

뇌파 측정에 의한 친환경 시·청각 정보의 교통소음 인지도 영향 평가

The Auditory and Visual Information Impacts on the Traffic Noise Perception by the using Electroencephalogram

박사근†·장길수*·국 찬**·송민정***·신 훈****

Sa-Keun Park, Gil-Soo Jang, Chan Kook, Min-Jeong Song, Hoon Shin

Key Words : Electroencephalogram(EEG;뇌파), Auditory and Visual Information(시청각 정보), Traffic Noise Perception(교통소음 인지도)

ABSTRACT

In this study, the influences of environmentally friendly visual and auditory information on traffic noise perception were surveyed by the using electroencephalogram. Green rural region image and CBD image in urban city were used as visual informations. And traffic noise, signal and environmental music were used to detect the impact on electroencephalogram variance. It was revealed that green rural region image caused α -wave ratio increase about 10% and environmental music increased α -wave ratio approximately 40~50%. The results of this study improved that environmentally friendly visual and auditory information had an effect on decreasing traffic noise loudness to some extents.

1. 서론

여러 선행 연구에서 시각과 청각 정보가 인간의 소음인 지도에 큰 영향을 미칠 수 있다는 결과를 보였다.[1]

그러나, 인간은 외부 자극에 대해 오감각을 통하여 외부의 자극을 인지하고 감성을 발전 및 유지시키지만, 인지도에 대한 객관성을 증명하기에는 아직도 미흡한 실정이다. 그래서 인간의 다양한 감정에 대한 연구는 심리학 또는 심리 측정학(Psychometrics)이외에도 신경과학, 정신물리학(Psychophysics), 의학, 감성공학, 생리학 등의 다양한 분야에서 연구되고 있으며, 특히 감성연구에서 가장 큰 어려움은 감정의 측정 문제이다.[2]

인간의 삶의 질을 향상시키고자하는 연구는 인간 중심으

로 연구가 진행되어야 하기 때문에, 이러한 생리 반응 측정 방법 중 인간의 뇌파(EEG : Electroencephalogram)를 이용한 연구 분야가 대두되고 있다.

EEG는 외부의 물리적 자극-시각 및 청각 정보-에 대한 생리-심리적 변화를 측정 및 분석하여 객관적으로 평가하는 방법으로서 최근 많은 연구자들로부터 각광을 받고 있는 연구 수단이다.[3]

저자 등이 수행한 선행 연구[1] 결과, 보다 쾌적하고 친환경적인 시각 정보 또는 청각 정보가 동일 레벨의 도로교통소음을 최대 15%까지 작게 인식시키는 것을 나타냈다. 이는 소음의 심리적 저감 효과를 의미하는 것으로서 생리적으로도 그 효과를 증명할 수 있는지 검토하고자 하였다.

따라서 본 연구는 친환경 시·청각 정보가 도로교통소음 인지도에 미치는 영향을 EEG 분석을 통하여 파악하고자 한다. 특히 EEG의 주파수 δ (0~4Hz), θ (4~8Hz), α (8~13Hz), β (13~30) 중 알파파 대역이 시·청각 정보에 어떠한 인지 성향을 보이는지 파악함으로써 생리적 효과를 제시함은 물론, EEG 측정 장치를 통한 뇌의 시·청각 자극 인지 영역을 규명하는 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. EEG 측정의 이론적 배경

2.1 뇌의 부위별 기능

† 동신대학교 건축공학부 석사과정
E-mail : arch2boy@msn.com
Tel : (061) 330-2815

* 동신대학교 건축공학부 교수

** 동신대학교 환경조경학과 교수

*** 전남대학교 바이오하우징 사업단

**** 전남대학교 대학원 건축공학부 박사과정

표 1 EEG의 종류별 특징

뇌파의 종류	주파수(Hz)	진폭	출현조건과 특징
δ파 (Delta wave)	0~4	20~200	<ul style="list-style-type: none"> 정상 성인 각성시 및 뇌종양, 뇌염 등의 병적요인의 판단근거. 수면시 많이 발생.
θ파 (Theta wave)	4~8	5~100	<ul style="list-style-type: none"> 졸리거나 깊은 명상시 발생
α파 (Alpha wave)	8~13	5~100	<ul style="list-style-type: none"> 긴장이완, 편안한 상태일 때 발생, 눈을 감았을 때 '알파파 저지' 집중할 경우나 창의적인 사고를 할 경우
β파 (Beta wave)	13~30	20~200	<ul style="list-style-type: none"> 각성상태, 의식적인 행동을 할 때, 불안/긴장 시 우세 일반적인 작업 시 발생

선행 연구에서 밝혀진 인간 뇌파의 감성 반응에 대한 연구 결과로서는, 감성적 뇌인 우뇌와 이성적 뇌인 좌뇌의 활성화가 중요한 사실로 인정되고 있으며, 1) 인간의 부정적 정서반응은 우뇌에서, 긍정적 정서반응은 좌뇌에서 활성화가 높다는 보고가 있다.2)

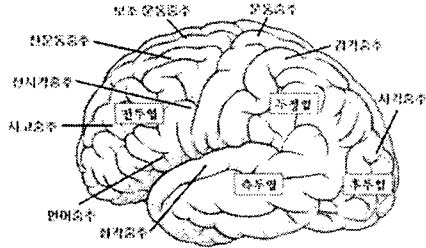


그림 1 뇌의 부위별 기능

2.2 뇌파의 분류3)

인체는 감성 및 심리적 상태에 따라 표 1과 같이 각기 다른 뇌파를 발생시킨다. 각각의 뇌파는 다음과 같은 특성을 지니고 있다.

(1)알파파 (α-wave : 8~14Hz)

명상과 같은 편안한 상태에서 나타나며 스트레스 해소 및 집중력 향상에 도움을 준다. 눈을 감고 몸을 이완시키면, 뇌파의 활동은 속도를 완화시킨다. 이때 뇌는 8Hz에서 13Hz 사이의 알파파를 폭발적으로 생산하게 되고, 뇌는 알파파상태가 된다. 알파 상태는 뇌의 이완 상태를 말한다. 의식이 높은 상태에서 몸과 마음이 조화를 이루고 있을 때 발생하는 뇌파이다. 알파파를 명상파라고도 하는데 근육이 이완되고 마음이 편안하면서도 의식이 집중되고 있는 상태

를 말한다. 그러므로 알파파가 나오면 몸과 마음이 매우 안정된 상태임을 뜻한다. 건강하고 스트레스가 없는 상태의 사람들은 알파파 활동상태가 많이 생성되는 경향이 있다.

(2)베타파 (β-wave : 14~30Hz)

긴장, 흥분 상태 등 활동할 때에 나타난다. 운동력 향상에 도움이 되며, 의식이 깨어있을 때의 뇌파는 베타파(β-wave)이다. 이 상태가 계속해서 지속되면 뇌는 혼돈에 이르고 초조해진다. 물론 학습효율도 저하되게 된다. 따라서 바람직한 상태로 뇌를 유지하고 뇌의 활동을 활발하게 하기 위해서는 저뇌파 상태가 유지되도록 해야 한다. 눈을 뜨고, 걷고, 흥분하며, 외부 자극에 초점을 맞추면 있는 일반적으로 14Hz~30Hz의 베타파가 발생된다.

(3)세타파 (θ-wave : 4~8Hz)

졸고 있거나 잠들었을 때 나타난다. 얇은 수면 상태에서는 알파파보다 더욱 느린 4Hz~8Hz의 세타파가 발생되는데 세타파는 지각과 꿈의 경계상태로 불리어진다. 이 상태에서는 예기치 않은 꿈과 같은 상태를 동반하게 되고 이러한 상태는 생생한 기억으로 이어지기도 하는데, 이것은 곧 감각스러운 통찰력 또는 창조적 아이디어로 연결되기도 하고 초능력이라는 비현실적이고 미스터리한 환상적 상태로 비춰지기도 한다.

(4)델타파 (δ-wave : 0~4Hz)

잠잘 때나 혼수 상태에서 나타난다. 심신의 치유에 도움이 되며, 깊은 수면 상태에서 발생하는 뇌파이다. 세타파보다 더 느리게 움직이는 4Hz이하에서 형성된다. 델타 상태에 있을 때는 잠들어 있거나 무의식 상태임을 말하는 것이다. 또한 델타파 상태에서는 많은 양의 성장 호르몬을 생성시킨다.

3. 실험

3.1 실험개요

본 실험의 목적은 친환경적인 시각 및 청각정보가 소음의

1) McKee, G., Humphrey, B., & Mc Adam, D. W., 1973, "Scaled lateralization of alpha activity during linguist and musical tasks", Psychophysiology, Vol.10, 441~443.
 2) Davidson, R.J., Tomarken, A.J., 1989, "laterality and emotion; An electrophysiological approach. In F. Boller & J. Garafman (Eds.), Handbook of neurophychology, NewYork: Elsevier, Vol. 3, pp.419~441.
 3) LAXTHA Inc., <http://www.laxtha.com/>

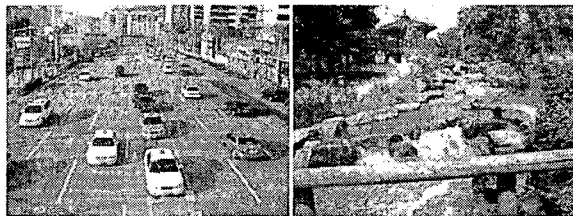
인지도에 미치는 영향을 생리적·심리적으로 정량화하는 것이다. 이를 위해 사전에 편집된 소리를 헤드폰을 통해 제시하였으며, 시각 정보를 제시하여, 피험자의 반응을 EEG (Electroencephalogram) 측정법에 의해 측정하였다. 이러한 방법은 인간 뇌파의 주파수별 변화를 관찰함으로써 사정각 정보가 뇌파에 미치는 영향을 정량적으로 나타낼 수 있기 때문이다.

3.2 제시 정보

실험에 사용된 도로교통소음은 현장 녹음 후 편집한 음을 사용하였으며, 크기는 65dB(A)로 설정하였다.⁴⁾ 또한 실험에 사용된 친환경 청각 정보는 기존 연구에서 도로교통소음의 마스킹효과에 상대적으로 높은 효과가 나타난 시그널과 환경음악을 사용하였으며, 각각의 크기는 60dB(A)이다.[4] 시각 정보는 도심CBD지역과 녹색전원지역으로 구분하였다. 이러한 친환경 시각 및 청각 정보의 구성은 표 2와 3, 그림 2와 같다.

표 2 청각정보

유형	소리	기호
평가대상음	도로교통소음-65dB(A)	No
친환경적	시그널-60dB(A)	S1
청각정보	환경음악-60dB(A)	S2



a. 도심CBD지역(R1) b. 녹색전원지역(R2)

그림 2 시각 정보

표 3 시청각 정보 제시방법

시각 정보	기호	
청각 정보	No	
	No + S1	M1
	No + S2	M2
시청각 정보	R1 + No	
	R1 + M1	
	R1 + M2	
	R2 + No	
	R2 + M1	
	R2 + M2	

4) 실내소음도가 피해기준치 65dB(A) 이상일 경우에 피해조정 신청이 가능한 기준, 주택건설기준 등에 관한 규정, 2005

3.3 실험 방법

(1)EEG 측정

EEG는 전산화 뇌파측정기인 QEEG-8(모델명:LXE3208, LAXTHA Inc.)장비를 이용하였다. 피험자의 뇌파는 256Hz 샘플링 주파수, 12-bit AD변환에 의해 컴퓨터로 저장되었다.

머리표면 총 8부위에서 모노폴라 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 10/20-국제전극배치법(10/20 Electrode System)⁵⁾에 의해 차례로 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4 위치에 측정용 전극을 부착하였다. 기준전극은 A1, 접지전극은 뒷목에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리표면의 이물질을 닦아낸 후 접시전극에 뇌파전용 전극풀을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 거즈를 살짝 덮어줌으로써 전극풀이 빨리 굳지 않고 머리 표면에 잘 고정되어 있도록 하였다.

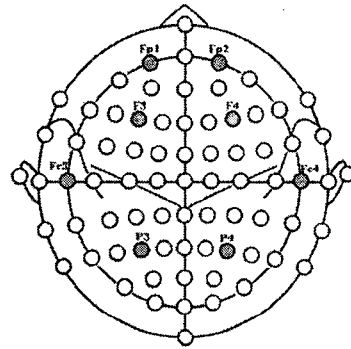


그림 3 전극 부착 위치

EEG 측정의 각 자극원은 청각과 시각으로 구분하였으며, 시청각 정보는 무작위 순서로 제시되었으며, 뇌파측정은 조용한 환경에서 피험자의 몸움직임을 통제된 상태에서 시행되었다. 실험 시작 전 30분 이내는 커피나 흡연, 식사를 금지하여 뇌파에 미칠 수 있는 자극 조건을 제한하였다.

(2)피험자 및 평가 방법

실험에 참여한 피험자는 20대의 남녀 대학생 10명(남자 7명, 여자 3명)으로 구성하였다. 본 실험에 앞서 실험 방법 및 시청각 정보 제시 방법을 충분히 숙지시켰으며, 특히 실험실의 밝기를 적정하게(조도:55, 색온도:4200) 설정하여 시각 정보 제공시 갑작스런 눈부심에 의한 뇌파의 이상 출현을 방지하였다. 시청각 정보를 제시하기 5초전 자극원 제시를 화면상의 글씨(예문:음원이 재생됩니다.)로 미리 알려

5) 류은경 외, 1995, "주파수 대역과 음향자극이 뇌파에 미치는 영향", 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제14권 제1호, pp.49

표 4 측정 부위별 평균 알파파 증가율

자극원 Channel	청각 정보			시각 + 청각 정보					
	No	M1	M2	R1 + No	R1 + M1	R1 + M2	R2 + No	R2 + M1	R2 + M2
Fp1	19.551%	-16.018%	59.829%	-10.835%	-22.399%	0.331%	-17.885%	-16.310%	15.137%
Fp2	54.199%	-6.502%	48.863%	3.595%	-22.087%	15.889%	1.685%	-17.718%	12.881%
F3	12.551%	-0.765%	73.368%	-37.858%	-37.489%	-30.082%	-25.991%	-40.418%	-25.506%
F4	37.993%	3.031%	70.473%	-21.113%	-34.403%	-39.409%	-14.390%	-43.548%	7.658%
T7	-11.289%	-15.973%	41.744%	-19.279%	-27.316%	-41.198%	-16.049%	-37.845%	-21.209%
T8	20.961%	1.447%	57.348%	-31.668%	-7.206%	-32.341%	-9.773%	-32.053%	-10.852%
P3	-13.462%	13.908%	46.074%	-44.954%	-18.216%	-34.319%	-41.201%	-23.257%	-13.088%
P4	17.345%	20.952%	54.821%	-48.020%	-3.340%	-32.105%	-39.689%	-21.046%	-13.459%

중으로서 자극원의 제시 자체가 뇌파에 급작스런 변화를 일으키지 않도록 하였다.

(3) 제시 방법

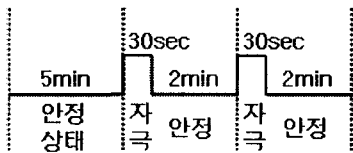


그림 4 자극 제시 방법

청각 및 시각 정보는 그림 3과 같은 방법으로 제시하여 측정하였다. 초기 5분의 안정 상태 이후 청각 또는 시청각 정보를 30초간 제시하였으며, 자극 후 다음 자극 사이에는 2분간의 안정 상태를 두어 기존 자극이 다음 자극에 미치는 뇌파의 영향을 최소화하였다. 이는 자극 전의 reference 상태를 일정하게 하기 위함이다.6)

4. 결과 및 고찰

4.1 측정 부위별 알파파 증가율

30초 자극에 대한 뇌파는 각 주파수별 power spectrum을 이용하여 δ , θ , α , β 의 출현량인 주파수별 절대파워를 산출한 후 알파파(8~13Hz)구간의 상대값을 $\alpha/(\delta + \theta + \alpha + \beta)$ [(8~13Hz)/(0~30Hz)]으로 구하였다. 이러한 상대 알파값을 [(자극-무자극)/무자극]×100으로 normalize시켜 무자극에 대한 자극의 알파파 증가율을 각 채널별로 분석하였다.

측정 위치별 시청각 정보에 의한 알파파 증가율을 피험자 10명에 대해 평균한 값은 표 4와 같으며, 이를 도시하면 그림 5와 같다.

그림 5에서 알 수 있듯이 평균 알파파 증가량이 가장 큰

청각 자극원은 M2(도로교통소음 + 환경음악)이며, 대부분의 시청각 자극원은 청각 자극원인 No, M1, M2에 비해 청각 자극원에 시각 자극원이 추가 되었을 경우, 알파파 증가율이 뇌파 측정 전 채널에서 감소하는 것으로 나타났다. 이는 청각에 비해 시각 자극원이 뇌파에 미치는 영향이 크며, 전반적으로 청각 정보보다 시각 정보에 민감한 반응을 보인다는 것을 확인할 수 있었다.

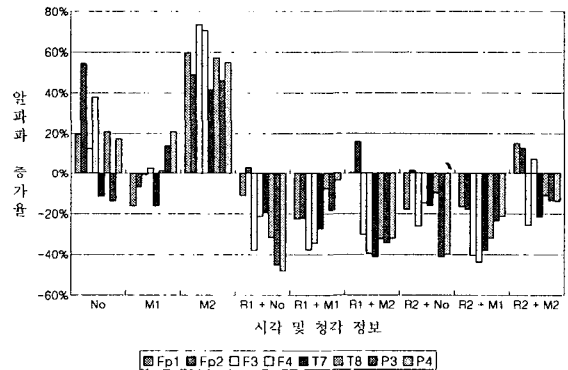


그림 5 시각 및 청각 정보에 따른 알파파 증가율

4.2 측정 부위별 알파파 증가율의 차이 검증

10명의 피험자에 대한 알파파 증가율을 채널 및 제시 자극별로 구분하여 그 통계적 차이 및 유의성을 검토하였다. 이를 위해 통계분석 프로그램인 SPSS 10을 이용하여 반복 측정 이원분산분석하였으며 그 결과는 표 5와 같다.

표 5에서 알 수 있듯이, 눈을 뜨고 있는 상태에서 무자극에 대한 자극원의 알파파 증가율이 유의하게 차이가 있는 부위는 시각 정보에 의한 채널 F3(F=15.605, p<.01), F4(F=12.553, p<.001), T7(F=21.248, p<.001), T8(F=8.305, p<.01), P3(F=13.985, p<.001), P4(F=13.425, p<.001)로 판명되었으며, 청각 정보에 의한 채널은 Fp1(F=9.371, p<.01), P3(F=8.239, p<.01)으로 판명되었다.

6) 황민철 외, 1996, "청각감성의 생리적 신호변화에 대한 연구", 대한인간공학 춘계학술대회 논문집, pp.259

표 5 알파파 반복측정 이원분산분석

Channel	변량원 (source)	제곱합 (SS)	자유도 (df)	평균제곱 (mean SS)	검정통계량 (F)	유의확률 (p-value)
Fp1	시각	1.806	1.400	1.289	2.880	.106
	청각	2.902	1.860	1.560	9.371	.002**
	시각×청각	.931	2.186	.426	.824	.463
	오차(시각×청각)	10.167	19.678	.517		
Fp2	시각	2.197	1.382	1.590	2.563	.128
	청각	2.987	1.445	2.068	4.319	.047*
	시각×청각	.503	2.931	.172	.409	.743
	오차(시각×청각)	11.071	26.377	.420		
F3	시각	7.540	1.340	5.627	15.605	.001***
	청각	1.647	1.039	1.585	3.946	.076
	시각×청각	1.659	2.515	.659	1.977	.153
	오차(시각×청각)	7.550	22.639	.333		
F4	시각	7.864	1.824	4.312	12.553	.001***
	청각	2.247	1.309	1.716	7.338	.014*
	시각×청각	1.527	2.441	.625	1.962	.158
	오차(시각×청각)	7.004	21.973	.319		
T7	시각	2.072	1.869	1.109	21.248	.000***
	청각	.614	1.233	.498	2.513	.138
	시각×청각	1.947	2.599	.749	3.328	.043*
	오차(시각×청각)	5.266	23.388	.225		
T8	시각	4.519	1.884	2.399	8.305	.003**
	청각	.467	1.645	.284	1.645	.226
	시각×청각	1.869	1.857	1.006	2.105	.155
	오차(시각×청각)	7.992	16.717	.478		
P3	시각	4.465	1.859	2.402	13.985	.000***
	청각	1.899	1.545	1.229	8.239	.006**
	시각×청각	.899	2.161	.416	1.228	.315
	오차(시각×청각)	7.321	21.611	.339		
P4	시각	6.584	1.630	4.039	13.425	.001***
	청각	1.220	1.566	.779	2.981	.092
	시각×청각	1.025	2.593	.395	1.215	.323
	오차(시각×청각)	7.592	23.334	.325		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

표 6 시각 정보에 의한 알파파 증가율 차이

	(R2 + No) - (R1 + No)	(R2 + M1) - (R1 + M1)	(R2 + M2) - (R1 + M2)
Fp1	-7.05%	6.09%	14.81%
Fp2	-1.91%	4.37%	-3.01%
F3	11.87%	-2.93%	4.58%
F4	6.72%	-9.15%	47.07%
T7	3.23%	-10.53%	19.99%
T8	21.90%	-24.85%	21.49%
P3	3.75%	-5.04%	21.23%
P4	8.33%	-17.71%	18.65%

표 4와 표 5의 결과에서 알 수 있듯이, 청각 정보에 의한 알파파 증가율은 시그널의 경우 좌측 두정엽인 P3에서 도로교통소음에 비해 약 26% 증가하였으며, 환경음악은 전전

두부인 Fp1에서 약 40% 증가하였음을 확인할 수 있었다.

표 6에서 보면, 시각 정보에 의한 알파파 증가율은 녹색 전원지역에 시그널이 추가 되었을 경우에는 다소 감소하였지만, 도로교통소음과 환경음악이 추가 되었을 경우는 모두 상당량 증가하였다.

이러한 결과는 선례 연구에서 나타난 소음인지도 저감 효과와 상응함을 의미한다고 볼 수 있다.

4.3 시청각 정보에 따른 알파파 증가량의 맵핑

시각 및 청각 정보에 의한 자극원별 알파파 증가율의 알파파 맵핑 결과는 그림 6과 같다. 8채널 측정부위와 알파파 증가율에 따른 색상별 활성 상태를 보여주고 있으며, 도로교통소음과 환경음악을 같이 들려준 상태에서 알파파 증가율은 뇌의 전체 측정 부위에서 고른 증가를 나타낸 반면, 시그널의 경우는 후두부에서 큰 증가를 보였다. 선례 연구

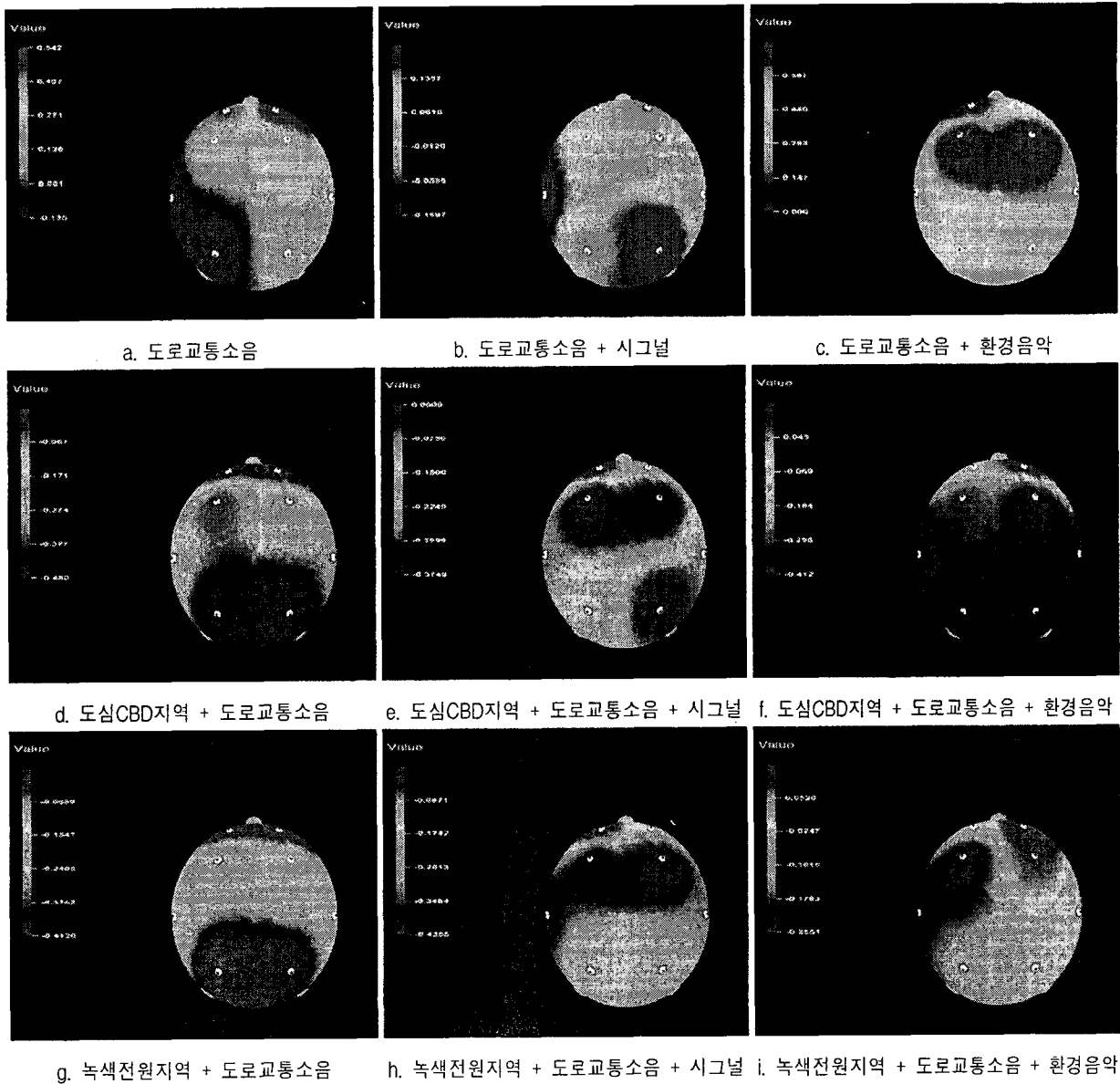


그림 6 시청각 정보별 알파파 증가량 맵핑 결과

[4]에서 도로교통소음에 환경음악을 들려줄 경우 도로교통소음의 인지를 약 15%정도 저하시키는 마스킹 효과가 있다고 보고되고 있는데, 이와 같은 결과는 선례 연구에서의 효과와 일치되는 경향을 보여준다.

시각 정보에 대해 선례 연구에서도 미세한 효과를 보이는 것과 마찬가지로, 본 실험에서도 도심CBD지역보다 녹색전원지역이 알파파가 증가하여 보다 편안하고 이완하는 것으로 나타나 도로교통소음인지를 생리적으로도 저감시킬 수 있는 것으로 해석되었다.

5. 결론

뇌파 측정을 통해 친환경 시각 및 청각 정보가 도로교통소음인지도에 미치는 영향을 살펴보았다. 그 결과, 인간이 편안한 상태에서 많이 나타나는 알파파의 증가율이 시각 정보에서는 녹색전원지역을 제시해 준 경우가 도심CBD지역의 영상을 제시해 주었을 경우보다 전반적인 알파파 증가율이 약 10% 이상 증가하였다. 청각 정보에서는 시그널의 경우 뇌파 측정 위치별 알파파 증가율의 편차가 크며, 유의한 알파파 증가율을 보이는 채널도 확인하지 못하였으나, 환경음악을 제시해 준 경우는 도로교통소음만 들려준 경우보다 약

40~50%정도 더 증가한 것으로 나타났다. 이는 친환경 시각 및 청각 정보가 도로교통소음 인지도를 저감시키는 효과가 있음을 생리적 관점에서 확인할 수 있음을 의미한다.

추후 연구에서는 시각 및 청각 정보를 더욱 세분화시켜 친환경 시청각 정보의 패턴 연구가 필요하며, 보다 정밀한 뇌파의 해석을 위해서 wavelet변환이나 카오스 분석 알고리즘 사용을 고려하고 있다.

후 기

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(바이오하우징연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

(1) 신흠 등, 2006, "친환경적 시각 및 청각정보가 소음의 인지도에 미치는 영향", 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회.

(2) 권오연, 2003, "음악에 의한 감성의 생리적 측정연구에 대한 소고", 민족음악학회, 제25권, pp.185~212.

(3) 김동윤 등, 1997, "장면 시자극에 대한 감성측정기술 및 평가방법에 관한 연구", 한국공학교육학회, 제4권 제2호, pp.86~93.

(4) 신흠 등, 2005, "도로교통소음에 대한 도입 연출음의 마스킹 효과", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp.599~602.

(5) 남경돈 등, 2000. 11, "대중음악을 이용한 청각자극에 의한 뇌파의 반응 분석", 한국산업경영시스템학회 추계학술대회, pp.39~45.

(6) 조동진 등, 2005, "무용학습이 시각 및 청각적 자극과 이미지 상상동안 뇌파와 POMS 변화에 미치는 영향", 한국스포츠심리학회지 제16권 제3호, pp.1~17.

(7) 김덕훈, 2000, "색각 시표에 따른 시피질 뇌파의 반응 상태", 한국안광학회지 제5권 제2호, pp.5~9.

(8) 손기철 외, 1997, "동양 및 서양식 꽃꽂이의 시각적 감상이 인간의 뇌파에 미치는 영향", 한국원예학회지 제15권 제2호, pp.612~613.

(9) 손기철 외, 1998, "실내식물의 시각적 인식이 인간의 뇌파변화에 미치는 영향", 한국원예학회지 제39권 제6호, pp.858~862.

(10) 김정환 외, 1997. 1, "인간 시각 감성에 의한 뇌파의 Wavelet 특성", 대한인간공학회 학술대회논문집 제2권, pp.477~481.

(11) 편홍국 외, 2000. 1, "뇌파 분석을 이용한 감성자극형 광고 효과 연구", 한국경영과학회 학술대회논문집 제1권, pp.413~416.

(12) 최주영 외, 2005, "뇌파의 감정반응 평가를 통한

패션제품의 TV 광고효과 연구", 한국의류학회지 제29권 제9호, pp.1230~1240.

(13) 심준영, 2004, "스트레스 완화 훈련과 자극에 따른 뇌 영역별 활성화 비교", 한국스포츠심리학회지 제15권 제1호, pp.129~146.

(14) 황민철 외, 1996, "청각감성의 생리적 신호변화에 대한 연구", 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp.259~263

(15) 류은경 외, 1995, "주파수 대역과 음향자극이 뇌파에 미치는 영향", 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제14권 제1호, pp.49

(16) Andreassi, J.L., 2000, "Psychophysiology human behavior & Physiological Response.", New Jersey:LEA.

(17) Anna, W., 1995, "High performance mind.", NewYork. Tarcher Putnam.

(18) Budzynski, T., Jordy, J., Budzynski, H., Tang, H., & Claypoole, K., 1999, "Academic performance enhancement with photic stimulation and EDR feedback.", Journal of Neurotherapy, 3(3), pp.11~21.

(19) Butler, S., 1988, "Alpha asymmetry, hemispheric specialization and the problem of cognitive dynamics.", In Giannitrapani, D., & Murri, L.(Eds.), The EEG of Mental Activities. Baser, Karger. pp.75~93.

(20) Crews, D.J., & Landers, D.M., 1993, "Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt.", Medicine and Science in Sport and Exercise, 2591, pp.116~126.

(21) Glass, A., 1991, "Significance of EEG alpha asymmetries in cerebral dominance." International Journal of Psychophysiology, 11, pp.32~33.

(22) Nak, C.L., 1992, "Correlates of EEG hemispheric integration.", Ph. D. Indiana University.

(23) Othmer, S., Othmer, S.F., & Kaiser, D.A., 1999, "EEG biofeedback: An emerging model for its global efficiency.", In Evans, J.R., & Abarbaner, A. (Eds.), Introduction to quantitative EEG and neurofeedback pp.243~310, SanDiego:Academic Press.