

PERSONAL TVOC MONITOR

FTVR-01 TECHNICAL GUIDE BOOK

パーソナル TVOCモニター テクニカルガイドブック



ユーザビリティを追求した 5つのポイント

高精度 & 合理性
High accuracy & Rationality

リアルタイム測定機能で結果が速い
Fast measurement function

用途が広がる使い易さ
Easiness to use

ニーズに合わせて選べる機能性
Functionality that can be chosen

見易い画面 & 拡張性
Screen & Extensibility that sees easily

VOCを取り巻く背景

VOCとは？

VOCとは揮発有機化合物(Volatile Organic Compounds)の略語であり、常温で揮発しやすい有機化合物の総称です。VOCに含まれるガス種としてトルエン、キシレン、ベンゼンなどが良く知られていますが、これらは全VOCのほんの一部であり、実際には健康に影響を及ぼす種類だけでも300種類以上あると言われていいます。これらの化学物質は、親油性で分解しにくく安定性が高く、かつ燃えにくい性質を有していることから、理想的な塗料、接着剤などの溶剤として重宝されてきましたが、住宅内における健康被害(シックハウス症候群、化学物質過敏症、SBSなど)の原因物質として近年問題視されていることは、説明するまでもありません。また、2004年5月に公布された改正大気汚染防止法では、各種工場から排出されるVOC量(浮遊性粒子状物質または光化学オキシダントの原因物質として)の計測および抑制が法令化(施行は2006年春)されるなど、VOCガスは室内環境または大気環境を問わず、重要視されている物質群と言えます。

TVOCとは？

TVOCとは総揮発性有機化合物(Total VOC)の略語です。上述の通り、VOCには数多くのガス種が含まれるため、例えば室内環境に含まれる全てのVOCガス種を定性(種類は?)・定量(濃度は?)することは現実的に困難です。そこで、VOCガスの包括量を定量化し、環境診断の指標に用いる動きが全世界的に広がりつつあります。表1に示しました厚生労働省発表の化学物質の室内濃度指針値では代表的なVOCガス種の他に、暫定値ではありますが、TVOC濃度に関して400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という指針値が発表されています。このようにTVOC濃度がクローズアップされている背景には、分析作業の煩雑さもありますが、VOCが及ぼす人への健康影響を、代表ガスの発生量だけでは考察できない点にもあります(つまり、例えばトルエンの発生量が減少しても、他の有害化学物質の発生量が増加すれば健康影響は低減されない)。

表1. 厚生労働省の室内汚染ガス濃度指針値

化学物質名	室内濃度指針値	
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)
ホルムアルデヒド	100	0.08
トルエン	260	0.07
キシレン	870	0.20
パラジクロロベンゼン	240	0.04
エチルベンゼン	3800	0.88
スチレン	225	0.05
フタル酸ジ-n-ブチル	220	0.02
クロルピリホス	1	0.00007
TVOC	400	
テトラデカン	330	0.04
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120	0.0076
ダイアジノン	0.29	0.00002
アセトアルデヒド	48	0.03
フェノブカルブ	33	0.0038

TVOCの測定方法・定義

室内環境計測におけるTVOCの定義あるいは測定方法については、まだ世界的なコンセンサスが得られておらず、いくつかの手法が提案されています。表2にその一例を示します。これらの測定方法は「微小ピークの取り扱い」や「カラムの分離性能」について明言されていないため、現実的には測定機関によって計測値が異なる可能性を含んでいますが、概ね、**n-ヘキサン(C6)からn-ヘキサデカン(C16)までの炭化水素系ガスの総量を、場合によってトルエン換算した濃度をTVOCとするケースが多い**と言えます。なお、大気環境計測におけるTVOCは、環境省によって「FID法」や「NDIR法」が標準化されています(いずれも単位は"ppmC")。

表2. 各機関で定められているTVOCの定義および測定方法

ISO規格 JIS規格	Tenax TAでサンプリングされ、GC/MSまたはGC/FIDによって検出された、n-ヘキサンからn-ヘキサデカンの中のピークの総面積をトルエン換算したもの値
ECS (欧州共同研究)	GC/MS法等により測定されたピークを同定・定量し、定量された代表ガス成分(検出上位10ピークを含む)と、未同定ピークの総量のトルエン換算値を合算した値(ECS)

一般的な室内環境の測定方法

TVOC計測にかぎらず、GC法による室内環境分析にはかなり煩雑な作業が伴います。図1に一般的な室内環境計測の手順を示しますが、これらの分析装置は室内環境レベルの低濃度ガスを直接的に検知できませんので、作業は試料ガスの捕集(濃縮)から始まります。捕集とは現場の雰囲気(試料ガス)を定流量ポンプを用いて、専用の捕集剤に吸着させることを意味し、この工程には数十分から数時間を要します(パッシブ法の場合は24時間以上)。捕集完了後、捕集剤は分析ラボへ運ばれ、吸着物質を加熱法により濃く抽出し、GC装置にて定性・定量分析されます(加熱脱着式GC法)。これらの分析結果は当然ながら信頼度の高い数値ではありますが、結果を得るまでに数日を要する他、あくまでも捕集期間内の平均濃度を表しますので、刻々とVOC濃度が変化する環境では使用できないというデメリットもあります。また、分析一式にかかる費用は一検体あたり数万円と非常に高価です。

従って、GC法はある特定物質からの化学物質放散量を静的に計測する場合には、測定手順もJIS等で明確化されていますので非常に好都合ですが、「VOCの個人暴露量(ヒトが日常生活に暴露されている総VOC量)の計測」や「VOC放散物質の特定」といった動的な計測には不向きと考えられます。VOCに対する社会的関心が増大している中、もっと手軽にかつリアルタイムに室内環境を計測したいといったニーズは日々高まっています。

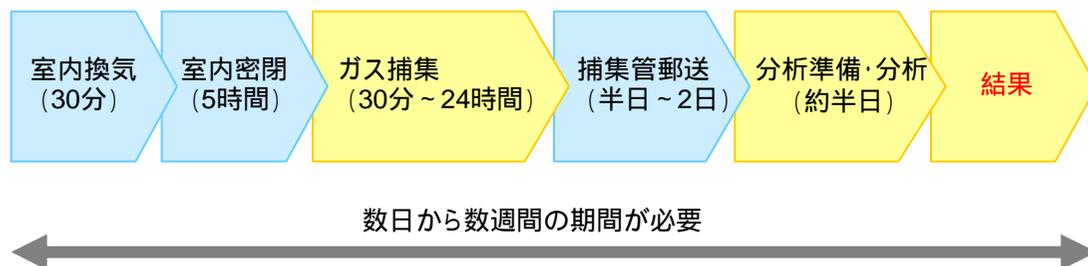


図1. GC法(標準法)による室内環境計測の流れ

パーソナルTVOCモニタ(FTVR-01)のご紹介

パーソナルTVOCモニタ(FTVR-01)とは？

FTVR-01は高感度な半導体式ガスセンサ方式のTVOCモニタ器です。GC法のようにガス種ごとの定性・定量はできませんが、例えば、トルエンの場合ですと、室内環境指針値(260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)の1/10濃度を捕集(濃縮)操作なしに直接検知できますので、現場にてリアルタイムにモニタリングすることができます。また、小型・軽量かつ電池電源にて動作可能ですので、これまで測定不可能であった様々なシーンにおいて、手軽に高感度な分析を実現します。

半導体式ガスセンサとは？

半導体式ガスセンサとは、主に家庭用のガス漏れ警報機用のセンサとして古くから実績の高いガスセンサです。近年では空気清浄器やエアコン等において空気の汚れ(例えば、タバコ臭)を検知し、自動運転を開始させる一種のスイッチとしても数多く使用されています。センサ材料にはn型半導体特性を示す金属酸化物材料を用い、この材料の電気抵抗が雰囲気中の可燃性ガス濃度に応じて変化する特性を利用して、ガスを検知します。動作原理を以下に説明いたします。

センサ周辺の雰囲気中に酸素が存在しない状態では、センサを例えば400℃といった高温に保つと、自由電子が酸化スズ(SnO_{2-x})粒子の粒界を通して流れます。清浄な大気中では、酸化スズの表面に酸素が吸着します。酸素は電子親和力があるため酸化スズ中の自由電子をトラップして粒界にポテンシャル障壁を形成します。このポテンシャル障壁(eVs 空気中)は、電子の流れを妨げ、その結果として電気抵抗が増大します。

還元性ガスである可燃性ガス(例ではCO)にセンサが暴露されると、酸化スズの表面でこれらのガスと吸着酸素との酸化反応が起こります。

その結果、酸化スズの表面に吸着していた酸素は減少してポテンシャル障壁が低下し電子は動きやすくなります。つまり、電気抵抗が低下することになります。このようなメカニズムで、フィガロガスセンサは、大気中に含まれるガスの濃度を抵抗変化によって検出することができます。これらのガスと酸化スズの表面酸素との反応は、センサ素子の温度とセンサ材料の活性によって変化します。

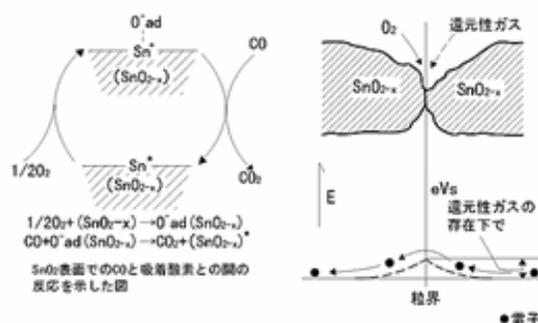
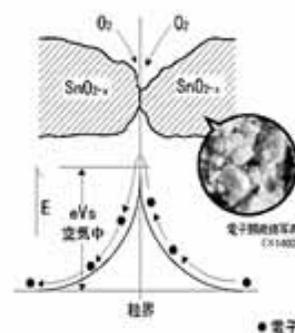


図2. 半導体式ガスセンサの検知原理図

パーソナルTVOCモニタ(FTVR-01)の特徴

FTVR-01は本体部とセンサプローブ部から構成されています。センサプローブ先端には「ガスセンサ」およびガスセンサ信号補正用の「温度センサ」と「マーキングスイッチ(スイッチを押したタイミングがデータ中に記録されます)」が内蔵されています。また、本体部には各種制御回路と液晶表示部の他、雰囲気計測用の温度センサと湿度センサ(ガスセンサの信号補正用も兼ねる)が内蔵されています。

図3にTVOC濃度算出に関するブロック図を示します。ガスセンサ信号は温度および湿度情報に基いて適切に補正された後、事前に作成した「ゼロ値」および「スパン値」に基いて濃度情報に変換されます。TVOC濃度、温度、湿度、マーキングタイミングの各データは、本体部の液晶にリアルタイムに表示される他、スイッチ操作により内蔵メモリに記録(24時間)させたり、パソコンと接続してグラフ上にデータの時間推移をプロットさせることが可能です。

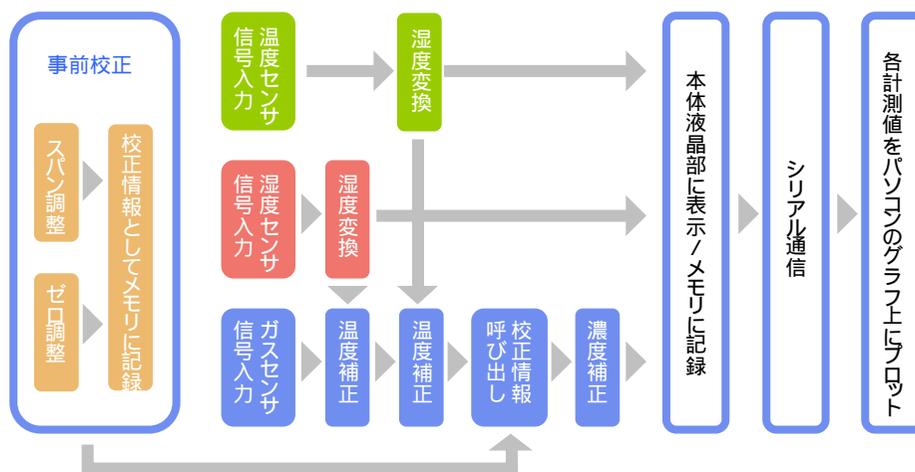


図3. FTVR-01の演算シーケンス

FTVR-01 使いやすさを追求した5つの性能

高感度と利便性の両立

厚生労働省のトルエン室内濃度指針値である $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の1/10濃度を直接検知可能です。また、初めての方でも簡単な操作性を実現しました。

リアルタイム測定

濃縮操作を伴う従来(GC)法では不可能であったリアルタイム測定が可能ですので、現場ですぐに結果を確認することができます。

小型・軽量・静音・連続測定

小型かつ軽量ですので、どこにでも設置できます。また、吸引ポンプ等を使用しませんので、静音・連続測定(測定雰囲気を乱さない)が可能です。

簡易校正機能

付属の「簡易ゼロ校正器」により、場所を問わず「ゼロ値」の取得が可能です。また、トルエン標準ガスをお持ちであればスパン調整も可能です。

PCとの連携・優れた拡張性

付属の専用ソフトウェアにより、「記録データの吸出し」、「連続定置測定」が可能です。また、本器を最大8台まで接続し、同時測定が可能です。

各部の名称

各部の名称および機能について図4にて説明いたします。

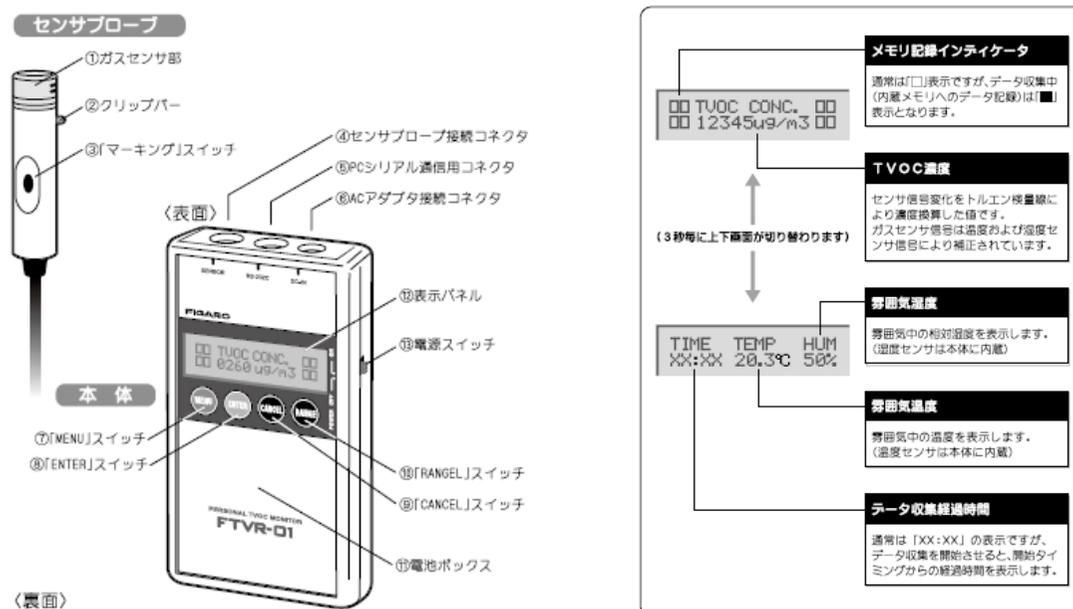


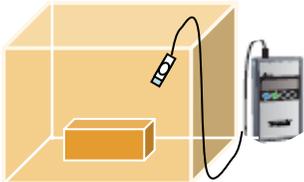
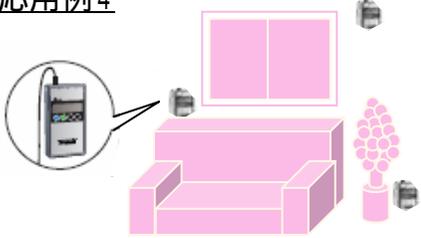
図4. FTVR-01の各部名称

ガスセンサ部
 クリッパー
 マーキングスイッチ
 センサプローブ接続コネクタ
 PCシリアル通信用コネクタ
 ACアダプタ接続コネクタ
 MENUスイッチ
 ENTERスイッチ
 CANCELスイッチ
 RANGEスイッチ
 電池ボックス
 表示パネル
 電源スイッチ

弊社製の高感度ガスセンサが内蔵されています。
 壁面や各種クリップに取り付けるための器具です。
 押したタイミングが記録データ中に表示されます。
 センサプローブの接続コネクタです。
 シリアル通信ケーブルの接続コネクタです。
 ACアダプタの接続コネクタです。
 動作状態を変更させる場合に使用します。
 動作状態の変更確定時に使用します。
 動作状態の変更否認時に使用します。
 起動時のレンジ設定に使用します。
 単三型ニッケル水素電池4本を格納します。
 各種計測値および動作状態を表示します。
 主電源のON/OFFスライドスイッチです。

FTVR-01の使用例

代表的な使用例について説明いたします。

<p><u>応用例1</u></p> 	<p>【TVOC個人暴露量測定】</p> <p>電池電源にて24時間駆動が可能ですので、計測データを内蔵メモリに記録することで、TVOC個人暴露量測定(携帯モニタリング)が可能です。例えば、化学物質過敏症患者様に携帯していただくことにより、「日常生活内におけるTVOCの総暴露量」を計測することができます。</p>
<p><u>応用例2</u></p> 	<p>【TVOC放散原因物質の特定】</p> <p>本体液晶モニタにリアルタイムに計測結果が表示されますので、室内あるいは作業環境のあらゆる場所から発生するTVOC放散量を比較することができます。また、分析結果をマッピングすることで効率的なVOC低減化対策を実現します。</p>
<p><u>応用例3</u></p> 	<p>【チャンパー計測】</p> <p>TVOC放散物質(例えば、建材など)をスモールチャンパーに入れ、センサプローブとともに密閉することにより、物質からのTVOC放散濃度を安定的に計測することができます。例えば、TVOC対策済み建材等の効果検証あるいは販促ツールとしてお役立ていただけます。</p>
<p><u>応用例4</u></p> 	<p>【定置多点計測】</p> <p>付属専用アプリケーションソフトをお手持ちのパソコンへインストールして頂ければ、最大8台までのTVOCモニタを接続し、同時多点計測が可能です。例えば、換気時の各点におけるTVOC濃度推移等を考察することができます。</p>