

ドローンによるボイラの内部点検技術

Inspection Technology for Inside of Power Plant Boilers by Drones



三菱日立パワーシステムズ株式会社
エンジニアリング本部
ボイラ技術総括部 ボイラ戦略部

近年、火力プラントの停止期間短縮による稼働率向上のニーズは高く、特にボイラにおける計画外停止期間の短縮や不適合未然防止は重要な課題になっている。ボイラの定期点検においては、炉内足場仮設工事がクリティカルパスの一つとなっており、足場を仮設せずに点検することができれば、大幅な停止期間の短縮が可能となる。このため三菱重工業(株)と三菱日立パワーシステムズ(株)(以下、MHPS)は、近年技術進歩が目覚ましいドローンに着目し漏洩不適合時などの初動調査(漏洩部位の特定)や足場を仮設しない中間点検時に使用可能なドローンを開発した。本報では、開発したドローンの特徴や実機ボイラで実施した点検事例について述べる。なお、本技術はボイラだけでなくGNSS(Global Navigation Satellite System)が使用できない屋内設備の点検など異業種への展開が期待されるものである。

1. 開発の経緯

一般に販売されているドローンは、GNSS や磁場などの情報を使用してドローン自身の位置や姿勢を制御している。しかしながら、ボイラ内は閉空間のためGNSSが使用できず、また、ボイラチューブなど金属に囲われているため磁場が乱れた状態であり、安定した飛行ができない、安全装置が発動し起動しないことがある。そこで、表1に記載の仕様を有したボイラ点検用ドローンを開発した。開発するにあたりボイラ点検用ドローンは、目視点検と同等の点検精度が必要であるため、欠陥識別性能は $\phi 1\text{mm}$ のピンホールもしくは幅 1mm のき裂検出ができることを目標とし、標準のマンホールサイズから搬入できることを要求仕様とした。

表1 ボイラ点検用ドローンの仕様

項目	仕様
ドローンのサイズ/重量	590mm/1.3kg
車輪バンパーのサイズ	$\Phi 570\text{mm}$ (車輪部 2分割可能)
球状バンパーのサイズ	$\Phi 750\text{mm}$ (球形部 2分割可能)
最大上昇/平行移動速度	5m/s/16m/s
運転可能雰囲気温度	0°C~40°C
耐ばいじん性	最低7時間の飛行
欠陥検出能力	$\Phi 1\text{mm}$
連続飛行時間	約10~15分/回
搭載機器	点検用カメラ、LEDライト

2. 点検用ドローンの特徴

ボイラ点検用ドローンの飛行範囲を図1に示す。飛行範囲は、ボイラの点検において大がかりな足場仮設が必要となるボイラ炉内(赤枠)及び火炉直上吊下げ伝熱面(青枠)である。なお、後部煙道等のその他の範囲については、後部煙道部のマンホールから比較的容易にアクセスで

き、かつ即座に足場を架けることができるため、適用対象外としている。

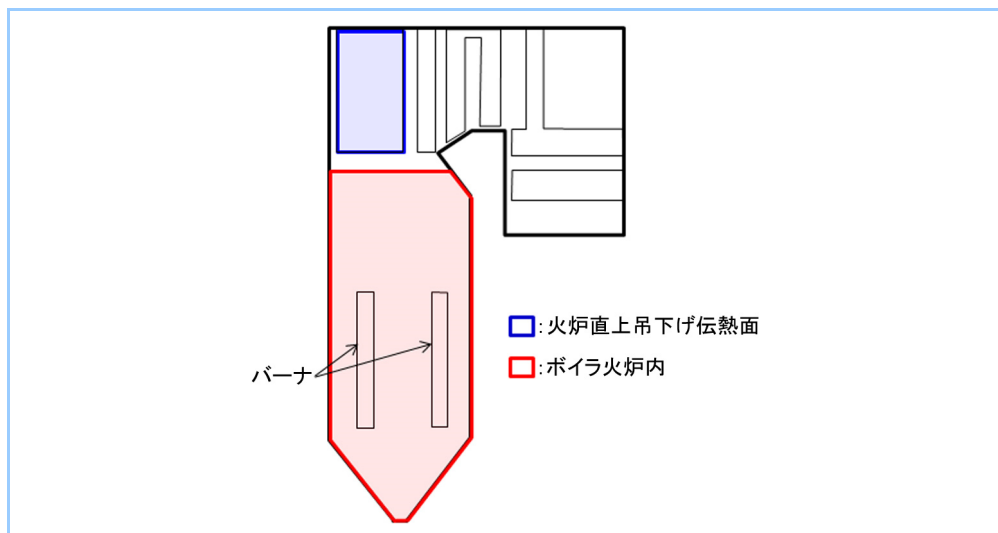


図1 ボイラ点検用ドローンの飛行範囲

欠陥を識別するためにはなるべく被写体に近づける必要があり、ボイラ火炉内(赤枠)点検用とした車輪型バンパーと火炉直上吊下げ伝熱面(青枠)点検用とした球型バンパーの2種類のバンパーを開発しており、以下に特徴を示す。

(1) 車輪型バンパー搭載ドローン

開発した車輪型バンパー搭載ドローンを図2に示す。本機体の大きな特徴は、機体の左右に衝突防止用の車輪型バンパーを搭載した点である。本バンパーを火炉壁に接触させることでホバリング性を高め、被写体に 250mm まで接近した撮影が可能となった。また、本バンパーは、炉壁のチューブピッチに合わせて車輪の間隔を変えることができるスライド構造を採用した。*

本バンパーの所内飛行試験結果を図3に示す。試験はボイラ火炉壁を模擬した大型パネルにバンパーを接触させ、高度 6.5mの位置に設置したφ1mm のピンホールを模擬したボイラチューブを撮影することで、バンパーの有効性や欠陥検出性を検証した。その結果、炉壁に車輪型バンパーを当てながら飛行することで、φ1mm のピンホールを鮮明に撮影できることを確認した。



図2 車輪型バンパー搭載ドローン

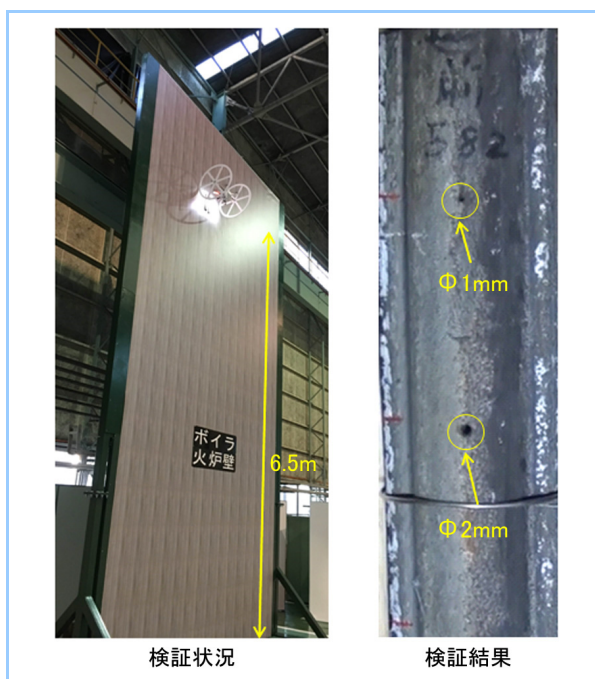


図3 車輪型バンパー搭載ドローン 飛行試験結果

(2) 球型バンパー搭載ドローン

開発した球型バンパー搭載ドローンを図4に示す。その特徴は、機体を 360° 取り囲むカーボン製の球型バンパーを搭載した点である。本バンパーによりあらゆる方向からの衝突を防止でき、火炉直上吊下げ伝熱面等の狭隘な場所の飛行が可能となった。*

本バンパーの実機飛行試験の試験結果を図5に示す。試験ではバーナ部や火炉直上吊下げ伝熱面の間を飛行させ、バンパーの有効性、バーナ部及び伝熱面の撮影精度を検証した。その結果、狭隘な吊下げ伝熱面の間を問題なく飛行し、伝熱面の状況などを鮮明に撮影することを確認した。

※特許出願済



図4 球型バンパー搭載ドローン

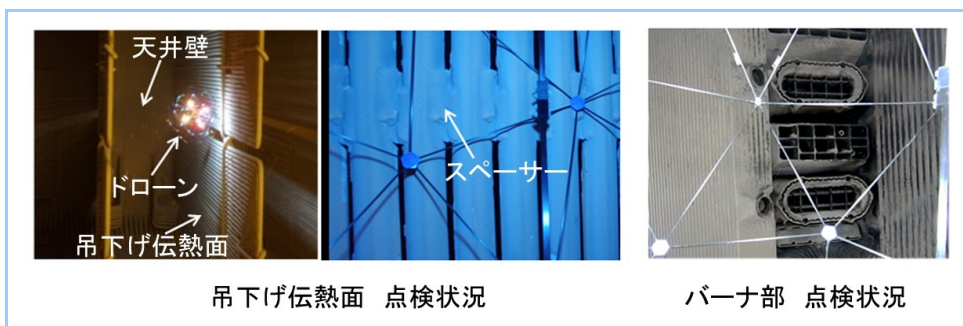


図5 球型バンパー搭載ドローン 実機飛行試験結果

3. お客様のメリット

これまで実施した点検事例の結果を反映してボイラ点検用ドローンを使用した場合の想定されるメリットを以下に示す。(ただし、これらメリットの大小は現地の状況による)

- ・ 漏洩不適合時には、足場を設置する前に漏洩箇所の確認ができるため、原因の早期特定、補修用材料の先行手配・製作を前倒して実施、足場設置場所を限定し足場設置期間を短縮することで補修工程の短縮が可能。
- ・ ボイラメーカーである MHPS の技術者がドローン点検を行うことで、点検範囲、損傷原因(1次評価)、原因究明・水平展開のための点検計画、及び交換・補修範囲等をスピーディ、かつ的確に立案することが可能。
- ・ 足場を設置しない簡易定期点検時にバーナ・火炉壁管及び吊下げ伝熱面の状況(摩耗、変形、膨出など)、クリンカ(灰が熔融して固まった状態)付着状況などの炉内状況を確認することにより、精度の高い次回以降の定期点検計画の支援が可能となり、漏洩リスクの低減を図ることが可能。

4. 今後の展開

今回開発したボイラ点検用ドローンは手動操作であり、操縦者が炉内に立ち入る必要があるため安全対策として事前にクリンカを落とす必要がある。よって、炉外から遠隔操作可能なドローンを使用することにより、さらに早期に点検が可能となることから自律飛行式ドローンの開発に着手している。2018年9月にはモックアップ設備を使用した試作機による基礎技術の検証を行い、GNSSなどの衛星測位システムを利用することなく、かつ多量の石炭灰が浮遊する環境下でも自己位置を認識し自律飛行ができることを確認した。2019年度は小型・軽量化した実用機モデルを製作し、2020年度中の実用化・商用化を目指して開発を進めている。