

# 温湿度センシングに関する技術開発（第2報）

久富茂樹\*、藤井勝敏\*

## Development for temperature and humidity sensing (II)

KUDOMI Shigeki\* and FUJII Katsutoshi\*

高湿度域での正確な湿度測定を目的として試作した冷却式露点計について、ハウス施設への設置に向けて、塵埃対策のための風洞機構の試作と、露点検出について補正方法を検討した。フォトダイオード出力が閾値以下になったときの時間、反射板温度と実際に結露が起きたときの反射板温度との関係を求め、露点を推定した。その結果、市販の高精度温湿度センサから求めた露点と同程度の値が得られた。

### 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、高湿度域での正確な湿度測定が重要である。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。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湿度測定を目的として、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>2)</sup>。本年度は、ハウス施設への設置に向けて、塵埃対策のための風洞機構の試作と、露点検出について補正方法を検討したので報告する。

### 2. 風洞による通風機構

試作露点計は、反射板表面での結露の有無を、LEDとフォトダイオード（以降、“PD”と記す）の光センサを用いて検出している。塵埃が反射板や光センサ表面に付着すると、センサ出力に影響を及ぼす。そこで、本研究では、露点計測モジュールを風洞の中に設置することで塵埃の対策を行った。図1に製作した風洞を示す。中央部分に試作した露点計測モジュールを設置した。反射板表面への塵埃の堆積を防ぐため、反射板が下向きになるようにした。片方の端にはフィルタを、もう片方の端にはDCファンを取り付けた。周囲を厚さ20mmの発砲スチロールで囲み、さらに、日射により風洞が直接温められることを防止するため、アルミ箔を外面に貼った。DCファンを作動させると、風洞内部の空気が風洞外へ排出され、反対側のフィルタを通して、環境の空気が風洞内に取り込まれる。

### 3. 露点検出方法の検討

試作露点計は、ペルチェ素子の冷却面に反射板を取り付け、ペルチェ素子で徐々に冷却する。反射板に結露が生じた時の温度を熱電対で測定し露点を求める。結露の有無は、LED光を反射板に照射し、反射光をPDで検出することで判定する。反射板上で結露が発生すると、LED光が拡散されるため、PDの出力が減少する。マイコンでその出力波形の振幅を求め、閾値以下になった場合に結露が発生したと判定する。LEDをパルス駆動することにより、環境光の影響を低減している<sup>2)</sup>。また、本研究では、反射板の冷却は、50秒かけて、約5°C冷却する方法にした。低湿度の環境で結露を発生させるためには、冷却温度を下げる必要があるが、電力の大きいペルチェ素子を使用する必要があり、発熱側の熱の影響も大きくなる。今回の目的では、高湿度域のみの露点を検出できればよいので、5°Cの冷却とした。5°Cの温度差があれば、25°C前後では85%以上の環境での測定が可能である。

試作露点計を恒温恒湿器内（アドバンテック東洋製、THN062PB）に設置し、温度は25°Cで一定とし、湿度

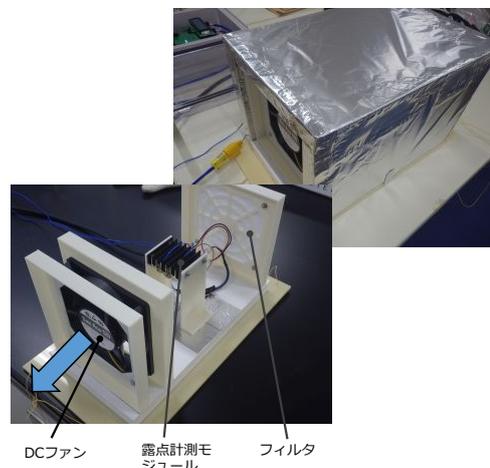


図1 試作露点計の通風機構

\* 情報技術部

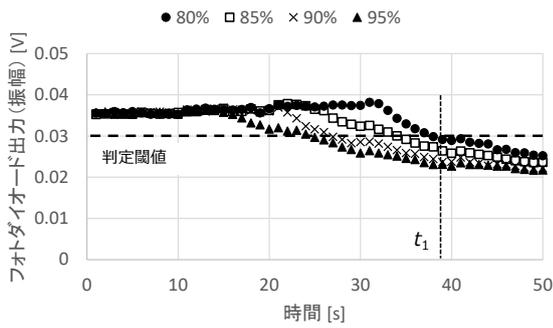


図2 反射板を冷却したときのフォトダイオード出力

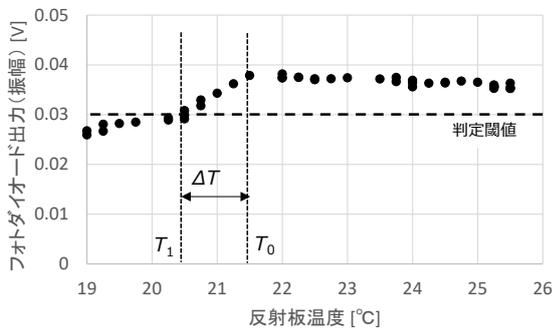


図3 反射板温度とフォトダイオード出力

が80%、85%、90%、95%の場合のPDの出力値を1sごとに測定した。図2に反射板を冷却したときのPD出力を示す。時間経過に応じて徐々に温度が低下していき、結露が始まると出力値が減少していく。湿度が高いほど、早い時間、つまり高い温度で結露が始まっているのがわかる。25°C、80%時の実験環境における反射板温度とPD出力の関係を図3に示す。結露判定の閾値を0.03Vに設定し、PD出力が閾値を下回ったときの温度を $T_1$ 、反射板を冷却し始めた時から温度が $T_1$ になった時までの時間を $t_1$ とする。露点は結露が起こるときの温度であるから、PD出力が低下し始めるときの温度 $T_0$ を求める必要があるが、ノイズやセンサの出力変動のため、 $T_0$ の値を直接求めることは困難である。そこで、 $t_1$ と $T_1$ から $T_0$ を推定する方法を検討した。25°Cの温度で、湿度を変えた場合の、 $t_1$ と、 $T_0$ と $T_1$ の差 $\Delta T$ の関係を図4に示す。このデータから回帰直線を求め、 $t_1$ から $\Delta T$ を推定した。 $T_1$ に $\Delta T$ を加えることで、露点 $T_0$ を求めた。

本手法の有効性を示すため、恒温恒湿器で、温度を25°Cで一定とし、湿度を80%から95%まで5%刻みで1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。参考のため、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

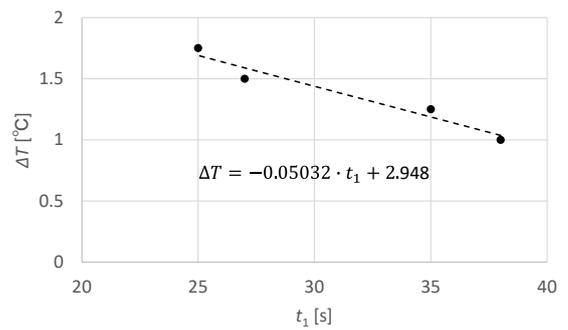


図4  $t_1$ と $\Delta T$ の関係

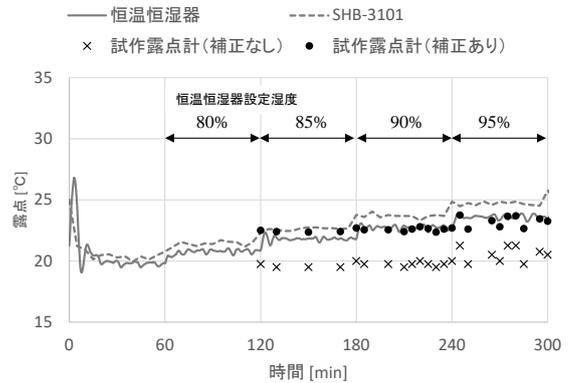


図5 湿度を変化させたときの露点

点を出力する機能がないため、計測した温度と湿度から計算により露点を求めた。結果を図5に示す。上記の推定を行うことで、恒温恒湿器及び高精度温湿度センサから求めた露点と同程度の値が得られた。しかしながら、85%と90%の時の露点にほとんど差がないことと、85%以上の高湿度の環境において、PD出力が閾値以下とならない現象があったため、今後原因を調査する予定である。

#### 4. まとめ

試作露点計の塵埃対策として、風洞による通風機構を製作した。また、露点検出について補正方法を検討した。PD出力が閾値以下になったときの時間、反射板温度と実際に結露が起きたときの反射板温度との関係を求め、露点を推定することで、恒温恒湿器及び高精度温湿度センサから求めた露点と同程度の値が得られた。今後、ハウス施設内での動作確認を行う予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 久富ら,岐阜県情報技術研究所研究報告 No.19, pp33-35,2018
- 2) 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