

# 代替フロンの用途別実用化状況 カーエアコンにおけるフロン規制対応

Countermeasures of CFC Regulations in Vehicle Air Conditioners

藤原 健一\*

Kenichi Fujiwara

## 1. はじめに

近年、世界中で環境保護に対する関心が高まっている。その中でも、大気中に放出されたフロンによるオゾン層破壊の問題が注目されている。現在、世界的な規模でフロン規制が行われ、特定フロンは今年（1995年）末に全廃されることになっている。

今回は、フロン規制対応の当社の主な対応技術として、オゾン層に優しい代替冷媒HFC-134aを使用したカーエアコンと特定フロンであるCFC-12の冷媒回収装置について紹介する。

HFC-134aエアコンでは、材料面の課題として冷凍機油、シールゴム、ホース、乾燥剤に注目し、材料の開発・改良を行った。1991年に数多くの市場モニター試験を通じた品質確認を行い、量産車としては日本で初めて製品化に成功することができた。そして、94年末には殆どの車両にてHFC-134aへの切り替えを完了させた。冷媒回収機は、冷凍方式による小型・全自動タイプのものであり、他社に先駆けて1990年に製品化を行った。この冷媒回収機により修理時にフロンを放出することなく現場にて回収・再利用を行うことにより、CFC-12の使用量削減に努めてきた。

## 2. HFC-134aカーエアコンシステムの課題と対応

### 2.1 カーエアコンシステムの特徴

カーエアコンの主な構成部品は、コンプレッサ、コンデンサ、エバポレータ、レシーバ（乾燥剤含）であり、これらを配管で接続しエアコンサイクルを構成している。エンジンと車体間の配管には振動吸収用のゴムホースが使用されている。サイクル内は、冷媒とコン

レッサ潤滑用の冷凍機油が循環している。

### 2.2 HFC-134aの特徴

#### (1)冷媒の選定理由

CFC-12の代替冷媒として要求される点は、主に次の四点である。

- ①オゾン破壊への影響がないこと
- ②安全であること（無毒性、不燃性）
- ③システム性能が確保できること
- ④製造容易、低コストであること

であり、これらのことを考慮して、表1<sup>1)</sup>に示す幾つかの代替候補からHFC-134aを代替冷媒として選定した。

#### (2)冷媒特性と課題

CFC-12からHFC-134aに変更するにあたって、その特性の違いから以下の四つの課題がある。それぞれの特性の違いを図-1に示す<sup>2)</sup>。

- ①HFC-134aはCFC-12に比べ圧力が高く、コンプレッサ動力が上昇する傾向がある。
- ②CFC-12カーエアコン用冷凍機油である鉱油はHFC-134aに殆ど溶けない。従って、コンプレッサからサイクル内に吐出された冷凍機油はコンプレッサに再び戻

表1 各種冷媒の特性

		冷 媒	ODP	毒 性	可 燃 性	性 能	総 評
既存冷媒	単	CFC-12	×(1)	○	○	○	-
	単	HFC-152a	○(0)	○	×	△	×
	単	HCFC-22	×(0.05)	○	○	×	×
	混合	CFC-12+HFC-152a	×(0.74)	○	○	△	×
新規冷媒	混合	HCFC-22+CFC-115	×(0.023)	○	○	△	×
	単	HFC-134a	○(0)	○	○	△	○
	混合	HFC-22+HCFC-142b	×(0.023)	○	△	△	×
	混合	HCFC-22+ HFC-152a+HCFC-124	×(0.02)	?	△	△	×

ODP: オゾン破壊能 (CFC-11=1.0)

\* 日本電装(株)冷暖房開発部部長  
〒448 愛知県刈谷市昭和町1-1

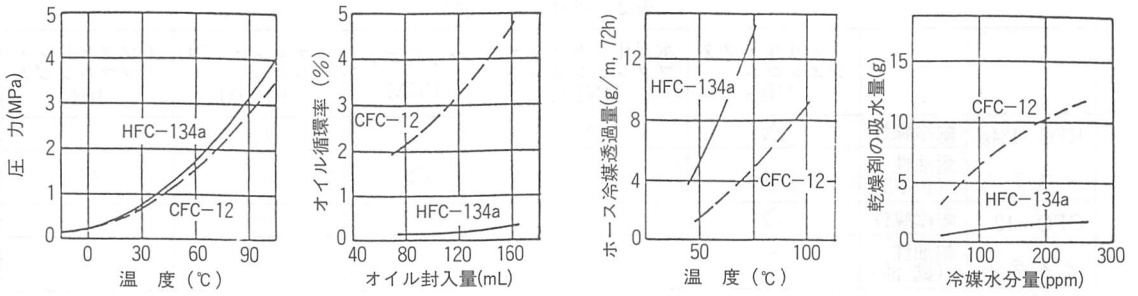


図-1 冷媒物性

ることが困難となり、コンプレッサ潤滑不良の原因となる。

③CFC-12カーエアコン用シール材やゴムホースにHFC-134aは溶解し易く、冷媒透過量が増大する。

④CFC-12カーエアコン用の乾燥剤であるシリカゲルは、HFC-134aをも吸着してしまい本来の吸水性能を低下させてしまう。

### 2.3 材料開発

#### (1)冷凍機油

カーエアコンでは、冷凍機油が冷媒と共にサイクル内を循環していることから、開発のポイントは下記の三点となる。

- ①潤滑性確保
- ②冷媒と冷凍機油の相溶性確保
- ③化学安定性確保

これらに対する諸検討を行った結果、ポリアルキレングリコール (PAG) を第一の候補材に選定し、改良と開発を進めた。

冷凍機油の潤滑性の比較を行ったのが図-2である。当初開発した冷凍機油は、冷凍機油単体のバーベル磨耗量は同等であったが、冷媒雰囲気下ではCFC-12と鉱油の組合せよりも劣る結果となってしまった。これは、HFC-134aが分子中に塩素イオンを持たず、冷媒

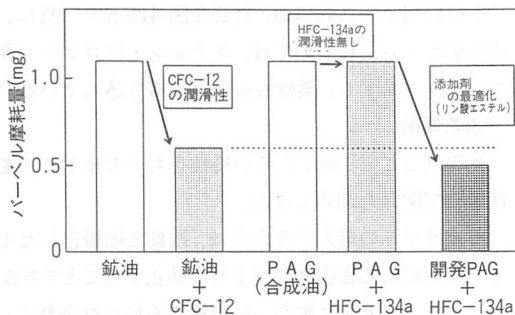


図-2 冷凍機油の潤滑性

の極圧効果が期待できないためである。従って、冷凍機油そのものの潤滑性に加え、極圧効果の改良が必要となった。そこで、摩擦熱により潤滑性に良好な化合物を作り出すリン酸エステルを、オイルに添加することによって冷凍機油の改良を行った。

#### (2)シールゴム及びゴムホース

カーエアコンでは、ゴム材の使用用途が二つある。一つは、冷媒のシールであり配管接続部のOリングやコンプレッサのシャフトシールなどがある。もう一つは振動吸収であり、コンプレッサと熱交換器をつなぐホースがある。

シールゴム：冷媒変更に伴い、シールゴムの耐冷媒性、耐油性等が要求される。シールゴムは多くの機能部品に使用されており、両冷媒用それぞれ異なるシールゴムを設定すると、識別が非常に困難になる。また、サービス工場や製造現場では多くの鉱油が使用されているので、鉱油がシールゴムに付着する可能性も高い。従って、新しいゴム材を開発するに際してはHFC-134aだけでなく、CFC-12や鉱油に対しても適合することが必要となる。既存のゴム材の両冷媒に対する特性を比較したのが表2であるが両冷媒に適用できる材料は無いことがわかった。

そこで、両冷媒に適用できるゴム材の開発を行うこととした。開発に際し、特に問題となったのは、ゴム材に溶解した冷媒の発泡による、ゴム材の破壊をいかに防ぐかという点である。この件については、例えば、HFC-134aに水素化ニトリル・ブタジエンゴム (H-NBR) を使用したモニターテストにて、コンプレッサのシール材に亀裂が入り、冷媒洩れを起こした事例 (写真1) もある。

この現象について以下に詳述する。冷媒の発泡によるゴム材の破壊現象を図-3に示す。ゴム材を冷媒中に浸漬すると、冷媒の一部がゴム材に溶解する。そこで、急激な減圧や温度上昇があるとゴム材に溶解した液冷

表2 各種ゴムの特性

		ニトリル・ブタジエンゴム NBR	水素化ニトリル・ブタジエンゴム HNBR	フッ化ゴム FKM	エチレン・プロピレンゴム EPDM	イソプレン・イソブレンゴム IIR
HFC-134a システム	耐冷媒性	△	△	×	○	○
	耐油性 (PAG)	○	○	○	○	○
CFC-12 システム	耐冷媒性	○	○	×	×	×
	耐油性 (鉱油)	○	○	○	×	×

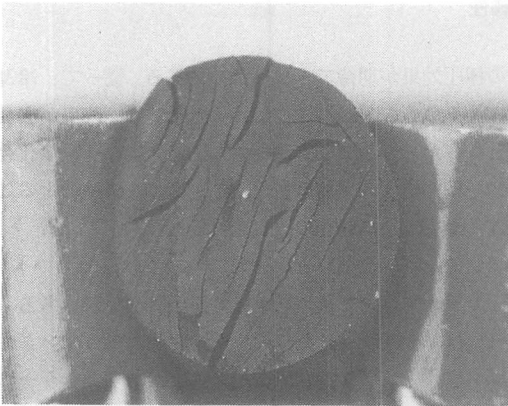


写真1 オリングの亀裂

表3 RBRの特性

			RBR	環CFC-12用	
				HNBR	NBR
HFC-134a システム	耐冷媒性	膨潤性 (60°C)	8%	14%	13%
		発泡性 (150°C)	○	×	×
	耐油性 (PAG)	膨潤性 (150°C)	5%	5%	5%
CFC-12 システム	耐冷媒性	膨潤性 (60°C)	9%	9%	9%
		発泡性 (150°C)	○	○	○
	耐油性 (鉱油)	膨潤性 (150°C)	5%	5%	5%
耐熱性(150°C寿命)			250h	250h	60h

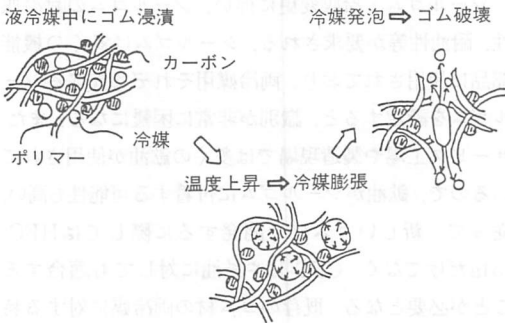


図3 ゴム材破壊現象

媒が発泡(気化)し、ゴム材が破壊されてしまう。

両冷媒に適用できる新しいゴム材料を開発するための一般的な手法としては、単一材料にて充填密度をあげる方法があるが、硬度が高くなりすぎて望ましくない。そこで、本来の硬度を変えずに改良を行う手段として、CFC-12に良好な材料とHFC-134aに良好な材料をブレンドすることを考えた。うまくブレンドすることができれば、両冷媒に適用できる材料が得られるはずであると考えた。種々のブレンド比での生産技術的問題点を解決して得られた開発材料の特性を表3に示した。両冷媒、両冷凍機油に対して、現CFC-12とH-NBRの組合せの特性と同等以上の結果を得ることができた。

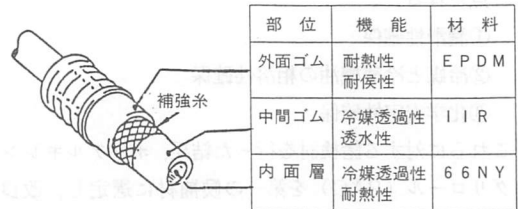


図4 ホースの構造

この開発材はRBR (new Rubber for Both Refrigerant) と称している。

ゴムホース：ホースの構造は三層からなり、それぞれに機能を持たせている。内面層は冷媒透過性と水分透過性、外面ゴムは耐熱性と耐候性が重要である。HFC-134a用ホースの構造、材質を図-4に示す。特に、内面層ナイロンについては、エチレン・プロピレン系ゴムをブレンドし、柔軟性の改良を織り込んでいる。

(3)乾燥剤

乾燥剤として、分子ふるい特性をもつゼオライトを使用して開発を進めてきた。

ゼオライトの最大の改良点は、振動で細粉化したゼオライトによる膨張弁の詰まりを防止することである。ゼオライトは非常に細かい結晶構造を持つ結合剤で、適当な大きさの粒に固めてある。細粉化を防止するた

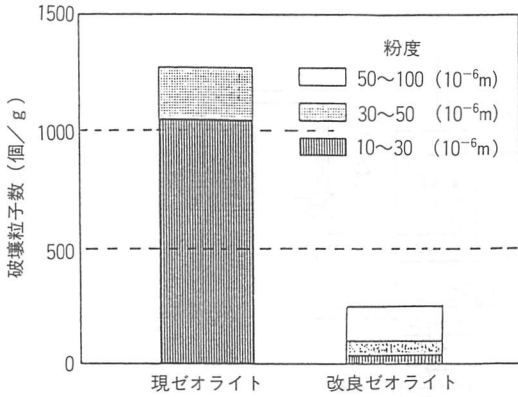


図-5 乾燥剤の破壊特性

めに、この結合剤の結晶構造より大きな活性表面（電荷が集中して接着に寄与している面）の面積をもつ構造にして、既存のゼオライトに比べ約3倍の接着強度を確保した。図-5に示すように、振動により膨張弁の詰まりを引き起こしてしまう微細粒子と破損粒子の絶対量を低減させることができた。

2.4 信頼性及び耐久性

(1) モニター車による信頼性評価

カーエアコンの材料及び部品は、まず開発段階において十分な品質確認を行いつつ仕様決めを行った。

そして、さらに各材料の相互影響、部品の耐久性を総合的に評価する目的から、様々な市場環境下で実車モニターテストを行った。モニターの車両台数は350台にも及んでいる。その中には米国テキサス州での16万km耐久走行も含まれている。

2.5 カーエアコンシステムの変更点

システムの変更点を図-6にまとめた。

材料では、冷凍機油、シールゴム、ゴムホース、乾燥剤を変更し、部品ではコンプレッサ消費動力をCF C-12カーエアコンと同等にするためのコンデンサの性能向上、圧力スイッチ等の作動圧力の変更を行った。さらに、冷媒の誤封入防止のため、チャージングバルブ形状も変更している。

2.6 商品化展開

1991年10月に日本で最初に量産車に展開したのを皮切りに図-7に示すように着実にHFC-134aへの切り替えを行い、1994年末迄に終了した。

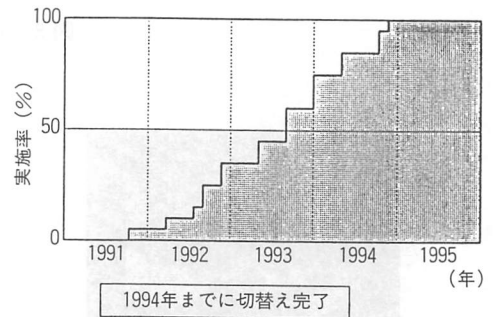


図-7 切り替え状況

3. 既販車への対応（冷媒回収機）

3.1 冷媒回収機の構造

既販車対応として旧冷媒CFC-12の使用を押さえるために冷媒回収機を開発した。基本構造を図-8に示す。

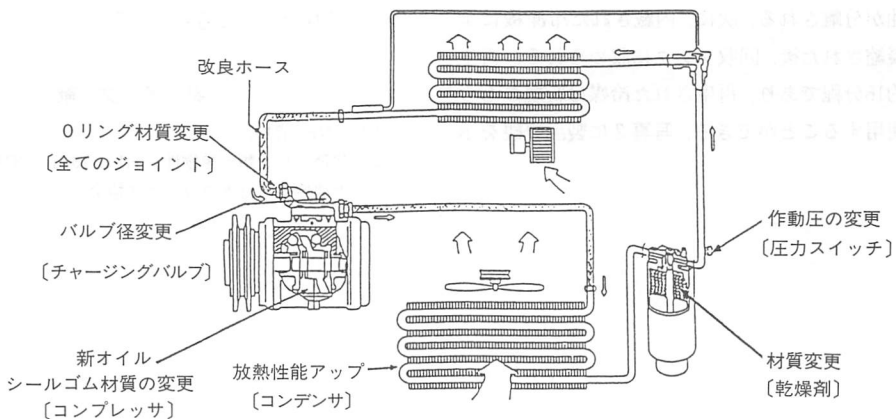


図-6 システムの変更点

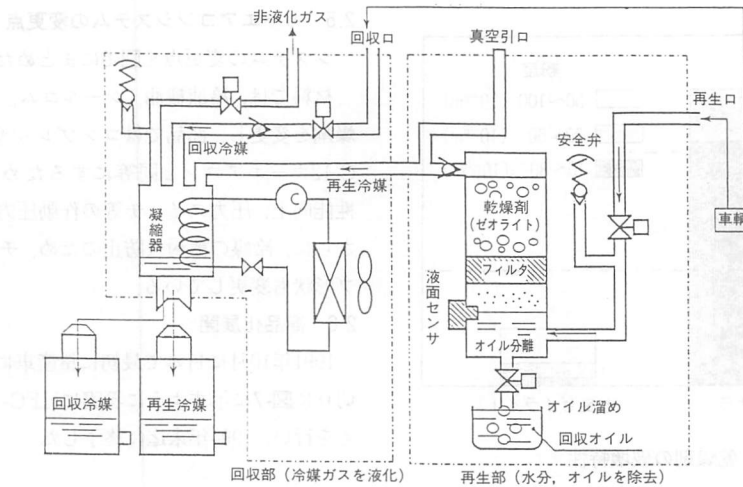


図-8 冷媒回収装置の構造



写真2 冷媒回収機

車両から吸引された冷媒は、まず再生器に入り水分と冷凍機油が分離される。次に、内蔵された冷凍機により液化凝縮された後、回収タンクに収められる。再生時間は約16分程であり、再生された冷媒は新規のものとして使用することができる。写真2に製品概観を示す。

### 3.2 展開実績

90年に販売を開始し、94年末の実績で約1万2千台の回収装置を各車両メーカー系列の販売店とサービス工場に配置した。カーエアコンの修理時に冷媒を放出することなく一時保管し、新規の冷媒としてそのまま充填できることが可能となり、CFC-12の使用量削減に貢献している。

## 4. 今後の取り組み

昨今の環境問題の中で最も注目されているのが、地球温暖化である。オゾン層破壊物質としてのフロン問題は少なくともカーエアコン冷媒については終了したが、残された課題として温暖化への影響を危惧する動きもある。

フロンによる寄与度・影響度を明確に把握しつつ、ポストHFC-134aの技術調査・開発を行うことが今後の重要なテーマと考えている。

### 参考文献

- 1) UNEP資料。
- 2) 代替フロン類の熱物性 (HFC-134a, HCFC-123), 日本冷凍協会・日本フロンガス協会。