

ライフサイエンス用インキュベータ内の CO₂ を正確に計測する方法



本書では、ライフサイエンスの研究室で、細胞培養などの生体試料の培養や保管に使用されるインキュベータと呼ばれる特殊な環境チャンバー内の CO₂ 計測について説明します。

これらのインキュベータの内部は、通常、次のような条件になっています。

- CO₂濃度 5% - 一部の用途では、より高い濃度の10%を使用する場合があります。ただし、通常の計測機能や制御機能で扱う範囲は、0~20%です。
- 温度37°C
- 相対湿度90%以上

高機能インキュベータでは、通常、相対湿度の計測および制御が必要ですが、CO₂ インキュベータの構造上必ずしも必要ではありません。

条件の制御

インキュベータ内の条件は、十分慎重に制御する必要があります。インキュベータ内部を均一に温めるためには、温度制御が不可欠です。通常、ヒーターと高速回転ファンを使用して、キャビネット

内の空気を継続的に攪拌します。またこれにより、空気中の水分やCO₂濃度も均等になります。

さらに、湿度には検体を乾燥から守るための重要な役割があります。検体を新鮮で生きた状態に保つには、キャビネット内の湿度が100%に近いことが理想的です。実際には、温度勾配と水分制御の精度限界により、相対湿度は通常90%に近くなります。

シンプルなインキュベータでは、キャビネットの床部にウォーターパンがあり、空気中に水を蒸発させます。インキュベータの他の部分よりも水の温度が低い場合、結露を避けることができますが、実際には、湿度を最適なレベルに維持することは簡単ではありません。例えば、インキュベータの開閉部分を開くと、湿度が低下し、回復するまでに長い時間がかかります。また、ウォーターパンに不純物が含まれている場合、水の流れがないことから、潜在的な汚染リスクが生じます。もう一つの方法は、湿度制御用の噴霧器を使用して、正確な量の水粒子を発生させることです。この場合、非常に正確に湿度を計測する必要があります。

ただし、制御の中で最も困難な作業は、二酸化炭素を要件に見合った濃度にするために、純粋な二酸化炭素をボンベから供給し、インキュベータ内でキャビネットの空気と混合する時です。このため、実際のシステムでは、CO₂ を計測する高精度のセンサが不可欠です。また、システム全体では、センサの位置と制御アルゴリズムがどちらも非常に重要です。

正確な CO₂ 計測の課題

正確に計測できるかどうかは、複数の要素に左右されます。高精度の計測機器が適切に機能するように、正しく設置しなければなりません。その計測機器が、目的の用途に適していることも必要です。

ユーザーは、計測機器の使用法と、その機器から生成されるデータの扱い方を理解しておく必要があります。また、高性能の計測機器であっても、定期的にメンテナンスと校正を行う必要がある点も忘れてはなりません。計測機器に期待する性能があることを確認するために、計測結果を検証することもお勧めします。

CO₂ の計測に及ぼす影響

二酸化炭素の計測方法には、サンプリング計測と直接計測の2種類があります。サンプリング計測は、たとえば、チューブとポンプを使用して、キャビネットから空気サンプルをセンサに供給する方法を指します。サンプリング方式では、サンプルチューブ内に結露が生じる場合があります。また、直接方式の場合は、センサをインキュベータから取り外して清掃することができますが、サンプリング方式の場合は、チューブをきれいな状態に保つことが難しいため、汚染物質が発生する可能性もあります。サンプリングポンプを使用する場合、CO₂ センサに対して急に強い圧力がかかることがあります。また、大きな圧力の衝撃によって、計測値の出力に変動が生じたり、中断したりする場合があります。

センサがキャビネット内にある場合は、直接計測を用います。直接計測は、必要な部品が少なく応答時間が短いため、多くの場合、推奨できる方法です。ただし、センサは常に高い湿度と温度に耐える必要があります。

使用する計測技術によっては、二酸化炭素の計測に影響を与えるパラメータが他にもあります。赤外線計測は、実際の二酸化炭素分子数の計算に基づいていて、ガス密度が計測に関係します。そのため、圧力と温度が、計測精度に影響を与えるパラメータになります。理想気体の法則に基づくと、サンプルガスは温度が高いほど膨張するため、低温の場合の同じサンプルよりも、CO₂ 濃度は低く計測されます。さらに、同じCO₂ 濃度でも、圧力が低くなると、濃度の計測値は実際より低く表わされます。この状況は、高度が高い場所でインキュベータを運用する場合に起こります。湿度と酸素は、計測精度に軽微な影響を与えますが、互いに打ち消すように働くため、この影響は重要ではありません。ヴァイサラでは、上で述べた事象をすべて自動的に補正するいくつかの方法を導入しています。

適切な設置が重要である理由

CO₂ センサは、CO₂ ガスの取り入れ口から離れた、チャンバー内を代表する開けた場所にあることが重要です。また、キャビネットのヒーターなどの高温スポットや、ウォーターパンまたは加湿器などの低温スポットから離れた場所にある

必要があります。インキュベータの隅は、空気循環が十分でないため、適切な場所ではない可能性があります。

CO₂ 計測センサを設置する場合は、インキュベータの清掃時など、必要なときにセンサに簡単にアクセスできるように配慮してください。インキュベータ内のアイテムによって計測が妨げられることがない場所にセンサを設置し、センサの周囲に、ある程度の空間を確保することをお勧めします。フィードスルーを使用して、センサを外環境（チャンバーの外のエリア）から密閉し、熱を遮断することも必要です。適切に密閉されていない場合、低温スポットが形成され、センサ内部に結露が発生し、不要な水が生じる原因になります。一般的に、低温スポットやフリーウォーターを避けるために、キャビネットを外環境から隔離することが重要です。また、密閉が適切でない場合、表面が汚染されやすくなり、清掃の妨げにもなります。

CO₂ センサのメーカーである当社は、正しいCO₂ 計測こそが、インキュベータのCO₂ を適切に制御できると確信しています。

VAISALA

www.vaisala.com

詳細は以下よりお問い合わせください。
www.vaisala.com/contactus

Ref. B211781JA-A ©Vaisala 2019

本文書は著作権保護の対象となっており、すべての著作権はヴァイサラと関連会社によって保有されています。無断複写・転載を禁じます。本文書に掲載されているすべてのロゴおよび製品名は、ヴァイサラまたは関連会社の商標です。私的用途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限り、禁止します。技術的仕様を含め、すべての仕様は予告なく変更されることがあります。