

# 대체 냉매(R-134a)를 적용한 자동차 공조 시스템(에어콘)



李 泳 柱

제 9125 부대 병기수송대장

육군 소령

기존 에어컨의 냉매로 사용되던 프레온이 지구 환경 파괴의 주범으로 알려지고 있는데, 프레온이 포함하고 있는 염소가 대기의 성층권에서 자외선을 촉매로 하여 오존과 반응함으로써 결국 오존층을 파괴한다는 과학적인 연구 결과가 계속 발표되면서 1987년 3월에 채택된 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)에 의해서 처음으로 그 생산 및 사용이 강제적으로 규제되었고 지속적인 가입국 회의에서 그 규제가 강화되고 있는 실정이다. 따라서 선진국에서는 대체 냉매의 개발과 더불어 대체 냉매를 사용한 공조 시스템 요소의 최적화가 새로운 쟁점으로 떠오르고 있다.

**국** 민 소득의 향상에 따라 승용차가 필수품이 되었으며, 앞으로도 수요가 계속 증가될 뿐 아니라 고급화될 전망이다. 이에 따라 소비자 자신이 승용차를 선택하는데 있어 공조 시스템(HVAC)의 성능이 우수한가 하는 문제가 하나의 중요한 선택 기준이 될 것이다.

공조 시스템이란 자동차의 냉방장치와 난방장치를 총칭하는 것으로, 성능이 우수한 공조 시스템을 개발하기 위해서는 공조 시스템을 이루고 있는 요소들인, 압축기, 열교환기, 시스템내의 공기 흐름 등에 대한 연구가 수행되어야 한다.

최근 환경 문제의 대두와 함께 기존의 냉매 사용이 금지됨에 따라 선진국에서는 대체 냉매의 개발과 더불어 대체 냉매를 사용한 공조 시스템 요소의 최적화가 새로운 쟁점으로 떠오르고 있다.

기존 에어컨의 냉매로 사용되던 프레온이 지구 환경 파괴의 주범으로 알려지고 있는데, 프레온이 포함하고 있는 염소가 대기의 성층권에서 자외선을 촉매로 하여 오존과 반응함으로써 결국 오존층을 파괴한다는 과학적인 연구 결과가 계속 발표되면서 1987년 3월에 채택된 몬트리올 의정서(Montreal Protocol)에 의해서 처음으로 그 생산 및 사용이 강제적으로 규제되었고 지속적인 가입국 회의에서 그 규제가 강화되고 있는 실정이다.

이에 따라 미국, 일본 등의 국가에서는 지난 15여 년간의 꾸준한 연구를 통하여 기존의 프레온(Freon)을 대체할 만한 냉매를 개발하였다.

여러 냉매 중에서 가정용 에어컨, 냉장고, 자동차 에어컨 등에 사용되던 CFC-12의 대체 냉매로는 기존의 HCFC-22와 HFC-134a가 있는데 HCFC-22의 경우 오존 파괴 지수(Ozone Depletion Potential:O.D.P)가 0.05, 지구 온난화 지수(Gloval Warming Potential:G.W.P)가 0.34로 작은 편에 속하여 현재 많이 사용되고 있지만 몇 년 내에 사용이 규제될 전망이다. (지구 온난화 지수, 오존 파괴 지수:기존 프레

온의 영향을 1로 했을 경우의 상대치를 의미 한다)

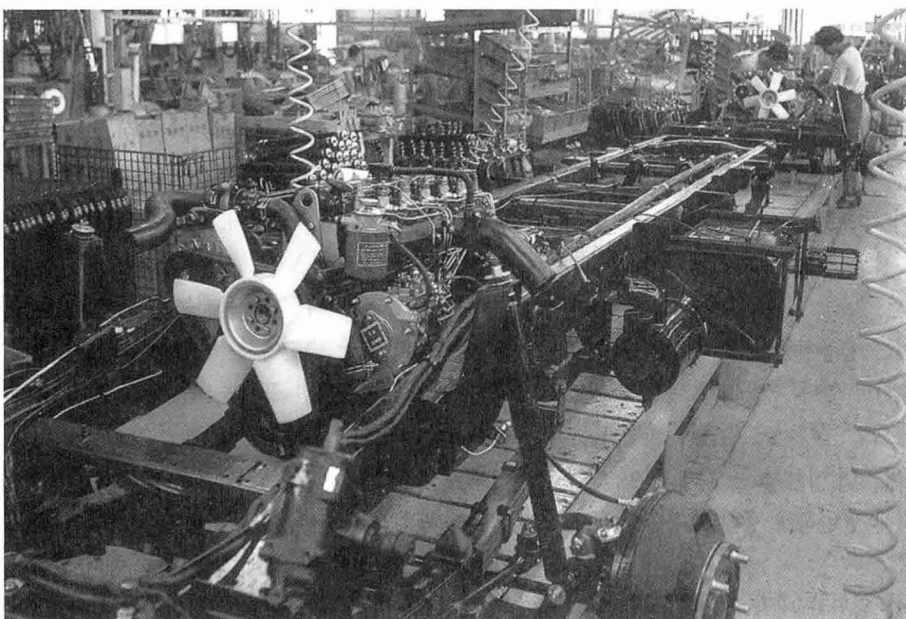
HFC-134a(R-134a)는 O.D.P가 0으로 이미 자동차 용 에어컨, 냉장고 등에 사용되고 있는데, G.W.P가 0.26이지만 염소를 포함하고 있지 않기 때문에 별다른 물질이 개발되지 않는 한 중장기적으로 R-12 R-22가 대체 냉매로 유력하다.

### · 압축기 연구

최근의 압축기 동향은 피스톤의 왕복 운동에 의해 냉매를 압축하는 기존의 왕복동 압축기로부터 가정용 냉장고와 같은 소형(0.5kW 이하)에는 롤링 피스톤식 압축기, 그 이상의 경우에는 스크롤(0.5~7kW)같은 압축기로의 압축 형식 변형을 통하여 효율 및 성능 향상을 꾀하고 있다.

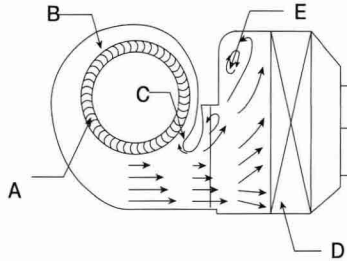
특히 용량 범위가 1.5~3.75kW인 경우 고효율, 소형, 저소음 및 경량화를 이룰 수 있는 스크롤 압축기가 자동차 공조용 압축기로 각광을 받고 있다.

스크롤 압축기는 1.5~11kW 범위내에서 왕복동식 압축기에 비하여 효율이 10% 정도 높다. 또한 흡입, 압축, 토출이 연속적으로 일어나므로 토오크의 변동



공조 시스템이란 자동차의 냉방장치와 난방장치를 총칭하는 것으로, 성능이 우수한 공조 시스템을 개발하기 위해서는 공조 시스템을 이루고 있는 요소들인, 압축기, 열교환기, 시스템내의 공기 흐름 등에 대한 연구가 수행되어야 한다

공조시스템내의 공기 흐름



Sketch of velocity profile of volute curved duct and sudden expanded duct

- A : Blower
- B : Volute casing
- C : Cutoff
- D : Evaporator
- E : Sudden expanded duct

이 왕복동의 1/10 정도로 작고 소음과 진동, 압력의 맥동이 다른 압축기에 비하여 줄어들므로 기계의 신뢰성이 높은 장점을 가지고 있다.

· 승용차용 공조 시스템 공기 흐름에 관한 연구

승용차용 공조 시스템의 경우 제한된 공간 내에 설치해야만 하는 설계 조건이 있기 때문에 이상적인 형상 설계가 어렵긴 하나 주어진 제한 조건을 충족시키면서 성능이 우수한 공조 시스템을 개발하기 위해서는 시스템내의 공기흐름 구조 규명과 이에 따른 관로(Duct) 형상 개선이 연구 대상이 될 수 있다.

증발기로 유입되는 공기가 가능한 한 증발기 전면에 균일한 흐름이 되도록 하여 열 전달 효과를 극대화시키는 것이 관로 형상 개선의 궁극적 방향이 되어야 한다.

현재 생산하고 있는 승용차용 공조 시스템은 원심형 송풍기를 사용하고 있다. 송풍기 유니트(Unit)는 송풍기와 케이싱으로 구성되어 있는데 곡관 내의 공기 흐름은 위의 그림에서 보는 것과 같이 원심력에 의해 증발기에 균일하게 공기 흐름을 분포시킬 수 없게 한다.

원심력으로 인하여 외벽과 내벽 사이에 심한 압

력 차가 발생하게 되어 공기는 흐름이 진행되면서 점차 외벽으로 치우치게 되고 가속된다. 더욱이 곡관 출구에서는 공기 흐름의 방향이 바뀌는 역류 현상이 발생하여 송풍기의 효율을 떨어뜨린다. 또한 이러한 역류 현상은 증발기의 에너지 손실을 일으키는 요인이 되기도 한다.

· 열교환기 성능 연구

열교환기는 서로 다른 온도의 두 유체 사이에 열 에너지를 전달하는 장치로 냉동 및 공기조화, 발전소, 화학 공업 등에 널리 사용되고 있다. 유체의 흐름 형태와 구조에 따라 열교환기는 여러 가지로 구분되는데 그중 핀-관 열교환기는 실내 및 자동차용 에어컨, 냉장고의 냉동 시스템에 일반적으로 사용된다.

핀-관 열교환기의 설계 문제는 그 동안에는 주로 에너지의 효율 측면에서 다루어져 왔으나 최근에는 냉매로 사용되던 프레온으로 인한 환경 문제가 인류의 생존과 직결되는 문제로 대두됨에 따라 이에 대한 대책이 요구되는 실정이다.

대체 냉매는 기존 냉매에 비하여 화학식이 다르기 때문에 열 전달 및 압력 강하 특성 등이 달라지므로 열교환기 설계시 이를 고려하여야 한다. 그러

나 현재 국내에서의 열교환기 설계기술은 대단히 미흡한 실정이며 더구나 대체 냉매를 사용하여야 하는 시점에서 대체 냉매의 개발과 더불어 시스템 설계 변경이 반드시 수반되어야 한다.

이 글에서는 이러한 필요성에 따라 핀-관 열교환기에 기존의 프레온 냉매(R-12 R-22)를 사용한 경우와 자동차용 에어컨의 대체 냉매로 유력시 되는 R-134a를 사용한 경우의 성능을 비교 분석하였다.

현재 우리 군에서 운행되고 있는 차량의 제조회사인 현대, 대우, 기아에서 사용하고 있는 에어컨은 기본적으로 동일한 구성으로 이루어져 있으며, 3사에서도 기존의 냉매인 R-12를 대신하여 대체 냉매로 R-134a를 사용한 에어컨을 장착하여 출시하고 있다.

따라서, 이 글에서는 기존의 R-12 냉매와 비교하여 R-134a를 냉매로 사용하는 차량의 변경된 구조에 대해 중점적으로 기술하겠다.

## 대체 냉매

### • 냉매의 특성

#### \* 냉매의 정의

냉매(Refrigerant)란 냉동에서 냉동 효과를 얻기 위해 사용되는 물질을 말하는데 냉동사이클 중 열을 저온 부에서 고온 부로 운반하는 역할을 하며 냉매의 상태 변화에 따라 1차 냉매와 2차 냉매로 구분된다.

#### - 1차 냉매

프레온, 암모니아 등의 냉매와 같이 저온 부에서 열을 흡수하여 액체가 기체로 되고 이것을 압축기에서 압축하면 고온 부에서 열을 방출하여 다시 액체로 되는 것과 같이 냉매가 상태 변화를 일으킴으로써 열을 흡수하고 방출하는 역할을 한다.

#### - 2차 냉매

염화나트륨, 브라인(Brine) 등과 같이 물질의 상태 변화를 시키지 않고 냉동 사이클 중에서 저온의 액

체를 순환시켜 냉각시키고자 하는 물질과 접촉함으로써 냉각 작용을 한다.

#### \* 냉매의 구비 조건

냉매는 무엇보다도 안전해야 하며 그 다음으로 효율적인 냉동 능력을 발휘해야 하므로 물리적, 화학적으로 우수한 성질이 요구된다.

#### - 물리적 성질

#### \* 증발 압력이 저온에서 대기압 이상일 것

이상적인 증발압력은 대기압보다 약간 높은 것이 좋다. 만약 증발 압력이 대기압보다 낮으면 냉동장치 내의 압력차에 의해 대기가 유입되어 배출압력이 상승하고 이로써 공기중의 산소, 수분, 먼지 등의 이물질로 인하여 냉매, 압축기 오일을 산화시켜 결국 냉동 능력이 떨어져 냉동 장치의 수명을 단축시킨다.

#### \* 응축 압력은 되도록 낮을 것

응축 압력이 높으면 압축기에서 많은 압축 일을 필요로 하게 되어 압축기, 응축기, 배관, 호스 등을 견고한 내압 구조로 제작하여야 하기 때문이다. 대기압하에서 암모니아의 증발온도는  $-30^{\circ}\text{C}$ , HFC-134a  $-30^{\circ}\text{C}$ 로서 증발온도는 거의 비슷하나 아래의 표에서 보는 바와 같이 HFC-134a의 응축 압력이 낮으므로 HFC-134a가 보다 우수한 냉매임을 알 수 있다.

응축압력( $\text{kg}/\text{m}^2$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ )

HFC-134a	7.34
탄산가스	65.59
암모니아	10.23
프레온 12	6.64
메틸클로라이드	5.80
아황산가스	3.94

#### \* 임계온도는 상온보다 아주 높을 것

임계온도란 기체가 어떠한 압력에서도 액체로서 존재할 수 있는 최고 온도이다. 바꾸어 말하면 임계점 이상의 온도에서 압력을 아무리 가하여도 액체로 변하지 않는다.

예를 들면 아래의 표에서 탄산가스와 같이 임계 온도가 31°C로 낮으면 응축기에서 온도가 약간만 높아도 냉매가스는 액체로 변하지 못하고 기체로 존재하게 되므로 냉방기의 기능을 상실하게 된다. 따라서, 이상적인 냉매는 사용온도 범위 내에서 반드시 액체로 변해야 한다.

임계 온도(°C)

HFC-134a	101
탄산가스	31
암모니아	133
프레온 12	111
메틸클로라이드	143
아황산가스	157

**\*응고온도가 낮을 것**

응고온도는 냉방사이클 내에서 일어나는 최저온도보다는 훨씬 낮아야 한다. 냉매가 높은 온도에서 응고하면 냉매로서의 사용이 불가능하게 되므로 응고온도는 낮은 것일수록 바람직하다.

예를 들면 HFC-134a는 응고온도가 -108°C이므로 -80°C의 저온까지 사용해도 된다.

**\*증발잠열이 크고 액체의 비열이 작을 것**

증발열이 큰 냉매일수록 그 효율은 이상적인 냉동사이클에 가까워질 것이며 작은 양의 냉매량으로 큰 냉동 효과를 볼 수 있을 것이다. 아울러 액체의 비열이 크면 팽창 밸브를 지나 액체의 온도가 떨어질 때 액체를 냉각시키기 위해서 증발하는 냉매량의 비율이 커져서 다량의 냉매 증기가 발생한다.

예를 들면 25°C의 액화암모니아를 팽창밸브로 팽창시켜 -15°C로 온도를 강하시키면 약 14%의 냉매 증기가 발생한다. 이러한 냉동 능력이 없는 냉매 증기가 증발기를 통과하므로 열 전달을 방해한다.

**\*비체적과 점도가 작을 것**

비체적이 크면 압축기의 능력을 저하시키고 점도가 크면 유동 저항이 증대 하며, 특히 밸브를 통과할 때 유동저항이 커지기 때문에 압축기의 체적 효율과 냉방 능력이 감소한다.

올과 냉방 능력이 감소한다.

**\*냉매증기의 비열비가 작을 것**

완전 가스를 단열 압축시킬때 그 전후의 절대온도 T와 압력 P사이에는

$$T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{k-1/k}$$

의 식이 성립하며  $k = C_p/C_v$ ( $C_p$ 는 정압비열,  $C_v$ 는 정적 비열)를 비열비라 한다.

비열비가 작으면 압축비를 크게 할 수 있으므로 1단 압축으로 충분하다. 또 비열비가 크면 압축 후의 온도가 상승하므로 압축기 내 윤활유의 변질을 초래하고 압축기의 생명을 단축시킬 수 있다.

**- 화학적 성질**

**\*안정성이 있을 것**

냉매는 어떠한 사용 온도하에서도 분해되지 않고 결합이 양호해야 한다. 화학적으로 결합이 불안정하여 압축시 압력, 온도 등에 의해서 분해되는 냉매는 사용중 냉매의 특성이 변질되고 냉방 능력이 저하된다.

**\*부식성이 없을 것**

금속을 산화, 부식시키는 성질이 있으면 냉방장치가 부식되어 사용연수가 짧아지고 산화물질로 인하여 냉방기의 운전에 장애를 초래한다.

**\*인화성과 폭발성이 없을 것**

인화성, 폭발성이 있으면 주택, 선박, 차량 등에서 사용이 불가능 할 것이다. 암모니아 같은 경우는 다소의 인화성, 폭발성이 있으므로 사용에 제한을 받는다.

**\*윤활유에 녹지 않을 것**

냉매에 윤활유가 용해되면 증발온도가 상승하므로 보다 압력을 저하시켜야 냉매가 증발할 수 있다. 또 윤활유의 점도가 저하되어 윤활성을 저해 하면 냉방 능력이 감소하고 윤활유가 증발기에 많이 모이게 되므로 전열 저항을 증가시키는 결과를 초래한다. 또 압축기에 윤활유의 걸림으로 압축기의 생명을 단축시킬 수 있다.

- 생물학적 특성

\* 악취가 없을 것

만약 냉매가 누설될 경우 악취가 있는 냉매는 인체에 유해 하지만, 냄새가 전혀 없으면 누설 여부를 알 수 없으므로 불편한 경우가 있다. 그러므로 간혹 무취의 냉매에 약간의 냄새가 있는 약품을 첨가하기도 한다.

\* 독성이 없을 것

인체에는 무해하고 누설되어도 냉방 장치에 손상을 주어서는 안 된다.

- 경제적 특성

\* 가격이 저렴하고 구입이 용이할 것

냉매는 소모품이므로 가격이 싸야 한다. 암모니아의 경우는 가격이 싼 편이므로 대형 공업용 냉동 장치에 많이 사용된다.

\* 동일한 냉방 능력에 대해서 소요동력이 작을 것  
소요 동력이 작기 위해서는 열전달이 양호해야 하며, 응축기나 증발기의 형태를 작게 할 수 있다.

\* 대체 냉매의 선정

지구 환경 파괴로 현재 문제가 되는 CFC계열의 프레온을 대체하기 위해서 사용하는 냉매를 대체 냉매라고 하며, 이 대체 냉매는 기존 프레온의 특성과 장점을 포함하고 있어야 한다.

그 중 제일 먼저 고려해야 할 사항이 성층권의 오존층을 파괴시키지 않는 대체 냉매의 선정이다. 최근의 지구 환경 문제와 관련해서 O.D.P(오존 파괴 지수), G.W.P(지구 온난화 지수)는 대체 냉매를 선정하는데 중요한 지표가 되고 있으며 위의 표는 각종 냉매의 O.D.P, G.W.P값들을 나타내고 있다.

가정용 냉장고와 자동차 에어컨에 널리 사용되는 CFC-12의 대체 냉매로 앞에서 언급한 냉매의 구비 조건을 대체적으로 만족시키고, O.D.P와 G.W.P의 계수가 낮은 HFC-134a가 선정되었으며, 미국의 Dupont사, Allied Signal사 등에서 연구 개발이 완성되어 현재 양산 체재를 갖추고 있다.

O.D.P와 G.W.P

구 분	O.D.P	G.W.P
CFC-11	1.0	0.4
CFC-12	1.0	1.0
HCFC-22	0.05	0.32 ~ 0.37
HCFC-142b	0.06	0.34 ~ 0.39
HFC-152a	0	0.026 ~ 0.033
HFC-134a	0	0.24 ~ 0.29

\* O.D.P와 G.W.P는 R-12를 1.0으로 보았을 때의 상대적 수치임.

• 프레온과 지구 환경 오염의 관계

\* 오존층 파괴의 구조

대기중에 방출된 프레온이 지구를 둘러싼 성층권의 오존층을 파괴한다는 학설이 1974년에 발표되어 전세계가 이 문제를 주시하게 되었다.

오존층은 태양으로부터 지구로 도달하는 강한 자외선의 양을 대폭 저감하여 지구상의 생명을 보호하고 있는 것은 잘 알려져 있다.

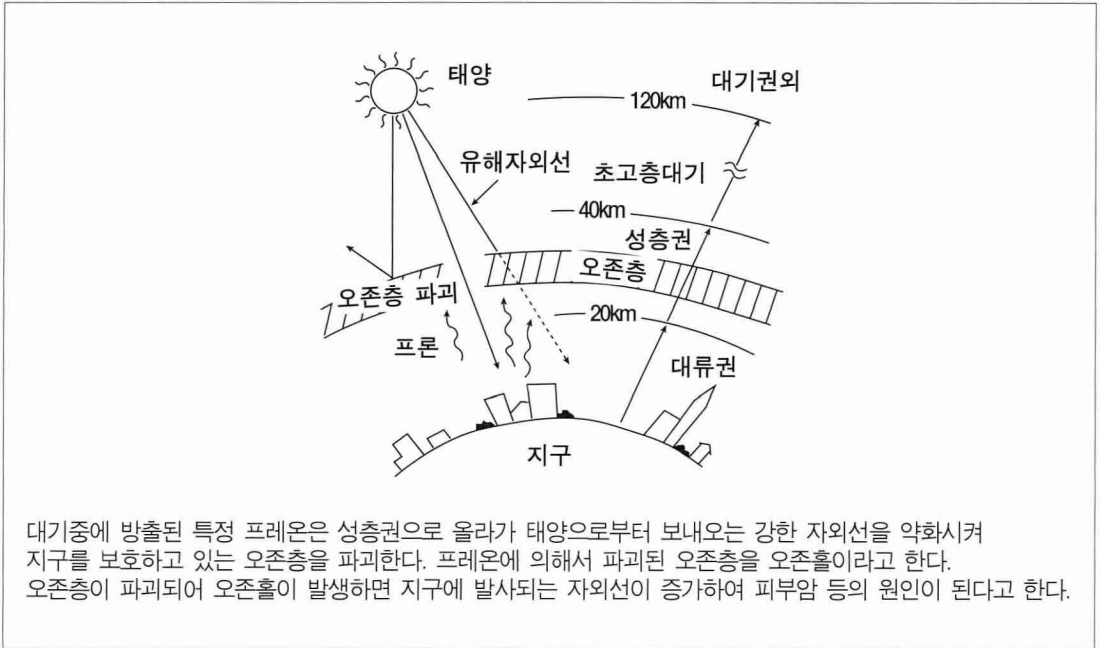
이 중요한 오존층이 파괴되면 지구로 발사되는 자외선이 강해져 피부암의 증가나 이상 기상이라는 중대한 문제를 일으킨다. 그리고 실제로 오존층을 관측한 결과 확실히 오존층의 파괴가 진행되고 있는 것이 확인되고 있다는 발표가 나오고 있다.

이후 국제연합 등에서도 이 문제를 거론하게 되어 전 세계가 협력하여 이 문제를 해결하려는 움직임이 나타나고 있다.

프레온이 오존층을 파괴하는 메커니즘은 p.86의 그림과 같으며, 자동차 에어컨의 냉매로 사용되어온 R-12를 예로 들어 보자. 이 프레온은 화학적으로 안정되어 있으며 변질되지 않는 것이 하나의 특성으로 에어컨용 냉매로서 사용되는 조건이다.

이 프레온이 대기로 방출되면 화학적으로 안정된 프레온은 대류권을 표류하다 오존층의 어느 성층권까지 상승한다. 그래서 프레온은 태양에서의 강한 자외선을 받아 광분해 하여 염소(Cl)를 방출한다. 이 방출된 염소는 오존(O3)과 반응하여 오존층을

오존층 파괴 구조



분해(파괴)한다.

오존과 반응하여 만들어진 염소화합물(CIO)은 또 다시 분해되어 염소로 되돌아가며 또 오존 파괴 반응을 반복한다. 이 현상을 촉매 반응이라고 하며, 이와 같이 계속해서 파괴된 부분의 오존층이 극단적으로 얇아진다.

**\*프레온이란 무엇인가?**

프레온은 탄소(C)와 수소(H)의 화합물인 메탄이나 에탄 등의 수소원자 일부 또는 전부를 불소(F)나 염소(Cl) 등의 할로젠 원소로 바꾸어 놓은 것이다. 이것의 조합에 의하여 현재는 20종류 이상의 프레온이 만들어지고 있다. 즉 앞에서 언급한 것과 같이 프레온은 '염화 불화 탄소(CFC)'인 것이다. 이 CFC는 오존층을 파괴하는 염소를 포함하는 화합물이다.

HCFC는 수소원자를 포함하는 염화 불화 탄소를 염소를 포함하고 있지만 수소가 있기 때문에 오존층 파괴의 가능성은 적은 화합물이다.

현재 오존층의 파괴가 문제로 대두되어 규제가 가해지고 있는 것은 CFC이며 종래의 자동차 에어컨에 사용되어 왔다.

현재는 CFC에서 HFC로 냉매의 전환이 진행되고 있다. 이 HFC는 종래의 프레온을 대신하는 프레온이라 하여 대체 프레온 또는 신냉매라 한다.

HFC-134a는 R-134a로 표시하기도 하는데 R은 냉매(Refrigerant)를 의미하며 뒤의 수치의 의미는 아래의 그림과 같다.



**\*프레온 규제의 개요**

프레온에 관한 규제는 세계 공통으로 되어 있다. 규제의 대상으로 되어 있는 특정 프레온은 R-11, 12

HCF-134a와 R-12의 특성 비교

냉 매 기 호	HCF-134a	R-12
화 학 식	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
분 자 량	102.03	120.91
비 등 점	-26.2	-29.79
응 고 점	-101	-158
임 계 온 도	101.15	112.0
임 계 압 력	41.452	42.1
오 존 파 괴 지 수(O.D.P)	0	1
지구온난화지수(G.W.P)	0.24 ~ 0.29	2.8 ~ 3.4
가 연 성	없 음	없 음
대기권내잔류시간	8 ~ 11년	95 ~ 150년
효 율(COP)	2.22	2.27
미네랄 오일 용해성	불량함	우수함

113, 114, 115의 5종류이다.

그 외에 프레온 13, 111, 112, 211, 213, 214, 215, 216, 217도 추가되어 있다.

자동차 에어컨에 문제가 되고 있는 R-12는 연간 소비량, 연간 생산량 모두 1995년에는 1986년 실적의 50% 이하, 1997년에는 15% 이하로, 2000년에는 모두 폐기하는 것으로 결정되어 있다.

그러나 2000년까지 전부 폐기할 예정이었던 R-12의 삭감계획은 UN 환경 계획 등의 조사에서 예상 이상으로 오존층의 파괴가 진행되고 있기 때문에 일본에서는 이 계획을 앞당겨 '95년 말까지 전부 폐기하기로 결정하였고 HCFC는 2030년에 폐기하기로 되어 있다.

이러한 국제적 동향에 발맞춰 자동차 에어컨의 냉매를 R-12의 대체품으로 바꾸는 대응이 세계의 자동차 메이커에서 시작되고 있다.

• 자동차 에어컨의 대체 냉매

자동차 에어컨의 완벽한 냉매로써 사용되어 온 R-12의 대체품으로 선정된 것은 R-134a이다.

이 R-134a의 오존 파괴지수(O.D.P)는 0으로 되어 있다. R-12는 1.0으로 오존 파괴지수는 R-11의 오존 파괴정도를 1로 보았을 때 구한 오존 파괴력의 추

정치이다.

이 오존층을 파괴하지 않는 대체 냉매를 종래의 자동차 에어컨에 적용하면 다음과 같은 점이 문제가 된다.

\*우선 종래의 압축기 윤회용 오일은 R-134a에는 용해되지 않는다. 따라서 압축기에서 공조 시스템내로 토출된 오일은 공조 시스템을 순환하여 압축기로 되돌아오지 않게 된다.

압축기 오일은 윤활 작용과 압축기에서 발생하는 열을 냉각시켜주는 역할을 하는데, 압축기 오일이 압축기 내부로 되돌아오지 않으면 압축기의 윤활 작용이 원활치 않아 압축기의 수명은 저하되고 압축기의 냉각 작용이 불충분하여 심할 경우에는 타 붙는 경우도 생각 될 수 있다.

\*R-134a는 고무호스나 밀봉재에 용해되기 쉽고 냉매의 누설량이 많아진다.

\*수액기내에 봉입되어 있는 실리카겔 건조제는 R-134a도 흡착하기 때문에 본래의 역할인 흡수 성능이 저하된다.

\*압력은 R-12에 비해 높아지는 경향도 있다.

따라서 대체 냉매를 사용하는 새로운 에어컨 시스템은 이들의 문제점에 대처하는 방안이 마련되어야 한다. (다음호에 계속)