

アルミ冷媒配管システムの開発

～冷媒配管の材質を銅からアルミに替える～

CO₂ 排出量 30%削減、施工 20%省力化、材料 10%低減

込山 治良・権田 勝美・湯浅 憲

Development of Aluminum Refrigerant Plumbing Systems
~Changing the Plumbing Material from Copper to Aluminum~
30% Cutdown in CO₂ Emission, 20% Reduction in Construction
Labor, 10% Saving in Material Amount

Haruyoshi Komiyama・Katsumi Gonda・Ken Yuasa

アルミ冷媒配管の開発は、2011 年のアルミ冷媒配管の実用検証がきっかけとなっている。2015 年から本開発が開始され、2017 年 5 月～8 月、各支店 9 箇所の現場事務所等にてアルミ冷媒配管を使用してビルマルチエアコンや業務用エアコンを運転させるフィールド検証を開始し、現在も継続検証中である。2019 年から市場展開を行った。

また、空気調和・衛生工学会大会（2018～2020 年）や日本建築学会大会（2018～2019 年）で、アルミ冷媒配管システムの開発に対する報告を発表した。さらに、プレスリリースとして、3 件発表している。

本稿では、空気調和・衛生工学会大会で発表した第 1 報から第 5 報をまとめて再掲・加筆し、これまでのアルミ冷媒配管システムの開発と、実現場導入の報告を行う。

1. アルミ冷媒配管システムの概要¹⁾

アルミ冷媒配管は、銅配管と比べて 1/3 と軽量なため、作業員への負担を軽減できる。しかも、建築設備業界でアルミ材のリサイクル率を 85%までに上げれば、銅管をアルミ管に替えることで CO₂ 排出量を約 30%削減できる²⁾。

当社が開発した、被覆アルミ冷媒配管・アルミ機械式継手・アルミ冷媒配管用分岐管ユニット・アルミろう付工法を称して、「アルミ冷媒配管システム」と呼ぶ。

1.1 アルミ機械式継手の開発³⁾

2017 年 12 月、アルミ押出加工メーカーと共同してアルミ冷媒配管（写真 1）の仕様を定めると共に、アルミ冷媒配管用の機械式継手を東尾メック株式会社と共同開発したことをプレスリリースした。

従来の銅配管接続で火無し工法として使用されている機械式継手「おっぞんくん」は、東尾メックの継手主要製品であり、トップのシェアを有する豊富な実績と漏洩事故ゼロの高信頼製品であることから、当社でも火無し工法時には従来から採用してきた。当社との共同開発によるアルミ機械式継手「アルミおっぞんくん」（写真 2）は銅配管用継手の基本構造を踏襲して、アルミ配管用に開発したもので、耐食性と強度に優れ、モンキーレンチを使うだけで容易に施工可能である。（写真 3）



写真1 アルミ冷媒配管写真



写真2 アルミ機械式継手「おっぞんくん」

1.2 アルミ冷媒配管用分岐管ユニットの開発⁴⁾

当社と株式会社ベンカンは、設計・施工の現場で培ったノウハウとステンレス製継手メーカーの高い製品開発力を融合して、ビル用マルチ空調システムで使えるアルミ冷媒配管用の分岐管継手を開発した。2018年10月にプレスリリースを行った。

アルミ冷媒配管用分岐ユニットは、中心のコア部と配管部で構成されている。特長として、分岐形状が流体の均等な分配と低圧損を最大限に考慮した形状になっている。

写真4にアルミ冷媒配管用分岐ユニットを示す。中央のコア部は、アルミブロックの削り出しで成形して、配管部とろう付により接合している。



写真3 モンキーレンチ使用



写真4 アルミ冷媒配管用分岐管ユニット

2. アルミろう付工法の開発⁵⁾

一般的な加工工場等において、ろう付作業の加熱量や加熱時間を制御できる環境下では、アルミろう付作業は一般的に行われている。しかし、建築現場でのアルミろう付は、前述のような制御が可能な環境は難しく、今まで非常に困難とされてきた。

2.1 アルミ冷媒配管のろう付作業の課題

「ろう付」は金属を接合する方法の一種で、接合する金属よりも低い融点で溶融する「ろう材」を用いる。金属（母材）を溶融せずに管の隙間にろう材が吸い込まれるのに適した温度になるまで接合部を手際よく昇温させ、ろう材を差して接合する方法である（写真5）。

アルミの融点は660℃、ろう材の融点が580℃で差が80℃しかないため、ろうを溶融し隙間に吸い込まれるまでに配管温度が上昇して、アルミ管までもが溶融してしまうことが多かった。

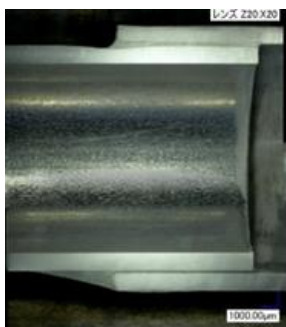


写真5 ろう付断面(半割断面状態)

表1 アルミ管と銅管の熔融温度の比較

	融点(°C)		温度差(°C)
	配管		
アルミ	配管	660	80
	アルミ用ろう材	580	
銅	配管	1085	285
	銅用ろう材	800	

これに対し銅管ろう付は、銅とろう材の融点差が約 280℃以上あり、ろう付時に銅管が熔融することはない(表 1)。また、銅管は加熱すると表面の色が変化するが、アルミ管は表面の色に変化が無く、管の昇温状況が視覚的に把握できない。

アルミ冷媒配管をろう付する場合の課題は以下の通り。

- (1)アルミ管とアルミろう材との熔融温度差が小さいため、加熱時にアルミ管表面が溶け出すリスクが高い。
- (2)加熱してもアルミ管表面の色の変化がなく、視覚的にアルミ管表面の温度を確認できない。

これらの課題を解決するために、アルミ管の昇温状況を把握するために「加熱時間管理手法」を考案した。

2.2 アルミ配管のサイズ毎の熔融温度

銅管とアルミ管のろう付作業の決定的な違いは、アルミ管とろう材の熔融温度差が、極端に小さいことである。

このためアルミ管の加熱時間が長いと、アルミ管の表面が溶け出す。この溶け出す時間をアルミ管のサイズごとに記録し、データを収集して検証した。

予熱：ろう材投入前に配管表面温度を昇温させること 加熱：予熱～ろう付完了までの広義の昇温の意

2.3 アルミ配管の表面温度

従来工法の銅配管は、予熱すると表面の色が変化するため、ろう材の投入タイミングが分かりやすい(写真 6)。

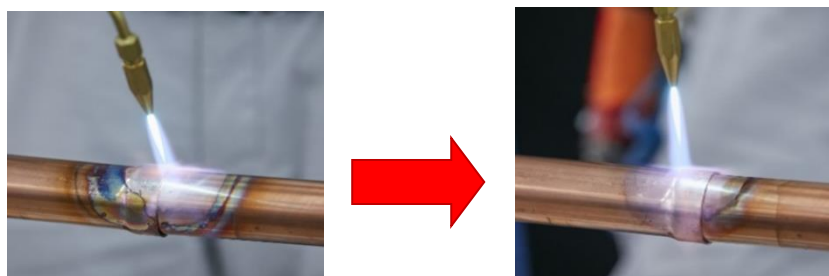


写真6 銅管の予熱時の交換表面色の変化



写真7 アルミ管の予熱時の火炎色の変化

ろう材使用量 (mm)

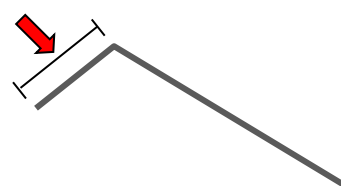


図1 ろう材の使用量 (mm)

一方、アルミ管は予熱しても管の表面の色は変化せず、予熱している火炎の色のみがオレンジ色になる。このときのアルミ管の表面温度が約 500℃であり、ろう材を投入する目安になっている（写真 7 に示すように赤丸内がオレンジ色になっている）。しかし、このオレンジ色の変色は火炎の色なので、特に屋外の場合、アルミ管表面が太陽光の反射を受けると、火炎のオレンジ色の見極めが非常に難しくなる。室内でも照明の具合によって、加熱炎のオレンジ色の識別が困難となる。

2.4 アルミ配管の「加熱時間管理」

アルミろう付作業の課題解決として、アルミ配管の「加熱温度管理」から「加熱時間管理」にすることを考案した。アルミろう付作業の検証は、配管サイズ 10 種類に対して春夏秋冬（4 シーズン）ごとにアルミろう付作業の工程ごとの作業時間のデータを収集した（表 2、3）。

表 2 アルミろう付作業の工程ごとの作業時間

①	ろう付予熱時間
②	加熱炎がオレンジ色になる時間
③	ろう材を投入する時間
④	完了時間

表 4 配管サイズによる接続方法区分

配管サイズ φ	配管の種類	接続方法
6.35～15.88	コイル管 A3003	アルミろう付
19.05～38.1	直管 A6063	アルミ機械式継手

表 3 アルミろう付標準作業時間表の例（作業前の管表面温度 10～30℃）

配管 サイズ φ	標準作業時間(s)					ろう材 使用量 (mm)	加熱 MAX 時間
	① 下方予熱	上方予熱	② 加熱炎オレンジ	③ ろう材投入	④ 完了時		
6.35				8			
9.52	0～6				16～30		
12.70		9～16				70	
15.88			27				70

4 シーズンのデータは、作業場所の温度に影響する管表面温度別とし、春・秋のデータは同じなので、以下のよう
にまとめた。

(1) 中間期：管表面温度 10～30℃ (2) 真夏：管表面温度 31～39℃ (3) 真冬：管表面温度 5～ 9℃

さらに、予熱の方法として 1 点だけに集中的に予熱すると、管表面が溶け出すので、最低 2 方向から予熱すれば管
表面が溶け出さないことが検証により分かった。

よって予熱は、作業がしにくい下方から行い、その後に上方を予熱することにして、その時間は加熱炎がオレンジ
色になる時間の半分とした。これらの検証結果の代表例を表 3 に示す。

ろう付け作業時のろう材の推奨形状は、図 1 のように折り曲げた状態とする。ろう付作業前にアルミ冷媒配管のサ
イズによりあらかじめろう材使用量を確認し、その使用量（長さ）に折り曲げてろう付作業を行うことが望ましい。

この標準時間で必要なろう材の使用量を収集し、平均値を算出した。このろう材使用量でろう付作業を行えば、挿
入管と拡張管の隙間に十分ろう材が充填され、最適な接合ができることを検証した。

2.5 アルミろう付工法の適用範囲

ろう付するアルミ管の範囲は、コイル管の 4 種類（配管サイズ：6.35φ、9.52φ、12.7φ、15.88φ）とした。

口径が大きい 19.05φ～38.1φ の直管 6 種類は、加熱して管を昇温させる際、温度むらによるろう材の充填が不十分
となる懸念がある。また、ろう材を投入する工程では管全体を適切に昇温するために、難易度の高い火口ローテーシ
ョンが必要となる。これらは、作業員の技量に大きく依存するため、ろう付工法でなく、アルミ機械式継手で施工す
ることとする。配管サイズによる接続方法の区分を、表 4 に示す。

2.6 ろう付作業の標準化

2.6.1 加熱する火炎の温度の標準化

アルミろう付作業は銅管に比べ管の熔融温度が低いため、アセチレンガスだけを使用する。一方、従来の銅管のろう付はアセチレンガスと酸素ガスが必要である。本工法を実施するにあたり、推奨するアセチレンバーナーを写真 8 に示す。これは、火炎温度の調整が簡単で、口径 6.4mm の火口で調整ダイヤル最大値の状態で使用するものとする。



写真 8 アセチレンバーナー火口式

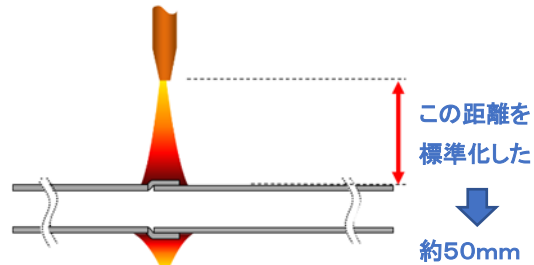


図 2 管表面とバーナ火口の距離

2.6.2 加熱する管と火口の距離の標準化

数多くの実験を重ねた結果、効率よく管を加熱するための条件として、管表面とバーナ火口の距離を 50 mm に標準化した (図 2)。これは、火炎が近いと管が熔融してしまうし、逆に火炎が遠いと加熱に時間がかかるためである。

2.6.3 予熱する方向の標準化

従来の銅管のろう付の場合、予熱方向は定められていないが、本アルミろう付工法は予熱する方向を上下 2 方向とする (写真 9)。

また、ろう材のサイズは、太さ 2.0mm で長さ 500mm のものを規定した。作業者へのヒヤリングの結果、このサイズと長さが最も作業しやすいとの意見を得た。

使用ろう材は、ナイス株式会社製のアルミろう付用フラックスコードワイヤ「Alu 19FCW-Cs60D」を、推奨している⁶⁾。

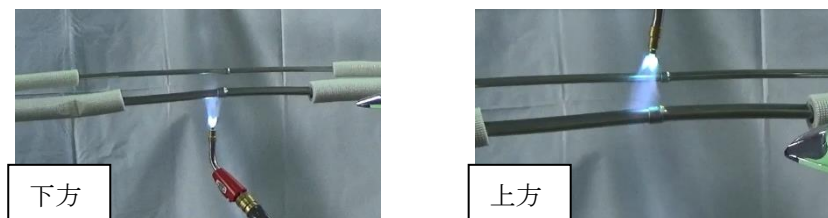


写真 9 管を予熱する方向(2 方向)

2.7 アルミろう付作業の品質管理

アルミろう付作業の品質管理は、ろう材の使用量が適正であることで判定をする。表 3 のろう材の使用量でろう付を行うと、管のろう付部 (管差し込み部) にしっかりろう材が入っていて、しかも内部フィレットが形成されることが検証の結果でわかっている。(写真 10 の赤丸が内部フィレットと外部フィレット)

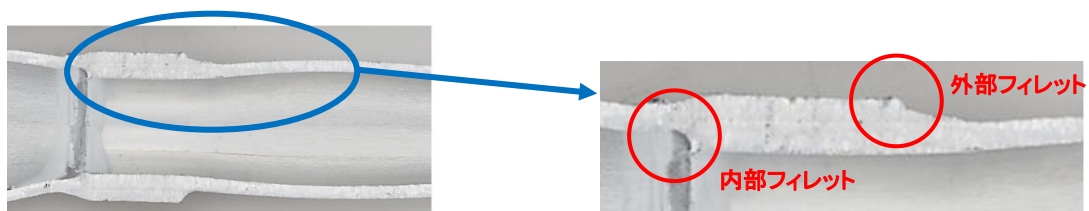


写真 10 ろう材充填状況

フィレットとは、拡張と挿入管の境界部にろう材を予盛りして、配管の気密性を担保する役割を担うものである。認定講習会では、実技時に必ずバンドソー等で配管を縦に切断して、ろう材の充填状況と内部フィレットの形成の確認を実施する。

2.8 ろう付工法の認定講習制度

アルミろう付工法は、新工法で、新たな知見を習得してから施工する事になる。そのため、本工法の認定講習会（座学、動画講習、実技、認定試験）を受講し、合格したものが施工できることとした。

特に実技試験の可否判定の方法は、実技でろう付した配管をバンドソー等で切断し、ろう付接合部のろう材の充填状況を目視で確認する（写真 11）。



写真 11 バンドソーで切断した配管



写真 12 合格の状態



写真 13 不合格の状態

次に、切断した配管を万力で平衡にプレスして、ろう付部が頂点になるように裏曲げする。裏曲げた結果、ろう材が十分に充填されて内部フィレットが形成されれば、写真 12 のように、ろう付部にすき間は発生しない。ろう材が充填されずに内部フィレットが形成されなければ、写真 13 のように、ろう付部にすき間が発生する。この状態になる場合は、ろう材使用量が不足しているということである。

このすき間を発生させないようにするためには、①適切なろう材量を使用する事、②加熱時間と加熱方法を順守する事が重要である。

写真 12 の状態を各サイズで確認できれば、本工法の認定者として合格とする。

現場では、配管内の内部フィレットやろう付面積は確認できない。しかし、規定されたろう材使用量をすき間に投入できれば、内部フィレットが形成されているとみなせるし、ろう付接合部のせん断耐力も充分満足できる。アルミ冷媒配管の気密性は、内部フィレットが万が一形成できなくても外部フィレットが担保する。

尚、アルミろう付工法の開発のプレスリリースは、2019 年 4 月に行った⁶⁾。

3. アルミろう付作業ガイダンスシステムの開発⁷⁾

建築現場での冷媒配管工事のアルミろう付作業を実現させるために、スマートフォン用アプリケーションを開発した。音声ガイドを、Bluetooth イヤホンを使用して聞くことにより、アルミろう付標準時間通りに作業できることを可能とした。これを「アルミろう付作業ガイダンスシステム」という。

3.1 開発概要

第 2 章で説明した「アルミろう付作業標準時間」通りの、予熱・炎色反応・ろう材投入・完了のそれぞれの時間・予熱する方向、フィレットの形成のタイミングを、音声にてガイダンスする。

銅ろう付作業との大きな違いは、配管の予熱時間と、ろう材を投入する時間、ろう付完了時間、ろう材の使用量である。この部分を音声ガイドで聞き取れば、銅ろう付作業の経験者であれば、容易にアルミろう付作業が出来ることが、検証で分かっている。

3.2 アプリの説明

アプリ起動画面で、「配管サイズ」と「配管表面温度」を選択する。そして、「スタート」ボタンより、音声ガイドが開始する。写真 14-1 の例では、配管サイズ 15.88 φ、配管表面温度は 10～30℃である。

3.3 アプリのその他の機能

本アプリのその他の機能は、以下のとおりである。

- (1) サンプル動画 (2)色表示機能 (3)バイブレーション機能

3.3.1 サンプル動画

実際のろう付作業を行う前に、動画で作業手順を確認することが出来る。この動画は、認定講習で使用している。

3.3.2 色表示機能とバイブレーション機能

これらの機能は、このアプリの使用に慣れた熟練者のためのもので、アルミろう付作業ごとの作業時間（第 2 章表 2 参照）の①～④の作業工程のうち、①の上部からの予熱（写真 14-2）、③ろう材投入（写真 14-3）、④作業完了時間 5 秒前（写真 14-4）を、色と振動でガイドするものである。これらの 3 工程は、アルミろう付作業を行う上で重要なタイミングであり、このタイミングさえ押さえておけば、このアプリに慣れた熟練者であればアルミろう付作業は簡単にできる。

色表示機能は、現場の状況にもよるが、作業する場所にスマートフォンを置いて画面を見ることができれば、音声ガイドがなくても、この色が変わるタイミングで次工程の作業に移れば良い。

バイブレータ機能は、スマートフォンを作業着のポケットに入れて、振動の合図に合わせて、次工程の作業を行うものである。写真 14-2～4 の作業を、振動の階数（1 回、2 回、3 回）でガイドする。



写真 14-1 アプリの起動画面

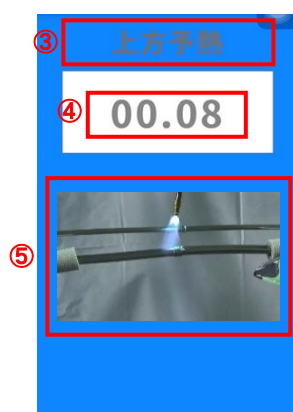


写真 14-2 青色表示



写真 14-3 赤色表示

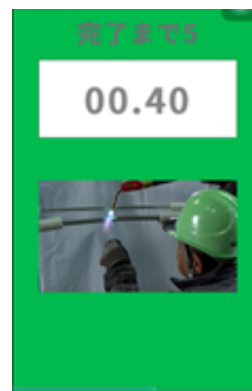


写真 14-4 緑色表示

① 配管サイズ ②配管表面温度 ③作業工程名 ④作業カウント ⑤作業停止画

4. アルミ配管拡管機の開発

4.1 現状の拡管器の課題

アルミ冷媒配管の仕様を決める際、銅配管の設計基準に合わせるために、配管自体の耐圧性能を銅配管と同様とした。このことにより、配管の肉厚が銅配管よりもアルミ配管の方が厚くなる。そこでアルミ配管専用の拡管器を開発した。

4.2 アルミ冷媒配管専用拡管機の開発

基本構造は、銅冷媒配管用拡管機と同じとし、拡管挿入ヘッドに新たにアルミ専用の技術を駆使して、開発を行った。特許は現在出願中である。写真 15 にアルミ冷媒配管用拡管機を示す。



写真 15 アルミ拡管機とヘッドアダプター

表 5 設備概要

場 所	北海道札幌市豊平区
工 期	2017 年 10 月 竣工
冷媒配管総長	約 150m
機器メーカー名	パナソニック株式会社
室 外 機	12HP
室 内 機	4 方向カセット型：9 台 2 方向カセット型：2 台

5. アルミ冷媒配管システムの実現場導入⁸⁾

2017 年 10 月、当社グループ会社の空調設備更新工事に合わせて、「アルミ冷媒配管システム」を導入した。2021 年 2 月までの約 3 年間、問題なく運転は継続している。

5.1 設備概要

表 5 に設備概要、図 3 に冷媒配管系統図、写真 16～18 に施工状況を示す。

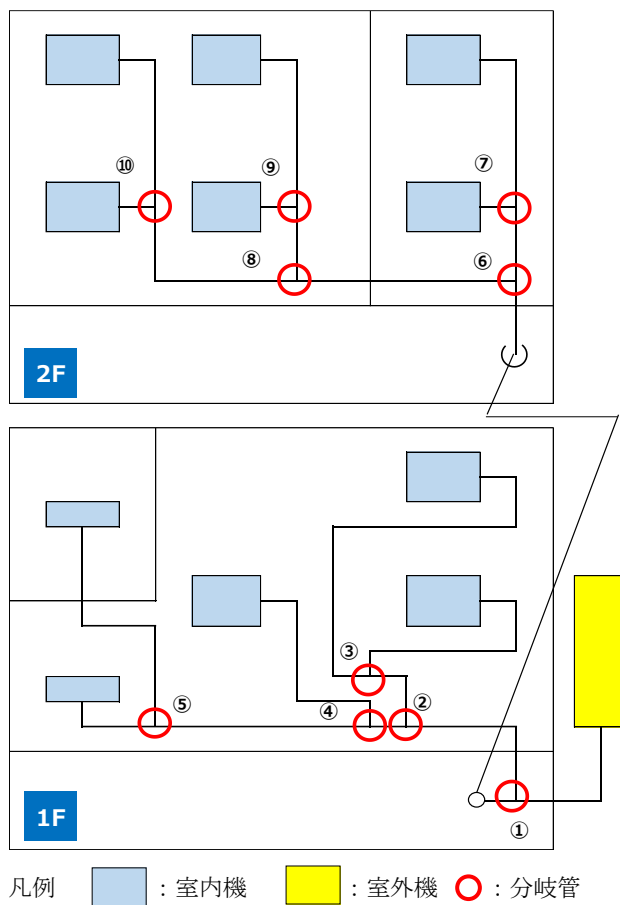


図 3 冷媒配管系統図（模式図）



写真 16 室外機搬入状況

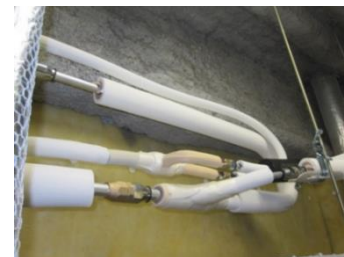


写真 17 アルミ機械式継手とアルミ分岐管施工状況

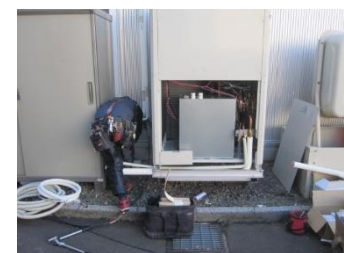


写真 18 室外機まわり施工状況

6. 機器能力の性能検証

アルミ冷媒配管システムを使用した、ビルマルチエアコンの機器能力の性能検証を、2018年8月・2019年8月及び2020年2月に行なった。

アルミ配管では、銅配管と同等の耐圧力を得るために、銅配管よりも配管の厚みを増している。銅配管施工と同じ被覆管と機械式継手を使用するために、配管外径は銅配管と同じにする必要がある。そのため、配管内径が銅配管と比べ小さくなるので、圧力損失が大きくなる。

以下の2つの懸案事項が考えられ、それに対して性能検証を行った。

(1) 懸案事項1：圧力損失

ガス管内の冷媒圧力損失に起因する性能低下の恐れがある。ガス管のデータより導いた圧力損失係数により、冷房時暖房時の銅配管に対するアルミ配管の能力比は、表6ようになる。圧力損失比は、銅に対するアルミの比率である。

(2) 懸案事項2：分岐管の分流の具合

アルミ分岐管の分流の具合が不明である。分流が悪いと、室内機能力不足や、返油難となる。

(3) 性能検証方法

2018年8月、2019年8月、2020年2月に収集したデータを用いて、全体のシステム能力Aと、室内機空気側能力Bを算出して、妥当計算式Cより評価した。

能力A：全体システム能力

メーカーの設計技術資料に基づき、定格能力をベースとして、設置状況（内外容量比、配管長、高低差）及び使用状態（外気温度、室内機運転負荷）から能力を算出、アルミ配管への変換は、表6の冷暖房能力比に基づき、配管長補正して算出した値を、能力のベース値とする。

能力B：実際の室内機空気側能力

室内機吸込み温度、湿度から入口エンタルピーを算出、室内機吹出し温度、湿度（95%R.H.固定）で出口エンタルピーを算出、風量はカタログ掲載値を引用して、実際の室内機の空気側能力値とする。

妥当性計算式C：能力B÷能力A×100

(4) 機器能力の性能検証

室外機まわりで、外気温度・室外機液配管表面温度・室内機の高圧圧力や低圧圧力などのデータを収集した。室外機まわりの収集したデータを表7に示す。

表6 冷媒配管(アルミ管、銅管)の
内径の差異による冷暖房能力比の推定

ガス管径φ(mm)	12.7	15.88	19.05	25.4
圧力損失比(－)	1.8	2.1	1.0	1.1



冷房時	アルミ	銅
能力比	97.2%	100%
暖房時	アルミ	銅
能力比	99.0%	100%

表7 室外機まわり収集データ

各種測定データ	2018・8	2019・8	2020・2
	運転60min後の値	運転70min後の値	運転40min後の値
外気温度(℃)	26.8	30.9	-6.4
室外機液管温度(℃)	22.6	34.5	10.6
圧縮機1吐出温度(℃)	63.6	80.2	83.5
圧縮機2吐出温度(℃)	50.5	82.2	87.8
高圧圧力(MPaG)	2.11	2.63	2.24
高圧飽和温度(℃)	36.3	45.1	38.9
低圧圧力(MPaG)	0.75	0.82	0.32
低圧飽和温度(℃)	1.7	4.6	-18.5
吸込み温度(℃)	5.1	11.4	-13.6
圧縮機1オイルレベル	十分	十分	十分
圧縮機2オイルレベル	十分	十分	十分

室内温度は、各部屋に設置したおんどとり（10個）にて測定した。その結果を、表8に示す。

2018年～2020年ともに、制御動作を含む室内機運転状態・部屋内の温度状態に問題はなかった。

(5) 夏季の機器能力の性能検証結果

性能検証のため、定常状態に達した時点でのデータを平均化し使用した。その結果を表9に示す。

表 9 の①～④の時間範囲は以下の通り。

- ② : 運転開始後 30～40min ② : 運転開始後 55～65min
 ③ : 運転開始後 65～75min ④ : 運転開始後 95～105min

表 8 室内温度データ

	2018・8		2019・8		2020・2	
	運転60min後の値		運転70min後の値		運転40min後の値	
部屋	リモコン設定	雰囲気温度℃	リモコン設定	雰囲気温度℃	リモコン設定	吸込み温度℃
1F ロビー	冷 22℃	22.0	冷 18℃	22.6	暖 30℃	30.5
1F 応接室	冷 22℃	22.5	冷 18℃	23.8	暖 30℃	30.0
1F事務所	冷 27℃	24.0	冷 22℃	22.7	暖 30℃	31.0
	冷 27℃	24.0	冷 22℃	22.7	暖 30℃	33.0
	冷 27℃	24.0	冷 22℃	22.7	暖 30℃	33.0
2F事務所	冷 22℃	22.5	冷 18℃	23.3	暖 30℃	34.0
	冷 22℃	22.5	冷 18℃	23.3	暖 30℃	32.5
	冷 22℃	22.5	冷 18℃	23.3	暖 30℃	32.0
2F会議室	冷 22℃	22.0	冷 18℃	23.4	暖 30℃	24.5
	冷 22℃	22.0	冷 18℃	23.4	暖 30℃	26.0

表 9 夏季の定常運転データ

	2018/8月		2019/8月	
	①	②	③	④
全体システム能力 (A)	98.15%	98.14%	98.16%	98.16%
室内機空気側能力 (B)	87.57%	86.09%	93.08%	90.92%
妥当性 (B÷A×100)	89.22%	87.72%	94.82%	92.62%

表 10 冬季の定常運転データ

	2020/2月	
	①	②
全体システム能力 (A)	99.27%	100.00%
室内機空気側能力 (B)	100.56%	101.70%
妥当性 (B÷A×100)	101.30%	101.70%

表 7～9 より以下のことがわかる。

2018 年は測定時において外気温度が低く、圧縮機 1、2 とともに吐出温度も低下し、“運転停止”を繰り返す低負荷運転となった。この反省点を踏まえ、2019 年は室内設定温度や室内の負荷環境を改善し、かつ外気温も 30.9℃と天候に恵まれて、圧縮機が連続して運転することができた。高負荷運転となる非常に良いデータが収集できた。

妥当性において、2018 年は、実際の室内機空気側能力 (B) は、全体システム能力 (A) に対して 90%弱の能力であるが、2019 年に関しては、高負荷運転ができたため、能力 B は、能力 A に対して 90%以上の能力が出ていることが分かる。

(6) 分岐管の影響

2018 年のデータ (表 7) より、高圧飽和温度と室外機出口の液面温度の差の過冷却度は十分とれており、十分に液化した状態で液管内を冷媒が流通している事から、分岐管での分流影響は小さかったと予測できる。これは、本物件の配管長が短く、高低差もさほど大きくないためと考えられる。

2019 年のデータ (表 7) も同様で、室外機出口の過冷却度は十分とれているので分岐管の影響はないと分かる。

(7) 冬季の機器能力の性能検証結果

2020 年 2 月外気温度 -6.4℃と低温環境となり、暖房として高負荷運転のデータを取集できた。

表 10 より、能力 B は、能力 A に対し 100%以上となり、アルミ冷媒配管システム配管でも、想定通りの能力が出ていることが確認できた。

表 10 の①～②の時間範囲は以下の通り。

- ① : 運転開始後 20～40min ② : 運転開始後 120～140min

(8) 除霜状態の確認

除霜運転を伴う暖房運転状態を確認したが、特に問題となる運転挙動は無かった。(写真 19-1～3)



写真 19-1 徐霜運転徐霜前



写真 19-2 徐霜開始 3min



写真 19-3 徐霜運転(徐霜完了 15min)

以上より、本稿の導入現場の設備規模の冷媒システムでは、機器の空調能力に対して、銅配管の施工時とほぼ同等の機器能力が確保でき、アルミ配管による運用でも問題ないことが確認できた。今後の展開では、今回の導入実績を考慮して、冷媒長が長く、高低差が大きい設備の場合には空調能力低下の可能性を十分留意して、設備規模に適した設計をする必要がある。

7. アルミ配管設備工業会(APEA)の活動

2018年1月31日、株式会社ベンカンを中心にして、「アルミ冷媒配管の仕様を統一すること」を目的として設立した。工業会の取組としては、1)仕様の標準化 2)官公庁・関連団体との協力 3)広報活動 4)技術関係である。

2020年12月現在、入会会員は、機器メーカー・機器代理店・総合建設会社・設備施工会社等65社である。当社も会員であり、今年度の活動としては、機器メーカーと委員会を立ち上げて、アルミ冷媒配管選定の技術資料を作成して、現場施工ができる体制を構築した。また、各総合建設会社へ説明会を設けて、アルミ冷媒配管の普及展開を行っている。将来的には、アルミ冷媒配管の仕様内容を、国土交通省標準仕様書と、JIS規格へ採用されることを目標にしている。

8. 今後の展開

銅の価格は2021年も上昇は継続し、LME銅3カ月物の年平均価格は、1トン＝8625ドルになると見込まれている。さらに、2011年に記録した過去最高値である1万170ドルを22年前半までに超す可能性は非常に高いとの見方も示されている(2020年12月1日7743ドル。ちなみに新型コロナ第1波の最中の2020年3月9日では、4371ドルまで落込んだ⁹⁾)。それに比べアルミの価格は、1676ドル(2020年1月～12月3日の平均価格)である¹⁰⁾。今後の銅の価格上昇は、アルミ冷媒配管システムの展開に追い風となり、より建築設備業界への普及に拍車をかけることになるだろう。

また、「現場作業の効率化」は「働き方改革への寄与」、「CO₂排出量の削減」は「ゼロカーボン社会への寄与」と、政府が打ち出した環境対策に大きく貢献する工法として、より広く普及するように尽力していきたい。

謝 辞

本研究にあたり、当社の案浦茂樹氏、遠藤裕司氏、大浦秀和氏、大西健滋氏、岡村典明氏、五味弘氏、佐藤順氏、佐藤正氏、澤永芳彦氏、田島典和氏、中川修氏、中村邦昭氏、布上博昭氏、平林芳弘氏、村松貴之氏、山根誠氏に協力いただいた。感謝の意を表します。

文 献

- 1) 権田勝美、込山治良、山本一郎、五味弘、黒木祥児:アルミ冷媒配管システムの開発-第1報-アルミろう付の建設施工現場への実用化, 平成30年度空気調和衛生工学会大会, (2018.9.12-14)
- 2) アルミと銅のCO₂排出量の試算、新技術開発部試算, (2017)
- 3) 高砂熱学プレスリリース「アルミニウム冷媒配管工法の展開に向けアルミ配管用の機械式継手「アルミおっぞんくん」を共同開発」, 2017.12.6
- 4) 高砂熱学プレスリリース「アルミニウム冷媒配管工法の展開加速に向けアルミ冷媒配管用分岐管ユニットを共同開発」, 2018.10.19
- 5) 込山治良、権田勝美:アルミ冷媒配管システムの開発-第3報-アルミ冷媒配管用ろう付工法の開発, 令和元年空気調和衛生工学会大会, (2019.9.18-20)
- 6) 高砂熱学プレスリリース「業界初、施工現場でのアルミ冷媒配管用ろう付工法を開発」, 2019.4.4
- 7) 権田勝美、込山治良:アルミ冷媒配管システムの開発-第4報-アルミろう付作業ガイダンスシステムの開発, 令和元年空気

調和衛生工学会大会, (2019.9.18-20)

- 8) 権田勝美、込山治良:アルミ冷媒配管システムの開発-第 5 報-アルミ冷媒配管システムの実現場導入の報告, 2020 年度空気調和衛生工学会大会, (2020.9.9-30(オンライン))
- 9) 銅価格の推移, ゴールドマンサックス報告, https://www.ig.com/jp/news-and-ideas/_21_8625_22_1_copper-praice-to-test
- 10) アルミニウム価格の推移、世界経済のネタ帳－World Bank -Commodity Markets, <https://ecodb.net/commodity/aluminum.html>

ABSTRACT

A demonstration experiment of aluminum refrigerant plumbing in 2011 was a trigger to develop plumbing systems of that new material. The full-scale development started in September 2015, our branch offices started the field validations to operate building multi air conditioners and commercial air conditioners adopting aluminum refrigerant plumbing in May 2017, and it expanded into the market in 2019.

This development report of aluminum refrigerant plumbing systems was presented in the annual meetings of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan (2018-2020), and the AIJ Annual Conventions (2018-2019) (AIJ: Architectural Institute of Japan).

This paper is a summary of the five reports presented in the former meetings with some additions, showing the development of aluminum refrigerant plumbing systems and the installations to actual sites.