

第 3 部 次世代冷媒の規制・規格の調査

目次

1. はじめに	3
2. 対象とする冷媒、冷凍空調機器	3
3. 国内外の法規制、規格の現状	3
3.1 冷媒・冷凍空調機器関連の規制・規格	3
3.2 国内の規制・規格の概要	3
3.3 海外の規制・規格の概要	3
3.4 国内外安全規制・規格の比較	14

本報告書について

本報告書は、次世代冷媒に関する調査委員会 WGIII（規制・規格の調査）の平成 30 年度の成果をまとめたものです。

WGIII名簿

	氏名	所属
主査	岸本 哲郎	環境エネルギーネットワーク 21 理事長
メンバー	片岡 修身	日本冷凍空調学会 ISO 国内分科会主査
	宮田 征門	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 主任研究官
	東條 健司	日本冷凍空調学会 国際委員会委員長
	飯沼 守昭	高圧ガス保安協会 高圧ガス部冷凍空調課長
事務局	松田 謙治	日本冷凍空調学会 事務局長
	西口 章	日本冷凍空調学会
	上村 茂弘	日本冷凍空調学会

本報告書に掲載されている情報の正確性については万全を期していますが、著者および当学会は利用者が本報告書の情報を用いて行う一切の行為について、何らの責任を負うものではありません。本報告書の利用に起因して利用者に生じた損害につき、著者および当学会としては責任を負いかねますので御了承ください。

1. はじめに

公益社団法人日本冷凍空調学会が実施する調査事業の目的は、NEDO 事業「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発」の成果を横断的にとりまとめ、国内外に発信すると共に、次世代冷媒の基本特性、性能評価及びこれを適用した冷凍空調機器の安全性、リスク評価に関し、国際規格、国際標準に提案すべき内容の調査を行うことにある。

進め方として、調査委員会の中に WGIII を設け、有識者による意見交換を通じて情報を集約していくこととした。先ず第一段階として、冷媒、冷凍空調機器に関わる国内外の規制、規格の種類、内容について整理した。

2. 対象とする冷媒、冷凍空調機器

現在使用されている冷媒、また将来有望とみられ検討されている冷媒の数は多い。Fig.1 に製品別に従来の冷媒と転換が進みつつある冷媒の例を示す。地球温暖化対策により、低 GWP（地球温暖化係数）であることは必須で、従来のフロン類に替わり、Fig.1 に記されている物質以外にも、HFO（ハイドロフルオロオレフィン）系や HC（炭化水素）、二酸化炭素、アンモニア等の自然冷媒系、その他新物質に関する研究開発が実施されている。^{1),2)}

本事業で調査対象となる次世代冷媒としては、先ずはプロパン等の HC 系冷媒、HFO 系冷媒及び HFO 系冷媒を含む混合冷媒が中心となる。

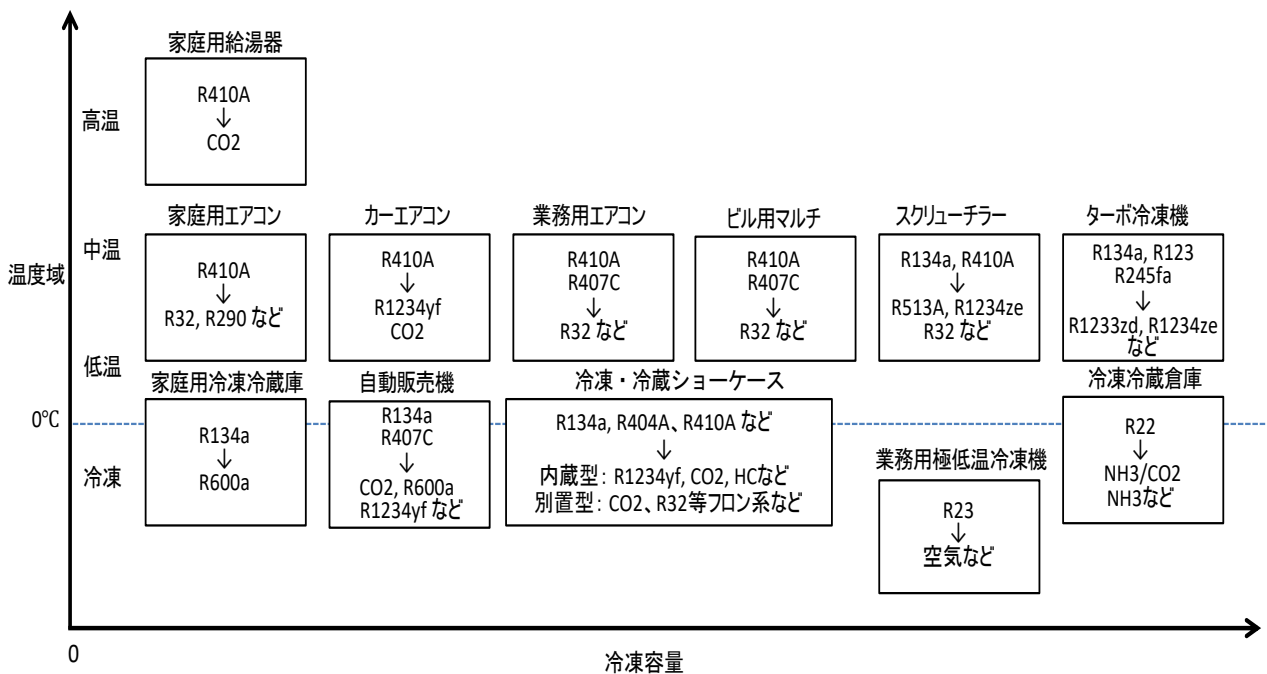


Fig.1 Alternative refrigerants for each product

3. 国内外の法規制・規格の現状

3.1 冷媒・冷凍空調機器関連の規制・規格

冷媒、冷凍空調機器に関係する国際規格、日本及び米国、欧州の規制、規格をリストアップすると Table 1 のようになる。近年、地球温暖化対策の強化に伴って、より GWP の低い冷媒の使用が進められているが、この使用、普及に当たっての新たな規制や使用基準の明確化、緩和が行われている。

特に、ASHRAE34、15、ISO817、5149、IEC60335 は新冷媒の使用に関して主導的な位置づけにあるとみられ、注目が必要である。また、米国の SNAP、欧州の F ガス規制も日本への影響が大きく、動向把握が重要である。

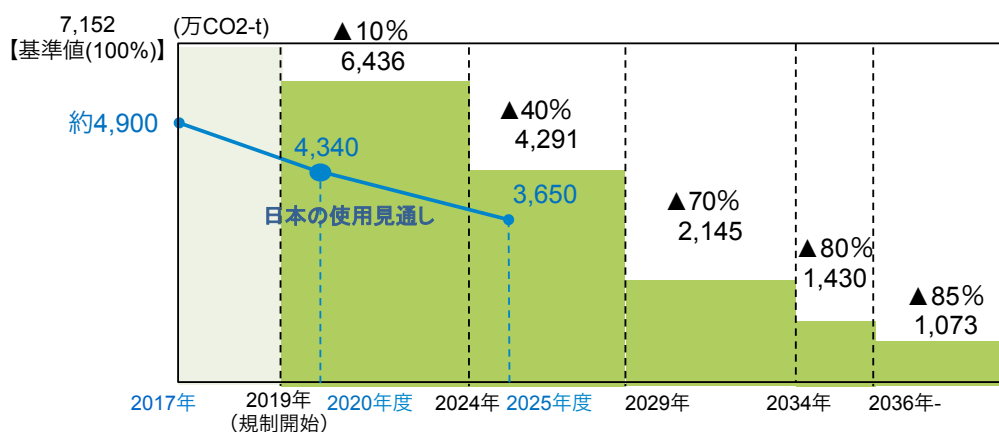
Table 1 Regulations and standards related with refrigerant and refrigeration air-conditioning products

		国際	日本	米国	欧州
冷凍空調関係	冷媒	モントリオール議定書 ISO817 ISO17584 GHS	オゾン層保護法	Clean Air Act、SNAP ASHRAE34 UL2182	Fガス規制 EN378
	全般	ISO5149	フロン排出抑制法	ASHRAE15	EN378
	機器	IEC60335-2-24,34,40,89	電気用品安全法	UL984 UL60335-2-24,34,40,89	EN60335-2-24,34,40,89
高圧ガス保安法関係			冷凍保安規則 一般高圧ガス保安規則		
建築空調設備関係		ISO52000	省エネ法 建築物省エネ法		

3.2 国内の規制・規格の概要

1) オゾン層保護法

1988年に制定。モントリオール議定書に基づく特定フロン（CFC、HCFC）の生産量・消費量の削減義務を履行するため、特定フロンの生産及び輸入の規制措置が講じられた。この後、2016年、ルワンダのキガリにて議定書が改正され、代替フロン（HFC）も、温室効果が高く、地球温暖化に影響を与えることに鑑み、生産量・消費量の削減義務が課せられることとなった。これを受け、国内担保措置として、2018年6月にオゾン層保護法が改正され、代替フロンの製造及び輸入の規制措置が定められた。日本は2018年12月にキガリ改正を受諾し、2019年1月1日より規制が開始されている。³⁾



※ 基準値: 2011-2013年実績の平均値から計算

Fig.2 Limited consumption volume in Japan based on Kigari amendment

改正オゾン層保護法の主な措置事項は以下のとおりである。

- 経済産業省大臣及び環境大臣は、議定書に基づき日本が遵守すべき代替フロンの生産量・消費量の限度を定めて公表する。
- 製造者は、経済産業大臣の許可を受けなければならない。
- 輸入者は、外為法に基づく経済産業大臣の承認を受けなければならない。

日本における代替フロンの主な用途は、冷凍空調機器の冷媒が約9割を占める。残りの用途は、断熱材用の発泡剤、噴射剤等である。

Fig.2に示されるように、日本の使用見通しから見ると、2029年以降の削減義務達成が厳しくなるとみられ、HFCに替わる冷媒及びこれを活用した製品の開発、さらに導入のための規制、規格等の整備が必須となってくる。

2) フロン排出抑制法

2001年にフロン回収・破壊法が制定され、業務用冷凍空調機器の整備時、廃棄時のフロン類の回収、回収されたフロン類の破壊が進められた。しかし、HFCの急増、冷媒回収率の低迷、機器使用中の大規模漏えいの判明等の課題が生じ、これらへの対応が求められることとなった。そのため、フロン類の回収、破壊に加え、フロン類の製造から廃棄までのライフサイクル全体にわたる対策が取られるよう、2014年に改正され、名称もフロン排出抑制法と改められ、2015年4月より施行された。フロン類の使用の合理化と管理の適正化を二本柱として、以下の4点の対策が実施されている。

- フロン類のフェーズダウン：ガスメーカーは代替物質の開発や再生等により、温暖化影響を低減し、製造量を削減しなければならない。
- フロン類使用製品のノンフロン化、低GWP化の促進：機器メーカーは技術進歩や市場動向を踏まえて、その時点で最も環境影響度の低い製品を普及させなければならない。
- 機器使用時のフロン類の漏えい防止：機器ユーザーは機器使用時において、適切な管理を推進することで排出量を削減しなければならない。
- 充填・回収行為の適正化：冷媒回収業者は適切な充填・回収、及び再生・破壊を推進しなければならない。

この法律で、指定製品制度が設けられ、代替冷媒候補に対応した製品の技術開発及び安全性評価等の状況を踏まえ、対象製品毎に環境影響度の目標（GWP）、目標年度が定められた。対象製品、目標値、目標年度は随時見直しが実施される。⁴⁾

Table 2 Target value GWP and year for each designated products

指定製品の区分	現在使用されている 主な冷媒及び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（壁貫通型等を除く）	R410A(2090)、R32(675)	750	2018
店舗・オフィス用エアコンディショナー			
①床置型等除く、法定冷凍能力3トン未満のもの	R410A(2090)、R32(675)	750	2020
②床置型等除く、法定冷凍能力3トン以上のものであって、③を除くもの	R410A(2090)	750	2023
③中央方式エアコンディショナーのうちターボ冷凍機を用いるもの	R134a(1430)、 R245fa(1030)	100	2023
自動車用エアコンディショナー (乗用自動車(定員11人以上のものを除く)に掲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以下のもの等を除く)	R404A(3920)、 R410A(2090) R407C(1770)、CO2(1)	1500	2025
中央方式冷凍冷蔵機器 (5万m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を用いた断熱材(現場発泡用のうち住宅建材用に限る)	HFC-245fa(1030) HFC-365mfc(795)	100	2020
専ら噴射剤のみを充填した噴霧器(不燃性を要する用途のものを除く)	HFC-134a(1430) HFC-152a(124) CO2(1)、DME(1)	10	2019

3) 高圧ガス保安法（冷凍保安規則、一般高圧ガス保安規則）

高圧ガス保安法は、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、輸入、移動、消費、廃棄等を規制するとともに、民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスに関する自主的な活動を推進し、公共の安全を確保することを目的とした法律である。

次世代冷媒の開発、評価にとっては、特に冷凍保安規則への関わりが深い。次世代冷媒は低 GWP であることが必須であるが、現在のその候補の冷媒には微燃性の特性を持つものがある。温暖化影響と燃焼性はトレードオフの関係にあり、これらの微燃性冷媒の安全性の担保、規制、規格への対応が大きな課題になっている。

従来、冷凍保安規則では可燃性ガス、毒性ガス及び不活性ガスの用語の定義に冷媒ガス名を掲名する方式であり、微燃性冷媒はどこにも掲名されておらず、不活性のフルオロカーボン以外のフルオロカーボン（第2グループ）の位置づけであった。2013年以來、冷凍保安規則の規制合理化の検討がなされてきて、R1234yf、R1234ze 及び R32 の微燃性3冷媒は、2016年11月に、可燃性ガスの定義から除かれ、不活性ガスの定義中の「フルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）」に該当することとなり、不活性ガス（第1グループ）に位置づけられ、特定不活性ガスにこれらの微燃性3冷媒が掲名された。しかし、これらはわずかな燃焼性があるため、冷媒ガスが漏えいしたとき滞留しない構造と漏えいするガスが滞留するおそれがある場所への検知警報設備の設置が義務づけられた。

なお、2017年7月、二酸化炭素も不活性ガス（第1グループ）に区分されている。

Table 3 Refrigerant classification and management on High Pressure Gas Safety Act

	冷凍能力(1日)			
	3トン	5トン	20トン	50トン
第1グループ フルオロカーボン (不活性のものに限る) 二酸化炭素	適用除外		許可・届出不要 法の適用 (その他製造)	届出 (第2種製造者)
第2グループ フルオロカーボン (不活性のものを除く) アンモニア	適用除外	許可・届出不要 法の適用 (その他製造)	届出 (第2種製造者)	
第3グループ その他のガス プロパン等		届出 (第2種製造者)		許可 (第1種製造者)

また、一般高圧ガス保安規則においても冷凍保安規則と同様な特定不活性ガスの区分が新設され、R1234yf、R1234ze 及び R32 が位置づけられた。⁵⁾

4) 省エネ法・建築物省エネ法

冷凍空調機器の省エネルギー化は地球温暖化対策にとって重要で、冷媒転換による機器の効率低下防止が大きな課題となる。省エネ法及びこれに基づく JIS によって省エネ性の算定の方法や表示が規定されている。機器の種類によって、通年エネルギー効率 (APF)、省エネ基準達成率、目標年度、省エネ性マーク等の表示が定められている。

建築物省エネ法は、2015年に制定された法律で、一定規模以上建築物の新築、増改築時に省エネ性基準の適合性が判断されることから、空調機器の省エネ性が大きく関わることになる。

冷凍空調機器の地球温暖化への影響は、温室効果ガスとしての冷媒の放出の要因よりも運転時のエネルギー消費によるものが圧倒的に大きい。この面から、建築物との関係における機器の使用法の最適化がより重要になると予想される。

5) その他の関係法律

その他関係する法律としては、温室効果ガスとしてのフロン排出量算定、報告を規定した温暖化対策推進法（温対法）、電気機器の安全性を規定した電気用品安全法がある。

6) 業界規格

日本冷凍空調工業会は業界基準として、3冷凍トン以上の冷凍空調機器を対象に、冷媒の安全性に係る設備及び施設の技術基準である JRA 規格・ガイドラインを策定している。

Table 4 にこの事例を示す。⁶⁾

Table 4 JRA Standards and Guideline by JRAIA

番号	規格番号	名称	対象機種	適用範囲
1	JRA GL-20	特定不活性ガスを使用した冷媒設備の冷媒ガスが漏えいしたときの燃焼を防止するための適切な措置	特定不活性ガス使用設備	5～20トン
2	JRA 4068	冷凍空調機器に関する冷媒漏えい検知警報器要求事項		定置式検知警報器
3	JRA GL-15	微燃性（A2L）冷媒を使用したチラーの冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン	チラー	7.5 kW～
4	JRA 4070	微燃性（A2L）冷媒を使用した業務用エアコンの冷媒漏えい時の安全機能要求事項	ビル用マルチ店舗PAC	3～20トン
5	JRA GL-16	微燃性（A2L）冷媒を使用した業務用エアコンの冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン	ビル用マルチ店舗PAC	3～20トン
6	JRA 4072	微燃性（A2L）冷媒を使用した低温機器の冷媒漏えい時の安全機能要求事項	低温機器	3～20トン
7	JRA GL-18	微燃性（A2L）冷媒を使用した低温機器の冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン	低温機器	3～20トン
8	JRA 4073	微燃性（A2L）冷媒を使用した設備用エアコンの冷媒漏えい時の安全機能要求事項	設備用PAC	～20トン
9	JRA GL-19	微燃性（A2L）冷媒を使用した設備用エアコンの冷媒漏えい時の安全確保のための施設ガイドライン	設備用PAC	～20トン
10	JRA 4076	R744（CO2）を使用した小形冷凍装置の安全基準	冷凍機器	～5トン

3.3 海外の規制・規格の概要

1) 国際的な冷媒規制

モントリオール議定書が1987年に採択され、オゾン層破壊物質の生産量・消費量削減が実施されてきた。2019年1月現在、196ヶ国及びEUが締結している。何度かの規制強化を行いつつ着実に実効をあげてきた環境規制として国際的な評価が高い。2016年には議定書改正（キガリ改正）が行われ、CFC、HCFCの代替物質であったHFCの段階的生産量・消費量の削減が規定された。これを受け、各国では国内法の整備が行われている。

気候変動枠組条約においては、京都議定書に代わる枠組として2015年にパリ協定が採択され、途上国も含め各国が温室効果ガス排出削減の将来目標の設定を行なった。ここにはHFC、PFCも含まれている。

2) 欧米の冷媒規制

米国では、大気浄化法（Clean Air Act）によりモントリオール議定書遵守等のための規制措置がなされている。これに基づき、環境保護庁（EPA）が重要代替物質政策（SNAP）を公表し、冷媒対策を推進している。技術動向や経済性も考慮しながら、機器別に使用

を承認する物質、禁止する物質と適用年のリストアップがなされており、拘束力がある。用途によっては、R134a、R404A、R410A 等の高 GWP 冷媒は規制措置がかかる方向にある。⁷⁾

欧州では、2006 年に F ガス規制が採択され、2014 年に改定が行われている。この規制は F ガスの上流（ガス、製品の製造）、中流（使用時漏洩防止）、下流（廃棄時の回収、再生、破壊）まで幅広く規制するものである。以下に規制項目を示す。⁸⁾

- 高 GWP 封入機器の販売禁止：GWP レベルと禁止時期の規定
 - メンテナンス時における高 GWP ガス（2500 以上）の使用禁止（2020 年以降）
 - HFC の段階的な総量規制と生産者と輸入業者への割当制度
 - その他：漏洩点検システム、研修と業者認証、記録・報告義務等
- 欧州は、2030 年に 2009-12 年平均 CO₂ 換算総量の 79% の削減を目標としている。

3) 途上国の状況

現在、途上国の大半はモントリオール議定書に基づく HCFC の全廃対策が中心とみられる。HCFC 全廃計画（HPMP）がモントリオール多数国間基金を活用し国連環境計画（UNEP）で推進されている。R410A、R404A 等への転換が主であるが、学会、展示会等の情報では、GWP の低い R1234yf、R1233zd、新混合冷媒等の採用が行われている。また、R290、R600a 等の A3 クラス冷媒も有望と捉えている面がみられる。

4) ISO、IEC 規格

ISO817：冷媒の命名法、安全等級の国際規格であり、2014 年に改訂され、冷媒の燃焼性に関する等級に微燃性の区分 2L が追加された。⁹⁾

Table 5 Flammability classification on ISO817(2014)

燃焼性等級	英文表記	日本語表記	試験環境	判断基準		
				LFL (%) 爆発下限界	HOC (kJ/kg) 燃焼エネルギー	BV (cm/s) 燃焼速度
クラス 1	No flame propagation	不燃性	温度 60°C	—	—	—
クラス 2L	Lower flammability	微燃性	圧力 101.3kPa	>3.5%	and <19000	≤10 at 23°C
クラス 2	flammable	可燃性		>3.5%	and <19000	—
クラス 3	Higher flammability	強燃性		≤3.5%	or ≥19000	—

また、毒性についても低毒性 A、高毒性 B の区分けがなされており、燃焼性と合わせた称呼がなされている。例えば、R123 や R245fa は B1、R32 や R1234yf は A2L となる。

Table 6 Toxicity classification on ISO817(2014)

毒性等級	英文表記	日本語表記	判断基準：暴露濃度限界 EOL (ppm)
クラス A	Lower Toxicity	低毒性	EOL ≥ 400
クラス B	Higher Toxicity	高毒性	EOL < 400

ISO5149：冷凍空調機器の安全性、環境性について定められた国際規格。2014 年に R32、R1234yf、R1234ze 等の低毒性で微燃性の冷媒（2L クラス）の使用に関する要求事項が規定された。この中で、安全対策が不要な許容冷媒充填率（RCL）、総冷媒充填量が定められ

たが、その後、機器の設置状態を考慮した見直し等の検討がなされている。¹⁰⁾

IEC60335-40：ヒートポンプ、エアコン、除湿機に関する安全、製品認証規格。ISO と連携し、2018 年に 2 L 冷媒についての規定が導入されている。¹¹⁾

ISO52000：建築物のエネルギー性能の評価、建築環境設計に関する規格で、冷暖房の計算方法、エネルギー性能指標、評価等が含まれ、総合的なアプローチがなされており、冷凍空調機器の省エネ性評価との関わりが深い。EPB (Energy performance of buildings) として、現在追加検討が進んでいる模様である。特に、EU ではこれを EN 規格への落とし込みがなされている。¹²⁾

5) ASHRAE 規格

ASHRAE34：冷媒の命名法、安全等級の米国規格であり、世界をリードしている。2011 年に燃焼熱量が 19000kJ/kg 以下で燃焼速度が 10cm/s 以下の微燃性冷媒について、2 L ランクが新設され、R32、R1234yf、アンモニアが分類されている。内容は ISO817 とほぼ同様である。既に規制になっている CFC、HCFC を除き、現在登録されている物質を整理し、GWP 値を加えたものを Table7-1,2,3,4 に示す。¹³⁾

Table 7-1 Refrigerant Data and Safety Classification (ANSI/ASHRAE Standard 34-2016)

Refrigerant Number	Chemical Formula	Normal Boiling Point (°C)	Safety Group	RCL (g/m3)	GWP	備考 (主な適用状況)
Methane Series						* 2014年以降の追加物質
14	CF4	-128	A1	400	7,390	
23	CHF3	-82	A1	120	14,800	単一 (極低温冷凍機)
32	CH2F2	-52	A2L	77	675	単一、混合系 (全般)
41	CH3F	-78				
50	CH4	-161	A3		25	
Ethane Series						
116	CF3CF3	-78	A1	550	12,200	
125	CHF2CF3	-49	A1	370	3,500	主に混合系
134a	CH2FCF3	-26	A1	210	1,430	単一、混合系 (全般)
143a	CH3CF3	-47	A2L	70	4,470	主に混合系
152a	CH3CHF2	-24	A2	32	124	主に混合系
170	CH3CH3	-89	A3	8.7		
Ethers						
E170	CH3OCH3	-25	A3	16	1	
Propane						
218	CF3CF2CF3	-37	A1	690	8,830	主に混合系
227ea	CF3CHF2CF3	-15.6	A1	580	3,220	主に混合系
236fa	CF3CH2CF3	-1	A1	340	9,810	主に混合系
245fa	CHF2CH2CF3	15	B1	190	1,030	単一 (ターボ冷凍機)
290	CH3CH2CH3	-42	A3	9.5	3	単一、混合系
Cyclic Organic Compounds						
C318	-(CF2)4-	-6	A1	660		
Miscellaneous Organic Compounds						
hydrocarbons						
600	CH3CH2CH2CH3	0	A3	2.4	15	単一、混合系
600a	CH(CH3)2CH3	-12	A3	9.6	4	単一、混合系
601	CH3CH2CH2CH2CH3	36.1	A3	2.9		
601a	(CH3)2CHCH2CH3		A3	2.9		
oxygen compounds						
610	CH3CH2OCH2CH3	35				
611	HCOOCH3	32	B2			
sulfur compounds						
620						
Nitrogen Compounds						
630	CH3NH2	-7				
631	CH3CH2(NH2)	17				
Inorganic Compounds						
717	NH3	-33	B2L	0.22	1	主に単一
718	H2O	100	A1		<1	主に単一
744	CO2	-78	A1	54	1	主に単一
Unsaturated Organic Compounds						
1130(E)	CHCl=CHCl	47.7	B1	4		
1132a	CF2=CH2	-86.7	A2	33		*
1150	CH2=CH2	-104	A3			
1224yd(Z)	CF3CF=CHCl	14.5	A1	360		*
1233zd(E)	CF3CH=CHCl	18.1	A1	85	1	単一 (ターボ冷凍機)
1234yf	CF3CF=CH2	-29.4	A2L	75	1	単一、混合系
1234ze(E)	CF3CH=CFH	-19	A2L	75	1	単一、混合系
1270	CH3CH=CHz	-48	A3	1.7	3	主に混合系
1336mzz(Z)	CF3CHCHCF3	33.4	A1	87	2	*

Table 7-2 Refrigerant Data and Safety Classification (ANSI/ASHRAE Standard 34-2016)

Number	Composition (Mass%)	Bubble Point (°C)	Dew Point (°C)	Safety Group	RCL (g/m3)	GWP	備考 (主な適用状況、代替候補等)
Zeotropes							* 2014年以降の追加物質
404A	R-125/143a/134a (44.0/52.0/4.0)	-46.6	-45.8	A1	500	3,920	主に冷凍冷蔵
407A	R-32/125/134a (20.0/40.0/40.0)	-45.2	-38.7	A1	300	2,110	
407B	R-32/125/134a (10.0/70.0/20.0)	-46.8	-42.4	A1	330	2,800	
407C	R-32/125/134a (23.0/25.0/52.0)	-43.8	-36.7	A1	290	1,770	主に空調
407D	R-32/125/134a(15.0/15.0/70.0)	-39.4	-32.7	A1	250	1,630	
407E	R-32/125/134a (25.0/15.0/60.0)	-42.8	-35.6	A1	280	1,550	
407F	R-32/125/134a (30.0/30.0/40.0)	-46.1	-39.7	A1	320	1,820	
407G	R-32/125/134a (2.5/2.5/95.0)	-29.2	-27.2	A1	210	1,460	*
407H	R-32/125/134a (32.5/15.0/52.5)	-44.7	-37.6	A1	300	1,500	*
407I	R-32/125/134a (19.5/8.5/72.0)	-39.8	-33.0	A1	250	1,460	*
410A	R-32/125(50.0/50.0)	-51.6	-51.5	A1	420	2,090	空調、冷凍冷蔵
410B	R-32/125 (45.0/55.0)	-51.5	-51.4	A1	430	2,230	
413A	R-218/134a/600a (9.0/88.0/3.0)	-29.3	-27.6	A2	94	2,050	
417A	R-125/134a/600 (46.6/50.0/3.4)	-38.0	-32.9	A1	56	2,350	
417B	R-125/134a/600 (79.0/18.3/2.7)	-44.9	-41.5	A1	70	3,030	
417C	R-125/134a/600 (19.5/78.8/1.7)	-32.7	-29.2	A1	87	1,810	
419A	R-125/134a/E170 (77.0/19.0/4.0)	-42.6	-36.0	A2	67	2,970	
419B	R-125/134a/E170 (48.5/48.0/3.5)	-37.4	-31.5	A2	74	2,380	
421A	R-125/134a (58.0/42.0)	-40.8	-35.5	A1	280	2,630	
421B	R-125/134a (85.0/15.0)	-45.7	-42.6	A1	330	3,190	
422A	R-125/134a/600a (85.1/11.5/3.4)	-46.5	-44.1	A1	290	3,140	
422B	R-125/134a/600a (55.0/42.0/3.0)	-40.5	-35.6	A1	250	2,530	
422C	R-125/134a/600a (82.0/15.0/3.0)	-45.3	-42.3	A1	290	3,080	
422D	R-125/134a/600a (65.1/31.5/3.4)	-43.2	-38.4	A1	260	2,730	
422E	R-125/134a/600a (58.0/39.3/2.7)	-41.8	-36.4	A1	260	2,590	
423A	R-134a/227ea (52.5/47.5)	-24.2	-23.5	A1	310	2,280	
424A	R-125/134a/600a/600/601a (50.5/47.0/0.9/1.0/0.6)	-39.1	-33.3	A1	100	2,440	
425A	R-32/134a/227ea (18.5/69.5/12.0)	-38.1	-31.3	A1	260	1,510	
426A	R-125/134a/600/601a (5.1/93.0/1.3/0.6)	-28.5	-26.7	A1	83	1,510	
427A	R-32/125/143a/134a (15.0/25.0/10.0/50.0)	-43.0	-36.3	A1	290	2,140	
428A	R-125/143a/290/600a (77.5/20.0/0.6/1.9)	-48.3	-47.5	A1	370	3,610	
429A	R-E170/152a/600a (60.0/10.0/30.0)	-26.0	-25.6	A3	13	12	
430A	R-152a/600a (76.0/24.0)	-27.6	-27.4	A3	21	94	
431A	R-290/152a (71.0/29.0)	-43.1	-43.1	A3	11	36	
432A	R-1270/E170 (80.0/20.0)	-46.6	-45.6	A3	2.1	3	
433A	R-1270/290 (30.0/70.0)	-44.6	-44.2	A3	5.5	3	
433B	R-1270/290 (5.0/95.0)	-42.7	-42.5	A3	8.1	3	
433C	R-1270/290 (25.0/75.0)	-44.3	-43.9	A3	6.6	3	
434A	R-125/143a/134a/600a (63.2/18.0/16.0/2.8)	-45.0	-42.3	A1	320	3,250	
435A	R-E170/152a (80.0/20.0)	-26.1	-25.9	A3	17	25	
436A	R-290/600a (56.0/44.0)	-34.3	-26.2	A3	8.1	3	
436B	R-290/600a (52.0/48.0)	-33.4	-25.0	A3	8.2	3	
436C	R-290/600a (95.0/5.0)	-41.5	-39.5	A3	9.1	3	*

Table 7-3 Refrigerant Data and Safety Classification (ANSI/ASHRAE Standard 34-2016)

Number	Composition (Mass%)	Bubble Point (°C)	Dew Point (°C)	Safety Group	RCL (g/m ³)	GWP	備考 (主な適用状況、代替候補等)
Zeotropes							* 2014年以降の追加物質
437A	R-125/134a/600/601 (19.5/78.5/1.4/0.6)	-32.9	-29.2	A1	82	1,810	
438A	R-32/125/134a/600/601a (8.5/45.0/44.2/1.7/0.6)	-43.0	-36.4	A1	79	2,260	
439A	R-32/125/600a (50.0/47.0/3.0)	-52.0	-51.8	A2	76	1,980	
440A	R-290/134a/152a (0.6/1.6/97.8)	-25.5	-24.3	A2	31	144	
441A	R-170/290/600a/600 (3.1/54.8/6.0/36.1)	-41.9	-20.4	A3	6.3	7	
442A	R-32/125/134a/152a/227ea (31.0/31.0/30.0/3.0/5.0)	-46.5	-39.9	A1	330	1,890	
443A	R-1270/290/600a (55.0/40.0/5.0)	-44.8	-41.2	A3	3.1	3	
444A	R-32/152a/1234ze(E) (12.0/5.0/83.0)	-34.3	-24.3	A2L	81	88	
444B	R-32/152a/1234ze(E) (41.5/10.0/48.5)	-44.6	-34.9	A2L	69	293	*
445A	R-744/134a/1234ze(E) (6.0/9.0/85.0)	-50.3	-23.5	A2L	67	130	
446A	R-32/1234ze(E)/600 (68.0/29.0/3.0)	-49.4	-44.0	A2L	39	460	*
447A	R-32/125/1234ze(E) (68.0/3.5/28.5)	-49.3	-44.2	A2L	42	582	*
447B	R-32/125/1234ze(E) (68.0/8.0/24.0)	-50.1	-46.0	A2L	360	739	*
448A	R-32/125/1234yf/134a/1234ze(E) (26.0/26.0/20.0/21.0/7.0)	-45.9	-39.8	A1	390	1,390	R404A代替候補 *
449A	R-32/125/1234yf/134a (24.3/24.7/25.3/25.7)	-46.0	-39.9	A1	370	1,400	R404A代替候補 *
449B	R-32/125/1234yf/134a (25.2/24.3/23.2/27.3)	-46.1	-40.2	A1	370	1,410	*
449C	R-32/125/1234yf/134a (20.0/20.0/31.0/29.0)	-44.6	-38.1	A1	360	1,250	*
450A	R-134a/1234ze(E) (42.0/58.0)	-23.4	-22.8	A1	320	601	R134a代替候補 *
451A	R-1234yf/134a (89.8/10.2)	-30.8	-30.5	A2L	81	147	*
451B	R-1234yf/134a (88.8/11.2)	-31.0	-30.6	A2L	81	161	*
452A	R-32/125/1234yf (11.0/59.0/30.0)	-47.0	-43.2	A1	440	2,140	*
452B	R-32/125/1234yf (67.0/7.0/26.0)	-51.0	-50.3	A2L	360	698	R410A代替候補 *
452C	R-32/125/1234yf (12.5/61.0/26.5)	-47.5	-44.2	A1	430	2,220	*
453A	R-32/125/134a/227ea/600/600a (20.0/20.0/53.8/5.0/0.6/0.6)	-42.2	-35.0	A1	120	1,770	*
454A	R-32/1234yf (35.0/65.0)	-48.4	-41.6	A2L	450	237	R404A代替候補 *
454B	R-32/1234yf (68.9/31.1)	-50.9	-50.0	A2L	360	465	R410A代替候補 *
454C	R-32/1234yf (21.5/78.5)	-46.0	-37.8	A2L	460	146	R404A代替候補 *
455A	R-744/32/1234yf(3.0/21.5/75.5)	-51.6	-39.1	A2L	380	146	R404A代替候補 *
456A	R-32/134a/1234ze(E) (6.0/45.0/49.0)	-30.4	-25.6	A1	320	685	*
457A	R-32/1234yf/152a (18.0/70.0/12.0)	-42.7	-35.5	A2L	400	137	R404A代替候補 *
458A	R-32/125/134a/227ea/236fa (20.5/4.0/61.4/13.5/0.6)	-39.8	-32.4	A1	280	1,650	*
459A	R-32/1234yf/1234ze(E) (68.0/26.0/6.0)	-50.3	-48.6	A2L	360	459	*
459B	R-32/1234yf/1234ze(E) (21.0/69.0/10.0)	-44.0	-36.1	A2L	470	143	*
460A	R-32/125/134a/1234ze(E) (12.0/52.0/14.0/22.0)	-44.6	-37.2	A1	380	2,100	*
460B	R-32/125/134a/1234ze(E) (28.0/25.0/20.0/27.0)	-45.2	-37.1	A1	400	1,350	*
460C	R-32/125/134a/1234ze(E) (2.5/2.5/46.0/49.0)	-29.2	-26.0	A1	310	763	*
461A	R-125/143a/134a/227ea/600a (55.0/5.0/32.0/5.0/3.0)	-42.0	-37.0	A1	270	2,770	*
462A	R-32/125/143a/134a/600 (9.0/42.0/2.0/44.0/3.0)	-42.6	-36.6	A2	62	2,250	*
463A	R744/32/125/1234yf/134a (6.0/36.0/30.0/14.0/14.0)	-58.4	-46.9	A1	300	1,490	R404A代替候補 *
464A	R-32/125/1234ze(E)/227ea (27.0/27.0/40.0/6.0)	-46.5	-36.9	A1	430	1,320	*
465A	R-32/290/1234yf (21.0/7.9/71.1)	-51.8	-40.0	A2	40	143	*
466A	R-32/125/CF3I (49.0/11.5/39.5)						登録候補 (R410A代替候補)

Table 7-4 Refrigerant Data and Safety Classification (ANSI/ASHRAE Standard 34-2016)

Number	Composition (Mass%)	Normal Bubble Point (°C)	Safety Group	RCL (g/m ³)	GWP	備考 (主な適用状況、代替候補等)
Azeotropes						* 2014年以降の追加物質
507A	R-125/143a (50.0/50.0)	-46.7	A1	520	3,990	
508A	R-23/116 (39.0/61.0)	-86	A1	220	5,770	
508B	R-23/116 (46.0/54.0)	-88.3	A1	200	6,810	
510A	R-E170/600a (88.0/12.0)	-25.2	A3	14	1	
511A	R-290/E170 (95.0/5.0)	-42.1	A3	9.5	3	
512A	R-134a/152a (5.0/95.0)	-24	A2	31	189	
513A	R-1234yf/134a (56.0/44.0)	-29.2	A1	320	630	R134a代替候補 *
513B	R-1234yf/134a (58.5/41.5)	-29.2	A1	330	594	* *
514A	R-1336mzz(Z)/1130 (E) (74.7/25.3)	29	B1	14		R123代替候補 *
515A	R-1234ze(E)/227ea (88.0/12.0)	-18.9	A1	300	387	* *
516A	R-1234yf/134a/152a (77.5/8.5/14.0)	-29.4	A2L	110	140	* *

Table7の掲載基準

掲載物質：CFC、HCFC及びこれが含まれる混合物、及びNH₃、H₂O、CO₂以外の無機物は除く

GWP値：IPCC AR4及び経済産業省、環境省告示の値¹⁴⁾による。これに記載のない混合冷媒は組成比からの計算値

ASHRAE15：冷凍空調機器の基準を定めた米国規格。ISO5149と対応している。現在、2016年版が最新版。¹⁵⁾

6) EN 規格



EN378：冷媒と機器の安全、環境基準を定める欧州規格。4つのパートから成り、冷媒の区分、機器の設計、据付、メンテナンス等をカバーしている。ISO817、5149に対応している。2016年版で微燃性冷媒 2 L が導入されている。¹⁶⁾

7) GHS 規格

GHSとは、化学物質の危険有害性分類基準と表示方法に関する国際的システムである。化学物質固有の危険有害性の情報を伝えるための安全性データシート（SDS）とラベル表示の仕様が定められている。2003年に国際連合主導で最初のバージョンが出され、2019年現在改定7版になっている。¹⁷⁾

この中に可燃性ガスの分類基準があり、Table 9 に示す内容となっている。

Table 9 Criteria for flammable gases on GHS

区分	有害性情報	判定基準	注意喚起語	シンボル	該当物質例
1A	極めて可燃性 Extremely flammable	気圧 101.3kPa、20°Cで燃焼下限濃度が13%以下 または 爆発(燃焼)範囲が12%以上 下記を含む ・自然発火性ガス:54°C以下で自然発火するガス ・化学的に不安定なガス A)気圧 101.3kPa、20°Cで不安定 B)気圧 101.3kPa超及び/又は20°C超で不安定 1Bに合致した場合を除く	危険 (Danger)		
1B	可燃性 Flammable	区分1Aの判定基準を満たし、自然発火性、化学的不安定がなく、以下の条件を満たすもの ・燃焼下限が6%超 または ・燃焼速度が10cm/s未満	危険 (Danger)		R32 R1234yf
2	可燃性 Flammable	1A、1B以外のガスで、気圧 101.3kPa、20°Cで爆発(燃焼)範囲を有するもの	警告 (Warning)	なし	

混合ガスの場合は、ISO10156 に従った計算での判定法が記載されている。

ただ、GHS では現状微燃性の区分がなく、R32 や R1234yf は区分 1B、R1234ze は可燃性以外となっており、ISO817 等との整合性が課題となっている。

3.4 国内外安全規制・規格の比較

次世代の冷媒として GWP の低い物質を探索する場合、燃焼性への対応が避けられない状況にある。上記で述べた規制、規格における可燃性ガスの区分けを Table 10 に整理した。

Table 10 Refrigerant flammability classification on related regulations and standards

	(1) ISO817,EN378 (2) ASHRAE34		GHS	一般高圧ガス 保安規則
可燃性 分類	Class 1 不燃性 No Flame Propagation	火炎が伝播しない	不燃性 燃焼範囲を 有しないもの	不活性ガス フルオロカーボン (可燃性ガスを除く) 特定不活性ガス R32, R1234yf R1234ze
	Class 2L 微燃性 Lower Flammability	(1) LFL>3.5% (2) LFL>0.1kg/m3 HOC<19000 BV≤10	Category2 可燃性 下記以外で燃焼範囲を 有するもの Flammable	可燃性ガス ・ 掲名されているもの ・ その他のガスであって 爆発限界の下限が 10%以下のもの又は 爆発限界の上限と 下限の差が20%以上 のもの (R1234yf, R1234zeを 除く)
	Class 2 可燃性 Flammability	(1) LFL>3.5% (2) LFL>0.1kg/m3 HOC<19000	Category1B 可燃性 Flammable LFL>6% または BV<10cm/s	
	Class 3 強燃性 Higher Flammability	(1) LFL≤3.5% (2) LFL≤0.1kg/m3 HOC≥19000	Category1A 極めて可燃性 Extremely Flammable LFL≤13% または D≥12%	
試験 条件	LFL, D(=UFL-LFL), HOC: 60°C BV: 23°C 試験方法: ASTM E681		20°C 試験方法: ISO 10156	試験方法: A法※

LFL: 燃焼下限界(%またはkg/m3) UFL: 燃焼上限界(%またはkg/m3) 燃焼幅D=UFL-LFL(%) HOC: 燃焼エネルギー(kJ/kg)
BV: 燃焼速度(cm/s)

※A法: 「火薬類・高圧ガス取締月報 第37号」(昭和43年1月15日 通商産業省化学局保安課発行)の「爆発限界の測定方法の基準」

参考文献

- 1) 小山繁: NEDO TSC Foresight セミナー「冷媒の低 GWP 化への挑戦と将来展望」(2015.10)
- 2) 岸本哲郎: 講演資料「空調・冷凍業界における次世代低 GWP・ノンフロン冷媒動向」(2017.4)
- 3) 改正オゾン層保護法について: 産構審フロン対策 WG 資料 (2019.1)
- 4) 指定製品の目標値、目標年度の設定について: 産構審フロン対策 WG 資料 (2017.12)
- 5) 冷凍関係法規集 (第 58 次改訂版): 日本冷凍空調学会 (2018)
- 6) 日本冷凍空調工業会 <https://www.jraia.or.jp/jra/index.html>
- 7) Significant New Alternatives Policy Program <https://www.epa.gov/snap>

- 8) F ガス規制について（経済産業省資料）
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kagaku_busshitsu/flon_taisaku/pdf
- 9) ISO817-2014 <https://www.sis.se/api/document/preview/917426/>
- 10) ISO5149-2014 <https://www.iso.org/standard/54979.html>
- 11) IEC60335-40 <https://www.sis.se/api/document/preview/80000891/>
- 12) ISO52000-2017 <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:52000:-1:ed-1:v1:en>
- 13) ASHRAE34-2016
<https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/ashrae-refrigerant-designations>
- 14) 経済産業省、環境省告示第二号（2016.3）
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/files/law_furon/07_gwp-kokuji_160329.pdf
- 15) ASHRAE15-2010 <http://sspc15.ashraeps.org/documents.php>
- 16) EN378-2016 <https://www.agas.com/media/4504/en378-ior-guidance-note.pdf>
- 17) GHS（環境省資料） <http://www.env.go.jp/chemi/ghs/>