Aircraft Noise of Airport Community in Korea

Soo Hee Oh^{1,2}, Kyoungwon Lee^{1,2}

¹Department of Audiology and Speech-Language Pathology, Hallym University of Graduate Studies, Seoul, Korea

²HUGS Center for Hearing and Speech Research, Seoul, Korea

Received: January 7, 2020
Revised: January 13, 2020
Accepted: January 20, 2020

Correspondence:

Kyoungwon Lee, PhD
 Department of Audiology and
 Speech-Language Pathology,
 Hallym University of Graduate Studies,
 427 Yeoksam-ro, Gangnam-gu,
 Seoul 06197, Korea
Tel: +82-2-2051-4951
Fax: +82-2-3453-6618
E-mail: leekw@hallym.ac.kr

Aircraft noise is one of the serious environmental noises with the increased use of flight traffic. The purpose of this study is to understand aircraft noise levels of airport communities in Korea using baseline data for audiologic management. Aircraft noise levels were retrieved from the National Noise Information System every month between 2004 and 2018. We reviewed aircraft noise levels obtained from total of 111 airport communities across 14 airports. In order to understand aircraft noise levels of civil and military airports, the aircraft noise levels measured in civil and military airport communities compared with the noise levels from civil airport communities. The data showed average 71–73 weight equivalent continuous perceived noise level (WECPNL) for fifteen years across airport cities and the average noise levels did not increase over time between 2004 and 2018 years. The civil and military airports showed about 12 WECPNLs of increased noise levels compared to the civil airports. The most civil and military airport communities, including Gwangju, Gunsan, Daegu, Wonju, and Cheongju generated the maximum noise levels and ranked as the highest airport for aircraft noise levels. Although aircraft noise levels in airport communities were similar over the past decade, civil and military airports generated increased noise levels compared to civil airports due to jet plane noises and other military-related noises. Careful consideration is necessary to implement noise reduction policy for civil and military airport communities. Ongoing noise control, hearing monitoring, education, and relevant policies are required to improve the quality of life in the airport community residences.

Key Words: Aircraft noise, Aircraft noise level, Airport community.

INTRODUCTION

산업화, 도시화 및 생활 양식의 변화와 함께 소음은 사람의 건강과 전반적인 삶의 질에 영향을 미치는 중요 요인으로 부각되었다. 우리 주변에서 발생하는 소음은 크게 작업장에서 발생하는 직업적 소음, 교통, 항공 등 환경에서 발생하는 비직업적(환경적) 소음, 공연 관람, 스포츠 활동, 휴대용 음향기기의 사용과 같은 취미나 여가 활동으로 인한 유흥적 소음으로 구분한다(World Health Organization (WHO), 2015, 2018). 일반적으로 소음이 인체에 미치는 부정적 영향은 청력손실, 대화 방해, 수면 방해, 심혈관계와 생리적 기능 저하, 정신건강 문제 유발, 작업 수행 능력 저하, 불쾌감 및 부정적 행동 유발 등 다양하다(Berglund et al., 1999). 장기적으로 소음에 노출된 경우, 혈압

상승은 물론 내분비선의 호르몬 방출을 통해 동맥장애와 스트레스 등을 유발하고, 순환기 계통에서는 심장 박동수의 변화, 말초혈관 수축 현상을 초래하여 심장과 뇌에 영향을 미칠 수 있다(National Environmental Dispute Resolution Commission (NEDRC), 2007). 특히 소음성 난청은 고강도 소음에 지속적으로 노출된 경우 나타나며 고주파수 대역에서의 청력손실과 함께 청력도상에서 4 kHz의 청력역치가 급속히 증가하는 노치(notch)를 보인다(Sellick et al., 1982).

앞에서 언급한 다양한 소음 발생 원인 중 항공기 소음은 비행 교통 수단 이용의 증가로 인해 발생하는 주요한 환경 소음원에 속하며, 그 문제와 피해가 점차 증가하는 추세이다(NEDRC, 2007). 항공기 소음의 주요 원인은 항공기 엔진에서 발생하는 소음으로 100~5,000 Hz의 광대역에서 약 70~95 dB (A)의 소음이 발생한다(Yang, 2000). 또한 항공 소음원과의 거리, 통과 지점, 통과 시간, 항공기의 작동 상태 등 다양한 원인에 따라 특정 주파수 대역에서 매우 큰 음량으로 나타날 수 있다. 주로

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

항공기의 이착륙 및 운항 시간에 따라 주야에 걸쳐 간헐적으로 소음이 발생하고 강한 충격 소음을 포함한다. 또한 상공에서 소음이 발생하여 광범위한 지역으로 확산되기 때문에 소음을 줄이기도 쉽지 않다(Kim, 2019). 특히 제트, 터보, 기계 소음 등의 원인이 되는 추진 장치를 가진 군용 항공기의 경우 더욱 광범위한 면적으로 소음이 확산되기 때문에 소음 피해 정도가 더 심할 수 있다(Baek et al., 2009).

항공기 소음은 앞서 언급한 신체·정신적 피해 이외에도 재산 및 사회적 비용의 손실을 초래할 수 있다. 예를 들어 부동산 가치 하락으로 인한 재산 손실(Shin & Ha, 2003), 질병 치료와 노동 생산성 저하 등의 원인으로 인한 사회적 비용 유발, 가축 피해 등이 있다(Hwang & Woo, 1997). 가축 및 동물 피해 사례는 청력손실, 생식기 질병, 놀람 반응, 생식력 및 산란을 감소, 유산, 호르몬 이상, 소의 유량 감소, 사료 섭취량 감소를 포함한다(Transportation Research Board of The National Academies, 2008). 또한 진동을 수반하는 항공기 소음은 유리창과 건물 벽의 균열, 기계 오작동(NEDRC, 2007)을 초래하는 등 주거 환경에 미치는 영향 또한 상당히 크다. Park et al.(2002)에 의하면 항공기 소음이 76~79 가중등가지속감각소음레벨[weight equivalent continuous perceived noise level (WECPNL), 웨클]인 경우 교육 및 병원 시설에 방음 시설을 설치하고, 80~89 웨클 이상인 경우 주거용 건축물에 방음 시설을 설치하는 것으로 보고하였다. 또한 90 웨클 이상인 경우는 주거 생활이 곤란할 정도의 매우 시끄러운 수준으로, 이는 77 dB 이상의 등가소음레벨(equivalent noise level, Leq)에 해당하는 것으로 설명하였다.

일반적으로 항공기 소음은 항공기 이착륙, 지상 이동, 정비 기능 점검 시 등에 주로 발생하며 항공기(동체, 날개, 랜딩기어 등 외부 구조물)에서 발생하는 소음과 엔진에서 발생하는 소음으로 알려져 있다. 주로 고주파수 대역의 소음이 발생하나 기종이나 엔진에 따라 저주파수 또는 광대역 주파수의 소음이 발생하기도 한다. 국내외적으로 항공기 소음으로 인한 여러 피해 사례를 보고한 바 있으며(Alkaabi, 2017; Bartels et al., 2018; Chen & Chen, 1993; Civil Aviation Authority, 2018; Guoqing et al., 2012; Kwak et al., 2016; Miller et al., 2014; NEDRC,

2007; Nguyen et al., 2009; Pillay et al., 2011), 공항 주변 거주 지역의 소음 문제를 해소하기 위한 정책 수립과 피해 보상 대책이 점차 확대되는 추세이다(Kim, 2002; Lee, 2009; WHO, 2018).

국내 항공기 소음 규제 관련 법령은 “소음·진동 관리법”에 따르고, 1987년 심야 시간대 운항 규제를 시작으로 항공기 소음 피해 대책에 대한 법적 근거를 마련하였다. 항공기 소음이 한도를 초과하여 공항 주변의 생활 환경을 매우 손상한다고 인정되는 경우, 관계 기관의 장에게 방음 시설의 설치 및 소음 방지를 위한 필요 조치를 요청하도록 하고 있다. 또한 공항소음 방지 및 소음대책지역 지원에 관한 법률 시행규칙(Appendix 1)에 따라 항공기 소음 방지를 위한 소음 대책 지역을 구분하여 이에 따른 용도 및 시설물 제한 대책 근거를 마련하고 있다. 현재 국내 공항을 살펴보면 군용 공항을 제외하고 총 15개의 공항이 있다. 이 중 8개 국제 공항과 7개의 국내 공항이 있으며 이 가운데 8개는 민·군 공용 공항으로 사용한다(Table 1).

항공기 소음은 청력손실, 호르몬 이상, 심장질환, 비만, 수면 장애, 학습, 스트레스, 시끄러움, 성가심 등 공항 주변 지역 거주자의 여러 신체 및 정신적 측면에 부정적 영향을 미친다(Alkaabi, 2017; Bartels et al., 2018; Chen & Chen, 1993; Civil Aviation Authority, 2018; Guoqing et al., 2012; Kwak et al., 2016; Miller et al., 2014; NEDRC, 2007; Nguyen et al., 2009; Pillay et al., 2011). 특히 항공기 소음으로 인한 스트레스와 성가심 반응 연구에서는 항공기 소음이 정서적으로 부정적인 반응을 초래함을 보고하였다(Lee et al., 2005; Lee et al., 2007; Miller et al., 2014; Son et al., 2007). 또 다른 연구에서는 청력 손실과 관련하여 항공기 소음에 대한 청력 보존 프로그램 및 청각 모니터링의 필요성을 제안하였다(Pillay et al., 2011). 국내에서는 항공기 소음이 청력손실에 미치는 영향과 관련하여 아직까지 구체적인 연구가 진행된 바 없고 국외 연구도 부족한 실정이다. Shin & Ha(2003)는 광주, 김포, 김해, 대구, 제주 5개 공항을 중심으로, 36개 인근 거주 지역의 소음도를 분석한 결과 평균 약 89~67 웨클 값을 보였으며 법적 허용 기준치를 초과한 지역이 많아 항공기 소음에 대한 소음 개선 노력의 필요성을 보고한 바 있다. 이후 공항 주변 거주 지역의 소음 자료를 분석한 국

Table 1. Category of airports and its locations in Korea

Category	Number	Location/name
International airport		
Civil	5	Gimpo, Muan, Yangyang, Incheon, Jeju
Civil & military	3	Gimhae, Daegu, Cheongju
Domestic airport		
Civil	2	Yeosu, Ulsan
Civil & military	5	Gunsan, Gwangju, Sacheon, Wonju, Pohang

Wikipedia, 2020. https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8C%80%ED%95%9C%EB%AF%BC%EA%B5%AD%EC%9D%98_%EA%B3%B5%ED%95%AD

내 공항 소음도에 대한 최근 자료는 찾아보기 어렵고, 항공기 소음으로 야기될 수 있는 다양한 문제점을 개선하기 위해서는 먼저 국내 공항 주변 지역의 항공기 소음 수준을 파악하는 일이 필요할 것이다.

본 연구의 목적은 항공기 소음에 대한 이해를 돕고 향후 항공기 소음으로 인한 청력손실의 모니터링 및 예방과 관리를 위한 기본 자료를 구축하고자 항공기 소음 추이를 파악하는 데 있다. 이를 위해 환경부 국가소음정보시스템(<http://www.noiseinfo.or.kr>)에서 매월 발표하는 공항 주변 지역의 항공기 소음 자료를 검토하여 국내 공항 주변 지역의 항공기 소음도, 기간에 따른 항공기 소음도의 변화, 민간 공항과 민·군 공용 공항 주변 지역의 항공기 소음도의 차이, 국내 공항 주변 지역에서 발생한 최대 항공기 소음도를 파악하고자 하였다.

DATA ANALYSIS

환경부 국가소음정보시스템(<http://www.noiseinfo.or.kr>)에서는 1989년부터 항공기 소음 측정망을 통해 항공기 소음을 측정하고 매월 발표하고 있다. 국가 통합관제센터는 항공기 소음 자동 측정기에서 측정한 데이터를 저장 분석하며 현재 14개 공항 90개 지역에 설치된 측정망을 통해 항공기 소음 자료를 수집하고 관련 정보를 매월 제공한다. 본 연구에서는 2004년부터 2018년까지 항공기 소음 자료를 검토하였고, 광주, 군산, 김포, 김해, 대구, 무안, 사천, 양양, 여수, 울산, 원주, 제주, 청주, 포항의 총 14개 도시 111개 공항 주변 지역의 월별 소음도를 분석하였다. 연구에서 사용한 공항과 공항 주변 소음 측정 지점에 대한 정보는 Appendix 2와 같다. 먼저 각 공항 주변 소음 측정 지역에서 2004~2018년 기간 동안 매월 보고된 각 공항 주변 지역의 항공기 소음 현황을 파악하였다. 또한 기간에 따른 공항 주변 지역의 항공기 소음의 변화 정도와 민간과 민·군 공용 공항 주변 지역 간의 소음도 차이를 검토하였으며 공항 주변 지역에서 발생한 최대 항공기 소음도를 살펴보았다.

국내 항공기 소음의 측정은 소음의 크기, 빈도, 소음 노출 시간, 변화 폭, 보정치 적용 등 다양한 요인을 고려한다. 각 나라마다 자국의 특성에 적합한 항공기 소음 측정 단위를 사용하고 있으며 국내에서는 웨클을 항공기 소음 평가 단위로 사용하고 있다. 웨클은 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization)에서 제안한 항공기 소음 평가 단위로 항공기 운항 횟수, 운항 시 발생한 소음, 소음 지속 시간, 소음 발생 시간 등을 고려하여 측정하며 소음에 노출되는 공항 주변 소음을 좀 더 반영할 수 있다는 장점이 있다. 환경 소음의 측정은 옥외 측정을 원칙으로, dB (A) 청감보정회로 특성을 적용하여 소음 계로 측정하고 대상 항공기 소음이 배경 소음보다 10 dB 이상

크고 항공기 소음이 10초 이상 지속된 경우를 측정한다. 1일 단위의 웨클은 당일 평균 최고 소음도(Lmax)를 1일간 항공기의 등가 통과 횟수를 합하여 산출하고 국내 적용 방법은 다음과 같다.

$$\text{WECPNL} = \text{dB (A)} + 10 \log [N2 + 3 N3 + 10 (N1 + N4)] - 27$$

dB (A)는 이착륙하는 항공기마다 1일 단위로 계산한 당일 평균 최고 소음도

N1은 야간(00:00~07:00)의 운항 횟수

N2는 주간(07:00~19:00)의 운항 횟수

N3은 석간(19:00~22:00)의 운항 횟수

N4는 야간(22:00~24:00)의 운항 횟수

등가소음레벨(Leq)은 특정 시간대에서 변동하는 소음 에너지를 평균값으로 교통소음의 측정 단위로 사용한다. 웨클과 비교했을 때 약 13~15 dB (A)의 차이가 있는 것으로 알려져 75웨클의 경우 약 62~59 Leq dB (A)와 비슷한 정도의 소음으로 간주하기도 한다(Lee, 2009). 항공기 소음에서 터보제트, 터보팬, 프로펠러 등과 같은 엔진은 항공기의 주요 소음원으로 특히 터보제트 엔진은 급가속과 고출력을 발생하며 군용기에 많이 사용된다. 또한 전투기와 같은 항공기가 초음속으로 비행하는 경우 항공기를 중심으로 강한 충격파가 형성되어 소닉붐을 발생시키고 민간 공항보다 더 많은 소음을 일으킬 수 있다.

SUMMARY OF DATA

국내 공항 주변 지역의 평균 항공기 소음도 추이

2004년에서 2018년까지 15년 기간 동안 매월 보고된(약 180개월) 14개 공항 주변 지역의 전체 평균 항공기 소음도를 요약하였다(Appendix 3). 각 연도별 14개 전체 공항 주변 지역의 평균 소음도는 2004년에서 2018년 기간 동안 약 71~73 웨클로 비슷한 추이를 보였다. 전체 기간 동안의 평균 소음도는 광주, 군산, 대구, 원주, 청주의 순으로(Figure 1) 나타났으며, 각 도시별 전체 15년 기간의 평균 항공기 소음도에서는, 광주공항이 82.5 웨클로 가장 높았고 양양이 56.1 웨클로 가장 낮았으며 약 26.4 웨클의 차이를 보였다. 또한 항공기 소음의 경우 평균값도 중요하지만 최대 소음으로 인한 영향이 크기 때문에 비교적 고소음도를 반영할 수 있도록 평균과 표준편차를 합산한 ‘영향 순위’(Shin & Ha, 2003)를 분석한 결과 평균과 표준편차를 합산한 영향 소음도의 평균은 88.5(광주)~61.2(양양) 웨클 범위를 보였고, 영향 순위는 광주, 대구, 군산, 청주, 원주의 순서를 보였다. 전체 평균 모두에서 광주, 군산, 대구, 원주, 청주 주변 지역의

Figure 1. Average aircraft noise levels between 2004 and 2018 in Korea. WECPNL: weight equivalent continuous perceived noise level.

소음이 높은 것으로 나타났고, 평균 약 85 웨클 이상의 영향 소음도를 보였다(Appendix 3).

공항 분류에 따른 항공기 평균 소음도

2004~2018년 기간 동안 국내 공항과 국제 공항 간의 평균 소음도에서, 국내 공항은 평균 71.9 웨클과 국제 공항은 70.3 웨클의 비슷한 평균값을 보였다. 군용기는 특성상 민항기에 비해 엔진과 동체에서 더 많은 소음을 발생할 수 있기 때문에 민간 공항과 민·군 공용 공항 간의 평균 소음도를 검토하였을 때, 민간 공항은 평균 63.5 웨클, 민·군 공용 공항은 76.2 웨클 값을 보였고(Figure 2), 두 공항 간 차이는 평균 12.7 웨클이었다[one-way analysis of variance, $F(1, 14,316) = 4,574.7, p < 0.05$].

국내 공항 주변 지역 최대 항공기 소음도

2004~2018년 기간 동안 매년 발생한 최대 항공기 소음은 약 100 웨클로, 광주와 원주공항 주변에서 발생하였고 대구공항은 그 뒤를 이어 99 웨클의 최대 소음을 발생하였다. 또한 15년 기간 동안 매년 발생한 최대 소음도의 14개 지역 총 평균은 83 웨클이었고 각 공항의 지역별 최대 소음도 평균은 약 94 웨클에서 68 웨클 사이에서 나타났다(Table 2). 또한 15년간 총 평균 최고 소음도는 민·군 공용 공항 지역인 광주, 대구, 청주, 군산의 순으로 나타났다.

Figure 2. Comparison of average aircraft noise levels between civil & military airports and civil airports (2004–2018). WECPNL: weight equivalent continuous perceived noise level.

DISCUSSIONS

본 연구에서는 항공기 소음에 대한 전반적인 추이를 파악하고 향후 청각학적인 지원과 관리를 위한 기본 자료로 활용하고자 국내 공항 주변 지역의 항공기 소음 수준을 살펴보았다. 2004년부터 2018년까지 국가소음정보시스템에서 보고한 국내

Table 2. Maximum aircraft noise levels and average of maximum aircraft noise levels across airports (2004–2018)

City	Maximum noise level	City	Average of maximum noise level
Gwangju	100.1	Gwangju	94.2
Wonju	100	Daegu	92.8
Daegu	99	Cheongju	92.3
Cheongju	94.3	Gunsan	90.1
Gunsan	91.7	Wonju	89.2
Sacheon	90.7	Gimhae	87.3
Gimhae	90	Jeju	84.0
Gimpo	89	Pohang	82.4
Jeju	89	Sacheon	82.0
Pohang	89	Gimpo	80.5
Yeosu	83.5	Yeosu	74.6
Muan	77	Muan	73.0
Ulsan	70.7	Ulsan	70.7
Yangyang	68	Yangyang	67.9
Average	88	Average	82.9

Unit: WECPNL. WECPNL: weight equivalent continuous perceived noise level

공항 주변 지역의 항공기 소음도에서, 각 공항의 15년 기간 동안 항공기 소음 평균은 약 70.6~73.3 웨클 값을 보였고 전체 평균은 71.4 웨클로 많은 변화를 보이지 않았다. 항공기 소음 평균에 표준편차 값을 더하여 항공기 소음 영향도를 파악한 결과 소음 범위는 88.5~61.2 웨클이었고 전체 평균 소음 영향도는 77.3 웨클이었다. 민간 공항과 민·군 공용 공항 지역의 소음도 평균을 비교했을 때 민·군 공용 공항 주변 지역의 평균은 76.2 웨클, 민간 공항은 63.5 웨클을 각각 보여 민·군 공용 공항에서 민간 공항에 비해 더 많은 소음이 발생하는 것으로 나타났다. 평균 소음, 최고 평균 소음, 최고 소음 발생 지역을 비교했을 때 광주, 군산, 대구, 원주, 청주 등 민·군 공용 공항 주변 지역 모두 소음도가 높았다.

국내 항공기 소음 저감 대책은 공항소음 방지 및 소음대책지역 지원에 관한 법률에서 확인할 수 있는데, 제1종 구역은 95 웨클 이상, 2종 구역은 90~95 웨클, 3종 구역은 90 웨클 미만에서 75 웨클 이상으로 구분하여 소음 방지 대책 사업을 시행하고 있다. 본 연구에서 15년 기간 동안의 전체 평균 소음도는 약 71 웨클로 소음 피해 대책 지역에 포함되는 정도는 아니었으나, 개별 지역의 공항별 평균을 분석하였을 때 광주, 군산, 대구, 원주, 청주는 75 웨클을 웃도는 값을 보여 소음 피해 대책 지역에 포함되었으며 표준편차를 더한 소음 영향도를 적용한 경우 광주, 군산, 대구, 원주, 청주, 김해, 제주, 김포공항 주변 지역이 모두 소음 피해 예상 지역에 포함될 수 있음을 확인하였다. Shin & Ha(2003)의 연구에서 보고한 광주, 김포, 김해, 대구, 제주 5개 공항 주변의 소음도와 비교하였을 때, 평균 소음도가 약 77 웨클에서 69 웨클로 낮아진 김포공항을 제외한 나머지 광주, 김해, 대구, 제주공항 주변 지역은 기존에 보고된 소음도(약

72~82 웨클)와 비슷한 수준을 보였다.

15년 전과 비교했을 때 소음 수준에 큰 차이가 나타나지 않아 공항 근처의 소음 정도는 비슷한 수준임을 확인할 수 있었으나 예전에 비해 항공 소음으로 인한 성가심 및 부정적 영향, 항공 소음 대책의 중요성과 정책 수립에 대한 인식이 증가하였고 공항 수와 비행 횟수의 증가 등으로 인해 실질적으로 공항 주변 주민의 다양한 어려움이 보고되어 항공 피해의 심각성은 나날이 증가하고 있다. 해외의 경우 주로 방음 위주의 항공기 소음 대책을 수립하고 있으며 국가 실정과 환경 기준에 따라 이주 정책, 시설물 설치, 용도 제한 등의 정책을 시행하고 있다. 예를 들어 미국의 경우 대략 90 웨클 이상의 소음도인 경우 이주 보상, 85~90 웨클인 경우 주택 방음 시설, 사무실의 설치를 하지 못하도록 정하고 있으며 가까운 일본의 경우도 소음 정도에 따라 완충 녹지 조성, 이주 보상, 방음 시설 설치, 교육, 병원 시설, 신축 금지, 주택 방음 시설 설치의 소음 대책 사업을 수행하고 있다(Lee, 2009). 또한 항공 소음으로 인한 피해 현황을 알아보기 위해 전화와 메일을 통한 설문 사업을 병행하여 대책 수립에 참고하기도 한다(Miller et al., 2014).

항공기 소음의 영향은 크게 신체, 심리, 정서적 건강과 밀접한 관련이 있으며 국내에서도 이와 관련한 다각적 예방과 보상 방안을 시행 중에 있다(NEDRC, 2007). 항공기 소음은 사람들이 거주하는 주변 환경에서 지속적으로 나타나는 소음 형태로 생애 주기에 걸쳐 노출된 경우에는 이로 인한 난청이 유발될 수 있다. 국내에서도 소음 대책, 주민 교육, 지속적인 감시와 적극적인 방안이 필요한 실정이나 아직까지 이와 관련한 연구나 보고가 부족한 실정이다. 항공기 소음 및 청력손실 관련 연구(Pillay et al., 2011)에서 공항 근처 지역과 공항에서 30 km 이

상 떨어진 지역에 거주하는 12~30세 60명을 대상으로 순음청력검사와 이음향방사검사를 시행한 결과 공항 근처 거주자의 순음청력검사에서 6,000 Hz 노치를 보였고 이음향방사검사 결과에서도 공항에서 멀리 떨어진 지역 거주자보다 더 나쁜 결과를 보였다. 또한 공항 근처 거주자들은 대화, 전화 통화, TV 시청, 학습, 수면 시 어려움을 겪는 것으로 보고하였다. 이에 항공기 소음은 지역 주민의 청력, 학습 환경, 주거 환경 등에 영향을 미칠 수 있으며 항공기 소음의 영향에 대한 감시와 대책의 필요성을 강조하였다.

초등학교 6학년 학생 대상 연구에서는(Chen & Chen, 1993) 항공기 소음의 영향 지역에 거주하는 학생들의 순음청력검사와 고주파수 순음청력검사 역치 평균이 소음 지역에 거주하지 않는 학생들보다 더 높은 것으로 나타나 공항 주변 지역 학생들의 청력손실의 위험성을 보고하였다. 항공기 소음과 청력손실과의 연관성을 몇몇 연구에서 보고하였으나 이에 대한 방안과 지속적인 연구는 아직까지 부족한 실정이며 특히 항공기 소음 영향권 지역에 거주하는 지역민에 대한 지속적인 지원과 청력 보호를 위한 감시가 필요하다. WHO(2015, 2018)에서도 소음성 난청에 대한 전략 중 하나로 소음원 크기의 감소, 소음 감시, 환경 및 건강 위해 요인에 대한 대처 방안 강구, 소음 노출 영향 지역 선정, 보호구의 착용과 함께 정기적인 청력검사를 제시하고 있으며, 특히 소음의 영향권에 거주하는 지역 주민 대상의 정기적인 청력 측정과 이에 대한 체계적인 감시 체계의 구축이 필요할 것으로 생각한다.

공항이 있는 지방에서의 가축 생태 및 건강과 관련한 연구를 보면 다음과 같다. 공항에서의 소음은 가축의 일시적 먹이 섭취 부진 현상, 일시적 경기와 두려워하는 행동 유발, 호흡수와 심장 박동수 변화, 조산과 유산의 발생, 수태율의 감소, 소의 경우 유량과 체중 증가량의 저하 등이 나타남을 연구에서는 보고하였다. 소음·진동 수준에 따른 가축의 피해 유발 정도는 지반, 지반 상태, 여진, 평상시 생활 소음, 진동, 축종, 사양 관리 형태, 축군 및 개체별 건강 상태, 소음·진동 반복 주기, 노출 시간, 기상 상태, 피해 유발 물체의 가시 여부 등에 따라 차이(Ahn et al., 2001)가 있으며 가축의 건강을 위한 항공기 소음 방지 대책 또한 필요할 것이다.

또한 항공기 소음으로 인한 성가심 반응에 대한 지속적 연구도 필요하다. 공항 근접 지역일수록 성가심 반응이 크게 나타나고(Lee et al., 2007), 성가심을 느끼는 태도 변수(소음원에 대한 두려움, 민감도, 소음 방지에 대한 느낌 등)가 소음의 성가심 반응에 영향을 미치는 것으로 알려졌다(Son et al., 2007). 항공기 소음의 수준이 커질수록 이에 대한 성가심 반응은 증가하는데(Guoqing et al., 2012; Lee et al., 2005), 저층부 거주자는 자동차 소음에 고층부 거주자는 항공기 소음에 대한 성

가심 비중이 큰 것으로 나타났다. 자동차 소음은 빈번히 노출이 되며, 항공기 소음은 크게 들리기 때문에 성가심이 발생하였고, 가장 성가심 시간대는 저녁 7시에서 10시 사이로 휴식, 수면, TV 시청 시 가장 많은 방해를 받는 것으로 보고하였다. 특히 군용 항공기의 소음은 공항 근처 지역 주민의 생활에 더욱 방해되는 소음으로 인지될 수 있다(Baek et al., 2009).

항공기 소음 대책 중 하나로 이중창, 삼중창의 설치는 20 dB(A) 이상 소음 차단 효과를 보여 소음 방지 대책 시 활용 가능한 방안이다. 등가소음레벨 65 dB(A)인 경우 지역 거주민이 보통 정도의 신경을 쓰는 것으로 보고하여 일정 기준 이상의 소음이 발생하지 않도록 하거나 소음 감소를 위한 건물 개조가 도움이 될 수 있다. 앞서 언급한 것처럼 환경적 측면의 소음 저감 대책은 제도적 방안이 어느 정도 마련되어 있고, 본 연구의 결과는 이러한 환경적 대책 수립에 필요한 기본 자료로 활용 가능할 것이다. 또한 국내 항공기 소음도 자료를 근거로 항공기 소음으로 인한 청력손실과 성가심 반응 등 심리음향학 측면의 연구가 병행되어야 한다. 특히, 지역 주민의 정기적인 청력 감시 및 교육 서비스의 제공과 이들의 다양한 어려움을 파악하고 제도적으로 지원할 수 있는 후속연구가 진행되어야 할 것이다.

중심 단어 : 항공기 소음·항공기 소음도·공항 주변.

Ethical Statement

N/A

Acknowledgments

N/A

Declaration of Conflicting Interests

There are no conflict of interests.

Funding

N/A

Author Contributions

All authors contributed equally to this work. S.O. designed and analyzed data, and wrote the paper; K.L. designed the study and discussed the results.

ORCID iDs

Soo Hee Oh

<https://orcid.org/0000-0002-3745-1484>

Kyoungwon Lee

<https://orcid.org/0000-0002-1297-6436>

REFERENCES

- Ahn, M. S., Kim, J. D., & Hwang, S. J. (2001). A case study to minimize effect of blasting vibration and noise on animal casualties. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 11(1), 104-110.
- Alkaabi, K. A. (2017). Studying the effects of aircraft noise around Abu Dhabi International Airport, UAE on the surrounding residential and work places. *Civil Engineering and Urban Planning: An International Journal*, 4(2), 59-78.
- Baek, H. B., Park, H. K., & Kim, S. W. (2009). Subjective response for the

- aircraft noise in the region around airport mixed with commercial and military aircrafts. *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 9(1), 99-106.
- Bartels, S., Rooney, D., & Müller, U. (2018). Assessing aircraft noise-induced annoyance around a major German airport and its predictors via telephone survey-The COSMA study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 246-258.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Geneva: World Health Organization.
- Chen, T. J. & Chen, S. S. (1993). Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of school-age children. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 65(2), 107-111.
- Civil Aviation Authority (Environmental Research and Consultancy Department). (2018, February). *Aircraft Noise and Annoyance: Recent Findings*. Civil Aviation Authority. Retrieved from https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP1588_FEB18.pdf.
- Guoqing, D., Xiaoyi, L., Xiang, S., Zhengguang, L., & Qili, L. (2012). Investigation of the relationship between aircraft noise and community annoyance in China. *Noise and Health*, 14(57), 52-57.
- Hwang, W. & Woo, J. (1997, November 18). *Effect of Noise and Vibration on Livestock and Structures*. Ministry of Environment. Retrieved from <http://webbook.me.go.kr/DLI-File/020/038956.pdf>.
- Kim, J. H. (2019). Causes of aircraft noise. *Brief Korea Transport Institute*, 13, 18-19.
- Kim, M. (2002). Policy measures for legal regulation of noises generated from military air bases, etc. *Public Law Journal*, 3(2), 3-47.
- Kwak, K. M., Ju, Y. S., Kwon, Y. J., Chung, Y. K., Kim, B. K., Kim, H., et al. (2016). The effect of aircraft noise on sleep disturbance among the residents near a civilian airport: A cross-sectional study. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 28(1), 38.
- Lee, H. (2009). Policy directions for aircraft noise control. *Journal of Aviation Development of Korea*, 52(3), 13-25.
- Lee, K. J., Chang, S. I., & Lee, K. (2005). Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering conference: *Comparative Study on Annoyance of Traffic and Aircraft Noise*. Muju: Muju Resort.
- Lee, K. J., Lee, K., Chang, S. I., & Son, J. H. (2007). A study on the effect of variables on aircraft noise annoyance response. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 29(3), 341-347.
- Miller, N., Sizov, N., Lohr, S., & Cantor, D. (2014). 11th international congress on noise as a public health problem: *New Research on Community Reaction to Aircraft Noise in the United States*. Nara: Nara Prefectural New Public Hall.
- National Environmental Dispute Resolution Commission. (2007). *Aircraft Noise Conflict Data*. National Noise Information System. Retrieved from http://www.noiseinfo.or.kr/about/data_view.jsp?boardNo=42&pg=9&keyfield=whole&keyword=.
- Nguyen, T. L., Yano, T., Nishimura, T., & Sato, T. (2009). Proceedings of the 38th international congress and exposition on Noise Control Engineering: *Social Survey on Community Response to Aircraft Noise in Ho Chi Minh City*. J. Ottawa.
- Park, Y., Song, T., Kim, H., & Kim, J. (2002, September 1). *A Study on the Establishment of Noise Standards for Military Aircraft*. Korea Environment Institute. Retrieved from <https://repository.kei.re.kr/handle/2017.oak/19070?mode=full>.
- Pillay, D., Archary, K., & Panday, S. (2011). A preliminary study of the effects of aircraft noise on families who reside in close proximity to an airport. *South African Family Practice*, 53(4), 361-365.
- Sellick, P. M., Patuzzi, R., & Johnstone, B. M. (1982). Measurement of basilar membrane motion in the guinea pig using the Mössbauer technique. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(1), 131-141.
- Shin, S. H. & Ha, Y. S. (2003). An analysis of five domestic airport area noises. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 11(1), 55-72.
- Son, J. H., Lee, K., & Chang, S. I. (2007). Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from aircraft noise. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 29(12), 1366-1370.
- Transportation Research Board of The National Academies. (2008). *Effects of Aircraft Noise: Research Update on Selected Topics. A Synthesis of Airport Practice*. Airport Cooperative Research Program. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/c6ff/8259c795d501d11922b8724aef547b17b446.pdf>.
- Wikipedia. (2020, January 29). *Airports in South Korea*. Wikipedia. Retrieved from https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8C%80%ED%95%9C%EB%AF%BC%EA%B5%AD%EC%9D%98_%EA%B3%B5%ED%95%AD.
- World Health Organization. (2015). *Hearing Loss Due to Recreational Exposure to Loud Sounds: A Review*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region-Executive Summary*. Geneva: World Health Organization.
- Yang, W. S. (2000). A study on environmental noise characteristics in the military and civil airports (Unpublished master's thesis). Yonsei University, Seoul.

□ APPENDICES □

Appendix 1. 공항 소음 대책 지역

구분	구역	소음 영향도 (단위: WEPNL)	용도 제한 지역	시설물 설치 제한			
				주거용 시설	교육 및 의료 시설	공공시설	그밖의 공장, 창고 및 운송 시설
소음 대책 지역	제1종	95 이상	1. 완충 녹지 지역 (이륙, 착륙 안전지대) 2. 공항 운영에 관련된 시설망 설치 가능	신축 및 증축, 개축 금지	신축 및 증축, 개축 금지	신축 및 증축, 개축 금지	공항 운영에 관련된 시설물 설치 허가
	제2종	95 미만 90 이상	1. 전용 공업지역 2. 일반 공업지역 3. 자연 녹지지역	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	항공기 소음과 무관한 시설물의 신축 및 증축, 개축 허가
	제3종	가 지구 85 이상 90 미만	1. 준공업지역 2. 상업지역	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	1. 신축 금지 2. 방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	항공기 소음과 무관한 시설물의 신축 및 증축, 개축 허가
		나 지구 80 이상 85 미만		방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	항공기 소음과 무관한 시설물의 신축 및 증축, 개축 허가
		다 지구 75 이상 80 미만		방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	방음 시설 시공 조건으로 증축, 개축 허가	항공기 소음과 무관한 시설물의 신축 및 증축, 개축 허가

공항소음 방지 및 소음대책지역 지원에 관한 법률 시행규칙 제 3, 4조 근거. WEPNL: weight equivalent continuous perceived noise level

Appendix 2. 공항 주변 소음 측정 지점

지역	측정 지점	지점 수	구분	
광주	덕흥동, 광주환경시설공단, 마산경로당, 우산동, 송대돌, 본덕동, 송정동	7	국내	민·군 공용
군산	옥봉리, 선연리, 장전마을회관, 성남동길, 옥서면사무소, 신오산촌마을	6	국내	민·군 공용
김포	신월동, 강서초교, 김포-테스트, 김포, 월정초교, 오곡초교, 송정중학, 고덕도서관, 별말부락, 이화동, 서원 APT, 대장초교, 소준부락, 금성공업사, 사우고교	15	국제	민간
김해	김해, 김해2, 탄치, 중덕, 배영초교, 염막, 동다, 신천, 초선대, 어방동	10	국제	민·군 공용
대구	지저동, 용계동, 신평동, 방촌동, 용계동_예비, 복현2동, 서변동, 구암동, 구암동_예비	9	국제	민·군 공용
무안	내곡경로당, 톱머리주유소, 내덕경로당	3	국제	민간
사천	강주경로당, 가산, 구호, 유천, 축동, 양동, 두량	7	국내	민·군 공용
양양	중광정, 여운포, 상운, 학포, 여운포_예비	5	국제	민간
여수	수문포, 덕산, 구암, 학서, 노촌, 남해촌	6	국내	민간
울산	울산, 울산2, 남외, 반구, 전송 테스트, 농소, 상안, 명촌, 시례동	9	국내	민간
원주	주산리, 제2취수장, 장양리, 모평리, 성남초교, 횡성도서관, 횡성도서관_예비	7	국내	민·군 공용
제주	도두1동, 이호2동, 예원동, 성화마을, 용담2동, 용담1동, 도평동591, 외도해마루, 용문마을, 풍경채, 하요전기, 내도동	12	국제	민간
청주	외남동, 신평리, 입상1구, 덕일 APT, 신대2구, 한국JCC, 신평리, 한국JCC_예비	8	국제	민·군 공용
포항	제절동, 인덕동, 청림동, 일월동, 도구리, 석리, 도구리	7	국내	민·군 공용

Appendix 3. 연도별 국내 항공기 소음도 평균

(WECPNL)																	
City		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total A
Gwangju	A	80.3	81.0	81.8	83.7	84.0	84.0	84.8	84.2	84.2	83.6	82.0	81.6	80.1	79.6	82.1	82.5
	SD	5.2	7.4	6.0	5.7	6.3	5.8	5.8	6.3	6.3	6.6	6.6	6.6	5.8	5.0	5.9	6.1
	A + SD	85.4	88.3	87.8	89.4	90.4	89.8	90.6	90.6	90.5	90.1	88.6	88.2	85.9	84.6	88.0	88.5
Gunsan	A	·	80.8	81.2	81.8	82.2	83.9	84.1	84.3	82.1	83.0	81.0	80.0	77.4	77.5	77.9	81.2
	SD	·	4.4	4.5	4.4	4.4	4.4	4.0	4.2	5.0	5.6	6.8	7.4	6.9	6.6	6.3	5.4
	A + SD	·	85.2	85.7	86.1	86.5	88.3	88.1	88.6	87.2	88.7	87.8	87.4	84.4	84.1	84.1	86.6
Gimpo	A	67.4	66.6	67.0	67.6	68.7	68.6	68.3	67.8	68.7	69.4	70.6	70.5	69.6	71.1	71.5	68.9
	SD	9.1	9.2	8.2	8.7	7.8	7.5	8.2	8.5	8.7	8.7	8.3	8.3	7.6	7.7	6.3	8.2
	A + SD	76.6	75.8	75.2	76.3	76.5	76.1	76.5	76.3	77.3	78.0	78.8	78.9	77.2	78.8	77.8	77.1
Gimhae	A	73.8	72.6	72.4	72.7	70.4	71.4	71.7	72.2	72.7	73.2	74.0	72.8	75.9	76.9	76.1	73.3
	SD	5.6	5.1	5.5	5.4	5.8	6.3	5.7	6.3	5.9	6.2	8.5	6.4	6.7	6.6	5.3	6.1
	A + SD	79.4	77.7	77.9	78.1	76.2	77.7	77.4	78.5	78.5	79.4	82.5	79.2	82.6	83.5	81.5	79.3
Daegu	A	84.0	81.4	81.1	81.4	80.6	80.9	77.4	79.4	79.3	78.7	79.3	78.6	78.1	80.3	79.7	80.0
	SD	5.3	7.9	8.4	6.4	6.8	6.7	7.2	7.3	6.7	6.8	6.6	7.5	7.9	8.9	7.0	7.1
	A + SD	89.2	89.3	89.5	87.8	87.4	87.6	84.6	86.7	86.0	85.5	85.9	86.1	86.0	89.1	86.7	87.2
Muan	A	·	·	·	·	·	57.8	60.4	59.5	61.1	59.1	62.8	66.6	66.8	66.6	68.6	62.9
	SD	·	·	·	·	·	6.3	4.6	5.1	5.3	6.0	4.3	3.8	3.4	3.8	4.2	4.7
	A + SD	·	·	·	·	·	64.1	65.0	64.6	66.4	65.1	67.0	70.4	70.2	70.4	72.8	67.6
Sacheon	A	·	·	69.3	69.2	67.7	67.0	65.9	67.6	65.9	64.5	66.5	66.6	68.2	68.9	68.5	67.4
	SD	·	·	3.7	3.1	4.4	3.8	4.0	5.7	7.1	12.0	5.5	7.5	7.6	7.7	5.1	5.9
	A + SD	·	·	73.1	72.4	72.1	70.8	69.9	73.3	73.0	76.5	72.0	74.1	75.8	76.6	73.5	73.3
Yangyang	A	·	65.3	55.2	52.1	49.1	50.7	54.4	51.2	55.5	57.1	62.7	60.8	58.1	54.8	58.5	56.1
	SD	·	8.2	4.1	3.3	4.5	4.8	3.1	3.8	5.5	5.3	5.3	6.1	7.8	5.3	4.2	5.1
	A + SD	·	73.5	59.4	55.5	53.5	55.5	57.5	55.0	61.0	62.4	68.0	66.9	65.8	60.1	62.7	61.2
Yeosu	A	64.4	64.3	65.4	66.7	65.9	65.1	64.9	62.0	63.9	62.9	62.8	63.5	63.6	63.2	65.3	64.3
	SD	4.9	7.5	7.2	7.2	6.6	6.9	6.2	7.9	7.1	7.4	8.0	6.2	6.1	7.7	5.1	6.8
	A + SD	69.3	71.8	72.6	73.9	72.5	72.1	71.1	69.9	71.0	70.3	70.7	69.8	69.7	70.9	70.5	71.1
Ulsan	A	65.1	65.0	64.3	64.9	64.8	64.5	63.1	61.4	58.7	59.4	57.5	59.7	60.2	59.5	60.0	61.9
	SD	2.7	2.8	2.7	2.7	3.3	4.6	3.7	3.7	5.7	3.7	5.7	6.6	4.0	5.6	4.0	4.1
	A + SD	67.8	67.8	67.0	67.7	68.1	69.0	66.8	65.1	64.4	63.1	63.2	66.3	64.2	65.1	64.1	66.0
Wonju	A	·	·	·	80.2	79.6	79.2	78.2	81.9	80.0	78.8	79.8	79.6	80.2	81.0	80.9	79.9
	SD	·	·	·	6.3	5.0	5.4	5.8	5.9	6.2	5.7	6.1	5.1	5.2	5.0	5.5	5.6
	A + SD	·	·	·	86.5	84.6	84.6	84.0	87.9	86.2	84.5	85.9	84.7	85.5	85.9	86.3	85.6
Jeju	A	71.2	70.1	69.5	72.5	73.6	72.1	71.7	69.9	71.4	72.6	75.6	72.6	74.0	72.5	74.0	72.2
	SD	6.5	6.3	6.7	6.4	4.9	6.2	6.9	8.3	8.2	8.9	7.1	9.2	7.9	8.6	7.1	7.3
	A + SD	77.7	76.4	76.1	78.9	78.5	78.3	78.6	78.3	79.6	81.5	82.7	81.8	81.9	81.2	81.0	79.5
Cheongju	A	79.9	79.4	79.8	78.7	78.9	80.2	80.2	78.9	78.2	79.4	79.5	78.2	77.9	75.4	75.6	78.7
	SD	7.8	8.1	8.3	7.7	7.9	7.1	6.9	7.8	7.7	8.1	6.9	7.0	8.0	8.2	6.1	7.6
	A + SD	87.7	87.5	88.1	86.4	86.7	87.3	87.1	86.7	85.9	87.5	86.3	85.3	85.9	83.6	81.6	86.2
Pohang	A	·	67.5	66.9	67.2	67.9	67.0	67.9	67.9	67.5	69.0	63.1	56.7	66.4	66.4	68.6	66.4
	SD	·	6.6	6.3	5.3	6.9	8.3	8.2	8.2	7.4	6.9	8.7	9.2	5.9	7.7	6.9	7.3
	A + SD	·	74.1	73.2	72.6	74.8	75.3	76.0	76.1	74.9	76.0	71.9	65.9	72.3	74.1	75.5	73.8
Total A		73.3	72.2	71.2	72.2	71.8	70.9	70.9	70.6	70.7	70.8	71.2	70.6	71.2	71.0	71.9	71.1

A: average, SD: standard deviation, WECPNL: weight equivalent continuous perceived noise level