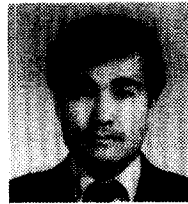


## CFC 대체용 자동차 에어컨 개발동향

### Trends in Development of Automobile Air-Conditioner for CFC Alternatives

오 명 도  
M. D. Oh

생산기술연구원 기계기술실용화센터



- 1956 년생
- 2상유동 열전달 전공으로 흡수식 냉난방기, 제습장치, 정전식 전기집진기 등 공조 및 환경기기 개발에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머릿말

우리나라의 국민경제가 발전함에 따라 우리나라에서도 자동차의 소유가 더이상 생활사치품이 아니고 일상생활에 없어서는 불편을 느끼게 될 정도로 생활필수품으로의 자리를 굳혀가고 있다. 이에 따라 우리나라의 자동차 산업은 80년대 들어 비약적인 발전을 거듭하고 있고 그 보급대수도 급격히 증가되고 있는 실정이다. 또한 자동차의 수출이 증대함으로써 세계의 자동차 선진국들과 기술적 경쟁시대에 돌입하게 되고 국내의 자동차 부품산업도 독자적 기술개발로 이에 대응하고 있다. 특히 자동차 부품 산업중에서도 비교적 부가가치가 높은 자동차용 공기조화 산업분야는 다른 부품산업들에 비해 더욱 큰 성장 잠재력과 시장성을 확보하고 있어 앞으로 그 성장 전망은 매우 낙관적이라 할 수 있다.

이제 자동차는 국민들의 생활수단이 향상함에 따라 단순한 교통수단이 아니라 주거공간, 업무공간에 이은 제3의 생활공간으로 자리를 잡아가고 있으며 이와 더불어 자동차 자체도 보다 쾌적한 운전 분위기와 안락한 승차감을 추구하고 있다. 이러한 변화로 수년전 20~30%에 지

나지 않던 자동차의 에어컨 장착률이 근래에 들어서는 승용차의 경우 90% 이상을 상회하고 있다.

자동차의 원가에 있어서 자동차용 공기조화 시스템 즉 자동차 에어컨과 엔진쿨링 시스템이 차지하는 비율이 전체의 5~10% 정도를 차지하고 있다고 추정되며 따라서 이러한 부품 분야에 있어서의 기술향상과 원가 절감을 꾀하지 않으면 국내 자동차 산업은 국제적인 경쟁력의 상실을 초래할 수도 있다. 더욱이 최근 CFC 규제에 따른 대응책으로 이러한 분야의 기술자립 기반을 확보하지 못하고 외국기술에 의존한다면 진정한 의미에서의 자동차 부품의 국산화는 이룩될 수 없고 전략 수출품목으로서의 자리를 잃게 될 것은 두말할 것도 없다. 현재 국내에서 자동차용 A/C를 생산하고 있는 업체는 만도, 한라공조, 대우기전, 한국디젤기계, 동환, 풍성, 두원공조 등으로 전문화되어 경쟁을 벌이고 있다.

따라서 본고에서는 이러한 시점에 국내외적으로 자동차산업에 있어 CFC 대체를 위한 자동차용 A/C의 기술개발 현황과 대응책을 종합적으로 검토하고 그 문제점과 과제를 기술적 측면에서 파악함으로써 CFC 냉매 대체에 직면

하여 관련기술 개발에 진력하고 있는 유관산업 분야에 조그마한 도움과 방향을 제시하고자 하며 제한된 여건에서 이 기술적 어려움을 단시간내에 효율적으로 극복하기 위하여 국가, 산업계, 연구계, 학계의 역량을 집결하는 구체적인 노력을 촉구하고자 한다.

## 2. 기술개발 현황

자동차 A/C은 극히 주위온도가 높고 좁은 엔진룸내에 설치되며 항상 진동을 받고있기 때문에 경량화, 소형화가 요구되는 독특한 냉동기의 응용제품이다. 따라서 소요유체 유량과 압축용적이 작을 필요가 있고 효율이 높을것이 요망되며 열역학 특성의 검토가 중요하다. 장치가 소형이기 위해서는 응축기, 증발기등이 소형이어야 하고 점도와 열전도도등도 경시될 수 없다. 자동차 A/C은 구조상 충전량의 약 30%정도가 누설되므로 당연히 무독성이고 연소성이 없어야 하며 이러한 측면에서 기존에 사용되고 있는 CFC-12가 훌륭한 냉매이지만 ODP 값이 높아 전면대체가 불가피하다. 또한 차량에 장착작업을 용이하게 하고 내진대책을 위하여 기기와 배관의 접속에는 플래이 또는 오링실로 접속하고 배관은 고무호스가 사용된다. 압축기는 전자클러치를 사용해서 엔진출력을 이용하기 위하여 축밀봉 장치가 있는 개방형 압축기를 사용하고 있다.

자동차 A/C의 대체냉매로는 여러가지가 검토되고 있지만 현재 가장 가능성이 높은것은 HFC-134a이다. 134a는 HFC이므로 염소를 함유하고 있지 않고 따라서 ODP는 0이고 입계온도는 106°C 정도 낮다. 포화증기 비용적이 약 30% 정도 커서 압축성능면에서는 불리하지만 증발열이 약 30% 정도 커서 증발기에서의 냉각성능이 향상되어 CFC-12와 비교하면 그 결점과 장점이 상쇄된다. 다만 염소를 포함하고 있지않기 때문에 종래의 Mineral계 오일의 윤활유에 혼화되기 어렵다는 중대한 결점이 있다. 대체오일로서는 합성류인 Poly Alkylene Glycol계 오일류(PAG), 불소계유등을 윤활유로 사용할 수 있다. 그러나

고온영역에서의 2상 분리의 방지, PAG자체의 흡습성 등의 검토가 진행되고 있다. 현재 선진국에서는 연구검토 결과 차량용 냉매의 HFC-134a가 가장 적합한 것으로 판단되어 대량생산 체제에 들어가거나 생산설비를 갖춘 것으로 알려져 있다.

미국, 일본 등 외국에서는 CFC 대체용으로 냉매가 아직 확정되지는 않았지만 이미 오래전부터 가장 가능성 있는 대체냉매들을 선정하여 그 냉매를 사용할 때 기존 제품이 변경되거나 보완되어야 할 기술적인 문제들에 대한 집중적인 연구개발이 수행되어 왔으며 거의 모든 기술문제에 대한 대응방안을 마련한 상태에 있다. 자동차용 에어컨에서 냉매가 달라짐에 따라 변경이 예상되는 부품들을 살펴보면 (1) 응축기 (2) 증발기 (3) 팽창밸브 (4) 수액기 건조제 (5) 압력스위치 (6) 배관 호스류 (7) 압축기 (8) 압축기 오일 (9) 팬 모터 등이 될 수 있다. 이러한 요소 부품의 변경을 위해서 연구개발되어야 할 기술로는 먼저 시스템 운전 및 성능을 고려한 각 부품의 설계기술개발이 시급하며, 다음 설계에 따른 제작기술 개발이 필요하다. 제작기술확립을 위해서는 대체냉매와 내구성과 성능면에서 적합성을 갖춘 재질을 선정하고 경제성 있는 가공 및 조립기술의 개발이 요구된다.

현재 우리나라에서 이러한 분야의 연구개발은 기술자립의 노력으로 기존 냉매사용의 경우에는 착실히 진행되어서 공기역학적 열역학적 설계 기술과 시험방법, 데이터의 축적 등에 많은 진전이 있었고 소재의 국산화도 상당히 진전되어 제품의 국산화율이 80% 수준에 도달되어 있으나, 새로 대체되는 냉매 사용의 경우에는 많은 업체가 주로 외국 기술제휴선의 기술자료에 의존하고 있는 실정이다. 앞으로 우리 자체기술에 의한 고유모델의 개발능력을 갖추어야만 국제 경쟁에서 우위를 확보할 수 있다고 할 때 국가나 기업 모두 관련 기술자립에 꾸준한 투자와 연구개발이 선행되어야 할 것이다.

## 3. 자동차용 대체냉매 개발현황

### 3.1 HCFC-22

HCFC-22는 이미 실용화되어 공급시판되고 있고 ODP는 0.05로 작아서 대체냉매로 고려되고 있고 CFC-12에 비해 수지의 투과성이 5배정도 크고 비점이 낮기 때문에 작동압력이 크며 누설이 크다. 또한 임계온도가 96°C로 낮아서 일반 승용차에는 사용이 곤란하다.

3.2 HCFC-22(45%)/HCFC-142b(55%)

이 혼합냉매는 ODP가 HCFC-22와 비슷하고 HCFC-142b는 이미 시판되고 있다. HCFC-22는 누설성이 크고 HCFC-142b는 연소성이 크므로 조성의 변화가 생기면 가연성으로 될 가능성이 크다. 포화증기의 비용적은 CFC-12에 비해 80~90% 정도, 증발열은 40% 정도 크고 또한 공비몰이 아니기 때문에 증발기 중간에 9°C 정도의 온도구배가 예상되므로 커다란 설계변동 등은 필요없지만 대체냉매로서는 적합하다고 말할 수 없다.

3.3 HCFC-22/HFC-152a/CFC-114 또는 HCFC-124(Ternary Blend)  
(중량 % 36/24/40)

이 혼합냉매는 Dupont사에서 1989년 1월 공개한 것으로 비점과 연소성이 다른 성분을 교묘히 조합하여 실용상 공비몰과 가까운 거동을 실현시켰다. ODP는 CFC-114의 경우 0.3~0.4, HCFC-124의 경우 0.03 정도이다. 이 냉매의 증기압 곡선은 CFC-12와 유사하고 증기누설에 따라 조성이 변하여도 불연성을 유지하며 누설에 의한 증발압력의 변화도 CFC-12의 값과 큰 변화가 없다. 그러나 전열계수의 변화가 어느 정도 인지는 검토할 필요가 있다. 각 물질은 이미 상용화되어 가격면에서 유리하고 윤호라유인 알킬벤진류 오일과의 용해성이 우수한 것으로 알려져 있다.

3.4 HFC-134a

HFC-134a의 화학식은 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>로 염소를 함유하고 있지 않으므로 ODP가 0이고 임계온도가 106°C로 CFC-12에 비해 6°C 정도 낮지만 충분히

허용범위에 있다고 생각되며 증기압곡선도 Fig.1과 같이 CFC-12와 매우 근사하다. 수지의 투과성과 CFC-12와 거의 같으며 냉동능력이 약간 낮아져서 소비동력이 증가되고 토출압력이 증가하는 것으로 알려져 있으나 현재로서는 CFC-12의 대체로 가장 가능성이 큰 것으로 판단되어 각국에서 대량생산체제에 돌입하고 있다. Fig.2는 CFC-12와 HFC-134a를 사용했을 때의 p-h 선도의 변화를 보여주고 있다.

HFC-134a의 특징으로는 수소를 포함하므로 극성을 가지며 전기에 대해 절연저항이 크고 흡습성이 커서 수분 용해도가 높다. 또한 염소를 포함하고 있지 않으므로 광유계(Mineral Oil)의

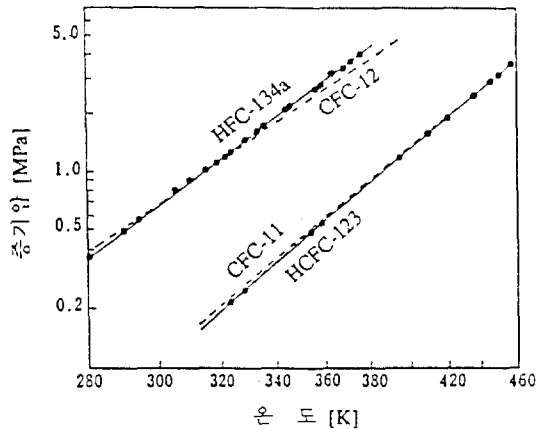


Fig. 1 HFC-134a와 CFC-12, HCFC-123과 CFC-11의 증기압 곡선

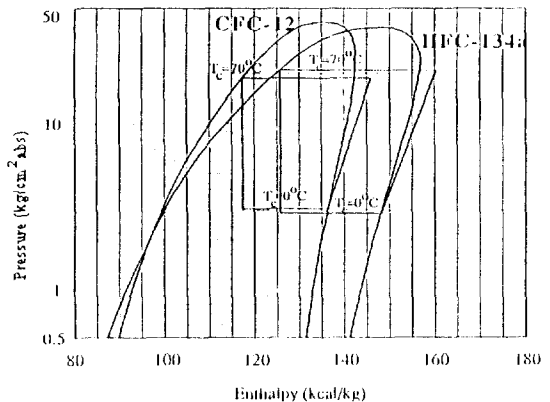


Fig. 2 자동차 에어컨용 냉매변화에 따른 P-h 선도변화

표1 HFC-134a와 CFC-12의 특성비교

냉매기호	HFC-134a	CFC-12
화학식	H <sub>2</sub> F · CF <sub>3</sub>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
분자량	102.03	120.91
최소 분자경	4.2 Å	4.4 Å
비등점 (at 1 stm) [°C]	-26.14	-29.79
응고점 [°C]	-108.0	-155.0
임계온도 [°C]	101.29	111.8
임계압력 [kg/cm <sup>2</sup> ]	41.43	42.06
임계밀도 [kg/cm <sup>3</sup> ]	510	558
포화 증기압 (at 0°C) [kg/cm <sup>2</sup> ]	2.98	3.15
(at 60°C) [kg/cm <sup>2</sup> ]	17.11	15.51
증발잠열 (at 0°C) [kcal/kg]	47.04	36.43
(at 60°C) [kcal/kg]	33.18	27.33
수분용해도 (at 25°C) [g/100g냉매]	0.28	0.009
가연성	없음	없음
독 성	T. B. D	없음
대기권내 잔류시간 (年)	8~11	95~150
효율 (COP)	2.22	2.27
오존파괴지수 (ODP)	0	1
Mineral Oil 용해성	not good	excellent

표2 HFC-134a 충전시 CFC-12와의 냉동능력 비교 예

차내부의 온도	냉 각 속도	다소 느려진다	
	통 상 운전 공회전 운전	+0.6~1.1(°C) +2.2~3.3(°C)	
압축기 입구	운 전 상태	압력(kg/cm <sup>2</sup> )	온도 (°C)
	통 상 운전 공회전 상태	거의 같다 +0.7~1.1	+1.1~2.2 +2.8~5.6
압축기 출구	운 전 상태	압력(kg/cm <sup>2</sup> )	온도 (°C)
	통 상 운전 공회전 상태	+1.4~1.8 +5.3~5.6	-7.2~-8.3 +4.4~-5.6
압 축 비	CFC-12	8.3~10.3	
	HFC-134a	9.2~11.4	

유효성에 용해되기가 어렵고 잘 혼합되지 않아서 유효성이 떨어지며 분자 구조는 작다. 표1은 HFC-134a와 CFC-12의 물질적 특성을 비교한 것이다.

표2는 Dupont사에서 수행한 89년형 시보레-S-10 Pick-up 자동차 에어컨에 HFC-134a를 충전시켰을 때 CFC-12에 비하여 성능비교를 한 결과를 나타내고 있다.

## 4. CFC 대체를 위한 대응 대책

### 4.1 단기대책

#### (1) 누설 손실의 삭감

- 냉매호스 및 압축기의 축밀봉(Shaft Seal)재질개선 및 구조개량이 필요하다.
- 접합부의 구조 개량이 필요하다.
- 충전시 손실감소를 위해 Manifold Cage Hose 끝에 Check Valve를 설치한다.

#### (2) 신규 자동차 에어컨 장착시

- 750mm Hg이상 진공펌프로 진공배기를 실시한다.
- O-Ring 부식 방지를 위해 오일을 바른다.
- 플레어 O-Ring Seal의 표준체결 Torque를 지킨다.
- 정밀한 가스누설 검사를 실시한다.
- 과충전 방지를 위해 필히 계량해서 충전한다.
- Sight-glass를 이용하여 적정 냉매량을 충전한다.

#### (3) 자동차 서비스 센터 보충시

- 취급 Manual정비 및 서비스 종사자의 교육을 강화한다.
- 손실이 적은 Charger를 보급한다.
- 냉매 보충시 Sight-glass를 이용하여 부족분만 충전한다.
- 냉매 보충시 전량교환은 최대한 회피하고 억제한다

#### (4) 충전량의 삭감

- 열교환기의 효율을 향상한다.

- 배관 및 부속기기의 용량을 최소화한다.

## 4.2 증장기 대책

### (1) 회수재이용 기술개발

- 냉매교체시, 장치 폐기시의 냉매 회수용 기기를 개발한다.
- 회수 재이용을 법적으로 규제하는 장치를 마련한다.
- 회수냉매의 품질 및 가격을 검토한다.

### (2) 대체냉매 사용

앞서 설명한바와 같이 자동차용 CFC 냉매의 대체냉매로서 현재 HCF-134a가 가장 유력하나 다음과 같은 검토과제가 있다.

#### ① 유효유 문제

- Mineral 오일과의 혼합성 저하로 기존 유효유의 사용이 불가하다.
- 대체품인 Poly Alkylene Glycol계 오일의 검토가 필요하다.  
(2상 분리 온도가 비교적 낮아 응축온도 범위에서의 분리 가능성)
- 또다른 대체품인 불소계 오일의 검토가 필요하다.  
(저온측에서 혼합성의 개선이 필요하다).

#### ② 사용재료의 문제

- HFC-134a는 자체의 수용해도가 CFC-12에 비해 크다.
- PAG계 오일을 사용한 경우 동도금(copper plating) 현상 발생
- Packing용 재질은 CFC-12에 비해 팽윤성, 투과성이 약간 큰 재질을 선정할 필요가 있다.
- 고무 Hose의 내면에 Nylon Coating을 한다.

#### ③ 건조제의 문제

- HFC-134a는 CFC-12보다 분자경이 작기 때문에 종래의 합성 제오라이트로서는 흡착 및 분해가 많다.
- 새로운 건조제 개발시 수용해도의 증가를 고려해야 한다.

#### ④ Cu 도금 문제

- PAG계 오일 사용시 계내의 수분량 증가로 Cu 이온이 발생하여 철부분 등에 동도금이 발생하여 압축기 성능에 영향을 준다.
- 계내의 금속 이온의 발생 방지를 위한 수분감소 대책과 윤활유의 개량등이 필요하다.

⑤ Service Can 문제

- HFC-134a의 Service Can은 종래의 CFC-12의 것과 동일한 취급을 위해 가스 사용의 법적 정비가 필요하다.

5. 자동차 에어컨용 대체냉매 적용시 변경 예상 부품

5.1 응축기 (Condenser)

응축기는 적정 크기로 설계되어야 한다. 가장 최악의 운전조건은 과부하 조건에서 엔진의 공회전시에 일어날 수 있다. 작게 설계된 응축기는 헤드 압력을 크게 증가시켜 압축기의 작동을 멈추게 할 수도 있고, 크게 설계된 응축기는 응축온도를 엔진 공간내의 온도보다 떨어뜨려서 응축라인이 엔진공간을 통과할 때 냉매의 증발을 초래하기도 한다. 응축기는 ① 알루미늄 플레이트 핀과 알루미늄 또는 구리튜브 ② skive 핀 ③ 납땜된 serpentine 튜브 ④ 납땜된 header 튜브 등으로 만들어지고 알루미늄이 그 가격의 저렴성 및 중량감소등의 장점으로 널리 사용되고 있다.

종래에 개발된 핀(fin) 및 튜브(tube) 타입 응축기는 여러쌍의 냉매 튜브를 플레이트 핀(plate fin)에 삽입하고 확판시켜 코어(core)를 구성 제작되었다. 이것은 핀과 튜브간의 기계적인 접촉에 의해 제작되어 열교환 효율이 떨어지지만 깨끗하고 균일한 설계와 공정을 가능케 하였다. 또한 플레이트 수와 냉매순환 회로를 조정하여 크기의 변화 요구에 쉽게 적용할 수 있었다. 현재는 응축기의 중량이 감소되고 장착성, 내구성이 우수한 고성능의 구불구불한 모양(serpentine type)으로 장착되어 사용되고 있으나 최근에 새로운 대체 냉매를 사용하기

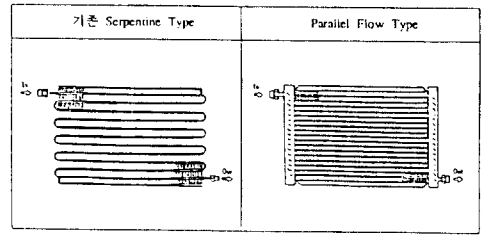


Fig. 3 기존의 Serpentine 타입 응축기와 Parallel Flow 타입 응축기

위해 변경이 불가피하게 되었다.

응축기의 통상 온도범위 60°C~80°C 사이에서 대체냉매인 HFC-134a가 기존의 CFC-12보다 10~15% 작동압력이 크므로 유로저항이 크고 방열량이 떨어짐에 따라 열교환 효율을 극대화시키기 위해서 Fig.3과 같은 PF 타입(Parallel Flow type)의 응축기가 개발되고 있다.

변경시 장점으로는 열교환 능력이 향상되고 공기측, 냉매측 압력손실 감소되며 Compact size로 경량화 할 수 있으며 냉매 충전량을 감소시킬 수 있게 될 것이다. 새로운 응축기의 설계 및 제작을 위해서는 먼저 핀공기측 열전달 계수 비교, 튜브 냉매측 열전달 계수, 핀피치별 열전달량, 핀피치별 공기측 압력손실 등의 성능분석이 이루어져야 하며 설계에 따른 PF 타입 응축기의 요소부품인 header pipe, corrugated fin, baffle, flat tube, insert, side channel, end cap, fitting 등의 제작기술이 확립되어야 한다.

5.2 증발기(Evaporator)

증발기는 현재 그 재료와 제작형태가 ① 구리 또는 알루미늄 튜브와 알루미늄 핀 ② 납땜된 알루미늄 플레이트와 핀 ③ 납땜된 serpentine 튜브와 핀 등으로 만들어지고 있는데 성능변수로는 공기압력강하, 용량, 응축액 배수능력등이 고려되어야 하며 특히 핀 간격은 적절한 응축액이 증발기 밑에 설치된 배수팬에 잘 배수될 수 있게 하여야만 한다. 작동 시작시의 증발기 유입공기는 65°C 이상이 될 수 있다. 증발기는 모든 운전조건에서 안정된 냉매용량을 유지해야 하며 일사조건에서도 차량의 냉방을 할 수 있을

정도의 충분한 용량을 가져야 한다.

증발기의 경우도 기존의 핀 및 튜브타입에서 구불구불한 모양을 거쳐 일그러진 컵 모양 (Drawn Cup type)으로 개발되고 있는데 이 새로운 증발기는 진공납땜 공법으로 접합된 많은 플레이트와 핀이 샌드위치 모양으로 구성되어 있고 좁아진 플레이트, 축소된 핀과 높이, 오목한 핀, 그리고 입출구 분기관의 형상을 가지고 있어 내구성, 신뢰성, 효과적 배수, 공기축 압력손실 면에서 성능이 크게 향상된 것이다. 표3은 종래의 증발기와 새로운 증발기의 비교를 나타낸 것이다.

표3 증발기의 비교

	구불구불한 압축튜브	진공납땜된 플레이트핀과 줄모양의 돌기를 넣은 플레이트
성능	100 %	110 %
중량	100 %	80 %
신뢰성	100 %	110 %
가격	100 %	110 %

### 5.3 압축기 오일(Compressor Oil)

다른 냉동기기와 마찬가지로 자동차용 에어컨에

존에 있어서도 압축기에 사용되는 안정된 오일의 선택이 매우 중요하다. 에어컨의 압축기 오일은 냉매와 함께 시스템 내부를 순환하게 되어 있는데 현재 사용하고 있는 Suniso-5GS는 CFC-12와 용해성이 좋아서 압축기로 되돌아 오는 것이 용이하다. 압축기 오일의 검토사항으로는 안전성, 냉매와의 용해도, 윤활성, 소착 등이 고려되어야 한다. 그러나 HFC-134a와 같이 염소가 없는 냉매는 기존의 압축기 오일과 낮은 온도에서 상분리 현상을 나타내고 현재 대체품으로 유력시되고 있는 폴리알킬렌 글리콜계인 PAG A-6은 낮은 온도에서도 상분리 현상이 없다. 현재 압축기 오일의 변경방향은 기존의 Parafinic Mineral계 오일에서 Poly Alkylene Glycol계 오일 또는 불소계 오일이 고려되고 있는데 앞서 설명한 PAG A-6도 고농도 냉매와 혼합된 경우인 PAG A-6/R134a(6%/94%) 충전시 고온인 약 79℃ 부근에서 2상분리 현상이 일어나는 것으로 보고되고 있으며 PAG 자체의 흡습성, Al 베어링과의 윤활, 폴리에스터모터 단열재와의 적합성 등도 문제가 되고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 Dupont사에서는 500 SUS Proprietary Oil을 개발중인 것으로 알려져 있으며 그 개발오일은 온도 범위 -50~93℃에서도 상분리 현상이 없고 Al, Cu등과의 화학적 반응성이 우

표4 자동차 에어컨 냉매용 오일 비교

냉매용 오일	HFC-134a용 냉동유	CFC-12용 냉동유
상 품 명	A-6	Suniso 5GS
동점도(Kinematic Viscosity) (cSt) at 40℃	53.73	96.29
at 100℃	10.03	8.042
점도지수 (Viscosity Index)	177	10
밀 도 (Density) (g/cm <sup>3</sup> )	1.0161	0.928
색 상 (Color)	L 0.5	L 1.0
인화점 (Flash Point) ℃	208	198
유동점 (Pour Point) ℃	-45	-25
수 분 (Water Content) (ppm) (at 25℃ 습도 70%, 96hr)	8223	46
임계용해온도 (고압축) ℃ (Critical Solubility Point)	+ 79	> +100

수하며 HFC-134a와 윤활성도 우수하다고 한다. 최근에는 혼화성, 점성, 흡습성 등에서 보완된 Ester-Based Synthetic 윤활제가 PAG와 함께 경쟁하고 있다.

5.4 호스류 (Hoses)

자동차용 냉매 배관 중에서 차량 주행시 진동에 의해서 구성부품간에 움직임이 있고 냉매 전달 연결부위가 고정되면 설치가 어려우며 소음문제를 야기할 수 있는 토출 또는 흡입 부분 같은 곳은 유연성이 있는 고무 계통의 호스류를 사용하고 있다. 따라서 사용냉매와 호스재질에 따른 호스 벽면에서의 냉매누출(refrigerant effusion)을 고려해야 한다. 호스를 통한 냉매유출은 상당히 점진적으로 시간을 갖고 일어나지만 그 누설양이 무시할 수 없을 정도이고 일반적으로 호스내 압력과 온도가 높을수록 그 양이 증가하게 된다.

현재 CFC-12용으로 사용하고 있는 호스의 내면은 NBR고무로 이루어져 있는데 대체냉매로 제안되고 있는 HFC-134a는 분자구조가 작고 흡습성이 강하며 기존 재료인 NBR과의 상극성 때문에 새로운 호스 개발이 필요하다. 일반적으로 자동차 냉매용 호스에서는 가스 침투방지, 내열성, 가수분해 방지, 내 ZnCl성, 내 PAG성,

내 흡습성, 저온 굴곡성 등의 요구특성이 만족되어야 하는데 이러한 특성을 고려하여 제안되고 있는 HFC-134a용 하이브리드 호스는 Fig.4와 같다. 대체품은 냉매와 접촉하고 있는 호스내면에 나일론 코팅을 하여 유연성은 떨어지지만 냉매누출을 거의 방지할 수 있게 하였다.

5.5 수액기 건조제 (Receiver Drier)

수액기는 냉매유량과 밀도 등 시스템부하의 변화에 따른 냉매량 변동을 조절하기 위한 것으로 이 부품은 시스템 누설이나 호스유출을 보상하기 위한 과충진냉매(0.25~5kg)를 충전하고 있다. 이 수액기는 냉매에 포함된 수분을 제거하기 위해 건조제를 포함하고 있는데 건조제로는 가장 흔한 것으로 활성 알루미늄, 실리카겔 등이 사용되고 있다. 기존 CFC-12에 사용중인 건조제인 XH-5는 대체냉매 HFC-134a와 흡착성이 강하고 PAG 오일은 XH-5를 용해시키므로 새로운 냉매와 적합성이 우수한 대체 건조제의 개발이 필요하다.

일반적으로 수액기 건조제의 요구특성으로는 ① 냉매와의 적합성 ② 수분 흡착용량 ③ 기계적 강도 등이 고려되어야 하는데 특별히 자동차용으로는 수액기가 진동등에 노출되기 때문에 기계적 강도가 우수해서 건조제 분말화 현상을 방지해야 하고 고온에서의 수분함유량도 중요하다 할 수 있다. 이러한 특성을 감안할 때 대체될 수 있는 건조제로는 XH-7이나 XH-9 등이 HFC-134a용으로 개발되고 있다. 표5는 수액기 건조제로 사용되는 개발품들과 각 냉매들과의 적합성을 나타낸 것이다.

새로운 대체냉매를 사용함에 따라 이러한 기능을 갖는 팽창밸브와 관련하여 검토해야 할 사항은 다음과 같다.

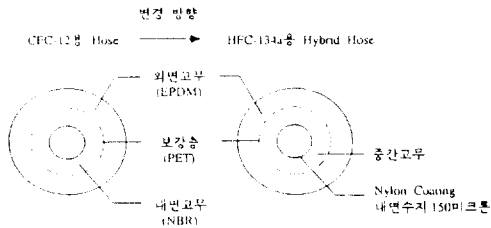


Fig.4 자동차용 냉매호스의 구조 및 재질

표5 건조제와 냉매의 적합성

건조제 \ 냉매	CFC-12	HFC-134a	Dupont 3종 혼합냉매 (R22, R152a, R124)
4A XH-5	○	X	X
XH-7	○	○	X
XH-9 (XH-600)	○	○	○



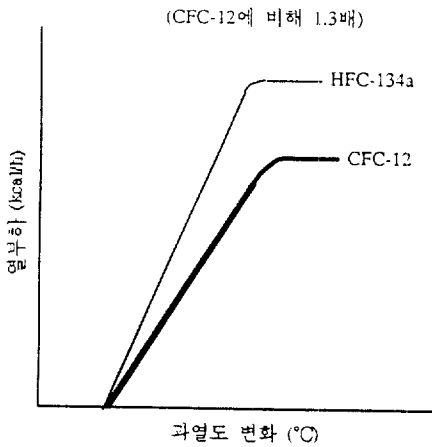


Fig.6 팽창밸브 작동을 위한 증발기 열부하에 따른 과열도 변화

(1) HFC-134a는 CFC-12에 비해 증발열이 30% 정도 증가하므로 Fig.2에서와 같이 이러한 사이클의 엔탈피 증가에 따라 현 CFC-12와 동일 유량으로 능력이 약 30% 증가할 수 있도록 대응한다. Fig.6은 동일한 상태에서 단순히 냉매만을 변경했을 때의 증발기 열부하 변동에 따른 과열도 변화를 나타낸 것이다. 따라서 정격부근에서의 냉방능력을 같게하기 위해서 과열도를 1°C 정도 줄여서 (약 0.1kg/cm<sup>2</sup>정도에 해당됨) 작동할 수 있도록 팽창밸브를 조절한다.

(2) 냉매변화에 따른 팽창밸브 감온부에서의 포화증기선 변화가 Fig.7과 같이 변화하므로 이에 대한 대응이 필요하다. 현재이 대안으로는 동일상태에서 정지과열도(Static Super Heat)가 작아지도록 작동압력을 0.1~0.15 kg/cm<sup>2</sup> 정도 낮게한다.

XH-9을 사용할 경우 기존의 XH-5보다는 수표6 건조제의 기본특성

항 목	4A XH-5	XH-9
일 반 명	A형합성 제오라이트	A형합성 제오라이트
화 학 식	Na <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2SiO <sub>2</sub>	(K·Na) <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2SiO <sub>2</sub>
세 공 경	4Å	3Å
입 자 경	1.68~2.38 m/m	1.68~2.38 m/m
충 진 밀 도	850 g/l	910 g/l
HFC-134a 분해율	불량	양호 (0.01% 이하)

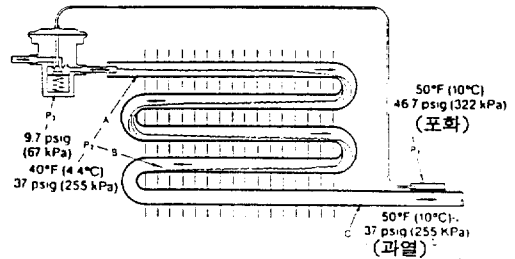


Fig.5 증발기 입구에 설치된 온도조절 팽창밸브 (TXV)

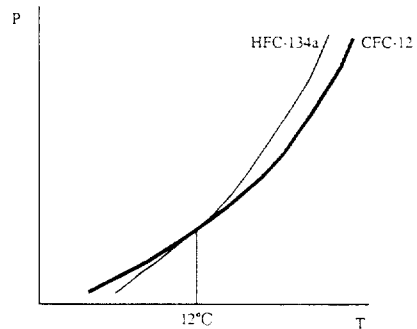


Fig.7 포화 증기선 변화에 대한 팽창밸브 감온부 특성

분흡착용량이 15~20% 떨어지므로 건조제 중량이 20% 정도 증가해야 하는 것으로 평가되고 있다. 그러나 마모 강도면에서는 기존의 것보다 훨씬 마모강도가 향상되어 흡습품인 경우 XH-9이 XH-5보다는 월등히 뛰어나다. 표6은 수액기 건조제의 기본특성을 비교한 것이다.

### 5.6 팽창밸브 (Expansion Valve)

팽창밸브는 증발기를 떠나는 냉매가스의 과열도에 따라 증발기로 들어오는 액체냉매의 유

① 재 질

	CFC-12	HFC-134a	비 고
Diaphragm	Polyimide Film	Polyimide Film	변경없음
고 무 재	N. B. R	H. N. B. R	O-Ring

② 작동압력

(단위 : kg/cm<sup>2</sup>)

	CFC-12	HFC-134a
저압 Cut	OFF 2.1 ± 0.2	OFF 2.0 ± 0.2 1.8 ± 0.2
고압 Cut	OFF 27 ± 2	OFF 32 ± 2

③ 작동압력

(단위 : kg/cm<sup>2</sup>)

	CFC-12	HFC-134a
기밀 압력	30	36
내압 압력	45	54

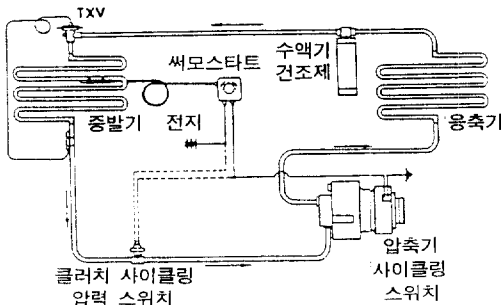


Fig.8 온도조절 팽창밸브가 부착된 클러치 사이클링 시스템

량을 조절하기 위한 것으로 모두 액체나 가스로 충전된 구동요소를 사용한다. Fig.5는 이러한 목적을 위해서 증발기 입구에 설치된 CFC-12용 온도조절 팽창밸브를 나타내고 있다.

5.7 압력 스위치(Pressure Switch)

증발기 압력을 일정하게 유지하기 위하여 증발기 출구나 압축기 흡입라인에 설치된다. Fig.8은 온도조절 팽창밸브를 장착한 클러치 사이클링 냉매 시스템을 보여주고 있다. 클러치는 증발압력을 감지하는 써모스타트나 증발압력을 감지하는 압력스위치에 의해 작동한다.

6. 자동차용 에어컨의 시험방법

자동차용 에어컨의 냉매가 비CFC계로 바뀌게 됨에 따라 새로 수정되고 보완된 요소부품들의 내구성과 성능을 평가하기 위한 시험이 반드시 실시되어야 한다. 요소부품의 내구성시험을 위한 실차시험으로는 Montreal Vehicle Tests와 Phoenix Vehicle Tests 등이 있다. 본 장에서는 자동차 에어컨의 시스템 성능평가를 위해서 일본공업규격과 한국공업규격에 따른 자동차 차내의 공기조화를 목적으로 하는 냉방기의 시험방법을 소개하고자 한다.

일본과 한국의 공업규격에 의하면 자동차용 냉방기의 시험은 냉방능력, 송풍량, 압축기 구동능력 및 소음에 대해 실시하게 되어 있으며 시험조건으로 증발기 입구측 및 응축기 입구측의 공기상태, 원동기 구동식에 따른 압축기 회전속도, 송풍기의 전동기 단자전압, 응축기의 입구풍속 등을 조절하여야 한다. 본 고에서는 자동차용 냉방기와 관련된 냉방능력 시험방법, 송풍량 시험방법, 압축기 구동동력 시험방법, 소음 측정방법 중 냉방능력 시험방법을 소개한다.

표7 증발기 입구쪽 및 응축기 입구쪽의 공기상태

(단위 : °C)

항 목	공기상태	건구 온도	습구 온도
증발기 입구쪽		27 ± 1	19.5 ± 0.5
증발기 출구쪽		35 ± 1	-

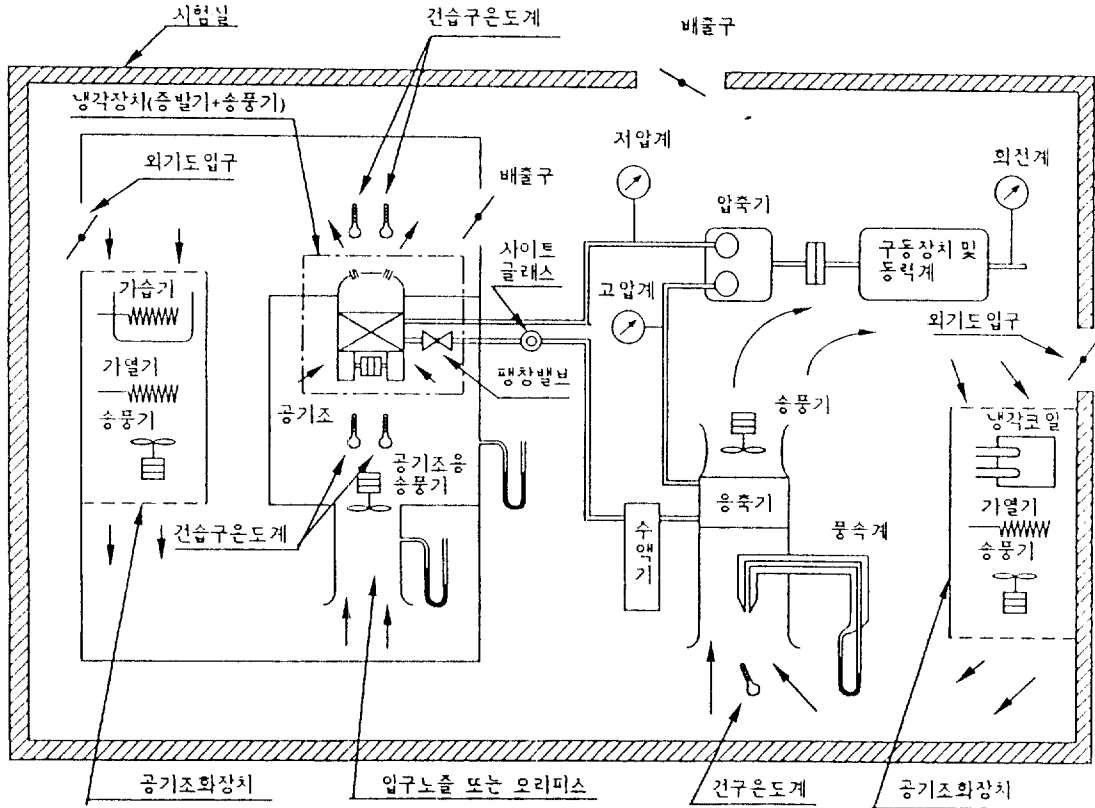


Fig.9 주원동기 구동식 냉방기인 경우의 열량계 장치

6.1 시험장치

- (1) 시험실 : 시험실은 외기온도의 영향을 작게 한 단열구조로 하고 다음에 따른다,
  - ① 응축기 입구쪽 및 증발기 입구쪽 공기상태를 표7의 온도로 유지할 수 있고, 용량을 제어하기 쉽고 충분한 능력을 가진 공기조화 장치를 구비한다.
  - ② 공기조화 장치 취출구, 외기 도입구 및 배출구에서의 풍속은 측정의 방해가

되는 교란이 생기지 않을 정도로 한다.

- ③ 보조 원동기 구동식 냉방기인 경우는 응축기용 송풍기 및 원동기용 방열기 송풍의 저항을 실차 부착상태에 가깝게 하기 위해 냉방기 아랫면을 바닥면으로부터 200~400mm 떼어서 유지할 수 있는 가대를 설치하고 응축기 및 방열기는 벽면에서 2m 이상, 냉방기의 다른 부분은 옆벽 및 천정으로부터 1m 이상

- 떨어져서 설치할 수 있는 시험실로 한다.
- (2) 열량계 : 열량계는 주원동기 구동식 냉방기인 경우 그림4에 표시하는 것과 같은 공기 엔탈피 방식을 사용한다.
- (3) 공기조화 장치 : 공기조화 장치는 응축기 및 증발기쪽 입구의 공기상태를 표.7의 온도·습도로 유지할 수 있는 능력을 가져야 한다.
- (4) 풍량측정 장치 : 풍량측정 장치는 다음에 따른다.
- ① 오리피스 또는 노즐은 KS B6311(송풍기의 시험 및 검사방법)에 규정하는 것 또는 이와 동등한 성능을 갖는 것으로 한다.
  - ② 연락관은 KS B 6311에 규정하는 연락관을 사용한다.
  - ③ 시험관로의 모양 및 단면적은 KS B 6311의 규정에 따른다.
- (5) 공기조 : 냉각장치의 공기 취입구에 접속하는 공기조는 내부의 압력 및 온도를 측정할 때 방해가 되는 교란이 생기지 않을 정도의 크기로 한다.
- (6) 공기조용 송풍기 : 공기조용 송풍기는 공기조 내를 대기압으로 유지하는 데 필요한 풍량을 송풍할 수 있는 용량이 있어야 한다.
- (7) 압축기 구동장치 : 압축기 구동장치는 동력계, 가변속 전동기 또는 내연기관을 사용한다.
- (8) 응축기용 송풍기 : 응축기용 송풍기는 응축기 입구풍속을 다음의 규정으로 유지할 수 있는 것으로서 그 구동장치는 압축기 구동장치를 공유할 수 있다.
- ① 램 압력을 받는 경우 : 표8과 같다. 다만, 송풍기부착 응축기인 경우는 송풍기를 OFF로 한다.

표8 응축기 입구속도

압축기 회전속도(rpm)	응축기 입구속도(m/s)
1999	2.5
1800	4.5
3600	9.0

- ② 램 압력을 받지 않는 경우 : 송풍기용 전동기에 표9와 같은 단자전압을 가했을 때의 입구풍속으로 한다.

표9 송풍기용 전동기의 단자 전압

정격 전압	단자 전압
12	13.5
24	27

- (9) 직류전원 : 직류전원은 축전지와 저항기를 사용하고 정류기를 사용하는 경우는 직류 안정화 전원을 사용한다.

### 6.2 측정기구

- (1) 온도측정 : 온도 측정에는 1 눈금이 0.2°C 이하, 정밀도가 ±0.2°C 이내인 막대 온도계, 열전대 또는 전기저항 온도계를 사용한다. 또한, 습구 온도계의 감온부를 통과하는 풍속은 3.5m/s 이하이어서는 안된다.
- (2) 공기압력의 측정 : 공기압력의 측정에는 미압계 또는 U자형 액주계를 사용한다. U자형 액주계의 액체에는 물 또는 미리 비중을 측정된 알콜을 사용한다. 액주계의 유리관 안지름은 6~12mm로 하고 그 안지름은 좌우 거의 같고 일정하여야 한다. 또한, 0.49kPa[50mmAq] 이하의 압력을 측정할 경우에는 경사 액주계 또는 미압계를 사용한다.
- (3) 회전속도의 측정 : 회전속도의 측정에는 20rpm까지 읽을 수 있는 스트로보식 회전속도계, 필스식 회전 속도계 또는 그것에 상당하는 계기를 사용한다.
- (4) 풍속의 측정 : 풍속의 측정에는 피토티관, 열선 풍속계 또는 그것에 상당하는 계기 또는 계측장치를 사용한다.
- (5) 전압 및 전류의 측정 : 전압 및 전류의 측정에는 KS C 1303(지시 전기계기)에 규정하는 0.5급 계기를 사용한다.
- (6) 압축기 구동동력의 측정 : 압축기 구동동

력의 측정에는 0.1kW 까지 읽을 수 있는 동력계를 사용한다.

- (7) 소음의 측정 : 소음 측정에 사용하는 소음계는 KS C 1502(보통 소음계)에 규정하는 지시 소음계를 사용한다.

### 6.3 냉방능력 시험방법

- (1) 냉방기를 규정된 시험장치에 부착하고 앞서 규정하는 시험조건에서 운전하여 냉각장치 입구공기와 출구공기의 건·습도 온도를 측정한다. 또, 그때의 송풍량을 측정하고 냉방기의 능력을 산출한다. 측정기구는 앞서 정한 것을 사용한다.
- (2) 공기조에 부착되어 있는 송풍기는 회전 속도 또는 댐퍼 조절에 의해 조내의 정압을 시험 중 항상 대기압으로 유지한다.
- (3) 측정방법은 앞서 규정한 시험조건에서 30분 이상 평형이 얻어질 때까지 예비운전을 한 후, 15분마다 3회 이상 측정을 한다. 다만, 측정치가 평균치의 10% 이상 편차가 난 경우는 반복하여 3회 측정한다.

### 6.4 내방능력의 산출방법

냉방 능력은 다음의 식으로 산출한다.

$$Q = \frac{V(i_1 - i_2)}{3.6v} \quad \{ Q = \frac{V}{v} (i_1 - i_2) \}$$

- 여기에서 Q : 냉방능력 W {kcal/h}  
 V : 냉각장치 송풍량 m<sup>3</sup>/kg  
 v : V를 계측했을 때의 공기 비체적 m<sup>3</sup>/kg  
 i<sub>1</sub> : 냉각장치 입구공기 엔탈피 kJ/kg {kcal/kg}  
 i<sub>2</sub> : 냉각장치 출구공기 엔탈피 kJ/kg {kcal/kg}

### 6.5 성능표시

냉방기를 규정된 시험조건 및 시험장치에서 운전했을 때, 증발기쪽 공기로부터 제거되는 열량을 W {1시간당의 kcal}로 표시한 것을 정격

냉방능력이라 하고 보통 자동차용 냉방기의 성능은 압축기의 회전속도가 1800rpm에서의 냉방능력으로 표시한다. 다만, 상용 차속 40km/h에서의 압축기 회전속도가 현저하게 이것과 다른 경우는 상용 차속에 따른 회전속도에서의 냉방능력을 표시해도 좋으나, 이 경우에는 압축기 회전속도를 병기한다.

## 7. 맺음말

지금까지 지구환경보호를 위한 CFC규제에 대응하고자 특별히 자동차 에어컨 분야에 필요하다고 생각되는 대체냉매 특성과 관련 부품의 신뢰성과 내구성을 유지하기 위한 기술적인 문제들을 고찰하였다. CFC 규제가 날로 가속화됨에 따라 자동차 업계에서는 나름대로 대처방안을 마련하고 기술개발에 노력하고 있으나 국내의 허약한 기술축적과 연구인력 부족으로 그 대응에 어려움을 겪고 있다. 이제 관련업계는 더이상 국내 취약기술을 외국의 기술에만 의존하지 말고 이번 기회를 기술도약의 전환기로 삼아 그동안 확립되지 못한 기술분야의 개발과 기술자료 축적에 전념해야 할 것이다. 이를 위해서는 기업뿐 아니라 연구계, 학계가 유기적으로 연결되어 체계적인 단기 및 중장기 대책이 마련되어야 하며 국가는 필요기술 개발에 적극적 지원을 아끼지 말아야 한다.

현재로서는 자동차 에어컨용 대체냉매로 HFC-134a가 가장 유력하므로 이 대체냉매 사용을 전제로 CFC 응용 요소부품의 연구개발이 이루어져야 할 것이며 이에대한 기존 양산설비의 교체방안이 시급히 마련되어야 한다. 이와 함께 기존에 사용하고 있는 CFC의 양을 줄이기 위한 관련법규 제정 및 정비가 병행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 日本フロンがヌ協會, 1989, 特定フロン使用削減 マニュアル
2. 乙竹直, 1989, 代替フロンの探索・環境保護と實用化への道

3. ASHRAE, 1991, Application Handbook, Chapter 8, Surface Transportation.
4. 西村喜卿, 1991, 環境保護と代替フロンを使用する冷媒空調機器, 「設備設計」, 제27권 4월호
5. Hans O. Spauschus, 1991, "Emerging HVAC & R issues : Energy, environment and economics, ASHRAE Journal, February 1991, pp. 23~26.
6. 한국공업규격, 1991, 자동차용 냉방기 시험방법, KS R 1053~1991.
7. Japanese Industrial Standard, 1986, Testing Methods of Automobile Air Conditioners, JIS D 1618
8. 최종훈, 1990, "자동차용 공기조화 시스템의 기술개발동향", 냉동공조, 제8호, pp.37~41.
9. ASHRAE, 1988, Equipment Handbook, Chapter 19, Refrigerant-Control Devices.
10. 한국기술정보컨설팅, 1991, "CFC규제에 따른 대응방안", 세미나자료