

蒸気用制御弁による蒸気の質の改善

高田 敏則

(株) ティエルブイ・マーケティング部

1. はじめに

蒸気は、発電用タービンの動力エネルギーや、蒸留・加熱・乾燥・殺菌などの各種生産プロセスの熱エネルギーとして大量に使われ、産業界の重要なエネルギーである。

また、この蒸気を適切に使用するか否かによって、蒸気使用設備の生産性や品質、蒸気使用量が大きく左右されることはよく知られている。

一方、蒸気を使用するプラントでは蒸気配管・保温などの劣化やボイラでのキャリーオーバーなどの原因によって、『蒸気の質』の低下が日常的に発生している。『蒸気の質』とは圧力・温度・乾き度などを言い、蒸気を使用する上で基本的な重要課題である。ところが多くの場合、蒸気は伝熱面を介して間接的に使用されるため『蒸気の質』の低下に気付かず、そのために蒸気使用設備の生産性や品質、省エネ、メンテナンスなどの潜在的な阻害要因のひとつとなっている。

本稿では、蒸気有効利用のための重要課題である『蒸気の質』に着目し、その改善による生産性・品質の向上、コスト低減の実現を目的として、『蒸気用制御弁などによる蒸気の質の改善』技術を紹介する。

2. 『蒸気の質』とは

蒸気（水蒸気）は、一定圧力の下で水が加熱され、沸騰、蒸発して気体になったもので、主に動力ならびに輸送目的で使用される過熱蒸気と、加熱・加湿などの目的で使用される飽和蒸気に大別

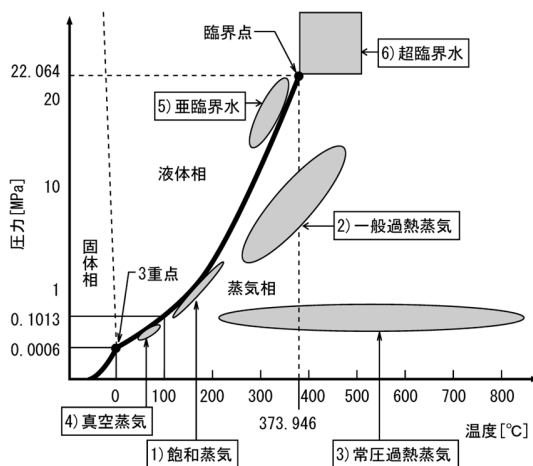


図-1 蒸気および熱水の応用範囲

される。図-1は、蒸気および熱水の応用範囲を示したものである。

過熱蒸気は、主に蒸気タービンに使われ、近年は高効率化の目的から高圧・高温化が進み、最近では最高25MPa、610 の超臨界圧力の過熱蒸気を使用するタービンも存在している。

一方、飽和蒸気は、熱交換器やスチーマーなど各種の蒸気使用設備で広く用いられ、通常0.1～3 MPaG、120～250 程度のものが使用されている。

これらの蒸気において、『蒸気の質』とは一般に次のような点を言う。

- (1) 圧力・温度とその安定度
- (2) 乾き度とその安定度
- (3) 錆・スケールなどの不純物の混入状態

最初の圧力・温度については、飽和蒸気は圧力が高くなるほど、温度も高くなるという性質を持っているので、圧力を一定に保持すれば自ずと安

定した蒸気の温度が得られる。しかし、過熱蒸気は飽和蒸気よりも温度が高く、飽和蒸気とは違って圧力だけでなく、過熱度も保持しなければ、温度と比エンタルピーを一定に保つことができない。

次に2点目の乾き度については、一般的に蒸気はそこそこ乾いているという固定概念を持たれていることが多いようであるが、実際には蒸気はボイラで作られたのち延々と長い蒸気配管を経て各蒸気使用設備に供給されるので、ボイラでの缶水のキャリーオーバーや配管などからの放熱、トラッピングの不備などによって乾き度はかなり低下している。また、過熱蒸気と思っていても減温システムがうまく機能していないようなケースでは過熱度が設定以上に低下し、時には湿り蒸気になっているようなこともある。

また、蒸気の乾き度の定義は、水と蒸気を含む蒸気中の蒸気の重量割合を指すので、乾き度 x の飽和蒸気の比体積 v 、比エンタルピー h は次の式の通りとなり、乾き飽和蒸気の乾き度が低下すると比体積、比エンタルピーともに減少することがわかる。

- ・比体積 $v = v' + x(v'' - v')$
- ・比エンタルピー

$$h = h' + xr = h' + x(h'' - h')$$

v'' : 蒸気の比体積

v' : ドレンの比体積

h'' : 蒸気の比エンタルピー

h' : 顕熱

r : 潜熱

『蒸気の質』の3点目はクリーン度で、蒸気自体は水が蒸発したものであるから不純物は含まれていないと思われるが、実際にはボイラ給水の清缶剤や蒸気配管内の錆、スケールなどの不純物が含まれ、後述するさまざまな不具合の原因となっている。

3. 『蒸気の質』の問題・課題

このように『蒸気の質』とは、一般的に蒸気の圧力・温度・乾き度・クリーン度を指すが、それ

では『蒸気の質』の低下が生産現場にどのような影響をもたらすのかを説明する。

最初に、蒸気タービンに使用する蒸気の過熱度、乾き度が低下して万ードレン水滴が発生した場合には、ドレンが高速で回転するタービンの羽根にドレンアタックとなって衝突し、短時間でエロージョンを発生させる。また稀にはタービンを破損させる事故になることもあるので、蒸気タービンには常に所定の過熱度の過熱蒸気を供給しなければならない。

次に蒸気輸送配管では、圧力制御弁の故障などによって蒸気の圧力が低下した場合には、蒸気の比体積が増加して輸送配管内での圧力損失が増大し、それによりさらなる圧力降下を引き起す。また、蒸気輸送途中での乾き度の低下は、蒸気中のドレン水滴が蒸気配管に設置されたバルブのシート部やオリフィス流量計の下流配管、配管エルボなどのエロージョンを促進し、発生したドレンがウォーターハンマを誘発することもある。

さらに、蒸気中に錆やスケールが多く含まれている場合には、これらの不純物がバルブや機器の間隙に進入して固着し、自動弁などの動作不良の原因となる。

次に、一般的な加熱用途で蒸気を間接的に使用するケースでは、蒸気の圧力・温度の変動は加熱ムラによる被加熱物の品質低下を招き、また乾き度が低下すると蒸気の潜熱の減少によって蒸気使用量を増加させる。さらに乾き度の低下によって発生するドレンが、熱交換器などの伝熱面の伝熱効率を阻害し生産性も悪化させる。

最後に、蒸気を直接使用する殺菌器やスチーマーにおいては、蒸気中のドレン水滴ならびに錆などが被加熱物である製品の表面に付着し、品質不具合の原因となる。

このように『蒸気の質』の低下によってさまざまな問題が起こるが、多くの生産現場では顕在化した問題現象の処置のみに追われ、真の原因である『蒸気の質』の低下に対する有効な対策がまだ取られていないケースが見られる。

4. 『蒸気の質』の改善技術

このような『蒸気の質』の改善を実施する上で重要なことは、蒸気の用途ならびに改善が必要な蒸気システムの位置により適用する改善技術、機器が異なることである。プラントでの蒸気の使用目的と場所に応じて、以下に紹介する改善技術を選択する必要がある。

4 - 1 . 蒸気用セパレーター

蒸気輸送配管の途中や蒸気使用設備の蒸気入口の直近において、通過する蒸気中からドレン水滴を強制的に分離、排除する目的で使用されるのが、写真-1の『蒸気用セパレーター』である。

このセパレーターは、蒸気を旋回流に変え、遠心力によって蒸気中に含まれる細かいミスト状態のドレン水滴まで強制的に分離する。分離されたドレンは内蔵されたフリーフロート・スチームトラップによって直ちに排出されるので蒸気の流れによってドレンが二次側に持ち込まれることがない。図-2は、このセパレーターの分離効率を示し、サイクロン効果によって98%以上の高いドレン分離効率を得ることができる。

4 - 2 . 蒸気用フィルター

蒸気を直接使用する殺菌器や洗浄機・スチーマーなどに、細かい錆やスケールなどの不純物を含まないクリーンな蒸気を供給する目的で使用されるのが、写真-2の『蒸気用フィルター（セパレーター内蔵）』である。

このフィルターは、サイクロン式セパレーターとフィルターとの相乗効果によって、フィルターが目詰まりを長期間に渡って防止し、これまでの蒸気用フィルターの課題であった寿命を改善するとともに、洗浄によるフィルターの繰り返し使用も可能にしている。また、フィルターのろ過粒度は最小0.5μmまでのものが商品化されている。

4 - 3 . 蒸気用減圧弁

ボイラなどから供給される蒸気は、一般的に蒸気使用設備の手前で適正な圧力まで減圧して使用する。この目的で用いられるのが自力式の減圧弁

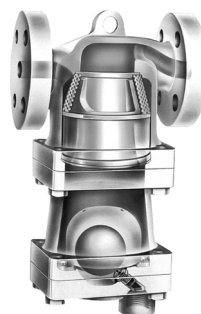


写真-1 蒸気用セパレーター “DC”

(精度±2%・ドレン発生量40~50kg/h)



$$\text{分離効率 (\%)} = \frac{\text{トラップの排水ドレン量}}{\text{流入ドレン量}} \times 100$$

図-2 蒸気用セパレーターのドレン分離効率

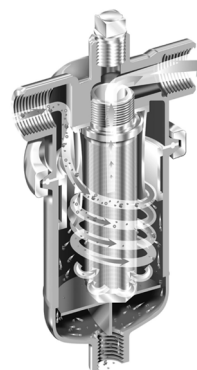


写真-2 蒸気用フィルター
(セパレーター内蔵) “SF-1”

であるが、蒸気使用設備の蒸気入口で減圧する場合には、乾き度の向上を同時に行うことが蒸気使用設備の生産性向上と減圧弁自体の長寿命化のために有効である。

写真-3は、『蒸気用減圧弁（セパレーター・トラップ内蔵）』で、減圧弁にサイクロン式セパレーターとフリーフロート・スチームトラップを内蔵し、

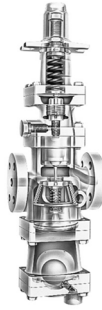


写真-3 蒸気用減圧弁
(セパレーター・トラップ内蔵)“ COSPECT ”

減圧弁の機能と蒸気の乾き度向上の機能を併せ持つ。減圧前に蒸気中のドレンを98%以上の高効率で強制的に分離・排除し、その後減圧によるなどエンタルピー変化が行われるので、かなり乾き度の低い蒸気でも減圧後の乾き度は、ほぼ100%まで向上する。

4 - 4 . 蒸気用制御弁

多くの蒸気使用設備では、被加熱物の温度を一定に保つ目的で、蒸気使用設備の蒸気入口に温度制御弁を設置し、自動温度制御システムを組み込む。

写真-4は、その用途に最適な『蒸気用制御弁(セパレーター・トラップ内蔵)』で、空気式制御弁にセパレーターとスチームトラップを内蔵することで、蒸気使用設備に乾き蒸気が供給できる。また、セパレーターによってドレン排除と同時に蒸気中の錆やスケール類も除去することで、制御弁の弁部エロージョンの発生や動作不良を軽減し、制御弁の信頼性と耐久性の向上も実現している。

さらに制御弁の閉弁時に蒸気の流れがない時でも、ドレンは内蔵されたフリーフロート・スチームトラップから常に排除されるので、制御弁の入口側にドレンが滞留することがなく、蒸気使用装置の運転開始時によく見られるウォーターハンマの発生も防止できる。

また、この商品はアクチュエーターとポジショナーが一体構造で、フィードバックレバーは内蔵され、バルブのグランド部にはスプリング荷重式シールを採用しているため、レバーへの引っ掛か



写真-4 蒸気用制御弁
(セパレーター・トラップ内蔵)“ CV-COS ”

りやグランド部からの漏れが長期間起こらないという特長もある。

この制御弁の用途としては、温度制御以外にも流量制御など、蒸気用の汎用制御弁としても使用可能である。

4 - 5 . 蒸気用圧力制御弁

4 - 3 . で紹介した『蒸気用減圧弁』は、自力式で設定した一定の圧力を保持させる用途に適しているが、プレス機や加硫器のように生産物に応じて供給蒸気の圧力を変更する用途に最適なのが、写真-5の『蒸気用圧力制御弁(セパレーター・トラップ内蔵)』である。

4 - 4 . で紹介した『蒸気用制御弁』は圧力制御の用途にも使用可能であるが、圧力変更の際の応答性や、一次圧力・流量の変動という外乱に対しても高精度な圧力保持の性能を求める用途にはこの『蒸気用圧力制御弁』が最適である。

5 . おわりに

『蒸気の質』は、蒸気使用設備の生産性や品質、省力化、コストなどと大きく関わっているにも関わらず、これまではボイラや蒸気使用設備などの改善が優先され、まだ改善されていないプラントが多い。製造業界を取り巻く経営環境にはますます厳しいものがあるが、『蒸気の質』の改善が新たなメリットを生むと確信している。

紙面の制約上、『蒸気の質』の改善技術に重点を



写真-5 蒸気用圧力制御弁
(セパレーター・トラップ内蔵)“ MC-COS ”

置いて紹介したが、重要なことは蒸気システムのどの位置で『蒸気の質』の改善を行うのが有効かをしっかり見極めることであり、本稿で紹介した

改善技術を各現場の蒸気使用の目的に応じて使い分け、その改善効果を実現して頂きたい。

最後に、今後も蒸気使用に関する課題を抱えておられる読者の皆様のニーズに広く応えていく所存であり、本稿に関するお問い合わせやご意見は、下記までご連絡頂ければ幸いである。

- ・ URL <http://www.tlv.com>の『お問い合わせ』コーナーから。
- ・ または、TLV技術110番 TEL 079-422-8833まで直通電話。

参考文献

- 1) 藤井照重 監修,「トラッピング・エンジニアリング」(財)省エネルギーセンター(2005年)

第2章 最新の蒸気利用機器とロス対策

フラッシュ蒸気回収システム

宮田 茂男

スパイラックス・サーコ(株) 執行役員 営業本部長

本稿では、フラッシュ蒸気の発生メカニズム、フラッシュタンク・モジュールの概要、フラッシュ蒸気回収による省エネ事例を説明する。

1. フラッシュ蒸気の発生メカニズム

スチームトラップから排出されるドレンは、トラップの主弁を介して高圧側から低圧側に排出される。この圧力降下に伴い、ドレンの一部は再び蒸気に戻る。この蒸気を「フラッシュ蒸気」と呼び、その割合は、差圧によって左右されるが、質量で10～15%というのが一般的な値である(図-1参照)。

このフラッシュ蒸気を回収せずに、液体部分のエネルギーだけを回収すると、ドレン中のエネルギーの約半分、すなわち、蒸気発生のため使用した全エネルギーの12.5%は失われることになる。

はじめに

高温のドレンから発生するフラッシュ蒸気は、ボイラから発生する飽和蒸気と比較しても圧力が低いだけで、高効率な熱媒体である。しかし、そのエネルギーを有効に利用しているケースは少なく、多くの工場では排気として大気に放出している。

また、高圧ドレンを大気に放出すると白い湯気が見えるが、その状態では空気と蒸気が混合した高温・多湿の気体となり、熱貫流率などの低下により、熱回収が難しくなる。

したがって、フラッシュ蒸気を効率的に回収・利用するためには、加圧状態でドレンからフラッシュ蒸気をとり出し、低圧蒸気として再利用するフラッシュ蒸気回収システムが必要となる。