

平成18年度環境技術開発等推進費 事後評価結果のとりまとめについて

事後評価については、従前から評価のコメント等のとりまとめを行い、公表してきたところです。平成15年度からは、内閣府総合科学技術会議から評価を定量化するよう指導もあり、評価の定量化を行いました。

今年度も、引き続き、総合評価の項目を設け、各評価者が5段階で総合評価した結果を集計し、A～Eの5段階評価として示しています。

評価項目

研究の進め方、 研究の成果、 今後の発展への期待、 発表会での発表、 その他評価すべき点、 総合評価の6つとし、 総合評価については、

- A (非常に優れている)
- B (優れている)
- C (どちらともいえない)
- D (優れているとはいえないが、実施した意義はある)
- E (優れているとはいえず、実施した意義も乏しい)

の5段階で評価しています。

総合評価の算出

各評価者のA～Eの評価を点数化し、その平均点のランクに応じてA～Eの5段階評価として算出しています。

総合評価結果の表示

A～Eの平均点のランクには一定の幅があることから、平均点の位置をわかりやすく示すため、次のようなスケール上の点()として表示しています。

総合評価：Bの例



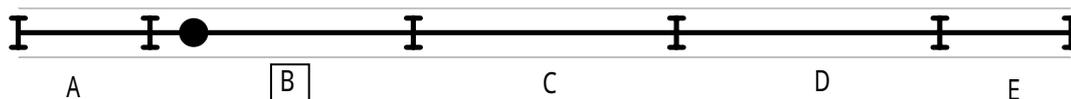
研究課題名 流域圏を対象としたダイオキシン類の総合的調査手法の構築とその挙動モデルの開発
 研究機関(代表者名) 京都大学(清水芳久)

1. 研究概要

流域圏における微量汚染物質の持続可能な管理について幾つかの重要な課題が挙げられる中で、本研究では、特にダイオキシン類を指標とした大規模な実測調査およびその挙動(動態)モデルの設計などを行うことにより、一般流域環境における当該物質の挙動再現、起源の予測、空間分布の推定および将来動向を予測することなどを実施した。ダイオキシン類の調査は、琵琶湖流域(約3,600 km²)の土壌、河川水、河川底質、および琵琶湖水や湖底質について様々な場、時期、タイミングで実施し、モデルについては地理情報システム(GIS: Geographical Information System)をベースとした大気拡散モデル(AIST-ADMER)や水文水質挙動解析モデル(BASINS-HSPF)を利用して、挙動の再現・予測を行うとともにその有効性を解析した。一方、ダイオキシン類をはじめとする微量汚染物質の分析については、これまで費用や手間、時間などの問題があったことから、バイオアッセイ(CALUX(R) Assay)による測定手法の有効性を様々な試料(土壌、水、底質、植生など)を対象に検証した。

2. 評価結果

総合評価: B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。 ・ダイオキシン類の調査に限っていうと正しい方向に進んでいると思われる。	ダイオキシン類に関しましては、土地利用別の表層土壌、河川底質、琵琶湖底質、河川水、琵琶湖水等のサンプルを500以上採取しました。これらの分析結果と挙動予測モデルの開発によって、琵琶湖流域内のダイオキシン類の蓄積状況および挙動を把握することが出来ました。また、河川水および琵琶湖水中のSS(懸濁物質)の観測およびモデル化を実施したことで、SSと共に移動する疎水性物質の挙動も将来的には再現することが可能となりました。
当初想定していた成果が得られているか。 ・実測値とモデル推定値がかなり近接していることからうまく行っていると思われるが、他の有機物に応用できるかが疑問。	ダイオキシン類については現状と将来予測が可能となりました。他の疎水性有機物への適用に関しましては、それらの物質の分解特性を正確に把握することにより、この成果が生かせると考えます。
今後、研究の発展は期待できるか。 ・この手法を他の湖沼や沿岸部でのダイオキシン類の挙動の測定や推定は可能であると思われる。	本研究では、琵琶湖流域に焦点を絞って研究を実施しました。本研究で実施した方法(システム)を適用することにより、他の湖沼や沿岸部においてもダイオキシン類の挙動推定は十分に可能です。

<p>その他評価すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> 多くのサンプルを採取し、精力的に測定されていて、説得力のある結果だと思われる。 	<p>ダイオキシン類の測定に簡易なバイオアッセイを利用したことにより、多数のサンプルの分析を実施することが可能でした。また、一部のサンプルについては、公定法である HRGC/MS を利用して分析しました。これらの結果、バイオアッセイが有用な方法であることがわかりました。</p>
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 底質コア中ダイオキシン類濃度の経年変化で、1980 以降急低下している所見は興味深い。水田・森林中の蓄積量の大きさと比べると急激に低下した点はなお説明可能か？他の湖沼でも同様の所見はあるのか？ ていねいな調査であると思われる。「ダイオキシンを疎水性物質のモデルにする」という意味がよく分からなかった。 多面的に推定結果の検証を行っている。この研究で得られた成果が次にどうつなげていくかが課題。 琵琶湖及びその周辺のダイオキシン類の挙動を体系的に調べあげたことは評価できるとともに、それを推定できるモデルとの相関性も高く、重要な研究であると考えられる。この手法が他の湖沼等でも応用可能であるか検証が必要であると思われる。 モデルの信頼性は高いと思われるので、今後のリスクへの提言・対策についても盛り込めないか。 	<ul style="list-style-type: none"> 1980 年以降のダイオキシン類濃度の急激な低下は、ダイオキシン類を不純物として含む農薬の使用が禁止されたことに対応します。HRGC/MS による同族体分析結果からも、琵琶湖底質コアのダイオキシン類は農薬由来のものとはほぼ一致していることが判明しました。他の湖沼についての同様な分析結果は発表されていませんが、日本国内での農薬使用量および土地利用を考慮すると、同様な状況にあることが予想されます。 ダイオキシン類は、疎水性の指標であるオクタノール/水分配係数が 107 と高く、また環境中での分解も小さいことから疎水性物質を代表するものとして使用しました。また、疎水性物質は環境中を SS(懸濁物質)に収着して移動することから、SS の挙動の把握も研究課題としました。本研究の結果、SS の挙動が再現・予測され、更にダイオキシン類の挙動も再現・予測することが可能となりました。他の疎水性物質に関しましては、保温研究の成果に対象物質の分解性を導入することにより、その挙動を把握することが可能です。 これまで世界的にも不可能であった SS および疎水性物質の挙動予測が可能となったことから、本研究の成果は他の流域にも適用可能であると考えます。 既に他の湖沼流域での検証を開始しております。 ダイオキシン類については、様々な媒体中の濃度が把握・予測することが可能となりました。これに加えて各媒体の利用量を考慮することにより、リスクを算定することが可能であると考えます。

・多くの分析を通じて、琵琶湖流域のダイオキシン類の分布、経時変化を詳細に調べ、きわめて有用な成果を挙げている。

・ 今回の補助金により、体系的に多くのサンプルの分析、モデル開発等を実施することが出来ました。改めて御礼申し上げます。

研究課題名 ナノ粒子計測法のための個数濃度基準粒子発生技術の開発
 研究機関(代表者名) 関西大学(岡田芳樹)

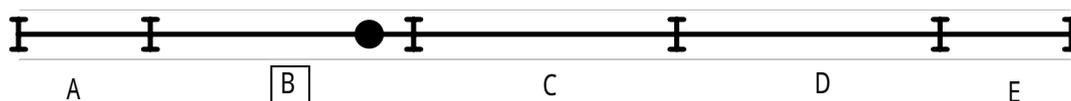
1. 研究概要

気相中に浮かぶ直径 50 ナノメートル以下のナノ粒子の個数濃度を正確に測定する技術は、自動車から排出されるナノ粒子の生体への影響を科学的に評価し、より一層の環境保全のための自動車エンジン開発の方向性を与えるために、非常に重要である。しかし現状では、気相中ナノ粒子の個数濃度を測る装置のキャリブレーション手法が存在しないために、測定原理や測定器の違いにより測定値が大きくばらつき、ナノ粒子個数濃度の絶対値を測定により知ることができない。本研究では、気相中ナノ粒子計測法のためのキャリブレーション手法を確立するために、個数濃度基準粒子の発生技術を開発してきた。

その結果、50nm 以下の規定の粒径を持つ単分散のポリスチレン標準ナノ粒子を規定の濃度で発生させることができるようになった。この個数濃度基準粒子発生技術を用いれば、気相中ナノ粒子の個数濃度分布を測定する装置類に対して、その個数濃度の測定値をキャリブレーションすることが可能になる。それにより、気相中ナノ粒子の正確な個数濃度の測定が初めて可能になる。

2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。	当初予定していた研究計画にしたがって研究を行った。研究の進め方は適切であったと考える。
当初想定していた成果が得られているか。	想定していた成果が得られた。
今後、研究の発展は期待できるか。	今後は、開発した技術を実用化するための研究を行うことで、本研究で得た成果を発展的に波及させることが可能であると考えます。
その他評価すべき点 ・特許 1 件。	特許 1 件。
総合評価 ・最終的な成果として、製品化までの開発を継続してほしい。 ・ほぼ開発目標を達成していると評価されるが、今後、粒子径分布を改良する必要があるのか、結果のまとめにおいて展望を明確に示してほしい。 ・ナノ粒子の個数濃度を正確に計測するためには個数濃度基準粒子を発生させる技術が必要で、これに取り組み一定の成果が得られた事を高く評価する。	・実用化のための研究を続けて行う。 ・今後は、個数濃度基準粒子の個数濃度値の誤差を定量化して、その信頼性の検討を進めていきたい。 ・技術開発の必要性が高いことから、今後実用化および製品化に向けた研究を進めていく考えである。

研究課題名 ディーゼルナノ粒子計測における校正・試験技術の開発
 研究機関(代表者名) (独)産業技術総合研究所(榎原研正)

1. 研究概要

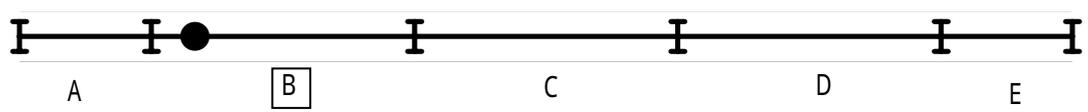
ディーゼルエンジンから排出されるナノメートル領域の粒子による、健康や地球環境への影響が懸念されている。しかし、このような粒子に対して高い信頼性をもつ計測技術が確立していないために、それらの影響に対する評価手法や適切な排出規制方法の策定、また、ディーゼルエンジンの効率的な開発が困難な状況である。

本研究では、ディーゼルナノ粒子の実用測定器に対して、粒径分布測定性能を校正し試験することが可能なシステムとして、安定性の高い多分散粒子発生装置と、高精度の参照用粒径分布測定装置を中心にしたシステムの開発研究を進めてきた。

その結果、まず、校正・試験に利用できる多分散粒子を、長時間にわたりその変動幅が約±5%という高い安定度を保って発生することが可能な粒子発生装置を実現した。さらに、微分型電気移動度分析器(DMA)について、その動作特性の理想状態からのずれを、3台のDMAの相互循環比較によって絶対評価する技術を開発した。また、DMAと光散乱式粒子計数器(OPC)との組み合わせにより、複雑なデータ解析が不要で高精度で粒径分布を求めることが可能な技術を、初めて、開発した。これらによって、ディーゼルナノ粒子の、実用測定器を対象にしたの、校正・試験システムを実現した。

2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
その他評価すべき点 ・研究発表の説明が明解でよく整理されている。	
総合評価 ・実際の適用事例により、精度面での向上を期待している。 ・当初の目標をほぼ達成している。 ・ナノ粒子の計測器の校正・試験技術の開発は国際的にも緊急を要する課題です。さらなる技術開発の上に、その成果をISOによる標準化法に反映させてほしい。	本プロジェクトにおいて開発した技術をベースにして、校正・試験技術開発をさらに進め、SIトレーサブルな計測標準を確立し、これにもとづく校正・試験サービスを提供することを計画しています。これらにより、ナノ粒子計測の精度の向上に寄与したいと考えています。また、ISO/TC24等を通じて、本研究プロジェクトの成果をナノ粒子計測の校正・試験の標準化に迅速に反映すべく活動する予定です。

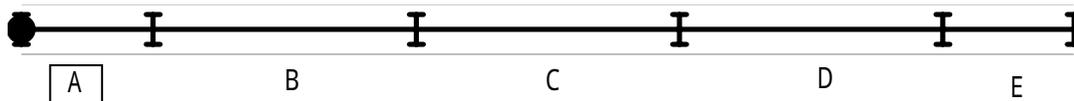
1. 研究概要

近年、日本においては都市近郊における高濃度オキシダント(Ox)現象が再び頻発しているほか、浮遊粒子状物質(SPM)による大気汚染問題も依然として顕著である。このような状況を受けて、国内排出量の9割を占める固定発生源からの揮発性有機化合物(VOC)の排出抑制制度が施行されたばかりであるが、都市域において放出されるVOCは数百種類存在するとも言われ、排出状況の正確な把握が難しい状況にある。VOCの測定は従来、ガスクロマトグラフ法を用いて行われてきたが、採取から分析まで数時間を要し、実大気中における短時間の濃度変動は観測できなかった。

そこで本研究では、不飽和炭化水素・含酸素有機化合物・芳香族炭化水素をターゲットに、多成分のVOCをリアルタイムで同時測定しうるプロトン移動反応イオン化-飛行時間型質量分析計(Proton Transfer Reaction-Time-of-Flight Mass Spectrometer, PTR-TOFMS)の開発に取り組み、積算時間1分で10-100 pptvの検出下限を達成した。これにより、規制対象となったVOCの約9割を占める上位30種類のうち27種類を検出可能であり、今後、VOC排出状況の把握に大きな活用が期待できる。

2. 評価結果

総合評価：A



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今後の実用化に向けて、成果が出ることを期待する。興味ある発表であった。 ・野外への持ち出しが容易になれば、大気/VOC以外の分野でもより利用範囲が広まることが期待される。 ・今後、さらに検討され、一般技術者でも容易に使用出来る実用的な装置としてほしいと思います。 	<ul style="list-style-type: none"> ・2年間の研究開発で、PTR-TOFMS原理に基づくプロトタイプ装置の製作に成功したと考えています。今後、広く普及しうる最先端環境計測機器とするため、メーカー等との協力により可搬性・操作性など実用面でユーザーフレンドリーな装置に改良していきたいと考えています。

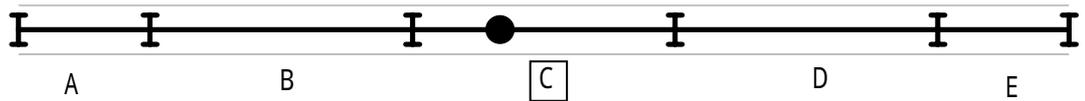
1. 研究概要

ダイオキシン類をはじめとする有害物質による環境汚染は、近年、大きな社会問題になっている。これを解決するには、その迅速分析法の開発が不可欠である。そこで、本研究では超音速分子ジェット/レーザー多光子イオン化/質量分析法によるダイオキシン類の分析技術を開発した。

その結果、効率よくイオン化するために必要なパルス幅(25 ps)、ライン幅(0.0088 nm)、エネルギー(80 μJ)のピコ秒波長可変レーザーを開発した。また、本研究では励起光源にナノ秒レーザー、フェムト秒レーザーを用いる方法についても、併せて検討した。さらに、質量分解能 1500 の飛行時間型質量分析計を開発した。一方、焼却炉排ガス中のダイオキシンを、テナックス樹脂を充填したカラムに捕集し、これを加熱脱着装置に挿入して、ガスクロマトグラフ装置により分離・分析する方法について検討した。実際に、焼却炉排ガス抽出液を測定することにより、環境中に存在する 5 塩素化ダイオキシン・ジベンゾフランを分析することができた。本法による検出限界は 0.6 pg であった。したがって、当初予定していた分析感度を、ほぼ実現することができた。本研究では、レーザー波長を適切に選択することにより、妨害成分の寄与を低減できることも確認した。

2. 評価結果

総合評価：C



評価者の主なコメント	研究者からの回答
研究の進め方は適切であったか。 ・方向性としてはよいのかもしれないが、網羅的に測定するには少し技術的に無理があるのでは。	・励起光源にフェムト秒レーザーを用いる方法では、すべてのダイオキシン類を網羅的に測定することができます。一方、波長可変ピコ秒レーザーを用いる方法では、レーザー波長を試料分子の吸収ピークに一致させ、クロマトグラフ分離しながら測定します。このため異性体を網羅的に測定するには、レーザー波長を速やかに所定の値に変えなければなりません。したがって、コメントのようなご懸念があったのだと思います。装置にもよりますが、レーザー波長の走引には、通常数秒程度を要すると考えられますので、試料を溶出しながら、レーザー波長を変化させて異性体を次々測定することは、十分可能と考えられます。したがって、波長可変ピコ秒レーザーを用いた場合にも、網羅的測定は可能と考えています。
当初想定していた成果が得られているか。 ・感度として、実際のサンプルを測定するにはまだ足りないのでは。やはり何らかの濃縮や分離が現在は必要ではないか。	・従来の J I S 法と同様の濃縮、分離手段を用いた場合には、ダイオキシンの分析が行えることを示しました。しかし、テナックスカラムを用いて簡易捕集する方法では、予備濃縮・分離を行っていませんので、バックグラウンドが高く、感度が不十分でした。したがって、ご指摘のように、何らかの方策が必要です。そこで、現在は簡易化した濃縮・分離手段を用いる方向

	<p>で検討を進めています。しかし、励起光源に波長可変ピコ秒レーザーを用いる方法では、選択性が高く、そのような予備濃縮・分離なしに分析できる可能性があります。そこで、そのような選択性の高い方式についても、平行して検討を進めています。</p>
<p>今後、研究の発展は期待できるか。 ・実際の応用にはまだ何らかのブレークスルーが必要であろう。</p>	<p>・現在、焼却炉排ガス試料を測定するに必要な感度を有していますが、従来の方法が適用できない新たな測定対象を開拓するには、ご指摘のように何らかのブレークスルーが必要です。このためには、感度・選択性の一層の向上が不可欠です。現在、新規試料導入方式を検討しており、数100倍の感度向上を達成しています。この方法は、最終的にはさらに100倍程度の感度向上が見込まれますので、その実現に向けて努力しています。</p>
<p>その他評価すべき点 ・光化学等の応用として興味深い。</p>	<p>・今回の開発課題は、環境問題の解決だけでなく、基礎科学全般に対して大きな波及効果があると考えています。そこで、ご指摘のように、今後とも新しい基盤技術の構築を目指して研究を進めて参ります。</p>
<p>総合評価 ・一般住民の血中ダイオキシン濃度測定に応用可能か？ ・汎用性のある技術ではないようだが。意欲は理解できます。 ・1つの異性体から全体量を推定するのに一定の誤差がある。このような誤差を考えると異性体の測定値の精度をあげることにどれだけの意味があるのか。TEFがゼロの異性体を測定できても意味がない。 ・一度に混合物のまま測定するという発想は最近のトレンドではあり、新しい技術も取り入れており、その点は評価できるが、実際の測定にはまだまだ感度や分解能が足りず、その点を改良して頂きたい。 ・サンプルとしては、排ガス以外にもたくさんの種類がある。その前処理は今までどおりで、GC/MSで測りやすいものだけについて、イオン化の基礎的検討をしている。実用化にとっての必要性という点からかけ離れた研究という印象で残念である。実際の測定の問題点をもう少し的確に捉えていただきたい。 ・新しいダイオキシン分析法に挑戦して一定の成果を挙げている。簡易分析技術という観点からはもう一つブレークスルーが必要か。</p>	<p>・残念ながら、健常人の血液中のダイオキシンの分析を行うには、現在よりさらに100倍程度の感度、選択性の向上が必要です。現在開発を行っている試料導入部と波長可変ピコ秒レーザーを用いる方法は、理論的にはこのような感度が得られるはずであり、引き続き研究を行っています。 ・今回の技術開発は、ダイオキシン分析に特化したもので、ご指摘のように汎用性のある技術を目指したものではありません。ただし、この分野だけで200億円以上の市場があり、本技術はわが国の環境政策に十分な影響を与える価値あるものと考えています。なお、開発した装置は、ダイオキシンだけでなく、テロ関連物質など社会的ニーズの高い課題に対しても対応できると期待しています。 ・本課題において開発した分析機器は、ダイオキシン異性体すべてを測定することができます。今回は、大学における学生の安全、及び質量分析計や研究室を汚染しないように、極力TEFがゼロの異性体を選んで研究を行っていますが、開発した機器自体は毒性のあるダイオキシン異性体を一斉に分析するためのものです。最近では、装置の感度が向上したため、有毒な異性体を（安全な量だけ用いて）測定しています。 ・ご指摘のように、開発した装置は、感度、分解能（選択性）の点において、改善すべき余地が</p>

残されています。これは本研究で採用した方法自体ではなく、試料導入部やレーザーなどの製作技術に問題があります。そこで、現在さらに2桁程度の感度、選択性の向上を目指して研究を進めています。

- ・法規制のため分析を要求されているのは、現在のところ焼却炉排ガス中のダイオキシンのみです。したがって、今回の研究開発では、社会的要請に応えるため、排ガス試料の分析を提案して実施しました。しかし、現在ではむしろ法規制を受けていない試料の方が、将来大きな市場があると考え、ご指摘のように、排ガス以外の試料をターゲットにして研究を進めています。
- ・排ガス中のダイオキシンはppq (10^{-15})程度に過ぎず、一方試料中には100万倍以上の有機物が共存しています。同時に、フェムトグラム程度の絶対量を検出する必要があります。このためダイオキシン分析の簡易化を目指すには、分析機器の選択性と感度を改善し、濃縮、予備分離などの前処理、複数のキャピラリーカラムを用いた複雑な分離、煩雑なデータ処理、などを省力化して、分析全体の迅速化、簡易化を実現することが望ましいと考えています。そのためには、ご指摘のように、新たなブレークスルーが必要です。こちらでは試料導入部分にその鍵があると考え、引き続き研究を進めています。予備的な検討では、前述のように数100倍程度の高感度化を達成しており、今後さらに改善に向けて研究を行う予定です。

研究課題名 ナノ構造を有するフォトニックファイバーセルを用いた大気の微量、高感度、実時間モニタリング技術の開発
 研究機関（代表者名） 早稲田大学（植田敏嗣）

1. 研究概要

本研究の目標は、フォトニックファイバーをガスセルとして使用し、微量の気体（1 万分の 1cc 程度）を実時間で測定感度 ppb（十億分の 1）レベルで分析する実用的な技術の開発である。

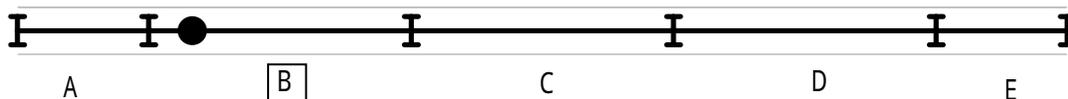
従来は凹面鏡を用いた古典的なガスセルを使用する必要があったが、測定環境に敏感であるために測定感度を制限し、必要な気体の体積も数百～数千 cc と大きいという問題があった。

本研究では、従来のガスセルに代えてフォトニックファイバーをガスセルとして使用することで、これらの問題を解決した。以下の結果を得た。

1. 体積が約 8×10^{-5} (10 万分の 8) cc と微量な気体の吸収スペクトルの精密な測定を初めて行った。
2. 測定感度はファイバー長当たり約 1ppb/m を得た（量子限界の約 3 倍、測定時間 1 秒、アンモニアガスの場合）。
3. 試作したフォトニックファイバー内でのガスの流量は、約 0.5m/min であり、実用的な速度である事を確認した。

2. 評価結果

総合評価：B



評価者の主なコメント	研究者からの回答
<p>総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原理的に優れた技術であり、今後の実用化に向けた成果を期待している。 ・目標をほぼ達成しており、今後の実証的研究が期待される。 ・将来に期待がもたれる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 目標通り PPB レベルのガス濃度の検出が可能になったので、企業の方で実用化に向けた検討を行う予定である。 ・ 実用化に向けては、ファイバの加工方法（特に端面加工）、中心径の拡大やコストダウンなどが必要になる。 ・ 今回の研究は主として微量成分のガス濃度検出を主体であったが、高濃度ガスの測定では、壁面吸着などの問題解決が必要になってくると考えられる。