

都市住居地域 道路交通騒音 評價에 있어서 聽感實驗의 利用에 관한 研究

The Use of Psycho-Acoustic Method on the Evaluation of the Road Traffic Noise in the Urban Residential Area

鞠 燦*

(Kook, Chan)

Abstract

This study was carried out to verificate the possibility of using the laboratory setting psycho-acoustic experiment compared with the field and to delineate the appropriate indices in evaluating the Noisiness of road traffic noise by means of psycho-acoustic method.

Reviewing the typical patterns of traffic noises depending upon the shapes and conditions of the road, the road traffic noises in several representative points in the major residential areas in Kwangju city were recorded and reproduced with the noise levels modified in various steps. With these 20 sound sources, psycho-acoustic experiments in the laboratory were performed on 11 volunteer subjects. And then, psycho-acoustic experiments in the real field were performed on 10 volunteer subjects to compare the results of the laboratory experiment. The results are summerized as follows :

1. The psycho-acoustic experiments in the laboratory elicited the data well matching with those obtained in the field, resulting in even higher correlation levels. This indicates that the field assessment of responses to the noise can be replaced by the evaluation in the laboratory settings which render many variables easily controlled and that the responses of the residents to the noise can be easily predicted in the laboratory by applying this method.
2. Also among the complex indices, such as Noise Pollution Level (NPL) or Annoyance Index (AI) high correlations ($r > 0.90$) were detected. On the other hand, low correlations were noted among Traffic Noise Index(TNI)
3. Highly significant correlations ($r > 0.95$) were found among the direct indices such as Leq , L_{10} . On the other hand, low correlations were detected among L_{50} .

I. 序 論

도시 소음의 주 원인이 되고있는 도로교통소음은

• 東新大學校 環境造景學科
접수일자: 1993년 4월 1일

기하급수적으로 늘어가는 자동차의 량에 의해 더욱 더 심해지고 있으며 더우기 생활수준의 향상으로 인하여 소음에 대한 주민의 피해의식도 높아져 심각한 사회문제가 되어있다.

따라서 현재 우리나라에서도 주거지역 및 준주거

지역 등의 지역별 소음도를 규제하고 있으며 또한 신설되는 공동주택 단지에서의 소음레벨규제등이 있긴 하나 이들은 상당히 소극적이며 미온적일 뿐 아니라 실제 거주하는 주민들의 반응과는 상당한 차이를 보이고 있으며 더욱이 주민의 소음에 대한 주관적반응을 적절히 표현할 수 있는 지표마저 명확하지 않은 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 도로교통소음을 평가하기 위한 방법중의 하나로 새로이 대두되고 있는 실험실에서 시행하는 청감실험과 현장에서 실시하는 청감실험을 비교하고 도로교통소음에 대한 주관적 평가를 적절히 평가할 수 있는 지표를 찾아보고자 한다.

II. 調査 및 實驗

2-1. 실험의 개요

실험실에서 시행하는 청감실험(이하 실험실 실험이라 함)과 현장에서 실시하는 청감실험(이하 현장실험이라 함)을 비교하고 도로교통소음에 대한 주관적 평가를 적절히 평가할 수 있는 지표를 찾는 방법으로서 본 연구에서는 우선 광주시내의 주요 간선도로변에 위치한 주택지를 대상으로 주, 야간 및 24시간의 도로교통소음의 실태를 조사하였다.

우선 실험실 실험을 수행하기 위하여 각 조사대상지에서 측정된 도로교통소음중에서 차량의 구성 및 레벨변화특성이 서로 다른 대상지를 선택하여 그 대상 소음을 현장에서 녹음한 이후에 이를 실험실로 옮겨 레벨번호하여 실험실에서 피험자들에게 들려주어 평가하도록 하였다.

이 평가결과는 도로교통소음의 평가척도로 주로 사용되고 있는 등가소음레벨(L_{Aeq}), 소음통계레벨(L_N), 교통소음지수(TNI), 소음공해레벨(NPL), Annoyance Index(AI)과 비교하여 어떠한 척도와 어떤 정도의 연관을 보이는지를 분석하였다.

또한 현장실험의 경우는 실험실 실험의 대상지에 몇군데를 더 추가한 대상지에 10명의 피험자들을 대상으로 실제 도로교통소음에 대한 현장실험을 실시하였다. 이러한 실험이 진행되는 동안 그 기간의 소음을 측정하고 그 결과를 청감실험에서 분석한 것과 같은 여러가지 평가척도와 비교, 분석한 이후 이를 다시 청감실험의 결과와 비교하여 도로교통소음의 평가방법으로서의 청감실험의 가능성에 대하여 검토한다.

2-2. 도로교통소음의 실태조사

2-2-1. 실험의 대상지역

도로교통소음의 실태조사는 1990년 3월29일~5월4일 사이에 광주시내 주요 간선도로변에 위치한 거의 모든 주택단지를 대상으로 조사를 실시한 이후 대표적인 지역을 청감실험 대상지로 선정하였다. 선정된 실험대상지는 <표 1>에서와 같이 9개소를 선정하였고 이 표에서 도로교통류의 특성에 따른 구분이 되는 차량의 흐름(Flow)는 Free Flow를 'Free'로, Non Free Flow를 'Non'으로 표기하였다.

표 1. 측정대상지역, 측정시기 및 대상지역의 환경

	대상지	Flow	측정일	측정시간	온도	습도	풍속
A	H동S단지	Non	90.3.30	09:30~09:30	10.2	82%	0.17
B	H동K병원	-	90.4.4	14:00~14:00	5.7	49%	0.39
C	K동K병원	-	90.4.5	15:30~15:30	7.7	49%	0.38
D	B동M백선	Free	90.4.7	10:00~10:00	12.0	79%	0.35
E	Y동K빌라	Non	90.3.29	00:00~00:00	8.3	93%	0.18
				12:50~13:30			
F	M동단지	Free	90.4.19	20:00~21:00	14.4	38%	0.23
				12:00~12:40			
G	M동D단지	-	90.4.19	00:30~01:50	5.2	76%	0.28
				16:10~16:50			
H	S동단지	Non	90.4.23	22:10~23:00	10.1	82%	0.3
				15:05~15:50			
I	W동J단지	-	90.5.4	23:10~24:00	9.6	85%	1.2
				16:10~16:50			

2-2-2. 측정방법 및 측정기기

도로교통소음의 실태조사는 KS A 0701-81(소음도 측정방법)에 준하여 전면도로의 가장자리에서 4 Channel Tape Recorder (B&K 7005F) 및 Noise Level Analyser (B&K 4426)와 Digital Cassette Taperecorder (B&K 7400) 및 Alphanumeric Printer(B&K 2312)를 이용하여 도로교통소음을 녹음, 측정함과 동시에 VTR카메라(SONY 8mm CCD V 900)를 이용하여 대상도로의 주변환경과 측정시에 동행하는 차량 등을 녹화하였다. 녹화된 자료는 측정기간동안의 통과 차량대수 및 차량의 평균속도를 산출하는 데에 활용하였고 이후 청감실험시 입장감 부여를 위한 모니터용으로도 활용하였다.

도로교통소음의 실태조사에 사용한 측정기기 및 구성은 <그림 1>과 같다.

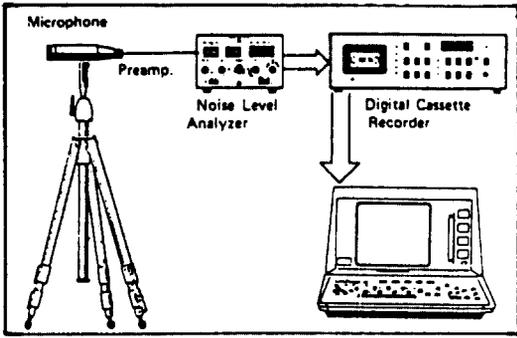


그림 1. 도로교통소음레벨의 측정기기 구성도

2-3 실험실실험

2-3-1. 실험의 방법

청감실험은 전남대학교 공과대학 건축공학과에 있는 잔향실험실의 내부에 흡음처리를 한 후 사용하고 헤드폰을 사용한 7단계 어휘분절척도로 한 단위의 실험마다 3명씩 수행하였다.

실험실 내부의 압소음레벨은 20dB정도로서 청감 실험의 수행시 외부소음의 영향을 전혀 받지 않으며 더우기 헤드폰 자체의 차음성능의 12dB-13dB정도인 점을 감안하면 외부소음의 영향은 무시할 수 있다. 또한 실험실의 크기가 한정되어있고 너무 많은 피험자들이 동시에 실험을 수행할 때 생기는 번잡함을 피하기 위해 1회의 실험에 참여한 피험자는 3명씩으로 한정하였다.

실험은 제공된 도로교통소음에 대한 Noisiness를 판단하기 위해서 7단계 어휘분절척도를 이용한 방법을 채택하였다. 여기서 7단계 어휘분절척도는 현재 사회조사방법에서도 많이 사용하는 여러 가지 단계의 척도들 중 하나로서 너무 높은 단계의 어휘분절척도를 사용할 경우 피험자들의 반응시 나타날 수 있는 선택의 당혹감 등을 줄이기 위해 7단계 반응척도를 선택하였다.

이러한 Noisiness의 표현어휘로는 가장 일반적이고 보편적으로 사용되고 있는 바와 같이 '매우 조용하다'를 Scale 상의 '1'로 칭하고 '매우 시끄럽다'를 척도상의 '7'로 정한 후 그 사이의 값들은 '4'에만 '보통이다'라는 어휘로 중간점의 표시를 하고 2, 3 및 5, 6과 같은 나머지 숫자위에는 표현어휘를 기재하지 않음으로써 각 피험자의 주관을 등간격으로 표현하도록 하였다.

2-3-2. 청감실험에 사용한 음원및 기기의 구성

현장에서 녹음한 도로교통소음의 특성을 우선 분석한 후 그중에서 대표적인 부분을 4가지 선택하여 청감실험용 기본음원으로 사용하였으며 이 음원들은 각각 주간과 야간의 경우에 대한 Free flow와 Non Free flow의 경우를 대표하는 음원으로 구성하였다.

이 기본음원을 4 Channel Tape Recorder의 Endless Tape(B&K UD0035)에 복사하여 각 음이 약 1분 간격으로 반복되도록 한 후 이 반복음을 실제 청감실험을 행할 때와 같은 조건이 되도록 구성된 청감실험 반응기와 헤드폰(Pioneer SE 450)을 거쳐서 재생하여 이 음을 Head and Torso Simulator(B&K Type 4128) 및 Noise Level Analyser를 통하여 피험자가 그 소음을 어느 정도의 음압레벨로 듣는지를 모니터링하면서 각각의 음원에 대해 L_{eq} 값이 55dB(A), 60dB(A), 65dB(A), 70dB(A), 75dB(A)가 되도록 레벨변조하였다.

여기에서 변조된 각 음을 Digital Audio Tape Recorder (삼성 DAT-7000)를 이용하여 각각 20분씩 복사하여 20개의 실험대상음원을 만들어 실험에 사용하였다.

청감실험을 수행하기 위한 실험기기의 구성도는 <그림 2>와 같으며 각 음원의 레벨변동특성은 <그림 3>과 같다.

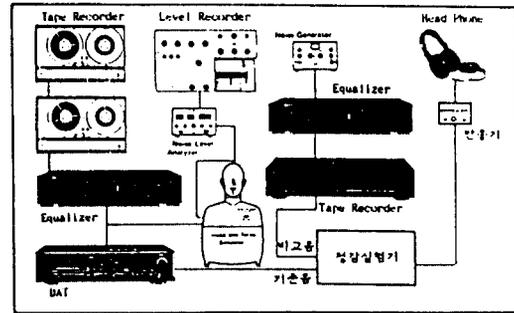
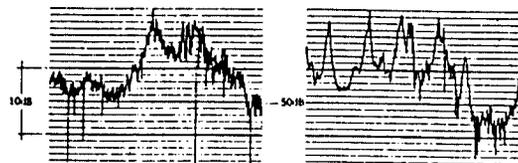


그림 2. 청감실험용 기기의 구성도



(음원 A: 대상지 F)

(음원 B: 대상지 G)

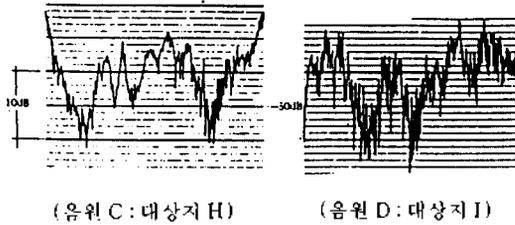


그림 3. 음원의 레벨특성

2-3-3. 실험기간 및 실험대상

청각실험은 1990년 7월23일~7월26일 사이에 예비 실험을 수행하여 실험시 생겨날 수 있는 문제점들을 미리 확인하고 실험의 특성을 파악한 이후 7월27일~7월31일 사이에 본 실험을 수행하였다. 이 실험에 참여한 피험자는 J대학교 재학중인 22세~30세 사이의 남·여 대학생 및 대학원생 11명으로 정상청력 가지고 있으며 이들은 동일한 종류의 청각실험에 대한 경험이 전혀 없는 사람들로 구성되어있다.

실험이 수행되는 동안 각 11명의 피실험자들중 8명이 독서를 하였고 나머지 3명은 번역 또는 보고서작성 등의 작업을 실험의 시작부터 끝까지 일관되게 함으로써 주어진 소음에 대한 청취조건이 'Listen' 상태가 아닌 'hear'의 상태가 되도록 하여 들려오는 소음에 대한 피실험자의 반응의 편차를 줄이도록 하였다.

여기서 소음에 대한 'Listen'상태란 그 소음에 대하여 주의 깊게 들으려는 심리적인 상태를 의미하며 이 경우에는 들려오는 소음을 그대로 듣고서 느끼는 경우인 'hear'에 반해서 소음이 더욱 과대평가되는 경향이 있다.²⁾

2-3-4. 실험용 음원의 각 지표별 레벨 및 반응치

20개의 청각실험에 사용된 음원에 대하여 현재 도로교통소음의 평가치로서 사용되고 있는 여러가지 평가척도를 이용하여 그 값을 분석한 결과는 <표 2>와 같다. 여기서 음원의 분류방법은 네가지의 기본음원을 A, B, C, D로 구분하고 각 음원을 레벨변조한 값을 1~5로 하였다.

2-4 현장실험

2-4-1. 실험의 방법

현장실험은 1990년 10월26일 광주시내 주요 도로변을 중심으로 도로교통소음실태조사를 행한 9개소에 4개소를 추가하여 13개소를 선정하였고 피험자 10

표 2. 소음레벨 평가척도에 의한 분석치

음원 분류	평가척도(dB(A))							SD 평가치	
	Leq	L10	L50	L90	TNI	NPL	AI	평균	중앙
A-1	55	59	54	50	56	64	12.1	2.9	3
B-1	55	60	53	47	69	68	11.9	3.0	3
C-1	55	59	64	49	59	65	9.27	2.6	2
D-1	55	58	54	48	58	65	10.9	2.9	2
A-2	60	63	59	55	57	68	14.4	4.8	5
B-2	60	64	57	51	73	73	14.1	3.7	4
C-2	60	65	59	52	74	73	14.4	3.2	3
D-2	60	64	59	49	79	75	13.0	4.8	4
A-3	65	68	64	59	65	74	16.9	4.7	5
B-3	65	69	63	56	78	78	16.7	4.4	5
C-3	65	69	64	56	78	78	16.4	4.5	5
D-3	65	69	65	56	78	78	16.2	5.1	5
A-4	70	73	69	64	70	79	19.7	5.6	6
B-4	70	75	68	61	87	84	20.0	6.3	6
C-4	70	74	69	60	86	84	18.9	5.4	6
D-4	70	74	70	61	83	83	19.0	5.5	5
A-5	75	79	74	69	79	85	23.0	6.5	7
B-5	75	80	73	66	92	89	22.8	6.2	6
C-5	75	79	74	65	91	89	21.7	6.8	7
D-5	75	79	75	66	88	88	21.8	6.4	7

명을 대상으로 실험실 실험에서 사용한 것과 동일한 7단계 어휘분절척도를 이용하여 Noisiness에 대한 반응조사를 하였다.

현장에서의 청각실험에 참여한 피험자는 정상청력을 지닌 남자 8명, 여자 2명으로 이들은 모두 앞 절에서 실시한 실험실실험에 참여했던 사람들로 구성되었다.

현장실험을 실시함과 동시에 그 지역에서의 도로교통소음레벨을 Noise Level Analyser(B&K Type 4426) 및 Digital Cassette Recorder(B&K Type 7400)를 이용하여 측정하였고 이를 분석하여 각 피험자들의 반응과의 상관관계를 분석하였다.

10명의 피험자에 대하여 현장에서 실시한 Noisiness의 반응치와 그때의 각 지표별 소음레벨은 <표 3>과 같다. 여기에서 각 피험자들의 반응치는 중앙값을 나타내었다.

표 3. 현장실험 결과와 각 지표별 소음레벨

대상 지	평가 척도(dB(A))							SD 반응
	Leq	L10	L50	L90	TNI	NPL	AI	
1	61.9	65.3	61.3	56.8	60.8	70.4	15.5	5.5
2	57.9	59.8	54.3	49.8	59.8	67.9	12.3	4.0
3	63.7	67.0	61.0	55.3	72.1	75.4	16.0	5.5
4	53.6	55.8	50.0	47.8	49.8	61.6	10.8	2.0
5	49.0	51.5	45.8	41.3	52.1	59.2	7.65	2.0
6	57.9	55.3	48.3	44.3	58.3	68.9	9.85	2.0
7	73.3	75.8	64.0	57.8	99.8	91.3	20.3	6.0
8	73.2	76.5	69.3	62.8	87.6	86.9	21.0	7.0
9	63.2	65.8	57.8	53.8	71.8	75.2	15.7	5.0
10	73.7	77.8	66.5	56.3	112	95.2	20.2	6.0
11	70.2	74.0	66.5	56.3	97.1	87.9	18.4	6.0
12	72.8	76.0	68.0	61.5	89.5	87.3	20.6	6.0
13	53.9	57.3	52.5	49.8	49.8	61.4	11.5	2.5

III. 分析 및 考察

앞 절의 <표 2> 및 <표 3>에서와 같은 실험실실험 및 현장실험에서의 반응치와 그때의 소음레벨을 각 지표로 표현한 값과의 비교를 IBM PC의 통계처리 프로그램인 SPSS를 이용하여 상관분석을 실시한 결과는 다음 <표 4>와 같다. 이 분석에서 피험자 전체의 평가반응치는 중앙값을 각 음원에 대한 반응의 대표치로 취하여 분석하였다.

표 4. 각 평가척도와 SD평가치와의 상관관계

평가 척도	실험실실험			현장실험		
	R	R ²	P	R	R ²	P
Leq	0.9436	0.8904	<0.001	0.8299	0.6888	<0.001
L10	0.9307	0.8661	<0.001	0.8555	0.7320	<0.001
L50	0.8526	0.7269	<0.001	0.7746	0.5999	<0.001
L90	0.9270	0.8594	<0.001	0.8422	0.7093	<0.001
TNI	0.7281	0.5301	<0.01	0.7517	0.5650	<0.01
NPL	0.7914	0.7199	<0.001	0.7892	0.6228	<0.001
AI	0.9456	0.8942	<0.001	0.8580	0.7362	<0.001

여기서, R은 상관계수, R²은 설명력, P는 유의도.

실험실 실험과 현장실험에서의 7단계 SD 반응결과와 대응하는 각종 평가척도치와의 상관관계를 도시화하면 <그림 4>와 같다.

우선 실험실 실험에서 얻어진 결과를 고찰하여볼 때 Leq 및 L10과 같은 직접적인 지표들 중에는 Leq 및

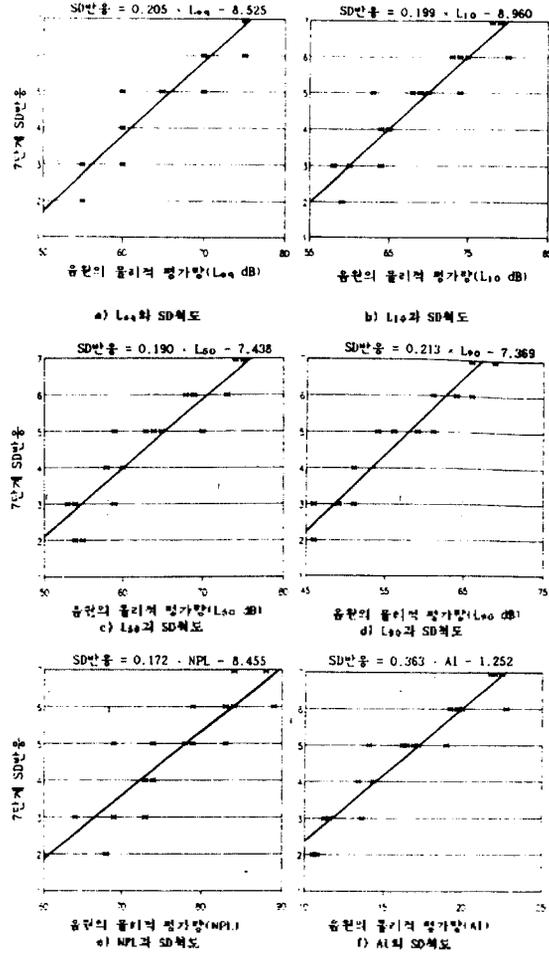


그림 4. 반응결과와 각 평가척도와의 상관관계

L10, L90이 높은 상관관계를 보이고 있는 반면에 일본에서의 도로교통소음 평가기준으로 채택되고 있는 L50과는 비교적 낮은 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있었다.

또한 복합적인 지표라고 할 수 있는 TNI, NPL, 및 AI 등의 지표의 경우에는 높은 상관관계를 보이는 AI에 비해서 NPL, TNI 등은 낮은 상관관계를 보였다.

현장실험의 분석결과는 실험실실험의 경우와 마찬가지로 Leq 및 L10, L90 및 AI 등이 높은 상관관계를 보이는 반면 L50, TNI, NPL 등의 지표와는 비교적 낮은 상관관계를 보였다.

현장에서의 청감실험 결과와 실험실실험의 결과를 비교하여볼 때 두 경우의 실험결과는 서로가 거의 유사한 순위로 각 지표에 대응하고 있음을 쉽게 알 수 있다. 그러나 현장실험의 결과에 비해서 실험실 실험의 결과는 상당히 높은 값을 일관되게 보임으로서 현

상실험에 비해 실험실실험의 결과는 더욱 더 높게 수렴하고 있다는 것을 보여준다.

이는 실험실 실험시 우려되는 임장감의 부족, 실험사 긴장감이 강화, 시각정보의 결핍, 피험사의 상태 등의 요인 또한 실험사의 조건에 따라 감소화 시킬 수 있으며 현상실험보다 더욱 정확한 평가가 가능함으로서 이러한 변인의 통제가 가능한 실험실실험으로써 도로교통소음에 대한 인간의 주관적인 판단을 대신할 수 있어 이를 이용한 소음에 대한 주민반응의 예측을 가능하게 함을 의미한다고 생각된다.

IV. 結 論

1. 현장에서서 청감실험 결과와 실험실실험의 결과를 비교하여볼 때 두 경우의 실험결과는 시로가 거의 유사한 순위로 각 지표에 대응하여 특히 현상실험의 결과보다 실험실 실험의 결과가 더 높은 상관관계를 일관되게 보임으로서 실험실실험으로 도로교통소음에 대한 인간의 주관적인 판단을 대신할 수 있어 이를 이용한 소음에 대한 주민반응의 예측이 가능하다고 사료된다.

2. L_{eq} 및 L_N 등과 같은 직접적인 지표들 중 도로교통소음의 Noisiness에 대한 주민의 주관적인 반응을 적절히 표현하는 지표는 현상실험과 실험실 실험의 두 경우를 모두 고찰해 볼 때 L_{eq} 및 L_{10} 이 타당하다고 사료된다.

3. 복합적인 지표들 중에서는 AI가 가장 높은 상관관계를 보이고 있는 반면에 NPL, TNI 등의 상대적으로 낮은 상관관계를 보이며 특히 교통소음지수로 알려진 TNI의 경우는 특히 낮은 상관관계를 보임으로 오히려 AI가 더욱 적절한 평가척도라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 국찬; 청감실험에 의한 도시주거지역 도로교통소음의 평가에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문, 1991. 2
2. 藤本一壽; 自動車騒音 不快感に 關する 現場實驗と 實驗室實驗の 比較, 日本建築學會計劃係論文報告集, 昭和61年6月.
3. 難波精一郎; 自動車 交通騒音の 大きさについて, 日本音響學會誌, 32(3), 126, 1976.
4. 難波精一郎; L_{eq} , L_a と 大きさの 關係について, 日本音響學會誌, 34(5), pp301-, 1978.
5. Jens Blauert; 空間音響, 鹿島出版會, 1986.
6. F. J. Langdon; Traffic Noise Index, BRS, 1968. 4.
7. T.J. Schultz; Community Noise Rating, Applied Science, 1982.

▲국 찬(鞠燦)



1985년 2월: 전남대학교 공과대학 건축공학과 졸업(공학사)

1987년 2월: 전남대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학석사)

1991년 2월: 전남대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학박사)

현재: 동신대학교 환경조경학과 전임강사