

자동차용 원동기의 대체에너지별 특성 및 전망

정 동 수

한국기계연구소 내연기관연구실장



- 1952년생
- 내연기관을 전공하였으며 엔진의 열부하 해석과 이를 응용한 피스톤 및 연소실 설계에 관한 연구를 하고 있다. 특히 차세대 엔진용으로 천연가스엔진 개발에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

70년대의 두차례에 걸친 석유파동으로 세계는 대체에너지 개발에 눈을 돌리기 시작하였으며, 그림 1⁽¹⁾과 그림 2⁽²⁾에서와 같이 앞으로 산업과 문명의 발달로 요구되는 에너지에 대하여 원유만으로는 수급이 미치지 못함을 알 수 있으며, 에너지 전문가들도 앞으로 약 40년 내에 석유자원이 고갈될 것으로 내다보고 있다. 따라서 자동차 분야에서도 석유자원의 고갈에 대한 대처방안으로 대체에너지의 개발이 절실히 요구되고 있다. 석유자원의 고갈에 대한 다른 에너지로의 대처방안 필요성 이외에, 자동차에서 배출되는 배기가스에 의한 대기오염의 문제가 요즘에 심각하게 대두되고 있으나, 현재까지 사용되고 있는 가솔린이나 디젤 연료로써

배기가스를 줄이는데는 기술적으로 거의 한계에 와 있는 실정이므로, 대기오염방지의 측면에서도 다른 대체에너지의 개발이 절실히 필요하게 되었다. 따라서 차세대 자동차용 연료의 조건은 우선 저공해성 및 탈 석유자원이라야 할

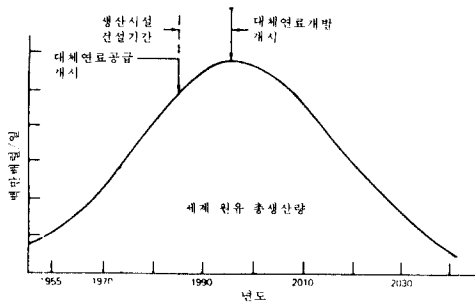


그림 1 세계 원유 생산계획⁽¹⁾

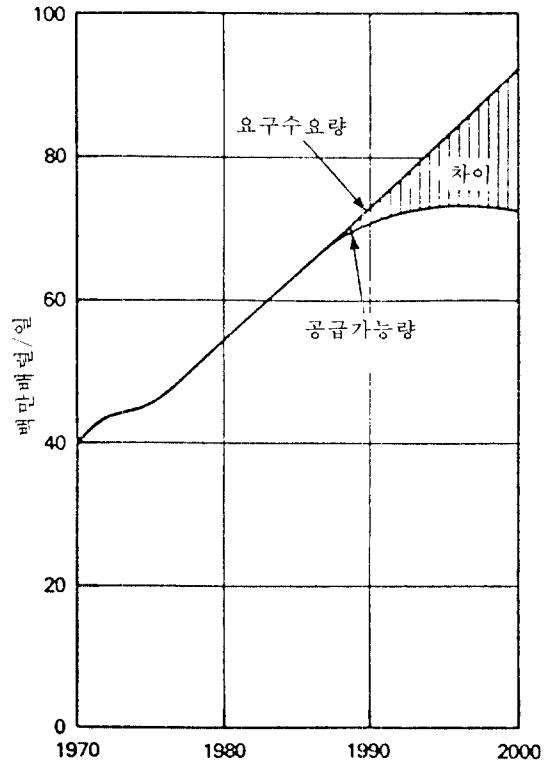


그림 2 원유의 세계적 수요 및 공급(공산권 제외)⁽²⁾

표 1 각 연료별 특성비교⁽³⁾

자 원	연 료	주 성 분	가격 지수 [*] **	점화방식	비출력 (BHP/kcal)	열효율	유해배기 가스			
							NO _x	SO _x	매연	
석 유	LPG	Hn Cm (탄화수소)	1.2(세별)	전기점화	0.7	25	미량(대책요)	미량	미량	
	가솔린		2.0(세별)	전기점화	1.0	25~30	미량(대책요)	미량	미량	
	경 유		1.3(세별)	압축점화	0.5~0.3	35	다 량	소량	다량	
석유 대체 연료	천연가스	LNG	Hn Cm	0.9	전기점화	0.6	25~30	미 량	미량	미량
	석 탄	액화유	Hn Cm	평가근란	전기점화	1.0~1.1	25~40	다 량	다량	다량
	물	수 소	H	2~3	전기점화	0.6~1.0	25~30	미 량	무	무
	생물	에타놀	HnCmOe (함산소)	2~3	1) 전기점화	1.0	25~30	미량(대책요)	무	무
	생물	메타놀		2~3	2) 열분위기 점화	1.0	25~40	미량(대책요)	무	무
	천연가스	메타놀		1.0~1.1	3) 파이롯트 점화	1.0	25~40	미량(대책요)	무	무
석 탄	메타놀	2~3			1.0	25~40	미량(대책요)	무	무	

주) * 발열량당의 가격대 원유의 가격과의 비
 **1985년도 자료이므로 현재와는 다소 차이가 있음

표 2 각 연료별 물성⁽⁴⁾

구 분	메 탄	천연가스	프로판	노말부탄	휘발유	경유	수 소	메타놀	에타놀
분 자 식	CH	주로CH	CH	CH	CH	CH	H	CH OH	CH OH
액 비 중 (g/cm ³ 비등점, 대기압)	0.423	0.423	0.5076	0.5847	0.702	0.876	0.071	0.79	0.79
공기에 대한 비중 (g/l, 16°C, 760mmHg)	0.552	0.61	1.52	2.00	—	—	0.0695	—	—
정압비열(15~30°C)	0.526	0.526	0.388	0.397	0.400	0.400	0.345	—	—
고발열량(kcal/kg)	13251	13384	12021	11825	11362	10685	33900	5420	7068
저발열량(kcal/kg)	11929	12107	11060	10909	10563	10135	28662	4765	6414
비등점(°C, 대기압)	-161.5	-161.5	-41.04	-0.50	—	—	-252.8	64.6	78.5
이론 연료 공기혼합비	체적기준	9.52	10.53	23.87	30.96	—	—	2.89	—
	질량기준	17.21	12.24	15.67	15.46	14.93	15.01	34.25	6.45

자동차용 원동기의 대체에너지별 특성 및 전망

연 소 한 계	상한(%)	15	15	9.5	8.4	4.7	—	74.2	36	19
	하한(%)	5	5	2.2	1.8	1.5	—	4.1	6.7	4.3
폭발위험도*		2	2	3.3	3.7	2.1	—	17.15	4.4	3.4
연소온도(°C)		1957	1918	1980	1970	1500~ 1700	—	—	—	—
연소속도(m/s)		0.67	0.67	0.81	0.82	0.83	—	4.85	1.14	—
최저자발화온도(°C)		481	481	481	441	210-300	340	580	470	420
옥탄가 [(RON+MON)/2]		120	120	105	92	87	—	—	99	98

주) *폭발위험도=(연소상한-연소하한)/연소하한

표 3 각 연료의 신체 위험도⁽⁵⁾

상 황		가 솔 린	메 탄	메 타 놀	프 로 판	수 소
출 입	연속노출시 치사량[ppm]	VARIES	무 독 성	200	1000	무 독 성
	치사량이상 노출시영향	VARIES	무 독 성	혼수상태	혼수상태	무 독 성
단시간에 다 량 노 출	눈 접 촉	2	—	2	—	—
	흡 입	3	3	2	3	3
	피부 침투	3	—	2	—	—
	피부 침투	1	1	1	—	(1)
	섬 취	2	—	1	—	—
	기 타	만성적인 특 성	일시적인 질식작용	영구적인 위해작용	일시적인 질식작용	질식작용 가 능

주 : a) 상대적 위험도(5:고, 1:저)

b) 피부는 저온 물체 접촉시 손상을 입는다.

것이며, 부수적으로 고열효율성, 저장 안전성, 풍부한 공급량, 엔진 내구성 등의 조건이 요구 될 것이다.

이러한 관점에서 볼 때 현재 부상되고 있는 대체연료로는 메탄올, 에탄올, 석탄, 수소 및 천연가스 등이 있으며, 또한 대체 엔진으로는 가스터어빈, 랭킨 사이클 기관 및 스팀터링 기관 등이 있으나 여기서는 대체연료에 관하여서만 언급하고자 하며, 표 1⁽³⁾, 2⁽⁴⁾, 3⁽⁵⁾에서는 내연기관용 연료로 현재 부상되고 있는 각 연

료별 특성과 신체위험도를 보여주고 있다. 그리고 각 대체연료는 가솔린에 대하여 비교하였다. 국내에서도 석유 대체엔진에 대하여 서울대학교, 성균관대학교, 과학기술원, 동력자원연구소, 한국기계연구소 및 몇몇 자동차 업체에서 의욕적으로 활발하게 연구를 수행하고 있으나 이제 막 시작하는 단계에 있으므로 기술 수준이 외국보다 약간 뒤지고 있지만 외국에서도 시작한지 얼마되지 않았으므로 충분히 따라 갈 수 있다고 생각한다.

앞으로 서술할 것은 위에서 언급한 대체연료를 자동차연료로 사용할 때 얻을 수 있는 장점이나 해결해야 하는 문제점으로 대두되는 것들을 국내나 외국에서 이미 발표된 자료등에서 발췌하여 기술하였다.

2. 석탄 연료

석탄자원은 화석연료 중에서 매장량이 가장 풍부하고 채굴가능한 양도 석유의 5배 정도이며 지역적으로* 비교적 고르게 산재되어 있어서 공급이 안정되고 가격이 저렴하여 앞으로 재생 가능한 신에너지원의 실용화, 대량화가 실현될 때까지 석유를 대체할 수 있는 가장 유망한 자원으로 부각되고 있다. 그러나 석탄은 고체연료라는 점에서 채광, 운반, 저장이 번거로우며, 취급상 인체에도 해로운 영향을 미치고, 연소 후 고형회분의 처리를 수반하여야 하며, 분진, 황화물, 질화물과 같은 오염물질의 대기 중 방출이 석탄을 대체에너지로 이용하는 데 있어서의 문제점으로 대두되고 있다. 따라서 석탄을 직접 엔진에 사용하지 않고 다른 형태의 에너지원으로 바꾸어 사용하는 것이 필요하다. 석탄을 자동차 구동에 필요한 에너지로 전환할 수 있는 형태는 다음과 같다.

(1) 전력으로 사용하는 방법⁽⁶⁾

(2) 가스화나 액화시켜서 사용하는 방법

현재까지 개발된 석탄 전환 기술로는 석탄 가스화, 석탄 액화, COM(coal-oil mixture), CWM(coal-water mixture) 등이 있다. 석탄 가스화는 석탄이나 코우크스에 적당량의 공기나 수증기를 고온으로 반응 시켜 수소, 일산화탄소, 메탄가스 등의 가연성 가스를 생성하는 기술이고, 석탄 액화는 석탄을 고온(400~500°C), 고압(200~700atm)에 수소를 첨가시켜 액상의 저급 탄화수소(석유)를 만드는 공정이며, COM은 석탄에 중유를, CWM은 석탄에 물을 혼합하여 액상의 연료를 만드는 것을 의미한다. 그리고 전력으로 사용하는 방법으로는 배터리(battery), 연료전지로 사용할 수 있다.

그러나 이와같은 방법에서 가장 쉽게 얻을 수 있는 것은 수소이며, 수소가외는 중량이 매우 무겁기 때문에 실용이 곤란하다⁽⁷⁾.

3. 수소연료

수소연료는 화학적인 방법으로 물로 부터 제조 가능하므로 거의 무진장에 가까운 연료이며, 또한 연소 생성물은 다시 물로 환원되므로 질소 산화물(NO_x)을 제외하고는 거의 무공해에 가까운 대체연료이다. 그러나 수소연료는 운반성과 저장성에 있어서 다른 연료에 비하여 취약성을 갖고 있으므로 몇몇의 연구용 기관 및 차량 시스템화의 개발이 시도된 적이 있지만 아직 실용화 단계에는 이르지 못한 실정이다. 수소는 탄화수소계 연료와는 다소 다른 특성이 있기 때문에 수소를 엔진에 적용했을 때는 다음과 같은 장단점이 있다.

(1) 수소는 단일 성분의 연료로서, 연소생성물이 물로 환원되고, 물로 부터 산소를 제조한다고 하면 무한한 연료이다. 배기가스 조성도 단순하여 가솔린 기관 및 디젤 기관에서 문제가 되는 CO, HC 및 매연 배출이 거의 없으므로 배기가스 공해의 저감을 위하여 유망한 연료이다. 단, 열화염온도가 다른 연료에 비하여 높으므로 NO_x의 생성은 다소 증가하지만 NO_x 배출의 억제는 큰 문제가 없다.

(2) 수소는 가연한계($\phi=0.1\sim 7.2$)가 넓어서 아주 희박한 혼합기를 사용할 수 있으며, 수소의 최소 점화에너지가 작으므로 미소한 점화에너지로도 용이하게 점화된다. 그러나, 수소의 자기착화온도(580°C)는 디젤유(340°C)의 경우 보다 상대적으로 높으므로 압축착화에는 어려움이 있다.

(3) 수소의 저발열량(28700kcal/kg)은 가솔린(10500kcal/kg) 경우의 2.7배이지만, 수소의 이론연료공기비는 중량비로 0.029 : 1이고 가솔린의 경우 0.066 : 1 이므로, 동일 실린더 내에 수소공기이론 예혼합기를 흡입시킨 경우의 발열량은 가솔린의 경우의 발열량에 비하여

15% 정도 감소된다.

(4) 수소가 쉽게 점화하는 성질은 회박혼합기가 사용되는 저부하 영역에서 열효율의 증대를 가져온다. 그러나 진한 혼합기가 사용되는 고부하 영역에서는 실린더내의 고온부에 의하여 쉽게 착화되어 조기착화를 일으키게 되므로 역화여 이르게 된다. 수소의 연소속도가 큰 성질은 연소의 안정성을 증대시키지만, 수소 특유의 연소음의 발생과 역화의 원인도 된다. 노킹이 생기는 것은 가솔린의 경우와 큰 차이를 보이지 않는다. 또한 실린더내에 수소엔진 특유의 압력진동도 생긴다.

(5) 수소의 비등점은 -253°C 서 상온에서는 항상 기체상태이므로 기화기는 필요하지 않으며, 동지중에서 수소분자의 확산속도가 크므로 연료와 공기의 혼합이 용이하다. 그러나 수소의 이론연료공기비가 체적비로 0.420:1로서 연소실내에 공급되는 수소의 체적이 혼합기 전체 체적의 약 30%에 달하므로, 수소연료를 분사할 경우, 분사구의 면적을 크게 할 필요가 있다. 또한, 수소가 갖는 저유효성에 의하여 연료공급계통에 쉽게 마모가 생기므로 별도의 수소연료 공급시스템의 개발이 요구된다.

(6) 수소는 밀도가 최소이므로, 가솔린 기관과 같은 주행거리를 유지하기 위해서 대형의 연료탱크가 필요하다. 따라서 수소저장법은 수소자동차의 설계상 해결하여야 할 커다란 과제이다.

(7) 수소연료는 무색 무취로 감지하기 힘들며, 작은 스파아크에 의해서도 폭발하기 쉽다. 그러나 수소자체는 무독이며, 비중이 작아 공기중에서 쉽게 상승하므로 외부로 누출된 경우 프로판이나 그외의 가스보다 비교적 안전하다.

위에서 언급한 것과같이 수소를 자동차 기관의 연료로 사용하기 위해서는 이상연소, 저출력, NO_x 배출 등의 문제점을 해결해야 한다.

3.1 이상연소에 대한 대책

수소연료의 연소에서 가장 큰 문제가 되는 것은 역화가 다른 연료에 비하여 일어나기 쉽

다는 것이다. 이 이상 연소를 억제시키는 방식으로는 연소온도를 낮추는 방식과 점화전에 가연 혼합기가 형성되는 것을 억제하는 수소분사 방식이 채용되고 있다.

연소온도를 낮추는 방식은 회박 혼합기의 사용이 대표적이며, Manfred Oehmichen은 압축행정 초기에 수소를 분사시키는 엔진에서 당량비 ϕ 를 0.67이하로 유지하는 경우 조기착화, 역화 등의 이상연소가 억제된다는 것을 밝혔다. 그러나 회박연소에 의한 이상연소 억제방식은 용이하지만 발열량의 감소에 의한 출력저하를 가져오고, 압축행정 후반에 수소가스를 분사하는 방식은 조기착화와 출력면에서는 유리하지만 수소연료와 공기가 혼합되는 기간이 짧아서 불완전 연소의 가능성이 있고, NO_x 의 생성이 연소가스의 온도 상승으로 가솔린에 비해 크다.

3.2 저출력에 대한 대책

수소 공기 예혼합기의 발열량은 동일 실린더 체적에 대하여 $\phi=1$ 일 때 가솔린에 비하여 15%정도 낮게 되므로 출력은 85% 정도이다. 이와 같은 출력저하를 막는 방법으로 액체수소 LH(중발점 -253°C)를 흡기관에 넣어 공기를 냉각 시키는 방식과 압축행정의 후기에 수소를 분사하는 경우가 있다. 전자의 경우는 가솔린에 비해 발열량이 15%정도, 후자는 약 20%가 증가되므로 저출력의 문제는 해결될 수 있다.

3.3 NO_x 의 배출에 대한 대책

NO_x 의 배출을 억제하는 방법으로는 회박혼합기 사용에 의한 방식, EGR방식, 흡입온도 냉각방식, 후처리에 의한 방식 등이 사용되고 있다. 수소 공기 혼합기의 당량비 $\phi=0.8\sim 0.85$ 사이에서 NO_x 의 생성이 최대를 보이지만, $\phi<0.5$ 을 유지하면 NO_x 의 생성이 거의 없다. 진한 혼합기를 사용하면 NO_x 의 생성을 감소시킬 수 있지만 조기착화, 역화 등의 이상연소를 야기시키므로 적합하지 못하다. EGR방식에서는 EGR율이 25% 이상이 되지 않으면 NO_x 배출의 저감효과를 크게 기대할 수

없다. 액체에 의한 흡입 혼합기의 온도를 낮추는 것은 NO_x 의 큰 감소를 가져오지 못했다. 수소는 연소하기 쉬운 성질을 가지고 있어서 100°C 전후에서 저온 촉매연소가 가능하지만 촉매기가 고가인 단점을 가지고 있다.

3.4 수소 연료의 공급 방법

(1) 수소 공기 예혼합기 공급 방식

이 방식은 가솔린 기관에 기화기를 제거하고 흡입밸브 근처에서 수소가스를 공급하여 흡입행정시 수소공기 예혼합기를 흡입시키는 방식으로 부분부하의 경우 비교적 안정된 연소가 얻어질 수 있지만, 예혼합기가 고온의 연소실 내에 직접 노출되므로 조기착화 및 역화의 가능성이 있다. 이와같은 단점을 보완하기 위하여 수소가스 공급관 대신 수소분사 밸브를 설치하는 방식과 흡입밸브 시트에 공급할 수 있는 관로를 만들어 수소를 공급하는 방식이 있으나 이들도 정도의 차이는 있으나 액화의 문제는 그대로 남아 있다.

(2) 실린더내 수소분사 방식

수소를 분사하는 시기에 따라서 압축과정 끝의 전후에서 고압의 수소 가스를 실린더 내에 분사시키는 고압수소 분사방식과 흡입밸브가 닫히고 난후부터 압축행정 전반에 비교적 낮은 압력의 수소를 분사시키는 저압 수소방식이 있다. 고압수소 분사방식은 조기착화나 역화가 발생하지 않으며, 압축비를 높여 열효율의 증대를 도모할 수 있지만 연료가 공기와 혼합하는 기간이 짧아서 불완전 연소의 가능성이 있다. 저압수소 분사방식에서는 연료분사후 공기와 혼합되는 기간이 길어지는 장점이 있지만 압축행정 기간동안에 가연혼합기 상태로 실린더내에 있으므로 조기착화가 일어나기 쉽다.

3.5 착화방식

수소는 압축 착화되지 않을 만큼 자기착화온도가 높아, 수소연료를 디젤기관에 사용할 경우에는 별도의 강제착화 방식이 필요하다. 이 강제 착화 방식에는 스파크 점화방식과 글로우 플러그에 의한 점화방식이 있다.

3.6 저장법

수소를 고압수소가스(GH_2), 액체수소(LH_2), 금속수소화합물 등의 방법으로 사용하더라도 수소의 밀도가 가솔린에 비하여 훨씬 작기 때문에 같은 거리를 주행하기 위해서는 연료탱크의 체적과 중량이 커져서 수소자동차의 실용에 커다란 문제점으로 남아 있다. 고압수소 가스로 사용하는 방법은 고압 수소분사 방식에 유리하며, 액체수소를 사용하는 방법은 체적이 현저히 감소되지만 취급상의 위험성이 따르며, 고압으로 수소를 분사하기 위해서는 가압펌프가 필요하다. 금속화합물은 중량면에서는 고압 수소 가스와 비슷하지만 안전성이 뛰어나며 단위체적당 에너지 밀도가 높다는 점에서 가장 유리하다⁽⁸⁾.

4. 알코올 연료(메타놀, 에타놀)

메타놀은 천연가스, 석탄, 나무, 생태계 등으로 부터 공업적으로 양산이 가능하므로 유용한 연료의 하나이나 석유계 연료에 비하여 단위 질량당의 발열량이 메타놀이 45%, 에타놀이 60%에 불과하므로 같은 에너지를 싣기 위해서는 가솔린에 비하여 메타놀은 1.9배, 에타놀은 1.5배의 용적이 필요하다. 에타놀은 메타놀에 비하여 양적인 제약이 크고, 기관의 성능면에서도 좋지 않으므로 메타놀이 더 타당도가 높다⁽⁹⁾.

메타놀을 자동차 연료로 이용하는 방법으로

(1) 현용 차량을 개조하지 않고 현상태로 가솔린에 메타놀을 혼합하여 사용하는 방법

(2) 메타놀 성상에 맞춘 메타놀 기관을 개발하여 100%에 가까운 메타놀 연료로 사용하는 방법이 2가지로 대별된다.

(1)의 방법에 의한 메타놀 혼합방법은 연비, 배기가스 등의 관점에서 약 20%가 메타놀 혼합의 한계라고 한다. 따라서 20% 이상의 가솔린의 절약을 위해서는 순메타놀 기관의 개발이 필요하다.

순메타놀 연료의 이용 기술로는

- ① 순메타놀을 전기점화기관
- ② 순메타놀 압축착화기관

으로 나눌 수 있다.

메타놀은 cetane가 낮으므로 압축착화 시키기 어려우므로 메타놀을 압축착화기관에 이용할 때에는 시동 초기에 소량의 경유를 먼저 분사시켜 점화시킨 후 메타놀을 분무연소시키는 메타놀 2연료계 분무시스템이 개발되고 있다. 메타놀을 석유대체 연료로 사용하려 할 때 그 연료의 연소특성이 지금까지 사용해 왔던 석유계 연료의 연소특성과 어떻게 다른지를 알아 보면 다음과 같다.

· 장점

(1) 가솔린보다 옥탄가가 높기 때문에 가솔린보다 더 압축비를 높혀도 노킹을 일으키지 않아 고효율을 얻을 수 있어 열효율이 개선된다.

(2) 연소속도가 빨라서 희박연소가 가능하기 때문에 열효율, 배출가스 성능향상면에서 유리하다.

(3) 분자구조가 단순하며, 연소에 의한 배출가스 중의 유독오염물질의 종류가 한정되기 때문에 방지대책이 쉬워진다.

(4) 유황이나 중금속이 혼입되어 있지 않기 때문에 아황산가스 공해가 없다.

(5) 탄소수가 적은 합산소화합물이기 때문에 매연이 발생하지 않으며 배출가스 성능 및 엔진수명의 개선에 유리하다.

(6) 연료로서의 취급이 가솔린, 경유와 비슷하며, 화재가 발생하여도 물로 소화할 수 있으므로 안전성이 좋다.

· 단점

(1) 용적당의 발열량이 가솔린, 경유에 비하여 약 1/2정도로 낮다.

(2) 기존의 가솔린, 경유사용차량의 연료계 통재료에 대한 부식, 팽윤작용이 있다. 또 윤활유를 희석하여 오염을 촉진시킨다.

(3) 기화잠열이 커서 저온시의 시동성이 나쁘다. 또 세탄가가 낮아 압축점화 방식 기관의 연료로는 적당하지 못하다.

(4) 미연메타놀, 포름알데히드의 배출물 배출량이 증대된다.

메타놀을 자동차 연료로 사용하기 위해서는 앞에서 언급된 것과 같은 저온 시동성의 개선, 미연연료 및 포름알데히드(aldehyde)의 저감, 내구성과 신뢰성의 개선, 저장 용기의 콤팩트화가 먼저 해결되어야 한다⁽⁹⁾.

5. 천연가스(CNG 혹은 LNG)

세계 각지에서 생산되는 천연가스는 산지에 따라 성분의 혼합비율에 약간 차이는 있으나 주로 90%이상이 메탄으로 구성되어 있고 여기에 에탄, 프로탄, 부탄 등의 탄화수소 동족체와 질소등이 소량 함유되어 있다.

천연가스의 자동차 연료로서의 장단점은 다음과 같다.

· 장점

(i) 매장량이 풍부하고 이용하기 쉽다.

(ii) 가격이 싸다.

(iii) 유해배출물이 적다.

(iv) 가스상의 연료이다.

(v) 옥탄가가 높고 연소한계가 넓다.

· 단점

(i) 비등점이 낮다.

(ii) 단위체적당 발열량이 낮다.

(iii) 연소 속도가 느리다.

(iv) 최저 자발화온도가 높다.

천연가스의 세계 매장량은 향후 60년간 사용할 수 있는 분량이다. 그러나 발견 가능한 양까지 고려하면 지금의 소비율로서 거의 200년 동안 쓸 수 있는 충분한 양이며, 같은 열량을 기준으로 천연가스 가격은 석탄, 석유가격의 절반 정도이다. 천연가스는 비등점이 낮기 때문에 액체상태로 자동차에 탑재시키기 위해서는 대기압 하에서 -161°C 의 저온을 유지할수 있는 용기가 필요하다. 그러나 이와같이 액화 천연 가스상태로 유지하기 위해서는 단열이 잘 된 저온 고압의 실린더가 필요하게 되는데 이것은 아주 고가여서 경제성이 맞지 않는다. 따

라서 보통 천연가스를 고압으로 압축시켜 차량에 탑재하여 운행하고 있다. 비록 천연가스를 상대적으로 높은 압력으로 압축하여 저장하더라도 액상 연료보다 밀도가 상당히 낮으므로 가솔린과 같은 거리를 주행하기 위해서는 약 5배의 저장 탱크가 필요하게 된다. 기존 가솔린 기관을 천연가스 엔진으로 개조할 때에는 천연가스의 연소속도가 느리므로 가솔린에 비하여 스파크타이밍을 약 15° 정도로 더 진각시켜야 한다. 그렇지 않으면 출력에 저하를 가져오게 된다. 천연가스는 자발화 온도가 높기 때문에 기존의 디젤 엔진을 그대로 사용할 수 없다. 따라서 경유 파일럿 분사방식이나 스파크 플러그 점화방식 등의 어떤 착화원을 줄 수 있는 개조가 필요하다.

천연가스의 대부분을 구성하고 있는 메탄은 탄화수소족의 연료중에 가장 간단하고, 가장 안정된 연료이며, 본질적으로 천연가스를 연소시켰을 때 가솔린에 비하여 일산화 탄소(CO)가 거의 생성되지 않고, 탄화수소(HC)도 매우 작은 양을 배출한다. 그러나 메탄 배출물은 증가되거나 불활성이므로 대기를 오염시키지 않으므로 문제가 되지 않으나, 산화질소(NO_x)는 여전히 문제가 되나 엔진 설계의 최적화와 최적운전에 의하여 규제치내로 유지할 수 있다. 천연가스는 가스상의 연료로서 보통 자동차에 탑재되므로, 혼합기의 분배가 양호하여 운전성능이 향상되며, 높은 내눅크성에 기인하여 과급시스템을 포함한 넓은 운전조건 범위하에서 노킹이 발생함이 없어 고압축비에서 운전이 가능하다. 연소될 때 나오는 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화황, 질소화합물의 양이 상대적으로 적은 특성 때문에 천연가스가 차 세대의 에너지원으로 주목받고 있으며 천연가스가 주연료로 사용되면 산성비, 스모그 현상, 지구온난화 등이 해결될 것으로 기대된다⁵⁾.

6. 맺음말

1989년 6월에 미행정부에서는 현재보다 내용

이 강화된 대기정화법안을 의회에 제출하였으며 대기오염을 줄이기 위해 미국내 자동차 1백만대를 오는 97년까지 가솔린이 아닌 다른 연료로 대체하도록 이 법안이 규정하고 있다.

따라서 현재 국내에서도 차세대 자동차용 연료로서 확실한 저공해성, 높은 열효율, 연료의 저장 안정성, 비 석유자원 및 기존엔진의 소폭 변경으로 사용가능 등 가장 이상적인 연료로 메탄올 엔진에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 엔진 내구성 감소 및 가격문제 등으로 많은 문제점을 안고 있으며 수소연료 또한 수송 및 저장상 위험문제 등이 큰 난제이다. 이에 반해 천연가스는 50년대 부터 사용되어 왔지만 비중있는 에너지원이 못되었으나 최근 미국에서는 89년 7월말 35년간 통제해오던 천연가스 가격을 자유화시킴으로서 천연가스생산의욕을 고취시켜 90년대 민족 최대의 에너지원으로 부상될 것이며 자동차와 화력발전소의 주원료가 될 것으로 미국 에너지 전문가들은 전망하고 있다.

최근 여러 선진국 등에서 도시환경 보존을 위하여 천연가스 차량에 대한 관심이 고조되어 대부분 천연가스와 기존연료 겸용차량을 개발하여 계속 시험중에 있으며, 천연가스 전용 차량으로서 미국의 포드사가 1984년에 AFV (alternative fuel vehicle)를 개발하였고 일본의 스즈끼 공업이 1988년 LNG(liquefied natural gas) 전용 차량을 개발하여 실용화를 추진하고 있다.

천연가스연료는 청정에너지라는 장점의 저렴한 가격, 풍부한 매장량, 기존 가솔린이나 디젤엔진 보다 4배 정도 긴 엔진 수명연장, 충돌시 폭발위험에 대한 안전성 등의 장점에도 불구하고, 연료통의 큰 부피로 인한 단거리 운행가능과 충분한 가스충진소 설치 문제 등의 단점이 있으나 최근 기술의 발전속도로 볼 때 이러한 문제점은 조만간에 해결될 것이며 자동차용으로 천연가스의 이용은 세계적으로 확실될 것이라 판단된다. 이러한 세계적인 추세에 따라 국내에서도 냉난방용으로 전기모터 대신 천연

연가스 엔진 구동을 위해 개발에 착수하였으며 단계적으로 자동차용 천연가스 엔진개발을 계획하고 있다.

참 고 문 헌

- (1) E. Eugene, E. Cklund., 1979 "Methanol and Other Alternative Fuels for OFF-Highway Mobile Engines", SAE Paper 780459.
- (2) R.H. Thring., 1982, "Alternative Fuels for Spark-Igition Engines", SAE paper 831685.
- (3) 조경국의 3명, 1985, "메타놀-LPG 연료를 사용하는 기관의 성능에 관한 기초연구", KS-A-846.
- (4) C.F. Taylor., 1968, "Internal Cobustion Engine in Theory and Practice", Vol. II, MIT Press.
- (5) 박원민, 박선, 전홍신, 1989, "CNG 기관 개발연구에 대한 타당성 검토", 최종보고서.
- (6) 이재순, 1984, "자동차 배기가스와 그 대책(Ⅳ)", 자동차공학회 학술강연초록집.
- (7) 정헌생, 1989, "대체 에너지의 종류와 실용화", 석유와 윤활, 제 6 권 제 3 호.
- (8) 이종태, 1988, "수소 연료의 자동차 이용 기술", 자동차공학회 학술강연초록집.
- (9) 이창식, 1987, "연소기관 연료의 동향", 자동차공학회지, Vol. 9, No. 4, pp. 23~33.
- (10) G.A. Karim and I. Wierzba, 1986, "Comparative Studies of Methane and Propane as Fuel for Spart Ignition and Compression Igition Engines", SAE Paper 831196.
- (11) R.L. Evans, F. Goharian and P.G. Hill., 1984, "The Performance of a Spark-Ignition Engine Fuelled with Natural Gas and Gasoline", SAE Paper, 840234.
- (12) Ralph D. Fleming and Glann B. O'Neal, 1985, "Potential for Improving the Efficiency of a Spark Ignition Engine for Natural Gas Fuel", SAE Paper 852073.

