

# 工場の蒸気利用生産設備の熱ロスの実態調査

生産設備で製品に与えられる熱量を計測

## Investigation of Heat Loss from Production Equipment Using Steam in Factories

Measuring the Heating Value Received by Products from Production Equipment

(エネルギー応用研究所 生産技術G 次世代技術T)

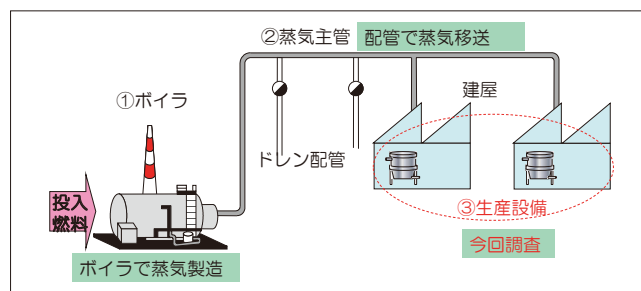
(Next-generation Technology Team, Production Engineering Group, Energy Applications Research and Development Center)

工場での蒸気の省エネが求められる中、蒸気製造から設備への供給までの熱ロスは定量化されつつある。一方、生産設備に投入後の熱量がどの程度活用されているのか不明であるため、4工場で実態調査を行った。

While it is necessary to save energy via steam in factories, heat loss from steam production through to supply to equipment has become quantified. On the other hand, it was not known how much heat value was being utilized after supply to production equipment. Therefore, an investigation was conducted at four factories.

### 1 背景・目的

蒸気は、一般的な熱源として業種や規模を問わず、あらゆる工場で使用されている。蒸気は通常、生産設備から離れた位置にあるボイラで集中的に製造され、そこから数十、数百メートル以上に及ぶ配管で生産設備まで移送され、生産設備で製品の加熱等を行う熱源となる(第1図)。蒸気の省エネルギーに関する種々の取組がなされており、その一環でボイラ本体のロスおよび蒸気移送の際に発生する放熱やドレンのロスの定量化も進んでいる<sup>\*1</sup>。一方、使用端である生産設備の熱ロスの詳細については、公開されているものはほとんどない。今回の調査では、蒸気利用の実態を把握するため、4工場の生産設備を選定し、設備に投入された蒸気量と、実際に製品が受け取った熱量などを計測し、ロスの要因を分析するとともに、省エネルギーを図る手段を検討した。



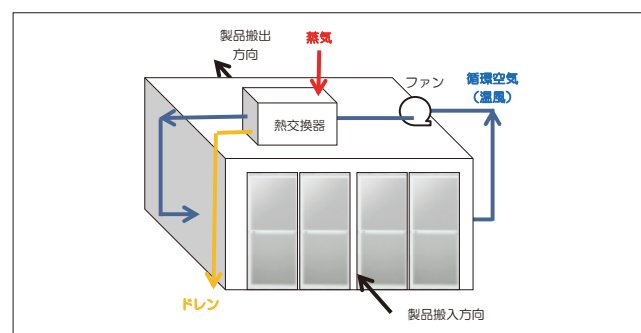
第1図 工場の蒸気ラインの概要



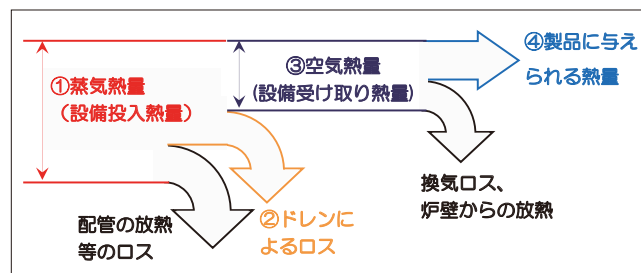
第2図 A工場の乾燥用熱風炉の外観

### 2 計測・分析方法

今回実施した調査の概要を、A工場の乾燥用熱風炉(外観を第2図に示す)を事例として紹介する。炉のフローを第3図に示す。蒸気は熱交換器に通気され、空気に熱を与えた後にドレンとなって排出される。熱交換器を通過する空気は、蒸気により加熱されて炉内を循環する。製品はこの循環熱風により加熱・乾燥される。この熱風炉に対し、第4図に示すエネルギーフロー分析を行った。図中の①蒸気熱量は、熱交換器入口に設置した蒸気流量計で計測した。②ドレン熱量は、熱交換器出口ドレンの温度と流量から算出、③空気熱量は、熱交換器を通過する際の循環空気の温度差と風量から算出した。最終的に④製品に与えられる熱量は、熱風炉前後での製品重量差による水分の潜熱と、製品が常温から処理温度まで加熱される顕熱の合計とした。



第3図 A工場熱風炉のフロー



第4図 A工場熱風炉のエネルギーフロー分析

### 3 計測結果・考察

#### (1) 計測・分析結果

第1表に今回の計測対象の種別および計測・分析結果を示す。なお、表中の円グラフは計測期間を通じた平均値を示したものである。今回の計測により以下のことがわかった。

- ・今回計測した生産設備は、規模・品種とも多種多様であるが、いずれの設備も投入熱量(第4図中①相当)に対し、設備が受け取る熱量(同③)は60～80%の範囲にあった。
- ・設備が受け取った熱量(上述)のうち、製品が受け取る熱量(同④)はさらに小さい。特に熱風炉は効率が低く、A・C工場では製品熱量はそれぞれ投入熱量の3.6および0.7%という結果が得られた。

#### (2) 考察

A・C工場の熱風炉では、蒸気から空気(熱風)に伝わる熱量はそれぞれ約70%、60%であるが、熱風が製品を加熱する際に効率が大きく低下し、空気に与えられた熱量の大半は炉壁からの放熱や排気により散逸していた。熱風炉は被加熱物の温度ムラが少なく、特に蒸気加熱式熱風炉では温度が蒸気圧力制御により比較的簡単にコントロールできる、点火源がないため可燃性ガス雰囲気でも使用できるというメリットはあるものの、被加熱物(製品)が最終的に受け取る熱量は投入熱量に対し著しく低くなるケースがあることがわかった。熱風炉でのエネルギーの効率利用の観点からは、給排気の熱交換や気密性の保持(冷気侵入や熱風漏れ防止)の実施が望ましい。

また、電気加熱方式(マイクロ波や赤外線等)による直接加熱方式への転換もしくは熱風とのハイブリッド化でも省エネ効果が期待できる。

B工場では、製品を常温から90℃まで昇温させるときの熱効率は70%程度であったが、間欠操業であることや、生産数量の変動や待ち時間・清掃時の蒸気使用があることから、期間平均ではその熱効率が1/2から1/3程度まで低下した。工程管理が人手でなされている工場であるので、待ち時間短縮や清掃方法など熱ロスの少ない操業方法を実現するマニュアルの整備・徹底により熱エネルギー利用が効率化できると考えられる。

D工場の計測対象は化学薬品を反応させつつ濃縮させる設備であり、反応・濃縮に伴う中和熱・溶解熱が蒸気以外の熱源として利用される。極めて安定した連続操業がなされ、投入した熱量に対し製造に必要な熱量は76%と、設備としての効率は高い。水分を蒸発させて薬液を濃縮させるが、そこで発生した蒸気は利用されず廃棄されているため、その潜熱が回収できれば大きな省エネルギー効果が望める。

### 4 今後の展開

エネルギー計測や分析は、設備の種類や形態に応じて個別に実施する必要がある。今回の調査で得られた知見を、お客さまの工場の省エネ診断等に活用していきたい。

※1 既報 技術開発ニュースNo.149  
「工場の蒸気ラインのエネルギーロスの実態と推算」

第1表 計測対象の種別および計測・分析結果

工場	A (連続操業)	B (間欠操業)		C (連続操業)	D (連続操業)
製品	発泡樹脂	食品(半流動体)		A B S樹脂	化学薬品
計測対象	熱風炉 〔乾燥・養生：70℃ チューブ式間接加熱〕	1号蒸気釜 液体加熱：90℃ ジャケット釜	2号蒸気釜 液体加熱：90℃ ジャケット釜	熱風炉 〔塗装乾燥：70℃ チューブ式間接加熱〕	反応釜 〔薬品生成・濃縮：105℃ チューブ式間接加熱〕
加熱効率 ※2	3.6%	36%	27%	0.7%	76%
内訳詳細					

※2 「加熱効率」は設備投入熱量の内、製品に与えられた熱量の割合を示す。



執筆者/三摩達雄



執筆者/長伸朗