

日本冷凍空調学会規格

JSRAE S 0003:2021

冷媒の燃焼性区分判定のための試験方法

学会規格制定分科会

本規格は、規格制定委員会の2021年度事業として学会規格制定分科会を設置し編纂を開始し、原案作成並びに審議を行い、理事会にて承認され制定された学会規格である。

(敬称略)

規格制定委員会

委員長 四十宮正人 三菱電機株式会社

規格制定分科会

主査	飛原英治*	大学改革支援・学位授与機構
副主査	東之弘	九州大学
委員	石川淳一*	三井・ケマーズフロロプロダクツ株式会社
委員	篠原基輝*	AGC株式会社
委員	根岸康隆*	日本ハネウエル株式会社
委員	山田康夫*	ダイキン工業株式会社
委員	小林康志*	カヤク・ジャパン株式会社
委員	酒井 猛	日本冷凍空調工業会
委員	高市健二	パナソニック株式会社
委員	松浦和彦	株式会社前川製作所
委員	新海光史	三菱電機株式会社
委員	滝澤賢二*	産業技術総合研究所
委員	松本一哉	高圧ガス保安協会
オブザーバー	寺内純子	経済産業省
オブザーバー	平良繁治	ダイキン工業株式会社
事務局	松田謙治	公益社団法人 日本冷凍空調学会
事務局	河野恭二	公益社団法人 日本冷凍空調学会

*: 原案作成委員会メンバー

制定 2021年10月27日 理事会において承認

改定

目 次

1	適用範囲	1
2	引用規格	1
3	用語及び定義	1
4	燃焼性区分	2
5	試験方法	3
5.1	火炎伝ば試験	3
5.2	爆発限界試験	5
5.3	燃焼熱算定法	10
5.4	最大燃焼速度試験	10
参照 1		12
附属書 A		13
解 説		14

まえがき

この規格は、公益社団法人 日本冷凍空調学会の定款並びに学会規格制定規則に基づき、学会規格制定委員会にて立案し、理事会の審議を経て制定された日本冷凍空調学会規格である。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。日本冷凍空調学会は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

冷媒の燃焼性区分判定のための試験方法

Test Method for determining the flammability classification of refrigerants

1 適用範囲

この規格は、新冷媒評価委員会にて高圧ガス保安法における特定不活性ガス及び特定不活性ガスではない不活性ガスの判定を目的とした、フルオロカーボン冷媒の燃焼性区分を判定するための試験方法について規定する。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格のうちで、西暦年を付記してあるものは、記載の年の版を適用し、その後の改正版（追補を含む。）は適用しない。

ASHRAE Standard 34:2019 Designation and Safety Classification of Refrigerants（冷媒の命名と安全分類）

ASTM E681:2015 Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)（化学物質（蒸気およびガス）の可燃性の濃度限界に関する標準試験方法）

EN 1839:2017 Determination of the explosion limits and the limiting oxygen concentration (LOC) for flammable gases and vapours（可燃性ガスおよび蒸気の爆発限界および限界酸素濃度（LOC）の決定）

ISO 817:2014 Refrigerants — Designation and safety classification（冷媒-命名と安全分類）

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、次による。

3.1

基本通達

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）（20200715 保局第1号）を指す。

3.2

冷媒

冷凍システムやヒートポンプの中で熱の輸送に使用される流体であって、低温側で熱を吸収し、高温側で熱を放出する。この規格においては、フルオロカーボン冷媒を指す。

3.3

混合冷媒

2つ以上の冷媒からなる混合物である。この規格においては、フルオロカーボンが主たる成分である混合物の冷媒を指す。

3.4

フルオロカーボン

フッ素系炭化水素全般を指す。

3.5

爆発基準：圧力上昇

燃焼限界測定での爆発（自己伝ば燃焼）の基準は、空気中での着火源のみによって生成される過圧に初期圧力の30%を加えたもの以上の爆発過圧の生成を指す。

3.6

標準組成

ASHRAE Standard 34 または ISO 817 に登録された混合冷媒の各成分の組成（nominal 組成）を指す。

例えば、R-454A の場合、成分と組成は R-32/R-1234yf(35.0/65.0 mass%)となっており、標準組成とは、R-32: 35.0 mass%/R-1234yf: 65.0 mass%を指す。

3.7

公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成

ASHRAE Standard 34 または ISO 817 に登録された混合冷媒の組成の公差の範囲内で最も燃焼性が高くなる組成を指す。

例えば、R-454A の場合、成分と組成は R-32/R-1234yf(35.0/65.0 mass%)、組成の公差は(±2.0/±2.0)となっており、爆発限界に関しては公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成とは、R-32: 33.0 mass%/R-1234yf: 67.0 mass%を指す。最大燃焼速度に関しては公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成とは、R-32: 37.0 mass%/R-1234yf: 63.0 mass%を指す。

4 燃焼性区分

4.1 燃焼性試験

フルオロカーボン冷媒は、高圧ガス保安法：基本通達に示されている、火炎伝ば試験、爆発限界試験、燃焼熱算定、最大燃焼速度試験により、特定不活性ガスではない不活性ガス、特定不活性ガス、可燃性ガスのいずれかに区分される。

火炎伝ば試験は、ISO 817 に示される方法を標準とし、次の①～③に掲げる条件により実施すること。

- ① 温度 60.0±0.5°C
- ② 絶対圧力 101.3±0.7 kPa
- ③ 測定に使用する空気の湿度は、(イ) 及び (ロ) の条件によることとする。

(イ) 乾燥空気（絶対湿度 0.15 g/kg 未満）

(ロ) 温度 23°C、絶対圧力 101.3 kPa における相対湿度 50%相当の湿度（絶対湿度 8.8±0.5 g/kg）

混合冷媒については、その公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成で、試験を行わなければならない。

爆発限界試験は、EN 1839 の 4.3 (Method B) に示される球形の密閉容器を用いる測定方法を標準とし、燃焼による圧力変化によって爆発の有無を判定する。爆発濃度がある冷媒の場合は、爆発限界の下限濃度で試験を3回行い、いずれも爆発しないことを確認すること。一方、爆発濃度がない冷媒の場合は、各濃度で試験を1回ずつ行い、いずれも爆発しないことを確認すること。なお、測定に当たっては、次の①～⑦に掲げる条件により実施すること。

- ① 温度 23.0±0.5°C
- ② 絶対圧力 101.3±0.7 kPa
- ③ 測定に使用する空気の湿度は、(イ) 及び (ロ) の条件によることとし、爆発下限界にあつては低い結果が得られた方を、爆発上限界にあつては高い結果が得られたほうを採用する。

(イ) 乾燥空気（絶対湿度 0.15 g/kg 未満）

(ロ) 温度 23°C, 絶対圧力 101.3 kPa における相対湿度 50%相当の湿度 (絶対湿度 8.8±0.5 g/kg)

- ④ 混合ガスの組成は, 公差範囲内で最も燃えやすい組成とする。
- ⑤ 試験ガス濃度の刻み幅は, 0.5 又は 1 %とする。
- ⑥ 密閉容器は, 内容積 5L 以上であって 0.8MPa 以下で作動する安全弁を有するもの。
- ⑦ 着火源は, 電極材料にステンレス又はタングステン, 電圧 15 kV, 短絡電流 30 mA として火花放電による方法とする。

燃焼熱は, ISO 817 の 6.1.3.7 に示される温度 25°C, 絶対圧力 101.3 kPa の条件による理論計算により算定する。混合冷媒の燃焼熱の算定については, 標準組成で行うものとする。

最大燃焼速度試験は, ISO 817 の 6.1.3.1 に示される方法を標準とし, 次の①～④に掲げる条件で測定すること。

- ① 温度 23.0±0.5°C
- ② 絶対圧力 101.3±0.7 kPa
- ③ 測定に使用する空気の湿度は, (イ) 及び (ロ) の条件によることとし, 速い結果が得られた方を採用する。

(イ) 乾燥空気 (絶対湿度 0.15 g/kg 未満)

(ロ) 温度 23°C, 絶対圧力 101.3 kPa における相対湿度 50%相当の湿度 (絶対湿度 8.8±0.5 g/kg)

- ④ 着火源は, 電極材料にステンレス又はタングステン, 電圧 15 kV, 短絡電流 30 mA として火花放電による方法とする。

混合冷媒については, その公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成で, 試験を行わなければならない。

4.2 特定不活性ガスではない不活性ガス

5.1 の火炎伝ば試験において, 火炎伝ばを示さない冷媒。

4.3 特定不活性ガス

火炎伝ばを示す冷媒のうち, 次の A または B である冷媒。

A 次の①及び②の基準の両方に適合する冷媒。

- ① 5.2 の爆発限界試験において, 爆発限界の下限が 10%を超えること。
- ② 5.2 の爆発限界試験において, 爆発限界の上限と下限の差が 20%未満であること。

B 次の③～⑤の基準のすべてに適合する冷媒。

- ③ 5.2 の爆発限界試験において, 爆発限界の下限が 3.5%を超えること。
- ④ 5.3 の燃焼熱算定において, 燃焼熱が 19000 kJ/kg 未満であること。
- ⑤ 5.4 の最大燃焼速度試験において, 最大燃焼速度が 10 cm/s 以下であること。

4.4 可燃性ガス

上記, 特定不活性ではない不活性ガス及び特定不活性ガス以外の冷媒。

5 試験方法

5.1 火炎伝ば試験

6 燃焼性区分の判断において, 4.3 特定不活性ガスの基準のすべてに適合することを示す場合は, 火炎伝ばするものとして, この火炎伝ば試験を省略することが出来る。

火炎伝ば試験は, ISO 817 附属書 B に示される方法を標準とするため, ASTM E681 に従って実施する必要がある。発生する火炎の距離と, 発火しにくいこと (安全性) を考慮すると, 爆発容器のサイズは, 図

5.1 に示すように、公称 12L の球形ガラスフラスコになる。着火源は、ASTME681 に記載されているように、定格が 15 kV で交流電流 (AC) が 30 mA の変圧器からの火花であり、火花持続時間は 0.4 秒である。電極は、電極ホルダーの平面から伸びる、6.4 mm 間隔の 1 mm の L 字型タングステンワイヤー電極でなければならない。着火源は、爆発容器の直径と比較して、容器の底から 1/3 の高さに配置しなければならない。21.0±0.1% の O₂ を含む乾燥空気 (乾燥空気 1 kg あたり 0.15 g 未満の水蒸気) を酸素として使用するものとする。空気の絶対湿度は、乾燥空気 1 kg あたり 0.15 g 未満の水蒸気、または乾燥空気 1 kg あたり 8.8±0.5 g の水蒸気 (これは、温度 23°C、絶対圧力 101.3 kPa における相対湿度 50% に相当する) である。図 5.1 に示されている、はさみ角度は、火炎伝ばを決定するための 90° の扇型を表す。着火前に蒸気が確実に混合するように、爆発容器にスターラーを設置する必要がある。火花がまだアクティブである間に火炎の伝ばが観察された場合は、(火花が試験容器をオーバードライブしている場合)、0.4 秒未満で 0.2 秒以上の間 (火花持続時間) 試験を繰り返す必要がある。

注) フッ素と水素の比率が 1.0 を超えるフルオロカーボン分子の場合、水蒸気が増加するにつれて可燃性が増加する。この規格に記載されている試験方法では、2 つのレベルの湿度、高エネルギーの発火源、及び均一な混合物が必要となる。

火炎伝ばしないことを示す場合、冷媒濃度は不燃性成分を含む完全反応の化学量論濃度の 0.9~1.3 倍の範囲で変化させる。濃度刻みは、濃度が 10% 未満では 0.5%、10% 以上では 1% とし、各濃度で 1 回以上確認し、そのうち最も火炎の広がり大きい濃度について、3 回のうち 2 回、火炎伝ばがないことを確認することとする。また、火炎伝ばすることを示す場合は、任意の一つ以上の冷媒濃度で伝ばすることを示す必要があるが、化学量論濃度に近い濃度では激しく爆発することもあるため、出来るだけ燃焼下限界に近い濃度で測定する必要がある。

注) 混合冷媒の不燃性成分は、多くの場合、可燃性成分の燃焼熱により分解する。

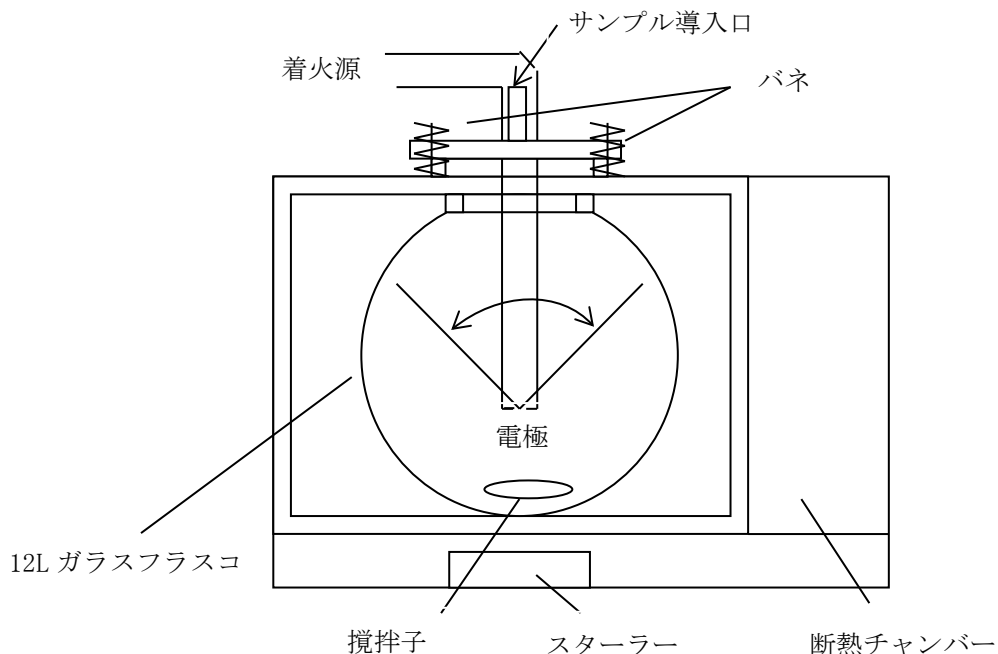


図5.1 火炎伝ば試験装置

注) この規格で指定されている可燃性試験手順は、ガラスフラスコを爆発容器として使用する ASTM 試験の修正された手順である。試験施設では、人身傷害や機器の損傷から保護するために細心の注意を払う必要がある。容器は試験中に爆発する可能性がある。冷媒の燃焼により、毒性または腐食性の高い生成物が生成される場合がある。試験施設は、ASTM E681 のセクション 8 に記載されている安全上の注意事項を参照し、関連する規制に従って試験を実行する必要がある。

5.1.1 試験条件

火炎伝ば試験は、温度 60°C 及び絶対圧力 101.3 kPa で実施するものとする。混合冷媒については、その公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成で、試験を行わなければならない。

試験する混合冷媒の質量分率の定量は、ガスクロマトグラフィーにより、 $\pm 0.5\%$ の質量分率または組成許容範囲の 4 分の 1 のいずれか小さい方の許容範囲で検証されるものとする。

試料は、ASTM E681 に従って、気相で火炎伝ば試験装置に導入されるものとする。試験される冷媒または混合組成物の液体試料は、蒸気のみが存在するように、適切な真空容器で膨張させなければならない。まずは、冷媒蒸気を爆発容器に導入し、次いで、空気を爆発容器に加えなければならない。冷媒と空気についての濃度の測定は、分圧によるものとする。冷媒と空気は、爆発容器内で少なくとも 5 分間混合する必要がある。着火源の活性化（発生）は、スターラーを止めてから 60 秒後に、発生するものとする。

火花がまだアクティブな間に火炎の伝ばが観察された場合（火花が試験容器内で連続的に発生している場合）、より短い火花持続時間（ただし少なくとも 0.2 秒間）で、試験を繰り返すものとする。

すべての火炎伝ば試験は、ビデオレコーダーを使用して記録するものとする。試験中は、フリーズフレームとシングルフレームアドバンスが可能な再生デバイスを使用する必要がある。デジタル形式のビデオ録画のコピーの提出を要求される場合がある。

5.1.2 火炎伝ばを決定するための基準

冷媒/空気濃度は、その冷媒/空気濃度における 3 回の試験のうち少なくとも 2 回で火炎伝ばが発生した場合に、この規格において火炎伝ばしたと見なされる。火炎伝ばの発生とは、着火点からフラスコの内壁まで上向き及び外向きに移動した燃焼であり、着火点からフラスコの内壁まで、90° に等しいはさみ角よりも、大きい角度に沿って連続的発生している状態とする。

5.1.3 必要な火炎伝ば試験データ

試験結果として、以下の a) から g) を含めるものとする。また、示されている誤差範囲内に制御されるものとする。試験結果には、試験する各冷媒または混合冷媒組成の表形式の火炎伝ば試験データを含める必要がある。

- a) 試験された冷媒または混合組成 : $\pm 0.1 \text{ mass}\%$
- b) 試験温度 : $\pm 0.5 \text{ K}$
- c) 試験圧力 : $\pm 0.7 \text{ kPa}$
- d) 湿度 : 乾燥空気 1 kg あたり $\pm 0.5 \text{ g}$ の水蒸気
- e) 冷媒/空気濃度 : $\pm 0.2\%$
- f) スパーク持続時間 : $\pm 0.05 \text{ s}$
- g) 着火点からフラスコの壁まで測定された火炎伝ば角度 : $\pm 5.0^\circ$

5.2 爆発限界試験

5.2.1 原則

爆発限界試験は、EN 1839 の 4.3 (Method B) に示される球形の密閉容器を用いて行う。密閉容器（爆発容器）内の静止した試験混合物は、着火源にさらされる。着火によって与えられた過圧が測定され、試験

混合物の爆発性が特徴づけられる。試験混合物中の試験物質の量は、爆発限界が決定されるまで段階的に変化させる。試験ガス濃度の刻み幅は、0.5 又は 1%とする。

5.2.2 試薬と材料

5.2.2.1 空気

乾燥空気：水（乾燥空気 1 kg あたり 0.15 g 未満の水蒸気）及び油（ $\leq 0.1 \text{ g/m}^3$ 油）を含まないものとする。合成空気を使用する場合は、その旨を申告する。

加湿空気：上記乾燥空気に乾燥空気 1 kg あたり $8.8 \pm 0.5 \text{ g}$ の水蒸気を含むものとする。これは、 23°C 及び 101.3 kPa における相対湿度 50%に相当する。

5.2.2.2 冷媒

単一の冷媒または冷媒の定義された混合冷媒を使用する場合、各冷媒の純度は 99.8 mol%以上でなければならない。混合冷媒の場合、その組成の精度を明らかにすること。

混合冷媒が液化ガスまたは液体の場合、気相の組成は液相の組成とは異なる可能性がある。大量のガスを取り出すと、液相と気相の両方の組成が時間とともに変化する可能性もある。これらの理由から、試料は液相から採取する必要がある。

5.2.3 装置

5.2.3.1 試験容器

試験容器は円筒形または球形でなければならない。試験容器は、内容積 5 L 以上であって、 0.8 MPa 以下で作動する安全弁を有するものを使用しなければならない。円筒形の容器を使用する場合、長さ対直径の比率は 1~1.5 でなければならない。試験容器及び容器に取り付けられた機器（バルブ、着火源、圧力変換器など）は、少なくとも 1.5 MPa の最大過圧に耐えるように設計する必要がある。容器は、ステンレス鋼または触媒作用がなく、初期ガス混合物及び燃焼生成物による腐食に耐性のある材料でできているものとする。試験容器には、充填、排気、及び置換を可能にするのに十分なポートが取り付けられている必要がある。試験混合物が分圧によって試験容器内で調製される場合、着火試験中にそれを保護するために、試験混合物を調製するために使用された圧力測定システムをバルブによって切断することを勧める。試験容器内にある温度測定システムの構成部品（熱電対など）は、炎の伝ばが妨げられないように取り付ける必要がある。

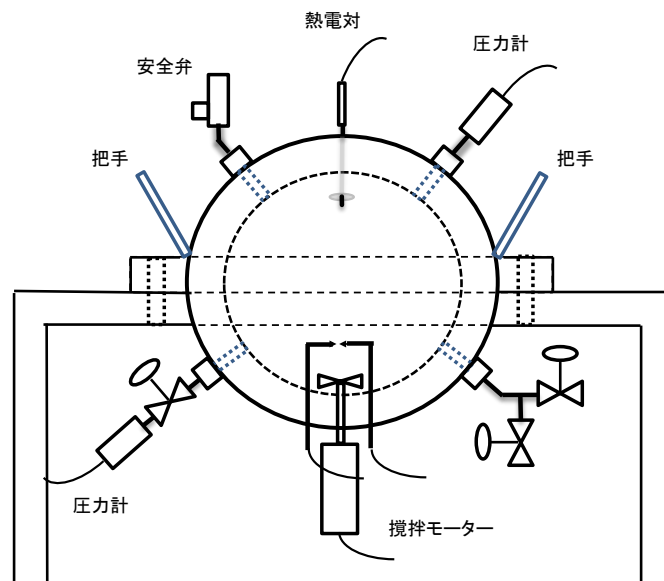


図 5.2 爆発限界試験装置の一例

5.2.3.2 着火源

5.2.3.2.1 一般

着火源は試験容器の中央に配置しなければならない。着火源は、火花放電とする。

5.2.3.2.2 火花放電

2つの電極間の一連の火花放電が着火源として使用される。電極は、先端が試験容器の底から 60 ± 1 mm上方に位置するものとする。電極材料は、ステンレスまたはタングステンであり、電極は、最大直径4 mmの尖った棒で、先端の角度は $60\pm 3^\circ$ でなければならない。先端間の距離は 5 ± 0.1 mmでなければならない。電極は、試験中に発生する最高の爆発圧力で気密になるように容器に取り付ける必要がある。取り付け具は、熱と試験混合物の両方に耐性があり、試験容器本体からの適切な電気抵抗も提供するものとする。実効値が15 kVで、短絡電流が30 mAの高電圧変圧器を使用して、着火火花を生成する必要がある。高電圧変圧器の一次巻線は、必要な放電時間に設定されたタイマーを介して主電源に接続する必要がある。火花放電時間は0.2秒に調整する必要がある。誘導火花の出力は、混合ガスとその圧力に依存する。大気条件の空气中で、熱量測定及び電気測定によれば、そのような着火源は約10 Wの電力で火花を発する。

5.2.3.3 爆発過圧測定システム

圧力測定システムは次のもので構成される。圧力変換器、アンプ、記録機器。

圧力変換器は、10 kHzを超える共振周波数を備えている必要がある。圧力測定システムは、3.5で定義された爆発基準の圧力を超える爆発を測定できる精度を備えている必要がある。また、それは少なくとも1ミリ秒の時間分解能を持たなければならない。圧力変換器は、ヘッドが内壁と同じ高さになるように、試験容器の内部に取り付ける必要があるが、本測定では、内径3 mm以上、長さ10 cm以内の圧力導管により接続してもよい。

5.2.3.4 試験混合物を調製するための機器

試験混合物は、分圧、または物質の混合ガス流のいずれかによって調製することができる。これは、試験容器の内側または外側で行うことができる。

試験混合物が分圧によって調製される場合、混合物の調製に使用される容器には以下が取り付けられていなければならない。

－真空ポンプと真空計。圧力計。試験混合物を均質化する手段（例：スターラー）。

試験混合物がガス流を混合することによって調製される場合、次の機器が必要となる。

－空気、ガス状試料、不活性ガス用の計量装置（例：マスフローコントローラー、ボリュームフローコントローラー、ガス用計量ポンプ）。

－液体試料用の計量装置（例：容積測定ポンプ）。

－液体試料の場合の蒸発器装置。

－試験混合物を均質化するための混合容器。

試験混合物の測定及び調製に使用される装置は、試験混合物中の試験物質含有量の測定の不確かさが表1に示されているデータより高くないように設計されなければならない。

5.2.3.5 安全装置

附属書Aに規定された安全対策に従わなければならない。

表 1—試験混合物中の試験物質の量の測定の最大許容不確かさ

試験物質のモル量 %	測定の最大許容不確かさ %	
	相対的	絶対的
≤ 2	± 10	
> 2		± 0.2

5.2.4 試験混合物の調製

5.2.4.1 一般

液化ガスや液体を使用する場合は、結露がないことを確認する必要がある。液体混合物の試料から試験混合物を調製する場合は、特別な注意を払う必要がある (5.2.2.2)。

注) 結露は、物質の蒸気圧をチェックし、装置の特定の部分 (バルブなど) での冷却を防ぐために局所的に加熱することで防ぐことができる。

試験混合物は、分圧または成分物質のフローを一緒に混合することによって調製することができる。これは、試験容器の内側または外側で行うことができる。次のことも推奨する。

- 試験混合物の組成を決定する。
- 計量装置を確認する。
- 計測誤差や漏れがないことを確認する。

5.2.4.2 分圧による試験混合物の調製

試験混合物の調製に容器の排気が含まれる場合、可燃性物質と空気の必要量を計算する際に、容器内に残っている空気の量を考慮に入れる必要がある。混合成分は、必要な分圧を与えるために容器に順次導入される。分圧測定システムの感度は ± 0.05 kPa 以上で、測定の不確かさはフルスケールの 0.5% でなければならない。圧力センサーは、混合物の準備を始める前に真空計によって、0 kPa から 2 kPa の範囲でチェックする必要がある。各成分の導入中に、容器内の混合物が完全に混合されていることを確認する必要がある。供給ラインの容量が容器の容量と比較して無視できない場合は、それらも排気または置換する必要がある。

注) 実用上の理由から、特に大気を使用する場合は、最後のコンポーネントとして空気が導入されることがよくある。

5.2.4.3 混合フローによる試験混合物の調製

試験混合物は、ガス状物質の計量されたフローを完全に混合することによって調製される。液体を試験するとき、混合する前に完全に気化させる必要がある。次のことも推奨する。

- 試験混合物の組成を決定する。
- 計量装置を確認する。
- 計測誤差や漏れがないことを確認する。

5.2.5 手順

爆発限界の特性評価は、試験混合物が発火しなくなった試験混合物中の試験物質の量を決定することからなる (3.5 の爆発基準による)。爆発限界に近いところで、試験物質含有量の増分変化は、1% 以下の任意とする。

液体試料の場合、試験混合物の温度は、凝縮温度より少なくとも 25 K 高くなければならない。各着火試験の前に、試験容器内の温度が必要な値からの差が 5 K 以下であることを確認する必要がある。

5.2.6 爆発限界の決定

試験混合物が試験容器内で分圧法によって調製される場合、手順は以下の通りである。

- a) 試験容器及び関連する機器を $23.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ に温調する。
- b) 容器を不活性ガス（または不活性予混合物）で置換する。
- c) 容器を排気し、残圧を測定する。
- d) 各物質を試験容器にそれぞれの分圧まで充填する（事前に測定された残留圧力を考慮する必要がある）。
- e) 混合物を適切な期間（3分から5分）均質化（例えば、攪拌）する。
- f) 攪拌装置のスイッチを切り、混合物が静止するまで1分から2分待つ。
- g) 分圧測定用の圧力変換器を保護するバルブを閉じる。
- h) 爆発過圧記録システムをオンにする。
- i) 着火源を作動させ、圧力-時間曲線を記録する。
- j) 容器を大気圧に戻す。
- k) 必要に応じて混合物の組成を変更し、手順 a) から j) を繰り返す。

着火がちょうど失敗する試験混合物濃度については、2回の追加試験で確認する必要がある。d) 及び e) の操作中、化学分解反応または試験混合物のゆっくりとした酸化が起こらないようにする必要がある。これは、高温で実行される試験に特に関係がある。このような反応は通常、圧力や温度の上昇によって検出され、誤った試験結果につながる可能性がある。

試験混合物がフローを混合する方法によって調製される場合、またはそれが試験容器とは別の容器内で分圧法によって調製される場合、手順は以下のように要約される。

- 1) 試験容器と関連コンポーネントを必要な温度に予熱する。
- 2) フローを混合して試験混合物を調製する場合は、試験容器を試験混合物で置換する（置換する容量は、容器の容量の少なくとも10倍である必要がある）。

または

別の容器を使用して分圧法で試験混合物を調製する場合は、試験容器を 0.5 kPa 未満の圧力まで排気し、試験混合物を充填する。

- 3) 試験容器の遮断弁を閉じる。
- 4) 爆発過圧記録システムをオンにする。
- 5) 着火源を作動させ、圧力-時間曲線を記録する。
- 6) 容器を大気圧に戻す。
- 7) 必要に応じて混合物の組成を変更し、手順 1) から 6) を繰り返す。

着火がちょうど失敗する試験混合物濃度については、2回の追加試験で確認する必要がある。

試験物質含有量の高い混合物の試験では、燃焼によりかなりの量の煤が発生する可能性がある。このような場合、その後の試験の前に、容器の内部を検査及び洗浄して、煤の堆積を除去する必要がある。

空気として、5.2.2.1 に示した乾燥空気及び加湿空気を用いて試験を行い、爆発下限界にあつては低い結果が得られた方を、爆発上限界にあつては高い結果が得られたほうを採用する。

爆発濃度がないことを示す場合は、乾燥空気及び加湿空気を用いて、冷媒濃度が不燃性成分を含む完全反応の化学量論濃度の $0.9 \sim 1.3$ 倍の範囲で、濃度刻みを濃度が 10% 未満では 0.5% 、 10% 以上では 1% とし、各濃度で1回以上試験を行っても、爆発の確認が出来ないことを示すものとする。またこの場合、4.3 の特定不活性ガスの区分判断では「①及び②の基準の両方に適合する冷媒」とする。

5.2.7 測定法の健全性の確認

測定法の健全性を確認するために、R-32 または R-1234yf の爆発下限界を測定し、R-32 については $13.7 \pm 0.5\%$ 、R-1234yf については $6.8 \pm 0.5\%$ の範囲内であることを示さなければならない。この数値の測定条件は 23°C の乾燥空気である。

5.3 燃焼熱算定法

燃焼熱は、 25°C 、 101.3 kPa 条件で次のように算定する。

5.3.1 純物質の場合

単一成分冷媒の場合、燃焼熱を計算する時に使用される、生成熱の値は、いくつかの化学的及び物理的特性のハンドブックとデータベースにまとめられている。

燃焼熱（正の値は発熱）は、反応物（冷媒と酸素）のエンタルピーから、反応生成物のエンタルピーを引いたものであり、計算値は、化学量論反応に十分必要な、酸素を含む、1 モルの冷媒を、完全燃焼できる値に基づくものである。反応物及び燃焼生成物は気相にあると想定される。

分子内に十分な水素がある場合は、燃焼生成物は、HF、 CO_2 （窒素または硫黄が冷媒の分子構造の一部である場合は N_2 、 SO_2 ）及び HCl と想定する。過剰な H は H_2O に変換されると想定される。HF 及び HCl の形成に利用できる水素が不十分であるが、HF を形成するのに十分である場合、HF の形成が HCl の形成よりも優先される。HF の形成に利用できる水素が不十分な場合、残りの F は CO_2 の形成よりも COF_2 を生成する。残りの Cl は Cl_2 を生成する。

5.3.2 混合物の場合

冷媒混合物の場合、標準組成の燃焼熱を算定するが、それはすべての成分冷媒の平衡化学量論式から計算される。ここで、冷媒の総モル数は 1 に等しくなる。

概念的には、冷媒分子を構成原子に分解し、元の冷媒混合物と同じ総炭素、水素、フッ素などのモル比を持つ仮想的な分子を作成することと考えることができる。仮想的な分子は、5.3.1 のように純粋な冷媒として扱われる。この仮想の分子の生成熱は、元の冷媒混合物の成分分子の生成熱のモル平均である。

5.4 最大燃焼速度試験

燃焼速度試験の測定は、ISO 817 附属書 C またはその他の信頼できる方法に従って実施するものとする。ただし着火源は、電極材料にステンレス又はタングステン、電圧 15 kV 、短絡電流 30 mA として、火花放電による方法とする。選択された方法の信頼性については、R-32 の場合は $6.7 \pm 0.7 \text{ cm/s}$ 、R-152a の場合は $23.0 \pm 2.3 \text{ cm/s}$ の再現を確認することにより、裏付けることとする。

測定条件は、温度 $23.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 及び、絶対圧力 $101.3 \pm 0.7 \text{ kPa}$ とする。

測定は、燃焼下限界近傍から開始して化学量論濃度の、少なくとも 125% まで実施するものとする。測定濃度の増加幅は、化学量論濃度の 10% 以下とし、各測定は少なくとも 2 回繰り返される。最大燃焼速度は、測定結果の近似曲線より、最大値を求める。

空気と冷媒の混合濃度については、試験容器内において、目的濃度の $\pm 0.1\%$ 以内で混合する事が必要である。 $21.0 \pm 0.1\%$ の酸素を含む乾燥空気（乾燥空気 1 kg あたり 0.15 g 未満の水蒸気）を使用し、冷媒の純度は $99.5 \text{ mass}\%$ 以上でなければならない。また、乾燥空気 1 kg あたり $8.8 \pm 0.5 \text{ g}$ の水蒸気を含む（ 23°C 及び 101.3 kPa における相対湿度 50% に相当する）加湿空気を使用した場合の最大燃焼速度も測定し、乾燥空気の場合と比較して、速い結果が得られた方を採用する。

注 1) 燃焼速度の決定方法には、垂直管法と密閉容器法がある。参考文献[1,2]を参照のこと。

注2) 混合に使用される方法は次のとおり。

- a) 分圧を使用して作られた加圧的混合法。または b) 空気と冷媒の比率を，体積流量や重量流量などにより規定する，定量的流量による混合法。

測定法の健全性の確認のため，R-32またはR-152aの最大燃焼速度を測定し， 6.7 ± 0.7 cm/s， 23.0 ± 2.3 cm/sの誤差範囲内にあることを示さなければならない^{[1][2]}。この数値の測定条件は23°Cの乾燥空気である。

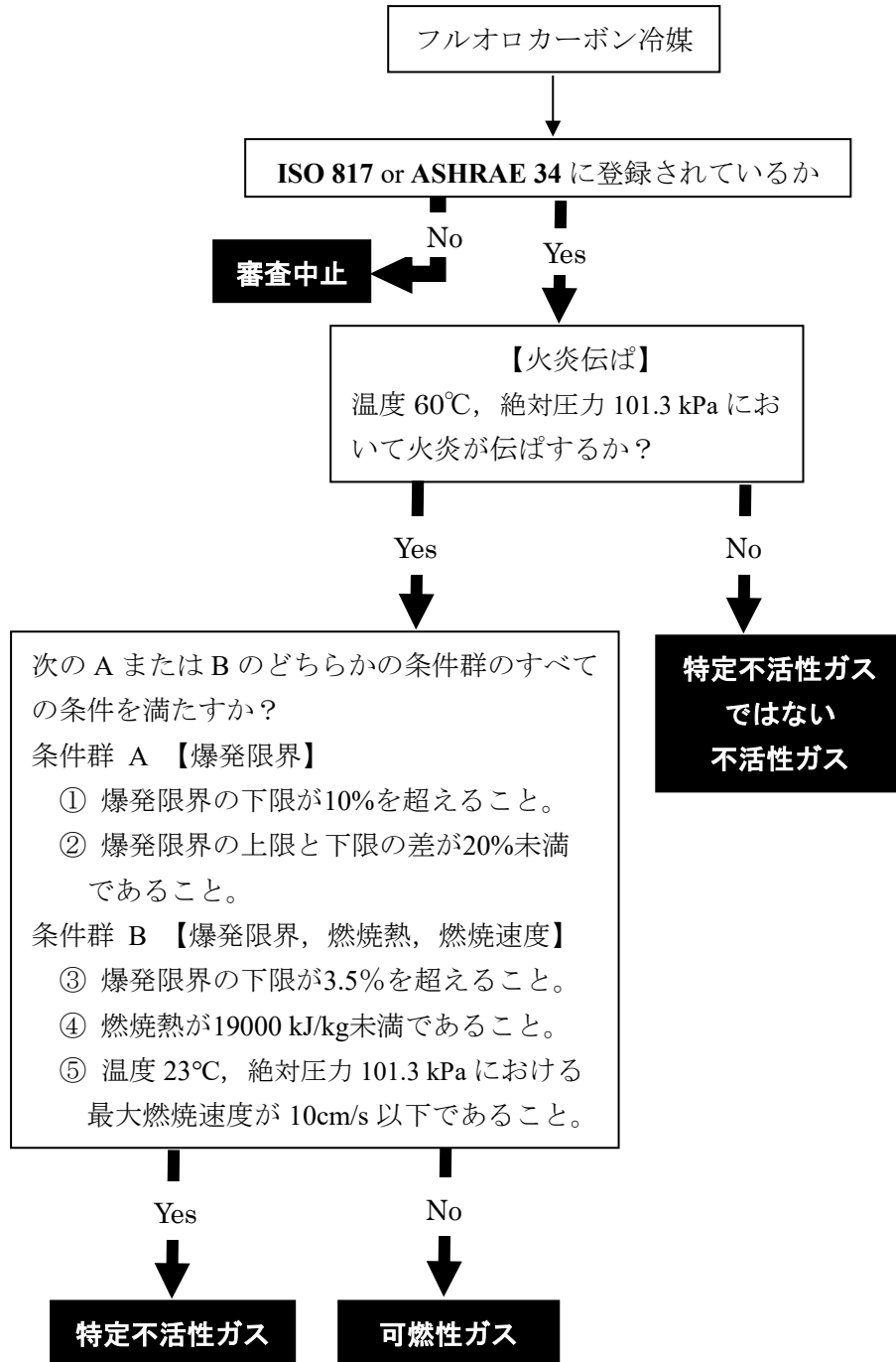
参考文献

1. Takizawa K., Takahashi A., Tokuhashi K., Kondo S., Sekiya A., Burning velocity measurement of fluorinated compounds by the spherical-vessel method. Combust. Flame. 2005, 141 pp. 298–307
2. Takizawa K., Tokuhashi K., Kondo S., Mamiya M., Nagai H., Igarashi N. , Final Report on Assessment of Burning Velocity Test Methods (1583-RP). ASHRAE Research Project RP-1583 Final Report Annex E pp. 1–72

参照 1

可燃性区分判断フロー

省令に基づいた分類フロー（新冷媒評価委員会での審査フロー）



注) 条件群 B をすべて満足する場合は、火炎伝ば試験を省略することができる。

附属書 A (規範)

安全対策

A.1 一般

使用する方法に応じて、以下の措置を講じる。

A.2 一般的な安全対策

- a) 装置の気密性を確認します。
- b) テスト混合物と排ガスがリスクなしに排出されることを確認します。
- c) 加熱装置を使用する場合は、ヒーターの近くに爆発性雰囲気形成されないように（たとえば、試験装置の漏れから）、適切に換気されていることを確認してください。
- d) 混合物が生成されたら、点火前にそれらが一緒に反応しないこと、及び必要に応じて変更せずに保管できることを確認してください。
- e) 爆発性混合物が 100kPa を超える圧力で別の容器で調製される場合、偶発的な発火の場合に容器とラインが最大爆発圧力に耐えられることを確認する必要があります。
- f) サンプル、試験混合物、廃棄物の潜在的な毒性の危険性を評価し、適切な保護措置が講じられていることを確認します。
- g) 感電の危険からの保護が確実になるように、変圧器、供給ライン、及び試験容器の電極の高電圧接続を保護します。

JSRAE S 0003 : 2021

冷媒の燃焼性区分判定のための試験方法 解説

この解説は、本体及び附属書に規定・記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1 制定の趣旨

新冷媒評価委員会では、2017年7月の冷凍保安規則の省令改正により、経済産業省高圧ガス保安室の要請もあって、新たに開発された冷媒ガスの加害性の区分の評価・確認を行うことを目的として、不活性ガスの条件を満たすか否かについて評価、判定を実施した。2021年4月には新たに特定不活性ガスの性能規定化に係る省令改正が実施されたことから、特定不活性ガスについても評価・確認をすることとなった。改正前の爆発限界の測定法は昭和43年に発行された火薬類・高圧ガス取締月報第37号に記載されたA法によっていたが、省令改正により試験装置についてはEN 1839の Method B (“bomb” method) に準拠し、試験条件についてはISO 817に準拠することになった。今後、新試験法に従って冷媒種別（特定不活性、特定不活性でない不活性）を判断することになれば、その試験方法および判定基準について明確に表示しなければ、混乱を招くとともに、第三者（日本冷凍空調学会）による評価の透明性を問われる可能性も出てくる。従って、今後冷媒種別の評価・確認を実施していくにあたって、測定条件、判定条件を明確に規定することを目的に規格を策定した。

2 制定の経緯

生産者、使用者及び中立者（学術経験者）を委員とする学会規格制定分科会の設置に関して、2021年3月25日に理事会承認され、内容の検討を行った。

3 審議中に特に問題となった事項

参照1のフローによる判定結果と高圧ガス保安法の判定フローによる判定結果に違いがないのか、一見して分かりにくいことが問題となった。補足1に検討結果を示す。

4 規定項目の内容

4.1 用語及び定義（本体 3）

主に令和3年4月23日付の「容器保安規則等の一部を改正する省令案等に対する意見募集の結果について」（以降、「パブコメ結果」とする）を参照し、用語の定義を行った。

4.1.1 爆発基準：圧力上昇（本体 3.5）

EN 1839では「燃焼限界測定での爆発（自己伝ば燃焼）の基準は、空気中での着火源のみによって生成される過圧に初期圧力の $5\pm 0.1\%$ を加えたもの以上の爆発過圧の生成。」と定義されているが、 $5\pm 0.1\%$ では、ノイズを拾う可能性があるため、次世代冷媒に関する調査委員会の産業技術総合研究所機能化学研究部門での検討結果*より、30%に変更する。

※ 次世代冷媒に関する調査委員会「次世代冷媒・冷凍空調技術の基本性能・最適化・評価手法および安全性・リスク評価」平成30年度 プログレスレポート WGⅡ p.32

4.1.2 公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成 (本体 3.7)

R-454A の構成成分は, R-32 及び R-1234yf であるが, それぞれの燃焼下限界は 13.5% 及び 5.6% (ASHRAE 法: 加湿空気), 燃焼速度は 6.7 cm/s (乾燥空気) 及び 4.4 cm/s (加湿空気) であることから, 燃焼下限界については R-1234yf が最も多い組成, 燃焼速度については R-32 が最も多い組成が, 最も燃焼性の高くなる (燃焼下限界が低い, 燃焼速度が速い) 混合組成となる。

4.2 燃焼性区分 (本体 4)

高圧ガス保安法の燃焼性判定フローは, 「高圧ガスの燃焼性試験方法及び高圧ガスを利用した各種製品に関する法技術的課題の検討報告書^{*}; p.25 図 4-1 分類フローおよび条件」で示された図のようなフローとなるが, これは, 参照 1 のフローによる判定でも全く同じ判定結果となり, 判定のための燃焼性試験を削減することが出来ること, 国際的な標準である ISO 817 の判定フローとほぼ同じフローとなることから, 本規定では参照 1 のフローによる判定を行うこととした。

※ 平成 30 年度経済産業省委託高圧ガス保安対策事業「高圧ガスの燃焼性試験方法及び高圧ガスを利用した各種製品に関する法技術的課題の検討報告書」; 平成 31 年 3 月, 高圧ガス保安協会

4.2.1 燃焼性試験 (本体 4.1)

各試験については, 基本通達に示された試験方法及び条件を抜粋。測定する混合冷媒の組成については, パブコメ結果を参照し追記した。

4.3 試験方法

4.3.1 火炎伝ば試験 (本体 5.1)

基本通達の火炎伝ばについての項において, 「ただし, 製造施設の位置, 構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示 (昭和 50 年通商産業告示第 291 号) 第 1 条に規定される可燃性ガスから除外されるガスに該当するものにあつては, 火炎伝ばを示すものとし, 必ずしも火炎伝ばの有無を測定する必要はない。」とのことから, 「燃焼性区分の判断において, 4.3 特定不活性ガスの基準のすべてに適合することを示す場合は, 火炎伝ばするものとして, この火炎伝ば試験を省略することが出来る。」とした。

火炎伝ば試験は, ISO 817 附属書 B に示される方法を標準として, 作成。

火炎伝ばしないことを示すために必要な試験濃度については, 試験範囲及び冷媒濃度刻み幅は, 以前不活性ガスの評価判定時に設定していた「冷媒濃度は不燃性成分を含む完全反応の化学量論濃度の 0.9~1.3 倍の範囲で変化させる。濃度刻みは, 濃度が 10%未満では 0.5%, 10%以上では 1%」とした。また測定回数は, 爆発限界試験で示された「爆発濃度がない冷媒の場合は, 各濃度で試験を 1 回ずつ行い, いずれも爆発しないことを確認すること。」を参照し, かつ, ISO 817 での火炎伝ばの有無は 3 回の試験のうちの 2 回以上で判断することから, 「各濃度で 1 回以上確認し, そのうち最も火炎の広がり大きい濃度について, 3 回のうち 2 回, 火炎伝ばがないことを確認することとする。」とした。

火炎伝ばすることを示す場合は, 出来るだけ安全に試験を行うよう, 「任意の一つ以上の冷媒濃度で伝ばすることを示す必要があるが, 化学量論濃度に近い濃度では激しく爆発することもあるため, 出来るだけ燃焼下限界に近い濃度で測定する必要がある。」とした。

4.3.1.1 試験条件 (本体 5.1.1)

混合冷媒について, ISO 817 では「混合冷媒の配合の混合公差の配合組み合わせの中で, いくつかの考えられる最悪の配合組み合わせが生じる場合, 考えられるすべての最悪の配合組み合わせに対して火炎伝

ば試験を実施するか、考えられる最悪の配合組み合わせが生じない、1 つ以上の根拠を提供しなければならない。」とあったが、「混合冷媒については、その公差の範囲内で最も燃焼性の高くなる混合組成で、試験を行わなければならない。」と簡易な表現とした。

4.4 爆発限界試験 (本体 5.2)

EN 1839 の 4.3 Method B (“bomb” method)を参照し、作成。

4.4.1 試薬と材料

4.4.1.1 空気 (本体 5.2.2.1)

乾燥空気の定義に加え、加湿空気の定義を追加。

4.4.2 装置

4.4.2.1 試験容器 (本体 5.2.3.1)

0.8 MPa 以下で作動する安全弁を使用するため、容器の内圧は常に 1 MPa 未満となり、高圧ガス保安法上の圧力容器としての届け出や管理が不要となる。

4.4.2.2 着火源

4.4.2.2.1 一般 (本体 5.2.3.2.1)

着火源は、ヒューズワイヤーではなく、火花放電による。

4.4.2.2.2 火花放電 (本体 5.2.3.2.2)

「ステンレス鋼が電極に適した材料」を「電極材料は、ステンレスまたはタングステン」に修正。「実効値が 13kV~16 kV で、短絡電流が 20 mA~30 mA の高電圧変圧器を使用して」を基本通達で、「実効値が 15 kV で、短絡電流が 30 mA の高電圧変圧器を使用して」としたのは、着火エネルギーが変化することによる測定結果のばらつきを抑えるためである。

4.4.2.3 爆発過圧測定システム (本体 5.2.3.3)

「圧力変換器は、ヘッドが内壁と同じ高さになるように、試験容器の内部に取り付ける必要がある。」とあったが、燃焼限界の測定に用いるため燃焼速度が遅く、導管による圧力伝ばの遅れ等が発生しないことから、「本測定では、内径 3 mm 以上、長さ 10 cm 以内の圧力導管により接続してもよい。」とした。

4.4.2.5 手順 (本体 5.2.3.3)

基本通達より原則として「試験ガス濃度の刻み幅は、0.5 又は 1%」であるが、爆発限界濃度を 0.5%刻みより細かく求めることを妨げる理由がないことから、「爆発限界に近いところで、試験物質含有量の増分変化は、1%以下の任意とする。」こととした。

4.4.3 爆発限界の決定 (本体 5.2.6)

着火がちょうど失敗する試験混合物濃度については、基本通達により、2 回の追加試験とした。

空気として、乾燥空気及び加湿空気を用いて試験を行い、爆発下限界にあつては低い結果が得られた方を、爆発上限界にあつては高い結果が得られたほうを採用することも付け加えた。

爆発濃度がない冷媒についても、濃度範囲や濃度刻みを指定し、その確認方法を規定した。また、爆発濃度がない場合、4.3 の特定不活性ガスの区分判断では「①及び②の基準の両方に適合する冷媒」とした。

4.4.4 測定法の健全性の確認 (本体 5.2.7)

R-32 及び R-1234yf の LFL について、産業技術総合研究所 (産総研) による測定結果を次ページの図に示す。R-32 の LFL 値は 13.7%であり、R-1234yf の LFL 値は 6.8%である。本測定は研究目的での測定であり、測定回数が多く測定濃度は等間隔ではない。また、可燃の最低濃度と不燃の最高濃度の平均値を燃焼限界値とした。

本規格に則り、測定法の健全性を確認するために R-32 を測定する場合、測定結果が $13.7 \pm 0.5\%$ の範囲内

であれば、測定法は健全であると考えられる。また、R-1234yfを測定する場合、測定結果が $6.8 \pm 0.5\%$ の範囲内であれば、測定法は健全であると考えられる。誤差の考え方については、別途「補足2」に示す。

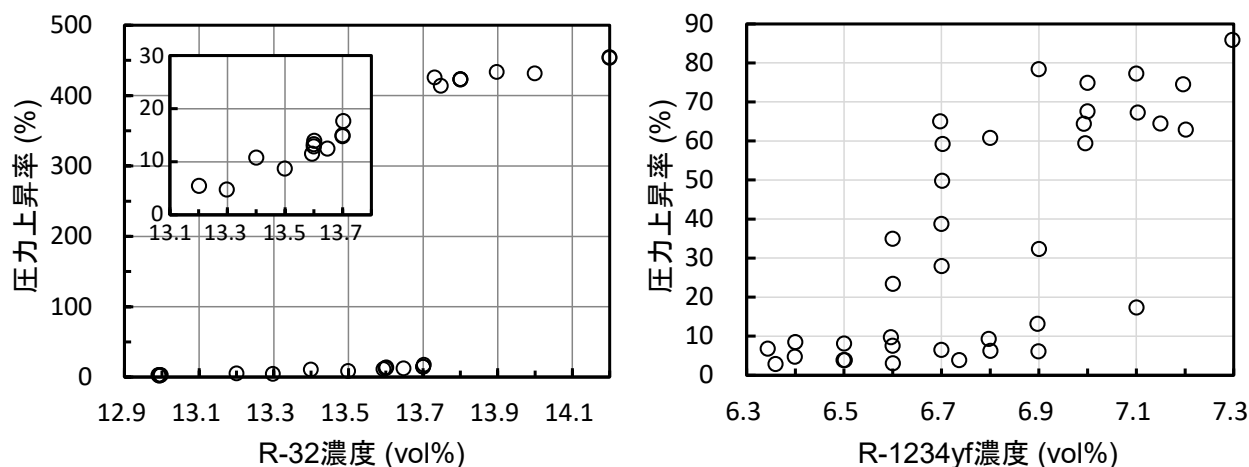


図-解説1 R-32及びR-1234yfのLFLの測定結果

産総研の測定結果： 試料純度 99%以上 圧縮空気 G3 等級

初期温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 初期圧力 $760 \pm 10\text{Torr}$

4.5 最大燃焼速度試験 (本体 5.4)

ISO 817では、「測定は、燃焼下限界から開始して化学量論濃度の、少なくとも125%まで実施するものとする。」となっているが、燃焼速度が最大となる濃度は、燃焼下限界から離れている場合が多く、測定結果の近似曲線が引くことが出来る程度の範囲で測定されていれば、必ずしも燃焼下限界から測定する必要はない。そこで、「燃焼下限界から開始」を「燃焼下限界近傍から開始」に変更した。

燃焼速度の決定方法の参考文献として、ISO 817に掲載されている文献1に加えて、後に規格形式で説明されている文献2も紹介することとした。

5 海外法規との関連

この規格は、EN 1849及びISO 817の内容及び構成を参考に作成したが、これらの翻訳版ではない。

6 冷媒の燃焼性カテゴリの国内外の比較

6.1 ISO817の燃焼性カテゴリ

ISO 817に冷媒燃焼性のカテゴリが定義されている。カテゴリの条件を要約すると以下の通りである。

- クラス1：火炎伝ばなし
 - a) 60°C , 101.3 kPa の条件で、火炎が伝ばしない。
- クラス2L：低燃焼性
 - a) 60°C , 101.3 kPa の条件で、火炎が伝ばする。
 - b) $\text{LFL} > 3.5\text{ vol}\%$
 - c) 燃焼熱 $< 19\,000\text{ kJ/kg}$
 - d) 23°C , 101.3 kPa で燃焼速度 $\leq 10\text{ cm/s}$
- クラス2：燃焼性

- a) 60 °C, 101.3 kPaの条件で, 火炎が伝ばする。
- b) LFL > 3.5 vol%
- c) 燃焼熱 < 19 000 kJ/kg
- クラス3 : 強燃焼性
 - a) 60 °C, 101.3 kPaの条件で, 火炎が伝ばする。
 - b) LFL ≤ 3.5 vol% または燃焼熱 ≥ 19 000 kJ/kg

6.2 ISO817の燃焼性カテゴリの図示

ISO817の燃焼性カテゴリを横軸をLFL, 縦軸を燃焼熱とする燃焼性マップに図示する。燃焼速度(Su) が10cm/sのラインを破線で示す。図-解説2は概念的に示すもので, 正確でないところもある。冷媒の燃焼性カテゴリ①②③の領域は, 図の通りである。

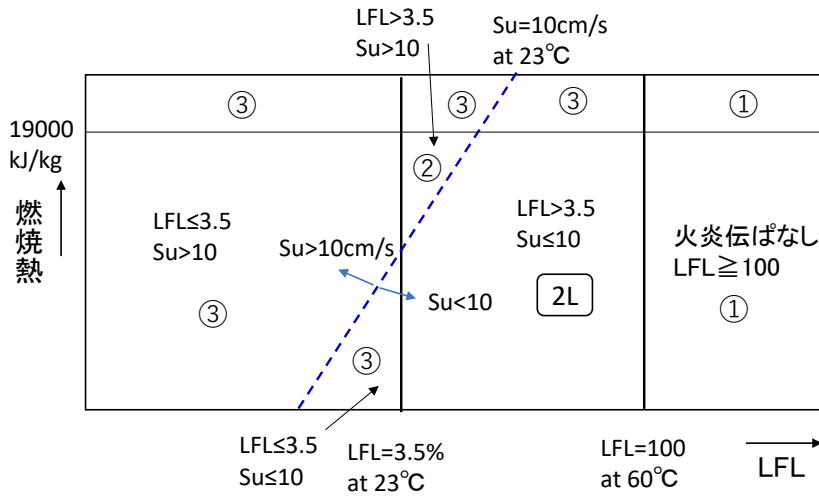


図-解説2 ISO817の冷媒カテゴリの図示

6.3 高圧ガス保安法のフルオロカーボン等の燃焼性カテゴリの図示

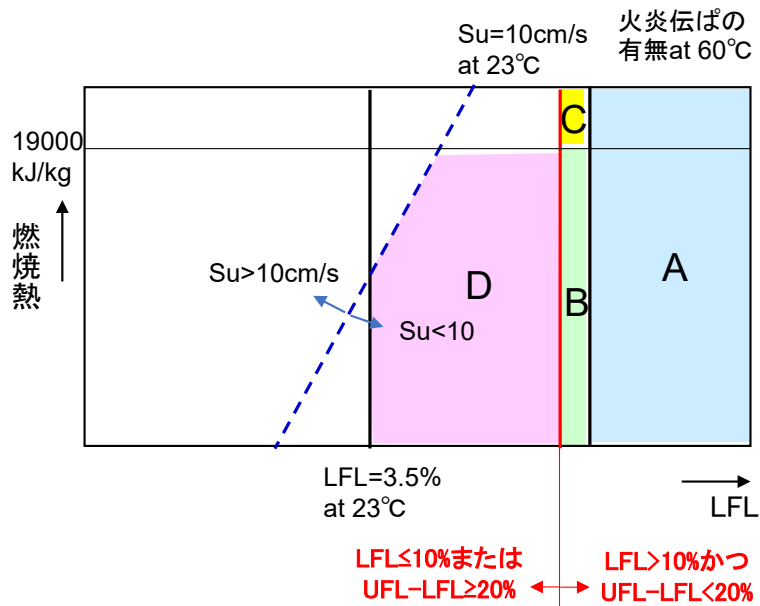


図-解説3 高圧ガス保安法上の冷媒カテゴリの図示

図-解説3は図-解説2に高圧ガス保安法の不活性か可燃性かの判定に使われるLFL=10%, UFL-LFL=20%

の境界を赤線で示した。高圧ガス保安法上でのフルオロカーボン等の冷媒の燃焼性カテゴリは以下の通りである。

- 領域A（水色部分）：特定不活性ではない不活性ガス
- 領域B, C, D：特定不活性ガス
- 領域E（白色部分）：可燃性ガス

ISO817と高圧ガス保安法のフルオロカーボン等の燃焼性カテゴリを比較すると、以下の点が指摘できる。

- ISO817のカテゴリ2（燃焼性）とカテゴリ3（強燃性）を合わせて、高圧ガス保安法では可燃性ガスと分類される。
- 領域CはISO817ではカテゴリ3（強燃性）であるが、高圧ガス保安法では特定不活性ガスとなる。この点では国内外の法律、規格は整合していないが、冷媒の事例がないので、実用上の問題はないと考えられる。

図-解説4に各領域の典型的な冷媒の例を示す。領域Bに属する冷媒としてはR32が知られている。領域Cではこれまで発見された冷媒はない。領域Eの中で燃焼速度が10cm/s以上の冷媒はR41やR152aを除いて、ほとんどは炭化水素である。

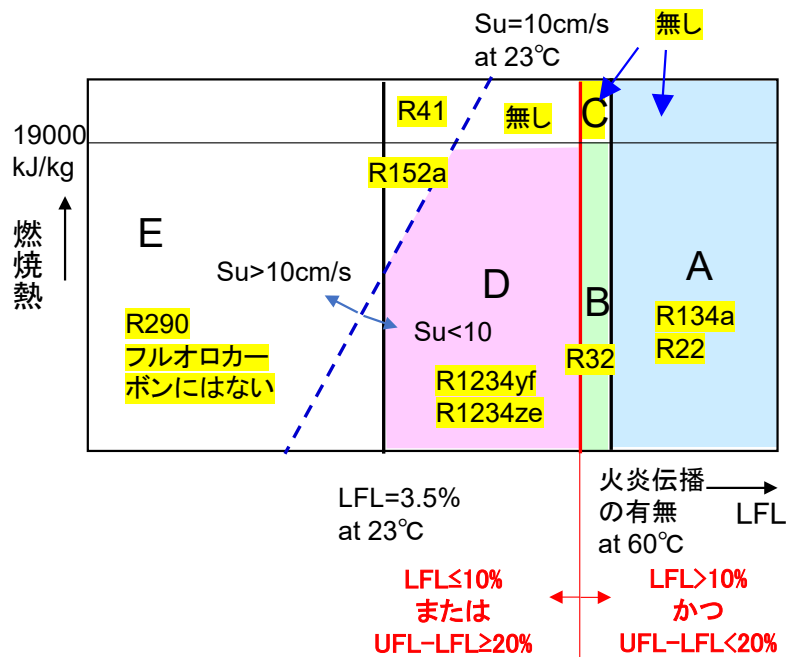


図-解説4 各領域の冷媒の例

補足 1 : 燃焼性区分判断フローについて

高圧ガス保安法の燃焼性判定フローは、「高圧ガスの燃焼性試験方法及び高圧ガスを利用した各種製品に関する法技術的課題の検討報告書* ; p.25 図 4-1 分類フローおよび条件」(以後、報告書)のフローであり、図-解説 5 となる。また、本規格の判定フローは、図-解説 6 のようになる。それぞれ、特定不活性ガスではない不活性ガスと判定される場合、ルート 1 及びルート 1' を通る。また、特定不活性ガスと判定される場合は、ルート 2 またはルート 3 及びルート 2' またはルート 3' を通って判定される。

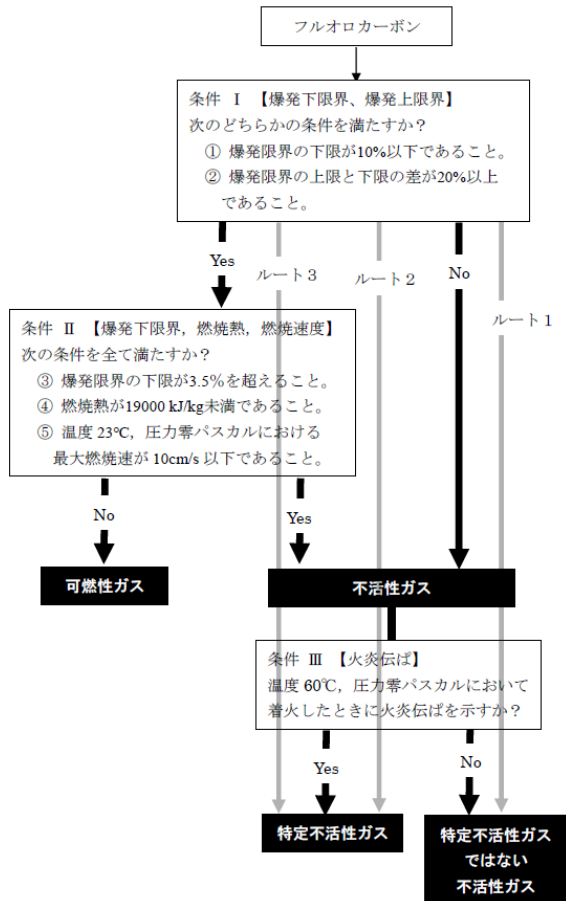


図-解説 5 報告書での燃焼性区分判断フロー

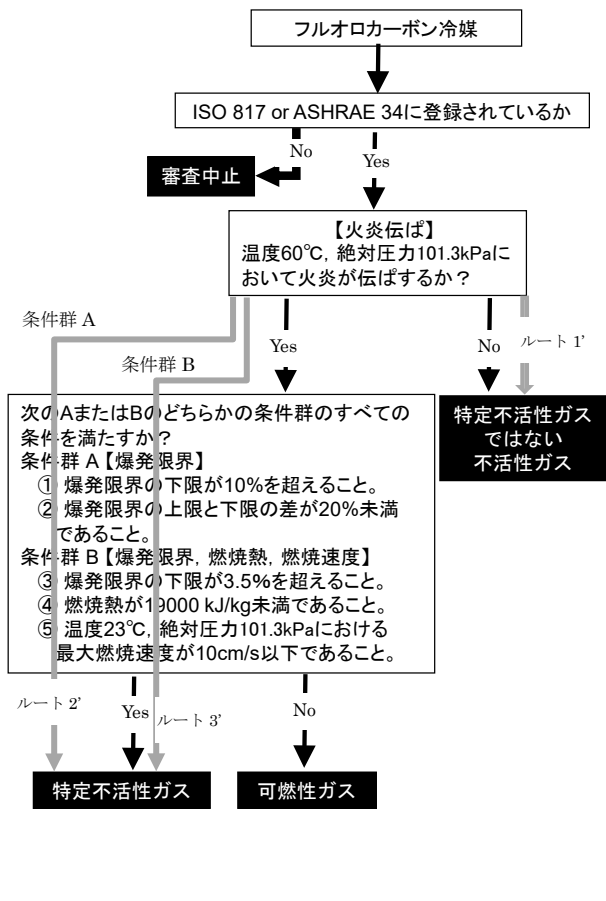


図-解説 6 本規格での燃焼性区分判断フロー

各ルートを通して、判定される条件と判定結果をまとめると表-解説 1 のようになる。判定条件と判定結果が揃えば、その評価の順番に関わらず、ガスの燃焼性能は判定することが出来る。報告書と本規格では、条件 I と条件群 A は補集合の関係になっているので、注意されたい。表 1 において、条件 I と条件群 A の補集合 (条件群 A) を表示している。

【ルート 1 とルート 1' について】

本規格のルート 1' では、条件 I に相当する条件群 A の判定を行わないので、表 1 では*と表記している。条件 III(火炎伝ば)において、60°Cでの燃焼性試験(火炎伝ば試験)で燃焼範囲がないことから、23°Cの燃焼試験でも燃焼範囲がないと判断できる。これは、一般的に燃焼では、火炎の温度維持に必要な最低限の火炎温度があり、試験温度が低くなると、未燃ガス混合ガスの温度を元の試験温度まで上昇させるのに

必要なエンタルピー分だけ燃焼熱が増加しないと、同じ火炎温度を保持できなくなる。つまり、試験温度が低くなると燃え難くなることから、そのように判断できる。したがって、条件群 A は Yes となるので、条件群 A は No となり、ルート 1 とルート 1'については同じ結果を得る。

【ルート 2 とルート 2'について】

ルート 2 では、条件 I と III の試験を行い、ルート 2'では条件群 A と伝ば試験を行うので、全く同じである。

【ルート 3 とルート 3'について】

ルート 3 では全 3 条件の試験を行う。ルート 3'では条件群 A の試験を除く、2 条件の試験を行う。表 1 では条件群 A の欄を * と表示している。条件 I、条件群 A の情報がない場合には、可燃性と判定すべきであるので、条件群 A は No と判断する。したがって、条件群 A は Yes となり、ルート 3 とルート 3'は同じ結果となる。

以上により、報告書の判定ルートに対応する本規格の判定ルートでは、報告書と同じ条件で同じ判定となり、ガスの燃焼性能について、同じ判定が出ることが分かる。

表-解説 1 燃焼性区分判断フローの各ルートについての判定結果

報告書		条件 I	条件 II	条件 III	*の解釈	判定結果
本規格		条件群 A	条件群 B	火炎伝ば		
報告書	ルート 1	No	—	No	—	特定不活性 ではない不 活性ガス
本規格	ルート 1'	*	—	No	60°Cで可燃範囲がないので、23°Cでも可燃範囲なし⇒No と解釈	
報告書	ルート 2	No	—	Yes	—	特定不活性 ガス
本規格	ルート 2'	No	—	Yes	—	
報告書	ルート 3	Yes	Yes	(Yes)	—	
本規格	ルート 3'	*	Yes	(Yes)	条件群 A が No であることを示せていない⇒Yes と解釈	

注) 条件 II、条件群 B の結果が Yes の場合は、条件 III、火炎伝ば試験を省略することができる。

補足 2 : 誤差の考え方について

誤差に関わる平方根 N の法則を援用すると、見積誤差は、 $(B_2 - A_2) / \sqrt{N}$ (%) とする (図-解説 7 参照)。ただし、N は A3 から B3 の濃度範囲における測定点の総数とする。

本規格に則る測定法の健全性の確認として R-32 を測定する場合、代表的な測定例として、12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0% の測定を行い、不燃の確認として 13.5% を更に 2 回測定し、合計 8 回測定とする。この場合、見積誤差は $(14.5 - 13.0) / \sqrt{8} = 0.53$ (%) となる。この例をふまえ、測定結果が $13.7 \pm 0.5\%$ 以内であれば、測定法は健全であると考えられる。

R-1234yf を測定する場合、代表的な測定として、5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0% の測定を行い、不燃の確認として 6.5 vol% を更に 2 度測定し、合計 8 度測定とする。この場合、見積誤差は $(7.5 - 6.0) / \sqrt{8} = 0.53$ (%) となる。この例をふまえ、測定結果が $6.8 \pm 0.5 \text{ vol}\%$ 以内であれば、測定法は健全であると考えられる。

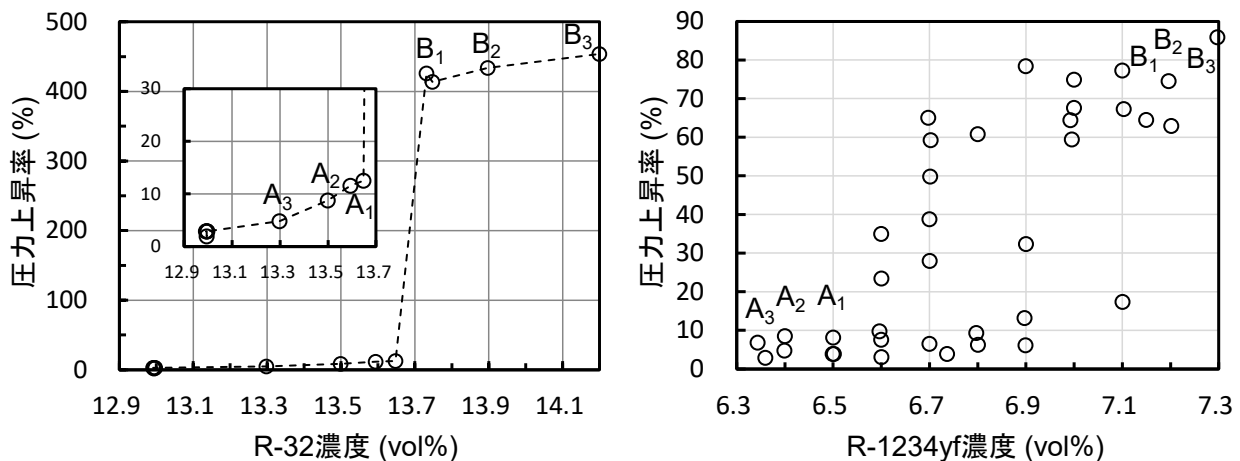


図-解説 7 R-32 及び R-1234yf の LFL の測定結果 (番号付き)

測定点を低濃度側から順にたどった時に、「不燃」の点が 3 濃度以上並び、続いて高濃度側に「可燃」の点が 3 濃度以上並んだとする。その場合、「不燃」の最高濃度の点を A1 とし、低濃度側へ順に A2, A3, … と名付ける。また、「可燃」の最低濃度の点を B1 とし、高濃度側へ順に B2, B3, … と名付ける。

日本冷凍空調学会規格

冷媒の燃焼性区分判定のための試験方法

JSRAE S 0003 : 2021

制定：2021年10月27日

発行：公益社団法人 日本冷凍空調学会

公益社団法人 日本冷凍空調学会
〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町13-7 日本橋大富ビル5F

TEL : (03)5623-3223 FAX : (03)5623-3229

[http:// www.jsrae.or.jp](http://www.jsrae.or.jp)

STANDARD OF
JAPAN SOCIETY OF REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS

Test Method for determining the flammability classification of refrigerants

JSRAE S 0003 : 2021

Established on October 27, 2021

**Issued by
Japan Society of Refrigerating and
Air Conditioning Engineers**

Published by

Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers
Nihonbashi-Otomi Bldg. 5F, 13-7, Nihon-bashi Odenma-cho, Chuo-ku
Tokyo, 103-0011 JAPAN
TEL : Tokyo (03)5623-3223 FAX : Tokyo (03)5623-3229
[http:// www.jsrae.or.jp](http://www.jsrae.or.jp)