

全体概要

実証対象技術／ 環境技術開発者	VOC 成分濃度モニター FTVR-06 フィガロ技研株式会社
実証機関	公益社団法人日本環境技術協会
実証試験期間	平成 24 年 12 月 10 日（月）～12 月 21 日（金）
本技術の目的	VOC 排出削減の自主的取組みに利用できる「室内環境 VOC」、「作業環境 VOC」用等の簡易測定

1. 実証対象技術の概要

（本章の情報は、環境技術開発者が自らの責任において申請した内容及びその情報を参考に整理したものであり、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。）

※ 実証申請者は本実証試験結果を考慮して、測定項目「TOTAL」を「TVOC」に標記を変更することを決定された。

○ 機器の特徴

空気中に含まれる低濃度のベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンモノマー、等の揮発性有機化合物の検出と、その濃度を簡易計測するため、取り外しが可能な固相吸着剤による濃縮システムを含む試料採取システムと、高感度半導体検出器を使用するパックドカラムガスクロマトグラフシステムを一体化した、持ち運び可能なモニターである。

現場での経時変化をモニタリングできるよう 9 回の自動繰り返し測定機能と測定結果メモリー機能を内蔵し、小型コンプレッサーによる圧縮空気をキャリアーガスに使用する事で高压ガスボンベの持ち運びを不要にした。

オプションの通信ソフトを導入したパソコンと RS232C ケーブルで接続することで、遠隔測定や長時間の繰り返し測定ができる。また、クロマトグラムデータ・測定結果の回収も可能になる。

○ 仕様の概要

項目	記入欄
企業名	フィガロ技研株式会社 URL http://figaro.co.jp
住 所	〒562-8505 大阪府箕面市船場西 1-5-11
担当者所属・氏名	営業技術部 瀬戸口泰弘
連絡先 TEL/FAX	TEL : 072 (710) 1437 FAX : 072 (728) 0467
技術・製品の名称・型番	VOC 成分濃度モニター (FTVR-06)
測定対象物質	①ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン等の VOC (最大 5 成分)。※ 実証試験時の設定は、トルエン、エチルベンゼン、p-キシレン、スチレンの 4 成分。 ②検出成分 VOC 総量 (TOTAL)

測定濃度範囲	①10～100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2.7～27 ppb) (10 分間サンプリング) ②100～1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (27～270 ppb) (1 分間サンプリング) ③検出成分総量(TOTAL) 100～9,999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (27～2700 ppb)
測定原理	半導体ガスセンサ+固相吸着・加熱脱離・ガスクロマトグラフ法
重量 (g)	約 13 kg
価格 (円)	250 万円
外形寸法	440(W)×370(H)×270(D)mm
電 源	AC100V±10V 50/60Hz 200VA 以下

概 観

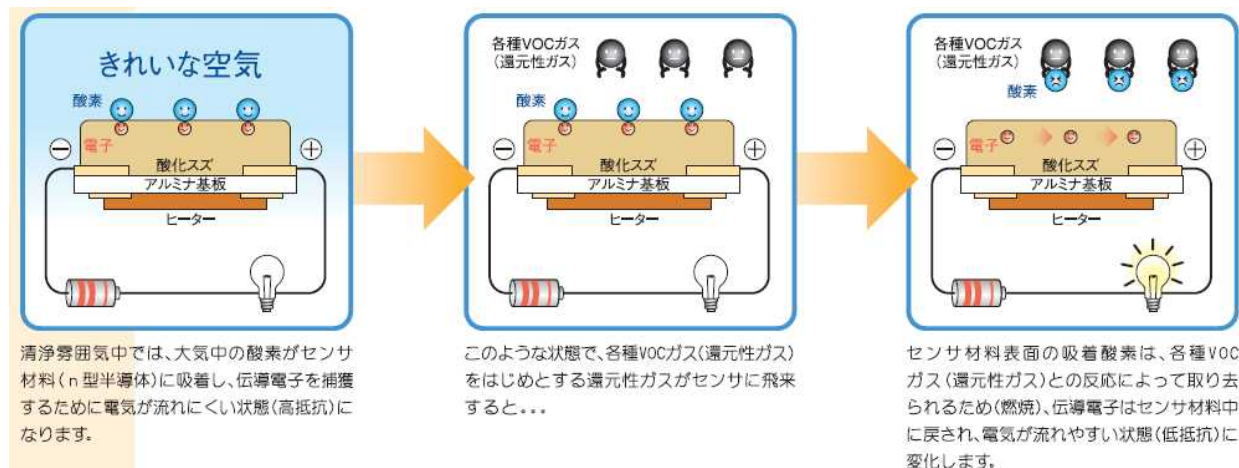


○ 測定原理

VOC に高感度な半導体式ガスセンサを検出器としたガスクロマトグラフと、固相吸着剤に VOC 成分を捕集するサンプリングシステムを一体化することで低濃度 VOC ガスの成分濃度モニタリングを可能にする。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、VOC 濃度を測定する。

● 半導体式ガスセンサ

半導体式ガスセンサの材料には 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 VOC ガス濃度に応じて変化する特性を利用して、ガスを検知する。動作原理は以下のとおりである。



● 固相吸着・加熱脱離・ガスクロマトグラフ法

① サンプルング

測定を開始すると、一定時間、試料ガスがサンプルングポンプにより吸引され、空気中の VOC 成分がサンプルングカラム (SC) の固相吸着剤に常温捕集される。

次にヒーターで、SC を加熱し 150°C 以上にして吸着された VOC 成分を固相吸着剤から脱離させた後、6 方弁を切替えてキャリアーガスを SC に流して脱離した成分を分離カラムに導入する。

捕集成分の脱離注入を終了した SC は、パージのため継続して加熱状態を保ちながら精製空気を通じて残留成分を追い出した後、ファンで外側に風を送って常温に戻し 次の測定に備える。

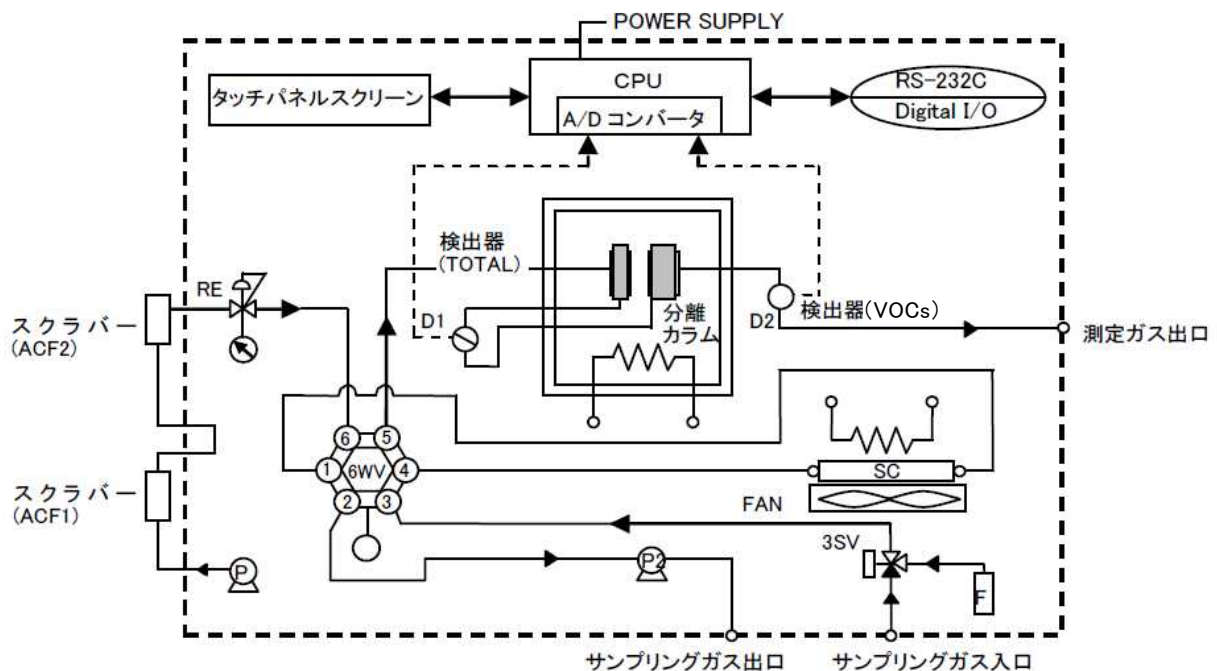
② ガスクロマトグラフシステム

キャリアーガスとして使用する空気は、装置周辺の空気を小型コンプレッサーで圧縮した後、シリカゲル、活性炭等のスクラバーで精製し、調圧弁で圧力を一定に保ちながら 6 方弁を通過して、恒温槽で一定温度に保ったカラムに送り込まれる。

キャリアーガスによって運ばれてきた VOC 成分は、分離カラムによって個別成分に分離され半導体ガスセンサによって検知されて、濃度に応じた電気信号に連続的に変換される。

検出器 1 : (TOTAL) はカラムの途中にあるので、各成分の個別濃度を検知している検出器 2 : (VOCs) に比べると、分離は不完全だが短時間で成分変化を検知する。検出器 1 が検知した成分の電気信号を元に積分した値をこの装置では TOTAL 濃度としている。

検出器 1 を通過した各成分は再びカラムで分離され検出器 2 で再度検知され電気信号に変換される。各成分に相当する電気信号のピーク は 6 方バルブ切替え直前 (ZERO) と分析終了前 120 秒間の (ZERO) の検出器信号を基準とした信号の大きさを元に各成分の濃度を演算している。



2. 実証試験の概要

○ 試験期間

実証試験は平成 24 年 12 月 10 日（月）～12 月 21 日（金）の期間に実施した。また、実証試験に関しては「平成 24 年度 環境技術実証事業 実施要領」及び「VOC 等簡易測定技術 実証試験要領」に従い実施した。

○ 実証対象試験機の台数等

試験に供する実証製品の台数は 1 台とした。

○ 実証項目

繰返し性、直線性、干渉影響試験 等について実証した。

○ 実証試験実施場所

横浜市環境科学研究所 標準ガス試験室

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。

○ 繰返し性試験

繰返し性試験結果は各成分では良好であった。

TOTAL では VOC 5 成分（トルエン+イソプロピルアルコール+ n - ヘキサン+酢酸エチル+メチルエチルケトン）0.563 ppm の試験で偏差がやや大きな値を示した。リテンションタイムがトルエンよりも早い物質が多く含まれていたために、TOTAL 用のセンサが振りきれて精度外だったのかもしれない。

繰返し性試験結果まとめ

実証製品	試験用ガス		結果まとめ
FTVR-06	ゼロ点	各成分	各濃度における偏差の範囲はトルエンが-1.6～2.1 %であった。
		TOTAL	各濃度における偏差の範囲は-4.6～12.0 %であった。
	スパン	各成分	各ガス種、濃度における偏差の範囲はトルエンが-10.6～3.8 %、エチルベンゼンが-7.8～4.7 %、p - キシレンが-7.8～6.4 %、スチレンが-6.1～4.1 %であった。
		TOTAL	各ガス種、濃度における偏差の範囲は-15.3～31.0 %であった。TOTAL は VOC 5 成分（トルエン+イソプロピルアルコール+ n - ヘキサン+酢酸エチル+メチルエチルケトン）0.563 ppm での試験でやや大きな値を示した。リテンションタイムがトルエンよりも早い物質多く含まれていたために、TOTAL 用のセンサが振りきれて精度外だったのかもしれない。

○ 直線性試験

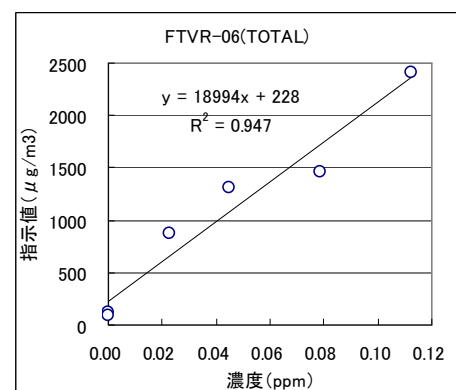
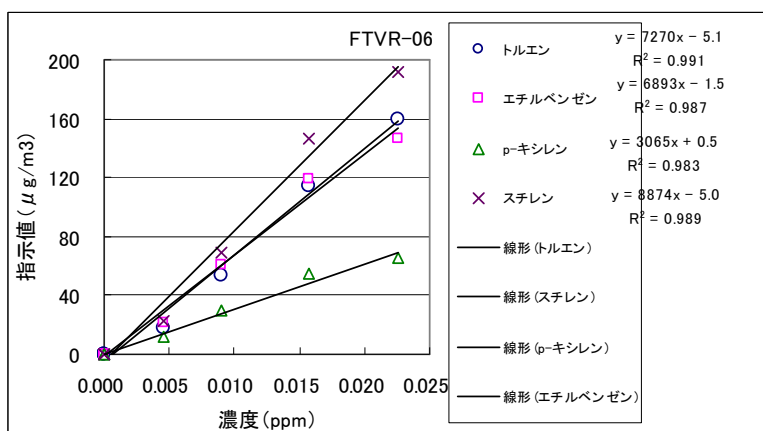
直線性試験結果は概ね良好であった。

P-キシレン及びTOTALで偏差がやや大きな範囲や、近似直線のR²値がやや小さな値を示した。

その原因はp-キシレンの結果は測定項目ではない試験用ガス（m、o-キシレンとはリテンションタイムが異なる）の結果であることと、TOTALはVOC 5成分（トルエン+イソプロピルアルコール+ n-ヘキサン+酢酸エチル+メチルエチルケトン）ではリテンションタイムがトルエンよりも早い物質が多く含まれていたために、TOTAL用のセンサが振りきれて精度外だったのかもしれない。

直線性試験結果まとめ

実証製品	試験用ガス	結果まとめ
FTVR-06	各成分	各ガス種、濃度における偏差の範囲はトルエンが-8.8~8.3%、エチルベンゼンが-5.7~11.0%、p-キシレンが-2.2~14.6%、スチレンが-8.0~6.0%、近似直線のR ² 値はトルエンが0.991以上、エチルベンゼンが0.987以上、p-キシレンが0.983以上、スチレンが0.989以上であった。
	TOTAL	各ガス種、濃度における偏差の範囲は-11.4~22.2%、近似直線のR ² 値は0.947以上であった。



(例: VOC 5成分(トルエン+エチルベンゼン+m-キシレン+o-キシレン+スチレン) 0.113ppmにて)

○ 干渉影響試験

酸素、二酸化炭素、水分の干渉成分の影響は、スパンでは各成分では±20 %で概ね良好であったが、TOTAL では二酸化炭素、水分の影響がやや大きかった。

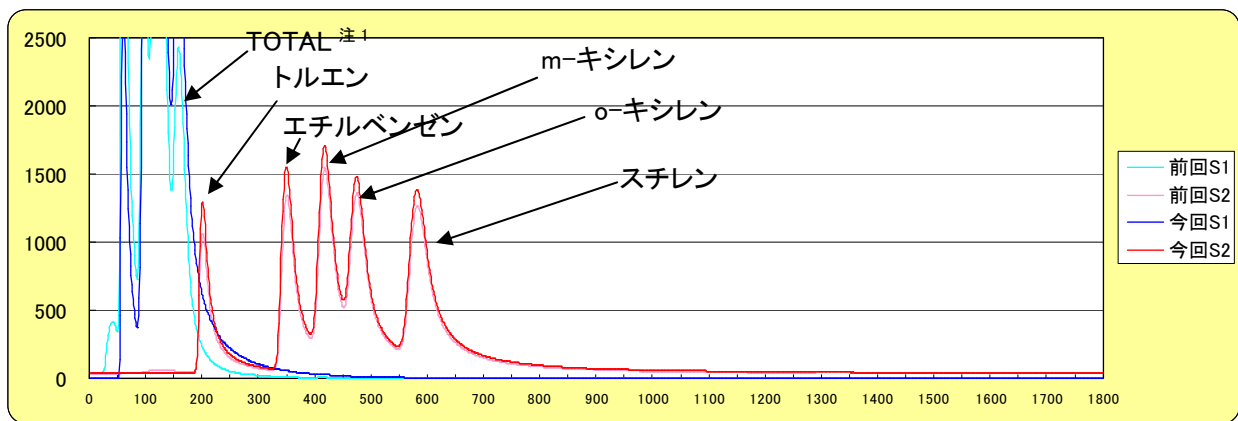
ゼロ点では酸素、二酸化炭素、水分ともに小さかった。TOTAL では二酸化炭素、水分の影響がやや大きかった。

干渉影響試験結果まとめ

実証製品	結果まとめ
FTVR-06	酸素の影響 (4~21 %において) のスパンでは±15 %であった。ゼロ点では各成分では小さかったが、TOTAL ではやや大きかった。
	二酸化炭素の影響 (0~4000 ppm において) のスパンでは、各成分は-20~16 %であった、TOTAL は+56 %とやや大きかった。 ゼロ点では各成分は小さかったが、TOTAL はやや大きかった。
	水分の影響 (RH5~80%において) のスパンでは、各成分は±10%であった、TOTAL は-10 %~+17 %とやや大きかった。 ゼロ点では各成分は小さかったが、TOTAL はやや大きかった。

○ 応答時間試験

FTVR-06 は GC 法によるバッチ測定 (30 分周期での測定) のため、本試験は実施しなかった。クロマトグラムを例を図に示した。

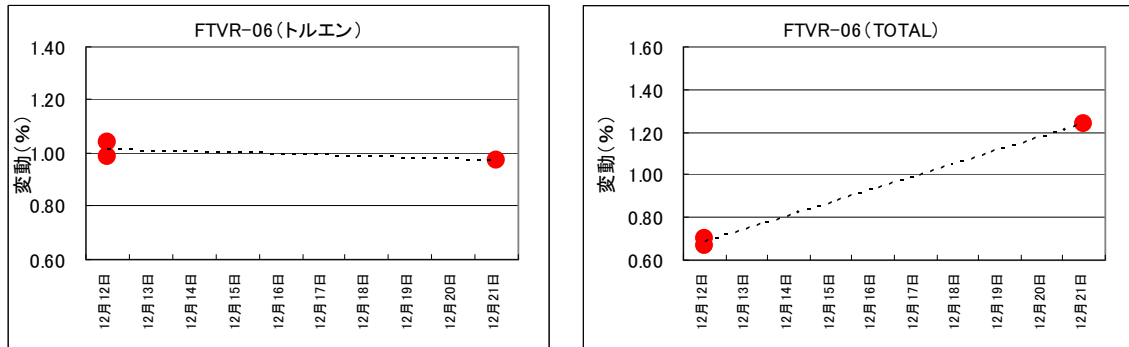


注 1: TOTAL とは各測定成分の合計値ではなく、別のセンサで測定した検出成分総量 (TVOC に相当) である。

○ 再現性（ドリフト）試験

トルエン試験用ガス測定時の比較機 FID[※]（水素炎イオン化検出器：排ガス TVOC 測定の公定法）の指示値から補正計算した再現性結果を示した。

各成分（トルエン）は良く安定していたが、TOTAL は感度が上昇している傾向が見られた。



※ FID は排ガス分野測定の公定法であるが、今回の実証試験は室内環境、作業環境用の低濃度であるため、仕様の範囲ではない。さらに今年度の実証試験項目として「公定法との比較」はないため、比較機 FID は調製濃度の確認用にのみ使い、詳細データは本報告書には記載しない。

4. 実証試験結果まとめ

実証試験結果まとめ

視点	FTVR-06 結果まとめ								
信頼性	<p>試験を実施した繰返し性、直線性、干渉成分の影響、再現性ともに、各成分測定では良好な性能を有していた。TOTAL では各成分と比較するとやや悪い結果であった。</p> <p>干渉成分の影響は、各成分測定ではスパンは±20 %で概ね良好で、ゼロ点への影響は小さかった。TOTAL では二酸化炭素、水分の影響がやや大きかった。</p> <p>GC 法（固相吸着・加熱脱離）なので、基本的には干渉成分の影響はないと考えられるが、捕集管とその前後の配管内にわずかながら試料空気（ベースガス）が残留し、半導体センサに影響を与えたのかもしれない。</p>								
実用性	<p>現場での室内環境の VOC 各成分測定として有効である。</p> <p>成分測定は 5 成分まで可能である。ただし、ユーザーによる校正用ガスを用いたスパン自動調整は成分 1（トルエン）のみであり、ユーザーで成分項目の変更（例えば本実証試験でもあった p - キシレンから m - キシレンおよび o - キシレンへの変更）の場合は、各成分のファクター値を「詳細設定画面」で入力する必要がある、やや困難である。</p> <p>付属の専用ソフトはリアルタイムでの測定やクロマトグラムの表示が可能で、便利であった。また、クロマトグラムを含む各種の情報が自動的に接続しているパソコンに保存できる。</p> <p>試料採取流路にバイパスがないため、今回の試験のように採取配管を接続しているとガスの置換が遅いので注意が必要である（実証試験では装置ガス入口部にバイパスラインを追加し、タイミングを見ながらガス濃度を切り替えた）。</p> <p>FTVR-06 は塩素系 VOC は測定対象外であったが、今後の技術開発として、センサ、捕集剤、カラム等を別のものにすれば測定は可能となると思われる。</p>								
簡便性	<p>一般的な測定では、操作手順は簡単かつ容易である。</p> <p>ただし、各種の詳細設定を変更するなど使いこなすレベルに到達するには、用語の意味を理解し、慣れるまでには少し時間がかかるかもしれない。</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="391 1731 1350 1928"> <tbody> <tr> <td>価格</td> <td>250 万円</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>約 13 kg</td> </tr> <tr> <td>電源</td> <td>AC100V±10V 50/60Hz 200VA 以下</td> </tr> <tr> <td>暖機時間</td> <td>30 分間</td> </tr> </tbody> </table>	価格	250 万円	質量	約 13 kg	電源	AC100V±10V 50/60Hz 200VA 以下	暖機時間	30 分間
価格	250 万円								
質量	約 13 kg								
電源	AC100V±10V 50/60Hz 200VA 以下								
暖機時間	30 分間								