

자동차 실내공기질 현황

○ 양원호 | 대구가톨릭대학교 산업보건학과
교수
E-mail : whyang@cu.ac.kr

1. 머리말

실외 대기는 바람 등에 의한 자연적인 희석률이 크고, 사회적 인식 확대 및 각종 환경규제 등으로 대기오염 수준은 억제되고 있으나, 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비 또는 실내 발생원을 통하여 오염된 공기가 계속적으로 순환되면서 오염농도가 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있을 정도로 증가될 수 있기 때문에 실내환경 공기질에 대한 인식이 새롭게 부각되기에 이르렀다.⁽¹⁾ 인간은 일반적으로 대략 하루에 1.5 kg의 음식을 섭취하고 2 L 정도의 물을 마시며, 공기는 13,000 L 정도를 흡입해야 살 수 있으며 단 몇 분만 호흡을 멈추더라도 곧 사망하게 될 만큼 중요하다. 직장 성인이 경우 하루 24시간 중 90% 이상을 실내(주택, 사무실, 작업장, 자동차 등)에서 생활하는 것으로 조사보고 있다^{(2)~(3)}.

한편, 일반 대기환경과 비교 할 때 자동차 실내 환경은 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 질소산화물(Nitrogen Oxide, NO_x), 미세입자(fine particle, PM), 다환방향족탄화수소(Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 등 공기오염물질의 농도가 높을 가능성이 있으며, 자동차 주행시 운전자 및 탑승자의 공기오염물질에 대한 노출 및 건강위해성의 관심이 높아지고 있다^{(4)~(6)}. 차량 이용과 관련한 공기오염물질 노출에 대한 국

내외 연구들에서 휘발유 사용과 관련이 없는 일상 활동에 비해 출퇴근시 차량내에서 상승된 노출이 되고, 이로 인한 건강위해도가 증가된다고 한다^{(7)~(8)}. 또한 차량 운전시 배출되는 공기오염물질로 인해 도로에서의 공기오염물질 농도는 일반 대기보다 높아지고, 이렇게 오염된 도로상의 공기가 차량실내 또는 주변 주택 실내로 유입되기 때문에 차량실내 또는 주변 주택 실내의 공기오염물질 농도가 증가된다고 한다^{(9)~(10)}.

Chan 등(1991)은 미국의 노스캐롤라이나에서 차량과 관련된 연구를 실시하였는데, 도심과 간선 그리고 교외의 3개 노선을 승용차로 운행하면서 차량실내의 오염도를 알아본 결과 차량의 이동이 잦은 도심이 가장 높은 농도를 나타내었고, 차량의 왕래 적은 교외지역이 가장 낮은 농도를 나타내었다. 또한 차량 실내농도의 농도가 높은 이유로 차량 실외 공기질 뿐만 아니라 차량의 배기시스템, 엔진 및 카뷰레이터(carburetor), 차량 실내 내장재 때문이었다⁽¹¹⁾. 그리고 Dor 등(1995)은 파리에서 교통수단에 따른 노출 정도를 평가하여 자가용 운전자, 버스와 전철을 이용하는 대중교통 이용자, 도보 통근자들을 대상으로 VOCs의 농도를 측정하였다. 그 결과 휘발유 차량인 자가용에서의 농도가 가장 높았고, 다음으로 도로상으로 걸어서 출퇴근하는 사람, 대중교통수단의 순으로 나타났다⁽¹²⁾.

인간의 일상생활은 선택의 연속이다. 선택의 기

준은 그 결과로 초래되는 피해 또는 비용에 비해 혜택이 얼마나 증가하는 것이다. 자동차 이용에 따른 불의의 사고에 대한 피해는 사망까지 야기할 만큼 위해를 줄 수 있지만, 자동차의 운행이 주는 편익이 훨씬 많기 때문에 현대인들은 서슴지 않고 자동차를 선택하는 것이다. 현대 사회에서 자동차의 이용이 필수적이라면 자동차 실내공기오염에 따른 건강위해성을 고려해야 한다. 본 연구는 자동차 실내공기오염에 따른 운전자 및 탑승자의 건강영향을 고려할 때, 정부 차원의 규제기준은 없으나 새집 증후군 또는 빌딩증후군과 같은 실내공기 오염물질 노출에 따른 일반 국민의 인식 확산이 증가하는 실정으로 자동차 실내공기질 현황을 고찰하여, 향후 자동차 실내공기질 관리 및 규제에 대한 기초 자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

2. 자동차 실내공기질 현황

자동차 실내공기질은 신규로 제작된 자동차 내장재 및 자동차 사용자의 흡연 등 개인특성에 의한 실내발생원과 자동차 배기가스 및 운행 중인 도로 주변 대기환경 공기오염물질이 자동차 실내로 환기를 통해 유입으로 결정될 수 있다. 또한 자동차 내부에 설치된 공기정화기도 실내공기질에 영향을 줄 수 있다.

2.1 자동차 실내발생원에 의한 공기질

자동차 실내발생원에 대한 공기질은 특히 신차 내장재에 의해 발생하는 유해물질 중 VOCs에 초점이 이루어지고 있으며, Schupp 등(2005)은 차량 실내의 단기간 노출기준으로 자일렌, 포름알데히드 및 아세트알데히드에 대해 각각 29mg/m³, 0.125 mg/m³ 및 15.3 mg/m³을 제안하기도 하였다⁽¹³⁾.

1) 운전자 또는 탑승자에 의한 실내 발생

윤동원 등(2005)이 발표한 결과에 따르면, 승용차에 1명이 탑승한 상태에서 측정된 이산화탄소

(CO₂)의 농도는 1시간 경과 후 5,000 ppm까지 상승하였다⁽¹⁴⁾. CO₂는 인간의 호흡시 배출되는 것으로 실내환경 기준의 5배나 되는 값이다. 이 결과는 차량에 환기를 없는 상태에서 운전자 또는 탑승자가 있을 때 CO₂ 농도는 위해 수준 정도로 증가할 수 있음을 나타내는 것이다.

2) 신차 및 구차의 실내공기질

신차와 구차 내부에서 배지에 채취한 부유세균과 곰팡이를 분석한 결과에 의하면, 구차가 신차에 비하여 세균이나 곰팡이가 2배 이상 측정되었다. 또한 동시에 측정된 신차 및 구차의 VOCs는 농도는 신차에서 2시간 경과 후 57.62 mg/m³로 실내공기질 권고기준인 0.5 mg/m³의 평균 30배 정도를 나타내었다(표 1)⁽¹⁴⁾. 신차에서 이렇게 높게 나타난 것은 신차 내부 소재들에서 발생된 것으로 생각할 수 있으며, 이 연구가 여름철에 수행된 것을 고려하면 고온에 따른 VOCs 배출이 가속화 되었을 것으로 생각한다. 하지만, 신차를 구입하여 여름철 옥외 주차장이나 실외에 차량을 주차한 후 사람이 탑승할 경우 고농도 VOCs에 노출 가능성을 알 수 있다.

표 1. 신차 및 구차의 실내공기질 측정

	미생물 (CFU/m ³)		휘발성 유기화합물 (mg/m ³)		
	부유세균	곰팡이	밀폐직후	1시간 경과	2시간 경과
신 차	9	33	27.77	48.05	57.62
구 차	20	65	0.94	1.39	1.91

* 윤동원 등(2005).

호주의 Brown과 Cheng(2000)는 출고된 후 1개월 또는 2개월 된 신차에서 측정한 VOCs 농도는 64,000 ug/m³까지 측정되었으며, 이후 1개월 후 대략 7배 감소하는 것으로 보고하였다(표 2).⁽¹⁵⁾ 측정된 VOCs 중 벤젠 계열 및 극성 유기화합물이 대부분으로 신차 내부에서 발생된 것으로 보고하였다. 신차의 VOCs 농도는 지속적으로 감소하였으며, 대

표 2. 신차의 실내공기질 측정(호주)

휘발성 유기화합물	농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) @0°C, 101kPa			
	차량 실내			외기
	3 주	9 주	95 주	9~95 주
Acetone + n-Pentane	3700	1000	21	10
n-Hexane + MEK	500	34	507	<1
Benzene	84	26	20	2.4
n-Heptane	740	17	1.1	<1
Methylcyclohexane	22	0.7	<1	
MIBK	590	43	4.1	<1
Toluene	9500	450	57	13
n-Octane	35	0.9	<1	
Ethylbenzene	880	56	7.5	1.4
m+p-Xylene	2900	230	30	5.5
Styrene + o-Xylene	2000	430	16	1.4
Alkene (C10)	1300	130	2.0	<1
n-Decane	610	7.2	1.2	
1,2,4-Trimethylbenzene	400	130	15	2.2
n-Undecane	870	310	4.6	<1
Other VOCs	<850	<190	<7	<1
TVOCs	64,000	9500	410	100

표 3. 신차의 실내공기질 측정(중국)

	포름알데하이드	벤젠	톨루엔	자일렌
평균±편차 (mg/m^3)	0.08±0.06	0.27±0.25	1.22±1.81	0.17±0.33
범위 (mg/m^3)	0.02~1.11	0.01~1.75	0.01~16.24	0.02~3.67
실내공기질기준 (mg/m^3)	0.10	0.11	0.20	0.20
기준 초과 수	194	604	658	201
기준 초과율 (%)	24	75	82	25

략 1주가 경과할 때마다 20%씩 농도가 감소하는 것으로 보고하여 신차 실내공기오염에 따른 운전자 또는 탑승자의 건강영향 가능성을 나타내었다. 그리고, Zhang 등(2008)이 차고지에 주차해 있는 802개의 신차 실내공기질을 측정된 결과에 따르면 차량의 82%에서 톨루엔(toluene)의 농도가 중국 실내공기질 기준을 초과하였으며, 벤젠, 자일렌, 포름알데하이드가 각각 75%, 25%, 24% 기준을 초과하는 것으로 보고하였다(표 3).⁽¹⁶⁾ 이런 초과는 차량 실내 재료에 의한 것으로 추정하였다.

2.2 자동차 환기에 의한 실내공기질

양원호(2005) 등이 비흡연 영업용 택시 운전자들의 공기오염물질 노출을 평가한 결과에 따르면 다음과 같다. 대기 자동관측소의 미세먼진(PM₁₀) 농도는 측정기간 중 대기오염도가 가장 높은 날은 28일로 최대 100.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 1년 평균 대기기준치보다 대략 2배 높게 나왔다. 같은 날 차량 실내에서 측정된 호흡성분진(RSP, 절단입경; 4 μm)과 비교하면 차량의 실내농도가 142.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 대기환경기

표 4. 차량 실내 및 대기의 미세먼진 농도

	대기			차량 실내		
	PM ₁₀ (μg/m ³)			RSP (μg/m ³)		
Date	24/2 금요일	26/2 토요일	28/2 월요일	24/2 금요일	26/2 토요일	28/2 월요일
최대값	87.82	46.87	100.91	84.00	122.22	142.22
최소값	37.52	24.13	32.39	24.00	44.44	13.33
중위수	54.65	32.61	48.91	49.33	60.00	41.11
평균	57.14	34.36	57.11	51.13	75.52	50.83

표 5. 차량 실내 및 대기의 NO₂ (ppb) 농도

Date	대기			차량 실내		
	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)
Max	59.00	41.00	65.00	42.80	52.0	35.75
Min	19.00	13.00	21.00	18.96	27.24	17.26
Median	32.50	26.50	38.00	27.77	39.64	26.41
Mean	34.50	27.50	39.50	31.51	40.69	23.75

준 1년 평균 기준치보다 2.8배 높게 나타났다. 평균을 살펴보면 측정기간 중 2월 26일 75.52 μg/m³로 기준치보다 1.5배 높게 나타났다(표 4)⁽¹⁷⁾. 평균 농도를 보면 26일을 제외하고는 차량의 실내보다 대기 오염도가 높은 것으로 나타났다. 이것은 계절적인 영향으로 운행 중 차량창문을 열지 않고 차량의 환기모드를 외부환기 모드가 아닌 내부환기 모드로 운행을 하여 외부의 오염물질 유입이 적은 것으로 생각한다. 측정기간 중 24, 28일 보다 26일에 PM₁₀(34.36 μg/m³)보다 RSP(75.52 μg/m³)가 높게 나온 것은 승객이 많은 주말이기 때문에 탑승자가 평일보다 높아 승하차시 사람에 의한 ‘personal cloud (사람이 분진 발생의 원인)’ 및 도로변 공기 유입이 영향을 주었을 것으로 생각한다.

측정기간 중 대기중의 NO₂ 농도는 PM₁₀ 대기 측정과 마찬가지로 자동차측소 자료를 참고하였다(표 5). NO₂ 연평균 기준치인 30 ppb를 초과하는 날은 24일, 28일 양일간 이었다. 토요일의 NO₂ 농도는 대기자동차측소의 농도 27.50 ppb, 영업용차량 실내농도 40.69 ppb로 대기자동차측소 NO₂ 농

도보다 높게 나왔으며, 측정값이 평일보다 높아 RSP 측정과 비슷한 결과를 보였다.

그림 1은 차량 실내공기에서 측정된 RSP과 NO₂와의 상관관계를 나타내었다. 두 측정값 사이의 상관계수(correlation coefficient, r)는 0.49(p<0.017)를

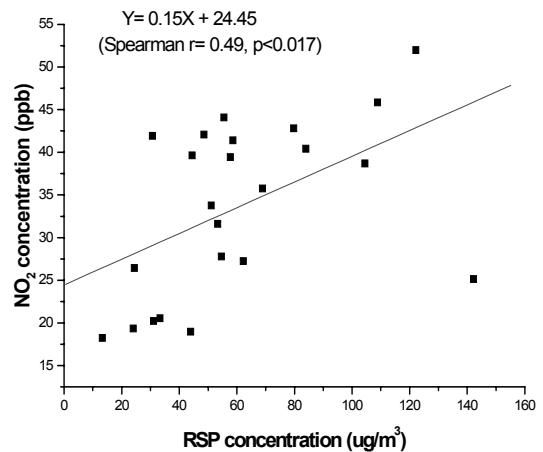


그림 1. 차량 실내의 RSP과 NO₂ 농도의 상관관계

표 6. 차량 실내의 VOCs 농도

	벤젠 (ppb)			톨루엔 (ppb)		
	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)
Max	9.98	10.20	5.93	18.63	21.47	11.21
Min	2.53	4.98	2.39	7.86	12.35	5.11
Median	7.00	7.45	3.93	11.01	18.70	7.57
Mean	6.73	7.47	3.97	12.32	17.55	8.02

나타내어, RSP 농도와 NO₂의 농도는 유의한 상관 관계를 보였다. 그림 1.에서 한 측정점인 RSP 142.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 NO₂ 25.13 ppb을 이상값(outlier)으로 해석하면 상관계수는 0.72 ($p = 0.001$)로 나타나, RSP과 NO₂의 발생원이 동일한 것으로 판단할 수 있다.

인체영향과 더불어 광화학스모그(photochemical smog)의 전구물질인 VOCs은 일반적으로 상온·상압 상태에서 대기 중 가스형태로 배출되는 탄소와 수소로 이루어진 물질을 말하지만 아직까지 규제 대상으로 분류되는 통일된 정의나 대상물질의 범주는 나라마다 다르게 적용되고 있다. RSP과 NO₂와 동시에 측정한 결과는 표 6에 나타내었다. 항목별 농도 범위를 살펴보면, 벤젠 24일 2.53~9.98 ppb, 26일 4.98~10.20 ppb, 28일 2.39~5.93 ppb, 톨루엔 24일 7.86~18.63 ppb, 26일 12.35~21.47 ppb, 28일 5.11~11.21 ppb 농도범위를 나타내었다. 측정 일자별 평균농도 결과를 살펴보면 RSP과 NO₂와 비슷한 경향으로 토요일의 농도가 평일보다 높은 농도를 보였다.

한편, 김대원 등(2004)의 창문 개폐 등에 따른 차량 실내공기질 연구 결과를 고찰하면 다음과 같다.⁽⁴⁾ 1일에 두 차량은 내부순환 모드에 환기량을 변화시킨 상태로, B 차량은 뒤좌석의 창문을 반(20 cm)정도 개방하였을 때 창문을 닫은 차량 A에 비해서 약 RSP 1.7배, NO₂ 1.1배, 벤젠 2.1배, 톨루엔 1.4배, 자일렌 1.6배를 나타내어 차량운행이 많은 지역에서 창문을 개방하여 환기를 시키는 것은 차량 실내 공기질을 더욱 오염시킬 수 있는 것으로 생

각할 수 있다(표 7). 4일에 실시한 결과에 의하면, A 차량은 창문을 모두 닫고 공기청정기(필터 및 활성탄)를 작동시켰고(최상조건) B 차량은 모든 창문을 완전히 개방하고 공기청정기를 작동시키지 않았을 때 약 RSP 2.2배, NO₂ 1.3배, 벤젠 5.3배, 톨루엔 3.5배, 자일렌 3.1배를 나타내어 차량 실외의 대기오염상태가 차량 실내공기질에 중요한 영향 요인을 나타내었다.

이 결과는 Jo와 Park(1999)은 저환기량 상태에서 차량실내의 벤젠 농도가 유의하게 실외보다 높다는 발표와 상반된 모습을 나타내었고,⁽¹⁸⁾ 여름철 높은 외기 환기량은 차량 실내에서의 VOCs 노출을 감소시킬 수 있음을 권고하였다. 하지만, 이것은 차량 실외 공기오염 정도가 낮을 때 적절하며 대도시 도로의 대기오염 상태가 높을 경우에는 외기로 환기하는 것이 적절하지 않은 것으로 생각한다.

2일과 3일에는 모두 창문을 닫고 각각 외부순환과 내부순환 모드에서 A 차량은 공기청정기를 작동시켰고 B 차량은 작동시키지 않았다. 외부순환의 경우 차량 실외 대기오염물질의 유입 또는 차량의 배기시스템에서 발생된 오염물질의 투과 유입 때문에 RSP를 제외한 모든 공기오염물질에서 B차량이 A차량보다 농도가 높았다. 이 결과는 차량용 공기청정기가 효율적으로 공기오염물질을 제어하는 것으로 볼 수 있다. 내부순환의 경우 B차량/A차량의 비는 RSP를 제외하고 외부순환 보다 낮았으며 마찬가지로 공기청정기가 효율적으로 작동하고 있음을 보여주고 있다. 3일 호흡성분진의 B차량/A차량의 비가 5.05를 나타낸 것은 A 차량에 운전자 1

표 7. 환기조건에 따른 차량 실내의 VOCs, NO₂ 및 RSP 농도

	차량 구분	RSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ (ppb)	VOCs (ppb)			비 고
				벤젠	톨루엔	자일렌	
1 day	A	163.9	35.62	4.3	69.6	6.6	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internal circulation ■ Driving distance (km)
	B	270.2	39.58	9.1	99.8	10.4	<ul style="list-style-type: none"> - A: 121.2 / B: 121.5 ■ Ventilation
	B/A	1.65	1.11	2.12	1.43	1.58	<ul style="list-style-type: none"> - A: window closed - B: rear window half opened
2 day	A	89.1	36.17	3.6	25.4	4.6	<ul style="list-style-type: none"> ■ External circulation ■ Driving distance (km)
	B	94.2	39.8	10.5	61.4	13.1	<ul style="list-style-type: none"> - A: 388.1 / B: 401.4 ■ Ventilation
	B/A	1.06	1.10	2.91	2.42	2.88	<ul style="list-style-type: none"> - A: window closed - B: window closed ■ Air cleaning device - A: on / B: off
3 day	A	24.9	32.15	3.2	31.5	5.9	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internal circulation ■ Driving distance (km)
	B	125.7	33.92	6.2	51.5	11.6	<ul style="list-style-type: none"> - A: 104.3 / B: 104.8 ■ Ventilation
	B/A	5.05	1.06	1.93	1.63	1.96	<ul style="list-style-type: none"> - A: window closed - B: window closed ■ Air cleaning device - A: on / B: off
4 day	A	56.5	34.25	1.8	28.5	3.9	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internal circulation ■ Driving distance (km)
	B	123.6	43.87	9.5	98.6	12.1	<ul style="list-style-type: none"> - A: 141.3 / B: 138.1 ■ Ventilation
	B/A	2.19	1.28	5.28	3.46	3.10	<ul style="list-style-type: none"> - A: window closed - B: window opened ■ Air cleaning device - A: on / B: off

명 이었으나, B 차량에는 운전자와 탑승자 2명이 있었기 때문에 사람에게 의한 'personal cloud'가 영향을 주었을 것으로 판단한다.

한편, Chan과 Chung(2003)은 환기상태를 내부순환(air-recirculation), 실외공기 유입에 의한 에어컨(air-conditioning with fresh air intake) 및 창문을 개방한 자연환기 상태에서 질소산화물(NO_x)과 일산화탄소(CO)를 승용차 실내외에서 측정된 결과에 의하면, 실내/실외 비(I/O ratio)가 0.5~3까지 다양하게 나타났으며 궁극적으로 도로변 차량밀도에 영향을 받는 것으로 보고하였다.⁽¹⁹⁾ 따라서 차량이 비교적 적은 시골지역에서는 창문을 개방한 자연환기가 가장 적은 I/O 값을 나타내었고, 차량밀도

가 높은 도심지역에서는 내부순환이 가장 적은 I/O 값을 보였다. 실외공기 유입에 의한 에어컨 사용은 오히려 실외 공기오염물질을 차량 실내로 강제적으로 유입하는 결과를 초래하여 I/O 값이 높았다. 반면, Esber 등(2007)은 차량밀도가 높은 도심가에서 차량의 실내 및 실외의 CO를 측정하여, 창문을 모두 닫고 환기가 전혀 안 되는 상태에서 차량 실내의 CO 농도가 30.8~37.4 ppm로 가장 높은 값을 보고하였다.⁽²⁰⁾ 이런 결과를 나타낸 것은 엔진 연소 및 배기가스의 차량 침투인 것으로 평가하였다. Pang과 Mu(2007)은 택시, 버스, 지하철의 실내공기에서 카보닐화합물(carbonyl compounds)를 측정하여 가솔린을 사용하는 연식이 오래된 택시와 버스

에서 $178 \pm 42.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 $188 \pm 31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 지하철에서는 $98.5 \pm 26.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 택시와 버스 실내공기질의 주요 영향요인은 배기가스 침투, 실내 내장재, 광화학 반응에 의한 발생 및 대기질이 유입이라고 보고하였다.⁽²¹⁾

2.3 자동차 실내공기오염에 따른 건강위해

덴마크에서 직업운전자를 대상으로 연구된 것에 의하면 폐암의 위해성이 증가되며 10년 이상 일했을 때는 교차비(odds ratios)가 3.0인 것으로 나타났다.⁽²²⁾ 택시 운전자와 대중 교통 버스 운전자의 VOCs 개인노출을 실시한 연구에 의하면, 택시 운전자가 버스 운전자에 비하여 상대적으로 높게 노출되었고, 이것은 운전자의 위치 즉 높이에 따른 결과이며, 또한 디젤 및 가솔린 이용 차량은 액화 석유가스 이용 차량보다 높게 노출되었다.⁽²³⁾ 미국 보스턴(Boston)에서 실시한 연구에 의하면 차량에 히터(heater)를 사용할 때는 더 높은 차량 실내의 VOCs 농도가 나타났으며, 이것은 히터 사용시 차량 배출가스의 유입 또는 실외 대기오염물질의 유입인 것으로 조사되었다.⁽²⁴⁾ 따라서 다른 인구집단에 비해 공기오염물질에 고노출 그룹(high-exposure group)으로 생각할 수 있는 자동차 운전자의 건강위해성을 감소시킬 수 있는 대안으로 공기청정기의 설치, 공기질 조절 장치(Air Quality System, AQS)의 이용 필요성이 요구된다.

3. 맺음말

현대사회는 자동차라는 문명의 이기를 이용하면서 편리 및 생활을 영위해 나가고 있다. 자동차는 우리 인간의 이동을 보다 편리하고 신속하게 해줄 뿐만 아니라 실제로 인류문명의 발전을 촉진 및 증가시켰다. 그러나 자동차 이용의 증가는 특히 대도시 대기오염의 문제뿐만 아니라, 자동차 실내공기오염물질에 따른 운전자 및 이용자에게 건강영향을 야기할 수 있다. 자동차 실내공기질은 신규로 제작된 자동차 내장재 및 자동차 사용자의 흡연 등

개인특성에 의한 실내발생원과 자동차 배기가스 및 운행 중인 도로 주변 대기환경 공기오염물질이 자동차 실내로 환기를 통해 유입됨으로써 결정될 수 있다. 특히 신차의 내장재에서 발생하는 VOCs의 농도는 국내의 보고된 자료를 검토할 때 운전자 및 탑승자에게 심각한 건강영향을 줄 수 있을 정도로 높았다. 일명 ‘새차증후군’이라고 할 수 있는 신차 내장재의 유해물질 발생을 제어할 수 있는 방안이 반드시 모색되어야 한다. 또한 자동차가 대도시 도로에서 운행되었을 때는 자동차 실내의 환기를 통해 공기오염물질이 유입되어 차량 실내의 공기오염물질 농도가 악화될 수 있다. 따라서 현대인의 차량 이용이 필수불가결한 것이라면 차량 운전자 및 이용자의 건강영향을 고려할 때 차량 실내공기질의 개선이 요구된다고 할 수 있다.

- 참고문헌 -

1. Jones, A.P., 1999, "Indoor Air Quality and Health", Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 4535-4564.
2. Lee, K., Yang, W., and Bofinger, N.D., 2000, "Effect of Microenvironmental Nitrogen Dioxide Concentrations on Personal Exposure in Australia", Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 50, pp. 1739-1744.
3. 양원호, 이선화, 백도명, 2001, "시간가중치 평균 모델을 이용한 이산화질소 노출 평가 및 예측", 한국대기환경학회지, Vol. 17, No. 3, pp. 251- 258.
4. 김대원, 김문현, 양원호, 2004, "차량 운전자의 공기오염물질 노출 및 차량용 공기정화기에 의한 제어", 한국환경보건학회, Vol. 30, No. 5, pp. 481-486.
5. Saksena, S., 2007, "Daily Exposure to Air Pollutants in Indoor, Outdoor and In-vehicle Micro-environments: A Pilot Study in Delhi", Indoor and Built Environment, Vol. 16, No. 1, pp. 39-46.
6. Hansen, J., Raaschou-Nielsen, O. and Olsen, J.H., 1998, "Increased Risk of Lung Cancer among Different Types of Professional Drivers in Denmark", Occupational and Environmental

- Medicine, Vol. 55, pp. 115-118.
7. Jo, W.K. and Song, K.B., 2001, "Exposure to Volatile Organic Compounds for Individuals with Occupations Associated with Potential Exposure to Motor Vehicle Exhaust and/or Gasoline Vapor Emissions", The Science of the Total Environment, Vol. 269, pp. 25-37.
 8. Pang, X. and Mu, Y., 2007, "Characteristics of Carbonyl Compounds in Public Vehicles of Beijing City: Concentrations, Sources, and Personal Exposure", Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 1819-1824.
 9. Nitta, H., Sato, T., Nakai, S., Maeda, K., Aoki, S. and Ono, M., 1993, "Respiratory Health Associated with Exposure to Automobile Exhaust. I. Results of Cross-sectional Studies in 1979, 1982, and 1983", Archives of Environmental Health, Vol. 48, pp. 53-58.
 10. Fischer, P.H., Hoek, G., Reeuwijk, V., Briggs, D.J., Lebert, E., Wijnen, J.H., Kingham, S. and Elliott, P.E., 2000, "Traffic-related Differences in Outdoor and Volatile Organic Compounds in Amsterdam", Atmospheric Environment, Vol. 34, pp. 3713-3722.
 11. Chan, C., Ozkaynak, H., Spengler, J.D. and Sheldon, L., 1991, "Driver Exposure to Volatile Organic Compounds, CO, Ozone and NO₂ under Different Driving Conditions", Environ. Sci.Technol., Vol. 25, pp. 964-972.
 12. Dor, F., Moullee, Y.L. and Festy, B., 1995, "Exposure of City Residents to Carbon Monoxide and Monocyclic Aromatic Hydrocarbons during Commuting Trips in the Paris Metropolitan Area", Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 45, pp. 104-110.
 13. Schupp, T., Bolt, H.M. and Hengstler, J.G., 2005, "Maximum exposure levels for Xylene, Formaldehyde and Acetaldehyde in Cars", Toxicology, Vol. 206, pp. 461-470.
 14. 윤동원, 홍성민, 강효석, 김효준, 2005, "자동차 내부 실내 공기질 실태", 2005년도 한국실내환경학회 연차학술대회 논문집, Vol. 2, pp. 101- 104.
 15. Brown, S.K., Cheng, M. : Volatile organic compounds(VOCs) in new car interiors, 15th International Clean Air & Environment Conference, Sydney, Australia, 2000.
 16. Zhang, G., Li, T., Luo, M., Liu, J., Liu, Z. and Bai, Y., 2008, "Air Pollution in the Micro-environment of Parked New Cars", Building and Environment, Vol. 43, pp. 315-319.
 17. 양원호, 김대원, 김영희, 김종오, 2005, "영업용 택시 운전자들의 공기오염물질 노출평가", 대한위생학회지, Vol. 20, No. 4, pp 69-75.
 18. Jo, W.K. and Park, K.H., 1999, "Commuter Exposure to Volatile Organic Compounds under Different Driving Conditions", Atmospheric Environment, 33, 409-417, 1999.
 19. Chan, A.T. and Chung, M.W., 2003, "Indoor-outdoor Air Quality Relationship in Vehicle: Effect of Driving Environment and Ventilation Modes", Atmospheric Environment, Vol. 37, pp. 3795-3808.
 20. Esber, L., Fadel, M., Nuwayhid, I. and Saliba, N., 2007, "The Effect of different Ventilation Modes on In-vehicle Carbon Monoxide Exposure", Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 3644- 3657.
 21. Pang, X. and Mu, Yujing, 2007, "Characteristics of Carbonyl Compounds in Public Vehicles of Beijing City: Concentrations, Sources, and Personal Exposure", Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 1819-1824.
 22. Hansen, J., Raaschou-Nielsen, O. and Olsen, J.H., 1998, "Increased Risk of Lung Cancer among Different Types of Professional Drivers in Denmark", Journal of Occupational and Environmental Medicine, Vol. 55, pp. 115-118.
 23. Jo, W.K. and Yu, C.H., 2001, "Public Bus and Taxicab Drivers' Exposure to Aromatic Work-time Volatile Organic Compounds", Environmental Research Section A, Vol. 86, pp. 66-72.
 24. Chan, C., Spengler, J.D., Ozkaynak, H. and Lefkopoulou, M., 1991, "Commuter Exposures to VOCs in Boston, Massachusetts", Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 41, pp. 1594-1600.