

工場の蒸気ラインのエネルギーロスの実態と推算

蒸気やドレンの漏れを定量化

Actual Situation and Estimation of Steam Line Energy Loss in Factories

Quantifying of Steam and Drain Leakage

(エネルギー応用研究所 都市・産業技術G 産業エネルギーT)

蒸気は、業種や規模を問わずあらゆる工場で使用されている一般的な熱源である。実際の工場の蒸気ラインの蒸気量や温度を実測した上で、エネルギーロスの実態を把握した。さらに、エネルギーロスの要因分析を行い、その推算手法を開発した。

(Industrial Energy Team, Urban and Industrial Technology Group, Energy Applications Research and Development Center)

Steam is used as a general heat source at many factories regardless of the industry or size. Energy loss was understood by measuring the amount of steam and temperature of steam lines at actual factories. In addition, factor analysis of energy loss was conducted and an estimation technique was developed.

1

背景・目的

蒸気は、業種や規模を問わずあらゆる工場で使用されている一般的な熱源である。対象物を50～150℃の温度帯で加熱するめっき槽等の生産設備は、ボイラで製造される100～200℃の蒸気により加熱することが多い。実際の工場では、第1図に示すように、ボイラ室で水を加熱して蒸気を集中的に製造し、数十～数百mの蒸気主管を通じて生産設備に供給するのが一般的である。工場の蒸気ラインでは、配管からの放熱等によりエネルギーロスが発生しているが、その定量的な把握は、これまでほとんどなされていなかった。

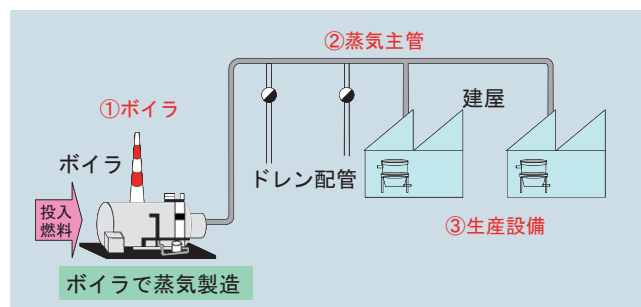
そこで、実際の工場で蒸気ラインの蒸気量などを測定し、エネルギーロスの要因等を分析した。

2

蒸気のエネルギーロスの概要

第1図に示すように、工場での蒸気ロスの発生箇所は、ボイラ、蒸気主管および生産設備の3種類である。

- ①ボイラ…ロスの内訳は、排ガス、放熱およびブローによるものの3種類である。ボイラでのロスは、どの工場でも定量把握されているのが一般的である。
- ②蒸気主管…第2図に示すように、ロスの内訳は、放熱および蒸気トラップからのドレンと蒸気の漏れである。配管は断熱材が施工されているものの放熱は発生し、配管内で気体である蒸気が熱を失うと結露してドレン(水)が発生する。このドレンをすみやかに排除し



第1図 工場の蒸気ラインの概要

ないと、ウォータハンマー(高速の水滴が配管に衝撃を与える現象)の発生等の不具合が生じる。このため、蒸気トラップが、蒸気主管に30～50mの間隔で設置され、ドレンを随時排出していく。この蒸気トラップは、ドレンがトラップ内に溜まると、弁が開きドレンを排出する構造となっている。トラップが劣化すると蒸気が常時漏れることとなり、ロスが増大する。

- ③生産設備…放熱およびドレンによるものの2種類である。ドレンは、蒸気の熱が生産設備の加熱工程で消費されて結露して発生する。ドレンは100℃以上の熱水であるため、生産設備からドレンが排出されるのに伴って相当量のロスが発生する。

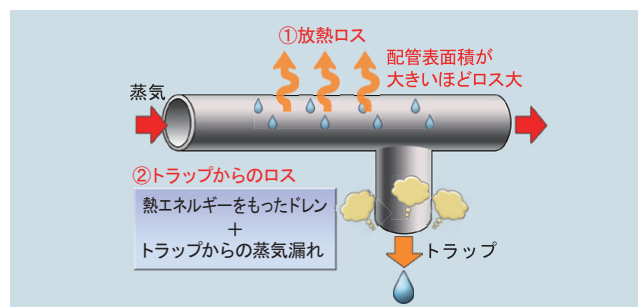
3

測定結果

(1)測定結果

第1表に4件の工場での測定結果を示す。図中の蒸気ロス率とは、その箇所でのエネルギーロスの測定値を、ボイラへの投入燃料の発熱量で除した値である。

- ①ボイラ…ロス率の測定結果は5～20%程度であった。
- ②蒸気主管…ロス率の測定結果は10～30%程度であった。この蒸気ロスは、主に蒸気主管の長さおよび蒸気トラップの稼働状況に影響を受けることが分かった。トラップが正常稼働していれば蒸気ロスが小さく、トラップが故障していれば蒸気ロスが大きくなる。
- ③生産設備…ロスの測定結果は、直接熱交換式(例えば、蒸気と給水を混合して温水を製造)では、ドレンは発



第2図 蒸気主管のエネルギーロスの内訳

第1表 測定結果

	主管長さ	蒸気ロス率			ロスの理由	
		ボイラ	蒸気主管	生産設備		
A社	380m	16%	26%	0% (直接)	42%	・蒸気の待機時間が長い ・トラップが古く、バイパスから蒸気が吹き出し
B社	519m	17%	13%	9% (間接)	39%	・トラップが古く、蒸気が吹き出し ・トラップが少ない
C社	600m	18%	9%	10%* (間接)	37%	・トラップのメンテが徹底しており、蒸気漏れ少ない
D社	1,190m	7%	30%	8%* (間接)	45%	・蒸気主管が長い ・吹き放しのトラップが多い

*B社での測定結果を基に推定

生しない上、放熱ロスも十分に小さいため、1%未満であった(A社)。一方、間接熱交換式(蒸気と対象物が配管を介して接触することなく熱交換)について1件の工場で測定した結果、ロス率は13%であった(B社)。

(2) 蒸気主管のエネルギーロスの要因分析

① 蒸気トラップの故障

トラップのメンテナンスが徹底しているC社では、ロス率が9%と比較的小さかった。一方、蒸気トラップの寿命の目安は概ね2~8年程度と言われている。このため、蒸気ライン設備の建設から10年以上が経過しており、かつトラップのメンテナンスが十分でない工場では、トラップが故障している可能性が非常に大きい。実際のトラップの作動状況を観察した結果、ロスの要因として以下が分かった。

◆ 弁の開放(第3図(a)) … 正常なトラップは、1時間に数分間の頻度で弁が開いてドレン排出するが、トラップの老朽化等により故障すると、トラップの弁が開いたままとなる。蒸気が常時漏れるものの、ドレンを排出できる上、生産に影響を及ぼさないため、故障のまま放置されやすい。

◆ 弁の詰まり(第3図(b)) … トラップがゴミ等により詰まっている状態であり、蒸気漏れは発生しない。しかし、ドレン排出できないため、多くの工場ではトラップを交換しないまま、トラップのバイパス弁を開く対策を施してドレン排出を行い、結果的に蒸気を常時漏らした状態となる。



第3図 蒸気トラップの故障

② 待機時間

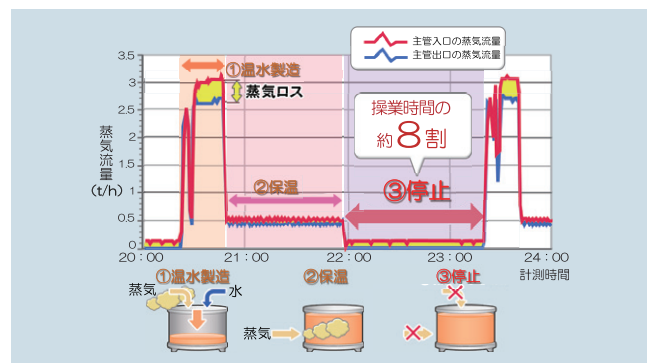
A社の測定結果を第4図に示す。図中の赤線がボイラから供給される主管入口の蒸気流量であり、青線が生産設備に入る直前の主管出口の蒸気流量である。これらの差である黄色の部分ロスとなる。生産設備が実際に稼働しているのは、図中の①温水製造と②保温の工程である。一方、工程③において生産設備は停止しているが、蒸気主管に蒸気が供給され続けている。これは、生産設備が稼働を開始してから蒸気主管に蒸気を供給している、生産設備に蒸気が到達するのに数十分を要し、生産性が低下するためである。このため、生産設備が停止しているこの待機時間にも、常に配管内に蒸気が満たしておく必要がある。この待機時間は操業時間の約8割にもなるため、ロスは積算すると大きな数値となる。

4 予測手法の開発

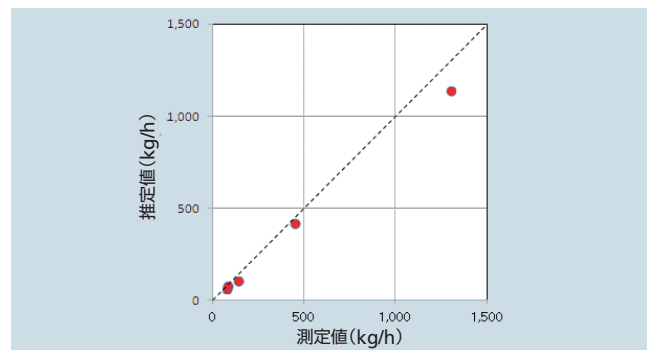
本測定の結果を基に、トラップの稼働状況を定量化する独自の手法を考案し、蒸気主管のエネルギーロスの推算手法を開発した。第5図に示すように、測定値に対して20%以内の精度で推算できる。

5 今後の展開

開発した推算手法を反映した計算ソフトウェアを、蒸気主管のロスを簡易に推算できるツールとして、お客さまの工場の省エネ診断等に活用していきたい。



第4図 測定結果の一例(A社)



第5図 測定結果と推算結果の比較



執筆／長 伸朗