

## 자동차 실내가스(CO<sub>2</sub>) 농도변화에 대한 EEG 변화 연구

백운이, \*최낙진, \*\*서지영, \*\*김민정, \*\*임정옥, \*\*\*허증수, \*이덕동  
경북대학교 의과대학 마취과  
\*경북대학교 전자공학과  
\*\*경북대학교 의과대학 의학연구소  
\*\*\*경북대학교 금속공학과  
대구광역시 중구 동인동 101번지  
webaik@bh.kyungpook.ac.kr  
sgs@eeg.kyungpook.ac.kr  
jolim@bh.kyungpook.ac.kr  
jshuh@bh.kyungpook.ac.kr  
ddl@ee.kyungpook.ac.kr

## The EEG Spectrum Analysis for the CO<sub>2</sub> gas Concentration Change in the Automobile

Woon Yi Baik, \*Nak Jin Choi, \*\*Ji Young Suh, \*\*Min Jeong Kim  
\*\*Jeong Ok Lim, \*\*\*Jeung Soo Huh, \*Duk Dong Lee  
Department of Anesthesiology, \*Department of Electronics,  
\*\*Medical Research Institute, \*\*\*Department of Metallurgical Engineering,  
Kyungpook National University  
50 Samduk-dong 2-ga, Chung-gu, Taegu

### Abstract

The objective of this study is to evaluate the physical condition response of a driver by the change of CO<sub>2</sub> concentration in the automobile with EEG spectrum analysis. The experiment was performed in a semi-shielded simulated automobile with 10 healthy

adults. The results showed that as CO<sub>2</sub> concentration increased from 500ppm to 6,000ppm, the  $\alpha'$  value significantly decreased ( $p < 0.05$ ) while  $\beta'$  increased ( $p < 0.05$ ). In a real parked automobile with 2 adult passengers, the CO<sub>2</sub> gas concentration reached at 6,000ppm in 15 minutes. These spectral data are in

well agreement with the subjects' verbal statement of experiencing uncomfortableness when CO<sub>2</sub> gas was increased to over 5,000ppm. These results indicated that the EEG spectrum analysis can be appropriately used to assess physical condition of a driver in the changing automobile environment.

## 1. 서론

자동차는 人間-기계-환경의 일체감을 요구하는 가장 중요한 운송수단으로서 자동차의 주행성능기술의 발전 못지않게 자동차 거주공간의 쾌적 환경 조성의 필요성이 증대되고 있다. 자동차의 쾌적성 평가와 유지를 위해서는 차량내의 실내 환경 감성측정 및 제어가 필요하게 되었다.

본 연구에서는, 자동차 실내환경인자 중 CO<sub>2</sub> 가스농도 변화가 운전자의 쾌적감에 어떤 영향을 미치는지를 뇌파스펙트럼 분석을 통해 검토하고 그 측정결과를 데이터베이스화함으로써 감성평가 기준을 수립하여 쾌적환경조건을 객관화하고자 한다.

## 2. 실험

### 1) 실제차실내에서의 CO<sub>2</sub> 가스농도변화

실험에서의 CO<sub>2</sub> 주입표준농도를 정하기 위해서 다음과 같은 실험을 하였다. 즉, 실제 창문을 닫은 차실내에서

시간의 흐름에 따라 얼마만큼의 CO<sub>2</sub> 변화가 있는지를 측정하였다. 차량은 H 그룹의 E차량을 대상으로하고, 탑승자는 건강한 성인 3인으로 하였다. 탑승자는 1인, 2인, 3인으로 나누어 실험하였고, 시간은 실험전, 탑승후 5분, 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분으로 구분하여 측정하였다.

### 2) 실험 조건 및 환경

그림 1은 전체 실험실 개요도이다. 실험을 위하여 가로 2m, 세로 3m, 높이 2m의 전자파 차단시설을 한 밀폐된 실험실을 자체 제작하였다. 실험실의 한가운데에는 피실험자가 앉을 수 있는 안락의자가 놓여있고, 실험실 한면에 부분적으로 유리를 설치하여 실험실안이 보이도록 설계하였다.

### 3) 실험과정

피실험자는 이 연구에 참여하기를 동의하는 건강한 성인 지원자 10명으로 선정하였다. 실험에 참가한 피실험자는 EEG 전극을 10~20 뇌파표준전극 배치법<sup>(1-4)</sup>에 의해 두피상에 부착하였다. 모든 전극의 부착과 측정장비의 상태점검이 완료되면, CO<sub>2</sub> 가스가 없는 상태(대기실험 공간중에서는 약 350 ppm)에서 피실험자에게 편안한 자세를 취하게 하고 눈을 감게한 후 휴식상태에서, EEG acquisition 프로그램인 AcqKnow-

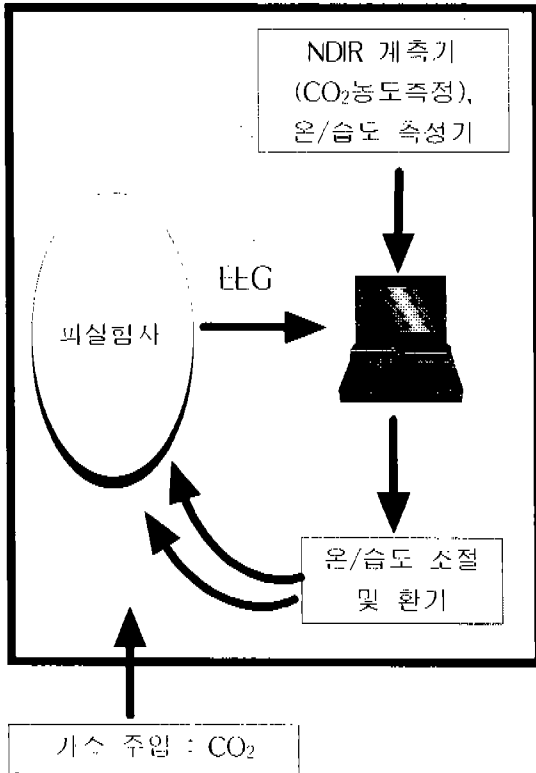


그림 1. 전체 실험실 개요도

ledge(MP100, Biopac사, USA)<sup>(5)</sup>를 사용하여 EEG 데이터를 1분간 수집하였다. CO<sub>2</sub>가 없는 상태에서 데이터를 수집한 후, CO<sub>2</sub> 가스농도를 6,000 ~ 7,000 ppm으로 변화시켜 어느 정도 안정화된 상태에서 다시 1분간 EEG 데이터를 수집하였다. CO<sub>2</sub> 가스 농도 변화는 CO<sub>2</sub> 100%가스를 MFC(mass flow controller)를 통하여 측정환경으로 주입하였다.

이렇게 주입된 CO<sub>2</sub> 가스 농도는 정확성을 기하기 위하여 자체 제작되어진 비분산 적외선법(NDIR : non-dispersive infrared method)<sup>(6)</sup> CO<sub>2</sub> 가스농도계를 통하여 측정하였다. 비분산적외선법이

란, 특정파장에서 분석대상가스의 광흡수 및 광방출현상을 이용하여 가스농도를 측정하는 방법으로 구조가 간단하고, 검출감도가 좋으며 유지 보수 및 측정과정이 편리한 장점이 있다. 그림 2에 실험과정을 간략하게 나타내었다.

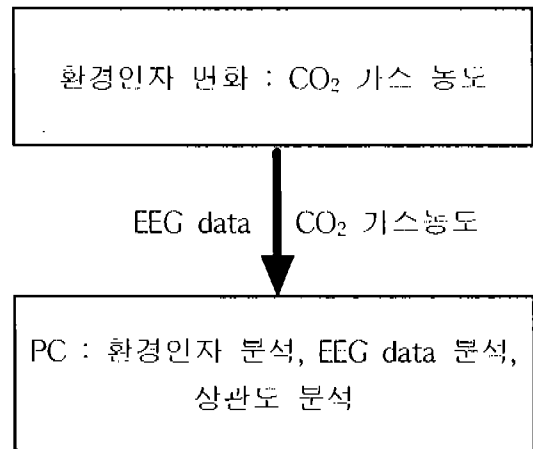


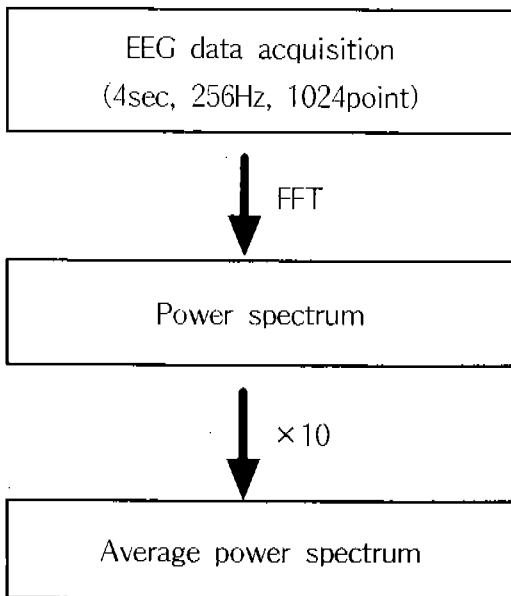
그림 2. 실험과정

#### 4) 분석방법

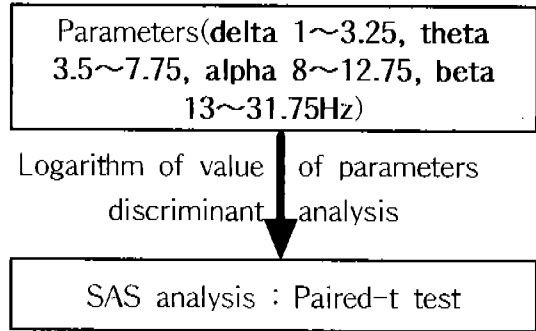
환경인자인 CO<sub>2</sub> 가스 농도 변화에 대한 EEG 변화 데이터는 Biopac사의 MP100을 이용하여 퍼스널 컴퓨터에 입력되고, 이는 AcqKnowledge III 프로그램을 통하여 디지털로 변환되어 메모리에 저장된다. 뇌파의 분석과정은 on-line과 off-line로 나누어져 행했다. On-line에서는 입력되어진 EEG 데이터를 FFT(fast fourier transform) algorithm<sup>(7-9)</sup>을 이용하여 계산했고, off-line에서는 수학 프로그램의 일종인 MATLAB을 이용하여 자체제작된 소프

트웨어에 의해서 FFT된 데이터를 주파수밴드별로 각각의 상대스펙트럼을 구하였다. 그리고, CO<sub>2</sub> 주입전과 주입후의 유의성을 보기 위하여 주파수 밴드별의 스펙트럼을 통계프로그램인 SAS 프로그램을 이용하여 paired-t 검사<sup>[10]</sup>를 행하였다.

각 주파수의 스펙트럼의 비는 대조스펙트럼의 총 밀도를 1로 하였을 때의 비로 나타내고, Hermann이 구분한 방법<sup>[11]</sup>에 따라서  $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  값을 구하였다. 주파수 밴드의 구성은 **delta 1~3.25, theta 3.5~7.75, alpha 8~12.75, beta 13~31.75Hz**로 하여 전체 power 스펙트럼을 구한 후 각각의 상대 스펙트럼을 구하여 분석하였다. 그림 3에 EEG wave의 분석과정을 나타내었다.



(a) On-line analysis



(b) Off-line analysis

그림 3. 생리적 평가를 위한 EEG 분석 과정

### 3. 결과

#### 1) 차실내에서의 CO<sub>2</sub> 가스농도 변화

차실내에서의 CO<sub>2</sub> 가스농도 변화에 대한 실험결과를 표 1에 나타내었다. 당시의 온도는 23~27°C였다. 표 1에서 보듯이 탑승자 2인의 경우 30분이 경과한 후 자동차안의 CO<sub>2</sub> 농도는 CO<sub>2</sub> 허용한계인 5,000ppm<sup>[11]</sup>을 넘는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서, 자동차안의 허용농도이상의 CO<sub>2</sub> 가스가 운전자에게 불쾌감을 줄 수 있다는 가정하에 실험하였다.

표 1. 실제 차량에서의 시간변화에 대한 CO<sub>2</sub> 변화량

단위 : ppm

시간	H그룹의 E 차량		
	1인	2인	3인
0분	300	350	380
5분	1,170	2,000	2,860
10분	1,700	3,520	4,550
20분	2,130	4,980	7,130
30분	2,520	6,070	8,920
40분	2,750	6,670	9,480
50분	2,790	7,130	9,880
60분	2,920	7,550	>10,000

2) EEG 그래프

피실험자 10명에 대한 CO<sub>2</sub> 주입전 (1,000ppm)과 주입후(6,000~7,000ppm)의 EEG파 중  $\alpha'$ 와  $\beta'$ 파의 변화 그래프를 그림 4와 그림 5에 나타내었다.  $\alpha'$ 와  $\beta'$ 는 각각 식 1과 식 2와 같이 정의<sup>[12]</sup>한다.

$$\alpha' = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \theta} \text{ ----- (식 1)}$$

$$\beta' = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \theta} \text{ ----- (식 2)}$$

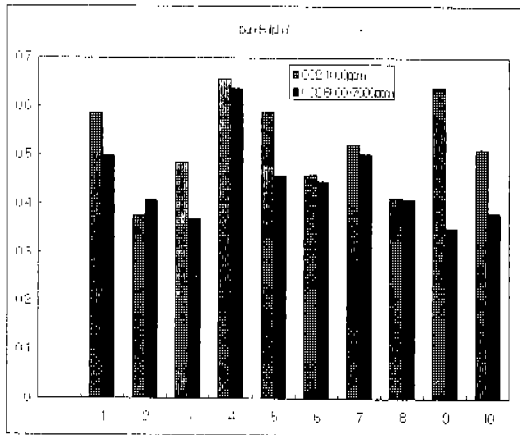


그림 4. CO<sub>2</sub> 주입전과 주입후의  $\alpha'$ 의 변화

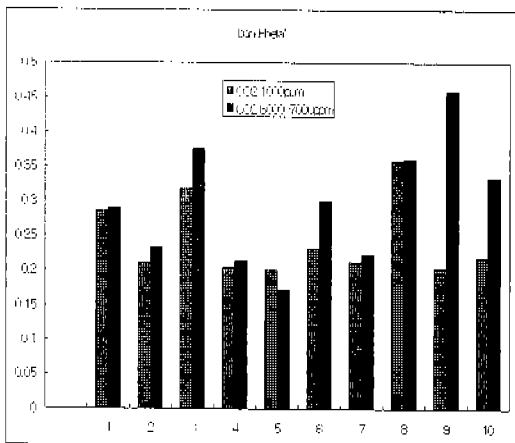


그림 5. CO<sub>2</sub> 주입전과 주입후의  $\beta'$ 의 변화

3) Paired-t 검사에 의한 통계분석

CO<sub>2</sub> 가스 주입전과 주입후의 유의성을 검사하기 위하여  $\alpha'$ 와  $\beta'$ 에 대한 상대 스펙트럼을 SAS 프로그램을 이용하여 paired-t 검사를 행하였다. 표 2에 paired-t 검사 결과를 보였다. 그 결과 두 파장대 모두 p값이 0.05 이하로 나타났다. 이는 CO<sub>2</sub> 가스 주입전과 주입후의 상관관계가 유의함을 나타내는 결과<sup>[10]</sup>이다.

표 2. SAS를 이용한  $\alpha'$ 와  $\beta'$ 에 대한 paired-t 검사 결과

	$\alpha'$	$\beta'$
p	0.0286	0.0389

4. 결론

CO<sub>2</sub>의 농도가 1,000ppm에서 6,000~7,000ppm으로 증가되었을 때 피실험자의  $\alpha'$ 와  $\beta'$ 가 유의성이 있음을 상기의 paired-t 검사를 통하여 알 수 있었다. 즉, 이는 CO<sub>2</sub>의 증가가, EEG 스펙트럼 분석을 통하여 피실험자에게 불편함과 불쾌감을 준다는 것을 객관적으로 보여주는 결과이다.

실제로 성인남자 2인이 동승한 정체된 차량 속에서의 CO<sub>2</sub> 농도는 30분 경과후 6,000ppm에 달하는 것으로 나타

났다. 이는 허용한계인 5,000ppm을 초과한 것이다.

자동차 실내환경인자 중 CO<sub>2</sub> 외에 습도, 온도 및 HC가스 등의 변수가, 복합적으로 운진자의 쾌적감에 실질적으로 영향을 미칠것이므로, 차후 연구에서는 이들 변수의 복합적인 분석과 평가가 필요히니고 사료된다.

### 감사의 말씀

본 연구과제는 G7 감성공학개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었다.

### 참고 문헌

- 1) 백운이. 흡입 마취제의 복합 투여 시 환위 뇌파스펙트럼의 변화. 대한마취과학회지. Vol. 31, pp.324-329, 1996.
- 2) 백운이, 김시오, 문철원, “제왕절개술중 정맥마취제의 투여가 뇌파스펙트럼의 분석에 미치는 영향”, 대한마취과학회지, Vol. 31, pp.347-351, 1996.
- 3) 고준석, 백운이, 최석모, 이만기, 김중영, 김병권, “Halothane, enflurane 및 isoflurane 흡입시의 환위 뇌파스펙트럼 분석”, 대한마취과학회지 Vol. 27, pp.1217-28, 1994.
- 4) 이만기, 백운이, 김병권, 김중영, “환위 뇌파의 스펙트럼 분석에 의한 enflurane 마취효과의 평가”, 대한마취과학회지, Vol. 25, pp.648-55, 1992.
- 5) “AcqKnowledge III for the MP100 WSW Manual”, Biopac Systems, Inc, 1994.
- 6) Douglas A. Skoog., “Principles of Instrumental Analysis”, Saunders College Publishing, 1985.
- 7) 백은주, 이윤영, 이배환, 문창현, 이수환, “오렌지향과 valeric acid향에 대한 뇌파와 자율신경계반응에 나타난 후각 감성”, 한국감성과학회 학술대회, 1997.
- 8) 황민철, 류은경, 변은희, 김철중, “감성과 뇌파와의 상관성에 대한 연구”, 한국감성과학회 학술대회, 1997.
- 9) 임재중, 손진훈, 강대임, 여형석, 김지은, “뇌파의 시간-주파수 분석을 통한 피부감성평가”, 한국감성과학회 학술대회, 1997.
- 10) 조인호, “SAS 강좌와 통계컨설팅”, 제일경제연구소, 1993.
- 11) 김영해, “가스 센서와 그 응용”, 기전연구사, pp.3-4, 1983.
- 12) 김동윤, 김동선, 권의철, 임영훈, 손진훈, “장면 시자극에 대한 감성측정에 관한 연구”, 한국감성과학회 학술대회, 1997.