

저공해 자동차와 재료기술

Low Emission Vehicles and Materials Technology
Technical Center, KIA Motors Corp

조 원 석
W. S. Cho



조 원 석

- 1953년 4월 12일생
- 기아자동차 기술센터
- 자동차 재료부품 응용

1. 서 론

1980년대 후반부터, 구미 선진제국에서는 酸性雨에 의한 삼림파괴의 증대, 대도시지역에서의 스모그에 의한 인체의 영향, 온난화에 의한 기후변동, 오존층 파괴에 의한 자외선의 증대 등이 점차로 문제화되어 왔다. 그러나 이들 어떤 문제도 자동차의 배가스와 다소가 연결되어 있지 않는것은 없다고 지적되어 왔다. 이러한 상황에서 어떻게 해서 자동차의 배가스를 삭감 할 것인가의 명제가 환경문제중에서 중요한 위치를 점해오고 있다. 그래서 외국 자동차 업체는 물론이고, 우리나라 자동차 업체에서도, 가솔린, 디젤 엔진의 배가스 저감을 심각히 진행시키고 있는 외에, 종래의 화석연료를 대신할 메타놀, 전기자동차, 천연가스 등 저공해의 대체연료차의 연구개발에 박차를 가하고 있다. 이렇듯 국내외 자동차 업체가 대체연료차의 연구개발에 적극적으로 나서고 있는 것은, 환경대책 이외에, 미국의

캘리포니아 주를 필두로 각주에서 이들 차량의 판매를 의무화 하는 법제정 움직임에 기인하고 있다. 즉, 미국시장의 確保를 위해서 이들은 不可缺한 상품으로 된다고 하는 측면도 있다는 것이다.

표 1에서 보는 바와 같이 1990년 미 캘리포니아 주의 대기정화법이 개정되어, 자동차 메이커에 대해서, 1998년에 배기 Gas중의 NMOG(非메탄有機Gas)가 Zero인 ZEV(무공해차)의 판매 대수를 전체의 2%로 하는 것을 의무화 하고 있다. 이 시기에 실현가능한 ZEV는 전기자동차 밖에 없는 것으로 보여진다.

New York주 등 他 12주에서도 유사한 법안의 채용을 검토하고 있어서 미국에서는 2000년 이후, 본격적인 저공해차 시대가 도래하리라 전망된다. GM사, FORD사, CHRYSLER사 등의 美 Big3도 전기자동차를 공동 개발하는 것으로 합의했다고 전해진다. 전기자동차는 해결해야 될 과제가 많지만, 저공해차의 핵심이라는 데에는 틀림이 없다.

대기정화법에는 또하나의 계획이 있다. 메이커마다 총판매대수에서 계산한 NMOG의 Total 배출량을 규제하는 것이다. 결국 LEV(저공해차) 1대의 배가스 범위로, ULEV(초저공해차)를 2대 판매할 수 있기 때문에, ZEV는 불가능하지만 ULEV의 가능성을 갖는 천연가스차의 개발이

표 1 미국 캘리포니아 주 자동차 배출가스규제(90년 개정대기정화법)에 의한 저공해차 도입계획 (승용차 및 輕트럭 생산비율) (1)

MODEL年	기존차 NMOG=0.242	기존차 NMOG=0.155	TLEV NMOG=0.078	LEV NMOG=0.047	ULEV NMOG=0.025	ZEV NMOG=0.000	평 균 NMOG=기존치
1994	10%	80%	10%				0.1563
1995		85%	15%				0.1435
1996		80%	20%				0.1398
1997		73%		25%	2%		0.1255
1998		48%		48%	2%	2%	0.0976
1999		23%		73%	2%	2%	0.0702
2000				96%	2%	2%	0.0454
2001				90%	5%	5%	0.0435
2002				85%	10%	5%	0.0423
2003				75%	15%	10%	0.0385

주) NMOG의 단위, g/Km

ZEV : Zero Emission Vehicle : 무공해차(생산비율은 강제적임)

주) NMOG : Non-Methane Organic Gases : 非메탄 有機가스

TLEV : Transitional Low Emission Vehicle : 과도적 低공해차

LEV : Low Emission Vehicle : 저공해차

ULEV : Ultra Low Emission Vehicle : 超 저공해차

대두되게 되었다.

한편 메타놀 자동차는 실용화의 관점에서 가장 근접한 저공해 차량이다. 엔진기술 하나를 보아도 천연가스차나 전기자동차 보다 완성도가 높다. 캘리포니아 주의 규제에 비추어 보면 고작 LEV수준 이지만, 현단계에서 실질적으로 도입 가능한 유일의 대체에너지 차량이라고 주장되고 있다.

대체에너지차가 해결해야만 될 과제는 많다. 전기자동차의 경우 주행가능한 거리가 짧은 것이 최대의 문제이다. 현재는 1충전당 항속거리는 40 Km/h 定速走行으로 120Km정도이지만, 시가지를 보통으로 주행하면 50~60Km가 한도이다. 가솔린차라면 500~600Km는 주행한다는 것을 염두 해두면 아직 초보적인 수준에 머무르고 있다는 것을 알수있다.

항속거리를 늘리려면 우선 차체 자체가 상당히 가벼워야 하고, 많은 에너지를 축적할 수 있는 축전지의 개발이 필요하다. 그러나 고성능의 축전지는 고가로 될 가능성이 높다. 전지의 개발에서는 전극판이나 전극끼리 분리하는 Sepera-

tor에서 신재료개발이 진행되고 있다.

메타놀차의 과제는 연료공급계와 엔진의 부식, 마모 대책을 필요로 한다. 가솔린과 경유는 금속에 대해 부식성을 갖고 있지 않지만, 메타놀은 부식성이 강하다. 또 연소시에 발생하는 알데히드는 엔진내부를 상하게 하기 때문에, 연료탱크에서 머플러까지, 내식성 내마모성이 높은 재료를 채용하지 않으면 안된다.

천연가스차의 과제는, 연료탱크인 고압가스 용기(봄베)의 경량화이다. 가스는 같은 용량에서 가솔린의 1/3~1/4밖에 담지 못한다. 그러나 가스용기를 많이 적재하면 용기자체의 중량이 문제로 된다. 여기에서 경량용기의 필요성이 대두 된다.

다음에 각각의 대체에너지 차량과 기타 저공해과제(촉매기술 등)에서 구체적인 재료의 역할을 살펴보자.

2. 메타놀 차량

가솔린이나 경유와 같은 액체연료인 메타놀차

동차는 대체에너지 차 중에서는 가장 실용화에 가깝다. 전기자동차의 1충전당 항속거리가 가솔린차의 약 1/10, 천연가스차가 1/4~1/5인 것에 대해서, 메타놀차는 약 1/2로 연료탱크의 크기를 2배로 하면 종래와 유사한 항속거리가 얻어진다.

특히 트럭등의 商用車는 荷物の 적재 Space와 적재능력을 확보할 필요가 있어서, 무겁고, Space를 상당히 점하는 축전지나 가스용기의 탑재가 어렵다. 일본에서는 상용차의 저공해화를 진행하고 있는 일환으로써 현시점에서의 실용성이 높은 것에 착안해서, 전기와 디젤엔진을 조합한 '하이브리드'차와 더불어 메타놀차의 보급에 힘을 기울이고 있다.

메타놀차의 과제는, 부식성이 높은 메타놀에 접하는 부품의 부식, 내마모 대책에 달려 있다. 가솔린과 경유가 금속재료를 전혀 침식하지 않는 것에 대해서, 메타놀은 금속, 플라스틱의 양쪽을 침식하기 때문이다. 또, 엔진의 연소실에서 메탄올을 태우면, 포름알데히드라고 하는 개미酸이 생성해서, 엔진부품의 부식과 마모의 원인으로 된다. 排氣系 부품에도 부식, 내마모성이 필요하다. 결국 연료탱크에서 머플러까지, 일체의 메타놀대책이 요구된다. 표 2에 미국, 일본 우수자동차 메이커의 메타놀차량(가솔린대체)의 개발 또는 개조 현황을 소개한다.(각 시스템 별로 정리)

2.1 연료공급계

미쓰비시자동차는 93년 3월말부터 [메타놀 Canter]의 公道시험을 개시했다. 同車는 소형트럭 [Canter]를 기본으로 해서 메타놀 100%의 연료에 대응할 수 있게끔 한것으로, 연료탱크의 용량을 기본차의 약 2배인 150ℓ로써, 종래의 디젤엔진 평균의 항속거리를 확보했다.

同車는 연료공급계에서 메타놀과 접하는 연료탱크, 연료펌프나 분사펌프를 접촉하는 배관을 거의 Stainless강 SUS 304를 채용했다. 기본차에 사용하고 있는 Zn도금 강관의 경우, 메타놀에 의해 Zn가 용해되어 강관이 부식되어 버리기 때문이다.

강관의 내식처리로써 Ni도금도 후보로 열거되지만, 도금층이 파손되는 위험성이 있기때문에,

보다 신뢰성이 높은 Stainless강을 채용했다. 관을 접촉하는 고무부품은 종래의 천연고무에 대체해서 내식이 높은 불소고무를 채용했다.

이스즈자동차도 소형트럭 [엘프]의 메타놀연료 대응차에, 연료탱크를 시작하는 배관의 철계 소재를 모두 Stainless강을, 고무는 내 메타놀성의 특수고무를 채용하고 있다. 연료탱크의 용량은 종래의 2배인 200ℓ이다.

한편, 日産자동차는, 美 California주의 에너지 위원회에 제출하기 위해서 개발한 FFV에서, 연료탱크에 Ni도금을 채용했다. Stainless강은 가격이 비싸고, 복잡형성의 성형이 어렵다고 하는 결점을 갖고있기 때문이다. 특히 승용차의 연료탱크는 形狀이 복잡하기 때문에, Stainless강으로 재현하는 것은 어렵다.

木田技研공업의 미국 자회사인 Honda America사는, 92년에 발표한 [ACCORD] 기본인 FFV에, 연료탱크에 Sn도금 강관을 사용했다. 덧붙여서, 플라스틱제 연료탱크는 투과성이 높은 메타놀의 경우는 먼저 채용할 수 없다고 말하고 있다. 또한, 日産과 美木田社는 모두 연료공급계의 파이프류에 스테인레스재가 아닌 Ni도금강관을 사용하고 있다.

2.2 분사펌프

내식처리는 鋼製部材만이 아니고, Al합금제 부재에도 필요하다. [메타놀 Canter]는 연료분사펌프의 내부기구부품과 연료필터등, 메타놀에 접촉하는 Al합금제 부품에 산화 피막을 형성하는 알루미늄이트 처리를 실시해서 내식성을 향상시켰다.

분사펌프의 機構부분, 예를들면 실린더와 샤프트의 접촉부분 등은 부식외에 내마모성도 필요하게 된다. 특히 디젤엔진의 경우, 종래는 動粘度가 3.7cst(1cst=1mm²/S)로 높아 경유 자신이 윤활제로서의 역할을 겸하고 있지만, 메타놀은 동점도가 0.9cst로 낮아서 윤활제는 어렵기 때문에 금속 부품끼리 직접 접촉해서 마모되어 버린다. 그래서 미쓰비시自工과 이스즈는 분사펌프의 설계를 재검토하여 Clearance를 여분으로 취하는 등으로써 해결했다. 실린더부분은 동일한

표 2 외국의 가솔린 대체 메타놀자동차의 연구개발 現狀(2)

제조사	개발개조부위			
	연소계	연료공급계	배기계	윤활계
FORD사	<ul style="list-style-type: none"> 피스톤 개조하여 압축비를 8.8에서 11.8로 변경 점화Plug熱價가 큰 冷型으로 변경 디스트리뷰터 특성변경 가스켓 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 기화기(Jet유량조정) 흡기메니폴드(受熱面 증대) 연료탱크: Tern sheet를 Sn도금으로 변경후 다시 스테인레스로 변경 연료라인: Sn, Pb도금제를 스테인레스로 변경 연료공급 Unit: Sn, Pb도금을 Ni도금으로 변경 다시 非電解Ni 도금으로 변경 연료펌프: 하우징은 중크롬 도금으로 변경후, 다시 Ni도금으로 변경. 다이어프램은 耐메타놀 폴리머로 변경 기화기 본체: 아연 합금을 非電解Ni도금 실시 	<ul style="list-style-type: none"> EGR온도센서를 첨가하고 EGR증량 	<ul style="list-style-type: none"> 메타놀 전용오일로 변경
GM사	<ul style="list-style-type: none"> 압축비 11.2 冷型점화 Plug 콘트롤 시스템 Micro Processor 	<ul style="list-style-type: none"> 20°C이하에서는 Propane Assist로 시동 TBI사양: 276KPa의 작동압. 절연도가 높은 인탱크펌프, 스테인레스제 연료탱크, 同Fuel line 멀티 포인트분사 사양: 304KPa의 작동압 흡기메니폴드(수열면 증대) 연료호스: 불소고무를 변경 인탱크 펌프의 Elastomer개선 플로트 재질변경: 니트로우레탄製 → 폴리에틸렌製 	<ul style="list-style-type: none"> 三元 촉매 Converter 	<ul style="list-style-type: none"> 윤활계 개선
TOYOTA사	<ul style="list-style-type: none"> 압축비 10.6 冷型점화 Plug Micro Processor 	<ul style="list-style-type: none"> Fuel line injector: Ni도금 연료탱크: Stainless 또는 非電解Ni도금 연료펌프: Ni도금 연료라인: Ni도금 연료필터: Ni도금 연료호스: 니트릴고무 연료공급 파이프: 비전해 Ni도금 	<ul style="list-style-type: none"> 三元 촉매방식 (O₂ Sensor, EGR) 	<ul style="list-style-type: none"> Oil 및 내마모재의 개발
MAZDA사	<ul style="list-style-type: none"> 압축비 9.0을 11.8로 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 카브레타: 가속펌프 피스톤의 Al합금은 불소고무 변경 연료탱크: Shaft Bush의 나일론제 변경 연료펌프: 로터의 아연합금변경 섀어링, O링, 다이어프램, 패킹 → 니트릴고무가 나일론제 부시, Washer는 변경 Fuel Filter: Nylon제 Body는 변경 	<ul style="list-style-type: none"> 三元 촉매방식 	

Stainless강 이지만, 종래보다 약간 경도가 낮은 강종을 채용했다. 샤프트는 Stainless강에서 軟강으로 대체했다. 더욱, 양편에 Ti 코팅을 실시했다. 강재는 유연하게 해서 마모를 방지하고 Ti로 내식성을 향상시켰다고 한다.

2.3 연소실 내부

메타놀엔진의 연소실은 연료인 메타놀뿐만 아니라, 그 여소에 의해 발생하는 포름알데히드라는 酸에 의해 부식되기 쉽다. 酸의 발생량은 얼마 안되지만, 엔진부품을 傷하게 하는 주요인이라고 주장된다.

日産의 FFV의 경우 실린더 내면에 쉽게 부식과 마모가 발생하였다. 그래서 주철제의 실린더 블럭에 내식, 내마모성을 향상시키는 첨가물을 더해서 해결했다. Al합금을 채용한 차의 경우에도, 주철제의 실린더 라이너에 첨가물을 가하면 문제없이 사용할 수 있다고 보여진다. FFV의 시험에서는 피스톤 링도 마모가 심했기 때문에 2nd Ring에 Cr도금을 행해서 내마모성을 높였다.

미쓰비시自工은 [Canter]용의 엔진에서, 피스톤 헤드의 흡 가장자리 부분에 FRM을 채용했다.

FRM부분의 함유함유율은 20wt%이다. 同엔진은 직접분사식 디젤엔진의 개량형으로, 피스톤 헤드에 연료를 분사하는 홈이 붙어있다. 메타놀은 분사노즐에서 헤드에 분사되고 氣化하는 때에 헤드의 열을 빼앗는다. 다음에 연소에 의해 헤드의 온도는 급상승한다. 결국 피스톤 헤드에는 냉각→가열의 열 사이클이 계속 반복하게 된다. 열 사이클은 연료가 경유의 경우에서도 똑같이 일어난다 그렇지만, 메타놀은 氣化잠열이 크고, 열 사이클의 온도폭이 경유의 경우에 비해 크다. 종래의 Al주물 단체에서는 열팽창, 수축에 의해서 가장자리 부분에 미세한 균열이 발생해 버린다. 그래서 가장자리 부분만을 FRM화 해서 열팽창 계수를 작게 억제하고, 열 사이클에 의한 균열을 방지해야만 한다.

2.4 排氣系統

未燃燒의 메타놀이나, 포름알데히드, 개미酸이 통과하는 배기계부품 내식처리가 필요하게 된다. [Canter]의 경우, 주철제배기 매니폴드의 내부를 Cr도금 처리했고, 또 배기관도 머플러에 이르기 까지 모두 Stainless강을 채용했다고 보고하고

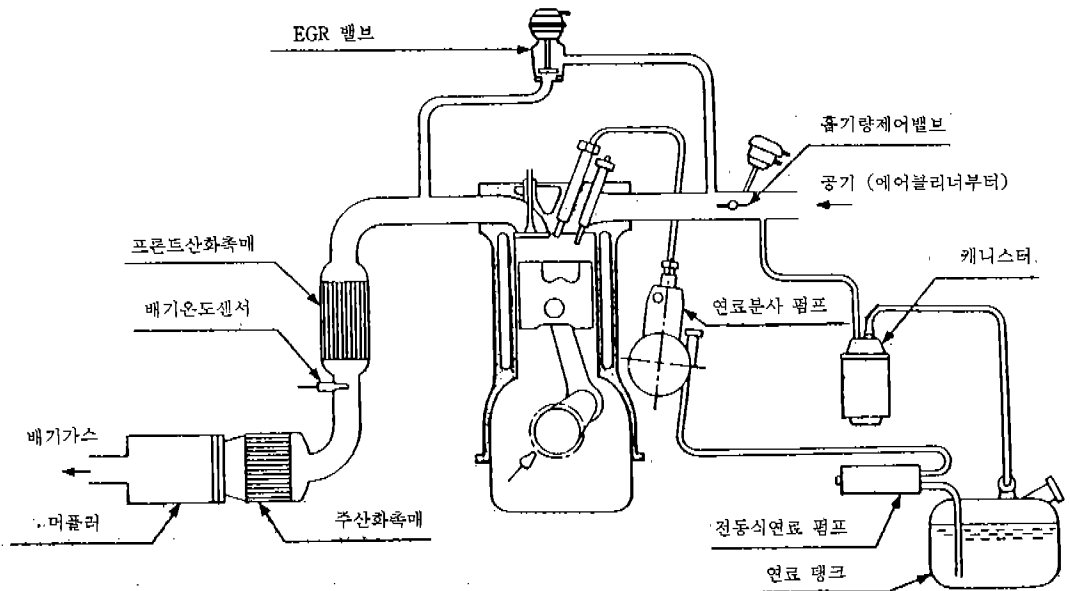


그림 1 [메타놀 캔트]의 연료공급 배기계의 구조(1)

표 3 일본의 전기자동차 개발 현황(3)

제조 메이커	TOYOTA자동차	日産자동차	미쓰비시自工 동경전력과공동	스즈키
승차정원(명)	4	4	4	—
최대적재량(Kg)	300	—	—	—
차량총 중량(Kg)	—	900	1,790	—
최고속도(Km/h)	85	130	110	70
—充電주행거리 (40Km/h精速)	160	250	200	120
전지의 종류	Ni-Cd전지	Ni-Cd전지	Ni-Cd전지	鉛축전지
모터의 종류 (출력 KW)	교류모터 (20)	— (20)	직류分巻 모터 및 교류 모터	—
	타운에이스밴을 Base 탑재형충전기 高精度의 전지용량 계 Heat Pump식 전 동에어른 등도 채용	신개발[FEV]의 개요 Heat Pump식 냉난방 에어콘 운전석에 SRS에어 백 장비		

제조 메이커	다이하쯔	이쓰즈 자동차	아이신AW와 에코 스리서치 공동	동북전력, 日立제 작소, KM중앙연 구소, 北日本電線 古河전지공동
승차정원(명)	2	—	—	2—
최대적재량(Kg)	0	—	—	—
차량총 중량(Kg)	2,510	—	1,090	1,598
최고속도(Km/h)	90	100	120	90
—充電주행거리 (40Km/h定速)	200	100	200	200
전지의 종류	연축전지 EY 150	Ni-Cd 전지	—	鐵-Ni형의 신형전지
모터의 종류 (출력 KW)	—	직류分巻모터 (40)	Wheel Motor (—)	
비 고	“라가”를 베이스 신 개발의 Power Stee- ring, 진공펌프부착, 브레이크 부스터, 전 동 heat pump식 냉 난방 장치 채용	2t 트럭 엘프를 베이 스	도요타의 카롤라 II를 개조 시스템에서 채용 한 Wheel Motor는 同種 Motor의 2/3 중량으로 同等出 力 달성	寒冷地用 전기 자동차 [마일드]

있다.

메타놀엔진과 디젤엔진의 큰 차이는 촉매의 有無다. 보통, 디젤엔진에는 촉매를 이용하지 않지만, 메타놀의 경우, 포름알데히드나 개미酸 등의 유해물질을 산화분해해서 水과 이산화탄소로 변환하지 않으면 안된다. 예를들면 [Canter]는 Pt-Rh계 산화촉매를 앞쪽, 메인부분의 2개소에 취부하고 있다.(그림 1 참조) 보통, 촉매는 온도가 상승하지 않으면 작동하지 않기 때문에 엔진 기동시의 배기가스는 그대로 배출되기 쉽다. 그래서 엔진에 가깝고, 열이 빨리 전달되는 위치에 소형의(열용량이 적어서 가열되기 쉬운) 앞쪽 촉매를 높여서 엔진 기동시의 배기가스를 정화하게끔 했다. 同車는 6Mode에서 디젤차에 비해서 NO_x 가 약 40%, HC나 CO는 90%, 무연은 100% 저감된다고 한다.

이상과 같은 재료변경에 의해서 메타놀차의 내식 내마모대책은 거의 기술적 목표가 달성되었다. 금후의 과제는 차량가격이나 인프라의 정비로 이행될 것이다. 이스즈의 계산에 의하면 [엘프] 메타놀차의 현재 차량가격은 2~2.6배로 1만대 정도 양산해도 15~17배 이하로는 저감되지 않는다. 디젤차에 대신해서 일반 소비자가 채용하기 위해서는 정부나 지방자치단의 도입 보조금 등의 조치가 필요하다고 주장되고 있는

실정이다. 또, 메타놀 100%의 연료 스탠드(연료 주입소)는 93년 2월에 시험용으로 일본에서 처음 개설되었다.

3. 전기자동차

배기가스가 제로이고 궁극의 저공해차로써 기대되는 전기자동차의 최대과제는, 일충전 주행거리가 짧은 것이다. 시판차를 개조한 전기자동차의 주행거리는 연축전지를 탑재한 경우 가솔린차에 비해 약 1/4로 짧고, 현단계에서는 극히 한정된 범위내에서 사용할 수 밖에 없다. 그 주된 이유는, 무거운 전지를 대량으로 탑재해도 1회의 충전으로 비축되는 전력이에너지가 적은 것에 의한 것이다. 표 3에 일본의 전기자동차 개발 상황을 나타내고 있다.

주행거리를 식으로 나타낸 것이 표 4로 각종의 효율과 탑재에너지가 클수록, 또 구름저항과 공기저항이 작을수록 주행거리는 길어진다. 이 중에서 재료기술이 결정적으로 담당하는 것이 구름저항과 탑재에너지이다. 경량재료를 변용해서 차량중량을 감소시키면 구름저항이 저감한다. 또 탑재에너지 (E)를 좌우하는 것이 축전지의 고성능화로 전극 재료나 전극을 분리하는 Separator 재료의 개발이 중요하게 되어 있다.

표 4 전기자동차의 항속거리(1)

$$\text{항속거리} = \frac{\text{효율} \times \text{탑재에너지}}{\text{주행저항} \times 9.8}$$

$$= \frac{(\eta_C \eta_M \eta_G) \times E}{(\mu W + 1/2 C_d A \rho V^2) \times 9.8}$$

\downarrow
구름저항

주행저항

\downarrow
공기저항

여기서,

- η_C : Controller 효율
- η_M : Motor 효율
- η_G : 기어효율
- E : 탑재 에너지
- μ : 타이어구름저항계수
- W : 차량중량
- C_d : 공기저항계수
- A : 전면투영면적
- ρ : 공기저항
- V : 주행속도

여기서는, 일본의 東京電力과 日産자동차가 각각 콘셉트카로써 개발한 전기자동차 [IZA]와 [FEV]를 예로써 소개해서 앞서 언급한 문제들을 생각해보자. [IZA]는 충전 1회당 주행거리 548Km (40Km/h定速주행)에 덧붙여서 동력성능도 우수하고, [일충전 주행거리가 짧고, 가속성능이 둔감하다]라고 하는 종래의 전기자동차의 이미지를 불식한 고성능차다. [FEV]는 일본의 자동차 메이커 중에서는 유일하게, 전기자동차 전용으로 설계된 콘셉트카로써, 내외에서 주목받고 있는 차이다.

3.1 CFRP(Carbon Fiber Reinforced 플라스틱)의 채용

[IZA], [FEV]모두, 차체의외판은 CFRP(탄소섬유 강화 플라스틱), 샤시는 Al합금이라고 하는 구조로 경량화를 도모했다.(표 5) [FEV]는 도어와 본넷 등 의 개폐부품에 아라미드 하니컴을 CFRP판에 끼운 샌드위치 구조를 채용해서 강성을 높였다.

[IZA]는 배기량 1800cc 클래스의 4인승 승용차를 이미지 한것으로 “同클래스의 가솔린차의 무게+축전지 무게(531Kg)”에서 약 200Kg의 경

량화에 성공했다. 차량중량은 1573Kg, 차체만으로 약 1ton이다. 경량화로 1회 충전에 의한 주행거리가 연장된 것만은 아니고, 0~400m의 가속시간 18.05 S, 최고속도 176Km/h으로 동력성능에서도 가솔린차의 수준에 도달했다고 보고하고 있다.

[FEV]는 바디의 중량이 同 클래스의 [써니]에 비해 약 25% 가벼운 257Kg, 이중외판중량은 82 Kg밖에 안된다. 同車는 차량중량을 증가시키는 요인의 하나가 축전지이기 때문에, 축전지는 200 Kg만 탑재했다. 차량중량은 축전지를 포함해서 불과 900Kg, 축전지를 줄여서 탑재에너지가 감소하는 부분은, 급속충전으로 만회한다. 6분간으로 전체 용량의 약 40%를 충전시킬 수 있는 [급속 충전 시스템]대용형 전지로, 단시간 충전을 계속 반복 사용한다고 하는 아이디어를 제안하고 있다. [FEV]의 성능은 1충전에서 의 항속거리 250Km로 종래의 배 이상을 확보했다.

3.2 鋼과 Al의 대응

그렇지만, 量産車를 고려한 경우는, [IZA], [FEV]의 개발자 모두 CFRP의 채용이 현실적이지 않다고 지적하고 있다. CFRP는 양산에 의한 가격 저하가 기대되지 않기때문에, 경량화의 이점

표 5 [FEV]의 차체에 사용한 재료와 사용부위(日産自)(1)

	사 용 재 료		사 용 부 위
外 板	탄소섬유크로스 엑포시 수지 아라미드 섬유 하니컴		손외板 아라미드 섬유 하니콤은 개폐부품 보강용
内板, 골격	Al 압출재	6 NO1-TS	사이드 실 بات데리 마운팅 멤버 프론트/리어 필터 리어 서스펜션 멤버
		TN01-T5	리어멤버 크로스
	Al 판재	5083 系 5182 系	루프 멤버
	Al 하니컴	A1 1/4-5052 (하니컴 코어) 5052H34(面板) 6063-T5(테두리板)	프론트 플로어 (하니컴 샌드위치 판넬)

이상으로 코스트가 상승한다. 결국, 양산차는 [鋼材를 기본으로, Al합금을 어느만큼 채용할 것인가가 과제]라고 한다.

차체의 경량화가 주행거리에 미치는 영향이 低速度의 범위에 한정되어 버리는 것이 그 이유의 하나다. 고속으로 되면 주행거리에 미치는 공기 저항의 영향이 크게되고, 구름저항은 무시할 수 있게된다. 결국 차체를 10% 경량화 해도 항속 거리는 10% 늘어나지 않는다고 말할 수 있다. 차체의 경량화는 가격성능에 그다지 기여하지 않는 셈이다.

日産은 [FEV]의 개발을 통해, 전기자동차에 필요한 기술과제를 다음과 같이 열거했다. ① 高에너지밀도를 갖는 축전지의 개발 ② 에너지를 유효 활용할 수 있는 시스템의 작동(회생 브레이크에 의한 전력회수의 효율화 등) ③ 콘트롤러, 모터, 기어의 효율향상 ④ 타이어의 굴름저항 등 주행저항의 저감, [FEV]에서 ③, ④에 대해서는 기술적인 목표를 갖고 있기 때문에 급후는 무엇보다도 고성능 축전지의 개발이 주요한 기술 과제인 것은 두말 할나위가 없다.

3.3 Ni-Cd전지

축전지는 에너지밀도, 파워밀도, 싸이클수명, 3가지가 중요한 특성이다. 電池 1Kg당 에너지량을 나타내는 에너지밀도가 클수록 一充電 주행 거리가 증가한다. 1Kg당 전력을 나타내는 파워 밀도가 클수록 가속성능 등의 동력성능이 향상된다. 싸이클 수명은 계속 반복해서 충전사용할 수 있는 회수를 나타낸다.

[IZA], [FEV]는 모두 Ni-Cd 전지를 채용했다. 실용 수준에 있는 축전지 중에서는 가장 에너지 밀도가 높고, [IZA] 등의 항속거리가 종래보다 대폭으로 증가한 이유도 同電池에 힘입은 바 크다.

하지만, 양산차를 고려한 경우 Ni-Cd전지는 장래성이 결핍되어 있다. 최대의 이유는, Cd의 자원량이 절대적으로 부족하기 때문이다. 일본의 통산성이 이 발표한 세계적 Cd의 매장량으로부터 살펴보면, 전기자동차 환산으로, 약 1000만 대 분 밖에 제조할수 없다. 한정적으로 사용 가

능하지만, 본격적으로 전기자동차를 보급한 경우, 주력의 전지로 되리라고는 생각되지 않는다.

결국, 전기자동차용의 축전지는, 단기적으로는 납축전지 밖에 없다는 셈이다. 장기적으로는 Li계 전지이지만, 실용화는 10년이상 요구된다고 판단되기 때문에, 향후 양자 사이를 이어주는 것이 Ni계 전지라고 주장된다. Ni계 전지는 Ni-Cd외에 Ni-Zn전지나 Ni-MH전지가 포함된다.

3.4 新方式의 납전지

일반적인 자동차용 배터리로써 사용되는 납전지는, 개방형 납전지라고 불리워지는 타입으로, 정기적으로 보수해서 전해액을 일정량으로 유지할 필요가 있다. 종래의 전기자동차는 同電池를 10개에서 수십개 직렬로 연결해서 동력으로 하고 있어서, 전기자동차의 소비자로서 보수는 큰일이 아닐 수 없다.

보수가 필요없어서, 無정비화 할 수 있는 이점을 갖는것이 밀폐형 납전지이다. 충전에 의해서 전극에서 발생하는 산소가스는 음극으로 이동시켜서 반응흡수시키고 실질적으로 전기분해에 의한 물의 감소를 방지하는 구조를 갖는다. 그러나, 밀폐화로 전혀 보수할 수 없게끔 되기 때문에 계속 반복사용하면 전극의 活物質(납)을 충분히 이용할 수 없게 되기도 하고, 가스가 발생해서 성능이 저하하기도 하는 결점이 있다.

여기서 일본전지는, 전극을 SiO₂ 기본의 無機材料 분말로 충전한다고 하는 신방식의 밀폐형 납전지를 개발했다. 종래의 밀폐형 납전지는 리테이너식으로 불리우고, 직경 1 m이하의 가는 글라스섬유의 不織布를 극판사이에 끼우고, 전해액을 스며들게 한 구조로 되어있다.

납전지의 전극은 납합금의 격자에 납분말과 전해액을 용해시킨 Paste를 발라서 굳힌것으로, 充放電이 계속 반복되어 Paste가 서서히 벗겨진다. 리테이너식은 극판과 不織布 사이에 부분적으로 틈새가 발생해서 전해액과 접촉하지 않게끔 되어, 성능이 저하한다.

이것에 대해 새로운 顆粒방식은 多孔質의 SiO₂ 계 분말을 용기에 고밀도로 충전해서, 극판에 높은 압박력을 부여할 수 있다. 극판표면이 조금

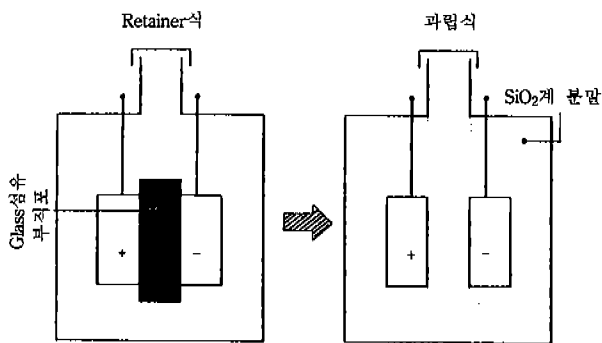


그림 2 일본전지가 개발한 과립식(우)과 종래의 Retainer식(좌)의 상이점, 일본전지는 다공질 SiO₂계 분말을 고밀도 충전해서 극판을 압박하는 과립식으로 밀폐형 납전지의 고성능화를 도모했다. (1)

벗겨져도 전해액과 극판의 접촉면적을 넓게 유지하는 것이 가능케 되고, 성능열화가 방지되어, 전지수명이 길어진다.(그림 2)

顆粒방식의 납전지는 도요다자동차가 리-스 방식으로 한정판매를 생각하고 있는 [Crown Majester] 기본의 전기자동차에 채용된다. 개방형 납전지의 특성이 에너지밀도 35Wh/Kg, 파워밀도 120W/Kg정도인 것에 대해서, 각각 45Wh/Kg, 200 W/Kg을 목표치로 설정했다. 싸이클 수명은 종래의 400회에서 1200회까지 늘어날 전망이다.

YUASA는 리테이너 방식의 개량에 의해 밀폐형납전지의 고성능화를 도모했다. 이러한 방식의 결점으로는 전해액 중의 황산이 비중차이로 Cell 아래쪽의 황산농도가 높게되는 成層化 현상을 일으켜서, 상부에서의 반응이 일어나기 어렵게 되는 것이다. 여기서, 유리 不織布의 제법을 개량해서 成層化 현상을 방지하고, 성능열화를 억제했다.

同電池의 에너지밀도는 현재 36Wh/Kg정도이지만, 더욱 개량해서 40Wh/Kg이상으로 하는 계획을 갖고 있다고 한다. 파워밀도는 약 200W/Kg에 달하고 있다.

3.5 Ni계 전지와 NaS전지

전지메이커나 자동차메이커가 차세대의 전기

자동차용 전지로서 인정하는 Li전지는 납전지의 4~5배의 에너지 밀도를 기대할 수 있다. 일본의 통산성, 자원에너지부이 진행하고 있는 [뉴 선샤인 계획]의 프로젝트의 하나로 상정되고 있고, 전력저장용과 이동용의 2가지로 개발이 진행중이다. 문제는 Li계 전지가 실용화하기 까지 과도기를 연결해 주는 전지개발이다. 가장유력한 Ni계 전지가 각각 문제점을 안고 있기 때문에 혼미한 상태로 되어있다.

먼저 Ni-Zn 전지는 에너지밀도가 높음에 매력 이 있지만, 음극의 Zn에서 성장하는 수지상의 덴드라이트 결정이 양극과 음극사이의 Separator를 돌파해서, 쇼트를 일으킨다고 하는 문제의 근본적 해결책이 없어서, 싸이클수명이 타 축전지에 비해 대폭으로 단축된다는 단점이 있다.

그러나, 싸이클수명의 문제를 해결하면, Zn의 가격이 싸고, Ni계 전지중에서는 유일하게 저가로 제조할 수 있는 가능성이 있다. 여기서 전지메이커중에서는, 일본의 YUASA가 [Ni-Zn 전지의 매력을 버리지 않겠다.]고 열심히 실용화에 써름하고 있는 실정이다.

Ni-Cd 전지는 진술한 바와 같이, 특성적으로는 말할 수 없지만, 재료의 가격이 높은 것과 Cd의 공해문제, 자원량의 문제등으로 사용이 한정된다.

Ni-MH 전지도 코스트가 과제다. 음극 재료인 수소저장합금으로 "밋쉬 금속"을 사용하고 있는 현상에서는, 양산해서도 가격은 납축전지의 약 15배로, Ni-Cd 전지보다도 높다고 견적되고 있다. 따라서 고성능이고 가격이 저렴한 수소저장합금의 개발이 필요하게 된다.

NaS 전지도 납전지와 Li계 전지를 이어주는 후보의 하나다. 同電池는 양극이 S, 음극이 Na로 약 350°C의 고온에서 작동한다. 에너지밀도가 약 100Wh/Kg로 높고 전기자동차의 주행거리라고 하는 면에서 매력이 있다. 그러나, 충돌시의 안전성에 관해 찬부양론이 격심하게 맞서고 있다.

작동온도가 높고, Na와 S라고 하는 위험 물질을 사용하기 때문에, 충돌 파괴해서 고온의 전해액과 Na등이 비산한 경우가 불안한 셈이다. NaS 전지는 독일의 Volks Wagen사가 시험차로 채용하고

있지만, 유럽의 자동차 메이커도 [가솔린 탱크와 비하면 안전]하다고 하는 옹호파와 [전지로써 너무 위험하다]고 하는 배제파로 나누어진다. 일본에서는 YUASA가 옹호파의 하나로, “문제점이 많은 Ni계 전지보다 유망하게 보인다”. 라고 말하고 있다. 금후는 파괴 Test 등으로 NaS 전지의 안전성을 검증해야 된다고 생각된다.

이상과 같은 상황에서 납전지와 Li전지를 이어주는 축전지는 “기술개발 순서”라고 하는 양상을 나타내고 있다. 성능, 가격, 안전성 등의 요소중 어느 것을가장 중시하는가, 라고 하는 자동차메이커의 의향도 강하게 반영될 것이다.

4. 천연가스 차량

천연가스는 CH_4 가 주성분으로 옥탄가가 높고 稀薄연소도 가능하다고 판단되는 등, 연료로써 우수한 특성을 갖고 있다. 구조련이나 이탈리아 등 천연가스 산출국을 중심으로, 가솔린 보다 값싼 에너지원으로써 세계에서 이미 70만대의 천연가스차가 실용화 되고 있다.

천연가스를 탱커로 운반하기 위해서 냉각, 액화해서 LNG(액화천연가스)로 하는 때에, 함유 불순물이 제거된다. 그래서, 연료로써 사용한 경우에 배기가스 중의 유황산화물은 거의 제로이고, NO_x 나 HC의 발생량도 작아서, 배기가스가 클린한 연료로써 주목받고 있다.

천연 가스차는 미 캘리포니아 주의 저공해차구분으로 LEV에서 ULEV의 범주에서 속하기 때문에 미국에 있어서 저공해차로서의 개발도 열을 띄고 있다. 92년에는 미 크라이슬러사가 천연가스 전용 밴(5.2ℓ, 200마력의 V8엔진을 탑재)을 개발, ULEV규제치를 만족하고 있다. 일본에서는 91년 11월에 발표된 천연가스 자동차 포럼이 보급활동의 중심이다.

4.1 가스탱크의 경량화

천연가스 자동차와 종래의 자동차의 최대의 차이는 연료탱크를 대체해서 고압가스용기(가스 볼베)를 탑재하는 것이다. 그러나, 천연가스는 기존 자동차의 동일 용적중에 1/4밖에 탑재할 수

없다.

많은 가스용기를 적재하게끔 하면, 용기자신의 중량이 차량중량을 증가시키는 요인으로 되어서 항속거리가 짧게되기 때문에 경량의 가스용기의 채용이 불가결이다. 그래서, 일본의 東京가스는 NKK와 공동으로 FRP제의 고압가스용기를 개발했다. 현재 일본에서 시험 주행하고 있는 천연가스차의 대부분이 이같은 가스용기를 채용하고 있다.

FRP제 가스 용기는, 두께 4.5mm의 Al합금 6061의 라이너 외측에 고강도의 T-Glass 섬유를 Filament Winding법으로 2층으로 감아 붙여서 에폭시 수지로 굳힌 것이다. FRP층은 주방향감기(Hoop 층)와 축방향 감기(Helical 층)의 양쪽을 사용하고, 각각 원심방향, 축방향의 응력에 견디는 구조로 되어 있다.(그림 3참조)

길이 약 1.2m인 同가스 용기에 중량은 18.5 Kg으로 일반적인 강재 가스용기인 약 30Kg의 2/3 미만으로 경량 가능하였다. 동경가스와 日産자동차가 공동으로 개발한 업무용 밴(日産의 AD Van 이 기본차)의 경우에서, FRP제 용기에 가스를 충전해서 2개 탑재한 때의 차량중량이 975 Kg으로, 가솔린차에 비해 40Kg 무겁다.

동경 가스와 이스즈자동차는 공동으로 소형트럭 [엘프]를 베이스로 한 천연가스차를 개발했다. 동경都의 청소차로서 시험되는 것이 결정되었다. 이차량은 캡(운전대)과 후부의 오폐수집 부분 사이에 가스용기 6개를 탑재하고 있다.

천연가스차는 [AD Van]으로 1충진당 실질거리는 150Km, [엘프]로는 200Km정도로, 공히 베이스차의 1/3~1/4정도 밖에 안된다. 동경가스는 [가스용기의 경량화에 대해서는 거의 만족하고 있다.]라고 하지만, 日産은, [자동차는 “같은 성능을 가벼운 상태에서”가 원칙이기 때문에, 보다 가벼운 가스용기의 개발을 기대한다.]고 말하면서, 항속거리를 단축하는 가스용기의 무게를 더욱 경량화 해야 한다고 주장하고 있는 실정이다.

미국에서도 경량가스 용기의 개발이 성행하고 있다. 현재 약 3만대의 천연가스 차가 주행하고 있고, 일본 보다도 수요가 많은 것에 덧붙여서, 로켓트용 연료탱크 등 군사기술의 民營전용을

표 6 전기자동차용 축전지 개요(1)

電池의 種類	特 點		徵		開 發 的 現 況				開發의 課題	材料費比較 (鉛電池: 100)	實用化의 時期
	長 點	短 點	에너지 密度 理論 (Wh/Kg)	에너지 密度 實用(Wh/Kg)		壽命(사이클)		出力密度 實用(Wh/Kg)			
				現狀	將來	現狀	將來				
鉛	高 出力 密度	低 에너지 密度	170	40	60	150	200	500-1,000	1,000-1,500	低 Cost 에너지 密度 向上 長壽命化	實用中
	高 信賴性 低 Cost			35	45	120	200	400-600	1,000以上		
Ni-Cd	高 出力 密度 高 信賴性	高 Cost 耐 高溫性	240	50	60	170	180	500이상	1,000이상	低 Cost 高溫性能 向上	一部試驗中
Ni-Fe	-極 活物質 低價	低充電 效率 自己放電 大 密閉化 困難	260	50	60	150	160	800	1,000	低 Cost 充電效率 向上	3년 이상
Ni-Zn	高 에너지 密度 高 出力 密度	短壽命	340	70	85	180	200	200-300	400-500	低 Cost -極의 壽命向上	3년 이상
Ni-H	高 出力 密度 高 에너지 密度	高 Cost 耐 高溫性	280	55	65	170	180	500	1,000이상	低 Cost 大型化 密閉化	3년 이상
NaS	高 에너지 密度 活物質 低價	高溫作動(350°C) 安全性	780	100	110	150	160	-350	1,000이상	低 Cost β알루미늄의 개선팀 斷熱性 向上 安全性 確立	5년 이상
Li	高 電壓	短壽命 安全性 低 出力 密度	415 (0.5e ⁻)	42	120		100	50	500이상	低 Cost 壽命 改善 安全性	10년 이상
	高 에너지 密度										
Li Ion	高 電壓	高 Cost 低 出力 密度	766 (0.7e ⁻)	115	180	56	180	300	1,000이상		2770
	高 에너지 密度										

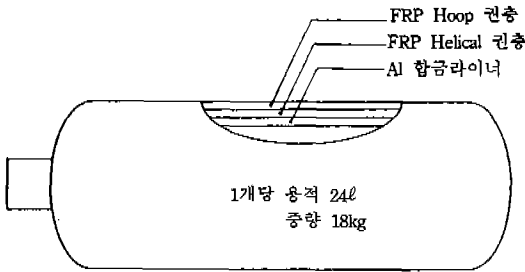


그림 3 동경가스와 NKK가 공동개발한 FRP제 가스 용기의 구조

도모하는 항공우주기기 메이커가, 천연가스차 시장에 참여하기 때문이다. 재료의 종류나 조합도 풍부하다.

예를들면, Al합금 대신에 플라스틱 라이너를 사용한 것. 항공우주기기용 FRP성형품 메이커인 미 Brunswick사는, 고밀도 폴리에틸렌제 라이너의 외측에 탄소섬유/Glass섬유의 하이브리드 FRP를 원주로 감아 부착한 경량가스 용기를 개발하고 있다.

유럽에서도 스웨덴 ABB사의 일부문인 ABB Plast사가 열가소성수지 라이너에 탄소섬유/에폭시 수지의 CFRP를 감아서 부착한 경량가스 용기를 개발, 시 버스용에 납입한 예가 있다. 플라스틱 라이너를 사용한 가스용기는, Al합금+Glass 섬유제와 비교해서, 더욱 50%에 가까운 경량화가 가능하게 된다.

4.2 가스탱크의 低 코스트화

경량화와 더불어, 가스용기의 低 코스트화도 천연가스 자동차가 보급되기 위한 큰 과제이다. 동경가스에 의하면 감압 밸브 등을 제거한 FRP제 가스용기의 가격은 약 15만엔, 강재는 약 3만엔으로 저렴하다. FRP는 Glass 섬유를 감아서 불인 공정과 열경화공정이 필요하기 때문에, 일만개를 양산한 경우에서도 약 10만엔이라고 견적하고 있다.

미국에서는 수요가 많은 것에 기인하기도 해서, Al합금과 Glass섬유의 조합으로 4~5만엔이라고 하는 견적이격도 나오고 있다. 일본에서도 급후는

재료의 저 코스트화나 제법의 개량에 의한 FRP제 가스용기의 저 코스트화가 과제로 될 것이라고 전망하고 있다.

천연가스자동차의 매력의 하나는 가솔린차를 베이스로 해서, 가스용기와 配管系, 감압 밸브의 장착만의 간단한 개조로 끝난다는 것이다. 전기 자동차나 메타놀차에 비해 개조 코스트를 싸게 하는 것으로 보급을 목표로 하고 있다. 택시로 보급하고 있는 LPG차와 동일 레벨의 개조비 40~50만엔이 목표다.

그러나, FRP제 용기가 10만엔으로 하는 것은 실현은 불가능하다고 판단되고 있다. LPG는 상온에서 액체이기 때문에 가스 용기에 고강성이 필요없어서, 강제로 충분히 가볍게 제조할 수 있기 때문에, 가격이 싸다. 그래서 고려되고 있는 것이 FRP제 가스용기의 리-스화이다.

가스용기의 수명은 15년으로 길지만, 자동차는 보통 10년도 사용하지 않는다. 폐차시에 가스용기를 회수해서 재이용하면, 1대당 가격은 약 절반으로 된다. 캐나다에서, 천연가스차(시버스)용으로 가스용기가 리-스되고 있다고 하는 선예도 있다. 자동차의 초기비용의 중대를 달가워 하지 않는 자동차메이커도 가스용기의 리-스화에 기대를 걸고 있다.

4.3 엔진 排氣系 대책

세계에서 약 70만대가 시행하고 있는 천연가스차 중 대부분이 가솔린과의 Bi-Fuel차로써 가솔린차의 엔진 등을 그대로 유용하고 있다. 이것에 대해, 급후 개발되는 것은 천연가스 전용차로, 연료공급에 전자제어를 채용하고, 촉매의 변환효율을 높여서 배기가스를 일층 정화하는 것을 목표로 한다. 일본의 자동차메이커가 개발을 진행중이고, 차체에 가스연료에 의한 엔진 등에의 영향이 명확하게 되고, 전용차에서는 이 대책도 필요하게 될 것이다. 日産自의 [프리메라]美國 사양차와 美本田社の [아코드]를 각각 베이스로 한 천연가스 차를 예로들어 가솔린차와의 차이점을 살펴보자.

日産이 [프리메라]에서 시험한 경우, 천연가스와 가솔린은 먼저 엔진 연소실내에 있어서 불

꽃이 전파해 가는 방법이 다르다. 가솔린의 경우, 연소실내에서의 불꽃은 실린더블럭 벽에 열을 빼앗겨서(Quenching), 피스톤과의 틈새까지 불꽃은 도달하지 않는다. 그렇지만, 천연가스의 불꽃은 켄칭이 일어나기 어려워, 좁은부분까지 불꽃이 들어가고 있다. 그래서, 불력과 피스톤 사이의 씰부분에 내화 설계가 필요하게 된다고 한다.

또, 실린더-보어 사이의 온도상승이 가솔린차의 경우보다 크다. 가솔린은 연소실내에 분사되어 정화하는 때에 열을 빼앗아 부품을 냉각하지만, 천연가스는 처음부터 기체이기 때문에 냉각 효과가 없기 때문이다. 보통 실린더-보어 사이는 엔진의 크기를 컴팩트하기 위해서 간격을 가능한 좁힌다. 그러나, 천연가스차는, 줄이면 熱歪가 크게 되어서 피스톤이 움직이지 않게되는 위험성이 있다. 금후 엔진설계상 고려하지 않으면 안되는 점이다.

未本田社도, 냉각효과가 없는 천연가스차에서는 실린더 블럭의 온도상승이 문제라고 말한다. [아코드]는 AI제 블럭을 사용하고 있어서, 천연가스차는 실린더 사이의 온도상승이 가솔린차보다 승상하였다. 주철제라면 문제는 없지만, AI합금은 열에 약하기 때문에, 내열시험 등을 검토해 볼 필요가 있다.

또 액체인 가솔린은 윤활성을 갖고 있지만, 천연가스는 갖고 있지 않다. 여기서 흡배기밸브의 마모가 문제로 될 것이다. [아코드]는 밸브의 재료를 내마모성이 높은 등급으로 교체하고 있다.

日産은 배기계의 내식대책도 필요하다고 지적한다. 천연가스의 주성분인 메탄은 가솔린 중의 탄화수소 성분과 비교해서 C가 적고 H가 많다. 탄소가 적기 때문에 배기가스중의 CO₂가 적다고 하는 이점이 있지만 반면, 물(H₂O)의 발생이 많아서 배기가스가 습한 경향이 있다. 그래서, 배기밸브와 매니폴드, 배기관 등에 내수, 내식성이 필요하다. 더욱 귀금속 촉매 주위에 수분이 부착하면 능력이 저하하기 때문에 촉매에도 내수 대책이 요구된다.

천연가스차는 항속거리를 시작으로 해서, 차

자신의 문제가 해결되어 있지 않다. 그러나, 전 기자동차에 비하면 과제는 적다고 보여진다. 특히 미 캘리포니아 주 98년 규제 동향에 자극받아 미국과 일본에 있어서 승용차메이커의 개발열기가 점점 높아지고 있다.

그러나, 가스용기를 연료탱크로서 탑재하는 점에서, 충돌사고, 등 위험을 걱정하는 메이커, 소비자도 많다. [가스는 위험]이라고 하는 이미지를 불식하는 것도 천연가스차의 과제의 하나이다.

5. 촉매기술

배기가스 저감(정화)대책의 일환으로써, 배기가스 발생후에 유해성분을 처리하는 촉매장치(CO→CO₂, HC→CO₂+H₂O, NOx→N+O₂로 변환)가 70년대 초반부터 개발되어 왔다. 촉매중에는 CO, HC를 산화반응에 의해 정화하는 산화촉매 방식과 CO, HC, NOx를 산화, 환원반응에 의해 정화하는 三元 촉매방식의 2종류가 있지만, 현재의 가솔린 승용차에서는 삼원촉매 방식이 일반적으로 되어 있다.

촉매의 구조와 촉매금속의 특성을 각각 그림 4와 표 7에 나타낸다. 현재 촉매의 개발목표(과제)로는 좀더 높은 정화율의 확보 이외에도, 비교적 값싼 촉매의 개발(예를들면 Only Pd촉매), 내구도 및 통기저항의 향상을 위한 담체개발(현행의 Cordierite에서 Stainless계 금속담체) 및 새로운 연소 메카니즘 개발에 따른 촉매개발(메타놀엔진 또는 회박연소엔진) 등을 열거할 수 있다. 본 발표에서는 주로 회박연소엔진(Lean Burn)용 촉매개발 동향을 소개하기로 한다.

연료의 효율이 높고 저 NOx화가 가능한 회박연소엔진용으로, 산화분위기인 배가스중의 NOx를 정화할 수 있는 새로운 삼원 촉매를 개발, 실용화에 근접하고 있다는 보고(4)가 최근 급증하고 있다. 현행 가솔린엔진용 三元촉매는, 엔진연소실에 공급되는 연료와 공기의 비율이 공급된 연료가 완전히 연소하는 이른 공연비인 14.7이 아니면, HC, CO, NOx 모두를 정화할 수 없다는 문제점이 있다.

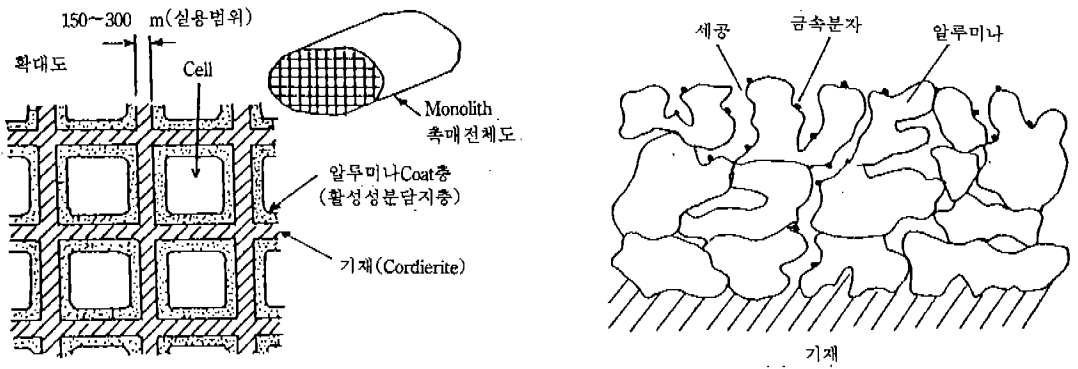


그림 4 삼원촉매의 구조

표 7 촉매금속의 종류와 특성

촉매금속	경 제 성*	활 성 특 성
백 금 (Pt)	\$365.75/Troz**	<ul style="list-style-type: none"> HC중 산화하기에 어려운 포화탄화수소에 대한 산화특성 우수 NOx환원, 제거반응 기여미흡
팔라듐 (Pd)	\$99.75/Troz**	<ul style="list-style-type: none"> CO와 "Easy to oxidize HC"의 산화에 우수 NOx환원 반응에는 부적당
로 듬 (Rh)	\$3100/Troz	<ul style="list-style-type: none"> NOx 환원에 의한 제거용이 CO와 "Easy to oxidize HC"에 대한 산화 우수 S에 대한 피독성 우수 Poor Activity for "difficult to oxidize HC"

회박연소 엔진에서는 차량이 일정속도로 주행하는 경우 등, 엔진부하가 부분 부하인 때에는, 공연비 22-23인 希薄한 혼합기에서 연소되어, NOx 발생 그자체는 적다. 하지만 가속시 등 엔진의 부하가 큰 경우에는, 혼합기가 적은 공연비로 부터, 회박연소의 공연비인 22-23으로 이행하는 도중에는 산소가 많은 산화 분위기로 되기 때문에, NOx의 환원이 가능치 않게되어, NOx가 미처리 상태로 배출하게 된다.

이것을 해결하고자 새로운 촉매가 개발되게 되었는데, 최근 마쯔다의 발표에 따르면 Zeolite의 모재위에 백금 등의 귀금속계 활성 성분을 담지시켰다고 한다.(지금까지는 Cu를 이용한 개발연구가 많이 있었다.) 이 촉매가 산화분위기에서도 NOx를 환원시킬 수 있는 메카니즘은, 多孔質인 Zeolite의 구멍에 NOx가 먼저 Trap되고, 귀금속

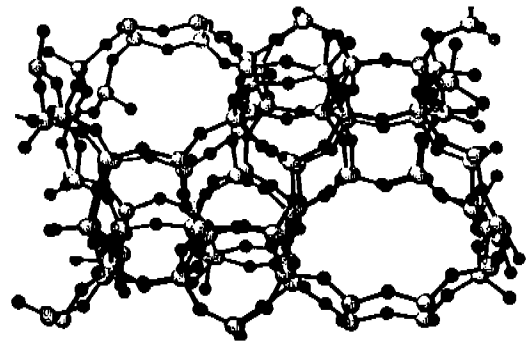


그림 5 새로운 삼원 촉매인 Zeolite 구조 모식도. 다공질체인 Zeolite의 작은 구멍속에 백금 등 귀금속계 활성성분이 기재에 물리적으로 부착되어 있다.

축매가 비교적 저온에서 NOx를 환원해서, 발생한 산소원자 혹은 이온을 그곳으로 부터 다른장소로 확산시켜서, 질소의 산화를 방지한다고 판단된다. (그림 5) 산화분위기에서도 NOx를 환원시킬 수 있는 결과, 희박연소를 이용할 수 있는 주행영역이 확대하기 때문에, [새로운 희박연소 엔진을 실용화 할 수 있다.]고 주장하고 있다.

6. 저공해 차량의 여러 고려사항

세계적으로 배기가스 규제의 우선대상으로 되고 있는 것은 NOx이었다. 특히 디젤차에서 배출된 NOx가 도시공해의 원흉으로써 판단되었으며, 일본의 경우(자동차에서 배출되는 질소산화물의 특정지역에 있어서 총량 삭감등에 관한 특별조치법)처럼 각국에서 규제법률이 제정되었다.

이러한 법률은 ① 특별지역의 NOx배출량의 총량을 삭감한다. ② 트럭 등의 배기량과 함께 NOx 배출량의 기준을 정해, 미달성의 경우는 신형차량에의 교체를 의무화 한다고 하는 두가지 사항으로 구성되었다. 따라서 금후, 디젤차는 가솔린차로의 교체나 엔진 개량으로 대책을 도모하지 않으면 안된다. 앞서 열거된 대체 에너지 차량들은 NOx를 대폭으로 삭감했기 때문에, 그 의미에서는 [低公害車]라고 말할 수 있다.

그러나, [저공해]를 [지구환경에 적합한]이라고 해석한 경우 사정이 조금 다르다. 지구 규모에서 문제로 되어 있는 것은 NOx는 아니고, 온난화의 원인이라고 주장되는 CO₂다. CO₂의 배출량이 가장적인 것은(전혀없는) 전기자동차이다. 미 캘리포니아 주에서처럼 ZEV(무공해차)=전기자동차라고 하는 이미지가 이미형성 되어서, [공극의 低公害車]는 전기자동차이다 라고 생각하기 쉽다. 그러나, 자동차의 저공해화를 생각한다면, 에너지를 창출하는 에너지도 고려하지 않으면 안된다.

일본자동차 연구소의 보고에 의하면, 발전소에 있어서 화석연료 의존도를 81%를 한 경우, 전기자동차의 연료(전기)제조시와 사용시를 합한 총 CO₂배출량은 가솔린차와 큰차는 없다. 그림 6에서 보는 바와 같이, 물론 천연가스차의 경우가 적으나 메타놀 차의 CO₂는 가솔린차와 거의 동등한 수준이라고 판단된다.

결국, 수력발전이 성행한 北歐나 캐나다에서는 전기자동차가 [공극적 저공해차]에 가까운 존재로 되지만, 일본과 같은 환경에서는 다르게 평가될지도 모른다고 주장한다. 각각 나라와 지역에 따라 크게 변하는 것이다. 유럽에서는 원자력 발전으로 대전력을 얻고 있는 프랑스가 전기자동차의 도입에 적극적인 것에 대해서, 수력발전 중심의 독일은 그렇지 못한다. 그러나, 원자력발전은 핵오염의 위험을 포함하고 있어서 지구환경에 우수하다고 할 수 없다. 다만, 배기가스는 발생원을 1개소로 합하는 경우가 처리하기 쉽다는 것은 사실이다. CO₂의 고정화 기술등을 포함해 생각하면 전기자동차는 타 대체에너지차보다 일보 [저공해차]에 가깝다고 할 수 있을 것이다.

CO₂문제를 생각하면, 가솔린차와 디젤차의 관계도 복잡하게 된다. 디젤차는 가솔린차에 비해 NOx의 배출물이 數倍 많지만, 燃費가 좋아서, CO₂의 배출량은 약 20% 적다. 결국 지구온난화의 측면에서 보면 디젤쪽이 지구환경에 우수하다. 여기서, 디젤차메이커가 NOx를 제거하는 신축매 개발에 모든노력을 기울이고 있는 소이가 있는 것이다.

한편, 가솔린차의 경우는 NOx문제는 이미 해결

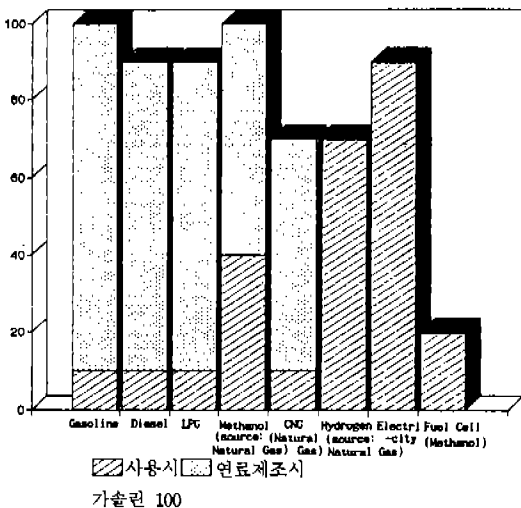


그림 6 자동차용 연료의 CO₂배출량 비교

되었고, 금후는 Lean Burn(希薄연소)엔진의 개발에서 연비향상=CO₂ 배출삭감을 진행하고 있다. 그렇지만, 이 엔진은 배기가스의 혼합비가 종래의 NO_x환원촉매를 작동시키기에는 불충분하고 CO₂는 감소되지만 NO_x가 제거되지 않고 증가해 버린다고 하는 딜레마가 있다. 여기서 Lean Burn의 연소비에서도 작동하는 신촉매의 개발이 필요하게 된다. 결국, CO₂와 NO_x를 모두 감소 한다고 하면 가솔린차도 디젤차도 신촉매가 필요하고, 어느것이 [저공해]인가 관점은 대단히 어려운일이 아닐 수 없다.

다음에, 배기가스라고 하는 테두리를 넘어서, 저공해차를 논하자면, 자동차의 리사이클성과 안전성도 고려하지 않으며 안된다.

예를들면, 대체에너지차의 하나인 전기자동차의 축전지에 대해 생각해 보자. 현재 일반적인 자동차에 사용되고 있는 개방형 납전지는 외국 선진국의 경우 주유소 등에서 회수되어, 리사이클되고 있다. 전극재료인 납을 새로운 전지의 전극재료로써 재사용 할 수 있다. 전기자동차도 납전지라면 똑같은 시스템을 이용할 수 있을 것이다.

그러나, 차세대의 축전지로써 기대되는 Ni계 전지의 경우, 전극재료인 Ni은 대단히 고순도인 것이 요구되어 사용이 완료된 전지를 회수해서 Ni를 추출해도 다시 전극재료로는 사용하지 않을 것이다. 결국 이문제만으로 생각하면, 전기자동차의 고성능화와 축전지의 리사이클은 兩立하지

않는 셈이다. 리사이클을 고려한 제품설계가 필요하다 주장되는 시점에서, 이와같은 문제도 필히 고려해야 할 것이다.

마지막으로 대체에너지차에 불가결한 인프라 정비 문제를 열거해 보면, 전기자동차, 메타놀차, 천연가스차에 필요한 충전 스탠드는 전 세계에 거의 없다고 보아도 좋다. 3가지 중 어느 것을 보급해도 가솔린 스탠드와 병행해서 설치되지 않으면 불편은 해소 되지 않는다. 또한 이러한 인프라정비에는 막대한 비용이 소요되리라는 것이 일반적 예측이다.

저공해 차량의 완성도를 높이고 일반화를 위해서는 前項에서 언급한 여러 기술과제 뿐만 아니라 에너지의 全週期 평가, 안정성, 재활용성, 사회체제의 확립이라는 또다른 측면의 難題들이 산적해 있다는 사실을 認知해서 병행 개발 추진 하지 않으면 안될 것이다.

참 고 문 헌

1. 日經 Materials and Technology, March 1993, pp.28
2. 自動車 安全 環境對策の 實態, 日本 IRC, 1991, pp.16-31
3. 金榮吉, 鐵と鋼, 75(1989), No 5, pp.26
4. 日經 Materials and Technology, Sept, 1993, pp. 18