

음성명료도 시험에 의한 노인 교육시설의 청취환경 조사

Investigation of the listening environment of classrooms for elderly people using speech intelligibility tests

박찬재,¹ 김보경,¹ 한찬훈^{1†}

(Chan-Jae Park,¹ Bo-Gyeong Kim,¹ and Chan-Hoon Haan^{1†})

¹충북대학교 건축공학과

(Received December 9, 2020; revised January 5, 2021; accepted January 19, 2021)

초 록: 본 연구의 궁극적인 목적은 청력 비완전자인 노인을 위한 학습공간의 음향기준을 제시하기 위한 것이다. 사전연구로서 본 연구는 현재 운영 중인 노인 교육시설의 청취환경을 조사하고 이를 이용 중인 노인의 음성 인지성능 실태를 조사하기 위해 진행되었다. 이를 위하여, 청주시 소재 2개 노인 교육시설을 대상으로 물리적 음향성능을 측정하고 설문조사를 실시하였다. 또한, 음절법과 단어법을 이용한 음성명료도 평가를 수행하였다. 노인을 대상으로 한 설문조사 결과 전반적인 청취환경에는 만족하는 것으로 나타났다. 배경소음, 신호대잡음비, 잔향시간, 음성전달지수와 같은 물리적 음향성능 측정 결과 대한민국 일반교실의 음향성능 기준을 만족하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 음성명료도 평가 결과 20대 건청인에 비해 노인 그룹의 점수가 20점 이상의 차이로 월등히 낮았으며, 연령대가 높아질수록 점수 또한 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 현재 사용 중인 일반인 대상 교육시설의 음향성능 기준이 노인 교육시설에 적합하지 않음을 알 수 있었다.

핵심용어: 노인 청력, 청력비완전자, 청취환경, 음향성능, 음향측정, 설문조사, 음성명료도 평가

ABSTRACT: The ultimate goal of the present study is to establish the acoustical performance standards of classroom for the elderly who are incomplete hearing people. As a pilot survey, the present study was conducted to investigate the listening environment and the actual condition of speech perception performance of education facilities for elderly. Acoustic performances of two education facilities for elderly in Cheongju were measured and questionnaire survey was done to elderly people. Also, speech intelligibility tests were undertaken by Consonant Vowel Consonant (CVC) and Phonetically Balanced Words (PBW) methods. The questionnaire survey showed that the elderly were satisfied with the listening environment of the educational facilities in general. Also, it was found that acoustical performances satisfy with the acoustic criteria of general classrooms in Korea. However, the results of the speech intelligibility test showed that the scores of elderly were significantly lower than twenties with normal hearing. It was also revealed that the scores are reduced as the age increases. Thus, it was concluded that the acoustical performance standards of educational facilities for the normal hearing were not suitable for educational facilities for the elderly.

Keywords: Hearing ability of elderly people, Incomplete hearing people, Listening environment, Acoustic performance, Acoustic measurement, Questionnaire survey, Speech intelligibility test

PACS numbers: 43.55.Hy, 43.55.Br, 43.55.Gx

†Corresponding author: Chan-Hoon Haan (chhaan@cbnu.ac.kr)

Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 28644, Republic of Korea

(Tel: 82-43-261-2438, Fax: 82-43-263-2635)

“이 논문은 2020년도 추계공동학술대회(한국음향학회, 한국음악지각인지학회)에서 발표하였던 논문임.”



Copyright©2021 The Acoustical Society of Korea. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

국제연합(United Nations, UN)에서 정한 기준에 따른 ‘노인’이란 65세 이상을 의미한다. 또한 국가의 총 인구 중 노인의 비율에 따라 고령화사회, 고령사회, 초고령사회로 구분할 수 있다. 대한민국은 현재 고령화사회를 지나 2017년에 노인인구가 전체의 14%를 초과하면서 빠르게 고령사회로 진입하게 되었다. 최근 대한민국 통계청에서 발표한 ‘2020년 고령자 통계’에 따르면 현재 우리나라의 고령 인구 비율은 15.7%로 노인의 인구는 매년 크게 증가하고 있는 추세여서 2025년에는 20.3%에 이르러 초고령사회에 진입하게 될 전망이다.^[1]

인구의 고령화는 한국 뿐만 아니라 전세계에 걸쳐 급속도로 진행되고 있으며 이로 인해 다양한 사회·경제적인 현상들이 발생하게 된다. 예를 들어 생산 인구가 감소함에 따라 노동력이 부족해져 생산성이 하락되는 등의 문제가 발생하게 된다. 또한 은퇴 이후 수면, 식사와 같은 필수시간 외에 여가시간이 대략 7시간으로 하루 중 30% 정도를 투자하는 것으로 나타났다.^[1] 이 과정에서 발생하는 사회적 문제점을 해결하고 노인들의 삶의 질을 해결하기 위한 새로운 방안이 모색되어야 한다. 즉, 노인의 재취업 및 재사회화를 위한 교육과 함께 평생교육을 통한 배움의 기회를 제공하는 것이 바람직하다.

대한민국의 경우 보건복지부의 저출산·고령사회 기본계획(3차)에 따라 노인 전문 교육시설의 수를 대폭 증대시키면서 노인 교육의 기회가 증가하게 되었다.^[2] 그러나 현재 건립 및 운영 중인 노인 전문 교육시설의 경우 노인의 청각적 특성을 반영하지 않고 정상청력을 가진 일반인을 대상으로 하고 있는 데에 큰 문제점이 있다. 국내에서 진행된 교육시설의 음향성능 기준에 대한 연구에서는 빈강의실의 잔향시간과 배경소음의 한계치를 명시하고 있으나 대상 연령이 12세 이후의 정상청력을 가진 일반인을 대상으로 하고 있어서 노인 교육시설에 적용하기 어렵다는 단점이 있다.^[3]

한편 노인은 연령의 증가에 따라 노화로 인한 신체기능의 저하를 동반하게 되는데 그 중 청력의 저하는 특별한 원인이 없어도 연령이 증가함에 따라

발생할 수 있다. 실제로 전 연령을 대상으로 진행한 순음청력 평가 결과 연령이 높아질수록 청력역치가 증가함을 알 수 있었다. 그 중에서도 60대부터 급격한 증가폭이 관찰됨에 따라 신체 노화에 의한 청력 소실이 발생하고 있음을 객관적으로 증명하고 있다.^[4] 보건복지부에서 주관한 노인실태조사 결과에 의하면 설문조사를 통해 전체 노인의 24.6%가 청력에 불편함을 느끼고 있음을 알 수 있다.^[5] 또한 이러한 청력수준이 노인의 인지기능에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.^[6] 따라서 노인의 청력상황을 반영한 노인 전문 교육시설의 음향성능 기준 수립이 시급한 시점이다.

본 연구는 노인 전문 교육시설의 음향성능 기준 및 교육시설 개선방안 수립을 위한 선행 연구로써 현재 운영 중인 노인 교육시설의 음향성능과 노인의 청취능력 실태를 파악하는데 그 목표가 있다. 이를 위해 청주시 소재 노인 전문 교육시설에서 설문조사를 통해 교육시설에 대한 음향적 만족도를 조사하고, 물리적 음향성능을 측정해 그 적정성을 평가하고자 하였다. 그 중 2개 교육시설에서 노인인 일반인을 대상으로 음성명료도 평가를 수행함으로써 주관적 이해도를 비교함으로써 그 차이점을 분석하고자 하였다.

II. 연구의 방법

2.1 실험대상의 선정

대한민국 청주시의 경우 공립 및 사립 교육시설 중 36개의 교육시설을 노인이 이용하고 있으며 그 중에서도 27개 교육시설의 경우 노인을 대상으로 한 전문 프로그램을 운영하고 있다.

본 연구에서는 노인 교육시설의 청취환경 실태를 파악하기 위하여 청주시 소재 교육시설 중 노인 대상 전문프로그램을 운영 중인 교육시설 2개소를 선정해 설문조사 및 물리적 음향성능 측정, 음성명료도 평가를 진행하였다. 조사대상 교육시설을 선정함에 있어서 일반교육시설 중 65세 이상의 노인 대상 교육 프로그램을 운영 중인 시설 1개소와 노인 전문 교육시설 1개소를 각각 선정하였다. 다음 Table 1과 Fig. 1은 본 연구에서 실험대상으로 선정한 교육시설

Fig. 1. The architectural shapes of the subject classroom in each facilities with sound source and receiver points.

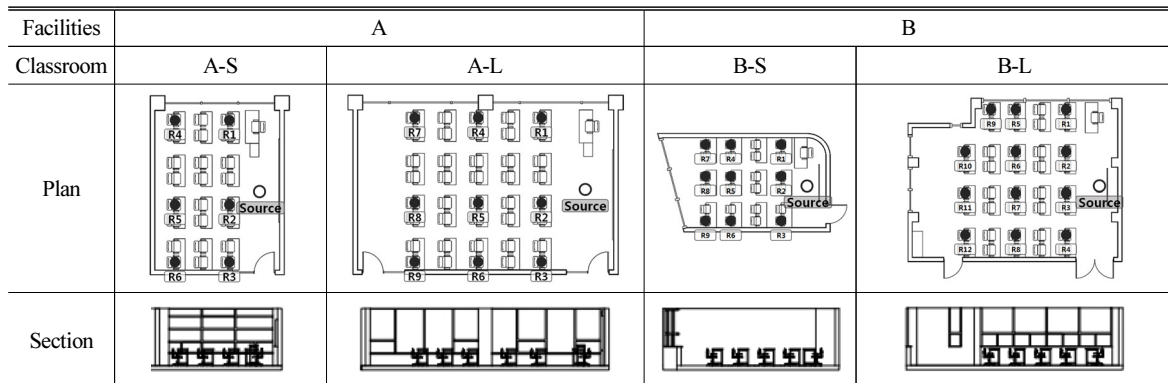


Table 1. Architectural dimensions of the subject classroom in each facilities.

Subject facility	A		B		
Construction year	2014		1999		
Type of facility	General educational facility		Elderly educational facility		
District type	General area		General area		
Classroom	A-S	A-L	B-S	B-L	
Dimension (m)	Length	5.75	11.5	8.0	10.0
	Width	7.5	7.5	4.5	7.6
	Height	2.7	2.7	2.7	2.7
Floor area (m ²)	43.1	86.3	36.0	76.0	
Volume (m ³)	116.4	232.9	97.2	205.2	
Ratio (L:W)	0.77	1.53	1.78	1.32	

Table 2. Finishing materials and their NRC of the subject classroom in all facilities.

Location	Material	NRC	
Wall	Paint on gypsum board	0.02	
Floor	Linoleum tile	0.03	
Ceiling	Mineral tex board	0.52	
etc.	Door	Metal	0.08
	White board	Back painted glass	0.04
	Desk	Particle board	0.08
	Chair	Light upholstered chair (plastic)	0.28
	Window	Glass	0.04
	Blind	Screen	0.27

2곳에서 운영 중인 노인 대상 교육공간의 건축적 제원과 평면 및 단면 형태를 나타내고 있다. 또한 Table 2는 두 교육시설 내 대상 강의실에 설치된 건축 마감재의 종류 및 흡음성능(Noise Reduction Coefficient, NRC)을 나타내고 있다. 조사 결과 대상 강의실은 구

모의 차이만 있을 뿐 실내마감재의 종류는 동일한 것으로 나타났다.

실험대상 중 A교육시설은 모든 연령을 대상으로 다양한 교육을 시행중인 일반 교육시설이다. 여기에서 운영 중인 프로그램 중 일부는 65세 이상의 연령의 노인을 제한하여 대상으로 하고 있으며 음악, 미술, 캘리그래피와 같은 실습과목 외에도 논어, 외국어, 시낭송과 같은 음성의 이해에 의존하는 이론 중심의 교과목도 진행하고 있다. 한편 B교육시설은 60세 이상의 성인을 교육하기 위해 설립된 시설로써 평균 수강연령이 65세부터 75세에 집중적으로 분포되어 있는 노인 전문 교육시설이다. B교육시설은 생활체조 외에도 청력 및 혈당과 같은 건강검사 정기적으로 진행하는 등 수강연령에 적합한 운동 및 의료관련 교과목을 운영하고 있으며 노래강의실이나 서예와 같은 실습 교과목 외에도 한글, 외국어, 컴퓨터와 같은 이론 중심적 교과목과 같은 교육서비스를 노인들에게 제공하고 있다.

본 연구에서는 총 2개 시설에서 명료한 음성전달이 특별히 요구되는 교과목인 이론 수업이 주로 이루어지는 강의실을 선정하였다. 이때 각 시설별로 규모에 따라 소형 강의실 1개소와 대형 강의실 1개소씩을 선정해 총 4개 강의실에서 실험을 진행하였다. 피실험자는 시설별로 해당 과목을 수강 중인 노인들 중 자발적 참여자를 모집하였으며 청력의 상태는 크게 구분하지 않았다. 다만 피실험군 구성에 있어서 실험결과의 정확도를 위해 보청기 착용하여 정상에 준하는 청력의 소지자는 포함하였으나 난청에 의한 비정상청력자는 제외하였다.

2.2 설문조사

이론 교과목을 수강할 때 강의실의 청취환경에 대한 노인들의 주관적인 견해를 파악하기 위하여 설문 조사가 진행되었다.

설문조사는 A와 B 교육시설에서 각각 진행되었으며 교과목 수강을 위해 해당 시설을 실제로 이용 중인 노인을 대상으로 수행하였다. 설문 참여자는 총 37명으로 연령 분포는 65세부터 83세에 걸쳐 고르게 분포되어 있었으며 평균 연령은 약 73세로 조사되었다. Fig. 2은 B교육시설에서 설문조사를 수행하는 모습을 보여주고 있다.

설문조사에는 A시설에서 20명, B시설에서 17명



Fig. 2. Questionnaire survey.

Table 3. General information of questionnaire survey participants.

Subject facility	A	B
Female	11	16
Male	9	1
Total	20 (1)	17
Average age	71.1	75.5

* () : Number of hearing aid wearer

으로 총 참여인원은 37명으로 평균 연령은 만 73.1세이다. 여기에는 보청기를 착용하였으나 정상청력에 준하는 청력을 보유하고 있으며 실제 수업을 수강 중인 남성 노인 수강생이 1인 포함되어 있다. 설문조사 참여자에 대한 상세 정보는 Table 3에 정리하였다.

설문은 크게 두 가지 관점에서 수행되었는데, 첫 번째로는 대상시설을 이용하는 노인 본인의 청력 및 교과목에 대한 정보를 알아보고자 하였다. 이를 위해 설문지는 지난 5년간 본인의 청력상태 변화에 대한 자체 평가와 함께 수강중인 교과목의 종류 및 수업 진행방식에 대한 문항으로 구성되었다.

설문조사의 문항은 강의실의 청취환경에 대한 전반적인 만족도와 여기에 영향을 미치는 음향적 인자를 조사하기 위해 교사 음성의 음량, 명료함, 잔향감, 문장 이해도, 소음으로 구분해 문항을 구성하였다. 또한 강의실의 청취환경에 대해 음향적으로 불만족하는 원인을 알아보기 위한 문항도 포함되어 있다. 설문조사의 각 항목과 그 평가단계별 내용은 Table 4에 정리된 바와 같다.

설문조사의 각 문항을 구성함에 있어 대상연령이 고령임에 따른 문장 이해도 등을 고려하였다. 또한 지문이 부정확하거나 이해하기 어려운 경우 응답내용의 신뢰도가 하락할 가능성을 감안해 쉬운 용어와 부드러운 문체로 지문을 작성하였으며 필요시 연구원에 의한 상세한 설명을 개별적으로 제공하였다.

2.3 물리적 음향성능 측정

실험 진행시 KS F ISO 3382-2⁷⁾의 내용을 준수하되 일부 사항은 현장 상황에 맞게 설정하였다. 실험일시 및 측정기기의 선택, 측정점을 선정함에 있어서 각 시설을 사전 방문해 진행한 운영자 인터뷰, 현장

Table 4. Comparison of evaluation scales and each question.

Parameter	1	2	3	4	5
Loudness	Very low	Low	Fair	Loud	Very loud
Clearness	Very blur	Blur	Fair	Clear	Very clear
Reverberation	Very long	Long	Fair	Short	Very short
Understanding	Very easy	Easy	Fair	Difficult	Very difficult
Noise	Very loud	Loud	Fair	Low	Very low
Satisfaction	Very unsatisfied	Unsatisfied	Fair	Satisfied	Very satisfied

실측 결과를 바탕으로 현장사정을 감안해 선택하였다. 물리적 음향성능 측정은 각 시설별로 일정을 달리해 진행되었는데, ‘A’ 시설의 경우 2020년 6월 19일 오후 1시에서 오후 4시 사이에 진행하였고, ‘B’ 시설은 2020년 11월 9일 오전 11시에서 오후 4시 사이에 진행하였다. 모든 측정은 해당 교육시설의 이용자가 없는 조용한 상태에서 진행하였으며 강의실에 학생이 없는 공석 상태였다.

교사의 음성레벨은 소리가 발생되는 입을 중심으로 각도에 따라 그 크기가 달라지는데 일반적으로 30° 마다 약 2 dB(A) 감소되며 결과적으로 교사의 뒤에서는 실제 음성레벨보다 약 10 dB 정도 작게 들린다.^[8] 이러한 이유로 물리적 음향성능 측정시 음원은 실제 교사의 음성전달 특성을 반영할 수 있도록 지향성 스피커를 사용하였다. 음원의 위치는 강의실에서 실제 강사가 수업을 진행하는 곳인 강의실 전면부 중앙의 칠판 앞에 설치하였다. 이때 음원의 높이는 스피커의 중앙부가 일반적인 성인의 표준 입 높이인 바닥으로부터 1.5m 높이에 도달하도록 설정하였다. 모든 물리적 음향성능 측정에 있어서 음원의 출력레벨은 강의실 내에서 큰 소리로 수업을 진행 중인 교사의 음성레벨인 70 dBA로 설정하였다.^[9] 수음점은 각 강의실의 전반적인 음향성능을 알아보기 위해 공간의 규모를 바탕으로 6개부터 12개까지 고른 간격으로 설정하였다. 이때 수음점의 높이는 착석시 노인의 귀 위치를 반영하기 위해 바닥으로부터 1.2 m 높이에 설치하였다. 음원 및 수음점의 위치는 Fig. 1에 나타나 있다.

물리적 음향성능 측정에 사용된 장비의 구성은 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 측정시 실내음향성능 측정 및 분석 소프트웨어인 DIRAC에 의해 발생된 Maximum Length Sequence(MLS) 신호음이 음원을 통해 강의실 내에 전달된다. 이때 잔향시간과 같은 실내음향성능 지표들은 양이녹음시스템(binaural microphone)에 의해 수음된 신호음을 녹취·분석함으로써 산출할 수 있다.

본 연구에서는 노인 교육시설의 음향성능을 파악하기 위하여 빈 강의실의 배경소음(BackGround Noise level, BGN)과 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR) 외에도 잔향시간(Reverberation Time, RT), 음성전달

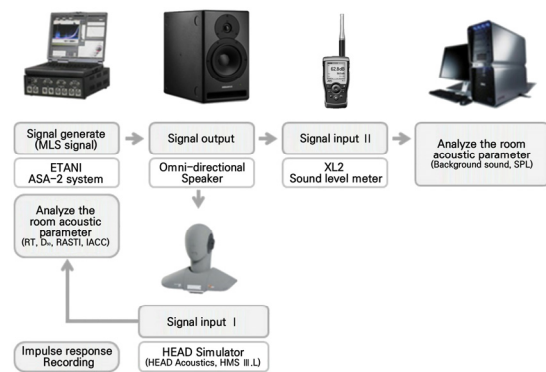


Fig. 3. Setup of room acoustic performance measurement devices.

Table 5. The acoustic performance standards for the Korea, USA and UK classroom (unoccupied).

Nation	Target ages	Volumes (m ³)	BGN (dBA)	RT (s)
Republic of Korea	above 12	below 220	below 35	below 0.8
United States	-	below 283	below 35	below 0.6
United Kingdom	above 12	-	below 35	below 0.8

지수(Rapid Speech Transmission Index, RASTI)를 측정하였다. 또한 각 교육시설의 현재 음향성능 실태에 대한 적정성을 평가하기 위하여 한국 및 미국, 영국의 일반 학교 강의실 음향성능 기준을 참고 본 논문에서 사용된 한국 및 미국, 영국의 강의실 음향성능 기준은 다음의 Table 5에 정리되어 있다.^[3,10,11]

2.4 음성명료도 평가

노인 교육시설을 이용하는 노인이 교사의 음성을 얼마나 이해하는지 평가하기 위하여 음성명료도 평가를 진행하였다. 이를 위해 평균 70.2세의 노인 19인을 대상으로 B 교육시설의 2개 강의실에서 음성명료도를 평가하였다. 또한 노인의 음성 인지성능을 객관적으로 비교하기 위한 대조군으로써 동일 인원의 정상청력 일반인을 대상으로 건청인그룹을 별도로 구성하였다.

건청인그룹으로 구분되는 정상청력 일반인의 평균 연령은 22.9세이며 총 인원은 노인그룹과 마찬가지로 19명이다. 노인그룹과 건청인그룹은 동일한 장치 및 단어목록을 사용해 같은 날 평가를 진행하였으며 평가 공간도 동일하였다. 평가 당일 노인그룹

이 먼저 평가를 진행한 후 일반인 실험을 진행하되 두 그룹을 분리함으로써 불필요한 정보 교환이 이루어지는 것을 사전에 방지하고자 하였다. 두 실험군의 인원 및 연령, 평가 참여 일시 등의 상세정보는 다음 Table 6에 표기하였다.

음성명료도 평가란 피실험자가 음원으로부터 방사된 시험용 음성을 듣고 받아 적도록 한 다음 그 정답률을 통해 피실험자가 음성을 정확하게 인지하고 있는지를 평가하는 방법이다. 본 연구에서는 음성명료도 평가에 있어서 노인그룹과 일반인그룹의 음성 인지에 대한 보다 상세한 정보를 얻기 위하여 총 2가지 평가도구를 사용하였다. 음성명료도 평가에 사용된 도구는 음절법(Consonant Vowel Consonant, CVC)과 단어법(Phonetically Balanced Words, PBW)이다. 이 중 음절법은 의미가 없는 단음절로써 음소별로 난이도의 균형을 이루고 있는 단어로 이루어져 있으며 발음상 중복되는 음절은 제외하였다. 한편 단어법이란 발생할 수 있는 모든 음운 현상을 포함하고 각 음운

이 고르게 분포되어 있으며 음소적으로 균형있는 단어들로 이루어져 있다. 다음의 Table 7과 Table 8은 음성명료도 평가에 사용된 음절법과 단어법의 1개 세트를 예시로 보여주고 있다.^[12,13]

모든 음성명료도 평가도구는 1세트에 50개의 단어로 구성되어 있다. 모든 단어목록은 무향실에서 아나운서에 의해 발음되었으며 이를 녹취한 뒤 실제 음성명료도 평가에 사용하였다. 음성명료도 평가시 피실험자는 각 강의실에 균등한 간격으로 배치함으로써 강의실 전체 영역에 대한 주관적 평가가 이루어지도록 하였다. 다만 A-L과 비교해 상대적을 규모가 작은 A-S의 경우 착석 밀도에 의한 영향을 최소화하기 위하여 동일한 규모에 좌석배치가 같은 강의실에 인원을 분산시킨 뒤 음성명료도 평가를 진행하였다. 또한 평가결과의 정확한 결과를 비교하기 위해 노인그룹과 건청인그룹의 착석 위치는 동일하게 설정하였다. 음성명료도 평가시 강의실별 평가자의 착석 위치는 Fig. 4에 나타난 바와 같다.

피실험자는 지향성 스피커를 통해 출력된 단어를 약 2s 동안 들은 뒤 약 5s~9s간 받아 적도록 하였다. 이때 음원의 출력레벨은 실제 강의시 교사가 노인의 청력 수준을 고려하여 크게 발성한다는 점을 감안하여 약 70 dB로 설정하였다.^[9]

음원은 실제 강의시 강사의 음성 출력 위치인 강의실 전면부 중앙의 바닥에 1.5 m 높이로 설치하였

Table 6. Information of each subject group for speech intelligibility test.

	Elderly group	Normal hearing group
Number of people	19	19
Age (average age)	65 ~ 82 (70.2)	19 ~ 25 (22.9)
Evaluation date (evaluation time)	2020. 06. 19. (10:00 ~11:30)	2020. 06. 19. (13:00 ~14:30)
Hearing impairment	-	-

Table 7. Example of syllable test (CVC) list.^[12]

손	듣	세	팡	한	색	다	꾸	욱	뜯
찌	터	지	원	발	변	건	미	빼	탈
쌀	디	단	몸	자	듬	퍼	운	털	누
트	신	울	할	달	끼	총	줄	통	흐
활	새	끌	김	뚜	긋	떨	턱	방	냥

Table 8. Example of word test (PBW) list.^[13]

청와대	어두운	누워서	뒤따라야	놓치지	쓰여진	민방위	고위급	재활용	발맞춰
컴퓨터	낙화암	알코올	소외된	핑장히	임진왜란	동아일보	육체적	일평균	영등포
위대한	요컨대	이집트	아쉬운	스위스	귀여운	규제완화	부딪혀	애초에	깨끗어
당뇨병	의외로	예이다	계열사	의약품	집행유예	부유한	톡톡히	이렇듯	엄격한
예컨대	거예요	왔지만	잇물맑기	최우선	자외선	행하니	깨끗이	휴대용	수필집

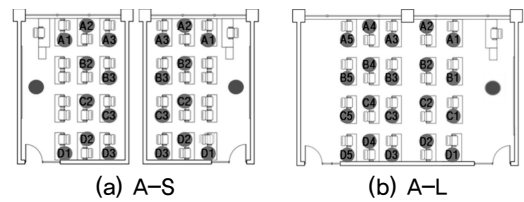


Fig. 4. Position of speaker and listener for speech intelligibility test in each classroom.

다. 음성명료도 평가시 강의실의 암소음레벨은 A-S는 약 27.2 dB(A), A-L은 29.6 dB(A)로 측정되었다.

III. 설문조사 결과

지난 5년간 본인의 청력 변화에 대한 설문조사 결과, 응답자 중 전체 43.2%에 해당하는 16명은 청력에 변화가 없다고 응답하였다. 그러나 51.4%에 해당하는 19명이 청력이 조금 떨어졌다고 응답했으며 5.4%인 2명의 경우 청력이 많이 떨어졌다고 응답하였다. 이를 통해 응답 인원 중 총 56.8%의 많은 노인들이 연령의 증가함에 따라 청력이 저감되고 있음을 인지하고 있으며 이것은 연령 증가에 따른 청력저하에 대한 기존 연구결과와 동일한 경향을 보이고 있다. 수강중인 교과목 정보에서는 전체 40.5%가 이론 및 어학 계열인 것으로 나타났으며 음악 및 체육관 같은 예체능 계열의 경우 56.8%로 나타났다. 그러나 응답자 중 94.6%가 강의 진행시 강사의 음성을 통해 정보를 전달 받는다고 응답함으로써 노인의 음성 인지 성능에 대한 중요성을 파악할 수 있었다.

다음으로는 노인들이 대상 강의실에서 실제 교과목을 수강할 때의 일상적인 청취환경에 대해 평가한 결과를 분석하였다. 설문조사의 각 문항은 노인들로 하여금 청취환경에 대한 주관적 감각을 상세히 평가할 수 있도록 교사의 음량, 명료함, 잔향감, 교사음성에 대한 이해도, 외부 소음의 영향, 만족도와 같은 6 문항으로 구분하였다. 각 문항은 5점 척도에 의해 평가되었으며 평가 점수가 낮을수록 해당 감각에 대해 부정적이며 숫자가 높아질수록 긍정적이 될 수 있도록 구성하였다. 예를 들어 강의실의 경우 잔향시간이 길수록 음성 청취에 부정적인 영향을 미치므로 잔향감이 길게 느껴지는 경우 낮은 숫자에 응답할 것을 요구하였다. Fig. 5은 A와 B 교육시설의 청취환경에 대한 6개 주관적 지표에 대한 평가 결과를 척도별 응답률과 함께 나타낸 것이다.

A 교육시설의 경우 강사의 음량에 대해 응답자의 45%가 매우 크다고 응답하였으나 40%는 보통 수준이라고 응답해 동일한 교과목에 대해서 다른 반응을 나타내었다. 또한 음성의 이해 정도 및 청취환경의 만족도, 외부 소음의 영향에서 긍정적 측면에서 높

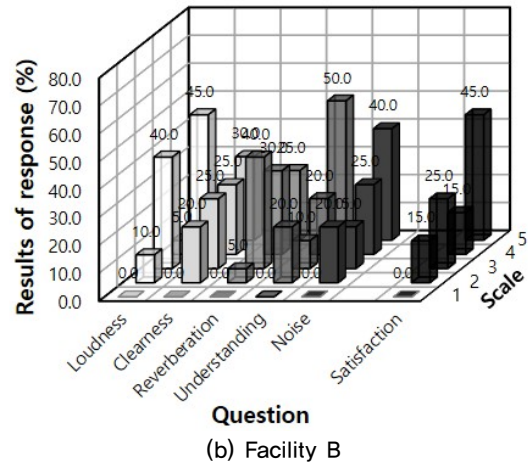
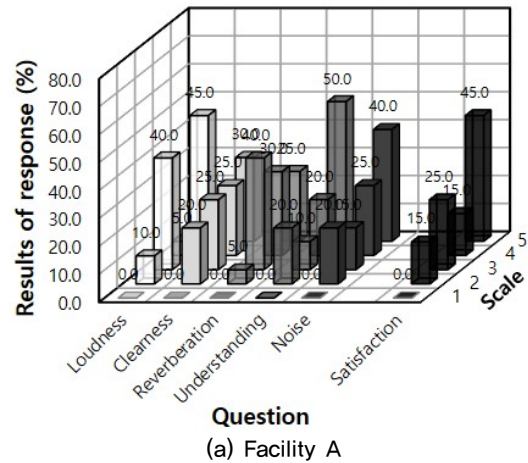


Fig. 5. Results of questionnaire in each facility.

은 응답결과를 보이고 있다. 그러나 잔향감의 경우 전체 40%가 보통수준이라고 응답했으며, 명료함의 경우 흐릿하다 라는 응답부터 보통이다, 깨끗하다, 매우 깨끗하다에 각 20%, 25%, 25%, 30%가 응답하고 있어서 응답자별로 인지성능이 매우 다름을 확인할 수 있었다. B 교육시설의 경우 잔향감을 제외한 모든 항목에 매우 긍정적인 응답을 보여주고 있다. 한편 잔향감의 경우 전체 64%가 보통이라고 응답했으며 5.9%가 매우 울린다고 응답하였다.

각 노인 교육시설의 청취 만족도와 기타 주관적 음향지표의 통계적 유의성을 파악하기 위해 비모수적 분석법인 스피어만 상관계수 분석(Spearman's correlation coefficient)을 수행하였으며 그 결과는 Table 9에 나타나 있는 바와 같다. 이를 통해 각 시설에서의 청취만족도와 각 변수간에 선형적 관계가 아닌 한 변수의 증가시 다른 변수의 증감 경향을 알아볼

수 있다. 스피어만 상관계수 값의 범위는 -1부터 1까지인데 1은 변수가 증가함에 따라 다른 변수 또한 증가하는 것을 의미하고, -1은 한 변수의 값이 증가할 때 다른 변수는 감소하는 것을 의미한다.

분석 결과, A시설의 경우 소리의 크기, 명료함, 음성의 이해도, 소음이 통계적으로 유의한 결과를 보이고 있으며($p < 0.05$), 그 중에서 소리의 크기, 명료함, 음성의 이해도가 매우 높은 상관도를 갖는 것으로 나타났다(0.727 ~ 0.788). B시설의 경우 소리의 크기와 음성의 이해도가 유의한 것으로 나타났으며($p < 0.05$) 높은 수준의 상관도(0.505 ~ 0.514)를 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 두 교육시설의 응답결과를 종합해 볼 때, 수강생의 청취만족도와 소리의 크기 및 음성의 이해도가 유의성 및 상관도가 높은 것을 알 수 있었다.

추가적으로 대상 교육시설에 재직 중인 강사 및 직원 과 같은 운영자를 대상으로 설문조사 및 인터뷰를 진행하였다. 운영자그룹의 총 인원은 3인으로 연령은 39세부터 58세로 해당 교육시설의 재직 경력이 2년에서 7년으로 충분한 운영 경험을 갖고 있는 사람을 대상으로 조사를 수행하였다. 응답 내용을 분석한 결과 모든 운영자가 강의실의 청취환경에 대해 4점 혹은 5점으로 응답해 매우 긍정적인 평가를 하였다. 그러나 모든 운영자가 음향과 관련된 민원을 경험했다고 응답하였는데, 그 원인으로는 ‘강사의 음성이 너무 작아서’가 67%였으며 ‘설비소음에 의한 방해’가 33%로 나타났다. 이러한 이유로 인해 노인 대상 강좌의 경우 모든 강의실에서 안내방송설비를 이용해 강사의 목소리를 확성해 제공하고 있다고 응답하였다.

Table 9. Correlation between variation of satisfaction and other parameters.

	Facility A		Facility B		Total	
	r	ρ	r	ρ	r	ρ
Loudness	0.727	0.000	0.514	0.035	0.619	0.000
Clearness	0.788	0.000	0.189	0.468	0.362	0.028
Reverberation	0.352	0.128	0.050	0.849	0.023	0.893
Understanding	0.753	0.000	0.505	0.039	0.562	0.000
Noise	0.578	0.008	0.195	0.454	0.304	0.068

*Correlation coefficient significance at the 0.05 level (both sides).

IV. 실내음향성능

대한민국 노인 교육시설의 물리적 음향성능을 파악하기 위해 청주시 소재 A와 B 교육시설에서 각 2개의 강의실을 선정하여 측정을 진행하였다.

대한민국에는 한국어를 사용하는 중고등학교 교실의 음향성능 기준이 제시된바 있으며 이는 Table 5에 나타나 있다. 해당 기준의 대상 연령은 만 12세 이상으로 설정되었는데 이는 성인 건청인과 동등한 청력을 보유하고 있음을 감안한 것이다.^{[14],[15]} 따라서 본 연구에서는 위해 해당 기준을 바탕으로 노인 교육시설의 적정성을 평가하고자 하며, 측정결과를 도식화함에 있어서 음향인자별 기준을 음영으로 표시하여 그 초과여부를 보다 쉽게 알 수 있도록 하였다.

4.1 빈 강의실의 배경소음

배경소음은 강의실에 아무도 없는 상태인 공석시에 진행하였으며 창가 주변 좌석과 강의실 중앙에 각 1곳에 측정점을 선정하였다. 측정은 강의 내 창문을 닫은 상태에서 10s간 2회 이상 측정하였으며 주파수대역별 측정결과 및 총합값을 평균화하여 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

A 교육시설의 배경소음 평균은 약 28.4 dBA로 나타났으며 강의실별로 A-S에서 약 27.2 dBA, A-L이 약 29.6 dBA로 측정되었다. B 교육시설의 경우 평균 배경소음이 약 32.4 dBA로 나타났으며 규모가 작은 강의실인 B-S의 경우 약 31.4 dBA, 규모가 큰 B-L의 경

* Exceed area of acoustical performance standard in Korea (background noise level : above 35 dBA).

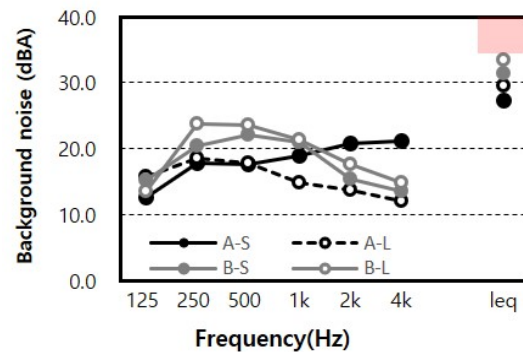


Fig. 6. Measurement result of background noise levels in each classroom (unoccupied).

우 33.5 dBA로 측정되었다. 이는 대한민국 중고등학교 교실 음향기준인 35 dBA를 만족하는 결과로써 두 교육시설 모두 매우 정온한 청취환경을 보유하고 있음을 알 수 있다. 이것은 두 교육시설 모두 일반주거 지역에 위치해 있고 도로와의 이격거리가 100 m 이상으로 멀어 교통소음에 의한 영향이 적기 때문인 것으로 판단된다.

4.2 신호대잡음비(SNR)

신호대잡음비는 신호음과 배경소음 간 음량차이를 나타내는 음향지표로써 소음에 의한 신호음의 명료도 저해 정도를 평가하는데 사용되며 Eq. (1)을 통해 산출할 수 있다. 신호대잡음비는 소음의 정도에 따라 양수 또는 음수로 나타나게 되는데, 만일 소음의 크기가 신호음보다 클 경우 그 값은 음수로 나타나게 된다.

$$SNR = SPL_{signal} - SPL_{noise} [dB], \quad (1)$$

여기서 P_{signal} 과 $P_{noise, dB}$ 은 각각 신호음의 음압레벨과 소음의 음압레벨을 나타낸다. 강의실과 같이 음성을 청취하기 위한 공간의 경우 신호대잡음비가 최소 15 dBA 이상이어야 소음에 의한 영향을 최소화할 수 있다는 연구결과가 발표된 바 있다.^[16]

본 연구에서는 강의 중 강사의 음성레벨과 강의실의 배경소음을 대입해 각각 신호음과 소음에 대입해 신호대잡음비를 산출하였으며 그 결과는 Fig. 7에 나타난 바와 같다.

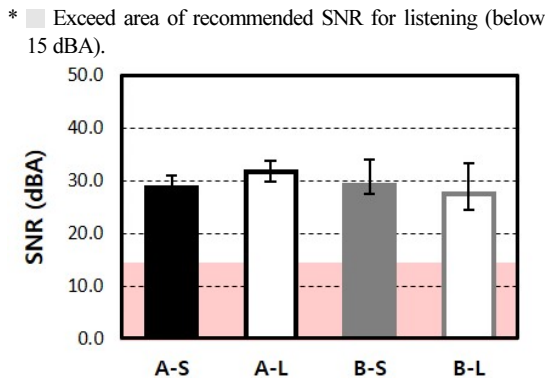


Fig. 7. (Color available online) Measurement result of SNR in each classroom (unoccupied).

측정 결과 신호대잡음비의 전체 평균은 약 29.3 dBA이며 모든 강의실에서 음성을 명료하게 인지하기 위한 최소 한계치인 15 dBA를 크게 초과해 만족하고 있는 것으로 나타났다. 각 교육시설의 강의실별 측정 결과를 살펴보면 A-S와 A-L의 경우 각각 28.6 dBA과 31.7 dBA로 나타났으며, B-S와 B-L의 경우 각각 29.2 dBA과 27.5 dBA로 산출되었다. 이러한 결과는 대상 교육시설의 배경소음이 매우 낮게 조성되어 있으며, 강의 진행시 강사가 노인을 청각 특성을 배려해 일반인 대상의 강의보다 크게 발성하거나 확장장치를 이용함으로 인해 신호음이 크기 때문인 것으로 유추된다.

4.3 잔향시간(T₃₀)

노인 교육시설의 전반적인 음향성능을 파악하기 위하여 각 강의실에서 잔향시간을 측정하였다. 다음의 Fig. 8은 A 및 B 교육기간의 총 4개 강의실에서 측정한 평균 잔향시간을 주파수대역별 측정값과 중간 주파수대역의 평균(RT_{mid, 500~1k Hz})와 함께 도식화한 것이다.

잔향시간 측정 결과 모든 강의실에서 RT_{mid}값이 기준인 0.8 s 이하를 만족하고 있음을 알 수 있었다. 강의실별 측정결과를 비교해 보면 A-S의 경우 0.52 s, A-L의 경우 0.63 s로 나타났으며 B-S와 B-L의 경우 각각 0.47 s와 0.51 s로 측정되었다. 그러나 A-L 강의실의 경우 일부 주파수대역(125, 2k, 4k Hz)에서 기준치를 초과하는 것으로 나타났는데 이것은 해당 강의실

* Exceed area of acoustical performance standard in Korea (RT : above 0.8 s).

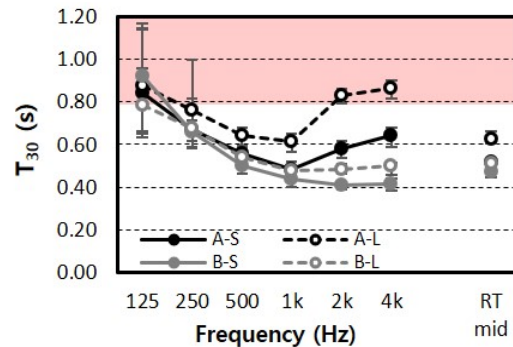


Fig. 8. (Color available online) Measurement result of T₃₀ in each classroom (unoccupied).

* Exceed area of acoustical performance standard in Korea (RASTI : below 0.6).

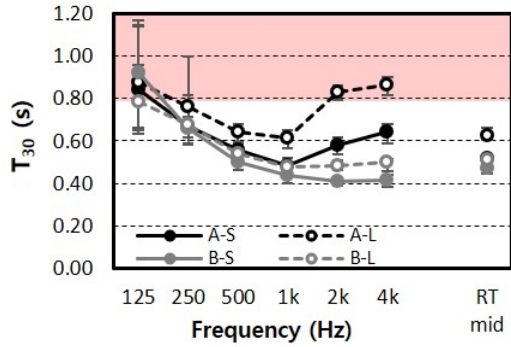


Fig. 9. (Color available online) Measurement result of RASTI in each classroom (unoccupied).

의 체적이 약 205 m³로 매우 큰데 반해 흡음재의 면적이 너무 적기 때문인 것으로 판단된다. 실제로 해당 교육시설의 경우 한쪽 벽면의 거의 대부분이 유리창으로 이루어져 있으며 기타 벽체 및 바닥 또한 반사성 마감재로 이루어져 있다.

4.4 음성전달지수(RASTI)

음성전달지수는 음성의 이해 정도를 나타내는 음향지표로써 회화 및 강연의 목적으로 주로 사용하는 공간의 청취환경을 평가하는데 매우 중요한 지표로 사용되고 있다. 대한민국 중·고등학교 교실의 음향 성능 기준에 음성전달지수는 별도로 제시되어 있지 않지만 목표 성능을 만족하기 위한 기타 음향지표에 대한 가이드라인으로써 음성전달지수를 0.6 이상이 될 것을 제안하고 있다.

Fig. 9의 측정 결과 청주시 소재 노인 교육시설 2곳의 평균 음성전달지수는 약 0.76으로 기준치를 만족하는 것으로 나타났다. 특히 모든 강의실에서 목표 성능인 0.60 이상으로 나타나 음성전달에 적절한 청취환경임을 알 수 있었다.

V. 음성명료도 평가

청주시 소재 A 교육시설에서 두가지 평가도구를 사용해 음성명료도 평가를 수행하였다. 여기에 사용된 음성명료도 평가도구는 음절법과 단어법으로 강의실 사용 빈도수 및 규모에 따라 구분된 A-S와 A-L

* Normal hearing group (age 20s) Elderly group (age 65-69), Elderly group (age 70-74), Elderly group (age : above 75)

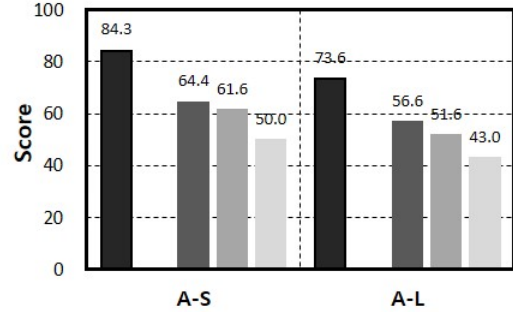


Fig. 10. Comparison of speech intelligibility test scores with age (CVC).

* Normal hearing group (age 20s) Elderly group (age 65-69), Elderly group (age 70-74), Elderly group (age : above 75)

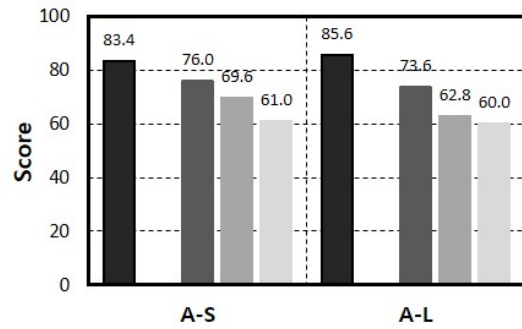


Fig. 11. Comparison of speech intelligibility test scores with age (PBW).

에서 각각 평가를 진행하였다. 또한 노인들의 청력 상태를 객관적으로 비교하기 위해 정상청력의 성인으로 구성된 건청인그룹의 평가 결과와 비교하였다. 다음 Figs. 10과 11은 A 교육시설에서 수행한 두 가지 음성명료도 평가의 결과를 득점수 평균을 이용해 각각 나타내고 있다. 해당 그래프에서는 노인그룹의 연령별 청취능력을 보다 상세히 평가하기 위하여 만 65세부터 5세 간격으로 구분하여 평균 득점수를 표시하고 있으며 이를 건청인그룹의 평가 결과를 비교하고 있다.

음성명료도 평가 결과 건청인그룹과 노인그룹이 평가결과에 매우 큰 차이가 발생하고 있음을 알 수 있었다. 대상공간의 규모 및 평가도구의 종류에 구분 없이 각 그룹의 득점수를 살펴보면 건청인그룹의 경우 전체 평균 약 81.7점으로 매우 높는데 반해 노인

그룹의 경우 평균 약 60.9점으로 매우 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 노인그룹 중에서도 연령의 증가에 따라 일관되게 나타나고 있는데 65-69세의 노인그룹의 경우 득점수의 전체 평균이 67.7점인데 반해 70-74세 그룹과 74세 이상 그룹으로 갈수록 평균 득점수가 61.4점과 53.5점으로 각각 6.3점과 7.9점의 편차를 보이며 감소하고 있다.

이러한 차이는 평가도구에 따른 결과에서도 나타나고 있다. 건청인그룹의 경우 음절법을 이용해 평가한 경우 득점수의 전체 평균이 79.0점을 나타내었는데 그 중에서도 체적이 큰 A-L의 경우 약 73.6점으로 상대적으로 낮은 득점을 보이고 있다. 그러나 단어법의 경우 평균 84.5점이며 공간에 따른 편차도 2.2점으로 매우 작은 특징을 나타내고 있다. 이것은 의미가 없는 단음절로 구성된 음절법에 비해 단어법의 경우 일상에서 사용하는 단어들 사용되어 평가자가 의미를 통해 단어를 유추했을 가능성이 높다. 한편 노인그룹도 건청인 그룹과 마찬가지로 음절법보다 단어법에 의한 평가결과가 더욱 높은 것을 알 수 있었다. 음절법에 의한 득점수 평균이 약 54.5점으로 낮게 나타났는데 비해 단어법의 경우 67.2점으로 상대적으로 높은 결과를 보이고 있다.

공간에 따른 평가 결과를 살펴보면 건청인 그룹의 경우 체적이 작은 A-S 강의실과 체적이 큰 A-L 강의실에서의 음절법 평균 득점수가 각각 84.3점과 73.6점으로 약 10.7점 가량의 큰 편차가 발생하고 있으며, 노인그룹의 경우도 각각 58.7점과 50.4점으로 약 8.3점의 큰 편차가 발생하고 있다. 그러나 단어법에 의한 공간별 득점수를 비교해 보면 건청인의 경우 A-S에서 83.4점을 A-L에서 85.6점을 획득하였으며 그 편차는 2.2점으로 매우 작았다. 이러한 현상은 노인그룹에서도 유사하게 나타나는데 A-S 및 A-L 강의실에서의 평가 결과의 평균이 각각 68.9점과 65.5점으로 나타났으며 그 편차가 3.4점으로 매우 작았다.

VI. 결 론

본 논문은 갈수록 그 중요성을 더해가고 있는 노인 교육시설에 대한 청취환경 실태를 주관적 및 물리적 관점에서 종합적으로 파악하기 위해 진행되었

다. 이를 위해 청주시 소재 노인 교육시설 2곳에서 총 37명의 노인을 대상으로 설문조사를 진행하였으며 규모에 따라 선정한 4개 강의실의 물리적 음향성능을 분석하였고 노인 및 건청인 각 20명을 대상으로 2개 강의실에서 음절법과 단어법을 통해 음성명료도를 평가함으로써 음성에 대한 실제적인 주관적 인지성능을 평가하고자 하였다. 본 논문의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 노인을 대상으로 수행한 설문조사 결과 전체 56.8%의 응답자가 지난 5년간 청력이 떨어졌다고 응답하였다. 그러나 전체적인 청취환경 만족도 응답 결과 78.4%가 만족하고 있다고 응답하였다.
- 2) 스피어만 상관계수 분석에 의한 비모수 검정 결과 교육공간에 대한 청취 만족도는 교사 음성의 음량 및 이해도와 상관도가 가장 높은 것으로 나타났다.
- 3) 노인 교육시설의 강사 및 운영자를 대상으로 진행한 설문조사 및 인터뷰 결과 노인 대상 교육프로그램 진행 중 모든 응답자가 청취환경에 대한 민원을 받아본 경험이 있다고 답변하였으며 가장 큰 원인으로 ‘강사의 음성이 작아서’라고 답변하였다.
- 4) 청주시 소재 2개 교육시설에서 총 4개 강의실에 대한 물리적 음향성능을 측정된 결과 모든 음향인자가 대한민국 중·고등학교 교실의 음향성능 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.
- 5) A 교육시설의 2개 강의실에서 음절법 및 단어법을 이용해 음성명료도를 평가한 결과 건청인그룹에 비해 노인그룹의 득점수의 매우 낮았으며 그 편차는 약 20.8점이었다. 또한 노인그룹의 경우 연령대가 높아질수록 득점수가 낮아지는 경향을 보이고 있다.
- 6) 음절법의 경우 공간의 체적에 따라 건청인과 노인 그룹 모두 득점수에 큰 편차가 발생하고 있다. 그러나 단어법의 경우 공간에 따른 편차는 상대적으로 매우 작은 것으로 나타나 음향성능 차이에 따른 음성명료도 평가에는 음절법이 더욱 적합할 것으로 평가된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 현재 운영 중인 노인 교육시설은 정상청력 일반인을 대상으로 수립된 물

리적 음향성능을 만족하고 있으며 건청인의 주관적 음성 인지성능도 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나 노인의 경우 청취환경에 대해 만족하다고 응답한 것에 반해 실제 음성 인지성능은 건청인에 비해 매우 낮은 수준이며 연령대가 높아질수록 더욱 낮아지는 경향을 나타내었다. 특히 강사 및 운영자의 설문 조사 결과 실제로 청취환경에 대한 노인의 민원을 경험한적 있으며 강사의 경우 큰 소리로 발성하거나 방송설비를 통해 음성레벨을 확실시키는 방법을 통해 이를 해결하고 있다고 응답하고 있다.

이러한 내용을 종합해 볼 때 노인의 음성인지성능은 정상청력을 가진 청년에 비해 낮은 것이 사실이며 현재 수립되어 사용중인 일반인 대상 교육시설의 음향성능 기준이 노인 교육시설에 적합지 않다는 것을 알 수 있었다.

노인 교육시설의 청취환경 및 노인의 청취능력에 대한 연구의 최종적인 목표는 노인에게 적합한 음환경의 교육시설을 제공하는 것에 있다. 본 논문은 그 선행연구로서 첫번째 목적은 노인 교육기관의 현재 음향상태를 조사하는 것이며, 두번째 목적은 같은 공간에서 노인과 일반인의 음성 인지성능이 다를 것을 증명하는 것이다. 그러나 본 논문은 연구의 대상이 청주시 소재 노인 교육시설 2곳으로 매우 제한된 청취환경에 한해 조사를 진행하였으며, 피실험자의 수 또한 매우 적어 이 결과를 일반화 시키기 어렵다는 한계를 가지고 있다. 그러나 본 연구의 결과를 통해 일반인과 노인의 음성인지성능의 차이에 대해서 규명한 만큼 노인 교육시설에 대한 음향성능 기준이 시급하다는 문제점 제기 및 기준 수립을 위한 연구의 근거자료로 활용할 수 있을 것이다. 따라서 향후 지속적인 연구를 통해 노인의 음성인지성능이 교육 및 학업성취도에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 더불어서 노인 교육공간의 음향성능 기준을 수립하고 음환경 개선방법에 대한 심도 있는 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임

(NRF-2020R1A2C2009963).

References

1. Statistics Korea, "2020 Statistics of the elderly," Rep., 2020.
2. Government of the Republic Korea, "Plan for ageing society and population," Rep., 2008.
3. C. J. Park, *Establishment of the acoustical performance criteria for middle and high school classrooms in Korea*, (Ph.D. thesis, Chungbuk National University, 2014).
4. S. H. Kim, S. S. Jang, J. H. Shin, C. K. Yeo, Y. K. Han, and J. K. Lee, "Age- and gender- specific reference levels for hearing thresholds of normal aging in Korea," (in Korean), *J. Acoust. Soc. Kr.* **24**, 353-357 (2005).
5. K. H. Jeong, Y. H. Oh, E. N. Kang, J. H. Kim, W. D. Sun, M. A. Oh, Y. K. Lee, N. H. Hwang, K. R. Kim, S. H. Oh, B. M. Park, H. G. Shin, and K. R. Lee "2014 Survey on the actual conditions of the elderly," Ministry of Health & Welfare & Korea Institute of Health and Social Affairs, Rep., 2014.
6. S. E. Lee, "Factors affecting cognitive function in older persons with hearing impairment" (in Korean), *J. Speec. -Lang. & Hear. Dis. Kr.* **25**, 263-272 (2016).
7. KS F 2864-2012, *Measurement of Room Acoustics Parameters - Part 2: Reverberation Time in Ordinary Rooms*, 3382:1997, 2018.
8. M. D. Egan, *Architectural Acoustics* (J. Ross Pub., Florida, 2007), pp. 325.
9. K. S. Pearsons, R. L. Bennett, and S. Fidell, "Speech levels in various noise environments," U.S. Environmental Protection Agency, 1977.
10. ANSI/ASA S12.60, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools - Part 1 : Permanent Schools, American National Standard*, 2010.
11. Building Bulletin 93, *Acoustic Design of Schools, The Department for Education and Skills*, 2011.
12. C. S. Yoon, S. W. Kim, and Y. K. Oh, "A study on the standardization of articulation testing method and its evaluation suitable for Korean language (II)-evaluation on the proposed of articulation testing standard-" (in Korean), *J. Archit. Inst. Kr.* **5**, 95-108 (1989).
13. B. W. Kim, J. J. Kim, S. T. Kim, and Y. J. Lee "A study on the design and the construction of a Korean speech DB for common use," (in Korean), *J. Acoust. Soc. Kr.* **16**, 35-41 (1997).
14. M. Nilsson, S. D. Soli, and J. Sullivan, "Development of the hearing in noise test for the measurement of

- speech reception thresholds in quiet and in noise,” J. Acous. Soc. Am. **95**, 1085-1099 (1994).
15. P. B. Nelson, D. S. Sigfrid, and A. Seltz, *Classroom Acoustics II: Acoustical Barriers to Learning* (Acoustical Society of America, New York, 2002), pp. 1-15.
16. T. Houtgast, “The effect of ambient noise on speech intelligibility in classrooms,” *Applied Acoustics*, **14**, 15-25 (1981).

저자 약력

▶ 박 찬 재 (Chan-Jea Park)



2006년 2월: 충북대학교 건축공학과 학사
 2009년 2월: 충북대학교 건축공학과 석사
 2014년 2월: 충북대학교 건축공학과 박사
 2014년 3월 ~ 현재: 충북대학교 연구교수

▶ 김 보 경 (Bo-Gyeong Kim)



2017년 3월 ~ 현재: 충북대학교 건축공학과 학사과정

▶ 한 찬 훈 (Chan-Hoon Haan)



1983년 2월: 홍익대학교 건축학과 학사
 1985년 2월: 연세대학교 건축공학과 석사
 1993년 12월: University of Sydney 박사
 1999-2000년: Salford Univ. 연구교수
 1994년 9월 ~ 현재: 충북대학교 건축공학과 교수