

日冷工の温暖化防止と 次世代冷媒への取り組み

JRAIA (社)日本冷凍空調工業会

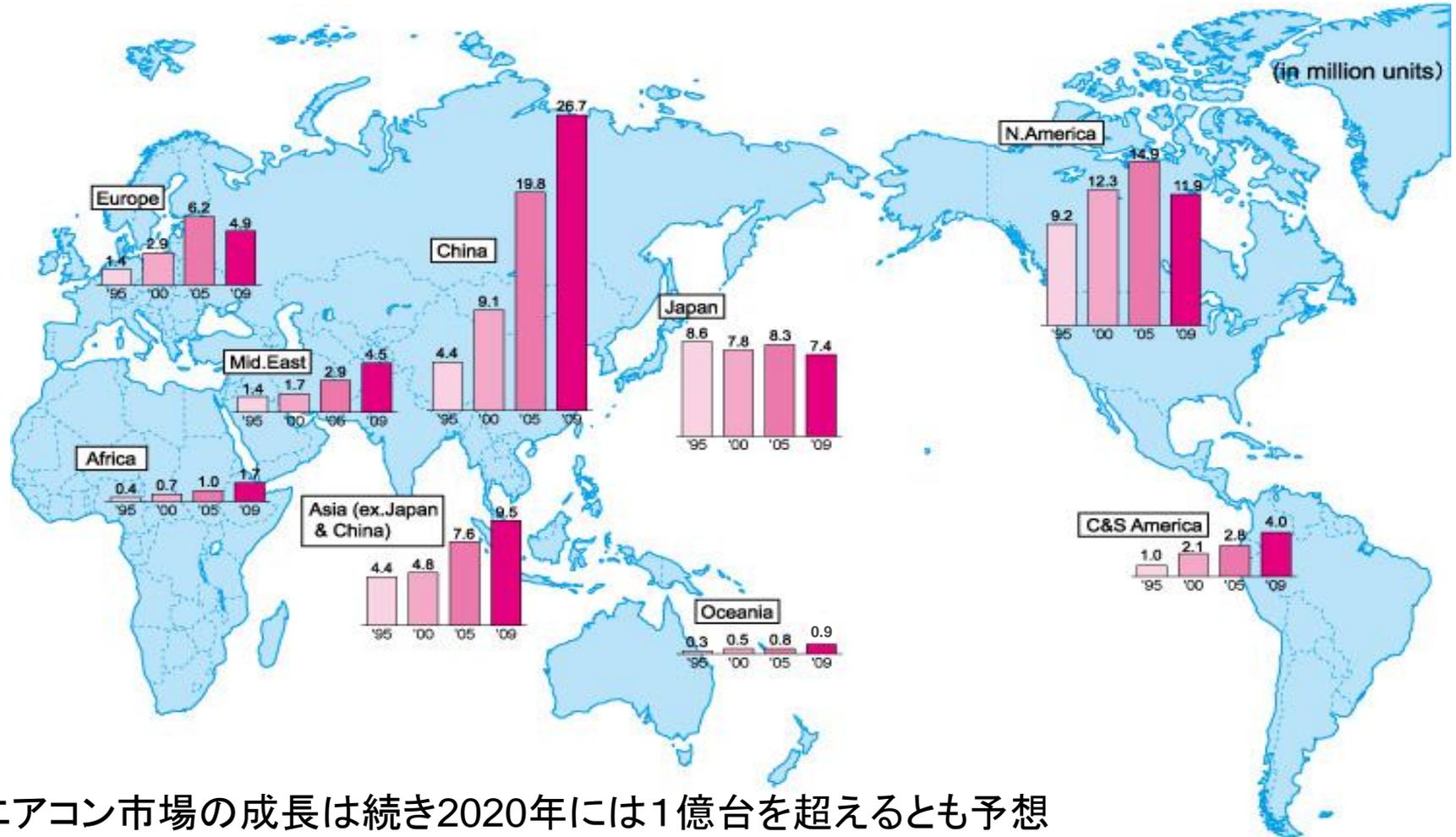
The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association

FEB. 23, 2011

Copyright 2011 JRAIA

世界のエアコン市場

71.4 (million units) (2009 calendar year)



エアコン市場の成長は続き2020年には1億台を超えるとも予想

日本冷凍空調工業会の温暖化防止への取組みと次世代冷媒の取組み

3つの基本的原則

機器の 省エネルギー

エネルギー起源CO₂
排出抑制

冷媒の 大気放出抑制

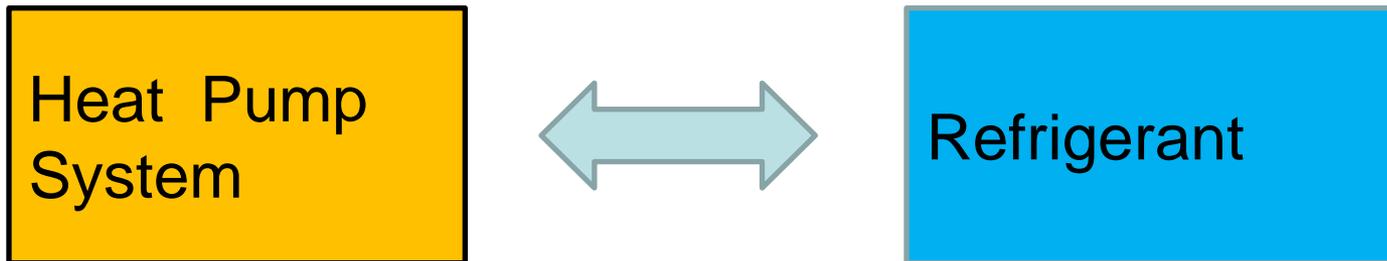
- ・冷媒回収促進
- ・使用時の排出抑制
- ・冷媒管理制度導入

新冷媒への 転換推進

- ・自然冷媒の利用
- ・**低GWP冷媒の探索**



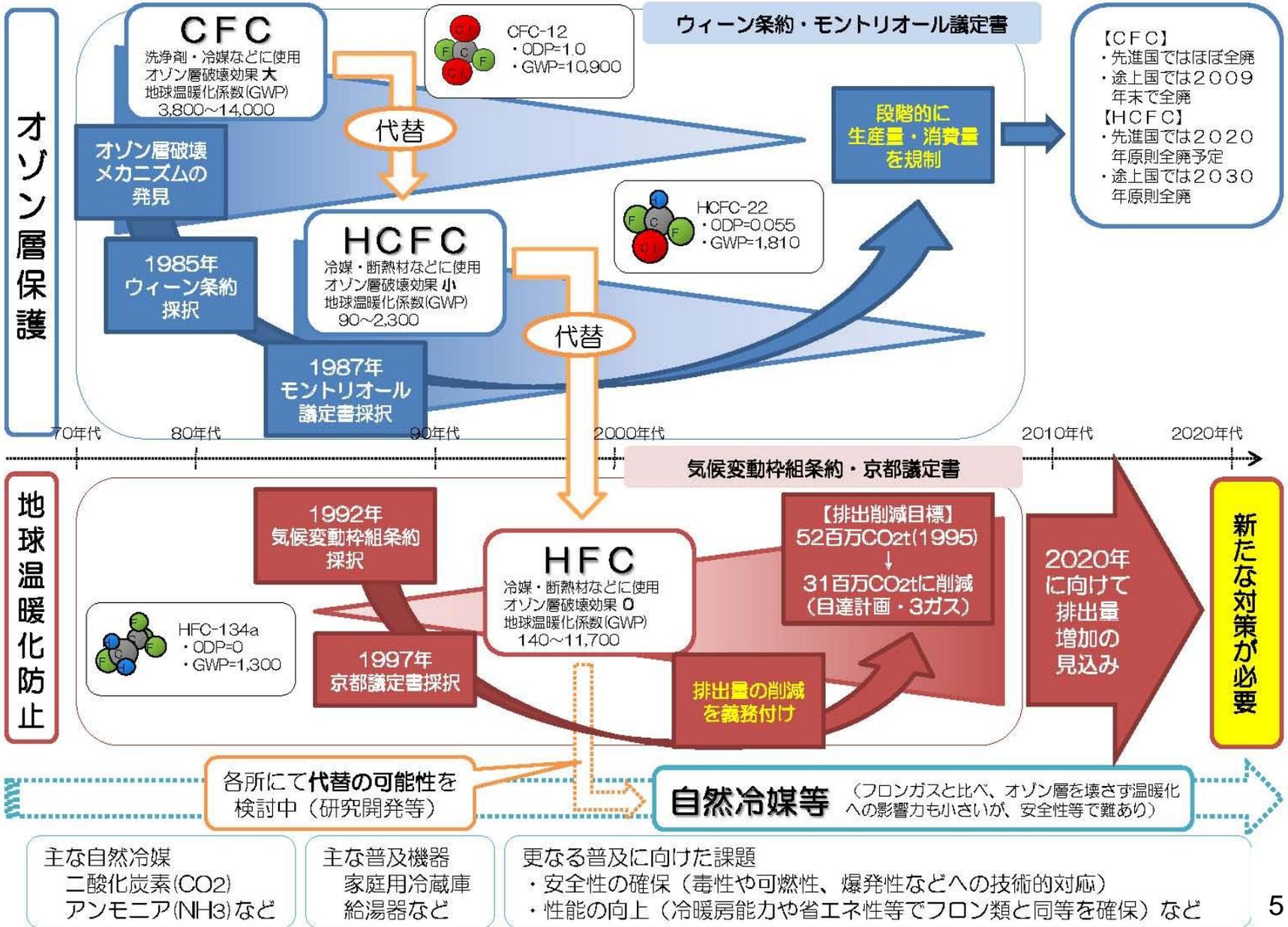
ヒートポンプ と 冷媒



冷媒はHeat Pump Systemにとって その機能を発揮する
のに不可欠な要素

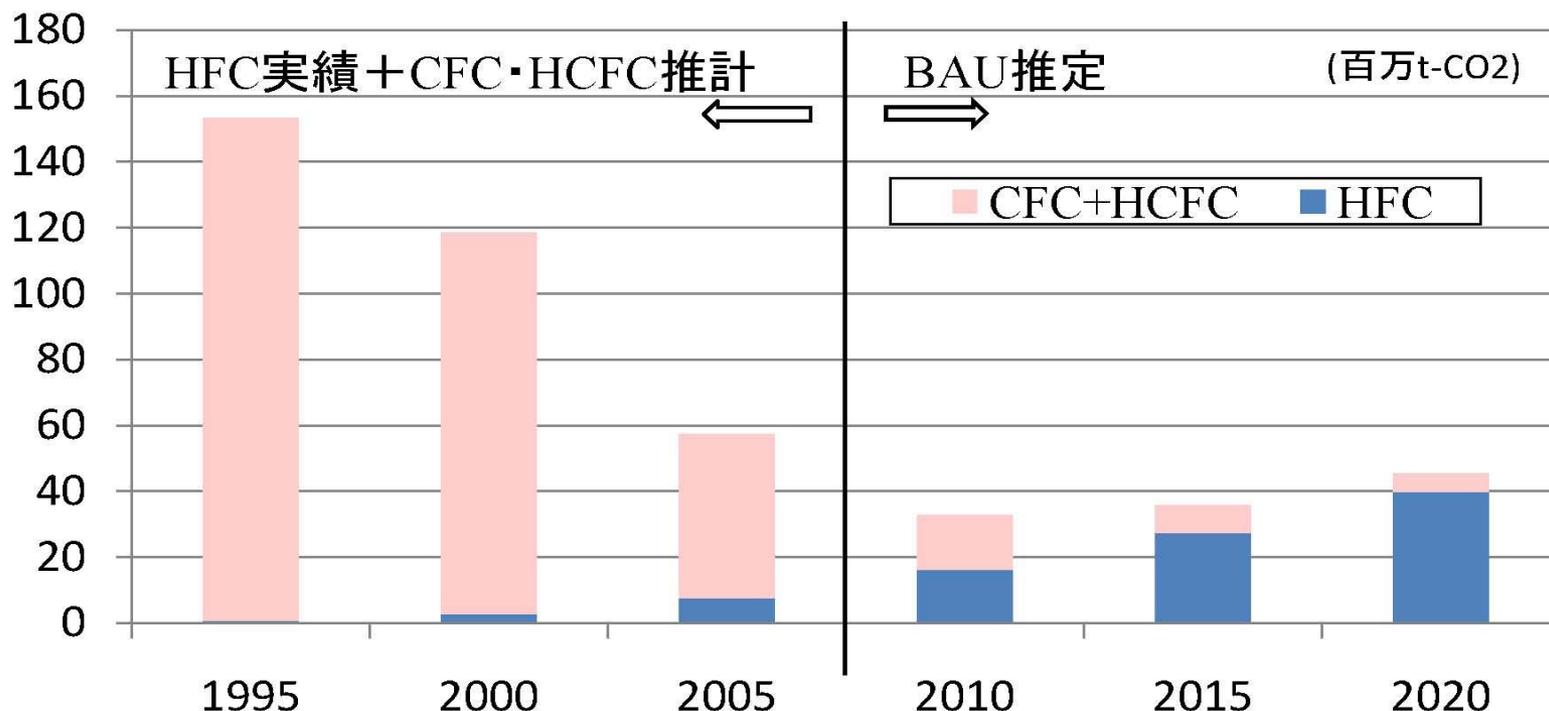
冷媒の選択と適切な管理は極めて重要

(1) これまでのフロン対策の経緯



(参考) CFC, HCFCを含めた冷凍空調分野の排出量推計

- ・ CFC（京都議定書の対象外）の使用中止・転換により、冷凍空調分野ではこれまで約1億t-CO₂の温室効果ガス排出が減少したと推計。
- ・ ただし、京都議定書の対象ガスのみで見れば、CFC, HCFCからHFCの転換に伴い、同分野の排出量は右肩上がり増加。



出典：CFC+HCFCはオゾン層保護等推進室で推計、HFCは経済産業省資料。

Refrigerant emissions in the world (2002)

- ・冷媒で年間20億トン-CO2が排出
- ・殆どがHCFC冷媒でモントリオール議定書では排出規制がない
- ・京都議定書では対象外冷媒で温暖化ガスにもかかわらず排出量としてカウントされない

冷媒分野の排出量

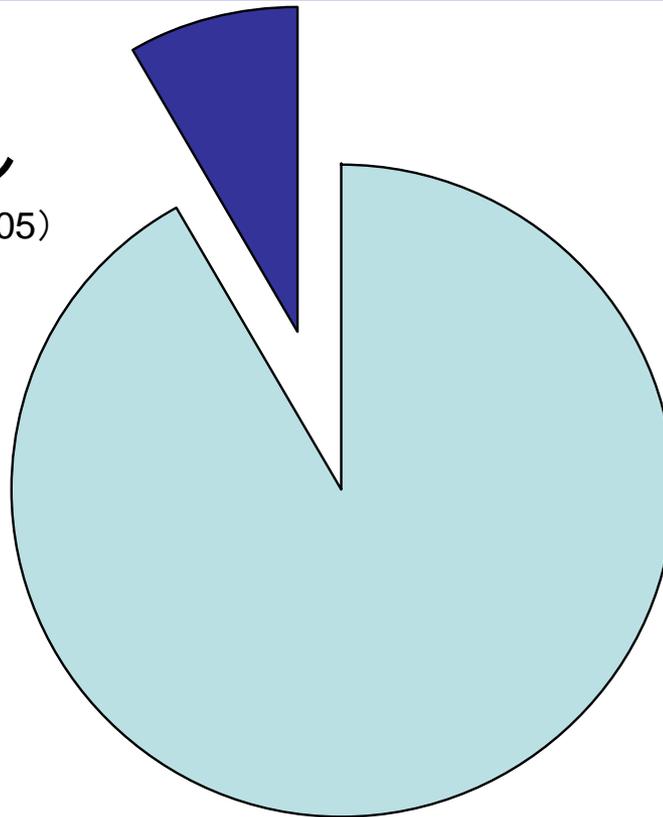
CO2換算で 20 億トン

(IPCC/ TEAP Reports 2005)

約8%に相当

冷媒の
市場ストックの推定
CO2換算で200 億トン

(日冷工推定)



CO2総排出量

240 億トン

(IEAデータ)

2007 CO2総排出量
290 億トン

(IEAデータ)

次世代冷媒の開発

背景

- ① 冷凍空調機器の市場拡大とHFC普及による温暖化影響の増大
- ② 新興国のR22から代替冷媒への転換
- ③ LCCP見直しの中での冷媒影響の増大

情勢

- ① ASHRAE(米国暖房冷凍空調学会)が新微燃性冷媒グレードA2Lを設定しその使用規格を作成するなど、世界的に微燃性冷媒の使用を進める動きがある
- ② 国連が中国の微燃性冷媒プロジェクトを承認している
- ③ 途上国においてHCやR32の動きが出始めている

方針

今後の冷媒選定の選択肢を増やす為の活動を開始する

- ① 微燃性冷媒の課題を整理し、使用条件の検討に入る
- ② その検討をもって国内規格を整備し、同時にASHRAE会議や、IEC、ISOの規格改訂に参画する

次世代冷媒の条件

安全性

- 毒性がない
- 可燃性リスクが少ない

環境性

- オゾン層破壊係数=0
- 温暖化係数極めて低い

性能

- LCCPが優れている
- 冷房時性能が同等程度

経済性

- 妥当なコストであること

冷媒の種類と分子構造

冷媒に要求される特性

- ・潜熱が大きい
- ・圧力損失が小さい
- ・化学的に安定
- ・不燃性
- ・毒性が無い
- ・ODPがゼロ
- ・GWPが小さい
- ・経済的に安価
- ・オイルとの相性が良い
- ・電氣的に絶縁物 など

CFC (クロロフルオロカーボン)

エタンやメタンの水素を塩素やフッ素に置換
塩素があるためオゾン層を破壊する

HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)

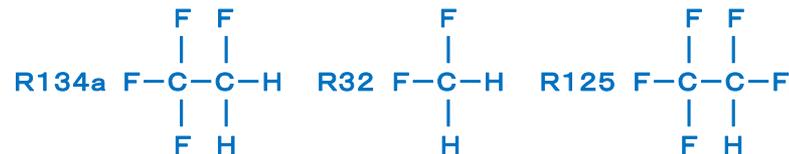
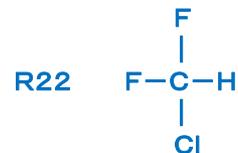
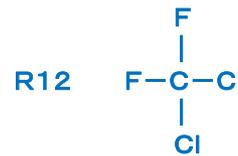
水素を含むのでオゾン層への影響が少ない

HFC (ハイドロフルオロカーボン)

塩素を含まないのでオゾン層を破壊しない

自然冷媒

自然界に存在する物質
温暖化の影響は少ないが性能面で問題が多い



冷媒に関する内外の動向と今後の展開

冷媒はヒートポンプの性能、効率に関わる重要な要素
HFCの温暖化影響からフェーズ・アウト、フェーズ・ダウンの議論
EU カーエアコンのGWP150以上の冷媒使用禁止が決議(2011年～)
米国冷媒メーカー、デュポン・ハネウエルの政治的な動き

モントリオール議定書(1987年)
オゾン層保護

京都議定書(1997年)
地球温暖化防止

特定フロン

CFC: R11, R12
(1996年全廃)
HCFC: R22, R123
(2020年全廃)
(先進国のスケジュール)

オゾン層破壊
(塩素を含んでいる)

代替フロン

HFC: R32, R125, R134a
R404A
R407C=R32+R125+R134a
R410A=R32+R125

温暖化影響
今後代替が進みストックが増加

HFC冷媒の適正管理
責任ある使用

新冷媒(低GWP冷媒)
HFO1234yfの登場
圧力損失大(性能に課題あり)
微燃焼性、微毒性の懸念
一部の機器を除いて使用は困難

自然冷媒
NH₃、CO₂、HC等
オゾン層破壊・地球温暖化影響が
少ない
性能、安全性に問題有り
一部の機器の使用に留まる

日本で主な機種で使用される冷媒種と冷媒充填量

機種分類	市中稼働台数推計 (台)	主に使用されるHFC		1台当たり冷媒充填 量の範囲
		種類※1	GWP	
小型冷凍冷蔵機器 (内蔵型業務用冷蔵庫等)	約760万台	R-404A HFC-134a 等	3,260 1,300	数百g～数kg
①別置型ショーケース	約140万台	R-404A R-407C 等	3,260 1,526	数十～数百kg
②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)	約130万台	R-404A R-407C 等	3,260 1,526	数kg～数十kg
③大型冷凍機(ターボ)	約0.8万台	HFC-134a R-245FA 等	1,300 3,260	数百kg～数t
④ビル用マルチエアコン	約100万台	R-410A R-407C 等	1,725 1,526	数十kg～数百kg
その他業務用空調機器	約950万台	R-410A R-407C 等	1,725 1,526	数kg～数十kg※2
家庭用エアコン	約10,000万台	R-410A	1,725	約1kg程度

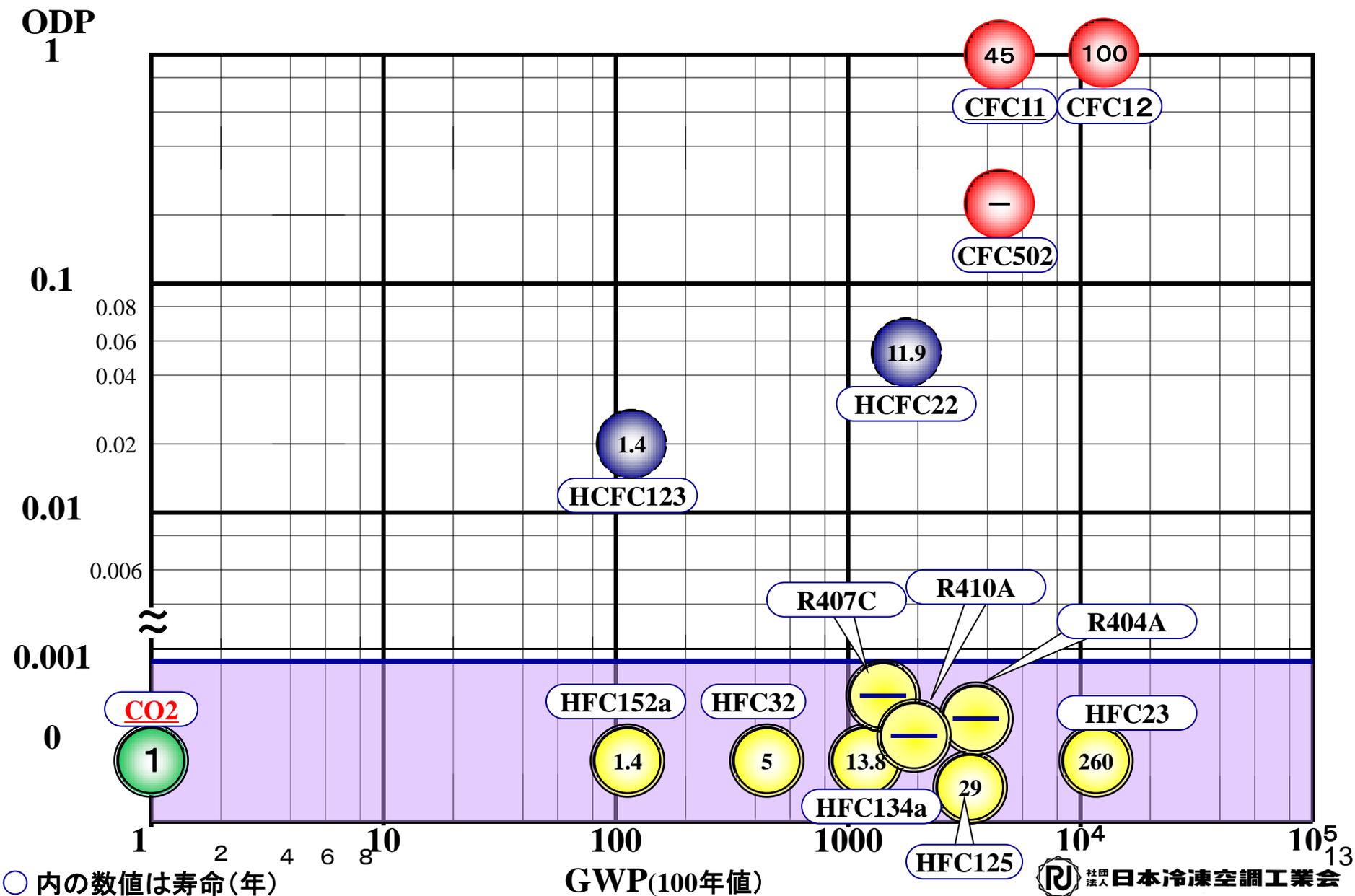
※1：R-404Aは(HFC-125/HFC-143a/HFC-134a：44/52/4)、R-407Cは(HFC-32/HFC-125/HFC-134a：23/25/52)、R-410Aは(HFC-32/HFC-125：50/50)の混合冷媒

※2：「その他業務用空調機器」の大多数は店舗用PACであり、冷媒充填量は数kg程度。

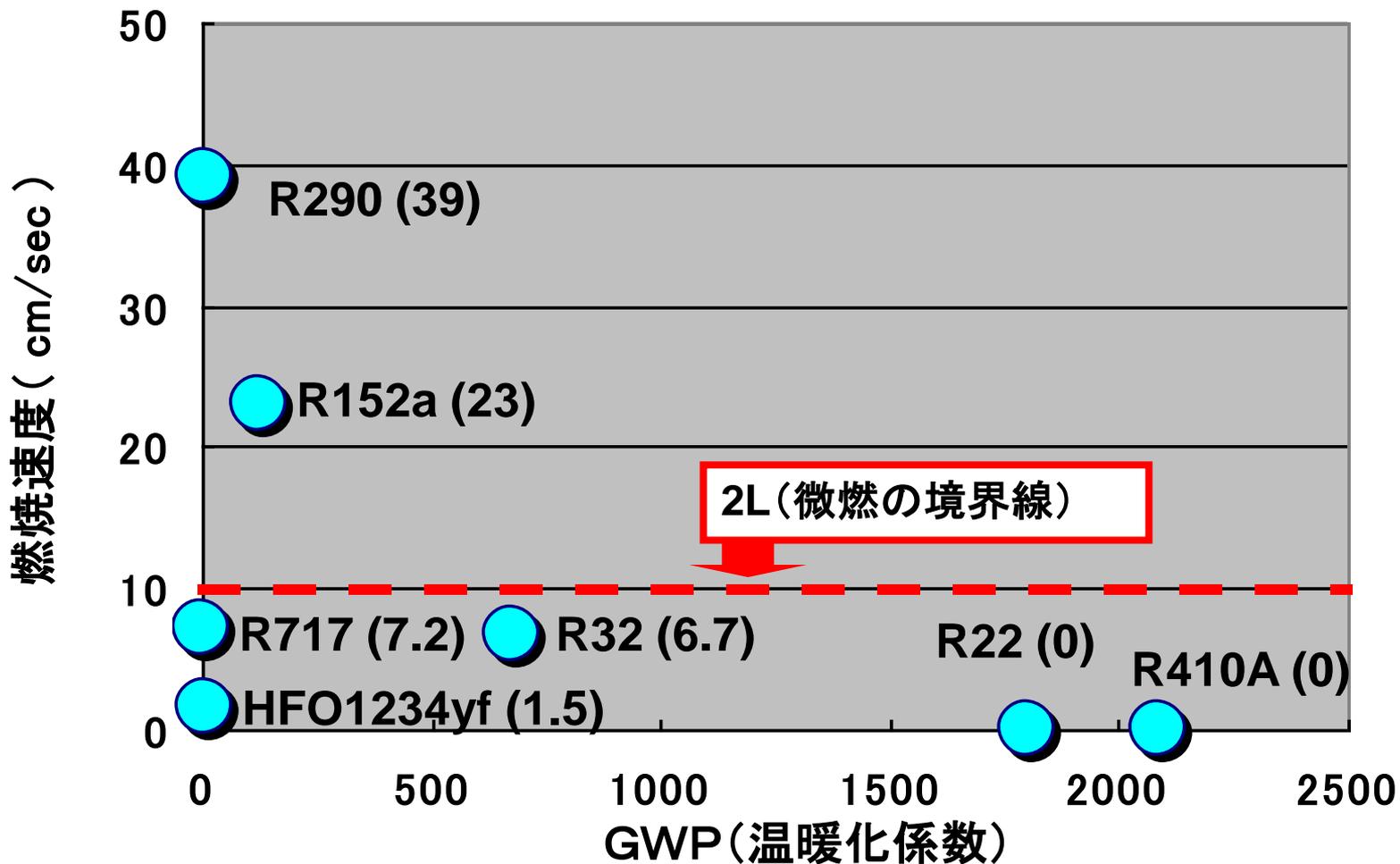
注1：一つのビルや店舗等に複数の機器を設置する場合も多い。

注2：市中稼働台数推計は、機器の出荷台数に経年による廃棄状況を勘案して算出。冷媒ストック量推計は、市中稼働台数推計に冷媒充填量及び排出係数を勘案して算出した値であり、実測値ではない。

代表的フルオロカーボンのODPとGWP



代表的フルオロカーボンの燃焼速度とGWP



※()内数値は、燃焼速度を示す。

※燃焼速度「0」は不燃で、等級は「1」となる。

代表的冷媒のGWPと安全等級

分類	略称 冷媒番号	地球温暖化係数 (GWP 100年値)	ASHRAE34 安全等級
CFC	CFC-11	4,750	A1
	CFC-12	10,900	A1
HCFC	HCFC-22	1,810	A1
	HCFC-123	77	B1
HFC	HFC-32	675	A2 →(A2L)
	HFC-134a	1,430	A1
	HFC-245fa	1,030	B1
混合系	R-502	4,660	A1
	R-404A	3,920	A1
	R-407A	2,110	A1
	R-407C	1,770	A1
	R-410A	2,090	A1
	R-410B	2,230	A1
その他	HFO-1234yf	4	A2 →(A2L)
	R-290 (propane)	~20	A3
	R-600a (isobutane)	~20	A3
	R-717 (anmonia)	<1	B2 →(B2L)
	R-744 (CO2)	1	A1

Next Generation Refrigerants candidate for A/C

Refrigerants		Properties				
		Pressure (MPa)	VoL Cool Capacity	COP	ODP	GWP (IPCC 4AR)
R22		1.73	100	100	0.05	1810
Synthetic	R410A	2.72	141	92	0	2090
	R32	2.80	160	97	0	675
	HFO1234yf	1.16	57	90	0	(4)
	HFO-Mix	?	?	?	0	300~500 ?
	New	?	?	?	0	?
Natural	R717 (NH ₃)	1.78	116	106	0	0
	R290 (Propane)	1.53	83	98	0	<3
	R744 (CO ₂)	10.00	243	41	0	1

Flammability Properties

		Minimum Ignition Energy (MJ)	Ignition Point (°C)	Burning Quantity (kJ/kg)	Burning Velocity (cm/sec)	LFL (VOL%)	UFL (VOL%)	ASHRAE safety classification
R22		-	-	-	-	-	-	-
Synthetic	R410A	-	-	-	-	-	-	-
	R32	30 - 100	648	9.3	6.7	14.4	33.4	2L
	HFO1234yf	>1000	405	10.3	1.5	6.2	12.3	2L
	HFO-Mix	?	?	?	?	?	?	?
	New	?	?	?	?	?	?	?
Natural	R717 (NH ₃)	100 - 300	651	18.6	7.2	15.2	28	2L
	R290 (Propane)	0.25	410	46.3	39	2.1	9.5	3
	R744 (CO ₂)	-	-	-	-	-	-	-

HFO1234yfの研究開発

定置用の空調機器で開発を進めてきたが良い結果は得られていない

- 1 微燃性のリスクあり 高湿度条件では燃焼性が増加
- 2 圧損が大 冷房時の能力低下が大きい
冷房時の電力供給が問題
機器間の接続配管径が1～2ランク大きくなる
- 3 燃焼時のHFの発生
- 4 系統内の水分による影響
- 5 R32,R134aとの混合冷媒にする必要あり ⇒ GWPの増加
- 6 経済性の課題

R32の検討

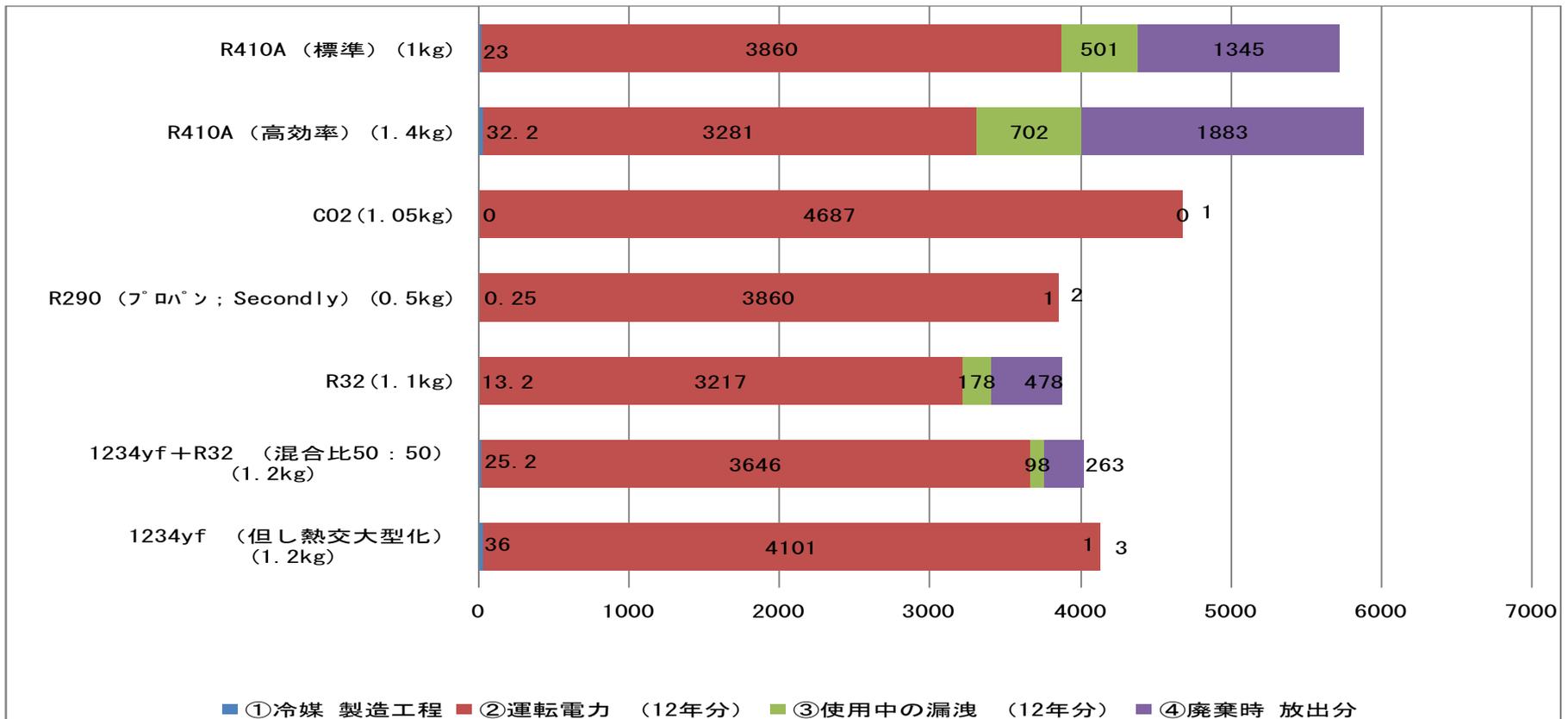
- 1 GWPが675 R410の1/3であるが、
HFOやHFO-MIX、他の自然冷媒に比べて依然大きい
- 2 冷媒としての特性は非常に優れていて、効率はとても良い
- 3 供給能力もあり経済性も優れている
- 4 微燃性のリスクがある
- 5 吐出温度が高くなる
- 6 日本では法的に微燃性冷媒のカテゴリーがなく
可燃性の扱いを受ける
微燃性のリスク評価を実施

冷媒種別の総合的な温暖化インパクト試算と エネルギー効率(家庭用エアコン4kW)

Comparison of LCCEP and Energy Consumption Ratio for Cooling Operation of 4Kw
Room Air Conditioner

計算前提: RAC 4kw

(CO2排出係数 0.425[CO2-kg/kwh]、寿命12年、運転時間9Hr/Day、
稼動時冷媒漏えい率2%/年、廃棄時冷媒回収率30% で評価の場合)



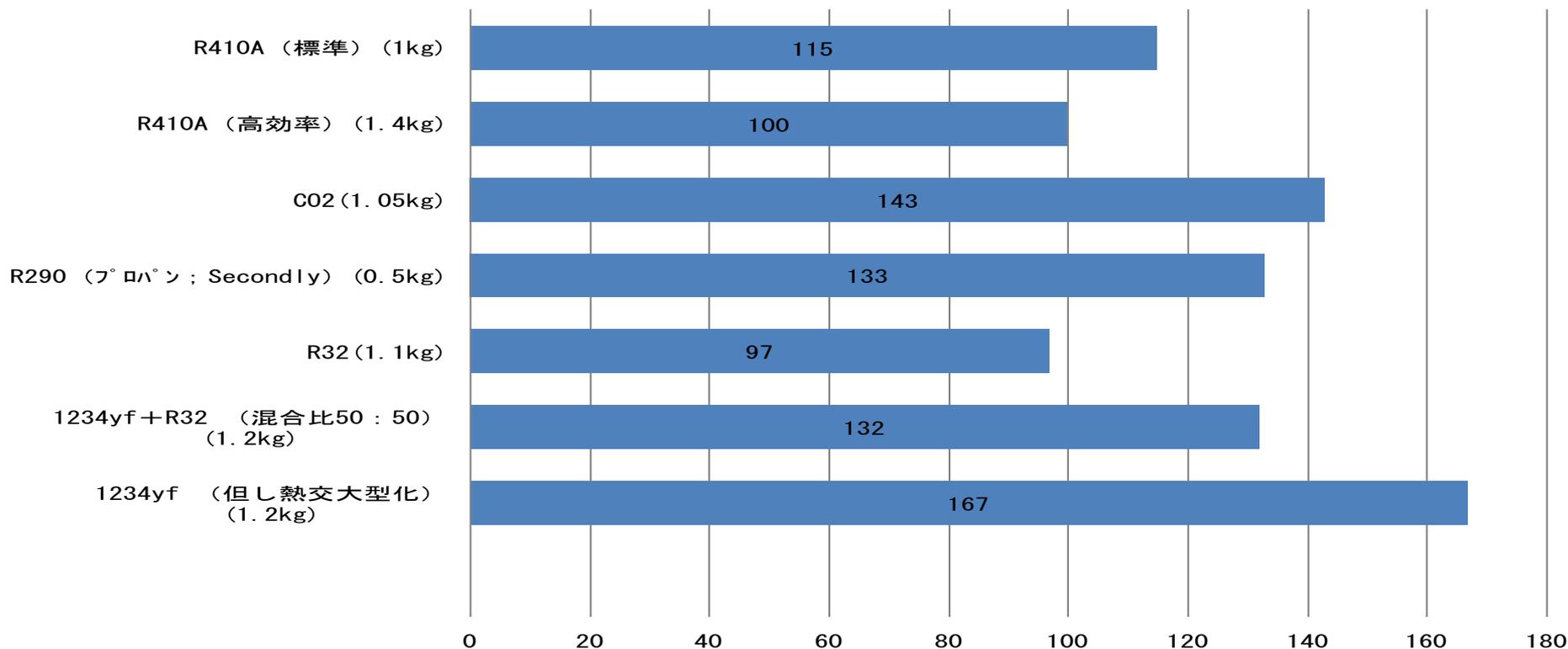
冷媒種別の総合的な温暖化インパクト試算とエネルギー効率(家庭用エアコン4kW)

Comparison of LCCP and Energy Consumption Ratio for Cooling Operation of 4Kw Room Air Conditioner

計算前提: RAC 4kw

(CO2排出係数 0.425[CO2-kg/kwh]、寿命12年、運転時間9Hr/Day、稼動時冷媒漏えい率2%/年、廃棄時冷媒回収率30% で評価の場合)

RAC 4.0kw 冷房運転電力費



HC冷媒のリスク評価

- 1 GTZ(ドイツ)がHCFC代替として途上国を中心にHC系冷媒を推奨している
- 2 HCは強燃焼性物質
- 3 爆発・火災事故のリスクが大きい
- 4 一部のシステムを除いて一般の空調機への使用は極めて危険である
- 5 海外では事故例も報告されている

冷凍・空調機器での炭化水素系冷媒による爆発事故例

機器	冷媒	時期・場所	事故状況	備考
家庭用冷蔵庫	イソブタン	英国・家庭	台所の冷蔵庫が爆発 ドアが吹き飛んだ	仕様表に冷媒量や冷媒種別の記載 や注意書き無し
家庭用冷蔵庫	ブタン系	韓国・英国	家の窓ガラスが破損	サムソンでは韓国21万台、中国3万 台、英国40万台リコール デフロストヒーターからの漏電が原因
冷凍機	プロパン	ニュージーランド	消防士1名死亡 6名重症 R22がプロパンに代え られていた	環境危機管理局の規制強化検討
カーエアコン	HC	米国 カリフォルニア	蒸発器からの冷媒漏れ	米国環境保護局の発表

ダイキン資料から

炭化水素系冷媒はユーザーが危険を認識しにくい
ので事故の発生確率が増加する



ニュージーランドのスーパーマーケットの火災写真

ま と め

- 1 いままでは省エネに軸足があったが、今後は冷媒問題が大きな鍵
短期的には冷媒や機器の管理による使用時の漏洩量削減や
機器廃棄時の冷媒回収の強化を行うことが必要
- 2 次世代冷媒にはいろいろな冷媒が提案がされているが、GWPだけで判断するべきではない
LCCPや経済性も重要な判断要素である
特に毒性や可燃性などの安全性は極めて重要である
採用の決定は慎重に行う必要がある
- 3 次世代冷媒はすべての機器に対して単一の冷媒に転換することは困難
機種によって最適なものを選ばざるを得ない
- 4 将来、微燃性の冷媒を使用せざるを得ないことが予想されるが、
リスク評価をしっかりと行うことが必要
また安全法との整合も必要
- 5 (社)日本冷凍空調工業会は今後も温暖化防止と冷媒問題に積極的に取り組んでいきたい