

校正の理論

センスエアIRガスセンサ

目的:

センスエアIRセンサテクノロジーに関する基本的な理解

ASSOCIATED DOCUMENTS:

TN-011 Calibration procedure – a hands on guide...

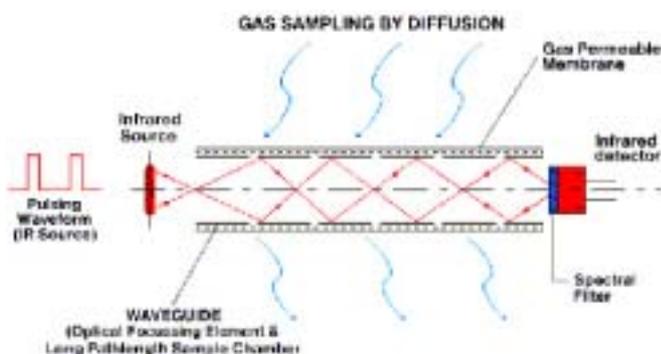


図1: センスエア社独自の光学的導波テクノロジーの基本原則 (pat. JP 3990733)

NDIR方式によるガス検出の特質は:

- 高い選択性 他のガスの干渉を受けない
- 高感度、高精度
- 耐環境性
- 製品の長期在庫が可能
- センサの対環境露出による問題がない(残留測定値メモリー、環境露出によるヒステリシスがない)
- 比較的簡単な物理による把握が可能

ランバート・ベールの法則は共振吸収 A とガス濃度 c の関係を以下のように説明しています。

$$I_d = I_o e^{-cds} \quad (1)$$

ここで、 $A = (I_o - I_d) / I_o$ 。

I_o は入射光の強度、 I_d は透過光の強度、 d は光路長、そして、 s は吸光強度(ガスに特有の量子力学的定数)。

代表的なNDIR方式ガスセンサでは、高いレベルのIR光フラックス I_d を光検出器へ送るため、アクティブなIR光源が使用されます。与えられた幾何的な値 d は固定値であるため、この計算式で c を実験的に定義するためには、ふたつのパラメータ I_o および s のみが残ります。実際的にはこれは2ステップの校正手順によって行われ、まず I_o が先に定義されます。

この最初のステップは、光路に $c=0$ である“ゼロガス”を満たして行うため、**ゼロキャリブレーション(ゼロ校正)**と呼ばれます。ここで真空を使うこともできますが、実用的な理由により、大気圧での窒素が緩衝ガスとしてより一般的に使用されます(窒素にはIR吸収がありません)。

IR方式ガス検出の原理

CO₂測定は、一般によく知られた非分散型赤外線吸収法と呼ばれる、赤外(IR)放射吸収の原理に基づいています。この原理は、分子より、放射された波長が分子の内部エネルギーのレベルと一致するスペクトル領域において、光(電磁エネルギー)を吸収するという事実に拠っています。これも一般に知られた、物理化学分野における量子力学理論に従って、中赤外スペクトル領域において、原子間振動による分子エネルギーの共振が存在します。異なる原子(異なる集合)によって異なる分子が形成されるため、振動の共振周波数(および波長)はそれぞれの種類(分子)によって異なります。

この事実が、スペクトル分析によるガス検出の基本です。選択された種類(分子)の共振波長と一致するごく狭いスペクトル領域内で、吸収される光の量を検出することにより、その固有の種類(分子)の分子数を、他の種類による干渉を受けることなく、測定することができます。

センスエアでは、化学的CO₂吸収原理(ソーダライム)により簡単にゼロガスが発生できる軽量、ポータブルのゼロガス校正バッグ(モデルF0005)を準備しています。

残りの未知のパラメータ s を求めるために必要な2番目の校正ステップはスパンキャリブレーション(スパン校正)と呼ばれ、このステップでは、光路を既知の濃度 c のガスで満たして校正を行います。

この後は、いかなる値であれ理論的にランバート・ベールの法則を適用して、 c が測定されます。注目すべきことは、スパン定数は上記数式(1)の指数で得られた物理定数に緊密に関係しており、それ故に経時的に変化しないと考えられます。残念ながら、ゼロキャリブレーションについては同様ではありません。

実使用に際しては、使用部品の経時劣化およびドリフト、システムノイズ、製品の固体不良など、実際的な方法で検討しなければならない幾つかの制約があります。ローコストでこれらの障害を解決するために、センスエアのガスセンサテクノロジーは、斬新で画期的な光学系とマイコンを使用した、独自で最新のソリューションを採用しています。

部品の経時劣化およびドリフト

ガス濃度は吸収という方法によって測定され、この吸収は大きなゼロシグナル I_0 の頂点部で検出されるため、経時的な I_0 の微少な変化が誤ってガス濃度の変化 c として判断されます。

従って、IRの発光源、光学的発信システム、IR検出器および増幅器など、 I_0 に影響を与えるすべての要素を安定させることが極めて重要です。センスエア独自の光学システムは塵粒から密閉されており、メカ的にも丈夫に設計されています。検出器には強く、安定した光学信号が照射されているため、さらなる電気的な増幅の必要性を最小限に抑え、信号増幅に関わる問題を低減しています。

さらに、センスエアでは使用部品の吟味・精選、コンピュータ管理による製造、各センサのバーニン(通電)などのソリューションを採用し、さらに、センサには長期動作中に検出された変化(ドリフト)を自動的に検出、補正するマイコン制御の自動ベースライン補正アルゴリズム(ABC)を搭載しています。

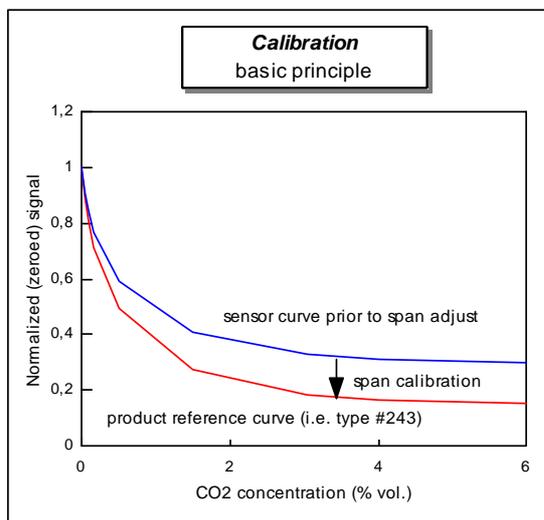


図2: スパンガス校正の基本原則
標準(適正)化された(ゼロ化された)信号が、製品の基準カーブに適合するよう、スパン定数により数値増幅されます。

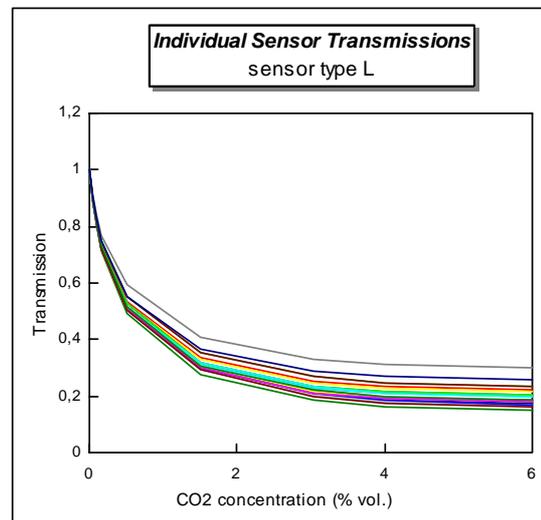


図3: 低濃度範囲0~0.7% vol.測定用センサ22台のCO₂濃度出力の代表例

校正原理

センスエア製品においては、16ポイントのテーブルにより実測した信号をリニアライゼーション化し線形出力を行います。個々のセンサの固体差を考慮に入れた、校正は二つのパラメータZERO_x およびSPAN_x によって行われます。

すべてのセンスエアIRガスセンサにおいては、ZERO_x、SPAN_x 何れの定数も乗法的な(倍数的に増加する)もので、リニアライゼーションが行われる前の測定データに作用します。ZERO_x は、吸収ガスが無い場合、生データをカウント値61440(=システムの基準レベル)に標準(適正)化します。これはセンサのセルにゼロガスを満たし、押しボタン操作(OP#2またはCAL)で簡単に行えます。

あるいは、生データの標準(適正)化は他の押しボタンコマンド(OP#3またはCALb)を使って、バックグラウンドレベルの吸収で行えます。しかしながら、これはセンサのセル内に汚れのない新鮮な空気があることが前提で、また、本当のゼロガスを使用した場合と比べると、不正確な結果となります。

SPAN_x 定数は工場校正によって得られ、経年変化はないと考えられます。実際のところ、スパン校正を試みたユーザーがセンサの性能を向上できず、逆に性能を低下させるということがよくあります。工場におけるスパン校正は不要なガスを排除したガスチャンバーにより、漏れない、確実な制御のもとで行われます。校正に関わる粒子の問題についてはテクニカルノートTN-011を参照して下さい。

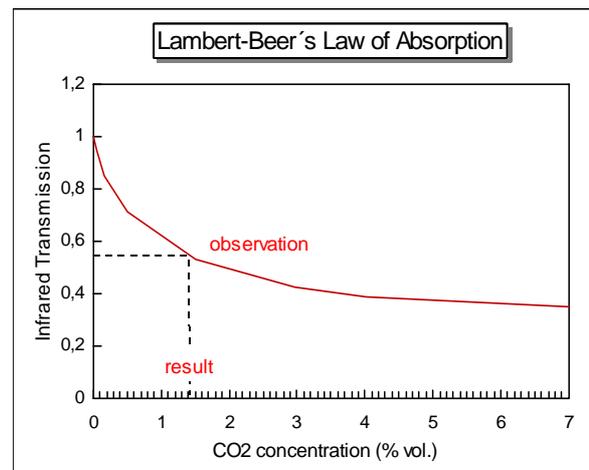


図4: 赤外吸収の基本原理および校正参照テーブル