

原子力機構が開発した実用化例 高感度ガス分析装置

一 様々なガスに含まれる微量な成分を高感度で測定 一



私たちの身の回りには空気をはじめとする多くのガスが存在します。高感度ガス分析装置はそれらのガスの成分を通常私たちが生活している場所と同じ圧力(大気圧)のまま、短時間に計ることを可能にした装置です。

高感度ガス分析装置はサンプルバッグなどからガスを0.2ml程度取り出して装置に注入することで、10秒程度の短時間にガス中の成分をはかることができます。

●基本性能

到達圧力	~10 ⁻⁷ Pa
加熱温度	~200°C
測定質量	1~200amu
測定感度	~100ppb
外形寸法	W900×D600×H1200 (mm)

高感度ガス分析装置は日常的な気圧(大気圧)状態にあるガスを特殊機能を持った真空排気システムを用いることで真空排気装置付四極子型質量分析計で計測可能な超高真空状態まで瞬時に減圧できます。これにより、微量なガス成分の分析を可能としました。

高感度ガス分析装置は呼吸や野菜・肉などからの様々な放出ガスが測定でき、幅広い分野で活用されています。

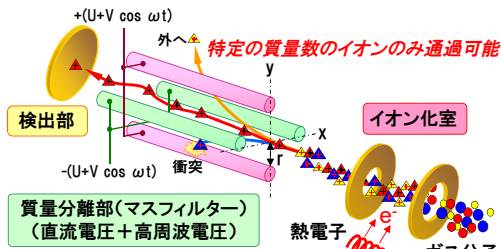
一 四重極形質量分析計の原理 一

高感度ガス分析装置は四重極形質量分析計を使って、様々なガスの微量な成分を測ります。この分析計は真空環境下でのさまざまなガス分析に応用されています。

四重極形質量分析計はその名前の通り真空容器の中に4本の金属棒が中心軸から等間隔で平行に配置されています。

イオン化室で生成されたイオンは数10Vの電圧で加速され、四重極の領域に飛び出します。そのとき四重極の向い合う電極に同じ極性の電圧U、隣り合う電極に正負逆の極性の電圧Uをかけておきます。

さらにそれぞれの電極に高周波電圧 $V \cos \omega t$ (ω : 高周波の振動数 t : 時間)とを重ね合わせてかけると、四重極の中には高速で位相が変化する電場が生じます。



●真空排気装置付四極子型質量分析計の模式図

イオンはこの電場によりX、Yの軸方向に振動します。

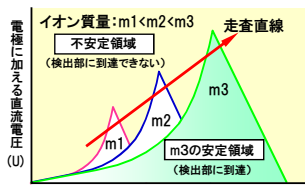
このとき特定の条件(U、V、 ω)が与えられると、特定の質量電荷比(m/z)を持つイオンだけが「安定な振動」状態になり、四重極を通り抜けて検出部に到達できます。

その他のイオンは電極に衝突したり、外に飛び出してしまいます。

イオンの振動はMathieuの方程式と呼ばれる式(1)に従います。イオンが安定に振動する条件は線で囲む領域として表されます。

質量m1、m2、m3のイオンに対して、それぞれの安定領域を通るように直流電圧と高周波電圧の比を一定に保って電圧を変化させれば(走査直線)、m1、m2、m3イオンの安定領域を順番に通過させることができます。

$$\frac{m}{z} = K \frac{V}{r^2 \omega^2} \dots (1) \quad (K: \text{定数}, r: \text{電極の距離})$$



●イオン安定領域 (Mathieuの図)

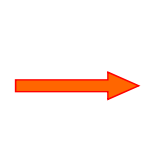
一 呼気ガス成分と皮膚排泄成分の測定 一

呼気ガスの分析は息でふくらませたサンプルバッグから呼気ガスを採取して、そのガスを分析します。この時に使うサンプルバッグも開発品の一つです。

●呼気のはかり方



サンプルバッグに息を吹き込んでふくらませます。



サンプルバッグから呼気を抜きとります。



呼気を導入ポートに注入し、測定の準備をします。

●皮膚排泄成分のはかり方



頭皮などの皮膚に局所ガス捕集器の吸気ノズルをあて、皮膚から排泄される成分をサンプルバッグに集め、呼気と同じように測定します。

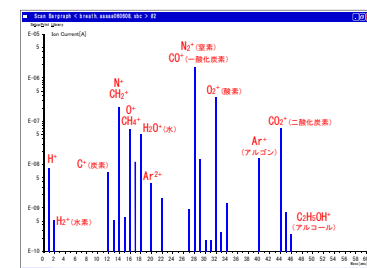
<局所ガス捕集器>



導入ポートのバルブを開けて測定開始です。

一 呼気ガス成分の分析データ(代表例) 一

高感度ガス分析装置で呼気ガスを測定すると右のようなデータが得られます。このグラフのガス分子の質量に対応した検出部のイオン電流の大きさから呼気ガスの各成分量を算出します。

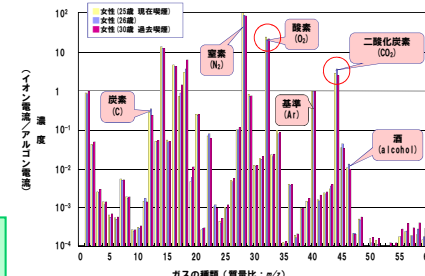


人の呼吸は酸素(O₂: m/z 32)を体内にとり込んで、二酸化炭素(CO₂: m/z 44)を吐き出しています。吐き出した呼気の中の酸素、二酸化炭素などの値から、呼吸の状態がわかります。

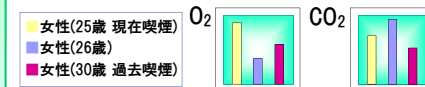
生活習慣(喫煙)の異なる人の呼気ガス測定データを比較すると喫煙による呼吸状態への影響の違いが分ってきます。

右中段のグラフは喫煙している人、していない人、過去にしていた人の呼気ガスデータを比較したものです。測定された呼気ガス成分の酸素と二酸化炭素のシグナルのピークを拡大したのが右下の図です。喫煙者は酸素の吐き出し量が多く、二酸化炭素がすくないので、呼吸状態がよくないことが分かります。また、過去の喫煙でも二酸化炭素の吐き出し量が少なくなっていて「タバコをやめても呼吸機能はすぐには元に戻らない」ことを表しています。

●呼気ガス測定データ<代表例>



●喫煙の影響による呼気ガスデータの変化



●呼気ガスデータのピーク値の比較

*1: 特許実施許諾先企業の登録商標

呼気ガス分析装置(プレスマス*1) :製品化例



プレスマスは原子力機構の高感度ガス分析装置技術を使用して、特許実施許諾先企業により、製品化された装置です。

プレスマスは呼気ガスの測定の他、生鮮食品の放出ガスの測定などに活用されています。