

平成30年度化学物質規制対策
(業務用冷凍空調機器等の使用時漏えい量に関する実
態調査)

平成31年3月

 **みずほ情報総研株式会社**

<目次>

1. 調査目的	1
2. 調査の概要	2
2.1 業務用冷凍空調機器の使用状況（整備時・廃棄時）における漏えいの実態調査	2
2.2 業務用冷凍空調機器等の稼働時の排出量(漏えい)推計に用いる、市中稼働機器台数と市中で稼働中の機器の充填量から算出される市中稼働機器冷媒充填量に乗じる「機器稼働時排出係数」の算出	2
2.3 フロン類の充填量及び回収量報告（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析	2
2.4 算定漏えい量報告結果（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析	2
3. 調査結果	4
3.1 業務用冷凍空調機器の使用状況（整備時・廃棄時）における漏えいの実態調査	4
3.2 業務用冷凍空調機器等の稼働時の排出量(漏えい)推計に用いる、市中稼働機器台数と市中で稼働中の機器の充填量から算出される市中稼働機器冷媒充填量に乗じる「機器稼働時排出係数」の算出	10
3.3 フロン類の充填量及び回収量報告（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析	20
3.4 算定漏えい量報告結果（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析	23
Appendix	27
A.1 平成30年度冷媒配管施工時における冷媒漏えい要因分析調査報告書	27
A.2 技術講習会テキスト	39
A.3 実習要領書	106
A.4 ポイント集	118

1. 調査目的

高い温室効果等を有するフロン類に関し、製造段階から廃棄段階に至るライフサイクルを見据えた包括的な対策を実現するために、平成27年4月に「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」（フロン排出抑制法）を施行した。

同法に基づいた主要対策の一つとして、業務用冷凍空調機器の使用（稼働）時におけるフロン類の漏えい抑制があることから、現在、当該機器の管理者（機器のユーザー）に対し、機器の点検作業や点検記録簿の作成・保存等を義務付けることで、フロン類の使用時漏えいの削減を目指しているが、業務用冷凍空調機器等は、市中に様々な種類、設置環境、使用状況（使用年数など）で存在していることから、機器の使用時漏えいの現状を精緻に把握できていないのが実態である（フロン類の使用時漏えい量の経年変化の把握や管理者の漏えい防止対策を促す観点で、平成28年度から、同法に基づく「フロン類算定漏えい量報告制度」により、管理する業務用冷凍空調機器からのフロン類の漏えい量が年間1,000t-CO₂以上となる管理者から、フロン類の使用時漏えい量の報告を受けることを開始したところである。）。

業務用冷凍空調機器の冷媒等として使用されるフロン類漏えいの約半分は機器使用時に発生しており、その漏えいの現状をより精緻に把握することは、フロン類の使用時漏えい対策の強化のみならず、機器廃棄時のフロン類排出抑制（回収率向上）にも資するものである。

このため、業務用冷凍空調機器等からのフロン類の使用時漏えいの現状を調査し、今後のフロン類排出抑制対策の進展に有用な情報を得ることを目的とした。

2. 調査の概要

2.1 業務用冷凍空調機器の使用状況（整備時・廃棄時）における漏えいの実態調査

- ・実態を反映させるために必要な調査要件（対象機器、対象台数、対象期間等）や手法（アンケート・ヒアリング調査対象者、調査事項等）に関する精査・検討を行った。
- ・前述の要件・手法に基づき、市中で使用（稼働）中の業務用冷凍空調機器等に関し、当該機器の設置状況や整備履歴、整備時や廃棄時におけるフロン類の漏えい状況等の実態調査を行った。

2.2 業務用冷凍空調機器等の稼働時の排出量(漏えい)推計に用いる、市中稼働機器台数と市中で稼働中の機器の充填量から算出される市中稼働機器冷媒充填量に乘じる「機器稼働時排出係数」の算出

- ・2.1 の実態調査結果に関する分析結果に基づき、業務用冷凍空調機器等の稼働時におけるフロン類の排出量（漏えい量）を推計するために必要な「機器稼働時排出係数」を算出した。

2.3 フロン類の充填量及び回収量報告（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析

- ・平成30年度に実施する平成29年度分の充填量・回収量報告に関し、都道府県宛てに紙面で報告される報告データに基づき、平成29年度分速報値結果の取りまとめ（データの確認、登録等）を行った。
- ・2年度分の結果（平成28年度分の集計結果と平成29年度分の速報値結果）を属性（機器別、冷媒種など）別に整理した上で、上述（1）の実態調査結果との比較分析を行った。

2.4 算定漏えい量報告結果（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析

- ・平成30年度に実施する平成29年度分の算定漏えい量報告に関し、経済産業省宛てに紙面で報告される報告データに基づき、平成29年度分速報値結果の取りまとめ（データの確認、登録等）を行った。
- ・2年度分の結果（平成28年度分の集計結果と平成29年度分の速報値結果）

を属性（業種、冷媒種、報告者など）別に整理した上で、上述（１）の実態調査結果との比較分析を行った。

3. 調査結果

3.1 業務用冷凍空調機器の使用状況（整備時・廃棄時）における漏えいの実態調査

3.1.1 整備時における漏えいの実態

本項では、配管施工時のフレア加工とろう付けの技術力による漏えいへの影響について、実技データを収集して評価した。併せて、漏えい要因についてアンケート調査を実施した。

また、整備時の漏えいの状況について、併せて、整備時の漏えいの実態についてメーカー、ユーザー、メンテナンスなどの事業者に対してヒアリングを行った。

(1) 配管施工時のフレア加工とろう付け技術力の分析

冷媒配管施工現場の配管接合作業は、手作業の工程が大半を占めるため、同一の作業を行っても作業者の技量により密閉度合いに差が生じる可能性がある。冷凍空調機器使用時の冷媒漏えい部位としては、フレア部やろう付け部が多い。

機器使用時の冷媒漏えい要因としては、経年劣化や使用環境によるものが多いものの、一部に施工不良によるものがあると考えられている。

そのため、現場における冷媒配管施工時における、配管接合部の加工方法や作業手順等の実態調査を行い、施工品質向上に向けた冷媒漏えい防止策の一環として、冷媒漏えいに起因する要因分析を実施した。

表 3.1-1 フレア加工とろう付け技術力の分析方法

対象者	・(一社)日本冷凍空調設備工業連合会が実施した「フレア加工・ろう付け技術講習会」の受講者
対象者数	・200名程度
フレア加工の評価方法	・フレアの加工処理評価 ・フレアユニオン締付け作業評価 ・フレア加工組立後の漏れ検査(気密試験)
ろう付けの評価方法	・配管切断面の加工処理評価 ・ろう付け作業評価 ・ろう付け接合部の切断によるろうの浸透評価
冷媒漏えい要因の評価 (アンケート内容)	・漏えい部位の確認 ・漏えい箇所の確認 ・漏えいが起こりやすい経過年数 ・漏えいの発生原因

フレア加工、ろう付け共に、講習会にて実技講習を受けることで、技術力が向上したとのアンケート回答が多かった。受講者が仕上がりに差を感じているとおり、作業者の技術力により加工処理の仕上がりに差が生じることが分かった。フレア加工に関する結果を図 3.1-1 に概要を示す。

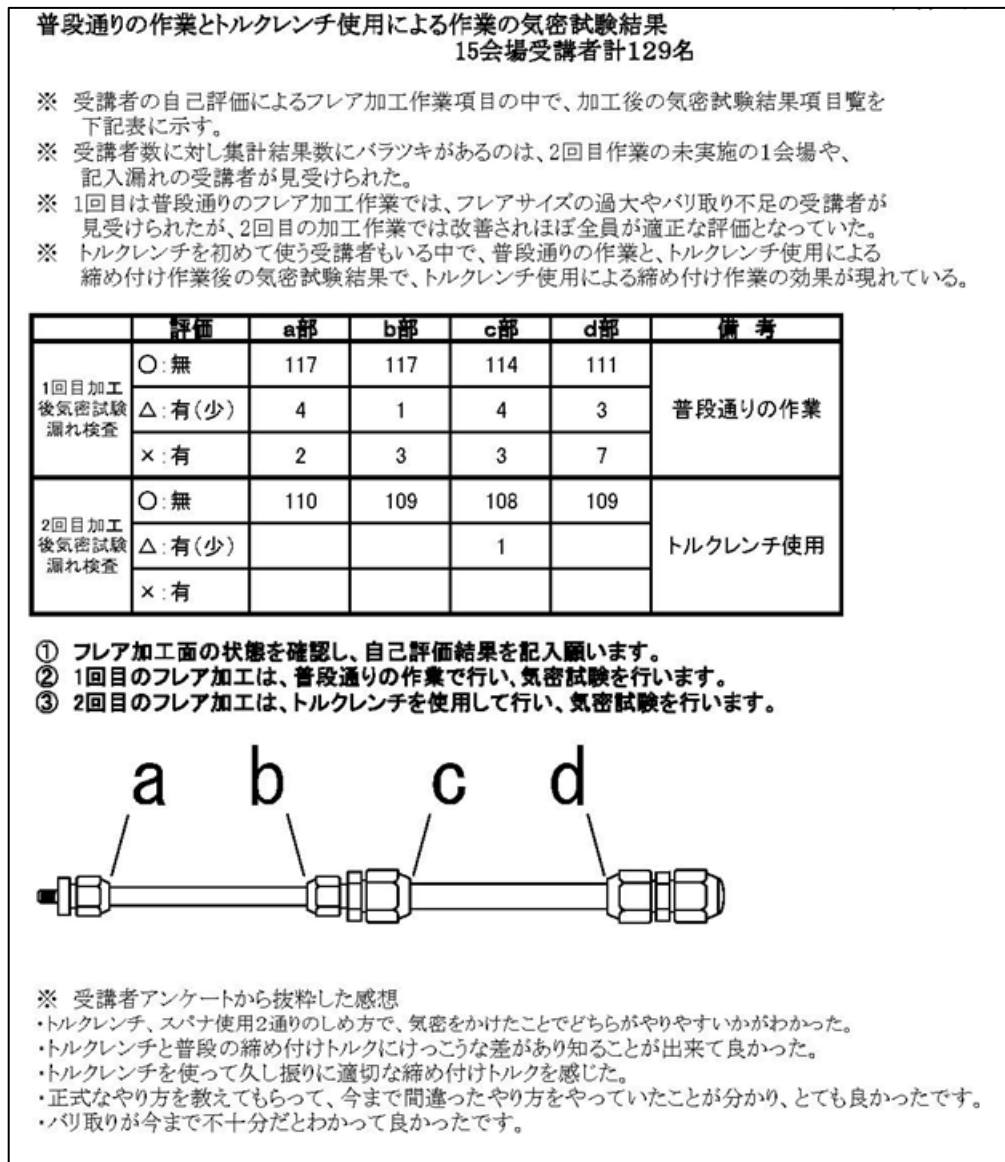


図 3.1-1 フレア加工の評価結果

冷媒漏えい要因に関するアンケート結果を表 3.1-2 に示す。現地施工配管からの漏えいが最も多く 4 割弱となった。次いで、室外機、室内機の順となり。一体型機器からの漏えいは 5% と少なかった。

使用時における冷媒漏えいの状況を把握する上では、現場施工配管の実態を把握

することが重要なものと考えられるが、現場施工配管は、一体型機器や室内機、室外機と異なり、施工環境に依存して形状や充填量が異なるため、メーカーにおいても実態を把握していない。一方で、機器の管理者においても、施工は充填回収業者に依頼することから、詳細は把握しておらず、実態を把握している主体が明確ではないことが課題と考えられる。

漏えい箇所としては、フレア部が4割弱と多く、次いで、ろう付け部が挙げられた。講習会にて技術力の確認を行ったフレア部とろう付け部の施工技術向上が使用時の冷媒漏えい対策には重要なものと考えられる。

漏えい発生が多い経過年数としては、3年以上10年以内が最も多く、年数が均等に取られていないため、一概な判断は難しいものの、配管施工の実務者の感覚として、初期不良よりも経年劣化による漏えいが多いと認識しているものと考えられる。

漏えい要因としては、振動や経年腐食による影響が大きく、経年での使用により、漏えいが起こりやすくなることが、要因からも示された。

表 3.1-2 冷媒漏えい要因に関するアンケート結果

5 . 冷媒漏えい箇所およびその要因について教えて下さい。(複数回答可)				
(1)漏えい部位	①一体型機器	②室外機	③室内機	④現地施工配管
	8 (5%)	57 (33%)	42 (24%)	64 (37%)
	⑤不明	計172件		
1 (1%)				
(2)漏えい箇所	①継手	②フレア部	③ろう付部	④配管
	19 (8%)	92 (39%)	46 (20%)	39 (17%)
	⑤溶接部	⑥弁類	⑦不明	計234件
	30 (13%)	7 (3%)	1 (Uベンド)	
漏えい発生で多い経過年数	①3年以内	②10年以内	③11年以上	計105件
	30 (29%)	52 (50%)	23 (21%)	
(3)要因	①キズ・こすれ	②経年腐食	③経年劣化	④振動
	48 (16%)	52 (17%)	37 (12%)	58 (19%)
	⑤設置環境不備	⑥締め付け不足	⑦ろう付不足	⑧熱膨張・収縮
	12 (4%)	40 (13%)	40 (13%)	16 (5%)
	⑨その他	計307件		
4 (フレア締造ぎ)				

(2) 整備時における漏えいの実態に関するヒアリング

整備時における漏えいの実態に関してユーザー、メーカー、施工者等に対してヒアリングにて確認した。結果を表 3.1-3 に示す。

点検等の記録の保管状況としては、機器の販売ルートが多岐にわたってきていることに加えて、点検を行う際も窓口と作業主体が異なるなど、関係者が多数存在することから保管・引継ぎ状況が曖昧になってしまう機器も存在する。

初期充填量については、メーカー出荷時の「出荷時充填量」と現場設置時の「設置時追加充填量」の2つに分けられるものと考えられるが、後者の方が大きいものと考えられる。

設置時追加充填量については、設置場所の環境に依存するものである一方で、機器管理者が詳細を把握することは難しく、また、充填回収業者はその時々で変わる可能性があることから、状況把握が難しいものと考えられる。

また、設置時追加充填量は季節ごとに変化させる必要があり、設置時追加充填量が少ない冬季に充填する場合には、後日追加充填を行うこととなる。この追加充填については、漏えい量として扱われてしまっている可能性がある。

表 3.1-3 整備時における漏えい実態に関するヒアリング回答

項目	回答
点検等の記録の保管	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカーでは充填証明書は保管しておらず、充填・回収業者が保管しているのではないかと(メーカー) ・メーカーに対して問い合わせが来るのは故障時のサポート。通常時の管理データは把握していない(メーカー) ・機器の販売ルートは複雑になってきており、点検などの記録の所有者も転々とするため、どこかで途絶える可能性はあるが、メーカーのサポートであれば記録を保持しているのではないかと(施工者) ・設置、点検、廃棄の際の連絡先はメーカーであり、直接充填回収業者とやり取りすることはない。充填記録はメーカーから受領して保管している(ユーザー)
初期充填量	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカー出荷時の充填量よりも現場での設置時追加充填量の方が大きい(メーカー) ・季節により必要な充填量は異なり、冬と比べて夏は多く充填する。正しく管理している場合には、冬に設置した機器のシーズン点検として夏に追加充填を行うが、現状は初期充填量ではなく、漏えい量として扱われてしまう可能性がある(施工者) ・同じ機器、配管長でもメーカーにより機器内のタンク構造が異なり、現場充填量は異なる(施工者) ・機器の出荷時充填量は把握しているものの、現地で追加充填された分についてはフロン法排出抑制法で対応を求められる前のものは把握していない(ユーザー)

3.1.2 廃棄時における漏えいの実態

本項では、廃棄時の漏えいの実態についてメーカー、ユーザー、メンテナンスなどの事業者に対してヒアリングを行った。

機器の廃棄時の状況については、大型機器についてはメーカーが販売後も関与するため、情報が把握できているが、小型機器については、メーカーでは把握できていない。特に業務用冷蔵庫などは、物件と一体で居抜き状態として販売される、リサイクルに回るなど、様々な方法で所有者が変わることから、メーカーでは状況を把握できていないものと考えられる。

一方で、建物据え付けの機器については、不動産取引の一環として受け渡されるため、メンテナンス記録やメンテナンス窓口などの引継ぎも適切に行われているものと考えられる。

表 3.1-4 廃棄時における漏えい実態に関するヒアリング回答

項目	回答
廃棄時の機器管理	<ul style="list-style-type: none"> ・大型機器についてはメーカーが廃棄を担当するが、小型機器は卸業者や地場の業者が担当している可能性があり、メーカーでは把握できていない(メーカー) ・建物が解体される際の状況はメーカー側では把握していない。建物内に複数の機器が混在しており、機器ごとの詳細は把握できないのではないかと(メーカー) ・建物据え付けの機器は、建物ごと解体することではなく、メーカーに管理を依頼している。一方で、メーカーも直接作業をするわけではなく、他者が作業していると考えられるため、実態は把握できていない(ユーザー)
リユース時の機器管理	<ul style="list-style-type: none"> ・大型機器については、メーカーで対応するが、小型の冷凍冷蔵機器や家庭用エアコンは売り切りのため、販売後の情報は把握できない(メーカー) ・機器が設置されている不動産のオーナーを変更する際には、メンテナンスの記録及びメンテナンス窓口は引き継ぐこととなっており、記録が途絶えることはない(ユーザー)

3.2 業務用冷凍空調機器等の稼働時の排出量(漏えい)推計に用いる、市中稼働機器台数と市中で稼働中の機器の充填量から算出される市中稼働機器冷媒充填量に乗じる「機器稼働時排出係数」の算出

本節では、市中で現在稼働している機器のデータを収集、分析し「機器稼働時排出係数」の算出を行った。併せて、本調査にて収集したデータのデータベース特性を分析し、今後「機器稼働時排出係数」の算出を正確かつ容易に行っていくための方策について検討を行った。

3.2.1 事業者 A 提出データの分析

事業者 A より提出を受けたデータを基に漏えい率の分析を行った。年間での漏えい量の提供を受けたため、漏えい率は算定できたものの、個々の漏えい（充填）イベントがどのような状況により生じたかを把握することができなかった。

表 3.2-1 事業者 A の記録簿のデータ項目

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 設置場所● 機器分類● 設備名● 型式● 製造番号● 製造年● 導入日● メーカー● 冷媒● 機器出力● 冷媒封入量● 年間漏えい量● 設置場所 |
|--|

3.2.2 事業者 B 提出データの分析

事業者 B より提出を受けたデータを基に分析を行った。初期充填量が記録されておらず、漏えい実態の把握はできたものの、漏えい率の算定には至らなかった。

表 3.2-2 事業者 B の記録簿のデータ項目

● 実施日
● 工事種別
● 作業分類
● 実施者
● 設置場所
● 冷媒種類
● 機器種類
● 型式
● 製造番号
● 充填量
● 回収量
● 漏えい量
● 原因
● 処置内容

3.2.3 RaMS データの分析

一般財団法人日本冷媒・環境保全機構が提供している「RaMS 冷媒管理システム」に登録されているデータを用いて漏えい率の分析を行った。なお、分析にあたっては、利用者名などを事前に削除した状態で取得し、受託者が利用者に関する情報を把握できない形で授受を行った。

分析にあたっては、現時点で稼動している機器のみを選定し、132,771 件のデータの提供を受けた。なお、RaMS においては、記録 1 件は 1 イベント（点検や整備等）単位で記録されている。

RaMS のデータ項目を以下に示す。

表 3.2-3 RaMS のデータ項目と入力形式

項目	入力形式
機器管理番号	4-4-4 の下 4 桁のみ
設備製造者	自由記述
設置年月日	yyyy/mm/dd
使用機器分類	選択式
使用機器用途	選択式
使用冷媒	選択式
出荷時初期充填量	数値入力
作業年月日	yyyy/mm/dd
点検・整備区分	自由記述
充填冷媒	選択式
回収量	数値入力
戻し充填量	数値入力
追加充填量	数値入力
破壊再生量	数値入力
点検内容	自由記述
点検結果	選択式
漏洩・故障箇所	自由記述
漏洩・故障原因	自由記述
修理内容	自由記述
直ちに修理困難な場合はその理由	自由記述
修理予定日	yyyy/mm/dd

RaMS は各事業者の冷媒管理を支援することを目的としたシステムであり、全事業者のデータを横断的に評価することを前提としていない。そのため、事業者ごとの記載の違いが存在する。また、自由記述形式で管理していた項目も多く、誤記も存在したことから、データクレンジングを行った。クレンジングを検討した項目は以下のとおり。

- 機器管理番号の重複
 - ・設備製造者、設置年月日、使用機器分類、出荷時初期充填量を基に整理
- 使用機器分類と使用機器用途の不整合
 - ・表 3.2-4 の通り修正
- 点検・整備区分の記載内容の整理
 - ・表 3.2-5 の通り「設置時追加充填量」と「設置時点検」のデータを集約し、

「設置時追加充填量」とした。その他のデータについては、点検・整備区分の記載内容が分析に影響を及ぼすことがなかったため対応は行わなかった。

表 3.2-4 集約作業結果（使用機器分類）

使用機器分類	レコード数	集約先
空調用	64,781	
店舗用パッケージエアコン	37,535	
ビル用パッケージエアコン	10,877	
設備用パッケージエアコン	6,947	
ガスヒートポンプ	6,102	
空調用チラー	2,205	
遠心式冷凍機	215	
冷凍冷蔵ユニット	201	
スクリーン冷凍機	64	
コンデンシングユニット(冷凍・冷蔵)	45	冷凍用・プロセス冷却用
別置型冷凍冷蔵ショーケース	11	冷凍用・プロセス冷却用
冷凍冷蔵用チラー	11	冷凍用・プロセス冷却用
車載用冷凍冷蔵ユニット	3	冷凍用・プロセス冷却用
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	3	冷凍用・プロセス冷却用
ブラインチラー	2	
鉄道車両用冷房ユニット	1	
冷水機	1	
その他	558	
冷凍用・プロセス冷却用	67,990	
冷凍冷蔵ユニット	52,607	
コンデンシングユニット(冷凍・冷蔵)	7,824	冷凍冷蔵ユニット
冷凍冷蔵用チラー	1,642	
内蔵型業務用冷蔵庫	994	
別置型冷凍冷蔵ショーケース	799	
遠心式冷凍機	747	
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	671	
スクリーン冷凍機	440	
製氷機	313	
店舗用パッケージエアコン	260	空調用
冷水機	243	
ブラインチラー	176	
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	132	
空調用チラー	78	空調用
ビル用パッケージエアコン	61	空調用
設備用パッケージエアコン	47	空調用
車載用冷凍冷蔵ユニット	34	
ガスヒートポンプ	27	
船舶用冷凍冷蔵ユニット	3	
鉄道車両用冷房ユニット	2	
その他	890	
総計	132,771	

表 3.2-5 点検・整備区分の記載内容

No.	点検・整備区分	レコード数
1	設置時追加充填量	63,863
2	定期点検	62,136
3	漏えい修理	2,746
4	呼出点検	1,908
5	整備(修理)後点検	694
6	設置時点検	625
7	持ち帰り点検・整備	189
8	機器休止	38
9	圧縮機交換	30
10	定期整備	27
11	部品交換	23
12	保守点検	23
13	メンテナンス	17
14	その他	16
15	移設	15
16	登録のみ	15
17	廃棄	13
18	機器移管・譲渡	12
19	型式修正	12
20	漏洩点検	12
21	冷却不良修理	11
22	登録内容追加	10
23	閉店	10
24	フロン漏洩点検	9
25	修理	9
26	登録内容の追記のみ	8
27	機器廃棄	7
28	予防保全	7
29	ガス補充	6
30	フィルター交換	6
31	圧縮機・基盤交換	6
32	誤記訂正	6
33	施設情報修正	6
34	保全整備	6
35	膨張弁交換	6
36	移設工事	5
37	登録情報確認	5
38	保守定期点検	5
39	圧縮機不具合	4
40	管理者情報修正	4
41	自主点検	4

No.	点検・整備区分	レコード数
42	修理前冷媒回収	4
43	追加充填	4
44	不具合による修理	4
45	コンプレッサー交換	3
46	凝縮器気密点検	3
47	室内・外機移設工事	3
48	室内機移設工事	3
49	点検保守	3
50	登録修正	3
51	登録情報変更	3
52	冷媒回収	3
53	冷媒追加充填	3
54	冷媒漏洩点検	3
55	ガス量調整点検	2
56	コンプレッサ交換	2
57	チャッキ交換	2
58	フィルター交換	2
59	リモートコンデンサ交	2
60	圧縮機交換(整備)	2
61	機器取り外し	2
62	機器登録修正	2
63	凝縮器交換	2
64	緊急修理	2
65	故障	2
66	故障修繕	2
67	室外機移設	2
68	室外機部品交換	2
69	室内機配管縁切り	2
70	修理依頼	2
71	修理状況補足	2
72	他作業時発見	2
73	撤去	2
74	点検	2
75	点検依頼	2
76	破壊処理	2
77	不具合修理	2
78	補修	2
79	冷却器交換	2
80	冷媒量確認	2
81	その他	123
総計		132,771

上記の様なデータクレンジングを行ったものの、RaMS システムの構造上、使用機器分類や使用機器用途が途中から変更することができるため、機器情報が把握できない記録や出荷時初期充填量が記載されていない、記載されているものの誤りがあるために漏えい率が正しく計算されない記録が多数発生した。

出荷時初期充填量の誤記としては、以下のものが多く挙げられた。

- ・ 値を把握していないために 0 と記載されている。
- ・ 設置時に追加充填した記録はあるものの、初期充填量に反映されておらず、その後の点検や充填記録における初期充填量がメーカー出荷時の充填量のみとなっている

また、全般的な傾向として、フロン排出抑制法への対応が必要となる以前の記録はデータが粗い傾向にあった。

データ精度、及び直近の使用時漏えいの状況を正確に把握するため、直近 2 年度間のデータに着目し、分析を行った。

漏えい率は以下のように定義した。

$$\text{漏えい量} = \text{追加充填量} - (\text{回収量} - \text{戻し充填量})$$

$$\text{漏えい率} = \text{漏えい量} \div \text{初期充填量}[\text{出荷時充填量} + \text{設置時追加充填量}]$$

前述のとおり、データクレンジングを行っているものの、記載データの単位誤り等の値に関する誤記については、除外できていないことから、外れ値の除外を行った。

データ数が十分に存在していることから、漏えい率が正規分布するものと仮定し、平均値 + 標準偏差の 2 倍（以下、 $\mu + 2\sigma$ とする）以上の値となったものを外れ値とみなし除外した。加えて漏えい率が負の値となるものも除外した。

下表のとおり、 $\mu + 2\sigma$ が 50% 程度となった。これは、1 漏えい（充填）あたりの量が多いものが除外されることを表しており、全量漏えいしたデータなどは除外されるが、機器が完全に修理できていない状態で複数回の充填を繰り返す、みだり放出は正常値として扱われる可能性があることを示す。

また、データの分布からも分かるように、大半のデータが点検記録であり、漏えい率は 0% であった。

表 3.2-6 2016 年度の全機器の漏えい率の分布

		データ区間	頻度	累積 %
		5%	19749	92%
		10%	117	93%
		15%	164	94%
		20%	206	95%
		25%	192	95%
		30%	172	96%
		35%	189	97%
		40%	191	98%
		45%	133	99%
		50%	227	100%
		55%	68	100%
		次の級	2	100%

2016年漏えい率		
	外れ値あり	外れ値なし
μ	6%	0%
$\mu + \sigma$	31%	-
$\mu + 2\sigma$	55%	-
n	22, 203	21, 410

表 3.2-7 2017 年度の全機器の漏えい率の分布

		データ区間	頻度	累積 %
		5%	29697	96%
		10%	125	97%
		15%	170	97%
		20%	233	98%
		25%	240	99%
		30%	162	99%
		35%	210	100%
		40%	0	100%
		次の級	0	100%

2017年漏えい率		
	外れ値あり	外れ値なし
μ	3%	0%
$\mu + \sigma$	19%	-
$\mu + 2\sigma$	35%	-
n	31, 923	30, 838

上述の外れ値の除外の前後、双方のデータを用いて機器ごとの平均漏えい率の算定を行った。平均漏えい率の算定にあたっては、機器ごとに1年度の間に漏えいした総量を機器ごとの初期充填量で割って算出したもの（加重平均）とレコード単位の漏えい率を平均したもの（算術平均）の2つの方法で検討を行った（表 3.2-8）。

加重平均については、我が国全体で生じた機器ごとの漏えいを示すものであり、算術平均については、機器ごとの1イベント（点検・修理など）あたりの漏えいを示すものである。

レコードの大半が0%であったこともあり、算術平均においては、漏えい率が大きな記録が存在するとその影響を受けるため、算術平均においては、特に値が大きくなる傾向にあった。

ブラインチラーや内蔵型冷凍冷蔵ショーケースの漏えい率が高い結果となったが、表 3.2-9 から表 3.2-12 より分かるとおり、レコード数（表中はn数）が少ないために、漏えいしたレコードが含まれていた場合の影響が大きくなったものと考えられる。

表 3.2-8 機器別の平均漏えい率

設備	平均漏洩率(加重平均)				平均漏洩率(算術平均)			
	2016年度		2017年度		2016年度		2017年度	
	外れ値有	外れ値除外	外れ値有	外れ値除外	外れ値有	外れ値除外	外れ値有	外れ値除外
空調用	4%	3%	3%	1%	5%	2%	2%	0%
スクリーン冷凍機	6%	6%	9%	5%	4%	1%	3%	1%
遠心式冷凍機	5%	4%	4%	1%	1%	1%	4%	1%
空調用チラー	1%	0%	2%	1%	1%	0%	1%	0%
ガスヒートポンプ	5%	4%	3%	1%	4%	2%	1%	0%
ビル用パッケージエアコン	5%	2%	4%	1%	5%	2%	3%	1%
店舗用パッケージエアコン	3%	2%	2%	1%	5%	1%	1%	0%
設備用パッケージエアコン	9%	7%	9%	4%	8%	5%	6%	1%
その他	34%	0%	0%	0%	13%	1%	0%	0%
冷凍用・プロセス冷却用	5%	3%	4%	2%	10%	3%	5%	1%
ブラインチラー	18%	16%	20%	13%	20%	10%	16%	5%
冷凍冷蔵ユニット	4%	3%	4%	2%	5%	3%	4%	1%
冷凍冷蔵用チラー	8%	4%	3%	1%	8%	2%	5%	1%
内蔵型業務用冷蔵庫	9%	2%	5%	0%	416%	8%	26%	5%
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	23%	4%	6%	2%	21%	11%	29%	4%
別置型冷凍冷蔵ショーケース	14%	3%	9%	1%	13%	3%	7%	1%
製氷機	0%	0%	1%	1%	4%	2%	7%	3%
冷水機	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	2%	0%	1%	1%	13%	0%	1%	1%
その他	22%	5%	8%	5%	3%	1%	6%	0%
総計(漏洩率は全体)	5%	3%	4%	1%	8%	2%	3%	1%

表 3.2-9 2016 年度の全機器の漏えい率の分布

	合計初期充填量	合計追加充填量	漏洩率 (総量から 算出)	n 数	漏洩率(レコード単位で算出)		
					平均 (算術)	最小値	最大値
空調用	251,629	10,926	4.3%	8,399	5.0%	0%	571%
スクリーン冷凍機	10,119	568	5.6%	105	4.4%	0%	100%
遠心式冷凍機	63,452	2,981	4.7%	208	1.3%	0%	50%
空調用チラー	22,298	209	0.9%	496	0.6%	0%	100%
ガスヒートポンプ	15,095	773	5.1%	670	3.7%	0%	158%
ビル用パッケージエアコン	27,910	1,437	5.1%	1,172	4.9%	0%	148%
店舗用パッケージエアコン	98,452	3,355	3.4%	4,922	5.1%	0%	571%
設備用パッケージエアコン	12,978	1,147	8.8%	766	8.4%	0%	202%
その他	1,325	455	34.3%	60	12.5%	0%	100%
冷凍用・プロセス冷却用	1,079,884	54,407	5.0%	14,267	10.2%	0%	58065%
ブラインチラー	1,039	192	18.5%	35	20.0%	0%	100%
冷凍冷蔵ユニット	950,467	37,607	4.0%	11,431	4.6%	0%	600%
冷凍冷蔵用チラー	18,292	1,502	8.2%	373	8.1%	0%	400%
内蔵型業務用冷蔵庫	3,130	276	8.8%	148	415.7%	0%	58065%
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	1,063	243	22.8%	89	21.3%	0%	133%
別置型冷凍冷蔵ショーケース	102,046	14,422	14.1%	1,982	13.1%	0%	857%
製氷機	1,076	2	0.2%	36	4.3%	0%	69%
冷水機	38	0	0.0%	32	0.0%	0%	0%
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	2,205	45	2.0%	24	12.5%	0%	167%
その他	528	119	22.4%	117	2.7%	0%	100%
総計(漏洩率は全体)	1,331,513	65,333	4.9%	22,666	8.2%	0%	58065%

表 3.2-10 2016 年度の全機器の漏えい率の分布 (外れ値を除外)

	合計初期充填量	合計追加充填量	漏洩率 (総量から 算出)	n 数	漏洩率(レコード単位で算出)		
					平均 (算術)	最小値	最大値
空調用	246,244	6,775	2.8%	8,052	1.6%	0%	55%
スクリーン冷凍機	8,750	508	5.8%	101	1.1%	0%	40%
遠心式冷凍機	63,452	2,691	4.2%	199	1.3%	0%	50%
空調用チラー	22,172	83	0.4%	492	0.3%	0%	45%
ガスヒートポンプ	14,866	522	3.5%	660	2.3%	0%	51%
ビル用パッケージエアコン	27,014	631	2.3%	1,136	2.0%	0%	55%
店舗用パッケージエアコン	96,520	1,459	1.5%	4,686	1.1%	0%	55%
設備用パッケージエアコン	12,597	878	7.0%	726	5.0%	0%	55%
その他	873	3	0.3%	52	0.7%	0%	27%
冷凍用・プロセス冷却用	1,055,454	30,588	2.9%	13,288	2.8%	0%	55%
ブラインチラー	1,012	165	16.3%	30	9.9%	0%	47%
冷凍冷蔵ユニット	937,638	26,944	2.9%	11,101	2.7%	0%	55%
冷凍冷蔵用チラー	17,475	778	4.5%	347	2.2%	0%	50%
内蔵型業務用冷蔵庫	3,059	50	1.6%	128	8.2%	0%	55%
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	1,049	41	3.9%	72	10.6%	0%	50%
別置型冷凍冷蔵ショーケース	91,501	2,587	2.8%	1,413	2.6%	0%	55%
製氷機	1,075	1	0.1%	34	2.4%	0%	50%
冷水機	38	0	0.0%	32	0.0%	0%	0%
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	2,175	0	0.0%	22	0.0%	0%	0%
その他	433	23	5.2%	109	1.2%	0%	50%
総計(漏洩率は全体)	1,301,698	37,363	2.9%	21,340	2.3%	0%	55%

表 3.2-11 2017 年度の全機器の漏えい率の分布

	合計初期充填量	合計追加充填量	漏洩率 (総量から 算出)	n 数	漏洩率(レコード単位で算出)		
					平均 (算術)	最小値	最大値
空調用	410,381	12,446	3.0%	19,290	2.1%	0%	462%
スクリーン冷凍機	8,103	725	8.9%	96	3.4%	0%	108%
遠心式冷凍機	49,131	2,160	4.4%	191	3.5%	0%	79%
空調用チラー	28,220	477	1.7%	758	0.8%	0%	100%
ガスヒートポンプ	39,881	1,069	2.7%	2,056	1.4%	0%	277%
ビル用パッケージエアコン	64,449	2,635	4.1%	3,254	3.1%	0%	260%
店舗用パッケージエアコン	197,987	3,615	1.8%	11,527	1.5%	0%	367%
設備用パッケージエアコン	20,595	1,765	8.6%	1,302	6.1%	0%	462%
その他	2,013	0	0.0%	106	0.0%	0%	0%
冷凍用・プロセス冷却用	1,001,231	44,037	4.4%	13,796	4.7%	0%	500%
ブラインチラー	969	192	19.8%	31	16.5%	0%	90%
冷凍冷蔵ユニット	899,949	35,769	4.0%	11,157	4.1%	0%	500%
冷凍冷蔵用チラー	16,409	465	2.8%	347	4.5%	0%	130%
内蔵型業務用冷蔵庫	1,790	88	4.9%	74	26.2%	0%	109%
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	1,337	74	5.6%	77	29.1%	0%	133%
別置型冷凍冷蔵ショーケース	77,617	7,365	9.5%	1,615	6.7%	0%	262%
製氷機	437	4	0.9%	24	7.2%	0%	100%
冷水機	121	0	0.0%	10	0.0%	0%	0%
車載用冷凍冷蔵ユニット	3	1	26.8%	3	33.3%	0%	100%
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	1,875	20	1.1%	23	1.4%	0%	33%
その他	726	58	8.1%	435	5.7%	0%	360%
総計(漏洩率は全体)	1,411,612	56,483	4.0%	33,086	3.1%	0%	500%

表 3.2-12 2017 年度の全機器の漏えい率の分布 (外れ値を除外)

	合計初期充填量	合計追加充填量	漏洩率 (総量から 算出)	n 数	漏洩率(レコード単位で算出)		
					平均 (算術)	最小値	最大値
空調用	397,959	3,874	1.0%	18,481	0.5%	0%	35%
スクリーン冷凍機	7,987	403	5.0%	91	0.6%	0%	31%
遠心式冷凍機	45,933	230	0.5%	174	0.8%	0%	33%
空調用チラー	27,889	250	0.9%	744	0.2%	0%	31%
ガスヒートポンプ	38,755	242	0.6%	1,981	0.2%	0%	33%
ビル用パッケージエアコン	61,533	801	1.3%	3,109	0.6%	0%	35%
店舗用パッケージエアコン	194,827	1,256	0.6%	11,094	0.4%	0%	34%
設備用パッケージエアコン	19,020	691	3.6%	1,219	1.5%	0%	34%
その他	2,013	0	0.0%	69	0.0%	0%	0%
冷凍用・プロセス冷却用	957,977	14,950	1.6%	12,357	1.3%	0%	34%
ブラインチラー	864	109	12.6%	26	4.7%	0%	31%
冷凍冷蔵ユニット	861,084	13,783	1.6%	10,515	1.3%	0%	34%
冷凍冷蔵用チラー	16,114	195	1.2%	329	0.7%	0%	33%
内蔵型業務用冷蔵庫	1,682	4	0.3%	52	4.7%	0%	32%
内蔵型冷凍冷蔵ショーケース	1,283	25	2.0%	51	3.6%	0%	33%
別置型冷凍冷蔵ショーケース	73,818	773	1.0%	1,089	0.9%	0%	33%
製氷機	436	4	0.8%	20	2.5%	0%	29%
冷水機	121	0	0.0%	10	0.0%	0%	0%
車載用冷凍冷蔵ユニット	2	0	0.0%	2	0.0%	0%	0%
その他輸送用冷凍冷蔵ユニット	1,875	20	1.1%	23	1.4%	0%	33%
その他	698	38	5.4%	240	0.4%	0%	30%
総計(漏洩率は全体)	1,355,936	18,824	1.4%	30,838	0.8%	0%	35%

3.2.4 「機器稼働時排出係数」の精緻化に向けた検討

本調査においては、RaMS を利用しており、意欲的に冷媒管理を行っている事業者のデータを用いたが、「機器稼働時排出係数」の算定精度については、課題が残るものとなった。

その理由としては、冷媒の初期充填量が把握できていないことにある。

現時点では、冷媒の初期充填量について明確な定義がなされていないため、事業者（機器管理者・充填回収業者）ごとに異なる定義の下で記録を行っている。

メーカーの出荷時充填量は規定値が存在しており、また、カタログや名盤などからも確認できるため、設置後でも情報収集が可能なものである。一方で現場設置時の追加充填量については、充填時の記録以外からは調べることができないため、その記録が誤ったものとなると、機器のライフサイクル全体を通じて誤った値が用いられることとなる。

前節でのヒアリングにおいては、出荷時充填量よりも現場設置時の追加充填量の方が多いとの意見もあったことから、「機器稼働時排出係数」の精緻化にあたっては、現場設置時の追加充填量の把握が重要なものと考えられる。

初期充填量の定義を明確化し、事業者に管理を求めることが、「機器稼働時排出係数」の精緻化につながるため、今後は初期充填量の定義を明確化する必要がある。一方で、それらのデータが報告され、精緻な「機器稼働時排出係数」が求められるようになるには長い時間を要する上、既に設置されている機器については今後も正しいデータを得ることができない。

そのため、まずは、設置時の追加充填量に関する確度の高い推計を行い、「機器稼働時排出係数」を精緻化することが望ましい。

設置時の追加充填量は概ね、配管径と配管の長さから推計できるものと考えられる。このうち、配管径については機器や冷媒種別から推測可能なものと考えられるため、配管の長さを把握する必要がある。

配管の長さそのものを把握できている機器管理者は少ないことから、アンケート等により配管の長さに関連する指標を収集すると共に、機器管理者の関係団体等との意見交換を行い、配管の長さについて調査していく必要があるものと考えられる。

その際、冷凍冷蔵機器については、特定製品の管理者が多く存在するスーパーマーケットやコンビニエンスストア、冷蔵倉庫等の事業者を中心に、空調機器については、不動産賃貸の事業者を中心に意見収集していくことが効果的なものと考えられる。

3.3 フロン類の充填量及び回収量報告（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析

本節では、データの確認及び登録を実施し、直近2年度間のデータの比較を行った。データの確認及び登録を行ったデータの概要は以下のとおり。

表 3.3-1 確認及び登録を行ったデータの概要（充填・回収量）

自治体数	8自治体
事業者数	約7千件

全国合計では、整備時と廃棄時等の合計値では、回収製品台数、回収量共に減少した。一方で、整備時と廃棄時等を分けた場合には、整備時は、回収製品台数が減少したものの、回収量が増加。廃棄時等は回収製品台数が増加したものの、回収量が減少した。増加、減少の傾向を自治体数で評価した場合、特に大きな偏りは見られなかった。

表 3.3-2 平成28年度と29年度の充填・回収量の差

	整備時								廃棄時等							
	CFC		HCFC		HFC		合計		CFC		HCFC		HFC		合計	
	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)
全国合計	-308	-28,598	-8,166	-83,232	-4,032	117,956	-12,506	6,126	-7,025	-18,403	-18,195	-196,160	33,735	205,859	8,515	-8,705
平均	-7	-609	-174	-1,771	-86	2,510	-266	130	-149	-392	-387	-4,174	718	4,380	181	-185
増加自治体数	17	14	10	10	24	37	19	24	19	21	11	13	27	35	25	22
減少自治体数	28	33	37	37	23	10	28	23	28	26	36	34	20	12	22	25

	合計(廃棄時等+整備時)							
	CFC		HCFC		HFC		合計	
	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)	回収製品台数(台)	回収量(kg)
全国合計	-7,333	-47,001	-26,361	-279,392	29,703	323,814	-3,991	-2,579
平均	-156	-1,000	-561	-5,945	632	6,890	-85	-55
増加自治体数	16	18	9	15	30	35	20	21
減少自治体数	31	29	38	32	17	12	27	26

3.4 算定漏えい量報告結果（平成28年度分実績値及び平成29年度分速報値）と本実態調査結果との比較分析

本節では、データの確認及び登録を実施し、直近3年度間のデータの比較を行った。データの確認及び登録を行ったデータの概要は以下のとおり。

表 3.4-1 確認及び登録を行ったデータの概要（算定漏えい量）

事業者数	130 件
------	-------

全体の算定漏えい量は増加したものの、HCFCの生産枠削減に伴い使用量自体が少なくなってきたR-22などが減少する一方で、R-404A等が増加する傾向にあった。

表 3.4-2 平成 28 年度から 29 年度にかけての業種別算定漏えい量の差

大分類	中分類	算定漏えい量 (tCO ₂ e)																					計											
		R-11	R-12	R-22	R-23	R-32	R-114	R-123	R-125	R-134	R-143	R-245a	R-401a	R-401c	R-403a	R-403b	R-407a	R-407c	R-407d	R-407e	R-410a	R-410b		R-412a	R-417a	R-422a	R-437a	R-502	R-507a	R-508	R-509a	その他		
	計	78,380	41,230	20,137	-2,382	9,538	599	632	-907	89,777	30,118	-106	1,053	-742	462	65	-11	74,306	-669	-313	1,854	-225	1	27,483	20	48	-34	-21	-919	-2,413	-26	1,255	233	142
A 農業・林業	1 農業	-8,499																				-8,499												
B 漁業	2 林業	24,734																				24,734												
C 鉱業・採石業	3 漁業(水産養殖業を除く)	19,517																				19,517												
D 建設業	4 水産養殖業	5,086																				5,086												
	5 採石業、砂利採取業	200	-379	-240																				-329										
	6 総合工業	-6																				-6												
	7 職別工業(設備工事業を除く)	-4																				-4												
E 製造業	8 設備工事業	-7,911	7,536																				-475											
	9 化学工業	-36,010	42	97,918	-1,184	-22																				-36,010								
	10 飲料・たばこ、飼料製造業	-4,914	1,600	-2	-6,110																				-79									
	11 繊維工業	-12,936																				-12,936												
	12 木材・次製品製造業(家具を除く)	119																				119												
	13 家具・装備品製造業	1,347	2,506																				3,853											
	14 マルパ、紙・紙加工品製造業	14,452	-10,468	12,372	-6,430	11,081	18	-419																				703						
	15 印刷・関連産業	-6,811	1,600	-2	-6,110																				-5									
	16 化学工業	505																				505												
	17 石油製品・石炭製品製造業	-8,811	-6,650	-25	-3	-10																				-13								
	18 プラスチック製品製造業(樹脂を除く)	505																				505												
	19 ゴム製品製造業	9,634	-2,974	13,162																				-20										
	20 木材・次製品製造業	7,934	-769	70	9,639	-6	-75																				-214							
	21 窯業・土石製品製造業	-2,606																				-2,606												
	22 鉄鋼業	-2,808	-713	1,507	-1	-3																				-6								
	23 非鉄金属製造業	-1,552	-615																				-47											
	24 金属製品製造業	4,099	19	22																				61										
	25 はん用機械器具製造業	9,077	1,768	-363	256																				1,148									
	26 生産用機械器具製造業	-7,010	642	-1,606																				-284										
	27 業務用機械器具製造業	1,489	109	39																				56										
	28 電子部品・デバイス、電子回路製造業	-14,508	-3,156	-168																				3										
	29 電気機械器具製造業	2,381	-1,189	5,668	-2																				238									
	30 情報通信機械器具製造業	3,273																				3,273												
	31 輸送用機械器具製造業	-10,859	-3,528																				-14											
	32 その他の製造業	-1,029	-254	-8	-343																				-5									
F 電気・ガス、熱供給、水道業	33 電気業	-1,627	-1,480	17																				-26										
	34 ガス業	1,374	897	82																				40										
	35 熱供給業	-1,929	-1,062	-652																				-138										
	36 水道業	-6,376	5,764	-145	-666	8	-13																				240							
G 情報通信業	37 通信業	-1,353	373																				-751											
	38 放送業	6,766	-1,674																				133											
	39 情報サービス業	7,972	8,030																				-46											
	40 インターネット関連サービス業	49																				49												
	41 映像・音声・文字情報制作業	-10,859	-3,528																				-14											
	42 放送業	-6,376	5,764	-145	-666	8	-13																				240							
H 運輸業・郵便業	43 道路旅客運送業	-1,353	373																				-751											
	44 道路貨物運送業	6,766	-1,674																				133											
	45 水運業	7,972	8,030																				-46											
	46 航空運送業	49																				49												
	47 郵便業	-10,859	-3,528																				-14											
	48 運輸に附属するサービス業	-6,376	5,764	-145	-666	8	-13																				240							
	49 郵便業(信託郵便業を含む)	-1,353	373																				-751											
	50 郵便業	6,766	-1,674																				133											
I 卸売業・小売業	51 繊維・衣服等卸売業	-2,233	-5,619	-814																				4,030										
	52 食料品卸売業	-2,029	1	-3,309	5																				-153									
	53 繊維品卸売業	-209	-336																				-103											
	54 機械器具卸売業	65,630	-257	93	-8,170	-3	-1,803	-614	52	53,116	-205	1,803																						
	55 その他の卸売業	35,976	-4,181	516																				34,821										
	56 各種商品小売業	546	163																				-72											
	57 服飾・衣服・身の回り品小売業	-10,478	-1,312																				-8,572											
	58 飲食料品小売業	1,276	703	-1																				-1										
	59 機械器具小売業	1,276	703	-1																				203										
	60 その他の小売業	63																				63												
J 金融業・保険業	61 銀行業	-881	-378																				-5											
	62 貸付業	67																				67												
	63 協同組合金融業	-1,004	-880	1,117																				-23										
	64 貸付業	2,821	-2,141	93	3																				288									
	65 金融商品取引業	-601																				-57												
	66 補助的金融業等	-2,559	-640	-925																				-428										
	67 貸付業(金融商品取引業を除く)	-1,004	-880	1,117																				-23										
	68 金融商品取引業	2,821	-2,141	93	3																				288									
	69 貸付業	-601																				-57												
	70 物品賃貸業	-2,559	-640	-925																				-428										
K 不動産業・物品賃貸業	71 学術・開発研究機関	407																				407												
L 学術研究・専門・技術サービス業	72 学術・開発研究機関	-3,061	-847	-4																				-146										
	73 学術・開発研究機関	407																				407												
	74 学術・開発研究機関	-3,061	-847	-4																				-146										
M 宿泊業・飲食サービス業	75 宿泊業	78	洗濯・理容・美容、浴場業																				78											
	76 飲食店	77	持ち帰り、配達飲食サービス業																				77											
	77 持ち帰り、配達飲食サービス業	78	洗濯・理容・美容、浴場業																				78											
	78 洗濯・理容・美容、浴場業	79	その他の生活関連サービス業																				79											
	79 その他の生活関連サービス業	753	280																				2											
	80 娯楽業	1,114	893	1,046	-1																				77									
	81 学校教育	1,517	-439	8																				-439										
	82 その他の教育、学習支援業	1,517	-439	8																				-439										
	83 医療業	84	福祉																				84											
	84 福祉	85	社会福祉・介護事業																				85											
	85 社会福祉・介護事業	-194	-79																				75											
	86 郵便局	495	-643																				1,085											
	87 協同組合(他に分類されないもの)	-194	-79																				75											
	88 産業物処理業	495	-643																				1,085											
	89 自動車整備業	-194	-79																				75											
	90 機械等修理業(別欄を除く)	495	-643																				1,085											
	91 職業紹介・労働派遣業	-194	-79																				75											
	92 その他の職業サービス業	4,115	30	16	3,103																				27									
	93 政治・経済・文化団体	1,321	-955																				-7											
	94 宗教	1,049	1,049																				1,049											
	95 その他のサービス業	1,195	119	56																				1,380										
	96 外国公務	3,315	1,342	37																				458										
S 公務(他に分類されないもの)	97 国家公務	1,195	119	56																				1,380										
	98 地方公務	3,315	1,342	37																				458										
T 分類不詳の業	99 分類不詳の業	3,315	1,342	37																				458										

(出典) 環境省

表 3.4-3 平成 28 年度業種別算定漏えい量 (特定漏えい者)

業種	大分類	中分類	事業者全体	算定漏えい量 (tCO ₂)																																			
				R-11	R-12	R-22	R-23	R-32	R-114	R-123	R-125	R-134a	R-134b	R-249a	R-401a	R-401b	R-403a	R-403b	R-404a	R-404b	R-407a	R-407b	R-407c	R-407d	R-407e	R-410a	R-410b	R-412a	R-412b	R-422a	R-437a	R-502	R-507a	R-508a	R-508b	R-509a	計		
各	計		2,197,717 (100.0%)	88,253	4,238	124,491	11,454	233	107	923	12	39,128	441	1,811	742	0	56	17	89,780	1,103	40,875	40	243	3	160,250	9	0	0	34	22	1,031	2,414	29	2	1	9			
A 農業、林業			53,598 (1.1%)	19,270															3,081	19																			
B 漁業			30,401 (1.4%)	26,834																3,567																			
C 鉱業、採石業、砂利採取業			4,984 (0.2%)	807	1,172							2,888																											
D 建設業			12,580 (0.6%)	12,137								413																											
E 製造業			85,949 (3.9%)	35,197,053	3,700	31				5		364						142		53,069	11	2,236	0		12,855	5	0		34	22	0		0						
F 電気・ガス・熱供給・水道業			16,335 (0.7%)	4,375	2,333	4,214		9	152	1,709										3	973	40		3	462	40	40												
G 情報通信業			14,331 (0.7%)	7,372	127	0				262										52	0				1	26	2,086												
H 運輸業、郵便業			32,479 (1.5%)	1,155	888					352											29,788																		
I 卸売業、小売業			785,302 (35.7%)	1,059	18,487,242	79		7	1,813	618	20	56	14	251	188	210	3,242	11																					
J 金融業、保険業			3,078 (0.1%)	539	3	6			1,263												26	119																	
K 不動産業、物品賃貸業			14,513 (0.7%)	3,342	0	4,186		0	31	516										46	28	1,292	8		5,046	4													
L 学術研究、専門・技術サービス業			5,050 (0.2%)	1,051	85	1,611	59		1	7	1,026											431	2	255															
M 宿泊業、飲食サービス業			2,338 (0.1%)																		8																		
N 生活関連サービス業、娯楽業			6,882 (0.3%)	314	0			0		1																													
O 教育、学習支援業			9,958 (0.5%)	199	2,327			1	3	1,475											161	103	2,589																
P 医療、福祉			7,836 (0.4%)	2,450	2					170												1,513	1,117	8															
Q 複合サービス事業			1,344 (0.1%)	852						0												63	85																
R サービス業 (他に分類されないもの)			4,990 (0.2%)	4,263																		635	92																
S 公務 (他に分類されるものを除く)			9,154 (0.4%)	0	4,404			5	1,127													378	1,212																
T 分類不能の産業			16,807 (0.8%)	1,918	2					2,477													126			1,004	104	604											

(出典) 環境省

表 3.4-4 平成 29 年度業種別算定漏えい量 (特定漏えい者)

業種		算定漏えい量 (CO ₂)																																						
大分類	中分類	事業者全体	R-11	R-12	R-22	R-23	R-32	R-123	R-125	R-134	R-141b	R-143a	R-245b	****	R-401a	R-403a	R-407a	R-407c	R-407e	R-408a	R-410a	R-410b	R-411a	R-412a	R-413a	R-417a	R-422a	R-440a	R-500	R-502	R-507a	R-508a	R-508b	R-509a	その他					
合	計	2,765,401 (100.0%)	57,063	24,372	148,077	20,992	832	739	16	69,789	10	335	2,864	0	462	121	6	686,871	434	40,362	1,894	18	4	18,713	29	48	0	0	1	112	1	3	1,257	234	151	5	0	343		
A	農業、林業																																							
B	漁業																																							
C	鉱業、採石業、砂利採取業																																							
D	建設業																																							
E	製造業																																							
F	電気・ガス・熱供給・水道業																																							
G	情報通信業																																							
H	運輸業、郵便業																																							
I	卸売業、小売業																																							
J	金融業、保険業																																							
K	不動産業、物品賃貸業																																							
L	学術研究、専門・技術サービス業																																							
M	宿泊業、飲食サービス業																																							
N	生活関連サービス業、娯楽業																																							
O	教育、学習支援業																																							
P	医療、福祉																																							
Q	複合サービス事業																																							
R	サービス業 (他に分類されないもの)																																							
S	公務 (他に分類されるものを除く)																																							
T	分類不能の産業																																							

(出典) 環境省

Appendix

A.1 平成 30 年度冷媒配管施工時における冷媒漏えい要因分析調査報告書

平成 30 年度冷媒配管施工時における冷媒漏えい要因分析調査

報告書

平成 31 年 3 月 15 日

一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会

目 次

1. 背景	1
2. 目的	1
3. 実施内容	1
4. 技術講習会開催計画	2
5. 技術講習会実施結果	5
6. 参考資料	9

委託業務名 平成30年度冷媒配管施工時における冷媒漏えい要因分析調査

1. 背景

冷媒配管施工現場の配管接合作業は、手作業が大半であり、作業者の技量に左右される側面が大きい。また、冷凍空調機器使用時における冷媒漏えい部位として、フレア部やろう付部等の接続部が多く、現地施工した配管接続部分も少ないながらも存在する。

さらに、漏えい要因としては、経年劣化や使用環境によるところが多いが、一部に施工不良によるものもあると考えられる。

2. 目的

上記の背景を踏まえ、現場における冷媒配管施工時において、配管接合部の加工方法や作業手順等の実態調査を行い、施工品質向上に向けた冷媒漏えい防止策の一環として、冷媒漏えいに起因する要因分析を実施する。

3. 実施内容

(1)「フレア加工・ろう付技術講習会」における実技実習受講者のフレア加工・

ろう付の実技データを収集し、冷媒漏えいの要因分析を実施する。

・対象者数 : 200名程度

・評価方法

*フレア加工

- ① 配管切断面及びフレアの加工処理評価
- ② フレアユニオン締付け作業評価
- ③ フレア加工組立後の漏れ検査（気密試験）

*ろう付

- ① 配管切断面の加工処理評価
- ② ろう付作業評価
- ③ ろう付接合部の切断によるろうの浸透評価

(2)「フレア加工・ろう付技術講習会」における実技実習受講者に対するアンケートを実施し、冷媒漏えいの要因分析を実施する。

4. 技術講習会開催計画

- (1) 技術講習会に使用するテキスト類については、平成 26 年度～28 年度経済産業省委託事業において作成したテキスト、及び DVD による動画を活用する。
- (2) 講師陣については、平成 26 年度委託事業指導者研修修了者から、今回開催する各地区で、日程を調整して選任する。
- (3) 開催場所の選定については、日設連の正会員である構成団体（37 団体）から開催会場、日程の希望を募り調整する。（表 1.参照）
- (4) 受講者の募集については、受講資格として「ガス溶接技能講習修了者」、施工実務経験者を条件とする。
- (5) 日設連及び開催地区の構成団体から、募集案内を会員企業を中心に展開する。（表 2.参照）

表 1. 開催地区及び開催日

「平成30年度銅管フレア加工・ろう付技術講習会」構成団体開催地区日程
※募集状況については、各構成団体へ御確認願います。

	開催地区	開催日	開催団体
1	佐世保	11月11日	西日本冷凍空調工業会
2	青森	11月22日	青森県冷凍空調設備工業会
3	福岡	11月28日	西日本冷凍空調工業会
4	栃木	12月6日	栃木県冷凍空調工業会
5	静岡	12月9日	静岡県冷凍空調工業会
6	大阪	1月12日	近畿冷凍空調工業会
7	宮崎	1月26日	宮崎県冷凍空調工業会
8	石川	1月29日	石川県冷凍空調設備工業会
9	岩手	2月2日	岩手県冷凍空調設備工業会
10	宮城	2月6日	宮城県冷凍空調設備工業会
11	秋田	2月14日	秋田県冷凍空調設備工業会
12	埼玉	2月22日	埼玉県冷凍空調工業会
13	東京	2月23日	東京都冷凍空調設備協会
14	群馬	3月4日	協同組合群馬県機械設備工業会
15	長野	3月5日	長野県冷凍空調設備協会
16	福島	3月9日	福島県冷凍空調設備工業会
17	京都	3月10日	近畿冷凍空調工業会
18	山梨	3月20日	山梨県冷凍空調設備保安協会
19	高知	4月6日	高知県冷凍空調設備工業会
20	神奈川	4月13日	神奈川県冷凍空調設備協同組合
21	千葉	4月13日	千葉県冷凍空調設備協会

表 2. 日設連 HP 掲載

現場施工の社員教育を応援！

銅管ろう付技術講習会のご案内

【フロン排出削減対策：フロンを「漏れない」「漏らさない」施工技術で機器の運転効率アップ】

従来の設備の保守・修理に際しては、作業員が十分な知識・技能を有していることが前提として、日設連がこれまで「ろう付け」「フレア加工」の施工技術の重要性の観点から、実技講習会を開催してまいりました。本講習会では、最新の設備の保守・修理に際しては、作業員が十分な知識・技能を有していることが前提として、日設連がこれまで「ろう付け」「フレア加工」の施工技術の重要性の観点から、実技講習会を開催してまいりました。

●講習会開催： 1日(9:00～17:00)

内 容	
会場	フレア加工実習+ろう付け実習+DVD
実習①	フレア加工、気密試験
実習②	ろう付け(25.75+ソケット、気密試験)
実習③	ろう付け(25.75+ナース、気密試験)
実習④	CO2(25.75+ソケット、気密試験)



●講習会参加費： 会 員 8,000 円 (税込)・年会費
非会員 25,000 円 (税込)・年会費

●参加資格要件： 以下の3つの条件全てを満たす者
① 冷凍空調設備施工技能士 2級又は2級相当者
② 実務、実習実務でろう付け実習経験あり、3年以上の
実務経験
③ 所属企業の所属

●定員： 全会場10名 (先着順、定員を超過した場合は、申込1名にまでしていただく場合があります。)

●申し込み先： 各都道府県の支部

●開催会場： 各都道府県で実施予定
日程や会場等の詳細については、10月中旬頃ホームページで発表いたします。

問合せ
一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会
<http://www.jarac.or.jp/>

※冷媒漏れ対策の一環として設備施工技術の向上を図ることに伴い、最新の設備にも対応する必要があります。
※参加費については別途案内をいたします。
※本講習会の開催は、天候や設備の状況等により変更される場合があります。

(6) 冷媒漏れの原因分析実施のため、実技データとして講習会の中でフレア加工面の状態と気密試験結果を記録する自己評価表を作成し活用。(表3参照)
また、ろう付作業後のろうの浸透具合を記録する自己評価表を作成し活用。(表4参照)

表 3. フレア加工評価表

実習① フレア加工評価表		長 尺				
項目	評価	a部	b部	c部	d部	備 考
1回目	サイズ	○ 誤差 ±0.05mm				
	バリ	○ 誤差 0.1mm以下				
	フレア面の歪	○ 誤差 0.1mm以下				
	割れ・つぶれ	○ 誤差 0.1mm以下				
	気密試験結果	○ 誤差 0.1mm以下				漏れ箇所を特定
2回目	サイズ	○ 誤差 ±0.05mm				
	バリ	○ 誤差 0.1mm以下				
	フレア面の歪	○ 誤差 0.1mm以下				
	割れ・つぶれ	○ 誤差 0.1mm以下				
	気密試験結果	○ 誤差 0.1mm以下				漏れ箇所を特定

① フレア加工面の状態を確認し、自己評価結果を記入します。
② 1回目のフレア加工は、最終確認の作業(トルクレンチ使用又は実習)を行い、気密試験を行います。
③ 2回目のフレア加工は、トルクレンチを使用して行い、気密試験を行います。
④ 長尺を記入し、1等級は記入します。



表 4. ろう付評価表

実習② 25.75mmソケットのろう付		長 尺				
項目	評価	a部	b部	c部	d部	備 考
1回目	サイズ	○ 誤差 ±0.05mm				
	バリ	○ 誤差 0.1mm以下				
	ろう付部の歪	○ 誤差 0.1mm以下				
	ろう付部の割れ・つぶれ	○ 誤差 0.1mm以下				
2回目	サイズ	○ 誤差 ±0.05mm				
	バリ	○ 誤差 0.1mm以下				
	ろう付部の歪	○ 誤差 0.1mm以下				
	ろう付部の割れ・つぶれ	○ 誤差 0.1mm以下				

① 実習終了後、実習長から2名に1ペアのろう付部(実習)を抽出し、②上の評価表に記入し、1等級を記入します。



実習③ ソケットのろう付
実習④ ナースのろう付
実習⑤ CO2(ソケット)のろう付

- (7) 講習会終了後に、実習内容の理解度、講師対応、普段の作業時における冷媒漏えい箇所及びその要因等について項目を追記したアンケート用紙を作成。
(表 5.及び表 6.参照)

表 5. アンケート表面

平成30年度副管フレア加工・ろう付技術講習会アンケート
参加日 平成____年____月____日 所属先 _____ 研修数 計____日
◆下記のアンケートにご記入をお願いいたします。

1. フレア加工実習
(イ) 大変満足 (ロ) ほぼ満足 (ハ) やや不満 (ニ) 不満
◆良かった点や改善したほうが良いところをご記入願います。

2. ろう付実習
(イ) 大変満足 (ロ) ほぼ満足 (ハ) やや不満 (ニ) 不満
◆良かった点や改善したほうが良いところをご記入願います。

3. 講師の指導
(イ) 大変満足 (ロ) ほぼ満足 (ハ) やや不満 (ニ) 不満
◆どのような点が満足又は不満を感じたかのご感想をご記入願います。

表 6. アンケート裏面

4. 今回の講習と現場作業の違いの中でより実用と心得の差が感じられた点をお知らせください。

5. 冷媒漏れが原因またはその要因について教えて下さい。(複数回答可)
(1) 漏れやすい箇所が多いと思われるもの
□ 圧力調整弁 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手
(2) 漏れやすい箇所が多いと思われるもの
□ 継ぎ手の締め付け □ フレア部 □ ろう付部 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手 □ 圧力継ぎ手
また、漏れやすい箇所が多いと思われる原因
□ 3年以内 □ 10年以内 □ 11年以上
(3) 考えられる原因で多いと思われるもの
□ 劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化 □ 経年劣化
その他(併記可) □ その他(併記可) □ その他(併記可) □ その他(併記可) □ その他(併記可)

6. ほかの質問がございましたらご記入ください。

以上 ご協力をお願い申し上げます。

5. 技術講習会実施結果

(1) 全国 21 箇所の開催地区で計画を立てたが、受講者募集状況により開催中止の地区もあり、本調査の調査期間としては、平成 30 年 11 月 11 日開催会場から平成 31 年 3 月 10 日までの 15 開催会場で実施した実技データを収集した。受講修了者数は、定員 10 名で募集したが結果は 129 名の参加。(表 7.参照)

表 7. 開催地区別実施表

「平成30年度銅管フレア加工・ろう付技術講習会」開催									
	開催地区	開催日	開催団体	受講者	講師陣		補佐	事務局	
1	佐世保	11月11日	西日本冷凍空調工業会	9	宮崎	草田	丸山	坂井	榎本
2	青森	11月22日	青森県冷凍空調設備工業会	8	村上	小笠原	石村		高橋
3	福岡	11月28日	西日本冷凍空調工業会	10	宮崎	草田	丸山	坂井	榎本
4	栃木	12月6日	栃木県冷凍空調工業会	10	寺脇	村上	秋山	杉山	中里
5	静岡	12月9日	静岡県冷凍空調工業会	9	相川	長嶋	齊藤	阿部	小澤
6	大阪	1月12日	近畿冷凍空調工業会	10	山本	岩佐	西崎	中崎	山口
7	宮崎	1月26日	宮崎県冷凍空調工業会	12	小野	竹田	宮崎		樋口
8	石川	1月下旬	石川県冷凍空調設備工業会	9	山田	北方	中山	田保	前澤
9	岩手中止	2月2日	岩手県冷凍空調設備工業会	—	小笠原	水澤	村上		古川
10	宮城	2月8日	宮城県冷凍空調設備工業会	10	佐々木	伊東	岡本	秋妻	平山
11	秋田中止	2月14日	秋田県冷凍空調設備工業会	—	丸藤	佐々木	村上		窪目
12	埼玉	2月22日	埼玉県冷凍空調工業会	5	寺脇	新		久保	中島
13	東京	2月23日	東京都冷凍空調設備協会	6	鍋島	佐藤	小松原		久保
14	群馬	3月4日	協同組合群馬県機械設備工業会	6	池田	大谷	飯塚		飯塚
15	長野	3月5日	長野県冷凍空調設備協会	10	高見澤	半田	岩間		碓井
16	福島	3月9日	福島県冷凍空調設備工業会	9	笠	色摩	小林	川田	銭谷
17	京都	3月10日	近畿冷凍空調工業会	6	山本	岩佐			山口

受講者数 計 129名

(2) 技術講習会のカリキュラムによる実習状況は、以下の写真参照。

① 動画による実習要領説明



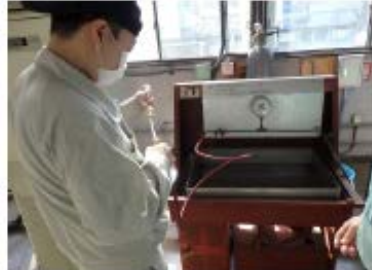
② フレア加工実習



③ フレア加工評価作業



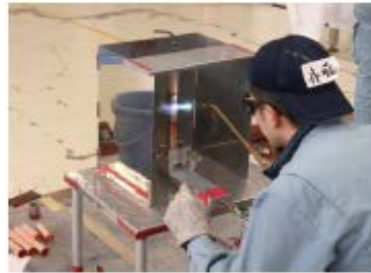
④ フレア加工部気密試験



⑤ 鋼管ろう付作業



⑥ 遮へい板による前面ろう作業



⑦ ろう付部の切断作業



⑧ ろう付部のろう浸透評価



(3) 受講者に対するアンケート集計については、平成30年11月11日から平成31年3月10日まで開催した15会場で受講修了者計129名の回答結果をまとめた。(表8.参照)

※ 冷媒漏えい部位については、現地施工配管と室外機からが約60%を占め、漏えい箇所については、フレア部からの漏えいが約40%と多く、今回の講習会でのカリキュラムとして、適正なフレア加工作業が重要となる。漏えい発生で多い経過年数については、設備設置後3年から10年以内が50%と多く、冷媒漏えいの要因についても経年腐食や振動が関連している。

表8. 受講者に対する冷媒漏えい要因分析アンケート

5. 冷媒漏えい箇所およびその要因について教えてください。(複数回答可)

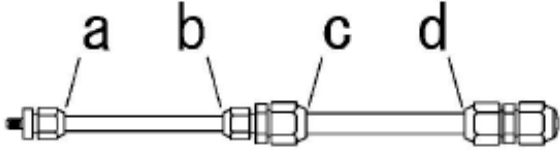
(1)漏えい部位	①一体型機器	②室外機	③室内機	④現地施工配管	
	8 (5%)	67 (33%)	42 (24%)	64 (37%)	
	⑤不明	計172件			
1 (1%)					
(2)漏えい箇所	①継手	②フレア部	③ろう付部	④配管	
	19 (8%)	92 (39%)	46 (20%)	39 (17%)	
	⑤溶接部	⑥弁類	⑦不明		計234件
	30 (13%)	7 (3%)	1 (U-ベンド)		
漏えい発生で多い経過年数	①3年以内	②10年以内	③11年以上		
	30 (29%)	52 (50%)	23 (21%)		計105件
(3)要因	①キズ・こすれ	②経年腐食	③経年劣化	④振動	
	48 (16%)	52 (17%)	37 (12%)	58 (19%)	
	⑤設置環境不備	⑥締め付け不足	⑦ろう付不足	⑧熱膨張・収縮	
	12 (4%)	40 (13%)	40 (13%)	16 (5%)	
	⑨その他	計307件			
4 (フレア締結不良)					

- (4) 今回の講習受講者からのアンケートでは、冷媒配管の漏えい箇所で、フレア部からの漏えいが多く上げられ、カリキュラムの中にフレア加工として普段通りの作業と、適正な作業との比較のため下記の項目を取り入れて実習を行った。(表9参照)

表9. フレア加工作業後の気密試験結果

普及通りの作業とトルクレンチ使用による作業の気密試験結果						H31年3月14日
15会場受講者計129名						
※ 受講者の自己評価によるフレア加工作業項目の中で、加工後の気密試験結果項目を下記表に示す。 ※ 受講者数に対し集計結果数にバラツキがあるのは、2回目作業の未実施の1会場や、記入漏れの受講者が見受けられた。 ※ 1回目は普段通りのフレア加工作業では、フレアサイズの過大やバリ取り不足の受講者が見受けられたが、2回目の加工作業では改善されほぼ全員が適正な評価となっていた。 ※ トルクレンチを初めて使う受講者もいる中で、普段通りの作業と、トルクレンチ使用による締め付け作業後の気密試験結果で、トルクレンチ使用による締め付け作業の効果が現れている。						
評価	a部	b部	c部	d部	備考	
1回目加工後気密試験漏れ検査	○:無	117	117	114	111	普及通りの作業
	△:有(少)	4	1	4	3	
	×:有	2	3	3	7	
2回目加工後気密試験漏れ検査	○:無	110	109	108	109	トルクレンチ使用
	△:有(少)			1		
	×:有					

① フレア加工面の状態を確認し、自己評価結果を記入願います。
 ② 1回目のフレア加工は、普段通りの作業で行い、気密試験を行います。
 ③ 2回目のフレア加工は、トルクレンチを使用して行い、気密試験を行います。



※ 受講者アンケートから抜粋した感想
 ・トルクレンチ、スパナ使用2通りのしめ方で、気密をかめたことでどちらがやりやすいかがわかった。
 ・トルクレンチと管段の締め付けトルクにけっこうな差があり知ることが出来て良かった。
 ・トルクレンチを使って少し振りに適切な締め付けトルクを感じた。
 ・正式なやり方を教えてもらって、今まで間違っていたやり方をやっていたことが分かり、とても良かったです。
 ・バリ取りが今までで不十分だとわかって良かったです。

参考資料

H30年度技術講習会 アンケート取り纏め

会場名	15会場分	
開催日	H30年11月11日～H31年3月10日	
受講者	計129名	3年以上108名

項目	イ. 大変満足	ロ. ほぼ満足	ハ. やや不満	ニ. 不満
1. フレア加工実習	88	41		
2. ろう付実習	99	30		
3. 講師の助言	96	32	1	

1. フレア加工実習

() 経験年数

- ・フレアのサイズが今まで大きすぎたのを確認出来た。(17年)
- ・トルクレンチ、スパナ使用2通りのしめ方で、気密をかけたことでどちらがやりやすいかがわかった。(5年)
- ・トルクレンチの信頼性を改めて実感できて大変満足でした。(5年)
- ・トルクレンチと普通の締め付けトルクにけっこうな差があり知ることが出来て良かった。(11年)
- ・新冷媒用のフレアひらきをゲージで確認出来た。(10年)
- ・正式なやり方を教えてもらって、今まで間違っていたやり方をやっていたことが分かり、とても良かったです。(3年)
- ・昔、自分が教えてもらった方法とは違い、ゲージなどがある目安になってよかった。(18年)
- ・正確なフレアを加工するのにちょっとした長さ等で変わってくるのを、今回体験出来て良かった。(3年)
- ・トルクレンチを初めて使ったので勉強になった。(3年)
- ・バリ取りが今まで不十分だとわかって良かったです。(4年)

2. ろう付実習

- ・ろうの入り具合が確認出来た。(17年)
- ・敷をこなしていくにつれて、溶接内側のフィレットや溶接ののりが良くなっていき、感覚をつかめた事が良かった。(5年)
- ・普段見られない溶接内部を見る事が出来よかった。思っている状態と違うこと知るきっかけとなった。(5年)
- ・火口を当てるところが、溶接棒や溶接部でなく継手の中心当たりを持って行くことを、心掛けるようにしていく。(3年)
- ・熱しかたのコツや、改善点等を分かり易く教えてもらった。フィレットを上手く作れるようになる為の練習法も聞けたので今度実践してみようと思う。(3年)
- ・あぶりがまだまだ甘かった事が確認でき、今後のろう付の改善が出来そうです。(4年)

3. 講師の助言

- ・基本的な所から指導して頂いたので、分かり易く技術の向上につながって良かったです。(1年)
- ・重要なポイント等教えてもらえて分かり易かった。(3年)
- ・熱心に自分たちの作業を見て、改善点を教えて頂けるのすごく助かりました。(2年)
- ・ろう付作業時には、判らない所は実際にやって見せて下さったのでとても勉強になりました。(5年)
- ・要所要所でのアドバイスが分かりやすく、次の作業へ活かす事が出来ました。(4年)
- ・講師が先ず説明しながら実演してほしかった。(6年)

4. 今回の実習と現場作業の違いの中でより良い参考となる作業があればお知らせください。

- ・遮蔽板を使う作業は、現場と似たような感じだと思うので良かったと思います。(1年)
- ・保温が有る想定で、ぬれタオル等巻ながらの実習があるとよい。(5年)
- ・現場ではソケット溶接より、分岐、エキスパンダでの溶接が多いです。(4年)

5. 冷媒漏えい箇所およびその要因について教えてください。(複数回答可)

(1)漏えい部位	①一体型機器	②室外機	③室内機	④現地施工配管
	8 (5%)	57 (33%)	42 (24%)	64 (37%)
	⑤不明	計172件		
1 (1%)				

(2)漏えい箇所	①継手	②フレア部	③ろう付部	④配管
	19 (8%)	92 (39%)	46 (20%)	39 (17%)
	⑤溶接部	⑥弁類	⑦不明	計234件
30 (13%)	7 (3%)	1 (Uベンド)		

漏えい発生で多い経過年数	①3年以内	②10年以内	③11年以上
	30 (29%)	52 (50%)	23 (21%)
			計105件

(3)要因	①キズ・こすれ	②経年腐食	③経年劣化	④振動
	48 (16%)	52 (17%)	37 (12%)	58 (19%)
	⑤設置環境不備	⑥締め付け不足	⑦ろう付不足	⑧熱膨張・収縮
	12 (4%)	40 (13%)	40 (13%)	16 (5%)
	⑨その他	計307件		
4 (フレア締過ぎ)				

6. ほかに何かお気づきの点やご意見がありましたら教えてください

- ・より多くの人が講習を受けられたほうが良いと思いました。(4年)

以上

A.2 技術講習会テキスト

日設連冷媒配管施工品質向上支援事業

平成30年度銅管フレア加工・ろう付技術講習会

冷凍空調和機器施工技能士
フォローアップ講習

○

テキスト

平成28年度経産省委託事業資料
「施工技術の手引き」から抜粋

○

平成30年8月28日

一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会

2. 配管の加工

2.1 工具の互換性 (R22/R407C/R404A/R410A)

計測機器と工具は、R410A専用のものを使用する。

○従来品 (R22用) と互換性有 ■R410A専用 (R22と互換性無し)

工 具	従来品 (R22用) との互換性		留 意 点	用 途
	R407C R404A	R410A		
パイプカッタ 面取りリーマ	○	○		冷媒配管の切断 バリ取り
フレア工具	○	■ (○)	・R410A専用フレア工具あり。R407Cにもそのまま使用可能 ・R410Aは耐圧を高く保つ必要があり、フレア開口部を大きく加工する	冷媒配管のフレア加工
出ししろ調整 用銅管ゲージ	— (不要)	■	従来品を流用のときは、“出ししろ調整用ゲージ”で出ししろを管理して使用	フレア加工時の 銅管突き出し寸法の管理
パイプベンダ	○	○		冷媒配管の曲げ加工
拡管工具	○	○		冷媒配管の拡管

2.2 パイプの切断

パイプの長さに余裕 (30～50cm) を見てパイプカッタで切断面は正しく直角に切断する。

パイプカッタ 銅管を必要寸法に合わせて切断する工具。

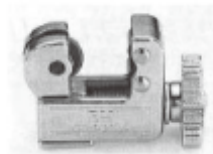
銅管口径および肉厚に応じて、大、中、小その他各種類がある。

種類

- ①小口径銅管用
対応…銅管外径 3～16mm

特徴

- 小型で回転半径が小さいので狭い場所での作業に適している。
- キャピラリチューブも切断が可能。



種類

②中口径銅管用

対応…鋼管外径 3～32mm
 切断可能肉厚… ～3mm

特徴

○普及型のパイプカッタ



種類

③大口径銅管用

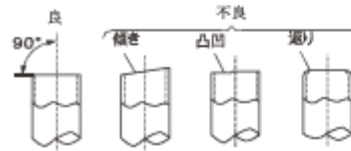
対応…鋼管外径 6～60mm
 切断可能肉厚… ～3mm

特徴

○25.4mm以上の大口径銅管を切断するのに適している。
 ○アジャスタブル機能がついていますので作業性にもすぐれている。



パイプカッタでの鋼管の切断



パイプカッタを用い、鋼管を正しく直角に切断する。

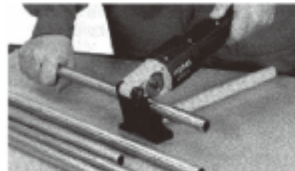
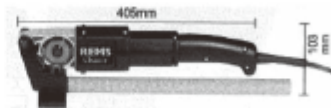
種類

④電動パイプカッタ

対応…鋼管外径 9.53～34.93mm
 切断可能肉厚… ～1.5mm

特徴

○電源100Vで短時間で切断できる。
 ○バリが少なく、切断後の処理が少なくて済む。



パイプ切断の不具合と対策事例

不具合内容	対処方法の例
鋼管の変形による接合面からの漏えい	変形しないようにパイプカッタをゆっくり締め込み直角に切断する
切断面の変形によるフレア部の変形	切断時に著しく切断面が変形した場合は、切断しなおす

第2章 鋼管配管の施工

2.3 切断面仕上げ

切断面を目の細かいやすりで押しながらいねいに仕上げる。

管内に切粉が入らないように加工面を下向きにし、やすりで仕上げる。

2.4 曲げ加工

ベンダによりパイプができるだけつぶれないように必要に応じ曲げる。

冷凍保安規則関係例示基準23.64（曲げ加工をする管）において、曲げ半径Rが管の外径Dの4倍未満の場合、曲げ半径を考慮した管の肉厚を選定することとなっている。

冷媒配管は、外径Dの4倍以上の曲げ半径Rで曲げることを推奨する。

配管サイズ	最小曲げ半径
φ6.35	30~40mm
φ9.52	30~40mm
φ12.70	40~60mm
φ15.88	40~60mm



ベンダによる曲げ加工

- ・ 曲げ内側にしわが現れる場合は、曲げ半径は過小か、管肉厚が薄く適正でないので、使用しない。
- ・ 芯金を管内に通して曲げると、しわの予防が出来る。

各種ベンダを下記に示す。

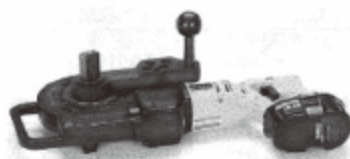
・ レバー式チューブベンダ



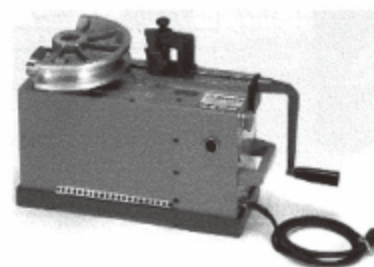
・ 油圧式ベンダ



・ 電動式直管ベンダ



・ 充電式ベンダ



2.5 バリ取り

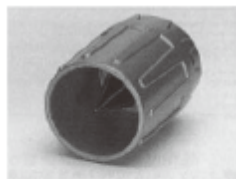
パイプカッターで切断するとバリが出るので面取工具（リーマ）でバリを取る。
切粉がパイプ内に入らないように下向きで作業すること。
厚肉銅管を用いる場合はバリも大きくなるので充分バリ取りを行う必要がある。

リーマ

銅管切断面のバリ（かえり）を取除き、切断面を整えるための工具である。切断面を整えないと、フレア面にキズが付き、フレア接続をした時に冷媒漏れを起こす原因となる。

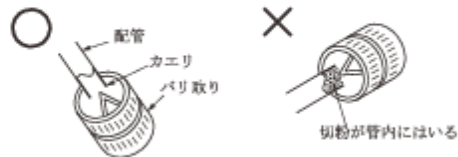
①普及型銅管リーマ

対応…銅管外径 3～35mm



特徴

- 銅管に差し込みまわすだけで面取り作業が行える。（リーマは一方方向にまわす）
- 放射状に刃が複数枚ついているので作業効率が良く、きれいな仕上げになる。



②スクレーバ型リーマ

対応…銅管外径 3～35mm



特徴

- 刃が自在に動くので回す方向にかかわらず面取り作業が可能である。
- オプションで形状を選べるので様々な面取り作業に適している。

銅管内部に入った銅クズは、ドライバの柄等で軽くたたいたりガーゼ棒にて除去する。

2.6 フレア加工

フレアナットを挿入し、フレアダイス面から配管先端までは適正な寸法でセットし、フレア内面はキズがないように真円で均一に加工する。

フレアツール

フレアツールとは、銅管を接続するために、管端部をフレア（ラッパ）状に加工する工具である。

フレアツールの種類

①第1種銅管用フレアツール（R407C, R404A, R507AおよびR22）

第1種銅管用フレアツールとは、従来のHCFC系冷媒用銅管加工に用いられていたフレアツールである。第1種のHFC冷媒銅管は肉厚的にHCFC用銅管と大差なく、また、

第2章 銅管配管の施工

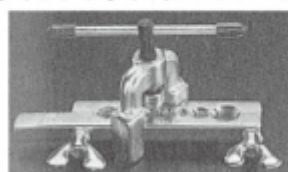
フレア寸法の規格も従来のままのため、従来のフレアツールが適用可能である。種類としては、クラッチ式フレアツールとウイングナット式フレアツールがある。

クラッチ式フレアツール



対応 銅管外径 6.35～19.05mm

ウイングナット式フレアツール



対応 銅管外径 6.35～19.05mm

②第2種銅管用フレアツール (R410A)

第2種銅管用フレアツールとは、R410A用銅管のフレア加工に開発されたフレアツールである。第2種用の銅管はフレア寸法の規格が従来および第1種の寸法より大きくなる。そのため第1種用のフレアツールをそのまま使用して第2種用の規格に適合したフレア寸法に加工する場合は、「出ししろ調整用銅管ゲージ」が必要である。

種類としては、クラッチ式フレアツールの一種類である。

R410A用クラッチ式フレアツール



対応 銅管外径 6.35～19.05mm

特徴

- 従来と同じ作業方法で新規格を満たす事ができる。
- R410Aの刻印と冷媒色（桃色）の塗付により従来品との区別ができる。

各フレアツールと各冷媒用配管との対応表

	CFC用	HCFC用	R404A用	R407C用	R507A用	R410A用
クラッチ式 フレアツール	○	○	○	○	○	△注
ウイングナット式 フレアツール	○	○	○	○	○	×
R410A用クラッチ式 フレアツール	○	○	○	○	○	○

△注：「出ししろ調整用銅管ゲージ」を使用することにより可能

フレアナット

呼び径1/4, 3/8及び3/4のフレアナットは第1種 (345MPa) と第2種 (415MPa) は共通である。

呼び径1/2, 5/8のフレアナットは使用圧力別に第1種用と第2種用とに区分され、スパナ掛けするB寸法 (二面幅寸法) が第2種では大きくなっている。

その形状、寸法を、表2.6に示す。

フレア加工の手順

- ①加工ツール清掃 フレア加工を行う前に、フレアツールのコーン部の清掃を行う。
- ②フレアナット挿入 挿入忘れはありませんか。
- ③頭出し フレアダイスからの出ししろを正しくセットする。

フレアダイス面から鋼管先端までの寸法例

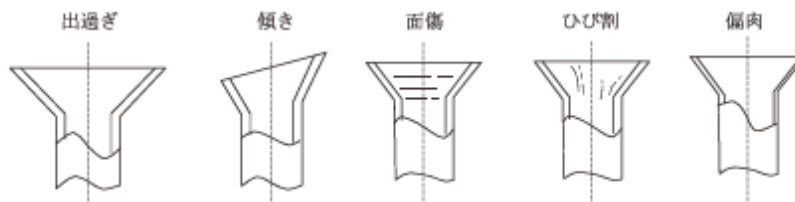
単位 mm

頭出し寸法	フレア工具種類	配管径	6.35	9.52	12.70	15.88
	クラッチ式 R410A対応品	R22, R134a R404A, R407C用	0~0.5	0~0.5	0~0.5	0~0.5
		R410A用	0~0.5	0~0.5	0~0.5	0~0.5
	クラッチ式 従来品	R22, R134a R404A, R407C用	0~0.5	0~0.5	0~0.5	0~0.5
		R410A用	0.7~1.3	0.7~1.3	0.7~1.3	0.7~1.3

注 R410A用フレア工具は、R22, R134a, R404A, R407C用とフレアダイス面から鋼管先端までの寸法が異なる。

④フレア加工 内面は光沢があり、キズがないように真円で均一に加工する。

- ・ボンチの表面を清掃する。
- ・フレアダイスにフレアボンチをかませ、鋼管とフレアボンチのセンタを合わせる。
- ・フレアボンチのハンドルを徐々に回し、鋼管を拡げる。
- ・ハンドルを回していくと「カチッ」と音がする。念のため、さらに3~4回回転させる。



フレア加工の不良例

第2章 鋼管配管の施工

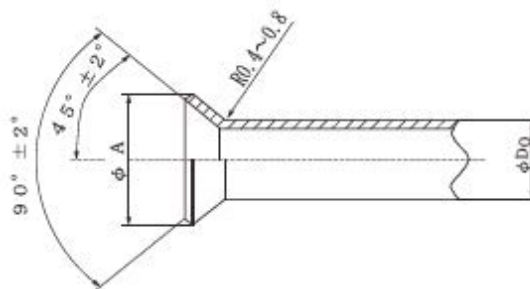
⑤フレア部の確認

- ・フレア内面が、均等な幅で光沢があること。
- ・フレア部の肉厚が均等であること。



フレア加工面の状態例（異常状態のもの、きれいなもの）

- ・フレア部の大きさ（A寸法）が下表の通り規定値に入っていること。（JIS B 8607:2008）

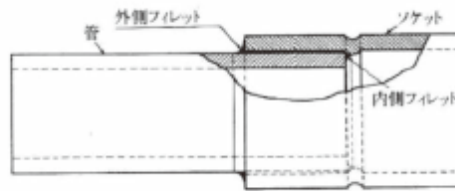


単位 mm

呼び	管の外径 D_0	$A_{-0.4}^{0}$	
		第1種	第2種
1/4	6.35	9.0	9.1
3/8	9.52	13.0	13.2
1/2	12.70	16.2	16.6
5/8	15.88	19.4	19.7
3/4	19.05	23.3	24.0

- 備考1. フレアする鋼管は O 材、又は OL 材を用いなければならない。
2. フレア管端部の振れは、0.4 mm 以下でなければならない。
3. 第1種の花管端部は第1種の花管ナットで、また、第2種の花管端部は第2種の花管ナットで接続する場合に用いる。

参考: フレア部の大きさ（A寸法）の確認のため、フレアサイズゲージ等の使用を推奨する。



3.2 安全衛生

3.2.1 作業に必要な資格

可燃性ガス（アセチレン、プロパン、混合ガスを含む）と酸素との燃焼炎を使用する場合は、次のいずれかの資格が必要である。

- ① ガス溶接作業主任者免許を受けた者
- ② ガス溶接技能講習を終了した者
- ③ その他厚生労働大臣が定めた者

3.2.2 服装及び安全用具

作業着（なるべく木綿製）上下、安全靴、作業帽子（ヘルメット）、革手袋、保護めがね（遮光番号1, 2程度）、逆流及び逆火防止弁付きトーチ、防じんマスク（状況に応じて）等を着用し、安全に努めなければならない（図2.24参照）。

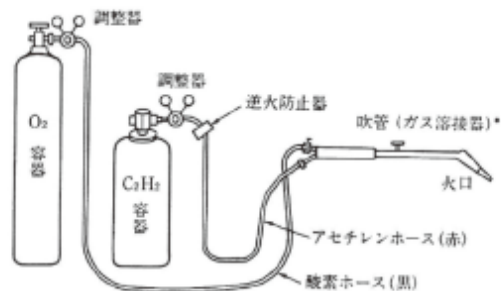
3.2.3 その他

- ① 炎や加熱物によるやけどに注意する。
- ② ガスボンベの取り扱い及びガスもれに注意する。
- ③ 周囲の可燃物を除去する。もし除去できない場合は、確実な防災処置をとる。
- ④ 有毒ガスやヒュームを吸わないように、換気に注意する。
- ⑤ その他、状況に応じて安全対策を怠らないようにしなければならない。



図2.24 安全作業

3.2.4 アセチレン溶接装置



- ① アセチレンは炭化物なので、火をつければ非常によく燃え、きわめて不安定な気体である。一般にはアセトンに溶解して使用している。
- ② 溶解アセチレン調節器は鋼製でできている。酸素調節器は黄銅製である。アセチレンは銅と化合すると爆発性の化合物ができるからである。アセチレン容器の弁も鋼製なのは、同じ理由からである。
- ③ 酸素は無色無臭の気体である。比重1.105（空気に対する）で支燃性ガス（酸素自体は燃えない）である。
- ④ 1ℓの重さ（0℃、101.3kPa）1.429g、沸点-183℃
- ⑤ 大部分の元素と直接化合し、酸素と化合することを酸化という。

3.3 用語の説明

本手引きで使用する主な用語の意味を次に示す。

	用語	意味
1	ろう	450℃以上の高い融点を持つろう接用溶加材。 硬ろうとも言う。
2	ろう付	ろうを用いて母材をできるだけ溶融しないで行うろう接方法
3	はんだ	450℃未満の低い融点を持つろう接用溶加材。 軟ろうとも言う。
4	はんだ付	はんだを用いて母材をできるだけ溶融しないで行うろう接方法
5	ろう接	ろう又ははんだを用いて、母材をできるだけ溶融しないで、ぬれ現象によって接合する方法。 ろう付及びはんだ付の総称。
6	液相線温度	溶加材（ろう及びはんだ）を溶融状態から冷却し、凝固が開始する温度。逆に、加熱したとき完全に液体状態になる温度。
7	固相線温度	溶加材（ろう及びはんだ）を溶融状態から冷却し、凝固が完全に終了する温度。逆に、加熱したとき溶け始める温度。
8	硬質鋼管	鋼管の製造過程で加工硬化させた質別Hの鋼管をいう。
9	軟質鋼管	鋼管の製造過程で焼きなまし、質別Oの状態の鋼管をいう。
10	被覆鋼管	鋼管の外側に合成樹脂などで被覆した鋼管。
11	コイル管	軟質鋼管をコイル巻きにしたもの。
12	すきま	継手部にろうが充填されるために、予め設けた部分。
13	重ね継手	二つの母材を重ねてろう付を行う継手。
14	フィレット	重ね継手などにおいて、継手のすきまからはみ出したろうの部分 (図参照)
		
15	フラックス	ろう付の際、母材及びろうの酸化物の除去、母材表面の保護などを行う、化学的活性のある溶剤。
16	炎色反応	バーナーの炎の外周部は透明青色であるが、ここに他の物質が入ると、その物質特有の色をした光を放つ現象。たとえば、鋼管に炎を当てると、鋼管が加熱されるに従い、銅の原子がイオンとなって炎に入り、炎が銅原子特有の緑黄色を示す。
17	電気ろう付機	熱源として電気の抵抗熱を用いてろう付を行う装置。
18	差しろう (ろう差し)	ろう付温度に加熱された継手部にろうを当て、必要量を浸透させる作業
19	置きろう付	ろうを予め接合部において加熱するろう付
20	予熱	接合部の加熱をスムーズに行うため、接合部を加熱する前に、その周りを熱する作業。
21	加熱	接合部をろう付温度まで熱する作業。

次のページに続く

	用語	意味
22	過熱（オーバーヒート）	ろう付適正温度より温度を上げすぎた状態をいう。フラックスの劣化や継手強度を低下させる。
23	フラックスの追い差し	ろう付後、また母材が冷えていないときに、ろうが不足したため欠陥がある場合に、ろう付部に更にフラックスを添加すること。
24	ろうの追い差し	ろう付後、また母材が冷えていないときに、ろうが不足したため欠陥がある場合に、ろう付部に更にろうを添加すること。
25	ろう付欠陥（ろう付不良）	ろう付部にできた欠陥。ポイド、ピンホール、ろう割れなどをいう。また、フィレットが形成されない場合も含む。
26	ポイド	接合部でろうの行き渡っていない部分。
27	ピンホール	ろう付部に発生した小さな穴。
28	ろうだれ	接合面以外の周辺に余分なろうが垂れた状態をいう。
29	ろう割れ	ろう付部に発生した割れ。ろう付後ろうが完全に凝固しない前に動かしたり、力を加えたりすると生ずる。
30	腐食	金属が化学的又は電気化学的に侵されることをいい、全面腐食と局部腐食に分類できる。
31	潰食（かいしょく） （エロージョン・ コロージョン）	管内流体と管壁との相対速度が過大となり、発生した乱流によって管壁がえぐられたように腐食された状態をいう。気泡の混入によって促進される。
32	孔食（こうしょく） （ピッティング）	腐食媒（遊離炭酸、硫酸イオン、塩素、シリカ分など）によって、管が局部的に腐食する状態をいう。
33	継手強度	ろう付された継手（接合部）の強度
34	溶け分かれ	固相線温度と液相線温度との差が大きいろうにおいて、低融点成分が優先的に流れてしまい、後に高融点成分が残る現象

3.4 ろう付の知識

3.4.1 ろう付の定義

ろう付及びはんはんだ付けを表わす総称的な言葉として「ろう接」が使われており、「母材の融点より低い温度で溶ける溶加材（ろう、はんだ）を接合部に溶融添加して母材にぬれさせ、接合する方法」と定義されている。

3.4.2 ろう付の特徴

ろう付を融接や圧接と比較すると、次の特徴が挙げられる。

- ① 母材をほとんど溶かさないうで、薄板の接合や精密な接合ができる。
- ② 複雑な形状で、接合部がたくさんあるものの接合ができる。
- ③ 種々の組合せの異種金属や非金属の接合が容易である。
- ④ ろうの融点は母材の融点より低いので、ろう付部を再加熱することによって接合部を切り離すことができる。
- ⑤ 機械的な接合法と異なって気密・水密封止ができる。
- ⑥ 接着剤による接合と異なって導電性がある。
- ⑦ 融点の異なるろうを用いることによって、複数の接合部を順次ろう付できる。すなわち、ステップろう付ができる。
- ⑧ 被覆アーク溶接作業ほど熟練を必要としない。したがって、比較的短時間に作業要領

第2章 鋼管配管の施工

が覚えられる。

- ⑨ 作業が比較的自動化しやすい。
- ⑩ 継手の形を考えることによって、母材に指摘する強さの継手ができる。

3.4.3 ろう付におけるぬれ及び毛管現象

鋼管と鋼管継手との間にできる狭いすきまに、溶融ろうが吸い込まれ、充填されて、もれの防止と十分な接合強度が得られるのは、**ぬれ及び毛管現象の働き**による。

3.4.3.1 ぬれ現象

溶融ろうが、接合面になじんで広がっていく現象をいう。ろうが接合面によくぬれる条件としては、次の2点が最も重要である。

- ① 酸化被膜や異物のない正常な接合面
- ② 適正なろう付温度

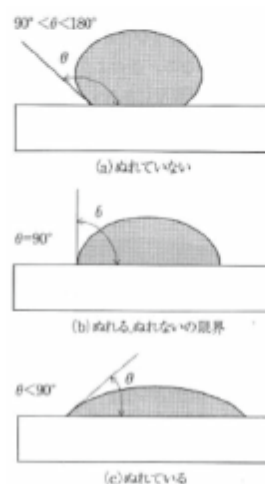


図2.46 ろうが母材にぬれるとは

3.4.3.2 毛管現象

接合部の狭いすきまに溶融ろうが吸い込まれて浸透していく現象をいう。

接合部の毛管上昇高さは、すきまが狭くなるほど高くなる。すきまと毛管上昇高さの関係を図2.47に、また、すきまとボイド発生の基本原理を図2.48に示す。

毛管現象が十分に発揮され、欠陥のないろう付を行うためには、**適正なすきまを確保することが極めて重要である**。一般に、銅配管のりん銅ろう付及び銀ろう付における理想的なすきまは、**0.05～0.15mm**である。これより広いと、すきまにろうが完全に充填され難くなり、ボイドなどの欠陥が発生しやすくなる。

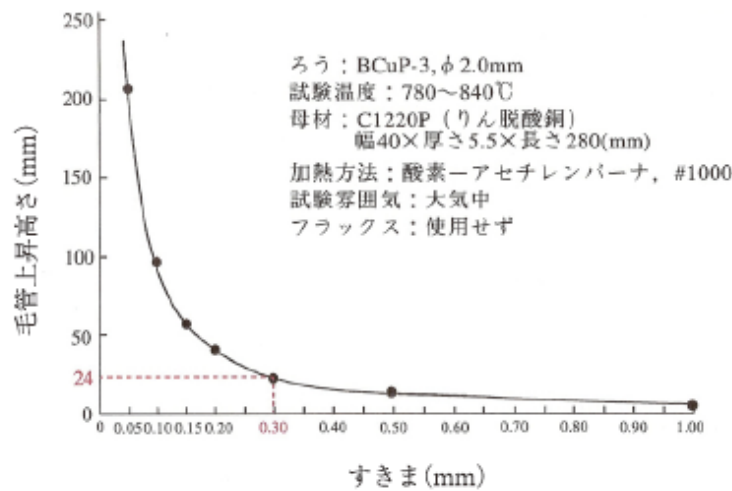


図2.47 平行二板間のすきまと毛管上昇高さ

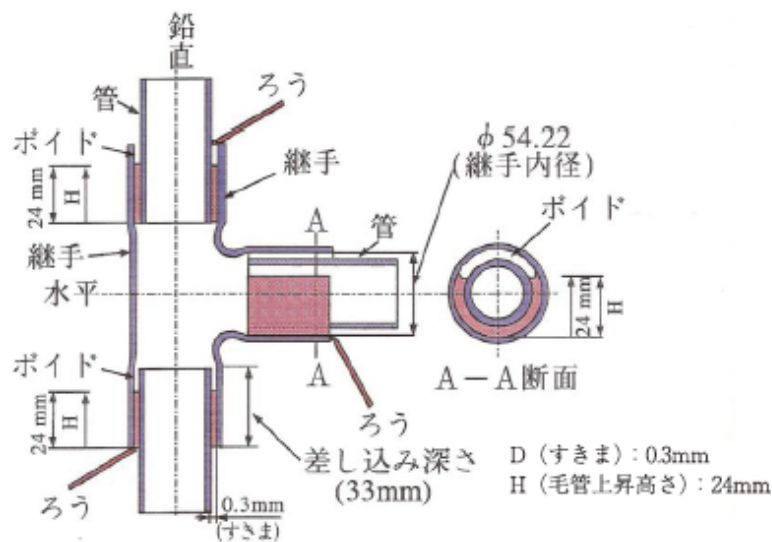


図2.48 すきま及び毛管上昇高さ (H) とポイド発生の基本原理 (図2.47参照)

銅管をりん銅ろう付したろう付部のろう回り具合の図である。ろうが浸透しているところは斜線で示されているが、これによると、ろうがまったく回っていない部分と、ろうの回っている内部に欠陥が見られる場合に分けられる。

ろうが継手部全体に行きわたっていないために生ずる欠陥を「ろう回り不足」といい、ろうが行きわたっているが、空気やフラックスまたはろうから発生したガス、また残留し

第2章 鋼管配管の施工

たフラックス、酸化物などの異物を包み込んだ部分を「ポイド」という。ポイドはフラックスを用いるろう付で、最も問題となる欠陥である。

★参考：ろう付に良好なすきまの見分け方の目安

銅管に継手を止めまで十分に差し込んだとき、すきまが全周にわたり均一でかつ真円であり、大きなたががないこと。このような場合、継手を下向きにしても、管と継手のわずかな摩擦で落下しない状態が保たれることが多い。

3.4.4 ろう

3.4.4.1 りん銅ろう

りん銅ろうは、ろう中の成分であるりん（P）がフラックスの役目を果たす（自己フラックス作用という、3.4.5.2参照）ため、銅と銅及び銅と青銅を接合する場合、フラックスを使用しなくてもろう付できるのが最大の特徴である。

また、りん銅ろうは、自己フラックス作用の関係で、液相線以下の温度でもろう付が可能である。特に、JISに規定されているBCuP-3は固相線温度と液相線温度との範囲が広い（約170℃）ため、接合部のすきまが大きい大径銅管のろう付に向いており、大きなフィレットの形成には最も適している。

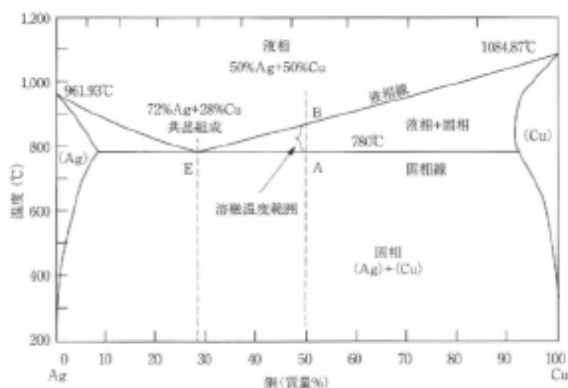


図2.49 銀-銅平衡状態図

図2.49は銀-銅合金の平衡状態図で、ある温度で合金がどのような状態で存在しているかを図示したものである。純銀は約962℃に、純銅は約1,085℃に融点がある。共晶点は780℃のE点で純金属と同じように融解することを示している。

しかし、たとえば50%銀-50%銅合金では780℃の固相線温度であるA点に達すると溶融を開始し、液相線温度のB点に達するまで溶融し続け、B点の温度で固体すべてが溶け終る。AとBの間の温度では液体と固体が混ざり合って同時に存在し、おかゆ状の半溶融状態になっている。

したがって、液相線温度と固相線温度の幅が広い合金では、溶融温度範囲をなるべく早

く通過させないと溶けた分だけが間隔に浸透してしまい、あとの残った固体の融点が上がって溶けなくなる「溶け別れ」を起こすことがあるので、注意が必要である。

りん銅ろうが、フラックスを使用しないでろう付できるメリットは、ろう付後のフラックス残さの除去作業が不要な上、残さによる腐食の恐れがないことである。しかし、フラックスを適切に使用することによって、ぬれ性及び浸透性が大幅に改善されることはいうまでもない。

りん銅ろうを使用する上で注意すべきことは、次の3点である。

- (1) りん銅ろうは、銅、ニッケル及びニッケル合金、ニッケルが10%以上含まれる銅合金などをろう付すると、脆いりん化合物ができるので使用してはならない。
- (2) フラックスを使用しない場合、浸透性は銀ろうに比べて劣る。
- (3) りん銅ろうはゆっくり加熱していくと、最初に溶けた低融点成分が流れ出し、後に高融点成分が残ってろう付温度で溶けなくなり、残さ状で残ることがある。このような現象を溶け分かれといい、特に置きろうの場合の加熱には注意が必要である。

現在、JIS（表2.23参照）で規定されているりん銅ろうは、BCuP-1～6までの6種類があり、その主な特徴は次の通りである。

- (1) BCuP-1：主として置きろうとして使用され、特に抵抗ろう付に適する。また、りんを多く含んでいる他の種類より延性に富んでいるが、流動性は劣る。
- (2) BCuP-2.4：流動性が特によく、狭いすきまにもろうがよく流れる。
- (3) BCuP-3.5：BCuP-2.4に比べて少し流動性が劣るので、フィレットが形成されやすく、狭いすきまが確保できない場合に適している。
- (4) BCuP-6：BCuP-2とBCuP-3の特性の一部を合わせたような性質を持っている。

3.4.4.2 銀ろう

銀ろうには自己フラックス作用がないので、トーチろう付の場合は、接合部にフラックスを必ず塗布してからろう付を行う。したがって、ろう付後、湯洗などによってフラックス残さを除去するのが望ましい。

一般に、銀ろうはりん銅ろうに比べてぬれ性及び流動性がよく、すきまへの浸透性に優れている。しかし、すきまが広すぎると、浸透性が悪い上、十分なフィレットが形成されにくい欠点がある。

現在、銀ろうのJISには17種類が規定されている。このうちBAg-1,1A, 2及び3の4種類には、カドミウム（Cd）が含まれており、BAg-8,8A,18及び21は雰囲気ろう付用であるため、銅配管のろう付には使用されない。

なお、カドミウムが添加されているろうは、融点が低く使いやすい利点はあるが、カドミウムは健康上有害と考えられており、特に給排水系鋼管のろう付には使用しては行けない。また、人間の健康に直接関係ない品物のろう付でも、ろう付時にカドミウムがフラックス残さ中に入るので、残さの除去に使用した水の処理には注意を要する。

銀ろうのJISから、上記のろうを除き銅配管のろう付に使用可能なろうの種類を抜粋したものを表2.24に示す。これらの銀ろうの一般的な特徴は、次の通りであるが、銅配管用としてはBAg-7,7A及び7Bが推奨できる。

- (1) BAg-4：このろうはニッケルを含有しているため、タングステンカーバイド刃先を工

第2章 銅管配管の施工

具の柄に接合する場合などに用いられる。

- (2) BAg-5,6: これらのろうは、主として電気機器のろう付に使用される。カドミウムが含有されていないので食品工業でも使用される。いずれも熔融温度範囲が広く、流動性はよくない。加熱はできるだけ急速に行い、継手のすきまのやや大きいものや大きなフィレットが要求される場合に用いるとよい。
- (3) BAg-7: このろうは、流動性及びぬれ性がよく、融点が低いので一般用として広く利用されている。特に、カドミウムの含有を嫌う日用品や食品工業で利用されたり、応力腐食割れを軽減するため、低いろう付温度を必要とするニッケル合金やステンレス鋼などのろう付に適している。
- (4) BAg-7A,7B: これらのろうは、BAg-7と同じ特性を示すが、銀含有量が低い経済的なろうであるが、ろう付温度が少し高くなっている。
- (5) BAg-20,20A: これらのろうは、いずれも融点は高いが、ぬれ性と流動性は良好である。カドミウムを含有せず、銀量も少なく経済的なろうである。BAg-20Aは銀ろう中最もAgの含有量が低いが、融点が特に高いので、母材の加熱に注意しなければならない。
- (6) BAg-24: このろうは融点が低く、流れがよい。食品用具及び医療器具などのステンレス鋼や切削工具用の超硬チップのろう付に使用されている。

3.4.4.3 ろうの規格

りん銅ろうは、JIS Z 3264に規定され、その種類と化学成分を表2.23に示す。本マニュアルで使用するりん銅ろうは、JISに規定されているBCuP-3とする。他のろうを使用する場合は、基本要領は同じであるが、使用するろうの特徴をよく理解した上で、ろう付することが必要である。

銀ろうについては、JIS Z 3261（銀ろう）に規定されているろうで、Cdを含んだろうと霧固気ろう付用ろうを除外したもので、それを表2.24に示す。本テキストの実技で使用する銀ろうは、JISに規定されているBAg-7,7A及び7Bとする。

表2.23 ろん銅ろう (JIS Z 3264:1998)

種類	化学成分%				参考値		
	りん (P)	銀 (Ag)	銅 (Cu)	その他元素の合計 ⁽¹⁾	固相線温度 ℃	液相線温度 ℃	ろう付温度 ℃
BCuP-1	4.8～5.3	—	残部	0.2以下	約710	約925	790～930
BCuP-2	6.8～7.5	—	残部	0.2以下	約710	約795	735～845
BCuP-3	5.8～6.7	4.8～5.2	残部	0.2以下	約645	約815	720～815
BCuP-4	6.8～7.7	5.8～6.2	残部	0.2以下	約645	約720	690～790
BCuP-5	4.8～5.3	14.5～15.5	残部	0.2以下	約645	約800	705～815
BCuP-6	6.8～7.2	1.8～2.2	残部	0.2以下	約645	約790	730～845

注⁽¹⁾: その他の元素とは、Pb,Sn,Feなどをいう。

表2.24 銀ろう (JIS Z 3261:1998の中から銅配管用として適しているものを抜粋)

種類	化学成分%						参考値		
	銀 (Ag)	銅 (Cu)	亜鉛 (Zn)	ニッケル (Ni)	すず (Sn)	その他の元素注 ⁽¹⁾	固相線温度 ℃	液相線温度 ℃	ろう付温度 ℃
B _{Ag} -4	39.0～41.0	29.0～31.0	26.0～30.0	1.5～2.5	-	0.15以下	約670	約780	780～900
B _{Ag} -5	44.0～46.0	29.0～31.0	23.0～27.0	-	-	0.15以下	約665	約745	745～845
B _{Ag} -6	49.0～51.0	33.0～35.0	14.0～18.0	-	-	0.15以下	約690	約775	775～870
B _{Ag} -7	55.0～57.0	21.0～23.0	15.0～19.0	-	4.5～5.5	0.15以下	約620	約650	650～760
B _{Ag} -7A	44.0～46.0	26.0～28.0	23.0～27.0	-	2.5～3.5	0.15以下	約640	約680	680～770
B _{Ag} -7B	33.0～35.0	35.0～37.0	25.0～29.0	-	2.5～3.5	0.15以下	約630	約730	730～820
B _{Ag} -20	29.0～31.0	37.0～39.0	30.0～34.0	-	2.5～3.5	0.15以下	約675	約765	765～870
B _{Ag} -20A	24.0～26.0	40.0～42.0	33.0～35.0	-	-	0.15以下	約700	約800	800～890
B _{Ag} -24	49.0～51.0	19.0～21.0	26.0～30.0	1.5～2.5	-	0.15以下	約660	約705	705～800

注⁽¹⁾: その他の元素とは、Pb, Feなどをいう。

3.4.4.4 主なろうの特性比較

銅管の接合に使用される代表的なろうの特性比較を表2.25に示す。

表2.25 代表的なろうの特性比較

ろうの種類		りん銅ろう		銀ろう	備 考
項 目	フラックス	使用せず	使用	使用	
	ぬれ性 及び 浸透性	銅管 銅製継手類	○	◎	◎
青銅製継手類		○	◎	◎	
黄銅製継手類		×	△	◎	
すきま mm	0.05～0.15		◎	◎	すきまに対する浸透性とフィレットの形成されやすさも併せて評価している。
	0.15～0.30		◎	○	
	0.30～0.40		○	△	
	0.40以上		△	×	
フィレット形成		BCuP-3 ◎		△	BCuP-3は、固相線温度と液相線温度との差が大きく、固相線に近い温度域でろう付すると、フィレットが形成されやすい。
		BCuP-2 ○			
後 処 理		不要	必要	必要	フラックスの残さは、除去するのが望ましい。 フラックスを使用しない場合は、加熱に伴う酸化皮膜だけなので、一般に後処理は不要である。
価 格		BCuP-3 やや高価		高価	BCuP-3は、広範囲のすきまに適用でき、作業性と機械的性質が優れているので、やや高価であるが銅配管のろう付には最も適している。
		BCuP-2 安価			

◎:優 ○:良 △:可 ×:不可

3.4.5 フラックスの働き

3.4.5.1 銀ろう及びりん銅ろう用フラックス

フラックスは、接合面の酸化物を溶解又は還元し、これを取り除くとともに表面を覆い、大気から接合面を保護して加熱中の酸化を防止し、正常な接合面を保つことによって、ぬれを良好にする働きがあり、**銀ろうでは必ず使用する。**

りん銅ろうを用いて、銅及び青銅のろう付を行うときは、フラックスを使用しなくてもろう付ができるので、原則としてフラックスは使用しない。しかし、フラックスを用いるとぬれは更によくなる。

母材が、黄銅（銅と亜鉛の合金）の場合は、加熱によって接合面に亜鉛の酸化皮膜（ZnO）が生成される。この酸化皮膜はりん（P）では還元できないため、フラックスは必ず使用する。りん銅ろう用のフラックスは、銀ろう用のものを使用する。

銅管の銀ろう付に使用されるフラックスは、ほう酸、ほう酸塩、ふっ化物、ほうふっ化物などを混合したものが使用される。フラックス残さは、一般的には、銅管を腐食することはないが、使用環境によっては、腐食を助長させる原因となることが考えられるので、外面だけでも湯洗によって除去することが望ましい。

銀ろう用フラックスの配合例と種類を表2.26、表2.27に示す。

表2.26 銀ろう用フラックスの配合例

化 学 成 分	配合割合 %
ほう酸 (H ₃ BO ₃)	30
ほう酸カリウム (K ₂ B ₄ O ₇)	20
ふっ化カリウム (KF)	30
ほうふっ化カリウム (KBF ₄)	20

表2.27 フラックスの種類 (JIS Z 3621)

AWS NO.	使用形状	ろうのタイプ	活性温度範囲 (°C)	フラックスの組成	母材の種類
FB3-A	ペースト	B _{Ag} , B _{CuP}	565 ~ 870	ほう酸塩 ふっ化物	すべてのろう付けができる
FB3-C	ペースト	B _{Ag} , B _{CuP}	565 ~ 925	ほう酸塩、ボロン ふっ化物	すべてのろう付けができる。 鉄、非鉄金属合金
FB3-D	ペースト	B _{Ag} , B _{CuP} , B _{ni}	760 ~ 1205	ほう酸塩 ふっ化物	すべてのろう付けができる。 鉄、非鉄金属合金
FB3-K	液状	B _{Ag} , B _{CuP} B _{Au} , B _{CuZn}	760 ~ 1205	ほう酸 塩ふっ化物	すべてのろう付けができる。 鉄、非鉄金属合金
FB4-A	ペースト	B _{Ag} , B _{CuP} B _{CuZn}	595 ~ 870	ほう酸塩、塩化物 ふっ化物	Al青銅、Al黄銅Ti等の金属 が少量添加されたもの

AWS:アメリカ溶接協会規格

3.4.5.2 りん銅ろうの自己フラックス作用

りん銅ろう中のりんは、銅の酸化物を還元する作用があるので、他のろうと異なり、りん銅ろうはフラックスを用いないで、ろう付を行うことができる。

りん銅ろうに含まれるりんの化学反応は、ろうが溶融する温度までは生じないので、その効果は発揮されない。

たとえば、りん銅ろうが銅母材とともに加熱されたとき、ろう付温度に到達する間に表面が酸化される。しかし、りん銅ろうの溶融が始まると、ろう中のりん化銅 (Cu₃P) のりん (P) は解放されて、旺盛な脱酸力を発揮し、次のような反応で銅酸化物を金属銅に還元する。



これがりん銅ろうの自己フラックス作用である。

3.4.5.3 フラックスの選択と使用方法 (選択：1～4、使用方法：5～9)

- 1) 銅配管やろう材に対して腐食作用が低いこと。
- 2) フラックスの温度範囲 (活性温度範囲) とろう付け温度が適合していること。
- 3) 加熱中にフラックスが垂れないこと。
- 4) 残渣の除去が容易であること。
- 5) ろう付け箇所の汚れ、酸化被膜の除去、脱脂等を行う。
- 6) 加熱前にフラックスをろう付け表面に塗布する。
- 7) 加熱中に母材が酸化してきたらフラックスを補充する。
- 8) ろう付け後は腐食の原因となる母材表面の残渣フラックスやスラグなどを取除く。
- 9) 一般的にはペースト状のフラックスを使用することが多くあるが、ペースト状の粘度が高い場合は、少量の水 (純水が望ましい) で希釈する。

3.5 加熱機器

3.5.1 加熱機器の種類と選択



現場における銅配管のろう付用熱源は、大別して各種ガス炎を利用するトーチろう付と電気抵抗発熱を利用する電気ろう付機を用いる方法がある。

一般に、酸素アセチレントーチ又は酸素プロパントーチが使用される。酸素アセチレン炎は、火炎温度 (最高温度：3100℃) が高く、あらゆる銅管サイズに適用でき、最も多く使用されている。

最近では、ブタン、プロパン、アセトン、メチルアセチレンなど複数のガスを混合し、液化ガスとして容器に充填されているカセットタイプの燃料ガスと、小型ボンベに充填された酸素との燃焼炎を利用した携帯用小型トーチが、小径銅管 (32A以下) に多く用いられている。

その他、状況に応じて20A以下の銅管サイズには、プロパンエアートーチやハンディートーチも使用されている。ハンディートーチは、プロパン、ブタン、プロピレンなども単独もしくは混合し、カセット容器に充填したガスとエアの燃焼炎を利用している棒状炎のトーチである。

第2章 鋼管配管の施工

 重要	可燃性ガス及び酸素を用いて金属の溶接、切断又は加熱作業を行う場合は、労働安全衛生規則に基づき、下記1～3のいずれかの資格が必要です。 資格を有しないものは、当製品を使用してはいけません。 労働安全規則 第41条（就業制限についての資格） 1. ガス溶接作業主任者免許を受けたもの 2. ガス溶接技能講習を終了したもの 3. その他厚生労働大臣が定めるもの
 重要	溶接又は熱切断用のアセチレンガスの消費設備には、「逆火防止装置」を設けることが義務付けられております。 不装備の場合罰則が科せられます。 一般高圧ガス保安規則 第60条 13号 イ

電気ろう付機は、二つのカーボン電極を用いて接合部を挟んでおき、これに通電することにより、電気抵抗発熱を利用する方法である。この方法は主として、電極との接触部で発熱した熱が、熱伝導によって他に伝わって全体が昇温されるので、電極の接触部付近が局部的に過熱状態となり、母材が部分的に溶融したり、電極で挟む力を受けて接合部が変形しやすいので、一般的には推奨できない。

したがって、炎が使えない場合に限定して使用すべきであり、この場合は、液相線温度が低く流動性のよい銀ろう（BAg-77A,7B）を利用するのが望ましい。

各種ろう付用加熱機器の種類と選択基準を表2.28に示す。

表2.28 加熱機器の選択基準

熱源	加熱機器	適用鋼管サイズ	評価	主 な 特 徴		
				利 点	欠 点	
炎	酸素アセチレントーチ	全サイズ	◎	①火炎温度が最も高く、昇温時間が速く能率的である。 ②炎の調整が容易で、中性炎が得られやすい。 ③着火が容易である。 ④万一、漏れた場合でも、大気中に拡散しやすい。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②逆火を起こしやすい。 ③紫外線防護用の保護めがねが必要である。 ④風速 5 m/s以上では、防風対策が必要である。	
	酸素プロパントーチ	全サイズ	◎	①火炎温度(2900℃)が酸素アセチレン炎に次いで高く、昇温時間が速く能率的である。 ②棒状炎タイプの火口を使用すると、加熱範囲が広い上に、炎による包み込み性に優れ、均一加熱に適している。 ③逆火を起こしにくい。 ④アセチレンに比べ安価である。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②万一ガスが漏れた場合、床の上に停滞し、大気中に拡散しにくい。 ③着火しにくく、着火時に炎が長くなりやすい。 ④紫外線防護用の保護めがねが必要である。 ⑤風速 5 m/s以上では、防風対策が必要である。	
	酸素混合ガストーチ ^㉑	32A以下	◎	①取り扱いが容易で、携帯用として便利である(一式約8kg)。 ②火炎温度が高く能率的である。 ③着火性に優れ逆火を起こしにくい。 ④炎の調整が容易である。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②風速 5 m/s以上では、防風対策が必要である。 ③燃料ガスがやや割高である。	
	プロパンエアー トーチ	集中炎形	20A以下	○	①ランニングコストが安い。 ②吹き付けが軟らかい炎である。 ③取り扱い資格が不要である。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②風速 2 m/s以上では、防風対策が必要である。 ③火力が弱く、加熱に時間がかかる。
		棒状炎形	25A以下	○	①ランニングコストが安い。 ②加熱範囲が広い上、炎による包み込み性に優れ、均一加熱に適している。 ③取り扱い資格が不要である。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②風速 3 m/s以上では、防風対策が必要である。 ③火力が弱く、加熱に時間がかかる。
	ボタン、プロパン等のガスを用いるハンディトーチ	20A以下	○	①取り扱いが容易で、携帯用として便利である。 ②イニシャルコストが安い。 ③取り扱い資格が不要である。 ④吹き付けが軟らかい炎である。	①火災やガスもれに注意を要する。 ②風速 2 m/s以上では、防風対策が必要である。 ③火力が弱く、加熱に時間がかかる。	
電気抵抗	電気ろう付機	20A以下	◎ △ ▲	①火炎の心配がない。 ②作業環境が清潔で、技能の影響を受けにくい。 ③風の影響を受けにくい。	①電源が必要である。 ②局部加熱になりやすく、電極との接触部に、母材の溶融、凹み、放電などによる傷を付けやすい。 ③フレットが形成しにくい。 ④昇温に時間がかかる。	

◎：最適 ○：適する △：条件付き ▲：推奨しない

注 ㉑：ボタン、プロパン、メチルアセチレン等の複数のガスを混合し、液化ガスとして容器に充填されているカセットタイプの燃料と小型ボンベに充填された酸素との燃焼炎を作り出すトーチ(商品名：マキシガストーチ)。
 ㉒：原則として炎が使えない場合に用いる。この場合、液相線温度の低い銀ろうを使用し、フラックスは、低温用のものが適している。
 ㉓：りん銅ろう付を含め、ろう付温度の高いろうは推奨できない。

3.5.2 酸素アセチレン炎における炎の性質

図2.50 (a) ~ (d) は、アセチレン炎の燃焼炎の種類を示したものである。図中 (a) は大気中のアセチレン燃焼炎で、酸素が極端に不足している状態を示す。この炎に酸素を混合していくとその混合比によって、(b) 還元炎、(c) 中性炎、(d) 酸化炎となり、炎の性質が異なってくる。

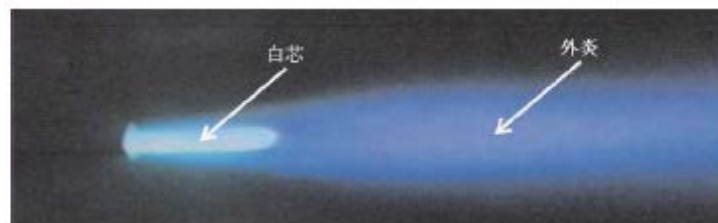
(a) 大気中のアセチレン燃焼炎（酸素は大気中からのみ供給）



(b) 還元炎（炭化炎、アセチレン過剰炎）



(c) 中性炎（標準炎）



(d) 酸化炎（酸素過剰炎）



図2.50 酸素アセチレン炎の種類

(1) 還元炎（炭化炎、アセチレン過剰炎ともいう）

還元炎は、アセチレンに対し、酸素が不足している状態の炎である。この炎は、アセチレン（ C_2H_2 ）の分解によって生じた炭素（C）と水素（H）が、酸素不足のために完全に燃焼できず、炎中に残っている状態である。

この炎を使用すると、次のような問題が起こりやすいので、ろう付には使用しない方がよい。

- ① アセチレンフェザを加熱物に当てると、遊離炭素のため表面がすす状に黒く汚染され、ぬれ不良の原因となる恐れがある。
- ② この炎でタフピッチ銅を加熱すると、炎中の残留水素によって、水素ぜい性の原因となる恐れがある。
- ③ この炎で銅を高温に加熱すると、表面から炭素が侵入（浸炭）して表面近くの材質が変化する。

○ (2) 中性炎（標準炎ともいう）

中性炎は、還元炎の状態から酸素を増やしていくと、アセチレンフェザが消え、白芯と一致するときの炎である。この場合、火口に供給される酸素が約1.1容に対し、アセチレンが約1容の状態の炎である。炎中には余剰の酸素や炭素がなく、完全燃焼している炎であり、ろう付に最も適した炎である。

(3) 酸化炎（酸素過剰炎ともいう）

酸化炎は、中性炎より酸素を多くした場合の炎で、炎中に過剰な酸素がある状態である。この炎は、一般に中性炎よりも白芯が短く、炎の先端が不安定でやや紫がかった炎である。この炎で加熱すると、炎中の余剰な酸素によって、ろう付部が酸化されて肌荒れやピンホールの原因となるので、ろう付には使用されない。

3.5.3 トーチ及び火口

○ JISでは、A形（ドイツ式）とB形（フランス式、図2.51参照）のトーチが規定されている。一般に、B形トーチが使用されることが多いので、ここではB形トーチについて述べる。JISで規定されているB形トーチ及び火口仕様の抜粋を表2.29に示す。

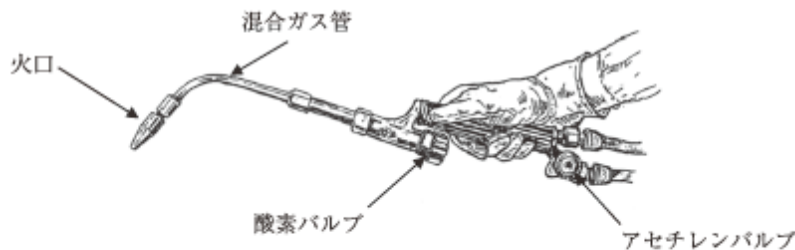


図2.51 B形トーチの外観

第2章 鋼管配管の施工

B形トーチの特徴は、ガス混合器（インジェクター）がトーチの内部の酸素通路にあり、酸素量はニードル弁（針弁）で調整する。火口はドイツ式に比べて軽量で、火口の交換は火口先だけという利点もある。火炎の調節はニードル弁（酸素）、アセチレン調節弁の両方で行う。調節はしやすいが、再度点火したときには、火炎の再調節をしなければならない。火口番号は、標準火炎の状態で燃焼させたときの、アセチレンの1時間あたりの消費量（アセチレン消費量/l/h）で表わす。

表2.29 B形トーチ及び火口仕様

形式及び種類	火口番号 ^①	孔径 mm	酸素圧力 MPa	白芯の長さ mm
B0号	50	0.7	0.2	5
	70	0.8		6
	100	0.9		7
	140	1.0		8
	200	1.2		8以上
B01号	200	1.2		
	225	1.3		
	250	1.4		
	315	1.5	9以上	
	400	1.6		
	450	1.7	10以上	
500	1.8	11以上		
B1号	250	1.4	0.4	8以上
	315	1.5		9以上
	400	1.6		11以上
	500	1.8		12以上
	630	2.0		14以上
	800	2.2		15以上
B2号	1000	2.4	0.5	19以上
	1200	2.6		20以上
	1500	2.8		
	2000	3.0		
	2500	3.2		21以上
	3000	3.4		
	3500	3.6		
4000	3.8			

備考①火口番号は、1時間あたりのガスの消費量（l/h）を表している。（f: i）

②JISでは、火口番号によって孔径が定められている。

③市販の火口の中には、同じ火口番号であってもメーカーによって孔径が異なっていたり、火口番号と孔径の関係がJISに該当しないものがあるので注意を要する。（付表11.1参照）

④火口番号50～2500までの白芯の長さは、日本溶接協会 ガス溶断器認定委員会内規による。以下すべての表中の白芯の長さはこれによる。

★注（1）：このマニュアルの火口番号は、JISに従って表示している。

3.5.4 火口番号とガスの圧力調整

火口番号と酸素及びアセチレン使用圧力の目安を表2.30に示す。

表2.30 火口番号と酸素及びアセチレン使用圧力の目安

トーチの形式 及び種類	火口番号	酸素圧力 MPa	アセチレン圧力 MPa
B0号	50～200	0.2	0.02
B01号	200～500	0.3	0.03
B1号	250～1000	0.4	0.04
B1号	1200～4000	0.5	0.05

備考①酸素及びアセチレンの圧力の設定は、圧力計を見て行うこと

②圧力の設定は、ゴムホースの条件（口径、長さ、安全器等）を考慮して行うこと

3.5.5 着火及び炎の調整

着火及び炎の調整は、次の要領で行う。

- ① 着火は、アセチレンバルブを少し開けた状態で、着火用ライターで着火する。
- ② 続いて、酸素バルブを開いて中性炎とする。
- ③ 火口番号に合わせて白芯の長さを、表2.31に示す値を目安にアセチレンと酸素のバルブを交互に調整して合わせる。

表2.31 トーチ及び火口番号と白芯の長さの目安

トーチの 種類	火口番号	白芯の長さ mm	トーチの 種類	火口番号	白芯の長さ mm
B0号	50	5	B1号	250	8以上
	70	6		315	9以上
	100	7		400	9以上
	140	8		500	11以上
	200	8以上		630	12以上
B01号	200	8以上	B2号	800	14以上
	225			1000	15以上
	250			1200	19以上
	315	9以上		1500	
	400	10以上		2000	20以上
	450	10以上		2500	
500	11以上	3000～4000	21以上		

3.7 窒素ブロー

空気中には約21%の酸素が存在する。金属を加熱すると高温となった金属の表面と空気中の酸素が化学結合し、酸化被膜が生成される。(図2.52) この酸化被膜が剥離すると、剥離した酸化被膜は膨張弁やキャピラリチューブなどを詰まらす原因になり、圧縮機に対しても悪影響を及ぼすため、銅配管のろう付けでは銅配管内面の酸化を防止することが最も重要なことである。そのためには、銅配管内を窒素ブローする必要がある。

窒素ブローは(図2.53)のように行い、銅配管内の酸素濃度を5%未満にする。ろう付け作業時は0.03MPa～0.05MPaの窒素ガスを銅配管内にブローしながら行う。ろう付け部のピンホールを防ぐためには、窒素ブロー時の圧力を過度に上げない。ろう付け箇所が複数箇所ある場合は、窒素ブローホース接続側よりろう付け作業を行う。



窒素ブローをした場合の銅配管内部 窒素ブローをしなかった場合の銅配管内部

図2.52 窒素ブローと銅配管内部

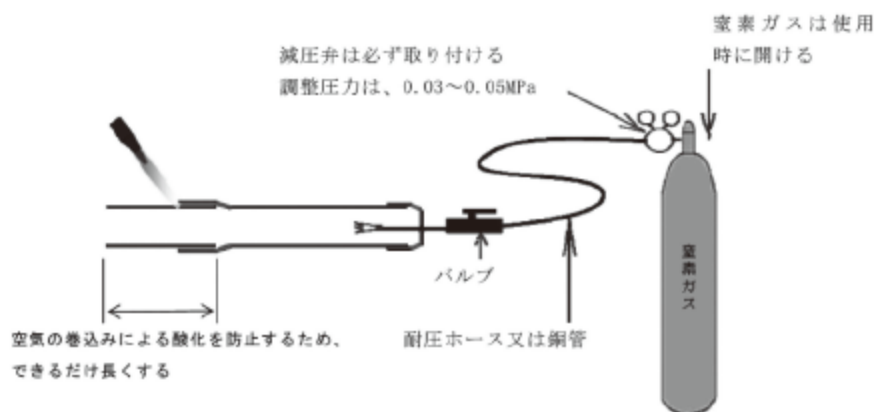


図2.53 窒素ブロー

3.8 検査作業

ろう付部品としての不良品や欠陥品を発見し、次の行程に送ることがないように検査して、取り除く作業である。

ろう付現場において発生するろう付不良や、欠陥には次のようなものがある。

表2.33 ろう付継手の欠陥とその発生原因

欠陥の種類	原因
I. ろう回りの不良	1. 継手の設計不良（クリアランスの過小、継手組立の不良） 2. 前処理の不十分 3. ろう付時のフラックスの不適正（活性不足、フラックスとろう材融点の温度差の不能） 4. ろう付部の温度不足 5. ろう材量の不足
II. ろう付部のピンホールまたはブローホール	1. 溶融金属中における浮遊酸化物の侵入（前処理の不十分または不適当なフラックスの使用による） 2. 母材またはろう材からのガスの発生 3. ろう材の過熱
III. ろう付部ろうの肌あれ	1. ろう付温度の過大 2. ろう付時間のかけすぎ 3. フラックスの不足 4. ろう材金属の結晶粒の粗大化
IV. フラックスの溶融金属への混入	1. フラックス量の過大 2. ろう材量の不足 3. ギャップの両側からの溶融金属の流入 4. キャップ設計の不良 5. ろう材とフラックスの融点の差の過大 6. フラックスの比重の過大 7. 不均一加熱
V. 溶融金属の流出	1. ろう付温度の過大 2. ろう付時間のかけすぎ 3. ろう材と母材の化学反応
VI. 接合部の割れ	1. 溶融金属が凝縮するときの母材の保持方法の不良 2. ろう材の固相線と液相線の差の過大
VII. 母材の割れ	1. 母材の燃焼または過熱 2. 母材結晶粒間への溶融金属の侵入 3. ろう付部の熱伝導不良などの不均一加熱 4. ろう材と母材の熱膨張差の過大によって生ずる熱応力

●目視検査で見発見出来るもの

- ① ろう回り不足、ポイド、ひけ、ピンホールなど
- ② ろう流れ過剰、目づまり、穴づまりなど
- ③ ろうや母材の割れ
- ④ 溶け込み、溶落ち、食われなど
- ⑤ 変色、さび、肌荒れなどの表面異常
- ⑥ 傷、打こん、凹み、変形など

●目視以外の検査器具を使用して発見できるもの

- ① 内部のろう回り不足、ポイド
- ② 微細な割れ、ヘアクラック、ピンホール
- ③ もれ
- ④ 強度不良

第2章 銅管配管の施工

このような多くの欠陥があるが、単純な部品の検査はほとんど目視検査で十分である。放射線透過試験、超音波探傷試験、浸透探傷試験等があるが、多くの時間と費用がかかる。

3.9 りん銅ろう付継手部の品質基準

冷媒フロン類を使用する冷凍空調機器用銅配管のりん銅ろう付継手部の品質について、必要な接合強度及び気密性を確保するための基準を示す。

[1] 外観目視検査（接合強度）

次の基準を満足すること。

- ① 接合部の全周にわたって、十分な外フィレットが形成されていないといけない。
*フィレット不足又は欠陥部が起点となって破断に至る恐れがある。
- ② むれ不良、ピンホール（ブローホール、ピット）、著しい肌荒れ及び酸化、著しいろう垂れ、母材の熔融などの有害な欠陥があってはならない。
*接着力不足、母材及びろうの材質劣化で強度が低下している恐れがある。

[2] 気密試験（耐もれ性）

ろう付継手部の気密性を確保するため、冷凍保安規則関係例示基準に従い気密試験を実施し、一定時間放置後圧力の低下がないこと。

[3] 内部及び浸透深さ検査（接合強度）

3.1の手順で接合部及びその付近の熱影響による部分を切断し、3.2の基準を満足すること。

3.1 接合部分の切断

気密試験終了後、ろう付継手及びその両側30mm以上を含む長さで切断、さらに軸方向に切断する。

3.2 基準

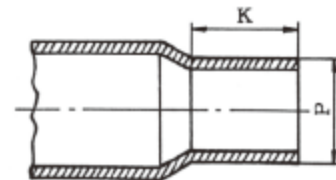
- ① 内部表面に著しい肌荒れ及び酸化、著しいろう垂れなどの有害な欠陥がないこと。
- ② 軸方向の切断面2箇所での浸透深さが、最少2t（t＝銅管肉厚）、平均4t以上であること。
*冷凍空調機で通常使用される銅管サイズ9.52～34.92mm（基準外径）は、接合部の適正すきまが確保され、加熱もしやすいので、ろうの浸透性はよい。
このため軸方向の切断面2箇所での浸透深さが基準以上であれば合格とする。

2. 配管の加工

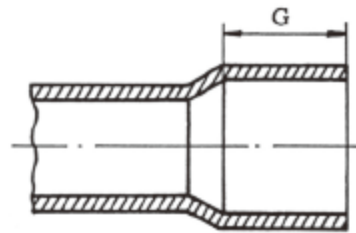
2.1 寸法取り (本手引きの34ページを参照)

作業目的	計測を正確に行い、継手部への差し込み不足が生じないように寸法取りを行う。
使用工具	鋼製巻尺の長さ測定具、マジックインク、けがき針など
作 業 要 領	
1. 寸法別継手の差し込み代は表4.1のK及びGによる。 2. 必要な配管長さは、継手の差し込み代及び継手各部の寸法 (X, Y, Z) (1)を考慮して寸法取りを行う。	
表4.1 継手接合部の寸法例(JCDA 0001-2012、銅管継手1種の場合)	

呼 び 径	基準 外形	継手接合部		備考：表中のP, K, Gは、下図の各部をいう
		おす 最小 長さ K mm	めす 最小 長さ G mm	
(A)	(B)	P mm	K mm	G mm
8	1/4	9.52	8	7
10	3/8	12.70	10	9
15	1/2	15.88	12	11
-	5/8	19.05	16	15
20	3/4	22.22	18	17
25	1	28.58	22	21
32	1・1/4	34.92	25	24
40	1・1/2	41.28	28	27
50	2	53.98	34	33
65	2・1/2	66.68	38	37
80	3	79.38	43 (23)	42 (21)
100	4	104.78	55 (25)	54 (23)
125	5	130.18	28	25
150	6	155.58	33	30





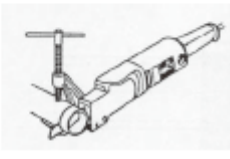

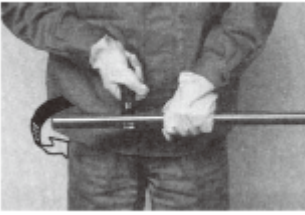
(A) おす



(B) めす

注 (1)：継手各部の寸法 () は、製造業者によって異なるので、カタログ等で確認する必要がある。(第2章1.2.3.2 表2.9参照)

2.2 切断 (本手引き74ページを参照)

作業目的	<p>鋼管の切断、寸法を正確に、管軸に対して直角に切断する。 そのためには、細径では専用パイプカッターを用い、太径ではパイプソーやバンドソーなどを用いて切断する。</p>
使用工具	<p>1. 鋼管専用パイプカッターの例</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="496 533 727 689">  <p>図4.1 25A以下用</p> </div> <div data-bbox="927 533 1123 689">  <p>図4.2 25A～65A用</p> </div> </div> <p>2. その他の切断機の例</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="496 786 727 943">  <p>図4.3 パイプソー</p> </div> <div data-bbox="895 786 1155 943">  <p>図4.4 バンドソー</p> </div> </div>
<p>作 業 要 領</p>	
<p>1. 専用パイプカッターを使用する場合</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 鋼管の種類とサイズにあったパイプカッターを選定する。 (2) パイプカッターの刃を鋼管へ直角に、軽く触れる程度にセットする。 (3) パイプカッターの回転方向は、写真4.1に示す方向が望ましい。 (4) 回転させながら、刃を徐々に絞め込み切断する。 <div data-bbox="632 1178 938 1391" style="text-align: center;">  <p>写真4.1 パイプカッターの回転方向</p> </div> <p>2. その他の切断機を使用する場合</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 管軸に対して、直角にバイスに固定する。 (2) 切断時に刃物で回されないように、確実に締め付ける。 (3) 管の断面を变形させないように注意する。 (4) 適正な速度で切断する。 (5) 切粉を管内に入れないようにする。 	

補 足 事 項

1. 専用パイプカッターを用いると、直角かつ外側のバリが少なく、切粉も出さずに切断できる。
2. パイプカッターを急激に絞め込むと、切り口の変形が大きくなったり、刃を損傷させる。

注意事項

1. パイプカッターの刃は、切れ味が落ちたら新しい刃と取り替える。
2. 銅管に入った切粉は、きれいに取り除かないと、配管機能に異常をきたす。
例えば、止め弁のパッキンに切子が付着すると、完全に閉鎖しなくなり、ガス漏れの原因となる。
3. 管軸に対して直角に切断されていない。(図4.5のような状態)と、ろう付面積(接合面積)が不足して、継手強度が低くなる恐れがあるので注意する。

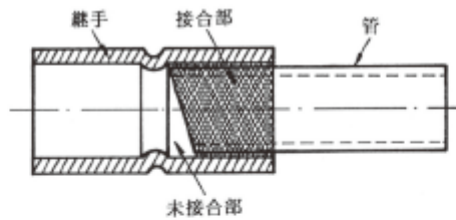


図4.5 悪い切断の例

★備考

バリ：バリとは、銅管を切断したときに、切断面の外側及び内側部にできる突起のことで、“かえり”とか“まくれ”といわれることもあり、使用する工具によってその形態は様々である。(図4.6及び図4.7参照)

語源は、英語のBurとする説と、出張り(でばり)から転じて“ばり”となったという二つの説がある。このマニュアルでは、すべてバリという。

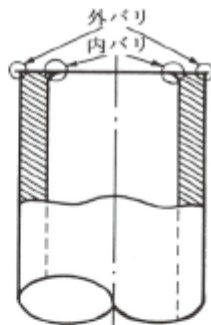


図4.6 パイプカッター切断によるバリの例

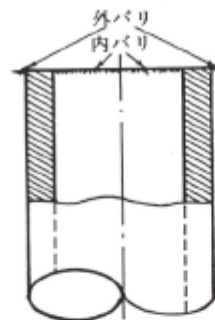
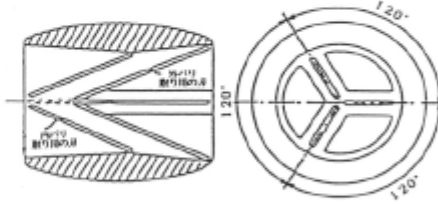



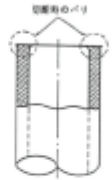
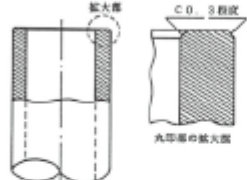



図4.7 バンドソー切断によるバリの例

2.3 バリ取り（面取り）（本テキスト75ページを参照）

<p>作業目的</p>	<p>1. 銅管の内側にバリがあると、油の流れに支障をきたす。 2. 銅管の外側にバリがあると、継手の差し込みが正しくできない。 これらのことを防ぐためにバリ取り（面取り）を行う。</p>	
<p>使用工具</p>	<p>1. 銅管専用バリ取りリーマを使用する場合 （適用銅管：8A～32A）</p>  <p>図4.8 リーマの断面</p>  <p>写真4.2 バリ取り作業</p>	<p>2. スクレーパーを使用する場合 （適用銅管：8A以上）</p>  <p>図4.9 スクレーパー</p>  <p>図4.10 バリ取りの状況</p>
<p>作業要領</p>		
<p>1. バリ取り作業は、管内に切粉を入れないために、写真4.2のように切断面を下向きにして作業する。 2. バリ取りリーマ（面取りともいう）は、管軸に対して直角に強く押し当て、1/3回転（120度）強、左右に4～5回、回転させる。 3. 仕上がりは、図4.11（b）のようになったことを目視で確認する。</p>		
 <p>(a) 切断のまま</p>  <p>(b) バリ取り後の仕上がり（面取り）状態</p> <p>図4.11 バリ及びバリ取り後の状態（パイプカッター切断の場合）</p>		

作 業 要 領	
<p>4. スクレーパは、内径の端部に沿って1回転以上回転させ、全周のバリを面取りによって完全に除去する。 外面のバリは、スクレーパでは取りにくいので、やすりなど他の工具を併用するとよい。</p> <p>5. やむを得ずやすりを使って内外面のバリ取りをする場合は、管の内外面とも、やすりを管軸及び円周面に対して30～45度に傾けて、バリ取りを行う。(図4.12参照)</p> <p>6. バリ取り作業の後、切粉が管内に残留していないことを必ず確認する。</p>	 <p>図4.12 バリ取り作業</p>

○

注意事項

1. リーマには刃が3枚取り付けられているので、1/3回転(120度)以上回転させないと、バリは完全にとれない。
2. 樹脂管用(主として硬質塩化ビニール管)バリ取りリーマを使用してはならない。
3. バリ取りをしないと次のような不具合を生ずる。
 - (1) 管の外側にバリがある場合
 - ① 継手と管の差し込みがうまくいかない。
 - ② すきまが均一にならず、良好なろう付ができない。
 - (2) 管の内側にバリがあると、ろう付及び管内のガスの流れに支障をきたす。

2.4 接合部の清掃及び磨き

○

作業目的	銅管及び継手接合部の酸化皮膜、汚れ及び油分等を取り除き、良好なろう付ができるようにする。
使用工具	<ol style="list-style-type: none"> 1. ウエス(油分の付着のないもの) 2. 不織布研磨布(ナイロンたわし、スコッチブライト等 #280～#320程度) 3. 不織布研磨布がない場合は、エメリーペーパー(#120～#320程度)で代用する。
作 業 要 領	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 銅管及び継手の接合部に油や汚れが付いていたら、ウエスできれいに取り除く。 2. 銅管及び継手の接合部を金属光沢が出るまで、不織布研磨布等でよく磨く。 3. 磨きのかすは油分の付着のないウエス等でよく取り除く。 4. 磨いた後の接合部は、手で触れたり地面等に直接触れないようにする。 	

注意事項

接合部の清掃及び磨きが不十分な場合、接合部の銅管外面及び継手内面に酸化皮膜、汚れ、油分等があると、ろうのぬれ不良やピンホールなどの欠陥が生じやすくなり、もれの原因となる。

★参考

磨きの省略

脱脂及び防錆処理が完全に行われている銅管継手で、継手内面が下記の条件をすべて満たしている場合は、磨きを省略することができる。

- ① JIS、JWWA、JCDAの規格品であって、箱又はビニール袋等で完全に梱包され、汚れがなく、むらなく金属光沢がある状態で保管されているもの。
- ② 取り扱い管理が十分で、①と同等の清浄面が確保されているもの。

2.5 フラックスの塗布

2.5.1 フラックスを使用する場合の判断基準

フラックスを使用しない場合と使用する場合の判断基準は、表4.2による。

表4.2 フラックスを使用しない場合と使用する場合の判断基準

材質の組み合わせ	フラックスの使用	
	りん銅ろう	銀ろう
銅管と銅管継手	使用しない	必ず使用する。
銅管と青銅継手	★使用するとろうの浸透性はよくなる	
銅管と黄銅継手	必ず使用する ★銅管と黄銅継手をろう付する場合は、銀ろうを使用するのが最適で、りん銅ろうの使用はあまり推奨できない	

2.5.2 フラックスの塗布作業

作業目的	フラックスは、銅管外面及び継手内面の接合部に均一に塗布する
使用工具	フラックス、はけ等
作 業 要 領	
1. フラックスは、銅管外面及び継手内面の接合部に、はけ等で均一に塗布する。組み立て後に、継手入り口の端部にフラックスを塗布すると、フィレット部のろうのなじみが良好となる。	
2. フラックスを塗布した部分は、手で触れたり地面や床等に直接触れないようにする。	

注意事項

- 1. 黄銅継手のりん銅ろう付においては、必ずフラックスを使用する。
その理由は黄銅の成分である亜鉛の酸化皮膜に対しては、りん銅ろうの自己フラックス作用が働かないためである。
- 2. 銀ろう付の場合は、継手の材質にかかわらず、フラックスを必ず使用する。
- 3. フラックスが接合面を十分覆わないと、ろう付は不完全になる。
- 4. フラックスは、乾燥したり、ほこりなど異物が入らないように注意し、使用しないときは容器のふたをしておく。

★参考1 -フラックス残さ-

銀ろう付用のフラックス残さによる腐食は、通常の場合問題ないといわれている。し

かし、使用環境によっては、腐食の原因となる恐れがあるのでフラックス残さは、除去することが望ましい。

また、フラックス残さが、腐食以外に問題となる場合（医療用配管）は、ろう付終了後、湯洗等によって残さを除去する。この作業は非常に大変であり、残さの除去の程度を確認する適切な方法がないなどの問題もある。

材質の組み合わせが、銅管と銅管継手及び銅管と青銅継手の場合は、配管内に窒素又は炭酸ガスを流しながら、フラックスを使用しないで、りん銅ろう付を行うことにより、残さの除去処理が不要となり、管内の酸化を防止することも可能である。

★参考2 -フラックスの薄め液-

フラックスが乾燥して硬くなった場合は、2～3%の界面活性剤を入れた水溶液で薄めて練り直すとよい。界面活性剤は、台所で使う中性洗剤でもよい。この場合、コップ1杯（180ml）の水に対して2～3滴入れて用いる。

3. ろう付作業

3.1 加熱機器の選択 (本手引きの89ページを参照)

加熱機器の選択は、原則的に表4.3に示すろう付時間を目安に、第2章の表2.28 (加熱機器の選択基準) の中から、作業条件や使用目的に応じて選択する。

表4.3 銅管サイズとろう付時間の目安

銅管サイズ		ろう付時間の目安 (エルボの両側に要する時間)
(A)	(B)	
8～10	1/4～3/8	40秒～1分20秒
15	1/2～5/8	1分～2分
20～25	3/4～1	1分30秒～2分30秒
32～40	1・1/4～1・1/2	2分～3分30秒
50～65	2～2・1/2	3分40秒～5分30秒
80	3	5分～7分
100	4	7分～10分
125	5	8分～12分
150	6	9分～14分

3.2 銅管サイズとトーチ及び火口の選択

使用する銅管サイズ範囲に合わせたトーチの種類を選択し、そのトーチにあった火口の中から銅管サイズに適した火口番号を選択する。

酸素アセチレン炎を使用する場合のトーチ及び火口の選択の目安を表4.4に示す。この場合、火口番号が同じであっても、ガス流量によって炎の大きさはかなりの程度調整できる。また、炎の当て方によって、相当柔軟に対応もできる。

表4.4 銅管サイズとトーチ及び火口の選択状の目安

トーチの種類	火口番号			銅管サイズ		ガス調整器の圧力	
	(1)	(2)	(3)	(A)	(B)	酸素 MPa	アセチレン MPa
B0号	50			8～15	1/4～1/2	0.2	0.02
	70						
	100			15～25	1/2～1		
	140						
200							
B01号	200			20～32	3/4～1・1/4	0.3	0.03
	225						
	250						
	315			32～50	1・1/4～2		
	400						
450							
500							
B1号	250			25～50	1～2	0.4	0.04
	315						
	400						
	500						
	630			40～80	1・1/2～3		
800							
1000							
B2号	1200			65～125	2・1/2～5	0.5	0.05
	1500						
	2000						
	2500						
	3000			100～150	4～6		
	3500						
4000							

- 注 (1) 火口番号は、1時間あたりのガスの消費量 (l/h) を表している。
 (2) JISでは、火口番号によって孔径が定められている。
 (3) 市販の火口の中には、同じ火口であってもメーカーによって孔径が異なっていたり、火口番号と孔径の関係がJISに該当しないものがあるので、注意を要する。

3.3 銅管サイズとろうの使用量

ろうの使用量は、ろう付姿勢によって多少差がある。一般に、鉛直管下向き差しろうの場合が最も少なく、鉛直管上向き差しろうがこれに続き、水平管横向き差しろうの場合が最も多く使用する傾向がある。また、銅管の直径が細いほどフィレット部に多くのろうを使い、銅管の直径が太くなるほど、フィレット部に使われるろうの割合は少なくなる傾向がある。

表4.5に継手1ヶ所あたり当たりの使用量の目安を示す。

表4.5 継手1ヶ所当たりの使用量の目安

銅管サイズ		ろうの直径 mm	使用量				備考	
			最小		最大		浸透率% (1)	フィレット係数 (2)
A	B	長さ mm	重量 g	長さ mm	重量 g			
8	1/4	1.6	20	0.35	30	0.52	100	1.4
10	3/8	1.6	35	0.61	55	0.95		
15	1/2	2.0	35	0.95	55	1.49		
-	5/8	2.0	55	1.49	85	2.30	100	1.3
20	3/4	2.0	70	1.89	110	2.97		
25	1	2.0	130	3.51	200	5.40		
		2.4	90		140			
32	1-1/4	2.0	190	5.13	290	7.83	90	1.2
		2.4	130		200			
40	1-1/2	2.0	260	7.00	390	10.9	80	
		2.4	180		280			
50	2	2.4	290	11.3	440	17.1	70	
		3.0	190		290			
65	2-1/2	2.4	450	17.6	680	26.7	60	
		3.0	290		440			
80	3	3.0	370	22.5	550	33.4	50	
		4.0	210		310			
100	4	3.0	680	41.3	1020	62.0	40	
		4.0	380		580			
125	5	3.0	860	52.3	1280	77.8	70	
		4.0	480		720			
150	6	3.0	1200	72.9	1800	109.4	60	
		4.0	680		1030			

注 (1) 継手の最小深さ (G) に 1 mm をプラスした差し込み深さ (G+1) に対するろうの平均浸透深さの割合を表す。実験値とすきまを考慮して 100 ~ 40% の範囲で定めた。

(2) 継手の肉厚プラスすきまに相当する等脚フィレット (肉厚プラスすきまを一辺とする直角二等辺三角形) を 1.0 とし、これを基準に実験値を参考にして定めた。

3.4 炎の当て方

予熱及び加熱時の炎の当て方の原則は次による。

- ① 管軸に対しては、直角に当てるようにする（図4.16 (a) 参照）。
- ② 円周に対しては、管の中心に向かって直角に当てるようにする（図4.16 (b) 参照）。
- ③ 炎は、常に動かし続け、一点だけに止めておかないようにする。一点に止めておくと、局部加熱となって、母材を溶かすことがあるので注意を要する。
- ④ 白芯の先端は、母材に近づけ過ぎないようにする。
- ⑤ ろうは、主として母材からの熱伝導で溶かすようにし、炎は補助的に当てる。この場合、白芯の先端の先端をろうに近づけないことが、肝要である。

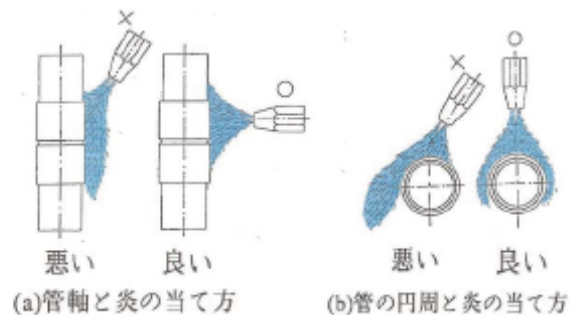


図4.16 炎の当て方

適正温度に維持するための技能

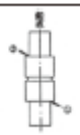
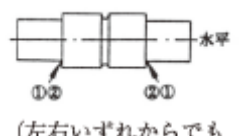
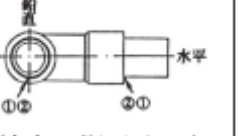
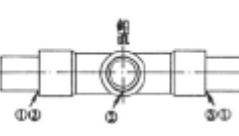

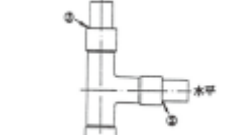
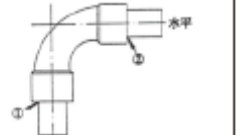

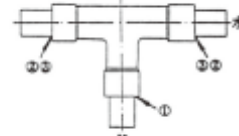
- ① 炎を常に動かして、一点に止めておかない
- ② 予熱では“均一に”、加熱では“管より継手を高く”
- ③ 炎をわずかにずらして、表面の色（温度）を確認する

・予熱	黒赤色（600～650℃）
・加熱／浸透	赤黒色（760～850℃）
・ファイレット形成	黒赤色（680～780℃）

3.5 配管姿勢とろう付順序

ろう付順序は、配管姿勢と継手の組み合わせによって、表4.6によることを原則とする。
このろう付姿勢は、ろう付時の熱による酸化の影響とろうの浸透性を考慮している。

表4.6 配管姿勢とろう付順序の基本 (矢印：差しろうの位置、数字：ろう付順序)

配管姿勢	継手の種類		
	ソケット フィティング レギュレーター	90°エルボ 45°エルボ	T (ティー)
鉛直配管		—	—
水平配管	 (左右いずれからでもよい)	 (左右いずれからでもよい)	 (いずれからでもよい)
鉛直・水平混合配管	—		 (水平は、左右いずれからでもよい)
	—		
	—	—	 (水平は、左右いずれからでもよい)

3.6 予熱、加熱及び差しろうの要点

予熱と加熱及び差しろうは、ろう付における一連の連続した作業で、厳密な区分はない。銅管の熱容量が大きくなる（管径が大きくなる）と、直接加熱では局部加熱となりやすいため、予め接合部付近の全体をろう付温度近くまで、できるだけ均一に昇温しておくことによって、より均一加熱状態で差しろう（ろう付）ができる。

したがって、ろう付作業内容を“予熱”と“加熱及び差しろう”の2段階に分けて扱う方が合理的であり、ろう付技術を理解しやすい。

3.6.1 予熱

酸素アセチレントーチを使用する場合の予熱作業の基本要領は、次の通りである。

作業目的	予熱は、管と継手との温度差をできるだけ小さくすると共に、接合部の加熱及び差しろうをスムーズに行うため、予め接合部付近の全体を暗赤色になるまで昇温させる。
使用工具	1. 酸素アセチレントーチ 2. 火口 3. ライター

作 業 要 領

1. 炎の調節：着火後中性炎にし、使用する火口に適した白芯の長さに調整する。
2. 管サイズと予熱範囲の目安：表4.7及び図4.17による。

表4.7 管サイズと予熱範囲の目安

管サイズ	予 熱 範 囲	
	銅 管 側	継 手 側
8A ~ 32A	継手端部から1/2D離れた部分	継手接合部の止め部から継手端部
40A ~ 150A	継手端部から1/3D ~ 1/2D離れた部分	

(a) 8A ~ 32Aの予熱範囲 (b) 40A ~ 150Aの予熱範囲

図4.17 管サイズと予熱範囲の目安

作 業 要 領

3. 予熱炎の当て方 (図4.18参照)
- ①白芯の長さを (1) とすると、加熱部 (管及び継手) の表面と白芯先端の距離は、銅管サイズによって異なるが、約2～4倍程度にする。
 - ②炎は、管軸及び円周に対して、できるだけ直角に当てる。
 - ③炎は、常に動かし続け、一点に止めておかないようにする。
 - ④管と継手を交互に、円周方向にジグザグ状に炎を進めるように予熱する。ただし、銅管サイズ15A以下の場合の予熱は、対向する2方向からでも可能である。
 - ⑤100A～150Aの場合、予熱時間を短縮するために、補助トーチを使用すると、より能率的である。
4. 適正予熱温度の見分け方
- ①銅管及び継手の表面の色が、暗赤色 (600～650℃) になった状態の色合いを目安にする。
 - ②直射日光の当たる場所や非常に明るい場所では、この色による判断は困難なので、炎による銅の酸化皮膜の色 (黒色) と炎による銅の還元色 (淡いピンク色) によって判断する (炎を動かすと黒色とピンクの肌が交互に変化する)。

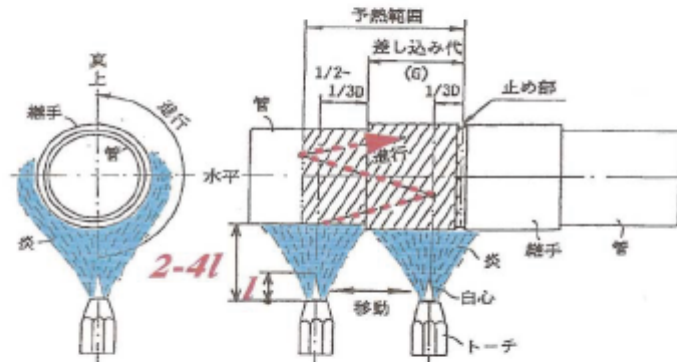


図4.18 炎の当て方と予熱範囲

3.6.2 加熱及び差しろう

予熱に続く加熱及び差しろうの基本は、第1段階の浸透作業と第2段階のフィレット形成作業の2段階に分けて行い、次の通りである。

(1) 炎の当て方

- ① 白芯の長さを (l) とすると、加熱部（管及び継手）の表面と白芯先端の距離は、銅管サイズによって異なるが、約2～4 l 程度にする。
- ② 炎は、管軸及び円周に対して、できるだけ直角に当てる。
- ③ 炎は、常に動かし続け、一点に止めておかないようにする。

(2) ろうの浸透作業

(a) 適正ろう付温度（差しろうのタイミング）の見分け方

予熱に続いて、適正ろう付温度まで手際よく加熱し、ろうを差す。この場合、加熱による銅管の色、ろうの溶け具合及びすきまへの浸透、フィレットの状態、ろうの流れ具合などを注意深く観察し、総合的に判断するが、その目安は次の通りである。

- ① 銅管及び継手が、赤褐色から淡赤色（760～850℃）になったときにろうを差す。
- ② すきまの入り口にろうを当て、ほんの少し溶かしたときに吸い込まれていけば、適正温度である。すきまの入り口に留まっていれば、温度が低すぎるので更に加熱し、吸い込まれていくのを確認したら、その温度（加熱色）と状態を保ちながら進行する。
- ③ ろうを差したとき、フィレットが小さく凹面状になれば適正温度になっている。凸面状もしくは二等辺三角形状になっていれば温度が低すぎる（図4.19参照）。

★参考

適正ろう付温度について

JIS.Z.3264（りん銅ろう）では、ろう付温度の参考値としてBCuP-3の場合、720～815℃が示されている。

このろうは、固相線温度（ろうが部分的に溶け始める温度）が645℃で、液相線温度（ろうが完全に溶けて、全体が一様になる温度）が815℃である。

実験の結果、ろうの浸透が良好になる温度は、約760℃からで、ろう付温度が高くなるほど浸透性は向上する。また、ブローホールやピンホールは、850℃付近まで多発することはない。母材結晶粒の粗大化は、加熱温度と時間などの条件によって変化するが、850℃までであれば特に問題ない。

以上のことを考慮して、ろうの浸透を重視する第一段階の浸透作業においては、適正温度を760～850℃とした。

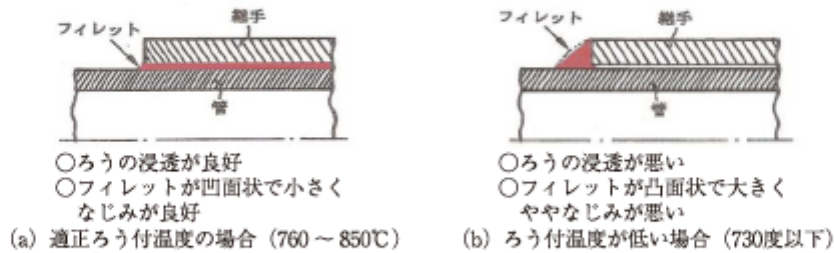
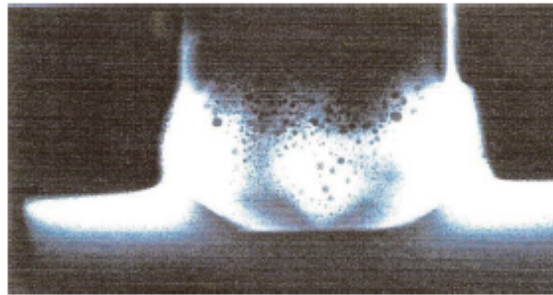


図4.19 ろう付温度とフィレットの状態

- ④ すきまの入り口で、ろうがある程度流動するようであれば、適正温度になっている。
- (b) 注意事項
- ① ろうがすきまに吸い込まれなかったり、すきまの入り口から継手や銅管の他の部分に流れる場合は、次の三つのいずれかにその原因があるので、適正温度にしてからろうを差す。
 - ・継手の温度が適正温度より低すぎる（すきまにろうが吸い込まれない）。
 - ・銅管だけがオーバーヒート状態になっている（ろうは、銅管表面上へ流れる）。
 - ・継手だけがオーバーヒート状態になっていて、銅管の温度は低い（ろうは、継手上に流れる）。
 - ② 差しろうのスタートにおいては、ろう棒が冷えているので、母材の温度が適正温度になっていても、すきまの入り口にろう棒の先端を接触させても、すぐには溶け始めない。この場合、補助的に炎を当てて、ろうが溶けるのを助けるようにする。
 - ③ ろうは、炎の白芯の先端付近で直接溶かしてはならない。その理由は、ろうがオーバーヒートされてピンホール、ブローホール、ピットなどの欠陥が多発するからである（写真4.3参照）。
 - ④ 管及び継手の温度が極端に低い状態のときに、ろうを白芯の先端で溶かすと、溶接ビード状のフィレットとなり、内部にはピンホールやブローホールが多発する。
 - ⑤ 母材の温度が極端に低い状態のときにろうを差すと、ぬれ不良（なじみ不良）が生じ、もれを起こすことがあるので、適正温度で差しろうしなければならない。



(a) オーバーヒートによる接合部のX線透過写真
(黒い丸状の欠陥がブローホールで、またピンホールも多発)



(b) 写真 (a) の試料中央部の断面マクロ組織写真

写真4.3 T継手部に発生したピンホール及びブローホールの例

- ⑥ ろうの浸透作業においては、管の温度より継手の温度の方が高くなるように加熱する。継手は、入り口だけでなく、止め部まで十分に加熱する。その理由は、次の2点である。
- ・継手に差し込まれている管は、継手の内側に入っているため、継手よりも温度が上がりにくくなっている。
 - ・管と継手接合部との間に温度勾配をつけることによって、ろうの浸透性を良好にし、更に、ろうが鋼管表面に流れ出るのを抑制する効果がある。これは鉛直配管の上向き姿勢の場合に顕著である。
- ⑦ 差しろう時に熔融ろうから小さい火花（スパッタ）が飛ぶときは、オーバーヒート状態（ピンホールなどの欠陥が多発）なので直ちに炎を遠ざける（図4.20参照）。

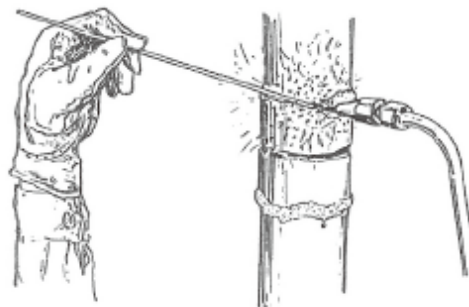


図4.20 オーバーヒート時の火花

- ⑧ 溶融ろうがフィレット部から継手や管の表面に流れ出したときは、ろうと母材が合金化して融点が下がり、母材が溶けやすくなるので、肉厚が薄い小径銅管の場合、特に気をつけないと穴を開ける恐れがある。

(3) フィレット形成作業

フィレットは、接合部の継手強度、耐圧及び耐もれ性など、ろう付部の信頼性に大きく寄与する。したがって、すきまにろうを十分に浸透させた後、フィレットを確実に形成させておくことは、極めて重要なことである。

- ① フィレットの形成作業は、予熱温度（600～650℃）と浸透作業温度（760～850℃）の中間の温度（680～730℃）を目安にろうを差す。
- ② 炎は、少し遠ざけるか、または弱く調節して、フィレット両端部のぬれ（なじみ）具合を注意深く観察しながら、できるだけ低い温度でろうを差し、大きなフィレットを形成させるようにする。

3.7 銅管サイズ別ろう付要領

加熱源として、酸素-アセチレントーチを使用し、りん銅ろうのBCuP-3を用い、フラックスを使用しない場合のろう付の基本要領について述べる。

なお、ここでは、ソケット継手の例について述べるが、エルボ継手やティー（T）継手の場合も基本は同じなので、これに準じて作業すればよい。

3.7.1 銅管サイズ8A～15A（1/4B～1/2B）のろう付要領

(1) 鉛直配管-継手下側：上向ろう付姿勢-

a. トーチ及び火口の選択と炎の調節

- ① トーチ及び火口を選択し、酸素とアセチレンの圧力を調節する（表4.7参照）。

表4.7 トーチ、火口及びガス調節器の圧力（全配管姿勢に共通）

管の呼び径		酸素アセチレントーチ及び火口			ガス調整器の圧力	
(A)	(B)	トーチ	火口番号	白芯の長さ mm	酸素M Pa	アセチレン MPa
8	1/4	BO号	50～70	5～6	0.2	0.02
10	3/8					
15	1/2		70～100	6～7		

- ② 着火の後、酸素とアセチレンの弁を調節して中性炎にする。
- ③ 火口に適した白芯の長さに調整する。

5. 銅配管ろう付のポイント

5.1 作業者の資格（酸素-アセチレン、酸素-プロパントーチなど酸素と可燃性ガス炎を使用）

- ① ガス技能講習修了者
 - ② ガス溶接作業主任者免許
- のうち、いずれかの資格が必要である。

5.2 ろう及び加熱源の選択

- ① ろう：JIS Z 3264BCuP-3（ろう棒の直径は、使用銅管サイズによって適宜選択）
- ② フラックス：使用せず
- ③ 加熱源：酸素アセチレントーチ、火口の大きさは適宜選択する（炎は中性炎に調整）。

* 機器メーカーでは温度が低く、母材を傷めないとの理由で還元炎を推奨しています。ろう付時にろう付部が炎で蔽われて、空気による酸化防止が大事です。その点では本手引きは137ページに白芯の長さの2～4倍の長さとしています。
還元炎では約5cm + 2～3mmで炎の先端はどちらも十分な長さになり炎で酸化防止ができていますので、どちらでも可能です。

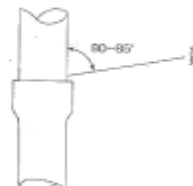
中性炎と還元炎の比較

	中性炎（標準炎）	還元炎（炭化炎）
酸素量	1.1:1 容積(酸素:アセ)	アセチレンに対して酸素が不足
炎	炎中に余剰の酸素や炭素がなく完全燃焼しているため、効率よく高温が得られる。白芯の先端から数mmは還元性のガスが発生しているためこの部分でろう付を行う。	アセチレン(C ₂ H ₂)の分解によって生じた炭素と水素が、酸素不足のため完全燃焼できずに炎の中に残っている。(炭化炎:アセチレンフェザーともいう) 炭化炎を加熱物に当てると遊離炭素のため表面がすす状に黒くなりぬれ不良の原因となるので炭化炎を外してろう付を行う。
還元ガス雰囲気	狭い	広い
炎の位置決め の正確さ	やや難(白芯先端から10～30mmの位置のため)	容易(炭化炎の先端から1～2mmの位置のため)
最適温度範囲	狭い(下り勾配の途中)	広い(ピークの両側)

中性炎は音(シャー音)と白芯輪郭の鮮明さなどから酸素とアセチレンの量及び比率調整がしやすく、効率よく高温が得られるが、位置決め点が遠く、最適温度範囲が狭いので要注意。還元炎は白芯輪郭が不鮮明で比率調整が難しく、炭化炎を当てないよう注意が必要だが、最適温度範囲が広く、還元性ガス雰囲気が大きいという特徴を生かすと作業の確実性が増す。

第4章 ろう付実習作業

* 火炎の角度も母体の対し、約80～85°としています。



(参考 火炎角度)

本手引きでは134ページのように直角に加熱するように推奨しています。ろうは炎の角度ですきまに入るのではなく、毛細管現象で自然に流れるので、加熱温度が大事だと考えます。現場で適時に使いこなせばいいでしょう。

5.3 銅管サイズとろう付作業の基本

(1) 32A (1・1/4B) 以下

適正なすきまが確保されるため、基本を守れば特に問題ないが、フィレットは十分に形成させておくことが重要である。

(2) 40A (1・1/2B) 以上

管サイズが大きくなるに従って、すきまも大きくなり、ろうが浸透しにくくなるので、この弱点を補うために、ろう付作業は、浸透作業とフィレット形成作業の二段階に分けて行う。

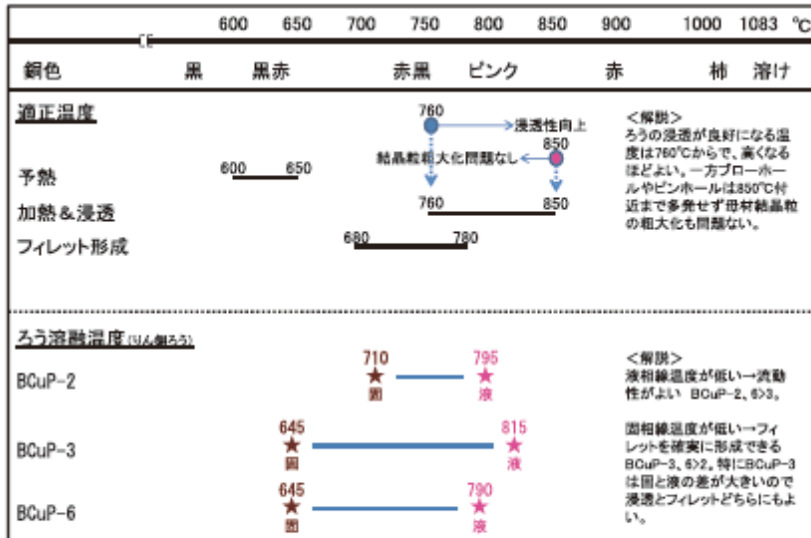
イ) 第一段階の浸透作業：高めのろう付温度で (760～850℃)、すきまにろうを十分浸透させる。

ロ) 第二段階のフィレット形成作業：低めのろう付温度 (680～730℃) で、フィレットを確実に形成させる。

5.4 差しろう時の注意

- ① 接合部付近 (銅管と継手) を暗赤色 (600～650℃) になるまで予熱する (ブローホールの防止と共に、適正ろう付温度にできるだけ均一に昇温するための準備)。
 - ② 白芯の先端付近で、直接ろう棒を溶かしてはならない (ブローホールの防止: 図4.44参照)。
 - ③ 浸透作業は、適正ろう付温度に昇温した後、主として母材からの熱伝導でろう棒を溶かすようにし、炎の外炎は、補助的に当てる要領でろうを差す。
- ★適正ろう付温度：継手の入り口へろう棒を当てて溶かしたときに、ろうがすきまに吸い込まれていくのを確認し、その温度 (銅管及び継手の色に注意) を維持しながら進行する。
- ④ フィレットの形成作業は、ろうのなじみ具合と流れに注意しながら、大きなフィレットを形成させるようにする (図4.45参照)。

加熱適正温度とろう溶融温度



5.5 外観試験と補修ろう付

- ① ろう付終了後、全周にわたって欠陥がないことを確認する。
- ② 万一、欠陥が見つかったときは、適正ろう付温度に昇温し、ろうを追い差しして完全に補修しておく。

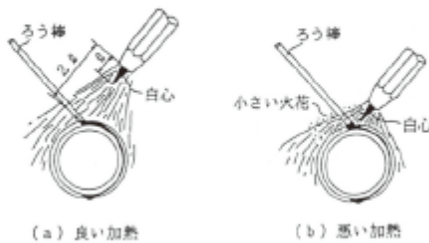


図4.44 良い加熱と悪い加熱



図4.45 良好なフィレット

第4章 ろう付実習作業

③ 万一、銅管に穴が開いたとき。

- ・空気熱交換器の銅管内厚は薄いので加熱するときは溶けて穴が開かないように注意が必要である。
- ・穴が開いた場合は穴の大きさに合わせた銅片を当て、ろうで補修する。そのときに、溶けたろうが銅管の内に流れて入り、詰まらせないように注意して補修する。

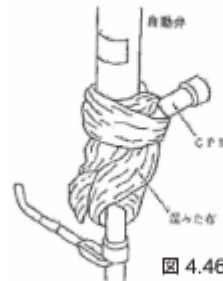


図 4.46

5.6 自動弁類ろう付時の注意

冷凍装置に用いる自動弁内にはろう付加熱によって機能部品に支障を生じるものがあり特にテフロン等樹脂系が用いられている場合が多く、図4.46の如く弁本体の非加熱部分に水ヌレ布等を周き付けて過熱しないように保護する。

5.7 直角継手

通常銅管の分岐はチーズ継手を使って行うが(写真4.8)、TメーカーングTドリルを使い(写真4.10)、銅管に穴をあけると同時にフレヤを作りそこに銅管を継ぎ合わせてろう付して分岐させる方法(写真4.9)。

写真のようにチーズでは3カ所のろう付が必要であるが、この工法では1カ所で済むので工期が短縮され、費用も抑えることが出来る。しかし、重ねしろが少なく、強度的にはチーズ継手より弱いので振動等が無い場所など考慮して使用することが肝要である。

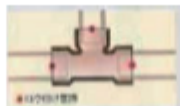
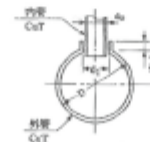


写真4.8

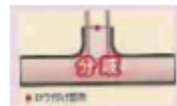


写真4.9



写真4.10

外径 (φmm)	内径(φmm) - 標準(φmm)		R	F	T
	内径	公差			
3.2	3.30	+0.1 0	3		
6.4	6.45	+0.1 0			
7.9	8.30	+0.1 0			
9.5	9.45	+0.1 0	3		
12.7	12.40	+0.1 0			
15.9	16.05	+0.1 0			
19.1	18.30	+0.1 0	3		
25.4	20.40	+0.1 0			
25.4	25.40	+0.1 0			
31.8	31.95	+0.1 0	3		
38.1	38.40	+0.1 0			
44.5	44.45	+0.1 0			
50.8	50.30	+0.1 0	3		
63.5	63.40	+0.1 0			

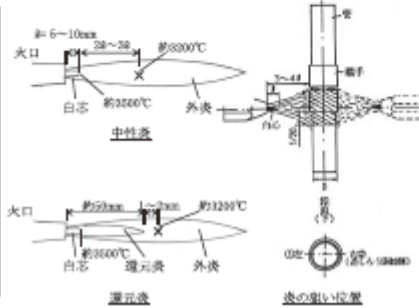
1. 銅管サイズ別ろう付ノウハウ

1-1-1-下1. <φ9.52mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（1）

火口番号と圧力調整	トーチ(JIS)	80号	
	火口番号(JIS)	140～200	
	ろう棒(JIS記号×径)	BCuP-2×1.6 mm	
ガス調整器の圧力	酸素(MPa)	0.2	
	アセチレン(MPa)	0.02	
炎の調整	中性炎の場合	白芯の長さ(L)	5～6 mm
		炎の狙い位置 [温度]	白芯先端から2～4φ [約3200℃]
	還元炎の場合	炭化炎の長さ(A)	約60 mm
		炎の狙い位置 [温度]	炭化炎先端から1～2mm [約3200℃]

予熱範囲(軸方向)	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の狙い位置	予熱範囲の中央部	
トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け一点に止めない
	スタート位置	左右2方向で、差しろう開始位置の反対側から開始
	軸・円周方向	円周方向に移動
母材表面の色 [温度]	黒赤色 [600～850℃]	
適正温度の見分け方	炎中心を少しずらして色を確認	

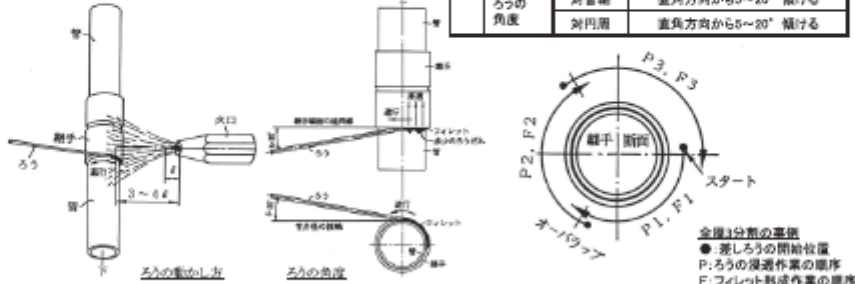
加熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の狙い位置	予熱範囲の中央部	
トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け一点に止めない
	スタート位置	左右2方向で、差しろう開始位置の反対側から開始
軸・円周方向	円周方向の動きを速くして昇温する	
母材表面の色 [温度]	赤黒色 [760～850℃]	
適正温度の見分け方	液滴の入り口でろうを少し溶かした時に裏に込められる	



1-1-1-下2. <φ9.52mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（2）

火口の角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の狙い位置	予熱範囲の中央部	
トーチの動き	基本の考え方	常に動かし続け一点に止めない。ろうの移動を追いかけて同方向に進行
	スタート位置	手前側から開始
軸・円周方向	円周方向で左右に動かす	
母材表面の色 [温度]	赤黒色 [760～850℃]	
ろうの動かしかた	2～3分筋し巻きつけるように移動	
ろうの角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける

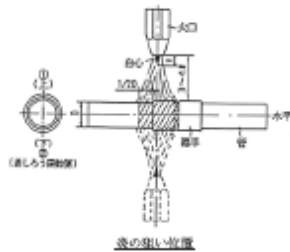
火口の角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の狙い位置	ろうの先端	
トーチの動き	基本の考え方	①炎を避ける ②ろうを巻く ③ろうが溶け始めてどろっとなる距離を保って、ろうと炎を同時に動かす
	スタート位置	手前側から開始
軸・円周方向	ろうの先端との距離を保って円周方向に動かす	
母材表面の色 [温度]	黒赤色 [680～780℃]	
ろうの動かしかた	2～3分筋し巻きつけるように移動	
ろうの角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける



1-1-1-水1. <9.52mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（1）

予熱	予熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2D	
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	予熱範囲の中央部	
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 鋼管の温度を主体に予熱
		スタート 位置	上下2方向で、上側(逆しろう開始位 置の反対側)から開始
		軸・円周 方向	円周方向に移動
母材表面の色[温度]	黒赤色[500～650℃]		
適正温度の見分け方	炎中心を少しずらして色を確認		

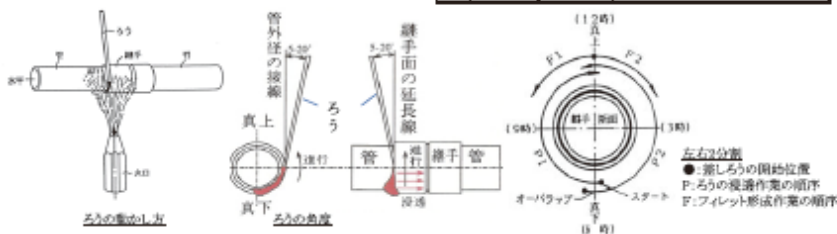
加熱	加熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2D	
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	予熱範囲の中央部	
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない
		スタート 位置	上下2方向で、上側(逆しろう開始位 置の反対側)から開始
		軸・円周 方向	円周方向の動きを遅くして昇温する
母材表面の色[温度]	赤黒色[700～850℃]		
適正温度の見分け方	隣接の入り口でろうを少し溶かした 時に盛り込まれる		



1-1-1-水2. <9.52mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（2）

深透作業	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	予熱範囲の中央部	
	トーチの 動き	基本の 考え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を遅くして同方向に進行
		スタート 位置	左右2分割し、いずれも真下(6時)の 位置から開始
		軸・円周 方向	円周方向で左右に動かす
	母材表面の色[温度]	赤黒色[740～850℃]	
ろうの動かし方	左右2分割して円周を巻きつけるよう に移動		
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける	

ファイレット 形成作業	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	ろうの先端	
	トーチの 動き	基本の 考え方	①炎を遠ざける ②ろうを育てる ③ろうが溶け始めてどろっとなる段階 を稼いで、ろうと炎を同時に動かす
		スタート 位置	左右2分割し、いずれも真上(12時) の位置から開始
		軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす
	母材表面の色[温度]	黒赤色[680～780℃]	
ろうの動かし方	左右2分割して円周を巻きつけるよう に移動		
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける	



1-1-1-上1. <9.52mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（1）

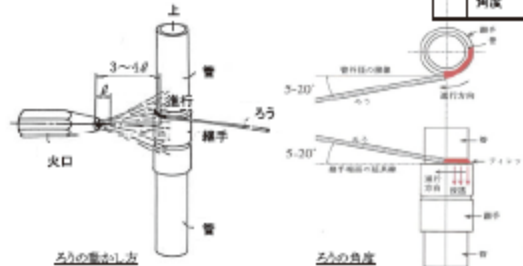
予熱		予熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の 角度	対管軸	直角		直角	
	対円周	直角		直角	
炎の狙い位置		予熱範囲の中央部			
トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継手の温度を主体に予熱			
	スタート 位置	左右2方向で、差しろう開始位置の 反対側から開始			
	軸・円周 方向	円周方向に移動			
母材表面の色[温度]		黒赤色[800～850℃]			
適正温度の見分け方		炎中心を少しずらして色を確認			

加熱		加熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の 角度	対管軸	直角		直角	
	対円周	直角		直角	
炎の狙い位置		予熱範囲の中央部			
トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない			
	スタート 位置	左右2方向で、差しろう開始位置の 反対側から開始			
	軸・円周 方向	円周方向の動きを遅くして昇温する			
母材表面の色[温度]		赤黒色[750～800℃]			
適正温度の見分け方		継手の入り口でろうを少し溶かした 端に吸い込まれる			

1-1-1-上2. <9.52mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（2）

差込作業		予熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の 角度	対管軸	直角		直角	
	対円周	直角		直角	
炎の狙い位置		予熱範囲の中央部			
トーチの 動き	基本の考 え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を追いかけて円周方向に進行			
	スタート 位置	手前側から開始			
	軸・円周 方向	円周方向で左右に動かす			
母材表面の色[温度]		赤黒色[750～850℃]			
ろうの動かし方		2～3分間し寄せつけるように移動			
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20°傾ける		直角方向から5～20°傾ける	
	対円周	直角方向から5～20°傾ける		直角方向から5～20°傾ける	

ファイレット 形成作業		予熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の 角度	対管軸	直角		直角	
	対円周	直角		直角	
炎の狙い位置		ろうの先端			
トーチの 動き	基本の考 え方	①炎を遠ざける ②ろうを当てる ③ろうが溶け始めてどろりとなる距離 を保って、ろうと炎を同時に動かす			
	スタート位 置	手前側から開始			
	軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす			
母材表面の色[温度]		黒赤色[650～750℃]			
ろうの動かし方		2～3分間し寄せつけるように移動			
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20°傾ける		直角方向から5～20°傾ける	
	対円周	直角方向から5～20°傾ける		直角方向から5～20°傾ける	

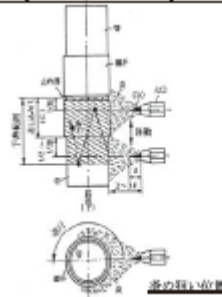


1-1-2-下1. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（1）

火口 番号と 圧力 調整	トーチ(JIS)	BO号	
	火口番号(JIS)	200-250	
	ろう棒(JIS記号×径)	BCuP-2×2.4mm	
ガス調整 器の圧力	酸素(MPa)	0.2~0.3	
	アセチレン(MPa)	0.02~0.03	
炎の 調整	中性炎 の場合	白芯の長さ(L)	8mm以上
		炎の強い位置 [温度]	白芯先端から2~3mm [約3200℃]
	還元炎 の場合	炭化炎の長さ(L)	約50mm
		炎の強い位置 [温度]	炭化炎先端から1~2mm [約3200℃]

手 際	予熱範囲(軸方向)	継手止め部~継手端部から1/2~1/3D	
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	予熱範囲をジグザグに進行	
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 鋼管の温度を継ぎ手より高めに
		スタート 位置	差しろう開始位置から開始
		軸・円周 方向	円周方向にジグザグに一層移動
母材表面の色[温度]	黒赤色[600~650℃]		
適正温度の見分け方	炎中心を少しずらして色を確認		

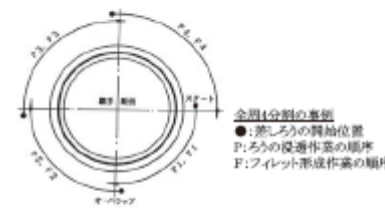
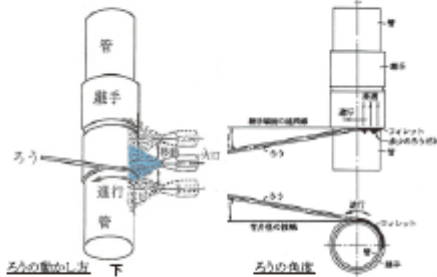
加 熱	加熱範囲(軸方向)	継手止め部~継手端部から1/2~1/3D	
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置	加熱範囲をジグザグに進行	
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継ぎ手を重点的に加熱
		スタート 位置	差しろう開始位置から開始
		軸・円周 方向	円周方向の動きをやや遅くしてジグ ザグに移動して昇温する
母材表面の色[温度]	赤黒色[760~850℃]		
適正温度の見分け方	鋼管の入り口でろうを少し溶かした 時に強い込まれる		



1-1-2-下2. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（2）

火口の 角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の強い位置	加熱範囲をジグザグに進行	
トーチの 動き	基本の考 え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を遅くして円周方向に進行
	スタート 位置	手前側から開始
	軸・円周 方向	継手端部~継手止め部をジグザグ に移動
母材表面の色[温度]	赤黒色[760~850℃]	
ろうの動かし方	3~4分割し巻きつけるように移動	
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5~20°傾ける
	対円周	直角方向から5~20°傾ける

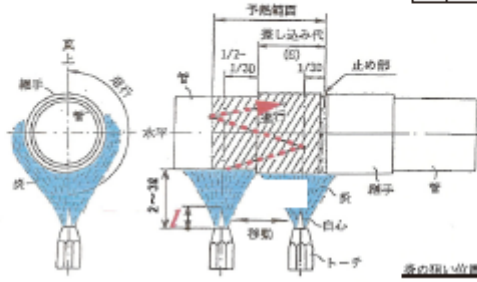
火口の 角度	対管軸	直角	
	対円周	直角	
炎の強い位置	ろうの先端		
トーチの 動き	基本の考 え方	①炎を遠ざける ②ろうを出せる ③ろうが溶け始めてどろりとなる距離 を保って、ろうと炎を同時に動かす	
	スタート位 置	手前側から開始	
	軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす	
母材表面の色[温度]	黒赤色[600~700℃]		
ろうの動かし方	3~4分割し巻きつけるように移動		
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5~20°傾ける	
	対円周	直角方向から5~20°傾ける	



1-1-2-水1. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（1）

予熱	予熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2～1/3D		
	火口の角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	予熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するように常に動かして続け一点に止めない 継手の温度を継ぎ手より高めに	
		スタート位置	上下2方向で、上側(差しろ開始位置の反対側)から開始	
		軸・円周方向	円周方向にジグザグに一周移動	
	母材表面の色[温度]	黒赤色[400～650℃]		
適正温度の見分け方	炎中心を少しずらして色を確認			

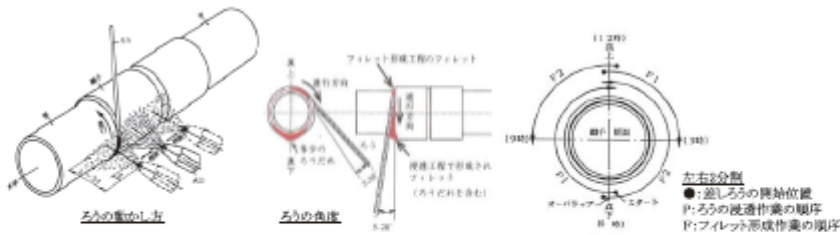
加熱	加熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2～1/3D		
	火口の角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	加熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するように常に動かして続け一点に止めない 継ぎ手を重点的に加熱	
		スタート位置	上下2方向で、上側(差しろ開始位置の反対側)から開始	
		軸・円周方向	円周方向の動きをやや遅くしてジグザグに移動して昇温する	
	母材表面の色[温度]	赤黒色[700～850℃]		
適正温度の見分け方	継手の入り口でろうを少し溶かした後に吸い込まれる			



1-1-2-水2. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（2）

浸透作業	火口の角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	加熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの動き	基本の考え方	常に動かして続け一点に止めない ろうの移動を追いかけて同方向に進行	
		スタート位置	左右2分割し、いずれも真下(12時)の位置から開始	
		軸・円周方向	継手端部～継手止め部をジグザグに移動	
	母材表面の色[温度]	赤黒色[700～850℃]		
	ろうの動かし方	円周を巻きつけるように移動		
ろうの角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		

フィレット形成作業	火口の角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	ろうの先端		
	トーチの動き	基本の考え方	①炎を遮ぎける ②ろうを巻く ③ろうが溶け始めてどろっとする段階を察して、ろうと炎を同時に動かす	
		スタート位置	左右それぞれ2分割し、いずれも真上(12時)の位置から開始	
		軸・円周方向	ろうの先端との距離を保って円周方向に動かす	
	母材表面の色[温度]	黒赤色[680～780℃]		
	ろうの動かし方	継手肉厚を一定とする二等辺三角形の大きなフィレットを形成する		
ろうの角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		



1-1-2-上1. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（1）

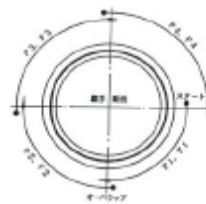
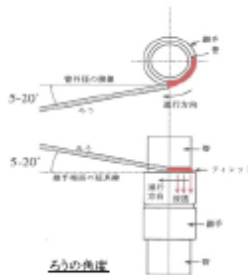
予熱	予熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置		予熱範囲をジグザグに進行
	トーチの 動き	基本の 考え方	継手の温度はかなり上昇しているので鋼管を主体に均一に昇温 鋼管の温度を継手より高めに
		スタート 位置	左右2方向で、差しろう開始位置の 反対側から開始
		軸・円周 方向	円周方向に移動
母材表面の色(温度)		黒赤色[300～350℃]	
適正温度の見分け方		炎中心を少しずらして色を確認	

加熱	加熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D
	火口の 角度	対管軸	直角
		対円周	直角
	炎の強い位置		加熱範囲をジグザグに進行
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継手手を重点的に加熱
		スタート 位置	左右2方向で、差しろう開始位置の 反対側から開始
		軸・円周 方向	円周方向の動きを速くして昇温する
母材表面の色(温度)		黒赤色[750～850℃]	
適正温度の見分け方		隙間の入り口でろうを少し溶かした 時に吸い込まれる	

1-1-2-上2. <25.4mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（2）

深透作業	火口の 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける
		対円周	直角方向から5～20° 傾ける
	炎の強い位置		加熱範囲をジグザグに進行
	トーチの 動き	基本の考 え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を追いかけて同方向に進行
		スタート 位置	手前側から開始
		軸・円周 方向	継手端部～継手止め部をジグザグ に移動
	母材表面の色(温度)		赤黒色[750～850℃]
ろうの動かしかた		3～4分割し巻きつけるように移動	
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける	

ファイレット 形成作業	火口の 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける
		対円周	直角方向から5～20° 傾ける
	炎の強い位置		ろうの先端
	トーチの 動き	基本の考 え方	①炎を温ざける ②ろうを当てる ③ろうが溶け始めてどろどろとなる距離 を保って、ろうと炎を同時に動かす
		スタート位 置	手前側から開始
		軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす
	母材表面の色(温度)		黒赤色[600～700℃]
ろうの動かしかた		3～4分割し巻きつけるように移動	
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける	

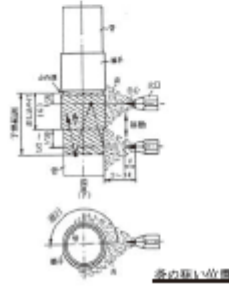


全周4分割の事例
●: 差しろうの開始位置
P: ろうの浸透作業の順序
F: ファイレット形成作業の順序

1-1-3-下1. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（1）

火口番号と 圧力調整	トーチ(式)	BD1号	
	火口番号(JIS)	315-500	
	ろう棒(JIS記号×径)	BCuP-2×2.4mm	
ガス調整器の圧力	酸素(MPa)	0.3~0.4	
	アセチレン(MPa)	0.03~0.04	
炎の調整	中性炎の場合	白芯の長さ(K) 炎の短い位置[温度]	11mm以上 白芯先端から2~3mm 【約3200℃】
	還元炎の場合	炭化炎の長さ(K)	約50mm
		炎の短い位置[温度]	炭化炎先端から1~2mm【約3200℃】

火口の 角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の短い位置		
予熱範囲をジグザグに進行		
トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継ぎ手を重点的に加熱
	スタート 位置	差しろう開始位置から開始
	軸・円周 方向	円周方向にジグザグに一層移動
母材表面の色[温度]		黒赤色【600~650℃】
適正温度の見分け方		炎の中心を少しずらして色を確認

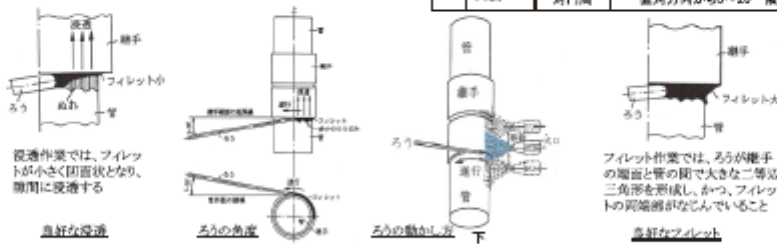


加熱範囲(軸方向)		継ぎ手止め部~継ぎ手端部から1/2~1/3
火口の 角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の短い位置		
加熱範囲をジグザグに進行		
トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継ぎ手を重点的に加熱
	スタート 位置	差しろう開始位置から開始
	軸・円周 方向	円周方向の動きをやや遅くしてジグ ザグに移動して昇温する
母材表面の色[温度]		赤黒色【700~850℃】
適正温度の見分け方		継ぎ手の入り口でろうを少し溶かした 時に色い込まれる

1-1-3-下2. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ① 下側：上向き（2）

火口の 角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の短い位置		
加熱範囲をジグザグに進行		
トーチの 動き	基本の 考え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を遅くして同方向に進行
	スタート 位置	手前側から開始
	軸・円周 方向	継ぎ手端部~継ぎ手止め部をジグザグ に移動
母材表面の色[温度]		黒赤色【700~850℃】
ろうの動かし方		3~4分割し巻きつけるように移動
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5~20°傾ける
	対円周	直角方向から5~20°傾ける

火口の 角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炎の短い位置		
ろうの先端		
トーチの 動き	基本の 考え方	①炎を温ざける ②ろうを当てる ③ろうが溶け始めてどろっとする距離 を保って、ろうと炎を同時に動かす
	スタート位 置	手前側から開始
	軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす
母材表面の色[温度]		黒赤色【650~700℃】
ろうの動かし方		炎を少し温ざけるか、弱く調節して 降温する
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5~20°傾ける
	対円周	直角方向から5~20°傾ける



浸透作業では、フィレットが小さく凹面状となり、隙間に浸透する

良好な浸透

ろうの角度

ろうの動かし方

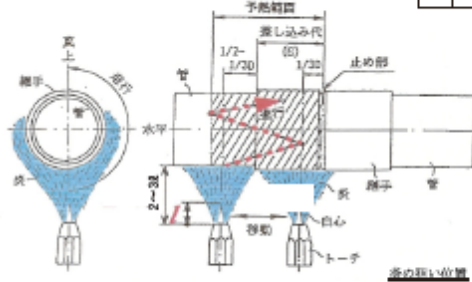
フィレット作業では、ろうが継ぎ手の端面と管の間で大きな二等辺三角形を形成し、かつ、フィレットの両端部がなんでいること

良好なフィレット

1-1-3-水1. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（1）

予熱	予熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2～1/3D		
	火口の 角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	予熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 鋼管の温度を継手より高めに	
		スタート 位置	上下2方向で、上部(差ししろ開始位 置の反対側)から開始	
軸・円周 方向		円周方向に移動		
母材表面の色(温度)	黒赤色(500～600℃)			
適正温度の見分け方	長中心を少しずらして色を確認			

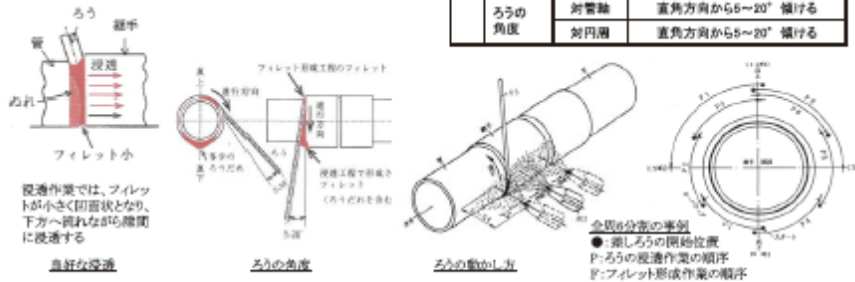
加熱	加熱範囲(軸方向)	継手止め部～継手端部から1/2～1/3D		
	火口の 角度	対管軸	直角	
		対円周	直角	
	炎の狙い位置	加熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの 動き	基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継手手を重点的に加熱	
		スタート 位置	上下2方向で、上部(差ししろ開始位 置の反対側)から開始	
軸・円周 方向		円周方向の動きを遅くして昇温する		
母材表面の色(温度)	赤黒色(700～800℃)			
適正温度の見分け方	継手の入り口でろうを少し溶かした 時に吸い込まれる			



1-1-3-水2. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ② 水平：横向き（2）

深透作業	火口の 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
		対円周	直角方向から5～20° 傾ける	
	炎の狙い位置	加熱範囲をジグザグに進行		
	トーチの 動き	基本の 考え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を遠い側から同方向に進行	
		スタート 位置	左右2分割し、いずれも真下(8時)の 位置から開始	
		軸・円周 方向	継手端部～継手止め部をジグザグ に移動	
母材表面の色(温度)	赤黒色(740～850℃)			
ろうの動かし方	円周を巻きつけるように移動			
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		

フィレット形成作業	火口の 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	
		対円周	直角方向から5～20° 傾ける	
	炎の狙い位置	ろうの先端		
	トーチの 動き	基本の 考え方	①炎を遠ざける ②ろうを当てる ③ろうが溶け始めてどろりとなる箇所 を保って、ろうと炎を同時に動かす	
		スタート位 置	左右それぞれ分割し、いずれも真 上(12時)の位置から開始	
		軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす	
母材表面の色(温度)	黒赤色(600～780℃)			
ろうの動かし方	継手肉厚を一定とする二等辺三角 形の大きなフィレットを形成する			
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		

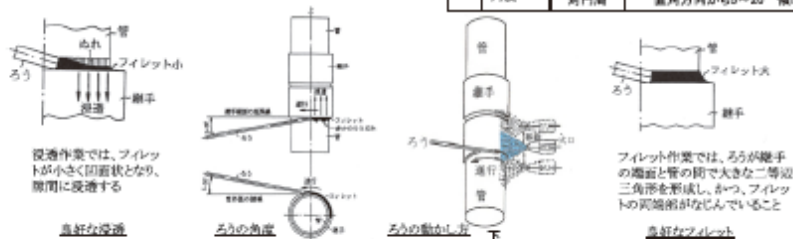


1-1-3-上1. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（1）

予熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D		加熱範囲(軸方向)		継手止め部～継手端部から1/2D	
火口の 角度	対管軸	直角		対管軸	直角		
	対円周	直角		対円周	直角		
炎の狙い位置		予熱範囲をジグザグに進行		炎の狙い位置		予熱範囲の中央部	
予 熱	基本の 考え方	継手の温度はかなり上昇しているので継手を主体に均一に昇温 継手の温度を継手より高めに		基本の 考え方	均一に昇温するよう常に動かし続け 一点に止めない 継手手を重点的に加熱		
	スタート 位置	左右2方向で、逆しろう開始位置の 反対側から開始		スタート 位置	左右2方向で、逆しろう開始位置の 反対側から開始		
	軸・円周 方向	円周方向に移動		軸・円周 方向	円周方向の動きを速くして昇温する		
母材表面の色[温度]		黒赤色[600～650℃]		母材表面の色[温度]		赤黒色[760～800℃]	
適正温度の見分け方		炎中心を少しずらして色を確認		適正温度の見分け方		継手の入り口でろうを少し溶かした 端に張り込まれる	

1-1-3-上2. <50.8mm>鉛直配管-T継手 ③ 上側：下向き（2）

火口の 角度		対管軸	直角方向から5～20° 傾ける	火口の 角度		対管軸	直角方向から5～20° 傾ける
炎の狙い位置	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		対円周	直角方向から5～20° 傾ける		
炎の狙い位置		加熱範囲をジグザグに進行		炎の狙い位置		ろうの先端	
浸 透 作 業	基本の考 え方	常に動かし続け一点に止めない ろうの移動を追いかけ同方向に進行		基本の考 え方	①長を過ぎける ②ろうを出てる ③ろうが溶け始めてどろっとする距離 を保って、ろうと炎を同時に動かす		
	スタート 位置	手前側から開始		スタート位 置	手前側から開始		
	軸・円周 方向	継手端部～継手止め部をジグザグ に移動		軸・円周 方向	ろうの先端との距離を保って円周方 向に動かす		
母材表面の色[温度]		赤黒色[760～850℃]		母材表面の色[温度]		黒赤色[680～700℃]	
ろうの動かし方		4～6分割し巻きつけるように移動		ろうの動かし方		炎を少し過ぎけるか、弱く調整して 降温する	
ろうの 角度	対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		対管軸	直角方向から5～20° 傾ける		
	対円周	直角方向から5～20° 傾ける		対円周	直角方向から5～20° 傾ける		

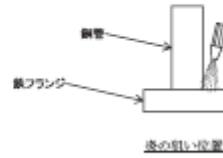


1-1-4-下1. <25.4mm>鉛直配管－鉄製フランジ 下向き（1）

火口番号と 圧力調整	トーチ(JIS)	BO号	
	火口番号(JIS)	200～250	
	ろう棒(JIS記号×径)	BAg-7×2.4mm	
ガス調整器の圧力	酸素(MPa)	0.2～0.3	
	アセチレン(MPa)	0.02～0.03	
炭の調整	中性炭の場合	白炭の長さ(A)	8mm以上
		炭の強い位置[温度]	白炭先端から2～3mm [約3200℃]
	還元炭の場合	炭化炭の長さ(A)	約50mm
		炭の強い位置[温度]	炭化炭先端から1～2mm [約3200℃]

予熱範囲(軸方向)	対管軸	鉄フランジ側面に配管寄りの全周
	対円周	ほぼ直角(配管側に5°傾ける)
火口の角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炭の強い位置	予熱範囲を配管円周に沿って進行	
トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するよう常に動かして一点に止めない
	スタート位置	差しろう開始位置の反対側から開始
	軸・円周方向	フランジ面を主に配管円周に沿って移動させる
母材表面の色[温度]	黒赤色[650～760℃]	
適正温度の見分け方	炭中心を少しずらして色を確認	

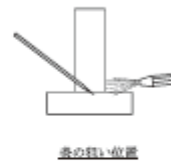
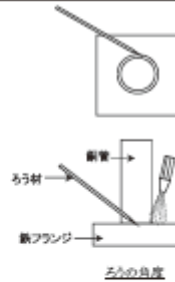
加熱範囲(軸方向)	対管軸	鉄フランジ側面に配管寄りの全周
	対円周	ほぼ垂直(鋼管側に5度傾ける)
火口の角度	対管軸	直角
	対円周	直角
炭の強い位置	配管円周に沿って進行する	
トーチの動き	基本の考え方	均一に昇温するよう常に動かして一点に止めない
	スタート位置	差しろう開始位置の反対側から開始
	軸・円周方向	フランジ面を主に配管円周に沿って素早く移動させ昇温する
母材表面の色[温度]	黒赤色[650～760℃]	
適正温度の見分け方	フลักスが透明状態になった時、ろうを動かしてみる	



1-1-4-下2. <25.4mm>鉛直配管－鉄製フランジ 下向き（2）

火口の角度	対管軸	ほぼ垂直(配管側に少し傾ける)
	対円周	直角
炭の強い位置	ろうの移動を速い側から進行	
トーチの動き	基本の考え方	ろうに炭化炭を絶対に当てないこと
	スタート位置	裏側から開始する
	軸・円周方向	フランジと配管の接目を配管円周に沿って素早く移動させる
母材表面の色[温度]	黒赤色[650～760℃]	
ろうの動かしかた	2～3分割し巻きつけるように移動	
ろうの角度	対管軸	水平角 約45°
	対円周	直角方向から5～20°傾ける

火口の角度	対管軸	水平化、5°傾ける
	対円周	直角
炭の強い位置	フィレット形成部の上部を扱う	
トーチの動き	基本の考え方	ろうに炭化炭を絶対に当てないこと
	スタート位置	裏側から開始する
	軸・円周方向	配管円周に沿って素早く移動させる
母材表面の色[温度]	黒赤色[650～760℃]	
ろうの動かしかた	2～3分割し巻きつけるように移動	
ろうの角度	対管軸	水平角 約45°
	対円周	直角方向から5～20°傾ける



I. CO2冷媒を使用した機器に関する基礎知識

9. 冷媒特性比較とCO2冷媒の性質
10. CO2冷媒の取扱い上の注意事項
11. CO2冷媒の設計圧力
12. 配管選定
13. 関連法規； 高圧ガス保安法

1

冷媒特性比較とCO2冷媒の性質

9

項目	R744 (CO2)	R404A
設計圧力	高圧: 12MPa	高圧: 3MPa
オイル	PAG: ホリアルキレングリコール	エーテル系合成油 エステル系合成油
冷媒回収運転	ポンプダウン運転ができない。	レシーバタンクにポンプダウン可能
オゾン層破壊係数	0	0
地球温暖化係数	1	3920
限界濃度	0.07kg/m ³ (40,000ppm)	0.48kg/m ³ (120,000ppm)
高圧ガス保安法	適用除外: 3Rt未満 製造届: 3Rt以上	適用除外: 5Rt未満 製造届: 20Rt以上

◎大気圧下では気体の状態で次の性質を持っていますので、取扱いには充分注意してください。

- a) 無色無臭ですが、水分と作用して弱い酸性と刺激臭を呈します。
 - b) 水分に溶け込むと弱酸性になり金属を腐食させます。
 - c) 空気より重く密閉された室内では床に滞留します。
 - d) 濃度が高い場合は中毒や窒息の恐れがあります。
 - e) 炭酸ガスは不燃性で引火しないため、消火作用があります。
 - f) 一般のポンペは、法定充てん定数1.34ℓ/kg(40ℓポンペで約30kg)で充てんされており無色透明で、大気に放出すると固体のドライアイスノと気体の炭酸ガスに変わります。
 - g) 固体は一般的にドライアイスといわれ、大気圧下では-78.5℃と低温なので素手で触ると凍傷になる危険があります。
- また、目に入ると失明の恐れがありますので、冷媒放出時には特に注意が必要です。

2

出展: 日冷工(温暖化対応委員会/低温機器冷媒転換動向調査WG/別置CO2-SWG)

表1.1 CO₂の一般的性質

外 観	気体 無色 液体 無色透明 固体 乳白色 液体を大気圧に放出すると低温の固体（ドライアイス）になります。
臭 気	無臭（気体は水分と作用して弱い酸性和刺激臭を呈します）
飽 和 圧 (絶対圧)	1.967 MPa (-20℃) 3.485 MPa (0℃) 5.733 MPa (20℃)
気体密度	1.977 kg/m ³ (0℃, 0.1013 MPa, 絶対値) 空気より重いため床や壁面に滞留します。
液体密度	1.030 kg/L (-20℃, 1.967 MPa) 液体が気体になると約 500 倍に膨張します。(液体の大気へ放出時)
固体密度	1.566 kg/L (-80℃) 固体の炭酸ガス（ドライアイス）は-78.5℃と極めて低温です。
引 火 点	なし
発 火 点	なし
爆発特性	なし 不燃性で引火しないため、清火用ガスとしても使用されます。
水に対する 溶解度	1.194 L CO ₂ /L H ₂ O (10℃, 0.1013 MPa, 絶対圧) CO ₂ は水に溶け易く、1Lの水に約 1Lの CO ₂ が溶け込み炭酸水となります。
そ の 他	液体の炭酸ガスは高圧ガス保安法の対象となります。

出典：「炭化炭酸ガス取扱テキスト」(一般社団法人 日本産業・医療ガス協会)より

出展：日冷工(温暖化対応委員会/低温機器冷媒転換動向調査WG/別置CO2-SWG)

3

表1.2 冷媒の物性値と飽和蒸気圧

項目	CO ₂ (R744)	R410A
組成	CO ₂	R32/R125 (50/50) 擬共沸混合冷媒
オゾン破壊係数	0	0
地球温暖化係数	1	2090
飽和蒸気圧 (MPa, 絶対圧)	-20℃	1.97
	0℃	3.49
	20℃	5.73
	25℃	6.4
	30℃	7.21
沸点(℃)	-78.5	-51.4
臨界温度(℃)	31.0	71.4
臨界圧力(MPa, 絶対圧)	7.38	4.90

出典：NIST Refprop9.0, IPCC4次レポート 2007

CO₂冷媒の特徴は、自然冷媒であり、オゾン破壊係数がゼロで地球温暖化係数が1と小さく環境にやさしい冷媒である。

CO₂冷媒は常温の圧力が6.4MPaと高く、R410Aの1.65MPaに比べ約4倍の圧力となる。

CO₂冷媒は31℃以上で超臨界となり圧力を高くしても液化しなくなる性質がある。

臨界温度以上でのCO₂冷媒の圧力は冷凍機システムへの冷媒充填量と冷媒の温度により決まり、一般的には12~15MPaになります。このため高圧に対する安全性への配慮がR410Aよりも必要となります。常に40度以下に保つこと。

出展：日冷工(温暖化対応委員会/低温機器冷媒転換動向調査WG/別置CO2-SWG)

4

CO₂冷媒の取り扱い上の注意事項

10

- ① 高圧に対する配慮としては、設置工事及びメンテナンスサービス時に冷媒回路の配管などを破損しないように注意する。
- ② 冷媒の放出時はバルブを絞って少量ずつ人のいないところへ放出する。
- ③ CO₂冷媒自体は無害ですが、高濃度のCO₂冷媒を吸入すると人体にさまざまな影響があります。
- ④ 設置に際しては、KHK施設基準KHKSO302-1(2011)にしたがって漏えいした冷媒ガスの濃度管理及び漏えい検知器の設置、機械式換気装置の設置などの対策を実施してください。
 空気中の炭酸ガス濃度が人体に与える影響を表1.3に示します。
 KHK施設基準に規定されている限界濃度は0.07kg/m³(約40,000ppm)で、管理濃度はその1/2となっています。
 表1.3に示すごとくCO₂濃度が3%以上になると生理機能の変化が現れ、7～9%では約15分で意識不明となり、25～30%に達すると昏睡状態から死に至る恐れがありますので細心の注意が必要です。
 CO₂冷媒は空気より重く低い場所に溜まり易いため、冷媒漏れの恐れがあるときや冷媒放出時には床面の換気などCO₂の滞留を防止する措置を行なって作業してください。

表 1.3 空気中の炭酸ガス濃度と人体への影響

炭酸ガス濃度 (vol%)	人体への影響
0.035	正常空気
0.5	長期安全限界
3.0	生理機能の変化が体重、血圧、心拍数等の変化として表れる。
5.0	呼吸が極度に困難になる。30分暴露で中毒症状になる。
7～9	許容限界。発しあえぎの症状となり約15分で意識不明となる。
25～30	呼吸低下、血圧低下、昏睡状態になり数時間後に死に至る。

出典：Kent, A.D. : Occupational Health Review, Vol.21 No.1-2 1970, p.1 Canada

出展：日冷工（温暖化対応委員会／低温機器冷媒転換動向調査WG／別置CO₂-SWG）

5

CO₂冷媒の設計圧力

11

◎CO₂冷媒の設計圧力は冷凍システム冷媒回路の各部分の圧力に対する強さや厚さを決めるための基準となる圧力で、各機種ごとに高圧部、低圧部それぞれについて、以下のようにして設定されています。

- (1) 高圧部の設計圧力値は、次のうちいずれか最も高い圧力で、一般的には12～15 MPaになります。
 - a) 通常の運転状態中に予想されるCO₂冷媒ガスの最高使用圧力
 - b) 運転停止中に予想される最高温度によって生じるCO₂冷媒ガスの圧力
- (2) 低圧部の設計圧力値は、次のうちいずれか最も高い圧力で、一般的には7～10 MPaになります。
 - a) 通常の運転状態中に予想されるCO₂冷媒ガスの最高使用圧力
 - b) 運転停止中に予想される最高温度によって生じるCO₂冷媒ガスの圧力

また設計圧力を超える状態に達したとき、自動的に他の製造設備等の運転が開始されることにより、及び安全弁又は圧力逃し装置が作動することにより、圧力を設計圧力以下にし、それを維持することができる構造であること。

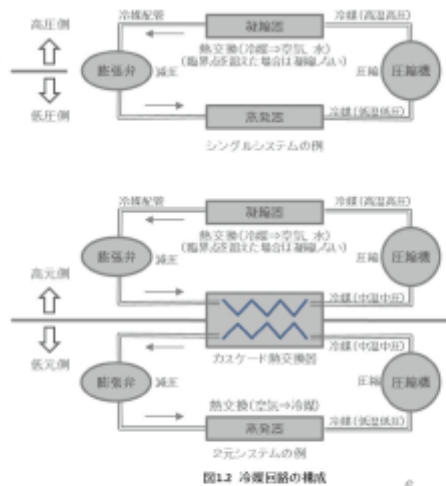


図1.2 冷媒回路の構成

6

出展：日冷工（温暖化対応委員会／低温機器冷媒転換動向調査WG／別置CO₂-SWG）

配管選定

12

◎配管選定(CO₂冷媒配管用鋼管の最小肉厚と質別参考:JIS H 3300 鋼及び鋼合金の継目無管)

- 現地で機器間を接続する冷媒配管及び配管継手には、設計圧力に合ったものを使用してください。
- 配管及び継手は、キズがないこと、及び経時硬化していないものを用いてください。

最小肉厚は、下式により算出します。

また、参考に曲げ半径が管の外径の4倍の場合の最小肉厚の例を示します。

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2\sigma_a \cdot \eta + 0.8P} (1 + D_o/4R)$$

(高圧ガス保安法冷関係 例示基準)

t:	管の最小肉厚(mm)
P:	設計圧力(MPa)
D _o :	管の外径(mm)
σ _a :	材料の許容引張応力(N/mm ²)
η:	溶接継手の効率(=1)
R:	管の中心線における曲げ半径(mm)
(1+ 曲げ半径が管外径の4倍以上の場合 D _o /4R):	(=1)

出展:日冷工(温暖化対応委員会/低温機器冷媒転換動向調査WG/別置CO2-SWG)

7

関連法規:高圧ガス保安法

13

関連法規:高圧ガス保安法

以下の通り、CO₂冷媒機を使用する場合は、法定トン数や貯蔵量によって、基本的に3つ(販売・貯蔵・製造)の届出/許可が必要。

CO₂冷媒(R744)の冷凍システム:届出/許可が必要(冷凍保安規則)

- 高圧ガスの製造者義務(製造届) **高圧ガス保安法施工令の一部改正: H29年7月25以降届出規制緩和別紙参照**

二酸化炭素冷媒(R744)は、プロパンなど可燃性冷媒と同じ扱いとなっている
普及のためには、不活性のフオロカーボンと同等の扱いが必要
⇒事例がないため規制緩和の検討ができない。(NEDO、経済産業省)

高圧ガス製造許可・事業届

区分	冷媒の種類	1日の冷凍能力								
		3トン		5トン		20トン		50トン		
		未満	以上	未満	以上	未満	以上	未満	以上	
冷凍	フオロカーボン (不活性ガス)	適用除外	届出不要				届出不要			
	フオロカーボン (不活性ガス以外)		届出不要		届出不要 (第2種製造者)				許可 (第1種製造者)	
	アンモニア		届出不要		届出不要 (第2種製造者)					
	上記以外 (CO ₂)		届出不要		届出不要 (第2種製造者)					

- 高圧ガスの販売者義務(販売事業届、販売高圧ガス貯蔵届)

・冷媒ガスの封入は、高圧ガスの販売行為になる⇒量の多少に関わらず届出が必要
・販売拠点のある自治体に届ける
・販売高圧ガス貯蔵届は、販売事業届に付随する届出
・届出の範囲は自治体の判断によるため、確認が必要

- 高圧ガスの工事・サービス業者の義務(一般高圧ガス保安規則)

~~冷媒回路修理に伴う冷媒再充填・追加充填は、高圧ガスの製造・販売行為になる~~
⇒量の多少に関わらず届出が必要 **H28年11月1日法改正により機器への流し込み充填は製造届出不要。**
⇒また、売てんまを行う場合には、~~フオロカーボン~~が移動式製造設備として、製造届出が必要になります。
~~製造事業及びリサイクル業者が、この法を参照~~

冷媒回路修理に伴う冷媒再充填、追加充填は高圧ガスの販売行為になるため、量の多少に関わらず販売届が必要。

出展:日冷工(温暖化対応委員会/低温機器冷媒転換動向調査WG/別置CO2-SWG)

8

政令改正：平成29年7月25日以降、二酸化炭素冷媒を用いた冷凍設備について規制緩和された

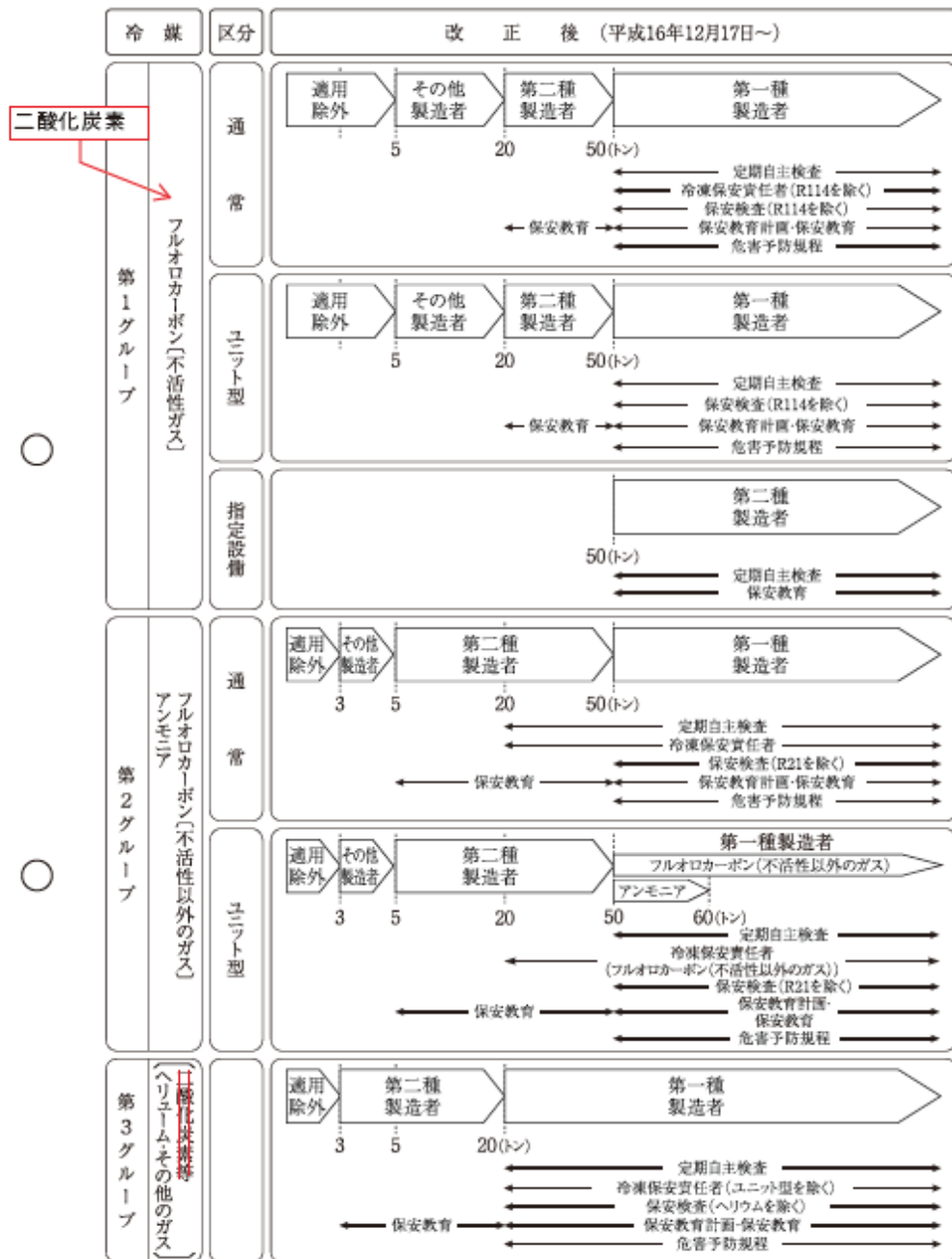
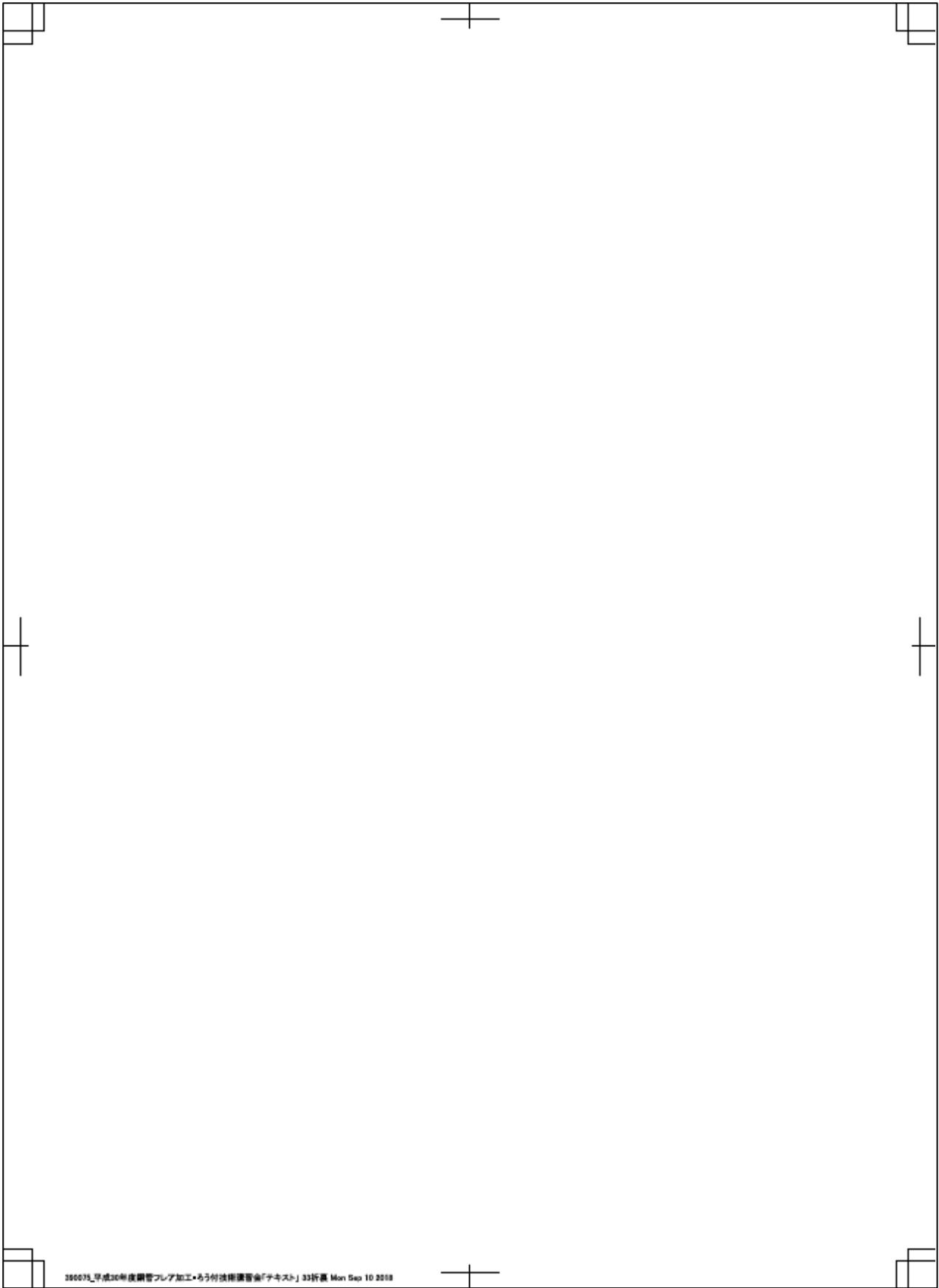


図 1-1 冷媒ガス種別規制体系一覧



A.3 実習要領書

日設連冷媒配管施工品質向上支援事業

平成30年度銅管フレア加工・ろう付技術講習会

冷凍空気調和機器施工技能士
フォローアップ講習

○ ○

実習要領書

○ ○

平成30年8月28日

一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会

カリキュラム

9:00 集合 ～17:00 解散

注記: 時間の割り振りは、当日の進行により変更する場合があります。

	日 程		内 容	備 考 (場所など)
1	9:00～9:10		挨拶・事務連絡 (カリキュラムの説明、安全作業の注意)	教室(実習場内)
2	9:10～9:40	DVD 説明	動画による作業準備、 フレア加工要領、ろう付作業要領視聴	教室(実習場内) スクリーン、プロジェクター
3	9:40～10:50	実習①	フレア加工説明、2回作業 $\Phi 9.52 \times \Phi 12.7$ 気密試験・フレア加工評価	実習場
4	10:50～11:00		休 憩	
5	11:00～11:10	説明	実習② ろう付作業内容・作業手順	実習場
6	11:10～11:40	実習②	ろう付 $\phi 31.75$ 銅管+ソケット接合 1回目上部作業(普段通りのろう付)	教室(実習場内)
7	11:40～12:20		昼 食	
8	12:20～13:50	実習②	1回目上部ろう浸透評価、1回目下部作業 浸透評価、2回目遮蔽有り作業・ろう浸透評価	実習場
9	13:50～15:20	実習③	ろう付 $\phi 31.75$ 銅管+チーズ接合 上部作業ろう浸透評価、下部作業	実習場
10	15:20～16:00	実習④	ろう付 CO2用 $\phi 19.05$ 銅管+ソケット接合 2回作業・ろう浸透評価	実習場
11	16:00～16:10		清掃(講師陣:工具類片付け)	実習場
12	16:10～16:20		アンケート記入	教室(実習場内)
13	16:20～16:50		総括・修了証授与	教室(実習場内)
14	16:50～17:00		解 散	

重要: 1. フレア加工面の状態を確認し、別紙「フレア加工評価表」に記入する。

気密試験結果、気密試験後のフレア加工面の状態を評価表に記入する。終了後提出願います。

2. 各ろう付実習終了後、ろう付部を切断して「ろうの浸透具合」「著しいろう垂れ」

「内側フィレット形成」を講師と確認の上、別紙「ろう付評価表」に記入する。終了後提出願います。

1. 講習の位置付けと目的

平成27年度4月施行された「フロン排出抑制法」の普及活動の一環として経済産業省の委託事業「銅管ろう付技術講習会」を実施、3か年に渡り全国で62名の講習指導者を養成、また延べ712名の受講修了者を養成した。この実績を元に冷凍空調業界で「ろう付施工技術」を恒久的なものにするため昨年度から日設連の技術向上支援事業として、施工技能士資格者を対象に冷凍空調設備現場での施工作業や整備作業に必要な技能の中で、冷媒漏えい防止に直接影響する「フレア加工・ろう付」に特化した講習を実施している。(昨年度受講修了者193名)
冷媒漏えいの防止の観点から実技実習により施工品質を確保維持するため、また自社内で指導出来るレベルまでの技能の習得を目的とする。

2. 支給材料(1名当り)

No.	品名	寸法	数量 (1名当り)
	<フレア加工用>		
1	銅管(りん脱酸継目無管)	JIS B 8607 外径9.52×長さ300mm O材 0.8t	1
2	銅管(りん脱酸継目無管)	JIS B 8607 外径12.7×長さ300mm O材 0.8t	1
3	異形フレアユニオン	1/4"×3/8" FUR1/4×3/8	1
4	フレアユニオン	1/2" FU-1/2	1
5	異形フレアユニオン	3/8"×1/2" FUR-3/8×1/2	1
6	フレアナット	3/8"(9.52)用 FN-1/4	2
7	フレアナット(第2種)	1/2"(12.70)用 FN-1/2	3
8	銅フレアキャップ	1/2"(12.70)用 PC-1/2	2
	<ろう付用>		
9	銅管(りん脱酸継目無管)	JIS B 8607 外径31.75×長さ200mm 1/2H材 1.1t	7
10	ろう付管継手(ソケット)	JIS B 8607 外径31.75	4
11	ろう付管継手(チーズ)	JIS B 8607 外径31.75	2
12	CO2用銅管(高強度銅管)	外径19.05×1.3t×長さ100mm(面取り済み1本)	2
13	CO2用銅管(高強度銅管)	外径19.05×1.3t×長さ150mm(面取り済み1本)	2
14	CO2用ソケット	外径19.05用 肉厚管	2
15	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-3適合 φ2.4×500mm	3

3. 受講者持参品・工具類

	分類	品名
1	持参品	作業服・作業靴・作業帽子 皮手袋 遮光メガネ ガス溶接技能講習修了証
2	持参工具類	トルクレンチ フレアツール パイプカッター モンキーレンチ コンベックス・面取り工具

4. 主催団体(会員企業)で準備する機材類 プロジェクター・スクリーンを準備願います。

	分類	品目	数量
1	フレア加工	気密試験用水槽	1
		ゲージマニホールド、チツソゲージ(レギュレーター)	1
		接続耐圧ホース	1
		フレア用オイル	3
		フレアサイズゲージ	1
2	ろう付	酸素ガス 7m ³ ボンベ	1
		アセチレンガス 7kgボンベ	1
		窒素ガス(気密試験共用) 7m ³ ボンベ	1
		万力・同取付台	1~2
		作品陳列台	3

5. 日設連から発送する機材類

3	フレア加工 ろう付	3組 (ブルー) (イエロー) (レッド)	ろう付溶接作業台(組立型) 溶接作業用防火シート 窒素ブロー装置(台) 作業台用遮蔽板・蓋付き シャコ万(固定アジャスト) 吹管(パーナー) 火口(#200, 250, 400) ガス着火用ライター(ピストル型) 窒素ガス用ブレードホース(開閉バルブ付) 5m フレキシブルミラー スクレーパー パイプカッター リーマ プライヤー ウオータープライヤー 貫通マイナスドライバー ナイロンたわし ウエス ろう付配管蓋(上蓋・横蓋) トルクレンチ 3/8" トルクレンチ 1/2"	1 1 1 1 1 1 各1 1 1 1 1 1 1 1 1 少々 少々 4 各1 各1
		共用 1 (グレー)	バンドソー用3点セット(レール・支え具・固定具) バンドソー用延長コード 透明シート 土のう袋 ガムテープ 梱包セット 作品用ビニール袋 ゴミ袋 救急セット フレアツールセット 雑備品類	1 1 2 5 1 1 1袋 1袋 1 1 1 1
		共用 2 (グリーン)	浸透評価サンプル ブルーシート 消火用バケツ 大口径用リーマ モンキーレンチ(150, 200, 250, 300) コンボックス 溶接用遮光メガネ 透明保護メガネ 皮手袋 滑り止め付き軍手 ギョボレックス バンドソー用シャコ万 予備チャージホース ハンマー プラスドライバー	1 1 2 1 各1 1 4 3 3 2 2 1 3 1 1

	分類	品目	数量	
4	ろう付	共用 3 (ホワイト)	りん銅ろう棒 酸素用圧力調整器(オスアダプター付き) アセチレン用圧力調整器 酸素・アセチレンガス用ホース(5m×1, 10m×1)	1式 1 1 2
		共用 4 (ブラック)	酸素・アセチレンガス用ホース(5m×1, 10m×1) コックハンドル 酸素・アセチレン用分配器 窒素ガスブロー用流量調整器(オスアダプター付き) 窒素ガス用チャージングホース 5m 窒素ガス用分配器(開閉バルブ付) バンドソー用替刃 ボンベ固定用バンド ライター石(予備) カブラー(予備)	2 2 1 1 1 1 1箱 1 1箱 1箱
		共用 5	バンドソー	1
		共用 6	チップソーセット	1

※ 日設速で準備する共用の工具類には、パイプカッター、フレアーツール、モンキーレンチ、コンベックス、トルクレンチ等の予備用を含みます。

※ 各自持参した工具類には、必ず氏名・印等で判るよう対応願います。

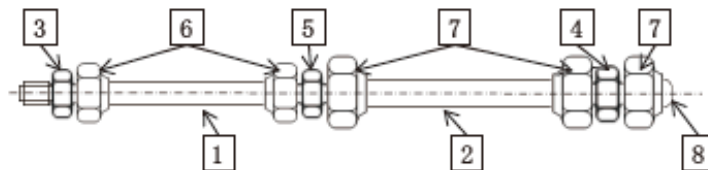
実習①

フレア加工

1. 作業内容

- (1) 両端にフレア加工を行った銅管1と2を、3、4、5のフレアユニオンで接続し、銅管2の開放端をフレアキャップで閉鎖したものを製作します。
- (2) 銅管1の開放端から窒素ガスを封入、4.0MPaに加圧して、水中気密試験を行います。
- (3) 1回目は普段通りの作業手順で締め付けを行います。
- (4) 2回目は下記の作業手順で締め付けを行います。
フレアユニオン、フレアナットは再利用します。

2. 完成図



3. 使用材料

No.	品名	寸法	1回数量	合計数量
1	銅管 (りん脱酸継目無管)	外径9.52×長さ150 O材 0.8t	1	2
2	銅管 (りん脱酸継目無管)	外径12.70×長さ150 O材 0.8t	1	2
3	異形フレアユニオン	3/8"×1/4" FU-3/8×1/4	1	再利用
4	フレアユニオン	1/2"(12.7) FU-1/2	1	再利用
5	異形フレアユニオン	1/2"×3/8" FUR-1/2×3/8	1	再利用
6	フレアナット	3/8"(9.52) FN-3/8	2	再利用
7	フレアナット	1/2"(12.7) FN-1/2	3	再利用
8	銅フレアキャップ	1/2"(12.7) PC-1/2	1	3

4. 作業手順

- (1) 支給された銅管(長さ300)から銅管1,2(長さ150)に切断し、切断面をバリ取りします。
- (2) 製作した銅管にフレアナットを通して両端にフレア加工を施します。
- (3) 頭出し寸法、フレアサイズゲージを使用してフレア部の大きさ、加工面の評価を行う。
(9ページ参照)
- (4) 両端にフレアユニオンNo.3、No.4、No.5を装着、トルクレンチを使用して規定トルクで締め付けます。
- (5) 右端に、フレアキャップを挿入したフレアナットを取り付け、規定トルクで締め付けて完成します。
- (6) 左端に窒素容器と接続したフレア加工の銅管をつないで規定トルクで締め付けます。
- (7) 気密試験: 作品を水槽に入れて圧力を3段階に分けて徐々に加圧します。加圧の都度、漏れ箇所がないか確認します。
- (8) 気密試験後、フレア加工評価基準を参照し別紙「フレア加工評価表」に自己評価結果を記入します。

呼び径 (インチ)	管サイズ (mm)	推奨締め付け トルク(N・m)
3/8	9.52	38±4
1/2	12.70	55±6

	1回目	2回目	3回目
加圧 圧力 (MPa)	0.5	1.5	4.0 (15秒保持)

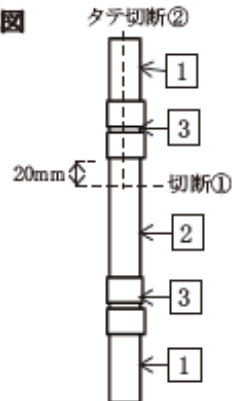
実習②

ろう付 外径31.75銅管をソケットで接合(2セット)

1. 作業内容

- (1) ソケットの両端に銅管1、銅管2を右図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (2) 上のソケットから、上向き、下向きの順にろう付をします。1回目上部作業後動画にて説明。銅管2の上のソケットろう付部から20mmのところを切断して、外観検査、タテに切断後内面検査をします。これを下のソケットで繰り返します。
- (3) 2回目は、遮蔽板で囲い上向き、下向きの手順作業をします。

2. 完成図



3. 使用材料

No.	品名	寸法	1回数量	合計数量
1	銅管(りん脱酸継目無管)	外径31.75×長さ100 1/2H材 1.0t	2	4
2	銅管(りん脱酸継目無管)	外径31.75×長さ200 1/2H材 1.0t	1	2
3	ろう付管継手(ソケット)	JIS B 8607 31.75	2	4
4	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-3適合 φ2.4 500mm	1	1

4. 作業手順

- (1) 支給された銅管(長さ200)から、上表の銅管1(長さ100)に切断、バリ取りします。
- (2) ソケットの両端に切断した銅管1、銅管2を上図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (3) 上のソケット下部で上向きのろう付を行います。
- (4) 次に上のソケット上部で下向きのろう付を行います。
- (5) 銅管2を下側のソケットから外してろう付部の外観を評価します。(評価は「ろう付外観評価基準」を参照し、自己評価結果を評価表に記入します。)
残りの部分を取り外して次の方と交代します。
- (6) 上のソケット下部からおおよそ20mmの位置(上図参照)で銅管2を切断します。
- (7) 切断した部分をタテ割りにして、ろうの浸透と内側フィレットができていないか評価します。(評価は「浸透評価サンプル」を参照)
- (8) 銅管2の残りを下のソケットに差し込んで(2)～(7)を繰り返します。
- (9) 2セット目は障害壁を想定した遮蔽板で囲いろう付を行います。

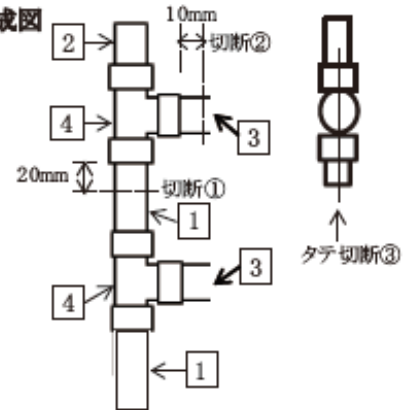
実習③

ろう付 外径31.75銅管をチーズで接合

1. 作業内容

- (1) チーズの両端に銅管1、銅管2、銅管3を右図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (2) 上のチーズから、上向き、水平向き、下向きの順にろう付をします。右図の通り2ヵ所切断します。
外観検査、切断後内面検査をします。これを下のチーズで繰り返します。(作品1の上チーズ、下チーズとします)

2. 完成図



3. 使用材料

No.	品名	寸法	1回数量
1	銅管(りん脱酸継目無管)	外径31.5 × 長さ200 1/2H材 1.0t	2
2	銅管(りん脱酸継目無管)	外径31.75×長さ100 1/2H材 1.0t	1
3	銅管(りん脱酸継目無管)	外径31.75×長さ50 1/2H材 1.0t	2
4	ろう付管継手(チーズ)	JIS B 8607 31.75	2
5	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-3適合 φ2.4 500mm	1

4. 作業手順

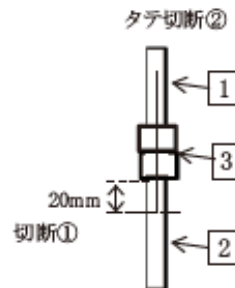
- (1) 支給された銅管1(長さ200)3本のうち1本のみ上表の銅管2(長さ100)に切断します。さらに1本のみ長さ100から銅管3(長さ50)に切断します。
- (2) チーズの両端に切断した銅管1、銅管2、銅管3を上図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (3) 上のチーズ下部で上向きのろう付を行います。
- (4) 続けて上のチーズ水平部で横向き、上部で下向きのろう付を行います。
- (5) 銅管1を下側のチーズから外してろう付部の外観を評価します。(評価は「ろう付外観評価基準」を参照し、自己評価結果を評価表に記入します。)
残りの部分を取り外して次の方と交代します。
- (6) 上のチーズ下部からおよそ20mmの位置で銅管1をチップソーで切断①します。(上図参照)
- (7) チップソーで切断①の後、チップソー又はパイプカッターで切断②、バンドソーでタテ切断③します。
- (8) ろうの浸透と内側フィレットができていないか評価します。(評価は「浸透評価サンプル」を参照)
- (9) 銅管1の残りを下のチーズに差し込んで(2)～(7)を繰り返します。

実習④ CO2冷媒用 外径19.05銅管をソケットで接合(2セット)

1. 作業内容

- (1) ソケットの両端に銅管1、銅管2を右図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (2) 上向き、下向きの順にろう付をします。銅管2の上のソケットろう付部から20mmのところで切断して、外観検査、タテに切断後内面検査をします。
- (3) これを2セット繰り返します。

2. 完成図




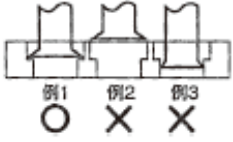
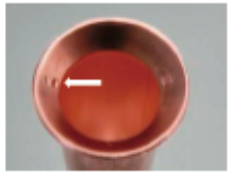
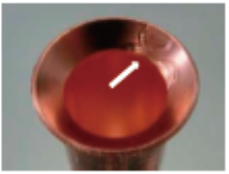


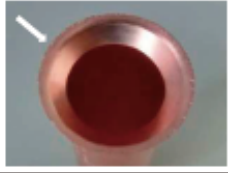


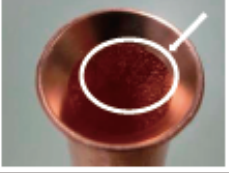



3. 使用材料

No.	品名	寸法	1回数量	合計数量
1	CO2用銅管(高強度銅管)	外径19.05×長さ100 1.3t (内 1本面取り済み)	1	2
2	CO2用銅管(高強度銅管)	外径19.05×長さ150 1.3t (内 1本面取り済み)	1	2
3	CO2用ソケット	19.05	1	2
4	りん銅ろう	JIS Z 3264 BCuP-3適合 φ 2.4 500mm	1	1

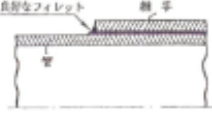

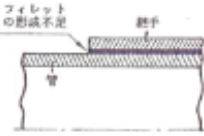

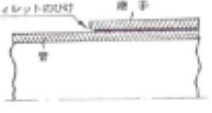

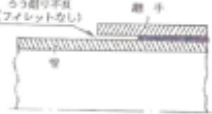


4. 作業手順

- (1) ソケットの両端に銅管1、銅管2を上図のように接続して、溶接作業台上の銅管支え台座に立てます。
- (2) ソケット下部で上向きのろう付を行います。
- (3) 次にソケット上部で下向きのろう付を行います。
- (4) ろう付部の外観を評価します。
- (5) ソケット下部からおよそ20mmの位置(上図参照)で銅管2を切断します。
- (6) 切断した部分をタテ割りにして、ろうの浸透と内側フィレットができていないか評価します。(評価は「浸透評価サンプル」を参照)
- (7) 同上の作業を2セット繰り返します。

フレア加工評価基準

○	1	良好		フレアサイズゲージの使い方		
						
評価項目(フレア加工後)						
○	2	コーン・位置不良によるキズ		7	コーンに付着した切子やゴミによるキズ	
	3	縦キズ		8	フレア寸法不足	
	4	割れ		9	フレア寸法過大	
	5	扁平		10	リーマ・やすりがけの切子やゴミの付着	
	6	バリ取り不足による段差(リング状のキズ)		11	リーマ・やすりがけによる内面のキズ	
評価項目(気密試験後)						
	12	フレアをつぶれ				

ろう付外観評価基準

	評価項目	状況
1	良好なフィレット	 
2	フィレット形成不足	 
3	フィレットのひけ (ろう引け)	 
4	フィレットのろう回り不良 (ろうの途切れ)	  

評価項目		状況	
5	ぬれ不良(なじみ不良)		
項 目 価	状 況	項 目 価	状 況
6	著しい酸化・肌荒れ 	9	著しいろうだれ
7	ピンホール 	10	母材の溶融
8	ブレイズ溶接上の フイレット 	11	ろうの過剰

A.4 ポイント集

日設連冷媒配管施工品質向上支援事業

平成30年度銅管フレア加工・ろう付技術講習会

冷凍空気調和機器施工技能士
フォローアップ講習

○ ○

ポイント集

注記:本文中のテキスト参照箇所ページ表示は、平成28年度経済産業省委託
事業資料「施工技術の手引き」から抜粋したページです

○ ○

平成30年8月28日

一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会

■実習① フレア加工 (テキスト参照箇所 P64~70、P114~117)

1) パイプの切断 (P64~65 2.2項、P114~115 2.2項)

【point】パイプカッターはゆっくり締めこみながら直角に切断する。バリを少なくするための回転数の目安

【解説】きれいに仕上げることは、バリ取り、フレア加工など後工程できれいに仕上げるための出発点である。
急ぐと大きなバリが出やすく、直角にならないなど不良につながりやすい。
これを無理に修復しようとしてバリ取り、フレア加工で苦労しなければならなくなる。

配管サイズ	回転数
φ6.35 (1/4")	12~20
φ9.52 (3/8")	12~20
φ12.7 (1/2")	18~24
φ15.88 (5/8")	20~26

2) バリ取り (P67 2.5項、P116~117 2.3項)

【point】バリは小さいほど力を入れずに取りやすく、切断面も滑らかに仕上がる。大きいバリは力を入れて取るので切断面が凸凹になりやすい。⇒1) パイプの切断【point】と関連あり。

○ 【解説】リーマ、スクレーパ、カッターナイフなど、きれいに削り取るなら工具は何でもよい。きれいに仕上げるのは作業者の技量である。

3) フレア加工 (P67~70 2.6項)

【point】フレア加工は手順や注意事項を守り、丁寧に、正確に作業すれば誰でも品質の良い物を作れる。(パイプの切断、バリ取り同様、手を抜かないこと)

【解説】品質の良いフレアができればフレアナットを規定トルクで締め付けたとき漏れない。⇒規定トルクで締め付けたのに漏れたとすればフレアが不良だからである。

【point】フレア加工前に、銅管内面及びコーン部を清掃すること。(表面に付着したゴミや銅管切子等を取り除く)

【point】フレアナットの締め付けには必ずトルクレンチを使用すること。

○ 【解説】フレア部の品質不良を補うために、規定トルクで締めた後増し締めする人がいる。一時的に漏れは防止できるが、経年でのナット割れや、フレア部が薄くなったことによるフレア根元部の折れ、フレア部の抜けにつながる。

■実習②③④ ろう付け (テキスト参照箇所 P75~100、P117~131)

1) 作業に必要な資格 (P75 3.2.1項、P153 5.1項)

【point】資格者証は携帯すること。

2) むれ現象 (P82 3.4.3.1項、P117 2.4項)

【point】母材表面に、酸化物、油、塗料等の汚れや異物が付着していないこと。

【解説】母材表面が汚れているとどんなに良いろうを用いても、どんなに温度管理が適正でも、ろうのぬれ不良やピンホールなどの欠陥が生じやすくなり、もれや接合強度低下の原因になる。汚れに神経質であること。

3) 毛管現象 (P82 3.4.3.2 項)

【point】 欠陥のないろう付けを行うための理想的なすきまは、**0.05～0.15mm**である。

【解説】 すきまが適切であるかの確認は“★参考:ろう付けに良好なすきまの見分け方の目安(P84)”を参照する。(以下、本文のまま)

銅管に継手を止めまで十分に差し込んだとき、すきまが全周にわたり均一でかつ真円であり、大きなたががないこと。このような場合、継手を下向きにしても、管と継手のわずかな摩擦で落下しない状態が保たれることが多い。

4) 酸素アセチレン炎における炎の性質 (P92 3.5.2 項、P153 5.2 項)

【point】 中性炎と還元炎の違いを知り、自身の炎コントロール技能に合った方を選ぶこと。

【解説】 中性炎は完全燃焼している炎で、炎中に余剰な酸素、炭素、水素がないので、化学的に安定しているが、ろう付け使用位置(×印)が白芯の先端から**10～30mm**離れているので位置決めしにくく、誤って白芯に近づけると母材溶融の恐れがある。

余剰酸素による悪影響・・・ろう付け部の酸化(肌荒れやピンホール)

遊離炭素による悪影響・・・母材表面のすす状汚れ

残留水素による悪影響・・・水素ぜい性(タフピッチ銅で顕著)

一方、還元炎は炎中に余剰な炭素、水素があるので(図の炭化炎)、母材に当たらないよう注意しなければならないが、ろう付け使用位置(×印)が炭化炎の先端に近いので位置決めしやすい。

“化学的に安定(炭化炎による悪影響がない)”と“ろう付け使用位置の安定”のいずれを選ぶかは自身の炎コントロール技能による。

	中性炎(標準炎)	還元炎
炎の状態 (×印がろう付け 使用位置)		
	完全燃焼しているので、炎中に余剰な酸素、炭素、水素がない。(化学的に安定)	酸素不足で完全燃焼できないので、アセチレンの分解で生じた炭素、水素が還元炎(炭化炎)に残っている。
×印位置の判りやすさ	白芯から10～30mmなので判りにくい	還元炎の先端から1～2mmなので判りやすい

5) トーチの持ち方と着火の手順(すすの発生を最小限に) (P93 3.5.3、P95 3.5.5 項)

着火時のすすの発生を最小限にするためには、着火は次の手順で行う。

【point】

- ① トーチを持つ右手の親指と人差し指は酸素バルブを回せるように準備しておく。

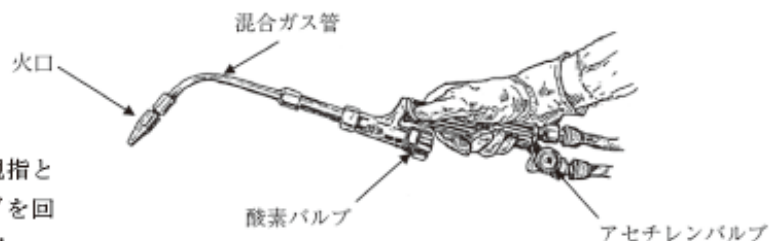


図2.51 B形トーチの外観

- ② 右手で酸素バルブを1/3回転開ける。
- ③ ライターを持つ左手の親指と人差し指でアセチレンバルブを少し開く。
- ④ ライターで着火する（こうするとすすは出ない）。
- ⑤ 着火できたことを確認したら素早く右手親指と人差し指で酸素バルブを開く。
このとき、酸素バルブを開け過ぎると失火するので注意が必要。（次項の「消火の手順」参照）

6) 消火の手順（逆火音を発生させないために）

消火時の逆火音及びすすの発生を最小限にするためには、消火を次の手順で行う。

【point】

- ① 酸素バルブを少し閉じて炎の勢いを弱める。（還元炎になってアセチレンフェザが出てくる）
- ② アセチレンバルブを少し閉じる。
すすが出ないように①と②を交互に繰り返して炎を小さくする。
- ③ 炎が十分小さくなったら酸素バルブを1/2回転ほど開けてアセチレンバルブを全閉にする。（消火）
- ④ 酸素バルブを全閉にする

7) 銅管サイズとろうの使用量（P123 3.3項）

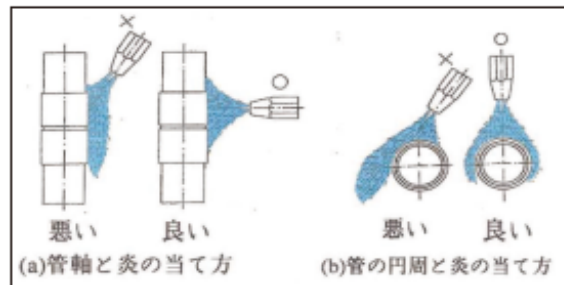
【point】 作業内容を見てろう材の使用量の目安値から浸透不足（使用不足）、垂れや流れ（使用過多）を推測する。

【解説】 銅管とソケット（又はチーズ）のすきま幅、長さ、差し込み深さが決まると100%浸透したときのろうの使用量が定まる。（P123、表4.5）この量を目安に、少なければ浸透不足、多ければ外表面の垂れや内部の流れ過ぎが発生していると推定する。本実習ではφ31.75銅管でφ2.4のろうを使用するので、130～200mmである。

8) 炎の当て方（P124 3.4項）

【point】 予熱時と加熱時の炎の当て方は、管軸に対して直角、円周面では中心に向かって直角である。

【解説】 炎をムダなく、効率よく当てるため。

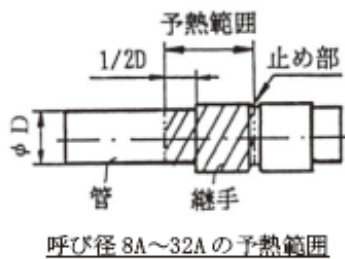


9) 予熱、加熱及び差しろうの要点（P126 3.6項）

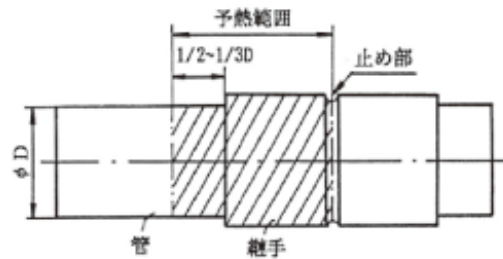
【point】 予熱は、管と継手との温度差をできるだけ小さくするとともに、接合部の加熱 → 指しろう（ろうの浸透） → フィレット形成 の一連の作業をスムーズに行うための予備作業で、効率よく短時間で接合部付近全体を黒赤色（650℃）になるまで昇温する。（予熱はろう付け作業の80%を占める）

10) 予熱範囲 (P126 3.6.1項)

【point】予熱範囲の目安は、下図参照。接合部全体をろう付け温度に保つための範囲である。



呼び径 8A~32A の予熱範囲



呼び径 40A~150A の予熱範囲

11) 予熱の手順 (P126 3.6.1項)

【point】以下の手順で行う。

- ① 管部 (上図予熱範囲の左端) から始め、黒赤色 (650℃) になるまで炎を動かさずに昇温する。このとき炎を外したときピンク色が残れば昇温OK。(時間が長すぎると管が溶けるので要注意!!)
- ② 炎を継手接合部へ移動して同様に昇温する。このとき、継手接合部では①による予熱で内部の管に熱が伝わっているため、接合部の内外部が均一に昇温される。(①で、[継手+管]の合計肉厚が厚いからという理由で継手接合部から予熱を始めると継手の外表面だけ昇温して内部まで熱が伝わらない。炎を外してもピンク色が残るので内部まで昇温していると勘違いする)
- ③ ②の作業中に①で昇温した管部の温度が下がるので炎を管部へ戻し、この時点から炎を①の管部~②の継手接合部間で動かす。炎は常に動かし続けて一点に止めておかない。予熱範囲がすべてピンク色になればOK。

加熱適正温度とろう溶融温度

		600 650 700 750 800 850 900 1000 1083 °C									
鋼色		黒	黒赤		赤黒	ピンク		赤		柿	溶け
適正温度					760	→ 浸透性向上					
予熱		600	650		結晶粒粗大化問題なし ← 850						
加熱&浸透					760	→ 850					
フィレット形成				680	730						
<hr/>											
ろう溶融温度 (りん銅ろう)											
BCuP-2					710	★ 固	795	★ 液			
BCuP-3		645	★ 固				815	★ 液			
BCuP-6		645	★ 固				790	★ 液			
<p><解説> ろうの浸透が良好になる温度は760℃からで、高くなるほどよい。一方ブローホールやピンホールは850℃付近まで多発せず母材結晶粒の粗大化も問題ない。</p> <p><解説> 液相線温度が低い→流動性がよい BCuP-2、6、3。 固相線温度が低い→フィレットを確実に形成できる BCuP-3、6、2。特にBCuP-3は固と液の差が大きいので浸透とフィレットどちらにもよい。</p>											

12) 加熱及び差しろう (ろうの浸透) (P128 3.6.2 (2)項)

[point] 加熱は、予熱から適正ろう付け温度 (760~850℃: 赤黒色 (赤褐色) ~ピンク~淡赤色) になるまで昇温して、その時点で管と継手の隙間にろうを差す。このとき、ろうは先端から接触させて母材の熱伝導で溶かし、外炎は補助的に当てる。



ろうは先端から接触させる



面で接触させないこと

○ **[point]** 適正ろう付け温度であることの確認方法。

ろうの先端をすきまの入り口に当てたとき、溶けたろうが中に吸い込まれていけば適正。

- ① ろうが溶けない・・・・・・・・・・・・・・・・ 管、継手ともに適正温度より低い
- ② ろうは溶けるが吸い込まれず入口に留まっている・・ 継手の温度が適正温度より低い
- ③ 溶けたろうが銅管表面上へ流れる・・・・・・・・ 銅管の温度が高すぎる
- ④ 溶けたろうが継手表面上へ流れる・・・・・・・・ 銅管の温度が適正温度より低く、
継手の温度が高すぎる

(注意 1) 差しろう開始時点ではろう棒が冷えているので、適正温度になっていてもすぐには溶けない。この場合、補助的に炎を当てて、ろうが溶けるのを助ける。

(注意 2) ろうを炎の白芯の先端付近で直接溶かしてはならない。ろうを高温で溶かすとピンホール、ブローホール、ピットなどの欠陥が多発する。

○ 13) フィレット形成 (P131 3.6.2 (3)項)

[point] 浸透作業を終えたら炎を少し遠ざけるか、または弱く調節して、フィレット両端部のぬれ (なじみ) 具合を見ながら母材温度を下げる。(760~850℃ → 680~730℃)

14) チーズのろう付作業

チーズの水平ろう付の下部は、ろう材が入りにくいケースがあるので、加熱に留意する。

