



冷凍庫における冷却器制御運転による庫内霜環境改善と省エネ効果について

村松孝保, 原田 朗, 太田良征吾, 村松敬介, 森田貴映, 林 謙作

株式会社大洋アレスコ

1. 緒 言

近年, 冷凍技術の向上により品質劣化を防ぎながら冷凍する技術が確立され, 食品工場における冷凍加工ニーズが高まっている. 一方, 一般家庭においてもコロナ禍における行動様式の変化や在宅需要の増加により冷凍食品の需要が急増している.

それに伴い, 製造・流通・販売の各部門においても冷凍庫需要が増加している. しかし, 冷凍庫は設計時の負荷を逸脱した運用や外気の遮断不足により庫内で霜が形成し, 保管場所の減少, 局所的な温度ムラ, 衛生管理, 作業者の作業安全などで懸念が生じている. また, 冷凍庫は常時冷凍温度帯を維持するため多くの電力が必要となっているが, 近年の電気料金の高騰により省エネに対するニーズも同時に高まっている.

2. 霜形成と除霜の機構

冷凍庫内の霜は, 外部より湿った空気の侵入や庫内収容物の水分の蒸発により水蒸気が供給され, 庫内で冷却されることにより形成される. また, 冷却器には一般的に除霜運転という機能が搭載されているが, これは冷却器内部の霜形成により失われた冷却器本来の性能を回復するために内部の除霜を行う機能であり, 冷凍庫内全体の除霜を促進させるものではない点に留意が必要である. 除霜運転の方式は様々あるが除霜運転によってはヒーターを使用し熱源となるため庫内温度上昇の要因となり, 庫内環境としてはかえって霜が形成する要因となる場合もある. この除霜運転は, タイマー方式により実際の必要有無に関わらず1日の除霜運転回数をあらかじめ定め, 自動で開始するものが市場に流通している冷却器の大半を占めている.

様々な要因で霜が発生している一方で, 冷凍庫内では霜が消失する昇華現象も同時に発生している. 冷凍庫内の霜は形成速度と昇華速度のバランスにより形成・消失している.

3. 実 証 実 験

温度センサーにより冷却器や冷凍庫内の状態をモニタリングおよび制御するシステム (以降 TKS システム) を用いて冷凍庫内の環境改善と省エネ効果を検証した. TKS システムは消費電力量を削減するとともに庫内温度を安定化させ庫内の霜の昇華現象を促進させ, 加えて遠隔監視も同時に行うシステムである.

冷却器各所 (Fig. 1) に温度センサーを設置しリアルタイムに冷却器稼働状況を自動計測, データ収集し, 自己学習により必要な時に必要な時間だけ除霜を行うことで, 従来のタイマー方式により行う除霜運転の回数を見直し最適化を行う. 除霜運転を削減することで, 運転時の熱源ヒーターの使用を削減させる. また, 同時に冷凍庫内の設定温度へ到達後の冷凍機サーモオフ時に冷却器のファン制御により冷却器内部の冷却熱を徐々に放出させることで冷凍庫内の温度上昇を緩やかにすることで冷凍機の再稼働を遅らせ, 稼働時間を減らす制御を行う.

これらにより, 消費電力量を削減するとともに冷凍庫内の急激な温度変化となる要因を減らし霜の昇華を促進させる環境を冷凍庫内に構築する.

常に天井・壁・床に形成する霜が問題となっていた弁当・惣菜製造事業所の食材保管目的の -20°C 冷凍庫 (6坪) にTKSシステムを設置し, 庫内環境改善と省エネ効果を検証した.

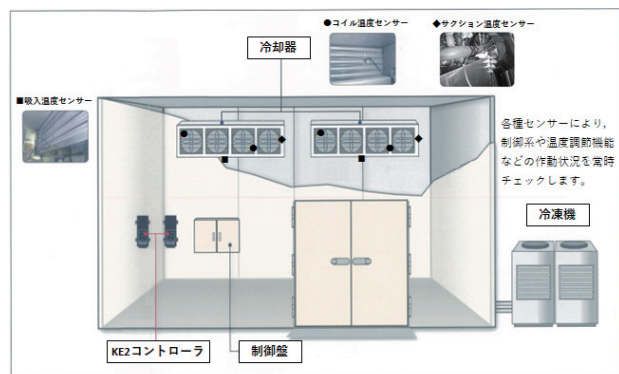


Fig. 1 TKS システム設置図

〒425-0036 静岡県焼津市西小川 2-11-12
 † Fax: 054-629-2058, E-mail: info@taiyoalesco.jp

4. 結 果

TKSシステムによる除霜運転回数の削減効果を調査した。冷却器除霜運転回数は従来のタイマー制御の場合56回/14日間(4回/日)から、TKSシステム制御に切り替えることにより12回/14日間(0.9回/日)まで減少し、除霜運転時のヒーターによる消費電力増加および庫内温度上昇を抑制した。

①庫内霜環境改善

TKSシステム導入前の庫内写真をFig. 2に示す。TKSシステムのファンの制御により庫内温度の均一化を図ることで霜の昇華が促進され、庫内の霜が徐々に消失していった。TKSシステム制御稼働開始より89日経過時点で庫内の霜の大半が消失したことを確認した(Fig. 3)。

②省エネ

冷凍設備に対して電力ロガー計測器を設置し、従来制御とTKSシステム制御の消費電力量をそれぞれ計測した。従来制御時の消費電力量は1,339.84kWh/14日間であった(Fig. 4)。一方、TKSシステム制御時では消費電力量は946.41kWh/14日間となり、従来制御比で29.4%の削減という結果になった(Fig. 5)。



Fig. 2 TKSシステム稼働前の庫内写真



Fig. 3 TKSシステム稼働89日後の庫内写真

5. 結 論

温度センサーを用いた冷却器における除霜運転回数の削減およびファン制御により庫内の温度変化を抑えることで、消費電力が2割以上の削減に加え、庫内霜環境の改善を確認した。

また、このTKSシステムは既設の冷却器に後付けすることで効果を実現することができるため、既設の冷凍設備更新という大規模設備投資を行わずに比較的安価に庫内の霜環境改善、省エネを実現することが可能である。さらに、TKSシステムは冷凍庫のリアルタイム監視機能を有するため、庫内温度管理帳票作成の省人化、遠隔での庫内状況確認もでき、冷凍機および冷却器不具合の軽微な兆候を検出して機器の予防保全につなげることが期待できる。

ただし、本実験はすべての冷凍庫に対して同様の効果を保証するものではなく、冷凍庫自体の気密性や運用方法、冷凍機の運転状況や除霜方式など様々な条件により省エネ・霜環境改善の効果が変わるため、実際の設置においては事前に検証が必要である。

6. 謝 辞

この度の検証におきましてご協力させていただきました株式会社平塚富士キッチン様に深謝の意を表します。

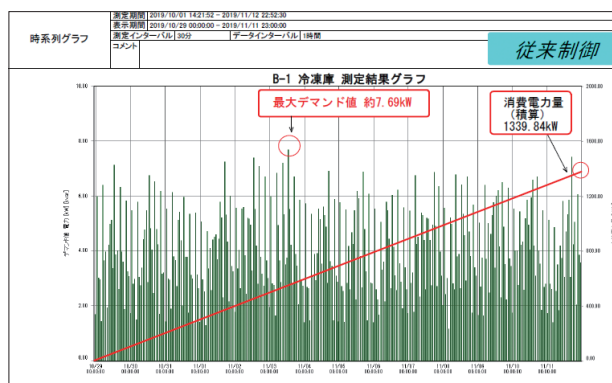


Fig. 4 従来制御時の除霜回数と消費電力量

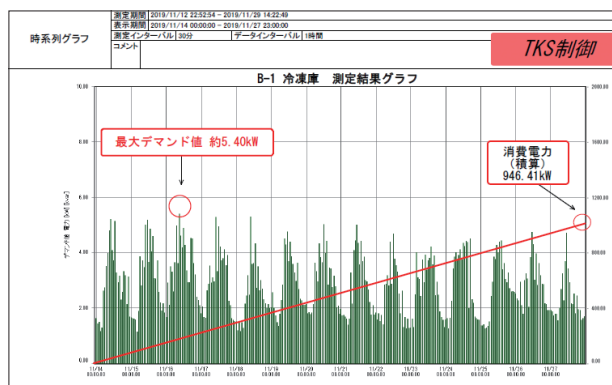


Fig. 5 TKSシステム時の除霜回数と消費電力量