Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 18, No. 2 1999, 8

자동차 실내환경변화에 따른 운전자의 감성변화

Drivers' Emotional Change According to Environmental Change in the Automobile

이덕동, *백운이, **임정옥, ***허증수, 최낙진, **서지영, **김민정, ****황태진

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the emotional change of a driver according to the change of temperature, humidity, CO_2 gas concentration and C_4H_{10} gas concentration in the automobile by electroencephalogram(EEG) spectrum analysis. The experiment was performed in an automobile simulated shielding room with healthy volunteers(age : 18-31, male : 14, female : 7). The subject's emotion at every different condition was indexed 11-point scale(+5 : most pleasant, -5 : least pleasant). The emotion index at each condition resulted in as follows; in temperature 1.00(23.5℃), -2.33(30.5℃), in humidity 1.50(45%), -1.50(65%), in CO_2 gas concentration 0.67(500ppm), -0.57(6,000ppm), in C_4H_{10} gas concentration -0.25(0ppm), -2.75(1,200ppm). From EEG spectrum analysis, the average mean power frequency(MPF) value at each different condition was shown as follows; in temperature 5.48(23.5℃), 4.06(30.5℃), in humidity 11.03(45%), 3.03(65%), in CO_2 gas concentration 7.16(500ppm), 6.38(6,000ppm), in C_4H_{10} gas concentration 10.21(0ppm), 2.87(1,200ppm). When the environment became unpleasant to the subject, all of the obtained MPF values were decreased.

It was found that there is close agreement between subjective evaluation by subject's scaling and objective evaluation by EEG spectrum analysis at different environment. These results indicated that the EEG spectrum analysis is a proper method to assess emotional response of a driver in the changing automobile environment.

경북대학교 전자공학과, *경북대학교 의과대학 마취과,
**경북대학교 의과대학 의학연구소, ***경북대학교 금속공학과, ****키트론(주)

1. 서 론

자동차는 현대인의 최대 이기의 하나로서 인간-기계-환경의 일체감을 요구하는 가장 중요한 운송수단이 되고 있다. 최근 자동차문명의 진보에 따라 자동차의 주행성능기술의 발전 못지 않게 자동차 거주공간의 쾌적 환경 조성의 필요성이 증대되고 있다. 자동차 실내 환경의 쾌적화를 실현하고 이를 유지하기 위해서는 운전자의 환경인자에 대한 생리적 반응을 기초로 한 감성 측정 및 제어가 필요하다.

본 연구에서는, 자동차 실내환경인자 중 온도, 습도, CO_2 가스농도 및 C_4H_{10} 가스농도 변화가 운전자의 쾌적감에 미치는 영향을 객관적으로 평가하기 위하여 뇌파스펙트럼 분석(고준석 등, 1994; 김동윤 등, 1997; 백운이 등, 1996; 백은주 등, 1997)을 통해 검토하고, 동시에 문진검사를 통한 주관적인 평가결과를 뇌파 스펙트럼분석 결과와 비교하였다. 이러한 측정결과를 데이터베이스화함으로써 감성평가 기준을 객관적으로 수립하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 실제 자동차 실내환경 변화측정

온도, 습도 및 CO_2 가스 주입 표준농도를 정하기 위해, 실제 주차된 창문을 닫은 자동차실내에서 시간의 흐름에 따른 CO_2 가스농도, 온도 및 습도 변화를 측정하였다. 차량은 H자동차사의 E차량을 대상으로 하고, 탑승자는 건강한 성인 3인(25~27세의 남자)으로 하였다. 탑승자의 인원수에 따른 환경의 변화를 측정하기 위해 탑승인원을 1인, 2인, 3인으로 나누어 실험하였고, 시간은 실험 전, 탑승 후 5분, 10분, 이후 10분단위로 90분까지 측정하였다.

2.2 실험 조건 및 환경

실험을 위하여 가로, 세로, 높이 각각 2m($8m^3$)의 전자파 차단시설을 한 밀폐된 실험실을 자체 제작하였다. 실험실의 한가운데에는 피실험자가 앉을 수 있는 안락의자가 놓여있고, 실험실 한면에 부분적으로 유리를 설치하여 실험실 안이 보이도록 설계하였다. 실험 당시의 환경을 모니터링할 수 있도록 온도 및 습도계와 CO_2 및 C_4H_{10} 가스농도를 측정하기 위해서 비분산 적외선법(NDIR : non-dispersive infrared method) 가스농도계를 실험실 내에 비치하였다. 비분산 적외선법이란, 특정파장에서 분석대상가스의 광흡수 및 광방출현상을 이용하여 가스농도를 측정하는 방법으로 구조가 간단하고, 검출감도가 좋으며 유지 보수 및 측정과정이 편리한 장점이 있다(김영해, 1983; Douglas et al., 1985). 전체 실험실 개요도를 그림 1에 나타내었다.

2.3 실험과정

2.3.1 CO_2 가스 농도변화에 따른 EEG spectrum 수집

피실험자는 이 연구에 참여하기를 동의한 건강한 성인 지원자 21명(18~31세의 남자 14명, 여자 7명)으로 선정하였다. 실험에 참가한 피실험자는 electroencephalogram(EEG) 전극을 10~20 뇌파표준전극 배치법(고준석 등, 1994; 백운이 등, 1996; 이만기 등, 1992)에 의해 두피 상에 부착하였다. 모든 전극의 부착과 측정장비의 상태점검이 완료되면, CO_2 가스를 외부에서 공급하지 않은 상태(대기 실험공간 중에서는 약 350~500ppm)에서 피실험자에게 편안한 자세를 취하게 하고 눈을 감게한 후 휴식상태에서, EEG acquisition 프로그램인 AcqKnowledge (MP100, Biopac사, USA)(Biopac, 1994)를 사용하여 EEG 데이터를 30초간 수집하였다. CO_2

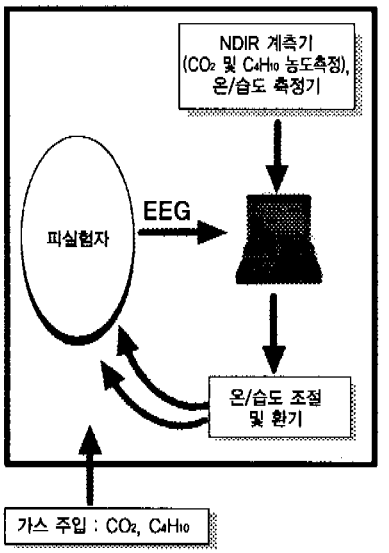

그림1 전체 실험실 개요도

가스 주입 전 상태의 EEG를 받은 후, CO_2 가스 농도를 여러 단계로 나누어 증가시켜 가면서 각 단계마다 30초간 EEG 데이터를 수집하였다. 각 단계별로 EEG를 받고 난 후 EEG 받을 당시의 기분을 문진표에 기분을 나타내는 지수를 가장 좋을 때 +5, 가장 나쁠 때를 -5로하여 11점 척도로 표시하도록 하였다. 실험실 환경은 CO_2 가스농도에 대한 변화만을 고려하기 위해서 온도와 습도는 각각 최적상태인 23~26℃, 40~60%로 고정하였다. CO_2 가스는 CO_2 100%가스를 MFC (mass flow controller)를 통하여 일정압력으로 주입하였다. 이렇게 주입된 CO_2 가스 농도는 정확성을 기하기 위하여 자체 제작되어진 NDIR 가스농도계를 이용하여 측정하였다.

2.3.2 온도변화에 따른 EEG spectrum 수집

온도에 대한 자료는 국내에서 많은 실험에 의해서 보고되어 있다(금종수 등, 1998; 김동규 등, 1998; 동양산전, 1998; 금종수, 1998). 따라서, 본 연구에서는 온도변화에 대한 인간 감성의 경향성만을 보기 위해서 건강한 성인 지원자 21명 중 임의로 6명을 피실험자로 선정하여 20.5℃에서 32.5℃까지 1℃씩 온도를 증가시키면서 EEG 데이터를 수집하였다. 각 단계별로 EEG를 받고난 후 EEG 받을 당시의 기분을 문진표에 작성하도록 하였다. 실험실 환경은 온도에 대한 변화만을 고려하기 위해 CO_2 가스농도, 습도를 각각 0~1,000ppm, 40~60%로 고정하였다. 당시의 실제 차량 내의 온도는 32℃를 상회하나 실험조건상 32℃를 초과했을 때 두피상에 부착된 전극이 땀으로 인하여 분리되는 현상이 일어나기 때문에 한정하였다. 온도 변화의 정확성을 기하기 위하여 자체 제작되어진 온도계를 이용하여 측정하였다. 제작되어진 온도계의 측정범위는 -50~100℃이며, intel 8097 chip을 이용하여 제작되었다.

2.3.3 습도변화에 따른 EEG spectrum 수집

습도에 대한 자료는 국내에서 많은 실험에 의해서 보고되어 있다(동양산전, 1998). 따라서, 본 연구에서는 습도변화에 대한 인간 감성의 경향성만을 보기 위해서 건강한 성인 지원자 21명 중 임의로 6명을 피실험자로 선정하여 30%에서 70%까지 5%씩 습도를 증가시키면서 EEG 데이터를 수집하였다. 각 단계별로 EEG를 받고 난 후 EEG 받을 당시의 기분을 문진표에 작성하도록 하였다. 실험실 환경은 습도에 대한 변화만을 고려하기 위해 CO_2 가스농도, 온도를 각각 0~1,000ppm, 23~26℃로 고정하였다. 습도 역시 70%를 초과했을 때 두피상에 부착된 전극이 땀으로 인하여 분리되는 현상이 일어나기 때문에 한정하였다. 습도 변화의 정확성을 기하기 위하여 자체 제작되어진 습도계를 이용하여 측정하였다. 제작되어진 습도계의 측정범위는 10~90%이며, intel 8097 chip을 이용하여 제작되었다.

2.3.4 C_4H_{10} 가스 농도변화에 따른 EEG spectrum 수집

건강한 성인 지원자 21명 중 임의로 6명을 피실

험자로 선정하여 C_4H_{10} 가스 주입 전(0ppm)과 주입 후(1,200ppm)로 나누어 EEG 데이터를 수집하였다. C_4H_{10} 가스는 폭발하한값이 2.12%이고 비중이 2.0이며 유해성이므로 농도를 낮게 설정하였다(김영해, 1983). C_4H_{10} 가스 농도 변화의 정확성을 기하기 위하여 자체 제작되어진 NDIR 계측기를 이용하여 측정하였다. 그림 2는 실험과정을 간략하게 나타낸 것이다.

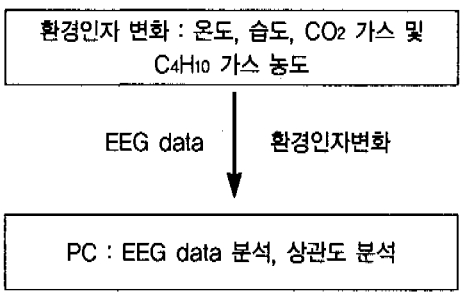

그림 2. 실험과정

2.3.5 문진표에 의한 주관적인 감성지수 평가

각 실험 단계별로 EEG 데이터 측정 후에 EEG 데이터를 받는 당시의 기분을 11점 척도로 문진표에 작성하도록 하여 주관적인 감성지수로 사용할 수 있도록 하였다. 실제 사용된 문진표의 일부를 표 1에 나타내었다.

2.4 분석방법

환경인자인 CO_2 가스 농도, C_4H_{10} 가스 농도, 온도 및 습도 변화에 대한 EEG 변화 데이터는 Biopac사의 MP100을 거쳐 퍼스널 컴퓨터에 입력되고, 이는 AcqKnowledge Ⅲ 프로그램을 통하여 실시간으로 모니터상에 나타나고 메모리에 저장된다. 저장된 EEG 데이터는 FFT(fast fourier transform) algorithm에 의해 계산되었고(김동윤 등, 1997; 백운주 등, 1997; 임재중 등, 1997; 황민철 등, 1997), 수학 프로그램의 일종인 MATLAB으로 자체 제작된 소프트웨어에 의해 각각의 주파수밴드별로 상대스펙트럼이 구해졌다. 그리고, CO_2 및 C_4H_{10} 가스 농도, 온도, 습도 증가에 따른 EEG spectrum 변화의 유의성을 보기 위하여 주파수 밴드별의 스펙트럼을 SAS 프로그램을 이용하여 통계처리를 행하였다(조인호, 1993).

각 주파수의 스펙트럼의 비는 스펙트럼 총 밀도를 1로 하였을 때의 비로 나타내고, Hermann이 구분한 방법에 따라서 δ, θ, α, β값을 구하였다(백운이 등, 1996). 주파수 밴드의 구성은 δ 0.5~3.5, θ 3.5~8, α 8~13, β 13~32Hz로 하여 전체 EEG 스펙트럼을 구한 후 각각의 상대 스펙트럼을 구하여 분석하였다.

변수는 아래와 같이 정의하였다.

$$\alpha' = \frac{\alpha}{\alpha+\beta+\theta+\delta} \quad \text{---------(식1)}$$

$$\beta' = \frac{\beta}{\alpha+\beta+\theta+\delta} \quad \text{---------(식2)}$$

$$\theta' = \frac{\theta}{\alpha+\beta+\theta+\delta} \quad \text{---------(식3)}$$

$$\delta' = \frac{\delta}{\alpha+\beta+\theta+\delta} \quad \text{---------(식4)}$$

$$\delta \text{ ratio} = \frac{\alpha+\beta}{\delta} \quad \text{---------(식5)}$$

SEF(spectral edge frequency) :
전체 주파수 합계의 95%가 되는 주파수

표 1. 실제 사용된 문진표의 일부

〈〈- 매우 기분이 나쁘다.									매우 기분이 좋다. -〉〉	
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

MPF(median power frequency) :
전체 주파수 합계의 50%가 되는 주파수

2.5 통계 및 분석

CO_2 가스 농도, C_4H_{10} 가스 농도, 온도 및 습도의 변화에 따른 EEG spectrum의 변화가 상관성이 있는지를 분석하기 위하여 Repeated Measured ANOVA를 사용하였고, 유의수준은 5%로 설정하였다(조인호, 1993).

3. 결과 및 고찰

3.1 자동차 실내 환경인자 변화

실제 차실내에서의 CO_2 가스 농도, 온도 및 습도 변화에 대한 실험결과를 표 2에 나타내었다. 실험당시의 실외온도는 23~27℃였고, 습도는 45%였다. 표 2에서 보듯이 자동차안의 CO_2 농도는 탑승자 2인의 경우 20분 그리고 3인의 경우 불과 10분만에 CO_2 가스 허용농도인 5,000ppm(김영해, 1983)에 근접하는 것을 알 수 있다. 또 시간의 경과에 따라 습도는 급속히, 온도는 서서히 증가하는 것을 알 수 있다.

3.2 환경인자변화에 대한 문진테스트

3.2.1 CO_2 가스 농도 변화에 대한 문진테스트

CO_2 가스 농도 변화에 대한 문진테스트 결과를 표 3에 나타내었다. 주입전에 양의 값을 나타내다가 CO_2 주입후 음의 값으로 감소하였다. 이는 가스 주입후 운전자의 감성이 불쾌한 방향으로 변하였다는 것을 나타낸다.

표 2. 실제 주차된 차량내에서의 시간에 따른 실내환경변화(CO_2, 온도, 습도)

차종 / 탑승자수 / 실내환경 / 시간경과	H자동차사의 E 차량								
	1인			2인			3인		
	CO_2 농도(ppm)	온도(℃)	습도(%)	CO_2 농도(ppm)	온도(℃)	습도(%)	CO_2 농도(ppm)	온도(℃)	습도(%)
0분	300	28.0	38	350	27.5	42	380	25.1	37
5분	1,170	28.2	38	2,000	27.5	42	2,860	25.1	37
10분	1,700	29.3	38	3,520	28.0	44	4,550	25.7	41
20분	2,130	29.9	41	4,980	28.7	46	7,130	26.5	46
30분	2,520	29.8	43	6,070	29.0	49	8,920	27.1	51
40분	2,750	29.4	45	6,670	29.0	49	9,480	28.8	54
50분	2,790	29.3	45	7,130	29.1	49	9,880	31.2	56
60분	2,920	29.5	46	7,550	29.1	51	)10,000 (측정불가)		
70분	3,060	29.6	47	7,920	29.3	54			
80분	3,350	29.3	48	8,500	29.1	55			
90분	3,440	29.1	50	8,620	29.1	57			

표 3. CO_2 가스 농도 변화에 대한 문진테스트 결과

CO_2 농도	CO_2 주입전	2,000ppm	4,000ppm	6,000ppm	환기시
평균값	0.67	-0.24	-0.38	-0.57	0.43

표 4. 온도 변화에 대한 문진테스트 결과

온도(℃)	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5
평균값	1.00	1.00	1.00	1.75	2.33	0.33	-1.83	-2.33

표 5. 습도 변화에 대한 문진테스트 결과

습도(%)	30	35	40	45	50	55	60	65	70
평균값	2	0	0	1.5	0.75	-0.75	-1.25	-1.5	-1

표 6. C_4H_{10} 가스 농도 변화에 대한 문진테스트 결과

C_4H_{10} 가스 농도	주입전(0ppm)	주입후(1,200ppm)
평균값	-0.25	-2.75

3.2.2 온도 변화에 대한 문진테스트

온도 변화에 대한 문진테스트 결과를 표 4에 나타내었다. 온도가 23.5℃에서 1.00이던 감성지수의 값이 28.5℃를 넘어가면서 음의 값으로 바뀌었다. 이는 운전자가 28℃에서 감성이 불쾌한 방향으로 변하였다는 것을 나타낸다.

3.2.3 습도 변화에 대한 문진테스트

습도 변화에 대한 문진테스트 결과를 표 5에 나타내었다. 습도가 45%에서 감성지수의 값이 1.5이던 것이 65%에서 -1.5가 되었다. 이는 운전자가 습도의 증가에 따라 감성이 불쾌한 방향으로 변하였다는 것을 나타낸다.

3.2.4 C_4H_{10} 가스 농도 변화에 대한 문진테스트

C_4H_{10} 가스 농도 변화에 대한 문진테스트 결과를 표 6에 나타내었다. C_4H_{10} 가스 농도가 0ppm에서 감성지수가 -0.25이던 값이 1,200ppm에서 -2.75가 되었다. 이는 운전자가 C_4H_{10} 가스 농도의 증가에 따라 기분이 나쁜 방향으로 변하였다는 것을 나타낸다.

3.3 환경인자 변화에 대한 EEG 스펙트럼 분석

3.3.1 CO_2 가스 농도 변화에 따른 EEG 스펙트럼 분석

CO_2 가스 농도별 EEG spectrum의 유의성 검토

CO_2 가스 농도별 EEG spectrum의 유의성 검토를 위하여 각 변수에 대한 Repeated Measured ANOVA를 실시하였다. 그 결과는 표 7에 나타내였다. 표 7에서 보듯이 δ', α', θ', δ ratio 및 MPF는 CO_2 가스 농도변화에 따라 EEG spectrum이 유의성있게 변화하였다. ($p < 0.05$)

CO_2 가스 농도증가에 따른 추세선 분석

CO_2 가스 농도변화에 따른 각 spectrum변수가 어떤 추이로 변화하는가를 분석한 결과를 표 8에 나타내었다. 표 8에서 보는 바와 같이 δ', α', θ', δ ratio 및 MPF는 선형관계를 나타내고 있음을 알수 있다. ($p < 0.05$)

변수들에 대한 농도의 상대적인 변화량

CO_2 가스농도에 대한 인간감성지수를 결정하기 위해서 각 변수들에 대한 농도의 상대적인 변화량

표 7. 각 변수에 대한 Repeated Measured ANOVA 결과

	δ'	β'	α'	θ'	δ ratio	MPF	SEF
p value	0.0020	0.1000	0.0001	0.0001	0.0020	0.0005	0.2397

표 8. CO_2 가스 농도증가에 따른 추세선 분석

	δ'	β'	α'	θ'	δ ratio	MPF	SEF
선형	0.0305	0.0747	0.0010	0.0039	0.0378	0.0365	0.3619
2차	0.0065	0.2840	0.0200	0.0137	0.0161	0.0142	0.1803
3차	0.1682	0.8665	0.0468	0.7479	0.1233	0.0170	0.1763

표 9. 변수들에 대한 농도의 상대적인 변화량

CO_2 가스 농도	2000ppm		4000ppm		6000ppm	
변 수	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
δ'	35.43	18.50	37.08	23.97	36.72	42.92
θ'	-9.63	11.66	-8.36	12.36	-7.41	15.72
δ ratio	72.05	37.29	69.85	57.44	72.68	85.84
MPF	-36.53	11.49	-40.45	11.26	-59.04	12.74
α'	-13.09	12.17	-16.99	10.49	-19.12	10.85
β'	12.72	28.20	20.17	28.69	22.2	33.89

을 구해보았다. CO_2 가스 농도 500ppm을 기준점(기본값을 0으로 한다)으로 하여 2000, 4000, 6000ppm에서의 상대적인 변화량을 각각의 변수(α', β', θ', δ', MPF, δ ratio)에 대하여 구하였다. 변수들에 대한 농도의 상대적인 변화량 결과를 표 9에 나타내었다.

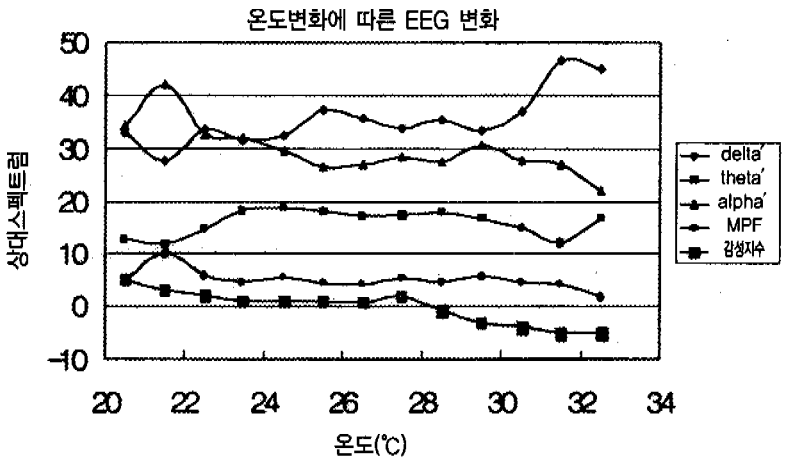

그림 3. 온도변화에 따른 EEG spectrum의 변화추이

표 9에서 일반적으로 정신적으로 안정되고 기분이 쾌적할 때 많이 보이는 α는 감소되고, 흥분되거나 불안할 때 많이 보이는 β는 증가하는 것으로 나타났다. MPF는 각성상태가 되기 시작하면 값이 높아지고 마취상태가 될수록 값이 낮아져서 마취약제의 투입 후 감소하는 경향을 보이기 때문에 임상에서 마취의 깊이를 측정하는 척도로 많이 응용되는데(고준석 등, 1994), 표 9에서처럼 CO_2 가스 농도 변화와 깊은 상관성이 있게 나타났다. 즉 CO_2 가스 농도가 증가함에 따라 MPF값이 감소하였다.

3.3.2 온도변화에 따른 EEG 스펙트럼

그림 3에 온도변화에 따른 EEG spectrum의 변화추이를 보였다. 온도변화에 따른 EEG spectrum의 변화추이를 보면 온도 28℃부근에서 δ은 증가하고, α 및 MPF 변수는 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또 문진 테스트 결과 1.00(23.5℃)에서 -2.33(30.5℃)으로 감소하였다. 이것은 28℃부근에서 온도제어의 필요성을 보여주는 결과이다.

3.3.3 습도변화에 따른 EEG 스펙트럼

그림 4에 습도변화에 따른 EEG spectrum의 변화추이를 나타내었다. 습도변화에 대한 EEG spectrum의 변화를 보면 다른 요소에 대해서는 습도 30~70% 전체에서 두드러진 변화가 나타나지 않았다. 하지만 delta′의 경우 증가하고, MPF의 경우 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 또 문진 테스트 결과 1.50(45%)에서 -1.50(65%)으로 감소하였다. 이것은 65%부근에서 습도제어의 필요성을 보여주는 결과이다.

3.3.4 C_4H_{10} 가스 농도 변화에 따른 EEG 스펙트럼

그림 5에 C_4H_{10} 가스 농도 변화에 따른 EEG 스펙트럼 변화추이를 나타내었다. C_4H_{10}가스농도 변화에 EEG spectrum의 변화를 보면 delta′의 경우 증가하고, MPF의 경우 감소하는 경향을 볼 수 있었다. 또 문진 테스트 결과 -0.25(0ppm)에서 -2.75(1,200ppm)로 감소하였다. 이것은 C_4H_{10}에 대한 제어의 필요성을 보여주는 결과이다.

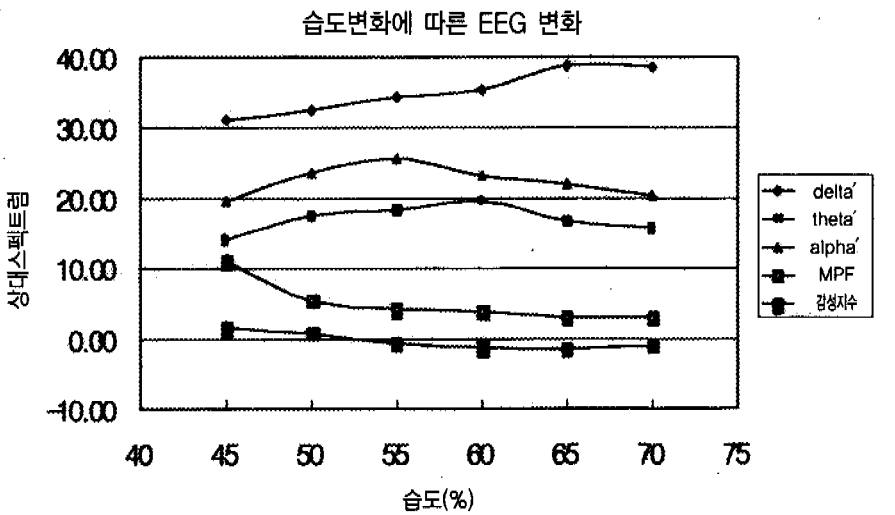

그림 4. 습도변화에 따른 EEG spectrum의 변화추이

4. 결론 및 고찰

문진 테스트의 평균값을 보면, 온도의 경우, 1.00(23.5℃)에서 -2.33(30.5℃)으로 변했고, 습도의 경우, 1.50(45%)에서 -1.50(65%)으로 변했고, CO_2 가스의 경우, 0.67(500ppm)에서 -0.57(6,000ppm)으로 변했으며, C_4H_{10}의 경우, -0.25(0ppm)에서 -2.75(1,200ppm)으로 변했다. 문진 테스트 결과, 환경인자 각각에 대한 쾌적환경에서 양의 값을 보이다가 환경인자 변화후 음의 값을 보임으로써 불쾌한 감성을 보였다. 그리고, EEG spectrum 변수 중 MPF는, 온도의 경우, 5.48(23℃)에서 4.06(30℃)으로 변했고, 습도의 경우, 11.03(45%)에서 3.03(65%)으로 변했고, CO_2 가스의 경우, 7.16(500ppm)에서 6.38(6,000ppm)로 변했으며, C_4H_{10}의 경우, 10.21(0ppm)에서 2.87(1,200ppm)로 변했다. EEG 스펙트럼 분석결과, 쾌적환경에서 불쾌적한 환경으로 변화됨에 따라 MPF 값이 모두 감소함을 알았다. 즉 문진테스트와 EEG 스펙트럼 분석 두가지 결과가 서로 비슷한 경향성을 나타냄으로써, EEG 스펙트럼을 이용한 객관적인 분석방법이 운전자의 감성변화를 평가하는 적절한 방법임을 알 수 있었다. CO_2 가스 농도를 기준으로 EEG 스펙트럼 변수 중 MPF를 이용하여 운전자의 감성을 지수로 나타내는 방법을 시도해 보았다. 감성범위는 0~99로 100단계로 구분하였다. CO_2 350~500ppm, 온도 24~26℃, 습도 40~60%의 쾌적환경에서 받은 EEG 스펙트럼의 MPF값을 0으로 설정하고, 증가변화량(%)의 절대값을 감성지수로 이용하였다. 이 때 변화량이 많을수록 쾌적상태에서 많이 벗어난다고 할 수 있다. 표 9에서 보듯이 CO_2 가스 농도가 6,000ppm으로 증가하였을 때 MPF는 0에서 59로 감소하였고, 표 3의 문진상의 주관적 평균 지수도 0.67에서 -0.24로 MPF와 같이 감소하는 경향을 보였으며, 주관적 서술 또한 '답답하다', '현기증이 난다', '두통이 있다' 등 쾌적상태를 벗어난 생리적인 불편함을 호소하였다. 따라서, MPF 지수가 50이상이 되었을 때 자동차 실내환경의 쾌적화를 위하여 외부로부터의 제어가 필요하리라 생각된다. 표 2에서 보듯이 실제차량에서 2인이 탑승한 경우, 30분이 지나면 CO_2 가스 농도가 허용한계(5,000ppm)를 넘어서게 된다. 특히 30분 이상씩 장거리 통근

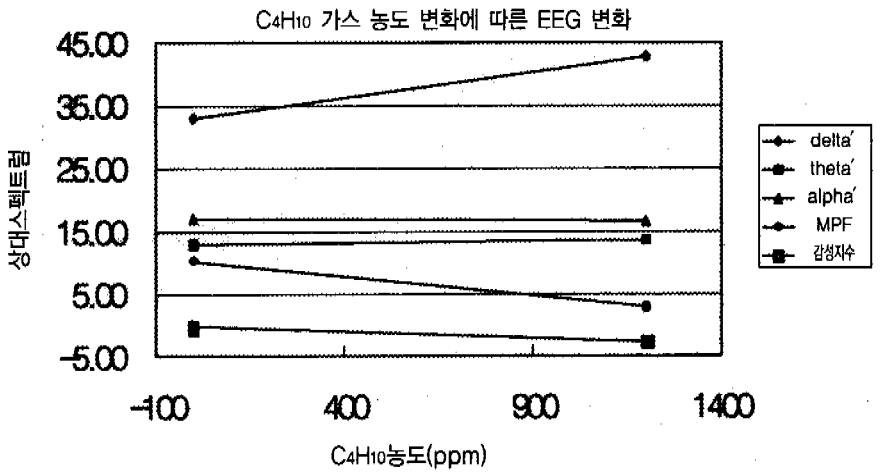

그림 5. C_4H_{10} 가스 농도 변화에 따른 EEG 스펙트럼 변화추이

을 하는 경우에 허용한계를 넘는 CO_2 가스 농도로 인해 운전자의 피로가 쌓이기 쉽고, 집중력에 영향을 줄 수 있게 된다는 점을 감안할 때 30분정도마다 환기의 필요성이 요구된다.

본 연구에서는, 자동차 실내환경인자 중 온도, 습도, CO_2 가스농도 및 C_4H_{10} 가스농도 변화가 운전자의 쾌적감에 미치는 영향을 객관적으로 평가하기 위하여 뇌파스펙트럼 분석을 행하였고, 가장 운전자의 변화에 민감한 요소를 알아보았다. 주로 CO_2 가스농도변화를 중심으로 실험을 행하였으나, 향후에는 운전자의 쾌적감에 영향을 미치는 다른 요소들에 대해서도 많은 고려가 있어야 할 것이다.

5. 참고 문헌

(1) 고준석, 백운이, 최석모, 이만기, 김중영, 김병권, "Halothane, enflurane 및 isoflurane 흡입시의 흰쥐 뇌파스펙트럼 분석", 대한마취과학회지, Vol. 27, pp. 1217-28, 1994.

(2) 김동윤, 김동선, 권의철, 임영훈, 손진훈(1997), "장면 시자극에 대한 감성측정에 관한 연구", 한국감성과학회 학술대회, pp. 85-89, 1997.

(3) 김영해, 가스 센서와 그 응용, 기전연구사, 1983.

(4) 백운이, "흡입 마취제의 복합 투여시 흰쥐 뇌파스펙트럼의 변화", 대한마취과학회지, Vol. 31, pp. 324-329, 1996.

(5) 백운이, 김시오, 문철원, "제왕절개술중 정맥마취제의 투여가 뇌파스펙트럼의 분석에 미치는 영향", 대한마취과학회지, Vol. 31, pp. 347-351, 1996.

(6) 백은주, 이윤영, 이배환, 문창현, 이수환, "오렌지향과 valeric acid향에 대한 뇌파와 자율신경계반응에 나타난 후각 감성", 한국감성과학회 학술대회, pp. 75-79, 1997.

(7) 이만기, 백운이, 김병권, 김중영, "흰쥐 뇌파의 스펙트럼 분석에 의한 enflurane 마취효과의 평가", 대한마취과학회지, Vol. 25, pp. 648-55, 1992.

(8) 임재중, 손진훈, 강대임, 여형석, 김지은, "뇌파의 시간-주파수 분석을 통한 피부감성평가", 한국감성과학회 학술대회, pp. 90-93, 1997.

(9) 조인호, SAS 강좌와 통계컨설팅, 제일경제연구소, 1993.

(10) 황민철, 류은경, 변은희, 김철중, "감성과 뇌파와의 상관성에 대한 연구", 한국감성과학회 학술대회, pp. 80-84, 1997.

11) Biopac, AcqKnowledge Ⅲ for the MP100 WSW Manual, Biopac Systems Inc., 1994.

12) Douglas, A. Skoog, Principles of Instrumental Analysis, Saunders College Publishing, 1985.

13) 금종수, 최광환, 김동규 등, "한국인의 온열쾌적감에 대한 연구", 한국감성과학회, pp. 199-212, 1998.

14) 김동규, 배동석, 금종수 등, "한국인의 온열쾌적감 및 생리신호에 관한 연구", 한국감성과학회 학술대회, pp. 264-269, 1998.

15) 동양산전, "실내기후의 쾌적지표 측정기 개발", pp. 447-463, 1998.

16) 금종수, "온열쾌적감 측정기술 및 DB개발", 과학기술정책관리사무소, pp. 83-90, 1998.