

低露点域（露点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満）における湿度センサの校正の可能性に関する調査

谷内 孝光（日本電気計器検定所 標準部）

1. はじめに

現在、当所における湿度の校正範囲は、鏡面冷却式露点計が霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～露点 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、静電容量式露点計が露点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～露点 $83\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、電子式湿度計（温湿度計）が温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ において、相対湿度 10% ～ 90% （ただし、露点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上の相対湿度）となっている。

静電容量式露点計及び電子式湿度計（温湿度計）について、校正範囲外となる露点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満の低露点域の範囲拡張を目指し、静電容量式露点計は霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、電子式湿度計（温湿度計）は温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ において相対湿度 10% ～ 30% （霜点に換算して $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相当）の測定を行い、露点センサを含む各湿度センサの検出方法（静電容量式、電気抵抗式）の特性を理解するため、再現性、追従性及び温度による測定値の応答について調査を行った。その概要を報告する。

2. 静電容量式露点センサ

静電容量式露点センサは、感湿素子に吸脱着される水分量により変化する静電容量を検出して露点が求められる¹⁾。

鏡面冷却式露点計と同じ測定方法で霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ における再現性を確認した。また、感湿素子が湿度センサの場合、露点センサ部の周囲温度による測定値への影響が考えられるため、周囲温度 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ で霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ を測定し、値の変化を確認した。なお、表1の2機種種の露点センサを調査機器とした。

表1 露点センサの仕様

	露点の測定範囲	測定精度
調査機器1	$-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
調査機器2	$-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ～ $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.1 霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ の測定

サンプルブロック（図1）を用いて露点センサのセンサ部を露点計比較接続ポートに接続し、湿度発生装置から送られてきた湿潤空気の露点（霜点）を調査機器と標準器（鏡面冷却式露点計）で測定し、比較を行った。比較測定の概略を図2に示す。



図1 センサ部とサンプルブロック

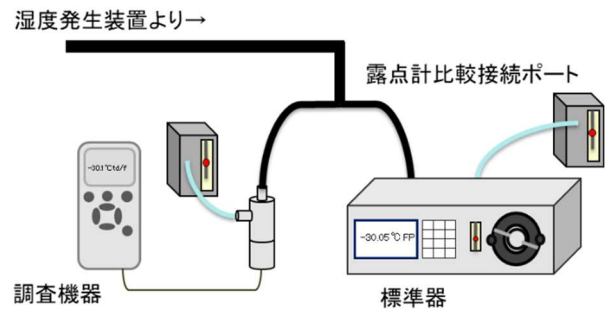


図2 比較測定

2.2 偏差の再現性

霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ について、3回測定した結果を表2及び表3に示す。なお、偏差は、調査機器の値から標準器の値を引いた値である。表2及び表3に示すとおり、2機種とも各霜点において、 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下の再現性が得られた。

表2 調査機器1の偏差

	霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	霜点 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	霜点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
1回目	$-0.24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.33\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.53\text{ }^{\circ}\text{C}$
2回目	$+0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.17\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.50\text{ }^{\circ}\text{C}$
3回目	$+0.24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$+0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.31\text{ }^{\circ}\text{C}$

表3 調査機器2の偏差

	霜点 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	霜点 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	霜点 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
1回目	$+1.24\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.11\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-1.44\text{ }^{\circ}\text{C}$
2回目	$+1.42\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.08\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-1.40\text{ }^{\circ}\text{C}$
3回目	$+1.05\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-0.26\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-1.50\text{ }^{\circ}\text{C}$

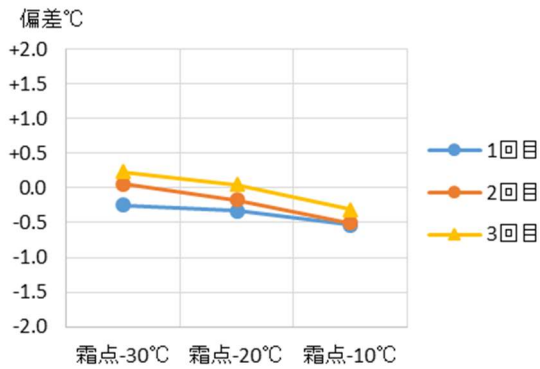


図3 直線性 (調査機器 1)

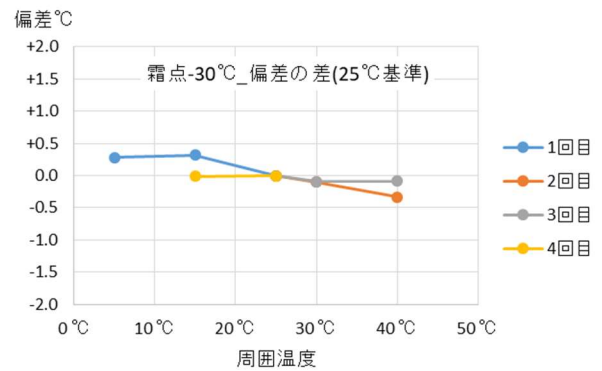


図5 周囲温度の影響 (調査機器 1)

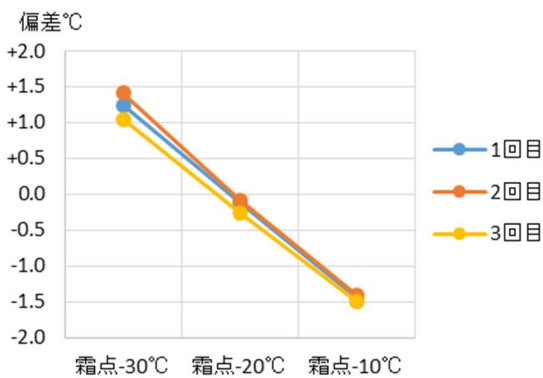


図4 直線性 (調査機器 2)

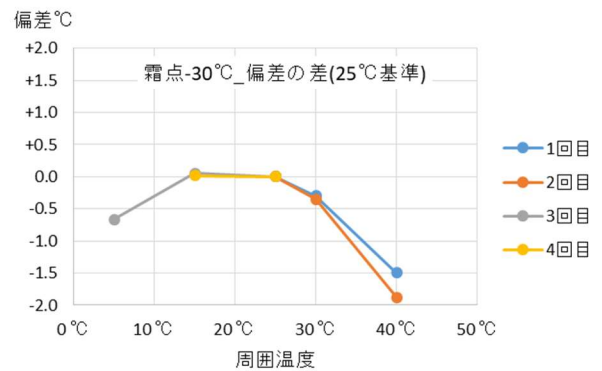


図6 周囲温度の影響 (調査機器 2)

図3及び図4は、表2及び表3の結果を図に表したもので、露点に対する直線性を示している。

調査機器1の偏差は、霜点10°Cの変化に対して0.5°C以下の変動であるが、調査機器2の偏差は、霜点10°Cの変化に対して1.5°C以下の変動であった。

2.3 センサ部の周囲温度による偏差への影響

調査機器2機種において、露点センサ部の周囲温度5°C、15°C、25°C、30°C、40°Cで霜点-30°Cの測定を行い、温度による偏差への影響を調べた結果を図5、図6に示す。なお、図は、周囲温度25°Cの偏差を基準として、各温度における偏差との差を示している。周囲温度による偏差への影響は、調査機器1が0.5°C以下、調査機器2が2°C以下であった。

2.4 考察

調査に使用した露点センサ(静電容量式)の製造者の仕様は、2機種とも精度±2°Cである。今回、サンプルブロックを用いた比較測定により得られた霜点-30°C、-20°C、-10°Cの偏差は、製造者の仕様内であることが確認できた。

また、調査機器2は、直線性やセンサ部の周囲温度による偏差への影響が調査機器1に比べて大きかった。調査機器2の各測定点において、直線性の影響を小さく測定を行うためには、霜点の設定精度を1°C以内にできれば、その影響は0.2°C以内にする事ができる。また、センサ部の周囲温度による偏差への影響については、測定温度環境は、23°C±5°Cであるため、その範囲内では、調査機器1と同様に0.5°C以下となる。

3. 湿度センサ(静電容量式、電気抵抗式)

湿度センサには、感湿素子に吸脱着される水分量により変化する静電容量(静電容量式)又は抵抗(電気抵抗式)を検出して、相対湿度を求める方式がある⁽²⁾。

露点-10°C未満の低露点域となる温度5°Cにおいて、相対湿度10%~30%の湿度測定が行えるかを確認するため、表4に示す3機種の湿度センサを調査機器として測定を行った。

また、調査機器3(電気抵抗式)の低湿度における湿度表

示の追従性を確認するため、温度 10℃～25℃において相対湿度 10%～30%の測定を行った。

表 4 湿度センサ

	相対湿度の測定範囲	方式
調査機器 3	10%～95%	電気抵抗式
調査機器 4	0%～100%	静電容量式
調査機器 5	0%～100%	静電容量式

3.1 測定方法

温度 5℃の湿度測定は、試験槽内に調査機器 3～5 を設置して、湿度発生装置から送られてきた槽内の湿潤空気の相対湿度を測定した。なお、露点計と温度計から求めた相対湿度を標準とした。その測定の概略を図 7 に示す。

なお、温度 10℃～25℃の湿度測定は、恒温恒湿槽を使用し、槽内に調査機器 3 と 5 を設置して測定を行った。

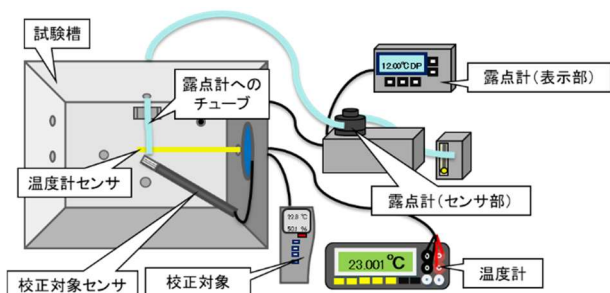


図 7 温度 5℃の湿度測定

3.2 湿度表示の追従性

(1) 温度 5℃の湿度測定

温度 5℃において、相対湿度 10%、13%、15%、18%、20%、25%、30%について、各 90 分間測定した結果を図 8 に示す。

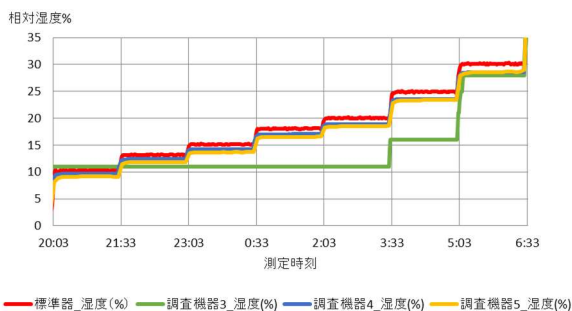


図 8 温度 5℃の湿度測定

図 8 の結果より、静電容量式の調査機器 4 及び 5 は、標準の相対湿度に追従し、相対湿度 10%～30%の測定が行えている。

電気抵抗式の調査機器 3 について、相対湿度 20%以下は変化が見られず、相対湿度 25%では、反応はあるものの 9%程度低い値を示した。相対湿度 30%は、静電容量式の調査機器と同程度の値を示し、測定が行えていることを確認した。

(2) 温度 10℃～25℃の湿度測定

(1)の測定結果より、調査機器 3 の電気抵抗式湿度センサは、温度 5℃の相対湿度 30%未満において不感であることがわかった。そこで、温度に対する湿度の応答を調査するため、温度 10℃～25℃で湿度測定を行い、結果を図 9～図 12 に示す。

また、調査機器 3 の個体差を確認するため、同型の 4 台で温度 23℃の湿度測定を行った結果を図 13 に示す。なお、図 9～図 13 の測定は、恒温恒湿槽内に、調査機器 3 の電気抵抗式湿度センサと調査機器 5 の静電容量式センサを設置して行った。

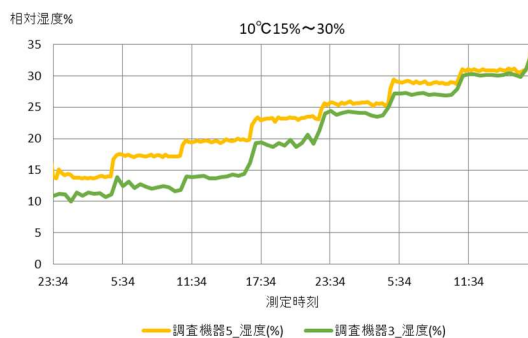


図 9 温度 10℃の湿度測定

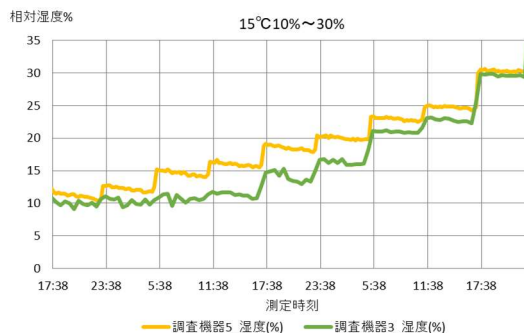


図 10 温度 15℃の湿度測定

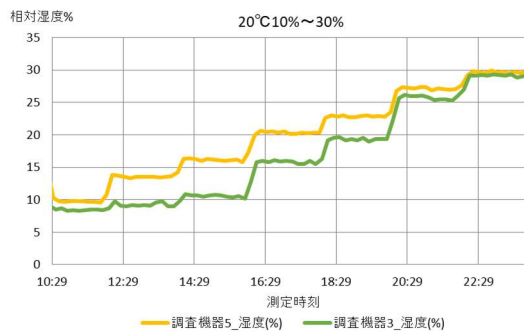


図 11 温度 20℃の湿度測定

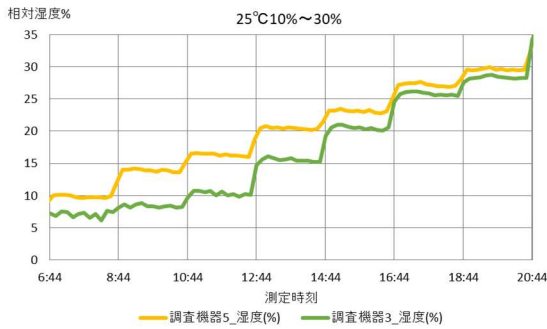


図 12 温度 25 °C の湿度測定

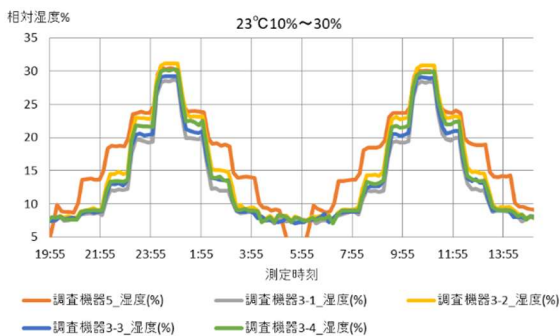


図 13 温度 23 °C の湿度測定

3.3 考察

温度 5 °C において、相対湿度 10 %～30 % の湿度測定は、湿度センサが静電容量式であれば、標準器の相対湿度に追従しており、値に大きな差異もないことが確認できた。調査機器 3 の電気抵抗式湿度センサについては、図 8 から図 13 の測定結果より、表 5 のとおり測定の可否を判断した。なお、調査機器 3 は、製造者の仕様が ±5 %rh (25 °C、50 % において) であることから 5 %rh を判断基準とした。

表 5 調査機器 3 の測定可否

相対湿度	温度 5 °C	温度 10 °C、15 °C	温度 20 °C、23 °C、25 °C
30 %	○	○	○
20 % 超過	×	○	○
20 %	×	×	○
20 % 未満	×	×	×

○：測定可、×：測定不可

また、図 13 に示した温度 23 °C における相対湿度 10 %～30 % の測定結果では、相対湿度 20 % 以上において 4 台の指示のばらつきは、相対湿度値で約 3 % 程度見られたが、再現性、ヒステリシスは、4 台とも表示分解能の 1 % 以下であった。

4. おわりに

今回の調査により、これまで校正範囲外である静電容量式露点計の霜点 -30 °C～-10 °C 及び電子式湿度計（温湿度計）の静電容量式湿度センサについて、温度 5 °C において、相対湿度 10 %～30 % の測定が可能であることを確認でき

た。また、湿度センサが電気抵抗式のものについては、温度による相対湿度の測定可能な範囲を確認することができた。測定が可能な範囲については、今後、JCSS 校正の範囲拡大のためマニュアル等を整備していきたいと考える。

今回の報告は、限られたサンプルである 5 機種 of センサについて調査した結果であり、製造者、型式、個体ごとの差異が考えられることから、必要に応じて同様な調査を行っていききたいと考える。

参考文献

- (1) 社団法人日本機械学会：「湿度・水分測定と環境のモニタ」、pp.257 (1992)
- (2) 日本産業規格：「JIS Z 8806:2001 湿度—測定方法」

(2022 年 8 月 5 日受付)