

하이브리드자동차의 연비 및 배출가스 특성에 관한 연구

김중우*

*인하공업전문대학 수송기계공학부 자동차과
e-mail:jwkim@inhac.ac.kr

Characteristics of fuel economy and emissions of hybrid vehicles

Jongwoo Kim*

*Dept of Automotive Engineering, Inha Technical College

요 약

본 논문에서는 현재 출시되어 있는 소프트타입의 현대 아반테 하이브리드자동차와 하드타입 방식의 도요다 프리우스 자동차를 대상으로 차대 동력계상에서 CVS-75 모드를 주행하면서 발생하는 배출가스특성과 연비특성을 실험적으로 분석하였다. 가솔린 차량에 비해 하이브리드 차량의 연비 및 배출가스 특성이 탁월하였으며 특히, 하드타입의 하이브리드 차량이 소프트타입의 차량에 비해 연비개선효과가 우수하게 나타났다.

1. 서론

최근 지구환경오염과 에너지 고갈의 문제가 대두되고 있어 전 세계적으로 차세대 자동차 및 대체연료의 개발이 활발해지고 있다. 특히 자동차 배출가스 중 CO₂배출로 인한 지구 온난화문제 해결과 관련하여, 가장 현실적으로 상용화에 접근되어 있는 것이 하이브리드 자동차이다.

일반적으로 하이브리드 자동차는 전기모터를 사용하여 차량의 제동에너지를 회수하고 운전조건에 따라 모터와 엔진을 최적으로 조합하여 엔진의 고효율 영역에서 운행을 하기 때문에 높은 수준의 열효율과 고연비를 가능하게 하는 자동차를 말한다.

하이브리드 자동차는 작동 방식에 따라 Hard type과 Soft type으로 나눌 수 있다. Hard type의 하이브리드 자동차는 출발과 저속 주행시 모터만 작동하는 방식으로 출발과 동시에 엔진이 작동하는 소프트 타입 방식에 비해 연비 및 배출가스 측면에서 유리하다^{[1]-[3]}.

본 논문에서는 현재 출시되어 있는 소프트타입의 현대 아반테 하이브리드자동차와 하드타입 방식의 도요다 프리우스 자동차를 대상으로 차대 동력계상에서 CVS-75 모드를 주행하면서 발생하는 배출가

스특성과 연비특성을 실험적으로 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구를 위해 차대동력계(Chassis Dynamometer), 운전 보조 장치(Driver's Aid), 정용량 시료 채취장치(Constant Volume Sampler), HC, CO, NO_x, CO₂ 분석기 등을 이용하여 실험을 수행하였다. 모든 배출가스 시험 시 시험실내부의 온도, 습도 유지를 위해 온도는 25±1℃, 습도는 45±5 RH로 제어되었으며 전체 장치 구성은 그림. 1과 같다.

차대동력계(BEP사)는 DC 동력계로서 관성부여장치, 부하흡수장치, 제어장치 등으로 구성되어 있으며, 시험차량이 실도로를 주행할 때 받는 저항력 및 관성력을 차량에 부여할 수 있는 시뮬레이션 장치이다. 또한 운전 보조장치는 운전자에게 규정된 시험주행모드의 요구속도 및 현재의 주행속도를 나타내 줌으로서 운전자는 차량의 속도를 제어할 수 있다(표1 참조).

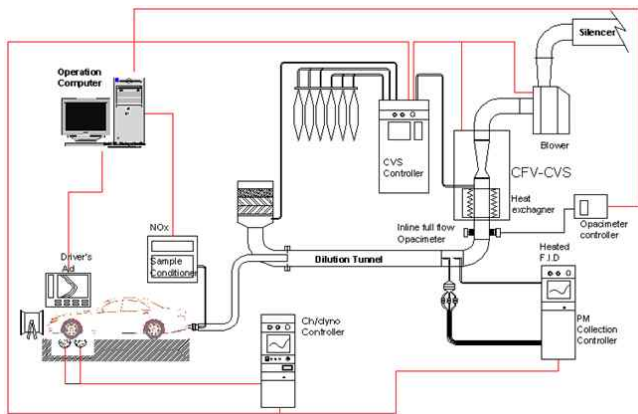
배출가스의 중량을 측정하기 위해, 시험차량의 운전 중 배출되는 배출가스와 시험실내 공기를 희석시

켜 임계 벤투리를 이용하여 희석 배출 가스량을 일정하게 통과시킬 수 있는 임계 벤투리 타입의 정 용량 시료채취장치(P&K사)를 사용하였다(표 2참조).

자동차 배출가스 중 농도를 분석하기 위해 이플러스티사의 PEMS-100D를 사용하였다(표3 참조).

2.2 실험방법

본 시험 절차는 국내 배출가스 시험 기준인 CVS-75 Mode 절차에 준하여 진행되었지만, 차량의 냉간 시 soaking과 차량 학습(preconditioning)에 의한 시험 오류를 줄이고자 cold soaking은 배제하고 차량이 충분히 워밍업이 되어 있는 상태로 시험을 수행하였다. 시험 차량의 워밍업 절차의 경우, 본 시험 전 CVS 75 Mode 시험인 경우 Phase 1을 수행 하였으며, 이 때 냉각수의 온도는 80℃ 이상, sampling tube에서 측정된 배기가스 온도는 100℃ 이상임을 확인한 후 즉시 시험하였다. 차대동력계 제어장치에 등가관성중량과 도로 부하력값을 각각 입력한 후 Driver's aid의 pendant switch를 통해 시험 시작을 알림과 동시에 HC, CO, NOx값과 CO₂ 값을 실시간으로 측정하였다. 하이브리드 차량은 배터리를 완충한 상태에서 시험 하였다. 그림1은 실험 장치도이다.



[그림 1] 실험 장치도

2.3 실험 차량

본 연구에서 사용한 실험차량은 도요다 프리우스, 아반테 LPI 하이브리드 및 레간자 가솔린 차량이다. 자세한 차량제원은 표4와 같다.

[표 1] 실험 차량 제원

	Prius Hybrid 3세대	Avante Hybrid LPI	Leganza MPI
엔진 형식	In-line 4, VVTi, Gasoline	In-line 4, DOHC, LPG	In-line 4, DOHC, Gasoline
배기량(cc)	1,798	1,591	1,799
최고출력(ps)	136(99E+82M)	134(114E+20M)	131
최대토크(kg.m)	14.5	15.1	17.3
T/M	e-CVT	AT4	MT5

그림 2는 차량 시험 장면 사진이다.



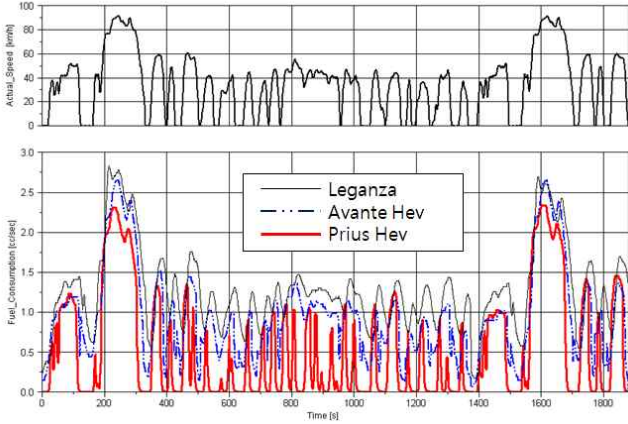
[그림 2] 차량 시험 장면

3. 결과 및 고찰

3.1 실시간 연료 소모율 측정 결과

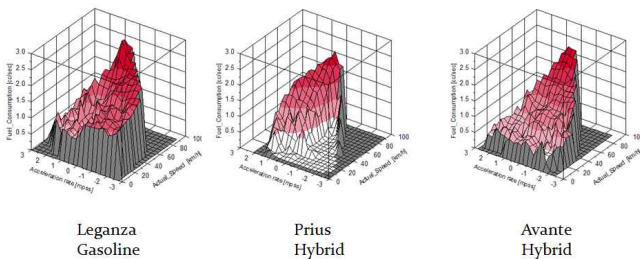
그림 3은 3종류의 차량을 각각 CVS-75모드를 주

행하면서 실시간으로 측정한 연료소모율 곡선이다. 전 운전영역에 걸쳐 레간자 차량의 연료소모율이 가장 높고, 프리우스 차량의 연료소모율이 가장 낮게 나타난다.



[그림 3] 연료소모율 비교

이를 속도-가속도-연료소모율의 3차원 그래프로 표시하면 그림 4와 같다. 프리우스 하이브리드 차량의 경우 50 km/h 이하 영역에서 아반떼 하이브리드 차량의 비해 연료소모율이 낮게 나옴을 알 수 있다.

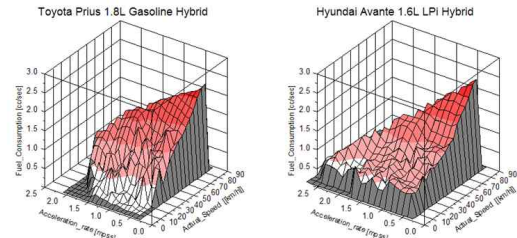


[그림 4] 연료소모율 비교

이는 아반떼하이브리드의 경우 병렬방식의 소프트타입 방식으로 차량출발과 함께 엔진이 작동하는 방식인데 반해, 프리우스의 경우 혼합방식의 하드타입 방식으로 55km/h이하 영역에서는 엔진은 작동하지 않고 모터만 작동하는 방식이기 때문이다. 이를 가속, 정속, 감속 구간별로 비교하면 그림 5, 6, 7과 같다. 정속구간의 경우 하드타입의 프리우스방식이 소프트타입의 아반떼방식보다 연료소모율 저감 효과가 탁월함을 알 수 있다. 또한 감속구간비교에서도 프리우스의 경우 엔진이 정지하고 바퀴가 제너레이터를 작동시키는 회생제동력 영역이 넓는데 반해, 아반떼의 경우 그 영역이 제한적임을 알 수 있고, 추후 개

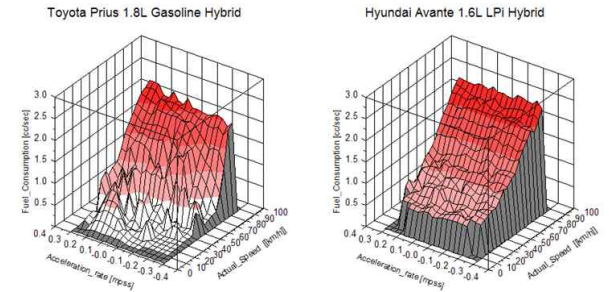
선이 필요할 것으로 판단된다. 그림8은 무부하시 연료소모율을 비교한 그림이다. 아반떼의 경우 엔진이 켜져 있어 연료소모가 이루어지는데 반해 프리우스의 경우 모터만 작동구간으로 연료소모가 없다.

Acceleration Driving Fuel Consumption Status in FTP-75 mode



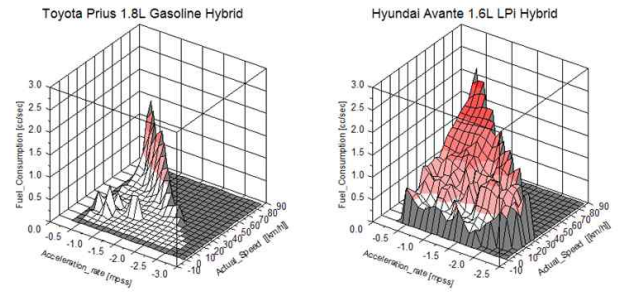
[그림 5] 가속 구간별 연료소모율 비교

Cruise Driving Fuel Consumption Status in FTP-75 mode

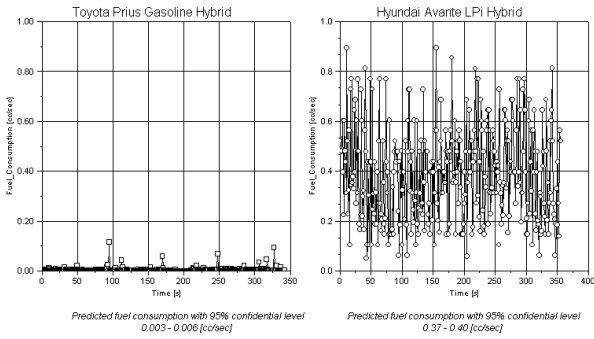


[그림 6] 정속 구간별 연료소모율 비교

Deceleration Driving Fuel Consumption Status in FTP-75 mode

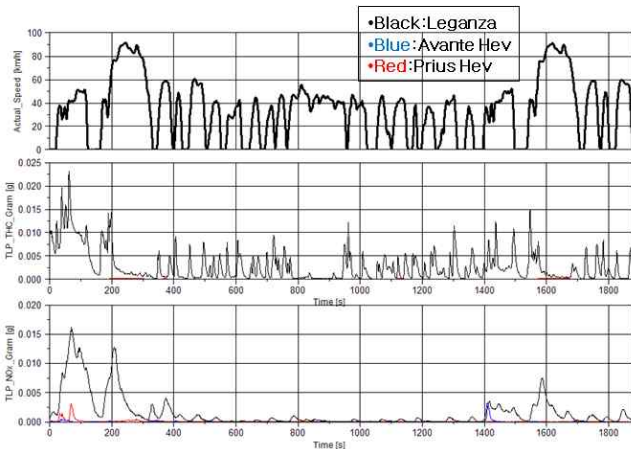


[그림 7] 감속 구간별 연료소모율 비교



[그림 8] 무부하 구간 연료소모율 비교

그림 9는 CVS-75모드를 주행하면서 측정된 HC, NOx 배출특성비교이다. 아반떼 프리우스 모두 가솔린차인 레간자에 비해 극히 적게 배출됨을 알 수 있다. 특히 아반떼 하이브리드의 경우 배출가스가 프리우스에 비해 더 낮게 배출되는데 이는 아반떼의 경우 가솔린보다 유해배기가스가 적게 배출되는 LPG 연료를 사용했기 때문으로 판단된다.



[그림 9] 배출가스 특성 비교

표4는 배출가스 및 연비 실험결과표이다. 55Km/h 이하영역에서 모터만 작동하는 하드타입방식의 프리우스가 감속과 엔진정지만 엔진이 꺼지는 소프트타입방식의 아반떼에 비해 연료개선효과가 탁월함을 알 수 있다.

[표 2] 배출가스 및 연비 실험 결과

	HC	CO	NOx	CO ₂	F/E
	[g/km]				[km/l]
Prius Hybrid	0.006	0.010	0.004	98.7	23.72
Avante Hybrid	0.000	0.001	0.004	135.8	13.40
Leganza Gasoline	0.279	0.953	0.118	263.2	8.79

4. 결론

이상의 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하드타입의 하이브리드 차인 프리우스와 소프트타입의 하이브리드 차인 아반떼 및 가솔린차인 레간자에 대해 연비 및 배출가스 시험을 수행하여 그 특성을 파악하였다.
2. 하드타입의 프리우스가 소프트타입인 아반떼에 비해 연비 개선 효과가 탁월했으며, 이는 55km/h 이하 영역에서 모터만 작동하는 특성에 기인함을 확인할 수 있었다.
3. 배출가스 특성은 가솔린차량에 비해 하이브리드 차량이 극히 낮게 배출됨을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 (주)대지금속과 인하대 RIC 7차년도 공동과제 지원금에 의해 수행 되었으며, 관계기관에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 최득환, 김현수, “2축 병렬형 하이브리드 차량의 최저 연비 주행 알고리즘”, 한국자동차공학회논문집, 제9권, 제5호, pp. 122-130, 2001.
- [2] 조성태, 전순일,공진형, 박영일, 이장무, “단일 성능지수를 이용한 하이브리드 차량의 연비성능 최적화” 대한기계학회 춘계학회논문집 B, pp 552-557, 2001
- [3] Jim Walters, Harry Husted Kaushik Rajashekara, “Comparative study of Hybrid power train strategies” SAE Future Transfortation Technology Conference, 2001