

열차 화장실 악취농도에 관한 연구 Odor Concentration of Toilets in the Train

노은주*, 황종빈*, 길기범*, 이은주**, 박상진*†

Eun Ju Noh*, Jong Bin Hwang*, Gi Beom Kil*, Eun Joo Lee**, Sang Jin Park*†

Abstract This study was carried out to estimate odor emitted from toilets in the Mugunghwa train. Two parameters which are odor intensity and odor concentration are used for odor estimation. Direct olfactory method to observe odor intensity for 67 toilets and air dilution olfactory method to estimate odor concentration for 6 samples were performed. As the results, odor concentration of toilets in trains ranged from 6 OU/m³ to 30 OU/m³, and odor intensity of 67 toilets were varied from 0 degree to 3.3 degree. The results suggest that the odor emitted from the existing toilets should be controlled because odor intensity of 16 toilets exceeded the level of complaint due to odor.

Keywords : Odor concentration, Air dilution sensory method, Odor intensity, Train toilet odor

초 록 열차화장실에서 발생하는 악취저감을 위한 기초연구로서, 무궁화호 내 67개소의 화장실을 대상으로 악취강도를 조사하였으며, 6회에 걸쳐 열차화장실 악취시료를 채취하여 복합악취농도를 조사하였다. 복합악취농도는 악취공정시험법에 제시되어 있는 공기희석관능법을 이용하여 측정하였으며, 악취강도는 직접관능법을 이용하여 조사하였다. 조사결과, 복합악취농도는 희석배수 6에서 30의 범위로 나타났으며 평균 복합악취농도는 17 정도인 것으로 나타났다. 악취강도는 67개의 화장실을 조사한 결과 0도에서 3.3도였으며, 이 가운데 16개소에서는 악취강도가 2.5도 이상으로 높게 나타나 악취저감이 필요한 것으로 조사되었다.

주요어 : 악취농도, 공기희석관능법, 악취강도, 열차화장실 악취

1. 서 론

우리나라는 1899년 최초로 경인선이 개통된 이래 100년이 넘는 철도의 역사와 함께 초고속 열차 기술을 보유하고 지금에도 열차화장실에서 발생하는 악취는 계속 해결해야 할 과제로 남아있다. 화장실 악취에 대해서는 이미 오래 전인 1995년부터 연구가 진행된 사례가 보고 있으며[1], 열차 이용객 218명을 대상으로 열차화장실 만족도를 조사한 Kim[2]의 연구에 의하면 전체의 92%가 만족하지 못하며 특히32%인 69명은 악취가 심하다고 불만을 가진 것으로 보고하고 있다. 열차화장실 악취문제의 해결을 위해서는 무엇보다도 어떤 요인에 의해 어느 정도의 악취가 발생 하고 있으며 악취민원을 줄이기 위해서는 어느 수준까지 악취를 처리해야 하는지

† 교신저자: 우송대학교 철도물류대학 철도건설시스템학과(sjpark@wsu.ac.kr)

* 우송대학교 철도대학원 철도건설환경공학과 환경공학전공

** 우송대학교 악취VOC연구센터

저감목표 수준을 설정하고 이를 달성하기 위한 구체적인 기술대안들이 제시되어야 한다. 그러나 현재 열차화장실 냄새에 관해서는 구체적인 연구를 통하여 기술적인 대안을 제시하기 보다는 방향제 설치 등 간이적인 방법으로 현장 문제를 해결하고 있는 실정이다. 국내외 문헌검색 결과에 의하면 열차 화장실 내 공기유동, 배설오물의 처리방식 등에 관한 연구사례는 일부 소개되고 있으나, 악취저감장치 개발에 필요한 악취농도에 관한 측정자료는 이제까지 연구된 사례가 없다.

이러한 배경하에 본 연구에서는 직접관능법을 이용하여 6회에 걸쳐 총 67개의 무궁화호 화장실의 악취강도를 측정하여 201개의 측정자료를 확보한 후, 이를 토대로 현재 운행중인 무궁화호 화장실의 악취발생실태를 평가하였다. 그리고 악취강도 조사결과를 토대로 비교적 악취가 심하게 발생하는 화장실을 대상으로 현행 악취공정시험법에서 제시하고 있는 복합악취 측정방법인 공기희석관능법을 이용하여 무궁화호 열차 화장실에서 채취한 악취시료의 악취농도를 측정 후, 악취방지법의 악취배출허용기준과 비교 함으로서 현재 국내 열차 화장실에서 발생하는 악취의 수준을 평가함과 동시에 향후 화장실 악취문제 저감목표 설정에 필요한 기초자료를 수집 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 현장 악취시료 채취

악취조사는 2013년 9월1일에서 10월2일까지 3일간 6회에 걸쳐 진행하였으며, 조사대상열차는 서민의 이용도가 높은 무궁화호를 선정하였다. 악취시료는 비교적 열차 내에서 악취강도가 높은 남녀공용 화장실과 남자 화장실을 대상으로 선정한 후, 화장실 세척용수의 오염도가 비교적 높을 것으로 예상되는 오후 시간대에 채취하였다.

화장실내 악취시료는 음압시료장치 AVS-550(Acen Co. Korea)을 이용하여 채취하였으며, 악취시료의 농도변화를 막기 위해 채취 즉시 실험실로 운반하여 악취농도를 측정하였다. 악취평가에 필요한 악취판정인은 사전에 악취공정시험법에 의거하여 후각능력 평가를 통해 5인을 선별한 후 실험을 진행하였다.

2.2 악취시료의 측정

2.2.1 공기희석관능법

우리나라 악취측정법은 복합악취 측정과 지정악취물질 22개화합물 기기분석으로 구성되어있는데, 악취공정시험법에서는 복합악취 측정을 제 1 측정방법으로 정하고 있으며 복합악취의 측정방법은 공기희석관능법이 제시되어 있다. 공기희석관능법 진행절차는 악취공정시험법에 상세히 기술되어 있으므로 본 고에서는 생략하기로 한다[3]. 복합악취측정은 크게 악취판정인의 선정시험, 현장시료의 후각측정, 측정결과의 통계처리의 3단계로 진행되는데, Fig. 1은 공기희석관능법 실험준비 장치와 현장시료의 복합악취 측정사진을 나타낸 것이다.



Fig. 1 Photograph of experimental device and estimation of odor samples by air dilution olfactory method.

2.2.2 직접관능법

직접관능법은 현장에서 악취의 강도를 평가하는 방법으로 넓은 지역 또는 많은 지점의 악취 분포나 악취의 세기를 평가하는데 유용하게 사용되는 방법으로, 현장에서 감지되는 악취의 세기에 따라 0도부터 5도까지 6단계로 구분하여 표시한다. 공기희석관능법에 의한 악취평가는 많은 시간과 비용을 필요로 하므로, 일반적으로 악취강도에 의한 전수조사를 시행하여 전체의 악취발생실태를 평가한 후, 선정된 조사지점에서 악취시료를 채취하여 공기희석관능법에 의한 복합악취를 평가한다. Table 2는 직접관능법에 의한 악취강도 5단계를 나타낸 것이다.

Table 2 Classification of odor intensity by direct olfactory method

<i>Odor intensity</i>		<i>Explanation</i>
0	None	People can not feel contain smell with normal sense of smell
1	Threshold	People feel smell but can not distinguish the type of smell
2	Moderate	People feel type of smell
3	Strong	People easily feel strong smell like cresol smell in hospitals
4	Very Strong	People feel very strong smell like conventional rest room
5	Over Strong	People feel extremely strong smell like stopping a breath

3. 결과 및 고찰

3.1 화장실 악취강도 수준 평가

Fig. 3은 무궁화호 화장실 67개소를 대상으로 현장에서 악취강도를 조사한 결과를 나타낸 것으로, 정상 운행시와 정차 시 그리고 화장실을 이용하는 승객의 수에 따라 차이가 있으나, 무궁화호 화장실의 악취강도는 악취가 거의 감지되지 않는 0도에서 악취가 비교적 심하게 느껴지는 수준인 3.3도 까지 다양하게 나타났다. 전체 산술평균치는 1.8도이지만 실제로 전체의 24%에 해당하는 16개소의 화장실에서는 악취를 인지하여 민원이 야기될 만한 수준인 악취강도 2.5도 이상의 악취를 풍기고 있는 것으로 조사되었다.

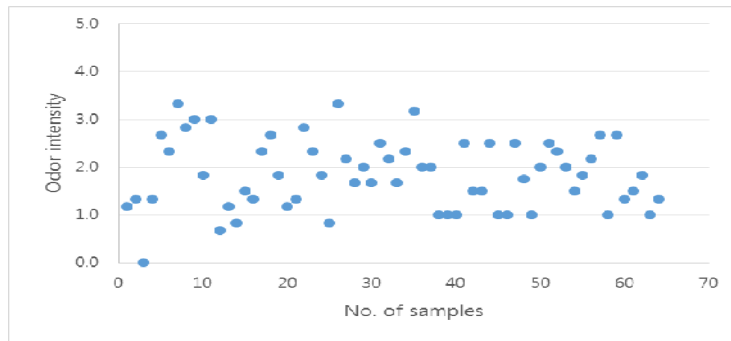


Fig. 3 Observed odor intensity of toilets in Mugunghwa train.

3.2 복합악취농도 평가

Fig. 4는 무궁화호 화장실 6개소의 악취시료를 채취하여 실험에서 측정한 복합악취농도 측정 결과를 나타낸 것으로, 시료채취 여건에 따라 다소 차이가 있으나 희석배수로 표현되는 복합 악취농도는 6배에서 30배의 범위로 조사되었다. 현행 악취방지법에서는 거주지역 등 기타지역의 복합악취 배출허용기준을 15로 설정하고 있으며, 본 조사결과와 비교해 보면 측정건수의 절반 정도 만이 배출허용기준치 이내인 것으로 조사되었다.

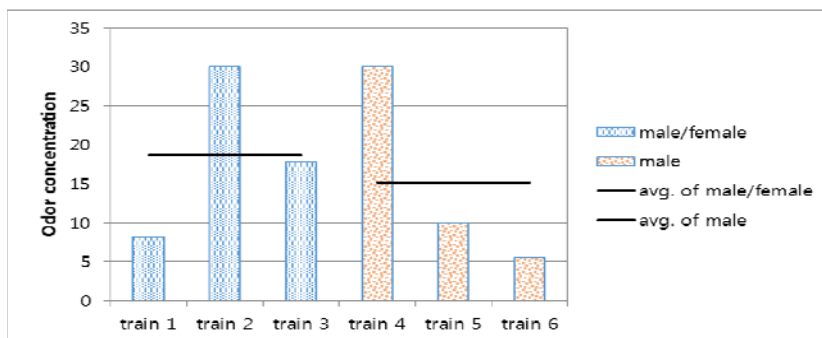


Fig. 4 Estimated odor concentration of toilets in Mugunghwa train.

3.3 악취강도와 복합악취농도의 평가

Fig. 5는 화장실 현장에서 측정된 악취강도와 채취한 악취시료백의 악취강도를 측정하여 비교한 결과를 나타낸 것이다. 악취시료백의 악취강도는 열차에서 채취한 직후 그리고 복합악취 측정 전 실험실에서 두 번에 걸쳐 측정하였다. Fig. 5에서와 같이 현장에서 느끼는 악취강도는 2.58도로서 지린내를 쉽게 감지할 정도의 강한 냄새였던 반면, 채취된 악취시료의 강도는 1.15도로 악취를 간신히 인지할 수 있을 정도로 약하게 조사되었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 악취공정시험법에 의해 측정된 복합악취농도는 실제 현장악취보다 다소 낮게 평가되는 것으로 판단된다.

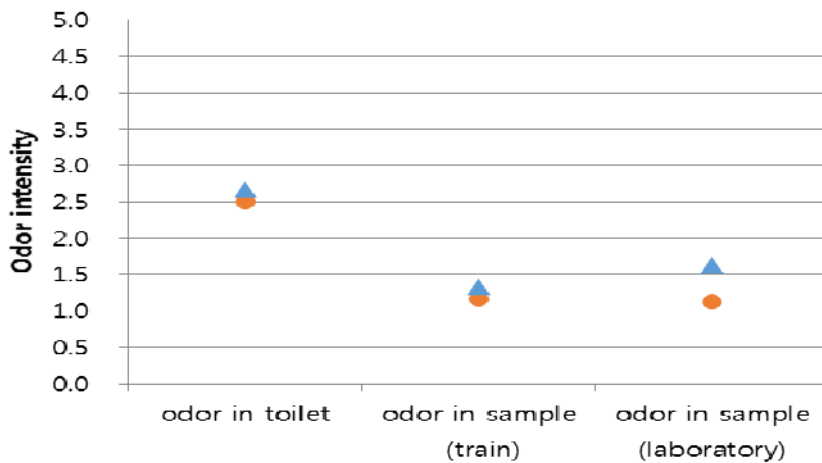


Fig. 5 Difference of odor intensity between toilet and samples.

4. 결론

무궁화호 화장실을 대상으로 악취강도 조사와 현장시료 복합악취농도 평가를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

(1) 무궁화호 화장실의 악취강도는 냄새가 거의 없는 0도에서부터 악취가 비교적 심하게 느껴지는 3.3도까지 다양하게 나타났으며, 조사대상 67개 화장실 가운데 24%에 해당하는 16개소에서는 민원이 야기될 만한 수준인 악취강도 2.5도 이상의 악취가 발생하고 있는 것으로 조사되었다

(2) 무궁화호 화장실의 복합악취의 희석배수는 최소치 6부터 최대치 30 평균 17인 것으로 측정되었으며, 측정건수의 절반 정도 만이 현행 악취방지법의 복합악취 배출허용기준치인 15 이내인 것으로 나타났다.

(3) 화장실 내부의 악취강도는 2.58도, 채취된 악취시료의 악취강도는 1.15도로 약 2배 이

상의 차이가 있으므로, 실제 화장실 이용승객이 느끼는 복합악취농도는 금번 조사결과 보다 더 높을 것으로 예상된다.

(4) 현장조사결과 열차속도, 화장실 이용승객 수 등 열차운영 조건에 따라 화장실 악취농도의 변화폭은 크게 나타났으며, 복합악취농도의 분산 폭이 큰 것도 매 조사시점의 열차운영조건이 상이했기 때문인 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 우송대학교 악취VOC연구센터의 기초연구과제로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Hyung Duk Kim (1995) Countermeasure of Odor Emitted from Toilets in the Train, Korea Railroad Corporation, Railways in Korea.
- [2] Jang Jee Kim (2002) A Study on the Lavatory Deodorization of the Rolling Stock for Railroad Service Improvement, Master Thesis of Business Administration, Inha university.
- [3] National Institute of Environmental Research (2007) Standard Method of Odor Estimation in Korea, Notification No. 2007-17 of the Ministry of Environment.
- [4] Sang Jin Park (not published) Odor Estimation of Shinkansen and KTX, Odor and VOC Research Center, Woo Song University.