

# 温湿度センシングに関する技術開発（第3報）

久富茂樹\*、藤井勝敏\*

## Development for temperature and humidity sensing (III)

KUDOMI Shigeki\* and FUJII Katsutoshi\*

高湿度域での正確な露点測定を目的に、ペルチェ素子とLED、フォトダイオードを使用した冷却式露点計を開発している。今年度は、フォトダイオードの温度補正、結露検出方法の検討を行い、露点を求めた。また、使用しているセンサの値を監視することで、システムが正常に機能しているかを判断するセルフチェック機能を組み込んだ。恒温恒湿器を使用した動作確認試験では、高精度温湿度センサと同等の測定結果が得られ、測定の確かさを確認できた。

### 1. はじめに

農作物の病害の発生には、環境の温度、湿度が大きく影響することが多い。特に高湿度域で病害の発生が伸展するため、高湿度域で正確に湿度または露点を測定する必要がある<sup>1)</sup>。湿度センサは、様々な方式のものが市販されているが、静電容量式は、高湿度環境での耐久性、精度、応答性に課題がある<sup>2)</sup>。また、乾湿計式は、蒸留水の補給、ガーゼ（ウィック）の交換が定期的に必要で手間がかかるという問題がある。

そこで、本研究では、高湿度域での正確な露点測定を目的として、ペルチェ素子を使用した冷却式露点計の開発を行っている<sup>3)</sup>。試作した露点計は、ペルチェ素子とその冷却面に貼った反射板、反射板にスポット溶接した熱電対、LED、フォトダイオード（以降、“PD”と記す）で構成される。ペルチェ素子で反射板を冷却すると、反射板が露点に達した時点で反射板に結露が生じる。LEDとPDは、反射板で反射したLED光をPDで検出できるように光軸を調整している。反射板に結露が生じると、光が散乱するため、PDの出力が減少し、その時の温度を熱電対で測定して露点を求める。また、塵埃の対策と、計測モジュール付近での空気の滞留を防ぐ目的で通風機構を設けた風洞を取り付けている。本年度は、露点検出方法の検討とセルフチェック機能の組み込みを実施し、恒温恒湿器を使用して動作確認試験をしたので報告する。

### 2. 露点検出

#### 2.1 PDの温度補正

PDは出力特性が温度に依存するため、その補正方法を検討した。図1にシステムの温度特性を示す。環境の温度 $t$ を10℃から50℃まで、5℃ずつ変化させ、その時のPD出力を求めた。温度が上昇するとPDの出力 $y$ は

減少し、その変化は直線的であった。この結果から回帰直線を求め、温度25℃のPD出力が基準になるように補正を行った。

#### 2.2 結露検出

図2に、25℃、90%の環境で測定したPD出力値の推移を示す。ペルチェ素子で冷却し、反射板の温度を徐々に低下させていくと、21s後からPD出力は低下し始め、28s後に今回の実験で設定した閾値の0.39Vを下回った。他の条件で測定した結果でも、出力低下が認められてから閾値以下になるまで概ね7sを要した。そのた

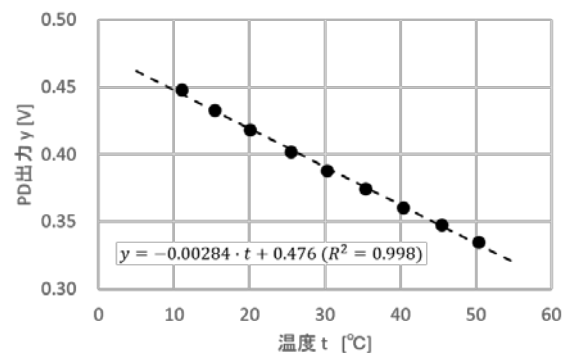


図1 システムの温度特性

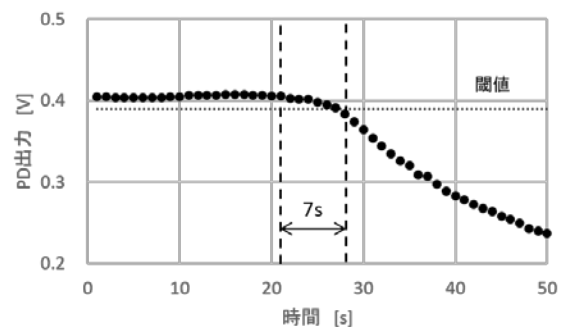


図2 PD出力

\* 情報技術部

め、閾値以下になった時刻から 7s 前の反射板温度を露点として求めた。

### 3. セルフチェック機能

温湿度センサを環境測定システムに組み込んで使用する場合、経年劣化による測定値の変動があっても気づきにくく、誤った測定値を取得し続ける危険がある。本システムは、温度計測で使用する熱電対と結露状態を検出する LED、PD の光素子の複数のセンサを使用したシステムであるため、これらセンサの値を監視することで、セルフチェック機能を組み込んだ。表 1 にセルフチェックの方法を示す。例えば、ペルチェ素子で反射板の温度を下げている際、通常時と下降の仕方が異なる場合、熱

表 1 セルフチェック機能

| センサ | 測定データの異常  | 想定される故障の原因                               |
|-----|-----------|------------------------------------------|
| 熱電対 | 計測範囲外データ  | ・熱電対断線                                   |
|     | 温度下降の傾き   | ・熱電対の反射板への溶接不良<br>・ペルチェ素子異常              |
| PD  | 出力ゼロ      | ・LED、PDの断線                               |
|     | 非結露時の出力低下 | ・反射板等の汚れ<br>・LED、PDの光軸ズレ<br>・LED、PDの素子異常 |

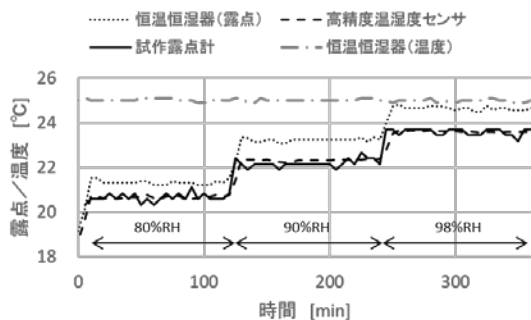


図 3 露点測定（温度一定）

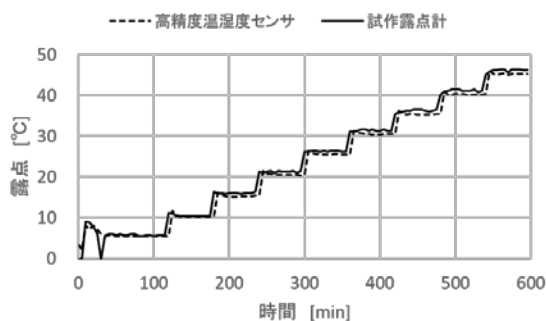


図 4 露点測定（湿度一定）

電対の反射板への溶接不良やペルチェ素子異常が疑われる。非結露時の PD 出力が通常時と異なる場合、反射板等の汚れ、LED と PD の光軸ズレ、LED、PD の素子異常の可能性もある。許容範囲外の測定値が検出された場合、疑われる異常のコードを表示するようにプログラムした。

### 4. 動作確認試験

試作露点計を恒温恒湿器内（日立アプライアンス製、EC-86MHHPE）に設置して、環境制御することで、試作露点計の動作確認を行った。

まず、温度を 25°C で一定とし、湿度を 80%、90%、98% と 2 時間ずつ段階的に変化させ試作露点計で 5 分ごとに露点を求めた。比較のため、市販の高精度温湿度センサ（ティアンドディ製、SHB-3101）も本システムの風洞内に設置して温湿度を測定した。恒温恒湿器と高精度温湿度センサには露点を出力する機能がないため、測定した温度と湿度から計算により露点を求めた。図 3 に露点測定の結果を示す。参考のために恒温恒湿器の測定温度も図中に示した。試作露点計の露点と高精度温湿度センサから求めた露点は概ね一致しており、正しく露点が求まることを確認できた。恒温恒湿器の測定温度と湿度から求めた露点は、これらより 1°C ほど高値となった。試作露点計を設置した場所で湿度を測定すると、恒温恒湿器の測定湿度より 4%～8% 程度低い値になっていた。試作露点計の風洞を取り外した状態でも同じ測定を行ってみたが、同様の結果となった。このことから、恒温恒湿器の空間内での湿度のバラツキが影響していると考えられる。

次に、湿度を 80% で一定にし、温度を 10°C から 50°C まで 5°C ごとに 1 時間ずつ変化させた。図 4 に露点測定の結果を示す。温度が変化する場合も試作露点計の露点と高精度温湿度センサから求めた露点は概ね一致しており、試作露点計の測定の確かさを確認できた。

### 5. まとめ

高湿度域での安定した露点の測定を目的として開発している冷却式露点計について、露点検出方法を検討した。恒温恒湿器を使用した動作確認試験では、高精度温湿度センサと同等の測定結果が得られた。また、セルフチェック機能を組み込み、センサ等の異常を自己診断できるようにした。今後、農業用センサとして、農業施設内で実証試験を実施していきたい。

#### 【参考文献】

- 1) 渡辺ら, 関西病虫害研究会第 63 号, pp59-65, 2021
- 2) 久富ら, 岐阜県情報技術研究所研究報告 No.19, pp33-35, 2018
- 3) 久富ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告 No.1, pp103-104, 2020