

次世代の低GWP 冷媒 R32 について

「環境エネルギーネットワーク 21」主任研究員 泉谷 直昭
矢島 龍三郎

1. はじめに

我が国では、家庭用や店舗用の直膨式空調機では、地球温暖化係数GWPがR410Aの1/3である微燃性冷媒R32への転換が既に行われており、更にビル用マルチ等の業務用空調機においても転換が進む見込みである。R32が選定された理由、微燃性冷媒に関する国内規制緩和の状況、国際的なHFC総量規制動向（キガリ合意：2016/10）と課題について触れる。

2. 空調機における冷媒選定

1) 直膨と間膨との比較

直膨式空調機では、比較的高圧のR32（GWP 675）が選択されており、チラー等の間膨式空調機では、比較的低圧のR1234yf（GWP 4）やR1234ze（GWP 6）等のHFO冷媒が選択されている。この主な理由は、直膨式では室内外を結ぶ低圧ガス配管での搬送動力が小さいR32が適しており、一体型で冷媒配管が短い間膨式では低圧HFO冷媒を用いた場合でも搬送動力が大きくならず効率への影響は小さいからである。図1に各冷媒の搬送動力比を示した。

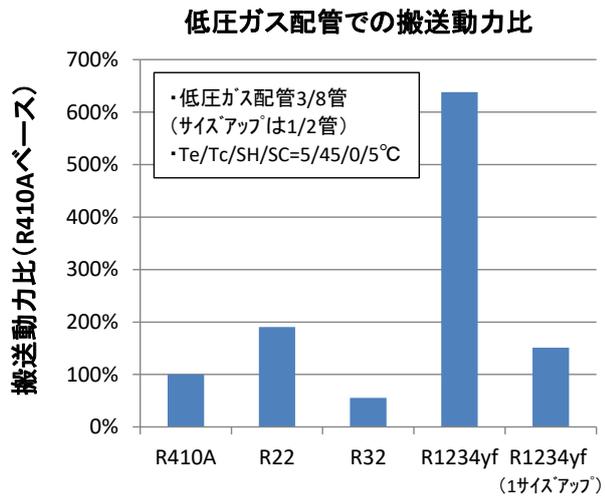


図1. 各冷媒の搬送動力比

では、更なる低GWP化のためには、HFO冷媒が使用可能な間膨式が支配的になるのだろうか。図2に、間膨式と直膨式の蒸発温度の比較例を示した。間膨式は、冷媒/水間と水/空気間の熱交換を行う2つの熱交換器を有している。直膨式と間膨式とで同一能力を処

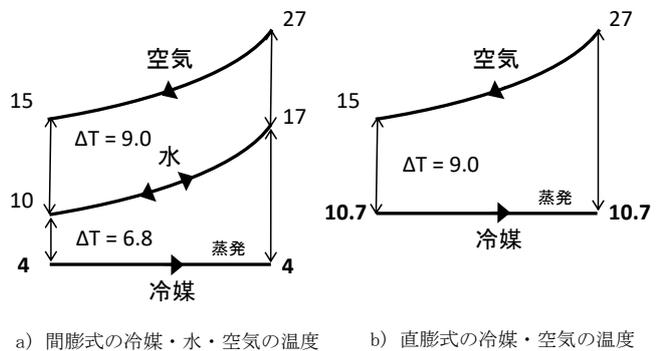


図2. 間膨式と直膨式との蒸発温度比較例

利するために、空気を冷却する熱交換器における対数平均温度差を同一とすると、間膨式では冷媒の蒸発温度が4℃であるのに対して、直膨式では10.7℃となる。間膨式・直膨式も空冷とすると、凝縮温度は同一となるから、蒸発温度に6.7℃の差がつ

くことになる。このため間膨式のCOPは、約20%程直膨式比で低くなり、間接温暖化影響が大きくなる。このように直膨式は、室内空気を直接冷媒で冷却するので間膨式に比べ効率的に大きなメリットを有する。その反面、冷媒漏えいの際、室内に冷媒が直接漏れるので、燃焼性に関する安全性評価が鍵となる。

2) 冷媒充填量を考慮した場合のGWP

空調機1台あたりの冷媒充填量が減れば、実質的な温暖化影響は減る。図3にその影響を示した。R32の液・ガス密度はR410Aよりも小さく同一機器においても冷媒充填量は約15%減る。液側圧力損失も小さく液管も細くすることも可能なので、冷媒充填量はR410A比70%となる。実質的なGWPはR410Aの1/4となる。

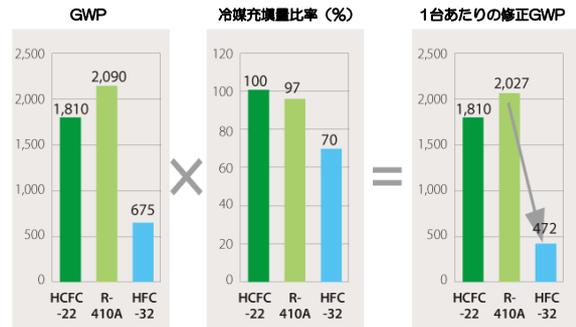


図3. 冷媒量を考慮したGWP削減 (ダイキン資料から)

3. 高圧ガス保安法の改正

表1には、微燃性冷媒リスク評価研究会が行ったR32等の微燃性冷媒を用いたエアコン室内機についてのリスク評価結果を示した。

この評価においては、着火事故の発生が100年に1度以下のリスクであればそのリスクは社会的に許容出来るリスクであるとしている。冷媒充填量が比較的小さな家庭用と店舗用については、床置形を除き、特別な対策が無くてもリスクは許容可能なレベルであった。また、ビル用マルチにおいては、冷媒充填量によっては機械換気・冷媒遮断弁・警報などの安全対策を必要とするレベルであった。機械室に設置される水冷チラーは2系統の連続機械換気を必要とするレベルであった。

上記のリスク評価結果を受け、2016年11月に冷凍保安規則が規制緩和された。表2に、緩和後の冷凍保安規則による規制を示した。以前は、R32等の微燃性冷媒は不活性冷媒としては扱われず、不活性

表1. 微燃性冷媒 (R32等) を用いたエアコンのリスク評価結果

エアコンの種類	冷房能力 [kW]	冷媒量 [kg]	実質的燃焼発生確率 【年間燃焼発生件数/台・年】		使用時のリスク評価
			許容レベル	評価結果	
家庭用 	22~8	0.5~2	1.0×10^{-10}	3.9×10^{-16} (燃焼・機械換気無し)	許容可能なレベル (床置形は対象外)
店舗・ビル用 	36~28	3~19	1.3×10^{-9}	4.2×10^{-12} (燃焼無し・機械換気無し)	許容可能なレベル (床置形は対象外)
ビル用マルチ 	14~150	5~88	1.0×10^{-9}	7.6×10^{-9} (燃焼無し・夜間燃焼禁止)	対策が必要なレベル (燃焼遮断・燃焼警報による)
水冷チラー 	8~1400	1~7000	7.5×10^{-7}	6.2×10^{-6} (燃焼遮断・換気無し)	法的規制が必要なしレベル (燃焼遮断による)

表2. 冷凍保安規則による規制 (2017年5月現在) 2015年度より

冷媒種	法定冷凍トリによる分類				
	3ト	5ト	20ト	50ト	
不活性	R410A R134a等	対象外	その他	第2種	第1種
特定不活性	R32 R1234yf R1234ze(E)		その他*1	第2種*2	第1種*2
不活性以外のフルカボソ	特定不活性以外の微燃性冷媒等	対象外	その他	第2種	第1種
その他のガス	アミン・アリド・CO ₂	対象外	第2種	第1種	第1種

*1) 燃焼を防止するための機器に応じた適切な措置を講ずること
*2) 冷媒漏えい時に滞留しない構造とし、滞留の恐れのある場所に漏えい検知警報設備を設けること

冷媒である R410A や R134a を用いる場合に比べ、より厳しい規制を受けていた。例えばビル用マルチエアコンは設置時や修理時に届出が必要であったり、また水冷チラーは指定設備の認定を受けられず、市場での実用化は困難な状態であった。規制緩和後は、3種の微燃性冷媒（R32、R1234yf、R1234ze(E)）は不活性冷媒の中の特定不活性冷媒として位置づけられ、表2脚注に示した条件を満たすことを条件として不活性冷媒として扱われることとなった。この結果、主な緩和として、例えばビル用マルチは「冷媒ガスが漏えいしたとき燃焼を防止するための適切な措置を講ずること」（冷凍保安規則第15条二号）を条件に届出が不要となり、チラーは「冷媒漏えい時に滞留しない構造」（同第7条三号）、「滞留の恐れのある場所に検知警報設備を設けること」（同第7条十五号）を追加で実施することを条件に指定設備の認定を受けることが可能となった。規制緩和された製品については指定製品化の検討が進められており、ビル用マルチマルチ等の直膨式では R32 が、チラー等の間膨式では HFO 冷媒への転換が今後進むと思われる。

4. R32 を採用した機器の普及状況

2012年11月から R32 ルームエアコンが国内にて上市され、現在では全メーカーが R32 への転換を行った。2013年11月からは、店舗用エアコンでも R32 機が販売された。2013年以降、インド、欧州、タイ、インドネシア、ベトナム等で R32 使用のエアコンが販売され、2017年3月時点で世界52か国、約2700万台が販売された。この冷媒転換による CO2 削減効果は、約4700万トンになると試算されている。

5. HFC冷媒に対する総量規制（キガリ合意）

図4に、キガリ合意による HFC 総量規制のスケジュールを示した。我が国においては、オゾン層保護法の規制対象に HFC を追加する方向で 2018 年度中に法整備がなされる見込みである。2019 年から総量削減が始まり、その後段階的に削減され、2036 年以降は、消費量・生産量をベースラインの 15% にまで削減することが求められる。

図5に、冷凍空調機器に充填される冷媒による国内における温暖化影響を表した。家庭用及びビル用マルチを含む業務用エアコンにおける R32 への転換完了、低温機器冷媒を GWP1500 以下に転換、大型チラーを HFO 化、R32 使用機器における省冷媒化、

また、冷媒破壊・再生すればその分だけ総量を増加出来るとの仕組みを活用すること、更に、機器からの使用時漏れを低減することにより、基準年ベースラインの 15% まで削減する道筋が確実になる。R32 は次世代の冷媒として、温暖化防止だけでなく省エネにも大きな貢献ができるものと思う。

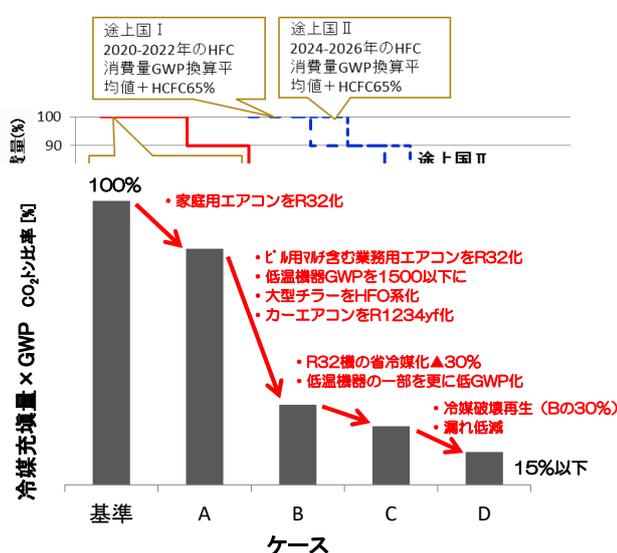


図5. 冷凍空調機器における CO2 削減イメージ