

蒸気トラップの選定

林 恵子*

1. はじめに

蒸気は多くの工場で加熱源として使用されており、空調機、煮釜、蒸し器、反応釜、乾燥機など、様々な加熱装置全般にわたって利用されている。

蒸気がこのように多くの加熱方法で使用されるのは、

- ① 安価
- ② 無公害
- ③ 均一加熱ができる
- ④ 加熱が早い
- ⑤ 回収・再利用できる

など、熱媒体として多くの利点を持っているためである。

蒸気の使用方法には、水などの被加熱物を混ぜ合わせて加熱する直接加熱方式と、蒸気と被加熱物を熱交換器などで間接的に熱交換させる間接加熱方式とがある。直接加熱方式は、蒸気が被加熱物に直接接触することから用途が限られるため、大半の加熱装置は間接加熱方式を用いている。蒸気は熱を失うと凝縮し、復水（ドレン）となる。そのため間接加熱装置の末端には蒸気トラップを設置し、ドレンを排出する必要がある。

蒸気トラップはドレンによるトラブルを防ぎ、プラントの安定操業を確保する上で重要な役割を果たしている。例えばドレンが配管・機器内に滞留するようなことになれば、腐食、ウォーターハンマーの発生や、加熱効率の低下などのトラブルが起こってしまう。ドレンを排出する蒸気トラップの選定を間違えると、操業に支障をきたし、引いては大事故のもととなる。

ここでは蒸気トラップの機能・種類や、一般的な選定方法について述べる。

2. 蒸気トラップの機能、種類、特徴

2-1 蒸気トラップの機能

蒸気トラップの選定を行なうためには、様々な蒸気トラップが持っている機能・特徴について知っておかなければならない。

まず、蒸気トラップの3大機能として下記のようなものがある。

- ① ドレンを排出する機能
- ② 蒸気を排出しない機能
- ③ 不凝縮ガス（空気など）を排出する機能

つまり、蒸気トラップとは、蒸気加熱にとって不要なもの＝空気・ドレンを排出しながら、必要なもの＝蒸気をロスするのを防ぐ自動弁である。

2-2 蒸気トラップの種類

蒸気トラップには、表1に示すように様々な種類があり、作動原理別に大きくは3つに分かれる。

各作動原理の代表的なトラップの構造・作動原理を紹介する。

表1

作動原理による分類	構造による分類	構造による詳細な分類
メカニカル 蒸気トラップ	フロート式	フリーフロート式 レバーフロート式
	下向きバケット式	レバーバケット式 フリーボールバケット式
	上向きバケット式	上向きバケット式
サーモスタティック 蒸気トラップ	蒸気圧式	ベローズ式 ダイヤフラム式
	バイメタル式	バイメタル式
	液体・固体膨張式	サーモワックス式
サーモダイナミック 蒸気トラップ	ディスク式	外気（冷却）式 空気保温式 蒸気加熱復水冷却式
	インバルス式	インバルス式

*株)ティエルプイ

2-2-1 メカニカルタイプ

蒸気とドレンの比重量の差、つまり、浮力によって開閉弁するタイプである。

フリーフロート式蒸気トラップの構造を図1に示す。

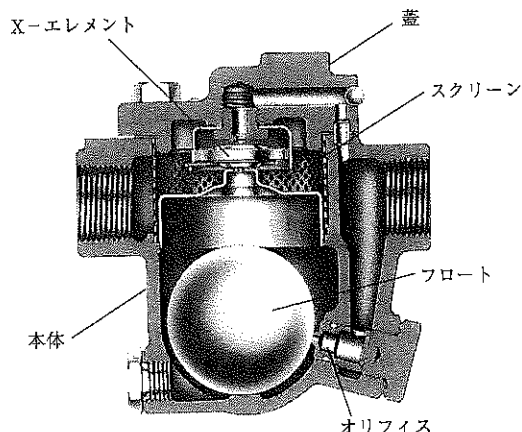


図1 フリーフロート式蒸気トラップの構造

図の状態は閉弁状態である。本体内にドレンが流入すると、フロートが浮き上がる事によってトラップは開弁し、差圧によってドレンを排出する。空気は上部エアベントにより排気する。

2-2-2 サーモスタティックタイプ

蒸気とドレンの温度差によって開閉弁する。

蒸気圧膨張式蒸気トラップの構造を図2に示す。

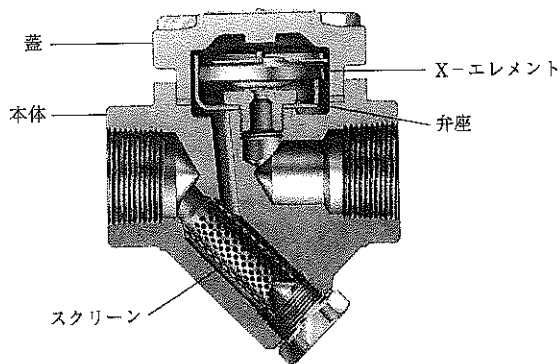


図2 蒸気圧膨張式蒸気トラップの構造

図の状態は閉弁状態である。カプセル内に封入されている感温液が高温により蒸発膨張している。本体内にドレンが流入し、カプセルのまわりが開弁温

度にまで冷えると感温液が凝縮して開弁し、差圧によってドレンを排出する。空気はドレンと同様に、カプセルが低温を感知して排出する。

2-2-3 サーモダイナミックタイプ

蒸気とドレンの比重量の差（衝撃力の差）、圧力と流速の関係（ベルヌーイの定理）、蒸気の凝縮作用（圧力降下）を利用して開閉弁する。

ディスク式蒸気トラップの構造を図3に示す。

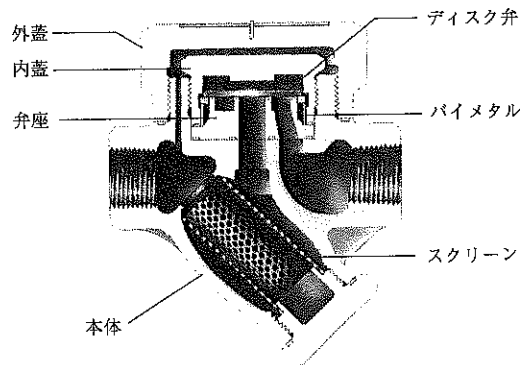


図3 ディスク式蒸気トラップの構造

図の状態は閉弁状態である。ディスク弁の上の空間（変圧室）に圧力を持った蒸気があり、弁を弁座に押しあてつけている。変圧室の蒸気が放熱により凝縮すると圧力降下し、ディスク弁はドレンに押し上げられ開弁する。蒸気が流れてくると流速の変化からディスク弁の下に圧力低下が起こり、閉弁する。初期立上げ時の空気はパイメタルによる自動ブローオフ機構により排気される。

2-3 各蒸気トラップの特徴

すべての蒸気トラップが各機能を十分に果たしているわけではなく、得意・不得意な部分を持っている。また、上記の基本的な蒸気トラップの機能のほかにも、耐久性やメンテナンス性、背圧許容度について、各蒸気トラップで異なっている。

代表的な各蒸気トラップの特性を表2にまとめている。

このような各蒸気トラップの特性を踏まえた上で、次に選定方法について説明する。

3. トラップ選定方法

蒸気トラップ選定は、使用条件によって重視しなければならない仕様があり、すべてが同じ手順で選

表 2

種類	利点	欠点	用途
フリーフロート式蒸気トラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 摩耗や引っ掛かりの原因となるリンク機構が無く、故障し難い。 ● ドレン量や圧力の変化にかかわらず、ドレンを滞留することなく排出する。 ● 3点支持機構により、過熱蒸気主管にも使用可能。 ● 起動時に空気を排出する。 ● ロックレリーズバルブの内蔵も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 非常に激しいウォータハンマによって、フリーフロートが損傷を受ける可能性がある。 ● 凍結により損傷する恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最大効率を必要とするあらゆる熱交換器、蒸気使用装置用 ● ドレン回収などにより背圧が作用する用途用 ● 早い起動が必要とされるバッチプロセス用 ● 極少ドレン用（3点支持機構） ● 蒸気主管用（3点支持機構）
下向きバケット式蒸気トラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● ウォータハンマに対して強い 	<ul style="list-style-type: none"> ● 空気の排出が遅い。 ● ドレン量が少ない時、蒸気の漏洩がある。 ● 入口圧力が急激に低下すると、蒸気を漏洩する。 ● 過熱蒸気には使用できない。 ● 凍結により損傷する恐れがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安定状態で運転している蒸気使用装置用
蒸気圧膨張式蒸気トラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型・軽量である。 ● 空気を効果的に排除する。 ● ドレンを自然排出するため、凍結による損傷が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● TLVのX-エレメント以外は、ウォータハンマによる損傷を受け易い。 ● TLVのX-エレメント以外は、過熱蒸気には使用できない。 ● ドレンが飽和蒸気温度から数度冷却されるまでドレンを滞留する。 ● 背圧の影響を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 蒸気スペース内のドレン滞留がわずかにあっても、生産に支障が無い小型の蒸気使用装置用 ● 蒸気トレース用 ● 蒸気加熱ラジエータ用 ● 蒸気使用装置のエアベント用
パイメタル式蒸気トラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 小型である。 ● 空気を効率的に排除する。 ● ウォータハンマに強い。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 調節が必要 ● ドレンは蒸気温度以下のかなり低い温度に冷却されるまで滞留する。 ● ドレン量の変化に対する反応が鈍い。 ● 背圧の影響を受ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 低温トレース用 ● 計装トレース用 ● エアベント用
ディスク式蒸気トラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● コンパクトで頑丈な構造で、ウォータハンマや凍結に強い。 ● 蒸気トラップの大きさに比べて、高い排出能力を持つ。 ● 幅広い圧力で作動する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 入口圧が非常に低い時には使用できない。 ● 背圧が入口圧の50%以上の時には正常作動しない。 ● 自動ブローオフ機構が無いと、空気障害を起こす。 ● 雨や雪などのように冷却され易い使用条件では、作動サイクルが短くなり、蒸気の漏洩量が増加する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 蒸気主管用（特に、高圧や過熱蒸気） ● 蒸気トレース用

定されるものとは限らないが、一般的な手順として以下を説明する。

3-1 蒸気使用用途に適した蒸気トラップの種類を決定

蒸気使用用途には大きく分けて、蒸気輸送管・プロセス・トレースと3種類の用途がある。用途別に蒸気トラップに必要な機能を説明すると、下記のようなになる。

3-1-1 蒸気輸送管

蒸気輸送管の役割は、装置にドレンの混じっていない、乾き度の高い蒸気を供給することである。蒸気トラップの機能としては、ドレンを速やかに排出すること、ウォーミングアップ時の配管内空気を速

やかに排気すること、ドレンが発生しない時は、蒸気漏れを起こさないことなどが挙げられる。

3-1-2 プロセス（蒸気使用装置）

蒸気プロセスは生産に直結した最重要ポイントであり、そこで使用されている蒸気トラップもまた生産性・品質・コスト・安定操業を大きく左右する。用途に必要な蒸気トラップの機能を表3にまとめた。

空気が蒸気に混入すると、「分圧の法則」によって蒸気の圧力が下がってしまい、必要な加熱温度が得られないということが起こる。また、空気は凝縮しないため、いつまでも装置の中に残り、加熱を阻害する。そのため、特に高い加熱効率を求められる

表3 プロセス用途に必要な機能

要件	必要な機能
立ち上がり時間の短縮	1. 初期低温エアの排出 2. 高温エアの排出 3. ドレンの排出容量
加熱効率・品質向上	1. ドレンの連続排出 2. 高温エアの排出
安定操業	1. 長寿命 2. フェールオープン
省エネルギー	1. 蒸気ロスの低減 2. 高い背圧許容度
メンテナンス性	1. 長寿命 2. 部品交換が容易

プロセス用途には、初期の低温空気・運転中の高温空気の排気能力が大きく、十分なドレンの排出能力でドレンを滞留させず、熱効率を高く保つことができる蒸気トラップを選定する必要がある。

3-1-3 トレース

トレースは生産物が輸送される配管やタンクを保温する目的の用途である。省エネルギーの観点からドレンの顕熱まで利用でき、また、温度低下の原因となる詰まりを起こしにくいことが求められる。

3-1-4 用途別の最適な蒸気トラップ

上記の要求項目を満たす、各用途に適した蒸気トラップの種類を表4にまとめた。

表4 用途別蒸気トラップ選定種類

	最適な蒸気トラップの種類
蒸気輸送配管	1. 3点支持方式のフリーフロート式蒸気トラップ 2. 蒸気圧膨張式蒸気トラップ 3. ディスク式蒸気トラップ (高温高圧用)
プロセス	1. エアイベント付フリーフロートトラップ 2. 蒸気圧膨張式蒸気トラップ
トレース	1. 蒸気圧膨張式蒸気トラップ (開弁温度が低く、顕熱利用できるもの) 2. バイメタル式蒸気トラップ (温度調節用)

3-2 蒸気トラップの耐圧・耐温を決定

蒸気トラップは使用材質などにより、耐圧・耐温が異なる。ラインの設計圧力・温度を確認し、仕様に合う材質のものを選定する。

3-3 蒸気トラップの作動圧力範囲を決定

蒸気トラップには、最低作動圧力差および最高作動圧力差が決まっている。装置の最高運転圧力・最低運転圧力、蒸気トラップの二次側圧力から、作動圧力範囲を決定する。

特に、使用条件が変動する場合などには注意が必要である。

また、蒸気トラップの種類によって、入口圧力に対する出口圧力の許容度 (背圧許容度) が違う。例えば、ディスク式蒸気トラップでは、出口圧力が入口圧力の30~50%になると、正常作動できなくなってしまう。したがって、ドレン回収などを行なう際には、蒸気トラップに背圧がかかる状態になるため、背圧許容度の大きな蒸気トラップを選定する必要がある。

3-4 蒸気トラップの排出能力を決定

蒸気トラップの排水能力は、装置の発生ドレン量の変動や蒸気トラップの作動形態に対応するため、装置のドレン発生量に安全率をかけた値で選定する必要がある。その安全率の値は、蒸気トラップの種類によって、表5のようになる。

表5 形式別標準安全率

形式	安全率
フロート式	1.5~2.0
バケット式	2.0~3.0
蒸気圧式	2.0~5.0
バイメタル式	3.0~5.0
ディスク式	2.0~3.0

ただし、負荷変動が大きい時や、シリンダドライヤのようにドレン排出が困難な装置には表よりも大きな安全率を適用する。

3-5 接続仕様、サイズ、ボディ材質等を決定
使用用途や自社の基準・規格に合わせた接続方法・サイズ、ボディ材質を選択する。

3-6 蒸気トラップ型式を決定

以上5項目の条件を満たす、蒸気トラップ型式を選定する。

4. トラップ選定具体例

各用途での選定具体例を示す。

4-1 蒸気輸送配管

運転圧力・温度：1.0MPaG、蒸気飽和温度

出口側圧力：大気開放0MPaG

作動圧力差：1.0MPaG

ドレン量：運転中の放熱によるドレン発生量は通常少量 (10kg/h程度) である。しかし、管末では初期立上げ時など

にドレン量多く、例えば配管サイズ100A、蒸気圧力：1.0MPaGでは、100m当たり60～70kg/h程度のドレンが発生する。

接続 他：15Aねじ込み接続

運転中のドレン量が少ない場合、3点支持方式のフリーフロート式蒸気トラップを選定した。

〔選定結果〕

型式：SS1N-10 (写真1)

接続：15Aねじ込み

最高作動圧力差：1.0MPaG

最低作動圧力差：0.01MPaG

ドレン排水能力：180kg/h (表6 流量表参照)

この蒸気トラップの特長を挙げる。

- ① フロート3点支持方式で、蒸気漏れを起こさない。
- ② ドレン連続排出型のため、ドレンを速やかに排出する。
- ③ バイメタルで初期空気を排出する。
- ④ 背圧許容度が大きく、ドレン回収にも最適。
- ⑤ オールステンレス製のため、長寿命。
- ⑥ 構造がシンプルで、故障が少なく、メンテナンスも容易。

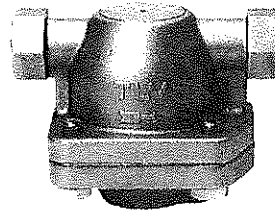


写真1 SS1N

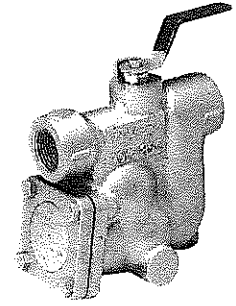


写真2 BT3N

また、ドレン量が多い管末などの場合には、バイパス弁付の3点支持フリーフロート式蒸気トラップを選定し、ボイラー立上げ時などの特にドレンの多く発生する時などは、バイパスブローを行なうことにした。

〔選定結果〕

型式：BT3N-10 (写真2)

接続：15Aねじ込み

最高作動圧力差：1.0MPaG

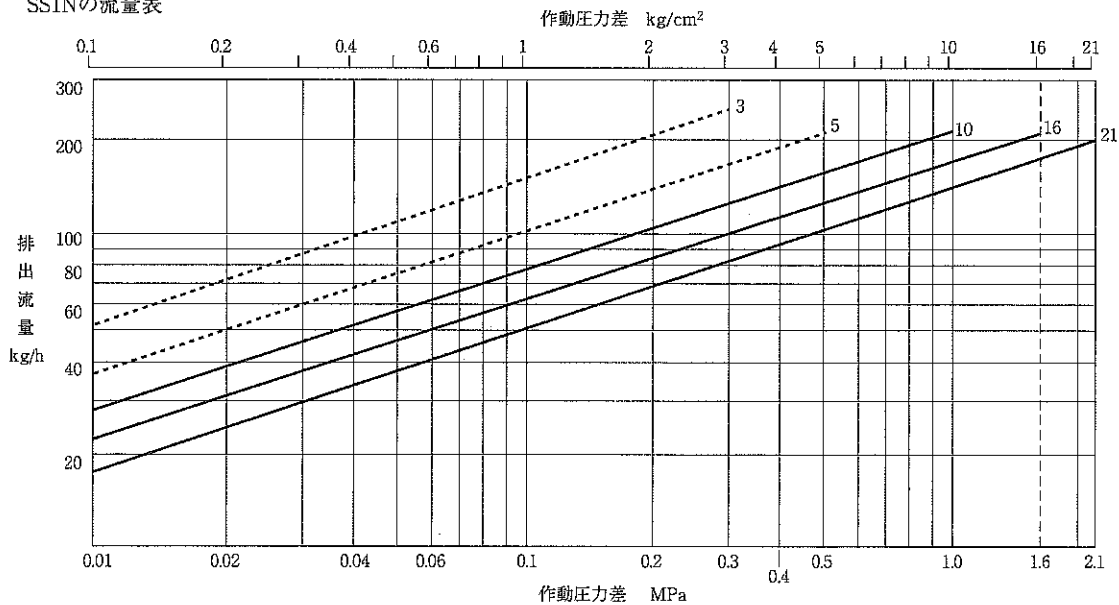
最低作動圧力差：0.01MPaG

ドレン排水能力：350kg/h

この蒸気トラップの特長を挙げる。

- ① フロート3点支持方式で、蒸気漏れを起こさない。

表6 SS1Nの流量表



1. 上記グラフ中の数字は、オリフィスNo.を示します (オリフィスNo.3と5はオプションです)。
2. 作動圧力差はトラップ入口と出口との圧力差、最高作動圧力差はその最大値です。
3. 飽和温度よりも6℃低い温度のドレンを連続排出する場合の毎時排水量です。
4. 選定の際は1.5倍以上の安全率をおとりください。

- ② ドレン連続排出型のため、ドレンを速やかに排出する。
- ③ バイメタルで初期空気を排出する。
- ④ 背圧許容度が大きく、ドレン回収にも最適。
- ⑤ バイパスブローができる。また、自動バイパス弁を使用すると、バイパスブローの自動化ができる。
- ⑥ 構造がシンプルで、故障が少なく、メンテナンスも容易。

4-2 プロセス：100ℓ程度の2重釜 (ジャケット釜)

運転圧力・温度：0.2MPaG、蒸気飽和温度
 出口側圧力：0.1MPaG（ドレン回収ラインへ接続）
 作動圧力差：0.1MPaG
 ドレン量：150kg/h
 接続 他：15Aねじ込み接続

2重釜などの空気の溜まりやすい構造の装置では、空気をいかに速やかに排出できるかが重要になる。空気が多く装置内に残ると、前述の「分圧の法則」により、装置立上げ時間や加熱時間が長くなり生産性に大きく影響する。したがって、ここでは、空気を排気する能力の大きい、また、ドレン滞留しない蒸気トラップを選定する必要がある。

〔選定結果〕

型式：J3X-2（写真3）

接続：15Aねじ込み

最高作動圧力差：0.2MPaG

最低作動圧力差：0.01MPaG

ドレン排水能力：500kg/h

この蒸気トラップの特長を挙げる。

- ① 内蔵エアバントで低温・高温空気を速やかに排出する。
- ② ドレン連続排出型のため、ドレン滞留を起こさない。
- ③ ドレン出口は常にウォーターシールされており、蒸気漏れが起こりにくい。
- ④ 背圧許容度が大きく、ドレン回収にも最適。
- ⑤ 構造がシンプルで、故障が少なく、メンテナンスも容易。

4-3 鋼管トレース

運転圧力・温度：0.1MPaG、蒸気飽和温度
 出口側圧力：大気開放0MPaG
 作動圧力差：0.1MPaG
 ドレン量：配管50mあたり5～20kg/h

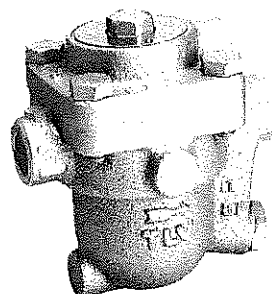


写真3 J3X

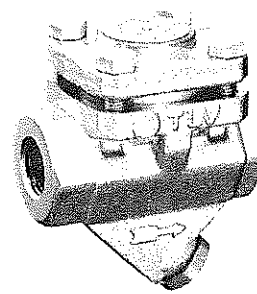


写真4 L21S

接続：15Aねじ込み接続

トレース配管に設置する蒸気トラップの多くはバイメタル式蒸気トラップ（温調トラップ）で、従来からの問題点として、弁の通過面積が小さいなどの理由から弁部の詰りが起こりやすいという傾向がある。そこで、弁口が大きく詰りにくい蒸気トラップを選定する。

〔選定結果〕

型式：L21S（飽和温度-22℃で開弁する）（写真4）

接続：15Aねじ込み

最高作動圧力差：2.1MPaG

最低作動圧力差：0.01MPaG

ドレン排水能力：300kg/h

この蒸気トラップの特長を挙げる。

- ① 弁口が大きく、ゴミ・スケールによる詰りを起こしにくい。
- ② 飽和温度の-22℃でドレンを排出するため、顕熱の利用もできる。
- ③ トレース温度の設定は入口減圧弁で一括に行なえるため、温度調整の手間がない。
- ④ 背圧許容度が大きく、ドレン回収にも最適。
- ⑤ 構造がシンプルでメンテナンスも容易。

5. おわりに

蒸気トラップの選定について述べてきたが、これは一般的な選定方法、選定結果である。実際には、工場によって要求する項目が違い、装置によって最適な蒸気トラップは何かということとは違ってくると思う。本稿が、蒸気使用装置が高効率・低コストでトラブルなく運転される助けとなれば幸いである。

〔問合せ先〕

TEL：0794-22-8833 FAX：0794-27-1836

URL：http://www.tlv.com

（原稿受付 2002年12月20日）