

屋内用ドローンを用いた火力発電設備の点検方法

(株)四国総合研究所 エネルギー技術部	永易 貴志
(株)四国総合研究所 エネルギー技術部	山西 健児
(現：四国電力(株) 橘湾発電所)	
(株)四国総合研究所 エネルギー技術部	古高 将史
(現：四国電力(株) 火力部)	

キーワード： ドローン
火力発電所
設備点検
スマート保安

Key Words : Drone
Thermal Power Plant
Facilities Inspection
Smart Industrial Safety

Inspection method for thermal power generation facilities using an indoor drone

Shikoku Research Institute, Inc., Energy Engineering Department
Takashi Nagayasu, Kenji Yamanishi, Masashi Kotaka

Abstract

The Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) is reviewing industrial safety regulations and systems in response to technological innovation in order to promote "smart industrial safety" that pursues safety and efficiency in industrial safety, and thermal power plants are also required to introduce new technologies such as IoT and AI. Therefore, we conducted a flight test of a drone in a thermal power plant, one of the smart industrial safety technologies, and studied its applicability to inspect facilities such as chimneys and boilers.

Flight tests were conducted in various facilities at thermal power plants using the ELIOS2, which is suitable for inspecting thermal power generation facilities, and the results showed that it was possible to capture images at all locations at a level equivalent to visual inspection. The ELIOS2 can also take images of hazardous areas such as high places inexpensively, safely, and in a short period of time, thereby reducing inspection costs by reducing the scope of temporary scaffolding and improving the reliability of facilities by detecting defects.

1. はじめに

近年、経済産業省はスマート保安の導入を推進している。スマート保安とは、現在、産業保安の現場で課題となっている「設備の高経年化、人材の高齢化や長期的な不足、技術・技能の伝承力低下」に対し、IoT・AI・ドローンなどの新たな技術を導入することによって、安全性、効率性、保安力を向上させる取り組みのことである。この取り組みを推進するため、2020年6月には、スマート保安官民協議会が設置され、官では技術革新に対応した保安規制・制度の見直しを行っており、民ではIoT・AI・ドローン等の実証・導入、スマート保安技術を支える人材の育成を進めている。

そこで、スマート保安技術の一つであるドローンに着目し、ドローンの機体調査や火力発電所の設備内部点検への適用性について検討した結果を報告する。

2. 火力発電設備点検に必要なドローンの調査

ドローンには、屋外用、屋内用の2種類がある。屋外用はGPS信号を利用した制御を行う機体であるため、非GPS環境である煙突やボイラ等の発電設備の内部点検には適していない。また、発電設備内部は、暗所、粉じん環境、狭所の条件が重なるため、これらの環境で安定飛行できなければならない。以上のことを踏まえ、発電設備の内部点検を行うドローンには、屋内の非GPS環境で安定飛行が可能な制御システムを備えていること、設備の状態確認に十分な明るさの照明を備えていること、粉じん環境で飛行可能なモーターを備えていること、設備と接触した場合に設備を損傷させず、安定飛行できることが求められる。

これらの条件を満足するドローンについて調査を行った結果、FLYABILITY社（スイス）の「ELIOS2」が最も適していると評価した（図1）。

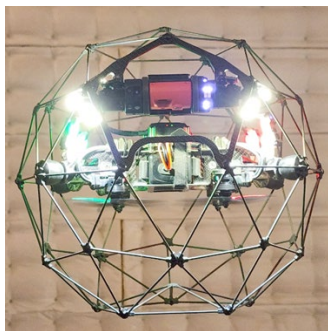


図1 屋内点検用ドローン「ELIOS2」

表1 ELIOS2の主な仕様¹⁾

寸法	直径400mmの球形
重量(バッテリー含む)	1,450g
最大飛行時間	10分
最大上昇速度	1.5m/s
最大下降速度	1m/s
最大伝送距離	視界の直線距離で500m
動作環境温度	0～50℃
バッテリー充電時間	90分
カメラ解像度	4K:3,840×2,160 FHD:1,920×1,080
カメラ可動域	+90° ～-90°
照明出力	10,000ルーメン

3. 火力発電設備での飛行試験

屋内用ドローンの設備点検への適用性を調査するため、「ELIOS2」を用いて、火力発電所の様々な設備で飛行試験を実施した。試験では、ドローンとの通信を行う電波発信機を設備内部に設置し、操縦は設備外部で行った。この方法では、操縦者が酸欠場所や粉じん場所である設備内部に入る必要がないため、安全性が確保される。一方で、操縦者は、ドローン本体を目視で確認することができないため、手元のコントローラーに接続したタブレット画面に表示されるドローンの撮影画像のみを見ながら飛行させる必要がある。また、ドローンの飛行安定性は飛行空間の広さや粉じん量により変化するため、点検開始前には、飛行空間の状況確認を目的とするアセスメント飛行を十分に行うことが重要である。特に粉じん量が多い空間では不安定になる傾向があるため、注意を要する。

3.1 煙突

火力発電所の煙突は、内径2～5m程度、高さ200m程度であり、高温のガスから設備を保護するため、内部にライニングが施されている。ライニングは長期間の運転により劣化が進行するため、定期的な点検、補修が必要である。従来、煙突ライニングの点検は、マンホールからの点検やゴンドラを用いた点検が主流であるが、前者の場合は点検範囲が限られ、後者の場合は点検費用が高額になり工期が長期間に及ぶことに加え、危険性の高い高所作業が必要となる。そこで、ドローンによる煙突内部の点検可否を確認するため、飛行試験を

行った。

試験の結果、煙突底部から頂上部まで飛行可能であり、最大飛行時間は10分のため、バッテリーを入れ替える必要はあるが、数回の飛行で煙突全体を点検可能であることが確認できた（図2）。撮影画像については、明るさ、画質とも十分であり、ライニングの劣化箇所を詳細に確認することができた（図3）。また、地上部のマンホールを開放するだけで煙突全体の点検が可能である。このため、従来の点検方法と比べて、短時間で実施可能であり、安全性の向上や点検費用の削減等の効果が得られる。



図2 煙突頂上部の内面



図3 煙突内面ライニングの劣化部位

3.2 ボイラ火炉

火力発電所のボイラは、発電設備の中で重要な機器の一つであり、高さが70m程度に及ぶものもあるため、詳細点検を行うためには、ボイラの稼働停止後、10日程度かけて広範囲に及ぶ足場を設置する必要があり、写真等で全体の状況を速やかに記録することが難しい。そこで、ドローンによるボイラ内部の点検可否を確認するため、飛行試験を行った。

試験の結果、ボイラ火炉上部（図4）、バーナー部（図5）、ボイラ炉底チューブ（図6）を鮮明に撮影することができた。また、ELIOS2は全周ガードを備えており設備に接近して撮影できるため、

チューブ表面の状況確認が可能である。なお、石炭焚きボイラの場合は、チューブ表面に石炭灰が付着するため、表面状態の確認を行うためには、事前に灰の除去が必要である。

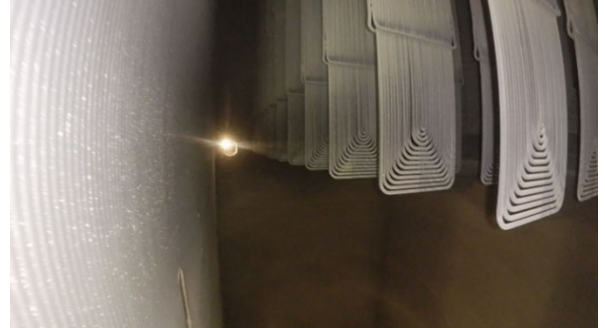


図4 ボイラ火炉上部



図5 ボイラバーナー部



図6 ボイラ炉底チューブ

3.3 ボイラ後部煙道

煙道の強度部材である梁は、フライアッシュによるエロージョンが懸念されているが、狭隘かつ粉じんが蓄積された煙道内部の高所に設置されており、また、下部がホップであるため、確認を行うためには大規模な足場が必要である。そこで、煙道内部の梁の点検可否を確認するため、飛行試験を行った。

試験の結果、梁の状況を鮮明に撮影することができ、狭隘かつ粉じんが蓄積された環境においても、ドローンによる点検が可能であることが確認できた（図7～図8）。



図 7 ボイラ後部煙道内の梁



図 8 ボイラ後部煙道下部

3.4 脱硫設備、熱交換器、煙道

点検中の脱硫設備、熱交換器、風煙道の内部においても飛行試験を実施した。ドローンを使用すれば、足場を設置することなく短時間で広範囲を点検できるため、点検期間中に不具合箇所を早期に発見し、工期内に修繕を完了させる等、設備の安定運転に貢献することができる。

また、脱硫吸収塔等のスケール成長が想定される設備内部の作業前安全確認への活用も考えられる。事前に設備内部の危険部位を把握することにより、作業災害のリスク低減につながるものと期待される（図 9）。



図 9 脱硫吸収塔内部点検状況

3.5 水タンク

ELIOS2 には、被写体との距離を一定に保ちながら飛行できる「距離ロック機能」が搭載されている。距離は、30～200cm の間で任意に設定できる。この機能を用いて、タンク内部の溶接線を撮影し、目視と同等の精度で点検可能であることが確認された（図 10）。なお、操縦者が確認するタブレット画面には、被写体との距離の他、離陸地点の高度、方向を基準とした値が表示されるため、撮影箇所の位置が確認可能である。



図 10 タンク内部の溶接線（①被写体との距離、②離陸地点の高度、方向を基準とした値）

3.6 煙道（屋外）、揚炭機

ELIOS2 は、プロペラがカメラの下部にあり、機体上部にある被写体を撮影できることから、屋外設備の点検にも活用可能と考え試験を行った。

試験の結果、無風環境であれば、屋外においても問題なく飛行でき、サーモカメラによる煙道等の温度測定（図 11）や揚炭機ブーム（図 12）の点検が可能であることが確認できた。ただし、風速が 1m/s を超える場合は、飛行が安定しないため、屋外での使用は難しい。また、試験で使用したドローンは、ズーム機能を備えていないため、狭所の点検対象部位等、一部、点検を断念したケースもあった。

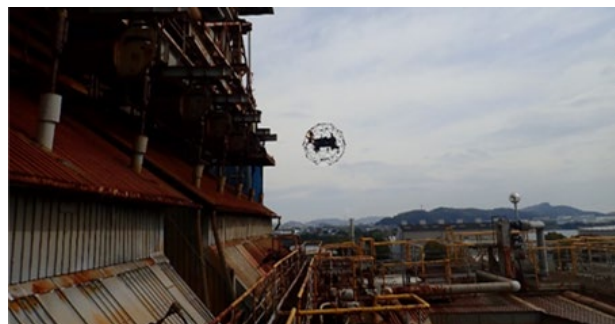


図 11 煙道温度測定状況



図 12 揚炭機ブーム点検状況

4. まとめ

火力発電所の様々な場所でドローン飛行試験を実施し、設備内部点検への適用性が高いことを確認した。また、高所等の危険箇所でも、安価・安全・短時間で鮮明な点検画像が得られるため、足場仮設範囲の縮小による工事費削減や不具合発見による設備の信頼性向上などの効果が得られることが分かった。

【謝辞】

本業務は、四国電力㈱火力本部火力部殿より委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) ELIOS2 カタログ