

企業名：株式会社 ヤマト

研究代表者：システム生体工学科
教授 王 鋒

研究テーマ：「CO₂ 冷凍機による不凍液のアイスラリー化（シャーベット化）技術を適用した CO₂ UEI システムの事業化研究」

H28年度 開発結果報告書

開発の名称

CO₂冷凍機による不凍液のアイススラリー化（シャーベット化）技術を適用したCO₂ UEI(ウルトラ エコ・アイス)システムの事業化研究

1. 開発概要

不凍液をアイススラリー化させるためには、アイススラリー製氷器内で凍結温度の不凍液を静止状態で一定時間冷却（製氷）することによって、アイススラリー製氷器を構成する冷却コイル表面に軟らかい氷を生成させる。その後、アイススラリー製氷器内の不凍液を流動させて冷却コイルから軟らかい氷を剥離（剥氷）することで、不凍液をアイススラリー化させることが可能である。

H25～H27年度事業においては、アイススラリー製氷器と運転パラメーターの制御技術を開発し、不凍液のアイススラリー化に成功した。

但し、H25～H27年度事業で実施してきた不凍液のアイススラリー化技術の開発は冷却システムの一部としての基礎研究であり、事業化のためにはアイススラリー化技術を組込んだ冷却システム全体を構築する必要がある。

アイススラリー化技術を適用した冷却システムは

1. 凍結温度の不凍液を更に冷却して連続的にアイススラリー化するアイススラリー生成装置
2. アイススラリー生成装置に凍結温度に達した不凍液を供給するプレ冷却（製氷）ユニット
3. アイススラリーを搬送して冷却を行う冷蔵ショーケース

の3つの要素で構成され、H28年度事業では、それぞれの要素について以下の改良、開発及び検証を行うこととした。

資料1：

H28年度事業で構築した事業化研究用冷却システム（アイススラリー化技術を適用したCO₂UEIシステム）の概略

2-1 凍結温度の不凍液を更に冷却して連続的にアイススラリー化するアイススラリー生成装置の開発

2-1-1 密閉型アイススラリー製氷器の開発

アイススラリー製氷器で生成したアイススラリーを直接的に冷蔵ショーケースに搬送し、その搬送したアイススラリー量を把握するために密閉型アイススラリー製氷器の開発を行った。

資料2 写真1, 2 : 密閉型アイススラリー製氷器

2-1-2 アイススラリーを連続生成するための運転制御技術の開発

製氷及び剥氷を継続的に行うとアイススラリー製氷器での冷却コイル表面に固い氷が付着して、不凍液をアイススラリー化できなくなる。そのため、アイススラリー生成を連続的に行うため、冷蔵ショーケースから戻ってきた0℃程度の不凍液で一時的にアイススラリー製氷器の冷却コイル表面の固い氷を融解させる解氷運転を行うことが必要である。

H28年度事業においては、冷却コイル表面の固い氷の融解(解氷運転)に必要な運転パラメーターの制御を可能にする技術開発を行い、製氷運転、解氷運転を交互に行うことでアイススラリーを連続生成する運転技術を開発した。

資料2 写真3 : アイススラリー生成装置の電子膨張弁制御用コントローラー

2-1-3 アイススラリーを連続生成するための運転制御パラメーターの数値検証

製氷運転、解氷運転については、密閉型アイススラリー製氷器を使用した運転パラメーター数値を調整しながらの試運転ではあるが、密閉型アイススラリー製氷器と冷蔵ショーケースの間に設置した不凍液用透明配管にて、10分程度アイススラリーを目視確認することができた。

資料2 写真4, 5 : 密閉型アイススラリー製氷器と冷蔵ショーケースの間に設置した不凍液用透明配管

2-2 アイススラリー生成装置に凍結温度に達した不凍液を供給するプレ冷却(製氷)ユニットの改良

2-2-1 プレ冷却(製氷)ユニット用製氷器の開発

プレ冷却(製氷)ユニットでは、凍結温度が -6°C である不凍液を冷却して凍らせる製氷運転を行い、その氷を融解しながら凍結温度で安定した不凍液をアイススラリー製氷器に供給することで、アイススラリー生成装置における不凍液のアイススラリー化を安定的に行うことが可能となる。

H25～H27年度事業にて開発したコイル巻技術を活用して、SUSの螺旋状冷却コイルを作成し、それら冷却コイルを組み合わせて製氷器の製作を行った。

資料2 写真6：プレ冷却(製氷)ユニット用製氷器

写真7：プレ冷却(製氷)ユニット 蓄冷熱槽内部の製氷状況

2-2-2 プレ冷却(製氷)ユニットの製作

CO_2 冷凍機と蓄冷熱槽等を一体化させた小型実機として、設置スペースを縮小して導入しやすくするために、プレ冷却(製氷)ユニットとして製作を行った。

資料2 写真8：プレ冷却(製氷)ユニット

2-3 アイススラリー搬送運転技術の検証

アイススラリーを冷蔵ショーケースに搬送した場合、氷潜熱(氷が融解するときの熱量)をショーケース冷却に直接利用することが可能になる。そのため、同等熱量を冷蔵ショーケースに搬送する場合、不凍液のみの搬送量に対し、アイススラリーを含んだ不凍液では氷潜熱分の搬送量(搬送電力)を低下させることが可能になる。

冷蔵ショーケースへの不凍液搬送量の低減によって、不凍液配管の小型化による設備費(インシヤルコスト)及びランニングコストの低減が可能である。

上記に示すように、今回の検証にて冷蔵ショーケースへのアイススラリー搬送を目視確認できたのは一時的かつ微量であった。更に、外気温度に影響されるプレ冷却(製氷)ユニットの製氷特性検証に多くの時間を要したことから「不凍液搬送量(搬送電力)の削減量」「搬送アイススラリー濃度と冷蔵ショーケースの冷却効果の関係」「搬送可能なアイススラリー濃度」に関する検証を十分に実施することができなかった。

3. 今後の研究課題

3-1 アイススラリーを連続生成するための運転制御パラメーターの数値検証

運転パラメーターを調整しながら製氷及び解氷の試運転を行った結果、製氷運転については、10分間程度ではあるが不凍液用透明管にてアイススラリーの生成を目視確認することができた。

各密閉型アイススラリー製氷器で継続的にアイススラリーを生成して冷蔵ショーケースに搬送するためには、年間を通しての製氷運転、解氷運転パラメーターの数値検証を行う必要がある。

3-2 プレ冷却(製氷)ユニットの製氷特性の検証

外気温度に大きく影響されるプレ冷却(製氷)ユニットの製氷運転検証を行い、継続的な製氷運転を実施できたと共にプレ冷却(製氷)ユニットとしてのCO₂冷凍機の運転技術を確認することができた。

そのため、今後はより効率よく製氷運転が可能となる製氷器の開発を行う予定である。

3-3 アイススラリー搬送運転技術の検証

各密閉型アイススラリー製氷器で継続的にアイススラリーを生成させ、冷蔵ショーケースに搬送できるように製氷運転パラメーターの検証を行うと共に、冷蔵ショーケースに搬送するスラリー量を増加させる運転パラメーターの検証を行うことが必要である。

また、冷蔵ショーケース負荷は周囲温湿度によって大きく異なるため、年間を通して「不凍液搬送量(搬送電力)の削減量」「搬送アイススラリー濃度と冷蔵ショーケースの冷却効果の関係」「搬送可能なアイススラリー濃度」に関する検証を行う予定である。

冷却システム概要図

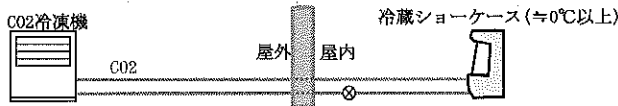
1. フロン、CO2を使用した直膨冷却システム

<フロン 直膨冷却システム>



- ・一般的なフロンを使用した冷却システム
- ・フロン配管及び配管継ぎ目等からフロンが漏洩

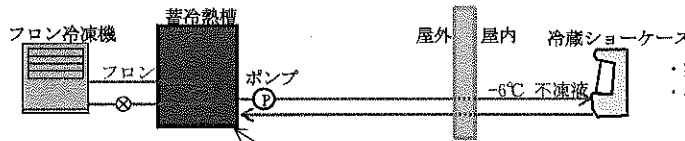
<CO2 直膨冷却システム>



- ・CO2を使用した冷却システム
- ・CO2冷凍機は高コスト
- ・CO2配管は高圧であり、安全性及び取扱い等に難あり

2. 不凍液を使用した冷却システム -UEIシステム, CO2 UEIシステム

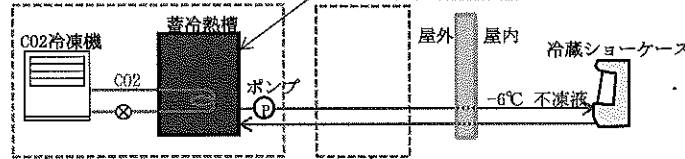
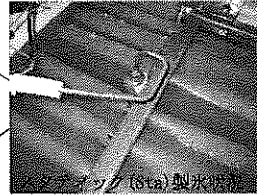
<UEIシステム>



- ・実用化に成功したUEIシステム
- ・不凍液を使用することでフロン使用範囲を限定しフロン漏洩量を低減

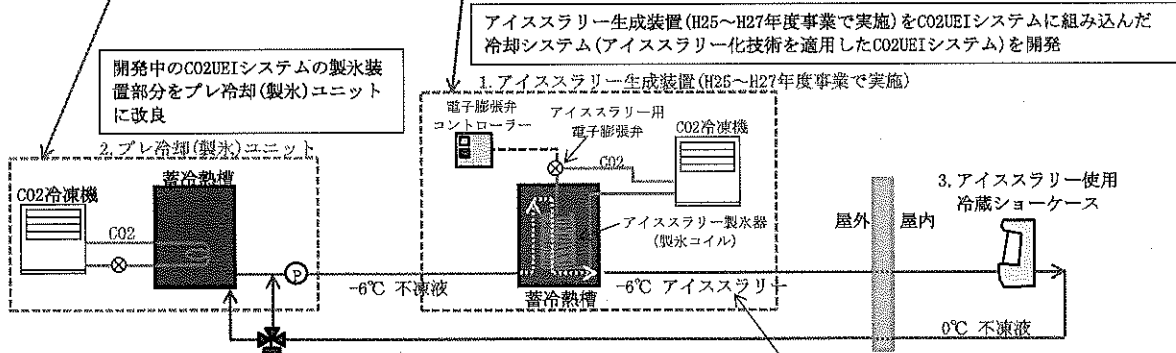
<CO2 UEIシステム>

CO2冷凍機：フロン冷凍機のような汎用性はない
ヤマト独自に蓄冷熱用途で使用



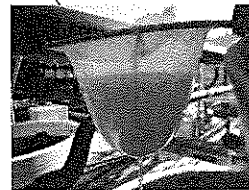
- ・自然冷媒であるCO2を使用したUEIシステム (CO2 UEIシステム)を開発中

3. アイスラリー化技術を適用したCO2 UEIシステム



<アイスラリーを利用するメリット>

- ・省エネ性
 - 不凍液搬送量の削減
 - CO2冷凍機の運転効率向上
- ・省マナー性
 - 配管サイズ縮小による材料費、配管工事費の低減
 - 省エネによる電力料金の低減



アイスラリー生成装置 (H25~H27年度事業で実施)をCO2UEIシステムに組み込んだ冷却システム (アイスラリー化技術を適用したCO2UEIシステム)を開発

1. アイスラリー生成装置 (H25~H27年度事業で実施)

開発中のCO2UEIシステムの製氷装置部分をプレ冷却 (製氷)ユニットに改良

2. プレ冷却 (製氷)ユニット

3. アイスラリー使用冷蔵ショーケース



写真1
密閉型アイスラリー製氷器
製作状況 (上部溶接)



写真2
密閉型アイスラリー製氷器
完成品

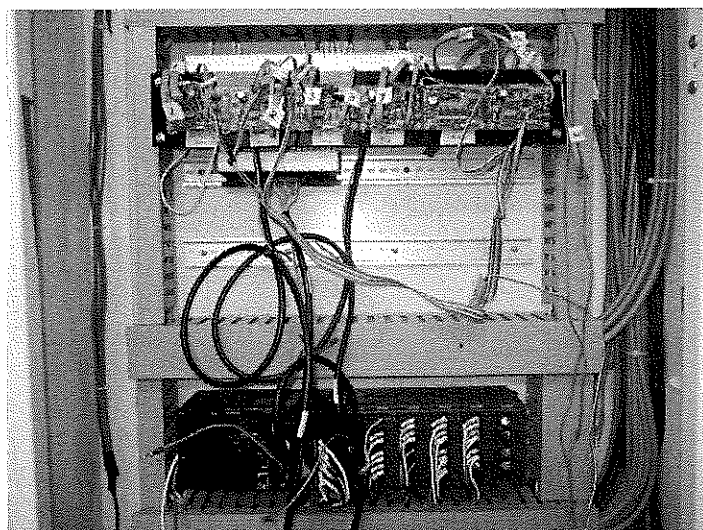


写真3
アイスラリー生成装置
の電子膨張弁制御用
コントローラー

