

■ シリーズ特集 ■ 各部門における省エネルギー対策 (11)

食品工業における省エネルギー

Energy Saving in the Food Industry

橋本秀之* 小川澄男**
Hideyuki Hashimoto Sumio Ogawa

1 はじめに

二度にわたるオイルショックによって、エネルギー価格は急騰し、エネルギー有限説が身近に感じられるようになり、省エネルギーの必要性が叫ばれ、国を挙げて省エネに取り組んだ結果、大きな成果があがっている。これによって、通産省の「長期エネルギー需給暫定見通し」が15%以上も下方修正される予定である。また、短期的な傾向ではあろうが、現在の石油の供給過剰現象を見ると、オイルショック時とは隔世の観がある。しかし、この安定している時期に、省エネの礎を更に確固たるものしておく必要があろう。

食品工業は一般に、エネルギー少消費業種であり、エネルギー費の占める割合が少ないことから、省エネの進展が遅れている部門であったが、53年以降の高騰によって、経営を圧迫する要因となり、最近では積極的に省エネが進められている。

2 食品工業とエネルギー

2.1 エネルギー消費の概況

食品工業のエネルギー消費の概要を、コストの面から見ると、54年度の総出荷額20兆5,800億円に対して、エネルギー費は2.8%の5,700億円と少ない。一方、原材料費は、12兆7,400億円、62%、労務費は2兆930億円、10%となっている。この数値が示すように、エネルギー費が少なく、原材料費、労務費が高いことから、コストダウンの目も、生産物量の拡大、合理化等によく向けられていた。しかし、55年になるとエネルギー価格の高騰によって、エネルギー費の占める割合は4%を超え、省エネルギーの必要性が見直されるようになって来ている。

2.2 食品工業のエネルギー的特性

食品工業全体での生産額は輸送機械製造業と1,2位を争うほどの規模ではあるが、その内部には、乳製品、肉製品、調味料、清涼飲料、製パン、菓子、その他約40の業種が含まれている。

しかし何れの業種であっても、食品という立場、つまり、製品が消費者の口にはいる、ということから、衛生には特に注意しなければならない。それ故、機器の洗浄及び殺菌に多くのエネルギーを使用している。また、業種によっては、製造環境の維持(クリーンルーム等)に多くのエネルギーを投入している。

製造工程は比較的簡潔な業種が多く、食品一般の製造工程と主な投入エネルギーは、図-1のようになろう。この加工の段階には、業種によって、粉碎、浸漬、混合、攪拌、切断、発酵、濃縮、乾燥、冷凍、くん製、等があるが、加熱及び冷却の操作が中心であり、エネルギー消費の多い工程である。また、食品は古来「手作り」で行なわれているものが多かったが、次第に省力化、無人化が行なわれ、機械の導入によって、電力消費が増加する傾向にある。

燃料と電力の使用量は、食品工業全体では、54年の金額対比で、1.4対1である。この比率は、単価の変動に大きく左右されるが、単価が一定と仮定すれば、電力費

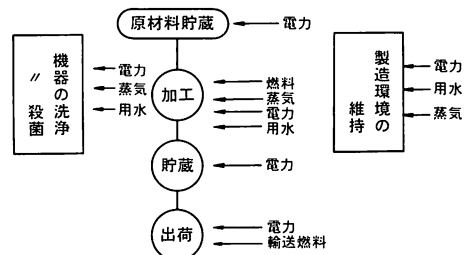


図-1 食品の製造工程と主な投入エネルギー

* 雪印乳業㈱装置技術部主幹

〒160 東京都新宿区本塩町13番地

** 雪印乳業㈱装置技術部

の比率が高くなって来る傾向にある。この理由は、①合理化、省力化によって人手が機械に変わる。②品質や労働環境に対する要求から、冷房用の電力が増える。③現在進行している省エネでは、電力よりも燃料を多く減らす傾向にある等である。

2.3 乳製品製造業の特性

昭和54年度の乳製品製造業のエネルギー使用概況は表1の通りである。これによると、エネルギー費は、出荷額の1.7%であり、食品一般に比べると、電力費が高くなっている。

また、乳製品工場は一般に、牛乳・アイスクリーム等を製造する、市場工場と、粉乳、バター、チーズ等を製造する乳製品工場に大別されるが、市場工場は都会地に、乳製品工場は原料産地である地方に所在している。エネルギーの面からは、市場工場が、冷却用に電力を多く消費し、乳製品工場は、濃縮、乾燥用に燃料を多く消費する傾向にある。特に市場工場では、電力単価の高い夏期に、生産量がピークとなり、燃料費より、電力費が高くなる傾向が増幅される。

表1 乳製品製造業のエネルギー使用の概況
(単位：百万円、%)

出荷額	燃料		電力		燃料 + 電力	
	使用額	比率	使用額	比率	使用額	比率
1,530,000	12,500	0.82	13,900	0.91	26,400	1.73

資料：工業統計表 54年
30人以上の事業所
比率 = 使用額 / 出荷額 (%)

3 省エネルギーの進め方

3.1 省エネルギーの考え方

製造工場で使用するエネルギーの殆んどは、設備に投入し、加工を行うために使用されるものであり、それは図-2のように分類されよう。この図のように使用されているエネルギーを、どのようにして減らすかとなると、不要照明を消す、バルブを閉めるといった①管理損失を減らすことから始め、保全、不具合箇所の修理により②設備損失を減らし、最適操業状態を維持することにより③バラツキを少なくし、設備の更新、省エネ型設備の開発・導入、工程の改善を行ない④設備自体の必要エネルギーを減少させ、究極的には、純理論的に必要なエネルギーに近づけることである。

即ち、省エネとは、節約から始まり、設備の効率化を行ない、省エネ技術開発を行なうことであるといえ

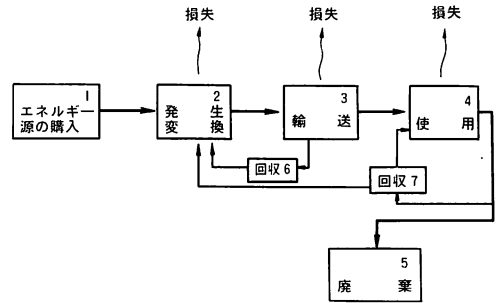
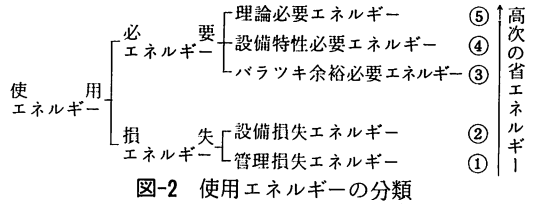


図-3 エネルギーの流れ

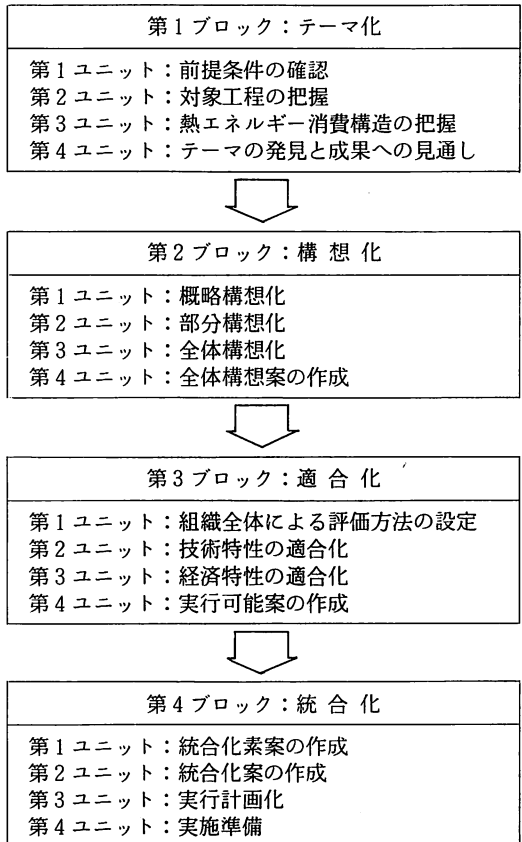


図-4 SAVEプログラムのステップ

よう。

3.2 省エネルギー管理手法

生産工場でのエネルギーの流れを見ると図-3のよう

になる。例えば、蒸気の場合では①燃料を購入し、②ボイラで蒸気を発生させ、③配管で輸送し、④工場で使用され、⑤低温ドレンとして排出される。この過程で、⑥⑦ドレンは回収され、ボイラや工場で使用される。このような、エネルギーの流れの中で、各段階に於いて、効率的に使用し、省エネを進めて行くには、各段階で個々に進めるのではなく、総合的に、システムティックに進めて行かなければならない。このシステムティックに進める際の教本として、種々の「エネルギー管理手法」が提唱され、多くの企業で実施されているので、以下にその概要を紹介する。

(1) SAVE プログラム

あるコンサルタント会社の開発した手法で、単行

本等で広く紹介されている。

SAVE は Systematic Approach for Valuable Energy の略であり、その基本ステップは図-4の通りである。

(2) ERP 法

この手法も、あるコンサルタント会社で開発された手法であり、ERP-20は、Energy Reduction Program -20%の略であり、当社はこの手法を導入し、大きな成果を上げています。その基本ステップは、図-5の通りであり、エネルギーの種類別に省エネルギーの指針が示してあるので、省エネの改善のタネが発掘し易いようになっている。当社でアレンジした指針を図-6に示す。

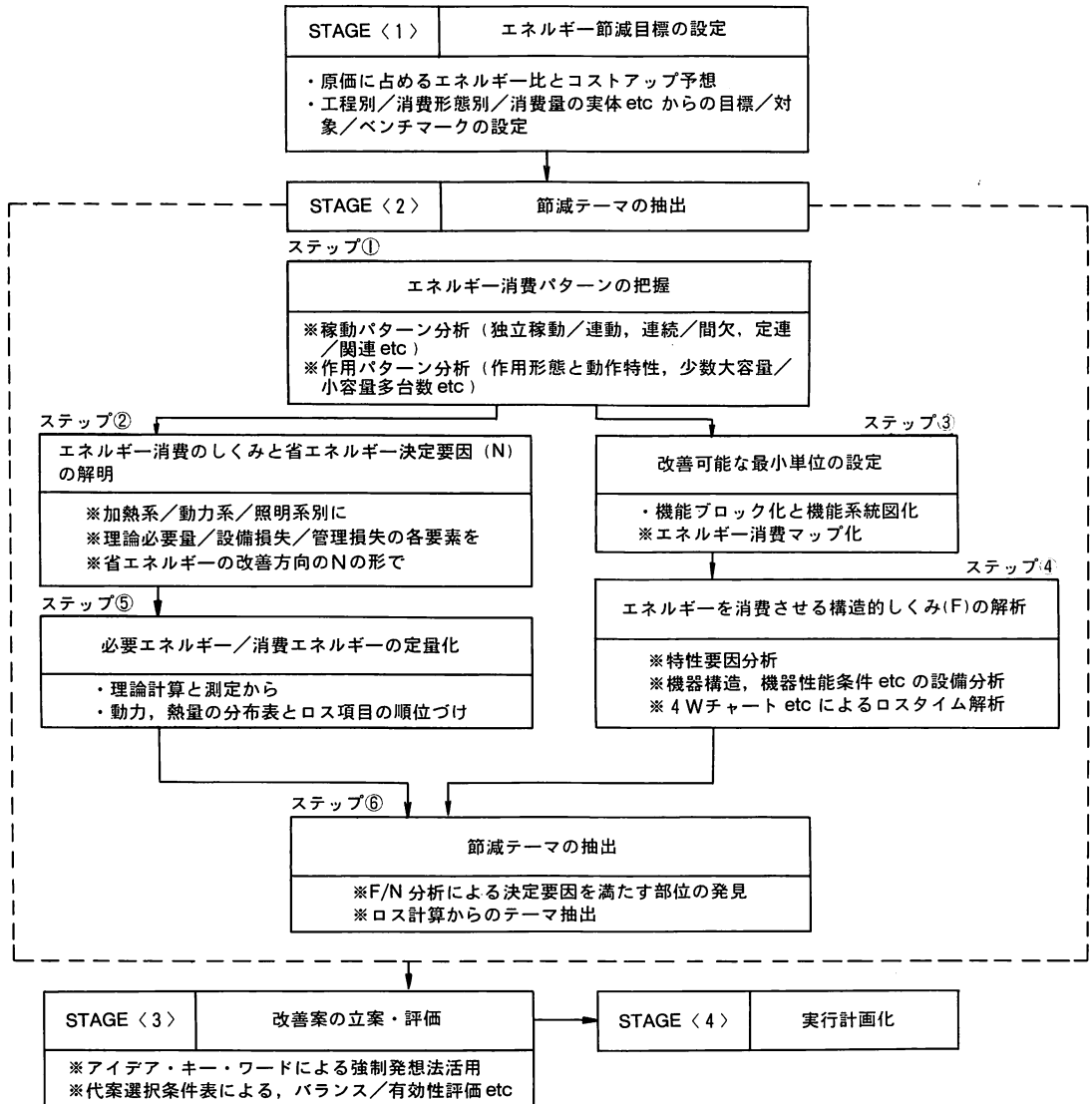


図-5 ERP-20 のプログラム

		要求条件 N		具体的見方 (例)
		必要Eをへらす	損失Eをへらす	
蒸気費を節減するには	発生	必要Eをへらす	蒸気の負荷を低減 燃焼効率をあげる	(使用 E から) 高効率の連続運転はできないか 他装置との併用により効率を 高められないか
		損失Eをへらす	供給条件をかえる 制御方式をかえる	供給圧を下げられないか 空燃制御はできないか ファンのベーンコントロールはできないか
	輸送	損失Eをへらす	基準運転時間をへらす	送気時間の短縮はできないか
		損失Eをへらす	洩れ、放熱を防ぐ	ボイラ、付属装置からの蒸気、油、 空気の洩れ、放熱はないか
	使用	必要Eをへらす	伝達損失をへらす 故障停止をへらす 空運転をへらす	熱交換器の性能は正常か 故障停止が多くないか 不要にボイラ付属装置を運転させて いないか
		損失Eをへらす	配管抵抗損失をへらす ラインの整理・統合化	エルボ、バルブなどによる管路損失 はないか、配管サイズは適正か 季節別用途別に区分されているか 不要配管はないか
		必要Eをへらす	漏洩放熱をへらす	配管からの蒸気もれ、保温不良はないか
	回収利用	必要Eをへらす	正味必要熱量をへらす	製品温度、圧力、必要蒸気量の適正化 設備使用時間の基準を見直せないか
		損失Eをへらす	設備必要熱量をへらす	設備の統合小型化、バラツキを へらせないか
			設備損失量をへらす	オーバーヒートがないか 故障をなくせないか
		管理損失量をへらす 空運転をへらす	バルブ閉管理の自動化 不使用時の蒸気を止める	
		蒸気の有効利用は できないか ドレンの回収・再利用 を増やす	蒸気の多目的、多段利用はできないか 温水利用できる所はないか 水として利用できる所はないか	
		安い燃料にできないか	燃料のグレードを変えられないか 購入契約方式をかえる	
		他のエネルギーにかえる	廃熱ボイラ、ヒートパイプ等を 設置できる所はないか	
		用水費を下げる	給水処理方式を変えられないか(給水 水質の変更→連続ブロー水質低減etc)	
		動力費を下げる		

図-6 燃料(蒸気)節減の指針

(3) MAP法

これも、あるコンサルタント会社で開発された手法であり、省エネMAPの他に保全MAP、管理MAP、品質MAP等があり、広く利用されている。その基本ステップを図-7に示す。

その他、種々のエネルギー管理手法があり、多くの企業で利用されている背景は、古来のエネルギー管理というのは、熱管理、電気管理といった純技術的なものであったものが、このような手法は、IE、VE、OR、QC、などの生産性向上のための管理技術と、うまく適合させ、トータルのコスト低減を目指しているからであろう。

3.3 エネルギー使用量管理

エネルギー費がコストの大きな部分を占めるようになりつつあることから、エネルギーの量的管理は、今

後ますます重要となつてこよう。そのためには、次のような日常の管理が必要であろう。

- ① 製品別、工程別で使用エネルギー量が把握出来ること。これによって、エネルギー原単位が把握出来ること。
- ② 製品別、工程別の標準量が設定されていること。また、この標準量が固定分、変動分に分けて設定されていること。
ここでいう固定分とは、生産量に関係なく使用される量であり、変動分とは、生産量に比例して変化する量であり、生産量とエネルギー使用量の回帰式から、固定分と変動分が算出される。(図-8)
- ③ 標準使用量と実使用量との対比(パフォーマンス)が、従業員に示されること。

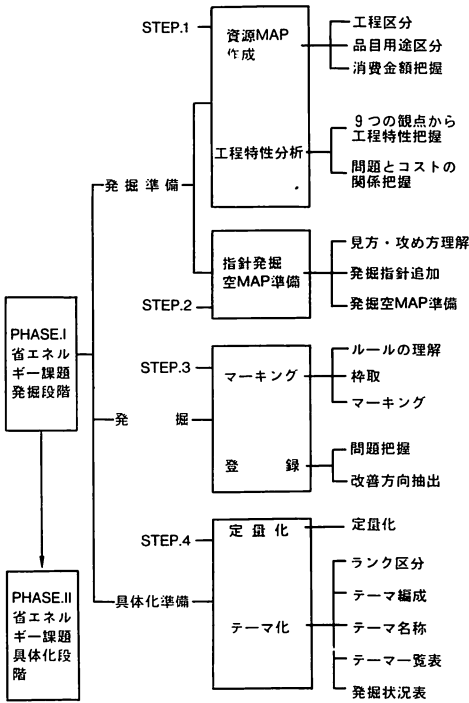
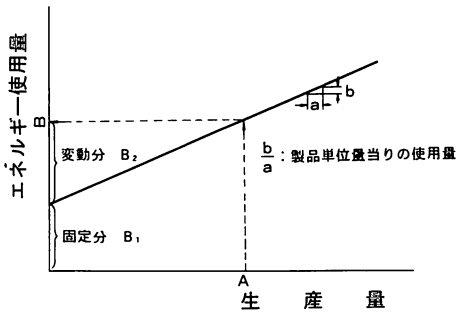


図-7 MAP法の基本ステップ



※ 生産量Aの時のエネルギー使用量Bは固定分 B_1 と変動分 B_2 との和で表される

図-8 生産量とエネルギー使用量の相関

4 対策事例

食品工業の省エネルギー対策事例として数多くの事例があるが、他の業界と比べて大差はない。

燃料、蒸気の場合は、燃焼効率を上げる、輸送損失を減らす、排熱を回収する、工程の改善を行なう、といった対策が中心であり、電力の場合は、損失の防止、電動機の小型化、回転数の制御、契約電力の変更等が中心となっている。以下に主な事例について述べる。

4.1 燃料、蒸気の事例

① ボイラの低空気比燃焼システム

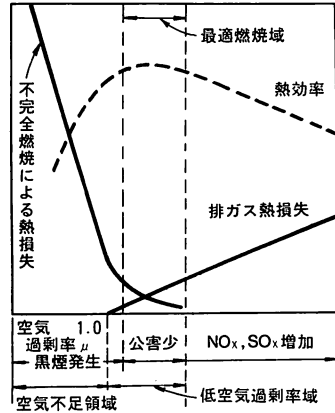


図-9 空気過剰率と熱効率

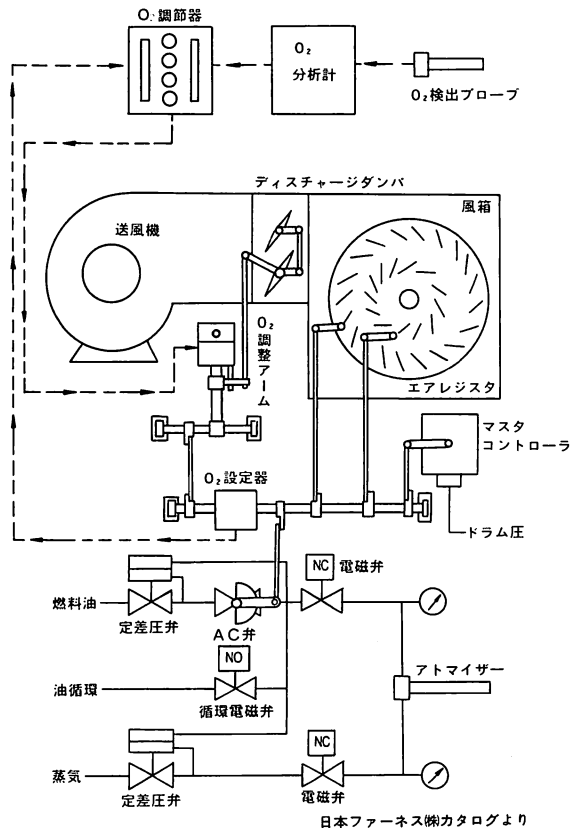


図-10 ボイラ O₂ 制御システム

食品工業のボイラは、比較的小型のものが多く、O₂制御機構は設置されておらず、空気比はボイラーマンの手腕に依ることが多い。空気比と熱効率の関係は図-9のようになり、低空気比燃焼の省エネ効果は大きいので、図-10のような、O₂制御機構を設置することにより、5%程度の燃料節減を達成している。尚、空気量の調整方法としては、ダンパーに依る方法の他、送風機の回転数によって制御を行なう方

法もある。

② エコマイザーの設置

前述のように、食品工業のボイラは小容量（10t/H以下）であることから、また、重油専焼ボイラでは、硫酸腐蝕の問題から、排ガス廃熱回収装置が設置されていないものが殆んどであった。

雪印乳業㈱では、ヒートパイプメーカーと共同で、伝熱面積を自由に制御することによって排ガス温度を制御し、C重油専焼ボイラであっても、硫酸腐蝕の問題を解決したエコマイザーを開発し、主要工場の全てに設置し、3%程度の燃料節減を行なっている。（図-11参照）

③ 高圧ドレンのクローズドシステムによる回収

従来のドレン回収は、フラッシュタンク等を用いてフラッシュさせ、低温のドレンのみを回収していたが、高性能のポンプが開発され、高圧のドレンを直

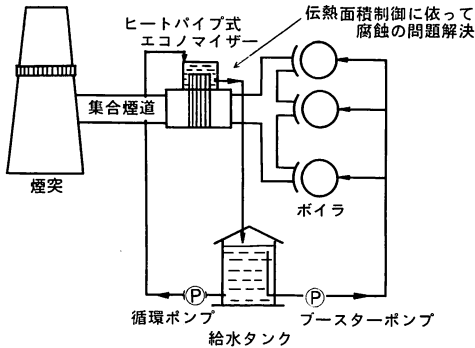


図-11 ヒートパイプ式エコマイザーの設置

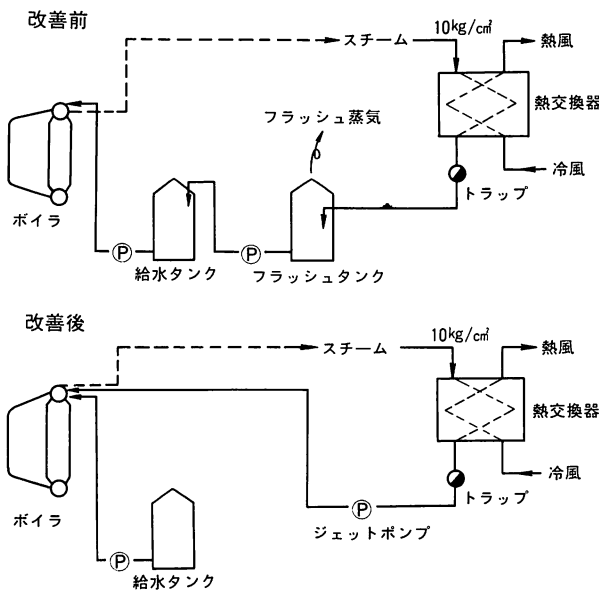


図-12 高圧ドレンの直接回収

接回収して、ボイラへ給水する、クローズドシステムが可能となった。これにより、10%程度の蒸気が節減されるようになった。（図-12参照）

④ 低温排風の熱回収

粉乳等の粉状製品の工場では、熱風による乾燥を行なっている場合が多い。このような熱風乾燥装置からの排風は、比較的低温（100℃以下）で排出されるが、風量が多いため、廃熱回収のメリットは大きい。この熱回収には、図-13のように直接熱回収を行なう方法や、ダクトの費用が高つく場合には、水等の熱媒を用いて間接熱交換を行なう方法がある。また、ヒートポンプによる熱回収法も検討されている。

4.2 電気的事例

① モーター容量変更

多くの電動機は、省エネが云々される以前の設備であり、過大設備になっている場合が多い。このような場合には、負荷の見直しによって、小型のモーターに変更したり、ポンプや送風機のランナーカットやプーリー交換によって、かなりの成果を挙げている。地道な活動ではあるが、重要なことである。

② 回転数制御による省電力

ブロワー、送風機等の場合、送風量は回転数に比例し、軸動力は回転数の3乗に比例する。また、送風機の風量制御方式と消費電力の関係は、図-14のようになり、極数変換又はインバータ制御（VVV

改善前

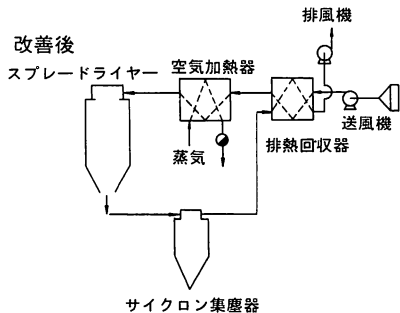
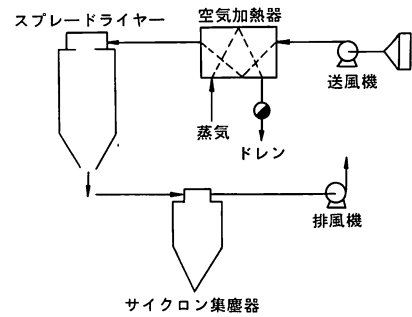


図-13 低温排風の熱回収

F)による回転数制御方式が省電力に最も有効である。食品工場の適用例としては、空調機、冷凍機のファン、排水処理用のブロワー、製造工程のファン等、広い分野に及んでいる。

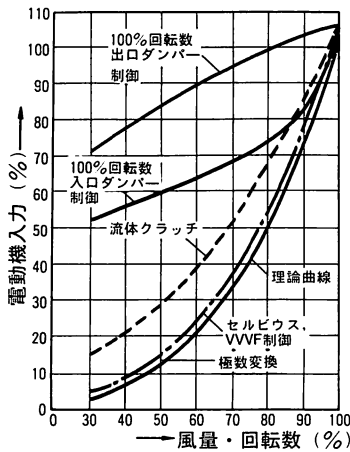
③ 契約電力の変更

清涼飲料工場や乳製品工場では、夏場に電力消費が極端に多くなり、負荷の平準化を図っても、ピークをおさえる事は困難である。また、電力(買電)の費用中の基本料金は、大きな部分を占めることから、多くの工場で、デマンドコントローラーを設置して、契約電力を引き下げている。デマンドコントローラーのシステムを図-15に示す。また、契約電力が500kW以下のトランス契約の工場では、負荷の見直しと、トランスの変更によって契約電力を引き下げている例も多い。

ちなみに、契約電力引き下げのメリットは、100kW当り一年間で約200万円である。

④ 冷凍機吐出ガスの熱回収

食品工場では、冷却工程のために冷凍機を使用し



注) 定格風量時の軸動力を100%とする

図-14 送風機電動機の消費電力特性曲線

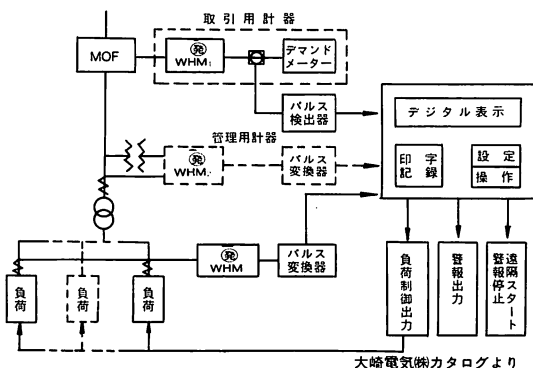
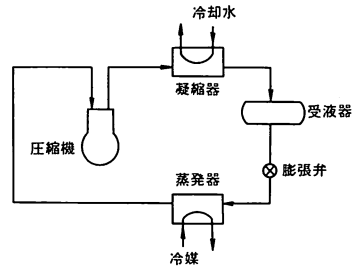


図-15 デマンドコントローラーの制御システム

改善前



改善後

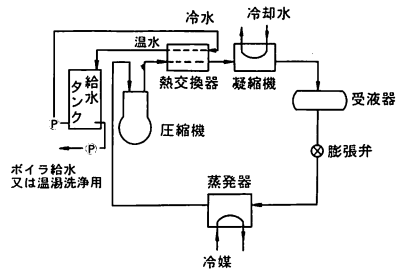


図-16 冷凍機吐出ガスの熱回収

ている場合が多い。以前の冷凍機の場合は、圧縮機からの吐出ガスの熱は、凝縮器で冷却水に捨てられるのが一般であった。最近では、図-16のように、圧縮機と凝縮器の間に、熱交換器を設置して、冷水と熱交換を行ない、温水の利用による蒸気の節減と、凝縮器の運転電力の節減を同時に図っている例が増えて来ている。

4.3 用水の節減事例

① 向流洗浄化による用水節減

食品工場では機器の洗浄に多くの用水を使用する。洗浄の際には、衛生の面から、新水を使用する機会が多かったが、品質に充分気を付けて、回収水でも洗浄可能な場合は、回収水を利用する機会が増えて来ている。例えば、機器のCIP(定置洗浄: Cleaning in Place)洗浄の場合、図-17のように、前ゆ

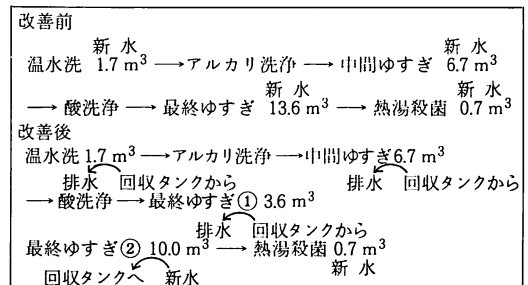


図-17 機器洗浄の向流化

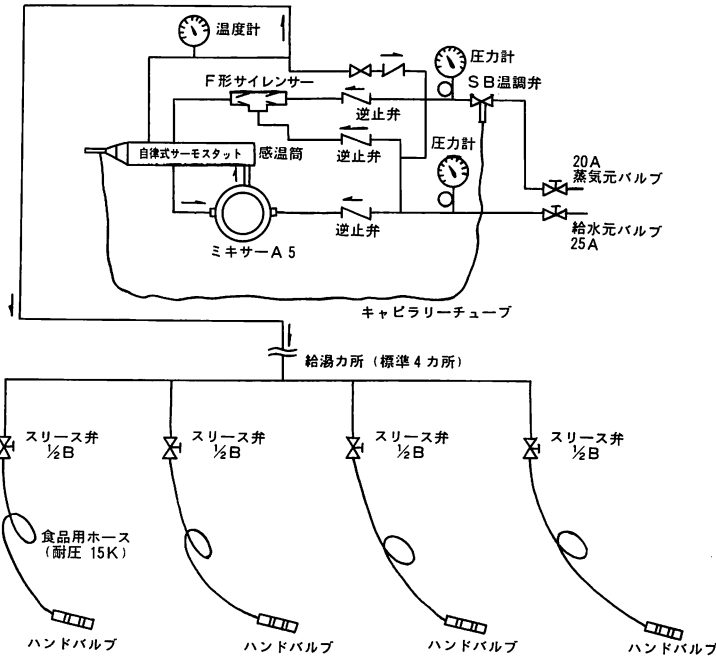


図-18 手元ストップ可能な気水混合器

すぎ及び中間ゆすぎ等には回収水を利用するケースが多い。このゆすぎは、一般に温水で行なわれるので、用水のみならず、蒸気の節減にも大きな効果がある。

② 気水混合器の設置

温水によって、機器を手で洗浄する場合も多いが、蒸気と水をミキサーで混合し、ホースから出して使用する際は、手元でバルブを締める事が出来ないので、温水の放水が多い。最近では、図-18のように、手元でバルブをストップ出来る気水混合器が考案され、多くの食品工場で使用されている。

4.4 工程の改善

製造工程の改善も積極的に進められている。例えば、工程の省略、短縮化、小型化等を図ったり、運転方法を、連続運転を間欠運転に、連動運転を独立運転に変更したり、更には、制御方法を計算機制御に変更することによって、省エネ、省力化を図っている例も多い。

5 おわりに

食品工業、主に乳製品工業のエネルギー使用の実態から、省エネルギーの概況について述べて来たが、前述の通り、食品工業はビール工場のような大型のものから、街のケーキ屋規模のものまで、多岐にわたって

いる。二度のオイルショックによって、省エネの必要性から、大手のメーカーでは一応の対策が終了したが、中小のメーカーでは資金、技術力、要員等の面からこれからというのが現状である。

エネルギーとは設備稼働の根幹を成すものであるから、省エネルギー技術は、設備技術に他ならない。一般に食品メーカーはエンジニアリングに弱く、設備メーカーまかせが多いが、今後は自社に合った省エネルギー技術、省エネルギー設備を開発して行くことが重要となって来よう。

参考文献

- 1) 農政研究センター編：食料白書「食品産業」 昭和56年版
- 2) 農政調査委員会編：食料・エネルギー・労働力 昭和56年4月
- 3) (財)食品産業センター：農林水産業エネルギー消費態様基本調査報告書 昭和56年3月
- 4) 河合 一：「食品工業および外食産業における省エネルギー化の現状」, 明日の食品産業, (5), 1980
- 5) 小川 澄男：「食品工場における省エネルギー事例」 省エネルギー, 32, (8), 29, 1980
- 6) 省エネルギーセンター編：'81省エネルギー技術開発シンポジウム テキスト 昭和56年
- 7) 鈴木 輝男：「食品工場の省エネルギー」, 食品開発, 15, (1), 43, 1980