

優良省エネルギー設備顕彰事例⑥

改修設備部門 (社)日本冷凍空調設備工業連合会会長奨励賞

冷凍冷蔵倉庫のクーラーファンのインバーター 回転数制御による省電力運転装置

設備所有者：(株)マルミ 小川冷凍工場
設備施工者：旭調温工業(株)

建物の概要

名称 (株)マルミ小川冷凍工場
所在地 静岡県焼津市石津下島1007番地
概要 建家・地上3階 延床面積・3,545m²
構造・SRC造 用途・冷凍倉庫

1. 技術開発の目的と経過

目的：冷凍冷蔵倉庫において冷却装置（圧縮機やクーラー）の総合冷却効率を高め、冷却装置の運転時間を短縮し、省電力をはかる。

経過：平成6年（設計、検討）
平成10年（試作、試験納入）
平成12年（試運転、引き渡し）

2. 設備・システムの概要

（内容説明、構造、特徴等）

定常運転時にインバーターを接続したクーラーファンの風速に係る最適運用条件を検証・設定（調整）し、発熱量をできるだけ抑制して冷却負荷への影響を低減するとともに冷却効率を高効率に維持して、設備の冷却能力を最大活用することができるので、冷凍機の運転時間を短縮して消費電力の節減と冷凍機の損耗の減少を図ることができる。本装置は、特許を取得している。

3. 着想

従来より、省エネルギーの観点から冷却負荷に影響を与える設備系の原因については、以下①～⑤等の点が指摘されていた。



建物外観

- ①外気（壁、床および天井）からの侵入熱
- ②冷却前の入庫品（被冷却物）
- ③換気
- ④作業員及び庫内照明装置の発熱（量）
- ⑤クーラーファン（ファンモーターを含む）の発熱（量）
特に、定常運転時における上記⑤のクーラーファンの発熱（量）は、設定温度が低ければ低いほど冷却負荷に影響する比率が高くなる傾向がある。その結果、冷凍機の消費電力に占める割合も大きくなるので、省エネルギー運転に関してはマイナス要因となっていた。

クーラーファン（ファンモーター）の回転数すなわち風速に対するクーラーファンの発熱量（以下、発熱量という）及びクーラーの伝熱係数（以下、伝熱係数という）の関係が知られているが、これらの関係は機器の特性データとして個別に取り扱われており、個々の設備について定常運



冷蔵庫省電力運転装置

転時における最適風速を示唆するものではなく、発熱量（回転数毎）と伝熱係数の相関度合いを勘案し、クーラーの正味の冷却能力（冷却熱量から発熱量を差し引いたもの）を評価しようとする試みはなかった。いま、設備運用上の省エネルギーと冷凍機の損耗の減少を目的効果として、実用的な冷却能力（正味の冷却能力）の最大活用を図ろうとすると、現状ではクーラーファンの風速は、最適風速を仮定して、その風速を確保するようにファンを取り付けるとともに、その回転数（風速）を設定している場合が多く、真の最適風速（または風量）が確保されているかどうかは殆ど検証されていない。こうしたなかで、上記⑤の発熱が冷却負荷の変動に大きく効いてくるという実際問題に着目して、注意深く検証を重ねた結果、以下の知見を得るに至った。

定常運転時にクーラーファンの風速が早めの時は、風速を少し下げることによって伝熱係数は殆ど低下せず、発熱量は大幅に減少する。また風速が遅めの時は、風速を少し上げることによって伝熱係数は大幅に上がるが、発熱量はさほど増加しない。

したがって、風速に対する伝熱係数と発熱量の増減変化の相関度合いについて最適運用条件を策定することにより、発熱量を抑制するとともに冷却効率を高効率に維持することができる。

つまり、実設備において発熱量を抑制する方向で伝熱係数を勘案して実証的な最適風速を設定すれば、冷却負荷への影響を低減して設備の冷却効率を高効率に維持することができる。

4. 効果（省エネルギー）

		装置取り付け前	装置取り付け調整後
冷蔵倉庫 収容トン数 公称	1階	1,600トン	同左
	2階	1,600トン	〃
	3階	1,600トン	〃
	合計	4,800トン	〃
庫内温度	1階	-45℃	同左
	2階	-45℃	〃
	3階	-45℃	〃
スクリー ユール 冷凍機	1階	60kW×2台	同左
	2階	42kW×2台	〃
	3階	60kW×2台	〃
ユニット 実効入力	1階	3.7kW×2台×2基	2.2kW×2台×2基
	2階	2.2kW×2台×2基	1.2kW×2台×2基
	3階	3.7kW×2台×2基	2.2kW×2台×2基
年間 使用 電力量		約 2,100,000kWh	約 1,800,000kWh
年間 使用 電力 料金		約17,400,000円	約14,500,000円

※装置取り付け調整後のユニットクーラー実効入力の減少は電動機の交換ではなくインバーター制御により実効入力が増小（当該設備の場合）した。

省エネルギー効果の検証方法

省電力運転装置を取り付けて、商用電力運転と省電力運転を1週間交代で5週間行い、記録型積算電力計で、毎日（毎週）の使用電力量を実測し、年間節減電力量を算出した。

省エネルギー効果

年間節減使用電力量

$$2,100,000 - 1,800,000 = 300,000 \text{ kWh}$$

年間節減使用電力料金

$$17,400,000 - 14,900,000 = 2,500,000 \text{ 円}$$

節減率は14.5%

5. 投資回収（省マネー）

478万円（省電力運転装置設備費）

250万円（年間節減使用電力料金）

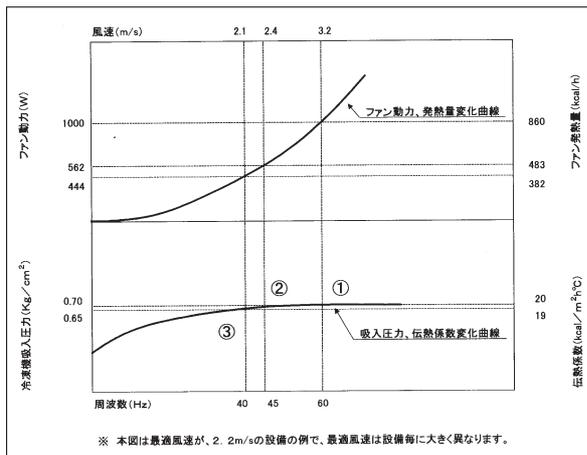
≒1.91年

6. 他の建物への応用性

本装置は、冷凍冷蔵設備における現場での最適運用条件の検証・設定（調整）が、既設または新設を問わずいつでも極めて簡単に、かつ短時間で

確実に実施可能であり、しかも殆どの冷凍冷蔵設備について有効であるため、産業上有益な効果があり広く利用することができる。

7. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等



(参考図1)

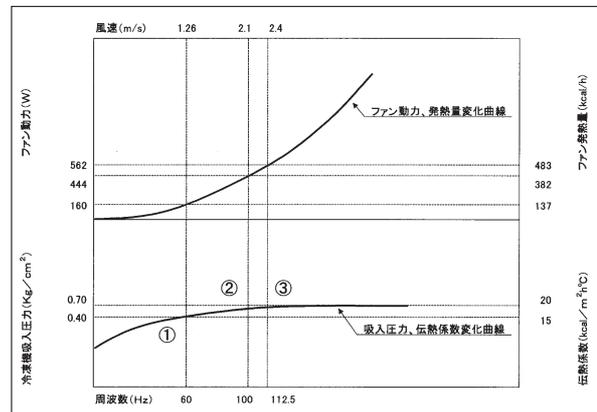
参考図を参照して以下に説明する。なお、以下に例示する数値は実験的事実に基づく。

参考図1にデータプロットを示すように、庫内温度が設定保持温度またはその許容範囲内に維持されている定常運転中に、インバーターの設定周波数を原設定（図中①に対応する設定周波数60Hz）から増減両方向に微動変動し、これにともなう冷凍機の吸入圧力の変化量が増減両方向でともなう零近似である（図中①の点の近傍において冷凍機の吸入圧力に変動がない）場合に、原設定のクーラーファンの風速を早めと認定し、最適運用条件を範囲策定し風速調整する方法である。

そこで、あらためてインバーターの設定周波数を原設定（図中①）から減方向に刻々変化してゆき、冷凍機の吸入圧力の変化量が零近似から負へ転換した時点（降下変動が明確に発生した時点）の設定周波数を下限運用周波数（図中③に対応する設定周波数40Hz）と定めるとともに、この下限運用周波数から逆方向（増加方向）に設定を戻していき、吸入圧力の変化量が正から零近似に再転換した時点の設定周波数を上限運用周波数（先の圧力降下が認められる直前の最低周波数）（図中②に対応する設定周波数45Hz）と定めて、こ

の間の設定周波数域（40～45Hz）をクーラーファンの最適運用条件として範囲策定するものである。

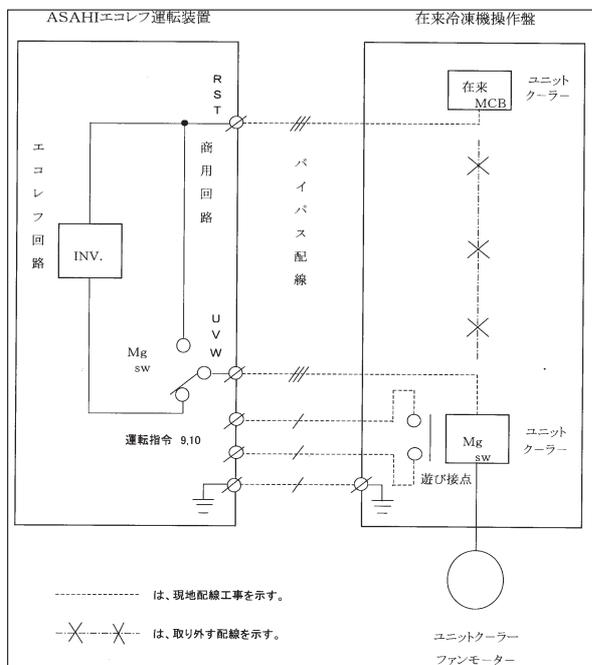
図から見てとれるように、原設計（風速調整前；図中①に対応）でのクーラー風速が3.2m/sである場合に、最適運用条件（上限運用周波数）（風速調整後；図中②に対応）でのクーラー風速は2.4m/sとなり、これに応じて発熱量は4割減少し、冷却能力を減じることなく経済的な（冷却効率を高効率に維持した）運用ができる。



(参考図2)

参考図2にデータプロットを示すように、庫内温度が設定保持温度またはその許容範囲内に維持されている定常運転中に、インバーターの設定周波数を原設定（図中①に対応する設定周波数60Hz）から増減両方向に微動変動し、これにともなう冷凍機の吸入圧力の変化量が増方向で正であり、かつ、減方向で負である（図中①の点の近傍において吸入圧力がそれぞれ増減変動する）場合に、原設定のクーラーファンの風速を遅めと認定し、最適運用条件を範囲策定し風速調整する方法である。

そこで、あらためてインバーターの設定周波数を原設定（図中①）から増方向に刻々変化してゆき、冷凍機の吸入圧力の変化量が正から零近似へ転換した時点（上昇変動が明確に達した時点）の設定周波数を上限運用周波数（図中③に対応する設定周波数112.5Hz）と定めるとともに、この上限運用周波数から逆方向（減方向）に設定を戻していき、吸入圧力の変化量が零近似から負に再転換した時点の設定周波数を下限運用周波数（先の



構造図

圧力上昇が零近似に達する直前の最高周波数) (図中②に対応する設定周波数100Hz) と定めて、この間の設定周波数域 (100~112.5Hz) をクーラーファンの最適運用条件として範囲策定するものである。

8. 環境保全、便利性等

本装置取り付け後のCO₂削減量は、111.3トン/年 (電気事業連合会2000年度使用電力量あたりの



装置設置状況

CO₂排出量0.371kg/kWhより算出)

冷凍機の吸入圧力 (の変動) を指標とすることにより、簡単に、かつ短時間で最適運用条件を策定することができる。

9. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績 (国内、外) 等

市場性としては、冷蔵倉庫として全国に約3,800工場 (約3,300公称トン/1工場)、また超低温冷蔵倉庫 (-40℃以下) として約200工場 (約1,900公称トン/1工場) が本装置の取り付け対象となり、地球温暖化防止に貢献し、政府目標のCO₂削減にも大きく寄与する。

現在までに41台設置している。

【味覚歳時記】

自然な味覚〈煎餅〉

和食がアメリカからヨーロッパへと静かに飛び火したようで、パリなんかでも〈スシ〉が流行っているそう。これは、もしかして、一時の流行にとどまらず、新世紀の食文化の方向を指し示す現象なのかもしれません。前世紀の後半、私たち日本人の食生活が急速に欧米化した結果どうなったか。それを見たら、和食に傾くのは、当然といえます。この食欲の秋、おやつも〈煎餅〉にしませんか。〈煎餅〉は、中国から伝わり、千数百年もの歴史をもったお菓子なのです。〈煎餅〉の仲間に〈欠餅〉



(おかき) と〈霰餅〉(あられ) があり、まとめて〈米菓〉と呼ばれています。この三者、いずれも〈餅〉とはいえ、〈煎餅〉だけは原料が糯米ではなく粳米です。普通のお米の粉をこねて、蒸して搗いて薄く延ばし、丸く型抜きしたものを乾燥し、焼いて醤油で味付けします。至って、自然な食べ物です。お茶は、番茶がお似合いです。