

## 赤外線センサ技術と 一般空調設備CO<sub>2</sub>計測精度への影響

最新式の換気システムでは、外気処理に要するエネルギー量を最小にするため、屋内の空気を再循環させています。室内空気質の指示計としてCO<sub>2</sub>センサを使用することで、エネルギー消費を最適化しつつ、新鮮な外気を建物の利用者に提供できます。

エネルギー効率に関する規則が厳格化するのに伴い、CO<sub>2</sub>センサに対する要求も厳しくなってきました。室内空気質の向上における先駆者といえるのが米国カリフォルニア州です。同州の建築基準法では、CO<sub>2</sub>センサの性能基準を「CO<sub>2</sub>センサは、工場で校正済みの状態または始動時に校正した状態で、海拔ゼロ地点および気温25°Cで濃度600~1,000ppmのCO<sub>2</sub>を測定した際の精度が±75ppmの範囲にあり、かつ校正が必要な間隔は5年に1度、またはそれ以上に長い期間であることが製造業者によって保証されていること」と定めています。これは、すべてのセンサが期待通りの性能を備えているとは限らないため、センサを選ぶ際に仕様を慎重にチェックすることの重要性を示しています。

### 赤外線CO<sub>2</sub>センサの動作原理

非分散型赤外線吸収法(NDIR)センサとしても知られている赤外線センサは、

一般空調設備向けのCO<sub>2</sub>センサ市場で大きなシェアを占めていますが、これには明白な理由があります。それは、感度が非常に高く、選択性に富み、安定しているためです。赤外線センサは商品寿命が長く、環境変化の影響を受けません。その上、この技術につきものだった、比較的高価で小型化が難しいという課題が克服されました。

CO<sub>2</sub>には赤外領域の波長4.26μmの光を吸収する特性があります。CO<sub>2</sub>を含む気体に赤外線放射を透過させると、CO<sub>2</sub>分子は赤外線放射の一部を吸収します。気体を透過する赤外線放射の量は、そこに含まれるCO<sub>2</sub>の濃度に依存します。赤外線光源、検出器、光路が組み込まれた赤外線センサは、この現象を数値化します(図1参照)。

### 一般空調設備向けCO<sub>2</sub>センサを選ぶ際にチェックすべき基本的な性能基準

- **精度**: センサの指示値が真の値にどれだけ近いか
- **計測範囲**: その機器が読み取り可能な計測値の限界
- **感度**: 検出可能な最低のCO<sub>2</sub>濃度、および検出可能な最低濃度の変更
- **選択性**: 混合気体の中でCO<sub>2</sub>のみを特定するセンサの能力
- **応答時間**: センサがCO<sub>2</sub>濃度の変化に反応するまでにかかる時間
- **安定性**: 安定して再現可能なCO<sub>2</sub>測定値を得られる期間
- **消費電力**: 総エネルギー使用量だけでなく、機器の自己発熱が計測精度に与える影響も重要
- **メンテナンスの容易さ**: 使い勝手に加えて、規定の校正間隔と利用可能な校正オプションについても確認



図1. 赤外検出器がCO<sub>2</sub>分子の赤外線吸収を検出 A: 赤外線光源 B: 光路 C: 検出器

## さまざまな赤外線CO<sub>2</sub>センサとその性能の違い

一般空調設備向けCO<sub>2</sub>センサは、設置後長期間にわたって、時には製品寿命が尽きるまで、メンテナンスがほとんど、またはまったく不要で動作するのが一般的です。そのため、信頼性の高い正確な計測を長期にわたって実行できるセンサを選ぶことが重要になります。あらゆる赤外線CO<sub>2</sub>センサは同じ計測原理で動いていますが、技術的ソリューションと計測性能には大きな差異があります。経験を積んだ一般空調設備の専門家は、さまざまな種類のセンサとその性能の違いについて知見が得られます。

### 単光源単一波長方式センサ

単光源単一波長方式センサは、赤外線光源、測定チャンバー、検出器からなる単純な構造をしています(図2)。

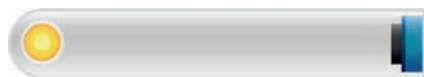


図2. 単光源単一波長方式センサ

このタイプのセンサの課題は、かなり長期にわたるドリフトです。CO<sub>2</sub>センサの典型的な赤外線光源である小型白熱電球の光強度は、時間の経過とともに変化します。また、塵や埃がセンサ表面に付着します。センサはこうした変化をCO<sub>2</sub>濃度の変化であると誤って解釈し、長い目で見ると信頼性に欠ける計測となってしまいます。

そうした特有の不安定性を補うため、一部のメーカーは自動バックグラウンド校正方式を採用しています。センサが任意の期間(通常は数日)内における最小CO<sub>2</sub>指示値を記録し、この最小指示値が新鮮な外気(400ppmのCO<sub>2</sub>)に相当するものと見なして、指示値を再調整します。残念なことに、これは常に適切とはいえません。なぜなら、室内のCO<sub>2</sub>レベルは建物の居住パターンによって影響を受けるためです。病院、高齢者ホーム、住宅、オフィスなどの施設は居住状態が一日中続き、CO<sub>2</sub>の最低レベルは600~800ppmになります。不完全な再調整を繰り返すと誤ったCO<sub>2</sub>指示値につながり、換気が不十分になるとともに室内空気質が低下します。さらに、新築の建物においては、コンクリートの炭酸化により、CO<sub>2</sub>濃度が400ppmをはるかに下回ることもあるため、自動バックグラウンド補正はこの場合も機能しません。

### 二光源単一波長方式センサ

二光源単一波長方式センサ(図3)には、赤外線光源のドリフトを補正するため補助的な赤外線光源が付いています。この補助光源はほとんど始動しないため、劣化しないというのがメーカーの説明です。この方式では、センサ構造が不必要に複雑になり、補助的な赤外線光源によって故障し得る箇所が増えてしまいます。



図3. 2光源単一波長方式センサの構造

加えて、塵や埃がセンサの周囲に均等に付着することはまずありません。結論として、このセンサ構造は比較的信頼性が低いといえます。

### 単光源二波長方式センサ

単光源二波長方式センサは、単光源単一波長方式センサや二光源単一波長方式センサとは異なり、性能に影響を与えないドリフトの問題がありません。一般に高価なフィルタ・ホイール分析器に用いられるこの技術は、吸収波長だけでなく、吸収の影響を受けない参照波長でも計測を行います。

ヴァイスラは、単光源二波長方式センサをコンパクトな構造にまとめ、産業用変換器に利用できるようにしました。電気的波長可変FPI(ファブリー・ペロー干渉計)フィルタを検出器の前面に設置することで参照波長を計測します(図4)。



図4. 検出器の前面にFPIフィルタを取り付けた単光源二波長方式センサ

微小機械FPIフィルタを電気的に調整することにより、CO<sub>2</sub>計測波長と参照波長を切り替えます。参照測定によって赤外線光源の強度の変化と光路の塵の蓄積が補正されるため、複雑な補正アルゴリズムは不要になります。

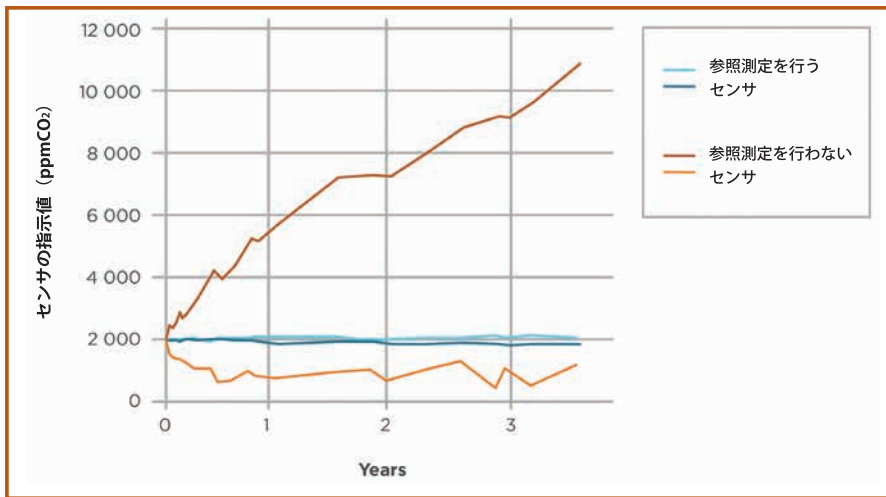


図5. 単光源単一波長方式センサ(参照測定を行わないセンサ)と比較した場合のヴァイサラ単光源二波長方式センサ(参照測定を行うセンサ)の長期安定性

簡素でコスト効率の良い単光源二波長方式センサは、長期にわたり極めて安定性が高く、メンテナンスも最小限で済みます。

図5は、参照測定を行うセンサ(単光源二波長方式)と、行わないセンサ(単光源単一波長方式)の長期安定性の違いを示しています。単光源単一波長方式センサで一般的に見られるドリフトは、赤外線光源の強度低下によるもので、CO<sub>2</sub>レベルの表示が高くなりすぎています。しかし、センサのドリフトにより、指示値が低くなりすぎる場合もあります。

## 赤外線光源— 次世代技術で得られる性能

### 小型白熱電球

大半の赤外線CO<sub>2</sub>センサは、赤外線光源として小型白熱電球を使用していますが(図6)、これはセンサにとって理想的な光源ではありません。まず、電球一つひとつの初期の光強度にばらつきが大きい

ため、導入が困難です。第2に、細フィラメントからタングステンが蒸発しガラスの表面に付着するため電球の壁が黒ずむという、特有の不安定性があります。フィラメントが薄くなるにつれ、出力強度は次第に低下します。参照測定を行わないセンサ(単光源単一波長方式および二光源単一波長方式)の長期安定性は大幅に損なわれます(図5)。その他の短所としては、消費電力が比較的多いことと、製品寿命が限られることが挙げられます。

### Microglow

次世代の赤外線技術であるMicroglowは、従来の赤外線光源に影響を与えていた数々の課題を解決します。Microglow(図7)の主な利点は、赤外線光源の寿命延長、消費電力の削減、品質の均等性、大量生産における優れた製造性です。

白熱電球をMicroglow技術に置き換えることで、センサの動作寿命が50%伸び

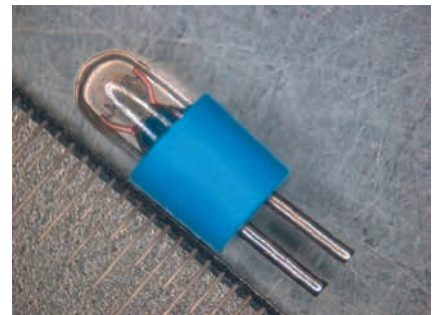


図6. 小型白熱電球

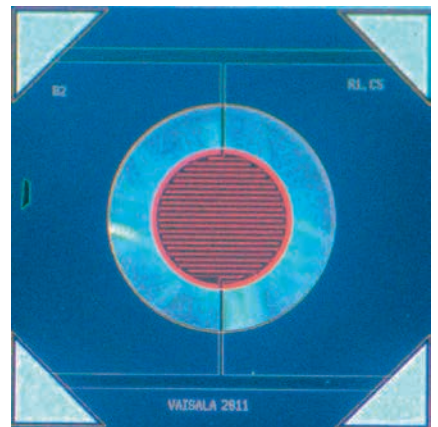


図7. ヴァイサラが特許を有するシリコンMEMSエミッタ赤外線光源、Microglow

る一方、消費電力は従来の赤外線光源のわずか25%で済みます。

白熱電球から発生する大量の熱は、多重パラメータ変換器のCO<sub>2</sub>測定だけでなく、湿度温度測定の適用性にも制約を与えます。温度に依存するパラメータである湿度は、熱源の近くでは正確に測定できません。Microglowの特質である低消費電力により、CO<sub>2</sub>計測と同じ変換器筐体で高品質な湿度計測が行え、センサのウォームアップ時間も短縮できます。

Microglowの光強度は、その製品寿命全体にわたり、非常に安定しています(図8)。その他の利点としては、応答時間の短さと、チップを直接コンポーネント基盤に自動組立できるという優れた製造性が挙げられます。

Microglow技術の詳細は、[www.vaisala.com/microglow](http://www.vaisala.com/microglow) (英語) をご覧ください

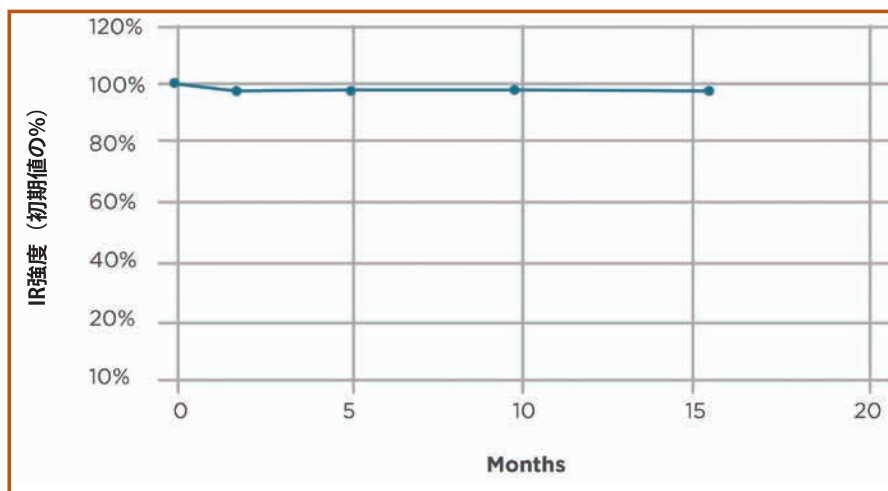


図8. Microglowの優れた長期安定性

**VAISALA**

[www.vaisala.co.jp](http://www.vaisala.co.jp)

詳細は以下よりお問い合わせください。  
[www.vaisala.co.jp/contact](http://www.vaisala.co.jp/contact)

Ref. B21131JA-A ©Vaisala 2014

本カタログに掲載される情報は、ヴァイサラと協力会社の著作権法、各種条約及びその他の法律で保護されています。私的使用その他法律によって明示的に認められる範囲を超えて、これらの情報を使用(複製、送信、頒布、保管等を含む)をすることは、事前に当社の文書による許諾がないかぎり、禁止します。仕様は予告なく変更されることがあります。

CE