

技術解説

空氣傳播音의 低減對策

Noise Reduction of Air-borne Sound

신 영 무
(Young-Moo Shin)
(전북산업대 건축공학과)

I. 序 言

건축물에 있어서의 騒音은 그 건축물의 주변환경의 여건에 따라, 그 규모나 특성이 매우 다르게 나타나고 있다. 기존건축물 내외에서 발생하는 騒音障害의 조사 또는 장애의 신축 구조물에 대한 障害를 豫測하여, 이에 대한 防止施設의 설계와 그 효과에 대하여 검토 할 필요가 있다. 또한, 생활환경에 있어서의 騒音의 문제는 건축물 주변의 騒音의 발생(Emission) 源이 있어서, 이것이 몇개의 經路를 통하여 傳播(Propagation)하고, 受音점에 영향(Immission)을 끼치고 있다. 따라서 이 영향에 대한 防止對策은 이들 각 단계에 대해 순차적으로 정착된 防止計劃을 세우는 것이 근본적인 대책이 될 것이다. 본회에는 空氣傳播音의 防止對策을 주로 記述하고자 한다.

II. 소음·진동방지계획 및 대책

II-1. 소음·진동방지의 기본방침

소음원이나 진동원에서 발생하는 에너지 w 의 일부가, 수음점에 전달되어 소음레벨 L_0 (dB)가 될 경우를 생각할 수 있다. 발생원의 주변의 음향적 조건에 의해 수음의 수음레벨이 정해지거나, 수음점에 전달되는 정도 즉, 음량을 몇 고저음이 여러가지

진라감쇠 이론에 의해 감쇠되기 때문에 이것들을 총합한 기본감쇠량을 R 로써 나타내면 파워레벨 L_w 은,

$$L_w - R = L_0 \text{ (dB)} \quad (1)$$

한편, 수음점에 있어서는, 어느 길의 환경조건으로서 요구되는 허용치 L (dB)가 있고, $L_0 < L$ 가 되면 좋으나, $L_0 > L$ 의 경우는 문제가 생긴다. 그러므로, 어떤 방법으로든지 $L_0 - L = R_f$ (dB)의 감쇠량을 추가하지 않으면 안된다. 이 감쇠량을 필요감쇠량이라 한다. 소음원이 많은 경우는 그림 1과 같이 수음점에서 에너지의 합을 얻어 L_0 를 구하지 않으면 안된다. R_f 에는 원까지 전달경로를 생각하면, 障壁物이나 消音裝置 등의 설치수단을 直列으로 한 경우는 각각의 감쇠치 R_i 을 $R_f = \sum R_i$ 로써 계산할 수 있다. 이 경우는 R_f 가 충분한 값이 될 때까지 대책을 추가하면 좋다. 다수의 소음원이 있는 경우는, 각각의 경로에 대하여 대책을 세울 때 L_0 의 계산은 아까와 같다. 이것이 어디까지에 의한 소음방지 계획이다.

II-2. 소음·진동방지계획의 내용과 추진방법

소음·진동의 방지대책은 소음원, 전달경로, 수음점의 감쇠량을 많은 경우로 고려하지 않으면 안된다. 계획에, 그림 2에 도시한 내용과 같이 추진할 수 있다.

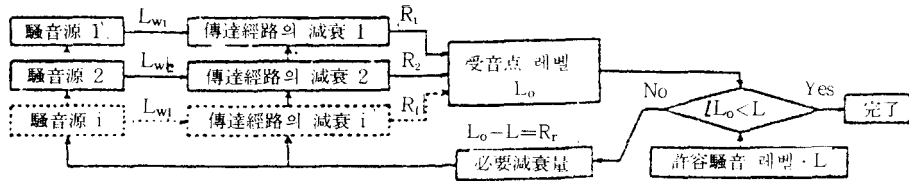


그림 1. 騒音·振動防止計劃의 Block diagram

안된다.

作業項目	具體的인 內容
騒音源에 대한 명확한 정보 수집	<ul style="list-style-type: none"> ■音源과 受音點과의 位置關係 ■音質의 特性 ■音源 및 設備의 構造
騒音傳播經路의 調査	<ul style="list-style-type: none"> ■空氣傳播音, 地面傳播音, 水音 ■傳播經路의 構造와 距離
피해자의 苦勞과악	<ul style="list-style-type: none"> ■障害상태 規制值과의 比較 ■暗騒音
기준값의 設定	<ul style="list-style-type: none"> ■目標值 ■各 騒音源, 傳播經路의 騒音許容值
騒音防止에 대한 具體對策의 調査	<ul style="list-style-type: none"> ■騒音對策의 效果의 調査 ■防音 設備의 效果의 調査 ■法的 規制와 對策
구체적인 對策의 選擇	<ul style="list-style-type: none"> ■對策의 工價의 比較
工事監理	<ul style="list-style-type: none"> ■現場에 대한 工事指導
效果의 確認	<ul style="list-style-type: none"> ■音響測定, 檢査

그림 2. 騒音·振動防止計劃의 내용의 主要項目

II-2-1. 騒音源의 추출과 그 음향특성의 파악

騒音방지대책을 수립하는 데에 우선 장애가 되는 騒音源을 추출하는 일이다. 이 경우 다음 4가지의 경우를 생각할 수 있다.

- 1) 장애되는 騒音源이 최장한 경우(기성품의 공리적 性能과 騒音源의 性能의 比較)
- 2) 騒音源이 여러개 있을 경우(工場騒音등의 比較로 各 騒音源의 性能의 比較)
- 3) 騒音源을 추출하자 할지라도 어떤 場合(化學, 煤油, 製鐵工場)와 같이 工場全區域의 騒音源의 性能의 比較의 必要인 場合
- 4) 騒音源의 음향특성을 豫測해야 하는 경우(소음도

의 작업장, 공장, 도로, 건설현장, 공항등과 같은 騒音源의 性能을 場所부터 豫測)등이며, 이들 騒音源에 대하여 각각 그 음향적 특성을 파악할 필요가 있다.

II-2-2. 騒音傳播經路의 추출과 傳播特性的 파악

소음원으로 부터 수음점까지 어떤 경로에 의해 소음이 전달되고 있는가를 명확히 파악하고, 그 사이의 기준감쇠량, 식 (1)의 R을 산정한다. 이 경로가 명확히 한 것이 있으면(空調나프의 같은 경우), 감쇠량도 어느 정도 정확히 예상되나, 몇 개의 경로가 명료된 경우는 그 길에 관계에 대하여 감쇠량을 예상하고, 수음점에서 總合하지 않으면 안된다.

騒音源이 잘 보이는 경우는 그 傳播經路를 쉽게 알 수 있으나, 騒音源이 屋內에 있는 경우는 그 傳播經路를 추정한다.

II-2-3. 피해지점의 현상파악

기존 시설물에 의해 발생하는 장애에 대하여는 우선 그 현상의 상황을 정확히 조사할 필요가 있다. 현상조사의 착안점은 다음과 같다.

- 1) 장애가 되는 騒音
- 2) 예상되는 傳播經路
- 3) 소음의 성질, 그 음색의 특징, 발생시간의 패턴등
- 4) 暗騒音의 상태
- 5) 障害源과 그 관련시설에 대한 周圍의 環境
- 6) 騒音源과 대상지점과의 위치관계, 현상의 地形, 地질의 關係

II-2-4. 필요한 音響減衰量의 파악

식 (1)에서 L_{wi} 를 정확히 파악하고, 기준감쇠량의 R을 산정하여 L_o 을 구하는 한편, 허용치 L을 결정하

고, 그 위에 추가되는 감쇠량 R_r 을 구하는 순서로 생각할 수 있다. 이미 소음문제가 생긴 경우에는, 소음피해의 정도를 評價하고, 새로운 계획에 대해서는 소음대책의 결과 양을 함께 고려해야 한다. 소음 방지 시설을 설계하는데 필요한 자료는 필요음향감쇠량의 값이다. 이 값은 대상지점에서 발생하며, 또는 발생소음의 크기와 그 허용치로 결정된다.

II-2-5. 許容値의 결정

受音點에 있어서 許容値의 평가는 定常騒音에 대하여는 NCB 曲線 (그림 3, 표 1)을 사용한다.

騒音源 또는 傳播經路가 2개 이상의 경우는 그림 1에 표시한 總合值 L_0 가 室內로서의 許容値를 만족함으로써 각각의 許容値를 결정할 수 있다.

표 1. 사용중의 실내소음, NCB 곡선과 dBA의 추정치 (Beranek, 1988)

室的 種類	NCB曲線	dBA
放送錄音 스튜디오	10	18
콘서트홀	10~15	18~23
大劇場, 教堂, 오디오리엄	20以下	28以下
TV錄音스튜디오	25以下	33以下
小劇場, 오디오, 리허설, 大會議場	30以下	38以下
病院, 호텔, 寢室	25~40	33~48
教室, 圖書館, 小事務室, 小會議室, 居室	30~40	38~48
大事務室, 應接, 商店, 카페테리아, 레스토랑	35~45	43~53
로비, 研究室, 製圖室, 一般事務室	40~50	48~58
廚房, 洗濯室, 計算機室	45~55	53~63
工場, 창고	50~60	58~68
발음 필요로 하지 않는 작업장	55~70	63~78

II-2-6. 소음·진동방지에 대한 기본방침의 수립

이 단계에서는 각종 방지대책을 선정하는 일이다. 방지대책을 실시장소별로 분류하면 음원측, 전파경로, 수음측의 3가지로 나눌 수가 있다. 우선, 좁은 의미로서의 대책을 보면 차음, 흡음, 방진, 제진의 4가지로 나눌 수가 있는데 이것을 정리하면 표 2와 같다.

II-2-7. 騒音防止施設과 遮音設計

소음방지시설의 설계의 기본적인 목표는 음향성능

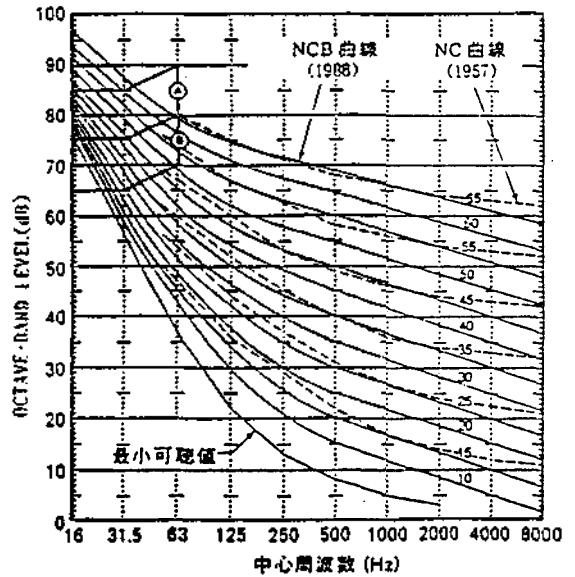


그림 3. NC 및 NCB 곡선. 63Hz 이하의 진동에 대해 (A)현저, (B)는 약간 현저한 감을 나타낸다. (Beranek)

표 2. 騒音防止對策의 種類와 內容

	音源側	傳播經路	受音側
遮音	音源의 遮蔽	遮音壁, 담장등에 의한 遮蔽	遮音구조, 담장등에 의한 遮蔽, 외부騒音에 의한 住宅의 遮音
흡音	音源室의 吸音處理	복도, 다트내의 吸音處理, 前室의 吸音處理, 多重壁 사이의 吸音材充진	室內의 吸音處理
防振	振動源의 防振 (기계의 방진설치 및 분 바닥식)	타트, 파이프의 방진, 후레시플 조인트 (파이프), 익스펜션 조인트 (구조체), 구조체의 多重壁의 防振支持	분 구조, 분 바닥식, 정밀기계의 방진
制振	機器 카버의 制振	타트외벽의 탕킹, 경도용 網橋의 制振	
기타	音源對策		

에 있으나, 구체적인 시설을 설계하는 데는 음향어의 의미까지 조건, 성능에의 영향등을 고려할 필요가

있다. 일반적으로 고려한 사항은 1) 내후성, 내구성, 내충, 내하중능 설치할 환경에의 적응성, 2) 성능에의 영향, 3)음상의 제어, 4) 보수, 원리의 문제, 5)코스트 등이다.

여기에서 진축설계를 할 때, 차음설계를 하는 의의의 방법을 기술한다.

진축물을 설계할 때, 계획단계에서 차음단계도 병행하여야 한다는 점이다. 여기서 구조설계와 설비설계가 어떻게 연계해야 하는가가 요구된다. 차음성능확보를 위해서는 구조의 강량화와는 관계없이, 설비용량의 증대는 원인으로 진동에 대한 소음부하를 크게 하는 것이다.

Ⅲ. 音源對策

소음방지에는 음원의 대책, 방음원리, 차음구조, 흡음처리, 방진, 댐핑등의 방법의 대책을 실시하여, 그 효과를 거하고 있다. 음원대책으로, 소음대책을 실시할 경우, 우선 음원대책이 가능한가, 불가능한가를 먼저 검토해야 할 필요가 있다. 장애가 되고 있는 설비를 능동한 원으로써 간단히 그 대책이 되는 경우도 있고, 逆으로 음원대책을 실시하지 않았기 때문에 대규모 방지시설을 필요로 하는 경우도 있다. 특히, 機器의 選定, 配置의 自由度가 남아 있는 計劃 段階에서는 음원대책도 아주 효과적이라고 할 수 있다.

Ⅲ-1. 音源對策의 要領

音源對策의 요령은 다음과 같다.

- 1) 加振力を 低減하기 위한 機構로 改善할 것.
- 2) 波動이나 振動의 발생을 低減하기 위한 機構로 할 것.
- 3) 振動의 傳播를 遮斷하기 위한 機構로 할 것.
- 4) 각 部位에 있어서 固有振動數가 같거나 共鳴現象을 除기 또는 改善하기 위하여 할 것.
- 5) 放射面에 있어서, 制振을 모색할 것.
- 6) 振動으로 인한 音의 放射效率를 적게 할 것.
- 7) 消音裝置를 붙이거나, 部分的으로 可비를 減유하거나, 전체적으로 密閉하는 등의 設置를 할 것 등이다.

Ⅳ-2. 機械的 騒音의 音源對策

1) 발생원인의 探索과 除去

기계적 소음은 가진력, 파동의 전파, 공진, 진동면으로 부터의 소음의 방식의 순으로 발생한다. 따라서, 이들의 諸因子를 억제함으로써 소음은 저감된다.

2) 충격력, 가진력의 저감

못을 박는데 망치를 사용하면 진동이나 소음이 크게 나는데, 드라이버를 사용하면 진동도 소리도 없다. 기계도 이와 같은 發想에서 機構(메카니즘)를 개선하여 저소음 기계설계법을 확립할 필요가 있다.

3) 緩衝支持

衝擊力の 低減化 방법의 한가지로 緩衝支持가 있다. 질량 m의 물체가 속도 V로 충돌했을 때, 중간에 스프링을 넣었을 때, 스프링정수를 k로 하면, 충격력 F는 다음 식 (2)에 가까운 값이 된다.

$$F = \sqrt{km} \cdot V \quad (2)$$

4) 防振支持

진동전달 방지방법의 한가지로 彈性支持가 있다. 진동하고 있는 기계에 加振力 F_0 가 작용하고 있을 때, 기계 밑에 스프링을 깔은 바닥면에 가해지는 전달력 F_t 는 다음 식 (3)으로 구해진다.

$$F_t = F_0 \sqrt{\frac{1 + [2\zeta(f/f_0)]^2}{[1 - (f/f_0)^2 + [2\zeta(f/f_0)]^2]^2}} \quad (3)$$

여기서, ζ 은 감쇠비($\zeta = C/C_0$), f_0 는 고유진동수이다. 감쇠가 없거나, 극히 작을 경우는

$$F_t = \left| \frac{f_0}{(f/f_0)^2 - 1} \right| \quad (4)$$

이므로 식 (3)에 1, F_0 의 값을 진동전달을 고려하여서 하면 이 값이 2 이상이면 방진지치가 되므로, 일반적으로 $f/f_0 > 3$ 으로 설계한다.

5) 기 타

動的의吸振, 기계를 허용진폭 이내로 흡수할 것.

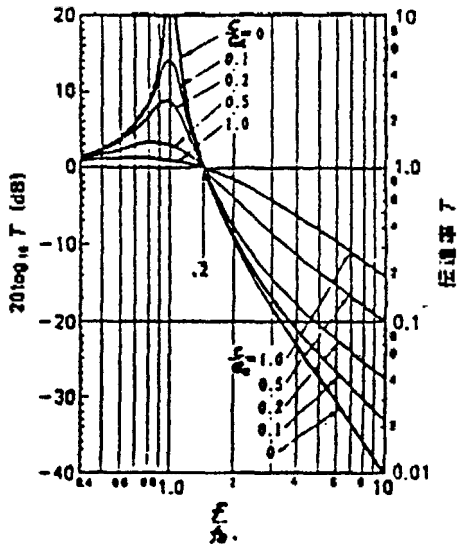


그림 4. 진동면달음

고체내부의 파동차단을 할 것, 진동면을 제진할 것, 방사효율을 저감하도록 강구할 것등으로 대책을 세우도록 해야 한다.

IV. 소음방지계획의 實例

IV-1. 외부 소음의 방지계획

그림 5와 같이 노면전차를 포함한 교동간선에 면한 호텔을 계획하는 경우, 소음을 실측하여 어느 정도의 필요감쇠량이 되는가를 검토한 것이 표 2와 그림 6이다. 소음측정점으로 부터 외벽면까지의 거리감쇠는, 식 $L=L_w-8-10 \log_{10}(d)$ 을 사용하였고, 실내허용치는 NCB-30이다. 필요감쇠량은 500 Hz에서 45dB가 되었다. 이 값은 식 $L_1-L_2=TL+1(10 \log_{10} A_2 / F$ 의 左邊의 값이고, 右邊의 TL은 외벽의 總透過損失이다.

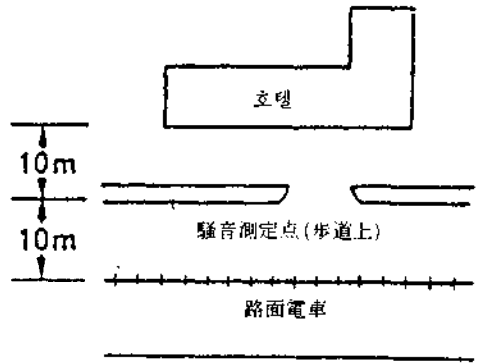


그림 5. 호텔의 소음방지

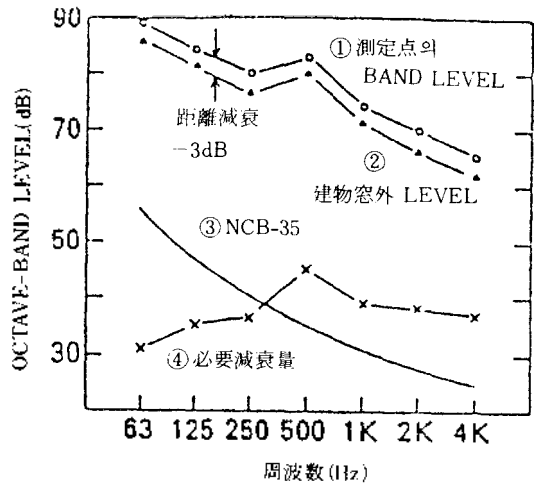


그림 6. 외부소음의 방지계획 계산에

IV-2. 실내 소음원의 방지계획

소음원의 방생대책을 충분히 한 후에 남은 발생소음에 대하여는, 음원을 덮어 위풍을 밀폐 또는 가리개로, 그 음향에너지가 散放되지 않도록 하며, 공질 등에서는 소음을 발생하는 작업에 대하여는, 그림 7과 같은 방법이 유효하다. 이 때 사용되게 재료는

표 2. 외부소음의 방지계획 계산에

	OCTAVE 中心周波數(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k
1	騒音測定分析最高値	89.0	84.5	79.5	83.0	74.5	69.5	65.5
2	-3 dB=外壁面騒音 処理	86.0	81.5	76.5	80.0	71.5	66.5	62.5
3	室内騒音許容値 NCB 30	35.0	46.5	40.0	35.0	32.0	28.0	25.0
4	-3 = 必要減衰量	31.0	35.0	36.5	45.0	39.5	38.5	37.5

적당한 투과손실을 높이도록 할과 동시에, 그림 8과 같이 흡음처리를 하는 것이 절대로 필요하다. 또한, 작업자의 소음환경은 자신의 작업 이외의 소음을 특히 시끄럽게 느끼기 때문에, 실내를 알 수 있는 대로 작게 나누어, 격리, 차폐를 한 후에 충분한 흡음처리를 하는 것이 바람직하다.

V. 結 論

이상으로 空氣傳播音과 관련된 騒音, 振動발생에 관한 내용의 一部를 시술하였다. 空氣傳播音의 防止對策에 대하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 우선, 受音點에 있어서의 目標值(許容值)의 設定을 한다.
- 2) 騒音發生源의 特性(騒音레벨, 周波數特性, 時間特性, 音源의 크기·形狀等)을 把握한다.
- 3) 受音點까지의 傳播經路(空氣中에서의 發散, 울타리등에 의한 回折, 벽面등으로의 透過 등)를 把握한다.
- 4) 受音點의 騒音子測計算(必要減衰量)을 한다.
- 5) 이 豫測값과 目標값과의 差가 對策量이므로, 防止對策의 規模등의 標準이 된다.

參 考 文 獻

1. 日本建築學會：建築物의 遮音性能 基準と設計指針 技報堂出版, 1979.
2. 木村翔：床의 衝擊音遮斷特性의 設計, 音響技術, No. 47, 1984.
3. 日本建築學會編：建築의 音環境設計, 彰國社, 1983.
4. 木村翔：建築音響と騒音防止計劃, 彰國社, 1977.
5. 日本音響材料協會編：騒音·振動對策 핸드북, 技報堂出版, 1982.
6. 建築技術：住宅의 防音と調音의 すべて, 1988, 12, vol. 1 別冊.
7. 前川純一：建築音響學, 共立出版, 1978.
8. 前川純一：建築·環境音響學, 共立出版, 1990.
9. C.M. Marris : Handbook of Noise Control, McGraw-Hill, 1979.
10. L.L. Doelle : Environmental Acoustics, McGraw-Hill, 1972.
11. V.O. Knudsen & C.M. Harris : Acoustical Designing In Architecture, John Wiley, 1978.
12. L.L. Beranek : Acoustics, McGraw-Hill, 1954.

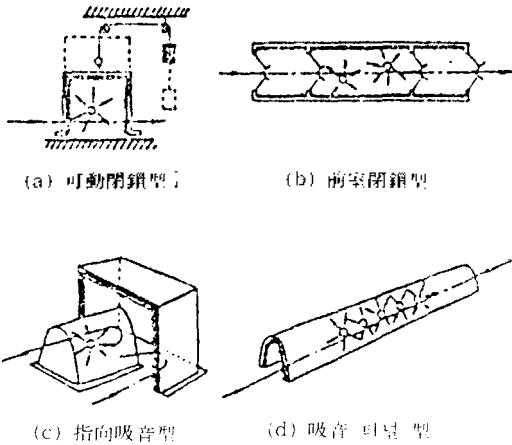


그림 7. 소음원의 방재와 가려기

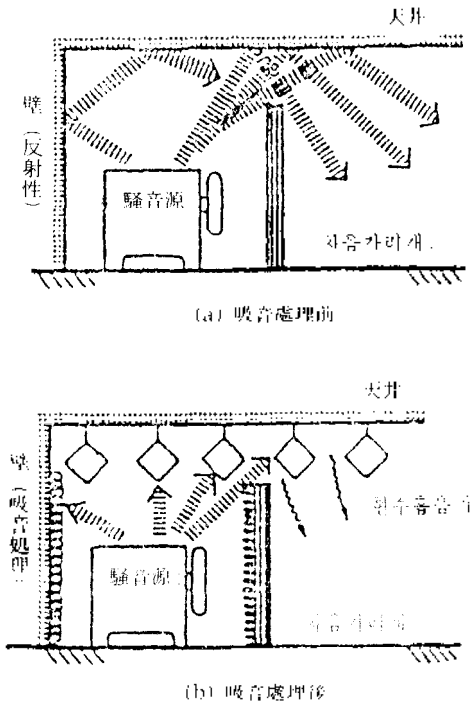


그림 8. 사용장막이외 흡음처리

筆者紹介

▲신 영 무(정회원) 1943년 4월 11일생



1967년 : 상균관대학교 영어영
문과 졸업

1970년 : 전북대학교 건축공학
과 졸업

1983년 : 전북대학교 대학원
(공학석사)

1979년 3월~현재 : 전북산업대
학 건축공학과 교수

1990년~91년 : 한국음향학회 음악음향 및 음향심리
분야 학술위원장

1987년~현재 : 일본국 동경대학 생산기술 연구소
직원연구원 및 논박연구자