



技術戦略研究センターレポート

# TSC Foresight

Vol. **6**

## 地球環境対策（フロン）分野の 技術戦略策定に向けて

2015年10月

<b>1</b> 章 地球環境対策（フロン）技術の概要 .....	2
<b>2</b> 章 地球環境対策（フロン）技術の置かれた状況 .....	3
2-1 規制の動向 .....	3
2-2 技術開発の動向 .....	9
2-3 産業競争力（諸外国との比較） .....	11
<b>3</b> 章 地球環境対策（フロン）分野の技術課題 .....	14
<b>4</b> 章 おわりに .....	15

TSCとはTechnology Strategy Center（技術戦略研究センター）の略称です。

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## 1章 地球環境対策(フロン)技術の概要

1970年代にフロンのオゾン層への影響が指摘されたことを受け、オゾン層破壊効果を有する物質である特定フロン(CFC(クロロフルオロカーボン)及びHCFC(ハイドロクロロフルオロカーボン))について、生産及び消費を規制する「モントリオール議定書」が1987年に採択され、先進国においては2020年までに実質全廃となる見通しである。その後、地球温暖化防止に関して、1988年に国連環境計画(UNEP)が世界気象機関(WMO)とともに「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」を設立し、地球温暖化に関する自然科学的及び社会科学取組を開始した。1992年には「気候変動枠組条約」が採択され、その具体的な温室効果ガスの排出抑制対策として、

1997年に「京都議定書」が採択され2005年に発効した。

特定フロンの代替物質として利用が進んだ代替フロン等3ガス<sup>\*1</sup>はODP<sup>\*2</sup>がゼロである一方、大気中に長期間にわたって安定に存在し、かつ極めて強力な温室効果を有することから、京都議定書において排出削減対象ガスに指定されている。2013年には新たにNF<sub>3</sub>(三フッ化窒素)が指定され、これを加えた代替フロン等4ガスについて、排出削減対策が検討されている(図1、表1)。

代替フロンの主用途は冷凍空調機器の冷媒であり、HFCガスが利用されている。今後、同機器の利用は世界各国で継続し、また、途上国を中心に増加の見通しである。一方、冷媒の利用においては地球温暖化防止との両立が重要な前提条件であることから、更なる低GWP<sup>\*3</sup>冷媒の利用を促進することが望まれる。

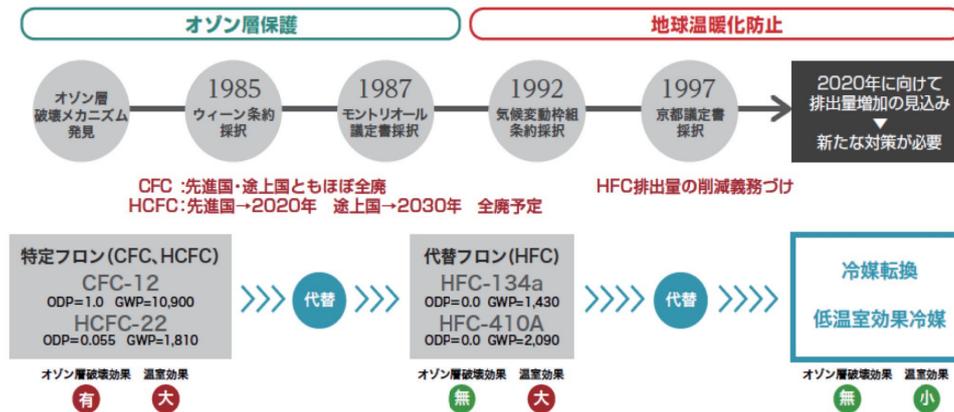


図1 フロン類を巡る規制と対策の流れ  
出所: NEDO 環境部作成 (2015)

表1 特定フロン及び代替フロン等4ガス

総称	特定フロン		代替フロン等4ガス			
	CFC (クロロフルオロカーボン)	HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)	HFC (代替フロン) (ハイドロフルオロカーボン)	PFC (パーフルオロカーボン)	SF <sub>6</sub> (六フッ化硫黄)	NF <sub>3</sub> (三フッ化窒素)
国際規制	モントリオール議定書対象物質 (生産・輸入規制) 京都議定書対象外		京都議定書対象物質 (NF <sub>3</sub> は2013年より)			
オゾン層破壊効果	大きい	比較的小さい	まったくオゾン層を破壊しない			
温室効果(GWP)	極めて大きい (約10,000)	大きい (数百~約2,000)	大きい (数百~約4,000 <sup>**</sup> )	極めて大きい (約6,000~9,000)	極めて大きい (約23,900)	極めて大きい (約17,200)
主な用途	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 (95年以降全廃済み)	・冷凍空調機器の冷媒 ・洗浄剤、溶剤等 (2020年全廃予定)	・冷凍空調機器の冷媒 ・断熱材の発泡剤等	・半導体、液晶製造 ・洗浄剤、溶剤	・電気絶縁機器 ・半導体、液晶製造 ・マグネシウム製造	・半導体、液晶製造等

出所: 各種公開資料を基に NEDO 環境部作成 (2015)

※1 HFC(ハイドロフルオロカーボン)、PFC(パーフルオロカーボン)、SF<sub>6</sub>(六フッ化硫黄)の三種のフッ素化合物の総称  
 ※2 ODP:オゾン層破壊係数(Ozone Depletion Potentialの略であり、CFC-11を1.0として、オゾン層に与える破壊効果の強さを表す値。)

※3 GWP:地球温暖化係数(Global Warming Potentialの略であり、CO<sub>2</sub>を基準(1.0)として、同量、同期間における温室効果の大きさを相対比較した値。本稿では100年間の影響を考えた場合の数値を示す。)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## 2章

### 地球環境対策(フロン) 技術の置かれた状況

## 2

### -1 規制の動向

#### (1) 温室効果ガス排出削減における政府方針

京都議定書第一約束期間(2008～2012年)における我が国の温室効果ガスの排出削減目標は基準年(1990年)比で-6%である。この目標達成のため、CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)、CH<sub>4</sub>(メタン)、N<sub>2</sub>O(亜酸化窒素)とともに代替フロン等3ガスも排出削減目標が設定され、-6%のうちの-1.6%を担うこととなった。

フロン類の排出量削減のため、使用済みとなった機器からのフロン類の回収・破壊等については、「フロン回収・破壊法」、「家電リサイクル法」、「自動車リサイクル法」等の施行により対策が行われている。さらにフロン類の回収率向上を図るため、「フロン回収・破壊法」の改正が行われ、2007年に施行されている。

その後、フロン類の製造から廃棄までのライフサイクル全体を見据えた包括的な対策実施を目的として、「フロン回収・破壊法」が全面改正され、「フロン排出抑制法」が2015年に施行されている。

さらに、2015年12月のCOP21において、2020年以降の国際枠組みが合意されることとなっており、我が国の約束草案は、2030年度に2013年度比-26.0%(2005年度比-25.4%)の水準にすることを目標としている。代替フロン等4ガスについては、2013年度比-25.1%(2005年度比+4.5%)の水準にすることを目標としている。これは総排出量比で-0.7%に相当する。

#### (2) 国内における温室効果ガスの排出状況

##### ① 温室効果ガス排出量

我が国の2013年度の温室効果ガス排出量は14億800万トン(2005年度比+0.8%、1990年度比+10.8%)である(図2)。2005年度と比べて温室効果ガス排出量が1,100万トン増加している要因としては、エネルギー起源CO<sub>2</sub>の排出量増加のほか、特定フロンから代替フロンへの転換に伴い、冷媒使用機器からのHFCガスの排出量が増加したことなどが挙げられる。

##### ② 代替フロン等4ガスの排出量の推移

代替フロン等4ガスの排出量は、2004年度までに大幅に減少したが、その後は増加傾向にある。2013年度の代替フロン等4ガス排出量の内訳としてはHFCが最も大きく、全体の8割以上を占める。HFCは2005年度から排出量が大きく増加している(図3)。

さらにHFCの排出量を用途別にみると、HCFC-22を製造する際の副生成物であるHFC-23の排出量が1995年をピークに大幅に減少している一方、エアコン等の冷媒からの排出量は、オゾン層破壊物質であるCFC、HCFCからオゾン層を破壊しないHFCへの冷媒転換に伴って増加を続けており、2005年度以降大幅に増加している(図4)。また、冷凍空調機器に利用されているHFCにおいては、使用中の漏れによる排出量が冷凍空調全体の排出量の約半分であることがわかる(表2)。

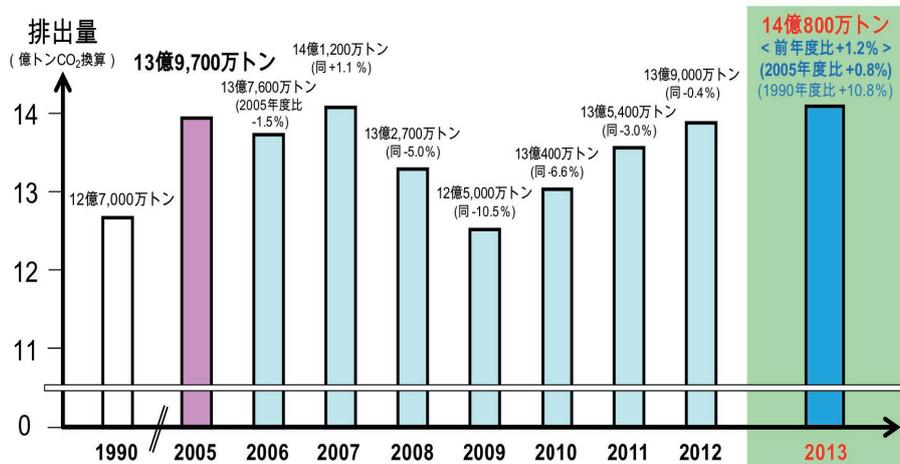


図2 我が国の温室効果ガス排出量

出所: 2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について(環境省, 2015)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

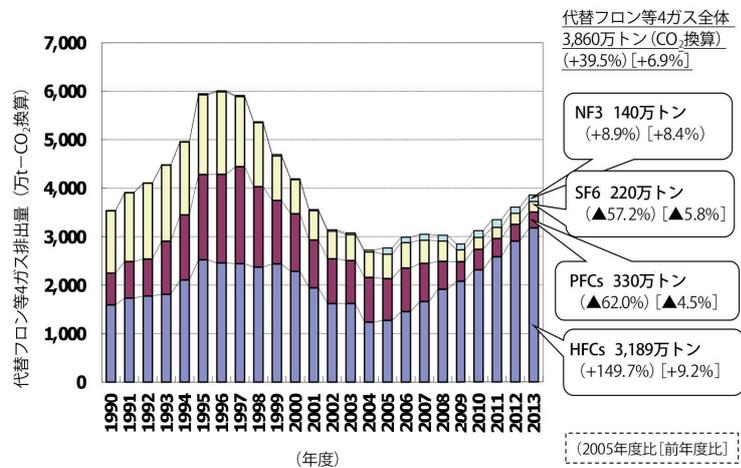


図3 代替フロン等4ガスの排出量の推移

出所: 2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について(環境省, 2015)を基にNEDO環境部作成

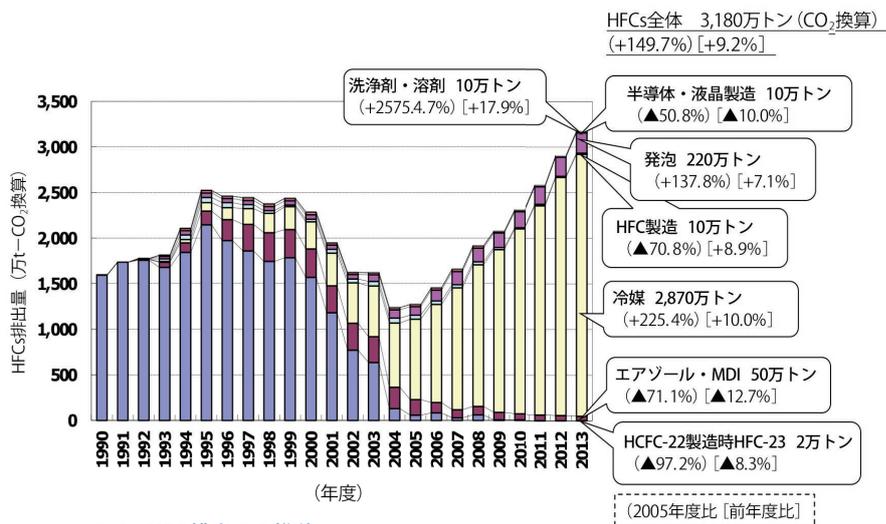


図4 HFC排出量の推移

出所: 2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について(環境省, 2015)を基にNEDO環境部作成

表2 冷凍空調機器の使用時におけるHFC冷媒漏えい割合

機種 (内は代表的冷媒、下段は1台辺り冷媒充填量)	推計市中稼働台数 (台)	毎年の漏えい割合		使用時HFC漏えい量 (2020年BAU推計) (百万t-CO2)
		従前	現在	
小型冷凍冷蔵機器 (内蔵型業務用冷蔵庫等) (R-404A, HFC-134a 等) 数百g~数kg	約760万台	0.01 ~0.02%	2%	0.1
別置型ショーケース (R-404A, R-407C 等) 数十~数百kg	約140万台	0.7%	16%	9.6
その他中型冷凍冷蔵機器 (除く別置型冷凍冷蔵ショーケース) (R-404A, R-407C 等) 数kg~数十kg	約130万台	1~9%	13~17%	1.8
大型冷凍機 (HFC-134a, R-404A 等) 数百kg~数t	約0.8万台	2%	7~12%	0.9
ビル用PAC (R-410A, R-407C 等) 数十kg~数百kg	約100万台	0.9%	3.5%	2.2
その他業務用空調機器 (R-410A, R-407C 等) 数kg~数十kg	約950万台	0.9~4.4%	3~5%	3.1
家庭用エアコン (R-410A 等) 約1kg程度	約1億台	0.2%	2%	3.5
推計市中稼働台数 計	約1億2000万台	使用時漏えい量 計 ※冷凍空調全体の排出量 39.9		21.2

\* BAU推計: BAUとはBusiness As Usualの略。一般的には対策を取らなかった場合の推計を示すこともあるが、本資料においては現状の対策を継続した場合の推計を示す。

出所: 冷凍空調機器の冷媒管理のための政策のあり方について(経済産業省資料, 2012)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## (3) 代替フロン等4ガスに関する法規制

### ①フロン排出抑制法

2002年に「フロン回収・破壊法」が施行されている。この法律では、オゾン層破壊物質であるCFCとHCFCのみならず、オゾン層を破壊しないものの強い温室効果をもつHFCを対象として、業務用の冷凍・冷蔵・空調機器からの冷媒フロン類(CFC、HCFC、HFC)の回収・破壊を義務づけている。

さらに、「フロン回収・破壊法」が全面的に改定され、2015年4月

に「フロン排出抑制法」が施行された。これはフロン類の排出量削減を目的とし、冷凍空調関連では5区分の製品を指定製品として環境影響度の目標値と目標年度が決められている。このうち目標年度の最も早いものは家庭用エアコンであり、2018年度に目標年度、目標値が定められている(表3、図5)。また、この法律においては、我が国におけるフロン対策に関する研究開発の推進がうたわれている<sup>※4</sup>。

なお、図5中のHFO(ハイドロフルオロオレフィン)とは、HFC冷媒の高GWP対策として登場した冷媒である。

表3 フロン排出抑制法における指定製品の区分抜粋

指定製品の区分	現在使用されている主な冷媒 <sup>※5</sup> (GWP)	環境影響度の目標値	目標年度
家庭用エアコンディショナー (マルチ型を除く)	R410A (2090) R32 (675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー (床置型等を除く)	R410A (2090)	750	2020
自動車用空調機器 (乗用自動車(定員11名以上のものを除く)に搭載されるものに限る)	R134a (1430)	150	2023
コンデンシングユニット及び定置式冷凍冷蔵ユニット (圧縮機の定格出力が1.5kW以下のものを除く)	R404A (3920) R410A (2090) R407C (1774) CO <sub>2</sub> (1)	1500	2025
中央方式冷凍冷蔵機器 (5万㎡以上の新設冷凍冷蔵倉庫向けに出荷されるものに限る)	R404A (3920) アンモニア (一桁)	100	2019
硬質ウレタンフォーム (現場発泡用のうち住宅建材用に限る)	R245fa (1030) R365mfc (795)	100	2020
ダストブロー (可燃性を要する用途のものを除く)	R134a (1430) R152a (124) CO <sub>2</sub> (1)、DME(1)	10	2019

■ 冷凍空調分野

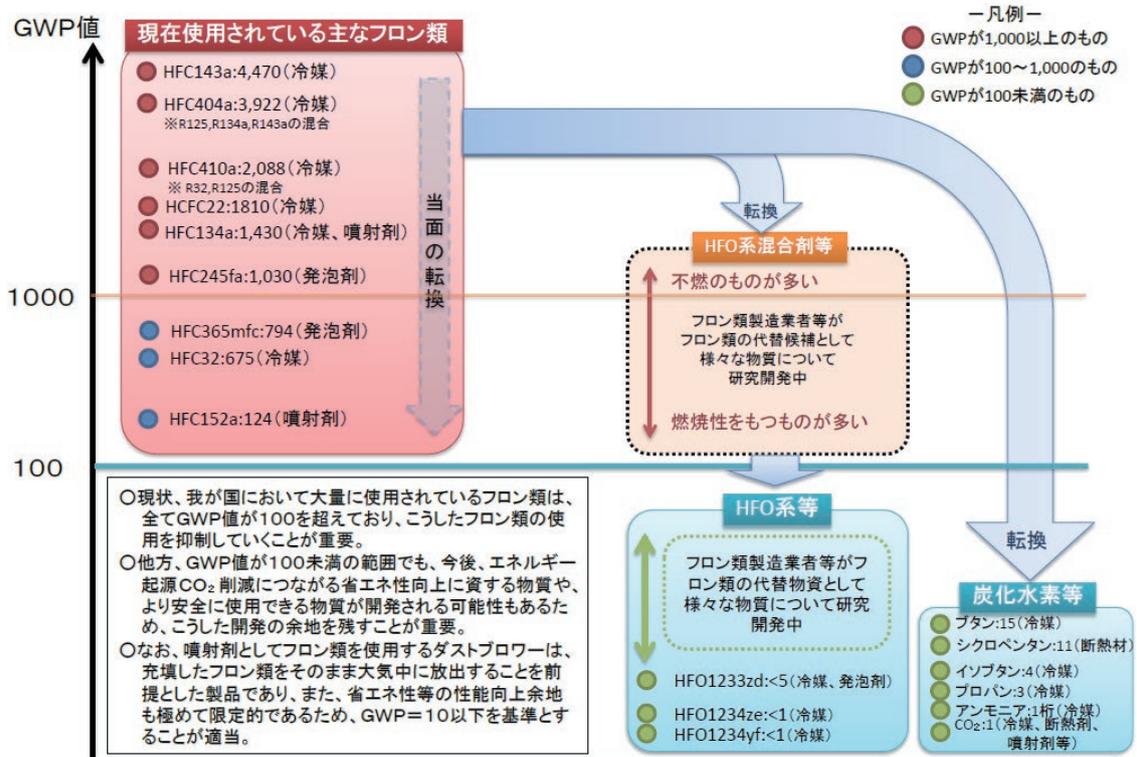
出所: フロン排出抑制法の概要(経済産業省, 2015)を基にNEDO環境部作成(2015)

※4 フロン排出抑制法「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」(研究開発の推進等)

第九十八条 国は、フロン類代替物質の研究開発その他のフロン類の使用の合理化に関する技術の研究開発、特定製品に使用されるフロン類の管理の適正化に関する技術の研究開発その他フロン類に係る環境の保全上の支障の防止に関する研究開発の推進及びその成果の普及のために必要な措置を講ずるものとする。

※5 冷媒の「R」表記: Rで始まる番号はISO817で定められた冷媒番号。RはRefrigerant(冷媒)の頭文字、千の位は不飽和炭化水素に対する不飽和炭素結合の数、百の位は炭素原子の数-1、十の位は水素原子の数+1、一の位はフッ素原子の数、「A」等の添え字は構造異性体、又は混合物における組成を区別する。ただしこの規則は、混合冷媒である400番台や500番台には適応されない。

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて



※ GWP 値は基本的に全て IPCC Fourth Assessment Report (AR4) の値を採用している。ただし、HFO 系物質は AR4 に GWP 値の掲載がないため、IPCC Fifth Assessment Report (AR5) の値を採用している。

図5 フロン類使用製品が最終的に目指すべきGWP値について

出所: フロン排出抑制法の概要(経済産業省, 2015)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## ②高圧ガス保安法

現行の冷媒は不燃性で、高圧ガス保安法の中では不活性ガスとして第1グループに掲名されている。一方、温暖化対策の観点から転換が望まれる低温室効果冷媒の多くは微燃性を有するため、不活性以外のガスとして第2グループに属する可能性がある。仮に第2グループに属することになると、特に商業用の冷凍空調機器において、より厳しい規制区分(図6の注参照)が適用されるなどの様々な制約を受けることとなる(図6)。

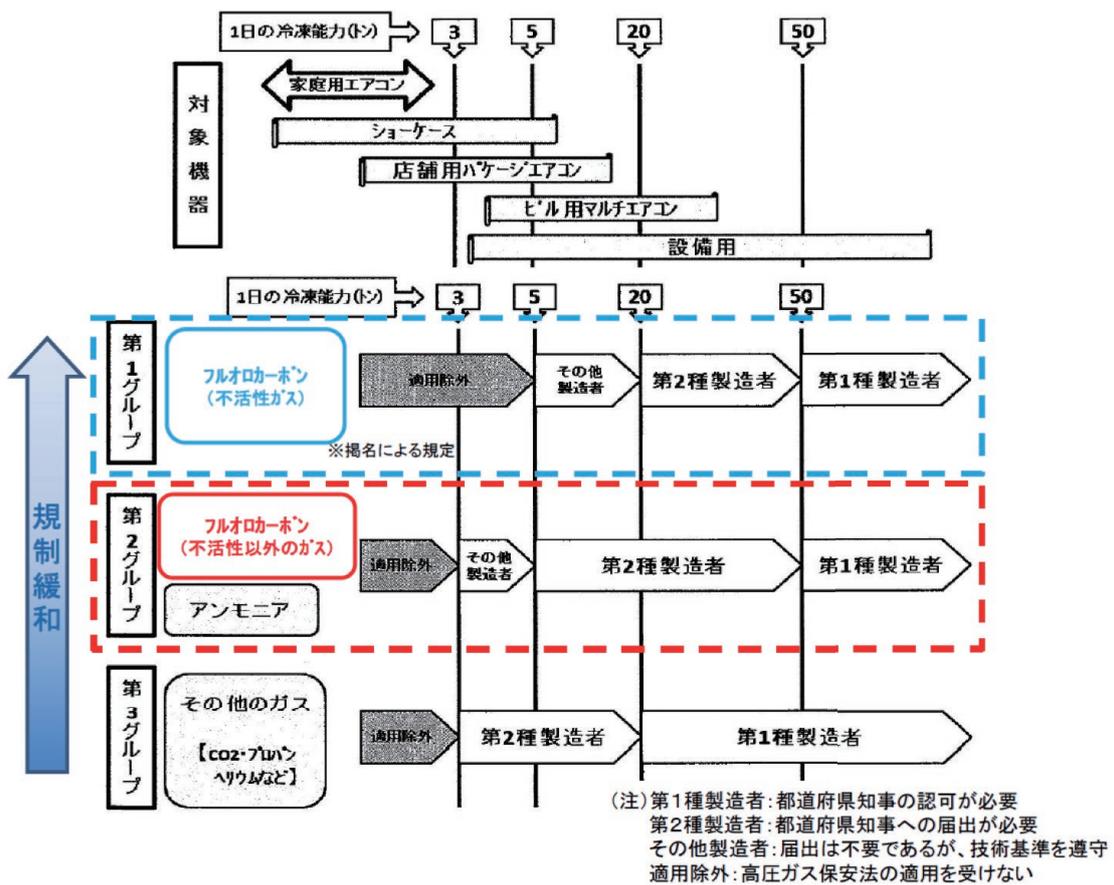


図6 高圧ガス保安法 冷凍保安規則の規制体系の概要

出所: 産構審地球温暖化防止対策小委員会・中間審査フロン類等対策小委員会 第3回合同会議参考資料(2012/8)を基に NEDO環境部作成(2012)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## (4) 欧米の動向

欧州における定置用冷凍空調機器についての規制は、F-gas (フッ素化ガス) 規制 Regulation (EC) No842/2006 と呼ばれている。この規制は、冷凍空調機器からの冷媒漏えいを削減することに重点が置かれており、適切な機器管理、作業者の研修、F-gas を使用している機器のラベリング、F-gasを生産・輸入・輸出している事業者の報告義務を課している。

本規制による効果の検証、制度の見直しが進められ、2012年11月に規制の強化案が欧州委員会から提案された。この提案では、2030年までにF-gasの漏えいを現状の2/3のレベルにまで減らすこと、環境に優しい冷媒が開発された分野ではF-gasを使用する機器の販売を禁止することを目指しており、また、これらを実現するために、欧州で販売

されるHFCの年間総量(各冷媒の販売量にGWPを掛けて総和をとった等価CO<sub>2</sub>量)の削減を2015年から開始し、2030年には現状の1/5にまで削減するスケジュール案が示された。本案に基づき、2013年12月に欧州委員会、理事会、議会の間で定置用冷凍空調機器に対するF-gas規制の合意形成がなされている。

また、今後、途上国を中心にHCFCからHFCへの転換が急速に進むことを踏まえ、2009年に北米3カ国から、HFCの生産・消費規制を導入すべき旨のモントリオール議定書改正提案が提出された(図7)。これに対して、我が国は2012年7月に賛成を表明している。2013年10月のモントリオール議定書締約国会合においては、議論を進めるためのディスカッショングループが設置され、代替技術や財政面の課題等についての議論が行われ、検討が継続されている。

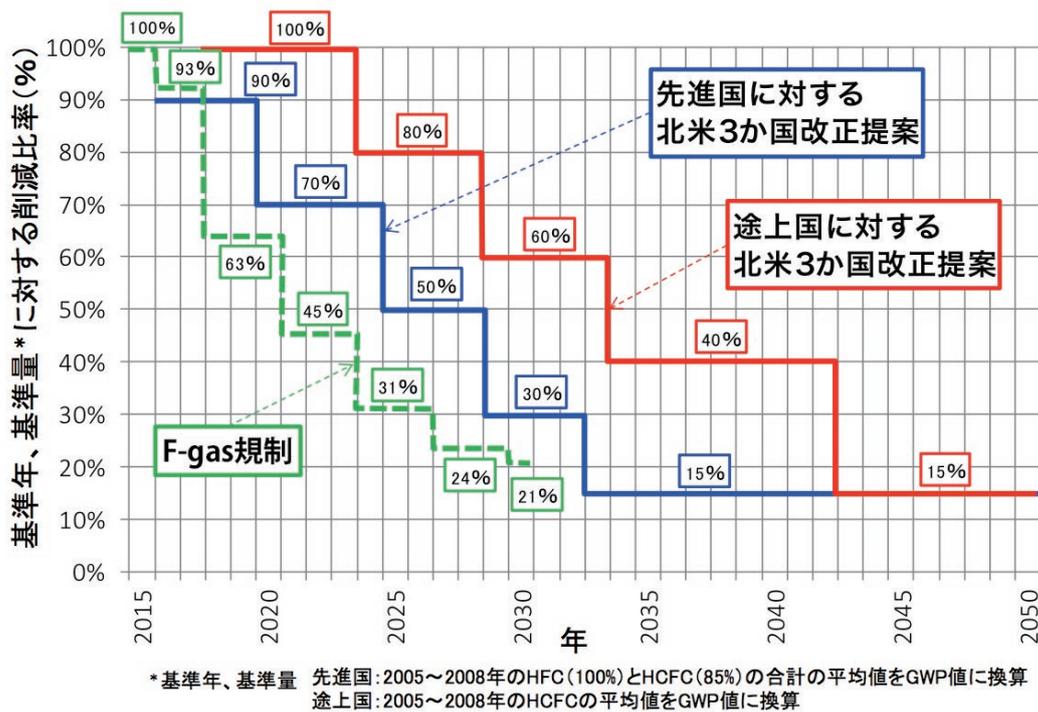


図7 モントリオール議定書北米3か国改正提案、F-gas規制(EU)の温室効果ガス削減スケジュール  
出所: 平成26年度成果報告書「次世代冷凍空調に関する今後の技術開発に向けた可能性調査」(NEDO, 2015)を基にNEDO環境部作成(2015)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## 2 -2 技術開発の動向

### (1) 冷媒

家庭用空調機器の冷媒には従来 HCFC-22 (R22) が使用されていたが、前述のとおり、1987年のモントリオール議定書における、HCFCを含む特定フロンの先進国での生産及び消費を2020年までに実質全廃とする決定を受けて、HFC-410A (R410A) が使用されるようになった。さらにその後、1997年の京都議定書の採択により、自然冷媒や低GWPフロン冷媒への転換が検討されている。

#### ①フロン冷媒の開発

HFC冷媒の高GWP対策として登場してきた冷媒として、HFO冷媒が挙げられる(図8)。

各種冷媒の機器への適用可否は冷媒の物性に大きく依存する。HFO冷媒の中には、HFC冷媒と似通った物性をもっていることから、既存冷媒の代替が可能なものもある。例えばHFO-1234yf<sup>※6</sup>は、現在カーエアコンに使用されているHFC-134aの転換冷媒として評価が高いため、各社によって精力的に開発が進められている。しかし、動作圧力の違い等の理由から、業務用空調機器及び家庭用空調

機器に対しては適さないとされている。

NEDOの「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」で開発中のHFO-1123は、他のHFO冷媒と比べて沸点が-56℃と低く、R410Aの沸点(-51℃)に近いことから、使用中の不安定性という課題はあるものの、ルームエアコン等に適用可能な次世代の冷媒として期待されている。

また近年、冷媒としての性能がよく、GWPが低いことからR22やR410Aの代替冷媒として注目されているものがR32である。R32はGWPがR410Aの1/3ほどの675であり、作動効率が比較的良好で、安全性、経済性にも優れていることから、2012年に発売されたルームエアコンに使用されている。

ただし、HFO-1123やR32には、わずかな燃焼性(微燃性)を有するという課題がある。国内では、高圧ガス保安法において、不燃性のフロン冷媒に比べて微燃性冷媒には利用に多くの制約が課せられるとともに、製造工程の防爆対策が必要となる。これまで、特に家庭用や業務用の空調機器への使用は避けられる傾向にあったが、近年、実際の冷媒使用状況下におけるリスクを詳細に評価し直し、その安全性を明確にした上で使用できるようにする検討が行われている。

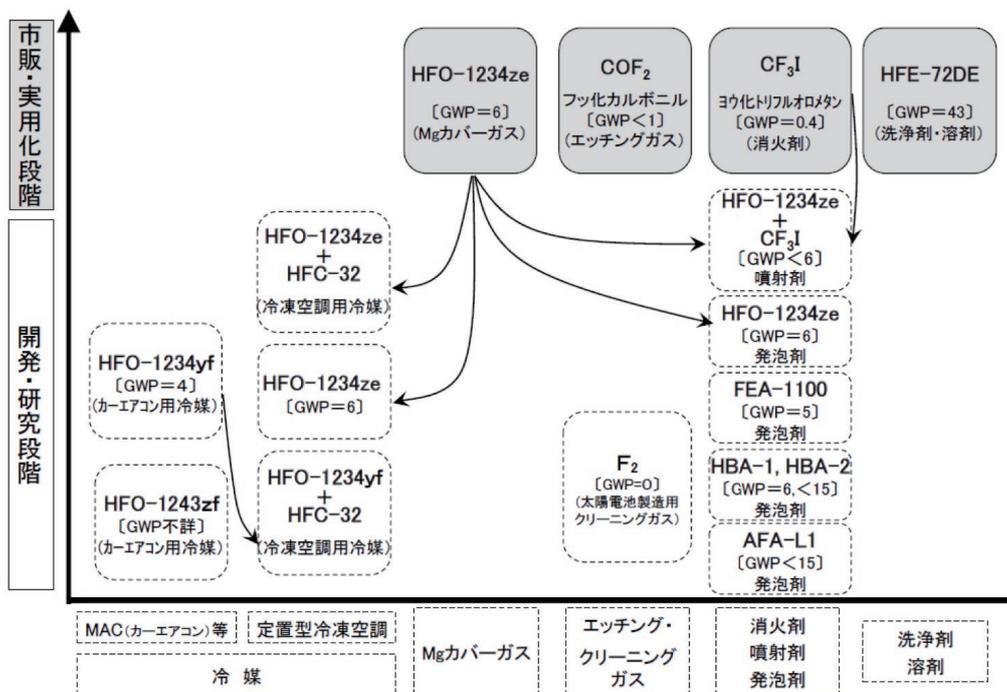


図8 国内外のフロン代替物質の適用分野と開発状況

出所: 産構審地球温暖化防止対策小委員会・中間審査フロン類等対策小委員会第3回合同会議(経済産業省, 2010)を一部改変

※6 DuPont(米国)、Honeywell(米国)が製造、販売

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## ②自然冷媒の利用

国内及び欧州を中心に自然冷媒（アンモニア、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、プロパン・ブタンなどの炭化水素等）の冷凍空調機器への採用の検討も進んでいる。

業務用冷凍空調機器のうち中・大型機器について、過去には冷却性能がフロン冷媒より優れるアンモニアが利用されていたが、アンモニア冷媒は可燃性及び毒性を有するため、その利用には高压ガス保安法等に基づき一定の管理体制を要する。また、アンモニアの毒性と特有の臭気から、住宅地や商業地に設置し難いなどの立地上の制約が生じるため、現在ではアンモニア冷媒機を熱源とした間接冷却式が推奨されている。間接冷却式とは、アンモニアを一次冷媒として用い、二酸化炭素やブライン液（不凍液）を二次冷媒として用いる冷却方式であり、アンモニアが二次冷媒を冷やし、二次冷媒が冷房や冷凍庫などのための冷気を作り出す。安全性と性能を同時に向上させた機器といえるが、初期導入コストが高いことが課題である。

自然冷媒を利用している冷凍空調機器のうち、出荷台数が多い機器は、ヒートポンプ給湯器（CO<sub>2</sub>）、家庭用冷蔵庫（イソブタン）及び飲料用の自動販売機（CO<sub>2</sub>、イソブタン）である（（ ）内は冷媒）。なかでも、家庭用ヒートポンプ給湯器のエコキュートは、2000年に初めて実用化された製品であり、2001年の発売後、2014年12月末までの累計での出荷台数は約450万台に達している。

このように、CO<sub>2</sub>冷媒に関しては、家庭用ヒートポンプ給湯機において実用化されており、家庭用エアコンへの導入も検討されている。しかし、CO<sub>2</sub>の特性上、エアコンが作動する温度域では効率が著しく低下するという課題がある。また、CO<sub>2</sub>はHFCに比べて圧力損失が大きいため、膨張動力の回収等、機器の大幅な改善が必要である。これまでにCO<sub>2</sub>冷媒を適用したエアコンが欧州でテスト販売された実績はあるが、現在のところ量産化には至っていない。

また、プロパンをはじめとする炭化水素系冷媒に関しては、これをエアコンにフロン冷媒と同量使用することにより、優れた冷却性能を発揮することがわかっている。ただし、炭化水素系冷媒は強い可燃性をもつため、普及においては安全性に課題が残る。

## (2) 機器

### ①圧縮機の開発

冷凍機用のオイル（潤滑油）は圧縮機の潤滑性を確保するために必要であるが、オイルに冷媒が溶け込むことにより、圧縮機起動

時に圧縮機損傷を招く可能性がある。さらに、冷媒を含んだオイルが熱交換器内部に付着すると、熱交換性能の低下につながる。冷媒の3割近くが圧縮機内に留まっているという例も報告されており、特に自然冷媒等のオイルに溶け込みやすい冷媒の使用においては課題が残る。

この根本的な解決策として圧縮機のオイルフリー化、すなわち、冷媒圧縮機構部にオイルを使用しないタイプの圧縮機が検討されている。現在、一般的に使用されている圧縮機のうちオイルフリー構造が可能なのはスクリー式、ターボ式等である。

### ②熱交換器の開発

カーエアコン以外の冷凍空調で使用される空気と冷媒の熱交換器は、数十年以上にわたりほぼ全てがフィン&チューブ熱交換器であったが、近年、冷媒量の削減が可能なマイクロチャネル熱交換器の開発が精力的に進められており、実際の機器への採用も始まったところである（図9）。マイクロチャネル熱交換器は熱交換特性に優れることから、熱交換器の小型化、軽量化が実現できるため、1980年代頃よりカーエアコン用にフィン&チューブ熱交換器に代わるサーペンタイン型等の新たな熱交換器が採用され始めた。カーエアコン以外の冷凍空調機器にも、数年前からマイクロチャネル熱交換器が採用されている。熱交換特性が良く小型化が可能であり、材料にアルミニウムを用いることができるため、コスト削減が可能となる。

2013年頃から、業務用パッケージエアコン等の屋外機にマイクロチャネル熱交換器が採用され始めている。現在、マイクロチャネル熱交換器については屋外機用の熱交換器としての利用が多いが、今後、屋内機側にも採用できるようになれば、更に冷媒使用量の削減が可能となる。

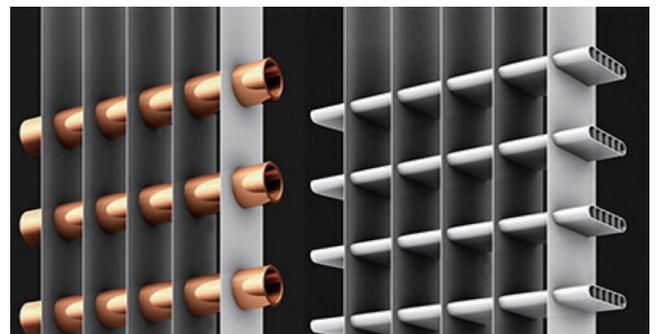


図9 フィン&チューブ熱交換器(左)とマイクロチャネル熱交換器(右)  
出所：平成26年度成果報告書「次世代冷凍空調に関する今後の技術開発に向けた可能性調査」(NEDO環境部, 2015)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## 2-3 産業競争力(諸外国との比較)

### (1) 市場規模(国内・海外)

ここでは、冷媒の主用途である冷凍空調機器のうち、ルームエアコンについての市場動向を示す。

米国、欧州等の先進国においてエアコン市場は成熟している一方、2014年の時点で世界最大の中国エアコン市場(図10)は、先進国より高い経済成長が見込まれることもあり、今後も同様の規模が維持されるとみられる。今後の市場拡大が見込めるのは、現在は普及率が低いアジア諸国、中南米等の新興国と考えられ(2012年時点の普及率<sup>※7</sup>: ブラジル13.3%、トルコ12.8%、インド9.6%、インドネシア7.6%)、これらの国々では経済発展とともに、また、気候の面からもエアコンの導入が進展する余地が大きい。また、エアコンの寿命は約10年であることを加味すると、導入された機器の買い替え需要が常に存在するといえる。ルームエアコン市場の主要なプレイヤーは、中国系企業(Glee

Electric、Midea、Haier)、日系企業(パナソニック、ダイキン工業)、韓国系企業(LG Electronics)であり、中でも、中国系企業が世界最大の中国国内市場を獲得している。

「ヒートポンプ 温水・空調市場の現状と将来展望 2015(富士経済, 2014)」によると、2015年のルームエアコン市場は、金額で約3兆1,193億円、台数で約8,600万台と推計されており、2020年には金額で3兆6,165億円、台数で1億200万台規模に成長すると予測されている(図11)。

なお、ヒートポンプは、ルームエアコンのキーテクノロジーの一つであり、エアコン(空調)だけではなく、エコキュート(給湯)、冷蔵・冷凍庫、乾燥機能つき洗濯機など、さまざまな機器に利用されている。冷凍空調機器を含むヒートポンプ市場全体における、日本企業のシェアは世界市場の約30%であり、高い割合を占めている(図12)。このことから、我が国が強みとするヒートポンプのような先進技術を活用したグローバル展開を強化する取組が期待される。

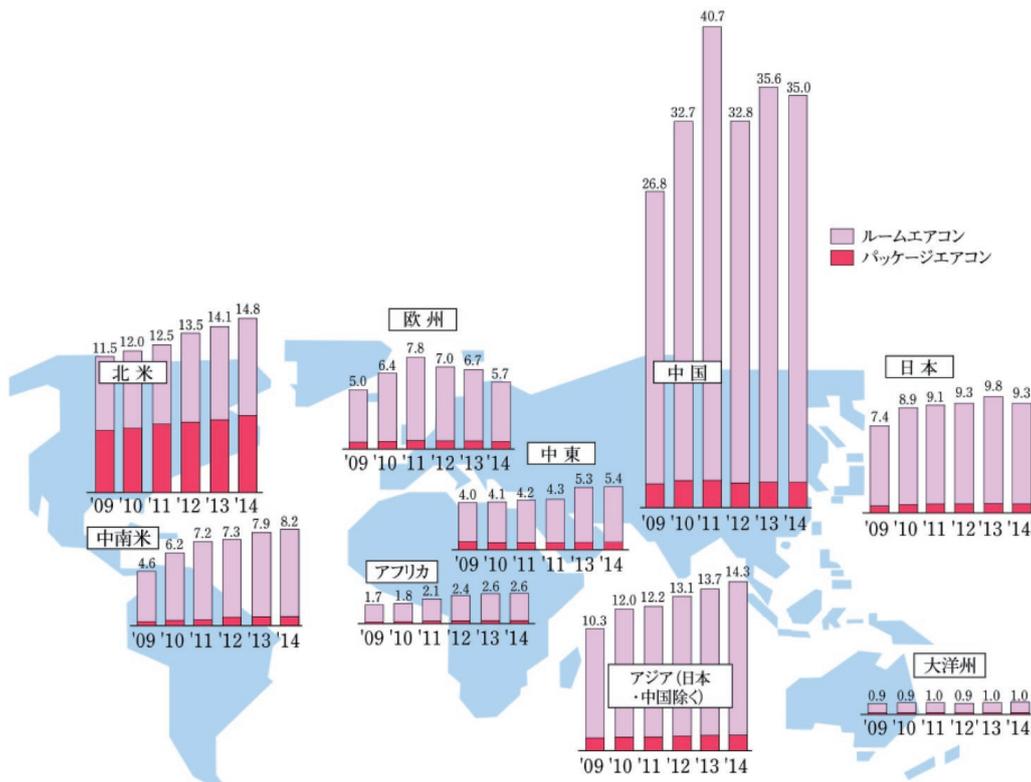


図10 地域別のエアコン需要推移(単位:百万台)  
出所: 世界のエアコン需要推定(日本冷凍空調工業会, 2015)

※7 通商白書(経済産業省, 2013)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

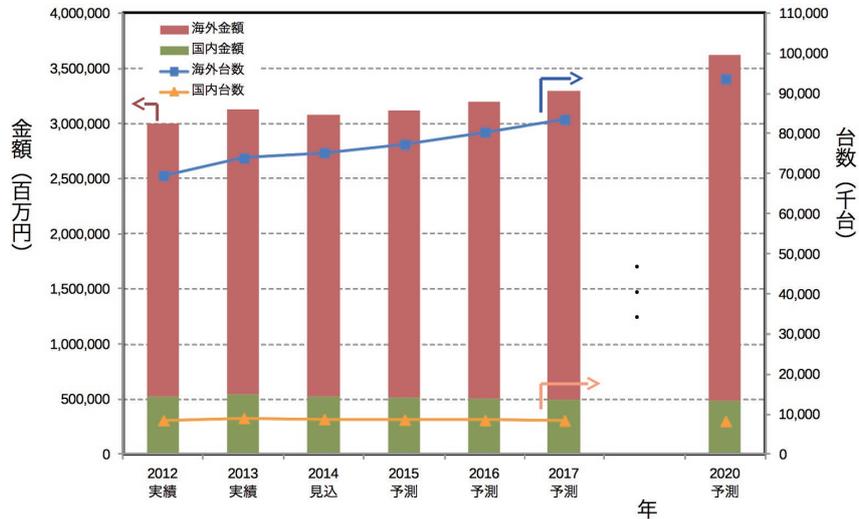


図11 ルームエアコンの市場推移と予測

出所: ヒートポンプ 温水・空調市場の現状と将来展望 2015 (富士経済, 2014) を基に NEDO 環境部作成 (2015)

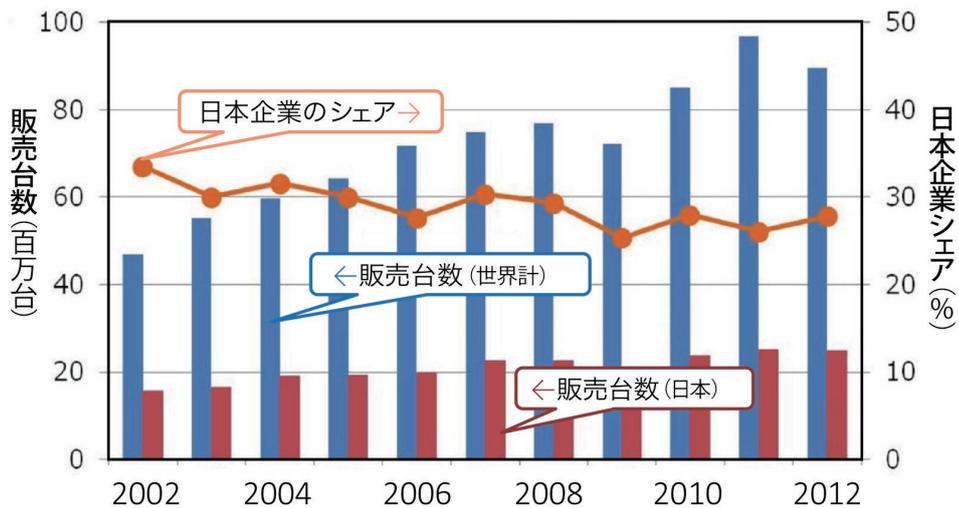


図12 世界のヒートポンプ市場における日本企業のシェア

出所: IEA HEAT PUMP CENTRE NEWSLETTER Vol.32 - No.1/2014 (IEA Heat Pump Centre, 2014) を基に NEDO 環境部作成 (2015)

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## (2) 論文・特許件数等

### ①冷媒

低GWP冷媒に関する論文は増加傾向にあり、投稿件数は米国・中国が常にリードしている。近年ではイタリアやドイツなどの欧州諸国、インドや韓国などのアジア諸国が積極的に研究開発を行っている。直近5年間で日本の論文投稿数は世界で第4位である(図13)。

世界を視野に入れた冷媒開発を積極的に展開している主要企業としては、Honeywell(米国)、DuPont(米国)が挙げられる。同社らは、自国ばかりでなく近隣諸国やアジア圏にも事業を拡大しているとともに、新冷媒に係る特許を積極的に出願し、結果として競合他社の技術開発可能な範囲を限定的にしている。これらの特許は実質的な用途をもった化学物質自体に与えられる物質特許である。物質特許の権利は強く、その物質に関する限り、どのような製法で製造されても、どのような用途で使用されても、特許権の効力が及ぶことになる。

### ②機器(エアコン)

図14は、国際特許分類F24F(空気調節;空気加湿;換気;しゃへいのためのエアカーテンの利用)に関する、出願人国籍が日本、中国、韓国、欧州、米国の特許出願件数を、出願先国別に示したものである。日本国籍の出願人は2003年からの10年間に、他地域と比

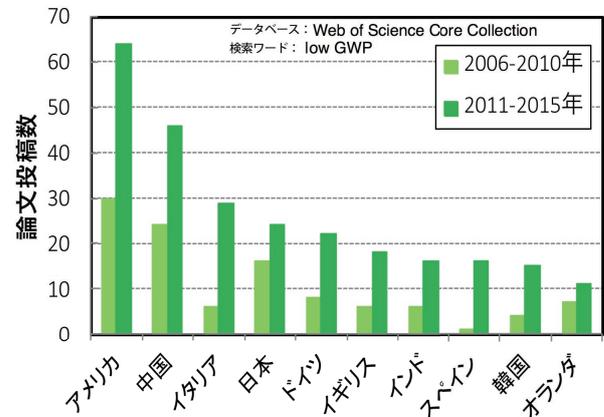


図13 「低GWP冷媒」に関する世界の論文発表数の経年変化  
出所: NEDO環境部作成(2015)

較して非常に多くの自国特許を出願している。また、図に示した全ての地域で自国特許に次いで件数が多いのは、日本国籍の出願人による特許出願である。

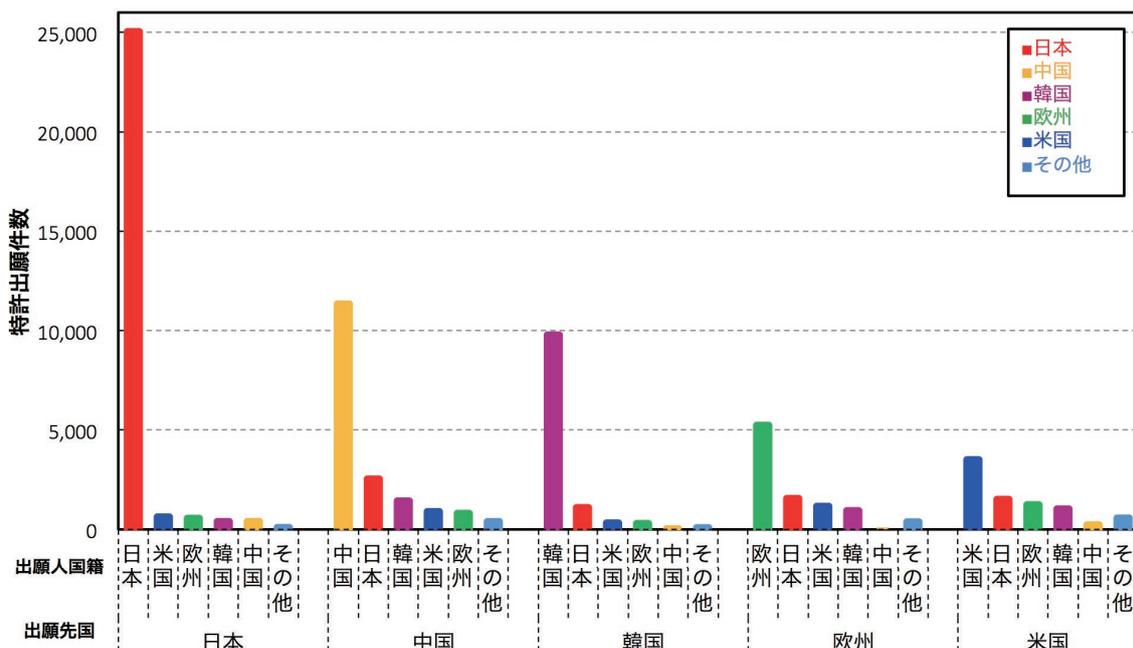


図14 出願人国籍別及び出願先国別(日米欧中韓)のエアコンに関する特許出願件数  
(出願年〔優先権主張年〕: 2003~2012年)

出所: 平成26年度特許出願技術動向調査報告書(概要) 空気調和機(エアコン)(特許庁, 2014)を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

# 地球環境対策(フロン)分野の技術戦略策定に向けて

## 3章 地球環境対策(フロン)分野の技術課題

前述のように、冷媒の利用における地球環境対策上の基本課題は、オゾン層保護と地球温暖化防止の二つの側面がある。これらのうちオゾン層保護については、オゾン層を破壊する塩素を含む冷媒からODPがゼロの冷媒への転換を進めることにより既に対策が行われた。一方、地球温暖化防止については、温室効果が小さいHFC系などの低GWP代替冷媒への転換により対策が行われてきたものの、現状使用されているものよりも更にGWPが低い冷媒が要求されている状況にある。

地球温暖化対策を主眼とする、冷媒の利用に関する技術的な対策は、図15に示すように低GWP冷媒への転換と、既に導入済みの冷媒の排出抑制の二つに分けられる。

冷媒転換においては、冷媒の種類ごとに沸騰温度、凝縮温度、熱伝達率、燃焼性などの特性が異なるため、冷媒の物性値などを正確に把握することが必要である。また、GWP値が低い冷媒には燃焼性を有するものが多いため、冷媒の循環量(以下「冷媒量」という。)については少量であることが安全性の観点から望ましい。ただし、冷媒量を削減すると、一般に機器性能は低下する傾向にあるため、このような燃焼性を有する冷媒への転換においては、冷媒量を可能な限り少量化できる機器の開発が望まれる。

機器開発に係る主な技術課題は、転換冷媒の物性と循環量に応じた圧縮機、熱交換器、膨張機といった基本構成機器の新規開発である。これを冷暖房性能等に関する詳細な機器性能評価と組合せながら進めることにより、冷媒量が少量であっても高効率化が図れる基本構成機器を開発し、更には機器としてのエネルギー消費効率の向上にも結びつけることが必要である。また、冷媒種によっては潤滑油に溶け込む性質があることから、潤滑油を使用しないスクリープ式あるいはターボ式などのオイルフリー圧縮機の開発を進めることも技術課題の一つである。

また、機器の普及においては、単に高効率であるだけでなく、機器の使用時における高い安全性が確保されていることが重要である。特に、燃焼性や毒性を有する冷媒を利用しようとする際には、上述した基本構成機器の開発とともに、冷暖房性能等に関する機器性能評価、冷媒の安全性評価のほか、実際の使用条件におけるトラブル等を想定したシナリオに基づくリスク評価を含めた総合的な評価を行い、機器使用における効率と安全を両立することが必要である。

他方、冷媒排出抑制については、機器等の廃棄処分時に漏えいなく冷媒を回収することが重要である。回収された冷媒は、燃焼などによる無害化処理後にクリーンなガスとして大気へ排気されるか、又は再生処理によって再び冷媒などの原材料として使用される。したがって、転換冷媒の種類に応じた適切かつ効率的な除害処理技術、又は再生処理技術が必要となる。

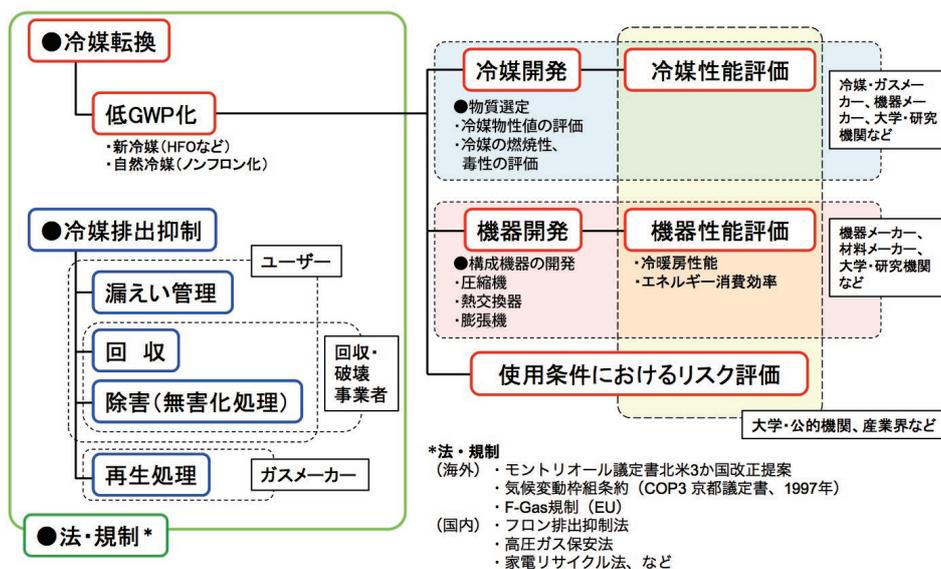


図15 地球温暖化対策(フロン)に係る技術等の体系  
出所: NEDO 環境部作成 (2015)

## 4章 おわりに

気候変動枠組条約締約国会議COP21(2015年12月)での合意に向け、主要7か国首脳会議(G7サミット、2015年6月)では、2050年までに温室効果ガス排出量を2010年と比較して40%から70%削減することを目指すこととしている。

冷凍空調機器の冷媒については、特定フロンからHFCへの転換が進行していることにより、HFCの排出量は今後急増が見込まれることから、これを減少に転換させることにつながる方策の展開が期待される。特に、空調機器は一旦市場に出荷されれば十数年にわたり排出源として温暖化に悪影響を及ぼすため、低GWP冷媒、及びこれに対応した機器の開発が進むことが望まれる。