

ビルにおける 蒸気の有効利用技術

—利益の上がる省エネルギー・環境対策とメンテナンス合理化の実現—

ビルのエネルギー消費量は年々大幅に増加しており、わが国における2004年度の業務部門でのエネルギー消費量の実績は、第一次オイルショックのあった1973年に比べて約2.8倍と、産業・運輸・家庭部門を含むすべての部門の中で最も大きな伸びとなっている。

また、『エネルギーの使用の合理化に関する法律』、『地球温暖化対策の推進に関する法律』の施行により、社会的責任としての省エネルギーや温室効果ガス削減の対応も求められている。

このようにビルにおいては近年、省エネルギー・環境保全への対策の重要性が高まり、これまでは主に照明や空調等、電気省エネルギー対策が取られてきた。しかし一方、熱・蒸気の省エネルギーは、一般的に専門技術者の仕事という固定概念もあり、電気に比べて明らかに遅れているのが実情である。

本稿は、ビルでのエネルギー・コストの削減、地球環境保全、法規制対応のために重要な省エネルギー対策のうち、特に『蒸気』にスポットを当て「蒸気使用上の課題と対策の要点」ならびに「蒸気の利用用途別に最新の改善技術」を紹介し、本稿の副題である“利益の上がる省エネルギー・環境対策ならびにメンテナンス合理化の実現”を目指すものである。

(株)ティエルバイ マーケティング部 高田 敏則

1

ビルの蒸気の利用と 使用上の課題

ビルのエネルギー使用量は、一般的に延床面積に比例して増加し、またその使用量の内訳(熱量換算)は、照明・コンセント・エレベーター等の電気がおおむね50~60%、熱・蒸気が40~50%とされている。また、蒸気の利用用途は、空調機・吸収式冷凍機・熱交換器・給湯などの設備があり、加湿や給湯・温水槽のように生蒸気を吹き込む「直接蒸気使用」の利用用途と、空調機や吸収式冷凍機など加熱コイル等の伝熱面を介して間接的に被加熱物を加熱する「間接蒸気使用」の利用用途に大別される。

また、ビルにおける蒸気使用上の課題としては以下のものがある。

(1) 省エネルギーと環境保全

蒸気は電気とともにコスト低減・CO₂排出量低減・法規制対応のために、より徹底した省エネルギー対策が必要で、そのためには絶対量としてのエネルギー使用量・CO₂排出量の低減と、エネルギー原単位の改善とをそれぞれ目標として組織的、継続的な活動が展開されなければならない。

(2) 安全操業

蒸気の送気、使用に際して多くの関係者が体験しているのがウォーターハンマーで、騒音上の問題だけでなく、時には配管等の破裂

や配管支持部の破損を伴う重大事故に至るケースもあり、しっかりとした予防対策、事後対策が必要である。また、蒸気・ドレン配管系で発生するウォーターハンマーは、水・温水配管系で起こるウォーターハンマーに比べてその発生メカニズムが複雑で、対策もケースによって異なるので、専門的な知識、技術が必要である。しかし、的確な対策を取れば、ほとんどの場合においてウォーターハンマーを防止、解消することは可能である。

(3) 蒸気使用設備のドレン滞留(ストール)対策

空調機や吸収式冷凍機など蒸気を間接的に使用する設備には、一般的に蒸気入口に温度制御弁が設置され、この制御弁の開度は空気などの被加熱物の温度に応じて自動的に調節される。そのため制御弁の開度が小さくなると設備内の蒸気圧力が低下し、一時的にスチームトラップからドレンが排出されなくなりドレンが滞留することがある。この現象を「ストール現象」と呼び、ドレンの滞留によって腐食、加熱ムラ、さらにはウォーターハンマーによる設備の破損等、さまざまな問題を引き起す。

したがって、「ストール現象」が発生すると予想される設備については、後述する的確な対策を前もって組み込んでおく必要がある。

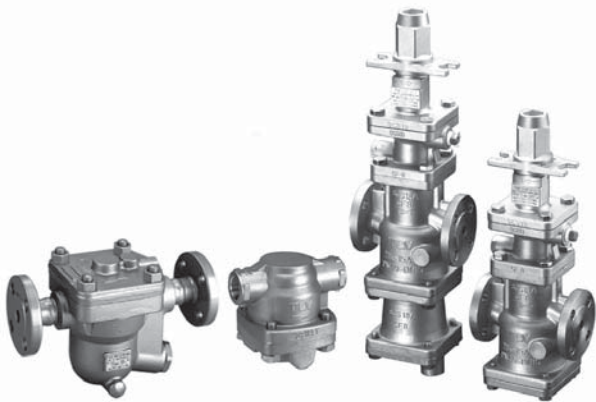


写真1 TLV ステンレス製品シリーズ

(4) メンテナンス合理化

蒸気使用設備ならびに減圧弁やスチームトラップ、ストレーナー等は使用年数に応じて経年劣化が進み、ついには寿命となる。しかし、これらの機器の選定や使い方を誤るとその機器が本来持っている寿命よりも短期間の使用で故障を起こすこともある。また、近年はメンテナンス合理化および設備の延命化の目的から配管・機器類のステンレス化のニーズが高まり、写真1のような減圧弁やスチームトラップもステンレス製の需要が増加しつつある。

2 ビルの蒸気用途別の改善技術

2-1 エネルギー・モニタリング

省エネルギー促進ならびに地球温暖化防止は、エネルギー使用量の低減によりコスト低減ももたらす。また、法規制によりエネルギー使用量や温室効果ガス排出量の定期報告等は遵法事項でもある。

エネルギーを使用するビルにおいて着実な

省エネルギーを行うために最も重要なことは、①ビルの全エネルギー消費量を、ビルの入居率や就業者数に比例して増減する「変動エネルギー」と、それらとは関係なく常に消費されている「固定エネルギー」に区分して正確に把握し、②さらに、フロアごとや設備ごとに「エネルギー原単位」として常に『見える化』状態を作り、③そして変動・固定エネルギーの双方を低減してエネルギー原単位を改善していくPDCA活動を行うことである。

写真2は、このような省エネルギー活動の促進に非常に有効な「エネルギー・モニタリング・システム」で、このようなツールをうまく活用することで、エネルギー管理の基本である“エネルギーのガラス張りによるエネルギー消費構造の改革”が可能となり、単に省エネルギーやコスト低減が図られるだけでなく、究極の目的である入居率等が大きく減少しても原価の変動が少ないコスト競争力の強いビル経営の実現が促進される。

2-2 ボイラーからの蒸気送気

小型貫流ボイラーの普及によってボイラーの取り扱いが簡単になったが、ボイラーの運転立ち上げ後に行う、各蒸気使用設備に蒸気を送気するためのバルブ操作は、ベテランの経験者が行わなければ、蒸気輸送配管等でウォーターハンマーが発生する可能性が高く、非常に危険である。

そのために、中にはボイラー休止時も工場への蒸気送気用のバルブは開放のままにして、送気のためのバルブ操作は一切行わずにボイラーを運転しているケースも見かけるが、これでは良質な蒸気を供給することができないし、毎朝の立ち上げにも長い時間を要し、ウォーターハンマーも起こりやすい。また、ウォーターハンマーを放置していると蒸気配管や設備の破裂という重大事故になることもあり、軽視できない問題である。

ボイラーからの蒸気送気で重要なことは、①送気の開始時は蒸気配管や設備が冷えているので、一気に蒸気を送気するとドレンを排出しきれずにウォーターハンマーが発生するため、ドレンを滞留させずに迅速・確実に排出すること、②蒸気の送気は徐々に時間をかけ、かつ自動的に行うことである。③また、ボイラーからキャリーオーバーする缶水や蒸気配管中で発生するドレンをすべて排除して蒸



写真2 エネルギー・モニタリング・システム「エコブラウザー」

気を乾き蒸気にし、④かつ適正な一定の圧力で送気することである。

そのために有効なのが、図1の「蒸気自動送気システム」で、このシステムは、蒸気送気の自動化と蒸気配管管末でのドレンの強制ブロー排除を自動的に行うシステムである。本システムの導入により、毎朝の工場送気のためのバルブ操作が無人工化され、短時間で、蒸気のロスもなく、かつウォーターハンマーを起こさずに自動的に蒸気送気の立ち上げが可能となる。

また、蒸気送気制御の自動弁として、写真3の「セパレーター・トラップ内蔵の空気式制御弁」を使えば、ボイラー缶水のキャリーオーバーで蒸気とともに飛散する水滴を、制御弁に内蔵されたセパレーターならびにトラップによって強制的に分離排除できるので、常に乾き度が高く、エンタルピーの大きい良質な蒸気を供給することが可能となる。

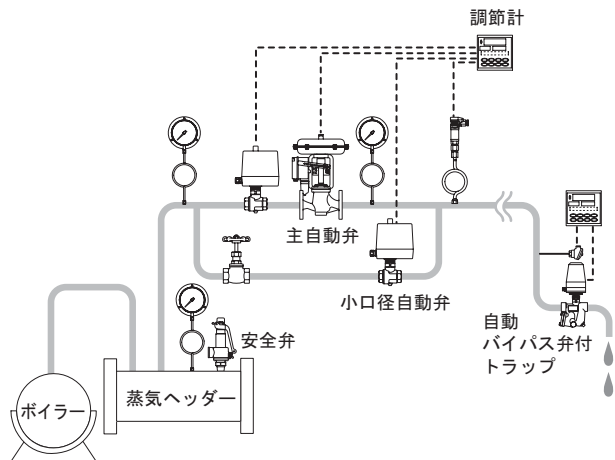


図1 TLV 蒸気自動送気システム

2-3 加湿器

ビルでは、蒸気で直接噴霧する加湿器が使用されるが、蒸気加湿器では供給される蒸気の乾き度が課題となる。加湿器の目的は、直接に蒸気を噴霧して室内等の湿度を一定に保持することであるが、加湿器に供給する蒸気の乾き度が常に一定でないと部屋の湿度が安定しない。乾き度が低く、蒸気中にドレン水滴を多く含む蒸気ではドレン水滴の飛散によるトラブルも発生する。

加湿器に蒸気を供給する時に重要なことは、①ボイラーから供給される乾き度が常に変化する蒸気からドレン水滴をすべて強制分離・排除して、一定の乾き度の蒸気を供給すること、②蒸気流量や一次側の圧力の変動に関わらず、常に一定の圧力(温度)の蒸気を供給することである。

そのために有効なのが、写真4の「セパレーター・トラップ内蔵の蒸気用減圧弁」で、この商品は高精度な圧力保持の機能と、蒸気の乾き度向上の機能を併せ持ち、安定した圧力の蒸気を供給するとともに、通過する蒸気中から強制的にドレンを分離・排除して、乾き度の高い蒸気を供給できる。

また、蒸気中のドレンを分離・排除することで、ドレン水滴による減圧弁弁部等のエラーションの発生も軽減でき、従来の減圧弁では数年で取り替えが必要であったが、改善後



写真3 空気式制御弁(セパレーター・トラップ内蔵)

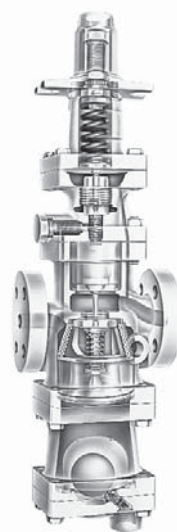


写真4 蒸気用減圧弁(セパレーター・トラップ内蔵)

「CV-COS」は安全弁の吹き出しも同時に解決され、10年以上も問題なく使用されている例も数多い。

2-4 空調機・吸収式冷凍機

空調機のエロフィンヒーターは、被加熱物である空気温度をコントロールするために、蒸気入口に自動温度制御弁を設置し、空気温度に応じて蒸気の供給量を調節する。

また、吸収式冷凍機は蒸気を加熱源として冷凍機の冷媒を加熱、温度コントロールするために、同様に蒸気入口に自動温度制御弁が設置されている。

しかし、この自動温度制御弁は、被加熱物である空気等の温度が設定以上になると、自動的に閉弁もしくは弁開度が絞られるので、その結果、ヒーターや加熱コイル内の蒸気圧

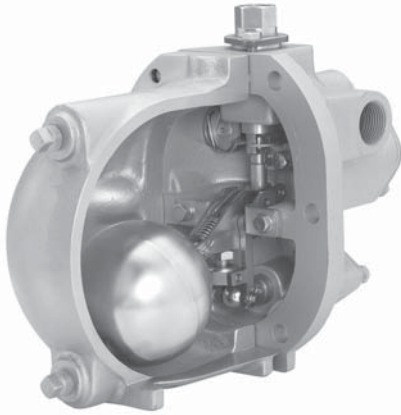


写真5 TLV パワートラップ「GT5C」

力が微圧、時には大気圧力以下まで下がり、スチームトラップがドレンを排出できなくなることがある。前述のとおり、この現象を「ストール現象」と呼んでいるが、低温に温度コントロールされる設備によく見られ、ヒーターの能力が大きい場合や、負荷が減少した場合、スチームトラップの出口に背圧が掛かっている場合等には、避けることのできない現象である。

このようなストール現象の起こる設備の改善において重要なことは、①ストール現象が発生するメカニズムと、②ストール現象は通常のスチームトラップでは解消できずドレン滞留避けられないことを理解すること、そして、③ストール現象を防止するには特殊な「パワートラップ」が必要であるという点である。

パワートラップとは、蒸気や圧縮空気などの気体の圧力を用いてドレンの排出と圧送を行うスチームトラップとポンプの両方の機能を有するトラップで、写真5にパワートラップ「GT5C」を示す。

パワートラップは、空調機の下部に設置してドレンを自然流下させ、パワートラップ内のドレン水位が所定以上に達すると外部からの操作用気体の圧力を利用してドレンを圧送する。したがって、ストール現象によるドレン滞留、温度ムラを解消し、ヒーター内で発生するウォーターハンマーを防止するとともに運転開始後の立ち上げ時間が短縮できる。

また、パワートラップは排出したドレンを移送する機能もあるので、ドレンをボイラー給水等として再利用し、ドレン回収による省

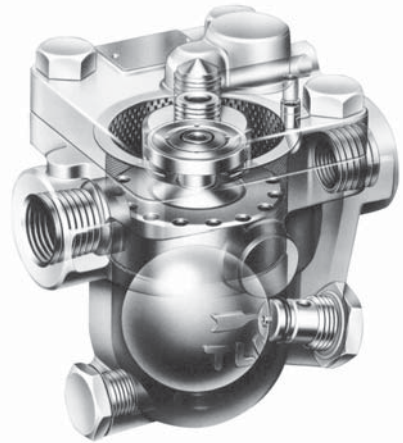


写真6 TLV フリーフロート・スチームトラップ「JXシリーズ」

エネルギー・省資源の効果を上げることも可能である。

2-5 熱交換器

熱交換器はあらゆる業界で使用される一般的な蒸気使用設備で設置台数も多く、特に昇温までの所要時間や温度の均一性が重視される設備でもある。

負荷変動が大きく、また比較的低温に温度コントロールされる熱交換器については前項で書いたストール対策が必要であるが、ここでは一般的な熱交換器について説明する。

一般的に熱交換器はバッチ運転されるため、熱交換器が休止になるつど、蒸気配管やヒーター内には空気が流入し、この空気の排除の良否によって熱交換器の昇温時間と伝熱面温度の均一性が左右される。

空気排除に時間がかかると蒸気通気後の熱交換器の立ち上がりが遅くなり、また蒸気中に空気が混入すると、蒸気の温度が降下し、かつ伝熱面での伝熱の阻害、温度バラツキの原因にもなる。

このような蒸気使用設備に最適なのが、写真6の「フリーフロート・スチームトラップ」で、内蔵された感温エレメントによって運転始めの低温の空気だけでなく、蒸気の飽和温度マイナス6℃までの高温空気も迅速に排出されるとともに、フリーフロートトラップによってドレンは連続して排出される。したがって、運転開始後の立ち上げ時間を短縮するとともに、熱交換器の伝熱面の温度バラツキを解消し、かつ最も省エネタイプのスチームトラップでもあるので省エネルギー効果を上

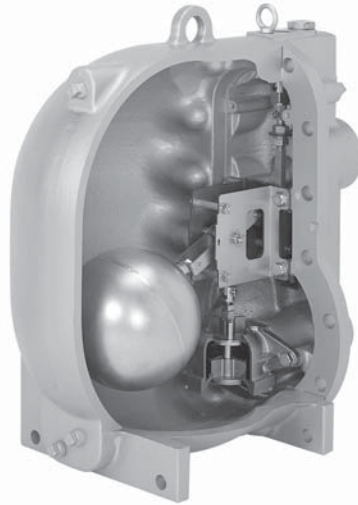
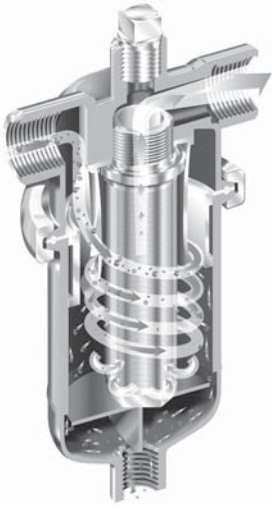


写真7 TLV セパレーター フィルター「SF1」 写真8 TLV ドレン回収用パワートラップ「GP / GT シリーズ」 写真9 TLV 真空ポンプ「CP-V1」

げることにも可能である。

2-6 温水槽・給湯器

温水槽や蒸気式給湯器等の蒸気を直接吹き込む用途では、供給する蒸気の質に対して注意が必要で、一般に蒸気入口に蒸気用フィルターを設置し、微細な不純物をろ過した蒸気を使用している。

しかし、従来の蒸気用フィルターには、主に「粉末焼結フィルター」が使われるので、比較的短期間で目詰まりが起り、フィルターの洗浄や交換のために頻繁なメンテナンスが必要という課題があった。

このような課題解決に有効なのが、写真7の「セパレーターフィルター」である。この商品は、内蔵されたサイクロン・セパレーターによって、あらかじめ大きめのゴミ・錆およびドレンを遠心分離し、次により細かい不純物を「5積層焼結フィルター」で精密ろ過するという2段階方式のクリーニング機能で、実験上では従来の粉末焼結フィルターに比べて、洗浄・交換までの期間が約3倍長くなることが確認されている。また、粉末焼結フィルターに比べて、圧力損失も小さいので、従来圧力損失が障害となって使用できなかった、ろ過粒度の非常に細かいフィルター（最小ろ過粒度0.5μm）を使用することも可能で、しかも洗浄によって繰り返し使用も可能である。

2-7 ドレン・廃蒸気の回収

蒸気を使用する各種設備で発生するドレン

は省エネルギーならびに水資源の有効利用のためにも回収し、再利用すべきである。しかし、スチームトラップの出口にドレン回収配管からの背圧を作用させるとドレンが円滑に排出されなくなる危険性があり、スチームトラップの選定やドレン回収システムの設計は慎重に進めなければならない。

スチームトラップから排出されるドレンを効率よく回収するために有効なのが、写真8の「ドレン回収用パワートラップ」ならびに写真9の「真空ポンプ」で、特にパワートラップは動力として電気を必要とせず、蒸気や圧縮空気等の操作気体の圧力を利用してドレンが圧送できるので最近よく用いられている。

また、ビルには温水槽、ドレンタンク等、湯気の発生を伴う設備が多く使用されているが、これらの設備で発生する湯気まで回収・再利用している例は少ない。

これは湯気を回収すると湯気の発生源である設備に圧力が作用し、操業上・安全上の問題が発生する、またこれまでは効果的な回収手段がなかったためである。

このような湯気を回収・再利用する場合に重要なことは、①湯気の発生源に圧力がかからないシステムであること、②湯気の持っている熱エネルギーを効率よく回収でき、③かつ再利用できる用途があることである。

このような現場で発生する湯気を回収し、同時に省エネルギーを促進するために有効なのが、図2のTLV 廃蒸気熱交換器「SR」で、湯気の発生源に背圧のかからない大気開放型

で、熱回収率が高いという特長を持つ。



おわりに

蒸気は、ビルでのエネルギー消費のウェイトがかなり大きいにも関わらず、これまで改善のテーマとしては電気に比べて後回しにされている例が多い。省エネルギーや地球温暖化防止への関心の高まり、原油価格の高騰等、ビル経営には益々厳しいものがあるが、蒸気分野の改善が市場競争力の強化に必ずつながるものと確信している。

誌面の制約上、蒸気使用上の改善技術に限定して紹介したが、最も重要なことは蒸気を単なる熱源と捉えるのではなく、蒸気の発生・輸送・使用・排熱回収までのシステム全体としての効率化を図ること、そして実際に蒸気を使用する個々の設備において蒸気使用の目的と課題を明確にし、本稿で紹介した蒸気有効利用技術を活用して改善を実現することである。

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

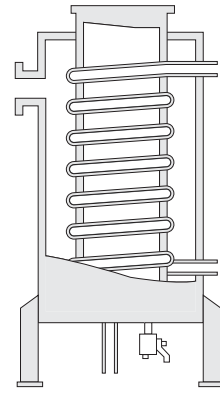


図2 TLV 廃蒸気熱交換機「SR」

ていく所存であり、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す。

・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)