

技術レポート 5

地球環境汚染と
特定フロン問題

平成5年11月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
設備保全部会

巻頭のこ と ば

大阪ビルメンテナンス協会設備保全部会は、ビル設備の環境汚染対策（NOX問題等）、受注に必要な積算問題、新技術の研究、新しい設備の見学会等を今年度の活動項目として取り上げている。

特に、日進月歩の新しい技術については、新技術研究チームを結成し、情報の収集、調査を行い、会員各位に参考となる最新技術の紹介をすることになっている。

近年、人間活動の拡大と化石燃料資源の消費増大による地球環境汚染問題が取り上げられ、持続可能な世界の発展に有効な対策が模索されているが、なかでも成層圏オゾン層の破壊、酸性雨、地球温暖化が注目されている。

今回取り上げた「特定フロン問題」は、1930年代に画期的な登場を果たしたフロンが引き起こした現代地球環境破壊の問題であり、子孫に自然を残すためにその代替物質がやがてとって代わろうとしている。ビルメンテナンスの現場においても、直接、間接的にこの問題から避けて通れない現状である。

会員各位におかれては、幅広い技術の動向の概要を修得され、それぞれの職場において今後のメンテナンスに応用されることをお願いする次第である。

平成5年11月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会

設 備 保 全 部 会

目 次

1. はじめに	1
1-1 地球環境の危機について	
1-2 問題点の概要	
1-3 フロン問題の経過	
1-4 フロン規制と取り組み	
2. フロンの種類と用途	5
2-1 フロンの種類と呼称	
2-2 フロンの需要と用途	
3. フロン規制の流れ	8
3-1 フロン規制の経緯	
3-2 特定フロン等の規制の体系	
3-3 議定書改定及び決議内容	
3-4 フロン生産量とオゾン層破壊影響度	
4. 代替フロンとその開発状況	13
4-1 代替フロン候補と開発状況	
4-2 代替フロンの空調機への対応	
4-3 代替フロンの安全性と環境影響調査	
5. H C F C 2 2 の代替候補	18
5-1 H C F C 規制に対する考え方と対応策	
5-2 H F C 類の特性	
5-3 H F C 混合冷媒について	
6. 新代替物質 H F C 機への移行計画	22
7. 特定フロン C F C を使用したメーカーの販売機の対応	23
8. ま と め	24
8-1 回収・再生利用・破壊について	
8-2 その他の環境問題とまとめ	

1. はじめに

1-1 地球環境の危機について

現在世界的に騒がれている地球環境の危機問題は、

- ①特定フロンによる成層圏のオゾン層破壊
- ②大気中の炭酸ガス濃度上昇による地球の温暖化
- ③国境を超えての酸性雨による湖沼や森林の被害
- ④大規模な木材伐採と農耕地開拓による森林破壊

であり、これらの問題は相互に関連しつつ次第に異常気象となり、地球上のあらゆる地域において、大気圏のみでなく地圏にも生物圏にも重大な影響を与え、人類の生存をもおびやかすのではないかとみられている。

現在騒がれている地球環境問題は、1960年の公害のような「地域、あるいは国内のみ」という局地的に限定される問題ではなく、全地球を覆い尽くす問題となることから、極めて深刻な問題になっている。

建築や空調・電気などの設備管理に従事している我々にとっては、以上の四つの問題点の中で、特に前二者は直接大きな関連を持つ問題である。

特定フロン問題は冷凍機の利用を困難にし、炭酸ガス問題では電力や動力、熱エネルギーの利用に直接関係するからである。

1-2 問題点の概要

前記の問題点のうち、特に①～③までの原因や現象の概略は次のとおりである。

(1) オゾン層破壊問題

地球を取り巻く成層圏にあるオゾン層が、フロンによって破壊されているといわれており、現在、これが大きな問題となっている。

オゾン層が破壊されると、今までオゾン層で遮断されていた有害な紫外線が直接地表まで到達し、免疫力の低下、農作物の収穫減少、浅海域のプランクトンの減少などの生態系への被害が起きるといわれている。

オゾン層の破壊のメカニズムは、地上で放出されたフロンのうち、水素原子を含む代替フロン（H C F C）は対流圏内で比較的早く分解するが、水素を含まない特定フロン（C F C）は時間をかけて（10年程度）成層圏まで上昇し、太陽からの強い紫外線を受け、分解して塩素を放出する。この塩素（C l）とオゾン（O3）が反応してオゾン層を破壊すると考えられている。

(2) 地球温暖化問題

石炭・石油等の化石燃料の燃焼、熱帯林の減少等により、二酸化炭素（C O2）等、温室効果ガスの大気中濃度が上昇し、地球規模で気温が上昇し、温暖化の傾向にある。

その結果、海面の上昇（極洋の氷が融け出すことによる。）、降水の分布状況の変化などが生じ、生態系、生活環境などへの影響が懸念されている。

大気中の温室効果ガス濃度がこのまま増加し続ければ、来世紀末までには全地球の平均気温が現在より約3℃上昇し、両極の氷が融けて海面が約65cm上昇すると予想されている。

(3) 酸性雨問題

石炭・石油等の化石燃料が燃焼することにより、硫黄酸化物（S O_x）、窒素酸化物（N O_x）等が大気中に放出され、雲や雨滴に溶解して雨が酸性化し、地表面に降下する問題である。

雨の水素イオン濃度（p H）が5.6以下のものを酸性雨といい、酸性雨の降下により、森林の破壊、魚介類の死滅、文化財・建造物への被害が生じている。

特に、イギリス、旧西ドイツでは、全森林の50～60%が被害を受けているとの調査結果が出ている。

1-3 フロン問題の経過

1970年に英国のジム・ラブロック博士が、工場から排出される汚染物質の拡散状況を調査するために、化学的に安定している人間に無害なフロンをトレーサガスとして利用することを思い立ち、大気中のフロン濃度を測定した。

その結果、フロンを大量に消費していると思われる都会と消費量の少ないと思われる田舎との間で、更に、海上や離島でも空気中のフロン濃度はほとんど差がなく、フロンは大気中で消滅せず世界中にほぼ一杯に拡散していることを知った。

そのころ、米、英・佛、ソ連で成層圏を航行する超音速機（SST）の開発が進められようとしていたが、米国ではSSTが成層圏を航行するときに出す多量の排ガス中の窒素酸化物（NO₂ など）によって、成層圏のオゾンを破壊する可能性が大きいことから、上院はSSTの開発援助を否決し、これに関連してSSTによる成層圏汚染の問題を研究することになった。

米国のモリナ博士とローランド博士は、ラブロック博士の発表を知り、成層圏内のフロンの働きを研究し、1974年にフロンによる成層圏オゾンの破壊の可能性は、SSTの排ガス中の酸化窒素や酸化水素などより大きいということを発表した。

それは、「フロンガスが大気中に放出されると、対流圏内ではほとんど分解されずにそのまま成層圏に達し、紫外線により分解されて塩素原子を放出する。この塩素原子は成層圏中のオゾンを連鎖的に破壊するため、結果的に地表に到達する有害な紫外線の量が増加し、皮膚ガンの発生率が上昇する可能性があるほか、生態系にも重大な影響をもたらす恐れがある。将来、地球に深刻な影響を生じることになる。」というものである。

この仮説は広く関心を集め、国連環境計画にオゾン保護対策部会が設けられ、オゾン層破壊の実態調査が進められ、仮説が立証されるとともに、国際条約モントリオール議定書が採択され、1989年7月1日から国際的にオゾン層破壊物質の

生産量・消費量を具体的に規制することになった。更に、昨今の調査報告では、南極のオゾンホールが益々拡大しているなど、予想以上にオゾン層破壊が進行していることが明らかになった。

1-4 フロン規制と取り組み

1992年11月、デンマークのコペンハーゲンで開催された第4回モントリオール議定書締約国会議において、特定フロンCFC（R11、R12、R502等）の全廃時期及び代替フロンHCFC（R22、R123等）の規制内容が正式に決定された。

その内容は、特定フロンCFCは1995年末に生産全廃となり、新たに代替フロンHCFCも規制対象となり、2004年より段階的に生産削減が行われ、2020年に一部の用途を除き生産の原則廃止が決定された。

フロンメーカーでは、これを受けて、現実的かつ長期的視点に立った方策として高く評価し、代替フロン規制も含めて積極的に対応策に取り組んでいる。

2. フロンの種類と用途

2-1 フロンの種類と呼称

フロンは、約60年前アメリカで開発された物質で、メタンやエタン等の炭化水素の水素の一部、又は全部をフッ素を含むハロゲン元素に置換した化合物の総称であり、冷凍機の冷媒として理想的な特性を持つ物質として発明された。

それまで冷媒として使用されていた亜硫酸ガスやアンモニア等は毒性・可燃性等の欠陥があり、冷凍機の普及を阻害していた。

毒性が低く、不燃性で化学的に安定しているフロンは、冷凍機の安全性を大きく向上させ、冷凍機の普及に著しく貢献してきた。また、「油をよく溶かす」「表面張力が小さい」「電気・熱の伝導率が小さい」などの特徴により、冷媒以外に洗浄剤・発泡剤など広範な用途に利用されている。

現在使われている主なフロンは、特定フロンCFC、代替フロンHCFC、新代替物質HFCの3種類に分類される。(表1. 参照)

表1. フロンの種類

種類	特徴及び代表的物質	主用途	規制
特定フロン CFC	(Chloro Fluoro Carbon) 塩素を含み、オゾン破壊の可能性が高い化合物 オゾン破壊係数0.6~1.0 R-11, R-12, R-113, R-114, R-115等	・冷媒——カーエアコン 家庭用電気冷蔵庫 ターボ冷凍機 低温用エアコン等 ・発泡剤 ・洗浄剤等	規制対象
代替フロン HCFC	(Hydro Chloro Fluoro Carbon) 塩素を含んでいるが水素があるためオゾン破壊の可能性が小さい化合物 オゾン破壊係数CFCの1/20~1/60 R-22, R-141b, R-142b, R-123, R-225等	・冷媒(R22)——ルームエアコン パッケージエアコン チリングユニット ・発泡剤 ・洗浄剤等 (CFC代替用)	新たな規制対象
新代替物質 HFC	(Hydro Fluoro Carbon) 塩素を含まず水素を含んだ、オゾン破壊がない新代替物質 オゾン破壊係数ゼロ R-134a, R-152a, R-23, R-32, R125等	・冷媒 ・発泡剤等 (CFC, HCFC代替用)	—

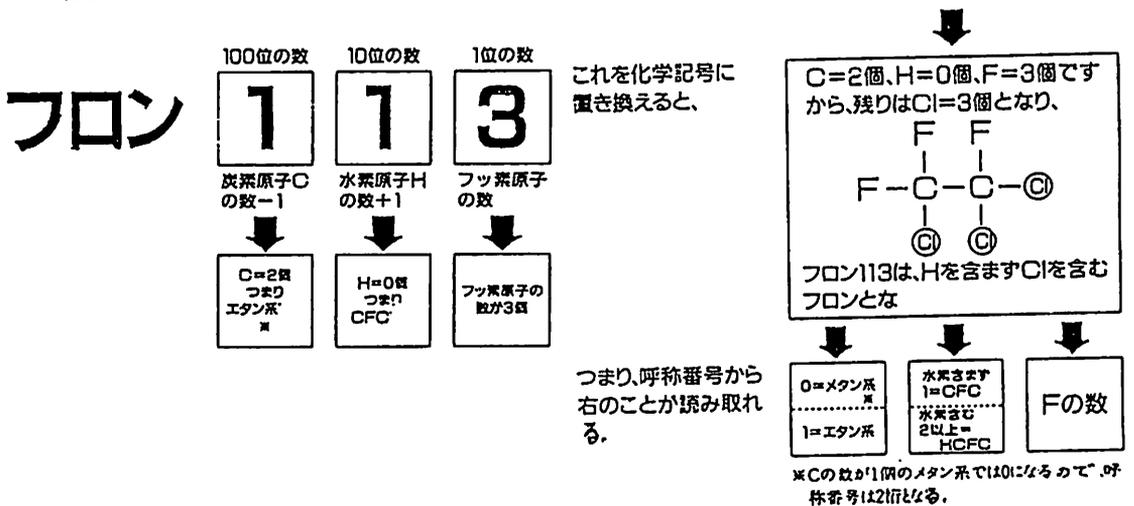
特定フロンCFCはオゾン破壊の程度が高い物質であり、カーエアコン（R12）や家庭用冷蔵庫（R12）、ターボ冷凍機（R11）の冷媒として使用されている。

代替フロンHCFCは、オゾン破壊の程度が極めて小さい（特定フロンの20分1から60分の1）物質であり、ルームエアコンや業務用エアコン（以下、パッケージエアコンという。）、チリングユニットの冷媒として広く使用されている。

新代替物質HFCはオゾン破壊が皆無の冷媒であり、既存の特定フロンCFCや代替フロンHCFCに代わって将来的に広く採用されていく、環境にやさしい新冷媒である。

フロンは、フロン12やフロン13というように、それを構成する各元素の数により呼称番号が付けられており、この番号は万国共通である。

（例）フロン113



2-2 フロンの需要と用途

1986年度における国内のフロン（品種別）需要比率（図1.）と用途別比率（図2.）、用途と需要構成（図3.）は次のとおりである。

図1. フロン（品種別）需要比率

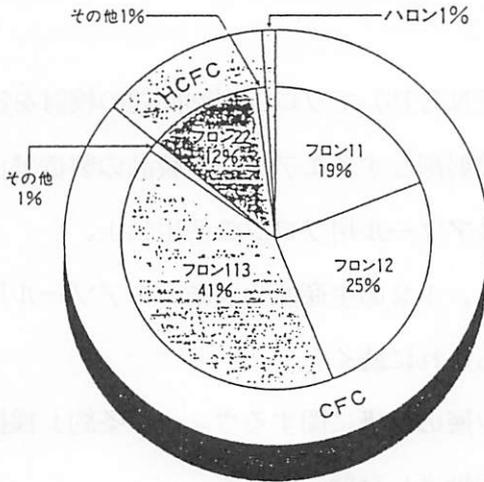


図2. フロンの用途別比率

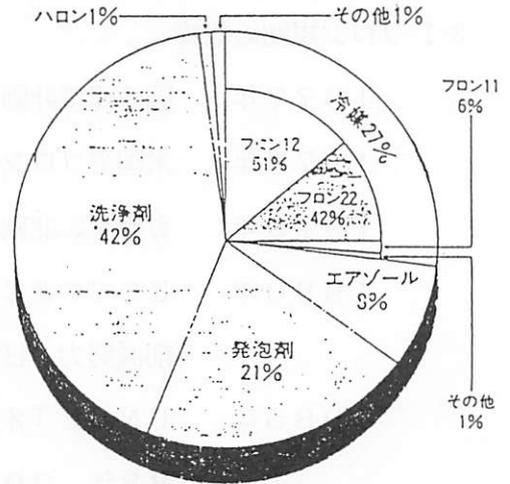
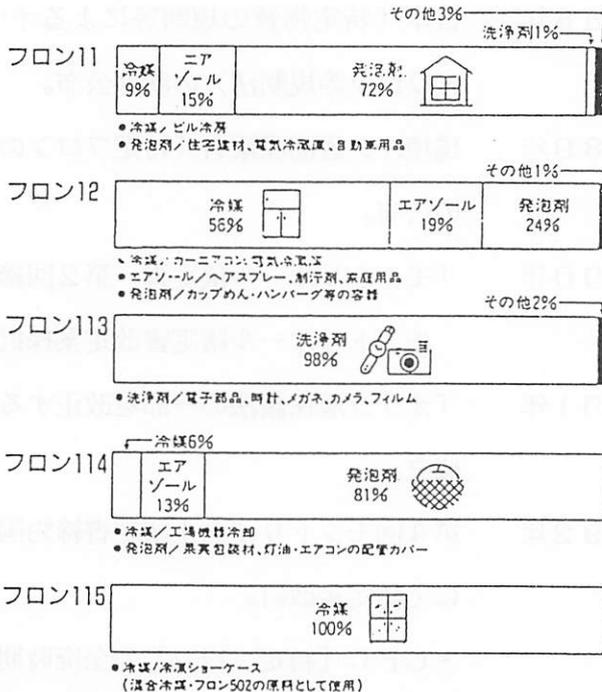
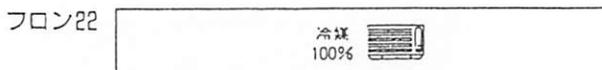


図3. フロン（品種別）の用途と需要構成

C F C



HCFC



3. フロン規制の流れ

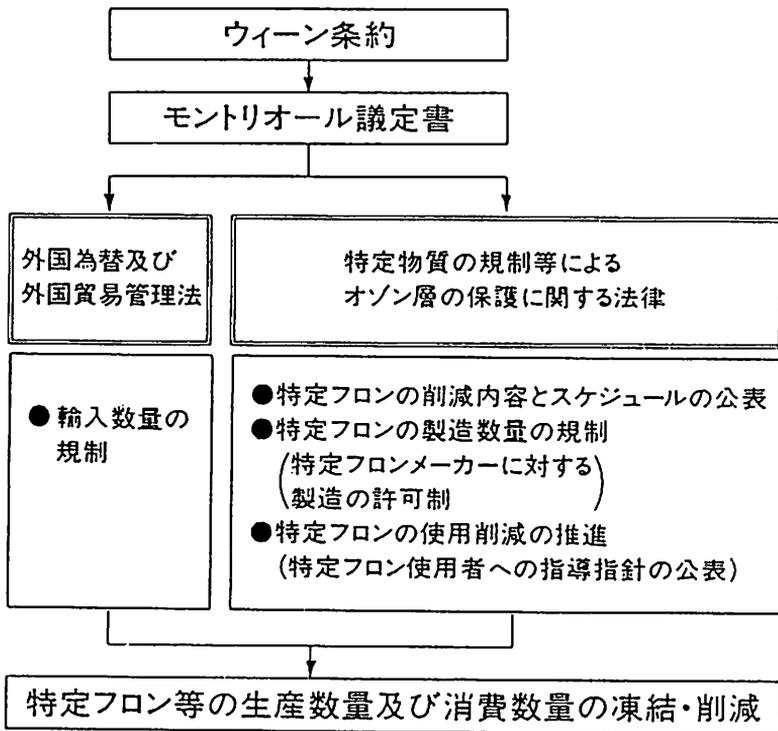
3-1 フロン規制の経緯

- 1977年 国連環境計画（UNEP）でフロン規制問題の検討を決定。
- 1978年 米国でフロンを噴射剤とするエアゾール製品の製造禁止。
- 1979年 カナダ、北欧でエアゾール用フロンの使用禁止。
- 1980年 ECでCFC 11，12の生産能力凍結、エアゾール用フロンの削減努力。日本もこれに続く。
- 1985年 UNEP「オゾン層の保護に関するウィーン条約」採択。
88年、20ヶ国批准し発効。
- 1987年 「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」の採択、89年1月発効。
- 1988年 日本「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」（フロン等規制法）の制定公布。
- 1989年 環境庁、通商産業省「特定フロンの排出抑制・使用合理化指針」の公布。
- 1990年 「モントリオール議定書 第2回締約国会議」開催。
モントリオール議定書改定案採択。
- 1991年 「オゾン層保護法の一部を改正する法律」（改定オゾン層保護法成立）。
- 1992年 第4回モントリオール議定書締約国会議（開催：コペンハーゲンにて認定書改訂）。
- ・CFC [特定フロン] の全廃時期の前倒し。
 - ・HCFC [代替フロン] の削減スケジュールと全廃時期の決定。

3-2 特定フロン等の規制の体系

1985年のウィーン条約を受けて、1987年モントリオール議定書により規制が実施されることになったが、その規制の体系は次のとおりである。

特定フロン等の規制の体系



3-3 議定書改定及び決議内容

規制対象物質についてのモントリオール議定書は、1990年6月ロンドン、1992年11月コペンハーゲンにおいて改訂され、その内容は次のとおりである。

(1) 概 要

表2. フロン規制の概要

国際規制の改正名		モントリオール議定書	全 ロンドン改正	全 コペンハーゲン改正	
全 採 択 年 月		1987年9月	1990年6月	1992年11月25日	
日本の「オゾン層の保護に関する法律」改正		1988年5月	1991年3月		
対 象 物 質	C.F.C.s (A-I)	CFC11, 12, 113, 114, 115	1989年7月1日より、 生産量、消費量を1986 年実績値の100%以下 とし、1998年7月には 50%以下とする	2000年1月に0%とする	1994年1月に25% 1996年1月に0%
	C.F.C.s (B-I)	CFC13, 112等 10種	—	1989年実績値を100%とし、 1993年1月に80%以下、 1997年1月に15%以下、 2000年1月に0%とする	1994年1月に25% 1996年1月に0%
	ハロン (A-II)	ハロン1211, 1301, 2402	1992年7月1日より、 生産量、消費量を1986 年実績値の100%以下 とする	1992年1月より100%以下、 1995年1月より50%以下、 2000年1月より0%とする	1994年1月に0%
	H.C.F.C.s (C-I)	HCFC21, 22, 123, 124, 141, 142等 34種	—	回収に努め、消費を抑制し、 2020～2040年頃0%とする 様検討する	1996年1月より 総量規制 ※ 2004年1月に65% 2010年1月に35% 2015年1月に10% 2020年1月に0.5% 2030年1月に0%
	四塩化炭素 1,1,1-トリクロ ロエタン 臭化メチル			省 略	

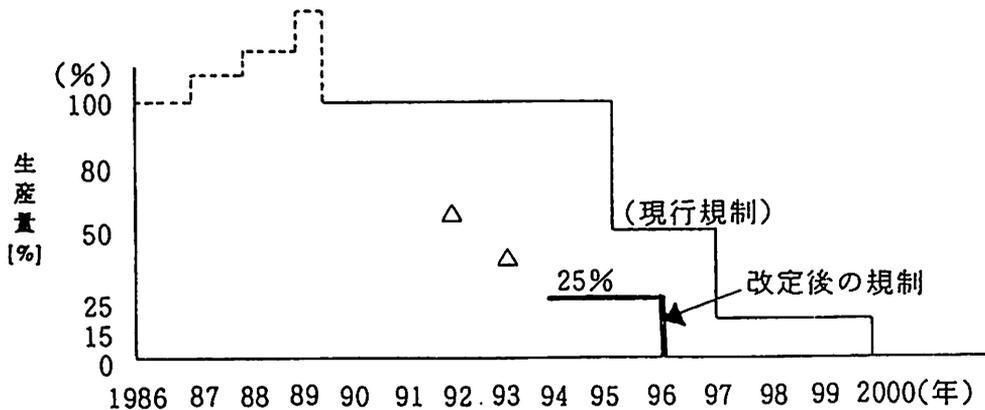
※ 1989年のHCFC実績値 (O.D.P換算) + 1989年のCFC実績値 (O.D.P換算) × 3.1%

(2) 特定フロンCFCの削減スケジュール

特定フロンCFCは、生産（輸出入を含む。）の全廃時期が、1999年末から1995年末に前倒しとなった。

我が国では、この規制を見越して、通産省指導で基準年86年のCFC生産量に対し、92年約57%、93年約38%の生産量となっている。

図4. 特定フロンCFCの削減スケジュール



(3) エッセンシャルユース

CFC 1. 1. 1-トリクロロエタン等のエッセンシャルユース（必要欠くべからざる用途。）については、1993年6月までにその候補を登録し、これをアセスメントパネルで検討し、1994年の締約国会合でエッセンシャルユースリストや上限等について決議を行うこととされた。

また、「エッセンシャルユースの満たすべき条件は、健康及び安全の保持に必要な場合並びに社会活動に不可欠な機能に必要なものであって、技術的、経済的に代替手段がないもののうち、回収によって満たされないものである。」との決議が合意された。

(4) 代替フロンHCFCの削減スケジュール

代替フロンHCFCは、これまでの議定書では過度的物質として位置づけられ、その生産量等を監視することとされていたが、

- ・オゾン層の破壊が予想以上に進んでいる。
- ・HCFCは、CFCの代替フロンとして必要不可欠なものであり、この代替促進を図るためにも、この生産量と生産可能期間を明確にしておく必要がある。

との考え方から、今回新たに規制スケジュールが決定された。

- ① HCFCは、1996年1月より総量規制が開始され、2004年より段階的に生産削減が行われ、2020年に一部用途を除き、原則廃止となる。

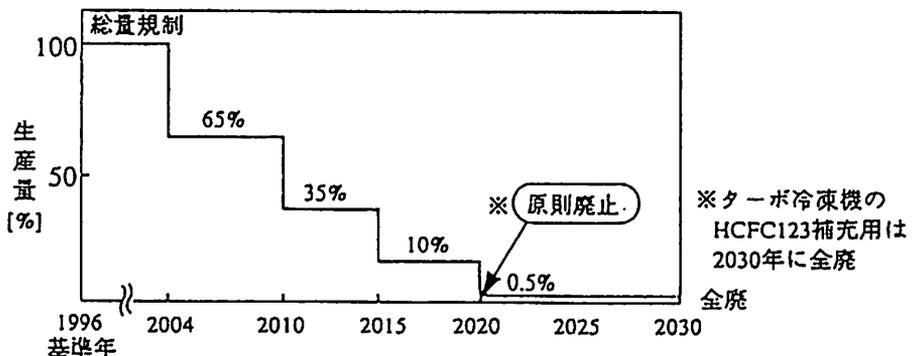
代替フロンHCFCは、特定フロンCFCに比してオゾン破壊係数(ODP)の値が極めて小さく(約20分の1)、今後長期間(約30年間)に渡り生産される物質として国際的にも認められたことになる。

- ② 1996年初めから毎年の生産量が、1989年を基準として

$$[\text{HCFC基準年生産量}] + [\text{特定フロン基準年生産量}] \times 3.1\%$$

以下に制限される。生産量は、(実数値×ODP値)のODPトンにより算出する。

図5. HCFCの削減スケジュール



3-4 フロン生産量とオゾン層破壊影響度

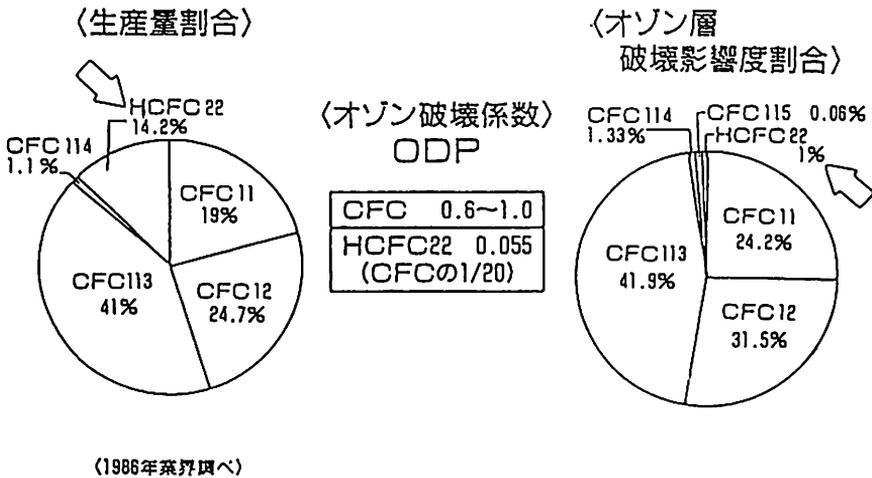
1986年の我が国におけるCFC及びHCFCの生産量を基に、オゾン層破壊影響度を求めたのが次図(図6.)である。

HCFC22のODPはCFCの1/20であるため、全影響度で1%と小さいが、オゾン層保護を優先して今回の規制対象となった。

HCFCが空調機冷媒(R22)として使用されている割合は全フロンの約14

%程度（1989年、国内需要）であり、この分が現在パッケージエアコンやルームエアコン等の冷媒として使用されている。

図6. フロン生産量とオゾン層破壊影響度



H C F Cは、特定フロンC F Cの代替化促進のためにも重要な役割を果たすものであり、オゾン破壊が皆無である新代替物質H F Cの登場まで社会的に混乱なく橋渡しさせていくためにも必要不可欠のものと位置づけられている。

削減が始まる2004年までの代替フロンH C F Cの需要量は、規制枠を下回っており、需給面でも心配はない。

4. 代替フロンとその開発状況

4-1 代替フロン候補と開発状況

冷媒分野では、フロンを使用しないシステムへの転向が困難で、経済的にも技術的にも蒸気圧縮式を踏襲した代替フロンへの転向が近道となっている。

C F Cの代替フロンとしてH C F CとH F Cが代替フロンと位置づけられる。

化学的に最も安定したC F Cに比べ、代替フロンは安定度が低下する方向となる。また、毒性や可燃性についても評価をしておくべきである。

H C F C 2 2、1 4 2 b、H F C 2 3、1 5 2 a、1 4 3 a、2 1 8等は既存の

フロンであり、この度新しく開発されてきたフロンは、HCFC123、141b、124、HFC32、134a、125、227等がある。

既に適用製品への応用技術が開発され、実用化しているもの、現在評価中のものもある。なお、既存の冷凍機に代替フロンを使用するには、ほとんどの場合機器の改造が必要となり、経済的にも技術的にも無理なものが多い。

可能性がある場合でも冷凍能力の変化、油との適合性、材料・強度との適合性、機能上の適合性等を十分検討しなければならない。

現在、冷凍保安規則第3条に掲げられている冷媒のほとんどはCFCであり、わずかにHCFC22、HFC134a、アンモニアのみが使える冷媒となっている。

現状では、代替フロン開発と冷凍危機の開発が並行して進められなければならない状況にある。早急に代替フロンの取扱基準の明確化を図る必要がある。

表3. 代替フロンとその性状

項目	HCFC (水素を含んだクロロフルオロカーボン)							HFC (水素を含んだフルオロカーボン)			
	22	123	124	141b	142b	225ca	225cb	125	134a	152a	32
名称	22	123	124	141b	142b	225ca	225cb	125	134a	152a	32
化学式	CHClF ₂	CHCl ₂ CF ₂	CHClF ₂ CF ₂	CH ₂ CCl ₂ F	CH ₂ CClF ₂	CH ₂ CF ₂ CHCl ₂	CClF ₂ CF ₂ CHClF ₂	CHF ₂ CF ₂	CH ₂ FCF ₂	CH ₂ CHF ₂	CH ₂ F ₂
沸点℃	-40.8	27.5	-12.0	32.0	9.7	51.1	56.1	-48.5	-26.3	-25.0	-51.7
オゾン破壊係数*1 (ODP)	0.055	0.02	0.022	0.11	0.065	0.025	0.033	0	0	0	0
地球温暖化係数*2 (GWP)	0.34	0.02	0.1	0.09	0.36	(0.02)	(0.1)	0.58	0.26	0.03	0.12
開発状況	上市	開発中	開発中	93/2	上市	開発中	開発中	開発中	上市	上市	開発中
安全性	P A F T	I	III	II		IV	IV	III	I		V
	化審法*3	2-93	2-97	審議中	審査済	2-100	審査済	審査済		審査済	2-86
燃焼性*4 (空气中燃焼範囲) Vol.	不燃	不燃	不燃	9.0-15.4	6.8-18.2	不燃	不燃	不燃	不燃	4.0-19.6	3.3-29.3
用途	冷媒	○	○	○		○			○	○	○
	発泡剤	○	○	○	○	○			○	○	○
	噴射剤	○	○	○		○			○	○	○
	溶剤		○		○		○	○			
代替対象フロン	12	11, 113	114	11, 113	12	113	113	115	12	12	22

*1 ODP値はUNEP Synthesis Report 1991の値を採用した。CFC11を1.0とした相対値。

*2 GWP値はAFEASの数値を採用した。CFC11を1.0とした相対値。

*3 化審法とは「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」で数字は既存化学品登録番号を示す。

*4 空气中の燃焼範囲の数値は「代替フロン類の爆発限界」龍野洋吉他 高压ガスVol.27 416-422 (1990)による。

4-2 代替フロンの空調機への対応

代替フロンの空調機の適用分野ごとの対応状況は次表（表4.）のとおり。

表4. 代替フロンの空調機への対応状況（一般的な業界の動き）

	適用分野	代替フロン	製品開発状況	備 考
CFC11	遠心冷凍機 (0℃～20℃)	HCFC123	製 品 化	絶縁材、ガスケット材に互換性なし。 プロアーサイズアップの要。 AEL（許容暴露濃度）10ppm。
CFC12	カーエアコン	HFC134a	製 品 化	ホース材質、ガスケット材、油に互換性なし。凝縮器サイズアップの要。
	家庭用 電気冷蔵庫	HFC134a	製品開発中	'93/秋 開発完了予定。
		HCFC22	製品開発中	'93/秋 開発完了予定。
	業務用低温機器	HFC134a	製品開発中	'94～'95年予定。
		HCFC22	製 品 化	インジェクション技術追加。
		混合冷媒 HCFC22/HFC152a/HFC124、 HCFC22/HFC218	製品開発中	'93～'94年予定。
	遠心冷凍機	HFC134a	製品開発中	'93/春 完了予定。（H社）
高温用機器	HFC134a	製品開発中		
	混合冷媒 HCFC22/HCFC142b	製品開発中		
CFC13	超低温機器 (-60℃～-100℃)	HFC23	製 品 化	2元冷凍機の低元側に使用。
R502 [HCFC22 CFC115]	低温機器 (-45℃～-20℃)	HCFC22	製 品 化	インジェクション技術追加。
		混合冷媒 HCFC22/HFC152a/HFC124、 HCFC22/HFC218	製品開発中	
HCFC22	一般空調用機器	混合冷媒 HFC32/HFC134a、HFC32/ HFC125、HFC32/HFC125/ HFC134a、等 HFC134a	評 価 中	'95/末を目標に米国、EC、日本の 冷凍空調工業会が協力し評価中。
	低温用機器	混合冷媒 HFC125/HFC143a、HFC125/ HFC143a/HFC134a、等	評 価 中	

4-3 代替フロンの安全性と環境影響調査

新規の化学物質を使用するためには、必ず毒性試験を行い、安全性を確認しなければならない。

この毒性試験には、大きい額の試験費用と約4年間にわたる試験期間が必要である。したがって、世界のフロンメーカーがこの試験に取り組んでいる。

表5. 代替フロンの安全性試験 P A F T (国際共同安全性確認試験)

プログラム	対象フロン	用途	期間
PAFT1 14社	HCFC123 HFC134a	冷媒 冷媒発泡用	(安全性を確認) 安全性を確認(1988~1992年)
PAFT2 10社	HCFC141b	発泡用 洗浄用	安全性を確認(1988~1992年)
PAFT3 6社	HCFC124 HFC125	冷媒発泡用 冷媒	1989年開始 1994~1995年終了予定
PAFT4 6社	HCFC225ca HCFC225cb	洗浄用 洗浄用	1990年開始 1994~1995年終了予定
PAFT5 8社	HFC32	冷媒	1992年開始 1995~1998年終了予定

安全性評価試験と並行して、代替フロン对环境に対する影響についてもAFEAS (Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study) を世界の主要なフロンガスメーカーが共同で組織し、各種代替フロンの大気中での分解機構や分解生成物のオゾン層破壊への影響、地球温暖化に対する影響等に関する調査研究を進めている。

AFEASの対象とする代替フロンとその調査内容は次表(表6.)のとおり。

表6. 代替フロン对环境影響調査(AFEAS)

項目	内 容	
対 象	HCFC-22	HFC-125
	HCFC-123	HFC-134a
	HCFC-124	HFC-143a
	HCFC-141b	HFC-152a
	HCFC-142b	HFC-32
	HCFC-225ca	
	HCFC-225cb	
研究目的	① 代替フロンの大気中における分解機構 ② 代替フロン及びその分解生成物の環境に与える影響	
研究期間	1988年12月開始 1995年終了予定	
構 成	世界の主要フロンメーカー (ダイキン工業(株)、デュポンを含む12社)	

AFEASは1988年12月に発足し、1993年1月からPart 3に入っており、1995年に終了の予定である。

5. H C F C 2 2 の代替候補

5-1 H C F C 規制に対する考え方と対応策

コペンハーゲンで開催された議定書締約国会議での具体的な規制内容は、特定フロン C F C は 1 9 9 4 年に生産量が 1 9 8 6 基準年の 2 5 % に削減され、1 9 9 5 年末に生産全廃される。また、新たに規制対象となった代替フロンは 1 9 9 6 年より総量規制が始まり、2 0 0 4 年より段階的に生産削減が行われ、2 0 2 0 年に一部を除き生産の原則廃止がなされる。

ただし、これらはフロンの生産規制であり、空調機の使用を規制するものではない。したがって、フロンの全廃時期がきても使用中の機器は引き続き使用できる。

今回、新たに規制対象となった代替フロン H C F C が、空調機の冷媒 (R 2 2) として使用されている割合は、全フロンの約 1 4 % 程度 (1 9 8 9 年国内需要) であり、この分が現在パッケージエアコンやルームエアコン等の冷媒として使われているのである。

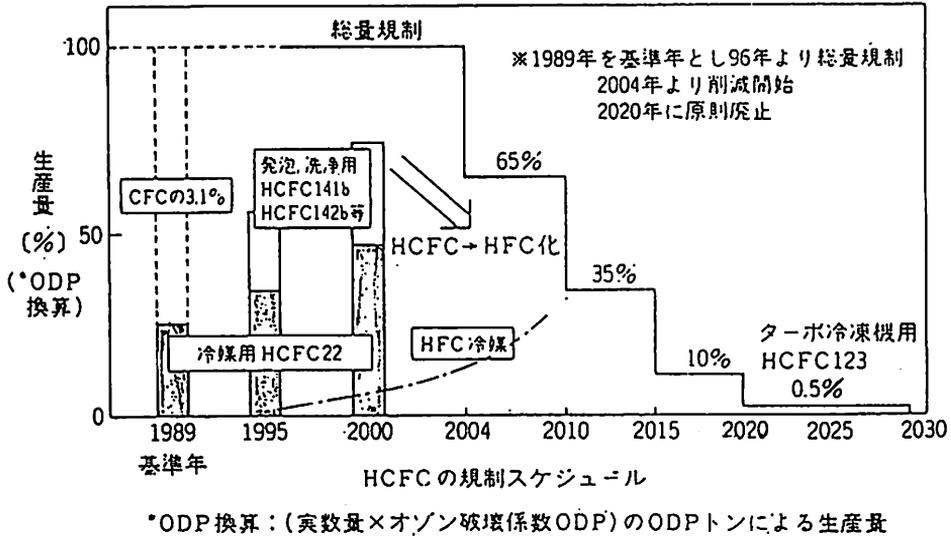
この代替フロン H C F C は、特定フロン C F C に比べてオゾンの破壊の程度が極めて小さく、特定フロン C F C の代替化促進のためにも重要な役割を果たすものであり、オゾンの破壊が皆無となる新代替物質 H F C の登場まで社会的に混乱なく橋渡しさせていくためにも必要不可欠のものである。

メーカーの予想では、削減が始まる 2 0 0 4 年までの代替フロン H C F C の需要量は規制枠をかなり下回っており、需給面も心配ないものとしている。

また、冷媒の回収・再生事業の検討を業界として進めており、この面からも対応の道が更に広がることになる。(図7. 代替フロン H C F C の需要量予測)

これらのことから、現在、パッケージエアコンやルームエアコン等の使用冷媒である R 2 2 を含む代替フロン H C F C は、今後長期間 (約 3 0 年間) に渡って生産される冷媒として国際的にも認められている。

図7. 代替フロンHFCの需要量予測



5-2 HFC類の特性

新代替物質HFCを冷媒とする製品開発は、技術面・安全性・経済性など様々な分野では多大な努力と時間が必要であるため、できるだけ早く実現するために業界が一体となって取り組んでいる。

日本冷凍空調工業会（以下、日冷工という。）では、共同研究開発プロジェクトを発足して、早期実用化を目指している。

このプロジェクトは、平成4年3月にHCFC22の代替冷媒を評価する技術委員会として、アメリカの工業会（ARI）と共同でスタートしている。

現在、約10種類の代替冷媒候補（HFCグループ）を取り上げ、HCFCの代替物質、代替技術に関しての効率的な試験、研究、評価並びに信頼性のデータ収集を実施している。（表7. HFCの評価試験候補冷媒と適用製品参照）

代替候補として塩素が0のフロン、即ち、HFC類、アンモニアやプロパン等の可燃性媒体及び新規化合物などが考えられるが、冷凍空調機器としての安全性や技術開発の早期完成を達成するには、HFCが最も妥当性のある選択としてこれを中心に代替化の開発が行われている。（表8. HCFC22代替候補冷媒参照）

表7. HFCの評価試験候補冷媒と適用製品

冷 媒	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HCFC-22
化 学 式	CH ₂ F ₂	CHF ₂ CF ₃	CH ₂ FCF ₃	CH ₃ CF ₃	CH ₃ CHF ₂	CHClF ₂
沸 点 (°C)	-51.8	-48.6	-26.2	-47.4	-24.2	-40.8
ODP (CFC11=1.0)	0	0	0	0	0	0.055
GWP (CFC11=1.0)	0.13	0.58	0.26	0.74	0.03	0.36
燃焼範囲 (Vol%)	13.8~28.4	不 燃	不 燃	8.1~21.0	4.8~18.8	不 燃
冷凍能力比 ※1	1.6	0.9	0.6	1.0	0.6	1
凝縮圧力比	1.6	1.3	0.7	1.2	0.6	1
吐出温度差 (°C)	21	-18	-16	-13	-7	0
油との相溶性	相 溶 ※2	相 溶	相 溶	分 離	相 溶	—

(PAG系・エステル系)

※1 蒸発0℃、凝縮50℃、過熱度5℃、過冷却度0℃

※2 -40℃で分離

表8. HCFC22代替候補冷媒

(日冷工開発研究プロジェクト「JAREP」)

	冷 媒 名	構成GC率 (%)	使用 機 器
1	32/125	60/40	RA・PA・チラー
2	32/134a	30/70	RA・PA・チラー
3	32/125/134a	10/70/20	RA・PA
4	32/125/134a	30/10/60	冷凍冷蔵ユニット
5	290 (プロパン)	—	冷凍冷蔵ユニット
6	134a	—	RA・PA・チラー
7	717 (NH ₃)	—	冷凍冷蔵ユニット
8	32/125/134a/290	20/55/20/5	—
9	125/143a	45/55	冷凍冷蔵ユニット
10	125/143a/134a	40/45/15	冷凍冷蔵ユニット
11	143a	—	冷凍冷蔵ユニット

表7. に示すHFCの概要を述べると…

- HCFC22に比較的近いHFC類としては、HFC32、125、134a、143a、152aの5種類がある。
- 沸点はHCFC22に比べてHFC32、125、143aが低く、HFC134a、152aは高い。
- 可燃性はHFC32、143a、152aは可燃性であり、特に、143aと152aは燃焼範囲の下限が10%以下である。
- HFC類は、塩素原子を含まないためODPは0であるが、GWPの値はかなりの幅があり、HFC125と143aのGWPはHCFC22よりも大きい。
- HFC32は冷凍能力が高く、冷媒として優れた点をもっているが、HCFC22と比べて吐出温度や凝縮圧力が高い。
- HFC125はCOPは低いが吐出温度も低い利点がある。
- HFC134aはCFC12の代替として考えられるが、HCFC22と比べると冷凍能力が低い。
- 例えばHFC134aは、同じ大きさの圧縮機を用いて出せる能力がHCFC22に比べて劣る（HCFC22機比で約70%）ことになり、このためHCFCと同等の性能を得るためには、圧縮機や熱交換器の改良、あるいは混合冷媒が必要となってくる。

5-3 HFC混合冷媒について

HFC類の性質、特製は前記のとおりであるが、各々単一冷媒としての欠点を補う手段として、混合物（混合冷媒）の検討が不可欠となってくる。

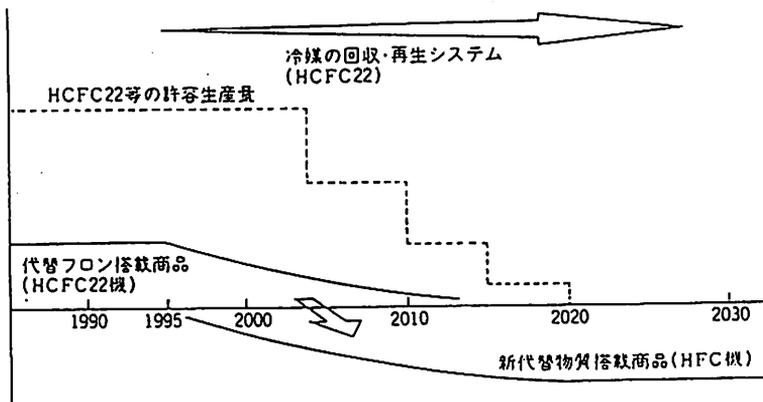
HFC32/HFC125及びHFC32/HFC143aは共沸組成でHFC32単一冷媒に近く、凝縮圧力の低下は望めないが、吐出温度の低下が期待できる。

また、HFC32にHFC125が29wt%以上混合すれば不燃化ができる。
 非共沸混合冷媒の中では、HFC32/HFC134aとHFC32/HFC152aが考えられるが、いずれもHCFC22の冷凍能力に近い組成となり、
 HFC134aが48wt%以上混合すれば不燃化もできる。

また、エネルギー効率や安全性などへの対策、そして混合冷媒の場合には、運転状態によって成分が変化したりするので、これらの挙動状態を把握して最適な使い方をするなど、あらゆる角度からの技術開発が今後の重要な課題である。

6. 新代替物質HFC機への移行計画

図8. 新代替物質HFC機への移行計画



(1) 新代替物質HFCを冷媒とする製品開発は、技術面、安全性、経済性など様々な分野で多大な努力と時間が必要であり、できるだけ早く実現するためにも業界を挙げて取り組んでいる。

- ・日冷工は平成4年3月に米国のARIと共同で、HCFC22の代替冷媒システムの研究開発プロジェクト（JAREP）をスタートさせた。
 約10種類の代替冷媒候補（HFCグループ）をとりあげ、各社分担して取り組んでいる。
- ・現行のHCFC22を使用した空調機器は、性能・経済性・メンテナンス性・安全性等で非常に優れたシステムである。

代替冷媒になっても、この特徴を継承して行く考え方で代替技術の開発を進めている。

- ・オゾン破壊が皆無で、現在有望と見られている新代替物質は、HFC134aやHFC32等があるが、いずれも単独ではHFC22に比べて十分な性能が得られないため、他の物質との混合冷媒の研究にも取り組み、1995年中には実用化の目途をつける予定である。

(2) 削減が開始される2004年には、大半の機種が代替機に切り替わる見通しである。

(3) メーカーでは、新代替物質HFCの開発供給はもとより、これを冷媒とした製品開発面でも、全力を傾注しているのが現状である。

7. 特定フロンCFCを使用したメーカーの販売機の対応

空調機メーカーにおける即販機に対する対応については、一般的に次のようである。

- (1) フロン規制はフロンの生産（輸出入を含む。）についての規制であり、空調機の使用規制ではない。フロン生産全廃後も使用中の機器は使用してさしつかえない。
- (2) 特定フロンCFCが95年末に生産が中止されても、即販機を継続使用できるよう、廃却機からの回収等で必要最少限のサービス用補充冷媒を確保する。
- (3) 特定フロン削減実施のためにも、今後予定されている税制上の優遇措置もある代替冷媒機の更新をすすめる。
- (4) 代替冷媒化改造は、ターボ冷凍機など一部のものは技術的にも確立しているが、その他の機種については、圧縮機、圧縮機周辺部品、膨張弁等の交換など大幅な改造を伴い、性能、費用、信頼性で課題があり推奨されていない。

8. ま と め

8-1 回収・再生利用・破壊について

フロンを削減する有効な手段として冷凍機に充填されているフロンを回収し、それを浄化、あるいは再生して再利用することは国際条約で推奨されており、93年の第5回モントリオール議定書締約国会議で回収義務付の必要性を検討する予定になっている。

なお、回収・再利用の促進に当たっては、途上国の需要が満たされるよう、また、回収品の安値輸出により、途上国の産業・経済に被害を与えないよう、配慮される予定になっている。

我が国においては、日本冷凍空調工業会、日本冷凍空調設備工業会、日本フロンガス協会の3団体は、フロン回収・再生・再利用システム及び破壊システムを構築することになり、このほど、設立準備委員会を設立した。

具体的には、CFC12と混合冷媒R502（CFC115+HCFC22）の2種類を回収再生の対象とし、93年4月を目途に東西2ヶ所に「冷媒フロン再生センター」を設置する計画である。

再生規模は年間20トン程度でスタートし、最終的には年間140トンの再生を想定している。

なお、HCFCは削減スケジュールに合わせて96年より対象に加える予定になっている。

(1) 回収・再生利用

回収・再生利用は、サービス補給用冷媒確保のためにも必須の行為となってきた。現在、高圧ガスとなる冷媒の回収・再利用は、経済的にも成り立たず、特殊な場合を除き大気へ放出されているが、推進しなければならない。

冷凍設備から冷媒を容器（ボンベ）へ回収する場合、回収者は当該冷凍設備の構造・機能・冷媒・冷凍機油についての知識を持ち、かつ、容器（ボンベ）に過充填しないこと、異種の冷媒を混入しないこと等の認識が必要である。

また、回収した冷媒がそのまま再利用できるか、浄化すべきか、再生（J I S規格同等レベル）まで必要とするのか、判断を求められる。

我が国では、平成2年法定3トン未満の機器を取り扱う業者でも安全に回収できる回収装置の基準を告示で定め、認定している。

(2) 冷媒の破壊

現在、一部の研究グループで、水とともに超高温によるプラズマ状態で分子構造をばらばらにして廃棄する方法と、紫外線を照射させフロンを塩素とフッ素樹脂に分解し回収する方法、あるいはバイオの利用による分解方法等が確認されているが、まだ実験室レベルであり、工業化されるに至っていない。

回収・再生利用については、法的な整備（高压ガス取締法の運用基準の簡素化、税制面、遵守義務等）の確立が必要であり、今後、具体的な運用について明確になるものと思われる。

8-2 その他の環境問題とまとめ

地球を取り巻く環境問題は、フロンガスによるオゾン層の破壊のほか、化石燃料の燃焼による酸性雨、温暖化といった三つの大きな問題が挙げられる。

しかし、フロン対策以上に厄介なのが、二酸化炭素、メタン、窒素酸化物への対応である。

現在、フロンガスによるオゾン層破壊問題が国際的に大きく取り上げられ、規制強化されたが、今後は温暖化問題が大きくクローズアップされるものと考えられる。いずれにしても、この環境問題は我々が利用するエネルギー問題に帰結する。

空調業界では環境の保全を図りながら、経済・文明の発展の維持が可能なクリーンエネルギーの選定が迫られており、更なる省エネルギーを追及したヒートポンプ機器の開発・改良とヒートポンプの積極利用の推進が要求されている。

フロンガスについて総括的にまとめると次のようになる。

・フロン規制について

フロン規制はフロンの生産規制であって、空調機器の使用規制ではない。

フロン全廃時期がきても、使用中の機器は引き続き使用できる。

・代替フロン22の今後

パッケージエアコンやルームエアコン等の使用冷媒である代替フロン22は今後、長期間（約30年間）にわたって生産される冷媒として、国際的にも認められた。

・代替フロン22等の需給見直し

代替フロン22の予想需要量は規制枠をかなり下回っており、代替フロン22は、需給面でも心配なく安心してユーザに勧められる。

また、冷媒の回収・再生事業の検討を業界として進めており、この面からも対応の道が更に広がることになる。

・代替フロン22搭載商品の将来性

代替フロンHCF Cの生産が全廃される2020年以降も、冷媒の回収・再生システムの稼働で補充冷媒は十分確保できる見込み。

したがって、今後計画される新築・更新物件に現行機（代替フロン22機）を使用されても何ら問題はない。

・代替フロン123について

ターボ冷凍機等の代替冷媒として認められた代替フロン123は、2020年以降も補充用として2030年まで0.5%製造できることになった。

0.5%もあれば十分保守ができる。

以上

本書は下記の設備保全部会委員によって作成されました。

担当理事（総長） 平 木 弘

〃 戸 石 泰 司

担当委員（リーダー） 脇 坂 伊佐夫

〃 岡 野 勝

〃 小 西 敏 行