

平成 22 年度
環境技術実証事業
VOC 簡易測定技術分野

VOC モニター VM-501
実証試験結果報告書
(有限会社オー・エス・ピー)

平成 23 年 3 月
社団法人日本環境技術協会

- 目次 -

実証試験結果の概要	.....
本編	.....	1
1 . 実証試験の概要と目的	.....	1
2 . 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	.....	1
3 . 実証対象技術および実証対象機器の概要	.....	3
3.1 機器の構成	.....	3
3.2 原理及び特徴	.....	4
3.3 製品データ	.....	6
3.4 性能データ	.....	7
3.5 申請時の区分と事業所で採取した試料の測定希望	.....	10
4 . 実証試験の内容	.....	10
4.1 試験期間	.....	10
4.2 実証対象試験機の台数	.....	10
4.3 実証項目	.....	11
4.4 実証試験実施場所	.....	11
5 . 実証試験実施方法	.....	12
5.1 基本性能試験	.....	12
5.2 事業所における実際の試料測定試験	.....	17
6 . 実証試験結果と検討	.....	18
6.1 繰返し性試験	.....	20
6.2 直線性試験	.....	24
6.3 干渉影響試験	.....	26
6.3.1 酸素影響試験	.....	26
6.3.2 二酸化炭素影響試験	.....	27
6.3.3 水分影響試験	.....	28
6.4 応答時間試験	.....	28
6.5 再現性試験	.....	29
6.6 事業所における実際の試料測定試験	.....	30
6.6.1 比較機（公定法）との相関性	.....	31
6.6.2 繰返し性試験	.....	32
6.7 実証試験結果まとめ	.....	34
7 . データの品質管理、監査	.....	34

実証試験結果の概要

実証対象技術 / 環境技術開発者	VOC モニター (型番 VM-501) 仕様チップ * : 1 ~ 2,500 ppm (トルエン換算) 有限会社オー・エス・ピー
実証機関	社団法人日本環境技術協会
実証試験期間	平成 23 年 2 月 21 日 ~ 3 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

*仕様チップ : 3 ~ 7,500ppm、および仕様チップ : 10 ~ 25,000ppm (いずれもトルエン換算) は、同一規格の製品と認められた。

1. 実証対象技術の概要

・ 測定原理

高分子薄膜が VOC (被測定物質) に接することにより、VOC を吸収し、その濃度に応じて膨潤する現象と、その膨潤の度合いが光の反射と干渉に変化をもたらす現象とを組み合わせ、VOC 濃度を測定する方法が干渉増幅反射法 (Interference Enhanced Reflection Method ; IER 法) であり、この原理を利用した VOC モニターである。

・ 特徴

総合的な保証精度 (指示誤差等) は $\pm 20\%$ であり、表示部にシーケンス表示や、途中経過の濃度が表示される他、アナログ出力端子、アラーム機能、各種接点を装備しているため、モニタリング機器として有効である。



VM-501 モニターの外観

2. 実証試験の概要

実証対象機器の仕様

型式	VM-501
測定原理	高分子薄膜の膨潤に基づく干渉増幅反射法（IER法）
測定対象ガス	ほとんど全てのVOC
測定範囲	下記の3つの測定レンジから導入時に1つを選択 仕様チップ：1～2,500 ppm（トルエン換算値） 仕様チップ：3～7,500 ppm（トルエン換算値） 仕様チップ：10～25,000 ppm（トルエン換算値）
ガスサンプリング法	内蔵のダイヤフラム式吸引ポンプによる。試料採取流量約1 L/min
装置電源	AC100 V（付属のACアダプターを使用）

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：共同印刷(株) 守谷工場において、グラビア印刷工程のVOC処理前に配置されたダクトより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。

繰返し性試験

繰返し性試験結果は、全ての項目（トルエン、トリクロロエチレン、VOC 5成分、VOC 3成分）に対し、偏差が±1.2%と良好であった。

ただし、偏差（%）＝（指示値－平均値）÷スパン平均値×100、n=5

トルエンの濃度と指示値の偏差（%）は、-7%と少し低めの値を示した。ただし、本編の3.3 製品データで示したように、実証製品の総合精度は±20%であり、精度内であった。

トルエン以外のガス（VOC 5成分、VOC 3成分、トリクロロエチレン）では、非常に低い値を示した。トルエン（換算係数：1.0）、テトラクロロエチレン（0.8）以外は、換算係数が大きいガスであるイソプロピルアルコール（10.5）、酢酸エチル（5.6）、n-ヘキサン（10）、メチルエチルケトン（6.0）、ジクロロメタン（13.3）、トリクロロエチレン（2.0）であったためと考えられる。

トルエンの濃度と指示値の感度補正後の推定測定値(ppm)と、実証製品の測定値(ppm)を次表に示した。測定値は妥当な値であることが確認できた。

ただし、感度補正推定測定値＝
$$\sum_{i=1}^n \left(\text{各成分濃度 (ppmC)} \div \text{各成分 C 数} \div \text{各成分換算係数} \right) \div \text{トルエンでの感度補正值 (1.07)}$$

表 実証製品測定値と換算係数による感度補正後の推定指示値の比較

ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	感度補正推定測定値 (ppm)	測定値 (ppm)
VOC5成分	蒸気拡散管	214	938	57.7	54.5
VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	96.4	89
トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	882	206	189
VOC 3成分	高压容器詰	604	906	268	253

直線性試験

直線性試験結果は、最大で偏差が± 7 %程度であった。VOC 5成分の場合にやや大きなマイナス傾向であったが、全体的には実証製品の精度内であった。

ただし、偏差 (%) = (測定濃度 - 試験濃度) ÷ 試験時の最大濃度 × 100

相関散布図を下図に示した。

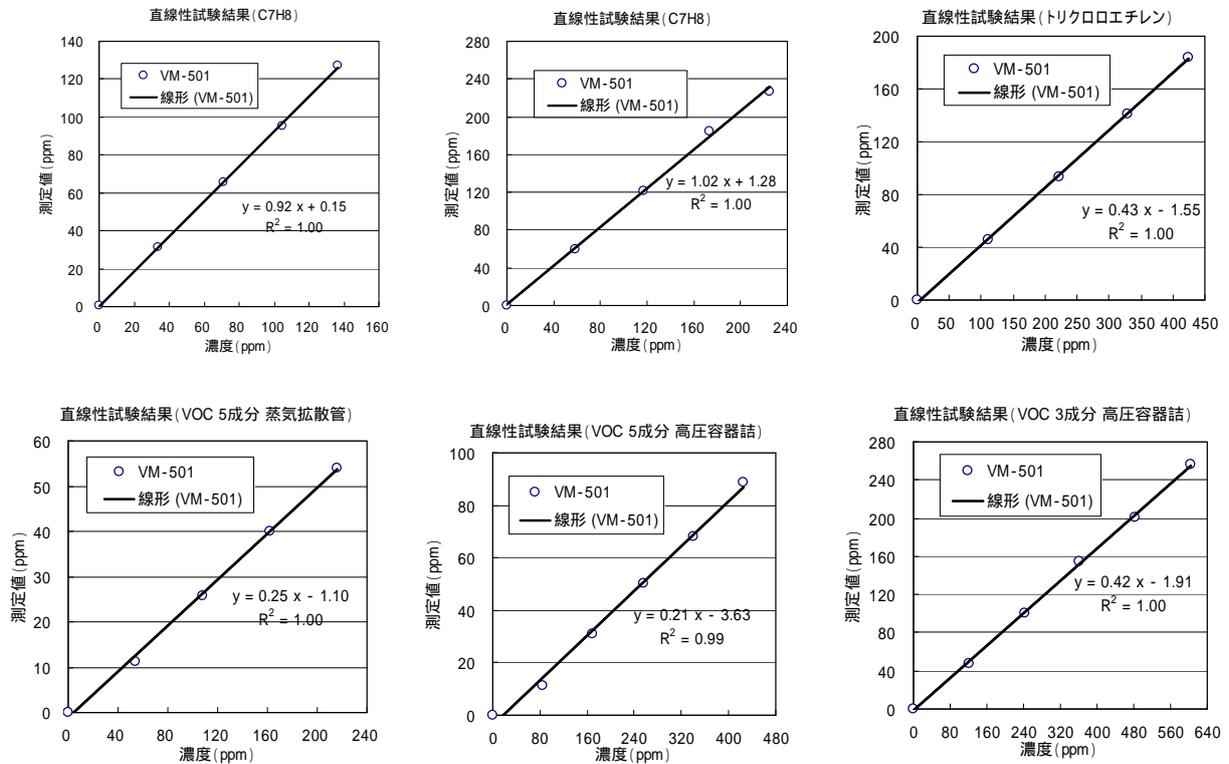


図 直線性試験結果

干渉影響試験

トルエン 130 ppm 付近における酸素影響、二酸化炭素影響、水分影響試験結果を下図に示した。酸素影響は、ゼロ点では影響は見られなかったが、スパンでは、少し影響が見られた。二酸化炭素影響、水分影響試験では、ゼロ、スパン共に影響は小さかった。

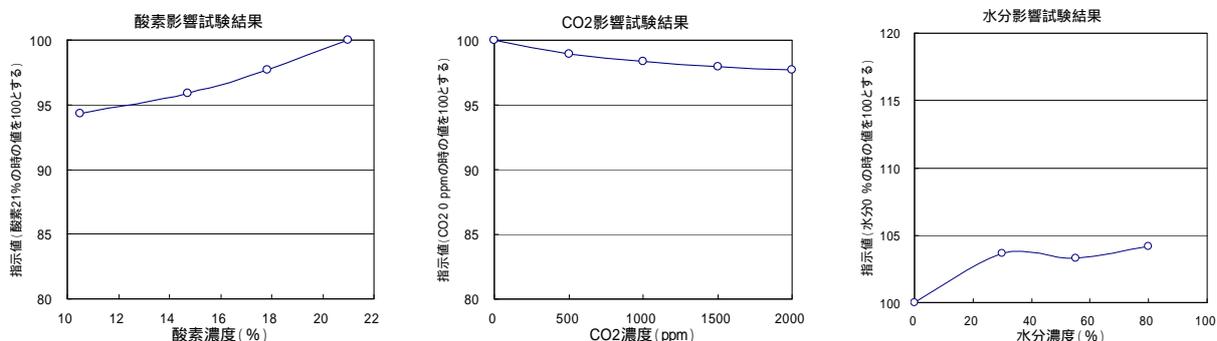


図 干渉影響試験結果（スパンにて）

応答時間試験

実証製品はシーケンス（自動ゼロ点校正 測定 自動クリーニング）を組んで測定を実施しているが、2 シーケンス（約 240 秒）以下で 98 % 応答していた。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。

再現性（ドリフト）試験

試験期間中に、284 ppm（1,988 ppmC）の高圧容器詰めトルエンを導入した時の各々の指示値を読み、平均値からの偏差を調べた結果は ±2.5 % と問題なかった。

事業所における実際の試料測定試験

試験結果を下表に示した。参考として、事業所における実際の試料をバッグ採取時に合わせてモニタリングした、ハンディタイプの VOC-121H の測定値（1 シーケンスのみの瞬時値）についても示した。

表 事業所における実際の試料測定試験結果

バッグの種類	ガス名	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機	事業所における採取時の測定値 (VOC-121H 瞬時値) ppm
					HOR製	TD製	VM-501	
					NDIR	FID	干渉増幅反射 (IER)	
					比較機A	比較機B	測定値	
					ppmC	ppmC	ppm	ppm
バッグA - 1	サンプル	96.6	528	11:00	528	466	78.0	55.0
バッグA - 2		103.9	568	11:11	568	498	82.0	55.7
バッグA - 3		106.7	583	11:20	583	513	82.0	50.0
バッグA - 4		98.8	540	11:30	540	480	79.2	55.2
バッグA - 5		47.0	257	11:37	257	217	48.0	17.2
バッグA - 6		35.7	195	11:46	195	163	40.4	14.7
バッグA - 7		171.8	939	11:58	939	851	125.0	97.9
バッグA - 8		178.8	977	12:07	977	887	129.0	98.2
バッグA - 9		174.5	954	12:15	954	865	126.0	98.4
バッグA - 10		178.6	976	12:22	976	886	125.0	98.8
バッグB - 1	サンプル	52.5	287	10:11	287	246	78.0	29.6
バッグB - 2		52.3	286	10:18	286	244	77.6	23.5
バッグB - 3		45.6	249	10:28	249	215	75.1	25.4
バッグB - 4		43.2	236	10:39	236	205	75.6	24.8
バッグB - 5		44.6	244	10:48	244	213	73.9	28.0
バッグB - 6		172.5	943	12:30	943	854	151.0	101.0

使用したバッグの仕様は以下のとおりである。

バッグ A

- ・ テドラーRバッグ 50 L (1ヶ口、キャップ付) Aタイプ
- ・ 容量 (L): 50、大きさ (mm): 600×750、ノズル径: 8 mm、フッ化ビニル樹脂製

バッグ B

- ・ テドラーバッグ 1ヶ口 700×1000mm / KN3349051
- ・ 容量 (L): 50、大きさ (mm): 700×1000、ノズル径: 7mm

(1) 比較機 (公定法) との相関性

バッグ A、バッグ B の測定値における比較機 (公定法) との相関散布図を示した。

相関係数は非常に良い結果であった。

ただし、バッグ A では約 20 ppm、バッグ B では約 50 ppm と大きな切片を生じた。試料採取時の VOC-121H 測定値 (1 シーケンスのみの瞬時値) の切片は -0.3 ~ -8 ppm であるので、バッグによる影響と考えられる。バッグ B にゼロガスおよび水分を含むゼロガスを採用し、測定を実施したところ、比較機 (公定法) の測定値は、ほぼゼロであったが、VM-501 では、ゼロガスで数 ppm、水分を含むゼロガスで数 10 ppm 程度の値を示した。公定法測定機では感度が小さいが、実証製品では感度が大きく出る物質が、バッグ内に存在するような結果であった。

バッグの材質が要因と考えられるブランク (または汚染) が認められたので、バッグ測定を実施する場合はバッググランドサンプルを採取・測定し、差し引くなどの注意が必要である。

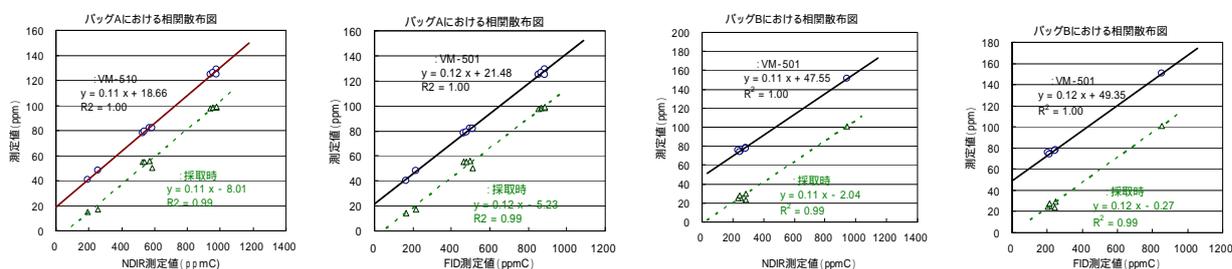


図 比較機 (公定法) との相関散布図

(2) 繰返し性試験

繰返し性は、バッグへの試料採取時の状況により濃度が変動するので、比較機 (公定法) の測定値を用いた補正を実施して評価した。

バッグ A の結果は、± 3% 程度で良い結果を示したが、バッグ B の結果は ± 9% 程度と少し大きな値を示した。実証製品の総合精度は ± 20 % であり精度内であるが、バッグ B では、試料濃度が 50 ppm 程度と他と比べて低く、かつ切片として生じた値が大きかったためと考えられる。

各バッグの比較機の測定値 (ppmC) と排ガスの成分分析組成結果から、それぞれの測定濃度を推定計算した結果を次表に示した。ただし、切片補正測定値は測定値から前述の相関式の切片を差し引いた値であり、感度補正推定測定値の計算式は ページに示したものと同様である。

実証製品の切片補正測定値 (ppm) と、感度補正推定測定値 (ppm) を比較すると、約 10 % 高めの結果であり、妥当な値であることが確認できた。

表 各バッグの測定濃度を推定計算した結果

バッグ	濃度 (ppmC)	濃度 (ppm)	感度補正推定測定値 (ppm)	切片補正測定値 (ppm)
A	962	176	99.8	107.6
A	555	102	57.6	61.7
B	261	48	27.1	30.4

実証試験結果まとめ

視点	結果まとめ								
信頼性	<p>実証製品 VM-501 の総合的な保証精度（指示誤差等）は±20 %であり、試験を実施した繰返し性、直線性、干渉成分の影響、応答時間、再現性ともに、良好な性能を有していた。特に、エア制御ユニット導入による水分影響改善の効果が顕著であった（昨年度、実証試験を実施した同一原理のハンディ形 VOC-121H では、水分の影響が見られた）。</p> <p>ただし、バッグ測定を実施したところ、バッグの材質が要因と考えられるブランク（または汚染）が認められたので、バッグ測定では、バッググランドサンプルを採取・測定し、差し引くなどの注意が必要である。</p>								
実用性	<p>測定結果はトルエン換算濃度であり、トルエン以外の VOC の濃度値を測定したい場合は、成分ごとに換算係数を用いて計算する必要がある。</p> <p>換算係数を用いて推定した測定値と実際の測定値とを比較した結果、ほぼ妥当な結果であった。ただし、各種事業所で主として使用される VOC 成分の換算係数の値はトルエン（1.0）に比べて大きい（感度が低い）ものが多いので、注意が必要である。</p> <p>測定現場の 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が、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、感度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。</p> <p>表示部にシーケンス表示や、途中経過の濃度が表示され、アナログ出力端子から測定値がホールド出力されるので、記録計やデータロガーへの接続に便利であった。</p> <p>また、アラーム機能、各種接点を装備しているので、モニタリング機器として有効である。内蔵データメモリ機能があり、PC へのデータ転送も可能である</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="403 1702 1361 1899"> <tbody> <tr> <td>価格</td> <td>オープン価格</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>約 5 kg</td> </tr> <tr> <td>電源</td> <td>AC100V（付属の AC アダプタを使用）</td> </tr> <tr> <td>暖気時間</td> <td>特に必要なし</td> </tr> </tbody> </table>	価格	オープン価格	質量	約 5 kg	電源	AC100V（付属の AC アダプタを使用）	暖気時間	特に必要なし
価格	オープン価格								
質量	約 5 kg								
電源	AC100V（付属の AC アダプタを使用）								
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

総合的な精度（指示誤差等）は±20%である。

項目	記入欄
製品名	VOC モニター（センサー素子タイプ別に、仕様がある）
型番	VM-501
販売・製造元	有限会社オー・エス・ピー（O.S.P. Inc.）
重量（g）	約 5 kg
価格（円）	オープン価格
利用用途（想定される用途）	・塗装、印刷、接着、洗浄、貯蔵、化学品製造等の VOC 取扱事業所における VOC 排出量の現状把握、連続モニタリング、各種 VOC 低減対策の効果確認等 ・VOC 処理・回収装置等の入り口・出口濃度の常時モニタリング等 ・工場排水や土壌・地下水・河川等への VOC 漏洩・汚染の簡易モニタリング等 ・作業環境の簡易濃度モニタリング測定
校正用標準物質等の有無	有（調製済）調製要 / 無
校正方法	トルエン標準ガス（ボンベ又はプッシュ缶）による自動スパン校正モードを利用
サンプリング方式	内蔵のダイヤフラム式吸引ポンプによる
操作環境（室温）	5 ~ 40
操作環境（相対湿度）	0% ~ 95%
操作環境（その他） （その他使用できない環境）	・ガス温度：5 ~ 50 程度、ガス相対湿度：0% ~ 100% ・自動ゼロ点校正用空気とサンプルガスとの温度差 ±10% 以内が望ましい ・高温の燃焼・乾燥排ガス等を測定する場合は、吸引用の配管をテフロンチューブ等で延長して高温ガスを空冷してセンサーに導入すること ・高湿度（例えば相対湿度 80% 以上）ガスを測定する場合は、ドレインポット、防水フィルター等の結露対策を設けること（センサー部での結露を防止すること） ・センサー本体は非防爆仕様の為、危険区域外で使用するか、危険区域内で使用するには適切な防爆処置を行うこと
製品保管条件 （メンテナンス方法など）	・保管温度：0 ~ 40 ・メンテナンスと消耗品類：ゼロ点校正用活性炭フィルター、（防塵・防水用）ディスク状 PTFE フィルター、センサーチップの定期的洗浄、交換等
製品保証期間	・本体：製品出荷後 12 ヶ月間 ・センサー部の保証は日本国内の気象条件で 1 年間 ・センサーチップは消耗品扱いとし、使用頻度や被測定 VOC 成分、測定濃度等により素子寿命は異なることがある（素子寿命の自己診断機能付）
応答時間	・初期応答 3 秒 ~、最短で 1 測定 10 秒程度（但し、分子量の大きい VOC 成分の場合 10 秒以上かかる場合有）

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、実証申請機関からの情報などを記載)

・ 以下は実証機関からの質問に対する回答

1. センサーチップの寿命(交換時の判断の目安)について。

素子の寿命は、使用環境・測定条件、被測定 VOC ガスの種類や暴露される濃度等により変動しますが、経験上、標準的なご使用方法であれば、2~3 年もしくはそれ以上継続して使用できる場合が多いです。メーカーとしては、1 年毎のメンテナンス校正や簡易校正キット等による定期的な感度確認等を推奨致しております。

また、万が一素子に異常が生じれば、内部で自動判定し、素子交換エラーを警報します。

2. 個別のチップの性能に関する偏差はどの程度か。チップ交換時の初期校正はユーザーが実施するのか。

チップごとの偏差(感度等)は、通常 $\pm 10\%$ 以内なので、ユーザー側で同じ仕様のチップに交換した場合、校正せずとも仕様の範囲内で使用可能です。

ただし、ユーザー側で標準ガスを用い、メニュー内でスパン校正を実施することも可能です。(別仕様のチップに交換したい場合は、弊社で再調整を実施する必要があります)

3. エアー制御ユニット導入によって水分影響特性を改善しているが、その詳細はどうなっているのか。

簡単にいうと、内部ゼロガス調湿ユニットにより、サンプルガスの水分量にゼロガスの水分量を合わせるように、フィードバックを掛けています(弊社のノウハウ)。

4. 吸引流量は1~2 L/min とあるが、可変可能か固定か?

1~2 L/min. は一般的な数値として記載していますが、通常出荷時に流量は固定します。また、客先ごとの要望に応じ、0.3 L/min. 程度から 5 L/min. 程度まで、用途に応じて選択できるようにカスタマイズ対応が可能です。

本編

1. 実証試験の概要と目的

本実証試験は、VOC 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る。

- ・ 製品性能の信頼性
- ・ VOC 取扱事業所において、対象となる VOC の測定の際の実用性
- ・ 製品操作等の簡便性

表 1 - 1 実証試験の視点

視点	内容
信頼性	本要領で述べる VOC について、各実証対象技術の用途において求められる精度の範囲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、事業所等の VOC 排出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。

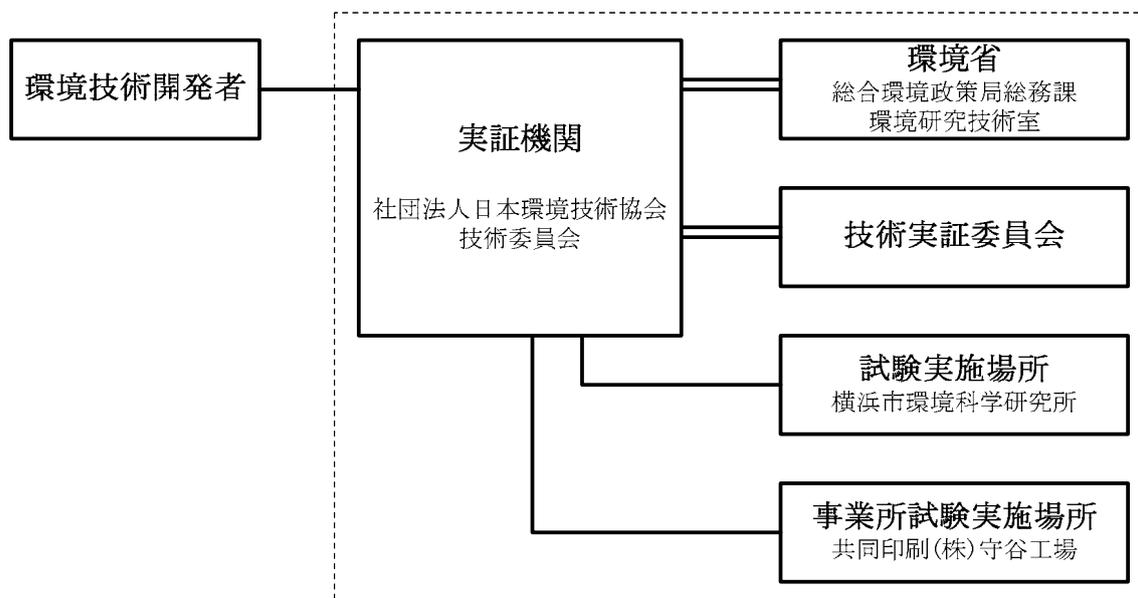


図 2 - 1 実証試験参加組織

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	社団法人 日本環境技術協会	実証試験の運営管理	(実証グループ) 三笠 元 (責任者) 平野 耕一郎 水野 裕介 加賀 健一郎
		実証試験対象技術の公募・審査	
		技術実証委員会の設置・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	
		品質管理システムの構築、実施、維持	(品質管理グループ) 賢持 省吾 角 心吾
		データの検証	
		実証試験の監査	
環境技術 開発者	有限会社 オー・エス・ピー	実証対象機器の準備	山本 弘信
		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	

実証技術・製品の名称・型番：VOC モニター（型番 VM-501）

(注)：本実証試験は仕様チップ：1～2,500 ppm (C7H8 換算) について実施した。

仕様チップ：3～7,500ppm、および仕様チップ：10～25,000ppm (いずれも C7H8 換算) については試験を実施しなかったが、仕様チップの試験結果及び、昨年度に実証した同じセンサーチップを用いたハンディ VOC センサー VOC-121H の試験結果等を加味し、同一規格の製品と認めることとした。

3 . 実証対象技術および実証対象機器の概要（環境技術開発者からの情報より）

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。

3.1 機器の構成

実証製品 VOC モニター（VM-501）は、平成 22 年度に実証した同社のハンディ VOC センサー VOC-121H と同じセンサー（検出部：自動切替バルブ含む） 同一駆動回路ユニットの他に、表示部、ゼロ点校正用エア－制御ユニット、電源ユニット、アナログ出力ユニットを追加搭載したポータブルタイプの製品である。VM-501 の基本構成図と流路系統図は図 3 - 1 に、VM-501 の外観写真は図 3 - 2 に示した。

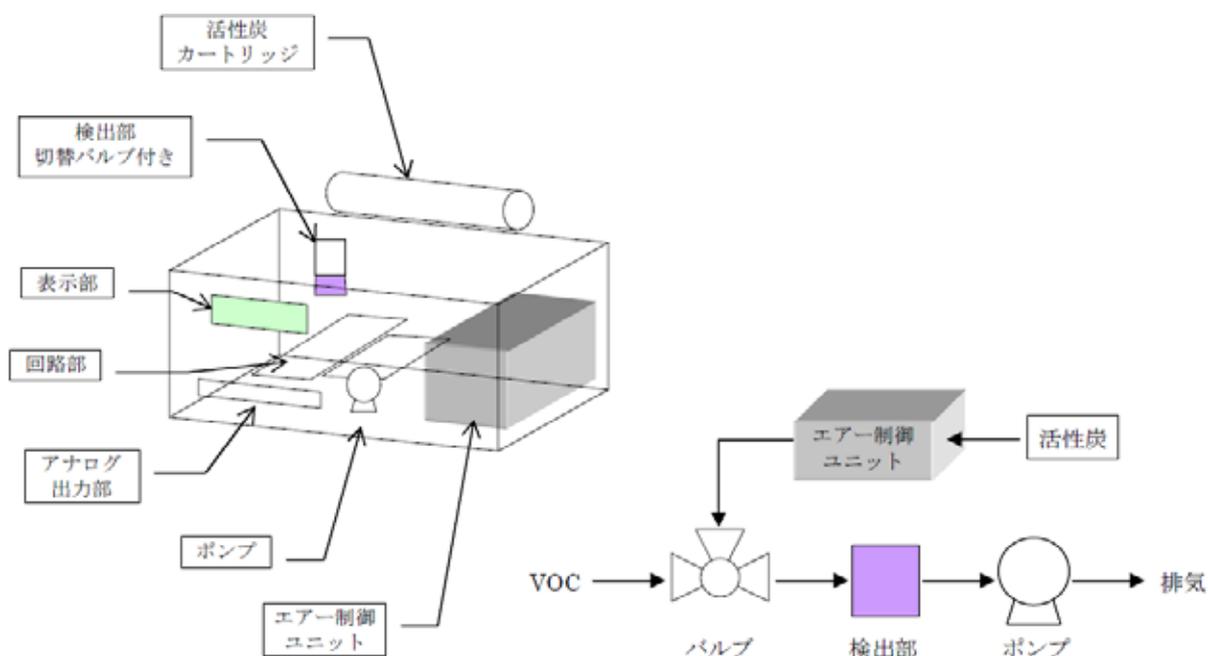


図 3 - 1 VM-501 の基本構成図と流路系統図



図 3 - 2 VM-501 モニターの外観

3.2 原理及び特徴

実証製品の測定原理は干渉増幅反射法(Interference Enhanced Reflection Method ; IER 法)で、高分子薄膜が VOC (被測定物質) に接することにより VOC ガスを吸収し、その濃度に応じて膨潤する現象と、その膨潤の度合いが光の反射と干渉に変化をもたらす現象とを組み合わせ、VOC 濃度を測定する。

VOC 検出用にテーラードされた高分子薄膜は大気中の種々の VOC 成分と接触すると、その化学的・物理的特性と濃度に比例して瞬時に効率良く吸収して膨潤し、平衡状態に達す。その結果薄膜の厚みが増加する。高分子膜は、ある特定の成分だけを吸収するのではなく、VOC 成分を区別なく吸収するので VOC 成分の総量 (トータル) を検出する (VOC 成分の種類は特定できない)。また、成分の違いやその濃度によって高分子膜の膨潤の度合い (= 感度) が異なる。膨潤した薄膜は、その後に清浄な空気では置換すると直ちに VOC 成分を放出して初期膜厚に戻るため、可逆性があり繰り返し使用することができる。

図 3 - 3 のように、センサーチップに対して、レーザー光等の光源を照射し、反射光をフォトダイオード等の光検出器で計測する為に、フローセル構造のセンサーユニットを構成する。吸引ポンプ等でサンプルガスを吸引し、センサーチップ表面にガスを接触させる。

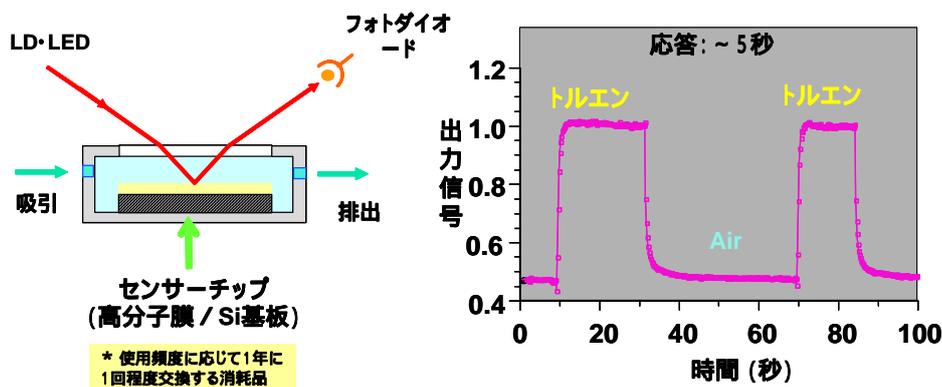


図 3 - 3 VOC センサー構成図と応答信号

実証製品は、沸点が室温付近より高く、揮発性があるアルコール等の一般有機溶剤類、塩化メチレン (ジクロロメタン) やトリクロロエチレン等の塩素系洗浄溶剤、ガソリンやトルエン、キシレン等の石油系溶剤の VOC 成分等に対して感度を有し、数 ppm ~ 数十 ppm 程度の検出下限濃度で測定が可能である。沸点が室温以下の、いわゆる常温常圧下においてガス状の VOC (メタンやプロパン等) は膜に吸収されにくく、感度が悪くなる。また、二酸化炭素やアンモニア等の VOC 以外の無機系のガス類にも VOC センサーは応答しない。

通常の測定シーケンスは以下のとおりである。

- 内蔵するゼロ校正エア発生器を使用し、自動ゼロ点校正 (通常 20 ~ 30 秒程度)
- 設定したインターバル時間 (1 ~ 60 分) 経過後に、再度自動ゼロ点校正
- 測定 (測定時間: 10 ~ 30 秒程度、手動延長可能)
- 結果表示 (日付時刻、最大値・平均値をメモリー)
- 自動クリーニング

実証製品は、高精度分析法（公定法）を補完する簡易測定手段であり、低コスト、簡便性、迅速性といった市場ニーズに応えるように設計されている。分析分野の高度な専門知識が不要であり、現場で簡易に VOC 濃度の測定ができるので、VOC 濃度の現状把握や各種排出削減対策の効果の評価、VOC 排出濃度や作業環境の経時変化のモニタリングといった自主管理用途に適す。

実証製品の特徴として、以下のような点があげられる。

- ◆ ポータブルタイプ（可搬型）
- ◆ 高精度：公定法（ガスクロ等）との相関性がよい
- ◆ VOC 成分が既知の場合：相関係数 95%以上でリニアリティに優れる
- ◆ 混合 VOC 成分の場合：加成性があり、VOC 成分名と混合比率が既知の場合には、各成分濃度を計算により推測可能
- ◆ 測定濃度レンジが広い：下記の 3 つの測定レンジから導入時に 1 つを選択
 - 仕様チップ：1～2,500 ppm（トルエン換算値）
 - 仕様チップ：3～7,500 ppm（トルエン換算値）
 - 仕様チップ：10～25,000 ppm（トルエン換算値）
- ◆ 測定可能な VOC 成分が多い：N-メチル-2-ピロリドン（NMP）、ジクロロメタン等他の測定技術では検出が難しいとされる VOC 成分も測定可能
- ◆ 沸点が室温以上のほぼ全ての VOC（主として有機溶剤）を検出可能
- ◆ ドリフトを回避し測定値の再現性が良い：毎回ゼロ点校正とクリーニング機構を採用
- ◆ インターバル自動モニタリング測定機能：待機時間として 1 分～60 分を設定し自動測定する機能搭載
- ◆ 操作が簡単でスキル不要
- ◆ スピード測定：起動から測定までの時間が短い（1 分程度）
- ◆ 内蔵データメモリ 1000 点：USB 接続により PC へのデータ転送が可能
- ◆ アラーム機能、アナログ出力機能（0～2.5V 又は 4～20 mA）、各種接点を装備
- ◆ 電源：AC100V（AC アダプターを使用：DC 24V）
- ◆ タフでトラブルが少ない：各種アラーム機能付
- ◆ 様々な測定環境・使用条件に対応可能：大気、土壌、水中の VOC 測定が可能
- ◆ ランニングコストが安く消耗品が少ない：活性炭フィルター、テフロンフィルター類、センサーチップ等
- ◆ 低メンテナンス：消耗品の交換が容易

3.3 製品データ

総合的な精度（指示誤差等）は±20%である。

表3-1 実証対象製品の製品データ

項目	記入欄
製品名	VOC モニター（センサー素子タイプ別に、 、 仕様がある）
型番	VM-501
販売・製造元	有限会社オー・エス・ピー（O.S.P. Inc.）
重量（g）	約 5 kg
価格（円）	オープン価格
利用用途（想定される用途）	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装、印刷、接着、洗浄、貯蔵、化学品製造等の VOC 取扱事業所における VOC 排出量の現状把握、連続モニタリング、各種 VOC 低減対策の効果確認等 ・VOC 処理・回収装置等の入り口・出口濃度の常時モニタリング等 ・工場排水や土壌・地下水・河川等への VOC 漏洩・汚染の簡易モニタリング等 ・作業環境の簡易濃度モニタリング測定
校正用標準物質等の有無	有（調製済）/ 調製要 / 無
校正方法	トルエン標準ガス（ボンベ又はプッシュ缶）による自動スパン校正モードを利用
サンプリング方式	内蔵のダイヤフラム式吸引ポンプによる
操作環境（室温）	5 ~ 40
操作環境（相対湿度）	0% ~ 95%
操作環境（その他） （その他使用できない環境）	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス温度：5 ~ 50 程度、ガス相対湿度：0% ~ 100% ・自動ゼロ点校正用空気とサンプルガスとの温度差 ±10% 以内が望ましい ・高温の燃焼・乾燥排ガス等を測定する場合は、吸引用の配管をテフロンチューブ等で延長して高温ガスを空冷してセンサーに導入すること ・高湿度（例えば相対湿度 80% 以上）ガスを測定する場合、ドレインポット、防水フィルター等の結露対策を設けること（センサー部での結露を防止すること） ・センサー本体は非防爆仕様の為、危険区域外で使用するか、危険区域内で使用する場合には適切な防爆処置を行うこと
製品保管条件 （メンテナンス方法など）	<ul style="list-style-type: none"> ・保管温度：0 ~ 40 ・メンテナンスと消耗品類：ゼロ点校正用活性炭フィルター、（防塵・防水用）ディスク状 PTFE フィルター、センサーチップの定期的洗浄、交換等
製品保証期間	<ul style="list-style-type: none"> ・本体：製品出荷後 12 ヶ月間 ・センサー部の保証は日本国内の気象条件で 1 年間 ・センサーチップは消耗品扱いとし、使用頻度や被測定 VOC 成分、測定濃度等により素子寿命は異なることがある（素子寿命の自己診断機能付）
応答時間	<ul style="list-style-type: none"> ・初期応答 3 秒 ~、最短で 1 測定 10 秒程度（但し、分子量の大きい VOC 成分の場合 10 秒以上かかる場合有）

3.4 性能データ

(1) 測定物質と測定範囲等

表3-2 (1) 実証対象製品の性能データ(仕様チップの場合)

物質グループ	物質詳細コード	物質詳細名	対象事業所					測定能力 ○:測定可 ○:測定可 (データなし) ×:測定不可 -:データなし	測定範囲 (ppm) 仕様	精度 (指示誤差等)
			塗装	接着	印刷	化学製品製造	工業用洗浄				貯蔵
炭化水素系	100100	トルエン							1 ~ 2500	±20%
	100200	キシレン							0.3 ~ 750	
	100300	エチルベンゼン							0.2 ~ 500	
	100400	1,3,5-トリメチルベンゼン							~	
	100500	n-ヘキサン							10 ~ 25000	
	100600	イソヘキサン							~	
	100700	シクロヘキサン							4.3 ~ 10750	
	100800	n-ヘプタン							3.3 ~ 8250	
	110002	オクタン							1.4 ~ 3500	
	110005	ベンゼン							4.2 ~ 10500	
	110006	スチレン							0.45 ~ 1125	
	110007	イソプロピルベンゼン							~	
	110008	1,2,3-トリメチルベンゼン							~	
	110009	1,2,4-トリメチルベンゼン							0.1 ~ 250	
	110010	1,4-ジエチルベンゼン							~	
	110011	1-ヘキセン							~	
	110012	1-ヘプテン							~	
	110013	2,2,4-トリメチルペンタン							~	
	110014	2,2-ジメチルブタン							~	
	110015	2,3,4-トリメチルペンタン							~	
	110016	2,3-ジメチルブタン							~	
	110017	2,4-ジメチルペンタン							~	
	110018	2-メチル-1,3-ブタジエン							~	
	110019	2-メチル-1-ブテン							~	
	110020	2-メチル-2-ブテン							~	
	110021	2-メチルペンタン							~	
	110022	3-メチルヘキサン							~	
	110023	3-メチルヘプタン							~	
	110024	cis-2-ブテン							61.5 ~ 153750	
	110025	cis-2-ペンテン							~	
	110026	n-ブタン							~	
	110027	n-プロピルベンゼン							~	
	110028	n-ペンタン							29.4 ~ 73500	
110029	trans-2-ブテン							~		
110030	trans-2-ペンテン							~		
110031	イソブタン							225 ~ 562500		
110032	メチルシクロヘキサン							3.3 ~ 8250		
110033	メチルシクロペンタン							~		
110034	ヘキサン(構造不明)							~		
110035	天然ガス成分(エタン、プロパン、ブタン等)							-		
110099	その他炭化水素系(物質不明)							-		
アルコール系	200100	メチルアルコール							100 ~ 2.5E+05	
	200200	エチルアルコール							33.3 ~ 83250	
	200300	イソプロピルアルコール							10.5 ~ 26250	
	200400	n-ブチルアルコール							1.1 ~ 2750	
	200500	イソブチルアルコール							~	
	210002	n-プロピルアルコール							5.2 ~ 13000	
	210004	ブタノール(構造不明)							~	
	210006	2-アミノエタノール							~	
210007	クレゾール							~		

【補足説明】

精度(指示誤差等)±20%: 精度は指示値の±20%以内、または使用レンジにおけるスパンの±2%(トルエン蒸気の場合)のどちらか大きい方
キシレン: o-キシレン/m-キシレンは測定有

(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。)

表3-2 (2) 実証対象製品の性能データ(仕様チップの場合)

物質グループ	物質詳細コード	物質詳細名	対象事業所						測定能力 :測定可 :測定可 (データなし) x:測定不可 -:データなし	測定範囲 (ppm) 仕様	精度 (指示誤差等)
			塗装	接着	印刷	化学製品製造	工業用洗浄	貯蔵			
ケトン系	300100	アセトン							23.1 ~ 57750	±20%	
	300200	メチルエチルケトン							6 ~ 15000		
	300300	メチルイソブチルケトン							1 ~ 2500		
	310001	シクロヘキサノン							0.2 ~ 500		
	310006	イソホロン							~		
エステル系	400100	酢酸エチル							5.6 ~ 14000		
	400200	酢酸ブチル							0.7 ~ 1750		
	410003	酢酸ノルマルプロピル							1.9 ~ 4750		
	410004	酢酸イソブチル							~ 0		
	410010	乳酸エチル							~ 0		
	410011	酢酸ビニル							1.6 ~ 4000		
	410099	その他エステル系(物質不明)							~		
グリコール系	500100	エチレングリコール							~		
エーテル/ グリコールエーテル系	600100	エチレングリコールモノメチルエーテル							~		
	600300	エチレングリコールモノプロピルエーテル							~		
	600400	プロピレングリコールモノメチルエーテル							1.8 ~ 4500		
	600500	ジメチルエーテル							~		
	610003	プロピレングリコールジメチルエーテル							~		
	610011	エチレンオキシド							~		
	610099	その他エーテル系/グリコールエーテル系(物質不明)							~		
ハロゲン系	800100	ジクロロメタン							13.3 ~ 33250		
	800200	クロロホルム							4 ~ 10000		
	800300	トリクロロエチレン							2 ~ 5000		
	800400	テトラクロロエチレン							0.8 ~ 2000		
	810007	クロロメタン							~		
	810008	1,2-ジクロロエタン							3.2 ~ 8000		
	810009	クロロエチレン							~		
	810010	テトラフルオロエチレン							~		
	810011	クロロエタン							~		
	810012	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以外の塩素系溶剤							~		
	810013	HFC系の工業用洗浄剤							~		
	810014	その他のフッ素系工業用洗浄溶剤							~		
	810015	N-プロモプロパン							~		
	810017	臭化メチル							~		
	810018	トリクロロエタン(構造不明)							~		
	その他の単体溶剤	900400	N,N-ジメチルホルムアミド							0.5 ~ 1250	
		910002	ホルムアルデヒド							3.4 ~ 8500	
		910003	二硫化炭素							26 ~ 65000	
910004		アクリロニトリル							~		
910099		別記以外の単体溶剤(物質不明)							~		
石油系混合溶剤		1000200	工業ガソリン2号(ゴム揮発油)							~	
	1000400	工業ガソリン4号(ミネラルスピット)							0.1 ~ 250		
	1000500	工業ガソリン5号(クリニガソルベント)							~		
	1000900	ソルベントナフサ(コールタールナフサ)							~		
	1010001	n-パラフィン系							-		
	1010002	i-パラフィン系							-		
	1010004	高沸点溶剤							-		
	1010005	ナフテン系							-		
	1110001	石油系炭化水素類							-		
	1110002	炭素数が4~8までの鎖状炭化水素							-		
	1110003	n-パラフィン系/iso-パラフィン系/ナフテン系以外の炭化水素系溶剤							-		
	1110004	灯油等							0.04 ~ 100		
	1110005	原油							~		
	1110006	シンナー等の混合溶剤							~		
1110007	ナフサ							~			
特定できない物質	9910000	特定できない物質							-	~	
物質数			11	9	22	39	12	36			

【補足説明】

精度(指示誤差等)±20%: 精度は指示値の±20%以内、または使用レンジにおけるスパンの±2%(トルエン蒸気の場合)のどちらか大きい方
トリクロロエタン(構造不明): 1,1,1-トリクロロエタン/1,1,2-トリクロロエタンは測定有

灯油等: デカン換算

(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)。x: 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。)

(2) 換算係数

表3-3の換算係数はトルエンを1.0とし、測定値(ppm)に測定物質毎の換算係数を乗ず(掛ける)ことにより、測定物質の濃度(ppm)が推定できるものである。炭素換算濃度(ppmC)は、推定した(ppm)に測定物質毎の炭素数を乗ず(掛ける)ことにより計算できる。

表3-3 実証対象製品の換算係数(仕様チップの場合)

VOC成分	換算係数	沸点 (b.p. °C)	標準測定範囲 (ppm)			炭素数	
			#Lowレンジ	#Highレンジ	#Highレンジ		
イソブタン	225	-12.0	225 ~	22500	5625 ~	562500	4
1,3-ブタジエン	66.0	-4.0	66.0 ~	6600	1650 ~	165000	4
シス-2-ブテン	61.5	0.3	61.5 ~	6150	1538 ~	153750	4
ペンタン	29.4	36.1	29.4 ~	2941	735 ~	73529	5
ヘキサン	10.0	69.0	10 ~	1000	250 ~	25000	6
シクロヘキサン	4.3	80.7	4.3 ~	435	109 ~	10870	6
メチルシクロヘキサン	3.3	101.0	3.3 ~	333	83.3 ~	8333	7
ヘプタン	3.3	98.4	3.3 ~	333	83.3 ~	8333	7
オクタン	1.4	126.0	1.4 ~	143	35.7 ~	3571	8
デカン	0.1	174.2	0.1 ~	13	3.3 ~	333	10
ウンデカン	0.03	196	0.03 ~	3	0.75 ~	75	11
ドデカン	0.014	216.30	0.01 ~	1	0.3 ~	34	12
メタノール	136	64.6	136 ~	13600	3400 ~	339997	1
エタノール	33.3	78.3	33.3 ~	3333	833 ~	83333	2
2-プロパノール(イソプロパノール)	10.5	82.4	10.5 ~	1053	263 ~	26316	3
1-プロパノール	1.1	117.6	1.1 ~	110	27.5 ~	2750	4
2,2,3,3-テトラフルオロプロパノール	0.6	117.6	0.6 ~	60	15.0 ~	1497	4
アセトン	23.1	56.2	23.1 ~	2309	577 ~	57737	3
メチルエチルケトン(MEK)	6.0	79.6	6.0 ~	599	150 ~	14970	4
メチルイソブチルケトン(MIBK)	1.0	117.4	1.0 ~	100	25.0 ~	2500	6
シクロヘキサノン	0.2	156.0	0.2 ~	20	5.0 ~	500	6
γ-ブチロラクトン	0.4	204.0	0.4 ~	40	10.0 ~	1000	4
N-メチル-2-ピロリドン(NMP)	0.2	202.0	0.2 ~	20	5.0 ~	500	5
ホルムアルデヒド	3.4	-19.5	3.4 ~	345	86.2 ~	8621	1
テトラヒドロフラン(THF)	6.7	66.0	6.7 ~	670	167.5 ~	16750	4
メチルセルソルブ	4.0	124.6	4.0 ~	400	100 ~	10000	3
酢酸エチル	5.6	77.1	5.6 ~	556	139 ~	13889	4
酢酸プロピル	1.9	101.6	1.9 ~	190	47.5 ~	4750	5
酢酸ブチル	0.7	125.5	0.7 ~	70	17.5 ~	1750	6
酢酸イソアミル	0.5	142.0	0.5 ~	50	12.5 ~	1250	7
酢酸ピニル	1.6	72.7	1.6 ~	160	40.0 ~	4000	4
メチルエチルカーボネート	1.8	108.0	1.8 ~	180	45.0 ~	4500	4
ジエチルカーボネート	0.6	126.0	0.6 ~	63	15.8 ~	1575	5
エチレンカーボネート	0.6	260.0	0.6 ~	58	14.5 ~	1450	3
エチレンジリコールモノブチルエーテルアセテート	0.03	192.0	0.03 ~	3	0.8 ~	75	8
プロピレンジリコールモノメチルエーテル	1.8	120.0	1.8 ~	180	45.0 ~	4500	4
メチルシクロヘキサシアセテート	0.02	201.0	0.02 ~	2	0.5 ~	50	9
酢酸	1.1	117.9	1.1 ~	110	27.5 ~	2747	2
プロピオン酸	0.3	140.7	0.3 ~	32	8.1 ~	806	3
N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)	0.5	153.0	0.5 ~	50	12.5 ~	1250	3
N,N-ジメチルアセトアミド(DMAc)	0.4	166.1	0.4 ~	40	10.0 ~	1000	4
ベンゼン	4.2	80.1	4.2 ~	417	104 ~	10417	6
トルエン	1.0	110.6	1.0 ~	100	25.0 ~	2500	7
o-キシレン	0.3	144.0	0.3 ~	30	7.5 ~	751	8
m-キシレン	0.4	139.1	0.4 ~	36	8.9 ~	890	8
エチルベンゼン	0.2	136.2	0.2 ~	20	5.0 ~	500	8
スチレン	0.15	145.2	0.1 ~	15	3.7 ~	375	8
1,2,4-トリメチルベンゼン	0.1	168.0	0.1 ~	14	3.5 ~	350	9
スフゾール	0.02	168.0	0.02 ~	2	0.5 ~	50	10
クロホルム	4.0	61.7	4.0 ~	400	100 ~	10000	1
トリクロロエチレン(トリクレン)	2.0	86.7	2.0 ~	200	50.0 ~	5000	2
テトラクロロエチレン(パークレン)	0.8	121.1	0.8 ~	77	19.2 ~	1923	2
ジクロロメタン(塩化メチレン)	13.3	39.8	13.3 ~	1333	333 ~	33333	1
四塩化炭素	4.0	76.7	4.0 ~	400	100 ~	10000	1
1,2-ジクロロエタン	3.2	83.0	3.2 ~	320	80.0 ~	8000	2
1,1-ジクロロエチレン	21.8	31.7	21.8 ~	2182	545 ~	54545	2
シス-1,2-ジクロロエチレン	5.3	48-60	5.3 ~	533	133 ~	13333	2
1,1,1-トリクロロエタン	4.0	74.1	4.0 ~	400	100 ~	10000	2
1,1,2-トリクロロエタン	0.7	113.8	0.7 ~	72	17.9 ~	1791	2
1,3-ジクロロプロペン	1.0	108.0	1.0 ~	98	24.5 ~	2449	3
エピクロロヒドリン	1.2	117.9	1.2 ~	120	30.0 ~	3000	3
セボフルラン	20	58.6	20 ~	2000	500 ~	50000	4
インフルラン	7.6	48.5	7.6 ~	760	190 ~	19000	3
エンフルラン	6.9	56.5	6.9 ~	690	173 ~	17250	3
HCFC-225	10	54.0	10 ~	1000	250 ~	25000	3
デカメチルシクロペンタシロキサン(D5)	0.1	211.0	0.1 ~	10	2.5 ~	250	5
ガソリン(ヘプタン換算)	0.4	32-225	0.4 ~	40	10.0 ~	1000	7
灯油(デカン換算)	0.04		0.04 ~	4	1.0 ~	100	10
軽油(ドデカン換算)	0.1		0.1 ~	10	2.5 ~	250	12

3.5 申請時の区分と事業所で採取した試料の測定希望

表 3 - 4 事業所で採取した試料の測定希望

型番	事業所で採取した試料の測定希望
VM-501	区分：一般的な規制対象施設、ハロゲン系 VOC が多い事業所、その他 事業所採取試料測定希望：ガソリンスタンド、溶剤貯蔵施設、VOC 処理（燃焼・活性炭吸着式等）装置・回収装置 他

4 . 実証試験の内容

4.1 試験期間

実証試験は平成 23 年 2 月 21 日から 3 月 4 日の期間において、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 22 年度 環境技術実証事業 実施要領」に従い実施した。

表 4 - 1 試験スケジュール

2 月 21 日 (月)	2 月 22 日 (火)	2 月 23 日 (水)	2 月 24 日 (木)	2 月 25 日 (金)
比較機、試験機 据付調整、準備	トルエンの 繰返し性、直線性、	トルエンの 繰返し性、直線性、 応答時間	VOC5 成分、トリ クロロエチレンの 繰返し性、直線性	干渉影響試験（酸 素、二酸化炭素）
2 月 28 日 (月)	3 月 1 日 (火)	3 月 2 日 (水)	3 月 3 日 (木)	3 月 4 日 (金)
干渉影響試験（水 分）模擬ガス （VOC 3 成分）の 繰返し性、直線性	模擬ガス（VOC 5 成分）の繰返し性、 直線性、応答時間	事業所試料採取	事業所試料 測定試験	再現性 撤去

4.2 実証対象試験機の台数

表 4 - 2 に実証製品、及び比較用として使用した公定法測定機の仕様の一部を示した。

試験に供する機種の数、及び比較用として使用の公定法測定機等(NDIR、FID)の台数は各 1 台とした。なお、参考として平成 22 年度に実証試験を実施したハンディ VOC センサー VOC-121H についてもデータを取得した（ただし、評価は実施しなかった）。

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	試料流量	備考
VM-501	干渉増幅反射 (IER)	1 ~ 2500ppm (C ₇ H ₈ 換算)	1 L/min	仕様チップ につ いて、試験を実施
NV-370	触媒酸化 + NDIR(CO ₂)	0 ~ 1000/2000/5000ppmC	1 L/min	公定法(堀場製)
GHT-200	FID	0 ~ 10 から 10,000ppmC	0.5 L/min	〃(東亜 DKK 製)
VOC-121H	干渉増幅反射 (IER)	1 ~ 2500ppm (C ₇ H ₈ 換算)	250 mL/min	参考機

4.3 実証項目

本実証試験では、実証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している。ただし、今年度試験を実施する簡易測定機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。また、一般に、VOC取扱事業所(工程)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。表4-3に実証項目別の視点と方法について示した。

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	実証試験
1. 個別の物質測定に係る基本性能 評価項目 (書類確認 + 実測)						
測定範囲						-
繰返し性、再現性	偏差等					
直線性	偏差等					
干渉影響試験	比率等					
応答時間	時間					
相対感度	比率等					-
2. 混合物質測定に係る基本性能 評価項目 (実測)						
測定範囲					-	-
繰返し性	偏差等				-	
直線性	偏差等				-	
干渉影響試験	比率等				-	-
応答時間	時間				-	
ppmC 換算					-	
3. 事業所における実際の試料測定に係る評価項目 (オプション)						
繰返し性	偏差等				-	
他分析法 (公定法) との比較	相関等				-	

注：方法の印は、実証に当たって重視される項目で、実測等によってデータを取得する。

1及び2は分析対象物質又は類似物質の市販標準品で調製した試料、3は事業所における実際の試料を測定する。

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。

事業所における実際の試料測定試験は、共同印刷(株) 守谷工場において、グラビア印刷工程のVOC処理前に配置されたダクトより直接排ガスをポンプで吸引してバッグへ採取し、横浜市環境科学研究所に持ち帰り、測定を実施した。

5 実証試験実施方法

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、比較機（公定法測定機）及び参考機に同時に導入、測定する方法で実施した。図5 - 1に実証試験における測定等の基本流路系統図を示した。

なお、実証製品（VM-501）及び参考機（VOC-121H）は、本実証試験では、ゼロガスラインのゼロ校正用活性炭カートリッジを取り外し、図5 - 1に示すように高純度空気（ゼロガス）を接続し試験した。また、デジタル指示値を読み取るとともに、外部にデータロガーを接続し、パソコンに取り込んで確認した。

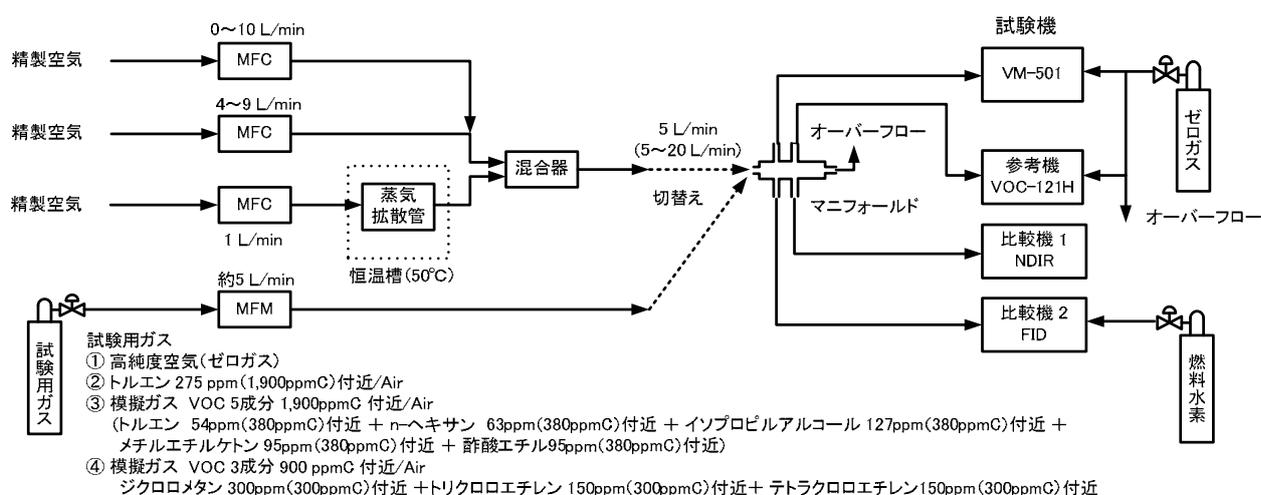


図5 - 1 実証試験における測定等の基本流路系統図

- * ゼロ点、スパンは基本的に申請機関で校正された状態で試験を実施した。なお、VM-501 及び VOC-121H は、測定シーケンス毎に自動的にゼロ点調整される。
- * トルエンは蒸気圧が低く、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、蒸気拡散管法にて調製したガスを用いて試験した。蒸気拡散管法の調製濃度は 284ppm (1988ppmC) 付近の高压容器詰めトルエンガスで値付けした。
- * ゼロガスは大気を精製したガスを使用し、スクラバーで二酸化炭素を除去したガスとした。
- * 模擬ガス (VOC 5 成分) 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 3 成分 : 塩素系) 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 10 分間程度導入して、その指示値を読んだ。

(1) 繰返し性、直線性試験

蒸気拡散管法調製トルエン、トリクロロエチレン、VOC 5 成分の繰返し性、直線性試験

蒸気拡散管法でトルエン 125 ppm (875 ppmC) 付近、250 ppm (1,750 ppmC) 付近、VOC 5 成分 (トルエン、イソプロピルアルコール、酢酸エチル、n-ヘキサン、メチルエチルケトン) 214 ppm

(940 ppmC) 付近、トリクロロエチレン 500 ppm (1,000 ppmC) 付近のガスを調製し、繰返し性、直線性試験を実施した。

直線性試験は希釈用の精製空気の流量を変化させガス濃度を調製し、試験を実施した。試験パターンを図 5 - 2 に示した。

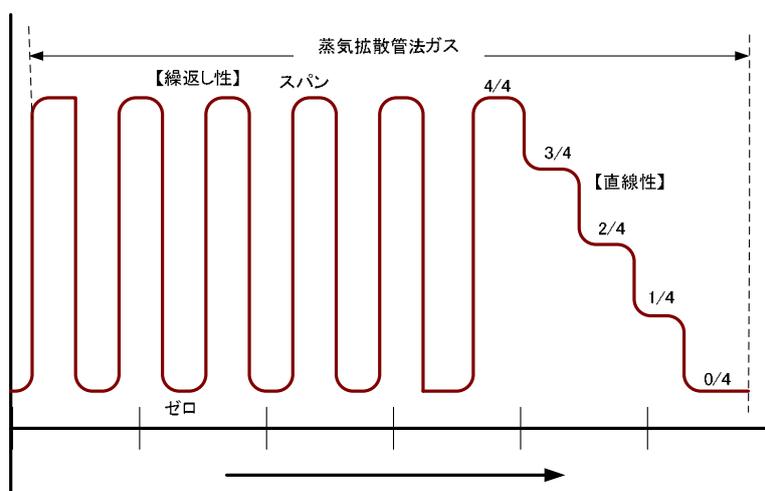


図 5 - 2 繰返し性、直線性試験パターン

高圧容器詰め模擬ガスの繰返し性、直線性試験

高圧容器詰め模擬ガス (VOC 5 成分) 及び模擬ガス (VOC 3 成分) の試験は、標準ガス分割器 (5 分割器) を用いて分割調製し、繰返し性、直線性試験を実施した。試験用ガスの調製方法を図 5 - 3 に示した。なお、基本的な試験パターンは図 5 - 2 と同じとした。

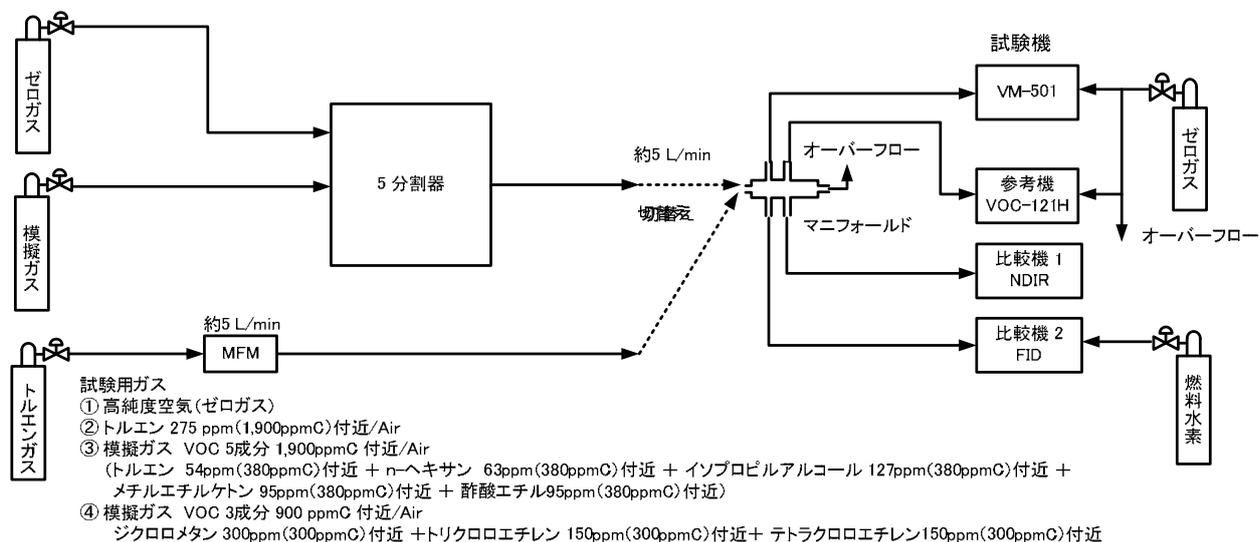


図 5 - 3 模擬ガスの繰返し性、直線性試験の試験用ガスの調製

試験に用いた高圧容器詰め模擬ガスの各成分、各濃度は以下のとおりである。

- ・ 模擬ガス (VOC 5 成分) : VOC トータルとして 426 ppm (1,860 ppmC)
トルエン : 53 ppm (371 ppmC) + イソプロピルアルコール : 125 ppm (374 ppmC) +

n-ヘキサン：62 ppm (371 ppmC) + 酢酸エチル：93 ppm (373 ppmC) +
メチルエチルケトン：93 ppm (373 ppmC)

- ・ 模擬ガス (VOC 3 成分): VOC トータルとして 604 ppm (906 ppmC)
ジクロロメタン：302 ppm (302 ppmC) + トリクロロエチレン：151 ppm (302 ppmC) +
テトラクロロエチレン：151 ppm (302 ppmC)

(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、蒸気拡散管法でトルエン 131 ppm (920 ppmC) 付近に調製し、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。

酸素影響試験

酸素影響試験の酸素濃度は 21、18、15、10 % 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。

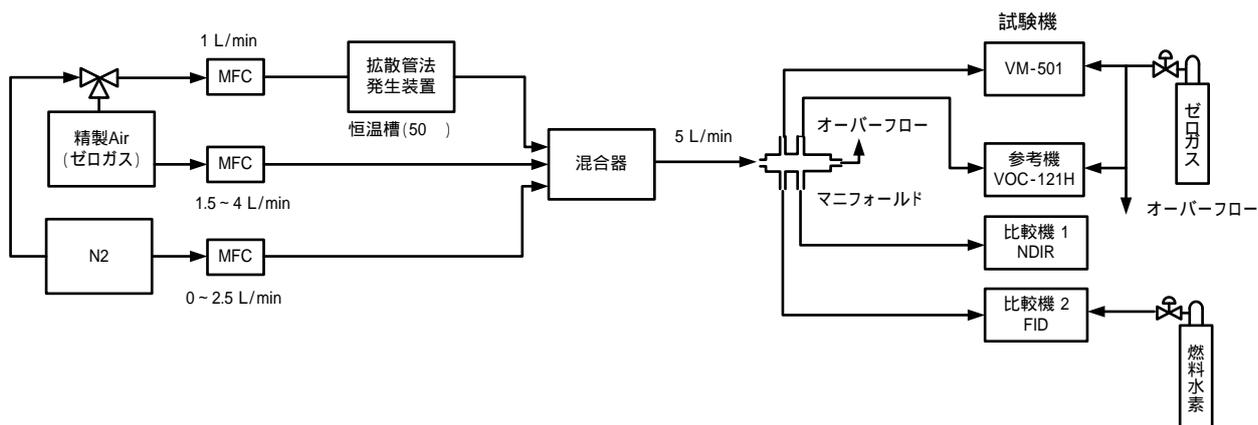


図 5 - 4 酸素影響試験の試験用ガスの調製

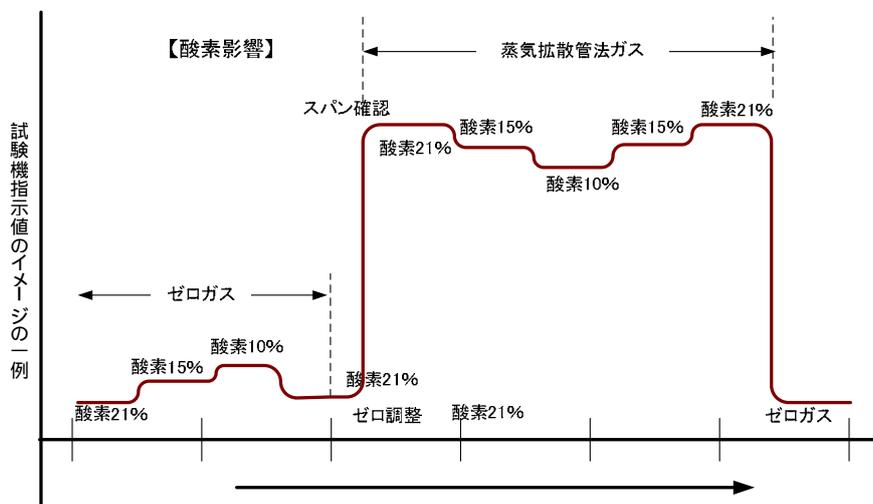


図 5 - 5 酸素影響試験のパターン

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 2,000、1,500、1,000、500 ppm 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。

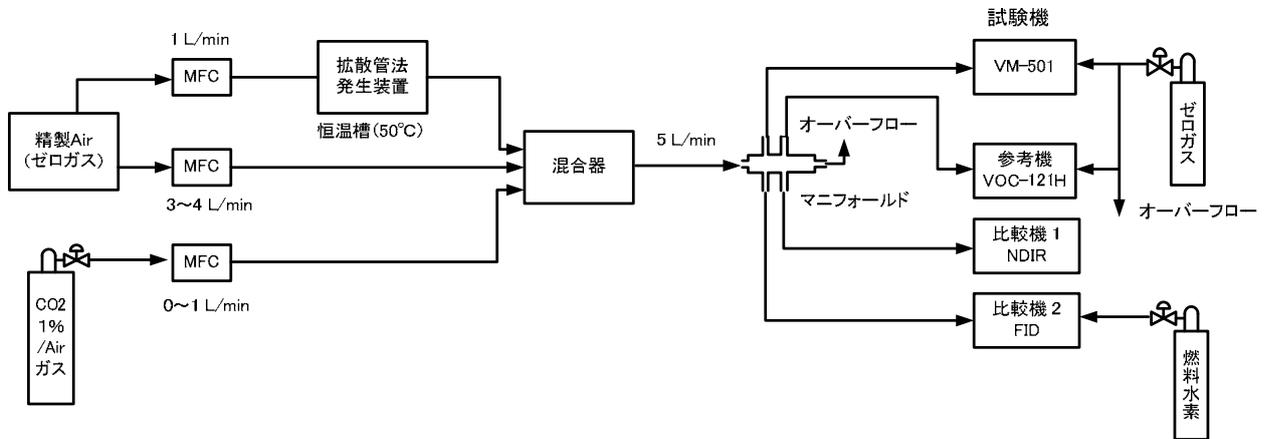


図 5 - 6 二酸化炭素影響試験の試験用ガスの調製

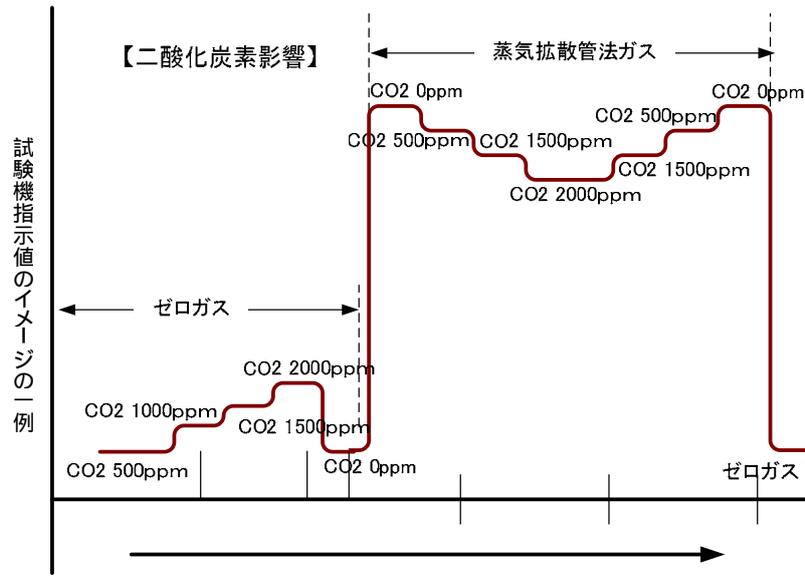


図 5 - 7 二酸化炭素影響試験のパターン

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 80、55、30 % 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。

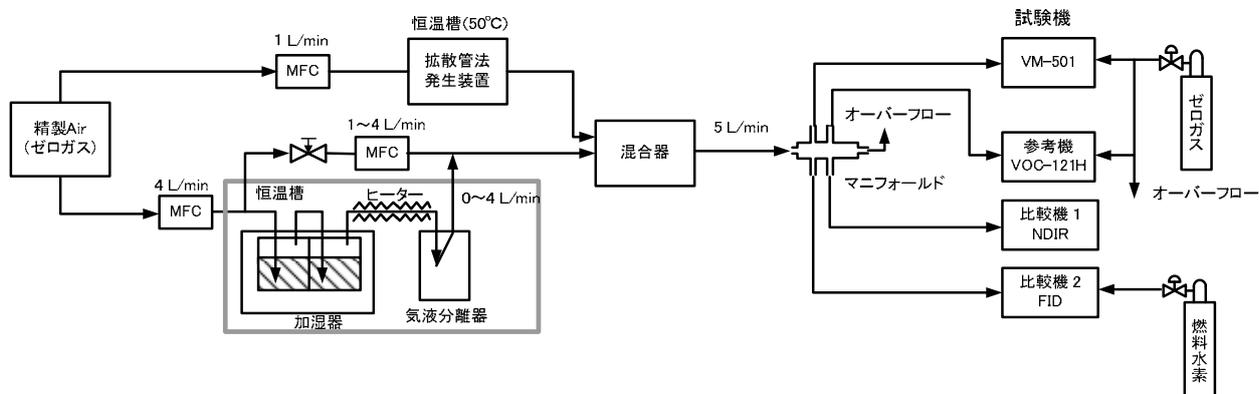


図 5 - 8 水分影響試験の試験用ガスの調製

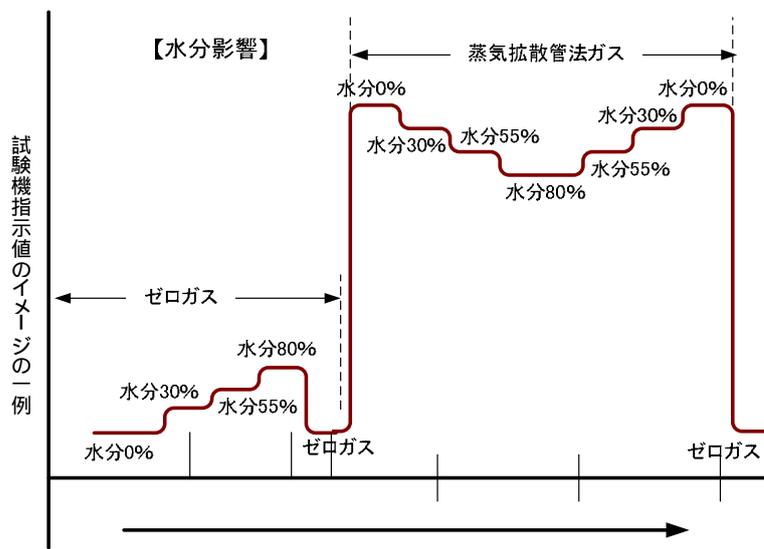


図 5 - 9 水分影響試験のパターン

(3) 応答時間試験

応答時間は繰返し性試験時に、トルエン 125 ppm (875 ppmC) 付近、模擬ガス (VOC 5 成分) を導入してから 10 分後の指示値を 100 として、98 % 応答時間を求めた。

(4) 再現性試験

再現性試験は試験期間中に、284ppm (1,988 ppmC) 付近の高圧容器詰めトルエンガスを導入した時の各々の指示値を読み、平均値からの偏差を調べた

5.2 事業所における実際の試料測定試験

共同印刷(株) 守谷工場において、グラビア印刷工程から排出される VOC をバッグに採取し、測定した。印刷施設ではグラビア印刷工程の輪転機より排出される排ガスは、屋上に集められ、VOC の蓄熱燃焼処理を行い、大気に排気されている。

連続測定状態での種々の性能特性については、基本性能試験で確認できるので、事業所における実際の試料測定試験では、「バッグ」測定のみで実施した。

VOC 処理前に配置されたダクトより直接排ガスをポンプで吸引し、フィルターで粒子状物質を除去後、大気で希釈し試料採取した。試料流量、希釈流量を VOC 濃度が 250、550、950 ppmC 程度となるように、ハンディ VOC センサー (VOC-121H) で確認しながら、50 L バッグに採取し (16 個採取) 採取したバッグを横浜市環境科学研究所に持ち帰り測定した。

試験は、比較機 (公定法 NDIR 及び FID) との相関性、繰返し性とした。繰返し性については、バッグへの試料採取時の状況により、濃度が変動するので、公定法比較機の測定値を用いた補正を実施して評価した。

なお、ゼロガスラインには付属の活性炭カートリッジを取り付け、試験した。

試料採取の流路系統図を図 5 - 10 に、実際の試料測定試験の流路系統図を図 5 - 11 に示した。

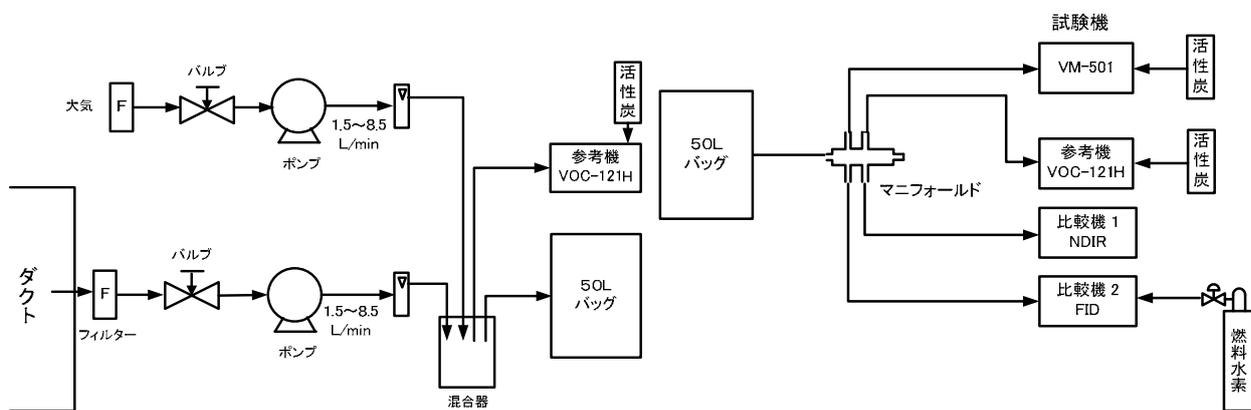


図 5 - 10 試料採取の流路系統図

図 5 - 11 実際の試料測定試験の流路系統図

グラビア印刷材料の組成は表 5 - 1 に示したように、インキ 2 種を 60% (A と B を 1:1 で混合)、溶剤を 40% で混合したものの使用している。

表 5 - 1 溶剤、インキの組成と割合と VOC ガス組成

物質名等	溶剤組成 (%)	インキA組成 (%)	インキB組成 (%)
トルエン	50	25	
イソプロピルアルコール		7.5	15
酢酸エチル	10		25
メチルエチルケトン	40	35	15
酢酸プロピル			7.5
顔料、合成樹脂		32.5	37.5
	40	30	30

過去にグラビア印刷の同一工程における排ガスの成分分析した組成の結果を表5 - 2に示した。

表5 - 2 グラビア印刷工程における排ガスの成分分析組成結果

物質名等	VOCガス組成 (%) (by volume)
トルエン	54
イソプロピルアルコール	15
酢酸エチル	10
メチルエチルケトン	20
酢酸プロピル	1
顔料、合成樹脂	-
合計	100

使用したバッグの仕様は以下のとおりである。

バッグ A

- ・ テドラーRバッグ 50 L (1ヶ口、キャップ付) Aタイプ
- ・ 容量 (L): 50、大きさ (mm): 600×750、ノズル径: 8 mm、フッ化ビニル樹脂製

バッグ B

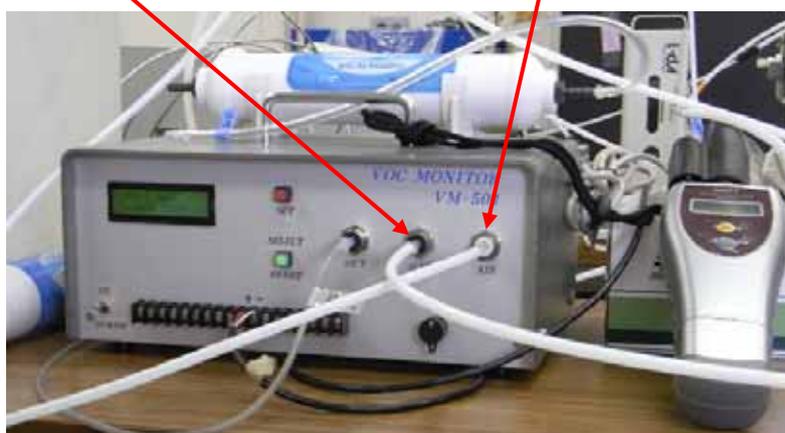
- ・ テドラーバッグ 1ヶ口 700×1000mm / KN3349051
- ・ 容量 (L): 50、大きさ (mm): 700×1000、ノズル径: 7mm

6. 実証試験結果と検討

試験実施状況の写真を図6 - 1に示した。

試料ガス供給ライン

ゼロガス供給ライン



実証製品 VM-510

参考機 VOC-121H

図6 - 1 (1) 試験実施状況



比較機(NDIR)

比較機(FID)

実証製品 VM-510

参考機 VOC-121H



精製用スクラバー

加湿器

試験用ガス調製装置



試験用ガス調製装置



蒸気拡散管用恒温槽

蒸気拡散管

試験用ガス調製装置



マニフォールド

図6-1(2) 試験実施状況

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、n=5 とした。

表6-1 繰返し性試験結果(1)

試験日:2011年 2月 23日(水)天候:晴れ、室温:22.6、湿度:32.9%

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機
						HOR製	TD製	VM-501
						比較機A	比較機B	干渉増幅反射
						ppmC	ppmC	測定値
								ppm
ゼロ	Air		0	0	11:10	0	0	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	128	898	11:31	900	896	121.0
ゼロ	Air		0	0	11:43	5	2	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	128	897	11:54	898	895	121.0
ゼロ	Air		0	0	12:05	4	2	0.6
スパン	C7H8	蒸気拡散管	128	898	12:14	899	896	120.0
ゼロ	Air		0	0	12:25	5	2	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	128	898	12:34	899	896	120.0
ゼロ	Air		0	0	12:44	6	2	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	128	899	12:54	903	896	121.0
繰返し性				ZERO平均値		4.0	1.6	0.1
(平均値からの偏差):%				最大値偏差		0.2	0.0	0.4
				最小値偏差		-0.4	-0.2	-0.1
				SPAN平均値		900	896	120.6
				最大値偏差		0.3	0.0	0.3
				最小値偏差		-0.2	-0.1	-0.5

ゼロ	Air		0	0	13:41	0	0	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	250	1752	14:00	1742	1763	229.0
ゼロ	Air		0	0	14:14	5	2	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	250	1753	14:25	1743	1763	229.0
ゼロ	Air		0	0	14:34	4	2	0.2
スパン	C7H8	蒸気拡散管	250	1753	14:44	1743	1763	231.0
ゼロ	Air		0	0	15:00	5	2	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	251	1754	15:10	1743	1764	232.0
ゼロ	Air		0	0	15:25	6	2	0.2
スパン	C7H8	蒸気拡散管	251	1755	15:35	1746	1763	227.0
繰返し性				ZERO平均値		4.0	1.6	0.1
(平均値からの偏差):%				最大値偏差		0.1	0.0	0.1
				最小値偏差		-0.2	-0.1	0.0
				SPAN平均値		1743	1763	230
				最大値偏差		0.2	0.1	1.0
				最小値偏差		-0.1	0.0	-1.1

試験日:2011年 2月 24日(木)天候:曇り、室温:22.6、湿度:33.3%

ゼロ	Air		0	0	12:57	-1	3	0.0
スパン	VOC5成分	蒸気拡散管	214	938	13:08	938	784	53.8
ゼロ	Air		0	0	13:18	3	3	0.1
スパン	VOC5成分	蒸気拡散管	215	941	13:28	941	783	55.0
ゼロ	Air		0	0	13:38	4	4	0.0
スパン	VOC5成分	蒸気拡散管	214	940	13:48	940	781	54.5
ゼロ	Air		0	0	13:58	3	3	0.0
スパン	VOC5成分	蒸気拡散管	213	935	14:18	935	778	54.6
ゼロ	Air		0	0	14:21	3	3	0.0
スパン	VOC5成分	蒸気拡散管	214	936	14:33	936	779	54.4
繰返し性				ZERO平均値		2.4	3.2	0.0
(平均値からの偏差):%				最大値偏差		0.2	0.1	0.1
				最小値偏差		-0.4	0.0	0.0
				SPAN平均値		938	781	54.5
				最大値偏差		0.3	0.4	1.0
				最小値偏差		-0.3	-0.4	-1.2

表 6 - 1 繰返し性試験結果 (2)

試験日:2011年 2月 25日(金) 天候:晴れ、室温:22.6 、湿度:33.5 %

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機
						HOR製	TD製	VM-501
						NDIR	FID	干渉増幅反射
						比較機A ppmC	比較機B ppmC	測定値 ppm
ゼロ調整	Air							
スパン調整	C7H8							
ゼロ	Air		0	3	10:16	2	3	0.0
スパン	トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	881	10:27	888	874	188.0
ゼロ	Air		0	3	10:42	3	3	0.0
スパン	トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	882	10:52	890	873	189.0
ゼロ	Air		0	4	11:04	4	4	0.0
スパン	トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	882	11:17	892	873	189.0
ゼロ	Air		0	3	11:27	3	3	0.0
スパン	トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	883	11:37	892	874	189.0
ゼロ	Air		0	3	11:50	3	3	0.0
スパン	トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	883	12:00	892	874	189.0
繰返し性 (平均値からの偏差): %				ZERO平均値		3.0	3.2	0.0
				最大値偏差		0.1	0.1	0.0
				最小値偏差		-0.1	0.0	0.0
				SPAN平均値		891	874	189
				最大値偏差		0.1	0.0	0.1
				最小値偏差		-0.3	-0.1	-0.4

試験日:2011年 3月 1日(火) 天候:曇り、室温:22.6 、湿度:32.9 %

ゼロ	Air		0	0	10:46	7	4	0.0
スパン	VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	10:57	1865	1556	88.5
ゼロ	Air		0	0	11:10	11	4	0.0
スパン	VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	11:20	1860	1555	88.9
ゼロ	Air		0	0	11:32	12	4	0.0
スパン	VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	11:42	1857	1553	88.2
ゼロ	Air		0	0	12:00	5	3	0.0
スパン	VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	12:10	1857	1548	88.6
ゼロ	Air		0	0	12:21	14	4	0.0
スパン	VOC 5成分	高压容器詰	426	1860	0:00	1861	1541	88.6
繰返し性 (平均値からの偏差): %				ZERO平均値		9.8	3.8	0.0
				最大値偏差		0.2	0.0	0.0
				最小値偏差		-0.3	-0.1	0.0
				SPAN平均値		1860	1551	88.6
				最大値偏差		0.3	0.3	0.4
				最小値偏差		-0.2	-0.6	-0.4

試験日:2011年 2月 28日(月) 天候:雨、室温:22.6 、湿度:33.1 %

ゼロ	Air		0	0	15:18	11	3	0.0
スパン	VOC 3成分	高压容器詰	604	906	15:27	900	949	253.0
ゼロ	Air		0	0	15:37	30	5	0.0
スパン	VOC 3成分	高压容器詰	604	906	15:46	910	950	252.0
ゼロ	Air		0	0	15:57	29	6	0.0
スパン	VOC 3成分	高压容器詰	604	906	16:08	908	951	251.0
ゼロ	Air		0	0	16:18	22	5	0.0
スパン	VOC 3成分	高压容器詰	604	906	16:28	908	952	255.0
ゼロ	Air		0	0	16:40	25	6	0.0
スパン	VOC 3成分	高压容器詰	604	906	16:49	906	950	252.0
繰返し性 (平均値からの偏差): %				ZERO平均値		23.4	5.0	0.0
				最大値偏差		0.7	0.1	0.0
				最小値偏差		-1.4	-0.2	0.0
				SPAN平均値		906	950	253
				最大値偏差		0.4	0.2	1.0
				最小値偏差		-0.7	-0.1	-0.6

繰返し試験時のスパン指示値の平均値とガス濃度との偏差（％）を表6 - 2に示した。

表6 - 2 スパン指示値の平均値とガス濃度との偏差（％）

ガス名	ガス調製	濃度(ppm)	濃度(ppmC)	試験機	
				VM-501 干渉増幅反射(IER)	
				測定値(ppm)	ガス濃度との偏差(%)
C7H8	蒸気拡散管	128	898	121	-6
C7H8	蒸気拡散管	250	1754	230	-8
VOC5成分	蒸気拡散管	214	938	54.5	-75
トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	882	189	-57
VOC 5成分	高圧容器詰	426	1860	89	-79
VOC 3成分	高圧容器詰	604	906	253	-58

(2) 結果の考察

繰返し試験結果は、全ての項目に対し、偏差が±1.2％と良好であった。

ただし、偏差(%) = (指示値 - 平均値) ÷ スパン平均値 × 100、n=5

トルエンの濃度と指示値の偏差(%)は、-7％と少し低めの値を示した。ただし、3.3 製品データで示したように、実証製品の総合精度は±20％であり、精度内であった。

トルエン以外のガス(VOC 5成分、VOC 3成分、トリクロロエチレン)では、非常に低い値を示した。トルエン(換算係数:1.0)、テトラクロロエチレン(0.8)以外は、換算係数が大きいガスであるイソプロピルアルコール(10.5)、酢酸エチル(5.6)、n-ヘキサン(10)、メチルエチルケトン(6.0)、ジクロロメタン(13.3)、トリクロロエチレン(2.0)であったためと考えられる。

トルエンの指示値の偏差と換算係数を用いて、指示値の予測を計算した結果を表6 - 3に、計算の詳細を表6 - 4に示した。

トルエンの濃度と指示値の感度補正後の推定測定値(ppm)と、実証製品の測定値(ppm)を比較し、妥当な値であることが確認できた。

$$\text{ただし、感度補正推定測定値} = \sum_{i=1}^n (\text{各成分濃度 (ppmC)} \div \text{各成分 C 数} \div \text{各成分換算係数}) \div \text{トルエンでの感度補正值 (1.07)}$$

表6 - 3 実証製品測定値と換算係数による感度補正後の推定指示値の比較

ガス名	ガス調製	濃度(ppm)	濃度(ppmC)	感度補正推定測定値(ppm)	測定値(ppm)
VOC5成分	蒸気拡散管	214	938	57.7	54.5
VOC 5成分	高圧容器詰	426	1860	96.4	89
トリクロロエチレン	蒸気拡散管	441	882	206	189
VOC 3成分	高圧容器詰	604	906	268	253

表6 - 4 (1) VOC 5成分 (蒸気拡散管法)

	濃度 (ppmC)	C数	濃度 (ppm)	換算係数	推定測定値 (ppm)	感度補正推定 測定値(ppm)
トルエン	277	7	40	1.0	39.6	37.0
イソプロピルアルコール	245	3	82	10.5	7.8	7.3
酢酸エチル	135	4	34	5.6	6.0	5.7
n-ヘキサン	134	6	22	10.0	2.2	2.1
メチルエチルケトン	146	4	36	6.0	6.1	5.7
合計	938	-	214	-	61.7	57.7

表6 - 4 (2) VOC 5成分 (高圧容器詰)

	濃度 (ppmC)	C数	濃度 (ppm)	換算係数	推定測定値 (ppm)	感度補正推定 測定値(ppm)
トルエン	371	7	53	1.0	52.9	49.5
イソプロピルアルコール	374	3	125	10.5	11.9	11.1
酢酸エチル	373	4	93	5.6	16.6	15.5
n-ヘキサン	371	6	62	10.0	6.2	5.8
メチルエチルケトン	373	4	93	6.0	15.5	14.5
合計	1,860	-	426	-	103.1	96.4

表6 - 4 (3) トリクロロエチレン (蒸気拡散管法)

	濃度 (ppmC)	C数	濃度 (ppm)	換算係数	推定測定値 (ppm)	感度補正推定 測定値(ppm)
トリクロロエチレン	882	2	441	2.0	220.5	206.1

表6 - 4 (4) VOC 3成分 (高圧容器詰)

	濃度 (ppmC)	C数	濃度 (ppm)	換算係数	推定測定値 (ppm)	感度補正推定 測定値(ppm)
ジクロロメタン	302	1	302	13.3	22.7	21.2
トリクロロエチレン	302	2	151	2.0	75.5	70.6
テトラクロロエチレン	302	2	151	0.8	188.8	176.4
合計	906	-	604	-	287.0	268.2

6.2 直線性試験

(1) 試験結果

試験結果を表6 - 5に示した。

表6 - 5 (1) 直線性試験結果

試験日:2011年 2月 22日(火) 天候:晴れ、室温:22.6、湿度:33.2%

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機
						HOR製	TD製	VM-501
						NDIR	FID	干渉増幅反射
						比較機A	比較機B	測定値
						ppmC	ppmC	ppm
ゼロ調整	Air							
スパン調整	C7H8							
スパン(4/4)	C7H8	蒸気拡散管	137	957	13:03	957	957	127.0
スパン(3/4)	C7H8		105	734	13:13	739	729	95.1
スパン(2/4)	C7H8		71	496	13:22	502	490	65.5
スパン(1/4)	C7H8		34	235	14:14	239	232	31.1
ゼロ(0/4)	Air		0	0	12:46	0	0	0.4
直線性(4/4値からの偏差): %								
					3/4	2.2	1.2	-0.1
					2/4	2.4	1.2	1.6
					1/4	0.0	-0.8	-0.5
					0/4	0.0	0.0	0.3

試験日:2011年 2月 23日(水) 天候:晴れ、室温:22.6、湿度:32.9%

スパン(4/4)	C7H8	蒸気拡散管	225	1577	15:40	1569	1584	227.0
スパン(3/4)	C7H8		174	1215	15:49	1215	1214	184.0
スパン(2/4)	C7H8		117	817	15:59	823	810	122.0
スパン(1/4)	C7H8		58	407	16:10	416	398	59.9
ゼロ(0/4)	Air		0	0	16:30	6	3	0.0
直線性(4/4値からの偏差): %								
					3/4	2.4	1.6	6.1
					2/4	2.5	1.1	3.7
					1/4	1.5	0.1	1.4
					0/4	0.4	0.2	0.0

試験日:2011年 2月 24日(木) 天候:曇り、室温:22.6、湿度:33.3%

ゼロ	Air							
スパン	C7H8				10:10	1799	1772	236.0
スパン(4/4)	VOC5成分	蒸気拡散管	216	946	11:40	946	791	54.0
スパン(3/4)	VOC5成分		162	729	11:49	729	603	40.1
スパン(2/4)	VOC5成分		108	491	11:58	491	401	25.8
スパン(1/4)	VOC5成分		54	245	12:10	245	198	11.2
ゼロ(0/4)	Air		0	0	12:20	3	3	0.1
直線性(4/4値からの偏差): %								
					3/4	2.1	1.3	-0.7
					2/4	1.9	0.7	-2.2
					1/4	0.8	0.1	-4.3
					0/4	0.3	0.4	0.2
スパン(4/4)	トリクロロエレン	蒸気拡散管	424	848	15:50	863	834	184.0
スパン(3/4)	トリクロロエレン		330	659	16:00	674	644	141.0
スパン(2/4)	トリクロロエレン		223	445	16:10	459	431	93.8
スパン(1/4)	トリクロロエレン		112	223	16:20	231	216	45.8
ゼロ(0/4)	Air		0	0	16:30	3	3	0.0
直線性(4/4値からの偏差): %								
					3/4	3.1	2.3	1.6
					2/4	3.2	1.7	1.0
					1/4	1.8	0.8	-0.1
					0/4	0.3	0.4	0.0

表 6 - 5 (2) 直線性試験結果

試験日:2011年 3月1日(火) 天候:曇り、室温:22.6、湿度:32.9%

ゼロ(0/5)	Air		0	0	9:47	9	5	0.0
スパン(5/5)	VOC 5成分		426	1860	10:00	1860	1565	88.6
スパン(4/5)	VOC 5成分		340	1488	10:08	1457	1213	68.2
スパン(3/5)	VOC 5成分	高压容器詰	255	1116	10:16	1132	940	50.2
スパン(2/5)	VOC 5成分		170	744	10:24	765	627	31.1
スパン(1/5)	VOC 5成分		85	372	10:34	388	313	11.3
直線性(5/5値からの偏差): %					4/5	-1.7	-2.5	-3.0
					3/5	0.9	0.1	-3.3
					2/5	1.1	0.1	-4.9
					1/5	0.9	0.0	-7.2
					0/5	0.2	0.2	0.0

試験日:2011年 2月28日(月) 天候:雨、室温:22.6、湿度:33.1%

ゼロ(0/5)	Air		0	0	14:05	3	3	0.0
スパン(5/5)	VOC 3成分		604	906	14:17	906	951	256.0
スパン(4/5)	VOC 3成分		483	725	14:29	730	762	201.0
スパン(3/5)	VOC 3成分	高压容器詰	362	544	14:46	552	573	154.0
スパン(2/5)	VOC 3成分		242	362	14:55	372	381	100.0
スパン(1/5)	VOC 3成分		121	181	15:05	185	192	47.1
直線性(5/5値からの偏差): %					4/5	0.6	0.1	-1.5
					3/5	0.9	0.3	0.2
					2/5	1.1	0.1	-0.9
					1/5	0.4	0.2	-1.6
					0/5	0.3	0.3	0.0

(2) 結果の考察

直線性試験結果は、最大で偏差が± 7 %程度であった。VOC 5成分の場合にやや大きなマイナス傾向であったが、全体的には実証製品の精度内であった。

ただし、偏差(%) = (測定濃度 - 試験濃度) ÷ 試験時の最大濃度 × 100

相関散布図を図 6 - 2 に示した。

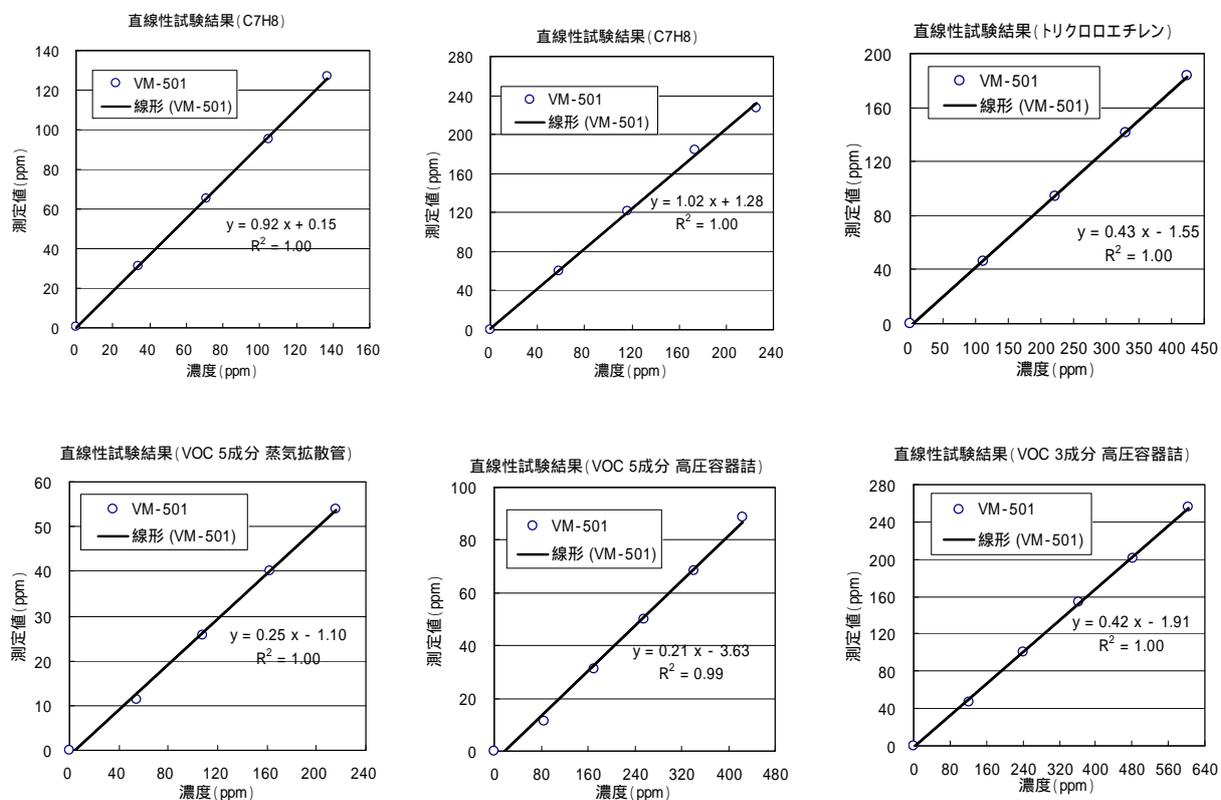


図 6 - 2 直線性試験結果

6.3 干渉影響試験

6.3.1 酸素影響試験

試験結果を表 6 - 6、図 6 - 3 に示した。

ゼロ点では影響は見られなかったが、スパンでは、少し影響が見られた。

表 6 - 6 酸素影響試験結果

試験日: 2011年 2月 25日 (金) 天候: 晴れ、室温: 22.6、湿度: 33.5 %

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	酸素濃度 (%)	時刻	比較機		試験機
							HOR製	TD製	VM-501
							NDIR	FID	干渉増幅反射
							比較機A	比較機B	測定値
							ppmC	ppmC	ppm
ゼロ	Air		0	0	21.0	14:52	9	5	0.0
						14:56	5	3	0.0
						15:00	3	2	0.0
						15:05	1	0	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	131	920	21.0	13:47	920	920	121
						13:57	920	903	119
						14:07	920	890	116
						14:17	920	874	114
						14:25	920	880	115
						14:30	920	895	117
						14:35	920	911	121
酸素濃度21%の時の測定値を100として計算									
スパン	C7H8	蒸気拡散管	131	920	21.0		100.0	100.0	100.0
							100.0	98.2	97.7
							100.0	96.7	95.9
							100.0	95.5	94.3

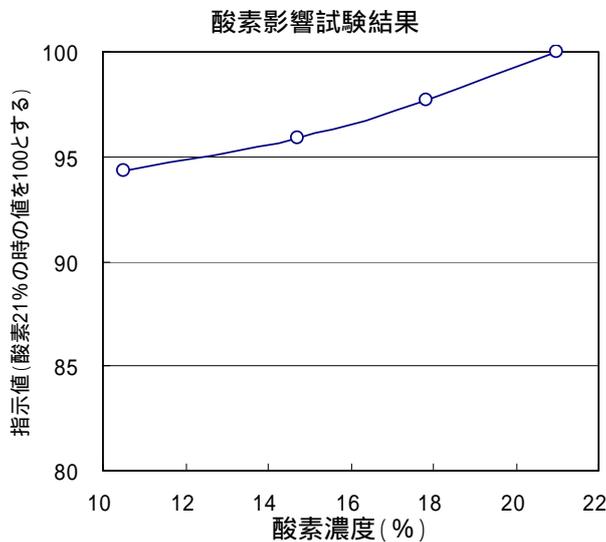


図 6 - 3 酸素影響試験結果

6.3.2 二酸化炭素影響試験

試験結果を表6-7、図6-4に示した。

ゼロ、スパン共に影響は小さかった。

表6-7 二酸化炭素影響試験結果

試験日:2011年 2月 25日(金) 天候:晴れ、室温:22.6、湿度:33.5%

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	CO2濃度 (ppm)	時刻	比較機		試験機
							HOR製	TD製	VM-501
							NDIR	FID	干渉増幅反射
							比較機A	比較機B	測定値
							ppmC	ppmC	ppm
ゼロ	Air		0	0	0	15:17	3	3	0.0
					500	15:25	-5	4	0.0
					1000	15:30	-9	3	0.0
					1500	15:36	-12	3	0.0
					2000	15:40	-15	3	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	131	920	0	16:28	920	920	123
					500	16:38	880	920	122
					1000	16:48	853	920	122
					1500	16:54	821	920	120
					2000	17:05	802	920	120
					2000	15:55	798	920	120
					1500	16:05	828	920	120
					1000	16:12	855	920	120
					500	16:20	886	920	122
CO2濃度0ppmの時の測定値を100として計算									
スパン	C7H8	蒸気拡散管	131	920	0		100.0	100.0	100.0
					500		95.9	100.0	98.9
					1000		92.8	100.0	98.4
					1500		89.6	100.0	98.0
					2000		86.9	100.0	97.7

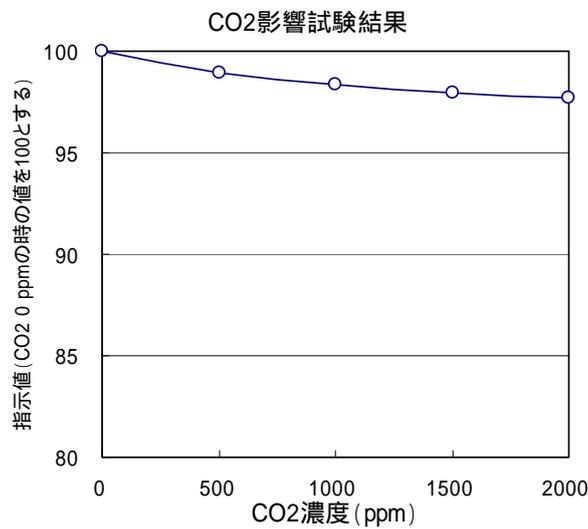


図6-4 二酸化炭素影響試験結果

6.3.3 水分影響試験

本試験は、センサーの水分影響を調べるために、ゼロ校正ラインに乾燥空気を供給し試験した。試験結果を表6 - 7、図6 - 5に示した。

水分の影響はゼロ、スパンに対する影響共に小さかった。エアー制御ユニット導入による水分影響改善の効果が顕著であった。

表6 - 7 水分影響試験結果

試験日:2011年 2月 28日(月) 天候:雨、室温:22.6、湿度:33.1%

ガスの種類	ガス名	ガス調製	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	水分濃度 (%)	時刻	比較機		試験機
							比較機A	比較機B	測定値
							ppmC	ppmC	ppm
ゼロ	Air		0	0	0	11:04	1	4	0.0
					30	11:25	-4	3	0.0
					55	11:35	0	3	0.0
					80	11:45	3	3	0.0
スパン	C7H8	蒸気拡散管	129	902	0	12:36	902	902	121
					30	12:20	912	892	127
					55	12:07	915	889	125
					80	11:56	917	887	126
					55	13:03	916	888	125
					30	12:51	913	891	124
水分濃度0%の時の測定値を100として計算									
スパン	C7H8	蒸気拡散管	131	920	0		100.0	100.0	100.0
					30		101.2	98.8	103.6
					55		101.5	98.5	103.3
					80		101.7	98.3	104.2

水分影響試験結果

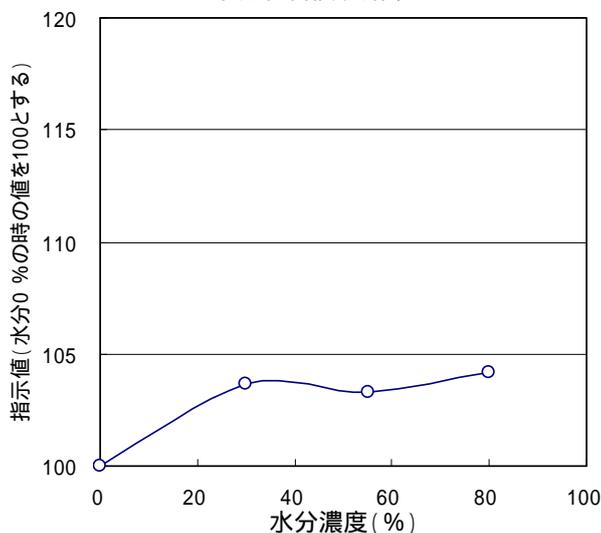


図6 - 5 水分影響試験結果

6.4 応答時間試験

実証製品はシーケンス(自動ゼロ点校正 測定 自動クリーニング)を組んで測定を実施しているが、2シーケンス(約240秒)以下で98%応答していた。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。

6.5 再現性(ドリフト)試験

結果を表6-8、図6-6に示した。試験期間中に、284 ppm (1,988 ppmC) の高圧容器詰めトルエンを導入した時の各々の指示値を読み、平均値からの偏差を調べた結果は±2.5 %と問題なかった。

表6-8 再現性試験結果

日	時刻	ガス調製	濃度(ppm)	濃度(ppmC)	試験機
					VM-501
					干渉増幅反射(IER)
					測定値(ppm)
2月25日(金)	13:16	高圧容器詰	284	1,988	257
2月28日(月)	10:30				261
3月1日(火)	9:31				267
3月3日(木)	9:50				270
3月4日(金)	10:02				262
					平均値
					263
					最大値偏差
					2.5
					最小値偏差
					-2.4

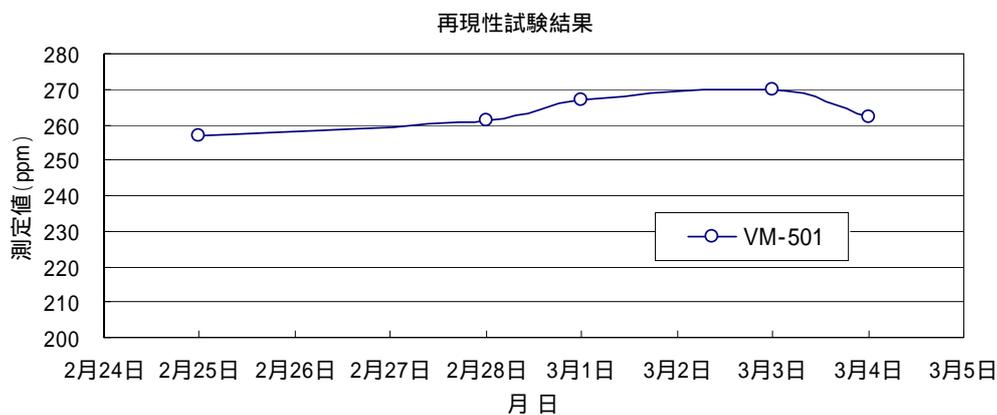


図6-6 再現性試験結果

6.6 事業所における実際の試料測定試験

共同印刷(株) 守谷工場における試料採取状況の写真を図6 - 7に示した。



印刷工場屋上の排ガスダクト

試料採取口

濃度チェック用
(VOC-121H)

バッグ採取中

図6 - 7 実際の試料採取状況

試験結果を表6 - 9に示した。参考として、事業所における実際の試料採取時の測定値(1シーケンスの瞬時値)についても示した。

表6 - 9 事業所における実際の試料測定試験結果

バッグの種類	ガス名	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機	事業所における 採取時の測定値 (VOC-121H 瞬時値) ppm
					HOR製	TD製	VM-501	
					NDIR	FID	干渉増幅反射 (IER)	
					比較機A	比較機B	測定値	
					ppmC	ppmC	ppm	
バッグA	サンプル	96.6	528	11:00	528	466	78.0	55.0
バッグA - 1		103.9	568	11:11	568	498	82.0	55.7
バッグA - 2		106.7	583	11:20	583	513	82.0	50.0
バッグA - 3		98.8	540	11:30	540	480	79.2	55.2
バッグA - 4		47.0	257	11:37	257	217	48.0	17.2
バッグA - 5		35.7	195	11:46	195	163	40.4	14.7
バッグA - 6		171.8	939	11:58	939	851	125.0	97.9
バッグA - 7		178.8	977	12:07	977	887	129.0	98.2
バッグA - 8		174.5	954	12:15	954	865	126.0	98.4
バッグA - 9		178.6	976	12:22	976	886	125.0	98.8
バッグA - 10								
バッグB	サンプル	52.5	287	10:11	287	246	78.0	29.6
バッグB - 1		52.3	286	10:18	286	244	77.6	23.5
バッグB - 2		45.6	249	10:28	249	215	75.1	25.4
バッグB - 3		43.2	236	10:39	236	205	75.6	24.8
バッグB - 4		44.6	244	10:48	244	213	73.9	28.0
バッグB - 5		172.5	943	12:30	943	854	151.0	101.0
バッグB - 6								

6.6.1 比較機（公定法）との相関性

バッグ A、バッグ B の各測定値における比較機（公定法）との相関散布図を図 6 - 8 に示した。

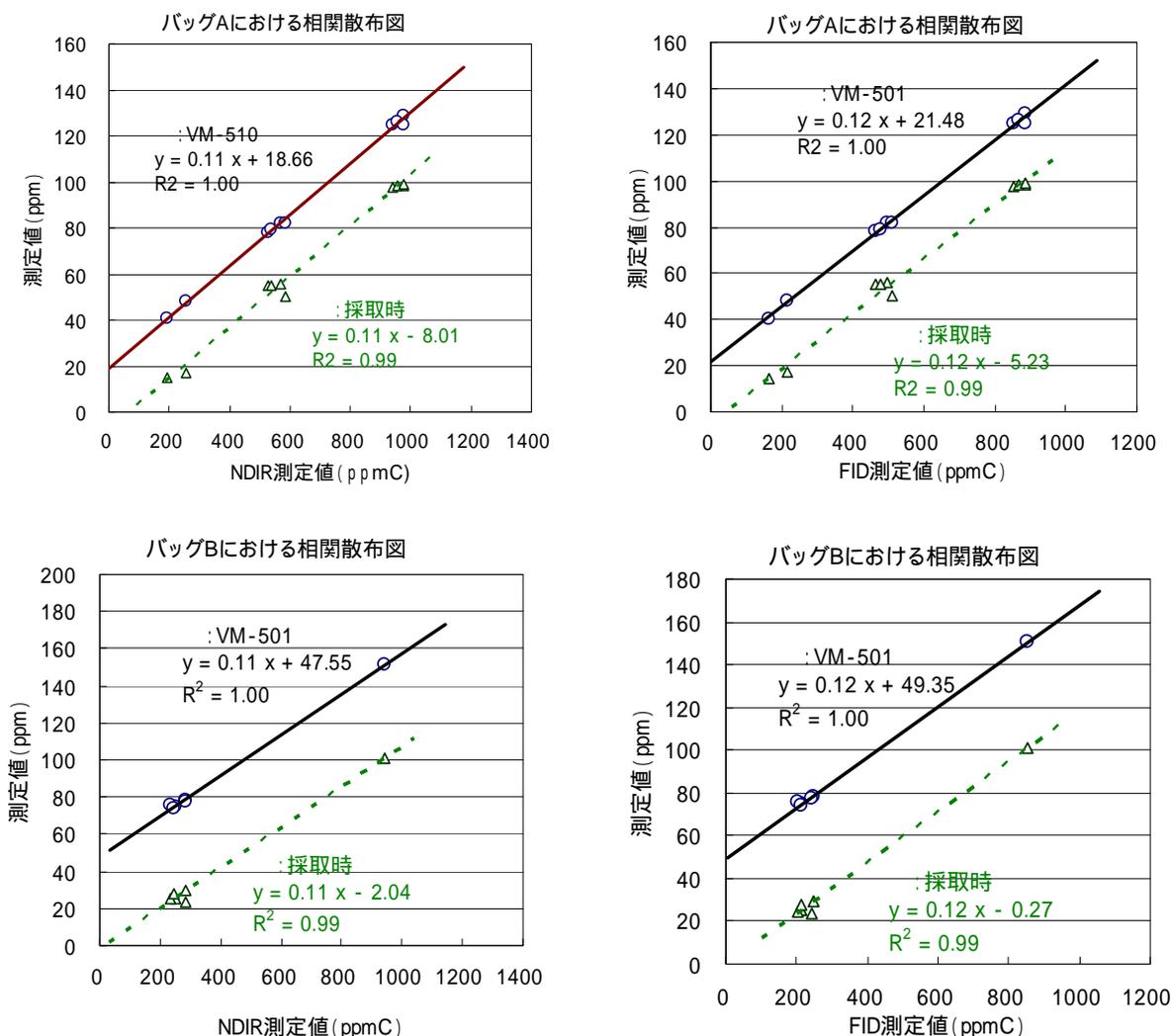


図 6 - 8 バッグ A、バッグ B の各測定値における比較機（公定法）との相関散布図

相関係数は、非常に良い結果であった。

ただし、バッグ A では約 20 ppm、バッグ B では約 50 ppm と大きな切片を生じた。採取時の VOC-121H (ただし、採取時の平均値ではなく、1シーケンスのみの瞬時値) の切片は - 0.3 ~ - 8 ppm であるので、バッグによる影響と考えられる。

バッグ B にゼロガスおよび水分を含むゼロガスを採取し、測定を実施したところ、比較機（公定法）の測定値は、ほぼゼロであったが、VM-510 ではゼロガスで数 ppm、水分を含むゼロガスで数 10 ppm の値を示した。公定法測定機では感度が小さいが、実証製品では感度が大きく出る物質が、バッグ内に存在するような結果であった。

バッグの材質が要因と考えられるブランク（または汚染）が認められたので、バッグ測定を実施する場合はバッググランドサンプルを採取・測定し、差し引くなどの注意が必要である。

6.6.2 繰返し性試験

繰返し性は、バッグへの試料採取時の状況により濃度が変動するので、比較機（公定法）の測定値を用いた補正を実施して評価した。ただし、近い濃度の数が少ないバッグ A 5、バッグ A 6、バッグ B - 6 は評価から除いた。

バッグ試験時の各ガス濃度と試験機の指示値の平均値の偏差（％）を表 6 - 10 に示した。

表 6 - 10 バッグ試験時のガス濃度と試験機の指示値の偏差（％）

バッグの種類	ガス名	濃度 (ppm)	濃度 (ppmC)	時刻	比較機		試験機	
					HOR製	TD製	VM-501	
					NDIR	FID	干渉増幅反射 (IER)	
					比較機A	比較機B	測定値	
					ppmC	ppmC	ppm	
バッグA - 1	サンプル	101.5	555	11:00	555	489	82	
バッグA - 2		101.8	556	11:11	556	488	80	
バッグA - 3		101.6	555	11:20	555	489	78	
バッグA - 4		101.1	553	11:30	553	491	81	
					バッグ平均値	555	489	80.4
					最大値偏差	0.3	0.4	2.0
					最小値偏差	-0.4	-0.3	-2.8
バッグA - 7	サンプル	176.0	962	11:58	962	872	128	
バッグA - 8		175.9	961	12:07	961	873	127	
バッグA - 9		176.0	962	12:15	962	872	127	
バッグA - 10		175.9	961	12:22	961	873	123	
					バッグ平均値	962	872	126.3
					最大値偏差	0.0	0.0	1.4
					最小値偏差	0.0	-0.1	-2.5
バッグB - 1	サンプル	47.9	262	10:11	262	224	71	
バッグB - 2		48.0	262	10:18	262	224	71	
バッグB - 3		47.7	261	10:28	261	225	79	
バッグB - 4		47.6	260	10:39	260	226	83	
バッグB - 5		47.5	259	10:48	259	227	79	
					バッグ平均値	261	225	77.9
					最大値偏差	0.6	0.5	6.9
					最小値偏差	-0.5	-0.7	-8.7

バッグ A の結果は、± 3%程度で良い結果を示したが、バッグ B の結果は± 9%程度と少し大きな値を示した。実証製品の総合精度は± 20 %であり精度内であるが、バッグ B では、試料濃度が 50 ppm 程度と他と比べて低く、かつ切片として生じた値が大きかったためと考えられる。

各バッグの比較機の測定値 (ppmC) と表 5 - 2 に示したグラビア印刷工程における排ガスの成分分析組成結果から、それぞれの測定濃度を推定計算した結果を表 6 - 11、表 6 - 12 に示した。

実証製品の切片補正測定値(ppm)と、感度補正推定測定値(ppm)を比較すると、約 10 %高めの結果であり、妥当な値であることが確認できた(なお、感度補正は表 6 - 2 に示したトルエンの値を使用した)。

ただし、切片補正測定値は測定値から前述の相関式の切片を差し引いた値であり、感度補正推定測定値の計算式は 22 ページに示したものと同様である。

表 6 - 1 1 各バッグの測定濃度を推定計算した結果

バッグ	濃度 (ppmC)	濃度 (ppm)	感度補正推定測定値 (ppm)	切片補正測定値 (ppm)
A	962	176	99.8	107.6
A	555	102	57.6	61.7
B	261	48	27.1	30.4

表 6 - 1 2 推定計算の詳細例

物質名等	VOCガス組成 (%) (by volume)	C数	濃度 (ppmC)	濃度 (ppm)	換算 係数	推定測定値 (ppm)
トルエン	54	7	662	95	1.0	95
イソプロピルアルコール	15	3	80	27	10.5	3
酢酸エチル	10	4	71	18	5.6	3
メチルエチルケトン	20	4	143	36	6.0	6
酢酸プロピル	1	5	5	1	1.9	1
顔料、合成樹脂	-	-	-	-	-	-
合計	100	-	962	176	-	107

6.7 実証試験結果まとめ

表 6 - 1 3 実証試験結果まとめ

視点	結果まとめ								
信頼性	<p>実証製品 VM-501 の総合的な保証精度（指示誤差等）は±20 %であり、試験を実施した繰返し性、直線性、干渉成分の影響、応答時間、再現性ともに、良好な性能を有していた。特に、エアー制御ユニット導入による水分影響改善の効果が顕著であった（昨年度、実証試験を実施した同一原理のハンディ形 VOC-121H では、水分の影響が見られた）。</p> <p>ただし、バッグ測定を実施したところ、バッグの材質が要因と考えられる大きなプラス切片を生じたので、バッグ測定では、バッググランドサンプルを採取・測定し、差し引くなどの注意が必要である。</p>								
実用性	<p>測定結果はトルエン換算濃度であり、トルエン以外の VOC の濃度値を測定したい場合は、成分ごとに換算係数を用いて計算する必要がある。</p> <p>換算係数を用いて推定した測定値と実際の測定値とを比較した結果、ほぼ妥当な結果であった。ただし、各種事業所で主として使用される VOC 成分の換算係数の値はトルエン（1.0）に比べて大きい（感度が低い）ものが多いので、注意が必要である。</p> <p>測定現場の 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が、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、感度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。</p> <p>表示部にシーケンス表示や、途中経過の濃度が表示され、アナログ出力端子から測定値がホールド出力されるので、記録計やデータロガーへの接続に便利であった。</p> <p>また、アラーム機能、各種接点を装備しているので、モニタリング機器として有効である。内蔵データメモリ機能があり、PC へのデータ転送も可能である</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="391 1391 1348 1592"> <tbody> <tr> <td>価格</td> <td>オープン価格</td> </tr> <tr> <td>質量</td> <td>約 5 kg</td> </tr> <tr> <td>電源</td> <td>AC100V（付属の AC アダプタを使用）</td> </tr> <tr> <td>暖気時間</td> <td>特に必要なし</td> </tr> </tbody> </table>	価格	オープン価格	質量	約 5 kg	電源	AC100V（付属の AC アダプタを使用）	暖気時間	特に必要なし
価格	オープン価格								
質量	約 5 kg								
電源	AC100V（付属の AC アダプタを使用）								
暖気時間	特に必要なし								

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、品質管理グループによる監査を実施し、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。