

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-3265

(P2017-3265A)

(43) 公開日 平成29年1月5日 (2017. 1. 5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 5 B 49/02 (2006.01)	F 2 5 B 49/02 5 2 0 Z	
F 2 5 B 1/00 (2006.01)	F 2 5 B 1/00 3 9 6 A	
F 2 4 F 13/32 (2006.01)	F 2 5 B 1/00 3 9 6 G	
	F 2 5 B 1/00 3 9 6 Z	
	F 2 4 F 1/00 4 1 1	
審査請求 有 請求項の数 15 O L (全 21 頁)		

(21) 出願番号	特願2016-198259 (P2016-198259)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成28年10月6日 (2016. 10. 6)		三菱電機株式会社
(62) 分割の表示	特願2015-553340 (P2015-553340) の分割	(74) 代理人	110001461 特許業務法人きさ特許商標事務所
原出願日	平成27年3月30日 (2015. 3. 30)	(72) 発明者	前田 晃 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	PCT/JP2014/059707	(72) 発明者	駒井 隆雄 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(32) 優先日	平成26年4月2日 (2014. 4. 2)	(72) 発明者	鈴木 康巨 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

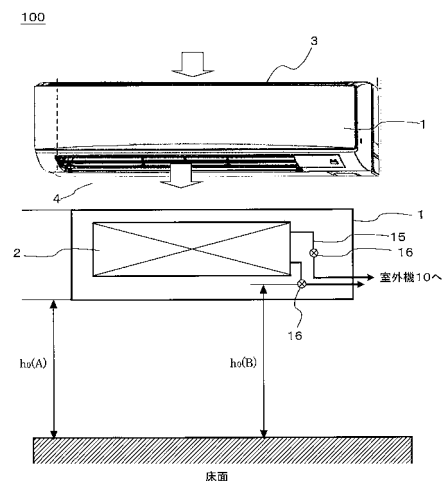
(54) 【発明の名称】 空気調和装置およびその設置方法

(57) 【要約】

【課題】 大気圧下において密度が空気より大きい可燃性冷媒を使用した空気調和装置において、実効性のある冷媒量を充填しつつ、安全性を損なうことのない空気調和装置を提供する。

【解決手段】 空気調和装置は、室内機が、据付床面積 A [m^2] の空間に、据付高さ h_0 [m] 以上に据え付けられるものであり、充填する可燃性冷媒の冷媒量 M [kg] を $0.32 \times LFL \times h_0 \times A \leq M \leq \alpha \times G^{-\beta} \times h_0 \times A$ の範囲内としたものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

室内熱交換器が搭載された室内機を有し、大気圧下において密度が空気より大きい可燃性冷媒を用いた空気調和装置であって、

前記室内機は、

据付床面積 A [m^2] の空間に、据付高さ h_0 [m] 以上に据え付けられるものであり

、
充填する前記可燃性冷媒の冷媒量 M [kg] を以下の式の範囲内とした
空気調和装置。

$$(式) \quad 0.32 \times LFL \times h_0 \times A \leq M \leq \alpha \times G^{-\beta} \times h_0 \times A \quad 10$$

LFL 前記冷媒の燃焼下限濃度 [kg/m^3]

G 前記冷媒の想定最大漏洩速度 [kg/h]

α 前記冷媒の、主に LFL と相関する正の定数

β 前記冷媒の、主に密度と相関する正の定数

【請求項 2】

前記 h_0 が 2.2 m 以上のものにおいて、

前記冷媒量 M を、前記式より $M \leq 1.3A$ を満たす範囲とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

【請求項 3】

前記 h_0 が 1.8 m 以上のものにおいて、

前記冷媒量 M を、前記式より $M \leq 1.1A$ を満たす範囲とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

【請求項 4】

前記 h_0 が 1.0 m 以上のものにおいて、

前記冷媒量 M を、前記式より $M \leq 0.42A$ を満たす範囲とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

【請求項 5】

前記 h_0 が 0.6 m 以下のものにおいて、

前記冷媒量 M を、前記式より $M \leq 0.25A$ を満たす範囲とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

【請求項 6】

前記冷媒として炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素冷媒の、単一または混合冷媒を使用している

請求項 1～5 のいずれか一項に記載の空気調和装置。

【請求項 7】

前記冷媒として $R32$ の、単一または混合冷媒を使用している

請求項 1～5 のいずれか一項に記載の空気調和装置。

【請求項 8】

$\alpha = X \exp[Y \times LFL]$ 、 $\beta = -Z \ln[W \times \text{密度}] + 1$ とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

ここで、 X 、 Y 、 Z 、 W は、冷媒種によって定まる正の定数である。

【請求項 9】

α を $0.22 \leq \alpha \leq 1.1$ 、 β を $0.3 \leq \beta \leq 1.0$ の範囲とした

請求項 1 に記載の空気調和装置。

【請求項 10】

α を $0.22 \leq \alpha \leq 1.1$ 、 β を $0.3 \leq \beta \leq 1.0$ の範囲とし、

前記冷媒が、 $R32$ 、 $\text{HFO}-1234yf$ 、 C_3H_8 のうち少なくとも 1 つ以上が含まれた混合冷媒である

請求項 9 に記載の空気調和装置。

【請求項 11】

α を $0.78 \leq \alpha \leq 1.1$ 、 β を $0.34 \leq \beta \leq 0.41$ の範囲とし、
前記冷媒が、R32、HFO-1234yf のうち少なくとも1つ以上が含まれた混合冷媒である

請求項10に記載の空気調和装置。

【請求項12】

α を 1.1 、 β を 0.41 とし、

前記冷媒が R32 である

請求項1に記載の空気調和装置。

【請求項13】

α を 0.78 、 β を 0.34 とし、

前記冷媒が HFO-1234yf である

請求項1に記載の空気調和装置。

10

【請求項14】

α を 0.22 、 β を 1.0 とし、

前記冷媒が C_3H_8 である

請求項1に記載の空気調和装置。

【請求項15】

請求項1～14のいずれか一項に記載の空気調和装置を用いた

ことを特徴とする空気調和装置の設置方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、可燃性冷媒を使用した空気調和装置およびその設置方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、不燃性である R410A のような「HFC 冷媒」を使用して冷凍サイクルを実行する空気調和装置が存在している。この R410A は、従来の R22 のような「HCFC 冷媒」と異なり、オゾン層破壊係数（以下「ODP」と称す）がゼロであって、オゾン層を破壊することはないが、地球温暖化係数（以下「GWP」と称す）が高いという性質を有している。そのため、地球の温暖化防止の一環として、R410A のような GWP が高い HFC 冷媒から、GWP が低い冷媒（以下「低 GWP 冷媒」と称す）への変更の検討が進められている。

30

【0003】

低 GWP 冷媒の候補として、自然冷媒である R290 (C_3H_8 ；プロパン) や R1270 (C_3H_6 ；プロピレン) のような HC 冷媒が存在している。しかしながら、このような HC 冷媒は、不燃性である R410A とは異なり、強燃レベルの燃焼性を有しているため、冷媒漏洩に対する注意や対策が必要である。

また、低 GWP 冷媒の候補として、組成中に炭素の二重結合を持たない HFC 冷媒、例えば R410A よりも GWP が低い R32 (CH_2F_2 ；ジフルオロメタン) が存在している。

40

【0004】

さらに、同じような候補冷媒として、R32 と同様に HFC 冷媒の一種であって、組成中に炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素が存在している。このようなハロゲン化炭化水素としては、例えば HFO-1234yf ($CF_3CF=CH_2$ ；テトラフルオロプロペン) や HFO-1234ze ($CF_3-CH=CHF$) が知られている。なお、R32 のように組成中に炭素の二重結合を持たない HFC 冷媒と区別するために、炭素の二重結合を持つ HFC 冷媒を、オレフィン（炭素の二重結合を持つ不飽和炭化水素がオレフィンと呼ばれる）の「O」を使って、「HFO 冷媒」と表現することが多い。

【0005】

50

このような低GWP冷媒（HFC冷媒、HFO冷媒）は、自然冷媒であるR290（ C_3H_8 ；プロパン）のようなHC冷媒ほど強燃性ではないものの、不燃性であるR410Aとは異なり、微燃レベルの燃焼性を有している。そのため、R290と同様に冷媒漏洩に対する注意が必要である。これより以降、微燃レベルであっても燃焼性を有する冷媒のことを「可燃性冷媒」と称する。

【0006】

これら可燃性冷媒が万が一漏洩した場合の着火懸念を低減させる手法として、例えば特許文献1に、IEC60335-2-40で規定されている、換気をしていない一室当たりの許容冷媒量 m_{max} [kg]に関する下記（式I）を参考に独自に決めた関係式に従って手入力した据付床面積から算出した冷媒量と、空気調和装置内の冷媒量と、を比較し、 m_{max} を超えた冷媒を冷媒回路から排出して余剰冷媒貯蓄装置に移す技術が開示されている。

10

【0007】

$$m_{max} = 2.5 \times (LFL)^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \dots (\text{式I})$$

m_{max} ：一室当たりの許容冷媒量 [kg]、

A：据付床面積 [m^2]、

LFL：冷媒の燃焼下限濃度 [kg/m^3]、

h_0 ：装置（室内機）の据付高さ [m]

ここで据付高さ h_0 は、床置形0.6m、壁掛形1.8m、窓置形1.0m、天井形2.2m。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第3477184号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1に記載されているような（式I）を活用した技術においては、（式I）に冷媒の漏洩速度に関する項が入っていないため、過剰に冷媒量を制限（排出など）する懸念があり、室外機と室内機とを接続する冷媒配管が長く、さらに家庭用と比較して厨房等の高熱負荷物件に据え付けられる場合がある業務用途の空気調和機においては、封入する冷媒を少なくする技術を駆使しても、要求される能力を発揮しつつ、（式I）を満足することは難しい。

30

【0010】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、大気圧下において密度が空気より大きい可燃性冷媒を使用した空気調和装置において、実効性のある冷媒量を充填しつつ、安全性を損なうことのない空気調和装置およびその設置方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

40

本発明に係る空気調和装置は、室内熱交換器が搭載された室内機を有し、大気圧下において密度が空気より大きい可燃性冷媒を用いた空気調和装置であって、前記室内機は、据付床面積A [m^2]の空間に、据付高さ h_0 [m]以上に据え付けられるものであり、充填する前記可燃性冷媒の冷媒量M [kg]を以下の式（1）の範囲内としたものである。

（式1）は $0.32 \times LFL \times h_0 \times A \leq M \leq \alpha \times G^{-\beta} \times h_0 \times A$ であり、各パラメータはLFLが前記可燃性冷媒の燃焼下限濃度 [kg/m^3]、Aが前記室内機の据付床面積 [m^2]、Gが前記冷媒の想定最大漏洩速度 [kg/h]、 α が前記冷媒の、主にLFLと相関する正の定数（実験で求める）である。 β が前記冷媒の、主に密度と相関する正の定数（実験で求める）である。

また本発明に係る空気調和装置の設置方法は、前記空気調和装置を用いたものである。

50

【発明の効果】

【0012】

本発明に係る空気調和装置によれば、大気圧下において密度が空気より大きい可燃性冷媒を用いたとしても、実効性のある冷媒量を充填しつつ、安全性を損なわない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を構成する室内機の一例を示す概略図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を構成する室内機の別の一例を示す概略図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を構成する室内機の更に別の一例を示す概略図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を構成する室内機の更に別の一例を示す概略図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置の冷媒回路構成を示す概略構成図である。

【図6】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置の室内機の安全性を評価するために用いる実験装置の概略構成を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図を適宜参照しながら本発明の実施の形態について説明する。なお、図1を含め、以下の図では各構成部材の大きさの関係が実際のものとは異なる場合がある。また、図1を含め、以下の図において、同一の符号を付したものは、同一又はこれに相当するものであり、このことは明細書の全文において共通することとする。さらに、明細書全文に表わされている構成要素の形態は、あくまでも例示であって、これらの記載に限定されるものではない。

【0015】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1に係る空気調和装置（以下、空気調和装置100と称する）を構成する室内機の一例を示す概略図である。図2は、空気調和装置100を構成する室内機の別の一例を示す概略図である。図3は、空気調和装置100を構成する室内機の更に別の一例を示す概略図である。図4は、空気調和装置100を構成する室内機の更に別の一例を示す概略図である。図5は、空気調和装置100の冷媒回路構成を示す概略構成図である。図1～図5に基づいて、空気調和装置100について、室内機を中心として説明する。

【0016】

空気調和装置100は、可燃性冷媒を使用することを想定したものであり、図1～図4に示す室内機1と、室内機1に冷媒配管15を介して接続される室外機10と、を有している。図1では、壁掛形の室内機1の概略構成を示している。図2では、天井形の室内機1の概略構成を示している。図3では、窓置形の室内機1の概略構成を示している。図4では、床置形の室内機1の概略構成を示している。なお、図1～図4では、セパレート形の空気調和装置100を例に示しているが、熱交換器2が室内機1に収容されていれば、セパレート形に限定するものではなく、一体型であってもよい。

【0017】

図1～図4に示すいずれの室内機1においても、設置の仕方が異なるものの、熱交換器（室内熱交換器）2を有している。また、室内機1には、室内空気を室内機1の内部に取り込むための吸込口3と、熱交換器2を経由した調和空気を室内機1の外部に供給する吹出口4と、を有している。また、通常、室外機10と繋がる冷媒配管15には、冷媒配管継手16が設置されている。

【0018】

熱交換器 2 は、室外機 10 に收容されている圧縮機 11、室外側の熱交換器 12、膨張弁 13 とともに冷媒回路の一要素として機能する。室内空間を暖房する場合、冷媒は、圧縮機 11、熱交換器 2、膨張弁 13、熱交換器 12 の順に流れる。つまり、熱交換器 2 を凝縮器、熱交換器 12 を蒸発器として作用させ、熱交換器 2 を通過する室内空気に温熱を与えて暖め、暖房運転する。室内空間を冷房運転する場合、冷媒は、圧縮機 11、熱交換器 12、膨張弁 13、熱交換器 2 の順に流れる。つまり、熱交換器 2 を蒸発器、熱交換器 12 を凝縮器として作用させ、室内空気は熱交換器 2 を通過する冷媒から冷熱を奪って冷却され、冷房運転する。

【0019】

室内機 1 において冷媒回路から冷媒が漏洩する場合、吸込口 3 または吹出口 4 などの開口部のうち、床面からの高さ（以下、床上高さ）が低い側からの漏洩量が多いことが一般的である。また、漏洩発生箇所の床上高さの影響も考えられる。空気調和装置 100 では、可燃性冷媒を使用することを想定しているため、漏洩量によっては室内空間に可燃域を生成してしまう原因となる。

【0020】

そこで、空気調和装置 100 では、M、A、LFL、 h_0 、G、 α 、 β を入力する入力手段、前記（式 I I）を満たすかどうかを検知し、監視する手段（制御装置 18）、この制御装置 18 が設定された閾値を越えたことを検知した場合に、報知する報知手段（表示手段等）を備えている。また、制御装置 18 は、報知後、一定時間に改善が見られない場合には、空気調和装置 100 の運転を不能とする。なお、制御装置 18 は、例えば、この機能を実現する回路デバイスなどのハードウェア、又はマイコン若しくは CPU などの演算装置上で実行されるソフトウェアで構成される。

【0021】

ここで h_0 は、基本的に IEC 60335-2-40 に従う値を用いる。

または、室内機 1 の吸込口 3 または吹出口 4 のいずれか低い方の床上高さ h_0 (A) の値を用いてもよい。

または、室内機 1 の冷媒配管 15 または冷媒配管継手 16 のいずれか低い方の床上高さ h_0 (B) を用いても良い。

一般的に、吸込口 3 または吹出口 4 が、室内機 1 の下端部にある壁掛形（図 1）、天井形（図 2）、窓置形（図 3）の室内機 1 においては、 h_0 (A) と IEC 60335-2-40 に従う h_0 とは等しくなる。

一方、床置形（図 4）の室内機 1 については、IEC 60335-2-40 に従う h_0 と、 h_0 (A) と h_0 (B) とが異なるため、適宜値を設定する。

【0022】

以上より、本実施の形態においては、以下の室内機 1 を実験対象として用いることにする。

図 1 に示す「壁掛形」では、IEC 60335-2-40 に従った据付高さ $h_0 = 1.8$ [m] と、吸込口 3 または吹出口 4 のいずれか低い方の床上高さ h_0 (A) と同じで、冷媒配管 15 または冷媒配管継手 16 のいずれか低い方の床上高さ h_0 (B) よりも低い、すなわち $h_0 = h_0$ (A) < h_0 (B) とする。

図 2 に示す「天井形」では、IEC 60335-2-40 に従った据付高さ $h_0 = 2.2$ [m] = h_0 (A) < h_0 (B) とする。

図 3 に示す「窓置形」では、IEC 60335-2-40 に従った据付高さ $h_0 = 1.0$ [m] = h_0 (A) < h_0 (B) とする。

図 4 に示す「床置形」では、IEC 60335-2-40 に従った据付高さ $h_0 = 0.6$ [m]、 h_0 (A) = 0.15 [m]、 h_0 (B) = 0.45 [m] とする。

【0023】

A の最小値は、条例などで定めている必要な最小床面積などを参考に 4 m^2 とする。天井高さは、建築基準法などを参考に 2.2 m 以上とする。少なくとも、熱交換器 2 を搭載した室内機 1 を据付高さ h_0 以上に据え付ける。想定漏洩速度は、（社）日本冷凍空調工

10

20

30

40

50

業会発行の「環境と新冷媒，国際シンポジウム2012」p98を参考に5kg/h、10kg/h、75kg/hとし、中央値である10kg/hを標準とするが、冷媒漏洩事故のほとんどが漏洩速度1kg/h以下との記載があり、5kg/hとしても安全性を損なうことはない。

【0024】

LFLは、IEC60335-2-40に記載のものは、それに従う。例えば、R32のLFL=0.306[kg/m³]，プロパン(R290)のLFL=0.038[kg/m³]とする。IEC60335-2-40に記載がない場合、文献または実験から推測する。HFO-1234yfはIEC60335-2-40に記載がないため、今回は0.294[kg/m³]とした。

α 、 β は、以下に説明する冷媒漏洩実験結果から求めるが、基本的に冷媒種による。 α は主にLFL、 β は主に密度(分子量)の影響を受けると考えられるが、詳細は明確でない。

【0025】

図6は、室内機1の安全性(可燃域生成挙動)評価および α 、 β を求めるために用いる実験装置200の概略構成示す概略図である。図6に基づいて、室内機1の安全性の評価について説明するとともに、冷媒量M[kg]の範囲の決定について説明する。

【0026】

まず、図6に示すように、密閉空間50を作製する。密閉空間50は、用意した厚さ約10mmのベニヤ板を、所定の床面積、所定の天井高さとなるように接着させることにより作製する。密閉空間50は、例えば、内寸で床面積3～87.3畳(2畳=3.3m²とすると、3～87.3畳は4.95～144m²となる)、天井高さ2.2～2.5mなどとして作ればよい。なお、ベニヤ板とベニヤ板との間はシリコン系接着剤などで埋め、出入り扉などはアルミテープなどで隙間がないようにする。

【0027】

密閉空間50には、冷媒を漏洩させる室内機1を据え付ける。図6では、一例として、壁掛形の室内機1を据え付けた状態を示している。

また、密閉空間50には、ガス濃度センサ51を所定高さに設置する。図6では、一例として、密閉空間50の中央部に上下に5つのガス濃度センサ51を配置した状態を例に示しているが、室内機1の形態や配置位置、密閉空間50の形状などによっては、ガス濃度センサ51の位置や数を増やし、最大ガス濃度を示す位置を特定後、測定を行う。今回は、事前に室内機前を含めたいくつかの位置にガス濃度センサ51を設置して測定を行ない、部屋中央部のガス濃度を代表とすることで問題ないことを確認した。

【0028】

室内機1の内部には、一般的なキャピラリ53が開閉バルブ54によってチャージホース55と接続されている。また、チャージホース55は、チャージホース56と開閉バルブ57によって接続されている。このとき、チャージホース55は、密閉空間50の内外を通じるように設置し、開閉バルブ54は密閉空間50の内部に、開閉バルブ57は密閉空間50の外部にあるものとする。さらに、チャージホース56の開閉バルブ57と接続されていないもう一方の端部は、冷媒ポンベ58の元栓59と接続されている。

【0029】

キャピラリ53は、冷媒を漏洩させる際に漏洩速度を調整させるためのもので、一般的な銅製の毛細管をそのまま用いたり、または一部加工して用いたりすることができる。また、チャージホース55、チャージホース56は、例えばタスコTA-136Aなど一般的なものを用いることができる。

【0030】

予備実験で狙った漏洩速度となるように調整した状態のまま開閉バルブ57を閉めておき、元栓59を開ける。この状態のまま冷媒ポンベ58を電子台秤60の上に載せ、常時冷媒ポンベ58の重量変化をパソコンで記録しながら、開閉バルブ57を開ける。

【0031】

10

20

30

40

50

このように、狙った漏洩速度で冷媒を密閉空間 50 の内部に漏洩させる。そして、漏洩速度は、冷媒ポンプ 58 の重量の時間変化を直線近似したその傾きを以って、平均漏洩速度 V [kg/h] として推算することができる。

【0032】

漏洩速度は、実験装置 200 を用いて予備実験を行い、キャピラリ 53 の仕様（内径と長さ）と、開閉バルブ 54 の開き具合で調整することができる。

また、冷媒漏洩量は、電子台秤 60 のメモリを見て、狙い重量になった時点で開閉バルブ 57 を閉じることで、調整することができる。

そして密閉空間 50 の中央部には、ガス濃度センサ 51 が所定高さに設定されており、検知結果をパソコンによって連続的に記録する。ガス濃度センサ 51 としては、例えば R 32 用ガスセンサ VT-1（新コスモス電機（株）製）を、用いることができる。

10

【0033】

なお、本実施の形態においては、前記 R 32 用ガス濃度センサが体積濃度表示のため、IEC 60335-2-40 に従った R 32 の体積表示 LFL である 14.4 vol% を指標とし、R 32 の最高濃度が 14.4 vol% 以上になった場合に、可燃域を生成した印として「×」を、14.4 vol% 未満だった場合に「○」とした。

また（式 I）を満たす範囲で可燃域を生成しない確認も行ったが、段落 [0009] で述べた通り、過剰である懸念があるため比較例として記載した。

【0034】

実施例を実機（空気調和装置等の冷凍サイクル装置）からの漏洩で行わなかった理由は、以下の通りである。

20

実機では、冷媒の大半が圧縮機に貯留されている。そのため、実機から冷媒を室内に漏洩させた場合、冷媒は、圧縮機から漏洩していくことになる。この場合、漏洩開始時に高圧により高速漏洩だった冷媒ガスは、冷凍サイクル装置内に残存する冷媒量の減少とともに冷媒回路の内圧が低下し、漏洩速度も大きく低下する。これにより、漏洩冷媒量によって漏洩速度が変化し、また全量放出できないため漏洩量がわからないなど、安全性を議論するための定量的なデータ取得が困難となるからである。

なお、本実施の形態を行う前に予備実験を行い、本実施の形態で示す手法と同量の冷媒をほぼ同速度で漏洩させた場合、室内濃度が実機から漏洩させた場合の方が低いことを確認した。

30

【0035】

[実施例 1]

表 1～9 は、壁掛形の室内機 1 を、その下端部が床上高さ 1.8 m になるように、内寸床面積を 12、36、64 m²、天井高さを 2.5 m とした密閉空間 50 の一つの壁面に据え付け、漏洩冷媒量を 0.5～70.0 kg、平均漏洩速度 V を 5、10、75 kg/h、ガス濃度センサの設置床面高さを 50、100、250、500、1000、1500、2000 mm とした場合の、R 32 を漏洩させた場合の可燃域発生状況について調べたものである。

【0036】

【表 1】

例	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5	比較例 6	実施例 1	実施例 2
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	5	5	5	5	5	5	5	5
M[kg]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6	4.0
A[m ²]	12	12	12	12	12	12	12	12
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.167	0.208	0.250	0.300	0.333
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	○	○
例	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	比較例 8			
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8			
V[kg/h]	5	5	5	5	5			
M[kg]	4.2	5.0	7.5	12.8	13.5			
A[m ²]	12	12	12	12	12			
M/A[kg/m ²]	0.350	0.416	0.625	1.067	1.125			
可燃域有無	○	○	○	○	×			

10

【0037】

【表 2】

例	比較例 9	比較例 10	比較例 11	比較例 12	比較例 13	比較例 14	実施例 7
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	10	10	10	10	10	10	10
M[kg]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6
A[m ²]	12	12	12	12	12	12	12
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.167	0.208	0.250	0.300
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	○
例	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11	比較例 15		
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8		
V[kg/h]	10	10	10	10	10		
M[kg]	4.0	4.5	5.6	9.1	9.5		
A[m ²]	12	12	12	12	12		
M/A[kg/m ²]	0.333	0.375	0.467	0.758	0.792		
可燃域有無	○	○	○	○	×		

20

30

【0038】

【表 3】

例	比較例 16	比較例 17	比較例 18	比較例 19	比較例 20	比較例 21	実施例 12
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	75	75	75	75	75	75	75
M[kg]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6
A[m ²]	12	12	12	12	12	12	12
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.167	0.208	0.250	0.300
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	○
例	実施例 13	実施例 14	比較例 22	比較例 23	比較例 24		
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8		
V[kg/h]	75	75	75	75	75		
M[kg]	4.0	4.2	5.0	7.5	10.0		
A[m ²]	12	12.0	12	12	12		
M/A [kg/m ²]	0.333	0.350	0.416	0.625	0.833		
可燃域有無	○	○	×	×	×		

10

【0039】

【表 4】

例	比較例 25	比較例 26	比較例 27	実施例 15	実施例 16	実施例 17	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	5	5	5	5	5	5	
M[kg]	1.5	3.0	4.5	6.2	7.5	9.0	
A[m ²]	36	36	36	36	36	36	
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.172	0.208	0.250	
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	
例	実施例 18	実施例 19	実施例 20	実施例 21	実施例 22	実施例 23	比較例 28
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	5	5	5	5	5	5	5
M[kg]	10.8	12.0	12.6	15.0	22.5	38.2	38.5
A[m ²]	36	36	36	36	36	36	36
M/A[kg/m ²]	0.300	0.333	0.350	0.416	0.625	1.061	1.069
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	×

20

30

【0040】

【表 5】

例	比較例 29	比較例 30	比較例 31	実施例 24	実施例 25	実施例 26	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	10	10	10	10	10	10	
M[kg]	1.5	3.0	4.5	6.2	7.5	9.0	
A[m ²]	36	36	36	36	36	36	
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.172	0.208	0.250	
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	
例	実施例 27	実施例 28	実施例 29	実施例 30	実施例 31	比較例 32	比較例 33
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	10	10	10	10	10	10	10
M[kg]	10.8	12.0	12.6	15.0	27.3	28.0	30.0
A[m ²]	36	36	36	36	36	36	36
M/A[kg/m ²]	0.300	0.333	0.350	0.416	0.758	0.778	0.833
可燃域有無	○	○	○	○	○	×	×

10

【0041】

【表 6】

例	比較例 34	比較例 35	比較例 36	実施例 32	実施例 33	実施例 34	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	75	75	75	75	75	75	
M[kg]	1.5	3.0	4.5	6.2	7.5	9.0	
A[m ²]	36	36	36	36	36	36	
M/A [kg/m ²]	0.042	0.083	0.125	0.172	0.208	0.250	
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	
例	実施例 35	実施例 36	実施例 37	比較例 37	比較例 38		
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8		
V[kg/h]	75	75	75	75	75		
M[kg]	10.8	12.0	12.6	15.0	22.5		
A[m ²]	36	36	36	36	36		
M/A[kg/m ²]	0.300	0.333	0.350	0.416	0.625		
可燃域有無	○	○	○	×	×		

20

30

【0042】

【表 7】

例	比較例 39	比較例 40	比較例 41	実施例 38	実施例 39	実施例 40	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	5	5	5	5	5	5	
M[kg]	4.0	5.6	6.0	8.2	10.5	13.0	
A[m ²]	64	64	64	64	64	64	
M/A [kg/m ²]	0.063	0.088	0.093	0.128	0.164	0.203	
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	
例	実施例 41	実施例 42	実施例 43	実施例 44	実施例 45	実施例 46	比較例 42
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	5	5	5	5	5	5	5
M[kg]	16.0	22.4	24.0	26.6	40.0	68.0	70.0
A[m ²]	64	64	64	64	64	64	64
M/A [kg/m ²]	0.250	0.350	0.375	0.416	0.625	1.063	1.094
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	×

10

【0043】

【表 8】

20

例	比較例 43	比較例 44	比較例 45	実施例 47	実施例 48	実施例 49	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	10	10	10	10	10	10	
M[kg]	4.0	5.6	6.0	8.2	10.5	13.0	
A[m ²]	64	64	64	64	64	64	
M/A [kg/m ²]	0.063	0.088	0.093	0.128	0.164	0.203	
可燃域有無	○	○	○	○	○	○	
例	実施例 50	実施例 51	実施例 52	実施例 53	実施例 54	比較例 46	
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
V[kg/h]	10	10	10	10	10	10	
M[kg]	16.0	22.4	24.0	26.6	48.5	49.5	
A[m ²]	64	64	64	64	64	64	
M/A [kg/m ²]	0.250	0.350	0.375	0.416	0.758	0.773	
可燃域有無	○	○	○	○	○	×	

30

【0044】

【表 9】

例	比較例 47	比較例 48	比較例 49	実施例 55	実施例 56	実施例 57
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
V[kg/h]	75	75	75	75	75	75
M[kg]	4.0	5.6	6.0	8.2	10.5	13.0
A[m ²]	64	64	64	64	64	64
M/A [kg/m ²]	0.063	0.088	0.093	0.128	0.164	0.203
可燃域有無	○	○	○	○	○	○
	実施例 58	実施例 59	比較例 50	比較例 51		
据付高さ[m]	1.8	1.8	1.8	1.8		
V[kg/h]	75	75	75	75		
M[kg]	16.0	22.4	24.0	26.6		
A[m ²]	64	64	64	64		
M/A[kg/m ²]	0.250	0.350	0.375	0.416		
可燃域有無	○	○	×	×		

10

【0045】

20

以上の実施例を整理すると、可燃域ができない許容冷媒量（M上限）ならびに、IEC 60335-2-40に従う m_{max} と据付床面積Aとの関係（M上限/Aならびに m_{max}/A ）は、表10のようになる。なお、 m_{max}/A は、（式I）に従い、次のようにする。

$$\begin{aligned}
 m_{max} &= 2.5 \times (LFL)^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \\
 &= 2.5 \times (0.306)^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \\
 &= 0.569 \times h_0 \times A^{0.5} \dots \text{（式III）}
 \end{aligned}$$

【0046】

今、 $h_0 = 1.8$ mなので、 $1.024 \times A^{0.5}$ となり、
 $A = 12$ m² のとき、 $m_{max} = 1.02 \times 12^{0.5} = 3.53$ [kg] となる。
 従って、 $m_{max}/A = 3.53$ [kg] / 12 [m²] = 0.294 [kg/m²] となる。

30

$A = 36$ m² のとき、 $1.02 \times 36^{0.5} = 6.12$ [kg] となる。

従って、 $m_{max}/A = 6.12 / 36 = 0.170$ [kg/m²] となる。

$A = 64$ m² のとき、 $1.02 \times 64^{0.5} = 8.16$ [kg] となる。

従って、 $m_{max}/A = 8.16 / 64 = 0.128$ [kg/m²] となる。

【0047】

【表10】

$h_0 = 1.8$ [m] に対するM上限または m_{max} （括弧内は m_{max}/A またはM上限/A）

40

	床面積A	12m ²	36m ²	64m ²
m_{max} (式IIIで $h_0 = 1.8$ m)	V無関係	3.53kg (0.294kg/m ²)	6.12kg (0.170kg/m ²)	8.16kg (0.128kg/m ²)
M上限 ($h_0 = 1.8$ m)	V=5kg/h	12.8kg (1.067kg/m ²)	38.2kg (1.061kg/m ²)	68.0kg (1.063kg/m ²)
	V=10kg/h	9.1kg (0.758kg/m ²)	27.3kg (0.758kg/m ²)	48.5kg (0.758kg/m ²)
	V=75kg/h	4.2kg (0.350kg/m ²)	12.6kg (0.350kg/m ²)	22.4kg (0.350kg/m ²)

【0048】

50

表 10 を見ると、以下のことが判る。

(1) m_{max} を超えて冷媒を漏洩させても、可燃域は生成しない。

(2) M 上限は、V が大きい程小さくする必要がある。すなわち、G が大きい程小さくする必要がある。

(3) M 上限 / A (A 一定の場合、「M / A の最大値」と同義) は、V 一定に対して、すなわち G 一定に対して一定となる。

【0049】

以上より、可燃域を生成しないように管理するには、M / A を指標にすればよく、 $h_0 = 1.8$ [m] においては、 $G = 5$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 1.061 [kg / m²]、 $G = 10$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 0.75 [kg / m²]、 $G = 75$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 0.350 [kg / m²] であればよいことになる。

なお、想定最大漏洩速度 G を大きくする程、より安全性が向上することは、容易に類推できる。

【0050】

[実施例 2]

天井形の室内機 1 を、その下端部が床上高さ 2.2 m になるように、内寸床面積を 12、36、64 m² とした密閉空間 50 の天井の中央部に据え付け、漏洩冷媒量を 0.5 ~ 53.4 kg、平均漏洩速度 V を 5、10、75 kg / h、ガス濃度センサを床上高さ 50、100、250、500、1000、1500、2000 mm に設置した場合の、R32 を漏洩させた場合の可燃域発生状況についても同様に調べた結果、表 11 のようになった。

【0051】

【表 11】

$h_0 = 2.2$ [m] に対する M 上限または m_{max} (括弧内は m_{max} / A または M 上限 / A)

	床面積 A	12m ²	36m ²	64m ²
m_{max} (式 I I I で $h_0 = 2.2$ m)	V 無関係	4.34kg (0.362kg/m ²)	7.51kg (0.209kg/m ²)	10.0kg (0.156kg/m ²)
M 上限 ($h_0 = 2.2$ m)	V = 5kg/h	15.6kg (1.30kg/m ²)	47.2kg (1.31kg/m ²)	83.5kg (1.31kg/m ²)
	V = 10kg/h	11.1kg (0.925kg/m ²)	33.5kg (0.931kg/m ²)	59.2kg (0.925kg/m ²)
	V = 75kg/h	5.10kg (0.425kg/m ²)	15.3kg (0.425kg/m ²)	27.1kg (0.423kg/m ²)

【0052】

以上より、実施例 1 と同様の現象が見られ、 $h_0 = 2.2$ [m] においては、 $G = 5$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 1.30 [kg / m²]、 $G = 10$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 0.925 [kg / m²]、 $G = 75$ [kg / h] のとき (M / A の最大値) = 0.423 [kg / m²] であればよいことになる。

【0053】

[実施例 3]

窓置形の室内機 1 を、その下端部が床上 1.0 m になるように、内寸床面積を 12、36、64 m² とした密閉空間 50 の壁面の一部に据え付け、漏洩冷媒量を 0.5 ~ 53.4 kg、平均漏洩速度 V を 5、10、75 kg / h、ガス濃度センサの設置床面高さを 50、100、250、500、1000、1500、2000 mm とした場合の、R32 を漏洩させた場合の可燃域発生状況についても同様に調べた結果、表 12 のようになった。

【0054】

【表 1 2】

$h_0 = 1.0$ [m] に対する M 上限または m_{max} (括弧内は m_{max}/A または M 上限/ A)

	床面積 A	12m ²	36m ²	64m ²
m_{max} (式 I I I で $h_0 = 1.0$ m)	V 無関係	1.97kg (0.164kg/m ²)	3.41kg (0.0947kg/m ²)	4.55kg (0.0710kg/m ²)
M 上限 ($h_0 = 1.0$ m)	V = 5kg/h	7.09kg (0.591kg/m ²)	21.3kg (0.592kg/m ²)	37.8kg (0.591kg/m ²)
	V = 10kg/h	5.05kg (0.421kg/m ²)	15.2kg (0.422kg/m ²)	27.1kg (0.423kg/m ²)
	V = 75kg/h	2.34kg (0.195kg/m ²)	6.90kg (0.192kg/m ²)	12.3kg (0.192kg/m ²)

10

【0055】

以上より、実施例 1、2 と同様の現象が見られ、 $h_0 = 1.0$ [m] においては、 $G = 5$ [kg/h] のとき (M/A の最大値) = 0.591 [kg/m²]、 $G = 10$ [kg/h] のとき (M/A の最大値) = 0.421 [kg/m²]、 $G = 75$ [kg/h] のとき (M/A の最大値) = 0.192 [kg/m²] であればよいことになる。

【0056】

[実施例 4]

図 4 に示すような床置形の室内機 1 を、内寸床面積が 12、36、64 m² の密閉空間 50 の床面に据え付けた (IEC 60335-2-40 に従う $h_0 = 0.6$ [m])。図 6 に示す室内機 1 内のキャピラリ 53 の下端位置を、図 4 の熱交換器 2 の右横空間内に、室内機 1 の冷媒配管 15 または冷媒配管継手 16 のいずれか低い方の床上高さ h_0 (B) = 0.6 、 0.45 、 0.15 [m] となるようにテープで固定した。漏洩冷媒量を $0.5 \sim 38.5$ kg、平均漏洩速度 V を 5 、 10 、 75 kg/h、ガス濃度センサを床上高さ 50 、 100 、 250 、 500 、 1000 、 1500 、 2000 mm に設置し、R32 を漏洩させた場合の可燃域発生状況についても同様に調べた結果、表 13、表 14、表 15 のようになった。

20

【0057】

【表 1 3】

$h_0 = 0.6$ [m] に対する m_{max} または h_0 (B) = 0.6 [m] に対する M 上限 (括弧内は m_{max}/A または M 上限/ A)

	床面積 A	12m ²	36m ²	64m ²
m_{max} (式 I I I で $h_0 = 0.6$ m)	V 無関係	1.18kg (0.0983kg/m ²)	2.05kg (0.0569kg/m ²)	2.73kg (0.0427kg/m ²)
M 上限 (h_0 (B) = 0.6 m)	V = 5kg/h	4.30kg (0.358kg/m ²)	12.8kg (0.356kg/m ²)	22.7kg (0.355kg/m ²)
	V = 10kg/h	3.05kg (0.254kg/m ²)	9.07kg (0.252kg/m ²)	16.3kg (0.255kg/m ²)
	V = 75kg/h	1.40kg (0.117kg/m ²)	4.14kg (0.115kg/m ²)	7.62kg (0.119kg/m ²)

30

40

【0058】

【表 1 4】

$h_0 = 0.6$ [m] に対する m_{max} または $h_0(B) = 0.45$ [m] に対する M 上限
(括弧内は m_{max}/A または M 上限 / A)

	床面積 A	64m ²	120m ²	144m ²
m_{max} (式 I I I で $h_0 = 0.6$ m)	V 無関係	2.73kg (0.0427kg/m ²)	3.74kg (0.0312kg/m ²)	4.10kg (0.0285kg/m ²)
M 上限 ($h_0(B) = 0.45$ m)	V = 5kg/h	17.0kg (0.266kg/m ²)	32.4kg (0.270kg/m ²)	38.5kg (0.267kg/m ²)
	V = 10kg/h	12.1kg (0.189kg/m ²)	22.8kg (0.190kg/m ²)	27.4kg (0.190g/m ²)
	V = 75kg/h	5.57kg (0.0870kg/m ²)	10.4kg (0.0867kg/m ²)	12.4kg (0.0861kg/m ²)

10

【0 0 5 9】

【表 1 5】

$h_0 = 0.6$ [m] に対する m_{max} または $h_0(B) = 0.15$ [m] に対する M 上限
(括弧内は m_{max}/A または M 上限 / A)

	床面積 A	64m ²	120m ²	144m ²
m_{max} (式 I I I で $h_0 = 0.6$ m)	V 無関係	2.73kg (0.0427kg/m ²)	3.74kg (0.0312kg/m ²)	4.10kg (0.0285kg/m ²)
M 上限 ($h_0(B) = 0.15$ m)	V = 5kg/h	4.43kg (0.0692kg/m ²)	8.52kg (0.0710kg/m ²)	9.97kg (0.0692kg/m ²)
	V = 10kg/h	3.50kg (0.0547kg/m ²)	6.55kg (0.0546kg/m ²)	7.86kg (0.0546kg/m ²)
	V = 75kg/h	1.92kg (0.0300kg/m ²)	3.74kg (0.0312kg/m ²)	4.18kg (0.0290kg/m ²)

20

【0 0 6 0】

以上より、実施例 4 において、実施例 1～3 と同様の結果 (m_{max} を超えても可燃域を生成しない、M 上限は G が大きい程小さくする必要がある、G と M/A は相関する) が得られた。

【0 0 6 1】

さらに表 10～13 の、IEC 60335-2-40 に従う h_0 と室内機の据付高さ (室内機 1 の下端部の床上高さ) が等しい実施例においては、必ず (m_{max}/A) よりも (M 上限 / A)、すなわち (M/A の最大値) の方が大きくなることがわかる。この場合、G が大きく、 h_0 が小さいほど (M/A の最大値) は小さくなる。

そこで、各平均漏洩速度 V (5 kg/h、10 kg/h、75 kg/h で一定) における (M/A の最大値) [kg/m²] と h_0 [m] との関係を調べた。

横軸に各 V における (M/A の最大値)、縦軸に h_0 をプロットすると、以下の関係式が得られた。

$$h_0(V=5[kg/h]) = 1.69 \times (M/A) \cdots (\text{式 IV})$$

$$h_0(V=10[kg/h]) = 2.38 \times (M/A) \cdots (\text{式 V})$$

$$h_0(V=75[kg/h]) = 5.21 \times (M/A) \cdots (\text{式 VI})$$

30

40

【0 0 6 2】

V の値と、“(式 IV)～(式 VI) の直線の傾き (= grad [m³/kg] = ($h_0 \cdot A$) / M” および “直線の傾きの逆数 (= 1 / grad [kg/m³] = M / ($h_0 \cdot A$))” との関係は、表 16 のようになる。

【表 1 6】

平均漏洩速度 V	直線の傾き (g r a d)	直線の傾きの逆数 (1 / g r a d)
5 [k g / h]	1. 6 9 [m ³ / k g]	0. 5 9 1 [k g / m ³]
1 0 [k g / h]	2. 3 8 [m ³ / k g]	0. 4 2 1 [k g / m ³]
7 5 [k g / h]	5. 2 1 [m ³ / k g]	0. 1 9 2 [k g / m ³]

横軸に V、縦軸に (1 / g r a d) をプロットすると、累乗近似に良く合い、次の式が得られる。

【0 0 6 3】

$$(1 / \text{g r a d}) = M / (h_0 \cdot A) = 1. 1 1 \times V^{-0. 4 1} \quad 10$$

M = 1. 1 1 × V^{-0. 4 1} × h₀ × A となり、V と G を置き換えることで、

M = 1. 1 1 × G^{-0. 4 1} × h₀ × A … (式 V I I) が得られる。

ここで、M は冷媒量 [k g]、G は想定最大漏洩速度 [k g / h]、h₀ は据付高さ [m]、A は据付床面積 [m²] である。

【0 0 6 4】

以上と M ≤ α × G^{-β} × h₀ × A … (式 I I I) とから、R 3 2 の場合、α = 1. 1 1、β = 0. 4 1 とすることで、(式 I I I) に従えば可燃域を生成しないことが示された。これより、本発明の有効性が示された。

【0 0 6 5】

実施例 4 の、冷媒漏洩位置の床上高さであるキャピラリ 5 3 の下端位置 (床上高さにほぼ等しい) を変えた結果 (表 1 3 ~ 表 1 5) から、より高い安全を確保するために、(式 V I I) における h₀ を、I E C 6 0 3 3 5 - 2 - 4 0 に従う値ではなく、吹出口 4 または吸込口 3 のいずれか低い方の床上高さ (h₀ (A)) や、冷媒配管 1 5 または冷媒配管継手 1 6 のいずれか低い方の床上高さ (h₀ (B)) を用いることもできる。 20

これにより、I E C 6 0 3 3 5 - 2 - 4 0 に従う h₀ と比較して、実際に生じる冷媒漏洩位置 (床上高さ) が低い場合に、安全性が一層向上する。

但し、表 1 5 の A = 6 4 [m²]、G = 7 5 [k g / h] のように、実質解がないような範囲もあり得る。これは、h₀ (B) = 0. 1 5 [m] のときに h₀ = 0. 6 [m] とすることが、G = 7 5 [k g / h] のような高速漏洩時にはもはや成り立たないことを示し、本発明の有効性には何ら問題がない。 30

段落 [0 0 2 3] に示した通り、想定最大漏洩速度 G としては 5 k g / h で十分安全性を確保できるが、G を 1 0 k g / h とすることで、ほぼ全ての冷媒漏洩事故における可燃域生成が抑制可能と考えられ、より一層安全性が高まる。特に床置形については、h₀ をできるだけ低くすることで、より一層安全性が高まる。すなわち、以下とすることでより一層安全性が高まる。

h₀ = 2. 2 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 1. 3 0 [k g / m²]

h₀ = 1. 8 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 0. 9 2 5 [k g / m²]

h₀ = 1. 0 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 0. 4 2 1 [k g / m²]

h₀ = 0. 6 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 0. 2 5 2 [k g / m²]

h₀ = 0. 4 5 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 0. 1 8 9 [k g / m²] 40

h₀ = 0. 1 5 [m] 以上のものについて、M / A ≤ 0. 0 5 4 6 [k g / m²]

【0 0 6 6】

さらに、上記測定値や近似には誤差が含まれるので、各数値については、多少の変動があり得ることは明白である。また、これほど多くのデータをとる必要はないが、近似に用いるデータが多い程誤差が小さくなることは容易に類推できる。

またさらに、表 1 6 において、別の近似を行うことも可能である。例えば、横軸に平均漏洩速度 V [k g / h]、縦軸に g r a d [m³ / k g] をプロットして、対数近似を行うと、以下の式が得られる。

$$\text{g r a d} = (h_0 \cdot A) / M = 1. 3 \times \text{L n} (V) + 0. 5 \dots \text{(式 V I I I)} \quad 50$$

ここで L n (V) は、V の自然対数を示す。

これより、 $M = \{1 / (1.3 \times \ln(V) + 0.5)\} \times h_0 \times A \cdots$ (式IX)
となり、VをGに置き換える。

【0067】

以上より、

$$M \leq \{1 / (1.3 \times \ln(G) + 0.5)\} \times h_0 \times A \cdots \text{(式X)}$$

でも可燃域の生成を抑制することができる。

その他にも、

$grad = 0.9 \times V^{0.41}$ や、 $1 / grad = -0.14 \times \ln(V) + 0.8$ など様々な近似が可能であるが、最も汎用性および精度が高いものは(式VII)であることは、明白である。

10

【0068】

実施の形態2.

実施の形態1で行った実験を、冷媒ガスをHFO-1234yfに変えて実施してみた。

【0069】

その結果、以下の式が得られた。

$$2.5 \times (LFL)^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \leq M \leq \alpha \times G^{-\beta} \times h_0 \times A$$

$$\alpha = 0.78, \beta = 0.34$$

下限は、

$$2.5 \times (0.294 \text{ [kg/m}^3\text{)})^{1.25} \times h_0 = 2.5 \times 0.217 \times h_0 = 0.54 \text{ [kg]} \text{ となり、HFO-1234yfについても、本発明の効果が得られることを確認した。}$$

20

【0070】

実施の形態3.

実施の形態1で行った実験を、強燃焼性を示すプロパン(R290: C₃H₈)に変えて実施してみた。

【0071】

その結果、以下の式が得られた。

$$2.5 \times (LFL)^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \leq M \leq \alpha \times G^{-\beta} \times h_0 \times A$$

$$\alpha = 0.22, \beta = 1.0$$

30

【0072】

ここで、プロパンのLFL = 0.038 kg/m³ (2.1 vol %) とすると、

下限は、

$$2.5 \times (0.038 \text{ [kg/m}^3\text{)})^{1.25} \times h_0 \times (A)^{0.5} \\ = 2.5 \times 0.0168 \times h_0 \times (A)^{0.5} \\ = 0.042 \times h_0 \times (A)^{0.5} \text{ となる。}$$

一方上限は、

$$0.22 \times G^{-1} \times h_0 \times A \text{ となる。}$$

【0073】

そして、G = 5 [kg/h] の場合、

$$M \leq 0.22 \times (5)^{-1} \times h_0 \times A = 0.044 \times h_0 \times A \text{ となり、}$$

$$h_0 = 0.6 \text{ [m]} \text{ に対しては、} M \leq 0.0264 A \text{ が成り立ち、}$$

$$h_0 = 2.2 \text{ [m]} \text{ に対しては、} M \leq 0.0968 A \text{ が成り立つ。}$$

40

【0074】

このように、燃焼性が強いガス(たとえば、プロパン)ほど、冷媒量Mの上限値を小さくする必要があることがわかった。また、燃焼性が弱いガスほど、冷媒量Mの上限値を大きくすることが可能となることがわかった。

【0075】

ここで実施の形態1、2、3で得られた結果を整理すると、以下の表が得られる。

【表 17】

冷媒種	25℃における ガス密度 (kg/m ³)	25℃における LFL (kg/m ³)	α	β
R32	2.13	0.306	1.11	0.41
HF0-1234yf	4.66	0.289	0.78	0.34
C ₃ H ₈	1.80	0.038	0.22	1.00

ここで、 α は冷媒の主に LFL と関連する正の定数、 β は冷媒の主に密度と関連する正の定数としたが、表 17 より、LFL が大きい程 α が大きく、ガス密度が大きい程 β が小さくなっていることがわかる。

10

【0076】

これらの近似式は、概ね以下で表すことができる。

$$\alpha = 0.2 \exp [6 \times \text{LFL}]$$

$$\beta = -0.5 \ln [\text{ガス密度}] + 1$$

以上より、 α は燃焼下限濃度 [kg/m³] に、 β は 25℃前後のガス密度と関連する。

但し、これら量については、液化温度や飽和蒸気圧の影響等を受けるため、厳密に従わない場合もある。

【0077】

α と β の式を以下のように表すことができる。

$$\alpha = X \exp [Y \times \text{LFL}]$$

$$\beta = -Z \ln [W \times \text{密度}] + 1$$

ここで、X、Y、Z、W は、冷媒種によって定まる正の定数である。

【0078】

なお、実施の形態 1、2、3 では、R32、HF0-1234yf、R290 を代表例として説明したが、他の HFC 系冷媒や、これらの混合冷媒でも同様に成立することはいうまでもない。

また、上記実施の形態で示したように設置した空気調和装置が、実効性のある冷媒量を充填しつつ、安全性を損なわないことは、言うまでもない。

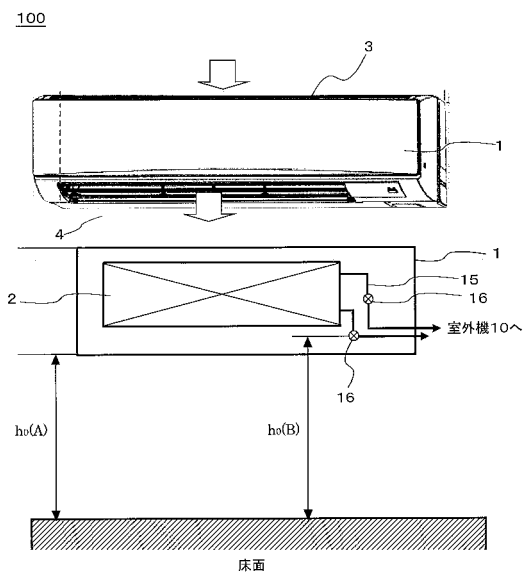
【符号の説明】

30

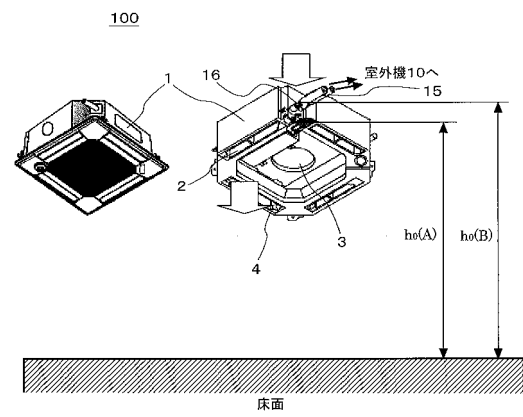
【0079】

1 室内機、2 熱交換器、3 吸込口、4 吹出口、10 室外機、11 圧縮機、12 熱交換器、13 膨張弁、15 冷媒配管、16 冷媒配管継手、18 制御装置、50 密閉空間、51 ガス濃度センサ、53 キャピラリ、54 開閉バルブ、55 チャージホース、56 チャージホース、57 開閉バルブ、58 冷媒ポンペ、59 元栓、60 電子台秤、100 空気調和装置、200 実験装置。

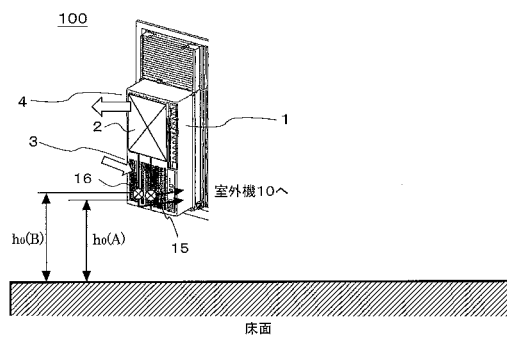
【図 1】



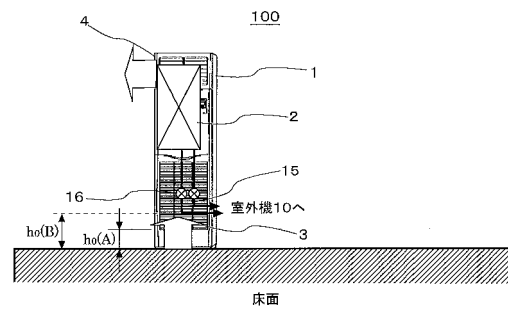
【図 2】



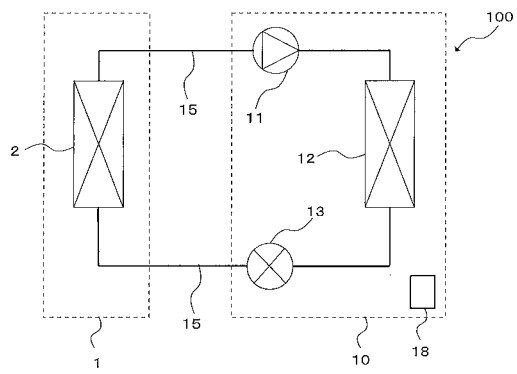
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

