

蒸気システム最適化による省エネとその診断

藤川 雄一*

昨今、企業の環境・省エネルギーに関する状況は目まぐるしく変化し、これらにいかに対応できるかがさらに大きな経営課題となることが予想される。

京都議定書の施行以降、国会閣議決定にて省エネ法の改正が承認（施行：2006年4月1日）されたことは周知の通りである。今後も工場・民生・運輸のあらゆる部門に対して、省エネ法やリサイクル法の運用強化、環境税の導入検討が継続的に審理されるであろう。

このように企業を取り巻く環境変化に対応すべく、

* Yuichi FUJIKAWA：(株)ティエルブイ CES センターシニアコンサルティングエンジニア (Tel. 0794-22-8833)

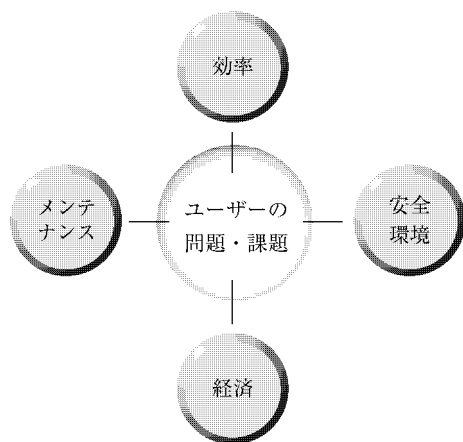


図1 CES Survey

今後、2つの境界（バウンダリ）を超えていくことが求められる。1つは単に生産活動段階だけの環境・省エネ対策ではなく、生産された製品の使用・廃却過程までのライフサイクル全体としての環境・省エネ性を踏まえた物づくりである。

もう1つは、環境対応の国境を超えたスキーム・活動であり、とくにわが国はこの分野において、グローバルな省エネ性のベンチマーク制度導入や発展途上国への省エネ技術援助など、今後の活動ステージは広がるものと予想される。

このような中で、各企業は蒸気システムに何を求めるのであろうか？ この問いに答えるべく、本稿では、現在当社が展開している「CES Survey」（Consulting & Engineering Service）について紹介する。

1. 「CES Survey」

当社は1950年の創業以来、スチームトラップを始めとする各種省エネルギー機器の開発・提供に取り組んできた。第1次オイルショックの時期には、ドレン回収システムを契機として、その診断、設計、施行管理まで含めたトータルエンジニアリングを事業として始め、1986年には、総合的な蒸気プラント診断とその結果に基づくシステムソリューションの提供を理念とする「CES Survey」をスタートさせた（図1）。

「CES Survey」とは、蒸気発生源から蒸気輸送、蒸気使用装置、ドレン・廃熱回収までに至る蒸気プラントの全体を診断し、ユーザーの視点に立った蒸気システムの改善企画立案に始まり、最適スチームシステムの設計から具現化に至る工事・試運転、納入後の効果確認に至るまでをエンジニアリングすることである。

蒸気システム診断といえば、それぞれの分野毎にボイラメーカーや装置メーカーのような専門家が実施することが一般的であったが、真の蒸気システム最適化を図るためには、蒸気プラント全体を見渡したトータルでのバランス構築が必須である。活動を始めて約20年経過した現在の「CES Survey」は、その集大成であり、蒸気プラント全体を広く見渡した上で、効率、安全・環境、経済メンテナンスなど、相反する評価項目を総合的に調査し、各項目の最適バランスを追求しながら、ユーザーにとって真のベストソリューションを選択肢し、時には開発して提供していくものである。

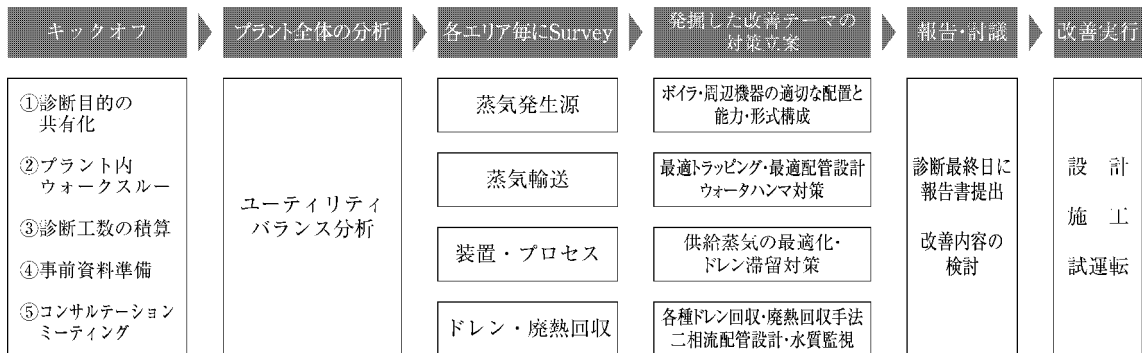


図2 「CES Survey」実践フロー

2. プラントにおける蒸気システムの実態

蒸気は産業界の中心的エネルギーであり、クリーンでかつ安全・経済的といった特性から幅広い分野で熱源として利用されている。この蒸気エネルギーを効率よく、安全に使用することが“蒸気システム最適化”であり、実プラントとのギャップが改善テーマとなる。

蒸気システムは、長年に渡り開発・改善が繰り返され、すでに完成された技術のように考えられることが多いが、実際、現場に目を向けると、従来からいわれている省エネルギーだけでなく、安全や環境面においても多くの課題が残されている。

例えば、生蒸気噴霧装置では、蒸気の乾き度が品質を左右する要因の1つになる。食品工場の蒸し工程では蒸し物の表面に斑点、ゴム工場の加硫工程ではゴムの未加硫部分が発生、リネン工場のスチームアイロンでは衣服にシミが付くなどの不具合が生じる。生産物特有の蒸気乾き度が存在し、決して100%の飽和乾き蒸気が最適ではないといえる。同時に蒸気圧力や温度の安定化も重要な要素であり、生産品質を決定付ける要素を高精度にコントロールすることが重要である。

また、ドレン回収効率を追及した場合においては、単純にボイラへの給水ラインに直接回収する方法が最も高効率であるが、ドレン回収管の圧力上昇によりドレンが排出できず、生産性低下を誘発することも考えられる。

さらに、日本の産業界における蒸気プラントの多くは、建設後、何十年という時を経過し、建設当時の最適化から大きなズレが生じ始めている。

例えば、蒸気配管サイズ1つを見ても、建設当時の最大蒸気負荷に合わせた蒸気配管サイズは、今や

設計時の1/10以下の流量しか流れていないケースも数多く見受けられ、非常にロスが多いプラントへと変貌を遂げている。

蒸気システム最適化の最善策とは、理論的に最高効率と分かっても効率だけを求めたのでは、安全操業・環境リスク、設備の中長期に渡る維持管理を含めたメンテナンスなどを最小に抑え、コストミナマムの実現を実践することである。

3. ベストプラクティス実践フロー

真の蒸気プラント改善のためには、まずその実態を正確に把握し、多面的評価を行わなければならない。「CES Survey」では、10年以上の診断経験を有したコンサルティングエンジニア（エネルギー管理士資格保有）が実際に現場を歩き、ユーザーニーズに耳を傾け、全体のプロセスバランスを主眼に置いた上で、さまざまな視点から改善テーマを発掘していく。

また、診断結果報告書は、診断最終日に提出するため、即、改善に向けた討議を始めることが可能である。図2に「CES Survey」の実践フローを示す。

3-1. キックオフ

「CES Survey」の出発点はユーザーのニーズである。省エネルギー・生産性/品質向上・メンテナンス合理化・環境改善など、ユーザーニーズはさまざまであるが、企業の目指すべき方向性の共通認識が重要であり、真に意味ある診断、アウトプットを導き出す上では欠くことのできないステップである。

3-2. ユーティリティバランス分析

蒸気プラント全体を見渡し、ユーティリティバランスモデルを構築・分析を通じ、全体バランスの再構築を起案する。工場統廃合や設備導入によるユーティリティ需給バランスの変化、多品種生産に伴う

運転条件の多様化など、工場の熱バランスは大きく様変わりしており、実態調査とユーザーとの協議により専用ソフトを用い、バランスシミュレーションフローを作り出し、改善の可能性を評価する。

(1) 蒸気発生圧力、供給圧力の最適化

ボイラでの蒸気圧力は、一般的にボイラメーカーが決定しているケースが多い。ボイラ本体が最適な運転状態で燃焼するための蒸気圧力設定であり、負荷側の最高必要圧力・温度に応じた蒸気圧力設定ではないケースが圧倒的である。このことは各ラインへの供給蒸気圧力に対してもいえ、省エネルギーに反する運転といえる。

(2) 蒸気システム変更時の全体バランス評価

プラント内で無駄になっている未回収ドレン・フラッシュ蒸気などを回収・再利用する場合や、コージェネシステム導入、新プロセス増設などの蒸気システムの改造を計画する場合、その改善前後の熱バランスシミュレーションが不可欠である。局部的改善では大きな効果に結び付かないケースが多い。

3-3. 蒸気発生源

ボイラ単体の蒸気発生効率、ボイラ室全体の給水バランスからプロセスが求める蒸気負荷に応じたボイラ運転を含めた最適蒸気発生システムを提案する。ボイラはその蒸気負荷などにより、ボイラ効率・空気比・排ガス温度・ブロー率は異なってくる。ボイラ理想運転仕様と照らし合わせ、改善が必要なテーマを導く。

(1) 真の蒸気発生効率の把握

一般に言うボイラ効率は、缶体ブローは含まれない。蒸気発生効率という指標（投入エンタルピーに対し、蒸気として有効に利用された正味エンタルピーの比）を用いて真の蒸気発生効率を導き出し、理



写真1 ボイラ診断シーン

想運転仕様と比較し改善手法を提案する。

(2) 排熱・廃液ボイラへの給水システム最適化

さまざまなタイプのボイラを持つプラントにおいては、排ガスの熱を給水との熱交換により回収しているが、その温水を給水タンクにリターンさせることが多い。結果として、温度が低下した水を排熱・廃液ボイラへ供給しているボイラプラントをよく見かける。ボイラ給水システムの再構築は大きな改善テーマとなる。

3-4. 蒸気輸送

求められる乾き度の蒸気を安全かつ安定供給する手法を提案する。また、サーモグラフィなどを用いて蒸気配管などの保温劣化箇所の特定やウォーターハンマ現象に対し、対策立案をする（写真2）。

(1) ウォーターハンマ現象の解消

蒸気輸送配管は単に蒸気を供給するだけでなく、安全に装置へ輸送する役割を持つ。保温施工状態が悪い蒸気配管、無駄に大きな配管サイズ、必要箇所へのスチームトラップ設置、ドレンを溜めるタイプのスチームトラップ設置などが根本原因で、蒸気配管でウォーターハンマは発生する。本事象は、聞き慣れると問題意識が薄れる。

しかし、突然配管の破損を引き起こし、工場の安全操業や特定ラインの停止を余儀なくされ、最悪のケースでは、人命へも影響を及ぼしかねない危険な現象である。ウォーターハンマはその発生メカニズムもさまざまに今だ解明されていない事象の1つである。「CES Survey」では、その現象の確認、発生原因、その対策を立案する。

(2) 適正乾き度の蒸気供給コントロール

前述のように、生産物・装置毎に必要なとされる蒸気の質は異なる。蒸気タービンなどでは過熱蒸気が必要になり、シェル&チューブ型やプレート熱交換器などは100%の乾き蒸気が必要となる。生蒸気使用設備では、その設備にあった乾き度の蒸気供給が必要になる。その見極めが加熱効率、生産性・品質の左右する大きな要因となる。



写真2 サーモ画像イメージ



写真3 真空蒸気加熱・気化冷却システム

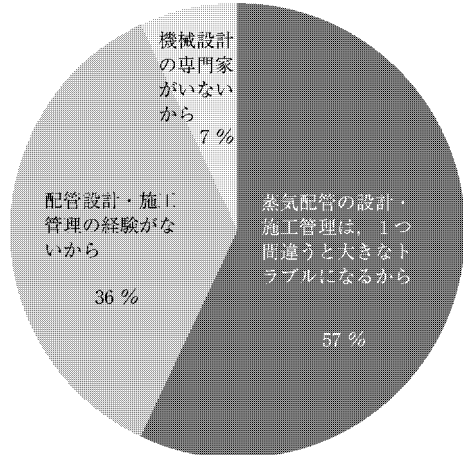


図3 自社での蒸気施行に抵抗感がある理由

3-5. 装置・プロセス

蒸気コントロールの最適化で装置のパフォーマンスを最大化し、熱に起因するトラブルの解消により生産機会損失のリスクを低減する。

(1) ロール回転体乾燥機のシステム最適化

ロール乾燥機は加熱温度が40~200°C以上と求められる温度が幅広い。このためさまざまな熱源が使用され、蒸気の特徴を活かした加熱システムを実現するため、蒸気の循環制御、真空蒸気(100°C以下の蒸気)、ドレン吸引排除など、必要とされる温度帯に応じたシステム構築によりロール表面が均一で安定した加熱を実現し、生産機会損失低減に大きく貢献する。

(2) 反応・晶析・濃縮・乾燥設備の加熱・冷却システム最適化

化学分野で一般的に使用される工程では、さまざまな加熱・冷却源を使いながら必要温度を確保している。熱媒では成し得なかった均一で早い加熱冷却が真空蒸気を用いた加熱・気化冷却システムにより実現する(写真3)。

(3) 金型加熱の最適化

製品接触箇所の温度コントロールを目的とする装置において、直接温度を計測しながらの運転は困難である。蒸気を持つ特性である「圧力=温度」を活かし、供給蒸気圧力制御で温度を安定化させる。また、ドレン滞留防止対策との併用により、均一で安定した加熱を実現する。

3-6. ドレン・排熱回収

プロセスからのドレンを迅速に排除し、生産を妨げることなく高効率なドレン・排熱回収を実現する。

(1) 高い採算性を実現

電気工事が高額になる防爆域でのドレン、回収先まで自圧で返ることのできない低圧ドレン、回収先まで遠距離、水質が悪いなどの再利用方法を採用3年未満のシステム構築を基本に実現する。

(2) 湯気解消を実現

プラント内で発生するドレンのフラッシュ蒸気は、回収しようとする装置側への背圧となり実現が難しい。この湯気も熱量を保有しており、新しい回収方法によりコストダウンを実現する。

(3) 余剰の低圧蒸気の再利用を実現

蒸気はドレンよりも比エンタルピーが大きく、熱回収効果が期待できる。低圧蒸気で利用価値がないケースにおいては、その低圧蒸気を高圧蒸気で加圧吸引し、中圧蒸気をつくり、利用価値ある蒸気圧力へと変換する。

3-7. 報告・討議

「CES Survey」の最終日には、蒸気発生分野からドレン・排熱回収分野に至る診断結果から改善ポテンシャルが高いと判断したテーマを、ユーザーが次のステップへ進めるか否かの検討ができるように定量的に報告する。ユーザーは、その結果を受け、具体的に改善施策を進める上で必要な諸手続きをとる。

3-8. 設計・施工・試運転

多くの省エネコンサルテーションは問題指摘に終わってしまいがちである。蒸気における現場の意識調査では、全体の約4割のユーザーが自社での蒸気配管施工に抵抗感を示す。その理由として、57%ものユーザーが「蒸気配管の設計・施工は、1つ間違えると大きなトラブルになるから」と答えられており、対応するには蒸気について十分な知識が必要である

と考えられている(図3)。さらに、工事を社外に委託された経験を持つユーザーの内、87%の方は工事内容に何らかの懸念、不満を抱かれていることも判明した。以下に現場でよく耳にする不満の声をあげる。

- すべてがコスト優先で安全を考慮しない最低限のスペックで建設
- ユーティリティは軽視され、未経験の若手が担当
- 仕様書通りの施工しかしない
- 担当部分以外は分からない

当社では、有効な改善提案をするだけでなく、「蒸気のことには分からない」と不安を持つユーザーに代わり、長年に渡り構築された技術でニーズを具体化するエンジニアリングを提供する。

4. 蒸気システム最適化への道

「CES Survey」は国内外問わず、石油精製・石

油化学プラントといった蒸気使用量の多い大規模ユーザーを始め、食品・ゴム・化学工場といった中小規模ユーザーでも展開されてきた。当社では「Solution Matrix (ソリューション・マトリックス)」という集積した膨大な改善実績をユーザーの業種・生産物・生産工程という軸と TLV 解決策(製品・サービス)の軸に分類し、ソリューションのベストマッチングを可能にした画期的データベース・システムとして継続的に開発しており、その実績は日々蓄積され、スパイラルアップが図られている。

「環境経営の中でいかにコストダウンを図るか」という論点の中で、今後生き残りをかけ、各企業とも努力していくに違いない。その達成の一助として「より総合的で高度な診断技術」に基づく「蒸気システム最適化」の実績は大きな利益を生むものと考えている。当社は、その答えとして「CES Survey」を提唱し、蒸気システム最適化への道を切り開きたいと考えている。

書評

事故から学ぶ技術者倫理

中村 昌允 著 A5判・並製・200頁

定価 2,100 円/工業調査会

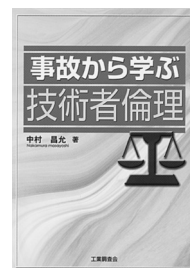
技術者が社会に対してどのように行動すべきか。この問題は、技術に関する事柄に関わるマネジメントの問題でもある。本書は、著者の経験に基づき、真摯な態度でかなりの労力を費やして書かれたものであり、読者にとっても頭が下がる思いのする力作であろう。

数年前から工学教育に技術者倫理が科目の1つとして取り入れられ、関連する図書も数冊発行されているが、この本は色々な捉え方ができる話題豊富なものである。特徴として、

分かりやすく丁寧にしかも1つひとつがコンパクトにまとめられていること、著者の見解が明確で、説得力があること、などがあげられる。扱われている事例は、新聞などを通して身近なものも多く含まれ、事例を通して学ぶべき事柄や、技術者が日頃からどのような行動をとるべきか、参考になる教訓が示されており、時間をかけなくても、重要なことが理解できる工夫がなされている。ぜひとも熟読を期待したいものである。これによって、テクニク重視の

感が強いプレゼンテーションについて、技術に裏付けられた内容で、誠意を持って訴えることの大切さなどを学ぶこともできよう。現場の技術者が一度は目にしておくべき図書の1つである。

(プロジェクトマネジメント資格認定センター理事 梅田富雄)



【問合せ】
工業調査会
販売部

Tel. 03-3817-4706
Fax. 03-3817-4709