

# アルミ冷媒配管システムの開発 ～アルミ冷媒配管と銅冷媒配管との施工検証～

込山 治良・権田 勝美

## Development of Aluminum Refrigerant Plumbing System ～Construction Verification of the aluminum refrigerant plumbing and the copper refrigerant plumbing～

Haruyoshi Komiyama・Katsumi Gonda

アルミ冷媒配管システムの施工性のメリットを定量的に把握するために、同じ施工規模にて従来工法である銅冷媒配管と施工工数の比較・検証を行った。本稿では、その内容を「検証条件」、「施工検証」と「考察」に分けて報告する。<sup>1) 2)</sup>

### 1. 検証概要

2019年9月24日～28日、当社グループ会社の敷地内にて、以下の条件でアルミ冷媒配管と銅冷媒配管の施工時間の比較・検証を行った。

#### (1) 設備概要

- ・所在地：埼玉県北本市 ・冷媒配管総長：約240m
- ・施工レベル：FL+3500mm ・機器： 室外機1台、室内機4台
- ・検証場所：大実験室 592m<sup>2</sup> (図-1)

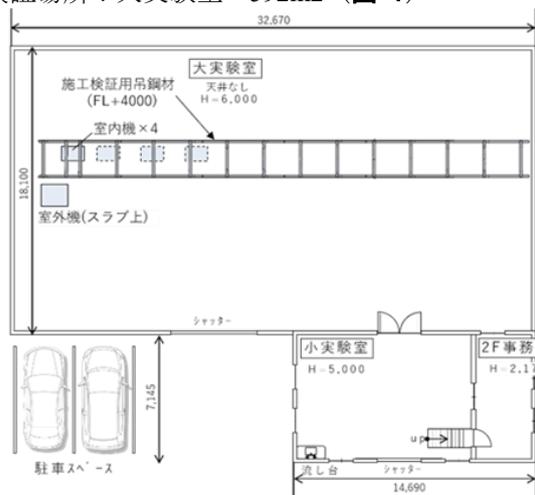


図1 検証場所

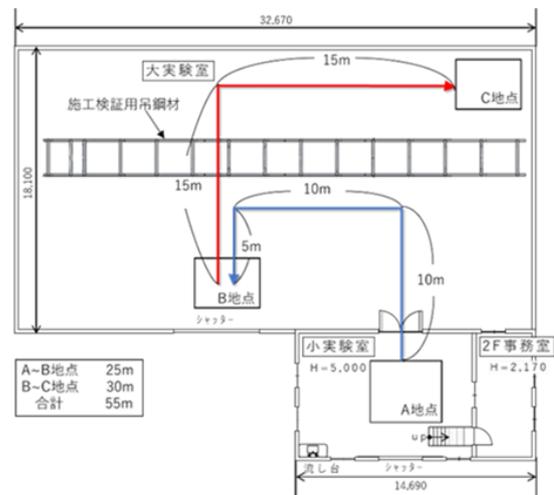


図2 搬入運搬経路図

## (2) 施工手順と日々の施工サイクル

施工手順は、アルミ配管と銅配管とで同じ手順とし、施工前の搬入運搬も含め、以下とした。

### 0) 搬入運搬

- 1) 吊り金物取付
- 2) 配管施工
- 3) 耐圧試験
- 4) 保温補修
- 5) 完了

検証は、銅冷媒配管を先に行い施工完了後、銅冷媒配管を撤去したあとに、アルミ冷媒配管を施工した。

## 2. 検証条件

施工は、**図1**の大実験室で行った。大実験室は天井がなく上方のスペースを利用して、仮想の天井スラブとして、「施工検証用吊鋼材」を製作し、この鋼材から施工を行った。

作業人員は2名で、各々高所作業車を使用した。

### 2.1 搬入運搬

アルミ冷媒配管は、銅冷媒配管に比べて約1/3の重さであるので、搬入運搬においてアルミ冷媒配管の方が有利であることを定量的に示す。

検証は**図2**のように、搬入車両から降ろした場所（A地点）から仮置き場所（B地点）に移動し、さらに施工場所（C地点）へ移動する時間を比較した。

材料は、直管（サイズ28.58mm、長さ4m、本数5本）を六箱、コイル管（サイズ15.88mm、長さ20m）四箱を、作業員2名で運搬した時間を比較した。搬入運搬経路は、約55mである。

### 2.2 冷媒配管の支持間隔

**表1、2**にそれぞれアルミ冷媒配管、銅冷媒配管の横走り配管の支持間隔を示す。この支持間隔は一般社団法人アルミ配管設備工業会の施工指針（APEA3001：2020）<sup>3)</sup>からの抜粋であり、特記に「同径の銅管と同等のたわみ量として計算」とある。

今回の施工検証のメイン配管のサイズは、φ15.88 x 28.58なので、メイン配管の支持間隔はアルミ冷媒配管は2.5m、銅冷媒配管は2mとした。

表1 冷媒用アルミ合金管の支持間隔(横走管) (APEA3001:2020 より抜粋)

管径(mm)	6.35	9.52	12.70	15.88	19.05	22.22	25.40	28.58	31.75	38.10
支持間隔(m)	1.5	2.0	2.5							

表2 冷媒配管用銅管の支持間隔(横走管) (日空衛ガイドブックより抜粋)

管径(mm)	6.35	9.52	12.70	15.88	19.05	22.22	25.40	28.58	31.75	38.10
支持間隔(m)	1.5		2.0							

### 2.3 接続方法

アルミ冷媒配管は、一般社団法人アルミ配管設備工業会の施工指針 別添資料③ (8.2 ろう付接続)<sup>4)</sup>にもとづき、コイル管(φ6.4~φ15.55)はろう付継手、直管(φ19.05~φ38.1)はアルミ機械式継手<sup>5)</sup>を使用した。アルミろう付作業<sup>6)</sup>は、当社が開発したアルミろう付ガイダンスアプリ<sup>7)</sup>を用いた。このアプリは、スマートフォンにダウンロードさせて使用する。ろう付の加熱時間やろう材の挿入タイミン

グを音声で知らせてくれるもので、誰でも容易にろう付ができる。図3に、スマートフォンでこのアプリを起動させたときの画面サンプルを示す。

機器接続は銅管でフレア接続し、アルミ冷媒配管と銅冷媒配管の接続可能なアルミ－銅機械式継手でアルミに変換した。この継手は、異種金属接触腐食が起きない構造となっている。図4にその構造を示す。

また、アルミ冷媒配管表面はすでに、酸化被膜に覆われているので、配管表面を加熱しても、剥離性酸化被膜は生成しないので、窒素置換は不要である。



図3 スマートフォン上の画面



図4 アルミ機械式継手の構造

銅冷媒配管は、コイル管・直管ともろ付継手接続とし、機器接続はフレア接続、窒素置換は、省力化工法の局所窒素置換工法<sup>8)</sup>を採用した。図5に、局所窒素置換工法の概要を示す。

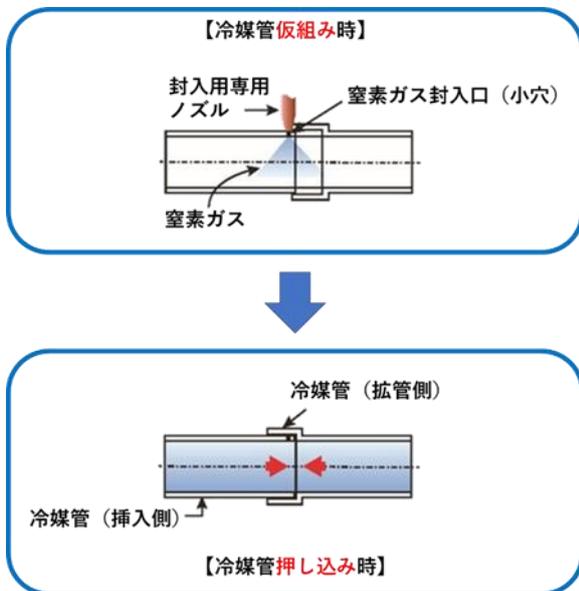


図5 局所窒素置換工法の概要

表3 配管接続方法の比較表

		アルミ冷媒配管	銅
接続方法	コイル管	ろう付継手	ろう付継手
	直管	アルミ機械式継手	
機器接続		銅管でフレア接続し、機械式継手でアルミに変換	フレア接続
窒素置換		なし	あり
分岐管	コイル管	ろう付継手	ろう付継手
	直管	アルミ機械式継手	

室内機廻りの分岐管は、アルミ冷媒配管はアルミ分岐管を使用し、銅冷媒配管はメーカー純正の分岐管を使用した。銅冷媒配管は、ろう付継手を使用した。アルミ冷媒配管配管は、配管サイズによって、ろう付継手とアルミ機械式継手を使用した。

表3に配管接続方法の比較表を示す。

## 2.4 施工検証用吊鋼材

施工検証用吊鋼材を、**図6**のように、ダクターチャンネルとリップ溝形鋼にて、約4mの高さにつくった。この鋼材に配管吊鋼材を取り付けて施工を行った。また、アルミ冷媒配管と銅冷媒配管の支持間隔が違うので、前段取り時にダクターチャンネルの位置を支持間隔に合わせて変更した（**写真1**）。

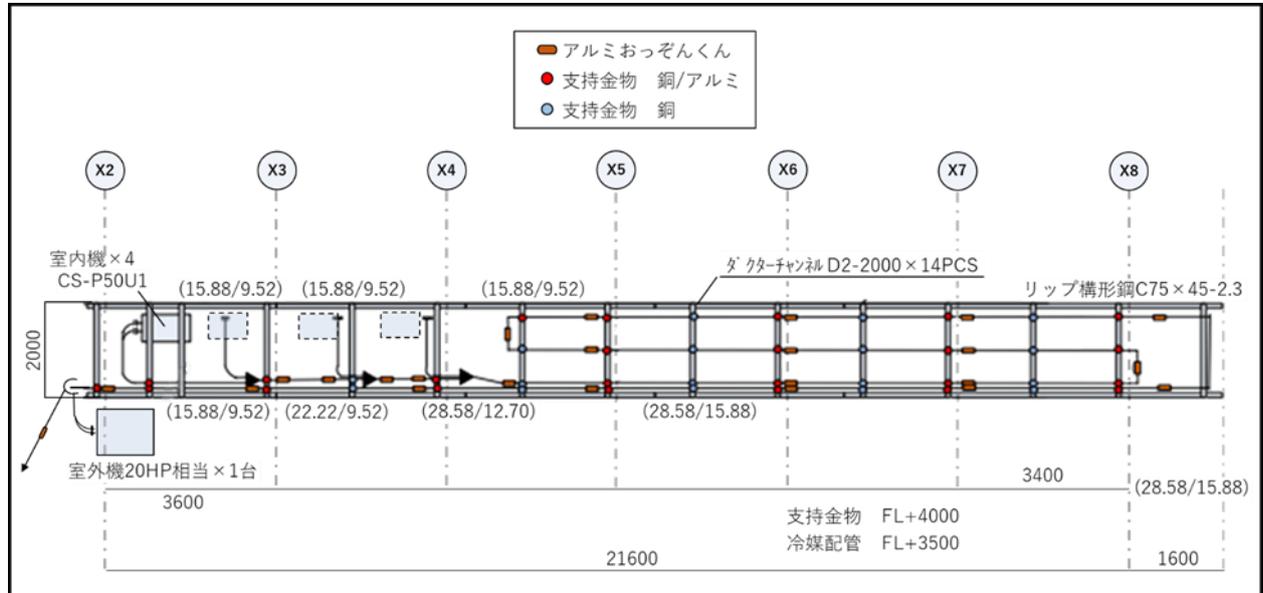


図6 施工検証用吊鋼材

また、あらかじめインサート工事は完了している状態として、ダクターチャンネルに短い吊棒と長ナットを付けた状態で、施工開始点はこの長ナット以降に吊棒をつなげることとした。長ナットがインサートの代わりとした（**写真1**）。



写真1 ダクターチャンネルの位置調整と施工開始点



写真2 室内機の施工開始点

機器の取付作業は、今回はアルミと銅の冷媒配管の施工検証であるので割愛した。よって、室外機はあらかじめ床スラブ上に取付けた状態で、室内機は1台は実物をあらかじめ吊った状態、残りの3台は接続配管を約1mほど用意した状態で施工検証を始めた（**写真2**）。

機器と配管の接続方法は、2.3. 接続方法 で説明したとおりで、施工開始は**写真2**の通りである。

## 2.5 配管施工

配管は図6のように、X2通りにセットした室外機廻りから施工して、X8通りまで施工した。その後、X4通り近くまで折り返し、またX8通りまで配管した。配管長をできるだけ長く確保するためにこのような配置とした。

室内機廻りの施工は、アルミ冷媒配管はアルミ分岐管を使用し、銅冷媒配管はメーカー純正の分岐管を使用した。

## 2.6 耐圧試験

耐圧試験に関しては、同じ冷媒長であり、今回の目的はあくまでも配管施工時間の比較であるので、アルミ冷媒配管、銅冷媒配管ともに同じ時間とした。

当然、ガス漏れがないことを確認してから、保温補修作業を行った。

## 2.7 保温補修

保温補修は以下の通りとした。

- ① ろう付継手廻り：アルミ冷媒配管と銅冷媒配管ともに、従来の断熱方法と同じく、配管の被覆を補修材として使用した。
- ② 機械式継手廻り：アルミ冷媒配管の配管サイズ 15.88mm 以上はアルミ機械式継手を使用したもので、専用の断熱施工法で行った。
- ③ 分岐管廻り：アルミ冷媒配管は、アルミ分岐管を使用したもので、専用の断熱施工法で行った。銅冷媒配管は、メーカー純正の分岐管を使用したもので、付属の専用断熱材を使用した。

## 3. 施工検証

### 3.1 搬入運搬

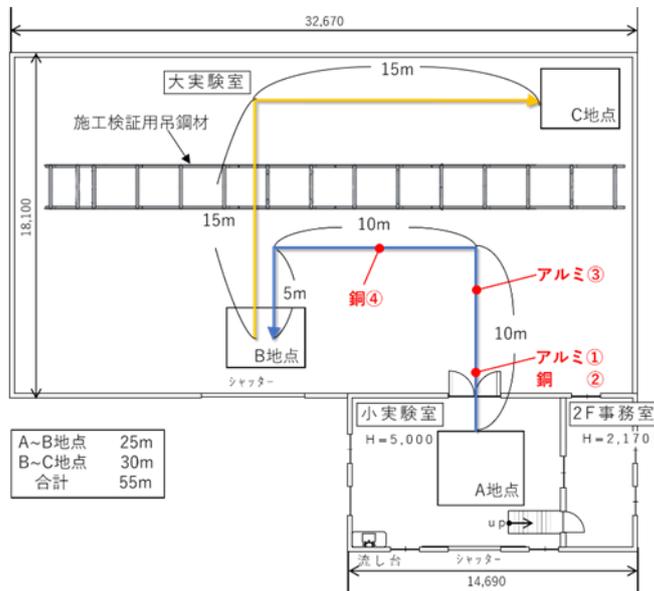
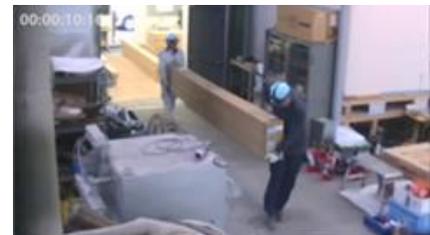


図7 搬入運搬経路図



アルミ①



銅②

写真3 直管の搬入運搬

搬入運搬経路図を図7に示す。直管は2人で手運びで行った。アルミ冷媒配管は3箱、銅冷媒配管は2箱を、同時に運んだ。図7に写真3のアルミ①と銅②の場所を示す。アルミ冷媒配管と銅冷媒配管の直管1箱とコイル管1箱の重量を表4に示す。

2人の手運びで無理なく運べるのは、アルミ冷媒配管3箱で24.78kg、銅冷媒配管2箱で34.24kgであり、アルミ冷媒配管の方が1箱多く運べて、銅冷媒配管よりも軽いことがわかる。

コイル管は台車を使ったので、アルミも銅も4箱同時に移動した。図7に写真4のアルミ③、銅④の場所を示す。

表4 直管1箱とコイル管1箱の重量表

直管1箱	合計重量 (kg)	本数 (本)	配管重量 (kg/本)	断熱材重量 (kg/本)
アルミ	8.26	5	1.33	0.32
銅	17.12	5	3.1	0.32
コイル管1箱	合計重量 (kg)	m数 (m)	配管重量 (kg/m)	断熱材重量 (kg/m)
アルミ	5.6	20	0.22	0.06
銅	9.6	20	0.42	0.06



アルミ③



銅④

写真4 コイル管の搬入運搬

### 3.2 配管吊り金物の取付

配管吊り金物の取付作業の段取りとして、配管吊用の吊バンドや保護プレート等の配管吊支持材を用意し、吊棒を所定の長さに切断する等の準備を行い、写真5のように「施工検証用吊鋼材」に長ナットに切断した短い吊棒や配管吊金物を取り付けた。



写真5 吊り金物の取付状況

### 3.3 配管施工

配管施工は、銅冷媒配管を先に行い、そのあとにアルミ冷媒配管を施工した。

写真6 に示すようにメイン配管の直管（定尺 4m）を吊ってから、室外機廻りを配管した。その次に、メイン配管から室内機廻りの配管を行った。



写真 6-1 室外機廻り配管施工状況(銅)



写真 6-2 室外機廻り配管施工状況(アルミ)

写真 7 は、銅冷媒配管のメイン管のろう付接続作業の状況を、写真 8 は、分岐管廻りの施工の状況を示す。



写真 7 銅配管のメイン管施工状況



写真 8 銅配管の分岐管廻り施工状況

写真 9 に地組によるアルミ冷媒配管分岐管ユニット廻りの配管施工状況を示す。配管サイズに合わせて、アルミろう付継手とアルミ機械式継手を併用する。また、アルミ配管は、銅配管に比べて質量が約 1/3 と軽く、写真 10 のように約 3m の地組で組んだ配管を一人で高所作業車にのせて、施工が可能である。

また、アルミ配管の施工において、配管サイズ  $\phi 15.88$  以下のコイル管の接続は、写真 11 のようにアルミろう付工法にて接続を行った。



写真 9 地組によるアルミ分岐管廻り配管施工状況



写真10 アルミ分岐管廻り配管施工状況



写真11 アルミろう付施工状況

アルミ冷媒配管は、もともとアルミ配管の表面に強固な酸化被膜で覆われているため、ろう付しても配管表面に剥離性酸化被膜が発生することはなく、窒素置換が不要である。このため、アルミ冷媒配管のろう付作業は、大幅に施工時間が短縮できる。

### 3.4 断熱補修

一般的に冷媒配管は、断熱材が被覆された状態で市場で販売されている。配管の接続は、接続する部分の断熱材を施工できる長さカットして接続する。そのあと、ガス漏れ防止として、既定の耐圧試験で合格であることを確認してから、断熱補修を行う。銅配管の場合は、**写真12**のように、接続部に保温筒を切断したものはめ込んで断熱補修を行う。また、分岐管廻りも、耐圧試験後、漏れがないことを確認した後、断熱を行うが、この断熱材はメーカーの分岐管に付属している専用の保温材を使用する。



写真12 銅配管の継手まわりの断熱材の補修作業

一方、配管サイズがφ19.05～38.1のアルミ冷媒配管のアルミ冷媒配管用機械式継手を採用し、指定の断熱工法にて施工した。以下に要領を示す。

断熱材の種類は、厚みが10mmと20mmの二種である。配管断熱材10mmの場合は、配管断熱材の外側に円筒状の継手断熱材を予め挿入して継手を接合する（**写真13** 上部写真）。次に継手断熱材を継手上にスライドさせて、専用テープにて接着固定する（**写真13** 下部写真）。

配管断熱材20mmの場合は、配管断熱材の外側に円筒状の継手断熱材を予め挿入し、継手を接合後、背割れ形状の断熱材を設置する（**写真14** 上部写真）。次に、継手断熱材の背割れ部及び配管断熱材との突き合わせ部を隙間の無いように専用テープを用いて接着固定する。最後に円筒状の継手断熱材を継手上にスライドさせて、専用テープにて接着固定する（**写真14** 下部写真）。





写真 13 断熱材の厚み 10 mm の場合の施工状況



写真 14 断熱材の厚み 20 mm の場合の施工状況

写真 15 (左) に、断熱補修の断熱状況を示す。鋼管とアルミ管の断熱補修については、アルミ管の方が施工時間を要する。分岐管廻りは、写真 15 (右) のように、分岐管の中央部分を弾性に富んだ材料で断熱し、配管に関しては通常の断熱材を用いた。付き付け部は、専用のテープを用いて、隙間なく接着した。



写真 15 アルミ機械式継手(左写真)とアルミ分岐管(右写真)の断熱状況

#### 4. 施工検証の考察

施工時間の比較結果を表 5 に表す。

##### 4.1 搬入運搬

アルミ冷媒配管の方が、銅配管よりも、52 秒早く運搬できた。これは、アルミ冷媒配管は、2 人で三箱、銅配管は 2 人で二箱運んだためである。

##### 4.2 配管吊金物の取付

アルミ冷媒配管は、9 分施工時間が短い結果となった。これは、メイン配管の吊支持間隔が、アルミ管が 2.5m、銅管が 2.0m であるため、吊支持数が少ないためである。

##### 4.3 配管施工

アルミ配管の方が、施工時間が 1 時間 34 分短い結果となった。この原因は以下の三つである。

- 1) 吊支持間隔が大きいため吊金物の数が少なくて済む
  - 2) アルミ配管は軽いため、床面で地組してユニット化した部材を一人で高所作業車にのせ吊り込むことができる
  - 3) ろう付作業において、窒素置換作業が不要
- 以上より、大幅な作業が短縮できた。

##### 4.4 耐圧試験

アルミ配管も銅配管も同作業のため同じ結果となった。

##### 4.5 断熱補修

銅配管の方が、6 分短い結果となった。これは、銅配管の断熱は、写真 12 のように、配管の被覆管をそのまま、利用するのに比べ、アルミ配管は専用の断熱工法を採用している。3.4 断熱補修の写真 13～15 の通り、アルミ冷媒配管の方は手間のかかる工法となっていることが原因である。このことから、今後、分

岐管廻りの断熱方法は、通常の銅の分岐管の断熱方法のように、専用の断熱部材を使用した単純かつ容易な工法が有効である。

## 5. まとめ

表 5 内の搬入運搬時間を含めない、①配管吊金物の取付から④断熱補修作業の合計は、アルミ冷媒配管が 419.8 分、銅冷媒配管が 517.3 分となり、アルミ冷媒配管の方が 97.5 分、短い結果となった。よって、アルミ冷媒配管の方が銅冷媒配管よりも約 20%の作業時間が削減できた。

表 5 施工時間の比較

	作業内容	アルミ冷媒配管の施工		銅冷媒配管の施工	
		作業時間	累計時間	作業時間	累計時間
①	搬入運搬	3分45秒	銅よりも52秒早い	4分37秒	
①	配管吊金物取付	14分	-	23分	-
②	配管施工	5時間20分20秒	5時間34分20秒	6時間54分50秒	7時間17分50秒
③	耐圧試験	4分	5時間38分20秒	4分	7時間21分50秒
④	断熱補修	1時間21分30秒	6時間59分50秒	1時間15分30秒	8時間37分20秒
	①～④合計		419.8分(81%)		517.3分(100%)

## 6. 今後の展開

施銅の価格は 2021 年も上昇は継続し、アルミの価格の約 3 ～4 倍になっている<sup>9) 10)</sup>。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、より建築業界への普及に拍車をかけることになるだろう。

検証の結果、アルミ冷媒配管システムの方が、銅冷媒配管よりも、施工時間が削減でき、「現場作業の効率化」は「働き方改革への寄与」として、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、広く普及するように尽力していきたい。

## 文 献

- 1) 権田勝美、込山治良：アルミ冷媒配管システムの開発－第 6 報－アルミ冷媒配管と銅冷媒配管との施工検証(1)「施工条件」、令和 3 年度空気調和衛生工学会大会、(2021. 9. 15-17)
- 2) 込山治良、権田勝美：アルミ冷媒配管システムの開発－第 7 報－アルミ冷媒配管と銅冷媒配管との施工検証(2)「施工検証と考察」、令和 3 年度空気調和衛生工学会大会、(2021. 9. 15-17)
- 3) アルミ冷媒配管施工指針 (APEA3001 : 2020)、一般社団法人アルミ配管設備工業会(2020. 4)
- 4) アルミ冷媒配管施工指針 別添資料③ (APEA3001 : 2020)、一般社団法人アルミ配管設備工業会(2020. 4)
- 5) 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)
- 6) 権田勝美、込山治良：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)
- 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) 湯浅憲、権田勝美、込山治良、山本一郎：局所窒素置換型銅配管ろう付け工法の開発、平成 30 年度空気調和衛生工学会大会、(2018. 9. 12-14)

- 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](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**

The building number of days is compared with the same construction conditions and construction verification of the aluminum refrigerant plumbing and the copper refrigerant plumbing is conducted. The purpose is to understand the merits of The Aluminum Refrigerant System quantitatively.

It was concluded that a person working on the aluminum refrigerant plumbing could reduce their working hours by approximately 20% as compared to the copper refrigerant plumbing.

The aim of this study is to extensively propagate the “efficiency of ” site work as the method of construction which can contribute to the policy proposed by the government as “how to work, contribution to reform “ for futures development.