

ダクト内のダスト堆積検出装置の開発

Development of the Detector for Dust accumulation in Ducts.

前田 晃毅*

Kouki Maeda

高柳 圭佑*

Keisuke Takayanagi

One of the causes of dust collector fires is an ignition to accumulated dust in ducts. Typically, hammering test method or visual inspection method are used for the measuring the dust accumulation. However, the results include some concerns, such as dependences on the proficiency of inspectors and risks for working at a high place.

This new development product is based on the thermography technology, which measures the differences of air and dust quantity of heat. It can inspect dust accumulation and easy to use anyone. This thesis introduces the technology and products.

KEY WORDS:Dust accumulation, Thermography

1. はじめに

現状、大気汚染防止や作業環境改善を目的として広く集じん装置が用いられている。集じん装置で吸引する粉じんは様々な特性を持ち、その一部には高い燃焼性や爆発性を有する物が存在する。これらに対し、各粉じん特性に対応した計画、設計が必要である。

一般に集じんシステムは、吸引フードから集じん装置本体までダクトで接続され、ダクト内に粉じんが堆積しないようなダクト内流速・ルートで計画される。しかし、使用状況によっては、ダクト内に粉じんが堆積してしまうことがある。この堆積粉じんに火の粉などの着火源が飛来すると集じん機火災や、粉じんの堆積状況によっては粉じん爆発などの更に大きな災害へとつながることもある。

近年、集じんダクトに関連した災害は、年々増加しており、このうちの約50%はダクトに堆積した粉じんが原因とされている¹⁾。

このため、定期的にダクト内の粉じん堆積の点検や清掃が必要であるが、ダクトが高所に存在することが多いことなどから点検をするだけでも大きな作業負担を強いられる。

本報では、ダクト内に堆積した粉じんを容易にかつ安全に検出可能とし、汎用性の高い検出装置を開発したので、ここに報告する。

2. 従来の粉じん堆積検査手法及び課題点

厚生労働省発行の局所排気装置の定期自主検査指針²⁾では、以下の方法が定められている。

・目視による内部観察

集じんダクトに粉じん堆積確認用の点検口を設置し、窓からの目視による確認。

課題：点検口の位置によっては高所作業となる。手が届かない場所の確認が出来ない。

・ハンマーによる打音検査

点検口などの目視確認ができない場所では、ダクトを外側からハンマーで打ち、その打音の変化から粉じんの堆積状況を把握する。

課題：点検者の感覚に依存するため、経験年数・作業習熟度によっては堆積の見落としが発生する。

・ダクト内の静圧検査

粉じん堆積により発生するダクト内の圧力差を確認。

課題：少量の堆積の場合は圧力差が小さいため、測定器の設置方向・位置により生じた誤差などにより堆積の見落としが生じる。

上記の現状の課題点を基に、本開発では以下のコンセプトを決め開発を進めることとした。

a) 点検者の能力に依存しない

b) 遠隔の安全な位置から計測可能

*エコテックカンパニー 環境事業部 技術グループ 開発チーム

3. 新しい粉じん堆積検査手法の検討

点検者の経験・勘に依存せず遠隔での点検を可能とするため、センサを搭載した点検ツールの開発に着手した。

センシング方法には、加振検査装置やX線を利用した検査装置などが挙げられるが、その安全性や正確性に課題があるため、比較的容易に検査可能な赤外線放射エネルギーを計測するサーモグラフィに着目した。粉じん堆積の有無によってダクト外表面に温度差を生じることが想定され、堆積検出が可能であると判断したからである。

Table 1 The detection theory.

	Excitation Testing Device	X-ray Detector	Thermography
Measurement	Vibration	X-ray	infrared energy
Distance	○	△	○
Safety	△	×	○
Accuracy	△	○	○

3.1 サーモグラフィによる表示

サーモグラフィによって、測定対象から放出される赤外線放射エネルギーは温度換算され、その分布は色彩の変化により表示される。レーザーやX線などのように人体に影響を及ぼす懸念もないため、安全かつ非接触で遠方からの測定が可能となる。今回測定対象との距離5mから、粉じん堆積検出の可否を確認するため、実際の集じんダクト表面温度の測定を実施した。

ダクト内の粉じん堆積が無い場所では、ダクト表面からの赤外線放射エネルギーは一様 (Fig. 1) となり、堆積がある場所では、その差は温度分布として認識された (Fig. 2)。このことからサーモグラフィによるダクト内の粉じん堆積検出が可能であることが確認された。

サーモグラフィの課題は、オートモードによる温度範囲自動設定時に温度範囲が広い場合、小さな温度差の色彩変化が確認しにくい点がある。

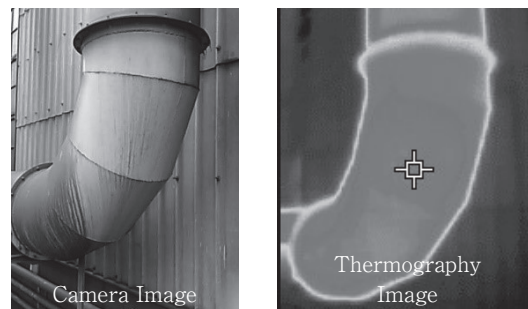


Fig. 1 Normal Duct Images.

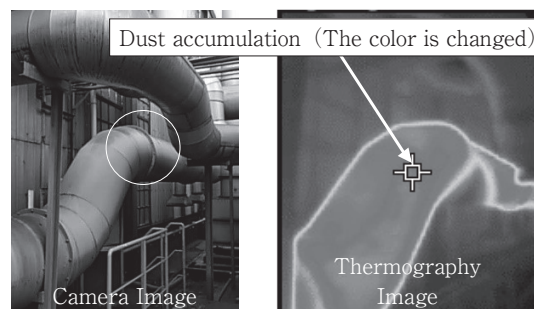


Fig. 2 Dust Accumulation in a Duct.

測定範囲内に、発熱体のような測定点との温度差が大きな物体がある場合、粉じん堆積による小さな色彩変化の確認が難しくなる (Fig. 3)。

また、手動モードによる温度範囲設定では、ダクト表面温度や外気温によって、温度範囲設定を都度実施せねばならず、点検者によっては粉じん堆積を見落とすこともある。そのため、上記2点を本開発の解決課題とした。

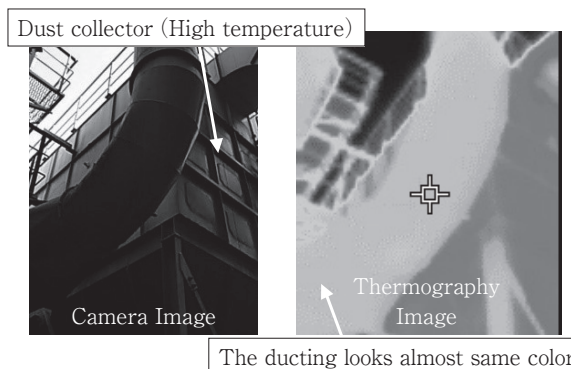


Fig. 3 The effects of the high temperature material around a duct.

4. 開発目標

本開発では既存のサーモグラフィ技術を応用し、温度範囲の差が分かりやすい値に自動設定するプログラムを作成する。このプログラムとスマ

ホタイプのサーモグラフィとの組合せにより、点検者の経験・勘に依存しない、遠隔操作可能な計測器を開発する。

データは写真、サーモグラフィ画像として端末に保存され、検査情報の共有・確認が容易となる。

5. サーモグラフィへの追加プログラムの検討

5.1 測定範囲の検出

発熱体が近くにある場合のサーモグラフィによる測定結果を、以下の試験で確認した (Fig. 4)。

- a) 水平設置のダクト内に、鉄ヒュームを模擬粉じんとして堆積させた。
- b) 温度変化が無視できるまで、ダクト内に60℃のガス 12 [m³/min] を加えた。試験装置近傍には 100℃の発熱体を設置した。
- c) オートモード及び手動モードにて撮影し、画像を比較した。

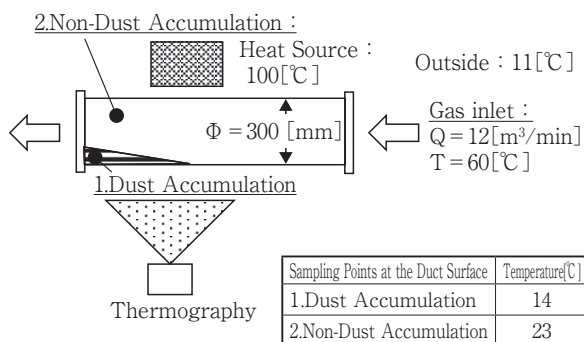
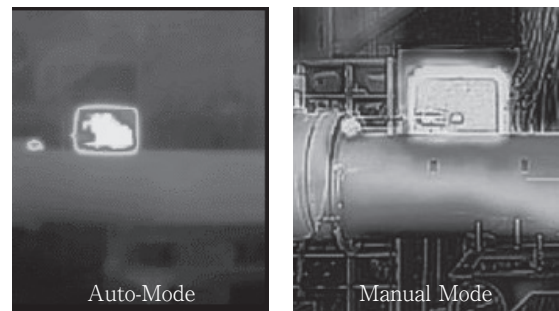


Fig. 4 Testing devices.

オートモードでは、温度範囲が 10 ~ 100℃となり、粉じん堆積部と周辺部との色彩の差が確認できなかった。発熱体により温度範囲上限は 100℃となり、この温度範囲では、粉じん堆積による 9℃の温度差は確認できていない。

手動モードで、表示温度範囲を 10 ~ 30℃へと設定すると、粉じん堆積による色彩の変化を確認できた。粉じん堆積によるダクト表面温度差は 9℃であるため、堆積が無い場所でのダクト表面温度±数度の表示レンジで粉じん堆積検出をすることが確認された (Fig. 5)。



Range 10- 100 [°C] Range 10 - 30 [°C]
Fig. 5 Comparison of the Auto and manual mode.

5.2 温度範囲自動最適化モデル

周囲温度・粉じん堆積が無い場所のダクト表面温度から、測定温度範囲を設定する以下のモデルを考案した (Fig. 6)。

本モデルの使用により、粉じん堆積検出に必要な表示範囲を簡単に得られるようにした。

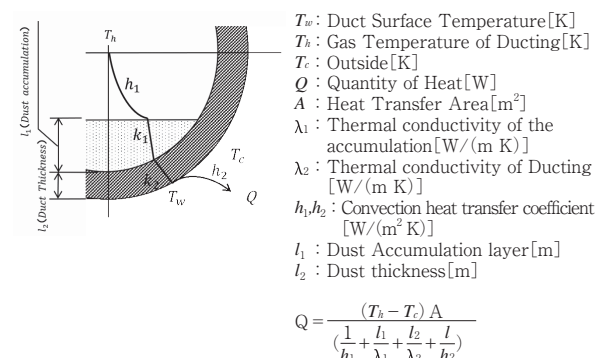


Fig. 6 Temperature-range auto optimize model.

5.3 モデルの妥当性確認

Fig. 7に示す試験装置にて、モデルの妥当性確認試験を実施した。測定機器として、汎用サーモグラフィに本モデルのプログラムをインストールしたものを使用した。

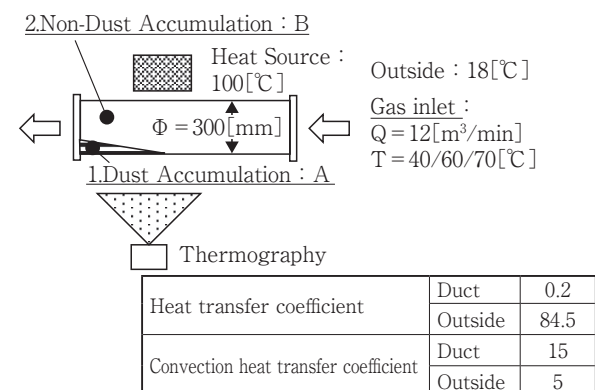


Fig. 7 Testing devices and coefficients.

Fig. 8にダクト表面温度（粉じん堆積部・粉じん堆積が無い部分）の測定データ及び、本モデルを用いて自動で設定された温度範囲を併せて示す。

100℃の発熱体が測定画面内に存在する測定条件下においても、ガス温度と粉じん堆積部温度範囲の最適化が自動で行われた。また、ダクト内通ガス温度を変化させても、同様に自動で温度範囲の調整が実施された。以上の試験結果より本プログラムを採用することとした。

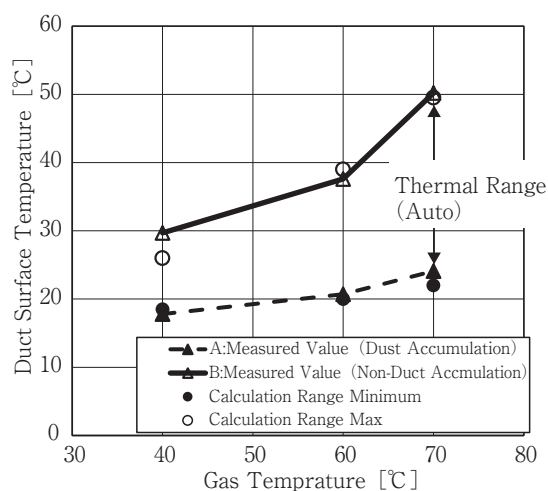


Fig. 8 Test Results of New Model.

6. ダスト堆積検出装置

6.1 稼働プログラム

今回作成したプログラムのメイン画面をFig. 9に示す。本装置は汎用サーモグラフィのプログラム上で、新規開発プログラムを動かすため、開発コスト・期間の削減が出来た。

各種コマンド類は直感的な操作を行えるようにし、点検者が簡単に、粉じん堆積確認ができるようにした。

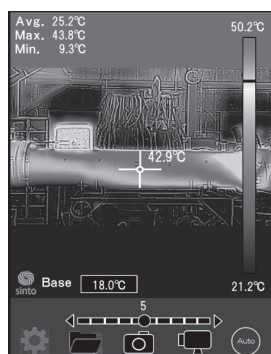


Fig. 9 Main screen of the Detector for Dust accumulation.

6.2 既存サーモグラフィとの比較

既存サーモグラフィ及び、新規プログラムを使用したサーモグラフィの測定結果をFig. 10に示す。新規プログラムを使用したサーモグラフィでは、既存品と比べダクト内の温度分布による色調の差が分かりやすくなり、粉じんの堆積が判別しやすくなった。

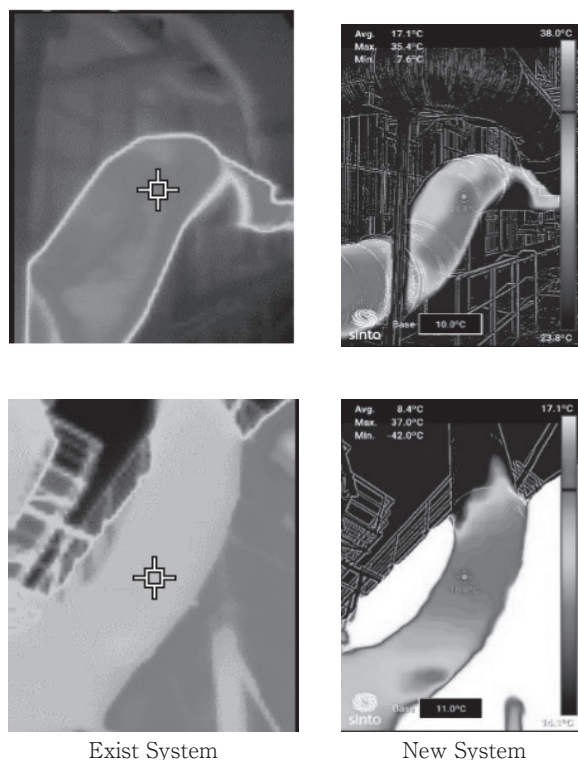


Fig. 10 Comparison of new system and exist system.

7. まとめ

点検者の能力に依存せず、遠隔から粉じん堆積計測を可能とする検出装置を開発した。本検出装置を利用すれば、誰でも簡単・安全に粉じん堆積を確認することができるようになる。

エコテックカンパニーでは、今後も働く人の安全・安心を実現する装置の開発に邁進していく所存である。

引用文献

- 1) 労働安全衛生研究所 爆発火災データベース
- 2) 厚労省 局所排気装置の定期自主検査指針