

◇ 特集：計測、画像処理 ◇

蒸気システム総合診断（CES® Survey）と診断事例

恩田 英*

1. はじめに

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うえで蒸気システムは欠くことのできないものである。しかし、プラント建設当初に最適化されていた蒸気システムであっても、長い年月を経ると、生産現場の現状にそぐわないものとなっていることが多い。

蒸気システム全体の総合的な診断の必要性を痛感し、ご理解いただいたお客様のご協力を得て、当社では蒸気システム総合診断（以下、CES® Survey）を開発した。

このCES® Surveyは、これまで、国内外の石油精製・石油化学・食品・ゴム・化学工場などで実績がある。

2. 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。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、生産現場の効率・安全性・省エネルギー性を高めるアイデアを提案・実行支援する。結果と改善案は診断最終日に以下の項目を報告する。

① プラント全体の省エネルギーポテンシャル

蒸気使用設備の改善提案を数十作成し、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省エネルギーを実現できるのかを、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

発電用蒸気タービンで使用している蒸気と、高圧の過熱蒸気を低圧の熱源用飽和蒸気へ減圧減温するステーションの運転状況などを調査し、現場で使用している蒸気圧力や温度などから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 個別の省エネルギー改善案の詳細

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し、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 リスク箇所のピックアップと改善効果

蒸気使用の原理原則に照らし合わせて、現状では問題が無くても近い将来に問題が発生しうる箇所については安全性・信頼性テーマとしてピックアップして報告する。特に重要な箇所について、問題発生確率と発生した場合の損害から改善効果を定量化する。

3. CES Surveyとその後のステップ（図1）

(1) ヒアリング・現場診断

お客様の目指す方向性やプラント全体の問題課題、目標数値を診断前に明確にし、診断の方向性を決定する。そのうえで、プラント内の蒸気に関わるすべての設備の資料（系統図、サイズ、圧力、流量など）をお客様から入手する。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お客様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。お客様にそれらの提案を説明し、実施のためのサポートを行う。

*（株）ティエルビー

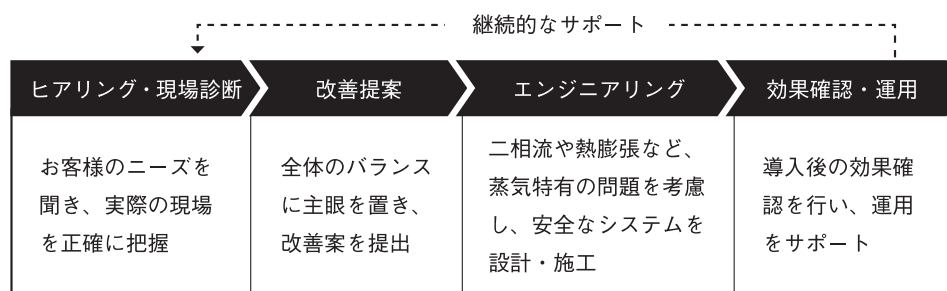


図1 CES® Surveyによる改善のステップ

(3) エンジニアリング

改善提案を実施するにあたり工事などが必要な場合は、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。

4. 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、大型投資を伴わないものを優先している。過去の診断実績では、投資回収期間が2年以内のものが69%を占め、投資が全く不要なもの（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。

5. 診断に用いるツール

CES® Surveyでは、多くの診断ツールを使用する。診断器は、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

度計などを現場状況に応じて使い分ける。分析ツールとしてエネルギーの全体バランス解析ソフト“Steam System Balance Simulator”、リスク定量化のための解析ソフト“Steam System Risk Mitigation”を自社開発した。

“Steam System Balance Simulator”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、提案の優先順位を明確にできる。“Steam System Risk Mitigation”は、米国石油協会API 580/581のRBI（Risk- Based Inspection）コンセプトに準拠し、蒸気システムを資産すなわちアセットとしてとらえて、そのアセットの故障発生確率と損失額を計算しリスク改善を実施した際のメリットを定量化することができる。

6. 提案の診断事例

(1) 脱気器バント蒸気の削減（図2）

まず、投資が不要な事例を紹介する。ボイラー給水用の脱気器は、蒸気を吹き込んで水を沸騰させることで、水中に溶け込んでいる酸素などのガスを大

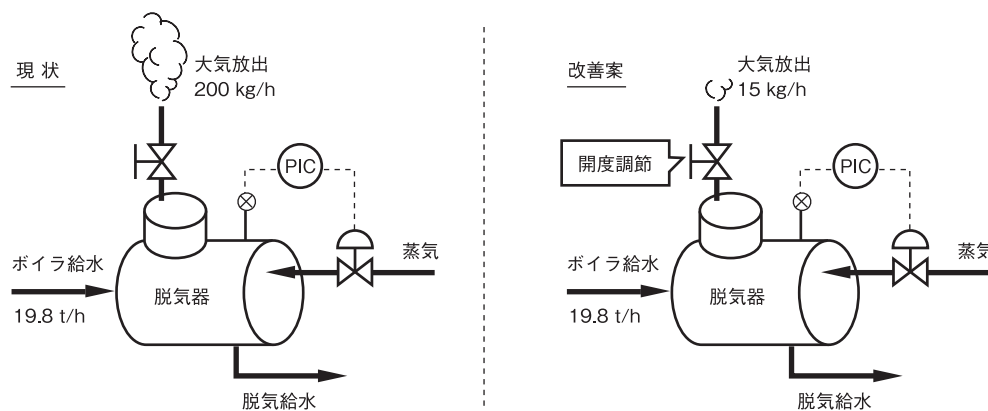


図2 脱気器バント蒸気の削減

気に放出(=ベント)するための装置である。その際、ガスとともに蒸気の一部も大気に放出されてしまう。

通常この放出蒸気は流量計で計測しないため、必要量以上の蒸気が放出されていても気付いていないことが多い。現場診断で絞りの開度を確認し、過剰な場合は再調整することで大きな省エネルギー効果を得られることになる。

(2) ボイラーブローダウンの廃熱利用 (図3)

次に、投資を伴ったが、大きなメリットが得られた事例を紹介する。従来よりボイラーのブローダウンからフラッシュ蒸気を回収する設備が設置されていたが、活用できていなかった。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が、実際に運転してみると、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、設備を稼働させることができなかった。その結果、フラッシュタンクから発生するはずのフラッシュ蒸気は1.3MPaの

蒸気ラインに回収されず、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。ドレンが流入するドレンタンクからは、500kg/h以上の蒸気が使用されることなく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。そこで既設のフラッシュタンクを活用して、1.3MPaのフラッシュ蒸気ラインは使用せずに、0.3MPa蒸気ラインにフラッシュ蒸気を回収するための配管を新たに敷設した。試運転の結果、フラッシュ蒸気は正常に回収され、1,000万円/年のコスト低減と省エネルギーになった。

(3) 熱交換器ドレン滞留解消 (図4)

続いてリスク低減ができた事例を紹介する。ある熱交換器では、蒸気供給口と蒸気凝縮ドレン排出口に温度差があり、大きなウォーターハンマーが常時発生していた。熱画像診断器にて温度分布を調べたところ、熱交換器内部にドレン滞留が確認された。熱交換器の内部のドレン滞留は、ウォーターハンマ

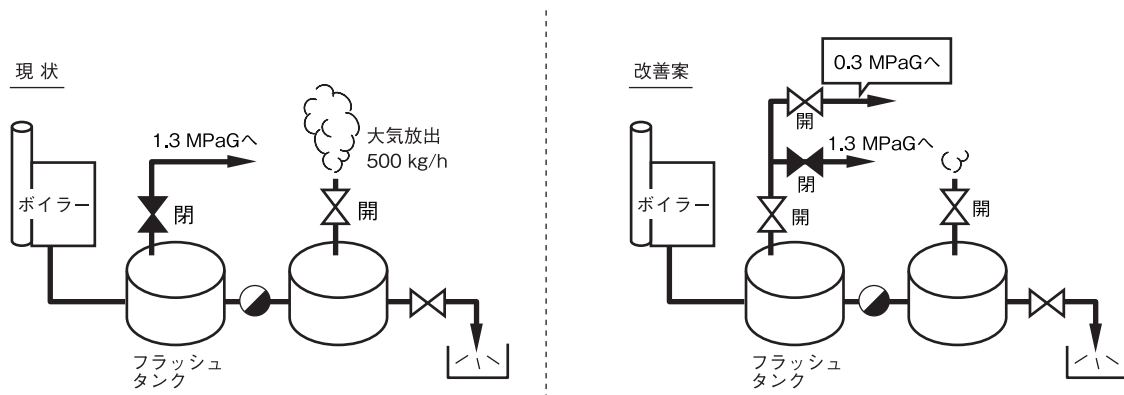


図3 ボイラーブローダウンのフラッシュ利用

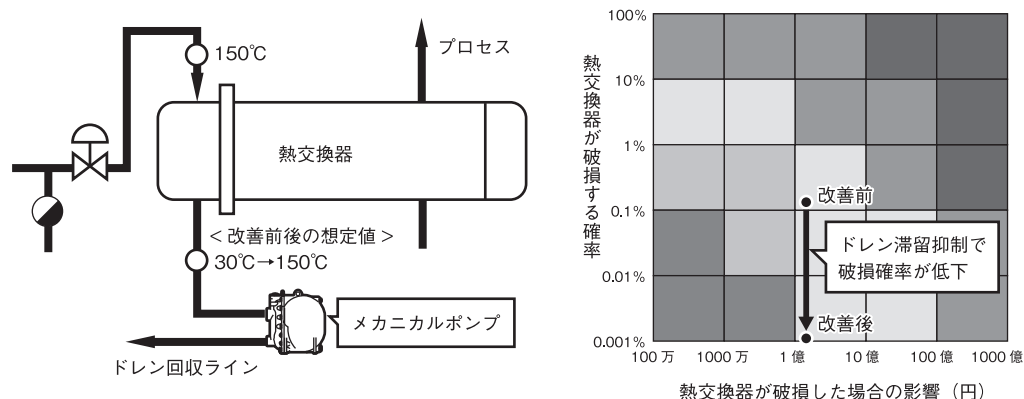


図4 ウォーターハンマー対策とリスク評価

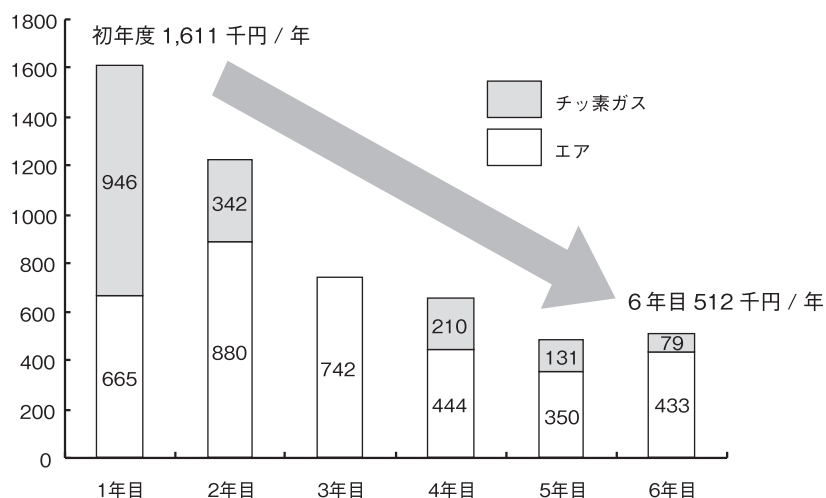


図5 ガスリーク量

ーによる破損、ヒートサイクルによって設備寿命を大幅に縮める原因となる。

この熱交換器では、蒸気圧力がドレン回収圧力を下回る状態で運用されており、圧力差によるドレンの排出が見込めないため、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。防爆エリアでは電気を使ったポンプの設置には大きなコストがかかるため、メカニカルポンプを提案した。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、高圧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。

この提案による効果は、熱交換器の破損によるプラント停止リスクを低減させると考えることができる。今後5年間のリスク削減効果を解析ソフト“Steam System Risk Mitigation”で求めると40,000千円となり、高い優先順位で取り組むべき課題ということが明らかになった。

(4) ガスリーク (図5)

最後は超音波ガスリーク診断器による蒸気、圧縮エア、窒素等のガスリーク点検事例を紹介する。この診断器は気体が小さい穴を通過する際に発生する超音波を拾い、離れた場所から、また周囲の騒音が大きい場所でも点検が可能である。併せて、リーク量の推定も行う。よって、運転中に広範囲な配管を効率的に点検することが可能である。

あるプラントでは、毎年ガスリーク対策が上がる

が、時間と人手がかかり着手できず放置されていた。超音波ガスリーク診断器による診断によって初年度1,611千円/年のロスが発見された。その後も毎年診断および修理の継続によって、5年目まで毎年ロスを低減し、6年目からは低減した状態を維持できた。その結果、初年度と比較して68%のロス削減に成功した。

7. おわりに

蒸気システム総合診断 (CES® Survey) による省エネルギーおよびプラント信頼性向上サービスの内容をご紹介した。

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、現状の生産現場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、省エネルギー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・信頼性向上など、省エネルギー以外の面での改善テーマも増やし進化を続けている。

*CESは(株)ティエルブイの登録商標です。