

A5. 国際規格 ISO5149 改訂提案

- I. A2L 冷媒に関する許容冷媒充填率の改訂提案**
- II. A2L 冷媒に関する安全対策組合せの改訂提案**
- III. A2L 冷媒に関する上吹き床置き機のファン攪拌効果を考慮した
許容充填量改訂提案**
- IV. A2L 冷媒に関する作業時注意事項の改訂提案**
- V. A2L 冷媒に関する室外機の半地下、機械室への設置基準提案**

A5.1 A2L 冷媒に関する許容冷媒充填率の改訂提案

2016/1/19

ビル用マルチ SWG

1. 背景

Annex A.5において、A2L 冷媒の安全対策が不要な許容冷媒充填率(=冷媒充填量÷居室容積)は、RCL [kg/m³]とされている。ISO817において、RCL 値は、燃焼下限値 LFL[kg/m³]×安全係数0.2、として定義され、冷媒特有の値であり、室内機の形態には無関係な値となっている。

室内機からの冷媒漏れ高さにより、冷媒漏れ時の室内濃度分布は大きく異なり、床置き機では、床面近くに冷媒が滞留するのに対して、天井設置機や壁掛け機では、室内の濃度分布がほぼ均一に近くなることが知られている。従って、許容冷媒充填率も、一律に決められるのではなく、室内機の漏れ高さの影響を考慮して決める必要がある。

本提案は、許容冷媒充填率を、安全で、かつ、過重とならない値とするために、安全係数に影響する因子を詳細に検討し、新たな安全係数を提案するものである。

2. 提案内容

(1)対象となる冷媒の範囲

以下の提案は、R32、R1234yf に関して行った検討に基づくものである。冷媒ガス漏れ時の濃度分布は、冷媒の分子量により影響されるので、本提案は、R32、R1234yf の分子量の範囲内(52～114)にある A2L 冷媒に適用可能なものである。

(2) Location II の床置き以外の室内機に関し、安全対策を必要としない冷媒充填率を下記とする。

1) 充填率の定義

従来 : $C=M/V_r$

改訂 : $C=M/V_h$

C : 冷媒充填率 [kg/m³]

C_a : 対策を必要としない冷媒充填率 [kg/m³]

M : 冷媒充填量 ≤ 195*LFL [kg]

V_r : 居室容積 = h₀*A [m³]

(吊り天井では天井裏容積含む)

V_h : 設置高さで床面との間の容積 = h*A [m³]

h₀ : 天井高さ [m]

h : 漏れ高さ [m]

A : 床面積 [m²]

RCL : 冷媒限界濃度 [kg/m³]

QLUV : 対策を必要としない冷媒充填率 [kg/m³]

LFL : 燃焼下限値 [kg/m³]

2) 対策を必要としない冷媒充填率の定義

従来 : C_a=RCL=LFL*0.2

改訂 : C_a=QLUV=LFL*0.5

注意事項 : 室内に多くの内装品・荷物が置かれているケース(古書店、倉庫等の狭小な室⇒頁4)においては、上記 V_h に内装品や荷物が占める容積比率が 35%を超えないことを確認のこと。もし、超える場合には、上記安全係数を 0.2 として充填率を計算すること。
(←図面との差 0.95 * 縮小率(1-0.35)*濃度分布 0.83=0.51)

※従来の容積は、居室容積とされている。微燃性においては、設置高さで床面積の積で表される容積とし、天井裏は含めていない。酸欠や毒性についても、同様にしたい。これらの容積に関する改訂が ISO にて承認される見通しを得た時点で、GL-13 を改訂する(2016/1/13 PAC 基準検討 WG)。

(3) Location II 空間に設置される床置き(上吹)の室内機に関し、許容冷媒充填率を下記とする。

1) 充填率の定義

従来 : $C=M/V_r$

改訂 : $C=M/V_h=M/(A*0.2)$

2) 対策を必要としない冷媒充填率の定義

従来 : $C_a=RCL=LFL*0.2$

改訂 : $C_a=LFL*0.5$

(3) 設置高さの定義

天井設置型: 天井高さ、天吊り: 2.5m、壁掛け: 1.8m、

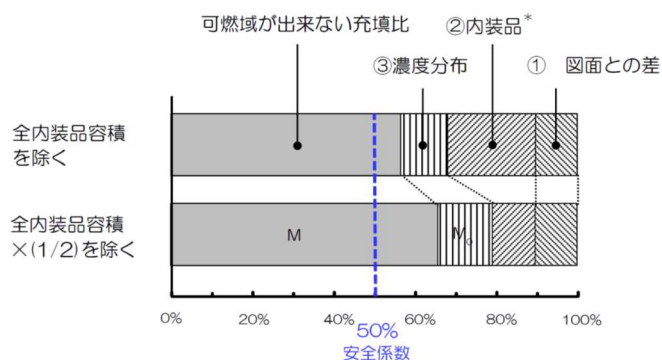
床置き(ローホーイ): 0.2m、床置き(トルホーイ): 0.4m、天井隠蔽ダクト: ダクト設置高さ(下辺)

3. 論理的根拠

(1) Location II の床置き以外の室内機の場合

安全係数に及ぼす下記 3 要因の影響について検討した。結果を図1に示す。その詳細は、表1に示した。

- ① 図面にて居室容積を求め
る場合の誤差
- ② 内装品による容積減少
- ③ 冷媒漏れ時の濃度分布



*1) 市場分布の3σ値。
(消防科学研究所報、
「標準的な居室内の
火災性状に関する研究」、
Vol.39、2002)

図1 安全係数に及ぼす影響因子の検討結果
(天井カセットの場合)

表1. 安全係数に及ぼす影響因子の詳細

安全係数に影響する因子		全内装品容積 ×1/2を除く	全内装品容積 を除く	考え方
図面との 差	①壁・床・天井厚み	0.948	0.948	小部屋(3.3m*3.3m*2.2m)で、壁厚さ5cmとすると、(3.3-0.05)*(3.3-0.05)*(2.2-0.05)/(3.3*3.3*2.2)=22.71/23.96=0.948
	②縦・横・高さの建築上誤差	0.970	0.970	1mにつき1cmの誤差
	③柱による容積縮小比	0.998	0.998	柱の容積比0.25%
	④複雑な部屋形状に起因する誤差	0.984	0.984	部屋の下がり天井 0.3*0.4*3.2=0.384m ³ 、全体の小部屋容積に比べると、(23.96-0.384)/23.96=0.984
	①*②*③*④	0.903	0.903	
内装品の 容積	⑤内装品による容積縮小比	0.882	0.763	内装品容積の市場分布* ¹⁾ の3σ値。 *) 消防科学研究所報、「標準的な居室内の火災性状に関する研究」、Vol.39、2002
漏れ時の 濃度分布	⑥気体で漏洩時の濃度分布	0.83	0.83	日立様漏洩解析結果(1方向設置、天井高さ2.2m)より、漏洩速度は10[kg/h]。
安全係数	①*②*③*④*⑤*⑥	0.66	0.57	

可燃濃度域の形成されない冷媒充填率=①*②*③*④*⑤*⑥*LFL*床面積*設置高さ

(2) Location II の床置き型の室内機の場合

上吹き型の床置き機から R32 冷媒が漏れた場合の床面上の濃度分布を図2に示した。床面が LFL に達した時点では、漏れ高さが 200mm であった。この結果より、可燃域が発生せず、対策を必要としない許容冷媒充填率を、2 (2) 2) のように決定した。

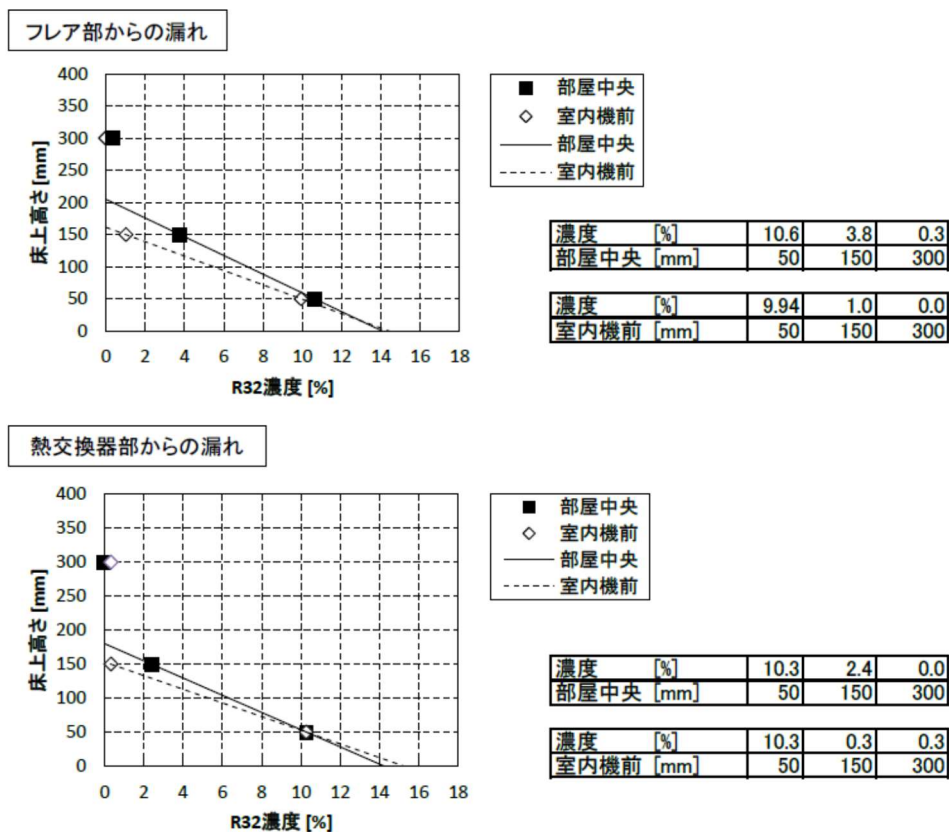


図2. 床置き（上吹き、ローボーイ型）から R32 が漏れた場合の濃度分布

4. 参考 : 室内に多くの内装品・荷物が置かれているケース

古書店の例



倉庫の例



以 上

A5.2 A2L 冷媒に関する安全対策組合せの改訂提案

2017/3/8
20160218PAC 基準検討 WG 合意に基づき
改訂案 QLAV₂を LFLに変更

2016/1/19
ビル用マルチ SWG

1. 背景

Annex A.5における、A2L 冷媒の安全対策が不要な許容冷媒充填率の改訂を提案した。この改訂に伴い、安全対策の組合せについての改訂を提案する。

2. 提案内容

(1) 対象となる冷媒の範囲

以下の提案は、R32、R1234yf を用いたマルチ室内機を有する空調機について行ったリスクアセスメント結果に基づくものである。リスクアセスメントによって得られる着火事故確率は、冷媒が電磁接触器の電気スパークによって着火するか否かに大きく影響される。この着火可否は、冷媒の燃焼速度により決定されるので、本提案は、燃焼速度が R32 以下 (8[cm/s]以下) の A2L 冷媒に適用されるものである。

(2) 安全対策の組合せ

従来の安全対策組合せを表1に、改定案を表2に示した。

表 1. 安全対策組合せ (従来)

	C [kg/m ³]			
	RCL QLMV ₁ QLAV ₁			
	換気無し	最小換気	対策	追加対策
地下最下層以外	無し		1	2
地下最下層	無し	1	2	見直し

限界 [kg/m ³]	RCL	QLMV ₁	QLAV ₁
数値定義	=LFL/5	RCL+ 最少差半分	=LFL/2

C	: 冷媒充填率	[kg/m ³]
	= M/(A*h)	
M	: 冷媒充填量	[kg]
	※Mの最大値は、195[m ³]*LFL[kg/m ³]とする	
A	: 床面積	[m ²]
	(壁中心にて計算)	
h	: 室内機設置高さ	[m]
	(漏洩口下端まで、それが不明の場合はエントの下端まで)	
LFL	: 燃焼下限界	[kg/m ³]
RCL	: 冷媒充填率限界	[kg/m ³]
QLMV	: 最小換気時の冷媒充填率限界	[kg/m ³]
QLAV	: 追加対策時の冷媒充填率限界	[kg/m ³]
QLUV	: 換気無し時の冷媒充填率限界	[kg/m ³]
添字	1: 従来 2: 今回	

表 2. 安全対策組合せ (改訂)

	C [kg/m ³]			
	QLUV QLMV ₂ QLAV ₂			
	換気無し	最小換気	対策	
地下最下層以外	無し		1	2
地下最下層	無し	1	2	見直し

限界 [kg/m ³]	QLUV	QLMV ₂	QLAV ₂
数値定義	=LFL/2	=QLUV+ 最少差半分	=LFL

床置き型において、漏洩検知し室内ファンで攪拌する場合には、0.75*LFL*A*2.2[kg]まで対策を不要とする(風量・風速の条件に付いては別途提案)。それを超える場合には、更に安全対策を1個追加すること。

(3) 対策内容

従来の安全対策を表3に、改訂案を表4に示した。

表 3. 安全対策(従来)

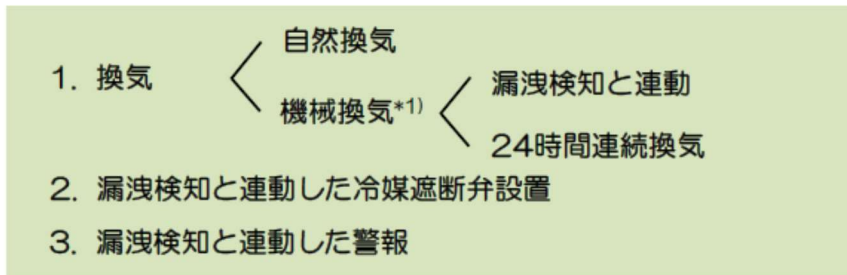


表4. 安全対策(改訂)

1. 漏洩検知と連動した機械換気*2
もしくは、連続換気*2 (共に空調システムとインターロック付)
 2. 漏洩検知と連動した冷媒遮断設置
(本体付属で出荷するケース以外は、空調システムとインターロック付)
 3. 漏洩検知と連動した警報
(本体付属で出荷するケース以外は、空調システムとインターロック付)
- ※漏洩検知器は、空調システムとインターロック付
※1、2は、3に優先して採用する
※連続換気の場合は、換気が停止できないようにすること

※漏洩検知器の位置は、
・床置きは、床上 0.1m 以下。
・天井設置・壁掛機は、
床上 0.3m 以下。

機械換気量については、下記1)、2)案で検討中。換気量は、各室に対しそれぞれ満足されていること。

*1)換気量=10/RCL [m³/h]

*2)換気量=10/QLUV [m³/h]

換気の排気口位置は、下記とする

※排気口の位置は、
・床置きの場合は、排気口下辺が床面から 0.2[m]以下。
・天井設置・天吊り・壁掛け、及び、床置きで攪拌する場合は、
排気口は天井面にあっても良い。

3. 論理的根拠

(1) 対策の組合せ

R32、R1234yf を用いたビル用マルチのリスクアセスメントを行った結果、着火事故リスクに関しては、表4に示す安全対策のうち、1 個を実施することで、十分に安全が確保できる結果となった。酸欠または急性毒性の限界値は、可燃性の限界値である 1/2 よりも大きい。これらの値を超える場合には、更にもう1個の安全対策を必要とした。

(2) 対策の内容

メーカー出荷時に、本体に設置できる安全対策を優先とし、それが出来ずに施工時に設置する安全対策については、それが設置されない場合には空調システムが運転出来ないインターロックを設けることとし、確実に安全対策が実施されるようにした。

以上

A5.3 上吹き床置き機のファン攪拌効果を考慮した許容充填量改訂提案

■ 背景 (Background)

・床置き機 (Floor Location) について、冷媒漏洩時のファン運転による攪拌効果を考慮した許容冷媒充填量基準に改訂する。

■ 提案内容 (Proposals)

○対象となる冷媒の範囲

以下の提案は、R32、R1234yf に関して行った検討に基づくものである。冷媒ガス漏れ時の濃度分布は、冷媒の分子量により影響されるので、本提案は、R32、R1234yf の分子量の範囲内 (52~114) にある A2L 冷媒に適用可能なものである。

○提案

上吹き床置き機において冷媒漏洩を検知した時にファンを作動させる場合、下記算出式から求まる許容充填量にしてもよい。

$$m_{\max} = 0.75 \times \text{LFL} \times \text{天井高さ} \times \text{床面積}$$

$$\text{ただし、} v \geq 0.0048 \times M + 0.748, Q \geq 3.7, \text{ and } v \geq -0.35 \times Q + 0.014 \times M + 2.01$$

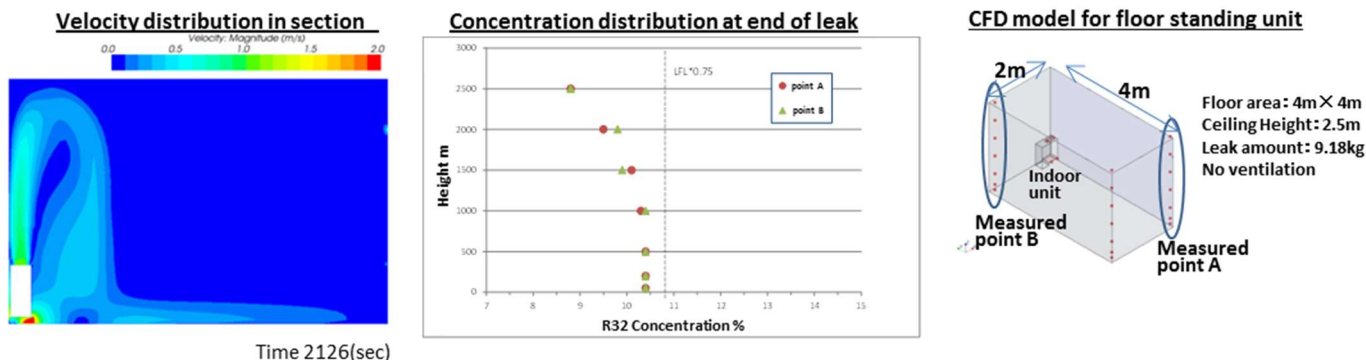
風速 v は風量 Q と吹出口面積 (グリルは除かない) より計算すること

- ここに、 m_{\max} : 許容冷媒充填量 kg
 LFL : 燃焼下限濃度 kg/m^3
 天井高さ : m (2.2m を超える場合は 2.2m)
 床面積 : m^2
 v : 吹き出し流速 m/sec
 Q : 吹き出し風量 m^3/min
 M : 分子量 ($52 \leq M \leq 114$)

■ 論理的根拠 (Rationale)

○R32

CFD 解析より、吹き上がり高さ(Dynamic reaching height)が 1.8m(床面からの高さ(Estimate reaching height)が 2.4m)あれば m_{\max} 全量が漏洩しても床面付近を含めて冷媒濃度は $\text{LFL} \times 0.75$ に達しておらず十分に希釈される。そこで、吹き上がり高さが 1.8m となるための条件式を CFD 解析結果を用いて導いた。



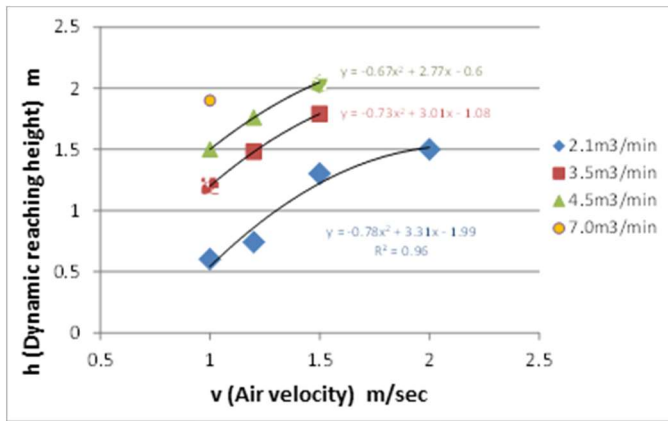
Dilution effects with fan's operation (A-3 condition)

得られた CFD 解析結果から、吹き上がり高さ h を v の 2 次式で近似すると、

$$h = -1.99 + 3.31v - 0.78v^2 \quad (Q = 2.1 \text{ m}^3/\text{min})$$

$$h = -1.08 + 3.01v - 0.73v^2 \quad (Q = 3.5 \text{ m}^3/\text{min})$$

$$h = -0.6 + 2.77v - 0.67v^2 \quad (Q = 4.5 \text{ m}^3/\text{min})$$

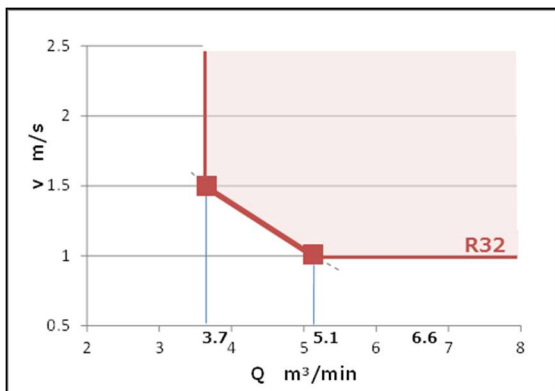


これらより h を v と Q の関数として求めると、

$$h = (0.58Q - 3.19) + (-0.22Q + 3.79)v + (0.045Q - 0.88)v^2$$

ここで、 $h=1.8$ として内挿の範囲で簡略化すると、

$$v \geq 1, Q \geq 3.7, \text{ and } v \geq -0.35Q + 2.74$$



CFD 解析結果一覧

No.	A-1	A-4	A-3	◆(A-7)	A-6	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16	
air velocity v	m/s	2	1	1	←	1.5	1	1	2	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5
average density ρ_{mix}	kg/m ³	1.21	1.233	1.221	←	1.292	1.215	1.240	1.240	1.231	1.279	1.240	1.226	1.221	1.226
R32 Concentration	vol%	1.1	2.9	1.7	←	3.6	1.1	3.6	3.6	2.7	7.6	3.6	2.2	1.7	2.2
air flow volume	m ³ /min	7	7	7	4.5	2.1	7	2.1	2.1	2.8	1	2.1	3.5	4.5	3.5
leak rate	Kg/h	10	26.32	15.54	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
dynamic reaching height	m	1.9	1.1	1.8	1.5	1.3	>1.9	0.6	1.5	1.5	0.43	0.74	1.5	1.8	1.8

○R1234yf

ベルヌーイの式より下記式が得られる。

$$\frac{1}{2} \rho_{\text{mix}} v^2 \propto (\rho_{\text{mix}} - \rho_{\text{air}}) gh$$

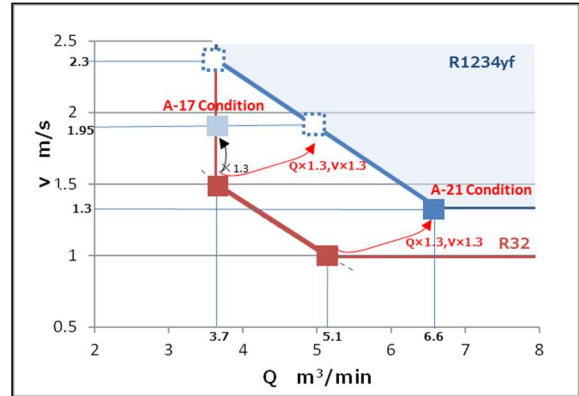
$$\Leftrightarrow h \propto \frac{1}{2g} \frac{\rho_{\text{mix}}}{\rho_{\text{mix}} - \rho_{\text{air}}} v^2$$

ここで、 $\frac{\rho_{\text{mix}}}{\rho_{\text{mix}} - \rho_{\text{air}}}$ 項は R32 比 0.6 であるので、

R32 と同等以上の h とするためには、風速 v を 1.3 倍にすればよい。これを CFD 解析にて確認した。(: A-17 条件の結果から 1.8m 超が明らかのため、計算は省略)

R1234yf で吹き上がり高さ 1.8m 以上となる条件は、

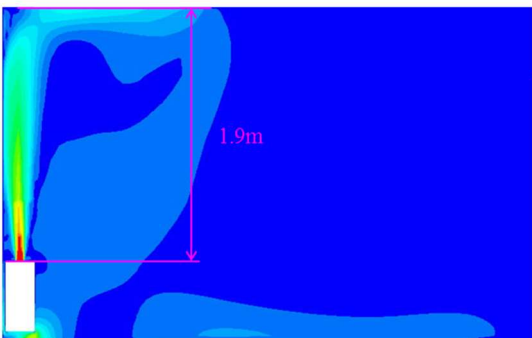
$$v \geq 1.3, Q \geq 3.7, \text{ and } v \geq -0.35Q + 3.61$$



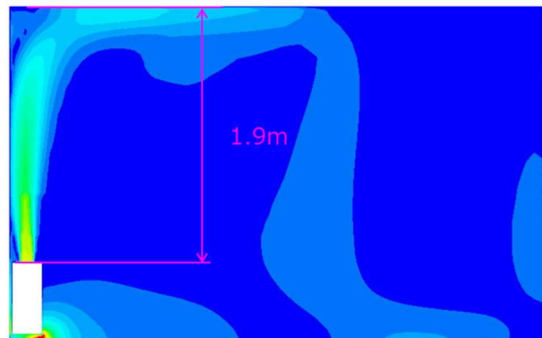
CFD 解析結果

		A-17	A-18	A-19	A-20	A-21
Refrigerant	-	R1234yf	R1234yf	R1234yf	R1234yf	R1234yf
Leak rate	kg/h	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Air velocity	m/s	1.95	1.3	1.5	1.7	1.3
Air flow volume	m³/min	3.7	5.1	4.67	4.24	6.63
Dynamic reaching height	m	1.9超	1.6	1.7	1.9超	1.9超

A-17 条件



A-21 条件



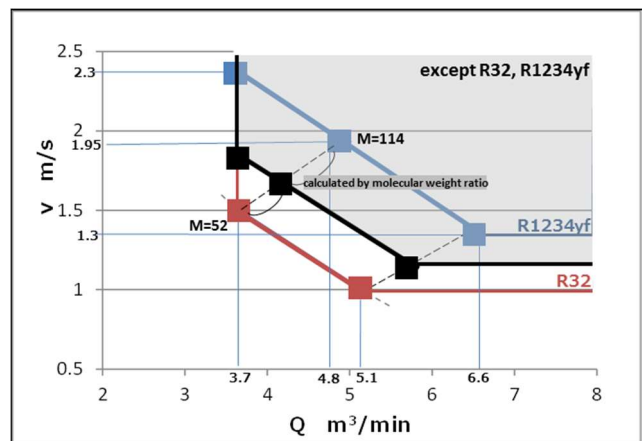
○R32、R1234yf 以外

R32 と R1234yf の条件式から分子量比を用いて、分子量の関数による条件式を導いた。

R32、R1234yf 以外で吹き上がり高さ 1.8m 以上となる条件は、分子量を M として、

$$v \geq 0.0048 \times M + 0.748, Q \geq 3.7,$$

$$\text{and } v \geq -0.35 \times Q + 0.014 \times M + 2.01$$



A5.4 室外機の半地下、機械室への設置基準提案

■背景 (Background)

・半地下および機械室に室外機を設置する場合の、冷媒漏洩時の着火リスクを最小化する設置基準を提案する。

(半地下)

■提案内容 (Proposals)

半地下高さに応じた冷媒量規制を設ける。また、本冷媒量規制を満足しない場合の安全対策を換気（室外ファンON、吸込みダクト設置）として、その換気量を規定する。

○提案

半地下高さ1.2m超のとき、式①を満足した場合に限り室外機を設置できる。式①を満足しない場合は、式②または式②'に示す必要換気風量に準じた安全対策を講じることで室外機を設置できる。

$$M/A \leq 0.5 \times LFL \times hr \quad (\text{式①})$$

M : 冷媒量[kg]

A : 床面積[m²]

hr : 漏洩相当高さ[m]

熱交高さ 1.2m 以上 : 漏洩相当高さ hr[m] = 熱交高さ[m]

熱交高さ 1.2m 未満 : 漏洩相当高さ hr[m] = 熱交高さ[m] × 1.5 - 0.6

熱交高さ 0.6m 未満の製品は対象外とする。

(室外ファンON)

$$v \geq 0.0113 \times m + 2.012 \quad (\text{式②})$$

v : 室外機吹き出し口の風速[m/s]

m : 分子量 (R32:52、1234yf:114)

※適用範囲 : 半地下高さ3.3m以下

(吸込みダクト)

$$n \geq 75 / (0.3 \times LFL \times V) \quad (\text{式②'})$$

n : 換気回数[回/h]

V : 空間容積[m³]

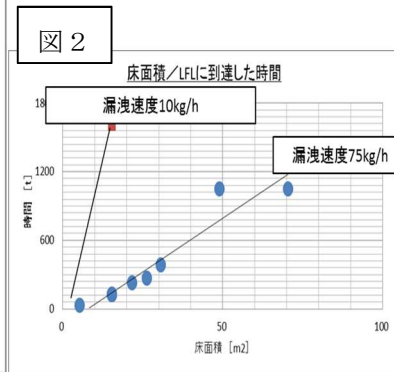
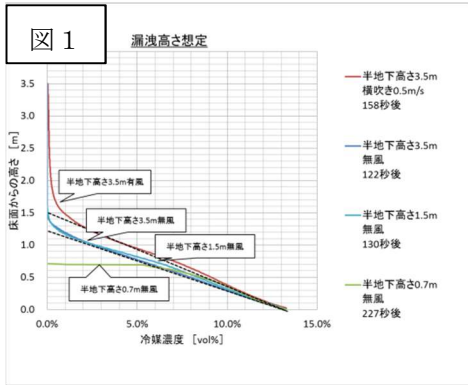
■論理的根拠 (Rationale)

○式①

室外機からの漏洩パターンにおいて、最も攪拌効果が小さくなる熱交全面からの漏洩を最悪ケースとし、そのときの漏洩相当高さを解析より求めた。結果、図1のとおり半地下高さに関係なく、漏洩相当高さ1.2mとなり、床面濃度がLFLに達する時間は単純に床面積と比例関係にあることを確認した(表1、図2)。従って、日冷工における許容冷媒量

の式が適用可能として、式①を定める。

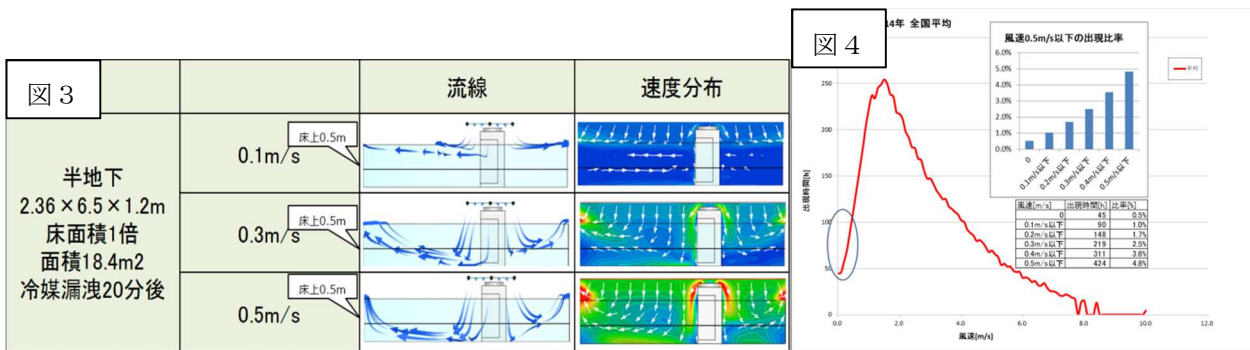
$$M/A = 1/2 \times LFL \times hr \quad (hr: \text{漏洩相当高さ}) \quad (\text{式①})$$



漏洩速度 [kg/h]	空間容積 [m3]	床面積 [m2]	床面がLFLに達する時間[s]
75	18.34 2.36m × 2.22m × 3.5m	5.25	32
	53.69 2.36m × 6.5m × 3.5m	15.34	122
	12.27 2.36m × 6.5m × 0.8m	15.34	125
	15.1 2.36m × 9.2m × 0.7m	21.7	227
	91.89 3.06m × 8.58m × 3.5m	26.2	270
	171.38 4.04m × 12.12m × 3.5m	48.95	1050
	246.52 5.06m × 13.92m × 3.5m	70.4	1050
10	53.69 2.36m × 6.5m × 3.5m	15.34	1604

○半地下高さ 1.2m 以下で設置制約が必要ない理由

有風時には、半地下設置建物に対して鉛直方向の自然風流れが発生する。半地下高さ 1.2m 空間において、自然風が床面に届くための必要風速は、解析結果より 0.3m/s であった(図 3)。つまり、風速 0.3m/s 以上の有風時には可燃域は発生しないこととなる。また、2014 年気象庁の主要都市データより、風速 0.3m/s 以下(無風)である率は 2.5%であった(図 4)。



ここで、年間無風率 2.5%であり尤度をみて無風率 5%に設定し、着火確率を算出する。

屋外風速環境は有風・無風を繰り返し、無風になった時点より漏洩速度に応じて一定時間 A[分]経過後に可燃域が発生する。床上 0.15m までは着火源が無い場合、漏洩相当高さを 1.35m として床面高さ 0.15m 面が LFL に達するまでの冷媒漏洩量を求めると 0.207[kg/m2]であった。

$$M/A = 1/2 \times LFL \times (1.2 + 0.15) = 0.207 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

可燃域が発生するまでの時間から、A 分間無風を継続する確率 $0.05^{(A/60)}$ を求めると表 2 となる。

これに、漏洩確率・ボイラ併設率・ボイラ運転率・ビルマル停止率を乗じた着火確率は表 3 となり、許容値 $4E-09$ を満足する。

漏洩速度 [kg/h]	時間 A [分] (無風になってから可燃域が発生するまでの時間)	A分間無風を継続する確率
75	3.6	80.1%
10	27	19.0%

表 3

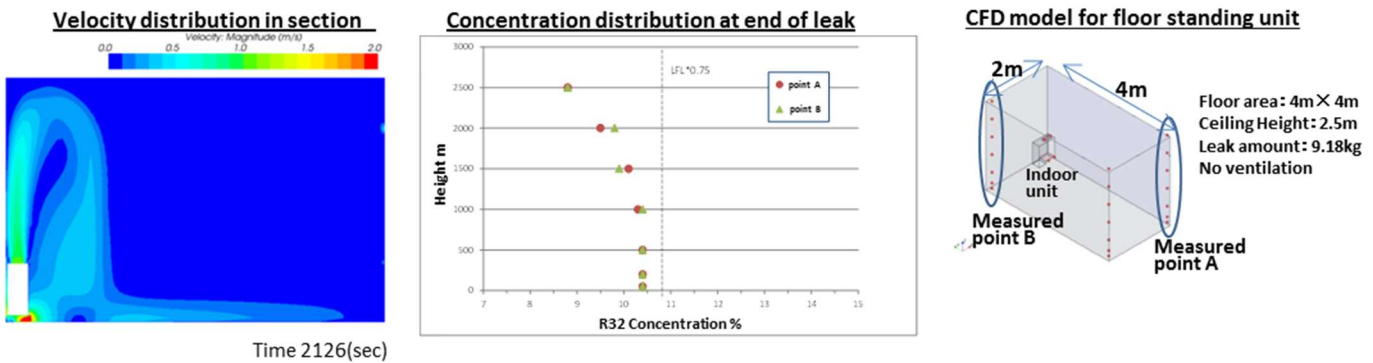
	噴出		急速	
	75kg/h		10kg/h	
漏洩確率	ppm	137	1338	
漏洩時に無風である確率	%	5		
A分間無風を継続する確率	%	83.5	26.0	
ボイ併設率	%	0.1		
ボイ運転率	%	21.9		
停止率	%	70		
着火確率		8.77E-10	2.67E-09	

○式②

まずは漏洩速度 10kg/h として必要な吹き上がり高さを算出する。

(以下、ビル用マルチ SWG の仕様解析結果抜粋)

CFD 解析より、吹き上がり高さ(Dynamic reaching height)が 1.8m(床面からの高さ(Estimate reaching height)が 2.4m)あれば m_{max} 全量が漏洩しても床面付近を含めて冷媒濃度は LFL×0.75 に達しておらず十分に希釈される。そこで、吹き上がり高さが 1.8m となるための条件式を CFD 解析結果を用いて導いた。



Dilution effects with fan's operation (A-3 condition)

Navier-Stokes 方程式を流線に沿って積分すると、

$$\frac{dp}{\rho} + dU + d\left(\frac{u^2}{2}\right) - \nu \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

これを積分し積分定数を C、流速を v、乱流を仮定して動粘度を渦拡散係数 K に置き換えると、

$$P + (\rho - \rho_0)gz + \frac{1}{2}\rho v^2 - K\rho v = C$$

吹き出し時の運動エネルギーが全て位置エネルギーに変わるとすると、吹き上がり高さ h は、

$$h = \frac{1}{2g} \frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}} v^2 + \frac{K}{g} \frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}} v$$

CFD 解析結果から、h を v の 2 次式で近似すると、

$$h = -1.99 + 3.31v - 0.78v^2 \quad (Q = 2.1 \text{ m}^3/\text{min})$$

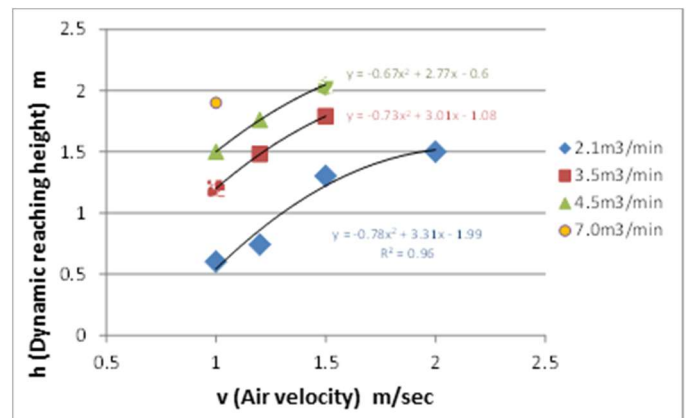
$$h = -1.08 + 3.01v - 0.73v^2 \quad (Q = 3.5 \text{ m}^3/\text{min})$$

$$h = -0.6 + 2.77v - 0.67v^2 \quad (Q = 4.5 \text{ m}^3/\text{min})$$

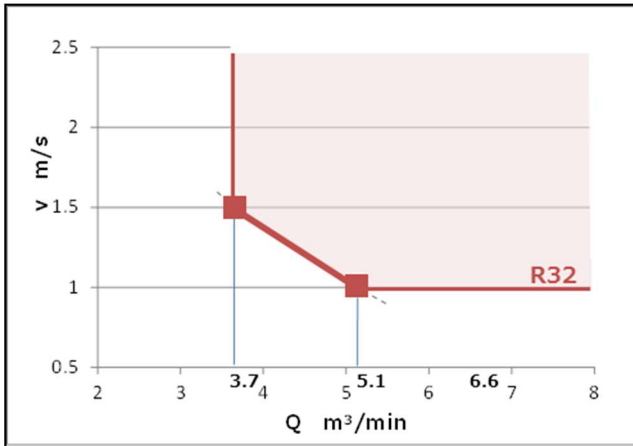
これらより h を v と Q の関数として求めると、

$$h = (0.58Q - 3.19) + (-0.22Q + 3.79)v + (0.045Q - 0.88)v^2$$

ここで、h=1.8 として内挿の範囲で簡略化すると、



$v \geq 1$, $Q \geq 3.7$, and $v \geq -0.35Q + 2.74$



(ここまで)

(以下、低温機器ジョーケース SWG 解析結果など抜粋)

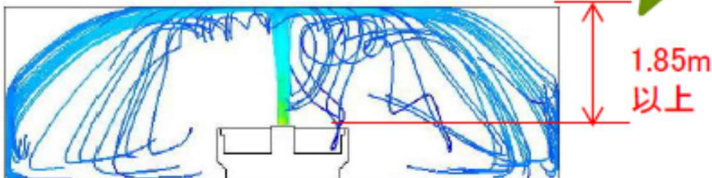
ここで、下式 □ 内の密度差が大きく吹き上がり高さに及ぼす影響が大きいためとして、漏洩速度 75kg/h 時の密度比より、 $Q \cdot v$ とともに 2.6 倍として CFD 解析にて吹き上がり高さを確認した。

$$h = \frac{1}{2g} \frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}} v^2 + \frac{K}{g} \frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}} v = \frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}} \left(\frac{1}{2} v^2 + Kv \right)$$

結果、 $Q=13.3\text{m}^3/\text{min}$ 、 $v=2.6\text{m/s}$ 時の吹き上がり高さが 1.8m 確保できることを確認した。

結果) 吹上高さは 1.8m を確保

($Q=13.3\text{m}^3/\text{min}$ 、 $v \approx 2.6\text{m/s}$)

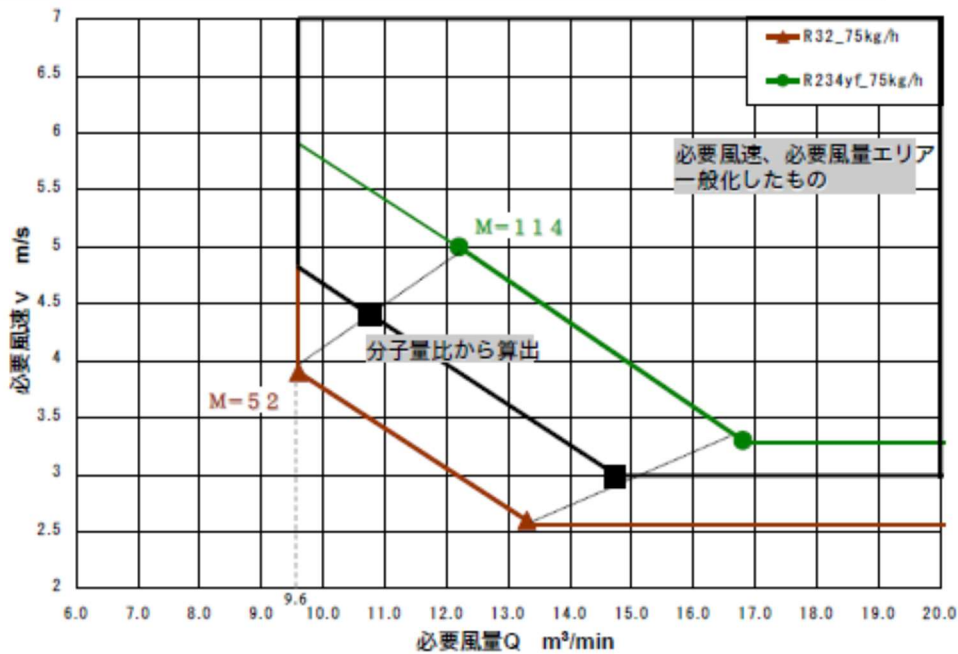


また、1234yf(分子量 114)の場合、 $\frac{\rho_{mix}}{\rho_{mix} - \rho_{air}}$ 項は R32 比 0.6、 K は CFD 解析より 10^{-3} 未満と十分に小さい値で

あるため省略すると、R32 と同等以上の h とするためには、風速 v を 1.3 倍にすればよい。

以上の結果より、吹き上がり高さ 1.8m に必要な風量と風速の関係は以下の通り。

ファン攪拌条件(案)の一般化 (漏洩速度:75kg/h (R32 R1234yf))



(ここまで)

室外機の風量は上図より十分大きいとして、必要風速のみ規定する。

$$v \geq 0.0113 \times m + 2.012 \quad (\text{式②})$$

$$v \geq -0.35 \times Q + 0.031 \times m + 5.65$$

$$Q \geq 9.6$$

v : 室外機吹き出し口の風速[m/s]

Q : 風量[m³/min]

m : 分子量 (R32:52、1234yf: 114)

※適用範囲 : 半地下高さ3.3m以下

○式②'

吸込みダクト使用して換気を行う場合、可燃域空間比率が0.5%以下であれば、可燃域は室外機まわりと床面一部に限定され着火源と接触する可能性は無い。このときの必要風量は解析結果より650m³/h(換気回数12回/h)である(図6)。ここで、部屋の濃度C[kg/m³]と冷媒漏洩速度m[kg/h]、換気回数n[回/h]の関係は以下の通り。

$$C = m / (n \times V)$$

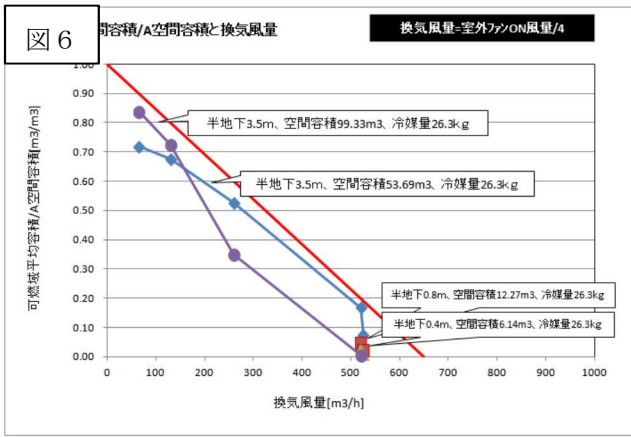
V : 空間容積[m³]

冷媒漏洩速度75kg/h、空間容積53.69m³、換気回数12回/hであるときの許容冷媒濃度C1は、

$$C1 = 75 / (12 \times 53.69) = 0.116 = LFL \times 0.379$$

従って、安全率を0.3に設定すれば可燃域空間比率を0.5%以下に確保でき、着火リスクはほぼ無いと言える。

$$n \geq 75 / (0.3 \times LFL \times V) \quad (\text{式②'})$$



(機械室)

■ 提案内容 (Proposals)

空間容積に応じた必要換気回数を規定する。なお、換気機器は2基設置を必須とする。

$$n = 75 / (0.642 \times LFL \times V) \quad (\text{式③})$$

n : 必要換気回数[回/h]

V : 空間容積[m³]

■ 論理的根拠 (Rationale)

○ 式③

部屋の濃度 C[kg/m³]と冷媒漏洩速度 m[kg/h]、換気回数 n [回/h]の関係は以下の通り。

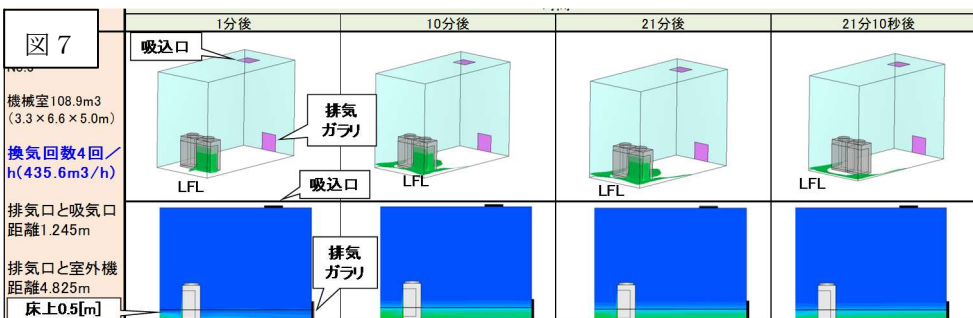
$$C = m / (n \times V)$$

V : 空間容積[m³]

冷媒漏洩速度 75kg/h、空間容積 95m³、換気回数 4 回/h であるときの許容冷媒濃度 C1 は、

$$C1 = 75 / (4 \times 95) = 0.197 = LFL \times 0.642$$

従って、LFLに対する冷媒濃度比率を0.642に設定すれば可燃域発生個所は室外機まわりと床面の一部に限定され、着火リスクはほぼ無いと言える。



○換気機器 2 基設置の理由

機械室のような密閉空間では、漏洩冷媒が自然換気などにより排出されることが無く、換気機器故障時には可燃域継続時間が無限大となってしまうため、換気機器 2 基設置しての着火リスク最小化を図る必要がある。換気機器 2 基設置し、うち 1 基が故障しても残りの 1 基で冷媒排出可能であり、そのときの着火確率は非常に小さい。換気機器故障率 0.025%として、空間容積 95m³、換気回数計 4 回/h の場合の着火確率は以下の通りであり、必要換気回数を按分した換気機器 2 基設置が最も着火確率が小さくなる。

換気機器故障率	%/年	0.025
噴出漏れ確率	PPM	137
最大冷媒量	kg	60
ボイ併設率	%	0.1
ボイ運転率	%	21.9

①2基設置した換気機器のうち、1基が故障したときの着火確率

	換気回数2回/h×1基	換気回数1回/h×1基	換気なし
可燃域継続時間 [H]	1.03	2.06	∞
着火確率	8.82E-16	1.76E-15	1.88E-13

※可燃域継続時間:空間容積×換気回数×LFL

②1基のみの換気機器が故障したときの着火確率

	換気なし
可燃域継続時間 [H]	∞
着火確率	7.50E-12

A5.5 A2L 冷媒に関する作業時注意事項の改訂提案

2016/1/19

ビル用マルチ SWG

1. 背景

ISO5149 Part4 に、保守・修理・回収・再使用・廃棄 (Maintenance, Repair, Recovery, Reuse, Disposal) 作業時の注意事項が記載されている。しかし、これらは、従来の燃焼性を有しない冷媒に関するものであって、A2L 冷媒を扱う作業時には、着火事故を起こさないための注意事項が必要となる。

本提案は、A2L 冷媒の作業時の着火事故に注目し、作業時の安全性を確保するための提案である。

2. 提案内容

(1) 対象となる冷媒の範囲

以下の提案は、R32 を用いた室内マルチ型空調機の保管・据付・修理・廃棄作業時のリスクアセスメント結果に基づくものである。リスクアセスメントによって得られる着火事故確率は、冷媒が作業時に使用される工具類やろう付バーナーにより着火するか否かに大きく影響される。この着火可否は、燃焼速度により決定されるので、本提案は、燃焼速度が R32 以下 (8[cm/s]以下) の A2L 冷媒に適用されるものとする。

(2) 作業時の注意事項

表1に、注意事項を示す。

3. 論理的根拠

R32 を用いた室内マルチ型空調機の保管・据付・修理・廃棄作業時のリスクアセスメントを行った結果、着火事故リスクに関しては、提案した注意事項を守れば、十分な安全が確保できる結果となった。

以上

表1. 作業時の注意事項

A2L冷媒の燃焼性を考慮し、冷媒を漏洩させた場合の冷媒への着火を防止するために本節に記した項目を遵守しなければならない。また、~~A1冷媒に関する注意事項についても遵守しなければならない。これらの注意事項は、据付や修理作業マニュアルに記載すること。~~

7-1 共通	<p>a) 作業場所では、禁煙のこと。</p> <p>b) 冷媒配管作業を行う際には、A2L冷媒の着火させ得る着火源(ガス/石油機器などの裸火、アーク溶接機などの大きな火花等)は十分遠ざけた上で作業を行うこと。</p> <p>c) 作業中に冷媒が漏れた際には、速やかに換気しなければならない。特に、地下室、機械室、室内、など、冷媒が滞留し易い場所で作業する場合には、ドアや窓を開けて作業する、または、ドアや窓が無い場合には機械換気装置を運転するなど、冷媒の滞留が起きない様にしなければならない。</p> <p>d) ロウ付け作業時には、消火のためのバケツや水に浸したウェス等を携行すること。配管内ガス置換には、冷媒ガスを用いてはならない。</p> <p>e) A2L冷媒の冷媒漏洩検知器は、電子式のものを用いる事。トーチ式の検知器は用いてはならない。</p> <p>f) 冷媒回収する際には、冷媒ホースの接続を確実にし、継手からの冷媒漏洩を防がなければならない。また、回収運転終了後に残圧が再び上昇しないかをチェックし、上昇する場合には、再度回収運転を実施しなければならない。</p>
7-2 据付	<p>a) A1冷媒に関する注意事項については、JRA GL-14「冷凍空調機器の冷媒漏えい防止ガイドライン」の箇条6「<u>現地配管接続機器の設置に関わる要求事項</u>」を参照すること。</p> <p>b) 機械室、半地下、狭い居室においては、冷媒漏洩検知器を携行すると共に、ロウ付け作業を行う際には、作業前や作業中も含めて、冷媒漏洩検知器により漏洩無き事を確認しなければならない。冷媒漏洩を検知した際には、冷媒濃度が低くなるまで換気を行い、作業をしないこと。</p> <p>c) 万が一、バーナー使用時に冷媒が噴出した場合や着火した場合には、即座にバーナーを消し、その後、漏洩防止の処置を行うこと。</p> <p>d) フレアナットは、ISO14903に準拠した必ず本体付属のものを使用しなければならない。</p> <p>e) 配管は、物理的に破損することが無い様に、メーカーが指定する保護を施さなければならない。</p> <p>f) 配管工事完了後には、メーカーが指定する要領により、気密試験を実施し冷媒漏洩無き事を確認しなければならない。気密試験では、窒素ガスを使用すること。</p>
7-3 修理	<p>a) A1冷媒に関する注意事項については、JRA GL-14「冷凍空調機器の冷媒漏えい防止ガイドライン」の箇条6「<u>機器整備における漏洩防止要求事項</u>」、箇条7「<u>機器保守における漏洩防止要求事項</u>」を参照すること。</p> <p>b) 機械室、半地下、狭い居室においては、冷媒漏洩検知器を携行すると共に、ロウ付け作業を行う際には、作業前や作業中も含めて、冷媒漏洩検知器により漏洩無き事を確認しなければならない。冷媒漏洩を検知した際には、冷媒濃度が低くなるまで換気を行い、作業をしないこと。</p> <p>c) 万が一、バーナー使用時に冷媒が噴出した場合や着火した場合には、即座にバーナーを消し、その後、漏洩防止の処置を行うこと。</p> <p>d) 配管工事完了後には、メーカーが指定する要領により、漏洩検知器や泡式検知等を用いて冷媒漏洩無き事を確認しなければならない。</p> <p>e) 施工技術、施工品質、保安の確保に習熟した技量のある作業者が行うこと。また、作業者は、機器設置場所により下記①～②の項目が必要となる旨の教育を受けなければならない。</p> <p>① 裸火、燃焼機器に関する教育</p> <p>(i) 喫煙時のリスク教育及び注意喚起</p> <p>(ii) ボイラー等の燃焼機器使用時のリスク教育及び注意喚起</p> <p>特に、半地下、機械室、室内で作業する際のリスク教育</p> <p>(iii) 万が一、冷媒漏洩やバーナーによる着火が発生した場合には、バーナー消火を最優先して行うことに関する教育</p> <p>② 冷媒漏えい検知器及び消火材の携行</p>

赤部分は、GL-13 案文からの変更部分

7-4 廃棄(取り外し)	<p>a) 機械室、半地下、狭い居室においては、冷媒漏洩検知器を携行すると共に、ロウ付け作業を行う際には、作業前や作業中も含めて、冷媒漏洩検知器により漏洩無き事を確認しなければならない。冷媒漏洩を検知した際には、冷媒濃度が低くなるまで換気を行い、作業をしないこと。</p> <p>b) 冷媒配管の切断は、溶断ではなく、パイプカッター、クリッパー等により行うこと。</p> <p>c) 冷媒回収に習熟した技量のある作業者が行うこと。また、作業者は、機器設置場所により下記①～②の項目が必要となる旨の教育を受けなければならない。 修理の①、②に同じ。</p>
7-5 点検	<p>a) 改正フロン法にて、定期点検が必要とされている機器については、所有者の要請に基づき、JRA-GL-T4「冷凍空調機器の冷媒漏えい防止ガイドライン」の箇条8「設置後に実施する漏洩点検に関する要求事項」に従って、定期点検を行うこと。</p> <p>b) 対象となる機器が、設置場所に「火気のないこと」を条件に冷凍保安規則4条の届出を除外されている場合には、上記の定期点検の際に、「火気のないこと」を確認すること。改装などにより、変更があった場合には、速やかに届出を行うこと。</p>

赤部分は、GL-13 案文からの変更部分