

# 工場スチームトラップの蒸気漏れ量 簡易推算方法の考案

A Simple Method for Estimating the Amount of Steam Leakage in Factory Steam Traps

工場のスチームトラップからの蒸気漏れ量を簡単に推算して手軽に省エネ

工場の熱源として使用される蒸気は、配管を通して生産現場に輸送されるが、途中で蒸気の一部が冷却されて水滴であるドレンとなる。このドレンを排除する機器としてスチームトラップがあるが、このスチームトラップの故障時の蒸気漏れ量を簡易に算出できる方法を考案したので紹介する。



執筆者

先端技術応用研究所  
先端技術ソリューショングループ  
長 伸朗

## 1 はじめに

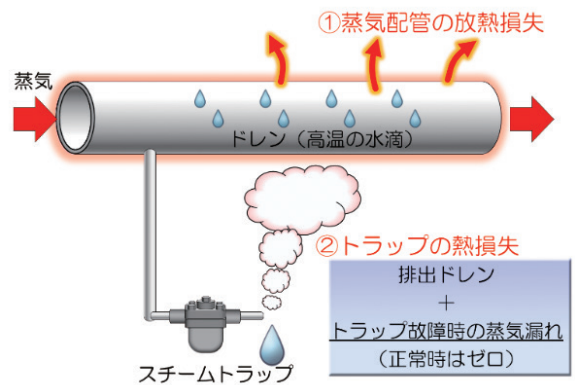
業種や規模を問わずあらゆる工場において、蒸気は50～200℃の温度帯の比較的低温の一般的な熱源として、脱脂槽や乾燥設備といった生産設備で使用される。実際の工場では、第1図のように、蒸気をボイラで集中的に製造した後、数十～数百mの蒸気配管を通じて生産設備に供給される。この蒸気配管が長い場合には、配管からの熱損失を無視できなくなる。

第2図に示すように、蒸気配管内で、蒸気が放熱で熱を奪われると凝縮してドレンが発生する。ドレンは高温の水滴の集まりであり、ウォーターハンマー（蒸気配管内を高速で飛翔し、配管の曲がり部に衝突する現象）や圧力損失増大などの不都合が生じる。そのため、蒸気輸送配管の途中で、ドレンを速やかに排除する必要がある。スチームトラップとは、そのために使用される装置であり、蒸気中のドレンだけを排出して、蒸気を極力漏らさないという用途に用いられる自動弁の一種である。スチームトラップは、30～50mごとに設置され、ドレンがトラップ内に溜まると弁が自動で開き、ドレンを大気中に排出し、ドレン排出が終わると弁が自動で閉じる。

しかし、スチームトラップが故障すると、潜熱を含み熱エネルギーの大きい蒸気が大気中に漏洩することになり、大きな熱損失が発生し、ボイラで消費される燃料や電気の無駄が発生することになる。

本技術開発ニュース167号の「工場のスチームトラップ故障の目視による簡易判別方法」において、スチームトラップの故障を目視で簡易判別できる方法を紹介した。本報では、工場のスチームトラップの蒸気漏れ量の簡易推算方法について述べる。

なお、本記事では、ボイラから生産設備までの蒸気配管に設置されるスチームトラップについて述べ、生産設備に



第2図 蒸気配管内でのドレンの発生と熱損失

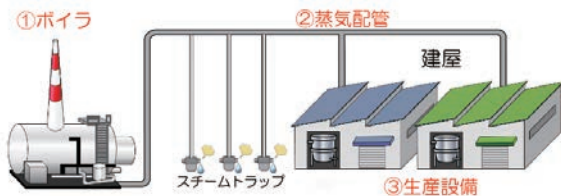
設置されるスチームトラップは対象としない。また、経年劣化が進み完全に故障したスチームトラップを取り扱い、故障が進行途上のもは対象としない。

## 2 スチームトラップの稼働状態の把握方法

スチームトラップの故障により本来漏洩してはいけない蒸気が漏洩すると、その分の燃料損失が大きくなるため、修理や交換が必要となる。しかし、トラップを大量に設置して緻密に管理している大手化学工場などを除いて、国内の大多数の一般工場では、工場の操業やメンテに忙しかったり、トラップに関心がなかったりして、故障したスチームトラップが放置されているのが実態である。第3図や第4図のような応急措置が当たり前のこととなり、何年も放置されていることも多い。中には、20年近く放置されている事例もある。

このように、大多数の一般工場で、無数のスチームトラップが故障を放置され、大量の蒸気を放出し続けているが、それらのトラップを正常なものに交換すれば、国内での大きな脱炭素が可能となる。

スチームトラップの稼働状況を把握には、故障診断器もあり正確かつ有効であるが、その操作には習熟が必要である。本技術開発ニュース167号において、トラップ故障の手軽な判別方法を紹介したので、当社ホームページなどを参照されたい。



第1図 工場の蒸気の流れ

### 3 スチームトラップからの蒸気漏れ量の計算

スチームトラップの脱炭素やコスト削減の試算方法を紹介する。精密な測定値などに対して誤差はあるが、工場の操業やメンテに忙しいご担当者でも手軽に試算でき、実用上十分である。

#### (1) スチームトラップの稼働状況のパラメータ

まず、スチームトラップの稼働状況の指標となるパラメータとして、開放の時間率 $T$ を定義する。この時間率 $T$ は、実際のスチームトラップの稼働状態を観察することによって決める。

種々の状況での時間率 $T$ の値を第2表に示す。実際のスチームトラップ蒸気を常時排出している場合は、弁の故障で弁が常時開放されているため、時間率 $T$ は1とする(第3図)。また同じ故障でも、蒸気もドレンも吹かない場合は、弁が詰まっており、時間率 $T$ は0である。一方、トラップが正常で断続的にドレン排出されている場合は、トラップは一般に1時間に5分程度弁が開放され、蒸気も混入して排出されるため、時間率 $T$ は0.1とする。

ディスク式以外のトラップでは、正常稼働と完全な故障(完全な詰まりまたは常時蒸気漏れ)の中間的な状況(断続的な蒸気漏れ)はほとんど発生しないため、時間率 $T$ は0.1と1のいずれかの値をとる。しかし、ディスク式のトラップでは、弁の摩耗が徐々に進行するため、時間率 $T$ は、時間が経過すると0.1から1の値の中で徐々に大きくなる。このため、工場での目視結果を基に、時間率を設定する必要があるが、一律に0.5と設定してもよい。

トラップ故障でドレン排出できないため、ウォーターハンマー等の防止のため仕方なく、トラップに併設されたバイパス弁を開けることでドレン排出させる場合もある(第4図)。この場合の時間率 $T$ は1とする。

#### (2) スチームトラップからの蒸気漏れ量の算出方法

直径が数mmの小孔からの蒸気漏れ量の計算式に前節の時間率を乗じることで、トラップからの蒸気漏れ量は計算できる。

$$W_m = 4.0 \times T \times d^2 \times P \quad [\text{kg/h}] \quad \dots(1)$$

$T$ : 弁開放の時間率(第2表)

$d$ : 小孔の直径[mm]...2 ~ 4.5mm

$P$ : 蒸気の絶対圧[MPa]

$d$ はスチームトラップの型式によって決めるが、型式が不明の場合は、一律3mmを用いる。また、スチームトラップの弁が詰まって、バイパス弁が開放されている場合は5mmを使用する。

#### (3) 計算例

##### ①蒸気漏れ量 $W_m$

$$W_m = 4.0 \times T \times d^2 \times P = 28.8 \text{kg/h} \quad \dots(2)$$

$T$ : 弁開放の時間率=1(第2表の蒸気の常時排出)

$d$ : 小孔の直径=3mm

$P$ : 蒸気の絶対圧=0.8MPa

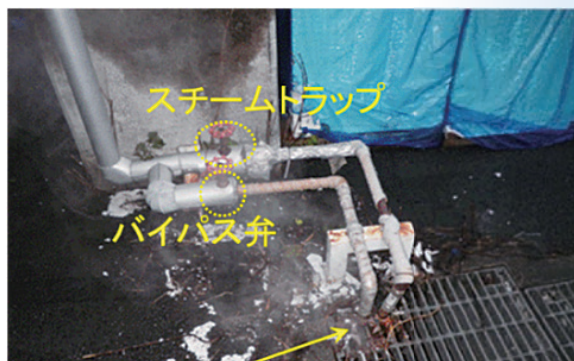
##### ②年間の燃料損失金額 $A_Y$

$$A_Y = W_m \times K \times H \times \beta = 5,760,000 \text{円/年} \quad \dots(3)$$

$K$ : 故障しているスチームトラップの数=5



第3図 スチームトラップの故障(弁故障により常時蒸気が漏洩)



第4図 バイパス弁の開放(トラップ故障で仕方なくバイパス弁開放)

第2表 スチームトラップの弁開放の時間率 $T$

対象・種類	観察結果	判定	時間率 $T$	
蒸気トラップ	フロート式	断続的なドレン排出	正常	0.1
	バケット式	蒸気もドレンも吹かない	故障(詰まり)	0
	ベローズ式	蒸気の常時排出	故障	1
	ディスク式	断続的なドレン排出	正常	0.1
		頻繁なドレン排出(カチャカチャ音)	弁の摩耗	0.5
		蒸気もドレンも排出されない	故障(詰まり)	0
バイパス弁の開放	蒸気の常時排出	故障	1.0	
	蒸気もドレンも排出されない	バルブ閉	0	
	蒸気の常時排出	バルブ開	1.0	

$H$ : 年間の稼働時間=8,000h/年

$\beta$ : 蒸気単価=5円/kg

##### ③年間のCO2排出量 $C_Y$

$$C_Y = \frac{A_Y}{y} \times K = 128,000 \text{kg-CO}_2/\text{年} \quad \dots(4)$$

$y$ : 燃料の単価=100円/Nm<sup>3</sup>

$K$ : 燃料のCO2排出係数=2.23kg-CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>

## 4 おわりに

故障したスチームトラップを放置し、蒸気を何年も漏洩したままにすると、ボイラの燃料消費の無駄が多くなり、脱炭素の面でトラップ交換の意義は大きい。今回の推算方法は、これまでスチームトラップの故障を見過ごしてきた工場のお客さまに、脱炭素の効果などを簡易的に推算できる方法としてご活用いただきたい。