

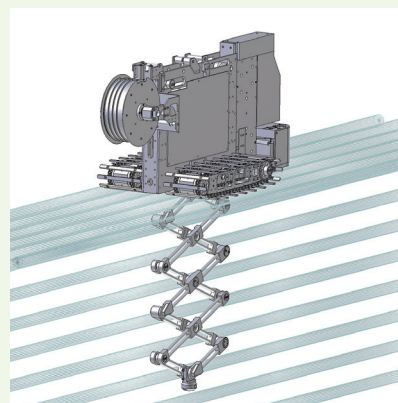
ごみ焼却施設のボイラ管群清掃装置

ボイラのメンテナンスのため、定期的に炉を停止してボイラ水管の清掃を行っている。現在は作業員がボイラ内に入って清掃しているが、効率も悪く、作業環境も劣悪である。この問題を解決するためにボイラ管群清掃装置の開発に着手した。

ボイラ管群清掃装置とは、パンタグラフの下部に付いたノズルから高圧水を噴射して飛灰を取り除いて清掃する装置である。開発の結果、課題であったボイラ管群の清掃効率の向上・作業環境の改善を実現でき、作業員不足の解決が期待できる。

キーワード

ごみ焼却施設、ボイラ、高圧水洗浄、自動制御



ボイラ管群清掃装置

■ 開発背景

ごみ焼却施設には、ごみの燃焼により発生した熱エネルギーを有効活用するため、ボイラが設置されている。ボイラ内には多数のボイラ水管があり、排ガスがボイラ水管の外側を通過することにより回収した熱エネルギーを電力に変換して活用している。

排ガスには、多くの飛灰が含まれている。この飛灰が水管表面に付着すると熱伝達が阻害され、エネルギー回収効率の低下とともにボイラ出口ガス温度の上昇により排ガス処理へ悪影響を及ぼすことになる。図1は飛灰が水管表面に付着したことを示す。



図1 ボイラ内部

この問題を防止するためには、定期的に炉を停止し、ボイラ水管に付着している飛灰を取り除かなければならない。現在は、この作業を人がボイラの内部に入り、噴射水やスクレーパを使用して手作業で行っているが、この作業には以下の三つの問題がある。

1. 低い清掃効率

多くの場合、ボイラの内部は人が立つこともできない非常に狭い空間であり、作業員は不安定な水管の上に乗って窮屈な姿勢で作業することになる(図2)。ボイラの水管は一定間隔で数列×数段に配置されているため、ボイラ水管群の上部または下部からの作業では、水管群の内部まで十分に清掃することは難しい。

2. 劣悪な作業環境

ボイラ内には飛灰に含まれるダイオキシン類や重金属類が存在しているため、作業員は化学防護服、ゴーグル、



図2 現在の作業環境

マスクの装着が必要となる危険な環境で重労働を行うことになる。また、夏場の作業では熱中症対策も必要となる。

3. 清掃作業員の不足

ボイラ清掃作業に限らず、こうした典型的な3K作業においては、作業員の高齢化、人員不足およびコスト上昇が顕在化しつつある。

以上のような問題を解決するため、ボイラ管群清掃装置の開発に着手した。人力ではなく機械で清掃作業を行うことにより人体に有害な影響を与えず、現在よりも効率的に均一で高品質な清掃が可能となる。本稿ではボイラ管群清掃装置の開発状況、ならびに今後の課題について述べる。

■ 装置仕様・特徴

装置は、走行機能ならびにノズル昇降機能を備えている。装置の両側にあるクローラが個別に回転し、前進・後退・旋回により本体を移動させる。ノズルはパンタグラフ機構により水管と水管の間を上昇・下降し、高圧水を噴射することにより水管表面に付着している灰を除去する。

装置の操作は作業員がボイラマンホールの外から行うため、ボイラ内の装置位置やノズルの昇降可否は、装置

後部に設置したカメラの映像とセンサの出力値を見て判断することとした。

■ 実証テスト

装置の走行・昇降動作の手動操作が可能になり、実際のボイラを使って現場での走行実験を行った。この実験の目的は装置を直接目視しない状態で、カメラの映像とセンサのみで、操作ならびに実際の作業を確認することであった。また、オペレータが装置を操作してセンタリングに要する時間を把握することも目的の一つであった。センタリングとはパンタグラフが接触することなく水管の間を通過させるために、装置の中心を水管と水管の中心に保ち、装置と水管を平行に合わせる動作のことである。

実験の結果、各回のセンタリング調整動作に大きな時間差が発生することが分かった。結果データを表1に示す。原因は旋回や走行動作において、灰によるスリップの影響を受け、同じ操作に対して水管と装置の位置関係が一定しないことにあった。そのため必要なセンタリング操作がさまざまとなり、時間差が発生した。センタリング平均時間も1分47秒要し、センタリング動作の簡略化および時間短縮のため、自動化開発に着手した。

表1 実証テストデータ

時間 No.	列移動時間	列移動平均時間
1	1分12秒	2分12秒 (センタリング時間 1分47秒を含む)
2	2分10秒	
3	3分18秒	
4	2分01秒	
5	1分14秒	
6	2分56秒	
7	3分08秒	
8	1分36秒	

■ 装置の自動化

装置の一連の動作は、以下4つの流れとなる。

- ① センタリング動作
- ② ノズル上下運動による水洗浄動作
- ③ 直進走行動作
- ④ 隣接する列への移動動作

実験では、これらの動作をセンサの出力値とカメラ映像を見ながら操作員の判断で行っていたが、実際に操作すると非常に煩雑で熟練を要する。そこで以下二つの方法を採用して一連の動作の自動化を行った。

1. 画像処理による角度検出

装置後部のセンサ・カメラボックスに設置したカメラの映像を見ると、装置とボイラ水管の角度位置関係を把握できる。水管の輪郭を画像処理により線として認識させ、検出された角度分旋回することにより装置と水管を平行にする。

2. 近接センサの出力値比較

装置後部には二つの近接センサを設置している。これにより「2個の出力値の差が最小」になった時、2本のボイラ水管の中央位置に装置の中心が位置していることが分かる。全自動運転による効果の一例を表2に示す。

表2 自動化による効果例

方式 期待要素	人力 (従来)	半自動 (現在)	全自動 (想定)
作業員数(人)	3	2	1
清掃水量(ℓ/min)	40	15	15
準備時間+清掃日数(日)	5	5	4

半自動運転と比べ、清掃水量は変わらないが、作業員一人でも装置の運用が可能となり総清掃時間が短縮されるメリットがある。

一連の動作を自動化できたことで、基本的には全自動運転が可能となった。ボイラの大きさは施設ごとに異なるため、現状では水管長さを設定値として入力している。ただし、あらかじめ設定した水管長さを基に動かした場合、旋回時と同様に一列の走行時でも灰によるスリップが発生し、設定値と実際の走行距離に誤差が生じる。したがって現状の課題として、スリップの状況によっては、一列自動運転の途中で終了したり、ボイラ内壁に衝突する可能性が残る。

解決策としてセンサによりボイラ内壁との距離を把握できれば、列移動、センタリング動作後にボイラ内壁のギリギリまで走行させてから次の列の清掃を開始させることが可能となり清掃範囲の拡大が可能となる。

■ おわりに

現在、「1列自動運転」、「列移動動作」、「手動センタリング調整」をセンサとカメラを使用し、一連の動作として自動で行うことができる。

今後は更に自動化のレベルを上げることにより全面で自動で清掃し、作業時間短縮とボイラ内作業員「ゼロ」を目標としている。

SDGsへの貢献

近年、全国的な少子高齢化が進み、清掃作業においても「3K」による更なる作業員の不足が顕在化してきている。そこでこのような作業の機械化を行うことにより労働環境の改善や作業効率の向上を通じてSDGs達成に貢献していきたいと考えている。

【問い合わせ先】

日立造船株式会社 環境事業本部 設計統括部
環境ソリューション設計部 プロジェクトグループ
Tel : 06-6569-0108
E-mail : choi.b@hitachizosen.co.jp