

# 주관적 평가법을 이용한 초등학교 저학년 교실의 청취환경 조사

## Investigation of the listening environment for lower grade students in elementary school using subjective tests

박찬재,<sup>1</sup> 한찬훈<sup>†</sup>

(Chan-Jae Park<sup>1</sup> and Chan-Hoon Haan<sup>1†</sup>)

<sup>1</sup>충북대학교 건축공학과

(Received March 30, 2021; revised May 13, 2021; accepted May 20, 2021)

**초 록:** 본 연구는 만9세 이하 아동과 같은 청력 비완전자에게 적합한 교실의 음향성능 기준을 제시하기 위한 사전연구로 수행되었다. 이를 위해 초등학교 저학년 교실의 청취환경 특성을 분석하기 위하여 청주시 소재 초등학교 2곳에서 총 264명의 학생을 대상으로 설문조사 및 음성명료도 평가와 같은 주관적 평가를 진행했다. 설문조사 결과 학생들이 수업 내용 이해에 가장 도움이 되는 정보형식은 교사의 음성이라고 응답했다. 또한 현재 교사의 음성에 대해 음량은 '보통' 수준이며 명료도에는 높은 만족도를 보이고 있었다. 교실의 음향성능에 대해서도 소음의 경우 '보통'이며 잔향감은 '매우 짧다'는 의견이 가장 많아서 청취환경에 대한 전반적인 만족도가 높은 편인 것으로 파악되었다. 또한 초등학교 저학년 학생들을 위해 선별된 시험용 단어목록을 이용해 음성명료도 평가를 수행한 결과 만8세 아동의 경우 음원으로부터의 종축거리가 음성인지에 영향을 미치는 요인임을 유추해볼 수 있었다.

**핵심용어:** 교실음향, 청력 비완전자, 초등학교 저학년, 청취환경, 설문 조사, 음성명료도 평가

**ABSTRACT:** The present study was conducted as a pilot investigation to suggest the standards of acoustic performance for classrooms suitable for incomplete hearing people such as children under 9 years of age. Subjective evaluations such as questionnaire and speech intelligibility test were conducted to 264 students at two elementary schools in Cheong-ju in order to analyze the characteristics of the listening environment in the classrooms of the lower grades in elementary school. The survey was undertaken with a total of 264 students at two elementary schools in Cheong-ju, and investigated their satisfaction with the classroom listening environment. As a result, students responded that the most helpful information type for understanding class content is the voice of teacher. In addition, the volume of the current teacher's voice is normal, and the level of clarity is highly satisfactory. As for the acoustic performance of the classroom, the opinion that the noise was normal and the reverberation was very short was found to be dominant in overall satisfaction with the listening environment. Meanwhile, as a result of speech intelligibility test using the word list selected for the lower grade students of elementary school, it could be inferred that the longitudinal axis distance from the sound source in the case of 8-year-olds is a factor that affects speech recognition.

**Keywords:** Classroom acoustics, Incomplete hearing people, Lower Grade Student, Listening environment, Questionnaire survey, Speech intelligibility test

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

<sup>†</sup>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)



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. 서론

학생은 교사의 목소리를 통해 학습정보를 전달받는다. 이러한 이유로 청취환경의 음향성능은 학생이 음성정보를 정확하게 전달받기 위한 가장 중요한 요소로 손꼽히고 있다. 미국과 영국에서는 각 나라에서 사용하고 있는 언어 및 학습문화에 적합한 청취환경을 조성하기 위해 신축 및 리모델링시 학습교실의 음향성능 기준을 제정하여 관리하고 있다. 미국의 경우 교과목의 특성, 교실의 규모 등에 따라 잔향시간 및 배경소음에 대한 기준을 설정해 운영하고 있으며,<sup>[1]</sup> 영국의 경우 교육시설을 이용하는 학생의 연령, 교실의 규모, 교구의 배치 형태 등에 따라 잔향시간과 배경소음 외에도 음성전달지수에 대한 기준을 일부 요구하는 등 학생의 청취환경에 대해 매우 상세한 음향기준을 설립해 적용하고 있다.<sup>[2]</sup> 한편 우리나라의 경우 다양한 잔향환경에서의 음성명료도 평가를 수행함으로써 이른바 대한민국 중·고등학교 일반교실의 청취환경에 대해 잔향시간과 배경소음에 근거한 물리적 음향성능 기준에 대해 연구해 그 결과를 제안한 바 있다.<sup>[3]</sup>

그러나 현재까지 제시된 학습공간의 음향성능 기준은 12세 이상의 건청인을 그 대상으로 하고 있어서 연령상의 이유로 청력이 완전하게 성장하지 않았거나 퇴화된 이른바 청력 비완전자를 위한 청취공간에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이러한 사실은 청력 비완전자 그룹 중 하나인 노인을 대상으로 진행한 교육시설의 음향성능 청취시설 실태 조사에서도 알아볼 수 있다. 설문조사 결과 노인 응답자 절반 이상이 지난 5년간 청력이 저하된 것을 체감하고 있으며, 교사 음성의 음량이나 명료도가 청취만족도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 물리적 음향성능이 중·고등학교 교실 기준을 만족하는 공간에서 20대 건청인과 노인을 대상으로 음성명료도 평가를 진행한 결과 노인 그룹의 득점수가 건청인 20대 그룹에 비해 매우 낮으며 연령대가 높아질수록 득점수가 낮아지는 것을 알 수 있었다.<sup>[4]</sup>

연구결과에 따르면 음성에 대한 사람의 인지성능은 연령에 다르며 10세 이하부터 인지 능력이 현저하게 낮아진다. 특히 Hearing-in-Noise-Test(HINT) 실험

결과 연령이 낮을수록 시끄러운 환경에서 음성을 인지할 수 있는 능력이 현격히 낮으며 성인 건청인과 동일한 음성인지성능을 갖게 되는 것은 약 14세로 밝혀졌다.<sup>[5]</sup> 또한 명료도지수(Articulation Index, AI) 값이 낮아질수록 음성에 대한 인지성능이 낮아지는 것은 연령에 관계없는 보편적인 경향이나, 연령이 낮아질수록 그 영향이 더욱 커지는 것으로 알려져 있으며 만 7세 아동에서 가장 두드러지는 것으로 알려져 있다. 특히 AI 값이 각각 0.4와 0.2일 때 정답률이 90% 및 60%인 성인과 달리 아동의 경우 62%와 10%로 그 편차가 매우 커지는 것으로 나타났다.<sup>[6]</sup> 이것은 청각 및 시각 정보의 조합을 통해 학습정보를 이해하는 초등학교 저학년에게 있어서 이러한 청취환경이 학업성취도에 크게 영향을 미칠 수 있음을 나타내는 결과로 판단해볼 수 있다. 따라서 교실의 음향성 기준 설정시 연령에 대한 고려가 반드시 필요하다.

이러한 이유로 청력 비완전자는 일반인을 대상으로 하는 교육시설이나 건축공간에서 학습활동을 할 때 음성정보를 이해하는데 상대적으로 많은 어려움을 경험할 수 있다. 특히 초등학교 저학년생은 음성을 이용해 정보전달이 이루어지는 교육을 경험하는 첫단계로서 이때에 갖게 되는 교육인상이 향후의 학습효과와 학업성취도에 많은 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다고 할 수 있다. 유사한 관점에서 현재 교육부를 주관으로 초등학교 저학년을 위해 기존의 틀에서 벗어나 보다 자유로운 학습이 가능한 창의융합형 교실과 이에 맞는 교육과정을 개발해 적용하는 단계에 있다. 그러나 이러한 현재의 계획은 교실 내 놀이 및 휴식공간과 같은 공간계획에 대해 그치고 있으며 교실의 본질적 성능인 음향성능에 대한 고려는 미흡한 것이 실정이다.

본 논문은 지금까지 상대적으로 연구가 미약해 소외되었다시피한 청력 비완전자에게 보다 질 높은 학습환경을 제시하기 위한 기초연구로서 현재 초등학교 저학년 교실의 청취환경을 주관적으로 평가하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 청주시 소재 92개 초등학교 중 2곳을 선정하여 9세 미만의 학생을 대상으로 설문조사를 실시해 교실의 청취환경에 대한 만족도를 조사하였으며, 초등학교 저학년 학생들을 위

해 선별된 단어목록을 이용해 음성명료도 평가를 수행함으로써 학생들의 음성인지에 영향을 미치는 요소를 파악하고자 하였다.

## II. 연구의 방법

### 2.1 학교의 청취환경 관련 기준

균등하고 질 높은 청취환경을 제공하기 위해서는 학생의 청취특성을 반영한 음향성능 기준이 반드시 필요하며 이를 만족하기 위한 설계 및 시공의 가이드라인이 반드시 제시되어야만 한다.

미국 및 영국의 경우 교실의 용도와 크기, 학생의 연령 등 다양한 기준으로 분류해 각각의 음향성능 기준을 제시하고 있다. 또한 학교의 신축 및 개축시 제시된 음향성능 기준을 만족시키기 위한 건축적 계획방법과 더불어 실내마감 계획, 차음설계에 대한 자세한 설명이 제공되고 있다.

다음 Tables 1과 2는 현재 전 세계에서 실시되고 있는 학습교실의 청취환경에 대한 음향성능 기준 중 가장 대표적인 미국의 ASA S12.60와 영국의 Building Bulletin 93의 내용을 각각 표로 정리한 것이다. 이 중 미국의 음향기준의 경우 대상공간의 규모 및 용도에 따라 잔향시간과 배경소음의 기준을 제시하고 있으며, 영국의 경우 학생의 연령대에 따라 초등학교 및 중학교의 배경소음과 잔향시간에 대한 기준을 제공

하고 있다. 다만 영국의 음향성능 기준은 BB93의 경우 개방형 교실(open plan class)인 경우 음성전달지수에 대한 기준을 별도로 제시하고 있다.

국내의 경우 현재 법적으로 규정하고 있는 학교 관련 음향성능에 대한 기준은 학교보건법에 명시되어 있는 교사내 소음도 기준이 유일하다.<sup>[7]</sup> 이 기준은 학생과 교직원의 건강을 보호 및 증진을 목적으로 제정된 법으로써 학교 부지 내의 소음을 55 dB(A)로 유지할 것을 요구하고 있다. 이 외에도 환경정책기본법 및 소음·진동관리법에서 외부 소음도를 낮과 밤에 따라 관리하고 있으나 그 대상이 학교가 아닌 학교가 위치한 대지의 용도에 따라 구분하고 있어서 학교의 청취환경을 관리하기 위한 규정이라고 보기는 어렵다.

한편 최근 국내에서도 교실의 음향성능 기준에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 초등학교 일반교실의 음향성능을 평가함에 있어서 각 음향성능 지표 간에 상관관계를 분석하여 잔향시간 및 배경소음 외에도 유의미한 지표를 도출한 바 있다.<sup>[8]</sup> 또한 다양한 잔향환경에서 음성명료도 평가를 수행해 Table 3과 같이 대한민국 학습교실에 적합한 중·고등학교 교실의 음향성능 기준을 제안하고<sup>[9]</sup> 이를 만족하기 위한 실내마감 계획에 대한 가이드라인을 연구하여 제시한 바 있다.<sup>[9]</sup>

본 연구에서는 초등학교 저학년 교실의 음향성능에 대한 적정성을 평가하기 위하여 대한민국 교실의 음향성능 기준을 참고하였다.

Table 1. The acoustic performance standards of the classroom in USA (unoccupied).

Learning space	Background noise level	RT
Learning space (Volume ≤ 283 m <sup>3</sup> )	35 dB (A) / 55 dB (C)	0.6 s
Learning space (283 m <sup>3</sup> ≤ Volume ≤ 566 m <sup>3</sup> )	35 dB (A) / 55 dB (C)	0.7 s
Learning space (566 m <sup>3</sup> ≤ Volume) and all ancillary learning space	40 dB (A) / 60 dB (C)	No requirement

Table 2. The acoustic performance standards of the classroom in UK (unoccupied).

Classification of classroom	Background noise level	RT	RASTI
Elementary school	35 dB (A)	0.6 s	-
Middle school	35 dB (A)	0.8 s	-
Open-plan classroom	40 dB (A)	0.8 s	0.60

### 2.2 실험대상의 선정

대한민국 초등학교 저학년 교실의 청취환경을 분석하기 위하여 청주시 소재 92개 초등학교 중 2곳을 선정하여 실내외 소음도를 측정하고 설문조사 및 음성명료도 평가를 진행하였다. 본 연구의 대상으로 선정된 2개 초등학교의 용지 구분, 건립년도, 건립형태 등과 같은 기본정보는 Table 4에 정리하였으며 평면 형태는 Fig. 1에 나타난 바와 같다.

Table 3. The acoustic performance standards of the classroom in Korea (unoccupied).

Target age	Volume of classroom	Background noise level	RT
above 12	below 220 m <sup>3</sup>	below 35 dBA	below 0.8 s

Table 4. General information of the subject classrooms in each school.

Classification		A school	B school
Construction year (Remodeling year)		1999 (2019)	1984 (2012)
Construction type		Prize competition	Standard design
Number of class		35	36
Number of student		894	919
Number of teacher		57	58
Dimension of classroom	Length (m)	7.5	7.0
	Width (m)	9.0	8.7
	Height (m)	2.6	2.8
	Floor area (m <sup>2</sup> )	67.5	60.9
	Volume (m <sup>3</sup> )	175.5	170.5
Ratio (L:W)		1 : 1.20	1 : 1.24

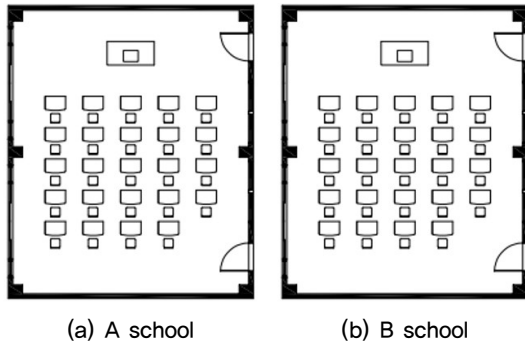


Fig. 1. The plan of the subject classroom.

본 연구의 대상학교로 선정된 A 학교와 B 학교의 평면 형태는 직사각형으로 실내 가로 길이는 각 7.5 m와 7.0 m로 나타났으며 세로는 9.0 m와 8.7 m로 나타났으며 높이는 2.6 m와 2.8 m인 것으로 나타났다. 이것은 청주시 소재 초등학교 중 10개 학교를 대상으로 조사한 일반교실의 평균 실내 치수인 가로 7.3 m, 세로 8.5 m, 높이 2.7 m와 유사한 것으로 나타나 유사한 공간적 성향을 띠고 있을 것으로 평가된다. 다음의 Fig. 2는 청주시 소재 초등학교 일반교실의 평균적 실내치수를 3차원 형태로 나타내고 있다.

본 연구의 대상인 A 초등학교와 B 초등학교는 각각 1999년 및 1984년에 개교하였으나 시설의 노후화로 인해 각각 2019년과 2012년도에 모든 일반교실의 실내 마감재를 전면 교체한 바 있다. Table 5는 각 초등학교 일반교실의 부위별 실내 마감자재를 정리한 것이다.

각 학교의 리모델링에 있어서 주요 개·보수 부위

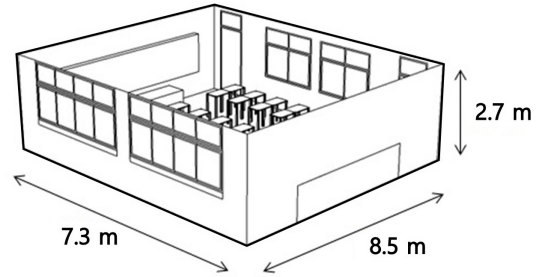


Fig. 2. Average dimension of classroom in Cheongju.

Table 5. Finishing materials of the classrooms in each school.

Location	A school	B school
Floor	Linoleum	Linoleum
Wall	Painted on concrete	Painted on concrete
Window	PVC frame, glass	PVC frame, glass
Door	Wood	Wood
Ceiling	Perforated panel	Mineral tex board
Desk, Cabinet	Particle board	Particle board

는 창호와 천장 마감재로써 외부로부터 유입되는 소음을 차단하기 위해 창호를 이중창으로 교체하였다. 또한 교실 내 잔향감을 최소화하기 위하여 천장의 마감재를 흡음성능이 높은 자재로 교체하였는데 A 초등학교의 경우 중간주파수대역의 흡음성능이 높은 마감재료인 타공판넬을 설치하였으며 B 초등학교의 경우 전주파수대역에서 고른 흡음성능을 보유하고 있어서 학교나 회의실에 보편적으로 사용되는 미네랄 흡음텍스를 적용한 것이 가장 큰 차이점이라고 볼 수 있다. 교실의 주요 흡음재인 천장 마감재에 의해 각 교실은 유사한 규모에도 불구하고 잔향시간에 차이가 발생하게 된다. 한편 선행연구를 통해 각 초등학교 일반교실의 규모 및 물리적 음향성능 측정 결과는 Table 6에 정리하였다. 물리적 음향성능 측정은 각각 2020년 6월 17일과 9월 20일에 걸쳐 진행되었으며 학생들이 모두 하교하고 난 후인 13시부터 17시 사이에 진행되었다.

측정 결과를 살펴보면 두 학교 모두 물리적 음향성능이 국내 중·고등학교의 실내음향성능 기준을 만족하고 있으며 기타 음향지표 또한 유사한 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 앞서 기술한 바와 같이 잔향시간의 경우 천장 마감재의 종류에 따라

Table 6. Measured acoustical performance data of classrooms in each school (unoccupied).

Classification	A school	B school
Background noise	35.5 dB (A)	26.4 dB (A)
T <sub>30</sub> *	0.47 s	0.79 s
RASTI	0.70	0.67
D <sub>50</sub> **	66 %	68 %

\* RT<sub>mid</sub> : Average of T<sub>30</sub> in 500 kHz ~ 1 kHz

\*\* D<sub>50</sub> : Average of D<sub>50</sub> in 125 kHz ~ 4 kHz

A초등학교의 경우 약 0.47 s, B초등학교의 경우 약 0.79s로 약 0.32 s 정도의 큰 편차가 발생하고 있음을 살펴볼 수 있다.

### 2.3 설문조사

수업시 초등학교 저학년 학생이 실제로 경험하는 교실의 청취환경을 주관적으로 평가하기 위하여 설문조사를 진행하였다. 조사는 A와 B 초등학교에서 각각 진행되었으며, 학생들의 연령 및 문항에 대한 이해도를 고려해 교사 혹은 부모님의 설명을 동반하여 응답할 수 있도록 하였다. 모든 문항은 응답의 정확도를 위해 최대한 쉽고 단순하게 구성하였다.

설문 참여자는 총 264명으로 A초등학교에서 140명, B초등학교에서 124명이 참여하였으며 응답자의 연령은 각각 8세와 7세로 초등학교 2학년과 1학년이 그 대상으로 선정되었다. 응답자에 대한 상세한 정보는 Table 7에 시설별로 구분해 정리하였다.

설문은 크게 세가지 관점에서 수행되었다. 첫 번째로는 학생들이 음성, 글씨, 영상 중 수업 내용을 이해하는데 있어서 가장 많은 영향을 주는 정보형식에 대해 알아보려고 하였다. 두 번째로는 음성정보를 전달하는 선생님의 목소리에 대한 만족도를 알아보

고자 하였으며, 마지막으로 교실의 청취환경에 영향을 미치는 음향인자를 조사하기 위해 실내소음 및 잔향감에 대한 학생들의 반응을 조사하였다. 다만 학생들이 평소 잔향감을 인지하지 못했을 것으로 판단해 1차 조사의 대상이었던 A초등학교의 설문 문항에 포함되어 있지 않았다. 그러나 조사과정에서 응답이 가능할 것으로 판단되어 잔향감에 대한 문항이 추가되었다. 정보습득 방식에 대한 문항을 제외한 나머지 문항은 모두 5점 척도를 통해 평가하도록 하였으며 설문조사의 각 항목과 그 평가단계별 내용은 Table 8에 정리된 바와 같다.

### 2.4 음성명료도 평가

초등학교 저학년 학생이 실제 교실에서 선생님의 음성을 얼마나 이해하는지 객관적으로 평가하기 위하여 음성명료도 평가를 진행하였다. 이를 위해 대상 초등학교 별로 각 1개 학급을 무작위로 선정하였으며 실제 수업이 진행되는 교실에서 학생을 대상으로 평가를 수행하였다.

음성명료도 평가는 피실험자가 음원으로부터 방사된 평가용 단어를 듣고 답안지에 받아 적도록 한다 음 그 정답률을 산출해 피실험자가 들려온 음원을 얼마나 정확하게 인지하고 있는지를 평가하는 방법이

Table 7. General information of questionnaire survey.

Subject facility	A school	B school
Female	59	65
Male	81	59
Total	140	124
Average age (grade)	8 (2)	7 (1)
Survey period	2020. 06. 16. ~ 30.	2020. 07. 07. ~ 21.

Table 8. Contents of questions and evaluation scales.

No.	Question	Evaluation scale					Subject school
		1	2	3	4	5	
1	What format of information is most helpful in understanding the content of the class?	Voice	Text	Video	No response	-	A, B
2	What is the volume of the teacher's voice?	Very loud	Loud	Normal	Small	Very small	A, B
3	Can you hear the teacher's explanation clearly?	Very good	Good	Fair	Bad	Very bad	A, B
4	How is the noise in the classroom during the class?	Very quiet	Quiet	Fair	Loud	Very loud	A, B
5	Does the voice reverberate in the classroom?	Very dry	Dry	Normal	Live	Very live	B

Table 9. Sample list of the speech intelligibility test for adults with normal hearing.

손	든	세	팡	한	색	다	꾸	옥	뜯	청와대	어두운	누워서	뒤따라야	놓치지	쓰여진	민방위	고위급	재활용	발맞춰
찌	터	지	원	발	변	건	미	빠	탈	컴퓨터	낙화암	알코올	소외된	굉장히	입진왜란	동아일보	육체적	월평균	영등포
쌀	디	단	몸	자	듬	퍼	온	털	누	위대한	요컨대	이집트	아쉬운	스위스	귀여운	규제완화	부딪혀	애초에	깨끗어
트	신	올	할	달	끼	총	줄	통	호	당뇨병	의외로	에이다	계열사	의약품	집행유예	부유한	톡톡히	이렇듯	엄격한
활	새	끝	김	뚜	긋	떨	턱	방	냥	예컨대	거예요	왔지만	잊물맑기	최우선	자외선	행하니	깨끗이	휴대용	수필집

(a) Syllable test (CVC) list

(b) Word test (PBW) list

다. 일반적으로 한국어의 음성명료도 평가용 도구로는 음절법(Consonant Vowel Consonant, CVC)과 단어법(Phonetically Balanced Words, PBW)과 같은 단어목록을 사용한다. 여기서 음절법이란 무의미한 단음절로 이루어진 단어로써 음소별 난이도의 균형을 이루고 있는 단어로 이루어져 있으며<sup>[10,11]</sup> 단어법은 발음상 발생할 수 있는 모든 음운 현상이 고르게 분포된 3음절 이상의 의미를 가진 단어들로 이루어져 있다.<sup>[12]</sup>

성인 건청인의 경우 청취환경에 대한 정확한 평가를 위하여 음절법과 단어법을 모두 수행하는 것이 일반적이며, 모든 단어목록은 1세트에 50개의 단어로 구성되어 있으며 1개의 단어를 들려준 뒤 받아 적기 위한 일정 시간이 제공된다. Table 9는 성인 건청인을 위해 개발된 음성명료도 평가용 단어목록 중 음절법 및 단어법의 예시를 보여주고 있다.

초등학교 저학년 학생의 경우 성인에 비해 학습된 단어의 종류가 매우 제한적이며 일상생활에서 사용되지 않는 단어들의 비율이 높아 초등학교 저학년 학생에게는 적합하지 않다. 또한 9세 미만 아동의 경우 집중을 유지할 수 있는 시간이 상대적으로 매우 짧아 성인과 동등한 수의 단어목록을 평가하는 것 또한 어렵다.<sup>[13]</sup> 특히 실제 평가가 진행된 대상 학급의 담당 교사에게 자문을 구한 결과 현재의 단어목록으로는 평가가 불가능하다는 어렵다는 의견을 받아 초등학교 저학년 학생을 위한 새로운 음원목록을 구성하였다.

이를 위해 본 연구에서는 현직 교사 5인을 대상으로 단어목록을 전면적으로 점검하여 9세 미만 아동이 응답할 수 있는 단어를 선별하였다. 자문 결과 단어법의 경우 해당 연령 학생의 어휘력을 따져보았을 때 이해도가 많이 부족해 정확한 실험이 불가능하다는 의견을 수렴하여 실험에서 제외하였다. 따라서 초등학교 저학년 학생을 대상으로 한 음성명료도 평가에서는 음절법에 의한 실험만을 수행하였다. 선별

된 단어목록의 난이도를 조정하기 위하여 우선 현재의 교육과정을 기초로 어려움, 일반, 쉬움, 불가능으로 구분하였다. 이렇게 구분된 난이도를 바탕으로 한 목록 안에 모든 난이도가 고르게 분배되도록 단어의 종류를 분배하였다.

초등학교 2학년 학생의 경우 쉬운 낱말 15개, 어려운 낱말 10개를 포함하고 있는 일반 난이도(normal difficulty)의 단어목록을 이용해 평가를 진행하였다. 그러나 초등학교 1학년의 경우 2학년에 비해 어휘력 및 받아쓰기 능력이 더욱 낮다는 점을 감안해 일반 난이도 외에도 쉬운 낱말 15개, 일반 낱말 10개로 구성된 쉬운 난이도(easy difficulty)의 단어목록을 추가로 작성해 두가지를 모두 이용하였다. 따라서 2학년의 경우 일반 난이도, 1학년 학생의 경우 쉬운 난이도에서 모든 학생이 80점 이상을 획득할 수 있도록 구성하였다. 초등학교 저학년 학생을 대상 음성명료도 평가에 사용된 단어목록의 예시는 다음 Table 10에 나타난 바와 같다.

모든 음성명료도 평가목록은 1세트에 25개의 단어로 구성되어 있으며 평가시에는 순서를 무작위로 설정해 들려주었다. 모든 음원은 무향실에서 아나운서에 의해 발성되었으며 이를 녹취한 뒤 실제 음성명료도 평가에 사용하였다. 음성명료도 평가시 피실험자는 평소 수업을 들을 때의 착석 위치에 앉도록 하였다.

Table 10. Sample list of the speech intelligibility test for children under 9 years of age with normal hearing.

락	틀	밥	관	전	씨	꿀	짜	소	왕
꼬	쇠	집	뿔	도	오	승	과	무	키
겨	하	쪽	강	툭	질	엄	인	정	달
쌍	깨	등	비	괴	상	머	봉	씩	둘
담	뜸	채	취	애	식	꿈	척	솔	끈

(a) normal difficulty

(b) easy difficulty

사람의 음성은 소리가 발생되는 입을 중심으로 각도에 따라 그 크기가 달라지는데 일반적으로 30°마다 약 2 dB(A) 감소된다. 특히 음성의 모음 전달에 큰 기여를 하는 주파수대역인 500 Hz의 경우 0°인 전면 에 비해 180° 방면인 교사의 후쪽에서 음성레벨이 약 9 dB 정도 작게 들린다. 이러한 경향은 고주파수대역으로 갈수록 더욱 두드러지며 자음의 전달에 큰 영향을 미치는 4 kHz 이상의 경우 전면 에 비해 후면에서의 음성레벨이 약 20 dB 정도 낮아지며 이것은 교사가 학생들에게 등을 돌렸을 때 자음이 완전히 들리지 않을 수 있음을 의미한다.<sup>[14]</sup> 이러한 음성 전달의 특성을 고려하여 본 연구에서는 음성명료도 평가용 음원을 출력함에 있어 지향성 스피커를 사용하였다. 스피커는 실제 수업시 교사의 발성 위치를 기준으로 교실 전면부 중앙의 바닥에 1.5 m 높이로 설치하였다.

피실험자는 스피커를 통해 출력된 단어를 약 2 s 동안 들은 뒤 약 5s에 걸쳐 받아 적도록 하였다. 이때 음원의 출력레벨은 실제 강의시 교사가 9세 미만 아동의 청력 및 집중도를 고려해 크게 발성한다는 점을 감안하여 약 70 dB로 설정하였다.<sup>[15]</sup> 음성명료도 평가시 교실의 암소음레벨은 각각 35.5 dB(A)와 26.4 dB(A)로 매우 정온한 상태에서 진행되었다.

각 초등학교별 음성명료도 평가 응답자의 인원 및 연령, 평가 일시 등의 상세정보는 다음 Table 11에 표기한 바와 같다.

음성명료도 평가에 참가한 학생은 모두 청력에 이상이 없는 9세 미만의 아동 건청인으로써 A초등학교의 경우 2학년, B초등학교의 경우 1학년을 대상으

Table 11. General information of speech intelligibility test.

	A school	B school
Number of participant	24	23
Age (grade)	8 (2)	7 (1)
Evaluation date (evaluation time)	2020. 06. 17. (11:00 ~12:00)	2020. 11. 03. (10:00 ~11:00)

로 하였으며 실험에 참가한 인원은 총 47명이다.

### III. 주관적 평가 결과

#### 3.1 설문조사 결과

초등학교 저학년 학생들이 수업시간에 교실의 청취환경에 대해 주관적으로 평가한 결과를 분석하였다. 설문조사의 각 문항은 어린이들로 하여금 청취 환경에 대한 주관적 감각을 상세히 평가 할 수 있도록 학생이 수업 정보를 습득하는 정보 형태, 교사 음성의 음량 및 명료함, 교실의 소음 및 잔향감에 대한 주관적 감각을 바탕으로 총 5문항으로 구분하였다. 1번 항목을 제외한 나머지 문항은 교사의 음성 및 교실에 대한 학생을 주관적으로 평가하는 것이다. 이때 모든 문항은 5점 척도에 의해 평가되었으며 평가 점수가 낮을수록 해당 감각에 대해 긍정적이며 숫자가 높아질수록 부정적이 될 수 있도록 구성하였다. 예를 들어 교사의 음성이 클수록 명료도 향상에 긍정적인 영향을 미치므로 낮은 숫자에 응답할 것을 요구하였다. 이렇게 진행된 응답결과는 Fig. 3에 도

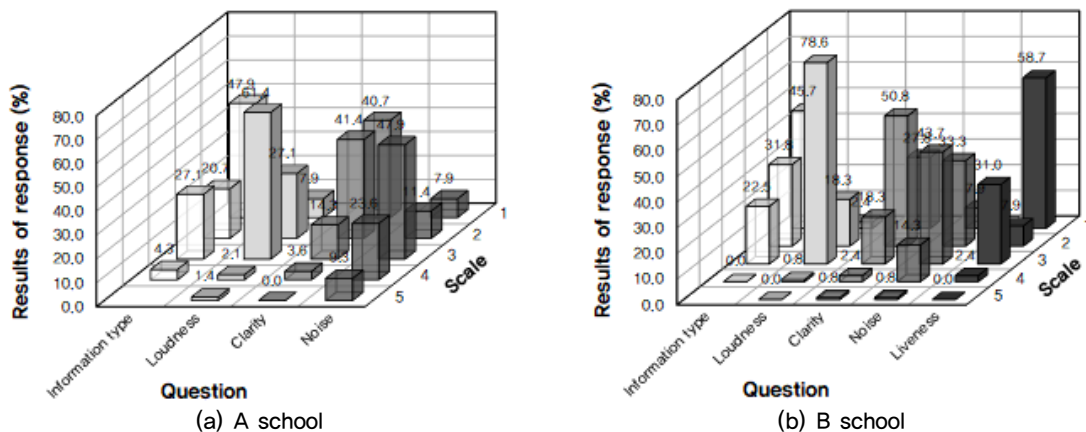


Fig. 3. Results of questionnaire survey in each school.

식화하여 나타내고 있으며 각 문항별 응답결과는 Tables 12와 13에 상세히 기록하였다.

분석 결과 학생들이 수업 내용을 이해하는데 있어서 가장 많이 도움이 되는 정보형식은 A초등학교와 B초등학교에서 각각 47.9%와 45.7%의 비율로 교사의 음성이라고 응답했다. 이것은 교사의 음성과 글씨, 영상 중 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 따라서 초등학교 저학년 학생에게 있어서 학습을 위해 교사의 음성이 매우 중요하며 이를 전달하기 위한 청취 환경의 역할 또한 크다는 것을 유추해 볼 수 있다.

교사의 음성에 대한 응답결과를 살펴보면 A초등학교의 경우 전체 61.4%가 음량이 보통 수준이라고 평가했으며, 전체 82.1%가 명료함에 대해 ‘ 좋음 ’ 혹은 ‘ 매우 좋음 ’ 이라고 응답해 긍정적인 반응을 보여 주고 있다. B초등학교의 경우도 유사한 경향을 보이

고 있는데 교사 음성의 음량에 대해 전체 학생의 78.6%가 보통 수준이라고 응답했으며, 명료함에 대해 78.6%가 긍정적인 응답결과를 나타내고 있다.

교실 내 소음도에 대한 설문조사 결과를 살펴보면 두 학교 모두 ‘ 보통 ’ 수준에 가장 높은 응답률을 보였다. 그러나 A초등학교의 경우 전체의 23.6%가 ‘ 조금 시끄럽다 ’ 에 응답한 반면 B초등학교의 경우 33.3%가 ‘ 조용하다 ’ 에 응답함으로써 다소 다른 경향의 결과를 보여주고 있다. 이것은 Table 6에 나타난 바와 같이 선행연구를 통해 나타난 학교별 비교실의 배경 소음이 A학교의 경우 35.5 dB(A)이고 B학교의 경우 26.4 dB(A)임을 감안할 때 다른 경향성에 대한 원인을 유추해 볼 수 있다.

교실의 잔향감에 대한 항목은 B초등학교에서만 조사되었는데, 그 결과 31%가 ‘ 보통 ’, 58.7%가 ‘ 전혀 울리지 않는다 ’ 고 응답했다. 선행연구를 통해 측정 한 해당 학교의 일반교실 잔향시간은 500 및 1kHz의 평균값이 약 0.73 s로 국내 중·고등학교 교실의 적정 잔향시간 기준인 0.8 s 이하로 나타났다.

Table 12. Results of questionnaire for most helpful format of information in understanding the content of the class.

Evaluation scale		Number of response (proportion, %)	
No.	Contents	A school	B school
1	Voice	67 (47.9)	59 (45.7)
2	Text	29 (20.7)	41 (31.8)
3	Video	38 (27.1)	29 (22.5)
4	No response	6 (4.3)	0 (0)

### 3.2 음성명료도 평가 결과

초등학교 저학년 학생의 청취환경을 평가하기 위하여 음성명료도 평가를 수행하였으며 그 결과는 Fig. 4에 도식화하였다. 학생들의 착석 위치별 평가 결과를 보다 직관적으로 확인하기 위해 도면상에 점

Table 13. Results of questionnaire for voice of the teacher and condition of the classroom during the class.

(a) Loudness of teacher's voice				(b) Clarity of teacher's voice				(c) Noise in the classroom during class				(d) Reverberant of the classroom			
Evaluation scale		Number of response (proportion, %)		Evaluation scale		Number of response (proportion, %)		Evaluation scale		Number of response (proportion, %)		Evaluation scale		Number of response (proportion, %)	
No.	Contents	A school	B school	No.	Contents	A school	B school	No.	Contents	A school	B school	No.	Contents	A school	B school
1	Very loud	11 (7.9)	3 (2.4)	1	Very good	57 (40.7)	35 (27.8)	1	Very quiet	11 (7.9)	10 (7.9)	1	Very dry	-	74 (58.7)
2	Loud	38 (27.1)	23 (18.3)	2	Good	58 (41.4)	64 (50.8)	2	Quiet	16 (11.4)	42 (33.3)	2	Dry	-	10 (7.9)
3	Normal	86 (61.4)	99 (78.6)	3	Fair	20 (14.3)	23 (18.3)	3	Fair	67 (47.9)	55 (43.7)	3	Normal	-	39 (31.0)
4	Small	3 (2.1)	1 (0.8)	4	Bad	5 (3.6)	3 (2.4)	4	Loud	33 (23.6)	18 (14.3)	4	Live	-	3 (2.4)
5	Very small	2 (1.4)	0 (0.0)	5	Very bad	0 (0.0)	1 (0.8)	5	Very loud	13 (9.3)	1 (0.8)	5	Very live	-	0 (0.0)



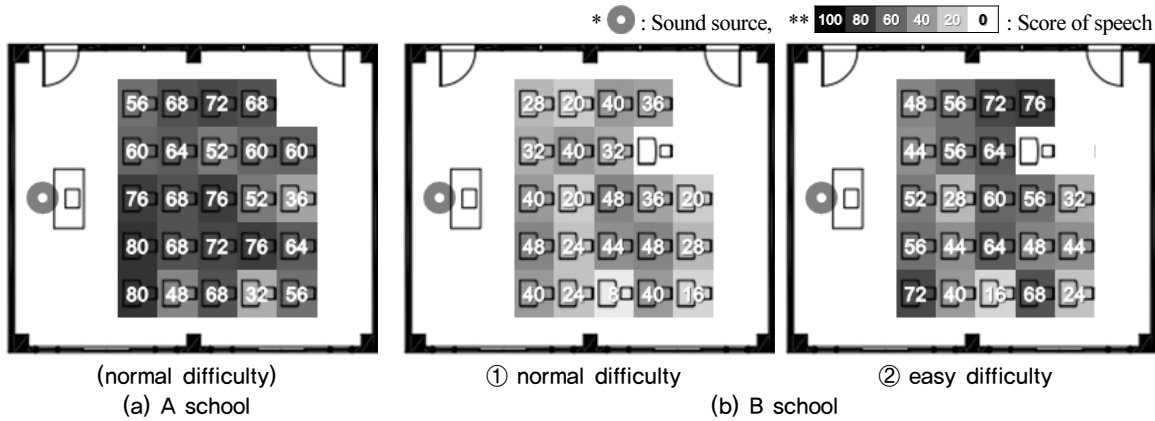


Fig. 4. Contour of speech intelligibility test scores according to the location of students in each school.

수를 숫자와 음영으로 표기하였다. 이때 각 위치별로 평가 결과의 높고 낮음을 쉽게 파악하기 위하여 음영을 통해 표시하였다. 즉, 음영이 짙어질수록 점수가 높고 옅어질수록 점수가 낮다는 것을 의미한다.

A초등학교의 경우 만 8세인 2학년을 대상으로 일반 난이도의 단어목록을 이용해 평가를 진행하였으며 참가한 학생의 수는 총 24인이다. 이때 전체 음성명료도의 그 평균값은 약 63점으로 나타났다. 한편 B초등학교의 경우 만 7세 어린이 22인을 대상으로 평가를 진행하였으며 어휘력과 받아쓰기 능력을 고려해 일반 및 쉬운 난이도의 2가지로 단어목록을 이용하였다. 이 경우 반 전체 평균 점수는 일반 및 쉬운 난이도에 따라 각 34.2점과 53.8점으로 나타났다. 따라서 일반 난이도의 평가결과를 비교해 볼 때 A초등학교는 약 63.0점, B초등학교는 34.2점으

로 매우 큰 편차를 보이고 있다. 이를 통해 B초등학교의 피실험자인 1학년 학생에게 일반 난이도의 음성명료도 평가목록은 다소 어려웠으며, 쉬운 난이도의 시험결과가 평가에 바람직하다는 것을 유추해 볼 수 있었다.

이러한 실험결과를 바탕으로 음원으로부터의 종축 및 횡축거리에 따른 음성명료도 평가 결과를 비교하기 위하여 열과 행(분단)별 평균을 산출해 Figs. 5와 6에 그래프로 도식화해 나타내었다.

Fig. 5를 바탕으로 교실 평면상 음원으로부터의 종축방향 거리와 음성명료도 평가결과와의 관계를 분석한 결과, A초등학교의 경우 음원으로부터의 종축방향 거리가 멀어질수록 음성명료도 평가 점수가 낮아지는 경향을 나타내고 있다. 2열의 평균 점수는 약 63.2점으로 3열의 68점에 비해 다소 낮은 점수를 나

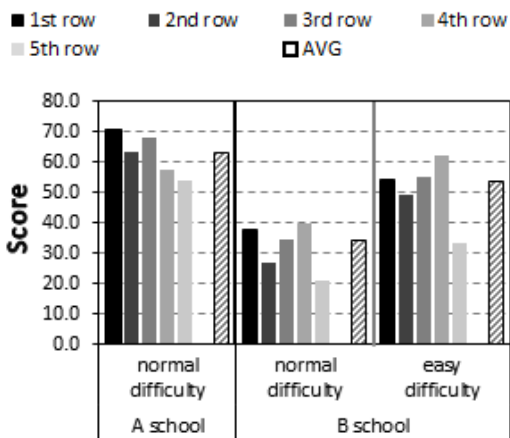


Fig. 5. Comparison of scores according to the traverse row in each school.

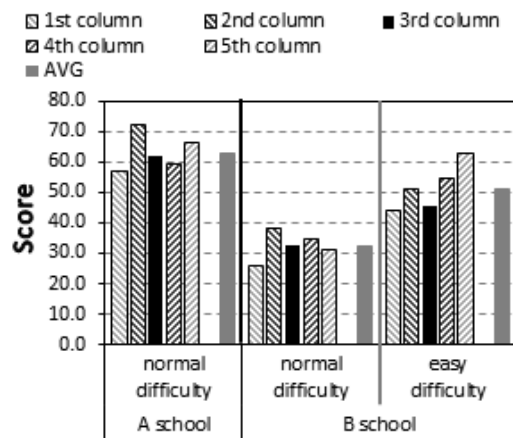


Fig. 6. Comparison of scores according to the longitudinal column in each school.

타내고 있지만, 중간열을 기준으로 앞 2열과 뒤 2열의 평균 점수가 각각 66.8점과 56.0점을 감안할 때 음원으로부터 가까운 위치가 음성을 듣기에 더욱 유리한 청취환경일 것으로 판단해 볼 수 있다.

B초등학교의 경우 종축방향 거리에 따른 점수의 편차가 전혀 발생하지 않고 있음을 알 수 있었다. 특히 쉬운 난이도의 경우 앞의 2열인 전반부열과 중간 2열인 중반부열의 평균 점수를 비교해 볼 때 각각 약 51.7점과 58.6점으로 나타나 오히려 후반부열에서 높은 점수가 나타난 것을 알 수 있다. 한편 Fig. 6을 바탕으로 횡축방향 거리에 따른 음성명료도 평가결과를 볼 때 유의미한 경향성은 파악되지 않았다.

이것은 초등학교 1학년의 경우 실제 수업시 진행 및 관리의 용이함을 위해 집중력이 낮은 학생을 교사와 가까운 교실의 앞 열에 집중 배치한 것이 평가 결과에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 평균 연령이 만 7세인 초등학교 1학년의 경우 경험상 받아 쓰기 능력이 상대적으로 낮다는 점에 영향을 받았을 것으로 유추해 볼 수 있다.

실험에 참가한 학생의 성별에 따른 음성명료도 평가 점수는 Table 14에 정리하였으며, 모든 평가에서 남학생에 비해 여학생이 더욱 높은 점수를 획득한 것을 알 수 있다.

본 연구에 사용된 음성명료도 평가용 단어 목록은 일반적인 경우 2학년 학생을 대상으로 실험을 진행한 A학교의 경우 보통 난이도, 1학년 학생이 그 대상이었던 B학교의 경우 쉬운 난이도에서 모든 학생이 80점 이상을 획득할 수 있도록 제작되었다. 그러나 신청인을 대상으로 한 교육시설의 음향성능 기준을 만족하고 있는 교실에서 신호대잡음비가 15 dB로 평가하였을 때 A학교의 경우 평균 점수가 63.0점, B학교의 경우 50.9점으로 매우 낮게 나타났다. 따라서 이

를 보완하기 위한 교육시설의 개선방안이 필요한 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

본 논문에서는 그 중요도에 비해 국내에서는 논의된 바 없는 초등학교 저학년 교실에 대한 주관적 청취환경 실태를 평가하고 학생의 음성명료도에 영향을 미치는 건축적 요인을 파악하기 위해 연구를 수행되었다. 다시 말해 아직 청력이 완전하게 성장하지 않은 이른바 청력 비완전자인 9세 미만 아동이 이용하는 실제 교실이 선생님의 음성에 대한 학습정보를 전달받기 위해 적합한 환경인지 주관적 평가방법을 통해 분석하고자 하는 것이다.

이를 위해 설문조사를 통해 대상 학교의 학생들로 하여금 수업 시 교사의 음성 및 교실의 청취환경에 대한 만족도를 질의하였다. 이 밖에도 학생들의 어휘력을 감안해 새롭게 선정된 단어목록을 스피커를 통해 들려주고 받아쓰게 함으로써 착석 위치에 따라 교사의 음성에 대한 실제적인 주관적 인지성능을 평가하고자 하였다.

본 논문의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 선행연구 조사 결과 대상 초등학교의 배경소음 및 잔향시간, 음성전달지수, 음성명료도 등은 대한민국 중고등학교 교실의 음향성능 기준 및 권고치를 대부분 만족하고 있다.
- 2) 대상 초등학교 2곳 모두 학생들이 수업 내용을 이해하는데 있어서 가장 많이 도움이 되는 정보형식은 교사의 음성이라고 응답했다. 따라서 초등학교 저학년 학생에게 있어서 학습을 위해 교사의 음성과 이를 전달하기 위한 청취환경이 매우 중요하다는 것을 알 수 있었다.
- 3) 교사의 음성에 대한 설문조사 결과 두 학교 모두 많은 학생들이 교사의 목소리 크기가 ‘보통’이라고 응답했으며, 명료함에 대해서는 대다수의 학생들이 ‘명료함’ 혹은 ‘매우 명료함’에 응답함으로써 교사의 음성에 대해 전반적인 만족도가 매우 높은 것으로 파악되었다.
- 4) 수업 중 교실의 소음도 및 잔향감에 대한 설문조

Table 14. Comparison of scores with gender in each school.

School		A		B	
Difficulty		normal	normal	normal	easy
Score (No. of student)	Male	59.3 (11)	31.7 (12)	46.0 (12)	
	Female	65.8 (13)	33.2 (10)	56.8 (10)	
	Total	63.0 (24)	32.4 (22)	50.9 (22)	

사 결과 또한 대부분 '보통' 혹은 '매우 좋음'에 응답하였다. 이것은 선행연구를 통해 조사한 물리적 음향성능 측정 결과도 유사한 경향성을 나타내고 있어서 적절한 수준의 음향성능이 조성되어 있음을 알 수 있었다.

- 5) 음성명료도 평가 결과 A 초등학교의 경우 보통 난이도에서 63.0점을 획득했으며 B 초등학교의 경우 보통 난이도에서 32.4점, 쉬움 난이도에서 50.9점을 획득하였다. 그러나 두 학교간에 발생한 점수 편차가 연령에 의한 차이인 지에 대해서는 연관성을 파악할 수 없었다.
- 6) 교실의 건축적 특성과 음성명료도 평가 결과를 비교한 결과 만 8세인 2학년 학생의 경우 평면상 음원으로부터의 종축방향 거리가 가까울수록 명료도가 향상되는 경향을 파악할 수 있었다. 그러나 만 7세인 초등학교 1학년의 경우 음원으로부터의 종축 및 횡축방향 거리 모두 유의미한 연관성이 발견되지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 현재 초등학교 저학년 교실은 물리적·주관적 관점에서 음성전달에 부족하지 않은 청취환경을 보유하고 있음을 알 수 있었다. 특히 난이도 및 받아쓰기 능력이 평가에 적합한 수준으로 판단되는 초등학교 2학년의 음성명료도 평가 결과에 따라 음원인 교사로부터의 횡축방향 거리보다 종축방향 거리가 명료한 음성전달에 더욱 영향이 높은 것으로 나타났다.

본 연구는 청력 비완전자 중 초등학교 저학년 학생의 교육시설에 대한 청취환경을 평가하기 위해 시작되었으며 최종적인 목표는 9세 미만 어린이들에게 적합한 청취환경을 제공하는 것에 있다. 그러나 본 논문은 연구의 대상이 청주시 소재 2개 학교를 대상으로 하고 있으며 음성명료도 평가 결과의 경우 피실험자의 수 또한 매우 적어 결과를 일반화하기 어려우며 연구대상자인 학생의 연령에 의한 영향을 구분하기 어렵다는 큰 한계성을 갖고 있다. 하지만 본 논문은 그동안 연구대상의 밖이었던 초등학교 저학년의 청취환경에 대한 만족도를 주관적으로 평가했다는 데에 큰 의의를 갖고 있으며 이를 바탕으로 향후 청취환경의 물리적 음향성능 기준 수립을 위한

연구의 근거자료로 활용할 수 있을 것이다. 따라서 향후 지속적인 연구를 통해 다양한 잔향환경에서 음성명료도 평가를 진행함으로써 9세 미만 아동에게 적합한 청취환경 조건 및 음성전달의 영향요인에 대해 파악하고자 한다.

## 감사의 글

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (NRF-2020R1A2 C2009963).

## References

1. ANSI/ASA S12.60, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools*, American National Standard, 2010.
2. Building Bulletin 93, "Acoustic design of schools," Department for Education and Employment, 2011.
3. C. J. Park, *Establishment of the acoustical performance criteria for middle and high school classrooms* (in Korean), (Ph.D. thesis, Chungbuk National University, 2014).
4. C. J. Park, B. G. Kim, and C. H. Haan, "Investigation of the listening environment of classrooms for elderly people using speech intelligibility tests" (in Korean), *J. Acoust. Soc. Kr.* **40**, 18-30 (2021).
5. 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. Acoust. Soc. Am.* **95**, 1085-1099 (1994).
6. B. B. Peggy, D. S. Sigfrid, and S. Anne, "Classroom acoustics II : Acoustical barriers to learning," Technical Committee on Speech Communication of the Acoustical Society of America, Tech. Rep., 2002.
7. Ministry of Education of the Republic of Korea, "School health act enforcement rule," Student Health Policy Division, 2019.
8. S. B. Lee, M. J. Kim, and H. S. Yang, "Characteristics of acoustic indicators evaluating speech intelligibility in Korean elementary school classrooms," *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.* **25**, 462-469 (2015).
9. D. J. Ryu, C. J. Park, and C. H. Haan, "Interior surface treatment guidelines for classrooms according to the acoustical performance criteria" (in Korean), *J. Acoust. Soc. Kr.* **35**, 92-101 (2016).
10. 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 (I) - Concentrated on the proposal of articulation testing standard” (in Korean), *J. Archi. Inst. Kr.* **20**, 117-125 (1988).
11. 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 of the proposed articulation testing standard” (in Korean), *J. Archi. Inst. Kr.* **21**, 95-108 (1989).
  12. 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).
  13. J. J. Oh, *Development of the lists of phonetically - balanced one-syllable words for kindergarteners and school aged children*, (Master thesis, Hallym University, 2004).
  14. D. Egan, *Architectural Acoustics* (J. Ross Publishing, Florida, 2007), pp. 83.
  15. K. S. Pearsons, R. L. Bennett, and S. Fidell, *Speech levels in various noise environments*, U.S. Environmental Protection Agency, 1977.

## 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

### ▶ 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