Check for updates

Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng., 35(2) : 237~245, 2025
https://doi.org/10.5050/KSNVE.2025.35.2.237

한국소음진동공학회논문집 제 35 권 제 2호, pp. 237~245, 2025
ISSN 1598-2785(Print), ISSN 2287-5476(Online)

미래 친환경차 보급률에 따른 소음 저감효과 고찰

Review of Noise-reduction Effect Based on Electric-vehicle Penetration Rate

정 태 량[*] · 전 형 준[*] · 장 석 민[**] · 류 훈 재[†]
Tae Ryang Choung[*], Hyung Jun Jeon[*], Seok Min Jang[**] and Hunjae Ryu[†]

(Received March 11, 2025 ; Revised March 27, 2025 ; Accepted March 31, 2025)

Key Words : Internal Combustion Engines(내연기관차), Electric Vehicles(친환경차), Penetration Rate(보급률), Road-traffic Noise(도로교통소음)

ABSTRACT

The transition from conventional internal combustion engines using fossil fuels to electric vehicles (EVs) has become a policy trend in major countries worldwide, including South Korea. Within this policy shift, the expansion of EVs is expected to contribute positively to not only environmental improvement but also to road-traffic noise reduction. As the proportion of EVs increases in the future, changes in the overall road-traffic noise are expected to be significantly affected by the penetration rate of EVs, vehicle speed, and percentage of heavy vehicles. Therefore, to examine the changes in road-traffic noise based on the future penetration rate of EVs, various existing EV studies are reviewed. The noise-reduction effect of EVs is derived based on vehicle speed and percentage of heavy vehicles, and noise reduction is analyzed under different future penetration-rate scenarios. Results of noise-reduction analysis under different scenarios show that, as expected, the overall noise reduction increases with the penetration rate of EVs. Furthermore, noise reduction is greater when the vehicle speed and percentage of heavy vehicles decrease. The results of this study enable one to establish noise-reduction plans reflecting the penetration of EVs when evaluating road-traffic noise in future urban development projects.

1. 서 론

최근 화석연료를 사용하는 전형적인 내연기관차(internal combustion engines, ICE)에서 친환경차(electric vehicles, EVs)로의 전환은 대한민국을 포함한 전세계 주요 국가의 정책적 추세라고 볼 수 있다. 이러한 친환경차 확대 정책은 탄소 배출을 줄이고, 대기 오염을 개선하며, 지속 가능한 교통 시스템을 구축하는데 핵심적인 역할을 하고 있다. 이를 위해 각국 정부는 전기차 및 수소차 구매 보조금 지원, 충전 및 수소충전 인프라 확충, 내연기관차 판매 금지 일정 발표, 배출가스 규제 강화 등의 정책을 적극 추진하고 있다. 또한, 도심 내 저배출구역(low-emission zone, LEZ) 지정, 친환경 대중교통 도입, 전기버스 및 전기택시 운영 확대 등의 조치도 시행되고 있어 친환경차로의

† Corresponding Author ; Member, Department of Urban Big Data Convergence, University of Seoul
E-mail : pgryuno1@uos.ac.kr
* NVT; Department of Environmental Engineering, University of Seoul, Ph.D. Candidate
** NVT, Researcher

A part of this paper was presented at the KSNVE 2024 Annual Autumn Conference
‡ Recommended by Editor Jiyoung Hong
ⓒ The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

전환이 점차 가속화되고 있다[1,2].

우리나라는 2050년 탄소중립 목표를 달성하기 위해 친환경차 보급을 적극적으로 추진하고 있다. 정부의 '제4차 친환경자동차 기본계획(2021년~2025년)'에 따르면 2025년까지 283만 대, 2030년까지 785만 대 친환경차 보급을 목표로 하고, 2030년 신차판매의 80 % 이상을 친환경차로 전환을 추진해 친환경차 확산을 가속화하는 사회시스템을 구축하고 있다[2]. 이와 더불어 충전 인프라를 구축하고, 차량 가격 인하와 배터리 리스 모델 시범 운영(일부 지자체 배터리 교환형(battery swapping station, BSS) 리스 모델 도입)을 바탕으로 경제성 확보를 위한 노력을 기울이고 있으며, 공공기관 친환경차 의무구매를 통해 공공부문의 역할을 강화해 나가고 있다. 또한 기술 혁신 및 산업 생태계 전환을 가속화하는 등 다양한 정책들을 통해 친환경차 보급을 확대하고, 탄소중립 실현과 자동차 산업의 지속 가능한 발전을 도모하고 있다.

이러한 정책적 흐름 속에서 친환경차의 도입은 환경 개선뿐만 아니라 도로교통소음 저감 측면에서도 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 일반적으로 내연기관 차량은 엔진 소음이 주요한 소음원으로 작용하지만, 전기차나 수소차와 같은 친환경차는 엔진 소음이 없거나 미미하여 도로교통소음을 상당 부분 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 도심 및 주거 지역에서 낮은 속도로 주행하는 경우 내연기관차 대비 친환경차의 소음 저감 효과가 더욱 두드러질 가능성이 크다.

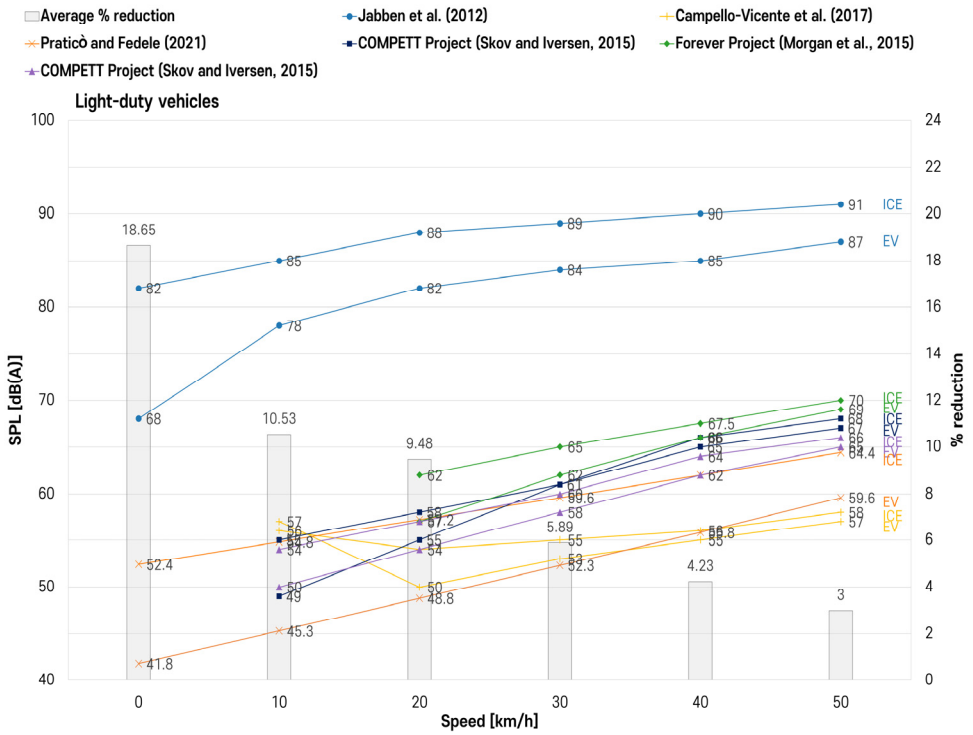
따라서 우리나라의 미래 친환경차 보급 계획에 따른 도로교통소음의 변화를 알아보기 위해서 기존의 친환경차 관련 다양한 연구들을 검토하였다. 국내에서는 친환경차 관련 실내음향 최적화, 가상 주행음 관련, 모터 진동제어 등에 관한 연구 등이 있었으나 환경소음에 관한 연구는 전무하였다[3-6]. 그리하여 기존 국외의 내연기관차와 친환경차의 소음도 차이 연구 결과를 참고하여 친환경차 보급률에 따른 소형차와 대형차 각각의 속도별 소음 저감량을 도출하였으며, 도시 환경에서 미래 친환경차 보급률 시나리오별 차량 속도와 대형차 혼입률에 따른 종합적인 소음 저감량을 알아보았다.

2. 문헌 고찰

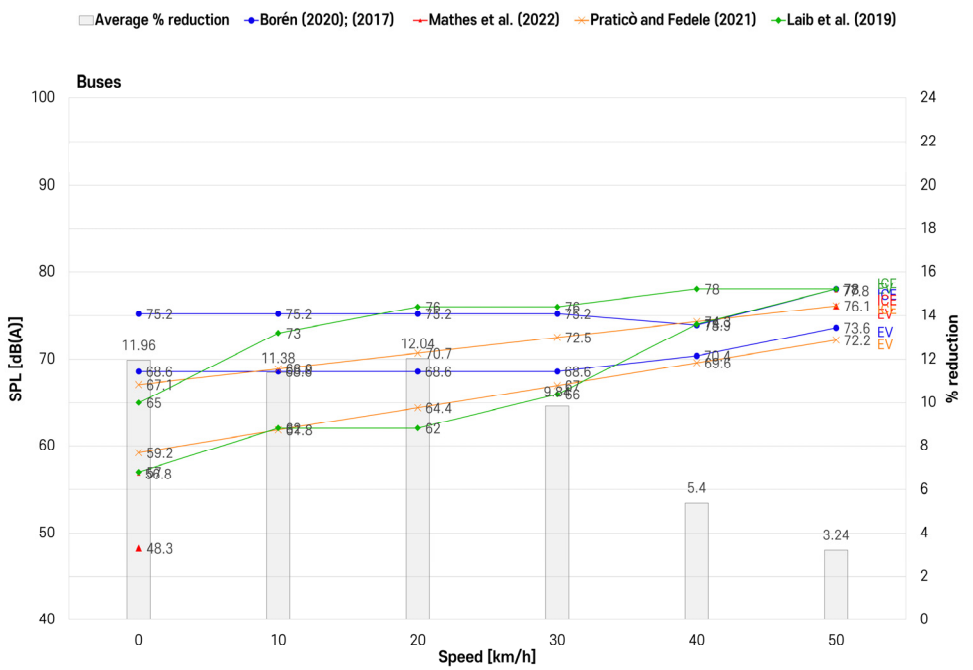
2.1 내연기관차와 친환경차의 소음 차이 고찰

일반적으로 전기차의 소음은 내연기관차에 비해 매우 작다고 알려져 있다. 실제로 자동차 통과 소음(pass-by noise)을 구성하는 3개의 주요 요소(동력 계통 소음, 타이어-노면 소음, 공력 소음) 가운데 엔진 소음과 같은 동력 계통 소음(powertrain noise)이 없기 때문에 전체적인 소음도가 낮아질 것으로 평가된다. 하지만 통과 소음은 차속이 빨라짐에 따라 타이어-노면 소음(tire-pavement noise)의 비중이 높아지기 때문에 고속으로 운행하는 도로에서는 전기차의 소음 저감효과를 기대할 수 없다[1,7,8]. 다양한 연구들에서 내연기관차와 전기차의 통과 소음을 측정하여 비교한 결과는 Fig. 1과 같으며 Fig. 1(a)가 소형차, Fig. 1(b)가 대형차의 각 연구에 따른 내연기관차 및 전기차의 음압레벨과 소음도 차이의 평균 비율을 보여준다[8~16]. 소형 내연기관차와 전기차 측정 연구들 중 Jabben et al.의 음압레벨이 상대적으로 높게 측정된 이유는 다른 연구와는 달리 마이크로폰을 후드(hood) 아래에 설치하여 측정하였기 때문이라 판단된다[9]. 전체적으로는 50 km/h 이하에서 평균적으로 내연기관차에 비해 친환경차의 소음도가 작았으며, 소형차의 경우 0 km/h ~ 50 km/h 구간에서, 대형차의 경우는 20 km/h 이상에서 운행 속도가 높아질수록 내연기관차와 전기차의 통과 소음 차이가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

전기차에서 발생하는 소음은 특히 50 km/h 이하에서 내연기관차에 의한 소음보다 낮은 수준으로 측정되며 CNOSSOS-EU 방법에서 제시한 새로운 음원 계산방법을 사용하여 다른 연구들과 차이는 있지만 전기차와 내연기관차의 음향파워레벨(PWL, dB(A)) 차이는 30 km/h에서 1.5 dB(A), 50 km/h에서 0.5 dB(A) 수준으로 나타난다[1]. Campello-Vicente et al.은 실제 도시 교통에 전기 자동차의 통행을 도입하는 효과를 시뮬레이션으로 차이를 보였다. 결과는 50 km/h 이상을 고려할 때 소음에 대한 전기차의 이점은 미미하고, 30 km/h 정도에서는 대형차량 없이 모든 차가 전기차였을 때 내연기관차 대비 약 2 dB 감소하였으며, 같은 조건에서 경계음 시스템(acoustic vehicle alerting system, AVAS) 장착 전기차는 내연기관차 대비 약 1 dB 감소하였다[10]. Yamauchi et al.은 20 km/h ~ 30 km/h의 속도에 대해 2 dB(A) ~ 4 dB(A)의 차이를 도출하였고, 0 km/h ~ 20 km/h의 속도 사이에서 AVAS에 의해 생성되는 인공 소음은 무시할 수 없는 수준임을 확인하였다[17]. Ibarra et al.은 하이



(a) Light vehicles



(b) Heavy vehicles

Fig. 1 Noise profiles of light vehicles and heavy vehicles(ICE and EVs)

브리드 전기 자동차(hybrid electric vehicles, HEV)와 전기차 소음을 비교하였으며 도시 도로(50 km/h 속도 제한)에서는 3 dB(A), 도시 간선(interurban) 도로(80 km/h 속도 제한)에서는 7 dB(A) 감소되는 것으로 나타나며 마찰 소음의 경우 두 차량의 소음은 거의 동일한 것으로 분석되었다[18]. 앞서 언급한 바와 같이 소음도 비교결과가 60 km/h 이하의 상대적으로 낮은 속도에서의 측정 결과인 반면, 독일의 ADAC(Allgemeiner Deutscher Automobil-Club)은 130 km/h의 고속주행상태에서 전기차 주행소음 측정결과를 발표하였다. 측정결과는 내연기관에 비해 높은 주행소음을 기록하였으며[19], 이는 배터리로 인한 차량의 총 중량 증가와의 상관성을 추정해 볼 수 있으나 검증이 필요하다.

각각의 연구 간에는 다소간의 소음 감소량의 결과 차이가 발생하고 있는데 이는 도로 환경의 차이 및 시험 조건과 측정 방법의 차이로 인한 것으로 판단된다. 공통적으로는 50 km/h 이하 속도에서는 친환경차 도입으로 인한 소음 감소 효과가 나타났으며 속도가 높아질수록 감소량은 줄고 고속주행에서는 소음 감소 효과가 없었다.

수치적인 소음도 차이와 더불어 내연기관차와 친환경차에 대한 성가심(불쾌감)에 대한 연구도 진행되었다. 먼저 전기차, AVAS를 삽입한 전기차, 내연기관 휘발유 차량, 내연기관 경유 차량, 하이브리드 차량에 대한 성가심 평가를 진행하였으며 결과는 대부분의 전기차 통과소음은 내연기관 차량들의 통과소음에 비해 성가심도가 낮게 나타났다. 그럼에도 불구하고 전기차 통과소음 가운데 경계음이 일부러 방출되는 차량들은 일반 전기차보다 성가심도가 다소 높은 것을 확인할 수 있었으며 경계음 설계 방식에 따라 성가심도는 영향을 받는 것으로 확인되었다. 위의 실험 결과를 소음도에 따라 비교한 결과는 비슷한 수준의 소음도에서도 전기차에 비해 내연기관 차량의 성가심도가 높은 것을 확인하였다[20]. 이를 미루어 보아 전기차의 도입은 도심환경에서 전체적인 소음 저감과 더불어 도로교통소음에 의한 성가심 해소 효과도 같이 기대할 수 있다.

대형 차량에 관해서는 Borén et al.이 12 m 길이의 버스를 전기구동과 바이오가스 구동 방식에 따라, 정속주행과 가속 시 통과소음과 대기오염 물질 배출량에 대한 비교 평가를 수행하였다. 결과는 버스가 0 km/h에서 35 km/h로 가속하는 동안의 평균 소음도를 제시하였는데 일반버스 대비 전기버스의 가속 시 소음도가 4.4 dB(A) 낮은 것을 확인하였다[14]. Mathes et al.은 5종류의 전기버스와 2종류의 일반버스의 통과소음, 차량내부 소음에 대한 평가를 수행하였으며 정속주행시 통과소음과 가속, 감속시의 소음에 대해서 평가를 수행하였다. 결과는 전기버스의 가속 및 감속 시 일반 내연기관 버스에 비해 최고소음도기준 16 dB(A) 낮은 것으로 나타났다. 이는 가속 및 감속구간에서의 측정된 최고소음도를 비교하였기 때문에 평균소음도에 비해 차이가 크게 산출되었다[15]. Laib et al.은 12 m 길이의 버스 3종류(전기, 하이브리드, 화석연료)의 통과 소음을 비교하고 친환경 버스의 소음 특성을 반영하여 소음저감 효과를 산출하기 위한 모델링을 수행하였다. 결과는 전기 버스가 30 km/h 속도에 대해 내연기관 버스에 비해 10 dB(A) 감소하였으나 50 km/h 속도에서는 방출되는 소음 수준에는 차이가 없었다. 시뮬레이션 결과는 하이브리드 버스보다는 전기 버스의 운행 시 소음저감 효과가 크고 저속운행도로에서 전체 교통량이 적고 친환경차량의 비율이 높아야 소음저감 효과가 큰 것으로 예측되었다. 다만 시뮬레이션 결과는 저속(30 km/h)의 버스 운행을 가정하고 수행된 결과이기 때문에 도심지의 상황으로 한정된다고 볼 수 있다[16]. 결과를 종합하여 현실의 도심상황을 고려하면 일반버스에서 전기버스로 전환되는 속도가 더 빨라져야 실질적인 소음저감 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 대체적으로 낮은 속도가 유지되는 환경이며 전기버스의 비율이 상당히 높아져야하기(8 % 이상) 때문에 전기버스의 도입으로 도시 전체에서 소음 저감효과를 달성하기 위해서는 상당히 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 현실적으로 전기버스의 도입방안으로는 3 dB(A) 이상의 소음저감 효과를 달성하기는 어려울 것으로 보이나 친환경 전기 버스의 경우 일반 승용차에 비해 도입속도가 빠르기 때문에 일부 도심지를 중심으로 약간의 소음저감 효과가 나타날 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

도시 전체 소음 영향을 고려할 때 Jabben et al.은 내연기관 차량(ICE)의 90 %가 하이브리드 전기차 또는 전기차로 대체될 경우, 도시 환경에서 전체 교통 소음 수준이 약 3 dB(A) ~ 4 dB(A) 감소할 수 있다고 보고하였다[9]. Ögren et al.은 스웨덴 예테보리(Gothenburg)에

서 2035년까지의 교통 소음을 시나리오 분석한 연구를 수행하여 2035년까지 EVs 비율이 33 %에 도달하면, 기존 유지 시나리오와 비교하여 65 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 주민 수가 10 % 감소할 것이라고 예측하였다[21].

2.2 친환경차 도입에 따른 소음 저감량 결정 방법론

앞선 문헌 고찰을 바탕으로 이 연구의 목적인 미래 친환경차 보급률에 따른 차량 속도와 대형차 혼입률별 종합적인 소음 저감량을 알아보기 위해 기본이 되는 소형차, 대형차의 속도별 소음 저감량을 Praticò et al.에서 차용하였다. Praticò et al.은 기존의 전기차 소음 측정을 수행한 다양한 연구를 분석하여 차량 속도에 따른 전기차와 내연기관차의 최대 음압 레벨(SPLmax)을 도출하여 비교하였다[7,12,16,22~29]. 전기차에서 발생하는 소음을 측정하기 위해 도로변 실험을 통한 다양한 표준 기준이 적용되었으며[24,30], 주요 측정 방법은 통계적 통과 방법(statistical pass-by, SPB)을 정의한 ISO 11819-1(1997)[31,32], 타이어-노면 소음을 측정하는 방법인 coast-by 방법을 다루는 ISO 13325 (2019)[33], 가속 주행 차량을 고려한 소음측정방법을 다루는 ISO 362-1(2015)을 바탕으로 하였다[34]. 측정 결과를 바탕으로 소형 전기차(light EVs)와 대형 전기차(heavy EVs)의 선형 회귀 분석을 수행하였고, R^2 값이 0.83 ~ 0.97로 높은 설명력을 보였다. 주된 결과는 전기차는 0 km/h ~ 70 km/h 속도 구간에서 내연기관차보다 평균 5 dB(A) 더 정온하였고, 속도가 증가할수록 전기차와 내연기관차 간의 소음도의 차이가 줄어들었으며, 반대로 속도가 90 km/h 이상일 때는 전기차가 평균 0.5 dB(A) 더 크게 나타났다[11]. 위의 결과 중에서 기존 연구들에서 나타난 내연기관차 대비 전기차의 뚜렷한 소음 저감효과가 나타나는 도시 환경의 주된 속도 구간인 0 km/h ~ 50 km/h의 소형 및 대형 전기차와 내연기관차의 음압레벨을 사용하였다. Table 1은 이 논문에 적용한 전기차와 내연기관차의 차량 속도별 음압레벨이다. 이를 바탕으로 먼저 친환경차 보급률에 따른 소형차와 대형차 각각의 속도별 소음도를 내연기관차와 전기차의 비율에 따라 계산하였으며, 식 (1), 식 (2)와 같다.

Table 1 Noise levels of light and heavy vehicles for vehicle speed(ICE and EVs)

[dB(A)]		Vehicle speed [km/h]					
		0	10	20	30	40	50
Light vehicle	ICE	52.4	54.8	57.2	59.6	62.0	64.4
	EVs	41.8	45.3	48.8	52.3	55.8	59.6
Heavy vehicle	ICE	67.1	68.9	70.7	72.5	74.3	76.1
	EVs	59.2	61.8	64.4	67.0	69.6	72.2

$$\mathrm{LL},v = 10\log\left\{(1-P(E))10^{(\mathrm{LLI},v/10)} + P(E)\,10^{(\mathrm{LLE},v/10)}\right\} \tag{1}$$

$$\mathrm{LH},v = 10\log\left\{(1-P(E))10^{(\mathrm{LHI},v/10)} + P(E)\,10^{(\mathrm{LHE},v/10)}\right\} \tag{2}$$

여기서 LL,v는 친환경차 보급률에 따른 소형차 속도별 소음도[dB(A)], $P(E)$는 친환경차 보급률이며, LLI,v는 소형 내연기관차 속도별 소음도[dB(A)], LLE,v는 소형 전기차 속도별 소음도[dB(A)]이고 Table 1에서 확인할 수 있다. 또한 LH,v는 친환경차 보급률에 따른 대형차 속도별 소음도[dB(A)]이며, LHI,v는 대형 내연기관차 속도별 소음도[dB(A)], LHE,v는 대형 전기차 속도별 소음도[dB(A)]이고 마찬가지로 Table 1에서 확인할 수 있다.

식 (1), 식 (2)에서 구한 LL,v, LH,v로부터 미래 친환경차 보급률 시나리오에 따라 차량 속도와 대형차 혼입률에 따른 종합적 소음 저감량을 산출하였으며, 산출 방법은 식 (3) ~ 식 (5)와 같다.

$$\mathrm{LEVPR},v = 10\log\left\{(1-\mathrm{PH})10^{(\mathrm{LL},v/10)} + \mathrm{PH}\,10^{(\mathrm{LH},v/10)}\right\} \tag{3}$$

$$\mathrm{LICE},v = 10\log\left\{(1-\mathrm{PH})10^{(\mathrm{LLI},v/10)} + \mathrm{PH}\,10^{(\mathrm{LHI},v/10)}\right\} \tag{4}$$

$$\Delta L = \mathrm{LICE},v - \mathrm{LEVPR},v \tag{5}$$

여기서 LEVPR,v는 친환경차 보급률에 따른 대형차량 혼입률별 속도별 소음도[dB(A)], PH는 대형차량 혼입률이며, LICE,v는 내연기관차의 대형차량 혼입률별 속도별 소음도[dB(A)]이다. 최종적으로 미래 친환경차 보급률 시나리오에 따라 차량 속도와 대형차

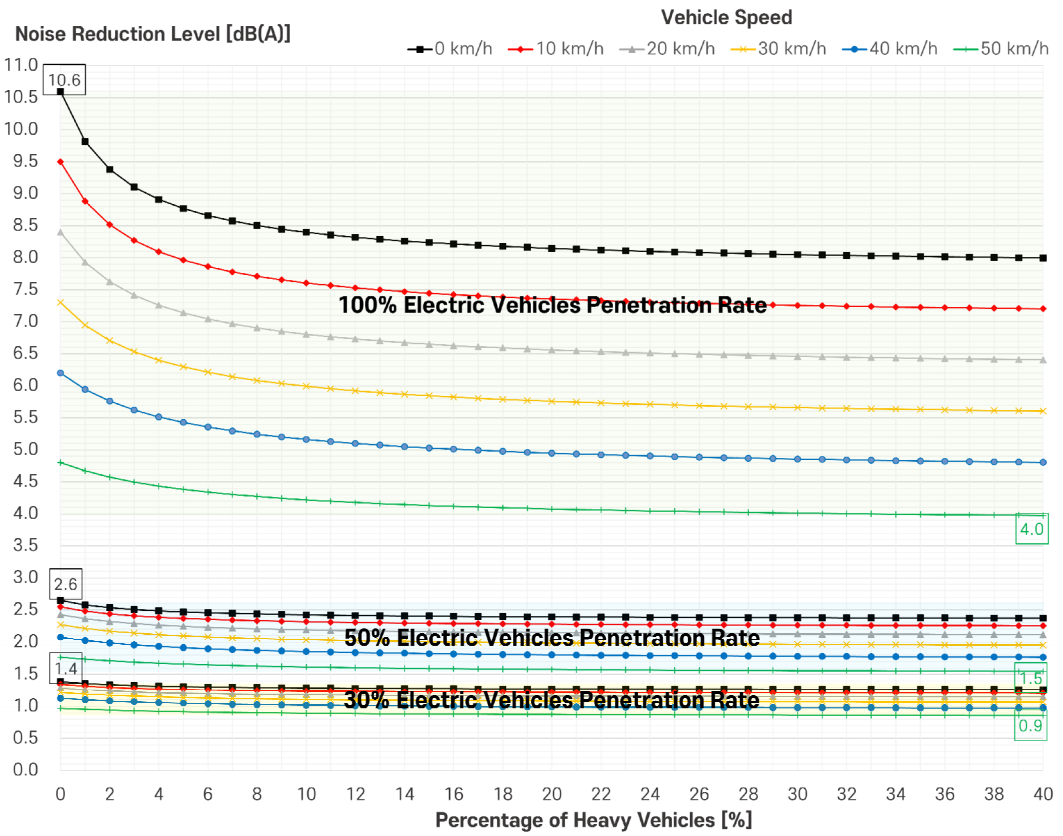


Fig. 2 Noise reduction level for each percentage of heavy vehicles(0 % ~ 40 %) for each vehicle speed(0 km/h ~ 50 km/h) on 30 %(yellow box), 50 %(blue box), and 100 %(green box) electric vehicles penetration rate scenario

혼입률에 따른 종합적 소음 저감량(ΔL)은 $\mathrm{LICE},_v$와 $\mathrm{LEVPR},_v$의 차이로 구할 수 있다.

3. 연구 결과

Fig. 2는 미래 친환경차 보급률(30 %, 50 %, 100 %)에 따른 속도별(0 km/h ~ 50 km/h 범위) 대형차 혼입률별(0 % ~ 40 % 범위) 소음 저감량을 나타낸다. 전체적으로 속도가 0 km/h에서 50 km/h로 높아질수록(검은색 실선에서 녹색 실선 순) 소음 저감량이 감소하는 것을 확인할 수 있으며 보급률이 클수록 저감량의 감소폭이 컸다. 또한 대형차량 혼입률이 0 %에서 40 % 높아질수록 소음 저감량이 감소하였으며, 감소폭은 줄어들었다. 2030년 친환경차 목표 보급률 30 %일 때, 소음 감소 효과는 0 km/h 속도에서 1.3 dB ~ 1.4 dB, 30 km/h 속도에서 1.1 dB ~ 1.2 dB, 50 km/h 속도에서 0.9 dB ~ 1.0 dB 범위로 나타났으며, 목표 보급률 50 %일 때 0 km/h 속도에서 2.4 dB ~ 2.6 dB, 30 km/h 속도에서 2.0 dB ~ 2.3 dB, 50 km/h 속도에서 1.5 dB ~ 1.8 dB 범위로 나타났다. 2050년 친환경차 목표 보급률 100 %에 다다를 경우 소음 감소 효과는 0 km/h 속도에서 8.0 dB ~ 10.6 dB, 30 km/h 속도에서 5.6 dB ~ 7.3 dB, 50 km/h 속도에서 4.0 dB ~ 4.8 dB 범위로 나타났다.

Table 2는 환경부 목표연도의 친환경차 보급률에 따른 30 km/h 속도에서 소형차와 대형차의 소음 저감량을 보여준다. 현재 정부기관에서 제시한 '제4차 친환경 자동차 기본계획(2021년 ~ 2025년)'에 따르면 친환경차 보급률을 2030년에 30 %, 2050년에 100 %를 목표로 하고 있다. 환경부에서 제시한 목표연도 2020년 ~ 2030년과 2050년 외에 2030년 ~ 2050년까지의 연평균 증가율을 적용하여 친환경차 보급률을 예측하였으며, 2020년에

Table 2 Noise reduction level(at 30 km/h) of light and heavy vehicles on electric vehicles penetration rate in each target year of the ministry of environment

		Target year of the ministry of environment						
		2020*	2025*	2030*	2035**	2040**	2045**	2050*
Electric vehicles penetration rate [%]		3.0	11.0	30.0	40.5	54.8	74.0	100.0
Noise reduction level at 30 km/h [dB(A)]	Light vehicle	0.1	0.4	1.2	1.7	2.6	4.0	7.3
	Heavy vehicle	0.1	0.4	1.1	1.5	2.2	3.3	5.5

* The 4th basic plan for eco-friendly vehicles(2021 ~ 2025)
** Estimated penetration rate based on the average annual growth rate from 2020 to 2050

서 2050년까지 친환경차 보급률이 증가함에 따라 소형차 소음 저감량은 0.1 dB ~ 7.3 dB, 대형차 저감량은 0.1 dB ~ 5.5 dB로 소음저감 효과가 커졌다.

4. 결 론

국외의 친환경차 소음에 대한 연구사례를 종합하면 50 km/h 이하의 도로에서는 내연기관 차량보다 친환경 차량의 소음 저감효과가 뚜렷하였다. 다만 AVAS 장착 차량은 인위적인 발생 소리로 인해 상대적으로 소음 저감효과가 더디게 나타났다. 또한 50 km/h 이하 저속에서의 정속주행, 가속, 감속하는 전기버스는 내연기관버스에 비해 소음 저감효과가 뚜렷하였다. 반면에 타이어-노면 소음이 지배적인 50 km/h 이상 고속에서는 소형차, 대형차 모두 소음 저감효과가 미비하였다.

국외의 내연기관 차량과 친환경차 소음도 차이 분석 결과를 바탕으로 도출한 도시 내 도로 환경에서 우리나라의 미래 친환경차 도입에 따른 저감효과는 50 km/h 이하의 도로에서 30 % 도입 시 약 1 dB 내외 정도, 100 % 도입 시 약 4 dB ~ 8 dB 정도 저감될 것으로 예상할 수 있으며 향후 단지내도로, 시내도로 등 50 km/h 이하의 도로는 친환경차 도입으로 인하여 도로소음이 지속적으로 감소될 것으로 판단된다.

국내 친환경차 도입에 따른 좀 더 정확한 소음환경 변화 파악을 위해서 지속적인 장기 모니터링 등을 통하여 데이터 축적 및 실저감효과 분석이 이루어져야 한다. 또한 내연기관 차량에 비해 친환경 차량이 고중량이기 때문에 고속으로 갈수록 타이어노면 소음 증가와 도로 파손 확률 증가 등의 문제 발생 가능성에 대한 고찰도 매우 중요하다. 이 연구는 국내의 친환경차 소음에 대한 연구 사례가 없어 국외 논문 리뷰를 토대로 조사한 결과로써 향후 친환경차의 소음 저감효과를 보다 정밀하게 검증하기 위해서는 국내 도로의 실제 주행 환경에서 친환경차 소음을 직접 측정하고 분석하는 연구가 반드시 필요하다.

이 논문을 토대로 향후 5년이나 10년 후 개발되는 도시개발사업 환경영향평가의 도로교통소음 평가 시 친환경차 보급에 따른 소음 저감계획 수립이 가능할 것이며 친환경차 도입과 함께 도로포장 기술 개선, 저소음 타이어 도입, 교통 흐름 최적화 등 다양한 소음 저감 정책이 병행된다면 더욱 효과적인 도로교통소음 저감이 가능할 것이다. 이를 통해, 친환경차 보급이 단순히 대기오염 저감뿐만 아니라 도로 소음 공해 완화에도 기여할 수 있도록 정책적 지원이 강화될 필요가 있다.

후 기

이 논문은 한국토지주택공사의 합리적 교통소음 예측·평가 기준 마련 연구 용역의 지원을 받아 연구되었습니다.

References

(1) Rey-Gozalo, G., Barrigón Morillas, J. M. and Montes González, D., 2022, Analysis and Management of Current Road Traffic Noise, Current Pollution Reports, Vol. 8, No. 4, pp. 315~327.

(2) Ministry of Trade, Industry and Energy, 2021, The 4th Basic Plan for Eco-friendly Vehicles(2021 ~ 2025), Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong-si, Korea.

(3) Noh, K. B., Mo. H. K. and Lee, S., 2019, Optimization Study for Reduction of Alert Sound into the Interior of the Electric Vehicle, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, p. 150.

(4) Kim. S., You, J., Han, J., Kim, G. and Yoon, D., 2019, Identifying the Noise Transfer Path of New EV Platform Vehicles, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, p. 131.

(5) Park, G.-M., Lee, J.-W., Oh, S.-H., Kim, K.-S. and Lee, B.-H., 2018, A Study on Virtual Sound Source Positioning of Electric Vehicle, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, p. 303.

(6) Lee, H. K., Kim, M. S., Lee, J. H., Lee, M. U., Lee, T. H. and Lim, S. S., 2024, An Investigation on the Correlation between Integrated Electric Motor Reducer Shaft Movement and Gear Vibration, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 34, No. 6, pp. 636~642.

(7) Pallas, M.-A., Bérengier, M., Chatagnon, R., Czuka, M., Conter, M. and Muirhead, M., 2016, Towards a Model for Electric Vehicle Noise Emission in the European Prediction Method CNOSSOS-EU, Applied Acoustics, Vol. 113, pp. 89~101.

(8) Tsoi, K. H., Loo, B. P. Y., Li, X. and Zhang, K., 2023, The Co-benefits of Electric Mobility in Reducing Traffic Noise and Chemical Air Pollution: Insights from a Transit-oriented City, Environment International, Vol. 178, 108116.

(9) Jabben, J., Verheijen, E. and Potma, C., 2012, Noise Reduction by Electric Vehicles in the Netherlands, Proceedings of the International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, pp. 6958~6965.

(10) Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N. and Velasco-Sanchez, E., 2017, The Effect of Electric Vehicles on Urban Noise Maps, Applied Acoustics, Vol. 116, pp. 59~64.

(11) Praticò, F. G. and Fedele, R., 2021, Electric Vehicles Diffusion: Changing Pavement Acoustic Design?, Noise Mapping, Vol. 8, No. 1, pp. 281~294.

(12) Skov, R. S. H. and Iversen, L. M., 2015, Noise from Electric Vehicles: Measurements, Vejdirektoratet, Copenhagen, Denmark.

(13) Morgan, P., Muirhead, M., Gasparoni, S., Canter, M., Pallas, M.-A. et al., 2015, FOREVER Future Operational Impacts of Electric Vehicles on European Roads Final Technical Summary Report, IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports), Champs-sur-Marne, France.

(14) Borén, S., 2020, Electric Buses' Sustainability Effects, Noise, Energy Use and Costs, International Journal of Sustainable Transportation, Vol. 14, No. 12, pp. 956~971.

(15) Mathes, M., Schmidt, M., Käsgen, J., Fievet, B., Van Tichelen, P. et al., 2022, Heavy-duty Battery Electric Buses' Integration in Cities based on Superfast Charging Technologies: Impact on the Urban Life, Sustainability, Vol. 14, No. 8, 4777.

(16) Laib, F., Braun, A. and Rid, W., 2019, Modelling Noise Reductions using Electric Buses in Urban Traffic, A Case Study from Stuttgart, Germany, Transportation Research Procedia, Vol. 37, pp. 377~384.

(17) Yamauchi, K., Yabuno, M. and Yamasaki, R., 2020, Sound Power Level of Electric Vehicles Running in Steady Low Speed, Acoustical Science and Technology, Vol. 41, No. 3, pp. 626~629.

(18) Ibarra, D., Ramírez-Mendoza, R. and López, E., 2017, Noise Emission from Alternative Fuel Vehicles: Study Case, Applied Acoustics, Vol. 118, pp. 58~65.

(19) Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, 2025, Die besten Elektroautos aller Fahrzeugklassen im ADAC Test, Article Posted on the ADAC, Munich, Germany.

(20) Altinsoy, M. E., 2022, The Evaluation of Conventional, Electric and Hybrid Electric Passenger Car Pass-by Noise Annoyance using Psychoacoustical Properties, Applied Sciences, Vol. 12, No. 10, 5146.

(21) Ögren, M., Molnár, P. and Barregard, L., 2018, Road Traffic Noise Abatement Scenarios in Gothenburg 2015-2035, Environmental Research, Vol. 164, pp. 516~521.

(22) Iversen, L. M., Marbjerg, G. and Bendtsen, H., 2013, Noise from Electric Vehicles - 'State-of-the-Art' Literature Survey, Proceedings of the International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, pp. 267~271.

(23) Marbjerg, G., 2013, Noise from Electric Vehicles: A Literature Survey, Vejdirektoratet, Copenhagen, Denmark.

(24) Stenlund, F., 2011, Noise Criteria for Vehicles to Enter Q-zones, City-Hush, Brussels, Belgium.

(25) Ministry of Land Infrastructure and Transport of Japan, 2010, Japanese Activities on Approaching Vehicle

Audible System for HEVs and EVs MLIT Activities, MLIT, Tokyo, Japan.

(26) Maffei, L. and Masullo, M., 2014, Electric Vehicles and Urban Noise Control Policies, Archives of Acoustics, Vol. 39, No. 3, pp. 333~341.

(27) Pallas, M.-A., Kennedy, J., Walker, I., Chatagnon, R., Berengier, M. and Lelong, J., 2015, Noise Emission of Electric and Hybrid Electric Vehicles: Deliverable FOREVER(n◦ Forever WP2_D2-1-V4), IFSTTAR(Institut Français des Sciences et Technologies des Transports), Champs-sur-Marne, France.

(28) Lan, Z., Cai, M., Li, F. and Yang, W., 2018, Study of the Traffic Noise Source Emission Model and the Frequency Spectrum Analysis of Electric Vehicles on Urban Roads in China, Acta Acustica United with Acustica, Vol. 104, No. 6, pp. 989~998.

(29) Campillo-Davo, N., Peral-Orts, R., Campello-Vicente, H. and Velasco-Sanchez, E., 2020, A Methodology for the Extrapolation of Coast-by Noise of Tyres from Sound Power Level Measurements, Applied Acoustics, Vol. 159, 107077.

(30) Ji, H., Zhang, M. and Kim, B. S., 2020, Parameter Conversion between Controlled Pass-by Method and Alternative Close Proximity Method, Applied Sciences, Vol. 10, No. 16, 5679.

(31) International Organization for Standardization, 2017, Acoustics — Measurement of the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise — Part 2: The Close-proximity Method, ISO, ISO 11819-2:2017, Geneva, Switzerland.

(32) Lodico, D. M., Rochat, J. L., Donavan, P. and Rasmussen, R. O., 2012, Overview and Application of the Statistical Isolated Pass-by Method(SIP) for Determining the Influence of Road Surfaces on Vehicle Noise (AASHTO TP-98), Proceedings of the International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, pp. 4089~4098.

(33) International Organization for Standardization, 2003, Tyres — Coast-by Methods for Measurement of Tyre-to-Road Sound Emission, ISO, ISO 13325:2003, Geneva, Switzerland.

(34) International Organization for Standardization, 2015, Measurement of Noise Emitted by Accelerating Road Vehicles — Engineering Method — Part 1: M and N Categories, ISO, ISO 362-1:2015, Geneva, Switzerland.