

## 자동차용 신냉매 에어컨의 개발 동향

The State of the Art of the Automotive  
Air-Conditioning Systems Using HFC-134a

송 영 길  
Y. K. Song



송 영 길  
• 1958년 4월생  
• 엔진부품연구실 I  
• 자동차부품연구원 선임연구  
원

### 1. 서 론

제2차 대전 이후 고급승용차를 중심으로 장착되기 시작했던 자동차용 에어컨은 이제 승용차량의 85% 이상에 장착되어 출고되고 있다. 자동차용 에어컨이 지금과 같은 형태로 장착되기까지는 많은 변화가 있었고, 특히 냉매가 CFC-12에서 HFC-134a로 바뀌면서 에어컨시스템의 구성요소의 변화가 뚜렷다. 압축기, 증발기, 응축기 이외에도 제어장치, 호스등 대부분의 구성요소들이 소형화, 경량화, 고효율화를 지향하며 개발되고 있다.

본 고에서는 자동차 에어컨의 주요 구성요소들이 냉매의 변화에 따라 어떻게 변화 또는 개발되어지고 있는가에 대하여 알아보았다. 우선 최초로 자동차에 에어컨이 장착된 경우를 예로 들었으며, 신냉매의 열역학적 특성들을 기술하였다. 그 후 신냉매의 특성에 따라 소형화, 경량화, 고효율화 추세에 따른 구성부품들의 변화에 대

하여 간략히 기술하였다.

### 2. 자동차 에어컨의 발달사

자동차에 에어컨을 장착한 최초의 경우는 2차 대전이 발발하기 전 미국의 Packard자동차를 들 수 있다. 미국 남서부 지방을 중심으로 Dealer나 서비스 센터등을 통하여 약 3,000대의 승용차에 에어컨이 장착되었다. 그 후 1951년에 자동차 생산업체들은 자동차용 에어컨을 일반화 하였을 경우의 시장성, 적정가격, 장착위치등에 대하여 연구하기 시작하였고, 1952년 GM사는 수요자의 반응과 차량성능등을 시험하기 위하여 캐딜락에 자동차 에어컨을 장착하여 시판하기 시작하였다.

기본적인 구성부품들은 지금의 자동차 에어컨과 대동소이했으나 에어컨 구성요소들의 장착 위치는 지금과는 판이했다. Fig.1은 Packard 자동차에 장착되었던 최초의 자동차 에어컨 시스템을 보여주는 그림이다. 압축기(Compressor)와 응축기(Condenser)는 지금의 위치와 비슷하였으나 증발기(Evaporator)가 차량 뒷쪽의 Trunk에 위치한 것이 특징이다. 따라서 응축기와 증발기를 연결하는 고, 저압 냉매호스가 차량의 양 옆으로 이어져 있었고, 뒤 패널(Panel)쪽에 공기유입로를 만들어 외부공기가 유입되도록 하였으며, 증발기를 거쳐 지붕에 설치된 Discharge Duct를 통

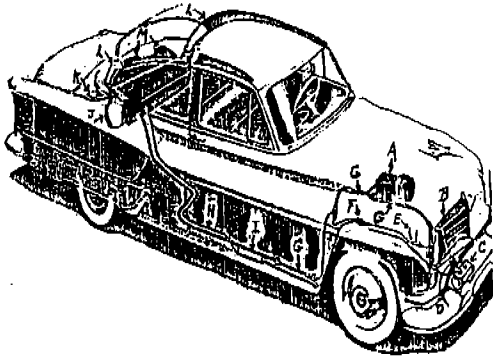


Fig.1 Schematic Drawing of an air-conditioning system equipped Packard Vehicle

- |                          |                      |                            |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|
| A: Compressor            | B: Condenser         | C: Receiver                |
| D: Receiver Check Valve  | E: Metering Selenoid | F: Liquid Line Sight Glass |
| G: Flexible Connector    | H: Refrigerant Line  | I: Liquid Line Dehydrator  |
| J: Evaporator and Blower | K: Fresh Air Intake  | L: Discharge Duct          |
| M: Return Air Grills     |                      |                            |

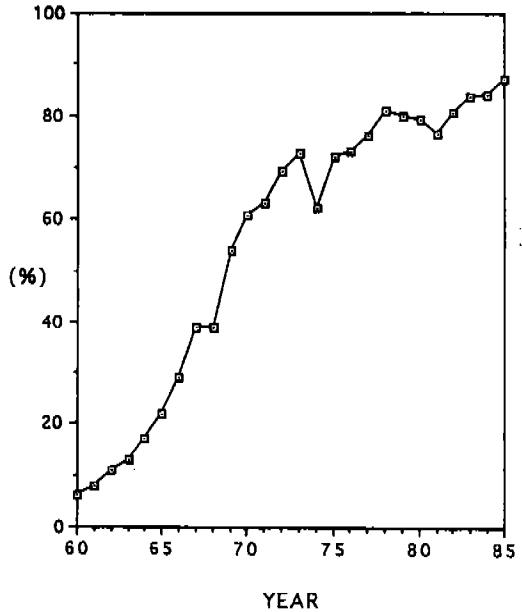


Fig.2 Sales rate of the air-conditioning system installed vehicles

하여 실내에 송풍되도록 설계되었다. 팽창밸브는 지금과 비슷하게 증발기 옆에 부착되었으나 건조기는 건조제와 액체냉매 저장용기가 따로 분리되어 앞쪽 Bumper속에 장착되었다.

그러나 이러한 시스템 Layout은 실내의 기압을 증가시켰고 증발기를 통과한 차가운 공기가 실내로 유입되기 어려운 결과를 낳았다. 따라서 실내공기를 외부로 방출해내는 기구를 별도로 설치하여야만 했다. '60년대 초에 와서야 지금의 시스템 Layout과 같이 모든 구성요소가 엔진룸 안에 있는 시스템으로 구성되었고, 이때부터 캐딜락이나 링컨과 같은 고급승용차 뿐만 아니라 일반 승용차에도 에어컨이 장착되기 시작하였다.

해를 거듭할 수록 자동차 에어컨의 장착비율은 증가 되었으며, Fig.2와 같이 미국의 전체 승용차 생산에 대한 에어컨 장착비율은 증가추세를 보여왔다. Fig.2에서 보듯이 1960년 이후 미국의 자동차 에어컨의 시장은 '70년대 전·후반의 오일 쇼크의 영향에 의한 일시적 감소세 외에는 급격한 성장을 계속하여왔다.

자동차용 에어컨의 시작과 함께 냉매로 사용되어오던 CFC-12일명 프레온 가스는 1987년 몬트리올 의정서가 채택됨에 따라 새로운 대체냉매인 HFC-134a에게 앞으로 자동차 에어컨용 냉매로서의 자리를 내주어야할 형편이다. Fig.3는 몬트리올 의정서에서 채택된 CFC계 물질의 생산

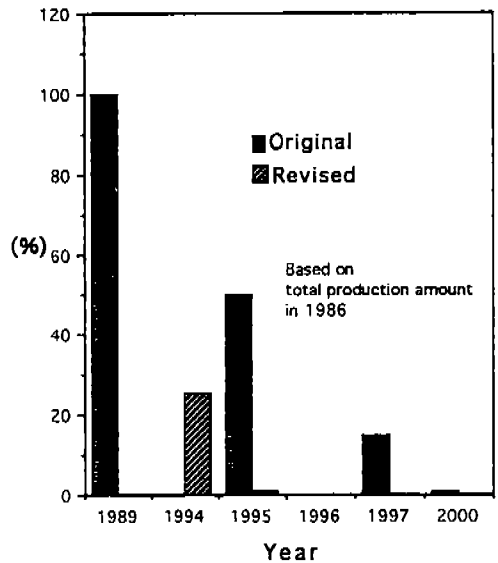


Fig.3 Regulation plan on CFCs in Montreal Protocol

및 사용규제와 '92년 11월 새로 채택된 개정안을 요약한 것이다. 개정안에 의하면 1994년에는 1986년 CFC 생산량의 25%내에서 생산이 허용되고, 1995년에는 CFC의 생산이 전면 중단된다.

이에 따라 HFC-134a를 냉매로 사용하는 자동차 에어컨의 COP 감소등을 해결하기 위하여 향후 고효율 압축기, 열교환기등에 대한 연구가 더욱 활발해질 것으로 예상되며, 이와 병행하여 연비 감소등에 대한 문제를 해결하기 위하여 경량화, 소형화에 대한 연구는 물론 안락감을 극대화 시키기 위한 제어부문의 연구가 기대된다.

### 3. HFC-134a의 열역학적 특성

신냉매가 가져야 할 기본사항들을 보면, 우선 CFC 냉매가 지니고 있는 우수한 특성들에 손색이 없어야 하며 오존층 파괴와 같은 지구환경 악화의 영향을 최소화하여야 한다. 이러한 기준에 따라 신냉매가 가져야 할 조건들을 다음과 같이 나열하였다.

- 환경파괴의 정도가 적을 것
- 무독성, 불연성이 보장될 것
- 열적, 화학적 안정성이 클 것
- 잠열이 크고, 임계온도가 높을 것
- 전기 절연성, 열전도도가 높을 것
- 내부식성, 윤활유 용해성이 클 것
- 경제적이고 취급상 안정성이 클 것

현재 미국을 비롯한 선진국에서는 앞을 다투어 자동차용 에어컨의 냉매로 각광받고 있는 HFC-

134a의 생산에 전력하고 있으며 현재 HFC-134a를 생산하고 있는 혹은 생산예정인 국가와 회사들의 상황을 Table 1에 정리하였다. 생산량으로는 미국이 월등히 많으나 일본과 영국등이 Pilot 생산을 거쳐 양산단계에 있으므로 세계 시장의 점유율은 앞으로 많은 변화가 있을 것으로 보고되고 있다. 우리나라에서도 KIST를 중심으로 대체냉매에 대한 개발에 박차를 가하고 있으며 '95년까지 기본설계를 완성할 것으로 예상된다.

HFC-134a는 일반적으로 CFC-12와 대등한 정도의 열적 안정성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. CFC-12는 화학구조식이  $CCl_2F_2$ 인 반면 HFC-134a는  $CF_3CH_2F$ 로서 오존층을 파괴하는 주범으로 알려진 염소(Cl) 대신 수소(H)가 결합되어 있기 때문에 생태학적인 면에서도 오존층 파괴 지수인 ODP(Ozon Depletion Potential)가 0 이고 지구온난화 현상에 대한 지수인 GWP(Global Warming Potential)는 0.3 정도로 낮다. GWP가  $CO_2$ 보다 높기 때문에 환경보호 차원에서 전혀 문제가 없는 것은 아니나 당분간 HFC-134a는 자동차 에어컨용 냉매로 대량생산, 소비될 전망이다.

CFC-12와 HFC-134a의 열역학적 물성치를 Table 2에 비교하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 HFC-134a가 포화증기의 비체적이 크므로 압축기가 커져야 하는 단점이 있으나 증발잠열과 비열이 약 30% 정도 크므로 냉각성능이 향상되고 시스템내의 냉매충진량이 줄어든다.

HFC-134a의 열전도도에 대한 연구는 많은 연구가에 의하여 수행되었다. 이들의 실험데이터를 기초로하여 포화액체의 열전도도를 계산하면 다음과 같은 실험식을 얻을 수 있고,

$$k = 208.425 - 0.426T$$

과열증기에 대한 열전도도는 다음과 같은 계산식으로 정리된다.

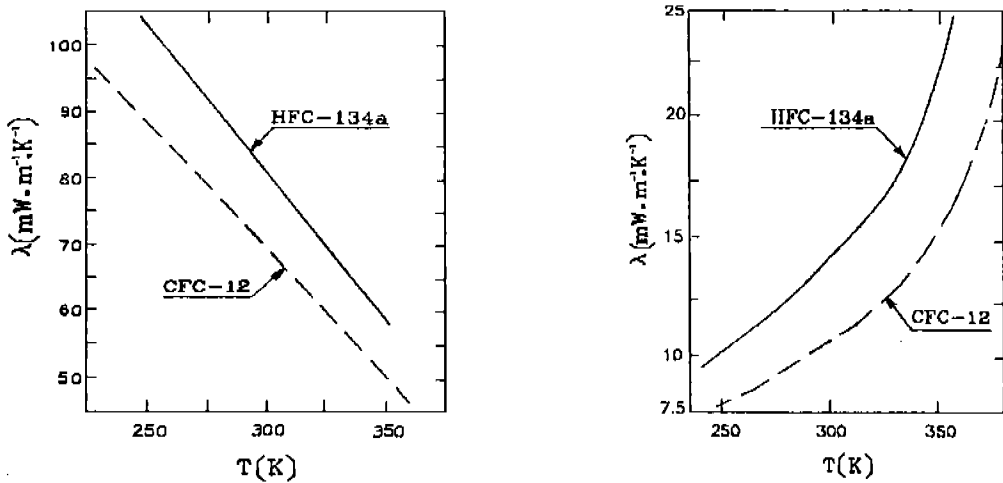
$$k = [P] [A] [T]^T$$

where,  $[P] = [P^0 P^1 P^2 P^3]$

Table 1 List of the Companies Producing HFC-134a

Company	Year	Country
Dupon	1990	(USA, Netherlands, Japan)
Allied Signal	1989	(USA, UK, Japan)
Atochen		(France)
Hoechst	1992	(Germany)
Montefluos	1991	(Italy)
Daikin	1991	(Japan)
Showa Denko	1990	(Japan)*
Asahi Glass		(Japan)*
ICI	1991	(UK, USA, Japan)
Rhone-Poulenc	1993	(UK)

\* Pilot Plant



a) Saturated Vapor State

b) Saturated Liquid State

Fig.4 Thermal Conductivities of HFC-134a and CFC-12

Table 2 Comparison of HFC-134a and CFC-12 in Thermodynamic Properties.

	Unit	HFC-134a	CFC-12
Chemical Formula		$\text{CH}_2\text{FCF}_3$	$\text{CCl}_2\text{F}_2$
Molecular Weight		102.03	120.91
Boiling Point	$^{\circ}\text{C}$	-26.16	-29.79
Freezing Point	$^{\circ}\text{C}$	-101.0	-157.6
Critical Temperature	$^{\circ}\text{C}$	-101.1	-112.0
Critical Pressure	kPa	4,067	4,113
Critical Density	$\text{kg}/\text{m}^3$	510	558
Density			1,311
- Saturated Liquid(25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{kg}/\text{m}^3$	1,206	
- Saturated Vapor (25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{kg}/\text{m}^3$	32	
Specific Heat			
- Atmospheric Vapor(25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{kJ}/\text{kg}/\text{K}$	0.84	0.611
Latent Heat of Vaporization (Boiling Point)	$\text{kJ}/\text{kg}$	216	168
Thermal Conductivity			
- Saturated Liquid(25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$	0.08	0.07
Viscosity			
- Saturated Liquid(25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{MPa}\cdot\text{s}$	0.20	0.208
- Atmospheric Vapor(25 $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{MPa}\cdot\text{s}$	0.012	0.0125
Flammability		Inflammable	Inflammable
Ozone Depletion Potential		0	1.0
Global Warming Potential		0.3	2.8-3.4

$$[A]=\begin{bmatrix} -1.006 \times 10^1 & 7.746 \times 10^{-2} & 0.0 \\ 6.652 \times 10^1 & -4.083 \times 10^{-1} & 6.322 \times 10^{-4} \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 7.227 \times 10^1 & -4.07 \times 10^{-1} & 5.750 \times 10^{-1} \end{bmatrix}$$

$$[T]=[T^0 \ T^1 \ T^2]$$

계산에 사용된 단위는 각각  $k=[\text{mW m}^{-1} \text{K}^{-1}]$ ,  $P=[\text{MPa}]$ ,  $T=[\text{K}]$ 이다.

Fig.4는 CFC-12와 HFC-134a의 포화액체 상태에서의 열전도도를 비교한 것이다. Table 2와 Fig.4에서 보는 바와 같이 같은 온도에서 HFC-134a가 CFC-12보다 열전도도가 높다. 따라서 시스템 열교환성능 및 효율면에서는 HFC-134a가 우수한 것으로 판단된다.

#### 4. 시스템 구성요소의 변화

자동차용 에어컨의 냉매가 HFC-134a로 바뀌면서, 에어컨의 구성요소에도 많은 변화가 일고 있다. 고효율 압축기, 효율이 향상된 응축기와 증발기, 냉방부하에 따라 냉매유량을 조절해 주는 팽창밸브 등이 그것이다. 여기서는 주로 변환된 주요 구성부품의 특성을 기술해 본다.

##### 4.1 압축기

자동차 에어컨용 압축기는 주로 왕복동식, 로타리식, 스크롤식등의 압축기가 사용되고 있다. 왕복동식 압축기에서 대표적인 것이 Swash Plate 압축기로서 서로 다른 몇개의 실린더 내의 피스톤들이 일정한 위상차를 가지고 흡입, 압축의 사이클을 수행한다. Swash Plate 압축기는 현재 까지도 많은 차량에 적용되고 있으며 신냉매로 교체되는 단계에서도 사용이 계속되고 있으나 점점 스크롤 압축기가 이를 대신하고 있는 형편이다. Swash Plate 압축기는 국내에서도 생산되고 있으나 자체설계에는 아직도 많은 문제점을 가지고 있다.

왕복동식에 비하여 소음, 진동등이 적고 고속 운전 영역에서의 높은 체적효율(30% 이상)과 단열효율(15% 이상)로 요즘들 각광을 받고 있는

스크롤 압축기는 그 역사가 1905년으로 거슬러 올라간다. 그러나 가공기술등의 문제로 1974년 미국의 ADL사에 의하여 시작품으로 처음 생산되었으며 1981년 일본의 몇개 회사들이 Consortium을 이루어 미국으로 부터 특허계약을 취득한 후 산텐에서 자동차용 에어컨 압축기로 개발하는데 성공하였다. 현재 일본의 경우 미쯔비시, 마쯔시다, 다이킨, 도시바, 산요, 히다찌, 산텐등이 스크롤 압축기를 생산하고 있으며 미국에서는 Copeland, Carrier, Trane등이 생산에 들어갔다.

앞에서 설명한 바와 같이 HFC-134a는 비체적적 CFC-12에 비하여 다소 크기 때문에 동일한 응축 및 증발온도를 갖는 시스템의 경우 토출압력이 높아진다. Dupont사에서 시험한 데이터에 의하면 운전조건에 따라 차이가 있으나 HFC-134a의 압축기 토출압력이 CFC-12보다 약 2~3kg/cm<sup>2</sup> 정도 높은 것으로 나타났다. 따라서 일반적으로 HFC-134a의 압축일이 CFC-12보다 높고 그만큼 구동에 필요한 에너지가 많아야 한다.

그러나 시스템 전체의 효율을 나타내는 COP 또는 EER은 구동에 필요한 에너지의 양의 크기만으로 좌우되는 것은 아니다. 압축일 외에도 냉동능력, 효율등이 작용하게 되는 COP는 다음과 같이 표현된다.

$$COP = \frac{\text{냉동능력}}{\text{압축일}} = \frac{H_1 - H_4}{H_2 - H_1} \times \eta_{\text{mot}} \times \eta_{\text{mach}} \times \eta_{\text{adv}}$$

$$\text{where, } \eta_{\text{mot}} = \frac{\text{Shaft Power}}{\text{Electric Power}}$$

$$\eta_{\text{mach}} = \frac{\text{Indicated Power}}{\text{Shaft Power}}$$

$$\eta_{\text{adv}} = \frac{\text{Theoretical Adiabatic Work}}{\text{Indicated Work}}$$

H1, H2, H5 : refer to Fig.4

즉, 위에 열거한 각 효율에 대해서도 시스템 효율은 크게 좌우된다. 일례로 윤활유의 점성이 낮을 수록  $\eta_{\text{mot}}$ 와  $\eta_{\text{mach}}$ 의 효율은 커지게 되고 시스템 효율이 향상된다. 좋은 예로 HFC-134a에 적용되는 PAG(Poly Alkylene Glycol)계 오일보다

Ester계 오일이 점도가 낮고 효율이 향상되는 것으로 나타났으나 아직 실용화 단계는 아닌 것으로 보고되고 있다. 많은 연구자들이 이러한 상관관계를 고려하여 실험한 데이터를 발표하고 있으며, 이들을 종합해보면 HFC-134a의 압축효율은 CFC-12에 비하여 나쁘지 않으며 에너지 면에서의 손실도 크지 않은 것으로 보고되고 있다.

### 4.2 열교환기

Fig.5는 HFC-134a를 냉매로 사용하는 자동차용 에어컨시스템의 Mollier 선도이다. 같은 양의 열교환이 응축기나 증발기에서 이루어진다해도 열교환기의 성능에 따라 그 크기가 변하게 되고, 고효율의 열교환기 일수록 열교환 면적은 줄어들게 된다. 이를 만족하기 위하여 냉매용 자동차 에어컨의 응축기와 증발기의 모양과 냉매

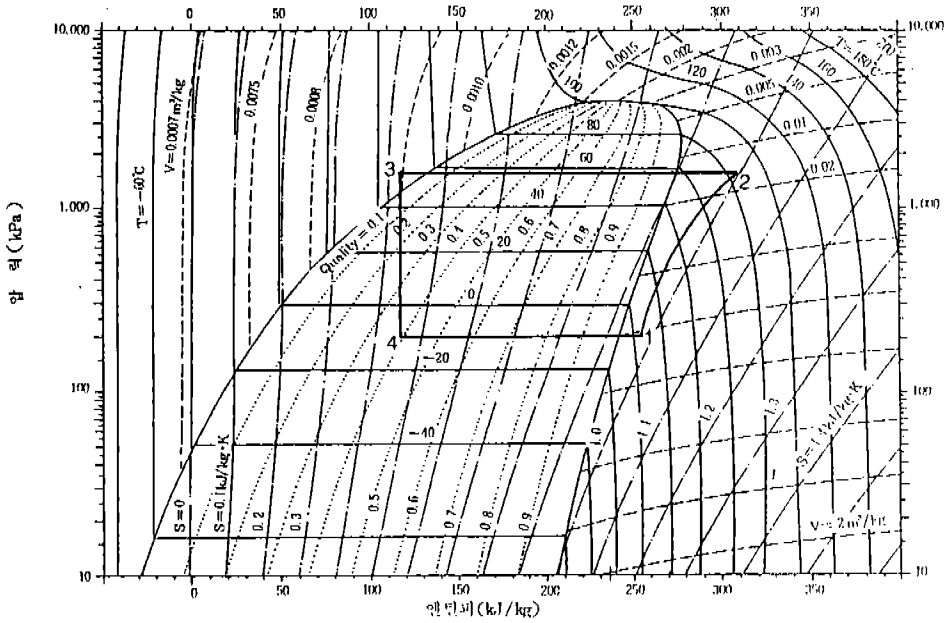


Fig.5 Mollier diagram of an HFC-134a air-conditioning system

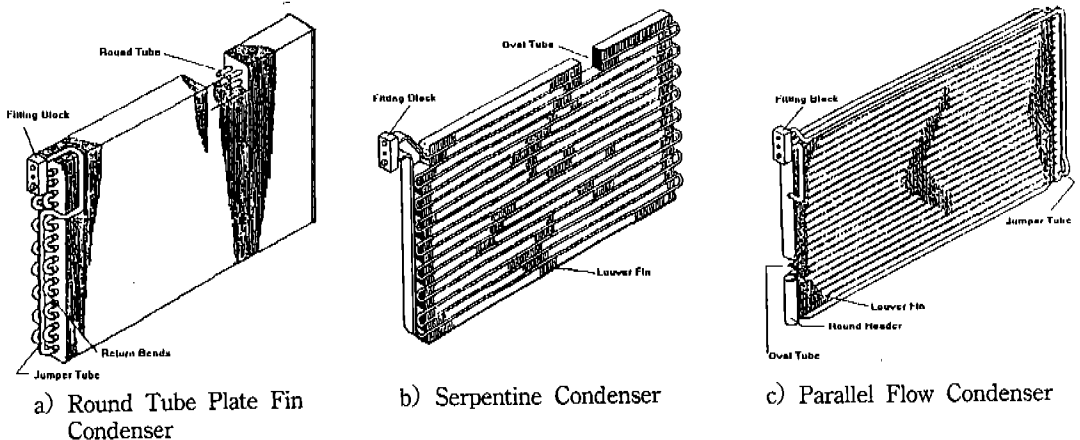
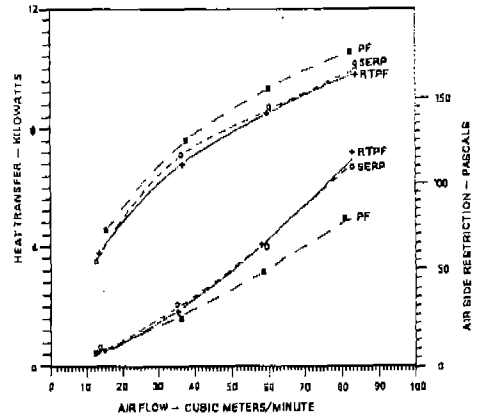


Fig.6 Three different types of condensers installed in an automotive air-conditioning system

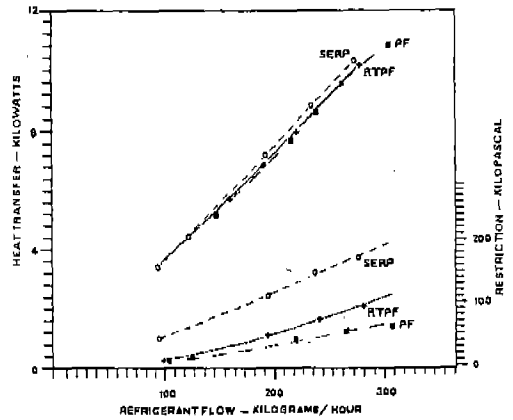
유리가 크게 달라지고 있다.

응축기의 경우 Fig.6에 보는 바와 같이 기존의 Round Tube Plate Fin형과 Serpentine형에서 PF (Parallel Flow)형으로 바뀌고 있다. PF응축기는 종전의 Serpentine응축기에 비하여 열교환 능력이 약 30% 향상되었고 소형화, 경량화의 구현 및 공기측과 냉매측의 압력강하가 감소되었다는 것이 특징이다. 또한 냉매 충전량도 5~10%정도 감소된 것으로 알려졌다. Fig.7은 Fig.6에서 보여주는 세 종류의 응축기에 대한 열전달율과 압력강하 정도를 실험을 통하여 측정한 값이다. Fig.7의 a)는 통과 공기량의 변화에 따른 열전달율의 변화와 공기측의 압력강하를, b)는 냉매 유량의 변화에 따른 열전달율과 응축기 입출구의 압력강하 정도를 보여주고 있다. 시험조건에 따라 다소의 차이는 있겠으나 a)와 b)를 통하여 PF 응축기가 다른 두 종류의 응축기보다 성능이 우수함을 짐작할 수 있다.

PF응축기는 미국의 Modine사에서 특허를 출원한 이후 일본의 쇼와에서 개발한 제품과 특허 문제로 소송중에 있다가 최근 쇼와가 승소하였고, 한국에서도 쇼와의 기술제휴를 통하여 현재 Pilot 라인에서 생산중에 있다. 제품생산에 있어서 중요한 문제중의 하나는 알미늄 튜브의 양산에 있어서 제품의 균일성과 금형의 내구성을 유지하는 것이다.



a) Air Flow Registant



b) Refrigerant Flow Registant

Fig.7 Heat transfer rate and pressure drop across the three different condensers

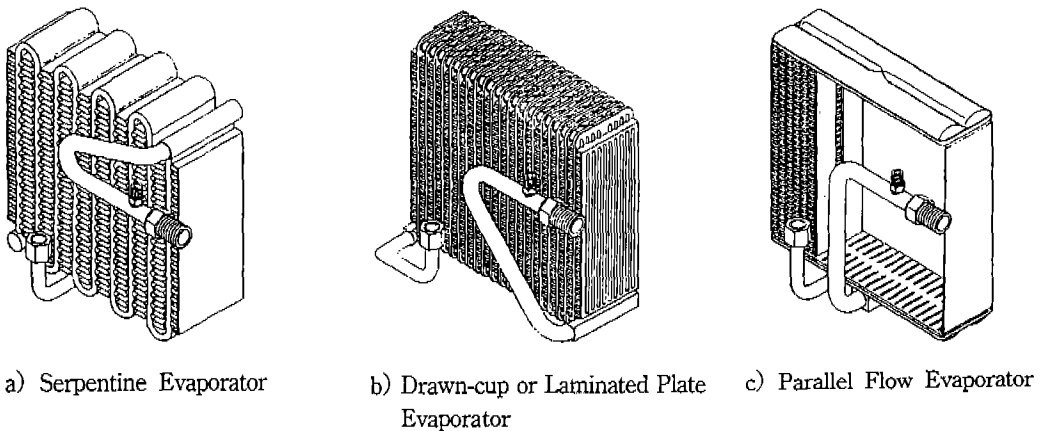


Fig.8 Three different evaporators for automotive air-conditioning system

증발기는 현재 대부분 알미늄을 사용하여 제작하는 것이 대부분으로 제작형태에 따라 Serpentine형과 Drawn Cup형(또는 Laminated Plate형), 그리고 응축기와 마찬가지로 PF형으로 크게 나뉜다. 이 세 종류의 증발기를 Fig.8에 나타내었다. 알미늄 판들의 접합에 의하여 이루어지는 탱크의 모양이 컵처럼 생겼기 때문에 이름지어진 Drawn Cup형 증발기는 최근까지 Serpentine형보다 냉매 충전량의 감소, 성능향상등의 이유로 많은 차종에 채택되어 왔다. 이 증발기에 사용되는 핀은 Serpentine형 증발기용 핀보다 높이가 약 반 정도이고, 진공 납땜법으로 성형되며 내구성, 신뢰성 면에서도 기존의 Serpentine형보다 우수한 것으로 평가되고 있다.

최근에 PF 응축기에서 응용된 PF 증발기가 세계 시장에 선보이고 있다. PF 응축기는 Fig.8의 c)에서 보듯이 두 줄의 알미늄 튜브로 되어 있으며 탱크의 칸막이 설계에 의하여 유로가 결정된다. 핀의 높이가 Drawn Cup형 증발기보다 약 반정도 되는 것이 특징이다.

Table 3은 Serpentine형과 Drawn Cup형, 그리고 PF형 증발기를 비교 검토한 것이다. Table 3은 CFC-12를 냉매로 사용할때의 비교치이나 아직 공개되지 않은 HFC-134a 시험에서도 비슷한 양상을 보이는 것으로 보고되고 있다. Table 3을 종합해 볼때 PF형이 Drawn Cup형의 증발기가 Serpentine형 보다 성능, 증량 면에서 우수한 것으로 나타났고, 냉매충진량도 다소 적은 것으로 보고되었다.

Table 3 Comparison of Drawn-Cup Type Evaporator with Serpentine Type

	Serpentine	Drawn Cup	PF
Performance	100%	110%	125%
Weight	100%	80%	85%
Core Face Area	100%	95%	107%
Ref. Circulate	low	high	high
Ref. Charge	100%	79%	75%

### 4.3 팽창밸브(Expansion Valve)

자동차용 에어컨에 적용되는 Expansion Valve

는 크게 TXV(Thermostatic Expansion Valve)형과 Orifice형의 두 종류가 있다. Orifice형은 증발기 입구에 Orifice를 설치하여 응축기의 냉방부하에 관계없이 응축기로 부터 유입되는 고압 액상의 냉매를 저압 습증기 냉매로 증발기에 보내주는 역할을 한다.

TXV는 기능면에서는 Orifice형과 같으나 증발기에서의 냉방부하에 따라 증발기에 보내주는 냉매량이 달라진다는 것이 특징이다. 즉, 증발기 내에서 증발되는 냉매량 만큼의 액체 냉매를 증발기로 보내주는 역할을 한다. 증발기 출구에 부착된 감온통(Thermal Bulb)에서 감지된 온도가 증발기에서의 냉매 설계과포화 온도인 설정온도보다 낮으면 TXV내의 Orifice를 Needle Valve가 막아 냉매의 흐름이 차단되고, 감지온도가 설정온도보다 높으면 감지온도와 설정온도의 차에 따라 Needle Valve의 열리는 정도가 달라져 냉매의 유량이 조절되게 된다.

Fig.9은 이 작동원리를 보여주고 있다. TXV에 작용하는 힘은 모두 4개의 요소로 이루어져 있다.

- 1) F-1 : 온도에 따라 팽창되는 감온통 압력 \* 다이어프램 면적. 이 힘은 밸브를 여는 방향으로 작용한다.
- 2) F-2 : 증발기 출구압력 \* 다이어프램 면적. 이 힘은 밸브를 닫는 방향으로 작용하며,

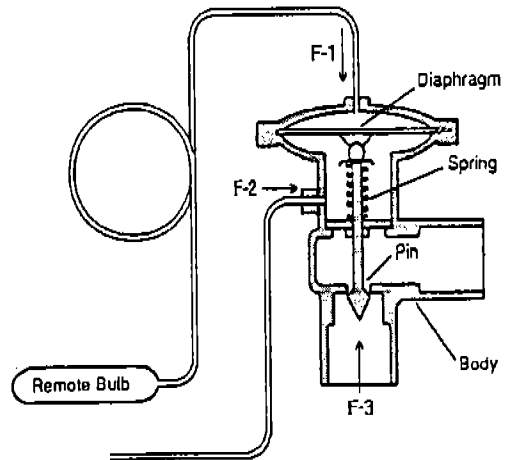


Fig.9 Schematic drawing of a thermostat expansion valve



압력강하가 적은 증발기를 사용할 경우 생산가를 낮추기 위하여 증발기 입구 압력을 대신 사용하기도 한다.

- 3) F-3 : 증발기내 냉매 설정온도에서의 압력과 포화증기 압력의 차에 해당되는 스프링의 힘. 이 힘은 밸브를 닫는 방향으로 작용한다.
- 4) F-4 : TXV 입구압력과 출구에서의 압력차\*입구 면적. 밸브를 여는 방향으로 작용한다. F-4는 Needle Valve의 무게등으로 상쇄시키는 것이 보통이다.

HFC-134a용 TXV는 CFC용 TXV와 작동원리나 모양은 비슷하나 신냉매의 비체적이 구냉매보다 상온에서 약 15% 정도 크기 때문에 F-1이 커지고 F-3도 커져야 한다. 따라서 구냉매용 보다 스프링 상수가 큰 스프링이 사용된다. 이외에 다이어프램 방향으로 냉매가 유출되는 것을 막기 위하여 설치된 O-ring의 재질도 종래의 NBR 계에서 H-NBR계로 바뀌어야 한다.

현재 TXV는 미국과 일본을 중심으로 생산되고 있으며 한국에서도 국산화 개발을 위하여 연구 중에 있다. 일본의 후지고끼, 미국의 Parker, Calsonic, Eaton등에서 전 세계의 모든 수요를 담당

Table 4 Refrigerant Metering System of Some Automobile Manufacturing Companies

	OT+ACC#	TXV+RD	Type
Chrysler	-*	+	EPR
Ford	-	+	STV
GM	+	-	CCOT
Toyota	-	+	EPR
Sanden(EV)	-	+	ETR

# OT+ACC : Orifice Tube+Accumulator Type

TXV+RD : TXV+Receiver Dryer Type

\*+ : Dominant, - : Recessive

EPR : Evaporator Pressure Regulator

STV : Suction Throttle Valve

CCOT : Clutch Cycling Orifice Tube

ETR : Evaporator Temperature Regulator

하고 있는 실정이다. Table 4는 외국의 주요 자동차 생산업체에서 채용되고 있는 냉매 제어 시스템을 나타낸 것이다. 일본의 경우 대부분의 자동차 생산업체가 TXV형 자동차 에어컨 시스템을 채택하고 미국의 경우 아직은 Orifice를 사용하는 시스템이 많으나 신냉매로 바뀌면서 점차 TXV형 시스템으로 전환되고 있다. 우리나라에서도 미국과 마찬가지로 Orifice형에서 TXV형으로 점차 옮겨가는 추세이고 앞으로 수출차량을 비롯한 내수용 차량에도 TXV형 시스템이 채택될 것으로 전망된다.

#### 4.4 수액기(Receiver Dryer)

시스템의 종류에 따라 사용되는 수액기의 종류도 Accumulator형과 Receiver Dryer형의 두 종류로 나뉜다. 시스템에 Orifice가 장착된 경우에는 증발기와 압축기 사이에 장착되는 Accumulator형 수액기가 사용되며, TXV가 장착된 경우에는 응축기와 TXV사이에 장착되는 Receiver Dryer형 수액기가 사용된다. 과거에는 냉매에 함유된 수분을 제거하는 건조제(Desiccant)가 냉매유로에 따로 부착되었으나 요즘은 어느 경우이든 건조제가 용기내에 들어있다.

SiO<sub>2</sub>를 주로한 제오라이트가 분의 건조제는 구냉매의 경우 XH-5가 주로 사용되었으나 HFC-134a로 바뀌면서 XH-7이나 XH-9이 주종을 이루고 있다. XH-9은 XH-5와 마찬가지로 산화규소(SiO<sub>2</sub>)기를 갖고 있으나 XH-5에 있는 Na<sub>2</sub>O대신 (K·NA)<sub>2</sub>O가 결합된 것이 특징이다. 수분흡착율 면에서 볼때 XH-9이 XH-5보다 15~20% 정도 떨어지나 마모강도가 높아서 자동차와 같이 계속적인 진동이 있는 환경에서는 오히려 적당하다. Table 5는 XH-5와 XH-9의 특성을 비교하여 정리한 것이다.

Orifice형 시스템에 장착되는 Accumulator는 증발기에서 미쳐 기화되지 못한 액상의 냉매가 압축기로 유입되는 것을 막기 위하여 저압 가스 냉매 유로에 부착되며 크기가 Receiver Dryer보다 약 2배 정도 크다. 그러나 TXV형 시스템과 함께 장착되는 Receiver Dryer는 응축기에서 액화되어 나오는 냉매를 저장하여 증발기의 냉방부하가

급격히 증가할때 냉매를 TXV를 통하여 증발기에 보내주거나, 또는 증발기의 냉방부하가 감소할때 액상의 잉여냉매를 저장하는 Reservoir의 역할을 담당한다.

Receiver Dryer의 경우 응축기에서 액화된 냉매는 건조기의 윗부분을 통하여 유입되고 건조제를 지나는 동안 냉매에 함유된 수분이 제거된다. 건조제를 통과한 냉매는 아랫부분에 설치된 여과장치를 거쳐 불순물이 제거된 뒤, 액체상태로 저장된다. 냉매가 증발기로 유출될 때 냉매량이 충분한지의 여부를 눈으로 확인하기 위하여 건조기의 윗부분에 Sight Glass를 설치하는 경우가 대부분이다.

시스템의 크기에 따라 수액기의 크기도 달라지나 같은 크기의 시스템의 경우 HFC-134a용 Receiver Dryer가 CFC-12용 보다 크기가 작아지게 된다. Receiver Dryer의 크기를 결정하는 인자로는 시스템 전체의 호스면적, 시스템의 설계수명, 건조제의 허용수분함유량등이 있고, Receiver Dryer내의 최소 냉매저장량은 ANSI/ASHRAE 15-1989에 의하여 응축기 부피와 시스템 냉매 차지량에 의하여 결정된다.

Receiver Dryer의 재질은 주철이 주를 이루었으나 요즘은 알루미늄으로 제작하는 경우가 많고, 용기는 Deep Drawing에 의하여, 윗부분은 Press 가공에 의하여 제작된다.

Table 5 Comparison in Characteristics of XH-5 and XH-9

항 목	XH-5	XH-9
화 학 식	$NA_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	$(K \cdot Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$
입 자 경	1.68~2.38MM	1.68~2.38MM
충진 밀도	850g/l	910g/l
파괴 강도	5.2kg(활성)	6.2kg(활성)
수분흡착용량	21.5Wt%	18.5Wt%
잔여수분량	2.0Wt%	1.5Wt%
HFC-134a 안정성	불량	양호
HFC-134a 분해율	불량	0.01% 이하

우리나라에서는 몇개의 관련 부품회사에서 일본의 설계도면대로 Dead Copy하는 형태의 생산

을 시작하였으나, 국산화에 대한 연구가 진행되고 있으며 특히 일본의 특허를 피하여 설계하는 기술적 문제의 해결이 국산화 여부의 큰 난제로 대두되고 있다.

## 7. 맺 음 말

1987년 몬트리올 의정서가 체결되고 1992년 다시 수정 보완됨에 따라 세계의 자동차 에어컨 시장은 대변혁이 일고 있다. 자동차 에어컨의 각 부품에 대한 변화내용은 주로 재질의 변화와 효율개선에 의한 경량화, 소형화가 추진되고 있다. 신냉매의 인체 독성여부를 평가롬하기 위한 연구는 아직도 진행중이나 현재로서는 큰 문제가 없는 것으로 보고되고 있으며, 열역학적 특성상 CFC-12보다 압축기가 커져야 한다는 것이 단점으로 지적된다.

현재 미국과 일본을 주축으로 하는 세계의 신냉매용 자동차 에어컨 시장에 우리나라도 숨가쁜 개발을 통한 진출을 시도하고 있으며, 정부에서도 공업기반기술개발사업등으로 적극 지원하고 있다. 중소기업이 주를 이루는 자동차용 에어컨 부품산업의 경우를 볼때 남다른 개발의욕을 가지고 연구개발에 박차를 가하고 있으나 한 가지 주목해야 할 것은 정부차원에서 기술개발 지원정책이 국산화 개발을 위한 지원과 외국 기술 도입의 허가라는 양면성을 지니고 있다는 것이다. 자유경쟁을 통한 시장의 형성이라는 면에서 볼때 이러한 양면적 정책이 이해될 수도 있겠으나, 국제경쟁력 제고의 차원에서 볼때 이러한 문제는 정부의 의지와 결단이 있어야 한다고 생각된다. 즉 정부지원에 의하여 국산화된 부분에 대해서는 기술도입이나 기술제휴등에 대한 허가문제가 좀 더 신중히 이루어져야 한다고 본다.

또하나 고려해야 할 사항은 우리나라의 자동차 부품산업의 구조가 너무 종적인 관계에 있다는 것이다. 완성차업체를 중심으로 이루어지는 계열화 구조는 우리나라와 같이 기술력 중심의 선진국을 꿈꾸는 나라에는 더이상 바람직 하지 않다고 본다. 자동차 에어컨 부품 생산 업체만 보더라도 심각한 계열화 현상으로 인하여 기술개발

능력을 갖춘 부품업체라 허더라도 물량의 확보가 어려워 더이상 발전하지 못하는 경우가 많음은 익히 알고 있는 사실이다.

민주주의와 공산주의의 이데올로기로 양분되었던 세계는 이제 경제적 승자와 패자의 양대 집단으로 재구성될 조짐이 보인다. 무역에 관한 국경이 없는 현실에서 승자 집단에 속하기 위한 많은 이론과 방안들이 있겠으나, 자동차 에어컨 산업에 있어서 우선 계열화를 지양하여 고품질의 부품을 저가로 공급할 수 있는 업체가 완성차 업체와 함께 세계시장에 진출할 수 있도록 하는 것이 바람직하다고 본다.

### 참 고 문 헌

1. 김현진, "CFC 대체용 압축기 개발 동향", 공장방문 강연회, 공기조화 냉동공학회, 1992.
2. 송영길, "자동차 에어컨용 Accumulator 개발에 따른 설계 및 제조기술", 상공자원부 기술선진화업체 기술권고서, 한국자동차부품종합기술연구소, 1993.
3. 오명도, "CFC 대체용 자동차 A/C 개발 동향", 냉동부문 강연회: CFC 규제에 대응한 냉매 이용 기술, 공기조화 냉동공학회, 1992.
4. 이규현, "대체냉매 자동차 공조시스템 개발 기초연구(II)", 최종연구 보고서, 자동차부품종합기술연구소, 1993.
5. 菅野英男 외, "Study on Automotive Air Conditioner System to Cope with CFCs Regulations", 三菱重工業, Vol. 28, No.2. 1991
6. ASHRAE Standard, "Safety Code for Mechanical Refrigeration", ANSI/ASHRAE 15-1989
7. Bateman, DJ., "Performance Comparison of HFC-134a and CFC-12 in an Automotive Air Conditioning System", SAE 890305. 1989
8. El-Bourini, R., T. Adachi, and K. Tajima, "Performance Evaluation of an Automotive Air Conditioner with Expansion Valve Control Using CFC-12 & HFC-134a Refrigerants", "SAE 910 218. 1991
9. Goodremote, C. E., L. A. Guntly, and N. F. Costello, "Compact Air Cooled Air Conditioning Condenser", SAE 880445. 1988
10. Parker H. Corporation, "Thermal Expansion Valve." 1990
11. SAE, "A/C evaporator construction and performance", Automotive Engineering, Vol. 101. No. 11. 1993