

# 대체냉매용 자동차 에어컨에서 고성능 응축기의 성능특성

한 창 섭

## Performance Characteristics of Super Compact Condenser in Automotive Air Conditioning System with Alternative Refrigerant

Chang-Sup Han



●한창섭(만도기계(주) 아산연구소)  
●1955년생  
●공기조화 및 냉동시스템을 전공하였  
으며, 열펌프 냉난방시스템 및 자동  
차 공기조화시스템에 관심을 가지고  
있다.

### 1. 머리말

지구환경문제에 대한 관심이 고조되고 있는 근래, 이에 따른 에너지자원의 효율적인 이용과 환경보호와 관련된 산업기술의 발전이 두드러지고 있다. 자동차의 국내외 시장환경은 점차 고연비와 저매연의 고급자동차를 요구하고 있으며 이에 따라 자동차 제조업체에서는 보다 에너지효율이 높고 오염물질을 적게 배출하는 자동차를 생산하기 위하여 부단한 노력을 기울이고 있다. 자동차에어컨이 자동차의 연비를 악화시키는 요인은 첫째, 자동차에어컨의 중량에 의해 자동차의 전체 중량이 증가되는 것이고, 둘째, 압축기, 송풍기 및 팬에 사용되는 직접적인 에너지 소비, 셋째, 응축기에 충분한 냉각공기의 유입을 보장하기 위한 개구부에 의하여 발생하는 자동차의 공기역학적 저항 증가 등

이다. 따라서 자동차에어컨도 경량화와 고효율화를 꾀하여 자동차의 연비를 향상시킬 수 있어야 한다.

CFC는 1930년 제너럴모터스사의 Tomas Midgely가 독성과 가연성이 없는 자동차용 냉매를 개발, 듀폰사에 의해 상업화되면서 프레온이란 상품명으로 세상에 알려진 후, 우수한 특성들로 인해 약 60년 이상 자동차 에어컨의 냉매 등 여러가지 용도로 사용되어 왔다. 그러나 CFC가 환경에 미치는 악영향이 드러나기 시작하면서 미국을 비롯한 선진국에서는 환경보호를 앞세워 기존의 CFC의 생산 및 소비에 대한 규제를 시작하여 CFC는 1996년까지 생산 및 소비를 전폐하고, 또 HCFC에 대한 규제에까지 확대하게 되었다. 우리나라는 1992년 2월 몬트리올의정서에 가입을 신청하여 5월에 가입국이 되었으며, 의정서의 규정(사용량 0.5 kg/인)을 준수하기 위하여 정부는 1인당 CFC사용량을 0.3 kg으

로 정하는 CFC수급계획을 수립하였으며,<sup>(1)</sup> 특히 금년의 자동차업계의 CFC배정은 1057 Ton으로 지난해의 65%로서 수요량의 40% 밖에 되지 않는 실정이다.

이상과 같이 자동차에어컨 제조업체에는 연비향상을 목적으로 한 경량화의 끊임없는 요구와 지구환경문제에 따른 대체냉매 적용 등 해결해야 할 과제가 많다. 소형경량화를 위해서는 열교환기 즉, 응축기 및 증발기의 소형화가 필요하고 이를 위해서는 최적의 열교환기설계는 물론 냉매의 열전달 특성이 우수해야 한다. 또한 압축기를 소형화하기 위해서는 압축유량 및 용적을 작게 하여야 하고, 이를 위해서는 냉매의 비체적이 작은 것이 좋다. 자동차에어컨의 냉매는 구조상 충전량의 약 30%가 누설되기 때문에 사용냉매는 독성 및 연소성이 없어야 하고, 에어컨이 엔진룸에 설치되어 주위온도가 매우 높은 운전조건과 항상 진동을 받고 있는 열악한 주위환경에서 운전되는 특성이 있다.<sup>(2)</sup> 자동차 에어컨용 대체냉매로는 여러가지를 검토하고 있지만 현재 가장 가능성이 높은 것은 HFC-134a이다. HFC-134a는 HFC계 이므로 염소를 함유하고 있지 않아 ODP(Ozone-Depleting Potential, 오존 파괴지수)는 0이고 임계온도는 CFC-12에 비해 10.6°C 정도 낮다. 그리고 포화증기 비체적이 크므로 압축성능면에서는 불리하지만 증발잠열이 약 30% 정도 커서 증발기에서의 냉각성능이 향상되어 R12와 비교하면, 그 결점과 장점을 상쇄할 수 있다. 현재 독성시험, 고온영역에서의 2상분리방지 시험, PAG자체의 흡습성 등에 대한 검토시험이 세계유수의 기관들에 의해 진행중이다.

HFC-134a의 대체냉매에의 적용 추세를 보면 북미는 94년형부터 신차종에 적용할 계획으로 있으며, 독일은 94년 1월, 스웨덴은 95년 1월, 싱가포르 95년 4월에 적용할 계획으로 알려져 있다. 국내에서는 현대자동차가 수출용은 금년에 출차한 소나타 II에 대체냉

매 에어컨을 적용하고 있으며, 내수용은 94년 2월 이후로 적용예정이다. 기아자동차의 경우 92년 12월 수출용 세피아부터 적용하고, 내수용은 93년도 출시차량부터 적용하고 있고, 쌍용자동차는 무쏘에 대체냉매를 적용하고 있다.<sup>(3)</sup>

이글에서는 대체냉매인 HFC-134a를 사용하는 자동차에어컨의 성능특성과 기존의 서펜틴형 응축기(SPC: Serpentine Condenser)와 대체냉매용 평행형응축기(PFC: Parallel Flow Condenser, 또는 SCC: Super Compact Condenser)의 성능특성에 대하여 논의하고자 한다.

## 2. CFC-12시스템과 HFC-134a 시스템의 성능특성

### 2.1 CFC-12시스템과 HFC-134a시스템의 이론적 성능비교

HFC-134a의 열전달계수는 10°C의 증발온도에서 CFC-12에 비해 약 35~45% 높으며 40°C의 응축온도에서 CFC-12에 비해 약 25~35% 높다. 이것은 액체의 열전도도가 더 크기 때문이다. 또한 Bateman<sup>(4)</sup>은 두 냉매의 이론적 성능비교에서 동일한 냉방능력을 얻기 위해서는 HFC-134a시스템의 유량이 작아지지만 냉매의 열전달 계수가 크기 때문에 에너지 효율은 6%, 냉방능력은 4% 증가한다고 지적하였다. 토출압력은 25 psi (172.4 kPa) 상승하지만 HFC-134a의 비열이 크기 때문에 토출온도는 14°F (7.8°C) 강하한다고 하였다. HFC-134a의 물성치에 대해서는 이미 발표된 많은 문헌에서 찾아 볼 수 있기 때문에 여기에서는 물성치의 비교를 생략하고, 냉매물성치로부터 예측한 냉동사이클의 이론적 성능을 동일한 운전 조건일 때, 동일한 응축압력일 때 그리고 동일한 성적계수일 때를 비교하여 자동차에어컨에서 신형 응축기(PFC)가 요구되는 이론적 근거를 제시하겠다.

고온에서 HFC-134a의 증기압이 CFC-12보다 높기 때문에 압축일이 증가하고, 증발잠열(냉방능력), 흡입증기의 비체적이 모두 크다. 단 단위 비체적에 대한 냉방능력 즉 압축기능력은 HFC-134a가 더 작다. 다음은 압축과정을 등엔트로피과정, 팽창과정을 등엔탈피과정으로 하여 산출한 성능자료이다.<sup>(6)</sup>

(1) 동일한 운전조건일 때

증발온도 0°C, 응축온도 60°C, 과열도 5°C, 과냉도 2°C의 운전조건에서 이론적인 냉매의 상태량으로 비교한 성능을 표 1에 정리하였다. 표 1에서 증발압력은 약간 강하(-6.5%)하고 응축압력은 상승(10.5%)하여 압축일이 크게 증가(41.1%)하는 한편 냉동효과는 잠열이 크기 때문에 17.6% 증가하여 사이클의 효율은 감소(15.8%)하게 된다. 한편 냉매의 비체적이 크기 때문에 동일한 압축기를 사용한다고 하였을 때의 압축기 냉동능력(R/v)은 5.6% 감소한다. 이는 동일한 압축기를 사용하였을 때 얻을 수 있는 냉방용량을 의미한다. 결국 동일한 냉방용량을 얻기 위해서는 압축기의 크기가 5.6% 커져야 한다는 것을 의미한다.

(2) 동일한 응축압력일 때

이번에는 증발온도 0°C, 과열도 5°C, 과냉도 2°C 그리고 응축압력을 1.52 MPa로 동일하게 하였을 때의 성능비교로 압축일은 증발압력의 강하(-6.5%)에 의하여 33.1% 증가하고, 냉동효과는 24.3% 증가함으로써 사이클의 효율은 5.3% 감소함을 표 2에서 볼 수 있다. 흡입냉매의 비체적의 증가와 냉동효과의 증가로 인한 압축기능력(R/v)은 두 요소가 모두 증가하기 때문에 거의 변화가 없다. 즉, 동일한 압축기를 사용하였을 때의 냉방 성능은 거의 동일하다.

(3) 동일한 COP일 때

증발온도 0°C, 과열도 5°C 및 과냉도 2°C의 운전조건에서 동일한 COP을 얻기 위해서는 응축온도가 53.4°C(60°C에서 11%강하)로 낮아져야 하고, 이에 따른 응축압력은 5.9%의 강하에 해당된다. 이때 압축일과 냉동효과는 약 28%씩 증가하고, 흡입증기의 비체적의 증가보다 냉동효과의 증가가 더 크기 때문에 압축기능력은 약 3% 증가하게 되고, 따라서 동일한 냉방용량을 얻기 위해서는 3% 작은 압축기를 사용할 수 있다고 할

표 1 동일한 운전조건에서 CFC-12시스템과 HFC-134a시스템의 이론적 성능비교

내 용	기 호	단 위	CFC-12	HFC-134a	증 감 률
증 발 온 도	T <sub>e</sub>	°C	0.0	0.0	-
응 축 온 도	T <sub>c</sub>	°C	60.0	60.0	-
과 열 도	SH	°C	5.0	5.0	-
과 냉 도	SC	°C	2.0	2.0	-
증 발 압 력	P <sub>e</sub>	MPa	0.31	0.29	-6.5
응 축 압 력	P <sub>c</sub>	MPa	1.52	1.68	+10.5
압축기토출온도	T <sub>d</sub>	°C	72.3	69.5	-3.8
압 축 일	L	kJ/kg	26.3	37.1	+41.1
냉 동 효 과	R	kJ/kg	100.1	117.7	+17.6
흡입증기 비체적	v	m <sup>3</sup> /kg	0.0568	0.0707	+24.5
사 이 클 효 율	COP	-	3.8	3.2	-15.8
압 축 기 능 력	R/v	kJ/m <sup>3</sup>	1762.3	1664.8	-5.6
압 축 기 용 량 비	-	-	1.0	1.056	+5.6

표 2 동일한 응축압력에서 CFC-12시스템과 HFC-134a시스템의 이론적 성능비교

내 용	기 호	단 위	CFC-12	HFC-134a	증 감 률
증 발 온 도	$T_e$	℃	0.0	0.0	-
응 축 온 도	$T_c$	℃	60.0	55.9	-6.8
과 열 도	SH	℃	5.0	5.0	-
과 냉 도	SC	℃	2.0	2.0	-
증 발 압 령	$P_e$	MPa	0.31	0.29	-6.5
응 축 압 령	$P_c$	MPa	1.52	1.52	-
압축기토출온도	$T_d$	℃	72.3	65.2	-9.8
압 축 일	L	kJ/kg	26.3	35.0	+33.1
냉 동 효 과	R	kJ/kg	100.1	124.3	+24.3
흡입증기 비체적	v		0.0568	0.0707	+24.5
사 이 클 효 율	COP	-	3.8	3.6	-5.3
압 축 기 능 령	R/v		1762.3	1758.1	-0.2
압 축 기 용 량 비	-	-	1.0	1.002	+0.2

표 3 동일한 COP조건에서 CFC-12시스템과 HFC-134a시스템의 이론적 성능비교

내 용	기 호	단 위	CFC-12	HFC-134a	증 감 률
증 발 온 도	$T_e$	℃	0.0	0.0	-
응 축 온 도	$T_c$	℃	60.0	53.4	-11.0
과 열 도	SH	℃	5.0	5.0	-
과 냉 도	SC	℃	2.0	2.0	-
증 발 압 령	$P_e$	MPa	0.31	0.29	-6.5
응 축 압 령	$P_c$	MPa	1.52	1.43	-5.9
압축기토출온도	$T_d$	℃	72.3	62.6	-13.4
압 축 일	L	kJ/kg	26.3	33.7	+28.1
냉 동 효 과	R	kJ/kg	100.1	128.3	+28.3
흡입증기 비체적	v		0.0568	0.0707	+24.5
사 이 클 효 율	COP	-	3.8	3.8	-
압 축 기 능 령	R/v		1762.3	1814.7	+3.0
압 축 기 용 량 비	-	-	1.0	0.97	-3.0

수 있다. (표 3 참조)

동일한 COP를 얻기 위해서는 응축온도를 약 7℃ 강하시켜야 한다. 공기온도를 35℃ 라 할 때, 응축기에서의 열전달량은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 Q_c &= U \cdot A \cdot t_m \\
 &= U_{12} \cdot A_{12} \cdot (60-35) \\
 &= U_{134a} \cdot A_{134a} \cdot (53.4-35)
 \end{aligned}$$

$$U_{134a}A_{134a} = 1.36U_{12}A_{12} \quad (1)$$

따라서, 응축온도를 7℃ 강하시키기 위해서는 열전달 성능 또는 열전달면적을 36% 증가시켜야 한다.

## 2.2 CFC-12시스템과 HCFC134a시스템의 성능실험 비교

이 절에서는 자동차에어컨의 냉매를 CFC-

12와 HFC-134a를 적용하였을 때의 실제 성능을 비교해보기 위하여 미국의 Modine사에서 실험한 결과를 소개하겠다. 이 실험에는 냉매의 충전량의 감소와 대체냉매 적용시에 성능특성자료를 얻는 것으로 구성되어 있는데 냉매충전량실험에서는 대체냉매 적용시 약 21~28%의 충전량을 감소할 수 있음을 밝혔다.<sup>(6)</sup>

두 냉매를 사용한 에어컨의 실차실험은 두 종류의 압력강화장치로서 오리피스관을 사용하는 6기통 3000cc 승용차와 Thermostatic Expansion Valve를 사용하는 4기통 1800cc 승용차에서 실험하였다.<sup>(7)</sup> 실험은 두 냉매에 대하여 SPC와 PFC를 적용하였을 때의 Pull down실험이다. 그 결과를 요약하여 보면 다음과 같다.

(1) 실내온도의 변화

- ① CFC-12시스템에서 SPC와 PFC를 사용하였을 때 실내온도의 변화는 차이가 없다.
- ② HFC-134a시스템이 CFC-12시스템에 비해 실내온도의 강하가 작아져서 불량한 냉방성능을 나타내는데 SPC를 장착한 경우에는 2~3°C, PFC를 장착한 경우에는 0.5~3°C의 실내온도의 상승이 있었다.

(2) 응축압력, 증발압력 및 토출압력

- ① SPC에서 PFC로 교체함으로써 응축기 입구압력은 낮아지고, 증발기출구압력은 변화가 없다.
- ② CFC-12에서 HFC-134a로 교체함으로써 공회전 운전시에 증발기 출구압력이 6~7psi 상승하며, 온도로는 5~7°C의 상승에 해당한다. 이는 공기와 냉매간의 온도차를 감소시킴으로써 증발기의 성능을 악화시키는 요인이 된다.
- ③ HFC-134a시스템이 CFC-12시스템보다 압축비가 더 높아서 압축기 효율의 저하가 있다.

### 3. 신형 고효율 응축기 (PFC 또는 SCC)

대체냉매의 적용에 따른 응축기는 높은 열전달 성능, 공기측의 낮은 통기저항, 설치공간의 최소화, 경량화 및 낮은 냉매 충전량 등의 요구조건을 만족하여야 한다. 이러한 조건을 갖춘 대체냉매용 응축기는 1987년 일본에서 선을 보인 이래 부단히 개선되고 있는 Parallel Flow Condenser(PFC, 또는 SCC; Super Compact Condenser)이다. 이 장에서는 PFC의 구조 및 특성, 그리고 M사에서 개발 생산중인 제품의 성능실험결과를 소개하겠다.

#### 3.1 기본구조

응축기의 구조는 그림 1과 같으며, 냉매의 유로인 납작한 관과 공기측의 열전달을 향상시키기 위한 코러게이티드 핀, 냉매의 분배를 위한 헤더파이프 및 기타의 조립품으로 구성되어 있다. 냉매튜브는 TAS 튜브로서 튜브표면에 아연합금을 도포한 경납땜(brazing)용 관재이며, 표면 아연합금은 브레이징 로내의 경납땜시 용융재 역할을 하도록 되어 있다. 핀에는 Clad Sheet라는 알루미늄재에 용융온도가 낮은 용융재가 도포되어 있다. 사

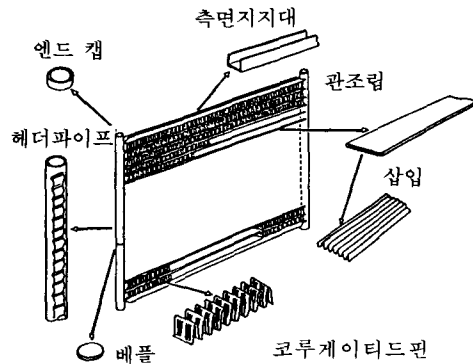


그림 1 신형 고효율 응축기(SCC)의 구조

용하는 경납땜 (brazing)의 공법은 Nocokol 법이다.<sup>(3)</sup>

### 3.2 신형고효율응축기(SCC)의 특징

M사의 응축기(PFC)는 열교환 능력을 고성능화하기 위하여 냉매유로의 수력직경을 최소화(0.015~0.07 in)하고, 고효율 핀을 적용함으로써 방열면적을 최대화하여 동일한 응축기코어 전면면적의 기존 응축기에 비해 약 20~35% 정도의 열전달 성능의 향상을 달성하였다. 또한 자동차의 특수한 요구조건인 경량, 소형화를 위하여 원소재(관재, 핀재)의 소형, 경량화를 이루었고, 기존 강재 설치부위 등을 알루미늄화하여 약 25%~40%의 설치공간의 감소와 약 20~30%의 경량화를 이루었다. 또한 대체냉매에 따른 관내 압력강하를 해결하기 위하여 냉매회로를 다열회로(multi flow)로 구성하여 냉매측의 압력손실을 기존응축기의 1/2 이하로 줄임으로써 압축기의 부하를 경감시켰다.

냉매의 사용량 또는 충전량도 이미 지적한 바와 같이 응축기의 내용적을 소형화함으로써 가능하기 때문에 M사의 제품은 기존 응축기에 비해 약 10~15%의 내용적을 감소시

켜 사용 냉매량의 절감이 가능하도록 하였다. 자동차의 수명을 10년으로 볼 때 자동차 에어컨의 수명도 매우 중요하다. 따라서 에어컨의 내구성을 검증하기 위하여 염수분무 시험 등의 부식문제, 실제 현장시험에서의 기계적인 결함문제, 누출문제 등에 대하여 다각적인 실험을 수행하고 있으며 현재까지 특별한 문제점은 발견되지 않고 있다.

고효율 응축기(PFC)는 소재의 소형화 및 경량화로 인한 생산성 저하, 원자재 고원가 등으로 인한 원가 상승요인이 많기 때문에 각 부품을 국산화하는데 주력하고 있으나 주요 알루미늄경납땜 핀재료, 알루미늄 압출성형관재 등의 국산화는 당장 실현하기 어려운 과제이다. 또한 PFC의 생산에서는 경납땜 소요부분이 50~80여 개소로 기존 응축기의 경우(2~5개 소)보다 많기 때문에 보다 효율적인 용접기술이 필요하다.

### 3.3 신형과 기존응축기의 성능비교

M사에서 생산하고 있는 응축기 중 동일한 열전달면적을 갖는 기존 응축기(SPC) 2종과 신형응축기(PFC)의 성능을 비교해보기 위해, 공기측 입구온도 35±2°C, 냉매측 입구

표 4 응축기의 제원

구 분		신 형	기 존 형	
냉매유로 분배방식		12 → 8 → 6 → 4	1Pass	2Pass
유효전면면적(mm)		648 <sup>t</sup> × 342.7 <sup>H</sup> (0.222 m <sup>2</sup> )	630 <sup>t</sup> × 354 <sup>H</sup> (0.223 m <sup>2</sup> )	630 <sup>t</sup> × 354 <sup>H</sup> (0.223 m <sup>2</sup> )
관	PITCH(mm)	11.1	21	21
	w × t	16 × 3	26 × 5	26 × 5
핀	PITCH(mm)	1.5	2.0	2.0
	t	0.135	0.145	0.145
중량 (kg)		2.64	3.8	3.84
장착용적 (m <sup>3</sup> )		3.6	5.8	5.8
내부용적 (m <sup>3</sup> )		581	693	693

압력  $14 \pm 0.3 \text{ kg/cm}^2$ , 응축기 전면풍속  $5 \text{ m/s}$ , 응축기 입구과열도  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , 응축기 출구 과냉도  $5 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 실험조건으로 실험을 수행하여 응축기의 열전달 성능을 구하였다. 참고로 응축기의 제원은 표 4에 나타내었다.

그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 응축기의 열전달량은 공기의 유속에 따라 증가함을 알 수 있으며 전 공기유속범위에 걸쳐 신형응축기의 성능이 우수한 것을 알 수 있다. 열전달량의 증가는 약 15~35%에 달했다. 신형 응축기에서의 냉매의 압력강하는 그림 3에서

볼 수 있는 바와 같이 1Pass의 SPC보다는 압력강하가 작지만, 2Pass의 SPC보다는 압력강하가 약간 큰 것으로 나타났으며, 열교환기의 통기저항을 나타내는 공기측 압력강하는 기존응축기와 별 차이가 없었다. 이상의 실험결과는 기존의 SPC와 유효전면면적을 동일하게 하면서도 열교환기의 설치체적은 약 16%를 감소시켰고, 전체 중량은 약 31% 감소시킨 신형열교환기의 우수한 열전달 성능을 보여주는 것이다.

M사에서는 대체냉매용 에어컨의 개발을

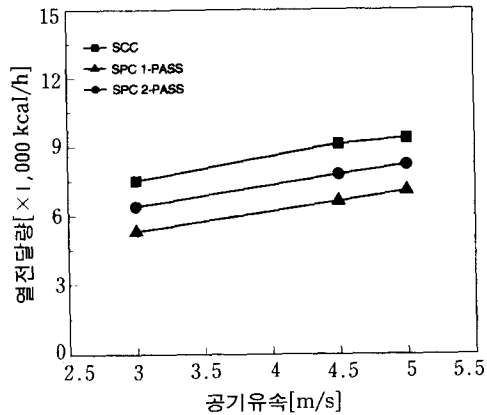


그림 2 기존응축기와 신형응축기의 열전달 성능

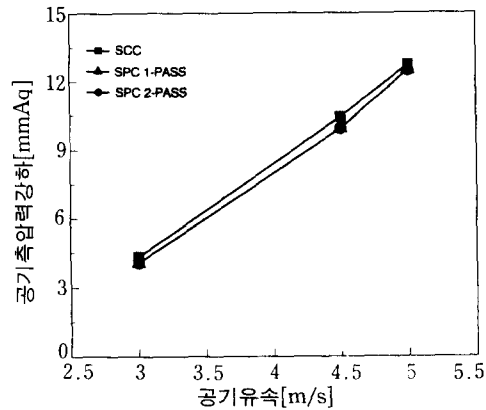


그림 4 기존응축기와 신형응축기의 공기측 압력강하

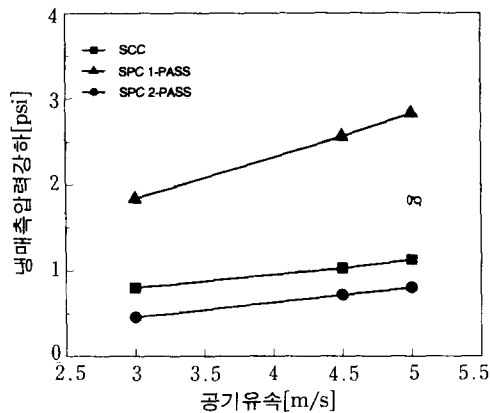


그림 3 기존응축기와 신형응축기의 냉매측 압력강하

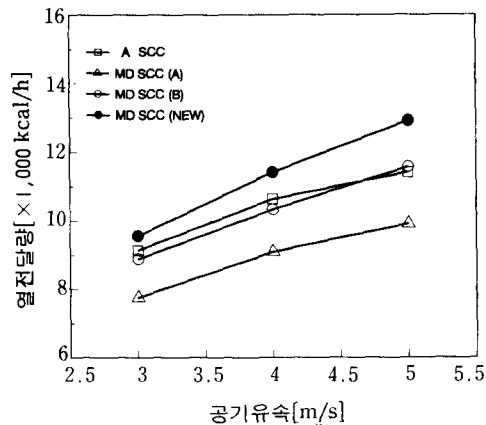


그림 5 신형응축기의 열전달 성능

위하여 일본의 S사와 기술제휴한 이래 부단한 연구개발 노력으로 SCC의 성능 향상에 주력한 결과 최고의 성능을 갖춘 고효율 SCC를 생산하고 있다. 다음의 실험결과는 기존의 SCC 2종과 새로 개발된 SCC 1종 그리고 경쟁사인 미국의 A사의 SCC의 성능을 비교한 결과이다. 그림 3에서 그림 6까지는 4종의 응축기(SCC)의 열전달 성능, 냉매측 압력강하 및 공기측 압력강하를 구한 것으로서 M사의 신개발품이 A사에 비해 열전달 성능은 4~13%, 냉매측 압력강하는 5.6~21%, 공기측 압력강하는 3.4~24%만큼 우수한 것으로 나타났다.

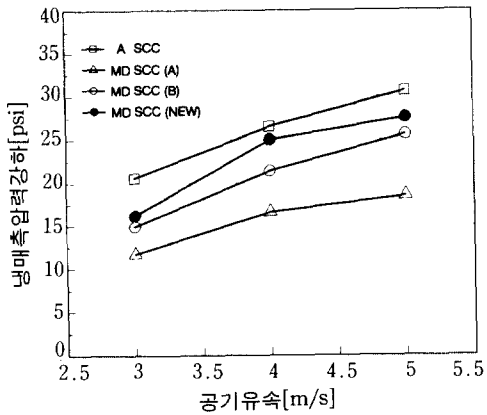


그림 6 신형응축기의 냉매측 압력강하

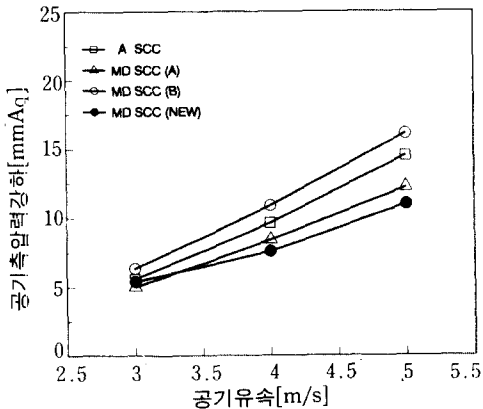


그림 7 신형응축기의 공기측 압력강하

#### 4. 맺음말

이 글에서는 자동차용 에어컨의 냉매 교체에 따른 대체냉매의 적용시 에어컨의 성능 변화를 이론적으로 예측하여 보았고, 냉매의 대체에 따른 응축기의 변경에 의한 성능 특성을 실험 결과로 설명하였다. 기존의 응축기(SCC)를 SCC로 교체함으로써 대체냉매를 사용하는 시스템에서 열전달 성능의 향상을 꾀할 수 있었다.

자동차용 에어컨에서 냉매의 교체에 따라 변경이 예상되는 부품으로는 응축기를 비롯하여 증발기, 팽창밸브, 수액기건조제, 압력스위치, 배관호스류, 압축기 압축기오일, 팬 모터 등이 될 수 있다. 이러한 요소부품의 변경을 위해 연구개발되어야 할 기술로는 먼저 운전 및 성능을 고려한 각 부품의 설계기술과 제작기술의 개발이 필요하다. 특히 자동차의 내구연한의 확장에 따른 에어컨의 내구성 및 신뢰성의 문제는 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

- (1) 商工部, 1992, 特定物質需給調整審議會 자료.
- (2) 오명도, 1992, "CFC 대체용 자동차에어컨 개발동향," 공기조화냉동공학, 제21권 제3호, pp. 202~215.
- (3) 만도기계(주) 아산연구소, 1992, "R134a용 자동차 에어컨 시스템."
- (4) Bateman, D. J., 1990, "Current Development Status of HFC-134a for Automotive Air Conditioning," SAE Technical Paper Series, Pap. No. 900213.
- (5) 福島敏彦, 川島憲一, "대체냉매 HFC-134a의 Car Air Conditioner에의 적용."
- (6) Struss, R. A., Henkes, J. P., El-Bourini, M. R. and Eigenberger, J. J., 1989,



“Refrigerant Charge Reduction through the Application of a New Vehicular Condenser,” SAE Technical Paper Series, No. 890226.

(7) Struss, R. A., Henkes, J. P. and Gab-

bey, L. W., 1990, “Performance Comparison of HFC-134a and CFC-12 with Various Heat Exchangers in Automotive Air Conditioning Systems,” SAE Technical Paper Series, Pap. No. 900598. 