

## ○ 実証試験結果の概要

実証対象技術／ 環境技術開発者*	ハンディ TVOC モニター（型番 FTVR-02） フィガロ技研株式会社
実証機関	社団法人日本環境技術協会
実証試験期間	平成 22 年 1 月 18 日～2 月 4 日
本技術の目的	VOC 排出削減の自主的取組みに利用できる VOC 簡易測定

### 1. 実証対象技術の概要



#### 測定原理

貴金属等が添加された金属酸化物を感ガス材料に使用し、所定の温度に加熱すると VOC ガスと反応し、電気抵抗値が急激に減少する酸化半導体ガスセンサを用い、TVOC 濃度を測定する。

本器は各種 TVOC に対して均一な感度で広範囲の濃度領域を検出可能なセンサを用いている。

予め校正された校正曲線と機器に内蔵されている、温度および湿度センサによって補正された値により TVOC 濃度を算出する。

### 2. 実証試験の概要

#### ○ 実証対象機器の仕様

型式	FTVR-02
測定原理	酸化半導体式ガスセンサ
測定対象ガス	TVOC（各種芳香族炭化水素および脂肪族炭化水素）
測定範囲	1～3,000 ppm（トルエン換算濃度）
ガスサンプリング法	内蔵の吸引ポンプによる。試料採取流量 0.8 L/min
装置電源	単 3 型アルカリ乾電池またはニッケル水素電池 ×4 本、または AC100 V（付属の AC アダプター使用）

#### ○ 実証試験実施場所

基本性能試験：横浜市環境科学研究所 標準ガス試験室で実施。

事業所における実際の試料測定試験：東京都産業技術研究センターの塗装試験施設でバッグへの試料採取を実施し、横浜市環境科学研究所で測定を実施。

### 3. 実証試験結果

各試験方法は本編 5. 実証試験実施方法を参照。

本実証製品 (FTVR-02) は、試験用ガスに極度に乾燥したガスを使用した場合、検量線の範囲を外れてしまうために、調湿器 (加湿器) を接続し、試験した。

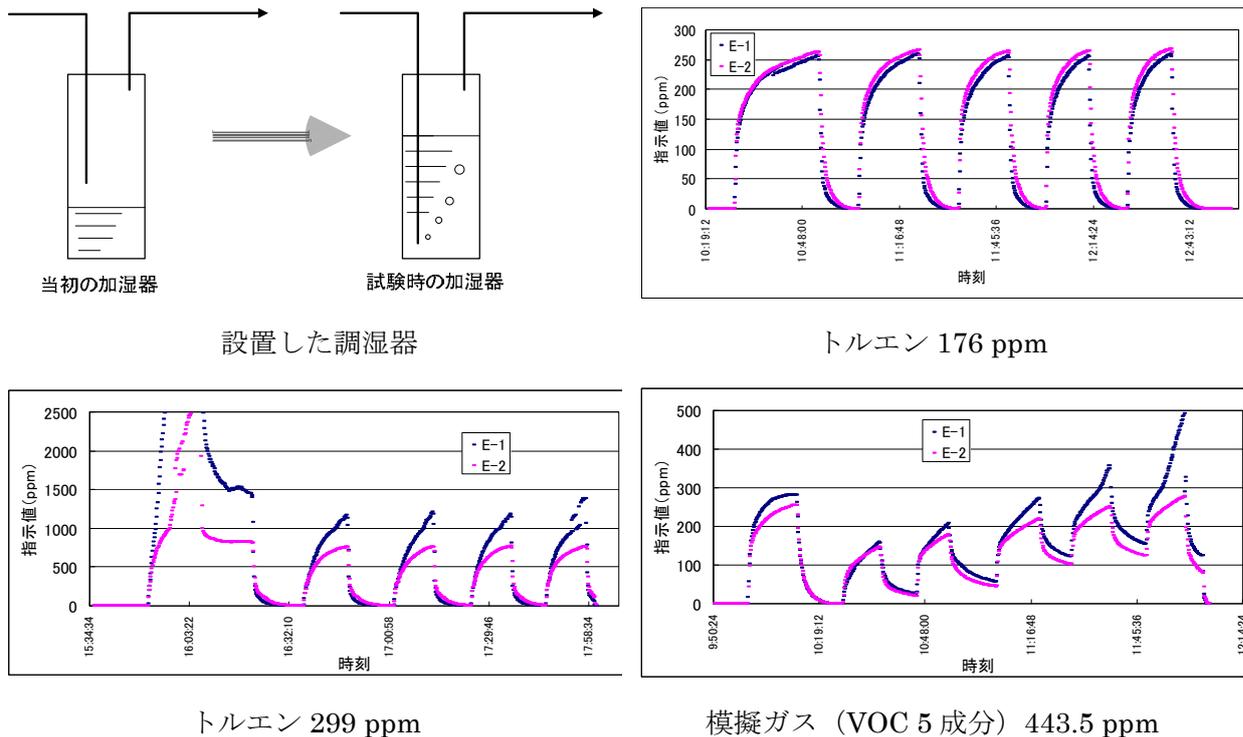
#### ○ 繰返し性試験

繰返し試験結果は、トルエン 176 ppm の試験で  $\pm 1\%$  と偏差が小さかったものの、濃度の高い領域などで大きな偏差を示した。

この原因として、センサそのものの応答時間の遅さと、前段に設置した調湿器による応答遅れが加算されたことによると推定できる。調湿器は当初、水の上部にガスを通す形を考えていたが、実証申請機関の要望により、試験時はバブリングさせて使用した。応答の状況を図 6-2、6-3、6-4 に示した。

トルエン 299 ppm の 1 回目のガスは高濃度のガスを導入し、濃度を下げることにより所定の濃度に調製したが、応答が追いついていないため、高めの指示値を示した。模擬ガス (VOC 5 成分) の場合は、水溶性のイソプロピルアルコール、酢酸エチル、メチルエチルケトンが含まれているために、ゼロ点を含めて徐々に指示値が上昇する傾向が顕著であった。

トリクロロエチレンの場合は、指示値が低く、E-1 では、ゼロであった。



#### ○ 再現性 (ドリフト) 試験

再現性 (ドリフト) 試験は、275 ppm (1,900 ppmC) 付近の高圧容器詰めトルエンガス導入時の指示値を読み、初回の指示値からの偏差を調べることにした。しかし、濃度が高い領域のためか、検量線の範囲を超えてオーバースケール (3,000 ppm) となることもあり、指示値が不安定で、本試験の評価ができなかった。

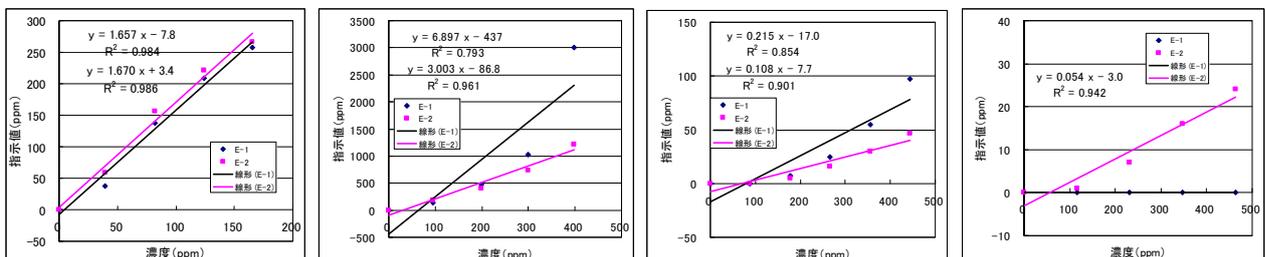
## ○ 応答時間試験

トルエン 176 ppm (1,230 ppmC)、模擬ガス (VOC 5 成分) を測定した場合の 90 %、98 % 応答時間を求めた。応答時間はガス導入後 10 分後の指示値を 100 として、指示変化が起こり始めてからの 90 %、98 % 応答時間を求めることとした。しかし、10 分経過後も指示値の上昇が見られた。なお、本試験は試験用ガス供給ラインを含んだ試験であり、機器単体でのものではない。

## ○ 直線性試験

直線性試験結果は、トルエン 166 ppm の領域では、±10 % 程度であった。濃度の比較的高いトルエン 399 ppm 及び模擬ガス (VOC 5 成分) では、-15 ~ -40 % の結果であった。半導体センサの両対数で直線という原理からくる校正の難しさと推定できる。なお、模擬ガス (VOC 5 成分) 試験では、繰返し性試験時に調湿器への溶解の問題があったために、調湿器を取り外して試験した。

直線性試験結果として、相関散布図を示した。



トルエン 166 ppm (1,160 ppmC)

トルエン 400 ppm (2,800 ppmC)

VOC 5 成分 444 ppm (1,933 ppmC)

トリクロロエチレン 464 ppm (927 ppmC)

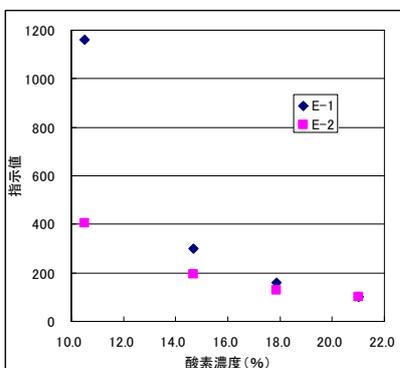
## ○ 干渉影響試験

酸素影響、二酸化炭素影響、水分影響試験結果を示した。

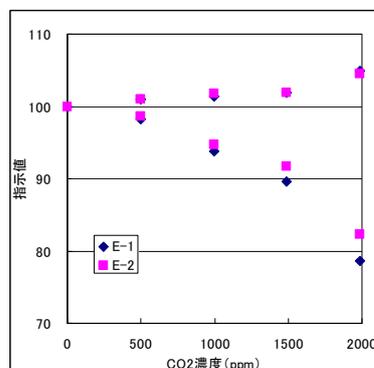
二酸化炭素の影響は、時間経過と共に指示値が増加しており、見かけ上おかしい結果を示した。

半導体センサは原理上二酸化炭素の影響がないため、繰返し性試験に記載した応答性の問題が原因であると考えられる。

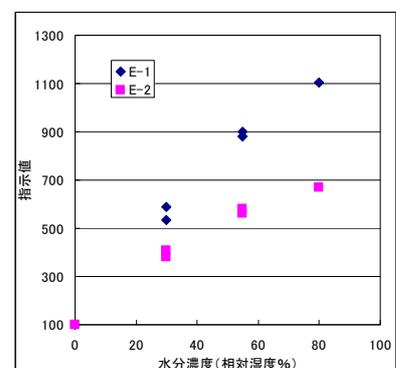
酸素影響、水分の影響はゼロに対する影響は見られなかったが、スパンに対する影響は非常に大きな値を示した。酸化半導体式ガスセンサは、原理的に大きな水分の影響があり、水分影響の対策のために、本体部に湿度センサを搭載し、水分補正を行える構造となっているが、今回の試験のように、試料ガスライン (プローブ、半導体センサ部) の水分を変化させた場合、本体部の室内の水分は変化しないために、試料ガス中の水分補正は行えないという構造上の問題があった。



酸素影響試験結果



二酸化炭素影響試験結果



水分影響試験結果

○ 事業所における実際の試料測定試験

バッグ試験時のガス濃度と試験機の指示値の平均値の偏差 (%) を示した。

ガスの種類	ガス名	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	比較機		試験機		
				HOR製	TD製	FTVR-02		
				NDIR	FID	酸化物半導体ガス		
				比較機A	比較機B	E-1	E-2	
				ppmC	ppmC	ppm	ppm	
高压容器詰	C7H8	273	1911	指示値	1911	1911	3000	716
				偏差 (%)	0.0	0.0	999	162
バッグ①	サンプル①	121	750	指示値	752	748	61	63
				偏差 (%)	0.3	-0.3	-49.8	-47.7
バッグ②	サンプル②	127	845	指示値	856	834	103	95
				偏差 (%)	1.3	-1.3	-18.8	-24.9

バッグ繰返し測定結果は、±20 %程度であった。バッグ測定の場合は、調湿器を設置しなかったが、時間経過と共に、指示値が上昇しており、センサの応答時間の遅さがその原因と推定できる。指示値は、-50~-20 %程度と少し低めの値を示した。トルエンと比較すると他の組成ガスの相対感度が低いためと推定されるが、キシレンが主成分のバッグ②の方が、より低めに測定されると予想されたが、結果は異なった。この原因もバッグ①、②の順番で測定したため、時間が経つほど指示値が上昇するという、応答の問題によると推定できる。

○ 実証試験結果まとめ

視点	結果まとめ								
信頼性	<p>測定濃度範囲、応答時間、干渉成分の影響（酸素、水分）など、測定値の信頼性に改善の余地が見られた。ただし、測定濃度範囲として、トルエン 200 ppm 以下 (1,400 ppmC) では、ある程度の信頼性は確保できそうであった。</p> <p>水分影響の対策のために、本体部に湿度センサを搭載し水分補正を行っているが、試料ガスライン（プローブ、半導体センサ部）の水分補正は行えない構造の問題がある。酸化物半導体ガスセンサは高感度化が容易であるため、例えば希釈法（環境大気 の VOC を活性炭等で除去したゼロガスで連続的に 1/10 ~1/100 程度に希釈）と組み合わせれば、現在の問題がかなり解消されるのではないかと考えられる。</p>								
実用性	<p>測定現場での VOC の組成が明確で変動しない場合や、単成分の場合には有効である。測定結果が、トルエン換算 ○○ ppm と表示されるため、トルエン以外の VOC の場合には、成分ごとに相対感度を用いて換算する必要がある。多成分や組成が変動する場合は、事前に測定ガスの成分・組成の確認を行い、表示特性を理解した上での測定が必要である。</p>								
簡便性	<p>操作手順は簡単かつ容易である。また、内蔵メモリにてデータ収集できるためトレンド管理などの連続モニタリングなどには有用である。</p> <p>簡便性の評価項目として、（参考情報）の一部をピックアップして示した。</p> <table border="1" data-bbox="427 1751 1370 1995"> <tbody> <tr> <td>価格</td> <td>19 万 8 千円</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>約 400 g</td> </tr> <tr> <td>電源</td> <td>単 3 型アルカリ乾電池またはニッケル水素電池 ×4 本、または AC100 V（付属の AC アダプター使用）</td> </tr> <tr> <td>暖気時間</td> <td>特に必要なし</td> </tr> </tbody> </table>	価格	19 万 8 千円	質量	約 400 g	電源	単 3 型アルカリ乾電池またはニッケル水素電池 ×4 本、または AC100 V（付属の AC アダプター使用）	暖気時間	特に必要なし
価格	19 万 8 千円								
質量	約 400 g								
電源	単 3 型アルカリ乾電池またはニッケル水素電池 ×4 本、または AC100 V（付属の AC アダプター使用）								
暖気時間	特に必要なし								

(参考情報)

以下の参考情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。

○製品データ

項目	記入欄
企業名	フィガロ技研株式会社 印
	URL <a href="http://www.figaro.co.jp">http://www.figaro.co.jp</a>
住 所	〒562-8505 大阪府箕面市船場西 1-5-11
担当者所属・氏名	ユニット開発部 瀬戸口泰弘
連絡先	TEL/FAX TEL : 072 (728) 2562 FAX : 072 (728) 2275
	E-mail <a href="mailto:setoguchi@figaro.co.jp">setoguchi@figaro.co.jp</a>
製品名	ハンディ TVOC モニター
型番	FTVR-02
販売・製造元	フィガロ技研(株)
重量 (g)	約 400 g (電池含む)
価格 (円)	198,000 円
分析対象物質	排ガス中の TVOC
利用用途 (想定される用途)	<ul style="list-style-type: none"><li>・工場作業での健康障害防止のための現場環境管理</li><li>・工場排ガス濃度などの日常管理</li><li>・VOC 除去フィルター等の劣化診断</li></ul>
校正用標準物質等の有無	○有 (調製済/調製要) ゼロ点校正 / 無
校正方法	ゼロ点の校正に簡易ゼロ調整セットにてユーザー校正可能 スパン校正は交換用センサプローブと交換
サンプリング方式	アクティブサンプリング (吸引量 約 1 l/min)
操作環境 (室温)	0 °C ~ 40 °C
操作環境 (相対湿度)	5 % ~ 95 %
操作環境 (その他) (その他使用できない環境)	作業環境および工場排気ガス計測用 (数 ppm ~ 数 1,000 ppm) * 高濃度の溶剤ガスでの長時間曝露は不可
製品保管条件 (メンテナンス方法など)	センサプローブ部を付属のアルミ袋に入れて密閉保管
製品保証期間	製造後 12 ヶ月間
応答時間	約 1 分

## ○ その他、実証申請機関からの情報

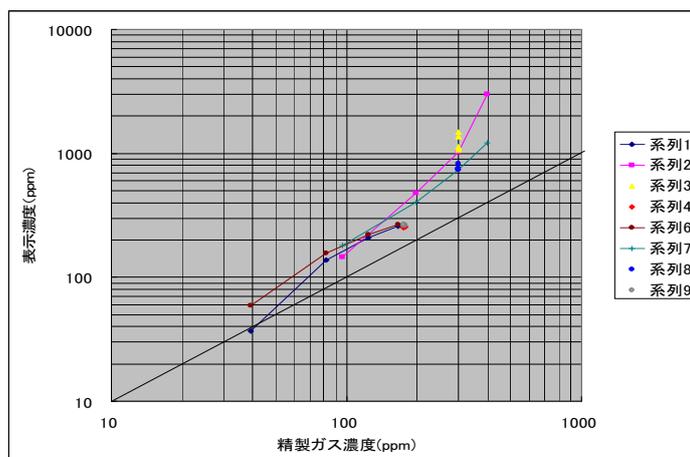
(実証試験結果に対するコメント、実証申請機関における追加試験の結果などを記載)

VOC 簡易測定器としての公的な規格などがなく、試験法についてもメーカー自身の方法であったため、今回の試験結果を基に、今後改良すべき点など改善に繋げていきたい。

### ○ 繰り返し性&直線性結果に対して

半導体センサの挙動としてセンサ信号（センサ抵抗）とガス濃度の間において対数的な変化を示す。このため、当初問題となったゼロ調整時が高純度精製空気の場合、通常の大気中の空気よりも半導体センサにとっては清浄度が高すぎ、結果的に表示濃度値がかなり高い値を示したと考えております。このため大気中で付属のゼロ校正キットを用いて試験を行っていただきました。

トルエンに対して全体的に高めの表示値が出ている結果になっています。



模擬ガス（VOC 5成分）の指示値が低めに出た点についてですが、弊社社内データの感度データからすると感度が小さいガスは見受けられませんでした。今回の応答波形を見ているとブロードな波形になっており、このあたりも結果として低い結果が出た一因かと感じてます。

トリクロロエチレンでは、元々塩素系 VOC は全体的に感度が小さいことは判っておりましたが、ここまで結果表示が低いという点についての原因は考察出来ておりません。

### ○ 干渉影響試験結果に対して

酸素および湿度に依存性があること、また CO<sub>2</sub>には依存性がほとんど無いことは原理上からも頷ける結果かと思えます。

湿度に対してはドライ（0%）は非常に低く結果が出ているが、通常環境での湿度がある状態では依存性の挙動も小さいことなどが再現されていると思われる。

また本体に湿度センサを入れて補正機能を入れておりますので、作業環境などの使用用途などの雰囲気中のガスサンプリングする場合には補正が出来るような機器構成になっております。

### ○ 事業所における試験結果に対して

2つの試験の組成物質だけを見ていると弊社社内データからすると少量のホルムアルデヒドは感度が小さいですが、他のガスはトルエンとあまり変わらないデータになっております。