

# 자동차 실내 산소농도에 따른 환기설정에 관한 연구

## (A Study on Application of Air-Ventilation System Depending on Oxygen-Density in a Vehicle)<sup>†</sup>

허성관\*, 박동은\*\*, 권택진\*\*, 최종택\*\*  
(Sung-Kwan Huh) (Dong-Eun Park) (Tack-Jin Kwon) (Jong-Tak Choi)

**요약** 본 연구는 산소결핍이 운전자에게 미치는 영향을 여러 가지 모형으로 산소 테스트기로 실험하였다. 자동차 실내 유해물질 중 인체와 가장 밀접한 관련이 있는 산소의 농도와 소비량에 대하여 고찰하였고, 아울러 산소가 생체내에서 소비되는 다양한 형태를 파악함으로써 본 연구에 대한 이해를 돕고자 한다. 이 시스템에서 고려되는 것은 운전자에게 건강상 유해를 일으키는 기체상 인자의 농도범위를 조사·연구하여 운전자가 얼마간의 운전후에 휴식을 실시하거나 환기를 시켜야 한다는 것을 분석한다.

**Abstract** This paper perform the experiment, under the various conditions, for the influence of the lack of O<sub>2</sub> to the drivers. This study was focus of studying the system of the automatic ventilating system. The result of this study can implementation of improving the working environment where the working environment is closed space like vehicle. It is very close relation that the oxygen-density and there consumption between human body. And then, assisting this study, recognizing the variable types of the oxygen consumption in a human body. In this system, examination and research the element and density of the oxygen related. And analyze the time to take refreshment of drivers.

### 1. 서론

자동차의 대중화에 따른 운전면허 취득자의 급증으로 97년말에는 1,850만명에 이르러 우리 나라 인구 2.6명당 1명이 운전면허를 취득할 정도로 운전면허의 필수 자격증 시대가 도래하고 있다. 또한 여름철 같은 고온에 따른 질식사 및 부적절한 환기에 따른 두통 및 기타 질병과 부수적인 교통사고는 아직까지 정확한 통계자료가 구비되어 있지 않다.

우리가 환기로 인한 건강의 문제를 고려할 때, 우리는 그들의 상해를 오판하는 경향들이 많이 존재한다. 작업자들을 괴롭히는 신체의 증상은 겉으로는 아무렇지도 않고

그것을 입증하기도 어렵지만 상해를 입은 작업자들의 괴로운 현실적으로 광범위하게 존재하고 있다.

종래의 실내환기시스템에 대한 각종 선행 연구들로서,鈴木[1]은 광촉매반응을 이용한 자동차 실내의 악취제거 시스템을 개발하였고,小澤[2]은 정전기를 이용한 분진제거 시스템을 개발하였으나 이들의 연구는 악취와 분진제거에 국한되는 것으로서, 대상이 본 연구에서와 다르며 또 시스템 개발의 방법론에서도 다른 것이다.

본 연구에서는 자동차의 공기오염도에 대한 측정을 일차적으로 실시하였으며, 이 시스템에서 고려되어지는 것은 운전자에게 건강상 유해한 산소의 농도범위를 조사·연구하여 운전자의 운전시간에 따른 휴식 및 환기시간과 간격을 분석하였다.

<sup>†</sup> 이 논문은 1999년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

\* 대구대학교 산업공학과 교수

\*\* 대구대학교 산업공학과 박사과정

### 2. 산소가 인체에 미치는 영향

현대의 많은 사람들은 대부분 밀폐된 공간에서 생활하고 있다. 밀폐된 공간은 자체의 유독하고 유해한 가스를 외부로 적절한 시기에 배출시키지 못하는 경우 사람들의 건강 및 안전을 해치거나 심한 경우 인명피해까지도 나타나며 이러한 경우 유해해진 실내환경을 사람이 미처 느끼지 못하는 경우가 대부분이다[3][4][5].

특히, 자동차 운전의 경우 장거리 운행시 매 20분마다 차창을 열어서 실내공기를 환기시키도록 교통 캠페인을 벌이고 있으나 운전자의 대부분은 여러 가지 이유로 이를

망각하고 있다.

본 연구는 가스성분 중 인체와 가장 밀접한 관련이 있는 산소의 특성과 소비량에 대하여 고찰하고, 아울러 산소가 생체 내에서 소비되는 다양한 형태를 파악함으로써 본 연구에 대한 이해를 돕고자 한다.

산소 농도와 증상과의 관계를 대략 4단계로 분류하여 <표 1>에 나타내었으며 산소결핍에 대한 인간의 반응을 나타내면 <표 2>와 같으며 산소가 6%인 극단적이 저농도에서는 이러한 공기를 단 1회만 호흡하여도 실신하거나 추락사 할 수도 있다.[6]

<표 1>Henderson과 Haggard의 농도분류

단계	공기		동맥혈		증상
	산소농도(%)	산소분압(mmHg)	산소포화도(%)	산소분압(mmHg)	
1	12~16	90~120	85~89	45~60	맥박증가, 호흡수 증가, 정신집중력의 저하, 계산 착오, 세심한 근육작업의 약화, 두통, 귀울림, 메스꺼움
2	9~14	68~105	74~85	40~45	판단력저하, 발양상태, 불안정한 정신상태, 상처의 통증이 없어짐, 명정상태, 귀울림, 메스꺼움, 기억상실, 전신발진, 체온상승, 안면창백, 의식몽롱
3	6~10	45~70	33~74	20~40	의식상실, 혼도, 중추신경장애, 혈떡거림, 안면창백, 전신근육의 경련
4	6이하	45이하	33이하	20이하	실신이나 혼수 및 호흡속도저하 →호흡정지→심장정지

<표 2>산소결핍에 대한 사람의 반응

산소농도	사람의 반응
21%	정상상태
18%	안전한계이나 연속환기가 필요
16%	호흡, 맥박의 증가, 두통, 메스꺼움, 토할 것 같음
12%	어지러움, 토할 것 같음, 근력저하, 체중지지불능으로 추락(죽음에 이른다.)
10%	안면창백, 의식불명, 구토(토한 것이 기도를 폐쇄하여 질식사)
8%	실신 후 7~8분 이내 사망
6%	순간에 혼절, 호흡정지, 경련, 6분이면 사망

<표 3> 피험자특징 및 실험조건

피험자 상태	실험조건 I	실험조건 II	실험조건 III
건강한 대학생 20명 체중 58~73kg 신장 165~183cm	주차시	조건없음(시동이 꺼진 상태) 흡연(시동이 꺼진 상태) 시동 + 히터(1단)가동 시동 + 에어컨(1단)가동 시동 + 흡연 + 히터(1단)가동 시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동	흡연시간:5분 (실험시작 2분 후 흡연) 개인당 1개피 흡연 1,2,3,4인 동시 흡연
건강한 대학생 20명 체중 58~73kg 신장 165~183cm	주행시	조건없음(시동이 켜진 상태) 흡연(시동이 켜진 상태) 시동 + 히터(1단)가동 시동 + 에어컨(1단)가동 시동 + 흡연 + 히터(1단)가동 시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동	

3. 자동차 실내 산소농도실험

서 실험을 행하였다.

1) 실험조건

본 실험에서는 자동차 실내공간에서의 산소농도의 변화를 취급한 것으로 피험자는 운전가능하고 건강상 문제가 없는 남자 대학생 20명을 피실험자로 하였다. 이때 실험에 이용한 차종은 1996년형 소나타 III,

오토매틱이며, 실험 전에 차에 이상이 없음을 정비소에서 검사를 완료한 후에 실험을 실시하였다. 또한 편차의 범위를 최소화하여 신뢰성을 향상시키기 위하여 각각의 조건마다 반복 5회 실험을 실시하였다. 이때 산소농도 측정장비는 유해가스 감지기 XP-302II를 사용하였으며, 주행속도는 고속도로상에서 평균 60km/h로 하였으며, 실내·외의 온도에 따른 산소농도의 변화는 고려하지 않았으며, 이에 대한 전반적인 실험조건은 <표 3>에 나타내었다. 여기서 실외의 온도는 20~25℃상태이고, 35일간 실시하였으며 주차 및 주행시의 외부공기는 차단된 상태에

2) 실험방법

본 실험의 조건은 <표 3>의 실험조건표와 같으며, 산소소비량에 미치는 다른 요인들의 영향을 배제하기 위하여 오전, 오후에 식후 최소 1시간이 경과한 후 실험을 실시하였다 가능한 한 건강상태가 좋지 않다고 판단되었던 경우에는 실험에 제외시켰다. 총 실험회수는 240회로, 6가지의 상태를 탑승인원 1, 2, 3, 4인으로 각 조건에 따라 5회 반복실험을 주차 및 주행시로 하여 행하였다.

3) 실험데이터 및 분석

(1)주차시의 실험결과

<표 4>조건없음(시동이 꺼진 상태)의 산소농도

시 간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	20.9	20.8	20.8	20.6
10	20.9	20.7	20.4	20.3
15	20.8	20.4	20.2	20.0
20	20.8	20.3	20.0	19.6
25	20.8	20.1	19.8	19.4
30	20.7	20.0	19.6	19.2

<표 5> 탑승자 1인의 분산분석

	편차제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
회귀	0.05143	1	0.05143	45.000	0.01
잔차	0.005714	5	0.001143		
합계	0.5714	6			

<표 6> 탑승자 2인의 분산분석

	편차제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
회귀	.823	1	.823	360.000	.000
잔차	0.01143	5	0.002286		
합계	.834	6			

<표 7> 탑승자 3인의 분산분석

	편차제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
회귀	1.556	1	1.556	363.000	.000
잔차	0.02143	5	0.004286		
합계	1.577	6			

<표 8> 탑승자 4인의 분산분석

	편차제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
회귀	2.580	1	2.580	457.278	.000
잔차	0.02821	5	0.005643		
합계	2.609	6			

(2) 주차시의 결과분석

본 실험에서는 정차시에 6가지의 조건하에서 탑승자에 따른 산소의 농도와 일산화탄소의 농도변화를 분석하여 보았다. 전체적으로 산소의 농도는 시간이 흐름에 따라 감소하였으며, 일산화탄소의 농도는 증가하는 추세로 나타났다. 특히, 일산화탄소의 경우 흡연시는 순간적으로 공기의 오염농도를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한 추세선의 유의성 검정을 해본 결과, 모두가 매우 유의한 것으로 나타났으므로, 이에 대한 결과를 토대로 추세선을 연장하여 인체에 유해한 시간 즉 산소농도 16%에 이를 때까지의 시간을 도출하였다. 산소농도가 20%일때는 인체에 악영향을 간접적으로 미치지만, 16%일때는 인체에 직접적인 악영향을 끼쳐 호흡곤란, 맥박증가등의 증상이 나타나며 경우에 따라서는 사망에 이를 수도 있기 때문이다. 이에 대한 내용을 요약하면 <표 14>와 같다.

(3) 주행시의 실험결과

주행시의 산소농도 및 일산화탄소의 농도에는 다소의

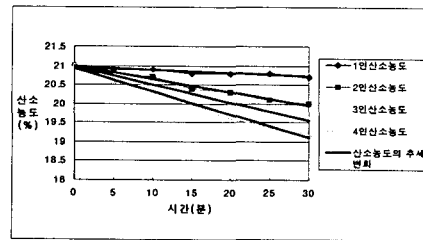
변화는 있었지만, 정차시의 경우와 같은 결과를 나타내었다. 그러나 정차시보다 주행시에는 휴식과 밀접한 관련성이 있으므로 운전자는 휴식을 필요로 한다.

이에 본 실험에서는 시간의 경과와 산소농도변화 간의 유의성 검정을 행하고 이의 결과를 토대로 추세선을 나타내도록 한다.

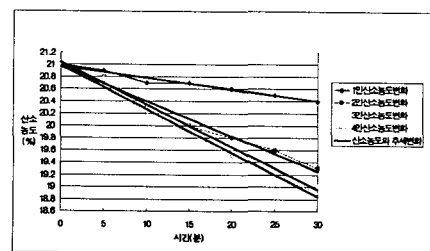
(4) 주행시의 결과분석

본 실험에서는 주행시 6가지의 조건하에서 탑승자에 따른 산소의 농도변화를 분석하여 보았다. 전체적으로 산소의 농도는 시간이 흐름에 따라 감소하였다. 또한 추세선의 유의성 검정을 해본 결과, 모두가 매우 유의한 것으로 나타났으므로 이를 토대로 추세선을 연장하여 인체에 유해한 탑승시간을 추정하였다. 이에 대한 내용을 요약하면, <표 15>와 같다.

탑승자 수	추 세 선
탑승자 1인	$\hat{y}_i = -0.00857x_i + 20.971$
탑승자 2인	$\hat{y}_i = -0.0343x_i + 20.986$
탑승자 3인	$\hat{y}_i = -0.0471x_i + 20.964$
탑승자 4인	$\hat{y}_i = -0.0607x_i + 20.925$



<그림 1> 조건없음(시동이 꺼진 상태)의 추세선



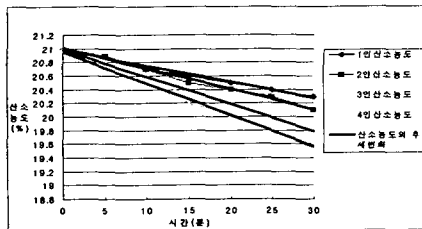
<그림 2> 흡연(시동이 꺼진 상태)의 추세선

<표 9>흡연(시동이 꺼진 상태)의 산소농도

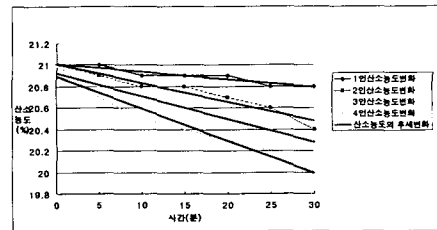
시 간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	20.9	20.8	20.8	20.7
10	20.7	20.3	20.3	20.2
15	20.7	20.0	20.0	19.9
20	20.6	19.8	19.6	19.5
25	20.5	19.6	19.3	19.2
30	20.4	19.3	19.0	18.9

<표 10>시동 + 히터(1단)가동의 산소농도

시간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	20.9	20.9	20.8	20.7
10	20.7	20.7	20.6	20.5
15	20.6	20.5	20.3	20.2
20	20.5	20.4	20.2	20.0
25	20.4	20.3	20.0	19.8
30	20.3	20.1	19.8	19.6



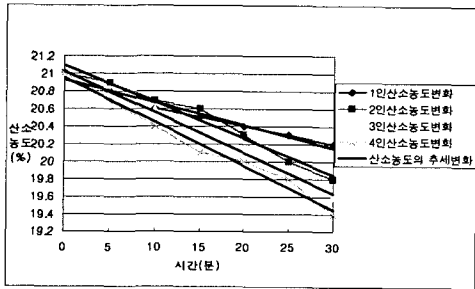
<그림 3>시동 + 히터(1단)가동의 추세선



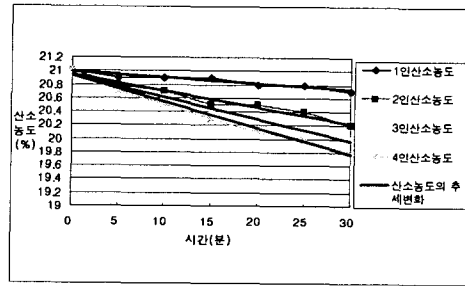
<그림 4>시동 + 에어컨(1단)가동의 추세선

<표 11>시동 + 에어컨(1단)가동의 산소농도

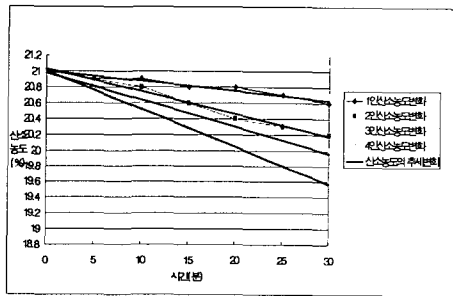
시 간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	21.0	20.9	20.8	20.7
10	20.9	20.8	20.6	20.5
15	20.9	20.8	20.6	20.4
20	20.9	20.7	20.5	20.3
25	20.8	20.6	20.4	20.2
30	20.8	20.4	20.3	20.0



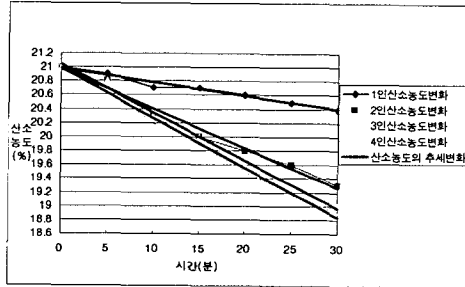
<그림 5>시동 + 흡연 + 히터(1단)가동의 추세선



<그림 7>조건없음(시동이 켜진 상태)의 추세선



<그림 6>시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동의 추세선



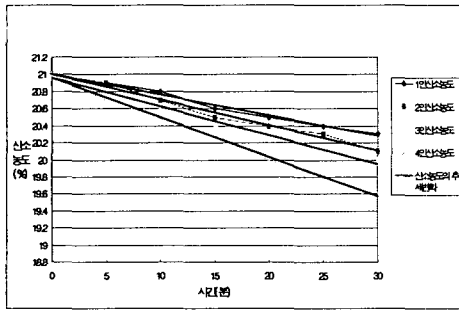
<그림 8>흡연(시동이 켜진 상태)의 추세선

<표 12>시동 + 흡연 + 히터(1단)가동의 산소의 농도

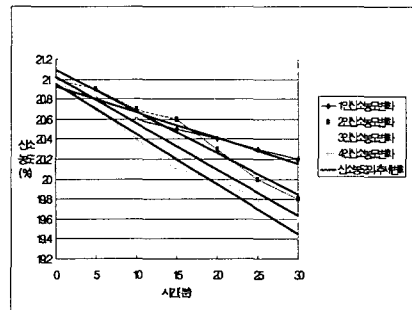
시 간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	20.8	20.9	20.8	20.7
10	20.6	20.7	20.6	20.4
15	20.5	20.6	20.3	20.1
20	20.4	20.3	20.1	20.0
25	20.3	20.0	19.9	19.8
30	20.2	19.8	19.6	19.4

<표 13>시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동의 산소의 농도

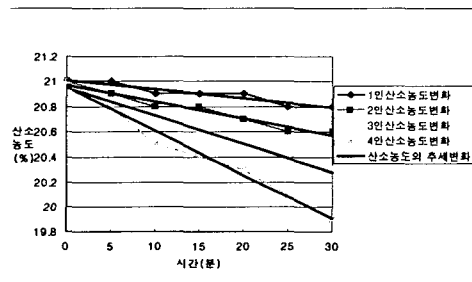
시 간(분)	산소 농도(%)			
	1인	2인	3인	4인
0	21.0	21.0	21.0	21.0
5	20.9	20.9	20.8	20.8
10	20.9	20.8	20.6	20.5
15	20.8	20.6	20.5	20.3
20	20.8	20.4	20.3	20.0
25	20.7	20.3	20.1	19.8
30	20.6	20.2	20.0	19.6



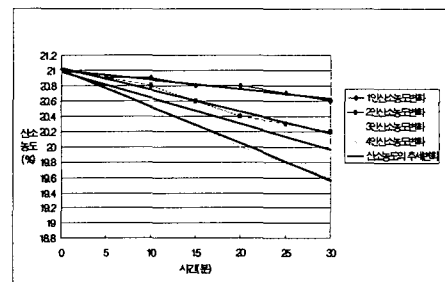
<그림 9>시동 + 히터(1단)가동의 추세선



<그림 11>시동 + 흡연 + 히터(1단)가동의 추세선



<그림 10>시동 + 에어컨(1단)가동의 추세선



<그림 12>시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동의 추세선

<표 14> 산소농도감소의 결과치

		산소의 농도변화에 따른 시간치(분)				
		20(%)	19(%)	18(%)	17(%)	16(%)
조건없음 (시동이 꺼진 상태)	탑승자 1인	113.3	230.0	346.7	463.4	580.1
	탑승자 2인	28.8	57.9	87.1	116.2	154.4
	탑승자 3인	20.5	41.7	62.9	84.2	105.4
	탑승자 4인	15.2	31.7	48.2	64.7	81.1
흡연 (시동이 꺼진 상태)	탑승자 1인	50.5	102.3	154.2	206.0	257.8
	탑승자 2인	17.0	34.5	52.0	69.6	87.1
	탑승자 3인	15.0	29.4	43.9	58.3	72.7
	탑승자 4인	13.8	27.8	41.8	55.8	69.8
시동 + 히터(1단)가동	탑승자 1인	41.6	84.0	126.4	168.7	211.1
	탑승자 2인	33.6	66.9	100.2	133.6	166.9
	탑승자 3인	24.7	49.7	74.7	99.7	124.7
	탑승자 4인	20.6	42.1	63.7	85.2	106.8
시동 + 에어컨(1단)가동	탑승자 1인	141.0	281.1	421.2	561.2	701.3
	탑승자 2인	56.8	113.0	169.2	225.3	281.5
	탑승자 3인	43.0	89.8	136.5	183.2	230.0
	탑승자 4인	29.8	63.1	96.4	129.8	163.1
시동 + 흡연 + 히터(1단)가동	탑승자 1인	36.2	75.1	114.0	152.9	191.8
	탑승자 2인	26.4	50.6	74.7	98.9	123.0
	탑승자 3인	22.9	43.6	65.2	86.8	108.3
	탑승자 4인	19.0	39.0	59.0	59.0	99.0
시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동	탑승자 1인	82.3	165.0	247.6	330.3	412.9
	탑승자 2인	36.0	70.9	105.9	140.9	175.8
	탑승자 3인	29.0	58.8	88.5	118.3	148.1
	탑승자 4인	21.0	41.8	62.7	83.6	104.5

4) 실험결과평가

본 실험에서 알 수 있는 내용으로는 차량의 정차시든 주행중이든 간에 시간경과에 따른 산소농도는 급격히 감소하여 운전자 및 탑승자에게 유해한 환경을 조성하게 된다는 것을 알 수가 있었으며, 단순회귀분석을 실시하여 그 유의성을 검정하였다. 이는 환기의 필요성이 실험으로 증명되어지는 사실이지만, 실제로 얼마의 시간이 경과하였을

때, 환기를 시켜야 된다는 내용을 알 수가 없었다. 그러나 본 실험에서는 추세를 이용하여 승차인원에 따라 필요한 환기의 시간간격(환기간격)을 결과적으로 보여주고 있다. 특히, 흡연의 경우에는 실내공기를 단시간에 급격히 악화시킨다는 것을 보여주었으며, 이에 따라 환기주기를 단축시켜야 한다는 것도 증명하였다. 흡연시 에어컨 가동보다는 히터의 가동이 훨씬 더 공기오염도를 심화시켰으며, 일반 운전자들은 에어컨이든 히터든 간에 1단의 주행보다는 2~3단으로 정차 또는 주행을 함으로써 보다

강한 위험성이 나타남을 알 수가 있다.

4. 결 론

본 연구는 직업병예방을 위한 작업환경개선 시스템개발의 일환으로서 밀폐된 작업장에서의 건강장해를 해소하기 위한 방안의 전 단계로 자동차 안전환기시스템의 개발에 초점을 맞추어 실험을 실시하였으며, 이를 토대로 시스템을 개발하기에 이르렀다. 먼저, 실험결과에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 차량이 정체상태이든 주행상태이든 간에 시간이 지남에 따라 산소의 농도는 급속히 감소되어짐을 볼 수가 있었다. 이 결과로 환기의 필요성을 도출하게 되었다. 특히, 실내공간내에 스스로 판단하여 창문의 작동을 할 수 없는 어린이 또는 노약자 및 수면의 경우 사망 또는 신체적 장애, 정신적 피해를 유발할 수가 있다.

둘째, 승차인원의 증가는 산소의 농도의 급격한 감소를 가져올 뿐만 아니라, 일산화탄소의 증가를 가져왔다.



<표 15> 산소농도감소의 결과치

		산소의 농도변화에 따른 시간치(분)				
		20(%)	19(%)	18(%)	17(%)	16(%)
조건없음 (시동이 켜진 상태)	탑승자 1인	115.1	231.7	348.4	465.1	581.8
	탑승자 2인	39.1	80.3	121.4	162.6	203.7
	탑승자 3인	28.8	60.0	91.1	122.3	153.4
	탑승자 4인	23.9	49.8	75.7	101.6	127.5
흡연 (시동이 켜진 상태)	탑승자 1인	42.0	83.2	124.3	165.5	206.6
	탑승자 2인	20.7	40.7	60.7	80.7	100.7
	탑승자 3인	15.5	30.8	46.2	61.7	77.0
	탑승자 4인	14.0	28.4	42.8	57.3	71.7
시동 + 히터(1단)가동	탑승자 1인	41.4	82.6	123.7	164.9	206.1
	탑승자 2인	33.6	66.9	100.2	133.6	166.9
	탑승자 3인	28.6	58.4	88.1	117.9	147.7
	탑승자 4인	20.9	42.4	64.0	85.5	107.1
시동 + 에어컨(1단)가동	탑승자 1인	141.0	281.1	421.2	561.2	701.3
	탑승자 2인	71.7	145.2	218.8	292.3	365.8
	탑승자 3인	42.8	88.1	133.3	178.6	223.8
	탑승자 4인	27.3	55.8	84.4	112.8	141.5
시동 + 흡연 + 히터(1단)가동	탑승자 1인	41.4	82.6	123.7	164.9	206.1
	탑승자 2인	31.1	60.9	90.7	120.4	150.2
	탑승자 3인	22.7	45.3	67.9	90.5	113.0
	탑승자 4인	20.3	42.2	64.1	86.0	107.9
시동 + 흡연 + 에어컨(1단)가동	탑승자 1인	82.3	165.0	247.6	330.3	412.9
	탑승자 2인	47.9	97.9	147.9	197.9	247.9
	탑승자 3인	30.9	62.8	94.6	126.5	158.3
	탑승자 4인	22.2	44.1	66.0	87.8	109.7

셋째, 히터의 가동은 실내의 산소를 더 많이 소모시키는 결과를 가져오게 되었다. 이는 환기주기를 그렇지 않은 경우보다 짧은 주기를 필요로 한다는 것이다.

넷째, 흡연시 산소의 농도감소뿐만 아니라 일산화탄소의 증가를 가져와서 탑승자에게 치명적인 손상을 유발시킬 수 있음을 파악하였다.

다섯째, 이러한 실험결과는 자동 안전환기시스템의 필요성을 인식하게 하였다.

도출된 실험결과를 토대로 밀폐된 자동차 내에서 발생하는 질식, 폭발사고를 예방할 수 있는 시스템의 개발이 진행되어야 할 것이다.

### 참고 문헌

[1] 鈴木賢一郎, "光触媒式空氣清淨器", 豊田中央研究所

R&D レビュー, Vol.28, No.3, 1993.

[2] 小澤榮一ほか, "車内空氣環境改善の新技术", 三菱自動車テクニカルレビュー 1993, No.5, 1993.

[3] 김민영, "실내오염의 현황 및 잠재적 영향", 환경보전협회, 통권 249호.1992, 5-9.

[4] 김윤신, "실내공기오염", 대한의학협회지. 제32권, 1989, 1279-1285.

[5] 한국과학기술원, "실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(1) -온열 및 공기질에 대해서-" 과학기술처, KIST, UCN998-4939-2, 1993.

[6] 산업안전공단, 산소결핍에 대한 중대 재해예방, 1999.



**허 성 관**

대구대학교 자동차 산업기계공학부  
교수  
대구대학교 산업안전 연구소 소장  
안전운동 연합 공동 대표



**박 동 은**

영진전문대 교수  
세운 건설(주) 이사  
경산 안전운동연합 본부장



**권 택 진**

경운대학교 건축과 교수  
구주건설(주) 대표이사  
대구대학교 산업공학과 박사과정



**최 종 탁**

안동과학대학 교수  
소음공해추방운동 본부장  
안전운동연합 사무총장