

# エネルギーロス削減に貢献する検査技術

Inspection technology to achieve energy loss reduction

(有)ティティエス 横野 智明

## 1. はじめに

過去より、エネルギーロス削減に向け国内各企業は活動され、プラント運営の効率化をはかれてきたが、2020年に「2050年カーボンニュートラル宣言」が出されて以降、その動きはより一層強まっている。しかし一方で、過去からの活動で対策はやりつくした感があり、テーマが見つからないという声も聞こえている。

エネルギーロスは様々な形があり、直接エネルギーをロス・放出しているものや、装置トラブルにより突発停止している間の熱ロスといった間接的なものなどがあり、様々な観点でエネルギーロスの削減が可能になる。

本稿では、特に製造業など生産活動の中で発生するエネルギーロスを削減するための検査・診断技術を幅広く紹介する。

## 2. エネルギーロス削減に向けた検査・診断技術

### 2.1 直接のエネルギーロスを削減

最もわかりやすいエネルギーロス削減は、漏れや放出すべきでない箇所からのロスを見つけて出し、それを止めることである。例えば水道配管から水が漏れているなど、目で見えるものは直ぐに対策がとられるが、直接見えないものは

気づかず放置されることが多い。今回は、目に直接見えないロスの検出技術をいくつか紹介する。

#### 2.1.1 エア・ガスリーク診断

(ソニックマンサーベイ)

##### (1) エア・ガスリーク検出における課題

様々な業界の生産活動において、圧縮エアやその他ガス体が多く使用されている。それらは、発生／貯蔵源から配管などで工場全体に移送され各所で使用されている。移送途中には、バルブやフランジ・ユニオンなどの継手が多数あり、施工ミスや経年劣化により、それら部品からのリークが発生しロスにつながっている。リーク箇所の発見には、一般的にはリーク音を耳で探す五感点検や、石鹼水を配管部材に塗布して確認する発泡検査などがあるが、五感点検の場合は、装置稼働中の騒音によりリーク音がかき消され発見が困難であり、発泡検査では、工場内の高所や立ち入りが難しい箇所を含め縦横無尽に張り巡らされている配管全てを網羅することが難しいなどの課題がある。

##### (2) ソニックマンサーベイ技術

圧力を持ったガス体は狭所を通過して低圧雰囲気に出る際に超音波が発生する。ソニックマンは、その超音波を指向性の強いマイクでキャッチすることで、ガス体の漏れ箇所を特定する（第1図）。そのため、五感や発泡検査と異



第1図 漏れ検出イメージ

なり、騒音の大きい稼働中の工場内や高所に施工されているような配管でも、気体の種類を問わず非接触で短時間に広範囲の漏れ箇所を発見できる。また漏れ量を定量化できるため、具体的な損失金額も分かり、対策の優先度をつけることが可能となる。

### (3) 適用事例

自動車車体工場を3日間で診断。302ヶ所の圧縮エアの漏れを検出。リーク量から優先度を設定し、全体の90%の箇所を修理。結果、流量計数値で613Nm<sup>3</sup>/hの使用量削減を確認。

## 2.1.2 フレアロス診断

### (1) フレアロス検出における課題

石油精製・石油化学プラントやガス処理施設などでは、製造の過程で出る余剰ガスを無害化するためにフレアスタックが設置されており、各装置からバルブや安全弁などを介して配管が接続されている。定修前後のバルブ操作不備(締め忘れや締めそこない)やバルブ経年劣化によりバルブが内部リークを発生すると、意図しない量の生産物がフレアスタックに流出・燃焼され大きなロスにつながる。またその際、フレアスタックの炎が通常より大きくなると、近隣住民からの苦情も発生する。そのため、五感での日常管理や、さらに炎が大きくなると原因特定に運転員が走り回ることになるが、管理対象数が多く、また五感による点検では半数以上のバルブで、

① 流体の温度が外気温と同等で1次側と2

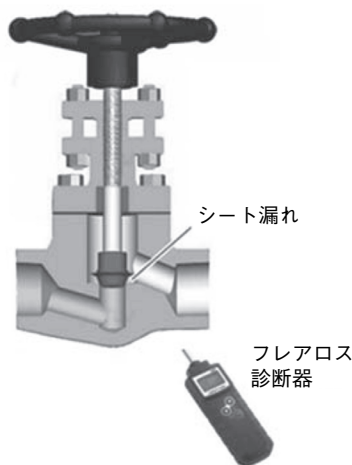
次側で温度差がつかない。

- ② 周囲の外乱ノイズが大きいため聞き分けられない。
- ③ 2次側のバルブ直近で霜や結露が発生しないと気付くことができない。
- ④ インサルコートやロックウールでカバーされていて中の状況がわからない。

といった課題が存在する。

### (2) フレアロス診断技術

専用診断器により、内部リークが発生した時に発生する人の聴覚では聞き分けることのできない超音波を検出する(第2図)。流体組成の状態を問わず、液体・気体のいずれの特定も可能である。また、超音波だけでなく配管の表面温度も測定し、超音波と表面温度を組み合わせた判定ロジックにより精度を向上させている。



第2図 フレアロス診断イメージ

### (3) フレアロス診断技術導入ユーザー評価

フレアロス診断を実際に導入されたユーザーからは、

- 周辺にノイズがある中で、熟練オペレータが特定できなかった漏れを発見し驚いた。
- 日常パトロールで管理できていると思っていたが、漏れ判定が出た。調査したところ、実際に漏れていることが確認された。パトロールで見つけられるものには限界がある

と感じた。

- バルブの内部漏れによって通常はフレアに流体が流れるが、バイパスに接続していたフレキホースに流体が流れ込み知らぬ間に大気放出していた。可燃性ガスのため爆発の恐れもあったので、特定していただき助かった。

などのコメントをいただいている。

### 2.1.3 スチームトラップ診断

(トラップマンサーベイ)

#### (1) スチームトラップ診断における課題

スチームトラップは蒸気を漏らさず、装置内のドレンを速やかに排出する重要な機器である。スチームトラップが詰まり不良になると、装置の加熱効率が低下あるいはドレン滞留によりウォーターハンマーが発生し、装置トラブルにつながることもある。蒸気漏れ不良の場合はエネルギーロスとなるが、プラントには、数百から数万個のスチームトラップが設置されており、積算すると膨大なエネルギーロスにつながっている場合がある。スチームトラップを正常な状態で維持管理するためには、スチームトラップの作動状況を点検・メンテナンスする必要があるが、プラントには様々な種類のスチームトラップが存在し、かつスチームトラップが設置されている装置の特性も様々あるため、作動の判定には経験を要する。スチームトラップ出口側配管がドレン回収管に接続されていて目視確認ができない場合は、さらにその診断を難しくする。また、数が多いことも管理を難しくしている。

#### (2) スチームトラップ診断

(トラップマンサーベイ) 技術

超音波と温度と実験データに基づいてトラップ精密診断器(写真1)がスチームトラップの良否判定を行う。

漏れ判定においては蒸気漏洩量を推定する。国内外3,000種以上に及ぶスチームトラップの10万件以上の実験データに基づいて判定してい



写真1 トラップ精密診断器と診断風景

るため、あらゆるスチームトラップの信頼性ある診断結果を得ることができる。また、診断器は、世界的にも著名な公認検査機関による客観的な評価を受けており、さらに専門のトレーニングを受け、社内試験で技量を認定された専門の診断員が診断作業を行うため、マンパワーの問題も解決できる。

#### (3) スチームトラップ管理による

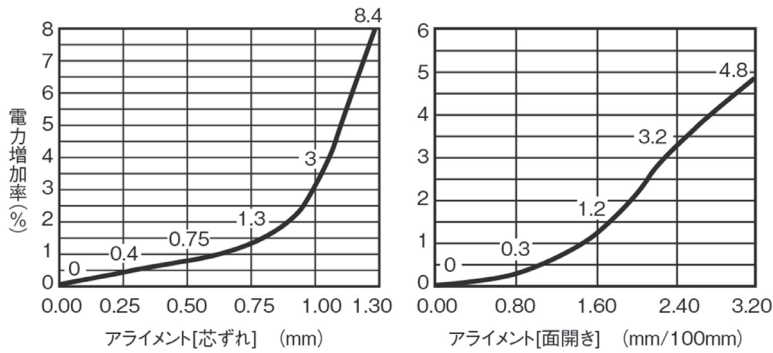
エネルギー削減ポテンシャル

様々な業種の工場で稼働しているスチームトラップ35万台の過去の診断結果を確認すると、蒸気漏れ不良は15.1%であった。また、同時にバイパスバルブからの蒸気漏れも多く確認されている。それぞれの平均蒸気ロス量から、仮に300台の稼働スチームトラップが設置されている場合のエネルギーロス量をシミュレーションすると、年間の蒸気ロスは1,162tにもおよび、スチームトラップを管理し、正常な状態を維持することは、大きなメリットがあることが理解できる。

## 2.2 装置を効率よく使って

エネルギーロスを削減

装置の運転効率を上げることもエネルギーロス削減につながる。工場の中で、多く使われている設備の一つにポンプなどの回転機がある。特に、流体を扱っている工場では台数が多く、電気エネルギー消費量の多くを占めているため、少しでも効率を上げることができれば、大きなエネルギーロスにつながる。今回は、測定・メンテナンスにより、エネルギーロスを削減できる技術を紹介する。



第3図 アライメントによる電力増加率

### 2.2.1 レーザーアライメント技術

#### (1) 回転機シャフトアライメントにおける課題

回転機のシャフトアライメントは、回転機整備の仕上げ作業として整備工程の最後に実施され、品質が回転機の寿命やMTBFに大きく影響するため非常に重要な作業である。また、今回のテーマであるエネルギーロスという点に着目すると、アライメントのずれが大きくなると回転機消費電力が増大することが確認されている(第3図)。

第3図のデータを元に、ポンプ265台設置されている工場でのシャフトアライメント精度向上による省電力量をシミュレーションすると、その効果は、年8,130千円にもおよぶ(第4図)。



第4図 消費電力シミュレーション

しかしながら現実には、アライメント作業の技能伝承の難しさから、近年の若手作業員によるアライメント作業の品質低下が浮き彫りとなっ

ており、技術導入により、改善することが余儀なくされている。

#### (2) レーザーシャフトアライメント技術

レーザーアライメントシステムは、芯出し作業を効率的にかつ経験が少なくても実施できるように開発された。1980年代に初めて市場に登場したが、それから30年以上が経過し、精度・操作性共に大幅に改良されてきている。システムは、レーザー発射器、レシーバー、ブラケット(取り付け治具)、コントロールユニットなどで構成されている。最新モデルはタッチパネル方式となっており、これまでのレーザーアライメントシステムと比較し、より直感的に操作できるように改良されている。

レーザー発射器とレシーバーの距離は10mまで離れても測定が可能であるため、面間距離が長い場合でも治具などの撓みがなく、高精度の計測が可能となる。必要な修正量も自動計算され、修正作業時の設備の移動量をリアルタイムにモニタリングすることができるため、経験の少ない若手でも高精度のアライメントが短時間で可能となる。

### 2.3 トラブル防止によるエネルギーロス削減

トラブル防止によってもエネルギーロス削減は可能である。例えば、連続運転プラントでは、プラントの突発停止が発生すると、設備停止中のエネルギーロス発生や、装置を再稼働させる



### ③ タンク底板

タンク内部にゴムライニングなどが施工されていても、PECによりライニング上から底板の健全性を評価できる。アニュラー部については、タンク外部から検査できる薄型のプローブも用意されている（写真3）。



写真3 アニュラー用プローブ

### ④ 海水埋設配管

配管内部にモルタルライニングなどが施工されており、長距離埋設されている場合が多い。大径の海水配管において、配管開放時に配管内部に入り、PECにより内部のモルタルライニングを剥離することなく配管の健全性を確認するという活用方法がある。

#### 2.3.2 ガイド波配管検査技術

##### (1) ガイド波検査技術の概要

1ヶ所から長距離の配管内外面の全面検査ができるスクリーニング技術である。センサを配管に設置し、ガイド波と呼ばれる特殊な超音波を配管に伝搬させ検査する。状態の良い配管では数十mから数百mも伝搬する。送受信を兼ねたセンサから入射したガイド波が配管の内外面を連続的に伝わり、減肉箇所など配管の不連続部分が存在すると、一部のエネルギーが反射して戻ってくる。その信号をセンサで捉え、異常箇所（センサーからの距離）を特定する。また、反射波のモードから、信号が配管構造物からの

反射であるか減肉箇所からの反射であるか判断が可能である。1ヶ所にセンサを設置するだけで、遠くまで検査を実施することが可能であるため、保温配管などではセンサ設置箇所の断熱材を取り外すだけで良く、大幅に足場や保温工事などの検査付帯工事費用を削減できる（写真4）。



写真4 保温配管の検査

##### (2) ガイド波検査の適用事例

###### ① オフサイト保温配管・構外保温導管

保温／保冷配管は距離が膨大で、腐食発生箇所がゲリラ的であり、保温工事など検査の検査付帯工事費用が高額になるため管理の難しい設備の一つである。一次検査として外観目視検査が一般的に行われるが、配管そのものを検査しているわけではないため、断熱材劣化箇所を解体しても腐食がなかったり、断熱材の健全な箇所から漏洩トラブルが発生したりするところがある。ガイド波検査を実施することで配管そのものの検査が可能となり、配管を全て露出することなく、広範囲の中から漏えいリスクの高い腐食・減肉の進んだ箇所を検出・特定することができる。また、配管が高所にある場合や断熱材がアスベスト含有の場合、足場・保温工事が最小限で済むため、大幅なコストダウンを図ることができる。

## ② カルバート・トレンチ配管

狭所のため検査員が入ることができず、掘削などの作業が必要な場合がある。検査員がアクセス可能な場所（カルバート入口など）にセンサを設置し検査を実施することで、大幅に付帯工事費用を削減できる。

## ③ 埋設配管

埋設配管は、従来ガイド波は減衰が非常に大きくなり、1ヶ所から1m程度しか検査距離が望めないことから適用の難しい検査対象であった。しかし近年、防食・ライニングの種類によっては地上の配管と同様に、数十mの検査が可能であることが確認できている。現在、国内ではポリエチレンライニング配管で24m（12m×双方向）、海外では60m（30m×双方向）の検査実績ができています。

### 2.3.3 Bracelet検査技術

#### (1) Bracelet検査技術の概要

Bracelet検査技術は、電磁誘導を用いた検査技術でスルトランスミッション現象を利用した検査技術となる。裸配管用プローブ（写真5）は、数ミリのリフトオフで配管に当て、炭素鋼・鋳鉄配管の内外面の減肉検査ならびに加熱炉・分解炉などのチューブの浸炭スクリーニング検査が可能となる。電磁誘導を利用しているため、配管表面の塗膜や薄いコーティングやライニングの除去は必要ない。

CUI用プローブは、75mmまでの保温・保冷・耐火材を有した配管・設備の外面減肉を、断熱材や耐火材を除去することなく検査できる。外

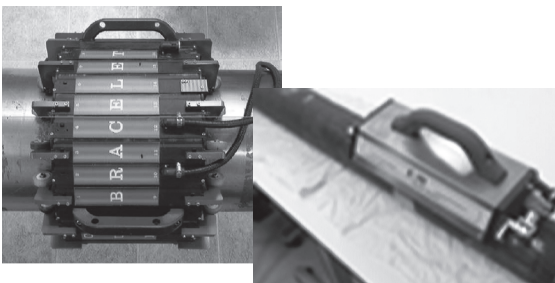


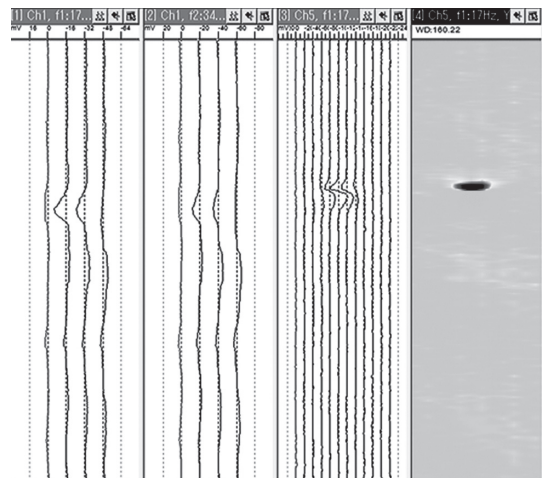
写真5 裸配管用プローブ

面のみの検査となるため、測定できる板厚に制限はないが、保温配管の場合外装材の材質の影響を受ける。非磁性の外装材であれば問題ないが、亜鉛メッキ鋼板のような磁性体の場合、対応可能な断熱材厚さが20mm程度と極端に小さくなる。検査は測定対象物の上にセンサを走査させることで計測を実行する。一度の測定で検査可能な幅は、大径プローブで約250mm、小径プローブで配管1/4周となる。検査速度は、裸配管で約0.5～4.0m/min、保温配管で約2.0m/minとなるため、UTなどによる面探傷と比較すると高速で広範囲の検査が可能となる。

#### (2) Bracelet検査の適用事例

##### ① 裸配管（原油、スロップ、工水配管など）の内面減肉検査

内面減肉の検査は、広大な範囲から限られた範囲に存在する欠陥を検出する必要があるため、検査が難しいアプリケーションの一つである。あるユーザーでは、製品中間体の配管で、局所的な内面減肉（ピッチング）により漏洩トラブルが発生した。しかしながら、漏洩箇所近傍には同様の減肉は見られず、頻繁に発生するダメージメカニズムではないと考えられたものの、同じ運転条件の配管は数十mにおよび、全長の健全性の評価が必要であった。Bracelet検



第6図 ピッチングの検出

査で、全長を1日で調査。新たな減肉箇所が1点見つかり(第6図)、トラブルを事前に防止することができた。

### ② 保温・保冷配管・設備

CUI用プローブを使用することで、保温・保冷配管・設備の外面腐食検査が可能になる。特に保冷設備は付帯工事費用が高額になるため、保冷を取り外さず検査できることで大幅なコストダウンが可能になる。



写真6 ボイラー水壁検査

### ③ ボイラー水壁

チューブ間に板が存在するため検査が難しい対象であるが、小径プローブを活用することで、プローブ側半面の欠陥を連続的に検査できる(写真6)。

## 3. おわりに

本稿では、直接のエネルギーロス検出技術のみならず、エネルギー効率を上げる技術、突発防止によるエネルギーロス削減につながる技術を紹介した。幅広く紹介したため、個々の説明は浅くなっている部分があるが、エネルギーロス削減活動の一助になれば幸いである。

### 【筆者紹介】

横野 智明

(有)ティティエス ゼネラルマネージャー