

# 사무공간의 음향성능 측정, 평가 방법의 표준화와 유럽 국가들의 음향성능 기준 비교

## Comparison of acoustics performance measurement and evaluation standard of office space and office acoustics criteria of European countries

정정호<sup>†</sup>

(Jeong-Ho Jeong<sup>†</sup>)

<sup>†</sup>한국화재보험협회 부설 방재시험연구원 재난안전연구센터

(Received February 15, 2023; accepted February 27, 2023)

**초 록:** 업무 형태 변화와 Information Technology(IT) 기술 발전 그리고 Coronavirus disease(COVID)-19 상황 등에 따라 사무환경도 변화되고 있다. 사무공간 사용자가 쾌적하고 효율적으로 업무를 수행하기 위해서는 구성원 사이의 교류는 물론 개인의 프라이버시 확보가 필요하다. 우리나라도 사무공간의 음향성능 개선에 대한 요구가 증가하고 있으나, 관련 성능 기준과 지침은 수립되어 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 사무공간 음향성능 측정, 평가 방법의 표준화와 유럽 국가들의 음향성능 기준을 비교, 검토하였다. 국제표준화 동향과 각국의 음향성능 기준을 종합적으로 검토하고 우리나라 사무공간 음향 실태 조사 등을 통해 사무공간 음향성능과 만족도 평가 기준을 수립하여 활용하는 것을 제안한다. 국제표준화 방향과 통신, 전기음향 시스템과의 호환 등을 고려하여 음성전달지수 또는 음성전달지수 응용지표를 활용한 기준을 수립하는 것이 적절하고 활용도와 호환성이 높을 것으로 판단된다. 또한, 사무용 가구류 업계에서도 사무공간의 음향성능 개선에 관심을 나타내고 있어, 사무용 가구류의 음성 레벨 저감량에 관한 성능 기준을 수립하고 표시하는 방안을 마련하는 것이 필요하다.

**핵심어:** 사무공간, 음향, 성능기준, 음성레벨, 음성전달

**ABSTRACT:** The office environment is changing according to work types, Information Technology (IT) advancements, and the Coronavirus disease (COVID)-19 situation. In order for office space users to perform their tasks comfortably and efficiently, it is necessary to secure individual privacy as well as easy communication among members. In Korea, the demand for improving the acoustic performance of office spaces is also increasing, but the related performance criteria and guidelines have not been established. In this study, standardization of office space acoustic performance measurement and evaluation methods and European countries' acoustic performance criteria were compared and reviewed. It is proposed to comprehensively review international standardization trends and acoustic performance standards in each country and to establish and utilize criteria for evaluating the acoustic performance and satisfaction of office spaces in Korea through our survey. Considering the international standardization direction and compatibility with communication and Public Address (PA) systems, it is appropriate to establish criteria using the speech transmission index or Speech Transmission Index (STI) application index. This criterion will be highly utilizable and compatible. In addition, since the office furniture industry is interested in improving the acoustic performance of office space, it is necessary to establish a labelling system for speech level reduction of office furniture.

**Keywords:** Office, Acoustics, Performance criteria, Speech level, Speech transmission

**PACS numbers:** 43.55.Dt, 43.55.Hy

<sup>†</sup>Corresponding author: Jeong-Ho Jeong (jhjeong92@gmail.com)

Fire Insurers Laboratories of Korea & 1030, Gyeongchung-daero, Ganam-eup, Yeosu-si, Gyeonggi-do 12661, Republic of Korea

(Tel: 82-31-887-6737, Fax: 82-31-887-6680)



Copyright©2023 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

과거 사무공간은 각 조직의 구성에 맞게 별도의 사무공간으로 구획되어 운영되었다. 조직의 단순화와 유연화에 효율적으로 대처하고 구성원 사이 의사소통과 원활한 교류를 위해 오픈 플랜 오피스 형태로 변화하고 있다. Information Technology(IT) 기술의 발전과 Coronavirus disease(COVID)-19 상황의 재택근무로 사무환경은 계속 변화하고 있으며, 공유 오피스와 스마트 오피스 형태로 진화하고 있다. 이에 따라 구성원 사이 소규모 회의와 의사소통을 위한 공간을 분리하고, 업무효율을 올리기 위해 개인 업무공간의 음성 프라이버시를 확보하는 방안이 고려되고 있다. 실제 사무공간의 업무효율 향상과 사용자 만족도 향상을 위해서는 사용자의 요구를 정량적으로 측정, 평가할 수 있는 물리적 음향지표와 관련 기준 수립이 필요하다.

우리나라의 사무환경 개선과 관련한 음환경 연구는 2000년대 초반부터 수행되었다. Kim<sup>[1]</sup>은 업무환경에 유니버설 디자인 적용 연구를 수행하였으며, 심리행태적 반응과 함께 조명, 음향 등 실제적 요소와 개인화, 프라이버시와 같은 행태적 요소를 고려해야 한다고 하였다. Yoo<sup>[2]</sup>는 개방형 사무공간의 업무생산성과 업무환경계획의 특성에 관하여 연구하였으며, 음환경이 업무환경의 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 음환경 개선을 위해 업무수행에 방해되지 않는 정도로 소음 레벨을 유지하고 적정한 넓이의 개인 업무공간과 높이의 파티션 제공을 제안하였다.

Yoon<sup>[3]</sup>은 사무종사자들이 느끼는 환경, 공간에 관한 만족도에 영향을 미치는 요인을 조사하였으며, 소음과 공간의 크기에 영향을 받는 것을 확인하였다. Park<sup>[4]</sup>은 현대 사무공간의 환경을 제안하며, 음환경과 관련하여 중저음역 흡음효과가 큰 다공질 흡음재 사용과 여러 가지 복합 성능을 만족하고 시공성과 의장성이 좋은 차음재 선택을 제안하였다. 이와 함께 프라이버시 확보를 위한 모바일 스크린 사용과 업무 성격에 따른 상호작용과 자율성도 고려해야 한다고 하였다.

Chang<sup>[5]</sup>은 여러 기업의 오피스 레이아웃과 선호도

등을 조사한 결과 “사람이 말하는 소음”이 가장 부정적인 평가를 받은 것으로 나타났다. 또한, 업무의 종류에 따라 커뮤니케이션을 중요하게 평가하는 그룹과 프라이버시를 중요하게 평가하는 그룹의 반응이 다른 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 사무공간 레이아웃 배치 시 프라이버시를 우선 고려하고 업무유형별 특성을 고려하는 것이 필요하다고 제안하였다. Kim *et al.*<sup>[6]</sup>은 사무실의 대화 프라이버시 관련 성능 향상을 위해 음압레벨을 실측하고 음향 시뮬레이션 수행하였다. 이때, 천장재, 바닥재와 칸막이 특성 변화와 함께 음차폐 장치도 함께 연구하였다. 연구 결과 고성능 천장 흡음재, 칸막이 높이를 115 cm로 한 경우 대화 프라이버시가 “No Privacy”에서 “Readily understood”로 개선된 것으로 보고하였다.

Yoon<sup>[7]</sup>이 미국의 사무실 사용자를 대상으로 연구한 결과 집중을 해야 하는 작업 수행자들이 소음의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 그리고, 사무공간 음향 평가 지표인 Articulation Index(AI)의 개선이 필요함을 지적하였으며 음성프라이버시를 평가하는 지표를 사용하는 방안을 제안하였다.

Lee와 Jeon<sup>[8]</sup>은 ISO 3383-3:2012에 표준화된  $D_{2s, n}$ ,  $n$ ,  $n_p$  지표를 우리나라 사무실을 대상으로 측정, 평가하였으며, 위 지표들이 워크스테이션 유무에 영향을 받는다는 것을 확인하였으며, 관련 기준값 필요성을 제시하였다. Seo<sup>[9]</sup>는 사무공간에서 발생하는 불필요한 소리 제어를 위해 투명 흡음 칸막이를 적용한 결과 Sound Pressure Level(SPL),  $D_{50}$ , 음성전달지수와 잔향시간이 양호하게 변화되는 것을 확인하였다. Lee<sup>[10]</sup>는 우리나라의 오픈 플랜 사무공간의 음향성능 측정과 설문조사를 통해 사무공간의 스피치 프라이버시가 낮고 불만족스러움을 확인하였다. 그리고, 스피치 프라이버시는 업무효율에도 영향을 주는 것으로 확인하였다. 사무실의 스피치 프라이버시 개선을 위해 마감 재료의 흡음 성능 조정과 스크린 설치가 효과적임을 제시하였다. Lee<sup>[11]</sup>는 커뮤니케이션과 지식공유행동을 기반으로 공공기관 사무공간을 평가한 결과 개방적 환경은 사용자 간 접근성을 강화하지만, 프라이버시를 침해하고 소음에 취약하다는 단점을 제시하였다. Jun<sup>[12]</sup>은 오피스 공간의 어메니티에 관하여 연구하였으며, 오피스 공간의 조명, 소음,

청결도 등 감각을 만족시키는 요소를 통해 어메니티에 대한 만족을 느끼는 것으로 분석하였다. Lim과 Choi<sup>[13]</sup>는 대학교의 사무공간 사이의 음성 프라이버시를 Level Difference(LD)와 Speech Privacy Class(SPC)를 이용하여 측정, 평가하여 ASTM E2638-10<sup>[14]</sup>의 기준과 비교하였다.

위의 기존 연구에서와같이 다양한 사무공간 개선 연구가 수행되었고 음환경 개선 방안도 제시되었다. 사무공간의 음환경 개선과 물리적 지표의 측정, 평가를 수행하였지만, 사무환경 음향환경 성능 기준은 수립되지 않았다. 사무공간 사용자가 주변의 대화음 소음 등으로부터 방해받지 않고 업무상 대화음이 주변에 전달되지 않도록 음향성능을 개선하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 사무공간 설계 초기부터 음향성능을 고려해야 하는데, 현재 우리나라는 사무공간의 음향성능 기준이 수립되어 있지 않다. 사무공간의 음향성능 기준이 마련되면, 음향 특성 예측을 통해 사무공간 마감 구조 개선과 사무용 가구 등의 음향성능 개선과 표시 등에 영향을 미치고 관련 산업의 활성화에 이바지할 수 있다.

이에 본 연구에서는 사무공간의 음향성능 지표와 평가 방법 표준화를 바탕으로 유럽 여러 국가의 사무공간 음향성능 기준을 비교 검토하여 사무공간 음향환경 기준 수립 등을 제안하고자 한다.

## II. 사무공간 음향성능 지표와 표준화

과거와 달리 업무 형태가 변화됨에 따라 사무공간도 변화되며 음향환경 개선에 관한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라, 사무공간의 음향성능 측정을 위한 실내음향지표와 사무공간 구성을 위한 사무용 가구 등에 대한 음향성능 측정, 평가 방법이 표준화되고 있다.

실내공간의 음향 특성을 측정하는 대표적인 지표는 ISO 3382-2<sup>[15]</sup>에 있는 잔향시간(Reverberation Time, RT)으로 사무공간의 음향성능 평가에도 사용하고 있다.

잔향시간과 함께 실내음향 분야의 명료도 평가 관련 지표로 ISO 3382-1<sup>[16]</sup>에 규정된  $C_{80}$ ,  $D_{50}$ 과  $T_s$  (Center Time)도 사무공간의 음향성능 평가에 활용할 수 있다.

ISO 3382-3<sup>[17]</sup>은 오픈 플랜 오피스의 음향 특성 측정 지표와 방법을 규정한 표준으로 2012년 제정되었다. ISO 3382-3에는 오픈 플랜 오피스에서 요구되는 같은 사무공간 안에서의 명확한 음성 대화를 위한 음성명료도와 함께 사무공간 사이의 음성 프라이버시 확보를 위한 지표가 규정되어 있다. 기존의 잔향시간과 실내음향지표는 실내공간의 충격 응답 감쇠 곡선을 바탕으로 소리의 울림 정도를 평가하는 방법에 기초하고 있다. 사무공간의 종합적인 음향 특성을 평가하기 위해서는 소리의 울림과 소음 발생 정도를 함께 고려하여야 한다. 이를 위해 ISO 3382-3에서는 배경소음레벨( $L_{pB}$ )이 포함되어 있으며, 사무공간 사용자 등의 음성 레벨이 공간에서 빠르게 줄어드는 정도를 평가하기 위한 음성 공간 감쇠율(Spatial Decay Rate of Speech,  $D_{2,S}$ )과 4 m 거리에서의 A-가중 음성 음압레벨(A-weighted Sound Pressure Level of Speech at a Distance of 4 m,  $L_{pA,S,4m}$ )이 정의되어 있다.

위의 세 가지 지표는 사무공간의 소음과 말소리의 크기에 관한 지표라면 실제 말소리가 잘 들리는지 잘 안 들리는지를 평가하기 위한 지표로 음성전달지수(Speech Transmission Index, STI)가 규정되어 있다. 음성전달지수는 IEC 60268-16<sup>[18]</sup>에 자세하게 규정되어 있으며, 음원에서 발생한 원래 신호가 공간 또는 시스템을 통해 수음점에 갈게 전달되는지를 평가하는 지표로 소리의 울림과 배경소음 등 잡음에 의해 영향을 받는다. IEC 60286-16에서는 전기음향 시스템과 통신 시스템의 음성명료도 평가를 위해 음성전달지수를 바탕으로 STI Public Address systems(STIPA)와 STI Telecommunication systems(STITEL)을 정의하여 활용하고 있다. 음성전달지수는 ISO 3383-2에서 음성전달지수의 공간분포(Spatial sound distribution of the STI)를 바탕으로 음성전달지수가 0.5 이하로 되는 거리를 음성집중 방해 거리(Distraction Distance, rD)로, 음성전달지수가 0.2 이하로 떨어지는 거리를 음성 프라이버시 거리(Privacy Distance, rP)로 정의하여 사무공간 음향 특성 평가와 설계에 필요한 거리개념으로 변환하여 사용할 수 있도록 하였다.

ISO 3382-1 ~ 3의 내용은 사무공간 등 실내공간의 음향 특성 평가 지표와 측정 방법을 주로 규정하고 있다. 사무공간의 음향성능 개선을 위해서는 사무공간

Table 1. Swedish office spaces room acoustic criteria (SS 25268).

Type of space	Class A - Maximum	Class B	Class C - Minimum	Class D
Individual office	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	-
Open area	RT ≤ 0.4 s	RT ≤ 0.4 s	RT ≤ 0.4 s	RT ≤ 0.8 s
Concentration space	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	-
Meeting room	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.8 s
Corridors	RT ≤ 0.6 s (RT ≤ 1 s, Staircases)	RT ≤ 0.8 s (RT ≤ 1.2 s, Staircases)	RT ≤ 0.8 s	-
Conference room	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.8 s
Reception	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.6 s	-

※ RT : Reverberation Time

을 구성하는 사무용 가구류 등의 음향성능 평가 방법과 사무공간의 음향 품질 평가 기준이 필요하다. 이를 위해 ISO/TC 43/SC 2 건축음향 위원회에서는 2020년 ISO 23351-1<sup>[19]</sup> 표준을 제정하였다. ISO 23351-1에서는 사무용 책상, 파티션과 폰부스 등 여러 사무용 가구류에 의해 음성 레벨이 줄어드는 정도를 평가하는 음성 레벨 저감량(Speech Level Reduction,  $D_{S,A}$ )이 규정되어 있다. 이 표준에 따라 측정한 결과는 향후 사무환경의 음성 프라이버시 거리 등을 개선하기 위해 사무용 가구 선택에 참고할 수 있도록 성능 표시 제도로 발전시킬 수 있다.

ISO/TC 43/SC 1 소음 위원회에서는 2021년 ISO 22955<sup>[20]</sup>를 제정하였는데, 이 표준은 오픈 플랜 오피스의 음향 품질 달성하기 위한 기술지침과 설문 평가 방법을 규정하고 있다. 이 표준에서는 오픈 플랜 오피스를 6개의 유형으로 구분하여 유형별로 필요한 음향지표, 목표값과 권장값을 제시하고 있다. ISO 22955에 규정하는 주요 음향지표는 소음 레벨, 잔향 시간과 바닥 면적당 흡음력이며 일부 유형에서 4 m 거리에서의 A-가중 음성 음압 레벨( $L_{p,A,S,4m}$ ) 권장값을 제시하고 있다. 또한, 부속서 C에서는 사용자 설문조사 양식을 제시하고 있어, 사무공간 사용자의 음향 만족도 평가 등에 활용할 수 있다. 표준화된 음향 설문지는 향후 여러 사무공간의 음향성능 등급화와 성능 표시 등에 활용할 수 있을 것으로 보인다.

### III. 사무공간 음향성능 기준

유럽 지역의 여러 나라는 사무공간의 음향성능 기

준을 수립하여 활용하고 있다. 유럽 여러 국가의 사무공간 음향성능 기준을 비교하고자 한다. 유럽의 국가들에서는 사무공간을 7가지 세부 영역으로 구분하고 구역별 기준을 규정하고 있다. 사무공간이라도 업무 형태와 활용에 따라 서로 다른 음향성능이 필요함을 고려한 것으로 판단된다.

Table 1은 스웨덴의 사무공간 음향성능 기준으로 교육시설, 사무공간과 호텔 등의 음향성능을 규정하고 있는 스웨덴의 국가표준인 SS 25268<sup>[21]</sup>의 일부이다. 스웨덴은 A~D 등급으로 음향성능을 구분하여 규정하고 있다. 다양한 음향성능 지표 중에서 잔향 시간에 대한 기준만 규정하고 있으며, 개인 사무공간, 업무집중을 위한 공간과 회의 등을 위한 공간에서는 대부분 0.6s 이하의 잔향시간을 요구하고 있다. 스웨덴의 사무공간 음향성능 등급은 복도와 계단의 잔향시간 값에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 이는 사무공간 사용자들이 주로 거주하는 업무공간뿐만 아니라 사용자의 이동에 활용되는 복도와 계단실을 중요하게 인식하는 것으로 판단된다.

Table 2는 스페인의 사무공간 음향성능 기준이다. 스페인의 경우 법적 기준<sup>[22]</sup>으로 사무공간의 최소 음향성능을 규정하고 있는 것이 특징이며, 이와 함께 스페인 표준인 UNE 74021<sup>[23]</sup>에서 A~F까지 6개의 등급 기준을 규정하고 있다. 사무공간 최소 성능 기준으로 회의 공간에 잔향시간 0.5s 이하를 규정하고 있으며, 복도와 리셉션 공간의 경우 공간의 용적대비 흡음력 비(A/V) 지표를 활용하고 있다. 스페인 표준의 등급에는 복도와 리셉션 공간에 대한 잔향시간 기준만 규정하고 있어 스웨덴과 함께 사용자 이동

Table 2. Spanish office spaces room acoustic criteria.

Type of space	CTE DB-HR <sup>[22]</sup> (legally binding)	UNE 74201:2021 <sup>[23]</sup> (not legally binding)					
		Class A	Class B	Class C	Class D	Class E	Class F
Meeting room	RT ≤ 0.5 s (furnished) RT ≤ 0.7 s (unfurnished)	-	-	-	-	-	-
Corridors	A/V ≥ 0.2	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.9 s	RT ≤ 1.2 s	RT ≤ 1.5 s	RT ≤ 1.8 s	RT > 1.8 s
Conference room	RT ≤ 0.5 s (furnished) RT ≤ 0.7 s (unfurnished)	-	-	-	-	-	-
Reception	A/V ≥ 0.2	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.9 s	RT ≤ 1.2 s	RT ≤ 1.5 s	RT ≤ 1.8 s	RT > 1.8 s

※ A : Absorption Area / V : Volume

Table 3. German office spaces room acoustic criteria (DIN 18041:2016<sup>[24]</sup>).

Type of space	Group	Group A	Group B
Individual office	B3		
Open area	B4 B5 (call centers)		
Concentration space	B3, B4 (more than 1 person)		
Meeting room	A4		
Corridors	B2		
Conference room	A4		
Reception	B4		

Table 4. Norwegian office spaces room acoustic criteria (TEK 17 refers to NS 8175:2012<sup>[25]</sup>).

Type of space	Class A - Maximum	Class B	Class C - Minimum
Individual office	RT ≤ 0.13 · h	-	RT ≤ 0.20 · h
Open area	RT ≤ 0.11 · h	RT ≤ 0.13 · h	RT ≤ 0.16 · h
Meeting room	RT ≤ 0.13 · h	RT ≤ 0.16 · h	RT ≤ 0.20 · h
Corridors	RT ≤ 0.16 · h	RT ≤ 0.20 · h	RT ≤ 0.27 · h
Reception	RT ≤ 0.13 · h	RT ≤ 0.16 · h	RT ≤ 0.20 · h

공간의 음향성능을 중요하게 인식하고 있음을 알 수 있다. Table 3은 독일의 사무공간 음향성능 기준이다. 독일의 경우 다양한 공간의 음향성능 기준을 A 그룹과 B 그룹으로 구분하고 세부 그룹을 구분하여 공간의 용적과 높이에 따른 잔향시간과 용적대비 흡음력 비(A/V)를 기준 곡선화하여 활용하고 있다. 개인 사무공간, 개방공간, 집중 업무공간, 복도와 리셉션 공간은 그룹 B로 구분하여 공간의 높이에 따라 다른 기준을 적용하고 있다. 특히, 콜센터와 같이 소음 발생이 많은 공간의 경우 더 많은 흡음력을 요구하고 있다. 회의실 공간의 경우 그룹 A의 용적별 잔향시간 기준 중에서 가장 낮은 잔향시간 기준 곡선을 적용하고 있다. 독일의 사무공간 음향성능의 특징은

공간의 높이와 용적을 고려하는 점이 특징이다.

노르웨이의 사무공간 음향 기준은 A~C까지 3개 등급으로 구성되어 있으며, 잔향시간에 대한 기준을 5가지 세부 영역에 관하여 규정하고 있다(Table 4 참조). 노르웨이의 경우 잔향시간 기준을 사무공간의 높이를 고려하도록 구성하고 있다. 이는 독일의 기준과 유사하게 사무공간의 높이를 고려하는 것과 유사한 것을 알 수 있다. 다만 개방공간에 가장 짧은 잔향시간 보정값을 적용하고 있는 것이 특징이다.

Table 5는 핀란드의 사무공간 음향성능 기준이다. 핀란드의 경우 개방공간에 대한 법적 기준이 수립되어 있으며 잔향시간과 함께 음성전달지수 기준이 함께 수립되어 있다. 음성전달지수는 공간의 울림과

Table 5. Finish office spaces room acoustic criteria.

Type of space	SFS 5907 <sup>[26]</sup>				National building code
	Class A	Class B	Class C	Class D	
Individual office	RT ≤ 0.5 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.7 s	RT ≤ 0.9 s	-
Open area	RT ≤ 0.35 s (h ≤ 3 m) RT ≤ 0.4 s (h > 3 m)	RT ≤ 0.4 s (h ≤ 3 m) RT ≤ 0.45 s (h > 3 m)	RT ≤ 0.55 s (h ≤ 3 m) RT ≤ 0.5 s (h > 3 m)	RT ≤ 0.55 s (h ≤ 3 m) RT ≤ 0.6 s (h > 3 m)	RT ≤ 0.6 STI ≤ 0.5
Concentration space	RT ≤ 0.4 s	RT ≤ 0.5 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.7 s	-
Meeting room	RT ≤ 0.5 s	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.7 s	RT ≤ 0.9 s	-
Corridors	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.8 s	RT ≤ 1.0 s	RT ≤ 1.0 s	-
Conference room	RT ≤ 0.6 s	RT ≤ 0.7 s	RT ≤ 0.8 s	RT ≤ 0.9 s	-
Reception	RT ≤ 0.8 s	RT ≤ 1.0 s	RT ≤ 1.3 s	RT ≤ 1.3 s	-

※ STI : Speech Transmission Index

Table 6. French office spaces room acoustic criteria.

Type of space	NF S 31-080 <sup>[27]</sup> & NF S 31-199 <sup>[28]</sup>
Individual office	RT ≤ 0.6 s
Open area	RT ≤ 0.6 s
Meeting room	0.4 s < RT < 0.6 s
Reception	RT < 0.8 s & RT < 1.0 s at 125 Hz

Table 7. Austrian office spaces room acoustic criteria.

Type of space	ÖNORM B 8115-3 <sup>[29]</sup>
Individual office	$\alpha_M = 0.2 - 0.25$ (250 Hz - 4 000 Hz)
Open area	$\alpha_M = 0.2 - 0.25$ (250 Hz - 4 000 Hz)
Concentration space	$\alpha_M = 0.2 - 0.25$ (250 Hz - 4 000 Hz)
Meeting room	RT = 0.32 × log V - 0.17 s
Corridors	$\alpha_M = 0.2 - 0.25$ (250 Hz - 4 000 Hz)
Conference room	RT = 0.32 × log V - 0.17 s
Reception	$\alpha_M = 0.2 - 0.25$ (250 Hz - 4 000 Hz)

※  $\alpha$  : Absorption coefficient / M : Mid-frequency

함께 배경소음에 대한 보정도 적용할 수 있는 장점이 있다.

핀란드 표준에서는 A~D까지 4개 등급으로 음향 성능을 규정하고 있다. 7가지 세부 영역에 대하여 잔향시간 기준을 적용하고 있으며, 세부 공간의 특성에 따라 다른 잔향시간 기준을 적용하고 있다. 개방 공간의 경우 공간의 높이 3 m를 기준으로 구분하여 서로 다른 기준을 적용하고 있다.

Table 6은 프랑스의 사무공간 음향성능 기준으로 개인 사무공간, 개방공간, 회의실과 리셉션에 대한 기준만 수립하고 있다. 프랑스의 음향성능도 잔향시

Table 8. Danish office spaces room acoustic criteria.

Type of space	SBI 216 / BR18 <sup>[30]</sup>
Individual office	RT ≤ 0.6 s. (125 Hz - 4 000 Hz)
Open area	A ≥ 1.1 × S. (125 Hz - 4 000 Hz)
Concentration space	RT ≤ 0.6 s. (125 Hz - 4 000 Hz)
Meeting room	RT ≤ 0.6 s. (125 Hz - 4 000 Hz)
Corridors	RT ≤ 0.8 s. (125 Hz - 4 000 Hz)
Conference room	RT ≤ 0.6 s. (125 Hz - 4 000 Hz)
Reception	RT ≤ 0.6 s. (125 Hz - 4 000 Hz)

간에 대한 기준으로 대부분 사무공간에서 0.6 s 이하의 잔향시간을 요구하고 있다. 리셉션의 경우 주파수 대역별로 다른 잔향시간 기준을 규정하고 있다.

Table 7은 오스트리아의 사무공간 음향성능 기준이다. 오스트리아의 경우 회의 공간에 대해서만 잔향시간 기준을 적용하고 있으며, 독일의 경우와 같이 공간의 용적에 따라 기준값을 달리 적용하는 보정항을 적용하고 있다. 나머지 사무공간의 경우 250 Hz~4 000 Hz 대역의 흡음력( $\alpha_M$ )에 대한 기준을 적용하고 있다.

덴마크의 사무공간 음향성능 기준은 Table 8과 같이 7가지 세부 영역에 관하여 규정하고 있다. 복도와 개방공간을 제외하고는 125 Hz~4 000 Hz 대역의 잔향시간을 0.6 s 이하로 규정하고 있다. 복도의 경우 0.8 s 이하의 잔향시간을 요구하고 있으며, 개방공간의 경우 공간의 바닥면적으로 고려한 흡음력에 관하여 규정하는 점이 특색이 있다.

영국의 사무공간 음향성능 기준은 Table 9와 같다.

Table 9. UK office spaces room acoustic criteria.

Factor	Within a working cluster	Between working clusters
Background noise level	NR40 / 46 dBA (L <sub>90</sub> )	NR40 / 46 dBA (L <sub>90</sub> )
STI	≥ 0.60	≤ 0.40
Absorption per m <sup>3</sup>	≥ 0.21	≥ 0.36
Physical factors	Ceiling α <sub>w</sub> 0.5 - 0.7 across speech frequency Soft floor covering	Ceiling α <sub>w</sub> ≥ 0.9 across speech frequency Absorbent screens 1.4 m to 1.8 m high soft floor coverings Lower ceiling height between clusters to break up skimming across ceiling

※NR : Noise Rating

Table 10. Polish office spaces room acoustic criteria.

Type of space	PN-B-02151-4 <sup>[31]</sup>
Individual office	RT ≤ 0.6 s. (250 Hz - 4 000 Hz)
Open area	A / 1 m <sup>2</sup> min ≥ 1.1
Meeting room	RT ≤ 0.8 s. (250 Hz - 4 000 Hz) STI <sub>min</sub> ≥ 0.6 (125 Hz - 8 000 Hz)
Conference room	RT ≤ 0.8 s. (250 Hz - 4 000 Hz) STI <sub>min</sub> ≥ 0.6 (125 Hz - 8 000 Hz)

영국의 경우 사무공간과 사무공간 사이의 경계를 구분하여 성능 기준을 규정하고 있다. 성능 기준 지표로 배경소음레벨, 음성전달지수와 흡음력을 규정하고 있어 다른 유럽 국가들보다 다양한 지표를 활용하고 있다. 이와 함께 마감 재료의 흡음 성능 등 재료 사용 지침도 규정하고 있어 사무공간의 설계 등에도 활용할 수 있는 장점이 있다. 하나의 사무공간 안에서는 음성명료도 확보를 위해 0.6 이상의 음성전달지수를 확보하고 사무공간 사이에는 음성프라이버시 확보를 위해 음성전달지수가 0.4 이하가 되도록 하고 있어 다른 국가들과 차별화되어 있다. Table 10은 폴란드의 사무공간 음향성능 기준이다. 폴란드는 7가지 세부 영역 중에서 주요한 4개 세부 영역에 관해서 잔향시간과 음성전달지수 기준을 규정하고 있다. 개인 사무공간은 다른 국가들과 유사한 0.6 s 이하의 잔향시간을 규정하고 있으며, 회의 공간의 경우 0.8 s 이하의 잔향시간과 0.6 이상의 음성전달지수

Table 11. Dutch office spaces room acoustic criteria.

Type of space	NPR 3438 <sup>[32]</sup>
Individual office	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Open area	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Concentration space	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Meeting room	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Corridors	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Conference room	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)
Reception	A ≥ 1.8 × S. (125 - 4 000 Hz)

※ S : Surface area

Table 12. Hungarian office spaces room acoustic criteria.

Type of space	MSZ 2080 <sup>[33]</sup>
Individual office	h < 3.2 m : T <sub>m,max</sub> = 0.8 s (if +2 person) T <sub>m,max</sub> = 1.0 s (if 1-2 person) h > 3.2 m : (A <sub>m</sub> /V) <sub>min</sub> = 0.15
Open area	Reference in the standard to ISO 22955 (A/V or RT)
Concentration space	T <sub>m,max</sub> ≤ 1.0
Meeting room	T <sub>m,max</sub> ≤ 0.7
Corridors	(A <sub>m</sub> /V) <sub>min</sub> = if h < 3.2 m : 0.2 ; if h > 3.2 m : 0.15
Conference room	T <sub>m,max</sub> ≤ 0.5

를 확보하도록 하고 있다.

네덜란드의 사무공간은 음향성능 기준은 Table 11과 같이 공간의 바닥면적에 대한 흡음력을 규정하고 세부 영역별로 모두 같은 기준을 적용하고 있다.

Table 12는 헝가리의 사무공간 음향성능 기준으로 대부분 잔향시간 지표에 대한 값이 규정되어 있으며, 복도의 경우 용적대비 흡음력 기준이 규정되어 있다. 개인 사무공간의 경우 높이 3.2 m를 기준으로 구분하고 있으며, 3.2 m 이하인 경우를 다시 1~2인 공간과 2인 이상 공간으로 구분하여 잔향시간을 규정하고 있다.

#### IV. 정리 및 제언

업무 형태 변화와 IT 기술 발전 그리고 COVID-19 상황 등에 따라 사무환경도 변화되고 있다. 사무공간 사용자의 쾌적하고 효율적으로 업무를 수행하기 위해서는 작업자 사이의 교류는 물론 개인의 프라이

버시 확보가 필요하다. 우리나라도 대기업과 공공기관을 중심으로 사무환경 개선이 지속하고 있으며 최근에는 공유 오피스 등의 공급도 증가하고 있다. 사무공간의 만족도 향상을 위해서는 사무공간의 소음 발생 저감, 음성 대화 프라이버시 확보와 원활한 소통을 위한 음성 명료도 확보도 필요하다. 우리나라에서도 사무공간 음향성능 개선에 관한 요구가 지속하고 있지만, 관련 성능 기준 또는 지침이 수립되지 않은 상태이다. 실제 사무공간의 음향성능 개선과 관련 제품 개발과 산업 발전을 위해서는 사무공간 음향성능 개선 요구사항을 잘 평가할 수 있는 지표를 선정하여 합리적인 성능 기준을 제시하는 것이 선행되어야 한다.

사무공간 음향환경 개선 설계와 구현을 위해서는 사무공간을 구성하는 여러 가지 가구류의 음성레벨 저감량과 사무기기의 소음 발생을 표시하는 제도 등이 필요하다. 본 연구에서는 사무환경 및 사무용 가구류의 음향 특성을 측정, 평가하는 지표 등을 규정하고 있는 표준과 유럽 각국의 사무공간 음향성능 기준을 비교 검토하였다.

사무공간 음향 특성 측정, 평가 방법을 정리하면 사무공간 내부의 소음 레벨을 측정하는 방법, 소리의 울림을 측정하는 잔향시간 등의 지표 그리고 음원에서 발생한 소리가 명확하게 전달되는 정도를 측정하는 음성전달지수와 관련 지표로 구분할 수 있다. 최근 보급과 사용이 시작된 폰부스 등 다양한 사무용 가구류의 음성 레벨 전달 정도를 평가하는 방법과 사무 유형별 공간의 음향성능 지침과 표준화된 설문조사 방법도 표준화되었다.

Table 13은 사무공간의 음향 관련 표준과 유럽 국가들의 음향성능 기준의 주요 평가 항목을 정리한 것이다. ISO 표준은 사무공간과 가구류의 물리적 음향 특성 측정 방법에서 사무공간 사용자의 주관적 평가 방법으로 발전하고 있다. 물리적 음향 특성 평가 방법은 사용자의 대화 전달과 관련한 음성 프라이버시와 음성명료도 관련 지표로 발전하고 있음을 알 수 있다.

유럽 각국의 사무공간 음향성능 기준은 국가 대부분에서 사무공간 내부 소리의 울림에 대한 기준을 마련하였으며, 이와 함께 음향 개선을 위한 흡음력 관

Table 13. Summarizes the main evaluation items of the acoustic standards of office space and the acoustic performance standards of European countries.

Country & Standard	Sound level	RT	Absorption	Speech (STI)
ISO 3382-1		●		
ISO 3382-3	●			●
ISO 23351-1	●			
ISO 22955	●	●		
Sweden		●		
Spain*		●		
Germany		●	●	
Norway		●		
France		●		
Austria		●	●	
Denmark		●	●	
UK	●		●	●
Poland		●	●	●
Netherland			●	
Hungary		●	●	

련 기준이 추가된 국가도 있었다. 잔향시간 기준값은 국가별로 사무공간 용도와 크기에 따라 차이가 있으나 상당한 부분 0.4 s ~ 0.7 s 사이로 설정되어 있다.

사무공간의 음향성능 개선을 위해서는 소리 울림과 함께 소음 레벨에 저감이 필요하다. 소음 레벨 관련 기준은 영국만 NR-40 정도로 수립되어 있었다. 음성전달지수는 음성이 명확히 전달되는 정도를 측정하고 배경 소음도 보정하도록 하고 있어 소리 울림과 소음을 동시에 평가할 수 있다. 음성전달지수 관련 기준을 수립한 국가는 영국과 폴란드였다. ISO 3382-3에 규정된 음성레벨 분포 관련 지표들과 음성 전달지수 분포를 활용한 음성프라이버시거리( $r_p$ )와 음성집중 방해거리( $r_m$ )는 사무공간의 음향성능 개선에 활용도가 높을 것으로 판단되지만 아직 관련 성능 기준이 수립되어 있지는 않다. 또한, 사무용 가구류의 음성레벨 저감량을 측정할 수 있지만, 실제 사용자 및 사무공간 설계자들이 쉽게 선택하여 사용할 수 있도록 하는 사무용 가구류 음향성능 등급과 관련 표시제도는 마련되어 있지 않다.

사무공간의 음향성능 관련 표준화와 기준은 유럽 국가들 주도로 진행되고 있다. 우리나라도 사무공간의 음향성능 개선에 대한 요구가 증가하고 있으나,

관련 성능 기준과 지침은 수립되어 있지 않은 실정이다. 이에, 유럽 국가들의 관련 기준을 검토하고 우리나라 사무공간의 음향성능과 만족도를 종합하여 사무공간의 음향성능 기준을 수립하여 활용하는 것을 제안한다. 이때, 국제표준화 방향과 통신, 전기음향 시스템과의 호환 등을 고려하여 음성전달지수 또는 음성전달지수 응용지표를 활용한 기준을 수립하는 것이 적절하고 활용도와 호환성이 높을 것으로 판단된다.

사무용 가구류 업계에서도 사무공간의 음향성능 개선에 관심을 나타내고 있어, 사무용 가구류의 음성레벨 저감량에 관한 성능 기준을 수립하고 표시하는 방안을 마련하는 것이 필요하다. 이를 통해 관련 연구개발 활성화를 통한 우수 제품 보급은 물론 사무공간의 음향성능 개선을 이룩할 수 있을 것이다.

우리나라의 사무공간 음향성능 기준 수립은 공간의 울림과 소음을 동시에 고려하여 음성명료도와 프라이버시를 평가하고 예측에도 활용할 수 있는 음성전달지수를 기반으로 하는 것을 제안한다. 이를 바탕으로 여러 국제표준과 유럽 국가들이 이미 마련한 기준을 종합하고 우리말의 특성을 고려하여 성능 등급을 마련해야 한다. 음성전달지수 등급과 함께 ISO 3382-3의 음성프라이버시거리와 음성집중 방해거리 등에 대한 값을 규정하는 방안도 향후 연구가 필요하다. 그리고, 사무공간 구현이 필요한 음향 재료와 사무용 가구의 음향성능 측정 결과를 바탕으로 음향성능 등급 표시제도 도입과 사무공간 음향성능 표시제도 도입도 검토할 필요가 있다.

## References

1. E. S. Kim, *A study on the application of universal design in office environment*, (Master, thesis, Konkuk University, 2000).
2. S. E. Yoo, *The relationships of office environment features and worker's productivity in open plan offices*, (Ph. D. thesis, Yonsei University, 2012).
3. A. R. Yoon, *A study of work environment factor of influencing officer satisfaction*, (Master, thesis, Hansung University, 2014).
4. K. H. Park, *A study on suggestions of modern office space according to social changes*, (Master, thesis, Korea University, 2006).
5. H. J. Chang, *A study on office layouts based on employee's work characteristics and preference*, (Master, thesis, Yonsei University, 2000).
6. Y. J. Kim, S. K. Yum, S. H. Lee, D. S. Song, and Y. S. Kim, "Improvement of speech privacy in open plan offices using articulation index" (in Korean), *JAİK*, **26**, 309-316 (2010).
7. H. K. Yoon, *Performance of office workers under various enclosure conditions in state-of-the-art open workplaces*, (Ph.D. thesis, Carnegie Mellon University, 2004).
8. B. K. Lee and J. Y. Jeon, "Speech privacy evaluation of open-plan office by ISO 3382-3" (in Korean), *J. KIAEBS*, **8**, 237-243 (2014).
9. Y. D. Seo, *A study on noise control methods for improving the working environment of an open-plan office*, (Master, thesis, SangMyung University, 2015).
10. B. K. Lee, *Acoustic evaluation and design of open-plan offices through survey and computer simulation*, (Ph.D. thesis, Hanyang University, 2016).
11. J. H. Lee, *A study on office space planning affecting communication openness and knowledge sharing behavior of office workers in public institutions*, (Master, thesis, Yonsei University, 2016).
12. G. M. Jun, *A study on state of amenities and its effects on employees satisfaction*, (Master, thesis, Chung-Ang University, 2017).
13. J. S. Lim and Y. J. Choi, "Measurement and evaluation of speech privacy in university office rooms" (in Korean), *J. Acoust. Soc. Kr.* **38**, 396-405 (2019).
14. ASTM E2638-10 *Standard Test Method for Objective Measurement of the Speech Privacy Provided by Closed Room*, 2017.
15. ISO 3382-2:2008 *Acoustics - Measurement of Room Acoustic Parameters - Part 2: Reverberation Time in Ordinary Rooms*, 2022.
16. ISO 3382-1:2009 *Acoustics - Measurement of Room Acoustic Parameters - Part 1: Performance Spaces*, 2021.
17. ISO 3382-3:2022 *Acoustics - Measurement of Room Acoustic Parameters - Part 3: Open Plan Offices*, 2022.
18. IEC 60268-16:2020, *Sound System Equipment -Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index*, 2020.
19. ISO 23351-1:2020, *Acoustics - Measurement of Speech Level Reduction of Furniture Ensembles and Enclosures - Part 1: Laboratory Method*, 2020.
20. ISO 22955:2021, *Acoustics - Acoustic Quality of Open Office Spaces*, 2021.
21. SS-25268, *Acoustics - Sound Classification of Spaces*

- in Buildings - Institutional Premises, Rooms for Education, Preschools and Leisure-time Centres, Rooms for Office Work and Hotels*, 2001.
22. Ministry of transport, "CTE basic document - HR protection against noise," Mobility and urban agenda, Document, 2019.
  23. UNE 74201:2021, *Acoustics. Buildings Acoustic Classification Scheme*, 2021.
  24. DIN 18041, *Acoustic Quality in Rooms - Specifications and Instructions for The Room Acoustic Design*, 2016.
  25. NS 8175:2019, *Acoustic Conditions in Buildings - Sound Classification of Various Types of Buildings*, 2019.
  26. SFS 5907, *Acoustic Classification of Buildings*, 2004.
  27. NF S31-080, *Acoustics - Offices and associated Areas - Acoustic Performance Levels and Criteria by Type of Area*, 2005.
  28. NF S 31-199, *Acoustics - Acoustics Performances of Open-Plan Offices*, 2016.
  29. ÖNORM B, 8115-3, *Sound Insulation and Architectural Acoustics in Building Construction - Part 3: Architectural Acoustics*, 2005.
  30. SBi-anvisning 216, *Guidelines on Building Regulations*, 2008.
  31. PN-B-02151-4:2015-06, *Building Acoustics - Protection against Noise in Buildings - Part 4: Requirements for Reverberation Conditions and Speech Intelligibility in Rooms and Test Guidelines*, 2015.
  32. NPR 3438:2007, *Ergonomics - Noise at The Workplace - Determination of The Amount of Disturbance of Communication and Concentration*, 2007.
  33. MSZ 2080:2020, *Acoustics Specifications and Recommendations for Room Acoustic Design*, 2020.

## 저자 약력

### ▶ 정 정 호 (Jeong-Ho Jeong)



1996년 2월 : 강원대 건축설비학과 학사  
 2001년 8월 : 한양대 건축공학과 석사  
 2004년 8월 : 한양대 건축공학과 박사  
 2006년 2월 : 한양대 건설연구소  
 2006년 3월 ~ 현재 : 방재시험연구원 수석  
 연구원