

# 二酸化炭素 — 生と死

## 二酸化炭素とは？

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は地球の大気中で頻繁に発生するガスの一つで、燃焼プロセスと生物の自然代謝における主な生成物です。私たちは酸素を吸い込み、二酸化炭素を吐き出します。呼気に含まれる二酸化炭素はほぼ一定でそのレベルは約3.8% (38,000ppm)です。二酸化炭素が吐き出されると、室内でもすぐに周囲の空気と混ざりますが、換気がよければ濃度は無害なレベルまで減少します。屋内のCO<sub>2</sub>レベルは一般に400ppmから1200ppm(百万分率)の間で変化します。屋外のCO<sub>2</sub>レベルは一般に350~450ppmです。

高度に工業化、あるいは汚染された区域では周期的に800ppmまでのCO<sub>2</sub>濃度に達します。屋外のCO<sub>2</sub>レベルは交通が非常に多い区域においてはさらに高くなります。CO<sub>2</sub>は、自動車や暖炉の不完全燃焼から生じる、非常に有害なガスである一酸化炭素(CO)と混合されるべきではありません。一酸化炭素は非常に低い濃度(25ppm~50ppm)でも危険です。

## CO<sub>2</sub>は室内空気汚染？

二酸化炭素は室内空気汚染とはみなされていませんが、快適性の劣化を助長する、人によって発生され得る微小な有機物を示すのに適したトレーサーガスです。ほとんどの規格では、醸造所、缶詰産業や冷凍貯蔵などのような、工程中に発生する二酸化炭素量が著しい工業環境における二酸化炭素の最大許容濃度は8時間の労働時間中5000ppmの高さとされています。

## CO<sub>2</sub>測定はどのようにして室内の換気効率を示すことができるか？

屋内CO<sub>2</sub>測定は、人間から発せられる二酸化炭素と、機器による換気や通気により生じる希釈効果との関係を動的に測定します。もし屋内と屋外のCO<sub>2</sub>濃度の違いがわかっており、屋内のCO<sub>2</sub>濃度が安定していれば、このCO<sub>2</sub>濃度を換気システムの性能や仕事量に関連付けることが容易です。

700ppmの差は一人当たり毎秒10リットルの空気取入れ量に相当します。よく用いられる最大値、とりわけスウェーデンの国家労働安全委員会やAHRで推奨されている最大値は1000ppmです。この値は、400ppmレベルの二酸化炭素の屋外空気を屋内に持ち込み、一人当たり毎秒7リットルのエアフローがある時に起こる希釈効果に相当します。

すべてのガスと同様、二酸化炭素も外気に急速に拡散するため、屋外の特定の場所における濃度の時間変動は一般に50ppm以下で、季節に依存する傾向があります。

二酸化炭素はまた、燃焼によって最も多く生じる副生成物の一つであるため、屋外空気測定は排気管や走行車のような極端に集中した特定の燃焼源に影響されます。500ppm程度以上の屋外CO<sub>2</sub>レベルの測定値は顕著な燃焼源が近くにあることを示しています。

屋内CO<sub>2</sub>測定は、人の占有を示す屋内空間で発生したCO<sub>2</sub>量と、換気によって取り込まれた外気の低濃度CO<sub>2</sub>量のバランスの、動的な測定です。

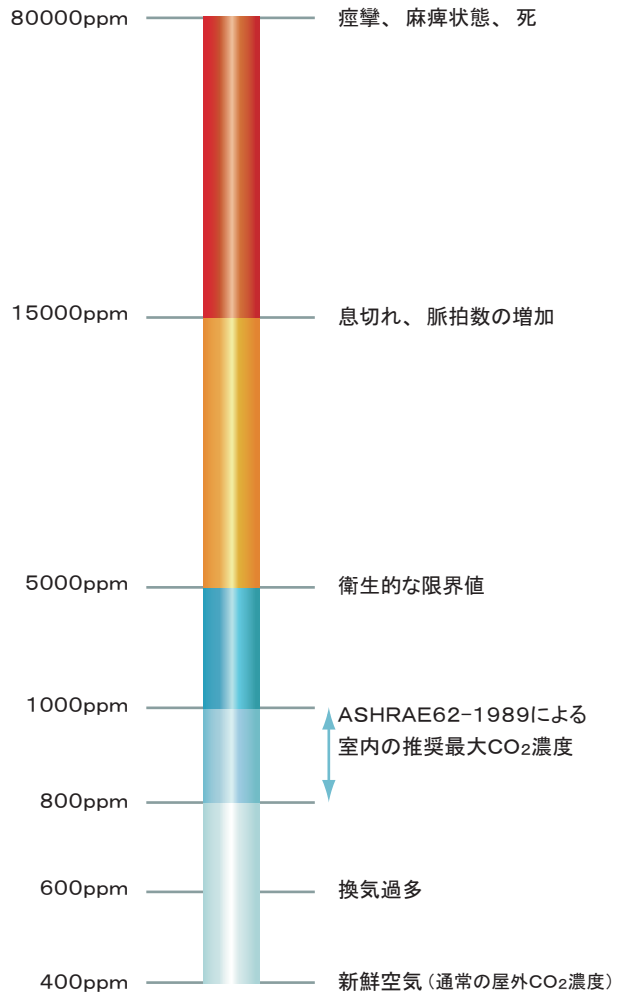
## 適用領域

二酸化炭素ほど適用領域が多様で予想できないガスは他にはほとんどなく、二酸化炭素への関心と需要は高まっています。このことは主に、二酸化炭素が私達の社会で用いられている多様な危険種の代替となる、環境的に最も密接なガスであることが証明された結果です。二酸化炭素はそれ自体有害ではないにしても、潜行性のガスで、少量(私達が吐き出すCO<sub>2</sub>)では無害ですが、高濃度では致命的です。二酸化炭素は無臭なので、測定器無しで検知することができません。そして多くの死亡事故が、多量のビールや炭酸飲料が貯蔵されている貯蔵室などで起こっています。ビールやソフトドリンクの提供・貯蔵に関する新しい法制化はCO<sub>2</sub>アラームに対する新しい巨大マーケットを創りだしています。これらのCO<sub>2</sub>アラームの巨大なエンドユーザー(SenseAirのOEM客先)の一つがマクドナルドです。

## SenseAir製品は以下の分野で使用されています：

- ・省エネルギーインテリジェンスや快適性付加機能を特長とする新しい空調・換気システム。  
来式の自立型ファン、排気弁、窓の開閉器、外気導入アクチュエータなどの換気機器に代わって。
- ・バイオ関連プロセスにおける工程歩留と経済的成果の向上。  
グリーンハウス、きのこ栽培場、食物輸送/貯蔵、鶏の孵化場、インキュベータ、酪農業その他の施設。
- ・燃焼やガス漏れの危険性がある狭いスペースにおける人的安全性。ガレージ、トンネルや公共のバー、レストラン、バーナーやヒーターの設置場所など。
- ・自動車産業、冷媒リーク制御や換気空調設備(HVAC)外気供給デマンドセンシング。
- ・地球環境の調査・モニター - 地上と大気のCO<sub>2</sub>センシング
- ・家庭用電気器具(キッチンファン、レンジなど)  
SenseAirのCO<sub>2</sub>センサは部分構成システム・内蔵センサとして、より大きなシステムソリューションに簡単に内蔵させることができます。  
SenseAir製品は、ユーザーの様々な要求に柔軟に対応します。

## CO<sub>2</sub>は人体にどのように影響するか？



## デマンドコントロール換気システム(DCV)

建物内の新鮮な空気は少な過ぎても多過ぎても問題となる可能性があります。過剰な換気は、適切な換気に必要な量よりも多いエネルギーの使用と高いコストの原因となり、温かく湿った気候では、室内空気質(IAQ)の問題を増大させる可能性があります。過小な換気は空気質を著しく低下させ、滞留者の不快と健康問題をもたらすこともあります。この問題は二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を用いたデマンドコントロール換気システム(DCV)によって解決されます。換気空調設備(HVAC)システムはDCVを用いて換気量を人の占有レベルに最適化することができます。

CO<sub>2</sub>センシングを用いたデマンドコントロール換気システムは二つのテクノロジーの組み合わせです。一つはCO<sub>2</sub>センサで、建物内の空気中のCO<sub>2</sub>レベルをモニターします。もう一つは、空気制御システムで、センサからのデータを用いて換気を制御します。CO<sub>2</sub>センサは調節されているスペース内の空気を連続的にモニターします。人はCO<sub>2</sub>を排出するため、屋内のCO<sub>2</sub>濃度と屋外のCO<sub>2</sub>濃度のレベルの違いは、スペース内の人の占有度や活動レベル、ひいては、その換気の必要性を示します。センサはCO<sub>2</sub>の測定値を換気制御機器に送り、領域内のCO<sub>2</sub>濃度が特定のレベルを超えると制御機器が自動的に換気量を増加させます。



## CO<sub>2</sub>のメリット – DCVに基づいて

### ・IAQ(室内空気質)の改善

もしCO<sub>2</sub>レベルが許容できないレベルにまで上昇した場合、屋内に新鮮な空気の供給を増やすことによって、DCV技術は空気質の低下をもたらす過小換気を防ぐことができます。

### ・省エネルギー

推奨される換気率が必要とする以上の、過度の暖房、冷房、除湿を回避することにより、CO<sub>2</sub>センサはDCVに対する省エネルギーを提供します。

### ・湿度制御の改善

多湿気候においては、DCVは、居住者(滞在者)に不快感をもたらし、かびや白カビの成長を助長する湿った外気の不必要な流入を防ぐことができます。

### ・空気質データの記録

センサの測定値を保存して、建物内の適切な換気についての信頼性のある記録が得られます。このような記録は換気に関連した病気や損害請求からビルオーナーを守るのに役立ちます。

## 省エネルギーのメカニズム

屋内に十分な空気質を確保するために、アメリカ暖房冷凍空調学会(ASHRAE)は一人当たり15~20cfmの換気率を推奨しています。この基準を満たすため、多くの比較的古い換気システムは、建物に人の占有があるとき、常にすべてのエリアが満員の状態で占有されているかのように、最大レベルで空気を認識するように設計されています。その結果、多くの場合、建物には極めて過剰な換気が行われています。

CO<sub>2</sub>ベースのDCVの、有効な省エネルギーに対するポテンシャルは、文献では毎年1平方フィートにつき\$ 0.05から\$ 1の間であると見積もられています。最大の省エネ(省コスト)が期待できるのは、人の占有度が変わりやすく予測できない高密度のスペース、暖房や冷房の需要が高い場所、そして使用料金が高く一定である地域においてです。建物を調節する能力を改良すると、HVAC機器の朝の予備調整のスタート時間を遅らせることができます。この改良は大きなエネルギーとコスト削減につながります。

## 燃焼状態にある二酸化炭素を測定する利点 (例えば一酸化炭素と比較して)

### ・優れた経済性とパフォーマンス

二酸化炭素の測定には多くの、様々な理由があります。二酸化炭素はあらゆる種類の開放式燃焼における主要なガスです。従って、内燃エンジンの総排気量のよい指標となります。また、二酸化炭素は主要な排出ガスでもあるため、IRテクノロジーを使うことによって、この総排気量の高い信頼性かつ低コストで明確にすることができます。

### ・CO<sub>2</sub>はおそろかにされている健康ハザード

触媒コンバーターを搭載した車のシェアが急速に増加しているため、健康上の理由から二酸化炭素濃度を測定することは重要です。触媒コンバーターが完全に効率的な時、温かいエンジンから、有害な排出物質に対比して、高濃度の二酸化炭素が排出されます。この場合、二酸化炭素は潜在的な脅威となり得ます。従って、この危険を無視することは無責任と言わざるを得ません  
(参考製品: aSENSE mIII)。

### ・すべての有害排出と関連する、排出指標としてのCO<sub>2</sub>

二酸化炭素濃度が低く保たれることが確実なデマンドコントロール換気システムを使うことによって、有害物質排出もまた自動的に換気されるでしょう。もしこのケースにおける正確な関係に関心があれば、例えば還気ダクトで、二酸化炭素を含む関連するすべてのガスの気体混合を測定する必要があります。二酸化炭素に関連する様々なガスの発生は、例えば、ある特定の時間における現行の自動車の、排気ガス混合の平均の値を示してくれます。この値は、二酸化炭素センサが設置された全体システムにおいて、それぞれのガス濃度の時間変動の計算をするために使うことができます(例えばトンネルやガレージの中において)。

ある特定の場所で測定されたCO<sub>2</sub>濃度は排気量を示してくれます。そしてその特定の時間に、別途代表的に測定された空気混合(比)は、局所のNO<sub>2</sub>(=酸化窒素)の、必要であればさらにCO(一酸化炭素)の濃度を類推的に示してくれます。このソリューションは、将来、換気コンポーネントや空気質に関する規制に変更があった際に、柔軟な対応を可能にしてくれます。

### ・CO<sub>2</sub>は優れた火災表示器

CO<sub>2</sub>センサはまた、火災検知器としても機能することが可能です。開放された場所での火災では、非常に高い濃度のCO<sub>2</sub>が短時間の間隔で放出されます。例えば、内燃エンジンから発生し得るよりもさらに高い濃度のCO<sub>2</sub>が放出されます。熱く高濃度のCO<sub>2</sub>ガスが発生し、火煙とともに急速に拡がります。実際に、二酸化炭素の“雲”は煙よりも早く拡がるということが火災テストで示されています。





EN54規格によると、開放火災試験のすべてのケースで、二酸化炭素は絶対で最良な(つまり最速の)火災表示器であることが分かりました。また、いくつかのアルコールやガソリンの火災においては、煙は発生しないものの非常に高いレベルの二酸化炭素が排出されます。従って、光電式あるいはイオン式の煙感知器と異なり、CO<sub>2</sub>火災検知テクノロジーは、火以外の理由から煙が起こる汚く、埃っぽい環境で起こりやすい誤警報の恐れがありません。

## NDIRテクノロジーについて

非分散型赤外線吸収法(NDIR)テクノロジーは、発せられた波長が内部分子のエネルギーレベルと一致するスペクトル域で分子が光(電磁エネルギー)を吸収するという事実に基づいています。物理化学において有名な量子力学論によると、原子間の振動のため、そのような共鳴エネルギーが中赤外線スペクトルの領域で存在します。

様々な分子は様々な原子(様々な質量)によって形成されているため、共鳴振動数(および派長)はそれぞれの分子で異なります。この事実がスペクトル分析によるガスセンシングの基本です。選ばれた分子の波長共鳴に一致するごく狭いスペクトル域において、光を吸収する量を検知することによって、他の分子に妨げられることなく、この特定の種の分子の数を測定することができます。

## CO<sub>2</sub>センサとVOCセンサの違い

時折、空気質センサ(VOCセンサ)とCO<sub>2</sub>センサの違いについての質問が寄せられます。これらのセンサには互換性はありません。これらのセンサは非常に異なったものを測定します。赤外線吸収スペクトル技術(IRテクノロジー)によるCO<sub>2</sub>センシング技術は安定していて、空気質センサに見られる短期間のランダムなドリフトの影響を受けません。たいていのIR二酸化炭素センサはCO<sub>2</sub>のみを測定します。CO<sub>2</sub>センサは人の占有スペースにおける換気率を制御します。屋内の空気においては人間がCO<sub>2</sub>の主たる排出源です。屋外のCO<sub>2</sub>レベルは比較的低いレベルで、かなり一定している傾向があります。

屋内のCO<sub>2</sub>測定を屋外のCO<sub>2</sub>濃度と比較して、一人当たり1立方フィート毎分を基準に、占有ビルスペース(空間)に供給される外気換気量を示すことができます。空気質(VOC)センサは換気の必要度合を示すことはできません。また、空気質(VOC)センサは、汚染物質の濃度の全般的な変化を示すことは可能ですが、存在する汚染物質が安全な濃度であるか有害な濃度であるかを必ずしも示せる訳ではありません。空気質(VOC)センサは一般的ではない、居住者と関連のない排出源が周期的に存在し得るアプリケーションにおいて最もよく使用されています。

制御用としては、CO<sub>2</sub>センサは警報や緩和手段を作動させることができます(フィルタや換気の作動)。二酸化炭素は不活性ガスなので、空気質センサを反応させないごく少ない成分の一つです。この二つのアプローチはどちらもデマンドコントロール換気戦略に適用されることが可能ですが、結果は非常に異なることがあります。CO<sub>2</sub>センサを使用した場合、換気はスペースの設計占有率よりもむしろ実際のスペースの占有率に基づくため、省エネルギーの結果が得られます。エネルギーは、汚染負荷が低く、換気が低減できるときに節約でき、これは、スペースが人に占有されている間、あるいは、占有がなくなった後に可能です。

CO<sub>2</sub>センサは、とりわけ人の占有のない時間帯に換気を低減しますが、空気質(VOC)センサは、もしビル内の汚染物質が高いレベルであれば、実際に占有のない時間帯も同じ換気率を維持します。

IAQ(VOC)センサの場合、換気は空気質センサによって感知された実際に存在するいくつかの汚染物質に基づいて制御されます。このことは確立された換気の規範と矛盾する場合と矛盾しない場合があります。これらのセンサは、特別な機器が使用されている場合、あるいはクリーナーから強い化学物質が空気中に放出されている場合に起こりうる、周期的な高濃度汚染のイベントを感知するためにも用いられます。

すべての空気質(VOC)センサは基本的に同じです。いくつかのVOCセンサのメーカーは現在、VOC測定値からの“換算CO<sub>2</sub>濃度“での方法論を準備・提案しています。この方法論は誤った方向付けと考えられ、屋内空気質産業における多くの新しいユーザーを混乱させる可能性があります。

株式会社サカキコーポレーション  
URL:<http://www.sakakicorporation.co.jp>