

쾌적한 지하철 실내 공기를 위한 제언



이종길
 (주)에이엔씨아이 대표이사
 T.032.577.0084
 jhonylee@hanmail.net

1. 서론

날로 무더워지는 한여름, 높아지는 수은주만큼 불쾌지수 또한 한없이 올라가고 있다. 가만히만 있어도 등줄기에 땀이 흐르는 불볕더위에 냉방시설이 가동되는 지하철 안은 사막의 오아시스나 다름없다. 하지만 지하철을 이용하는 많은 시민들은 이 시원한 바람이 마냥 달갑지만은 않다. 지하철의 냉방장치는 실내 온도만 낮출 뿐 공기정화의 기능을 제대로 소화해내고 있지 않기 때문이다. 대학생 K씨는 지하철만 타면 천식이 재발해 고통을 호소하고 있다. 또 S씨는 “공기정화기능이 없었군요. 공기의 질은 어떤지 잘 모르겠지만 여름에 지하철을 타면 꽤 쾌하고 불쾌한 냄새가 돌기는 해요. 지금생각해보면 정화기능이 정말 없어서 그런가 하는..” 의견을 페이스북에 남기고 있다.

미국 자동차 전문매체 잘롭닉(Jalopnik.com)이 지난 2012년 11월 8일 발표한 베스트 서브웨이 시스템(세계 최고의 지하철 시스템)을 보유한 10곳 중에서 우리나라 서울의 지하철이 당당히 1위를 차지하였다. 많은 역사에 설치된 스크린도어 안전장치가 기술적 인프라 구축 측면에서 높은 점수를 받았다고 한다. 하지만 이런 높은 평가에도 불구하고 지하철 내 공기질 수준은 아직 부족함이 많다. 현재 각 지하철 운영회사들은 객차 내 시설, 역사 편의시설, 안전시설 등 외관적 인프라에는 많은 투자를 하고 있지만 지하철 실내 공기질 개선에는 인식이 미흡한 것으로 보인다.

이 글에서는 이러한 지하철 내 악취 및 공기정화 상태를 진단하고 그에 따른 해결책을 제시하고자 한다.

2. 지하철 실내 공기질 실태

2.1 잦아지는 지하철 실내 공기 민원

지하철을 이용하는 상당수의 시민들이 지하철 공기가 건강을 해칠 수도 있다고 걱정한다. 지하철의 실내공기는 가장 자주 오르내리는 민원 중의 하나다. 지하철 이용시민들이 매캐한 냄새 때문에 기분이 상하거나 구토 증상을 느끼기도 한다. 이런 공기의 위생 상태에 대해 의문이 제기되는 것은 당연한 일이다.

지난 2006년 박동욱 교수(한국방송통신대·환경보건학)가 지하철 승객 5900명 중 1099명을 무작위 추출해 조사한 결과에 따르면, 지하철 승객의 70.4%가 ‘가슴 답답함’을 느낀다. 호흡곤란을 (자주 혹은 가끔) 겪는 사람도

〈표 1〉 지하철 승객의 고통 호소 유형

(단위 : %)

| 증상 | 빈 도 | | |
|-------|------|----------|---------|
| | 매일 | 일주일에 서너번 | 일주일에 한번 |
| 졸음 | 59.5 | 19.6 | 15.4 |
| 가슴 답답 | 43.5 | 14.8 | 12.1 |
| 마른기침 | 48.8 | 15.1 | 12.2 |
| 콧물 | 32.8 | 10.3 | 6.4 |
| 호흡곤란 | 27.0 | 9.6 | 6.7 |

출처 : 한국방송통신대 박동욱 교수 연구팀 (2006.5)

43.3%나 되었다. 절반에 가까운 승객이 지하철 공기오염에 대해 불만을 느끼고 있는 것이다.

이렇듯 지하철 실내 공기에 대한 불만과 언성이 높아짐에 따라 정부는 지난 2006년 지하철 객차 내 미세먼지, 이산화탄소 농도만을 대상으로 대중교통수단 공기질 권고기준을 내놨다.

정부 권고기준을 보면 Level 1과 Level 2로 각각 평상시와 혼잡시를 나눴다. 이산화탄소를 보면 평상시 도시철도 2,500ppm 이하, 혼잡시 3,500ppm 이하이고 열차, 버스는 평상시 2,000ppm 이하, 혼잡시 3,000ppm 이하이다. 이는 다중이용시설(1,000ppm)에 비해 각각 2.5와 3.5배에 달한다. 또 미세먼지의 경우 평상시 도시철도 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 혼잡시 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이고 열차, 버스는 평상시 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, 혼잡시 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하이다. 이는 다중이용시설 기준(150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)에 비해 높은 수치다.

2.2 환경기준을 초과하는 지하철 공기질

지하철 내부의 공기가 건강을 위협할 정도로 오염되어 있다는 지적은 지난 1990년대 이래 꾸준히 제기되어 왔다. 오염된 공기는 지하철에서 근무하는 수만 명의 지하철 종사자들은 물론이고 지하철 이용시민들에게도 영향을 주고 있다. 환경백서에 의하면 현재 우리나라 지하철역의 공기 오염은 아황산가스, 먼지, 일산화탄소, 오존 등이 모두 세계보건기구의 권고치를 초과하고 있다.

이와 관련하여 지난 2013년 5월 3일 SBS는 서울의 지하철역과 버스터미널, 지하 주차장, 역대합실, 그리고 대형 쇼핑몰의 평균 초미세먼지 농도가 WHO 권고기준을 웃돌고 있다고 보도하였다.

또한 국립환경과학원이 다중이용시설 40곳의 실내 공기 중 초미세먼지 농도를 측정된 결과 45%인 18개 시설에서 WHO 권고기준을 넘어서었다. 초미세먼지는 인체에 심각한 영향을 끼치기 때문에 세계보건기구에서도 그 권고치를 정해 기준 충족을 독려하고 있다. 미국 하버드 대학 연구팀이 25년 동안 추적 조사한 결과 초미세먼지 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 늘어날 경우 심혈관질환 사망자가 28% 늘어났으며, 폐암 사망자가 27% 늘어나는 등 총 사망자가 16%나 증가한 것을 통해 그 위험성을 확인할 수 있다.

2.3 외국의 선진 사례

우리나라의 보건당국은 지하철 공기문제를 운영사에 맡겨 놓은 채 관심조차 기울이지 않고 있는데 반해 외국의 경우 정부 및 보건당국이 지하철의 위생 상태나 공기의 질을 조사하고 대책을 세우는 데 앞장서고 있다.

과거 보건당국은 서울시내 지하철역에서 기준치를 초과하는 발암물질이 발견된 사실을 감췄다가 물의를 빚은 적이 있다. 같은 해 프랑스 보건당국은 환기가 제대로 되지 않는 지하철 구내의 경우 일반대기 중 세균함유량보다 2-3배나 높다는 조사 결과를 내놓았다. 당국은 매일 1천명의 청소년을 동원, 지하철 구내를 정돈하고 정기적으로 구내 공기의 '품질'을 분석하는 조치를 취했으나 매달 약 1억 명에 달하는 엄청난 이용객들이 내뿜는 배기호흡을 처리하기가 쉽지 않다며 이용객들에게 주의를 당부했다. 특히 이용객들이 봄비는 일부 주요 지하철역 구내는 포도상구균이나 대장균 등의 세균밀집도가 허용한도치의 2배에 달하고 있는 것으로 나타났다면 서 종합대책마련을 강구하겠다는 의지를 표명한 바 있다. 이렇듯 세계의 대도시 지하철들 중에서 깨끗하다는 평을 받는 파리 지하철도 공기오염에 민감하게 반응하며 대응하고 있다.

3. 지하철 내부 공기오염의 원인

3.1 지상의 대기오염을 통한 환기구 오염

언뜻 생각하면 멀게 느껴지지만 지하철 내의 공기오염은 지상의 대기오염과도 밀접한 관련이 있다. 이는 지상의 공기가 환기구를 통해 유입된 다음 필터로 걸러져서 지하로 공급되기 때문이다. 그런데 이 필터는 아황산가스나 일산화탄소, 이산화탄소 같은 오염물질을 걸러내지는 못한다. 따라서 지상의 공기가 나쁘면 환기구를 통해 흘러들어오기 때문에 이에 비례해서 지하의 공기도 나빠지게 된다. 뿐만 아니라 지하에서는 대기의 활발한 이동이 적고, 빗물에 의한 정화 효과가 없어서 공기오염이 더 크다. 또한 지하철역의 환기구 위치도 지하 환경을 고려한 것이라고 보기가 어렵다. 도로변에서 볼 수 있는 지하철역 환기구는 지표면과 높이차가 10cm밖에 되지 않

때문에 자동차 매연과 도로변의 먼지가 그대로 유입되고 있는 실정이다.

3.2 냉방기

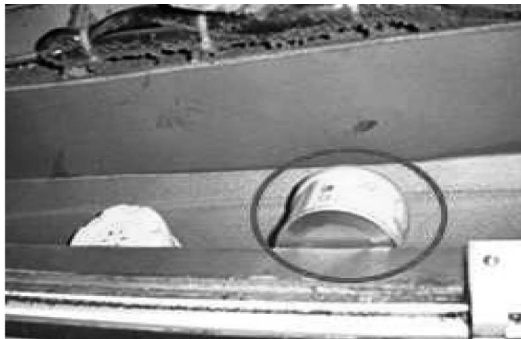
지난 2012년 6월 20일 보도된 연합뉴스에 따르면, 서울 지하철 열차 내부의 냄새는 주로 '냉방기' 때문인 것으로 밝혀졌다. 냉방기의 경우 실내온도 26도 이상으로 유지하기 위하여 찬바람과 더운 바람을 번갈아 내보내고, 이때 생김이슬이 냉방기 안에 머물러 있다가 객실 내부로 배출되면서 냄새가 발생하는 것을 확인했다. 이는 일반 자동차 차량에서 나타는 현상과 같은 것으로, 자동차의 경우 최근 활성탄을 이용한 에어컨필터가 장착되어 냄새를 해결하고 있다.

3.3 방향제

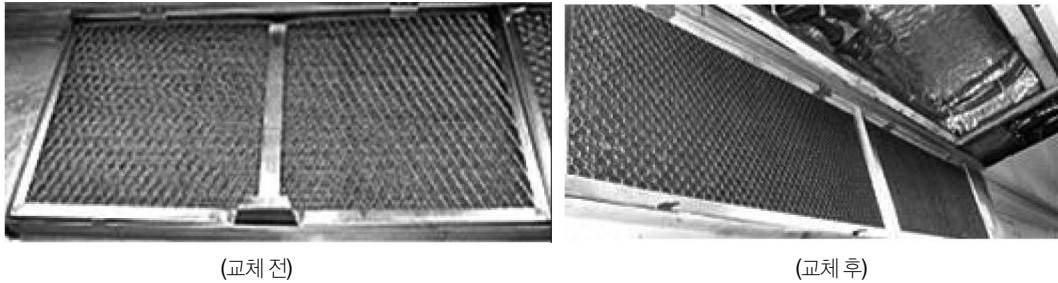
우리나라는 아직 실내 공기 중 초미세먼지 기준조차 없는 상태인데다 더 나아가 악취에 대한 해결책도 시급하다. '악취'라 함은 황화수소·메르캅탄류·아민류 기타 자극

성 있는 기체상물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 냄새를 말한다. 악취는 한 가지 물질의 냄새라기보다 여러 물질이 섞여 나는 냄새인 경우가 대부분이다. 악취를 맡게 되면 먼저 정신적 스트레스가 쌓이고 심리적으로 불안해진다. 따라서 짜증·히스테리·불면증 등을 동반하기도 한다. 생리적으로는 냄새로 인한 혈압상승, 호르몬 분비의 변화에 의한 생식계의 이상, 후각 감퇴, 두통, 구토 등의 증상이 나타나기도 한다.

현재 우리나라 지하철과 열차의 많은 부분에 이 악취를 제거하기 위한 장치가 설치되지 않은 것으로 드러났다. 일부 지하철에서는 악취를 숨기기 위해 국내에서 판매되는 저가용 탈취제 또는 방향제를 사용하기도 했다. 이와 같은 화학제품의 오용은 호흡기 질환, 발암물질 발생 등의 2차 오염을 유발할 수 있다. 또 지하철 역사 외부에서 공기를 빨아들이는 공조장치에도 필터 없이 부직포만 사용하고 있어 악취에 대한 대책이 사실상 없다.



<그림 1> 지하철 악취를 감추기 위해 사용하고 있는 방향제



<그림 2> 대구지하철 안심까지 기존 그물망 필터와 향균 탈취제품 장착 후 비교

4. 지하철 내부 공기정화 해결 방안

대구 지하철 안심차량 기지 사업소 보고서에 따르면 대구도시철도공사는 하절기 에어컨 가동 시 전동차 객실 내 미세한 먼지, 불쾌한 냄새 등으로 인한 고객민원이 증가(2008년 2건, 2009년 2건, 2010년 3건)함에 따라 이에 대한 원인을 분석하였다.

대구 지하철의 전동차는 에어컨 가동 시 외부 공기의 유입이 없고 실내공기를 순환하는 방식으로 증발기관의 먼지 및 응결수로 인한 곰팡이 냄새 등의 악취가 실내로 유입하는 구조이다. 따라서 밀폐된 공간에서 적절한 환기시스템 및 공기 공기청정 시스템이 장착되어 있지 않고 단순히 부직포 또는 그물망 타입의 큰 입자의 먼지만 걸러주는 필터가 장착되어 있기 때문에 악취가 발생하는 것이다.

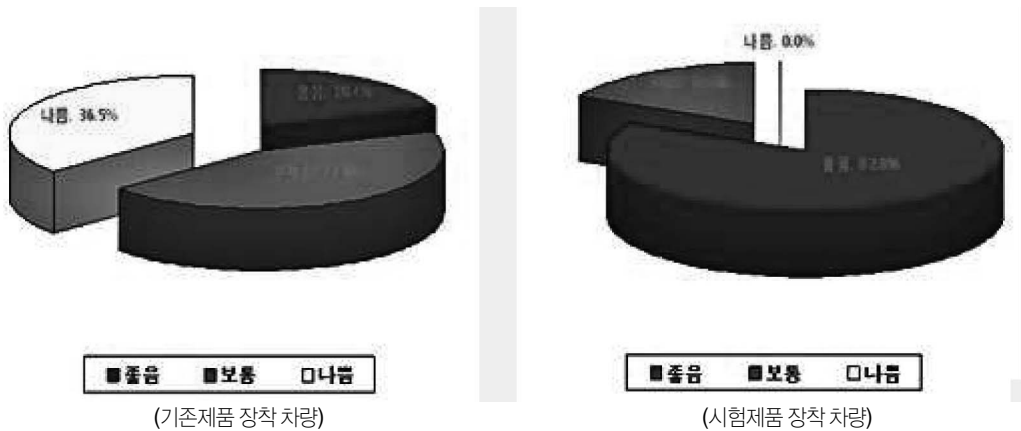
여름과 같이 에어컨 가동이 잦은 시기에는 실내에 많은 수분이 발생하고, 그 수분으로 인해 악취를 유발하는 다양

한 곰팡이 균의 번식이 활성화된다. 이는 악취 하나만의 문제일 뿐 아니라 승객의 건강을 위협할 수 있는 호흡기 질환 등의 2차 문제를 야기할 수 있다. 이러한 문제들의 해결 방안으로 기존의 단순한 먼지 제거용 필터를 제거, 향균 및 탈취가 가능한 복합 필터로 교체하였다.

향균 탈취 복합필터로 교체 후 기관사들을 대상으로 차량 내 냄새 및 악취에 대한 설문조사를 실시한 결과, 개량된 필터를 장착한 차량에서 냄새와 먼지가 발생하지 않는다는 답변이 압도적으로 많은 것으로 확인되었다.

향균 탈취 복합필터의 효과는 단지 체감으로만 느껴지는 것이 아니다. 아래 <표 2>에서 보는 것처럼 서울메트로와 대구 지하철의 탈취 복합필터 장착 후 실내 공기질 비교 결과를 보면 그 차이점을 확연히 알 수 있다.

서울메트로의 미세먼지(PM-10) 농도를 보면 기존 단순 필터 사용 시 $98.3\mu\text{m}^3$ 이던 농도가 $24.3\mu\text{m}^3$ 로 감소하면서 405%의 저감효과를 보았으며, 악취의 주요소인 암모니아



<그림 3> 기관사 대상 향균 탈취 복합필터 장착 후 냄새 및 악취 설문 결과

<표 2> 서울메트로 향균 탈취 복합 필터 장착 전후 실내 공기질 비교

| 항목 | 기준($\mu\text{m}/\text{m}^3$) | 기존필터 (Before) | 향균&탈취필터 (After) | 저감효과(%) |
|-------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|---------|
| 미세먼지 (PM-10) | 150 | 98.3 | 24.3 | 405 |
| 포름알데하이드 (HCHO) | 100 | 77.1 | 25.5 | 303 |
| 총휘발성 유기화합물 (TVOC) | 500 | 63.7 | 14.2 | 449 |

| 항목 | 기준(ppm) | 기존필터 (Before) | 향균&탈취필터 (After) | 저감효과(%) |
|----------|---------|---------------|-----------------|---------|
| 스틸렌 | 0.4 | 0.002 | 불검출 | 100 |
| 아세트알데하이드 | 0.05 | 0.002 | 0.001 | 200 |
| 암모니아 | 1 | 0.046 | 불검출 | 100 |

농도도 기준 0.046ppm에서 향균탈취 복합필터 장착 후 검출되지 않아 100% 차단 효과를 보았다.

대구의 경우도 비슷하다. 대구의 미세먼지는 인구 이동이 빈번한 서울에 비해 낮은 농도($46.2\mu\text{m}/\text{m}^3$)가 측정되었지만, 향균 탈취 복합필터 장착 후 $33.7\mu\text{m}/\text{m}^3$ 로 40%의 저감효과를 나타냈다. 악취 측면에서는 0.03ppm이던 아세트알데

<표 3> 대구 지하철 향균 탈취 복합 필터 장착 전후 실내 공기질 비교

| 항목 | 기준($\mu\text{m}/\text{m}^3$) | 기존필터 (Before) | 향균&탈취필터 (After) | 저감효과(%) |
|-------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|---------|
| 미세먼지 (PM-10) | 150 | 46.2 | 33.7 | 40 |
| 총휘발성 유기화합물 (TVOC) | 500 | 49.3 | 12.2 | 305 |

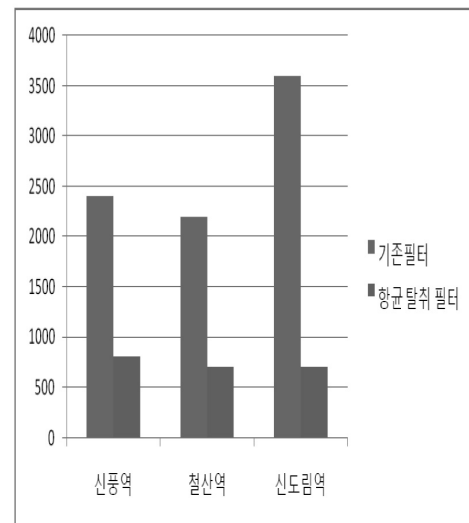
| 항목 | 기준(ppm) | 기존필터 (Before) | 향균&탈취필터 (After) | 저감효과(%) |
|----------|---------|---------------|-----------------|---------|
| 스틸렌 | 0.4 | 불검출 | 불검출 | |
| 아세트알데하이드 | 0.05 | 0.03 | 0.003 | 900 |
| 암모니아 | 1 | 0.013 | 0.013 | |

하이드의 농도가 0.003ppm으로 무려 900%를 저감하였다.

서울의 지하철 4,5,6,7호선을 담당하는 서울도시철도공사의 7호선 주요 역사 내 이산화탄소 측정 결과, 2,000ppm에서 3,000ppm을 육박하던 측정량이 향균탈취 필터 장착 후 700~800ppm대를 유지하게 되었다. 이는 이산화탄소 실내 공기질의 기준치인 1,000ppm보다 더 적은 안정적인 수치이다.

<표 4> 서울도시철도공사 7호선 역사내 이산화탄소 측정 결과 비교

| | 기존필터 | 향균탈취 필터 |
|------|-------|---------|
| 신풍역 | 2,400 | 800 |
| 철산역 | 2,200 | 700 |
| 신도림역 | 3,600 | 700 |



* 실내 공기질 관련 이산화탄소 기준 1,000 ppm 미만

5. 결론

지난 동안 우리는 전쟁의 폐허를 딛고 세계 12위의 놀라운 경제발전을 이루면서 많은 긍정적인 결과를 거두었다. 수도 서울을 중심으로 눈부시게 발전하였고, 그 성장의 중심에는 교통 인프라의 발전 또한 빼놓을 수 없다. 실제로 우리나라 지하철의 수준은 세계에 내놓아도 손색없다. 하지만 지하철 공기질 관리 수준은 개선의 여지가 크다.

지하철 실내 공기질 개선은 비단 지하철 이용 승객만을 위한 것이 아니다. 지하역사에서 장시간 근무하는 승무원들 또한 보호받아야만 한다. 승무원들의 쾌적한 근무환경은 일의 효율성을 높이고, 이는 곧 승객들의 안전과도 직결된다.

따라서 모든 시민이 쾌적한 환경 속에서 지하철을 활용할 수 있도록 지하철 실내 공기질 개선에 적극 앞장서야 하며, 그 결과는 지하철에 대한 시민들의 믿음과 애정으로 보답될 것이다.

항균과 탈취에 뛰어난 기능성 필터를 전동차 및 역사에 확대 적용한다면 여름철의 지하철 실내 공기질 오염으로

부터 시민들을 보호할 수 있을 것이다. 국민들의 사랑받는 지하철이 될 수 있도록 쾌적한 지하철 공기를 만들기 위한 실질적인 개선 노력이 경주되길 기대한다. ☺

♣ 참고 문헌

- 문성규, "지하철 냄새 주범은 '냉방기'...세척·건조 강화", 연합뉴스, 2012.6.20.
- 박동욱, 진구원, 류경남, "서울 지하철을 이용하는 승객들의 비악성 호흡기 질환과 졸음 증상 유병률 분석", 한국환경보건학회, Vol.32(5), 2006
- 안영인, "지하철역·쇼핑센터 뒤덮은 초미세먼지", SBS, 2013.5.3.
- 이희관, "지하철 역사내의 실내공기질 관리 및 현황", 한국공기청정협회, Vol.19(3), 2006
- 환경부, 대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인, 2006