

자동차 대체에너지 이용기술

李 昌 植

(한양대학교 교수/기계공학)

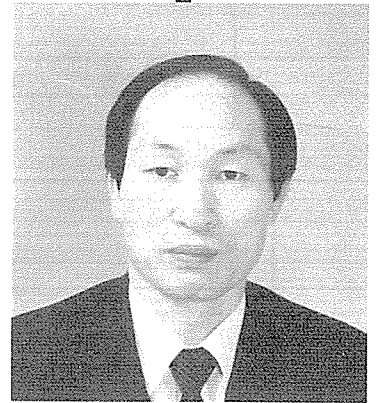
알코올·수소·태양 등 이용가능 실용화하기 위해 연구 더 필요

자동차의 동력원은 가솔린기관과 디젤기관으로부터 발생하는 기계적 에너지를 이용하고 있으며, 이들 내연기관에 사용되는 연료는 거의 대부분이 가솔린과 경유이다.

인류의 생활이 점차 윤택해지고 풍요로워짐에 따라 전 세계의 자동차 보유대수는 약 5억4천만대를 초과한지 오래이다. 이와 같이 자동차의 보유대수가 증가함에 따라 여러 가지 사회적인 문제가 대두되고 있다. 그중에서 가장 문제가 되는 것이 인류의 건강을 비롯하여 생태계의 보존을 위협하는 자동차 배출가스 공해문제, 지구환경문제, 연료·에너지의 장기적인 안정적 공급 등의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 지금까지 가솔린 및 경유에 의존하던 자동차용 연료는 앞으로 얼마 더 가지않아 고갈될 것으로 예측되고 있다. 우리나라의 경우 에너지

소요량의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

이러한 관점에서 기존의 가솔린, 경유를 대체하는 저공해연료로서 장기간 안정적으로 공급될 수 있는 연료로 주



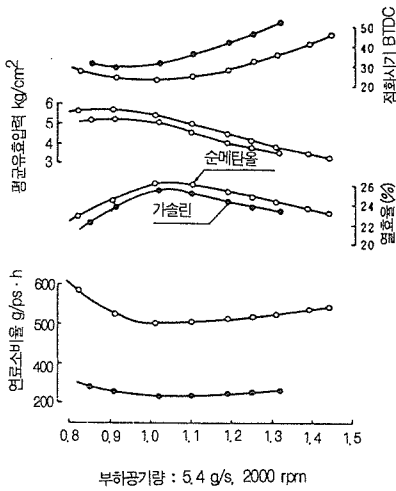
〈표 1〉 알코올연료의 물리·화학적 성질

비교사항	옥탄(가솔린)	메탄올	에탄올
분자식	C ₈ H ₁₈	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH
몰 질량(g/mol)	114	32	46
밀도(20℃, kg/l)	0.692	0.795	0.790
탄소(Wt %)	84.0	37.5	52.0
수소(Wt %)	16.0	12.5	13.0
산소(Wt %)	0	50.0	35.0
이론 공연비(kg air/kg fuel)	15.1	6.45	9.0
저 발열량(kcal/kg)	10600	4800	6400
기화 잠열(kcal/kg fuel)	71	263	206
기화 잠열(kcal/kg mix)	4.4	35.5	20.6
옥탄가(리서치)	100(84~94)	>106	106
세탄가	12	3	8
끓는점(℃)	125.7	64.7	78.3
어는점(℃)	-57	-97.8	-114
발화온도(℃)	240(456)	470	420
연소하한계(Vol %)	(1.4)	6.7	4.3
연소상한계(Vol %)	(7.4)	36	19
충류연소속도(cm/s, 대기압·상온)	(38)	52	—

목되는 것이 알코올 및 알코올-가솔린 혼합물, 천연가스, 수소, 태양에너지 등이다. 또한 저공해자동차로서 전기자동차도 많은 연구가 시도되고 일부 실용화에 이르고 있는 실정이다.

여기서는 대체연료의 자동차용 연료로서의 특성, 태양에너지 및 전기자동차의 개요와 기술적 진전에 대하여 알아보기로 한다.

〈알코올〉 (1)알코올연료의 적성 : 자동차용 연료는 일반적으로 가열용 및 산업용 연료와 달리 차의 탑재성, 연소성, 배기 특성이 좋아야 하며 다른 연료와 혼합하였을 경우 상분리 현상이 일어나지 않아야 한



〈그림1〉 메탄올 사용한 경우의 기관성능

다. 또한 주행중에 베이퍼록 현상이 없고, 연료 계통 부품의 손상, 윤활유의 열화가 일어나지 않아야 한다.

알코올연료는 상온 대기압에서 액체이고 밀도도 가솔린에 비하여 큰 차이는 없으나 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 발열량이 가솔린에 비교하여 메탄올이 약 45%, 에탄올이 약 60%에 상당하므로 같은 양의 연료를 차에 적재하여 주행하기 위해서는 가솔린에 비하여 메탄올이 1.9배, 에탄올이 1.5배의 체적이 필요하다. 즉 연료 무보급 주행거리를 동일하게 하기 위해서는 메탄올의 경우 약 2배, 에탄올의 경우 약 1.5배의 연료탱크를 필요로 한다.

한편 연료의 저온 시동성을 살펴보면 단위중량당 기화잠열이 가솔린에 비하여 메탄올이 3.7배, 에탄올이 2.9배이고, 혼합기 중량당에는 메탄올이 8.0배이고, 에탄올이 4.7배이므로 연료의 기화가 곤란하다. 따라서 순수 알코올의 경우는 시동보조장치가 있어야 한다. 그러나 일단 워밍업 후에는 기화잠열이 높으므로 흡기의 냉각효과가 있

어서 흡기의 충전 효율을 높일 수 있고 출력을 향상시킬 수 있다.

이와는 상대적으로 세탄가가 경유의 44~55에 비하여 메탄올 3, 에탄올 8로서 낮으므로 디젤연료로서의 적용성은 나쁘다.

알코올연료는 산소를 함유하는 연료이므로 탄소량이 적고, 매연 발생이 적으며 회박 연소가 가능하므로 NOx, CO의 발생량도 저감이 가능하다.

또한 알코올연료는 금속의 부식성, 변형, 비금속 재료의 열화를 일으키므로 재료의 선택도 중요한 과제가 된다.

(2)알코올연료의 이용기술 : 알코올 연료의 자동차의 적용방법으로는 가솔린과 메탄올의 혼합, 가솔린과 에탄올의 혼합, 순메탄올, 순에탄올 등이 있다.

혼합기의 발열량은 가솔린(옥탄)이 892kcal/m³ mix, 에탄올이 860kcal/m³ mix, 메탄올이 842kcal/m³ mix이므로 기관의 출력은 가솔린에 비하여 메탄올이 5.5%, 에탄올이 3.5% 정도 저하한다. 그러나 실제로는 연료의 대부분이 액상으로 흡입되므로 알코올 쪽이 기화잠열이 크고 흡입과정에서 공기의 냉각효과가 있어서 흡입 공기량은 증가한다.

흡기량 일정의 경우 이론 공연비에서 연소하여 발생하는 열량은 메탄올의 경우 가솔린의 7%, 에탄올의 경우 2% 증가한다. 그러므로 이러한 점에서 알코올 쪽이 출력이 높아진다.

〈그림 1〉은 순수 메탄올 사용시의 기관의 성능

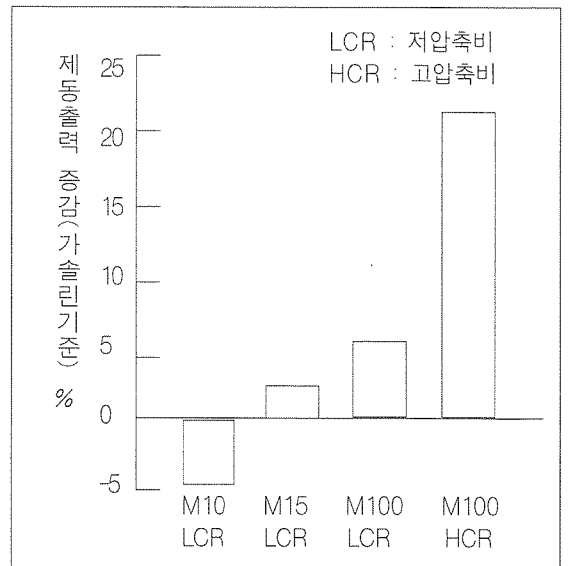
을 가솔린과 비교한 것이다.

이와 같이 알코올연료는 출력을 향상시키는 성질과 저하시키는 성질이 있는데 실제 기관에서는 이들의 상반되는 성질이 복합적으로 나타나게 된다.

〈그림 2〉는 알코올연료 사용시의 출력성능을 비교한 것이다. 〈그림 2〉에서 M10, M15, ... 등은 메탄올 혼합비율을 나타낸 것이다.

〈수소자동차〉 수소는 비점이 -2백53℃이고, 발열량이 2만8천7백kcal/kg, 밀도가 0.09kg/Nm³인 연료이다. 수소는 1당 발열량이 2.58 kcal로서 가솔린의 1/3천에 해당한다. 같은 에너지(발열량)에 대하여 가솔린과 비교하면 무게는 가솔린의 약 1/3이고, 체적은 가솔린(액체) 체적의 약 3천배가 필요하다. 따라서 수소는 상온, 대기압에서 탱크에 넣어 차에 적재하는 것은 불가능하다. 그러므로 수소자동차의 제1의 문제점은 가볍고 컴팩트한 저장용기를 설치하여 적재하는 것이다.

(1)수소의 저장방법 : 현재 시판되고 있는 수소가스는 0℃, 1백50기압으로



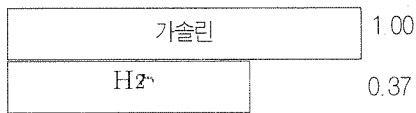
〈그림2〉 알코올연료 사용시의 제동출력

기획특집

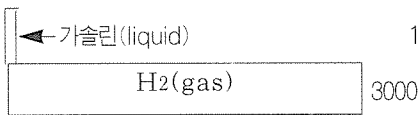
압축되어 스테인리스 고압용기에 봉입되어 있다. 이 고압수소의 체적은 가솔린의 20배, 용기의 무게는 약 1백50배가 된다. <표 2>는 가솔린 30l 분량에 해당하는 연료 저장중량을 비교한 것이다.

일반적으로 봄 1개에 0.63kg, 7Nm³의 수소가 압입되어 있으므로 이것은 가솔린 2.3l에 해당된다. 따라서 가솔린 30l에 해당하는 수소는 봄 13개(1개 55~60kg)가 필요하다. 그러므로 전중량은 가솔린의 28배가 된다.

수소를 저장하는 방법으로 수소흡장합금(水素吸藏合金)을 이용하는 방법

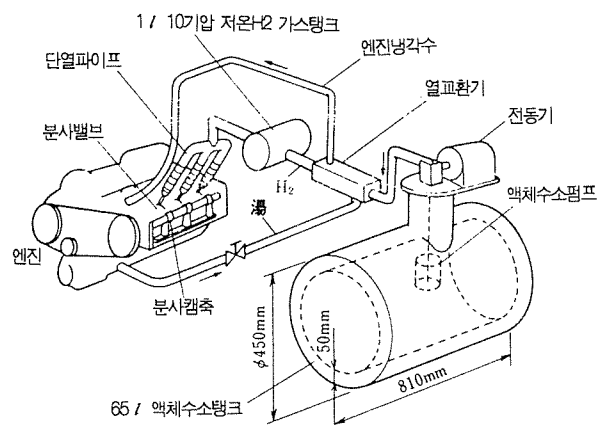


(a)중량비



(b)체적비

<그림 3> 수소의 운반성



<그림 4> 연료 계통

<표 2> 가솔린 30l에 해당하는 연료 및 탱크 중량 비교

연료 탱크	체적(l)	중량(kg)	탱크 중량(kg)	총중량(kg)
가솔린	30	22	5	27
메탄올	62	49	8	57
수소	-	-	-	-
고압수소(150기압)	600	8.2	755	763
수소흡장합금	-	8.2	764	772
액체수소	115	8.2	65	73
축전지	-	-	-	1360

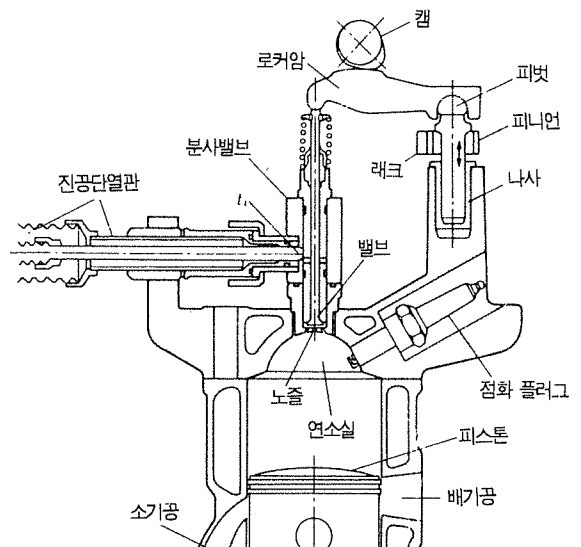
이 있다. 이 방법은 금속을 수 mm~1cm 정도의 덩어리로 하여 표면을 활성화하여 수소가스를 접촉시키면 화학적으로 결합하여 수소는 금속 중에 흡수되어 상압에서 가열하면 다시 수소가 방출된다. 이와 같은 원리를 이용하는 것이 수소흡장합금에 의한 방법이다.

또한 다른방법의 하나로 액체수소를 사용할 수도 있다. 액체수소는 비중이 0.071로서 가솔린의 약 1/10이고, 1l 당 발열량은 가솔린의 약 0.26배로서 가솔린 30l에 상당하는 액체수소는 1백15l가

요구된다. 이 방법은 수소를 액화하여 저장하는 방식으로 열의 침입을 방지하기 위하여 스테인리스로 만든 2중벽 사이를 초진공으로 만들고 방사열을 차단하는 단열 처리를 하는 방식이다. 그러므로 전체 중량은 가솔린의 약 2.7배가 된다. 그러나 고압수소나 수소흡장합금의 경우보다 약 1/10이므로 가장 실용적인 방식이다.

①저압분사방식 : 액체수소를 분사밸브를 통하여 기통 내에 분사하는 방식으로서 <그림 4, 5>는 연료 계통과 엔진 구조를 나타낸 것이다.

분사수소의 온도를 0~-50℃로 유지



<그림 5> 수소엔진 구조

하기 위하여 저온 유지 단열파이프와 액체 수소를 가열하는 열교환기, 열교환기용 냉각수 배관 등으로 구성된다. 연소실의 구조는 압축이 시작된 후로부터 압축 후기까지의 기간에 비교적 저압으로 분사하는 방식으로 분사 계통은 캠과 로커 압 기구를 적용한다.

②고압분사방식 : 고압분사방식은 디젤기관과 마찬가지로 공기만을 압축하여 피스톤이 최상의 위치(상사점 부근)에서 수소를 단기간 분사하여 폭발하는 방식이다. 디젤기관과 다른 것은 압축 열만으로는 점화하지 않으므로 점화장치(필요한 점이다. 수소기관의 압축비는 12~15:1이다.

〈태양에너지자동차〉 태양에너지는 환경오염이 없는 비 고갈성에너지로서 석유와 같이 지역적인 편재성이 적은 에너지이나 주야, 기후, 계절에 따른 에너지량의 변동이 큰 특징이 있다.

지구에 도달하는 태양에너지는 파장이 0.3~2.4 μ m로 넓은 범위의 전자파이다. 지구 전표면에 조사되는 태양에너지는 석유로 환산하여 약 10⁶억k l/

광전 변환기에 해당한다.

태양전지에 빛이 조사되면 태양 전지판의 양극, 음극 사이에 직류전기가 얻어진다. 태양전지는 온도가 상승하면 개방 전압이 감소하는데 50 $^{\circ}$ C 이상이 되면 매우 효율이 나빠지고 1백 $^{\circ}$ C 이상에서는 동작되지 않는다.

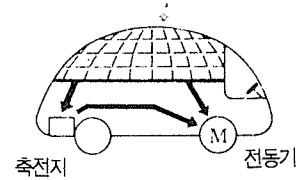
일반적으로 입사 태양광에너지를 1백 mW/cm²라 하면 태양전지의 변환효율은 전지의 최대 전력을 태양광에너지로 나눈 것으로서 표시된다. 태양 입사 에너지가 1백mW/cm²일 때 전지에서 얻을 수 있는 출력이 10mW이라면 변환효율은 10%로 된다.

(2)전기자동차 : 전기자동차는 에너지원이 전기이고, 충·방전을 할 수 있는 축전지에 의하여 모터를 회전시켜 추진하는 자동차로서 에너지 효율은 18~20%이다. 〈그림 6〉은 전기자동차의 원리를 도시한 것이다.

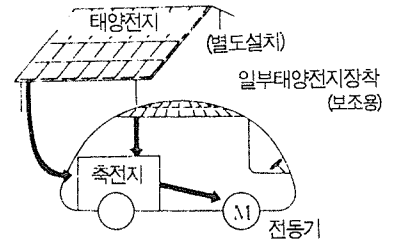
태양에너지자동차는 태양전지로부터 얻은 전기에너지를 공급하는 방식에 따라서 다음의 2가지가 있다.

①태양전지를 차체표면에 장착하는

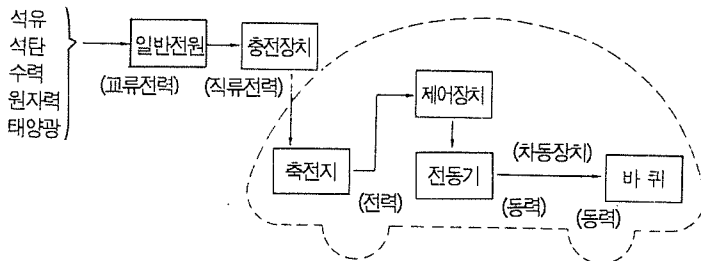
차체표면에 태양전지 장착



〈a〉 차체표면에 태양전지를 장착하는 방식



〈b〉 태양전지를 차와 별도로 설치하는 방식



〈그림 6〉 전기자동차의 구성

년으로 알려져 있다.

(1)태양전지 : 태양전지는 광에너지를 전기에너지로 순간적으로 변환하는 전지로서 에너지 저장 기능은 가지고 있지 않다. 따라서 태양전지는 일종의

방식 : 태양전지를 차체표면에 장착하고 얻어지는 전기에너지를 사용하여 주행하는 태양에너지자동차를 말한다.

②태양전지를 차와 별도로 설치하는 방식 : 별도로 설치된 태양전지로부터

얻은 전기에너지를 차에 적재할 대형 축전지에 축전하여 그 원동력으로 주행하는 자동차를 말한다. 소형의 태양전지를 차의 지붕에 설치하는 경우도 있다.

이상은 주로 대체에너지를 이용하는 자동차의 개요와 몇 가지 대체연료의 특성, 수소, 태양에너지 이용에 대한 기초사항을 다룬 것이다.

대체연료로 위에서 다루어지지는 않았으나 저공해연료로서 천연가스를 들 수 있다. 이것은 주성분이 메탄이며, 자동차용 연료로서는 액화천연가스(LNG) 및 압축천연가스(CNG)로 에너지 밀도를 높여서 사용된다.