

## 상용부동액 종류에 따른 자동차 배출가스의 실험적 연구

홍성인\*

<sup>1</sup>서영대학교 자동차과

### According to the type of commercial antifreeze experimental study of vehicle emissions

Sung-In Hong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Information Communication, Seoyeong University

**요약** 자동차 배출가스는 자동차에 의해 발생하는 일산화탄소, 탄화수소, 납 외에 사람의 건강 또는 생활 환경에 피해를 일으킬 염려가 있는 물질을 말한다. 배출가스를 감소시키기 위해서 다양한 기술을 개발하는 것도 중요하지만 현재 사용되어지고 있는 요소를 분석하여 최적의 상태를 찾는 것도 중요한 사항이라 여겨진다.

본 연구는 냉각수에 함유되는 부동액이 배출가스에 영향을 미칠 수 있음에 착안하여 현재 국내에서 시판되고 있는 5개 회사 제품의 부동액을 권고 수준의 양을 냉각수에 함유시켜 HC, NOx, CO<sub>2</sub> 배출량을 측정하고 배출가스에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 또한, 5개회사 부동액 제품에 대하여 냉각팬 구동시간과 NOx 배출량과의 상관관계를 살펴보고자 하였다. 엔진 오일의 온도는 자동차 검사 규격에 맞도록 90 ~ 93℃에 맞추었고, 수동기어를 사용하는 소형승용차의 검사 규격 속도 40±2Km/h에서 수행하였다. 실험결과 D사 부동액이 팬 작동시간이 가장 짧고, CO<sub>2</sub>, NOx 배출량이 가장 적게 나타났다.

**Abstract** The automotive exhaust gases generated by the vehicles containing carbon monoxide, hydrocarbons and lead, is a large concern because of their harm to human health or the living environment. To reduce exhaust gas, it is important to develop a variety of techniques that are currently being used by elemental analysis to determine the optimal conditions.

In this study, the anti-freeze coolant contained in the exhaust gas was examined, which can affect the emissions. The effects of the commercially available coolant from five domestic companies on the HC, NOx and CO<sub>2</sub> emissions were analyzed to determine the optimal amount of antifreeze. In addition, antifreeze products from the five companies were analyzed with respect to driving time of the cooling fan and the correlation of the NOx emission analysis. The temperature of the engine oil was matched using a manual gear of small passenger inspection standard speed 40 ± 2Km / h so the vehicle could meet the specifications for inspection 90 ~ 93 °C. The Company D fan operation time resulted in the shortest antifreeze, CO<sub>2</sub> and NOx emissions.

**Key Words** : Carbon monoxide, Exhaust gas, Hydrocarbon, Lead.

#### 1. 서론

자동차의 배출 가스 내에는 여러 유해 성분이 포함되어 있어, 세계 각국은 자동차 배출 가스 내의 유해 물질 배출량에 대하여 규제를 마련하였으며, 그 규제치는 해

를 거듭할수록 더욱 엄격해지고 있다.

이 중에서도 미국의 CARB(California Air Resources Board) 와 유럽 연합이 규제를 선도하고 있다. 강화되는 배기 규제는 유해 물질 배출량뿐만 아니라 내구 보장 측면에서도 강화되고 있고, 소비자의 환경에 대한 인식

\*Corresponding Author : Sung-In Hong(Seoyeong Univ.)

Tel: +82-32-930-9691 email: sihong@seoyeong.ac.kr

Received March 3, 2014

Revised (1st April 25, 2014, 2nd May 15, 2014, 3rd May 23, 2014)

Accepted June 12, 2014

고조와 함께 기술 시장의 흐름을 변화시키고 있다.

자동차 배출가스는 자동차에 의해 발생하는 일산화탄소, 탄화수소, 납 외에 사람의 건강 또는 생활 환경에 피해를 일으킬 염려가 있는 물질을 말한다[1].

자동차에서 방출되는 물질 중 대기오염의 원인이 되는 것은 배기관에서 배출되는 물질과 블로바이 가스, 연료 공급계통에서의 증발가스 등이다. 배기관으로부터 방출되는 물질에는, 연료의 연소생성물, 불완전연소의 생성물, 미연연료·분해생성물, 료첨가물의 연소생성물, 불순물의 연소생성물, 고온의 연소실에서 주로 공기의 성분이 화학변화한 것 등이 있다.

블로바이 가스는 압축행정 또는 팽창행정 중에 피스톤과 실린더 사이에서 누출되는 가스 등이 크랭크 케이스의 환기구멍을 통하여 대기 속에 방출되는 것이다. 이 밖에 가솔린 자동차에서는 기화기나 연료 탱크에서 증발되는 가스도 있다. 자동차에서 방출되는 배출가스의 양이나 질은 기관이나 자동차의 종류, 주행조건 등에 따라 변화하고, 또 같은 자동차라도 조정에서의 미묘한 차이, 정비의 양부(良否), 사용년수 등에 따라 변화한다. 이들은 현재의 자동차가 석유를 연료로 하는 내연기관을 동력원으로 하는 이상 본질적으로는 피할 수 없는 것이다[2].

내연기관 출현 이래 자동차 배출가스에 의한 대기의 오염으로 인간의 질병문제가 심각하게 제기되어 왔다. 화석연료를 사용하는 이들 자동차 배출가스 중에는 공기를 흡입하는 생명체에 악영향을 미치는 물리적, 화학적 성분이 포함되어 있다. 대표적인 유해물질로 질소산화물(NOx), 탄화수소(HC), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 입자상물질 등이 알려져 있다[3].

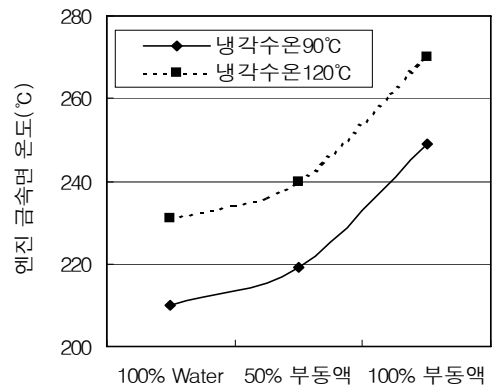
이처럼 자동차 배출가스는 사회에 지대한 영향을 미치고 있다. 배출가스를 감소시키기 위해서 다양한 기술을 개발하는 것도 중요하지만 현재 사용되어 지고 있는 요소를 분석하여 최적의 상태를 찾는 것도 중요한 사항이라 여겨진다. 자동차 실무기간동안 부동액 종류에 따라 배기가스 배출량이 다름을 인지하였다.

본 연구는 냉각수에 함유되는 부동액이 배출가스에 영향을 미칠 수 있음에 착안하여 현재 국내에서 시판되고 있는 5개 회사 제품의 부동액을 권고 수준의 양을 냉각수에 함유시켜 HC, NOx, CO<sub>2</sub> 배출량을 측정하고 배출가스에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 또한, 5개회사 부동액 제품에 대하여 냉각팬 구동시간과 NOx 배출량과

의 상관관계를 살펴보고자 하였다. 5개 회사 제품 모두 에틸렌글리콜계열 부동액이다.

## 2. 부동액 비율이 엔진에 미치는 영향

자동차 배출가스는 공기와 연료가 혼합된 혼합연료가 연소되면서 발생된다. 혼합연료가 엔진 금속면 온도에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다.



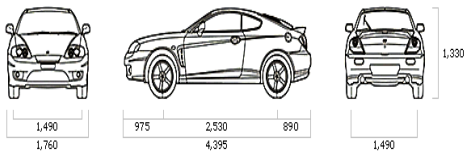
[Fig. 1] Antifreeze concentration of metal surface temperature

부동액 농도가 증가 할수록 금속면 온도가 상승함을 알 수 있다. 부동액 농도가 증가 할수록 냉각수 자체의 열전도계수, Pr수, Re수 차이에 의해 대류 열전달 계수가 작아지기 때문이다[4].

## 3. 실험방법

5개 회사에서 제조되는 부동액을 사용하였다. 각 제조사에서 권장하는 첨가량을 기준으로 부동액 함유량이 배기가스에 미치는 영향을 실험하였다. 각 제조사별 부동액 첨가제는 에틸렌글리콜이고 첨가량은 제조사 모두 -40°C조건이다. 변수를 최소화하고자 실내온도는 18.0±0.5°C의 범위를 유지하였다[5,6]

실험에 사용된 차량은 H사의 T모델이며 차량의 형상과 제원은 Fig. 2에 나타내었다.



[Fig. 2] Vehicle Specifications

배기가스에 영향을 주는 산소센서는 제거하였다. 산소 센서는 주위에 있는 산소의 양(농도)에 따라 단순히 전압을 나타내는 것으로, 연료가 많고 적음에 따라 반응하는 것은 아니다.

물론 연료의 많고 적음에 따라 배기가스 속에 산소의 농도가 변화하기 때문에 결과적으로는 그렇다고 할 수 있지만, 배출가스저감 및 OBD2 (On Board Diagnosis 2)에 관련되는 정비를 할 때, 즉 산소센서 시그널을 통해 엔진 및 배출가스 상태를 점검하고자 할 때는 반드시 '배기가스 속 산소가 많은가 적은가'로 접근 하여 분석을 하여야 하는 것이다. 그 이유는 배기가스 속에 산소의 농도는 연료의 많고 적음에 따라 좌우도 되지만, ECU가 알고 있는 공기량(흡입공기량 시그널을 통해 인식한 양)과 실제 엔진에 흡입되는 공기량의 차이에 의해서 더 많이 영향을 받기 때문이다. 또한, 내구 노후화에 따라 발생하는 혼합기의 변화는 연료량의 변화보다 공기량의 변화가 대부분이기 때문이다. 배출가스에 관련된 정비를 할 때, 특히 혼합기에 대해서 요인을 찾으려고 할 때 연료와 공기 중에서 방향을 우선 잡아야 하며 이 방향이 틀리게 되면 많은 시행 착오를 겪게 되는 것이다. 참고로 배출가스의 과다 발생은 연료량의 변화보다는 공기량의 변화에 의해 발생하는 것이 거의 대부분이라고 할 수 있다.



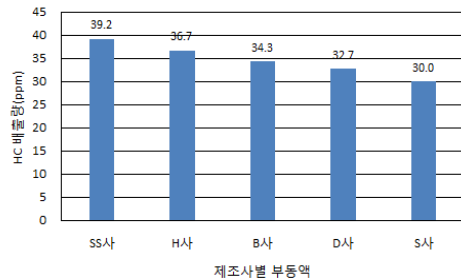
[Fig. 3] Measuring scene

실내온도는  $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$  이고, 엔진오일의 온도는 자동차 검사 규격에 맞도록  $90 \sim 93^\circ\text{C}$ 에 맞추었으며, 수동기어를 사용하는 소형승용차의 검사 규격속도  $40 \pm 2\text{km/h}$ 에 맞게 실시하였다. 실험장면은 Fig. 3에 나타내었다[7].

## 4. 실험결과

### 4.1 HC 결과비교

5개 회사에서 제조되는 부동액에 대한 배출가스 실험을 실시하고 얻어진 HC 배출가스에 대한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

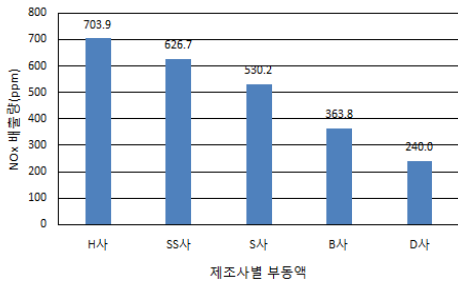


[Fig. 4] HC Comparison

최대평균값은 SS사의 부동액이 함유된 것으로서 검출량은 39.2ppm이다. 최소평균값은 S사의 부동액이 함유된 것으로서 검출량은 30.0ppm이다. 따라서, 실험결과를 통하여 SS사의 부동액이 HC 가스가 가장 많이 배출되었으며, S사의 부동액이 HC 가스가 가장 적게 배출되는 것을 알 수 있었다.

### 4.2 NOx 결과비교

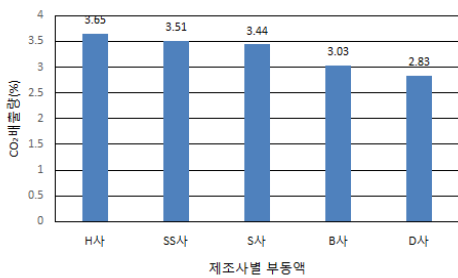
NOx 배출가스에 대한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. SS사의 평균 검출량은 626.7ppm, S사의 평균 검출량은 530.2ppm, D사의 평균 검출량은 240.0ppm, B사의 평균 검출량은 363.8 ppm, H사의 평균 검출량은 703.9ppm이다. 따라서, 실험결과를 통하여 H사의 부동액이 NOx 배출가스가 가장 많았으며, D사의 부동액이 NOx 배출가스가 가장 적게 배출 되는 것을 알 수 있었다.



[Fig. 5] NOx Comparison

### 4.3 CO<sub>2</sub> 결과비교

5개 회사에서 제조되는 부동액에 대한 배출가스 실험을 실시하고 얻어진 CO<sub>2</sub> 배출가스에 대한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 최대평균값은 H사의 부동액이 함유된 것으로서 검출량은 3.65%이다. 최소평균값은 D사의 부동액이 함유된 것으로서 검출량은 2.83%이다.



[Fig. 6] CO<sub>2</sub> Comparison

부동액이 첨가된 냉각수는 엔진 금속면 온도에 직접적인 영향을 끼치게 되고, 그에 따른 엔진 금속면 온도 변화가 연료연소에 직접적인 영향을 주게 되는 것이다. 부동액 종류에 따른 냉각속도 차이로 위와 같은 결과를 나타낸 것으로 사려된다.

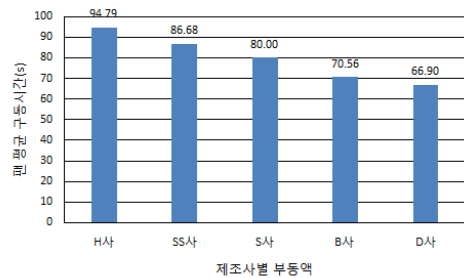
### 4.4 냉각수 냉각과 NOx의 상관관계

배기가스중에서 측정속도 범위 40±2km/h에 따른 측정오차로 인해 변별력이 부족한 HC와 CO<sub>2</sub>를 제외하고, 상호간에 변별력이 큰 NOx 배출량을 기준으로 냉각팬 작동시간에 의한 실린더 헤드의 냉각수 냉각과의 관계를 나타내 보았다.

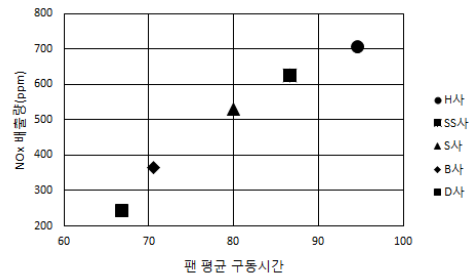
SS사 부동액의 경우 첫 번째 팬 구동시간이 평균 37.02초이고, 두 번째 구동시간은 평균 49.66초이다. 총 팬 구동시간 평균은 86.68초이다. NOx 배출량은 평균

659.7ppm이다. S사 부동액의 경우 첫 번째 팬 구동시간이 평균 34.16초이고, 두 번째 구동시간은 평균 45.84초이다. 총 팬 구동시간 평균은 80.00초이다. NOx 배출량은 평균 533.7ppm이다. D사 부동액의 경우 첫 번째 팬 구동시간이 평균 28.08초이고, 두 번째 구동시간은 평균 38.82초이다. 총 팬 구동시간 평균은 66.90초이다. NOx 배출량은 평균 236.8ppm이다. B사 부동액의 경우 첫 번째 팬 구동시간이 평균 27.48초이고, 두 번째 구동시간은 평균 43.08초이다. 총 팬 구동시간 평균은 70.56초이다. NOx 배출량은 평균 353.8ppm이다. H사 부동액의 경우 첫 번째 팬 구동시간이 평균 41.94초이고, 두 번째 구동시간은 평균 52.85초이다. 총 팬 구동시간 평균은 94.79초이다. NOx의 경우 연소실 온도가 낮을수록 배출량이 줄어든다.

Fig. 7과 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 냉각 팬 구동시간이 D사, B사, S사, SS사, H사 순서별로 커져갔다. NOx 배출량 또한 냉각 팬 구동시간과 비슷한 결과를 나타내고 있다. 냉각 팬 구동시간이 길다는 것은 냉각수의 냉각 기능이 상대적으로 부족하다는 것으로 부동액 종류에 따라 냉각기능이 다르다는 것을 예측할 수 있다. 따라서, 본 실험을 통하여 D사의 부동액 냉각성능이 우수함을 알 수 있었다.



[Fig. 7] Cooling fan Mean Time



[Fig. 8] The cooling fan according to the average operation time NOx emissions

## 5. 결론

현재 국내에 시판되고 있는 5개 회사 부동액의 권장 함유량(-40℃)을 냉각수에 첨가하여 자동차를 운행하였을 때 각각 배출되는 배출가스 중 인체 및 자연환경에 많은 영향을 미치는 CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> 배출량에 대해서 연구하였다.

1) 각 제조사별 부동액에 따라 배출가스를 측정하였다. HC 배출량의 경우에는 SS사, H사, B사, D사, S사 순으로 나타났다. SS사가 배출량이 가장 높았으며, S사가 가장 낮게 나타났다.

CO<sub>2</sub> 배출량의 경우에는 H사, SS사, S사, B사, D사 순으로 나타났다. H사가 배출량이 가장 높았으며, D사가 가장 낮게 나타났다.

NO<sub>x</sub> 배출량의 경우에는 H사, SS사, S사, B사, D사 순으로 나타났다. H사가 배출량이 가장 높았으며, D사가 가장 낮게 나타났다.

2) 각 제조사별 부동액에 따라 냉각팬 구동시간을 측정하였다. H사, SS사, S사, B사, D사 순으로 나타났다. H사가 냉각팬 구동시간이 가장 길었고, D사가 가장 짧았다.

3) 배출가스와 냉각팬 구동시간을 비교하였다. HC를 제외한 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 배출가스량 순서와 냉각팬 구동시간 순서가 같은 양상을 보이고 있다. 즉, 팬 구동시간이 길수록 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 배출량이 높게 나타남을 알 수 있었다.

4) 팬 구동시간이 가장 짧고, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 배출가스량이 가장 적게 나타난 D사 부동액이 최적임을 알 수 있었다. 또한, 팬 구동시간과 CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 배출가스는 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

배출가스 규제강화에 발맞춰 다양한 배출가스 저감 방법이 제기되는 시점에서 부동액 첨가량에 따른 배출가스 배출량에 대한 연구를 하여 위와 같은 결과를 얻었다.

향후과제로는 각 부동액의 성분분석을 통하여 에틸렌 글리콜을 비롯한 기타 첨가제의 함유량에 따른 배기가스 배출량에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## References

[1] Son, K. S., "Trends in vehicle emissions regulations", Advance, Vol, 6, no. 1, pp. 2~9. 1999.

[2] Choi. D. S., Eom. S. B., Park. Y. S., "Effect of Blow-by Gas Ventilation System on Degradation of Engine Oil" KSAE04-F0079, pp. 499~504, 2004

[3] Song. K. E., "Research on ways to reduce environmental pollution", Korea port economics review, vol. 23, no. 1, pp. 95~113, 2007

[4] Ryu. T. Y., "The temperature of the metal surface of the engine antifreeze Effect". Hyundai Motor Reports, 2004.

[5] Lee, B. K., "Experimental study on engine performance improvement and exhaust gas reduction using coolant additives", Graduate School of Hong-ik Unive., 2011

[6] Hong, S. I., "The experimental study of antifreeze concentration effect on exhaust gas in engine coolant" Graduate School of Chosun University, 2009

[7] Hong, S. I., "A study on the Maintenance Method using the Analysis Data of the Exhaust Emission Close Inspection Test" Graduate School of Industry Kumho National Institute of Technology, 2009

## 홍성인(Sung-In Hong)

[정회원]



- 1900년 8월 ~ 1996년 2월 : 기아 자동차(주) 근무
- 2000년 6월 ~ 2006년 5월 : 자동차정비전문점 대표
- 2005년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2009년 9월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2004년 3월 ~ 2008년 2월 : 서영대학교 자동차과 겸임교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 서영대학교 자동차과 교수

<관심분야>

열전달, 자동차배출가스