

蒸気システム総合診断 (CES Survey) と診断事例

ティエルブイインターナショナル(株)

林 数 郎

CES Survey; A Comprehensive Survey for Plant Steam Systems with Case Studies

by Kazuo Hayashi

当社の『蒸気システム総合診断 (CES Survey) による省エネサービス』が、「2019年度省エネ大賞 (製品・ビジネスモデル部門)」の省エネルギーセンター会長賞を受賞した。ここでは、この『蒸気システム総合診断 (CES Survey) による省エネサービス』の内容と、実際の診断内容の一部を紹介する。

キーワード：蒸気システム、総合診断、現場診断、診断事例、ボイラーブローダウン、フラッシュ蒸気、ドレン滞留解消、スチームコンプレッサ、エジェクタ

1. 開発の背景

蒸気システムは、プラントを高い安全性・信頼性・生産性を維持して運転する上で欠くことのできないものである。しかし、実際には生産プロセスに比較して蒸気システムは軽視されることが多い。

例えば、プラントを改造または増設する際、生産プロセスについては細心の注意をもって設計されるが、蒸気システムについては、既設の配管を延長するだけなど、場当たりに施工される傾向がある。

その結果、たとえ工場建設当初に最適化されていた蒸気システムであっても、長い年月の後になると、プロセスの現状にそぐわない蒸気システムになっていることが多い。

当社では、長年多くの蒸気システムのトラブルを解決してきた経験から、トラブル発生箇所だけではなく、蒸気システム全体の総合的な診断の必要性を痛感し、ご理解いただいたユーザーの協力を得て、蒸気システム総合診断 (以下、CES Survey) を開発した。CESとは、Consulting・Engineering・Servicesの略であり、ユーザーの目の要求にこたえるだけでなく、その背後に潜む、ユーザー自身も気づかない課題にも着目し

て、本当の意味で最適なソリューションを提供する活動を表している。

2. 開発の経緯

蒸気システムの最適化というと、まず頭に浮かぶのは省エネであるが、それだけでは不十分である。評価項目として、ウォータハンマの発生などの安全性、加熱効率の低下などの生産性、メンテナンスの難しさなどの保全性、環境への影響などを総合的に調査し、各項目の最適バランスを追求する必要がある。

従来、機器仕様や各種測定データを使った部分的なエネルギー診断はあったが、大規模工場において、すべての蒸気使用設備の現場診断を含んだ、工場全体の総合的なエネルギー診断というものは存在しなかった。そこで弊社は、蒸気システム総合診断として2002年よりCES Surveyの開発を始め、2005年に市場導入した。

これまで、国内外の石油精製・石油化学のプラントで49件、食品・ゴム・化学工場など一般プラントで85件、合計134件の実績がある。

3. 蒸気システム総合診断 (CES Survey) の特長

診断の対象は、プラント内の蒸気に関わる設備

すべてである。仕様書や図面、DCS (Distributed Control System: 分散制御システム) の画面やデータを調べるだけでなく、実際に現場をコンサルティングエンジニアが歩いて、設備の実態を正確に把握し、多面的評価を行い、プロセスの効率・安全性・省エネ性を高めるアイデアを提案・実行支援する。2～3週間で診断し、結果と改善案は診断最終日に報告する。報告内容は以下の項目となる。

①プラント全体の省エネルギーポテンシャル

各蒸気使用設備の改善、蒸気ラインの圧力の見直しなど数十の提案を作成し、それらをどう組み合わせれば、プラント全体としてどれだけの省エネルギーを実現できるかを、投資採算性も含めて報告する。

②蒸気と電気のバランス分析結果

発電タービンで使用している蒸気と、高圧蒸気から低圧蒸気への減圧減温ステーションの運転状況などを調査し、現在の熱エネルギーと電気エネルギーのバランスの把握と、その改善策の報告をする。

③個別の改善案の詳細

数十の提案のひとつひとつについて、なるべく現場オペレータも同席いただいて説明、報告する。これによってマネジメント層だけではなく、現場オペレータの理解も得て、両者間の情報共有を図り、ミスマコミュニケーションを防ぐ。

4. 診断のステップ

実際の診断は対象工場の規模にもよるが、3～9名程度のコンサルティングエンジニアが2～3週間程度で行うことが多い。診断に入るコンサルティングエンジニアは、全員エネルギー管理士の資格を持っている。診断費用は、規模に応じて数百万円から3千万円程度である。しかし、規模に関わらず診断のステップは決まっている。そのステップを図1に示す。

(1) ヒアリング・現場診断

事前に、プラント内の蒸気に関わるすべての設備の資料と、蒸気システム全体の資料(系統図、サイズ、圧力、流量など)をユーザーから入手して、各設備の診断フォームを作成しておく。診断

初日に、それらの資料に基づき、各設備と蒸気システムの現状をユーザーから説明していただく。

引き続き、蒸気使用設備すべてを現場で診断し、事前の情報と照らし合わせて問題点を洗い出す。また、プラント全体の熱エネルギーと電気エネルギーのバランスを調べ、改善点のポイントを絞り込む。

(2) 改善提案

設備ごとの改善提案、全体バランスを見た改善提案を順次作り込んでいき、それらを組み合わせたときのバランスをシミュレートして、最適なソリューションを作り上げる。ユーザーにそれらの提案を説明し、実施のためのサポートを行う。

(3) エンジニアリング

改善提案を実施するにあたり工事等が必要な場合は、二相流や熱膨張など蒸気特有の問題を考慮し、安全なシステムを設計・施工する。

(4) 効果確認・運用

導入後の効果確認をし、運用を続けるサポートをする。

5. 投資採算性

改善提案は投資採算性を考慮して立案しており、大型投資の不必要なものを優先している。過去134件の診断実績では、投資回収期間が2年以内のものが69%を占め、投資の不要なもの(設定変更や弁操作だけの改善提案)も27%あるので、診断中に即採用になる提案も多々ある。

6. 診断に用いるツール

CES Surveyでは、さまざまな現場や状況に対応するため、多くの診断ツールを使用する。熱画像診断器(サーモビジョン)、超音波リーク診断器、表面温度/超音波測定器、放射温度計など、ハードの診断器だけではなく、エネルギーの全体バランスを確認するための解析ソフト“Steam System Balance Simulator”を自社開発した。このソフトにより、熱エネルギーと電気エネルギーのバランスを計算して、自家発電と買電の最適な割合を算出できる。また個々の機器において、蒸気駆動タービンとモータのどちらを使う方が工場全体のエネルギー効率が高くなるか計算できる。

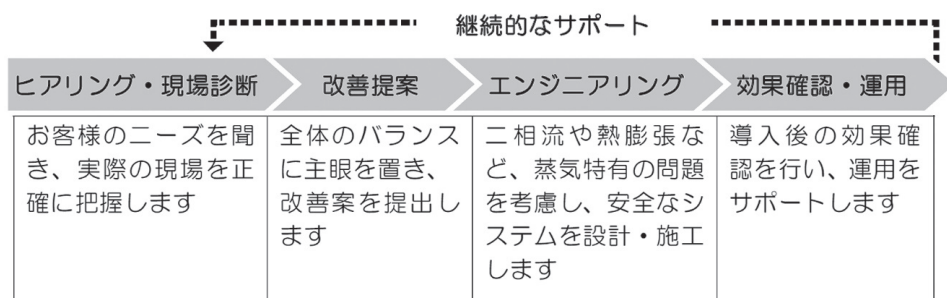


図1 CES Survey診断のステップ

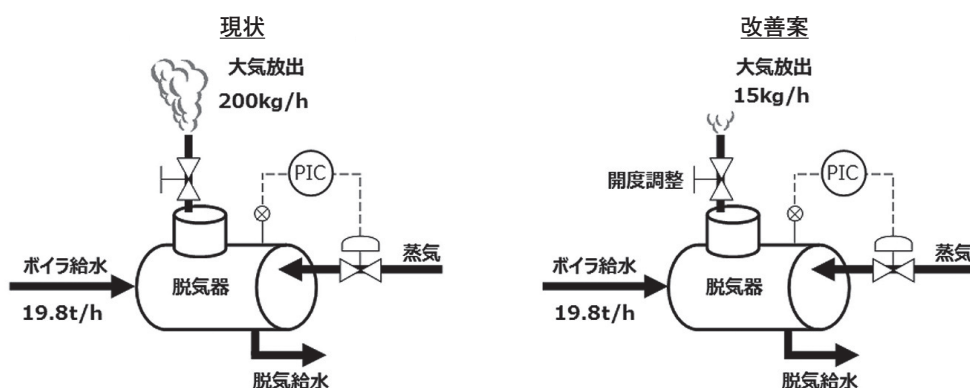


図2 脱気器ベント蒸気の削減

さらに、複数の改善提案を実施した場合のエネルギーバランスをシミュレートし、提案の優先順位の判断を明確にできる。診断後、診断時とプラント条件が変わった場合のシミュレーションも可能で、将来プラントを改造する計画が立ち上がった場合にも、その改造によるエネルギーバランスの変化を予測することもできる。

7. 提案の具体例

以下に紹介するのは、蒸気発生量250t/hの化学工場でのCES Surveyの内容の一部である。

ここでは75テーマ、蒸気削減量10.5t/hの改善提案を作成した。このうち、28テーマがユーザーにて実施され、4.0t/hの蒸気使用量削減が実現した。この時の具体的なテーマについていくつか説明する。

(1) 脱気器ベント蒸気の削減（図2）

まず、投資の不要な提案、すなわち設定変更や弁操作だけの改善提案を紹介する。

ボイラー給水用の脱気器は、蒸気を吹き込んで

ボイラー給水を沸騰させることで、内部に溶け込んでいる酸素を大気に放出するための装置である。しかしその際、酸素とともに蒸気の一部も大気に放出されてしまう。その放出された蒸気は無駄になるので、最適少量に調整されなければならない。

放出量の調整はオリフィスや絞り弁開度で行うが、脱気するボイラー給水量が工場建設時と大きく違って、それに合わせて再調整されることがなく、必要量の十倍以上の蒸気が放出されていることがある。通常この放出蒸気には流量計がついていないため、この無駄に気付いていないことが多い。現場診断で絞り弁開度を確認し、過剰な場合は再調整することで大きな省エネになる。

(2) ボイラーブローダウンのフラッシュ蒸気利用（図3）

診断時に、既にボイラーのブローダウンのフラッシュ蒸気を回収する設備が設置済であったが、稼働していなかった。当初の設計では1.3MPa（ゲージ圧力）の蒸気ラインに回収する予定だった。

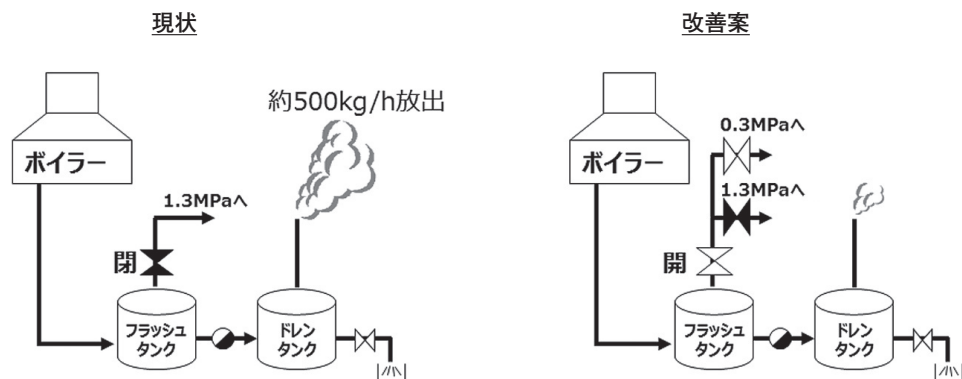


図3 ボイラーブロードアウンのフラッシュ利用

たが、実際に稼働してみると、設計時とは熱エネルギーバランスが違い、フラッシュタンクの圧力が1.3MPaに達しなかったため、設備が稼働できなかった。その結果、フラッシュタンクのフラッシュ蒸気は1.3MPaの蒸気ラインに回収することができず、そのエネルギーはドレンとしてスチームトラップから排出されていた。ドレンが流入したドレンタンクからは、500kg/h以上の蒸気が大気に放出されていた。

一方、この工場には0.3MPaの蒸気ラインもあった。そこでフラッシュタンクに、既設の1.3MPaのフラッシュ蒸気ラインとは別に、0.3MPa蒸気ラインにフラッシュ蒸気を回収できる新たなフラッシュ蒸気配管を新設した。

試運転の結果、フラッシュ蒸気は正常に回収され、1380万円/年の省エネになった。

(3) リボイラー内のドレン滞留解消 (図4)

ある蒸留塔のリボイラーは、製品温度を蒸気圧力で制御するシステムを採用していた。しかし実際には、設備の仕様を大きく下回る負荷で運転していたため、リボイラー内の蒸気圧力が設計値よりも低下していた。その圧力がドレン回収背圧をも下回っていたため、スチームトラップの前後差圧が取れず、ドレンが排出できていなかった。その結果、リボイラー内にドレンが滞留しており、リボイラーの表面温度が上部で90℃、下部で30℃になっていた。製品温度が安定しないため、現場ではスチームトラップのバイパス弁を開弁するなどして対応していた。

リボイラー内でのドレン滞留は、ウォータハンマの原因となるだけではなく、熱サイクルにより設備の寿命を大幅に縮める。このドレン滞留を解消するためには、ポンプを設置して強制的にドレンを排出する必要があるが、現場は防爆エリアのため、電気を使ったポンプの設置には高いコストがかかる。そこでメカニカルポンプを導入した。メカニカルポンプとは、蒸気ドレンを重力により本体内に受け入れ、水位が上昇すると機械的に内部のバルブを切り替えて、高压の蒸気で内部にたまったドレンを押し出す、電気を使わずに蒸気圧力でドレンを圧送するポンプである。

この対策により、リボイラー内のドレン滞留は解消し、ウォータハンマのリスクを取り除くとともに、リボイラーの寿命短縮を防ぐことができた。この提案は省エネ目的ではなく、工場の安全性向上の提案である。

(4) フラッシュ蒸気を昇圧して隣のプラントで再利用 (図5)

あるリボイラーのドレンがドレンタンクに排出され、約800kg/hのフラッシュ蒸気を大気に放散していた。そのプラントに低压蒸気の利用設備はなく、フラッシュ蒸気の回収先がなかった。

しかし、工場全体を診断したところ、20mほど離れた隣のプラントには0.8MPaの蒸気を0.25MPaに減圧して使っているタワーがあった。この程度の距離であれば、配管工事をしても投資採算年数は十分許容範囲内である。さらに、減圧前の0.8MPa蒸気を使ってスチームコンプレッサ

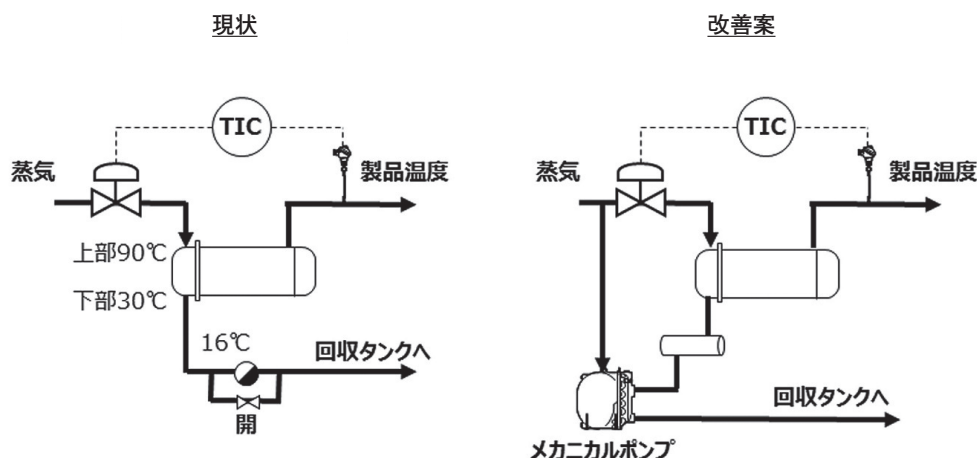


図4 リボイラー内のドレン滞留解消

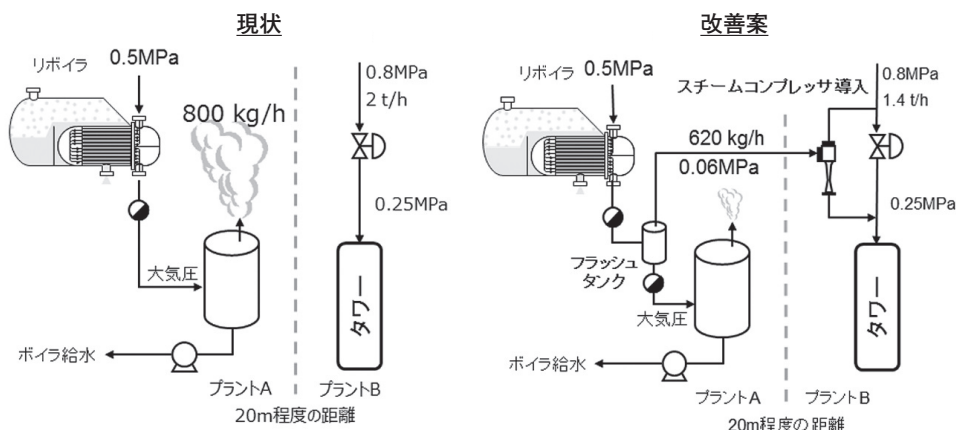


図5 フラッシュ蒸気を昇圧して隣のプラントで再利用

(エジェクタ) を駆動することで、より低圧の蒸気までフラッシュ蒸気として回収することができる。結果として、0.06MPa、620kg/hのフラッシュ蒸気を、0.25MPa蒸気を使用するタワーに再利用することができた。

8. まとめ

「2019年度省エネ大賞（製品・ビジネスモデル部門）」の省エネルギーセンター会長賞を受賞した、当社の『蒸気システム総合診断 (CES Survey) による省エネサービス』の内容をご紹介します。

プロセスに比べて、設計／運転両面で軽視され

がちな蒸気システムを、プラントを高い安全性・信頼性・生産性を維持して運転する上で不可欠なアセットとしてとらえ、総合的に診断することで、現状のプロセス状態にそぐわない構成になっている蒸気システムを、最適なものに作り替えることができる。この仕組みがCES Surveyである。

従来の蒸気システムの診断は、省エネが主なテーマだったが、ここで紹介したようにCES Surveyでは、安全性向上、生産性向上など、省エネ以外の面での改善テーマも増やしている。

現在も、メンテナンスの経済性を評価する新たなリスクマネジメントの観点も加えるなど、CES Surveyは進化を続けている。