

## H F C等3ガスに係る現行施策の評価と今後の削減ポテンシャル

## 1. 排出量の現状と推移

1998年度のH F C等3ガス部門における排出量は、我が国における温室効果ガス総排出量の約7.4%を占めており（ただし、潜在排出量[生産量+輸入量-輸出量-破壊量]による割合）、H F C、P F C、S F<sub>6</sub>の内訳は、それぞれ2.4%、1.3%、3.7%となる。

1999年度のH F C等3ガスの実排出量は41.3百万t（二酸化炭素換算）であり、基準年比（H F C等3ガスの場合1995年）で18.5%減少している。

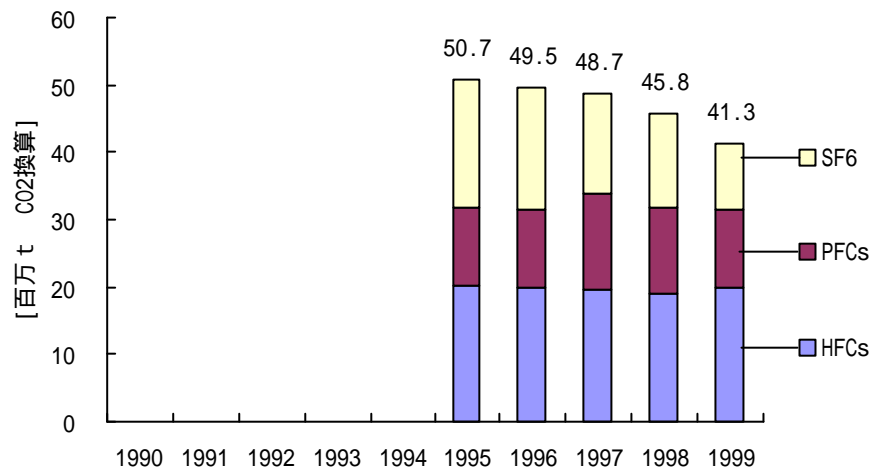


図1 H F C等3ガス実排出量の推移(単位：百万 t (炭素換算))

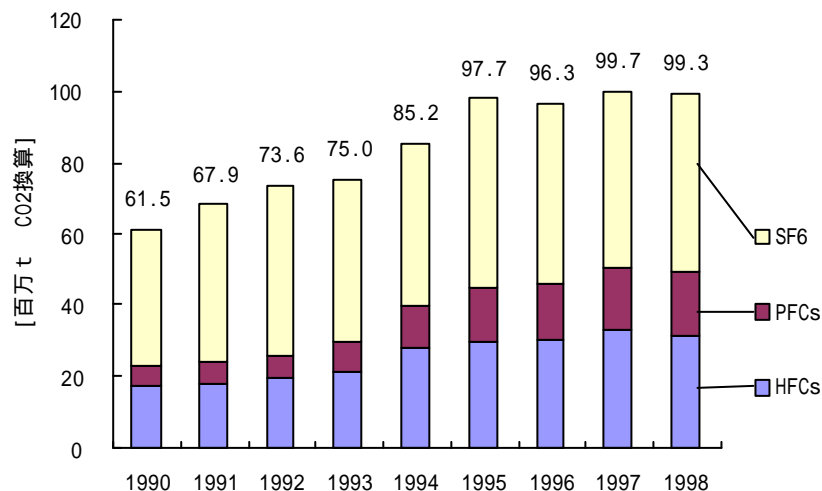


図2 H F C等3ガス潜在排出量の推移(単位：百万 t (炭素換算))

## 2 . H F C 等 3 ガスの排出特性

H F C 等 3 ガスは、冷媒、発泡、エアゾール及び電気絶縁剤として製品への充填や、電子部品等の溶剤・洗浄剤や半導体、液晶のドライエッチング・C V D<sup>1</sup>クリーニング（L S I の製造プロセス等ではウエハー上に膜形成と加工を繰り返すが、その際膜形成に使用された各種の化合物がチャンバー[反応容器]内に付着する。これを P F C などを使って取り除く。）等さまざまな用途に使用されており、C O<sub>2</sub>、C H<sub>4</sub>、N<sub>2</sub> O の排出とは異なり、ガスの生産、使用、保有、製品廃棄の各段階において、排出される特性がある。

特に、製品へ充填される用途については、製品のライフサイクルに依存するため、ガスの充填から製品廃棄によるガスの放出まで数年～数十年にわたる時間のずれを生じることになる。

産業部門では、H F C、P F C、S F<sub>6</sub> の製造時、H C F C -22 の生産に伴う H F C -23 の副生時、冷媒使用機器、発泡プラスチックフォーム、エアゾール等への充填時、電子機器等の洗浄や半導体・液晶のドライエッチング・C V D クリーニング時に H F C、P F C 及び S F<sub>6</sub> が排出される。

エネルギー転換部門では、変圧器、開閉器、遮断器等の電気絶縁ガス使用機器の使用・点検・廃棄時に S F<sub>6</sub> が排出される。

民生部門では、電気冷蔵庫、エアコン、噴霧器・消火器等の使用・廃棄に伴い H F C、P F C が排出される。

運輸部門では、自動車用エアコンの使用・廃棄に伴い H F C が排出される。

---

<sup>1</sup> C V D 法は「Chemical Vapor Deposition Method」の略で、日本語では「化学気相法」。

### 3. 要因分析

#### (1) H F C

H F Cは冷媒など幅広い用途に使用され近年生産増大

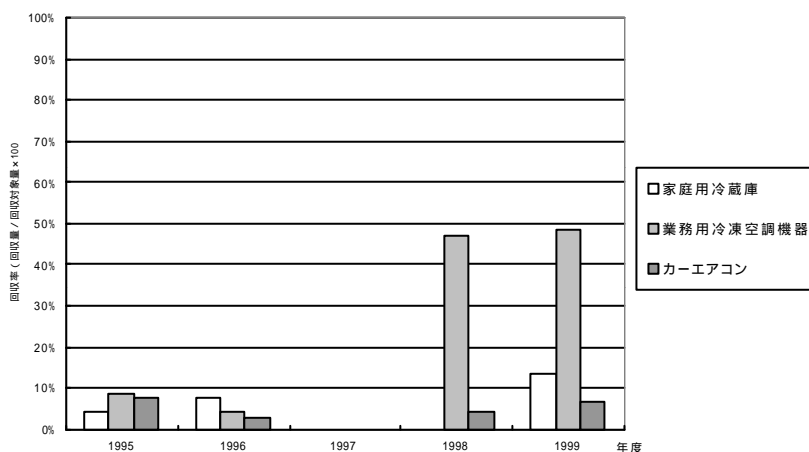
オゾン層破壊物質であるC F Cは、モントリオール議定書に基づき、我が国においては1995年末にほぼ生産が中止され、H C F Cについても2019年末に中止されることから、その代替ガスとしてH F Cの開発と生産設備投資が実施され、近年の生産が増大している。

現在、H F Cは、冷媒、溶剤・洗浄剤だけでなく、従来より炭化水素などが使用されてきたエアゾールの分野や、二酸化炭素や炭化水素が使用されている発泡分野にも用途が拡大している。

C F Cの自主的な回収が進められているが回収率は低い

現在、オゾン層保護対策として冷媒用C F Cの自主的な回収が進められているが、その回収率は低レベルに留まっている。

なお、現在、C F C、H C F Cだけでなく、H F Cも含めた冷媒用フロンの回収破壊に係る法制化の検討が行われている。



出典：環境省資料等をもとに作成

図3 冷媒C F C回収率(回収対象量ベース)の推移

- (注1) 回収対象量の定義については、第1回小委員会 資料3-4-5「H F C等3ガス部門の削減ポテンシャル」(p7)参照
- (注2) 1997年度は機器別回収実施者別回収率としてとりまとめられているため、機器別の回収量に関するデータは出されていない。
- (注3) 1998年度の家用途用冷蔵庫については、回収台数ベースで回収率がまとめられており、回収量に関するデータは出されていない。

炭化水素系等の代替物質は既に実用化レベルにある

エアゾール用途で、HFCを利用している主な製品は、産業用および家庭用のダストブロワーであり、これらの製品は現時点においても炭化水素等の代替物質で十分に対応可能であると考えられること、また開放系の用途であるため回収処理が困難であることから、可能な限り炭化水素等へ代替していく必要がある。

冷媒用途では、現在、わが国においてはアンモニア等の代替物質を使用した業務用冷凍空調機器が僅かではあるが製造されている。一方で、海外では炭化水素系冷媒などの代替物質を利用した製品の開発が積極的に行われており、わが国でも研究開発と一部実用化が行われている。

発泡用途では、現在、家庭用冷蔵庫の断熱材として、炭化水素（シクロペンタン）を用いたものが既に実用化されている。それ以外では、僅かではあるが炭化水素や水を代替物質としてフロン（注）に混合して発泡剤として使用している。将来的には代替物質の混合率を高めていく方向や代替物質単独での発泡の可能性があると考えられる。

（注）高発泡ポリスチレンフォームはHFCを使用しているが、その他のフォームでは未だほとんど使用されていない。

## （2）PFC

PFCは電子部品等の洗浄、ドライエッチング・CVDクリーニング用途に使用

PFCは、約30年前から使用されているが、実質的には1980年代後半からのハイテク関連産業の成長とともに、電子部品等の洗浄用途、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途として使用量が増加してきた経緯がある。

PFC回収処理装置の回収効率が高いが設備の設置率は低い

1999年時点において回収処理装置の回収効率（除害効率）は90%と技術的に高い水準となっている一方で、回収装置・設備の設置率が半導体製造で0.5%（PFC、SF<sub>6</sub>同値）、液晶製造で10.4%（PFC）、22.0%（SF<sub>6</sub>）と低い水準にある。

PFCの代替物質は調査研究段階

現在、PFCの代替ガスに関する調査研究が政府プロジェクトで開始されたばかりであり、将来の代替の可能性は現時点では不明である。

### (3) SF<sub>6</sub>

SF<sub>6</sub>は弱電機器等利用用途が拡大

SF<sub>6</sub>は従来、電気絶縁用として、密閉型ガス開閉装置、遮断器及び変圧器等の電力用機器に使用されている。また、PFCと同様に、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途としても利用されている。

SF<sub>6</sub>は、従来の用途に加えて、電子回路や制御回路等の比較的弱い電流を用いる弱電機器での利用が増加しており、また海外においてはタイヤ、靴底、二重防音窓等への利用が報告されているが、小型の製品からのガス回収は困難であることから、これらの用途における利用拡大が懸念される。

SF<sub>6</sub>の電気絶縁用途での回収処理は進展

電気絶縁用途のSF<sub>6</sub>は、機器の点検時および撤去時に回収が行われており、1999年時点において点検時の回収率が87%、撤去時の回収率が88%と比較的に高い実績となっている。

SF<sub>6</sub>の代替物質は研究段階

SF<sub>6</sub>の代替ガスに関する調査研究が行われているが、現時点において効果的な代替ガスは開発されていない。

#### 【備考】新たな代替物質としてNF<sub>3</sub>(三フッ化窒素)の使用開始

半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途においては、PFC、SF<sub>6</sub>の代替物質として京都議定書の削減対象に入っていないNF<sub>3</sub>(GWP: 8,000)が使用され始めている。

なお、NF<sub>3</sub>は、化学物質審査規制法で、指定化学物質に指定されており、平成11年度の製造量及び輸入量の合計値は217トンである。

#### 4. 2010年の排出量予測

##### (1) 排出量予測と大綱との比較

地球温暖化対策推進大綱では、2010年に基準年の排出量に対し、HFC等3ガス全体で+2%の増加に抑えたとされていたが、「温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会」の検討結果によれば、これまでに決定した政策・対策を実施した場合の計画ケースでは、HFC等3ガスの1995年（基準年とすることができる年）の排出量に対して、79%になるとの推計結果を得ている。

なお、本部門の排出については、冷媒用途のHFCのみが注目されがちであるが、既に特定家庭用機器再商品化法（家電リサイクル法）により冷媒回収が義務付けられている家庭用冷蔵庫および家庭用エアコンを除けば、業務用冷凍空調機器及びカーエアコンについては現行の政策・対策の延長上では、冷媒の回収率の大きな向上は困難であると考えられる。

一方、HCFC-22の生産に伴うHFC-23の排出、PFCでの溶剤・洗浄剤としての使用に伴う排出、SF<sub>6</sub>の電気機械器具の製造または使用開始時の排出、PFCとSF<sub>6</sub>の両方でドライエッチング・CVDクリーニングでの排出の区分において、大きな削減が期待できる。

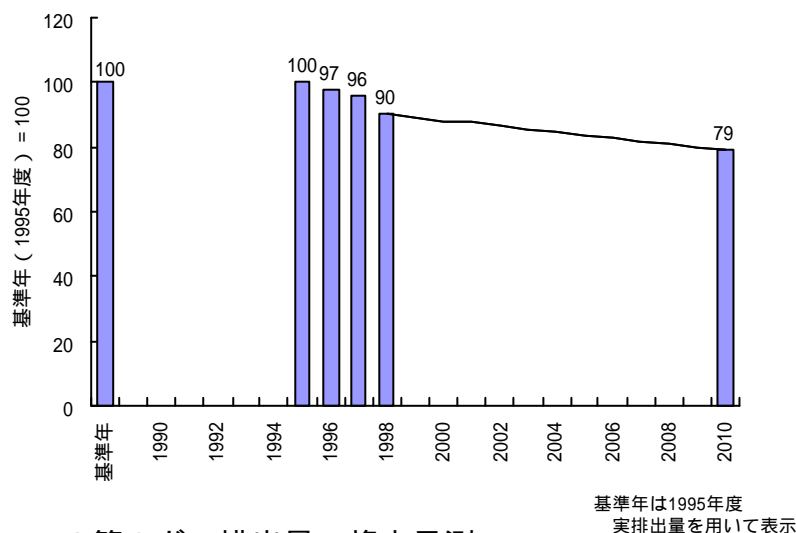


図4 HFC等3ガス排出量の将来予測

表1 2010年計画ケースの排出量 [百万トン(CO<sub>2</sub>換算)]

化学品審議会 地球温暖化防止対策部会	温室効果ガス削減技術シナリオ 策定調査検討会
51	40.2

(注) 化学品審議会では業界の行動計画に基づいた対策を主体とした対策ケースとして算定している。

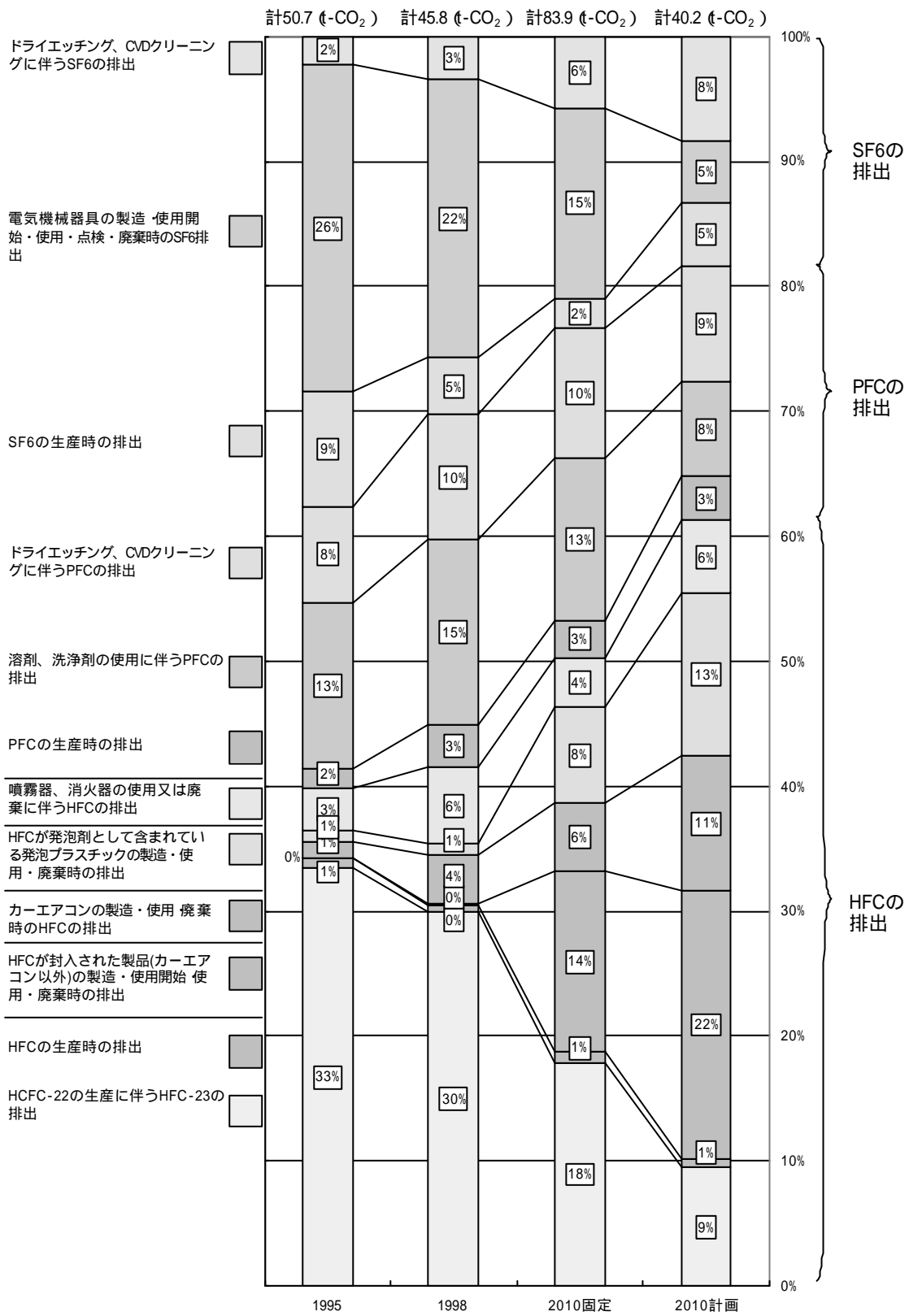


図5 HFC等3ガス排出量ガス別構成比の推移

(2) 大綱の個々の技術との比較

大綱の目標は基準年の排出量に対する割合のみが示されているため、個々の技術・対策毎の比較は困難である。

表2 大綱の個々の技術との比較

大綱	CO2削減量 万tC +2% (6,604)	削減量		排出量	
		固定	計画	固定	計画
HFC、PFCs、SF6		11,923	22,885	10,961	
代替フロン等3ガス(HFC、PFC、SF6)の排出抑制、数値目標を盛り込んだ産業界の定める行動計画に基づく取組を促進するとともに、代替物質の開発、HFCの回収・再利用・破壊システムの整備等を行う。		4,790	11,505	6,715	
大綱の目標は基準年の排出量に対する割合のみが記されている。そこで、基準年の推計排出量に当該割合を乗じて算出。		3,057	4,095	1,039	
本検討会		123	197	74	
HFC		69	159	90	
HFC-22の生産に伴うHFC-23の排出		1	2	1	
HFCの生産時の排出		68	113	45	
HFCが封入された製品の製造又は使用開始時の排出		0	44	44	
家庭用冷蔵庫		18	529	512	
家庭用エアコン		0	8	8	
業務用冷凍空調機器		17	159	143	
HFCが封入された製品の使用時の排出		1	362	361	
家庭用冷蔵庫		851	2,607	1,756	
家庭用エアコン		114	196	82	
業務用冷凍空調機器		655	1,028	373	
カーエアコンの製造時の排出		83	1,383	1,300	
カーエアコンの使用時の排出		1	12	11	
カーエアコンの廃棄時の排出		0	475	475	
HFCが発泡剤として含まれている発泡プラスチックの製造時の排出		84	772	688	
HFCが封入された製品の製造又は使用開始時の排出		207	971	764	
ポリスチレン		125	266	141	
ウレタン		72	299	227	
ポリエチレン		8	390	382	
フェノール		2	16	14	
HFCが封入された製品の廃棄時の排出		114	759	646	
ポリスチレン		0	185	185	
ウレタン		112	562	449	
ポリエチレン		0	0	0	
フェノール		1	12	11	
HFCが封入された製品の製造又は使用開始時の排出		4	26	22	
ポリスチレン		0	6	6	
ウレタン		4	19	15	
ポリエチレン		0	0	0	
フェノール		0	1	1	
噴霧器、消火器の使用又は廃棄に伴う排出		263	900	637	
噴霧器		263	900	637	
消火器		0	0	0	
溶剤、洗浄剤の使用に伴う排出		0	0	0	
PFC		3,790	6,025	2,235	
PFCの生産時の排出		307	690	383	
PFCが封入された製品の製造又は使用開始時の排出		0	0	0	
PFCが封入された製品の使用時の排出		0	0	0	
PFCが封入された製品の廃棄時の排出		0	0	0	
溶剤、洗浄剤の使用に伴う排出		2,148	2,978	830	
ドライエッチング、CVDクリーニングに伴う排出		1,335	2,357	1,023	
SF6		3,344	5,354	2,011	
SF6の生産時の排出		16	560	544	
電気機械器具の製造又は使用開始時の排出		1,917	2,220	303	
電気機械器具の使用時の排出		0	100	100	
電気機械器具の点検時の排出		1,004	1,154	151	
電気機械器具の廃棄時の排出		12	13	1	
ドライエッチング、CVDクリーニングに伴う排出		395	1,307	913	



## 5 . 温室効果ガス削減ポテンシャル

H F C 等 3 ガス部門では各用途や排出段階において、用途や排出段階において細かな対策の差は見られるものの、基本的には、計画ケースに盛り込まれている漏洩防止、使用量削減（原単位の低減、低 G W P ・非フルオロカーボン物質等への代替）、回収処理（回収 破壊・再生利用）の徹底、強化によって計画ケース以上の削減の余地があると考えられる。

次頁の表 3 に示す対策のうち、「漏洩防止の強化」、および「原単位の低減による使用量削減」については、概ね全ての用途において既に計画ケース（製品等メーカーによる自主的な取組み）で技術的にかなり高い水準での対策が講じられているため、ここでは検討の対象としていない。

また、代替等による需要削減によって生産量が低減され、ガスの生産時の排出量が削減される可能性がある（間接的効果）が、国内需要が減少しても輸出量が増加すれば、この効果は見込めない。今回の推計では、使用するデータに限界があり、輸出量と国内出荷量とをそれぞれ単独で推計することが困難であることから、国内需要量の削減によって新規生産量（輸出分を含む）が削減されることによる生産時の排出削減効果を検討の対象から除外した。

ここでは、「回収処理の強化」及び「低 G W P ・非フルオロカーボン物質等への代替」（以下、「代替」という。）による使用削減の 2 つの対策による削減ポテンシャルについて検討を行った。

表3 対策強化の可能性と削減ポテンシャルを検討した対策

排出を伴う用途 (ガス副生・製造/製品製造・使用・廃棄)	施行令	該当ガス/製品	計画ケースでの削減対策	強化可能な対策	削減ポテンシャル を検討した対策	
製造から排出までに 時間差のあまり無い用途 (ガス/製品)	HFC-22の生 産に伴うHFC-23 の副生	四イ	HFC-23	副生抑制 回収処理	回収処理の強化	回収処理の強化
	ガス製造	四ロ	その他HFC	漏洩防止	需要量削減による 新規生産量の削減 (間接効果)	
		五イ	PF <sub>6</sub>			
		六イ	SF <sub>6</sub>			
	エアゾール	四ヲ	噴霧器	漏洩防止 使用量削減 (代替)	漏洩防止の強化 使用量削減 (代替)	使用量削減(代替)
			消火器			
溶剤、洗浄 (開放系)	四ワ 五ホ	電子部品	使用量削減 (原単位低減、代替)	使用量削減 (原単位低減、代替)	使用量削減(代替)	
ドライエッチン グ・CVDクリーニ ング	五ヘ 六ヘ	半導体・液晶	使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理	使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理の強化	使用量削減(代替) 回収処理の強化	
製造から排出(廃棄 時)までに時間差のある 用途(製品:数年~数十年)	冷媒 (8~25年)	四ハ、二、ホ 五ロ、八、ニ	家庭用冷蔵庫	漏洩防止 使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理	漏洩防止の強化 使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理の強化	使用量削減(代替) 回収処理の強化
			家庭用エアコン			
			業務用冷凍空調機器			
	発泡 (20~30年)	四リ、又、ル	カーエアコン (自動車)	漏洩防止 使用量削減 (代替)	漏洩防止の強化 使用量削減 (代替)	使用量削減(代替)
			ポリスチレン			
			ウレタン			
			ポリエチレン(注1) フェノール			
溶剤、洗浄 (密閉系、20年)	四ワ 五ホ	電子部品 (密閉型洗浄装置)	使用量削減 (原単位削減、代替) 回収処理	使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理の強化		
電気絶縁 (30~40年)	六ロ、八、二、 ホ	電気機械器具	漏洩防止 使用量削減 (原単位低減、代替) 回収処理	漏洩防止の強化 使用量削減の強化 (原単位低減、代替) 回収処理の強化		

(注1) ただしポリエチレンは製造後直ぐに、ほぼ全てのHFCが排出される。

その結果、回収処理の強化と代替により約2.120万～2,390万CO<sub>2</sub>トンの削減ポテンシャルが見込まれた。

冷媒および発泡用途では、2010年時点において代替による製品使用時のHFC保有量、製品廃棄時のHFC回収対象量の著しい減少は見られなかった。理由としては、代替物質を使用した製品の平均使用年数から考えて、2010年時点で廃棄されるものが未だ少ないことが挙げられる。ただし、今回検討した代替が行われれば、2020年には削減ポテンシャルとしてかなりの削減量が期待できるものと考えられる。

表4 HFC等3ガス部門における温室効果ガス削減ポテンシャル

項目	温室効果ガス排出削減量 [千トンCO <sub>2</sub> ]		
	【回収強化】	【回収強化 + 代替(下位)】	【回収強化 + 代替(上位)】
HFC-22の生産に伴うHFC-23の排出	2,856	2,856	2,856
HFCの生産時の排出	0	0	0
HFCが封入された製品の製造又は使用開始の排出	家庭用冷蔵庫	0	2
	家庭用エアコン	0	42
	業務用冷凍空調機器	0	32
HFCが封入された製品の使用時の排出	家庭用冷蔵庫	0	5
	家庭用エアコン	0	21
	業務用冷凍空調機器	0	112
HFCが封入された製品の廃棄時の排出	家庭用冷蔵庫	73	74
	家庭用エアコン	333	345
	業務用冷凍空調機器	2,098	2,123
カーエアコンの製造時の排出	0	20	33
カーエアコンの使用時の排出	0	358	573
カーエアコンの廃棄時の排出	1,746	1,768	1,781
HFCが発泡剤として含まれている発泡プラスチックの製造時の排出	ポリスチレン	0	155
	ウレタン	0	187
	ポリエチレン	0	972
	フェノール	0	11
HFCが発泡剤として含まれている発泡プラスチックの使用時の排出	ポリスチレン	0	324
	ウレタン	0	696
	ポリエチレン	0	0
	フェノール	0	17
HFCが発泡剤として含まれている発泡プラスチックの廃棄時の排出	ポリスチレン	0	12
	ウレタン	0	27
	ポリエチレン	0	0
	フェノール	0	1
噴霧器、消火器の使用又は廃棄に伴う排出	噴霧器	0	2,334
	消火器	0	0
溶剤、洗浄剤の使用に伴う排出	0	0	0
PFCの生産時の排出	0	0	0
PFCが封入された製品の製造又は使用開始時の排出	0	0	0
PFCが封入された製品の使用時の排出	0	0	0
PFCが封入された製品の廃棄時の排出	0	0	0
溶剤、洗浄剤の使用に伴う排出	0	2,625	2,625
ドライエッチング、CVDクリーニングに伴う排出	3,068	3,230	3,356
SF6の生産時の排出	0	0	0
電気機械器具の製造又は使用開始時の排出	0	0	0
電気機械器具の使用時の排出	0	0	0
電気機械器具の点検時の排出	0	0	0
電気機械器具の廃棄時の排出	0	0	0
ドライエッチング、CVDクリーニングに伴う排出	2,738	2,866	3,026
HFC合計	7,106	12,496	14,915
PFC合計	3,068	5,855	5,981
SF6合計	2,738	2,866	3,026
合計	12,911	21,217	23,922

## 6. コスト - ポテンシャル評価

### 回収・処理

平成13年4月から家電リサイクル法に基づいて、家庭用冷蔵庫および家庭用エアコンからHFCを含むフロンの回収が義務付けられ、家電リサイクル工場において一貫処理システムの中でフロン回収が行われる方向にあり、ガス回収率の向上が見込まれる。

カーエアコンや業務用冷凍空調機器からの冷媒回収に関しては、回収率が向上していないのが一番の課題である。なお、現在、回収事業者が各々自主的に回収装置を用いて作業を行っているが、効率的な回収を行うには技術者の技能や回収装置の性能の向上も課題の一つとしてあげられる。

### 代替

代替に関しては、各使用用途で検討が行われているが、特に、開放系のPFC等の溶剤・洗浄剤の使用用途やダストブロー等HFCを利用したエアゾール用途といった回収が困難な用途に関しては、代替物質を使用した製品の開発などの早急な対応が必要であると考えられる。

表5 HFC等3ガス部門のコスト - ポテンシャル評価

算定区分		対策・技術名	削減ポテンシャル (千t-CO <sub>2</sub> )	費用対効果 [円/t-C]
HFC	HFC-22副 生品の排出	HFC-23破壊技術開発など	2,856	110
	冷媒 (一部発泡用)	回収処理(カーエアコン)	1,746	4,100 ~ 30,800
		回収処理(業務用冷凍空調機器)	2,098	2,700 ~ 33,800
		低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替(製造・使用・廃棄)	652 ~ 1,142	
	発泡	低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替	2,402 ~ 4,334	
エアゾール、噴霧 器、消火器	低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替	2,334		
PFC	ドライエッチ ング・CVDクリ ーニング	回収・処理	3,068	
		低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替	162 ~ 228	
	溶剤・洗浄(開 放系)	低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替	2,625	
SF <sub>6</sub>	ドライエッチ ング・CVDクリ ーニング	回収・処理	2,738	
		低GWP、非フルオロカーボン系 物質への代替	128 ~ 288	

## 7. 対策・技術導入にあたっての課題と必要な対策手法

### 回収・処理

HFC-22の生産に伴うHFC-23の回収処理、電子部品の製造時の溶剤・洗浄剤の回収処理、半導体・液晶のドライエッチング・CVDクリーニングによる排ガスの回収処理といったオンサイト（ガスの生産、製品の製造現場）での対策や、電気絶縁用途のように排出する主体と回収処理に係る関係主体が一致している場合においては、比較的回収処理の対策を講じやすい。

一方で、冷媒用途、発泡用途においては製品メーカー、ユーザー、回収事業者など多くの主体が関与するため、回収処理等を進めるためには、役割分担や費用負担を考慮した社会システムづくりが必要であり、法制度や経済的手法を含めた包括的な検討により目標達成のための仕組み作りの検討が必要である。

### 代替

HFCの使用用途においては、モントリオール議定書に基づいたオゾン層保護対策として1995年前後から今日に至るまでCFC、HFCからの転換が行われてきたところである。したがって、用途によっては更なる代替に要するコスト負担等により積極的に取組まれていない状況があると考えられる。

また、HFCやPFCのフルオロカーボン系物質を炭化水素系の可燃性物質で代替する場合には、消防法などの法規制への対応等で新たな設備投資の費用負担が発生する可能性もあり、中小・零細企業にとっては代替が進まない要因になる可能性がある。

特に、PFC等の溶剤・洗浄剤やHFC等を利用したエアゾールなど回収が困難な用途においては、中小・零細企業に対して、代替を促進するような助成や技術支援、普及啓発を行うことが必要と考えられる。

表6 HFC等3ガス部門のの対策技術導入にあたっての課題と必要な対策手法

算定区分		対策・技術名	制度的・社会的課題	必要な対策手法	副次的効果
HFC	HFC-22副製品の排出	HFC-23破壊	回収処理設備・装置の導入費用が必要である。(経済的な課題)	助成措置などの経済的な支援	特になし
	冷媒(一部発泡用)	回収処理(カーエアコン)	回収処理システムの構築(運用面)。役割分担、費用負担の明確化。	法制度、経済的手法(税、課徴金など)を含めた包括的手法	特になし
		回収処理(業務用冷凍空調器)	回収処理システムの構築(運用面)。役割分担、費用負担の明確化。	法制度、経済的手法(税、課徴金など)を含めた包括的手法	特になし
		低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替(製造・使用・廃棄)	追加的な設備投資の可能性がある。(経済的な課題)	助成・技術支援・普及啓発。	特になし
	発泡	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	追加的な設備投資の可能性がある。(経済的な課題)	助成・技術支援・普及啓発。	特になし
	エアゾール、噴霧器、消火器	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	追加的な設備投資の可能性がある。(経済的な課題)	使用禁止等の規制措置。助成・技術支援・普及啓発。	特になし
PFC	溶剤・洗浄(開放系)	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	追加的な設備投資の可能性がある。(経済的な課題)	使用禁止等の規制措置。助成・技術支援・普及啓発。	特になし
	ドライエッチング・CVDクリーニング	回収・処理	回収処理設備・装置の導入費用が必要である。(経済的な課題)	助成措置などの経済的な支援	特になし
SF <sub>6</sub>	クリーニング	低GWP、非フルオロカーボン系物質への代替	追加的な設備投資の可能性がある。(経済的な課題)	助成、技術支援、普及啓発	特になし

## 8. 推計上の課題・留意点

### (1) 排出量の将来推計及び削減ポテンシャル推計の課題・留意点

#### 排出量の将来推計の課題・留意点

##### 潜在排出量と実排出量

HFC等3ガスについては、条約事務局に提出している「温室効果ガス排出・吸収目録（インベントリ）」において、潜在排出量（生産量＋輸入量－輸出量－破壊量）を報告してきたところであるが、平成11年に制定した地球温暖化対策推進法施行令において、HFC等3ガスについては、実排出量（生産、使用、廃棄の各段階で実際に大気中に排出される量）を算定することとしているため、環境省では、インベントリにおいても、実排出量を報告することを予定している。

図5に、潜在排出量と実排出量の推移を示す。なお、実排出量については、まだインベントリにより報告していないため、現在のところ、政府における公式の数値は存在せず、ここでは、環境省における1995年から1998年までの推計値と、経済産業省の化学品審議会において公表されている推計値とを併せて示した。

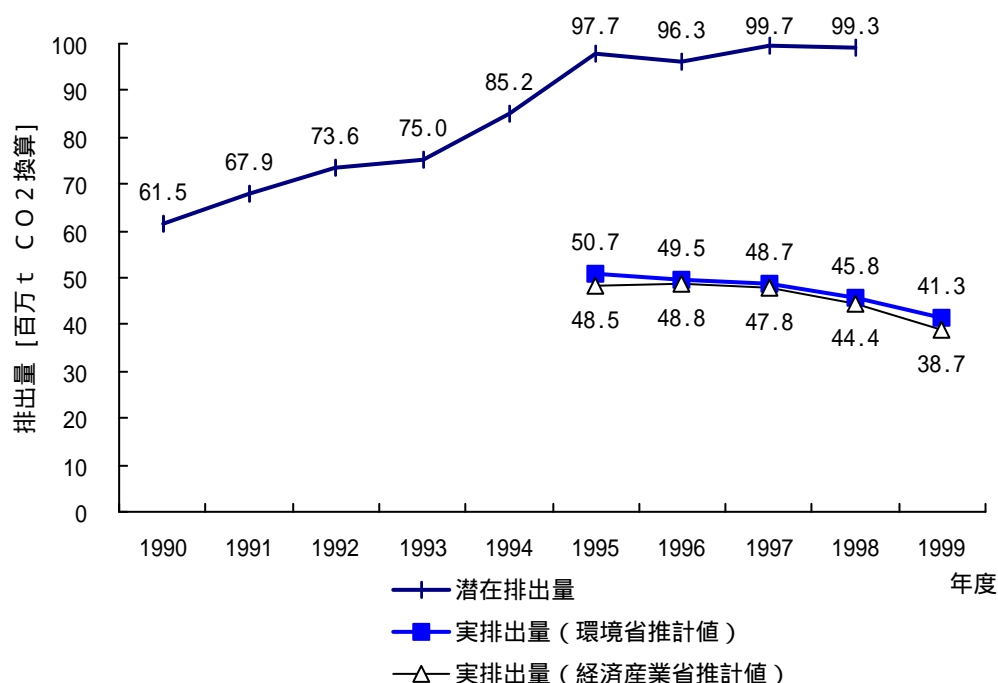


図6 HFC等3ガスの潜在排出量と実排出量の推移

### 情報公開によるチェック&レビューの強化

現在、HFC等3ガス部門においては、排出量および排出削減量の推計を行う際の算定基礎資料として、経済産業省の化学品審議会地球温暖化防止対策部会<sup>2</sup>における排出量、削減見込量、算定基礎データ等を多く利用している。

しかしながら、これらの算定の根拠（算定式）が明確になっていない状況にあり、排出量および削減見込量を検算や改正することが不可能である。

今後、排出量の算定方法の精度向上が気候変動枠組条約の各締約国に求められることから、これらの根拠についての情報公開によって排出量算定に係るチェック&レビューを行えるようにする必要がある。

### マスマランスの把握による排出量等の算定精度の向上

HFC等3ガスのマスマランス（生産量、輸出量、輸入量、国内出荷量、使用量、保有量、廃棄量、回収量、破壊量、再生利用量、排出量など）を出来る限り把握することにより、実排出量を算定するに際しての補足漏れをなくすとともに、適切な対策の立案に活用する必要がある。

マスマランスの把握のためには、関係機関の情報公開と協力が得られるシステムづくりが必要である。

### 施行令上推計が不可能な部分

現在、地球温暖化対策推進法施行令に定める実排出量の算定方法ではカバーできていない部分が存在する。

特にSF<sub>6</sub>に関しては、国内出荷後に使用されずに保管されている在庫量については不明であるが、国内出荷量に対する使用量の捕捉率が約7割程度であり、残りの約3割は不明である（表7参照）。

この不明量はHFC等3ガス全体の排出量と比較しても、約3割を占めていることから、わが国の温室効果ガス全排出量に対する影響が大きく、使用実態、在庫量等についての把握が必要である。

---

<sup>2</sup>平成13年1月の省庁再編以前の名称



表7 SF<sub>6</sub>の捕捉状況[百万CO<sub>2</sub>トン]

項目\暦年	1995	1996	1997	1998
SF <sub>6</sub> 国内出荷量(A)=(a)+(b)-(c) (注1)	52.6	50.2	49.7	50.0
国内生産量(a)	57.4	57.4	60.7	58.3
輸入量(b)	0.0	0.0	0.0	0.0
輸出量(c)	4.8	7.2	11.0	8.3
SF <sub>6</sub> 使用量(B)=(a)+(b)	36.6	36.9	33.1	38.2
電気機械器具製造時(a) (注2)	35	35	31	36
ドライエッチング・CVDクリーニング(b)(注3)	1.6	1.9	2.1	2.2
SF <sub>6</sub> 捕捉率(C)=(B)×100/(A) (%) (注4)	70	74	67	76
SF <sub>6</sub> 不明量(D)=(A)-(B) (注5)	16.0	13.3	16.6	11.8
HFC等3ガス全排出量推計結果(E)	50.7	49.5	48.7	45.5
全排出量に占めるSF <sub>6</sub> 不明量の割合(F)=(D)×100/(E) (%)	32	27	34	26

(注1) ある任意の年次の国内出荷量は、同じ年次の国内生産量 + 輸入量 - 輸出量にほぼ等しいと仮定した。(出典：環境省資料(気候変動枠組条約報告資料))

(注2) 充填量

(出典：「第7回化学品審議会地球温暖化防止対策部会」(経済産業省、2000年))

(注3) 半導体、液晶分野での使用量の総和

(出典：「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第4部」(環境省、2000年))

(注4) 捕捉率をある任意の年次の使用量 / 同年次の国内出荷量とした。国内出荷後に使用されずに保管されている在庫量については不明であるため考慮していない。

(注5) 不明量をある任意の年次の国内出荷量から同年次の使用量を差引いた量とした。

### 削減ポテンシャル推計上の課題・留意点

#### 回収処理、代替の普及率の想定について

HFC等3ガスは人為的に作られる化学物質であるため、文字通り経済的・制度的制約を捨象すると、CFCの生産全廃と同様にほとんど排出量をゼロとすることができ、削減ポテンシャル量は計算するまでもなく自明であることから、この部門の検討では、今後の検討に資するように、用途別の差異を考慮してよりゆるやかな代替を想定した。また、回収処理の強化及び代替以外の対策については、計画ケースにおいてある程度高い削減技術・対策のレベルにあるため、さらなる強化は考慮していない。このため、想定以上の対策強化も可能であり、今後留意して検討していく必要がある。

なお、想定は台数ベースで行っているが、本検討では、一台当たりの使用量を一定とおいており、一台あたりの使用量について削減できるとする技術的根拠や、増大するという何らかの根拠があれば、今後検討に加えていく予定である。

## 回収処理の強化と代替の組み合わせについて

ガスの使用と排出がほぼ同時に行われるような開放系洗浄用途やドライエッチング・CVDクリーニング用途では、代替を進めることにより即効的な削減効果が期待できる。一方、ガスが製品へ充填される用途については、代替後に一定の時間的ずれを経て、回収処理の対象となるHFC等3ガスの量が減少することとなる。

このため、回収処理の強化と代替を組み合わせた場合の削減ポテンシャルの検討にあたっては、両者の効果を単純に足し合わせるのではなく、代替による回収処理量の減少の動向も踏まえて全体としての削減効果を算定している。

## (2) コスト評価の課題・留意点

現時点において、HFC等3ガス部門におけるコスト評価の方法論に関する十分な検討が出来ていないため、今回は削減ポテンシャルのうち、幾つかの試算例という形で提示している。

### 回収・処理(オンサイト)のコスト評価

HFC-22の生産に伴うHFC-23の排出：既に技術(回収処理装置)が普及しているプラントに追加導入、または新規導入の可能性があるととして算定した。

### 冷媒の回収処理システム構築のコスト評価

家庭用冷蔵庫及びエアコン：家電リサイクル法により計画ケース(製品回収率90%、ガス回収率70%)に対応したインフラが整備される。また削減ポテンシャルの場合(製品回収率90%、ガス回収率80%)の追加的なインフラがどの程度かを推し量る根拠が無いとため、今回は追加的な費用は発生しないと仮定。

業務用冷凍空調機器：既存施設および今後のオゾン層保護対策による公的・民間助成によるハード面でのインフラ整備は進むと仮定する。計画ケース(回収処理率：10%)から削減ポテンシャル(回収処理率：72%)の追加的な費用は、インフラ整備費を除いて回収処理費用のみと仮定した。

カーエアコン：業務用冷凍空調機器と同様に計画ケース(回収処理率：50%)から削減ポテンシャル(回収処理率：72%)の追加的な費用は、インフラ整備費を除いて回収処理費用のみと仮定した。

## 9. まとめ

### (1) 温室効果ガス排出量の現状と現行施策の評価

HFCについては、オゾン層破壊物質であるCFC、HCFCの代替物質として、近年生産が増大し、冷媒、発泡剤、エアゾール、溶剤・洗浄剤と幅広く使用されるようになり、冷媒、発泡剤の分野では、現状のまま推移すると、今後とも使用量の増大が見込まれる。

PFCについては、1980年代後半からのハイテク関連産業の成長とともに、電子部品等の洗浄用途、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用途として使用量が増加している。回収処理装置の回収効率が高いが、設置率は低い。

SF<sub>6</sub>は従来、主に電気絶縁用として、密閉型ガス開閉装置、遮断器及び変圧器等の電力用機器に使用されていたが、最近はこれに加えて、半導体・液晶のエッチング、CVDクリーニング用にも利用され、使用量が増大している。一方、電気絶縁用途での回収処理は高い実績を示している。

HFC等3ガスについては、業界の自主的取組を含めて様々な排出抑制策が講じられているが、冷媒用HFCやドライエッチング・CVDクリーニング用途でのPFCやSF<sub>6</sub>の回収率は依然として低レベルにとどまっているなど、一層の削減が必要である。

### (2) 今後の削減ポテンシャルと主要課題

#### 回収・処理

HFC等3ガスの生産工程、これらのガスを利用した製品の製造工程など、工場内におけるHFC等3ガスの回収処理については、比較的対策を講じやすく、相当の削減ポテンシャルが見込まれるが、回収処理装置等の導入に際して相当程度の設備投資を必要とすることから、助成措置などの経済的な支援を実施していく必要がある。

冷媒用途、発泡用途について排出抑制を図る際には、製品メーカー、ユーザー、回収事業者など多くの主体が関与するため、回収処理を推進するためには、役割分担や費用負担を考慮に入れて、法規制や経済的手法を含む社会システムづくりについて検討することが必要である。

## 代替

エアゾール、開放系の洗浄、発泡用途のように回収処理が困難であり、かつ、環境負荷の少ない代替物質が実用化されている用途については、HFC等3ガスの使用の禁止等の規制的措置を導入することが有効である。この際、中小・零細企業に対しては、代替を促進する助成や技術支援が必要と考えられる。

冷媒用途については、大気中に排出しないために、回収・破壊・再生利用を中心とする考え方と、代替を進める考え方があるが、代替物質の性能・開発状況やコスト評価結果に基づいて選択していく必要がある。

ドライエッチング、CVDクリーニング用途でのPFC及びSF<sub>6</sub>の代替物質については、製品の品質への影響、安全性、コスト、環境への影響等について調査研究段階にあり、研究成果が得られ次第、施策へ反映させることが必要である。

図7 HFC等3ガス部門における対策と効果の関係

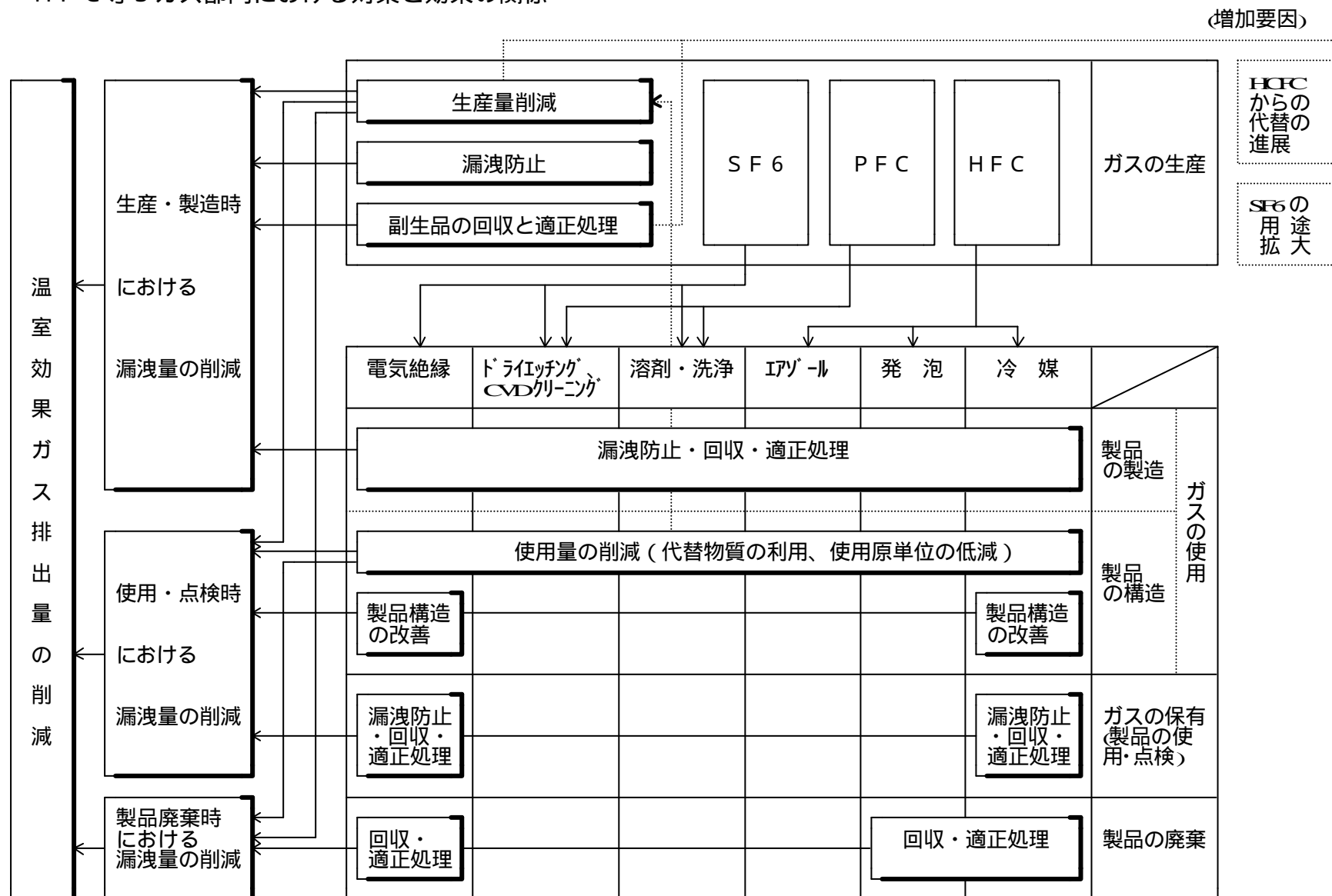


表 8 削減技術コード表

エネルギー 転換部門	a 電力供給	イ、火力発電所の効率向上	
		ロ、火力発電の燃料転換	
		ハ、非炭素電源の利用(新工ネ等を除く)	
		ニ、新エネルギー等の利用	
		ホ、送配電ロスの削減	
		ヘ、その他	
b 都市ガス製造・供給	イ、低炭素原料への転換		
	ロ、転換効率の向上		
	c 石油精製	イ、精製効率の向上	
		イ、未利用熱エネルギーの利用	
		e 一次生産	イ、炭田ガス対策
			イ、電力負荷平準化
産業部門	a エネルギー多消費業種における省エネルギーの推進	イ、鉄鋼業における対策	
		ロ、セメント製造業における対策	
		ハ、紙・パルプ業における対策	
		ニ、石油化学工業における対策	
		b エネルギー供給	イ、自家発電施設の高効率化、自然エネルギー導入、小型分散電源、燃料転換
			イ、熱管理
c 生産工程における省エネルギー	ロ、電力管理		
	イ、新素材の利用		
e 資源循環	ロ、資源の有効利用		
	ハ、生産システムのグリーン化		
輸送部門	a 個別輸送機器のエネルギー消費効率の向上	イ、自動車：燃費の向上	
		ロ、自動車：低公害車の導入	
		ハ、鉄道：省エネルギー型車両の導入	
		ニ、船舶：エネルギー効率向上	
		ホ、航空機：エネルギー効率向上	
		イ、モーダルシフトの推進	
b 物流の効率化	ロ、トラックの積載率の向上		
	ハ、物流の情報化		
c 公共交通機関の利用	イ、自転車の利用促進、電車、バスの利用促進		
	ロ、都市内公共交通機関の整備		
d 交通対策の推進	イ、ITS(高度道路交通システム)の推進		
	ロ、交通需要マネジメント(TDM)		
e ライフスタイルの変更	ハ、エコドライブの推進		
	イ、自動車利用習慣		
民生部門	a 家庭用	ロ、冷暖房	
		ロ、暖房・給湯	
		ハ、給湯・厨房	
		ニ、その他電力	
		ホ、照明	
		ヘ、建物内エネルギー供給システム	
b 業務用	イ、空調用		
	ロ、その他動力		
HFC等3 ガス部門	a HFCs	イ、HFC生産時の排出、HCFC22副製品の排出	
		ロ、冷媒(一部発泡用)：家庭用電気冷蔵庫、家庭用エアコン、業務用冷凍空調機器、自動車用エアコン	
		ハ、発泡：押出ポリスチレン、ウレタンフォーム、ポリエチレンフォーム、フェノールフォーム	
		ニ、エアゾール、噴霧器、消火器	
		ホ、溶剤・洗浄	
		イ、各PFCの生産時の排出	
b PFCs	ロ、溶剤・洗浄		
	ハ、ドライエッチング、CVDクリーニング		
c SF6	イ、SF6の生産時の排出		
	ロ、電気機械器具(ガス絶縁装置)		
生物資源等 部門	a 農業	ハ、ドライエッチング、CVDクリーニング	
		イ、家畜の消化管内発酵	
		ロ、家畜のふん尿処理	
		ハ、稲作	
		ニ、施肥	
		ハ、焼却	
b 廃棄物	イ、埋立		
	ロ、下水処理		
c 土地利用、土地利用変化及び林業	ハ、焼却		
	イ、木質バイオマスのエネルギー利用		
	ロ、他材料(建築資材等)の木材による代替		
	ハ、都市緑化・屋上緑化		
	イ、木材の耐久的利用		
	ニ、(木造住宅の長寿命化、木製品のリサイクル等)		

10. 対策・技術シート

分野		対策・技術名	頁
HFCs	生産時、副製品の排出	HFC-22 の生産に伴う副生 HFC-23 の回収処理技術	2 4
	冷媒	カーエアコンからの冷媒の回収処理	2 5
		業務用冷凍空調機器からの冷媒の回収処理	2 6
		低 GWP、非フルオロカーボン系物質へ代替	-
	発泡	低 GWP、非フルオロカーボン系物質へ代替	-
	エアゾール等	低 GWP、非フルオロカーボン系物質へ代替	-
PFCs	溶剤・洗淨	低 GWP、非フルオロカーボン系物質へ代替	-
	ドライエッチング等	ドライエッチングにおける回収処理技術（装置、設備）	-
		C D V クリーニングにおける回収処理技術( 装置、設備 )	-
SF6	ドライエッチング等	ドライエッチングにおける回収処理技術（装置、設備）	-
		C D V クリーニングにおける回収処理技術( 装置、設備 )	-

## HFC

対策技術名		HCFC-22 の生産に伴う副生 HFC-23 の回収処理技術			
コード番号	- a - イ	分類	技術の効率改善・代替	改訂年月日	2001 年 4 月 23 日
技術の概要	HCFC-22 の生産工程において副生する HFC-23 を回収処理し、水蒸気と塩類に無害化する。				
技術の普及状況	回収処理率ベースで 29% (1998 年) (回収量 / 国内総排出量)	克服すべき技術的課題	回収処理率の向上 (現時点において政府プロジェクトによる実証試験が実施されている。)		
ケース	削減量 (千 t-CO <sub>2</sub> )	算定根拠概要			参照頁
計画ケース	11,207	回収処理率を 29% から 80% まで向上 (1998 2010 年)			3-3-5 p.4
ポテンシャル	2,856	回収処理率を 80% から 95% まで強化 (2010 年)			3-4-5 p.8
GHG 削減量	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	削減量(B-A)(C)	備考
	排出係数	回収率 : 90%	回収率 : 0%	13.98 (百万 t-CO <sub>2</sub> )	英国の総排出量の 3% を削減(導入前比で排出量を 90%削減) 1998 ~ 1999 年にかけての英国の HFC 削減量は総排出量の約 3% に相当することから、削減量が全て本技術によるものと仮定した。
	年間 GHG 排出量	6.21 (百万 t-CO <sub>2</sub> )	20.18 (百万 t-CO <sub>2</sub> )		
年間エネルギー消費量	-	-	-		
コスト評価	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	備考(出典、特記事項など)	
	設備投資費(a)	700 万英国ポンド	-	(英国の総排出量に関する情報) <a href="http://www.press.detr.gov.uk/0103/ae-99.htm">http://www.press.detr.gov.uk/0103/ae-99.htm</a>	
	維持管理費(b)	(a)の 10%と仮定	-	(技術の情報 : 英国 ICI 社) <a href="http://209.237.161.34/pressoffice/news/newsarticles.asp?NewArtNo=56">http://209.237.161.34/pressoffice/news/newsarticles.asp?NewArtNo=56</a>	
	人材費(c)	(a)の 10%と仮定	-		
	耐用年数(d)	10 年と仮定	-		
	年間費用(a/d+b+c)	210 万英国ポンド	-	追加費用(A-B)(D)	210 万英国ポンド
	費用対効果(D ÷ C)	約 0.15 英国ポンド (約 30 円) t-CO <sub>2</sub> 1 英国ポンド = 200 円で計算		約 110 円/t-C	
	制度的課題	特になし			
	社会的課題	特になし			
	必要な対策手法	メーカーに導入を指導、義務化			
	副次的効果	特になし			



HFC

対策技術名		カーエアコンからの冷媒の回収処理			
コード番号	- a - 口	分類	技術の効率改善・代替	改訂年月日	2001年4月23日
技術の概要		回収システムの構築			
技術の普及状況	回収処理率ベースで4% (1998年) (回収量/廃棄量)	克服すべき技術的課題	普及率の向上		
ケース	削減量 (千 t-CO <sub>2</sub> )	算定根拠概要			参照頁
計画ケース	307	回収処理率を4%から10%まで向上 (1998 2010年)			3-3-5 p.41
ポテンシャル	1,746	回収処理率を10%から72%まで強化(2010年)			3-4-5 p.8
GHG削減量	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	削減量(B-A)(C)	備考
	排出係数	-	-	-	回収システムのハード面でのインフラの整備は、既存のもの及びオゾン層保護対策でのフロン回収公的・民間助成により追加的な投資は無いものと仮定した。
	年間 GHG 排出量	-	-	-	
	年間エネルギー消費量	-	-	-	
コスト評価	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	備考(出典、特記事項など)	
	設備投資費(a)	-	-	費用効果の試算は環境省の試算方法を参考に行なった。 ・1台当りの回収量(回収率)を設定 ・1台当りのフロン回収処理費(回収費、運搬費、破壊費)をヒアリング等の実態調査により設定 ・単位フロン量当りのトータルの回収処理費用を算定 ・回収処理費用をCO <sub>2</sub> 、Cベースに換算	
	維持管理費(b)	-	-		
	エネルギー費(c)	-	-		
	耐用年数(d)	-	-		
年間費用(a/d+b+c)	-	-	追加費用(A-B)(D)	-	
費用対効果(D÷C)	削減ポテンシャル算定時(ガス回収率:85%)の場合 (対象車種) 普通自動車、軽自動車、普通トラック、小型トラック、軽トラック、バス (フロン回収処理費) 3,000~5,000円/台(環境省調べ)				
	1,100~8,400円/t-CO <sub>2</sub>			4,100~30,800円/t-C	
制度的課題	回収処理システムの構築(特に運用面)				
社会的課題	製品メーカー、ユーザー、回収事業者等多くの関係主体を含むため、役割分担や費用負担を考慮した社会システムづくりを進める必要がある。				
必要な対策手法	回収処理の義務付け、法制度の整備				
副次的効果	特になし (オゾン層保護対策でのノウハウを活用することが可能である。)				

## HFC

対策技術名		業務用冷凍空調機器からの冷媒の回収処理			
コード番号	- a - 口	分類	技術の効率改善・代替	改訂年月日	2001年4月23日
技術の概要		回収システムの構築			
技術の普及状況	回収処理率ベースで 47% (1998年) (回収量/廃棄量)	克服すべき 技術的課題	普及率の向上		
ケース	削減量 (千 t-CO <sub>2</sub> )	算定根拠概要			参照頁
計画ケース	303	回収処理率を 47% から 50% まで向上 (1998 2010年)			3-3-5 p.35
ポテンシャル	2,098	回収処理率を 50% から 72% まで強化(2010年)			3-4-5 p.5
GHG削減量	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	削減量(B-A)(C)	備考
	排出係数	-	-	-	回収システムのハード面でのインフラの整備は、既存のもの及びオゾン層保護対策でのフロン回収公的・民間助成により追加的な投資は無いものと仮定した。
	年間 GHG 排出量	-	-	-	
年間エネルギー消費量	-	-	-		
コスト評価	項目	導入技術(A)	既存技術(B)	備考(出典、特記事項など)	
	設備投資費(a)	-	-	費用効果の試算は環境省の試算方法を参考に行なった。 ・ 1 台当りの回収量 (回収率) を設定 ・ 1 台当りのフロン回収処理費 (回収費、運搬費、破壊費) をヒアリング等の実態調査により設定 ・ 単位フロン量当りのトータルの回収処理費用を算定 ・ 回収処理費用を CO <sub>2</sub> 、C ベースに換算	
	維持管理費(b)	-	-		
	I <sup>1</sup> 補償費(c)	-	-		
耐用年数(d)	-	-			
年間費用(a/d+b+c)		-	-	追加費用(A-B)(D)	-
費用対効果(D ÷ C)		削減ポテンシャル算定時 (ガス回収率: 90%) の場合			
		(対象機種) 業務用エアコン、遠心冷凍機、冷凍冷蔵ユニット、チリングユニット、製氷機、冷水機、除湿機、冷凍・冷凍ショーケース、輸送用冷凍・冷蔵ユニット、自動販売機		(フロン回収処理費) 1,000 ~ 869,000 円 / 台 (環境省調べ)	
		700 ~ 9,200/t-CO <sub>2</sub>		2,700 ~ 33,800/t-C	
制度的課題	回収処理システムの構築 (特に運用面)				
社会的課題	製品メーカー、ユーザー、回収事業者等多くの関係主体を含むため、役割分担や費用負担を考慮した社会システムづくりを進める必要がある。				
必要な対策手法	回収処理の義務付け、法制度の整備				
副次的効果	特になし (オゾン層保護対策でのノウハウを活用することが可能である。)				