$ ($p<0.01$)로 높은 유의성이 인정되었다.

결 론

서울에 소재하는 지하생활공간(터널, 지하상가 및 지하철역사)에 대하여 1997년 2월부터 1997년 6월까지 약 4개월간 CO, CO₂ 및 TSP를 조사한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지하철역사중 TSP는 평균 $248 \pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이중 제기역이 $397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 제일 높았고 경복궁역이 $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 제일 낮았으며, CO는 평균 $2.0 \pm 0.4 \text{ppm}$ 로 신천역이 3.0ppm 으로 제일 높았고 신도림역이 1.1ppm 으로 제일 낮았으며, CO₂는 평균 $544 \pm 69 \text{ppm}$ 로 시청역이 739ppm 으로 제일 높았고 김포공항역이 413ppm 으로 제일 낮았다. 또한 각 항목이 매표소보다 승강장에서 높게 나타났다.

2. 터널중 TSP는 남산 1호터널이 $1009 \pm 238 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 제일 높았고 북악(구)터널이 $409 \pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 제일 낮았으며, CO는 남산 2호터널이 $12.2 \pm 3.0 \text{ppm}$ 으로 제일 높았고 구기터널이 $2.0 \pm 0.6 \text{ppm}$ 으로 제일 낮았으며, CO₂는 남산 2호터널이 $724 \pm 136 \text{ppm}$ 으로 제일 높았고 북악(구)터널이 $443 \pm 46 \text{ppm}$ 으로 제일 낮았다.

3. 지하상가중 TSP는 평균 $194 \pm 66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 이중 동아시아가 $362 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 제일 높았고 청량리롯데상가가 $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$

으로 제일 낮았으며, CO는 평균 $2.1 \pm 0.8 \text{ppm}$ 로 호정상가가 4.1ppm 으로 제일 높았고 새서울상가가 0.5ppm 으로 제일 낮았으며, CO₂는 평균 $709 \pm 258 \text{ppm}$ 로 동대문상가가 1500ppm 으로 제일 높았고 새서울상가가 418ppm 으로 제일 낮았다.

4. 전체 터널에 대한 항목간 상관관계를 조사한 결과 CO와 CO₂, TSP간에 높은 유의성을 나타냈다.

참 고 문 헌

1. Stern A.C., R.W. Boubel, D.B. Turner, D.C. Fuy: Fundamentals of air pollution, Second Edition(1984).
2. 이기영: 대기오염물이 인체에 미치는 영향, 서울대학교 보건대학원(1986).
3. 관보: 국민건강증진법(1995. 1. 15).
4. 관보: 지하생활공간공기질관리법(1996. 12. 30).
5. 관보: 지하생활공간공기질관리법시행령(1997. 12. 31).
6. 관보: 지하생활공간공기질관리법시행규칙(1998. 1. 26).
7. 환경부: 환경백서(1995).
8. 환경부: 환경백서(1992).
9. Wallace L.A. et al.: Carbon Monoxide in Air and Braeth of Employees Underground Office, J. Air Pollut. Control Assoc.(1983).
10. 조광래 외 5명: 자동차 배출가스에 의한 오염물질 배출산정법에 관한 연구, 국립환경연구원보(1986).
11. 박상현 외 4명: 지하시설물에 대한 환경오염도 조사 연구, 서울시보건환경연구원보(1989).
12. 서울특별시: 지하생활공간 공기오염 저감방안 연구(1997).
13. UNEP: Environmental Data Report, 3rd Ed.(1991).
14. 구분희, 원종만: 공중보건학, 고문사(1989).
15. 백남원: 지하공간의 공기오염 및 공기중 미량 유해물질에 관한 조사연구, 한국환경과학 연구협의회(1989).
16. 이기라: 서울시 지하철역 구내의 분진 및 섬유농도에 관한 연구, 서울대학교 보건대학원(1996).