

環境省

平成 24 年度環境技術実証事業

VOC 等簡易測定技術分野

実証試験結果報告書

実証機関 : 公益社団法人 日本環境技術協会
技 術 : VOC 等簡易測定技術
実証申請者 : フィガロ技研株式会社
製品名・型番 : VOC 成分濃度モニター・FTVR-06
実証試験実施場所 : 横浜市環境科学研究所
実証番号 :

平成 25 年 3 月

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

— 目次 —

| | |
|--------------------------|----|
| ○ 全体概要 | 1 |
| 1. 実証対象技術の概要 | 1 |
| 2. 実証試験の概要 | 4 |
| 3. 実証試験結果 | 4 |
| 4. 実証試験結果まとめ | 8 |
| ○ 本編 | 9 |
| 1. 実証試験の概要と目的 | 9 |
| 2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌 | 10 |
| 3. 実証対象技術および実証対象機器の概要 | 11 |
| 3.1 機器の特徴 | 11 |
| 3.2 測定原理 | 12 |
| 3.3 製品データ | 15 |
| 3.4 性能データ | 16 |
| 3.5 現場における実ガス測定希望 | 16 |
| 4. 実証試験の内容 | 17 |
| 4.1 試験期間 | 17 |
| 4.2 実証対象試験機の台数 | 17 |
| 4.3 実証項目 | 18 |
| 4.4 実証試験実施場所 | 18 |
| 5. 実証試験実施方法 | 19 |
| 5.1 基本性能試験 | 21 |
| 5.2 現場における実ガス測定 | 26 |
| 6. 実証試験結果と検討（考察） | 27 |
| 6.1 繰返し性試験 | 27 |
| 6.2 直線性試験 | 31 |
| 6.3 干渉影響試験 | 34 |
| 6.3.1 酸素影響試験 | 34 |
| 6.3.2 二酸化炭素影響試験 | 35 |
| 6.3.3 水分影響試験 | 36 |
| 6.4 応答時間試験 | 37 |
| 6.5 再現性試験 | 37 |
| 6.6 実証試験結果まとめ | 38 |
| 7. データの品質管理、監査 | 39 |

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

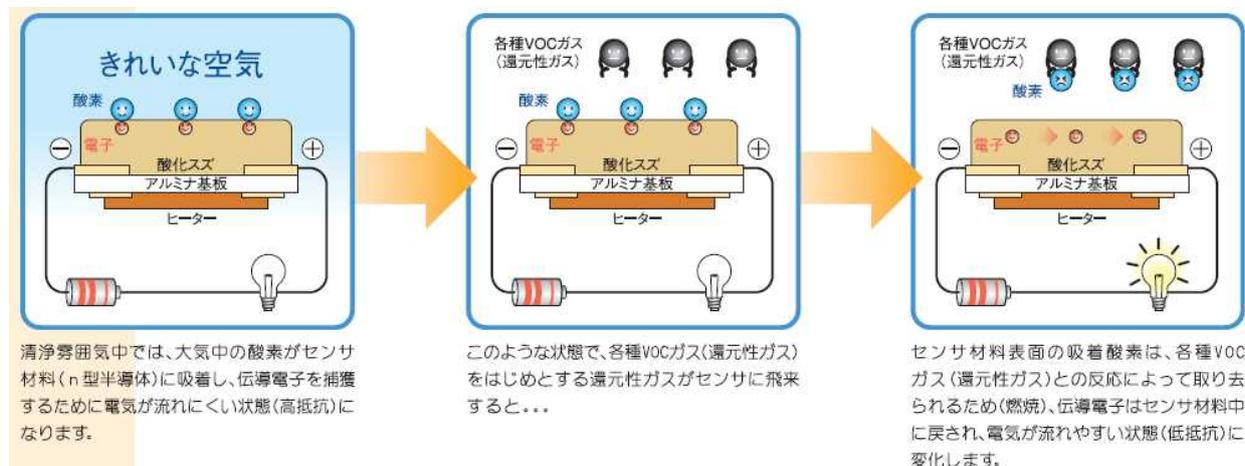


○ 測定原理

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℃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。

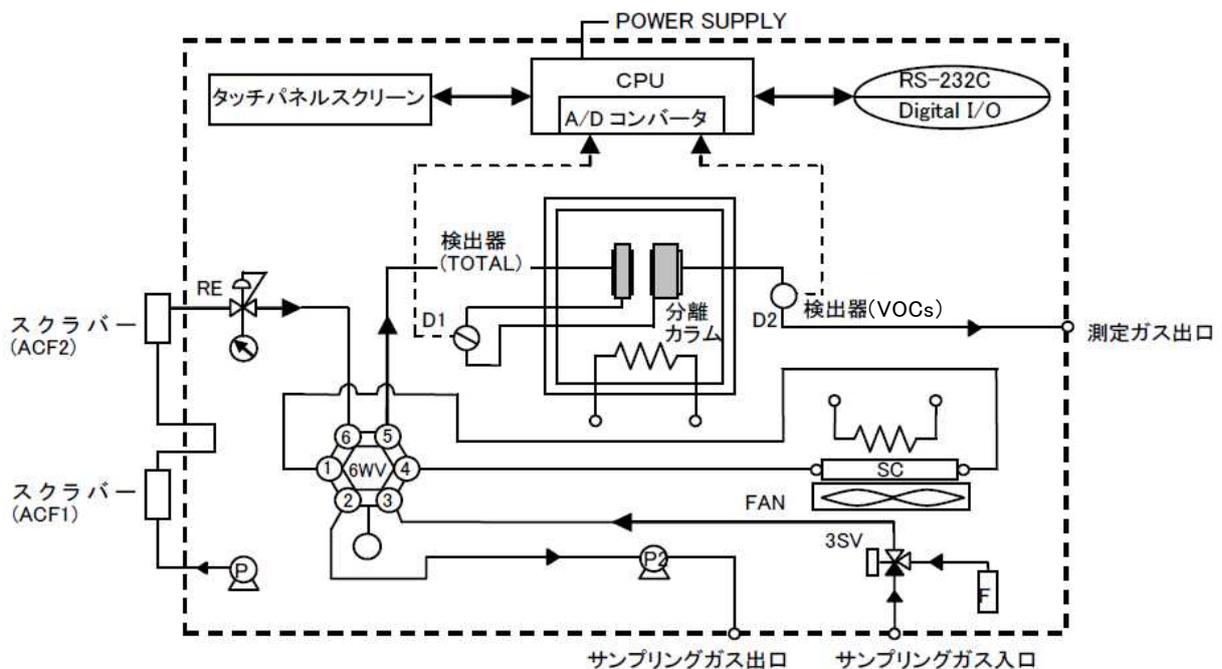
② ガスクロマトグラフシステム

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

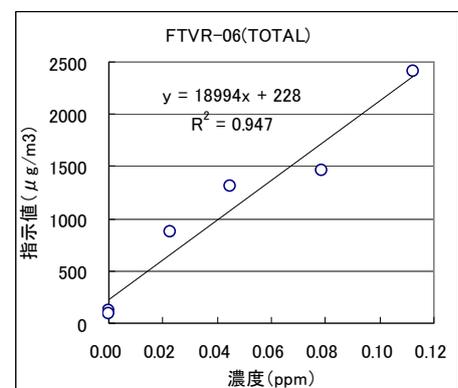
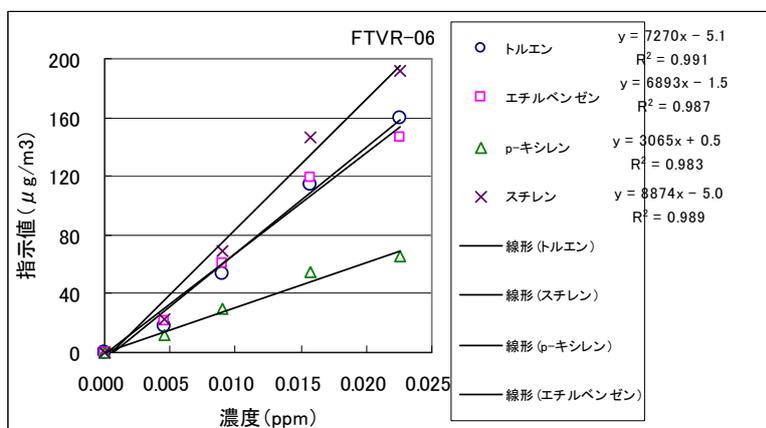
直線性試験結果は概ね良好であった。

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。

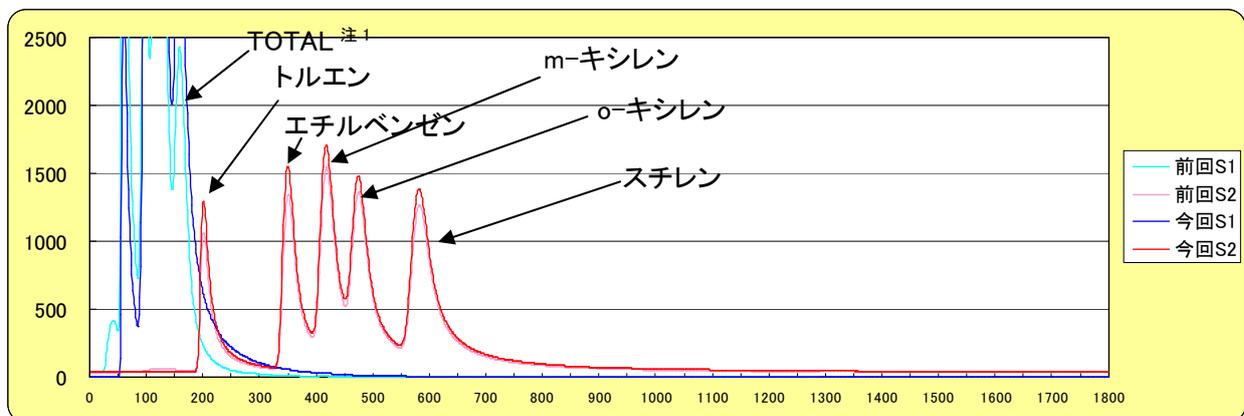
ゼロ点では酸素、二酸化炭素、水分ともに小さかった。TOTAL では二酸化炭素、水分の影響がやや大きかった。

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。

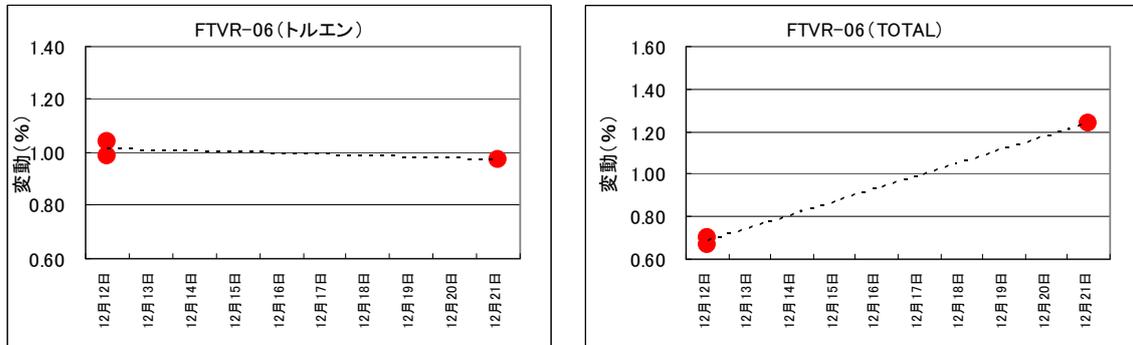


注 1: TOTAL とは各測定成分の合計値ではなく、別のセンサで測定した検出成分総量 (TVOC に相当) である。

○ 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 | | | | | | | | |

本編

1. 実証試験の概要と目的

環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、環境保全効果等についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない先進的な環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展を促進することを目的とする。

VOC 簡易測定技術分野については、平成 21 年度より実証を開始し、平成 23 年度からは手数料徴収体制によって実施しており、平成 24 年度から「VOC 等簡易測定技術分野（「等」を追記）」に名称変更するとともに、分野（対象とする物質、対象とする事業所又は測定対象場所、対象とする濃度範囲 等）を拡張した。

例：「排ガス中の TVOC」「室内環境 VOC」「におい」等

平成 24 年度は、VOC 等簡易測定技術分野のうち「室内環境 VOC」、「作業環境 VOC」について実証試験対象技術を募集した。

本実証試験は、VOC 等簡易測定技術実証試験要領において対象となる機器について、以下に示す内容等を客観的に実証するものであり、実証申請者から提出された実証対象製品について、以下の視点から実証を行い、VOC 等削減の自主的取組における利活用の参考となる情報提供を行うものである。

- ・ 製品性能の信頼性
- ・ 測定現場での実用性
- ・ 製品操作等の簡便性

表 1 実証試験の視点

| 視点 | 内 容 |
|-----|--|
| 信頼性 | 各実証対象技術の用途において、求められる精度で信頼性ある測定が可能かどうか。 |
| 実用性 | 製品仕様や測定性能等が、測定現場での利用に適しているかどうか。 |
| 簡便性 | 製品仕様や操作手順等が、簡単かつ容易かどうか。 |

2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験に参加する組織は、図 2-1 に示すとおりである。また、実証試験参加者の責任分掌は表 2-1 に示すとおりである。

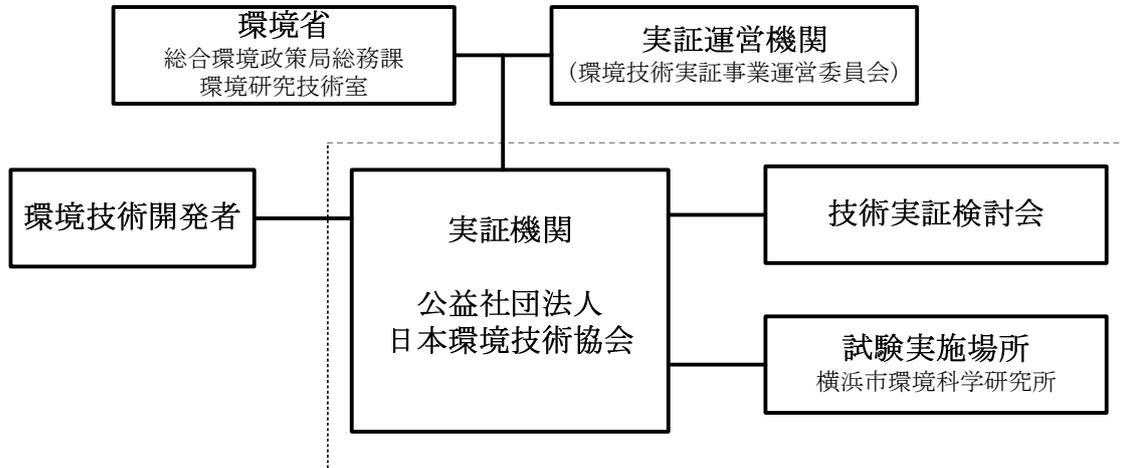


図 2-1 実証試験参加組織

表 2-1 実証試験参加者の責任分掌

| 区分 | 実証試験参加機関 | 責任分掌 | 参加者名 |
|---------|--------------|-----------------------------------|--|
| 実証機関 | (公社)日本環境技術協会 | 実証試験の運営管理 | 三笠 元 (責任者) 平野 耕一郎 吉成 晴彦 藤原 雅彦 加賀 健一郎 |
| | | 実証試験対象技術の公募・審査 | |
| | | 技術実証検討会の設置・運営 | |
| | | 実証試験計画の策定 | |
| | | 実証試験の実施 | |
| | | 実証試験結果報告書の作成 | |
| | | データの品質管理 | 賢持 省吾 角 心吾 水野 裕介 |
| | | 実証試験の監査 | |
| | | データの検証(読み取り値手入力とデータロガー値とのクロスチェック) | |
| 環境技術開発者 | フィガロ技研株式会社 | 実証対象機器の準備 | 瀬戸口 泰弘 |
| | | 必要に応じ、実証試験中の実証対象機器の運転や測定等の補助 | |

3. 実証対象技術および実証対象機器の概要

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。

3.1 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、サンプリングガス量の変化を補正演算させる機能を持たせることで流量の変化による測定値への影響を小さくしている。さらに、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圧ガスボンベの持ち運びを不要にした。

マイクロソフト社の表計算ソフト Excel で使用するオプションの通信ソフト(FTVR 通信ソフト)を導入したパソコンと RS232C ストレート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。

現場でモニタリングができることで、空気中に残存する VOC 成分の特定、換気による作業環境の VOC 濃度低減への改善効果の確認、排ガス中の VOC 成分回収装置のモニタリング、工場敷地境界での濃度モニタリングや各種装置からの VOC ガスリーク監視、公定法分析サンプリングポイントの設定など、幅広い用途に利用できる。

なお、ガスクロマトグラフは GC-MS 分析のように特定成分に的を絞って測定できないため、多くの VOC 成分が存在する生活環境や作業場などでの測定では、カラムで成分を完全に分離できないため測定値が他の成分の影響を受けて高い値を示す。

★ 主な特徴

- 高感度な半導体式ガスセンサとガスクロ法 を一体化。
- ベンゼン・トルエン・キシレン・スチレン等の揮発性有機化合物 (VOC) の検出に優れる。
- キャリアーガスボンベが不要でオンサイトでの現場測定に適してる。
- パソコンと接続することで 連続モニタリングが可能。
- 固相吸着・加熱脱着法で濃縮することにより、センサの検知レベルをさらに低濃度化を実現
- 使い『こなす』には多少の慣れが必要ですが、成分毎のにおい・VOC 成分存在量が測定可能。

★ 利用用途 (想定される用途) 室内環境の主要 VOC 成分モニター

- ・ 換気による作業環境の VOC 濃度低減の確認
- ・ 空気清浄機・脱臭機・VOC 回収装置等の VOC 除去効果モニター
- ・ 製造製品からの VOC 拡散状態の時系列変化の把握
- ・ ニオイ・フレーバー等の芳香族化合物 (TAC) のモニター

- ・ 「研究室に持ち帰ってからの測定ではなく、現場で直ぐに測定」、「様々なガスが混在する場所での特定成分の時間的変化の測定」、「未知試料中の特定成分の存在の有無の判別」等に適す。

3.2 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物半導体ガスセンサを用い、VOC 濃度を測定する。

3.2.1 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、ガスを検知する。動作原理は以下のとおりである。

- ① 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 °C 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る。清浄な大気中では、酸化スズの表面に酸素が吸着し、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する。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する。
- ② 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る。
- ③ 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る。つまり、電気抵抗が低下することになり、このようなメカニズムで、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る。

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する。

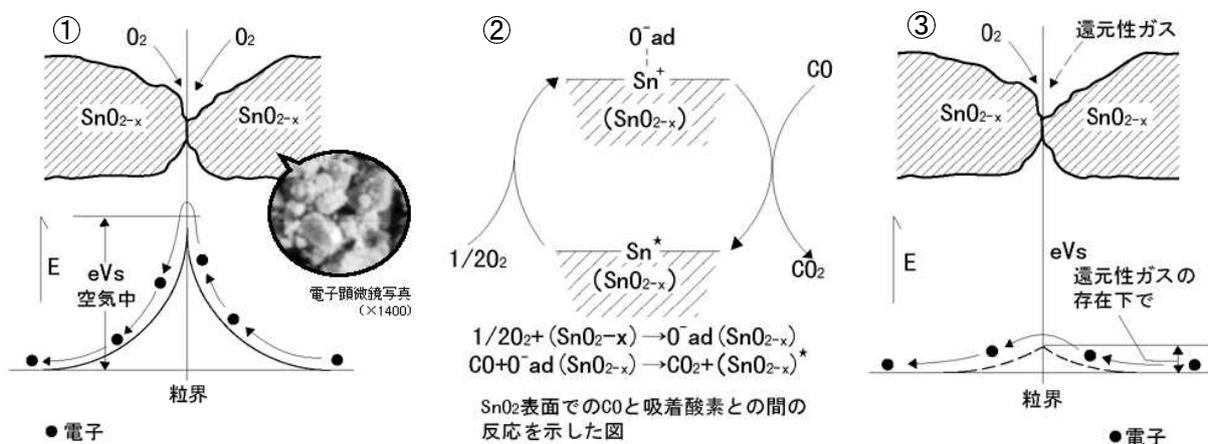


図 3-1 半導体式ガスセンサの基本原理

3.2.2 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（標準 1 分間）3 方電磁弁が動作して、試料ガスがサンプルングポンプ（P2）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 SC 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（インジェクト）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（P1）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（Re）で圧力を一定に保ちながら 6 方弁を通して、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：S1（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：S2（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（S1）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（S1）を通過した各成分は再びカラムで分離され検出器 2：（S2 VOCs）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。

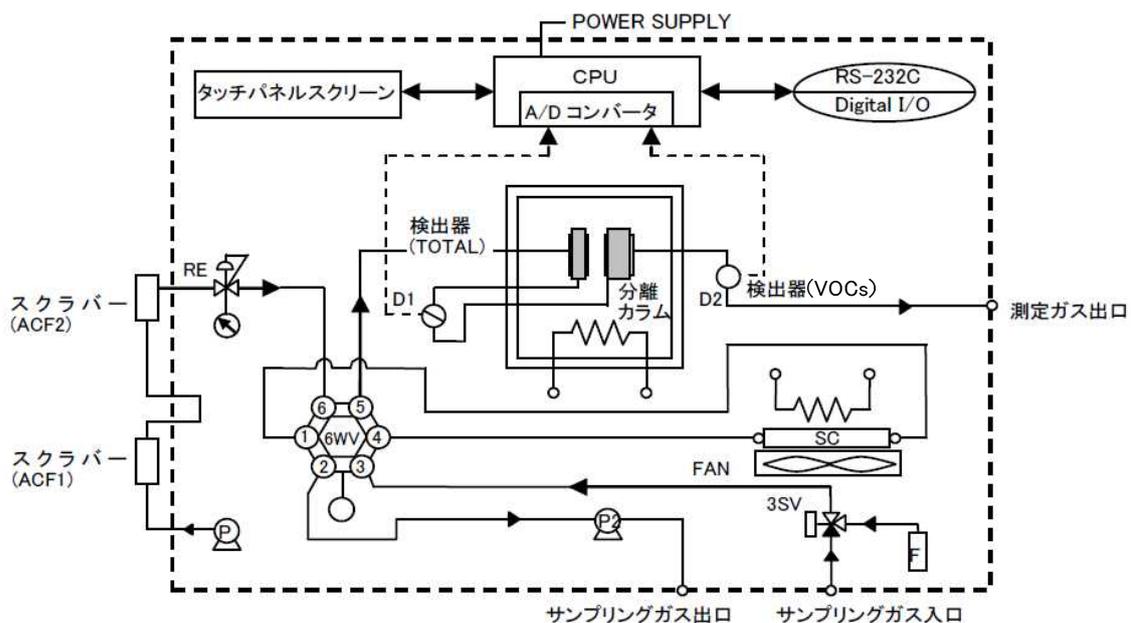


図 3 - 2 流路系統図

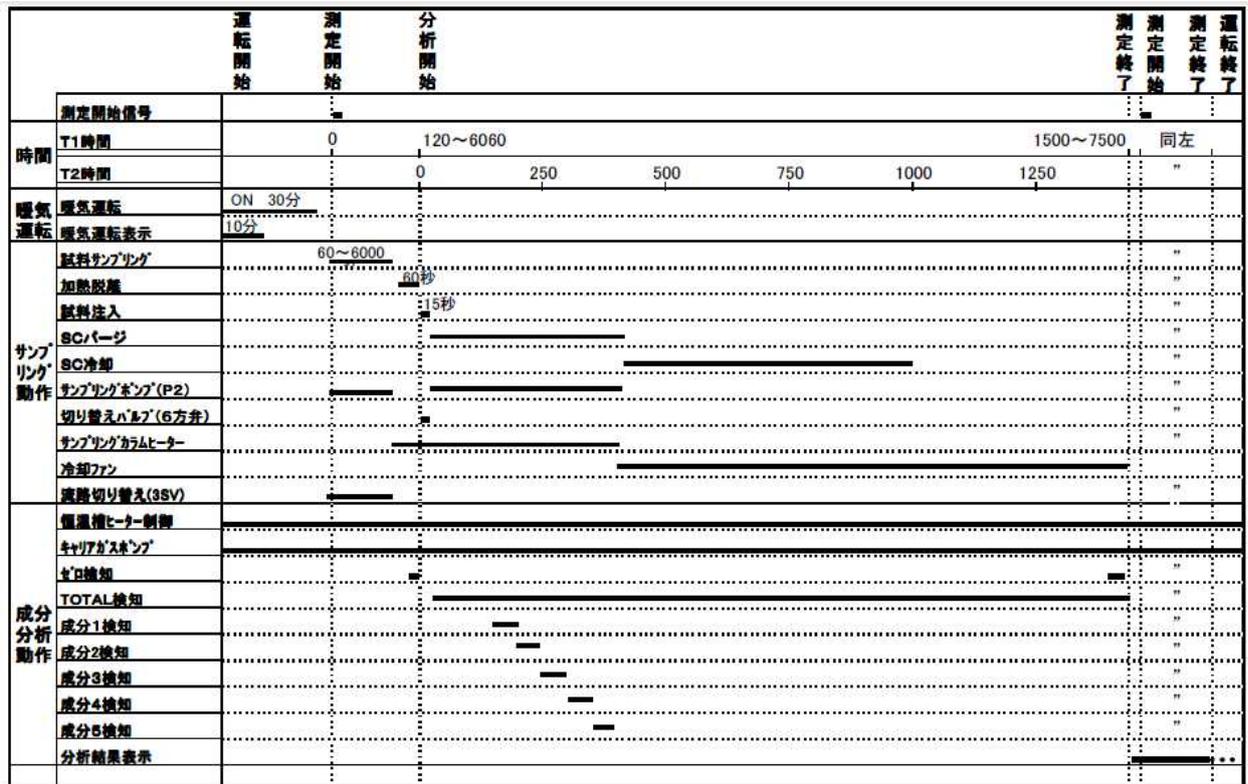


図 3-3 測定シーケンス図

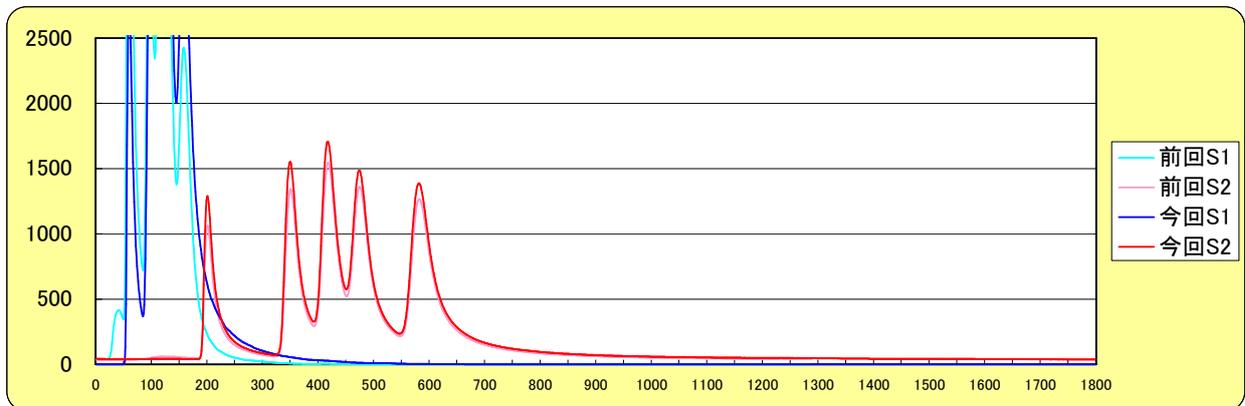
データー通信ソフト

製品番号 FTVR121204

| | | | | | | | |
|--------|------------|------|---|---------|------|------|----|
| 測定日時 | 2012/12/14 | | | ファイル名変更 | 通信開始 | 測定開始 | 終了 |
| 測定対象 | VOC | | | | | | |
| スタート時刻 | | | | | | | |
| 通信ポート | 5 | 分析回数 | 1 | | | | |
| 測定周期 | 1800 | | | | | | |
| 次測定まで | 1608 | | | | | | |

測定待機中

| 通信時間 | 月日 | TIME 1 | TIME2 | S1 | S2 |
|---------|----------------|--------|-------|----|-----|
| 00 0054 | 12/12/12 10:16 | 1 | B 0 Z | 0 | 194 |



| | |
|---------|------|
| S1カット係数 | 1000 |
| S2カット係数 | 1000 |

| 時刻 | サンプル量 | 濃度 | 成分1 | 成分2 | 成分3 | 成分4 | 成分5 | TOTAL |
|-------|-------|----|-----|------|-----|------|-----|-------|
| 09:40 | 93 | | 738 | 1054 | 471 | 1398 | 0 | 3699 |
| | | RT | 200 | 349 | 404 | 581 | 0 | |

図 3-4 通信ソフト Excel 画面の例

3.3 製品データ

表 3 - 1 に実証対象技術の仕様の一部を示した。

表 3 - 1 実証対象技術の仕様の一部

| | |
|-----------------------------|---|
| 企業名 | フィガロ技研株式会社 |
| 技術・製品の名称 | VOC 成分濃度モニター |
| 技術・製品の型番 | 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 | ②10~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 | 半導体式ガスセンサ+固相吸着・加熱脱離・ガスクロマトグラフ法 |
| 試料採取 | 内蔵ポンプ |
| 性能データ | $\pm 5\%$ (校正直後 ; 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 相当にて) |
| 重量 (g) | 約 13 kg |
| 価格 (円) | 250 万円 |
| 外形寸法 | 440(W) \times 370(H) \times 270(D)mm |
| 電 源 | AC100V \pm 10V 50/60Hz 200VA 以下 |
| 操作環境 (室温) | 15 $^{\circ}\text{C}$ ~ 35 $^{\circ}\text{C}$ |
| 操作環境 (相対湿度) | 85 %以下 |
| 操作環境 (その他) (その他使用できない環境) | 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) | メーカー点検 (センサ交換など) 1 年推奨 |
| 製品保証期間 | 製造後 12 ヶ月間 |
| 概 観 |  |

3.4 性能データ

申請時に記載された性能データを表 3-2 に示した。

表 3-2 性能データ

| ガス名 | 測定能力 | 測定範囲 | 精度（総合精度、繰返し性、指示誤差 等） |
|-------------|------|----------------------------------|---|
| イソブチレン | ○ | 10~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | ± 5 %（校正直後；500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 相当） |
| 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 | △ | | |

※（測定能力○：対象物質を定量できることを示す性能試験結果がある。△：性能試験結果はないが、類似物質が測定可能であることから、測定可能と判断できる（要科学的根拠）。×：対象物質を測定不可能である。－：対象物質の測定能力が不明である。）

3.5 現場における実ガス測定希望（オプション）

申請時の現場における実ガス測定（オプション）希望の有無は、表 3-4 に示した。

現場における実ガス測定（オプション）試験は、申請機関と協議の上、実施しないこととなった。

表 3-4 現場における実ガス測定（オプション）希望の有無

| 申請機関名 | 技術・製品の名称・型番 | 希望の有無 |
|------------|----------------------|-------|
| フィガロ技研株式会社 | VOC 成分濃度モニター FTVR-06 | ○* |

*申請書では、具体的計画（対象とする場所、工程、現場測定か採取測定か、測定回数、試験方法 等）について記述することとしたが、記述はなかった。

4. 実証試験の内容

4.1 試験期間

実証試験は平成 24 年 12 月 10 日（月）～12 月 21 日（金）の期間において、以下の表 4-1 に示す試験スケジュールに基づき実施した。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。

表 4-1 試験スケジュール

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|-------------------|
| 12 月 10 日（月） | 12 月 11 日（火） | 12 月 12 日（水） | 12 月 13 日（木） | 12 月 14（金） |
| 試験機持込み 試験機材持込み 調整、準備 | 予備試験 | 試験機校正 各種ガスの繰返し 性、直線性 | 各種ガスの繰返し 性、直線性 | 各種ガスの繰返し 性、直線性 |
| 12 月 17 日（月） | 12 月 18 日（火） | 12 月 19 日（水） | 12 月 20 日（木） | 12 月 21 日（金） |
| 各種ガスの繰返し 性、直線性 | 各種ガスの繰返し 性、直線性 干渉影響試験 準備 | 各種ガスの繰返し 性、直線性 干渉影響試験 (酸素、二酸化炭素) | 干渉影響試験 (酸素、二酸化炭 素、水分) | 再現性 撤去 |

4.2 実証対象試験機の台数等

試験に供する実証製品および比較用測定機（FID[※]：水素炎イオン化検出器、排ガス VOC 測定
の公定法。本実証試験では各種試験用ガスの調製濃度確認用に用いた。）の台数は 1 台とした。

※ 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用い、詳細データは本報告書には記載しない。

表 4-2 に実証製品、及び比較用測定機の仕様の一部を示した。

表 4-2 実証製品、公定法比較機の仕様の一部

| 型番 | 測定原理 | 測定範囲 | 試料採取 | 備考 |
|---------|--|--|-----------|----------|
| FTVR-06 | 半導体式ガスセン サ+固相吸着・加熱 脱離・ガスクロマト グラフ法 | 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) | 内蔵ポンプ | |
| GHT-200 | FID (水素炎イオン化検出器) | 0～10 から 10,000 ppmC | 0.5 L/min | 東亜 DKK 製 |

4.3 実証項目

本実証試験では、実証対象製品の個別の物質の測定能力は、原則として申請者が提出する書類を参考にする。ただし、今年度試験を実施する簡易測定器の基本的な測定物質と考えられるトルエンについては、本実証試験でも測定した。

一般に、現場では複数の種類のVOCが同時に存在しており、本実証試験ではこれらを模した混合ガス(模擬ガス)を包括的に測定した。

実証項目別の視点と方法は、表4-3に示した。

表4-3 実証項目別の視点と方法

| 項目 | 指標 | 視点 | | | 方法 | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | 信頼性 | 実用性 | 簡便性 | 書類 | 試験 |
| 1. 個別ガス測定に係る評価項目（書類確認+実測） | | | | | | |
| ①測定範囲 | | | ○ | | ○ | — |
| ②繰返し性 | 偏差等 | ○ | | | ○ | ◎ |
| ③直線性 | 相関等 | ○ | | | ○ | ◎ |
| ④干渉影響試験 | 比率等 | ○ | | | ○ | ◎ |
| ⑤応答時間 | 時間 | ○ | ○ | | ○ | ◎ |
| ⑥相対感度（必要な場合） | 比率等 | | ○ | | ○ | — |
| ⑦再現性 | 偏差等 | ○ | | | — | ◎ |
| 2. 模擬ガス測定に係る評価項目（実測） | | | | | | |
| ①測定範囲 | | | ○ | | ○ | — |
| ②繰返し性 | 偏差等 | ○ | | | ○ | ◎ |
| ③直線性 | 相関等 | ○ | | | ○ | ◎ |
| ④干渉影響試験 | 比率等 | ○ | | | ○ | — |
| ⑤応答時間 | 時間 | ○ | ○ | | ○ | ◎ |
| ⑥ppmC換算（必要な場合） | | | ○ | | ○ | ◎ |
| 3. 現場における実ガス測定に係る評価項目（オプション） | | | | | | |
| ①繰返し性 | 偏差等 | ○ | | | — | ◎ |
| ②他分析法（公定法、GC-MS等）との比較 | 相関等 | | ○ | | — | ◎ |

注：方法の◎印は、実証に当たって、実測等によってデータを取得する。

4.4 実証試験実施場所

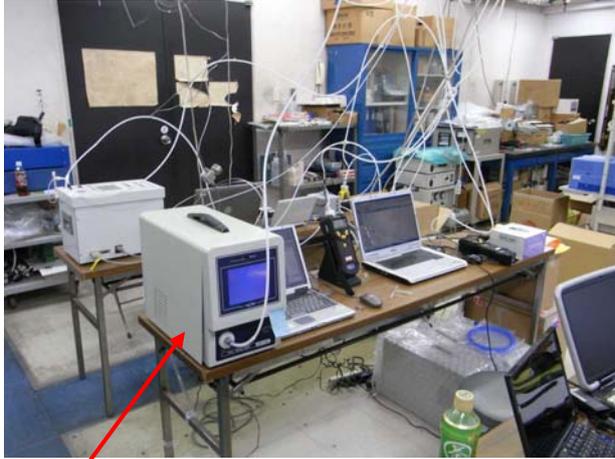
基本性能試験は、横浜市環境科学研究所 標準ガス試験室で実施した。

現場における実ガス測定（オプション）試験は、申請機関と協議の上、実施しないこととなった。

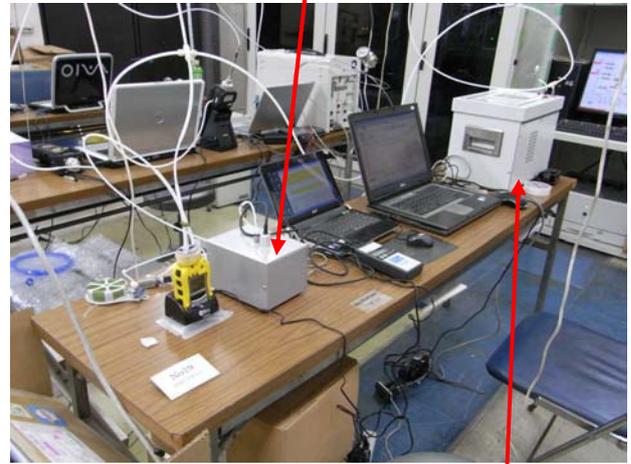
5 実証試験実施方法

試験実施状況の写真を図 5 - 1 に示した。

FTVR-01 用試料採取ユニット (FTVR-06 のバイパス吸引用にも活用)



比較機 (FID)



実証製品 FTVR-06



試験用ガス調製装置 (一部のみ使用)



加湿器

試験用ガス調製装置

図 5 - 1 (1) 試験実施状況



10 分割器



マスフローコントローラー (MFC)



加湿器



試験用ガス調製装置

蒸気拡散管用恒温槽



蒸気拡散管



水分測定用センサ

マニフォールド

図 5 - 1 (2) 試験実施状況

5.1 基本性能試験

試験は、試験用ガスをマニフォールドに流し、実証対象技術（試験機）、比較機に同時に導入し、測定する方法で実施した。図5-2に実証試験における基本流路系統図を示した。

試験データはデジタル指示値（表示部）を読み取り Excel File に書き込むとともに、付属の専用ソフトをインストールしたパソコンでデータを保存した。

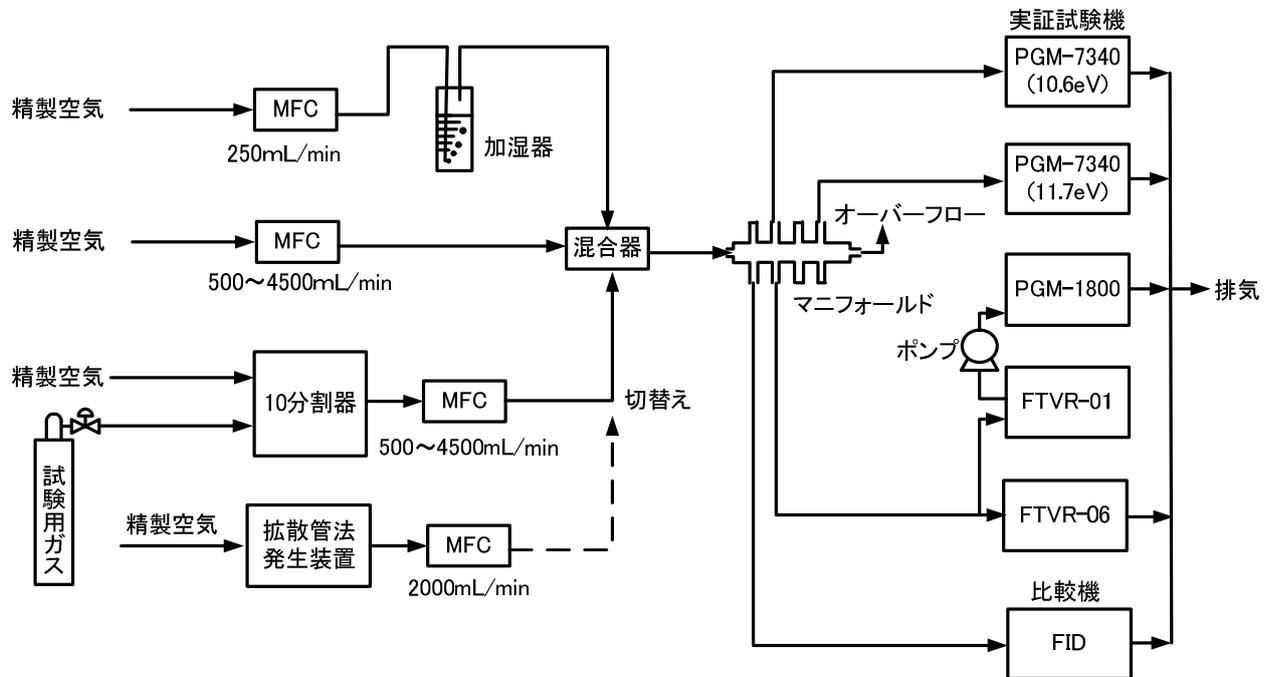


図5-2 実証試験における測定等の基本流路系統図

* ゼロ点、スパン調整は基本的に取り扱い説明書に記載された方法によって実施した。

FTVR-06：スパンガス（各 200 ppb（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）/Air）による校正。ただし校正されるのはトルエン（測定成分1）のみで、他の成分は固有の換算係数にて処理される。

* FTVR-06の実証試験時の測定成分の設定は、トルエン、エチルベンゼン、p-キシレン、スチレンの4成分測定であった。試験終了後に保存されたクロマトグラムより、トルエン、エチルベンゼン、o-キシレン、m-キシレン、スチレンの5成分測定として再計算したデータも示した。

* 測定成分試験用ガスは基本的に高压容器詰めガス及びそれを希釈したガスを用いた。また、蒸気拡散管法にて調製したガスを用いた場合の調製濃度は高压容器詰め標準ガスで値付けした。

* VOCは蒸気圧が低く、高濃度では、高压容器詰めガスとして充填できない。また、数百 ppm では、充填圧が低い。そこで、高濃度（200 ppm 以上）の試験時は、蒸気拡散管法にて調製したガスを用いて試験した。

* ゼロガスは大気を精製した空気を使用した。なお、二酸化炭素は除去せずに使用した。

* 標準ガス、試験用ガスには、少量（25℃ 相対湿度 5%程度）の水分を添加した。

* 模擬ガス（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）は事業所の排出量や高压容器に充填可能なガスから選定したもので、塗装、接着、

印刷、化学品製造事業所をカバーする。

- * 模擬ガス（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）はシックハウス症候群の対象で高压容器に充填可能なガスから選定したものである。
- * 模擬ガス（塩素系 VOC 3 成分：ジクロロメタン+トリクロロエチレン+テトラクロロエチレン）は事業所の排出量や高压容器に充填可能なガスから選定したもので、洗浄事業所をカバーする。
- * 各試験用ガスは各 30 分間程度導入して、その指示値を読んだ。なお、FTVR-06 は測定周期が 30 分で、測定シーケンスにそって数分間のみサンプリングされるので、そのタイミングに合わせて試験用ガスを切り替えた。

(1) 繰返し性、直線性、応答時間 試験

図 5 - 2 の流路で試験用ガスを調製し、繰返し性、直線性試験を実施した。応答時間は繰返し性試験時に測定した。

試験パターンを図 5 - 3 に示した。

なお、試験用ガスの種類と濃度：導入ガス濃度は各実証対象技術により異なる。

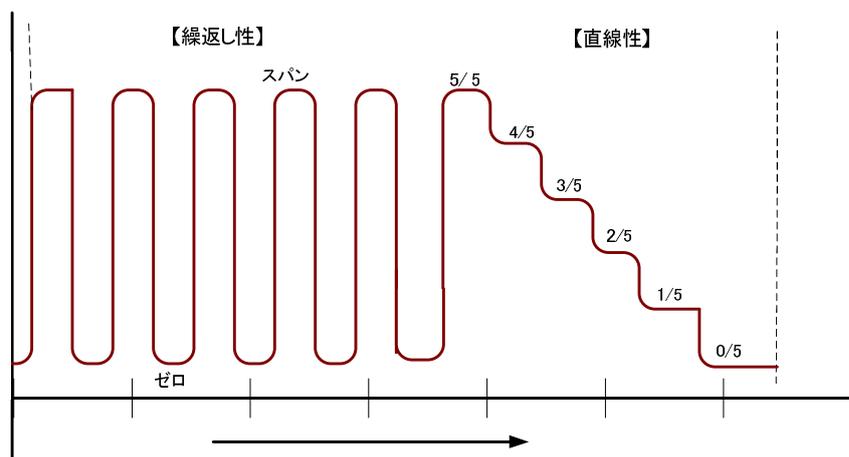


図 5 - 3 繰返し性、直線性試験パターン

(2) 干渉影響試験

干渉影響試験は酸素、二酸化炭素、水分について実施した。

試験はゼロガスにそれぞれ、窒素、二酸化炭素、水分を添加調製して実施すると共に、トルエン試験用ガスまたは模擬ガス（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）試験用ガスを調製し、その希釈ガスにそれぞれ、窒素、二酸化炭素、水分を添加調製して実施した。

なお、ゼロガスでの試験結果に有意な影響が見られた場合、スパンの試験結果は、補正（ゼロガスの影響分を差し引く）した場合の評価も実施した。

① 酸素影響試験

酸素影響試験の酸素濃度は約 21、18、14、11、8、4 %等について試験を実施した。試験用ガスの調製方法を図 5-4 に、試験パターンを図 5-5 に示した。

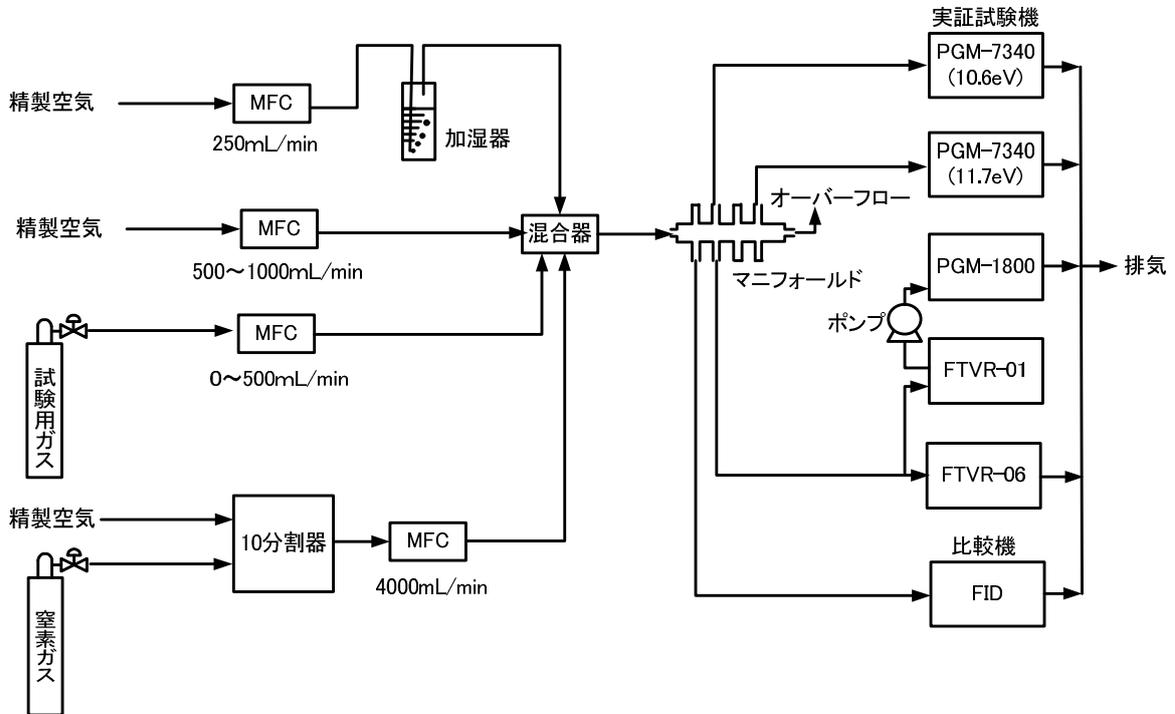


図 5-4 酸素影響試験の試験用ガスの調製

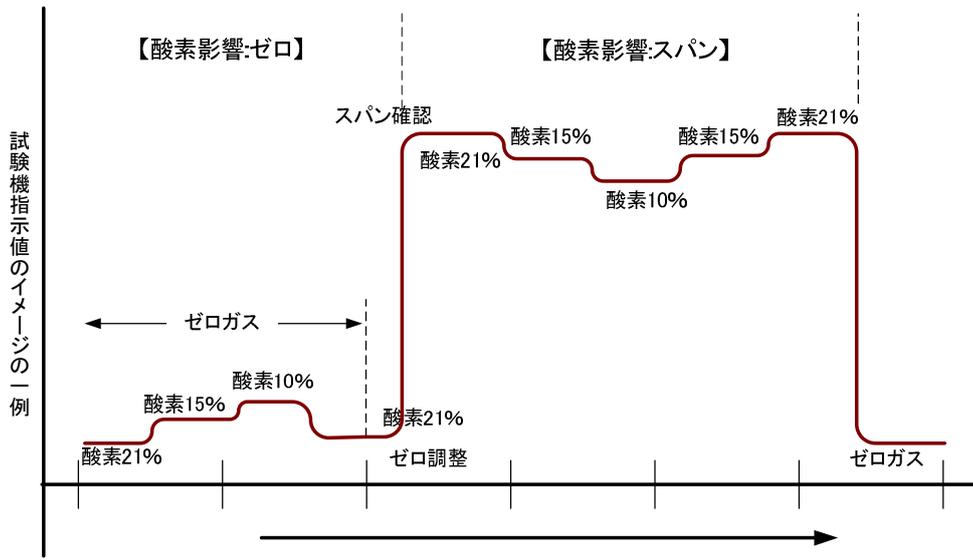


図 5-5 酸素影響試験のパターン

② 二酸化炭素影響試験

二酸化炭素影響試験の二酸化炭素濃度は約 4000、3200、2400、1600、800、0 ppm 等について試験を実施した。試験用ガスの調製方法を図 5-6 に、試験パターンを図 5-7 に示した。

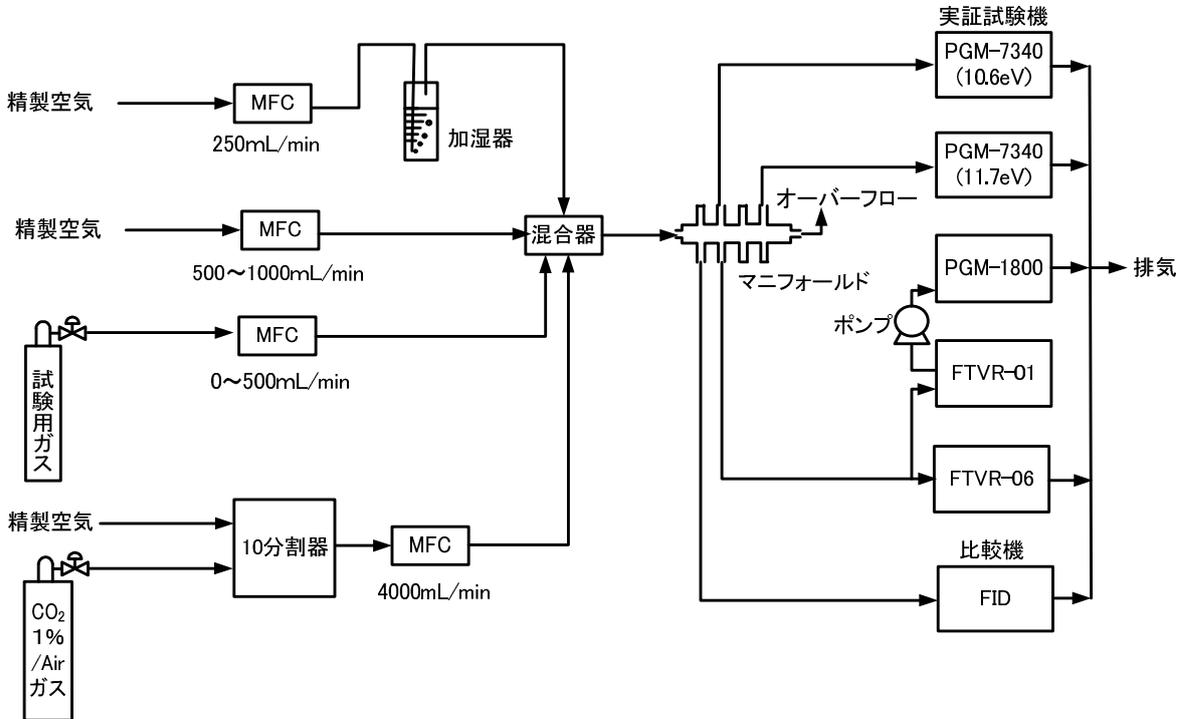


図 5-6 二酸化炭素影響試験の試験用ガスの調製

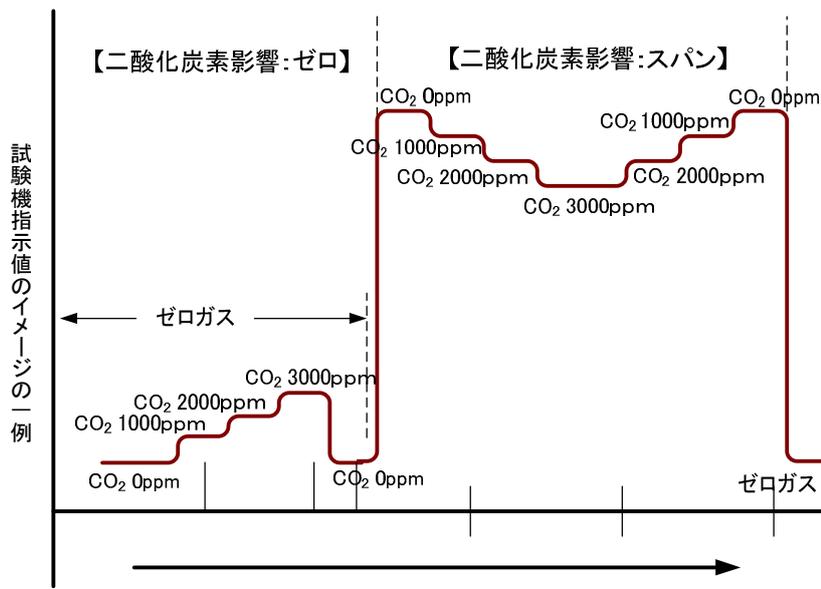


図 5-7 二酸化炭素影響試験のパターン

③ 水分影響試験

水分影響試験の水分濃度は 25℃ 付近における相対湿度 約 80、40、5 % について試験を実施した。試験用ガスの調製方法を図 5-8 に、試験パターンを図 5-9 に示した。

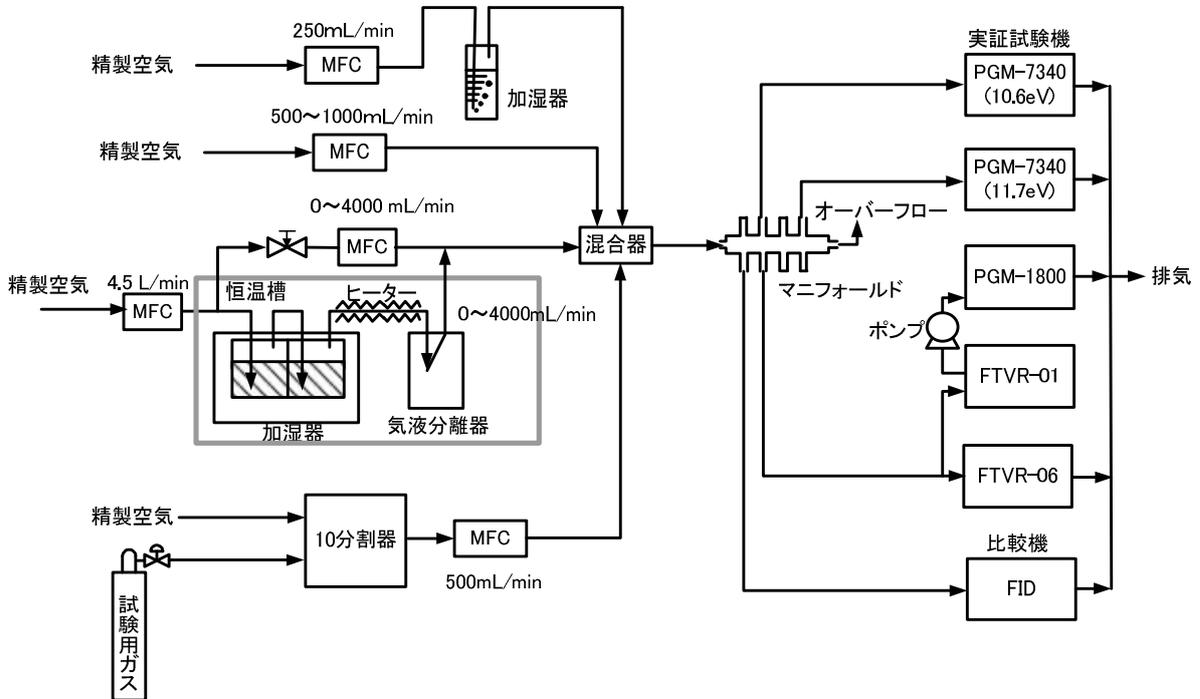


図 5-8 水分影響試験の試験用ガスの調製

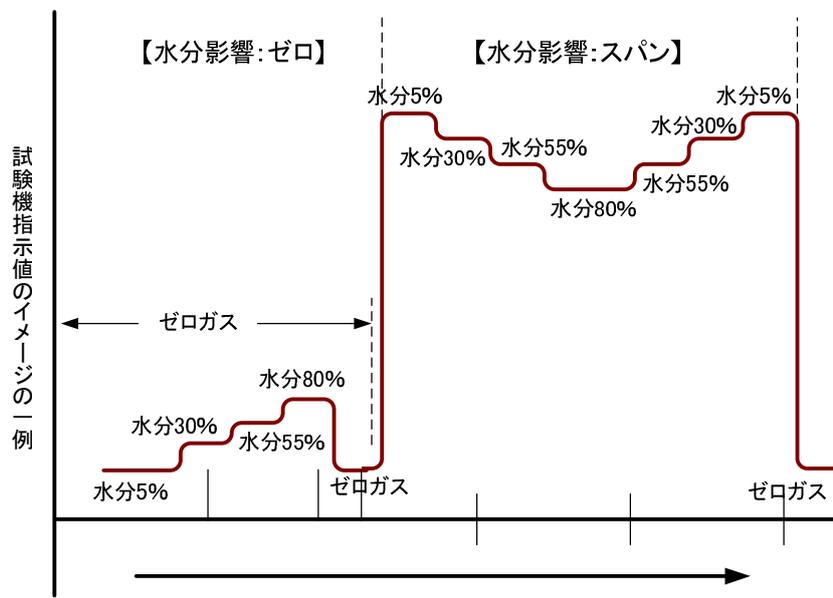


図 5-9 水分影響試験のパターン

(3) 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。

(4) 再現性（ドリフト）試験

試験期間中（2 週間）に、標準ガスを導入し、測定した時の各々の指示値を読み、初回の指示値からの偏差を調べた。

5.2 現場における実ガス測定

現場における実ガス測定（オプション）試験は、申請機関と協議の上、実施しないこととなった。

6. 実証試験結果と検討（考察）

6.1 繰返し性試験

(1) 試験結果

試験結果を表6-1に示した。

なお、偏差(%) = (指示値 - 平均値) ÷ スパン平均値 × 100 とした。

表6-1 繰返し性試験結果(1)

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | 混合ガス VOC各濃 度(ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 GC+半導体センサ | | | | | |
|--|--------|----------------|-------------------------|-----------------|-------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| | | | | | | トルエン | エチルベンゼン | p-キシレン | スチレン | TOTAL | |
| | | | | | | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | |
| 2012年 12月12日(水)トルエン0.314ppmにて | | | | | | | | | | | |
| スパン | トルエン① | 0.314 | | 2.20 | 11:35 | 1187 | 16 | 9 | 0 | 1204 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12:18 | 1 | 0 | 0 | 0 | 22 | |
| スパン | トルエン① | 0.314 | | 2.20 | 13:05 | 1270 | 9 | 4 | 0 | 997 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13:42 | 21 | 0 | 0 | 0 | 53 | |
| スパン | トルエン① | 0.314 | | 2.20 | 14:10 | 1263 | 10 | 4 | 0 | 840 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14:45 | 47 | 0 | 0 | 0 | 108 | |
| スパン | トルエン① | 0.314 | | 2.20 | 15:20 | 1303 | 11 | 5 | 0 | 924 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16:00 | 13 | 0 | 0 | 0 | 88 | |
| 繰返し性(平均値からの偏差) : % | | | | | | ZERO 平均値 | 20.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 67.8 |
| | | | | | | 最大値偏差 | 2.1 | | | | 4.1 |
| | | | | | | 最小値偏差 | -1.6 | | | | -4.6 |
| | | | | | | SPAN 平均値 | 1256 | 12 | 6 | 0 | 991 |
| | | | | | | 最大値偏差 | 3.8 | | | | 21.5 |
| | | | | | | 最小値偏差 | -5.5 | | | | -15.3 |
| 2012年 12月13日(木) 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) 0.45ppmにて | | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10:15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 10:40 | 377 | 432 | 195 | 688 | 2693 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11:07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 11:38 | 392 | 473 | 213 | 715 | 2893 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12:13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 12:36 | 398 | 479 | 213 | 720 | 3378 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13:09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 13:40 | 400 | 491 | 225 | 732 | 3368 | |
| 繰返し性(平均値からの偏差) : % | | | | | | ZERO 平均値 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 82.3 |
| | | | | | | 最大値偏差 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 |
| | | | | | | 最小値偏差 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.0 |
| | | | | | | SPAN 平均値 | 392 | 469 | 212 | 714 | 3083 |
| | | | | | | 最大値偏差 | 2.1 | 4.7 | 6.4 | 2.6 | 9.6 |
| | | | | | | 最小値偏差 | -3.8 | -7.8 | -7.8 | -3.6 | -12.7 |

表6-1 繰返し性試験結果(2)

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | 混合ガス VOC各濃 度(ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 | | | | |
|---|--------|----------------|-------------------------|-----------------|-------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | GC+半導体センサ | | | | |
| | | | | | | トルエン μg/m ³ | エチルベンゼン μg/m ³ | p-キシレン μg/m ³ | スチレン μg/m ³ | TOTAL μg/m ³ |
| 2012年 12月14日(金) 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) 0.079ppmにて | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12:05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 13:05 | 111 | 110 | 53 | 129 | 1677 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13:37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 14:05 | 112 | 116 | 57 | 140 | 1638 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14:33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 13:05 | 114 | 118 | 58 | 143 | 1719 |
| 繰返し性(平均値からの偏差): % | | | | | | ZERO 平均値 | | | | |
| | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 173 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.0 |
| | | | | | | SPAN 平均値 | | | | |
| | | | | | | 112 | 115 | 56 | 137 | 1678 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | 1.5 | 2.9 | 3.6 | 4.1 | 2.4 |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | -1.2 | -4.1 | -5.4 | -6.1 | -2.4 |
| 2012年 12月17日(月) 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)0.563ppmにて | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9:53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| スパン | VOC混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 10:24 | 873 | 7 | 4 | 0 | 2552 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10:37 | 27 | 0 | 0 | 0 | 411 |
| スパン | VOC混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 11:01 | 997 | 10 | 5 | 0 | 1704 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11:29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 141 |
| スパン | VOC混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 12:04 | 991 | 10 | 5 | 0 | 2027 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12:30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| スパン | VOC混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 13:00 | 1008 | 10 | 5 | 0 | 1721 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13:30 | 2 | 0 | 0 | 0 | 139 |
| スパン | VOC混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 14:00 | 1012 | 10 | 4 | 0 | 1735 |
| 繰返し性(平均値からの偏差): % | | | | | | ZERO 平均値 | | | | |
| | | | | | | 6.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 176 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | 2.1 | | | | 12.0 |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | -0.7 | | | | -4.4 |
| | | | | | | SPAN 平均値 | | | | |
| | | | | | | 976 | 9.4 | 4.6 | 0.0 | 1947.8 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | 3.7 | | | | 31.0 |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | -10.6 | | | | -12.5 |
| 2012年 12月18日(火) 塩素系 VOC 3成分(ジクロロメタン+トリクロロエチレン+テトラクロロエチレン)1.014ppmにて | | | | | | | | | | |
| スパン | VOC混合⑨ | 1.014 | 0.203 | 0.608 | 10:04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 285 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10:20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 285 |
| スパン | VOC混合⑨ | 1.014 | 0.203 | 0.608 | 10:34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 293 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10:48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 148 |
| スパン | VOC混合⑨ | 1.014 | 0.203 | 0.608 | 10:58 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 繰返し性(平均値からの偏差): % | | | | | | ZERO 平均値 | | | | |
| | | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 216.5 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | - | - | - | - | - |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | - | - | - | - | - |
| | | | | | | SPAN 平均値 | | | | |
| | | | | | | | | | | 289.0 |
| | | | | | | 最大値偏差 | | | | |
| | | | | | | - | - | - | - | - |
| | | | | | | 最小値偏差 | | | | |
| | | | | | | - | - | - | - | - |

(2) 結果の考察

表 6 - 2 に繰返し性試験結果をまとめた。

繰返し性は概ね良好であった。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。

表 6 - 2 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。 |

* FTVR-06 の実証試験時の測定成分の設定は、トルエン、エチルベンゼン、p - キシレン、スチレンの 4 成分測定であった。試験終了後に保存されたクロマトグラムより、トルエン、エチルベンゼン、o - キシレン、m - キシレン、スチレンの 5 成分測定として再計算したデータを表 6 - 3 に示した。

エチルベンゼン、スチレンの測定値に、o - キシレン、m - キシレンのピークが影響していたためか、

エチルベンゼン、スチレンの測定値が低くなり、p - キシレンの代わりに o - キシレン、m - キシレンの測定値が表示されたと思われる。繰返し性の結果そのものには顕著な変化は見られなかった。

表6-3 FTVR-06の再計算結果との比較

2012年12月13日(木) VOC5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) 0.45ppmにて

| ガスの種類 | ガス名 | 濃度 (ppm) | 混合ガスVOC各濃度 (ppm) | 濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 | | | | | FTVR-06(再計算) | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|--------|--------|-------|-------|
| | | | | | | GC+半導体センサ | | | | | GC+半導体センサ | | | | | | |
| | | | | | | 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 | Total | 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 | Total |
| μg/m ³ | ppm | | | | |
| ゼロ | Air | 0.0 | 0.0 | | 10:15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 10:40 | 377 | 432 | 195 | 688 | 2693 | 322 | 354 | 366 | 363 | 366 | 1325 | |
| ゼロ | Air | 0.0 | 0.0 | | 11:07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 284 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 11:38 | 392 | 473 | 213 | 715 | 2893 | 336 | 387 | 389 | 387 | 384 | 1384 | |
| ゼロ | Air | 0.0 | 0.0 | | 12:13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 12:36 | 398 | 479 | 213 | 720 | 3378 | 343 | 395 | 395 | 395 | 388 | 1917 | |
| ゼロ | Air | 0.0 | 0.0 | | 13:09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 13:40 | 400 | 491 | 225 | 732 | 3368 | 345 | 403 | 402 | 387 | 394 | 1852 | |
| 繰り返し性 | | | | ZERO平均値 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 82.3 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 84.0 | |
| (平均値からの偏差):% | | | | 最大値偏差 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 12.3 | |
| | | | | 最小値偏差 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.0 | 0.0 | 0.0 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -4.7 | |
| | | | | SPAN平均値 | | 392 | 469 | 212 | 714 | 3083 | 336 | 385 | 388 | 383 | 383 | 1620 | |
| | | | | 最大値偏差 | | 2.1 | 4.7 | 6.4 | 2.6 | 9.6 | 2.4 | 4.6 | 3.6 | 3.2 | 2.9 | 18.4 | |
| | | | | 最小値偏差 | | -3.8 | -7.8 | -7.8 | -3.6 | -12.7 | -4.2 | -8.0 | -5.7 | -5.1 | -4.4 | -18.2 | |

2012年12月14日(金) VOC5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) 0.079ppmにて

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|-------|-------|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | | 12:05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 13:05 | 111 | 110 | 53 | 129 | 1677 | 94 | 89 | 77 | 68 | 69 | 656 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | | 13:37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 242 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 33 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 14:05 | 112 | 116 | 57 | 140 | 1638 | 96 | 94 | 82 | 74 | 75 | 646 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | | 14:33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 182 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| スパン | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 13:05 | 114 | 118 | 58 | 143 | 1719 | 97 | 96 | 83 | 76 | 76 | 676 |
| 繰り返し性 | | | | ZERO平均値 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| (平均値からの偏差):% | | | | 最大値偏差 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 1 |
| | | | | 最小値偏差 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -1 |
| | | | | SPAN平均値 | | 112 | 115 | 56 | 137 | 1678 | 96 | 93 | 81 | 73 | 73 | 659 |
| | | | | 最大値偏差 | | 1.5 | 2.9 | 3.6 | 4.1 | 2.4 | 1.3 | 3.2 | 3.1 | 4.4 | 4.1 | 2.5 |
| | | | | 最小値偏差 | | -1.2 | -4.1 | -5.4 | -6.1 | -2.4 | -1.6 | -4.2 | -4.7 | -6.5 | -6.2 | -2.0 |

FTVR-06のクロマトグラムを例を図6-1に示した。

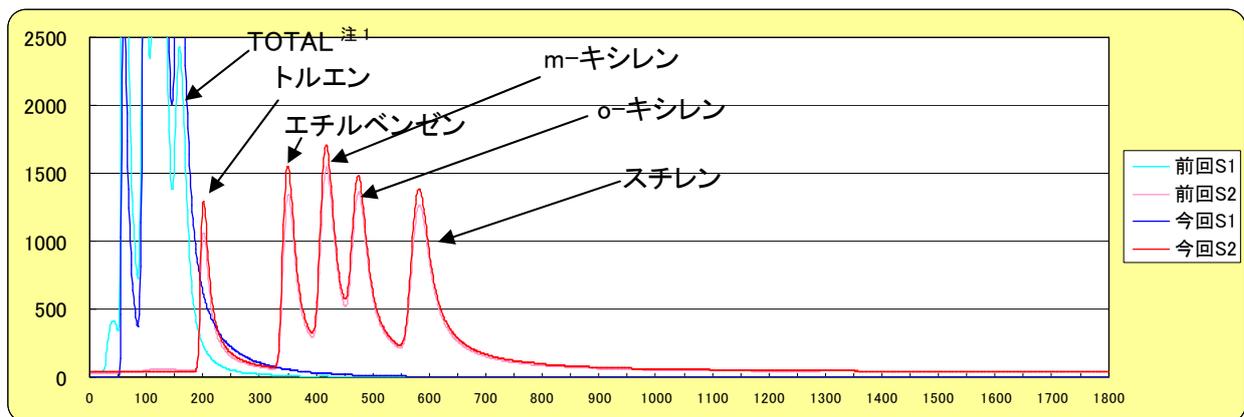


図6-1 FTVR-06のクロマトグラムの例

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。

6.2 直線性試験

(1) 試験結果

試験結果及び相関散布図を表 6-4 に示した。

なお、偏差 (%) = (測定濃度 - 試験濃度) ÷ 試験時の最大濃度 × 100 とした。

表 6-4 (1) 直線性試験結果

2012年 12月 13日(木) 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) 0.45ppm にて

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | 混合ガス VOC各濃度 (ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 GC+半導体センサ | | | | |
|-------------------|---------|-------------|-------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | トルエン | エチルベンゼン | p-キシレン | スチレン | TOTAL |
| | | | | | | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ |
| ゼロ (0/5) | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13:09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| スパン (5/5) | VOC 混合⑧ | 0.450 | 0.090 | 3.51 | 13:40 | 400 | 491 | 225 | 732 | 3368 |
| スパン (4/5) | VOC 混合⑧ | 0.360 | 0.072 | 2.81 | 14:07 | 353 | 412 | 190 | 592 | 2881 |
| スパン (3/5) | VOC 混合⑧ | 0.270 | 0.054 | 2.11 | 14:37 | 273 | 309 | 140 | 430 | 2423 |
| スパン (2/5) | VOC 混合⑧ | 0.180 | 0.036 | 1.41 | 15:07 | 182 | 197 | 90 | 265 | 1862 |
| スパン (1/5) | VOC 混合⑧ | 0.090 | 0.018 | 0.70 | 15:37 | 77 | 86 | 40 | 103 | 1311 |
| ゼロ (0/5) | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16:07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 140 |
| 直線性(5/5からの偏差) : % | | | | | 4/5 | 8.3 | 3.9 | 4.4 | 0.9 | 5.1 |
| | | | | | 3/5 | 8.3 | 2.9 | 2.2 | -1.3 | 11.1 |
| | | | | | 2/5 | 5.5 | 0.1 | 0.0 | -3.8 | 14.0 |
| | | | | | 1/5 | -0.8 | -2.5 | -2.2 | -5.9 | 17.2 |
| | | | | | 0/5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 |
| ゼロ点補正後 | | | | | ZERO平均値 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 118 |
| 直線性(5/5からの偏差) : % | | | | | 4/5 | 8.3 | 3.9 | 4.4 | 0.9 | 5.0 |
| | | | | | 3/5 | 8.3 | 2.9 | 2.2 | -1.3 | 10.9 |
| | | | | | 2/5 | 5.5 | 0.1 | 0.0 | -3.8 | 13.7 |
| | | | | | 1/5 | -0.8 | -2.5 | -2.2 | -5.9 | 16.7 |
| | | | | | 0/5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

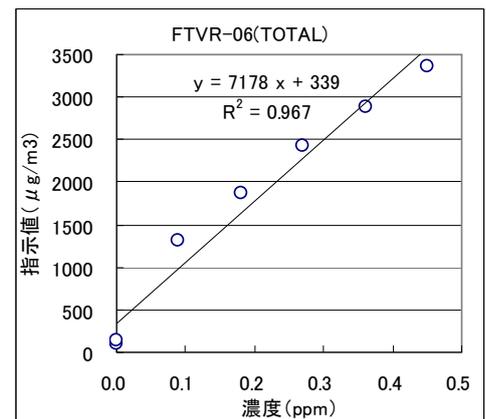
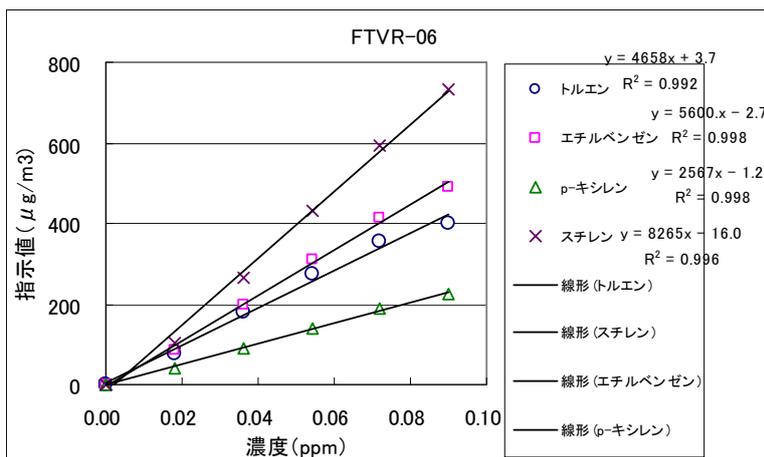


表6-4 (2) 直線性試験結果

2012年12月14日(金) VOC5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

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | 混合ガス VOC各濃度 (ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 GC+半導体センサ | | | | |
|---------------------|--------|-------------|-------------------|--------------|---------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | トルエン | エチルベンゼン | p-キシレン | スチレン | TOTAL |
| | | | | | | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ |
| ゼロ (0/5) | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9:20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| スパン (10/10) | VOC混合⑧ | 0.113 | 0.023 | 0.88 | 9:50 | 160 | 147 | 65 | 192 | 2414 |
| スパン (7/10) | VOC混合⑧ | 0.079 | 0.016 | 0.61 | 10:20 | 114 | 119 | 55 | 146 | 1459 |
| スパン (4/10) | VOC混合⑧ | 0.045 | 0.009 | 0.35 | 11:05 | 54 | 61 | 30 | 69 | 1317 |
| スパン (2/10) | VOC混合⑧ | 0.023 | 0.005 | 0.18 | 11:29 | 18 | 21 | 12 | 23 | 881 |
| ゼロ (0/5) | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12:05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| 直線性(10/10からの偏差) : % | | | | | 7/10 | 1.3 | 11.0 | 14.6 | 6.0 | -11.6 |
| | | | | | 4/10 | -6.3 | 1.5 | 6.2 | -4.1 | 12.2 |
| | | | | | 2/10 | -8.8 | -5.7 | -1.5 | -8.0 | 13.2 |
| | | | | | 0/10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -1.0 |
| ゼロ点補正後 | | | | | ZERO平均値 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 107 |
| 直線性(10/10からの偏差) : % | | | | | 7/10 | 1.3 | 11.0 | 14.6 | 6.0 | -11.4 |
| | | | | | 4/10 | -6.3 | 1.5 | 6.2 | -4.1 | 12.4 |
| | | | | | 2/10 | -8.8 | -5.7 | -1.5 | -8.0 | 13.6 |
| | | | | | 0/10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

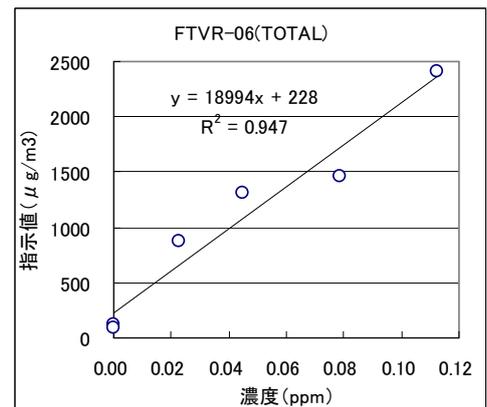
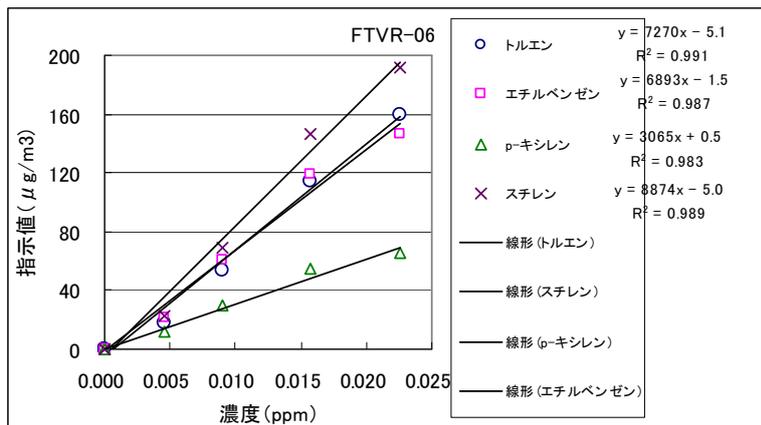
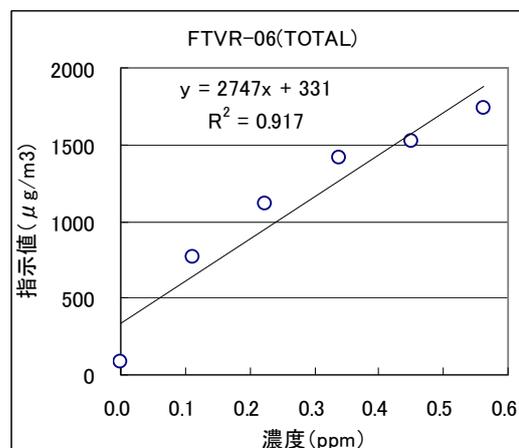
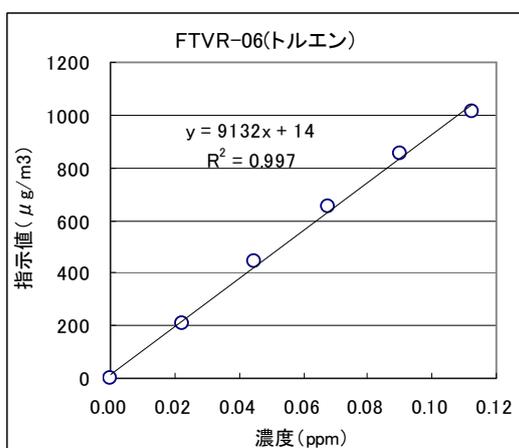


表 6 - 4 (3) 直線性試験結果

2012 年 12 月 17 日(月)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)0.563ppm にて

| ガスの種類 | ガス名 | VOC 濃度 (ppm) | 混合ガス VOC各濃度 (ppm) | VOC 濃度 (ppmC) | 時刻 | FTVR-06 GC+半導体センサ | | | | |
|-------------------|---------|--------------|-------------------|---------------|-------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | トルエン | エチルベンゼン | p-キシレン | スチレン | TOTAL |
| | | | | | | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ |
| スパン (5/5) | VOC 混合⑦ | 0.563 | 0.113 | 2.70 | 14:00 | 1012 | 10 | 4 | 0 | 1735 |
| スパン (4/5) | VOC 混合⑦ | 0.450 | 0.090 | 2.16 | 14:30 | 853 | 8 | 4 | 0 | 1521 |
| スパン (3/5) | VOC 混合⑦ | 0.338 | 0.068 | 1.62 | 15:00 | 652 | 4 | 2 | 0 | 1409 |
| スパン (2/5) | VOC 混合⑦ | 0.225 | 0.045 | 1.08 | 15:30 | 445 | 2 | 1 | 0 | 1109 |
| スパン (1/5) | VOC 混合⑦ | 0.113 | 0.023 | 0.54 | 16:00 | 209 | 0 | 0 | 0 | 772 |
| ゼロ (0/5) | Air | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| 直線性(5/5からの偏差) : % | | | | | 4/5 | 4.3 | | | | 6.6 |
| | | | | | 3/5 | 4.4 | | | | 19.6 |
| | | | | | 2/5 | 3.9 | | | | 20.8 |
| | | | | | 1/5 | 0.5 | | | | 19.7 |
| | | | | | 0/5 | -0.2 | | | | -3.8 |
| ゼロ点補正後 | | | | | | | | | | |
| 直線性(5/5からの偏差) : % | | | | | 4/5 | 4.3 | | | | 7.1 |
| | | | | | 3/5 | 4.4 | | | | 20.3 |
| | | | | | 2/5 | 4.0 | | | | 22.2 |
| | | | | | 1/5 | 0.7 | | | | 21.8 |
| | | | | | 0/5 | 0.0 | | | | 0.0 |



(2) 結果の考察

表 6 - 5 に直線性試験結果をまとめた。

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が、その原因はp-キシレンは測定項目ではないガス(m、o-キシレンではリテンションタイムが異なる)の結果であり、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。

表6-5 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。 |

6.3 干渉影響試験

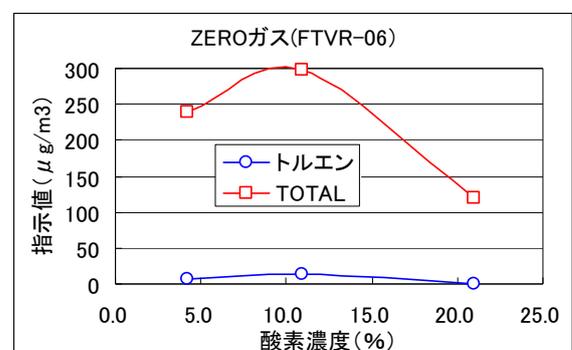
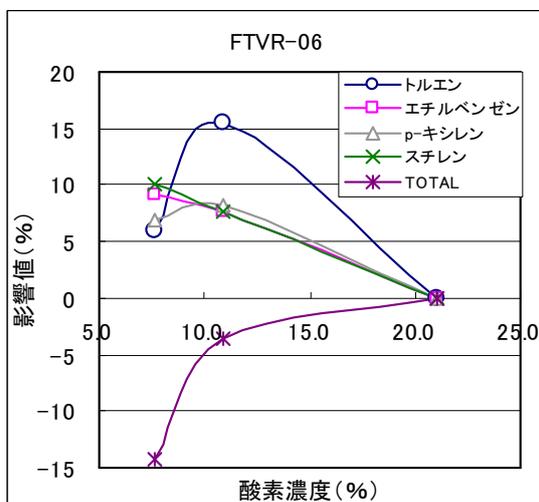
6.3.1 酸素影響試験

(1) 試験結果

試験結果を表6-6に示した。

表6-6 酸素影響試験結果 (1)

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 干渉成分 酸素の濃度 (%) | 時刻 | FTVR-06 GC+半導体センサ | | | | |
|--|-------|-------------|--------------|-------------------|-------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | トルエン | エチルベンゼン | p-キシレン | スチレン | TOTAL |
| | | | | | | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ | μg/m ³ |
| 2012年 12月19日(水) 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) 0.16ppmにて | | | | | | | | | | |
| スパン | VOC混合 | 0.16 | 1.248 | 21.0 | 15:33 | 218 | 130 | 73 | 158 | 1817 |
| スパン | VOC混合 | 0.16 | 1.248 | 10.9 | 16:03 | 252 | 140 | 79 | 170 | 1751 |
| スパン | VOC混合 | 0.16 | 1.248 | 7.6 | 16:13 | 231 | 142 | 78 | 174 | 1557 |
| 影響値 (O ₂ 濃度21.0vol%の時の指示値を100とした時の影響比率) (%) | | | | | | 21.0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | 10.9 | 15.6 | 7.7 | 8.2 | 7.6 |
| | | | | | | 7.6 | 6.0 | 9.2 | 6.8 | 10.1 |
| 2012年 12月20日(木) ゼロガスにて | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 21.0 | 9:10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 10.9 | 9:33 | 14 | 0 | 0 | 0 | 297 |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 4.2 | 10:03 | 7 | 0 | 0 | 0 | 239 |



(2) 結果のまとめ

表 6-7 に干渉影響試験（酸素）結果をまとめた。

表 6-7 干渉影響試験（酸素）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。 |

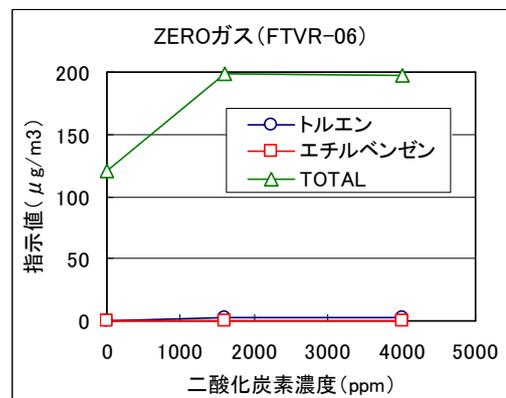
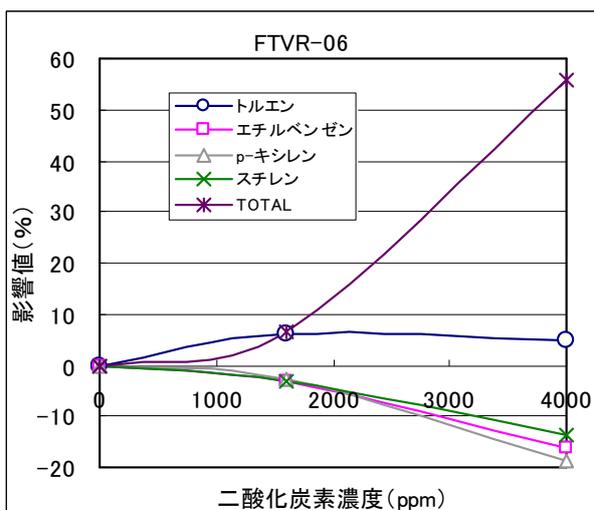
6.3.2 二酸化炭素影響試験

(1) 試験結果

試験結果を表 6-8 に示した。

表 6-8 二酸化炭素影響試験結果

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 干渉成分 CO2の濃度 (ppm) | 時刻 | FTVR-06 | | | | | |
|--|---------|-------------|--------------|-------------------|-------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|------|
| | | | | | | GC+半導体センサ | | | | | |
| | | | | | | トルエン μg/m ³ | エチルベンゼン μg/m ³ | p-キシレン μg/m ³ | スチレン μg/m ³ | TOTAL μg/m ³ | |
| 2012年 12月 19日(水) 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) 0.16ppm にて | | | | | | | | | | | |
| スパン | VOC 混合⑥ | 0.16 | 1.25 | 0 | 12:33 | 129 | 134 | 74 | 167 | 1600 | |
| スパン | VOC 混合⑥ | 0.16 | 1.25 | 1600 | 12:03 | 137 | 130 | 72 | 162 | 1704 | |
| スパン | VOC 混合⑥ | 0.16 | 1.25 | 4000 | 11:33 | 135 | 112 | 60 | 144 | 2494 | |
| 影響値 (CO2 濃度 0 ppm の時の指示値を 100 とした時の影響比率) (%) | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | | | | 1600 | 6.2 | -3.0 | -2.7 | -3.0 | 6.5 |
| | | | | | | 4000 | 4.7 | -16.4 | -18.9 | -13.8 | 55.9 |
| 2012年 12月 20日(木) ゼロガスにて | | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 0 | 9:10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 1600 | 10:33 | 3 | 0 | 0 | 0 | 199 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | 4000 | 11:03 | 3 | 0 | 0 | 0 | 198 | |



(2) 結果のまとめ

表6-9に干渉影響試験（二酸化炭素）結果をまとめた。

表6-9 干渉影響試験（二酸化炭素）結果まとめ

| 実証製品 | 結果まとめ |
|---------|--|
| FTVR-06 | 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。 |

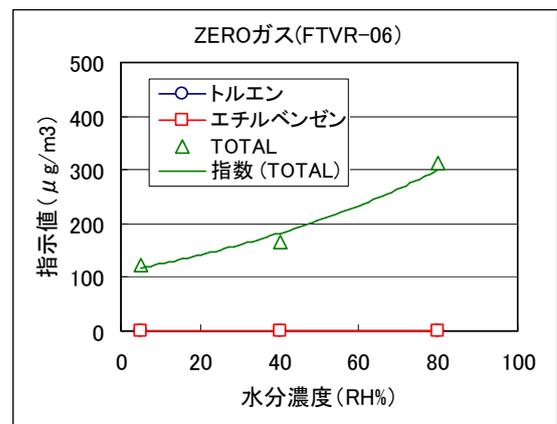
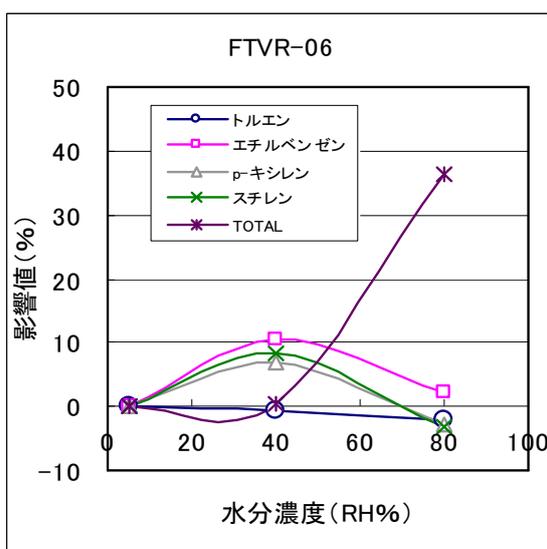
6.3.3 水分影響試験

(1) 試験結果

試験結果を表6-10に示した。

表6-10 水分影響試験結果

| ガスの種類 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | VOC濃度 (ppmC) | 干渉成分 水分の濃度 (ppm) | 時刻 | FTVR-06 | | | | | |
|--|--------|-------------|--------------|------------------|-------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|------|
| | | | | | | GC+半導体センサ | | | | | |
| | | | | | | トルエン μg/m ³ | エチルベンゼン μg/m ³ | p-キシレン μg/m ³ | スチレン μg/m ³ | TOTAL μg/m ³ | |
| 2012年 12月 20日(木) ゼロガス、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) 0.16ppmにて | | | | | | | | | | | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | RH5% | 13:35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 123 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | RH80% | 14:18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312 | |
| ゼロ | Air | 0.00 | 0.00 | RH40% | 15:33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 167 | |
| スパン | VOC混合⑥ | 0.16 | 1.25 | RH80% | 14:32 | 137 | 135 | 72 | 162 | 2172 | |
| スパン | VOC混合⑥ | 0.16 | 1.25 | RH40% | 15:19 | 139 | 146 | 79 | 181 | 1602 | |
| スパン | VOC混合⑥ | 0.16 | 1.25 | RH5% | 16:11 | 140 | 132 | 74 | 167 | 1595 | |
| 影響値（水分濃度RH5%の時の指示値を100とした時の影響比率）（%） | | | | | | RH5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | RH40% | -0.7 | 10.6 | 6.8 | 8.4 | 0.4 |
| | | | | | | RH80% | -2.1 | 2.3 | -2.7 | -3.0 | 36.2 |



(2) 結果のまとめ

表 6-11 に干渉影響試験（水分）結果をまとめた。

表 6-11 干渉影響試験（水分）結果まとめ

| 実証製品 | 結果まとめ |
|---------|--|
| FTVR-06 | 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。 |

6.4 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。

6.5 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 VOC 測定の公定法）の指示値から補正計算した再現性結果を表 6-12 に示した。

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。

表 6-12 再現性試験結果

| 日 | ガス名 | VOC濃度 (ppm) | FTVR-06 | |
|--------|------|----------------|------------|-------|
| | | | GC+半導体センサー | |
| | | | トルエン | TOTAL |
| 12月12日 | トルエン | 0.314 | 1.04 | 0.70 |
| 12月12日 | トルエン | 0.314 | 0.99 | 0.67 |
| 12月21日 | トルエン | 0.189 | 0.97 | 1.24 |

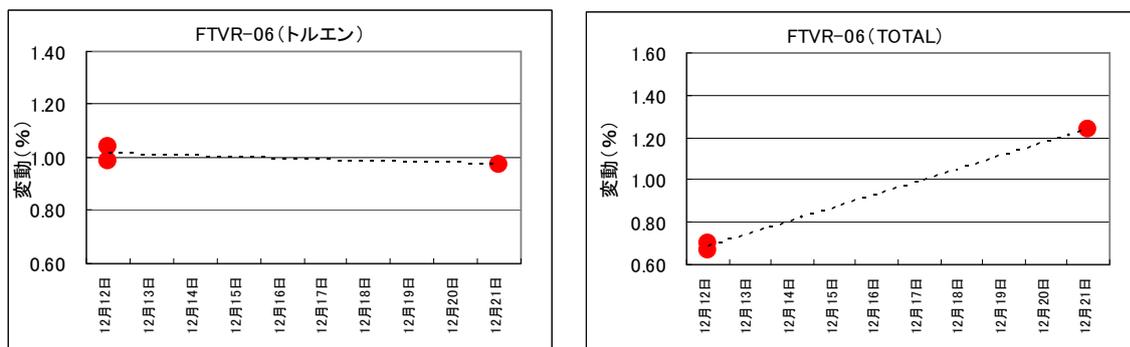


図 6-2 再現性試験結果

6.6 実証試験結果まとめ

表 6-13 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り、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 1780 1348 1975"> <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 | | | | | | | | |

7. データの品質管理、監査

実証試験の実施にあたっては、実証試験計画及び品質管理マニュアルに基づきデータの品質管理を行った。また、実証試験終了後に監査を実施し、現場にて指示値を読み取り Excel File に記入した値と、データロガーに保存したデータの値とのクロスチェックを実施すると共に、実証試験が適切に行われていたことを確認した。