

철도 차량 운전원의 소음노출 특성

이상윤 · 최상준*†

노동건강연대, *원진 노동환경건강연구소
(2008. 3. 11. 접수/2008. 3. 26. 채택)

Exposure to Noise on Railroad Operators

Sang Yun Lee · Sang-Jun Choi*†

Solidarity for Worker's Health

**Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health*

(Received March 11, 2008/Accepted March 26, 2008)

ABSTRACT

Personal noise exposure was assessed in railroad operators working in 40 operation units including the Gyeongbu line, Honam line, and Janghang line between 2004 and 2006. 8-hour TWA were assessed based on the MOL (Ministry of Labor) guideline on noise evaluation, and 17% of these measurements exceeded 85 dBA while 70% were over 80 dBA. When the ACGIH TLV is adopted, 40% of measurements were over TLV (85 dBA). The noise exposure risk of railroad operators was higher for diesel locomotive operation and longer operational distances; in addition, the risk was higher for passenger car operation compared to freight car driving. Given that in Korea, over the past 30 years diesel locomotives have provided most of the railway's motive power and that hearing protective equipment is not likely to be used by workers during operation, railroad operators are at a high risk of noise-induced hearing loss. The result of audiometric test among 568 railroad operators showed that 32.6% of those tested had a hearing threshold shift of more than 40 dB. In conclusion, this study calls for more fundamental measures including noise control countermeasures within the operation areas, development of equipment that generates less noise and adopting limitation on the operation distance for a work shift.

Keywords: railroad, operator, diesel locomotive, noise, operation diagram

I. 서 론

철도차량 운전원에 대한 소음 노출 평가는 1970년대 미국 교통부에 의해 실시된 바 있으며,^{1,3)} 이후 1980년 Kilmer의 조사에 의해 철도차량 운전원의 소음 노출 원인 분석을 시도한 바 있다.⁴⁾ Kilmer의 연구에 의하면 철도 차량 운전실 내부의 소음 노출원은 철도 차량 바퀴의 구동에 의한 wheel-rail noise 보다는 운전실 내부의 디젤 엔진, 경적(horn), 무전기, 브레이크 장치 등에 의한 발생 소음이 주요 원인이라고 하였다.

이후 1996년에 미국 철도청(Federal Railroad Administration, FRA)에서는 1994년 기관차 승무원을 대상으로 대규모의 소음 노출 조사 결과를 의회에 제출하였

으며, 이 보고서에 의하면 운전조건에 따라 직업적으로 청력손실을 유발할 위험이 있고, 주요 소음발생원은 운전실 주변에 위치한 엔진 소음과 경적, 무전기라고 지적하였다.⁵⁾

전 세계적으로 1980년대 중반 이후 보다 많은 승객들을 빠르고 편하게 운송하기 위한 주요 교통수단으로 철도의 필요성이 급증하면서 기존의 철도망이 확장되거나 신설되게 된다. 이러한 교통수단으로써의 중요성이 커짐과 동시에 이로 인해 발생하는 환경영향에 대한 규제도 강화되게 되면서 철도로 인한 주변 지역주민들에게 미치는 소음 및 진동에 대한 관심이 증가하게 되었다. 1994년 국제철도협회(International Institution of Railways, IIR)에서는 가장 우선적으로 처리해야 할 과제로 소음과 관련된 세 가지 이슈-불쾌감을 일으키는 소음 수준, 소음 감소 대책, 소음 발생 원인을 제시하였다.⁶⁾

1995년 유럽철도연구회(European Rail Research Ins-

†Corresponding author : Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health
Tel: 82-2-490-2089, Fax: 82-2-490-2099
E-mail : junilane@hanmail.net

titute, ERRI)에서는 소음 관련 연구자금으로 매년 110만 유로화를 출연하여 연구하고 있다. 1994년 프랑스 파리에서 열린 세계 최초 철도 연구 학회(World Congress on Railway Research)에서는 소음, 진동 관련 연구결과물 11편이 소개되면서 전 세계적인 관심이 증폭되었고, 현재 철도 운송 사업에 있어 소음 및 진동을 최소화 하는 문제는 가장 큰 관심분야로 자리 잡고 있다.⁷⁾

2002년 유럽철도연구자문위원회(European Rail Research Advisory Council, ERRAC)에서는 ‘Strategic Rail Research Agenda 2020’(SRRRA)를 발표하였다. 이 agenda 중 주요 환경 연구 분야에서 가장 우선적으로 고려해야 할 영역으로 ‘철도 소음의 개선’을 제시하고 있다.⁸⁾

이와 같이 철도운행과 관련한 운전원 및 철로 주변 주민들에 대한 소음 노출 평가와 개선에 대한 연구는 중요한 주제로 인식되어 왔다. 국내에서도 철도 운송에 대한 소음관련 연구는 도로 교통소음 연구와 함께 주로 철도 주변의 지역주민에게 미치는 영향을 중심으로 이루어지고 있으며, 가장 큰 노출 대상자인 기관차 승무원에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다.⁹⁻¹⁴⁾

노와 피(2003)는 국내 작업환경측정을 통해 소음 노출기준 초과업종을 분석한 결과 초과가 가장 많은 업종은 섬유제품제조업과 조립금속 제품 제조업이라고 보고한 바 있다.¹⁵⁾ 그러나 이 논문은 소음에 대한 작업환경측정 결과를 노동부에 보고한 업종을 토대로 조사된 것이기 때문에 작업환경측정이 이루어지지 않아왔던 기관차 승무원들은 누락되어 있다.

특히 우리나라의 경우 2005년 철도안전법 시행령과 시행규칙이 제정되면서 기관차 승무원의 면허 규정이 제정되었고, 면허 취득을 위한 신체검사 항목 중 ‘귀의 청력이 모두 40 dB 이상인 자’로 제한하고 있어 기관차 승무원에 대한 운전 중 소음 노출영향 평가와 이를 통한 청력 보호 대책은 매우 중요하다고 할 수 있다.¹⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 기관차 승무원의 근무형태(교번

제)를 고려하여 승무행로(diagram)에 따른 승무원의 소음노출 특성을 평가하고 기관차 승무원에 대한 청력 테스트를 통해 소음성 난청의 가능성을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 소음 노출 평가 대상

2004년부터 2006년까지 경부선, 호남선, 장항선, 경인선, 경의선에 대한 총 40개의 승무행로를 대상으로 기관차에 대한 개인 소음 노출평가를 실시했다. 조사 대상 승무행로는 소음 노출량에 영향을 줄 것으로 예측되는 전체 근무시간 중 실제 운전 시간이 차지하는 비율, 동력차의 종류, 행선지(운행거리), 열차의 종류(객차/화차) 등을 고려하여 선정하였다.

기관차 승무원의 근무형태는 가장 복잡한 형태인 교번제로서, 매일 작업내용(기관차 운전)은 동일하지만 승무행로(diagram) 계획에 의해 운용행로와 운행 시간이 달라지는 특성이 있으며, 출·퇴근 시간과 근무시간이 불규칙한 특성을 갖고 있다.

전체 근무시간 안에는 실제 운전에 소요되는 시간(소음 노출 시간)과 안전운전을 위해 편성되어 있는 점검(stand-by) 및 기감시간(observation) 기타 다음 운용행로로 이동하는데 소요되는 편승(hitchhike) 및 대합(lodging) 시간 등이 존재되어 있다. 본 연구에서는 실제 소음에 노출되는 시간을 고려하여 근무시간을 다음과 같이 크게 두 가지로 구분하여 정의하였으며, 소음 노출 측정은 Fig. 1과 같이 전체 근무시간을 포함하여 실시한 후 운전시간 및 전체시간에 대한 노출량을 평가하였다.

- 전체 근무시간(Total worktime) : 하나의 승무행로에 대해 사업소 출근시간부터 퇴근하는 시간까지를 총 근무시간으로 정의하였다.
- 운전시간(Operation time) : 전체 운용행로 일정 중 야간 합숙 시간을 제외한 모든 시간(기관차 점검,

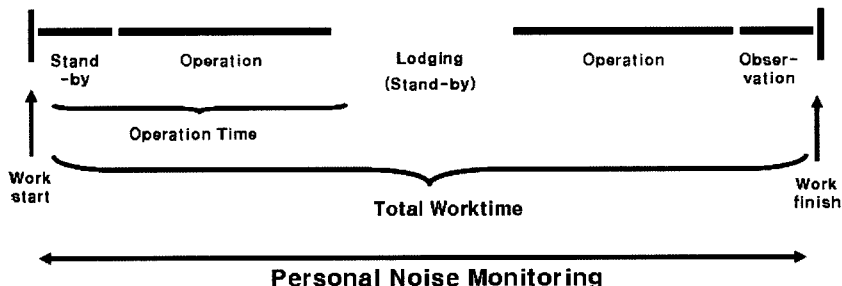


Fig. 1. Simple diagram of noise monitoring strategy.

감시, 편승, 운전)을 운전시간이라고 정의하였다.

2. 소음 평가 방법

소음 측정은 5초 간격으로 데이터를 저장 할 수 있고 동시에 4가지의 서로 다른 측정변수 설정이 가능한 누적소음 노출량계(Spark 705 · 706, Larson-Davis, USA)를 이용하였다.

소음 노출량계의 측정변수 설정은 국내 노출기준과 비교 평가하기 위해 노동부의 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부고시 제2005-49호)에서 제시한 Criteria=90 dB, Exchange Rate=5 dB, Threshold=80 dB과 미국 국립산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 TLVs (Threshold Limit Values)와 비교할 수 있는 Criterion=85 dB, Exchange Rate=3 dB, Threshold=80 dB을 동시에 설정하여 사용하였다.^{17,18)}

소음 측정결과는 (식 1)에 의해 dose를 계산하고, (식 2)를 이용하여 전체 승무행로 시간 혹은 운전시간에 대한 시간가중평균 음압수준(Lavg)을 계산하였으며, (식 3)을 이용하여 노동부 노출기준과 ACGIH-TLV와 비교 평가할 수 있도록 8시간가중평균 음압수준(8hr-TWA)을 계산하였다. 또한 주요 소음 노출량에 영향을 주는 변수를 비교할 때는 등가소음수준(Leq, Exchange Rate=3 dB, Threshold=40 dB)을 활용하였다.

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \times 100 \quad (1)$$

D : Dose to monitoring time, %

C_n : Total time of exposure at a specified noise level

T_n : Exposure duration for which noise at this level becomes hazardous

$$Lavg = CL + \left(\frac{ER}{\text{Log}2}\right) \cdot \text{Log}\left(\frac{D}{T} \cdot \frac{CT}{100}\right) \quad (2)$$

Lavg : Time-weighted average sound pressure level to monitoring time, dBA

CL : Criterion level, 90 dBA(MOL) or 85 dBA (ACGIH)

ER : Exchange rate, 5 dB(MOL) or 3 dB(ACGIH)

D : Dose calculated by equation 1, %

CT : Criterion time

T : Monitoring time

$$8hr - TWA = CL + \left(\frac{ER}{\text{Log}2}\right) \cdot \text{Log}\left(\frac{D}{100}\right) \quad (3)$$

8hr-TWA : 8hr-Time-weighted average sound pressure level, dBA

CL : Criterion level, 90 dBA(MOL) or 85 dBA (ACGIH)

ER : Exchange rate, 5 dB(MOL) or 3 dB(ACGIH)

D : Dose calculated by equation 1, %

3. 청력검사

청력검사는 2005년 9월-11월까지 한국철도공사 소속 철도 차량 운전원 중 무궁화호, 새마을호 또는 고속열차의 운행 경력을 갖고 있는 586명(남성 577명, 여성 9명)을 대상으로 실시하였으며, 소음에 대한 특수건강진단 필수항목인 순음기도 청력검사(양쪽 귀에서 1000, 4000 Hz)를 실시하였다.

4. 통계분석

정규분포 확률도를 이용하여 자료의 분포를 확인하고, 소음 노출 수준에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대해 분산분석과 Duncan test를 실시하여 통계적 요인별 차이를 평가하였다. 또한 운전실 내부의 등가 소음도를 종속변수로 하고 소음수준에 영향을 줄 것으로 예측되는 변수들을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 통해 유의미한 영향을 미치는 변수를 분석하였다. 모든 통계적 분석은 SPSS 12.0 통계 패키지를 이용하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 승무행로의 기본특성

총 40개 승무 행로의 기본적 특성을 요약하면 평균 운전거리는 435.6 km(62.4-883.4), 근무시간 941분(525-1493), 실제 운전시간 426분(200-680)으로 개별 승무행로에 따른 총 근무시간이 매우 긴 특성을 갖고 있으며, 실제 운전시간이 차지하는 비율은 평균 48%였다(Table 1). 본 연구에서 각 행로별 소음 측정 시간은 평균 915분(483-1412)으로 가능한 전체 근무시간에 대한 평가가 가능하도록 측정하였다.

각 승무행로 별 노동부 노출기준과 비교할 수 있는 8hr-TWA(MOL)는 평균 81.3 dBA(67.6-86.4)이었고, ACGIH-TLV와 비교할 수 있는 8hr-TWA(ACGIH)는 평균 83.8 dBA(76.0-89.2)이었다. 측정 결과 노동부 노출기준을 초과하는 경우는 없었으나, 전체 측정대상 행로 중 17%가 85 dBA를 넘고 있었고 70%가 80 dBA를 넘는 수준이었다(Fig. 2). ACGIH-TLV와 비교하면 총 40%가 TLV(85 dBA)를 초과하였다.

전체 승무 행로 근무시간 중 실제 소음에 노출되는

Table 1. Summary of noise monitoring results

Variable	Operation Distance ¹⁾ (km)	Monitoring Time (min)	Work Time/Shift (min)		Lavg(MOL)(dBA)		8hr-TWA(dBA)	
			Total	Operation	Total	Operation	MOL ²⁾	ACGIH ³⁾
Number	39	40	40	40	40	40	40	40
Mean	435.6	915.1	940.9	426.0	76.9	82.5	81.3	83.8
Median	474.0	841.5	849.0	438.0	76.2	82.5	81.8	84.0
SD	210.0	297.4	315.9	120.4	4.4	4.1	4.0	3.0
Min	62.4	483.0	525.0	200.0	66.6	68.7	67.6	76.0
Max	883.4	1412.0	1493.0	680.0	84.5	89.5	86.4	89.2

1)Operation distance : Total number is 40 but one data is missing.

2)MOL : 5 dB exchange rate, 80 dB threshold, 90 dB criteria on 8 hr.

3)ACGIH : 3 dB exchange rate, 80 dB threshold, 85 dB criteria on 8 hr.

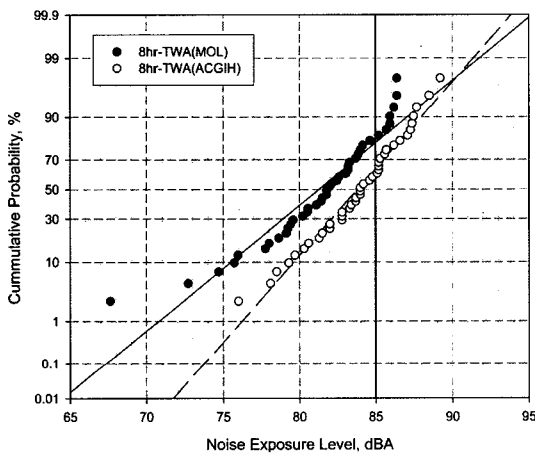


Fig. 1. Distribution of noise exposure level.

운전시간 동안의 시간가중평균 노출수준(Lavg)을 노동부 소음측정 기준에 의해 평가한 결과 운전시간 동안 평균 82.5 dBA의 소음에 노출되고 있고, 최대 89.5 dBA의 소음에 노출됨이 확인되었다(Table 1).

본 연구와 유사한 조사를 실시한 Seshagiri(2003)는 48개 철도 차량 운행 행로를 대상으로 기관사와 열차

차장에 대한 소음 개인노출 평가를 실시한 바 있다.¹⁹⁾ Seshagiri의 연구 결과에 의하면 여름과 겨울 동안 나누어 평가한 결과 기관사의 8hr-TWA(5 dB exchange rate, 80 dBA threshold)는 각각 80, 84 dBA이었으며, 기관사에 대한 등가소음도(Leq, 3 dB exchange rate, 50 dBA threshold)는 전체의 56%가 85 dBA 이상이었고, 13%가 90 dBA 이상이라고 보고하고 있으며 본 연구결과와 유사함을 확인할 수 있다.

2. 운행거리, 전체 근무시간, 운전시간과 소음 노출량과의 관계

기관차 승무원들의 소음 노출 수준에 영향을 줄 수 있는 운행거리, 전체 근무시간, 운전시간, 전체 근무시간에 대한 평균 소음 노출수준(Lavg for total worktime), 운전시간에 대한 평균 소음 노출수준(Lavg for operation time), 노동부 기준에 의해 계산된 8hr-TWA, 그리고 ACGIH-TLV에 의해 계산된 8hr-TWA에 대해 상호간에 상관분석을 실시한 결과 Table 2와 같았다.

승무원들의 8시간 평균 소음 노출수준(8hr-TWA(MOL))과 가장 큰 양의 상관성을 나타낸 것은 운전시

Table 2. Correlation coefficients among variables effecting noise exposure

	Operation distance	Total worktime	Operation time	Lavg for total worktime	Lavg for operation time	8hr-TWA (MOL)	8hr-TWA (ACGIH)
Operation distance	1						
Total worktime	0.29	1					
Operation time	0.75**	0.60**	1				
Lavg for total worktime	0.31	-0.46**	-0.12	1			
Lavg for operation time	0.11	-0.20	-0.29	0.88**	1		
8hr-TWA(MOL)	0.52**	0.11	0.24	0.83**	0.86**	1	
8hr-TWA(ACGIH)	0.35*	-0.03	0.09	0.86**	0.88**	0.94**	1

* : P<0.05, ** : P<0.01.

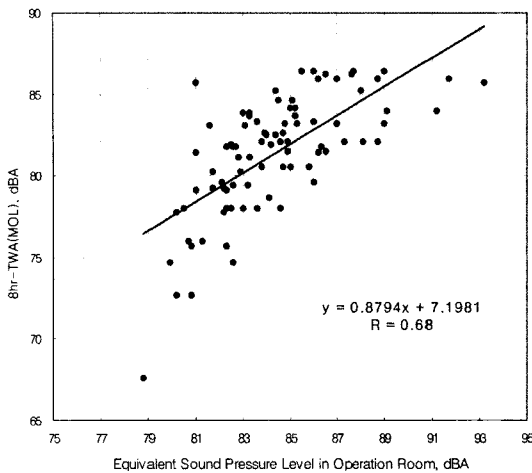


Fig. 1. Correlation between equivalent sound pressure level in operation room and personal 8hr-TWA exposure to noise.

간 동안 측정된 평균 소음 노출수준(R=0.86, P<0.01)이었으며, 다음으로는 전체 근무시간 평균 소음 노출수준(R=0.83, P<0.01)이었다. 또한 전체 근무시간이나 운전시간 보다는 운행거리와 통계적으로 유의한 양의 상관성(R=0.52, P<0.01)을 보이고 있어 장거리 운전일수록 평균 소음 노출 위험도가 커질 것으로 예측할 수 있다.

운전시간 동안 평균 소음노출수준도 전체 근무시간이나 운전시간과는 음의 상관성을 보인 반면에 운행거리와는 양의 상관성을 나타내었으나 통계적 유의성은 없었다. 본 연구에서 운전시간의 정의는 전체 작업시간 중 합숙시간을 제외한 나머지 시간으로 정의하였는데, 여기에는 기관차가 움직이지 않은 상태에서 간단한 정비와 대기하는 기감, 대기 시간 등이 포함되어 있고, 이 시간 동안 승무원들은 승무대기소에서 대기하기도 하기 때문에 소음 노출량과 유의한 양의관계를 나타내지 않는 것으로 판단된다. 반면에 운행거리는 실제 기관차가 가동되어 움직이는 양을 대표하기 때문에 통계적인 유의성은 없었으나 비교적 소음노출량과의 양의 상관성이 나타나고 있다고 판단된다.

3. 운전 조건과 소음 노출량과의 관계

본 연구의 조사 대상인 총 40개의 승무 행로는 총 86개의 동력차 운행의 조합으로 구성되어 있다. 이는 한 개의 승무 행로에 2개 이상의 서로 다른 동력차를 이용한 운행으로 구성되기 때문이다. 각 세부 운행에 대한 운전실 내부에서 열차 운전 동안 발생된 등가소음도(Leq)와 승무원의 8hr-TWA(MOL)과의 관계를 분석한 결과 Fig. 3과 같이 통계적으로 유의한 양의 상관

성(R=0.68, P<0.01)을 나타내었다.

86개의 운행에 대한 등가 소음도에 영향을 미칠 수 있는 계절, 운행 노선, 차량 종류, 동력차 종류별로 분산분석과 Duncan test를 통해 등가 소음도의 수준을 비교한 결과 Table 3과 같았다. 계절에 따른 등가소음도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았는데, 이는 차량 내부의 냉·난방 시스템의 가동으로 인해 여름에도 창문을 열지 않고 운행하기 때문에 계절에 따른 차량 내부의 등가 소음도에는 큰 영향을 주지 않는다고 판단된다.

운행 노선별로는 경부선의 평균 등가 소음도가 85.6 dBA로 가장 높았으며, 다른 호선(호남선, 장항선, 경인선, 경의선)과 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

열차의 운행 속도가 빠를수록 발생하는 소음(rolling noise)도 커질 수 있는데 차량의 종류별 열차 속도는 새마을 객차가 가장 빠르고 다음으로 무궁화 객차, 화차 순이다. 열차의 종류별 운전실 내부의 등가 소음도를 비교한 결과 무궁화 객차가 평균 등가 소음도는 84.9 dBA로 가장 높았으며, 다음으로 새마을호 객차(83.5 dBA), 화물차(83.3 dBA) 순이었으며 통계적 유의성은 기준에 근접한 수준이었다(p=0.051).

현재 국내에서 운행되고 있는 동력차는 객차와 연결되어 있는 동차(rail car)와 분리되어 있는 기관차

Table 3. Equivalent sound pressure level in operation room by variables

Variable	N	Mean±SD	P-value
Season			
Summer	59	84.3±2.8	0.708
Winter	27	84.5±2.7	
Line			
Gyeongbu	36	85.6±3.0 ^a	0.001
Honam	20	82.8±1.8 ^b	
Janghang	16	83.5±2.0 ^b	
Gyeongin, Gyeongui	14	84.1±2.7 ^{ab}	
Rail car			
Freight	14	83.3±3.5	0.051
Mugunghwa	53	84.9±2.8	
Saemaul	19	83.5±1.8	
Motive power car			
DL 7000-7200	29	85.7±3.2 ^a	0.003
DL 7300-7500	34	84.0±2.6 ^{ab}	
DHC	18	83.3±1.5 ^b	
EL	5	82.1±1.6 ^b	
Total	86	84.3±2.8	

a and b are Duncan's constant from the analysis of homogeneity.

Table 4. Characteristics of motive power car selected in this study

Classification	Type	Pulling Capacity (Hp)	Weight (Ton)	Service Life (year)
Diesel Locomotive	7000~7500	3,000~3,300	118~132	25
Electric Locomotive	8200	7,000	88	30
Diesel Hydraulic Car	PP(Push-Pull)	1,525~1,980	69	20

(locomotive)로 구분되며, 사용하는 동력이 디젤인 경우 디젤동차(diesel rail car, DRC)와 디젤기관차(diesel locomotive, DL)로 구분하고, 동력이 전기이면 전기동차(electric rail car, ERC)와 전기기관차(electric locomotive, EL)로 분류한다. '2005철도통계연보'에 의하면 수도권 지역의 단거리 운행은 전기동차가 주종이지만, 장거리 철도 운행에 사용되는 새마을호와 무궁화호에는 여전히 디젤동차와 디젤기관차가 주종을 이루고 있다.²⁰⁾

본 연구의 대상인 승무 사무소에서 운행하고 있는 주요 동력차의 종류별 특성은 Table 4와 같다.

디젤기관차는 디젤엔진-발전기-정류기-견인전동기의 복잡한 구성으로 이루어져 있으며, 외부에서 전원을 공급받아 별도의 발전기가 필요 없는 전기기관차에 비해 차량 중량이 무겁고 소음 발생이 큰 특징이 있다.

동력차의 종류에 따라 운행 중 운전실내에서 발생하는 평균 등가소음수준을 비교한 결과 Table 3과 같이 디젤기관차(DL) 7000-7200 형식이 85.7 dBA로 가장 높았으며, 다음으로 DL 7300-7500 형식이 84.0 dBA, 새마을호에 이용되는 push-pull(PP) 형태의 디젤액압식 기관차(DHC) 83.3 dBA(80.2-85.5), 그리고 신형 전기기관차(EL) 82.1 dBA(80.2-83.8) 순이었다. 분산분석 결과 동력차 종류별 발생 소음수준에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 특히 디젤기관차는 DHC와 EL과 비교하여 유의하게 높게 나타났다.

4. 다중회귀분석 결과

열차 운전실 내 등가 소음도에 영향을 줄 수 있는

예측변수인 계절, 노선, 열차 종류, 동력차 종류, 운전거리 등을 독립변수로 하고 운전실 내 등가 소음도를 종속변수로 한 후 stepwise 방식으로 변수들을 투입하여 다중 회귀분석을 실시하였다. 다중 회귀분석 결과 통계적으로 유의미한 회귀모형은 Table 5와 같았으며, 등가 소음도에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 동력차의 종류였으며, 다음으로 영향을 미치는 변수는 열차 종류였다. 동력차의 경우 디젤 기관차보다는 디젤액압식 기관차와 전기기관차로 변화될수록 운전실 내 등가 소음도를 줄이는데 가장 크게 기여한다고 할 수 있으며, 열차 종류별로는 화물차보다 무궁화 객차와 새마을 객차의 경우 운전실 내 등가 소음도 증가에 미치는 영향이 커짐을 확인할 수 있다.

5. 청력 검사 결과

한국철도공사 소속 586명의 기관차 승무원을 대상으로 순음 기도 청력 검사 결과 양쪽 귀 중 어느 한 곳이라도 청력 역치값이 40 dB 이상인 작업자는 전체의 32.6%로 나타났다(Table 6). 연령별 분석 결과 40세 이상 55세 미만의 연령대에서 청력 역치값 40 dB 이상 비율이 30.1%~41.7%으로 비교적 높은 분포를 나타내었다.

노동부에서 2006년에 발표한 '2004년 특수건강진단 실시결과 보고서'에 따르면 국내 106개 특수건강진단 기관으로부터 총 600,164건의 진단결과를 수집하여 분석한 결과 소음성난청에 대한 직업병유소견자(D1) 수는 1,994명이며, 만인률은 52.4명이었고, 직업병요관찰자(C1)는 총 55,889명으로, 만인률은 1,468.9명이었

Table 5. Result of multiple regression analysis between equivalent sound pressure levels and effective variables

Model	Variable	Non-standardized coefficient		Standardization coefficient	t	P-Value
		B	Standard error	β		
1	Constant	86.7	0.7		125.3	<0.01
	Motive power car ¹⁾	-1.2	0.3	-0.4	-3.8	<0.01
2	Constant	85.1	1.0		86.4	<0.01
	Motive power car	-1.7	0.4	-0.5	-4.6	<0.01
	Rail car ²⁾	1.2	0.5	0.3	2.4	0.021

1) Motive power car : DL 7000-7200(1), DL 7300-7500(2), DHC(3), EL(4)

2) Rail car : Freight(1), Mugunghwa(2), Saemaul(3)

Table 6. Result of audiometric test for railroad operators

Age	Number	Hearing threshold at 4,000Hz ≥ 40 dB					
		Left ear		Right ear		Left or Right ear	
		N	%	N	%	N	%
<35	47	2	4.3	1	2.1	2	4.3
35-39	58	13	22.4	10	17.2	16	27.6
40-44	183	43	23.5	39	21.3	55	30.1
45-49	159	45	28.3	47	29.6	66	41.5
50-54	101	25	24.8	31	30.7	36	35.6
55-59	36	12	33.3	12	33.3	15	41.7
≥60	2	1	50.0	1	50.0	1	50.0
Total	586	141	24.1	141	24.1	191	32.6

다.²¹⁾ 본 연구에서는 소음성난청을 의심해 볼 수 있는 4,000Hz에서 40 dB 이상의 청력역치를 나타낸 운전원의 비율이 32.6%로 만인틀로 환산하면 3,259명이며, 이는 전국 소음성난청 직업병요관찰자에 대한 만인틀의 2.2배에 해당한다. 본 연구 결과는 1996년에 미국 철도청(Federal Railroad Administration, FRA)에서 기관차 승무원을 대상으로 대규모의 소음 노출 조사 결과 운전조건에 따라 직업적으로 청력손실을 유발할 위험이 있다고 발표한 것과 마찬가지로 철도 차량 운전원의 직업성 소음성난청 위험이 충분히 있음을 나타내고 있다.⁵⁾ 그러나 2005년까지 국내 대부분의 철도차량 운전원들은 소음에 대한 작업환경측정과 특수건강검진이 실시되고 있지 않았으며, 소음성 난청 유발 위험에 대한 관심도 적었던 것이 사실이다. 따라서 이후 철도 차량 운전원에 대한 소음에 대한 작업환경평가와 특수건강진단의 확대 실시와 소음 노출을 줄이기 위한 차량 운전실 내부의 방음대책과 저소음 차량으로의 교체, 1회 근무시 장거리 운행에 대한 제한 등의 조치가 필요하다고 판단된다. 특히 2005년 제정된 철도안전법 시행규칙에 의한 승무원 면허증 발급을 위한 신체검사 항목 중 '양쪽 귀 모두 40 dB 이상의 청력'에 대한 규정은 현실적인 타당성을 검토할 필요가 있으며, 운전원에 대한 소음노출 저감 대책 없이 청력에 대한 조건을 면허증 발급 기준으로 제시하는 것은 재고되어야 할 것으로 판단된다.

6. 연구의 제한점

본 연구에서는 철도 차량 운전원들의 소음 노출 특성을 평가하고자 하였으나, 고속철도(KTX)에 대해서는 포함시키지 못한 제한점이 있다. 그러나 KTX의 운행은 2004년부터였기 때문에 소음성 난청이 장기간 반복적인 소음의 노출로 인해 발생한다는 점을 고려할 때 본 연구에서 KTX를 포함시키지 않았더라도 본 연구의

소음 노출 수준과 현재의 철도 차량 운전원들의 청력 검사 결과와의 개연성을 평가하는데는 무리가 없다고 판단된다.

IV. 결 론

총 40개 승무행로를 대상으로 기관차 승무원의 소음에 대한 8시간 평균 노출수준을 평가한 결과 전체 17%가 85 dBA를 넘고 있었고 70%가 80 dBA를 넘는 수준이었다. ACGIH의 평가 기준으로 비교하면 총 40%가 TLV(85 dBA)를 초과하였다.

승무행로의 전체 근무시간과 운전시간을 구분하여 평가하면 운전시간 동안 실제 노출 소음 수준은 8시간 평균 노출수준보다 높게 나타나고 있었고, 장거리 운행 차량의 대부분을 차지하는 디젤기관차 운전실 내부의 등가소음 수준은 평균 84.8 dBA, 최대 93.2 dBA까지 발생하고 있었다.

승무원의 소음 노출 위험도는 동력차 중 디젤기관차를 운전하고, 운전거리가 길며, 화차보다는 운행 속도가 빠른 객차를 운전할수록 커진다고 할 수 있으며, 통계적으로도 유의미했다.

한국철도공사 소속 586명의 기관차 승무원을 대상으로 순음 기도 청력 검사 결과 양쪽 귀 중 어느 한 곳이라도 청력 역치값이 40 dB 이상인 작업자는 전체의 32.6 %였으며, 이는 노동부의 2004년 전국 특수건강진단 결과(소음성난청 직업병 요관찰자 만인틀; 1,468.9명)와 비교할 때 약 2.2배 높은 수준이었다. 연령별 분석 결과 40세 이상 55세 미만의 연령대에서 청력 역치값 40 dB 이상 비율이 30.1%~41.7%으로 비교적 높은 분포를 나타내었다.

이상 본 연구 결과를 통해 과거 30년간 국내 주요 기관차종이 디젤기관차이며, 승무원의 작업 특성상 귀마개와 같은 청력 보호구를 운전 중 착용하기 힘든 점

등을 고려할 때 기관차 승무원들의 소음 노출 수준은 소음성 난청 발생 가능성이 충분히 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 2005년 제정된 철도안전법 시행규칙에 의한 승무원 면허증 발급을 위한 신체검사 항목 중 '양쪽 귀 모두 40 dB 이상의 청력'에 대한 규정은 현실적인 타당성을 검토할 필요가 있으며, 기관차 승무원의 청력보호를 위한 차량 내부의 방음대책과 저소음 차량 개발, 1회 근무시 운행 거리의 제한 등의 근원적 대책마련이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- Aurelius, J. P. : The sound environment in locomotive cabs (U.S. Department of Transportation report no. FRA-RP-71-2A). New York: Systems Consultants Inc. 1971.
- Jankovich, J. P. : Human factors survey of locomotive cabs (U.S. Department of Transportation report no. FRA-OPP-73-1). Crane, Ind.:Naval Ammunition Depot. 1972.
- Remington, P. J. and Rudd, M. J. : An assessment of railroad locomotive noise (U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration, report no. FRA-OR&D-76-142). Washington, D.C.:U.S. Department of Transportation. 1976.
- Kilmer, R. D. : Assessment of locomotive crew in-cab occupational noise exposure (National Bureau of Standards, report no. FRA/ORD-80/91). Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation. 1980.
- U.S. Department of Transportation: Locomotive crashworthiness and cab working conditions: Report to Congress. Washington, D.C.: Federal Railroad Administration. 1996.
- Envirail : Project Declaration of the Union International des Chemins de Fer. 1994.
- De Vos P. H. : Railway noise; the physics of airborne sound generation and propagation. *Journal of Sound and Vibration*, **193**(1), 77-82, 1996.
- European Rail Research Advisory Council(ERRAC) : Strategic rail research agenda 2020-first report of the European Rail Research Advisory Council. 2002.
- Jo, J., Lee, D., Jung, W. and Shin, M. : A Study on the railway noise reduction according to improvement of rail joint. *The Korean Society for Railway*, **4**(1), 31-37, 2001.
- Choi, H. and Cheong, K. : Prediction of traffic noise in Kwang-ju city (trunk roads and access roads). *Korean Journal of Environmental Health Society*, **27**(4), 99-105, 2001.
- Kang, D., Rhee, D., Lee, S., Lee, W., Lee, J., Jang, S., Seo, C. and Hong, J. : Establishment of Railroad Noise Monitoring Network. *Report of NIER*, **24**, 243-257, 2002.
- Yang, S. : A study on railroad environmental impact assessment. *Korean Environmental Law Association*, **27**(3), 157-184, 2005.
- Chung, K. : A study on the analysis of noise characteristic for railway. *Journal of Korea National Railroad College*, **19**, 109-133, 2004.
- Lee, N., Sun, W., Cho, K., Zoh, K. and Cho, I. : Assessment of road traffic noise by apartment floor and arrangement construction of building in apartment complex. *Korean Journal of Environmental Health*, **32**(2), 118-125, 2006.
- Roh, Y. and Phee, Y. : Analysis of industry types exceeding noise exposure limit in Korea. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, **13**(1), 53-61, 2003.
- Ministry of Construction and Transportation : Enforcement ordinance of railroad safety law. Article 12. Table 2. Medical examination standard. 2005.
- Ministry of Labor : Workplace environment monitoring and quality control. Ministry of Labor notification 2005-49, 2005.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): 2005 TLVs and BEIs. 2005.
- Seshagiri, B. : Exposure to noise on board locomotives. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **64**, 699-707, 2003.
- Korea Railroad-Korea Rail Network Authority : Statistical yearbook of railroad 2005. 2006.
- Ministry of Labor : Statistical report of medical examination for workers 2004. 2006.