

空冷直膨式 「ツインサイクル形低温外調機」

木村工機株式会社
石田 貴之

1. はじめに

2018年6月、食をとりまく環境の変化から改正食品衛生法が交付され、原則すべての食品等事業者に対し衛生管理強化を目的とした HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) の導入が義務化されることとなった。HACCPは衛生管理のためのシステムであり施設基準を示すものではないが、ユーティリティの一つである空調設備とは重要な関りを持っている。とりわけ外気導入設備は必要換気量を確保するほか、作業エリアを陽圧とし空気の流れによるクロスコンタミネーション(交差汚染)を防止するといった目的としても導入される。(図1)

一方、食品工場では微生物の増殖を抑える観点から一般空調よりも低い中温(およそ10~25℃)で設計されるため、外気導入による湿度の持ち込みは室内各所での結露要因ともなり外調機の性能には注意したシステム構築が必要がある。

生産品質に大きく影響を及ぼす外気導入設備であるが、導入コストを抑えるための工夫も必要になる。本稿では設計施工が容易で省エネ性を備えた低露点給気(5~9℃)設計の直膨式外調機をご紹介します。

2. 外気導入設備の留意点

食品工場などの衛生管理を目的とした陽圧化は隣接するエリアからの埃、虫、生外気などの侵入防止に有効であるが、外気導入設備を計画の際には以下の様なことへの配慮が求められる。

(1) 除湿能力

低温・中温エリアに導入する外気は適度に除湿しなければ吹出口付近の結露をはじめ、室内湿度上昇による各所での結露やカビ、このほか室内ユニット(ユニットクーラー)の着霜増加などに繋がる。除湿機を併用する手段もあるがムラ無く低湿環境を形成するためには外気導入の際に湿度を持ち込まないことが望ましい。

(2) 給気温度の安定性

導入外気を室内露点温度まで除湿する計画の場合、例えば外調機にて5~10℃付近に冷却する必要がある。このとき冷凍機(コンデンシングユニット)を使用するケースでは、着霜によりデフロスト運転の頻度が増える傾向となるため、給気温度の変動を考慮した対策が必要となる。

(3) クリーンエア供給

外気導入経路自体が埃や虫などの侵入経路とならない様、外気の取込み位置やフィルタの選定・配置・気密性などにも配慮しなければならない。

(4) 気流抑制

低温の供給空気は作業者にとって強いストレスとなりやすい。また食材の乾燥を防ぐ目的としても気流を抑制した吹出口の設計が必要となる。

(5) 省エネ性

導入外気の除湿が不十分な場合は、室内ユニット側デフロスト運転の増加、除湿機の運転など運用上のランニングコスト増加にも留意する。外調機の除湿量を増やす場合では、冷媒温度を低くする必要があるのでCOPの低下に繋がりがやすい。

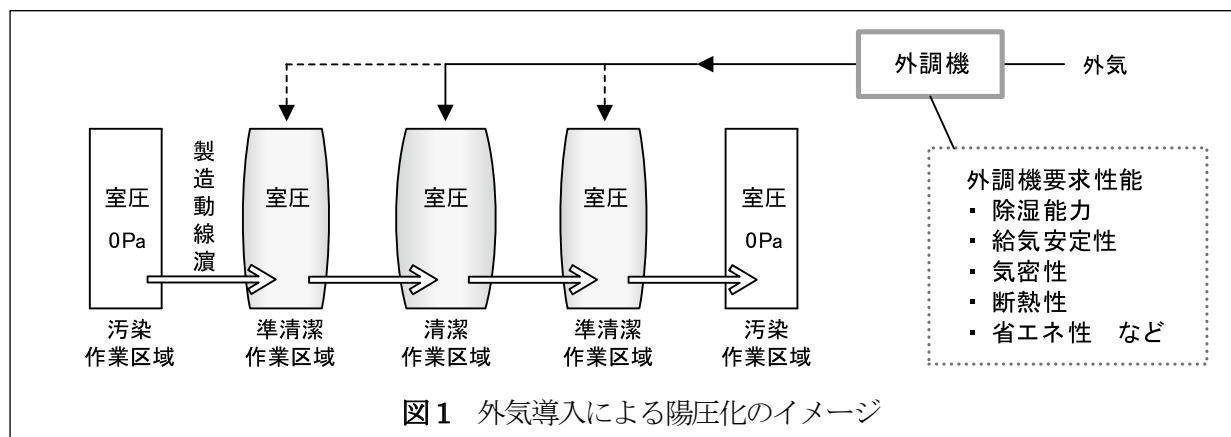


図1 外気導入による陽圧化のイメージ

3. 製品概要

本製品は一般空調用室外機と冷凍機（コンデンシングユニット）を併用した直膨方式の外調機であり、外気の冷却処理を2段階で行うことで着霜軽減を図り、安定した除湿空気を供給することを目的としている。また自動制御を備えたパッケージ化を図っているため、設計や施工面での利便性を高め、運転 COP の向上にも寄与することができる。

3.1 ツインサイクル形低温外調機

(1) システム構成

主なシステム構成のイメージを図2に、空気線図上の運転例を図3に示す。外調機内には一次冷却用蒸発器と二次冷却用蒸発器を備えている。一次蒸発器側には空調用室外機を接続し、定格除湿量の8割程度を処理する。一次側の冷却後温度は約13°Cを目標に制御され着霜することなく連続運転することができる。また二次蒸発器側には冷凍機（コンデンシングユニット）を接続し、残り2割程度の除湿を行う。二次側の冷却後温度は5~9°C（任意設計）で運転状態により断続的なデフロスト運転を行う。冷凍機の過大選定は不安定な制御に繋がるため、設計条件に応じて任意に選定

することを可能としている。

それぞれの室外機（冷凍機）は統合制御盤からの指令により、給気温度が乱れない様抑制するなど発停や容量制御をしている。またオプションとして再熱用の電気ヒータを組込むことができ過冷却除湿後の給気温度を調整することが可能である。

本製品のラインアップには小風量域で低圧損設計した天吊形3型番と床置形5型番を主力とし、大風量域で設置面積を抑えたコンパクト設計の床置形14型番を用意している。

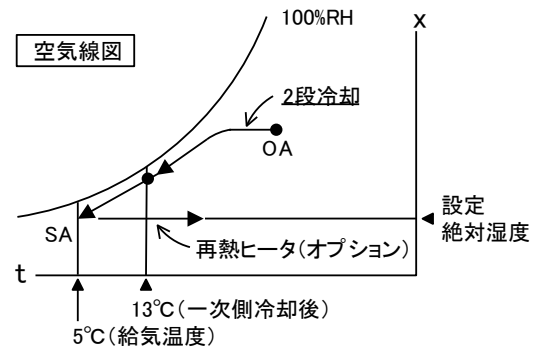
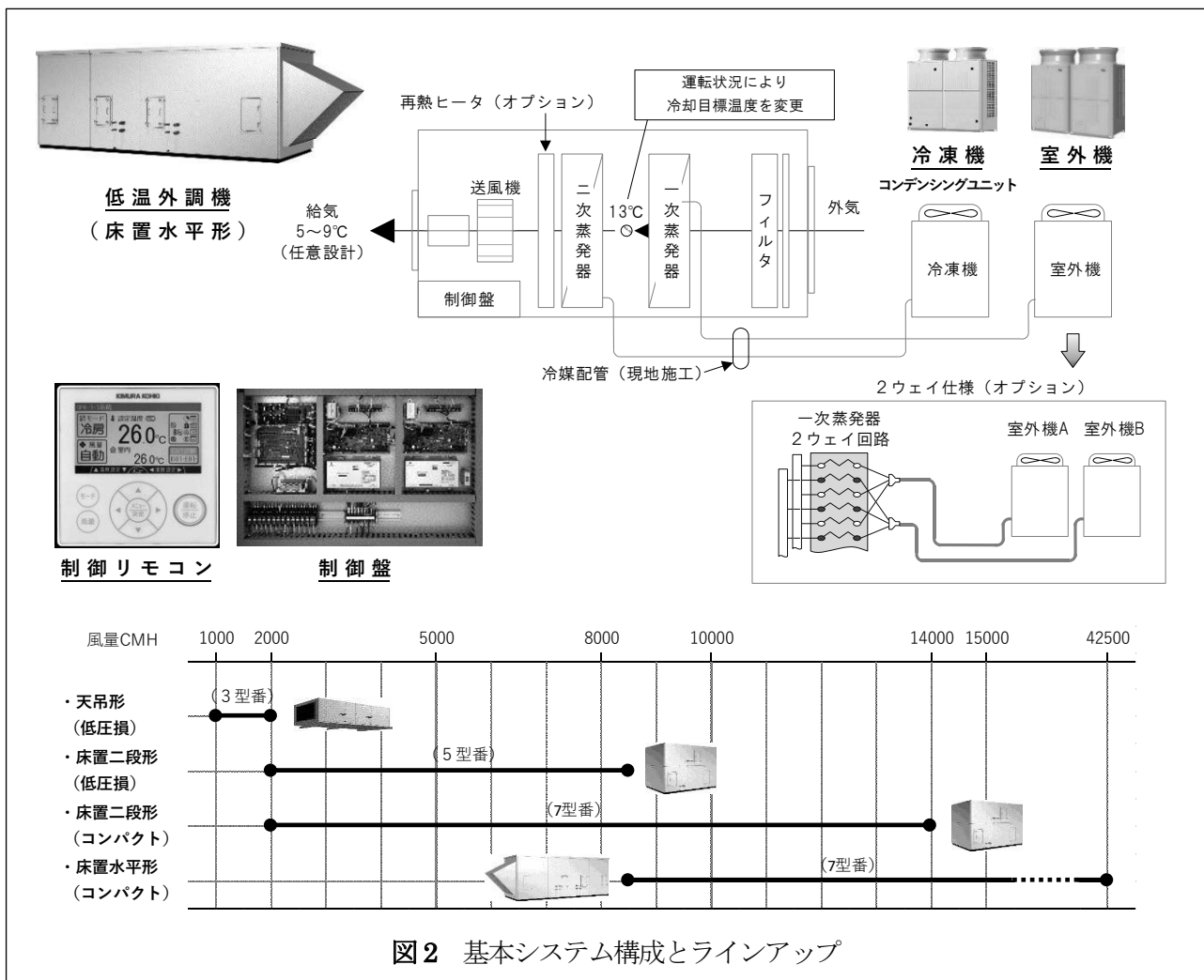


図3 5°C冷却時の運転例



(2) 給気温度の安定化

直膨方式の場合、気象条件や着霜状態によって給気温度が不安定となりやすい。特に陽圧化を目的とした外調機などでは送風を停止することができないため、サーモオフやデフロストによる生外気導入は室内環境への影響が大きい。

本製品では前述の通り直列2段の蒸発器を備えることで、運転状況により以下の様な4つの運転モード(図4)で給気温度や除湿量の安定化を図っている。また図9のグラフでは導入現場における運転データの例を紹介する。

■運転モード①(通常)：2台(一次+二次)の蒸発器を使用して冷却運転を行いそれぞれの冷却目標温度に対して圧縮機の容量制御を行う。

■運転モード②(軽負荷A)：外気温度が下がり軽負荷運転となると、一次側冷却温度目標を変更し、一次蒸発器のみで冷却能力をまかなう。その際二次側冷凍機の運転は停止する。本領域では圧縮機の制御容量が下限に近く不安定な温度制御となりやすいため、一次蒸発器の冷媒系統を2回路に分割した2ウェイ構造(図2参照)により安定化を図るケースもある。

■運転モード③(軽負荷B)：外気温がさらに低下すると、一次蒸発器を使用せず、二次蒸発器のみで冷却運転を行う。また冷凍機油を回収するための保護運転に入ると不安定な温度制御となりやすいため、これを抑制するために圧縮機が連続的に低容量運転とならない様制御を行う。

■運転モード④(デフロスト)：二次蒸発器の着霜状態を検知すると一時的に冷凍機を停止しオフサイクルによるデフロスト運転を行う。その際一次蒸発器側は運転を継続するため、一定の除湿量を確保することができる。また霜に蓄熱された熱により急激な温度上昇には繋がりにくい。

(3) 断熱構造

外気を低温域まで冷却除湿する本製品は、一般的な空調機器と比べると設置環境との温度差が大きく、断熱性能の強化が必要となる。衛生的環境

確保のためにも内外結露を防止する必要がある。

空調機の一般的構造においてヒートブリッジとなりやすい部位には外装パネルの固定ビスやコーナ一部、点検扉周り、架台などがあるが、設計条件として機内温度5℃に対して33℃/28℃(68.6%RH)の環境で結露が発生しない様断熱強化を図っている。(図5)

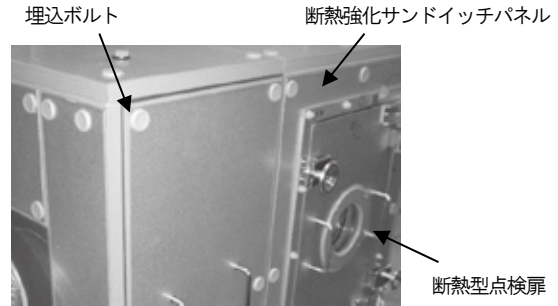


図5 断熱ケーシングの外観

(4) 省エネルギー効果

代表機種における年間エネルギー消費量試算比較を図6に示す。参照としてCase1に冷凍機(コンデンシングユニット)のみによる冷却装置を設定し、外気を5℃まで冷却するものとした。

<条件抜粋>

風量：8500m³/h、機外静圧500Pa、装置発熱含む最大外気：38℃/50%，冷媒配管長：50m

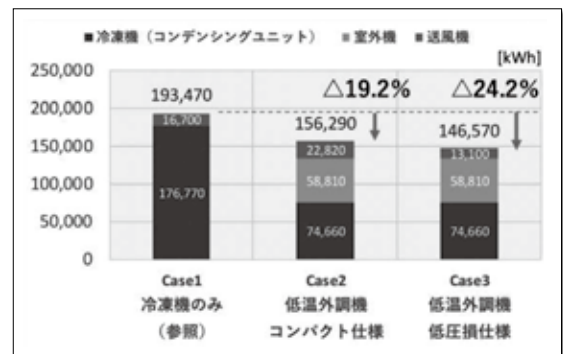
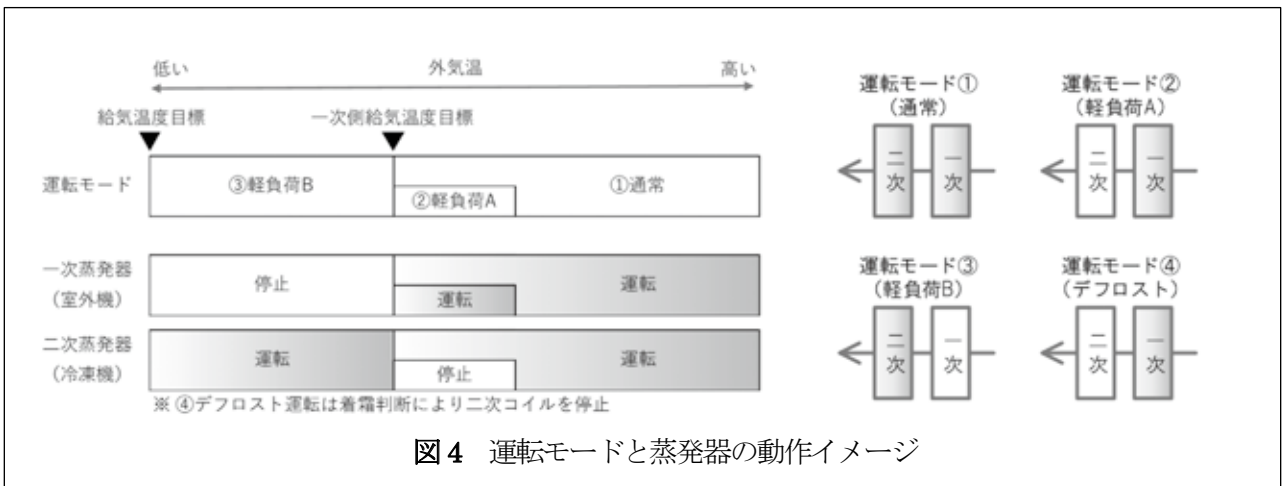


図6 省エネルギー効果 (当社試算)



4. ツインサイクル形外調機（参考紹介）

一般空調領域における陽圧化や湿度・衛生管理を目的とした環境向けには、室内外機一体型で2つの冷凍サイクルを搭載した「ツインサイクル形外調機」もラインアップしている。（図7）

本製品は外気を13～16℃まで2段階冷却し、室内環境の露点温度を目標とした除湿能力を有している。また加熱時にはそれぞれの熱交換器に接続された気化式加湿器による2段階加熱&加湿で十分な加湿量と低負荷時の容量制御性を高めている。さらに個々の冷凍サイクルは室外機側熱交換器のフィンのみを共有した独立冷媒配管構造であり、冷却+再熱運転の様な冷暖同時運転において熱回収による効率の良い運転を行うことも可能である。

一体型ヒートポンプ方式のため施工性が良く、容易に安定した湿度コントロールが可能となるため、恒温恒湿室やクリーンルームを対象とした外気導入にも有効であり、研究施設や検査室、充填室など多岐にわたる産業用途でご採用いただいている。

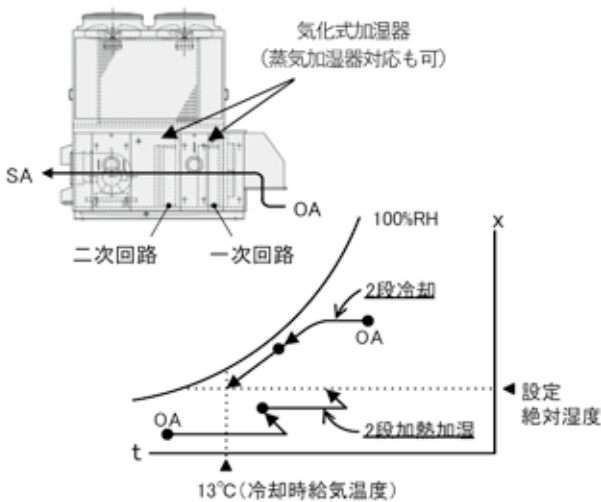


図7 ツインサイクル形外調機

5. 低温送風用吹出口

外調機（空調機）で冷却・除湿した空気の給気は、吹出部付近での作業者のドラフトに繋がりがやすい。また食材の乾燥を防ぐためにも気流を抑制することが望まれる。この様なことから低温外調機を使用する環境とマッチングの良い吹出口「全空気式放射整流ユニット」の提案も行っている。本ユニットは外調機（空調機）からの供給空気に対し、室内空気を誘引混合しながら給気することができ、ドラフト感を抑制する。（図8）さらに放射と整流効果を備えており、気流を感じず、室内温度ムラを解消して良質な温熱環境を形成することに寄与する。

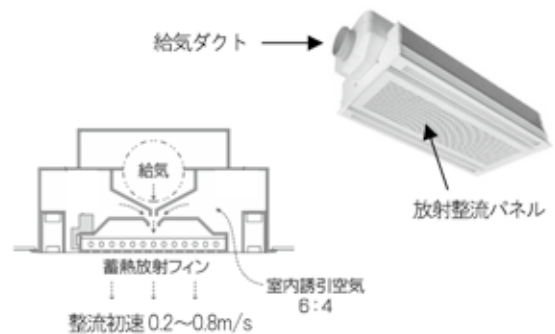


図8 全空気式放射整流ユニット

6. おわりに

食品工場における衛生的環境確保を目的とした空調システムの構築には、エンジニアリング会社による経験的なノウハウが必要となる。本製品はできるだけシステムの安定化に繋げるための工夫をメーカーが取り込み、設計施工上の負担軽減を目指した。さらに建物ごとの使い方に適した製品をご提供するために、必要なカスタム対応なども柔軟に行っている。今後も顧客に寄り添った提案を心掛け、評価いただける機会が増えれば幸いである。

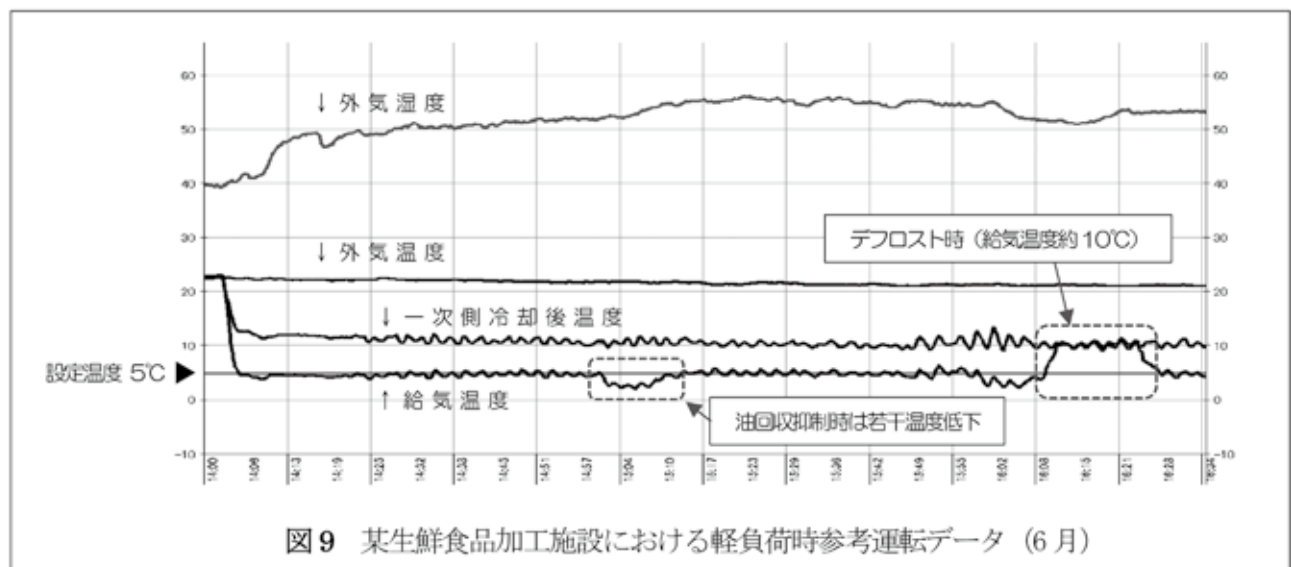


図9 某生鮮食品加工施設における軽負荷時参考運転データ（6月）